



中华人民共和国地方计量校准规范

JJF（苏）XXX—202X

平行光管校准规范

Calibration Specification for Collimator

（报批稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

江苏省市场监督管理局 发布

平行光管校准规范

Calibration Specification for Collimators

JJF（苏）xxx——202X

本规范经江苏省市场监督管理局于20XX年0X月XX日批准，并自XXXX年XX月XX日起施行。

归口单位：江苏省市场监督管理局

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

（江苏省能源计量数据中心）

扬州市检验检测中心

参与起草单位：扬州市宝余光电有限公司

南京师范大学

本规范委托江苏省几何量专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

钱征宇（江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心））

杨慧敏（江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心））

梅锦辉（扬州市检验检测中心）

参加起草人：

魏 陈（扬州市宝余光电有限公司）

夏 巍（南京师范大学）

目录

引言.....	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 分划板中心偏移量.....	(2)
4.2 物镜焦距.....	(2)
4.3 带尺分划板刻线间距偏差.....	(2)
4.4 星点板孔径偏差.....	(2)
4.5 玻罗板线对间距偏差.....	(2)
4.6 出射光束平行差.....	(3)
4.7 分辨力板.....	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件.....	(3)
5.2 测量标准及其他设备.....	(3)
6 校准方法	(4)
6.1 校准前准备.....	(4)
6.2 分划板中心偏移量.....	(4)
6.2.1 十字线分划板轴线偏移量.....	(4)
6.2.2 带尺分划板十字线交点位置偏移量.....	(4)
6.2.3 星点孔位置偏移量.....	(7)
6.2.4 玻罗板线对对称轴位置偏移量.....	(5)
6.3 物镜焦距.....	(5)
6.4 带尺分划板刻线间距偏差.....	(6)
6.5 星点板孔径偏差.....	(6)
6.6 玻罗板线对间距偏差.....	(7)
6.7 出射光束平行差.....	(7)
6.8 分辨力板.....	(7)
7 校准结果的表达	(7)
8 复校时间间隔	(8)
附录 A 平行光管分划板样式示例.....	(9)
附录 B 平行光管物镜焦距测量不确定度评定示例.....	(10)
附录 C 校准证书内容.....	(13)

引言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1094-2002《测量仪器特性评定》共同构成本规范制订的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

平行光管校准规范

1 范围

本规范适用于折射式、反射式平行光管的校准。仪器或装置中作部件用的平行光管可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 827 分辨力板检定规程

GB/T 38256 多光路光轴平行性测试方法

JB/T 7399 平行光管

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本规范。

3 概述

平行光管是一种产生平行光束的光学仪器，是装配、调整光学仪器及光学检验的重要计量器具，主要由物镜和位于物镜焦平面上的分划板、光源等部分组成。通过配备不同的分划板（十字线分划板、带尺分划板、星点板、玻罗板、分辨力板等），结合测微目镜、显微镜等读数系统，能够用于测量光学系统的焦距、分辨力以及其他成像质量参数。

平行光管按结构可分为折射式和反射式（如图 1 和图 2）。平行光管按用途，根据其物镜焦距的技术要求可分为 1、2、3 级，其中 1 级、2 级用于光学参数测量，3 级用于观察、校正目标。

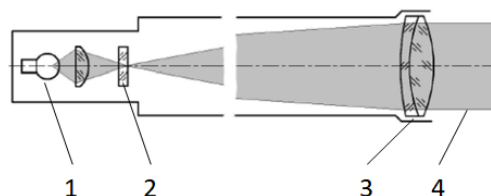


图 1 折射式平行光管

1-光源 2-分划板 3-物镜 4-平行光束

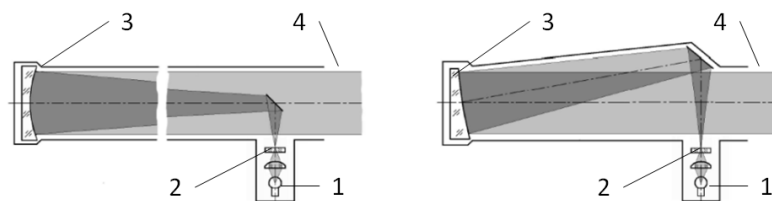


图2 反射式平行光管

1-光源 2-分划板 3-曲面反射物镜 4-平行光束

4 计量特性

4.1 分划板中心偏移量

十字线分划板的十字线交点应位于平行光管的轴线上，其偏移量不超过十字线宽度的两倍。

带尺分划板的十字线交点应位于十字线分划板的十字线交点位置上，其偏移量不得超过 $1.5'$ 。

星点孔中心应位于十字线分划板的十字线交点位置上，其偏移量不得超过 $1.5'$ 。

玻罗板的线对对称轴线应位于十字线分划板的十字线交点位置上，其偏移量不得超过 $1.5'$ 。

4.2 物镜焦距

物镜焦距应符合表 1 的规定。

表 1 物镜焦距

物镜焦距标称值 f_0' (mm)	物镜焦距允许偏差 $\Delta f'$	物镜焦距值校准结果允许的测量不确定度 U_{99}		
		1 级	2 级	3 级
300、500(550)、1000、 1200、1600、2000、3000	$\pm 3\%$	0.1%	0.3%	——

4.3 带尺分划板刻线间距偏差

刻尺任意两刻线的间距偏差应不大于其分度值的 $1/10$ 。

4.4 星点板孔径偏差

星点孔的直径偏差应不大于其直径标称值的 $1/10$ 。

4.5 玻罗板线对间距偏差

玻罗板的线对间距偏差应符合表 2 规定。

表 2 玻罗板线对间距允许偏差

线对间距(mm)	允许偏差(mm)
1, 2, 4, 10	± 0.002
20, 30, 40	± 0.004

4.6 出射光束平行差

出射光束平行差是指平行光管分划板刻线面的安装与其物镜实际焦平面的偏移量对应的出射光束平行性误差，其最大允许误差根据用户需求确定。

4.7 分辨力板

分辨力板的计量特性参照 JJG 827 《分辨力板检定规程》。

注：校准工作不做符合性判断，以上计量特性仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：(20±3)℃，室温变化：≤2℃/h；

相对湿度：≤80%；

测量前将被校平行光管置于室内平衡温度的时间不少于2h。测量过程中无影响测量的振动及其他干扰源。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 3。

表 3 测量标准及其他设备

序号	校准项目		测量标准及其计量特性
1	分划板中心偏移量		可二维调整带座反射镜 DJ ₂ 级光学经纬仪或II级电子经纬仪
2	物镜焦距	1级	DJ ₁ 级光学经纬仪或I级电子经纬仪、配套玻罗板
		2级、3级	DJ ₂ 级光学经纬仪或II级电子经纬仪、配套玻罗板
3	带尺分划板刻线间距偏差		影像测量仪MPE：±(1.0μm+5×10 ⁻⁶ L) 或万能工具显微镜MPE：±(1.0μm+1×10 ⁻⁵ L)
4	星点板孔径偏差		
5	玻罗板线对间距偏差		

6	出射光束平行差	DJ ₂ 级光学经纬仪或II级电子经纬仪、 位移工作台、五棱镜
7	分辨力板	影像测量仪MPE: $\pm (1.0 \mu\text{m} + 5 \times 10^{-6} L)$ 或万能工具显微镜MPE: $\pm (1.0 \mu\text{m} + 1 \times 10^{-5} L)$ 或激光比长仪MPE: $\pm 0.5 \mu\text{m}$
注: 允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准及设备进行校准		

6 校准方法

6.1 校准前准备

平行光管不应有影响测量的外观缺陷。光学零件的表面不应有明显的擦痕、麻点、水珠、霉点等疵病；光学零件的胶合面不应有气泡和脱胶现象。

在平行光管物镜焦平面上安置分划板时，用透射光照明，视场亮度应均匀，不应有妨碍观测的缺陷。用高斯目镜观察，成像清晰，没有目视可见的视差。

6.2 分划板中心偏移量

6.2.1 十字线分划板轴线偏移量

将十字线分划板安装在平行光管上，使其十字方向与四只调节中心位置的螺钉方向一致；安装高斯目镜，调节目镜视度，使十字线成像清晰。在平行光管出射方向安装反射镜，调节反射镜的微调螺钉，使高斯目镜视场中的自准像移动到固定十字线附近，检查是否存在视差。

调节反射镜的微调螺钉，使高斯目镜视场中的自准像与固定十字线重合。松开平行光管支座上的锁紧螺钉，使平行光管在支座孔内旋转180°，观察自准像与固定十字线在垂直方向的偏移量，分别调节十字线分划板上下调节螺钉和反射镜俯仰微调螺钉，各调节偏移量的一半；观察自准像与固定十字线在水平方向的偏移量，按同样程序调节十字线分划板左右调节螺钉和反射镜左右微调螺钉。按以上程序反复调整，使平行光管无论如何旋转，自准像与固定十字线的偏移量始终不超过其线宽的两倍。

6.2.2 带尺分划板十字线交点位置偏移量

将带尺分划板安装在被测平行光管上，用经纬仪目镜中的十字线瞄准带尺分划板的十字线交点，分别读取经纬仪水平角示值 x_2 和竖直角示值 y_2 。按公式（1）计算带尺分划板十字线交点位置偏移量。

$$\delta_2 = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2} \quad (1)$$

δ_2 ——带尺分划板十字线交点位置偏移量；

x_2 ——经纬仪瞄准带尺分划板十字线交点时，经纬仪水平角示值；

y_2 ——经纬仪瞄准带尺分划板十字线交点时，经纬仪竖直角示值；

x_0 ——经纬仪瞄准十字线分划板的中心时，经纬仪水平角示值；

y_0 ——经纬仪瞄准十字线分划板的中心时，经纬仪竖直角示值。

6.2.3 星点孔位置偏移量

将星点板安装在被测平行光管上，用经纬仪目镜中的十字线瞄准星点孔中心位置，分别读取经纬仪水平角示值 x_3 和竖直角示值 y_3 ，按公式（2）计算星点孔位置偏移量。

$$\delta_3 = \sqrt{(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2} \dots\dots\dots (2)$$

δ_3 ——星点孔位置偏移量；

x_3 ——经纬仪瞄准星点孔时，经纬仪水平角示值；

y_3 ——经纬仪瞄准星点孔时，经纬仪竖直角示值；

x_0 ——经纬仪瞄准十字线分划板的中心时，经纬仪水平角示值；

y_0 ——经纬仪瞄准十字线分划板的中心时，经纬仪竖直角示值。

6.2.4 玻罗板线对对称轴位置偏移量

当十字线分划板偏移量调整至符合要求后，将平行光管支座螺钉锁紧，固定好平行光管，在平行光管出射方向安装经纬仪。调整经纬仪望远镜焦距，使十字线分划板刻线成像清晰，用经纬仪目镜中的十字线瞄准十字线分划板的中心位置，分别读取经纬仪水平角示值 x_0 和竖直角示值 y_0 。后续分划板偏移量测量需保持平行光管和经纬仪位置保持不变。

将玻罗板安装在被测平行光管上，用经纬仪分别照准玻罗板其中一组线对的左右刻线，读取经纬仪水平角示值 x_1 和 x_1' ，根据公式（3）计算玻罗板线对对称轴位置偏移量。

$$\delta_1 = \frac{x_1 + x_1'}{2} - x_0 \quad (3)$$

δ_1 ——玻罗板线对对称轴位置偏移量；

x_1 、 x_1' ——经纬仪瞄准左、右刻线时的水平角示值；

x_0 ——经纬仪瞄准十字线分划板的中心时，经纬仪水平角示值。

6.3 物镜焦距

如图3所示将玻罗板分划面安装在平行光管焦平面上，使其线对对称轴处于垂直方向。将经纬仪安装在平行光管出射方。调整经纬仪望远镜焦距，使玻罗板线对成像清晰。

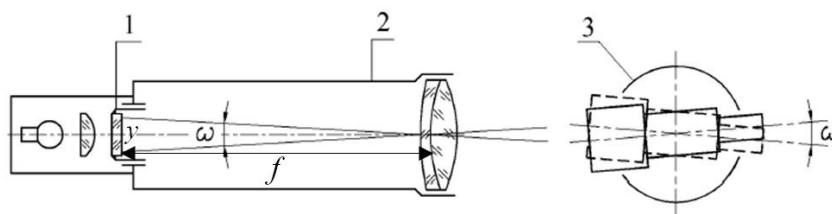


图3 物镜焦距测量示意图

1-玻罗板 2-被校平行光管 3-经纬仪

选择玻罗板上—对间距较大的线对，用望远镜分别瞄准线对的左、右刻线，读取瞄准左、右刻线时，经纬仪的水平转角 ω ，测量三次取其平均值，按公式（4）计算平行光管物镜的焦距。

$$f' = \frac{y}{2 \tan(\omega/2)} \quad (4)$$

f' ——被测平行光管的物镜焦距；

y ——玻罗板线对间距；

ω ——经纬仪的水平转角。

6.4 带尺分划板刻线间距偏差

将带尺分划板放置在工具显微镜或影像测量仪工作台上，刻线面朝上，使带尺分划板刻线清晰成像。瞄准带尺分划板最左端的初始刻线，读取示值 l_0 ，然后自左至右依次瞄准各主刻线读取示值 l_1 、 l_2 、 l_3 ……、 l_n 。按公式（5）计算各条刻线的位置偏差。

$$\Delta l_i = |l_i - l_0| - i \cdot c \quad (5)$$

Δl_i ——各条刻线的位置偏差；

l_i ——第 i 条刻线示值（ $i=0, 1, 2, \dots$ ）；

l_0 ——初始刻线示值；

i ——刻线序号；

c ——分度值。

所有位置偏差中的最大值和最小值之差作为校准结果。带尺分划板上横、竖两列刻尺均需校准。

6.5 星点板孔径偏差

星点板上的星点孔应圆整，星点孔应与十字线分划板刻线面共面，将星点板放置在影像测量仪工作台上，刻线面朝上，调整影像测量仪至合适的放大倍数，使星点孔成像清晰。

瞄准星点孔圆周边缘,提取直径,测量三次,取三次测得值平均值与星点孔直径标称值之差作为测量结果。

6.6 玻罗板线对间距偏差

将玻罗板放置在工具显微镜或影像测量仪工作台上,刻线面朝上,使玻罗板的线对刻线成像清晰,分别瞄准线对的左右刻线,在仪器的长度测量系统上读取玻罗板的线对间距,测量三次,取三次线对间距平均值与标称值之差作为测量结果,玻罗板上所有线对均需校准。

6.7 出射光束平行差

如图4所示,校准时将五棱镜放置在平行光管物镜前的位移工作台上,五棱镜可沿垂直于平行光管光轴方向平稳移动。沿五棱镜出射光束方向安装经纬仪,用以检测平行光管分划像的偏移量对应的出射光束平行差。五棱镜沿垂直于平行光管光轴方向,由位置I移动至位置II,移动距离应不小于平行光管出射孔径的80%,用经纬仪瞄准分划像中心,在I、II位置分别读取水平角示值,两个位置示值差的绝对值即为出射光束平行差。

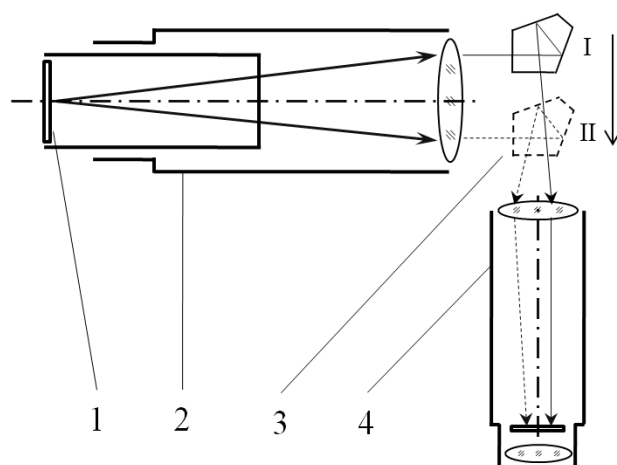


图4 出射光束平行差校准示意图

1-分划板 2-被校平行光管 3-五棱镜 4-经纬仪

6.8 分辨力板

将分辨力板安装在平行光管上,经纬仪望远镜无需调焦的情况下,分辨力板的图案应清晰。分辨力板的校准项目按JJG 827的方法进行校准。

7 校准结果的表达

校准后的平行光管出具校准证书。校准证书内容见附录C

8 复校时间间隔

平行光管的稳定性受设备自身质量、使用频次、存放环境等诸多因素所决定，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，一般建议为 1 年。

附录 A

平行光管分划板样式示例

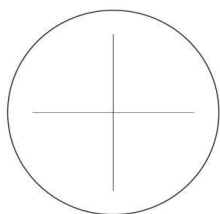


图 A.1 十字线分划板

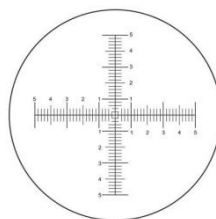


图 A.2 带尺分划板

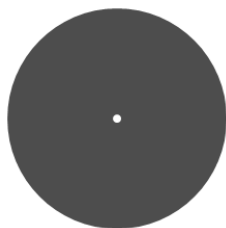


图 A.3 星点板



图 A.4 玻罗板

附录 B

平行光管物镜焦距测量不确定度评定示例

B.1 测量方法

依据本校准规范, 用 I 级电子经纬仪和 $MPE: \pm(0.25+L/900)\mu m$ 的复合式坐标测量机作为测量标准, 测量型号为 BYGD-1700 的 1 级平行光管物镜焦距。测量时, 玻罗板线对间距标称值为 30mm。

B.2 测量模型

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

f' ——被测平行光管物镜的焦距;

y ——玻罗板上的一对线对间距;

ω ——经纬仪通过平行光管读取玻罗板上线对时的张角。

B.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial f'}{\partial y} = \frac{1}{2 \tan(\omega/2)}, \quad c_2 = \frac{\partial f'}{\partial \tan(\omega/2)} = -\frac{y}{2(\tan(\omega/2))^2}$$

B.4 不确定度的评定

B.4.1 玻罗板线对间距偏差 y 引入的不确定分量 u_1 B.4.1.1 由复合式坐标测量机示值误差引入的不确定度分量 u_{11}

玻罗板线对间距 y 由复合式坐标测量机测得, 为 30.00014mm, 复合式坐标测量机的最大允许误差为 $\pm(0.25+L/900)\mu m$, 则测量 30mm 线对间距时的最大允许误差为 $\pm 0.29\mu m$, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则影像测量仪示值误差引入的不确定度分量为:

$$u_{11} = \frac{0.00029mm}{\sqrt{3}} = 0.00017mm$$

B.4.1.2 由玻罗板线对间距测量重复性引入的不确定度分量 u_{12}

用复合式坐标测量机测量玻罗板线对间距, 重复测量三次, 测量结果如下(mm):

30.0014、30.0013、30.0015

取三次测量的平均值作为测量结果, 采用极差法计算, 极差系数为 1.69, 则:

$$u_{12} = \frac{0.0002mm}{1.69\sqrt{3}} = 0.00007mm$$

B.4.2 水平转角 ω 引入的不确定分量 u_2

B.4.2.1 由电子经纬仪示值误差引入的不确定度分量 u_{21}

水平转角 ω 由电子经纬仪通过平行光管分别瞄准玻罗板线对的左右刻线测得。经纬仪的水平转角 ω 值为 $1^{\circ}1'10''$ ，则 $\tan(\omega/2)=0.008897$ 。I 级电子经纬仪照准误差 C 为 $6''$ ，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ，

$$u_{21} = \frac{\tan(3'')}{2\sqrt{3}} = 0.0000020993$$

B.4.2.2 水平转角 ω 测量重复性的不确定度分量 u_{22}

用电子经纬仪瞄准玻罗板线对的左右刻线测得水平转角 ω ，重复测量三次，测量结果分别为： $1^{\circ}1'9''$ 、 $1^{\circ}1'10''$ 、 $1^{\circ}1'11''$

取三次测量的平均值作为测量结果，采用极差法计算，极差系数为 1.69，则：

$$u_{22} = \frac{\tan(2'')}{1.69\sqrt{3}} = 0.0000016563$$

B.5 标准不确定度一览表

标准不确定度分量 $u(i)$	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 c_i	标准不确定度 $c_i u(i) $
u_{11}	复合式坐标测量机示值误差	0.00017mm	$\frac{1}{2\tan(\omega/2)} = \frac{1}{2 \times 0.008897} = 56.20$	0.01mm
u_{12}	玻罗板线对间距测量重复性	0.00007mm		0.01mm
u_{21}	电子经纬仪照准误差	0.0000020993	$-\frac{y}{2(\tan(\frac{\omega}{2}))^2} = -\frac{30.0014mm}{2 \times 0.008897^2} = -189525.10mm$	-0.40mm
u_{22}	水平转角测量重复性	0.0000016563		-0.31mm

B.6 合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_{11}^2 + c_1^2 u_{12}^2 + c_2^2 u_{21}^2 + c_2^2 u_{22}^2} = 0.51\text{mm}$$

B.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=3$ ，则扩展不确定度：

$$U=k \times u_c=3 \times 0.51=1.53\text{mm}, \quad U_{\text{rel}}=1.53\text{mm}/1700\text{mm} \times 100\% \approx 0.09\%$$

附录 C

校准证书内容

校准证书至少包含以下信息

- a)标题：“校准证书”；
- b)实验室名称和地址；
- c)进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d)证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e)客户的名称和地址；
- f)被校对象的描述和明确标识；
- g)进行校准日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h)如果与校准结果的有效性或应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i)校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j)本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k)校准环境的描述；
- l)校准结果及测量不确定度的说明；
- m)对校准规范的偏离的说明；
- n)校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o)校准结果仅对被校准对象有效的声明；
- p)未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。