

文章编号: 1005- 5630(2002)06- 0025- 05

$1\times\sim 6.3\times$ 连续变倍体视显微镜物镜的光学设计^{*}

张 斌

(广西梧州市光学仪器厂技术中心, 广西 梧州 543002)

摘要: 介绍变倍范围 $1\times\sim 6.3\times$ 连续变倍体视显微物镜的光学系统变倍原理, 高斯光学计算及设计实例, 通过设计实例说明变焦物镜的设计方法。

关键词: 体视显微镜; 变焦系统; 机械补偿

中图分类号: TH 742. 2 **文献标识码:** A

Optical design of the $1\times\sim 6.3\times$ zoom stereo microscope objective

ZHANG B in

(Technical Center, Wuzhou Optical Instruments Factory, Wuzhou 543002, China)

Abstract This paper introduces the zoom principle, Gaussian optics calculation and design example of the $1\times\sim 6.3\times$ zoom stereo microscope objective. Finally it gives the design method of zoom objective by the example.

Key words: stereo microscope; zoom system; mechanical compensation

1 引 言

体视显微镜有两种基本形式, 一种是有一组主物镜, 中间像平面平行于物镜的平面。另一种是由格里诺发明的双晶成对物镜, 这对物镜完全相同, 其光轴夹角一般为 $11^\circ\sim 14^\circ$ 之间, 特点是容易校正色差, 成本较低。

目前国内大部分显微镜生产厂大批量生产的是 $1\times\sim 4\times$ 或 $0.7\times\sim 4.5\times$ 的格里诺式连续变倍体视显微镜。根据市场的需要, 开发了 $1\times\sim 6.3\times$ 的格里诺式连续变倍体视显微镜, 该显微镜在棱镜头部内置同轴落射照明, 可满足不同用户的需要。下面介绍这种物镜的设计方法。

2 变倍原理

以下介绍的连续变倍体视显微镜是由两支独立的完全相同的变倍物镜组成, 两物镜光轴夹角为 12° ; 如图 1 所示。

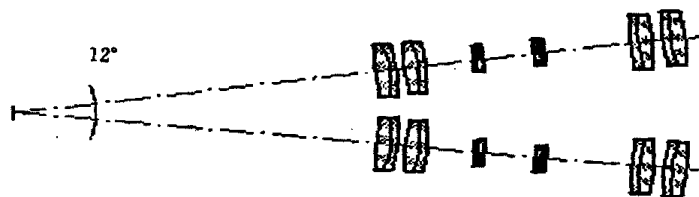


图 1 连续变倍物镜光学系统图

^{*} 收稿日期: 2002-09-13

作者简介: 张 斌(1966-), 男, 广西桂平人, 工程师, 学士, 从事光学仪器光学系统设计工作。

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

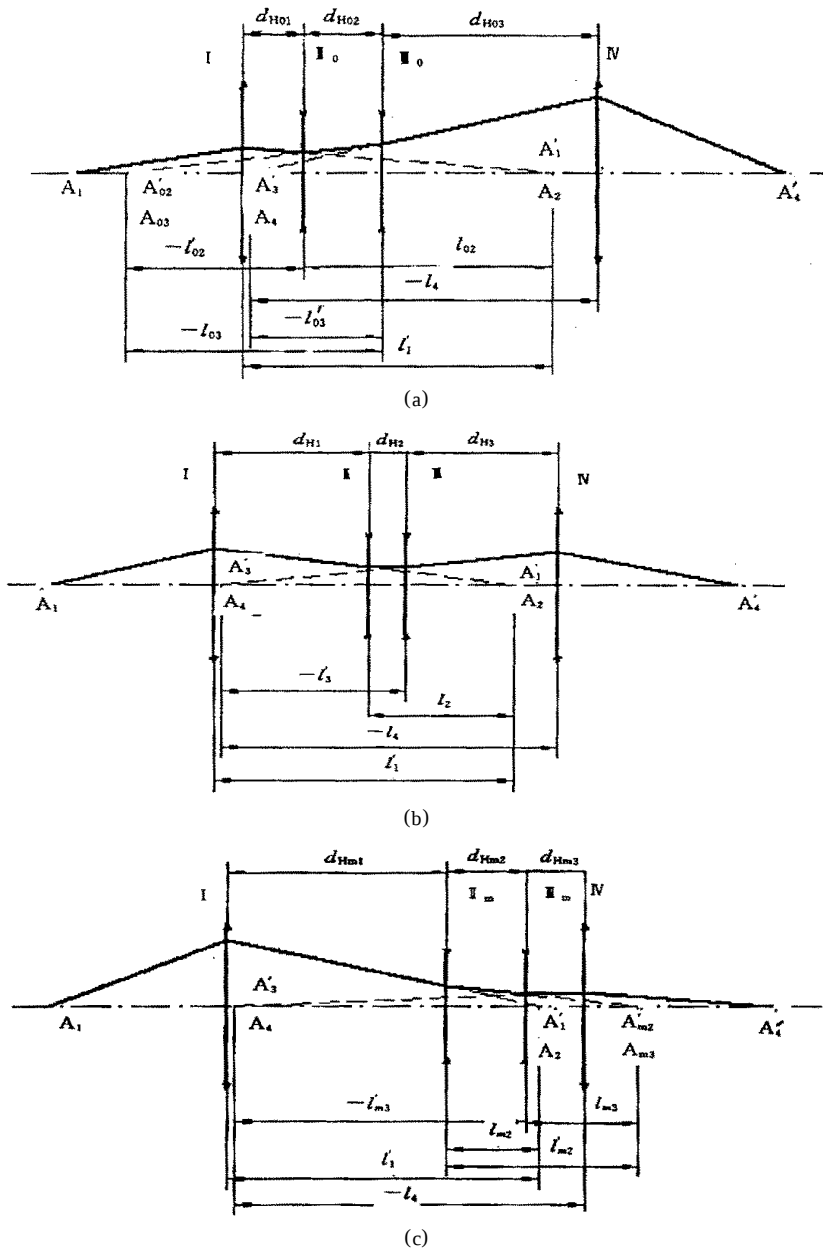


图 2 连续变倍物镜光路简图

(a) 低倍光路简图 (b) 中倍光路简图 (c) 高倍光路简图

该变倍物镜是由前固定组 I, 负变倍组 II, 负补偿组 III 和后固定组 IV 组成, 机械补偿, 满足物像交换原则。各组透镜焦距分别为 f_1, f_2, f_3, f_4 。各物镜组在位置 I、II₀、III₀、IV 时是起始位置, 物镜倍率最低, 在位置 I、II_m、III_m、IV 时是终止位置, 倍率最高。

图 2(a), 在低倍时, 有限距离的物点 A_1 经前固定组 I 后成像在 A'_1 上, 该点是变倍组 II₀ 的物点 A_2 , 经 II₀ 成像在 A'_{02} , A'_{02} 是补偿组 III₀ 的物点 A_3 , 经补偿组 III₀ 成像在 A'_3 , A'_3 是后固定组 IV 的物点, 经 IV 成像在 A'_4 。

图 2(b), 从低倍向中倍变倍时, 变倍组 II₀ 向右作线性运动至 II, 补偿组 III₀ 作非线性同向运动至 III。此时刚好使 $l_2 = f_2$, $-l_3 = -f_3$, 且 $f_2 = f_3$ 。即变倍组和补偿组焦距相等。经 II 和 III 成像后的像点仍然在 A'_4 不变, 保持了像面稳定。

图 2(c), 从中倍向高倍时, II 和 III 继续往右运动, 不过此时 III 向右作线性运动至 III_m, II 同向作非线性运动至 II_m。物点 A_2 经 II_m 成像在 A'_{m2} , A'_{m2} 经 III_m 成像在 A'_3 , A'_3 与 A'_4 重合, 故仍保持像面的稳定。

上述原理图从三个特殊位置说明了如何通过变倍组和补偿组沿不同轨迹运动以保证变倍过程中像面保持不变。

3 高斯光学计算

3.1 变倍比 M 及系统放大率 β 的计算

由于变倍系统采用物像交换原则, 在低倍时 II_0 和高倍时 III_m 是物像交换的两个位置, 在高倍时 II_m 和低倍时 III_0 也是物像交换的两个位置。所以有:

$$l_{02} = -l'_{m3}, \quad -l'_{02} = l_{m3}, \quad l_{m2} = -l'_{03}, \quad l'_{m2} = -l_{03} \quad (1)$$

$$\beta_{02} = (-l'_{02})/l_{02} = l_{m3}/(-l'_{m3}); \quad \beta_{03} = (-l'_{03})/(-l_{03}) = l_{m2}/l'_{m2} \quad (2)$$

$$\beta_{m2} = l'_{m2}/l_{m2} = 1/\beta_{03}; \quad \beta_{m3} = (-l'_{m3})/l_{m3} = 1/\beta_{02} \quad (3)$$

变倍系统的变倍比 M :

$$M = \beta_m/\beta_0 = \beta_{m2}\beta_{m3}/\beta_{02}\beta_{03} = \beta_{m2}^2\beta_{m3}^2 \quad (4)$$

系统放大率:

$$\beta_{\text{低}} = \beta_1\beta_4\beta_0, \quad \beta_{\text{高}} = \beta_1\beta_4\beta_m \quad (5)$$

3.2 各主面之间间距的计算

由图 2(a) 得低倍时各主面间距:

$$d_{H01} = l'_1 - l_{02}; \quad d_{H02} = -l_{03} - (-l'_{02}) = l'_{02} - l_{03}; \quad d_{H03} = -l_4 - (-l'_{03}) = l'_{03} - l_4 \quad (6)$$

由图 2(b) 得中倍时各主面间距:

$$d_{H1} = l'_1 - l_2 = l'_1 - f_2; \quad d_{H3} = -l_4 - (-l'_3) = f'_3 - l_4; \quad d_{H2} = d_{H01} + d_{H02} + d_{H03} - d_{H1} - d_{H3} \quad (7)$$

由图 2(c) 得高倍时各主面间距:

$$d_{Hm1} = l'_1 - l_{m2}; \quad d_{Hm2} = l'_{m2} - l_{m3}; \quad d_{Hm3} = -l_4 - (-l'_{m3}) = l'_{m3} - l_4 \quad (8)$$

4 设计实例

通过给出一个实际的设计例子, 说明如何确定各组元的焦距以及起始位置和终止位置。

主要技术指标如下:

变倍范围 $1 \times \sim 6.3 \times$;

工作距离 105mm;

共轭距离 480mm;

后工作距离 265mm。

4.1 前固定组和后固定组焦距的确定

根据技术要求工作距离 105mm, 后工作距离 265mm, 考虑到主点不在前后透镜的顶点上, 取 $l_1 = -110\text{mm}$, $l'_4 = 270\text{mm}$, 运用公式(1)~(5), 可算出:

$$M = \beta_{\text{高}}/\beta_{\text{低}} = (-6.3)/(-1) = 6.3, \quad \beta_{m2}\beta_{m3} = \pm\sqrt{M} = \pm\sqrt{6.3} = \pm 2.51 (\text{取负值})$$

$$\beta_{02}\beta_{03} = 1/\beta_{m2}\beta_{m3} = 1/(-2.51) = -0.398, \quad \beta_1\beta_4 = \beta_{\text{低}}/\beta_{02}\beta_{03} = (-1)/(-0.398) = 2.51$$

$$\beta_1\beta_4 = l'_1/l_1 \times l'_4/l_4 = l'_1/(-110) \times 270/l_4, \quad \text{即 } l_4 = -0.978l'_1$$

考虑适当的导程和前固定组与变倍组之间的距离能满足结构要求, 使两组结构不会相碰, 经试算后取 $l'_1 = 72.8\text{mm}$

$$\text{计算出 } l_4 = -0.978l'_1 = -71.2\text{mm}, \quad \beta_1 = l'_1/l_1 = 72.8/(-110) = -0.662, \quad \beta_4 = l'_4/l_4 = 270/(-71.2) = -3.792$$

$$\text{由高斯公式得: } f'_1 = l_1 l'_1 / (l_1 - l'_1) = -110 \times 72.8 / (-110 - 72.8) = 43.8\text{mm}$$

$$f'_4 = l_4 l'_4 / (l_4 - l'_4) = -71.2 \times 270 / (-71.2 - 270) = 56.3\text{mm}$$

4.2 变倍组和补偿组焦距及起始位置和终止位置的确定

为保证变倍组和补偿组在距离最近时不至于相碰, 经试算后, 取 $f'_2 = f'_3 = -30\text{mm}$, $d_{H01} = 25\text{mm}$

$$\text{计算出: } l_{02} = l'_1 - d_{H01} = 72.8 - 25 = 47.8\text{mm}$$

由高斯公式得: $l_{02}' = f_2' l_{02} / (f_2' + l_{02}) = -30 \times 47.8 / (-30 + 47.8) = -80.56\text{mm}$
 $\beta_{02} = l_{02}' / l_{02} = -80.56 / 47.8 = -1.685$, $\beta_{03} = \beta_0 / \beta_{02} = (-0.398) / (-1.685) = 0.236$
 $\beta_{m3} = 1 / \beta_{02} = 1 / (-1.685) = -0.593$, $\beta_{m2} = 1 / \beta_{03} = 1 / 0.236 = 4.23$
由高斯公式得:
 $l_{03} = f_3' l_{03}' / (f_3' - l_{03}') = f_3' \beta_{03} l_{03} / (f_3' - \beta_{03} l_{03}) = -30 \times 0.236 l_{03} / (-30 - 0.236 l_{03})\text{mm}$
解此方程得 $l_{03} = -96.9\text{mm}$
 $l_{03}' = \beta_{03} l_{03} = 0.236 \times (-96.9) = -22.9\text{mm}$
 $l_{m2} = -l_{03}' = 22.9\text{mm}$, $l_{m2}' = -l_{03} = 96.9\text{mm}$
 $l_{m3} = -l_{02}' = 80.56\text{mm}$, $l_{m3}' = -l_{02} = -47.8\text{mm}$

4.3 各主面距离的计算

根据公式(6)~ (8), 可算出低倍、中倍、高倍时的各组主面的距离

$d_{H01} = 25\text{mm}$
 $d_{H02} = l_{02}' - l_{03} = -80.56 - (-96.9) = 16.34\text{mm}$
 $d_{H03} = l_{03}' - l_4 = -22.9 - (-71.2) = 48.3\text{mm}$
 $d_{H1} = l_1' - f_2 = 72.8 - 30 = 42.8\text{mm}$
 $d_{H3} = f_3' - l_4 = -30 - (-71.2) = 41.2\text{mm}$
 $d_{H2} = d_{H01} + d_{H02} + d_{H03} - d_{H1} - d_{H3} = 25 + 16.34 + 48.3 - 42.8 - 41.2 = 5.64\text{mm}$
 $d_{Hm1} = l_1' - l_{m2} = 72.8 - 22.9 = 49.9\text{mm}$
 $d_{Hm2} = l_{m2}' - l_{m3} = 96.9 - 80.56 = 16.34\text{mm}$
 $d_{Hm3} = l_{m3}' - l_4 = -47.8 - (-71.2) = 23.4\text{mm}$

4.4 结构参数

根据各消像差的要求确定各光组初始结构, 然后放在一起进行光路追迹, 选低、中、高倍计算像差, 使其同时满足要求。

表 1 校正后的结构参数

<i>R</i> (mm)	<i>d</i> (mm)	材料
71.449		
- 24.23	4.3	K9
- 72.184	1.8	F1
71.449	2.4	
- 24.23	4.3	K9
- 72.184	1.8	F1
- 39.617	18.5~ 36.4~ 43.4	
- 13.709	1.5	ZF2
18.88	1.0	K9
- 18.88	15.4~ 4.7~ 15.4	
13.709	1.0	K9
39.617	1.5	ZF2
173.89	40.3~ 33.3~ 15.4	
39.81	2.0	F4
- 62.57	4.2	K9
173.89	3.2	
39.81	2.0	F4
- 62.57	4.2	K9

5 结束语

按照上述方法设计的连续变倍体视显微镜, 机械结构易于实现, 装调容易, 已完成样机试制。该系统后工作距离较长, 能在固定组和转像棱镜之加入同轴落射照明, 满足用户利用同轴落射光照明对深孔进行显微观察的要求。

6 参考文献

- [1] 李 林, 安连生. 计算机辅助光学设计的理论与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002, 158~ 174.
- [2] 陶纯堪. 变焦距光学系统设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1988, 1~ 93.

消 息

环保仪器市场前景广阔

环保仪器仪表、环境与污染源检测仪器仪表及自动测控系统(简称: 环保仪器仪表), 既是环保源头信息传输的依据, 又是环境质量评价、监控和环境科学管理的必要手段。环保仪器仪表是实现环保装备机电一体化, 提高污染治理设备自动水平的重要环节。

鉴于加强环保执法力度, 加快环保建设步伐, 加大环保建设投资, 培育环保产业这一国民经济新增长点的需要, 面对我国 5000 多个环境检测站和大量的城镇污水处理及企业废水处理这个巨大的市场, 今后环保仪器仪表工业产品市场将有大幅度的增长。据有关方面不完全统计, 1998 年我国环保仪器仪表及监控系统产值约 11.7 亿元, 到 2005 年将扩至 42 亿元, 而到 2010 年将扩至 110 亿元。由此可见, 其市场前景十分广阔。

根据“有限目标, 突出重点”的原则, 紧密围绕国家环保产业发展的总体目标和重点任务, 针对我国水环境、大气环境两个带有战略性、全局性和综合性特点的重大环境生态污染的突出问题, “十五”期间, 国内大量需要大气环境质量监测仪器及自动监测系统, 以燃煤电站或锅炉为代表的燃气分析仪表监测系统; 地面水环境质量检测仪表及监控系统; 以城市污水处理厂和高浓度有机废水为代表的污染源监测仪表及自控系统等。

(摘自《中国仪电报》)