

文章编号: 1002- 2082(2003)06- 0027- 02

变焦距镜头最佳像面位移的调整

金逢锡

(延边大学 理工学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 通过移动变倍组和补偿组, 在保证所要求的变焦倍率的同时, 考虑高级像差对最佳像面的影响, 调整各组之间的间隔, 使之尽量符合各焦距最佳像面的位移变化, 最终达到在各种焦距位置时对高斯像面的严格一致。

关键词: 最佳像面; 变倍组; 补偿组; 像差

中图分类号: TB815- 34

文献标识码: B

引言

在设计光学系统的部件时, 我们用变倍组和补偿组相互按一定规律移动来保证所要求的变焦倍率, 同时保证各个不同焦距位置的高斯像面严格一致。实际上, 由于高级像差二级光谱的存在, 各个焦距位置的最佳像面是不一致的, 对二级光谱很大的高倍率变焦距物镜更是如此, 如 20 倍变焦距物镜的最佳像面位移接近 0.8 mm。为了得到满意的像质, 需对像面作一定的调整。这个问题可以用调整各组间隔的方法解决。

调整各组之间的间隔, 实际上是改变凸轮的运动轨迹, 使之尽量符合各焦距最佳像面的位移变化。当各组之间的间隔作小量的改变时, 所产生的像差变化远远小于由此引起的像面位移的变化。可以认为, 改变各组之间间隔引起的最佳像面的变化量和单色光(如 d 光)的高斯像面变化量是相同的。因此, 我们可以用计算单色光(如 d 光)的高斯像面位移来计算宽波段光束的最佳像面位移变化。

1 调整和推算最佳像面位置

首先根据各焦距的像差曲线确定各焦距的最佳像面位置, 由此画出随焦距变化的最佳像面的位移曲线, 然后选取 3 个焦距位置 f'_a, f'_b, f'_c 。根据这条曲线求出使它们之间像面一致所需要调整的像位移:

$$\Delta l_{ab} = l'_{5a} - l'_{5b}$$

$$\Delta l_{ac} = l'_{5a} - l'_{5c}$$

再代入公式:

$$\Delta l_{ab} = (\beta_{25a}^2 - \beta_{25b}^2) \Delta d_{12} + (\beta_{35a}^2 - \beta_{35b}^2) \Delta d_{23} \quad (1)$$

$$\Delta l_{ac} = (\beta_{25a}^2 - \beta_{25c}^2) \Delta d_{12} + (\beta_{35a}^2 - \beta_{35c}^2) \Delta d_{23} \quad (2)$$

求出 d_{12} 和 d_{23} 的变化量 Δd_{12} 和 Δd_{23} 。 d_{12} , d_{23} 是头部和变倍组及变倍组和补偿组之间的间隔。 β_{25} , β_{35} 各为变倍组物方到最佳像面及补偿组物方到最后像方的纵向放大率, 即:

$$\beta_{25}^2 = \frac{u_2^2}{u_5^2} \quad \beta_{35}^2 = \frac{u_3^2}{u_5^2}$$

u_2 , u_3 和 u_5 在设计过程中往往都已经有了, 否则用正切公式很容易求出它们。

求出 Δd_{12} 和 Δd_{23} 后再用公式

$$\Delta l'_{5i} = -(\beta_{25i} \times \Delta d_{12} + \beta_{35i} \times \Delta d_{23}) \quad (3)$$

计算任一焦距位置 f'_i 的像位移, 并根据计算出的一系列 $\Delta l'_{5i}$ 值画出新的随焦距而变化的最佳像面位移曲线。3 个焦距的像面重合的位置就是调整后的最佳像面位置。由于有 3 个可调间隔, 经过调整后得出的随焦距而变化的最佳像面位置曲线是一个三次曲线, 并有两个极值。3 个焦距位置选择不同, 得出的结果也不一样, 但是最终可以找到 3 个焦距位置, 使像面位移达到最小。

2 举例并实算最佳像面位置

下面以 20 倍的镜头为例。表 1 列出了不同焦距 f'_i 下的 β_{25} 和 β_{35} 值。它们是由设计过程中已知的 u_2 , u_3 和 u_5 求得的。图 1 中的实线为从像差曲线得出的随焦距而变化的最佳像面位移曲线。由于焦距范围太大, 我们选取变焦倍率为纵坐标。20 倍对应的焦距为 500 mm, 1 倍对应的焦距为 25 mm。

收稿日期: 2002- 10- 10

作者简介: 金逢锡(1963-), 男, 吉林延吉人, 延边大学理工学院副教授, 主要从事物理理论研究和实验教学工作。

表 1 不同焦距 f_i' 时算出的纵向放大率 β_{25} 和 β_{35} 值
Table 1 Longitudinal magnifications β_{25} and β_{35} calculated by different focal length f_i'

f_i'	500	400	300	250	200	150	100	50	25
β_{25}	2.690	1.727	0.971	0.674	0.432	0.243	0.107	0.031	0.007
β_{35}	2.690	2.200	1.690	1.428	1.165	0.893	0.613	0.350	0.167

我们选取 $f_a' = 500$, $f_b' = 250$, $f_c' = 25$ 。从图 1 中得出相应的 $\Delta_{ab} = 1.75$, $\Delta_{ac} = 0.52$, 对应的 $\beta_{25a}^2 = 2.69$, $\beta_{25b}^2 = 0.674$, $\beta_{25c}^2 = 0.007$, $\beta_{35a}^2 = 2.69$, $\beta_{35b}^2 = 1.428$, $\beta_{35c}^2 = 0.167$, 代入 (1) 式和 (2) 式得到 $\Delta_{d12} = 0.726$, $\Delta_{d23} = -0.567$ 。再由 (3) 式计算各焦距对应的 $\Delta l_{5i}'$ 列入表 2 中。由此画出的随焦距而变化的最佳像面位移曲线由图 1 中的点画线来表示。

表 2 不同焦距 f_i' 时的像面位移 $\Delta l_{5i}'$ 值
Table 2 Different position of image plane $\Delta l_{5i}'$ calculated by different focal length

f_i'	500	400	300	250	200	150	100	50	25
$\Delta l_{5i}'$	0.043	0.007	0.25	0.32	0.35	0.33	0.27	0.18	0.09

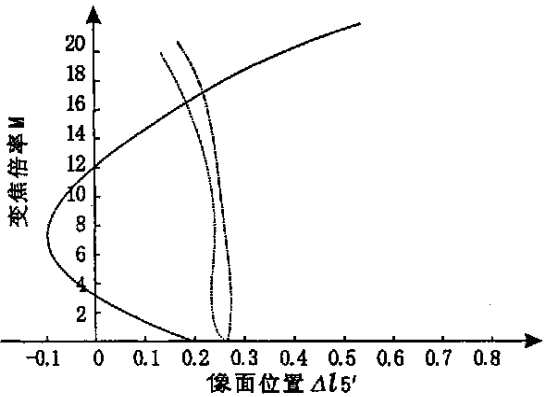


图 1 随焦距而变化的最佳像面位移曲线
Fig 1 Displacement curves of optimal image plane changed with focal length

由图 1 可见, 最佳像面位移尚未达到最小。我们再取 $f_a' = 400$, f_b' 和 f_c' 不变。 $f_a' = 400$, 对应的 $\beta_{25a}^2 = 1.727$, $\beta_{35a}^2 = 2.20$ 。从图 1 得到 $\Delta_{ab} = 0.34$, $\Delta_{ac} = 0.14$ 。由此用 (1) 式和 (2) 式求得 $\Delta_{d12} = 0.713$ 和 $\Delta_{d23} = -0.535$ 。再用公式 (3) 计算得到的各焦距对应的 $\Delta l_{5i}'$ 列入表 3。依此得出的随焦距而变化的最佳像面位移曲线由图 2 中的点画线表示。

表 3 调整后不同焦距 f_i' 时的像面位移 $\Delta l_{5i}'$
Table 3 Different position of image $\Delta l_{5i}'$ calculated by different focal length f_i' after adjustment

f_i'	500	400	300	250	200	150	100	50	25
$\Delta l_{5i}'$	-0.479	-0.054	0.212	0.283	0.315	0.304	0.252	0.170	0.084

由图 2 可见, 最佳像面位移比前一次小了。由于 20 倍变焦距物镜长焦距部分的二级光谱很大, 最佳像面的确很不严格, 因此不必过分追求小的像面位移。实际上, 由于加工误差 (如系统的厚度及空气间隔

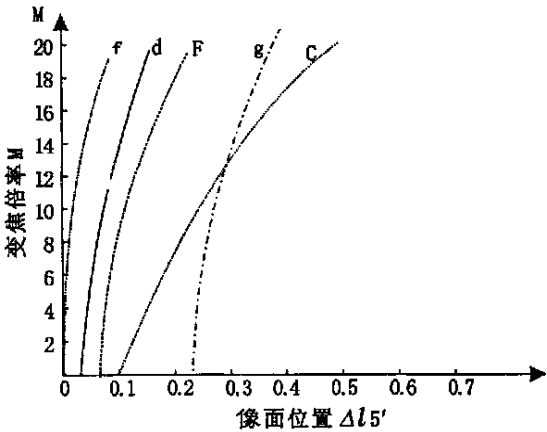


图 2 随焦距而变化的最佳像面位移曲线
Fig 2 Displacement curve of optimal image plane changed with focal distance

位置, 以及 凸轮加工误差), 即使已按计算的最佳像面作了调整, 也还会产生相当大的像面位移。因此, 不如将这个方 法直接引用到实物的装调中去。 β_{25i}^2 和 β_{35i}^2 可用实际参数算出实际值, 且其实际值与理论值也不会有很大出入。 Δ_{ab} 和 Δ_{ac} 用实测的最佳像面位置随焦距而变化的曲线求得。

对于二级光谱较大的高倍率变焦距物镜 (如 20 倍), 宽波段的最佳像面较难测定, 可先测出各单色光的最佳像面, 然后再依此选取宽波段的最佳像面。如图 2 中的虚线所示。依此确定 Δ_{ab} 和 Δ_{ac} , 求出 Δ_{d12} 和 Δ_{d23} 。最佳像面的选择应当考虑使用要求而选在各谱线之间某一位置, 若不合适可重新选取最佳像面, 直至满意为止。对二级光谱小的变焦距物镜, 当然就可直接测出宽波段的最佳像面了。

3 结论

这种调整像面位移的方法, 对各种类型的变焦距物镜都适用。一般说来, 对于由 n 组组成的变焦距物镜, 有 $n-1$ 个可调间隔, 可选 $n-1$ 个焦距位置, 使其最佳像面重合, 得出 $n-2$ 个如 (1) 和 (2) 式那样的方程。调整后得到的像面位移是 $n-1$ 次曲线。

参考文献

[1] 李景镇, 苏世学, 赵俊民 光学手册[M] 陕西: 陕西科学技术出版社, 1986

$$\Delta\alpha^{(1)} = -\gamma \cos\alpha \operatorname{ctg} 2\beta \text{ (一级误差)}$$

$$\Delta\alpha^{(2)} = -\frac{\gamma^2}{4} \sin 2\alpha \text{ (二级误差)}$$

可以证明, 当 $1/4$ 波片旋转 90° 时, 一级误差改变符号, 而二级误差不变。所以, 我们可通过 $\Phi = +45^\circ$ 和 $\Phi = -45^\circ$ 的两次测量消除一级误差; 也可用一块 $1/2$ 波片使两偏振光相等, 此时 $\beta = 45^\circ$; 一级误差完全消除。因为测量的是位相差, 所以最大二级误差为

$$\Delta\alpha_{\max}^{(2)} = \frac{\gamma^2}{2}$$

(4) $1/4$ 波片方位角的影响。

假定 $1/4$ 波片的相对正延迟为 90° ; 其方位角为 $45^\circ \pm \epsilon$, 则有

$$\Delta\alpha^{(1)} = -2\epsilon(1 + \sin\alpha \operatorname{ctg} 2\beta)$$

若 $a = b$, 则有

$$\operatorname{ctg} 2\beta = 0$$

$$\Delta\alpha^{(1)} = -2\epsilon$$

(5) 检偏镜旋转角不准带来的误差。

设旋转角为 θ (实际旋转角为 $\Delta\theta + \theta$), 则测量位相产生的相对误差为

$$E = \frac{\Delta\theta}{\theta}$$

3 结论

本文提出的这一技术简单、可靠、实用, 测量精度高。通过对误差产生原因的分析, 为进一步提高精度提供了理论依据。

参考文献

- [1] Macy W W, J r. Two-dimensional fringe pattern analysis[J]. Appl Opt, 1983, 22(23): 3898-3901.
- [2] Bone D J. Fourier fringe analysis: the two-dimensional phase unwrapping problem [J]. Appl Opt, 1991, 30(25): 3627-3632.
- [3] 林绍坤, 李志和. 光弹性等差条纹级数的识别[J]. 实验力学, 1990, 5(1): 96-102.
- [4] H Z Hu. Polarization heterodyne interferometry using a simple rotating analyzer: Theory and error analysis[J]. Appl Opt, 1983, 22(13): 2025-2056.

Two-Frequency Method of Absolute Phase Determination in Profilometry and Error Analysis

J IANG Gui-rong

(Baotou Vocational Technology College, Baotou 014030, China)

Abstract A method of two-frequency phase measuring the profile is presented. This technique can produce a correct unwrapping phase in presence of discontinuous object during the process of phase restoring. It is used in the measurement of a 3-D object shape and a satisfactory experimental result is obtained. The reason of the error is analyzed.

Keywords: phase unwrapping; phaseshift; phase measurement

(上接第 28 页)

Determination of Optimum Image Position of Vari-Focus Lens

J N Feng-xi

(Science and Engineering college, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract Under the condition of holding variable power, with the movement of compensating lens group and multifocal lens group, considering the influence of high-grade aberration on optimum position of image, adjusting the space length between all lens groups, making the space suitable for displacement of optimum position of image plane of every focal length, the Gauss image plane would be finally in accordance with every focal length.

Keywords: optimum image plane; multifocal lens group; compensating lens group; aberration