V243T

Edmund optics | taiwan

成像光學元件

型錄與技術指南

NEW Edmund Optics® UAV 系列鏡頭

專為自動駕駛汽車和無人機設計

緊湊 | 重量輕 | 2460 萬畫素

請參閱 110-111 頁獲取更多資訊

+886-4-22936309 | www.edmundoptics.com.tw/**imaging**

感謝信!

在愛特蒙特光學，對於成像應用上和我們客戶的成功充滿熱情。擁有先進製造能力的大型全球製造商加上 80 多年的光學元件經驗，再加上專門的全球 24/7 全天候產品技術支持， Edmund 光學定位在成像和機器視覺行業領導者為您的專案帶來解決方案。

隨著視覺應用和光學系統擴展到環境條件限制工廠之外，愛特蒙特光學開發產品和功能以滿足苛刻的應用要求使我們的客戶能夠繼續創新。

我們歡迎您瀏覽我們的產品目錄和網站，其中包含我們不斷增加的庫存產品組合，隨時可以發貨的**成像產品**以及**業界最全面的產品之一大量技術參考指南和資源庫**都可以在我們的**知識中心**找到。

我們期待收到您的來信並繼續我們的合作夥伴關係。

順祝商祺,
Nicholas Sischka，成像產品開發部與 EO 成像團隊總監

24/7 提供全球線上聊天室即時客服

www.edmundoptics.com.tw
工程師準備好為產品和應用提供協助

客服和訂購

+886-4-22936309
twsales@edmundoptics.com.tw
週一到週五, 8AM - 8PM
週六, 10AM - 1PM
www.edmundoptics.com.tw/contact

您的成像方案專家

1250+ Employees

NEW 24/7 Application Support

290+ 技術工程師

>1.7 Million 成像鏡頭出售

30+ A3 Certified Vision Professionals

4 大光學設計中心
美國亞利桑那和新澤西州, 中國 & 德國

170,000+ 成像鏡頭
每年生產的鏡頭數量

9 Warehouses
US (New Jersey), Germany (2), China, Korea, UK, Singapore, Japan, and Taiwan

8 大生產基地
美國: 新澤西州, 亞利桑那州和佛羅里達州, 德國, 日本, 中國, 新加坡 & 和馬來西亞

關於封面

Edmund Optics 愛特蒙特光學全新系列 UAV 定焦鏡頭設計用來滿足不斷發展的無人駕駛飛行器 (UAV) 成像領域的挑戰性需求。考慮到無人機，我們的設計人員特別注意最小化尺寸、重量和外形尺寸，以方便整合。這些輕量鏡頭設計為無限共軛使用，當用於需要遠距離聚焦的系統（例如航空成像）時，它們具有卓越的性能。有關新產品的更多資訊，請參閱第 110-111 頁。

成像資源指南

內含

產品

成像資源指南

不論您的應用是機器視覺、生命科學、保全，還是交通解決方案，瞭解成像技術的基礎知識都能顯著簡化複雜成像系統的開發和部署。雖然日新月異精進的相機與照明系統技術可以讓整個系統搭建限制減少，但這些技術的設計和製造仍然存在諸多的物理限制。光學元件也不例外成為限制中的一環，而且光學元件往往會成為系統效能關鍵的限制因素。本指南將協助您挑選合適成像系統、提高系統最佳性能，以及將建構成本降到最低。

入門: 成像優化的最佳範例

收集了大量最佳範例，方便您建立複雜且具成本效益之成像系統，這些系統適用於大多數應用。雖然以下清單幾乎涵蓋了所有情況並應該在設計任何成像系統時予以考慮，但每種應用都各不相同，您可能還需要進一步的考量。

#1: 為成像系統提供充分的空間。

建立系統前先瞭解其空間配置需求，對於高分辨率與高放大倍率成像系統而言特別重要。雖然相機技術進步神速可以在外觀體積非常小的設計下中產生非凡效能，但是，這仍達不到中階工業成像系統的能力要求，部分原因是因為使用大小限制。除了使用某些設備所需的佈線和電源外，許多應用還需要複雜的照明系統、大口徑和長鏡頭以及大型相機。避免因為不考慮系統的空間需求，而需被迫犧牲系統效能的情況。通常，建議先規劃系統視覺需要的空間配置，一般來說，光學系統周邊佈置電子和機械部件會更容易 (而不是倒過來)。同時請務必記住，照明系統是視覺系統的一部份，而接受檢查之物件的幾何形狀通常要求使用大型光源，例如散射圓頂光 (請參閱愛特蒙特光學最佳範例 *#4*)。

#2: 不要相信您自己的眼睛。

人的眼睛和大腦一起工作以形成一個極其先進的成像與分析系統，能夠填入不一定存在的資訊。此外，人眼看到及處理的方式與成像系統不同。軟體分析應用於確保符合影像品質和效能需求。人眼看起來不錯的影像，可能無法用於軟體演算。

#3: 請勿靠得太近。

由於物理條件的限制，使用比鏡頭視場還要大的工作距離，會對鏡頭設計提出過高的要求並可能降低系統效能。建議選擇鏡頭時要讓工作距離的長度大致為所需視場寬度的二到四倍，以達到最佳的性能，同時將成本和複雜度減至最低。建立系統前，謹記愛特蒙特光學最佳範例 *#1* 並考慮成像系統的空間需求。

此範例還適用於傳感器大小與焦距之間的關係。最好讓焦距與傳感器的對角線長比例保持為二到四，來得到最佳的性能。

#4: 照明條件

為了讓鏡頭和傳感器能有效地一起工作，必須藉由對物件提供適當照明來產生鮮明的對比。必須理解接受檢查之物件的特徵以及任何

最佳範例 #1 和 #3: 若需要 100mm 視場大小，建議系統的工作距離為 200-400mm (2:1 to 4:1)。在工作距離與視場比率達到或超過 1:1 時，還是能夠符合系統效能需求，但是可能需要付出昂貴成本和效能為代價。

圖 1.1a

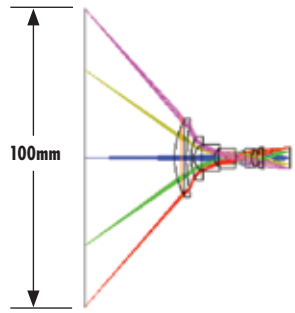


圖 1.1b

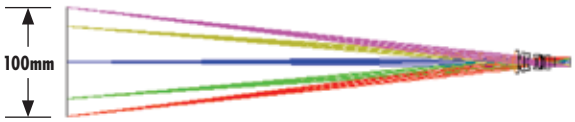


圖 1.1: 兩款鏡頭設計 *1.1a* 和 *1.1b*，具有相同的視場和完全不同的工作距離。

圖 *1.1a* 和 圖 *1.1b* 中的兩款鏡頭在相同的傳感器上以相同視場進行成像，但是， *a* 中鏡頭的工作距離為其視場的一半，而 *b* 中鏡頭的工作距離為其視場的三倍。光線以極大角度通過 *a* 中的鏡頭，和視場中心的光線 (藍色) 相比，視場邊緣的光線(洋紅色/紅色) 的光路徑更遠。相比之下，*b* 中的鏡頭以較小的角度達到相同視場，其光路徑長度差別較小。因此， *b* 中的鏡頭採用複雜度較低的鏡頭設計，並以較低成本提供出色的效能。

缺陷的性質，以便於使用正確的照明光源。請記住，這些光源有時外觀可能非常大 (請參閱愛特蒙特光學最佳範例 *#1)*。*有關照明的幾何特性，詳見第 11.1* 部份至*第 11.5* 部份。

#5: 照明光源顏色效應。

照明系統所選定的波長 (顏色) 對改善或降低系統效能會產生巨大影響。例如，在使用高品質光學元件和頂級傳感器的應用中，從白光切換到單色照明或在特定波長之間切換，可顯著改善效能。依據愛特蒙特光學最佳範例#4，正確選擇波長對於產生高對比度和無對比度起到關鍵作用。根據是否正確選擇波長，照明的顏色可決定系統的成敗。有關合適的濾光技術可如何影響系統效能，詳見第 *8.1* 部份至*第 8.2* 頁。

#6:高分辨率和大景深之間難以共存。

如第 *3.4* 部份中所示，要儘可能提高分辨率和景深 (DOF)，需要同一參數 (鏡頭的 f/#) —反向變化。本質上，同時兼備非常高的分辨率和大景深是不可能的。任何設計都無法違反物理原則，需要從中做出妥協，或採用更周詳的解決方案，例如使用多個成像系統。

#7: 沒有萬能的解決方案；也不存在一款萬能鏡頭。

隨著分辨率的要求提高，對於工作距離範圍大和視場範圍大的條件下消除像差 (光學設計中的降低成像性能) 會變得愈加困難。即使不受預算所約束，也存在其他限制。出於這個原因，需要針對類似應用提供各類鏡頭解決方案。有關效能設計的更多詳情，請見第 *3* 部份。

#8: 徹底瞭解要檢查的目標。

在檢查中對帶測物件產生最高對比度的是成像的基礎。了解帶測物體的材料或表面之類的特性對於成功取像至關重要。此外，只知道哪些部份被視為好和不好是不夠的。反之，為保障高水平的可靠性和重複性，必須瞭解接受檢查的細節範圍以及允收的標準。

#9: 做一個控制狂。

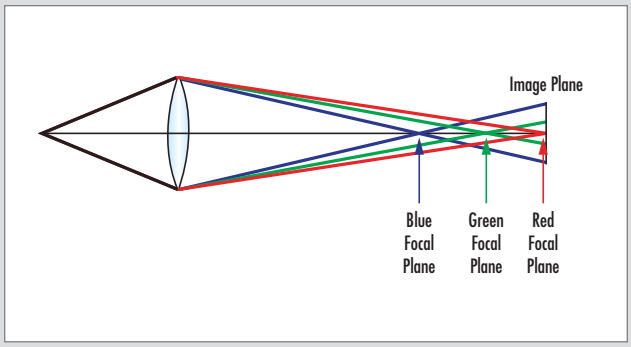
掌握成像系統配置的條件可明顯影響測試結果的可靠性與一致性。此外，它還可降低發生意外問題的可能性。不論是使用濾光片增加對比度、使用遮光罩隔離多餘光線以防止其進入系統，或是使用測量設備監控光源的光譜穩定性，控制環境都會為將來減少不可預見的困難。其中某些技巧成本極低，但可保護並提升昂貴成像系統的效能。

#10: 說出來。

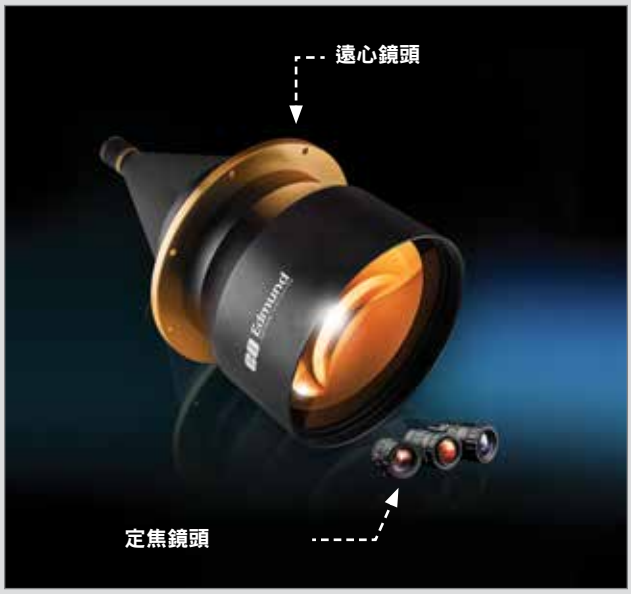
不要害怕問某事物行或不行的原因。供應商應該能夠說明系統中不同元件為什麼能或不能達到預期效果。他們答案並不會總是一樣的 (例如物理原理限制或設計缺陷)。然而，設計人員和製造商必須能夠解釋其他們產品的適用範圍。

#11: 瞭解並定義成像系統的基礎參數。

透過選擇成像系統所需的特定參數，不同規格種類鏡頭和傳感器可縮減到合適的元件選項。成像系統的基礎參數是一個不錯的出發點，並於下一部份詳述。



#5: 根據光的不同波長，存在多種不同的最佳焦點。 此圖顯示了三種不同波長的三個聚焦點。



#7: 兩種不同鏡頭尺寸大小差異比較，用於不同應用領域。

入門: 何謂成像?

幾十年來，成像技術在工業應用和消費市場上應用上不斷的精進，包括工廠自動化，無人系統，物流系統，生命科學，電子和半導體以及量測領域上。

這樣的精進技術用在日常生活高品質消費型電子產品上，例如智慧型手機，4K 電視和個人電腦，生產製造裡面的成像檢驗系統具有更高的可靠性和可重複性讓這類產品製造變得容易。

這些進步的好處讓消費者作線上購物時，大量的減少運輸方式與運送時間， 讓倉儲設施和產品倉庫的物流流程簡化與優化。

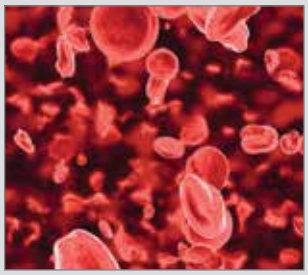
這些進步也提升了救命的醫藥生產量，並創造了新穎的，複雜的醫療設備和流程，縮短病患的康復時間，並讓病患壽命更長，更健康。

成像系統的基本元件由照明系統，成像鏡頭和相機組成。照明系統是光源正確照射到待測物/或特徵點上。協助成像系統正確“看到”帶測物。成像鏡頭取得待測物的資訊並將其複製到相機傳感器上。雖然整個系統還會需要軟體和移動控制系統需一起使用，選擇正確的三個基本元件是幫助建立成功的成像系統的基礎。了解這些元件的特性非常重要因為會在最終整體的成像系統與終端應用做出決定和取捨。應該使用黑白相機還是彩色相機？什麼是最佳照明方式？相機是否需配鏡頭？哪隻鏡頭眼前最能滿足應用？您的檢查應用是否在工廠自動化，無人系統，生命科學或其他應用，了解這三個基本元件將簡化開發過程和建置這些複雜的成像系統。

成像應用

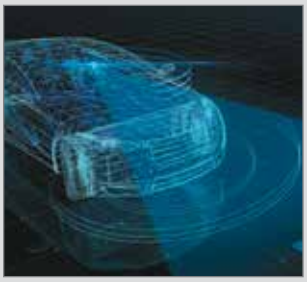
工廠自動化

使用控制手臂，軟體演算和傳感器自動重複性工作，減少作業人員監控。一般說來自動化內容包括分類，檢查，和瑕疵檢測。一般而言，當想到“機器視覺”，就會聯想到工廠自動化。



生命科學

生命科學包括相關領域生物學，醫學，生理學，和更多相關。除了X射線成像和核磁共振成像，生命醫學還使用了廣泛的成像技術如顯微系統中細胞檢查使用特殊標記來檢查，數量計算，分類等方式。



無人系統

無人系統代表無人自控功能。一般無人系統包括無人自動駕駛汽車和卡車，飛行計程車，農務或是農產機器人和送貨機器人。對未來無人系統中視覺系統是非常重要的一個環節。

電子和半導體

和過去想比有更多電路可以整合到半導體上，平面顯示器有極高的解析度。要製造如此復雜的元件，電子件和顯示面板必須精密檢查並且使用高分辨率成像系統檢查瑕疵。

物流系統

物流系統中經常使用自動化倉儲機器人。機器人執行 OCR 或掃描產品上的條碼，快速識別貨架上或已包裝產品等待發貨。

量測系統

對於工件檢查數據如特徵尺寸或是顏色必須具備可重複的精度和可靠性測量。這些需要準確的量測應用包括飛行時間成像 scheimpflug 掃描，3D 成像，和 LIDAR 成像。

第 1 章: 鏡頭和成像基本參數

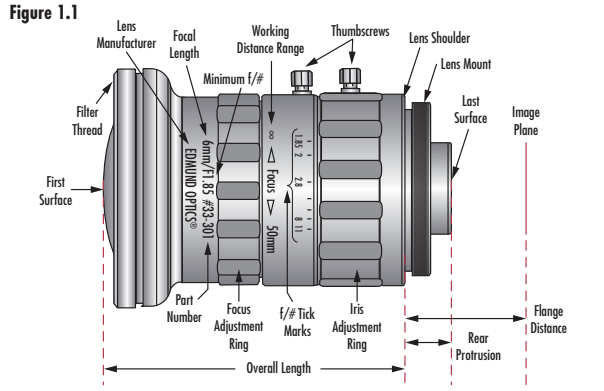
成像鏡頭也稱為機器視覺鏡頭，物鏡，或僅稱為鏡頭。為了簡化，成像鏡頭將在以下各節討論中簡稱為鏡頭。

第 1.1 節: 鏡頭剖析

下一節中將解釋成像鏡頭各種參數與系統中應用的基礎原理特性。

- **調焦環:** 轉動此環會改變鏡頭最佳聚焦位置。 從第一片鏡片表面到物件的距離稱為工作距離。
- **虹膜/光圈調節環:** 轉動此環會改變鏡頭內的光圈大小，也就是F值 (f/#)。除了控制通過鏡頭總光量之外，f/# 對鏡頭有很多其他關鍵影響性能表現。
- **指旋螺絲:** 用於暫時鎖定聚焦和/或光圈防止不必要的調整。
- **鏡頭資訊:** 鏡筒上會標示出鏡頭資料，通常給出焦距，最小f/#，料號和鏡頭製造商名。
- **工作距離範圍:** 通常定義工作距離為鏡頭可聚焦的範圍。 有時稱為物距範圍。
- **f/#刻度線:** 鏡筒上的標示光圈的刻度線代表轉動光圈調節環時，鏡頭設定的 F/#。
- **濾光片螺牙尺寸:** 如果第一片鏡片沒有從鏡頭前端頂出，這是機器視覺濾光片放置位置。如果第一片鏡片超出鏡筒，或者鏡頭是廣角鏡，可能需要額外的轉接環。
- **相機接環:** 這邊指的鏡頭尾端上的接環或是相機上接環。 常見的接環有 C 接環，F 接環，TFL 接環 和 S 接環。

Figure 1.1



- **後凸起位置:** 這是經由鏡肩由鏡頭伸往相機端的距離長度。應注意避免與相機接環內的紅外線截止濾光片或電子元件干涉。
- **第一片表面:** 第一片表面可以定義為第一片光學鏡片表面從鏡筒算起或是鏡筒前緣突出的鏡片。工作距離定義為物件表面到第一面鏡片表面的距離 。
- **最後一片表面:** 最後一片表面可以鏡頭本身最後一個光學鏡片或是在傳感器前之前鏡片。
- **鏡肩:** 這是鏡片表面和相機承靠面接觸的位置。
- **整體長度:** 鏡頭總長度是第一面鏡片算起到鏡肩距離。 通常，相機的接環部分是不包括在內，因為它將被連接到相機上。
- **承靠面距離:**此為鏡肩到像平面的距離。相機和鏡頭之間的承靠距離通常是標準化以便用來使用不同鏡頭接環設計確保相容性。
- **像平面:** 鏡頭成像的位置，通常是相機傳感器位置。

第 1.2 節: 成像基本參數

以下名詞解釋了成像中最基本概念。將在本指南的其他部分中使用。

- **視場 (FOV):** 待測物的可視範圍。這是待測物映射到相機整個傳感器上。該區域通常用水平方向 (HFOV) 或垂直方向 (VFOV) 尺寸以便於計算。
- **工作距離 (WD):** 從待測物到鏡頭前端或是第一片鏡片表面距離算起。
- **分辨率 ($\xi_{Object\ Space}$):** 像系統中對待測物最小可解析特徵定為空間頻率，單位為線對每毫米 (lp/mm)。在第 *2.2* 節中了解更多資訊。
- **景深 (DOF):** 待測物可接受聚焦條件下最大可達成距離深度。DOF 也是帶測物可移動範圍內 (進出最佳聚焦點) 保持清晰度。不要與焦深混淆焦深指的是影像可以聚焦在傳感器。 在第 *3.4* 節中了解更多資訊。
- **傳感器尺吋 (H):** 相機傳感器有效區域的大小，通常指的是水平方向或垂直方向。這個重要參數需要用它計算鏡頭放大倍率來得出視場大小。
- **像素大小 (*s*):** 像素外型通常為正方形，在傳感器上以網格形式排列，尺寸為微米 (μm)。
- **放大倍率 (*m*):** 鏡頭的放大倍率有時候被稱為 PMAG (主放大倍率)，定義為 FOV 和傳感器的比值，請參閱公式 *1.1*。

$$m = \frac{H}{FOV} \qquad 1.1$$

圖 1.2 **Fundamental Imaging Parameters**

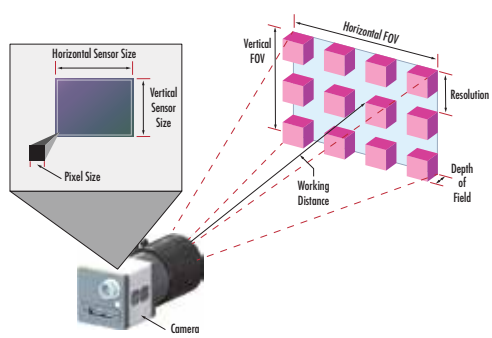


圖 1.2: 成像系統基本參數的圖示。

第 1.3 節: 瞭解焦距和視場

定焦鏡頭

定焦鏡頭，亦稱傳統或近心鏡頭，是一種**具有固定視場角** (AFOV) 的鏡頭。儘管視角保持不變，但是，對不同工作距離調整鏡頭的聚焦，亦可獲得不同尺寸的視場 (FOV) 。視場角通常被指定為與搭配鏡頭使用之傳感器的水平尺寸 (寬度) 相關聯的水平全視角。

注意:不應將定焦鏡頭與定焦點鏡頭相混淆。**定焦鏡頭**能夠針對不同距離調整鏡頭的聚焦，而定焦點鏡頭設計用於單一、特定的工作距離。定焦點鏡頭的範例包括許多遠心鏡頭和顯微物鏡。

鏡頭的焦距定義了鏡頭的視場角。對於給定的傳感器尺寸，焦距越短，鏡頭的視場角就越寬。此外，鏡頭的焦距越短，獲得相同視場所需的距離越短 (相較於較長焦距的鏡頭) 。對於簡易、薄凸鏡頭，焦距為鏡頭後面到置於鏡頭前無限遠之物件所形成的影像平面之間的距離。從此定義中可以看出，鏡頭的視場角與焦距相關 (公式 *1.2*)，其中 *f* 為焦距 (公釐)；*h* 為傳感器的水平尺寸 (公釐) (圖 *1.3*)。

$$AFOV = 2 \times \tan^{-1}\left(\frac{H}{2f}\right) \qquad \textbf{1.2}$$

然而，焦距一般是從鏡頭後主平面 (很少位於成像鏡頭之後實體面) 算起；此為出現下列情況的原因之一：使用近軸公式計算的工作距離僅為近似值，以及系統的機構設計應該利用電腦模擬產生之數據或從鏡頭規格表擷取之數據來展開。使用鏡頭焦距計算公式的近軸計算是加快鏡頭選型流程的良好出發點，但是應該謹慎使用所得出的數值。

當使用定焦鏡頭時，改變系統 (相機和鏡頭) 的視場有三種方法。第一種通常也是最簡單的選項，為改變從鏡頭到物件之間的工作距離；讓鏡頭逐漸遠離物件平面可增大視場。第二個選項是，將正在使用的鏡頭置換為不同焦距的鏡頭。第三個選項是，變更所用傳感器的尺寸；對於相同的工作距離，較大的傳感器會產生較大的視場，如公式 *1.2* 中定義。

雖然通常採用非常廣的視場角會很方便，但也有一些副作用需要考慮。首先，某些短焦距鏡頭出現的畸變會顯著影響實際的視場角，並可產生不同程度的畸變而造成工作距離相關角度發生變化。其次，當與較長焦距鏡頭選項比較時，短焦距鏡頭一般很難達到最高水準的成像性能 請參閱第 頁第 *4* 頁中的最佳範例 *#3*)。此外，短焦距鏡頭還難以覆蓋中等到大型的傳感器尺寸，這限制了其可用性，如第 *20-21* 頁第 *3.2* 節中討論。

改變系統視場的另一種方法是使用**可變焦距鏡頭**或**變焦鏡頭**；這些類別的鏡頭允許調節其焦距，因此具有可變的視場角。相較於固定焦距鏡頭，可變焦距鏡頭和變焦鏡頭在尺寸和成本方面存在缺點，並且不能提供與定焦鏡頭同等的成像性能。

Figure 1.3

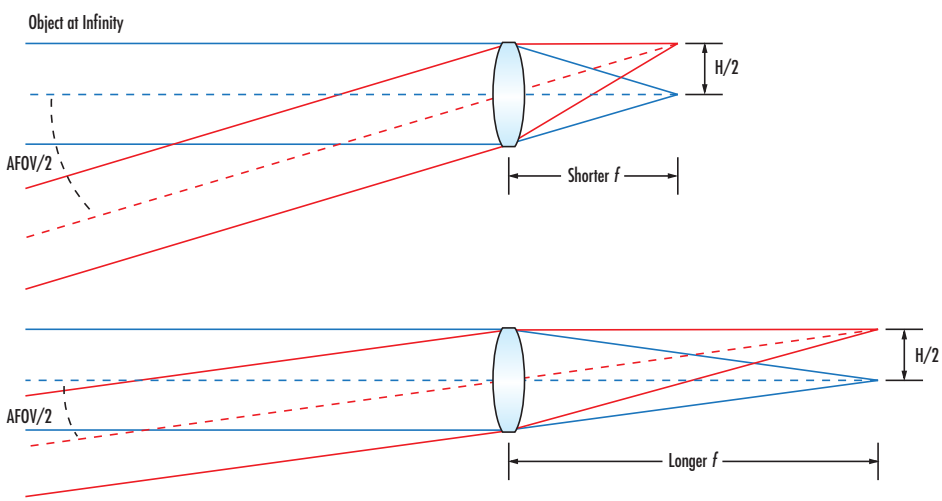


圖 1.3: 對於給定的傳感器尺寸，較短的焦距會產生較廣的視場角。

使用工作距離和視場來確定焦距

在許多應用中，物件的所需距離以及所需的視場 (通常為具有額外緩衝空間的物件尺寸) 為已知量。此資訊可用於透過公式 *1.3* 中計算來直接確定所需的視場角，其中 WD 為鏡頭的工作距離；AFOV為視場角。公式 *1.3* 用於尋找三角形的頂角，三角形高度等於工作距離；底邊等於水平視場，如圖 *1.4* 所示。 **注意:** 際上，此三角形的頂角很少情況下會位於從其測量工作距離之鏡頭前實體面 (from which WD is measured)，並且僅應用作近似值，除非入瞳位置已知。

在確定所需視場角後，使用公式 *1.2* 可獲得近似焦距，然後在鏡頭規格表或數據庫中，可尋找最接近之可用焦距 (具有適合所用傳

$$AFOV = 2 \times \tan^{-1}\left(\frac{FOV}{2 \times WD}\right) \quad \text{or} \quad FOV = 2 \times WD \times \tan\left(\frac{AFOV}{2}\right) \qquad \textbf{1.3}$$

感器之必要視場角) 來選擇適當的鏡頭。

範例 *1* (請參閱下方白色方框) 中得出的 14.25° 可用於確定所需的鏡頭，但還必須選擇傳感器吋法。隨著傳感器尺寸增加或減小，鏡頭成像使用範圍也隨之改變；這會改變系統的視場角，進而改變整個視場。對於相同焦距，傳感器越大，所獲得的視場角越大。例如，25mm 鏡頭可與 ½" (6.4mm 水平) 傳感器搭配使用；而 35mm 鏡頭可與 ⅔" (8.8mm 水平)傳感器搭配使用，因為它們分別會在搭配的傳感器上大致產生 14.5° 的視場角。

或者，若已選擇傳感器，可直接從視場和工作距離計算焦距，方法是將公式 *1.2* 代入公式 *1.3*，如公式 *1.4* 所示。

$$f = \frac{(H \times WD)}{FOV} \qquad \textbf{1.4}$$

如先前所述，應考慮對系統工作距離提供一定彈性，因為以上範例僅為初階計算並且它們也未考慮畸變影響。

圖 1.4

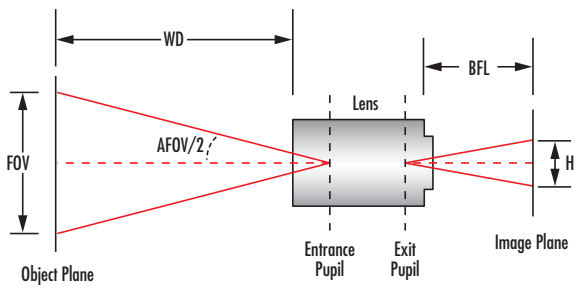


圖 1.4: 給定視場角的 FOV，傳感器尺寸和工作距離之間的關係。

使用固定放大倍率的鏡頭計算視場

一般來說，具有固定放大倍率的鏡頭擁有固定或有限的工作距離範圍。雖然使用遠心或其他固定放大倍率的鏡頭因不會透過改變工作距離來考慮不同視場，從而受到更大限制，但針對它們的計算更直接，如公式 *1.5* 中所示。

$$FOV = \frac{H}{m} \qquad \textbf{1.5}$$

由於所需的視場和傳感器通常是已知的，可透過將公式 *1.1* 重組成方程來簡化鏡頭選擇流程。

$$m = \frac{H}{FOV} \qquad \textbf{1.1}$$

如果所需放大倍率已知並且工作距離受到限制，則公式 *1.4* 可以重新整理 (將 H÷FOV 取代為放大倍率) 並用於確定適當的固定焦距鏡頭，如公式 *1.6* 所示。

$$m = \frac{f}{WD} \qquad \textbf{1.6}$$

請注意，公式 *1.6* 為近似計算，對於放大倍率大於 0.1 或較短的工作距離，其準確度會快速下降。對於超過 0.1 的放大倍率，應使用固定放大倍率的鏡頭或採用鏡頭的設計檔作電腦光學模擬 (例如 Zemax)。出於相同原因，網際網路上常見的鏡頭焦距計算工具應該僅供參考。如果有疑問，請查閱鏡頭規格表。

注意: 為了方便起見，視場討論中一般使用水平視場，但必須考慮傳感器寬高比 (傳感器寬度與高度之比率) ，以確保整個物件適合圖像，其中縱橫比將以分數使用 (例如4:3 = 4⁄3) ，公式 *1.7*。

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{\text{Horizontal FOV}}{\text{Vertical FOV}} \qquad \textbf{1.7}$$

雖然大多數傳感器為 4:3，但 5:4 和 1:1 也很常見。此長寬比的差異還會導致同一種傳感器格式的傳感器出現不同尺寸。本部份中所用之所有公式也可用於垂直視場，前提是傳感器的垂直尺寸被取代為公式中指定的水平尺寸。

鏡頭焦距範例

使用工作距離和視場來確定焦距

範例 1: 對於所需工作距離為 200mm 且水平視場為 50mm, 的系統，視場角 AFOV 為多少?

$$AFOV = 2 \times \tan^{-1}\left(\frac{50mm}{2 \times 200mm}\right)$$

$$AFOV = 14.25°$$

使用固定放大倍率的鏡頭計算視場

範例 2: 對於使用 ½" 傳感器 (水平傳感器尺寸為 6.4mm) 的應用，需要使用 25mm 的水平視場。

$$m = \frac{6.4mm}{25mm} \qquad m = 0.256X$$

利用檢查固定放大倍率或遠心鏡頭清單，可以選擇適當的放大倍率。**注意：**隨著放大倍率增大，視場尺寸會減小；通常需要使用低於計算值的放大倍數，以便可以顯示完整視場。在範例 *2* 的情況下，0.25X 鏡頭是最接近的選項，會在同一傳感器上產生 25.6mm 視場。

第 2 章: 瞭解鏡頭規格

第 2.1 節: 系統光通量, f/# 和 數值孔徑

鏡頭上的 f/# (pronounced "F-number") 設定可控制多項鏡頭參數：總體光通量、景深 (DOF) 以及於給定分辨率下產生對比度的能力。從根本上說， f/# 是鏡頭的有效焦距 (*f*) 與有效孔徑 ($Ø_{EA}$) 之間的比率:

$$f/\# = \frac{f}{Ø_{EA}} \qquad \textbf{2.1}$$

大多數鏡頭的 f/# 都是透過轉動光圈調節環、進而打開和關閉內部的光圈來設定 (see *Section 1.1*)。光圈環上標示的數字表示光通量和對應的光圈大小。這些數字通常以 $\sqrt{2}$ 的倍數增加。以 $\sqrt{2}$ 為因數增加 f/# 會使光圈大小減半，有效地以 2 的倍數來降低鏡頭的光通量。 f/#更低的鏡頭被認為速度更快，而且允許更多光線通過系統，而 f/#s 更高的鏡頭被認為速度更慢，並且光通量更少。表 *2.1* 顯示的範例為 25mm 定焦鏡頭的 f/# 、光圈和有效孔徑。請注意，設定從 f/1 變為 f/2，然後再從 f/4 變為 f/8時，每個間隔的鏡頭光圈會減半，有效面積也將以 4 的倍數縮小。這裡描述了光通量隨著鏡頭 f/# 增加而減少。

f/#	Lens Aperture Diameter (mm)	Aperture Opening Area (mm²)
1	25.0	490.8
1.4	17.9	251.6
2	12.5	122.7
2.8	8.9	62.2
4	6.3	31.2
5.6	4.5	15.9
8	3.1	7.5

表 2.1: 25mm 定焦鏡頭的 f/# 與有效面積之間的關係。隨著 f/# 增加，面積會減小，導致系統速度變慢，光通量也會減少。

f/# 及其對鏡頭理論分辨率、對比度和景深的影響:

f/# 的影響不僅限於光通量。具體來說，f/# 與理論上的分辨率和對比以及景深 (DOF) 和鏡頭焦深直接相關 (請參閱第 *3.4* 節了解更多景深 DOF 資訊)。 此外， f/# 還會影響特定鏡頭設計的像差。 隨著像素大小繼續減小， f/# 將成為限制系統效能的最關鍵因素之一，因為它與景深和解析度成反比。如表 *2.2* 所示，光學特性是相互衝突，因此必須做出取捨。

f/#	Diffraction Limited Resolution	Depth of Field	Light Throughput	Numerical Aperture
▲	▼	▲	▼	▼
▼	▲	▼	▲	▲

表 2.2: 鏡頭效能隨 f/# 改變而變化。

f/# 隨工作距離變更而變化:

公式 *2.1* 中 f/# 的定義是有條件的； f/# 是在無限遠工作距離下 (WD) 定義的，其中放大倍率實際上為零。在大多數機器視覺應用中，物體距離鏡頭的距離比無限遠的距離要近得多。因此，**工作 F 值**，$(f/\#)_w$,（如公式 2.2 所示）,更適用於這種短工作距離下應用的 F/No 數值。

$$(f/\#)_w \approx (1 + m) \times f/\# \qquad \textbf{2.2}$$

在計算工作 $(f/\#)_w$的公式中， *m* 表示物鏡的近軸放大倍率 (圖像與物體高度的比率) 。請注意， *m* 越接近 0 (物體越接近無限遠)，工作 $(f/\#)_w$ 等於無限 f/#。在工作距離較小的情況下，尤其要考慮工作 $(f/\#)_w$。例如，以 0.5X的放大倍率操作的 f/2.8、25mm 焦距鏡頭，有效工作 $(f/\#)_w$ 為 f/4.2。這會影響成像品質以及鏡頭收光的能力。

f/# 和數值孔徑:

從鏡頭收光錐形角或數值孔徑 (NA) 的角度來探討總體光通量往往更加容易。鏡頭的數值孔徑定義為像空間間中邊緣光線角的正弦量

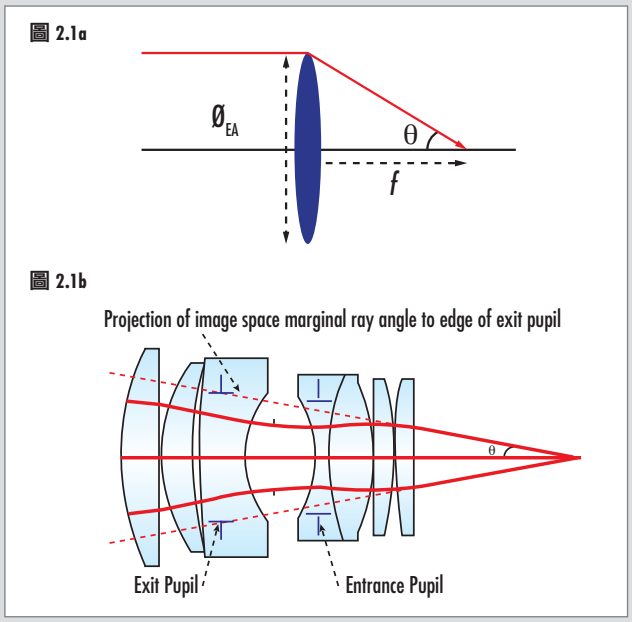


圖 2.1: 針對簡單鏡頭 (*a*)和實際系統 (*b*)的 f/# 示意圖。

(如圖 *2.1* 所示)。

$$NA = \frac{1}{2 \times (f/\#)} \qquad \textbf{2.3}$$

務必記住 f/# 和 NA 成反比。

f/#	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16
NA	0.36	0.25	0.18	0.13	0.09	0.06	0.05	0.03

表 2.3: f/# 與數值孔徑之間的關係。

表 *2.3* 顯示了鏡頭的典型 f/# 規格 f/# (後續每個光圈數值都以 $\sqrt{2}$ 為常數增加) 及其與數值孔徑之間的關係。
採用數值孔徑標註而非 f/# 在顯微物鏡中尤為常見，但務必記住的是，為顯微鏡物鏡所指定之數值孔徑值是於物空間中指定，因為在這裡更容易收集光線。

制轉換函數 (MTF)、繞射極限和艾里光斑相關的部份介紹了關於 f/# 影響分辨率的更多資訊。第 *3.4* 節介紹了有關 f/# 和景深的詳細資訊。

第 2.2 節: 分辨率

成像系統的分辨率可以視為對重現待測物細節的重要性能指標，並且由許多因素所影響，如照明光源，傳感器的像素大小，或其他光學元件的性能。待測物的細節越小，需要的分辨率就越高。

傳感器上的水平或垂直像素數量劃分為希望觀察的物體尺寸，代表每個像素在物體上覆蓋的空間量，並且可用於評估解析度。但是，這並不能真正確定是否能將該像素上的訊息與任何其他像素上的訊息加以區分。

首先，務必瞭解哪些因素可以實際限制系統分辨率。圖 *2.2* 顯示了一則範例：白色背景上有一對方形。如果這對方形在相機傳感器上相鄰像素間成像，則會在圖像中顯示為一個較大的矩形 (*a*)，而不是兩個單獨的方形 (*b*)。為了區分這兩個方形，需要在它們之間留出一定的空間(至少一個像素)。這一最小距離就是系統的極限分辨率。此極限是由傳感器的像素大小以及傳感器的像素數量來定義。

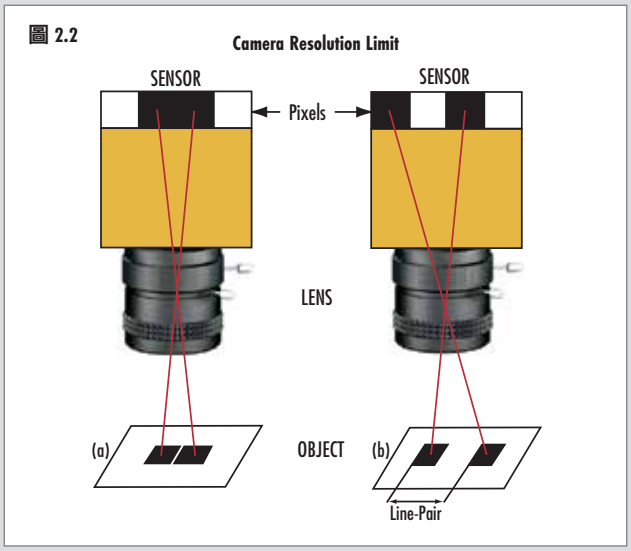


圖 2.2: 解析兩個方形。如果方形之間的空間過小 (*a*) ，相機感測器將無法將其分辨為單獨的物體。

線對和傳感器限制

分辨率通常被視為一個量測單位。分辨率的概念不能由鏡頭或系統可解析的最小尺寸分辨率來定義。解析度更準確描述為頻率，用線對每毫米 (lp/毫米)表示。線對是像空間中的一對黑色和白色正方形。不幸的是，鏡頭分辨率不是絕對的。在給定的分辨率下，將兩個方形可以完整判別與否取決於灰階上。如果方形之間的距離增加產生的灰階值更大，則系統可以更輕易的解析 (圖 *2.2b*)。這種灰階差異稱為對比度。因此，分辨率定義為空間頻率，單位為 lp/mm，可以達到特定的對比。不同鏡頭和相機廠都會定義對比度的性能，但對於鏡頭上通常定義為 20%。因此，如果已知傳感器和應用檢查時， 用 lp/mm 的值來做鏡頭比較和鏡頭選定時非常有用。對比是 *2.3*節中有更詳細的解釋。傳感器是系統的所在分辨率計算開始。從傳感器開始，更容易選定與傳感器匹配所需的鏡頭性能或其他應用要求。最高可分辨頻率奈奎斯特頻率傳感器實際上是兩個像素或一對線對。表 *2.4* 顯示了與 Nyquist 極限有關的像素尺寸一些常見的傳感器。傳感器的分辨率 (ξ_{Sensor})，以作為系統的像空間分辨 ($\xi_{Image\ Space}$)，通過將像素大小 *s* (通常以微米為單位) 乘以 2 (成為一組)，然後將其除以 1000 以轉換為 mm:

$$\xi_{Sensor} = \xi_{Image\ Space} = \left(\frac{1}{2 \times s}\right) \times \left(\frac{1000\mu m}{1mm}\right) \qquad \textbf{2.4}$$

像素較大的傳感器具有較低的分辨率。像素較小的傳感器具有較高的分辨率。第 *3* 章介紹了如何使用此資訊來判定必要的鏡頭效能。利用此資訊，可以計算出要檢視之物體上的分辨率。若要規劃系統分辨率，必需瞭解傳感器尺寸、視場和傳感器上的像素數量之間的關係。

傳感器尺寸為指相機傳感器有效區域的大小，通常由傳感器格式大小 (第 *52* 頁) 所規範。但是，部分的傳感器比例會視長寬比不一樣，而且常規傳感器格式應該僅用作參考，特別是對於遠心鏡頭和高放大倍率物鏡。傳感器尺寸可以直接根據像素大小和傳感器上的有效像素數量來計算 (*p*)。

$$H = s \times p \times \left(\frac{1mm}{1000\mu m}\right) \qquad \textbf{2.5}$$

Pixel Size (µm)	Associated Nyquist Limit (lp/mm)
1.67	299.4
2.2	227.3
3.45	144.9
4.54	110.1
5.5	90.9

表 2.4: 隨著像素大小增加，對應的奈奎斯特限制 lp/mm 線對數會變低 。

物空間分辨率

要確定可在物體上看到的絕對最小可分辨的點，需要計算視場與傳感器尺寸的比值。該比率亦稱系統的主要放大倍率。

$$m = \frac{H}{FOV} \qquad \textbf{1.1}$$

系統放大倍率將像空間分辨率擴展到物空間分辨率 ($\xi_{\text{Object Space}}$)。

$$\xi_{\text{Object Space}} = \xi_{\text{Image Space}} \times m \qquad \textbf{2.6}$$

當在開發系統時，系統的解析度要求並未以鏡頭的 lp/mm給定，而是以微米 (μm) 或英吋給定。進行此轉換有兩種方式:

$$\xi_{\text{Object Space}}\,[\mu\text{m}] = \left(\frac{1}{2 \times \xi_{\text{Object Space}}\left[\frac{\text{lp}}{\text{mm}}\right]}\right) \times \left(\frac{1000\mu\text{m}}{1\text{mm}}\right) \qquad \textbf{2.7}$$

$$\xi_{\text{Object Space}}\,[\mu\text{m}] = \frac{s}{m} \qquad \textbf{2.8}$$

儘管使用者可透過使用上一個公式來快速得出物方的極限分辨率，但確定像空間分辨率和 PMAG 以簡化鏡頭選擇也會很有幫助。另外還務必注意，這一過程涉及許多其他因素，而且此極限通常會遠低於使用公式簡易計算得出的值。有關鏡頭和對比度限制的更多資訊，詳見第 *2.3* 節和第 *6* 章。

使用 SONY ICX 625 傳感器的分辨率和放大倍率計算範例

已知參數:
像素大小 = 3.45 x 3.45μm
像素數量 (水平 x 垂直) = 2448 x 2050
所需視場 (水平)= 100mm

傳感器分辨率:

$$\xi_{\text{Image Space}} = \left(\frac{1}{2 \times s}\right) \times \left(\frac{1000\mu\text{m}}{1\text{mm}}\right)$$

$$\xi_{\text{Image Space}} = \left(\frac{1}{2 \times 3.45\mu\text{m}}\right) \times \left(\frac{1000\mu\text{m}}{1\text{mm}}\right) \approx \boxed{145\frac{\text{lp}}{\text{mm}}}$$

傳感器尺寸:

$$H_{\text{Horizontal}} = 3.45\mu\text{m} \times 2448 \times \left(\frac{1\text{mm}}{1000\mu\text{m}}\right) = \boxed{8.45\text{mm}}$$

$$H_{\text{Vertical}} = 3.45\mu\text{m} \times 2050 \times \left(\frac{1\text{mm}}{1000\mu\text{m}}\right) = \boxed{7.07\text{mm}}$$

放大倍率:

$$m = \frac{8.45\text{mm}}{100\text{mm}} = \boxed{0.0845\text{X}}$$

分辨率:

$$\xi_{\text{Object Space}}\,[\mu\text{m}] = 145\frac{\text{lp}}{\text{mm}} \times 0.0845 = 12.25\frac{\text{lp}}{\text{mm}} \approx \boxed{41\mu\text{m}}$$

第 2.3 節: 對比度

對比度描述了在給定的分辨率下物體上黑色與白色的區分程度。要使圖像看起來輪廓分明，黑色細節需要顯示為黑色，白色細節必須顯示為白色 (請參閱圖 *2.3*) 黑色和白色資訊越趨向於中間灰色，該頻率下的對比度越低。明暗線條之間的強度差異越大，對比度越高。雖然這可能顯而易見，但卻非常重要。

公式 *2.9* 可用於計算給定頻率下的對比度，其中， I_{MAX} 是最大強度 (如果使用的是相機，通常會採用像素灰階值表示) ， I_{MIN} 是最小強度:

$$\%\ \text{Contrast} = \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{I_{MAX} + I_{MIN}} \times 100\% \qquad \textbf{2.9}$$

在確定最終圖像對比度方面，鏡頭、傳感器和照明都發揮著重要的作用。如果其中任何一項未正確套用或與其他因素相配合，都會降低系統在給定分辨率下的整體對比度。

圖 2.3

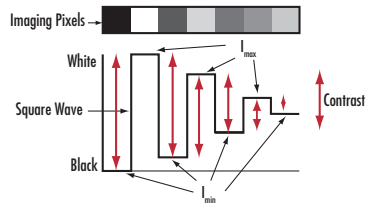
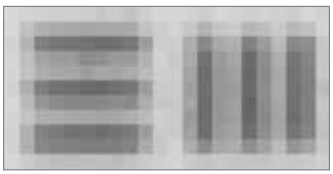


圖 2.3: 從黑色過渡為白色是高對比度，中間灰色則表明對比度較低。

對比度範例

分辨細節的能力與鏡頭再現對比度的能力以及利用的像素數量直接相關。以下圖像使用相同的測試板，但是，它們是由兩個不同鏡頭使用傳感器上的相同像素數量來拍攝的。這兩個圖像都是從傳感器中央裁剪。每個鏡頭再現對比度的能力是系統效能的決定性因素。
鏡頭1產生的對比度程度為 22.6%，而鏡頭 2 產生的對比度程度為 12.7%。即使從人眼看來影像並沒有什麼不同，但兩個鏡頭之間存在 78% 的效能差異。
還必需瞭解一點：相同頻率下，鏡頭並不一定能在整個視場中產生相同的對比度。另外，對比度級別還會隨著鏡頭f/#的調整而變化。有關此方面的更多詳情，詳見第 *2.1* 部份和第 *2.4* 部份。



Lens 1

Lens 2

鏡頭的對比度限制

假定在理想照明條件下，鏡頭對比度通常以再現的物體對比度百分比來定義。某種程度上，**分辨率實際上沒有意義，除非在特定對比度下定義。**第 *2.2* 節中，範例假設完美再現物體，包括在像素上顯示物體邊緣處的急劇過渡。但實際上絕非如此。鑒於光的性質，即使經過完美設計和製造的鏡頭也無法完全再現物體的解析度和對比度。即使鏡頭在繞射極限下使用 (如第 *2.4* 節所述)，圖 *2.4* 中圓點的邊緣在圖像中仍會模糊不清。在這種情況下，透過簡單計算像素來計算系統的分辨率會降低準確性，甚至完全無效。

假設兩個圓點相互靠近並且透過鏡頭成像，如圖 *2.4*所示。當兩個光斑離得較遠 (換言之，於低頻率下) 時，它們會非常分明，儘管其邊緣都有一些模糊。隨著它們互相靠近，模糊處會重疊，直至圓點無法再被識別為單獨的實體。系統的實際分辨能力取決於成像系統檢測圓點間距的能力。即使光斑之間有大量像素，但如果它們由於對比度不足而混在一起，也無法輕易解析兩個單獨的細節。因此，系統的分辨率取決於許多因素，包括繞射及其他光學件公差所導致的模糊、圓點間距以及傳感器檢測特徵點對比度的能力。

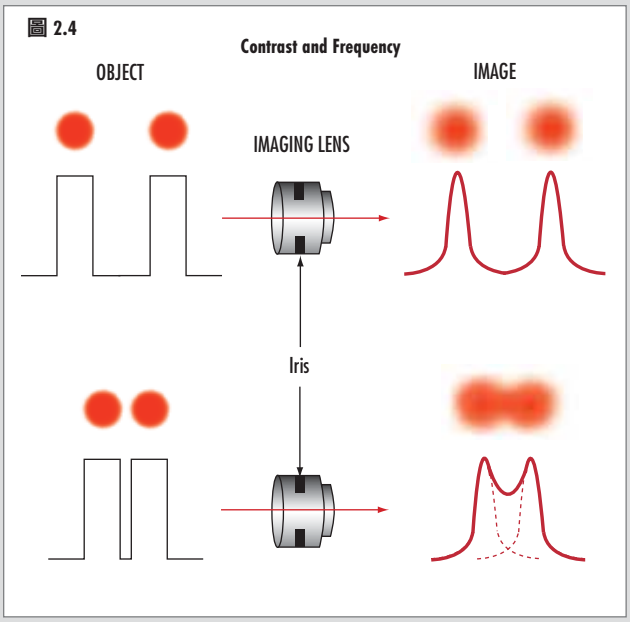


圖 2.4: 相同鏡頭成像的兩個光斑。上方的鏡頭在低頻率下對物體成像，下方的鏡頭在高頻率下對物體成像。

第 2.4 節: 艾里斑和繞射極限

艾里斑

光穿過任何尺寸的光圈時 (每隻鏡頭都具備光圈)，都會產生繞射。所產生之繞射圖案 (中心是一塊明亮區域，週圍是一系列亮度逐漸下降的同心圓環) 被稱為艾里斑 (請參閱圖 *2.5*)。此圖案的直徑與照明光線的波長 (λ) 以及圓形孔徑的大小相關，這一點非常重要，因為艾里光斑是光束可以對焦到的最小點。隨著從物體上不同細節對焦所產生之艾里光斑圖案聚集，它們開始重疊 (有關對比度的更多資訊，請參閱第 *2.3* 節)。當重疊圖案對降低對比度產生足夠大的影響 (如圖 *2.4* 所示)時，它們最終將無法相互區分。圖 *2.5* 顯示了於 f/2.8 設定的鏡頭和於 f/8設定的鏡頭之間光斑大小的差別。隨著像素的不斷縮小，這種縮小效應成為鏡頭分辨率的問題。艾里斑 ($Ø_{Airy\ Disk}$)或最小光斑大小可使用 f/# 和波長 (λ) 計算得出:

$$Ø_{Airy\ Disk} \approx 2.44 \times \lambda \times (f/\#) \qquad \textbf{2.10}$$

表 *2.5* 顯示了使用綠光 (520nm) 計算得出之不同 f/# 的艾里光斑直徑。可實現的最小光斑大小可能會輕易超過小像素的大小。在考慮使用不同像素大小的傳感器最大解析度能力時，這會產生問題點。此外，這也沒有考慮任何鏡頭設計的條件以及與鏡片製造和鏡片組裝相關的製造誤差，而這些因素會導致產生物理上可實現之最小光斑的能力下降，進而降低解析度和對比度效能。 **注意:** 這些都是理論分析，是光學系統中基礎的限制條件。

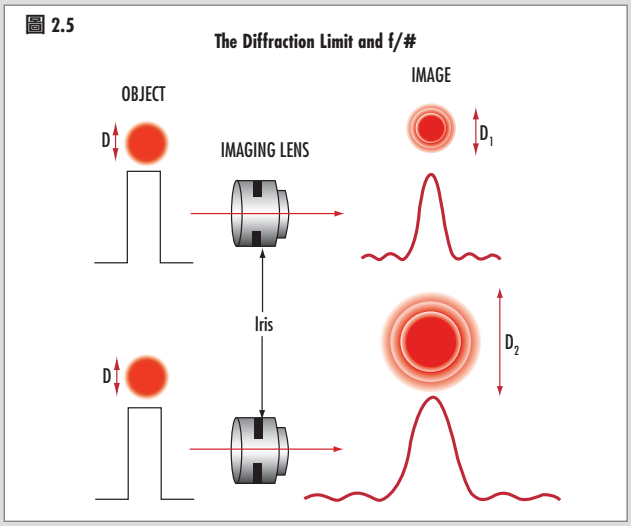


圖 2.5: 繞射效應隨成像鏡頭光圈縮小 (f/# 增加) 而增加。上面鏡頭光圈 f/2.8設定，下面鏡頭是光圈 f/8 設定。

f/#	Airy Disk Diameter (µm) at a Wavelength of 520nm
1.4	1.78
2	2.54
2.8	3.55
4	5.08
5.6	7.11
8	10.15
11	13.96
16	20.30

表 2.5: 最小光斑大小 (或艾里光斑) 隨 f/# 增加而增加，並可容易超過像素大小。有關樣本像素大小，請參閱表*2.4* 。

繞射極限

每隻鏡頭都有一個分辨率性能上限，由物裡定律和艾里斑 (稱為繞射極限) 所規範。這個規範說明鏡頭理論上最高的分辨力，單位為 lp/mm。不受設計規範的理想透鏡仍將受到繞射效應所限制。

這個極限是兩個 Airy 艾里班 (圖 *2.4*) 的點彼此無法區分產生繞射極限分辨率，通常稱為鏡頭的截止頻率，可以使用鏡頭的 f/# 和波長計算出來。 在第 *2.1* 節中了解有關 f/# 的更多資料。

$$\xi_{\text{Diffraction Limit}} = \frac{1}{(f/\#) \times \lambda} \times \left(\frac{1000\mu m}{1mm}\right) \qquad \textbf{2.11}$$

當達到繞射極限時，鏡頭無法分辨更高的頻率。 表 *2.6* 顯示了在在給定的 f/# 下對比為 0% 的繞射極限數值。 這些數字看似很大，但是是理論值；還必須考慮其他幾個因素。 通常，因為由於相機的背景雜訊，達到或接近 0% 的對比度成像傳感器無法重現訊息。 對比度通常需要在標準成像傳感器上要檢測到10% 或更高。 為什避免成像上模糊，建議將對比度設為 20% 或在特定於應用上設定更高的臨界分辨率。另外，鏡頭製造組裝公差產生的像差與變化也會降低性能。

f/#	0% Contrast Limit (lp/mm) @ 520nm
1.4	1374
2	962
2.8	687
4	481
5.6	343
8	240
11	175
16	120

表 2.6: 波長 520nm (綠光) 條件下不同光圈下的繞射極限值。

第 2.5 節: 調製轉換函數

瞭解和計算鏡頭性能可能是一項困難的工作。許多變數會影響鏡頭的效能，包括物理定律、設計標準和原理以及製造公差。為了獲得最佳系統效能，光學設計者和終端用戶需要找出幾個指標性的參數來評量鏡頭的性能。量測的鏡頭性能由調製傳遞函數 (MTF) 曲線表現。

調製轉換函數 (MTF)

調製轉換函數 (MTF) 曲線包含多種訊息的指標，它反映鏡頭在空間頻率 (分辨率) 發生變化時如何再現對比度。這些曲線提供於應用需求所決定之特定基礎參數組下光學像差如何影響效能之綜合表現圖。 務必理解的是，變更視覺系統上的幾乎任何設定 (包括基礎參數) 都會改變曲線的效能特性。 第 *1.1* 節中定義了基礎參數。

圖 *2.6* 顯示了普通類型的 MTF 曲線類型，描述了光學轉換函數 (對比度) 和頻率 (解析度)的係數。第 *2.2* 部份介紹了決定頻率的方法。該曲線全面概覽了鏡頭於特定工作距離、 f/# 傳感器尺寸和波長範圍時的效能。因為 MTF 曲線可以同時顯示分辨率和對比度資訊，根據應用需求可以對多種鏡頭進行相互評估比較。如果正確地使用 MTF 曲線，MTF 曲線可用於判定鏡頭是否合乎應用。

通常有幾種MTF表示的方法(例如 MTF vs 頻率，MTF vs 視場)，通常使用多色曲線 (黑色，藍色，綠色和紅色) 來表示 MTF vs 頻率。通常有幾種 MTF 表示的方法 (例如 MTF vs 頻率，MTF vs 視場)，通常使用多色曲線 (黑色，藍色，綠色和紅色) 來表示 MTF vs 頻率。上方黑色實線是鏡頭的繞射極限代表鏡頭可以達成的最高性能。無論哪種高階性能的鏡頭都沒法設計超越這條線。 曲線上其他低於繞射極限的彩色線條表示鏡頭的 MTF 效能。它們對應於要使用的不同像高 (傳感器內的位置)。本案例中顯示了三種不同的場高：軸上 (藍色)，表示成像中心位置；成像圈直徑的 70% (綠色)，表示大約成像區域的一半；和完整成像圈(紅色)，位於圖像傳感器的對角線角落處。請注意，會有其他曲線提供更多視場供分析。

曲線內另一個值得注意的特徵是實線和虛線 (在曲線上以字母T和 S 表示) 之間的差異，實線和虛線分別表示子午 (T: yz) 和弧矢或「徑向」(S : xz) 焦點平面。有些像差，例如不對稱現象產生的散光，會產生子午線和弧矢線分開變化， 但是軸上的曲線沒有這種分開現象。這種變化會使視場上的聚焦光班在某一個方向上更快地聚焦收斂在一起在相同的頻率下同樣視場另一個方向產生不同的對比度。重要的是要考慮在評估挑選應用的鏡頭時，需要挑選T曲線或是 S 曲線兩曲線中的較低者。得到最高對比度通常是有利於讓的整個傳感器上獲得最清晰的圖像. 在生產鏡頭過程中 ,如果存在鏡片傾斜或偏心的情況，不對稱會導致 T 和 S 曲線分開甚至軸上的曲線也是如此，儘管這在設計 MTF 曲線中從未說明。

圖 2.6

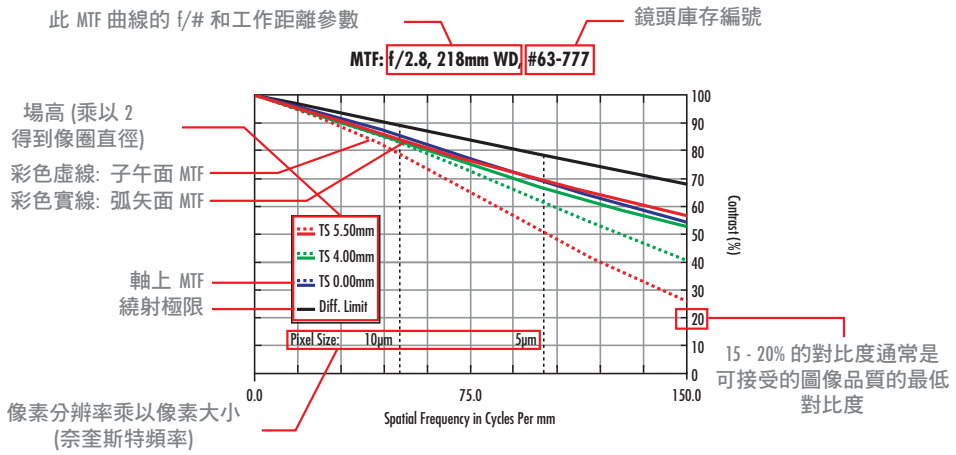


圖 2.6: MTF 效能曲線描述了對比度與頻率。

第 2.6 節: MTF 曲線和鏡頭性能

圖 *2.7* 是在鏡頭上使用的 12mm 鏡頭在 Sony IMX250 傳感器 (⅔ 英寸格式和 3.45 µm 像素) 的 MTF 曲線的案例。傳感器格式為會在第 10 節中進行了討論。曲線顯示了鏡頭在整個頻率範圍內的對比度範圍從 0 到 150lp/mm (傳感器的極限/奈奎斯特分辨率是 145lp/mm) 。此外，此鏡頭的 f/# 設定為 2.8，0.05X 的放大倍率條件。FOV(約 170 毫米) 大約是傳感器水平尺寸的 20 倍。 這種視場/放大率定義將用於本節中的所有討論案例。使用白光用於模擬光源。

此曲線提供了多種訊息。首先要注意的是，繞射極限採用黑線表示。黑線表示於 150lp/mm 的頻率下理論上可達到的最大對比度近 70%，任何其他鏡頭設計不論有多好，都無法超越它(假設相同 f/# 和波長條件下)。藍色線綠色線和紅色線分別描述鏡頭成像在整個傳感器上不同位置的性能表現 (請參閱第 *2.5* 節，以了解哪些位置對應於不同顏色)。清楚地看到，在較低和較高的頻率下，在整個傳感器的對比度再現並不相同，因此同個 FOV 範圍內下不同位置對比度也會不一樣。

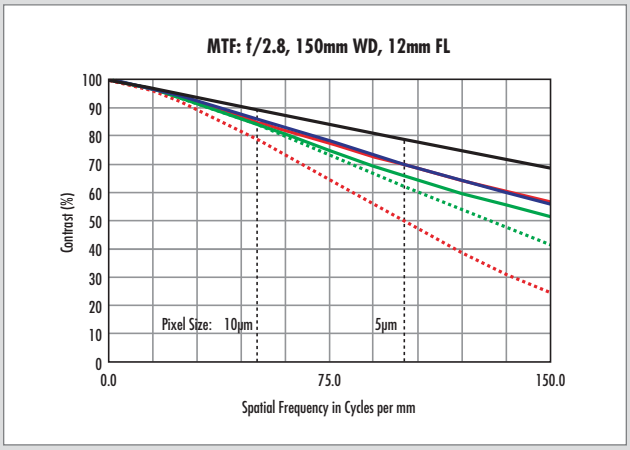


圖 2.7: Sony IMX250 傳感器上使用的 12mm 鏡頭的 MTF 曲線。

比較鏡頭設計和架構

範例 1: 比較兩種不同的鏡頭（焦距(FL)相同，和 f/#）設計

討論兩隻相同焦距 (12mm) 但不同設計的鏡頭，f/2.8，在同一傳感器上，並且具有相同的 FOV。這些鏡頭會產生視場相同，但效能不同的系統。分析過程中，圖 *2.8a* 中對比度為 30% 時之水平淺藍色線條展示，視場內的任何位置基本上都能達到至少 30% 的對比度，這讓傳感器的全部範圍都可被充分利用。對於圖 *2.8b*，幾乎所有視場的對比度都低於 30%。這意味著，僅傳感器的一小部份能達到更好的圖像品質。另還請注意，兩條曲線上的橙色框表示圖 *2.8b* 中對比度為 70%、較低效能鏡頭的截止頻率。如果在圖 *2.8a* 上放置了相同的框，即使在較低的頻率下，兩個鏡頭之間也會出現顯著的效能差異。

這些鏡頭的區別在於突破設計限制條件和製造變異產生的成本；圖 *2.8a* 採用了較複雜的鏡組設計以及更嚴格的製造公差。在分辨率較低以及對分辨率要求較高的應用中，其中要求對較大視場提供相對較短的工作距離，圖 *2.8a* 表現出色。在需要更高像素以增強圖像處理演算法的保真度以及需要較低成本的情況下，圖 *2.8b* 效果最佳。兩種鏡頭都各有所用，具體取決於應用。另外不能因為鏡頭無法達到傳感器上奈奎斯特限定的分辨率，就不能排除在該傳感器上的使用。

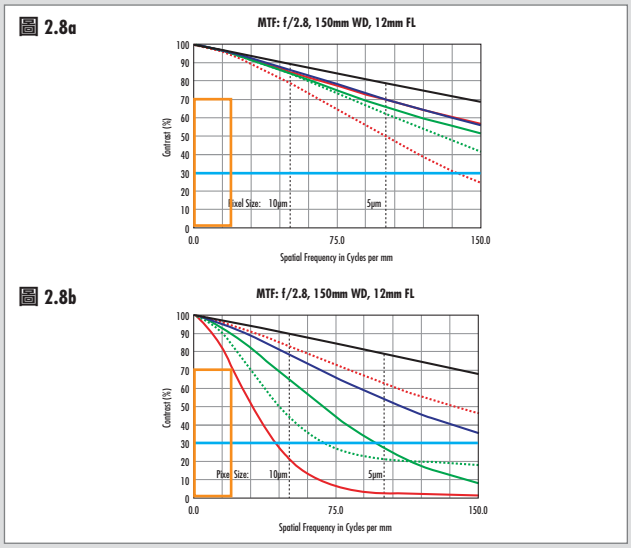


圖 2.8: 具有相同焦距、f/# 和系統參數之兩種鏡頭設計 (*a* 和 *b*) 的 MTF 曲線、在相同的傳感器上，並使用相同的系統參數。

範例 2: 比較兩種高分辨率鏡頭設計在相同的f/#但不同焦距的條件下

圖 *2.9* 研究了兩種焦距 12mm 和 16mm，相同視場、感測器和f/#的高分辨率鏡頭。透過觀察鏡頭於圖 *2.9b* 中的奈奎斯特極限下的對比度 (淺藍線)，與圖 3.3a 相比較會發現顯著的效能提升。儘管絕對差異僅有約 10 - 12% 的對比度，但考慮到對比度從約 30% 變為 42%，相對差異更接近 33%。本圖上放置了另一個橙色框，這時圖 *2.9a* 的對比度達到 70%。請注意，此級別的差異不像上一個範例中那麼極端。這些鏡頭之間的權衡是，圖 *2.9b* 中鏡頭的工作距離增加了約 33%，但效能也有不錯的提升。這遵循了最佳範例中提出的常用的準則。

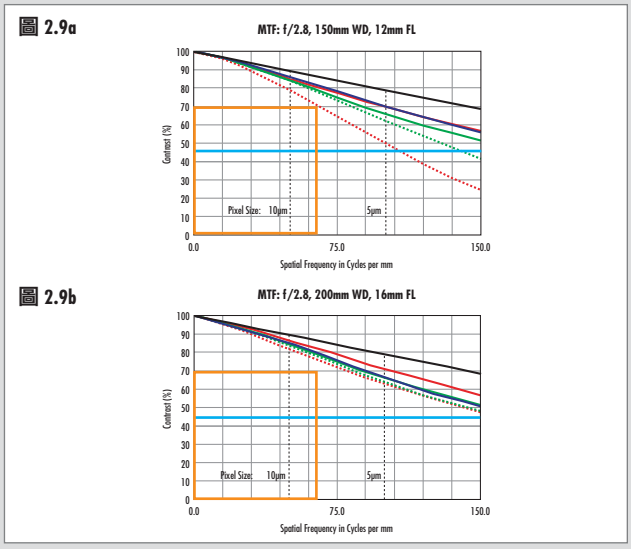


圖 2.9: 具有不同焦距、相同 f/# 和系統參數之兩種不同的高分辨率鏡頭設計。

範例 3: 比較不同光圈同一個焦距 35mm 鏡頭設計

圖 *2.10* 為使用白光、f/4 *(a)* 和 f/2 *(b)* 的 35mm 鏡頭設計採用 MTF。在兩個圖形中，黃線顯示於圖 *2.10a* 的奈奎斯特極限下之繞射極限對比度，而藍線表示圖 *2.10a* 中相同鏡頭 (f/4) 於奈奎斯特極限下的最低實際效能。儘管圖 *2.10b* 的理論極限要高得多，但其效能要低得多。這裡舉例說明了較高的 f/# 可以如何降低像差影響，即使理論效能極限已大幅降低，也能大大提高鏡頭效能。除了分辨率以外，主要權衡因素還有於較高 f/# 下取得較少的光通量。

範例 4: 改變工作距離對 MTF 的影響

圖 *2.11* 中研究了相同的 35mm 焦距、 f/2 鏡頭設計工作距離為 200mm (*a*) 和 450mm (*b*) 時的情況。結果發現，性能存在較大的差異，這直接關係到於不同工作距離時鏡頭設計平衡像差的能力。即使透過重新聚焦，讓鏡頭在不同的工作距離下使用成像性能會因為不在當時的設計條件下而有差異甚至性能下降。這些影響於較低f/#時大光圈條件下差異更明顯。更多的資訊請參考第 *3* 章。

波長對成像性能的影響

光線穿透介質 (玻璃、水、空氣等) 時，不同波長會沿不同角度轉折。當陽光穿透棱鏡並產生彩虹效應時，常常能觀察到這種情況，較短波長比較長波長折彎程度更大。當嘗試分辨更多的細節並獲取成像系統中的資訊時，同樣的不同波長效應也會發生並且帶來問題。為了避免這個問題，成像和機器視覺系統通常使用單色照明，僅涉及單一波長或狹帶光譜。單色照明 (例如，來自 660nm 的 LED) 實際上可以消除成像系統中所謂的色像差。

色像差

色像差以兩種基本形式存在：橫向色差 (圖 *2.12*) 和縱向色差 (圖 *2.13*)。

橫向色差, 從圖像中心朝圖像邊緣移動時，可以看到橫向色差 (圖 *2.12*) 。在中心處，不同波長的光線產生的光斑是同心的。朝圖像邊角處移動時，波長會傾向於分離並產生彩虹效應。由於這種彩色分離，物件上的給定點將在更大的區域上成像，導致對比度降低。對於像素較小的傳感器，這種效果會更顯著，因為模糊會覆蓋在更多像素上。有關像差的第 *3.5* 節深入介紹了橫向色差。

縱向色差, 圖 *2.13* 關係到鏡頭在同一個聚焦點情況下對所有波長聚焦的能力。波長不同，最佳聚焦平面也不同。這種與波長相關的聚焦會導致對比度降低，因為不同波長會在相機傳感器所在的圖像平面上產生不同大小的光斑。圖 *2.13* 的圖像平面上顯示了紅色波長產生的小的光斑、綠色波長產生的較大的光斑，以及藍色波長產生的最大的光斑。您無法一次性將所有顏色聚在一起。有關像差的第 *3.5* 節提供了更多詳細資訊。

選擇最佳波長

單色照明可以消除縱向色差和橫向色像差來增強對比度。您可使用 LED 照明和雷射的形式，或使用濾光片來輕易產生單色光照明。但在系統中，不同波長會對MTF產生不同的影響。繞射極限定義可由完美鏡頭建立之最小的理論光斑，根據艾里光斑直徑定義，它和波長 (λ) 有正相關。您可使用公式 *2.10*來分析不同波長和不同 f/# 值時光斑大小的變化。

$$Ø_{\text{Airy Disk}} \approx 2.44 \times \lambda \times (f/\#) \qquad \textbf{2.10}$$

圖 2.10a

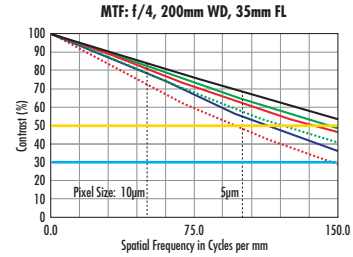


圖 2.10b

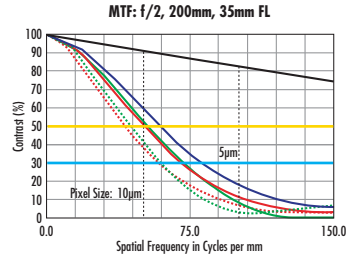


圖 2.10: 35mm焦距鏡頭在相同的WD下不同光圈的MTF曲線，f/4 (*a*) and f/2 (*b*)。

圖 2.11a

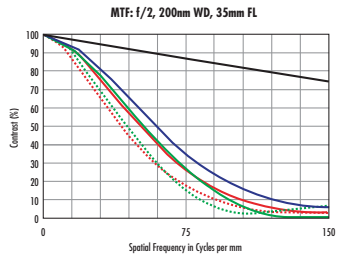


圖 2.11b

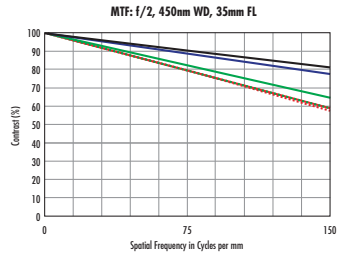


圖 2.11: 35mm 焦距、f/2 鏡頭於不同工作距離下的 MTF 曲線。

圖 2.12

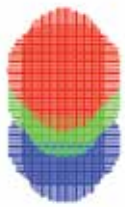


圖 2.12: 圖例說明不同視場位置會出現橫向色差的聚焦光班現象。

圖 2.13

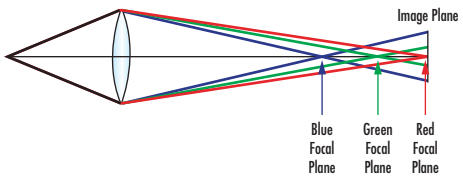


圖 2.13: 圖例說明出現聚焦時不同顏色聚焦點偏移現象。

表 *2.7* 採用不同 f/# 值下計算紫光 (405nm) 至近紅外 (880nm) 範圍內波長所得出的艾里光斑直徑。這些數據說明：鏡頭系統在較短波長下使用時具有更高的理論分辨率和性能。瞭解這一點具有諸多好處。首先，理論上較短波長因可聚焦的光斑較小，可更好使用在傳感器上著不同大小的像素規格。這在具有極小像素的傳感器上尤為顯著。其次，它允許更靈活地使用較大的 f/#，以此獲得更大景深。例如，於 f/2.8 下使用紅色 LED 可產生 4.51µm 的光斑大小；而於 f/4 下使用藍色 LED 可產生幾乎與之相同的光斑大小。如果這兩個選項都於最佳焦點下產生可接受等級的效能，則於 f/4 下使用藍光設定之系統會產生更好的景深，這可能是特殊應用的一個關鍵要求。

範例 5: 隨著波長而改善

圖 *2.14* 中的兩張圖像都是採用相同的鏡頭和相機產生相同視場所拍攝的，因此在物件上呈現相同的空間分辨率。相機利用 3.45µm 像素。圖 *2.14a* 和 *2.14b* 中所使用的照明分別於 660nm 和 470nm下設定。高解析度鏡頭被設為較高的 f/#，以顯著降低像差影響。這讓繞射極限成為系統中主要的限制因素。藍色圓圈代表了圖 *2.14a* 中的極限分辨率。請注意，圖 *2.14b* 已大幅提升了可解析細節 (細節細膩度提升約 50%)。即使於較低頻率下 (更寬線條)，圖 *2.14b* 中使用 470nm 照明也能提供較高的對比度。

範例 6: 白光與單色光 MTF

在圖 *2.15* 中，相同鏡頭於相同的工作距離和 f/# 下使用。圖 *2.15a* 使用白光，而圖 *2.15b* 則使用 470nm 照明。在圖 *2.15a* 中，於奈奎斯特極限下，所有效能介於 50% (for a 3.45 µm pixel) 或以下。對於圖 *2.15b*，奎斯特極限下的所有效能高於圖 *2.15a*。此外，圖 *2.15b* 中系統中心的效能高於圖 *2.15a*的繞射極限。這一效能提升歸功於以下兩方面的原因：使用單色光消除了系統中的色像差，產生比較小的光斑； 470nm 照明是用於可見範圍成像之光線的最短波長之一。如繞射極限和艾里光斑部份所詳述，較短波長可提供較高的解析度。

波長考量

改變波長使用可能會產生一些問題。隨著照明光源應用波長越往 UV 波段使用 (波長減短) 鏡頭設計上越困難，無論短波段頻寬是否為窄頻: 玻璃材料在較短 (比 425nm 波長短) 波長下表現不佳。短波長應用的光學系統設計上也是可以進行的，但這些設計通常性能無法最佳化，並且製造鏡頭所需要的特殊玻璃材料可能價格昂貴。表 2.7 中的最佳理論效能是建立在紫光 405nm 波長下，而大多數光學系統設計在此波段下表線不佳。務必使用鏡頭模擬軟體分析性能曲線來評價短波長下鏡頭的實際表現。

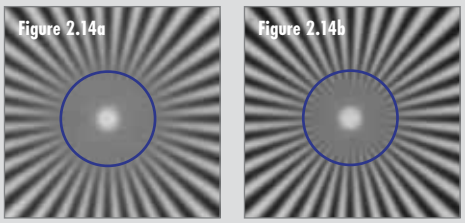
範例 7: 理論限制

圖 *2.16* 對比了使用藍色 (470nm) 和紫色 (405nm) 波長的 35mm 鏡頭 f/2 。(分別見 *2.16a* 和 *2.16b*)。雖然圖 *2.16a* 具有較低的繞射極限，但它還顯示了 470nm 波長會在所有視場位置產生較高效能。當鏡頭應用於設計時極端的 f/# 和工作距離，這裡的效應就會產生 (詳見有關 MTF 的第 *2.5* 節)。可顯著影響效能的另一個波長問題與縱向色差相關。隨著應用的波範圍增加，鏡頭成像性能就會下降。有關像差的第 *3.5* 節對此現象進行了詳解。

請造訪網址
www.edmundoptics.com.tw/imaging
下載具 MTF 曲線所有 TECHSPEC® 成像鏡頭的完整數據表

Color	Wavelength (nm)	Aperture (f/#)				
		f/1.4	f/2.8	f/4	f/8	f/16
NIR (Near-Infrared)	880	3.01	6.01	8.59	17.18	34.36
Red	660	2.25	4.51	6.44	12.88	25.77
Green	520	1.78	3.55	5.08	10.15	20.30
Blue	470	1.61	3.21	4.59	9.17	18.35
Violet	405	1.38	2.77	3.95	7.91	15.81

表 2.7: 不同波長和 f/# 的理論艾里斑直徑光斑大小 (µm)。



每張圖像皆取自多條星標的視場中心。星標的圖像可顯示鏡頭和相機系統所有方向不同分辨率的變化情況。經觀察發現，較高的分辨率更貼近於星形中心，星形中心處的線條更窄，從而產生較高的頻率。

圖 2.14: 採用相同鏡頭和傳感器於相同 f/#下拍攝之星標圖像。波長在 660nm (*a*) 至 470nm (*b*) 範圍內變化。

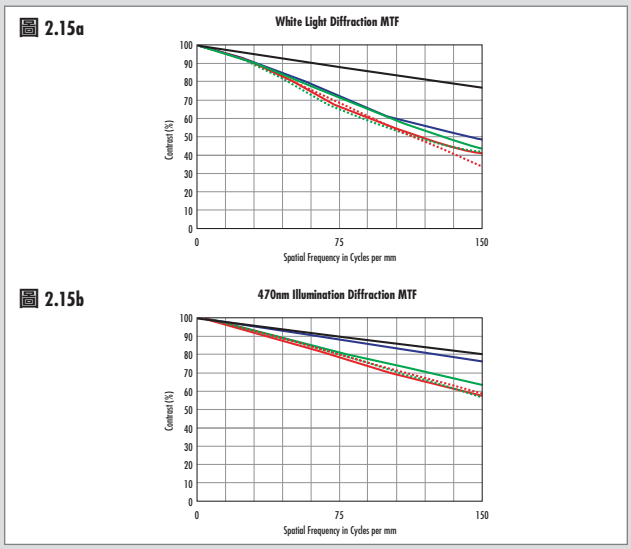


圖 2.15: 相同鏡頭於 f/2 下使用不同波長的 MTF 曲線；白光 (a) 和 470nm 照明 (b)。

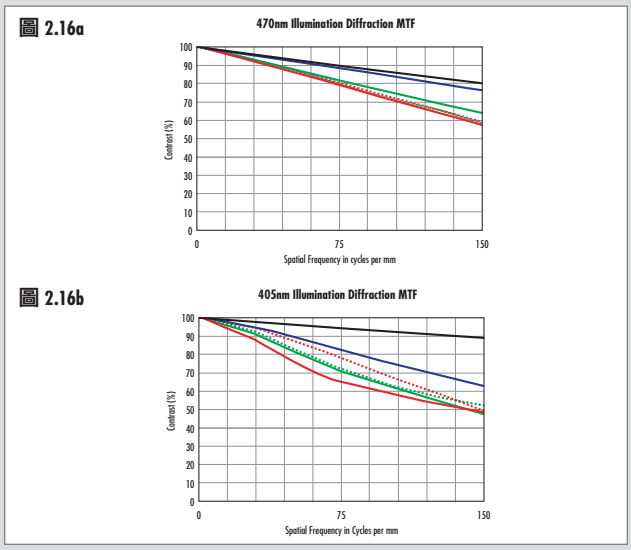


圖 2.16: 35mm 鏡頭 (f/2) 使用 470nm(a) 和 405nm(b) 波長照明的 MTF 曲線。

第 3 章: 鏡頭實際性能

第 3.1 部份: 鏡頭實際性能和限制考量

為了更好理解理論和製造出的鏡頭性能可能出現的差別，範例*1-3*顯示了會於傳感器級別發生的情況，以及不同波長和 f/#下的傳感器輸出的顯示情況。下面圖示展示了從理論範例到實際範例的轉變，包括像差和鏡頭製造公差。如第 *2.6* 節所述，波長越短，理論上成像系統的性能越強。近年來，增強小像素傳感器效能已極其依賴於藍光 LED。請記住最佳範例 *#5* (第 *5* 頁)「顏色效應」。瞭解鏡頭在不同 f/# 和波長下的物理特性和限制，有助於使用者優化高分辨率傳感器的效用，並能夠為曾經很棘手的應用提供解決方案。

範例 1: (理論) 低 f/# 下不同波長光斑大小和像素輸出的變化

圖 *3.1a* 和 *3.1b* 展示了四種完美成像的不同波長，不足之處是繞射 (第 *2.4* 節) 在包含 3.45µm 像素並於 f/2.8下的傳感器中央造成了一些模糊。這是大家認為是比較小像素大小，常見的 5百萬像素的傳感器具備這樣的像素，許多相機公司皆採用這款傳感器。圖 *3.1a* 顯示了波長從 470nm (藍光) 增加到 880nm (NIR) 後的光斑大小差異。圖 *3.1b* 顯示了圖 *3.1a* 中的鏡頭所產生的每個圖像的像素輸出；請注意，較短的波長所產生的光斑較小。

圖 3.1a: An Illustration of how spot size changes by wavelength from 470nm (blue) to 880nm (NIR) at f/2.8.

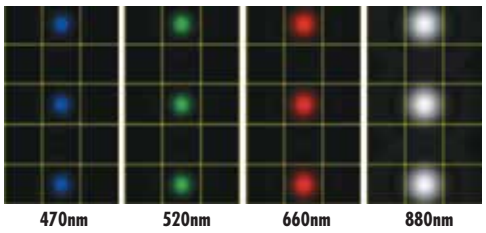


圖 3.1b: How the pixels of a sensor interpret the spot sizes in figure 3.1a.

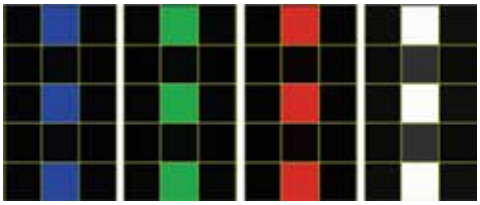


圖 3.1: 於低 f/# 下光斑大小和像素輸出——隨波長的變化。

範例 2: (理論) 高 f/# 下不同波長光斑大小和像素輸出的變化

圖 *3.2* 中的圖像與圖 *3.1* 類似，但光圈設定已變更為 f/8。在此設定下，圖 *3.2a* 顯示所有不同波長的光斑都超出了單個像素的大小，這會導致能量滲入鄰近的像素。圖 *3.2b* 顯示了於較長的波長下，像素輸出中有明顯的模糊，而且880nm時產生的光斑無法再分離。這說明改變光圈產生出來的物理結果(即使是在理論上完美的系統中)。

圖 3.2a: An Illustration of how spot size changes by wavelength from 470nm (blue) to 880nm (NIR) at f/8.

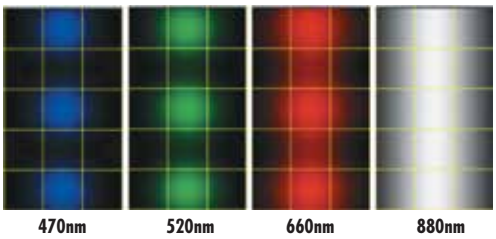


圖 3.2b: How the pixels of a sensor interpret the spot sizes in figure 3.2a.

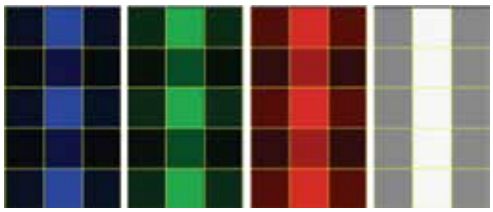


圖 3.2: 於高 f/# 下光斑大小和像素輸出——隨波長的變化。

範例 3: 在包含像差的實際鏡頭中，光斑大小和像素輸出隨波長的變化

本範例中顯示了於 f/2.8 下真正鏡頭設計的中心和邊角的真實成像的狀況。這些圖示說明即使是最高品質的鏡頭中本身的像差以及與製造公差相關的成像現象。像差會令成像資訊產生錯位並改變所產生之光斑形狀，導致不再為旋轉對稱的形狀；像差的外觀特性由整體鏡頭像差總和來決定 (更多有關像差資訊請參閱第 *3.5* 節)。請注意，圖像邊角處的像差往往比中心處更明顯。圖 *3.1a* 和 *3.1b* 中顯示的光斑與圖 *3.3a* 和 *3.3b* 中顯示的光斑有很大的不同；圖 *3.1* 是理論演示，圖 *3.3* 則使用真實鏡頭。注意像差如何影響圖 *3.3c* 以及 *3.3d* 中所顯示的光斑形狀。

圖 3.3a: An Illustration of spot sizes for a real lens with aberrations in the center of the image at f/2.8.

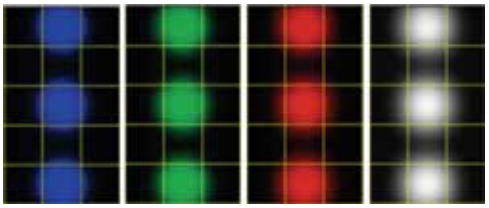


圖 3.3b: How the pixels of a sensor interpret the spot sizes in figure 3.3a.

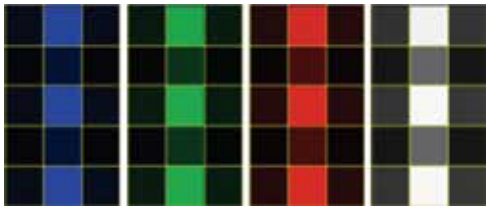


圖 3.3c: An Illustration of spot sizes for a real lens with triangular shaped aberrations in the image corner at f/2.8.

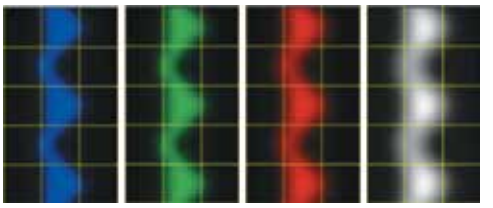


圖 3.3d: How the pixels of a sensor interpret the spot sizes in figure 3.3c.

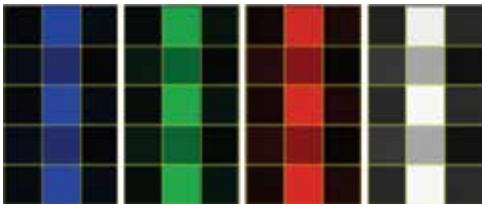


圖 3.3: 在包含像差的實際鏡頭中，光斑大小和像素輸出隨波長的變化。

範例 4: 實際鏡頭效能。查看實際圖像。

圖 *3.4* 是測試版檢查，顯示了兩個具有相同焦距 (16mm)、f/# (f/2.8)和視場 (水平 100mm) 覆蓋範圍的鏡頭的實際效能差異。這些圖像展示了關於 (MTF) f/# 和波長的部份 (分別為第 *2.1, 2.5*和*2.6* 部份) 中詳述的所有概念。測試板是一個多邊星標測試板，允許同時顯示所有視場區域以及所有方向的各種頻率 (分辨率)。有關此測試板以及其他用作系統效能基準之測試板的更多詳情，請見第 *61-66* 頁。

透過檢查視場的特寫部分（線上提供完整的解析度圖像），可以發現鏡頭效能的差異。圖 *3.4* s顯示了完整的星標；我們將對兩個不同鏡頭位於測試板中心、底部中間以及邊角處的突出顯示區域進行比較。本範例中使用了 3.45µm 像素、總解析度為 500 萬像素的 Sony ICX625 單色傳感器以及白光背光光源。

圖 *3.4* 中顯示的比較情況展示了鏡頭 *A* 的出色效能。具體來說，圖像邊角處的對比度差異顯著，很顯然，鏡頭 *B* 範例中更難以區分黑色和白色。此外，不同像差 (主要是像散性) 的方向性突出；可以看到與徑向方向傳播的線條關聯的更多細節。

圖 3.4

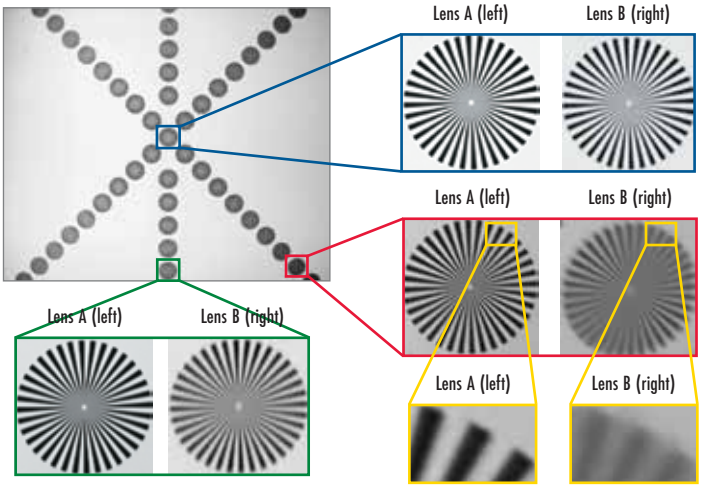


圖 3.4: 星標是由兩個具有相同焦距、 f/#、視場和傳感器的鏡頭 (*A* 和 *B*) 成像的。鏡頭 *A* 在所有方面的優越性都很明顯，但在圖像邊緣和邊角處最為顯著。

圖 *3.4* (黃色方框和紅色方框) 中圖像和邊角處的特寫還顯示了一個問題，每個黑白線對總共覆蓋了約 10 個像素。相較於圖像中心的可解析部分，空間解析度(由於模糊的像圈覆蓋了多個像素) 從近中心處的 500 萬像素 (2448 × 2050) 有效降低到了邊角處的約 500 × 400 像素，這低於 VGA 傳感器 (640 × 480 像素)可再現的解析度。即使在較低的傳感器解析度下，某些鏡頭由於設計限制和製造公差的原因，仍然很難清晰分辨，這可透過每個鏡頭的不同對比度差別來區分。例如，鏡頭 *A* 在黃色方框中的對比度級別為 45% ，鏡頭 *B* 在紅色方框中的對比度為7% 。

第 3.2 節: 相對照度、亮度衰減以及暗角

要解決與相對照度 (RI)，亮度衰減問題，和漸暈現象 (遮擋穿過成像鏡頭邊緣光線)，必須考慮傳感器版面大小。更多有關傳感器和版面的資料，請參見第 *10* 章。

鏡頭和傳感器相匹配

經常出現的一個問題是，成像鏡頭能否支援到某些特定的傳感器尺寸。如果傳感器對鏡頭設計而言過大，則所產生的圖像看起來可能朝向邊緣區域逐漸消失或變暗；這一效果是由邊角失光造成的。隨著系統的解析度要求提高，需要做到兩點之一: 像素需要變小，傳感器需要變大。如有關MTF和繞射極限的部份 (第 *2.4* 和 *2.5* 部份) 中所詳述，持續縮小像素大小會產生伴隨光學鏡頭解析真正細節能力的重大問題。這個問題以及與目前傳感器技術有關的信噪比和敏感度問題會造成傳感器不得不增大尺寸，但如果沒有使用適當的鏡頭，尺寸增大又會導致與漸暈和衰減相關的問題。

相對照度

相對照度 (RI) 用於表示成像鏡頭邊角失光和衰減產生的共同效應，通常以傳感器對應不同位置表示不同百分比例照明強度；此點規範為具有最大照明的視場位置。RI曲線說明整個傳感器上成像範圍的照度變化 (%)。 照度變化會對圖像分析產生不良影響。

圖 *3.5a* 顯示了一條典型的RI曲線，其中圖像高度與相對亮度。 各個曲線代表不同 f/# 下的 RI 性能。 注意， RI 不是絕對亮度。 較高的 f/# 值仍會導致整體亮度降低，(了解有關 f/# 的更多資料在第 *2.1* 節中)。 x 軸代表傳感器中心到傳感器周邊的距離。 y軸表示照明強度相對於整個視場任何位置中最高為 100% 的照度 (通常是視場中心) RI 。若要找出鏡頭在不同傳感器上的 RI 性能，可利用傳感器對角線長的垂直方向標線位置尋找。 圖 *3.5b* 是光圈 f/1.4 下圖 *3.5a* 中 RI 圖像相對照度模擬。

圖 *3.5a* 中的曲線顯示，在最低光圈設定 (f/1.4 – 藍線) 下，此鏡頭的相對照明為 ⅔" 傳感器邊角處之圖像中心的照明度的 57%。相同條件下，鏡頭相對照明為 ½" 傳感器邊角處的 72%。隨著傳感器變小，相對照明會提高。另請注意，相對照明會隨f/#增加而提高；這種情況會持續到鏡頭中不再出現邊角失光，這時，所有較高的 f/# 設定都具有相同的照明分佈。增大 f/# 通常不會大幅提高圖像圈大小，因為即使縮小 f/#，針對特定傳感器大小設計的鏡頭也無法在較大傳感器上獲得出色的效能。

縮小光圈後，仍然會發生衰減，因為衰減與光線角度有關，而與穿過鏡頭的光線數無關。許多鏡頭都會具有視場中間最高的照明分佈，並在靠近邊緣時持平或降低到某個更低的百分比。在極少數情況下，圖像圈內的相對照明會略微提高，但這與光瞳壓縮相關，本文中對此不做介紹。

亮度衰減

亮度衰減是相對於不同視場位置RI下降，不是由漸暈引起的，是由輻射定律限制圖 *3.6*有一個公式，敘述成像圈內沒有邊角失光的鏡頭的最大亮度受像空間內主光線角度的余弦的四次方限制。這被稱為 $\cos^4\theta$ 衰減 (通常被稱為 "四次餘弦" 衰減)。 圖 *3.7* 顯示了圖像中心和邊角處的主要光線 (以紅色突出顯示)。

許多應用中衰減都不是問題；但如果主光線角度變得非常陡峭，亮度衰減現象就會產生。在使用大型傳感器的應用、線掃描應用以及廣角視場 (短焦距) 應用中尤為如此。表 *3.1* 顯示了衰減如何隨角度增加。請注意，對於 15° 的角，相對照明從中心到邊角會降低約 13% ，但將角度翻倍後，衰減程度會提高而相對照明降低約 44% 。

圖 3.5a

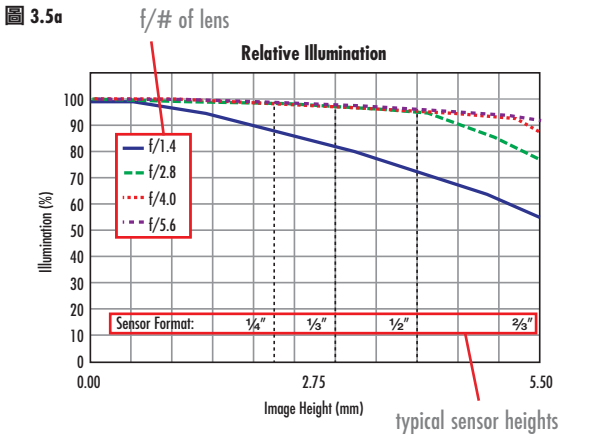


圖 3.5a: 一組 RI 曲線在 x 軸方向顯示相關圖像傳感器版面數值。

圖 3.5b

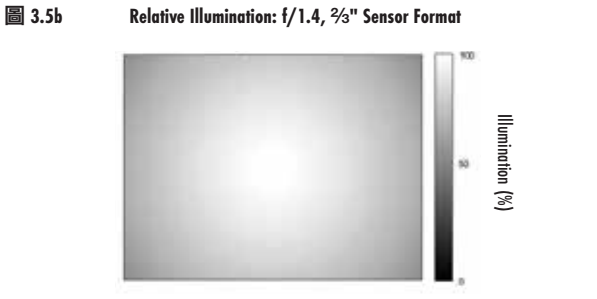


圖 3.5b: 此圖顯示的藍色 f/1.4 曲線在 ⅔" 圖像傳感器中會如何顯示。

圖 3.6

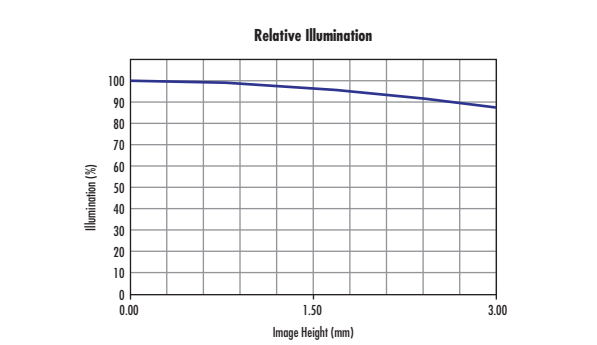


圖 3.6: 衰減是與視場相關的相對照明降低，這並非由邊角失光、而是由輻射定律造成。

圖 3.7

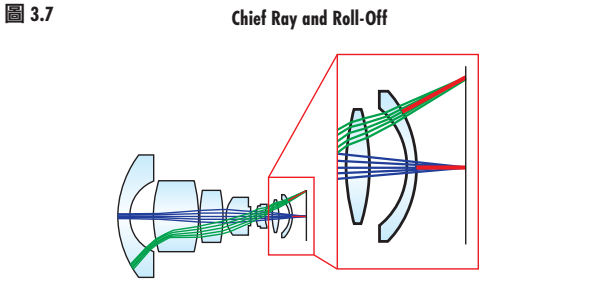


圖 3.7: 成像鏡頭結構圖，標示成像中心區 (藍線) 和周邊區域 (綠線) 的光束的主光線。這些光線定義了用於確定衰減近似值的角度。

在工作距離較短、視場較大的應用中，必須考慮衰減現象。這可能會在像空間中產生較大的主光線角度，與感測器大小無關。

修正衰減的方式之一是將鏡頭設計為像空間遠心。透過這種方式，主光線角度的差異是 0°，這能產生均勻的照明。另一種減少衰減的方式是在受檢測物件上提供不對稱的照明。透過將其他燈光安裝在更靠近受檢測物件邊緣的位置，或在鏡頭上加入變跡中性密度濾光片，可以減少衰減。

周邊亮度衰減和微型透鏡

許多傳感器都採用微型透鏡設計來有效像素區域內的收光量。與所有其他鏡頭一樣，微型透鏡也具有工作效率最高的收光角度。隨著入射角增大，使其成為有效像素區域的光線量將會減少。大多數鏡頭設計都嘗試將像空間主光線角度保持在 5 至 7° 以下，以降低這些影響。圖 *3.8a* 顯示了像素上方的微型透鏡。圖 *3.8b* 和 *3.8c* 分別顯示了光線在正入射和斜入射到微型透鏡時的聚焦情況。正入射會顯示傳感器上的中心像素。在此位置，所有光線都聚焦在有效像素區域上。在斜角處，並非所有光線均使其成為有效像素區域。這會造成相對照明進一步降低，低於鏡頭相對照明曲線上的設計值。

鏡頭的漸暈現象

漸暈是由於進入傳感器的光線被某個鏡片邊緣或機械結構阻擋而未穿過整個鏡頭系統產生的現象。這種光線裁剪可能是特意或無意的，在某種情況下不可避免。邊角失光最常見於低 f/#、短焦距鏡頭，或需要在較低成本下實現提高鏡頭分辨率。圖 *3.9* 展示了相同 16mm 鏡頭於不同 f/# (f/1.8 和 f/4)下可能出現的裁剪。請注意圖 *3.9a* 中用紅圈標出的光線裁剪；這些光線無法穿過鏡頭中的所有光學鏡片。另一方面，圖 *3.9b* 展示了沒有漸暈的範例。圖 *3.9a* 中的漸暈可能具有多種原因，包括光學鏡片的直徑限制，或需要消除光線以阻擋雜散光。鏡頭設計中有時會有意包含漸暈以提高整隻鏡頭性能或降低成本。

選擇漸暈來提高性能

漸暈通常用於提高鏡頭設計在整個成像範圍內的最大分辨率。由於將圖像周邊的光線入射到傳感器上所需位置更困難，因此在圖像邊緣要再現解析度較高的物件一般比在中央位置更難。最終位於錯誤像素上的光線會降低此位置的圖像品質；控制的方法是消除這些來自系統的光線。如果把這些不想要的光線不進入傳感器，則不會降低圖像品質。不過，消除這些偏差的光線會降低相對照明性能。

要繼續閱讀有關漸暈現象和鏡頭成像性能
請造訪我們下面網址
www.edmundoptics.com.tw/vignetting

Chief Ray Angle	Maximum RI Level Center to Corner
5°	98.5%
10°	94.0%
15°	87.1%
30°	56.3%
45°	25.0%
60°	6.3%

表 3.1: 假設中心處的相對照明為 100%，主光線角度與成像邊角處相對照明的關係。

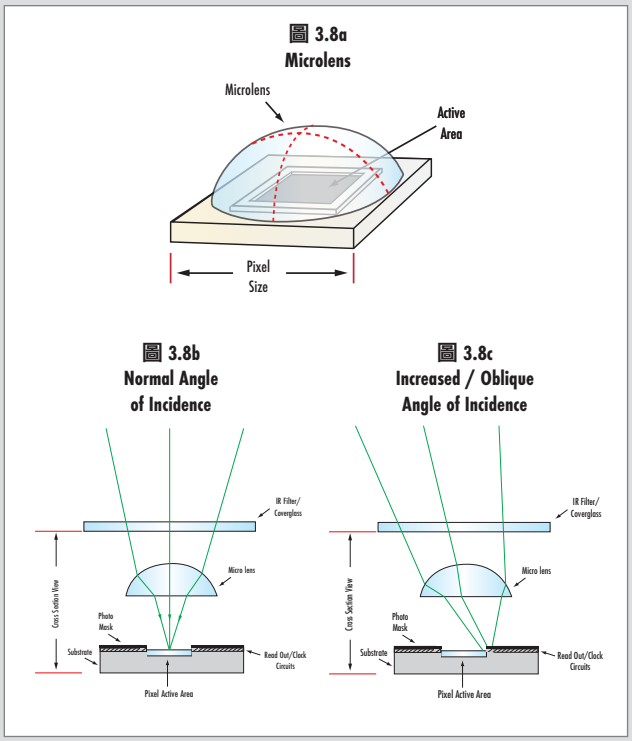


圖 3.8: 主光線的入射角影響周邊成像區域相對照度。

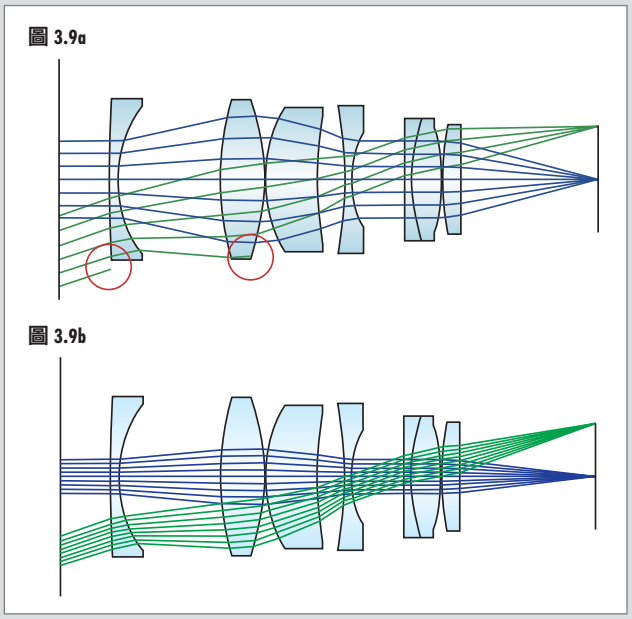


圖 3.9: f/1.8 (a) 和 f/4 (b)下的 16mm 鏡頭設計。 f/1.8 光圈下用圓圈表示邊角失光出現在光線被鏡片邊緣遮擋。

第 3.3 節: 畸變

術語「畸變」經常與用來描述成像質量下降。畸變是不會從技術上減少圖像中資料的單獨像差；而大多數像差實際上會混在一起，造成成像模糊，畸變只是從幾何學上讓資料錯位。這意味著，畸變實際上可以從圖像計算或映射校正回來，然而，來自其他像差的資訊實際上已在圖像中丟失並且無法輕鬆重建。有關其他像差的更多詳細資訊，詳見第 *3.5* 節。請注意，在極高畸變度環境中，某些資訊與細節可能因分辨率隨著放大倍率而變化或因太多訊息擠在單一像素上而無法使用。

畸變是一種單色光學像差，描述了於固定工作距離下圖像中放大倍率在視場範圍內的變化情況；這在精密機器視覺與計測應用中極其重要。畸變不同於視差，視差是指隨著工作距離而發生之放大倍率 (視場) 變化 (有關視差的更多資訊，詳見第 *4* 章中有關遠心度的內容)。務必記住，畸變隨著波長而變化，如圖 *3.10* 中所示。當從機器視覺系統校準畸變時，需要考慮照明的波長。如圖 *3.10* 中的曲線對決定如何校準畸變非常有幫助。

圖 3.10

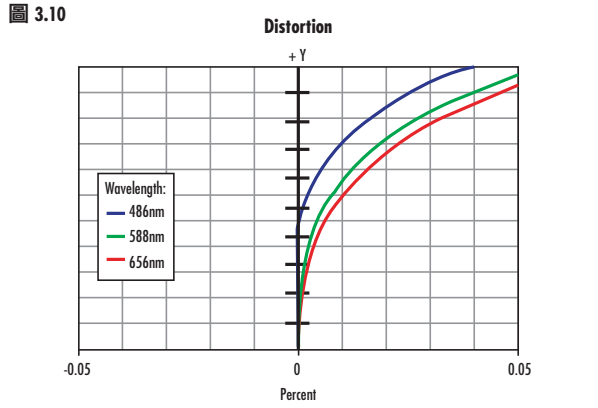


圖 3.10: 顯示畸變相對波長而變化的畸變圖。

與其他像差一樣，畸變是由鏡頭的光學設計決定。具有較大視場的鏡頭，一般因和像高緊密關聯而展現更大的畸變。畸變為三階像差，對於簡單的鏡頭，它會隨著場高的三次方而增大；這意味著，較大視場 (由低放大倍率或短焦距產生) 比較小的視場 (由高放大倍率或長焦距產生) 更容易出現畸變。使用短焦距鏡頭實現較大的視場也必須考慮鏡頭產生的像差 (例如畸變) 之間作個權衡。另一方面，遠心鏡頭通常具有極低的畸變：這是應用上的需求決定的。還必須注意，當設計具備最低畸變的鏡頭時，鏡頭的最高分辨率會下降。為了將畸變減到最低同時維持高分辨率，經由在設計中加入鏡片或導入更特殊的光學玻璃，會讓整個鏡頭的光學系統會變得更複雜。

如何定義畸變?

畸變通常被指定為場高的百分比。通常，若不使用測量算法，視覺系統中 ±2 到 3% 的畸變不會被注意到。在簡單鏡頭中，主要有兩種畸變：正畸變,筒形畸變，其中視場中的點顯示得太靠近中心；以及負畸變,枕形畸變，其中點離中心太遠。桶形和枕形是指在出現兩種畸變時矩形場會形成的形狀，如圖 *3.11* 中所示。

圖 3.11

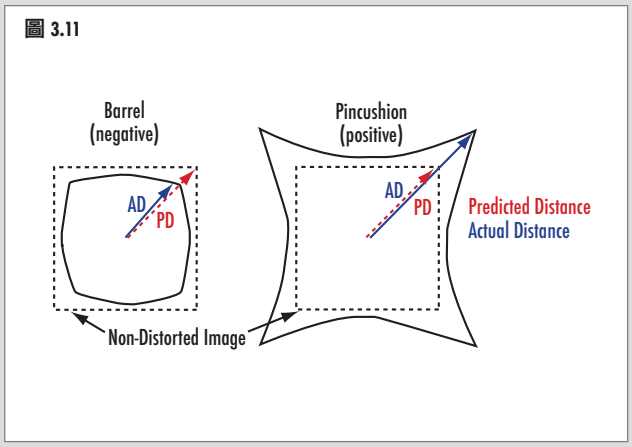


圖 3.11: 正負畸變的圖解。

要計算畸變，只需使用公式 *3.1.* 將圖像的實際距離 (AD) 與預計距離 (PD) 變化。這可透過使用點型畸變測試板等圖案來做到，如圖 *3.12* 中所示。

$$D\,(\%) = \frac{AD - PD}{PD} \times 100\% \qquad \textbf{3.1}$$

圖 3.12

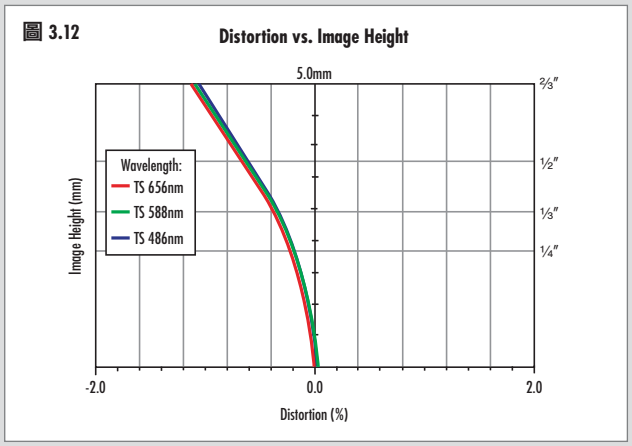


圖 3.12: 鏡頭中的負或桶形畸變。

務必注意，雖然鏡頭中畸變的趨勢一般非負即正，對於多片鏡組的鏡頭，畸變在成像視場上不一定是線性。此外，隨著波長改變，畸變也發生變化。最後，畸變大小會隨著工作距離改變而變化。最後，每隻鏡頭在不同的應用需求時需要考慮到使用條件，來消除系統的畸變得到最好的準確度。

畸變曲線的範例

圖 *3.12* 顯示了 35mm 鏡頭系統中的枕型或桶形畸變。在此特定範例中，所分析的所有波長都具有幾乎一致的畸變，因此不存在與波長有關的問題。在圖 *3.13* 中，您可看到一組有趣的畸變特性：首先，不同波長的畸變都是分離的；第二，此鏡頭中存在負畸變和正畸變。這種畸變曲線有點像波浪狀或是鬍型。這種畸變常見於專為實現非常低畸變而設計的鏡頭，例如那些為測量與計測而設計的鏡頭。在此應用條件下需要考量到不同波長因應不同的應用 使用軟體校正將系統畸變消除，可需要特殊考慮使用不同波長的應用。

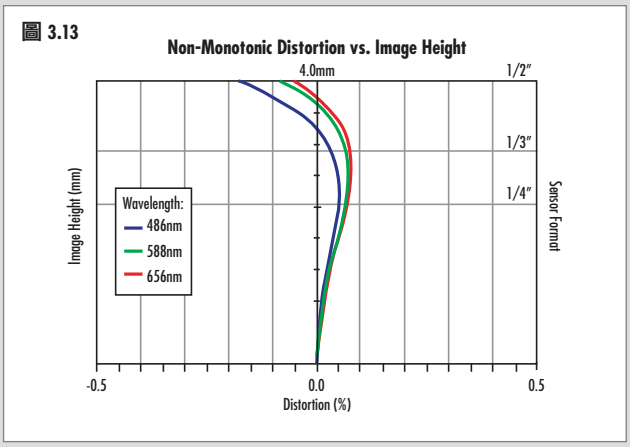


圖 3.13: 鏡頭中的波形或鬍形畸變。

幾何畸變與 TV 畸變: 一個重要差別

在鏡頭數據表中，畸變通常被指定為下列兩種之一：徑向、幾何畸變或 RIAA TV 畸變。幾何畸變描述了畸變圖像中點顯示之處與它們在完美系統中所在處之間的距離。實際上，這可使用畸變測試板來測量。從視場中心到視場中任意點之間距離，與從影像中心到現已錯位的相同點 (如圖 *3.14* 中所示)之間距離的差別，用於透過公式 *3.1* 來計算徑向失真百分比。

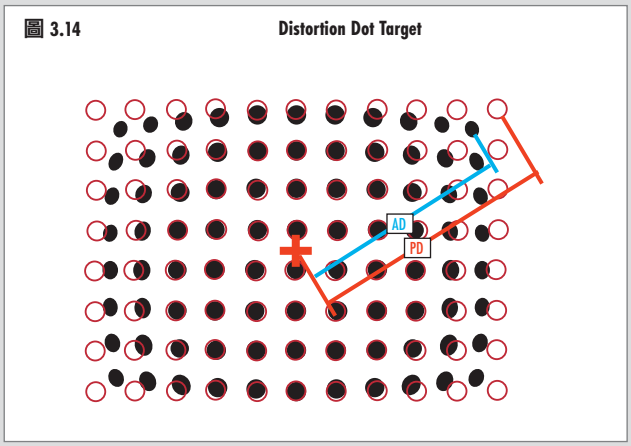


圖 3.14: 校準目標 (紅圈) 與成像的 (黑點) 點畸變圖案。

TV 畸變的測量是由 RIAA 成像標準指定，並透過內圍或外圍的垂直視場之方形目標進行成像來確定。方形邊角和中心邊緣之間的高度差別用於透過公式 *3.2* 來計算 TV 畸變；這描述了圖像邊緣顯示之線條的明顯直線度，實質上為單一視場點的幾何失真。僅透過指定視場中一個點的畸變，可能會將非零畸變鏡頭曲解為具有 0% 畸變。在圖 *3.13* 中，對於所示之任何波長，可找到 0% 位置。但是，當考慮完整的圖像圈後，很顯然鏡頭具有非零畸變。圖 *3.15* 中顯示了如何尋找 TV 畸變的範例。

$$D_{TV}\,(\%) = \frac{\Delta H}{H} \times 100\% \qquad \textbf{3.2}$$

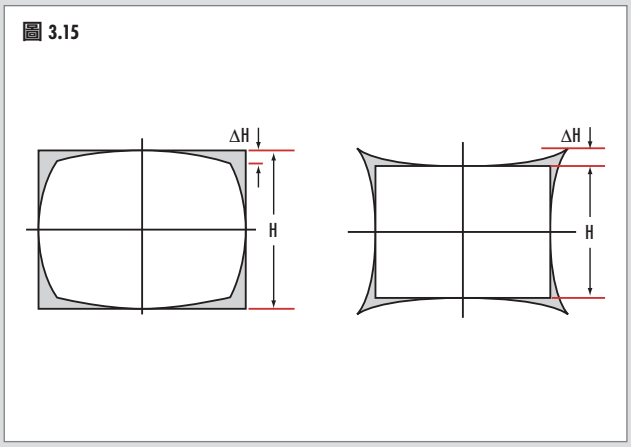


圖 3.15: 帶桶形畸變及枕形畸變的 TV 畸變。

如圖 *3.13* 所示，現實世界中，成像鏡頭模組的畸變不一定是單向的，它是可在視場內變化，這就是徑向畸變圖比單一 RIAA 值更可取的原因所在。有鑑於指定它的方式，TV 畸變值可能比相同鏡頭的最大幾何畸變值要低得多，因此，必須清楚在為應用選擇最適宜之鏡頭時應該指定什麼類型的畸變。

梯形失真

除了前面所提及之鏡頭光學設計所固有的畸變類型外，不當的系統對位調整也可導致梯形失真，進而產生視差 (如圖 *3.16a* 與 *3.16b* 中所示)。

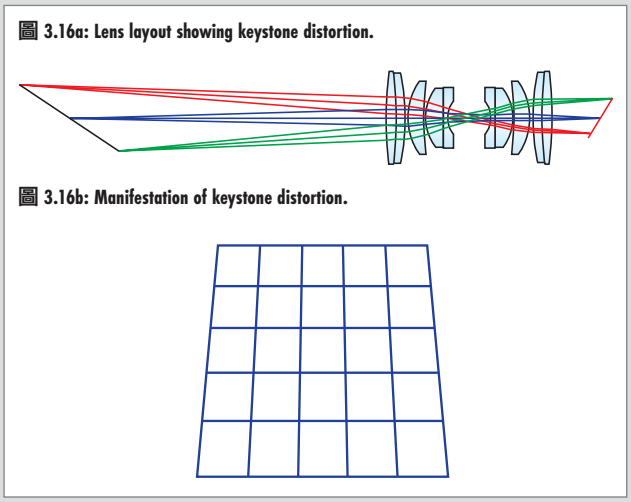


圖 3.16: 梯形畸變的範例。

當根據畸變校準成像系統時，除了徑向幾何畸變外，還應考慮梯形失真。儘管畸變通常被視為外型像差，但在選擇正確的鏡頭時，應該對照其他系統規格來仔細考慮。除了遺漏圖像資訊的可能外，幾何畸變校正還會增加額外系統處理運算時間和資源，這在高速或嵌入式應用中可能是無法接受的。

第 3.4 節: 景深和焦深

由於名稱和性質上的相似性，景深和焦深是兩個常被混淆的概念。對於本文而言，為簡化定義，物件位置改變時景深與固定位置鏡頭的圖像品質有關；而焦深則與靜態物件以及傳感器發生不同傳感器位置 (包括傾斜) 保持聚焦的能力有關。

景深

鏡頭的景深 (DOF) 是指在物件靠近和遠離最佳焦點時不需重新聚焦而保持特定圖像品質 (於指定對比度下的空間頻率) 的能力。景深還適用於具有複雜幾何結構或不同高度特徵的物件。隨著物件靠近或遠離鏡頭的設定距離，物件會變得模糊，分辨率和對比度都會有所損失。有鑑於此，景深僅在使用相關的分辨率和對比度定義時才有意義。許多測試板都可用來直接測量成像系統並對其設立基準；第 *12* 章對這些測試板做了詳述。

景深對分辨率有要求

“這個鏡頭是否有良好的景深?” 儘管這是一個普通問題，但在不使用特定物件細節尺寸或圖像空間頻率的條件下卻難以量化它。細節越小，需要分辨的空間頻率越高，並且鏡頭可產生的景深也越小。景深曲線可用於查看鏡頭於特定細部尺寸下、給定景深範圍內的實際表現。這些圖形不僅考慮了與 f/# 設定相關的理論限制，還權衡了鏡頭設計本身的像差影響。

圖 *3.17* 中顯示了於固定頻率 20lp/mm (圖像細節) 下、工作距離範圍內 (X軸) 的對比度級別 (Y軸) 。請注意圖 *3.17a* (於 f/2.8 設定) 和圖 *3.17b* (於 f/4 設定) 之間的景深差別。還需注意的是，因放大倍率減小，最佳焦點以外比最佳焦點和鏡頭之間有更多可用的景深。圖形本身包含不同的彩色線條，表示圖像在傳感器上的不同位置。這種非對稱的景深曲線常見於定焦鏡頭上。

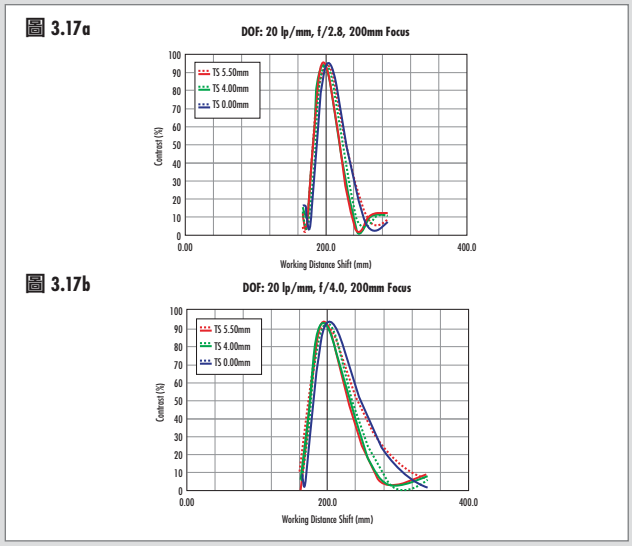


圖 3.17: 鏡頭於 f/2.8 (*a*) 和 f/4 (*b*) 下的景深曲線。

圖 *3.18* 採用與圖 *3.17a* 相同的鏡頭，但它們的工作距離不同。請注意，較長的工作距離下景深會增加。最後，隨著鏡頭朝無限遠聚焦，會發生超焦距情形。一旦達到這種條件　所有的成像都是處於等焦距的狀況。

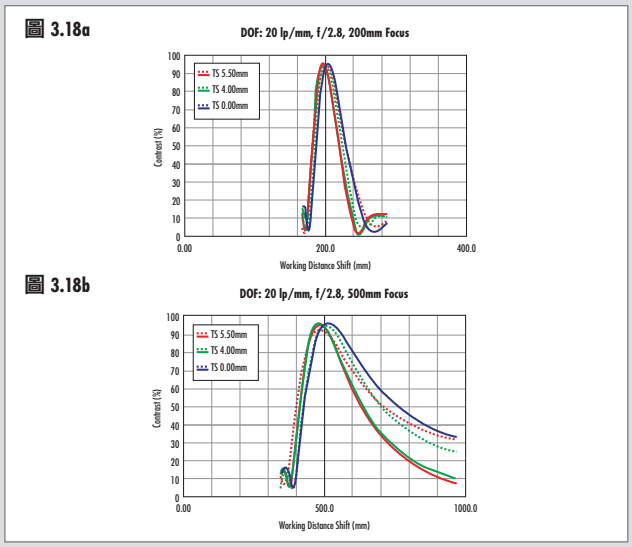


圖 3.18: 鏡頭於 f/2.8 ，工作距離 200mm (*a*) 和工作距離 500mm (*b*) 下的景深曲線。請注意， (*b*) 具有大得多的景深範圍。

f/#如何影響景深

變更鏡頭的 f/# 會變更景深，如圖 *3.19* 中所示。對於圖 *3.19* 中所示的每種組態，都有兩束光線。黑色虛線代表的光束顯示了其從物件移到鏡頭系統時資訊的散佈情況。隨著物件不斷遠離最佳焦點位置 (虛線相交處)，物件細節會移動到更廣的錐形區域。錐形散佈得越寬，該距離處來自鏡頭的訊息與其週圍的所有其他訊息的界限越模糊。 圖 *3.19a* 顯示了一個淺景深的鏡頭，其中圖 *3.19b* 顯示了一個大景深的鏡頭。

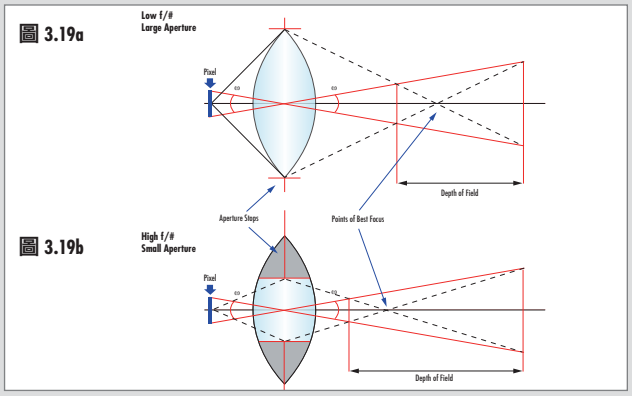


圖 3.19: 高和低 f/# 鏡頭的景深的幾何表示法。

圖 *3.19* 還有一個紅色錐形，用角度表示了系統的分辨率。其中，兩個錐形的線條相交處可界定整個景深範圍。f/# 越低，黑色虛線擴展得越快，景深越低。

隨著細節變小 (由較小的紅色錐體表示)，圖 *3.19a* 和 *3.19b* 中的光束一起靠近，加快了這種效果。最後，f/# 增加太多會因達到鏡頭的繞射極限而造成較小細節變模糊，因為鏡頭的極限分辨率與 f/# 成反比。此限制意味著，雖然增加 f/# 總是會增加景深，但可分辨 (即使在最佳焦點下) 的特徵尺寸也會變大。如需繞射極限及其與 f/# 的關係的更多資訊，請參閱第 *2.4* 節。使用短波長也是一個提高分辨率的替代方法，並可透過多種方式挽回解析度損失。欲瞭解有關變更波長影響系統效能的更多資

訊，詳見第 *2.6* 節。請注意，這種繞射效應不在圖 *3.19* 中描述，但是這裡提到的是需要注意這種現象。

一般來說，當鏡頭於較短工作距離聚焦時，大錐角會造成錐形在最佳焦點兩側很快發散，造成景深有限。對於於較長工作距離聚焦的物件，光束錐角變化會下降並且景深會增加。

Ex: 微觀物空間中 f/# 效果

圖 *3.20a* 描述了 f/2.8 (*a*) 和 f/8 (*b*) 下接受檢測之物件中心的光束。垂直線表示以 2mm 增量從最佳焦點移開並靠近鏡頭。在每條垂直線上，都有一個方形表示單一像素細節。圖 *3.20a* 展示了隨著光束寬度超過特徵尺寸，所需細節的數量快速變為每個光束的有限部份。在圖 *3.20b* 中，光束擴展要慢許多，細節大於所示之所有距離的光束直徑，使其成為主要的訊息貢獻因素，因此更能區分開。圖 *3.21* 顯示了與圖 *3.20*相同類型的圖示，但前者具有代表景深中多點的錐形，基本上為代表線對之斷續資訊。圖 *3.21a* 中光束的重疊部份顯示了資訊如何比 *3.20b* 更快地匯聚在一起。這個範例展示了來自兩個不同物件細節的資訊如何因較低的 f/# 而模糊成一片。在圖 *3.21b*中，這種情況不會因鏡頭的較高 f/# 而發生。

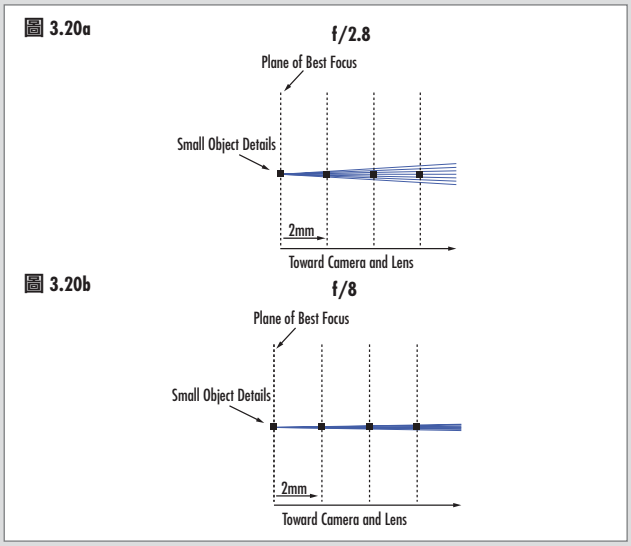


圖 3.20: 於 f/2.8 (*a*) 和 f/8 (*b*) 下接受檢測之物件中心的光束圖解。

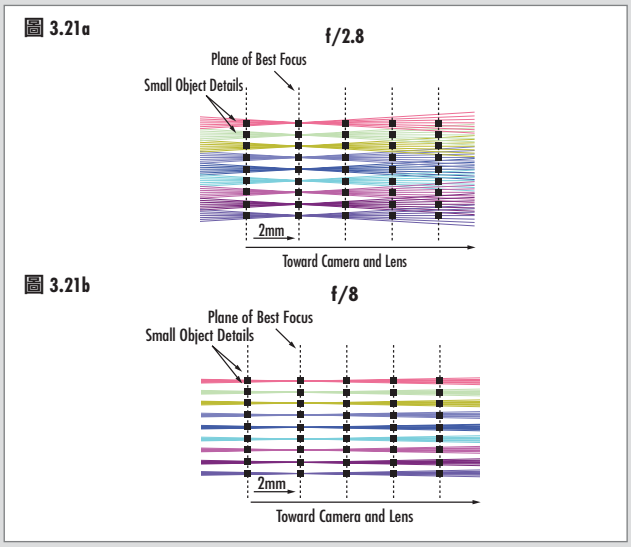


圖 3.21: 於 f/2.8 (*a*) 和 f/8 (*b*) 下視場中心部份內光束圖解。

焦深

焦深是景深在像空間之對應，談的是關於鏡頭在像方傳感器的聚焦品質會隨著傳感器移動 (物件保持原位時) 如何變化。焦深決定鏡頭的成像平面與傳感器平面本身之間可接收之翻轉與傾斜量。f/# 減少時，焦深也會一起減少，讓傾斜角度對傳感器達到最佳焦距變得敏感。

需要理解的是，倘若沒有積極的調整，傳感器和所用鏡頭之間總是存在一定的正交性變化；圖 *3.22* 顯示此問題是如何發生的。人們普遍認為，涉及焦深的問題只會出現在大傳感器上，但實際上，此問題不取決於傳感器尺寸。如圖 *3.22* 中推導公式所示，焦深嚴重取決於像素數量，而與陣列或像素大小無關。隨著傳感器像素計數增加，只會放大這個問題。特別是在許多線掃描應用中，大面陣和大光圈需要對物件、鏡頭和傳感器之間需要作機構微調設計。

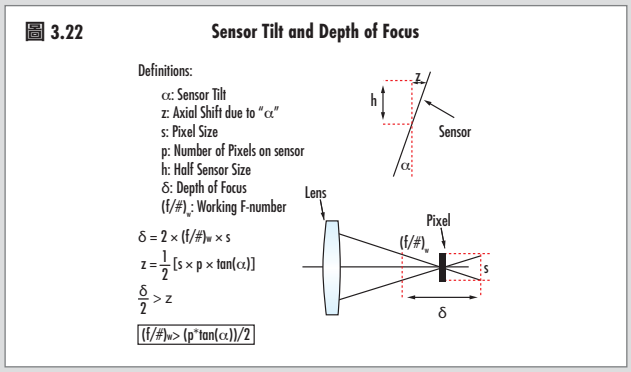


圖 3.22: 說明傳感器相對於光軸傾斜如何影響景深。

傳感器傾斜的影響

圖 *3.23* 顯示了使用 470nm 照明的 35mm 鏡頭。圖 *3.23a* 設定為 f/2.8；圖 *3.23b* 設定為 f/5.6。兩個圖形都達到了 150lp/mm，大致為傳感器使用 3.45μm 像素的奈奎斯特極限。很容易看出，圖*3.23a* 中的表現要遠優於圖 *3.23b*，使用 f/2.8 設定下的鏡頭會在給定的物件平面中提供最佳的成像品質。但是，如上一部份所討論，相對於傳感器的傾斜將負面地影響系統產生的實際圖像品質：像素數量越多，影響越大。

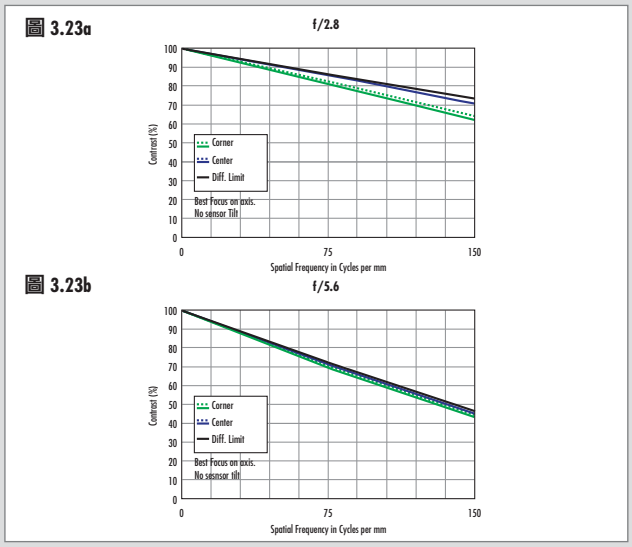


圖 3.23: 35mm 鏡頭在光圈 f/2.8 (*a*) 和 f/5.6 (*b*)下的MTF。注意，兩種設計幾乎接近繞射極限性能 。

圖 *3.24* 分析了圖 *3.23* 中兩種情況的焦深。在兩個圖中，最左邊的垂直線表示整個圖像的最佳焦點。最佳焦點左側的每條半垂直線表示更靠近鏡頭背面的位置 12.5μm。這些圖模擬了假設分別從傳感器中心到邊角翻轉/傾斜 12.5μm 和 25μm 時的像素位置。藍色光束位於圖像中心，而黃色和紅色光束位於圖像邊角。黃色和紅色光束表示傳感器上假設 3.45μm 像素的一個線對週期。請注意圖 *3.24a*中 f/2.8 處，在變換到 12.5μm 傾斜位置時，黃色和紅色光束之間已出現了相互滲透的情況。移到 25μm 時，紅色光束現在覆蓋了兩個全像素，並且為黃色光束的一半，導致嚴重的模糊。在圖 *3.24b* 中 f/5.6 處，我們發現，在整個 25μm 傾斜範圍內，黃色和紅色光束保持在一個像素中。請注意，在翻轉/傾斜於此像素上居中時，藍色像素的位置不會改變。

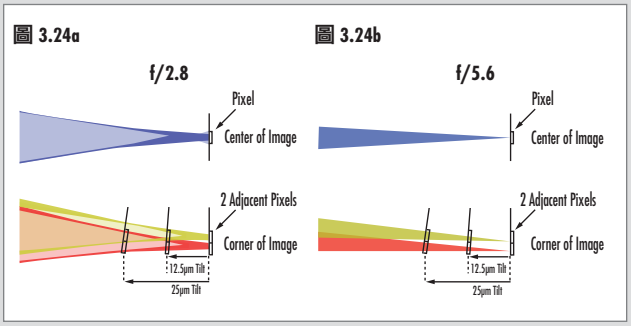


圖 3.24: 相同 35mm 焦距鏡頭於f/2.8 (*a*) 和 f/5.6 (*b*) 下的圖像空間中的光束。藍色光束位於圖像中心；而紅色和黃色光束位於圖像邊角。

圖 *3.25* 描述了假設為圖 *3.24* 中的 25μm 傾斜時此 35mm 鏡頭圖像邊角之 *3.24* 效能變化。圖 *3.25a* 顯示了鏡頭於 f/2.8 下的新效能，注意與圖 *3.23a* 相比，效能有所下降。 圖 *3.25b* 顯示了於 f/5.6下的效能改變，這與 *3.23b* 相比是次要的。 最重要的是，此鏡頭於 f/5.6 下將大幅超過 f/2.8 設定下的效能。於 f/5.6 下執行系統的問題是光線會減少三倍；這在高速和線掃描應用中會產生問題。最後，假設傳感器沿傳感器中心傾斜，傳感器上方和下方 (及其視場中對應的點) 會因傾斜而出現效能下降，這是因為光束將在最佳焦點後擴展。世界上並不存在兩個完全一樣的相機和鏡頭組合。當建立多套相機系統時，這個問題具備不同程度的重要性。

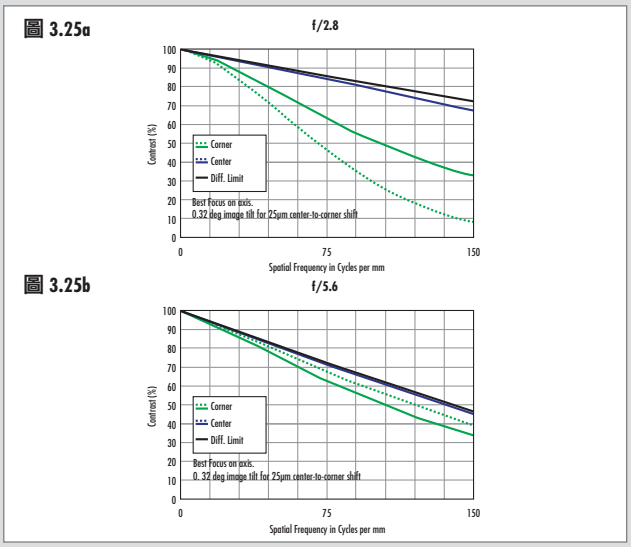


圖 3.25: 35mm 鏡頭在 f/2.8 (*a*) 和 f/5.6 時的MTF性能(*b*)，並帶有 25μm z 軸引起的像平面傾斜。

為了克服這些問題，應該使用具有公差較嚴謹的相機和鏡頭。此外，對於傳感器來說，某些鏡頭具有翻轉/傾斜調整機制來消除這種影響。還必須注意，某些線掃描傳感器可能具有局部區域凹陷，這意味著它們並不完全平面；這無法透過翻轉/傾斜調整來減輕或消除此現象。

第 3.5 節: 像差

光學像差是與完美的數學運算產生的性能偏差模型。重要的是要注意它們不是由任何製造過程中產生的缺陷-物理，光學或機械缺陷。而是鏡片設計所產生的，源自繞射，折射，和光的波特動性。因此，沒有“完美”的鏡頭。鏡頭設計中各種像差產生的最終結果性能會反映到 MTF，光斑大小，遠心度，DOF 等。像差理論是一門抽象而復雜的學科。然而，了解像差對成像性能的影響有助於讓案例成功。

常見像差類型

像差理論雖是一個龐大的主題，仍可簡單瞭解一些重要概念，如球面像差、像散、場曲和色差差。

球面像差

球差是指光線入射在透鏡不同位置時產生不同的聚焦位置，並且和透鏡孔徑大小有關。要描述球面像差，入射光的角度一定要知道.當光入射到透鏡的曲面時，入射光和曲面會有一個夾角。當入射角度越陡的時候,光線折射角度越大 (圖*3.26*)。圖 *3.26* 展示當平行光線從物空間入射透鏡上，入射角越大光線會落在鏡片表面較高的位置。成像性能來自大光圈 (小 f/#s) 的鏡頭因為這些周邊大角度的入射光更容易受此現象影響，產生球面像差。存在球差的鏡頭可以透過調整光圈 (增加 f/# 數縮小光圈) 來提高成像品質調但是節整幅度是有限制的。如果把光圈關得太小會有繞射效應產生進而限線分辨率性能 (請參閱 *2.4* 章節繞射限制)。在大光圈鏡頭的光學設計常會使用高折射率玻璃材料或是增加鏡片數目來修正球面像差;這種設計減少了每個面的折射量進而減少整體的球差。然而這種設計卻會增加鏡組的尺寸、重量和成本。

.

像散

像散會隨視場角而變化。簡單來說，鏡頭在表現廣角時，視場平行方向的表現會不如正交方向，這種現象就稱為像散。假設觀察一半為平行線、一半為垂直線的長條圖，其中一個方向的長條會在焦點

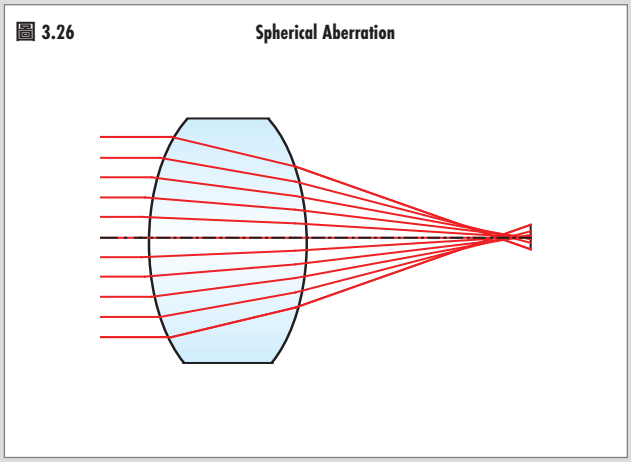


圖 3.26: 一個球差的說明。 光入射透鏡邊緣的位置會因為比較大的入射角度讓聚焦距離比較短。 請注意，光線更靠近光軸 (較小入射角) 折射角較小。

上，而另一方向則會失焦 (如圖 *3.27* 和 *3.28* 所示)。這是因為光線從物方中心發出後，並未通過旋轉對稱的透鏡表面，與正軸光線不同 (圖 *3.29*)。若要修正像散，必須透過兩種方法：光圈前後鏡組需要有對稱設計，並減少視場光線入射角度。對稱設計可以創造類似雙高斯鏡頭的效果，因此不需使用 telephoto 架構與 reverse telephoto 架構設計，避免 telephoto 架構的笨重，以及短焦設計的後焦距過短。如同球面像差的修正方法，降低入射角亦需要高折射率玻璃及其他鏡片，但同樣會增加鏡頭的尺寸、重量和成本。此段為方便讀者瞭解，已特別簡化定義並結合像散和彗形像差概念。

場曲

場曲像差 (圖 *3.30*) 是指成像平面的自然彎曲程度。這種像差的成因在於，鏡頭組的焦距總和乘以其折射指數後不等於零。總和為正的情況下 (成像鏡頭通常如此)，成像平面通常會呈凹面，所以電影

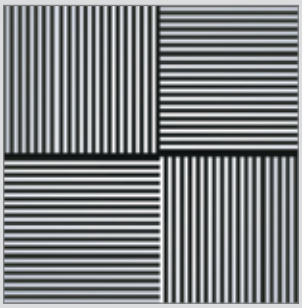


圖 3.27: 無像散的視場點。

圖 3.28: 有像散的視場點。

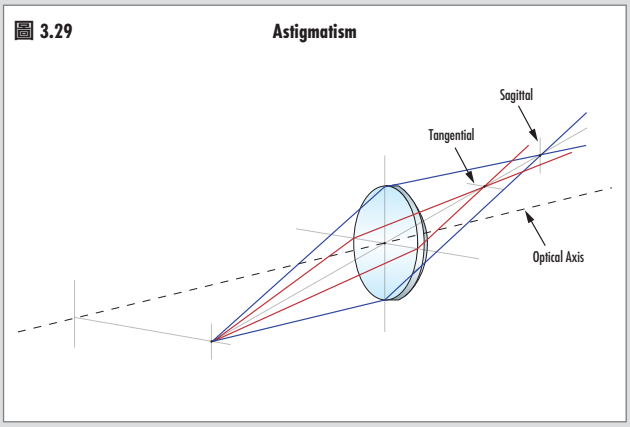


圖 3.29: 離軸不對稱性。 注意子午方向和弧矢方向聚焦點不同。

院的銀幕都會稍微彎曲。然而，機器視覺鏡頭很少搭載彎曲的成像面，設計時須加入用以修正的負鏡片組，減少焦距總和。這種方法卻會增加鏡頭長度，多數情況下可以使用負鏡片接近成像平面，減少鏡頭的後焦距離。

色差

玻璃的折射率會隨不同波長下而變化因此導致不同的波長聚焦點會有不一樣的位置。相同的透鏡當較長波長光透過時,相比短波長,

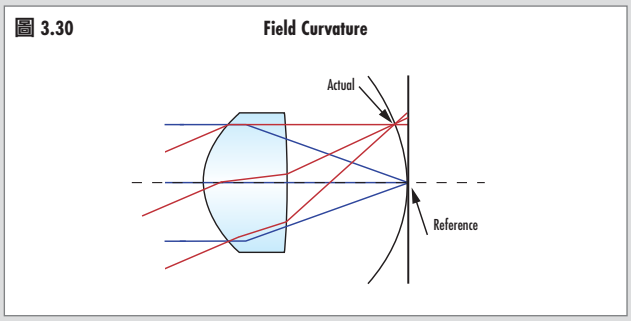


圖 3.30: 場曲範例，顯示曲面的焦平面。

會產生較長的焦距。因為玻璃的色散決定了在不通波長下的折射程度，可以透過以下方式消除色差。設計一組包含正負焦距的透鏡組使用不同色散的玻璃製成的透鏡。如圖 3.31顯示比較了單透鏡和消色差膠合透鏡的差異。為了減少像差，低折射率的透鏡 (具有更高的阿貝數) 必須使用。正如之前所提，需要更高折射率的透鏡來矯正球差和像散；如果還要球差、像散和色差像差校正，則需要更多的透鏡數。另外，最理想的色差校正的透鏡通常具備昂貴且難以加工的特性。使用單色光可以最大程度地減少色差問題以及可以大大節省成本和複雜性。

縱向色差

縱向色差屬於色像差的一種，用以表示不同波長有不同的縱向焦點。多數成像鏡頭的設計規格，是希望所有需要的波長落在同一平面上，也就是系統傳感器的位置。在大範圍光譜下，幾乎不可能形成共焦平面，不過仍可以接近同一平面：只要所有波長焦點愈靠近同一平面，影像的問題就會愈少。

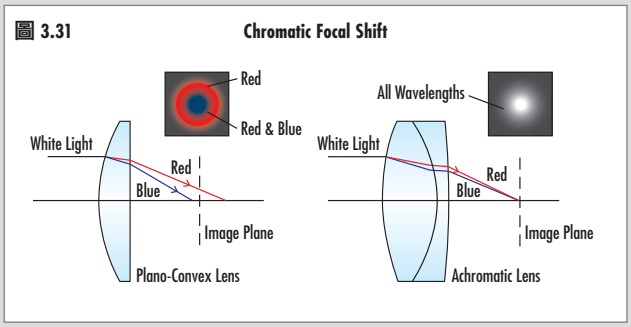


圖 3.31: 單透鏡和消色差雙透鏡光斑比較。

圖 *3.32* 為縱向色差曲線，圖中使用消色差透鏡設計，兩種波長同時聚焦在同一平面。垂直軸表示從短到長的波長變化，意即可見光譜中的藍光到紅光。垂直黑線代表一平面，可以是傳感器的位置；藍曲線代表最佳焦點的相對位置 (隨波長改變)。從該曲線可以證明此為消色差設計，因為即使將黑線稍微右移或左移，黑線都只會有兩點/波長與藍線相交。

藍點、綠點和紅點分別為常見的 470nm, 520nm 和 630nm (紅、綠、藍) LED 色光。其中，綠點聚焦於傳感器平面的左側，紅點和藍點則較偏右側。這種平面在使用白光 (即包含所有波長) 的鏡頭系統中，乃最平衡的焦點位置。而這種設計的影像品質不算理想，因為沒有波長真正落在焦點上；如果使用單一波長，就不必平衡其他波長，進而提昇影像品質。此範例顯示藍紅色光能夠平衡，但現實卻不一定如此。多數鏡頭設計雖有消色差功能，但都僅針對小像素，這就是問題所在。

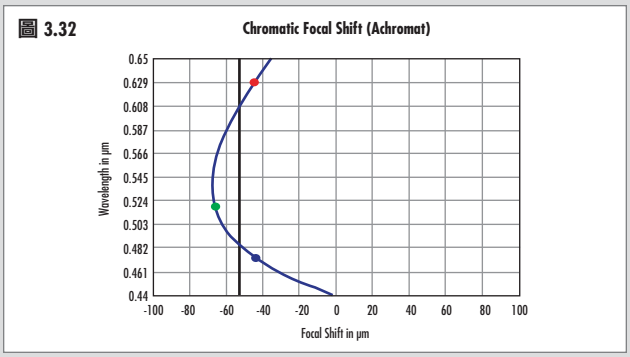


圖 3.32: 消色差鏡頭的縱向色差曲線。

圖 *3.33* (比例尺同圖 *3.32*) 使用複消色差鏡頭，讓三種波長可以同時聚焦於同一平面。雖然這種設計複雜許多，但可以讓不同波長的光達到更佳平衡。如圖所示，三種 LED 色光均可在同一感測器平面上聚焦，創造絕佳的影像品質。複消色差鏡頭雖然性能佳，但通常可用範圍不大，僅適用於小範圍的放大倍率和工作距離。此外，這種鏡頭因需使用昂貴材料製成的鏡片，所以通常價格不菲。許多高放大倍率的進階物鏡均屬於複消色差鏡頭。

鏡頭設計中 MTF 的像差平衡

設計出近乎完美性能的鏡頭通常需要在固定放大倍率，固定工作距離下進行優化，和專門的傳感器。然而，儘管這種鏡片設計提供了最大程度地降低像差影響並達到最高性能，需要單一的客製鏡頭以滿足每種應用的需求。這都不符合成本效益也不實用。但是，隨著分辨率的不斷提高，需要需要考慮一些其他的條件來最佳化系統性能。

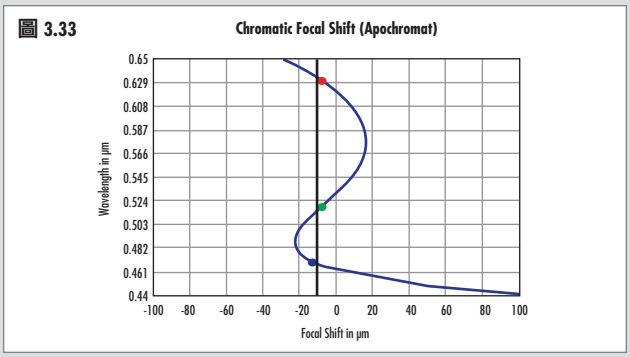


圖 3.33: 複消色差鏡頭的縱向色差曲線。

要繼續閱讀有關鏡頭像差和鏡頭設計請造訪我們下面網址
www.edmundoptics.com.tw/aberration-design

第 3.6 節: 設計與製造

“這個鏡頭表現如何?”這問題聽起來或許簡單，但答案卻很複雜。對機器視覺鏡頭而言，必須先考慮某些因素，例如使用的照明光源、物件工作距離、鏡頭 f/# 和傳感器尺寸。接著，還需清楚界定這個問題：這個鏡頭和設計規格比起來的實際表現如何。

設計規格

設計規格是假設鏡頭完全依設計製造：透過光學模擬軟體 (如 Zemax、Code V 或其他種軟體)，設計人員可以預估鏡頭在任何情境下的表現，模擬相關資料。然而，這不是最佳的性能資料，現實中不可能所有因素都符合設計規格。

實際性能

相反地，「實際性能」是透過真實的製造公差，預測鏡頭的性能數值。實際性能很難預測，因為要考慮很多影響鏡頭性能的公差，例如鏡片的組裝位置和形狀，以及所使用玻璃的折射率和色散係數。Zemax 模擬的公差分析(用來設定鏡頭公差參數)通常約有100-200 個指令，Code V 公差分析也有 200 - 400 個指令，依鏡片數量和組裝方法而有很大差異。

簡而言之，在實際性能的模擬中，每一參數都會在公差範圍內隨機變化，接著再以數據評估性能，判斷多少隨機組裝鏡頭滿足性能。過程中會評估某些特定參數，例如特定頻率和視場位置的 MTF ，藉此瞭解鏡頭符合性能要求的可能性。

藉由鏡頭的設計檔案，可以輕易模擬其在任何給定條件 (如 MTF、畸變或光斑大小)下的設計性能。雖然這不如帶公差、實際性能的預測精準，但在特定情況下仍可得到近似值，是相當實用的比較工具。

設計可製造的鏡頭和結構件

成功的鏡頭設計不僅成功地創造出設計圖紙，還包括製造，組裝，測試，和實作。有時，鏡頭可能會設計規格上成功，但在隨後的製造階段 (組裝或測試)之中失敗。因此，必須認識光學製造的細節差別，要特別注意對設計和製造的統計模型假設實用性。從一開始設計鏡頭時，設計人員必須考慮每個鏡片外型限制，組裝生產條件和公差分析。

要繼續閱讀有關鏡頭製造性和鏡頭設計請造訪我們下面網址
www.edmundoptics.com.tw/manufacturable-designs

第 4 章: 遠心度與角度誤差

能快速執行可重複、高準確的測量，是多數機器視覺系統提升性能的關鍵能力。對這類系統而言，能達到最高精確度的就屬遠心鏡頭。本章探討遠心鏡頭的獨特性能特點，以及遠心特性如何影響系統性能。

TECHSPEC® 遠心鏡頭資訊，可參考頁 124–147 頁
或 www.edmundoptics.com.tw/telecentrics

第 4.1 節: 遠心度的優勢

零視場角: 消除視差

傳統鏡頭均有視場角，鏡頭與物件間的距離增加，放大倍率便會降低。這就如同人類視覺的運作方式，使我們有深度知覺。視場角卻會導致視差 (或稱角度誤差) 而降低精確度，這是因為物件移動時 (即使仍在景深內)，視覺系統就會因放大倍率的變化而產生不同的測量值。相較之下，遠心鏡頭擁有恆定零視場角，能消除標準鏡頭的視差特性；無論物件與鏡頭的距離為何，遠心鏡頭的視場皆維持不變。圖 *4.1* 說明非遠心和遠心視場的相異處。

遠心鏡頭因為具備固定的視場角， 使用於量測應用上同時有其優點和限制的條件，最大的優點在於放大倍率不因距離而改變。以圖 *4.2* 為例：兩個物件放在不同工作距離，左圖由定焦 (非遠心) 鏡頭拍攝 (中央)，右圖則由遠心鏡頭拍攝。在遠心鏡頭拍攝的影像中，無法判斷哪一個物件位於前方；而在定焦鏡頭的影像中，能明顯判斷較小的物件距離鏡頭比較遠。

圖 *4.2* 的工作距離位移大，說明了減少視差的重要性。在多數的自動化檢查項目中，都需拍攝成像系統視場內的移動物件，而物件位置很少能夠精準一致。每一成像物件的工作距離若都不相同，其測量值就會因放大倍率的變化而失準 (放大倍率及其定義，請見第 *11* 頁第 *2.2* 節)。機器視覺系統若因放大倍率的校準誤差 (定焦鏡頭都會有這種誤差)，而輸出不同的測量結果，那麼該視覺系統便無法信賴，亦不能用於需要高精度的情況。遠心鏡頭能夠消除測量誤差的問題，使用者亦不用擔心載具震動或物件位置不精確等因素造成的誤差。

圖 4.1

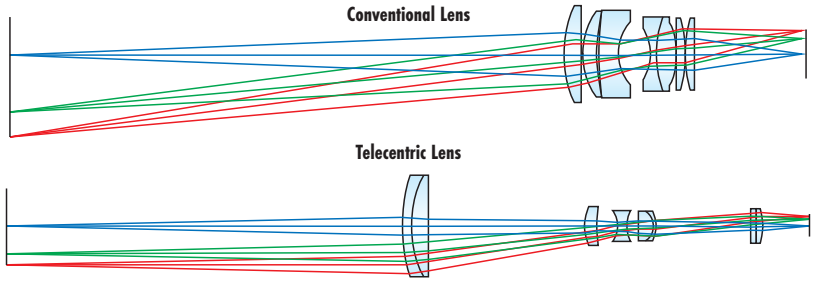


圖 4.1: 傳統及遠心鏡頭之視場比較：傳統鏡頭有視場角，而遠心鏡頭為零視場角。

圖 4.2

圖 4.2: 定焦鏡頭的視場角在成像上會產生視差，讓兩個方塊呈現不同大小。

遠心鏡頭與景深

許多人都誤以為遠心鏡頭的景深本來就大於傳統鏡頭。景深最終仍是由波長和鏡頭光圈 f/#決定，遠心鏡頭由於最佳聚焦點呈現出某一側的模糊呈對稱，可用景深的確會比傳統鏡頭大。受測物件靠近或遠離鏡頭時，物件的視場角(或主光線)會隨之變化。在非遠心鏡頭中，若物件移入和移出焦距，視場角會導致視差和放大倍率變化，因而產生不對稱模糊。然而，遠心鏡頭因無視場角，產生的模糊會呈現對稱。實際上，這表示邊緣等的中心位置能維持不變；即使物件位於最佳焦點外，只要對比度夠高，機器視覺系統可運用適當演算法，仍然可以產生精確的測量結果。

這或許聽起來有違常理，但「模糊」在遠心鏡頭的一些應用中能發揮功效。舉例來說，機器視覺系統要找出針腳的中心位置，從圖 *4.3a* 中可以看到鏡頭若已對焦，黑白過渡就會相當明顯；圖 *4.3b* 中，同一個針腳的成像稍微失焦。

請見圖 *4.4* 物件邊緣線條輪廓的影像灰階圖，其中成像稍微失焦的線條坡度較小，針腳邊緣分布於較多像素之中。遠心鏡頭的模糊因呈現對稱而有其用處，中心不會移動，並降低子像素內插圖像演算的需求。傳感器雜訊經常造成灰階變動，而模糊正可以減少對變動的敏感度，更可靠地找到針腳中心位置，重複率也更高。

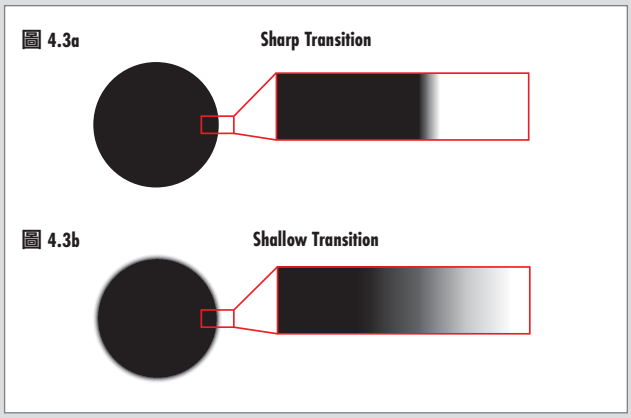


圖 4.3a 和 b: 相同針腳的對焦和失焦影像。鏡頭稍微失焦(b)時，黑白過渡區覆蓋較多像素，這是有利的。

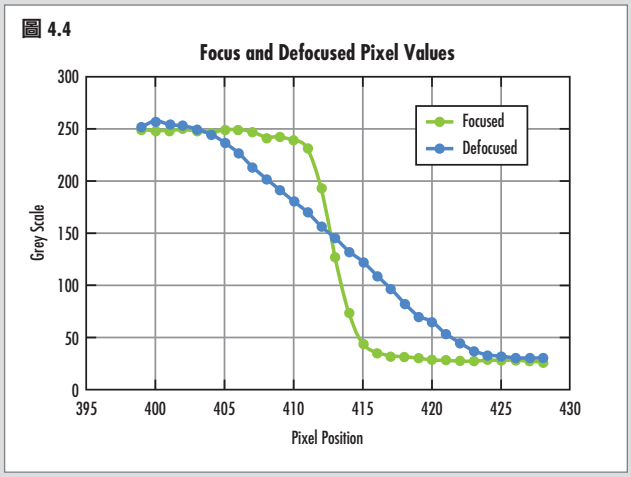


圖 4.4: 圖表以坡度呈現對焦和失焦邊緣的不同，失焦邊緣佔較多像素，不須仰賴子像素內插演算就能輕易找到邊緣。

第 4.2 部份: 畸變和遠心度規格

將遠心鏡頭用於度量的另一好處在於，遠心鏡頭的畸變值通常小於定焦鏡頭。畸變會導致物件看起來在不同位置，因此降低測量準確度 (畸變相關內容，請見第 *22-23* 頁第*3.3* 章)。以圖 *4.5a* 為例，電路板的跨接針腳經定焦鏡頭拍攝後，畸變相當高。除畸變之外，非遠心鏡頭亦經常產生視差，讓影像邊緣的針腳看起來似乎往內彎曲。相較之下，由遠心鏡頭拍攝的圖 *4.5b*，相同針腳明顯直立無彎曲。

雖然影像畸變可經由校準消除，改善部份的準確度，但影像仍然存在視差而造成測量誤差。遠心鏡頭因無需校準畸變，而產生另一項優點。遠心鏡頭的軟體不需執行太多計算，減少 CPU 負載量而加快測量流程，直接增加系統產出量和每分鐘測量的物件量。

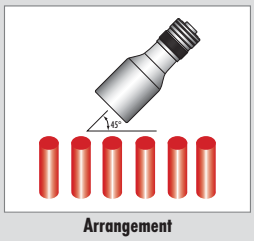


圖 4.5a
Fixed Focal Length Lens

圖 4.5b
Telecentric Lens

圖 4.5: 電路板跨接針腳之比較。圖 *4.5a* 為定焦鏡頭拍攝的影像；圖*4.5b* 為遠心鏡頭拍攝的影像，遠心鏡頭的針腳看起來沒有彎曲。

遠心鏡頭的畸變通常很低，因此比定焦鏡頭更容易有非單向波形畸變，如圖 *4.6*所示。雖然畸變程度通常很小，對物件測量無顯著影響，但仍需檢查遠心鏡頭的畸變規格，並利用遠心鏡頭正確校準成像系統；也因此必須使用畸變圖，而非透過單一數值表達，因為鏡頭在特定視場點的畸變或許為零，但在其他位置可能不為零。

心鏡頭的畸變可由兩種方式表示: TV 畸變與幾何畸變。兩種畸變通常都以百分比表示，但由於TV畸變值幾乎都會低於幾何畸變值，所以有時會造成誤解。遠心鏡頭如果以幾何畸變規格表示，該規格是在鏡頭最大感測器的最大場高下計算得出。如果鏡頭有單向畸變，那麼表示的數值都會是最高數值。然而，若是在波形畸變的情況下，就必須檢視畸變圖 (如圖 *4.6*) ，才能判斷畸變的真正特性為何。

另一相關規格為遠心度，通常由「度」表示，可將之視為鏡頭視場的發散角度。可惜尚無鏡頭可達到零畸變，所以沒有鏡頭可算是真正的遠心鏡頭。圖 *4.7* 為 1X 遠心鏡頭的遠心度圖。

圖 *4.7* 中的三條線各自代表不同波長 (紅綠藍) 的遠心度。圖中最值得注意的細節在於，遠心度會隨著波長變化，代表待測物件的準確度會隨照明系統光源波長 (顏色) 而改變。雖然這變化的數值相當細微，但在設計需要高精確度的系統時卻很重要。對這種系統而言，最好能使用單色照明，特別是能讓遠心度按鏡頭設計規格達到最佳的工作波長。關於適當的照明，請見 *55-60* 頁。

如果物件平面傾斜，遠心鏡頭因畸變度低和放大倍率固定，能夠完美取代定焦鏡頭。相機可隨著物件傾斜，讓物件位於調焦清晰區，這稱為沙姆定律 (Scheimpflug)。沙姆定律是將物件和影像平面傾斜，藉此延伸機器視覺系統的觀察距離 (如圖 *4.8* 所示)。如果沙姆定律用於傳統鏡頭，會造成梯形畸變 (細節請見第 *22-23* 頁第 *3.3* 章)；而遠心鏡頭的放大倍率不會隨深度改變，所以不會產生梯形畸變。然而，仍必須小心校準影像，因為物件會以幾何投影方式觀測，使圓圈變橢圓、正方形變長方形等等。

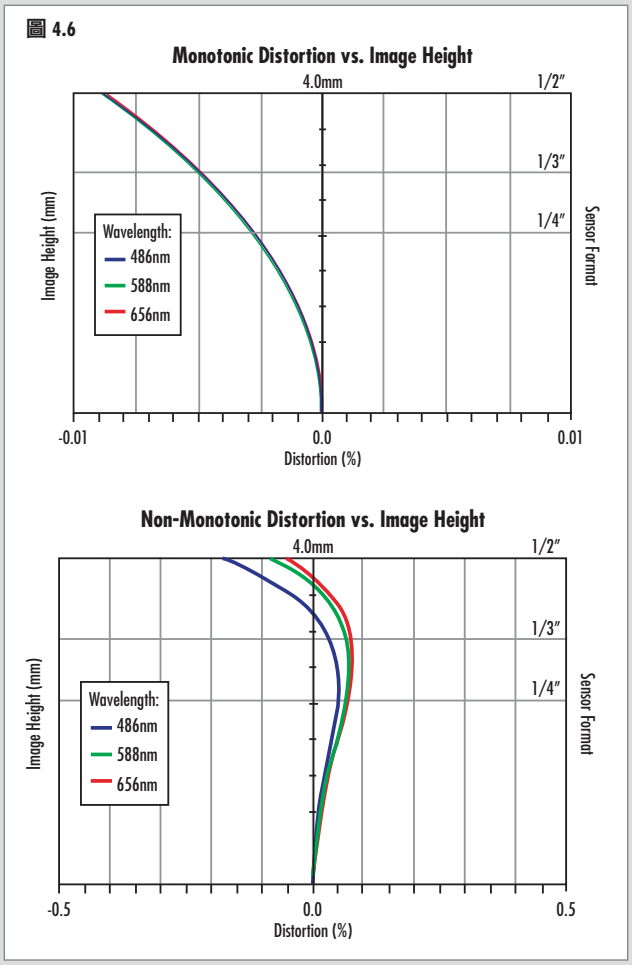


圖 4.6: 單調畸變(上圖)與非單調畸變(下圖)的比較，或波型畸變，通常出現於遠心鏡頭上。

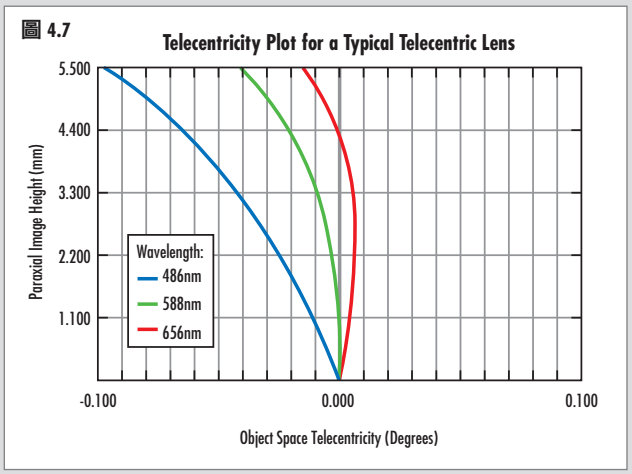


圖 4.7: 一般遠心鏡頭的遠心度圖。

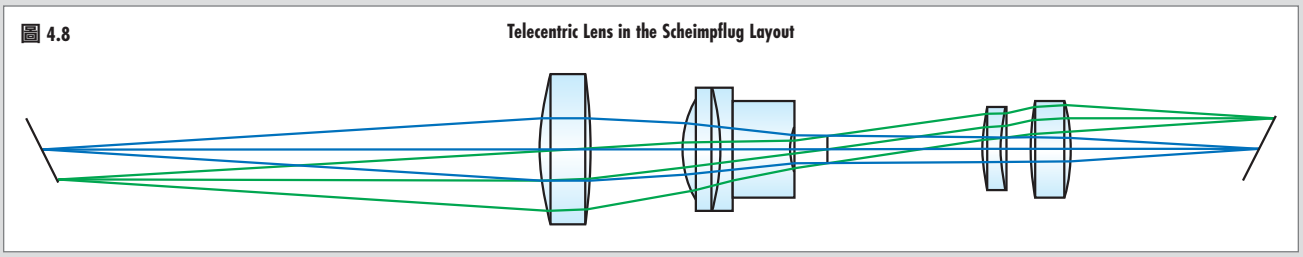


圖 4.8: 以沙姆定律配置的 1X 遠心鏡頭，以及傾斜的物件和影像平面。

第 4.3: 遠心鏡頭大小控制

任何遠心鏡頭的視場皆受前端光學鏡片直徑限制：所需視場愈大，前端光學直徑就愈大。遠心鏡頭會隨放大倍率低而變得又大又重，因為低放大倍率需要較大的前群光學鏡頭，但無法用在重量或尺寸有限制的環境。鏡頭 f/# 也會影響鏡頭尺寸，特別是在高放大倍率的情況下，前群光學鏡頭也會隨鏡頭較大光圈設計而變大。圖 *4.9* 為不同 f/# 的兩組 4X 遠心鏡頭，圖 *4.9* 上方鏡頭是以 f/6 運作的系統，而下方是以低速小光圈 f/16 運作。

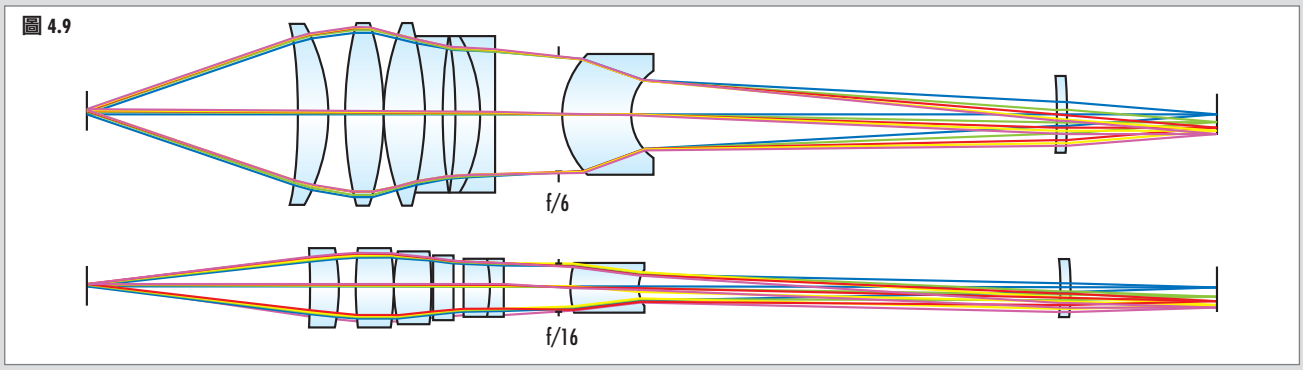


圖 4.9: 兩組 4X 遠心鏡頭 (上方為 f/6，下方為 f/16)，顯示 f/# 在一定程度上可決定遠心鏡頭的元件尺寸。

第 4.4: 遠心設計討論 – 進階

前幾章節均將鏡頭分為兩類討論：遠心鏡頭和非遠心鏡頭。然而，遠心又可細分為物方遠心和像方遠心 (分別指稱入瞳位置和出瞳位置)。光學系統的光瞳為光圈的影像，機器視覺鏡頭通常已嵌入光圈，其中一側周圍有個別鏡頭組件。入瞳為看往像空間所見的光圈影像，而出瞳為看往物空間所見的孔徑光圈影像。請見圖 *4.11* 非遠心鏡頭之入瞳及出瞳說明。

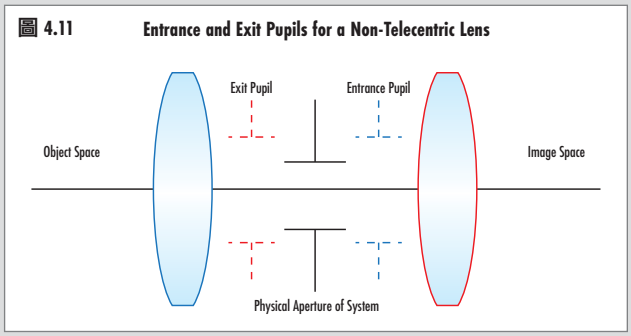


圖 4.11: 入瞳和出瞳位置皆位於鏡頭內的機器視覺鏡頭，多數定焦鏡頭皆屬於這一種。

物方遠心

一般談到機器視覺應用的遠心鏡頭，多數情況是指物方遠心鏡頭，這種鏡頭擁有前幾章節曾討論的所有特點和優點。入瞳若位於像空間的無窮遠處 (全在物件後)，這種鏡頭就稱為物方遠心鏡頭，如圖 *4.12* 所示。

在光學設計中，只要將系統孔徑光圈置於前鏡頭組的焦點上，就能達到物側遠心的效果。入瞳位於無窮遠處，能解釋為何視場會恆定且無視場角：決定系統視場的主光線在通過孔徑光圈的光軸後，若入瞳位於無窮遠處，光線會與光軸平行，這時視場角便為零 (圖 *4.13* 第 *33* 頁)。相反地，入瞳如果落在鏡頭的有限距離上，就會產生非平行的主光線，如圖 *4.14* 非遠心鏡頭的光線。

物方遠心鏡頭因為後端可加上移動式鏡組，讓遠心鏡頭具有對焦能力，有利於工作距離經常變動的系統。這種鏡頭亦可設計為可變倍率鏡頭，讓後端鏡組控制放大倍率，或者移動傳感器平面以微調放大倍率。不過，視場的放大倍率在設定後就會固定，保持遠心鏡頭該有的測量高準確度。

物方遠心鏡頭因像空間的光線會發散，即使是較小的後群鏡筒設計，也能達到較大的影像傳感器尺寸，所以鏡頭後端不會超出傳感器尺寸。

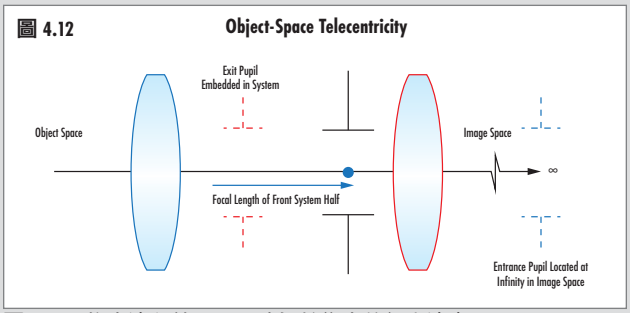


圖 4.12: 物方遠心鏡頭，入瞳投於像方的無窮遠處。

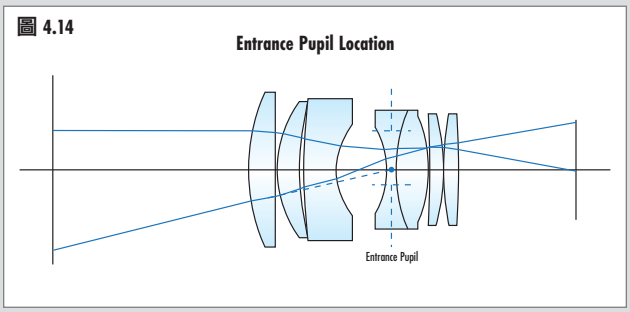


圖 4.14: 非遠心鏡頭的出瞳位置，物方主光線會通過光軸。

圖 4.13

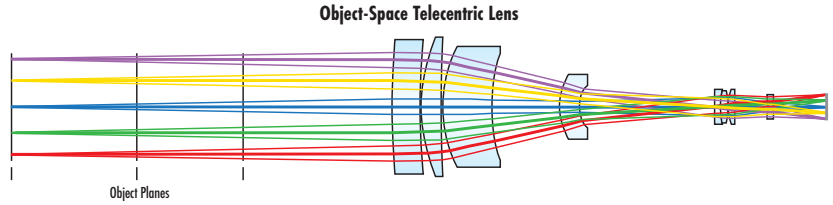


圖 4.13: 物方遠心鏡頭，主光線全平行於物側光軸。無論物件平面的位置為何，視場均不會改變，因為決定視場的主光線全平行於光軸。

像方遠心

物方遠心的定義取決於入瞳在像空間的位置，而像方遠心則代表出瞳位於物空間的無窮遠處，如圖 *4.15* 所示。

物方遠心鏡頭的放大倍率會維持不變；同樣地，像方遠心不會隨傳感器平面而改變放大倍率，如圖 *4.16* 所示。這表示相機的傳感器距離公差不敏感，稍微接近或遠離最佳位置都不會影響兩種系統 (相同鏡頭) 的放大倍率。

此外，像方遠心鏡頭由於光線在整個區域中都會垂直於傳感器，所以不會有輻射 $\cos^4\theta$ 衰減的問題 (見第 *20-21* 頁第 *3.2* 章) 。這可說是一項好處，因為假使鏡頭設計沒有設計邊角失光，影像可以有較平均的相對照明。

圖 4.15

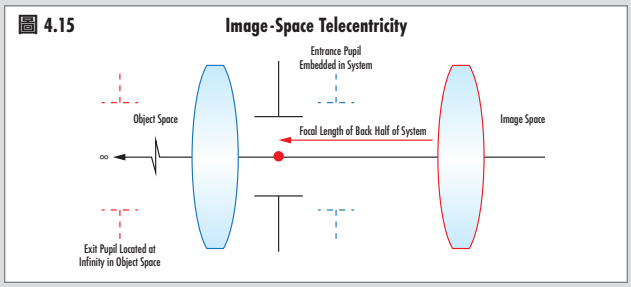


圖 4.15: 像方遠心鏡頭，出瞳投於物的空間的無窮遠處。

圖 4.16

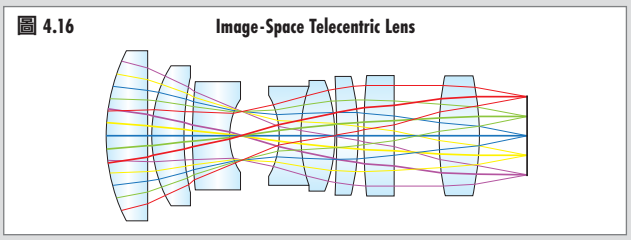


圖 4.16: 像方遠心鏡頭，主光線全平行於像空間光軸。無論傳感器平面的位置為何，影像高度均不會改變，因為決定影像高度的主光線全平行於光軸。

雙遠心

物方遠心能大幅提升傳統鏡頭的計測準確度，但倘若鏡頭同時擁有物方和像方遠心 (即雙遠心)，就能達到更高的準確度。像方和物方遠心在雙遠心鏡頭中的原理不變，入瞳和出瞳落在各自的無窮遠處，如圖 *4.17* 所示。

雙遠心鏡頭是最準確的遠心類型，因為視場完全不會因物件或傳感器位移而受影響，亦不會有 $\cos^4\theta$ 衰減的問題。

圖 *4.18* 為三種鏡頭的比較圖：定焦鏡頭、物方遠心鏡頭和雙遠心鏡頭。 x 軸代表標稱工作距離 (mm) 的變化， y 軸為以實際數值計算的尺寸誤差 (%)。

從上圖可知，雙遠心鏡頭是三者中最準確的鏡頭，誤差率在工作距離位移 4 mm 時不到 0.2%。在極度要求準確和精度的應用中，應利用雙遠心鏡頭。

圖 4.17

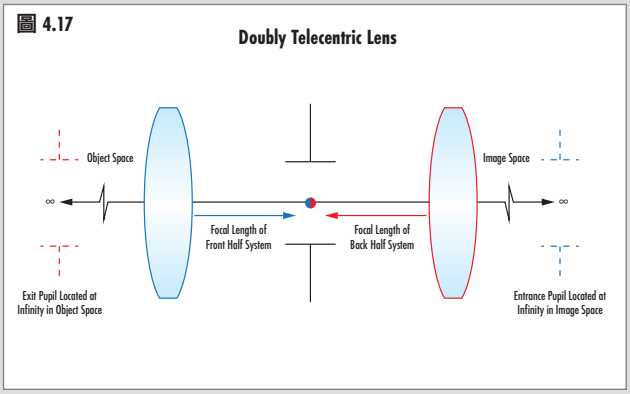


圖 4.17: 雙遠心鏡頭，入瞳和出瞳各自落在像和物空間的無窮遠處。

圖 4.18

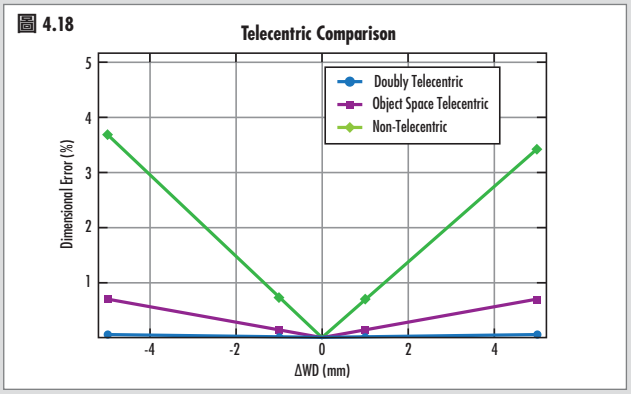


圖 4.18: 三種鏡頭 (非遠心、物方遠心、雙遠心) 的比較圖，說明三者尺寸誤差隨工作距離改變的情形。

第 5 章: 鏡頭機構設計

第 5.1 節: 鏡頭接環

有很多方法可以將鏡頭連接到相機。鏡頭和相機連接可使用具螺紋設計的標準接環或刺刀式接環。鏡頭不僅需要機械上與接環結構兼容；它也必須和相機具有相同的法蘭距離。法蘭距離或法蘭焦距為接環承靠面到像平面的距離。

C 接環

在機器視覺中 C 接環是最常見的鏡頭標準接環類型之一。 C 型標準接環具備直徑為 1 英寸的螺紋與每英寸 32 個螺紋設計 (TPI)。 C 型法蘭面的距離為 17.526 毫米。它是許多工業應用的理想選擇，因為螺紋接環在相機和鏡頭之間提供了可靠的掌控介面。
CS 標轉接環與 C 標準接環相同，但是法蘭距離減少為 12.526mm。 CS 接環相機可以通過鏡頭和相機之間的增加 5mm 延伸管來安裝 CS 接環鏡頭。CS 接環鏡頭容易因為相同螺紋設計與 C 接環相機相容。 但是，CS 接環鏡頭無法直接使用在 C 接環相機上，因為鏡頭會將成象聚焦在某個位置位於 Cmount 後面和傳感器前面。

F 接環

F 標準接環是插刀式接環常用於掃描相機和大版面相機。由尼康開發並用於 35 毫米 (43.3毫米) SLR 單反攝影相機。 F 接環標準為直徑為 44mm ，法蘭距離為 46.5毫米。 彈簧加載的接環提供攝影師使用操作更加簡便，但在工業應用中。可能產生相機鏡頭對位不準。

TFL & TFL-II 接環

TFL 接環主要設計用於 APS-C (27.9mm) 傳感器，此傳感器使用 C 接環顯得得太大了，使用 F 接環又顯得太小。 TFL 接環可以看作是較大版本的 C 接環；螺紋尺寸為 M35x0.75mm，法蘭距離和 C 接環相同: 17.526毫米。 TFL 接環提供與 C 接環一樣堅固特點，但適用於較大尺寸的傳感器，而沒有 F 接環的缺點。 類似於 TFL 接環有另外一個版本為 TFL-II 接環設計用來支援更大的傳感器 APS-H(35mm)一樣具備 17.526mm 的法蘭距但是有比較大 M48x0.75 的螺紋尺寸。

S 接環 (M12)

S 接環常見於監控 CCTV 相機和板級相機上，並與 M12 鏡頭配合使用。這個較小的接環類型為公制螺紋和螺距為 M12 x 0.5，並且沒有標準化法蘭距離。

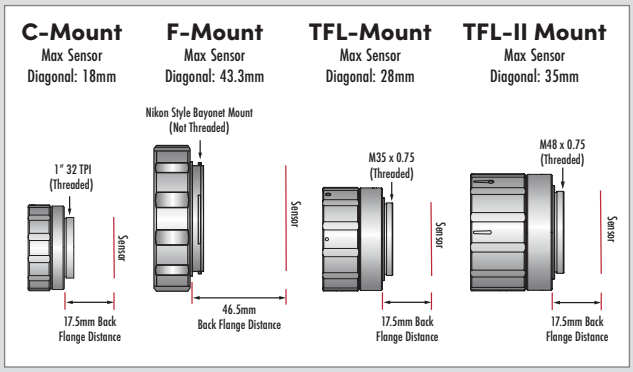


圖 5.1: 圖例說明 C 接環、F 接環、TFL 接環和 TFL-II 接環鏡頭接環樣式規格顯示並標示尺寸、螺距和法蘭距離。

第 5.2 節: 鏡頭間隔環，墊片和增距鏡

有時，應用需要鏡頭應用超過其設計的使用範圍，或者精準地達到其理論設計規格。鏡頭間隔環，墊片和增距鏡這幾個簡單的工具能夠使用戶輕鬆實現這類要求。延伸環和增距鏡能夠改變定焦鏡頭的視場或工作距離，而墊片可用於精密的調整遠心鏡頭的工作距離。

鏡頭間隔環

大多數定焦鏡頭具有完整的機械結構，允許於不同工作距離下對焦。設計的定焦性質意味著鏡頭會在設定的範圍內移動，從而決定可能對焦的工作距離。此預先界定的範圍係根據鏡頭設計來選擇的，因為鏡頭會在為其專用範圍內表現出最佳效能。但是，在需要較小的視場或較短工作距離時，為了適合特定應用，可以將鏡頭的工作距離範圍延伸。透過在相機和鏡頭之間加裝間隔環來調整鏡頭最短工作距離，鏡頭表現最佳成像性能會因使用工作距離範圍不一樣而產生差異。因為工作距離變短和當初設計正常應用條件不一樣，在運用到任何成像系統之前需要仔細評估。

般來說，加入間隔環的主要目的是增加視覺系統的放大倍率或縮短工作距離；這兩個變化會接連發生，並可由高斯成像公式來說明。公式 *5.1* 顯示了像距 (*d*) 和鏡頭焦距 (*f*)之間的關係。物距為負數。透過增加像距，物距 (鏡頭的工作距離) 必須減小。根據公式 *5.2*，當工作距離與像距發生變化時，放大倍率 (m) 也必須發生變化 (有關放大倍率的更多資訊，詳見第 2.3 部份)。圖 5.2 直觀地顯示了這種效應。成像鏡頭為更複雜的系統，間隔環使用的計算則更複雜。

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{WD} \qquad 5.1$$

$$m = -\frac{d}{WD} \qquad 5.2$$

工作距離減小和放大倍率增加 (視場減小) 是在光學系統中使用間隔環的兩個最明顯的優勢。選擇正確的間隔環將視應用而不同，不妨來看個例子，使用 35mm 焦距鏡頭與帶 11mm 間隔環的相同 35mm鏡頭比較。間隔環的結果見表 *5.1*。在我們的範例中，間隔環對系統的最重要影響是工作距離減少了大半，而放大倍率增加了一

倍以上。在空間受限的系統中，使用此類間隔環也比較有利，因為總長 (從圖像平面到物件平面的長度) 會減小。

還必須考慮間隔環對光學系統產生的效能影響。加入間隔環前鏡頭物理上操作的工作距離範圍一般為最佳效能基於光學設計基準，並且效能通常會隨使用間隔環改變這些距離而下降。使用上例相同的鏡頭，圖 *5.3* 和 *5.4* 顯示了鏡頭於最小工作距離 (圖 *5.3*) 和在 ⅔" 傳感器上於 f/4 下使用 11mm 間隔環 (圖 *5.4*) 時的 MTF 曲線。根據經驗，若間隔環的使用其長度超過焦距一半以上,不建議使用。若使用得當，間隔環是一種延伸鏡頭並根據特定應用對其進行調整的絕佳方式，前提是要記住其限制和效能下降。將光線的波長範圍改成為單色有助於解決這些問題。做為最佳範例，於其設計範圍內使用鏡頭是實現最優效能的最佳選擇。較長焦距的鏡頭使用間隔環的效果較佳，因為它們與較短焦距的鏡頭相比，通常採用更為簡單的設計，並且必須對要考慮使用間隔環的系統進行仔細分析，然後再導入。

Figure 5.2

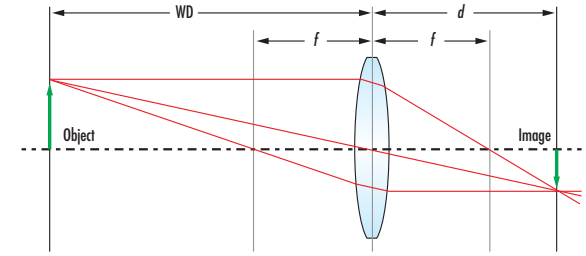


圖 5.2: 像距及物距與鏡頭焦距之間關係的圖解。

	No Spacer	11mm spacer
Focal Length	35mm	35mm
Lens Length	41mm	52mm
Image Distance	42.9mm	53.9mm
Working Distance	165mm	74.1mm
Total Track	223.5mm	143.6mm
Magnification	0.22X	0.54X
Field of View (½")	28.5mm	11.88mm

表 5.1:對比相同 35mm 焦距鏡頭 (於最小工作距離下對焦) 在使用和不使用間隔環時的規格。採用間隔環成像性能嚴重下降。

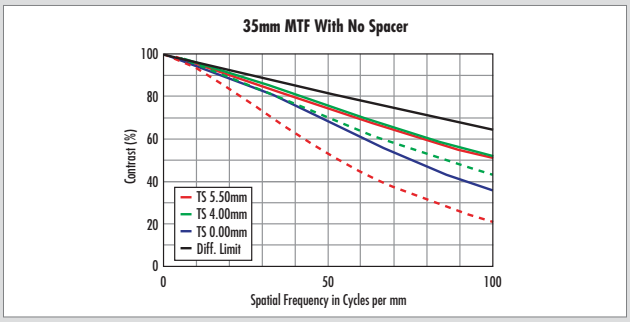


圖 5.3: 於最小設計工作距離下的 35mm 焦距鏡頭。

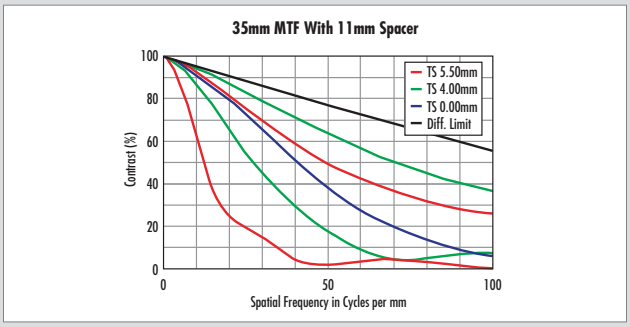


圖 5.4: 使用 11mm 間隔環時的 35mm 焦距鏡頭。

墊片

墊片的基本功能與延伸環相同，不過更適用於固定倍率鏡頭，如遠心鏡頭。墊片相當於非常薄的 (0.025 - 1.0mm) 不銹鋼延伸環，用於精確控制工作距離，以保證設計的系統能擁有最佳成像質量。

鏡頭承靠面距離的定義為相機接環到傳感器平面的距離，不過由於公差的存在，它與標示設計距離相比可能略有變化。這種相對於標示值的偏差源於相機的外殼設計及其內部傳感器位置的公差。我們可能需要一個精確或自定義的距離來控制以下規格：工作距離，圖像質量或一個系統到另一個系統的可重複性。墊片作為一種很薄的間隔環，可以放置在鏡頭和相機之間來調整此距離。

當成像距離變化時，成像品質也可能會變化，如果成像距離偏離理論設計距離太多，MTF可能會發生明顯的模糊或下降。例如，當一個鏡頭接到不同的相機時，極易發生這種現象。即使相機和鏡頭使用的都是同一種型號，相機之間仍然存在很小的不同，這可能會導致每個新系統組裝時，工作距離或成像品質的變化。在這種情況下，可以使用墊片進行微調，使MTF和對焦重新回到最佳水平。在每個新系統的安裝時，需要對成像距離進行微調，這就是為什麼許多遠心鏡頭帶有墊片的原因。利用這種方法，從一個系統到下一個系統，每個系統的關鍵光學參數，軟體設定和校正程序都能保持一致。

遠心鏡頭通常適用於需要高階製造測量的應用，或者用於獲取待測物體的某個視圖。通常，這些應用中包含各種各樣的問題，例如擺動的機器人手臂的工作距離有限，附近有污染，或因為新的測量系統必須適配現有機械佈局，從而導致整體空間十分有限。與鏡頭間隔環相似，在遠心鏡頭後面增加或移除墊片可以平衡像距，物距，和焦距 (圖 *5.2*) 之間的關係，並將工作距離調整到有效範圍內。在單色應用中，墊片也可用於補償或重新聚焦，解決焦點偏移的問題 (參見第 *3.5* 節)。墊片可幫助用戶精確控製成像距離，為其應用提供最佳解決方案。

增距鏡/增倍鏡

增加機器視覺系統的放大倍率的另一方式是使用增距鏡。增距鏡類似於鏡頭間隔環，因為它們二者都是被置於鏡頭背面和相機之間。但是，增距鏡不會改變鏡頭使用的工作距離範圍；增距鏡包含一組負鏡片，可依一個倍率系數變更機器視覺鏡頭的焦距。例如，使用增距鏡的 25mm 焦距鏡頭將具有 50mm 的有效焦距，因此於相同工作距離範圍內具有其原始視場的一半。

增距鏡的另一大優勢是，它們相互堆疊，並且對鏡頭焦距具有倍增效果。例如，25mm 焦距鏡頭在與 1.5X 和 2X 的兩個增距鏡結合使用時，將具有 75mm 的新焦距，因為 75 是由 25、1.5 和 2 之間相乘得出的。

同樣地，使用間隔環使用會有些妥協的結果，當使用增距鏡時，應考慮成像性能可能下降。由於鏡頭中的各個單獨的鏡片全部已經過特別設計和研究，在光學效能方面可以達到互補；向光學系統額外加入一個負鏡片會降低效能，因為此鏡片會引入額外的光學像差而鏡頭設計無法對其進行互補。增距鏡還可經由變更 f/#來降低光通量。例如，2X 的增距鏡將降低四倍的光通量。在採用增距鏡前，應考慮圖像品質的潛在負面影響。

第 5.3 節: 成像鏡頭的強化設計

在工廠自動化，機器人和工業檢測中使用的鏡頭必須能夠在特定和苛刻的環境中工作，可能涉及振動，衝擊，溫度變化和污染物。由於這些環境要求，新型的強化型鏡頭不斷被開發出來，用於不同的場景中。它們符合不同類型的強化設計。主要有四種不同的強化類型:

1. 工業性強化
2. 防護性強化
3. 穩定性強化
4. 消熱差

工業性強化

工業性強化鏡頭能夠適應振動和衝擊，避免鏡頭被損壞，保持鏡頭的焦距和 f/#。為了實現這一點，我們取消了鏡頭的活動結構並使其更容易鎖止，不過這樣一來就犧牲了其靈活性。
標准定焦鏡頭採用複雜的縮放光圈和調焦機制，典型的可縮放光圈由薄葉片和球形掣子組成，用於調節 f/#，在衝擊和振動過程中可能會彈出。對於工業性強化鏡頭，可調光圈被移除，取而代之的是固定光圈。另外，在另一個螺紋筒內套用另一個螺紋筒的典型對焦結構被單螺紋和剛性鎖定結構代替。

圖 5.5

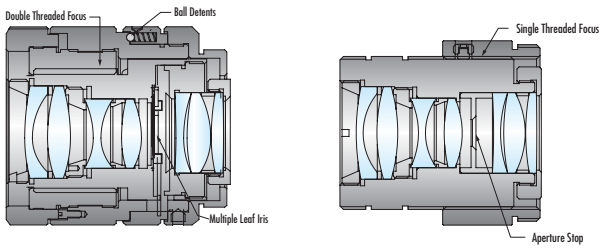


圖 5.5: 具有復雜結構和可縮放光圈的標準鏡頭對比具有簡單結構的工業性加強鏡頭。

工業性強化鏡頭非常適用於系統一旦建立好，就不再變動的應用。由於去除了複雜的移動和調整結構，將導致所需零件顯著減少，從而節省了成本，使得這類鏡頭擁有額外的成本優勢。很多應用都會用到工業性強化鏡頭，例如高振動的工廠環境，相機會進行快速加速和減速移動的情況，會反復進行多種相機安裝的檢測系統以及機器人視覺系統。

防護性強化

鏡頭前端入口處加固強化保護可讓鏡頭確保防潮和抵擋碎片。這種加固強化始於工業加固強化技術 (聚焦可調設計和可調光圈會有問題)。在鏡頭前端使用保護元件包括 O 形密封圈和具疏水鍍膜的窗鏡確保符合 IPX7 和 IPX9K 規範讓鏡頭可在 1m 水深下操作 30 分鐘另外對於近距離，高壓和高溫熱流環境也可以適用。

入口保護規範由兩位數字標示，符合IP 等級 IEC 60529 標準。第一個數字描述針對異物和顆粒的防護等級和範圍從零到六。如果產品尚未經過防護測試為了防止異物入侵，第一位數字改為 X (表 *5.2*)。

異物防護數字規格	描述
X	尚未明確進行保護測試
0	代表無任何異物防護
1	對直徑 50mm 或更大的物體有防護
2	對直徑 12.5mm 或更大的物體有防護
3	對直徑 2.5mm 或更大的物體有防護
4	對直徑 1mm 或更大的物體有防護
5	部分防塵，防止粉塵影響使用
6	完全防塵

表 5.2: IP 等級表。 第一欄位數字描述了外殼對粉塵的防護程度。

第二欄位數字描述對水氣的防護程度並將程度區分從0到9 (表 *5.3*)。

注意: 這些評等不是累積的。符合 IPX7 或 IPX8 不保證符合 IPX5 或 IPX6 標準。產品符合水氣噴撒噴霧等級和連續沉浸等級會被分成兩種級別。

穩定性強化

與工業性強化鏡頭一樣，穩定性強化可以保護鏡頭免受損壞，同時也確保光學指向和定位衝擊和振動後保持。除了更換光圈外和簡化的調焦機構，個別鏡片被點膠固定到位以防止它們在鏡筒內移動。圖 *5.6* 顯示了一種穩定性強化型鏡頭，其中鏡片被點膠固定在一起並使用夾緊鎖來簡化調焦方式。透鏡組裝於鏡筒的內側。鏡片外徑與鏡筒內徑之間的間隙直徑通常小於 50 微米。儘管組裝間隙很小，但是約幾十微米間隙足以讓鏡片產生偏心進而顯著影響鏡頭的指向性。

圖 5.6

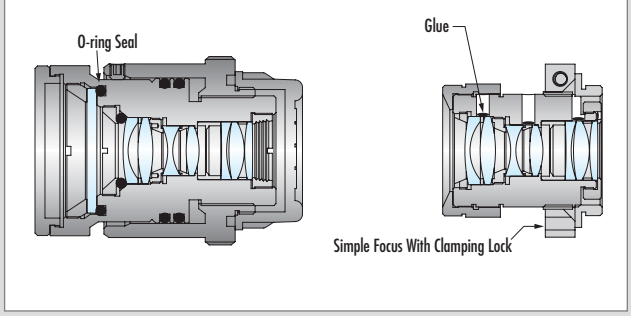


圖 5.6: 左邊帶有 O 型環的防護性強化鏡頭，可阻止污染物進入。右邊是一個穩定性強化鏡頭，所有鏡頭鏡片均採用膠合固定。

Moisture Protection Digit	Water Type	Description
X	–	Testing for protection has not explicitly been conducted
0		No protection from moisture
1	Dripping	Protection from vertically falling droplets tested for 10 minutes
2		Protection from water droplets deflected up to 15° from vertical for 10 minutes
3	Splashed or Sprayed	Protection from water sprayed up to 60° from vertical
4		Protected from water splashes from all directions, tested for a minimum of 10 minutes
5	Jet Spray (pressurized)	Protection from low-pressure jets 6.3mm in diameter
6		Protection from direct pressure jets 12.5mm in diameter
7	Continuous Immersion	Protection from full immersion for up to 30 minutes at a depth between 15cm and 1m
8		Protection from extended immersion under higher pressure from depths greater than 1m
9 or 9K	High-pressure and high-temperature jet spray	Complete moisture protection from high-pressure, high-temperature jets, wash downs, and steam cleaning

表 5.3: IP 等級的第二欄位數字代表外殼對水氣的防護程度

使用穩定性強化鏡頭時，如果物件位於 FOV 的中心成像就會精確聚在中心像素上，即使鏡頭受到劇烈震動 (圖 5.7) 它依舊會聚在相同的像素點上。在 FOV 需要校正的應用中,如測量設備、3D 立體視覺、機器人用感測鏡頭，以及用於追蹤物體的鏡頭,穩定性強化非常重要。這些應用通常需要光學指向穩定性的規格遠小於一個像素點大小。

消熱差

消熱差鏡頭比起標準鏡頭在更大的溫度範圍內應用下提供更好性能的理想選擇。通常消熱差鏡頭具有以下兩種設計方式：主動型或被動型消熱差設計。主動型設計可能需要用戶在不同的溫度下進行性能調整，而被動型的特點是設計上可以針對溫度變化調整等不需要額外的調整機制。

圖 5.7

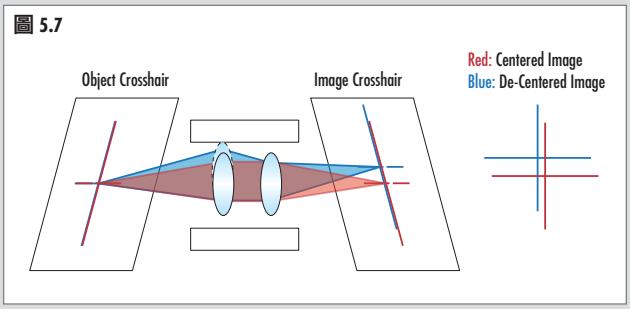


圖 5.7: 未擾動系統中物方紅色十字線映射到像方紅色十字準線，但帶擾動系統中因為鏡筒內鏡片產生位移導致藍色較差光學指向穩定性。

圖 5.8

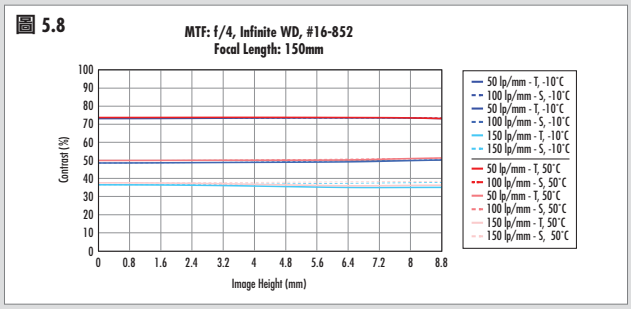


圖 5.8: 焦距 150mm 消熱差鏡頭的 MTF 與視場曲線。 請注意，不同溫度下的 MTF 曲線直接重疊在一起，表示在不同溫度下性能保持一致。

第 6 章: 成像鏡頭選型指南

在本文的前五個章節中，對成像鏡頭的原理從淺至深的一步一步說明。從了解視場角 (AFOV) 和分辨率的基本知識 (第 *2* 章中的第 *10-17* 頁的鏡頭規格說明) 以及了解調製傳遞函數 (MTF) 和哪些參數會影響鏡頭性能 (第 *3* 章中的第 *18-28* 頁的鏡頭真正的性能表現)，已經闡明了鏡頭的基礎原理。這一章主要將之前面討論的所有內容匯集在一起，讓您充滿信心對任何給定的機器視覺應用挑選出合適的成像鏡頭。

成像鏡頭是複雜、細微的元件，因此關於鏡頭選型不全於鏡頭的性能決定通常還有其他權衡的因素考慮在裡面並不是一個直截了當的過程。 鏡頭規格表 (或性能表) 因製造商而有差異，這可能會使規格比較變成是一項困難的工作。 甚至在解決鏡頭規格之前，需要考慮哪種類型的鏡頭最適合該應用。定焦鏡頭是最好的選擇嗎? 還是變焦鏡頭? 或是遠心鏡頭?

鏡頭選型指南分為三個不同的討論。第 *6.1* 節問題討論: 我的應用需要選哪種鏡頭? 就本文而言，鏡頭將被分為以下兩種：可變放大倍率鏡頭或固定放大倍率鏡頭。它說明了這些不同種類的鏡頭以及它們的使用條件。然後，第 *6.2* 節說明如果已經選擇了相機，如何作正確的鏡頭選型，這種狀況通常是許多人遇到應用時的鏡頭選型問題。它主要討論是在選定的視場 (FOV) 找出匹配鏡頭對應正確工作距離 (WD)。最後一部分，第 *6.3* 節，說明如何與找出和相機匹配的鏡頭，這一點很重要因為需要在成本和性能方面對應用條件下進行適當優化。它討論了像素映射和對比度重現條件。

在跳至本節之前請閱讀 (或事先了解) 先前的內容，請先閱讀本文先前的五個章節，接下來的討論將不再說明鏡頭的成像原理概念。所以了解前面第 *6.3* 章節內容很重要。

Section 6 continues on page 38

第 6.1 節: 機器視覺鏡頭的種類

可變放大倍率鏡頭的種類

固定焦距鏡頭

固定焦距鏡頭有許多不同的名稱: 定焦鏡頭 (在攝影或電影攝影中很常見)，FA 鏡頭 (其中 FA 通常代表工廠自動化)，或簡稱為機器視覺鏡頭。它們是機器中最常見的鏡頭類型; 一個常見的用法，如果用一個焦距長度來描述一隻鏡頭 (例如 25mm 焦距) 通常是固定焦距鏡頭。如第 *1.3* 節*:* 了解焦距和視野中所述 (在第 *8-9* 頁上) , 固定焦距鏡頭具有固定的 AFOV。 這些鏡頭仍然可以聚焦在不同的 WD上，這通常是通過機構件將所有整群鏡片一起移動聚焦，但鏡片之間的間距不變。

圖 *6.1* 顯示了一個 75mm 定焦鏡頭聚焦在兩個不同距離的光路圖。鏡頭中每個鏡片之間的距離在聚焦時不會改變，像面的距離 (平面和最後一片鏡片) 變化很大。上面鏡頭聚焦在光學無限遠處，而下面鏡頭聚焦在 200 毫米處。

重要的是要記住，真正的定焦鏡頭都是像圖 *6.1*裡面提到聚焦方式，但是有些鏡頭會使用浮動鏡片方式聚焦，那種設計是改變鏡片間的相對距離作調焦。間距的變化確實會輕微改變整隻鏡頭的焦距，但這邊我們還是把它歸為定焦鏡頭。

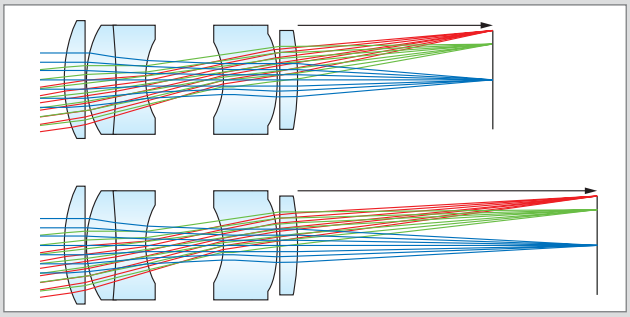


圖 6.1: A 75mm 雙高斯固定焦距鏡頭，可以在兩個不同工作距離處聚集。請注意，各鏡片間距不會隨著工作距離的變化而改變。

大多數機器視覺應用情況下使用定焦鏡頭充滿靈活性和很好的成像表現。在大多數情況下，一般零件檢查，條碼讀取，生物識別和文件掃描，牌照讀取以及其他類型光學文字識別 (OCR) 或光學文字驗證 (OCV) 都最適合定焦鏡頭使用。

定焦鏡頭的 AFOV 可視為和鏡頭焦距和傳感器尺寸相互匹後的結果。如果鏡頭的焦距縮短，其 AFOV 呈現線性形式的增加。 因此， 25mm 焦距鏡頭的 AFOV 會是兩倍於 50mm 焦距鏡頭的視場。

因為這些鏡頭可以聚焦在不同的距離上，並且具有不同的放大倍率，所以本文中把它們被歸類為可變放大倍率鏡頭。

變焦鏡頭

定焦鏡頭設計為具有固定的 AFOV，變焦鏡頭特性為其焦距改變，因此它們的 AFOV 也會在固定工作距離下產生變化。**變焦鏡頭非常適合使用過程中有最大靈活性，不需要高分辨率; 在應用的過程中，除非 FOV 需要一直改變取像 ，要不然它通常不是最佳選擇。** 另外變焦鏡頭使用當改變 FOV 時，需要步進馬達快速精確的調整焦距。

變焦鏡頭有個變倍比的規格，可以把鏡頭給定的最長焦距值除以最小焦距值來得出。例如，如果變焦鏡頭焦距為 8mm 到 48mm，可以算出是 6 倍變焦鏡頭 (48mm/8mm = 6 倍)。 這也可以表示為變倍比: 對於上述鏡頭這將是 6:1 的縮放比例。

圖 *6.2* 顯示了將相同的變焦鏡頭設定成兩個不同的焦距狀態。請注意，鏡片間的相對距離和鏡片到像平面的距離改變，但是 WD 並沒有改變。 這些複雜精密的鏡片移動會增加機械結構上的成本需要同時改變鏡頭的焦距並保持聚焦。另外，變焦鏡頭的分辨率無法達到對等價格的定焦鏡頭水平，因為複雜的機械結構與光學鏡片同時負責多工的功能在鏡頭而不針對單一應用場合優化設計。

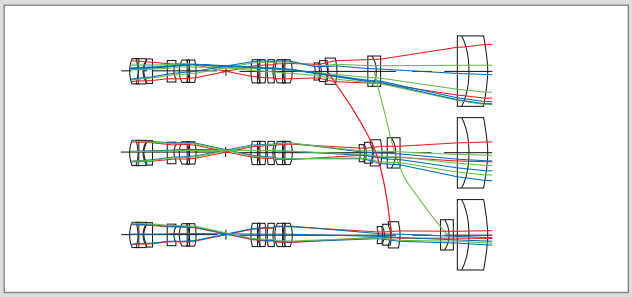


圖 6.2: 變焦鏡頭在不同光學放大倍率的光路架構。

變焦鏡頭不僅需要在單一焦距上得最佳性能，但它同時必須在整個焦距範圍內都到達到一樣的性能，這會降低其整體性能。

另外一個的光學特性是源自於變焦鏡頭中的鏡組複雜運動；會依著鏡頭的光學設計方式，f/# 會隨著焦距變化而變化。這樣的設計會避免發生在攝影或攝影鏡頭上，但對於機器視覺鏡頭，通常並非如此。這也很重要回顧一下第 *2.1* 節*:* 系統光通量， *f*/#和數值孔徑，隨著放大率的變化，有效的 f/# 仍然會變化，導致不同的曝光 。

根據定義，當變焦鏡頭改變其 FOV 時，它們依然將保持聚焦。如果鏡頭隨著焦距的變化而離焦，則更準確說法是稱為可變焦聚鏡頭，而不是變焦鏡頭。

變焦鏡頭的選型方法與固定焦距鏡頭幾乎一樣，另外需要注意的是焦距是可變的而不是固定，這會改變 AFOV。

固定放大倍率鏡頭的種類:

遠心鏡頭

任何時候一個系統都需要高精度測量都需要考慮使用遠心鏡頭。他們是專門設計，具強大的光學特性的固定放大倍率鏡頭。遠心鏡頭的工作原理和優點在第 *4* 章*:* 遠心度和透視誤差”中進行了詳細討論說明 (第 *29-33* 頁)。

人們通常認為遠心鏡頭的選型會比定焦鏡頭更具挑戰，但情況並非如此，會在 *6.2* 節中討論。

顯微物鏡

顯微物鏡通常用於成像非常小的物體，需要放大倍率遠大於1倍成像系統上。 物鏡通常是固定倍率，僅在單一的 WD上聚焦，其 WD 相對於其他成像鏡頭來說很小。**顯微物鏡通常都是需要高放大倍率成像時使用而且沒有最短 WD 的限制。**

參考第 *9* 章*:* 第 *48-50* 頁的“了解顯微鏡物鏡”更多有關顯微物鏡和顯微鏡的資訊。

第 6.2 節: 基礎鏡頭選型

如何選擇一個變倍鏡頭

第 *6.1* 節介紹了一些常見的成像鏡頭類型根據應用程序進行選型。為了對成像鏡頭作更精確選型，基本與系統端應用的成像參數必須清楚的了解 (請參閱第 *1* 章節: 鏡頭和有關更多詳細信息，請參閱第 *7-9* 頁) "成像基礎知識" 。最基本的選型參數，必須在 WD, FOV, 和分辨率三個條件下選擇鏡頭。 在本節中，先減少另外一個參數，先假設相機規格已經確認，讓鏡頭選型更加容易。

關於這個討論，定焦鏡頭和變焦鏡頭可以視為一樣的工作原理，歸納為同一類型。 對於變焦鏡頭可以當成它有個別不同的焦距值，而不考慮他的變焦功能。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{z} + \frac{1}{z'} \qquad \textbf{6.1}$$

所有可變放大倍率鏡頭都是根據公式 *6.1* 進行聚焦，其中 z' 為像距 (可視為成像平面和最後一個鏡片的距離)；z 為物距 (或對焦物體和前方鏡頭鏡片的距離)；f 為鏡頭焦距。使用這個公式，需要考慮 z', z 和 f 的數值都應為正值。公式 *6.1* 是假設透鏡厚度的為0；考慮像距和物距之間的關係。對於給定焦距，隨著物距 (工作距離) 增加，像距則會減小。

對於單透鏡鏡片，比如平凸透鏡或雙凸透鏡，該公式有助於在給定物距和像距情況下確定正確的焦距。但在採用多鏡片鏡頭的機器視覺系統中 (如圖 *6.1* 所示)，該公式具有以下幾個不足之處: 不能說明視場；由於無法在機器視覺鏡頭中量測像距，因此難以確定焦距。

透過採用放大倍率公式，即公式 *6.2*, 其中 H' 和 H 分別為成像平面尺寸 (通常是傳感器尺寸) 和視場，就可以重新將公式 *6.1* 轉化成一種更有用的形式，如公式 *6.3* 所示。

$$m = \frac{z'}{z} = \frac{H'}{H} \qquad \textbf{6.2}$$

公式 *6.3* 提供了一種快速容易確定具體應用需要何種焦距鏡頭的方法，但前提條件是給出了視場和傳感器尺寸等基本參數。通常，公式 *6.3* 會刪除了 "-1" 項，因為與前面的數值相比太小而會給予忽略。

$$H = H'\left(\frac{z}{f} - 1\right) \qquad \textbf{6.3}$$

使用公式 *6.3* 當作鏡頭選型的條件是假設相機規格已經知道只要對單一變數鏡頭焦距鏡頭做計算。如果是這種情況，那麼鏡頭的選擇將變得更加容易。例如，假設需要在 IMX250 傳感器 (⅔英寸, 5MP) 上 WD 500mm 拍攝出 175mm 的 FOV。 使用公式 *6.3*，可以得出 25mm 鏡頭是最佳選擇。

通常，在線上使用鏡頭焦距計算軟體時，使用是利用公式 *6.3* 計算得出的焦距值。 請注意，這些是一階計算，並且當使用使用較大的畸變值 (例如魚眼鏡頭)，焦距的計算可能和真實應用會產生落差， 並且通常假設鏡頭厚度為零。

圖 *6.3* 及 *6.4* 顯示了具有不同焦距的鏡頭在採用不同傳感器 *6.3* (對應於單獨的 y 軸) 時根據公式 *6.3* 所產生的視場大小。

這些直線圖有助於在已選定相機的情況下，確定機器視覺鏡頭的正確焦距: 只需沿著 x 軸至所需工作距離處，透過相應的 y 軸 (取決於所用傳感器) 確定座標平面上的交叉位置。選用鏡頭時，最好先從形成交叉點的最近一個鏡頭開始調查，這可以顯著縮小鏡頭選擇範圍。

此外，這些圖還能說明機器視覺系統中有關定焦鏡頭的一些要點。第一，由於光學設計的緣故，焦距較長的鏡頭具有較長的最小工作距離。在鏡頭與相機之間加入間隔環可縮短最小工作距離，但最終會降低影像品質 (請參閱第 *5.2*部分第 *34-35* 頁以了解更多資訊)。第二，在使用相同w的焦距鏡頭時，較大的傳感器能提供較大的視場。例如在 350mm 的工作距離情況下，⅔" 傳感器的 12mm 鏡頭具有約 370mm 的視場，但對於相同工作距離的 1" 傳感器，視場則約為 530mm ，即增加了 43%。最後，圖中間隙代表市面上沒有標準的現貨定焦鏡頭。例如在 600mm 工作距離使用具有可用焦距的 ⅔" 傳感器，將無法達到 525mm 視場。其中最接近的鏡頭為 8.5mm 焦距，需要在大約 510mm 的工作距離使用，以達到前面的視場。

這些圖只是為具體應用縮小鏡頭選擇範圍的第一步。它們不能解決圖像品質、畸變、相對照度或成像鏡頭的其他重要品質問題；它們只能提供相對於傳感器尺寸的視場大小。

如何選擇固定放大倍率鏡頭

遠心鏡頭或顯微鏡物鏡等鏡頭乍看之下很難歸類到某種成像系統，它們的工作方式與傳統固定焦距鏡頭截然不同。但與傳統鏡頭相比，這類鏡頭的選擇過程實際上要簡單的多。

除了少數例外情況，固定放大倍率鏡頭通常只能在一個工作距離處正常工作。此外，還可透過其放大倍率來指定它們，例如 2.0X 遠心鏡頭。 放大倍率可以輕易標註在在使用的鏡頭規格上，FOV的計算可以將第 *1.2* 節：成像基礎知識中的公式 *1.1* 重新排列即可:

$$FOV = \frac{H}{m} \qquad \textbf{6.4}$$

其中 m 為鏡頭的放大倍率， H 是傳感器尺寸。 該公式說明不管傳感器尺寸如何，放大倍率將保持不變； 只有 FOV 發生變化。

例如，有個應用需要對零件加工鑽孔做量測。孔的直徑為 20mm，零件擺放在成像系統下的位置可能略有不同，因此需要 24mm 的 FOV。選定 1/1.8" 傳感器 (水平傳感器尺寸為 7.2mm)，因此利用公式 *6.4* 計算，得出放大倍率 0.3X。由於這是一個測量應用，可以挑選出 0.3X 的遠心鏡頭。

請注意，在上面的案例中，是已經選好相機的條件下。如果相機還沒選定，鏡頭的選型將更加複雜。第 *6.3* 節會花時間討論沒有選定的相機條件下如何選擇鏡頭。

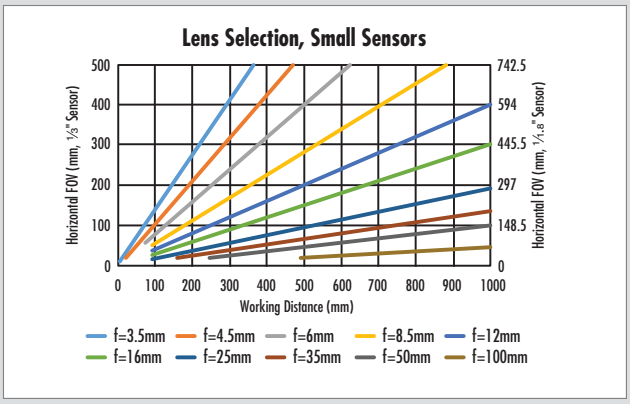


圖 6.3: 不同焦距的鏡頭在 ⅓" 英吋和 1/1.8" 英吋傳感器上的 FOV。

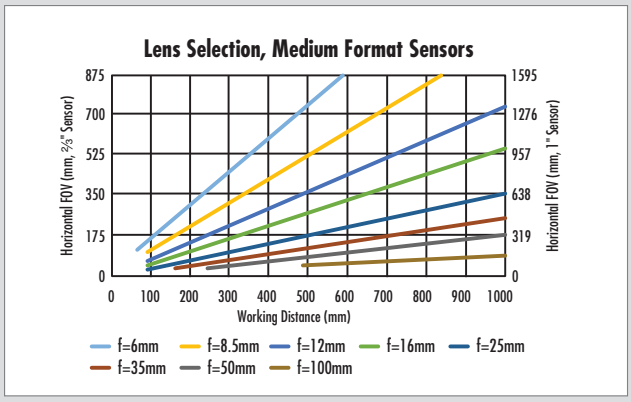


圖 6.4: 不同焦距的鏡頭在 ⅔" 英吋和 1" 英吋傳感器上的 FOV。

第 6.3 節: 進階鏡頭選型

前面章節說明了基礎鏡頭選型過程。如何在機器視覺系統中挑出一個鏡頭。 本節全面介紹鏡頭和相機的選型，同時挑選相機與鏡頭，具體條件最終取決於應用上關注重點。本節將藉由案例工作距離 200mm ，需要二維條碼的取像開始，如圖 *6.5* 所示。

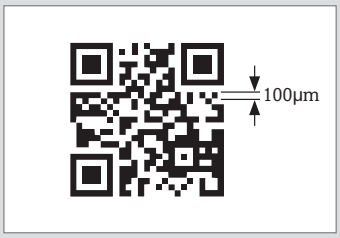


圖 6.5: WD 200mm 遠的二維掃碼取像。

鏡頭選型基本的第一步要從被檢查的物件和其構成方式開始。 重要的是要觀察什麼特徵? 這些特徵點有多大? 機器視覺軟體上判定這些特徵點需要用幾個像素點才能正確地判定?

通常，最好的評估方式像素點可以覆蓋特徵點大小。對於圖 *6.5*中的二維條碼，它們是相當簡單圖案。其中的特徵尺寸約為 100µm，特徵點之間的空白間隔至少為 100µm 。這表示特徵點對應的物空間頻率為 5lp/mm (請參閱第 *2.2* 章節: 有關分辨率計算的數學式)。 這個數值與接下來決定鏡頭所需的放大倍率有關 。

接下來，需要考慮整個視野大小。這不僅意味著條碼本身的大小，但必須考慮到條碼本身不完全落在 FOV 正中心的狀況。 如果條形碼為 25mm × 25mm，則可以考慮將 FOV 定為 35mm 讓 FOV 多點空間可以容納條碼擺放上的誤差。在此案例中，必須至少使用三個像素覆蓋條碼中的特徵點來解析。由於條形碼上的特徵尺寸為 100µm，因此要求物空間上每個像素點大小至少有 33µm 。

在這一點上，可以評估不同的相機，看是否為了達成前面應用的要求。為了使建置成本最低，盡可能從低的解析度開始選起。 在現行的機器視覺世界通常最低是 0.3MP 或 VGA 解析度。 然後檢查傳感器的寬高比，正好是 4:3。 但是這次應用需要的是 1:1 的 FOV；這意味著傳感器的尺寸較小的區域 (480 像素) 將需要用於對應 35mm FOV，並且較大的像素區域可視為多餘的，那些基本上是用不到的。

由於 480 個像素在 35mm 區域內劃分，每個像素約對應物空間中的 73µm 。 該相機解析度不足以用於此應用，因此需要具備大約好三倍的解析度，所以調整為 1600 × 1200 像素為 4.5µm 的傳感器計算，每個像素現在佔用 29µm，這樣看起來滿足應用。但這樣狀況下如何把應於相機的像空間和鏡頭連接起來? 此時，系統需要與放大倍率參數連接起來。

知道傳感器解析度為 1600 × 1200 像素，加上已知的像素大小 4.5µm ，可以算出傳感器尺寸為 7.2 毫米 × 5.4 毫米。 使用公式 *6.4* 算出放大倍率為 0.15X。 現在利用此放大倍率確定需要哪種鏡頭以及從分辨率的角度確認成像系統的要求，作正確的讀碼成像。

由於傳感器已經選定，因此可以根據第 *6.3* 節中的公式 *6.2* 計算鏡頭焦距。使用公式 *6.3*，WD 200mm 條件下所需的焦距為 30mm.。另外一個接近的鏡頭規格，焦距 25mm 毫米鏡頭工作距離 230毫米可達到 0.15X 放大倍率； 因此這個焦距鏡頭滿足這個應用。 現在一個初步鏡頭規格焦距已經選出來，但可以確認其分辨率滿足分辨率的需求嗎?

物空間所需的分辨率為 5lp/mm。 把它除上放大倍數變成像空間分辨率，變成 33lp/mm。為了正確查看對象。此數值碼需要驗證兩個參數字: 傳感器的奈奎斯特頻率和使用的鏡頭的調製傳遞函數 。看到第 *2.2* 節: 分辨率，以獲取有關奈奎斯特頻率的更多資訊。公式 *6.5* 將傳感器的奈奎斯特頻率描述為:

$$\text{Nyquist Frequency} = \frac{1}{2 \times s} \qquad \textbf{6.5}$$

其中 *s* 是像素大小。使用公式 *6.5*，像素為 4.5µm 的傳感器奈奎斯特頻率為 111lp/mm。 因為這個頻率遠比 33lp/mm規格來得大，因此這台相機是一個不錯的選擇用在這個應用上。有些精明的讀者可能請注意，這將鏈接到以下事實：我們考慮三個像素覆蓋讀碼的一個特徵點，因此會得到奈奎斯特低 3倍頻率也就不足為奇了。出於完整性考慮，這邊討論完整的用數學計算出來。

C 系列 25mm 定焦鏡頭性能可以在圖 *6.6* 中找到在 WD166mm下的MTF性能曲線 (有關更多信息，請參見如何讀取 MTF 曲線，請參見第*2.5*節：調製傳遞函數)。從曲線上，可以看到 25mm 鏡頭達到了在 33lp/mm 位置達到 83% 的對比度，這樣的對比度足夠提供清晰的成像。

這只是冰山一角關於鏡頭選型的應用。MTF 另外受幾個因素的影響 (在第 *2.6* 節: *MTF* 曲線和鏡頭性能)，通常不是一言兩語就說得明白的。 以下部分將詳細介紹鏡頭如何匹配一個合適相機。

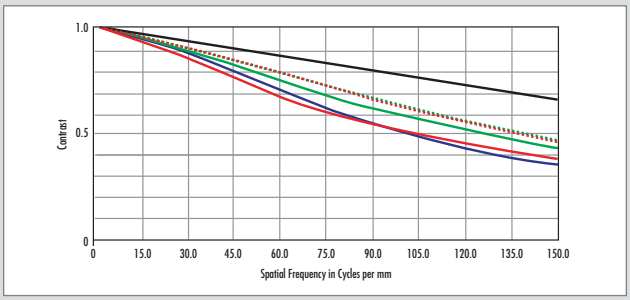


圖 6.6: 這張 25mm C 系列定焦鏡頭的 MTF 曲線圖說明它可以提供足夠的分辨率在這個應用上。

鏡頭性能的變化

鏡頭供應商可以根據使用條件提供特定條件下的鏡頭 MTF 曲線。在上面的條碼應用中，挑選 25mm 的鏡頭 MTF 曲線來確認鏡頭是否有足夠的對比度應用在讀碼上參考鏡頭以確定其是否具有足夠的對比度 現在，我們將這支鏡頭延伸到不同的案例上討論進行，使用相同的鏡頭，但是無法一如你期待的產生一樣的高對比度。

圖 *6.7* 顯示了同一個焦距 25mm 鏡頭的兩條不同 MTF 曲線，同一樣的 WD (具備 0.76X 的放大倍率) 下，但 f/# 和波長設定條件不同。 從曲線上看很難想像這是同一個鏡頭！重要的一點是，只看 MTF 規格表上的曲線不能充分說明性能，鏡頭需考慮整體應用條件下的MTF 曲線。

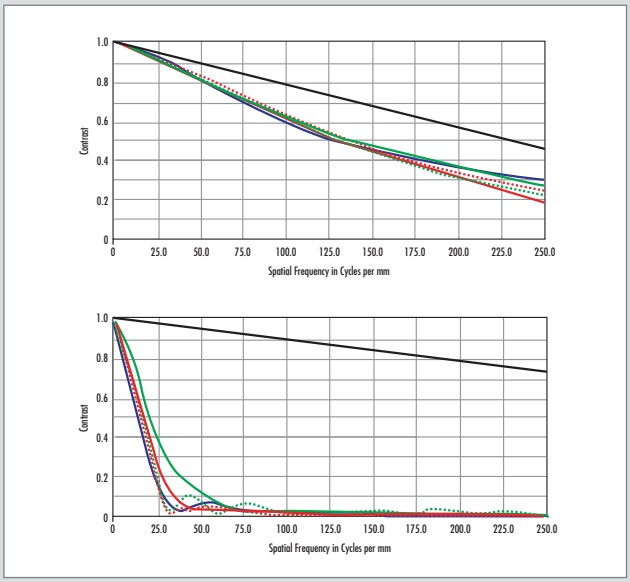


圖 6.7: 高分辨率 25mm 鏡頭在不同設定下呈現出不同的 MTF 曲線，因此務必對具體鏡頭曲線進行比較。

根據鏡頭的 MTF ，就可以確定物空間中的最小可分辨特徵尺寸。但是， MTF 曲線永遠處於像空間中，意味著必須將像空間規格轉化為物空間規格。幸運的是，可以輕易地用鏡頭放大倍率做計算。以下範例說明了如何使用圖 *6.7* 中的曲線作為開始來完成這些計算。假設本例中的最小對比度為 20% ，透過尋找曲線上對應於 20% 對比度的頻率，我們可以得知上面鏡頭的像空間分辨率為 250lp/mm 。使用公式 *6.6*，像素大小 (或者在這種情況下，像空間分辨率 $\xi_{\text{Image Space}}$ 從頻率轉換為特徵尺寸) 計算如下:

$$\xi_{\text{Image Space}} = 250\text{lp/mm} = \frac{1000\,\frac{\mu m}{mm}}{2 \times s} \therefore s = 2\mu m \qquad \textbf{6.6}$$

然後透過放大倍率 (0.076X) 進行縮放:

$$\frac{2\mu m}{0.076X} = 26\mu m \text{ minimum object feature size} \qquad \textbf{6.7}$$

對比後發現，圖 *6.7* 底部的曲線所代表的鏡頭只能準確地對 282μm 的物體形成圖像 (使用上述相同計算方法)。

以上範例還假設尚未選定合適相機/傳感器，因而使光學元件成為成像系統的限制條件。如果在選擇鏡頭之前已選定相機傳感器，則鏡頭可能需要具備解析所用傳感器的像素大小的能力。

繼續根據上例進行分析，如果選用 Sony IMX250 傳感器 像素大小為 3.45μm 的相機，則使用公式 *6.6* 計算可以得出，像空間分辨率為 144.9lp/mm。從 MTF 曲線中可以看到，上方鏡頭的對比度大於 >40% ，足以滿足大部分應用的要求。 但利用這類計算方式 *6.7* 轉化成物空間尺寸時，3.45μm 像素僅對應於 45μm 的物體，意味著傳感器會變成系統的限制元件，因為鏡頭可以達到 26μm 的物空間分辨率。

針對應用挑選合適鏡頭時，必須全盤考慮所有這些因素，以便為機器視覺問題提供最佳的解決方案。

第 6.4 節: 傳感器和鏡頭

奈奎斯特頻率成像

用奈奎斯特頻率當作成像分辨率的評估，(由 *6.3* 節的公式 *6.5* 定義)。 但是，通常這不是一個好主意，因為它意味著正在觀察的特徵點恰好落在一個像素上。 當成像系統偏移了一半像素，物件要觀察的特徵點將落在兩個像素之間，並且完全模糊掉。 因此，以奈奎斯特頻率成像是不建議。 如果沒有使用子像素作插值計算，通常建議以奈奎斯特頻率的一半進行成像，因為這將把想要觀察的特徵點用兩個像素計算。

另一個假設狀況是鏡頭不適於搭配的相機，除非它在傳感器上具有奈奎斯特頻率對比度 (>20%) 。 若不是這種條件。 如前所述，使用奈奎斯特限值是不明智的，並且可能會導致一些問題。 整個檢查系統確定鏡頭是否合適是否使用選用的相機傳感器，這通常取決於應用需求。以下內容陳述了成像過程中以奈奎斯特頻率或接近奈奎斯特頻率在系統中使用，對整體系統分辨率的影響。

以下章節描述了成像系統性能接近奈奎斯特頻率或附近使用時，以及對整個系統解析度的影響。

了解相機傳感器和成像鏡頭之間的相互影響是設計和實現機器視覺系統的關鍵。然而這種關係的優化往往被忽視，其實它對系統整體分辨率的影響是很大的。不合適的相機/鏡頭組合可能會導致成像系統在成本上的浪費。不過，在不同應用中選用合適的鏡頭和相機並不是一件容易的事情: 更多的相機傳感器 (導致更多鏡頭) 被設計和製造出來，得益於更先進的製造技術，它們擁有更強的性能。.

這些新的傳感器為鏡頭帶來了許多需要克服的挑戰，並使相機與鏡頭的正確配對變得不那麼明顯。

第一個挑戰是像素變的更小。雖然較小的像素通常意味著更高的系統級分辨率，不過若將其他光學元件也考慮在內，實際情況將變得更加複雜。在理想情況下，如果一個系統中不存在繞射或光學誤差，分辨率將僅僅與像素大小和物體大小有關 (參見第 *2.2* 節的解釋)。簡單來說，當像素尺寸減小時，分辨率增加。這種增加使得拍攝較小的物體時，即使物體之間的間距減小，由於像素更小，它們之間的縫隙也能被解析出來。不過這是一個非常簡單的模型，解釋了相機傳感器如何檢測物體，但並沒考慮雜訊或其他參數的影響。

鏡頭也具有分辨率規格，但其基本原理並不像傳感器分辨率那麼容易理解，因為沒有像素這樣具體的解釋。當待測物特徵經由鏡頭成像到像素時，最終決定其對比度展現的 (調製傳遞函數或 MTF) 有兩個因素: 繞射效應和像差。光線通過光圈時會發生繞射，造成對比度降低 (更多細節，參見 *2.4* 節)。每個成像鏡頭設計時都會有像差存在，各式不同種類的像差， 會讓影像變得模糊或是產生成像偏移 (更多關於像差的總類，請參考第 *20-28* 頁第 *3* 節)。使用大光圈鏡頭 (≤f/4)，光學像差通常是系統不"完美"的原因，系統會受到繞射極限的限制；在大多數情況下，鏡頭通常無法在其理論截止頻率 (ξ_{Cutoff}) 下工作，如公式 *6.8* 所示 。

$$\xi_{Cutoff} = \frac{1}{\lambda \times (f/\#)} \qquad \textbf{6.8}$$

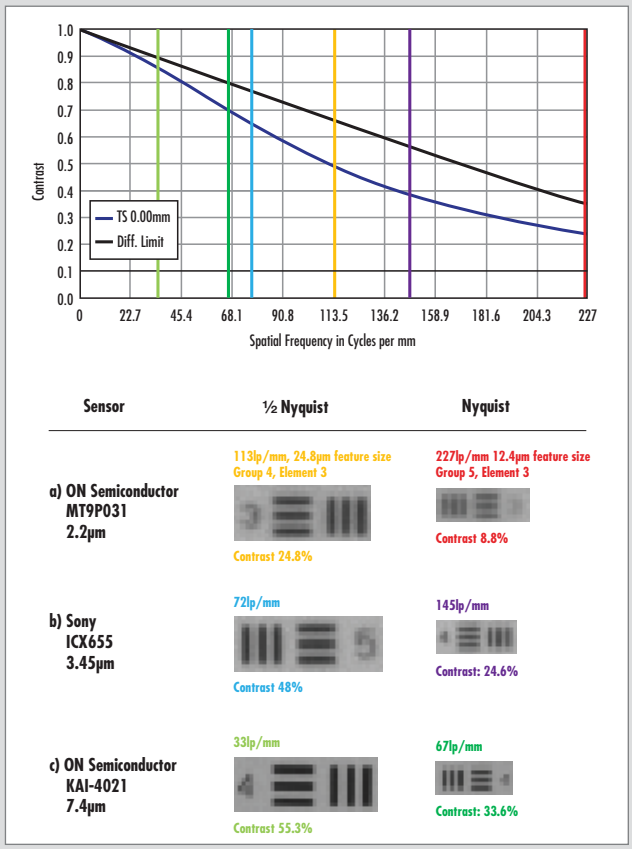


圖 6.8: 像素大小為 2.2µm 的 (*a*) 安森美半導體 MT9P031 傳感器搭配高分辨率50mm鏡頭時， 標稱鏡頭性能與實際性能的比較。 (*b*) 具有 3.45µm 像素的 Sony IXC655 ，以及 (*c*) ON Semiconductor 的 KAI-4021 的像素為 7.4µm 。紅色，紫色和深綠色線條顯示傳感器的奈奎斯特極限。黃色，淺藍色，淺綠色線分別表示傳感器的奈奎斯特極限一半的分辨率。

有個公式描述相機像素和對比關係，隨著像素頻率的增加 (像素變小)，對比度下降 - 每個鏡頭都遵循這一趨勢。但這並不代表實際的鏡頭性能。鏡頭的公差和製造精度也會對鏡頭的像差產生影響，其實際性能將會與標稱的設計性能有所不同。我們很難基於鏡頭的標稱數據來估計鏡頭的實際表現，但實驗室中的測試可以幫助我們判定特定鏡頭和相機傳感器是否相互匹配。

想要了解一個鏡頭在某個傳感器上的表現，有一種方法是使用 USAF 1951 測試板條狀線條來測試其分辨率。與星標板相比，這種測試板更夠更好的測試鏡頭/傳感器的匹配，因為它們的條狀線條排列呈正方形 (和矩形) 。

以下示例顯示，在相同照明條件下，使用相同的高分辨率50mm焦距鏡頭拍攝，在三個不同的相機傳感器上所成的測試圖像。將每個圖像與鏡頭的標稱軸上MTF曲線 (藍色曲線)進行比較。在這種情況下，我們僅使用軸上曲線，因為測量對比度時，僅用到傳感器中心的一小部分。圖 *6.8a* 顯示了焦距 50mm 鏡頭搭配與 2.2µm 的 ½.5 英寸 ON Semiconductor MT9P031 傳感器在放大倍率 0.177X 下性能。使用第 *2.2* 節"分辨率"中的公式，傳感器的奈奎斯特分辨率 (ξ_{Sensor}) 為 227.7lp/mm，這意味著在理論上，系統可以成像的最小物體 0.177X 的放大倍數為 12.4µm (使用公式的另一表示第*2.2* 節中的 *2.4:* 分辨率)。

$$\xi_{Sensor} = \frac{1000\ \frac{\mu m}{mm}}{2 \times 2.2\mu m} \cong 227.7 lp/mm \qquad \textbf{6.9}$$

請注意，這些計算沒有與之相關的對比度值。圖 *6.8a* 中顯示了 USAF 1951 測試板上兩組圖像；左邊圖像顯示每個特徵占用兩個像素，右邊圖像顯示每個特徵占用一個像素。在傳感器的奈奎斯特頻率 (227lp/mm) 下，系統成像的對比度為 8.8% ，而對於一個可靠的成像系統來說，最小對比度應為 20% 以上。通過增加特徵尺寸，將數值提高兩倍到 24.8µm，對比度增加了近 3 倍。實際上，當成像系統的像素頻率為奈奎斯特頻率的一半時，圖像質量的可靠性高得多。

$$\xi_{Object\ Space} = \xi_{Sensor} \times m = 227 lp/mm \times 0.177 \cong 40.3 lp/mm \cong 12.4\mu m \qquad \textbf{6.10}$$

這說明成像系統無法對尺寸 12.4µm 的物件特徵點進行有效成像,這個結果和 *2.2* 節中的公式相反 *:* 儘管在數學上，物體尺寸在系統的有效範圍內。這種矛盾突出顯示了一階計算值和近似值不足以判定成像系統能否實現特定的分辨率。另外，奈奎斯特頻率計算值也不是一種能夠確定係統分辨率水平的統一度量，只能當作一種系統極限的工具。8.8% 的對比度太低，不夠精確，因為測試環境的微小變化就可能會使對比度降低到無法解析的水平。

圖 *6.8b* 和 *6.8c* 顯示了與 MT9P031 類似的圖像，使用的傳感器分別為索尼 ICX655 傳感器 (像素大小 3.45µm) 和安森美半導體 KAI-4021 傳感器 (像素大小 7.4µm)。每幅圖中的左邊圖像顯示每個特徵占兩個像素，右邊圖像顯示每個特徵占一個像素。三個圖之間的主要區別是圖6.8b和6.8c中的所有圖像對比度都高於 20%，意味著 (乍一看) 它們能夠有效地解析這些特徵。與圖 6.8a 中像素大小為 2.2µm 的傳感器相比，它們能夠分辨的物體最小尺寸要更大。但是，它們在奈奎斯特頻率下的成像仍然是不清晰的，因為物體的輕微移動就會使兩個像素之間的期望特徵產生偏移，使得物體很難被解析出來。隨著像素尺寸從 2.2µm 增加到 3.45µm 再到 7.4µm，從每個特徵占一個像素到每個特徵占兩個像素引起的對比度增加幅度越來越小。

在 ICX655 (像素大小 3.45μm) 上，對比度變化僅在 2 倍左右；而在 KAI-4021 (像素大小 7.4μm) 上，這種效果進一步減小。

圖 *6.8* 中的一個重要差異點是鏡頭規格標示的 MTF 與真實世界中的真正圖像對比比較。圖 *6.8a* 上方的鏡頭MTF曲線代表鏡頭在 227lp/mm 的頻率下能獲得約 24% 的對比度而實際上只有 8.8% 的對比度。主要有兩個造成這種差異的原因分別為：傳感器的 MTF 和鏡頭生產公差。傳感器公司通常不會公布其傳感器的 MTF 曲線，但它們具有與鏡頭類似的性能曲線。如果要比較精確的評估系統總體的分辨率，系統級別的 MTF 是系統所有元件 (鏡頭) 的 MTF 和傳感器的 MTF 相互乘積的結果。如上所述，鏡頭本身因為生產變異讓 MTF 偏移了它的設計值。所有這些因素累積在一起共同改變了理想系統的分辨率，以及鏡頭 MTF 曲線本身不無法真正代表系統級別的分辨率。

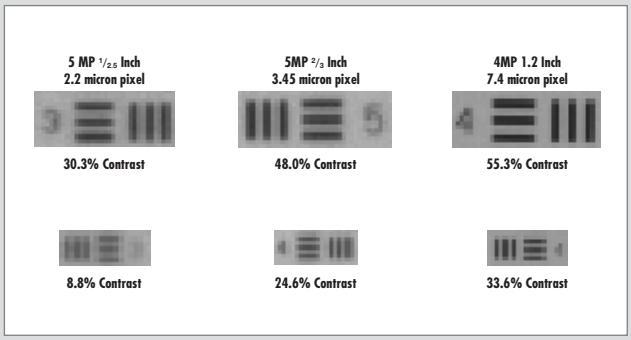


圖 6.9: 採用相同的鏡頭和照明條件，使用三種不同像素尺寸的相機傳感器拍攝的圖像。上方圖像每個特徵占四個像素，下方圖像每個特徵占兩個像素。

如圖 *6.9* 中的圖像所示，用較大像素拍攝的圖像擁有更好的系統級對比度。隨著像素尺寸的減小，對比度下降很快。在機器視覺系統中，最好將對比度保持在 20% 以上，如果對比度低於此值，將會極易受到溫度變化或照明變化引起的雜訊波動的影響。圖 *6.8a* 中採用 50mm 鏡頭和像素大小 2.2μm 傳感器拍攝的圖像的對比度為 8.8%，對於與 2.2μm 像素尺寸相對應的對象特徵來說，對比度太低，因而圖像數據是不可靠的，此時鏡頭成為了系統的關鍵因素。像素尺寸遠小於 2.2μm 的傳感器市面上也有銷售並且很受歡迎，當像素遠遠低於 2.2μm 時，光學鏡頭幾乎無法解析出單個像素。這意味著第 2 節中的提到的公式可計算出鏡頭無法達到整個系統要的分辨率，而與上述特徵圖像相似的圖像也無法被捕捉到。然而，這些微小的像素仍然是有價值的-只是因為光學件無法解析它們，並不代表它們無用。對於某些演算法，例如斑點分析或光學字符識別 (OCR) 來說，重點不在於鏡頭能否解析單個像素，而是更多地關注在我們可以在特定特徵點上包含多少個像素。避免使用較小的像素插值，將增加測量的準確性。另外，使用拜爾濾光片配合彩色相機，可以減少分辨率的損失。

另一個要記住的一點是，當每個特徵占一個像素變為每個特徵占兩個像素時，對比度會顯著升高，特別是當像素較小時。像方頻率減半，最小的可解析物體大小將翻倍。如果非要查看單個像素級別，最好將光學倍率翻倍並將視場減半。

這將導致特徵尺寸能夠覆蓋兩倍的像素，對比度會高得多。這個解決方案的缺點是整體視場範圍減小。從圖像傳感器的角度出發，最好的做法是保持像素大小不變，使圖像傳感器的尺寸大小加倍，例如，一個使用像素大小為 2.2μm 的 ½" 傳感器，1X 放大率的成像系統與另一個使用像素大小為 2.2μm 的 1" 傳感器，2X 放大率的系統相比，擁有相同的視場和空間分辨率，但是理論上 2X 系統的對比度倍增了。

不過，傳感器尺寸大小倍增的增加會對鏡頭造成額外的影響。成像鏡頭的主要成本因素之一是其設計時的鏡片尺寸。設計一個適用於更大尺寸傳感器的鏡頭需要用到更多的光學鏡片，並且這些鏡片會變得更大，此外我們還需要更緊的系統裝配公差。對於上述例子，我們設計一個用於 1" 傳感器的鏡頭的花費可能是設計一個用於 ½" 傳感器的鏡頭五倍。即使如此，它可能也無法達到與後者相同的像素極限分辨率規格。

第 7 章: 機器視覺應用中的液態透鏡

第 7.1 節: 液態透鏡基礎原理

液態透鏡可以透過電子方式調節焦距而不需要任何機械操作，從而使成像系統克服景深 (DOF) 的限制。這非常適合不同物體高度和工作距離的應用。對於這類應用，傳統解決方案是採用電動變焦鏡頭，或重新將物體置於焦距內。另外一種增大傳統鏡頭景深的方法是，透過減小成像鏡頭光圈尺寸來增大 f/#。但是，這也會導致分辨率下降和成像系統進光量減少，從而降低採集速度和圖像品質。 (有關 f/# 的更多資訊，請參閱第 *2.1* 節)。無論物件與相機的距離為何，透過整合液態透鏡，成像系統可以電子方式改變聚焦，而不會影響速度或影像品質。

就如利用玻璃製成的傳統光學鏡頭一樣，液態透鏡也屬於個別光學元件，但其材質是可以改變形狀的光學液體材料。玻璃鏡頭的焦距取決於其材質和曲率半徑。

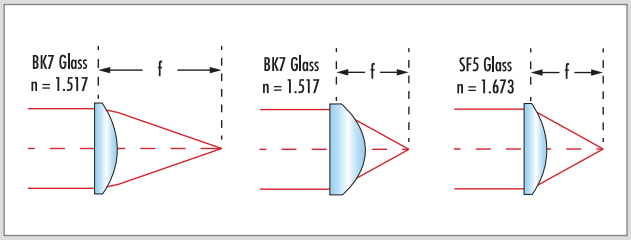


圖 7.1: 焦距取決於玻璃的折射率和鏡片外型曲率。

$$\frac{1}{f} = (n-1) \times \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

(Continued on page 44)

液體透鏡也遵循相同的基本原理，但其獨特之處在於可以透過改變曲率半徑來改變焦距。這種半徑變化採用電控方式，能夠實現毫秒級的變化。製造商利用從電潤濕到形變聚合物再到聲光調節等各種技術，控制液體透鏡曲率半徑和折射率。

大多數成像鏡頭皆為多鏡片鏡頭，因為單光學鏡片的成像效能不足。因此，只使用液態透鏡就不適合。但是，在多鏡片設計中結合使用液態透鏡和成像鏡頭，就可以發揮液態透鏡的速度和彈性優勢。 液態透鏡能夠以毫秒級的反應時間在近距離或光學無窮遠處對焦，這對於條碼讀取、包裝分類、安保以及快速自動化等需要在多個位置進行對焦的應用來說是一種理想選擇，它們的檢測物體或者擁有不同的尺寸，或者與鏡頭保持不同的距離。在需要快速對焦的各種應用中，可以使用液態透鏡大幅度的提高成像系統的彈性。

者公式用於計算鏡片焦距 (f) 並且公式中說明焦距取決於折射率 (n)，鏡片左邊表面的曲率半徑 (R_1)，以及鏡片右邊表面的曲率半徑 (R_2)。上圖說明焦距可以通過增加玻璃的折射率來縮短焦距-或是改變曲率半徑 (R) 來縮短。 液態透鏡的工作原理是用電控方式改變鏡片曲率進而改變焦距。

第 7.2 節: 液態透鏡特性

反應時間
液態透鏡具有非常快的響應時間，可節由通過電壓或電流電動調節，並在幾毫秒內響應。定焦鏡頭和變焦鏡頭通常依靠機械或手動方式調整聚焦，這可能會成像系統反應速度變慢。

多元性使用
液態透鏡可以在整個成像系統中的不同位置使用，例如嵌入在鏡頭內或是利用螺紋旋入方式連接到成像鏡頭的前面或後面使用。

尺吋
使用液態透鏡設計可以減少機構件複雜度，讓鏡頭光機設計變得輕巧。此外，液態透鏡在功能上可以等同鏡筒中多個單透鏡組合。把那些鏡片由一個小的液態透鏡取代，讓整體鏡頭的尺寸和重量縮少。

傳感器使用範圍
液態透鏡受其通光孔徑大小的限制-最大的直徑約 16毫米。如果把液態透鏡改裝放置於現有機器視覺鏡頭前方，受限於液態透鏡的通光孔徑限制，最大僅允許大約 1/1.8 英寸的傳感器一起使用 。液態透鏡如果內崁在鏡頭系統中則不會降低傳感器的覆蓋區域。

聚焦速度
液態透鏡被設計成可以在很大範圍屈光度下高速的運作。因為聚焦過中沒有傳統定焦鏡頭或是變焦鏡頭中的機構件來回作動聚焦的，讓聚焦過程更快。

整合的複雜性
根據可用的設備和應用，液態透鏡有可能很難整合到系統內。液態透鏡可和許多配件一併使用，例如濾光片和光圈，和許多高速應用會需要用的距離感測器或是控制器

使用壽命
液態透鏡使用很低的功耗。傳統的鏡頭機械方式調焦大約可以使用100,000 次調焦，而液態透鏡可以承受約~50,000,000 次的作動 (Berge, 2013)。

溫度監控
液態透鏡設計包括一個熱敏電阻，用於監控和修正液態透鏡因為溫度變化產生的效應。

第 7.3 節: 液態透鏡應用

液態透鏡具備可調適性，高速反應和通用能性使其可以用於各種機器視覺，生命科學以及測量和檢查應用中。傳統的機器視覺鏡頭採用傳統機械結構設計，對於需要拍攝高速移動物體或是高精度應用需要來回快速聚焦，難以得到得到清晰精確的影像。

機器視覺
大量生產的組裝線需要快速，準確和精確的產出。將液態透鏡整合到檢查系統中對於需要多種距離拍照檢查是一個優化與緊湊且經濟的解決方案。對於條碼檢查，包裹分揀，品質控制和快速自動化液態透鏡是理想解決方案。

生命科學
在顯微鏡成像應用中液態透鏡可改善並簡化聚焦堆疊的過程 (“z-stacking”) 。聚焦堆疊是高倍物鏡成像時經常用到的拍攝技巧，因為物鏡本身通常景深有限，液態透鏡可以快速而精確地聚焦到各種物面的不同距離，因此加快了聚焦堆疊的速度。液態透鏡可輕鬆整合到管鏡或是顯微鏡無限共軛系統中。液態透鏡通常用在需要折光控制和景深調整的眼科檢查上。標準眼科設備包含多個玻璃鏡片用於人眼聚焦調整。這些鏡片可以由一個液態透鏡取代，可加快成像或診斷過程，並縮小 OCT 和驗光等眼科設備的體積。

無人機
將液態透鏡整合到無人機 (UAV) 成像系統中可以飛行在不同高度快速聚焦保持圖像清晰度。液態透鏡特別有利於農業上的檢查和監控，地裡資訊系統以及安防監視應用上。

測量和 3D 模型描繪
當液態透鏡與距離感測器和相機配對時，可以快速對不同高度的 3D 物件成像。這些圖像使用軟體無縫拼接再一起描繪出一個準確三維的立體模型。

第 7.4 節: 液態透鏡技術

康寧 Varioptic® 可變焦液態透鏡技術

可變焦液態透鏡使用稱為電潤濕的方式進行聚焦，這種做法是加電場控制潤濕的液體的特性，改變形狀和曲率。液態透鏡中包含兩種不混溶的液體：非導電油層和藉由界面分開的水溶液 (如圖 *7.2* 所示)。在兩種液體之間的界面上施加電壓會發生曲率變化進而幾十個毫秒內改變透鏡的焦距。增加更多的電壓會產生更彎曲率和液態透鏡的屈光度。

可變焦液態透鏡的電容特性使透鏡在高溫環境中液體材料一達到熱平衡後就能穩定運作。此外，透鏡內的兩種液體具有相同的密度，使整體透鏡對振動和衝擊不敏感。

可變焦距液態透鏡受限於它們的小尺寸可能難直接應用到現存的光學系統中使用。它們比較適合在初期階段整合設計到光學系統中，這是因為尺寸較小的限制因素。

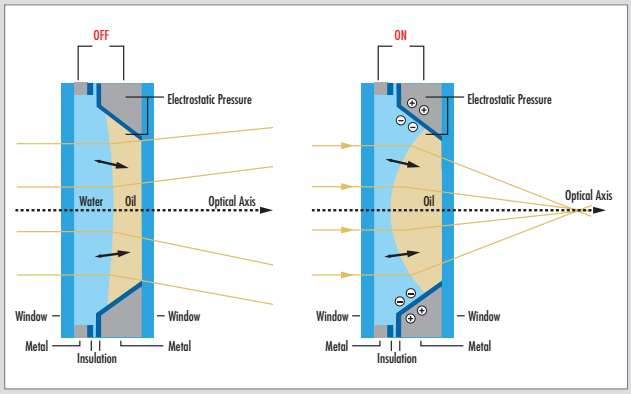


圖 7.2: 圖例說明康寧® Varioptic® 液態透鏡工作原理。

Optotune 電動調焦透鏡

Optotune 電動調焦透鏡焦由聚合物薄膜封裝一種光學溶液的容器組成。電流驅動的致動器在薄膜上施加壓力，導致液態透鏡曲率彎進而屈光度也會發生變化。電動調焦透鏡在低電壓下使用電流驅動，調焦過程只需要幾個毫秒內。 液態透鏡不會改變光的偏振方向，它同時具備較高的雷射損傷閾值，並且產生極少像差。

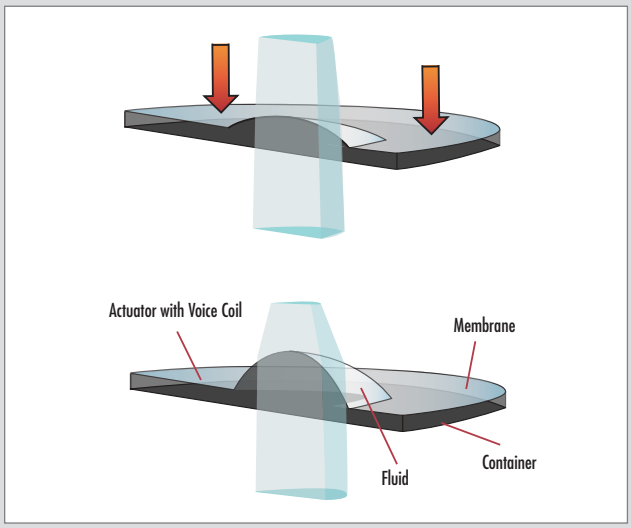


圖 7.3: 圖例說明 Optotune 電動調焦液態透鏡工作原理。

第 8 章: 濾光片技術

第 8.1 節:濾光片的種類

機器視覺中有許多不同類型的濾光片，可用來改善或調整接受檢查之物件的圖像。務必要瞭解各類濾光片採用的不同技術，以瞭解它們的優勢與限制。儘管有各種各樣的濾光片，但是幾乎所有的濾光片都可歸類到兩個主要類別: 彩色玻璃濾光片和鍍膜濾光片。

彩色玻璃濾光片

彩色玻璃濾光片在機器視覺中非常常見，它採用摻雜可選擇性變更吸收和穿透光譜的玻璃材料製成。摻雜材料會根據使用的穿透波長而進行搭配，製造工藝幾乎與標準光學玻璃製造相同。彩色玻璃濾光片的明顯優勢為: 相對于鍍膜濾光片，它們的成本相對較低；更重要的是，它們在與廣角鏡頭結合使用或在定角度下使用時，不會出現波長穿透偏移。

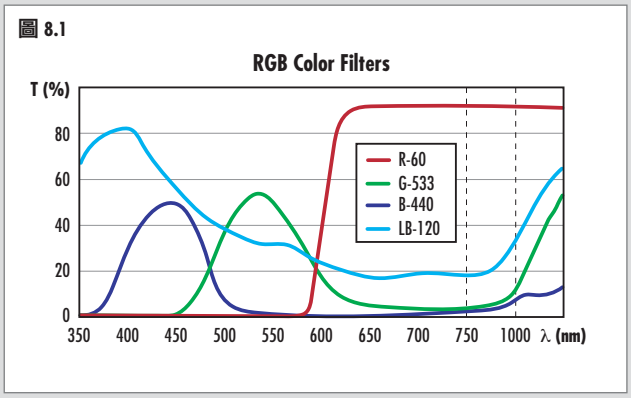


圖 8.1: 多種不同彩色玻璃濾光片的穿透率曲線。

(Continued on page 46)

但是彩色玻璃濾光片通常還採用廣波段，沒有與鍍膜濾光片一樣尖銳或精確的曲線，也沒有與鍍膜濾光片一樣高的穿透光通量。圖 *8.1* 顯示了多種普通彩色玻璃濾光片的穿透曲線。請注意，濾光片採用廣波段，其穿透率相對鍍膜型濾光片比較平緩。

紅外線 (IR) 截止濾光片可以是彩色玻璃濾光片，也可以是鍍膜濾光片，均適用於單色和彩色相機。由於大多數視覺相機中矽傳感器會對高達約 1μm的波長產生反應，因此入射到傳感器上之可能是由頭頂日光燈或其他無用來源造成的任何紅外光，都會對傳感器造成干擾及不準確性。在彩色相機上，紅外線會在傳感器上產生偽色，進而降低整個顏色重現效果。因此許多彩色成像相機在傳感器上配備紅外截止濾光片作為標準配置。使用黑白相機，紅外光的存在會降低整個圖像的對比度。

有許多其他類型的彩色玻璃濾光片。例如，當使用彩色光源和彩色傳感器時，可使用藍光濾光片來實現色彩平衡。

干涉型鍍膜濾光片

與有色玻璃濾光片相比，鍍膜濾光片通常具有更明確的截止和截止過渡、更高的穿透率和更好的阻擋效果。包括硬鍍膜螢光濾光片、二向色濾光片和偏光濾光片。每個鍍膜濾光片都經過獨特的製造工藝，以確保適當的性能。波長選擇性濾光片是透過在特定的基板上沉積介電層來製造的。高折射率和低折射率材料堆疊。基底的表面品質和均勻性確定了濾光片的基本光學品質，並設定了基底材料的穿露率下降的波長限制。與有色玻璃濾光片相比，介電層透過在特定波長範圍內產生建設性和破壞性干涉，並提供更明確的截止帶。

有許多種類型的硬質鍍膜濾光片，例如帶通濾光片、高通濾光片,低通濾光片和陷波濾光片，每個濾光片都有設定的阻隔範圍和傳輸範圍。高通濾光片用來在阻止短波波長並通過長波長。

低通濾光片則相反，通過較短的波長並阻擋較長的波長。帶通濾光片通過一個波長帶，同時阻擋位於通帶之外的較長和較短的波長。波長。這些濾光片類型的穿透曲線形狀如圖 *8.2* 所示。

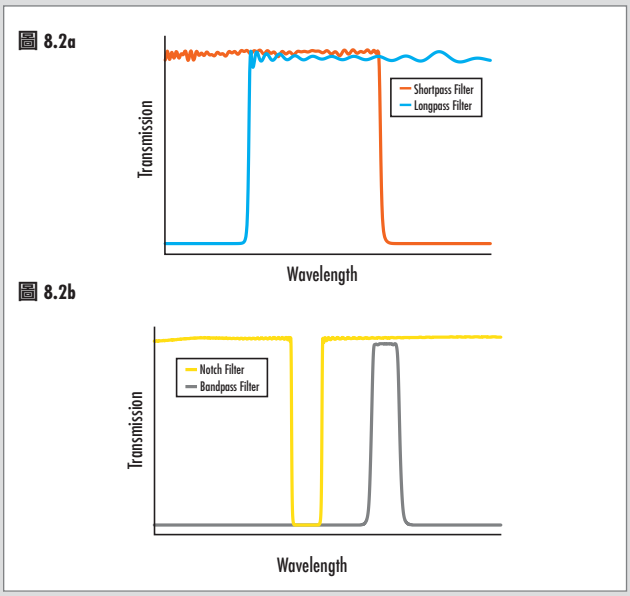


圖 8.2: 長波通與短波通濾光片 (*a*) 以及帶通與陷波濾光片 (*b*)的傳輸曲線範例。

專為強烈擋光 (強光) 和極陡斜率穿透波形 (從阻擋到穿透的) 而設計的濾光片，用於必須提供精確光線控制的應用中。大多數機器視覺應用不要求此級別的精確度；任何具有光密度 (OD) 4 或以上的濾光片都比所要求之精確度更高，從而增加了不必要的成本。

由於硬化膜濾光片採用光學干涉來實現此精確的穿透和隔絕波段，它們在用於機器視覺應用中時會帶來一些困難。除非另有特別定義，否則所有干涉濾光片都是專為特定入射角 (AOI，一般為 0°) 而設計。用於機器視覺中時，這些濾光片一般被置於鏡頭前面；這樣做會造成濾光片接受從鏡頭視場角決定之角度發出的光線。特別是在短焦距 (大視場角) 鏡頭的情況下，透過濾光片的光線通常會產生負面效果，例如藍光偏移。例如，4.5mm 焦距鏡頭 (廣角) 具有比50mm 焦距鏡頭 (狹角）要大得多的藍光偏移。隨著干涉濾光片上的 AOI 增加，透過鍍膜層的光程長度會增加，這會造成止透和起透波長往短波長偏移 (圖 *8.3*)。因此，在圖像中不同的視場點下，濾光片穿透不同的波長範圍而表現不同：進入視場越遠，藍光偏移越顯著。大多數情況下，干涉濾光片仍可提供比彩色玻璃濾光片更好的濾光控制，但在廣角鏡頭上使用干涉濾光片時，需要注意可能產生問題。

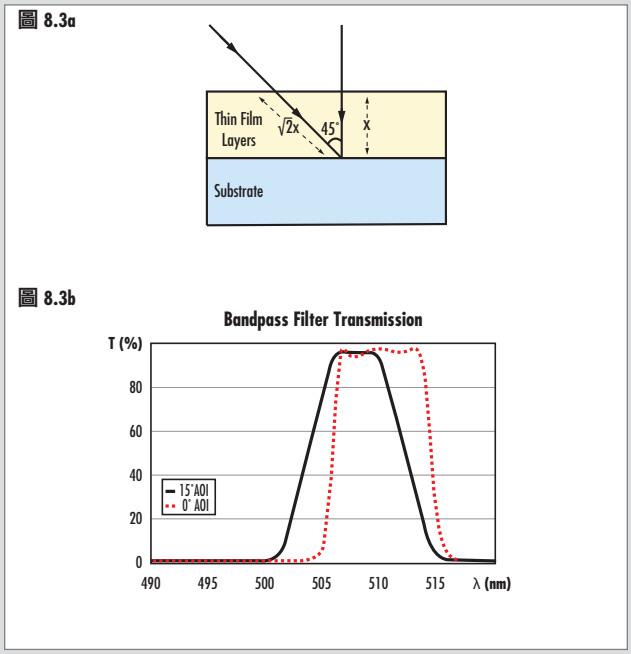


圖 8.3a: 基於濾光片上入射光線的行進距離之干涉濾光鏡工作原理在正確的入射角下，濾光片上入射光波會產生相消干涉，不允許它們透過濾光片。在其他角度下，相消干涉沒那麼有效，從而有效地變更了濾光片的類型。

圖 8.3b: 帶通濾光片於 15°入射角下使用時所顯示之藍光偏移範例。請注意，偏移不僅會朝向較低的中心波長，而且還會朝向坡度淺處。虛線是理想情況，即濾光片在 0° 入射角下使用時的情況。

第 8.2 節: 機器視覺濾光的應用

在設計機器視覺系統時，加強帶測物件特徵的對比度是個重要的考量。關於對比度的介紹，請參閱第 *2.3* 部份。濾光是一種簡單方式，不但可增強圖像的對比度，還可隔絕不必要的照明光源。濾光片增強對比度有許多不同的方式，而濾光片的類型取決於具體應用。用於機器視覺中的一些普通的濾光片包括：有色玻璃濾光片、干涉濾光片、中性密度 (ND) 濾光片以及偏振濾光片。

有色玻璃帶通濾光片為可用於顯著改善圖像品質之部份最簡單的濾光片。這些濾光片可以窄化光波波段 (濾波) 讓視覺系統對比效果顯著，通常比同類干涉濾光片價格更低。彩色玻璃濾光片在用於隔絕色輪對面的色彩互補色效果最佳 (圖 *8.4*)。

圖 8.4

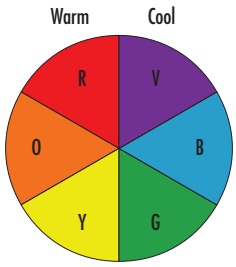


圖 8.4: 色輪展示暖色應用來濾除色輪對面的冷色。

彩色濾光片

請看圖 *8.5* 中所示的範例，其中檢查了透明膠囊。如圖所示，兩個紅色膠囊位於兩個綠色膠囊的外側並處在白光背光下。這是一個分類應用，需要依照顏色將藥丸分開，讓其到達各自的位置。使用黑白相機對膠囊成像 (圖 *8.6*) 可提供綠色膠囊和紅色膠囊之間僅為 8.7%, 的對比度，低於可區分的最低對對比度要求 20%。

在此特別範例中，環境光出現的細微擾動 (例如有人走過系統) 可降低已經夠低的對比度值 8.7%，因此會使得系統不再能夠正常工作。這個問題有多個解決方案：可建置巨大而昂貴的遮光系統來完全封閉檢查系統、可重新設計系統的整個照明方案，或加入濾光片來增強綠色和紅色藥丸之間的對比度。這種情況下，最簡單且實惠的解決方案是，利用綠色濾光片來改善兩個不同顏色膠囊之間的對比度。如圖 *8.6* 所示，對比度從 8.7% 增加到 86.5%: 增加近 10 倍。

圖 8.5

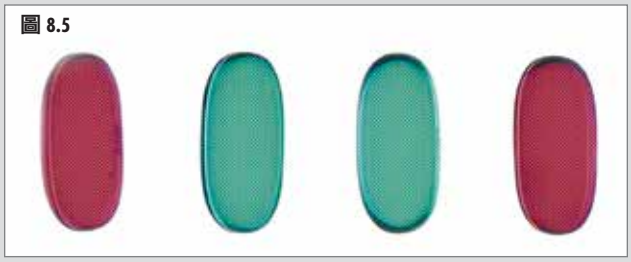


圖 8.5: 使用相同視覺系統檢查的四個液體膠囊，在此以顏色顯示。

中性密度濾光片

在某些應用中性密度濾光片可用於不改變曝光時間或調整 f/# 鏡頭光圈進而對圖像整體亮度做調整。儘管中性密度濾光片有兩個主要種類 (吸收和反射)，但它們的整體功能是一樣的：均勻地降低穿過鏡頭到達傳感器上的光線。對於曝光時間讓傳感器過曝之焊接等應用，中性密度濾光片可提供必要的光通量下降，而不需調整可影響系統分辨率的 f/#。變跡濾光片等專業中性密度濾光片，有助於處理來自物件之亮光反射造成圖像中心出現的光斑，但光密度會隨著徑向距離遠離濾光中心而降低。

圖 8.6a　　圖 8.6b

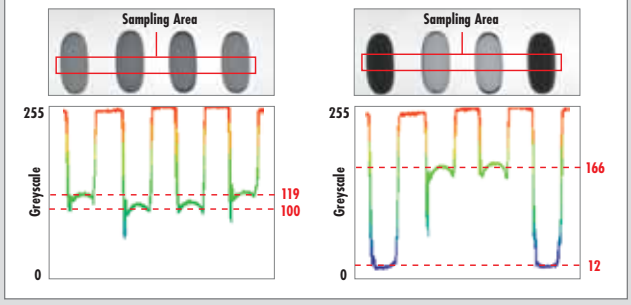


圖 8.6a & 8.6b: 用黑白相機拍攝檢查膠囊圖像對比度為 8.7% (a) 外接了一片綠色濾光片對比度增加變為 86.5% (b)。

偏振濾光片

偏振濾光片是另一個常見類別的濾光片，它們因可對鏡面物件提供更佳的成像而被用於機器視覺應用中。為了正確使用偏振濾光片，光源和鏡頭上都必須具有偏振濾光片。這些濾光片可分別稱為偏振片和偏檢片。圖 *8.7* 顯示了在檢視鏡面物件時偏振濾光片可大有作為的範例。在圖 *8.7a* 中，CCD 傳感器在亮場照明下接受檢查，而圖 *8.7b* 顯示了在光源使用偏振片並在鏡頭上使用偏檢片的相同照明設定。

如圖 *8.7b* 所示，使用偏振片來增強系統可提供優越的效能，因為刺眼的反射已被鏡頭上的濾光片吸收。為了確保最大程度地消除多餘眩光，必須使用偏振片來調整光源上的偏振軸狀態，讓其與鏡頭上的偏振片偏振軸之間呈 90° 角，否則，鏡頭仍會將部份刺眼反射光線傳入系統，造成眩光。

必須瞭解：濾光片可用來管理圖像對比度，以幫助增加成像系統的對比度。不論是簡單的彩色濾光還是偏振濾光，都有相應濾光片來解決獨特的問題；必須瞭解特定應用應該使用什麼濾光片。

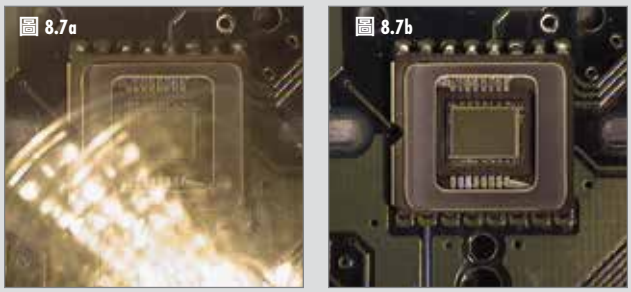


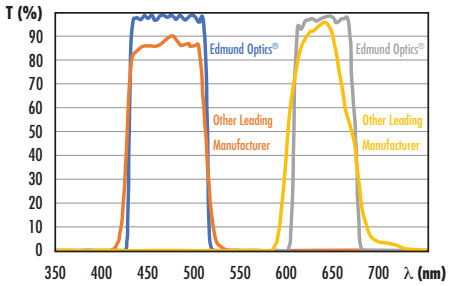
圖 8.7: 沒有使用濾光片 (a) 拍攝、顯示高眩光的圖像以及使用偏振濾光片 (b) 拍攝、降低眩光的圖像。

技術說明

TECHSPEC® 機器視覺濾光片

TECHSPEC® 機器視覺濾光片系列在設計時，著眼於業界最優的效能價格比。憑藉急劇的邊緣過渡與平直的穿透峰值，可保證使用者在其成像系統內取得最優的訊雜比，同時不會削減對效能至關重要的光強度。平均而言，隔絕範圍遠遠超出 200nm 的紫外線，已延伸至 1200nm，該範圍涵蓋傳統的燈與燈泡發出的多數雜訊與紫外線/紅外線訊號。

下圖展示了我們的機器視覺濾光片與其他硬化鍍膜濾光片的典型效能。明確的穿透波長與截止波長非常明顯，穿透率值較市場上傳統的成像濾光片高出 10%。



若需各類**彩色濾光片**的更多資訊，
請造訪 **www.edmundoptics.com.tw/filters**

若需瞭解EO濾光片的**完整目錄**，
請造訪 **www.edmundoptics.com.tw/filters**

有關濾光片的更多資訊，包括
技術內容與**穿透曲線**，
詳見每個TECHSPEC® 濾光片的產品頁面。
www.edmundoptics.com.tw/filters

第 9 章: 了解顯微物鏡

最簡單形式的顯微鏡讓使用者能夠檢視肉眼無法解析的樣本和物件。顯微鏡的技術領域可劃分為三個獨立的領域：光學、電子和物理掃描探針顯微鏡。本文重點介紹的光學顯微鏡在很大程度上依賴於被稱為繞射和折射的屬性。光學顯微鏡可以進一步劃分為若干種技術：明視場、暗視場、位相差、微分干涉差 (DIC)、螢光和共焦型系統。每種技術都有許多共性和差異；系統中使用的物鏡類型解決了許多這類差異。

圖 9.1

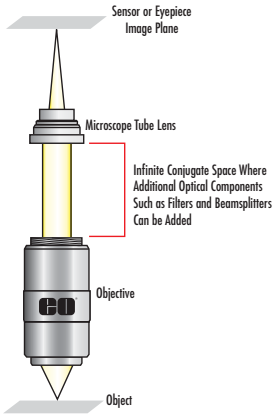


圖 9.1: 基本無限校正物鏡架構。

圖 9.2

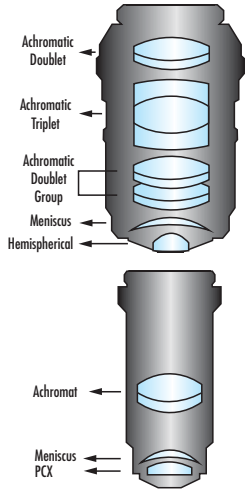


圖 9.2: 複消色差 (上) vs 消色差 (下) 物鏡光學設計。

有關**無限校正物鏡**的更多資訊，詳見
www.edmundoptics.com.tw/objectives

第 9.1 節: 物鏡類型

顯微鏡物鏡分為兩種共軛類型：**有限系**和**無限系 (無限校正)**。

在**有限共軛**光學設計中，來自光源的光 (非無限遠) 會聚焦到一個點上。對於顯微鏡，待測物體影像被放大並投射到目鏡上 (或是相機傳感器上)。物鏡到目鏡有使用特定長度通常會以 DIN 或 JIS 標準為規範；所有有限共軛顯微鏡是這兩個標準之一。這些類型物鏡占基本顯微鏡的大多數，例如一般檢查或裝配系統。有限共軛設計是用於主要關注成本和易於設計的應用。此外，這些物鏡通常用於亮場照明。

在**無限共軛**或**無限校正**光學設計中，來自無限遠光源的光被聚焦到一個小點 (圖 *9.1*)。 在物鏡中，點是被檢查的對象無限遠指向目鏡 (或是相機傳感器上)。這種現代設計在鏡頭之間使用了一個額外

的管鏡在物鏡和目鏡以產生圖像。

雖然這個設計比有限共軛更複雜，它可以放置其他光學元件，例如濾光片，偏振片和分光鏡於光路中。熒光顯微鏡應用程序通常使用類光路的設計。無限校正物鏡通常使用多片鏡片設計和校正許多光學像差，例如平坦度、色差、球差和偏振。

物鏡和目鏡的品質決定了系統性能。在選用使用的物鏡類型時了解物鏡校正規格極其重要。通常在物鏡鏡筒上都會標示校正規格，讓用戶輕易看到物鏡的光學校正規格計。通常有三種級別的色差和球面像差校正：消色差、螢石和複消色差 (複消色差和消色差見圖 *9.2*)**消色差**物鏡是最簡單和最便宜的物鏡。色差校正只針對紅色和藍色波長，而球面像差在針對綠色波長。

有限度像差校正使這些物鏡適用於一般和單色光應用。**螢石** (或 **fluor**) 物鏡使用先進的玻璃材料組成，包含礦物螢石 (或螢石) ，因此得名，但現在經常用合成材料代替。使用不同玻璃材料螢石物鏡可改善至少 2 種顏色色差和球差校正。它們比起**消色差**物鏡有更高的數值孔徑和分辨率，在彩色成像應用中提供更亮的圖像和更好的對比度。複消色差物鏡提供最高水平的校正。它們的色差校正至少針對 3 種顏色 (紅色、藍色和綠色) 和球面像差校正用於至少 2 到 3 種顏色，使它們成為白光應用的理想選擇。它們往往具有更長的 WD 和最高的數值孔徑。請注意，許多較新的高性能螢石和複消色差物鏡通常有更多的像差校正，校正為 4 種或是以上的色差和 4 種顏色的球差校正。這三種類型物鏡設計上受到畸變和場曲的嚴重影響，隨著物鏡放大倍數的增加而惡化。

場曲是當離軸成像出現時存在的一種像差無法在圖像平面上聚焦，導致當它偏離光軸時成像模糊。有兩個層次場曲校正規格標誌: **平場** (或**平面**) 和**半平場** (或**半平面**和**微平面**)。物鏡如果沒有標示場曲校正則在圖像中心 65% 範圍內有一個平坦成像。半平場物鏡的特點是 80% 的視場看起來是平坦的。平場物鏡實現最佳整體校正，顯示效果更佳超過 90% 的視野平坦且聚焦。

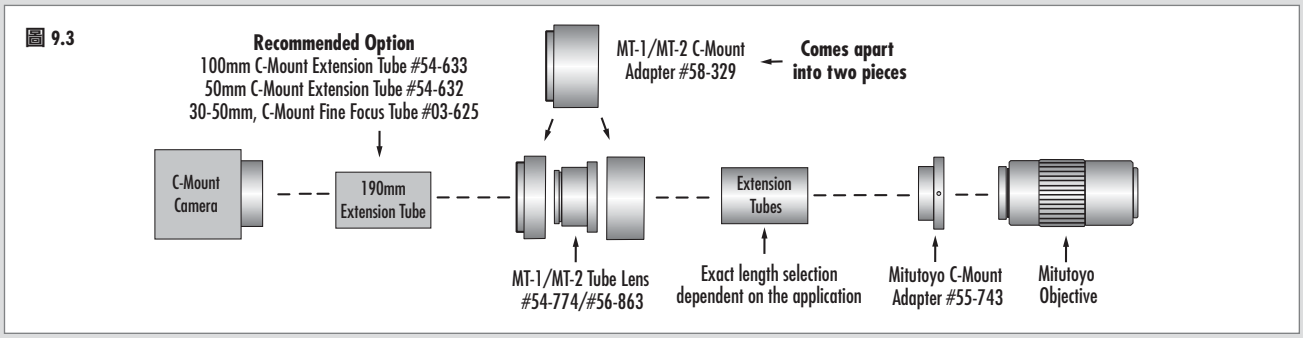


圖 9.3: 七組件無限校正數位視訊顯微鏡系統。

第 9.2 節: 使用無限校正物鏡和管鏡

無限校正的物鏡與管鏡 (L) 之間的距離有個最佳的範圍，距離的長短會影響成像圈直徑 (Ø)大小。 公式 *9.1* 和 *9.2* 是計算 Ø 和 L 之間關係的近似公式。

公式 9.1: $Ø_1 = 2 \times f_1 \times NA$

公式 9.2: $L = \dfrac{(Ø_2 - Ø_1) \times f_2}{Ø}$

$Ø_1$:	exit pupil of the objective	f_1:	focal length of the objective
$Ø_2$:	entrance pupil of the tube lens	f_2:	focal length of the tube lens
Ø:	image field diameter	NA:	numerical aperture of the objective
L:	distance between the objective and tube lens		

案例:
使用 M Plan APO 10X 物鏡 (#46-144)，MT-1 管鏡 (#54-774) 裝在 ⅔" 相機時，管徑和物鏡之間的最長距離是多少時不會有漸暈現象? 物鏡的焦距 (f_1) 為 20mm，NA 為 0.28，因此可以計算出瞳孔直徑:

$$Ø_1 = 2 \times 20\text{mm} \times 0.28 = 11.2\text{mm}$$

一個 ⅔ 英寸傳感器的對角線長度為 11mm ，因此 Ø 至少需要 11mm。 MT-1 管鏡的焦距為 200mm ，入瞳直徑為 24mm。 因此:

$$L = \frac{(24\text{mm} - 11.2\text{mm}) \times 200\text{mm}}{11\text{mm}} = 232.7\text{mm}$$

只要筒鏡和物鏡之間的間距小於 232.7mm，就不會出現漸暈現象。

第 9.3 節: 顯微鏡用螢光濾光片

圖 9.4

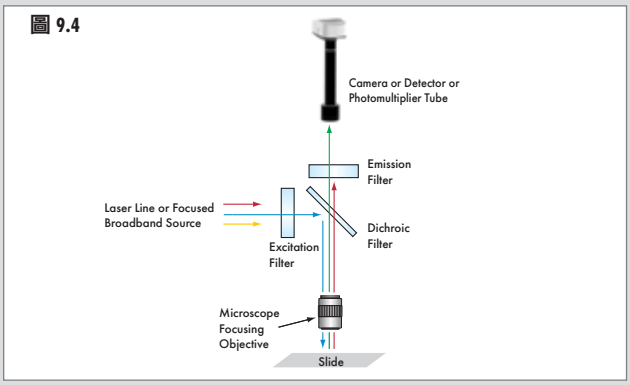


圖 9.4: 基本螢光顯微鏡架構。

圖 9.5

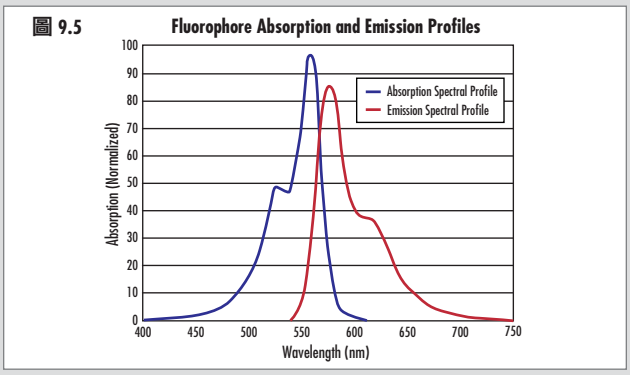


圖 9.5: 典型的激發和發射分佈。

螢光顯微鏡是利用螢光進行鏡檢的光學顯微技術，即，它使用螢光源來誘導，而不是吸收、散射或反射。螢光源是一種螢光染料，用於透過使用螢光標籤來標記蛋白質、組織和細胞，以便使用螢光顯微鏡進行檢查。螢光源的工作原理是，吸收某個特定波長區域的能量，又稱為激發範圍，並在另一個特定波長區域內再發射出該能量，通常被稱為發射範圍。

螢光顯微鏡系統可以非常簡單，例如反射螢光顯微鏡；也可極其複雜，例如共焦系統與多光子影像系統。無論是簡單還是複雜，螢光顯微鏡採用的基本概念都是一樣的，即：激發能量的作用是照射樣本，使其產生發射能量，雖然較弱，但卻是可定量的光波能量。激發波長和發射波長分別採用不同的中心波長，並允許使用專門的光學濾光片，從而增加整體對比度和訊號。

圖 *9.4* 所示為最基本的概念和示意圖。濾光片配置由三個特定濾光片形成，即：激發濾光片、二向色濾光片和發射濾光片。激發濾光片被放置於螢光顯微鏡的照明路徑中，用於濾除光源中的所有波長，除了螢光源的激發範圍或接受檢查之樣本之外。二向色濾光片以呈45° 度的方向放置於激發濾光片和發射濾光片的中間，將激發訊號發射到接受檢查之螢光源，同時將發射訊號傳輸到檢測器。發射濾光片被放置於螢光顯微鏡的成像光路中，用於隔絕接受檢查之螢光源的整個激發範圍，同時傳輸螢光源的發射範圍。

圖 *9.5* 所示為典型的激發和發射分佈。此圖清楚地顯示了吸收和發射分佈均採用了相同的波長，這也是為什麼優質濾光片需要高穿透率、窄帶寬、高光密度和極度陡峭的止透和起透帶的主要原因之一。使用品質較差的濾光片最終會造成待測物、樣品或昂貴的傳感器損壞。

第 9.4 節: 為什麼數值孔徑不能定義性能

數值孔徑 (NA) 是定義顯微鏡物鏡的一個重要指標，因為它描述了物鏡在固定工作距離收集光線的能力。NA 通常被認為是描述物鏡的分辨能力；然而，這並不是一個準確的假設。下面的方程式 *9.3* 是用來計算 NA 的一階方程式。此方程式對於理解軸上數值孔徑很有用，但它沒有考慮離軸性能的場變化。此外，方程式 *9.3* 沒有考慮顯微鏡物鏡製造和組裝過程中可能影響性能的公差。

圖 *9.6* 展示了 5X 120i Plan APO 無限遠校正物鏡與另一款同樣 NA 為 0.14 的 5x Plan APO 無限遠校正物鏡的離軸性能。將 120i 物鏡安裝在 1.1 英吋感測器的角落時，離軸性能更好，這表明數值孔徑並不是物鏡性能的決定因素。

Equation 9.3: $NA = n * \sin(\theta)$

n: 成像介質的折射率　　θ: 物鏡張角的二分之一

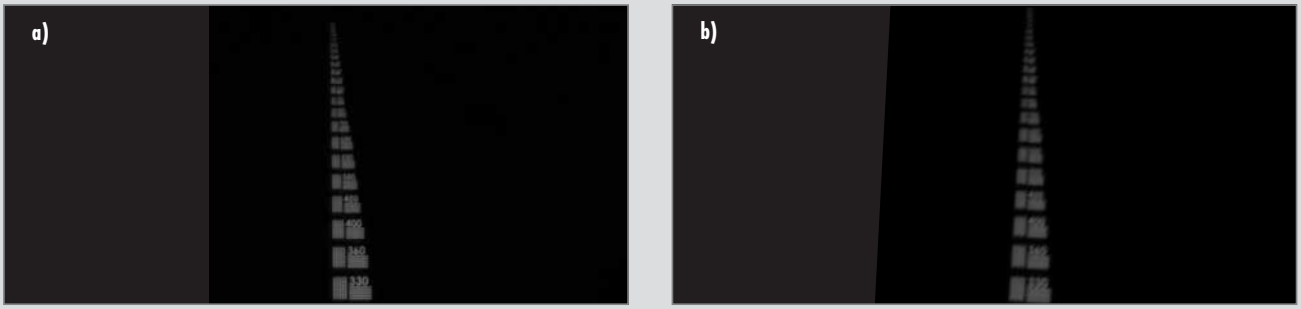


圖 9.6: 在1.1" 感測器上使用USAF 解析度測試目標進行對比度比較 a) 5x 120i 平場APO 無限遠校正物鏡的影像在 330 lp/mm 處顯示 20% 對比度 b) 5x 平場 APO 無限遠校正物鏡在 330 lp/mm 處顯示10% 對比磅/毫米。

數位相機有多種介面可供選擇通常取決於應用的要求。 一些介面傳輸格式，例如作為 USB 機種，使用 Plug-n-Play 可以大大簡化設置過程隨插即用，並通過一個單一傳輸線提供影像輸出和電源輸入。其他介面可能需要額外的電源或其他周邊，但具有更高的數據傳輸速率等優勢，這會影響相機的幀率，或支持更長的傳輸線長度和更多數量的並發設備。 表 *10.1*比較了不同的數位相機介面差異。

若需有關**相機**的更多資訊，請轉到
www.edmundoptics.com.tw/cameras

數位介面比較

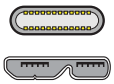
DIGITAL SIGNAL OPTIONS NOTE: images not drawn to scale						
	USB 3.1	**GigE | 5 GigE**	**10 GigE**	**FireWire 1394.b**	**CoaXPress**	**Camera Link®**
Data Transfer Rate:	5Gb/s	1000 Mb/s | 5Gb/s	10Gb/s	800 Mb/s	up to 12.5Gb/s	up to 6.8Gb/s
Max Cable Length:	3m (recommended)	100m, Cat5e or 6	100m (CAT6a and above) 10km (Optical Cabling)	100m (with GOF cable)	>100m at 3.125Gb/s	10m
# Devices:	up to 127	Unlimited	Unlimited	up to 63	Unlimited	1
Connector:	USB-C/USB 3.1 Micro B	RJ45/M12	RJ45/M12/SFP+	9pin-9pin	RG59 / RG6 / RG11	26pin
Capture Board:	Optional	Not Required	Not Required	Optional	Optional	Required
External Power:	Optional	Required (Optional with PoE)	Required (Optional with PoE)	Optional	Optional	Required

表 10.1: 比較主流的數位相機介面。

第 10.1 節: 數位相機介面

USB (Universal Serial Bus)

USB 3.1 Gen 1以前稱為 USB 3.0，是一種流行的傳輸介面因為它在電腦上無處不在、速度快、方便。最大可達到的速度和方便；最大可達速度取決於取決於 USB 周便連接的數量，因為總的傳輸速率為固定的為 5 Gb/s 在 USB3 Vision中，相機控制寄存器基於 EMVA GenICam 標準。 USB3 Vision 標準與無法向後相容的電腦標準，但有些 USB 3.1 Gen 1相機向下相容，使其可以在 USB 2.0 (480 Mb/s)的速度運作。機器視覺相機行業使用最常見的 USB 3.1 連接埠的是 USB 3.1 Micro B 連接埠。USB-C 逐漸推向市場 (USB Type C)，是為將來設計高速連接用。它具有單頻帶和雙頻帶最高速度分別為 10 和 20 Gb/s。另外，該連接埠具有較小的體積並且沒有方向性。雖然目前使用 USB-C 的傳輸線和相機仍然受限在 USB 3.1 Gen 1 數據傳輸速度，此新介面將會用在採用 USB 3.1 Gen 2 上，提供高速傳輸。

GigE (千兆位元乙太網路)

GigE 基於千兆位元乙太網路協議，並使用標準 Cat 5e 和 Cat 6 電纜作為高速相機介面。標準乙太網路硬體 (例如交換器、集線器和中繼器) 可用於多個攝影機，但在使用非點對點 (攝影機直接到卡) 連接時必須考慮整體頻寬。在 GigE Vision 中，相機控制暫存器是基於 EMVA GenICam 標準。在某些相機上，提供連結聚合 (LAG) 的功能，它可以並行使用多個乙太網路連接埠來提高資料傳輸速率。一些相機還支援網路精確時間協定 (PTP)，可用於同步連接在同一網路上的多個相機的時鐘，從而允許其相關曝光之間存在固定的延遲關係。 5 GigE 和 10 GigE 是 GigE 介面的較新版本，資料傳輸速率分別為 5 Gb/s 和 10 Gb/s。

CoaXPress

CoaXPress 是一個即插即用的高速數位介面，可用於需要高幀率的高分辨率機器視覺應用。它使用同軸傳輸線，並且可擴展為多條傳輸線；每條傳輸線的最大速度為 12.5Gb/s，每條傳輸線最多可以提供在設置 24V 條件下提供 13W 的功率。由於具有這種可擴展性，對於 CoaXPress，使用上沒有傳輸線線長的限制； 越高帶寬，最大傳輸線長度越短。

Camera Link®

Camera Link® 是一種高速串行介面標準，專為機器視覺應用而開發，最為顯著的是涉及自動化檢查與流程控制的應用。需要使用 Camera Link® 擷取卡，必須單獨向相機供電。需要使用特殊傳輸線，因為除了低電壓微分對 (LVDP) 訊號線外，還需要提供單獨的異步串行通訊通道以保留數據傳輸的全頻寬。單傳輸線基本設定提供專用於視訊的 2.04 Gb/s 傳輸速率。雙輸出 (完整設置) 提供單獨的相機參數發送/接收線路，可在極高速度應用中釋放更多的數據傳輸空間 (6.8 Gb/s)。

擷取卡

圖像處理通常涉及到使用電腦。擷取卡讓使用者可以將類比相機訊號輸出到電腦供分析；或對於類比訊號 (NTSC, YC, PAL, CCIR)，擷取卡包含一個類比數位轉換器 (ADC) 使類比訊號數位化以進行圖像處理。其他擷取卡可支援即時檢視訊號。使用者然後可以擷取圖像並儲存以供未來處理和列印。擷取卡隨附基本的擷取軟體，讓使用者可以儲存、開啟並檢視圖像。

術語「擷取卡」還指 PCI 卡，需要使用它從數位相機介面獲得並解讀資料，但此 PCI 卡並非基於標準的電腦介面。

筆記型電腦和相機

儘管許多數位相機介面可供筆記型電腦存取，但強烈建議在高品質及/或高速成像應用中避免使用標準筆記型電腦。通常，筆記型電腦上的資料匯流排不支援最高傳輸速率，並且電腦系統無法充分利用高效能相機和軟體。特別是，大多數筆記型電腦中標準配置的乙太網速度介面卡效能級別遠低於桌上型電腦可用的 PCIe 卡。

第 10.2 節: 相機供電

許多相機介面允許透過訊號傳輸線從遠端向相機供電 (如 USB 傳輸線或 PoE)。對所有的 GigE 相機，以太供電 (PoE) 是其中一項的功能。如果不是這種情況，通常會使用電源通過 Hirose 連接線提供 (也可以觸發接線和 I/O) 或標準 AC/D C電源供應器連接。即使在可以介面卡或介面為相機供電的情況下，使用可選的電源連接可能是有利的。以下是連接 GigE 相機並為其供電的三種不同方式:

通用輸入/輸出 (GPIO) 電源線連接

使用 GigE 傳輸線將相機接到電腦上。接下來，插入 GPIO 電源線，通常也稱為 Hirose 連接埠，傳輸線一端連接至電源插座，另一端連接至相機的電源介面。不同的相機需要不同的 GPIO 傳輸線規格，例如針腳數為 6 或 12。對於非 PoE 相機，電源線是相機供電的唯一方法。

以太網供電 (PoE) 電源供應器

PoE電源供應器可以通過 GigE 傳輸線為相機供電。這是 PoE 供電重要的特性。當空間限制不允許使用相機專用電源時，例如在工廠產線上或戶外使用。 在這種情況下，使用 PoE 電源供應器利用網路線供電並且同時串聯相機和電腦。但是，並非所有 GigE 相機機都相容 PoE 模式。

PoE 電源供應器上一條 GigE 網路線接在 “IN” 端接到電腦。接下來，使用另一條 GigE 網路線接在 “OUT” 端然後連接到相機上。

以太網供電網路介面卡 (PoE NIC)

PoE NIC 使用銅介面傳輸讓電腦為相機供電，同時允許相機連接到安全的光纖網路。PoE NIC 同時還減少了所需的插座和傳輸線數量。

將 PoE 卡插入電腦上主機板上的插槽並連接內部電源供應器。然後，使用 GigE 網路線接到卡上其中一個PoE傳輸埠和相機。

第 10.3 節: 相機軟體

一般而言，當涉及成像軟體時，提供兩種選擇: 特定於相機的軟體開發套件 (SDKs) 或協力廠商軟體。 SDK 包括應用程式開發介面與程式碼程式庫，用於開發使用者定義的程式，以及簡單圖像檢視與擷取程式，不需要任何代碼和提供簡單功能。使用協力廠商軟體，相機協定標準 (GenICam、DCAM、USB3 Vision、GigE Vision) 對於確保功能來說很重要。協力廠商軟體包括 NI LabVIEW™、MATLAB®、 OpenCV等。通常，協力廠商軟體能執行多台相機，並支援多種介面，但最終取決於使用者所需要的功能。

第 10.4 節: 傳感器

傳感器尺寸

相機傳感器有效區域大小是決定系統視場 (FOV) 和放大倍率 (m)的主要因素。假設為成像鏡頭決定的固定放大倍率，較大傳感器會產生較大的視場。如圖 *10.1* 和表 *10.2*所示，有多個標準面掃描傳感器大小。這些標準的命名要追溯到用於電視廣播成像器的攝像真空管，因此務必注意傳感器的實際尺寸會有所不同。但是，這些標準的大多數維持 4:3 (水平:垂直) 尺寸縱橫比。

成像應用中經常出現的一個問題是，成像鏡頭能否支援某些特定的傳感器尺寸。如果傳感器對鏡頭設計而言過大，則所產生的圖像看起來可能朝向邊緣區域逐漸消失或退化；這一效果是由暗角 (通過成像鏡頭外部邊緣的光線消失)造成的。這通常是指隧道效應，因為視場邊緣會變黑。較小的傳感器尺寸不會產生此暗角問題。

CCD 與 CMOS 傳感器

Sensors CCD (感光耦合元件) 與 CMOS (互補式金屬氧化半導體) 是用於將光轉換成電子訊號的不同傳感器技術。在 CCD 中，會將每個像素的電荷轉化為電壓，將其存入緩衝區，然後通過單一節點傳輸為類比訊號。在 CMOS 傳感器中，會在像素層級完成電荷至電壓的轉換，產生不統一的輸出。

過去幾年 CMOS 技術的新進展有助於大幅減少弱光環境下的不均勻性，在許多應用中，高階 CMOS傳感器的性能優於類似的 CCD。此外，CMOS具有較低的功耗比 CCD 更適合任何空間受限的應用。低階 CMOS 感光元件，像素小於3微米依舊可以產生優於 CCD影像品質。表*10.3* 標註兩者效能差異。

圖 10.1

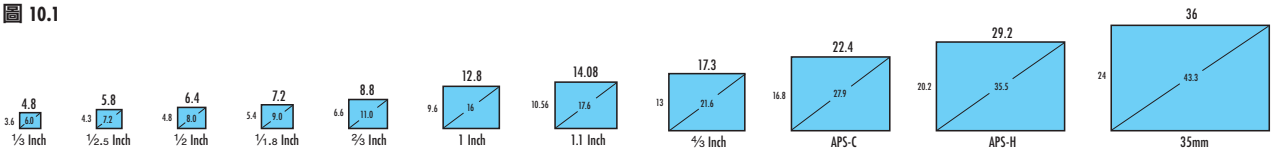


圖 10.1: 標準相機傳感器的傳感器尺寸，不按比例。

依像素大小相機解析度規格表									
Pixel Size (µm)	9.9	7.4	5.86	5.5	4.54	3.69	3.45	2.2	1.67
Resolution (lp/mm)	50.5	67.6	85.3	90.9	110.1	135.5	144.9	227.3	299.4
Typical ½" Sensor (MP)	0.31	0.56	0.89	1.02	1.49	2.26	2.58	6.35	11.02
Typical ⅔" Sensor (MP)	0.59	1.06	1.69	1.92	2.82	4.27	4.88	12.00	20.83

表 10.2: 依像素大小的相機分辨率。

CCD vs. CMOS 傳感器					
	CCD	CMOS		CCD	CMOS
Pixel Signal:	Electron Packet	Voltage	Uniform:	High	Moderate
Chip Signal:	Analog	Digital	Resolution:	Low-High	Low-High
Fill Factor:	High	Moderate	Speed:	Moderate-High	High
Responsivity:	Moderate	Moderate-High	Power Consumption:	Moderate-High	Low
Noise Level:	Low	Low to High	Complexity:	Low	Moderate
Dynamic Range:	High	Moderate to High	Cost:	Moderate	Low

表 10.3: CCD 與 CMOS 傳感器。

第 10.5 節: 光譜特性

根據應用的要求，相機色彩還原的能力不一定意義。表 *10.4* 對比了黑白、單片彩色和三片彩色相機，以下部份介紹了更多詳情。

黑白與彩色		
Monochrome	Color (Single Chip)	3 Chip Color Cameras
• 單傳感器輸出灰階圖像	• 使用 RGB Bayer 濾光片 (典型)	• 利用棱鏡來將白光 分到 3 個不同的傳感器
• 比同類單片彩色相機的分辨率高 10%	• 較低分辨率 (識別顏色需要更多像素)	• 更昂貴
• 更好的訊噪比; 更大的對比度		• 更好的顏色分辨率
• 增加的低光敏感度		• 更少的鏡頭選擇
		• 不同放大倍率需要使用特殊設計的鏡頭

表 10.4: 黑白相機, 單片 (彩色相機) , 和三片式彩色相機比較。

黑白相機

CCD 和 CMOS傳感器為矽材料，對約 350 - 1050nm波長敏感，儘管可用範圍通常以 400 - 1000nm。此敏感度以傳感器的光譜回應曲線指示 (圖 *10.2*)。但是，大多數高品質彩色相機以及部份黑白相機都配有IR截止濾光片讓可見光波段成像。

彩色相機

此固態傳感器基於光電效應，因此，在不考慮其他因素時，無法區分顏色。彩色 CCD 相機提供普通、低成本的成像解決方案，並使用馬賽克式 (例如 Bayer) 濾光片，使不同像素僅對一定波長的光敏感。彩色圖像然後會在軟體中使用「去拜爾」算法重建，插入來自 RGB 訊號的真彩資訊。由於需要更多像素來識別顏色，單片彩色相機本身具有低於其對應黑白相機的分辨率。三片式彩色 CCD (3CCD) 相機經設計，透過使用棱鏡指引入射光譜的每個部份到不同片來解決此分辨率問題。儘管 3CCD 相機通常提供極高分辨率和更準確的顏色再現，但它們具有較低的光敏性，並且比較昂貴。

畫面更新率和快門速度

畫面更新率是指一秒內產生的完整畫面數量。在高速應用中，選擇更快畫面速率是有益的，因為在物件通過視場時可取得更多的物件圖像。快門速度對應於傳感器曝光時間的反面。曝光時間可控制傳感器收集的入射光數量。相機高光溢出 (由曝光過度造成) 可透過降低照明或提高快門速度 (減少曝光時間)來控制。

圖 10.2

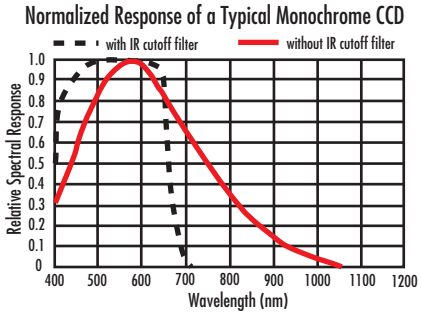


圖 10.2: 典型黑白 CCD 的標準化光譜回應。

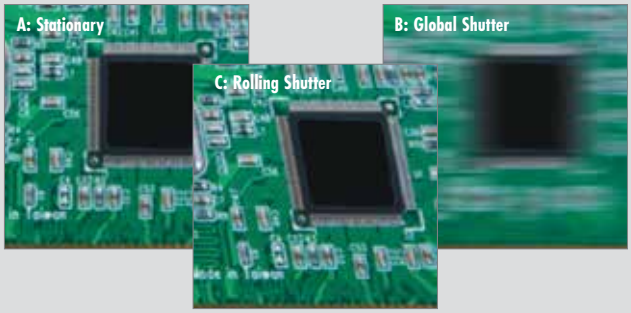


圖 10.3: 動態模糊的比較。靜態 PCB (*A*) 以及使用連續全局快門 (*B*) 與捲簾快門 (*C*) 拍攝移動 PCB 的圖像。

系統的最大畫面更新率取決於傳感器輸出速度、介面的數據傳輸速率以及像素數 (每個圖像傳輸的數據量)。通常，相機可能透過將像素混合在一起或限制感興趣區域來降低分辨率的方式，於較高畫框速率執行。對於數位相機，曝光可能為幾十微秒到數分鐘，儘管最長的曝光一般僅適用於 CCD 相機，而相比 CMOS，CCD相機具有較低的暗電流和雜訊。

電子快門: 全域對捲簾

全域快門類似於機械快門，因為所有像素都是同時曝光和取樣，然後依次輸出；對於所有像素，光子捕獲都是同時開始和停止。另一方面，捲簾快門依次曝光、取樣並輸出；它暗示了每行圖像是於略為不同的時間取樣。直觀上，捲簾快門上移動物件的圖像發生了畸變；這種影響可透過將觸發閃光燈置於線的整合期重疊時被減到最少。請注意，這在低速下不是問題。為 CMOS 採用全域快門需要

比標準捲簾快門模型更複雜的傳感器架構，因此它們並非在所有的 CMOS 傳感器上提供。圖 *10.3* 中顯示了全域和捲簾快門的比較情況。

相較於全域和捲簾快門，非同步快門是指像素的觸發曝光。也就是說，相機準備擷取圖像，但它要到收到外部觸發訊號以後才能啟用像素。這與正常恆定畫面更新率相比，正常恆定畫面更新率可被視為快門的內部觸發。

第 10.6 節: **面掃描與線掃描相機**

根據應用的要求，系統設計者必須在面掃描與線掃描相機之間做選擇。在面掃描相機中，成像鏡頭將要成像的物件聚焦到傳感器陣列上，並根據像素一次性對圖像進行取樣用於重構 (圖 *10.4a*)。若圖像移動速度不快或物件不是特別大，這會很方便。使用線掃描相機，像素則以線性方式排列，並且隨著物件快速通過相機，圖像將逐行拍攝並使用軟體重構 (圖 *10.4b*) 。線性陣列能支援比面掃描裝置高得多的分辨率， 4,000 像素為面掃描傳感器的最高典型水平分辨率，而線性裝置中上升到 16,000像素也很平常。但是，使用線掃描相機，物件必須相對於相機精確移動來構建圖像，這使整合變得困難許多。表 *10.5* 中簡要概述了面掃描和線掃描相機。

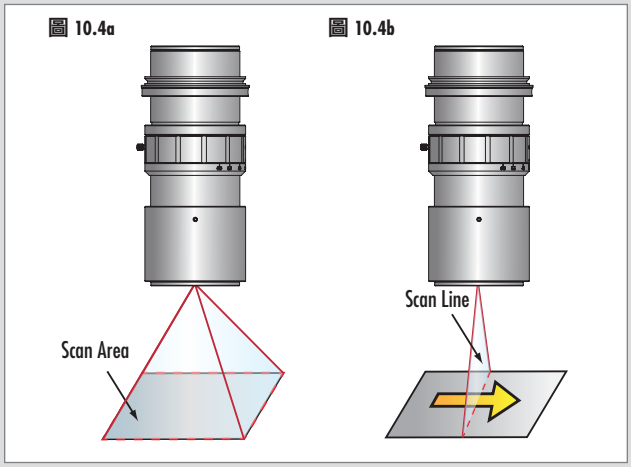


圖 10.4: 描掃描技巧 (左) 和線掃描技巧 (右) 的圖解。

數碼相機的格式	
面掃描	**線掃描**
• 4:3 (H:V) 比率 (典型)	• 傳感器為線性
• 高達數百FPS的高速應用	• 高速應用 - 線速率高達100khz
• 物件為靜止或緩慢移動	• 每次一行建構圖像
• 更廣泛的應用	• 物件在傳感器下以運動狀態通過
• 更輕鬆設定	• 特適合擷取較寬的物件
• 比線掃描成本更低	• 需要特殊的對準和計時
	• 複雜整合/簡單而強烈的照明

表 10.5: 比較數位相機格式: 面掃描和線掃描。

標準相機/鏡頭安裝接環				
C 接環	**CS 接環**	**TFL 接環**	**F 接環**	**其他普通接環**
• 螺紋接環	• 螺紋接環	• 螺紋接環	• Nikon-卡扣式接環 (無螺紋)	• M12 x 0.5 (S接環)
• 1英吋直徑，32 TPI (每英吋螺紋數)	• 1 英吋直徑，32 TPI (每英吋螺紋數)	• M35 x 0.5	• 用於大傳感器鏡頭	• M42 x 1.0
• 17.5mm 鏡後距離	• 12.5mm鏡後距離	• 17.5 mm 後焦距離	• 46.5mm 後焦距離	• M72 x 1.0
• 最普通的接環	• 與使用 5mm 間隔環的 C 接環鏡頭相容 (#03-618)	• 適用於 4/3" 至 APS-C 傳感器格式	• 特適合中片幅線掃描和全片幅(35mm)格式應用	
• 某些短焦距鏡頭不相容	• 在短焦距/變焦鏡頭上很常見			

表 10.6: 比較常見相機接環規格。更多資料請參閱第 *5* 節: 鏡頭機構（第 *34-36* 頁）。

照明的重要性有多高?

客戶通常會苦於成像系統中的對比度與分辨率問題，與此同時卻忽略正確照明的力量。實際上，通常改善系統的照明即可取得所需的影像品質，而無需投資購買分辨率更高的傳感器、成像鏡頭與軟體。

正確的照明對成像系統而言非常重要，不正確的照明會產生多種圖像問題。例如，高光溢出或亮斑會隱藏重要的圖像資訊，如同陰影效果一樣。此外，在測量時，陰影還會導致邊緣計算發生錯誤，從而導致測量不準確。不良的照明還會產生很低的訊噪比。尤其是不均勻的照明會導致訊噪比受損，並增大臨界邊緣擷取等任務的難度。以上所述只是正確照明對您的應用非常重要的一少部分原因。

若要在整合系統時確保最佳照明，請務必了解到適合的元件所發揮的作用。每個元件都會影響傳感器上的入射光量，因而影響系統的圖像品質。成像鏡頭的光圈 (f/#) 會影響相機上的入射光量。在光圈變小時 (即 f/# 更高) 時，應增加照明。高倍率鏡頭通常需要更多照明，因為所檢視的較小視野反射回鏡頭的光較少。相機的最小敏感度須符合系統所需的最小光量時也很重要。此外，諸如增益、快門速度等相機設定也會影響傳感器的敏感度。

第 11.1 節: 機器視覺中的亮場和暗場照明

亮場和暗場照明是來自顯微鏡的名詞，但是照明背後的原理被應用於機器視覺上。名詞的不同用法可能會造成混淆，但是了解它們有助於理解機器視覺應用不同的照明技術。

亮場照明

在亮場照明中，光源位於成像系統中。在傳統的顯微系統中定義，物體是透明的，照明光源來自後面物體，光源與物鏡和圓錐體成一直線在其視場內的照明。在圖 *11.1* 中，藍色三角形代表物鏡的視野和紅色代表照明區域。

在機器視覺中，照明光源不太可能像顯微系統中直接自於物鏡後面。 因此，機器視覺中的亮場照明的定義是把物體反射的光進入鏡頭。 圖 *11.2* 顯示了示意圖，其中鏡面反射 (或假設是類似鏡子的物體)，按反射定律規範：反射角將等於入射角。

圖 *11.2* 顯示圓錐體邊緣的藍色線條進入鏡頭的整個視野。這些是與圖 *11.1* 相同。如果光線被允許打到物體，反射回來形成 “W” 形光路，如圖 *11.2* 所示， “W” 內的光會反射到鏡頭中，並被歸類為亮場照明。這種反射使鏡面物體成為視圖顯得明亮。散射的物體會散射光，導致光量減少使它回到鏡頭中並使它們顯得更暗。

暗場照明

和亮場照明相反，暗場照明為當光源來自鏡頭視場以外的地方，導致來自照明光源的光線無法進入鏡頭。

在傳統的暗場顯微系統中，如圖 *11.3* 所示，光源被移到代表物鏡的視野的藍錐外面。 這會導致背景變暗，但任何半透明的物體會散射照明，導致一些光進入鏡頭。 這導致半透明物體變亮。

在機器視覺系統中，當光線自鏡面物體反射不會進入鏡頭時會稱為暗場照明。使用相同的 “W” 代表以上用於亮場照明的鏡頭視場，光源在機器視覺暗場照明中移至 “W” 之外。這會導致漫反射物體將光散射到鏡頭中，而鏡面反射物體保持黑暗，因為照明反射的光將反射離開相機，如圖 *11.4* 所示。

圖 11.1

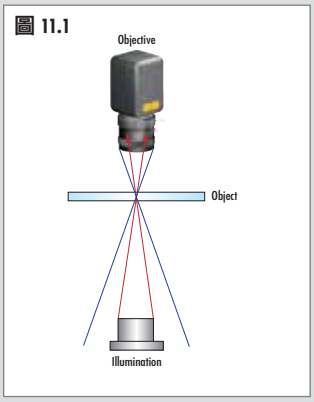


圖 11.1: 顯微系統中亮場照明會產生亮底背景而不透光的物體則變暗形成對比。

圖 11.2

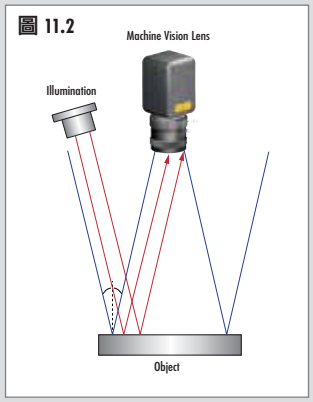


圖 11.2: 機器視覺應用中的亮場照明會讓鏡面物體顯得明亮漫射物體看起來很暗。

圖 11.3

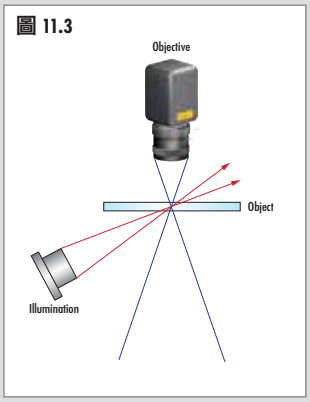


圖 11.3: 顯微系統中暗場照明會產生暗黑的背景透光的物體顯得明亮形成對比。

圖 11.4

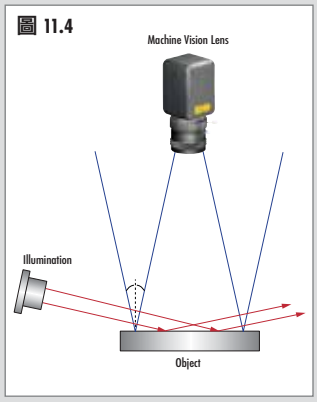


圖 11.4: 機器視覺應用中的暗場照明會讓鏡面物體顯得很暗漫射物體看起來很明亮。

第 11.2 節: 關於我們的測試板

以下各範例將展示機器視覺應用中常用的不同照明類型。由於成像的樣品在形狀、材料與反射能力方面會有所不同，因此本節中所用的測試板旨在展示各照明方案對於多種物件特徵的優劣之處。測試板上的溝紋、色彩、表面變形與鏡面區域表示某些常見問題區域，在實際應用中需要特別注意。

適用於不透明物件 (例如我們的測試板) 的常用照明類型

照明選型指南

Application Requirement	Object Under Inspection	Suggested Type of Illumination
Reduction of Specularity	Shiny Object	Diffuse Front, Diffuse Axial, Polarizing
Even Illumination of Object	Any Type of Object	Diffuse Front, Diffuse Axial, Ring Light
Highlight Surface Defects or Topology	Nearly Flat (2-D) Object	Single Directional, Structured Light
Highlight Texture of Object With Shadows	Any Type of Object	Directional, Structured Light
Reduce Shadows	Object With Protrusions, 3-D Object	Diffuse Front, Diffuse Axial, Ring Light
Highlight Defects Within Object	Transparent Object	Darkfield
Silhouetting Object	Any Type of Object	Backlighting
3-D Shape Profiling of Object	Object With Protrusions, 3-D Object	Structured Light

定向照明

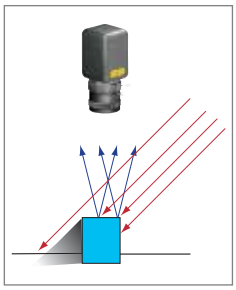
從一或多個光源進行點光源照明。可使用鏡頭進行集中照明或分散照明。左側的圖像還使用了偏振濾光片以減少眩光。

優點
- 明亮
- 靈活
- 適應環境
- 均勻

缺點
- 陰影
- 眩光

使用的產品
- 光纖導光設備
- 聚焦組件
- LED 聚光燈

應用
對不光滑及平直的物件進行檢測與測量。



斜向照明

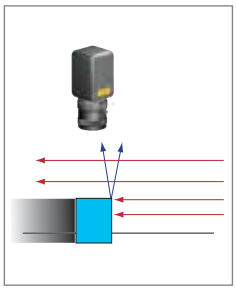
點光源照明，與定向照明類似，只是以銳角入射。

優點
- 展示表面結構
- 改善物件拓樸的顯示效果

缺點
- 亮點
- 極端陰影

使用的產品
- 光纖導光設備
- 聚焦組件
- LED 聚光燈

應用
識別深度物件的缺陷，檢查不透明物件的精整度。



散射照明

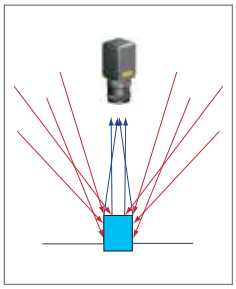
來自擴展光源的散射、均勻的光。

優點
- 減少眩光
- 提供均勻照明

缺點
- 大
- 很難適合有限的空間
- 表面特徵不太明顯

使用的產品
- 漫射 LED 照明燈
- LED 線性燈

應用
非常適合具有很長工作距離的大型發光物件的成像。



環形光

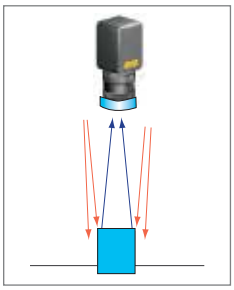
指向性的照明系統和鏡頭同軸設計。鏡頭視線穿過照明燈或導光設備中心的圓形孔徑。

優點
- 減少陰影
- 照明相對均勻

缺點
- 高反射性表面會產生圓形眩光圖案
- 難以固定

使用的產品
- 光纖環形導光設備
- LED 環形燈

應用
多種檢測與測量系統
(含不光滑的物件)。



漫射同軸散

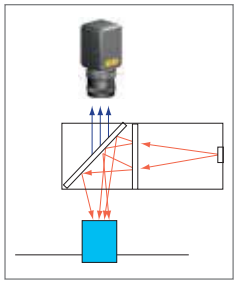
漫射光照明和鏡頭同軸設計。鏡頭視線穿過將光反射到物件上的分光鏡。照明與成像系統同軸。

優點
- 無陰影
- 均勻照明
- 眩光很少

缺點
- 通過內部分光鏡導致亮度較低

使用的產品
- LED 同軸照明燈
- 光纖漫射同軸轉接環

應用
高反射性物件



結構光

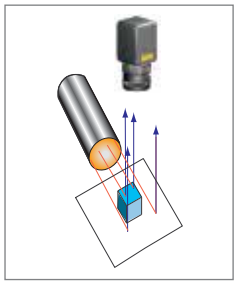
投射到物件上的圖案。通常是雷射投射線、光斑網格或圓。

優點
- 呈現表面特徵

缺點
- 光線過於強烈
- 會由某些色彩吸收

使用的產品
- 直線型雷射產生二極體
- 光纖直線型導光設備
- LED 投射燈

應用
檢測三維物件是否存在缺失的特徵。拓樸測量。



偏振光

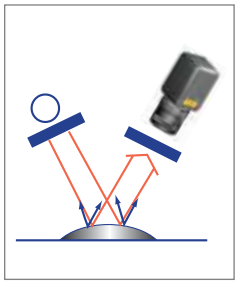
一種定向照明，使用偏振光移除鏡面反射與亮點。

優點
- 均勻照明
- 眩光極少

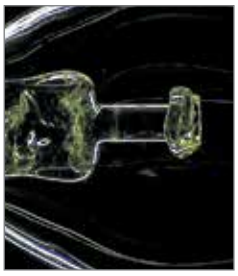
缺點
- 通過偏振片導致亮度較低

使用的產品
- 可附加的偏振濾光片
- 偏振片/偏檢片

應用
測量與檢驗發光物件。



上述類型的照明適用於不透明的物件，但是哪些類型適用於半透明的物件呢?



暗場

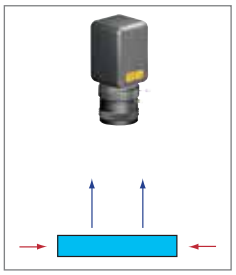
光線通過垂直於鏡頭的邊緣進入透明或半透明的物件。

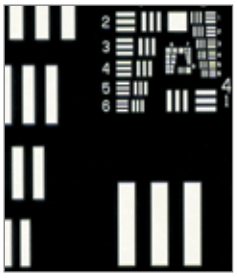
優點
- 以高對比度呈現內部與表面詳情
- 改善劃痕、裂縫與氣泡的顯示效果

缺點
- 邊緣對比度不佳
- 不適用於不透明的物件

使用的產品
- 光纖暗場配件
- 直線型導光設備
- 直線型雷射產生器
- LED暗視場環形燈

應用
玻璃與塑膠檢測。





背光

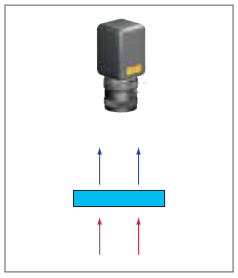
自後方照亮物件。用於呈現不透明物件的剪影或用於通過透明物件的成像。

優點
- 邊緣監測具有高對比度

缺點
- 表面訊息遺失

使用的產品
- 光纖背光燈
- LED 背光燈

應用
測試板與測試圖案、邊緣監測、不透明物件的測量，以及半透明彩色物件的分類。



第 11.3 節: 同軸照明

同軸照明是一種獨特的照明方式，將照明整合到機器視覺鏡頭的光學系統中，通常採取光纖光導或 LED 燈源和分光鏡的方式。儘管同軸照明不像散射軸向照明那麼龐大，並且更易於整合到空間有限的系統中，但是，還有一些重要光學差異系統設計人員必須予以考慮。相比散射軸向照明，同軸照明方向性更強，主光束幾乎與物件空間中的光軸平行，這是同軸照明被廣泛整合到遠心鏡頭中的原因之一(圖 *11.5*)。相比之下，散射軸向照明將以多個不同角度投射光線，顯示物件和圖像平面上的不同性質。 (請參閱第 *11.1* 部份)。

同軸照明與亮場照明之間比較也會產生截然不同的結果。圖 *11.6* 顯示了使用亮場照明與同軸照明之鍍鉻玻璃正片 USAF 1951 對比度測試板。

這兩類照明之間最直接的差別是兩張圖像的對比度完全顛倒了。此外，測試版中的缺陷在亮場圖像中更明顯，可能產生積極或消極的影響，具體取決於應用。有趣的是，對於同軸圖像，測試版的高反射性質會產生比亮場圖像高出約 10% 的對比度，原因見下文。

圖 11.5

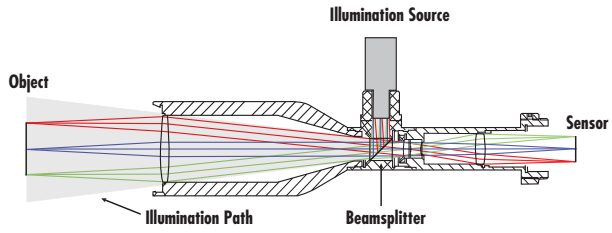


圖 11.5: 遠心鏡頭內同軸照明圖解。

圖 11.6a　圖 11.6b

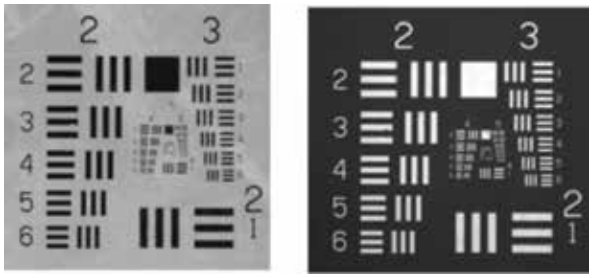


圖 11.6:使用背光照明 (圖 *11.6a*) 和同軸照明 (圖 *11.6b*) 的鍍鉻玻璃 USAF 1951 分辨率測試板。

何時使用同軸照明

當考慮使用同軸照明時，務必確切瞭解其適用場合和不適用的場合。由於光束在照明路徑上的性質，同軸照明特適合檢查鏡面物件或半鏡面物件，例如半導體晶片或 CCD。使用兩個不同的遠心鏡頭，一個使用同軸照明，另一個環形光源照明。相同 CCD 的圖像會展示暗場照明 (使用環形光) 和同軸照明之間的差別。圖 *11.7* 中顯示了比較圖像。

同軸照明方式是 CCD 周邊區域焊線檢查的更佳選擇因為同軸照明在 CCD 邊界的焊線提供了更高均勻度的對比圖像。如圖 *11.8* 所示，與背景圖像相比，圖 *11.7* 中使用同軸照明時的焊線顯得更黑，因為背景是鏡面反射的，將所有光直接反射回透鏡，而焊線本身因為擴散效應僅將少量光線散射回鏡頭。 與暗場照明比較，背景是暗的，因為大部分鏡面反射不會重新進入鏡頭。散線的反射也暗淡，導致導線和背景之間的整體的對比度較低。

使用暗場照明，從環形光產生的光線會從物件反射到鏡頭中。反射光會根據環形光中個別來源的角度以及焊線自身相對於 CCD 表面和焊接材料尖端的角度而不同，這就是為什麼反射沿焊線長度上會具有不一致的灰度值。使用同軸照明，所有光線都會在物件上反射，進入鏡頭和傳感器 ，但是光線打到焊接線上的光產生散射不會進入鏡頭上。背景的對比度更均勻，加上焊線的對比度更強，同軸照明因此成為檢查焊線的更好選擇 (相對於暗場照明)。

圖 11.7

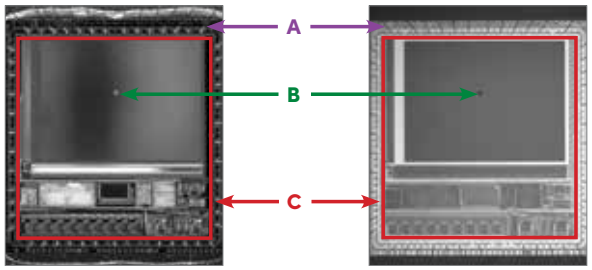


圖 11.7: 比較暗場照明 (左) 亮場同軸照明 (右)。

Darkfield Illumination	Brightfield In-line Illumination
Low Contrast Wires	High Contrast Wires
Bright Chip on Faceplate	Dark Chip on Faceplate
High Contrast Image in Some Areas but Inconsistent Across the Field	Even Illumination with Consistent Contrast between Features

表 11.1: 比較暗場照明和同軸亮場照明。

如果要檢查 CCD 表面玻璃上的亮點或裂邊，同軸照明也將是更具優勢的選擇，因為整個圖像具有均勻性高的對比度。使用同軸照明顯示的暗淡裂邊。於雜亂背景下顯示的對比度要比使用亮場照明形成的高對比度圖像 (如圖 *11.7* 所示) 高得多。

圖 11.8

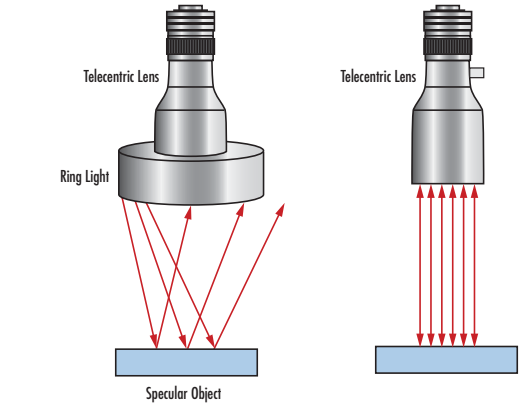


圖 11.8: 使用暗場照明環形燈 (左)，大多數照明光線 (但不是全部)，打到鏡面物體反射後部不會進入鏡頭，而同軸光源上所有光線 (右) 打到鏡面物體後反射並返回到鏡頭。

何時不使用同軸照明

同軸照明有很多優勢，通常認為同軸照明始終是空間受限系統的最佳選擇。不幸的是，它並不是所有視覺應用的最佳解決方案。散射表面物件或是亮黑物件使用不同的照明技術得到更好的效果。在成像模組中放置分光鏡後在會讓同軸照明系統中會產生好幾個雜散光來源，本來可以視為合適的照明方式反給光學系統帶來更嚴重的問題。因此，來自照明系統的光入射到傳感器上而沒有被反射或散射到物件上。這會導致圖像霧化，使本來圖像中原本黑色區域變成些許淡化。相較之下，這種淡化不見得是問題，但是在低對比圖像在應用中可能是一個問題，例如對散射或黑暗的物體成像。顯示了一個例子在圖 *11.9* 中，環形燈均勻地照亮木製物體，但同軸照明下的圖像是灰色的，中間有一個亮斑。

圖 11.9

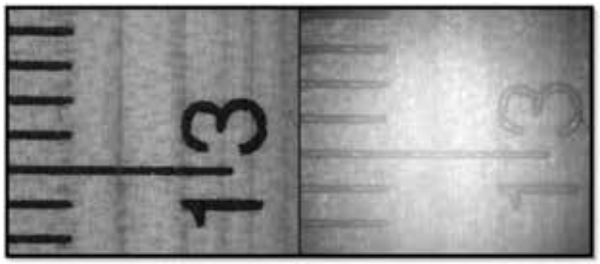


圖 11.9: 比較使用亮場照明 (左) 和同軸照明 (右) 的木製物件。

第 11.4 節: 使用結構光照明

照明是任何機器視覺系統中的一個關鍵部份，通常會決定成像系統的優劣。對於每種應用，不僅需要專門考慮照明位置和波長，某些系統還需要建構照明來發揮最高的系統效能。

結構光照明利用特定的光圖案來決定物件的幾何形狀和深度。有效的 3D 系統可透過使用不同圖案 (例如網格、點或線) 照明物件來建構，同時將成本、元件和複雜度降到最低。

由於經過良好校準的系統可增加測量準確度，因此務必理解的是，結構光照明並不能通用，某些結構應用於取得某些測量值。例如，網格點圖案可能足以檢查物件種的一些點，但需要一行或多行圖案來測量物件的三維分佈。

表 *11.2* 展示了一般的結構光照明圖案以及其理想的應用。

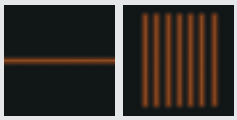
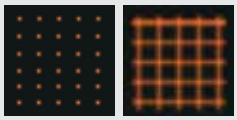
結構光照明	確定方法	目的
	基於三角測量	掃描物件時確定大多數物件的尺寸
	基於陰影與三角測量	掃描物件時確定折射物件的尺寸
	基於畸變	確定單次曝光中多個離散點的深度資訊

表 11.2: 常見的結構光照明圖案。

第 11.5 節: 遠心照明: 在機器視覺應用中的重要性

成像和檢測專案需要採用精密光學元件和對準，以實現最佳效能。機器視覺檢測應用採用成像鏡頭、照明光源、相機和機械部件等關鍵元件。成像鏡頭和相機的選擇是應用獲得成功的重要因素；但照明同樣也很重要。遠心照明是最為精確的照明幾何形狀類型之一。何謂遠心照明？相較於背光照明，遠心照明如何幫助產生更好的結果？要解答這些問題，需考慮照明理論、優點以及現實生活的檢測應用。

遠心照明理論

在光學中，遠心度是某些多鏡片鏡頭設計的獨特特性，其中的主要光線將被準直化並平行於像空間和物空間的光軸。遠心度的一個關鍵特徵是，不論圖像或物體的位置，都提供恆定的放大倍率。遠心度分為三類：物空間、像空間和同時物像空間。如需更多資訊和定義，請參閱第 *29-33* 頁中的第 *4* 章。

在照明理論中，也可以採用光線與光軸平行的概念。即採用遠心照明燈，有時稱之為平行背光。遠心照明燈使用光學元件將光纖光導管或 LED 的光導向至接受檢測之物體，從而產生高對比度的輪廓。遠心照明燈降低了物體的漫反射，從而提高了邊緣對比度和測量準確度。平行光線從照明燈射出，在照射到物體表面時仍然保持平行 (圖 *11.10*)。相比之下，從標準背光源發出的光線則會放大和相互干擾，最終形成散射光 (圖 *11.10*)。

遠心照明如何產生高對比度的輪廓?

遠心照明燈的工作原理是，利用優質光學玻璃鏡頭使光纖光導管或 LED 射燈的光線保持平行。從光源射出的發散光線進入鏡片組，然後變為平行且高度集中。幾乎所有進入遠心照明燈的光線 (忽略後向反射和各個光學鏡頭的光線吸收) 都會照射到檢測物體上。

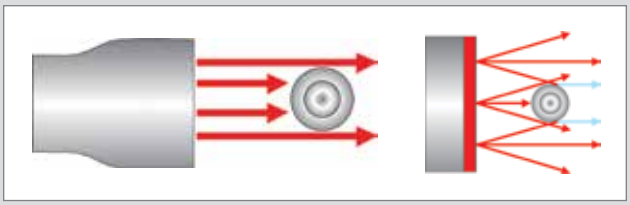


圖 11.10: 左圖為遠心照明燈射出的平行光線。右圖為標準背光源產生的散射光。

遠心照明的優點和缺點

遠心照明是精確量測應用的理想之選，在這種應用中，準確性、可重複性和光通量對成功量測至關重要。為了產生最佳結果，請考慮遠心照明的以下八大優勢：

1.優異的微小缺陷偵測能力
2.相較於標準背光照明，測量準確性和可重複性更高
3.消除了漫反射導致的模糊邊緣
4.提高了平行光線的光強度
5.透過消除模糊邊緣和提高光強度產生高對比圖像
6.透過提高光強度來縮短相機曝光時間
7.相較於標準背光照明，系統速度更快
8.光通量更大物體和照明光源間距增大

但遠心照明可能也有一些缺點，例如佔用空間大，以及有時成本會較高。物體越大，所需的遠心照明燈就越大。對於需要節省空間和成本的應用，平行背光可能是一個更好的選擇。平行背光源是一種標準背光源，利用特殊擴散增益片使光線保持平行。儘管效能不如遠心照明燈，但平行背光源產生的散射低於標準背光源，因此能消除散射光產生的一些模糊邊緣。

應用範例

儘管理解遠心照明的理論框架是重要的第一步，但對這種精確照明幾何形狀在現實世界中的應用進行分析，亦有助於重申其在機器視覺應用中的必要性。

其中一則範例是量測和檢測不銹鋼柱中的螺紋直徑。由於檢測的物體體積細小 (10mm) 以及需要量測螺距，因此會妨礙視覺分類。該應用最初採用的系統包括一個標準 LED 背光，它位於 640 x 480 像素 CCD 相機上的 0.6X TECHSPEC® SilverTL™ 遠心鏡頭 (#56-678) 的前方。機器手臂將零件從生產轉盤移至視覺系統以進行影像擷取。然後，另外一個機器手臂利用從圖像採集中收集的資訊，撿取零件到合格或不合格產品收集桶。

儘管設計精巧，但標準背光系統無法檢測小於 10mm 的零件，且檢測限值為 10ppm，而新生產流程要求達到 40ppm。此外，發散的 LED 背光源產生的光強度低，需要長達 2.5 毫秒的曝光時間；然而新生產線速度只允許在 800 微秒內擷取到清晰圖像。一個簡單的解決方法是提高相機增益設定，以縮短曝光時間。但這會增大系統訊噪比，導致量測準確度下降。正確的選擇是顯而易見的——遠心照明！將發散的 LED 背光源替換為 TECHSPEC® 遠心背光燈 (#62-760)，照射到螺紋上的光強度就會增大，同時減小漫反射，縮短相機曝光時間並提高圖像整體對比度。

在原始設置中，背光源產生的漫反射會產生模糊邊緣。替換為遠心照明燈之後，邊緣就會變得清晰，而且易於確定是否通過檢測 (圖 *11.11*)。此外，使用標準背光源時幾乎看不到螺紋一側的毛邊，而遠心照明燈就可以輕鬆偵測和量測到這種毛邊。圖中顯示了遠心照明系統和標準背光系統的對比度值。亮暗區域越寬，對比度越大，因而產生較高的測量準確度。

遠心照明有利於高速成像、工廠自動化、顯示輪廓以及缺陷和邊緣偵測等機器視覺應用。與標準背光源不同的是，採用遠心照明可以產生清晰的輪廓，特別適合偵測邊緣和缺陷。遠心照明的這些優勢，對需要高對比無模糊邊緣圖像的應用以及高速自動化應用來說至關重要。

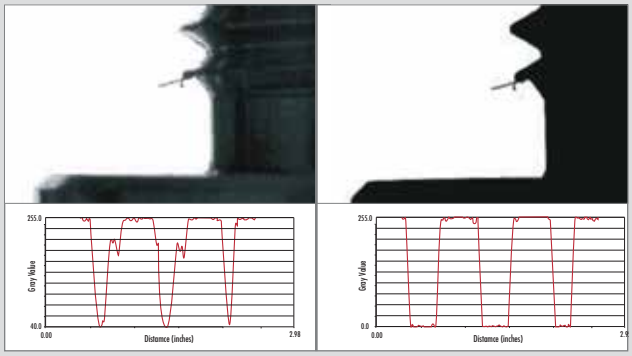


圖 11.11: 左圖為標準背光系統產生的模糊邊緣。右圖為遠心照明系統產生的清晰邊緣輪廓。

第 12 章: 測試板

第 12.1 節: 分辨率和 MTF 測試

數十年前，六百四十 (640) 像素是相機傳感器的標準規格，但現在 600 萬以上像素的規格比比皆是。在傳感器只有數百像素的時代，系統中的成像鏡頭效能通常會超越傳感器。時至今日，傳感器的像素越來越小，數量則持續增加，因此鏡頭製造商一方面增加選擇，同時也推動鏡頭設計及製造突破極限。其中必須使用適當的評價方式，量測以上進展成果所提升的效能程度。為了評估鏡頭效能特性，在選擇適當的測試方法前，應選定一組規格目標，因為目前並沒有單一測試選項，能夠完全判定鏡頭效能每項因素的特性。

許多測試可用於判定鏡頭效能特性，並排除外部效應。雖然這類測試可評估鏡頭的最高效能限制，卻忽略真實世界的應用因素。因此出現了替代測試方法，在預定的應用環境中判定鏡頭系統效能特性。

解析度通常是成像鏡頭最重要的規格；它是一個連續函數，可以告訴用戶要檢測細節在特定對比度下與附近區域無法區分之前可以解析程度有多小。鏡頭的性能可能在成像區域內不同位置 (中心/周邊)而有差異，也可能因工作距離 (WD)、f/# 和其他參數而異。在測量解析度和對比度時，設定合理的鏡頭系統邊界測試條件極為重要。 一般來說，分辨率測試法可讓使用者獲得其他重要參數的額外資訊，例如畸變及相對照度。鏡頭分辨率的常見測試包括逆投影、調製轉換函數 (MTF) 測試、斜邊 MTF 測試及相機測試。每種測試方法都具有不同的優缺點。

逆投影

進行逆投影檢查時，高精度測試板的圖形會置於影像平面，透過成像鏡頭投影至特定工作距離，然後朝向相反方向。這種方法可有效測試分辨率，因為光線鏡頭調變是一種可逆程序。如果忽略放大倍率，從影像到物體的空間，基本上與物體到影像的空間相同。此外，這種方式有效的原因，在於分辨率效能規格已於影像空間值中提供。反向投影常用的測試板為 USAF 1951，其中由多個頻率持續增加的正交向條組成，以螺旋方式盤旋至中央。測試板條在整個視場的分佈方式，可讓操作人員對焦鏡頭，以便在特定視場區域最佳化分辨率，並可一次測試多個視場點。
逆投影是測試分辨率的低成本快速方法，也可測試鏡頭像散。相較於其他方法，操作人員培訓相當簡單，設備成本也不貴。不過這項測試有一項重大缺點，就是無法判讀對比率的差異程度，因為這種測試方法需要仰賴操作人員的視力。人眼一般能夠偵測的最低可分辨對比率約為 20%，但並無法判斷具體的對比值。

圖 12.1: 顯示操作人員執行反向投影測試。標示為 11, 9 及 6 的圓形，分別對應為 ⅔ 吋、1/1.8 吋及 ⅓ 吋傳感器的影像圓形。

調製轉換函數 (MTF)

成像鏡頭分辨率效能最完整的表示方式，就是調製轉換函數 (MTF) 曲線。此曲線顯示鏡頭在空間頻率範圍內所能分辨的對比值。因此 MTF曲線可用於直接比較多種鏡頭的成像能力。測試台可於市面上取得，並可在三維座標系統內有系統地測試鏡頭 (圖 *12.2*)。

操作人員執行 MTF 測試，傳送脈衝訊號通過鏡頭。此項訊號一般採用光線形式，由黑暗背景的單點光源發出。請仔細留意光源位置及影像位置。接著會利用脈衝回應判定任何空間頻率的回應，最高至奈奎斯特 (最高、可分辨的取樣頻率)。由於測試環境受到非常緊密的控制，量測結果可純粹說明鏡頭效能。

圖 12.2: 以市售 Trioptics 品牌的 MTF 測試站測試成像鏡頭。

由於測試環境受到非常緊密的控制，量測結果可純粹說明鏡頭效能。這代表雜散光或明暗衰落等外部現象，不會列入系統層級效能規格考量，而實際可達成的分辨率，可能低於 MTF 曲線建議的數值。根據定義，MTF 測試機台的計算結果，顯示對比率是一維、二維或三維座標系統中的空間頻率函數。以空間頻率函數表示的對比率，是另一種依據物體大小表示物體分辨程度的方式，是最常使用的分辨率標準。

斜邊 MTF

斜邊 MTF 可獲得與 MTF 測試相同的系統級資訊，但速度更快、配合性更高，使用的設備成本也較低。常見 MTF 測試會使用點光源的艾里斑，透過物鏡放大以覆蓋整個傳感器，以消除任何外部 MTF 貢獻、斜邊 MTF 測試使用特定傾斜繳角度高對比度邊緣圖案測試。如果僅需要量測鏡頭的 MTF 性能，則必須將其他所有元件的貢獻從系統級別MTF中移除 (因為貢獻是相乘的)。獲得斜邊 MTF 的第一步是測量 S 形曲線邊緣擴散函數及其導數來決定線擴散函數，然後對其進行過濾，並用傅立葉轉換為 MTF 曲線。

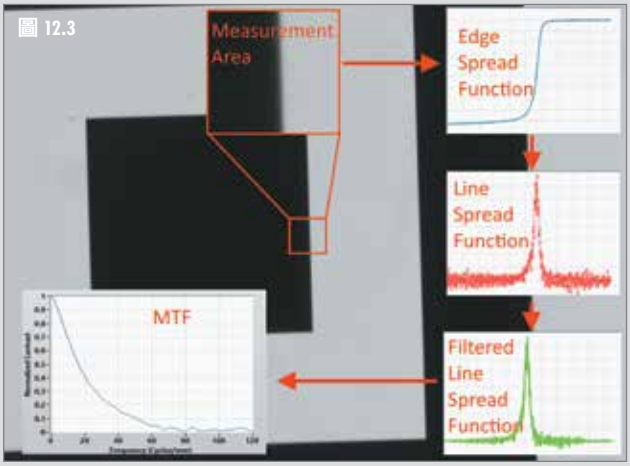


圖 12.3: 顯示傾斜邊緣 MTF 量測。可同時測試多個量測區域。

只有在邊緣測試板對比率躍遷程度小於奈奎斯特限制四倍以上的情況下，才能使用此程序。如果邊緣測試板躍遷 100μm ，且分辨率目標為 100lp/mm, (5μm 奈奎斯特取樣大小)，則只要放大倍率低於 0.0125X (計算)，邊緣測試板就足夠使用。

$$(\text{Transition Width})_{\text{Image space}}\,[\mu\text{m}] < \text{Nyquist Width}\,[\mu\text{m}] \div 4$$
$$(\text{Transition Width})_{\text{Object Space}}\,[\mu\text{m}] \times m < \text{Nyquist Width}\,[\mu\text{m}] \div 4$$
$$100\mu\text{m} \times m < 5\mu\text{m} \div 4$$
$$m < \frac{5\mu\text{m}}{100\mu\text{m}} \div 4$$
$$m < 0.0125$$

相機測試

相機測試這項名詞，是用於統稱使用相機進行的所有測試。現場使用的大部分系統都納入相機測試以指定效能。斜邊MTF是其中一項具體的相機測試，但並不是唯一常用的分辨率相機測試。相機測試方法可以調整，利用各種不同技術或設備，適用於任何真實世界應用，以取得系統層級的環境相關分辨率資訊。這類測試通常使用客製測試板，可同時在像場及測試環境的正確位置測試效能指標。

隨著傳感器像素更小且數量持續增加，鏡頭與傳感器搭配時的光學和機械需求也要跟著加強。系統整合商及機器視覺使用者，經常誤解影響其視覺系統效能的各項效應。因此重要的是瞭解各種測試方法提供的資訊，以及各種方法的優缺點。

方法	優點	缺點
逆投影	快速	只能定性分析
	建置成本較低	較差分析能力
	容易操作	較無法控制光源頻譜（影響實際的使用狀況）
	可同時測試多個視場位置	難以保持準確的系統距離長度
	快速建立鑑別的分辨率	高倍率成像系統不易使用
MTF	現成的標準量測設備	一次只能量測一個成像位置
	更高階的像差都可以檢測出來	較不會因雜散光或環境因素影響測試結果
	高準確度與高精度	測試數據大都無法和真實場景照明環境對應
	最廣泛的測試方法	昂貴且容易被濫用的設備
斜邊 MTF 測試	同時測試可多個現場測試	如果測試條件為 0.05 倍到 0.01倍測試板不好挑選
	市場上有免費和商業版本隨時可用的軟體	對照明系統的均勻度敏感
	使用標準 (ISO 12233) 或調整設定以滿足特定需求	系統中非鏡頭的原件會對量測會導致較大誤差 (尤其是在高頻下)
	可用於測量系統級別 MTF 包括鏡頭、相機、照明和任何圖像處理算法	容易被濫用
		相機的坐標系統從切向和徑向性能轉向水平和垂直方向
相機測試	同時可以測試多個視場位置	容易被濫用
	只針對特定測試的方法	不容易有第三方的支援
	可以不斷修改測試方法	關聯性不佳
	可用於測量系統級別的性能包括鏡頭，相機、照明和任何圖像處理算法	

表 12.1: 列舉一般常見鏡頭性能測試方法的優點與缺點。

第 12.2 節: 測試版概觀

基礎以確保多個系統之間進行良好配合。由於圖像品質可以由不同組分界定 (具體來說，包括分辨率、對比度、調製轉換函數 (MTF)、景深 (DOF) 或畸變)，因此不同系統可能需要不同測試板，而且某些系統可能需要多種測試板。務必記住的是，僅靠目視時，使用測試測試板的結果具有主觀性；使用視覺檢查取決於查看測試板的人員。例如，與視力為 20/25 或 20/30的人員相比，視力為 20/20 的人員通常能識別出更高的分辨率或更多細節。此外，經常查看這些測試板的個人，他們的大腦經過訓練而可以看到實際上可能不存在的細節，原因是查看測試板重複出現的頻率或模式。儘管視覺檢查有助於對比兩個不同的系統，但並不總能驗證結果。若可能，務必使用軟體來真正驗證測量值。

分辨率量測測試板			
測試板	**應用**	**優點**	**缺點**
USAF 1951	測試視覺系統、光學測試設備、顯微鏡、高放大倍率視訊鏡頭、螢光和共焦顯微鏡、光微影技術和奈米技術中的分辨率	同時測試離散空間頻率下的垂直和水準分辨率	必須重新定位測試板才能全面評估系統效能
			可能難以確定整個視場何時處於最佳焦點
朗奇刻線法	測試分辨率與對比度	可以同時確定系統在整個視場內的最佳焦點	需要評估的每種頻率都需要不同的測試板
	繞射測試		無法分析非對稱性分辨率降低
星標	對比高分辨或放大的成像系統	在測試分辨率和對比度方面的功能可能最強大	難以確定測試系統在每支鏡頭達到的準確分辨率
	系統對位	無需重新定位目標板，就可以評估分辨率在多個方向的不斷變化	
	組裝協助	便於對比不同成像系統	需要進階影像分析軟體

表 12.2: 分辨率測試板的應用、優點和缺點。

第 12.3 節: USAF 1951 測試板

USAF 1951 測試板是最常用的測試板之一，由不同尺寸的稱為單元的水平和垂直線組構成 (圖 *12.4*)。系統使用這些水平和垂直單元來同時測試物件平面中、於離散空間頻率下的垂直和水平分辨率 (每公釐的線對數或 lp/mm) 。每個單元都有一組獨特的寬度和間隔，採用 1 到 6 的數字來標識。六個按續編號的單元一起被視為一組，每組都有一個可以為正數、負數或 0 的識別編號。通常，此編號介於 -2 到 7 的範圍內。然後，組編號和單元編號將共同用於定義空間頻率。分辨率基於線寬和空白，其中，線長為線寬的五倍 (圖 *12.5*)。一個線對 (lp) 相當於一條黑線和一條白線。垂直線用於計算水平分辨率，而水平線則用於計算垂直分辨率。

圖 12.4

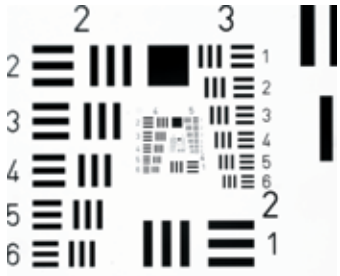


圖 12.4: USAF 1951 測試板範例。

圖 12.5

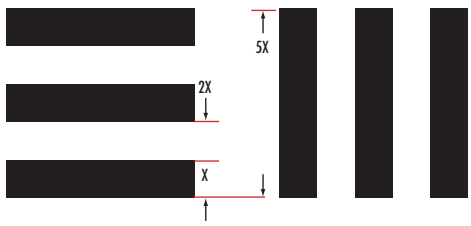


圖 12.5: USAF 1951 測試板的範例。

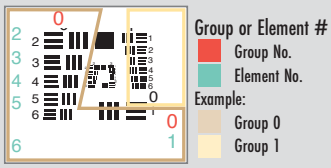
定義上，成像系統的分辨率是指正好位於黑白線界限開始變模糊前處的組和單元組合。另外，分辨率 (用 lp/mm 表示) 可使用公式 *12.1* 來計算。

$$\text{Resolution} = 2^{\left(\text{Group Number} + \frac{\text{Element Number} - 1}{6}\right)} \qquad \textbf{12.1}$$

有關顯示組和子單元與其關聯的 lp/mm 頻率相符情況的圖表，詳見第 *64* 頁。USAF 1951測試板經設計，使得單元空間頻率朝測試板中心方向呈螺旋式增長；較高分辨率的單元置於測試板中間。這種配置在測試變焦鏡頭時有益，因為當鏡頭放大倍率造成視場縮小時讓較高分辨率的單元依然保持在視場中，從而無需重新調整測試板。

Element and Group Number Corresponding to Frequency for USAF 1951 Test Targets

	Group Number										For High Res Only	
Element	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.250	0.500	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.0	64.0	128.0	256.0	512.0
2	0.280	0.561	1.12	2.24	4.49	8.98	17.95	36.0	71.8	144.0	287.0	575.0
3	0.315	0.630	1.26	2.52	5.04	10.10	20.16	40.3	80.6	161.0	323.0	645.0
4	0.353	0.707	1.41	2.83	5.66	11.30	22.62	45.3	90.5	181.0	362.0	–
5	0.397	0.793	1.59	3.17	6.35	12.70	25.39	50.8	102.0	203.0	406.0	–
6	0.445	0.891	1.78	3.56	7.13	14.30	28.50	57.0	114.0	228.0	456.0	–



USAF 1951 測試板的限制

USAF 1951 測試板將較高分辨率的單元置於中心，的確具有一些缺點。例如，鏡頭會在視場中心和周邊處產生不同等級的分辨率。大多數情況下，遠離視場中心分辨率降低，因此在不同位置檢查分辨率和對比度變得很重要。這需要將測試板重新移動在視場周圍，並拍攝更多圖像以全面評估系統效能，因此會增加測試時間。不同的聚焦方式如視場中心聚焦或是整個視場內平均聚焦，這也會帶來一些問題；由於分辨率因位置而異，因此難以確定整個視場何時處於最佳焦點。一些鏡頭在視場中心可取得很高的分辨率，但當鏡頭和相機系統在圖像中心聚焦時，視場邊角處的分辨率卻很低。鏡頭均焦調焦以平衡整個視場內的分辨率，但通常會降低中心分辨率。不過，降低中心分辨率並不一定是壞事，因為鏡頭即使在達到平衡焦點時，仍能很好地滿足應用要求 (圖 *12.6*)。

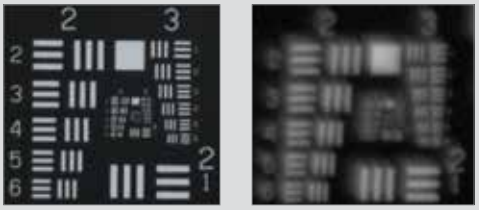


圖 12.6a: USAF 1951 範例：已重新定位的圖像的中心和邊角處，使得最佳焦點僅位於測試板中間。

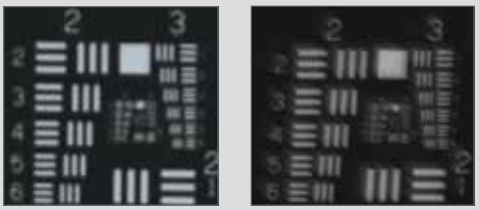


圖 12.6b: 在整個視場內具有平衡焦點的圖像中心和邊角處。

要評價鏡頭的分辨率性能需要測試整體的視場圖像(不同視場)才能做最後的判定。在測試板放置於視場中心時具有最佳效能的鏡頭，不見得是最佳的鏡頭總體效能。但是，必須針對單一調焦位置調整後分析不同視場性能。儘管透過鏡頭中心區域容易找出的最佳效能，然後再重新聚焦以檢查周邊視場的最佳效能，但這不會是系統最後的效能，因為通常實際操作過程中無法重新聚焦。

藉由測試版上周期性子單元圖像放在視場內的不同位置，對整個視場進行分析 (圖 *12.7*)。

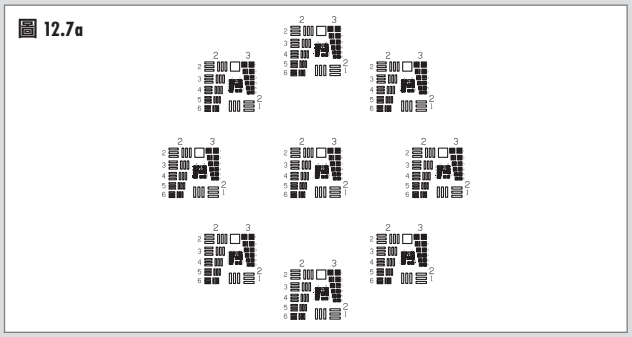


圖 12.7a: USAF 1951 圖案輪式測試板。

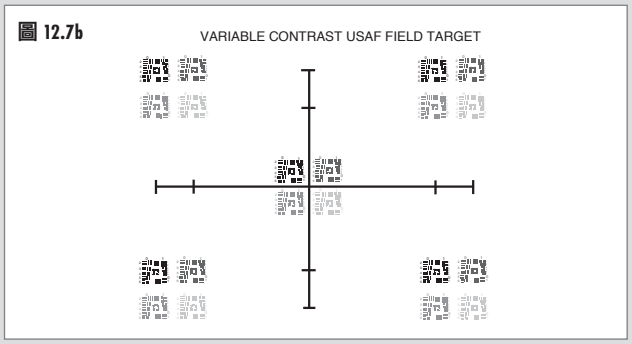


圖 12.7b: USAF 1951 可變對比度和視場測試板。

第 12.4 節: 朗奇刻線法

某些與 USAF 1951 測試板關聯的問題，可以透過使用其它被稱為朗奇刻線法的測試板來解決。此測試板由一個特定空間頻率下的重複線構成，它們朝一個方向延伸，覆蓋了測試板的整個表面 (圖 *12.8*)。由於整個測試板中有細節，因此可以同時確定系統在整個視場中的最佳焦點。對於僅需分析一種頻率的應用，這可能是一款簡單易用的工具。使用朗奇刻線法存在兩個缺點。首先，由於給定測試板僅提供一種頻率，因此要求為需要評估的每種頻率提供一個不同的目標板。其次，由於線條僅朝一個方向傳播，因此無法對由於像散等像差造成的視場內非對稱性分辨率降低進行分析。要解決這個問題，需要將測試板旋轉 90°，並且另外使用一張圖像來分析分辨率。此外，雖然在像散情況下也能平衡鏡頭焦點以獲得最佳焦點，但在將測試板來回翻轉時，可能難以找到這一平衡點。

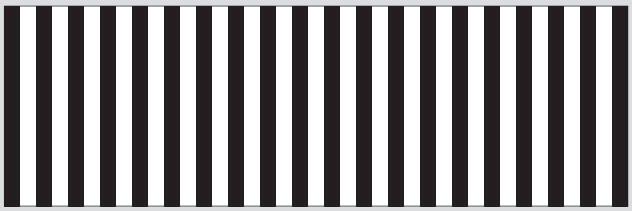


圖 12.8: 朗奇刻線法。

第 12.5 節: 星標測試板

多單元星標測試版可能在測試系統分辨率和對比度方面功能最強大，它結合了 USAF 和朗奇刻線法的諸多優勢。星標的每個單元由一個圓構成，圓是由凹凸交替的餅形楔形、依已知角度向中心漸縮而形成 (圖 *12.9*)。個別單元的錐形楔形顯示了分辨率的持續變化，我們可以在垂直和水準方向以及許多其他方向對其進行評估，而無需重新定位測試板。

圖 12.9

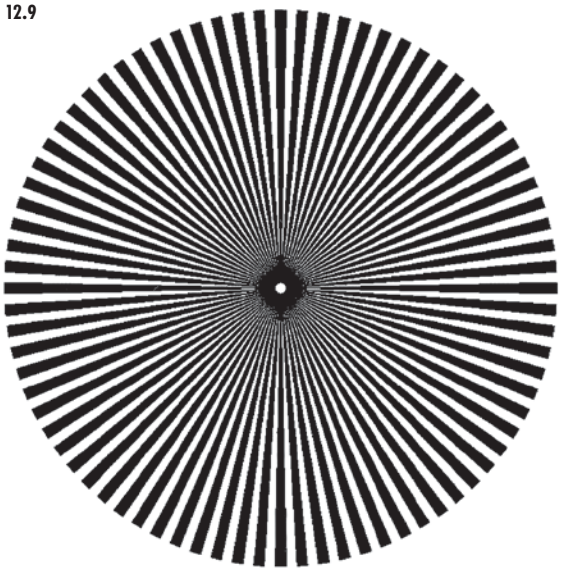


圖 12.9: 星標單元。

星標測試板的限制

與其他測試板一樣，星標測試版也存在缺陷。由於楔形會提供連續變化的分辨率，因此更加難以確定測試系統在每個單元上達到的精確分辨率。儘管可以透過數學方式實現這一點，但在視覺上卻很難做到。另外，星標外型圓形的子單元有機會產生非對稱性模糊影像，難以使用簡單軟體工具 (如線分析器) 來從圖像中擷取資訊。要充分利用星標，需要使用更進階的圖像分析軟體。

圖 12.10

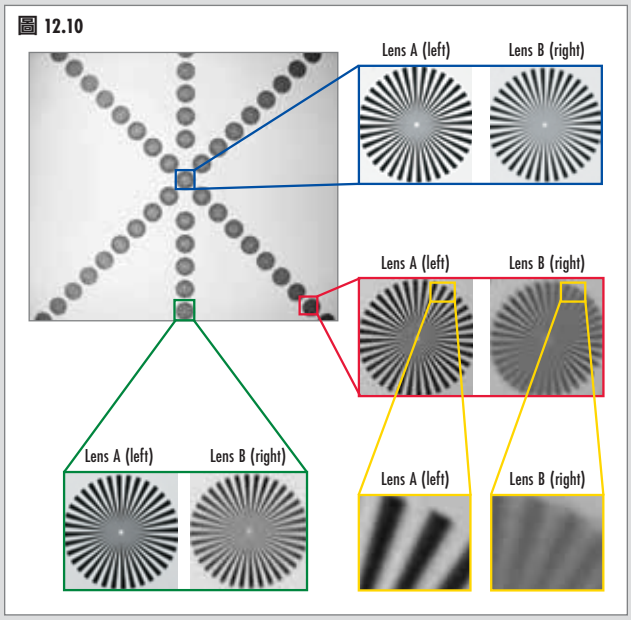
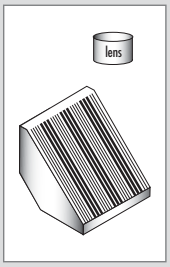


圖 12.10: 由兩個具有相同焦距、f/#、視場和傳感器的鏡頭 (A 和 B) 成像的星標。鏡頭 A 在圖像邊緣和邊角處的優越性變得很明顯。

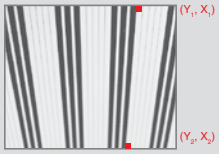
視場內擁有許多星標透過能夠確定整個視場內的最佳焦點，同時於各種分辨率下分析水平和垂直資訊，從而輕鬆地比較不同成像解決方案。圖 *12.10* 顯示了完整的星標；其他範例圖像中比較了兩個不同鏡頭位於測試板中心、中間下方和角落顯示區域。這些範例中使用了 Sony ICX625 黑白傳感器 (3.45 像素，總分辨率為 500 萬像素) 和白光背光照明燈。

第 12.6 節: 遠心度測試板

藉由遠心度測試板，可將圖像中的梯形畸變視覺化，並對其進行準確量測。梯形畸變的程度與對測試板進行成像之鏡頭的遠心度有關。測試板的放置方向與光軸呈 45° 角，因此測試板頂部距鏡頭的距離較測試板底部更遠。透過非遠心鏡頭對測試板成像時，在圖像底部，垂直線之間的距離將會減小，此影響稱為梯形畸變。完美的遠心鏡頭不會產生梯形畸變，遠心度將是 0°。



顯而易見，此圖像 (採用遠心鏡頭拍攝) 中的模糊區域是對稱的。若您觀察整個圖像內的水平線條輪廓，發現每條黑線的中心位置存在水平分量，則在圖像中的模糊區域以及圖像中的聚焦區域，都同樣會存在該位置。



此圖像 (使用 8mm 焦距的鏡頭拍攝) 展示出梯形畸變。顯然，線條匯集在圖像底部。圖像底部線條的中心位置與圖像頂部的中心位置並不相同。

透過以下步驟，可將此位置差異轉化為遠心度:
1) 計算頂部線條輪廓與底部線條輪廓之間的距離, Y_1 與 Y_2 $\Delta Y = (Y_1 - Y_2)$
2) 計算目標線的水平位移 (ΔX) : $\Delta X = |X_1 - X_2|$
3) 計算遠心角度: $q = \tan^{-1}(\Delta X / \Delta Y)$

第 12.7 節: 景深 (DOF) 測試板

在細節遠離鏡頭所聚焦到的平面時，景深測試板能夠顯示和量化保持聚焦的良好程度。景深測試板相當簡單：已知頻率 (分辨率) 的線依已知角度傾斜，並用來確定保持聚焦的良好程度。當線條開始連在一起並且遠離鏡頭變得模糊，直到它們無法再相互區分開來。可以在不同距離下測量對比度，以確定何時失去所需的分辨率級別；這可以確定鏡頭在特定設定下的景深限制。圖 *12.11* 和圖 *12.12* 展示了如何使用景深測試板。

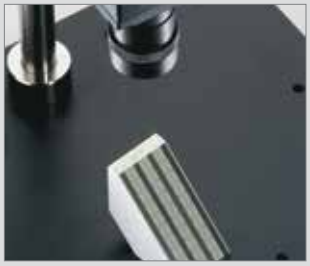


圖 12.11: 景深測試板應與鏡頭呈 45° 夾角。

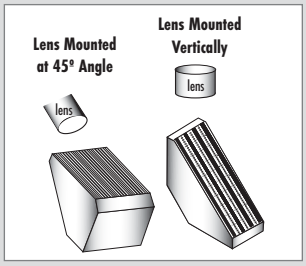


圖 12.12: 使用景深測試板的示範方法。

例如: 使用景深測試板

50mm DG 系列鏡頭

圖 *12.13* 顯示了從景深測試板 (設定在與成像路徑呈 45° 角的位置) 俯視的垂直安裝相機。由於鏡頭垂直聚焦於目標板中間，因此目標板上方和下方的圖像會失焦。圖像顯示了三種不同的 f/# 設定，以及光圈調整會如何改變獲取景深的能力。注意：朗奇刻線法也可以用於進行這類測試，因為它們具有固定的頻率，而且可以傾斜來創造此效果。傾斜度越大，可測量的景深範圍越大。

Go to
WWW.EDMUNDOPTICS.COM.TW/IMAGING-LAB
檢視關於**景深的EO成像實驗室模組1.8**

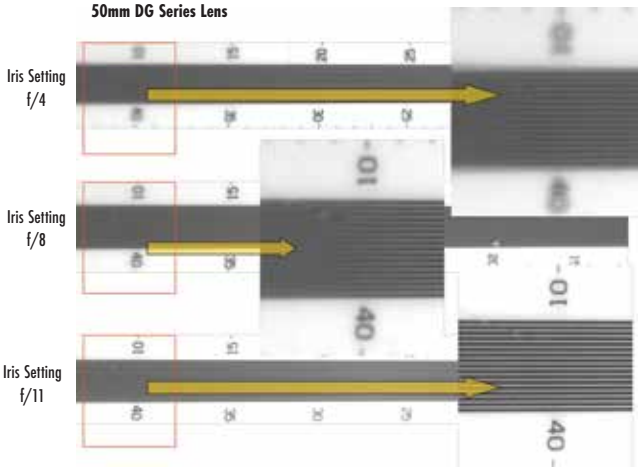


圖 12.13: 使用 50mm 鏡頭於 f/4、f/8 和 f/11 下拍攝的景深測試板的圖像。

第 12.8 節: 畸變測試板

畸變測試板用於校正系統，以便正確測量成像資訊的光學錯位。這些測試板通常由點、網格或方形圖案組成，它們與大多數成像軟體的校正流程相容，並可在整個視場中重新對應或調整測量值 (圖 *12.14*)。圖 *12.15* 顯示了可以調整的畸變類型。圖案成像後，其已知大小和間隔映射進行調整 (圖 *12.15*)。

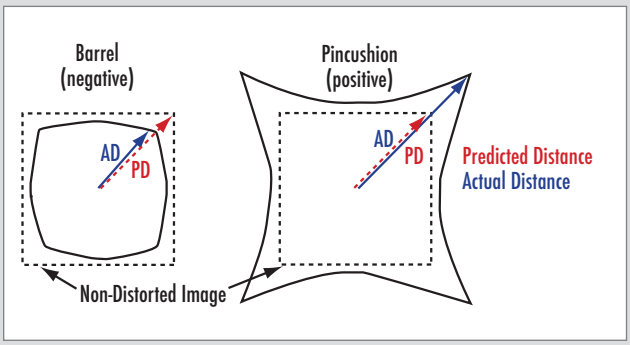


圖 12.15: 畸變的類型。

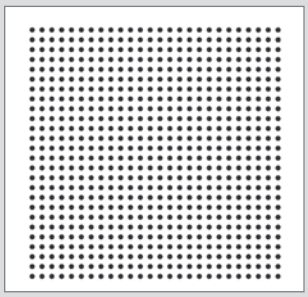


圖 12.14: 網格畸變測試板。

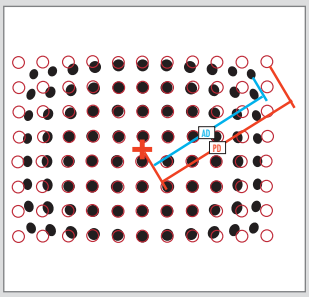


圖 12.16: 可以使用軟體測量和校正的位置差異。

定焦鏡頭

定焦鏡頭用途廣泛，可用於許多工廠動化和機器視覺用。EdmundOptics® 成像鏡頭提供廣泛的焦段，專為最新傳感器所設計。

UC Series – 1/1.8" 12MP C-Mount UCi Series – Instrumentation Version **C Series** – 2/3" 7.5MP C-Mount Ci Series – Instrumentation Version Cr Series – Ruggedized Version Cw Series – Waterproof Version Cx Series – Modularized Version	**HR Series** – 9MP C-Mount HRi Series – Instrumentation Version HRr Series – Ruggedized Version **HP Series** – 20MP C-Mount HPi Series – Instrumentation Version HPr Series – Ruggedized Version	**CA Series** – APS-C 30MP TFL-Mount **HP+ Series** - 1.2" **LF Series** – 35mm 29MP F-Mount **LH Series** – APS-H 120MP F-Mount **LS Series** – 82mm 16k Line Scan **SWIR Series** – 4/3" 3MP **UAV Series** - 1.2" **Also M12 Lenses and More!**

遠心鏡頭

遠心鏡頭消除了視差誤差，專門為高精度測量和測量應用的理想選擇。多款 EdmundOptics® 遠心鏡頭均設計 f/6 光圈來提高光通量，同時仍提供高性能圖像。

TitanTL® – 35mm 31.4MP C-Mount **PlatinumTL™** – APS-C 25MP **GoldTL™** – 2/3" 5MP C-Mount **SilverTL™** – 1/1.8" 5MP C-Mount	**CompactTL™** – 2/3" 2.3MP C-Mount **VariMagTL™** – 2/3" 1.3MP C-Mount **CobaltTL** – 1.1" 20MP C-Mount

液態透鏡和特殊鏡頭

液態透鏡通電聚焦，沒有任何機械運動，可克服景深不足限制。 查看我們列舉的液態鏡頭和其他特殊鏡頭 (變焦鏡頭，超遠心鏡頭，紫外線鏡頭等)。

LT Series – 1.1" 12MP C-Mount **Cx Series** – 2/3" 7.5MP C-Mount **M12** – 1/1.8" 5MP C-Mount	**MercuryTL™** – 2/3" 2.3MP C-Mount **CTf Liquid Lens Objectives** – 2/3" 5MP C-Mount

濾光片和其配件

EdmundOptics® 製造各種機器視覺濾光片，包括短通，長通，帶通，陷波，偏振，中性密度和彩色濾光片。 查看我們列舉的濾光片以及更多配件 (C接環墊片，增距鏡等)。

顯微系統和物鏡

顯微系統可以藉由有限和無限共軛的物鏡對極小的物體成像。 品牌包括 TECHSPEC®, Mitutoyo, Nikon, Olympus, Zeiss和更多品牌。

相機

檢閱我們列舉的機器視覺相機。提供 USB3, GigE, 5GigE, 10GigE等不同介面功能。 從領先品牌中選擇，包括 Teledyne FLIR IIS, Teledyne Lumenera, Teledyne DALSA, Allied Vision, Basler, iDS, Lucid Vision Labs, Pixelink 等。

照明

照明光源是成像的關鍵要求。 選擇正確的照明技術可以檢查具有挑戰性特徵的物體。

測試版

測試版可提供有關成像系統在不同視場性能的反饋並可以提供有關軟體處理的必要資訊。

TECHSPEC® UC 系列定焦鏡頭
| 1200 萬像素

- 最高 1/1.8", C 接環鏡頭
- 最高支援到 12 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- 超緊湊設計 (UC), 適用於小型傳感器的高分辨率鏡頭

- **UCi 系列 – 參見第 72-74 頁**
- 最高 1/1.8", C 接環, S 接環鏡頭
- 最高支援到 12 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- UC 系列鏡頭的超精巧型儀表 (UCi) 版本, 具有簡化機械結構和固定光圈設計

相容濾光片規格

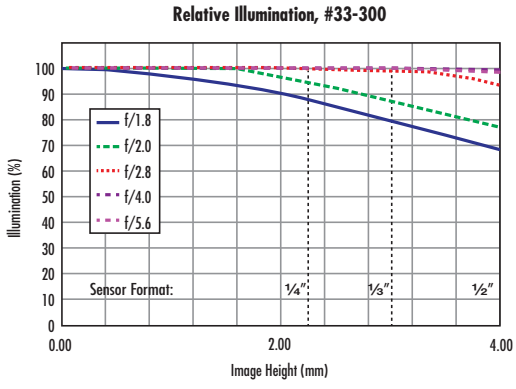
See pages 136-138 for pricing and additional information.

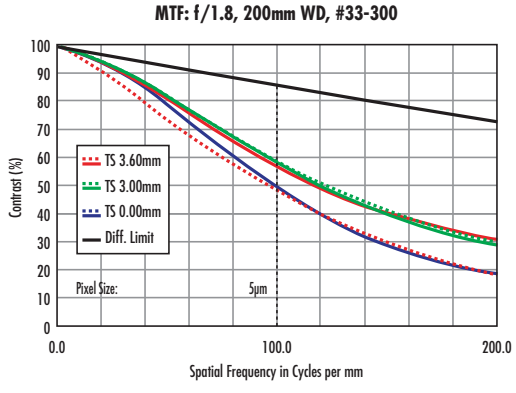
Focal Length (mm)	Color Filter - Light Red	Color Filter - Red	Color Filter - Green	Color Filter - Blue	UV Protective Filter	Linear Polarizing Filter	IR Cut-Off Filter (KG-3)	UV/IR-Cut Filter	UV/VIS Cut-Off Filter
4	#89-822	#89-832	#89-792	#89-772	#54-047	#36-444	#49-806	#49-814	#64-888
6	#89-816	#89-826	#89-786	#89-766	#64-892	#64-897	–	–	–
8	–	–	–	–	#46-579	–	#49-803	#49-811	–
12	#89-418	#89-824	#89-784	#89-764	#46-577	#46-575	#49-800	#49-808	#65-796
16	#89-418	#89-824	#89-784	#89-764	#46-577	#46-575	#49-800	#49-808	#65-796
25	#89-418	#89-824	#89-784	#89-764	#46-577	#46-575	#49-800	#49-808	#65-796

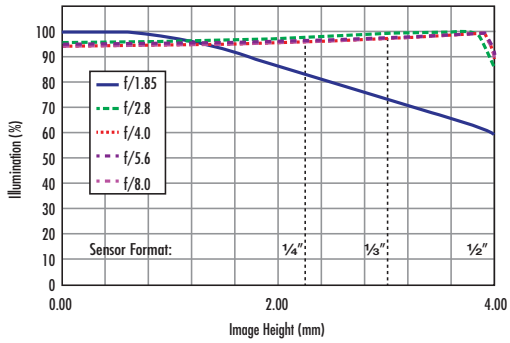
UC Series 4mm ½" Format

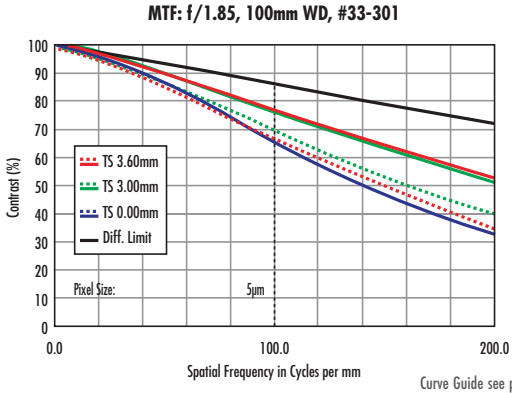
Focal Length:	4mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	23.0mm - 84.8°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	20mm - 77.8°	
Working Distance (mm):	0 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/11	
Max Distortion (%):	-20.43	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	72	
Stock No. / Price	#33-300	NT8,450
Filter Adapter / Price	#33-308	NT1,120

致電尋求批量報價







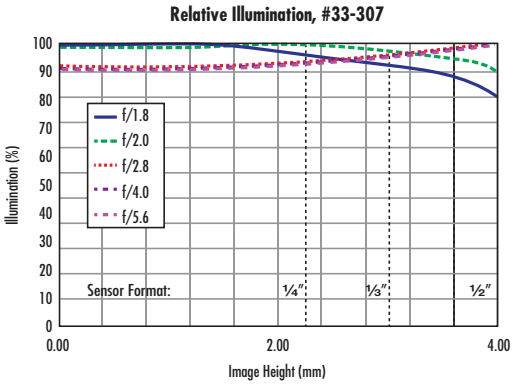


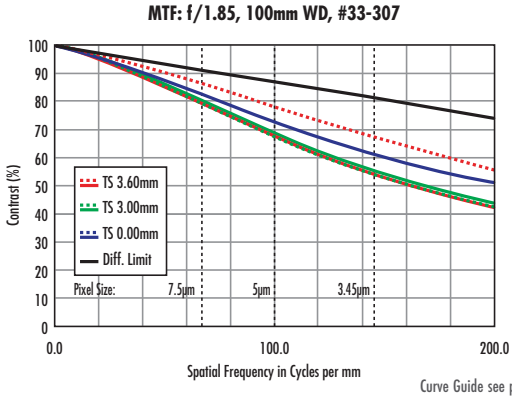
Curve Guide see page 14

UC Series 6mm ½" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	73.8mm - 60.0°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	65.9mm - 54.6°	
Working Distance (mm):	50 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.85 - f/11	
Max Distortion (%):	-11.19	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	67	
Stock No. / Price	#33-301	NT8,450

致電尋求批量報價





Curve Guide see page 14

UC Series 8mm ½" Format

Focal Length:	8mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	59.1mm - 44.7°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	53.1mm - 40.7°	
Working Distance (mm):	50 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/11	
Max Distortion (%):	-3.92	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	78	
Stock No. / Price	#33-307	NT8,450
Filter Adapter / Price	#89-940	NT945

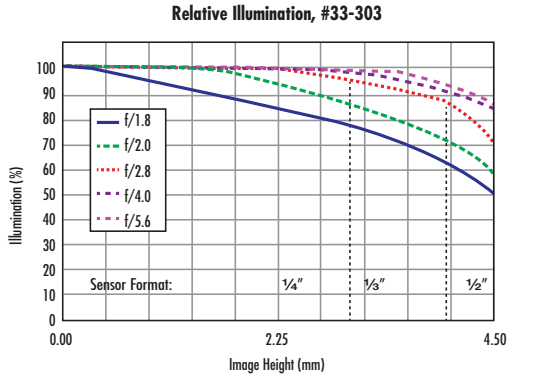
致電尋求批量報價

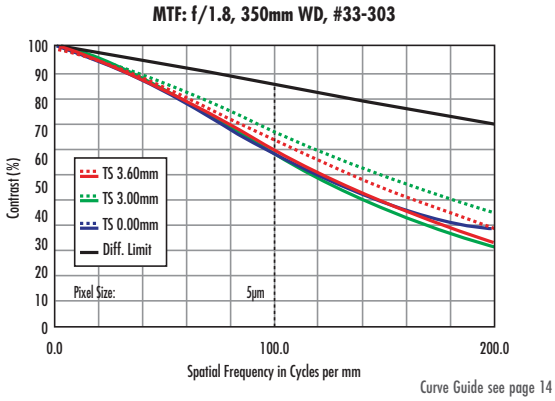
UC 系列定焦鏡頭

UC Series 12mm 1/1.8" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	70.3mm - 34.0°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	62.2mm - 30.3°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	56.2mm - 27.5°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/11	
Max Distortion (%):	-3.03	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	49	
Stock No. / Price	#33-303	NT8,450
Filter Adapter / Price	N/A	–

致電尋求批量報價



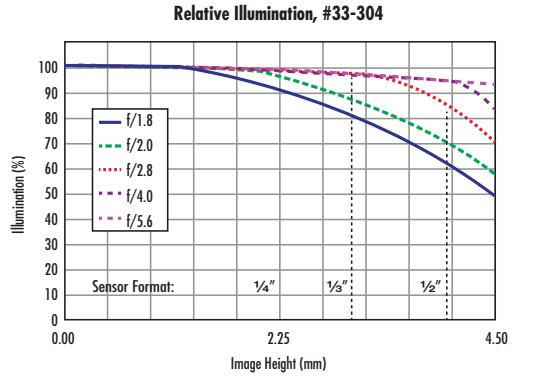


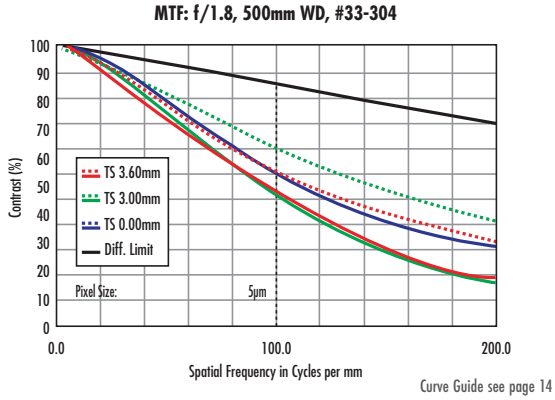
Curve Guide see page 14

UC Series 16mm 1/1.8" Format

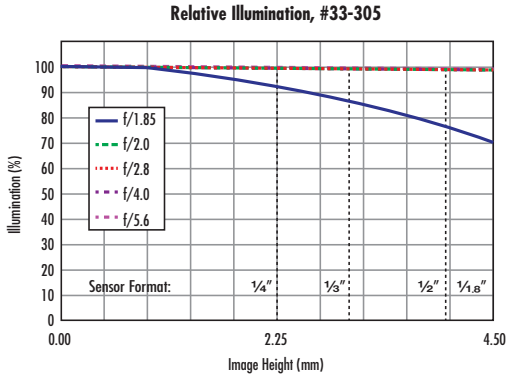
Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	98.5mm - 25.3°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	87.6mm - 22.5°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	79.4mm - 20.5°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/11	
Max Distortion (%):	-0.53	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	42	
Stock No. / Price	#33-304	NT8,450

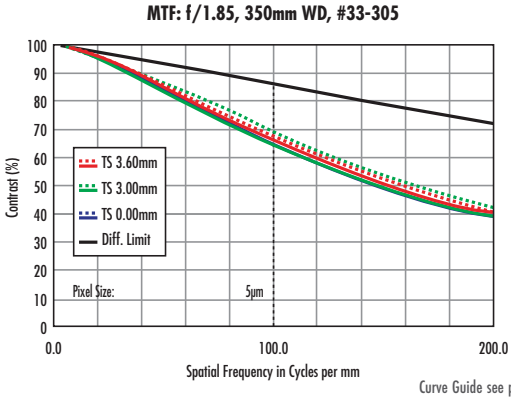
致電尋求批量報價





Curve Guide see page 14



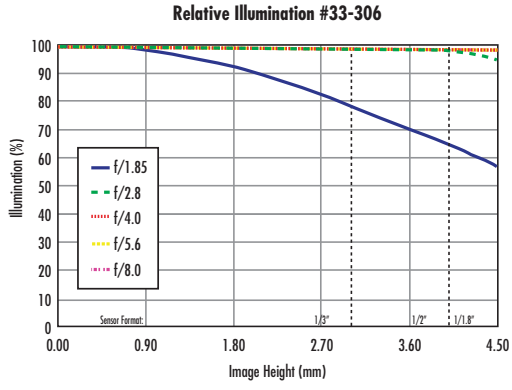


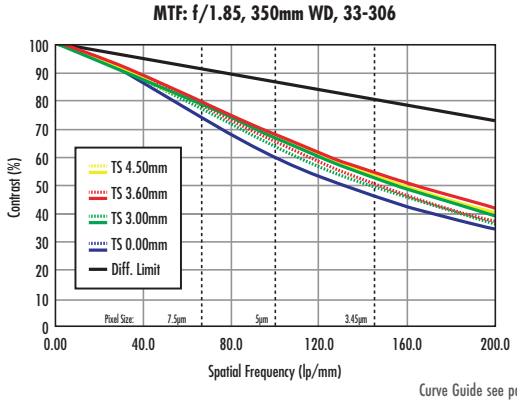
Curve Guide see page 14

UC Series 25mm 1/1.8" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	60.8mm - 16.4°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	54.0mm - 14.6°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	48.9mm - 13.2°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.85 - f/16	
Max Distortion (%):	-0.15	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	48	
Stock No. / Price	#33-305	NT8,450

致電尋求批量報價





Curve Guide see page 14

UC Series 35mm 1/1.8" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	45.9mm - 11.9°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	40.7mm - 10.6°	
Horizontal Field of View, ½.5" Sensor:	36.9mm - 9.6°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.85 - f/16	
Max Distortion (%):	-0.22	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Stock No. / Price	#33-306	NT8,450

致電尋求批量報價

TECHSPEC® UCi 系列定焦鏡頭
1200 萬像素

- 最高 1/1.8", C 接環, S 接環鏡頭
- 最高支援到 1200 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- UC 系列的儀表 (UCi) 版本鏡頭具有簡化機械結構和固定光圈設計

技術說明

TECHSPEC® UCi 系列定焦鏡頭

經過工業性強化設計，會簡化和精簡鏡頭外觀，和標準版鏡頭相比更具成本優勢，並且非常適合用在一勞永逸在儀器上與 OEM 應用整合。工業性強化鏡頭設計可承受衝擊和振動，而不會損壞，藉由減少用來調焦與光圈調整複雜可動件，同時減輕重量和尺寸。可調光圈設計被固定光圈取代，笨重的鏡筒調焦機構被單螺紋取代。

這些修改變更也是其他強化類型設計和延長產品壽命的基礎。工業強化設計鏡頭非常適合視覺系統承受重複加速和運動的工廠自動化環境。 UCi 系列提供多種光圈選項，確保解析度、光通量和景深的最大靈活性。這些鏡頭可支援最高達 1200 萬像素，傳感器尺寸高達 1/1.8 吋。

UCi 系列定焦鏡頭

Focal Length:	4mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	–	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	22.8mm - 84.8°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	20.0mm - 77.8°	
Working Distance (mm):	0 - ∞	
Max Distortion (%):	-20.44	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	44	
f/1.8 / Price	#33-855	NT7,638
f/2.8 / Price	#33-856	NT7,638
f/4.0 / Price	#33-857	NT7,638
f/5.6 / Price	#33-858	NT7,638
f/8.0 / Price	#33-859	NT7,638
f/11.0 / Price	#33-860	NT7,638
f/16.0 / Price	#33-861	NT7,638
致電尋求批量報價		

UCi Series
4mm
½" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	–	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	72.8mm - 60.0°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	65.0mm - 54.6°	
Working Distance (mm):	50 - ∞	
Max Distortion (%):	-11.2	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	52	
f/1.85 / Price	#33-862	NT7,638
f/2.8 / Price	#33-863	NT7,638
f/4.0 / Price	#33-864	NT7,638
f/5.6 / Price	#33-865	NT7,638
f/8.0 / Price	#33-866	NT7,638
f/11.0 / Price	#33-867	NT7,638
f/16.0 / Price	#33-868	NT7,638
致電尋求批量報價		

UCi Series
6mm
½" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	69.2mm - 34.0°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	61.2mm - 30.3°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	55.3mm - 27.5°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-3.03	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	18	
f/1.8 / Price	#33-876	NT7,638
f/2.8 / Price	#33-877	NT7,638
f/4.0 / Price	#33-878	NT7,638
f/5.6 / Price	#33-879	NT7,638
f/8.0 / Price	#33-880	NT7,638
f/11.0 / Price	#33-881	NT7,638
f/16.0 / Price	#33-882	NT7,638
致電尋求批量報價		

UCi Series
12mm
1/1.8" Format

UCi 系列定焦鏡頭

UCi Series 16mm 1/1.8" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	93.6mm - 25.3°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	83.2mm - 22.5°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	75.4mm - 20.5°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.53	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	13g	
f/1.8 / Price	#33-883	NT7,638
f/2.8 / Price	#33-884	NT7,638
f/4.0 / Price	#33-885	NT7,638
f/5.6 / Price	#33-886	NT7,638
f/8.0 / Price	#33-887	NT7,638
f/11.0 / Price	#33-888	NT7,638
f/16.0 / Price	#33-889	NT7,638

致電尋求批量報價

UCi Series 25mm 1/1.8" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	59.6mm - 16.4°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	54.0mm - 14.6°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	48.9mm - 13.2°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.15	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	38	
f/1.85 / Price	#33-890	NT7,638
f/2.8 / Price	#33-891	NT7,638
f/4.0 / Price	#33-892	NT7,638
f/5.6 / Price	#33-893	NT7,638
f/8.0 / Price	#33-894	NT7,638
f/11.0 / Price	#33-895	NT7,638
f/16.0 / Price	#33-896	NT7,638

致電尋求批量報價

UCi Series 35mm 1/1.8" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	45.6mm - 11.9°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	40.5mm - 10.6°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	36.7mm - 9.6°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.22	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
f/1.85 / Price	#33-897	NT8,125
f/2.8 / Price	#33-898	NT8,125
f/4.0 / Price	#33-899	NT8,125
f/5.6 / Price	#33-900	NT8,125
f/8.0 / Price	#33-901	NT8,125
f/11.0 / Price	#33-902	NT8,125
f/16.0 / Price	#33-854	NT8,125

致電尋求批量報價

TECHSPEC® C 系列定焦鏡頭
| 750 萬像素

- 最高 ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 750 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 用於機器視覺的緊湊 (C), 尺寸 FA 鏡頭

單一核心設計, 五種獨特解決方案

Ci 系列 – 參見第 80-83 頁
- 儀表版本設計，縮小尺寸降低成本
- 簡化對焦因應工業性強化需求
- 各種固定光圈選項

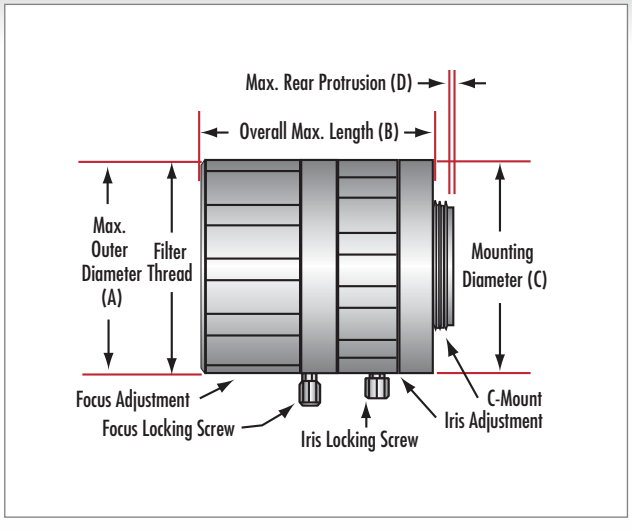
Cr 系列 – 參見第 84-87 頁
- 穩定性強化
- 每個光學鏡片點膠固定
- 在 50G 的震動下像素偏移不到 1µm

Cx 系列 – 參見第 88-90 頁
- 液態透鏡整合提供自動對焦
- 模組化機械結構
- 可更換使用的光圈及內置式濾光片

Cw 系列 – 參見第 91-94 頁
- 符合 IEC 防護等級 IPX7 和 IPX9K
- 以疏水鍍膜窗鏡保護前面鏡頭鏡片
- 設計消除鏡頭保護蓋使用

Dimensions

Focal Length (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Filter Thread
3.5	50.0	39.3	32.0	2.72	M105 x 1.0 (with adapter)
4.5	40.0	37.5	32.0	2.78	M58 x 0.75 (with adapter)
6	36.0	48.9	35.8	1.4	M43 x 0.75 (with adapter)
8.5	32.0	34.5	32.0	0.0	M25.5 x 0.5
12	32.0	27.9	32.0	0.5	M25.5 x 0.5
16	33.0	40.5	33.0	1.0	M25.5 x 0.5
25	31.0	30.5	31.0	1.3	M25.5 x 0.5
35	33.0	41.0	33.0	0.0	M25.5 x 0.5
50	35.8	53.7	35.8	2.85	M30.5 x 0.5
75	48.0	113.31	45.0	3.24	M43 x 0.75
100	52.0	93.5	41.0	7.0	M46 x 0.75

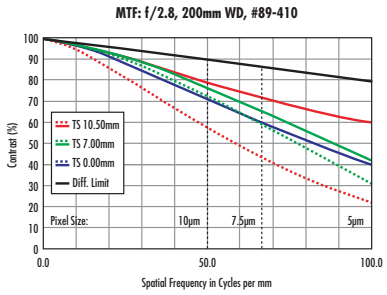


C 系列定焦鏡頭

C Series 3.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	3.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	41.2mm - 102.4°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	34.1mm - 94.1°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	23.0mm - 74.4°	
Working Distance (mm):	0 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.0 - f/11	
Max Distortion (%):	-20.95	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	110	
VIS Stock No. / Price	#89-410	NT10,530
VIS-NIR Stock No. / Price	#39-937*	NT14,235
Filter Adapter / Price	#89-848	NT1,715
致電尋求批量報價		

*Can be used up to 1,000nm

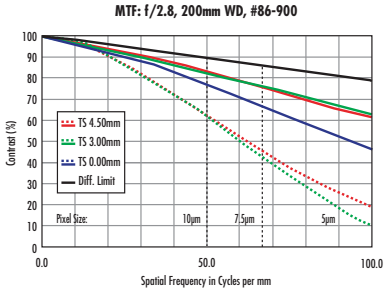


Curve Guide see page 14

C Series 4.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	4.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	71.9mm - 84.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	61.8mm - 76.8°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	44.0mm - 59.3°	
Working Distance (mm):	25 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.0 - f/11	
Max Distortion (%):	-15.83	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	69	
VIS Stock No. / Price	#86-900	NT10,530
VIS-NIR Stock No. / Price	#39-938*	NT14,235
Filter Adapter / Price	#87-425	NT1,715
致電尋求批量報價		

*Can be used up to 1,000nm

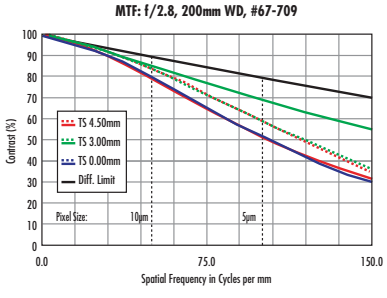


Curve Guide see page 14

C Series 6mm 1/1.8" Format

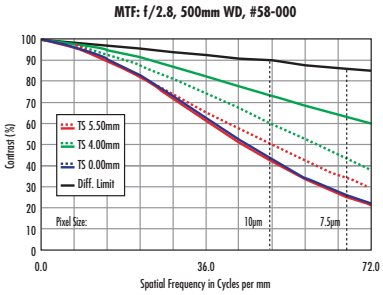
Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	109.8mm - 62.1°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	96.4mm - 55.9°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	70.8mm - 42.7°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.4 - f/16	
Max Distortion (%):	-6.84	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	102	
VIS Stock No. / Price	#67-709	NT8,483
VIS-NIR Stock No. / Price	#39-939*	NT12,090
SWIR Stock No. / Price	#23-218	NT12,090
Filter Adapter / Price	#85-308	NT1,715
致電尋求批量報價		

*Can be used up to 1,000nm



Curve Guide see page 14

C Series 8.5mm 2/3" Format

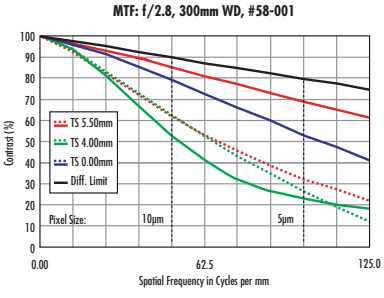


Curve Guide see page 14

Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	128.5mm - 60.6°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	101.0mm - 49.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	88.3mm - 43.6°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.3 - f/16	
Max Distortion (%):	-18.37	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	80	
VIS Stock No. / Price	#58-000	NT6,728
SWIR Stock No. / Price	#23-219	NT12,090

致電尋求批量報價

C Series 12mm 2/3" Format

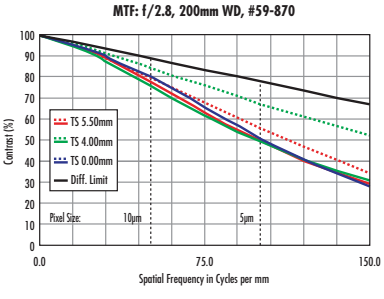


Curve Guide see page 14

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	83.0mm - 41.2°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	67.5mm - 34.0°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	59.8mm - 30.4°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Max Distortion (%):	-2.2	
Number of Elements (Groups):	7 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	54	
VIS Stock No. / Price	#58-001	NT6,728
SWIR Stock No. / Price	#23-220	NT12,090

致電尋求批量報價

C Series 16mm 2/3" Format



Curve Guide see page 14

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	61.4mm - 30.9°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	50.1mm - 25.4°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	44.5mm - 22.7°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.6 - f/16	
Max Distortion (%):	-0.77	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	74	
VIS Stock No. / Price	#59-870	NT6,338
VIS-NIR Stock No. / Price	#67-714*	NT10,530
SWIR Stock No. / Price	#23-221	NT10,530

致電尋求批量報價

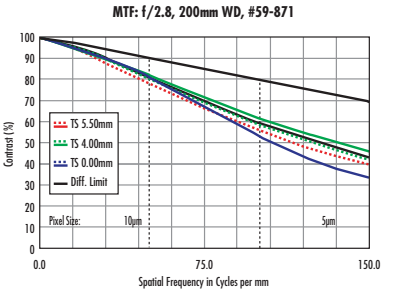
*Can be used up to 1,000nm

C 系列定焦鏡頭

C Series 25mm ⅔" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	36.5mm - 19.8°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	29.8mm - 16.2°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	26.5mm - 14.5°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.4 - f/16	
Max Distortion (%):	0.22	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	49	
VIS Stock No. / Price	#59-871	NT6,338
VIS-NIR Stock No. / Price	#67-715*	NT10,530
SWIR Stock No. / Price	#23-222	NT10,530
致電尋求批量報價		

*Can be used up to 1,000nm

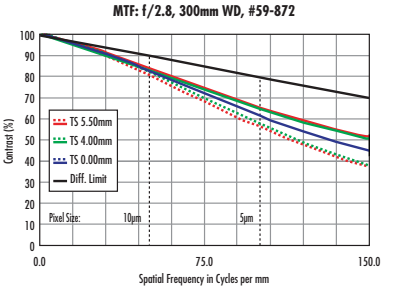


Curve Guide see page 14

C Series 35mm ⅔" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	39.2mm - 14.2°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	32.1mm - 11.7°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	28.5mm - 10.4°	
Working Distance (mm):	165 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.65 - f/22	
Max Distortion (%):	0.17	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	75	
VIS Stock No. / Price	#59-872	NT6,338
VIS-NIR Stock No. / Price	#67-716*	NT10,530
SWIR Stock No. / Price	#23-223	NT10,530
致電尋求批量報價		

*Can be used up to 1,000nm

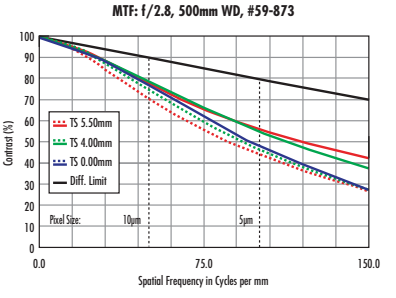


Curve Guide see page 14

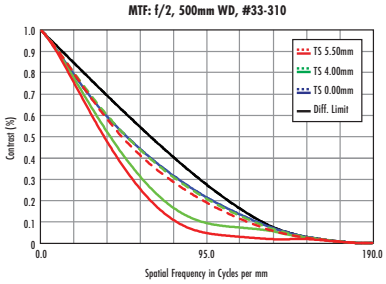
C Series 50mm ⅔" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	42.8mm - 10.0°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	34.9mm - 8.2°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	31.1mm - 7.3°	
Working Distance (mm):	250 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2 - f/22	
Max Distortion (%):	0.25	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Coating:	425 - 675nm BBAR*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	107	
VIS Stock No. / Price	#59-873	NT8,483
VIS-NIR Stock No. / Price	#67-717*	NT11,603
SWIR Stock No. / Price	#23-224	NT11,603
致電尋求批量報價		

*Can be used up to 1,000nm



Curve Guide see page 14

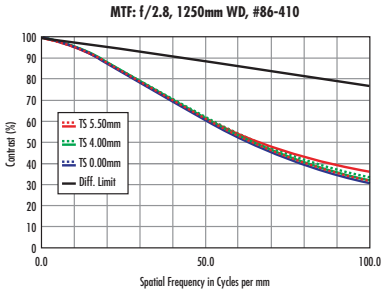


Curve Guide see page 14

Focal Length:	75mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	5.76°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	4.71°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	4.19°	
Working Distance (mm):	500 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.0 - f/16.0	
Max Distortion (%):	0.068	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	363	
VIS Stock No. / Price	#33-310	NT9,500

致電尋求批量報價

C Series 75mm 2/3" Format



Curve Guide see page 14

Focal Length:	100mm	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal Field of View, 4/3" Sensor:	108.6mm - 9.7°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	89.1mm - 8.0°	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	55.2mm - 5.0°	
Working Distance (mm):	750 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	
Max Distortion (%):	1.59	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	257	
VIS Stock No. / Price	#86-410	NT10,530
Working Distance Spacer** / Price	#34-237	NT1,155

致電尋求批量報價

**Allows 100mm Lens (#86-410) to Focus Down to 500mm Working Distance

C Series 100mm 4/3" Format

Mounted Machine Vision Filters

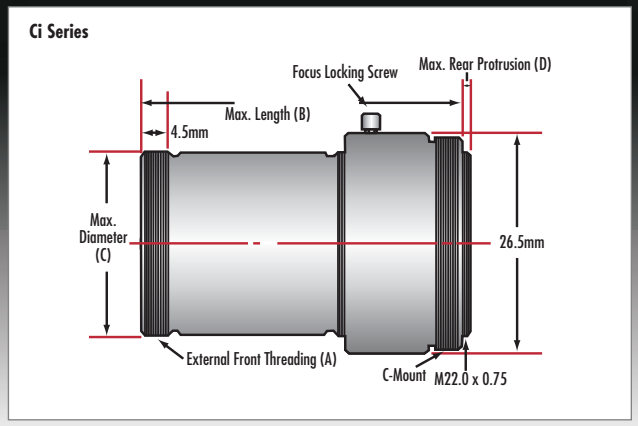
				NUV	Blue	Cyan	Green	Orange		VIS	Light Red	Dark Red	IR	
			Center Wavelength (nm):	324	470	505	525	590		550	635	660	850	
			Full-Width Half-Max (nm):	105	85	90	80	75		300	60	65	160	
Filter Thread	Mount Diameter (mm)	Mount Thickness (mm)	Clear Aperture (mm)	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Price	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Price
M25.5 x 0.50	27.50	5.2	21.00	#21-740	#21-741	#21-742	#21-743	#21-745	NT4,340	#21-744	#21-746	#21-747	#21-748	NT3,920
M30.5 x 0.50	32.50	5.2	25.50	#21-757	#21-758	#21-759	#21-760	#21-762	NT4,655	#21-761	#21-763	#21-764	#21-765	NT4,200
M43 x 0.75	45.00	5.2	38.00	#21-689	#21-690	#21-691	#21-692	#21-694	NT5,950	#21-693	#21-695	#21-696	#21-697	NT5,355
M46 x 0.75	48.00	5.2	41.00	#21-638	#21-639	#21-640	#21-641	#21-643	NT6,510	#21-642	#21-644	#21-645	#21-646	NT5,845
M58 x 0.75	60.00	5.2	53.00	#21-723	#21-724	#21-725	#21-726	#21-728	NT7,560	#21-727	#21-729	#21-730	#21-731	NT6,825
M105 x 1.00	109.80	5.7	100.00	#21-604	#21-605	#21-606	#21-607	#21-609	NT28,315	#21-608	#21-610	#21-611	#21-612	NT25,480

TECHSPEC® Ci 系列定焦鏡頭
| 750 萬像素

- 最高 ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 750 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 系列的儀表 (Ci) 版本鏡頭具有簡化機械結構和固定光圈設計

inspect award 2018 winner

Vision Systems Design 2018 Innovators Awards SILVER



Dimensions – Ci Series Units: mm

Focal Length (mm)	A	B	C	D	Filter Thread
3.5	M50.0 x 0.5	39.38	50	10.73	M105 x 1.0 with required adapter #89-848
4.5	M40.0 x 0.5	32.14	40	10.78	M58 x 0.75 with required adapter #87-425
6	M34.0 x 0.5	47.8	34.0	1.17	M43 x 0.75 with required adapter #89-940
8.5	M22.0 x 0.5	33.98	22.0	0.60	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-932
12	M22.0 x 0.75	29.0	22.0	0.96	M25.5 x 0.5 with required adapter #89-941
16	M22.0 x 0.75	40.8	22.0	1.09	M25.5 x 0.5 with required adapter #89-941
25	M22.0 x 0.75	29.9	22.0	1.33	M25.5 x 0.5 with required adapter #89-941
35	M25.5 x 0.5	41.0	22.5	3.82	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-942
50	M30.5 x 0.5	49.5	30.5	2.06	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-943

技術說明

TECHSPEC® Ci 系列定焦鏡頭

經過工業性強化設計，會簡化和精簡鏡頭外觀，和標準版鏡頭相比更具成本優勢，並且非常適合用在一勞永逸在儀器上與 OEM 應用整合。工業性強化鏡頭設計可承受衝擊和振動，而不會損壞，藉由減少用來調焦與光圈調整複雜可動件，同時減輕重量和尺寸。可調光圈設計被固定光圈取代，笨重的鏡筒調焦機構被單螺紋取代。

這些修改變更也是其他強化類型設計和延長產品壽命的基礎。工業強化設計鏡頭非常適合視覺系統承受重複加速和運動的工廠自動化環境。 Ci 系列提供多種光圈選項，提供解析度、光通量和景深之間使用的最大靈活性。這些鏡頭最高可支援到750 萬像素，感測器尺寸高達 ⅔ 英寸。

Ci Series 3.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	3.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	41.2mm - 102.8°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	29.5mm - 87.2°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	23.0mm - 74.4°	
Working Distance (mm):	0 - ∞	
Distortion (%):	<24	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	97	
	Stock No.	Price
f/2.0/ Price	#87-545	NT8,206
f/2.8 / Price	#87-546	NT8,206
f/4.0 / Price	#87-547	NT8,206
f/5.6 / Price	#87-548	NT8,206
f/8.0 / Price	#87-549	NT8,206
f/11 / Price	#87-550	NT8,206
M105 x 1.0 Filter Adapter / Price	#89-848	NT1,715

致電尋求批量報價

Ci Series 4.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	4.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	72.0mm - 84.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	53.9mm - 69.4°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	44.0mm - 59.2°	
Working Distance (mm):	25 - ∞	
Distortion (%):	<14	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	66	
	Stock No.	Price
f/2.0/ Price	#87-551	NT8,206
f/2.8 / Price	#87-552	NT8,206
f/4.0 / Price	#87-553	NT8,206
f/5.6 / Price	#87-554	NT8,206
f/8.0 / Price	#87-555	NT8,206
f/11 / Price	#87-556	NT8,206
M58 x 0.75 Filter Adapter / Price	#87-425	NT1,715

致電尋求批量報價

Ci Series 6mm 1/1.8" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	110.2mm - 62.1°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	96.8mm - 55.9°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	71.0mm - 42.7°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Distortion (%):	<7.5	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	64	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#86-591	NT6,663
f/1.8 / Price	#86-592	NT6,663
f/2.8 / Price	#86-593	NT6,663
f/4 / Price	#86-594	NT6,663
f/5.6 / Price	#86-595	NT6,663
f/8 / Price	#86-596	NT6,663
M43 x 0.75 Filter Adapter / Price	#89-940	NT945

致電尋求批量報價

Ci 系列定焦鏡頭

Ci Series 8.5mm 2⅔" Format

Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	2⅔"	
Horizontal Field of View, 2⅔" Sensor:	128.6mm - 60.6°	
Horizontal Field of View, 1⅓" Sensor:	101.0mm - 49.2°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	88.3mm - 43.6°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Distortion (%):	<15	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	34	
	Stock No.	Price
f/1.3 / Price	#86-599	NT4,956
f/1.8 / Price	#86-600	NT4,956
f/2.8 / Price	#86-601	NT4,956
f/4 / Price	#86-602	NT4,956
f/5.6 / Price	#86-603	NT4,956
f/8 / Price	#86-604	NT4,956
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-932	NT1,155
致電尋求批量報價		

Ci Series 12mm 2⅔" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2⅔"	
Horizontal Field of View, 2⅔" Sensor:	80.9mm - 41.2°	
Horizontal Field of View, 1⅓" Sensor:	65.8mm - 34.0°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	58.3mm - 30.4°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Distortion (%):	<2.5	
Number of Elements (Groups):	7 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	31	
	Stock No.	Price
f/1.8 / Price	#86-607	NT4,956
f/2.8 / Price	#86-608	NT4,956
f/4/ Price	#86-609	NT4,956
f/5.6 / Price	#86-610	NT4,956
f/8 / Price	#86-611	NT4,956
f/11 / Price	#86-612	NT4,956
f/16 / Price	#86-613	NT4,956
M25.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-941	NT945
致電尋求批量報價		

Ci Series 16mm 2⅔" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2⅔"	
Horizontal Field of View, 2⅔" Sensor:	61.4mm - 30.9°	
Horizontal Field of View, 1⅓" Sensor:	50.1mm - 25.2°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	44.5mm - 22.7°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Distortion (%):	<1.25	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	37	
	Stock No.	Price
f/1.6 / Price	#85-348	NT4,956
f/1.8 / Price	#85-349	NT4,956
f/2.8 / Price	#85-350	NT4,956
f/4 / Price	#85-351	NT4,956
f/5.6 / Price	#85-352	NT4,956
f/8 / Price	#85-353	NT4,956
f/11 / Price	#85-354	NT4,956
f/16 / Price	#85-336	NT4,956
M25.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-941	NT945
致電尋求批量報價		

Ci Series 25mm 2/3" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	35mm - 19.8°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	28.5mm - 16.1°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	25.4mm - 14.5°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Distortion (%):	<0.7	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	28	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#85-355	NT4,956
f/1.8 / Price	#85-356	NT4,956
f/2.8 / Price	#85-357	NT4,956
f/4 / Price	#85-358	NT4,956
f/5.6 / Price	#85-359	NT4,956
f/8 / Price	#85-360	NT4,956
f/11 / Price	#85-361	NT4,956
f/16 / Price	#85-337	NT4,956
M25.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-941	NT945

致電尋求批量報價

Ci Series 35mm 2/3" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	22.1mm - 14.3°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	18.1mm - 11.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	16.1mm - 10.4°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Distortion (%):	<0.3	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	45	
	Stock No.	Price
f/1.65 / Price	#85-362	NT4,956
f/1.8 / Price	#85-363	NT4,956
f/2.8 / Price	#85-364	NT4,956
f/4 / Price	#85-365	NT4,956
f/5.6 / Price	#85-366	NT4,956
f/8 / Price	#85-367	NT4,956
f/11 / Price	#85-368	NT4,956
f/16 / Price	#85-338	NT4,956
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-942	NT945

致電尋求批量報價

Ci Series 50mm 2/3" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	42.8mm - 10.0°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	35.0mm - 8.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	31.1mm - 7.3°	
Working Distance (mm):	250 - ∞	
Distortion (%):	<0.2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	63	
	Stock No.	Price
f/2 / Price	#86-614	NT6,663
f/2.8 / Price	#86-615	NT6,663
f/4 / Price	#86-616	NT6,663
f/5.6 / Price	#86-617	NT6,663
f/8 / Price	#86-618	NT6,663
f/11 / Price	#86-619	NT6,663
f/16 / Price	#86-620	NT6,663
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-943	NT945

致電尋求批量報價

Ci Series 100mm 1" Format

Focal Length:	100mm	
Maximum Sensor Format:	1"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	3.66°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	4.11°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	7.28°	
Working Distance (mm):	750 - ∞	
Distortion (%):	0.866	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/2.8 / Price	#15-508	NT8,125
f/4 / Price	#15-509	NT8,125
f/5.6 / Price	#15-510	NT8,125
f/8 / Price	#15-511	NT8,125
f/11 / Price	#15-512	NT8,125
f/16 / Price	#15-513	NT8,125

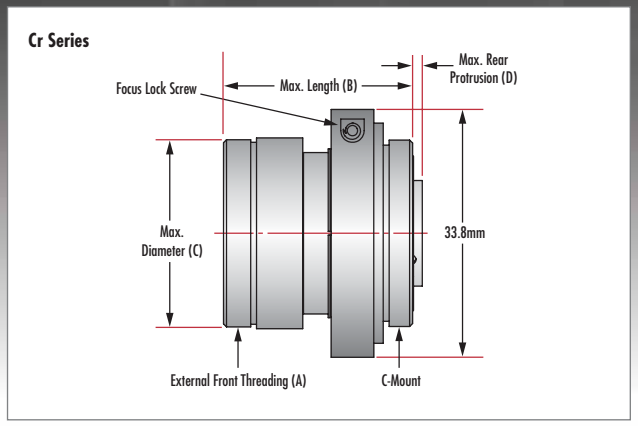
致電尋求批量報價

TECHSPEC® Cr 系列定焦鏡頭
| 750 萬像素

- 最高 ⅔", C 系列鏡頭
- 最高支援到 750 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 強化型 (Cr) 版本的 (50g Shock) C 系列鏡頭

inspect award 2018 winner

Vision Systems Design 2018 Innovators Awards SILVER



Dimensions – Cr Series Units: mm

Focal Length (mm)	A	B	C	D	Filter Thread
3.5	M50.0 x 0.5	39.01	50	10.73	M105 x 1.0 with required adapter #89-848
4.5	M40.0 x 0.5	32.13	40	10.78	M58 x 0.75 with required adapter #87-425
6	M34.0 x 0.5	48.19	36	1.17	M43 x 0.75 with required adapter #89-940
8.5	M25.5 x 0.5	35.4	26	0.6	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-942
12	M25.5 x 0.5	31.91	26	0	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-942
16	M25.5 x 0.5	42.78	26	1.09	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-942
25	M25.5 x 0.5	32.38	26	1.33	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-942
35	M25.5 x 0.5	41.99	26	3.32	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-942
50	M30.5 x 0.5	59.5	31.3	2.1	M30.5 x 0.5 with required adapter #89-943

技術說明

TECHSPEC® Cr 系列定焦鏡頭

穩定強化設計確保光學指向穩定性，並在鏡頭受衝擊後保持定位。除了用簡化的調焦機構取帶光圈之外，還將各個鏡片點膠固定到位，以防止鏡片在鏡筒內出現晃動。標準定焦鏡頭會使用調焦機構和光圈，光圈由薄葉片和球形煞車組成，用於調整 f/#，光圈在遇到衝擊和振動過程中可能會彈出位置。當成像系統晃動時，鏡筒內鏡片會產生偏心，讓相機傳感器上產生的影像產晃動，導致影像偏移到不同的像素。穩定性強化 Cr 系列鏡頭採用與 C 系列鏡頭相同的核心光學設計。然而，Cr 系列鏡頭設計將內部鏡片點膠固定在鏡筒內，最大程度地減少衝擊和振動期間的像素偏移，從而產生靜止影像。這些鏡頭最高支援到 750 萬像素，傳感器尺寸高達 ⅔ 英寸。

Cr Series 3.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	3.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	41.2mm - 102.8°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	29.5mm - 87.2°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	23.0mm - 74.4°	
Working Distance (mm):	0 - ∞	
Distortion (%):	<24	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	120	
	Stock No.	Price
f/2.0/ Price	#37-392	NT11,798
f/2.8 / Price	#37-393	NT11,798
f/4.0 / Price	#37-394	NT11,798
f/5.6 / Price	#37-395	NT11,798
f/8.0 / Price	#37-396	NT11,798
f/11 / Price	#37-397	NT11,798
M105 x 1.0 Filter Adapter / Price	#89-848	NT1,715
致電尋求批量報價		

Cr Series 4.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	4.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	72.0mm - 84.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	53.9mm - 69.4°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	44.0mm - 59.2°	
Working Distance: (mm)	25 - ∞	
Distortion (%):	<14	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	89	
	Stock No.	Price
f/2.0/ Price	#37-398	NT11,798
f/2.8 / Price	#37-399	NT11,798
f/4.0 / Price	#37-400	NT11,798
f/5.6 / Price	#37-401	NT11,798
f/8.0 / Price	#37-402	NT11,798
f/11 / Price	#37-403	NT11,798
M58 x 0.75 Filter Adapter / Price	#87-425	NT1,715
致電尋求批量報價		

Cr Series 6mm 1/1.8" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	110.2mm - 62.1°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	96.8mm - 55.9°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor:	71.0mm - 42.7°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Distortion (%):	<7.5	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	70	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#35-139	NT10,043
f/1.8 / Price	#35-140	NT10,043
f/2.8 / Price	#35-141	NT10,043
f/4 / Price	#35-142	NT10,043
f/5.6 / Price	#35-143	NT10,043
f/8 / Price	#35-144	NT10,043
M43 x 0.75 Filter Adapter / Price	#89-940	NT945
致電尋求批量報價		

Cr 系列定焦鏡頭

Cr Series 8.5mm 2/3" Format

Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	128.6mm - 60.6°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	101.0mm - 49.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	88.3mm - 43.6°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Distortion (%):	<15	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	60	
	Stock No.	Price
f/1.3 / Price	#36-838	NT7,605
f/1.8 / Price	#36-839	NT7,605
f/2.8 / Price	#36-840	NT7,605
f/4 / Price	#36-841	NT7,605
f/5.6 / Price	#36-842	NT7,605
f/8 / Price	#36-843	NT7,605
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-942	NT945
致電尋求批量報價		

Cr Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	80.9mm - 41.2°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	65.8mm - 34.0°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	58.3mm - 30.4°	
Working Distance (mm):	98 - ∞	
Distortion (%):	<2.5	
Number of Elements (Groups):	7 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	54	
	Stock No.	Price
f/1.8 / Price	#35-155	NT7,605
f/2.8 / Price	#35-156	NT7,605
f/4/ Price	#35-157	NT7,605
f/5.6 / Price	#35-158	NT7,605
f/8 / Price	#35-159	NT7,605
f/11 / Price	#35-160	NT7,605
f/16 / Price	#35-161	NT7,605
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-942	NT945
致電尋求批量報價		

Cr Series 16mm 2/3" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	59.8mm - 30.9°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	48.8mm - 25.5°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	43.3mm - 22.7°	
Working Distance (mm):	98 - ∞	
Distortion (%):	<1.25	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	67	
	Stock No.	Price
f/1.6 / Price	#35-163	NT7,605
f/1.8 / Price	#35-164	NT7,605
f/2.8 / Price	#35-165	NT7,605
f/4 / Price	#35-166	NT7,605
f/5.6 / Price	#35-167	NT7,605
f/8 / Price	#35-168	NT7,605
f/11 / Price	#35-169	NT7,605
f/16 / Price	#35-170	NT7,605
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-942	NT945
致電尋求批量報價		

Cr Series 25mm 2/3" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	33.4mm - 19.7°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	27.3mm - 16.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	24.2mm - 14.4°	
Working Distance (mm):	98 - ∞	
Distortion (%):	<0.7	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	52	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#35-172	NT7,605
f/1.8 / Price	#35-173	NT7,605
f/2.8 / Price	#35-174	NT7,605
f/4 / Price	#35-175	NT7,605
f/5.6 / Price	#35-176	NT7,605
f/8 / Price	#35-177	NT7,605
f/11 / Price	#35-178	NT7,605
f/16 / Price	#35-179	NT7,605
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-942	NT945

致電尋求批量報價

Cr Series 35mm 2/3" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	38.5mm - 14.2°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	31.5mm - 11.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	28.0mm - 10.4°	
Working Distance (mm):	165 - ∞	
Distortion (%):	<0.3	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	65	
	Stock No.	Price
f/1.65 / Price	#35-181	NT7,605
f/1.8 / Price	#35-182	NT7,605
f/2.8 / Price	#35-183	NT7,605
f/4 / Price	#35-184	NT7,605
f/5.6 / Price	#35-185	NT7,605
f/8 / Price	#35-186	NT7,605
f/11 / Price	#35-187	NT7,605
f/16 / Price	#35-188	NT7,898
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-942	NT945

致電尋求批量報價

Cr Series 50mm 2/3" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	42.8mm - 10.0°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	35.0mm - 8.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	31.1mm - 7.3°	
Working Distance (mm):	250 - ∞	
Distortion (%):	<0.2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	83	
	Stock No.	Price
f/2 / Price	#35-190	NT10,043
f/2.8 / Price	#35-191	NT10,043
f/4 / Price	#35-192	NT10,043
f/5.6 / Price	#35-193	NT10,043
f/8 / Price	#35-194	NT10,043
f/11 / Price	#35-195	NT10,043
f/16 / Price	#35-196	NT10,043
M30.5 x 0.5 Filter Adapter / Price	#89-943	NT945

致電尋求批量報價

Cr Series 100mm 1" Format

Focal Length:	100mm	
Maximum Sensor Format:	1"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	3.66°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	4.11°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	7.28°	
Working Distance (mm):	750 - ∞	
Distortion (%):	0.866	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/2.8 / Price	#15-521	NT11,603
f/4 / Price	#15-522	NT11,603
f/5.6 / Price	#15-523	NT11,603
f/8 / Price	#15-524	NT11,603
f/11 / Price	#15-525	NT11,603
f/16 / Price	#15-526	NT11,603

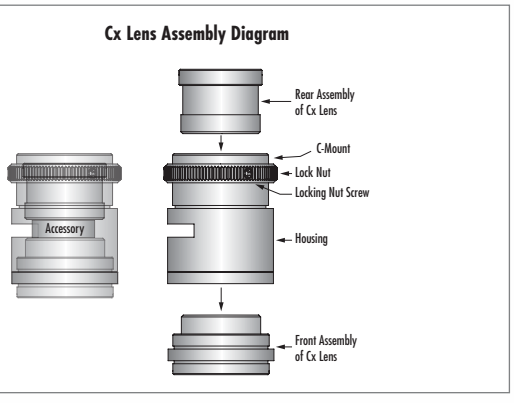
致電尋求批量報價

TECHSPEC® Cx 系列定焦鏡頭
| 750 萬像素

- 最高 ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 750 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 靈活的 (Cx) 版本 C 系列鏡頭，可交換光圈，濾光片和液態透鏡的模組化鏡頭

inspect award 2017 winner

Vision Systems 2016 Innovators Awards SILVER



光圈配件

Aperture (f/#)	12mm	16mm	25mm	35mm	50mm
f/1.5	–	#33-637	–	–	–
f/1.65	–	–	–	#33-666	–
f/1.8	#33-624	#33-638	#33-653	#33-667	–
f/2.0	–	–	–	–	#33-679
f/2.8	#33-625	#33-639	#33-654	#33-668	#33-680
f/4.0	#33-626	#33-640	#33-655	#33-669	#33-681
f/5.6	#33-627	#33-641	#33-656	#33-670	#33-682
f/8.0	#33-628	#33-642	#33-657	#33-671	#33-683
f/11.0	#33-629	#33-643	#33-658	#33-672	#33-684
f/16.0	#33-630	#33-644	#33-659	#33-673	#33-685
Price	NT210	NT210	NT210	NT210	NT210

濾光片支架配件*

Aperture (f/#)*	12mm	16mm	25mm	35mm	50mm
f/1.8	#33-594	#33-601	#33-608	–	–
f/2.8	#33-595	#33-602	#33-609	#33-615	#33-689
f/4.0	#33-596	#33-603	#33-610	#33-616	#33-690
f/5.6	#33-597	#33-604	#33-611	#33-617	#33-691
f/8.0	#33-598	#33-605	#33-612	#33-618	#33-692
f/11.0	#33-599	#33-606	#33-613	#33-619	#33-693
f/16.0	#33-600	#33-607	#33-614	#33-620	#33-694
Price	NT670	NT670	NT670	NT670	NT670

*Filter is not included with holder. Compatible with 12.5mm diameter, 1.5 or 2.0mm thick unmounted filters.

液態透鏡支架配件*

Compatible Liquid Lens*	12mm	16mm	25mm	35mm	50mm
A-25H0 (#34-282)	#33-631	#33-645	#33-660	#33-675	–
A-39N0 (#34-283)	–	–	–	#33-674	#33-686
Price	NT650	NT650	NT650	NT650	NT650

*Liquid Lens not included with holder and must be purchased separately. See page 160 for more info on our Variable Focus Liquid Lenses.

技術說明

TECHSPEC® Cx 系列定焦鏡頭

TECHSPEC® Cx 系列定焦鏡頭設計簡單且具有多功能性，可輕鬆整合到各種應用類型中。模組化三件式設計可以靈活地將精密固定光圈、內置濾光片支架或液態透鏡整合到鏡筒中。這些鏡頭還具有簡化的調焦機構，帶有易於使用的鎖定螺母和凹進固定螺絲，可將焦點位置鎖定到位。 Cx 系列鏡頭非常適合機器視覺、工廠自動化以及研發等應用。有關更多產品資訊或有關於配件安裝和設計支援的問題，請查看我們的快速入門指南、鏡頭手冊或聯絡技術支援。

Cx Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor*:	81.2mm - 41.2°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor*:	63.3mm - 35.1°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor*:	58.4mm - 30.3°	
Aperture (f/#):	Accessory Dependent	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Number of Elements (Groups):	7 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	33	
Cx Lens / Price	#33-562	NT5,948
致電尋求批量報價		

*At least one Cx Lens Accessory required for use (not included and sold separately).
For more information, visit www.edmundoptics.com.tw to download the User Manual and Start Up Guide.

Cx Series 16mm 2/3" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor*:	59.8mm - 31°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor*:	43.4mm - 22.7°	
Horizontal Field of View, 1/3" Sensor*:	32.5mm - 17.1°	
Aperture (f/#):	Accessory Dependent	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	39	
Cx Lens / Price	#33-563	NT5,948
致電尋求批量報價		

*At least one Cx Lens Accessory required for use (not included and sold separately).
For more information, visit www.edmundoptics.com.tw to download the User Manual and Start Up Guide.

Cx 系列定焦鏡頭

CX Series 25mm ⅔" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor*:	50.7mm - 19.8°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor*:	36.7mm - 14.4°	
Horizontal Field of View, ⅓" Sensor*:	27.5mm - 10.8°	
Aperture (f/#):	Accessory Dependent	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	30	
Cx Lens / Price	#33-564	NT5,948

致電尋求批量報價

*At least one Cx Lens Accessory required for use (not included and sold separately).
For more information, visit www.edmundoptics.com.tw to download the User Manual and Start Up Guide.

CX Series 35mm ⅔" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor*:	53.6mm - 14.3°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor*:	38.9mm - 10.4°	
Horizontal Field of View, ⅓" Sensor*:	29.1mm - 7.8°	
Aperture (f/#):	Accessory Dependent	
Working Distance (mm):	225mm - ∞	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	51	
Cx Lens / Price	#33-565	NT5,948

致電尋求批量報價

*At least one Cx Lens Accessory required for use (not included and sold separately).
For more information, visit www.edmundoptics.com.tw to download the User Manual and Start Up Guide.

CX Series 50mm ⅔" Format

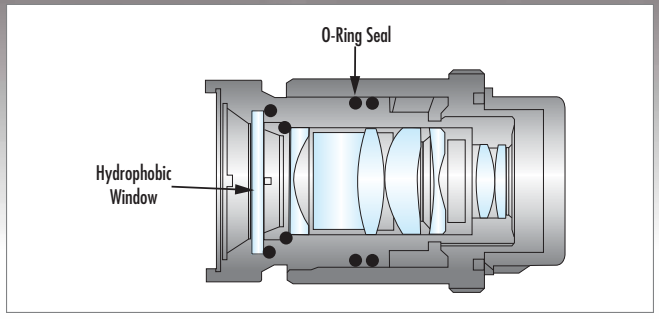
Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor*:	51.5mm - 9.9°	
Horizontal Field of View, ½" Sensor*:	37.2mm - 7.1°	
Horizontal Field of View, ⅓" Sensor*:	27.9mm - 5.4°	
Aperture (f/#):	Accessory Dependent	
Working Distance (mm):	300 - 1675 **	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	72	
Cx Lens / Price	#33-566	NT7,995

致電尋求批量報價

*At least one Cx Lens Accessory required for use (not included and sold separately).
For more information, visit www.edmundoptics.com.tw to download the User Manual and Start Up Guide.
**Working distance is 325 - 3000mm when used with a filter and 250mm - ∞ when used with a liquid lens.

TECHSPEC® Cw 系列定焦鏡頭
| 500 萬像素

- 最高 ⅔", C 接環鏡頭
- 防水 (Cw) 版本的 TECHSPEC® C 系列鏡頭
- 符合 IPX7 及 IPX9K 的 IEC 異物防護等級



配件

Description	Stock No.	Price
5 pk. O-Ring for Cw Lenses	#22-790	NT420
5.3 oz. Tube O-Ring Grease	#22-791	NT1,050
CW Series to LUCID Triton™ C-Mount Adapter with O-Ring	#23-669	NT945

技術說明

TECHSPEC® Cw 系列定焦鏡頭

入口端防護是一種強化設計，可保護成像鏡頭和其他工業組件免於各種類型的顆粒粉塵和液體的進入，這些顆粒粉塵和液體可能會導致內部損壞或降低性能。除了用簡化的調焦機構取代光圈之外，還將各個鏡片點膠固定，以防止在鏡筒內出現晃動。國際電工委員會 (IEC) 針對不同類型的入口保護提供測試方法包含半定量、半定性認證規範。這些鏡頭的設計符合 IEC 入口防護代碼 IPX7 和 IPX9K，可承受在 1 公尺深的水中暴露 30 分鐘，並可在近距離高壓、高溫噴水條件下工作， 除了焦距 3.5 和 4.5 毫米的鏡頭所有的鏡頭都符合IPX7的規範。這些鏡頭前端配置疏水性鍍膜窗鏡，以防止水滴沉積在鏡片表面。為了防止濕氣進入鏡筒，鏡頭採用多個 O 形環密封。這些鏡頭最高支援達 500 萬像素，傳感器尺寸高達 ⅔ 吋。

Cw 系列定焦鏡頭

Cw Series 3.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	3.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	102.34°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	94.13°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	86.75°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Max Distortion (%):	21.12	
Number of Elements (Groups):	10 (9)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#15-607	NT11,798
f/1.8 / Price	#15-608	NT11,798
f/2.8 / Price	#15-609	NT11,798
f/4 / Price	#15-610	NT11,798
f/5.6 / Price	#15-611	NT11,798
f/8 / Price	#15-612	NT11,798
致電尋求批量報價		

Cw Series 4.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	4.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	84.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	76.8°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	70.1°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Max Distortion (%):	15.959	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#15-613	NT11,798
f/1.8 / Price	#15-614	NT11,798
f/2.8 / Price	#15-615	NT11,798
f/4 / Price	#15-616	NT11,798
f/5.6 / Price	#15-617	NT11,798
f/8 / Price	#15-618	NT11,798
致電尋求批量報價		

Cw Series 6mm 1/1.8" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	62.1°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	55.8°	
Horizontal Field of View, 1/2.5" Sensor:	50.7°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Max Distortion (%):	6.87	
Number of Elements (Groups):	10 (9)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.4 / Price	#15-619	NT10,043
f/1.8 / Price	#15-620	NT10,043
f/2.8 / Price	#15-621	NT10,043
f/4 / Price	#15-622	NT10,043
f/5.6 / Price	#15-623	NT10,043
f/8 / Price	#15-624	NT10,043
致電尋求批量報價		

Cw Series 8.5mm 2/3" Format

Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	60.6°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	49.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	43.6°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-18.51	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.3 / Price	#15-625	NT7,605
f/1.8 / Price	#15-626	NT7,605
f/2.8 / Price	#15-627	NT7,605
f/4 / Price	#15-628	NT7,605
f/5.6 / Price	#15-629	NT7,605
f/8 / Price	#15-630	NT7,605
致電尋求批量報價		

Cw Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	41.0°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	33.8°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	30.2°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	2.11	
Number of Elements (Groups):	7 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.8 / Price	#15-631	NT7,605
f/2.8 / Price	#15-632	NT7,605
f/4 / Price	#15-633	NT7,605
f/5.6 / Price	#15-634	NT7,605
f/8 / Price	#15-635	NT7,605
f/11 / Price	#15-636	NT7,605
f/16 / Price	#15-637	NT7,605
致電尋求批量報價		

Cw Series 16mm 2/3" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	31°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	25.4°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	22.7°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.77	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.6 / Price	#15-638	NT7,605
f/1.8 / Price	#15-639	NT7,605
f/2.8 / Price	#15-640	NT7,605
f/4 / Price	#15-641	NT7,605
f/5.6 / Price	#15-642	NT7,605
f/8 / Price	#15-643	NT7,605
f/11 / Price	#15-644	NT7,605
f/16 / Price	#15-645	NT7,605
致電尋求批量報價		

Cw 系列定焦鏡頭

Cw Series 25mm 2/3" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	19.8°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	16.2°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	14.5°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	0.22	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.6 / Price	#15-646	NT7,605
f/1.8 / Price	#15-647	NT7,605
f/2.8 / Price	#15-648	NT7,605
f/4 / Price	#15-649	NT7,605
f/5.6 / Price	#15-650	NT7,605
f/8 / Price	#15-651	NT7,605
f/11 / Price	#15-652	NT7,605
f/16 / Price	#15-653	NT7,605
致電尋求批量報價		

Cw Series 35mm 2/3" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	14.3°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	11.7°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	10.4°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	0.17	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/1.65 / Price	#15-654	NT7,898
f/1.8 / Price	#15-655	NT7,898
f/2.8 / Price	#15-656	NT7,898
f/4 / Price	#15-657	NT7,898
f/5.6 / Price	#15-658	NT7,898
f/8 / Price	#15-659	NT7,898
f/11 / Price	#15-660	NT7,898
f/16 / Price	#15-661	NT7,898
致電尋求批量報價		

Cw Series 50mm 2/3" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	10.0°	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	8.22°	
Horizontal Field of View, 1/2" Sensor:	7.31°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	0.257	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
	Stock No.	Price
f/2 / Price	#15-662	NT10,043
f/2.8 / Price	#15-663	NT10,043
f/4 / Price	#15-664	NT10,043
f/5.6 / Price	#15-665	NT10,043
f/8 / Price	#15-666	NT10,043
f/11 / Price	#15-667	NT10,043
f/16 / Price	#15-668	NT10,043
致電尋求批量報價		

TECHSPEC® HR 系列定焦鏡頭
| 900 萬像素

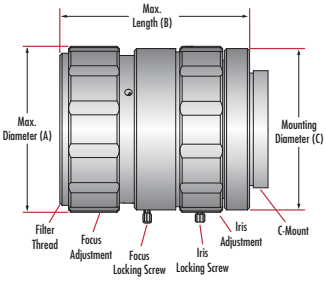
- ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 1000 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- 用於機器視覺的高性能 (HR), FA 鏡頭

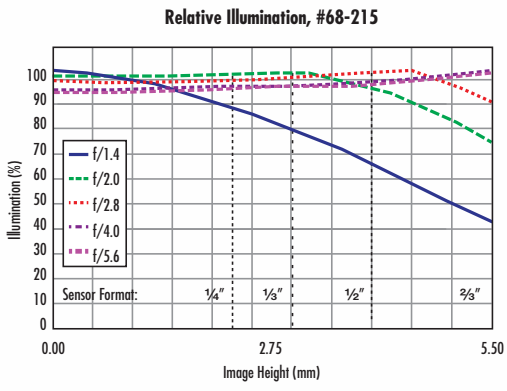
HRi 系列 – 98-99 頁
- ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 900 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- HR 系列的儀表 (HRi) 版本鏡頭採用簡化機械結構和固定光圈設計

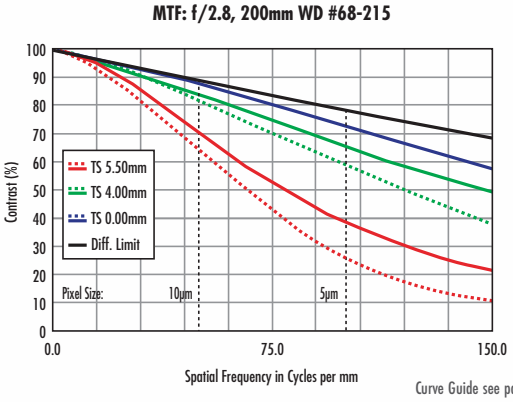
HRr 系列 – 100-101 頁
- ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 900 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- HR 系列的強化 (HRr) 設計 (可抗50g 衝擊) 鏡頭內部光學透鏡點膠固定

Dimensions

Focal Length (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Filter Thread
8.5mm, ⅔" Format	42.5	44.5	33.5	M40.5 x 0.5
12mm, ⅔" Format	36	41.1	35	M30.5 x 0.5
12mm, ⅔" Format	36	41.4	35	M30.5 x 0.5
12mm, ⅔" Format	36	41.2	35	M30.5 x 0.5
16mm, ⅔" Format	37	44	36	M25.5 x 0.5
16mm, ⅔" Format	37	44	36	M25.5 x 0.5
25mm, ⅔" Format	37.5	34.4	36	M25.5 x 0.5
25mm, ⅔" Format	37.5	33.7	36	M25.5 x 0.5
25mm, ⅔" Format	37.5	33.7	36	M25.5 x 0.5
35mm, ⅔" Format	37.5	45	36	M25.5 x 0.5
35mm, ⅔" Format	37.5	45	36	M25.5 x 0.5







Curve Guide see page 14

HR Series
8.5mm
⅔" Format

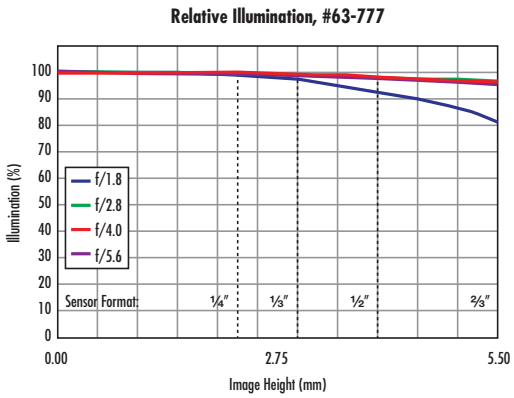
Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	101.5mm - 56.8°	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.4 - f/16	
Maximum Distortion (%):	-5.62	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	100	
Primary WD 200mm - ∞ / Price	#68-215	NT24,213

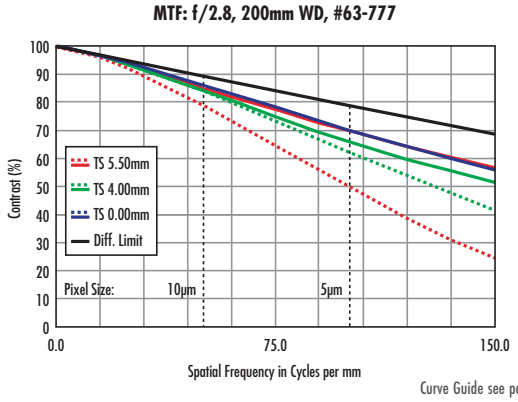
致電尋求批量報價

HR 系列定焦鏡頭

HR Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	[1]91mm - 41.1°, [2]92.7mm - 41.8°, [3]92.8mm - 42°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Maximum Distortion (%):	[1]-3.15, [2]-3.25, [3]-3.28	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	103	
[1]Primary WD 150 - 500mm / Price	#63-777	NT27,625
[2]Primary WD 400 - 2000mm / Price	#63-778	NT27,625
[3]Primary WD 1000mm / Price	#63-779	NT27,625
致電尋求批量報價		

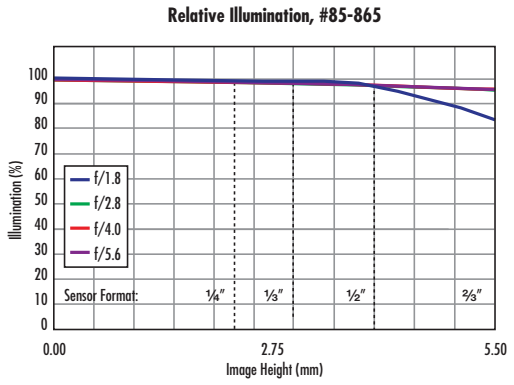


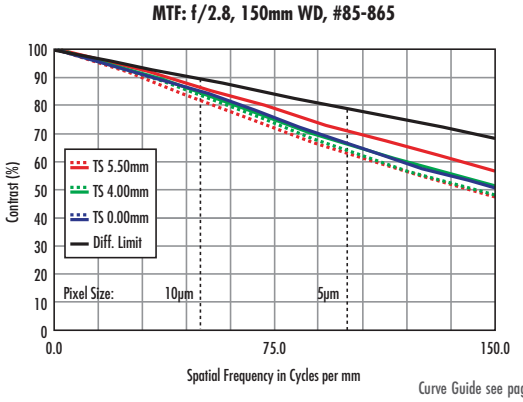


Curve Guide see page 14

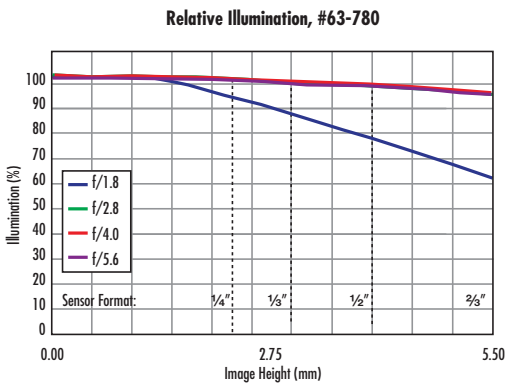
HR Series 16mm 2/3" Format

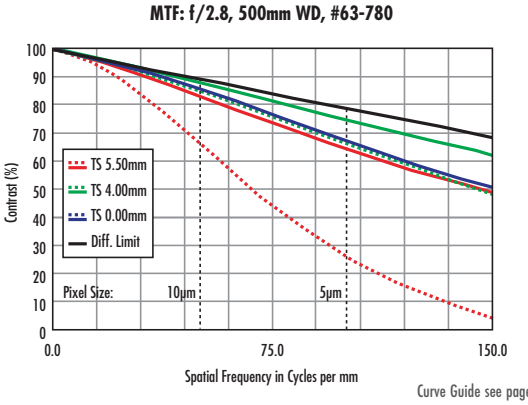
Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	[1]62.9mm - 31.2°, [2]61.9mm - 30.7°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Maximum Distortion (%):	[1]-2.99, [2]-2.76	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	120	
[1]Primary WD 100 - 500mm / Price	#85-865	NT27,625
[2]Primary WD 300 - 2000mm / Price	#85-866	NT27,625
致電尋求批量報價		





Curve Guide see page 14



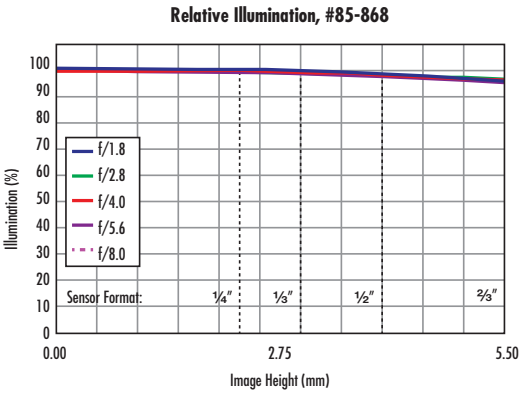


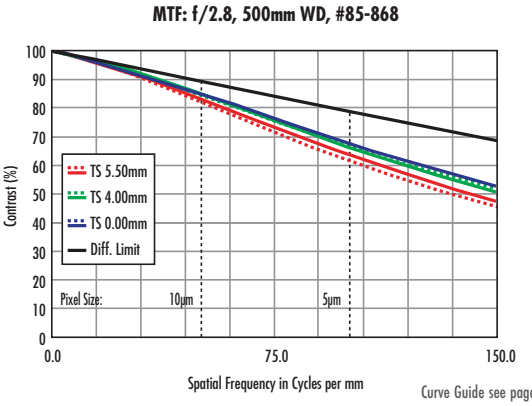
Curve Guide see page 14

HR Series 25mm 2/3" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	77mm - 19.9°$_1$, 77.7mm - 20.1°$_2$, 78mm - 20.2°$_3$	
Working Distance (mm):	200mm - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/22	
Maximum Distortion (%):	0.64$_1$, 0.28$_2$, 0.1$_3$	
Number of Elements (Groups):	9 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	96	
[1]Primary WD 200 - 600mm / Price	#63-780	NT27,625
[2]Primary WD 400 - 2000mm / Price	#63-781	NT27,625
[3]Primary WD 1500mm / Price	#63-782	NT27,625

致電尋求批量報價





Curve Guide see page 14

HR Series 35mm 2/3" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	27.3mm - 14.2°$_1$, 27.5mm - 14.3°$_2$	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Maximum Distortion (%):	-0.01$_1$, -0.02$_2$	
Number of Elements (Groups):	8 (5)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Weigh (g):	108	
[1]Primary WD 125 - 600mm / Price	#85-868	NT27,625
[2]Primary WD 400 - 2000mm / Price	#85-869	NT27,625

致電尋求批量報價

TECHSPEC® HRi 系列定焦鏡頭
| 900 萬像素

- ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 9 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- HR 系列的儀表 (HRi) 版本鏡頭具有簡化機械結構和固定光圈設計

技術說明

TECHSPEC® HRi 系列定焦鏡頭

經過工業性強化設計，會簡化和精簡鏡頭外觀，和標準版鏡頭相比更具成本優勢，並且非常適合用在一勞永逸在儀器上與 OEM 應用整合。工業性強化鏡頭設計可承受衝擊和振動，而不會損壞，藉由減少用來調焦與光圈調整複雜可動件，同時減輕重量和尺寸。可調光圈設計被固定光圈取代，笨重的鏡筒調焦機構被單螺紋取代。

這些修改變更也是其他強化類型設計和延長產品壽命的基礎。工業強化設計鏡頭非常適合視覺系統承受重複加速和運動的工廠自動化環境。HRi 系列提供多種光圈選項，提供解析度、光通量和景深之間使用的最大靈活性。這些鏡頭支援最高 900 萬像素和高達 ⅔ 英吋的傳感器尺寸。

HRi Series 8.5mm 2/3" Format

Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	75 - ∞	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	101.4mm - 56.8°	
Max Distortion (%):	-5.60	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M58 x 0.75 with required adapter #87-425	
Weight (g):	84	
f/1.4 / Price	#36-746	NT23,725
f/1.8 / Price	#36-747	NT23,725
f/2.0 / Price	#36-748	NT23,725
f/2.8 / Price	#36-749	NT23,725
f/4.0 / Price	#36-750	NT23,725
f/5.6 / Price	#36-751	NT23,725
f/8.0 / Price	#36-752	NT23,725
f/11.0 / Price	#36-753	NT23,725
f/16.0 / Price	#36-754	NT23,725
Filter Adapters / Price	#87-425	NT1,715

致電尋求批量報價

HRi Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	150 - 500	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	87.7mm - 41.1°	
Max Distortion (%):	-3.15	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Weight (g):	57	
f/1.4 / Price	N/A	–
f/1.8 / Price	N/A	–
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-757	NT27,138
f/4.0 / Price	#36-760	NT27,138
f/5.6 / Price	#36-763	NT27,138
f/8.0 / Price	#36-766	NT27,138
f/11.0 / Price	#36-769	NT27,138
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HRi Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	400 - 2000	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	89.3mm - 41.7°	
Max Distortion (%):	-3.26	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Weight (g):	57	
f/1.4 / Price	N/A	–
f/1.8 / Price	N/A	–
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-758	NT27,138
f/4.0 / Price	#36-761	NT27,138
f/5.6 / Price	#36-764	NT27,138
f/8.0 / Price	#36-767	NT27,138
f/11.0 / Price	#36-770	NT27,138
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HRi Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	1000 - ∞	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	90.2mm - 42.0°	
Max Distortion (%):	-3.28	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Weight (g):	57	
f/1.4 / Price	N/A	–
f/1.8 / Price	N/A	–
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-759	NT27,138
f/4.0 / Price	#36-762	NT27,138
f/5.6 / Price	#36-765	NT27,138
f/8.0 / Price	#36-768	NT27,138
f/11.0 / Price	#36-771	NT27,138
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

TECHSPEC® HRr 系列定焦鏡頭
| 900 萬像素

- ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 900 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器HR 系列的加固 (HRr) 設計 (可抗 50g 衝擊) 鏡頭內部光學透鏡點膠固定

技術說明

TECHSPEC® HRr 系列定焦鏡頭

穩定強化設計確保光學指向穩定性，並在鏡頭受衝擊後保持定位。除了用簡化的調焦機構取帶光圈之外，還將各個鏡片點膠固定到位，以防止鏡片在鏡筒內出現晃動。標準定焦鏡頭會使用調焦機構和光圈，光圈由薄葉片和球形煞車組成，用於調整 f/#，光圈在遇到衝擊和振動過程中可能會彈出位置。當成像系統晃動時，鏡筒內鏡片會產生偏心，讓相機傳感器上產生的影像產晃動，導致影像偏移到不同的像素。穩定性強化設計 HRr 系列鏡頭採用與 HR 系列鏡頭相同的核心光學設計。HRr 系列設計將鏡筒內鏡片點膠固定，最大限度地減少衝擊和振動期間的像素偏移，進而產生無晃動的靜止影像在傳感器上。這些鏡頭最高支援到 900 萬像素和高達 ⅔ 英吋的傳感器尺寸。

HRr Series 8.5mm 2/3" Format

Focal Length:	8.5mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	75 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	75 - ∞	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	101.4mm - 56.8°	
Max Distortion (%):	-5.60	
Number of Elements (Groups):	9 (8)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M58 x 0.75 with required adapter #87-425	
Weight (g):	106	
f/1.4 / Price	#35-146	NT29,575
f/1.8 / Price	#35-147	NT29,575
f/2.0 / Price	#35-148	NT29,575
f/2.8 / Price	#35-149	NT29,575
f/4.0 / Price	#35-150	NT29,575
f/5.6 / Price	#35-151	NT29,575
f/8.0 / Price	#35-152	NT29,575
f/11.0 / Price	N/A	–
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	#87-425	NT1,715

致電尋求批量報價

HRr Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	150 - 500	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	87.7mm - 41.1°	
Max Distortion (%):	-3.15	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Weight (g):	77	
f/1.4 / Price	N/A	–
f/1.8 / Price	N/A	–
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-849	NT33,150
f/4.0 / Price	#36-852	NT33,150
f/5.6 / Price	#36-855	NT33,150
f/8.0 / Price	#36-858	NT33,150
f/11.0 / Price	#36-862	NT33,150
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HRr Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	400 - 2000	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	89.3mm - 41.7°	
Max Distortion (%):	-3.26	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Weight (g):	77	
f/1.4 / Price	N/A	–
f/1.8 / Price	N/A	–
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-850	NT33,150
f/4.0 / Price	#36-853	NT33,150
f/5.6 / Price	#36-856	NT33,150
f/8.0 / Price	#36-859	NT33,150
f/11.0 / Price	#36-863	NT33,150
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HRr Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Optimized Working Distance (mm):	1000 - ∞	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	90.2mm - 42.0°	
Max Distortion (%):	-3.28	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Weight (g):	77	
f/1.4 / Price	N/A	–
f/1.8 / Price	N/A	–
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-851	NT33,150
f/4.0 / Price	#36-854	NT33,150
f/5.6 / Price	#36-857	NT33,150
f/8.0 / Price	#36-860	NT33,150
f/11.0 / Price	#36-864	NT33,150
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

TECHSPEC®

HP 系列定焦鏡頭

| 2000 萬像素

- 1.1", C 接環鏡頭
- 最高支援到 2000 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- 用於機器視覺的高性能 (HP), C 接環鏡頭

HPi 系列 – 105 - 106 頁

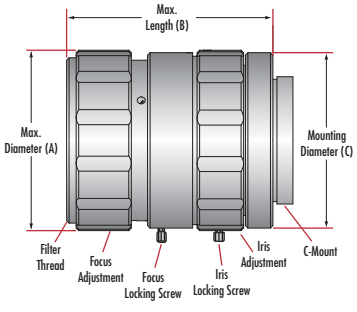
- 1.1", C 接環鏡頭
- 最高支援到 2000 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- HP 系列的儀表 (HPi) 版本鏡頭具有簡化機械結構和固定光圈設計

HPr 系列 – 107 - 108 頁

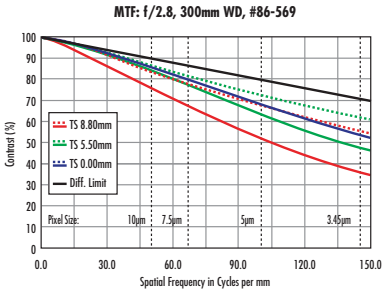
- 1.1", C 接環鏡頭
- 最高支援到 2000 萬像素, 1.85µm 像素的傳感器
- HP系列的加固 (HPr) 設計 (可抗 50g 衝擊) 鏡頭內部光學透鏡點膠固定

Dimensions

Focal Length (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Filter Thread
8mm, 1.1" Format	70.4	83.5	43.5	M105 x 1 with required adapter #89-365
12mm, 1.1" Format	48	70.1	43.5	M62 x 0.75 with required adapter #34-236
16mm, 1" Format	48	60.4	57.3 - 59.5	M46 x 0.75
25mm, 1" Format	37.5	45.3	45.3	M34 x 0.5
35mm, 1.1" Format	48.1	65.8	60 - 66	M37 x 0.75
50mm, ⅔" Format	50	72.6	60.5 - 72.6	M37.5 x 0.5



HP Series 8mm 1.1" Format

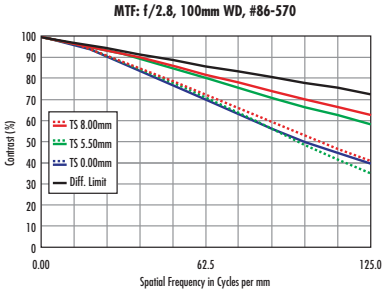


Curve Guide see page 14

Focal Length:	8mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Format:	238.5mm - 83.5°	
Horizontal Field of View, 1" Format:	215.2mm - 78.4°	
Horizontal Field of View, ⅔" Format:	143.8mm - 58.5°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Max Distortion (%):	-1.92	
Number of Elements (Groups):	10 (8)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	347	
Filter Thread:	M105 x 1 with required adapter #89-365	
Stock No. / Price	#86-569	NT30,875
M105 x 1 Filter Adapter	#89-365	NT1,715

致電尋求批量報價

HP Series 12mm 1.1" Format

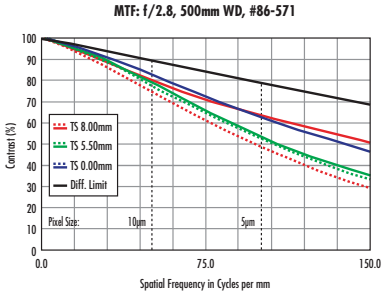


Curve Guide see page 14

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Format:	150.1mm - 62.8	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	131.2mm - 54.5°	
Horizontal Field of View, ⅔" Format:	90.2mm - 39.0°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Max Distortion (%):	-3.79	
Number of Elements (Groups):	10 (9)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	261	
Filter Thread:	M62 x 0.75 with required adapter #34-236	
Stock No. / Price	#86-570	NT23,563
M62 x 0.75 Filter Adapter	#34-236	NT1,155

致電尋求批量報價

HP Series 16mm 1.1" Format



Curve Guide see page 14

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	112.4mm - 47.2°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	101.4mm - 43.2°	
Horizontal Field of View, ⅔" Format:	67.5mm - 30.4°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Max Distortion (%):	-3.75	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	175	
Filter Thread:	M46 x 0.75	
Stock No. / Price	#86-571	NT23,563

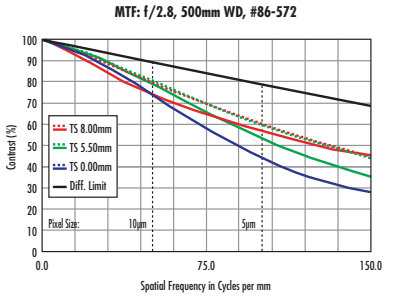
致電尋求批量報價

HP 系列定焦鏡頭

HP Series 25mm 1.1" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	93.6mm - 31.1°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	86.1mm - 28.4°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	58.7mm - 19.7°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/22	
Max Distortion (%):	0.0022	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	103	
Filter Thread:	M34 x 0.5	
Stock No. / Price	#86-572	NT18,688

致電尋求批量報價

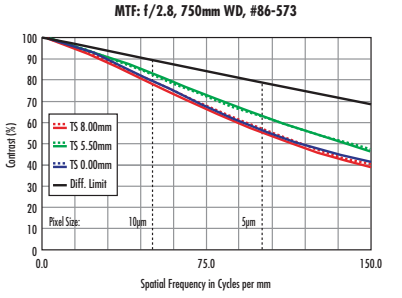


Curve Guide see page 14

HP Series 35mm 1.1" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	92mm - 22.7°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	83.4mm - 20.7°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	57.0 - 14.3°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Max Distortion (%):	0.47	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	226	
Filter Thread:	M37 x 0.75	
Stock No. / Price	#86-573	NT18,688

致電尋求批量報價

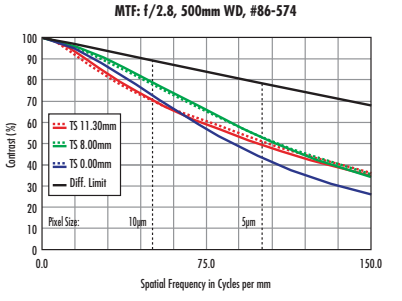


Curve Guide see page 14

HP Series 50mm 4/3" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal Field of View, 4/3" Sensor:	72.4mm - 19.6°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	59.3mm - 16.2°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	53.4mm - 14.6°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Max Distortion (%):	-0.21	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	279	
Filter Thread:	M37 x 0.5	
Stock No. / Price	#86-574	NT21,938

致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

TECHSPEC® HPi 系列定焦鏡頭
| 2000 萬像素

- 1.1", C 接環鏡頭
- 最高支援到 2000 萬像素, 1.85µm 像素的傳感
- HP 系列的儀表 (HPi) 版本鏡頭具有簡化機械結構和固定光圈設計

技術說明

TECHSPEC® HPi 系列定焦鏡頭

經過工業性強化設計，會簡化和精簡鏡頭外觀，和標準版鏡頭相比更具成本優勢，並且非常適合用在一勞永逸在儀器上與 OEM 應用整合。工業性強化鏡頭設計可承受衝擊和振動，而不會損壞，藉由減少用來調焦與光圈調整複雜可動件，同時減輕重量和尺寸。可調光圈設計被固定光圈取代，笨重的鏡筒調焦機構被單螺紋取代。
這些修改變更也是其他強化類型設計和延長產品壽命的基礎。工業強化設計鏡頭非常適合視覺系統承受重複加速和運動的工廠自動化環境。 HPi 系列提供多種光圈選項，提供解析度、光通量和景深之間使用的最大靈活性。這些鏡頭支援最高達 2000 萬像素，傳感器尺寸高達 1.1 英寸。

HPi 系列定焦鏡頭

HPi Series 16mm 1.1" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	112.4mm - 47.2°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	101.3mm - 43.2°	
Max Distortion (%):	-3.76	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M46 x 0.75	
Weight (g):	138	
f/1.8 / Price	#33-814	NT23,075
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#33-815	NT23,075
f/4.0 / Price	#33-816	NT23,075
f/5.6 / Price	#33-817	NT23,075
f/8.0 / Price	#33-818	NT23,075
f/11.0 / Price	#33-819	NT23,075
f/16.0 / Price	#33-820	NT23,075
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HPi Series 25mm 1.1" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	92.6mm - 31.1°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	86.1mm - 28.4°	
Max Distortion (%):	0.10	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M34 x 0.5 with required adapter #11-610	
Weight (g):	57	
f/1.8 / Price	#33-821	NT18,200
f/2.0 / Price	#33-822	NT18,200
f/2.8 / Price	#33-823	NT18,200
f/4.0 / Price	#33-824	NT18,200
f/5.6 / Price	#33-825	NT18,200
f/8.0 / Price	#33-826	NT18,200
f/11.0 / Price	#33-827	NT18,200
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	#11-610	NT1,505

致電尋求批量報價

HPi Series 35mm 1.1" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	92mm - 22.7°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	83.4mm - 20.7°	
Max Distortion (%):	0.41	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M37 x 0.75	
Weight (g):	106	
f/1.8 / Price	#33-828	NT18,200
f/2.0 / Price	#33-829	NT18,200
f/2.8 / Price	#33-830	NT18,200
f/4.0 / Price	#33-831	NT18,200
f/5.6 / Price	#33-832	NT18,200
f/8.0 / Price	#33-833	NT18,200
f/11.0 / Price	#33-834	NT18,200
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HPi Series 50mm 1.1" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	59.3mm - 16.2°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	53.4mm - 14.6°	
Max Distortion (%):	-0.21	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M37 x 0.75	
Weight (g):	215	
f/1.8 / Price	#33-835	NT21,450
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#33-836	NT21,450
f/4.0 / Price	#33-837	NT21,450
f/5.6 / Price	#33-838	NT21,450
f/8.0 / Price	#33-839	NT21,450
f/11.0 / Price	#33-840	NT21,450
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

TECHSPEC® HPr 系列定焦鏡頭
| 2000 萬像素

- 1.1", C 接環鏡頭
- 最高支援到 2000 萬像素, 1.85µm 像素的傳感
- HP 系列的加固 (HPr) 設計 (可抗 50g 衝擊) 鏡頭內部光學透鏡點膠固定

技術說明

TECHSPEC® HPr 系列定焦鏡頭

穩定強化設計確保光學指向穩定性，並在鏡頭受衝擊後保持定位。除了用簡化的調焦機構取帶光圈之外，還將各個鏡片點膠固定到位，以防止鏡片在鏡筒內出現晃動。標準定焦鏡頭會使用調焦機構和光圈，光圈由薄葉片和球形煞車組成，用於調整 f/#，光圈在遇到衝擊和振動過程中可能會彈出位置。當成像系統晃動時，鏡筒內鏡片會產生偏心，讓相機傳感器上產生的影像產晃動，導致影像偏移到不同的像素。穩定性強化 HPr 系列鏡頭採用與 HP 系列鏡頭相同的核心光學設計。然而，HPr 系列鏡頭設計將內部鏡片點膠固定在鏡筒內，最大程度地減少衝擊和振動期間的像素偏移，從而產生靜止影像。這些鏡頭最高支援到 2000 萬像素，傳感器尺寸高達 1.1 英寸。

HPr 系列定焦鏡頭

HPr Series 16mm 1.1" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	112.4mm - 47.2°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	101.3mm - 43.2°	
Max Distortion (%):	-3.76	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M46 x 0.75	
Weight (g):	138	
f/1.8 / Price	#36-511	NT28,438
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-512	NT28,438
f/4.0 / Price	#36-513	NT28,438
f/5.6 / Price	#36-514	NT28,438
f/8.0 / Price	#36-515	NT28,438
f/11.0 / Price	#36-516	NT28,438
f/16.0 / Price	#36-517	NT28,438
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HPr Series 25mm 1.1" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	92.6mm - 31.1°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	86.1mm - 28.4°	
Max Distortion (%):	0.10	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M34 x 0.5 with required adapter #11-610	
Weight (g):	78	
f/1.8 / Price	#36-518	NT23,563
f/2.0 / Price	#36-519	NT23,563
f/2.8 / Price	#36-520	NT23,563
f/4.0 / Price	#36-521	NT23,563
f/5.6 / Price	#36-522	NT23,563
f/8.0 / Price	#36-523	NT23,563
f/11.0 / Price	#36-524	NT23,563
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

HPr Series 35mm 1.1" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	92mm - 22.7°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	83.4mm - 20.7°	
Max Distortion (%):	0.41	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M37 x 0.75	
Weight (g):	125	
f/1.8 / Price	#36-525	NT23,563
f/2.0 / Price	#36-526	NT23,563
f/2.8 / Price	#36-527	NT23,563
f/4.0 / Price	#36-528	NT23,563
f/5.6 / Price	#36-529	NT23,563
f/8.0 / Price	#36-530	NT23,563
f/11.0 / Price	#36-531	NT23,563
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

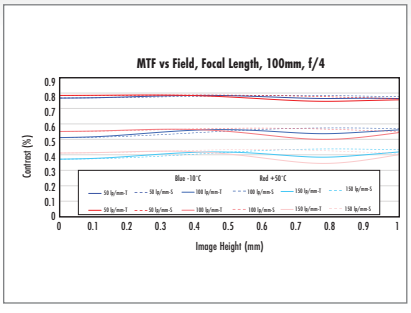
HPr Series 50mm 1.1" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	59.3mm - 16.2°	
Horizontal Field of View, 1" Sensor:	53.4mm - 14.6°	
Max Distortion (%):	-0.21	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M37 x 0.75	
Weight (g):	236	
f/1.8 / Price	#36-532	NT23,563
f/2.0 / Price	N/A	–
f/2.8 / Price	#36-533	NT23,563
f/4.0 / Price	#36-534	NT23,563
f/5.6 / Price	#36-535	NT26,813
f/8.0 / Price	#36-536	NT23,563
f/11.0 / Price	#36-537	NT26,813
f/16.0 / Price	N/A	–
Filter Adapters / Price	N/A	–

致電尋求批量報價

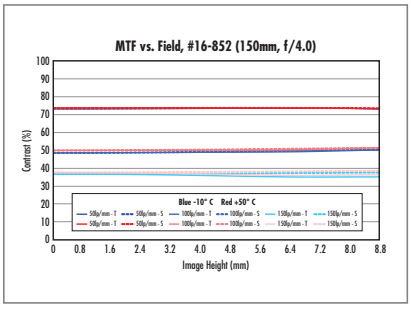
TECHSPEC® 消熱差鏡頭

- 在較大的工作溫度範圍內保持高分辨率
- 強化設計，適用於衝擊和振動環境
- 大片幅傳感器設計覆蓋到 1.1 吋
- 被動式消熱差設計提供光熱穩定性



Focal Length:		100mm	
Max Sensor Format:		1.1"	
Operational Temperature:		-10°C to 50°C	
Distortion:		<0.5%	
Horizontal FOV, 1.1" Sensor:		8.1°	
Working Distance:		4m - ∞	
Diameter:		40.0mm	
Length:		94.9mm	
Mount:		C-Mount	
Aperture (f/#) Stock No./Price	f/4.0	#16-849	NT55,088
	f/5.6	#16-850	NT55,088
	f/8.0	#16-851	NT55,088

100mm



Focal Length:		150mm	
Max Sensor Format:		1.1"	
Operational Temperature:		-10°C to 50°C	
Distortion:		<0.65%	
Horizontal FOV, 1.1" Sensor:		5.4°	
Working Distance:		4m - ∞	
Diameter:		60.0mm	
Length:		143.3mm	
Mount:		C-Mount	
Aperture (f/#) Stock No./Price	f/4.0	#16-852	NT55,088
	f/5.6	#16-853	NT55,088
	f/8.0	#16-854	NT55,088

150mm

技術說明

TECHSPEC® 消熱差鏡頭

對於容易出現溫度波動的應用，開發消熱差光學系統非常重要：不會因為環境溫度變化產生聚焦偏移的光學系統。開發消熱差設計取決於材料的熱膨脹係數 (CTE) 以及折射率隨溫度的變化，這在紅外線領域尤其重要。大多數紅外線材料的變化比可見光玻璃高幾個數量級，導致折射率有較大變化。此外，在消熱差設計時雖然光學系統通常是在空氣中設計的，但也需要考慮鏡筒材料對溫度變化的影響。 TECHSPEC® 消熱差成像鏡頭具有 C 接環螺紋和覆蓋傳感器最大尺寸為1.1英寸，可適應 -10°C 至 +50°C 的環境。

TECHSPEC® UAV 系列定焦鏡頭

2440 萬像素

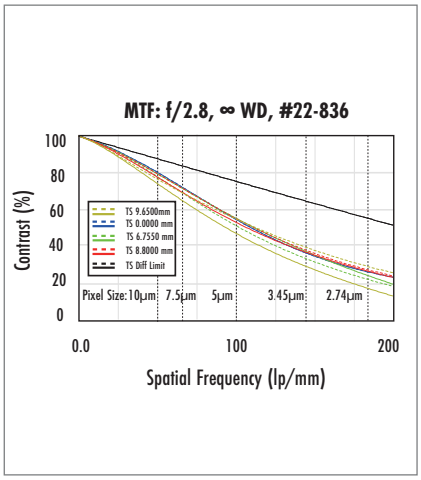
- 緊湊的無限共軛鏡頭，多適用於攝影測量
- 焦距 16mm、25mm 和 35mm
- 1.2 英吋、C 接環鏡頭
- 高達 2440 萬畫素、2.7µm 畫素尺寸傳感器

技術說明

TECHSPEC® UAV 系列定焦鏡頭

空拍農作物檢查、攝影測量和無人車等一些應用需要鏡頭能夠在非常遠距離或是無限遠的成像系統。為這些應用鏡頭選型通常很難找到能夠在該此長距離上發揮最大性能的鏡頭。通常，鏡頭的標稱規格會聲稱工作距離是從某個距離到無限遠。雖然這是事實，但大多數鏡頭都能夠在無限遠處對焦，但這並不意味著它們在這樣的無窮遠位置一樣好的或是最佳的成像性能。大多數機器視覺鏡頭都針對小於一公尺的工作距離進行最佳化設計，這在工廠環境中檢查物體時效果很好。很多時候，鏡頭選型時是因為它在機器視覺應用中具有高性能，但當聚焦設定為無限遠時，解析度性能會急劇下降。 TECHSPEC® 無人機鏡頭針對超長工作距離進行了優化，使其成為無限共軛成像系統的理想選擇。

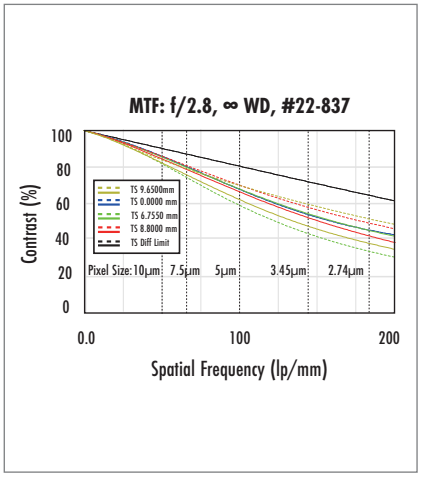
UAV Series 16mm 1.2" Format



Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1.2"	
Horizontal Field of View, 1.2" Format:	49.5°	
Working Distance (mm):	Infinite	
Aperture (f/#):	2.8	
Max Distortion (%):	1.5	
Coating:	425 - 675 BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M49.0 X 0.50	
Stock No. / Price	#22-836	NT29,088

致電尋求批量報價

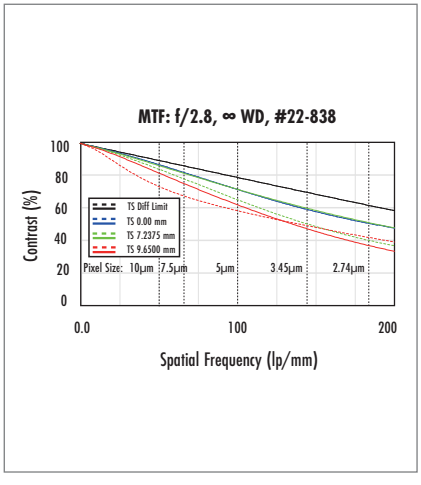
UAV Series 25mm 1.2" Format



Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1.2"	
Horizontal Field of View, 1.2" Format:	32.4°	
Working Distance (mm):	Infinite	
Aperture (f/#):	2.8	
Max Distortion (%):	3.1	
Coating:	425 - 675 BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M34.0 x 0.50	
Stock No. / Price	#22-837	NT29,088

致電尋求批量報價

UAV Series 35mm 1.2" Format



Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1.2"	
Horizontal Field of View, 1.2" Format:	23.7°	
Working Distance (mm):	Infinite	
Aperture (f/#):	2.8	
Max Distortion (%):	1.0	
Coating:	425 - 675 BBAR	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M37.0 x 0.75	
Stock No. / Price	#22-838	NT29,088

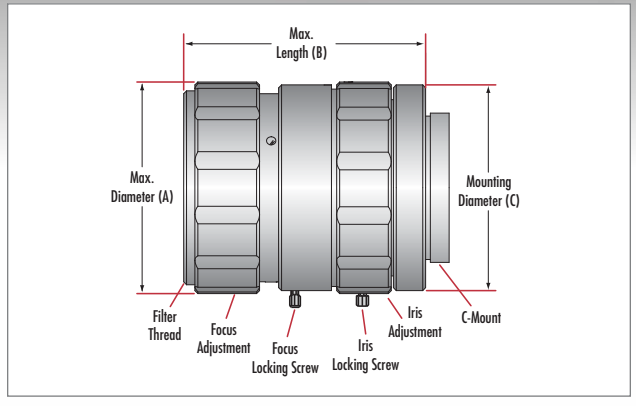
致電尋求批量報價

TECHSPEC® HP+ 系列定焦鏡頭
| 2450 萬像素

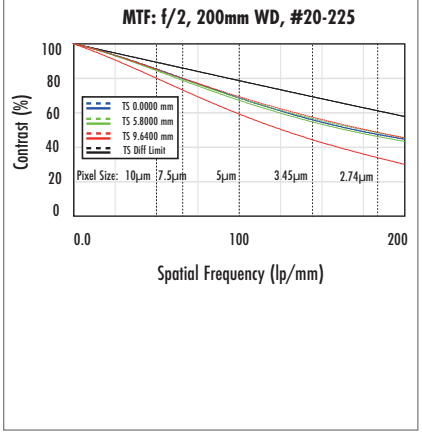
- 1.2 英吋，C 型安裝鏡頭
- 高達 2450 萬畫素、2.74µm 畫素的傳感器
- 焦距 16m 至 35mm

Dimensions

Focal Length (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Filter Thread
16mm, 1.2" Format	62	111.2	42	M62 x 0.75 (Male)
25mm, 1.2" Format	38.8	92.9	38.8	M30.5 x 0.5 (Female)
35mm, 1.2" Format	40	51.8	40	M25.5 x 0.5 (Female)



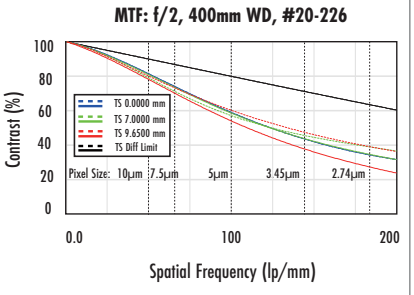
HP+ Series 16mm 1.2" Format



Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1.2"	
Horizontal Field of View, 1.2" Format:	52.0°	
Working Distance (mm):	100 - Infinity	
Aperture (f/#):	2.8 - 16	
Max Distortion (%):	8.32	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	N/A	
Stock No. / Price	#20-225	NT30,875

致電尋求批量報價

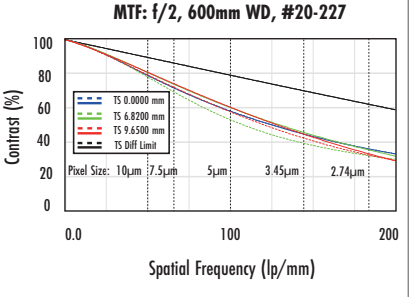
HP+ Series 25mm 1.2" Format



Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1.2"	
Horizontal Field of View, 1.2" Format:	33.3°	
Working Distance (mm):	200 - Infinity	
Aperture (f/#):	2.8 - 22	
Max Distortion (%):	3.82	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M30.5 x 0.5	
Stock No. / Price	#20-226	NT29,088

致電尋求批量報價

HP+ Series 35mm 1.2" Format



Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	1.2"	
Horizontal Field of View, 1.2" Format:	23.4°	
Working Distance (mm):	200 - Infinity	
Aperture (f/#):	2.8 - 16	
Max Distortion (%):	0.37	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Filter Thread:	M25.5 x 0.5	
Stock No. / Price	#20-227	NT29,088

致電尋求批量報價

TECHSPEC®

CA 系列定焦鏡頭

3000+ 萬像素

- APS-C (27.9mm) 片幅，TFL 環鏡頭
- 支援超過 3000 萬像素，3.45µm 像素的傳感器
- 高分辨率，緊湊型 APS-C 鏡頭 (CA)

inspect award 2020 winner

Vision Systems Design 2020 Innovators Awards SILVER

配件		
Description	Stock No.	Price
TFL Mount Spacer, 5mm	#12-773	NT1,120
TFL Mount Spacer, 10mm	#12-774	NT1,120
TFL to M40 Adapter	#29-291	NT1,650

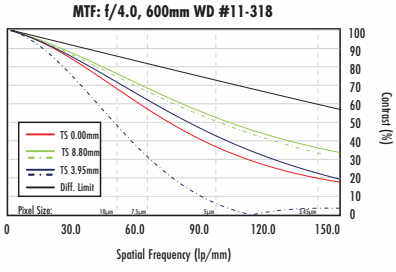
CA Series

25mm

APS-C (27.9mm) Format

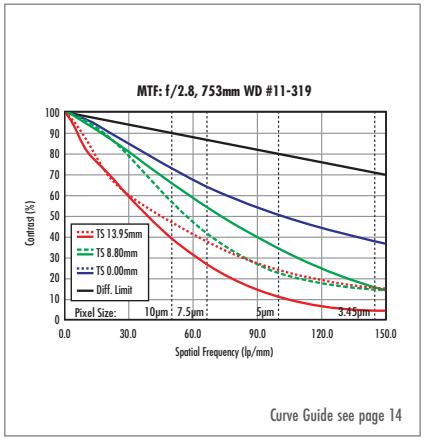
Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	APS-C	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	186mm - 50.0°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	137.74mm - 38.0°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	115.08mm - 32.1°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/16	
Number of Elements (Groups):	10 (9)	
Coating:	λ/4 MgF2	
Lens Mount:	TFL Mount	
Weight (g):	358	
Stock No./Price	#11-318	NT29,575

致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

CA Series 35mm APS-C (27.9mm) Format

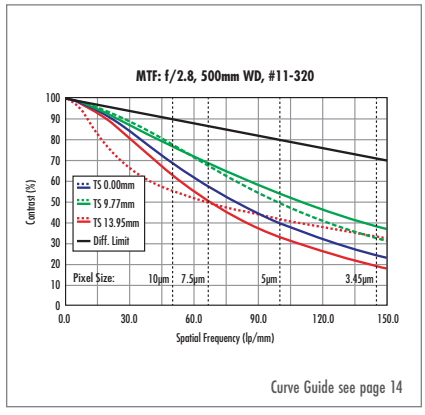


Curve Guide see page 14

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	APS-C	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	136.8mm - 35.3°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	106.1mm - 27.7°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	87.1mm - 22.9°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/16	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	TFL Mount	
Weight (g):	319	
Stock No. / Price	#11-319	NT29,575

致電尋求批量報價

CA Series 50mm APS-C (27.9mm) Format

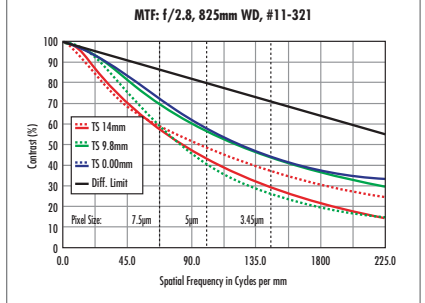


Curve Guide see page 14

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	APS-C	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	93.5mm - 25.2°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	72.4mm - 19.6°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	59.5mm - 16.1°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/1.8 - f/16	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	TFL Mount	
Weight (g):	276	
Stock No. / Price	#11-320	NT27,625

致電尋求批量報價

CA Series 75mm APS-C (27.9mm) Format

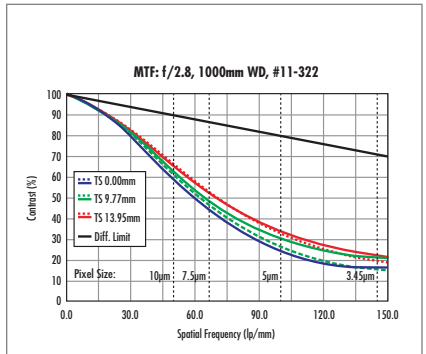


Curve Guide see page 14

Focal Length:	75mm	
Maximum Sensor Format:	APS-C	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	142.1mm - 16.9°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	99.7mm - 11.8°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	81.7mm - 9.7°	
Working Distance (mm):	500 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/16	
Number of Elements (Groups):	8 (5)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	TFL Mount	
Weight (g):	448	
Stock No. / Price	#11-321	NT29,575

致電尋求批量報價

CA Series 100mm APS-C (27.9mm) Format



Curve Guide see page 14

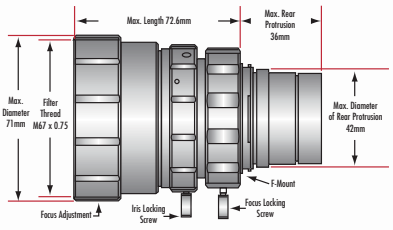
Focal Length:	100mm	
Maximum Sensor Format:	APS-C	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	101.7mm - 12.7°	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	78.8mm - 9.8°	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	64.7mm - 8.1°	
Working Distance (mm):	500 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	
Number of Elements (Groups):	8 (5)	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	TFL Mount	
Weight (g):	597	
Stock No. / Price	#11-322	NT31,200

致電尋求批量報價

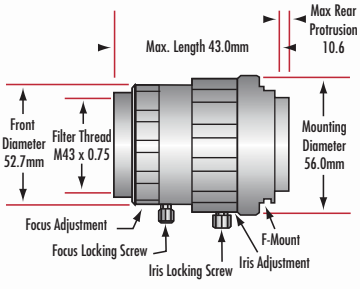
TECHSPEC® LF 系列定焦鏡頭
| 2900+ 萬像素

- 全片幅 (35mm), F 接環鏡頭
- 2900 萬像素, 5µm 像素的傳感器
- 用於工廠自動化的 F 接環大版面 (LF) 鏡頭

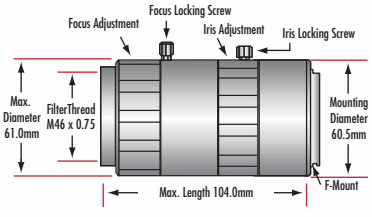
28mm Focal Length (#85-199 & #85-200)



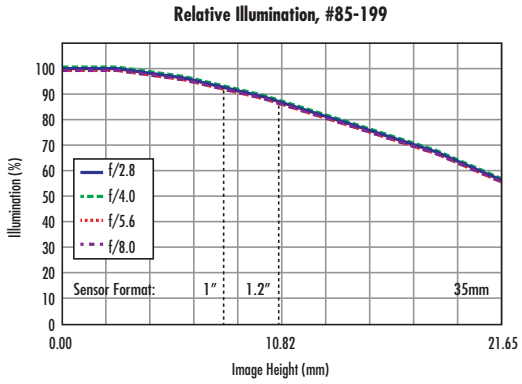
50mm Focal Length (#85-203)

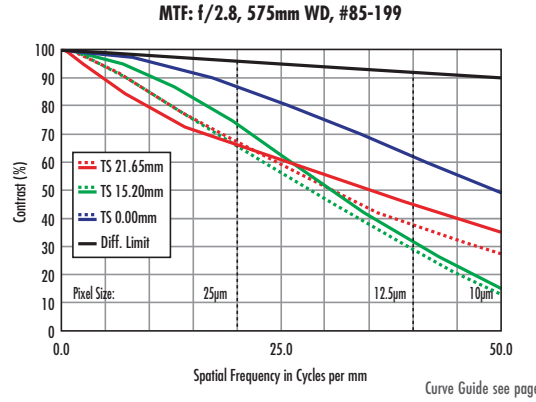


100mm Focal Length (#85-204)



Volume pricing and **customization** available. An EO-designed and manufactured family.





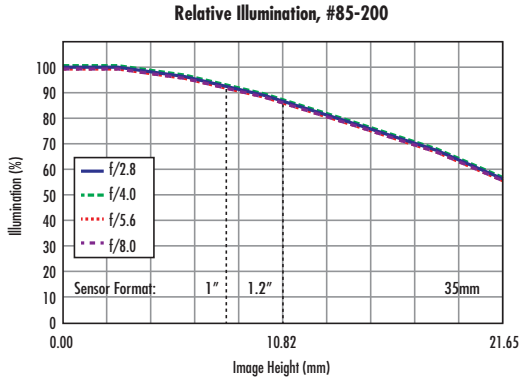
Curve Guide see page 14

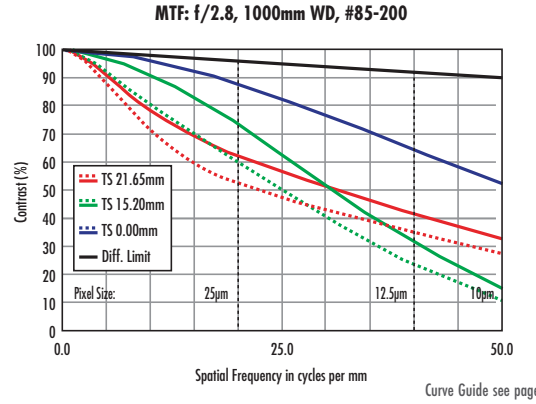
LF Series 28mm Short WD

Focal Length:	28mm, Short WD	
Maximum Sensor Format (mm):	35	
Horizontal Field of View, 35mm Sensor:	532.1mm - 65°	
Horizontal Field of View, APS-H Sensor:	445.9mm - 56.1°	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	339.6mm - 44.2°	
Working Distance (mm):	400- ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	
Number of Elements (Groups):	10 (8)	
Max Distortion (%):	-3.28	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	F-Mount*	
Weight (g):	546	
Stock No. / Price	#85-199	NT62,563

致電尋求批量報價

*Compatible with F-Mount Cameras with an Inner Diameter Greater than 42mm





Curve Guide see page 14

LF Series 28mm Long WD

Focal Length:	28mm, Long WD	
Maximum Sensor Format (mm):	35	
Horizontal Field of View, 35mm Sensor:	943.9mm - 66.7°	
Horizontal Field of View, APS-H Sensor:	788.9mm - 57.6°	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	599.1mm - 45.3°	
Working Distance (mm):	700 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	
Number of Elements (Groups):	10 (8)	
Max Distortion (%):	-4.71	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	F-Mount*	
Weight (g):	554	
Stock No. / Price	#85-200	NT62,563

致電尋求批量報價

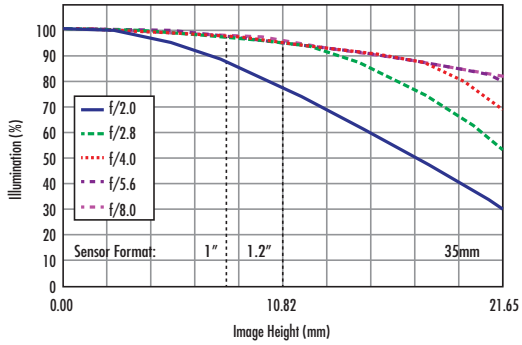
*Compatible with F-Mount Cameras with an Inner Diameter Greater than 42mm

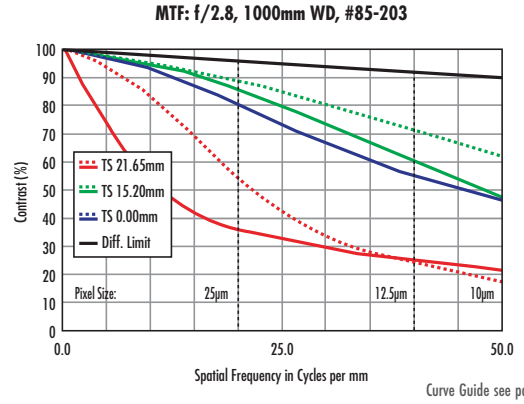
LF 系列定焦鏡頭

LF Series 50mm

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format (mm):	35	
Horizontal Field of View, 35mm Sensor:	348.7mm - 38.5°	
Horizontal Field of View, APS-H Sensor:	292.9mm - 32.7°	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	223.8mm - 25.3°	
Working Distance (mm):	500 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.0 - f/22	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Max Distortion (%):	-0.84	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	F-Mount	
Weight (g):	223	
Stock No. / Price	#85-203	NT33,150

致電尋求批量報價



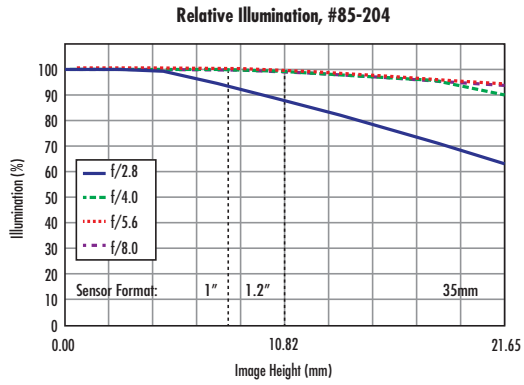


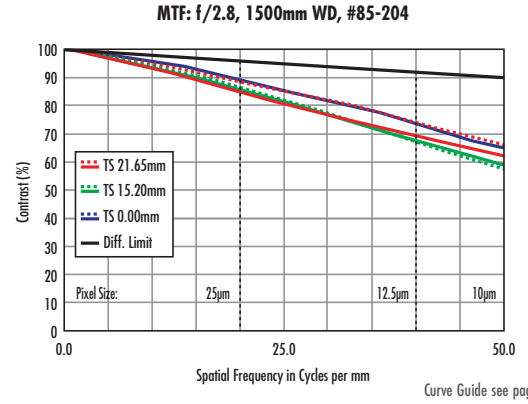
Curve Guide see page 14

LF Series 100mm

Focal Length:	100mm	
Maximum Sensor Format (mm)	35	
Horizontal Field of View, 35mm Sensor:	158.2mm - 19.7°	
Horizontal Field of View, APS-H Sensor:	133.3mm - 16.6°	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	102.2mm - 12.7°	
Working Distance (mm):	500 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	
Number of Elements (Groups):	8 (5)	
Max Distortion (%):	0.06	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	F-Mount	
Weight (g):	564	
Stock No. / Price	#85-204	NT48,750

致電尋求批量報價





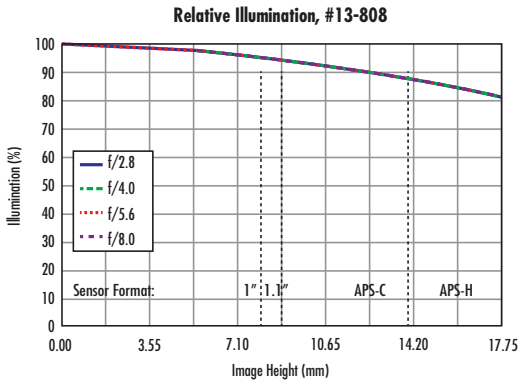
Curve Guide see page 14

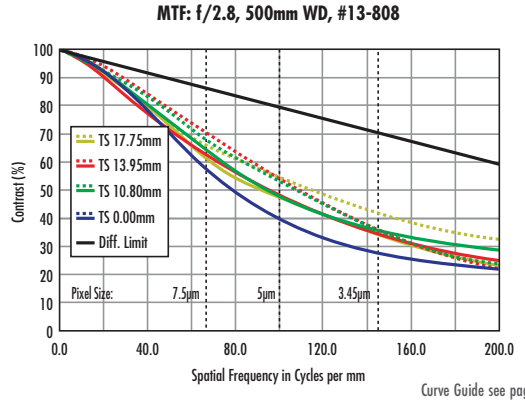
TECHSPEC® LH 系列定焦鏡頭
| 12000+ 萬像素

- 與 APS-H (35.5mm) 和 35mm 全片幅傳感器相容
- 12000 萬像素, 2.2µm 像素傳感器
- 超高分辨率大版面鏡頭

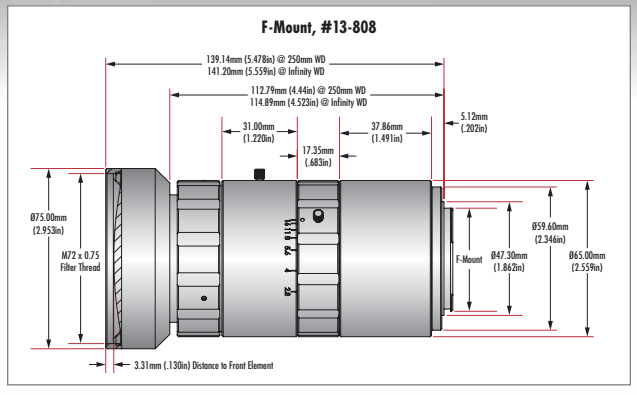
Edmund Optics® 專門對 **Canon 120 MP** 傳感器開發與製造的鏡頭

Canon





Curve Guide see page 14



TECHSPEC® LH 系列定焦鏡頭		
Mount:	**F-Mount**	**TFL-II Mount**
Focal Length (mm):	35	35
Max. Sensor Format (mm):	35 (Full Frame)	35 (Full Frame)
Horizontal FOV on APS-H Sensor:	247.3mm - 47.3°	247.3mm - 47.3°
Horizontal FOV on 1.1" Sensor:	115.9mm - 23.2°	115.9mm - 23.2°
Horizontal FOV on ⅔" Sensor:	71.3mm - 14.4°	71.3mm - 14.4°
Working Distance (mm):	250 - ∞	250 - ∞
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	f/2.8 - f/22
Length (mm):	141.2	170.3
Stock No.	#13-808	#13-809
Price	NT84,988	NT84,988

配件		
Accessory	**Stock No.**	**Price**
Mounting Clamp with Hole, 35mm	#15-331	NT5,775
Mounting Clamp with Hole and Slots, 35mm	#15-332	NT5,950

TECHSPEC®

LS 系列 Line Scan 定焦鏡頭

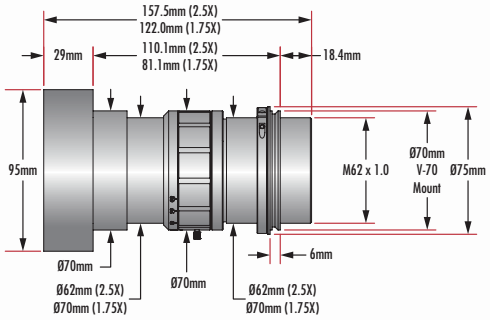
| 16k 線掃描

- 82mm 線掃 (LS), V-70 接環
- 最高支援 16k, 5µm 像素線掃描相機
- 高分辨率，低畸變，均勻平場性能

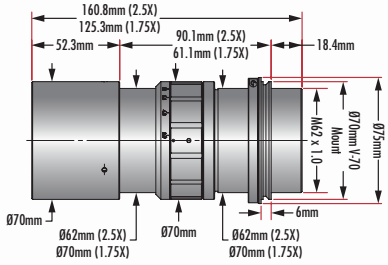
TECHSPEC® 配件和轉接環

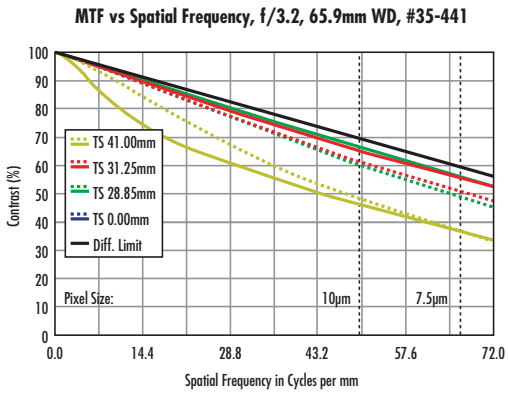
Accessory	Stock No.	Price
V-Mount to M72 x 0.75 Adapter	#13-945	NT4,725
M72 x 0.75 to M95 x 1.00 Adapter	#13-949	NT4,725
M72 x 0.75 to M58 x 0.75 Adapter	#13-950	NT4,725
M72 x 0.75 to M42 x 1.00 Adapter	#13-951	NT4,725
M72 x 0.75 to M90 x 1.00 Adapter	#13-952	NT4,725
M72 x 0.75, 5mm Extension Tube	#13-955	NT3,500
M72 x 0.75, 10mm Extension Tube	#13-956	NT3,675
M72 x 0.75, 25mm Extension Tube	#13-957	NT4,025
M72 x 0.75, 50mm Extension Tube	#13-958	NT4,375
M72 x 0.75, 100mm Extension Tube	#13-959	NT4,725
M72 x 0.75, 200mm Extension Tube	#13-960	NT5,075
M90 x 1.00, 5mm Extension Tube	#13-961	NT3,500
M90 x 1.00, 10mm Extension Tube	#13-962	NT4,025
M90 x 1.00, 25mm Extension Tube	#13-963	NT4,375
M90 x 1.00, 50mm Extension Tube	#13-964	NT4,725
M90 x 1.00, 100mm Extension Tube	#13-965	NT5,075
M90 x 1.00, 200mm Extension Tube	#13-966	NT5,425
M95 x 1.00, 5mm Extension Tube	#13-967	NT4,025
M95 x 1.00, 10mm Extension Tube	#13-968	NT4,375
M95 x 1.00, 25mm Extension Tube	#13-969	NT4,725
M95 x 1.00, 50mm Extension Tube	#13-970	NT5,075
M95 x 1.00, 100mm Extension Tube	#13-971	NT5,425
M95 x 1.00, 200mm Extension Tube	#13-972	NT5,775

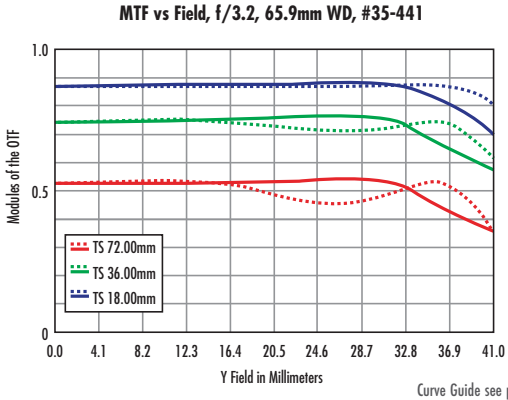
Line Scan Lens with Beamsplitter (#35-443 and #35-441)



Area Scan Lens with Window (#35-453 and #35-451)







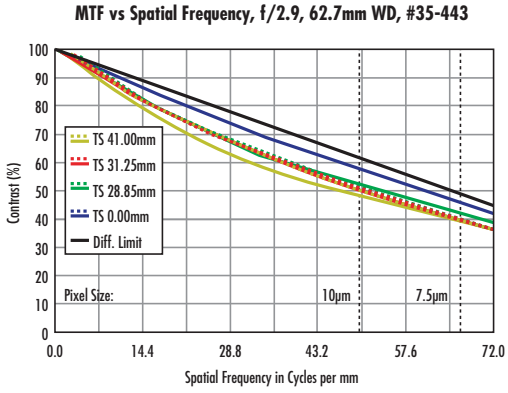
Curve Guide see page 14

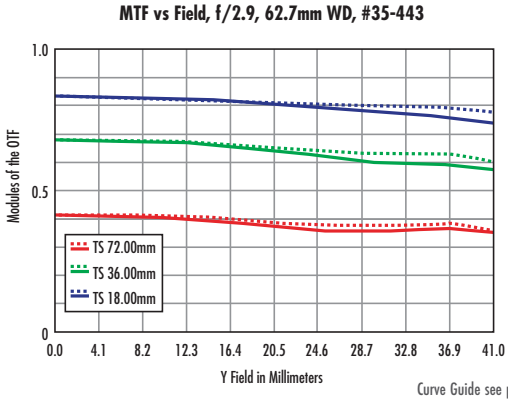
LS Series 1.75X 82mm Format

Magnification:	1.75X	
Magnification Range:	1.65 - 1.85X	
Maximum Sensor Format (mm):	82	
Optimized Sensor Format (mm):	62.5	
Aperture (f/#):	f/3.2 - f/22.0	
Max Distortion (%):	0.05	
Effective Focal length (mm):	99	
Relative Illumination (%):	>97	
Total Track (mm):	379.6	
Mount:	V-70 Mount	
Filter Thread:	M52 x 0.75	
Max Length (mm):	122	125.3
Working Distance (mm):	65.9	62.6
Horizontal FOV, 82mm Sensor (mm):	46.9*	46.9
Horizontal FOV, 62.5mm Sensor (mm):	35.7*	35.7
Horizontal FOV, 35mm Sensor (mm):	–	20.6
Horizontal FOV, APS-H Sensor (mm):	–	16.7
Beamsplitter/Line Scan:	Yes	No
Stock No. / Price	#35-441 NT139,100	#35-451 NT139,100

致電尋求批量報價

*Linear Line Scan Array





Curve Guide see page 14

LS Series 2.5X 82mm Format

Magnification:	2.5X	
Magnification Range:	2.35 - 2.65X	
Maximum Sensor Format (mm):	82	
Optimized Sensor Format (mm):	82	
Aperture (f/#):	f/2.9 - f/22.0	
Max Distortion (%):	0.01	
Effective Focal length (mm):	117	
Relative Illumination (%):	>98	
Total Track (mm):	529	
Mount:	V-70 Mount	
Filter Thread:	M52 x 0.75	
Max Length (mm):	157.5	160.8
Working Distance (mm):	62.7	59.4
Horizontal FOV, 82mm Sensor (mm):	32.8*	32.8
Horizontal FOV, 62.5mm Sensor (mm):	25*	25
Horizontal FOV, 35mm Sensor (mm):	–	14.4
Horizontal FOV, APS-H Sensor (mm):	–	11.7
Beamsplitter/Line Scan:	Yes	No
Stock No. / Price	#35-443 NT139,100	#35-453 NT139,100

致電尋求批量報價

*Linear Line Scan Array

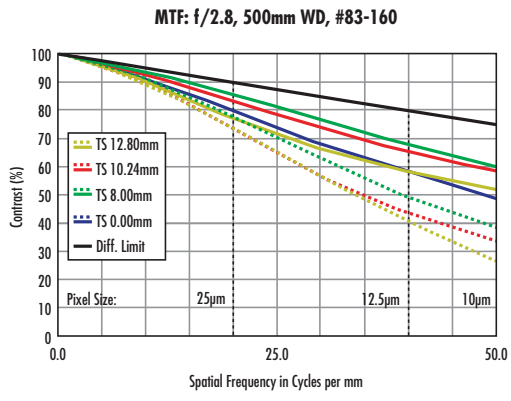
TECHSPEC® SWIR 系列定焦鏡頭
| 300 萬像素

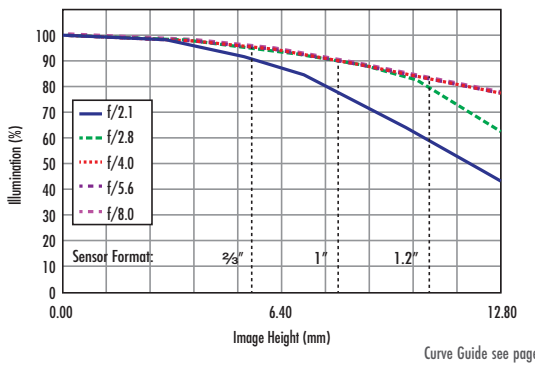
- ⅔", C 接環, M42 接環, F 接環鏡頭
- 最高 300 萬像素, 10µm 像素的傳感器
- 針對 SWIR (900 - 1700nm) 傳感器進行了設計和優化

25mm
25.6mm Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	171.5mm - 45.8°	
Horizontal Field of View, 25.6mm Sensor:	206.8mm - 55.8°	
Horizontal Field of View, 20.5mm Sensor:	128.2mm - 35.5°	
Working Distance (mm):	200 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.1 - f/16	
Number of Elements (Groups):	9 (6)	
Coating:	0.8 - 1.8µm BBAR	
Weight (g):	177	
C-Mount (17.5mm Flange) / Price	#83-160	NT72,313
C-Mount to M42 x 1.0 Adapter / Price	#83-151	NT1,925

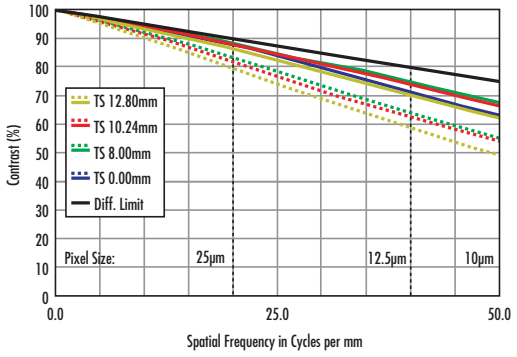
致電尋求批量報價



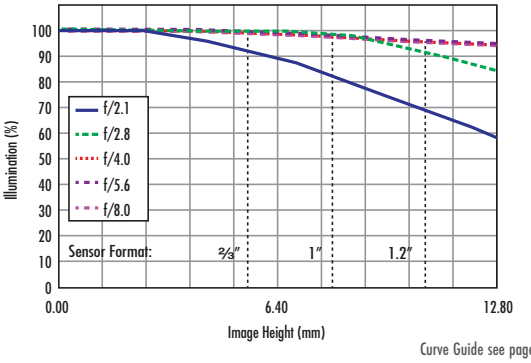


Curve Guide see page 14

MTF: f/2.8, 500mm WD, #83-166



Relative Illumination, #83-166



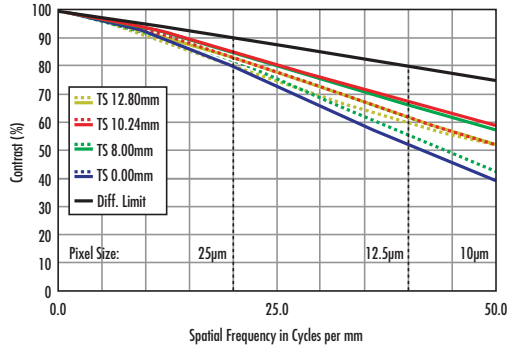
Curve Guide see page 14

SWIR Series 50mm 25.6mm Format

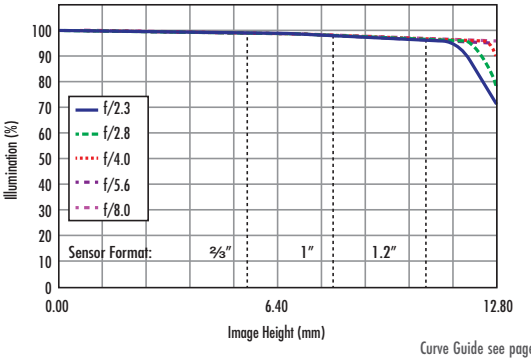
Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal Field of View, 4/3" Sensor:	116.8mm - 23.3°	
Horizontal Field of View, 25.6mm Sensor:	140.7mm - 29.8°	
Horizontal Field of View, 20.5mm Sensor:	112.3mm - 23.4°	
Working Distance (mm):	275 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.15 - f/16	
Number of Elements (Groups):	10 (6)	
Coating:	0.8 - 1.8µm BBAR	
Weight (g) (C-Mount / F-Mount / M42 x 1.0):	565 / 481 / 572	
C-Mount (17.5mm Flange) / Price	#83-165	NT81,413
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#83-166	NT81,413
M42 x 1.0 (5.8mm Flange) / Price	#83-167	NT81,413

致電尋求批量報價

MTF: f/2.8, 1000mm WD, #83-170



Relative Illumination, #83-170



Curve Guide see page 14

SWIR Series 100mm 25.6mm Format

Focal Length:	100mm	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal Field of View, 4/3" Sensor:	84.5mm - 11.7°	
Horizontal Field of View, 25.6mm Sensor:	104.1mm - 14.6°	
Horizontal Field of View, 20.5mm Sensor:	83.2mm - 11.7°	
Working Distance (mm):	400 - ∞	
Aperture (f/#):	f/2.25 - f/22	
Number of Elements (Groups):	10 (10)	
Coating:	0.8 - 1.8µm BBAR	
Weight (g) (C-Mount / F-Mount / M42 x 1.0):	1794 / 1597 / 1853	
C-Mount (17.5mm Flange) / Price	#83-170	NT90,350
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#83-171	NT90,350
M42 x 1.0 (5.8mm Flange) / Price	#83-172	NT90,350
100mm SWIR Mounting Clamp / Price	#89-995	NT10,725

致電尋求批量報價

TECHSPEC® C 系列定焦短波紅外鏡頭 (SWIR) | 750 萬像素

- 高達 ⅔", C 接環鏡頭
- 高達 750 萬畫素、2.8µm 畫素大小的傳感器
- 緊湊型 (C) 短波紅外鏡頭用於 900-1700nm 波長範圍
- 焦距為 6mm～50mm

技術說明

如何使用 C 系列定焦短波紅外鏡頭 (SWIR)

近年來，短波紅外線成像系統的整體價格迅速下降，降低了進入該應用領域的門檻。因此，為短波紅外線波段設計具備成本優勢的鏡頭也成為優先考慮的條件。 TECHSPEC® C 系列定焦短波紅外線鏡頭在設計時就考慮到了這些條件，並提供了一種在短波紅外線波段優化性能的解決方案，但仍能從可見光譜一直傳輸到短波紅外線。因此，當鏡頭與窄頻 SWIR 濾光片結合使用時，可以獲得最佳性能。有關相容的 SWIR 濾光片選項，請參閱第 169 頁。

SWIR C Series 6mm 1/1.8" Format

Focal Length (mm):	6mm
Max. Sensor Format:	1/1.8"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	62.1°
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	55.9°
Horizontal FOV, 1/2.5" Sensor:	50.2°
WD (mm):	75 - ∞
Distortion (%):	<7.5
Number of Elements (Groups):	9 (7)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	102
Stock Number	#23-218
Price	NT12,090
致電尋求批量報價	

SWIR C Series 8.5mm 2/3" Format

Focal Length (mm):	8.5mm
Max. Sensor Format:	2/3"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	49.2°
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	43.6°
Horizontal FOV, 1/2.5" Sensor:	39.5°
WD (mm):	100 - ∞
Distortion (%):	<15
Number of Elements (Groups):	7 (5)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	80
Stock Number	#23-219
Price	NT12,090
致電尋求批量報價	

SWIR C Series 12mm 2/3" Format

Focal Length:	12mm
Maximum Sensor Format:	2/3"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	34.2°
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	30.5°
Horizontal FOV, 1/2.5" Sensor:	27.7°
Working Distance (mm):	100 - ∞
Distortion (%):	<2.5
Number of Elements (Groups):	7 (7)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	54
Stock No.	#23-220
Price	NT12,090
致電尋求批量報價	

SWIR C Series 16mm 2/3" Format

Focal Length:	16mm
Maximum Sensor Format:	2/3"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	25.5°
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	22.7°
Horizontal FOV, 1/2.5" Sensor:	20.6°
Working Distance (mm):	100 - ∞
Distortion (%):	<1.25
Number of Elements (Groups):	7 (6)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	74
Stock No.	#23-221
Price	NT10,530
致電尋求批量報價	

C 系列定焦短波紅外鏡頭 (SWIR)

SWIR C Series 25mm 2/3" Format

Focal Length:	25mm
Maximum Sensor Format:	⅔"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	16.2°
Horizontal FOV, ½" Sensor:	14.4°
Horizontal FOV, ½.5" Sensor:	13.1°
Working Distance (mm):	100 - ∞
Distortion (%):	<0.7
Number of Elements (Groups):	7 (6)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	49
Stock No.	#23-222
Price	NT10,530

致電尋求批量報價

SWIR C Series 35mm 2/3" Format

Focal Length:	35mm
Maximum Sensor Format:	⅔"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	11.7°
Horizontal FOV, ½" Sensor:	10.4°
Horizontal FOV, ½.5" Sensor:	9.3°
Working Distance (mm):	165 - ∞
Distortion (%):	<0.3
Number of Elements (Groups):	7 (6)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	72
Stock No.	#23-223
Price	NT10,530

致電尋求批量報價

SWIR C Series 50mm 2/3" Format

Focal Length:	50mm
Maximum Sensor Format:	⅔"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	6.9 °
Horizontal FOV, ½" Sensor:	6.2°
Horizontal FOV, ½.5" Sensor:	5.5°
Working Distance (mm):	250 - ∞
Distortion (%):	0.3
Number of Elements (Groups):	6 (4)
Coating:	900 - 1700nm BBAR
Lens Mount:	C-Mount
Weight (g):	107
Stock No.	#23-224
Price	NT11,603

致電尋求批量報價

Mounted Machine Vision Filters for SWIR

			Center Wavelength:	940		1000		1070		1300		1450		1475		1550		1550	
			Full Width Half Max:	55		150		–		35		35		–		190		35	
			Type:	Bandpass		Bandpass		Longpass		Bandpass		Bandpass		Longpass		Bandpass		Bandpass	
Filter Thread	Mount Diameter (mm)	Mount Thickess (mm)	Clear Aperture (mm)	Stock No.	Price	Stock No.	Price	Stock No.	Price	Stock No.	Price	Stock No.	Price	Stock No.	Price	Stock No.	Price	Stock No.	Price
M25.5 x 0.50	27.50	7.0	21.00	#28-786	NT5,390	#28-797	NT9,730	#28-852	NT6,545	#28-819	NT9,625	#28-830	NT9,625	#28-863	NT10,530	#28-808	NT9,625	#28-841	NT9,625
M30.5 x 0.50	32.50	7.0	25.50	#28-787	NT5,775	#28-798	NT10,325	#28-853	NT7,000	#28-820	NT10,500	#28-831	NT10,500	#28-864	NT10,530	#28-809	NT10,325	#28-842	NT10,500
M43 x 0.75	45.00	7.0	38.00	#28-792	NT7,420	#28-803	NT13,230	#28-858	NT10,080	#28-825	NT14,000	#28-836	NT14,000	#28-869	NT10,530	#28-814	NT13,230	#28-847	NT14,000

致電尋求批量報價

藍色和強化藍色系列 M12 鏡頭

500 萬像素

藍色系列

- 最大支援到 1/1.8", S 接環鏡頭
- 最高支援到 500 萬像素, 1.4µm 像素的傳感器
- 高分辨率板級相機鏡頭針對短工作距離優化

強化藍色系列

- 最大支援到 1/1.8", S 接環鏡頭
- 最高支援到 500 萬像素, 1.4µm 像素的傳感器
- 鏡片點膠固定強化設計鏡頭 (耐 50g 衝擊力)

Blue Series 2mm 1/3" Format

Focal Length:	2mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	477.2mm - 133.1°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-81.065	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	9	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#35-465	NT3,630
IR-CUT, f/4 / Price	#35-466	NT3,630
IR-CUT, f/5.6 / Price	#35-467	NT3,630
IR-CUT, f/8 / Price	#35-468	NT3,630
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#89-336	NT3,630
NO IR-CUT, f/4 / Price	#89-337	NT3,630
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#89-338	NT3,630
NO IR-CUT, f/8 / Price	#89-339	NT3,630

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 2mm 1/3" Format

Focal Length:	2mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	477.2mm - 133.1°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-81.065	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	9	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#35-469	NT4,344
IR-CUT, f/4 / Price	#35-470	NT4,344
IR-CUT, f/5.6 / Price	#35-471	NT4,344
IR-CUT, f/8 / Price	#35-472	NT4,344
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-343	NT4,344
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-344	NT4,344
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-345	NT4,344
NO IR-CUT, f/8 / Price	#35-346	NT4,344

致電尋求批量報價

Blue Series 3mm 1/3" Format

Focal Length:	3mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	211.6mm - 91.3°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-34.82	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	5	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#20-055	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#20-056	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#20-057	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#20-058	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#89-340	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#89-341	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#89-342	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#89-343	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 3mm 1/3" Format

Focal Length:	3mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	211.6mm - 91.3°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Max Distortion (%):	-34.82	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	5	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#20-059	NT3,689
IR-CUT, f/4 / Price	#20-060	NT3,689
IR-CUT, f/5.6 / Price	#20-061	NT3,689
IR-CUT, f/8 / Price	#20-062	NT3,689
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-348	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-349	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-350	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-351	NT3,689

致電尋求批量報價

藍色和強化藍色系列 M12 鏡頭

Blue Series 4mm 1/3" Format

Focal Length:	4mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	220mm - 71.1°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-25.68	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	6	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-438	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-439	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-440	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-441	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#89-344	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#89-345	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#89-346	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#89-347	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 4mm 1/3" Format

Focal Length:	4mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	220mm - 71.1°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-25.68	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	5	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-045	NT4,314
IR-CUT, f/4 / Price	#25-046	NT4,314
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-047	NT4,314
IR-CUT, f/8 / Price	#25-048	NT4,314
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-352	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-353	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-354	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-355	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 5mm 1/3" Format

Focal Length:	5mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	165.7mm - 57.3°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-18.88	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	4	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-442	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-443	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-444	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-445	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#58-201	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#69-260	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#83-938	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#83-949	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 5mm 1/3" Format

Focal Length:	5mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	165.7mm - 57.3°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-18.88	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	4	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-049	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-050	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-051	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-052	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-356	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-357	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-358	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-359	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 6mm 1/3" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	135mm - 47.9°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-12.17	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	4	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-446	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-447	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-448	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-449	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#38-011	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#38-012	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#38-013	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#38-014	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 6mm 1/3" Format

Focal Length:	6mm	
Maximum Sensor Format:	1/3"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	135mm - 47.9°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-12.17	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	4	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-053	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-054	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-055	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-056	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#37-382	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#37-383	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#37-384	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#37-385	NT3,689

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 8mm ⅓" Format

Focal Length:	8mm	
Maximum Sensor Format:	⅓"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	92.8mm - 34.2°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-3.63	
Number of Elements (Groups):	5 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	5	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-057	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-058	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-059	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-061	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-364	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-365	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-366	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-367	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 8mm ⅓" Format

Focal Length:	8mm	
Maximum Sensor Format:	⅓"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	92.8mm - 34.2°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-3.63	
Number of Elements (Groups):	5 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	3	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-450	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-451	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-452	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-453	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#58-203	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#69-262	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#83-940	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#83-951	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 10mm ⅓" Format

Focal Length:	10mm	
Maximum Sensor Format:	⅓"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	71.8mm - 27.1°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.25	
Number of Elements (Groups):	5 (4)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	5	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-062	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-063	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-064	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-065	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-368	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-369	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-370	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-371	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 10mm ⅓" Format

Focal Length:	10mm	
Maximum Sensor Format:	⅓"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	71.8mm - 27.1°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.25	
Number of Elements (Groups):	5 (4)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	5	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-454	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-455	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-456	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-457	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#58-204	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#69-263	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#83-941	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#83-952	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 12.5mm ½" Format

Focal Length:	12.5mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	78.1mm - 28.9°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.36	
Number of Elements (Groups):	5 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	6	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-066	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-067	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-068	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-069	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-372	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-373	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-374	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-375	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 12.5mm ½" Format

Focal Length:	12.5mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	78.1mm - 28.9°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	-0.36	
Number of Elements (Groups):	5 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	6	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-458	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-459	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-460	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-461	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#58-205	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#69-264	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#83-942	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#83-953	NT3,050

致電尋求批量報價

藍色和強化藍色系列 M12 鏡頭

Blue Series 16mm 1/1.8" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	64.9mm - 25.3°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	0.039	
Number of Elements (Groups):	6 (6)	
Lens Mount:	S-Mount	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-462	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-463	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-464	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-465	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#37-181	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#37-182	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#37-183	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#37-184	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 16mm 1/1.8" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	64.9mm - 25.3°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	0.039	
Number of Elements (Groups):	6 (6)	
Lens Mount:	S-Mount	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-070	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-071	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-072	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-073	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-376	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-377	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-378	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-379	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 17.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	17.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	57.0mm - 23.1°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	0.76	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	7	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-466	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-467	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-468	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-469	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#58-206	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#69-265	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#83-943	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#83-954	NT3,050

致電尋求批量報價

Rugged Blue Series 17.5mm 1/1.8" Format

Focal Length:	17.5mm	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	50.7mm - 20.6°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	0.68	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	7	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-074	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-075	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-076	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-077	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-380	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-381	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-382	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-383	NT3,689

致電尋求批量報價

Blue Series 25mm 1/2" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1/2"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	40.0mm - 16.2°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	0.59	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	12	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#24-470	NT3,050
IR-CUT, f/4 / Price	#24-471	NT3,050
IR-CUT, f/5.6 / Price	#24-472	NT3,050
IR-CUT, f/8 / Price	#24-473	NT3,050
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#58-207	NT3,050
NO IR-CUT, f/4 / Price	#69-266	NT3,050
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#83-944	NT3,050
NO IR-CUT, f/8 / Price	#83-955	NT3,050

致電尋求批量報價

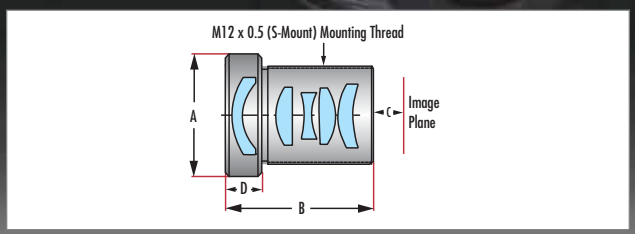
Rugged Blue Series 25mm 1/2" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	1/2"	
Horizontal Field of View, Max Sensor:	35.4mm - 14.5°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Max Distortion (%):	0.49	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	S-Mount	
Weight (g):	12	
IR-CUT, f/2.5 / Price	#25-078	NT3,719
IR-CUT, f/4 / Price	#25-079	NT3,719
IR-CUT, f/5.6 / Price	#25-080	NT3,719
IR-CUT, f/8 / Price	#25-081	NT3,719
NO IR-CUT, f/2.5 / Price	#36-384	NT3,689
NO IR-CUT, f/4 / Price	#36-385	NT3,689
NO IR-CUT, f/5.6 / Price	#36-386	NT3,689
NO IR-CUT, f/8 / Price	#36-387	NT3,689

致電尋求批量報價

TECHSPEC® HEO® 系列 M12 成像鏡頭
1.2+ 萬像素

- 最高 ½", S 接環鏡頭
- 最高支援到 120 萬像素, 5µm 像素的傳感器
- 抗惡劣環境光學 (HEO) 防水鏡頭



尺寸 (mm)

Focal Length	A	B	C	D
2.2	21.0	16.4	2.2	5.4
3.6	14.0	14.1	4.5	4.5
8.0	14.0	15.0	8.7	4.0

TECHSPEC® HEO® 系列 M12 鏡頭

*視角規格為最大傳感器格式水平方向視場

Focal Length (mm)	Maximum Sensor Format	f/#	Horizontal Angular FOV*	Working Distance (mm)	Distortion at Full Field (%)	Mount	VIS / 425 - 675nm		NIR / 600 - 1050nm	
							Stock No.	Prices	Stock No.	Price
2.2	⅓"	f/2.0	129°	400 - ∞	-79	M12 x 0.5 (S-Mount)	#58-840	NT5,168	#58-844	NT5,168
3.6	⅓"	f/2.5	85°	400 - ∞	-46	M12 x 0.5 (S-Mount)	#58-841	NT5,168	#58-845	NT5,168
8.0	½"	f/2.5	46°	400 - ∞	-9	M12 x 0.5 (S-Mount)	#63-759	NT5,168	#63-761	NT5,168

致電尋求批量報價

TECHSPEC® M12 成像鏡頭配件

www.edmundoptics.com.tw/**3188**

- **M12 鏡頭至 C 接環鏡頭的轉接器 (附或不附 O 型環)**
- **鎖緊螺母，便可將 M12 鏡頭固定到大多數支撐架上**
- **適用於相機板的耐用支撐架**

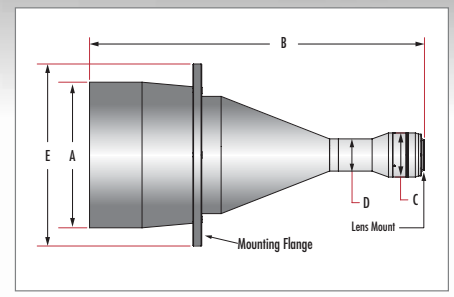
TECHSPEC® M12 成像鏡頭配件能為常見的 M12 應用提供各種轉接器與支撐架選擇。提供 C 接環轉接器 (附或不附 O 型環)。建議將 O 型環與具有 M12 x 0.5 全螺紋的多數 M12 鏡頭搭配使用，以協助將鏡頭在轉接器上置中，同時防止鏡頭散焦。對於無限共軛 M12 成像鏡頭，建議使用不附 O 型環的 C 接環轉接器，因為其中任一鏡頭的螺紋可能僅符合另一個鏡頭的間隙要求。鎖緊螺母可將M12鏡頭固定在幾乎任何支撐架上，由於具有槽與孔，因此幾乎能與任何活動扳手搭配使用。由於表面具有凸邊，因此也可以徒手安裝鏡頭。使用由耐用塑膠製成的板支撐架，可將 M12 鏡頭輕鬆整合到客戶特定的視訊與傳感器裝置中。

TECHSPEC® M12 成像鏡頭配件

Description	Stock No.	Price
C-Mount to M12 Adapter for UCi Lens	#12-879	NT1,330
C-Mount to M12 Lens Adapter	#53-675	NT980
C-Mount to M12 Lens Adapter w/O-Ring	#59-241	NT1,400
M12 Lock Nut	#64-102	NT490
M12 Lock Nut, 10 Pack	#16-788	NT3,535
M12 Lens Holder for Camera Boards	#66-382	NT385

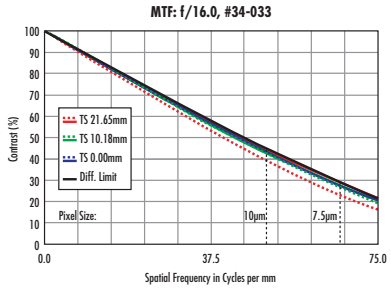
TECHSPEC® TitanTL® 遠心鏡頭
| 3140 萬像素

- 最高支援到 3140 萬像素, 3.45µm 像素的傳感器
- 全片幅 (35mm), C 接環, T 接環, M58 接環, F 接環遠心鏡頭
- 大視場遠心鏡頭



尺寸

PMAG	Lens Mount	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	Bolt Circle on Mounting Flange
0.179X	F-Mount (46.5mm Flange)	266	603.7	63	46	298.5	8X Φ8mm Thru on 280mm
	M42 x 1 (19.53mm Flange)	266	630.8	63	46	298.5	8X Φ8mm Thru on 280mm
	M58 x 0.75 (19.53mm Flange)	266	630.8	63	46	298.5	8X Φ8mm Thru on 280mm
0.238X	F-Mount (46.5mm Flange)	208	474.8	63	46	260	8X Φ8mm Thru on 240mm
	M42 x 1 (19.53mm Flange)	208	500.9	63	46	260	8X Φ8mm Thru on 240mm
	M58 x 0.75 (19.53mm Flange)	208	500.9	63	46	260	8X Φ8mm Thru on 240mm
0.368X	F-Mount (46.5mm Flange)	150	331.5	63	46	200	8X Φ8mm Thru on 180mm
	M42 x 1 (19.53mm Flange)	150	358.5	63	46	200	8X Φ8mm Thru on 180mm
	M58 x 0.75 (19.53mm Flange)	150	358.5	63	46	200	8X Φ8mm Thru on 180mm
0.093X	C-Mount (17.5mm Flange)	266	560.5	42	42	298	8X Φ8mm Thru on Φ280mm
0.124X	C-Mount (17.5mm Flange)	208	429.6	42	42	260	8X Φ8mm Thru on Φ240mm
0.191X	C-Mount (17.5mm Flange)	150	292.1	42	42	200	8X Φ8mm Thru on Φ180mm
0.377X	C-Mount (17.5mm Flange)	79	185.8	42	42	–	–
0.066X	C-Mount (17.5mm Flange)	266	536.3	42	42	298	8X Φ8mm Thru on Φ280mm
0.088X	C-Mount (17.5mm Flange)	208	405.8	42	42	260	8X Φ8mm Thru on Φ240mm
0.136X	C-Mount (17.5mm Flange)	150	267.9	42	42	200	8X Φ8mm Thru on Φ180mm
0.268X	C-Mount (17.5mm Flange)	79	161.7	42	42	–	–
0.045X	C-Mount (17.5mm Flange)	266	520.1	42	42	298	8X Φ8mm Thru on Φ280mm
0.060X	C-Mount (17.5mm Flange)	208	389.9	42	42	260	8X Φ8mm Thru on Φ240mm
0.093X	C-Mount (17.5mm Flange)	150	251.7	42	42	200	8X Φ8mm Thru on Φ180mm
0.184X	C-Mount (17.5mm Flange)	79	145.5	42	42	–	–
0.037X	C-Mount (17.5mm Flange)	266	525.9	42	42	298	8X Φ8mm Thru on Φ280mm
0.050X	C-Mount (17.5mm Flange)	208	383.1	42	42	260	8X Φ8mm Thru on Φ240mm
0.077X	C-Mount (17.5mm Flange)	150	244.8	42	42	200	8X Φ8mm Thru on Φ180mm
0.151X	C-Mount (17.5mm Flange)	79	138.6	42	42	–	–

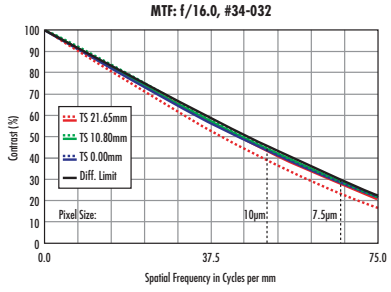


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.179X	
Maximum Sensor Format (mm):	35	
Horizontal FOV, 35mm Sensor*:	201.6mm	
Working Distance (mm):	351	
Depth of Field (20 lp/mm, f/16):	±25.0mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.2%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Rear Filter Diameter:	50.8mm	
Weight (kg) (F-Mount):	10.04	
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#34-033	NT359,938
M42 x 1.0 (19.53mm Flange) / Price	#34-028*	NT359,938
M58 x 0.75 (19.53mm Flange) / Price	#34-038	NT359,938

*M42 Version Only Covers a 39mm Image Circle

0.179X
35mm Format

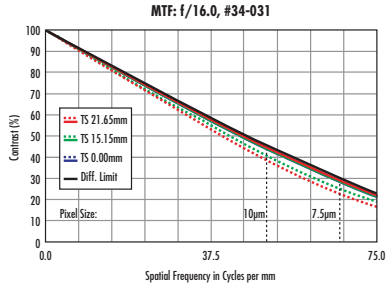


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.238X	
Maximum Sensor Format (mm):	35	
Horizontal FOV, 35mm Sensor*:	151.3mm	
Working Distance (mm):	267	
Depth of Field (20 lp/mm, f/16):	±14.6mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.2%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Rear Filter Diameter:	50.8mm	
Weight (kg) (F-Mount):	7.39	
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#34-032	NT243,425
M42 x 1.0 (19.53mm Flange) / Price	#34-027*	NT243,425
M58 x 0.75 (19.53mm Flange) / Price	#34-037	NT243,425

*M42 Version Only Covers a 39mm Image Circle

0.238X
35mm Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.368X	
Maximum Sensor Format (mm):	35	
Horizontal FOV, 35mm Sensor*:	97.9mm	
Working Distance (mm):	169	
Depth of Field (20 lp/mm, f/16):	±6.3mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.2%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	7 (5)	
Rear Filter Diameter:	50.8mm	
Weight (kg) (F-Mount):	3.74	
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#34-031	NT156,975
M42 x 1.0 (19.53mm Flange) / Price	#34-026*	NT156,975
M58 x 0.75 (19.53mm Flange) / Price	#34-036	NT156,975

*M42 Version Only Covers a 39mm Image Circle

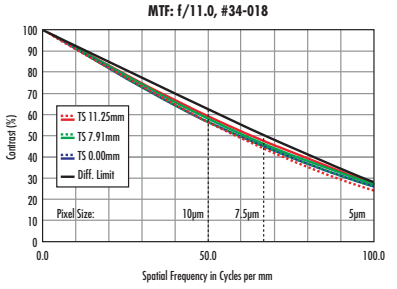
0.368X
35mm Format

TitanTL® 遠心鏡頭

0.093X

4/3" Format

Primary Magnification:	0.093X	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal FOV, 4/3" Sensor:	186.3	
Working Distance (mm):	374	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±64.5mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.04%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	10.04	
Stock No. / Price	#34-018	NT324,838

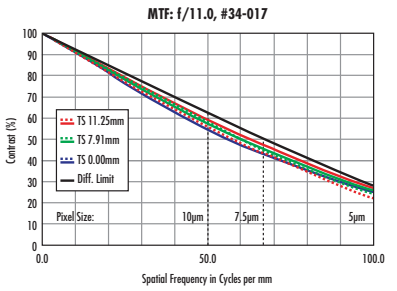


Curve Guide see page 14

0.124X

4/3" Format

Primary Magnification:	0.124X	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal FOV, 4/3" Sensor:	140.1mm	
Working Distance (mm):	284	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±37.0mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.07%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	7.12	
Stock No. / Price	#34-017	NT208,650

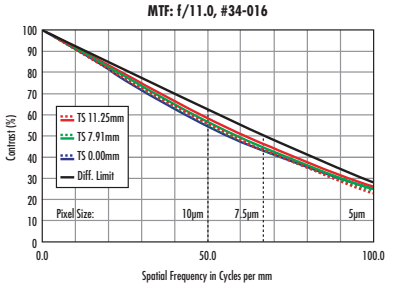


Curve Guide see page 14

0.191X

4/3" Format

Primary Magnification:	0.191X	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal FOV, 4/3" Sensor:	90.6mm	
Working Distance (mm):	221	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±15.2mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.11%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	3.58	
Stock No. / Price	#34-016	NT129,188

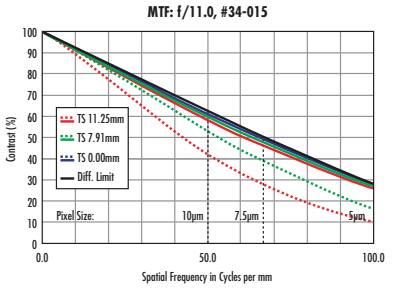


Curve Guide see page 14

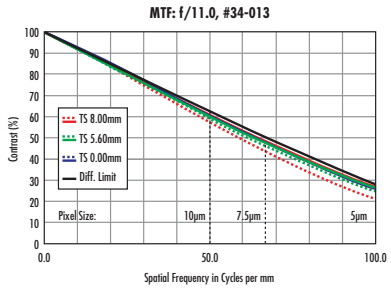
0.377X

4/3" Format

Primary Magnification:	0.377X	
Maximum Sensor Format:	4/3"	
Horizontal FOV, 4/3" Sensor:	45.9mm	
Working Distance (mm):	110	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±4.0mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.05%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	0.85	
Stock No. / Price	#34-015	NT68,250
Mounting Clamp / Price	#56-026	NT7,525



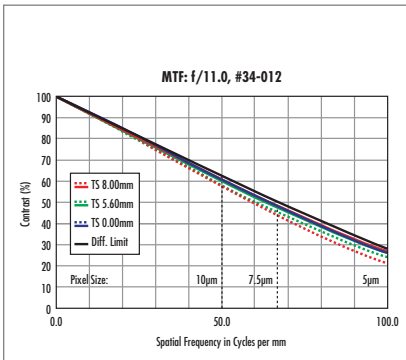
Curve Guide see page 14



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.066X	
Maximum Sensor Format:	1"	
Horizontal FOV, 1" Sensor:	193.8mm	
Working Distance (mm):	377	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±130.9mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.05%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	9.94	
Stock No. / Price	#34-013	NT324,838

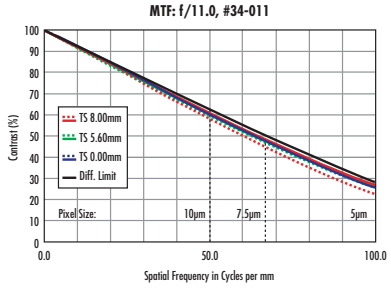
0.066X
1" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.088X	
Maximum Sensor Format:	1"	
Horizontal FOV, 1" Sensor	145.8mm	
Working Distance (mm):	286	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±72.8mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.05%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	7.08	
Stock No. / Price	#34-012	NT208,650

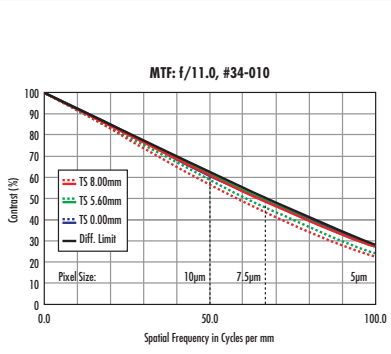
0.088X
1" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.136X	
Maximum Sensor Format:	1"	
Horizontal FOV, 1" Sensor	94.2mm	
Working Distance (mm):	223	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±30.7mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.13%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	6.88	
Stock No. / Price	#34-011	NT129,188

0.136X
1" Format



Curve Guide see page 14

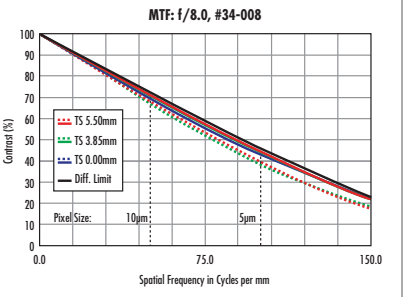
Primary Magnification:	0.268X	
Maximum Sensor Format:	1"	
Horizontal FOV, 1" Sensor	47.8mm	
Working Distance (mm):	110	
Depth of Field (20 lp/mm, f/11):	±7.8mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/11 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.05%	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	0.78	
Stock No. / Price	#34-010	NT68,250
Mounting Clamp / Price	#56-026	NT7,525

0.268X
1" Format

TitanTL® 遠心鏡頭

0.045X
2/3" Format

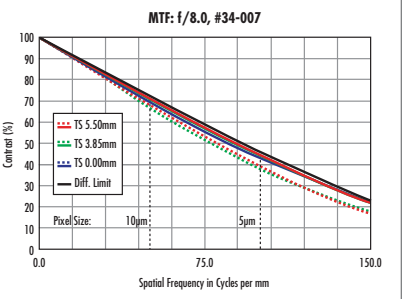
Primary Magnification:	0.045X	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	193.7mm	
Working Distance (mm):	374	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±192.1mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.05%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	10.08	
Stock No. / Price	#34-008	NT309,888



Curve Guide see page 14

0.060X
2/3" Format

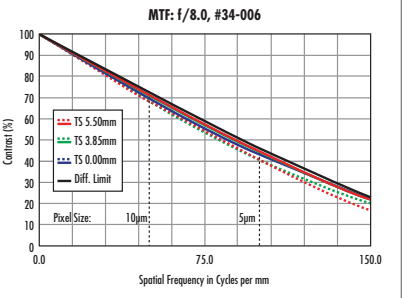
Primary Magnification:	0.060X	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	145.7mm	
Working Distance (mm):	284	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±107.7mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.08%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	7.03	
Stock No. / Price	#34-007	NT184,438



Curve Guide see page 14

0.093X
2/3" Format

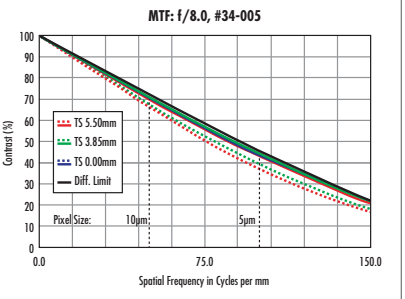
Primary Magnification:	0.093X	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	94.1mm	
Working Distance (mm):	222	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±45.1mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.10%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	3.46	
Stock No. / Price	#34-006	NT110,500



Curve Guide see page 14

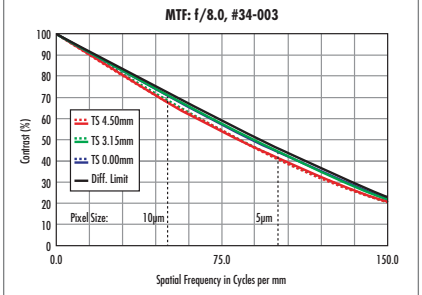
0.184X
2/3" Format

Primary Magnification:	0.184X	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	47.8mm	
Working Distance (mm):	110	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±11.5mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.05%	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	25.4mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	0.74	
Stock No. / Price	#34-005	NT55,250
Mounting Clamp / Price	#56-026	NT7,525



Curve Guide see page 14

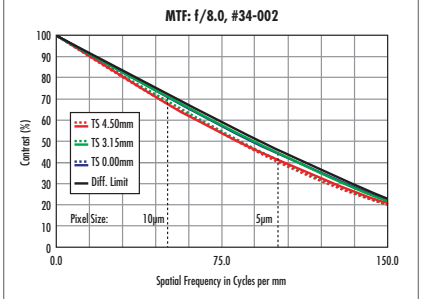
0.037X
1/1.8" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.037X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	193.9mm	
Working Distance (mm):	379	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±284.2mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.09%	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	12.7mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	10.00	
Stock No. / Price	#34-003	NT309,888

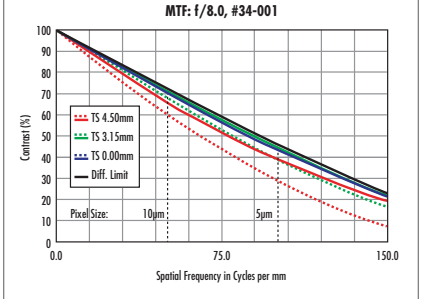
0.050X
1/1.8" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.050X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	145.6mm	
Working Distance (mm):	287	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±159.4mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.03%	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	12.7mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	6.98	
Stock No. / Price	#34-002	NT184,438

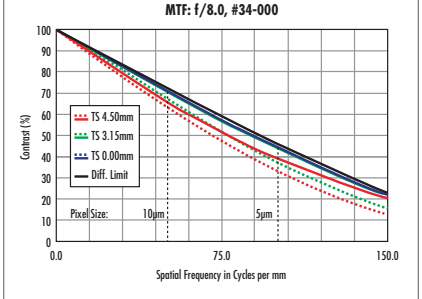
0.077X
1/1.8" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.077X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	94.0mm	
Working Distance (mm):	224	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±66.2mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.19%	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	12.7mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	3.46	
Stock No. / Price	#34-001	NT110,500

0.151X
1/1.8" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.151X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	47.8mm	
Working Distance (mm):	111	
Depth of Field (20 lp/mm, f/8):	±17.1mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/8 - f/16	
Typical Telecentricity @ 520nm:	<0.1°	
Typical Distortion @ 520nm:	<0.04%	
Number of Elements (Groups):	6 (4)	
Rear Filter Diameter:	12.7mm	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (kg):	0.72	
Stock No. / Price	#34-000	NT55,250
Mounting Clamp / Price	#56-026	NT7,525

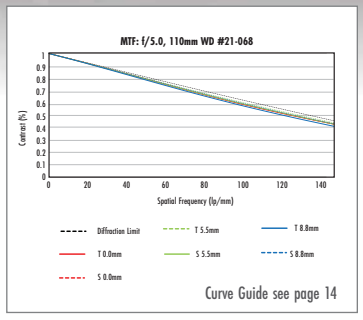
TECHSPEC® CobaltTL 遠心鏡頭
| 2000 萬像素

- 1.1", C 接環遠心鏡頭
- 最高支援到 20 萬像素, 2.2µm 像素大小
- 高分辨率 f/4.5 雙遠心鏡頭搭配同軸照明選項

0.274X
1.1" Format

Primary Magnifcation:	0.274X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	51.39mm	
Working Distance (mm):	110	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	15.5918mm	
Aperture (f/#):	f/5	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.1459	
Typical Distortion @ 588nm (%):Coating:	0.037	
Number of Elements (Groups):	10(7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	1221	
Mounting Clamp Stock No./Price	#63-233	NT7,525
In Line Stock No. / Price	#21-069	NT97,338
Standard Stock No. / Price	#21-068	NT90,838

致電尋求批量報價

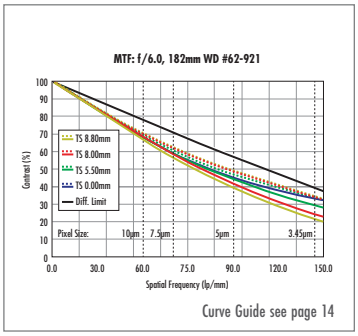


Curve Guide see page 14

0.28X
1.1" Format

Primary Magnification:	0.28X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	50.8mm	
Working Distance (mm):	182	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±6.9mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0599°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0020	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	736	
Mounting Clamp Stock No./Price	#63-440	NT13,125
Standard Stock No. / Price	#62-921	NT177,288

致電尋求批量報價

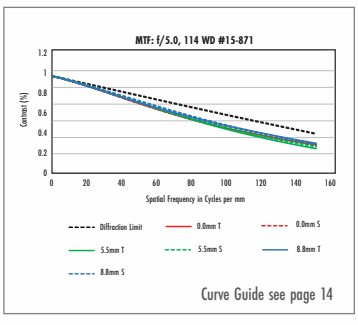


Curve Guide see page 14

0.345X
1.1" Format

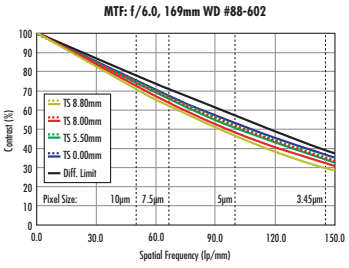
Primary Magnifcation:	0.345X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	40.88mm	
Working Distance (mm):	114	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±8.87mm at f/10 (20% @ 20 lp/mm)	
Aperture (f/#):	f/5 - f/16	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.094	
Typical Distortion @ 588nm (%):Coating:	<0.088	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Mounting Clamp Stock No./Price	#63-233	NT7,525
In Line Stock No. / Price	#15-871	NT97,338
Stock No. / Price	#15-870	NT90,838

致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

0.367X 1.1" Format

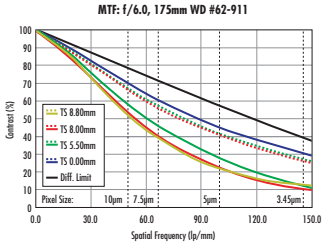


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.367X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	38.4mm	
Working Distance (mm):	169	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±4mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/16	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0735°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0602	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	629	
Mounting Clamp Stock No./Price	#89-721	NT7,525
Standard Stock No. / Price	#88-602	NT70,850

致電尋求批量報價

0.5X 1.1" Format

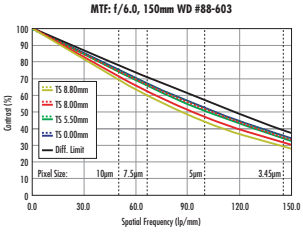


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.5X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	28.3mm	
Working Distance (mm):	175	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±2.1mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.2184°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0136	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	1061	
Mounting Clamp Stock No./Price	#63-441	NT11,200
Standard Stock No. / Price	#62-911	NT70,850

致電尋求批量報價

0.55X 1.1" Format

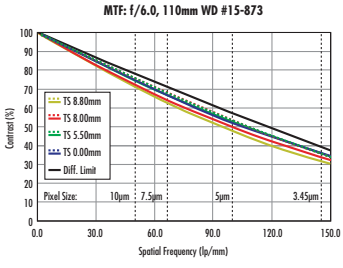


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.55X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	25.6mm	
Working Distance (mm):	150	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±1.75mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/16	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0567°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0508	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	629	
Mounting Clamp Stock No./Price	#89-721	NT7,525
Standard Stock No. / Price	#88-603	NT70,850

致電尋求批量報價

0.69X 1.1" Format

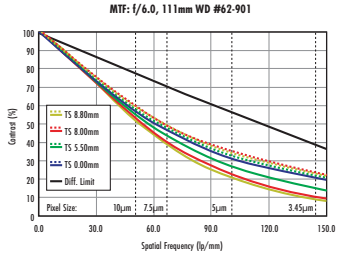


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.69X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	28.3mm	
Working Distance (mm):	110	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.75mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/4.5 - f/22*, f/4 - f/22	
Typical Telecentricity @ 520nm:	0.0140°	
Typical Distortion @ 520nm (%):	0.0220	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Number of Elements (Groups):	9 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	786*, See Web	
Mounting Clamp Stock No./Price	#63-233	NT7,525
In-Line Stock No. / Price	#15-873*	NT97,338
Standard Stock No. / Price	#15-872	NT90,350

致電尋求批量報價

0.9X 1.1" Format



Curve Guide see page 14

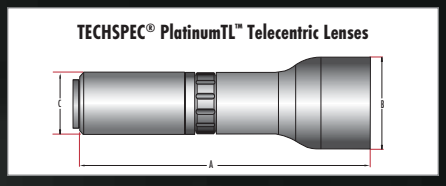
Primary Magnification:	0.9X, 1.1"	
Maximum Sensor Format:	1.1"	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	15.7mm	
Working Distance (mm):	111	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.65mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0593°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0099	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	853	
Mounting Clamp Stock No./Price	#56-025	NT7,525
Standard Stock No. / Price	#62-901	NT70,850

致電尋求批量報價

TECHSPEC® PlatinumTL™ 遠心鏡頭

3500 萬像素

- APS-C, C 接環, T 接環, F 接環遠心鏡頭
- 最高支援 35 萬像素, 2.8µm 像素大小傳感器
- 高分辨率 f/6 雙遠心鏡頭適用於量測



TECHSPEC® PlatinumTL™ 遠心鏡頭尺寸

*Length excluding threads

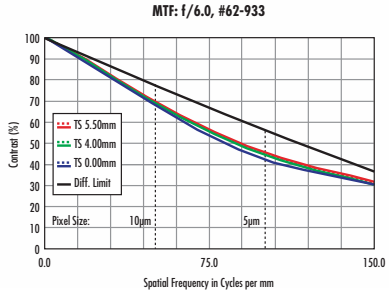
Magnification:	0.28X, ⅔"	0.5X, ⅔"	1.7X, ⅔"	0.28X, APS-C								
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	F-Mount	M42 x 1.0	M42 x 1.0	F-Mount	M42 x 1.0	M42 x 1.0	F-Mount	M42 x 1.0	M42 x 1.0
Stock No.:	#62-933	#62-932	#63-232	#62-922	#62-923	#62-924	#62-912	#62-913	#62-914	#62-902	#62-903	#62-904
Length (A) (mm)*:	203.8	174.9	189.5	167.6	208.5	195.5	143	184	171.1	170.8	210.7	197.8
Max Diameter (B) (mm):	60.5	50	60	138.6	138.6	138.6	90	90	90	65	65	65
Back Diameter (C) (mm):	33.5	33.5	46	55	50	50	55	50	50	55	53	53
Filter Thread:	M58 x 0.75	M46 x 0.75	M58 x 0.75	M132 x 0.75	M132 x 0.75	M132 x 0.75	M86 x 1.0	M86 x 1.0	M86 x 1.0	M62 x 0.75	M62 x 0.75	M62 x 0.75
Mounting Clamp	#63-442	#63-442	#63-233	#63-440	#63-440	#63-440	#63-441	#63-441	#63-441	#56-025	#56-025	#56-025
Mounting Clamp Price	NT11,200	NT11,200	NT7,525	NT13,125	NT13,125	NT13,125	NT11,200	NT11,200	NT11,200	NT7,525	NT7,525	NT7,525

0.28X

⅔" Format

Primary Magnification:	0.28X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	31.8mm	
Working Distance (mm):	180	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±6.9mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.030°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0150	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
TFL-Mount (17.5mm Flange) / Price	#16-748	NT149,800
C-Mount (17.5mm Flange) / Price	#62-933	NT70,850
Mounting Clamp / Price	#63-442	NT11,200
Color Filter - Red / Price	#54-765	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-771	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#54-777	NT1,978
UV Protective Filter / Price	#54-046	NT1,960

致電尋求批量報價



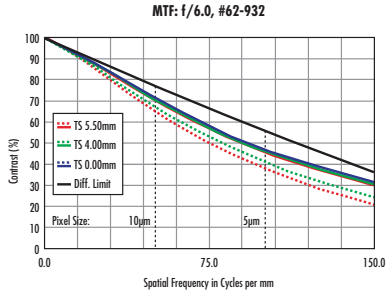
Curve Guide see page 14

0.5X

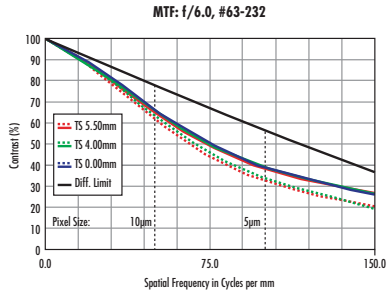
⅔" Format

Primary Magnification:	0.5X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	17.7mm	
Working Distance (mm):	173	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±2.1mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.050°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0043	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
TFL-Mount (17.5mm Flange) / Price	#16-749	NT104,825
C-Mount (17.5mm Flange) / Price	#62-932	NT52,975
Mounting Clamp / Price	#63-442	NT11,200
Color Filter - Red / Price	#54-762	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-768	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#46-571	NT1,978
UV Protective Filter / Price	#54-041	NT1,925

致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

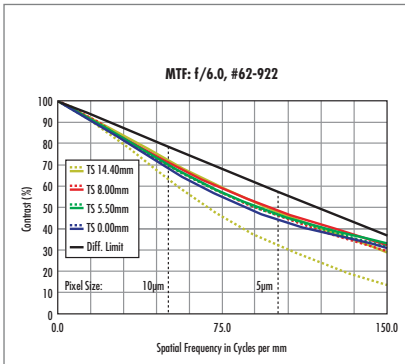


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	1.7X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	5.2mm	
Working Distance (mm):	123	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.18mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.005°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0433	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
C-Mount (17.5mm Flange) / Price	#63-232	NT72,963
Mounting Clamp / Price	#63-233	NT7,525
Color Filter - Red / Price	#54-765	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-771	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#54-777	NT1,978
UV Protective Filter / Price	#54-046	NT1,960

致電尋求批量報價

1.7X
⅔" Format

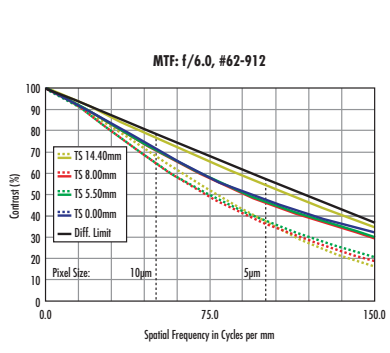


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.28X	
Maximum Sensor Format:	APS-C (28.7mm diagonal)	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	80.5mm	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	50.7mm	
Working Distance (mm):	182	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±6.9mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.066°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0394	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#62-922	NT177,288
M42 x 1.0 (19.53mm Flange) / Price	#62-924	NT177,288
M42 x 1.0 (6.56mm Flange) / Price	#62-923	NT177,288
Mounting Clamp / Price	#63-440	NT13,125

致電尋求批量報價

0.28X
APS-C Format

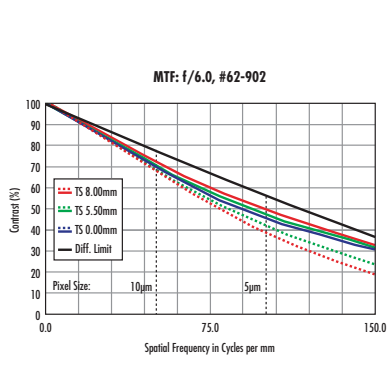


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.5X	
Maximum Sensor Format:	APS-C (28.7mm diagonal)	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	44.8mm	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	28.4mm	
Working Distance (mm):	175	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±2.05mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.259°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0275	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#62-912	NT99,288
M42 x 1.0 (19.53mm Flange) / Price	#62-914	NT99,288
M42 x 1.0 (6.56mm Flange) / Price	#62-913	NT99,288
Mounting Clamp / Price	#63-441	NT11,200
Linear Polarizing Filter / Price	#64-902	NT5,075

致電尋求批量報價

0.5X
APS-C Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.9X	
Maximum Sensor Format:	APS-C (28.7mm diagonal)	
Horizontal Field of View, APS-C Sensor:	24.9mm	
Horizontal Field of View, 1.1" Sensor:	15.8mm	
Working Distance (mm):	111mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.65mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.059°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0405	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	10 (7)	
TFL-Mount (17.5mm Flange) / Price	#16-750	NT86,100
F-Mount (46.5mm Flange) / Price	#62-902	NT81,413
M42 x 1.0 (19.53mm Flange) / Price	#62-904	NT81,413
M42 x 1.0 (6.56mm Flange) / Price	#62-903	NT81,413
Mounting Clamp / Price	#56-025	NT7,525
Color Filter - Red / Price	#89-832	NT13,650
Color Filter - Green / Price	#89-792	NT13,650
Color Filter - Blue / Price	#89-772	NT13,650
UV Protective Filter / Price	#89-802	NT13,650

致電尋求批量報價

0.9X
APS-C Format

TECHSPEC®

GoldTL™ 遠心鏡頭
| 500 萬像素

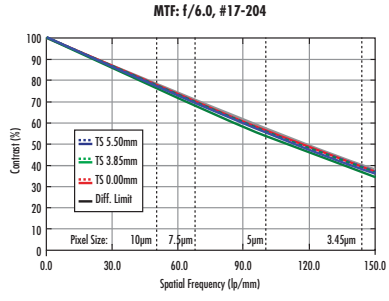
- 用於測量和計量高分辨率遠心鏡頭
- 最高支援到 500萬像素, 3.45µm 像素的傳感器
- 最高 ⅔", C 接環遠心鏡頭

注意: 考慮到尺寸和重量，建議為所有遠心鏡頭選用安裝夾具。 0.125X 和 0.09X 頭需要額外的安裝夾具。0.06X 和 0.08X 鏡頭包括可拆卸的安裝夾具。

0.06X & 0.08X

Primary Magnification:	0.06X	0.08X
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	⅔"
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	–	107.09mm
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	109.8mm	109.54mm
Working Distance (mm):	170 -220	170-220
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±123mm @ 20%	±156.24mm @ 20%
Aperture (f/#):	f/6 - f/25	f/6 - f/25
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0388°	0.0319°
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.60	-0.38
Coating:	λ/4 MgF_2	λ/4 MgF_2
Number of Elements (Groups):	11 (7)	10 (7)
Lens Mount:	C-Mount	C-Mount
Weight (kg):	5.54	5.54
Stock No.	#17-205	#17-204
Price	NT191,425	NT191,425
Mounting Clamp / Price	Included	Included

致電尋求批量報價

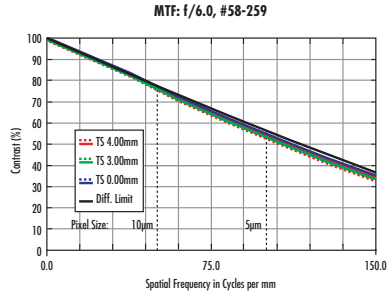


Curve Guide see page 14

0.09X & 0.125X

Primary Magnification:	0.09X	0.125X
Maximum Sensor Format:	½"	⅔"
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	–	67.9mm
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	70.2mm	51.2mm
Working Distance (mm):	132 - 182	132 - 182
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±63.6mm @ 20%	±30.4mm @ 20%
Aperture (f/#):	f/6 - f/17.4	f/6 - f/25
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0167°	0.0300°
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.1005	-0.6782
Coating:	λ/4 MgF_2	λ/4 MgF_2
Number of Elements (Groups):	11 (8)	10 (8)
Lens Mount:	C-Mount	C-Mount
Weight (kg):	2.67	2.67
Stock No.	#58-259	#55-348
Price	NT91,650	NT91,650
Mounting Clamp / Price	#56-027	NT7,525
UV/Protective Filter	#58-648	NT14,000
Linear Polarizing Filter	#64-903	NT8,015

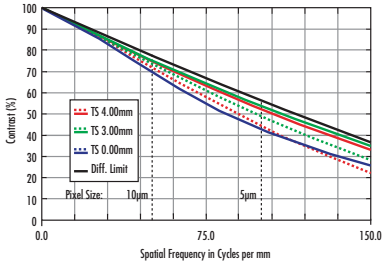
致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

0.18X & 0.25X

MTF: f/6.0, #58-258

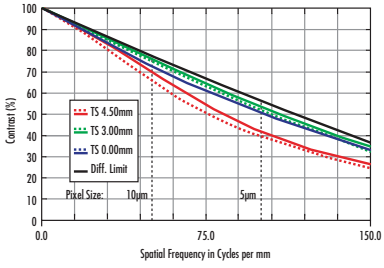


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.18X	0.25X
Maximum Sensor Format:	½"	⅔"
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	–	35.2mm
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	35.3mm	25.6mm
Working Distance (mm):	161 - 186	161 - 186
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±15.5mm @ 20%	±8.2mm @ 20%
Aperture (f/#):	f/6 - f/18	f/6 - f/25
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0371°	0.0367°
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0173	0.4442
Coating:	λ/4 MgF_2	λ/4 MgF_2
Number of Elements (Groups):	10 (7)	10 (7)
Lens Mount:	C-Mount	C-Mount
Weight (kg):	1.45	1.44
Stock No.	#58-258	#55-349
Price	NT73,450	NT73,450
Mounting Clamp / Price	#56-026	NT7,525
Color Filter - Green / Price	#46-536	NT2,415
UV/Protective Filter / Price	#54-048	NT2,030
UV/VIS-Cut Filter (R-72) / Price	#64-889	NT8,925
致電尋求批量報價		

0.36X & 0.5X

MTF: f/6.0, #58-257

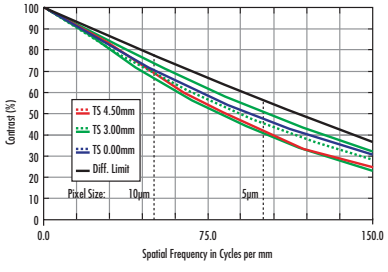


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.36X	0.5X
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	⅔"
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	–	17.7mm
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	17.5mm	14.4mm
Working Distance (mm):	117 - 142	117 - 142
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±3.7mm @ 20%	±2.1mm @ 20%
Aperture (f/#):	f/6 - f/18	f/6 - f/25
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0325°	0.0349°
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0140	-0.1347
Coating:	λ/4 MgF_2	λ/4 MgF_2
Number of Elements (Groups):	10 (7)	8 (5)
Lens Mount:	C-Mount	C-Mount
Weight (kg):	0.82	0.84
Stock No.	#58-257	#54-798
Price	NT66,138	NT66,138
Mounting Clamp / Price	#56-025	NT7,525
Color Filter - Red / Price	#54-765	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-771	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#54-777	NT1,978
UV/Protective Filter / Price	#54-046	NT1,960
UV/IR-Cut Filter / Price	#54-751	NT7,875
UV/VIS-Cut Filter (R-72) / Price	#54-754	NT3,570
致電尋求批量報價		

0.73X & 1X

MTF: f/6.0, #58-256



Curve Guide see page 14

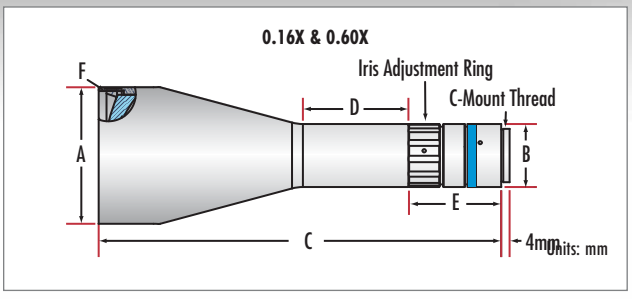
Primary Magnification:	0.73X	1X
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	⅔"
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	–	9.2mm
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	8.9mm	7.2mm
Working Distance (mm):	98 - 123	98 - 123
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.95mm @ 20%	±0.6mm @ 20%
Aperture (f/#):	f/6 - f/19.5	f/6 - f/25
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0030°	0.0034°
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0928	0.0857
Coating:	λ/4 MgF_2	λ/4 MgF_2
Number of Elements (Groups):	10 (7)	9 (7)
Lens Mount:	C-Mount	C-Mount
Weight (kg):	1.10	1.10
Stock No.	#58-256	#55-350
Price	NT62,400	NT62,400
Mounting Clamp / Price	#56-024	NT7,525
Color Filter - Red / Price	#46-532	NT2,135
Color Filter - Green / Price	#46-533	NT2,135
UV/Protective Filter / Price	#54-047	NT2,030
IR Cut-off Filter (KG-3) / Price	#49-806	NT8,750
UV/IR-Cut Filter / Price	#49-814	NT9,135
UV/VIS-Cut Filter (R-72) / Price	#64-888	NT5,005
致電尋求批量報價		

TECHSPEC®

SilverTL™ 遠心鏡頭
| 750 萬像素

- 最大支援到 ⅔" 傳感器, C 接環鏡頭
- 最高支援到 750 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 具有同軸照明選項的高分辨率 f/6 雙遠心鏡頭

成像鏡頭濾光片
參見第 168-170 頁



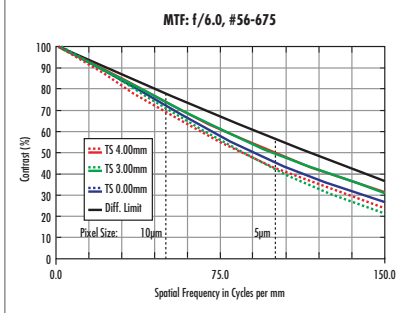
尺寸 Units: mm

Primary Magnification PMAG	Max. Outer Diameter (A)	Mounting Diameter (B)	Length (C) Standard/ In-Line	Mounting Length (D) Standard/ In-Line	Mounting Offset (E) Standard/ In-Line	Filter Size (F) (Mount Dia. x Pitch)
0.16X	65	30	191	50	43	M62 x 0.75
0.20X	60	30	188	42	45	M58 x 0.75
0.25X	48	30	158	49	44	M46 x 0.75
0.30X	46	30	158	60	43	M43 x 0.75
0.40X	45	30	159	67	33	M43 x 0.75
0.50X	40	30	153/156.2	42/45.1	68/73.4	M37 x 0.75
0.60X	42	30	156	57	46	M40.5 x 0.5
0.75X	36	30	151.2/155.2	34/46.2	82.2/16.9	M30.5 x 0.5
1.0X	40	30	114	32	17	M37 x 0.75
2.0X	45	30	141/144.6	45/42.2	17/18.8	M43 x 0.75
4.0X	61	30	249	99	17	M58 x 0.75

0.16X
½" Format

Primary Magnification:	0.16X	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	40mm	
Working Distance (±3mm):	177mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±19.74mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.030°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.015	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	8 (6)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	416	
Stock No. / Price	#56-675	NT19,688
SWIR Stock No. / Price	#26-624	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-871	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#89-832	NT13,650
Color Filter - Green / Price	#89-792	NT13,650
Color Filter - Blue / Price	#89-772	NT13,650
UV/Protective Filter / Price	#89-802	NT13,650

致電尋求批量報價

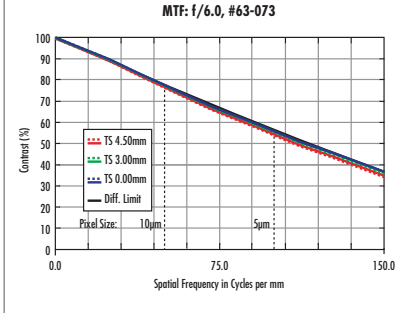


Curve Guide see page 14

0.20X
1/1.8" Format

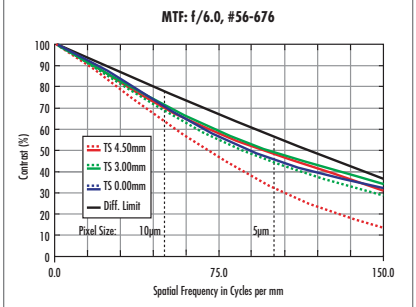
Primary Magnification:	0.20X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	35.9mm	
Working Distance (±3mm):	164mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±12.9mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.055°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.150	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	346	
Stock No. / Price	#63-073	NT19,688
SWIR Stock No. / Price	#26-625	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-871	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#54-765	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-771	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#54-777	NT1,978
UV/Protective Filter / Price	#54-046	NT1,960

致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

0.25X
½" Format

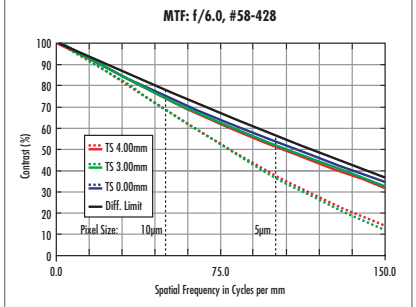


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.25X	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	25.6mm	
Working Distance (±3mm):	160mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f10):	±8.2mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.035°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.040	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	8 (5)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	266	
Stock No. / Price	#56-676	NT19,688
SWIR Stock No./Price	#26-626	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#54-762	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-768	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#46-571	NT1,978
UV/Protective Filter / Price	#54-041	NT1,925
Linear Polarizing Filter / Price	#25-084	NT1,925

致電尋求批量報價

0.30X
½" Format

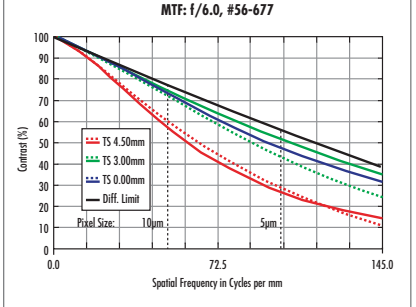


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.30X	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	21.3mm	
Working Distance (±3mm):	139mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±5.7mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.025°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.015	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	7 (6)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	291	
Stock No. / Price	#58-428	NT19,688
SWIR Stock No./Price	#26-627	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#89-829	NT8,295
Color Filter - Green / Price	#89-789	NT8,295
Color Filter - Blue / Price	#89-769	NT8,295
UV/Protective Filter / Price	#89-799	NT8,295
Linear Polarizing Filter / Price	#52-558	NT698

致電尋求批量報價

0.40X
1/1.8" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.40X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	18mm	
Working Distance (±3mm):	103mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±3.0mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.015°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.020	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	4 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	228	
Stock No. / Price	#56-677	NT19,688
SWIR Stock No./Price	#26-628	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#89-829	NT8,295
Color Filter - Green / Price	#89-789	NT8,295
Color Filter - Blue / Price	#89-769	NT8,295
UV/Protective Filter / Price	#89-799	NT8,295
Linear Polarizing Filter / Price	#52-558	NT698

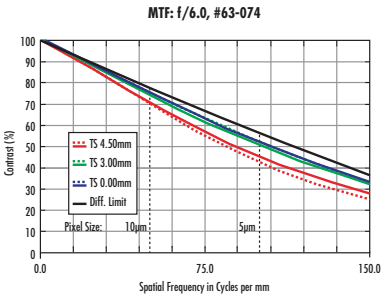
致電尋求批量報價

SilverTL™ 遠心鏡頭

0.50X
1/1.8" Format

Primary Magnification:	0.50X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	14.4mm	
Working Distance (±3mm):	120mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±2.1mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.012°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.200	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	6 (5), 7 (6)*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g) (Standard / In-Line):	226 / 233	
Standard Stock No. / Price	#63-074	NT19,688
SWIR Stock No./Price	#26-629	NT19,688
In-Line Stock No. / Price	#88-344*	NT34,213
SWIR Stock No./Price	#26-630	NT34,213
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#58-642	NT2,170
UV/Protective Filter / Price	#54-039	NT1,855
致電尋求批量報價		

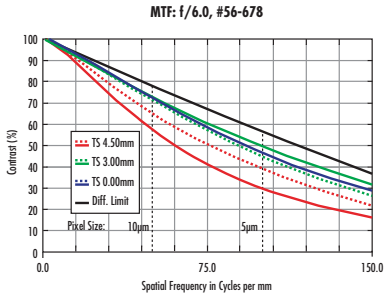
*In-line version includes an additional beamsplitter



Curve Guide see page 14

0.60X
1/1.8" Format

Primary Magnification:	0.60X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizontal Field of View, 1/1.8" Sensor:	12mm	
Working Distance (±3mm):	103mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±1.4mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.007°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.035	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	7 (4)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	212	
Stock No. / Price	#56-678	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#89-828	NT7,875
Color Filter - Green / Price	#89-788	NT7,875
Color Filter - Blue / Price	#89-768	NT7,875
UV/Protective Filter / Price	#89-798	NT7,875
Linear Polarizing Filter / Price	#25-082	NT1,890
致電尋求批量報價		

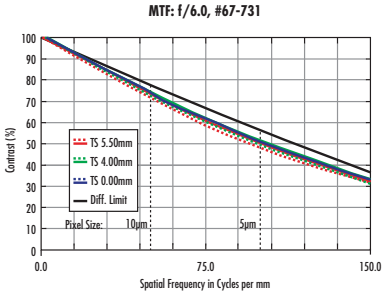


Curve Guide see page 14

0.75X
2/3" Format

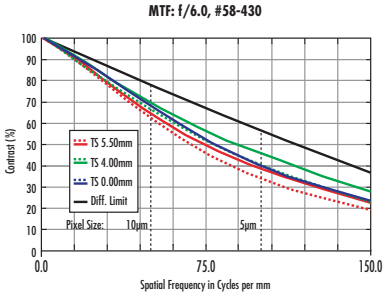
Primary Magnification:	0.75X	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal Field of View, 2/3" Sensor:	11.7mm	
Working Distance (±3mm):	100mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.8mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.080°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.080	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	6 (5), 7 (6)*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g) (Standard / In-Line):	208 / 227	
Standard Stock No. / Price	#67-731	NT19,688
In-Line Stock No. / Price	#88-346*	NT34,213
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#89-825	NT6,230
Color Filter - Green / Price	#89-785	NT6,230
Color Filter - Blue / Price	#89-765	NT6,230
UV/Protective Filter / Price	#89-795	NT6,230
致電尋求批量報價		

*In-line version includes an additional beamsplitter



Curve Guide see page 14

1.0X ⅔" Format

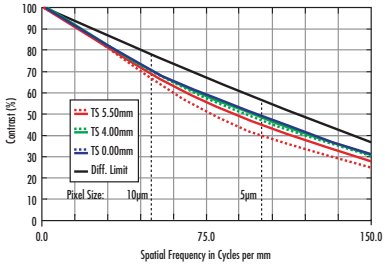


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	1.0X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8mm	
Working Distance (±3mm):	83mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.5mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.045°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.060	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	6 (5)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	193	
Stock No. / Price	#58-430	NT19,688
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#58-642	NT2,170
UV/Protective Filter / Price	#54-039	NT1,855

致電尋求批量報價

2.0X ⅔" Format



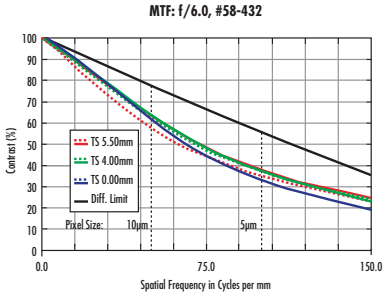
Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	2.0X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	4.4mm	
Working Distance (±3mm):	75mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.13mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22*	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.075°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.040	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	7 (6), 8 (7)*	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g) (Standard / In-Line):	280 / 314	
Standard Stock No. / Price	#58-431	NT19,688
In-Line Stock No. / Price	#88-348*	NT37,538
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#89-829	NT8,295
Color Filter - Green / Price	#89-789	NT8,295
Color Filter - Blue / Price	#89-769	NT8,295
UV/Protective Filter / Price	#89-799	NT8,295
Linear Polarizing Filter / Price	#52-558	NT698

致電尋求批量報價

*In-line version is f/10 - f/22 and includes an additional beamsplitter

4.0X ⅔" Format



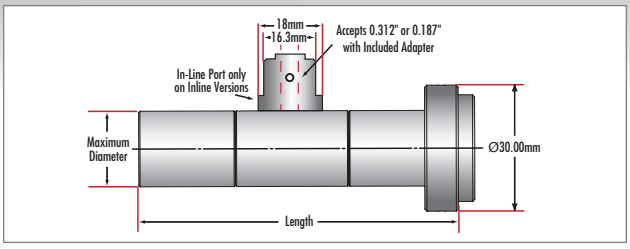
Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	4.0X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Field of View, ⅔" Sensor:	2.2mm	
Working Distance (±3mm):	44mm	
Depth of Field (20 lp/mm, f/10):	±0.03mm @ 20%	
Aperture (f/#):	f/6 - f/22	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.050°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.060	
Coating:	425 - 675nm BBAR	
Number of Elements (Groups):	8 (7)	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (g):	733	
Stock No. / Price	#58-432	NT24,325
Mounting Clamp / Price	#56-870	NT5,775
Color Filter - Red / Price	#54-765	NT1,978
Color Filter - Green / Price	#54-771	NT1,978
Color Filter - Blue / Price	#54-777	NT1,978
UV/Protective Filter / Price	#54-046	NT1,960
Linear Polarizing Filter / Price	#36-443	NT768

致電尋求批量報價

TECHSPEC® CompactTL™ 遠心鏡頭
| 230 萬像素

- ⅔", C 接環遠心鏡頭
- 最高支援到 230 萬像素, 4.5µm 像素的傳感器
- 具有同軸照明選項的小型遠心鏡頭



TECHSPEC® CompactTL™ 遠心鏡頭配件

Type	Compatible Diameter Telecentric	Stock No.	Price
M25.5 x 0.5 Filter Adapter	18mm	#88-212	NT1,120
M25.5 x 0.5 Filter Adapter	22mm	#88-213	NT1,120
Right Angle Adapter*	18mm	#88-215	NT2,815
15.25mm Optical Axis Offset Prism Adapter	18	#11-124	NT11,515
15.25mm Optical Axis Offset Prism Adapter	22	#11-125	NT11,515
25.25mm Optical Axis Offset Prism Adapter	22	#11-126	NT11,515
25.25mm Optical Axis Offset Prism Adapter	29.5	#11-127	NT11,515
25.25mm Optical Axis Offset Prism Adapter	32	#11-128	NT11,515
25.25mm Optical Axis Offset Prism Adapter	40	#11-129	NT11,515

致電尋求批量報價

*21.2mm Distance from Input to Output

尺寸

Working Distance (mm)	Primary Magnification	Maximum Diameter (mm)	Length (mm)	
			Standard Model	In-Line Model
40	1X	18	50	53.5
40	2X	18	37	40
40	3X	18	48	52.3
40	4X	18	47.1	50.3
65	0.5X	32	86.7	90
65	0.8X	22	86.5	89.9
65	1X	18	76.1	79.5
65	2X	18	76.5	79.9
65	3X	18	76.3	79.4
65	4X	18	81	84.4
65	6X	18	116.1	119.5
65	8X	18	100	103.7
110	0.5X	40	166.6	170
110	0.75X	29.5	156.2	160
110	1X	22	106.6	110
110	2X	18	126.6	130
110	3X	18	100	103.6
220	1X	36	162.5	164.7
300	1X	36	174.5	177.3
300	2X	31	198.9	202.3

1X 40mm WD

Primary Magnification:	1X	
Working Distance (±1mm):	40mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	6.4mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.5mm	
Aperture (f/#):	f/11	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°, 0.0249°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089, -0.1839*	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	31	
Standard Stock No. / Price	#63-745	NT9,133
In-Line Stock No. / Price	#67-319*	NT16,218

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

2X 40mm WD

Primary Magnification:	2X	
Working Distance (±1mm):	40mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	4.4mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	3.2mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.17mm	
Aperture (f/#):	f/14.3	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0888°, 0.3005°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.1804, 0.1083*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	29	
Standard Stock No. / Price	#63-746	NT9,555
In-Line Stock No. / Price	#67-320*	NT16,575

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

3X 40mm WD

Primary Magnification:	3X	
Working Distance (±1mm):	40mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	2.9mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	2.1mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.08mm	
Aperture (f/#):	f/16	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0764°, 0.0554°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.1782, 0.1634*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	32	
Standard Stock No. / Price	#63-747	NT9,978
In-Line Stock No. / Price	#67-321*	NT16,981

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

4X 40mm WD

Primary Magnification:	4X	
Working Distance (±1mm):	40mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	2.2mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	1.6mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.05mm	
Aperture (f/#):	f/20	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0672°, 0.0528°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.1734, 0.1616*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	32	
Standard Stock No. / Price	#63-748	NT10,319
In-Line Stock No. / Price	#67-322*	NT17,306

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

CompactTL™ 遠心鏡頭

0.5X 65mm WD

Primary Magnification:	0.5X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	17.6mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	12.8mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±1.85mm	
Aperture (f/#):	f/9	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0512°, 0.0517°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0240, -0.0444*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	70	
Standard Stock No. / Price	#63-741	NT10,920
In-Line Stock No. / Price	#67-310*	NT17,631

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

0.8X 65mm WD

Primary Magnification:	0.8X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	11mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	8mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±1.2mm	
Aperture (f/#):	f/14.9	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.1392°, 0.1406°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0044, -0.0417*	
Number of Elements (Groups):	4 (3), 5 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	41	
Standard Stock No. / Price	#63-742	NT11,343
In-Line Stock No. / Price	#67-311*	NT18,038

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

1X 65mm WD

Primary Magnification:	1X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	6.4mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.9mm	
Aperture (f/#):	f/18.6	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0495°, 0.0494°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0238, -0.0448*	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	45	
Standard Stock No. / Price	#63-733	NT9,133
In-Line Stock No. / Price	#67-312*	NT16,218

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

2X 65mm WD

Primary Magnification:	2X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	4.4mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	3.2mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.23mm	
Aperture (f/#):	f/17.3, *f/17.1	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.1162°, 0.1111°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0613, 0.0445*	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	45	
Standard Stock No. / Price	#63-734	NT9,555
In-Line Stock No. / Price	#67-313*	NT16,575

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

3X 65mm WD

Primary Magnification:	3X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	2.9mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	2.1mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.12mm	
Aperture (f/#):	f/21.9	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0141°, 0.0914°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.0884, -0.0942*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	44	
Standard Stock No. / Price	#63-735	NT9,978
In-Line Stock No. / Price	#67-314*	NT16,981

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

4X 65mm WD

Primary Magnification:	4X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	2.2mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	1.6mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.09mm	
Aperture (f/#):	f/26.3, *f/27	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0347°, 0.0081°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089, 0.0162*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	50	
Standard Stock No. / Price	#63-736	NT10,319
In-Line Stock No. / Price	#67-315*	NT17,306

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

6X 65mm WD

Primary Magnification:	6X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	1.5mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	1.1mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.05mm	
Aperture (f/#):	f/35	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.1099°, 0.2964°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0196, -0.0135*	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	58	
Standard Stock No. / Price	#63-743	NT10,920
In-Line Stock No. / Price	#67-316*	NT17,631

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

8X 65mm WD

Primary Magnification:	8X	
Working Distance (±1mm):	65mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	1.1mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	0.8mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.03mm	
Aperture (f/#):	f/45	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0598°, 0.0604°*	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.1514, 0.1450*	
Number of Elements (Groups):	6 (4), 7 (5)*	
Coating:	λ/4 MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	53	
Standard Stock No. / Price	#63-744	NT11,781
In-Line Stock No. / Price	#67-317*	NT18,363

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

CompactTL™ 遠心鏡頭

0.5X 110mm WD

Primary Magnification:	0.5X	
Working Distance (±1mm):	110mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	17.6mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	12.8mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±1.9mm	
Aperture (f/#):	f/9.1, f/9.3*	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	4 (4), 5 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	177	
Standard Stock No. / Price	#63-729	NT10,920
In-Line Stock No. / Price	#67-303*	NT17,306

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

0.75X 110mm WD

Primary Magnification:	0.75X	
Working Distance (±1mm):	110mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	11.7mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	8.5mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±1.2mm	
Aperture (f/#):	f/13.3	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	4 (4), 5 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	106	
Standard Stock No. / Price	#63-730	NT10,920
In-Line Stock No. / Price	#67-304*	NT17,306

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

1X 110mm WD

Primary Magnification:	1X	
Working Distance (±1mm):	110mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	6.4mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±1.2mm	
Aperture (f/#):	f/20.9	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	4 (3), 5 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	50	
Standard Stock No. / Price	#63-731	NT9,133
In-Line Stock No. / Price	#67-305*	NT16,120

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

2X 110mm WD

Primary Magnification:	2X	
Working Distance (±1mm):	110mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	4.4mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	3.2mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.49mm	
Aperture (f/#):	f/33	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	58	
Standard Stock No. / Price	#63-732	NT9,978
In-Line Stock No. / Price	#67-306*	NT16,981

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

3X 110mm WD

Primary Magnification:	3X	
Working Distance (±1mm):	110mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	2.9mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	2.1mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.18mm	
Aperture (f/#):	f/35	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	5 (3), 6 (4)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	50	
Standard Stock No. / Price	#63-738	NT10,920
In-Line Stock No. / Price	#67-307*	NT17,306

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

1X 220mm WD

Primary Magnification:	1X	
Working Distance (±1mm):	220mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	6.4mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.6mm	
Aperture (f/#):	f/11	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	131	
Standard Stock No. / Price	#33-096	NT12,626
In-Line Stock No. / Price	#33-110*	NT19,013

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

1X 300mm WD

Primary Magnification:	1X	
Working Distance (±1mm):	300mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	6.4mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.73mm, ±0.71mm*	
Aperture (f/#):	f/14.3, f/14.2*	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)**	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	140	
Standard Stock No. / Price	#33-100	NT12,626
In-Line Stock No. / Price	#33-114*	NT19,013

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

2X 300mm WD

Primary Magnification:	2X	
Working Distance (±1mm):	300mm	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	4.4mm	
Horizontal Field of View, ½" Sensor:	3.2mm	
Depth of Field (20% @ 20 lp/mm):	±0.3mm	
Aperture (f/#):	f/28.5	
Typical Telecentricity @ 588nm:	0.0324°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.1089	
Number of Elements (Groups):	5 (4), 6 (5)*	
Coating:	$\lambda/4$ MgF_2	
Lens Mount:	C-Mount	
Weight (Standard Model) (g):	122	
Standard Stock No. / Price	#33-101	NT12,626
In-Line Stock No. / Price	#33-115*	NT19,013

致電尋求批量報價

*In-line version includes an additional beamsplitter

TECHSPEC® VariMagTL® 遠心鏡頭
| 500 萬像素

- ⅔", C 接環遠心鏡頭
- 最高支援到 500 萬像素, 3.45µm 像素的傳感器
- 可變放大倍率遠心鏡頭

Vision Systems Design 2015 Innovators Awards SILVER

規格						*Horizontal on ⅔" sensor
0.25X - 0.5X Telecentric Lens, #88-385						
PMAG	0.25X	0.30X	0.35X	0.40X	0.45X	0.50X
WD (mm)	145	124.5	112	104	100.2	100.1
FOV (mm)*	34.5	29.2	25.1	22	19.5	17.5
0.5X - 1X Telecentric Lens, #88-386						
PMAG	0.5X	0.6X	0.7X	0.8X	0.9X	1.0X
WD (mm)	115	106	102	100	100	100
FOV (mm)*	17.5	14.6	12.6	11	9.7	8.8
1.0X - 3X Telecentric Lens, #88-387						
PMAG	1.0X	1.5X	2.0X	2.5X	3.0X	
WD (mm)	71.6	61	55.6	52.4	50.3	
FOV (mm)*	8.8	5.7	4.4	3.5	2.9	

0.25X - 0.5X
⅔" Format Telecentric

Magnification:	0.25X - 0.5X Telecentric	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	34.5 - 17.5mm	
Working Distance (mm):	145 - 100.1	
Resolution:	75 lp/mm @ >20%	
Aperture (f/#):	f/6 - Closed	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.05°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.05	
Filter Threading:	M62 x 0.75	
Lens Mount:	C-Mount	
Max. Diameter (mm):	65	
Overall Length (mm):	177.9	
Weight (g):	942	
Stock No. / Price	#88-385	NT81,413
Mounting Clamp / Price	#56-025	NT7,525
致電尋求批量報價		

0.5X - 1X
⅔" Format Telecentric

Magnification:	0.5X - 1X Telecentric	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	17.5 - 8.8mm	
Working Distance (mm):	115 - 100	
Resolution:	75 lp/mm @ >20%	
Aperture (f/#):	f/6 - Closed	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.02°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.07	
Filter Threading:	M40.5 x 0.5	
Lens Mount:	C-Mount	
Max. Diameter (mm):	50.8	
Overall Length (mm):	175.48	
Weight (g):	642	
Stock No. / Price	#88-386	NT52,975
致電尋求批量報價		

1X - 3X
⅔" Format Telecentric

Magnification:	1X - 3X Telecentric*	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	8.8 - 2.9mm	
Working Distance (mm):	71.6 - 50.3	
Resolution:	75 lp/mm @ >20%	
Aperture (f/#):	f/6 - Closed	
Typical Telecentricity @ 588nm:	<0.11°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.25	
Filter Threading:	M30.5 x 0.5	
Lens Mount:	C-Mount	
Max. Diameter (mm):	48	
Overall Length (mm):	90.1 - 153.7	
Weight (g):	296	
Stock No. / Price	#88-387	NT65,650
Replacement 2X - 3X Adapter	#89-409	NT1,625
致電尋求批量報價		

*Includes Adapter to Change from 1.0X - 2.0X to 2.0X - 3.0X

TECHSPEC® 液態透鏡 Cx 系列定焦鏡頭 | 750 萬像素

- 最大支援到 ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 750 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 液態透鏡提供動態聚焦

配件

Description	Stock No.	Price
Driver Board with Maxim MAX14574 Driver and USB Input	#28-774	NT10,325
Driver Board with Maxim MAX14574 Driver and I2C/DC Input	#12-248	NT8,750
Corning® Varioptic® - Variable Focus Liquid Lens, Driving Electronics Development Kit	#28-773	NT25,375

不包含液態透鏡的模組版本:
請參考 88-90 頁的 Cx 系列

注意: 操作上必需使用驅動控制板和控制軟體。這些必須另外單獨購買，除非使用的相機具有液態透鏡連線控制。 各種驅動控制板和軟體包含在電子開發套件(#17-123)中。如果不需要驅動軟體，也可以單獨購買單獨的驅動控制板。(#12-247 或 #12-248)。

12mm ½" Format

Focal Length:	12mm	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizontal FOV, ⅔" Sensor:	–	
Horizontal FOV, ½" Sensor:	58.3mm - 30.2°	
Horizontal FOV, ⅓" Sensor:	46.0mm - 22.8°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/6	
Integrated Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A-25H0	
Mount:	C-Mount	
Stock No. / Price	#33-632	NT8,795

致電尋求批量報價

16mm
2/3" Format

Focal Length:	16mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	59.9mm - 31°	
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	48.4mm - 22.8°	
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	36.2mm - 17.1°	
Working Distance (mm):	100 - ∞	
Aperture (f/#):	f/5	
Integrated Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A-25H0	
Mount:	C-Mount	
Stock No. / Price	#33-646	NT8,795

致電尋求批量報價

25mm
2/3" Format

Focal Length:	25mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	49.8mm - 19.1°	
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	42.0mm - 13.4°	
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	53mm - 14°	
Working Distance (mm):	150 - ∞	
Aperture (f/#):	f/5	
Integrated Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A-25H0	
Mount:	C-Mount	
Stock No. / Price	#33-661	NT8,795

致電尋求批量報價

35mm
2/3" Format

Focal Length:	35mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	2/3"
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	53mm - 14°	51.3mm - 13.9°
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	42.4mm - 9.6°	42.4mm - 9.6°
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	31.7mm - 7.2°	31.8mm - 7.2°
Working Distance (mm):	225 - ∞	225 - ∞
Aperture (f/#):	f/5	f/7
Integrated Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A-39N0	A-25H0
Mount:	C-Mount	C-Mount
Stock No.	#33-676	#33-677
Price	NT9,302	NT8,795

致電尋求批量報價

50mm
2/3" Format

Focal Length:	50mm	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizontal FOV, 2/3" Sensor:	42mm - 9.4°	
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	32.5mm - 6.7°	
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	24.4mm - 5.0°	
Working Distance (mm):	250 - ∞	
Aperture (f/#):	f/7	
Integrated Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A-39N0	
Mount:	C-Mount	
Stock No. / Price	#33-687	NT10,823

致電尋求批量報價

TECHSPEC® 液態鏡頭 M12 成像鏡頭 | 500 萬像素

- 液態透鏡提供快速自動對焦
- 最高支援到 500 萬像素, 2.8µm 像素的傳感器
- 最大支援到 1/1.8", S 接環鏡頭

注意: 操作上必需使用驅動控制板和控制軟體。這些必須另外單獨購買，除非使用的相機具有液態透鏡連線控制。各種驅動控制板和軟體包含在電子開發套件 (#17-123)中。如果不需要驅動軟體，也可以單獨購買單獨的驅動控制板 (#12-247 or #12-248)。

配件

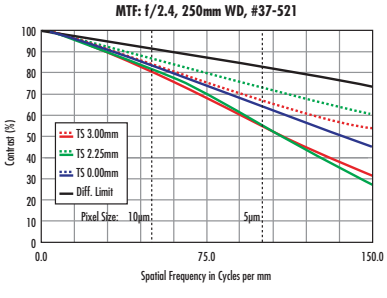
Description	Stock No.	Price
Driver Board with Maxim MAX14574 Driver and USB Input	#28-774	NT10,325
Driver Board with Maxim MAX14574 Driver and I2C/DC Input	#12-248	NT8,750
Corning® Varioptic® - Variable Focus Liquid Lens, Driving Electronics Development Kit	#28-773	NT25,375

6mm
1/2" Format

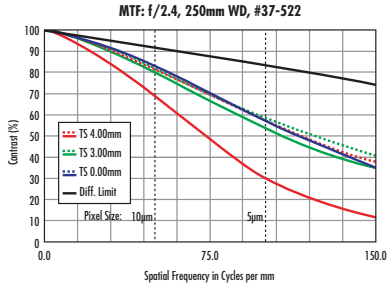
Focal Length:	6mm
Maximum Sensor Format:	1/2"
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	128.6mm - 60.8°
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	92.5mm - 45.8°
Aperture (f/#):	f/2.4
Working Distance (mm):	100 - ∞
Distortion (%)*:	-14.91
Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A39N0
Mount:	M12 x 0.5 (S-Mount)
Stock No.	#37-521
Price	NT14,300

致電尋求批量報價

* Distortion at Full Field



Curve Guide see page 14



Curve Guide see page 14

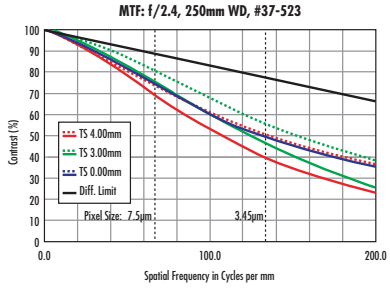
8mm

½" Format

Focal Length:	8mm
Maximum Sensor Format:	½"
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	139.8mm - 46°
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	102.3mm - 34.5°
Aperture (f/#):	f/2.4
Working Distance (mm):	150 - ∞
Distortion (%)*:	-9.51
Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A39N0
Mount:	M12 x 0.5 (S-Mount)
Stock No.	#37-522
Price	NT14,300

致電尋求批量報價

* Distortion at Full Field



Curve Guide see page 14

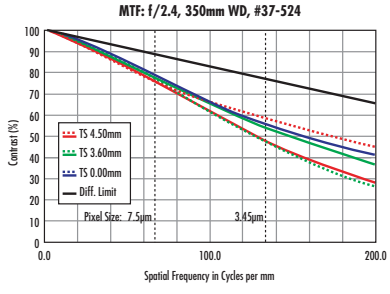
12mm

½" Format

Focal Length:	12mm
Maximum Sensor Format:	½"
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	93.8mm - 30.3°
Horizontal FOV, 1/3" Sensor:	69.8mm - 22.8°
Aperture (f/#):	f/2.4
Working Distance (mm):	150 - ∞
Distortion (%)*:	-2.34
Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A39N0
Mount:	M12 x 0.5 (S-Mount)
Stock No.	#37-523
Price	NT14,300

致電尋求批量報價

* Distortion at Full Field



Curve Guide see page 14

16mm

1/1.8" Format

Focal Length:	16mm
Maximum Sensor Format:	1/1.8"
Horizontal FOV, 1/1.8" Sensor:	109mm - 25.4°
Horizontal FOV, 1/2" Sensor:	97.2mm - 22.7°
Aperture (f/#):	f/2.4
Working Distance (mm):	220 - ∞
Distortion (%)*:	-0.33
Corning® Varioptic® Liquid Lens:	A39N0
Mount:	M12 x 0.5 (S-Mount)
Stock No.	#37-524
Price	NT14,300

致電尋求批量報價

* Distortion at Full Field

M12 液態透鏡鏡頭

液態透鏡控制器及驅動裝置

www.edmundoptics.com.tw/**4006**

- **可控制 Optotune 及 Corning® Varioptic® 透鏡**

L液態透鏡控制器及驅動裝置，可讓使用者存取各種 Optotune 及 Corning® Varioptic® 調焦透鏡的完整功能。其中提供各種選項，不但易於使用也能輕鬆整合。Gardasoft TR-CL180 工業鏡頭控制器符合 GigE Vision® 規範，以 0.1mA 為步進單位，相容於所有配備 Hirose 接頭的 Optotune 工業可調焦透鏡。以 USB 供電的 Optotune 透鏡驅動裝置 4 及 4i 易於使用，是控制 Optotune 透鏡的另一種選擇。4i 驅動裝置配備 Hirose 接頭，相容於 Optotune 透鏡，而 4 驅動裝置則相容於配備 FPC 接頭的 Optotune 可調焦透鏡。Maxim 驅動板搭載 USB 或 I2C 介面，可個別供應或作為開發套件的一部分，可控制所有 Corning Varioptic 可調焦透鏡。

注意: 圖例是 Gardasoft TR-CL180 工業鏡頭控制器。

液態透鏡控制器及驅動裝置

Description	Compatible Liquid Lenses	Connectors / Inputs	Notes	Stock No.	Price
Gardasoft TR-CL180 Industrial Lens Controller	Optotune Lenses (Hirose Connector)	USB Type A (to PC), 6-way Hirose (to Lens)	6-way Hirose Male/Female Cable (#88-941 or #33-468) sold separately	#13-803	NT45,500
Optotune Industrial Electrical Lens Driver 4i	Optotune Lenses (Hirose Connector)	USB Type A (to PC), 0.5mm pitch 6-way Hirose (to Lens)	6-way Hirose Male/Female Cable (#88-941 or #33-468) sold separately	#88-940	NT16,730
Optotune Electrical Lens Driver 4	Optotune Lenses (FPC Connector)	USB Type A (to PC), 0.5mm pitch 6-way FPC (to lens)		#87-590	NT12,075
Maxim MAX14574 Driver and USB Input	Corning® Varioptic® Variable Focus Liquid Lenses	USB	Micro-B USB Cable sold separately	#28-774	NT10,325
Maxim MAX14574 Driver and I²C/DC	Corning® Varioptic® Variable Focus Liquid Lenses	I²C/DC J11 for 6 pin FPC		#12-248	NT8,750
Corning® Varioptic® Liquid Lens Driving Electronics Development Kit	Corning® Varioptic® Variable Focus Liquid Lenses	USB and I²C/DC	Includes USB and I²C Drivers, Software, and Documentation	#28-773	NT25,375

Corning® Varioptic® 可變焦液態透鏡

www.edmundoptics.com.tw/**3753**

- **透過外加電壓來改變焦距**
- **機器視覺自動對焦應用的理想選擇**
- **所需電力低於傳統自動對焦透鏡**

Corning® Varioptic® 可變焦液態透鏡由沉積在平坦的導電液體上的導電液體組成基板。在基板和液體之間施加電壓會導致內部的絕緣材料液體改變形狀，產生可變焦距。這些鏡頭採用穩定的光軸，可在任何方向運行，並具有優化的 AR 鍍膜在 400 到 700 nm 之間有絕佳的穿透率。 1.6mm 通光孔徑透鏡是目前可用的最小的液態透鏡，特別是專為超緊湊型相機而設計，例如掃碼引擎、工業和醫療內視鏡。
2.5mm 通光孔徑透鏡適用於高速應用和3.9mm 通光孔徑適用於長焦距、和大尺寸的傳感器和雷射應用，以及可用的最大 5.8mm 通光孔徑鏡頭專為具有長焦距物鏡、大型傳感器、或 C 接環物鏡設計。這些透鏡也包含在開發套件中使用，其中包括鏡頭、電子驅動板、傳輸線和軟體，可通過 USB-A 連接輕鬆使用與整合。另外也提供帶熱敏電阻(溫度感測)的版本用於溫度敏感的應用。

Corning® Varioptic® 可變焦液態透鏡

Model:	A-16F		A-25H		A-25H-D0		A-39N		A-58N	
Diameter (mm):	6.2		9.4		8.8		15.2		13.0	
Thickness (mm):	3.0		3.5		2.8		5.2		6.3	
Clear Aperture (mm):	1.6		2.5		2.5		3.9		5.8	
Focus Range (diopters):	-5 to +15		-5 to +13		-35 to +35		-5 to +15		-5 to +10	
Transmitted Wavefront Error, RMS (nm):	25		45		70		50		80	
Typical Transmission @ 587nm, VIS Models (%):	97		97		97		97		97	
Typical Transmission @ 850nm, NIR Models (%):	96		96		96		96		96	
Storage Temperture (°C):	-40 to +85		-40 to +85		-40 to +85		-40 to +85		-40 to +85	
Operating Temperture (°C):	-20 to +60		-30 to +85		-20 to +60		-20 to +60		-20 to +50	
Individual Lens, VIS Coated with Thermistor Stock No. / Price	#28-775	NT5,075	#28-776	NT4,025	#28-777	NT4,725	#28-782	NT6,038	#28-784	NT13,300
Individual Lens, NIR Coated with Thermistor Stock No. / Price	N/A	–	N/A	–	#28-962	NT4,725	#28-783	NT6,038	#28-785	NT13,300
Development Kit, VIS Coated Stock No. / Price	#28-767	NT29,225	N/A	–	#28-768	NT31,325	#28-769	NT29,225	#28-771	NT29,225
Development Kit, NIR Coated Stock No. / Price	N/A	–	N/A	–	#28-961	NT31,325	#28-770	NT29,225	#28-772	NT29,225

配件

Description	Stock No.	Price
4 to 6/6 to 4 Pin FPC Adapter Board	#22-588	NT3,465

Optotune 調焦透鏡

www.edmundoptics.com.tw/**3675**

For other lens mount options, visit www.edmundoptics.com.tw/3735

Optotune 調焦透鏡

CA (Clear Aperture):	10mm		10mm		16mm		16mm	
Tuning Range (Diopters):	+5 to +10		-1.5 to +3.5		-2 to +3		-10 to +10	
Dimensions (mm):	48 x 30.5		48 x 30.5		47 x 70		47 x 70	
Thickness (mm):	20.6		20.6		17.6		17.6	
Connector:	Hirose		Hirose		Hirose		Hirose	
Male Thread:	C-Mount		C-Mount		C-Mount		C-Mount	
Female Thread:	C-Mount		C-Mount		C-Mount		C-Mount	
Stock No. / Price	#88-937	NT26,880	#88-939	NT26,880	#33-494	NT41,300	#35-086	NT78,575

配件

Description	Stock No.	Price
Gardasoft Lens Controller (USB Type A to Hirose)	#13-803	NT45,500
Optotune Industrial Electrical Lens Driver 4i	#88-940	NT16,730
6-Way Hirose Cable, 3m	#33-468	NT5,075

Pixelink® USB 3.0 液態自動對焦鏡頭相機

www.edmundoptics.com.tw/**3781**

- **液體鏡頭的無縫集成**
- **一鍵式自動對焦，高速對焦運動**
- **高速USB 3.0介面**

PixeLINK® USB 3.0，自動對焦液態透鏡相機，提供無縫集成和控制液體透鏡的能力。通過使液態透鏡直接連接到相機，提供快速、連續的聚焦控制。這一簡單自動對焦系統，使這些攝像機非常適合條碼讀取、檢查和醫學等領域內的高速應用。PixeLINK® USB 3.0 自動對焦液態透鏡相機與我們的 TECHSPEC® CX 系列定焦鏡頭相容，結合內置液態透鏡整合以及高分辨率成像性能。

注意: 帶液態透鏡鏡頭單獨出售。

Video Output:	USB 3.0	**Dimensions (mm):**	32 x 48 x 11
Lens Mount:	C-Mount	**Weight (g):**	35.8
Input/Output Options:	1 Trigger Input, 2 GPO		

See page 156-157 for compatible Liquid Lens Cx Series Lenses

Pixelink® USB 3.0 液體自動對焦鏡頭相機

Model Number:	**PL-D721**		**PL-D722**		**PL-D732**		**PL-D753M/CU-AF-ED**		**PL-D755**	
Camera Sensor Format:	½"		⅔"		⅔"		⅔"		⅔"	
Resolution (MegaPixels):	1.3		2.3		2.2		3		5	
Imaging Device:	ON Semi VITA 1300		ON Semi VITA 2000		CMOSIS CMV2000		Sony IMX421		Sony IMX250	
Pixels (H x V):	1280 x 1024		1920 x 1200		2048 x 1088		1936 x 1464		2448 x 2048	
Pixel Size, H x V (µm):	4.8 x 4.8		4.8 x 4.8		5.5 x 5.5		4.5 x 4.5		3.45 x 3.45	
Frame Rate (fps):	150		92		170		141.1		80.3	
Shutter:	Global		Global		Global		Global		Global	
Bit Depth:	8 or 10 Bit		8 or 10 Bit		8 or 10 Bit		8 or 12 Bit		8 or 12 Bit	
Monochrome Camera	#34-775	NT66,325	#34-777	NT45,500	#34-781	NT53,375	#14-180	NT52,500	#34-783	NT80,325
Color Camera	#34-776	NT66,325	#34-778	NT45,500	#34-782	NT53,375	#14-181	NT52,500	#34-784	NT80,325

Pixelink® USB 3.0 液態透鏡插件板級相機

www.edmundoptics.com.tw/**4018**

- **M12 S 接環插件板級相機**
- **緊密整合液態透鏡**
- **一鍵式自動對焦，高速對焦運動**

Pixelink® USB 3.0 自動對焦液透鏡插件板級相機利用液態透鏡整合，提供一鍵式的高速點對點對焦。這類 USB 3.0 插件板級相機採用 M12 S 接環相機。其中透過隨附軟體提供緊密的液態透鏡控制，並與 Pixelink SDK 輕鬆整合，是高速成像應用的理想選擇，例如條碼讀取及生物識別。

請注意: 插件板級相機具備暴露電子元件，設計用於系統整合，可能不適合終端使用者使用。不包含液態透鏡。

Pixelink® USB 3.0 自動對焦液態透鏡插件板級相機

Model Number:	**PL-D753**		**PL-D775**	
Camera Sensor Format:	⅔"		1/2.5"	
Resolution (MegaPixels):	2.8		5.0	
Imaging Device:	Sony IMX421		Aptina (MT9P031) / (MT9P006)	
Pixels (H x V):	1936 x 1464		2592 x 1944	
Pixel Size, H x V (µm):	4.5 x 4.5		2.2 x 2.2	
Frame Rate (fps):	141		14	
Dimensions (mm):	50.8 x 35 x 25.4		50.8 x 35 x 25.4	
Lens Mount:	M12 x 0.5 (S-Mount)		M12 x 0.5 (S-Mount)	
Monochrome Camera	#14-175	NT59,325	#14-177	NT25,900
Color Camera	#14-176	NT59,325	#14-178	NT25,900

Type of Sensor:	CMOS Sensor
Video Output:	USB 3.0

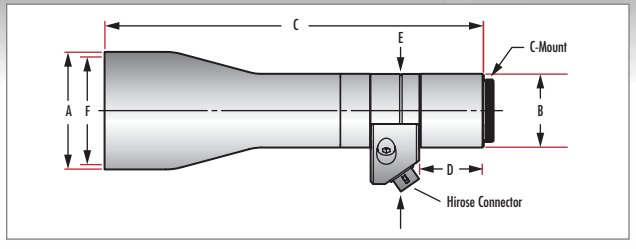
配件

Description	Stock No.	Price
Pixelink SDK Version 4	#58-179	NT21,000
2m Locking Cable	#89-403	NT2,065
3m Locking Cable	#89-404	NT2,415

TECHSPEC® MercuryTL™ 整合液態透鏡的遠心鏡頭 | 230 萬像素

- 用於擴展遠心鏡頭景深的液態透鏡
- 最高支援到 230 萬像素, 4.5µm 像素的傳感器
- 最大支援到 ⅔", C 接環遠心鏡頭

注意: 需要另外購買使用驅動控制器和 Hirose 電纜使用。



尺寸

PMAG	Max Diameter A (mm)	Mounting Diameter B (mm)	Length C (mm)	Mounting Offset D (mm)	Max Liquid Lens Width E (mm)	Filter Thread
0.15X	65	30	186.7	21.9	48 x 30.5	M62 x 0.75
0.25X	48	30	155.5	26.1	48 x 30.5	M46 x 0.75
0.37X	45	30	157.3	12.4	48 x 30.5	M43 x 0.75
0.75X	36	30	148.7	61.8	48 x 30.5	M30.5 x 0.5

配件

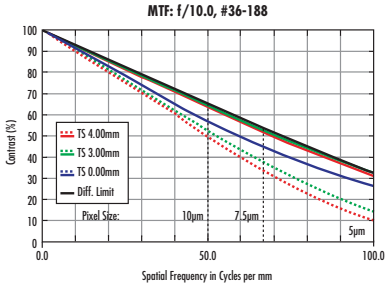
Description	Stock No.	Price
Optotune Lens Driver (USB Type A to Hirose)	#88-940	NT16,730
Gardasoft Lens Controller (USB Type A to Hirose)	#13-803	NT45,500
6-Way Hirose Cable, 1m	#88-941	NT4,025
6-Way Hirose Cable, 3m	#33-468	NT5,075

0.15X

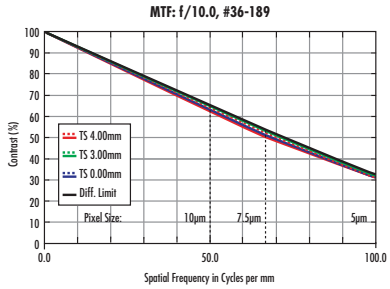
½" Format

Primary Magnification:	0.15X	
Maximum Sensor Format:	½"	
Horizonal Field of View, ½" Sensor:	41.9mm	
Working Distance (mm):	169 - 265	
Typical Telecentricity:	0.0243°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.3147	
Aperture (f/#):	f/10	
Weight (g):	405	
Stock No. / Price	#36-188	NT69,225
Mounting Clamp	#56-871	NT5,775

致電尋求批量報價



Curve Guide see page 14

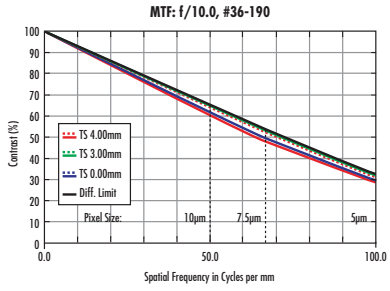


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.25X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizonal Field of View, 1/1.8" Sensor:	28.5mm	
Working Distance (mm):	91 - 173	
Typical Telecentricity:	0.0802°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.3208	
Aperture (f/#):	f/10	
Weight (g):	266	
Stock No. / Price	#36-189	NT69,225
Mounting Clamp	#56-870	NT5,775

致電尋求批量報價

0.25X
1/1.8" Format

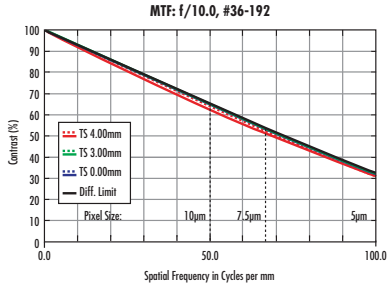


Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.37X	
Maximum Sensor Format:	1/1.8"	
Horizonal Field of View, 1/1.8" Sensor:	19.4mm	
Working Distance (mm):	84 - 101	
Typical Telecentricity:	0.0765°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	-0.2242	
Aperture (f/#):	f/10	
Weight (g):	238	
Stock No. / Price	#36-190	NT69,225
Mounting Clamp	#56-870	NT5,775

致電尋求批量報價

0.37X
1/1.8" Format



Curve Guide see page 14

Primary Magnification:	0.75X	
Maximum Sensor Format:	2/3"	
Horizonal Field of View, 2/3" Sensor:	11.2mm	
Working Distance (mm):	85 - 99mm	
Typical Telecentricity:	0.0581°	
Typical Distortion @ 588nm (%):	0.0176	
Aperture (f/#):	f/10	
Weight (g):	222	
Stock No. / Price	#36-192	NT69,225
Mounting Clamp	#56-870	NT5,775

致電尋求批量報價

0.75X
2/3" Format

TECHSPEC®

M 列可變倍率鏡頭

| 500 萬像素

- ⅔", C 接環鏡頭
- 最高支援到 5 百萬像素, 3.45 um 像素大小傳感器
- 可變倍率鏡頭

Specifications *Horizontal on ⅔" sensor

0.15X - 0.5X, #87-536						
PMAG	0.15X	0.2X	0.3X	0.4X	0.5X	
WD (mm)	179.8	133.5	87.3	64	50	
FOV (mm)*	58.7	44	29.3	22	17.6	
0.5X - 1X, #87-535						
PMAG	0.5X	0.6X	0.7X	0.8X	0.9X	1.0X
WD (mm)	100.1	87.4	78.3	71.3	65.8	61.5
FOV (mm)*	17.6	14.6	12.6	11	9.7	8.8

0.15X - 0.5X

⅔" Format

Magnification:	0.15X - 0.5X	
Maximum Sensor Format:	⅔"	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	58.7 - 17.6mm	
Working Distance (mm):	179.8 - 50.0	
Resolution:	75 lp/mm @ >20%	
Aperture (f/#):	f/2.8 - f/22	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.05	
Filter Threading:	M25.5 x 0.5	
Lens Mount:	C-Mount	
Max. Diameter (mm):	32	
Length (mm):	59.5	
Weight (g):	101	
Stock No. / Price	#87-536	NT21,125

致電尋求批量報價

0.5X - 1X

⅔" Format

Magnification:	0.5 - 1X	
Maximum Sensor Format:	⅔"*	
Horizontal Field of View, ⅔" Sensor:	17.6 - 8.8mm	
Working Distance (mm):	100.1 - 61.5mm	
Resolution:	75 lp/mm @ >20%	
Aperture (f/#):	f/4 - f/22	
Typical Distortion @ 588nm (%):	<0.08	
Filter Threading:	M25.5 x 0.5	
Lens Mount:	C-Mount	
Max. Diameter (mm):	30	
Length (mm):	56.11 - 75.45	
Weight (g):	87	
Stock No. / Price	#87-535	NT21,125
0.5X Fixed Stock No. / Price	#87-531	NT16,250
0.75X Fixed Stock No. / Price	#87-532	NT16,250
1.0X Fixed Stock No./ Price	#87-533	NT16,250

致電尋求批量報價

*Can be used up to 1" from ~0.65X - 1X

近距離變焦鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**1295**

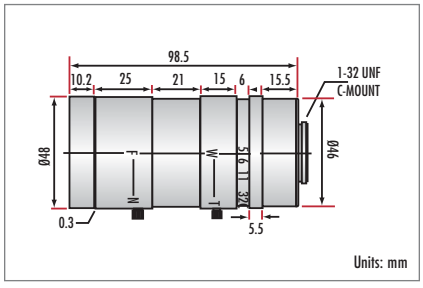
- **通用性強，用途廣**
- **視場小，工作距離近**
- **手動光圈，可控制光通量**

非常適合既需要近距離聚焦又需要寬視野的多用途應用。鏡頭提供可變光圈，以便調整景深。鏡頭前濾光片螺紋可使用 ND 濾光片來調節入射光量，或在單色傳感器上透過彩色濾光片來增加對比度等。鏡頭外形小巧兼具經濟實惠的優勢，是適用各種用途的完美選擇。

近距離變焦鏡頭

	10X Zoom C-Mount Lens	
Focal Length:	13 - 130mm (10:1 zoom ratio)	
Max Sensor Format:	½"	
Aperture (f/#):	f/5.6 - f/32	
Total Field of View Range**:	7.8 - 280mm	
Working Distance (WD) Range:	152 - 457mm	
Max. Dia. x L (mm):	48 x 98.5	
Weight:	233g	
Front Filter Size (Dia. x Pitch):	M46 x 0.75	
Working Distance:	Min 152mm	Max 457mm
Primary Magnification:	0.82X - 0.085X	0.23X - 0.023X
Field of View Zoom Range:	7.8 - 75mm	28 - 280mm
Stock No. / Price	#54-363	NT24,675

*Without removable close up lens **Horizontal ½" Sensor



高分辨率微距變焦鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**3309**

- **變焦、對焦和光圈控制**
- **高達 100 lp/mm 的分辨率**
- **工作距離從 300mm 到無限遠**

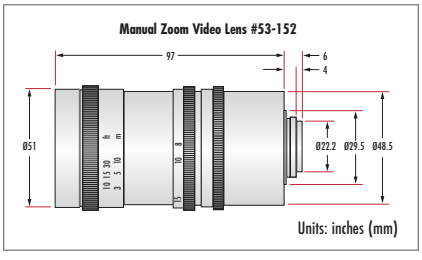
高分辨率微距變焦 C 接環鏡頭

*Horizontal on Max. Sensor **With close up lens attached

Focal Length (mm):	11.5 - 69 (6X)	
Sensor Format:	⅔"	
Working Distance:	1000mm - ∞ (10mm in Macro)	
Aperture (f/#):	f/1.4 - Closed	
Angular Field of View*:	7.3° - 41.9°	
Resolution (Center, Corner):	100 lp/mm, 60 lp/mm	
Weight:	300g	
Dimensions (Dia. x L):	48 x 102.7mm	
Filter Thread:	M46 x 0.75	
Stock No. / Price	#68-678	NT28,525

手動變焦鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**1275**



- **變焦、對焦和光圈控制**
- **帶有固定螺絲**
- **C接環**

8 - 48 (6X)

12.5 - 75 (6X)

手動變焦鏡頭

*Horizontal on Max. Sensor

Focal Length (mm):	8 - 48 (6X)		12.5 - 75 (6X)	
Max. Sensor Format:	½"		⅔"	
Camera Mount:	C-Mount		C-Mount	
Aperture (f/#):	f/1.2 - f/16		f/1.2 - f/16	
Angular Field of View*:	44.6° - 8.0°		27.8° - 4.9°	
Field of View* (@ min. WD):	984 - 168mm		495 - 86mm	
Working Distance (WD):	1.2m to ∞		1.0m to ∞	
Max. Dia. x Max. L (mm):	51 x 97		57 x 114.5	
Weight:	305g		475g	
Front Filter Size (Dia. x Pitch):	M49.0 x 0.75		M55.0 x 0.75	
Stock No. / Price	#53-152	NT18,725	#53-153	NT20,475

特殊鏡頭

VZM™ 變焦成像鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**3280**

- **可容納最高 ⅔ 吋的傳感器尺寸格式**
- **以精巧設計提供可靠的多樣效能**
- **提供類比及數位成像系統**

VZM™ 變焦成像鏡頭不需變更工作距離，便可對各種物件進行檢查。此外，共焦距變焦可以輕鬆變更放大倍率，不需要重新對焦。這類經濟實惠的鏡頭，提供 35mm 至 175mm 的工作距離，以及最高 ⅔ 吋的傳感器格式。光圈版本（i 系列）均配備鎖定光圈、前濾光片螺紋、可拆卸安裝凸緣及選購變焦鎖付。所有鏡頭均配備 50mm 直徑凸緣（光圈版本可拆卸，除 450i 直角以外）用於安裝。VZM™ 變焦成像鏡頭適用於檢測整合式電路及焊點，也適合因應品管及實驗室檢測需求，以及進行表面分析。

Maximum Camera Sensor Format:	⅔"	**Mount:**	C-Mount

VZM™ 變焦成像鏡頭

Description	Magnification	Horizontal FOV, @ Max. Sensor Format (mm)	Working Distance (mm)	Resolution, Object Space (lp/mm)	Resolution, Image Space (lp/mm)	Zoom Ratio	Filter Thread	Stock No.	Price
100i	0.25X - 1X	**35.2 - 8.8**	175	17.5 - 32	70 - 32	4:1	M22.5 x 0.5	#59-805	NT39,200
200i	0.5X - 2X	**17.00 - 4.2**	90	26 - 88	52 - 44	4:1	M22.5 x 0.5	#54-715	NT41,300
300	0.75X - 3X	**11.4 - 2.8**	60	46.5 - 105	62 - 35	4:1	–	#39-708	NT41,300
300i	0.75X - 3X	**11.4 - 2.8**	56	37.5 - 111	50 - 37	4:1	M22.5 x 0.5	#52-571	NT40,425
600i	1.0X - 6.0X	**8.8 - 1.4**	60	87 - 176	87 - 29	6:1	M22.5 x 0.5	#88-399	NT39,200
1000	2.5X - 10X	**3.52 - 0.88**	35	102.5 - 228	41 - 22.8	4:1	–	#54-396	NT40,425
1000i	2.5X - 10X	**3.52 - 0.88**	35	102.5 - 228	41 - 22.8	4:1	M22.5 x 0.5	#55-834	NT40,425

VZM™ Extender Lenses

Mounted Filters (for VZM™ i models)

VZM™ 增距鏡

Extender Lenses	Stock No.	Price
0.5X for VZM™ 200i	#54-716	NT4,725
VZM™ i-Series Zoom Lock Adapter	#57-831	NT3,150
VZM™i-Series Extra Dovetail C-Mount	#56-294	NT2,275

TECHSPEC® 成像濾光片 (M22.5 x 0.5)

Filters	Stock No.	Price
NUV	#89-753	NT5,600
Blue	#89-763	NT5,600
Cyan	#89-773	NT5,600
Green	#89-783	NT5,600
UV/IR Cut-Off	#89-793	NT5,600
Orange	#89-803	NT5,600
Light Red	#89-813	NT5,600
Dark Red	#89-823	NT5,600
UV/VIS Cut-Off	#89-833	NT5,600

TECHSPEC® 超遠心鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**3524**

- **同時對物件頂部和側面成像**
- **高達 ⅔" 超中心或週邊鏡頭**
- **特適合元件檢查**

TECHSPEC® 超遠心鏡頭提供物件的聚合視圖，同時對頂部和週邊各側對焦，並且使用它就不需要在機器視覺檢查或識別應用中進行多個相機和成像鏡頭設定。TECHSPEC® 超遠心鏡頭特適合檢查藥瓶、電池或汽車零部件等部份。這些成像鏡頭提供錐形工作區域，並經過自訂可用於單色光。當 0.5 - 1.5mm 墊片被置於鏡頭和相機之間時，TECHSPEC® 超遠心鏡頭還可用作長工作距離管道鏡，同時對物件的內壁和底部表面對焦。這些管道鏡工作距離是通過標準工作區域聚合點 (CP) 的區域。使用較大的間隔環可以增加管道鏡的焦距。

注意：所有規格都是於 660nm 下定義。

使用超遠心鏡頭，產生的骰子影像

TECHSPEC® 超遠心鏡頭

*Circular Image is Produced on Maximum Sensor Format

Sensor Format (Vertical)*	⅓"	½"	⅔"
Convergence Point Distance (CPD) (mm):	28.2	28.2	28.2
T (Near Aperture) (mm):	37.2	37.2	37.2
B (Far Aperture) (mm):	9.4	10.4	11.5
Max. View Angle (MVA) (˚):	33	33	33
Max. Working Distance (WD) (mm):	21.1	20.1	19.5
Max. Depth of Field (mm):	18	14	9.5
Dimensions (Dia. x L) (mm):	55.9 x 167	55.9 x 160	55.9 x 158
Stock No.	#86-584	#86-585	#86-586
Price	NT106,925	NT106,925	NT106,925

低畸變廣角鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**2945**

- **高達 ½.5", C 接環和 CS 接環選項**
- **提供 <3% 和 <1%畸變版本**
- **從 100mm 到無限遠不需重新對焦**

這些低畸變廣角鏡頭讓使用者可在 125° 視場內實現不到 3% 的畸變；在 110° 的視場內達到不到 1% 的畸變。這些鏡頭最初面向安全性應用，可維持高分辨率和適合高達 3 百萬像素的相機傳感器，使其成為機器視覺或工廠自動化應用的理想替代方案。從 100mm 到無限遠不需重新對焦。手動光圈的鎖定螺釘讓鏡頭可用於高振動環境中。

低畸變廣角鏡頭

*Horizontal for ⅓" format sensor

Focal Length (mm)	Max. Sensor Format	Camera Mount	Distortion* (%)	Aperture (f/#)	Angular Field of View* (°)	Working Distance (mm)	Dimensions (Dia. x L) (mm)	Weight (g)	Manual Iris		Auto Iris	
									Stock No.	Price	Stock No.	Price
1.28	⅓"	CS-Mount	<3	f/1.8 - Closed	125	100 - ∞	36.0 x 65.0	110	#62-046	NT24,675	#68-696	NT24,675
1.28	⅓"	C-Mount	<3	f/1.8 - Closed	125	100 - ∞	36.0 x 65.1	110	#62-050	NT24,675	N/A	–
1.67	½.5"	CS-Mount	<1	f/1.8 - Closed	110	100 - ∞	36.0 x 56.0	80	#64-105	NT17,675	#68-697	NT17,675
1.67	½.5"	C-Mount	<1	f/1.8 - Closed	110	100 - ∞	36.0 x 56.0	80	#68-695	NT20,475	N/A	–
1.8 - 3.0	½.5"	CS-Mount	<1	f/1.8 - Closed	105 - 77	500 - ∞	39.0 x 50.0	70	#85-162	NT16,275	#85-163	NT16,275
1.8 - 3.0	½.5"	C-Mount	<1	f/1.8 - Closed	105 - 77	500 - ∞	39.0 x 50.0	70	#89-524	NT33,075	N/A	–

廣角大版面 F 接環鏡頭

www.edmundoptics.com.tw/**4046**

- **覆蓋高達43.3mm對角 (35mm Full Frame) 大版面傳感器**
- **廣角和大視野**
- **可鎖定手動對焦和光圈**

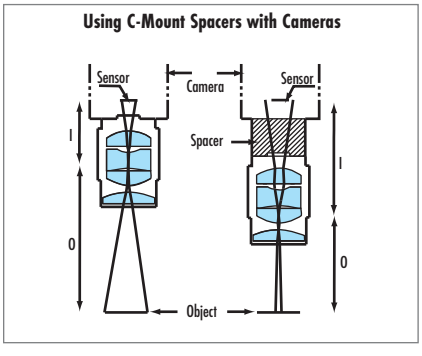
廣角大版面 F 接環鏡頭設計用於中大畫幅傳感器的超大視野，是要求短焦距應用的理想選擇。 8mm 焦距鏡頭設計用於在 APS-C（對角線 27.9mm）傳感器上創建魚眼鏡頭圖像，從而使大型物體在有限的重新聚焦範圍內聚焦在整個視野中。14mm 和 24mm 焦距鏡頭均設計用於 35mm（對角線 43.3mm）大幅面傳感器。14mm 鏡頭具有通用功能，即使在全 f / 2.8 光圈下也具有出色的圖像質量，而 24mm 鏡頭具有快速 f/1.4 光圈。廣角大版面F接環鏡頭具備多層鍍膜，可最大程度地減少眩光和重影，確保出色的圖像質量和對比度。每個鏡頭均具有可鎖定的手動對焦和光圈。

廣角大尺寸 F 接環鏡頭

FL (mm)	Max. Sensor Format	Aperture (f/#)	WD (mm)	Distortion (%)	Angular FoV (APS-C)	Angular FoV (35mm)	Filter Thread	Length (mm)	Maximum Diameter (mm)	Mount	Weight (g)	Stock No.	Price
8	APS-C	f/3.5 - f/22	270 - ∞	<40	180°	–	–	72.6	77.8	F-Mount	410	#14-260	NT25,025
14	35mm	f/2.8 - f/22	280 - ∞	<8.5	93.9°	115.7°	–	96.3	87	F-Mount	530	#14-261	NT31,325
24	35mm	f/1.4 - f/22	250 - ∞	<4	61.8°	84.1°	M77 x 0.75	95	83	F-Mount	565	#14-262	NT39,725

TECHSPEC® 定焦鏡頭 C 接環間隔環套件

www.edmundoptics.com.tw/**2018**



若工作距離很長，大多數鏡頭很難在機台平台上調整到較小的視場，大都會產生大於所需的視場。間隔環透過縮短最小工作距離和增加放大倍率進而減小視場，解決了這些問題。C接環延伸鏡筒套件包括 0.5mm, 1mm, 兩個 5mm, 10mm, 15mm 和 40mm 間隔環。

Description	Stock No.	Price
C-Mount Extender Kit: Includes 0.5mm, 1mm, two 5mm, 10mm, 15mm, and 40mm spacers	#54-261	NT3,850
5mm Spacer: Converts CS-Mount camera to C-Mount	#03-618	NT805
M25.5 x 0.5 to C-Mount Adapter: Double Male, Rotating	#66-381	NT1,925

定焦鏡頭增距鏡

www.edmundoptics.com.tw/**1463**

作為間隔環的替代措施，向光學系統的相機端加入一個負焦距鏡頭可減小視場，同時維持原始的工作距離規格。例如，將焦距增加 2 倍同樣可將視場減小兩倍。因此，2X 擴展鏡可將 25mm 焦距鏡頭轉換成 50mm 焦距鏡頭。專為 CS 接環或 C 接環視訊鏡頭而設計。

定焦鏡頭增距鏡

Description	C-Mount	
	Stock No.	Price
2X Focal Length Extender	#54-356	NT4,025
1.5X Focal Length Extender	#54-357	NT4,025

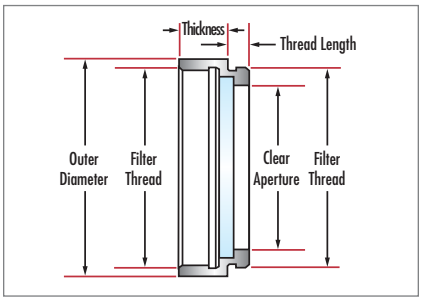
濾光片

TECHSPEC® 高性能機器視覺濾光片

www.edmundoptics.com.tw/**3726**

- **針對常見 LED 光源使用**
- **提供多種安裝尺寸和螺紋，提高系統相容性**

TECHSPEC® 機器視覺濾光片專為最嚴苛的機器視覺和成像應用而設計和製造。TECHSPEC® 機器視覺濾光片讓特定的紫外、可見光或紅外波長通過或截止，並提供極寬的入射角。相較於傳統濾光片，這些硬化鍍膜濾光片可出色地阻隔不需要的光，並具備更高耐用性以達到較長的使用壽命。此外，這些濾光片可用於提高圖像對比度並隔離光譜波段顏色。

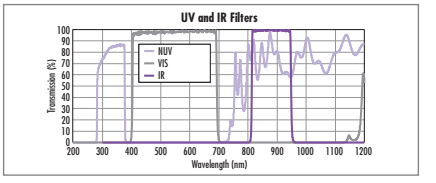


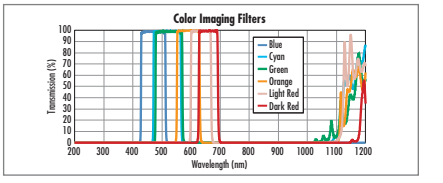
TECHSPEC® 高性能機器視覺濾光片

				NUV	Blue	Cyan	Green	VIS	Orange	Light Red	Dark Red	IR	
			Center Wavelength (nm):	325	470	518	525	548	590	633	660	880	
			Full-Width Half-Max (nm):	106	85	95	92	290	78	70	66	135	
Filter Thread	Mount Diameter (mm)	Mount Thickness (mm)	Clear Aperture (mm)	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Stock No.	Price
M22.5 x 0.50	24.5	4.5	18.5	#89-753	#89-763	#89-773	#89-783	#89-793	#89-803	#89-813	#89-823	#89-833	NT5,600
M25.5 x 0.50	27.5	4.5	21.5	#89-754	#89-764	#89-774	#89-784	#89-794	#89-804	#89-814	#89-824	#89-834	NT5,810
M30.5 x 0.50	32.5	5.0	26.5	#89-755	#89-765	#89-775	#89-785	#89-795	#89-805	#89-815	#89-825	#89-835	NT6,230
M34.0 x 0.50	36.0	5.0	30.0	#89-756	#89-766	#89-776	#89-786	#89-796	#89-806	#89-816	#89-826	#89-836	NT6,615
M35.5 x 0.50	37.0	5.0	31.5	#89-757	#89-767	#89-777	#89-787	#89-797	#89-807	#89-817	#89-827	#89-837	NT7,035
M40.5 x 0.50	42.0	5.0	36.5	#89-758	#89-768	#89-778	#89-788	#89-798	#89-808	#89-818	#89-828	#89-838	NT7,875
M43.0 x 0.75	45.0	5.0	39.2	#89-759	#89-769	#89-779	#89-789	#89-799	#89-809	#89-819	#89-829	#89-839	NT8,295
M46.0 x 0.75	48.0	4.8	41.5	#89-760	#89-770	#89-780	#89-790	#89-800	#89-810	#89-820	#89-830	#89-840	NT9,520
M55.0 x 0.75	57.0	4.8	50.5	#89-761	#89-771	#89-781	#89-791	#89-801	#89-811	#89-821	#89-831	#89-841	NT10,535
M62.0 x 0.75	65.0	5.5	57.5	#89-762	#89-772	#89-782	#89-792	#89-802	#89-812	#89-822	#89-832	#89-842	NT13,650

機器視覺濾光片套件

Description	M25.5 Filter Thread		M30.5 Filter Thread	
	Stock No.	Price	Stock No.	Price
Kit with All 9 Coating Options	#11-029	NT52,325	#11-030	NT52,325





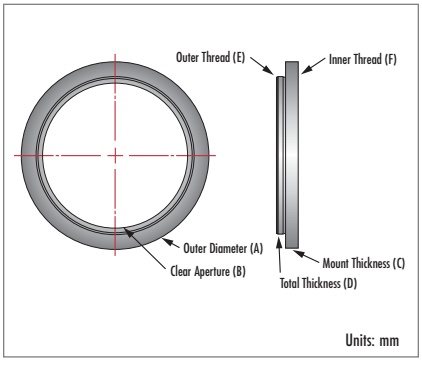
TECHSPEC® 機器視覺濾光片轉接環

www.edmundoptics.com.tw/**3822**

- **兼容 TECHSPEC® 機器視覺濾光片**
- **增大和縮小兩種轉接環，可用於轉接尺寸更大和更小的濾光片**
- **接口很薄，可防止圖像劣化**

TECHSPEC® 機器視覺濾光片轉接環可以將不同尺寸的濾光片，光學件和配件連接到成像鏡頭上。這款轉接環擁有增大和縮小兩種版本，可輕鬆集成我們的TECHSPEC® 機器視覺濾光片，適用於各種鏡頭。TECHSPEC® 機器視覺濾光片轉接環採用極薄的設計，以防產生暗角或其他圖像性能問題。

注意： 這款接環可依據您的實驗室或系統的品牌或類型進行客製。



尺寸

Units: mm

A	B	C	D	E	F	Stock No.
27.5	19.8	3.3	5.8	M22.5 x 0.5	M25.5 x 0.5	#35-998
32.5	21.5	3.3	5.8	M25.5 x 0.5	M30.5 x 0.5	#35-999
36.0	26.5	3.3	5.8	M30.5 x 0.5	M34.0 x 0.5	#36-000
37.0	30.0	3.3	5.8	M34.0 x 0.5	M35.5 x 0.5	#36-001
42.0	31.5	3.3	5.8	M35.5 x 0.5	M40.5 x 0.5	#36-002
45.0	36.5	4.1	6.6	M40.5 x 0.5	M43.0 x 0.75	#36-003
48.0	39.2	4.1	7.4	M43.0 x 0.75	M46.0 x 0.75	#36-004
57.0	41.5	4.1	7.4	M46.0 x 0.75	M55.0 x 0.75	#36-005
65.0	50.5	4.1	7.4	M55.0 x 0.75	M62.0 x 0.75	#36-006
27.5	22.0	2.0	4.5	M25.5 x 0.5	M22.5 x 0.5	#36-007
32.5	25.0	2.0	4.5	M30.5 x 0.5	M25.5 x 0.5	#36-008
36.0	30.0	2.0	4.5	M34.0 x 0.5	M30.5 x 0.5	#36-009
37.0	33.0	3.3	5.8	M35.5 x 0.5	M34.0 x 0.5	#36-010
42.0	35.0	2.5	5.0	M40.5 x 0.5	M35.5 x 0.5	#36-011
45.0	40.0	2.5	5.8	M43.0 x 0.75	M40.5 x 0.5	#36-012
48.0	42.0	2.5	5.8	M46.0 x 0.75	M43.0 x 0.75	#36-013
57.0	45.0	3.0	6.3	M55.0 x 0.75	M46.0 x 0.75	#36-014
65.0	54.0	3.0	6.3	M62.0 x 0.75	M55.0 x 0.75	#36-015

縮小轉接環

Description	Stock No.	Price
M25.5 to M22.5	#36-007	NT1,313
M30.5 to M25.5	#36-008	NT1,313
M34.0 to M30.5	#36-009	NT1,313
M35.5 to M34.0	#36-010	NT1,313
M40.5 to M35.5	#36-011	NT1,488
M43.0 to M40.5	#36-012	NT1,488
M46.0 to M43.0	#36-013	NT1,663
M55.0 to M46.0	#36-014	NT1,663
M62.0 to M55.0	#36-015	NT1,838

增大轉接環

Description	Stock No.	Price
M22.5 to M25.5	#35-998	NT1,313
M25.5 to M30.5	#35-999	NT1,313
M30.5 to M34.0	#36-000	NT1,313
M34.0 to M35.5	#36-001	NT1,313
M35.5 to M40.5	#36-002	NT1,488
M40.5 to M43.0	#36-003	NT1,488
M43.0 to M46.0	#36-004	NT1,663
M46.0 to M55.0	#36-005	NT1,663
M55.0 to M62.0	#36-006	NT1,838

裝框機器視覺濾光片

www.edmundoptics.com.tw/**4298**

- **為配合常用 LED 一起使用而進行了優化**
- **提供便於系統相容的多種安裝尺寸和螺牙規格**
- **穿透率 ≥85%**

裝框機器視覺濾光片是機器視覺及工業成像應用的理想選擇。這些已封裝的濾光片配有從 M22 到 M105 的各種常見機器視覺螺牙規格。這些鍍加硬膜的濾光片可在紫外、可見光及近紅外波段提供卓越的穿透和波段外攔截。裝框機器視覺濾光片採用高斯傳輸曲線設計。當與廣波段光源一起使用時，這些裝框機器視覺濾光片可實現常見 LED 波長的輸出輪廓。這些濾光片不僅相容多種類型的成像鏡頭，且由於具有低角度依賴性，使得它們成為大視場的理想選擇。

Minimum Transmission (%):	≥85
Construction:	Mounted in Black Anodized Ring
Coating:	Hard Coated

裝框機器視覺濾光片

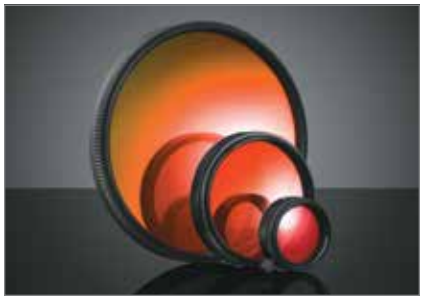
				NUV	Blue	Cyan	Green	VIS	Orange	Light Red	Dark Red	IR	
			Center Wavelength (nm):	324.00	470.00	505.00	525.00	550.00	590.00	635.00	660.00	850.00	
			Full-Width Half-Max (nm):	105.00	85.00	90.00	80.00	300.00	75.00	60.00	60.00	160.00	
Filter Thread	**Mount Diameter (mm)**	**Mount Thickness (mm)**	**Clear Aperture (mm)**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Stock No.**	**Price**
M22 x 0.75	23.50	5.2	18.00	#21-519	#21-520	#21-521	#21-522	#21-523	#21-524	#21-525	#21-526	#21-527	NT5,005
M22.5 x 0.50	24.00	5.2	18.50	#21-536	#21-537	#21-538	#21-539	#21-540	#21-541	#21-542	#21-543	#21-544	NT3,920
M25.5 x 0.50	27.50	5.2	21.00	#21-740	#21-741	#21-742	#21-743	#21-744	#21-745	#21-746	#21-747	#21-748	NT3,920
M30.5 x 0.50	32.50	5.2	25.50	#21-757	#21-758	#21-759	#21-760	#21-761	#21-762	#21-763	#21-764	#21-765	NT4,200
M34 x 0.50	36.00	5.2	29.00	#21-706	#21-707	#21-708	#21-709	#21-710	#21-711	#21-712	#21-713	#21-714	NT4,585
M35.5 x 0.50	37.50	5.2	30.50	#21-570	#21-571	#21-572	#21-573	#21-574	#21-575	#21-576	#21-577	#21-578	NT4,585
M37 x 0.50	39.00	5.2	32.50	#21-553	#21-554	#21-555	#21-556	#21-557	#21-558	#21-559	#21-560	#21-561	NT4,865
M37.5 x 0.50	39.50	5.2	32.50	#21-672	#21-673	#21-674	#21-675	#21-676	#21-677	#21-678	#21-679	#21-680	NT4,865
M39 x 0.50	41.00	5.2	34.00	#21-417	#21-418	#21-419	#21-420	#21-421	#21-422	#21-423	#21-424	#21-425	NT5,355
M40.5 x 0.50	42.50	5.2	35.50	#21-655	#21-656	#21-657	#21-658	#21-659	#21-660	#21-661	#21-662	#21-663	NT5,355
M43 x 0.75	45.00	5.2	38.00	#21-689	#21-690	#21-691	#21-692	#21-693	#21-694	#21-695	#21-696	#21-697	NT5,355
M46 x 0.75	48.00	5.2	41.00	#21-638	#21-639	#21-640	#21-641	#21-642	#21-643	#21-644	#21-645	#21-646	NT5,845
M49 x 0.75	51.00	5.2	44.00	#21-434	#21-435	#21-436	#21-437	#21-438	#21-439	#21-440	#21-441	#21-442	NT6,020
M52 x 0.75	54.00	5.2	47.00	#21-468	#21-469	#21-470	#21-471	#21-472	#21-473	#21-474	#21-475	#21-476	NT6,230
M55 x 0.75	57.00	5.2	50.00	#21-485	#21-486	#21-487	#21-488	#21-489	#21-490	#21-491	#21-492	#21-493	NT6,510
M58 x 0.75	60.00	5.2	53.00	#21-723	#21-724	#21-725	#21-726	#21-727	#21-728	#21-729	#21-730	#21-731	NT6,825
M62 x 0.75	64.00	5.2	57.10	#21-621	#21-622	#21-623	#21-624	#21-625	#21-626	#21-627	#21-628	#21-629	NT8,470
M67 x 0.75	70.00	6.0	62.50	#21-451	#21-452	#21-453	#21-454	#21-455	#21-456	#21-457	#21-458	#21-459	NT9,730
M72 x 0.75	75.00	6.0	67.50	#21-587	#21-588	#21-589	#21-590	#21-591	#21-592	#21-593	#21-594	#21-595	NT10,920
M77 x 0.75	80.00	6.0	73.00	#21-400	#21-401	#21-402	#21-403	#21-404	#21-405	#21-406	#21-407	#21-408	NT12,460
M86 x 0.75	89.00	6.1	81.70	#21-502	#21-503	#21-504	#21-505	#21-506	#21-507	#21-508	#21-509	#21-510	NT16,835
M105 x 1.00	109.80	5.7	100.00	#21-604	#21-605	#21-606	#21-607	#21-608	#21-609	#21-610	#21-611	#21-612	NT25,480

裝框機器視覺濾光片SWIR

www.edmundoptics.com.tw/**4298**

- **為配合常用 LED 一起使用而進行了優化**
- **提供便於系統相容的多種安裝尺寸和螺牙規格**
- **穿透率 ≥85%**

裝框機器視覺濾光片是機器視覺及工業成像應用的理想選擇。這些已封裝的濾光片配有從 M22 到 M105 的各種常見機器視覺螺牙規格。這些鍍加硬膜的濾光片可在紫外、可見光及近紅外波段提供卓越的穿透和波段外攔截。裝框機器視覺濾光片採用高斯傳輸曲線設計。當與廣波段光源一起使用時，這些裝框機器視覺濾光片可實現常見 LED 波長的輸出輪廓。這些濾光片不僅相容多種類型的成像鏡頭，且由於具有低角度依賴性，使得它們成為大視場的理想選擇。 **注意:** 干涉濾光片在任一面朝向向光源的情況下皆可發揮作用。然而，我們建議將「類似鏡子」的一面朝向光源，可以最大限度地減少任何熱效應。如果光源超出了實際的過濾區域，則可能需要光束漸暈處理。

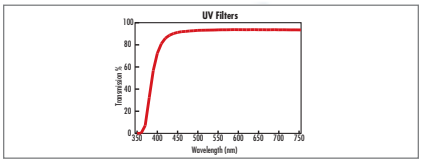


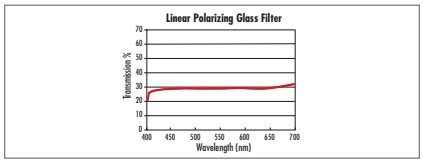
See pages 122 - 126 for SWIR lenses

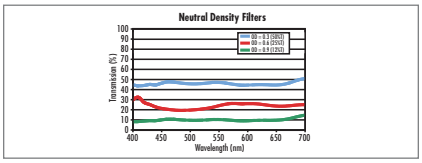
裝框機器視覺濾光片SWIR

			Type:	Bandpass		Bandpass		Longpass		Interference Bandpass		Interference Bandpass		Longpass		Bandpass		Interference Bandpass	
			Center Wavelength (nm):	940		1000		1070		1300		1450		1475		1550		1550	
			Full-Width Half-Max (nm):	55		150		–		35		35		–		190		35	
Filter Thread	**Mount Diameter (mm)**	**Mount Thickness (mm)**	**Clear Aperture (mm)**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**
M25.5 x 0.50	27.50	7.0	21.00	#28-786	NT5,390	#28-797	NT9,730	#28-852	NT6,545	#28-819	NT9,625	#28-830	NT9,625	#28-863	NT6,475	#28-808	NT9,625	#28-841	NT9,625
M30.5 x 0.50	32.50	7.0	25.50	#28-787	NT5,775	#28-798	NT10,325	#28-853	NT7,000	#28-820	NT10,500	#28-831	NT10,500	#28-864	NT7,000	#28-809	NT10,325	#28-842	NT10,500
M34 x 0.50	36.00	7.0	29.00	#28-788	NT6,335	#28-799	NT11,095	#28-854	NT7,525	#28-821	NT11,550	#28-832	NT11,550	#28-865	NT7,525	#28-810	NT11,095	#28-843	NT11,550
M35.5 x 0.50	37.50	7.0	30.50	#28-789	NT6,335	#28-800	NT11,095	#28-855	NT7,525	#28-822	NT11,550	#28-833	NT11,550	#28-866	NT7,525	#28-811	NT11,095	#28-844	NT11,550
M37 x 0.75	39.00	6.5	32.50	#28-790	NT6,738	#28-801	NT12,075	#28-856	NT8,330	#28-823	NT11,900	#28-834	NT11,900	#28-867	NT8,225	#28-812	NT12,075	#28-845	NT11,900
M40.5 x 0.50	42.50	7.0	35.50	#28-791	NT7,420	#28-802	NT13,230	#28-857	NT9,170	#28-824	NT13,650	#28-835	NT13,650	#28-868	NT9,275	#28-813	NT13,230	#28-846	NT13,650
M43 x 0.75	45.00	7.0	38.00	#28-792	NT7,420	#28-803	NT13,230	#28-858	NT10,080	#28-825	NT14,000	#28-836	NT14,000	#28-869	NT9,975	#28-814	NT13,230	#28-847	NT14,000
M46 x 0.75	48.00	7.0	41.00	#28-793	NT8,085	#28-804	NT14,560	#28-859	NT10,920	#28-826	NT14,000	#28-837	NT14,000	#28-870	NT10,850	#28-815	NT14,595	#28-848	NT14,000
M55 x 0.75	57.00	7.0	50.00	#28-794	NT9,030	#28-805	NT15,575	#28-860	NT12,250	#28-827	NT16,800	#28-838	NT16,800	#28-871	NT12,250	#28-816	NT15,575	#28-849	NT16,800
M58 x 0.75	60.00	6.5	53.00	#28-795	NT9,415	#28-806	NT16,170	#28-861	NT12,250	#28-828	NT16,800	#28-839	NT16,800	#28-872	NT12,250	#28-817	NT16,170	#28-850	NT16,800
M72 x 0.75	75.00	8.3	67.50	#28-796	NT15,085	#28-807	NT21,805	#28-862	NT24,080	#28-829	NT25,375	#28-840	NT25,375	#28-873	NT23,800	#28-818	NT21,805	#28-851	NT25,375

安裝式濾光片







中性密度濾光片
- 均勻的減少可見光
- 光照/曝光控制
- 可堆疊使用，實現特定控制

線性偏振濾光片
- 消除亮斑
- 提高照明對比度
- 可堆疊，實現可變控制
- 旋轉接環

中性密度濾光片
- 均勻的減少可見光
- 光照/曝光控制
- 可堆疊使用，實現特定控制

紫外線 / 保護性濾光片 Family ID 1408

Filter Thread	Stock No.	Price
M22.5 x 0.50	#58-647	NT2,835
M25.5 x 0.50	#46-577	NT2,835
M30.5 x 0.50	#46-576	NT3,098
M37.0 x 0.75	#54-039	NT1,855
M39.0 x 0.50	#46-579	NT1,925
M40.5 x 0.50	#54-725	NT1,925
M43.0 x 0.75	#54-040	NT1,925
M46.0 x 0.75	#54-041	NT1,925
M48.0 x 0.75	#54-042	NT1,925
M49.0 x 0.75	#54-043	NT1,925
M52.0 x 0.75	#54-044	NT1,960
M55.0 x 0.75	#54-045	NT1,960
M58.0 x 0.75	#54-046	NT1,960
M62.0 x 0.75	#54-047	NT2,030
M67.0 x 0.75	#46-578	NT2,100
M72.0 x 0.75	#54-048	NT2,030
M77.0 x 0.75	#64-894	NT2,975
M86.0 x 1.00	#64-895	NT3,463
M105.0 x 1.00	#58-648	NT14,000

線性偏振濾光片 Family ID 1396

Filter Thread	Stock No.	Price
M22.5 x 0.50	#21-545	NT2,258
M25.5 x 0.50	#46-575	NT1,610
M27.0 x 0.50	#64-896	NT1,610
M35.5 x 0.50	#64-898	NT593
M37.0 x 0.75	#22-784	NT1,785
M49.0 x 0.75	#25-085	NT1,960
M52.0 x 0.75	#25-086	NT1,960
M55.0 x 0.75	#36-442	NT733
M62.0 x 0.75	#36-444	NT768
M67.0 x 0.75	#64-900	NT2,170
M72.0 x 0.75	#22-785	NT2,170
M86.0 x 1.00	#64-902	NT5,075
M105.0 x 1.00	#64-903	NT8,015

中性密度濾光片 Family ID 1523

Filter Thread	OD 0.3 50%T	OD 0.6 25%T	OD 0.9 12%T	Price
M22.5 x 0.50	#59-162	#59-167	N/A	NT1,348
M25.5 x 0.50	N/A	#59-168	#59-173	NT1,348
M30.5 x 0.50	N/A	#59-169	#59-174	NT1,348
M37.0 x 0.75	#59-165	#59-170	N/A	NT1,505
M39.0 x 0.50	#59-166	#59-171	#59-176	NT1,505
M46.0 x 0.75	#54-728	#54-734	#54-740	NT1,505
M49.0 x 0.75	#54-729	#54-735	#54-741	NT1,505
M52.0 x 0.75	#54-730	#54-736	#54-742	NT1,223
M55.0 x 0.75	#65-014	#65-018	#65-022	NT1,680
M58.0 x 0.75	#54-731	#54-737	#54-743	NT1,363
M62.0 x 0.75	#65-015	#65-019	#65-023	NT1,363
M77.0 x 0.75	#65-017	#65-021	#65-025	NT2,608

機器視覺濾光片樣片

www.edmundoptics.com.tw/**4310**

- **方便選型的濾光片**
- **直徑 43mm 的大尺寸帶通及中性密度濾光片**
- **另有機器視覺濾光片套件可選**

機器視覺濾光片樣片提供了一系列帶通或中性密度濾光片，以便在機器視覺應用中輕鬆評估色彩對比度並控制環境光線的變化。帶通濾光片樣片套件包括 1 個線性偏振片以及 9 個紫外、可見光、近紅外機器視覺濾光片，中性密度濾光片樣片套件包括 7 個 OD 0.3 至 OD 4.0 的中性密度濾光片。這兩套樣片的特點是每個單獨的樣片上均印有穿透曲線，以及連結到濾光片具體參數的二維條碼。機器視覺濾色片樣本套件緊湊輕巧，便於攜帶，是快速製作原型及檢測現場應用的理想選擇。另有螺牙尺寸 M22 至 M105 的單個 裝框機器視覺濾光片、中性密度濾光片以及偏振片 可供選擇

機器視覺濾光片樣片

Description	Number of Filters	Filters Included	Stock No.	Price
Machine Vision Swatch Filter Kit	10	NUV, Blue, Cyan, Light Green, UV/NIR Cut-Off, Orange, Light Red, Dark Red, NIR, Linear Polarizer	#21-775	NT36,225
Neutral Density Swatch Filter Kit	7	0.3 OD, 0.6 OD, 0.9 OD, 1.2 OD, 2.0 OD, 3.0 OD, 4.0 OD	#21-776	NT28,665

更多線上資訊...

濾光片 安裝座
www.edmundoptics.com.tw/3292

TECHSPEC® 高性能機器視覺 濾光片套件組
www.edmundoptics.com.tw/3896

可變中性密度 (ND) 機器 視覺濾光片
www.edmundoptics.com.tw/4114

TECHSPEC® 機器視覺濾光片 轉接環
www.edmundoptics.com.tw/3822

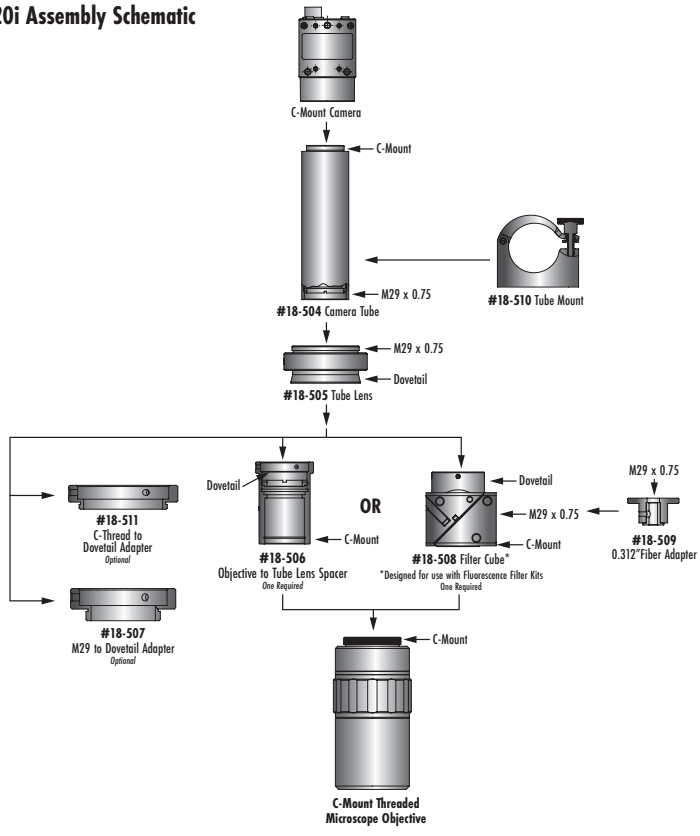
TECHSPEC® 120i 無限遠校正物鏡

- 緊湊型的長度
- 高數值孔徑和影像質量
- 是生命科學及工業應用的理想選擇

配件

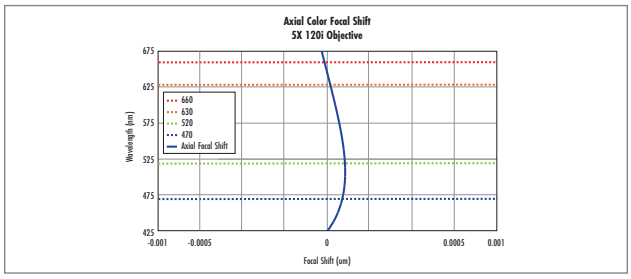
Description	Stock No.	Price
Camera Tube	#18-504	NT3,325
Tube Lens	#18-505	NT18,200
Objective to Tube Lens Spacer	#18-506	NT3,500
M29 to Dovetail Adapter	#18-507	NT1,680
Filter Cube	#18-508	NT12,880
0.312" Fiber Adapter	#18-509	NT1,680
Tube Mount	#18-510	NT1,680
C-Thread to Dovetail Adapter	#18-511	NT1,680

120i Assembly Schematic



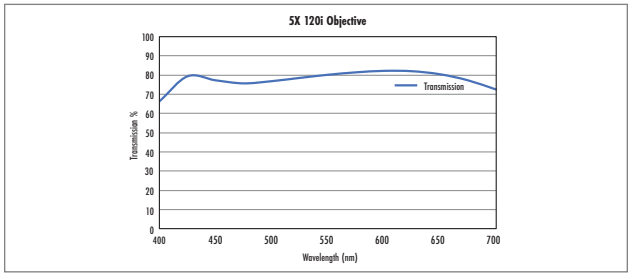
120i 無限校正物鏡

5X

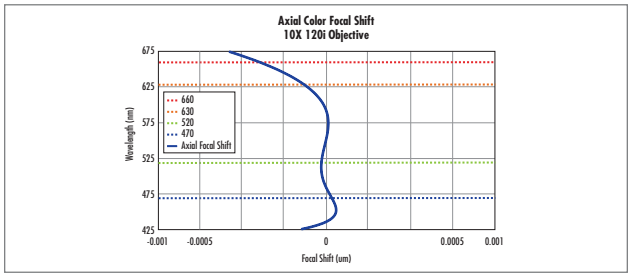


Magnification:	5X	
Numerical Aperture, NA:	0.14	
Working Dist., WD (mm):	13.5	
Focal Length (mm):	24.00	
Image to Object Distance (mm):	193.5	
Parfocal Length (mm):	35	
Length of Excluding Threads (mm):	21.50	
Maximum Diameter:	35	
Mounting Threads:	1" x 32 TPI (C-Mount)	
Compatible Tube Lens Focal Length (mm):	120	
Stock No. / Price	#15-941	NT28,000

致電尋求批量報價

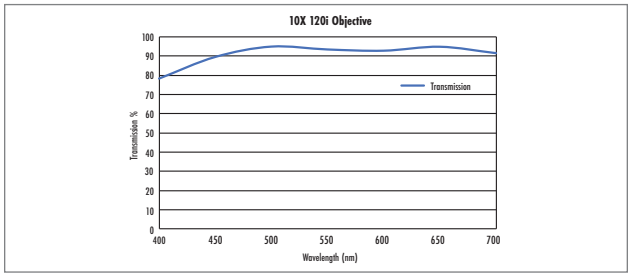


10X

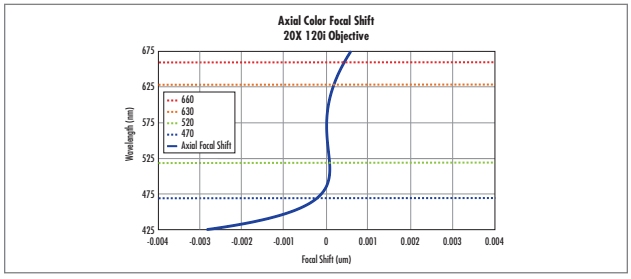


Magnification:	10X	
Numerical Aperture, NA:	0.28	
Working Dist., WD (mm):	14.7	
Focal Length (mm):	12	
Image to Object Distance (mm):	237.2	
Parfocal Length (mm):	78.7	
Length of Excluding Threads (mm):	64	
Maximum Diameter:	35	
Mounting Threads:	1" x 32 TPI (C-Mount)	
Compatible Tube Lens Focal Length (mm):	120	
Stock No. / Price	#15-943	NT33,250

致電尋求批量報價

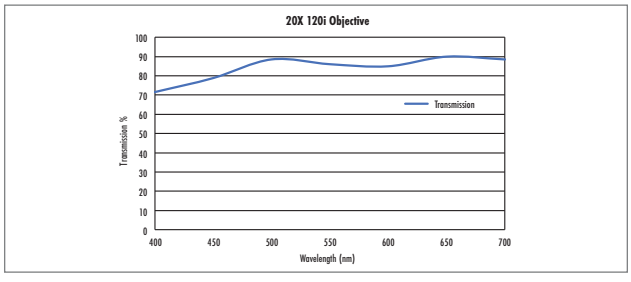


20X



Magnification:	20X	
Numerical Aperture, NA:	0.42	
Working Dist., WD (mm):	5.7	
Focal Length (mm):	6	
Image to Object Distance (mm):	240.7	
Parfocal Length (mm):	82.2	
Length of Excluding Threads (mm):	76.5	
Maximum Diameter:	35	
Mounting Threads:	1" x 32 TPI (C-Mount)	
Compatible Tube Lens Focal Length (mm):	120	
Stock No. / Price	#15-944	NT73,500

致電尋求批量報價



TECHSPEC® UCf 物鏡

www.edmundoptics.com.tw/**3828**

- **外型最短最精巧的物鏡**
- **可使用指定延伸環的設定放大倍率**
- **接近繞射極限分辨率**

TECHSPEC® UCf 系列物鏡組件是愛特蒙特光學最小的物鏡，就其工作距離、放大倍率及分辨率而言，幾乎是市面上同類產品最精巧的款式。這款物鏡採用有限共軛設計，卻能提供類似無限補正物鏡的成像效能，並且不需要第二成像鏡筒在傳感器產生影像。其中採用 2X 放大倍率設計，加入更長的延伸環，就可輕鬆設定達到 2X, 4X, 5X, 10X, 15X 及 20X 放大倍率。最短的物鏡長度為 10.8mm（2X 放大倍率），最長的物鏡長度約為180mm（20X 放大倍率）。TECHSPEC® UCf 系列物鏡組件基本光學採用兩種不同的數值孔徑及兩種不同焦距，用於四個物鏡，分別提供 9.9mm 及 11.4mm 的兩種不同工作距離。

TECHSPEC® UCf 物鏡

Magnification:	2X	4X	5X	10X	15X	20X
Maximum Sensor Format:	1.1″	1.1″	1.1″	1.1″	1.1″	1.1″
Numerical Aperture, NA:	0.15	0.17	0.17	0.18	0.19	0.19
Working Distance (mm):	11.35	9.3	8.9	8.11	7.85	7.72
Length (mm):	10.8	30.91	38.88	78.75	118.63	158.51
Max Diameter (mm):	29	29	29	29	29	29
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Stock No.	#36-278	#26-686	#26-687	#26-688	#26-689	#26-690
Price	NT6,825	NT6,825	NT6,825	NT6,825	NT10,325	NT10,325

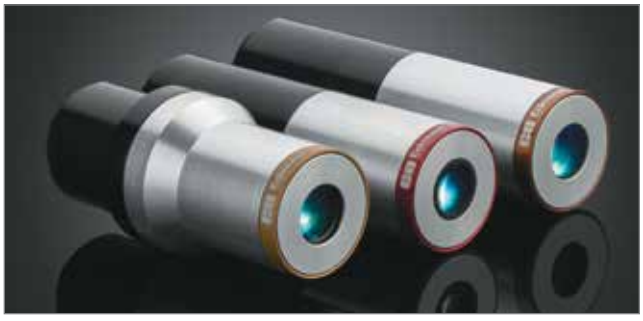
TECHSPEC® Cf 物鏡

www.edmundoptics.com.tw/**3660**

- **體積小巧，重量輕盈**
- **使用間隔環，即可配置放大倍率**
- **經優化以適用於長工作距離**

TECHSPEC® Cf 物鏡套件經過精心設計，可降低成像系統的整體重量與大小，同時保持光學效能。傳統的物鏡系統通常需要很長的鏡筒長度與成像鏡筒，但 TECHSPEC® 緊湊型物鏡組件對每個物鏡進行最佳化，以允許使用更短的鏡筒長度。標準化的 30mm 外徑與 C 接環螺紋可簡化與系統組件的整合。新增間隔環以增加鏡筒長度，即可輕鬆提高放大倍率。每支鏡頭都具備寬頻抗反射鍍膜，以便在可見光光譜範圍內提供均勻且最大的光線穿透率。

若需要客制放大倍率和數值孔徑選項，歡迎與我們來聯繫。



TECHSPEC® Cf 物鏡

Image	Magnification	Numerical Aperture	Working Distance (mm)	Maximum Sensor Size	Front Aperture (mm)	Dimensions (mm) (L x Dia)	Tube Length (mm)	Field of View ⅔" Sensor (mm)	Field of View ½" Sensor (mm)	Mount	Stock No.	Price
	2X	0.12	31.3	⅔"	13.7	101.91 x 30	50.0	4.4 x 3.3	3.2 x 2.4	C-Mount	#88-352	NT17,150
	5X	0.15	16.2	⅔"	11.4	93.81 x 30	50.0	1.8 x 1.32	1.28 x 0.96	C-Mount	#88-353	NT21,175
	10X	0.17	13.5	⅔"	13.8	78.35 x 38	25.0	0.88 x 0.66	0.64 x 0.48	C-Mount	#88-354	NT25,200

致電尋求批量報價

增加鏡筒長度以增加放大倍率

*Approximate. Spacer Rings may be needed to dial in magnification

Stock #	Tube Length Added	Magnification*
#88-352	None (Base Mag)	2X
	70mm	4X
	104mm	5X
	191mm	7.5X
#88-353	None (Base Mag)	5X
	40mm	7.5X
	78mm	10X
	155mm	15X
	230mm	20X
#88-354	None (Base Mag)	10X
	30mm	15X
	60mm	20X

Mitutoyo 物鏡

無限校正長工作距離物鏡

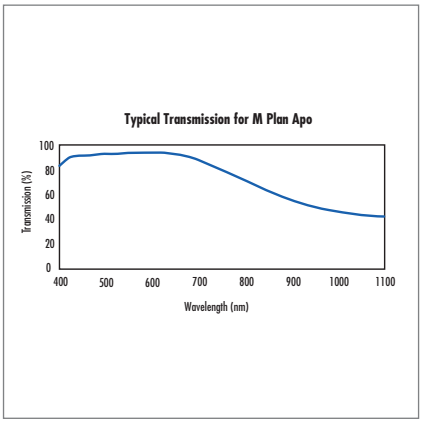
www.edmundoptics.com.tw/**1942**

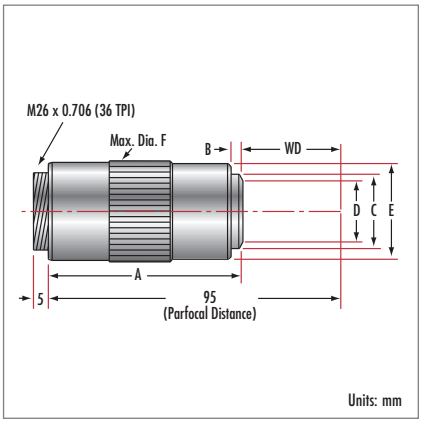
- **工作距離長 (100X物鏡的工作距離為6mm)**
- **高品質平場複消色差結構設計**
- **視場範圍內成像均勻**

Mitutoyo 的物鏡馳名世界，為長工作距離的顯微鏡光學元件訂立了卓越品質標準。他們使用了一種新的方法並避免了競爭對手的陳規舊套，在工作距離和光學效能之間達到最佳結合。為了盡可能保持較高的數值孔徑值和對比度，鏡片全部設計成平場複消色差結構。複消色差物鏡是要對紅光、藍光和黃光進行矯正。這些鏡頭專為亮場照明 (入射照明平行於光軸) 而優化，是同軸照明的理想選擇。對於無限校正系統，則需要使用管鏡。M Plan APO HR系列物鏡提供更高的分辨能力。所述的所有放大倍率都以焦距為200mm 的管鏡為基礎。

與 MT-1, MT-2, 和 MT-4 管鏡相容。 欲瞭解完整規格，請查看第 176 頁。

M Plan Apo	A	B	C	D	E	F	W.D.
1X	84.0	–	38.0	–	41.0	34.0	11.0
2X	61.0	1.4	27.5	24.7	32.2	34.0	34.0
5X	61.0	1.6	25.0	23.0	32.2	34.0	34.0
7.5X	60.0	–	25.0	24.0	32.2	34.0	35.0
10X	61.0	2.0	28.2	–	32.2	34.0	34.0
20X	75.0	1.5	29.2	–	32.2	34.0	20.0
50X	82.0	1.5	29.2	–	32.2	34.0	13.0
100X	89.0	4.7	29.2	17.8	32.2	34.0	6.0
M Plan Apo HR	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**W.D.**
5X	69.5	3.7	24.8	–	32.2	34.0	25.5
10X	80.0	7.5	29.0	26.0	37.0	39.0	15.0
50X	89.8	2.0	28.2	–	32.2	34.0	5.2
100X	93.7	2.0	28.2	–	32.2	34.0	1.3
M Plan Apo SL	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**W.D.**
20X	64.5	1.5	24.8	24.0	32.2	34.0	30.5
50X	74.5	3.9	25.2	23.5	32.2	34.0	20.5
100X	82.0	1.4	23.9	22.0	32.2	34.0	13.0





M Plan Apo 系列

	M Plan Apo 1X	M Plan Apo 2X	M Plan Apo 5X	M Plan Apo 7.5X	M Plan Apo 10X	M Plan Apo 20X	M Plan Apo 50X	M Plan Apo 100X
Numerical Aperture, NA:	0.025	0.055	0.14	0.21	0.28	0.42	0.55	0.70
Working Dist., WD (mm):	11.0	34.0	34.0	35.0	34.0	20.0	13.0	6.0
Focal Length (mm):	200.0	100.0	40.0	26.67	20.0	10.0	4.0	2.0
Resolving Power (µm):	11.0	5.0	2.0	1.3	1.0	0.7	0.5	0.4
Depth of Focus (µm):	440.0	91.0	14.0	6.2	3.5	1.6	0.9	0.6
Field of View (mm):								
⅔" Sensor (H x V):	8.8 x 6.6	4.4 x 3.3	1.8 x 1.32	1.17 x 0.88	0.88 x 0.66	0.44 x 0.33	0.18 x 0.13	0.09 x 0.07
½" Sensor (H x V):	6.4 x 4.8	3.2 x 2.4	1.28 x 0.96	0.85 x 0.64	0.64 x 0.48	0.32 x 0.24	0.13 x 0.10	0.06 x 0.05
Weight (g):	300	220	230	240	240	270	290	320
Stock No.	#58-235	#46-142	#46-143	#66-383	#46-144	#46-145	#46-146	#46-147
Price	NT94,500	NT36,050	NT27,055	NT49,700	NT33,985	NT79,800	NT103,950	NT134,750

M Plan Apo HR 系列

- **增加的分辨能力和數值孔徑**
- **極其適合亮場觀察**
- **整個視場內使用成像均勻的複消色差設計**

M Plan Apo SL 系列

- **適合亮場檢查的超長工作距離**
- **高品質複消色差設計**
- **視場範圍內成像均勻**

	M Plan Apo HR 系列				M Plan Apo SL 系列		
	M Plan Apo HR 5X	M Plan Apo HR 10X	M Plan Apo HR 50X	M Plan Apo HR 100X	M Plan Apo SL 20X	M Plan Apo SL 50X	M Plan Apo SL 100X
Numerical Aperture, NA:	0.21	0.42	0.75	0.90	0.28	0.42	0.55
Working Dist., WD (mm):	25.5	15.0	5.2	1.3	30.5	20.5	13.0
Focal Length (mm):	40.0	20.0	4.0	2.0	10	4	2
Resolution Power (µm):	1.3	0.6	0.3	0.3	1.0	0.7	0.5
Depth of Focus (µm):	6.2	1.55	0.5	0.3	3.5	1.6	0.9
Field of View: (mm):							
⅔" Sensor (H x V):	1.80 x 1.32	0.88 x 0.66	0.18 x 0.13	0.09 x 0.07	0.44 x 0.33	0.18 x 0.13	0.09 x 0.07
½" Sensor (H x V):	1.28 x 0.96	0.64 x 0.48	0.13 x 0.10	0.06 x 0.05	0.32 x 0.24	0.13 x 0.10	0.06 x 0.05
Weight (g):	285	455	400	410	240	280	290
Stock No.	#34-247	#58-236	#58-237	#58-238	#46-398	#46-399	#46-401
Price	NT188,650	NT314,650	NT221,200	NT238,000	NT120,050	NT131,250	NT185,500

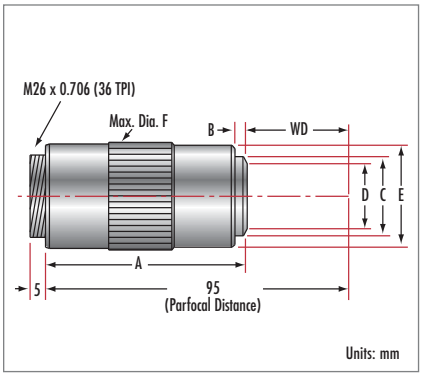
Mitutoyo NIR, NUV 及 UV 無限校正物鏡

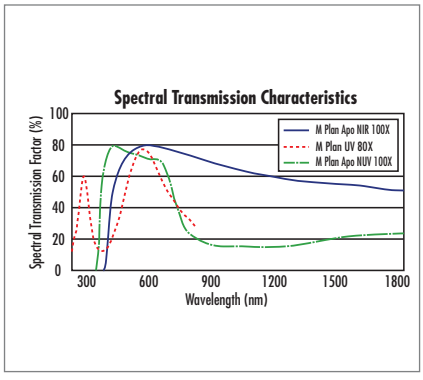
www.edmundoptics.com.tw/**1950**

- **非常適用於紫外線、可見光及近紅外光譜範圍的亮場成像**
- **對 Nd:YAG 雷射光具有出眾的效能**
- **具有廣泛的光譜範圍**

Mitutoyo 的 NIR、NUV 及 UV 無限校正長工作距離物鏡兼具標準 M Plan Apo與 M Plan Apo SL系列物鏡的優勢以及更大的光譜範圍。NIR 物鏡在 480 至 1800nm 的範圍內像差設計校正，因此非常適用於半導體與電信檢查，或適用於使用通用 Nd:YAG 雷射進行雷射切割。HR 系列可提供更大的數值孔徑，因而具有更小的光斑尺寸與更高的分辨率。NUV 與 UV 系列物鏡在兩階、三階與四階 Nd:YAG 諧波範圍內具有出眾的效能。

如需相容的管鏡，請參閱第 176 頁





M Plan NIR	A	B	C	D	E	F	W.D.
5X	57.5	–	23.8	23.0	32.2	34.0	37.5
10X	64.5	1.0	25.2	24.8	32.2	34.0	30.5
20X	75.0	–	–	–	32.2	34.0	20.0
50X	78.0	–	24.4	24.0	32.2	34.0	17.0
100X	83.0	–	25.0	24.6	32.2	34.0	12.0
HR 50X	85.0	–	–	–	37.0	39.0	10.0
HR 100X	85.0	–	–	–	37.0	39.0	10.0
B 20X/50X	69.5	–	–	–	37.0	37.0	25.5
LCD 20X*	75.02	–	–	–	32.2	34.0	20.35
M Plan NUV	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**W.D.**
10X	64.5	–	25.2	24.8	32.2	34.0	30.0
20X	78.0	–	–	–	32.2	34.0	17.0
50X	80.0	–	–	–	32.2	34.0	15.0
100X	84.0	–	–	–	32.2	34.0	11.0
HR 50X	85.0	–	–	–	37.0	39.0	10.0
M Plan UV	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**W.D.**
10X	75.0	–	–	–	32.2	34.0	20.0
20X	80.0	–	–	–	32.2	34.0	15.0
50X	83.0	–	–	–	32.2	34.0	12.0
80X	85.0	–	22.7	–	32.2	34.0	10.0

*LCD 20X parfocal length is 95.37. Designed for 1.1mm cover glass.

M Plan Apo NIR 系列

- **工作距離長，適用於亮場檢查**
- **經過精心設計，在480nm至1800nm範圍內色差設計校正，並在焦深範圍內聚焦**
- **非常適用於雷射雕刻與切割半導體電路**

M Plan NIR HR and NIR B 系列

- **具有較標準M Plan NIR物鏡更高的分辨能力**
- **使用NIR HR 50X可將亮度提高2.4倍，使用NIR HR 100X可將亮度提高2.0倍**
- **NIR B針對532nm及1064nm的Nd:YAG波長具有更高的光學穿透率，並具備更長的工作距離**

	M Plan Apo NIR 系列						NIR HR 系列		NIR B 系列	
	NIR 5X	NIR 10X	NIR 20X	NIR LCD 20X	NIR 50X	NIR 100X	NIR HR 50X	NIR HR 100X	NIR B 20X	NIR B 50X
Numerical Aperture, NA:	0.14	0.26	0.40	0.40	0.42	0.50	0.65	0.70	0.40	0.42
Working Dist., WD (mm):	37.5	30.5	20.0	19.98	17.0	12.0	10.0	10.0	25.5	25.5
Focal Length (mm):	40.0	20.0	10.0	10.0	4.0	2.0	4.0	2.0	10.0	4.0
Resolution Power (µm):	2.0	1.1	0.7	0.7	0.7	0.6	0.42	0.39	0.7	0.7
Depth of Focus (µm):	14.0	4.1	1.7	1.7	1.6	1.1	0.65	0.56	1.7	1.6
Field of View: (mm):										
Eyepiece, 24 Dia. Field:	4.8	2.4	1.2	1.2	0.48	0.24	0.48	0.24	1.2	0.48
Eyepiece, 18 Dia. Field:	3.6	1.8	0.9	0.9	0.36	0.18	0.36	0.18	0.9	0.36
⅔" Sensor Camera (H x V):	1.8 x 1.32	0.88 x 0.66	0.44 x 0.33	0.44 x 0.33	0.18 x 0.13	0.09 x 0.07	0.18 x 0.13	0.09 x 0.07	0.44 x 0.33	0.18 x 0.13
½" Sensor Camera (H x V):	1.28 x 0.96	0.64 x 0.48	0.32 x 0.24	0.32 x 0.24	0.13 x 0.10	0.06 x 0.05	0.13 x 0.10	0.06 x 0.05	0.32 x 0.24	0.13 x 0.10
Weight (g):	220	250	300	305	315	335	450	510	300	315
Stock No.	#46-402	#46-403	#46-404	#37-550	#46-405	#46-406	#56-982	#56-983	#89-350	#89-351
Price	NT61,950	NT71,050	NT124,600	NT176,750	NT153,300	NT207,200	NT346,500	NT371,000	NT167,300	NT220,500

對於新的 LCD 物鏡, 請造訪 www.edmundoptics.com.tw/4316

M Plan Apo NUV/NUV HR 系列

- **適用於近紫外線至可見光應用**
- **經過精心設計，可在355nm至620nm範圍內進行色差校正，並在焦深範圍內聚焦**
- **與MT-L管鏡相容**

M Plan UV 系列

- **針對266nm及550nm進行校正 (雙波齊焦設計)**
- **非常適用於亮場照明，以及第2與第4階諧波的Nd:YAG雷射切割**
- **搭配使用Mitutoyo FS70L4顯微鏡或MT-L4管鏡可取得強大功能**

	M Plan Apo NUV					M Plan Apo UV 系列			
	NUV 10X	NUV 20X	NUV 50X	NUV 100X	NUV HR 50X	UV 10X	UV 20X	UV 50X	UV 80X
Numerical Aperture, NA:	0.28	0.40	0.42	0.50	0.65	0.25	0.36	0.40	0.55
Working Dist., WD (mm):	30.5	17.0	15.0	11.0	10.0	20.0	15.0	12.0	10.0
Focal Length (mm):	20.0	10.0	4.0	2.0	4.0	20.0	10.0	4.0	2.5
Resolution Power (µm):	1.0	0.7	0.7	0.6	0.42	1.1	0.8	0.7	0.5
Depth of Focus (µm):	3.5	1.7	1.6	1.1	0.65	4.4	2.1	1.7	0.9
Field of View: (mm):									
Eyepiece, 24 Dia. Field:	2.4	1.2	0.48	0.24	0.48	2.4	1.2	0.48	0.3
Eyepiece, 18 Dia. Field:	3.6	0.9	0.36	0.18	0.36	1.8	0.9	0.36	0.23
⅔" Sensor Camera (H x V):	0.88 x 0.66	0.44 x 0.33	0.18 x 0.13	0.09 x 0.07	0.18 x 0.13	0.88 x 0.66	0.44 x 0.33	0.18 x 0.13	0.11 x 0.08
½" Sensor Camera (H x V):	0.64 x 0.48	0.32 x 0.24	0.13 x 0.10	0.06 x 0.05	0.13 x 0.10	0.64 x 0.48	0.32 x 0.24	0.13 x 0.10	0.08 x 0.06
Weight (g):	255	340	350	380	500	310	330	400	380
Stock No.	#86-176	#46-407	#46-408	#46-409	#86-177	#86-175	#56-320	#56-321	#56-322
Price	NT120,050	NT246,050	NT246,050	NT324,100	NT500,500	NT455,000	NT651,000	NT661,500	NT913,500

Mitutoyo 物鏡

Mitutoyo 亮場和暗場 (BD) 無限校正物鏡

www.edmundoptics.com.tw/**4187**

- **適用於亮場及暗場顯微鏡應用**
- **工作距離長及高數值孔徑**
- **平場複消色差設計**

Mitutoyo 亮場和暗場無限補正物鏡工作距離長，並具備高數值孔徑。其中採用高品質的平場複消色差結構設計，可協助物鏡維持高數值孔徑及對比度，同時補正可見光波長區域的色像差。本系列物鏡提供兩種版本 (標準 Plan APO 和延長工作距離的 Plan APO SL)，並配備 M40 x 36TPI 安裝螺紋。Mitutoyo 亮場和暗場無限補正物鏡是亮場及暗場照明的最佳選擇，適用於包含表面檢測及進階生命科學顯微鏡的各種應用。 **注意:** 如果使用 MT-1 (#54-774) 或 MT-2 (#56-863) 等相容的管鏡建構客製配置，就需要額外的暗場擋光片以使用暗場照明。

Focal Length (mm):	200
Maximum Diameter (mm):	44
Parafocal Length (mm):	95
Maximum Sensor Format:	⅔"
Mounting Threads:	M40 x 36 TPI
Wavelength Range (nm):	435 - 655
Operating Temperature (°C):	+5 to +40

請訪問 www.edmundoptics.com.tw/3504
瞭解亮場/暗場無限補正物鏡

Mitutoyo 亮場和暗場 (BD) 無限校正物鏡

Description	NA	FL (mm)	WD (mm)	Model Number	Stock No.	Price
BD Plan Apo 2X	0.055	100.00	34	378-831-12	#18-402	NT38,500
BD Plan Apo 5X	0.14	40.00	34	378-832-7	#18-403	NT35,000
BD Plan Apo 7.5X	0.21	26.67	34	378-830-7	#18-404	NT64,400
BD Plan Apo 10X	0.28	20.00	34	378-833-7	#18-405	NT43,120
BD Plan Apo 20X	0.42	10.00	20	378-834-7	#18-406	NT95,200
BD Plan Apo 50X	0.55	4.00	13	378-835-7	#18-407	NT128,450
BD Plan Apo 100X	0.7	2.00	6	378-836-7	#18-408	NT148,400

Mitutoyo 管鏡

www.edmundoptics.com.tw/**2230**

MT-4/MT-40 管鏡
- **搭配 #56-992 或 #55-743配件鏡筒**
- **1-20倍的放大倍率建議使用MT-40, 20 倍以上放大倍率建議使用以上放大倍率建議使用 MT-40**

MT-1 管鏡
- **可搭配分光鏡使用**
- **搭配 #58-329 配件鏡筒 #55-743**
- **1 倍的放大倍率**

MT-2 管鏡
- **可搭配分光鏡使用**
- **搭配 #58-329 配件鏡筒 #55-743**
- **2 倍的放大倍率**

MT-L/MT-L4 管鏡
- **適用於 NUV 及 NIR 物鏡的 MT-L 管鏡**
- **適合紫外物鏡的 MT-L4 管鏡**
- **1 倍的放大倍率**

Mitutoyo 管鏡

	MT-4/MT-40		MT-1		MT-2		MT-L/MT-L4	
Focal Length (mm):	200		200		400		200/200	
Design Wavelength (nm):	436 - 656		436 - 656		436 - 656		355 - 1064/266 - 620	
Image Formation Mag.:	1X		1X		2X		1X/1X	
Image Circle Covered (mm):	30 (MT-4), 24 (MT-40)		30 (@L=76.5mm)		30 (@L=76.5mm)		24/24 (@L=134mm)	
Entrance Pupil Dia. (mm):	11.2		24		18		22/23	
Dimensions = (Dia. x L) (mm):	34 x 27 (MT-4), 34 x 27.5 (MT-40)		40 x 32.5		40 x 32.0		35 x 32.0/35 x 30.6	
Mounting:	M26 x 36 TPI		three 2.4mm holes		three 2.4mm holes		M32 x 0.5/M32 x 0.5	
Stock No. / Price	(MT-4) #54-428 (MT-40) #83-911	NT25,725 NT44,800	#54-774	NT28,210	#56-863	NT32,585	(MT-L) #56-073 (MT-L4) #56-864	NT66,150 NT143,150

TECHSPEC® 用於 Mitutoyo 物鏡的配件和轉接環

www.edmundoptics.com.tw/**2206**

- **相機延伸環允許整合 C 接環相機**
- **轉接環可簡化 MT-1 和 MT-2 管鏡的整合**
- **可與C接環或RMS螺紋元件連接**

TECHSPEC® 用於 Mitutoyo 物鏡的配件和轉接環

*Requires Mitutoyo C-Mount Adapter #55-743

Objective Thread Adapters	Tube Length	Stock No.	Price	Accessory Tubes	Notes	Stock No.	Price
Mitutoyo to C-Mount Adapter	10mm	#55-743	NT1,593	MT-1/MT-2 C-Mount Adapter*	Requires 190mm of Tube Length on a C-Mount Camera	#58-329	NT7,490
Mitutoyo to RMS Adapter	14mm	#58-296	NT3,710	MT-L/MT-L4 C-Mount Adapter*	Requires 150mm of Tube Length on a C-Mount Camera	#66-027	NT7,525
C-Mount Camera Extension Tube	152.5mm	#56-992	NT6,615	Filter Holder	Accepts 24.15-25.4mm Dia Filters	#56-993	NT3,500

Mitutoyo 視訊顯微鏡裝置 (VMU) 和 Mitutoyo 旋轉台

www.edmundoptics.com.tw/**3504**

- **專為 M26 x 36 TPI 或是 M40 x 36 TPI 無限校正物鏡而設計**
- **最大傳感器尺寸為 ⅔" 或是 APS-C**
- **提供相機垂直和水平方向安裝方式、明場和暗場照明配置**

用於將無限校正物鏡連接至C節環或是F接環相機，以快速輕鬆地設定顯微鏡系統。Mitutoyo視訊顯微鏡裝置 (VMU) 提供1倍的放大倍率，具有同軸照明連接埠，與落射螢光技術相較，可實現最大的對比度與簡易的照明。VMU具備可調整的光圈以控制進光量，而無需調整相機的快門或增益。

Mitutoyo VMU 提供標準 (用於 ⅔" 格式傳感器) 和寬場 (用於 APS-C 格式傳感器) 選項，並且相機接環可依據對應的物鏡提供 90 度或是 180 度的安裝方式。除了寬帶版本，VMU 還專門為 Nd:YAG 雷射提供安裝，支援 355, 532 和 1064nm 雷射，以及專為暗場顯微鏡設計的版本。 Mitutoyo 視訊顯微鏡裝置 (VMU) 採用針對 NUV, VIS 或 NIR 光譜進行優化的光學裝置，使其成為理想並直接兼容各種 Mitutoyo 無限校正物鏡。

Mitutoyo 手動轉台 (#86-589)設計相容於 Mitutoyo 視訊顯微鏡裝置 (VMU)，適合用於亮場觀測。Mitutoyo 手動轉台配備四個 M26 x 0.706 物鏡接環，可以快速轉換不同放大倍率的多個物鏡。若將轉台與 VMU 搭配使用，則將建立具有相機彈性運用成像顯微鏡。

Mitutoyo

VIS-NIR Vertical VMU (#86-799)

Nd: YAG Vertical VMU (#89-622)

VIS-NIR Horizontal Mitutoyo VMU (#89-621)

Mitutoyo Manual Turret (#86-589) Installed on VIS-NIR VMU

Mitutoyo 視訊顯微鏡裝置 (VMU) 和 Mitutoyo 旋轉台

Wavelength Range:	VIS-NIR		NUV-VIS-NIR Nd:YAG, 355/532/1064nm	VIS Widefield BD	
Type:	Brightfield		Brightfield	Brightfield/Darkfield	
Orientation:	Vertical	Horizontal	Vertical	Vertical	Horizontal
Model:	VMU-V	VMU-H	VMU-L	WIDE VMU-BDV	WIDE VMU-BDH
Tube Lens Magnification:	1X		1X	1X	
Camera Mount:	C-Mount		C-Mount	F-Mount or C-Mount	
Objective Mount:	M26 x 36 TPI		M26 x 36 TPI	M40 x 36 TPI	
Max. Sensor Format:	⅔"		⅔"	APS-C	
Weight:	570g	590g	980g	2000g	2150g
Stock No.	#86-799	#89-621	#89-622	#18-652	#18-653
Price	NT145,600	NT179,900	NT249,900	NT437,500	NT465,500
Manual Turret (Four Objective Mounts) / Price	#86-589 / NT48,650			#18-655 / NT61,250	
Compatible Objectives:	M Plan Apo/HR/SL and G Plan Apo (see page 174 and web)		M Plan Apo/HR/SL and M Plan NIR/NUV (see pages 174-175)	BD Plan Apo (see page 176)	
VMU-L Laser Mount to C-Mount Adapter / Price	N/A		#37-044/NT9,975	N/A	

Mitutoyo FS70 檢測顯微鏡

www.edmundoptics.com.tw/**2289**

- **利用 Mitutoyo 無限校正物鏡**
- **三筒設計可簡單安裝相機取像**
- **旋轉台最多可安裝四個物鏡**

Mitutoyo FS70 檢驗顯微鏡設計用在長工作距離時產生高放大倍率，是許多檢查和質量保證應用的理想選擇。 顯微鏡系統結合了 Mitutoyo 的 20X-8000X 和工作距離 6-34mm 可見光無限補正物鏡。 聚焦目鏡可以容納 25mm 直徑的刻劃板。 50/50 三目鏡頭具有 50mm 的粗調移動，0.1mm / rev 的細微移動以及同步的視頻和雙眼觀看功能。

請參閱第 174-175 頁，瞭解完整規格及相容的物鏡。

Mitutoyo

Mitutoyo FS70 檢測顯微鏡

Description	Stock No.	Price
Mitutoyo FS70 Inspection Microscope		
Mitutoyo FS70 Microscope System (includes #55-999, #56-000, #56-001, #56-002)	#56-003	NT341,250
Microscope Head (One Required)		
Mitutoyo FS70Z-S Microscope Head	#55-999	NT261,450
Stand (One Required)		
Mitutoyo FS70 Microscope Stand	#56-000	NT66,850
Eyepieces in Pairs (One Required)		
10X WF Focusing Eyepieces, 24mm Field Dia.	#56-001	NT34,195
20X WF Focusing Eyepieces, 12mm Field Dia.	#56-004	NT51,450
Turret (One Required)		
Manual 4 Position Turret for Mitutoyo FS70	#56-002	NT31,255
Motorized 4 Position Turret for Mitutoyo FS70	#56-313	NT205,100
Stage (Optional)		
2" x 2" XY-Axes Positioning Stage	#56-011	NT81,900
Microscope Objectives (sold separately) - M Plan Apo/HR/SL and G Plan Apo, see pages 174-175		
Optional Accessories and Reticles		
Fiber Optic Light Guide for FS70, 72" Length	#56-008	NT19,880
Polarizer Set	#56-009	NT28,595
C-mount Coupler (1X) for Video Adaptation	#56-010	NT7,385
90° Crossline, Reticle	#56-005	NT4,935
Concentric Circles Reticle, 1.2 - 18mm Dia, 1.2mm Increments	#56-007	NT4,795
20mm Line/0.1mm Divisions, Reticle	#56-183	NT4,795
5mm Line/0.05mm Divisions, Reticle	#56-184	NT4,795
90°/60° Crossline, Reticle	#56-311	NT4,795

Focusing Adjustment: Concentric coarse and fine wheels with 50mm travel, 0.1mm/rev fine focus
Image: Erect (not a stereoscopic image)
Pupil Distance: 51mm - 76mm
Optical Ratio (eyepiece/camera): 50/50
Tube Lens Design (correction range): 1X - 2X zoom (visible range)
Illumination: Reflective illumination for bright field
Light Source: Fiber optic (not included)
Nose Piece: Reverse rotary with 4 objective mounts
Objectives: M Plan Apo/HR/SL and G Plan Apo series (sold separately, see page 174 and web)
Weight, Scope Only: 14.5 lbs.

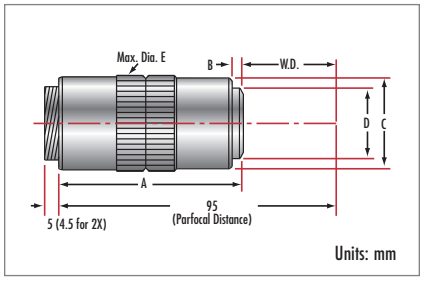
物鏡

無限校正長工作距離物鏡

www.edmundoptics.com.tw/**2941**

- **採用平場複消色差設計的高品質光學產品**
- **提供長工作距離選項**
- **微米以下的分辨力**

本系列物鏡使用無應變的光學系統，符合最高的品質及標準，可維持長工作距離，並提供高數值孔徑。本系列物鏡分辨力介於 5 至 0.34 微米之間，適合各種應用。所述的所有放大倍率都以焦距為 200mm 的管鏡為基礎。安裝螺紋為 26mm x 0.706mm pitch (36 TPI)。可搭配使用所有 Mitutoyo 零件，並可直接設置於目前採用 Mitutoyo 物鏡的系統中。 所有尺寸單位均為 mm。



Plan APO	A	B	C	D	E
2X	61	—	32	27.5	34
5X	61	—	32	25	34
10X	61.5	2.2	32	25.5	34
20X	75	3.2	32	26.7	34
50X	82	—	32	25.5	34
100X	92	—	32	26	36
Plan APO ULWD	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
50X	74.5	—	32	25.5	34
100X	82	—	32	26	34

Plan APO And Plan APO ULWD 系列

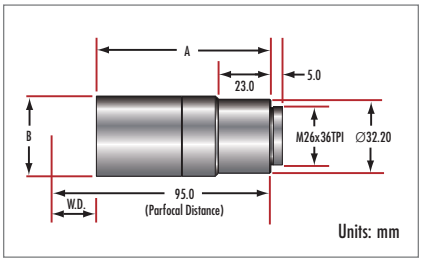
	Plan APO 2X	Plan APO 5X	Plan APO 10X	Plan APO 20X	Plan APO 50X	Plan APO 100X	Plan APO ULWD 50X	Plan APO ULWD 100X
Numerical Aperture, NA:	0.055	0.14	0.28	0.42	0.55	0.8	0.42	0.55
Working Distance, WD (mm):	34	34	33.5	20	13	3	20.5	13
Focal Length (mm):	100	40	20	10	4	2	4	2
Resolving Power (µm):	5	2	1	0.7	0.5	0.34	0.7	0.5
Depth of Focus (µm):	91	14	3.6	1.6	0.9	0.4	1.6	0.9
Field of View - Dia. (mm):								
Eyepiece, 24 Dia. field (mm):	12	4.8	2.4	1.2	0.48	0.24	0.48	0.24
1" Sensor (H x V):	6.4 x 4.8	2.56 x 1.92	1.28 x 0.96	0.64 x 0.48	0.256 x 0.192	0.128 x 0.96	0.256 x 0.192	0.128 x 0.96
⅔" Sensor (H x V):	4.4 x 3.3	1.76 x 1.32	0.88 x 0.66	0.44 x 0.33	0.176 x 0.132	0.088 x 0.066	0.176 x 0.132	0.088 x 0.066
½" Sensor (H x V):	3.2 x 2.4	1.28 x 0.96	0.64 x 0.48	0.32 x 0.24	0.128 x 0.096	0.064 x 0.048	0.128 x 0.096	0.064 x 0.048
Weight (g):	250	240	250	300	320	450	300	340
Stock Number	#59-875	#59-876	#59-877	#59-878	#59-879	#59-880	#59-881	#59-882
Price	NT33,180	NT25,025	NT31,290	NT73,430	NT95,725	NT123,970	NT120,750	NT170,660

高分辨率無限校正物鏡

www.edmundoptics.com.tw/**2674**

- **高解析度**
- **設計用於變焦鏡頭系統**

高解析度無限校正物鏡是為小視場的高解析度而設計。這些物鏡具有三豐 (Mitutoyo) 標準的 M26 x 36 TPI 接環螺紋和 95mm 的齊焦距離，因此可以與三豐 (Mitutoyo) 顯微鏡和配件互換使用。雖然可以使用三豐 (Mitutoyo) 顯微鏡和配件，但這些物鏡用於變焦鏡頭系統時表現最佳。高解析度無限校正物鏡的特點是軸上性能接近繞射極限。



高分辨率無限校正物鏡

Magnification	A (mm)	B (mm)	W.D. (mm)
5X	61.0	34.0	34.0
10X	76.0	35.0	19.0
20X	82.0	34.0	13.0

高分辨率無限校正物鏡

	5X	10X	20X
Numerical Aperture, NA:	0.225	0.45	0.60
Working Distance, WD (mm):	34.0	19.0	13.0
Focal Length (mm):	40.0	20.0	10.0
Resolution Power (µm):	1.5	0.74	0.56
Depth of Focus (µm):	10.9	2.7	1.5
Max. Field Diameter (mm):	11.0	11.0	11.0
Field of View:			
⅔" Sensor (H x V) (mm):	1.8 x 1.32	0.88 x 0.66	0.44 x 0.33
½" Sensor (H x V) (mm):	1.28 x 0.96	0.64 x 0.48	0.32 x 0.24
Weight (g):	210	205	240
Stock No. / Price	#58-371 NT78,645	#58-372 NT92,610	#58-373 NT116,130

無限 K2/DistaMax™ 長距離視訊顯微鏡

www.edmundoptics.com.tw/1477

- **用於視訊/拍照/視覺應用的多種設定**
- **聚焦範圍從無限遠到最近54mm**
- **比其他同軸式系統高 3X 的放大倍率**
- **提供 CentriTel® 調焦器**

K2 DistaMax™ 被公認為長距顯微鏡中的典範，目前整合了一個專利申請中的 IVS 對焦系統，進一步鞏固了其領先地位，並使 K2 DistaMax™ 比舊型號更容易使用。要開始使用 K2 DistaMax™，只需為前部選擇物鏡並為後部選擇相機接環。K2 DistaMax™ 提供高放大倍率和動態工作距離範圍，涵蓋尺寸高達35mm (43mm 對角) 的所有傳感器。K2 DistaMax™ 單筒套件包含一個手動光圈以方便進行光源和景深控制。除了單筒套件中所包含的部件外，雙筒套件還包含了一個直角反射鏡，用以進行視圖切換 (非同時檢視)。K2 DistaMax™ 極其適用于所有從遠端真空室檢視到線上處理控制的各種應用。

NWE物鏡允許從無限遠到近達675mm的對焦。NWE 可能是功能最全的 K2 DistaMax™ 物鏡，還可與顯微鏡物鏡轉接盤及其他配件結合使用。所有物鏡都可直接安裝到前端楔形榫頭。當與 NWE 物鏡、顯微鏡物鏡轉接盤和物鏡轉接座結合使用時，即使是使用同軸照明燈源，K2 DistaMax™ 亦可連接普通的無限校正物鏡，這使其成為強大的同軸照明系統。要讓 CentriTel® 適合所有尺寸，只需加入 CentriTel® 調焦器 #87-430。要透過目鏡 (未隨附) 檢視，需要使用轉接器 #58-796。

One Main Body Required		
K2 Single Port	#87-426	NT239,750
K2 Dual Port	#87-427	NT295,750
One Required		
C-Mount Camera Adapter	#88-956	NT1,908
Orientable C-Mount Adapter	#33-132	NT18,200
62mm Eyepiece Tube (for viewing)	#58-796	NT3,675
Optional Amplifiers		
CF Tube (1.66x)	#65-041	NT18,200
DL Doubler Tube	#39-686	NT8,400
Lockable Doubler Tube (2X Video)	#57-714	NT11,900
NTX Tube 2X	#86-892	NT18,200
Optional		
CentriTel® Focuser	#87-430	NT84,525
66mm Fiber Optic Ring Light Adapter	#68-335	NT3,675

One Required		
Standard and Close-Focus Range		
K2 Objective NWE	#87-428	NT28,350
K2 Objective STD	#39-339	NT28,350
K2 Objective CF-1	#39-340	NT28,350
K2 Objective CF-1/B	#57-721	NT28,350
K2 Objective CF-2	#39-341	NT33,775
K2 Objective CF-3	#39-342	NT33,775
K2 Objective CF-4	#52-829	NT29,575
High-Power Micro Range		
K2 Microscope Adapter Disc	#87-429	NT6,475
Mitutoyo/Achrovid Objective Adapter (M26)	#53-787	NT2,975
Nikon CF160 Objective Adapter (M25)	#54-589	NT2,975
Olympus UIS Objective Adapter (RMS)	#53-786	NT2,975
Polarizer Set for #56-191	#59-768	NT9,100
Coaxial In-Line Illuminator	#56-191	NT38,150

Eyepiece:	Not Included, see table
Depth of Field:	Continuously variable
Image:	Inverted (straight); Erect, right to left reverse (top dual part)
Objective Filter:	Accepts 49 x 0.75mm Dia. Filters
Thread:	(M27 x 0.5 for CF-4)
Iris:	Variable 30mm - 1.2mm
Dimensions:	66mm Max Dia. x 290mm L (without objective)
Weight:	3.5 lbs
Mounting:	Ring clamp with ¼-20 (x1) and M4 (x2)

K2 物鏡 (需選配一款)

*FOV for 35mm sensor is multiplied by 5.4125

Objective:	NWE		STD		CF-1		CF-1/B		CF-2		CF-3		CF-4	
P. MAG:	0.60X	0.12X	1.10X	0.34X	1.42X	0.61X	1.4X	0.8X	2.67X	1.5X	3.56X	2.29X	6.1X	4.57X
FoV for ½" sensor (mm)*:	10.67	53.33	5.82	18.82	4.51	10.49	4.57	8	2.4	4.27	1.8	2.79	1.05	1.4
WD (mm):	675	infinity	370	946	215	530	228	388	140	192	95	122	54	64
Size (Dia. x L) (mm):	58 x 41		58 x 38.7		58 x 65		58 x 50.5		58 x 41		58 x 68		58 x 76.2	
Stock No. / Price	#87-428	NT28,350	#39-339	NT28,350	#39-340	NT28,350	#57-721	NT28,350	#39-341	NT33,775	#39-342	NT33,775	#52-829	NT29,575

自動化正置顯微鏡

www.edmundoptics.com.tw/4502

- **與 Zaber™ 作動資料庫和 μManager 開源顯微鏡軟體相容**
- **相容奧林巴斯、尼康、蔡司或Edmund Optics TECHSPEC® 120i 物鏡**
- **電動 XY 行程與 Z 對焦運動**
- **非常適合落射螢光和亮場顯微鏡應用**

自動化正置顯微鏡與 Zaber™ 作動資料庫和 μManager 開源顯微鏡軟體完全相容，可實現完全自動化的成像體驗。這些顯微鏡將 Zaber 的電動 XY 行程和 Z 焦點運動控制與業界領先的奧林巴斯、Nikon CFI60、蔡司或愛特蒙特光學 TECHSPEC® 120i 物鏡相結合。顯微鏡主體包含 100 x 120 毫米行程 XY 載物台、電動物鏡和濾光片立方轉塔以及可編程 3 軸操縱桿，以組裝完整的顯微鏡系統。自動正置顯微鏡需要配合單獨出售的載物台插件 (孔板、麵包板或載玻片支架)，方能精確、安全地安裝測試品。落射照明器單獨出售，可透過 3 個 LED 燈通道提供高強度光：385、473 和 568 nm，或 385、625 nm 和白色。**注意：**每種顯微鏡配置均包含所有必要的安裝硬體、電纜和電源。平台插件和照明配件單獨出售，方能正確使用操作。

Automated Upright Microscopes

Description:	Automated Upright Microscope EO	Automated Upright Microscope Nikon	Automated Upright Microscope Olympus
Max Sensor Format:	1.1"	⅔"	⅔"
Parfocal Length (mm):	81.5	60.0	45.0
Resolution (μm):	0.15625	0.15625	0.15625
Travel (mm):	100 x 120	100 x 120	100 x 120
Focus Travel (mm):	25	25	25
Mounting Threads:	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Dimensions (mm):	440 x 360	440 x 360	440 x 360
Objective Thread:	C-Mount	M25	RMS
Stock No.	#29-348	#29-349	#29-350
Price	NT1,038,543	NT1,038,543	NT1,038,543

配件

Description	Stock No.	Price
XY Microscope Stage Insert, Well Plate	#29-352	NT14,883
XY Microscope Stage Insert, Breadboard	#29-353	NT7,458
XY Microscope Stage Insert, Slide Holder	#29-354	NT14,883
Microscope Light Guide Adapter	#29-357	NT37,125
385, 473, and 568nm Microscope Illuminator	#29-355	NT154,110
385, 625nm, and White Microscope Illuminator	#29-356	NT154,110
5X, 81.5mm Parfocal Adapter	#29-526	NT1,320
10X, 81.5mm Parfocal Adapter	#29-527	NT1,320
20X, 81.5mm Parfocal Adapter	#29-528	NT1,320

相機

FLIR Blackfly® S PoE GigE 相機

www.edmundoptics.com.tw/**3887**

TELEDYNE FLIR
Everywhereyoulook™

- **PoE (乙太網路供電)**
- **遵循 GigE Vision 及 GenICam 規範**
- **廣泛的 API 程式庫並隨附 Spinnaker SDK**

Pixel Depth:	8, 12, 16 and 24-bit digital data	**Synchronization:**	External or Via Software
Flash Memory (MB):	6 non-volatile memory	**Video Output:**	GigE/PoE with Screw Locks
Image Buffer (MB):	240	**Operating Temperature (°C):**	0 to 50
Transfer Speed (Mbit/s):	10/100/1000	**Storage Temperature (°C):**	-30 to 60

FLIR Blackfly® S PoE GigE 相機

Model Number:	BFS-PGE-14Y3M-C	BFS-PGE-16S7M/C-C	BFS-PGE-19S4M/C-C	BFS-PGE-23S3C-CS	BFS-PGE-50S4M/C-C	BFS-PGE-123S6P-C	BFS-PGE-244S8M/C-C
Camera Sensor Format:	½"	1.1"	1/1.7"	½.3"	1/1.8"	1.1"	4/3"
Resolution (MegaPixels):	1.3	1.7	2.0	2.3	5	12.3	24.5
Imaging Device:	ON Semi PYTHON 1300P1	Sony IMX432	Sony IMX430	Sony IMX392	Sony IMX547	Sony IMX253MZR	Sony IMX540
Type of Sensor:	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS
Pixels (H x V)	1280 × 1024	1600 x 1100	1616 x 1240	1920 × 1200	2448 × 2048	4096 × 3000	5320 x 4600
Pixel Size, H x V (µm):	4.8 x 4.8	9.0 x 9.0	4.5 x 4.5	3.45 x 3.45	2.74 x 2.74	3.45 x 3.45	2.74 x 2.74
Frame Rate (fps):	92	69	60	53	24	10	5
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Dimensions (mm):	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39
Weight (g):	36	53	53	36	53	36	53
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#22-074 NT16,800	#22-076 NT45,850	#22-078 NT22,925	N/A –	#22-081 NT32,480	N/A –	#22-084 NT91,665
Color Camera	N/A –	#22-075 NT45,850	#22-077 NT22,925	#22-079 NT14,735	#22-080 NT32,480	N/A –	#22-083 NT91,665
Polarized Mono Camera	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	#22-082 NT162,330	N/A –

FLIR Blackfly® S PoE GigE 相機

Model Number:	BFS-PGE-04S2M/C-CS	BFS-PGE-13Y3M/C-C	BFS-PGE-16S2M/C-CS	BFS-PGE- 23S3M/C-C	BFS-PGE-27S5M/C-C	BFS-PGE-31S4M/C-C	BFS-PGE-50S5M/C-C
Camera Sensor Format:	½.9"	½"	½.9"	½.3"	2/3"	1/1.8"	2/3"
Resolution (MegaPixels):	0.40	1.30	1.60	2.30	2.80	3.20	5.00
Imaging Device:	Sony IMX287	ON Semi PYTHON 1300	Sony IMX273	Sony IMX392	Sony IMX429	Sony IMX265	Sony IMX264
Type of Sensor:	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS
Pixels (H x V)	720 x 540	1280 x 1024	1440 x 1080	1920 x 1200	1936 x 1464	2048 x 1536	2448 x 2048
Pixel Size, H x V (µm):	6.9 x 6.9	4.8 x 4.8	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	4.5 x 4.5	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	291	85	78	53	43	35	22
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Electronic Shutter:	4 µs to 30 s	11 µs to 30 s	7 µs to 30 s	9 µs to 30 s	15 µs to 30 s	11 µs to 30 s	13 µs to 30 s
Dimensions (mm):	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30
Weight (g):	36	36	36	36	53	36	36
Mount:	CS-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#11-523 NT12,635	#36-558 NT14,525	#11-525 NT12,985	#12-753 NT14,735	#13-920 NT25,025	#11-527 NT19,845	#36-560 NT30,730
Color Camera	#11-524 NT12,635	#36-559 NT14,525	#11-526 NT12,985	#12-754 NT14,735	#13-921 NT25,025	#11-528 NT19,845	#36-561 NT30,730

FLIR Blackfly® S PoE GigE 相機

Model Number:	BFS-PGE-51S5P/PC-C	BFS-PGE-63S4M/C-C	BFS-PGE-70S7M/C-C	BFS-PGE-120S4M/C-CS	BFS-PGE-88S6M/C-C	BFS-PGE-122S6M/C-C	BFS-PGE-200S6M/C-C
Camera Sensor Format:	2/3"	1/1.8"	1.1"	1/1.7"	1"	1.1"	1"
Resolution (MegaPixels):	5.00	6.30	7.10	12.00	8.9	12.30	20.00
Imaging Device:	Sony IMX250MZR/MYR	Sony IMX178	Sony IMX428	Sony IMX226	Sony IMX267	Sony IMX304	Sony IMX183
Type of Sensor:	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS
Pixels (H x V)	2448 × 2048	3072 x 2048	3208 × 2200	4000 × 3000	4096 x 2160	4096 x 3000	5472 x 3648
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	2.4 x 2.4	4.5 x 4.5	1.85 x 1.85	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	2.4 x 2.4
Frame Rate (fps):	24	19	17.4	8.5	13.8	9.9	6.1
Type of Shutter:	Global	Rolling	Global	Rolling	Global	Global	Rolling
Electronic Shutter:	6 µs to 30 s/20 µs to 30 s	25 µs to 30 s	44 µs to 30 s	10 µs to 30 s	22 µs to 30 s	22 µs to 30 s	44 µs to 30 s
Dimensions (mm):	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30
Weight (g):	36	36	53	36	36	36	36
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	N/A –	#12-755 NT14,490	#13-922 NT75,250	#13-918 NT17,185	#11-529 NT57,295	#11-531 NT70,665	#11-533 NT24,465
Color Camera	N/A –	#12-756 NT14,490	#13-923 NT75,250	#13-919 NT17,185	#11-530 NT57,295	#11-532 NT70,665	#11-534 NT24,465
Polarized Monochrome	#12-794 NT84,035	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –
Polarized Color	#13-929 NT84,035	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –

FLIR Blackfly® S USB 3.1 相機

www.edmundoptics.com.tw/**3832**

- **超緊湊設計**
- **USB3 連線功能，提高圖像傳輸率**
- **隨附圖像擷取軟體及 Spinnaker SDK**

FLIR Blackfly® S USB 3.1 相機是輕量級、符合成本效益的解決方案，適用於對空間敏感的成像應用。這些相機具備多項功能，包括能精準控制曝光、增益、白平衡和顏色校正，適合整合至機器視覺系統內。另外還提供 FLIR 的 Spinnaker 軟體開發套件 (SDK)、完整的 HTML 相機和 API 說明文件與程式碼。FLIR Blackfly® S USB 3.1 相機符合 GenICam 標準及 USB 3 Vision 標準。 **注意:** USB3 傳輸線另售。請使用 (#03-618) 5mm 接環將 CS 接環相機轉接至 C 接環。軟體可供下載。

TELEDYNE FLIR
Everywhereyoulook™

Type of Sensor:	Progressive Scan CMOS	**Video Output:**	USB 3.1
Flash Memory (MB):	6	**Operating Temperature (°C):**	0 to 50
Image Buffer (MB):	240	**Storage Temperature (°C):**	-30 to 60

Visit www.edmundoptics.com.tw/4443 for Board Level Configurations

FLIR Blackfly® USB 3.1 相機

Model Number:	BFS-U3-161S7M/C-C	BFS-U3-200S7M/C-C	BFS-U3-04S2M/C-C	BFS-U3-16S7M/C-C	BFS-U3-19S4M/C-C	BFS-U3-20S4M/C-C	BFS-U3-27S5M/C-C	BFS-U3-244S8M/C-C	BFS-U3-50S4M/C-C
Camera Sensor Format:	1.1"	1.1"	1/2.9"	1.1"	1/1.7"	1/1.7"	2/3"	4/3"	1/1.8"
Resolution (MegaPixels):	16.1	20.0	0.4	1.7	2	2	2.8	24.5	5
Imaging Device:	SONY IMX542	SONY IMX541	Sony IMX287	Sony IMX432	Sony IMX430	Sony IMX422	Sony IMX429	Sony IMX540	Sony IMX547
Pixels (H x V)	5,320 x 3,032	4,504 x 4,504	720 x 540	1600 x 1100	1616 x 1240	1616 x 1240	1936 x 1464	5320 x 4600	2448 × 2048
Pixel Size, H x V (µm):	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	6.9 x 6.9	9.0 x 9.0	4.5 x 4.5	4.5 x 4.5	4.5 x 4.5	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74
Frame Rate (fps):	23	18	522	97	131	175	95	15	72
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Dimensions (mm):	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39	29 x 29 x 39
Weight (g):	53	53	36	53	53	53	53	53	53
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#26-120 NT63,035	#26-122 NT80,465	#22-086 NT12,635	#22-088 NT45,850	#22-090 NT22,925	#22-092 NT31,920	#22-094 NT25,025	#22-096 NT91,665	#22-766 NT32,480
Color Camera	#26-119 NT63,035	#26-121 NT80,465	#22-085 NT12,635	#22-087 NT45,850	#22-089 NT22,925	#22-091 NT31,920	#22-093 NT25,025	#22-095 NT91,665	#22-765 NT32,480

FLIR Blackfly® S USB 3.1 相機

Model Number:	BFS-U3-17S7M/C-C	BFS-U3-04S2M/C-CS	BFS-U3-13Y3M/C-C	BFS-U3-16S2M/C-CS	BFS-U3-23S3M/C-C	BFS-U3-28S5M/C-C	BFS-U3-31S4M/C-C	BFS-U3-32S4M/C-C	BFS-U3-51S5M-C/C-C* BFS-U3-51S5P-C/PC-C**
Camera Sensor Format:	1.1"	1/2.9"	1/2"	1/2.9"	1/2.3"	2/3"	1/1.8"	1/1.8"	2/3"
Resolution (MegaPixels):	1.70	0.4	1.3	1.6	2.3	2.8	3.1	3.2	5.0
Imaging Device:	Sony IMX425	Sony IMX287	ON Semi PYTHON 1300	Sony IMX273	Sony IMX392	Sony IMX421	Sony IMX265	Sony IMX252	Sony IMX250* Sony IMX250MZR/MYR**
Pixels (H x V):	1600 x 1100	720 x 540	1280 x 1024	1440 x 1080	1920 x 1200	1936 x 1464	2048 x 1536	2048 x 1536	2448 x 2048
Pixel Size, H x V (µm):	9.0 x 9.0	6.9 x 6.9	4.8 x 4.8	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	4.5 x 4.5	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	196	522	170	226	163	130	55	118	75
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Electronic Shutter:	9 µs to 30 s	4 µs to 30 s	6 µs to 30 s	4 µs to 30 s	5 µs to 30 s	10 µs to 30 s	11 µs to 30 s	5 µs to 30 s	6 µs to 30 s* 20 µs to 30 s**
Dimensions (mm):	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30
Weight (g):	53	36	36	36	36	53	36	36	36
Mount:	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#15-836 NT61,110	#11-505 NT12,635	#36-451 NT16,800	#11-507 NT12,985	#12-747 NT14,735	#13-924 NT34,370	#12-749 NT19,845	#36-453 NT31,710	#36-455* NT45,640
Color Camera	#15-837 NT61,110	#11-506 NT12,635	#36-452 NT16,800	#11-508 NT12,985	#12-748 NT14,735	#13-925 NT34,370	#12-750 NT19,845	#36-454 NT31,710	#36-456* NT45,640
Polarized Monochrome	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	#12-793** NT84,035
Polarized Color	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	N/A –	#13-928** NT84,035

FLIR Blackfly® S USB 3.1 相機

Model Number:	BFS-U3-50S5M/C-C	BFS-U3-63S4M/C-C	BFS-U3-70S7M/C-C	BFS-U3-88S6M/C-C	BFS-U3-89S6M/C-C	BFS-U3-120S4M/C-CS	BFS-U3-122S6M/C-C	BFS-U3-123S6M/C-C	BFS-U3-200S6M/C-C
Camera Sensor Format:	2/3"	1/1.8"	1"	1.1"	1"	1/1.7"	1.1"	1.1"	1"
Resolution (MegaPixels):	5.0	6.3	7.1	8.9	8.9	12.0	12.3	12.3	20.0
Imaging Device:	Sony IMX264	Sony IMX178	Sony IMX428	Sony IMX267	Sony IMX255	Sony IMX226	Sony IMX304	Sony IMX253	Sony IMX183
Pixels (H x V):	2448 x 2048	3072 x 2048	3208 x 2200	4096 x 2160	4096 x 2160	4000 x 3000	4096 x 3000	4096 x 3000	5472 x 3648
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	2.4 x 2.4	4.5 x 4.5	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	1.85 x 1.85	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	2.4 x 2.4
Frame Rate (fps):	35	59.6	51	32	42	31	23	30	18
Type of Shutter:	Global	Rolling	Global	Global	Global	Rolling	Global	Global	Rolling
Electronic Shutter:	13µs to 30 s	8 µs to 30 s	9 µs to 30 s	14 µs to 30 s	10 µs to 30 s	10 µs to 30 s	14 µs to 30 s	10 µs to 30 s	67 µs to 30 s
Dimensions (mm):	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 39	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30	29 x 29 x 30
Weight (g):	36	36	53	36	36	36	36	36	36
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#12-751 NT30,730	#11-509 NT14,490	#13-926 NT75,250	#11-511 NT57,295	#11-513 NT102,585	#11-515 NT17,185	#11-517 NT70,665	#11-519 NT114,415	#11-521 NT24,465
Color Camera	#12-752 NT30,730	#11-510 NT14,490	#13-927 NT75,250	#11-512 NT57,295	#11-514 NT102,585	#11-516 NT17,185	#11-518 NT70,665	#11-520 NT114,415	#11-522 NT24,465

相機

FLIR Blackfly® PoE GigE 相機

www.edmundoptics.com.tw/**3619**

TELEDYNE FLIR Everywhereyoulook™

- **超緊湊設計**
- **採用乙太網路供電 (POE) 以實現最大的靈活性**
- **隨附圖像擷取軟體及 FlyCapture2 SDK**

Type of Shutter:	Global	**Synchronization:**	External or Via Software
Pixel Depth:	8, 12, 16 and 24-bit digital data	**Video Output:**	GigE/PoE with Screw Locks
Flash Memory:	512 KB non-volatile memory	**Dimensions:**	29 x 29 x 30mm
Image Buffer:	16MB frame buffer	**Operating Temp xerature:**	0 to 45°C
Transfer Speed (Mbit/s):	10/100/1000	**Storage Temperature:**	-30 to 60°C
		Weight:	90g

See website for FLIR Blackfly®, Flea® and Chameleon® USB Cameras as well as compatible accessories!

FLIR Blackfly® PoE GigE 相機

Model Number:	BFLY-PGE-12A2M/C-CS	BFLY-PGE-13E4M/C-CS	BFLY-PGE-20E4M/C-CS	BFLY-PGE-50S5M-CS	BFLY-PGE-23S6M/C-C	BFLY-PGE-31S4M/C-C	BFLY-PGE-50S5M/C-C
Camera Sensor Format:	⅓"	1/1.8"	1/1.8"	⅔"	1/1.2"	1/1.8"	⅔"
Resolution (MegaPixels):	1.20	1.30	2.00	5.00	2.30	3.20	5.00
Imaging Device:	ON Semi AR0134	e2v EV76C560	e2v EV76C570	Sony IMX264	Sony IMX249	Sony IMX265	Sony IMX264
Type of Sensor:	CMOS	CMOS	CMOS	Progressive Scan CMOS	CMOS	CMOS	CMOS
Pixels (H x V):	1280 x 960	1280 x 1024	1600 x 1200	2448 × 2048	1900 x 1200	2048 x 1536	2448 x 2048
Pixel Size, H x V (µm):	3.75 x 3.75	5.3 x 5.3	4.5 x 4.5	3.45 x 3.45	5.86 x 5.86	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	52	60	47	22.00	41	35	22
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Mount:	CS-Mount	CS-Mount	CS-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#89-533 NT12,425	#88-043 NT17,010	#89-997 NT22,155	#22-073 NT32,270	#33-180 NT20,825	#34-511 NT20,440	#34-513 NT32,270
Color Camera	#89-534 NT12,425	#88-044 NT17,010	#89-998 NT22,155	N/A –	#33-181 NT20,825	#34-510 NT20,440	#34-512 NT32,270

FLIR Forge 5GigE PoE 相機

www.edmundoptics.com.tw/**4449**

TELEDYNE FLIR Everywhereyoulook™

- **500 萬畫素解析度，影格速率高達 122FPS**
- **支援Trigger-to-Image Reliability (T2IR) 架構**
- **緊湊 ((23 x 44 x 74mm)、輕巧且堅固耐用的全金屬設計**

FLIR Forge 5GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機的設計結合了相機預處理功能，且支援Trigger-to-Image Reliability（T2IR）架構，可輕鬆整合至強大的成像系統中。這些相機支援 1、2.5 和 5GigE 乙太網路資料傳輸速度，並提供連拍模式，以高達 10Gb/s 的速度將捕捉到的影像儲存到記憶體中。結合 500MB 的影像快取，能夠精確控制資料傳輸，避免主機頻寬負載過高。此外，這些相機還支援 Teledyne Spinnaker、Sapera LT SDK 和 GenICam 相容軟體安裝包，在不更改應用軟體的情況下，即可升級當前系統。FLIR Forge 5GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機具有強大的散熱控制和光隔離觸發模組，以簡化外設並簡化相機控制。這些相機是電子檢測、食品加工、制藥檢測、運動分析和虛擬現實動作捕捉等高速自動化控制領域應用的理想之選。

FLIR Forge 5GigE PoE 相機

Model Number:	FG-P5G-50S4
Camera Sensor Format:	1/1.8"
Resolution (MegaPixels):	5.00
Imaging Sensor:	Sony IMX547
Pixels (H x V):	2,448 x 2,048
Pixel Size, H x V (µm):	2.74 x 2.74
Frame Rate (fps):	122.00
Lens Mount:	C-Mount
Monochrome Camera	#28-644 NT43,750
Color Camera	#28-643 NT43,750

Video Output:	5GigE w/PoE	**Weight:**	132g
Exposure Control:	Programmable or via external trigger	**Operating Temperature:**	0° to +50° C
I/O Ports:	1 opto-isolated, 1 non-isolated inputs	**Power Requirements:**	Power Over Ethernet (PoE) or 8 - 24V via GPIO
	1 opto-isolated outputs	**Connector:**	RJ45 w/screw mount
	1 non-isolated bi-directional	**Conformity:**	GigE Vision v2.0
Dimensions (L x H x W):	23 x 44 x 74mm	**Software Platform:**	Windows, Linux, or 3rd Party GenICam compliant SDK

FLIR Oryx® 10GigE 相機

www.edmundoptics.com.tw/**4227**

TELEDYNE FLIR Everywhereyoulook™

- **10GBASE-T (10GigE) 乙太網路介面**
- **320 萬至 3100 萬像素 Sony 第四代 Pregius S 感測器**
- **支援 4K60、12 位元系統整合**
- **大型 Oryx ® 配有三腳架適配器**

FLIR Oryx® 10GigE 相機為新一代適用於機器視覺應用的高速相機設計。Oryx® 的 10GBASE-T 介面能以超過 60FPS 擷取 4K 解析度、12 位元影像，支援高達 10Gbit/s 的傳輸速率。Oryx® 的 10GigE 功能可在長度超過 50m 的 CAT6a 電纜上提供穩定可靠的資料傳輸。FLIR Oryx® 10GigE 相機由 FLIR 的 Spinnaker 軟體開發套件 (SDK) 支援，並符合 GenICam和 GigE Vision 標準，可與常見的第三方軟體和視覺程式庫相容。 **注意:** ORX-10G-310S9 及 ORX-10G-245S8 相機需要F 接環適配器(另售)搭配使用。

Type of Sensor:	Progressive Scan CMOS	**Synchronization:**	Hardware Trigger (GPIO) or Software Trigger
Video Output:	10GigE	**GPIO Connector Type:**	12-pin Hirose (HR10)
Connector:	GigE interface with Screw Locks	**Type of Shutter:**	Global
Image Buffer:	240MB	**Storage Temperature (°C):**	-30 to +60

FLIR Oryx® 10GigE 相機

Model Number:	ORX-10GS-32S4M/C-C	ORX-10GS-51S5M/C-C	ORX-10G-71S7M/C-C	ORX-10GS-89S6M/C-C	ORX-10GS-123S6M/C-C	ORX-10G-245S8M/C-C	ORX-10G-310S9M/C
Camera Sensor Format:	1/1.8"	⅔"	1.1"	1"	1.1"	1.2"	APS-C
Resolution (MegaPixels):	3.20	5.00	7.10	8.90	12.30	24.60	31.00
Pixels (H x V):	2,048 x 1,536	2,448 x 2,048	3,208 x 2,200	4,096 x 2,160	4,096 x 3,000	5,320 x 4,600	6,464 x 4,852
Pixel Size, H x V (um):	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	4.50 x 4.50	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	2.74 x 2.74	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	216.00	163.00	112.00	93.00	68.00	44.00	26.00
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	F-Mount (With #20-256)	F-Mount (With #20-256)
Monochrome Camera	#19-796 NT62,090	#19-794 NT79,030	#20-250 NT109,830	#19-792 NT150,885	#19-798 NT163,310	#20-252 NT167,125	#20-254 NT248,115
Color Camera	#19-797 NT62,090	#19-795 NT79,030	#20-251 NT109,830	#19-793 NT150,885	#19-799 NT163,310	#20-253 NT167,125	#20-255 NT248,115

Teledyne Dalsa Genie Nano 5/10GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機

Web ID **4106** and **4447**

- **支援 Trigger-to-Image Reliability (T2IR) 架構**
- **提供 5 和 10GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機型號**
- **提供各種傳感器型號，包括 Teledyne e2v Emerald**

Teledyne Dalsa Genie™ Nano 5/10GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機，可搭配一系列 320 萬至 6710 萬分辨率。10GigE 乙太網路介面的資料傳輸速度，可達到傳統 GigE 介面的 10倍，如果再搭配 TurboDrive™ 技術，就能讓這類相機達到最高 18.5fps 的畫框速率，同時保有完整的影像品質。其中隨附 Sapera CamExpert s軟體，提供簡易的影像擷取介面搭配 Sapera LT SDK 程式庫，適合 OEM 及系統整合應用使用。Teledyne Dalsa Genie™ Nano 5/10GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機採用精巧、輕盈及堅固的全金屬外殼，適用於電子設備檢測、工業自動化，以及智慧型交通系統 (ITS) 等應用。本類相機支援 AIA GigE 視覺標準，有助於輕鬆整合至成像系統。

Teledyne Dalsa Genie™ Nano 5/10GigE PoE 相機

Model Number:	Nano-5G-M/C2050	Nano-5G-M/C2450	Nano-5G-M/C4060	Nano-5G-M/C4040	Nano-5G-M/C8105	Nano-10G-G6-GC31-C8205	Nano-10G-G6-GM31-M8205
Camera Sensor Format:	1/1.8"	2/3"	1"	1.1"	Super 35MM Format	1.4"	APS-C
Resolution (MegaPixels):	3.2	5.1	8.9	12.4	44.40	37.70	67.10
Imaging Device:	Sony IMX252	Sony IMX250	Sony IMX255	Sony IMX253	ON Semi XGS45000	Teledyne e2v Emerald 36M	Teledyne e2v Emerald 67M
Pixels (H x V):	2064 x 1544	2464 x 2056	4112 x 2176	4112 x 3008	8,192 x 5,420	6,144 x 6,144	8,192 x 8,192
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.20 x 3.20	2.50 x 2.50	2.50 x 2.50
Frame Rate (fps):	187	121	68	49	19.30	18.50	13.80
Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	M42-Mount	M-42 Mount	M-42 Mount
Monochrome Camera	#16-024 NT53,270	#16-026 NT60,900	#16-030 NT99,120	#16-028 NT114,415	#28-676 NT215,670	#28-678 NT188,825	#28-680 NT227,325
Color Camera	#16-025 NT53,865	#16-027 NT61,495	#16-031 NT99,715	#16-029 NT114,940	#28-675 NT215,670	#28-677 NT195,825	#28-679 NT234,325

配件

Description	Stock No.	Price
M42 IR Cut-Off Filter	#28-681	NT5,600
51mm x 28mm x 15mm Heatsink	#28-682	NT1,015
M42 x 1mm to F-Mount Lens Adapter	#28-683	NT5,425
ISDF 05-D to Breakout Euroblock Cable, 2m	#28-684	NT3,325
ISDF 05-D to Flying Lead Cable, 2m	#28-685	NT1,575
35mm, 1/4-20 Mounting Bracket Assembly	#28-686	NT1,750

Teledyne Lumenera INFINITY 顯微鏡相機

- **非常適用於生命科學、臨床與工業應用**
- **USB 或 HDMI 視頻輸出選項**
- **包括功能強大的拍攝與分析軟體,具有 PC 與 Mac 相容性**

本系列的 Teledyne Lumenera INFINITY 顯微鏡相機配備超靈敏的 Sony 傳感器，其效能及價格使其成為螢光應用的理想解決方案。相機搭載獨特的降雜訊技術，其中包含各種高級元件、低雜訊電子設備，以及 經改良的熱管理技術。

Teledyne Lumenera INFINITY 顯微鏡相機

www.edmundoptics.com.tw/**3740**

Model Number:	INFINITY2-1R	INFINITY3S-1UR	INFINITY3-3UR	INFINITY3-6UR	INFINITY5-3	INFINITY5-5
Imaging Device:	Sony ICX205	Sony ICX825	Sony ICX674	Sony ICX694	SONY IMX252	SONY IMX250
Type of Sensor:	Progressive Scan CCD	Progressive Scan CCD	Progressive Scan CCD	Progressive Scan CCD	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS
Camera Sensor Format:	1/2"	2/3"	2/3"	2/3"	1/1.8"	2/3"
Resolution (MegaPixels):	1.40	1.40	2.80	6.00	3.00	5.10
Frame Rate (fps):	30	45 Color/60 Mono	53	27	120	75
Pixels (H x V):	1392 x 1040	1392 x 1040	1936 x 1456	2752 x 2192	2064 x 1544	2464 x 2056
Pixels Size, H x V (µm):	4.65 x 4.65	6.45 x 6.45	4.54 x 4.54	4.54 x 4.54	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Pixel Depth:	8 or 14-bit	8 or 14-bit	8 or 14-bit	8 or 14-bit	8 or 12 bit	8 or 12 bit
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Dynamic Range (dB):	64.6	70	68.8 Color/65.3 Mono	68.6 Color/64.8 Mono	73	72
Full Well Depth (e-):	14,500	20,000	17,000 Color/11,400 Mono	17,500 Color/11,300 Mono	10,775	10,500
Read Noise (e-):	8.5	5.8	6.2	6.5	2.35	2.30
Dark Current @ 22° (e-/s):	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1.0
Dimensions W x H x D (mm):	57.15 x 97.79 x 39.624	57.15 x 97.79 x 39.62	57.15 x 97.79 x 39.62	57.15 x 97.79 x 39.62	97.8 x 69.8 x 50.8	97.8 x 69.8 x 50.8
Weight (g):	340	375	340	395	330	330
Video Output:	USB 2.0	USB 3.0	USB 3.0	USB 3.0	USB 3.1 Gen 1, HDMI	USB 3.1 Gen 1, HDMI
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	N/A –	#33-273 NT151,375	#33-275 NT172,375	#33-288 NT210,000	#16-677 NT126,525	#16-679 NT149,625
Color Camera	#33-272 NT84,875	#33-274 NT151,375	#33-276 NT172,375	#33-289 NT210,000	#16-678 NT126,525	#16-680 NT149,625

Teledyne Lumenera INFINITY8 顯微鏡相機

www.edmundoptics.com.tw/**4395**

Model Number:	INFINITY8-2	INFINITY8-3	INFINITY8-8	INFINITY8-9	INFINITY8-20
Imaging Sensor:	Sony IMX432	Sony IMX429	Sony IMX334	Sony IMX267	Sony IMX183
Type of Sensor:	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS	Progressive Scan CMOS
Camera Sensor Format:	1"	2/3"	1/1.8"	1"	1"
Resolution (MegaPixels):	1.70	2.90	8.30	8.90	20.00
Frame Rate (fps):	96.00	62.00	44.00	31.00	19.00
Pixels (H x V):	1,608 x 1,104	1,944 x 1,472	3,840 x 2,160	4,112 x 2,176	5,472 x 3,648
Pixel Size, H x V (µm):	9.00 x 9.00	4.5 x 4.5	2.00 x 2.00	3.45 x 3.45	2.4 x 2.4
Pixel Depth:	8/12 bit	8/12 bit	8/12 bit	8/12 bit	8/12 bit
Type of Shutter:	Global	Global	Rolling	Global	Rolling
Dynamic Range (dB):	72	72	73	73.3	73
Dimensions (mm):	41.5 x 45 x 45	41.5 x 45 x 45	38.5 x 45 x 45	41.5 x 45 x 45	41.5 x 45 x 45
Weight (g):	108	108	108	108	108
Video Output:	USB 3.1	USB 3.1	USB 3.1	USB 3.1	USB 3.1
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Color Camera	N/A –	#25-351 NT122,500	#25-353 NT63,000	#25-355 NT171,500	#25-357 NT148,750
Monochrome Camera	#25-350 NT74,375	#25-352 NT122,500	#25-354 NT63,000	#25-356 NT171,500	N/A –

相機

Basler ace2 GigE/5GigE Power-over-Ethernet (PoE) 相機

www.edmundoptics.com.tw/**4118**

- **提供最高 24MP 的 SONY Pregius S 傳感器**
- **成熟的小巧外殼 （29 x 29mm）**
- **強大的電腦視覺功能集以及可選的超越功能**

Basler ace2 GigE/5GigE 相機有兩種版本，可提供優化的硬體設計、小巧堅固的成熟外殼、頂尖的 CMOS 傳感器技術，以及由 Sony 第 2 代 Pregius、第 3 代 STARVIS 或最新第 4 代 Pregius S 傳感器帶來的出眾影像質量。這些第二代 Ace 相機包括第一代 Ace 相機的所有組件，以及諸如狀態 LED、可拆卸 IR 截止濾光片和堅固的 M8 連接器等整合功能。Basler ace2 GigE/5GigE 相機基礎版本會提供出眾的性價比，以及強大的電腦視覺功能集，專業版本會解鎖獨特的高級超越功能（例如畫素超越和壓縮超越），以實現最高的性能，從而滿足最嚴苛的應用要求。這些相機包括經過行業驗證的 Basler Pylon SDK 軟體和驅動程式，符合 GenICam（GigE Vision 2.0）標準，因此成為快速且符合成本效益的軟體整合解決方案。Basler Ace 2 相機提供 GigE，5GigE 與 USB3.0 接環，非常適用於諸如工廠自動化與工業機器人等各種應用。

Pro models include:
Compression Beyond – more efficient use of bandwidth
Pixel Beyond - customize pixel size and sensor features

Sychronization:	Freely Programmable	**Lens Mount:**	C-Mount
Power Requirement:	Via USB 3.0 or Via PoE/12-24 VDC	**Dimension (mm):**	29 x 29 x 55.5
Exposure Control:	Freely programmable	**Conformity:**	GenICam GigE Vision 2.0

Basler ace2 5GigE Power-over-Ethernet (PoE) 相機

Model Number:	a2A1920-165g5m/c	a2A2448-105g5m/c	a2A2840-67g5m/c	a2A4096-44g5m/c	a2A4504-27g5m/c	a2A5320-34g5m/c	a2A5328-22g5m/c
Camera Sensor Format:	½.3"	1/1.8"	⅔"	1/1.1"	1.1"	1.1"	½"
Resolution (MegaPixels):	2.30	5.00	8.00	12.30	20.20	16.10	24.40
Imaging Device:	Sony IMX392	IMX547	IMX546	IMX545	IMX541	IMX542	IMX540
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Pixels (H x V):	1,920 x 1,200	2,448 x 2,448	2,840 x 2,840	4,096 x 3,000	4,504 x 4,504	5,320 x 3,032	5,328 x 4,608
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	6.70 x 6.70	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74
Frame Rate (at full resolution) (fps):	168	106	67	44	27	34	22
Basic Monochrome Camera	#25-349 NT26,495	#28-599 NT41,265	#28-597 NT52,465	#28-595 NT72,415	#28-603 NT99,750	#28-605 NT78,715	#28-601 NT113,365
Basic Color Camera	#25-348 NT27,475	#28-600 NT41,965	#28-598 NT53,165	#28-596 NT73,115	#28-604 NT93,065	#28-606 NT79,415	#28-602 NT114,065

Basler ace2 GigE PoE 相機

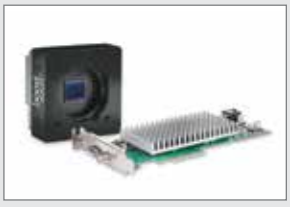
Model Number:	a2A1920-51gm/c	a2A2590-22gm/c	a2A3840-13gm/c	a2A4504-5gm/c	a2A5320-7gm/c	a2A5328-4um/c
Camera Sensor Format:	½.3"	½.8"	1/1.8"	1.1"	1.1"	1.2"
Resolution (MegaPixels):	2.30	5.00	8.30	20.20	16.10	24.40
Imaging Device:	Sony IMX392	Sony IMX334ROI	Sony IMX334	Sony IMX541	Sony IMX542	Sony IMX540
Type of Shutter:	Global Shutter	Rolling Shutter	Rolling Shutter	Global Shutter	Global Shutter	Global Shutter
Pixels (H x V):	1920 x 1200	2592 x 1944	3840 x 2160	4504 x 4504	5320 x 3032	5328 x 4608
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	2.0 x 2.0	2.0 x 2.0	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74
Frame Rate (at full resolution) (fps):	51	22	13	5	7	4
Basic Monochrome Camera	#16-593 NT12,565	#16-595 NT10,465	#16-597 NT11,865	#16-599 NT67,865	#16-601 NT53,865	#16-603 NT82,565
Basic Color Camera	#16-594 NT13,265	#16-596 NT11,165	#16-598 NT12,565	#16-600 NT68,915	#16-602 NT54,565	#16-604 NT83,265
Pro Monochrome Camera	#16-605 NT16,765	#16-607 NT13,965	#16-609 NT15,715	#16-611 NT75,215	#16-613 NT59,115	#16-615 NT90,965
Pro Color Camera	#16-606 NT17,465	#16-608 NT14,665	#16-610 NT16,415	#16-612 NT75,915	#16-614 NT60,165	#16-616 NT91,665

更多線上資訊...

Basler ace2
USB 3.0 相機
www.edmundoptics.com.tw/4119

Basler ace
GigE 相機
www.edmundoptics.com.tw/3301

Basler ace
USB 3.0 相機
www.edmundoptics.com.tw/3648



Basler ace
CoaXPress 2.0 相機套件
www.edmundoptics.com.tw/4034

Allied Vision Alvium G5 5GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機

www.edmundoptics.com.tw/**4331**

- **頻寬比 GigE 多 4.2 倍**
- **解析度高達 2460 萬畫素、影格速率高達 691FPS**
- **板載圖像處理和擴展功能**

Allied Vision Alvium G5 5GigE 乙太網路供電（PoE） 相機外形輕巧，將原有的 G5 GigE Vision 標準的優勢與 Alvium 平臺的靈活性相結合。在 ALVIUM® 技術的支持下，方糖塊式相機可在兼顧低能耗的同時提供高圖像質量。這些相機具有最新的工業標準硬體，可輕鬆整合至任何 USB3 Vision 或 GigE Vision 系統中，同時確保長期可用性和可靠性。透過精確的傳感器對準、增強的清晰度、固定模式雜訊校正及缺陷畫素校正，可獲得高達 2460 萬畫素的解析度和高達 691 FPS 的影格速率。Allied Vision Alvium G5 GigE 乙太網路供電（PoE） 相機在背板上有一個千兆乙太網路埠，多種黑白和彩色機型可選，鏡頭接環均為緊湊型方糖塊式 C-Mount 或 S-Mount。

Allied Vision

Allied Vision Alvium G5 5GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機

Model:	Alvium G5-052	Alvium G5-291	Alvium G5-500		Alvium G5-508	Alvium G5-510			Alvium G5-811
Camera Sensor Format:	1/1.7"	2/3"	1/2.5"		2/3"	1/1.8"			2/3"
Imaging Device:	Sony IMX426	Sony IMX421	ON Semi AR0521		Sony IMX250	Sony IMX548			Sony IMX546
Resolution (MegaPixels):	0.50	2.90	5.00		5.10	5.10			8.10
Sensing Area, H x V (mm):	7.3 x 5.6	8.7 x 6.6	5.7 x 4.3		8.5 x 7.1	6.75 x 5.66			7.8 x 7.8
Pixel (H xV):	816 x 624	1,944 x 1,472	2,592 x 1,944		2,464 x 2,056	2,464 x 2,064			2,848 x 2,848
Pixel Size, H x V (µm):	9.0 x 9.0	4.5 x 4.5	2.2 x 2.2		3.45 x 3.45	2.74 x 2.74			2.74 x 2.74
Frame Rate (fps):	691	166	68		95	81			59
Shutter:	Global	Global	Rolling		Global	Global			Global
Mount:	C-Mount	C-Mount	S-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount	CS-Mount	S-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#23-615 NT32,200	#23-617 NT44,450	#23-621 NT26,250	#23-619 NT26,250	#23-623 NT54,600	#26-188 NT37,450	#26-343 NT22,400	#26-189 NT37,450	#23-629 NT48,300
Color Camera	#23-616 NT32,900	#23-618 NT44,800	#23-622 NT26,600	#23-620 NT26,600	#23-624 NT54,950	#26-190 NT37,800	#26-344 NT37,800	#26-191 NT37,800	#23-630 NT49,000

Allied Vision Alvium G5 5GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機

Model:	Alvium G5-812 UV		Alvium G5-1240	Alvium G5-1242		Alvium G5-1620	Alvium G5-2040		Alvium G5-2050	Alvium G5-2460
Camera Sensor Format:	2/3"		1/1.7"	1/1.7"		1.1"	1.1"		1"	1.2"
Imaging Sensor:	Sony IMX487		Sony IMX226	Sony IMX545		Sony IMX542	Sony IMX541		Sony IMX183	Sony IMX540
Resolution (MegaPixels):	8.10		12.20	12.20		16.20	20.40		20.20	24.60
Sensing Area, H x V (mm):	7.82 x 7.92		7.4 x 6.6	7.4 × 5.6		14.6 x 8.3	12.36 x 12.36		13.2 x 8.8	14.6 x12.6
Pixel (H xV):	2,848 x 2,848		4,024 x 3,036	4,024 x 3,036		5,328 x 3,040	4,512 x 4,512		5,496 x 3,672	5,328 x 4,608
Pixel Size, H x V (µm):	2.74 x 2.74		1.85 x 1.85	1.85 x 1.85		2.74 x 2.74	2.74 x 2.74		2.40 x 2.40	2.74 x 2.74
Frame Rate (fps):	58		41	41		30	24		25	20
Shutter:	Global		Rolling	Global		Global	Global		Rolling	Global
Mount:	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount	CS-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	N/A –	N/A –	#23-631 NT29,750	#26-192 NT64,400	#26-345 NT64,400	#23-635 NT75,250	#26-194 NT88,550	#26-347 NT88,550	#23-637 NT40,250	#23-641 NT106,750
Color Camera	#26-197 NT240,800	#26-349 NT240,800	#23-632 NT30,450	#26-193 NT65,100	#26-346 NT65,100	#23-636 NT75,950	#26-195 NT89,250	#26-348 NT89,250	#23-638 NT40,950	#23-642 NT107,100

更多線上資訊...

Allied Vision Alvium G1 GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機
www.edmundoptics.com.tw/4325

Allied Vision Alvium USB 3.1 相機
www.edmundoptics.com.tw/4038

Allied Vision Prosilica GC 系列 GigE 相機
www.edmundoptics.com.tw/3068

Allied Vision Prosilica GT 系列 GigE 相機
www.edmundoptics.com.tw/3583

相機

LUCID Vision Labs Phoenix™ 乙太網路供電 (PoE) 相機

www.edmundoptics.com.tw/**3884**

- **展開板堆疊可進行自訂整合**
- **乙太網路供電 (PoE)，易於整合**
- **外型小巧，從 24 x 24mm 起**

LUCID Vision Labs Phoenix™ 乙太網路供電 (PoE) 相機為緊湊型高效能相機，具有PoE GigE市場上最小的外型之一。本款相機採用展開板堆疊，可輕鬆轉換 90° 和 180° 角度形狀，以提供靈活的系統整合。GigE Vision 法規遵循提供更高的軟體多用性，能與第三方 GigE Vision 軟體相容。LUCID Vision Labs Phoenix™ 乙太網路供電 (PoE) 相機提供強大的圖像訊號處理 (ISP)，於較高畫框速率無任何限制的情況下，利用包括有興趣區域 (ROI)、色彩補正矩陣 (CCM) 和像素合併在內的選項，確保最佳的相機效能。本款相機非常適合需要緊湊外型的相機的工業應用。 **注意:** 需要使用 GigE 纜線才能運作，提供 RJ45 及 ix(TM) 版本。ix(TM) 是微型的工業接頭，不相容於 RJ45 纜線。也提供選購的三腳架轉接器 (#11-474)。

For more options and accessories, visit www.edmundoptics.com.tw/3884

GPIO Connector Type:	8-pin JST	**GigE Vision Connector:**	RJ45 Ethernet
Video Output:	GigE w/ PoE	**Input/Output Options:**	1 input, 1 output
Power Requirement:	Power Over Ethernet (PoE) or 12 to 24V via GPIO	**Operating Temperature (°C):**	-20 to 55

LUCID Vision Labs Phoenix™ 乙太網路供電 (PoE) 相機

Model Number:	PHX004S	PHX004S	PHX016S-CC-IX	PHX016S-CC-IX	PHX032S-CC-IX	PHX032S-CC-IX	PHX023S-CC-IX	PHX023S-CC-IX	PHX050S-CNL-IX	PHX050S-CNL-IX
Camera Sensor Format:	½.9"	½.9"	½.9"	½.9"	⅓.8"	⅓.8"	½.3"	½.3"	⅔"	⅔"
Resolution (MegaPixels):	0.40	0.40	1.60	1.60	3.20	3.20	2.30	2.30	5.00	5.00
Imaging Sensor:	Sony IMX287	Sony IMX287	Sony IMX273	Sony IMX273	Sony IMX265	Sony IMX265	Sony IMX392	Sony IMX392	Sony IMX264	Sony IMX264
Pixels (H x V):	728 x 544	728 x 544	1,440 x 1,080	1,440 x 1,080	2,048 x 1,536	2,048 x 1,536	1,920 x 1,200	1,920 x 1,200	2,448 x 2,048	2,448 x 2,048
Pixel Size, H x V (µm):	6.9 x 6.9	6.9 x 6.9	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	291.00	291.00	77.00	77.00	38.00	38.00	52.00	52.00	24.00	24.00
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Dimensions (mm):	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 18.7	24 x 24 x 18.7
GigE Vision Connector:	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet	ix Industrial®
Monochrome, C-Mount	#11-460 NT11,375	#13-645 NT11,375	#11-462 NT12,530	#13-655 NT12,530	#11-464 NT17,535	#13-677 NT17,535	#13-661 NT14,455	#13-667 NT14,455	#11-466 NT22,925	N/A
Color, C-Mount	#11-461 NT11,375	#13-646 NT11,375	#11-463 NT12,530	#13-656 NT12,530	#11-465 NT17,535	#13-678 NT17,535	#13-662 NT14,455	#13-668 NT14,455	#11-467 NT22,925	N/A
Monochrome, S-Mount	#13-643 NT11,375	#13-649 NT11,375	#13-653 NT12,530	#13-659 NT12,530	#13-675 NT17,535	#13-681 NT17,535	#13-665 NT14,455	#13-671 NT14,455	N/A	N/A
Color, S-Mount	#13-644 NT11,375	#13-650 NT11,375	#13-654 NT12,530	#13-660 NT12,530	#13-676 NT17,535	#13-682 NT17,535	#13-666 NT14,455	#13-672 NT14,455	N/A	N/A
Monochrome, NF-Mount	#13-641 NT11,375	#13-647 NT11,375	#13-651 NT12,530	#13-657 NT12,530	#13-673 NT17,535	#13-679 NT17,535	#13-663 NT14,455	#13-669 NT14,455	#13-683 NT22,925	#13-687 NT22,925
Color, NF-Mount	#13-642 NT11,375	#13-648 NT11,375	#13-652 NT12,530	#13-658 NT12,530	#13-674 NT17,535	#13-680 NT17,535	#13-664 NT14,455	#13-670 NT14,455	#13-684 NT22,925	#13-688 NT22,925
Monochrome, No Mount	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	#13-689 NT22,925	#13-691 NT22,925
Color, No Mount	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	#13-690 NT22,925	#13-692 NT22,925

LUCID Vision Labs Phoenix™ 乙太網路供電 (PoE) 相機

Model Number:	PHX200S-MC	PHX050S-CC-IX	PHX051S-CC	PHX064S-CC-IX	PHX064S-CC-IX	PHX089S-MC
Camera Sensor Format:	1"	2/3"	⅓.8"	⅓.8"	⅓.8"	1"
Resolution (MegaPixels):	20.00	5.00	5.00	6.30	6.30	8.90
Imaging Sensor:	Sony IMX183	Sony IMX264	Sony IMX568	Sony IMX178	Sony IMX178	Sony IMX267
Pixels (H x V):	5,472 x 3,648	2,448 x 2,048	2,448 x 2,048	3,072 x 2,048	3,072 x 2,048	4,096 x 2,160
Pixel Size, H x V (µm):	2.40 x 2.40	3.45 x 3.45	2.74 x 2.74	2.40 x 2.40	2.40 x 2.40	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	6.00	24.00	22.00	19.50	19.50	13.70
Type of Shutter:	Rolling	Global	Global	Rolling	Rolling	Global
Dimensions (mm):	28 x 28 x 28.4	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	28 x 28 x 28.4
GigE Vision Connector:	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet
Monochrome, C-Mount	#11-470 NT22,925	#13-685 NT22,925	#25-134 NT16,380	#13-701 NT12,530	#13-703 NT12,530	#11-468 NT45,815
Color, C-Mount	#11-471 NT22,925	#13-686 NT22,925	#25-133 NT16,380	#13-702 NT12,530	#13-704 NT12,530	#11-469 NT45,815

LUCID Vision Labs Phoenix™ 乙太網路供電 (PoE) 相機

Model Number:	PHX081S-CC	PHX124S-CC	PHX051S-CC	PHX122S-CC-IX	PHX122S-CC-IX	PHX120S-MC
Camera Sensor Format:	2/3"	⅓.1"	⅓.8"	⅓.7"	⅓.7"	1.1"
Resolution (MegaPixels):	8.10	12.30	5.00	12.20	12.20	12.30
Imaging Sensor:	Sony IMX566	Sony IMX565	Sony IMX568	Sony IMX226	Sony IMX226	Sony IMX304
Pixels (H x V):	2,840 x 2,840	4,096 x 3,000	2,448 x 2,048	4,024 x 3,036	4,024 x 3,036	4,096 x 3,000
Pixel Size, H x V (µm):	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	2.74 x 2.74	1.85 x 1.85	1.85 x 1.85	3.45 x 3.45
Frame Rate (fps):	13.80	9.00	22.00	9.70	9.70	10.00
Type of Shutter:	Global	Global	Global	Rolling	Rolling	Global
Dimensions (mm):	28 x 28 x 28.4	28 x 28 x 28.4	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	24 x 24 x 27.35	28 x 28 x 28.4
GigE Vision Connector:	RJ45 Ethernet	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet	ix Industrial®	RJ45 Ethernet
Monochrome, C-Mount	#25-142 NT26,775	N/A	#25-138 NT16,380	#13-705 NT15,225	#13-707 NT15,225	#11-472 NT61,425
Color, C-Mount	#25-141 NT26,775	#25-145 NT36,575	#25-137 NT16,380	#13-706 NT15,225	#13-708 NT15,225	#11-473 NT61,425

更多線上資訊...

LUCID Vision Labs Triton™ GigE 乙太網路供電 (PoE) SenSWIR™ 相機
www.edmundoptics.com.tw/4459

LUCID Vision Labs Atlas10 10GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機
www.edmundoptics.com.tw/4154

LUCID Vision Labs Atlas™ 乙太網路供電 (PoE) 5GBASE-T (5GigE) 相機
www.edmundoptics.com.tw/4003

LUCID Vision Labs Triton2™ 2.5GigE 乙太網路供電 (PoE) 相機
www.edmundoptics.com.tw/4456

JAI GO-X 相機

www.edmundoptics.com.tw/**4482**

- **高達 12.3 MP解析度**
- **提供 USB 和 GigE 版本**
- **業界最長的保固期（6 年）**

JAI® Go-X 系列相機設計為小巧、工業級、可靠的相機，具有出色的影像品質。這些相機具有工業級衝擊和振動額定值 (80G/10G) 以及出色的散熱性能，是工廠車間和裝配線的理想選擇。這些相機採用多種功能設計，能夠實現感興趣區域 (ROI)、並具陰影校正的瑕疵補償以及 8、10 和 12 位元輸出。 JAI® Go-X 系列相機的解析度範圍為 2.3 至 12.3MP，具有 USB 或千兆位元乙太網路 (GigE) 輸出。可下載的軟體適用於 GigE 和 USB 選項。

JAI GO-X GigE 相機

Model Number:	2402M/C-PGE	5103M/C-PGE	8901M/C-PGE	12401M/C-PGE
Camera Sensor Format:	½.3"	⅔"	1"	1.1"
Resolution (MegaPixels):	2.30	5.01	8.90	12.30
Imaging Device:	Sony IMX392	Sony IMX264	Sony IMX267	Sony IMX304
Pixel (H xV):	1,920 x 1,200	2,448 x 2,048	4,096 x 2,160	4,096 x 3,000
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Sensing Area, H x V (mm):	6.6 x 4.1	8.5 x 7.1	14.1 x 7.4	14.1 x 10.3
Frame Rate (fps):	50.00	22.00	12.00	9.00
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#29-146 NT18,876	#29-148 NT27,357	#29-150 NT52,767	#29-152 NT64,647
Color Camera	#29-147 NT18,876	#29-149 NT27,357	#29-151 NT52,767	#29-153 NT64,647

JAI GO-X GigE 相機

Model Number:	2402M/C-USB	5103M/C-USB	8901M/C-USB	12401M/C-USB
Camera Sensor Format:	½.3"	⅔"	1"	1.1"
Resolution (MegaPixels):	2.30	5.01	8.90	12.30
Imaging Device:	Sony IMX392	Sony IMX264	Sony IMX267	Sony IMX304
Pixel (H xV):	1,920 x 1,200	2,448 x 2,048	4,096 x 2,160	4,096 x 3,000
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45	3.45 x 3.45
Sensing Area, H x V (mm):	6.6 x 4.1	8.5 x 7.1	14.1 x 7.4	14.1 x 10.3
Frame Rate (fps):	162.00	35.00	32.00	23.00
Mount:	C-Mount	C-Mount	C-Mount	C-Mount
Monochrome Camera	#29-154 NT22,077	#29-156 NT30,657	#29-158 NT53,427	#29-160 NT65,967
Color Camera	#29-155 NT22,077	#29-157 NT30,657	#29-159 NT53,427	#29-161 NT65,967

Pixelink® PL-X 10GigE 相機

www.edmundoptics.com.tw/**4332**

- **10GBASE-T (10GigE) 乙太網連接埠，比 GigE 速度快 10X**
- **7.0 ～ 24.0 百萬畫素 索尼第四代 Gen Pregius S 傳感器**
- **完全相容 Pixelink ® Capture 軟體與 SDK**

Pixelink® PL-X 10GigE 相機，利用最新的 10GBASE-T 千兆乙太網連接埠，可實現在 CAT6A 上以 100 m 長的電纜提供高品質、可靠的圖像傳輸。這些全域快門相機透過索尼 Pregius 第二、第三、第四代傳感器提供高達 24MP 的解析度以及高達 154FPS 的影格率。此外，這些攝像機還具有乙太網供電 （PoE）、乙太網觸發（ToE） 功能。與 IEEE1588 時鐘同步（PTP），並與 Pixelink® Capture 軟體及 SDK 完全相容。Pixelink® PL-X10GigE 相機是三維映射、分析研究、AR/VR 應用、自動檢測以及生命科學成像的理想選擇。

Type of Sensor:	CMOS Sensor	Shutter Type:	Global	Dimensions:	125 x 57 x 57
Video Ouput:	10 GigE (PoE)	Power Requirement:	PoE and USB	Housing:	Full

Pixelink® PL-X 10GigE 相機

Model Number:	PL-X9512		PL-X957		PL-X9520		PL-X9524	
Camera Sensor Format:	1.1"		1.1"		1.1"		1.2"	
Resolution (MegaPixels):	12.00		7.00		20.00		24.00	
Imaging Device:	Sony IMX253		Sony IMX420		Sony IMX531		Sony IMX530	
Pixel (H xV):	4,096 x 3,000		3,208 x 2,200		4,512 x 4,512		5,328 x 4,608	
Pixel Size, H x V (µm):	3.45 x 3.45		4.5 x 4.5		2.74 x 2.74		2.74 x 2.74	
Sensing Area, H x V (mm):	14.1 x 10.4		14.4 x 10.0		12.4 x 12.4		14.6 x 12.6	
Frame Rate (fps):	65		154		52		43	
Dynamic Range (dB):	70		72		72		70	
Mount:	C-Mount		C-Mount		C-Mount		TFL and C-Mount	
Color Camera	#23-883	NT139,825	#23-885	NT115,325	#23-887	NT167,825	#23-889	NT178,325
Monochrome Camera	#23-882	NT139,825	#23-884	NT115,325	#23-886	NT167,825	#23-888	NT178,325

配件

Description	Stock No.	Price
Pixelink® M12 X-coded male to RJ45 male Cat6a cable 1m	#23-891	NT4,375
Pixelink® M12 X-coded male to RJ45 male Cat6a cable 2m	#23-892	NT6,125
Pixelink® M12 X-coded male to RJ45 male Cat6a cable 5m	#23-893	NT6,825
Pixelink® M12 X-coded male to RJ45 male Cat6a cable 10m	#23-894	NT7,875
Pixelink® RJ45 coupler female to female	#23-895	NT350
Pixelink® USB Type C 30W power supply with 2m cable	#23-896	NT3,500

更多線上資訊...

LUCID Vision Labs™ SENSAiZ 智慧型視覺 CMOS 相機
www.edmundoptics.com.tw/4360

IDS Imaging uEye Warp10 10GigE 相機
www.edmundoptics.com.tw/4345

IDS Imaging uEye CP/SE GigE PoE 相機
www.edmundoptics.com.tw/4116

FLIR Blackfly® S USB 3.1 Board Level 相機
www.edmundoptics.com.tw/4443

照明燈

TECHSPEC® 遠心背光照明燈

www.edmundoptics.com.tw/**3026**

- **準直光束提高邊緣對比度**
- **優異的準直特性特別適用於遠心鏡頭**
- **輕易與 8mm 同軸LED光源或是 ¼"(0.312") 光纖光導管相容**

TECHSPEC®遠心背光照明燈利用遠心度特性為主的光學設計，以真正准直的光束照明物體並產生高對比度的輪廓影像。常見標準背光燈為散射，用來避免亮斑現象，但這些漫反射也同時減小邊緣對比度。TECHSPEC® 遠心背光照明燈具備準直光（不漫射）以增加邊緣對比度，從而提高量測準確度。遠心背光照明與遠心鏡頭成像鏡頭一起配合使用，特別適合需要精確量測的機器視覺應用，並且與 8mm 同軸LED光源或 ¼" (0.312") 光纖光導管相容。 **注意:** 需要額外的光源和光源電源配合使用。

TECHSPEC® 遠心背光照明燈

*Compatible spot lights on website

Beam Diameter (mm)	Adjustable Aperture	Length (mm)	Max Front Diameter (mm)	Mounting Flange Diameter (mm)	Bolt Circle on Mounting Flange	Light Mount ID (mm)	Stock No.	Price
242	No	678	271	298.5	8X ø8mm Thru in ø280mm	8	#12-229	NT180,250
182	No	385.0	208	260	8X ø8mm Thru in ø240mm	8	#35-426	NT113,225
138	No	329.5	160	200	8X ø8mm Thru on ø180mm	8	#35-427	NT77,175
118	No	267.4	150	200	8X ø8mm Thru in ø180mm	8	#35-428	NT70,350
60	No	151.5	79	–	–	8	#35-429	NT37,100
52	Yes	193.8	65	–	–	8	#62-760*	NT30,100

Advanced Illumination 網路控制高強度同軸 LED 點光源

www.edmundoptics.com.tw/**4301**

- **可通過以網路 GUI 或 Web 瀏覽器進行控制**
- **相容於 8mm 或 ¼ 吋（0.312 吋）光纖照明連接埠**
- **高效的散熱處理，延長 LED 使用壽命**

Advanced Illumination 乙太網路控制的高強度 LED 點光源使用 C1 連接器連接到 DCS-100E 單輸出控制器（#18-645）上。DCS-100E 單輸出控制器允許透過可下載的軟體包或基於網路的圖形用戶介面（GUI），透過乙太網路控制這些高強度點光源。憑藉高效的熱管理，在連續、脈衝或門控工作模式下，這些點光源能夠在 100mm 工作距離上提供 33,000 Lux、光斑尺寸為 61mm 的照明。透過 Advanced Illumination 公司的 SignaTech™ 控制系統，ADVANCED ILLUMINATION 乙太網路控制的高強度LED點光源可以在短脈衝中過度驅動而不會損壞LED，該系統可與 DCS-100E 控制器一起使用。燈顏色可選紫外光、藍光、綠光、紅橙光、紅外光或白光，並與多數同軸照明成像鏡頭上的 8mm 端口相容，使其成為與 TECHSPEC ® 遠心背光光源和帶同軸照明端口的遠心鏡頭配套使用的絕佳選擇。對於不需要乙太網路控制功能的應用，可選 Advanced Illumination 高強度同軸LED點光源 。

Lifetime (hrs):	50,000
Operating Temperature (°C):	0 to +60
Cable Length (m):	2

Advanced Illumination 網路控制高強度同軸 LED 點光源

Color	Wavelength (mm)	Stock No.	Price
White		#21-363	NT18,725
UV	365.00	#21-356	NT22,505
UV	395.00	#21-357	NT22,505
Royal Blue	455.00	#21-358	NT18,725
Green	530.00	#21-359	NT18,725
Red Orange	625.00	#21-360	NT18,725
IR	850.00	#21-361	NT18,725
IR	940.00	#21-362	NT18,725

Advanced Illumination MicroBrite 高強度方形背光燈

www.edmundoptics.com.tw/**4201**

- **高強度輸出，最高可達 60,000 勒克斯**
- **適合離軸應用的方形格式聚光燈**
- **也供應 MicroBrite 精巧型方形聚光燈**

Dimensions (mm):	44.5 x 32.2 x 20.1
Weight (g):	168
Length of Cable (m):	2
Illumination Mode:	Constant
Operating Temperature (°C):	0 to 60
LED Lifetime (hours):	50,000
#18-593:	30,000

Advanced Illumination MicroBrite 高強度方形背光燈

Wavelength	White		UV (365nm)		Blue (470nm)		Green (530nm)		Red (625nm)		IR (850nm)		IR (940nm)	
Stock No./Price	#18-588	NT16,240	#18-593	NT18,515	#18-590	NT16,240	#18-591	NT16,240	#18-589	NT16,240	#18-592	NT16,800	#18-594	NT16,800
Power Supply, Sold Separately (Required)													#66-855	NT3,220
DCS-100E Single Output Controller (Optional)													#18-645	NT20,440

Advanced Illumination MicroBrite 亮場環形燈

www.edmundoptics.com.tw/**4194**

- 高強度輸出，最高可達 41,000 勒克斯
- 2 吋 - 10 吋的工作距離（視尺寸而定）
- 供應一系列完整波長

Height (mm):	19.09	LED Lifetime (hours):	50,000
Input Voltage (V):	24V	Mounting Threads:	M4 x 4
Operating Temperature (°C):	0 - 60	Environmental Rating:	IP50

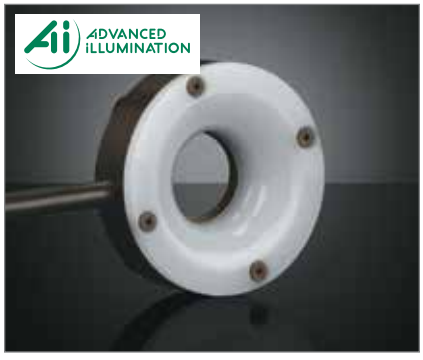
Advanced Illumination MicroBrite 亮場環形燈

Dimensions (mm)		50.00 x 95.34 x 19.09		100.00 x 145.34 x 19.09	
Color	Wavelength (nm)	Stock No.	Price	Stock No.	Price
White	–	#18-567	NT28,525	#18-574	NT41,195
UV	365	#18-573	NT40,460	#18-579	NT66,535
Blue	470	#18-569	NT28,525	#18-576	NT41,195
Green	530	#18-570	NT28,525	#18-577	NT41,195
Red	625	#18-568	NT28,525	#18-575	NT41,195
IR	850	#18-571	NT28,525	#18-578	NT41,195
IR	940	#18-572	NT28,525	#18-580	NT41,195
Power Supply, 24V DC (Required)				#66-855	NT3,220
Industrial DIN Mountable Intensity Adjustment				#89-555	NT4,725

Advanced Illumination MicroBrite 散射暗場環形燈

www.edmundoptics.com.tw/**4196**

- 是從視覺上改善表面缺陷的理想選擇
- 可達 47,000 勒克斯的強光輸出
- 暗場與亮場之間的多個工作距離



Input Voltage (V):	24	Mounting Threads:	M4 x 4
Operating Temperature (°C):	0 - 60	Environmental Rating:	IP40
LED Lifetime (hours):	50,000		

Advanced Illumination MicroBrite 散射暗場環形燈

Dimensions (mm)		50.0 x 18.3 x 14.1		113.3 x 74.9 x 15.7	
Color	Wavelength (nm)	Stock No.	Price	Stock No.	Price
White	–	#18-557	NT22,645	#18-562	NT31,185
Blue	470	#18-559	NT22,645	#18-564	NT31,185
Green	530	#18-560	NT22,645	#18-565	NT31,185
Red	625	#18-558	NT22,645	#18-563	NT31,185
RGB	–	#18-561	NT28,350	#18-566	NT39,725
Power Supply, 24V DC (Required)				#66-855	NT3,220
Industrial DIN Mountable Intensity Adjustment				#89-555	NT4,725

用於遠心鏡頭的 LED 環形光源

www.edmundoptics.com.tw/**4269**

- 設計用於 TECHSPEC® CompactTL™ 遠心鏡頭
- 內置冷卻風扇可實現穩定的高強度性能
- 包括可輕鬆整合的偏光片及擴散片

Color:	White	Operating Lifetime (hours):	10,000

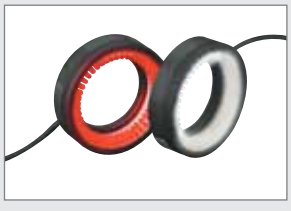
用於遠心鏡頭的 LED 環形光源

Inner Diameter (mm)	Outer Diameter (mm)	Number of LED's	Weight (g)	Compatible TECHSPEC® CompactTL™ Lenses	Stock No.	Price
18.0	81.3	132	246	All 40mm Working Distance Lenses	#20-176	NT12,810
18.0	81.3	132	246	1X to 8X 65mm Working Distance Lenses	#20-177	NT12,215
22.0	102.0	204	420	1X 110mm Working Distance Lenses	#20-178	NT17,185
29.5	102.0	204	414	0.75X 110mm Working Distance Lenses	#20-179	NT17,185
31.0	131.8	378	545	2X 300mm Working Distance Lenses	#20-180	NT20,965
32.0	81.3	132	241	0.5X to 0.8X 65mm Working Distance Lenses	#20-181	NT12,215
36.0	131.8	378	543	1X 220mm Working Distance Lenses	#20-182	NT21,350
36.0	131.8	378	543	1X 300mm Working Distance Lenses	#20-183	NT20,930
40.0	102.0	204	406	0.5X 110mm Working Distance Lenses	#20-184	NT17,185

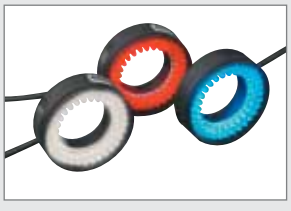
Accessories

Description	Stock No.	Price
24V LED Controller	#20-185	NT7,525

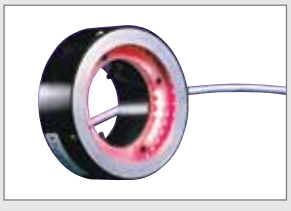
更多線上資訊...



CCS 低角度
LED 環形燈
www.edmundoptics.com.tw/4279



CCS 高角度
LED 環形燈
www.edmundoptics.com.tw/4278



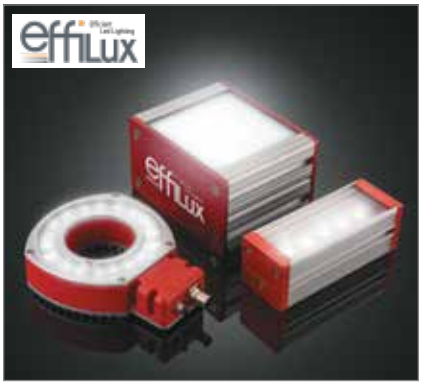
Advanced Illumination 亮場/
暗場LED環形燈
www.edmundoptics.com.tw/3262

環形燈濾光片
螺紋轉接器
www.edmundoptics.com.tw/2299

照明燈

Effilux 短波紅外 LED 照明燈

www.edmundoptics.com.tw/**4455**



- **條形燈、環形燈、背光燈可供選擇**
- **可提供全範圍短波紅外波長**
- **可提供高強度且均勻的光線照明**

Effilux 短波紅外 LED 照明器可以在機器視覺、分揀和矽片檢測應用中提供強烈且均勻的光線照明。條形燈、環形燈和背光燈均提供 1050、1200、1300、1450、1550 和 1650nm 的波長選項。背光燈在其設計波長內實現了 >80% 的光線均勻度。條形燈和環形燈特有的可調節透鏡位置和照明角度增加了靈活性。Effilux 短波紅外 LED 照明器是在使用 TECHSPEC® 短波紅外系列定焦鏡頭、TECHSPEC® SilverTL™ 短波紅外遠心鏡頭和 LUCID Vision Labs Triton™ 乙太網路供電（PoE）短波紅外相機等應用時的理想配件。**注意:** 所需的電源供 (#15-874) 應額外銷售。

Effilux SWIR LED Illuminators

Wavelength (nm)	Geometry	Stock No.	Price
1,050.00	Ring Light	#28-622	NT139,965
1,200.00	Ring Light	#28-623	NT139,965
1,300.00	Ring Light	#28-624	NT139,965
1,450.00	Ring Light	#28-625	NT139,965
1,550.00	Ring Light	#28-626	NT139,965
1,650.00	Ring Light	#28-627	NT139,965
1,050.00	Line Light	#28-616	NT47,250
1,200.00	Line Light	#28-617	NT47,250
1,300.00	Line Light	#28-618	NT47,250
1,450.00	Line Light	#28-619	NT47,250
1,550.00	Line Light	#28-620	NT47,250
1,650.00	Line Light	#28-621	NT47,250
1,050.00	Backlight	#28-628	NT83,650
1,200.00	Backlight	#28-629	NT83,650
1,300.00	Backlight	#28-630	NT83,650
1,450.00	Backlight	#28-631	NT83,650
1,550.00	Backlight	#28-632	NT83,650
1,650.00	Backlight	#28-633	NT83,650

可調節 LED 燈條

www.edmundoptics.com.tw/**3777**

- **直接存取光學元件，從而快速、手動調整照明錐角**
- **包括可互換窗鏡，從而提供輕鬆調整光擴散的功能**
- **易於集成線掃描配件，以用於線性或暗場照明**

Mounting Holes:	2 Rails (1 for M6 T-Nuts)
Connectors:	M12, 4 pins
Input Voltage:	24V DC
Environmental Rating:	IP40

Lens Position:	Illumination Emission Angle
Without Lens:	90˚
Height 1:	45˚
Height 2:	25˚
Height 3:	10˚

可調節 LED 燈條

Number of LEDs:	1 LED Bar Light		5 LED Bar Light		10 LED Bar Light		15 LED Bar Light	
Dimensions (mm):	55 L x 51 W x 49 H		135 L x 51 W x 49 H		235 L x 51 W x 49 H		335 L x 51 W x 49 H	
Wavelength	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**
White	#34-873	NT11,025	#34-875	NT19,950	#34-877	NT25,725	#34-879	NT32,025
Red 625nm	#34-874	NT10,500	#34-876	NT19,950	#34-878	NT24,500	#34-880	NT33,250
Power Supply, 24V DC (Required)							#15-874	NT10,010
Intensity Adjustment Potentiometer for Effilux LED Lights (Optional)							#15-876	NT14,595

Advanced Illumination LED 背光燈

www.edmundoptics.com.tw/**3271**

- **提供強烈且均勻的照明**
- **薄型設計**
- **提供多種有效區域選項**

Advanced Illumination LED 背光可為一系列活動區域提供高亮度、均勻的照明。 這些燈源有 50,000 小時的產品壽命和照明區域內 ±6% 的均光分佈，是各種工業應用的理想選擇。 **注意:** 需要使用24V電源供應器才能執行作業 (#66-855)。

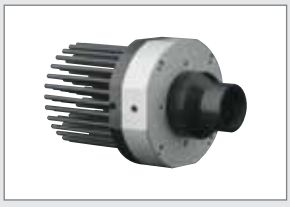
Operating Temperature (°C):	0 to 60
LED Lifetime (hours):	50,000
Number of Channels:	4
Type of Illumination:	LED Illuminator
Uniformity (%):	±6 over Illuminated Area (Dependent on Working Distance)
Manufacturer:	Advanced Illumination
Geometry:	Backlight
Illumination Mode:	Constant

Advanced Illumination High Intensity LED 背光燈

Color	Active Area	50.8 x 50.8		101.6 x 101.6		203.2 x 203.2	
	Wavelength (nm)	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**	**Stock No.**	**Price**
Blue	470	#28-752	NT25,305	#28-757	NT31,535	#28-762	NT62,720
Green	530	#28-753	NT25,305	#28-758	NT31,535	#28-763	NT62,720
Red	625	#28-754	NT19,250	#28-759	NT25,270	#28-764	NT39,515
IR	850	#28-755	NT24,360	#28-760	NT29,085	#28-765	NT52,710
White	–	#28-756	NT25,305	#28-761	NT31,535	#28-766	NT62,720
Power Supply, 24V DC (Required)						#66-855	NT3,220

更多線上資訊...

光纖耦合雷射驅動的白光光源
www.edmundoptics.com.tw/4336



Effilux EFFI-Lase 結構光投影光源
www.edmundoptics.com.tw/4321

CCS 平頂燈
www.edmundoptics.com.tw/4251

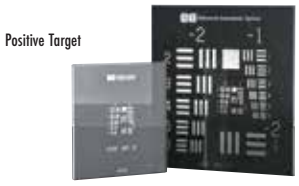
Coherent® StingRay™ 及 BioRay™ 雷射二極體模組
www.edmundoptics.com.tw/3517

USAF 1951 分辨率測試板

www.edmundoptics.com.tw/**1790**

- 玻璃上的負片圖案與正片圖案
- 每個圖案都已裝箱，並包括分辨率值圖表
- 提供高分辨率測試板 (最高645 lp/mm)

Substrate: 1.5mm (0.06") float glass with beveled edges
Flatness: ≤0.00254
Surface Quality: 20-10
Coating: Vacuum-deposited durable chromium, density 3.0 or greater



USAF 1951 分辨率測試板

USAF Targets	Standard Resolution		High Resolution	
	Stock No.	Price	Stock No.	Price
2" x 2" Positive	#38-257	NT7,280	#58-198	NT27,020
2" x 2" Negative	#38-256	NT7,280	#55-622	NT27,020
3" x 3" Positive	#36-275	NT9,905	#64-862	NT67,165
3" x 3" Negative	#36-408	NT9,905	#64-863	NT67,165

關於紫外熔融矽石與螢光 USAF 1951 分辨率測試板, 請訪問 www.edmundoptics.com.tw/2546

高精度的朗奇刻線法

www.edmundoptics.com.tw/**2343**

高精度的朗奇刻線法 – 英制

lp/inch	1" x 1" Target		2" x 2" Target		4" x 4" Target	
25	#58-529	NT4,830	#58-530	NT7,595	#58-531	NT13,440
50	#56-592	NT5,040	#56-605	NT8,050	#56-618	NT14,665
100	#56-593	NT5,285	#56-606	NT8,470	#56-619	NT15,050
150	#56-594	NT5,740	#56-607	NT9,380	#56-620	NT16,450
200	#56-595	NT5,985	#56-608	NT9,835	#56-621	NT18,270
250	#56-596	NT6,230	#56-609	NT10,290	#56-622	NT20,055
300	#56-597	NT6,650	#56-610	NT10,780	*	–
500	#56-598	NT7,070	#56-611	NT11,410	*	–
750	#56-599	NT7,595	#56-612	NT12,110	*	–
1000	#56-600	NT8,715	#56-613	NT13,440	#58-460	NT34,195
2000	#56-601	NT9,380	*	–	*	–
2500	#56-602	NT10,290	*	–	*	–
3000	#56-603	NT11,410	*	–	*	–
5000	#56-604	NT13,440	*	–	*	–

高精度的朗奇刻線法 – 公制

lp/mm	0.5" x 0.5" Target		1" x 1" Target		2" x 2" Target	
5	*	–	#58-775	NT5,285	#58-782	NT7,315
10	*	–	#58-776	NT5,740	#58-783	NT8,050
20	*	–	#58-777	NT6,650	#58-784	NT10,290
30	*	–	#66-347	NT7,595	#66-352	NT12,565
40	*	–	#58-778	NT8,715	#58-785	NT15,540
50	*	–	#58-779	NT9,660	#58-786	NT17,360
60	*	–	#66-348	NT10,045	#66-353	NT19,145
72	#66-339	NT6,230	#66-349	NT10,780	#66-354	NT20,440
80	#66-340	NT6,650	#62-199	NT11,235	#62-200	NT22,785
100	#66-341	NT7,315	#58-780	NT11,865	#58-787	NT24,955
120	#66-342	NT8,225	#62-201	NT13,055	#62-202	NT26,950
145	*	–	*	–	*	–
165	*	–	*	–	*	–
200	#66-345	NT10,500	#58-781	NT17,780	*	–
240	#66-346	NT11,410	*	–	*	–

*Call for Availability and Pricing

Substrate: Float Glass
Thickness: 1.5mm nominal
Coating: Vacuum Deposited Chrome OD > 3.0
Surface Flatness: 1λ per inch
Surface Quality: 60-40
Parallelism of Pattern to Substrate: ±1°
Line to Line Parallelism: <2 arcsec
Dimensional Tolerance: ±0.02"

星標測試板

www.edmundoptics.com.tw/**1946**

星標測試板

*Sector = 1 transparent/1 opaque pair

Pattern Diameter	Target Dimensions	Thickness	Wedge Angle*	Number of Sectors*	Unresolved Core	Substrate	Target Edge		Target Center		Stock No.	Price
							Frequency	Line Width	Frequency	Line Width		
50mm	60mm Dia.	1.5mm	10°	36	0.1mm	Float Glass	0.229 lp/mm	2.2mm	114.6 lp/mm	0.004mm	#58-832	NT15,225
50mm	60mm Dia.	1.5mm	5°	72	0.1mm	Float Glass	0.458 lp/mm	1.1mm	229.2 lp/mm	0.002mm	#58-833	NT15,225
62.5mm	4" x 4"	1.5mm	6°	60	2.7mm	Float Glass	0.31 lp/mm	1.6mm	7.14 lp/mm	0.070mm	#46-247	NT10,920
62.5mm	4" x 4"	0.2mm	3°	120	2.5mm	Photo Paper	0.6112 lp/mm	0.82mm	15.28 lp/mm	0.033mm	#46-246	NT4,375

關於星標陣列測試板, 請訪問
www.edmundoptics.com.tw/2739

I3A / ISO 12233 分辨率測試圖卡

www.edmundoptics.com.tw/**2287**

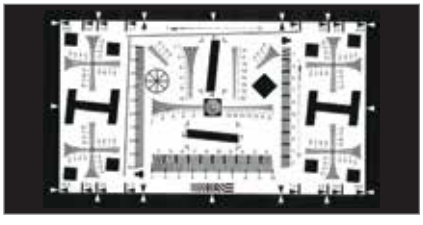
- Complies with the ISO 12233 Standard
- 提供整個場的分辨率校準
- 提供三種尺寸

For IEEE version, visit
www.edmundoptics.com.tw/2017

I3A 12233 分辨率測試圖卡

Description	Standard I3A Target		Enhanced Digital Camera Target	
	Stock No.	Price	Stock No.	Price
I3A/ISO 1X Resolution Target	#56-074	NT15,680	#58-940	NT18,480
I3A/ISO 2X Resolution Target	#58-234	NT22,890	#58-941	NT26,075
I3A/ISO 4X Resolution Target	#56-075	NT46,305	–	–

Target: Black Print on Photo Paper
Dimensions: 1X: 200 x 356mm (7.9" x 14")
2X: 400 x 711mm (15.7" x 28")
4X: 800 x 1422mm (31.5" x 56")

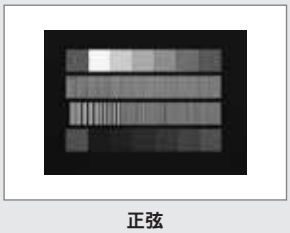


更多線上資訊...

鏤空式光路USAF
測試板
www.edmundoptics.com.tw/2668

精密朗奇刻線法
載玻片
www.edmundoptics.com.tw/1831

可變頻率
測試板
www.edmundoptics.com.tw/1847



正弦
測試板
www.edmundoptics.com.tw/1528

畸變測試版

固定頻率網格畸變測試板

www.edmundoptics.com.tw/**2590**

Fixed Frequency Target

- 適用於成像系統的畸變測量及校正
- 鈉鈣玻璃鍍鉻或象牙白玻璃鍍鉻版本
- 隨附 NIST 精度認證

請造訪官網以瞭解漫反射柵格畸變測試板

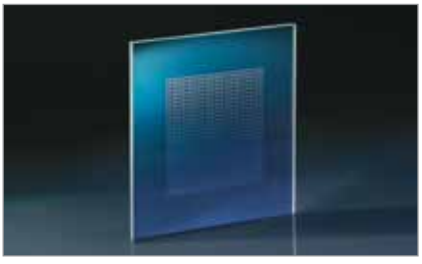
	Chrome on Glass Target	Chrome on White Glass Target
Substrate:	Clear Float Glass	White Ivory Glass
Substrate Thickness:	1.5mm	3.2mm
Tolerances:		
Dot Diameter:	±0.002mm	±0.002mm
Dot Center to Center Accuracy:	±0.001mm	±0.001mm
Surface Flatness:	4-6λ/25.4mm area	4-6λ/25.4mm area
Surface Quality:	40-20	40-20
Coating:	Reflective First Surface Chromium OD > 3.0, R_{abs} = 50% ±5% @ 550nm	Reflective First Surface Chromium OD > 3.0, R_{abs} = 50% ±5% @ 550nm

固定頻率網格畸變測試板

Target Dimensions	Pattern Size (mm)	Dot Dia. (mm)	Dot Spacing (mm)	Chrome on Glass			Chrome on White Glass		
				Overall Accuracy (mm)	Stock No.	Price	Overall Accuracy (mm)	Stock No.	Price
2" x 2"	25 x 25	0.0625	0.125	±0.002	#58-509	NT24,570	±0.002	#59-209	NT28,910
2" x 2"	25 x 25	0.125	0.250	±0.002	#58-527	NT21,840	±0.002	#63-983	NT25,760
2" x 2"	25 x 25	0.250	0.500	±0.002	#57-981	NT20,055	±0.002	#59-210	NT23,975
2" x 2"	25 x 25	0.250	1.000	±0.002	#62-209	NT18,270	±0.002	#63-984	NT22,400
3" x 3"	50 x 50	0.125	0.250	±0.002	#59-213	NT25,760	±0.002	#63-985	NT34,195
3" x 3"	50 x 50	0.250	0.500	±0.002	#58-536	NT23,800	±0.002	#63-986	NT30,660
3" x 3"	50 x 50	0.250	1.000	±0.002	#62-211	NT23,170	±0.002	N/A	–
3" x 3"	50 x 50	0.500	1.000	±0.002	#57-983	NT20,440	±0.002	#59-211	NT28,910
5" x 5"	100 x 100	0.250	0.500	±0.002	#59-215	NT45,955	±0.002	#63-988	NT61,495
5" x 5"	100 x 100	0.250	1.000	±0.002	#62-213	NT45,395	±0.002	N/A	–
5" x 5"	100 x 100	0.500	1.000	±0.002	#59-217	NT44,800	±0.002	#63-990	NT58,905
5" x 5"	100 x 100	1.000	2.000	±0.002	#57-985	NT43,610	±0.002	#59-212	NT55,790
7" x 7"	150 x 150	0.500	1.000	±0.002	#62-207	NT70,525	±0.002	#63-991	NT99,750
7" x 7"	150 x 150	1.000	2.000	±0.002	#58-507	NT70,525	±0.002	#63-992	NT99,750

線網格測試板

www.edmundoptics.com.tw/**2991**



Visit our website for
Multi-Frequency Grid Distortion Targets

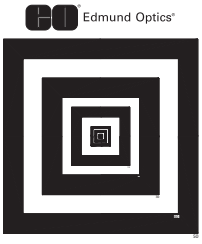
- 測試與校正視覺系統的畸變
- 校準顯微鏡載物臺的透視誤差
- 測量物理視場

線網格測試板

	2" x 2" Chrome on Glass	1" x 1" Low Reflective Chrome	2" x 2" Low Reflective Chrome
Overall Dimensions (L x W x D):	50.8 x 50.8 x 1.5mm	25.4 x 25.4 x 2.5mm	50.8 x 50.8 x 2.5mm
Pattern Area:	30.1 x 30.1mm	20.0 x 20.0mm	30.1 x 30.1mm
Substrate:	Clear Float Glass	White Soda Lime Glass	White Soda Lime Glass
Coating:	OD >3.0	OD >3.0	OD >3.0
Line Spacing (Center to Center):	1.00 ±0.001mm	1.00 ±0.001mm	1.00 ±0.001mm
Line Thickness (Center Line):	0.05 ±0.002mm	0.125 ±0.005mm	0.1 ±0.002mm
Line Thickness (Inner Lines):	0.05 ±0.002mm	0.075 ±0.005mm	0.075 ±0.002mm
Overall Accuracy:	±0.002mm	±0.002mm	±0.002mm
Surface Quality:	20-10 over active area, 60-40 outside	20-10 over active area, 60-40 outside	20-10 over active area, 60-40 outside
Flatness:	3 - 4λ	3 - 4λ	3 - 4λ
Stock No. / Price	#62-536 NT22,015	#62-537 NT22,015	#62-538 NT25,760

同心方形測試板

www.edmundoptics.com.tw/**1947**



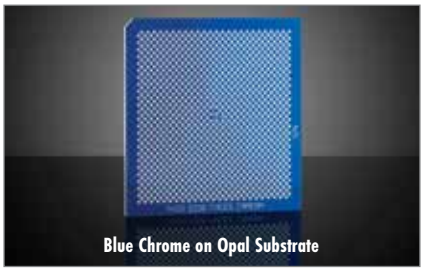
- 用於校準測量軟體
- 經過 NIST 認證帶可追蹤精度憑證
- 1 - 50mm 方形

Dimensions:	76.2 x 76.2 x 1.5mm (3.2mm Thick for White Glass)	Centering Tolerance:	±0.003mm
Square Sizes:	1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50mm	Surface Flatness:	1 wave per mm
Line Width Tolerance:	±0.003mm	Surface Quality:	20-10 (within 50mm sq. area)
Diagonally Opposite Corner Spacing (50mm square):	70.7107mm ±0.004mm	Coating:	Vacuum-deposited chromium oxide (specular reflectivity < 5% @ 550nm)

Concentric Square Target	#46-248	NT20,440	Concentric Square Target on White Glass	#58-773	NT25,760

棋盤校準測試板

www.edmundoptics.com.tw/**3907**



Blue Chrome on Opal Substrate

關於 NIST 認證棋盤格校準測試板，請造訪
www.edmundoptics.com.tw/3907

Thickness (mm):		1.52 ±0.10
Dimmensional Tolerance (mm):		±0.10
Coating:	Opal:	Blue Chrome, (R_{abs} <7% @ 550nm)
	Glass:	Low Reflective Chrome, (Target Reflectivity <25% at 550nm)
Pattern Size Tolerance:		±0.002 (±0.005 for #12-202)

- 在尺寸穩定的玻璃基材採用鍍鉻圖案
- 最適合成像系統的反射性照明校準
- 各種尺寸適用於較大和較小視場

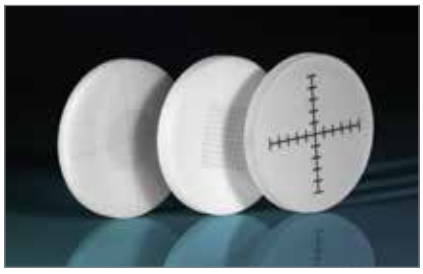
棋盤校準測試板

Dimensions (mm)	Pattern Size (mm)	Opal Stock No.	Price	Glass Stock No.	Price
20 x 20	0.2 x 0.2	#12-197	NT16,870	#15-974	NT18,375
30 x 30	0.4 x 0.4	#12-198	NT16,870	#15-975	NT18,375
40 x 40	0.6 x 0.6	#12-199	NT22,890	#15-976	NT24,220
50 x 50	0.8 x 0.8	#12-200	NT22,890	#15-977	NT24,220
60 x 60	1.0 x 1.0	#12-201	NT28,910	#15-978	NT31,500
80 x 80	1.4 x 1.4	#12-202	NT31,325	#15-979	NT33,005

象牙白玻璃分劃板測試板

www.edmundoptics.com.tw/**1832**

- 交叉線，標示網格或同心圓標線
- 白色象牙蘇打石灰玻璃基板
- 27mm 直徑標線



Diameter (mm):	27	**Edges:**	Smoothed for safe handling
Thickness (mm):	3.2	**Substrate:**	White Ivory Soda Lime Glass

象牙白玻璃分劃版測試版

Description	Stock No.	Price
White Ivory Glass Concentric Circles Reticle	#58-771	NT7,805
White Ivory Glass Index Grid	#58-772	NT7,805
White Ivory Glass Crossline Reticle	#34-892	NT6,650

高分辨率顯微鏡載玻片測試板

www.edmundoptics.com.tw/**3855**

- 小型圖案尺寸 - 100nm 及 3300 lp/mm
- 使用高度精準的電子束微影技術組合而成
- 負片圖案設計

Substrate:	Fused Silica	**Mount Material:**	Stainless Steel with Laser Engraving
Substrate Dimensions (mm):	10 x 10 x 1	**Spectral Range (nm):**	200 - 2000
Mount size (mm):	75 x 25 x 1.5		

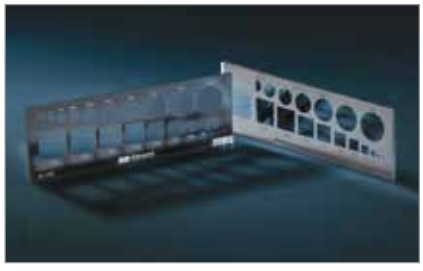
高分辨率顯微鏡載玻片測試板

Description	Stock No.	Price
High Resolution Microscopy Star Target	#37-538	NT54,390
High Resolution Microscopy Resolution Target	#37-539	NT54,390
High Resolution Microscope Checker Board	#37-540	NT54,390

圓點與方形校準測試板

www.edmundoptics.com.tw/**2990**

- 專為測量校準而設
- 正片和負片玻璃鍍鉻圖案
- 高對比度測試板，用於成像 0.5 至 10mm 的元件



Substrate:	Float Glass	**Surface Quality:**	20-10
Plate Dimensions:	1" x 3" ±0.02"	**Parallelism:**	0.0005"
Thickness:	0.060" ±0.001"		

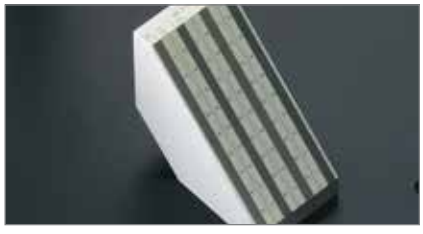
圓點與方形校準測試板

Target	Stock No.	Price
Positive	#62-268	NT19,565
Negative	#62-269	NT19,565

DOF 5-15 景深測試板

www.edmundoptics.com.tw/**1485**

- 測試成像系統中的景深
- 無需計算



Substrate:	Black on white-backed film	**Dimensions (mm):**	57 H x 34 W x 57 D
Construction:	Aluminum	**Resolution:**	5 and 15 lp/mm Scale (both horizontal and vertical)
Maximum Depth (mm):	50		

DOF 5-15 景深測試板

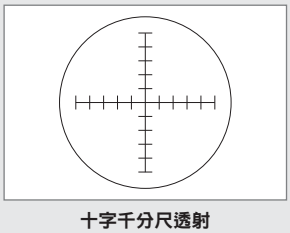
Description	Stock No.	Price
Depth of Field Target	#54-440	NT29,680

更多線上資訊...

Spectralon® 白平衡及漫反射測試板
www.edmundoptics.com.tw/2702

Acktar 吸光板
www.edmundoptics.com.tw/3858

愛特蒙特遠心度測試板
www.edmundoptics.com.tw/2670



十字千分尺透射分劃板
www.edmundoptics.com.tw/1480

訂購輕而易舉！

目錄索取
是否需要為自己或同事再索取一份目錄？只需打電話給我們或使用我們網站上的表單即可，我們會立即奉上。

地址修正
請查看本目錄背面您的姓名與地址。所有資訊是否都正確？若有錯誤之處，請告訴我們需要進行哪些修改。

重複郵件及不需要的目錄
請告訴我們您是否收到重複或不需要的目錄。請將您的地址標籤複本以傳真方式傳送給我們，並註明「重複」(若收到重複的目錄) 或「不要郵寄」(若收到不需要的目錄)。

總訂單
根據您的總訂單，我們會定期為您運送您常用的產品。總訂單會說明運送的時間、地點與運送量，僅僅一張訂單就能包含所有資訊！您可以只在需要供貨時才對要到來的供貨進行規劃，藉此節省寶貴的庫存空間。

報價
在您需要大量特定產品時，請告訴我們，您可能會享有較目錄中所列更高的大量採購折扣！或者，若您需要的產品在目錄中不存在，請打電話給我們。通常我們還能為您尋找這些產品的供應商或製造這些產品。不論採用何種方式，若您需要，我們都會提出報價 (含運費)。所有報價在60天內有效。

電話： +886-4-22936309
週一至週五，上午8:30至下午5:30 (GMT +8.00)

傳真： +886-4-22938017

網址： www.edmundoptics.com.tw

郵寄地址： 請使用您的購買訂單，並以郵件寄至：
愛特蒙特光學有限公司台灣分公司
台中市北屯區文心路四83號14樓 郵遞區號：406

電子郵件訂購：
TWSales@edmundoptics.com.tw
TWSales@edmundoptics.com.tw
每天24小時，全年無休

工程技術支援：
04-22936309 ext. 5582
若您需要其他資訊，請聯絡我們的技術專家尋求協助，聯絡時間為週一至週五，每天上午8:30 - 下午5:00 (GMT +8:00)。

請傳送電子郵件至
techsup@edmundoptics.com.tw

取得免費目錄
+886-4-22936309
或
www.edmundoptics.com.tw

有關交易合約條款, 請造訪我們的網站: **www.edmundoptics.com.tw/terms-and-conditions**

全球網路

Edmund Optics Singapore Pte. Ltd. Taiwan Branch
14F., No.83, Sec. 4, Wenxin Rd., Beitun Dist.,
Taichung City 406, Taiwan (R.O.C.) Zipcode: 406
Phone: +886-4-22936309
Fax: +886-4-22938017
e-mail: twsales@edmundoptics.com.tw
website: www.edmundoptics.com.tw

Edmund Optics Singapore Pte. Ltd.
18 Woodlands Loop #04-00
Singapore 738100
Phone: +65 6273 6644
Fax: +65 6272 1763
e-mail: SGSales@edmundoptics.com.sg
website: www.edmundoptics.com.sg

Edmund Optics China
5th Floor, Block 3
Luck-King Scientific & Industrial Park, Industry East Road,
Longhua, Shenzhen, China, 518109
Phone: +86 (0755) 8435 5459
Fax: +86 (0755) 2967 5436
e-mail:chinasales@edmundoptics.cn
website: www.edmundoptics.cn

Edmund Optics Korea Ltd.
#606, Taeyang Bld, 22
Yeouidaebang-ro 67-gil
Yeongdeungpo-gu
Seoul, Korea
Phone: +82-2-769-4600
Fax: +82-2-6677-9221
e-mail: krsales@edmundoptics.co.kr
website: www.edmundoptics.co.kr

Edmund Optics Japan Ltd.
4F Pacific Square Sengoku
2-29-24 Honkomagome, Bunkyo-ku
Tokyo Japan 113-0021
Phone: 81-3-3944-6210
Fax: 81-3-3-3944-6211
e-mail: sales@edmundoptics.jp
website: www.edmundoptics.jp

US Headquarters
Edmund Optics®
Phone: 1-856-547-3488
Toll-Free: 1-800-363-1992
Fax: 1-856-573-6295
e-mail: sales@edmundoptics.com
website: www.edmundoptics.com

Tucson Design Center/Sales
Phone: 1-520-574-2572
Fax: 1-520-574-2683
e-mail: tucson@edmundoptics.com

Edmund Optics Silicon Valley/Sales
e-mail: visionsupport@edmundoptics.com

Edmund Optics Florida
Phone: 1-813-855-1900
Fax: 1-813-855-5580
e-mail: sales@qtf.com

Edmund Optics Ltd.
Phone: +44 (0)1904 788 600
Fax: +44 (0)1904 788 610
e-mail: uksales@edmundoptics.co.uk
website: www.edmundoptics.co.uk

Edmund Optics GmbH
Phone: +49 (0)6131 5700 0
Fax: +49 (0)6131 2172 306
e-mail: sales@edmundoptics.de
website: www.edmundoptics.de

ITOS GmbH
A Division of Edmund Optics
Phone: +49 (0)6131 580 89 0
Fax: +49 (0)6131 580 89 11
e-mail: mail@itos.de
website: www.itos.de

Edmund Optics SARL
Phone: +33 (0)820 207 555
Fax: +33 (0)820 206 303
e-mail: sales@edmundoptics.fr
website: www.edmundoptics.fr

Edmund Optics Finland
Phone: +358 (0) 9 751 99 000
Fax: +44 (0)1904 788 610
e-mail: sales@edmundoptics.eu

Edmund Optics Italy
Phone: +39 (0)800 875 211
Fax: +39 (0)800 875 212
e-mail: sales@edmundoptics.it
website: www.edmundoptics.it

Edmund Optics India Pvt. Ltd.
#267, Greystone Building, Second Floor,
6th Cross Rd, Binnamangala,
Stage 1, Indiranagar, Bengaluru,
Karnataka, India 560038
Phone: +91-80-6845-0000
e-mail: indiasales@edmundoptics.in
website: www.edmundoptics.in

Brazil Representative
Cidepe
Phone: +55 51 3477 4909
Fax: +55 51 3477 4909
e-mail: sales@cidepe.com.br

Israel Representative
Prolog Optics
Phone: +972-(0)3-5364011
Fax: +972-(0)3-5364012
e-mail: lital@prologoptics.com

Mexico Representative
Intecs Instrumentación S.A. de C.V.
Phone: +52 222 756 2900
Fax: +52 222 231 5166
e-mail: ventas@intecssa.com.mx

Imaging Optics **Reference Sheet**

成像公式

Calculating Field of View

$$m = \frac{H}{FOV}$$

$$AFOV = 2 \times \tan^{-1}\left(\frac{H}{2f}\right)$$

$$f = \frac{(H \times WD)}{FOV}$$

Calculating f/# and NA

$$f/\# = \frac{f}{Ø_{EP}} = \frac{1}{2}\,NA$$

$$(f/\#)_w \approx (1+m) \times f/\#$$

$$NA_{Image\ Space} = \frac{1}{2 \times (f/\#)}$$

$$NA_{Object\ Space} = n \times \sin(\theta)$$

Calculating Resolution

$$\xi_{Sensor} = \xi_{Image\ Space}\left[\frac{lp}{mm}\right] = \left(\frac{1}{2 \times s}\right) \times \left(\frac{1000\mu m}{1mm}\right)$$

$$\xi_{Object\ Space}\left[\frac{lp}{mm}\right] = \xi_{Image\ Space} \times m$$

$$\xi_{Object\ Space}[\mu m] = \frac{s}{m}$$

$$\text{Minimum Spot Size} = Ø_{Airy\ Disk}\,[\mu m] \approx 2.44 \times \lambda \times (f/\#)$$

$$\xi_{Diffraction\ Limit}\left[\frac{lp}{mm}\right] = \frac{1}{\lambda \times (f/\#)} \times \left(\frac{1000\mu m}{1mm}\right)$$

Calculating Spacer Length

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{WD}$$

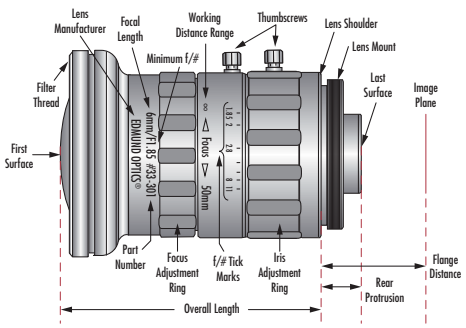
$$m = -\frac{d}{WD}$$

參數

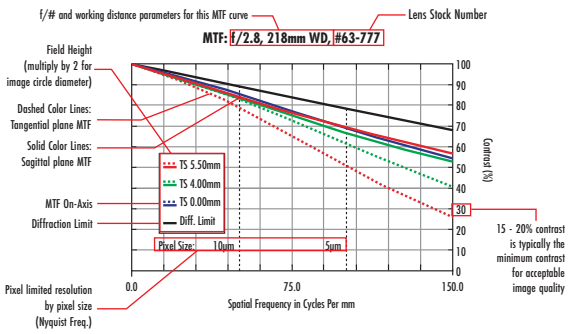
Note: all variables assumed to be positive

- f = Focal Length
- m = Magnification
- FOV = Field of View
- WD = Working Distance
- NA = Numerical Aperture
- f/# = F-Number
- $(f/\#)_w$ = Working f/#
- ξ = Resolution
- $Ø_{Airy\ Disk}$ = Airy Disk Diameter
- θ = Marginal Ray Angle
- I = Intensity
- $Ø_{XP}$ = Exit Pupil Diameter
- α = Sensor Tilt
- δ = Depth of Focus
- D = Distortion
- D_{TV} = TV Distortion
- λ = Wavelength
- H = Sensor Size
- AFOV = Angular Field of View
- $Ø_{EP}$ = Entrance Pupil Diameter
- s = Pixel Size
- d = Image Distance
- p = Number of Pixels on a Sensor
- Ø = Image Field Diameter
- RI = Relative Illumination
- Z = Axial Shift
- n = Refractive Index

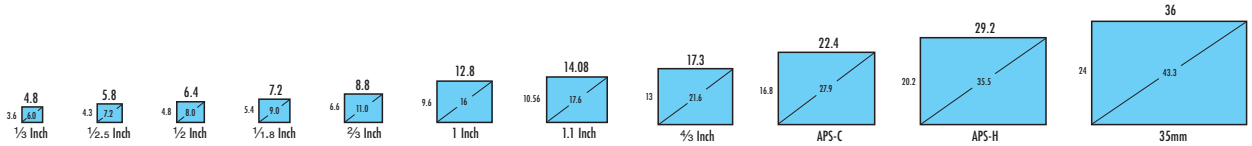
Lens Anatomy



Understanding MTF Curves



常見工業相機傳感器規格



www.edmundoptics.com.tw/eo-imaging

Edmund Optics Taiwan
406台中市北屯區文心路四段83號14樓
電話: +886-4-22936309
傳真: +886-4-22938017
電子郵件: twsales@edmundoptics.com.tw (客戶服務)
twtech@edmundoptics.com.tw (技術支援)
網站: www.edmundoptics.com.tw

光學引領未來™

全球化生產基地

Edmund Optics® 圖森市 先進組裝和設計基地

- 主動式對位調整技術, 電子整合和環境防護性強化設計
- 符合 ISO 6 的潔淨室要求與先進的測試
- 通過 AS 9100 和 ISO 9001 認證和符合 ITAR 標準

Edmund Optics® 亞洲 量產生產基地

- 具備鏡頭量產與光機組裝能力
- 具備量產量測技術
- 通過 AS 9100 和 ISO 9001 認證

Follow the link below to learn more.

+886-4-22936309 | www.edmundoptics.com.tw/**imaging**