



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

工業用光纖內視鏡變焦鏡頭設計之研究

作者：郭瑞雄

系級：電機系 碩一

學號：M9345039

開課老師：陳德請

課程名稱：光電子學

開課系所：電機系 光電組

開課學年：93 學年度 第 1 學期



摘要：

內視鏡在狹小的管道中，爲了取得大面積的影像，大多使用廣角度鏡頭（魚眼鏡頭）。因此所取進來的影像，皆有一定程度的變形失真。目前常用工業用光纖內視鏡的物鏡不是定焦，就是放大倍率不大。本篇重點是把變焦鏡頭運用到工業用光纖內視鏡上，利用變焦系統改變焦距來使物像之間的倍率發生變化，來取得更大的影像。深入無法拆解或拆解費時之物件內部作即時觀察或測量。光纖內視鏡變焦物鏡使用具有(1)使用上具人性化及(2)增加觀察或測量範圍具優異的使用功能，故能迅速而有效地發現待測物的缺點及問題所在。



關鍵字:工業用光纖內視鏡、變焦鏡頭

簡介:

1.內視鏡簡介

內視鏡檢測技術可以被視為一種眼睛視力的延伸，是被歸類為光學目視檢測方法，此種檢測系統可利用光纖為光源，硬式或軟式內視鏡與配合監視系統.相機.電腦影像存檔裝置等設備，在不須拆解被檢察儀器設備外部構件的情形下，透過各種檢查孔，伸入儀器設備的內部，來對其機組件執行檢測工作，而使非破壞性檢測的功能得以充份地發揮。在1795 年醫學先輩(德國人Bozzini, 法國人Segales, 義大利人Banbolzini等)，開始了內視鏡的應用。初期的內視鏡，為硬式或半硬式型態，有光源不佳，能見範圍有限及操作不便等缺點，其用途也極為有限。自從玻璃纖維可以傳輸影像的觀念興起之後，軟式光纖內視鏡的發明，使得消化系內視鏡應用於消化系病症之診斷及治療上，有很大的操作效能改進與進步，很快地軟式光纖內視鏡在世界各地風行。1984 年，美國Welch-Allyn 公司初次發展電子內視鏡(Electronic Endoscopes)更是內視鏡之新領域，日本多家公司也紛紛發展同型之機器。電子內視鏡之應用，藉由延長的微型攝影鏡頭，深入機械內部結構，代替人的眼睛，讓工程師得以用最少的破壞性侵入方式，達到檢測效果。

2.變焦鏡頭簡介

變焦距光學系統(zoom lens system)是一種焦距在特定範圍內可連續變化，同時保持像面位置不動和成像品質清晰的光學系統。基本原理是利用系統中兩群或兩群以上透鏡組沿光軸移動，改變系統中各群透鏡組之間隔，使系統的合成焦距改變。因為系統的焦距改變時，像之倍率也隨之改變，故稱之為變焦距光學系統。變焦光學系統的設計比定焦光學系統設計複雜且困難許多，因為在連續變焦的過程中，各個參考變焦位置都必須考慮像差的修正、物像間距固定不動特性和成像品質是否有達到設計的要求。為了達到連續變焦之系統，一般我們可採用光學補償法和機械補償法。前者是整個鏡組線性滑動，後者是每個鏡組分別以線性或非線性軌跡移動。光學補償式在變焦過程中，缺點是物像間距離會有某種程度的漂移，但其結構簡單。機械補償式則沒有這種漂移的情況發生，但由於滑動鏡組是以非線性軌跡移動，機械結構自然複雜，不過隨著機械加工製造技術的進步，像質較佳的機械補償式變焦鏡頭已成主流，廣泛應用於電視、電影拍攝機、望遠與顯微照相拍攝鏡頭、投影系統以及軍用熱像追蹤系統等。

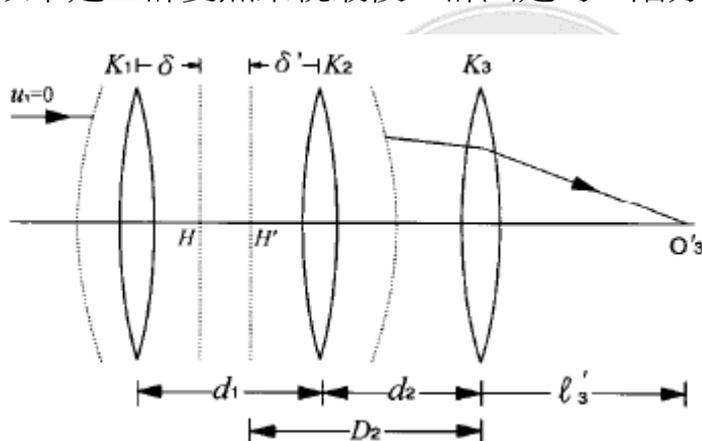
對於一個完整的變焦系統，係由數個鏡組所組成，而各鏡組在變焦過程中可區分為聚焦鏡組、變焦鏡組與固定鏡組。聚焦鏡組通常利用一組透鏡，調整其前後位置，使得物面經過該鏡組的成像面，亦即

相對於變焦鏡組的物面，其位置是固定的。變焦鏡組主要功能為利用鏡組軸向滑動，以改變系統倍率。固定鏡組則用以控制整個系統焦距或倍率，並作為在不同的變焦位置，系統像差經由變焦鏡組校正後，對剩餘像差的補償。

系統理論:

1.無限物距系統

以下是三群變焦系統最後一群固定的一階分析。



圖一

圖一，一無窮遠共軛物距的三群變焦系統，最後一群固定其他兩群可動，已經以兩群鏡組系統的方法分析過了[2]，第一和第二群的鏡組被組合來當作第一群的鏡組，再把最後一群當作是第二群來看。這個合成鏡組的焦距是 F_{12} 光焦度是 K_{12} 。 d_1 和 d_2 分別代表鏡組1.2之間的距離和鏡組2.3之間的距離。 δ' 是從第二群透鏡到第

二主平面 H' 的距離。K 和 F 分別代表這個系統的等效光焦度和焦距。以下是相關公式:

$$K = K_{12} + K_3 - K_{12}K_3D_2, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} D_2 &= d_2 - \delta \\ &= d_2 + \frac{K_1}{K_{12}}d_1, \end{aligned} \quad (2)$$

$$K_{12} = K_1 + K_2 - K_1K_2d_1, \quad (3)$$

$$F = F_{12}M_3, \quad (4)$$

$$l'_3 = (1 - M_3)F_3, \quad (5)$$

這裡的 l'_3 和 M_3 是代表 F_3 透鏡的像距和倍率。

從上面(1)-(4)的方程式，可以解得:

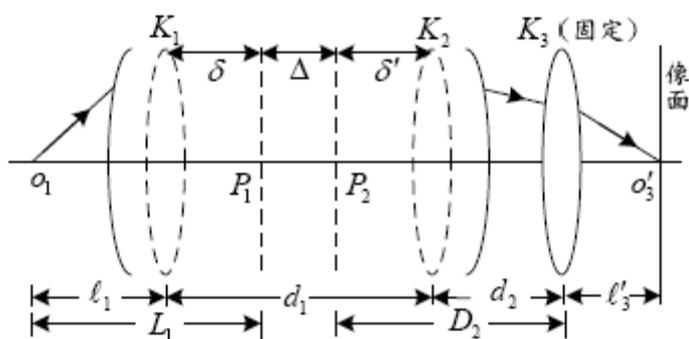
$$d_1 = F_1 + F_2 - \frac{F_1F_2}{F_{12}}, \quad (6)$$

$$d_2 = -\left(\frac{1}{M_3} - 1\right)F_3 + \left(1 - \frac{d_1}{F_1}\right)F_{12}. \quad (7)$$

因為在變焦時第三群是固定不動的，所以 M_3 是常數。F 因此和 F_{12} 成比例。在變焦過程中，我們改變 F 即可得到 F_{12} ， d_1 和 d_2 。

2.有限物距系統

若為有限物距系統，如圖二所示，組合鏡組的物像距離必須保持定值，相關方程式如下：



圖二

$$T_{12} = \left(2 - M_1 - \frac{1}{M_1}\right) f_1 + \left(2 - M_2 - \frac{1}{M_2}\right) f_2$$

$$= (2 - M_{12} - \frac{1}{M_{12}}) f_{12} + \Delta$$

$$\delta = \frac{K_2 d_1}{K_{12}}$$

$$\delta' = -\frac{K_1 d_1}{K_{12}}$$

$$\Delta = d_1 + \delta' - \delta = -\frac{K_1 K_2 d_1^2}{K_{12}}$$

$$M = M_{12} M_3$$

$$L_1 = \ell_1 + \delta = \left(\frac{1}{M_{12}} - 1\right) f_{12}$$

$$D_2 = d_2 - \delta'$$

其中 T_{12} 為一定值，由起始設計條件給定。重新整理，可得

$$T_{12} = \left(2 - M_{12} - \frac{1}{M_{12}}\right) f_{12} - \frac{K_1 K_2 d_1^2}{K_{12}}$$

$$K_{12} = K_1 + K_2 - d_1 K_1 K_2$$

變焦時， M_{12} 改變，利用上兩式可得

$$d_1 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = K_1 K_2$$

$$b = -T_{12} K_1 K_2$$

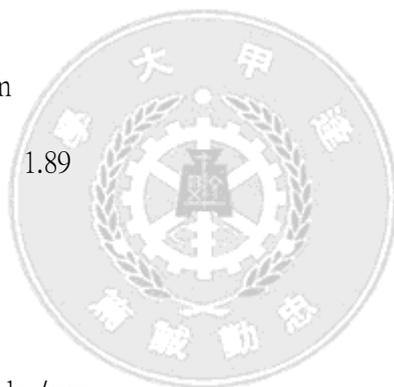
$$c = T_{12} (K_1 + K_2) - \left(2 - M_{12} - \frac{1}{M_{12}} \right)$$

而 l_1 、 d_2 與 l_3 等參數，可由相關式子解出。

設計實例:

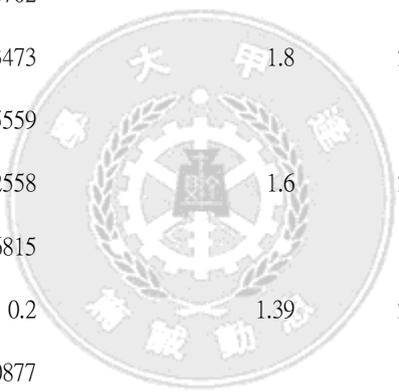
系統規範

波段範圍	可見光
有效焦距	3.61mm~6.79mm
變倍比 Γ	1.89
F/#	3.5~6.6
半視場角	25°
MTF	軸上 >0.4 at 100 lps/mm 離軸 >0.3 at 100 lps/mm
畸變	<5%

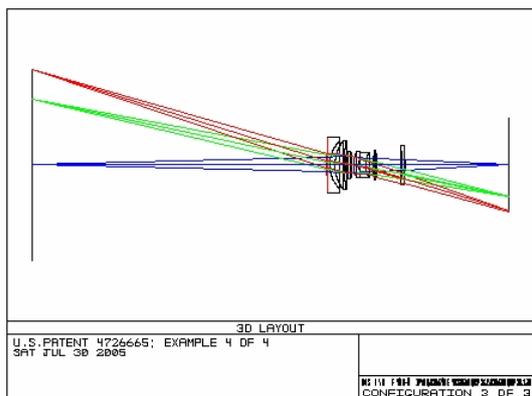


物在20mm處之data

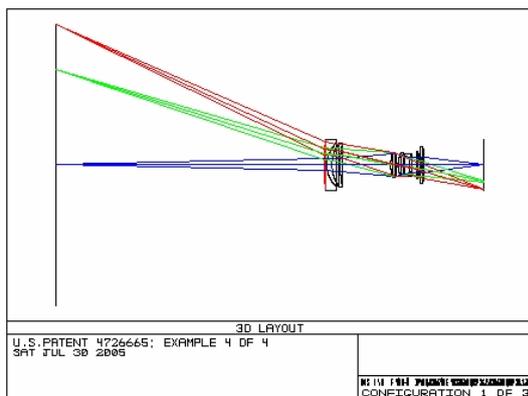
surface	radius(mm)	thickness(mm)	refractive index	Abbe number
		20		
1	29.20846	0.18	1.83	55.9
2	2.199166	0.379		
3	2.852886	0.5972	1.81	37.8
4	7.897786	0.11		
5	2.94297	0.3494	1.74	48.4
6	-57.35542	0.1		
7	infinite	0.1		
8	1.862013	0.3918	1.67	77.2
9	6.828467	0.0702		
10	-50.774321	0.3473	1.8	26.2
11	1.501318	0.5559		
12	17.394651	0.2558	1.6	27.7
13	-3.616553	1.6815		
14	-8.95955	0.2	1.39	25.4
15	-19.171637	7.020877		



3D layout圖:

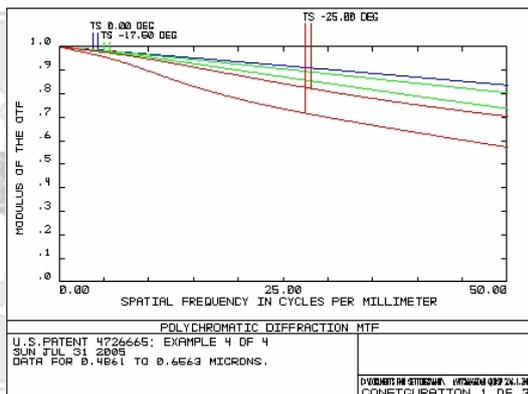
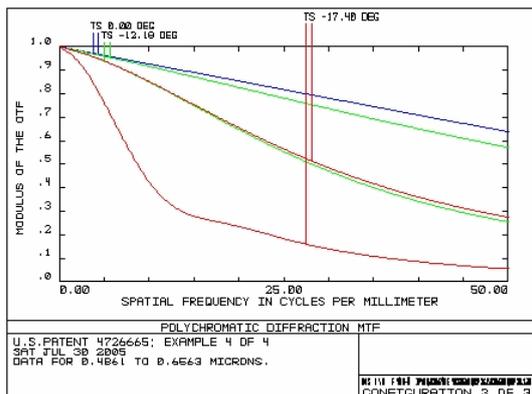


長焦

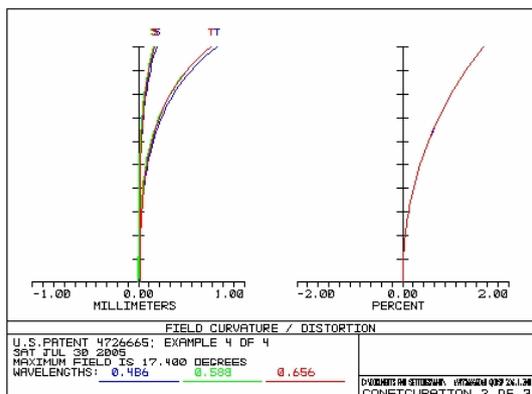


短焦

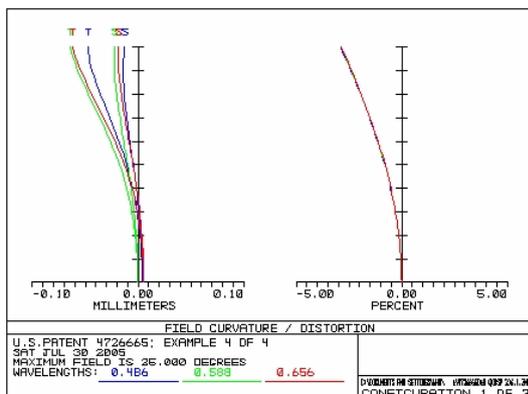
MTF 圖:



場曲和畸變圖:

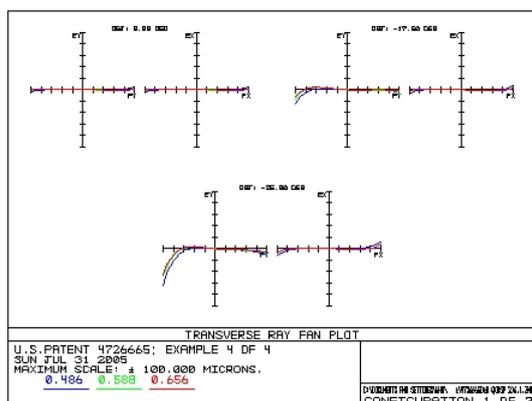


長焦

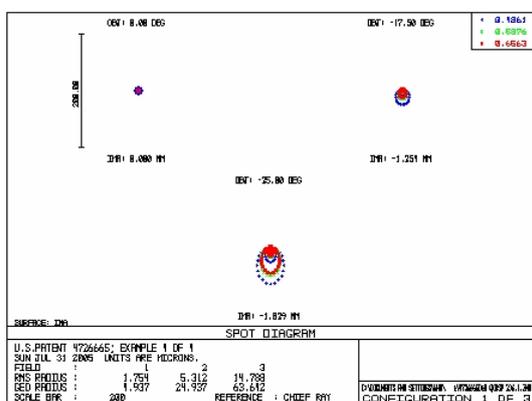


短焦

Ray Fan 圖:



Spot Diagram:



結論:

因為工業用內視鏡大部分是用於引擎或其他機械設備的檢測上，所以一般的需求都是在有限物距，本篇成功模擬出有限物距在 20mm 之變焦鏡頭，由以上 MTF 圖可得知只有在長焦離軸的部份較系統需求差一些，短焦部分在半視場角和 0.7 視場角都可達到系統需求，由以上的畸變圖可得知長焦和短焦的畸變都有再 5% 的可接受範圍內。整體來說已經是不錯的結果，在未來設計上，我們將朝更高解析度和可

生產性邁進，並適度減小體積，使系統能更輕巧化。

參考資料:

1. M. S. Yeh, S. G. Shiue, and M. H. Lu, “First-order analysis of a three-lens zoom system with the last lens fixed” , Journal of Modern Optics, Vol. 45 No. 2, pp.363-375, 1998.
2. Warren J. Smith, “Modern Optical Engineering” , 3rd edition, McGraw-Hill, New York, 2000.
3. ZEMAX User’ s Guide, Version 9.0, pp.264 - pp.284 。
4. 王俊勛， “繞射/折射複合型變焦鏡組之設計與量測” ，國立交通大學，碩士論文，民國九十二年六月。
5. 陶純堪， ” 變焦距光學系統設計” ,北京理工大學出版社，1988
6. 秦寬忠， 「變焦距物鏡像差平衡之研究碩士論文」 ，國立中央大學光電所，碩士論文，民國84 年。