



中华人民共和国国家标准

GB/T 10987—XXXX
代替 GB/T 10987-2009

光学系统 参数的测定

Optical systems—Determination of parameters

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	1
5 参数的测定	2
5.1 焦距	2
5.2 视场	4
5.3 放大率	5
5.4 孔径（相对孔径和数值孔径）	11
5.5 出瞳直径	13
5.6 出瞳距离	14
5.7 齐焦距离	16

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 10987—2009《光学系统 参数的测定》。与GB/T 10987—2009相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了范围内容（见第1章，见2009年版的第1章）；
- 增加了“规范性引用文件”一章（见第2章）；
- 增加了“术语和定义”一章（见第3章）；
- 增加了缩略语和表1（见第4章，见2009年版的第2章）；
- 增加了出瞳直径、出瞳距离和齐焦距离的测定方法，并对“参数的测定”这一章进行了重新编写（见第5章，见2009年版的第3章）；
- 增加了参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光学和光子学标准化技术委员会（SAC/TC103）归口。

本文件起草单位：宁波市教学仪器有限公司、麦克奥迪实业集团有限公司、杭州海思国创光电智能科技有限公司、上海理工大学、上海光学仪器研究所、浙江伟星光学股份有限公司、中国计量科学研究院、宁波永新光学股份有限公司、南京东利来光电实业有限责任公司、大茂堤维西汽车部件有限公司、东莞市宇瞳光学科技股份有限公司、广州市晶华精密光学股份有限公司、苏州瑞霏光电科技有限公司、广州市明美光电技术有限公司、长春理工大学、南京江南永新光学有限公司、北京创思工贸有限公司、梧州奥卡光学仪器有限公司、上海唯视锐光电技术有限公司、中国计量大学。

本文件主要起草人：王国瑞、林顺华、刘世界、张薇、冯琼辉、汪山献松、李飞、崔志英、洪宜萍、辛忠华、何剑炜、赫建、万新军、张春旺、张磊、姚晨、刘云龙、张韬、王蔚生、陈亮。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2011年首次发布为GB/T 10987—1989，2009年第一次修订；
- 本次为第二次修订。

光学系统 参数的测定

1 范围

本文件规定了光学系统焦距、视场、放大率、孔径（相对孔径和数值孔径）、出瞳直径、出瞳距离和齐焦距离光学参数的试验装置和试验方法。

本文件适用于在可见光谱区应用的显微镜、望远镜以及照相、投影、制版物镜等光学参数的测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 13962 光学仪器术语

GB/T 27668 显微镜 光学显微术术语

GB/T 44293 显微物镜数值孔径图像式测量方法

3 术语和定义

GB/T 13962和GB/T 27668界定的术语和定义适用于本文件。

4 符号和缩略语

光学系统中常见的符号和缩略语见表1。

表1

序号	符号	缩略语
1	f 或 f'	焦距
2	f_E	目镜焦距
3	f'_0	平行光管物镜焦距
4	y	物高
5	y'	像高
6	2ω	物方视场角
7	$2\omega'$	像方视场角
8	M_o	显微镜物镜放大率
9	Γ	角放大率
10	M_{TOTVIS}	显微镜视觉总放大率
11	M_E	目镜放大率
12	D	入瞳直径
13	D/f'	相对孔径
14	NA	数值孔径
15	D'	出瞳直径

5 参数的测定

5.1 焦距

5.1.1 用放大率法测量焦距

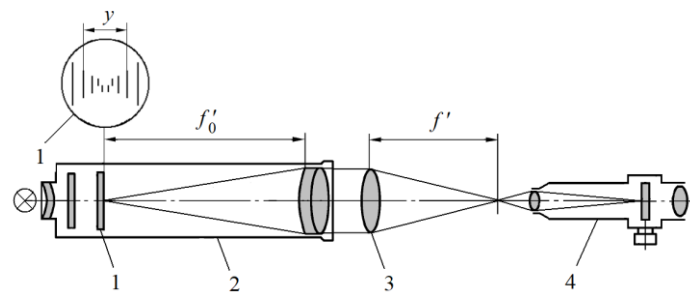
5.1.1.1 试验装置

试验装置如图1所示。平行光管、试样和带有测微目镜的显微镜或望远镜（以下以显微镜为例）同轴安装。

平行光管照明的光谱特性及孔径应与被测试样使用要求相适应。平行光管物镜焦距应为被测试样焦距的2倍~5倍，其焦距及焦面位置应根据测量的光谱特性要求进行标定，像差应经过校正。

波罗板线对间距 y 应精确测量，其刻线面应精确地调节在平行光管物镜的焦平面上，以便在试样的指定位置形成波罗板上线对的清晰像。

测量时用显微镜对目标像调焦，应遵循消视差原则。



标引序号和符号说明：

1—波罗板；

2—平行光管；

3—试样；

4—带测微目镜的显微镜或望远镜；

y —波罗板上线对的实际线距，单位为毫米（mm）；

f'_0 —平行光管物镜焦距，单位为毫米（mm）；

f' —试样焦距，单位为毫米（mm）。

图1

5.1.1.2 试验程序

如图1所示，由平行光管发出的平行光束，通过试样将波罗板上线对成像在显微镜分划板十字刻线面上。用显微镜十字线瞄准线对像，用目镜测微器测量视场边缘线对像的线距 y' ，考虑到显微镜采用不同倍率的物镜进行测量时，测微目镜测微器的分度值是不同的，按公式（1）计算试样的焦距 f' 。

$$f' = f'_0 \cdot \frac{y'}{M_o \cdot y} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

f' —试样焦距，单位为毫米（mm）；

f'_0 —平行光管物镜焦距，单位为毫米（mm）；

M_o —显微镜物镜放大率；

y' —用目镜测微器测得的线对像的线距，单位为毫米（mm）；

y ——玻罗板上被测线对的实际线距，单位为毫米（mm）。

显微镜物镜放大率 M_0 应预先精确测量。

在测量负焦距时，显微镜的工作距离应大于被测物镜后表面到像方焦面的距离。

测量方向应垂直于 玻罗板上线对的刻线方向。

5.1.2 用精密测角法测量焦距

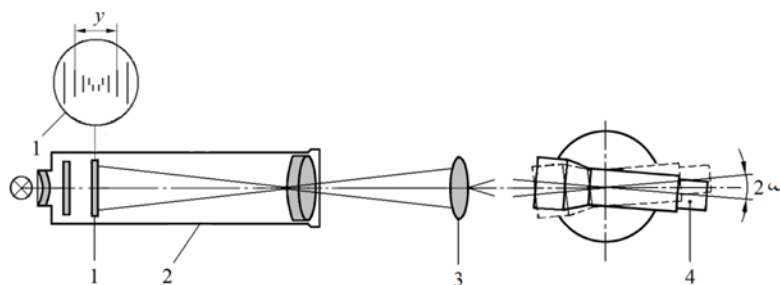
5.1.2.1 试验装置

试验装置如图2所示。平行光管、试样和经纬仪的望远镜同轴安装。

平行光管照明的光谱特性及孔径应与被测试样使用要求相适应。平行光管物镜焦距应为试样焦距的2倍~5倍，其焦距及焦面位置应根据测量的光谱特性要求予以标定，像差应经过良好校正。

玻罗板线对间距应预先精确测量，其刻线面应精确地调节在平行光管物镜的焦平面上，以便在试样的指定位置形成玻罗板的清晰像。

测量时用经纬仪的望远镜对目标像调焦，应遵循消视差原则。



标引序号和符号说明：

1——玻罗板；

2——平行光管；

3——试样；

4——经纬仪的望远镜；

y ——玻罗板上线对的实际线距，单位为毫米（mm）；

2ω ——瞄准线对两端时读取的经纬仪的角度差，单位为度（°）。

图2

5.1.2.2 试验程序

如图2所示，由平行光管发出的平行光束，通过试样将玻罗板刻线成像于无穷远。在经纬仪的望远镜视场中，选择视场最边缘的一对玻罗板上的线对作为目标，用望远镜十字瞄准目标，用经纬仪测量瞄准线对两端时经纬仪的角度差 2ω ，用公式（2）计算被测试样焦距 f' ：

$$f' = \frac{y}{2 \tan \frac{\omega}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

f' —— 试样焦距，单位为毫米（mm）；

2ω ——瞄准线对两端时读取的经纬仪的角度差，单位为度（°）；

y ——玻罗板上线对的实际线距，单位为毫米（mm）。

在5.1.1中所述的用放大率法测焦距所用平行光管的物镜，其焦距建议采用精密测角法测量，以获得更高的准确度。

5.2 视场

5.2.1 望远镜视场

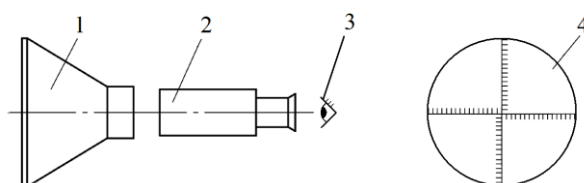
5.2.1.1 总则

望远镜视场以能见到的物空间的边缘对入瞳中心的张角 2ω 来表示。试验时采用白光照明。照明光束应均匀充满被测视场，不应产生光束切割现象。

5.2.1.2 用视场仪测量视场角

5.2.1.2.1 试验装置

如图3所示，采用视场仪（大视场的平行光管）作为试验装置。它的物镜常用成像质量良好的广角照相物镜，在其焦面上具有视场仪的十字型刻度尺。



标引序号说明：

1——视场仪；

2——试样（望远镜）；

3——眼睛；

4——视场仪的十字型刻度尺。

图3

5.2.1.2.2 试验程序

测量时将试样（望远镜）物镜对准视场仪物镜，人眼大致位于试样目镜眼点位置，通过目镜观察视场仪十字刻度尺，同时调节视场仪仰俯和水平角，使刻度十字交点位于视场中心。视场所涵盖的垂直或水平刻度的最大间隔数乘以刻度尺的分度值，就是试样的视场角。

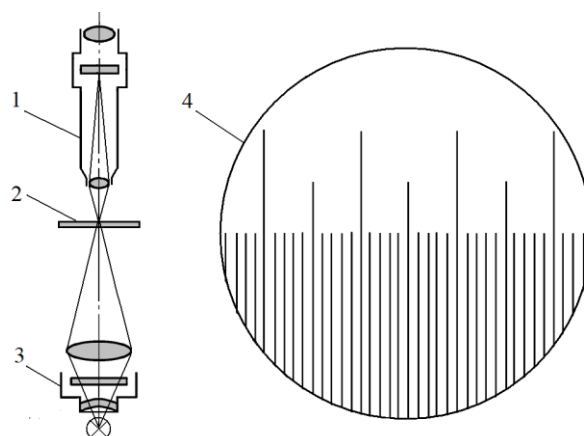
5.2.2 显微镜视场

5.2.2.1 总则

显微镜视场是以能观察到的物平面上最大直径来表示，通常称为线视场。

5.2.2.1.1 试验装置

测量显微镜视场的试验装置如图4所示。



标引序号说明:

- 1——试样（显微镜）；
- 2——分度值为 0.01mm 的显微标尺；
- 3——试样（显微镜）照明系统；
- 4——试样（显微镜）视场。

图4

5.2.2.1.2 试验程序

试验时，将分度值为0.01mm的显微标尺放在试样的载物台上，试样采用白光照明，照明光束应均匀充满被测视场，不应产生光束切割现象。试样的载物台平面应垂直于物镜光轴，保证视场边缘两侧的像同时清晰。

人眼通过被测试样直接观测，在视场中所能见到的最大刻度间隔数乘以刻度的分度值，就是试样的视场直径。

5.3 放大率

5.3.1 总则

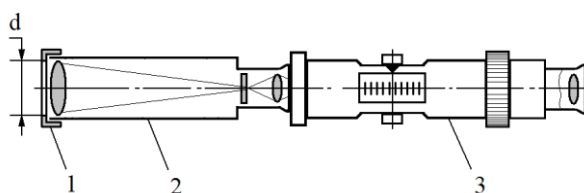
采用白光照明，照明光束应均匀并充满被测视场。对于望远镜的测量，应对无穷远目标调焦，目镜如系可调视度，应调在零屈光度位置。对目标像的调焦应遵循消视差原则。对于有限远物像距系统应保证正确的共轭距，物平面与像平面均应垂直于试样光轴。

5.3.2 望远镜的角放大率

5.3.2.1 按测量出的出瞳直径计算放大率

5.3.2.1.1 试验装置

测量出瞳直径的试验装置如图5所示。



标引序号和符号说明:

- 1——标准光阑；
- 2——试样；
- 3——倍率计；
- d——标准光阑直径（或方形标准光阑像的边长）。

图5

5.3.2.1.2 试验程序

试验时，将已知尺寸的标准光阑（形状为圆形或方形，其直径或边长，以下简称光阑尺寸 d 。 d 应小于并接近试样物镜通光孔径）套在试样的物镜框上，将倍率计紧贴试样目镜框端面，用倍率计测出标准光阑像所包含的视场角 $2\alpha'$ 。

先用公式（3）计算光阑尺寸所包含的视场角 2α ，再按公式（4）计算试样的角放大率 Γ 。

$$\tan \alpha = \frac{d}{2f'_0} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- α ——光阑尺寸所包含的视场角的一半，单位为度（°）；
- f'_0 ——试样物镜焦距，单位为毫米（mm）；
- d ——光阑尺寸，单位为毫米（mm）。

$$\Gamma = \frac{\alpha}{\alpha'} \dots\dots\dots (4)$$

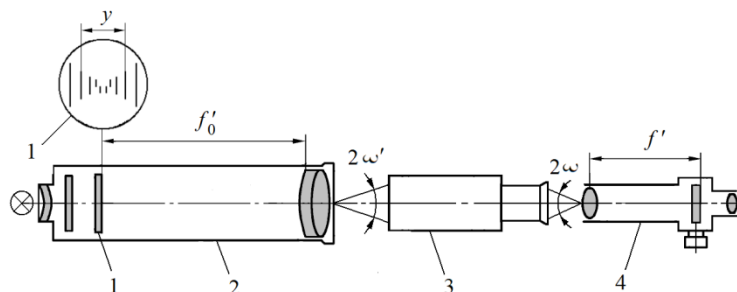
式中：

- Γ ——角放大率；
- α ——光阑尺寸所包含的视场角的一半，单位为度（°）；
- α' ——光阑像尺寸所包含的视场角的一半，单位为度（°）。

5.3.2.2 按测量出的像方视场角计算放大率

5.3.2.2.1 试验装置

测量像方视场角的试验装置如图6所示。



标引序号和符号说明：

- 1——玻璃板；
- 2——平行光管；
- 3——试样；
- 4——带测微目镜的望远镜；

- y ——玻罗板上线对的实际线距，单位为毫米（mm）；
- f'_0 ——平行光管物镜焦距，单位为毫米（mm）；
- f' ——试样焦距，单位为毫米（mm）；
- 2ω ——被测线对所包含的物方视场角，单位为度（°）；
- $2\omega'$ ——被测线对像所包含的像方视场角，单位为度（°）。

图6

5.3.2.2.2 试验程序

试验时，将平行光管、试样和带有测微目镜的望远镜同轴安装，试样的物镜朝向平行光管一方，在平行光管物镜的焦面上安装玻罗板。

玻罗板上的线对间距 y 和平行光管物镜焦距 f'_0 事先精确测量。

测微目镜的分度值单位应为角度。

如图6所示，由平行光管发出的平行光束，通过试样将玻罗板刻线成像在望远镜物镜的焦平面上。在望远镜视场中选择一对在视场边缘的线对，按公式（5）计算该线对的线距所包含的视场角的一半 ω 。

$$\tan \omega = \frac{y}{2f'_0} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- ω ——被测线对的线距所包含的物方视场角的一半，单位为度（°）；
- f'_0 ——平行光管物镜焦距，单位为毫米（mm）；
- y ——被测玻罗板上线对的实际线距，单位为毫米（mm）。

用测微目镜十字瞄准线对像，用目镜测微器测量线对像的线距所包含的像方视场角 $2\omega'$ ，按公式（6）计算被测系统的角放大率 Γ 。

$$\Gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} \dots\dots\dots (6)$$

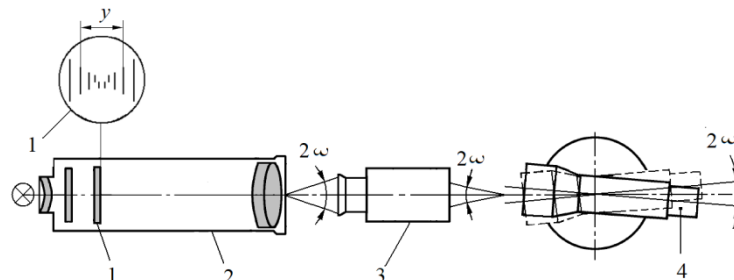
式中：

- Γ ——角放大率；
- ω ——被测线对的线距所包含的物方视场角的一半，单位为度（°）；
- ω' ——被测线对像的线距所包含的像方视场角的一半，单位为度（°）。

5.3.2.3 按测量出的物方视场角计算放大率

5.3.2.3.1 试验装置

测量物方视场角的试验装置如图7所示。



标引序号和符号说明：

- 1——玻罗板；
- 2——平行光管；

- 3——试样（望远镜）；
 4——经纬仪的望远镜；
 y —— 波罗板上线对的实际线距，单位为毫米（mm）；
 2ω ——被测线对所包含的物方视场角，单位为度（°）。

图7

5.3.2.3.2 试验程序

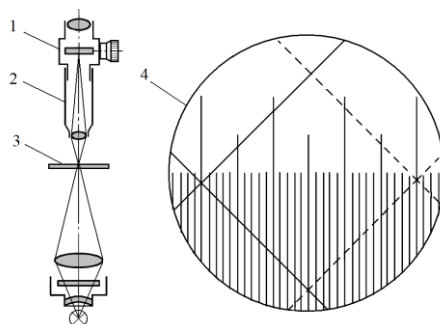
试验时，平行光管、试样和经纬仪的望远镜同轴安装，试样的目镜朝向平行光管物镜一方，调整经纬仪望远镜，使波罗板上线对成像在经纬仪望远镜物镜的焦平面上。用经纬仪测量试样视场边缘的线对像所包含的像方视场角 $2\omega'$ 。按公式（6）计算试样的角放大率。

5.3.3 显微镜放大率测量方法

5.3.3.1 物镜放大率

5.3.3.1.1 试验装置

测量物镜放大率的试验装置如图8所示。



标引序号说明：

- 1——测微目镜；
 2——试样(显微镜)；
 3——分度值为 0.01mm 的显微标尺；
 4——目镜视场。

图8

5.3.3.1.2 试验程序

试验时，按规定的机械筒长装配试样、显微镜的原配物镜和目镜，并在载物台上安装分度值 0.01mm 的显微标尺，调焦后使显微标尺成像清晰。然后取下原配目镜，装上测微目镜，调节目镜筒的视度，使测微目镜的分划板与原来已调好的物镜像面重合。

在视场中选择显微标尺上间距为 y 的两条刻线（通常选用视场内能看到的最大间距的两条线），用测微目镜十字线测出该两刻线像的间距为 y' ，按公式（7）计算物镜放大率 M_0 。

$$M_0 = \frac{y'}{y} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

M_0 ——物镜放大率；

y ——选中的显微标尺上两条被测刻线的实际间距，单位为毫米（mm）；

y' ——选中的显微标尺上的两条被测刻线像的间距，单位为毫米（mm）。

5.3.3.2 目镜放大率

目镜放大率测量的试验装置同 5.1.1.1，按 5.1.1.2 试验程序测量出目镜焦距 f_E' ，按公式（8）计算目镜放大率 M_E ：

$$M_E = \frac{250}{f_E'} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

M_E ——物镜放大率；

f_E' ——目镜焦距，单位为毫米（mm）。

5.3.3.3 显微镜视觉总放大率

5.3.3.3.1 方法一：

显微镜视觉总放大率 M_{TOTVIS} 可以通过按公式（9）计算得到：

$$M_{TOTVIS} = M_o \cdot M_E \dots\dots\dots (9)$$

式中：

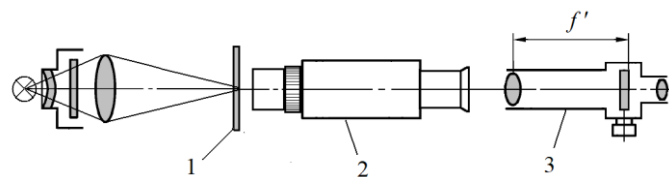
M_{TOTVIS} ——显微镜视觉总放大率；

M_o ——物镜放大率；

M_E ——目镜放大率。

5.3.3.3.2 方法二：

试验装置如图 9 所示。



标引序号和符号说明：

1——分度值为 0.01mm 的显微标尺；

2——试样（显微镜）；

3——带测微目镜的低倍望远镜；

f' ——望远镜物镜焦距，单位为毫米（mm）。

图9

在试样的物平面上安放分度值 0.01mm 的显微标尺，然后进行调焦，使其刻线在试样视场中成像清晰。随后在试样目镜一侧安装带有测微目镜的低倍望远镜，再进行调焦，使显微标尺刻线在望远镜视场中成像清晰。

在视场中选择显微标尺上间距为 y 的两条刻线（通常选用视场内能看到的最大间距的两条线），用测微目镜十字线测出该两刻线像的间距为 y' ，按公式（10）计算试样的视觉总放大率 M_{TOTVIS} 。

$$M_{\text{TOTVIS}} = \frac{250 \cdot y'}{y \cdot f'} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

M_{TOTVIS} ——视觉总放大率;

y ——选中的显微标尺上两条被测刻线的实际间距,单位为毫米(mm);

y' ——选中的显微标尺上两条被测刻线像的间距,单位为毫米(mm);

f' ——望远镜物镜焦距,单位为毫米(mm)。

如果目镜测微器的分度值是以视场角角度为单位,则直接测出显微标尺两条被测刻线经试样成像后所包含的像方视场角 $2\omega'$,可按公式(11)计算系统视觉总放大率 M_{TOTVIS} 。

$$M_{\text{TOTVIS}} = \frac{250}{y} \tan \omega' \dots\dots\dots (11)$$

式中:

M_{TOTVIS} ——视觉总放大率;

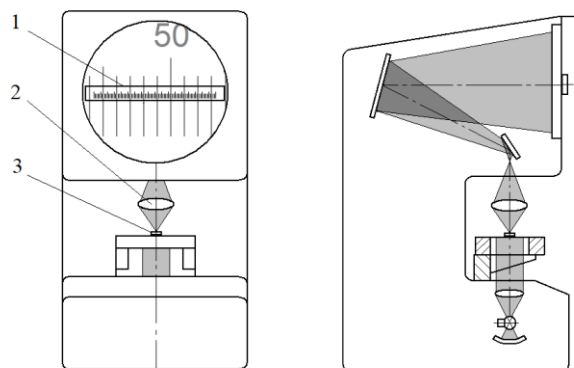
y ——显微标尺上两条被测刻线的实际间距,单位为毫米(mm);

ω' ——显微标尺两条被测刻线经试样成像后所包含的像方视场角的一半,单位为度($^{\circ}$)。

5.3.4 投影仪放大率测量方法

5.3.4.1 试验装置

投影仪放大率试验装置如图10所示。



标引序号说明:

1——标尺,分度值0.5mm,刻线宽度0.1mm,测量范围应大于或等于投影屏直径;

2——投影仪物镜;

3——标尺,分度值1mm,刻线宽度0.01mm,测量范围应在成像后充满投影屏视场。

图10

5.3.4.2 试验程序

如图10所示,在投影仪工作台上安放标尺(序号3),并对其调焦,直到在投影屏上标尺(序号3)像清晰为止,在屏面上选择标尺(序号3)像间距为 y 的两条刻线(通常选用视场内能看到的最大间距的两条线),用另一标尺(序号1)测出屏面上该两刻线像的间距为 y' ,按公式(6)计算物镜的放大率。

测量时应在投影屏不同部位且相互垂直方向进行测量。

5.4 孔径（相对孔径和数值孔径）

5.4.1 总则

入瞳直径的测量采用白光照明。数值孔径计的无限远十字目标应通过中心波长为546nm的宽带滤光片照明。

在测量照相物镜入瞳直径时，测量显微镜的工作距离，应能保证对入瞳调焦并获得其清晰像。

由于照相物镜光阑的形状不是规则的圆形，因此应选取多个直径方向测量，并取其平均值作为测量结果。对入瞳不是圆形的物镜，应以等效面积的圆直径计算之。

5.4.2 相对孔径

5.4.2.1 试验装置

物镜的相对孔径用入瞳直径与焦距的比值 D/f' 来表示。

照相物镜通常用 F 表示相对孔径的倒数来表示，其值按公式（12）计算。

$$F = \frac{f'}{D} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

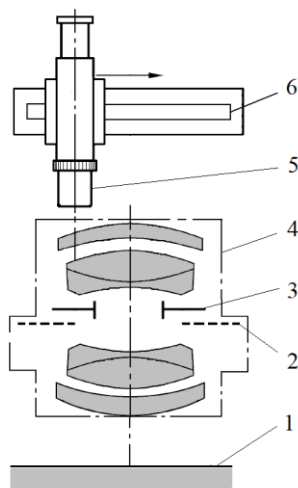
f' ——焦距，单位为毫米（mm）；

D ——入瞳直径，单位为毫米（mm）；

F ——为照相物镜相对孔径的倒数，亦称光阑指数或光圈。

焦距的测量按照 5.1 的试验装置和试验程序进行。

测量照相物镜入瞳直径的试验装置如图11所示，用测量显微镜测量光阑在物空间所成像（即入瞳）的直径。



标引序号说明：

1——漫射屏；

2——入瞳；

3——孔径光阑；

4——试样（照相物镜）；

5——测量显微镜；

6——长度测量系统。

图11

5.4.2.2 试验程序

测量时在像方用漫射照明光阑，在物方用显微镜对光阑像调焦，移动显微镜用十字分划先后瞄准光阑像的左右边缘，长度测量系统两次读数之差就是入瞳直径的大小。

在测量照相物镜入瞳直径时，测量显微镜的工作距离，应能保证对入瞳调焦并获得其清晰像。由于照相物镜光阑的形状不是规则的圆形，因此应选取多个直径方向测量，并取其平均值作为测量结果。对入瞳不是圆形的物镜，应以等效面积的圆直径计算。

所用测量显微镜，可以是显微镜移动式，也可以是工作台移动式，二者均应具有长度测量系统。

5.4.3 数值孔径

5.4.3.1 试验装置

用数值孔径计测量数值孔径 NA 。

数值孔径 NA 按公式 (13) 计算。

$$NA = n \sin U \dots\dots\dots (13)$$

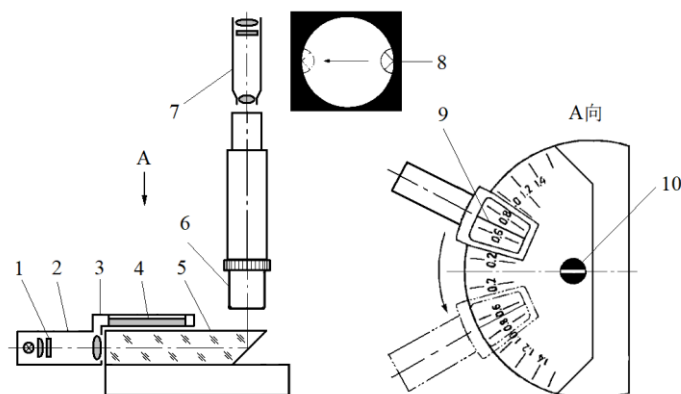
式中：

NA ——数值孔径；

n ——物空间介质折射率；

U ——物方半径孔径角。

如图 12 所示，数值孔径计（以下简称孔径计）的主体是一块玻璃半圆柱体，其半圆柱面的对面为 45° 平面。在半圆柱体端面有两圈刻度线，内圈刻度线为 U 值，外圈刻度线为 NA 值。刻度的读数由一个金属框上的指标线指示；金属框侧面对玻璃圆柱面处装有带十字线分划板的小平行光管，作为无限远目标，并与指标线一起沿玻璃圆柱面滑动。



标引序号说明：

1——十字线分划板；

2——平行光管；

3——金属框；

4——指标线分划板；

5——玻璃半圆柱体；

6——试样（显微镜物镜）；

- 7——对中望远镜；
- 8——对中望远镜视场；
- 9——指标线；
- 10——狭缝。
- 11——显微镜架

图12

5.4.3.2 试验程序

在显微镜架上，装上被测物镜和目镜。在载物台安放数值孔径计（若是浸液物镜，还需在物镜前片和狭缝区之间滴注相应的浸液），对数值孔径计上的狭缝进行调焦，从目镜中观察到狭缝清晰像并居中。然后取出目镜，换上对中望远镜，上下调节对中望远镜目镜抽筒直至见到物镜后焦面附近的物镜出瞳和数值孔径计的十字目标像时锁定。推动数值孔径计的游标手柄，使十字目标交点处于物镜出瞳直径方向左右两端的边缘（图12序号8），在数值孔径计上读数，左、右得到两个测量值（图12的A向），取其平均数即为物镜数值孔径测量值。当被测物镜的数值孔径小于0.40时，用针孔目镜代替对中望远镜进行测量。当被测物镜的数值孔径大于1的无限远校正显微物镜，也可按GB/T 44293进行测量。

5.5 出瞳直径

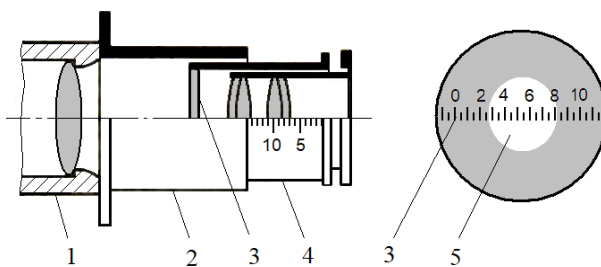
5.5.1 总则

大多数目视光学仪器的出瞳都是孔径光阑的实像，以便观察时眼瞳与它相重合。用直尺或者带有刻度的毛玻璃就能很容易地量得出瞳直径。利用测量仪器可较为准确地测量。

5.5.2 用简易倍率计测量出瞳

5.5.2.1 试验装置

简易倍率计测量出瞳直径试验装置如图13所示。



标引序号说明：

- 1——试样；
- 2——外套筒；
- 3——分划板；
- 4——目镜组；
- 5——出瞳光斑像。

图13

5.5.2.2 试验方法

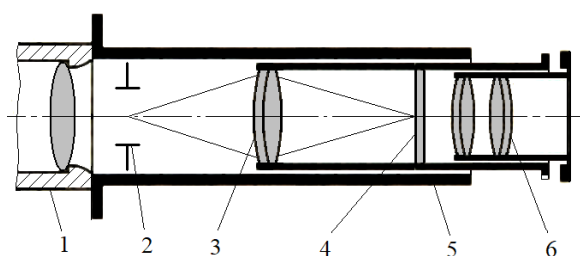
试验时，简易倍率计由分划板和目镜组组成，二者一起可在外套筒内移动。分划板到外套筒靠面之间的距离可以从刻在镜筒上的标尺上读出。分划板上刻有间隔为0.1mm的刻线，人眼通过目镜可看

到它的放大像。测量时将试样对着明亮处，把简易倍率计紧贴在目镜框上。移动目镜组，直到出瞳与分划板中心大致相重合，此时在分划板上可看到清晰的出瞳光斑像，可在分划板直接读出试样的出瞳直径。

5.5.3 用测量显微镜测量出瞳

5.5.3.1 试验装置

要得到比较准确的出瞳直径，可采用测量显微镜进行测量。测量显微镜测量出瞳直径的试验装置如图14所示。



标引序号说明：

1——试样；

2——试样出瞳；

3——测量显微镜物镜；

4——分划板；

5——外套筒；

6——测量显微镜目镜。

图14

5.5.3.2 试验方法

试验时，把试样对着明亮处，将测量显微镜直接调焦在试样的出瞳上，这时在显微镜分划板上可以见到整个出瞳像。利用分划板上的刻度就可以读出入瞳像的直径。如果测量显微镜上带有测微目镜，就可以较准确地测量出瞳像的直径。应注意这个像是经过显微物镜放大的像，所以则测量得到的数据除以倍数（ β ）后就是试样的出瞳直径。

如果测量显微镜的视场小于被测出瞳直径，则在视场中只能见到被测出瞳的一部分。这时可采用类似图13的试验装置，测量显微镜镜座上的测量装置使整个测量显微镜移动。两次分别对准出瞳在直径方向的两边缘，则从测量装置上得到的两读数之差就是试样的出瞳直径。

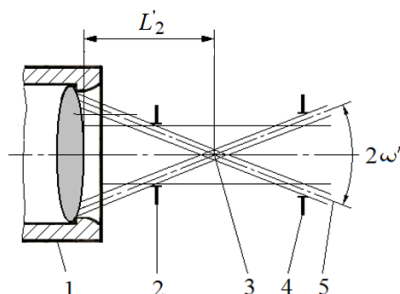
测量出瞳是虚像的情况时（例如照相物镜的出瞳）。显微镜的工作距离必须足够长才可以调焦在这个虚像上进行测量。入瞳直径的测量方法与出瞳直径测量方法相同，这种方法尤其适用于测量照相物镜入瞳直径。

对于望远系统的出射光瞳直径，可用倍率计（如图5）来测量，它由低倍显微镜和外套筒组成，显微镜物镜的横向放大率通常为1倍。测量时将外套筒靠在试样的镜框端面上，拉动显微镜，使出射光瞳成像在分划板上。分划板上有标尺，可直接读出入瞳直径数值。

5.6 出瞳距离

5.6.1 总则

在望远系统中限制轴外视场斜光束宽度的往往不是孔径光阑，而是其他光阑或者零件边框。如图15所示，这时轴外最大视场斜光束的主光线经过系统后已可能不再通过出瞳中心，这样，人眼能够观察到整个视场的合适位置是图16所示的眼点位置处。通常把轴外边缘视场成像光束的中心线(即主光线)在目镜像方与光轴的交点称为眼点。把目镜最后表面顶点到眼点的距离称为出瞳距离，用 L_2 表示。



标引序号和符号说明：

1——试样；

2——试样出瞳；

3——眼点；

4——其他光阑像；

5——斜光束主光线；

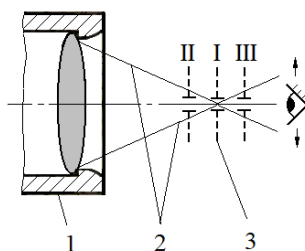
L_2 ——目镜最后表面顶点到眼点的距离（出瞳距离），单位为毫米（mm）。

图15 眼点的位置

5.6.2 用针孔目镜测量眼点距离

5.6.2.1 试验装置

针孔目镜测量眼点距离试验装置如图16所示。



标引序号和符号说明：

1——试样；

2——最大视场光束的主光线；

3——针孔目镜；

I、II、III——假设针孔目镜位置。

图16

5.6.2.2 试验程序

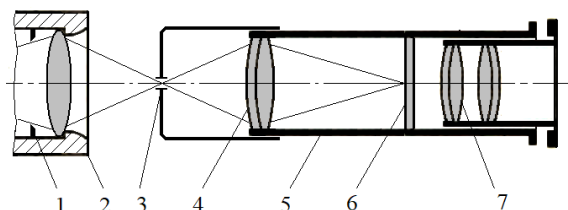
确定眼点位置的最简单方法是利用一针孔目镜。在眼点附近放一个针孔目镜，观测者眼睛位于针孔后观察。只有当针孔处在眼点位置 I 上时，才能看到被测仪器所允许的整个视场(通常是看到分划板边框)。需要时可使眼睛做左右摆动，以便观察到整个视场。如果针孔不是位于眼点处，如图中位置 II

和Ⅲ, 则最大视场的光线全部被针孔目镜2挡掉。此时测量者不可能看到被测仪器的整个视场。因此, 只要能看到整个视场, 针孔目镜一定处在眼点位置上。此时, 用适当的量具测量针孔目镜到目镜最外光学表面顶点的距离, 得到的就是眼点距离。

5.6.3 用针孔望远镜测量眼点距离

5.6.3.1 试验装置

针孔望远镜测量眼点距离的试验装置如图17所示。



标引序号说明:

- 1——视场光阑;
- 2——试样;
- 3——针孔;
- 4——物镜;
- 5——针孔望远镜;
- 6——分划板;
- 7——目镜。

图17

5.6.3.2 试验程序

在5.6.2中, 眼睛实际上只能在光阑后面一定距离上观察。此时需要眼睛左右摆动才能看到整个视场。利用针孔望远镜可以更方便地进行观察, 一个大视场低倍望远镜由物镜、分划板和目镜组成。在物镜前焦点处设置有针孔光阑, 眼睛在目镜后焦点处观察, 相当于把小孔直接成像到眼睛瞳孔上。因此, 当调节到小孔与被测仪器眼点重合时, 眼睛就能直接在针孔望远镜分划板上看到试样的视场光阑像, 即看到整个视场。此时, 用适当的量具测量针孔光阑到目镜最外光学表面顶点的距离, 得到的就是眼点距离。

5.7 齐焦距离

5.7.1 试验装置

试验装置如图18所示。平行光管1、模拟镜筒3和观察显微镜4同轴安装。观察显微镜的轴向移动应带有测量装置。

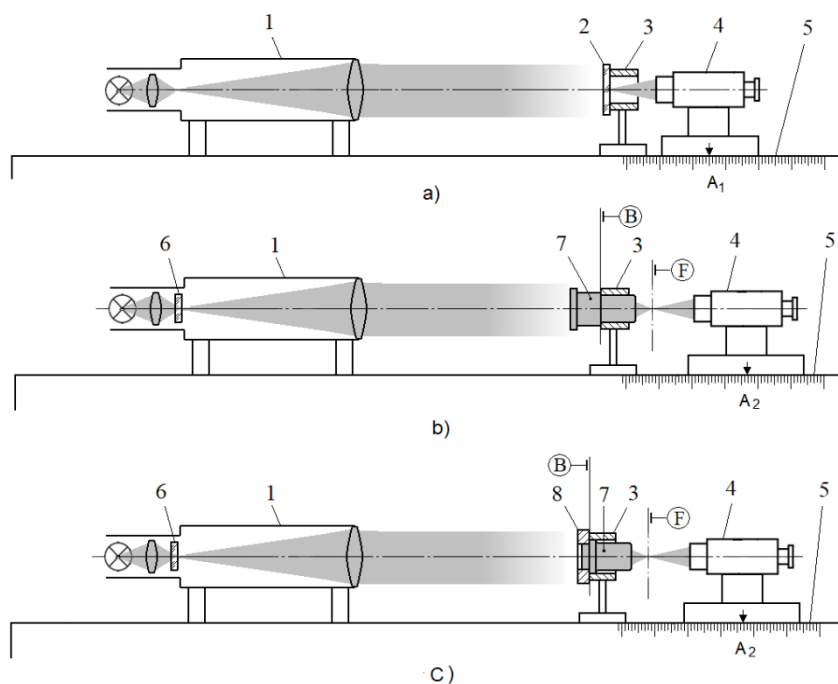
5.7.2 试验程序

如图18a)所示, 将十字分划板2的刻线面紧贴模拟镜筒定位面; 调整显微镜4的轴向移动位置, 使视场中的十字线成像清晰, 读取显微镜轴向标尺读数 A_1 ;

如图18b)所示, 撤去模拟镜筒定位面上的十字线分划板, 在平行光管物镜焦平面上安装十字分划板6。如果试样的定位面B是面朝焦平面F的(例如显微镜目镜), 则直接将试样7插入镜筒, 并且二者

定位面贴紧(注意：此过程应保持模拟镜筒位置不变)，使平行光管物镜焦平面上的十字线经过物镜和试样后，成像在试样焦面F上；调整观察显微镜的轴向移动位置，使视场中十字线像清晰，读取显微镜轴向标尺读数 A_2 。取 A_2 和 A_1 之差作为齐焦距测量结果。

如图18c)所示，如果试样的定位面B是背朝焦平面F的(例如显微镜物镜)，则先将试样定位面紧贴过渡圈8的基面，再将二者一同插入模拟镜筒，并且使过渡圈基面与模拟镜筒定位面贴紧，试验程序同上。



标引序号和符号说明：

- 1——平行光管；
- 2——十字分划板；
- 3——模拟镜筒；
- 4——显微镜；
- 5——轴向标尺；
- 6——十字分划板；
- 7——试样；
- 8——过渡圈；
- B——试样定位面；
- F——试样焦平面。

图18