

ICS 29.020

K 97

备案号: 44809-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1335 — 2014

压阻式渗压计

Piezoresistive pressure

2014-03-18 发布

2014-08-01 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 基本参数	1
5 技术要求	2
6 试验方法	3
7 检验规则	4
8 标志、包装、运输、贮存	5
附录 A（规范性附录） 压阻式渗压计参数计算方法	7

前 言

本标准是根据 2011 年 8 月 6 日国家能源局《国家能源局关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）编制的。

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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（DL/TC32）归口。

本标准起草单位：国网电力科学研究院。

本标准主要起草人：卢欣春、刘冠军、王梅枝、刘果、李学胜、刘磊、魏彩云、崔岗。

本标准为首次发布。

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管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

压阻式渗压计

1 范围

本标准规定了压阻式渗压计的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存的要求。

本标准适用于测量水利水电工程建筑物中可更换传感器部位的水压力的压阻式渗压计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压阻式渗压计 **piezoresistive pressure**

利用硅芯片的压阻效应，将水压力转换成直流电流输出的仪器。

4 基本参数

4.1 结构形式和原理

4.1.1 产品结构形式

压阻式渗压计主要由透水板、压阻敏感元件、变送电路、电缆及密封部件组成，其结构示意图如图 1 所示。

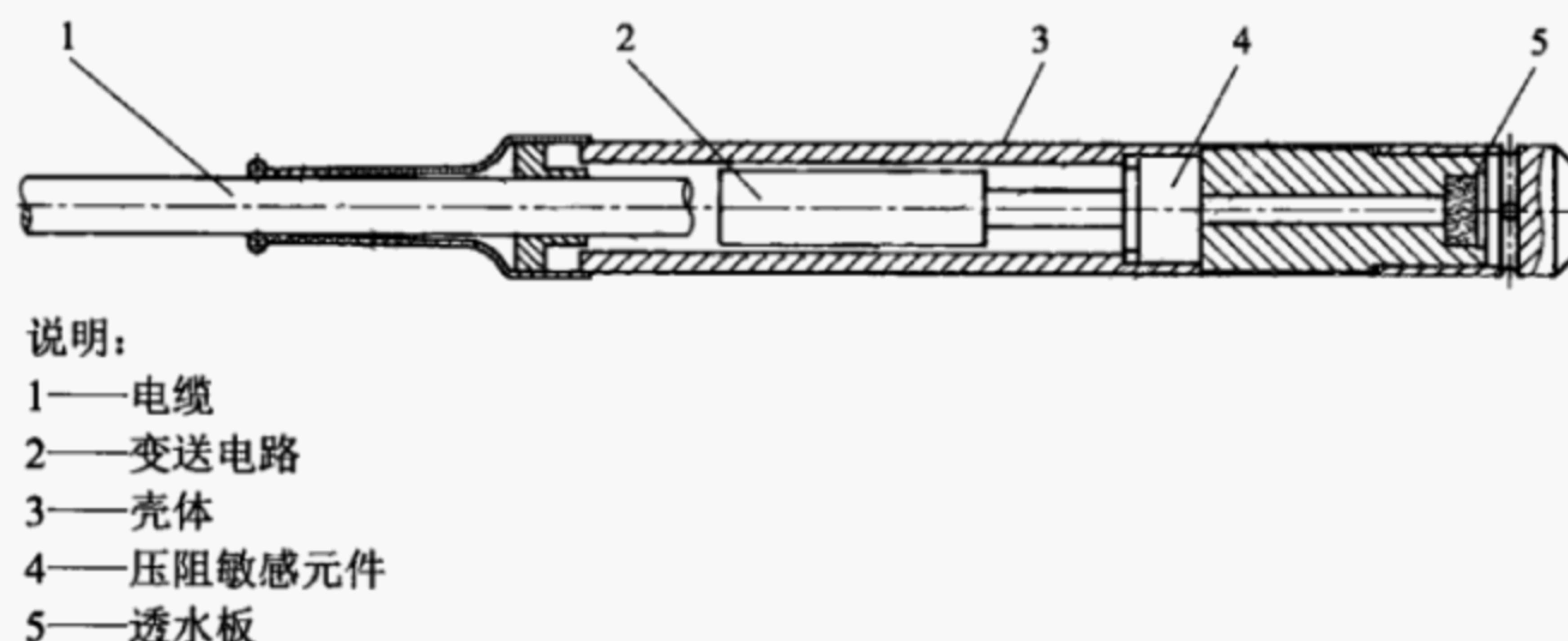


图 1 压阻式渗压计结构示意图

4.1.2 工作原理

水压力经透水板传至压阻敏感元件上，使压阻敏感元件电阻率发生变化，经变送电路将此变化转化为直流电流信号输出，由测量仪表测出电流值，即可换算得出水压力的值。二线制压阻式渗压计测量原理示意图如图 2 所示。

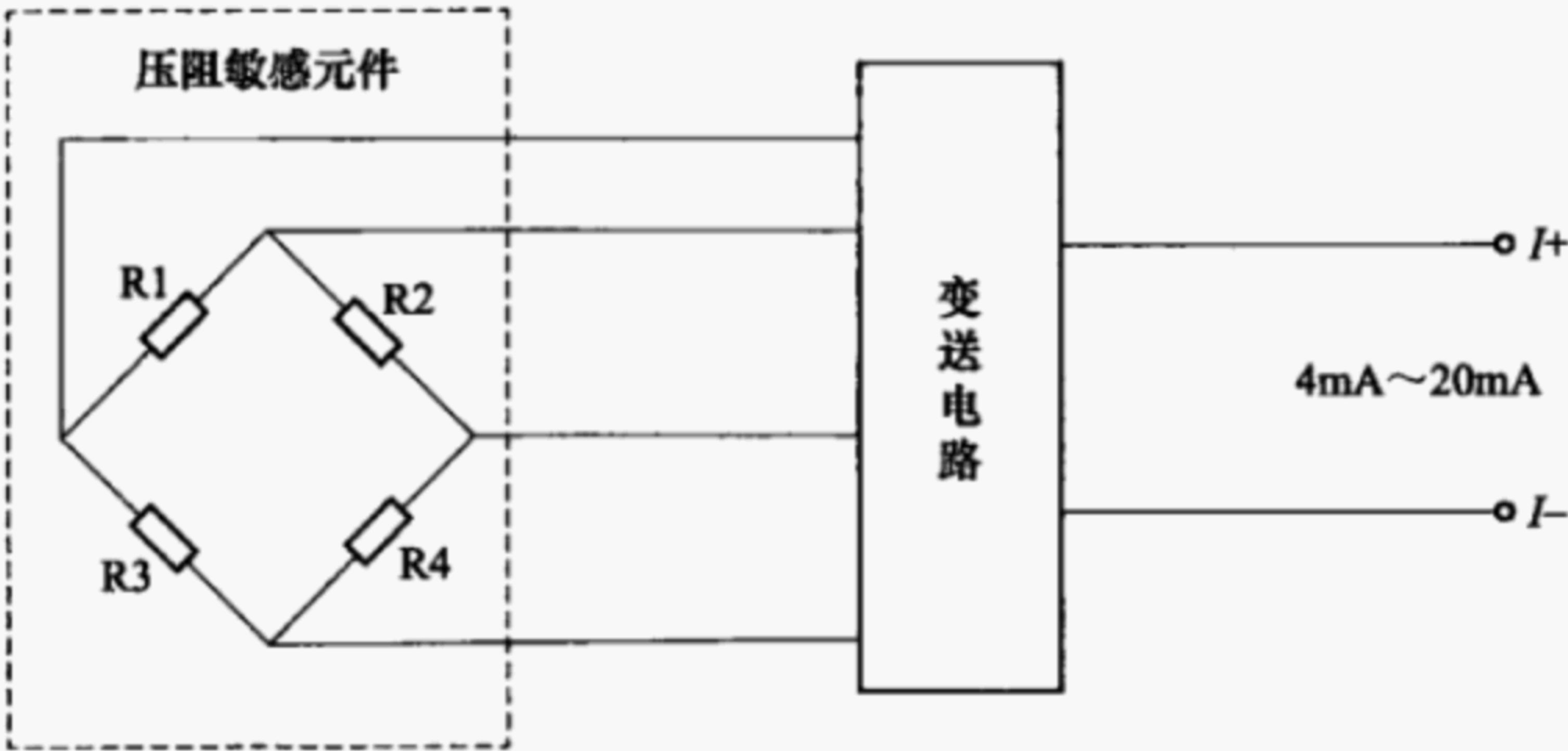


图 2 二线制压阻式渗压计测量原理示意图

4.2 规格与参数

压阻式渗压计的基本规格和参数见表 1。

表 1 压阻式渗压计基本规格和参数

序号	测量范围 MPa	工作电压 V	输出特性
1	0~0.1	12~36 (推荐 24)	输出范围：4mA~20mA 负载阻抗：0Ω~300Ω
2	0~0.2		
3	0~0.35		
4	0~0.5		
5	0~0.7		
6	0~1.0		
7	0~2.0		
8	0~2.5		

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：0℃~40℃；
- b) 大气压力：53kPa~106kPa。

5.1.2 正常试验条件

- a) 环境温度：15℃~35℃；
- b) 相对湿度：≤85%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

5.1.3 仲裁试验条件

- a) 环境温度：20℃±2℃；
- b) 相对湿度：≤85%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

5.2 外观

压阻式渗压计各部分装配牢固可靠，外表面无明显划痕及凹陷损伤，引出电缆无损伤。

5.3 性能参数

5.3.1 测量范围

压阻式渗压计的测量范围应符合表 1 的规定。

5.3.2 分辨力 r

压阻式渗压计的分辨力 r 应不大于 0.05%FS。

5.3.3 非线性度 δ_1

压阻式渗压计的非线性度 δ_1 应不大于 0.25%FS。

5.3.4 不重复度 δ_2

压阻式渗压计的不重复度 δ_2 应不大于 0.25%FS。

5.3.5 滞后 δ_3

压阻式渗压计的滞后 δ_3 应不大于 0.25%FS。

5.3.6 综合误差 δ

压阻式渗压计的综合误差 δ 应不大于 0.5%FS。

5.4 温度附加误差 δ_T

压阻式渗压计在正常工作条件下，温度附加误差 δ_T 应不大于 0.05%FS/°C。

5.5 防水密封性

压阻式渗压计在 1.2 倍满量程的水压下，其电缆芯线与外壳间的绝缘电阻应不小于 50M Ω 。压阻式渗压计恢复至正常工作条件后，扣除环境因素影响，试验前后的读数差应不大于 0.5%FS。

5.6 过范围限

压阻式渗压计应能承受满量程 1.2 倍的水压，当压力恢复至小于满量程上限压力后，在正常试验条件下，其性能应符合 5.3 条规定。

5.7 稳定性

5.7.1 在正常试验条件下，按满量程压力值每加载、卸载循环 3 次后，压阻式渗压计零点漂移应不大于 0.25%FS。

5.7.2 将压阻式渗压计静置 90d 后，扣除环境附加误差，其零点漂移应不大于 0.25%FS。

5.8 耐运输颠簸

压阻式渗压计在包装运输条件下，应能承受最大加速度为 2g，频率为 10Hz~150Hz~10Hz，历时 30min 的颠簸试验，试验结束后，压阻式渗压计性能应符合 5.3 条规定。

6 试验方法

6.1 主要试验设备

- a) 压力容器、0.4 级精密压力表及加压设备；
- b) 0.05 级压力计；
- c) 万用表；
- d) 测量仪表：测量范围，直流电流 0~20mA；准确度，直流电流 0.001mA；
- e) 环境试验箱：温度偏差不大于 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度偏差不大于 $\pm 5\%$ ；
- f) 颠簸试验台。

6.2 外观检查

用目测和手感检验，要求符合 5.2 规定。

6.3 性能参数试验

按如下试验步骤进行试验：

- a) 在正常试验条件下，将压阻式渗压计装在 0.05 级压力计上，按满量程压力值加载、卸载 3 次，然后进行正式试验；

- b) 将满量程等分成 4 挡~10 挡(测试点),按挡逐级加压至满量程压力值,用测量仪表读取各挡相应的输出值;
- c) 加压到满量程压力值后,再按挡逐级卸压至零点压力,用测量仪表读取各挡相应的输出值;
- d) 按 a)~c) 的步骤,进行 3 次试验;
- e) 按附录 A 的参数计算方法,计算分辨力 r 、非线性度 δ_1 ,不重复度 δ_2 ,滞后 δ_3 及综合误差 δ ,应符合 5.3 规定。

6.4 温度附加误差试验

将压阻式渗压计放入环境试验箱内,分别在 0℃、40℃两挡进行试验。从常温开始降温至 0℃,保持 2h,读取压阻式渗压计输出值 I_{t0} 。然后再升温至 40℃,保持 2h 后读取压阻式渗压计输出值 I_{t40} 。按附录 A 中式 (A.11) 计算其温度附加误差 δ_T ,应符合 5.4 规定。

6.5 防水密封性试验

将压阻式渗压计放置于压力容器内密封,将其电缆从带密封部件的孔中引出,测量压阻式渗压计的输出值并记录。由加压设备将压力容器内水压加压至压阻式渗压计满量程 1.2 倍的压力,压力值由压力容器上的精密压力表读出,保持恒定 6h 后,将压阻式渗压计电缆所有芯线短接,使用万用表测量芯线与压阻式渗压计外壳间的绝缘电阻并记录,然后卸压至正常状态,再次测量压阻式渗压计的输出值并记录。试验结果应符合 5.5 规定。

6.6 过范围限试验

完成 6.5 试验后,待压阻式渗压计恢复至正常的试验条件下,重复 6.3 试验,并计算仪器的性能参数,应符合 5.6 规定。

6.7 稳定性试验

6.7.1 测量压阻式渗压计在自然状态下的输出值并记录。将压阻式渗压计置于压力容器中,按满量程压力值加载、卸载各 3 次,每次保持 5min,然后,让其恢复自然状态 2h,再次测量其输出值,两次测值的差值应符合 5.7.1 规定。

6.7.2 在正常试验条件下,在规定的周期内进行 3 次以上零点测量,扣除环境因素影响,其零点漂移应符合 5.7.2 规定。

6.8 耐运输颠簸试验

将包装好的压阻式渗压计固定在颠簸试验台上,按 5.8 规定的加速度、频率和时间进行耐运输颠簸试验。恢复至正常试验条件后,按 6.3 规定进行测试,应符合 5.3 规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

压阻式渗压计检验分为出厂检验和型式试验两种。

7.2 出厂检验

7.2.1 压阻式渗压计应逐支进行出厂检验,检验项目及顺序见表 2。对抽检项目,抽检比例不少于 10%,如总数少于 3 支,则应全检。

7.2.2 压阻式渗压计经质量检验部门检验合格并附合格证后方可出厂。

7.2.3 提交给用户的出厂检验资料至少应包括:

- a) 名称、型号规格、出厂编号;
- b) 性能参数率定表及试验结果;
- c) 制造时间、检验员标识。

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 1 年后又恢复生产时;

- b) 连续批量生产时, 每 5 年 1 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。

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

7.3.3 型式试验应对全部项目进行检验, 项目及顺序见表 2。

表 2 压阻式渗压计检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式试验
1	外观	5.2	6.2	√	√
2	性能参数	5.3	6.3	√	√
3	温度附加误差	5.4	6.4	○	√
4	防水密封性	5.5	6.5	√	√
5	过范围限	5.6	6.6	—	√
6	稳定性	5.7	6.7	—	√
7	耐运输颠簸	5.8	6.8	—	√

注: “√”表示必检项目; “○”表示抽检项目; “—”表示不检项目。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验抽检中只要有一项检验要求不合格, 则判为不合格, 需加倍抽检。加倍抽检后仍有一项不合格的, 则判该批产品不合格。

7.4.2 型式试验项目如有不合格, 则加倍取样, 对不合格项目进行复检, 如仍存在不合格项, 则判该批产品不合格。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

每支压阻式渗压计上的标志内容至少应包含商标、产品名称、型号规格、出厂编号等内容。

8.1.2 包装标志

压阻式渗压计包装箱外壁应使用防水标记, 内容包括:

- 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”、“防振”、“防淋”及放置标记“↑”标识。

8.1.3 包装储运标志

压阻式渗压计的包装储运标志应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

8.2 包装

8.2.1 采用木箱包装, 应有防压、防振、防潮措施。

8.2.2 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。

随带文件应装入塑料袋中并放置在包装箱内表层。

8.3 运输

包装后的压阻式渗压计应适于一般交通工具的运输,但在运输过程中不应受到雨雪或其他液体直接淋袭与机械损伤。

8.4 贮存

压阻式渗压计应存放在干燥通风、无腐蚀性气体的室内。

附录 A
(规范性附录)
压阻式渗压计参数计算方法

A.1 压阻式渗压计所承受压力的计算

$$p_i = K(I_i - I_0) \quad (\text{A.1})$$

式中:

p_i —— i 次测量时压阻式渗压计承压敏感元件上所受的渗透压力, MPa;

K —— 压阻式渗压计输出值 I_i 与承受压力 p 间的换算比例系数, 即工作直线的斜率, MPa/mA;

I_i —— i 次测量时压阻式渗压计的电流输出值, mA;

I_0 —— 压阻式渗压计空载 ($p=0$) 时的输出值, mA。

A.2 工作直线计算

本标准规定以校准数据的“最小二乘直线”为工作直线。其特性方程表示为

$$I_i = ap_i + b \quad (\text{A.2})$$

式中:

I_i —— 压阻式渗压计的输出值, mA;

p_i —— 压阻式渗压计的输入压力, MPa;

a —— 采用最小二乘法线性拟合直线的斜率;

b —— 采用最小二乘法线性拟合直线的截距。

最小二乘法线性拟合直线的斜率 a 作为压阻式渗压计的换算比例系数 K , 即

$$K = 1/a \quad (\text{A.3})$$

A.3 零压力输出 I_0 的计算

$$I_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m I_{0j} \quad (\text{A.4})$$

式中:

m —— 试验测量的次数 ($m=6$);

I_{0j} —— 第 j 次加压和卸压测量时, 零压力下的输出值, mA。

A.4 满量程输出 I_n 的计算

$$I_n = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m I_{nj} \quad (\text{A.5})$$

式中:

I_{nj} —— 第 j 次加压至满量程压力值时的输出值, mA。

A.5 满量程输出变化均值 \bar{u} 的计算

$$\bar{u} = I_n - I_0 \quad (\text{A.6})$$

A.6 分辨力 r 的计算

$$r = \frac{1}{1000 \times \bar{u}} \times 100\% \quad (\text{A.7})$$

A.7 非线性度 δ_1 的计算

$$\delta_1 = \frac{|\Delta_1|_{\max}}{\bar{u}} \times 100\% \quad (\text{A.8})$$

式中:

$|\Delta_1|_{\max}$ —— 3 次加压、卸压循环中, 每挡测试点测值之均值与线性拟合工作直线间偏差的最大值。

A.8 不重复度 δ_2 的计算

$$\delta_2 = \frac{|\Delta_2|_{\max}}{\bar{u}} \times 100\% \quad (\text{A.9})$$

式中:

$|\Delta_2|_{\max}$ —— 3 次加压同一挡测值间及 3 次卸压同一挡测值间互差的最大值。

A.9 滞后 δ_3 的计算

$$\delta_3 = \frac{|\Delta_3|_{\max}}{\bar{u}} \times 100\% \quad (\text{A.10})$$

式中:

$|\Delta_3|_{\max}$ —— 每一次加压、卸压循环中, 同一挡测值间偏差的最大值。

A.10 综合误差 δ 的计算

$$\delta = \frac{|\Delta_4|_{\max}}{\bar{u}} \times 100\% \quad (\text{A.11})$$

式中:

$|\Delta_4|_{\max}$ —— 正程均值或返程均值与测点工作直线 (或曲线) 理论值间的最大偏差。

A.11 温度附加误差 δ_t 的计算

$$\delta_t = \frac{|I_{t40} - I_{t0}|}{40 \times \bar{u}} \times 100\% \quad (\text{A.12})$$

式中:

I_{t40} —— 40℃ 温度条件下, 压阻式渗压计的输出值;

I_{t0} —— 0℃ 温度条件下, 压阻式渗压计的输出值。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
压 阻 式 渗 压 计
DL/T 1335—2014

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2015年3月第一版 2015年3月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 18千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2165 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



关注我,关注更多好书



155123.2165

上架建议：规程规范/
电力工程/供用电