



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF (新) 123—2024

土壤水分监测仪器校准规范

Calibration Specification for Soil Moisture -Monitoring Instrument

2024-12-31 发布

2025-06-30 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

土壤水分监测仪器校准规范

Calibration Specification for Soil

Moisture -Monitoring Instrument

JJF(新)123—2024

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

主要起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

新疆维吾尔自治区水土保持监测中心

(自治区水利厅水土保持实验站)

本规范委托自治区法制计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

陈武卿（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

蔡 勤（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

卢 刚（新疆维吾尔自治区水土保持监测中心（自治区水利
厅水土保持实验站））

刘敦利（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

参加起草人：

李菊艳（新疆维吾尔自治区水土保持监测中心（自治区水利
厅水土保持实验站））

肖振华（新疆维吾尔自治区水土保持监测中心（自治区水利
厅水土保持实验站））

目 录

引 言 (II)

1 范围..... (1)

2 引用文件..... (1)

3 术语和计量单位..... (1)

3.1 术语..... (1)

3.2 计量单位..... (1)

4 概述..... (2)

5 计量特性..... (2)

5.1 示值误差..... (2)

5.2 重复性..... (2)

6 校准条件..... (2)

6.1 环境条件..... (3)

6.2 校准设备..... (3)

7 校准项目和校准方法..... (3)

7.1 校准项目..... (3)

7.2 校准方法..... (3)

8 校准结果..... (5)

8.1 校准记录..... (5)

8.2 校准证书..... (5)

9 复校时间间隔..... (5)

附录 A 质控土壤制作方法..... (5)

附录 B 校准原始记录参考格式记录 (10)

附录 C 校准证书的内容 (11)

附录 D 土壤水分监测仪器示值误差的测量不确定度评定 (12)

引 言

JJF1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制订的基础性系列规范。

本规范参考了 JJG 658-2022 烘干法水分测定仪、GB/T 28418-2012 土壤水分（墒情）监测仪器基本技术条件，QX/T567-2020 自动土壤水分观测仪行业标准的有关内容，结合工作实际制定。

本规范为首次发布。

土壤水分监测仪器校准规范

1 范围

本规范适用于范围为（0~50%）土壤体积含水量的土壤水分监测仪器校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 658-2022 烘干法水分测定仪

GB/T 28418-2012 土壤水分（墒情）监测仪器基本技术条件

QX/T 567-2020 自动土壤水分观测仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

以下术语和定义适用于本文件。

3.1.1 土壤体积含水量 soil volumetric water content

土壤中水的体积与其总体积的比值，用百分数表示（%）。

3.1.2 土壤重量含水量 soil gravimetric water content

土壤中水的质量与干土质量的比值，用百分数表示（%）。

注：土壤重量含水量 w 与土壤体积含水量 Q 之间的换算关系为：
$$w = \frac{Q \times \rho_{\text{水}}}{\rho}$$

式中： $\rho_{\text{水}}$ 表示水的密度，取 1g/cm^3 ； ρ 表示土壤容重，单位为 g/cm^3 。

3.1.3 土壤相对湿度 soil relative moisture

土壤重量含水量占田间持水量的比值。

3.1.4 有效土壤水分存储量 soil effective water storage capacity

土壤中含有的大于凋萎湿度的水分存储存量。

3.2 计量单位

采用计量单位有：千克（kg）、克（g）、分（min）、摄氏度（℃）

4 概述

土壤水分监测仪器是一种测量土壤水分含量的仪器，以土壤水分传感器为基础，结合数据采集、传输、显示等部分构成。测量时传感器的电容振荡频率信号由数据处理软件经过定的算法反演出土壤含水量。传感器工作时可产生高频振荡电场，土壤含水量的变化引起圆环电容周围介质的介电特性变化，圆环电容传感器感应的土壤电容值就会改变，从而引起LC 振荡器的振荡频率变化，传感器把测得的高频信号变换后即可得到土壤含水量。依据安装方式的不同，可分为管式和插针式两种。

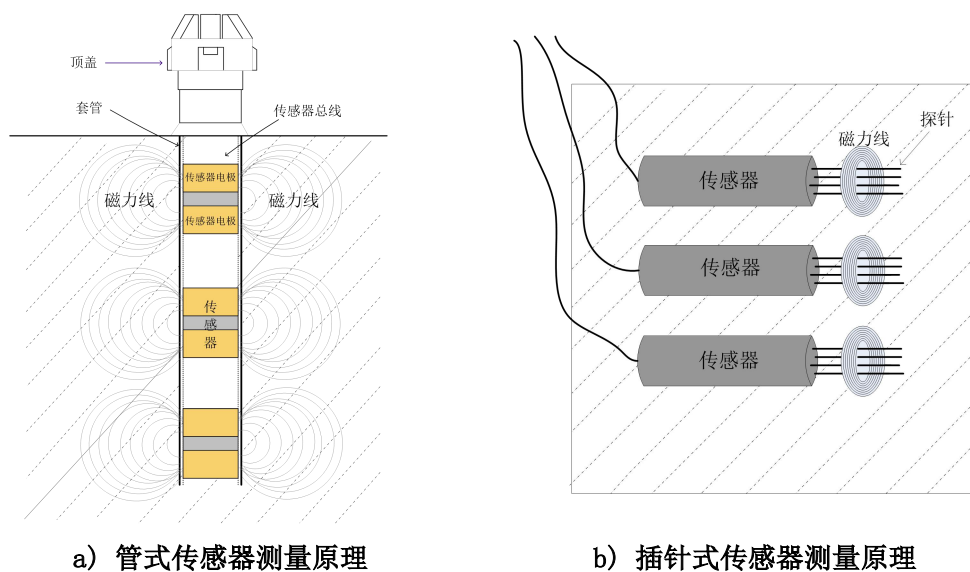


图1 传感器的测量原理

5 计量特性

5.1 示值误差

土壤水分监测仪器的最大允许误差见表1。

5.2 重复性

应不大于2%。

表1 土壤水分监测仪器最大允许误差

体积含水量	3%~10%	15%~25%	35%~50%
最大允许误差	±5%	±2.5%	±5%

6 校准条件

6.1 环境条件

校准应在稳定的环境下进行，须满足如下要求：

- a) 空气温度：-40℃～60℃；土壤温度：-10℃～55℃；
- b) 相对湿度：5%～95%。

6.2 计量标准及配套设备

质控土壤：240 目玻璃砂、纯净水（或蒸馏水）；

烘箱：控温温度在105℃，内部容积不小于0.06m³；

电子天平：实际分度值不得大于0.01g，满量程至少1000g；

电子秤：分度值不得大于10g，满量程至少30kg；

配套设备还包括塑料搅拌容器；重力锤；烘干铝盒；环刀；取样器；有机玻璃容器（见图2）：管式校准容器为中空圆柱体，外径24 cm，内径为5.6cm，高度12 cm；插针式校准容器为圆柱体，外径24 cm，高度12 cm。

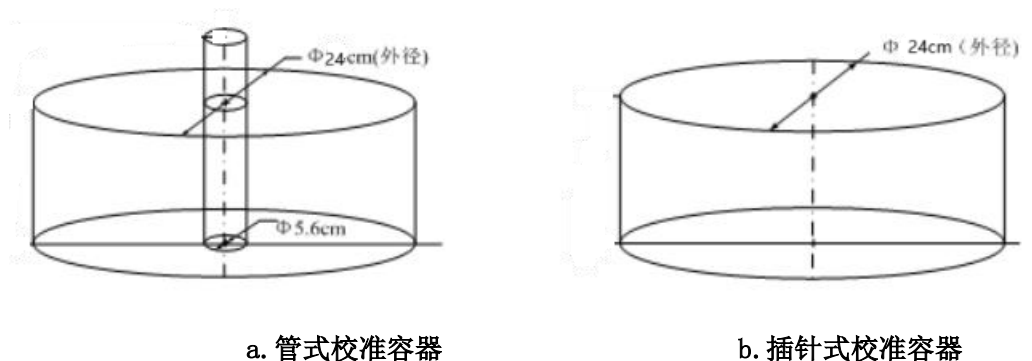


图2 土壤水分监测仪器校准容器

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目包括示值误差及重复性。

7.2 校准方法

7.2.1 功能性检查

7.2.1.1 水分测定仪的控制系统能够保证正确的数据显示、存储及传输。

7.2.1.2 当水分测定仪遇到干扰时，应具有一定的抗干扰能力：

- a) 不会产生显著误差；
- b) 当显著误差不能自动予以消除时，可以将其检测出来。

7.2.2 示值误差

测定仪特定环境校准：测定仪置于空气中，测量此时的体积含水量，小于0.3%；将传感器置于装满纯水的水桶中，测量此时的体积含水量，接近100%。

校准前将校准容器放置在平坦、牢靠工作台面上，校准工作示意图如图3所示。

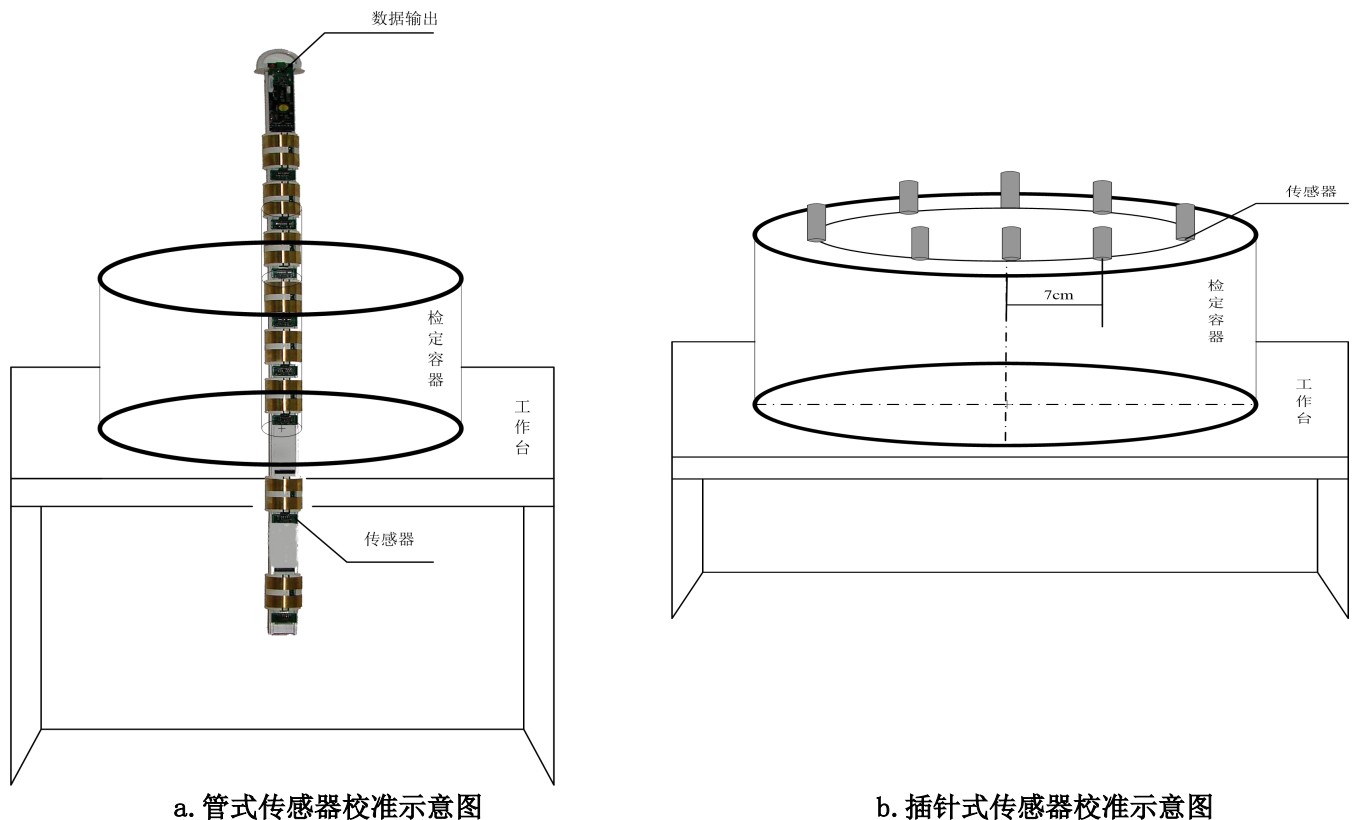


图3 土壤水分传感器校准示意图

7.2.3.1 校准点选择

校准点选择体积含水量为 5%、15%、25%、饱和点。校准前先按照附录 A 中规定的操作方法，配置以上校准点质控土壤并密封保存。

7.2.3.2 校准方法

a) 针对管式传感器，应按照图 3a 要求将传感器垂直插入校准容器的护管中。

b) 针对插针式传感器，应按照图 3b 要求将传感器均匀垂直插入校准容器中。

注：调节被测土壤水分监测仪器至当前试剂池的中部，确保水分传感器部件外沿距当前试剂池上下沿不小于 1.0cm。

c) 开始校准前将土壤水分监测仪器加电预热 5min。

d) 按照规定的校准点，分别校准土壤水分监测仪器的传感器的测量值（土壤体积含水量），每隔 1min 采集 1 次测量值，共采集 6 次，取 6 次测量平均值作为测量结果，测量结果减去标准值得出测量误差。

7.2.3 重复性

用贝塞尔公式计算重复性，见公式（1）：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

s ：单次实验标准偏差；

x_i ：土壤水分监测仪器示值；

\bar{x} ： n 次测量的算数平均值；

n ：重复测量的次数。

8 校准结果

8.1 校准记录

校准记录应尽可能详尽地记载测量数据和计算结果，记录格式见附录 B。

8.2 校准证书

校准证书内页格式见附录 C。校准项目可根据被校仪器的预期用途选择使用，对校准规范的偏离，应在校准证书中注明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 1 年。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时，应随时校准。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

质控土壤制作方法

质控土壤标准水分的获取是用一定比例的玻璃砂与纯净水混合，通过控制加入的水量，可得到不同体积含水量的标准介质，用于土壤水分监测仪器实验室校准使用。制作步骤如下：

将试验需要的玻璃砂进行晾晒或使用烘箱烘干，保证玻璃砂中基本无水分（建议使用烘箱烘干玻璃砂）。烘干后的玻璃砂使用双层塑料袋密封包装，如有条件时包装袋内放置干燥剂以防玻璃砂潮湿。

制作过程中需使用的容器及工具均应洗涤干净，并烘干后保持干燥。

根据各校准点、水量计算：玻璃砂容重为 1.5g/cm^3 ，计算所需玻璃砂重量和加水量（详见表 A1）。

表A1 质控土壤含水重量表

校准点	管式			插针式		
	体积 cm^3	加水量 (g)	玻璃砂重量 (g)	体积 cm^3	加水量 (g)	玻璃砂重量 (g)
5%	5130.5	256.5	7695.8	5425.9	271.3	8138.9
(饱和点)	5130.5	2052.2	7695.8	5425.9	2170.4	8138.9

注：校准容器为圆柱形内径 24cm，玻璃砂装至（从容器底部算起）12cm 处。铜环式所用校准容器在盒的正中央有一个直径 5.6cm 的圆柱型孔，饱和点加水量以 40% 的体积含水量估算。

1 饱和玻璃砂的制作

1.1 称砂及水

使用大量程天平分别称出表 A1 中相应量的玻璃砂和水。

1.2 装入容器

首先，将所需水量的 1/4 倒入校准容器中。然后，倒入所需玻璃砂的 1/4，使用工具搅拌，使其尽量均匀分布在容器内。

重复以上步骤，直至倒入全部玻璃砂及蒸馏水。

保证容器内的玻璃砂表面无水渗出，若有多余的蒸馏水渗出，应使用吸管吸出。

1.3 校准容器的密封

校准容器密封后，至少静止 1 小时后，使用吸管吸出表面多余的蒸馏水方可使用。

2 不饱和玻璃砂的制作

2.1 称砂及水

称砂：根据被测测定仪类型，使用大量程天平称出表 A1 中相应量的玻璃砂。

称水：根据被测测定仪类型、目标体积含水量查表 A1 加水量数据，使用小量程天平称出该重量的蒸馏水。如水的重量超出天平的量程，可分多次进行。

2.2 搅拌

将玻璃砂倒入搅拌容器内并加入称取的水，充分搅拌均匀。尽量使用不锈钢器具进行搅拌，避免水分损耗。

2.3 装入容器

将搅拌后的玻璃砂和蒸馏水的湿砂样称重。

取出总重量的 1/4，装入校准容器内。将容器内的湿砂样均匀铺平，并使用重锤逐步夯实，可采用先轻压后重锤的方法。使得湿砂样的上表面达到校准容器的 3cm 刻度处。然后，再重复以上操作，直至所有湿砂样全部装入校准容器内。最后湿砂样的上表面应达到校准容器的 12cm 处。

2.4 容器密封

标准介质制作完成后，即可使用。

2.5 注意事项

非饱和砂样制作完成后放置时间不要超过 12 小时，否则砂样的含水量有可能变得不均匀，影响校准的准确性。

3 质控土壤测量不确定度评定

$$x_0 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0}$$

3.1 测量模型

式中： x_0 ——质控土壤水分，%；

m_0 —— 铝盒重量，g；

m_1 —— 烘干前土壤与铝盒的总重量，g；

m_2 —— 烘干后土壤与铝盒的总重量，g。

3.2 灵敏系数

$$c_1 = \partial x_0 / \partial m_0 = -\frac{m_1 - m_2}{(m_1 - m_0)^2}$$

$$c_2 = \partial x_0 / \partial m_1 = \frac{m_0 - m_2}{(m_1 - m_0)^2}$$

$$c_3 = \partial x_0 / \partial m_2 = \frac{1}{m_1 - m_0}$$

3.3 传播律公式

因各输入量彼此独立不相关，所以

$$u_c^2(x_0) = [c_1 \cdot u(m_0)]^2 + [c_2 \cdot u(m_1)]^2 + [c_3 \cdot u(m_2)]^2$$

4 全部输入量的标准不确定度评定

4.1 输入量 m_0 、 m_1 的标准不确定度评定

此项不确定度都是由于电子天平的称重而引入的。天平经检定合格，其最大允许误差为 $\pm 0.0005\text{g}$ ，于是：

$$u(m_0) = u(m_1) = 0.0005 / \sqrt{3} = 0.000289(\text{g})$$

4.2 输入量 m_2 标准不确定度评定

该项不确定度是由于电子天平的称重不确定度、流转过程中的水分变化、易挥发性物质和烘干土壤中的残留水分因素等而引入的。

电子天平称重的最大允许误差为 $\pm 0.0005\text{g}$ ，于是由此引入的不确定度为：

$$u_1(m_2) = 0.0005 / \sqrt{3} = 0.000289(\text{g})$$

流转过程中水分变化的最大值估计为重量 0.02%（对于 3g 土壤）：

$$u_2(m_2) = 0.0002 \times 3 / \sqrt{3} = 0.000346(\text{g})$$

烘干土壤中的残留水分与铝盒引入的水分估计为 3mg：

$$u_3(m_2) = 0.0003 / \sqrt{3} = 0.000173(\text{g})$$

综合以上分量，

$$u(m_2) = \sqrt{(u_1(m_2))^2 + (u_2(m_2))^2 + (u_3(m_2))^2} = 0.000482(\text{g})$$

5 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总

表 3、标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	c_i	$ c_i u_i$
$u(m_0)$	天平称量	0.000289 g	-0.05266g^{-1}	0.0015%
$u(m_1)$	天平称量	0.000289 g	-0.2680g^{-1}	0.0077%
$u(m_2)$	天平的不确定度 水分变化 残留水分	0.000482 g	0.3207g^{-1}	0.015%

6 合成标准不确定度的评定

不确定度传播率公式可知：

$$u_c(x_0) = \sqrt{[c_1 \cdot u(m_0)]^2 + [c_2 \cdot u(m_1)]^2 + [c_3 \cdot u(m_2)]^2} = 0.017\%$$

7 扩展不确定度的评定

取扩展因子 $k=2$ ，扩展不确定度： $U=0.034\%$

附录 B

校准原始记录参考格式

送校单位		校准证书编号	
仪器名称		制造厂	
仪器型号		仪器编号	
质控土壤水分值		有效期至	
校准依据			
温度		湿度	
校准日期		校准地点	
校准人员		核验人员	

1、外观及功能性检查：

2、示值误差：

校准点()	土壤水分监测仪器示值						平均值	示值误差	$U(k=2)$
	1	2	3	4	5	6			

3、重复性：

附录 C

校准证书（内页）格式

- 1、外观及功能性检查：
- 2、示值误差：

校准点	示值误差	不确定度 $U(k=2)$

- 3、重复性：

校准内容结束

附录 D

土壤水分监测仪器示值误差的测量不确定度评定

1 概述

1.1 测量依据：JJF（新）**—2024《土壤水分监测仪器校准规范》。

1.2 环境条件：温度 20.5℃，相对湿度 56%。

1.3 测量标准：选 240 目玻璃砂作为质控土壤，用纯净水（蒸馏水）作为配比液，按附录中推荐的配比方法，配比成 15%±2.5% 的质控土壤。

1.4 被测对象：土壤水分监测仪器。

1.5 测量方法：用直接比较法，土壤水分监测仪器采集的水分值与烘干法得到质控土壤水分值比较，即为土壤水分监测仪器的示值误差。

1.6 评定结果的使用：在符合上述条件下的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定结果。其它称量点的示值误差测量结果的不确定度可参照本方法进行评定。

2 测量模型

$$\Delta E = x - x_0$$

式中： ΔE ——水分测定仪的示值误差，%；

x ——水分测定仪的示值，%；

x_0 ——质控土壤水分含量，%；

2.2 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta E / \partial x = 1$$

$$c_2 = \partial \Delta E / \partial x_0 = -1$$

2.3 传播律公式

因各输入量彼此独立不相关，所以

$$u_c = \sqrt{c_1^2 [u(x)]^2 + c_2^2 [u(x_0)]^2}$$

3 输入量的标准不确定度的评定

3.1 输入量 x_0 的标准不确定度分量 $u(x_0)$ 的评定

制成质控土壤水分的水分误差，其扩展不确定度 $U = 0.034\%$ ， $k = 2$ ，：

$$u(x_0) = \frac{0.034\%}{2} = 0.017\%$$

3.2 输入量 x 的标准不确定度分量 $u(x)$ 的评定

3.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(x_1)$

在重复性条件下连续测量 10 次, 得到如下数列: 14.8%, 13.8%, 14.2%, 14.5%, 13.8%, 13.6%, 12.1%, 13.2%, 14.2%, 13.4%。

$$\text{单次实验标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.763\%$$

实际校准时需要测量 6 次, 取 6 次结果的平均值作为测得值, 所以

$$u(x_1) = \frac{s}{\sqrt{6}} = 0.31\%$$

3.2.2 水分测定仪分辨率引入的标准不确定度分量

$$u(x_2) = \frac{d/2}{\sqrt{3}} = \frac{0.1\%/2}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

重复性引入的不确定度分量大于分辨率引入的不确定度分量, 因此可以不考虑分辨率引入的不确定度分量, 则: $u(x) = 0.31\%$

4 标准不确定度汇总表

输入量的标准不确定度汇总表

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	概率分布	C_i	标准不确定度 分量
$u(x_0)$	质控土壤水分	0.017%	均匀	1	0.017%
$u(x)$	重复性	0.31%	正态	-1	0.31%

5 合成标准不确定度

由传播律公式得, 合成标准不确定度为:

$$u_c = 0.32\%$$

6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$, 其扩展不确定度为: $U=0.7\%$

新疆维吾尔自治区
地方计量校准规范

土壤水分监测仪器校准规范

JJF(新) 123—2024

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

*

版权所有 不得翻印

*

880mm×1230mm 16 开本

2024 年**月第 1 版 2024 年**月第 1 次印刷

印数 1-100