



中华人民共和国国家计量技术规范

JJJF 1077—2002

测微准直望远镜校准规范

Calibration Specification of Micro-alignment Telescopes

2002-04-15发布

2002-07-01实施

国家质量监督检验检疫总局发布

测微准直望远镜校准规范

Calibration Specification of
Micro-alignment Telescopes

JJF 1077—2002

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2002 年 04 月 15 日批准，并自 2002 年 07 月 01 日起施行。

归口单位：全国几何量角度计量技术委员会

起草单位：航空工业总公司第三〇四研究所

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

李秋蓉 (航空工业总公司第三〇四研究所)

张玉文 (航空工业总公司第三〇四研究所)

参加起草人：

毛天祥 (华航光学仪器厂)

目 录

1 范围	.....	(1)
2 引用文献	.....	(1)
3 概述	.....	(1)
4 计量特性	.....	(1)
4.1 光学系统分辨力	.....	(1)
4.2 测微器方向正确性	.....	(2)
4.3 测微鼓轮零位正确性	.....	(2)
4.4 测微器示值误差	.....	(2)
4.5 位移分划板正确性	.....	(2)
4.6 望远镜光轴正确性	.....	(2)
4.7 望远镜调焦直线度	.....	(2)
5 校准条件	.....	(2)
5.1 环境条件	.....	(2)
5.2 校准用标准器及其他设备	.....	(2)
6 校准项目和校准方法	.....	(3)
6.1 光学系统分辨力	.....	(3)
6.2 测微器方向正确性	.....	(3)
6.3 测微鼓轮零位正确性	.....	(3)
6.4 测微器示值误差	.....	(3)
6.5 位移分划板正确性	.....	(4)
6.6 望远镜光轴正确性	.....	(4)
6.7 望远镜调焦直线度	.....	(5)
7 校准结果的表达	.....	(5)
8 复校时间间隔	.....	(5)
附录 A 测微准直望远镜调焦直线度校准记录表格	.....	(6)
附录 B 测微器示值误差校准不确定度评定	.....	(8)
附录 C 校准证书(内页)格式及内容	.....	(9)

测微准直望远镜校准规范

1 范围

本规范适用于测微准直望远镜的校准。

2 引用文献

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度的评定与表示

使用本规范时应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

测微准直望远镜（以下简称望远镜）是测量直线度、平行度的一种光学仪器。它能够建立一条基准直线，用来测量与此直线垂直面的位移。

测微准直望远镜外形见图 1。

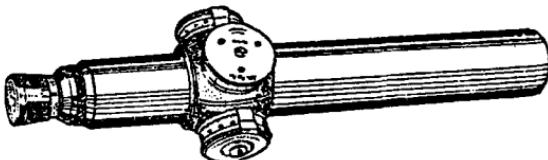


图 1

测微准直望远镜的光学原理见图 2。

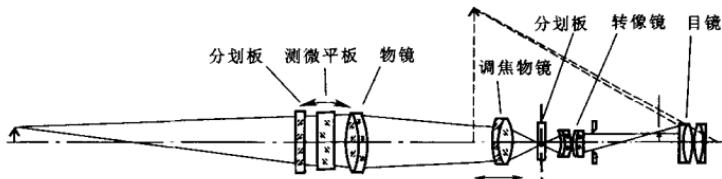


图 2

4 计量特性

4.1 光学系统分辨力

角度分划板中心分辨力 $\leq 4.7''$ 。

4.2 测微器方向正确性

光学测微器两个测量方向应互相垂直，并分别与角度分划板十字线方向平行。当在整个范围内转动一个测微器时，引起另一坐标方向位移应小于0.02mm。

4.3 测微鼓轮零位正确性

光学测微器两个测量方向与望远镜视线无目力可见的偏离。

4.4 测微器示值误差

示值误差 $\leq (0.0025 + 2ni/100) \text{ mm}$

式中： i ——格值；

n ——格数。

4.5 位移分划板正确性

望远镜位移分划板相对于机械轴的垂直度 $\leq 2'$ ；

望远镜位移分划板中心与机械轴重合性 0.02 mm。

4.6 望远镜光轴正确性

望远镜光轴与机械轴的偏离，在300 mm处不大于0.005 mm。

望远镜光轴与机械轴的平行度要求见表1。

表1 望远镜光轴与机械轴的平行度要求

距离/m	1	3	9	18	36
允差/mm	0.015	0.045	0.135	0.270	0.450

4.7 望远镜调焦直线度

望远镜调焦直线度要求见表2。

表2 望远镜调焦直线度要求

调焦范围/m	0~9	0~18	0~36
直线度误差/mm	0.025	0.05	0.1

5 校准条件

5.1 环境条件

温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；

室内温度变化： $\leq 1^\circ\text{C}/\text{h}$ ；

校准用标准器在室内平衡温度时间： $\geq 8 \text{ h}$ 。

5.2 校准用标准器及其他设备

表3 校准用标准器及设备

序号	校准用标准器	技术要求
1	V形铁	精密型

表 3 (续)

序号	校准用标准器	技术要求
2	检调管	刻度值为 0.1 mm
3	平行光管	$f' \geq 500$ mm
4	刻线尺	刻度值为 0.1 mm
5	自准直仪	分度值 1"
6	读数显微镜	分度值 0.001 mm

6 校准项目和校准方法

6.1 光学系统分辨力

望远镜安放在 V 形铁上, 对准装有相应分辨力板的平行光管, 将望远镜调焦使分辨力板图像在望远镜十字丝中心附近成像清晰, 并仔细观察分辨力板上各单元号的线条, 直至能分辨出分辨力板上最小条纹宽度的那个单元号。望远镜分辨力按下式计算:

$$a = \frac{2d}{f} \rho$$

式中: d ——能清晰分辨的最小条纹宽度, mm;

f ——平行光管焦距, mm;

ρ ——弧度化为角度 (") 的系数, $\rho = 206 265$ 。

6.2 测微器方向正确性

望远镜安放在 V 形铁上, 在镜管前方 300 mm 处放置检调管, 用望远镜瞄准检调管近目标分划板, 使其十字线与望远镜角度分划板十字线重合。这时保持一个测微鼓轮不动, 将另一鼓轮在全量程范围内转动, 视场内只允许已重合的一对线发生相对平移, 测量另一对线相对偏移量作为校准结果。

6.3 测微鼓轮零位正确性

将望远镜管放在 V 形铁上, 镜管前端用一挡块定位, 保证镜管在 V 形铁上转动时前后不窜动。在镜管前方 300 mm 处放置检调管, 转动水平和垂直测微鼓轮对准零位, 用望远镜瞄准检调管近目标分划板, 调整 V 形铁位置, 使得望远镜角度分划十字线的竖线与被瞄准分划板的竖线重合。

在 V 形铁上将镜管转动 180°, 在转动过程中, 观察两十字线的竖线, 同时观察十字线交叉点, 不应有目力可见的不重合现象。此时, 水平方向测微鼓轮应对准零位。将望远镜在 V 形铁上转动 90°, 按上述方法校准垂直方向测微器的零位。

6.4 测微器示值误差

6.4.1 在望远镜管前端 300 mm 处放置一刻度值为 0.1 mm 刻线尺, 调整刻线尺, 使其刻线与角度分划板横丝平行, 并使角度分划板竖丝瞄准刻线尺上刻线。首先测微器读数为零位, 用望远镜瞄准刻线尺的刻线并读数, 每点应进行二次瞄准和读数, 取平均值作为该点上的读数为 a_1 。

按 0.2 mm 间隔依次均匀地旋进测微器, 当瞄准到一条分划线时, 从测微鼓轮读取读数为 a_i 。在全程范围内均匀校准, 示值误差为

$$\delta_i = a_i - a_1$$

旋转测微器使测微鼓轮读数重新为零, 以相反方向旋转测微器, 校准另一段测微器示值误差。正、反两个方向示值误差应分别符合 4.4 的要求。

6.4.2 将望远镜在 V 形铁上转动 90° , 按以上步骤校准另一方向的测微器示值误差。

6.5 位移分划板正确性

6.5.1 望远镜位移分划板相对于机械轴的垂直度

将望远镜放在精密 V 形铁上, 在镜管前方安置一自准直仪, 并对准位移分划板, 找到自准直像, 如图 3 所示。在 V 形铁上轻轻转动望远镜管, 用自准直仪测出自准直像的位移量。以最大位移量的 $1/2$ 作为校准结果。

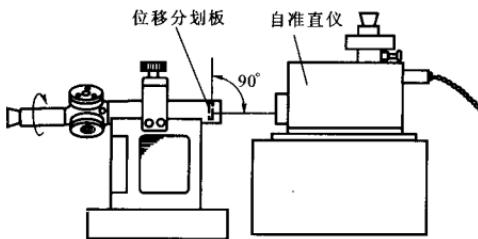


图 3

6.5.2 望远镜位移分划板中心与机械轴重合性

望远镜安放在 V 形铁上, 在镜管前面安放读数显微镜, 瞄准位移分划板中心, 如图 4 所示。转动读数显微镜测微鼓轮使其分划板十字线中心与位移分划板中心重合, 再在 V 形铁上轻轻转动镜管一圈, 观察位移分划板中心是否与读数显微镜分划板十字线中心重合, 如不重合, 由读数显微镜测出最大偏移量作为校准结果。

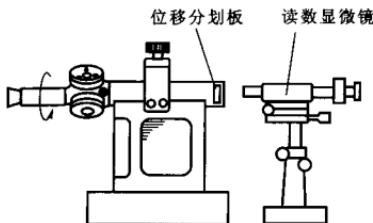


图 4

6.6 望远镜光轴正确性

6.6.1 望远镜光轴与机械轴的偏离

将望远镜放在 V 型铁上, 在距镜管 300 mm 处安置检调管, 并将检调管的近点目标与远点目标调整在同一水平面内。将望远镜按 A 位置放置(见图 5), 瞄准检调管近点目标分划板十字线, 转动水平、垂直测微鼓轮使检调管近点目标分划板十字线精确地与角度分划板十字线对中, 分别记下水平和垂直测微鼓轮上的读数(即当读一个位置的鼓轮读数时, 另一位置的鼓轮必须归零)。保证 V 型铁不动, 将镜管绕其轴线转 180°成 B 位置。再使检调管近点目标分划板十字线精确地与角度分划板十字线对中, 分别记下水平和垂直测微鼓轮上的读数。A 与 B 位置的水平、垂直两次读数之差的一半即为水平、垂直方向上望远镜光轴与机械轴的偏离。校准时应在每一个位置的水平、垂直方向上对准读数各 5 次, 以平均值作为校准结果。

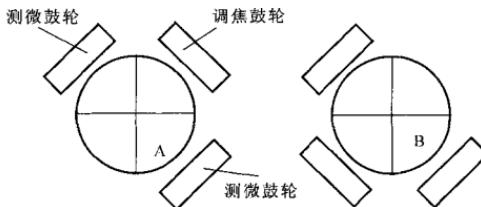


图 5

6.6.2 望远镜光轴与机械轴的平行度

用 6.6.1 校准方法分别测量 1 m, 3 m, 9 m, 18 m, 36 m 各点偏离值。

6.7 望远镜调焦直线度

将 6.6.2 分别测得不同距离聚焦时光轴在两个测微方向上相对机械轴的偏离值, 以这些数值为纵坐标, 以不同距离为横坐标, 在方格纸上分别标出不同观察距离对应的瞄准点偏离值的位置, 连接这些点所成的曲线就是实际视线。

连接 0 点与 9 m 的瞄准点作一直线, 实际视线 0~9 m 段对该直线的最大偏离值就是 0~9 m 时望远镜调焦直线度。以同样的方法可求出 0~18 m、0~36 m 的望远镜调焦直线度。

这一校准应在垂直和水平方向分别进行。

7 校准结果的表达

经校准的仪器发给校准证书, 并给出校准结果及其测量不确定度的说明。

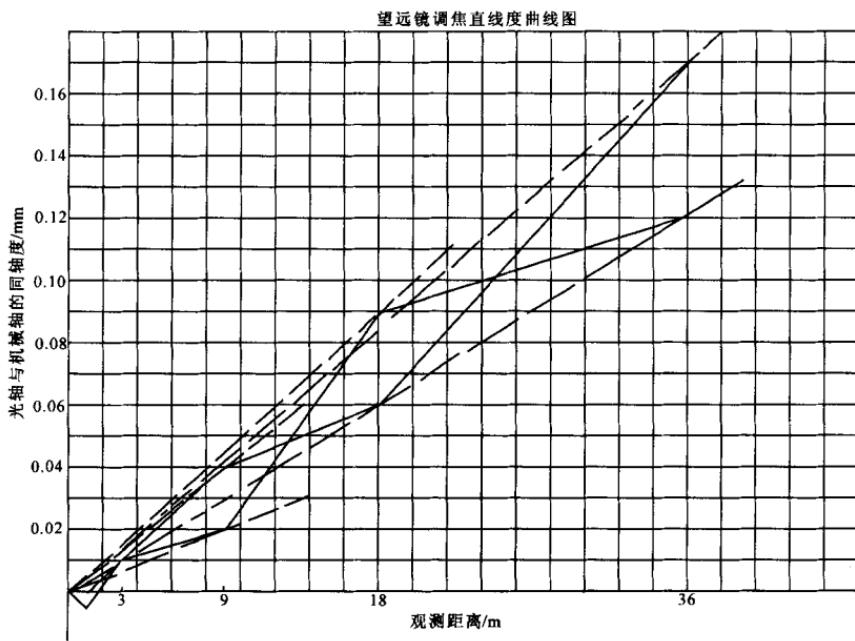
8 复校时间间隔

根据使用状态而定, 校准间隔建议为 1 年。

附录 A

测微准直望远镜调焦直线度校准记录表格

		300mm				1m		3m		9m		18m		36m	
仪器位置	次数	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
0 位	1	0.00	0.00	-0.02	0.00	+0.20	-0.02	+0.02	+0.10	+0.15	+0.04	+0.06	+0.06	-0.12	
	2	0.00	0.00	-0.02	0.00	+0.19	0.00	-0.02	+0.09	+0.12	+0.06	+0.09	-0.13		
	3	0.00	0.00	-0.02	0.00	+0.19	-0.01	+0.00	+0.10	+0.16	+0.05	+0.03	-0.16		
	4	0.00	0.00	-0.02	0.00	+0.20	-0.01	+0.01	+0.10	+0.15	+0.05	+0.03	-0.12		
	5	0.00	0.00	-0.02	0.00	+0.19	-0.01	+0.00	+0.09	+0.13	+0.05	0.00	-0.18		
平均值		0.00	0.00	-0.02	0.00	+0.19	-0.01	+0.00	+0.10	+0.14	+0.05	+0.04	-0.14		
转 180°	1	0.00	0.00	+0.02	-0.01	-0.17	+0.03	+0.04	-0.03	+0.04	+0.10	+0.18	+0.48		
	2	0.00	0.00	+0.02	-0.01	-0.17	+0.03	+0.04	-0.03	+0.04	+0.09	+0.13	+0.52		
	3	0.00	0.00	+0.02	-0.01	-0.17	+0.03	+0.04	-0.01	+0.04	+0.03	+0.20	+0.49		
	4	0.00	0.00	+0.02	-0.01	-0.18	+0.03	+0.04	-0.03	+0.04	+0.07	+0.22	+0.44		
	5	0.00	0.00	+0.02	-0.01	-0.17	+0.02	+0.04	-0.01	+0.04	+0.07	+0.23	+0.48		
平均值		0.00	0.00	+0.02	-0.01	-0.17	+0.03	+0.04	-0.02	+0.04	+0.07	+0.19	+0.48		
$X_0 + X_{180}$		0.00	0.00	0.00	-0.01	+0.02	+0.02	+0.04	+0.08	+0.18	+0.12	+0.23	+0.34		
偏离值 $R_x = (X_0 + X_{180}) / 2$		0.00	0.00	0.00	-0.005	+0.01	+0.01	+0.02	+0.04	+0.09	+0.06	+0.12	+0.17		
校准结果：															
1. 调焦直线度：															
垂直方向								水平方向							
0 ~ 9m				0.004mm				0.01mm							
0 ~ 18m				0.024mm				0.01mm							
0 ~ 36m				0.030mm				0.025mm							



图中：实线表示垂直、水平方向的实际视线；

虚线分别表示连接 0 点到 9 m, 18 m, 36 m 的瞄准点所作的一直线。

附录 B

测微器示值误差校准不确定度评定

B.1 测量原理

测微准直望远镜对 300 mm 处的标准刻线瞄准，转动测微器，读数值 L_i 与刻线尺间隔的实际值 L_s 之差，即为测微器示值误差。

B.2 数字模型

$$\Delta_i = L_i - L_s$$

式中： Δ_i ——测微器的示值误差；

L_i ——测微器测得值；

L_s ——标准刻线尺实际值。

B.3 方差和传播系数

依方程 $u_e^2(y) = \sum [\partial f / \partial x_i]^2 u^2(x_i)$

有 $u_e^2 = u_e^2(\Delta_i) = c_{L_i}^2 u^2(L_i) + c_{L_s}^2 u^2(L_s)$

式中： $c_{L_i} = c_{L_s} = 1$

$u_e^2 = u^2(L_i) + u^2(L_s)$

B.4 标准不确定度

B.4.1 标准刻线尺测量不确定度

$$U = 0.5 \mu\text{m} \quad k = 3$$

$$u_1 = 0.5/3 = 0.17 \mu\text{m}$$

B.4.2 测微准直望远镜鼓轮估读误差

估读误差 0.1 格 = 0.002 mm $k = \sqrt{3}$

$$u_2 = 0.002/\sqrt{3} = 0.00115 \text{ mm} = 1.15 \mu\text{m}$$

B.4.3 测微准直望远镜十字线对准误差

通过对某一刻线进行 10 次瞄准，标准偏差 $\sigma = 1 \mu\text{m}$ ，在校准时取二次平均值。

$$u_3 = 1/\sqrt{2} = 0.7 \mu\text{m}$$

B.5 合成标准不确定度

$$u_e^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2$$

$$u_e = (0.17^2 + 1.15^2 + 0.7^2)^{\frac{1}{2}} = 1.4 \mu\text{m}$$

B.6 扩展不确定度

$$U_{99} = k u_e, \quad k = 3$$

$$U = 3 \times 1.4 = 4.2 \mu\text{m}$$

附录 C

校准证书（内页）格式及内容

校准依据文件	温度	相对湿度	%
测量标准名称	标准有效期		
编 号	制造商	第 页共 页	

校 准 结 果

1. 测微器方向正确性
2. 位移分划板零位正确性
3. 望远镜光轴正确性
4. 测微器示值误差
5. 望远镜调焦直线度示值误差

调焦范围/m	直线度误差/mm
0 ~ 9	
0 ~ 18	
0 ~ 30	

测量不确定度

说明：证书只对此被测件有效。未经本单位批准，不得部分复印。

本单位地址：

通讯：

联系电话：

邮编：

传真电话：