

ICS 27.100  
CCS P 29

# DL

## 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2342—2021

---

### 差动电阻式孔隙压力计

Elastic wire resistance type pore pressure meter

2021-12-22 发布

2022-03-22 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	5
7 检验规则	8
8 标志、包装、运输和贮存	10
附录 A（规范性） 计算方法	12

## 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。

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。

本文件主要起草人：张建涛、倪维东、余滢、尹广林、余泳、赖新芳。

本文件为首次发布。

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）。

# 差动电阻式孔隙压力计

## 1 范围

本文件规定了差动电阻式孔隙压力计的产品结构、原理与规格，技术要求，试验方法，检验规则，标志、包装、运输和贮存的要求，作为该产品设计、生产、试验、使用、维护和仲裁检验的依据。

本文件适用于监测大坝及岩土工程孔隙水压力及埋设点温度的差动电阻式孔隙压力计（以下简称孔隙压力计）。

## 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
- JJG 130 工作用玻璃液体温度计检定规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电阻比 resistance ratio**

敏感元件中两个差动变化的金属丝电阻值  $R_1$  和  $R_2$  之比。1 个电阻比的值是 0.01%。

## 4 产品结构、原理与规格

### 4.1 产品结构

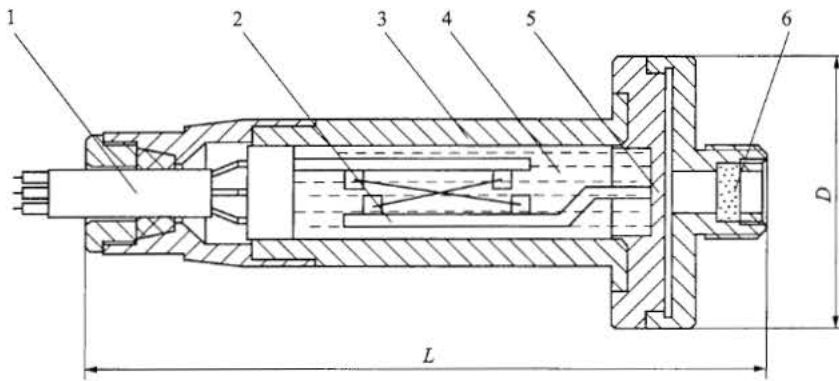
孔隙压力计由引出电缆、应变敏感元件、密封壳体、弹性薄板、变压器油、透水石六个主要部分组成，结构示意图见图 1。

### 4.2 产品原理

孔隙压力计采用差动电阻式应变敏感元件测量孔隙水压力，孔隙压力增大时， $R_1$  电阻值变小， $R_2$  电阻值变大，孔隙压力的测值变化与电阻比 ( $R_1/R_2$ ) 变化成反比，温度值的变化与电阻和 ( $R_1+R_2$ ) 的变化成正比，孔隙压力计的电路原理图见图 2。

### 4.3 产品规格

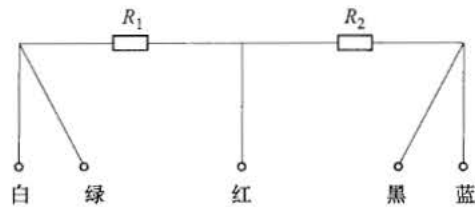
孔隙压力计的规格及主要参数见表 1。压力和温度计算方法按附录 A 的规定。



标引序号说明:

- 1 ——引出电缆;
- 2 ——应变敏感元件;
- 3 ——密封壳体;
- 4 ——变压器油;
- 5 ——弹性薄板;
- 6 ——透水石;
- $L$  ——装置长度;
- $D$  ——装置直径。

图 1 结构示意图



说明:

$R_1$ 、 $R_2$ ——钢丝电阻。

图 2 电路原理图

表 1 孔隙压力计的规格及主要参数

规格		100	200	400	400	800	1600	2400
尺寸参数	最大外径 mm	≤58			≤84	≤31		
	长度 mm	≤140			≤150	≤140		
性能参数	最大量程 MPa	0.1	0.2	0.4	0.4	0.8	1.6	2.4
	最小读数 MPa/0.01%	≤0.000 7	≤0.001 5	≤0.003 0	≤0.001 5	≤0.006 0	≤0.012 0	≤0.018 0
	0℃自由状态电阻比	0.940 0~1.040 0						
	温度测量范围 ℃	0~40						

## 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：53 kPa～106 kPa；
- c) 环境水压力：规格相对应的测量范围上限值的水压力下。

#### 5.1.2 正常试验条件

- a) 环境温度：10℃～30℃；
- b) 相对湿度：≤80%；
- c) 大气压力：53 kPa～106 kPa。

#### 5.1.3 仲裁试验条件

- a) 环境温度：20℃±2℃；
- b) 相对湿度：≤80%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

### 5.2 外观

孔隙压力计的外观应无变形，外表面应无锈蚀及损伤，紧固件无松动，引出电缆及橡胶套无损伤。

### 5.3 压力性能

#### 5.3.1 最小读数 $f$

孔隙压力计的最小读数  $f$  应符合表 1 中的规定。

#### 5.3.2 0℃时自由状态电阻比 $Z_0$

孔隙压力计在 0℃时自由状态电阻比  $Z_0$  应符合表 1 中的规定。

#### 5.3.3 端基线性度误差 $\alpha$

孔隙压力计的端基线性度误差  $\alpha$  不应超过满量程输出量的±2%。

#### 5.3.4 滞后 $\alpha'$

孔隙压力计的滞后  $\alpha'$  不应超过满量程输出量的 1%。

#### 5.3.5 不重复度 $\alpha''$

孔隙压力计的不重复度  $\alpha''$  误差不应超过满量程输出量的 1%。

### 5.4 温度测量误差

孔隙压力计的温度测量误差不应超过±0.5℃。

## 5.5 绝缘电阻

在下列条件下孔隙压力计的引出导体与仪器外壳间的绝缘电阻均应大于 50 M $\Omega$ ：

- a) 在温度为 0  $^{\circ}\text{C}$  的冰水中；
- b) 在温度为 40  $^{\circ}\text{C}$  的水中；
- c) 在其规格相对应的测量范围上限值的水中。

## 5.6 过范围限

### 5.6.1 压力过范围限

孔隙压力计应具有表 1 中规定的相应规格各自最大量程 1.2 倍的能力。在此范围内，孔隙压力计的性能仍应符合 5.3.3~5.3.5 的规定。

### 5.6.2 温度过范围限

孔隙压力计应具有承受 -10  $^{\circ}\text{C}$  及 50  $^{\circ}\text{C}$  的温度过范围限能力，当环境条件恢复至正常试验条件后，孔隙压力计的性能仍应符合 5.3~5.5 的规定。

## 5.7 温度修正系数 $b$

孔隙压力计经温度修正后的校准曲线（因温度变化所引起的应力测值变化与温度之间关系的曲线），其端基线性度误差以电阻比计，不应超过  $\pm 2$  个电阻比。

## 5.8 电阻比变化量对电阻值的影响

在全量程范围内，孔隙压力计的电阻比变化量与电阻值之间的校准曲线，其端基线性度误差以电阻值计，不应超过  $\pm 0.03 \Omega$ 。

## 5.9 稳定性要求

### 5.9.1 高温稳定性

孔隙压力计在经受环境温度为 40  $^{\circ}\text{C}$ ，历时 20 d 的高温试验后，其性能应满足如下要求：

- a) 实测 0  $^{\circ}\text{C}$  电阻值变化量不应超过  $\pm 0.1 \Omega$ ；
- b) 最小读数的相对变化量不应超过  $\pm 2\%$ ；
- c) 绝缘电阻仍应符合 5.5 的规定。

### 5.9.2 长期稳定性

孔隙压力计在经受加荷至测量范围上限值，卸荷至零负荷的 20 次循环后，其性能应满足如下要求：

- a) 实测 0  $^{\circ}\text{C}$  电阻值变化量不应超过  $\pm 0.1 \Omega$ ；
- b) 最小读数的相对变化量不应超过  $\pm 2\%$ ；
- c) 绝缘电阻仍应符合 5.5 的规定。

## 5.10 耐运输颠振性能

孔隙压力计在运输包装的状态下，设置振动系统的扫频振动频率为 10 Hz~150 Hz~10 Hz，扫频速度为 1 oct/min，加速度为 2g，进行循环 3 个周期/单轴振动试验。试验后，其性能应满足如下要求：

- a) 实测 0  $^{\circ}\text{C}$  电阻值变化量不应超过  $\pm 0.1 \Omega$ ；



- b) 最小读数的相对变化量不应超过±2%;
- c) 绝缘电阻仍应符合 5.5 的规定。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件、设备及试验要求

#### 6.1.1 试验条件

试验在正常试验条件下进行。试验时，环境温度应保持恒定。

#### 6.1.2 主要试验设备

主要试验设备如下：

- a) 活塞式压力计；
- b) 0.4 级标准压力表；
- c) 配套差动电阻式测量仪表；
- d) 二等标准水银温度计；
- e) 高低温湿热试验箱（工作区域最大温差不应超过±0.2℃）；
- f) 冰点槽；
- g) 100 V 绝缘电阻表；
- h) 运输颠振试验台，最大加速度 20 g，频率范围 2 Hz~600 Hz。

#### 6.1.3 试验要求

试验要求如下：

- a) 孔隙压力计应在正常试验条件下预先放置 24 h 以上；
- b) 试验前，应在测量范围上限值的 1.2 倍范围内，将孔隙压力计预压 2 次~3 次循环；
- c) 试验时，测试点数及相邻两测试点的压力间隔可采用表 2 所列的数据试验；
- d) 温度测量误差试验时，试验方法可参照 JJG 130 中的有关规定；
- e) 测量时通入孔隙压力计敏感元件的工作电流应小于 5 mA。

表 2 孔隙压力计标定荷载及分档

仪器规格	100	200	400	800	1600	2400
测试点数	6	6	6	6	9	7
测试点间隔 MPa	0.02	0.04	0.08	0.16	0.20	0.40

### 6.2 外观检验

目测检查孔隙压力计的外观和电缆，应满足 5.2 的要求。

### 6.3 压力性能试验

#### 6.3.1 端基线性度误差 $\alpha$

先测量并记录孔隙压力计的零测试点的电阻比。之后逐渐给孔隙压力计加荷（上行），每到一测试点测读一个测试值，全程共测得  $n$  个测试值。然后逐点卸荷（下行）重复上述过程，同样测得  $n$  个

测试值，共完成 3 次循环。分别计算上行及下行各个测试点测试值的平均值  $(Z_u)_i$  及  $(Z_d)_i$ ，然后按式

(1) 计算各点总平均值：

$$(Z_a)_i = \frac{(Z_u)_i + (Z_d)_i}{2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$(Z_a)_i$  —— 上、下行第  $i$  点测试值的总平均值；

$(Z_u)_i$  —— 上行第  $i$  点测试值的平均值；

$(Z_d)_i$  —— 下行第  $i$  点测试值的平均值。

各个测试点的理论值  $(Z_t)_i$  由式 (2) 确定：

$$(Z_t)_i = \frac{\Delta Z \times i}{n-1} + (Z_a)_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta Z$  —— 测量范围上限值与零测试点各自的三次测试值的平均值之差；

$i$  —— 测试点序数 (0, 1, ..., n)；

$(Z_a)_0$  —— 零测试点的平均测试值。

计算各个测试点的测试值的偏差  $\delta_i$  的计算式见式 (3)：

$$\delta_i = (Z_s)_i - (Z_t)_i \dots\dots\dots (3)$$

令偏差之中最大者为  $\Delta_1$ ，则孔隙压力计的端基线性度误差  $\alpha$  的计算式见式 (4)：

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

孔隙压力计的端基线性度误差应满足 5.3.3 的要求。

### 6.3.2 滞后 $\alpha'$

孔隙压力计的滞后  $\alpha'$  检验可结合 6.3.1 同时进行。

计算出端基线性度误差检验时的每一次循环中各个测试点上行及下行两个测值之间的差值，令其中最大差值为  $\Delta_2$ ，则孔隙压力计的  $\alpha'$  的计算式见式 (5)：

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

孔隙压力计的滞后误差  $\alpha'$  应满足 5.3.4 的要求。

### 6.3.3 不重复度 $\alpha''$

孔隙压力计的不重复度  $\alpha''$  的检验可结合 6.3.1 同时进行。

计算出端基线性度误差检验时的每三次循环中各个测试点上行及下行各自的 3 个测值之间的差值，令其中最大差值为  $\Delta_3$ ，则孔隙压力计的  $\alpha''$  的计算式见式 (6)：

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

孔隙压力计的不重复度误差  $\alpha''$  应满足 5.3.5 的要求。

### 6.3.4 最小读数 $f$ 的计算

孔隙压力计的最小读数由式 (7) 确定：

$$f = \frac{P}{|\Delta Z|} \dots\dots\dots (7)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/818141015110006025>