

显微镜杂光系数的测量

蒋筑英¹ 刘明 李剑白

引言

杂光，是光学系统中除成像光线外，扩散于像面上的其它非成像光线。杂光的存在，影响光学系统的成像质量，使像的对比度和调制传递函数下降，使得整个画面的层次减少，清晰度变坏。杂光严重时，所摄得的景像给人一种蒙上了一层雾的感觉，甚至产生杂光斑点。所以，对于电影、电视、照相等摄影镜头杂光的研究，在五十年代就受到人们的重视^[1]。人们主要致力于杂光系数的精确测量，并进一步从理论上实验上分析其成因，研究计算杂光的方法，探讨消除或减少杂光的措施^[2]，杂光系数已成为评价光学系统性能的主要项目之一^{[3][4]}。然而，显微镜中杂光的影响，一直没有引起人们的普遍注意。由于某些国产显微镜的成像质量不够理想，和同类型国外产品相比还存在一些差距，所以，最近我们对显微镜杂光系数的测量做了一点工作，其结果证实了显微镜的质量和杂光系数有关。当然，杂光只是影响像质的因素之一，至于其它方面对像质的影响，就不在这里叙述了。

测量方法及装置

杂光系数的定义为：放在亮度均匀的无限大面扩散光源一点上的绝对黑体，由镜头所成的像的照度与周围照度之比。如用 I_n 表示正常成像光线的照度， I_f 表示非成像光线的照度（杂光照度），则杂光系数可表为： $K = \frac{I_f}{I_f + I_n}$ 。一般情况下， $I_f \ll I_n$ ，故 K 亦可表为： $K = \frac{I_f}{I_n}$ 。

目前测量杂光系数较普遍采用的方法为黑斑法。对于显微镜的测量，我们采用的装置如图 1 所示，用涂有正方形黑斑的透明玻璃板作为目标板；用 6 伏白炽灯作光源，光源发出的光线经过硫酸纸的散射，在目标板上得到均匀的照明；用光电倍增管作为探测器，由数字电压表显示读数。

测量时，使黑斑的像成于探测器接收孔的平面内，移动光电倍增管分别测得黑斑像的照度和附近亮背景的照度，即得该镜头的杂光系数。

测量前应注意到探测器的暗流。即使没有光照射到探测器上，也会有一个暗流信号。因此应当测定暗流大小并从信号读数中减去。由于暗流大小是会随时间改变的，因此每次测量都要测定暗流的大小。

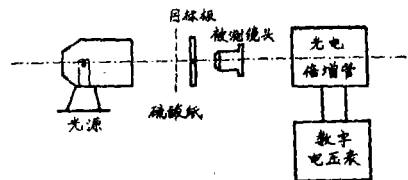


图 1

测量条件的选择

利用黑斑法测量, 实际存在着测量结果受测量条件影响的问题, 这是黑斑法的缺点。所以, 必须明确规定测量条件, 才能使测量结果便于比较, 这样的测量结果才有实际意义。影响测量结果的因素主要有以下几个方面:

(一) 照明方式

由于显微镜使用时光源对目标的照明方式有透射式和反射式两种, 所以测量时可用透射光照明, 也可以用反射光照明。但是用不同的方式照明时, 实验条件不易保持一致, 所以测量结果也不可能完全相同。然而实验结果表明, 用透射光照明时测得的杂光系数大的镜头, 反射光照明时所测得的杂光系数也大, 即用这两种方式照明测量, 其结果都同样反映镜头的质量。由于高倍数物镜的物距很小, 反射式照明很困难, 所以为了实验的方便和测量条件的统一起见, 我们采用了透射式照明。

(二) 黑斑大小与接收孔径的选择

实验结果表明, 当其它条件不变时, 所用黑斑面积愈大, 测得的杂光系数愈小; 当确定黑斑像的宽度与接收孔径的比例而增加黑斑宽度时, 测得的杂光系数亦将变小(参看表1、2、3)。

表 1 杂光系数随黑斑大小的变化

黑斑宽度(毫米)	2.3	1.1	0.71	0.41
$K(\%)$	0.63	0.83	0.86	1.7

接收孔径: $\phi 1.5$ 毫米
镜头: $4 \times N.A. 0.12$

表 2 保持黑斑宽度与接收孔径的比例不变而改变接收孔径时杂光系数的变化(与表3比较)

接收孔径: $\phi 0.80$ 毫米

镜头	编号	1	2	3	4	5	6	7	8
	倍率	$45 \times$	$20 \times$	$16 \times$	$12.5 \times$	$10 \times$	$10 \times$	$6.3 \times$	$4 \times$
$N.A.$	0.65	0.45	0.30	0.30	0.30	0.25	0.20	0.12	
$K(\%)$	13	6.5	6.5	4.4	9.0	4.7	4.0	0.86	

表 3 测量结果

接收孔径: $\phi 1.5$ 毫米

镜头	编号	1	2	3	4	5	6	7	8
	倍率	$45 \times$	$20 \times$	$16 \times$	$12.5 \times$	$10 \times$	$10 \times$	$6.3 \times$	$4 \times$
$N.A.$	0.65	0.45	0.30	0.30	0.30	0.25	0.20	0.12	
$K(\%)$	11	3.2	2.3	1.9	3.9	1.7	2.0	0.83	

测量条件: 黑斑像的宽度与接收孔径之比为2/1, 光源: 6伏白炽灯色温2850K(功率15W)
光电倍增管型号: M12FS60

这是因为对于确定的物镜, 其视场范围是确定的, 当增加黑斑面积时, 视场内亮背景的面积就要减小, 即视场内一部分亮背景被黑斑取代了, 这样, 这部分的影响就被扣除了, 所以测得的杂光系数就要变小。为了避免这一影响, 必须确定一个共同的黑斑和接收孔径的尺

寸。我们从实际测量中容易满足的条件考虑，并参考了摄影镜头的测量标准，确定黑斑像的大小为画面对角线的1/10，固定探测器接收孔径为1.5毫米（黑斑像宽度的1/2），这样就可以排除这两个因素的影响。

（三）光源、照度、接收器的选择

目前显微物镜的种类繁多，比如有红外线类、紫外线类、单色镜头等，对于不同的类别，所用光源各不相同。我们所测量的物镜其使用范围在可见光范围之内，故我们选择了色温2850K的白炽灯作光源。如要测量它类物镜，则应根据其种类选择不同的光源。

表 4

镜 头	目标板照度的变化	K(%)
20 × N. A. 0.45	增 加	3.2
	减 少	3.9
4 × N. A. 0.12	增 加	0.86
	减 少	1.3

接收孔径：φ1.5毫米 黑斑宽度0.26毫米

目标板的照度对测量结果的影响，于表4中可见。表中数据说明当增加目标板的照度时，杂光系数略小，反之则杂光系数略大。为了免除这一影响，我们根据光电探测器输出电压随目标板照度而变的道理，在光电倍增管光电特性的线性区域内确定了一个输出电压，这样即可确定目标板的照度。

对于接收器的选择，应该保证在使用波段内具有较好的光谱灵敏度，并在接收器光电特性的线性区域内使用。

（四）镜筒的处理

表5所列为我们分别用黑绒布做的镜筒和原来的显微镜筒测量时所得的数据。表中数据说明，镜筒的反射对测量结果的影响比较大。由于带镜筒测量时，所得数据是包含镜筒反射产生的杂光在内的，而这部分并不是我们所要求的，所以应把这部分的影响去掉。我们在以后的测量中，始终用黑绒布筒代替镜筒，就是为了这个目的。

表 5

K(%)	带镜筒测量	4.6
	用黑绒布筒代镜筒	2.9

接收孔径：φ1.5毫米。黑斑宽度：0.26毫米 镜头：20 × N. A. 0.45

（五）镜片表面的处理

由镜片表面的灰尘、指纹、划痕等造成的散射，对测量结果有一定的影响，从表6数据

表 6

镜 头	镜头表面情况	K(%)
10 × N. A. 0.30	有指纹、灰尘	6.9
	清 洁	3.2

接收孔径：φ1.5毫米。黑斑宽度：0.26毫米

中可以看出这一点。所以，在测量前应对镜片表面做统一处理。可用吸收性棉花沾着酒精乙醚溶液等擦净镜片表面。

考虑了以上几个影响测量结果的因素以后，按照规定的测量条件，基本上可以保证测量的再现性。

测量结果的讨论

表3所列数据是按照上述条件对几个镜头测量的结果。由表中数据可以看出，随着放大倍数的增高和数值孔径的增加，杂光系数也有一个明显的增加趋势。这是由显微物镜的结构所致。因为高倍数物镜，镜片数目多，这样由于镜片表面的多重反射而产生的杂光就多；又由于高倍物镜要求有较高的数值孔径，这势必要增加产生杂光的可能性。再加之高倍物镜物距很小，这也是进入镜头杂光较多的一个原因。当然，对于放大倍数和数值孔径基本相同的不同镜头，可能由于所用材料或生产加工、表面处理等原因。使得杂光系数不尽相同，这就反映了显微物镜的质量问题。

此外，根据实验结果我们认为，放大率低于10倍、数值孔径小于0.12的显微物镜一般可以不考虑其杂光问题；大于10倍的物镜就必须注意其杂光的消除，特别是高倍显微物镜，只有采取严格的消杂光措施，才能避免因杂光而降低像的对比度。

参 考 文 献

- [1] G. Kuwabara; J.O.S.A, 1953 43, No.1, 53.
- [2] 龙冈静夫; NHK技术研究1968 20 No.5, 321.
- [3] 刘瑞祥; 光学机械, 1977, 5, 11.
- [4] 刘瑞祥; 光学机械, 1981, 2, 15.