



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—2025

---

## 垂线坐标仪校准规范

Calibration specification for Vertical line coordinators

(征求意见稿)

2025—××—××发布

2025—××—××实施

---

国家市场监督管理总局 发布



# 垂线坐标仪校准规范

Calibration specification for

Vertical line coordinators

JJF XXXX - 2025

归口单位：全国测绘地理信息专用计量测试技术委员会

主要起草单位：XXX

参加起草单位：XXX

XXX

XXX

本规范委托全国测绘地理信息专用计量测试技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

XXX

XXX

**参加起草人：**

XXX

XXX

XXX

目录

引言..... II

1 范围..... 3

2 引用文件..... 3

3 术语和计量单位..... 3

3.1 术语 ..... 3

3.2 计量单位..... 3

4 概述..... 3

5 计量特性..... 4

6 校准条件..... 4

6.1 环境条件 ..... 4

6.2 校准设备 ..... 4

7 校准项目和校准方法..... 4

7.1 校准项目 ..... 4

7.2 校准方法 ..... 5

8 校准结果..... 6

9 复校时间间隔..... 6

附录..... 7

附录 A 原始记录格式（参考）..... 7

附录 B 证书内页格式（参考）..... 8

附录 C 垂线坐标仪校准结果测量结果不确定度评定示例（参考）..... 9

## 引言

本规范依据国家计量技术规范 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》、JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》编制。

本规范系首次编制。

# 垂线坐标仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于量程（0~200）mm的步进电机式、光电式（CCD）和电容式垂线坐标仪的校准。其他工作原理的垂线坐标仪也可参考本规范执行。

## 2 引用文件

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》

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》

GB/T 22542.1-2008《大坝监测仪器 垂线坐标仪 第1部分：步进电机式垂线坐标仪》

DL/T 327-2023《步进式垂线坐标仪》

DL/T 1061-2020《光电式（CCD）垂线坐标仪》

DL/T 1019-2019《电容式垂线坐标仪》

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（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语和计量单位

### 3.1 术语

#### 3.1.1 垂线坐标仪 Vertical line coordinators

用于测定垂线在X、Y方向坐标位置变化的仪器，常与正、倒垂装置配合使用。

### 3.2 计量单位

#### 3.2.1 X向位移：毫米，符号 mm。

#### 3.2.2 Y向位移：毫米，符号 mm。

## 4 概述

垂线坐标仪是一种测量工程结构物水平位移的垂线测量装置仪器。垂线测量装置有正垂线和倒垂线两种，正垂线测量装置其固定点悬挂于欲测部位的上部，垂线下部设重锤，使该线体始终处于铅垂状态，作为测量的基准线，垂线坐标仪则设置在沿线体布置的监测点上。正垂线可测量相对于顶部悬挂点的位移变化。倒垂线测

量装置的锚固点设在基岩下一定深度，线体上引至地面，利用浮筒的浮力将线体拉直并保持一定的张紧力，浮筒置于被测对象上并随其一起位移，但垂线借助于浮子仍始终保持为铅直，故该垂线可以认为是基准线。倒垂线锚固点的深度通常要求达到基岩的不动点，因此倒垂线上测点的位移可认为是绝对位移。正垂和倒垂经常组合使用，可求得建筑物整个高度各测点的绝对水平位移量。

## 5 计量特性

垂线坐标仪计量特性要求见表1。

表1 计量性能要求

参 数	要 求
位移测量误差（X向）	$\leq 0.10\text{mm}$
位移测量误差（Y向）	$\leq 0.10\text{mm}$
重复性误差（X向）	$\leq 0.10\text{mm}$
重复性误差（Y向）	$\leq 0.10\text{mm}$

注：以上指标仅适用于参考性指标，不用于合格判定。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 温度： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

6.1.2 相对湿度：不大于 70%；

6.1.3 无影响仪垂线坐标仪正常工作的电磁干扰和机械振动。

### 6.2 校准设备

校准设备要求如下：

垂线坐标仪校准台：测量范围 X 向（0~200）mm、Y 向（0~200）mm；

分辨力 $\leq 0.01\text{ mm}$ 、示值误差 $\leq 0.05\text{ mm}$ ，需定期检定并附有效证书。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

垂线坐标仪校准项目见表2。



表2 校准项目一览表

校准项目
位移测量误差（X向）
位移测量误差（Y向）
重复性误差（X向）
重复性误差（Y向）

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 校准前准备工作

检查垂线坐标仪，确保正常工作。垂线坐标仪在校准前应在校准环境条件下放置4h以上，使得垂线坐标仪的温度与环境温度一致。固定模拟垂线在垂线坐标仪校准台的中心位置。垂线坐标仪固定在垂线坐标仪校准台上，进行预热，在测量范围内，从测量范围下限至测量范围上限，再回到测量范围下限，如此循环三次。垂线坐标仪的X向和Y向应分别进行。

### 7.2.2 位移测量误差和重复性误差

校准方法具体步骤如下：

a) 将垂线坐标仪调节至X向测量范围下限，按照垂线坐标仪X向满量程的20%进行分档，逐级增加到测量范围上限，然后从测量范围上限逐级减少至测量范围下限，在每一测试点稳定30 s后，读取垂线坐标仪X向输出值。

b) 重复a) 步骤循环三次。

c) 将垂线坐标仪调节至Y向测量范围下限，按照垂线坐标仪Y向满量程的20%进行分档，逐级增加到测量范围上限，然后从测量范围上限逐级减少至测量范围下限，在每一测试点稳定30 s后，读取垂线坐标仪Y向输出值。

d) 重复c) 步骤循环三次。

e) 将测值记入校准原始记录表中，记录表参见附录A；

f) 按照公式（1）、（2）分别计算位移测量误差 $L$ 、重复性误差 $R$ ：

按公式（1）计算位移测量误差 $L$ ：

$$L = | L_y - L_w | \quad (1)$$

式中：

$L$  ——垂线坐标仪位移误差最大值，mm；

$L_y$  ——三次循环中各测试点垂线坐标仪位移值，mm；

$L_w$  ——三次循环中同一测试点垂线坐标仪校准台位移值，mm。

按公式（2）计算重复性  $R$ ：

$$R = | L_u - L_d | \quad (2)$$

式中：

$R$  ——垂线坐标仪重复性误差最大值，mm；

$L_u$  ——三次循环中上行测试点平均垂线坐标仪位移值，mm；

$L_d$  ——三次循环中下行测试点平均垂线坐标仪位移值，mm。

## 8 校准结果

校准证书格式参照附录 B。不确定度评定示例见附录 C。

## 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素决定，建议复校时间间隔为 1 年。若仪器频繁使用或环境恶劣，建议缩短复校时间间隔。

## 附录

## 附录 A 原始记录格式（参考）

## 校准原始记录

委托单位：                    单位地址：  
联系电话：                    证书编号：  
仪器名称：                    型号/规格：                    仪器编号：  
制造单位：                    校准依据：  
校准所使用的主要标准器（或标准装置）：                    ，均溯源至国家计  
量基准。  
校准地点：                    温度：    ℃    湿度：    %RH  
校准日期：                    校准员：                    核验员：

测试点（mm）	X 向输出值（mm）					
	进程 1	回程 1	进程 2	回程 2	进程 3	回程 3
测试点（mm）	Y 向输出值（mm）					
	进程 1	回程 1	进程 2	回程 2	进程 3	回程 3

## 附录 B 证书内页格式（参考）

校准所使用的主要标准器（或标准装置）					
名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差		证书号	证书有效期至
本次校准所使用的主要标准器（或标准装置）均溯源至国家计量基准。					
校准的环境条件及地点					
地点		温度	℃	湿度	%RH

## 校准结果

参 数	计算结果
位移测量误差（X向）	mm
位移测量误差（Y向）	mm
重复性误差（X向）	mm
重复性误差（Y向）	mm
测量不确定度	

仅提供测量结果及不确定度

\*未经本单位书面批准，不得部分复印此证书。

## 附录 C 垂线坐标仪校准结果测量结果不确定度评定示例（参考）

### C1.校准方法概述

C 1.1 将垂线坐标仪调节至X向测量范围下限，按照垂线坐标仪X向满量程的20%进行分档，逐级增加到测量范围上限，然后从测量范围上限逐级减少至测量范围下限，在每一测试点稳定30 s后，读取垂线坐标仪X向输出值。

C 1.2 重复C1.1步骤循环三次。

C 1.3 将垂线坐标仪调节至Y向测量范围下限，按照垂线坐标仪Y向满量程的20%进行分档，逐级增加到测量范围上限，然后从测量范围上限逐级减少至测量范围下限，在每一测试点稳定30 s后，读取垂线坐标仪Y向输出值。

C 1.4 重复C1.3步骤循环三次。

依据本规范，用垂线坐标仪校准台和专用夹具进行校准，以垂线坐标仪的示值与垂线坐标仪校准台显示值的差值即为示值误差。下面对分辨力为0.01mm的垂线坐标仪在25mm处进行测量不确定度评定。

### C2.测量模型

垂线坐标仪的位移测量误差 $L$ 计算公式为：

$$L = | L_y - L_w | \quad (3)$$

位移测量测量误差基于垂线坐标仪校准台和垂线坐标仪的示值，测量结果简化为

$$L = \delta_v - \delta_w \quad (4)$$

式中：

$L$ ——垂线坐标仪的位移测量误差，mm；

$\delta_v$ ——垂线坐标仪的示值，mm；

$\delta_w$ ——垂线坐标仪校准台的示值，mm。

试验时，实验室采取温度、湿度控制措施，温度、湿度对垂线坐标仪校准台和垂线坐标仪影响忽略不计。

假设各输入量互不相关，则不确定度传播律公式为：

$$u_c^2(y) = c_1^2 u^2(\delta_v) + c_2^2 u^2(\delta_w) \quad (5)$$

式中：

$c_1$ 、 $c_2$ —灵敏系数。

其中：

$c_1 = 1$ ；

$c_2 = 1$ 。

### C3. 各输入量的标准不确定度分量评定

不确定度来源分析：

1. 垂线坐标仪测量重复性引入的标准不确定度  $u_1$ ；
2. 垂线坐标仪测量分辨力引入的标准不确定度  $u_2$ ；
3. 垂线坐标仪校准台测量误差引入的标准不确定度  $u_3$ 。

故垂线坐标仪位移测量误差  $L$  的标准不确定度可以进一步表示为：

$$u^2(L) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 \quad (6)$$

#### C3.1 垂线坐标仪测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1$

按照垂线坐标仪校准方法对垂线坐标仪 50mm 点进行 10 次测量，测量数据见表 C1。

表 C1 重复性测量数据表

单位：mm

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	50.01	50.01	50.01	50.01	50.01	50.01	50.00	50.00	50.01	50.01

用贝塞尔公式计算标准偏差  $s=0.003$  mm

因为校准结果取 3 次循环的测量值为最终结果，故：

$$u_1 = \frac{0.003}{\sqrt{3}} = 0.0017 \text{ mm}$$

#### C3.2 垂线坐标仪测量分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2$

由垂线坐标仪分辨力引入的不确定度分量呈均匀分布，则

$$u_2 = 0.01 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ mm}$$

因为垂线坐标仪分辨力引入的不确定度大于垂线坐标仪测量重复性引入的不确定度，所以在评定垂线坐标仪示值  $\delta_v$  的测量不确定度时，只考虑垂线坐标仪分辨力引入的不确定度分量  $u_2$ 。

#### C3.3 垂线坐标仪校准台示值误差引入的标准不确定度分量 $u_3$

由校准证书可知垂线坐标仪校准结果的扩展不确定度：

$$U = 0.008 \text{ mm} \quad (k=2)$$

$$\text{则 } u_3 = 0.004 \text{ mm}$$

#### C4. 各标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总见表 C2。

表 C2 测量不确定度分量汇总表

符号	不确定度来源	标准不确定度分量的值	灵敏系数	包含因子
$u_2$	垂线坐标仪测量分辨力	0.003mm	1	$\sqrt{3}$
$u_3$	垂线坐标仪校准台示值误差	0.004mm	1	2

#### C5. 合成标准不确定度

假定各输入量之间不相关则

$$u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.003^2 + 0.004^2} = 0.005 \text{ mm}$$

#### C6. 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = ku_c = 0.005 \times 2 = 0.010 \text{ mm}$$

---