



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1081—2002

垂准仪校准规范

Calibration Specification for Plumb Instruments

2002-04-02 发布


2002-07-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

垂准仪校准规范

Calibration Specification for

Plumb Instruments



JJF 1081—2002

本规范经国家质量监督检验检疫总局于2002年04月02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： 河南省计量测试研究所

河南省测绘产品质量监督检验站

北京测绘长度检定中心

苏州一光仪器有限公司

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

张卫东 （河南省计量测试研究所）

王冬梅 （河南省测绘产品质量监督检验站）

李 荃 （北京测绘长度检定中心）

参加起草人：

付晓平 （苏州一光仪器有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
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	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 望远镜分辨力	(3)
6.2 管状水准器轴与竖轴的垂直度	(4)
6.3 照准部旋转的正确性	(4)
6.4 望远镜调焦运行误差	(4)
6.5 自动安平补偿器补偿误差	(5)
6.6 自动安平补偿器自动安置误差	(6)
6.7 竖轴与望远镜视准轴(或激光光轴)的同轴度	(7)
6.8 激光光轴与望远镜视准轴的同轴度	(8)
6.9 一测回垂准测量标准偏差	(8)
6.10 光学(激光)对点器的光轴相对于竖轴的同轴度	(10)
7 校准结果表达	(10)
8 复校时间间隔	(10)
附录 A 校准用计算表格	(11)
附录 B 校准证书封面格式	(16)
附录 C 校准证书内容	(17)
附录 D 校准结果格式	(18)

垂准仪校准规范

1 范围

本规范适用于垂准仪的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JB/T 9319—1999 垂准仪

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

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

垂准仪是以重力线为基准，给出铅垂直线的光学仪器。它用于建筑施工和设备安装中相对铅垂线的微小水平偏差的测量和铅垂线的点位传递，按其工作原理可分为水准泡型和自动补偿器型（包括吊挂悬摆式和自动补偿器式）；按其性能可分为精密型、普通型和简易型三种。常见的结构形式见图 1。

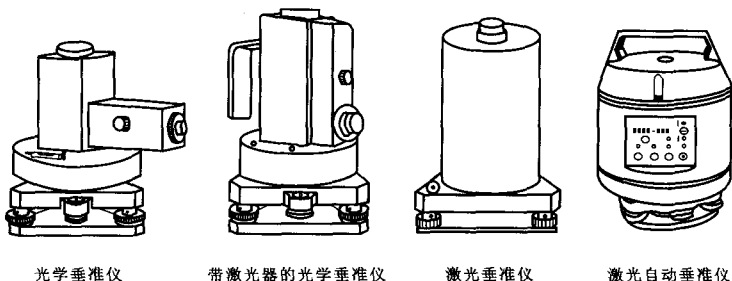


图 1

4 计量特性

计量特性见表 1。

表 1

校准项目			类 型		
			精密型	普通型	简易型
一测回垂直测量标准偏差			$s \leq 1/100\ 000$	$1/100\ 000 < s \leq 1/40\ 000$	$1/40\ 000 < s \leq 1/5\ 000$
望远镜分辨率			在望远镜十字丝中心附近, $\leq \frac{120''}{D}k$ k —系数, 选用 1.5 D —望远镜物镜有效孔径, mm		
管状水准器轴与竖轴的垂直度			水准器标称角值的 1/4		
照准部旋转的正确性			管状水准器标称角值的 1/2		
望远镜调焦运行误差			6''	10''	
竖轴与望远镜视准轴(或激光光轴)的同轴度			2''	5''	10''
激光光轴与望远镜视准轴的同轴度			5''		
光学(激光)对点器的光轴相对于竖轴的同轴度			1 mm		
自动安平补偿器	补偿误差	在 +8' 至 -8' 工作范围内	自动补偿器式	$\leq 0.5''/1'$	
			吊挂悬摆式	$\leq 3''/1'$	
	自动安置误差	工作范围内	自动补偿器式	$\leq 0.5''$	
			吊挂悬摆式	$\leq 1''$	

5 校准条件

5.1 环境条件

校准时的温度为常温。

5.2 校准用标准器及其他设备

校准用标准器及其他设备详见表 2。

表 2

校准用计量器具	技术要求
平行光管	带 2# 分辨力板, 焦距 $f' \geq 500$ mm
平行光管	带分度值 $\leq 20''$ 的分划板, 焦距 $f' \geq 500$ mm
测微平行光管	最小分度值为 $1''$
直角坐标板	具有独立支撑机构; 分度值为 1 mm
钢卷尺	最大允许误差为 10.3 mm, 测量范围为 0~50 m
准线仪 (或准线光管)	管内应安置包括 1.5 m 近点和无穷远目标的 5 块分划板, 且所有目标刻划中心均处于同一水平线上, 其视准线直线度不大于 $2''$
钢直尺	分度值为 0.5 mm
其他设备	技术要求
两维微倾台	格值为 $1'$, 测量范围大于 $+8' \sim -8'$
五角棱镜	通光口径大于被校仪器通光口径且有独立支撑机构

6 校准项目和校准方法

6.1 望远镜分辨力

被校仪器安置在工作台上, 通过具有独立支撑机构的五角棱镜对准装有相应分辨力板的平行光管 (图 2 或图 3 所示), 将望远镜调焦使分辨力板像清晰地成像在十字丝分划板中心, 仔细观察找出能分辨出分辨力板上的最小条纹宽度。

望远镜分辨力 α 按式 (1) 计算:

$$\alpha = \frac{2d}{f\rho} \quad (1)$$

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 ——系数, $\rho = 206\,265$ 。

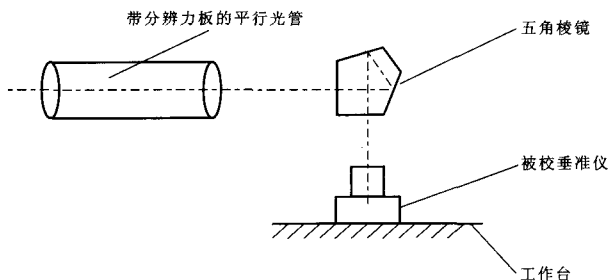


图 2

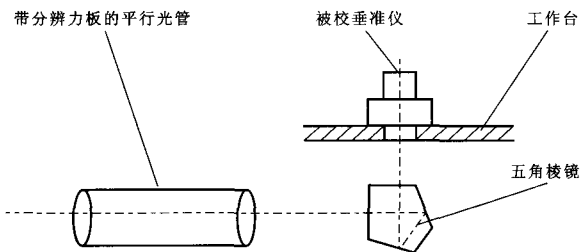


图 3

6.2 管状水准器轴与竖轴的垂直度

先将水准仪精确整平，并以气泡两端读数和表示气泡位置的方式读取气泡零起位置；然后旋转照准部，每隔 45° 观测一次气泡位置，共转 2 周。8 个气泡位置读数的平均值与其零起位置的读数之差为校准结果。

6.3 照准部旋转的正确性

将水准仪精确整平，顺时针方向转动照准部，按气泡两端读数和表示气泡位置的方式，每隔 45° 读取水准气泡位置一次，共进行两周。

然后仪器照准部逆时针方向旋转，按同样的方法测量两周。

计算每周中对径位置读数的平均值，四周中所有对径位置读数平均值的最大值与最小值之差为校准结果。

6.4 望远镜调焦运行误差

将五角棱镜、准线仪和被检仪器按图 2 或图 3 所示布置。整平仪器后，用仪器望远

镜调焦对准线仪无穷远和 1.5 m 近点的准线标志，调整仪器或准线仪使两目标中心重合。

然后将望远镜十字中心与准线仪 1.5 m 近点目标中心瞄准，由近点到无穷远点逐个测得各目标中心与仪器望远镜十字中心的水平、垂直偏差角值。再由无穷远点到近点为返测，取各点往返测水平、垂直读数的平均值分别为 A_i ， B_i 。

视轴各点相对准线的位置偏差按式 (2) 求得：

$$w_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2} \quad (2)$$

式中： A_i ——仪器望远镜十字中心与第 i 目标中心的往返测水平偏差平均值，(″)；

B_i ——仪器望远镜十字中心与第 i 目标中心的往返测垂直偏差平均值，(″)。

视轴各点的位置变动差按式 (3) 计算：

$$W_i = w_\infty - w_i \quad (3)$$

式中： W_i ——视轴第 i 点的位置变动差，(″)；

w_∞ ——视轴 ∞ 点相对准线的位置偏差，(″)；

w_i ——视轴第 i 点相对准线的位置偏差，(″)。

取 W_i 绝对值最大值为校准结果 (计算详见附录 A 表 A.1)。

6.5 自动安平补偿器补偿误差

光学自动垂准仪按室内方法校准，激光自动垂准仪按室外方法校准。

6.5.1 室内方法

将调整水平的测微平行光管、微倾工作台、五角棱镜按图 2 或图 3 所示布置，调整微倾工作台使其纵向倾斜方向与测微平行光管竖丝大致在同一平面内。然后在微倾工作台纵向微倾指示为 0′ 时，将仪器精确整平于微倾工作台上，并调整五角棱镜和转动仪器照准部使测微平行光管分划板中心与望远镜分划板中心重合。从测微平行光管上读取 0′ 位置的测量值。

转动微倾工作台微倾螺旋按 2′ 间隔从 +8′ 到 -8′，再从 -8′ 到 +8′ 作纵向转动，工作台每倾斜一个角值时按上述读数方法读取该倾斜位置的测量值。按式 (4) 得仪器纵向补偿误差 δ_1 。

$$\delta = \frac{\gamma - \gamma_0}{\beta} \quad (4)$$

式中： δ ——自动安平补偿器补偿误差，(″) / 1′；

γ ——竖轴纵向或横向倾斜时的测量值，(″)；

γ_0 ——竖轴铅垂时的测量值，(″)；

β ——竖轴倾斜的角度，(′)。

调整微倾工作台使纵向微倾指示为 0′ 后，按上述方法操作使微倾工作台面作横向转动并得仪器横向补偿误差 δ_2 。取各纵向补偿误差 δ_1 和横向补偿误差 δ_2 的最大绝对值

为校准结果（计算详见附录 A 表 A.2）

6.5.2 室外方法

先将微倾工作台安置于三脚架上，直角坐标板、五角棱镜和被校仪器按图 4 所示布置，其中用钢卷尺标定直角坐标板与微倾工作台中心的距离，约为 100 m。然后以 6.5.1 方法调整微倾工作台使其纵向倾斜方向与直角坐标板的垂直坐标方向大致平行。

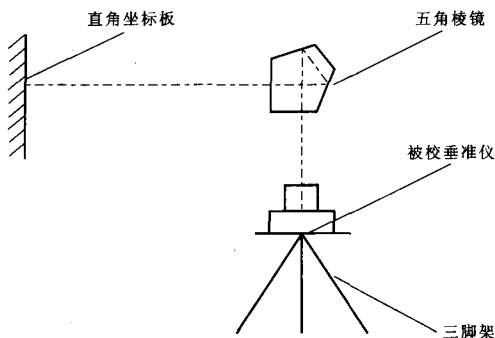


图 4

精确整平仪器后，从直角坐标板上读取激光光斑在 O' 位置的测量值，并在直角坐标板上加以标定。

按 6.5.1 方法改变微倾工作台倾斜角度，并从直角坐标板上分别读取被校仪器在不同倾斜方向上倾斜不同角度时，激光光斑中心相对 O' 位置的位置变化距离 $\Delta\gamma_i$ 。按式 (5) 分别计算各纵向补偿误差 δ_1 和横向补偿误差 δ_2 ，取其最大绝对值为校准结果（计算详见附录 A 表 A.3）。

$$\delta = \frac{\Delta\gamma}{l\beta\rho} \quad (5)$$

式中： δ ——自动安平补偿器补偿误差，(″) / 1′；

$\Delta\gamma$ ——竖轴纵向或横向倾斜时，激光光斑相对 O' 位置的位置变化距离，mm；

l ——直角坐标板相对于仪器中心的距离值，mm；

ρ ——常数，206 265；

β ——竖轴倾斜的角度，(′)。

6.6 自动安平补偿器自动安置误差

光学垂准仪按室内方法校准，激光垂准仪按室外方法校准。

6.6.1 室内方法

按 6.5.1 方法操作后, 利用微倾工作台按前倾、后倾、左倾、右倾 4 个方向变动仪器。先用微倾工作台测微螺旋使仪器倾斜 $12'$, 紧接着旋进使气泡重新吻合, 按 6.5.1 方法从测微平行光管上读数。如此在每个方向上重复 4 次, 取 4 次观测值的平均值, 按式 (6) 计算自动安置误差标准偏差。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad (6)$$

式中: s ——自动安置误差标准偏差, ($''$);

n ——安平次数, $n=4$;

v_i ——各观测值的残差, ($''$)。

6.6.2 室外方法

按 6.5.2 方法操作后, 利用微倾工作台按前倾、后倾、左倾、右倾 4 个方向变动仪器。先用微倾工作台测微螺旋使仪器倾斜 $12'$, 紧接着旋进使气泡重新吻合, 按 6.5.2 方法从直角坐标板上读数。如此在每个方向上重复 4 次, 取 4 次观测值的平均值, 按式 (7) 计算自动安置误差标准偏差。

$$s = \frac{\rho}{l} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad (7)$$

式中: s ——自动安置误差标准偏差, ($''$);

n ——安平次数, $n=4$;

v_i ——各观测值的残差, mm;

l ——直角坐标板相对于仪器中心的距离值, mm;

ρ ——常数, 206 265。

6.7 竖轴与望远镜视准轴 (或激光光轴) 的同轴度

光学垂准仪按室内方法校准, 激光垂准仪按室外方法校准。

6.7.1 室内方法

将五角棱镜、带分划板的平行光管和被检仪器按图 2 或图 3 所示布置。

精确整平仪器后, 用仪器望远镜调焦对准测微平行光管, 调整仪器与五角棱镜使垂准仪十字丝中心与测微平行光管的分划板中心重合。转动仪器, 读取仪器十字丝中心偏离测微平行光管的分划板中心的最大角值, 其绝对值的 $1/2$ 为校准结果。

6.7.2 室外方法

先将五角棱镜、直角坐标板和被检仪器按图 4 所示布置, 用钢卷尺标定直角坐标板与仪器中心的距离应不小于 100 m。然后精确整平仪器, 调整五角棱镜使激光光斑中心与直角坐标板的坐标中心重合。转动仪器, 读取激光光斑中心偏离直角坐标板坐标中心的最大距离。设该距离的 $1/2$ 为 h , 则竖轴与望远镜视准轴 (或激光光轴) 的同轴度按

式(8)计算。

$$\theta = \arctan \frac{h}{l} \quad (8)$$

式中： θ ——激光发射轴与望远镜视准轴的同轴度，(°)；

l ——坐标板相对于仪器中心的距离值，mm；

h ——激光光斑中心偏离直角坐标板坐标中心最大距离的1/2，mm。

6.8 激光光轴与望远镜视准轴的同轴度

6.8.1 将直角坐标板垂直置于距仪器中心不小于40 m（距离测量不确定度 U_{95} 不大于20 mm）的地方。然后精确整平仪器，在仪器物镜上方放置一五角棱镜使激光束的出射方向转换为水平方向（如图4所示）。

6.8.2 在用望远镜分划板十字线中心对准坐标板坐标中心后，反射激光束，用钢直尺在直角坐标板面直接量取激光光斑中心偏离坐标板十字中心的距离 h 。激光发射轴与望远镜视准轴的同轴度按式(8)计算。

6.9 一测回垂准测量标准偏差

光学垂准仪或带激光器的光学垂准仪的一测回垂准测量标准偏差按室内方法校准，激光垂准仪的一测回垂准测量标准偏差按室外方法校准。

6.9.1 室内方法

将垂准仪安置于工作台上，按图2或图3所示布置带分划板的平行光管和五角棱镜。精确调平仪器后，转动仪器照准部使其望远镜分划板的一根分划丝转至与平行光管的分划板的一根分划丝平行，并将此处作为0°位置，读取读数 a_{1ij} ，将竖轴转动180°，读取数值 a_{2ij} ，按式(9)求取望远镜对径位置的测量值，完成一个测回。如此反复10个测回为一个独立的测量列。

$$X_{ij} = \frac{a_{1ij} + a_{2ij}}{2} \cdot \tau \quad (9)$$

式中： a_{1ij} ； a_{2ij} ——第 j 测量列第 i 测回望远镜对径位置的读数，格；

X_{ij} ——第 j 测量列第 i 测回望远镜对径位置的测量值，(°)；

τ ——平行光管测微分划板的分度值，(°)/格。

将仪器在原位按大致45°间隔整体转动，分别重复上述操作，再进行3个独立测量列的测试。则按式(10)可求得第 j 测量列的测量平均值为

$$X_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad (10)$$

式中： n ——第 j 测量列的测回数， $n=10$ ；

X_j ——第 j 测量列的测量平均值，(°)。

按式 (11) 求得测量列的测量值残差为

$$v_{ij} = X_{ij} - X_j \quad (11)$$

式中: v_{ij} ——第 j 测量列第 i 测回的残差, (");

X_{ij} ——第 j 测量列第 i 测回望远镜对径位置的测量值, (");

X_j ——第 j 测量列的测量平均值, (")。

按式 (12)、(13) 分别计算点位标准偏差 $s_{\text{点}}$ 和一测回垂直测量标准偏差 $s_{\text{垂}}$ (详见附录 A 表 A.4)。

$$s_{\text{点}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n v_{ij}^2}{m(n-1)}} \quad (12)$$

$$s_{\text{垂}} = \text{tans}_{\text{点}} \quad (13)$$

式中: v_{ij} ——第 j 测量列第 i 测回的残差, (");

m ——测量列次数, $m=4$;

n ——测回次数, $n=10$;

$s_{\text{点}}$ ——点位标准偏差, (");

$s_{\text{垂}}$ ——一测回垂直测量标准偏差。

6.9.2 室外方法

先按 6.8.1 方法操作, 打出铅垂激光束, 并调整仪器使激光光斑投射在直角坐标板面上, 直至直角坐标板的坐标中心与激光光斑中心重合。然后在直角坐标板上确定激光光斑中心位置, 读出仪器 0° 位置测量值。原位转动仪器 (或仪器照准部) 180° , 再读出仪器 180° 位置测量值。由此按式 (9) 可得一组对径位置的测量平均值。重复上述操作 10 次 ($n=10$), 完成一个独立的测量列, 得 X_{j1} , 按式 (10) 计算对径中心的测量平均值 X_{j1} 。

相对 0° 位置转动仪器 (或仪器照准部), 再在 45° 和 225° , 90° 和 270° , 135° 和 315° 的三组对径位置重复上述操作, 共完成 4 个独立的测量列 ($m=4$), 分别得 X_{ij} , 以及各对径中心的测量平均值 X_j , 按式 (11)、(12) 和 (14) 计算一测回垂直测量标准偏差 $s_{\text{垂}}$ (详见附录 A 表 A.5、表 A.6)。

$$s_{\text{垂}} = s_{\text{点}} / l \quad (14)$$

式中: l ——垂准仪中心到直角坐标板的距离, mm;

$s_{\text{点}}$ ——点位标准偏差, mm;

$s_{\text{垂}}$ ——一测回垂直测量标准偏差。

6.9.3 对于天顶天底仪应按 6.9.1 或 6.9.2 方法分别检测向上和向下一测回垂直测量标准偏差, 取向上和向下一测回垂直测量标准偏差中的最大值为校准结果。

也允许用测量不确定度 U_{99} 不大于仪器一测回垂直测量标准偏差要求 $1/3$ 的其他方

法校准。

6.10 光学（激光）对点器的光轴相对于竖轴的同轴度

固定仪器，转动仪器照准部，用光学（激光）对点器分别观测距仪器高度 0.6 m 和 1.5 m 处分划板上任意对径位置的最大变化量，两高度处任意对径位置的最大变化量绝对值为校准结果。

7 校准结果表达

校准后的垂准仪，应填发校准证书或报告。

8 复校时间间隔

垂准仪的复校时间间隔 根据实际使用情况而定，建议为 1 年。

附录 A

校准用计算表格

表 A.1 调焦运行误差的测定计算表

(")

距离	1.5 m		2 m		4 m		9 m		50 m		∞	
方向	横	纵	横	纵	横	纵	横	纵	横	纵	横	纵
往测	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	4.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0.0
返测	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	6.0	2.0	2.0	0.0	0.0
平均值	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	3.0	0.0	5.0	1.0	3.0	0.0	0.0
w_i	0.0		1.4		3.2		5.0		3.2		0.0	
W_i	0.0		-1.4		-3.2		-5.0		-3.2		0.0	
调焦运行误差: 5.0												

表 A.2 自动安平补偿器补偿误差室内方法计算表

倾角 $\beta/(')$	方向	各测量位置的测值 $\gamma/(')$	$\frac{\gamma - \gamma_0}{\beta} / [(')/1']$	倾角 $\beta/(')$	方向	各测量位置的测值 $\gamma/(')$	$\frac{\gamma - \gamma_0}{\beta} / [(')/1']$
+8	纵	4.0	0.5	+8	横	2.0	0.2
+6		2.0	0.3	+6		2.0	0.3
+4		2.0	0.5	+4		0.0	0.0
+2		0.0	0.0	+2		0.0	0.0
0		0.0	0.0	0		0.0	0.0
-2	向	0.0	0.0	-2	向	0.0	0.0
-4		-2.0	0.5	-4		0.0	0.0
-6		-2.0	0.3	-6		-2.0	0.3
-8		-4.0	0.5	-8		-2.0	0.2
补偿器补偿误差: $0.5''/1'$							

表 A.3 自动安平补偿器补偿误差室外方法计算表
($l = 96.00 \text{ m}$)

倾角 $\beta / (^\circ)$	方向	不同倾斜位置的 测量值/mm	$\Delta\gamma/\text{mm}$	$\frac{\rho\Delta\gamma}{l\beta} / [(^\circ) / 1']$
+8		7.6	0.7	0.2
+6	纵 向	6.9	0.0	0.0
+4		6.9	0.0	0.0
+2		6.9	0.0	0.0
0		6.9	0.0	0.0
-2		6.9	0.0	0.0
-4		6.9	0.0	0.0
-6		6.8	0.1	0.0
-8		7.6	0.7	-0.2
+8		横 向	7.6	0.7
+6	6.9		0.0	0.0
+4	6.9		0.0	0.0
+2	6.9		0.0	0.0
0	6.9		0.0	0.0
-2	6.9		0.0	0.0
-4	6.9		0.0	0.0
-6	7.6		0.7	-0.2
-8	7.6		0.7	-0.2
补偿器补偿误差: $0.2''/1'$				

表 A.4 一测回垂直测量标准偏差室内校准方法计算表
($\tau = 20''/\text{格}$)

测回号 n	垂 准 仪 读 数			$v_{i1} = (X_{i1} - X_1) / ('')$
	$a_{1i1}/\text{格}$	$a_{2i1}/\text{格}$	$X_{i1}/('')$	
1	10.2	10.0	202	2.2
2	10.0	10.0	200	0.2
3	10.0	9.9	199	-0.8
4	9.8	10.1	199	-0.8
5	9.9	9.9	198	-1.8
6	9.9	10.0	199	-0.8
7	9.9	10.1	200	0.2
8	10.0	10.0	200	0.2
9	10.1	10.0	201	1.2
10	9.9	10.1	200	0.2
$X_1 = 199.8''$			$\sum_{i=1}^{10} v_{i1}^2 = 11.6$	
观测列号 m	1	2	3	4
$\sum_{i=1}^{10} v_{ij}^2$	11.6	12.2	10.5	12.4
$s_{\text{点}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n v_{ij}^2}{m(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{10} v_{ij}^2}{4 \times (10-1)}} \approx 1.1''$			$s_{\text{垂}} = \text{tans}_{\text{点}} = 1 : 190\,000$	

表 A.5 一测回垂直测量标准偏差室外校准方法数据记录表

 $(l = 40 \text{ m})$

mm

测量位置	0°	180°	45°	225°	90°	270°	135°	315°	
测回 数	1	10.4	10.0	12.2	12.2	10.0	10.6	9.8	10.2
	2	10.0	10.1	11.0	11.0	11.4	11.8	10.4	10.0
	3	10.2	11.0	10.0	9.8	9.8	10.0	11.0	10.9
	4	10.6	12.0	10.2	9.9	10.0	10.0	10.0	10.0
	5	10.3	10.3	10.2	9.6	11.7	11.8	12.4	12.0
	6	10.0	9.8	11.6	12.4	10.4	11.0	12.4	12.6
	7	10.0	10.4	11.0	11.3	10.0	10.8	13.0	13.4
	8	10.4	10.6	11.8	12.2	12.0	12.6	11.6	11.2
	9	10.2	10.0	12.6	13.0	11.0	11.0	10.4	10.0
	10	10.6	11.2	11.0	11.0	11.0	10.8	10.0	9.7

表 A.6 一测回垂直测量标准偏差室外校准方法数据计算表

测回号 n	0°与 180°对 径位置读数 X_{i1}/mm	45°与 225° 对径位置读数 X_{i2}/mm	90°与 270°对 径位置读数 X_{i3}/mm	135°与 315° 对径位置读数 X_{i4}/mm
1	10.2	12.2	10.3	10.0
2	10.0	11.0	11.6	10.2
3	10.6	9.9	9.9	11.0
4	11.3	10.0	10.0	10.0
5	10.3	9.9	11.8	12.2
6	9.9	12.0	10.7	12.5
7	10.2	11.2	10.4	13.2
8	10.5	12.0	12.3	11.4

表 A.6 (续)

测回号 n	0°与 180°对 径位置读数 X_{i1}/mm	45°与 225° 对径位置读数 X_{i2}/mm	90°与 270°对 径位置读数 X_{i3}/mm	135°与 315° 对径位置读数 X_{i4}/mm
9	10.1	12.8	11.0	10.2
10	10.9	11.0	10.9	9.8
平均值	10.4	11.1	10.9	11.0
$\sum_{i=1}^{10} v_{ij}^2$	1.70	9.74	5.73	13.41
$s_{\text{点}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n v_{ij}^2}{m(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{10} v_{ij}^2}{4 \times (10-1)}} \approx 0.92\text{mm}$ $s_{\text{垂}} = \frac{s_{\text{点}}}{l} = 1 : 43\ 000$				

附录 B

校准证书封面格式

(实验室名称)

校 准 证 书

(校准证书编号)

被校准设备

型号规格

出厂编号/系列编号

生产厂

委托方名称及地址

校准地点

发证日期

有效期

校 准 人

核 验 人

签 发 人

(实验室签章)

签发日期

本校准证书无校准人员签名及实验室签章无效

复制本校准证书必须保持其完整性，否则须经签发实验室的书面许可

附录 C

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，并包括下列内容：

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称及地址；
3. 证书编号、页码及总页数；
4. 委托方的名称及地址；
5. 被校设备；
6. 被校设备的生产厂、型号规格及编号；
7. 本次校准所用测量标准的溯源性及其有效性的说明；
8. 校准日期；
9. 校准人员、核验人员姓名（签字）、签发人员姓名（签字）；
10. 采用本校准规范的说明及对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
11. 环境温度情况；
12. 未经实验室许可，不得局部复制校准证书的说明；
13. 测量数据，校准条件下的测量不确定度。

附录 D

校准结果格式

校准结果

序号	主要校准项目		校准结果
1	一测回垂直测量标准偏差		
2	望远镜分辨力		
3	管状水准器轴与竖轴的垂直度		
4	照准部旋转的正确性		
5	望远镜调焦运行误差		
6	竖轴与望远镜视准轴（或激光光轴）的同轴度		
7	激光光轴与望远镜视准轴的同轴度		
8	光学（激光）对点器的光轴相对于竖轴的同轴度		
9	自动安平补偿器	补偿误差	
		自动安置误差	