

第二十五章 抬頭顯示器 (Heads-Up Display)

抬頭顯示器是使用於飛機的駕駛座艙，極射線管成像於飛行員眼中。它就像是巨大的目鏡，具有位於飛行員眼睛的出射瞳孔。這個瞳孔需足夠大以包含雙眼且允許某些頭戴裝置。如此系統的典型規格為：

入射瞳孔直徑	6 吋
瞳孔到透鏡距離	25 吋
角解析度	
中心	1 分弧度
邊緣	3 分弧度
視野	25 °
即時視野	20 °
最大畸變	5%

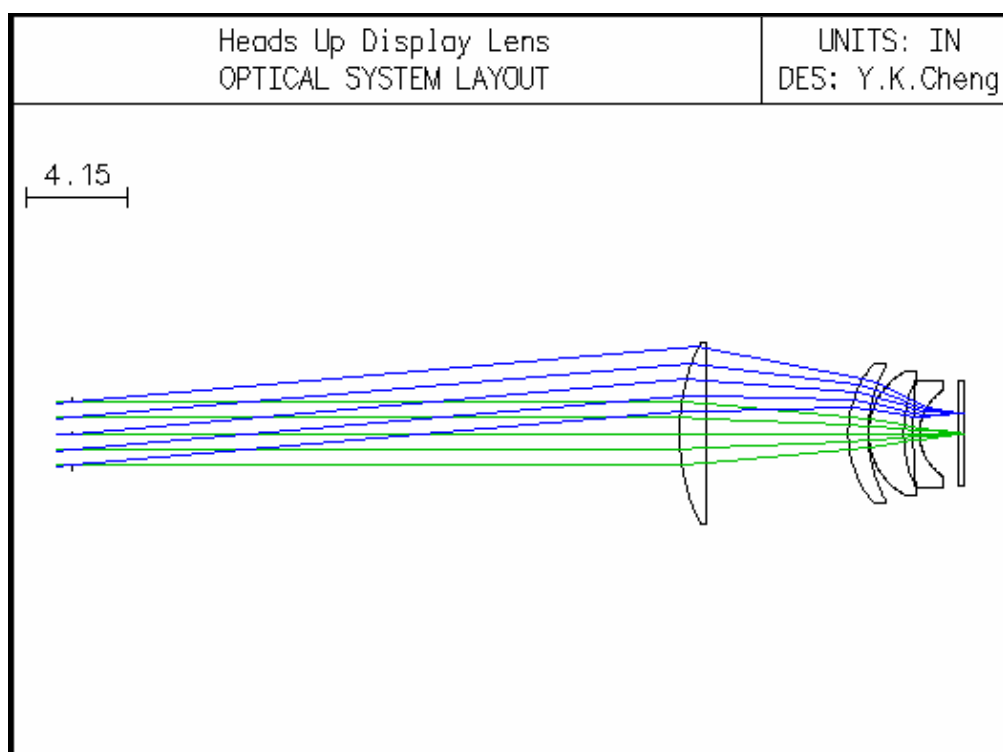
對於這個系統，可以假定有二個相距 65mm 直徑 8mm 的瞳孔。不移動頭部時單眼所見被歸為“即時視野”。由於光學元件尺寸的限制，通常必須移動頭部一點以看見全部的 CRT 顯示。

由於駕駛艙的尺寸限制，直線系統是不適用的。透鏡組必須轉折以適合擁擠的駕駛艙。圖 25-1 顯示一個典型的抬頭顯示器（也可以參見 Rogers, 1980）。由於其設計與 24.5 吋直徑 CRT 使用且具有視角 25 °，焦距變成 9.585。設計資料給在表 25-1。

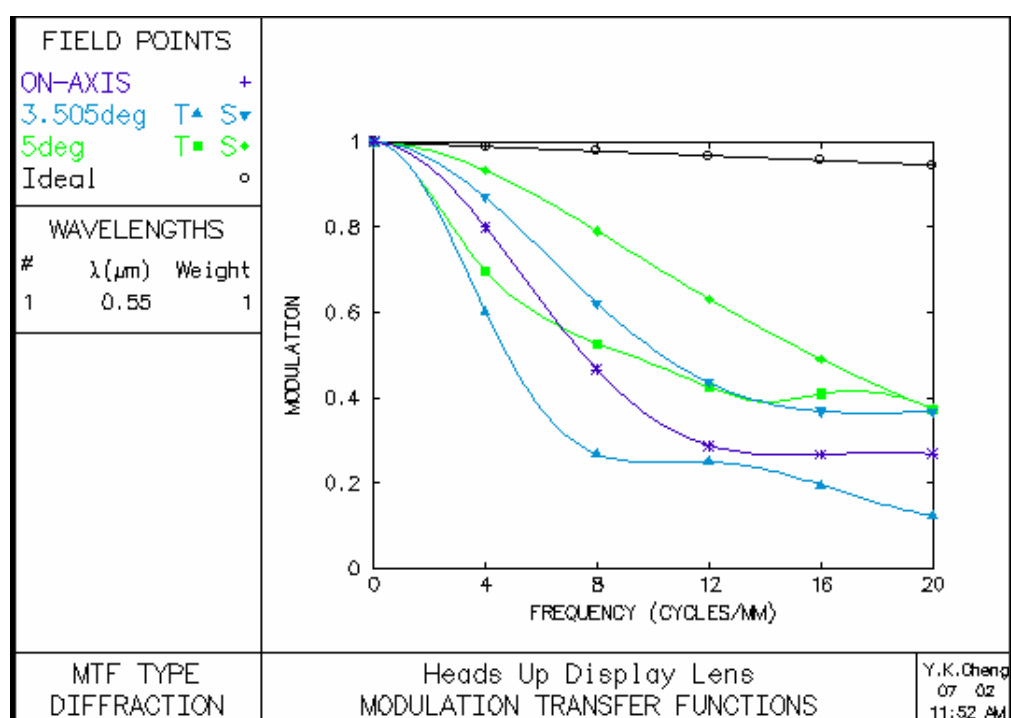
SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+14	8.7489e+12	AIR
AST	0.000000	25.000000	1.300000 A	AIR
2	8.673700	1.113000	3.740000	SK16 C
3	0.000000	5.847000	3.740000	AIR
4	4.490500	0.821000	2.885000	SF6 C
5	5.663100	0.021000	2.710000	AIR
6	2.911000	1.448000	2.550000	SK16 C
7	5.464700	0.387000	2.230000	AIR
8	24.907200	0.263000	2.200000	SF6 C
9	2.121000	1.602000	1.775000	AIR
10	0.000000	0.189000	2.150000	K5 C
11	0.000000	0.042002	2.150000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.838540 S	

表 25-1 抬頭顯示器透鏡

第一鏡面到像距為 11.692。第一與第二透鏡的空間允許置入一反射鏡來折疊光學系統以便於包裝進駕駛艙。最後的 K5 玻璃元件為 CRT 平面。由於色差修正的困難度，這種系統通常設計為使用窄頻 CRT 螢光。在這個例子中心波長為 $0.55 \mu\text{m}$ ，且具有位於 0.54 與 $0.56 \mu\text{m}$ 的半功率點。如此窄頻寬具有另一優點。這些系統通常置於使 CRT 影像從飛機擋風玻璃反射進入駕駛員眼中。為了達到

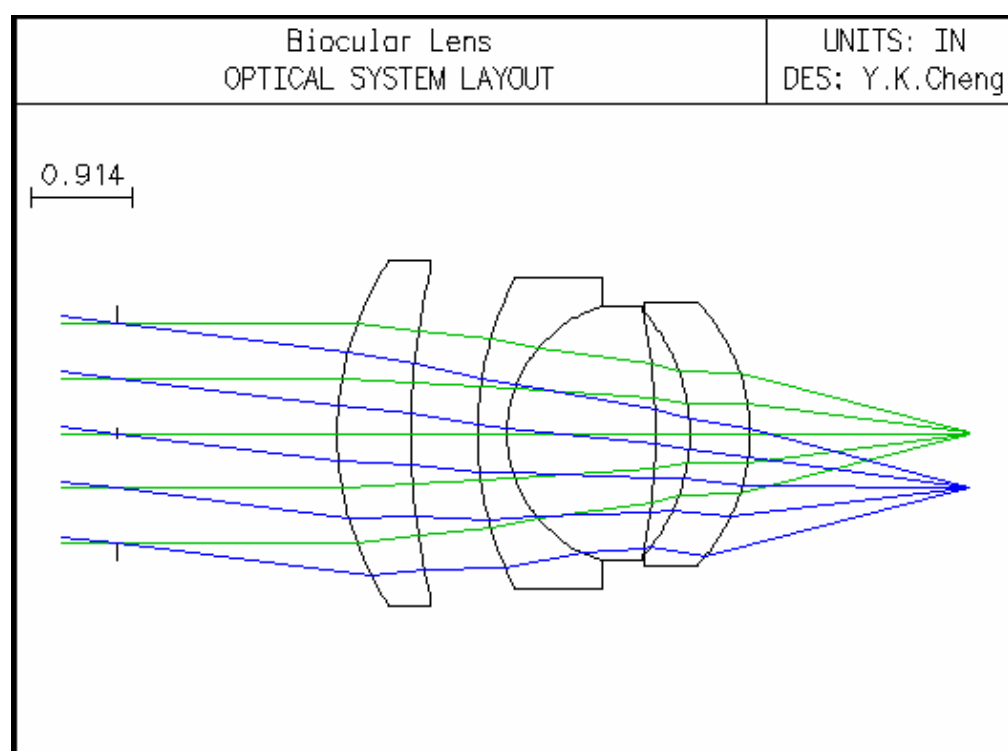


(a)

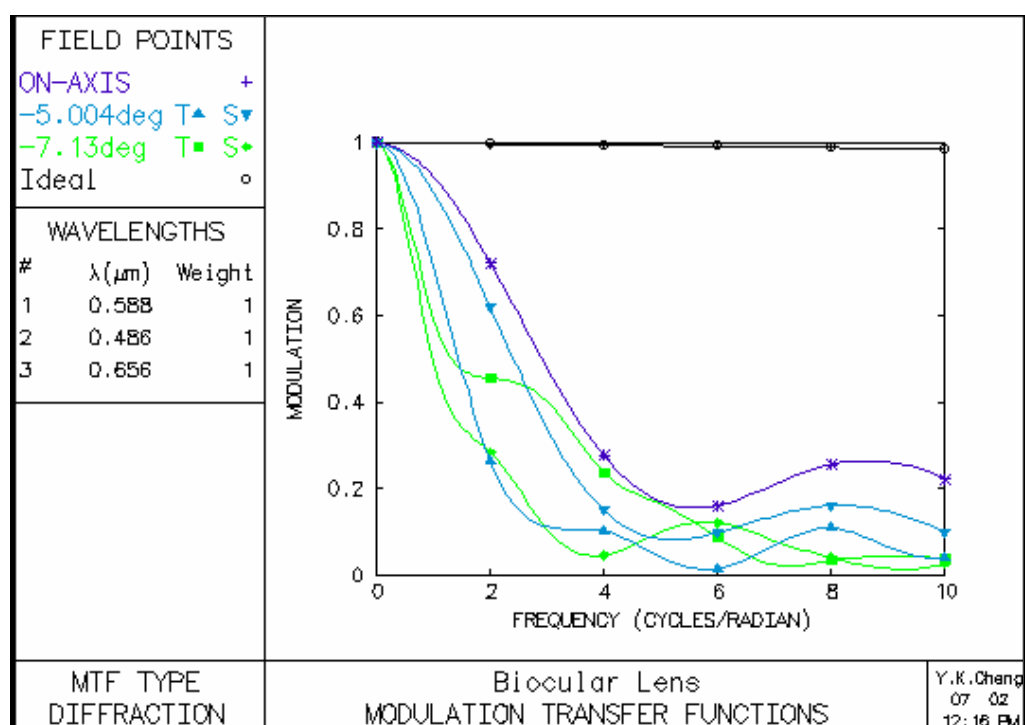


(b)

圖 25-1 (a) 抬頭顯示器透鏡 (b) 系統 MTF



(a)



(b)

圖 25-2 (a) 雙目望遠鏡透鏡 (b) 系統 MTF

在擋風玻璃上最小的穿透能量損失。擋風玻璃（或是非常接近它的分光器）上有窄頻的介電反射鍍膜。

從圖 25-1 的覓跡，注意到在左眼位置 8mm 直徑的瞳孔可視向左 5° 以及向右 10°。右眼亦同。因此我們說顯示器具有 20° 的即時視角。藉由移動頭部於一 6 吋直徑的圓，可看見 25° 全視野。畸變=3%。

由於放置瞳孔，不只電腦程式需有能力置放瞳孔，且要能夠覓跡除了子午面視角以外的正負視角。在上面的例子中，使用了九個視角，七個在經緯面及二個在子午面。視野中央的解析度為一分弧度。在邊緣解析度受到慧差而降低。

雙目望遠鏡與抬頭顯示器有許多方面相似。然而，使用者的眼睛比抬頭顯示器要接近的多。雙目望遠鏡使用於不同種類的視覺裝置，其中要求相對低功率的目鏡且雙眼能夠方便地觀看。如使用抬頭顯示器，電腦程式必須要能夠平移入射瞳孔以及在經緯和子午面上覓跡物體。圖 25-2 顯示一個焦距為 4 的雙目望遠鏡。從第十章的放大率公式；

$$M = \frac{10 + 4}{4} = 3.5$$

這個透鏡具有視覺修正且涵蓋直徑為 1 的物體。光線從 5mm 瞳孔直徑，距透鏡中心線 32.5mm 處覓跡。表 25-2 列出透鏡資料。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+14	1.2509e+13	AIR
AST	0.000000	2.000000	1.000000 A	AIR
2	2.852200	0.669000	1.570000	PK2 C
3	6.492000	0.602000	1.500000	AIR
4	3.053200	0.268000	1.405000	F6 C
5	1.196800	1.346000	1.150000	PK2 C
6	-5.649500	0.312000	1.150000	AIR
7	-1.680300	0.544000	1.100000	BALF4 C
8	-1.728800	1.987000	1.195000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.519199 S	

表 25-2 雙目望遠鏡透鏡

第一鏡面到像距為 5.728。

視角位置 1 和 4 的 MTF 值畫在表 25-1b。

離軸的解析度遠優於近軸的解析度是有趣的。原因可以從光線覓跡中看出。注意到近軸物體發出的光線行經透鏡邊緣，同時視野邊緣物體所發出的光通過接近透鏡中心。

參考文獻

- JEDEC Pub. 16-C. (1988). Optical Characteristics of Cathode Ray tubes, Electronic Industries Association, Washington, DC.
- Rogers, P. J. (1980). Modified Petzval lens, U.S. Patent 4232943.