

文章编号: 1003-501X(2008)11-0001-03

一次成像折反射式步进变焦距物镜

史光辉

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘要: 设计了一个用于远距离监视电视的折反射式步进变焦距透镜。为使微光、白光和近红外三个波段共用一个光学系统, 提出一次成像折反射式变焦, 并进行了理论分析和给出了设计实例。克服了二次成像折反射式步进变焦方式二级光谱不能校正的缺陷, 并且杜绝了像面中心产生黑斑的可能, 结构也比较简单。

关键词: 折反射; 变焦距; 二级光谱

中图分类号: TN911.73, TB851

文献标志码: A

Once Imaging Catadioptric Step Zoom Lens

SHI Guang-hui

(Changchun Institute of Optical and Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: A catadioptric step zoom lens for remote supervision TV is designed. Once imaging catadioptric step zoom is proposed so that three bands such as weak light, white light and near infrared share the same optical system. Theory is explained in detail and design examples are displayed in the paper. The disadvantages that the secondary spectrum of reimaging catadioptric step zoom lens can not be corrected are overcome. Moreover, the black spots generated in image plane center are avoided and the structure is simple.

Key words: catadioptric; step zoom; secondary spectrum

1 引言

作者要设计一个用于远距离监视电视折反射式步进变焦距物镜。要求可用微光、白光和近红外三个波段切换应用。为了简化总体结构和降低成本, 作者想使三个波段共用一个光学系统, 这首先遇到的是二级光谱校正问题。按传统的办法, 采用二次成像折反射式步进变焦方式, 二级光谱不可能得到校正。经作者研究提出一次成像折反射式变焦方式, 成功地解决了二级光谱校正问题。

2 理论解释

二次成像方式是在主反射镜后边(牛顿式)或次镜后边(卡塞格林式)成一中间像。后边再加进有步进变焦功能的转像系统, 二级光谱就是由这一转像系统产生的。为估算二级光谱大小, 作者得出如下公式, 对近距离成像二级光谱 L_{CD} 可表示为

$$L_{CD} = (1 - m)^2 \frac{(p_1 - p_2)}{(v_1 - v_2)} f'$$

其中: f' 为转像系统的焦距, m 为该系统的倍率。对于普通光学玻璃 $(p_1 - p_2)/(v_1 - v_2)$ 接近一常数, 因此当 m 和 f' 确定后, 二级光谱是个定值。对于二次成像 m 为负数, 且 m 的绝对值大于或等于 1。一个两倍的步进变焦物镜通常应取 $m = -1$ 和 $m = -2$ (这有利于避免在像面中心出现黑斑现象。黑斑为次镜(卡塞格林式)

收稿日期: 2008-09-20; 收到修改稿日期: 2008-10-16

作者简介: 史光辉(1935-), 男(汉族), 研究员, 主要从事光学设计。E-mail: shidl@ccst.gov.cn

或小反射镜(牛顿式)的影像)。于是 $(1-m)^2$ 值为 4 和 9, 即比 $m=0$, 即为物在无限远时该系统的二级光谱的 4 倍和 9 倍。(通常估算二级光谱都指的是物在无限远的情况)这也就是二次成像折反射步进变焦距物镜产生较大或很大二级光谱的原因, 是过去设计经纬仪光学系统着重考虑过的问题。

但对一次成像系统, m 为正值, 如果取 $m=1$, 则 $(1-m)^2=0$, 即二级光谱为零, 如果取 $m=2$, 则 $(1-m)^2=1$, 即相当于物在无限远时的二级光谱。由此可见一次成像比二次成像要小得多。此外, 通过 $m=1$ 的焦距位置的选择(通常是虚的)还可以进一步成倍地降低二级光谱, 因为 $m=1$ 的焦距位置处在中间, 因此长焦距和短焦距的二级光谱反号。

3 设计实例

设计一个远距离监视电视的折反射式步进变焦距物镜:

焦距: 0.5 m、0.7 m、1 m 和 1.5 m;

相对孔径: F/2、F/2.8、F/4 和 F/6;

工作波段: 微光: 0.5 ~0.92 μm ;

白光: 0.4 ~0.7 μm ;

近红外: 0.78 ~1.1 μm ;

像面尺寸: 微光: 18 mm(对角线);

白光和近红外: 8 mm(对角线)。

设计方案见图 1。采用卡塞格林式, 用加倍率镜方式实现步进变焦, 主镜前边为一无光焦度透镜组, 在次镜后面为一负光焦度组, 它将来自前面的光线变为平行光。在此平行光路中加进倍率镜, 这样可以降低因倍率镜与系统的不同心对产生的像点移动的影响。图中虚线表示倍率镜, 它由分离的正组和负组组成。为减小后边透镜组的口径, 以利像差校正, 孔径光阑的位置应尽量选择靠后些, 这只有选择在消杂光筒的前口径上, 即产生平行光的负组前边。 $m=1$ 的焦距选在相当于焦距等于 1.1 m 处, 这是想使 1.5 m 焦距的二级光谱更小些。

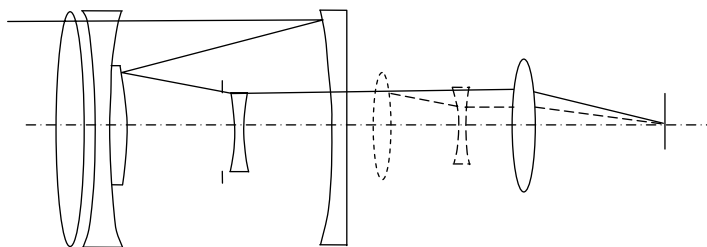


图 1 一次成像折反射式步进变焦距物镜示意图

Fig.1 Schematic diagram of once imaging catadioptric step zoom lens

设计结果, 光学系统图见图 2, MTF 值见表 1、表 2 和表 3。二级光谱情况是, 微光波段焦距为 0.5 m 时为 -0.29λ , 1 m 时为 -0.14λ , 1.5 m 时为 0.19λ 。白光 0.5 m 时为 -0.69λ , 1 m 时为 -0.14λ , 1.5 m 是为 0.02λ 。近红外 0.5 m 时为 0.13λ , 其他焦距都接近于零。短焦距二级光谱大是因为相对孔径大(F/2)。如果也按 1.5 m 时的相对孔径计算, 则为 0.03λ (微光)和 0.08λ (白光)。如果将 $m=1$ 的焦距位置选得小于 1.1 m、0.5m

表 1 微光 MTF (频率: 19.4 pl/mm)

Table 1 Weak light MTF (frequency: 19.4 pl/mm)

Focus Field	0.5 m		0.7 m		1 m		1.5 m	
	T	S	T	S	T	S	T	S
0	0.90	0.90	0.89	0.89	0.79	0.79	0.53	0.53
0.7	0.44	0.62	0.67	0.82	0.75	0.86	0.41	0.55
1.0	0.26	0.53	0.26	0.77	0.48	0.72	0.29	0.50

时，二级光谱可降低些。1.5 m 焦距的二级光谱没必要那么小。注意到微光和白光的短焦距二级光谱为负值，而长焦距二级光谱为正值，且都很小，由此验证了前面的理论。

表 2 白光 MTF (频率: 43.8 pl/mm)

Table 2 White light MTF (frequency: 43.8 pl/mm)

Focus Field	0.5 m		0.7 m		1 m		1.5 m	
	T	S	T	S	T	S	T	S
0	0.85	0.85	0.68	0.68	0.67	0.67	0.50	0.50
0.7	0.44	0.81	0.41	0.58	0.65	0.69	0.44	0.46
1.0	0.46	0.75	0.38	0.51	0.58	0.67	0.36	0.38

表 3 近红外光 MTF (频率: 43.8 pl/mm)

Table 3 Near infrared MTF(frequency: 43.8 pl/mm)

Focus Field	0.5 m		0.7 m		1 m		1.5 m	
	T	S	T	S	T	S	T	S
0	0.60	0.60	0.76	0.76	0.67	0.67	0.53	0.53
0.7	0.21	0.65	0.40	0.76	0.65	0.69	0.41	0.55
1.0	0.23	0.52	0.18	0.75	0.58	0.67	0.29	0.50

比起二次成像，一次成像方式还有两个优点，一是由于没有中间像，这就完全杜绝了在像面中心产生黑斑的可能性。二是结构比较简单，筒长较短，该设计只有 555.8 mm，为最长焦距的 1/2.7。

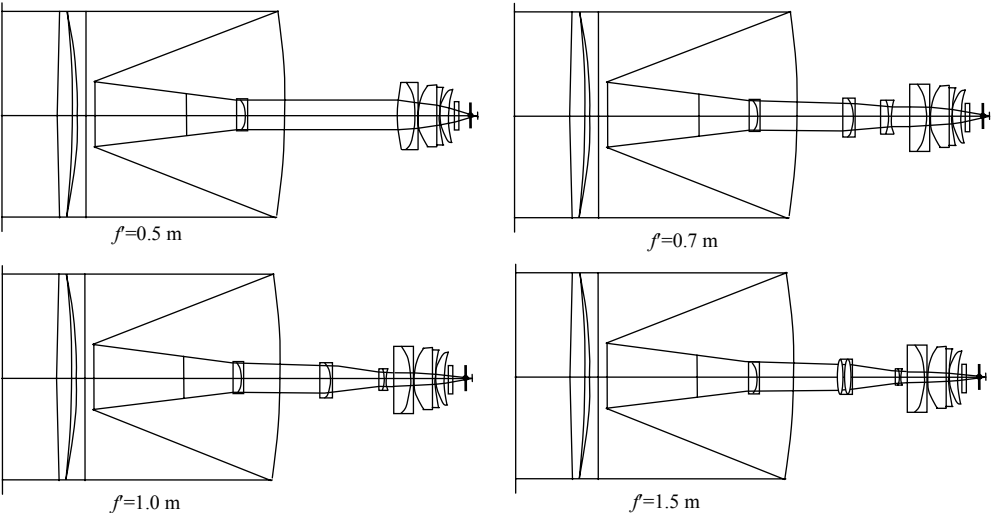


图 2 光学系统图

Fig.2 Optical system

参考文献:

[1] 史光辉. 含有三个非球面的卡塞格林系统光学设计 [J]. 光学学报, 1998, 18(2): 238-241.
SHI Guang-hui. Optical Design of Cassagrain System with Three Aspherical Surface [J]. **Acta Optica Sinica**, 1998, 18(2): 238-241.

[2] 史光辉. 消除卡塞格林系统杂光的措施 [J]. 光学 精密工程, 1997, 5(5): 10-16.
SHI Guang-hui. Methods Preventing Stray Light Emergenced in Cassegrain Systems [J]. **OPTICS AND PRECISION ENGINEERING**, 1997, 5(5): 10-16.

[3] 史光辉. 卫星对地观测高分辨率光学系统和设计问题 [J]. 光学 精密工程, 1999, 7(1): 16-24.
SHI Guang-hui. High Resolution Optical Systems Used to Observation from the Satellites to the Earth and Problems in Design [J]. **OPTICS AND PRECISION ENGINEERING**, 1999, 7(1): 16-24.

[4] 史光辉. 具有两次透射的无光焦度校正透镜组的准施密特系统 [J]. 应用光学, 1997, 18(1): 1-3.
SHI Guang-hui. Non—Focal Power Correction Lens Group With Double Transmission In Quasi—Schmidt System[J]. **Journal of Applied Optics**, 1997, 18(1): 1-3.