

ICS 07. 060
N 93

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 810—2021

土壤水分监测仪器检验测试规程

Soil moisture monitoring instruments – Code of
practice for inspection test

2021-10-26 发布

2022-01-26 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部
关于批准发布《水利水电工程启闭机
制造安装及验收规范》等 8 项
水利行业标准的公告

2021 年第 11 号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》(SL/T 381—2021) 等 8 项为水利行业标准，现予以公布。

序号	标 准 名 称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程启闭机制造安装及验收规范	SL/T 381—2021	SL 381—2007	2021. 10. 26	2022. 1. 26
2	水量计量设备基本技术条件	SL/T 426—2021	SL 426—2008	2021. 10. 26	2022. 1. 26
3	水利数据库表结构及标识符编制总则	SL/T 478—2021	SL 478—2010	2021. 10. 26	2022. 1. 26
4	水利信息分类与编码总则	SL/T 701—2021	SL 701—2014	2021. 10. 26	2022. 1. 26
5	土壤水分监测仪器检验测试规程	SL/T 810—2021		2021. 10. 26	2022. 1. 26
6	降水量观测仪器 第 4 部分：称重式雨量计	SL/T 811.4—2021		2021. 10. 26	2022. 1. 26
7	水利监测数据传输规约 第 1 部分：总则	SL/T 812.1—2021		2021. 10. 26	2022. 1. 26
8	规划水资源论证技术导则	SL/T 813—2021		2021. 10. 26	2022. 1. 26

水利部
2021 年 10 月 26 日

https://www.slzjxx.cn
水利造价信息网

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 检验测试仪器设备	2
5 检验测试项目	3
6 标准土样制备	4
6.1 土壤选取	4
6.2 土壤预处理	4
6.3 标准土样制备要求与步骤	4
7 检验测试方法	4
7.1 外观	4
7.2 工作环境适应性	4
7.3 贮存环境	5
7.4 电源	5
7.5 功耗	5
7.6 信号与接口	5
7.7 绝缘	5
7.8 外壳防护	5
7.9 机械环境适应性	5
7.10 准确性	5
7.11 重复性	6
7.12 抗冻胀性	6
7.13 防腐蚀	6
7.14 可靠性	6
8 检验测试结果评价	6
附录 A（规范性） 土壤水分监测仪器检验测试计算公式	7
A.1 频域法、时域法仪器准确性	7
A.2 频域法、时域法仪器重复性	7
A.3 重量含水量	7
A.4 体积含水量	8

https://www.slzjxx.cn
水利造价信息网

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，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》的要求，编制本标准。

本标准共8章和1个附录，主要技术内容包括：

- 检验测试仪器设备；
- 检验测试项目；
- 标准土样制备；
- 检验测试方法；
- 检验测试结果评价。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水文司

本标准解释单位：水利部水文司

本标准起草单位：水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心
云南省水文水资源局
水利部南京水利水文自动化研究所
水利部水文水资源监控工程技术研究中心
江苏南水科技有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：陈 敏 刘满红 邓 超 杨 丹 朱金峰 杨绍琼 王 超

本标准审查会议技术负责人：张留柱

本标准体例格式审查人：郑 寅

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010 - 63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

土壤水分监测仪器检验测试规程

1 范围

本标准规定了土壤水分监测仪器的检验测试仪器设备及性能指标、标准土样制备方法、检验测试项目及方法、检验测试结果评价等要求。

本标准适用于频域法、时域法、张力计法土壤水分监测仪器的质量检验与结果评价。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2423.18 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Kb：盐雾、交变（氯化钠溶液）

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 9359 水文仪器基本环境试验条件及方法

GB/T 18185 水文仪器可靠性技术要求

GB/T 19705 水文仪器信号与接口

GB/T 28418—2012 土壤水分（墒情）监测仪器基本技术条件

GB/T 50095—2014 水文基本术语和符号标准

SL 364—2015 土壤墒情监测规范

3 术语和定义

GB/T 50095—2014 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

土壤水分监测仪器 soil moisture monitoring instrument

测定土壤水分含量的仪器。

[来源：GB/T 50095—2014，11.10.1.1，有修改]

3.2

土壤重量含水量 gravimetric soil water content

土壤保持的水分质量与其干土质量的比值，用百分数表示。

[来源：SL 364—2015，3.11]

3.3

土壤体积含水量 volumetric soil water content

土壤保持的水分体积与其总体积的比值，用百分数表示。

[来源：SL 364—2015，3.12]

3.4

频域法 frequency domain method

根据土壤中的水和其他电介质的介电常数之间差异的原理，采用频域测试技术测量土壤含水量的方法。

[来源：GB/T 28418—2012，3.2，有修改]

3.5

时域法 time domain method

根据土壤中的水和其他电介质的介电常数之间差异的原理，采用时域测试技术测量土壤含水量的

方法。

[来源：GB/T 28418—2012，3.3，有修改]

3.6

张力计法 tensiometer method

根据土壤中的土水势与土壤含水量相关的原理测量土壤含水量的方法，也称负压法。

[来源：SL 364—2015，3.8，有修改]

4 检验测试仪器设备

4.1 检验测试所用的仪器设备应经过计量检定或校准合格，并在有效期内。

4.2 检验测试仪器设备配置应符合表1的规定。

4.3 检验测试常用工具配置应符合表2的规定。

表1 检验测试仪器设备配置

序号	名称	技术指标
1	标准筛	孔径 2mm 孔径 1mm
2	低速搅拌机	容量不小于 60L，转速 0~60r/min
3	电热恒温干燥箱	控温范围：10~250℃ 恒温波动度：±1.0℃
4	恒温恒湿试验箱	温度解析度±0.01℃；温度稳定度±0.2℃ 湿度范围：(10%~98%) RH；湿度解析度±0.1%RH；湿度稳定度±2%RH
5	自由跌落试验机	跌落高度：300~1500mm
6	电动式振动系统	能用于低频和高频振动
7	冻融试验箱	控温范围：-20~20℃ 控温精度：±0.2℃
8	盐雾试验箱	盐雾沉降速率：(1~2) mm/h×80cm ²
9	电子天平	感量为 0.01g，最大称量 1000~3000g 感量为 0.1g，最大称量 10000~30000g
10	干燥器	口径不小于 200mm
11	数字万用表	位数：四位半
12	直流稳压电源	输出电压范围：0~60V
13	绝缘电阻表	测量范围：0~1000MΩ
14	环刀	容积 100cm ³ 、200cm ³

表2 检验测试常用工具配置

序号	名称	技术指标
1	环刀托	与容积 100cm ³ 和 200cm ³ 环刀配套
2	削土刀	长度：20~30cm
3	铝盒	容积：100cm ³ 、200cm ³

5 检验测试项目

5.1 检验测试项目按照其重要性，可分为关键检验测试项目和非关键检验测试项目。

5.2 频域法、时域法仪器检验测试项目应符合表 3 的规定。

表 3 频域法、时域法仪器检验测试项目

序号	检测项目	关键项目	非关键项目
1	外观		■
2	工作环境适应性		■
3	贮存环境		■
4	电源		■
5	功耗		■
6	信号与接口		■
7	绝缘		■
8	外壳防护	▲	
9	机械环境适应性		■
10	准确性	▲	
11	重复性	▲	
12	抗冻胀性		■
13	防腐蚀		■
14	可靠性	▲	

注：▲表示关键项目，■表示非关键项目。

5.3 张力计法仪器检验测试项目应符合表 4 规定。

表 4 张力计法仪器检验测试项目

序号	检测项目	关键项目	非关键项目	备 注
1	外观		■	
2	工作环境适应性		■	
3	贮存环境		■	
4	电源		■	仅适用于具有自动测压功能的 张力计法仪器
5	功耗		■	
6	信号与接口		■	
7	绝缘		■	
8	机械环境适应性		■	
9	准确性	▲		
10	防腐蚀		■	
11	可靠性	▲		

注：▲表示关键项目，■表示非关键项目。

6 标准土样制备

6.1 土壤选取

土壤选取应符合下列要求：

- a) 根据检验测试需要，从砂土、壤土、黏土等不同类型的土壤中选择一种作为试验用土壤。
- b) 选用理化性质稳定、一致性好的土壤。

6.2 土壤预处理

土壤预处理应符合下列步骤：

- a) 选取好的土壤去除根系、杂草、砾石等杂质，平铺在阴凉通风处阴干。
- b) 将阴干后的土碾碎，先用孔径 2mm 标准筛粗筛。
- c) 粗筛后的土再用孔径 1mm 标准筛细筛，获得备用土壤。

6.3 标准土样制备要求与步骤

6.3.1 标准土样制备应符合下列要求：

- a) 检验测试时制备对应体积含水量区间为 0~10%、10%~20%、20%~30%、30%~40% 的 4 种标准土样。
- b) 使用蒸馏水或去离子水作为制备标准土样用水。

6.3.2 标准土样制备应符合下列步骤：

- a) 制备标准土样前确定需要配置的土柱直径、土柱高度，并计算土柱体积。
- b) 根据土壤的容重、土柱体积和配置含水量区间，计算所需水和备用土壤重量。
- c) 用感量为 0.1g 的天平分别称取所需重量的水和备用土壤。
- d) 将称取的水和备用土壤混合并搅拌均匀，放入密封容器中平衡 24h。
- e) 取出密封容器中的土壤再次搅拌，均匀放入制作土柱的容器中，分层压实，制成标准土样。

注 1：根据土柱高度，按照 2~3cm 厚度进行分层均匀压实装填。

注 2：容重根据土壤类型确定，饱和含水量较低的土壤，标准土样含水量制备到饱和即可。

7 检验测试方法

7.1 外观

7.1.1 外观采用手动和目测检查。

7.1.2 外观符合下列要求：

- a) 整机结构不应松动、变形。
- b) 仪器表面应平整、光洁，无锈蚀、裂痕和明显划痕。
- c) 仪器明显位置应有名称、型号、出厂编号等标识，标识应清晰完整。

7.2 工作环境适应性

7.2.1 频域法、时域法仪器检验测试方法应按照 GB/T 9359 的规定执行。将仪器安置于标准土样内，一同放置在恒温恒湿试验箱中，恒温 4h 后，读取测量数据 3 次，每次读取时间间隔不大于 3min；记录测试数据并检查仪器工作是否正常。

7.2.2 张力计法仪器检验测试方法应按照 GB/T 9359 的规定执行。张力计的压力管中注满蒸馏水或去离子水，待陶土管充分湿润后，盖上压力管盖子。将张力计安置于标准土样内，一同放置在恒温恒湿试验箱中，恒温 4h 后，读取测量数据 3 次，每次读取时间间隔不大于 3min；记录测试数据并检查

仪器工作是否正常。

7.3 贮存环境

贮存环境检验测试方法应按照 GB/T 9359 的规定执行，测试后检查仪器的工作情况。

7.4 电源

电源检验测试应用数字万用表测量电源电压、电流，记录测试数据，在电压拉偏的条件下，仪器各项功能应正常。

7.5 功耗

功耗检验测试应在仪器规定的电源电压条件下，用数字万用表测量仪器的工作电流，记录测试数据。

7.6 信号与接口

信号与接口的检验测试方法应按照 GB/T 19705 的规定执行，测试后检查仪器的工作情况。

7.7 绝缘

用绝缘电阻测试设备，对非工作状态下的仪器进行检验测试，应测试仪器的交流电源输入端和外壳接地端，以及仪器的不接地直流回路和外壳接地端的绝缘电阻值，记录测试数据，测试后检查仪器的工作情况。

7.8 外壳防护

外壳防护检验测试应按照 GB/T 4208 中的相关要求，在外壳防护试验装置中进行检验测试。传感器外壳最高点应低于水面 1m，试验持续时间不应少于 24h，测试过程中应保持良好密封状态。测试后检查是否有渗水现象，仪器工作是否正常。

7.9 机械环境适应性

机械环境适应性检验测试应按照 GB/T 9359 的规定分别进行振动、跌落等试验。将包装好的仪器放置在振动试验台、跌落试验台等设备上，试验后检查仪器各项功能是否正常，外包装箱是否有损坏和变形，仪器内部结构中各结合部是否有松脱、零部件破损等现象。

7.10 准确性

7.10.1 频域法、时域法仪器

7.10.1.1 准确性应按下列方法检验测试：

- a) 探针式仪器将探针垂直插入标准土样中，在不挤压土样表面的条件下，保持探针与土样充分接触，导管式仪器将仪器外管预埋在标准土样中。
- b) 仪器依次安置在 4 种标准土样中。
- c) 接通电源，待仪器工作稳定后，连续测量 6 次，记录测试数据。
- d) 每种标准土样测量完成后，选取 3 处未经扰动过的土壤，用容积为 100cm^3 的环刀取样。取样时环刀内壁均匀涂上薄层凡士林，刃口向下放在土样上，将环刀垂直压入土样中，至土样高于环刀上刀口。取出环刀用削土刀削去两端土并修平，将环刀内土样分别放入有编号的铝盒中并分散，用感量为 0.01g 的电子天平称取土样重量。

e) 将土样连同铝盒放入电热恒温干燥箱中烘干, 电热恒温干燥箱温度设置在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 持续恒温 24h。取出铝盒放入干燥器内冷却至常温, 再用感量为 0.01g 的电子天平称其重量, 记录称重数据。

f) 按照附录 A.1 计算准确性。

7.10.1.2 取样应符合下列要求:

- a) 同一标准土样中 3 处环刀土样体积含水量最大值与最小值之差不大于 1%;
- b) 环刀内土样取出放入铝盒、分散、称重过程在 3min 内完成。

7.10.2 张力计法仪器

7.10.2.1 张力计法仪器准确性采用被检仪器示值与标准压力仪器示值的误差表示。

7.10.2.2 准确性应按下列方法检验测试:

- a) 在压力表 $0 \sim -90\text{kPa}$ 范围内, 以标有数字的标度线作为检测点。
- b) 在每个检测点将被检仪器与标准仪器比较, 每个检测点进行两次读数, 一次是在负荷平稳达到规定检测点的值时进行, 另一次是在轻敲仪表外壳后进行, 记录测试数据。

7.11 重复性

重复性应按下列方法检验测试:

- a) 频域法、时域法仪器在重复性条件下, 对每个标准土样连续测量 6 次, 记录测试数据。
- b) 按照附录 A.2 计算测量结果的重复性。

7.12 抗冻胀性

抗冻胀性检验测试应将仪器安置于标准土样内, 一同放置在冻融试验箱内, 温度为 $-20 \sim 5^{\circ}\text{C}$, 冻融 3~5 个周期, 每个周期不应少于 24h。检验测试完成后检查数据连接线是否完好, 仪器工作是否正常。

7.13 防腐蚀

防腐蚀检验测试方法应按照 GB/T 2423.18 的规定执行, 测试后检查仪器是否有腐蚀现象。

7.14 可靠性

可靠性检验测试方法应按照 GB/T 18185 的规定执行, 测试后检查仪器的工作情况。

8 检验测试结果评价

8.1 检验结果分为合格和不合格。

8.2 评价方法应符合下列规定。

- a) 仪器检验测试项目全部合格, 或仅有 1 项非关键检验测试项目不合格时, 评价为合格。
- b) 仪器有下列情况之一时评价为不合格:
 - 1) 1 项关键检验测试项目不合格;
 - 2) 2 项及以上非关键检验测试项目不合格。

附录 A

(规范性)

土壤水分监测仪器检验测试计算公式

A.1 频域法、时域法仪器准确性

准确性用绝对误差平均值表示, 绝对误差的平均绝对值按公式 (A.1) 计算:

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n |\theta_i - \theta_0|}{n} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$\bar{\delta}$ ——绝对误差的平均绝对值;

θ_i ——监测仪器第 i 次测量的体积含水量;

θ_0 ——人工取土烘干法计算的体积含水量;

n ——测量次数, $n \geq 6$ 。

A.2 频域法、时域法仪器重复性

重复性用实验标准差表示, 实验标准差按公式 (A.2) 计算:

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$s(q_k)$ ——实验标准差;

q_k ——第 k 次测量结果;

$\bar{q}$ —— n 次测量结果的算术平均值;

n ——测量次数, $n \geq 6$ 。

A.3 重量含水量

A.3.1 重量含水量按式 (A.3) 计算:

$$\omega = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

ω ——重量含水量, %;

w_1 ——湿土重量, g;

w_2 ——烘干土重量, g。

A.3.2 利用烘干法推求土壤重量含水量时, 按公式 (A.4) 计算:

$$\omega = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_0} \times 100 \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

ω ——重量含水量, %;

w_1 ——湿土+铝盒的重量, g;

w_2 ——干土+铝盒的重量, g;

w_0 ——铝盒的重量, g。

A.4 体积含水量

体积含水量按公式 (A.5) 计算:

$$\theta = \frac{V_w}{V_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

θ ——土壤体积含水量, %;

V_w ——水所占的体积, cm^3 ;

V_s ——土壤总体积, cm^3 。