



中华人民共和国工业和信息化部 军工民品计量技术规范

JJF(军工民品)XXXX-20XX

自准直前置镜校准规范

Calibration Specification for self-aligning front mirrors

(报批稿)

×××××—××—××发布

×××××—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

自准直前置镜校准规范

Calibration Specification
for self-aligning front mirrors

JJF（兵工民品）XXXX-20XX

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：西安北方光电科技防务有限公司

参加起草单位：西安北方光电股份有限公司

本规范技术条文起草单位负责解释

本规范主要起草人：

韩 刚（西安北方光电科技防务有限公司）

刘 平（西安北方光电科技防务有限公司）

张国瑞（西安北方光电股份有限公司）

参加起草人：

沈江林（西安北方光电股份有限公司）

范 倩（西安北方光电科技防务有限公司）

刘娜娜（西安北方光电科技防务有限公司）

黄维甫（西安北方光电科技防务有限公司）

马军伟（西安北方光电股份有限公司）

目 录

1 范围 1

2 引用文件 1

3 概述 1

4 计量特性 3

5 校准条件 4

5.1 环境条件 4

5.2 测量标准及其他设备 4

6 校准项目和校准方法 4

6.1 校准项目 4

6.2 校准方法 错误!未定义书签。

7 校准结果表达 12

8 复校时间间隔 13

附录 A 自准直前置镜校准结果记录..... 144

附录 B 校准证书内页格式..... 15

附录 C 物镜焦距相对误差校准结果的测量不确定度评估..... 16

引 言

本规范依据 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》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

自准直前置镜校准规范

1 范围

本校准规范适用于自准直前置镜的校准。规定了自准直前置镜的校准计量特性、校准项目、校准条件、校准方法、校准结果表达和复校时间周期等。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 18312-2015 双筒望远镜检验规则

JJF（兵工民品）0028-2023 方管前置镜校准规范

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

3 概述

3.1 用途

自准直前置镜是带有自准直目镜的前置镜，兼有平行光管（又称准直管）和前置镜二者的作用，主要用于对被测表面瞄准定位（或者判断被测表面对于参考平面的偏离）、确定被测平面相对于标准位置（参考平面）的偏转角、测定棱镜角度误差和平行平板玻璃的平行度差等光学测量工作中。

3.2 原理

自准直前置镜分划板刻线面（自准直分划板刻线面和视轴分划板刻线面）与物镜焦平面重合，当自准直分划板刻线被照明光源照亮时，经由物镜则成像在无限远处，再由被测平面反射后，其像又位于物镜焦平面上，这个像则称之为自准直像。当被测平面与自准直前置镜物镜主光轴垂直时，其自准直像与视轴十字分划刻线像重合，即在水平方向或垂直方向不存在相对偏离；当被测平面与自准直前置镜物镜主光轴不垂直时，其自准直像与视轴十字分划刻线像不重合，即在水平方向或垂直方向存在一定的相对偏离，其偏离量的大小就反应了被测平面偏离参考平面的大小。

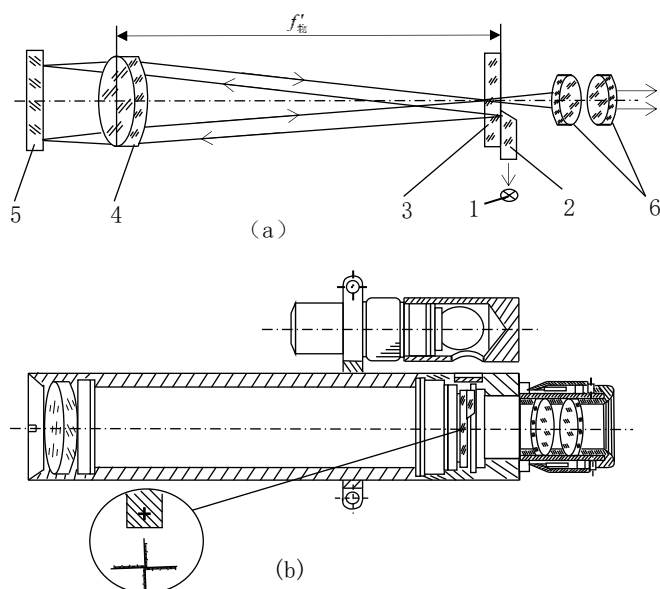
3.3 结构

自准直前置镜主要由物镜、目镜、视轴分划板、自准直分划板、支撑底座、调节机构（水平、俯仰、升降）及照明系统等组成，其光学系统属于望远系统。按照自准直分划板结构形式的不同，常见的自准直前置镜有以下三种形式：

（1）阿贝型自准直前置镜

阿贝型自准直前置镜采用阿贝目镜，其特点是一块小的照明棱镜与分划板胶合在一起，照明棱镜的胶合面上镀银，银层上刻透明十字线（或其他形式的刻线），因此反射

回来的自准直像是很亮的十字线，使用时容易找像。缺点是目镜视场的一部分被照明棱镜占去，分划中心与光轴不重合。光路原理图见下图 1 (a)，结构示意图见下图 1 (b)。

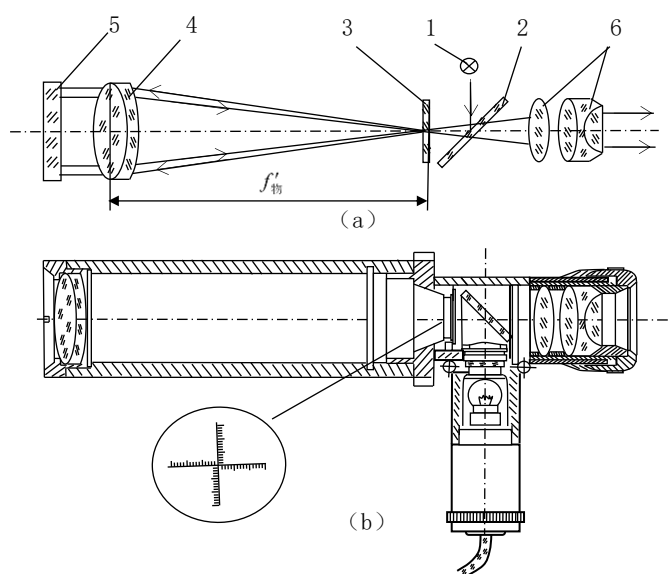


1—照明光源 2—照明棱镜 3—分划板 4—物镜 5—被测件 6—目镜

图 1 阿贝型自准直前置镜光路原理图和结构示意图

(2) 高斯型自准直前置镜

高斯型前置镜采用高斯目镜。由照明光源发出的光有一部分被析光镜反射，照亮分划板；由被测件反射回来的光线也只有一部分能通过析光镜，因此光能损失较大，杂光较多。光路原理图见下图 2 (a)，结构示意图见图 2 (b)。

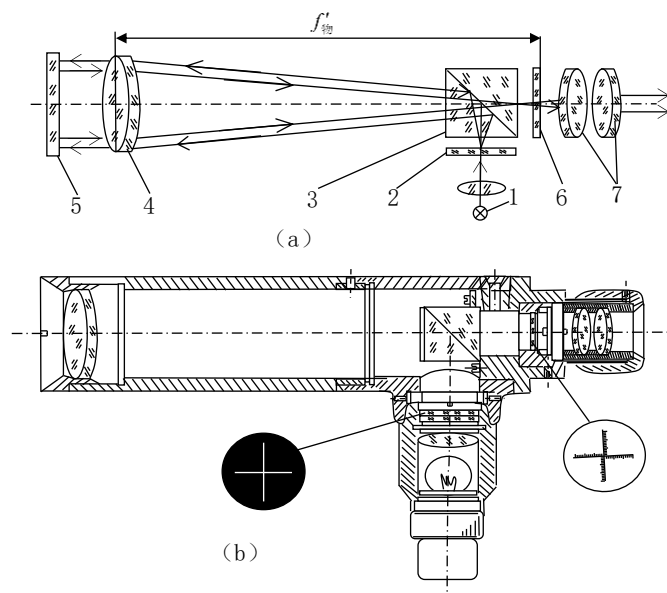


1—照明光源 2—析光镜 3—分划板 4—物镜 5—被测件 6—目镜

图 2 高斯型自准直前置镜光路原理图和结构示意图

(3) 双分划板型自准直前置镜

立方棱镜的胶合面上镀有析光膜,因此亮度损失比较大,但靠近光轴的分划板采取镀银面上刻透明的分划线的形式,因此自准直像衬度较好。另外由于分划板与目镜之间没有其他光学零件,与高斯型相比可采用焦距较短的目镜,以构成视放大率较高的前置镜。光路原理图见下图 3 (a),结构示意图见图 3 (b)。



1—照明光源 2—分划板 3—立方棱镜 4—物镜 5—被测件 6—分划板 7—目镜

图 3 双分划板型自准直前置镜光路原理图和结构示意图

4 计量特性

4.1 目镜视度调节范围

目镜视度调节范围应满足 $\pm 5 \text{ m}^{-1}$,最大允许偏差应不大于 $\pm 0.5 \text{ m}^{-1}$ 。

4.2 物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$

物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 应不大于 $\pm 1.0\%$ 。

4.3 光学系统视放大率 Γ 的相对误差 Δ_{Γ}

光学系统视放大率的相对误差 Δ_{Γ} 应不大于 $\pm 10\%$ 。

4.4 出瞳距离 l'_z 的相对误差 $\Delta_{l'_z}$

出瞳距离 l'_z 的相对误差 $\Delta_{l'_z}$ 应不大于 $\pm 10\%$ 。

4.5 光学系统物镜光轴的平行性

自准直前置镜光学系统物镜光轴的平行性应不大于 $10''$ 。

4.6 自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板刻线像的中心偏差

自准直十字分划刻线像应与视轴分划板刻线像重合,其水平和竖直中心偏差均应不大于 $\pm 1'$ 。

4.7 自准直十字分划刻线像与视轴分划板刻线像的相对倾斜

自准直十字分划刻线像应与视轴分划板刻线像相对倾斜不应大于 $\pm 5'$ 。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度：不大于65%。

5.1.3 供电电源： $(220 \pm 22)\text{V}$ ， $(50 \pm 1)\text{Hz}$ 。

5.1.4 校准所用工作台或装置应稳定可靠，不受震动影响等。

5.1.5 被校准自准直前置镜在室内平衡温度时间不小于2h。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备应经过符合要求的计量技术机构检定合格，并在有效期内。校准主要使用以下设备：测量标准及其他设备见表1。

表1 测量标准及其他设备

序号	测量标准或设备名称	计量特性
1	视度倍率镜、大量程视度管	视度管零位偏差不大于 $\pm 0.2\text{m}^{-1}$
2	倍率计	1) 分划板格值 $0.05\text{mm}/\text{格}$ 或 $0.1\text{mm}/\text{格}$ 2) 伸缩筒最小分度值 1mm
3	标准光阑	1) 圆形光阑直径偏差不大于 0.05mm 2) 正方形光阑对角线偏差不大于 0.05mm
4	卡尺	最小分度值不大于 0.02mm
5	经纬仪	J2级
6	视场仪	分划板格值不大于 $10'$ /格
7	像倾斜仪	最小分度值不大于 $1'$
8	五棱镜	$2''$ 级
9	平行光管	$f' \geq 1200\text{mm}$
10	带座的反射镜	反射镜直径不小于 $\phi 60\text{mm}$

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

自准直前置镜的校准项目见表2。

表2 自准直前置镜的校准项目

序号	校准项目
1	外观及各部分相互作用
2	目镜视度调节范围
3	物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$
4	光学系统视放大率 Γ 的相对误差 Δ_{Γ}
5	出瞳距离 l'_z 的相对误差 $\Delta_{l'_z}$
6	光学系统物镜光轴的平行性
7	自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板刻线像的中心偏差
8	自准直十字分划刻线像与视轴分划板刻线像的相对倾斜

6.2 校准方法

6.2.1 外观及各部分相互作用

目视观察法。

6.2.1.1 应清晰标注仪器名称、规格型号、出厂编号、生产制造商等信息。

6.2.1.2 表面应无明显机械损伤、脱漆和锈蚀等疵病以及影响使用性能的外观缺陷。

6.2.1.3 各部件在其运行范围内应运行平稳、无卡滞等，锁紧时应牢固、可靠。

6.2.1.4 光学系统成像清晰、亮度均匀，光学元件表面应无水迹、油渍、霉点、灰尘、擦伤、麻点和脱膜等现象。

6.2.1.5 可调式自准直前置镜伸缩筒主尺零位应与副尺零位刻度复合对准。

6.2.2 目镜视度调节范围

6.2.2.1 校准方法1

用视度倍率镜（普通视度管加视度透镜）校准目镜视度调节范围。

（1）校准前，根据观察者的眼睛调节视度管目镜视度至分划面刻线像清晰为止。

（2）轴向（光轴方向）移动视度管物镜筒，使物镜筒指标线与镜管壁零视度刻度“0”复合对准。

（3）向内（顺时针）旋转自准直前置镜目镜视度调节圈，使目镜视度处于-5视度位置，此时将视度管物镜与自准直前置镜目镜相对，再在两者之间加入视度透镜，并使视度透镜的物方主面与被校准自准直前置镜的眼点（或出瞳）基本重合。

（4）沿光轴方向移动视度管物镜，直至观察到视度筒分划刻线像与被校准自准直前置镜视轴分划刻线像同时清晰，此时被校准自准直前置镜目镜-5视度的校准结果值按下述公式（1）计算，其值应满足4.1要求。

$$SD = P + SD' \text{m}^{-1} \quad (1)$$

式中：

P ——视度透镜的视度标志, 单位: m^{-1} ;

SD ——被校准自准直前置镜目镜的视度值, 单位: m^{-1} ;

SD' ——普通视度管的视度读数, 单位: m^{-1} 。

(5) 向外(逆时针)旋转自准直前置镜目镜视度调节圈, 使目镜视度处于+5视度位置, 重复上述步骤(3)、(4), 其结果值亦应满足4.1条要求。

注: 利用视度倍率镜(普通视度管加视度透镜)校准自准直前置镜目镜视度调节范围时, 应根据被校准自准直前置镜目镜视度的数值选取适当的视度透镜, 使得剩余视度量尽可能小, 以提高校准结果值的测量精度。

6.2.2.2 校准方法2

用大量程视度管校准目镜视度调节范围。

(1) 校准前, 根据观察者的眼睛调节视度管目镜视度至分划面刻线像清晰为止。

(2) 轴向(光轴方向)移动视度管物镜筒, 使物镜筒指标线与镜管壁零视度刻度“0”复合对准。

(3) 向内(顺时针)旋转自准直前置镜目镜视度调节圈, 使目镜视度处于-5视度位置, 此时将视度管物镜与自准直前置镜目镜相对, 沿光轴方向移动视度管物镜, 直至观察到视度管分划刻线像与被校准自准直前置镜视轴分划刻线像同时清晰, 此时视度管指标指示的数值即为被校准前置镜目镜-5视度的校准结果值, 其值应满足4.1要求。

(4) 向外(逆时针)旋转自准直前置镜目镜视度调节圈, 使目镜视度处于+5视度位置, 重复上述步骤(3), 其结果值亦应满足4.1条要求。

6.2.3 物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$

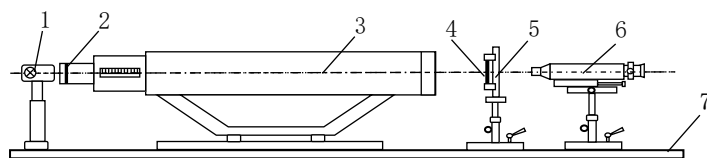
6.2.3.1 校准方法1

用放大率法校准物镜焦距。

对于被校准自准直前置镜物镜可拆卸的情况下, 采用放大率法校准物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 。

(1) 由仪器本体上旋出被校准自准直前置镜物镜。

(2) 将物镜置于光具座三爪夹持器上(如图4所示), 并调节三爪夹持器高度调节机构, 使得平行光管、被测物镜、测量显微镜三者高度光轴等高且大致重合。



1—光源 2—玻璃板 3—平行光管 4—被校准自准直前置镜物镜
5—夹持器 6—测量显微镜 7—导轨

图4 物镜焦距校准原理示意图

(3) 将平行光管视轴分划板更换为玻罗板，并置于平行光管物方焦平面位置。点亮照明光源，均匀照亮玻罗板。

(4) 调节测量显微镜上测微目镜视度调节圈，看清楚测微目镜分划板成像。

(5) 通过测量显微镜微调结构并沿光轴方向移动测量显微镜，直至视场中玻罗板成像与显微镜分划板成像同时清晰、无视差。

(6) 在视场中选择玻罗板刻线间距较大的一组线对间距作为测量对象，旋转测微鼓轮，测量所选线对经被校准物镜后的间距值，并记作 y' ，并按公式 (2) 计算可得被校准物镜的焦距值 $f'_{物}$ 为

$$f'_{物} = \frac{y'}{k\beta y} \times f'_{平} \quad (2)$$

式中：

$f'_{物}$ ——被校准自准直前置镜物镜的焦距值，单位：mm；

$f'_{平}$ ——所用平行光管物镜的焦距值，单位：mm；

y' ——所选线对经被校准物镜后的间距测量值，单位：mm；

y ——所选线对的间距值，单位：mm；

β ——测量显微镜物镜的放大倍率；

k ——与目镜测微器丝杠螺距有关的比例常数，（ $k=1/\text{测微器丝杠螺距}$ ，即若丝杠螺距为0.25mm时， $k=4$ ；若丝杠螺距为1mm时， $k=1$ ）。

重复上述步骤，取三次测量值的算术平均值作为物镜焦距 $f'_{物}$ 的最终校准值。其相对误差 $\delta_{物}$ 按公式 (3) 计算可得，且应满足4.2条要求。

$$\delta_{物} = \frac{f'_{物} - f'_{标}}{f'_{标}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\delta_{物}$ ——自准直前置镜物镜焦距的相对误差；

$f'_{标}$ ——被校准自准直前置镜物镜焦距的标称值，单位：mm；

$f'_{物}$ ——被校准自准直前置镜物镜焦距的测量值，单位：mm。

6.2.3.2 校准方法2

用精密测角法校准物镜焦距。

对于被校准自准直前置镜，若已知视轴分划板刻线间距（线值）的情况下，采用精密测角法校准物镜焦距 $f'_{物}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{物}$ 。

(1) 将经纬仪安置在被校准自准直前置镜物镜前，且与物镜相对，调水平经纬仪并使两者光轴大致重合。

(2) 将自准直前置镜目镜视度调节圈旋转至零视度位置，物镜像方焦平面与视轴

分划板刻线面重合，并打开照明光源均匀照亮视轴分划板刻线面。

(3) 旋转经纬仪目镜视度调节圈，看清经纬仪分划板刻线像，再旋转物镜调焦旋钮，直至被校准自准直前置镜视轴分划板刻线像与经纬仪分划板刻线像同时清晰、无视差。

(4) 水平旋转经纬仪，依次测量自准直前置镜视轴分划板上最外一对刻线所对应的角度值，各测量三次取其算术平均值，则算术平均值即为自准直前置镜视轴分划板上的一组线对间距对物镜的张角，记为 α_1 。

(5) 然后倒转经纬仪物镜并再次对准自准直前置镜物镜后，对准同一组线对间距按上述同样的方法测得线对间距对物镜的张角，记为 α_2 。

(6) 则有 $\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2)/2$ ，将带入公式(4)中计算可得被校准自准直前置镜物镜的焦距 $f'_{\text{物}}$ 。

$$f'_{\text{物}} = \frac{y_0}{2 \tan(\alpha/2)} \quad (4)$$

式中：

y_0 ——自准直前置镜视轴分划板最外一组线对间距所对应的线值，单位：**mm**。

物镜焦距与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 按上述公式3中计算可得，且应满足4.2条要求。

6.2.4 光学系统视放大率 Γ 的相对误差 Δ_{Γ}

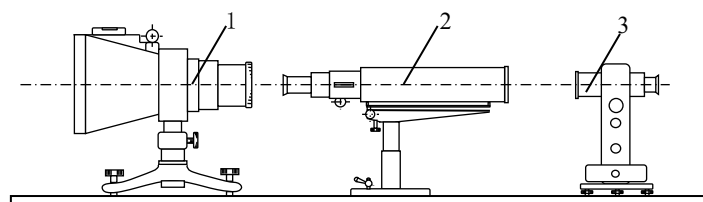
6.2.4.1 校准方法1

(1) 按GB/T 18312-2015中3.2.1.1执行。

(2) 重复GB/T 18312-2015中3.2.1.1，以三次测量结果的算术平均值作为最终的校准值，其应满足4.3条要求。

6.2.4.2 校准方法2

用视场仪和经纬仪校准光学系统视放大率，原理示意图如图5所示。



1—视场仪 2—被校准自准直前置镜物镜 3—经纬仪

图5 视场仪和经纬仪校准光学系统视放大率原理示意图

(1) 调整自准直前置镜，使其物镜的像方焦点与视轴分划板刻线面重合，再旋转目镜视度调节圈，使得自准直前置镜目镜视度处于零视度位置，即保证被校准自准直前置镜入射和出射均为平行光束。

(2) 将视场仪和经纬仪置于同一平台上(两物镜相对,且两物镜之间的距离应大于被校准自准直前置镜的几何长度),调节经纬仪底座水平,并使两者光轴基本重合。

(3) 将被校准自准直前置镜置于视场仪和经纬仪之间,并使三者的瞳孔中心分别基本重合,且应使被校准自准直前置镜目镜对向视场仪,经纬仪物镜与自准直前置镜物镜相对。

(4) 旋转经纬仪目镜视度调节旋钮,看清晰分划板刻线像,再旋转内调焦旋钮,使得视场仪分划板刻线像与经纬仪分划板刻线像同时清晰无视差。

(5) 在经纬仪视场中,选取视场仪分划板任意两刻线(角值)作为测量对象,其所对应的角度值可直接从分划刻线读出,记为 ω' ,此值为视场仪给出的被校准自准直前置镜的像方角值,再水平旋转经纬仪,测量出 ω' 被自准直前置镜系统缩小后的角值,记为 ω ,则按照下述公式(5)、公式(6)可计算出自准直前置镜光学系统视放大率 Γ 及视放大倍率误差 Δ_{Γ} :

$$\Gamma = \tan \omega' / \tan \omega \quad (5)$$

$$\Delta_{\Gamma} = \frac{(\Gamma - \Gamma_0)}{\Gamma_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

Γ ——自准直前置镜的视放大倍率;

ω ——被校准自准直前置镜的物方角值,单位:°;

ω' ——被校准自准直前置镜的像方角值,单位:°;

Γ_0 ——自准直前置镜光学系统的理论(或标称)视放大率;

Δ_{Γ} ——自准直前置镜光学系统视放大倍率的相对误差值。

(6) 重复上述测量步骤(5),以三次测量结果的算术平均值作为最终的校准值,其应满足4.3条要求。

注:

(1) 在选取视场仪分划板任意两刻线作为测量对象,应根据经纬仪观察视场中的实际情况,尽可能选取间距(角值)较大的两刻线作为测量对象,这样可以减小测量误差,提高测量精度。

(2) 如果对于视场仪给出的角值 ω' 的准确度有怀疑,可在完成上述测量过程(6)后将自准直前置镜移出测量系统,直接用经纬仪测出所选间距的角值 ω' 。

6.2.5 出瞳距离 l_z' 的相对误差 $\Delta_{l_z'}$

6.2.5.1 出瞳距离 l_z' 按JJF(兵工民品) 0028-2023中6.2.3执行。

6.2.5.2 利用公式(7)计算出瞳距离 l_z' 的相对误差 $\Delta_{l_z'}$,

$$\Delta l'_z = \frac{(l'_z - l'_{z0})}{l'_{z0}} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

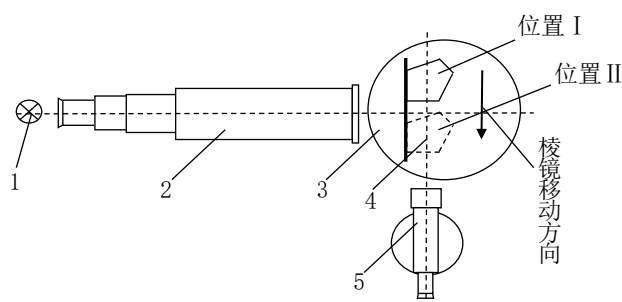
l'_z ——被校准自准直前置镜出瞳距离的校准值, 单位: mm;

l'_{z0} ——被校准自准直前置镜出瞳距离的标称值, 单位: mm。

6.2.5.3 重复JJF(兵工民品) 0028-2023中6.2.3, 以三次测量结果的算术平均值作为最终的校准值, 其应满足4.4条要求。

6.2.6 光学系统物镜光轴的平行性

用五棱镜法校准, 校准原理示意图如图8所示。



1—光源 2—被校准自准直前置镜 3—可调载物台 4—五棱镜 5—经纬仪

图 8 五棱镜法校准光学系统物镜光轴平行性原理示意图

6.2.6.1 将光源、被校准自准直前置镜、可调载物台（带五棱镜）与经纬仪置于同一水平平台上, 其相互位置关系按图8中布局放置, 且将被校准自准直前置镜、五棱镜与经纬仪调至等高, 被校准自准直前置镜与经纬仪光轴在水平面内基本垂直, 前置镜出射光束与五棱镜光束入射面基本垂直。

6.2.6.2 沿光轴方向移动自准直前置镜伸缩筒, 使其物镜的像方焦点与视轴分划板刻线面重合, 再旋转目镜视度调节圈, 使得自准直前置镜目镜视度处于零视度位置。

6.2.6.3 旋转经纬仪目镜视度调节圈, 看清分划板刻线像。

6.2.6.4 打开光源照亮被测自准直前置镜视轴分划板刻线, 水平旋转经纬仪, 先在视场中找到前置镜视轴分划板刻线像, 再通过内调焦旋钮, 调至被测自准直前置镜视轴分划板刻线像与经纬仪分划板刻线像同时清晰。

6.2.6.5 通过调节经纬仪水平和竖直微调旋钮, 使得两像完全重合后, 将五棱镜由位置 I 移动到位置 II, 若两分划刻线像有目视可见偏离, 通过经纬仪测其两分划刻线像偏离角。

6.2.6.6 点亮照明光源照亮被校准自准直前置镜自准直分划板刻线, 则在经纬仪视场中应呈现出清晰地自准直分划刻线像, 通过调节经纬仪水平和竖直微调旋钮, 使得两像完全重合后, 将五棱镜由位置 I 移动到位置 II, 若两分划刻线像有目视可见偏离, 通过

经纬仪测其两分划刻线像偏离角。

6.2.6.7 重复上述步骤6.2.6.5、6.2.6.6，分别取三次测量结果值的算术平均值为最终的校准值，应满足4.5条要求

6.2.7 自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板刻线像的中心偏差

6.2.7.1 将被校准自准直前置镜与经纬仪放置于同一水平平台上，物镜相对且调整至两者的光轴基本重合。

6.2.7.2 旋转自准直前置镜目镜视度调节圈于零视度位置，轴向移动前置镜伸缩筒，使物镜像方焦点与视轴分划板刻线面重合，即保证被校准自准直前置镜入射和出射均为平行光束。

6.2.7.3 点亮照明光源由目镜一侧照亮前置镜视轴分划板刻线。

6.2.7.4 旋转经纬仪目镜视度调节圈，看清其分划板刻线像，再旋转内调焦旋钮，使得被校准自准直前置镜视轴分划板刻线像与经纬仪分划板刻线像同时清晰，并通过经纬仪水平和竖直微调旋钮调至两刻线像完全重合，此时记录经纬仪水平度盘和竖直度盘的角度值分别为 α_0 、 β_0 。

6.2.7.5 点亮照明光源照亮被校准自准直前置镜自准直分划板刻线，则在经纬仪视场中应呈现出清晰地自准直分划刻线像，若该像与经纬仪分划刻线像完全重合（同时也与被校准自准直前置镜视轴分划板刻线像重合），则表明自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像无中心偏差；若该像与经纬仪分划刻线像不重合，则表明自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像存在中心偏差，则可通过微调经纬仪水平和竖直微调旋钮调至两刻线像完全重合，并记录此时经纬仪水平度盘和竖直度盘的角度值分别为 α_1 、 β_1 ，则按公式（8）、公式（9）计算可得自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像水平和竖直方向的中心偏差 $\Delta_{\text{水平}}$ 、 $\Delta_{\text{竖直}}$ 分别为：

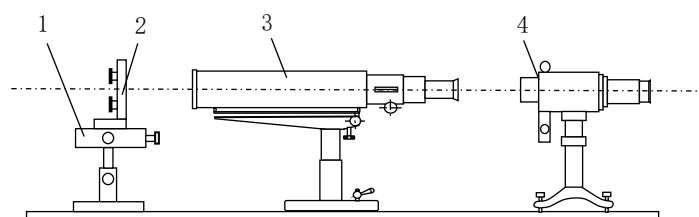
$$\Delta_{\text{水平}} = \alpha_1 - \alpha_0 \quad (8)$$

$$\Delta_{\text{竖直}} = \beta_1 - \beta_0 \quad (9)$$

6.2.7.6 重复上述步骤6.2.7.4、6.2.7.5，分别取三次测量结果值的算术平均值最为最终的校准值，且应满足4.6条要求。

6.2.8 自准直十字分划刻线像与视轴分划板刻线像的相对倾斜

6.2.8.1 将载物台（包含带座反射镜）、被校准自准直前置镜、像倾斜仪置于同一平台上，如图9所示，并调整使三者等高，被校准自准直前置镜与像倾斜仪光轴基本重合。



1—载物台 2—带座反射镜 3—被校准自准直前置镜 4—像倾斜仪

图9 自准直十字分划刻线像与主分划板十字刻线像相对倾斜校准原理示意图

6.2.8.2 旋转自准直前置镜目镜视度调节圈于零视度位置，物镜像方焦平面与前置镜视轴分划刻线面重合，即保障前置镜入射光束和出射光束均为平行光束。

6.2.8.3 旋转像倾斜仪目镜视度调节圈，看清楚其十字分划刻线像，再旋转物镜调节机构，使得自准直前置镜视轴分划刻线像与其十字分划刻线像同时清晰。

6.2.8.4 调节像倾斜仪相应旋钮机构，使得自准直前置镜主分划刻线像与其十字分划刻线像完全重合，此时像倾斜仪读出机构的角度值并记作 γ_1 。

6.2.8.5 点亮光源并照亮被校准自准直前置镜自准直分划板刻线，调节带座反射镜，则在像倾斜仪视场中应呈现出清晰地自准直分划刻线像，若该像与像倾斜仪分划刻线像完全重合，则表明自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像无相对倾斜；若该像与经纬仪分划刻线像不完全重合，则表明自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像存在相对倾斜，则可通过微调像倾斜仪倾斜微调旋钮调至两刻线像完全重合，此时读取像倾斜仪读数机构对应的角度值，并记作 γ_2 ，则按公式(10)计算可得自准直十字分划刻线像与视轴分划板十字刻线像的相对倾斜 Δ_γ 为：

$$\Delta_\gamma = \gamma_2 - \gamma_1' \quad (10)$$

若 $\Delta_\gamma > 0$ ，表明被校准自准直前置镜自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像向右倾斜；若 $\Delta_\gamma < 0$ ，表明被校准自准直前置镜自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板十字刻线像向左倾斜。

6.2.8.6 重复上述步骤6.2.8.4、6.2.8.5，分别取三次测量结果值的算术平均值为最终的校准值，且应满足4.7条要求。

7 校准结果表达

校准完成后应出具校准证书见附录 B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出，校准记录见附录 A，并给出测量不确定度，不确定度评定实例见附录 C。校准证书至少包含以下信息：

- 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

- e) 送校单位的名称和地址;
 - f) 被校对象的描述和明确标识;
 - g) 进行校准的日期, 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和应用有关时, 应对抽样程序进行说明;
 - i) 对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) 校准结果及其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
 - o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

自准直前置镜的复校时间间隔可根据实际使用情况确定, 一般不超过12个月, 如有异常时需及时校准。

附录A

自准直前置镜校准记录

记录编号

第 页 共 页

送检单位		仪器接收日期	
仪器制造商		仪器校准日期	
规格型号		校准地点	
仪器编号		校准环境	
使用主要标准器具信息			
标准名称	型号/规格	出厂编号	证书编号
依据技术文件			
序号	校准项目	计量特性	校准结果
1	外观及各部分相互作用	仪器名称等信息齐全；表面无明显机械损伤、脱漆和锈蚀等疵病以及影响使用性能的外观缺陷；各部件在其运行范围内应运行平稳、无卡滞等，锁紧时应牢固、可靠；光学系统成像清晰，光学元件表面应无水迹、油渍、霉点、灰尘、擦伤、麻点和脱膜等现象；可调式自准直前置镜伸缩筒主尺零位应与副尺零位刻度复合对准。	
2	目镜视度调节范围	调节范围应满足 $\pm 5 \text{ m}^{-1}$ ，最大允许偏差不大于 $\pm 0.5 \text{ m}^{-1}$	
3	物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$	不大于 $\pm 1.0\%$	
4	光学系统视放大率 Γ 的相对误差 Δ_{Γ}	不大于 $\pm 10\%$	
5	出瞳距离 l'_z 的相对误差 $\Delta_{l'_z}$	不大于 $\pm 10\%$	
6	光学系统物镜光轴平行性	不大于 $10''$	
7	自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板刻线像中心偏差	水平和竖直中心偏差均不大于 $\pm 1'$	
8	自准直十字分划刻线像与视轴分划板刻线像相对倾斜	不大于 $\pm 5'$	

附录B

校准证书内页格式

校准证书编号：

校准结果

序号	主要校准项目	校准结果
1	目镜视度调节范围	
2	物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$	
3	光学系统视放大率 Γ 的相对误差 Δ_{Γ}	
4	出瞳距离 l'_z 的相对误差 $\Delta_{l'_z}$	
5	光学系统物镜光轴平行性	
6	自准直十字分划刻线像相对于视轴分划板刻线像的中心偏差	
7	自准直十字分划刻线像与视轴分划板刻线像的相对倾斜	

测量结果的测量不确定度：

注：本校准规范计量特性指标所有项目对于首次校准的仪器作为必检项目，对于科研生产正常使用过程中周期校准和维修后校准时可依据实际使用情况自行选定校准项目。

校准员：

核验员：

附录C

物镜焦距相对误差校准结果的测量不确定度评估

C.1 测量方法

C.1.1 物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 校准方法, 可用放大率法或精密测角法进行校准。

C.1.2 当用放大率法对物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 进行校准时, 用测量显微镜测量玻罗板上任意一对刻线像间距, 并由相关公式分别计算可得到被校准自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 和相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 。

C.1.3 测量所用计量标准

自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 测量所用主要计量标准为:

(1) 平行光管, 物镜焦距 $f'_{\text{平}} = 1600 \text{ mm}$;

(2) 测量显微镜, 物镜垂轴放大倍率 $\beta = 4\times$ 、测微读数鼓轮最小分格值 0.01 mm 、分划板最小格值 1 mm ;

(3) 玻罗板 (五对刻线), 刻线间距分别为 1 mm 、 2 mm 、 4 mm 、 10 mm 、 20 mm 。

C.2 数学模型

C.2.1 被校准自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$

被校准自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 的校准值按公式 (C.1) 计算。

$$f'_{\text{物}} = \frac{y'}{k\beta y} \times f'_{\text{平}} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$f'_{\text{物}}$ ——被校准自准直前置镜物镜的焦距值, 单位: mm ;

$f'_{\text{平}}$ ——所用平行光管物镜的焦距值, 单位: mm ;

y' ——所选线对经被校准物镜后的间距测量值, 单位: mm ;

y ——所选线对的间距值，单位：mm；

β ——测量显微镜物镜的放大倍率；

k ——与目镜测微器丝杠螺距有关的比例常数，（ $k=1/\text{测微器丝杠螺距}$ ，即若丝杠螺距为0.25mm时， $k=4$ ；若丝杠螺距为1mm时， $k=1$ ）。

C.2.2 相对误差 $\delta_{\text{物}}$

相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 按公式（C.2）计算。

$$\delta_{\text{物}} = \frac{f'_{\text{物}} - f'_{\text{标}}}{f'_{\text{标}}} \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\delta_{\text{物}}$ ——自准直前置镜物镜焦距与标称值的相对误差；

$f'_{\text{标}}$ ——被校准自准直前置镜物镜焦距的标称值，单位：mm；

$f'_{\text{物}}$ ——被校准自准直前置镜物镜焦距的测量值，单位：mm。

C.3 方差及灵敏系数

自准直前置镜物镜焦距与标称值的相对误差测量为间接测量，且各分量彼此之间相互独立，互不相关，则方差可按公式（C.3）计算。

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u(x_i)^2 \quad (\text{C.3})$$

灵敏系数为

$$c_1 = \frac{\partial f'_{\text{物}}}{\partial f'_{\text{平}}} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial f'_{\text{物}}}{\partial y'} = 1 \quad c_3 = \frac{\partial f'_{\text{物}}}{\partial y} = 1 \quad c_4 = \frac{\partial f'_{\text{物}}}{\partial \beta} = 1$$

依据误差传播定律可得公式（C.4）。

$$\frac{u(f'_{\text{物}})}{f'_{\text{物}}} = \left[\left(\frac{1}{f'_{\text{平}}} \right)^2 u(f'_{\text{平}})^2 + \left(\frac{1}{y'} \right)^2 u(y')^2 + \left(\frac{1}{y} \right)^2 u(y)^2 + \left(\frac{1}{k\beta} \right)^2 u(k\beta)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{C.4})$$

式中， $u(f'_{\text{平}})$ 、 $u(y')$ 、 $u(y)$ 、 $u(k\beta)$ 分别为 $f'_{\text{平}}$ 、 y' 、 y 、 $k\beta$ 的标准不确定度，被测量

方法所用目镜测微器的丝杠螺距为1mm，所以上式中 $k=1$ 。

C.4 计算不确定度分量

C.4.1 由所用平行光管焦距 $f'_{\text{平}}$ 引入的相对不确定度分量 $u(f'_{\text{平}})/f'_{\text{平}}$

平行光管焦距 $f'_{\text{平}}$ 引入的相对不确定度分量通常可达 $u(f'_{\text{平}})/f'_{\text{平}}=0.1\%$ 。

C.4.2 由玻罗板线对间距刻划误差引入的不确定度分量 $u(y)$

玻罗板线对间距刻划误差引入的不确定度一般为 $u(y)=0.001\text{mm}$ 。

C.4.3 对准误差和估读误差引入的不确定度分量 $u(y')$

对准误差和估读误差，通常取 $u(y')=0.005\text{mm}$ 。

C.4.4 由测量显微镜物镜垂轴放大倍率 β 和测微器读数误差引入的相对不确定度分量

$u(\beta)/\beta$

由于用标准玻璃线纹尺进行测量显微镜物镜垂轴放大倍率 β 和测微器读数误差的综合校正，故取 $u(\beta)/\beta=0.2\%$ 。

C.5 标准不确定度汇总表

自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 校准结果的不确定度汇总表见表C.2。

表 C.2 自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 校准结果的不确定度汇总表

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度结果
$u(f'_{\text{平}})/f'_{\text{平}}$	所用平行光管焦距 $f'_{\text{平}}$ 引入的相对不确定度分量	0.1%
$u(y')$	玻罗板线对间距刻划误差引入的不确定度分量	0.001mm
$u(y)$	对准误差和估读误差引入的不确定度分量	0.005mm
$u(\beta)/\beta$	测量显微镜物镜垂轴放大倍率 β 和测微器读数误差引入的相对不确定度分量	0.2%

C.6 合成相对标准不确定度

由于各分两之间不存在相关性, 物镜焦距标称值为 $f'_{\text{物}} = 500\text{mm}$ 时, 取 $\beta = 4^\times$ 、 $y = 10\text{mm}$ 得 $y' = 40\text{mm}$, 则合成相对标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{0.1}{100}\right)^2 + \left(\frac{0.001}{10}\right)^2 + \left(\frac{0.005}{40}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{100}\right)^2} = 0.23\%$$

C.7 相对扩展不确定度

取 $k = 2$, 则自准直前置镜物镜焦距 $f'_{\text{物}}$ 与标称值的相对误差 $\delta_{\text{物}}$ 校准结果的不确定度为:

$$U = 2u_c = 2 \times 0.23\% = 0.46\% (k = 2)$$

中华人民共和国工业和信息化部

兵工民品计量技术规范

自准直前置镜校准规范

JJF(兵工民品) XXXX-20XX

版权所有 不得翻印