

文章编号: 1003-501X(2009)06-0001-03

光学补偿式步进变焦距物镜

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: 根据光学补偿变焦距理论, 作者设计出光学补偿式步进变焦距物镜。和传统的用加倍率镜的方法实现步进变焦相比。这种变焦距物镜有两个优点, 一是可以实现高倍率变焦, 二是容易消除在变焦过程中产生的像点移动现象。本文说明了其原理, 并给出了变焦倍率为 2.5 \times 的一步变焦, 16 \times 的二步变焦和 8 \times 的三步变焦物镜设计实例。

关键词: 变焦距; 光学补偿; 变焦距物镜; 光学系统

中图分类号: TB851; TN911.73

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1003-501X.2009.06.001

Optical Compensated Step Zoom Lens

SHI Guang-hui

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

Abstract: According to the theory of optical compensated zoom, author designed optical compensated step zoom lenses. Compared with traditional step zoom which makes use of extender to change focal length, this kind of step zoom lens has two advantages. Firstly, the zoom ratio may be enlarged. Secondly, the image point movement may be easily eliminated. The principle of optical compensated step zoom lens is explained. Three examples, one step zoom with zoom ratio 2.5 \times , two steps zoom with 16 \times and three steps zoom with 8 \times are given in this paper.

Key words: zoom; optical compensation; zoom objectives; optical systems

0 引言

在光电经纬仪以及远距离监视电视摄像机光学系统中, 按传统的方法步进变焦是用加倍率镜的方式实现的^[3]。这有两个缺点, 一是由于倍率镜是由分离的正负两组透镜组成的, 因而场曲会随着倍率的增加而增加, 因此不能实现大倍率变焦, 一般都在 2 倍以内; 二是机械结构很难保证更换倍率镜时与系统保持同心, 尤其是长期使用以后, 因此很难避免在变焦过程中产生的像点移动现象, 这在测量经纬仪中是个突出的问题。如果采用光学补偿式方法实现步进变焦, 这两个问题都可以圆满解决。由于变焦动作是靠透镜组的移动来实现的, 因此场曲保持不变, 所以可实现大倍率变焦。又因移动透镜组是在镜筒里作直线滑动, 且移动距离可以设计得比较小, 同心度很容易保证, 而且增加了长期使用的可靠性。比起加倍率镜的方法, 结构(包括机械结构)也较简单, 筒长也较短。

1 原理

按光学补偿变焦理论^[1-2]对于无限远物成像, 如果由分离的透镜组组成的光学补偿式变焦距光学系统存在 N 个间隔, 就会有 N 个焦距的像面处在同一个位置, 如果将相同的像面位置的坐标取为原点则我们可称之为零点。其中连动的透镜组要为刚性连接, 且中间要有固定透镜分开。如图 1(a), 前后为两个固定组, 中间为一移动组, 存在两个间隔, 则存在两个零点。图 1(b)从左至右第 1、第 3 组刚性连接, 第 2 和第 4

收稿日期: 2009-01-20; 收到修改稿日期: 2009-03-16

作者简介: 史光辉(1935-), 男(汉族), 辽宁本溪人。研究员, 主要从事光学设计方面的研究。E-mail: shidl@ccst.gov.cn。

组固定,有三个间隔则存在三个零点。又如图 1(c),第 2 和第 4 组连动,第 1 和第 3 及第 5 组固定,有四个间隔则存在四个零点。

如果用光学补偿方式设计连续变焦距物镜,为减小零点之间的焦距的像面位移,则需要移动透镜组移动很长的距离,因此应用受到限制。但如果用来设计成步进变焦,让要求焦距的像面处在零点位置,则移动距离可设计成比较小,因为移动距离的大小只受到像差校正可能性的限制。将各透镜组的焦距、透镜组的间隔、移动距离作为变数,就可设计出各种焦距、各种倍率要求的一步变焦(图 1(a)),两步变焦(图 1(b))和三步变焦(图 1(c))等光学补偿式步进变焦距物镜来。

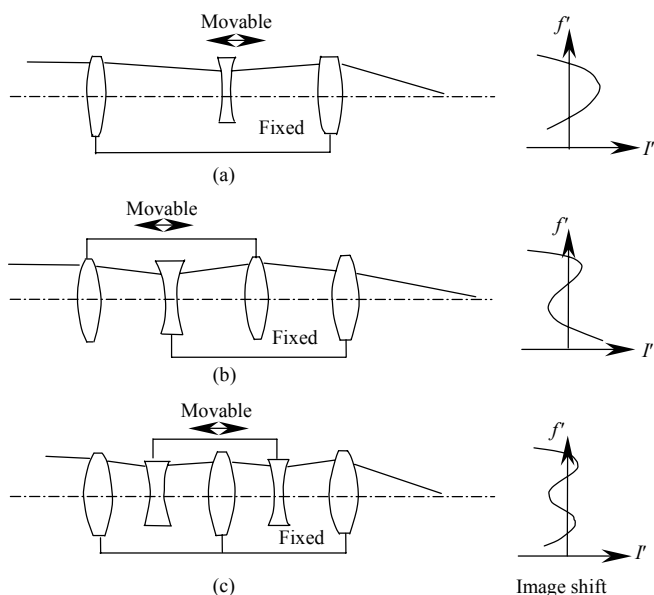


图 1 光学补偿步进变焦原理图

Fig.1 Scheme of optically compensated step zoom

2 实 例

下面是由作者设计的三个实例:

例 1: 一步变焦

焦距: 400 mm、1 000 mm

变焦倍率: 2.5×

相对孔径: F/3.3、F/8.25

像面尺寸: 6 mm(对角线)

波长: 0.4 ~ 0.7 μm

光学系统结构见图 2, MTF 值如表 1。这是一个一次成像折反式步进变焦距物镜。一次成像折反式系统二级光谱很小^[3]。移动组为一负组,移动距离为 30.4 mm,筒长即从第一面顶点至像面距离为 405.7 mm,中心遮拦比为 0.28。

例 2: 两步变焦

焦距: 20 mm、80 mm、320 mm

变焦倍率: 16×,相邻焦距倍率为 4×

相对孔径: F/4

像面尺寸: 12 mm(对角线)

波长: 3 ~ 5 μm

光学系统结构见图 3, MTF 值如表 2。这是一个用于中红外摄像的光学补偿式步进变焦距物镜。各组正负排列为“+,-,+,+,”。第 1 和第 3 组连动,为消杂光,系统的孔径光阑设在制冷的探测器中,因此称冷光阑。为了使冷光阑和在设计变焦部份时设在其后的孔径光阑共轭,采用了由分离的两正组组成的二次成像双共轭系统,中间像成在两正组之间,否则没有解。在两个共轭位置上还可以放两个防杂光光阑,可有效地消除杂光。移动组移动距离为 75.2 mm,由长焦至中焦移动距离为 32.2 mm,光学材料用的是硅和锗。

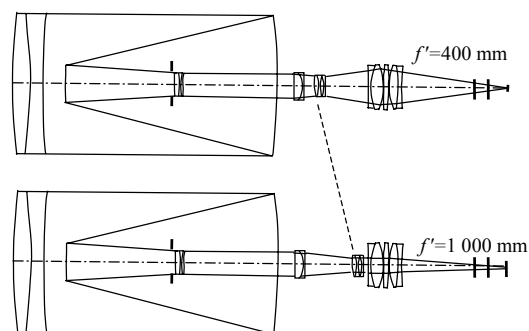


图 2 一步步进变焦距物镜

Fig.2 One step zoom lens

表 1 频率为 50 lp/mm 时的 MTF 值

Table 1 Value of MTF frequency at 50 lp/mm

vp	f'			
	400/mm		1 000/mm	
	T	S	T	S
0	0.64	0.64	0.44	0.44
0.7	0.46	0.55	0.36	0.42
1.0	0.37	0.56	0.28	0.40

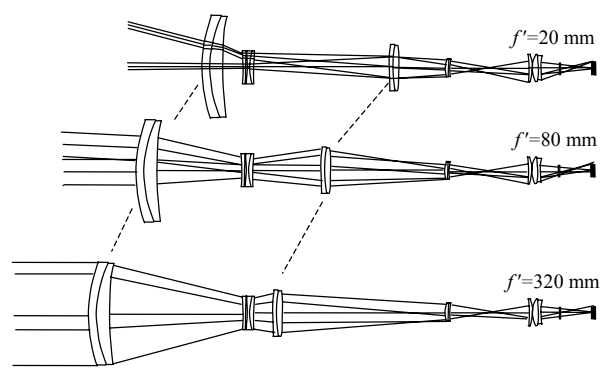


图 3 二步步进变焦距物镜
Fig.3 Two step zoom lens

表 2 频率为 20 lp/mm 时的 MTF 值
Table 2 Value of MTF frequency at 20 lp/mm

vp	f'					
	20/mm		80/mm		320/mm	
	T	S	T	S	T	S
0	0.55	0.55	0.46	0.46	0.48	0.48
0.7	0.54	0.56	0.47	0.46	0.37	0.49
1.0	0.49	0.47	0.48	0.39	0.29	0.47

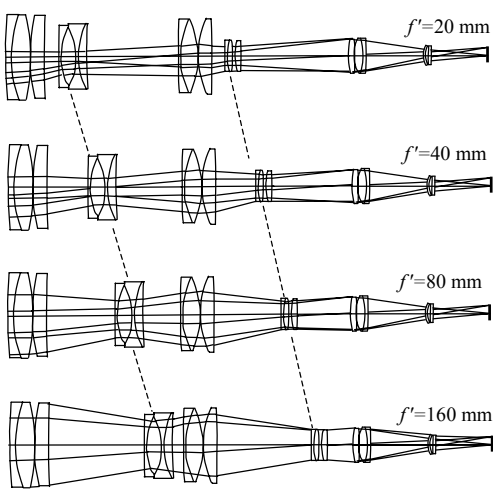


图 4 三步步进变焦距物镜
Fig.4 Three step zoom lens

例 3：三步变焦

焦距：20 mm、40 mm、80 mm、160 mm

变焦倍率：8×，相邻焦距倍率为 2×

相对孔径：F/6

视场：17.08°、8.58°、4.3°、2.14°

波长：0.4~0.7 μm

光学系统 MTF 值如表 3，其结构见图 4。各组排列正负为“+，-，+，-，+，+”。连动组为第 2 和第 4 组，总移动距离为 30 mm。步长几乎都是 10 mm，筒长为 177.5 mm。

表 3 频率为 50 lp/mm 时的 MTF 值
Table 3 Value of MTF frequency at 50 lp/mm

vp	f'							
	20/mm		40/mm		80/mm		160/mm	
	T	S	T	S	T	S	T	S
0	0.63	0.63	0.58	0.58	0.36	0.36	0.38	0.38
0.7	0.60	0.65	0.55	0.59	0.34	0.37	0.25	0.41
1	0.49	0.51	0.35	0.37	0.13	0.25	0.11	0.26

参考文献：

[1] Cox Arthur. **A System of Optical Design** [M]. London, GB: The Focal Press, 1964: 463-466.
[2] 电影镜头设计组. 电影摄影物镜光学设计 [M]. 北京: 中国工业出版社, 1971.
[3] 史光辉. 一次成像折反射式步进变焦距物镜 [J]. 光电工程, 2008, **35**(11): 1-3.
SHI Guang-hui. Once Imaging Catadioptric step Zoom Lens [J]. **Opto-Electronic Engineering**, 2008, **35**(11): 1-3.