

ICS 17.220
N 93
备案号: 21270-2007

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1063 — 2007

差动电阻式位移计

Elastic wire resistance type displacement meter

2007-07-20 发布

2007-12-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言·	· II
1 范围·	· 1
2 规范性引用文件·	· 1
3 产品结构、规格·	· 1
4 技术要求·	· 2
5 试验方法·	· 3
6 检验规则·	· 6
7 标志、包装、运输、储存·	· 6
8 产品随行文件·	· 7
附录 A（规范性附录） 计算方法·	· 8

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号文）的要求制定的。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：南京电力自动化设备总厂。

本标准主要起草人：张德康、徐晓乐、江晓明、刘敏飞、张建涛、施海莹。

本标准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中心（北京市白广路二条一号，100761）。

差动电阻式位移计

1 范围

本标准规定了差动电阻式位移计的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及储存。作为该产品的设计、生产、试验、使用、维护和仲裁检验的依据。

本标准适用于岩土工程中长期监测建筑物位移变化的差动电阻式位移计（以下简称位移计）。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

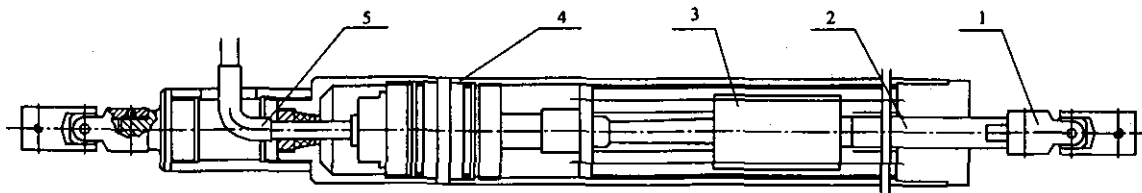
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 3408 差动电阻式应变计
- GB/T 3410 差动电阻式测缝计
- GB/T 7665 传感器通用术语
- JJG 130 工作玻璃温度计检定规程

3 产品结构、规格

3.1 产品结构与电路形式

3.1.1 结构形式

位移计主要由敏感元件、密封壳体、万向节及引出电缆四个部分构成，如图 1 所示。

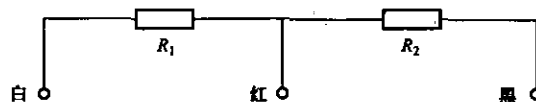


1—万向节；2—位移杆；3—敏感元件；4—密封壳体；5—引出电缆

图 1 结构示意图

3.1.2 电路形式

位移计的电路原理如图 2 所示。



R_1 —与位移计变形同向的钢丝电阻值， Ω ； R_2 —与位移计变形反向的钢丝电阻值， Ω

图 2 电路图

3.2 产品规格及主要参数

位移计的规格和主要参数应符合表 1 的规定。

表 1 位移计规格及主要参数表

规 格		100	150	200
性 能 参 数	测量范围 mm	0~100	0~150	0~200
	最小读数 f mm/0.01%	<0.15	<0.22	<0.30
	0℃时自由状态电阻比 Z_0	0.9400~1.0400		
	温度测量范围 ℃	-25~+60		
	耐水压 MPa	0.5、3		

4 技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 正常工作条件

- a) 环境温度：-25℃~+60℃；
- b) 环境水压力：按表 1 的要求。

4.1.2 正常试验条件

- a) 环境温度：+10℃~+30℃；
- b) 相对湿度：15%~75%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

4.1.3 仲裁试验条件

- a) 环境温度：20℃±2℃；
- b) 相对湿度：15%~75%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

4.1.4 储存、运输的极限环境温度

产品的储存、运输允许的环境温度为-30℃~+70℃。

4.2 位移性能参数

4.2.1 最小读数 f

位移计的最小读数 f 应符合表 1 的规定。

4.2.2 0℃时自由状态电阻比 Z_0

位移计的 0℃时自由状态电阻比 Z_0 应符合表 1 的规定。

4.2.3 端基线性度误差 α

位移计的端基线性度误差 α 不应超过全量程输出量的±2%。

4.2.4 滞后 α'

位移计的滞后 α' 不应超过全量程输出量的 1%。

4.2.5 不重复度 α''

位移计的不重复度 α'' 不应超过全量程输出量的 1%。

4.3 温度测量误差

位移计的温度测量误差不应超过±0.5℃。

4.4 绝缘电阻

在下列条件下位移计引出导体与仪器外壳间的绝缘电阻均应大于 50MΩ：

- a) 在温度为 0℃的冰水中；

- b) 在温度为 60℃ 的水中；
- c) 在压力为表 1 规定的水中。

4.5 温度过范围限

位移计应能承受-30℃~+70℃的温度过范围能力。当环境条件恢复至正常试验条件后，其性能应满足 4.2、4.3、4.4 的要求。

4.6 稳定性要求

4.6.1 高温稳定性

位移计在经受环境温度为+60℃，历时 20 天的高温试验后，其性能应满足如下要求：

- a) 实测 0℃ 电阻值变化量不应超过±0.1Ω；
- b) 最小读数的相对变化量不应超过±2%；
- c) 绝缘电阻应符合 4.4 的规定。

4.6.2 稳定性

位移计在经受拉伸到测量范围上限值恒定 8h，再压缩至测量范围下限值恒定 8h 的 20 次循环试验后，其性能应满足如下要求：

- a) 实测 0℃ 电阻值变化量不应超过±0.1Ω；
- b) 最小读数的相对变化量不应超过±2%；
- c) 绝缘电阻应符合 4.4 的规定。

4.7 耐运输颠簸性能

位移计在运输包装的情况下，应能承受最大加速度为 3g、历时 2h 的运输颠簸试验。试验后，其性能应满足如下要求：

- a) 实测 0℃ 电阻值变化量不应超过±0.1Ω；
- b) 最小读数的相对变化量不应超过±2%；
- c) 绝缘电阻应符合 4.4 的规定。

4.8 外观要求

位移计的密封壳体不应有锈蚀、明显划痕及凹陷损伤；引出电缆绝缘外皮应完好无损伤。

5 试验方法

5.1 位移性能参数试验

5.1.1 试验条件、设备及注意事项

5.1.1.1 试验条件

试验在正常试验条件下进行。试验时，环境温度应保持稳定。

5.1.1.2 主要设备

- a) 配套校准仪；
- b) 数显卡尺，示值误差应不大于±0.03mm；
- c) 配套测量仪表。

5.1.1.3 注意事项

- a) 位移计应在正常试验条件下预先放置 24h 以上；
- b) 将位移杆缩进到距极限位置约 5mm 处，把位移计夹紧在校准仪上，卡尺读数清零；
- c) 校准试验前，应在测量范围上、下限范围内将仪器预拉压 2~3 次循环；
- d) 校准试验时，按位移计的规格确定测量位移的上限值。把总测量范围分为 10 等分，共计 11 个测试点，逐点进行拉、压试验。

5.1.2 端基线性度误差 α

先记录位移计 0 位移时的电阻比测值，然后逐渐拉开位移计（上行），每到一测试点记录电阻比测

值，全量程共得到 n 个测值。反向（下行）重复上述过程，同样得到 n 个测值，共完成 3 次循环。分别计算上行及下行各测试点测值的平均值 $Z_{u,i}$ 及 $Z_{d,i}$ ，然后按式（1）计算各点总平均值：

$$Z_{a,i} = \frac{Z_{u,i} + Z_{d,i}}{2} \quad (1)$$

式中：

$Z_{a,i}$ ——上、下行第 i 点测值的总平均值；

$Z_{u,i}$ ——上行第 i 点 3 次测值的平均值；

$Z_{d,i}$ ——下行第 i 点 3 次测值的平均值。

各测试点的理论值 $Z_{t,i}$ 由式（2）确定：

$$Z_{t,i} = \frac{\Delta Z \times i}{n-1} + Z_{a,0} \quad (2)$$

式中：

ΔZ ——测量范围上限值及下限值各自的 3 次电阻比测值的平均值之差；

i ——测试点序数（0、1、…、 n ）；

$Z_{a,0}$ ——零测试点的平均测值。

用式（3）计算各个测试点测值的偏差 δ_i ：

$$\delta_i = Z_{a,i} - Z_{t,i} \quad (3)$$

令偏差中最大差值为 Δ_1 ，则位移计的端基线性度误差 α 由式（4）确定：

$$\alpha = \frac{\Delta_1}{\Delta Z} \times 100\% \quad (4)$$

位移计的端基线性度误差应满足 4.2.3 的要求。

5.1.3 滞后 α'

滞后检验可结合 5.1.2（端基线性度误差 α 检验）同时进行。

计算出检验端基线性度误差时每一次循环中各测试点上行和下行两个测值之间的差值，令其中最大差值的绝对值为 Δ_2 ，则位移计的滞后 α' 由式（5）确定：

$$\alpha' = \frac{\Delta_2}{\Delta Z} \times 100\% \quad (5)$$

位移计的滞后应满足 4.2.4 的要求。

5.1.4 不重复度 α''

不重复度检验可结合 5.1.2（端基线性度误差 α 检验）同时进行。

计算出检验端基线性度误差时 3 次循环中各测试点上行和下行各自的 3 个测值之间的差值，令其中最大差值的绝对值为 Δ_3 ，则位移计的不重复度 α'' 由式（6）确定：

$$\alpha'' = \frac{\Delta_3}{\Delta Z} \times 100\% \quad (6)$$

位移计的不重复度应满足 4.2.5 的要求。

5.1.5 最小读数 f 的计算

最小读数 f 的值由式（7）确定：

$$f = \frac{\Delta L}{\Delta Z} \quad (7)$$

式中：

f ——位移计的最小读数，mm/0.01%；

ΔL ——位移计全量程的变形量，mm。

位移计的最小读数应满足 4.2.1 的要求。

5.2 温度测量误差试验

5.2.1 试验条件、设备及注意事项

5.2.1.1 试验条件

试验在正常试验条件下进行。

5.2.1.2 主要设备

- a) 二等标准水银温度计；
- b) 配套测量仪表；
- c) 恒温设备（工作区域最大温差不应超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ）；
- d) 冰点槽；
- e) 低温设备（工作区域最大温差不应超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ）。

5.2.1.3 注意事项

- a) 在 -25°C 、 0°C 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 $+40^{\circ}\text{C}$ 、 $+60^{\circ}\text{C}$ 五个温度点附近各选择一个测试点；
- b) 试验方法可参照 JJG 130 中的有关规定；
- c) 测量时通入位移计敏感元件的工作电流应小于 5mA。

5.2.2 温度测量误差试验

位移计在 -25°C 、 0°C 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 $+40^{\circ}\text{C}$ 、 $+60^{\circ}\text{C}$ 五个温度点附近的任一测试点，测得的恒温设备工作区的实际温度值与通过实测电阻值所计算的温度值之间的最大差值应满足 4.3 的要求（计算方法见附录 A）。

5.2.3 0°C 时自由状态电阻比 Z_0 的检验

进行 5.2.2 的温度测量误差试验时，实测的 0°C 时自由状态电阻比 Z_0 应满足 4.2.2 的要求。

5.3 绝缘电阻试验

作绝缘电阻检测应遵照以下注意事项：

- a) 在水压环境下作试验时，应把位移杆适当拉出并固定位移杆；
- b) 试验时引出电缆端部不应浸水。

将位移计在 4.4 规定的条件下，分别进行历时 2h 的试验，然后用额定直流电压 100V 的绝缘电阻表测量引出电缆导体与密封壳体之间的绝缘电阻，其测值应满足 4.4 的要求。

5.4 温度过范围限试验

将位移计先后置于 -30°C 及 $+70^{\circ}\text{C}$ 两种环境温度下，各恒温 6h，当环境条件恢复至正常试验条件后，其性能应满足 4.5 的要求。

5.5 稳定性试验

5.5.1 高温稳定性

将位移计置于恒温设备内，逐渐升温至 $+60^{\circ}\text{C}$ 后恒温 20 天。当环境条件恢复至正常试验条件后，其性能应满足 4.6.1 的要求。

5.5.2 稳定性

位移计在正常试验条件下，拉伸到测量范围上限值后稳定 8h，再压缩到测量范围下限值后稳定 8h，如此循环 20 个周期。试验后，其性能应满足 4.6.2 的要求。

5.6 耐运输颠簸性能试验

位移计按运输要求包装好后，直接固定在运输颠簸试验台上，按 4.7 规定的加速度和时间要求进行运输颠簸试验。试验后，其性能应满足 4.7 的要求。

5.7 外观检验

肉眼检查位移计的外观和电缆，应满足 4.8 的要求。

6 检验规则

6.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验两种。

6.2 出厂检验

每台位移计出厂前应由制造厂的检验部门进行出厂检验，出厂检验按本标准 5 的要求进行，检验项目及表 2。检验合格的产品，附产品合格证书后出厂。

表 2 检验项目

检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
外观	√	√	4.8	5.7
位移性能参数	√	√	4.2	5.1
温度测量误差	只作 0℃~+60℃ 温度试验	√	4.3	5.2
绝缘电阻	√	√	4.4	5.3
温度过范围限	按 5% 抽样试验	√	4.5	5.4
稳定性	—	√	4.6	5.5
耐运输颠振	—	√	4.7	5.6

注：“√”为应检项目，“—”为不检项目。

6.3 型式检验

型式检验按本标准 5 的要求进行。

6.3.1 型式检验规定

凡遇下列情况之一，应进行型式检验。

- a) 新产品定型鉴定前；
- b) 位移计在设计、工艺、材料上有较大改变时；
- c) 停止生产 1 年以上再次生产时；
- d) 正常生产的情况下，每 5 年应进行一次。

6.3.2 型式检验项目

型式检验项目见表 2。

6.3.3 型式检验的抽样与判定规则

- a) 型式检验从出厂检验合格的产品中任意抽取，样品数量应为该批产品总数的 3% 且不得少于 3 台。
- b) 样品按 6.3.2 中规定的各项进行检验。
- c) 样品经过型式检验，未发现不合格项，则判定该批产品本次型式检验合格。检验中如发现有一个不合格项，则进行加倍抽样，重复进行型式检验，如未发现不合格项，仍判定该批产品本次型式检验合格。如第二次抽取的样品仍存在不合格项，则判定该批产品本次型式检验不合格。
- d) 样品型式检验结果达不到 4.2~4.8 要求中任一条时，均按存在不合格项判定。

7 标志、包装、运输、储存

7.1 标志

7.1.1 位移计铭牌应包含以下内容：

- a) 产品型号；

- b) 制造厂全称及商标;
- c) 出厂编号。

7.1.2 位移计合格证应包含以下内容:

- a) 产品名称、型号、规格及出厂编号;
- b) 测量范围;
- c) 最小读数 f ;
- d) 出厂时自由状态电阻比 Z_0 ;
- e) 温度测量范围;
- f) 0°C 实测电阻值 R_0 , 0°C 计算电阻值 R_0' ;
- g) 温度计算常数: 零上温度系数 K' , 零下温度系数 K'' ;
- h) 耐水压强度;
- i) 绝缘电阻;
- j) 制造年、月。

7.2 包装

7.2.1 产品的内包装

- a) 产品的内包装为入库包装;
- b) 将位移计和产品检验合格证一起进行包装。

7.2.2 产品的外包装

- a) 产品的外包装是为出厂运输进行的包装;
- b) 将已经过内包装的位移计装入外包装箱内, 安全可靠地封闭外包装箱;
- c) 外包装箱外应标有符合 GB/T 191 的标志;
- d) 外包装箱外应标有收货单位名称和地址, 并标有生产厂家名称;
- e) 外包装箱外还应书写“精密仪器”、“小心轻放”、“防潮”、“向上”等字样。

7.3 运输

产品应适于陆运、空运、水运(海运), 运输装卸按包装箱的标志进行操作。

7.4 储存

长期不用的产品应保留原包装, 在 4.1.4 规定的条件下储存。储存场所应无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘以及雨、雪的危害。

8 产品随行文件

产品出厂应提供下列随行文件:

- a) 产品合格证;
- b) 产品说明书;
- c) 装箱清单。

附 录 A
(规范性附录)
计 算 方 法

A.1 位移计算

位移计测得的两物体间的相对位移由式 (A.1) 确定:

$$S = f \times (Z_i - Z_0) \quad (\text{A.1})$$

式中:

S ——位移值, mm;

f ——最小读数, mm/0.01%;

Z_i ——第 i 次测量时的电阻比测值;

Z_0 ——基准时刻测得的电阻比测值, 此时两物体间的相对位移为 0mm。

注: 计算结果为负值, 表示两物体的相对位置较基准时刻为靠拢, 反之为分开。

A.2 埋设点的温度计算

位移计埋设点的温度与位移计的电阻 R_t 呈一定的函数关系, 工程中采用以下简化方式计算。

a) 由式 (A.2) 确定 0℃ 时的计算电阻值 R'_0 :

$$R'_0 = R_0 \times (1 - \beta) \quad (\text{A.2})$$

式中:

R'_0 ——位移计 0℃ 时的计算电阻值, Ω ;

R_0 ——在 0℃ 时测得的位移计电阻值, Ω ;

β ——与钢丝电阻值有关的常数, 一般取 0.00099。

b) 由式 (A.3) 确定零上温度系数 K' :

$$K' = \frac{t}{(R_t - R'_0)} \quad (\text{A.3})$$

式中:

t ——位移计在电阻值为 R_t 时, 二等标准温度计测得的环境温度, ℃;

R_t —— t ℃ 时测得的位移计电阻值 ($R_t = R_1 + R_2$), Ω 。

c) 当位移计的电阻测值 $R_t \geq R_0$ 时, 用式 (A.4) 计算位移计埋设点的温度:

$$T = K' \times (R_t - R'_0) \quad (\text{A.4})$$

式中:

T ——位移计埋设点的温度, ℃;

K' ——位移计的零上温度系数, ℃/Ω。

d) 当位移计的电阻测值 $R_t < R_0$ 时, 用式 (A.5) 计算位移计埋设点的温度:

$$T = K'' \times (R_t - R'_0) \quad (\text{A.5})$$

式中:

T ——位移计埋设点的温度, ℃;

K'' ——零下温度系数 ($K'' \approx 1.092 \times K'$, 1.092 是与钢丝电阻值有关的常数。), $^{\circ}\text{C}/\Omega$ 。

- e) 当位移计的电阻测值 R_t 大于 R'_0 且小于 R_0 ($R'_0 < R_t < R_0$) 时, 位移计埋设点的温度近似为零度。