

紧凑型共形光学系统

申请号：[201210281036.2](#)

申请日：2012-08-08

申请(专利权)人 [中国科学院长春光学精密机械与物理研究所](#)

地址 [130033 吉林省长春市东南湖大路3888号](#)

发明(设计)人 [虞林瑶 魏群 姜湖海 张天翼 贾宏光](#)

主分类号 [G02B27/00\(2006.01\)I](#)

分类号 [G02B27/00\(2006.01\)I](#) [G02B17/08\(2006.01\)I](#) [G02B3/02\(2006.01\)I](#)

公开(公告)号 [102798976A](#)

公开(公告)日 [2012-11-28](#)

专利代理机构 [长春菁华专利商标代理事务所 22210](#)

代理人 [王淑秋](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102798976 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 20

(21) 申请号 201210281036. 2

(22) 申请日 2012. 08. 08

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 虞林瑶 魏群 姜湖海 张天翼 贾宏光

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G02B 27/00 (2006. 01)

G02B 17/08 (2006. 01)

G02B 3/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6462889 B1, 2002. 10. 08, 说明书第 3 栏

倒数第 2 段, 第 4 栏第 3-4 段及附图 2.

US 5946143 A, 1999. 08. 31, 全文.

US 6201230 B1, 2001. 03. 13, 全文.

孙金霞等. 共形整流罩像差特性分析及校正方法. 《应用光学》. 2008, 第 29 卷 (第 5 期), 第 713-717 页.

魏群等. 超音速光学导引头整流罩的形状优化. 《光学 精密工程》. 2010, 第 18 卷 (第 2 期), 第 384-388 页.

审查员 王硕

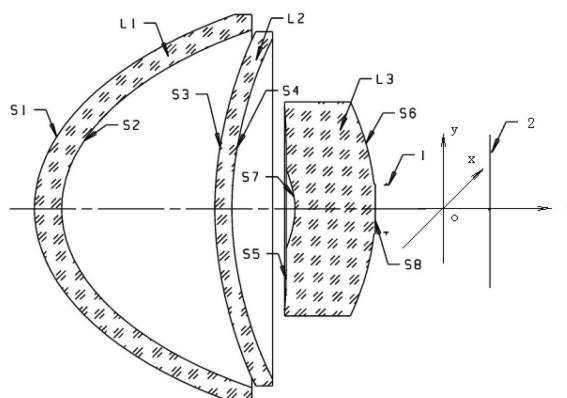
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

紧凑型共形光学系统

(57) 摘要

本发明涉及一种紧凑型共形光学系统, 该系统包括整流罩, 固定校正透镜组, 一体式折返透镜和光阑; 所述一体式折返透镜前表面外环区域 s5 为透射面, 中心圆区域 s7 为内反射面; 一体式折返透镜的后表面外环区域 s6 为内反射面, 中心圆形区域 s8 是透射面; 光线经过整流罩后到达固定校正透镜组, 由固定校正透镜组完成对光线相位的校正; 透过固定校正透镜组的光线先从一体式折返透镜前表面外环区域 s5 入射, 到后表面外环区域 s6 时发生内反射, 再到前表面中心区域 s7 又发生内反射, 最后经后表面中心区域 s8 出射; 经过一体式折返透镜后出射的光线经过光阑后在探测器面成像。本发明共形光学镜头具有结构简单紧凑, 装调容易, 而且稳定性高的优点。



1. 一种紧凑型共形光学系统,包括整流罩(L1),固定校正透镜组,其特征在于还包括一体式折返透镜(L3)和光阑(1);所述一体式折返透镜(L3)前表面外环区域(s5)为透射面,中心圆区域(s7)为内反射面;一体式折返透镜(L3)的后表面外环区域(s6)为内反射面,中心圆形区域(s8)是透射面;光线经过整流罩(L1)后到达固定校正透镜组,由固定校正透镜组完成对光线相位的校正;透过固定校正透镜组的光线先从一体式折返透镜(L3)前表面外环区域(s5)入射,到后表面外环区域(s6)时发生内反射,再到前表面中心区域(s7)又发生内反射,最后经后表面中心区域(s8)出射;经过一体式折返透镜(L3)后出射的光线经过光阑(1)后在探测器面成像;固定校正透镜组包含一片固定校正透镜(L2);整流罩(L1)的光焦度 $1/f_1$ 为负,固定校正透镜(L2)的光焦度 $1/f_2$ 为负,一体式折返透镜(L3)的光焦度 $1/f_3$ 为正;整流罩(L1)的外曲面(s1)和内曲面(s2)均为椭球面;固定校正透镜(L2)为弯月形负透镜,其前表面(s3)、后表面(s4)均为非球面;一体式折返透镜(L3)的4个光学表面(s5)、(s6)、(s7)、(s8)均为非球面;各透镜的焦距与整个光学系统的焦距 f 比率按以下要求:

$$-10 < f_1/f < -30$$

$$-10 < f_2/f < -20$$

$$0.6 < f_3/f < 0.8$$

$$0.9 < F/D < 2.1$$

其中 f 为整个光学系统的焦距, f_1 、 f_2 、 f_3 分别为整流罩(L1)、固定校正透镜(L2)、一体式折返透镜(L3)的焦距, F/D 为整个光学系统的焦比值。

2. 根据权利要求1所述的紧凑型共形光学系统,其特征在于所述一体式折返透镜(L3)可绕光轴上的一旋转中心(o)转动,从而对不同目标视场成像。

3. 根据权利要求1所述的紧凑型共形光学系统,其特征在于所述的固定校正透镜(L2)和一体式折返透镜(L3)的表面非球面满足如下函数:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^4 + a_3r^6 + a_4r^8 + a_5r^{10} + a_6r^{12}$$

其中 z 为以各非球面与光轴交点为起点且平行光轴方向的轴向值, k 为 Conic 系数, c 为镜面中心曲率半径的倒数, r 为镜面中心高度; A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 为非球面系数。

4. 根据权利要求3所述的紧凑型共形光学系统,其特征在于各结构参数如表1、表2所示。

紧凑型共形光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学器件,特别涉及一种用于飞行器窗口的共形光学镜头。

背景技术

[0002] 目前,传统的飞行器整流罩一般为球形,这样对后面成像光学系统设计的较为简单,但当飞行器的速度达到几个马赫时,由于气动加热会在飞行器整流罩的顶端和边缘温度驻点,对视场内的图像形成干扰噪声,严重时可导致无法识别目标。另外球形整流罩在高速下,其空气阻力非常大,严重限制了飞行器的速度和航程。而共形飞行器整流罩采用的是流线型的曲面代替传统的球面,包括二次曲面、非球面和其它能提高飞行性能的各种几何表面。由于共形整流罩具有良好的气动特性,可以很好的克服上述球形整流罩的缺点,提高了飞行器的速度与航程,而且还具有很好的隐身能力。但由于共形窗口曲率随视场变化,使得各个视场的像差的都不同,增加了成像光学系统设计的难度。

[0003] 为了消除像差随视场变化带来的影响,获得好的成像质量,主要有三种校正的方法,一是采用旋转的 Zernike 光楔,表面的面型是由 Zernike 多项式来表示;另一种是采用可变形的反射镜来矫正,随着视场的变化反射镜的表面形状可以相应改变来达到校正像差的目的;第三种是采用固定的校正片来实现像差的校正,这种方法是通过在整流罩和成像系统之间加入一片透镜,在这三种方法中,此种结构最为简单,也最易实现。

[0004] 针对位于固定校正片之后的成像系统,通常有两种结构:一种是采用折返式结构,这种结构的优点是光路结构紧凑,系统总长短,但是该系统的缺点是反射镜的次镜装调困难以及次镜支撑的稳定性与遮光面积之间的矛盾;另一种结构是采用透射式结构,其优点是没有遮拦以及装调简单,但缺点是系统较长,透镜数目较多,结构复杂。

[0005] 因此,有必要提出一种新的方案克服上述缺点。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种结构紧凑,装调容易,而且稳定性高的紧凑型共形光学系统。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明的紧凑型共形光学系统包括整流罩,固定校正透镜组,一体式折返透镜和光阑;所述一体式折返透镜前表面外环区域为透射面,中心圆区域为内反射面;一体式折返透镜的后表面外环区域为内反射面,中心圆形区域是透射面;光线经过整流罩后到达固定校正透镜组,由固定校正透镜组完成对光线相位的校正;透过固定校正透镜组的光线先从一体式折返透镜前表面外环区域入射,到后表面外环区域时发生内反射,再到前表面中心区域又发生内反射,最后经后表面中心区域出射;经过一体式折返透镜后出射的光线经过光阑后在探测器面成像。

[0008] 有益效果:本发明一体式折返透镜将主反射镜和次反射镜集成在一个透镜上,这样不仅免去了困难的次镜的装调,而且也免去了次镜的支架,在增加光学系统通光量的同时提高了次镜成像的稳定性,这相当于将次镜装调的难度转嫁给加工,而现在由于单点金

刚石车床的应用,其精度完全可以达到要求。本发明共形光学镜头具有结构简单紧凑,装调容易,而且稳定性高的优点。

[0009] 所述一体式折返透镜可绕光轴上的一旋转中心转动,从而对不同目标视场成像;

[0010] 由于一体式折返透镜可以绕一个中心点旋转,从而可以对不同目标视场扫描成像,大目标视场成像质量优良。

[0011] 所述固定校正透镜组包含一片固定校正透镜。

[0012] 本发明光学系统可以仅采用一片固定校正透镜来调整因共形整流罩产生的相位不均,针对成像系统采用了一体式的折返透镜,在缩短光学系统总长度的同时还大大简化了光学系统的结构。整个共形光学系统仅有三片透镜组成,非常紧凑和简单,整个光学系统的装调也非常容易。

[0013] 所述整流罩的光焦度 $1/f_1$ 为负,固定校正透镜的光焦度 $1/f_2$ 为负,一体式折返透镜的光焦度 $1/f_3$ 为正。

[0014] 整流罩的主要作用是为飞行器提供好的气动外形,减少飞行时的空气阻力;固定校正透镜的作用是校正整流罩不规则形状产生的像差;一体式折返透镜的作用是进一步校正固定校正透镜不规则形状产生的剩余像差,并且对某一个目标视场内的物体进行成像。

[0015] 所述整流罩的外曲面和内曲面均为椭球面。

[0016] 所述固定校正透镜为弯月形负透镜,其前表面、后表面均为非球面。

[0017] 所述一体式折返透镜的 4 个光学表面均为非球面。

[0018] 整流罩产生大量的像散和慧差,经过固定校正透镜之后仍有较大残留,需要一体式折返透镜采用非球面进行校正。

[0019] 所述各透镜的焦距与整个光学系统的焦距 f 比率按以下要求:

[0020] $-10 < f_1/f < -30$

[0021] $-10 < f_2/f < -20$

[0022] $0.6 < f_3/f < 0.8$

[0023] $0.9 < F/D < 2.1$

[0024] 其中 f 为整个光学系统的焦距, f_1 、 f_2 、 f_3 分别为整流罩、固定校正透镜、一体式折返透镜的焦距, F/D 为整个光学系统的焦比值。

[0025] 在各透镜的焦距与整个光学系统的焦距 f 比率满足上述条件下,整个光学系统传函在 17lp/mm 处达到 0.5 以上、点斑大小接近衍射极限。

[0026] 所述的固定校正透镜和一体式折返透镜的表面非球面满足如下函数:

$$[0027] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^4 + a_3r^6 + a_4r^8 + a_5r^{10} + a_6r^{12}$$

[0028] 其中 z 为以各非球面与光轴交点为起点且平行光轴方向的轴向值, k 为 Conic 系数, c 为镜面中心曲率半径的倒数, r 为镜面中心高度; A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 为非球面系数。

[0029] 光阑位于一体式折返透镜的后方,与一体式折返透镜的出射面的距离为 0~30mm。

附图说明

[0030] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0031] 图 1 是本发明的紧凑型共形光学系统在零度目标视场的结构图。

[0032] 图 2 是本发明的紧凑型共形光学系统在大目标视场的结构图。

[0033] 图 3 是非球面侧视图。

[0034] 图 4 是本发明的紧凑型共形光学系统实施例 1 中的在零度目标视场光学传递函数 mtf 图。

[0035] 图 5 是本发明的紧凑型共形光学系统实施例 1 中的在零度目标视场点斑图。

[0036] 图 6 是本发明的紧凑型共形光学系统实施例 1 中的在大目标视场光学传递函数 mtf 图。

[0037] 图 7 是本发明的紧凑型共形光学系统实施例 1 中的在大目标视场点斑图。

具体实施方式

[0038] 如图 1 所示,本发明的紧凑型共形光学系统包括共形整流罩 L1、固定校正透镜 L2、一体式折返透镜 L3 和光阑 1。固定校正透镜 L2 位于整流罩 L1 后方,用于对经过整流罩 L1 后的光线的相位进行调整,其数目至少为一片。一体式折返透镜 L3 位于固定校正透镜 L2 的后方。只需要对零度目标视场进行成像时,一体式折返透镜 L3 安装固定在主光轴 z 上即可;需要对大目标视场进行成像时,一体式折返透镜 L3 可以以主光轴上的一点 o 为中心同时绕 x 轴和 y 轴旋转,实现对不同的目标视场成像;其中 o 为 xyz 直角坐标系的原点,主光轴方向为 z 轴方向。光阑 1 位于一体式折返透镜 L3 的后方。

[0039] 其中整流罩 L1 的光焦度 $1/f_1$ 为负,固定校正透镜 L2 的光焦度 $1/f_2$ 为负,一体式折返透镜 L3 的光焦度 $1/f_3$ 为正,其中各透镜的焦距与整个光学系统的焦距 f 比率按以下要求:

[0040] $-10 < f_1/f < -30$

[0041] $-10 < f_2/f < -20$

[0042] $0.6 < f_3/f < 0.8$

[0043] $0.9 < F/D < 2.1$

[0044] 其中整个光学系统的焦距为 f, f_1 、 f_2 、 f_3 分别为 L1、L2、L3 的焦距。

[0045] 由实验可以测定,整个光学系统在满足上述条件下,其传函在 17lp/mm 处达到 0.5 以上、点斑大小接近衍射极限。

[0046] 整流罩 L1 的外表面 s1 为有优良气动特性的二次曲面,内表面 s2 为椭球面。整流罩 L1 的外表面 s1 和内表面 s2 还可以采用其他能提高飞行性能的各种几何表面。固定校正透镜 L2 为弯月形负透镜,前后表面 s3、s4 均为非球面。一体式折返透镜由单块光学材料对前后两个表面分别进行加工,形成 4 个光学表面,均为非球面,前后各两个。按光线经过的顺序可以将这四个表面记为 s5、s6、s7、s8。其中前表面中心圆区域为 s7,是内反射面,外环区域为 s5,为透射面;后表面中心圆形区域是 s8,是透射面,外环区域是 s6,为内反射面。

[0047] 下面对本光学系统的光路进行简要描述:

[0048] 光线经过整流罩外表面 s1、内表面 s2,到达固定校正透镜表面,从凸面 s3 入射然后从凹面 s4 出射,完成对光线相位的校正。成像时先从一体式折返透镜前表面外环区域 s5 入射,到后表面外环区域 s6 时,发生内反射到前表面中心区域 s7,又发生内反射,反射到后表面的中心区域 s8,此时光线出射,通过光阑 1 后在探测器像面成像。经过多次折射和反射,缩短了系统的总长,很好的矫正了各种轴上及轴外像差。

[0049] 上述非球面面形满足如下函数：

$$[0050] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^4 + a_3r^6 + a_4r^8 + a_5r^{10} + a_6r^{12}$$

[0051] 其中 z 为以各非球面与光轴交点为起点且平行光轴方向的轴向值, k 为 Conic 系数, c 为镜面中心曲率半径的倒数, r 为镜面中心高度; A_2 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 为非球面系数

[0052] 以下仅是作为本发明的一个优选实例, 选用的镜头焦距为 90mm, 焦比值 (F/D) 为 1.86, 全镜头总长 124mm, 半瞬时视场 2.44° , 半目标视场 30° , 设计结果显示光学传递函数在 17lp/mm 处大于 0.45, 几何点斑均匀, 接近衍射极限, 表明成像质量优良。对照图 1 选取一系列较优数据如下表 1、表 2 所示。

[0053] 表 1

[0054]

	表面	曲率半径 c (mm)	Conic 系数 k	透镜厚度及 间距 (mm)	折射率	阿贝数
L1	S1	35	-0.75	8	1.38	106.2
	S2	30.957	-0.774	45		
L2	S3	101.754	-1.611	5	4.02	103.4
	S4	95.468	-3.370	15		
L3	S5	-3522.497	-2.685E4	26.08	4.02	103.4
	S6	-66.049	-4.609	-23.6		
	S7	-20.919	-4.301	23.6		
	S8	-119.390	-422.557	4.95		
1 (光阑)				19.8		

[0055] 其中, 表 1 中第五列的数据由上至下为: L1 的中心厚度 (即 S1 几何中心至 S2 几何中心之间的距离); S2 几何中心至 S3 几何中心之间的距离; L2 的中心厚度 (即 S3 几何中心至 S4 几何中心之间的距离); S4 几何中心至 S5 几何中心之间的距离; S5 几何中心至 S6 几何中心之间的距离; S6 几何中心至 S7 几何中心之间的距离; S7 几何中心至 S8 几何中心之间的距离。

[0056] 表 2

[0057]

表面	A4	A6	A8	A10
S3	-3.287E-007	1.151E-010	-8.071E-015	6.993E-019

S4	-1.130E-007	1.155E-010	-1.011E-014	1.495E-018
S5	5.843E-007	-9.222E-010	1.403E-013	-2.190E-016
S6	-9.689E-007	4.008E-010	-4.330E-013	1.051E-016
S7	1.390E-005	-7.26 1E-008	1.892E-010	-1.639E-013
S8	9.841E-007	4.300E-007	-3.608E-009	1.306E-011

[0058] 上述较佳实施例中整流罩 L1 采用的是 MGF2, 固定校正透镜 L2 及一体式折返透镜 L3 由于采用的都是非球面, 所以选用了易加工的 GERMANIUM 作为材料。

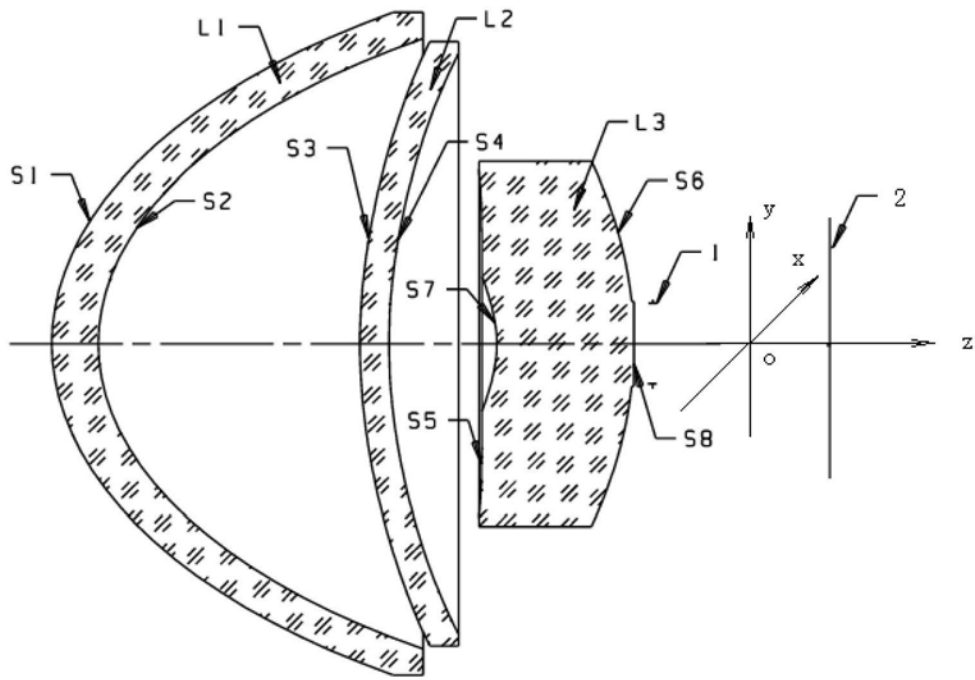


图 1

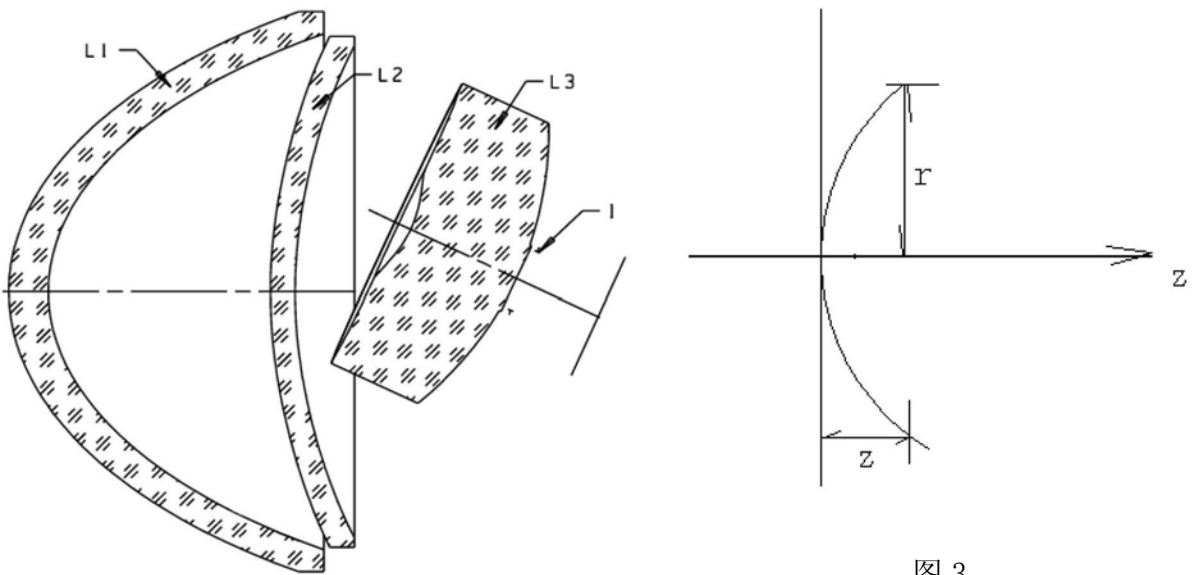


图 2

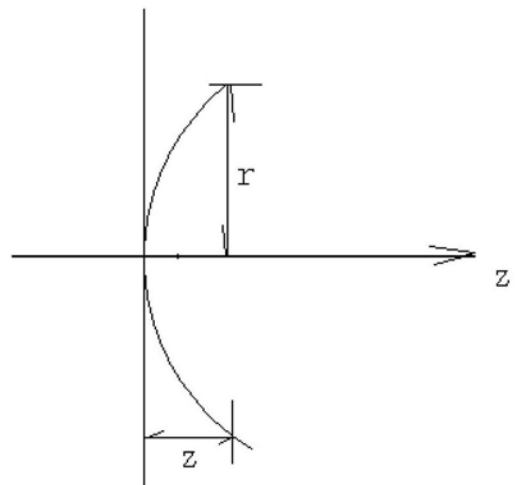


图 3

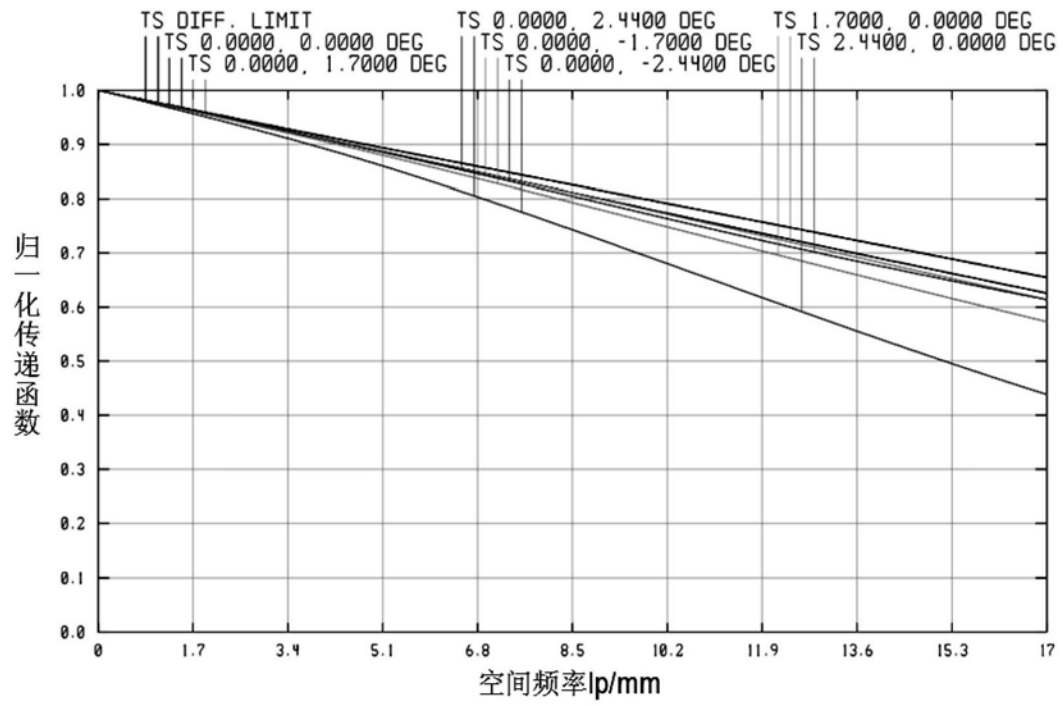


图 4

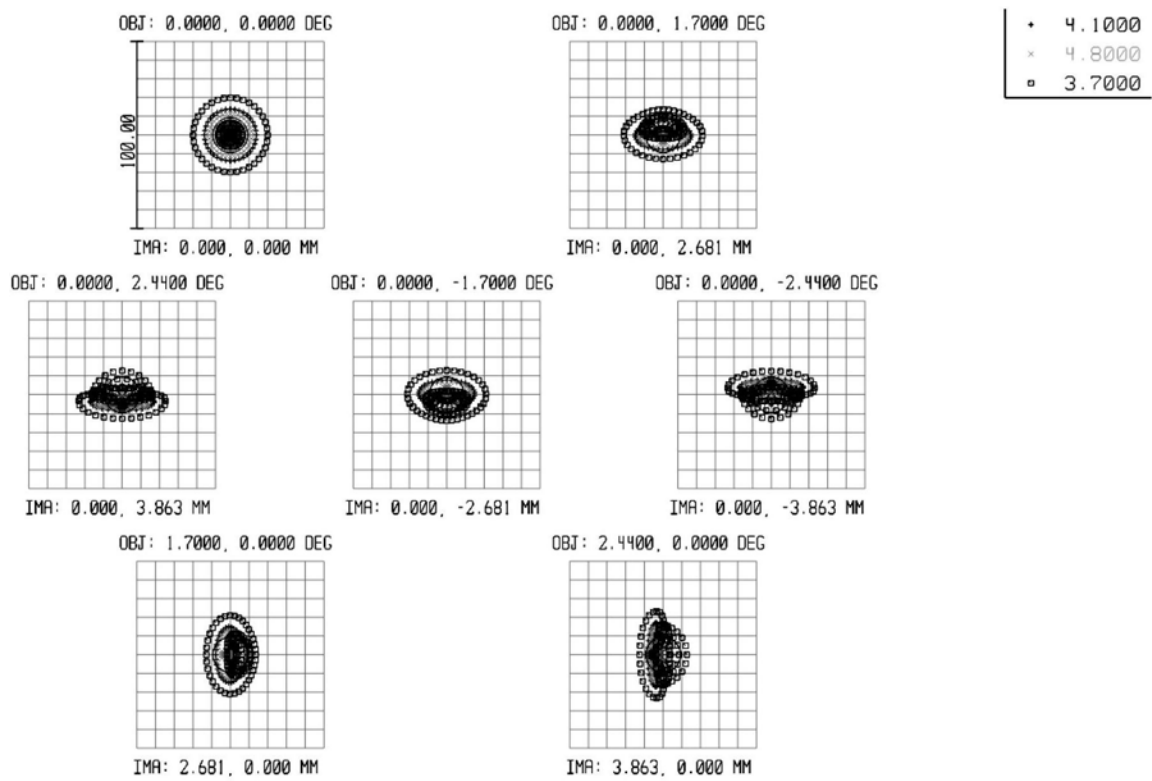


图 5

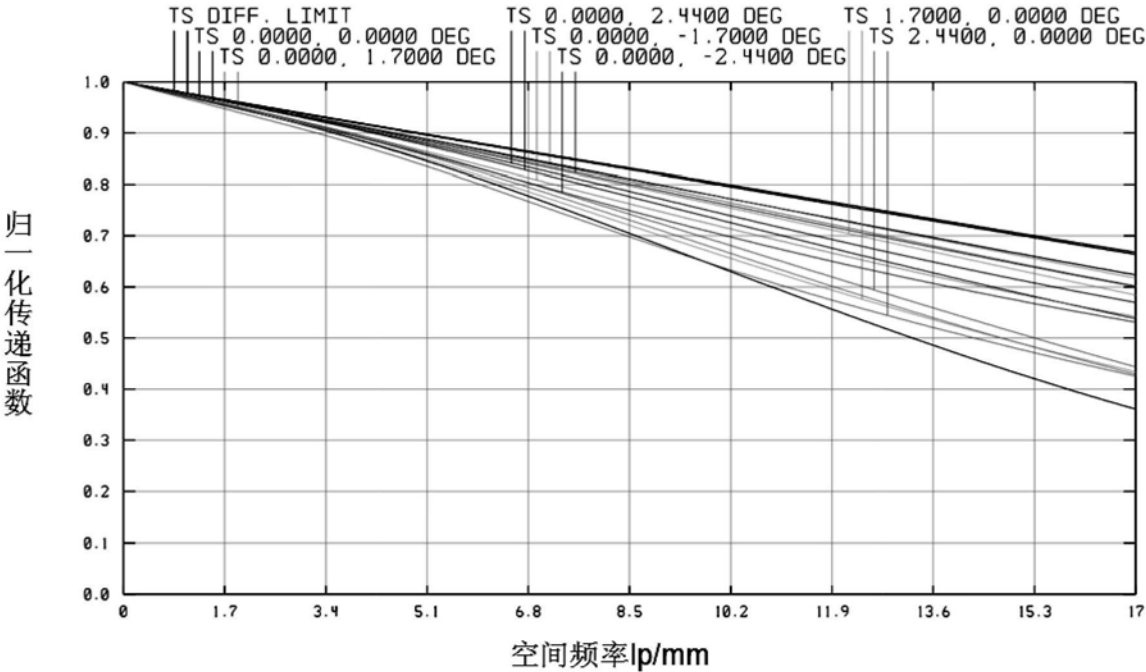


图 6

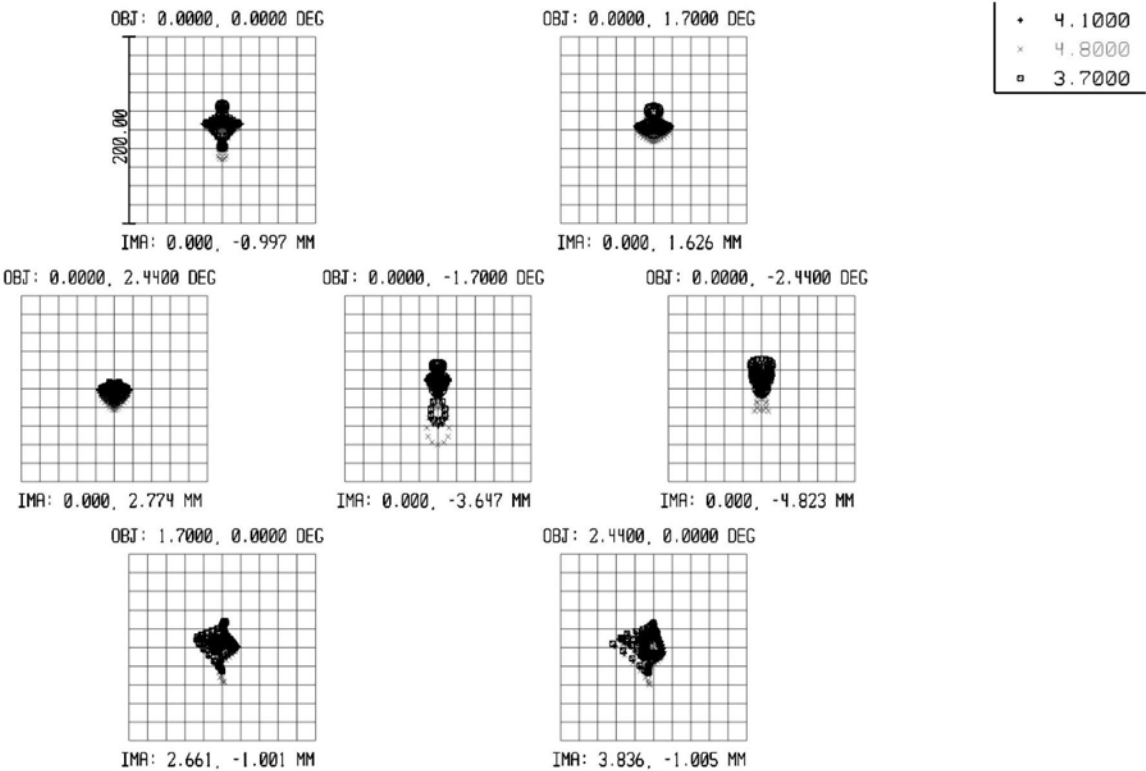


图 7