



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 3411.1—2009

---

## 大坝监测仪器 孔隙水压力计 第 1 部分：振弦式孔隙水压力计

Instrument for dam monitoring—Pore water pressure transducer—  
Part 1: Vibrating wire pore water pressure transducer

2009-05-26 发布

2009-10-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

GB/T 3411《岩土工程仪器 孔隙水压力计》分为六个部分：

- 第 1 部分：振弦式孔隙水压力计；
- 第 2 部分：差阻式孔隙水压力计；
- 第 3 部分：电阻应变式孔隙水压力计；
- 第 4 部分：压阻式孔隙水压力计；
- 第 5 部分：气压式孔隙水压力计；
- 第 6 部分：电感调频式孔隙水压力计。

本部分为 GB/T 3411 的第 1 部分，与原 GB/T 3411—1994《差动电阻式孔隙压力计》相比，本部分是标准扩展规划修订后新增加的部分。

本部分由中华人民共和国水利部提出并归口。

本部分主要起草单位：水利部水文仪器及岩土工程仪器质量检验测试中心、水利部南京水利水电自动化研究所、水利部水利信息中心。

本部分参加起草单位：全国工业产品生产许可证办公室水文仪器及岩土工程仪器审查部。

本部分主要起草人：鲍良钝、赵越、姜永富。

本部分参加起草人：袁普生。

# 大坝监测仪器 孔隙水压力计

## 第1部分：振弦式孔隙水压力计

### 1 范围

GB/T 3411 的本部分规定了振弦式孔隙水压力计产品的定义、分类及组成、技术要求、试验方法、检验规则及标志、使用说明书、包装、运输和贮存的要求。

本部分适用于水工建筑物、地基、道路等其他建筑物内部孔隙水压力或渗透压力的变化量监测的振弦式孔隙水压力计。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 3411 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分，然而，鼓励根据本部分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部分。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 7665 传感器通用术语

GB 9969.1 工业产品使用说明书 总则

GB/T 13606—2007 岩土工程仪器 振弦式传感器通用技术条件

GB/T 15406—2007 岩土工程仪器基本参数及通用技术条件

GB/T 15464 仪器仪表包装通用技术条件

GB/T 50279 岩土工程基本术语标准

SL/T 152—1995 透水板

### 3 术语和定义

GB/T 50279、GB/T 7665、GB/T 13606 确立的以及下列术语和定义适用于 GB/T 3411 的本部分。

#### 3.1

**孔隙水压力计** pore water pressure transducer

用于测量构筑物内部孔隙水压力或渗透压力的传感器。

#### 3.2

**振弦式孔隙水压力计** vibrating wire pore water pressure transducer

利用弦的固有频率变化来测量孔隙水压力或渗透压力的传感器。

#### 3.3

**迟滞** hysteresis

$H$

孔压计在输入量作满量程(FS)变化时，对于同一输入量，孔压计的正、反行程输出量之差，以满量程输出百分比表示。

4 产品组成及主要参数

4.1 产品组成

振弦式孔隙水压力计(以下简称为孔压计)主要由透水石(片)、承压膜、线圈、钢弦、壳体及电缆等组成。

4.2 主要参数

主要参数见表 1。

表 1 主要参数

测量范围/ MPa		0~0.10、0~0.16、0~0.20、0~0.25、0~0.40、0~0.60、0~0.80、 0~1.00、0~1.60、0~2.50、0~4.00、0~6.00、0~8.00、0~10.00
温度测量范围/ ℃		-25~60(可选)
外形 尺寸	直径/ mm	18~60
	长度/ mm	20~150

5 技术要求

5.1 工作环境条件

孔压计的工作环境应满足下列要求：

- a) 能在 0℃~40℃的环境温度下正常工作；
- b) 能在其测量水压下正常工作。

5.2 外观

孔压计各部分应连接牢固，表面应进行防腐处理，不应有锈斑及划痕，引出的电缆、护套应无损伤。

5.3 压力性能参数

- 5.3.1 不重复度应不大于 0.5%FS。
- 5.3.2 迟滞应不大于 1.0%FS。
- 5.3.3 非直线度应不大于 2.0%FS。
- 5.3.4 综合误差应不大于 2.5%FS。

5.4 透水石

应满足 SL/T 152—1995 中 4.3、4.4 的要求。

5.5 防水密封性

孔压计在 1.2 倍满量程压力的水中连续工作 2 h，应无渗漏。其绝缘电阻应满足 5.8 的要求。

5.6 温度影响

孔压计在 0℃~+40℃的范围内，温度影响应不大于每摄氏度下额定频率的 0.04%。

5.7 测温误差

具有测温功能的孔压计其测温误差应不大于 0.5℃。

5.8 绝缘性能

孔压计的测量电路(芯线不接地)与密封壳体之间的绝缘电阻应不小于 50 MΩ。

5.9 压力过范围限

孔压计应能承受其满量程 1.2 倍的压力，当压力恢复至正常测量范围后，其性能应满足 5.3 的要求。

### 5.10 稳定性

5.10.1 孔压计按满量程压力值加、卸荷 10 次,其性能应满足如下要求:

- a) 其零点漂移应不大于 0.5%FS。
- b) 绝缘电阻应符合 5.8 的要求。

5.10.2 孔压计静置 3 个月后,扣除大气压力及温度影响,其性能应满足如下要求:

- a) 其零点漂移应不大于 0.5%FS。
- b) 绝缘电阻应符合 5.8 的要求。

### 5.11 机械环境适应性

孔压计应能承受运输、装卸、搬运过程中可能出现的振动、跌落等情况,孔压计的外观应无损伤,构件无破裂、变形,紧固件无松动,元器件无损伤、无脱落;性能应满足 5.3 的要求。

### 5.12 可靠性要求

孔压计的可靠性用平均寿命(MTTF)来描述,其 MTTF 应不小于 40 000 h。

## 6 试验方法

### 6.1 试验设备

试验设备包括:

- a) 压力容器及加压设备;
- b) 0.25 级及以上精度等级精密压力表;
- c) 振弦式读数仪;
- d) 直流 100 V 绝缘电阻表;
- e) 高低温湿热试验箱;
- f) 恒温水浴;
- g) 冰点槽;
- h) 温度计;
- i) 电动振动系统;
- j) 跌落试验台等。

### 6.2 环境条件

6.2.1 参比试验大气条件如下:

- a) 温度:18 ℃~22 ℃;
- b) 相对湿度:60%~75%;
- c) 大气压力:86 kPa~106 kPa。

6.2.2 正常试验大气条件如下:

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

### 6.3 试验方法

#### 6.3.1 气候环境适应性

在 5.1 规定的环境条件下,按 GB/T 15406—2007 的 7.2.1 进行试验,孔压计应工作正常,表面无锈蚀、剥落等。

#### 6.3.2 外观

目测检验,应符合 5.2 的规定。

### 6.3.3 压力性能

#### 6.3.3.1 试验要求

试验要求如下：

- a) 在试验环境下,预先放置 24 h 以上；
- b) 试验前,应在测量范围上限值预压 3 次；
- c) 试验时,测试点数应按满量程压力 10%~20%分档。

#### 6.3.3.2 试验方法

先测量孔压计零测试点的输出值。之后,逐渐增加载荷(上行),每到一测试点测读一个输出值,全量程共测得  $n$  个输出值。然后,再从上限值逐渐卸荷至零测试点(下行),同样测得  $n$  个输出值。重复上述过程,共完成三次循环。按 GB/T 13606—2007 附录 A 的计算方法进行计算,性能参数应符合 5.3 的要求。

#### 6.3.4 透水石

按照 SL/T 152—1995 中 5.3、5.4 检验透水石,应满足 5.4 要求。

#### 6.3.5 防水密封性

将孔压计放置在压力容器中,加压至满量程压力值 1.2 倍,保持 2 h,应符合 5.5 的要求。

#### 6.3.6 温度影响

将孔压计放入高低温湿热试验箱中,从常温开始降至 0℃,保持 4 h,读取输出值,然后升温至 +40℃,保持 4 h,读取输出值,其温度影响应符合 5.6 的要求。

#### 6.3.7 温度测量误差

将孔压力计分别放置在冰点槽和恒温水浴中,标准温度与传感器测量温度之间差异的最大值,应符合 5.7 的要求。

#### 6.3.8 绝缘性能

用 100 V 的绝缘电阻表测量孔压计测量电路与密封壳体之间的绝缘电阻,应符合 5.8 的规定。

#### 6.3.9 过范围限

将孔压计置于压力容器中施加满量程压力值 1.2 倍的压力,保持 0.5 h 后,恢复至满量程压力,按 6.3.3 的规定进行试验,结果应符合 5.9 的要求。

#### 6.3.10 稳定性

将孔压计放置在压力容器中,按满量程压力值加、卸荷各 10 次,每次保持 30 s。然后,让其恢复自然状态 2 h,其零点漂移及绝缘性能应满足 5.10.1 要求。

孔压计在规定的稳定性试验周期内,进行 3 次或 3 次以上的零点测量。扣除环境因素的影响,其零点漂移及绝缘性能应满足 5.10.2 要求。

#### 6.3.11 机械适应性试验

##### 6.3.11.1 振动

在运输包装状态下,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 倍频程/min、加速度为 2g,对孔压计进行 3 个周期/单轴的振动试验。试验后孔压计应满足 5.11 的要求。

##### 6.3.11.2 自由跌落

在运输包装状态下,设置自由跌落机的跌落高度为 300 mm,将孔压计自由跌落在平滑、坚硬的混凝土面或钢质面上,共进行 3 次跌落试验。试验后孔压计应满足 5.11 的要求。

#### 6.3.12 可靠性

可靠性试验参照 GB/T 5080.7 规定执行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 产品应逐台进行出厂检验,出厂检验项目为 6.3.2、6.3.3、6.3.4、6.3.5、6.3.8。

7.2.2 产品经生产厂质量检测部门检验合格后,并附合格证,方可出厂。

### 7.3 型式检验

7.3.1 当出现下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品试制、定型鉴定或老产品转厂生产时;
- b) 正式生产后,在结构、材料、工艺有较大改变、可能影响产品性能时;
- c) 正式生产后,产品已连续生产三年以上时;
- d) 产品停产一年以上又恢复生产时;
- e) 产品出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

7.3.2 型式检验应按产品标准规定的全部试验项目(可靠性试验除外)进行全性能检验。

7.3.3 型式检验的样品应从经出厂检验合格的产品中随机抽取,一般不少于 3 台,若产品总数不足 3 台,则应全检。

7.3.4 型式检验中有一台及以上单机产品不合格时,应加倍抽取该产品进行不合格项目复检,若仍有不合格时,则判该批产品为不合格;若全部检验合格,则除去第一批抽样不合格的产品,该批产品应判为合格。

7.3.5 经过型式检验的产品,需要更换易损件,并经出厂检验合格后方能出厂。

## 8 标志、使用说明书

### 8.1 标志

#### 8.1.1 产品标志

在产品的显著位置应具有完整的铭牌标志,内容包括:

- a) 产品型号及名称;
- b) 生产单位名称及商标;
- c) 生产日期及出厂编号;
- d) 主要性能参数等。

#### 8.1.2 包装标志

在产品的包装箱的适当位置,应标有显著、牢固的包装标志,内容包括:

- a) 产品型号及名称;
- b) 产品数量;
- c) 箱体尺寸(mm);
- d) 净重或毛重(kg);
- e) 运输作业安全标志;
- f) 到站(港)及收货单位;
- g) 发站(港)及发货单位;
- h) 国家工业产品生产许可证标志及编号。

#### 8.1.3 包装储运图示和收发货标志

产品的包装储运图示和收发货标志,应按照 GB/T 191 和 GB/T 6388 的有关规定正确选用。

## 8.2 使用说明书

产品的使用说明书的内容应按 GB 9969.1 的规定。

## 9 包装、运输、贮存

### 9.1 包装

9.1.1 包装箱应牢固、美观、大方、经济实用。

9.1.2 产品包装时,周围环境及包装箱内应清洁、干燥、无有害气体、无异物。

9.1.3 产品包装后,其包装件重心应尽量靠下且居中,产品装在箱内必须予以支撑、垫平、卡紧,产品可移动的部分应移至使产品具有最小外形尺寸,并加以固定。

9.1.4 产品的防震、防潮、防尘等防护包装按 GB/T 15464 中的有关规定进行。

9.1.5 随机文件应齐全,文件清单如下:

- a) 装箱单;
- b) 产品出厂合格证明书;
- c) 产品使用说明书;
- d) 出厂前的检验测试文件;
- e) 产品技术条件规定的其他文件。

9.1.6 随机文件应装入塑料袋中,并放置在包装箱内,若产品分装数箱,则随机文件应放在主件箱内。

### 9.2 运输

按有关包装标准及本部分的规定进行包装的产品应能适应各种运输方式。

### 9.3 贮存

包装好的孔压计应能适应下列环境条件及贮存要求:

- a) 环境温度:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 环境相对湿度:不大于 90%(40  $^{\circ}\text{C}$  时);
- c) 贮存的孔压计附近不得有酸性、碱性及其他腐蚀性物质;
- d) 在存放半年内,孔压计不应有锈蚀、长霉或其他妨碍功能的现象。

