

ICS 27.100

CCS P 59

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 327—2023

代替 DL/T 327—2010

步进式垂线坐标仪

Step motor type pendulum telecoordinometer

2023-10-11 发布

2024-04-11 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品结构、原理与规格	1
5 技术要求	3
6 试验方法	4
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输、贮存	8



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 DL/T 327—2010《步进式垂线坐标仪》，与 DL/T 327—2010 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 修改了“范围”的内容（见第1章）；
- 修改了“规范性引用文件”的内容（见第2章）；
- 增加了“产品结构”的内容（见4.1）；
- 修改了“图1”的内容（见4.1）；
- 修改了“产品原理”的内容（见4.2）；
- 修改了“正常试验条件”的要求（见5.1.2）；
- 修改了“分辨力”的要求（见5.3.1）；
- 修改了“绝缘电阻”的要求（见5.4）；
- 增加了“抗电磁干扰”的内容（见5.6）；
- 增加了“浪涌（冲击）抗扰度”的内容（见5.7）；
- 增加了“工频磁场抗扰度”的内容（见5.8）；
- 修改了“耐运输颠簸性能”的要求（见5.13）；
- 修改了“型式试验取样”的要求（见7.3.2）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会（DL/TC 32）归口。

本文件起草单位：国电南京自动化股份有限公司、南京河海南自水电自动化有限公司。

本文件主要起草人：余滢、高振东、倪维东、张建涛、尹广林、卓四明、余泳、赖新芳。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2010年首次发布为 DL/T 327—2010；
- 本次为第一次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

步进式垂线坐标仪

1 范围

本文件规定了步进式垂线坐标仪的产品结构、原理与规格、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存的要求。

本文件适用于大坝及其他岩土工程安全监测中应用垂线方法测量位移的步进式垂线坐标仪（以下简称垂线坐标仪）设计、生产、使用、维护和检验试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

DL/T 948—2019 混凝土坝监测仪器系列型谱

3 术语和定义

DL/T 948—2019 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

步进式垂线坐标仪 **step motor type pendulum telecoordinometer**

用步进电机作为驱动元件，利用光电探头感应垂线位置，通过记录步进电机的步数，计算垂线在同一平面内 X、Y 方向相对位移的仪器。

3.2

基本误差 **intrinsic error**

在正常试验条件下仪器的示值误差。

3.3

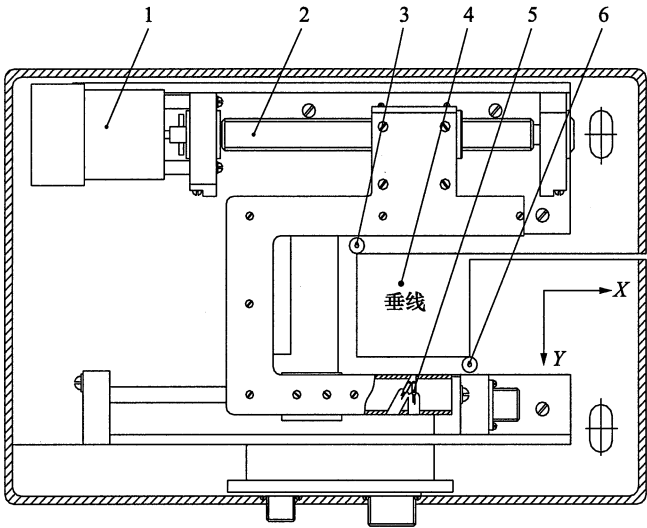
重复性误差 **repeatability error**

在测量范围内和相同测量条件下，对同一被测量进行多次连续测量所得测值的误差。

4 产品结构、原理与规格

4.1 产品结构

垂线坐标仪主要由测量部件、底板部件、保护罩三部分组成。测量部件主要包括步进电机、传动丝杆、光电探头等；底板部件上装有基准杆及辅助装置，见图 1。



标引序号说明:

- 1——步进电机;
- 2——传动丝杆;
- 3——第一基准杆;
- 4——垂线;
- 5——双路光电探头;
- 6——第二基准杆。

图 1 步进式垂线坐标仪结构示意图

4.2 产品原理

当垂线坐标仪测量时，双路光电探头在步进电机驱动下依次扫描第一基准杆、垂线线体、第二基准杆，通过步进电机的步数获取垂线线体和两个基准杆的位置，以第一基准杆为基点计算垂线 X 、 Y 方向的相对位移，并计算作为仪器自校的基准杆间距。

4.3 产品规格

步进式垂线坐标仪的基本规格见表 1。

表 1 步进式垂线坐标仪基本规格

方向	X 方向	Y 方向
测量范围 mm	0~10	0~10
	0~25	0~25
	0~50	0~25
	0~50	0~50
	0~100	0~50
	0~100	0~100
	0~150	0~100

5 技术要求

5.1 环境条件

5.1.1 正常工作条件

- a) 环境温度: $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 相对湿度: $\leq 95\%$ 。
- c) 大气压力: $53\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

5.1.2 正常试验条件

- a) 环境温度: $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 相对湿度: $\leq 80\%$ 。
- c) 大气压力: $53\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

5.1.3 仲裁试验条件

- a) 环境温度: $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 相对湿度: $\leq 80\%$ 。
- c) 大气压力: $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

5.2 外观

垂线坐标仪无锈蚀、无明显划痕及凹陷损伤,紧固件应无松动;垂线坐标仪的不带电金属部分应在电气上连成一体,并具备接地端。

5.3 性能参数

5.3.1 分辨力 k

分辨力应不大于 0.01 mm 。

5.3.2 基本误差 δ_{1x} 及 δ_{1y}

基本误差 X 方向 δ_{1x} 应不大于 0.10 mm , Y 方向 δ_{1y} 应不大于 0.20 mm 。

5.3.3 重复性误差 δ_{2x} 及 δ_{2y}

重复性误差 X 方向 δ_{2x} 应小于 0.10 mm , Y 方向 δ_{2y} 应小于 0.20 mm 。

5.4 绝缘电阻

在正常试验条件下,垂线坐标仪的各接线端与壳体之间绝缘电阻应不小于 $50\text{ M}\Omega$ 。

5.5 抗电强度

在正常试验条件下,如有工作电源输入为 $\text{AC}220\text{ V}$,垂线坐标仪的交流输入回路与壳体之间在承受 $2000\text{ V}/50\text{ Hz}$ 的试验电压,历时 1 min 后,无击穿、闪络及元器件损坏现象。

5.6 抗电磁干扰

在正常试验条件下,垂线坐标仪应具有 GB/T 17626.3 中试验等级 2 要求的抗电磁干扰能力,受到干扰时,垂线坐标仪应正常运行。

5.7 浪涌(冲击)抗扰度

在正常试验条件下,垂线坐标仪应具有 GB/T 17626.5 中试验等级 3 要求的防浪涌冲击能力,在发生浪涌冲击后,垂线坐标仪应正常运行。

5.8 工频磁场抗扰度

在正常试验条件下,垂线坐标仪应具有 GB/T 17626.8 中试验等级 3 要求的工频磁场抗扰度能力,在工频磁场干扰下,垂线坐标仪应正常运行。

5.9 温度影响

在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,垂线坐标仪的测值变化量 δ_t 应满足: X 方向不大于 0.10 mm , Y 方向不大于 0.20 mm 。

5.10 湿度影响

在相对湿度 $90\%\sim 95\%$ 、环境温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,保持 4 h 后,垂线坐标仪的测值变化量 δ_h 应满足: X 方向不大于 0.10 mm , Y 方向应不大于 0.20 mm 。

5.11 连续通电

垂线坐标仪在完成调试后,应进行连续通电试验,通电时间不少于 72 h ,每 2 h 测量一次。通电结束后,其性能应满足 5.3.2 和 5.3.3 的要求。

5.12 稳定性

正常试验条件下,垂线坐标仪以每 1 d 测量一次,连续工作 30 d ,其测值变化量 δ_d 应满足: X 方向不大于 0.10 mm , Y 方向不大于 0.20 mm 。

5.13 耐运输颠簸性能

在运输包装状态下,垂线坐标仪应能适应运输、装卸、搬运过程中可能出现的振动、跌落等情况。试验后,其性能应满足 5.3 的要求,且外观满足 5.2 的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件及试验设备

6.1.1 试验条件

试验应在正常试验条件下进行。试验时,环境温度应保持稳定。根据标定设备状况, X 方向试验和 Y 方向试验可分别进行。

6.1.2 主要试验设备

主要试验设备如下:

- a) 专用标定设备、固定夹具。
- b) 零级千分表：量程 1 mm。
- c) 数显游标卡尺：量程 200 mm、精度 0.02 mm。
- d) 步进式读数仪表、数据采集装置。
- e) 高低温湿热试验箱（工作区域最大温差不应超过 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。
- f) 100 V 绝缘电阻表。
- g) 耐压测试仪。
- h) 电磁干扰试验设备。
- i) 浪涌发生器。
- j) 运输颠振试验台：最大加速度 20 g，频率范围 2 Hz～600 Hz。
- k) 跌落试验台：跌落高度 0～1000 mm。

6.2 外观检查

目测检查垂线坐标仪的外观，应满足 5.2 的要求。

6.3 性能参数试验

6.3.1 分辨力试验

将垂线坐标仪固定在专用标定设备上，保证垂线坐标仪的 X 或 Y 方向与标定设备给出的位移方向一致，分别选取 0+2 mm、 $L/4$ 、 $L/2$ 、 $3L/4$ 、 $L-2\text{mm}$ （ L 为垂线坐标仪满量程值）5 个位置进行试验。

每个位置上，先用垂线坐标仪测量并记录模拟垂线位置，然后以 5.3.1 规定的最大值为位移量缓慢移动模拟垂线并再次测量记录，如此连续往同方向共进行 5 次。如果测量结果的变化趋势都是单调的，则垂线坐标仪的分辨力满足 5.3.1 的要求。

6.3.2 基本误差试验

按 6.3.1 的方法固定垂线坐标仪，模拟垂线位移量由数显游标卡尺显示。将垂线坐标仪的测量范围平均分成 5 挡～10 挡，从零位开始逐挡进给位移至满量程，记录每个测点垂线坐标仪的测量结果，再依次返至零位（下行）并同样记录结果。如此共进行 3 次循环。

基本误差 δ_1 计算公式如下：

$$\delta_1 = |A_i - C_i|_{\max} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

A_i ——各测试点测值，mm；

C_i ——给定位移值，mm；

i ——测点序数。

试验结果应满足 5.3.2 的要求。

6.3.3 重复性误差试验

重复性误差试验与 6.3.2 同时进行，计算公式如下：

$$\delta_2 = |(A_i)_{\max} - (A_i)_{\min}|_{\max} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

A_i ——各测试点测值，mm；

i ——测点序数。

试验结果应满足 5.3.3 的要求。

6.4 绝缘电阻试验

用 100 V 绝缘电阻表测量垂线坐标仪的各接线端点与壳体之间的绝缘电阻值，应满足 5.4 的要求。

6.5 抗电强度试验

垂线坐标仪放置在绝缘台架上，将其交流输入端和壳体分别接入耐压测试仪的高压端子和地线端子，施加 2000 V/50 Hz 的试验电压，并保持 1 min 后，迅速平稳下降至零。试验结束后垂线坐标仪应满足 5.5 的要求。

6.6 抗电磁干扰试验

按照 GB/T 17626.3 中试验等级 2 要求进行试验，试验结束后垂线坐标仪应满足 5.6 的要求。

6.7 浪涌（冲击）抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5 中试验等级 3 要求进行试验，试验结束后垂线坐标仪应满足 5.7 的要求。

6.8 工频磁场抗扰度

按照 GB/T 17626.8 中试验等级 3 要求进行试验，试验结束后垂线坐标仪应满足 5.8 的要求。

6.9 温度影响试验

将垂线坐标仪放置在环境试验箱内，固定模拟垂线在垂线坐标仪最大量程附近处，选取 -25 °C、60 °C 两个温度点，在各温度下分别保持 2 h 后连续测量 3 次并记录测量结果。计算测值变化量 δ_t ，公式如下：

$$\delta_t = |\bar{A}_H - \bar{A}_L| \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中：

$\bar{A}_H$ —— 60 °C 温度下的测值平均值，mm；

$\bar{A}_L$ —— -25 °C 温度下的测值平均值，mm。

试验结果应满足 5.9 的要求。

6.10 湿度影响试验

在正常试验条件下，将垂线坐标仪放置在环境试验箱内，保持模拟垂线在垂线坐标仪测量范围内的位置不变，测量 3 次并记录测量结果；调节环境试验箱，使箱内相对湿度 90%~95%，环境温度 40 °C ± 2 °C，保持 4 h 后再测量 3 次并记录测量结果。计算测值变化量 δ_h ，公式如下：

$$\delta_h = |\bar{A}_h - \bar{A}_0| \cdots \cdots \cdots (4)$$

式中：

$\bar{A}_h$ —— 高湿环境下的测值平均值，mm；

$\bar{A}_0$ —— 正常条件下的测值平均值，mm。

试验结果应满足 5.10 的要求。

6.11 连续通电试验

垂线坐标仪在完成调试后进行连续通电试验。将垂线坐标仪固定在专用标定设备上，模拟垂线用夹具固定在垂线坐标仪最大量程 $L-2$ mm 处，通电时间为 72 h，每 2 h 测量一次，应满足 5.11 的要求。

6.12 稳定性试验

将垂线坐标仪固定在专用标定设备上，将模拟垂线用固定夹具固定在垂线坐标仪约 1/2 量程处，保

持其位置不变。每 1 d 测量一次，连续测量 30 d，定时测量并记录测量结果，计算测值变化量 δ_d ，公式如下：

$$\delta_d = A_{\max} - A_{\min} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$A_{\max}$ ——测值最大值，mm；

$A_{\min}$ ——测值最小值，mm。

试验结果应满足 5.12 的要求。

6.13 耐运输颠振试验

6.13.1 振动

把包装好的垂线坐标仪固定在振动试验台上，设置振动系统的扫频振动频率为 10 Hz～150 Hz～10 Hz、扫频速度 1 倍频程/min，加速度为 2 g，历时 3 个循环/单轴振动试验。试验结果符合 5.13 的要求。

6.13.2 跌落

在运输包装状态下，设置跌落试验台的跌落高度为 300 mm，将垂线坐标仪自由跌落在平滑、坚硬的混凝土或钢质面上，共进行 3 次跌落试验。试验结果符合 5.13 的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

垂线坐标仪检验分出厂检验和型式试验两种，检验项目及要求见表 2。

7.2 出厂检验

7.2.1 垂线坐标仪应由制造厂的质量检验部门进行出厂检验，检验项目见表 2。

7.2.2 垂线坐标仪经质量检验部门检验合格并附合格证及出厂检验资料后，方可出厂。

7.2.3 出厂检验资料至少应包括：

- a) 产品名称、型号规格、出厂编号。
- b) 测量范围。
- c) 性能参数检验表及检验结果。
- d) 制造时间、检验员标识。

表 2 检验项目

序号	检验项目名称	出厂检验	型式试验	技术要求	试验方法
1	外观	√	√	5.2	6.2
2	分辨力	√	√	5.3.1	6.3.1
3	基本误差	√	√	5.3.2	6.3.2
4	重复性误差	√	√	5.3.3	6.3.3
5	绝缘电阻	√	√	5.4	6.4
6	抗电强度	—	√	5.5	6.5
7	抗电磁干扰	—	√	5.6	6.6
8	浪涌（冲击）抗扰度	—	√	5.7	6.7

表 2（续）

序号	检验项目名称	出厂检验	型式试验	技术要求	试验方法
9	工频磁场抗扰度	—	√	5.8	6.8
10	温度影响	—	√	5.9	6.9
11	湿度影响	—	√	5.10	6.10
12	连续通电	√	√	5.11	6.11
13	稳定性	—	√	5.12	6.12
14	耐运输颠振	—	√	5.13	6.13
注：“√”为应检项目；“—”为不检项目。					

7.3 型式试验

7.3.1 凡遇下列情况之一，需进行型式试验：

- a) 新产品定型或老产品转厂生产或停产一年后又恢复生产时。
- b) 连续批量生产时，每 5 年一次。
- c) 如设计、工艺、材料、元件有较大改变，可能影响产品性能时。
- d) 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时。
- e) 国家质量技术监督机构提出要求时。

7.3.2 型式试验应从出厂检验合格产品中随机抽取 3 台样品，若总数少于 3 台，则应全检。

7.3.3 型式试验应对全部项目进行全性能检验，其内容见表 2。

7.3.4 型式试验未发现不合格项，则判定该批产品合格。如发现有不合格项，则进行加倍抽样，重复进行型式试验，如未发现不合格项，仍判定该批产品合格；如第二次抽取的样品仍存在不合格项，则判定该批产品不合格。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

每台垂线坐标仪的标志内容至少应包含商标、产品名称、型号规格、产品标准代号、出厂编号及制造厂名等内容。

8.1.2 包装标志

产品包装箱外壁应使用防水标记及以下信息：

- a) 到站、收货单位和地址。
- b) 发站、供货单位和地址。
- c) 产品名称、型号和数量。
- d) 标明“精密仪器”“小心轻放”“防震”及放置标记“↑”标识。

8.1.3 产品的包装储运标志和收发货标志应按照 GB/T 191 和 GB/T 6388 的有关规定正确选用。

8.2 说明书

产品使用说明书编写参照 GB/T 9969 执行。

8.3 包装

8.3.1 产品的内包装

- a) 产品的内包装应满足入库要求，宜用纸盒及隔振泡沫组合包装。
- b) 将垂线坐标仪和产品检验合格证一起进行包装。

8.3.2 产品的外包装

- a) 产品的外包装应满足出厂运输要求。
- b) 外包装箱宜采用木箱及隔振泡沫组合包装。箱内壁应辅有防潮隔层，四周用硬塑料泡沫板塞紧隔振，木箱外壁用铁皮带紧固。

8.3.3 产品随行文件

包装箱内随产品提供的技术文件应包括：

- a) 装箱清单。
- b) 使用说明书。
- c) 产品合格证。
- d) 出厂检验资料。
- e) 产品技术条件规定的其他文件。

文件应装入塑料袋中并放置在包装箱内表层。

8.4 运输

包装后的产品应适于一般交通工具的运输，运输装卸按包装箱的标志进行操作。在运输过程中不应受到雨雪或其他液体直接淋袭和机械损伤。

8.5 贮存

长期不用的产品应保留原包装，贮存环境温度应在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间、相对湿度不大于85%，且贮存场所应通风干燥，无酸、碱、盐，无有害气体及灰尘，有防御雨、雪、风、沙的措施。