《TDR土壤水分监测仪仪校准规范》

试验报告

**TDR土壤水分监测仪校准规范起草组**

**2025年3月**

目录

[一、试验目的 1](#_Toc192491668)

[二、试验方案设计 2](#_Toc192491669)

[三、试验方法与步骤 6](#_Toc192491680)

[四、校准规范的科学适用性试验分析 10](#_Toc192491686)

[五、土壤类型对于土壤含水量示值误差的影响 21](#_Toc192491714)

[六、重复测量试验结果 31](#_Toc192491742)

[七、结论与建议 42](#_Toc192491770)

# 一、试验目的

本试验的核心目标在于验证校准规范中规定的方法、操作流程、环境条件以及标准器配置的科学性和有效性。同时，确保这些要素在实际测量过程中能够达到预期的准确性和可靠性。

具体的，通过运用符合要求的标准流速装置，针对不同厂家、不同规格的TDR土壤水分监测仪开展多组比对试验。

本次试验对于优化现有校准规范具有重要依据，有助于提高未来类似校准活动的效率和精度，并为相关领域的科学研究提供坚实可靠的数据基础和支持。对制定更科学合理的行业标准，推动水资源的合理配置、节约、保护和可持续利用有着重要意义。

# 二、试验方案设计

**2.1校准规范的科学适用性验证**

**2.1.1试验对象与范围**

本次试验的对象选取四台市场上较为常见的TDR土壤水分监测仪，生产厂家分别为天津特利普尔、美国Campbell公司、美国Acclima公司、德国Trime公司，按照校准规范方法依据进行校准，验证校准规范制定是否科学合理，校准方法是否简捷适用。

**2.1.2试验装置及标准器**

试验系统所用设备信息如表1所示。

表1 试验所用设备信息

|  |  |
| --- | --- |
| 名 称 | 技术指标 |
| 电子天平 | 称重范围：1g~3000g；分辨力：0.01g，最大允许误差±0.01g； |
| 环刀 | 规格符合SL110-2014中表1要求，性能应符合4.2要求。 |

|  |  |
| --- | --- |
| f5cebb255435a3c90f9e104a172eb96 | 5efda3ad810e036f9d9fa2380dbfd45 |
| 图1电子天平 | 图2 环刀 |

**2.1.3试验条件及地点**

（1）试验环境

本次试验将在校准规范的环境条件下进行，具体为：环境温度控制在（5~40）℃之间；湿度维持在（35~95）%RH范围内，大气压力为标准大气压力。

（2）试验地点

本次校准试验地点为水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心土壤墒情检定实验室。

（3）试验用土壤样品

选取潮土进行校准试验。

**2.1.4试验内容**

在土壤含水量校准范围内，选取多个校准点，每个校准点进行3次测量，每次测量读取仪器数值6个，计算绝对误差，分析按照校准规范开展校准时是否存在困难或不合理的技术要求。

**2.2****土壤类型对于土壤含水量绝对误差的影响**

**2.2.1试验对象与范围**

本次试验的对象选取四台市场上较为常见的TDR土壤水分监测仪，生产厂家分别为天津特利普尔、美国Campbell公司、美国Acclima公司、德国Trime公司，验证在不同土壤类型下土壤含水量绝对误差的影响。

**2.2.2试验装置及标准器**

试验所用装置与**2.1.2所用试验装置及标准器**一致。**2.2.3试验条件及地点**

试验条件及地点与**2.1.3试验条件及地点**一致

**2.2.4试验内容**

在土壤含水量校准范围内，选取多个校准点，分别选取潮土，红土，黑土三种土壤制作标准土壤样品，每个校准点测量1次，每次测量读取仪器数值6个，计算示值误差，分析土壤类型对绝对误差的影响。

**2.3重复多次测量对于重复性误差的影响**

**2.3.1试验对象与范围**

本次试验的对象选取四台市场上较为常见的TDR土壤水分监测仪，生产厂家分别为天津特利普尔、美国Campbell公司、美国Acclima公司、德国Trime公司，验证同一台仪器在校准条件一致情况下，重复多次测量的土壤含水量重复性是否满足校准规范要求。

**2.3.2试验装置及标准器**

试验所用装置与**2.1.2所用试验装置及标准器**一致。**2.3.3试验条件及地点**

试验条件及地点与**2.1.3试验条件及地点**一致

**2.3.4试验内容**

在土壤含水量校准范围内，选取多个校准点，分别选取潮土，红土，黑土三种土壤制作标准土壤样品，每个校准点重复测量3次，每次测量读取仪器数值6个，分析3次测量结果的重复性的一致程度以及是否满足要求。

# 三、试验方法与步骤

**3.1校准试验**

（1）校准前准备工作

a）检查TDR土壤水分监测仪，确保正常工作。

b）探针应垂直插入标准土壤样品中，确保探针土面之间无空隙。

（2）土壤含水量示值误差

按照校准规范7.2.2要求对每个校准点进行校准试验，记录原始数据，按照7.2.2.7计算土壤含水量绝对误差。

**3.2校准规范的科学适用性分析试验**

**目的：**研究按照校准规范要求进行校准时，目前主流仪器是否满足校准要求，校准方法制定是否科学合理。

**方法步骤：**在试验过程中，按照校准规范7.2.2的要求和方法制作不同含水量的标准土壤样品和进行校准试验，按照校准规范要求计算土壤含水量绝对误差，重复测量3次，判断是否校准规范的技术要求是否合理。

**3.3土壤类型对于土壤含水量示值误差的影响**

**目的：**研究在标准土壤样品制备方法一致的情况下，不同类型土壤对于TDR土壤水分监测仪绝对误差的影响。

**方法步骤：**在试验过程中，使用潮土，红土，黑土按照校准规范7.2.2的要求和方法分别制作不同含水量的标准土壤样品和进行校准试验，按照校准规范要求计算土壤含水量绝对误差。

**3.3.3重复多次测量对于重复性误差的影响**

**目的：**研究在校准条件一致情况下，同一台TDR土壤水分监测仪多次测量结果的一致程度，以判断校准规范中对于重复性误差校准方法的科学性。

**方法步骤：**在试验过程中，按照校准规范7.2.2的要求和方法制作不同含水量的标准土壤样品和进行校准试验，按照校准规范要求计算土壤含水量绝对误差，重复测量3次，记录数据计算重复性误差。

**3.4数据处理方法**

**3.4.1数据处理与分析**

（1）数值计算

使用规范中要求的计算方法，计算每次测量值的平均测量值、绝对误差或相对示值误差以及重复性误差。

1. 数据分析

1）土壤含水量绝对误差分析：分析TDR土壤水分监测仪的绝对误差是否符合校准规范中对于土壤含水量测量最大允许误差的要求。

2）根据试验结果分析不同土壤类型对于TDR土壤水分监测仪土壤含水量绝对误差的影响。

3）重复性误差分析：分析TDR土壤水分监测仪的重复性误差是否符合校准规范中对于重复性误差的要求。同时根据校准结果分析校准规范中对于重复性误差的校准方法以及要求是否科学合理。

**3.4.2土壤含水量绝对误差的计算**

 (1)

式中：

n——测量次数，应不少于6次；

——绝对误差的平均绝对值；

——第i次测量的体积含水量。

——标准体积含水量，应按公式（2）计算。

(2)

式中：

——为烘干法的重量含水量，应按公式（3）计算。

（3）

式中：

Q1——为烘干前土的重量（g）；

Q2——为烘干后土的重量（g）。

——为土壤干容重，应按公式（4）计算。

（4）

式中：

Q2——为烘干后土的重量（g）；

V——为取样的总体积（cm3）。

**3.4.3重复性误差的计算**

测量重复性用实验标准差来表示，按公式（5）计算。

(5)

式中：

――实验标准差；

――第i次测量结果；

――n次测量的平均值；

# 四、校准规范的科学适用性试验分析

**4.1试验准备**

本次试验环境符合上文“2.1.3试验环境与地点”的相关要求，试验标准土壤样品采用潮土按照校准规范7.2.2的要求和方法制作，被测仪器采用1台天津特利普尔、1台美国Campbell公司、1台美国Acclima公司、1台德国Trime公司生产的TDR土壤水分监测仪。本次试验按照“二、试验方案设计”中“校准规范的科学适用性验证”进行。

**4.2试验实施**

**校准前准备工作：**检查仪器，确保能正常工作，将探针垂直插入标准土壤样品中，确保探针土面之间无空隙。

**校准点选择：**按照校准规范要求，在量程内选取4个含水量校准点，分别测量各个含水量校准点的绝对误差。

**试验数据整理：**待试验完成后，按照“3.4数据处理方法”对试验数据进行整理和计算。

**4.3试验结果分析**

本次试验校准结果显示，被校TDR土壤水分监测仪按照校准规范要求进行校准时，土壤含水量绝对误差基本满足规范要求，且校准过程通顺,同一台仪器多次校准结果基本一致，校准规范制定编制合理。

**4.4具体试验结果**

**①号仪器3次校准数据**

**表4.4.1.1①号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.4 | 8.4 | 8.5 | 8.5 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 0.46 |
| 2 | 19.45 | 17.7 | 17.7 | 17.7 | 17.8 | 17.8 | 17.7 | 17.7 | 1.75 |
| 3 | 28.74 | 29.5 | 29.5 | 29.6 | 29.7 | 29.6 | 29.6 | 29.6 | 0.86 |
| 4 | 39.96 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.4 | 40.3 | 40.4 | 40.4 | 0.44 |

**表4.4.1.2①号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 7.5 | 7.5 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 0.34 |
| 2 | 19.45 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 0.85 |
| 3 | 28.74 | 29.7 | 29.8 | 29.7 | 29.8 | 29.8 | 29.8 | 29.8 | 1.06 |
| 4 | 39.96 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.8 | 39.7 | 0.26 |

**表4.4.1.3①号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.5 | 8.5 | 8.4 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 0.56 |
| 2 | 19.45 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.7 | 18.7 | 18.6 | 0.75 |
| 3 | 28.74 | 30.1 | 30.3 | 30.3 | 30.2 | 30.4 | 30.4 | 30.3 | 1.66 |
| 4 | 39.96 | 39.1 | 39.2 | 39.2 | 39.2 | 39.1 | 39.2 | 39.2 | 0.76 |

**图4.4.1.1①号仪器第1次校准时的****绝对误差点线图**

# 

**图4.4.1.2①号仪器第2次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.1.3①号仪器第3次校准时的绝对误差点线图**

# 本次试验的土壤含水量在5%-40%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图4.4.1.1、4.4.1.2、4.4.1.3可以看出，被校仪器三次校准时校准点绝对误差误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.75%，符合校准规范要求。

**②号仪器3次校准数据**

**表4.4.2.1****②号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.69 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 0.15 |
| 2 | 18.17 | 16.9 | 16.9 | 16.3 | 16.9 | 16.9 | 16.9 | 16.8 | 1.37 |
| 3 | 30.62 | 30.9 | 31.1 | 31.2 | 31.2 | 31.2 | 31.3 | 31.2 | 0.58 |
| 4 | 41.14 | 40.8 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 0.24 |

**表4.4.2.2****②号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.69 | 9.0 | 9.0 | 9.1 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 0.69 |
| 2 | 18.17 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 1.77 |
| 3 | 30.62 | 31.8 | 31.8 | 31.9 | 31.9 | 31.9 | 32.0 | 31.9 | 1.28 |
| 4 | 41.14 | 40.1 | 40.2 | 40.2 | 40.2 | 40.3 | 40.3 | 40.2 | 0.94 |

**表4.4.2.3②号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.69 | 9.1 | 8.9 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 0.69 |
| 2 | 18.17 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 1.67 |
| 3 | 30.62 | 31.5 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.7 | 31.7 | 31.6 | 0.98 |
| 4 | 41.14 | 40.2 | 40.0 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 0.84 |

**图4.4.2.1②号仪器第1次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.2.2②号仪器第2次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.2.3②号仪器第3次校准时的绝对误差点线图**

本次试验的土壤含水量在5%-41%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图4.4.2.1、4.4.2.2、4.4.2.3可以看出，被校仪器三次校准时校准点绝对误差误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.77%，符合校准规范要求。

**③号仪器3次校准数据**

**表4.4.3.1****③号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.37 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.5 | 9.5 | 9.6 | 0.23 |
| 2 | 16.97 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 1.87 |
| 3 | 30.06 | 30.7 | 30.7 | 30.7 | 30.8 | 30.8 | 30.7 | 30.7 | 0.64 |
| 4 | 40.03 | 39.6 | 39.6 | 39.7 | 39.8 | 39.8 | 39.8 | 39.7 | 0.33 |

**表4.4.3.2③号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.37 | 9.9 | 10 | 10 | 10 | 9.9 | 10 | 10.0 | 0.63 |
| 2 | 16.97 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 1.47 |
| 3 | 30.06 | 30.8 | 30.8 | 30.9 | 30.9 | 30.9 | 31 | 30.9 | 0.84 |
| 4 | 40.03 | 39.6 | 39.6 | 39.7 | 39.7 | 39.8 | 39.8 | 39.7 | 0.33 |

**表4.4.3.3****③号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.37 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 0.03 |
| 2 | 16.97 | 15.4 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 1.47 |
| 3 | 30.06 | 30.1 | 30.1 | 30.3 | 30.4 | 30.4 | 30.4 | 30.3 | 0.24 |
| 4 | 40.03 | 39.8 | 39.9 | 39.9 | 40.0 | 40.0 | 39.9 | 39.9 | 0.13 |

**图4.4.3.1****③号仪器第1次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.3.2③号仪器第2次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.3.3③号仪器第3次校准时的绝对误差点线图**

本次试验的土壤含水量在5%-41%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图4.4.3.1、4.4.3.2、4.4.3.3可以看出，被校仪器三次校准时校准点绝对误差误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.87%，符合校准规范要求。

**④号仪器3次校准数据**

**表4.4.4.1****④号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.2 | 8.1 | 0.16 |
| 2 | 18.75 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 0.05 |
| 3 | 26.05 | 25.5 | 25.1 | 25.5 | 25.1 | 25.5 | 25.5 | 25.4 | 0.65 |
| 4 | 41.00 | 39.5 | 39.5 | 39.5 | 39.6 | 39.6 | 39.8 | 39.6 | 1.40 |

**表4.4.4.2④号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 7.5 | 7.4 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 0.44 |
| 2 | 18.75 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 0.95 |
| 3 | 26.05 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 1.35 |
| 4 | 41.00 | 39.3 | 39.3 | 39.4 | 39.4 | 39.4 | 39.5 | 39.4 | 1.60 |

**表4.4.4.3④号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.4 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 0.36 |
| 2 | 18.75 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 0.35 |
| 3 | 26.05 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 1.35 |
| 4 | 41.00 | 40.4 | 40.4 | 40.5 | 40.4 | 40.6 | 40.5 | 40.5 | 0.50 |

**图4.4.4.1④号仪器第1次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.4.2④号仪器第2次校准时的绝对误差点线图**

**图4.4.4.3④号仪器第3次校准时的绝对误差点线图**

本次试验的土壤含水量在5%-41%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图4.4.4.1、4.4.4.2、4.4.4.3可以看出，被校仪器三次校准时校准点绝对误差误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.60%，符合校准规范要求。

# 五、土壤类型对于土壤含水量示值误差的影响

**5.1试验准备**

本次试验环境符合上文“2.1.3试验环境与地点”的相关要求，试验标准土壤样品采用潮土、红土、黑土三种，按照校准规范7.2.2的要求和方法制作，被测仪器采用1台天津特利普尔、1台美国Campbell公司、1台美国Acclima公司、1台德国Trime公司生产的TDR土壤水分监测仪。本次试验按照“二、试验方案设计”中“土壤类型对于土壤含水量示值误差的影响”进行。

**5.2试验实施**

**校准前准备工作：**检查仪器，确保能正常工作，将探针垂直插入标准土壤样品中，确保探针土面之间无空隙。

**校准点选择：**按照校准规范要求，在量程内选取4个含水量校准点，分别测量各个含水量校准点的绝对误差。

**试验数据整理：**待试验完成后，按照“3.4数据处理方法”对试验数据进行整理和计算。

**5.3试验结果分析**

本次试验校准结果显示，被校TDR土壤水分监测仪按照校准规范要求进行校准时，土壤含水量绝对误差基本满足规范要求，且校准过程通顺,不同土壤类型多次校准结果基本一致，校准规范制定编制合理。

**5.4具体试验结果**

**四种仪器潮土校准数据**

**表5.4.1.1①号仪器潮土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.01 | 8.1 | 8.1 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 8.0 | 0.01 |
| 2 | 17.41 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 17.8 | 0.39 |
| 3 | 25.34 | 26.6 | 26.3 | 26.3 | 26.6 | 26.3 | 26.6 | 26.5 | 1.16 |
| 4 | 40.59 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.6 | 40.6 | 40.4 | 40.4 | 0.19 |

**表5.4.1.2②号仪器潮土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.01 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 0.09 |
| 2 | 17.41 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.3 | 16.6 | 0.81 |
| 3 | 25.34 | 24.6 | 24.8 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.0 | 0.34 |
| 4 | 40.59 | 40.6 | 40.4 | 40.6 | 40.4 | 40.4 | 40.3 | 40.5 | 0.09 |

**表5.4.1.3③号仪器潮土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.01 | 7.2 | 7.2 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.4 | 0.61 |
| 2 | 17.41 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 0.19 |
| 3 | 25.34 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 0.24 |
| 4 | 40.59 | 39.4 | 39.6 | 39.8 | 39.8 | 39.8 | 39.8 | 39.7 | 0.89 |

**表5.4.1.4④号仪器潮土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.01 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 0.31 |
| 2 | 17.41 | 16.6 | 16.8 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 0.81 |
| 3 | 25.34 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 0.04 |
| 4 | 40.59 | 41 | 40.4 | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 40.8 | 40.7 | 0.11 |

**图5.4.1.1①号仪器潮土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.1.2②号仪器潮土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.1.3③号仪器潮土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.1.4④号仪器潮土校准时的绝对误差点线图**

# 本次试验的土壤含水量在5%-41%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图5.4.1.1、5.4.1.2、5.4.1.3、5.4.1.4可以看出，四种被校仪器使用潮土校准时校准点绝对误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.16%，符合校准规范要求。

**四种仪器红土校准数据**

**表5.4.1.1①号仪器红土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.00 | 8.1 | 8.4 | 8.6 | 8.4 | 8.4 | 8.6 | 8.4 | 0.40 |
| 2 | 17.70 | 17.9 | 18.1 | 17.9 | 17.9 | 18.1 | 18.1 | 18.0 | 0.30 |
| 3 | 25.64 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 0.66 |
| 4 | 40.32 | 40.4 | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 0.28 |

**表5.4.1.2②号仪器红土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.00 | 8.4 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.3 | 8.2 | 0.20 |
| 2 | 17.70 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 0.60 |
| 3 | 25.64 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 0.54 |
| 4 | 40.32 | 40.3 | 40.5 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 40.4 | 0.08 |

**表5.4.1.3③号仪器红土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.00 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.3 | 8.4 | 0.40 |
| 2 | 17.70 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 0.20 |
| 3 | 25.64 | 26.8 | 26.8 | 26.3 | 26.6 | 26.6 | 26.3 | 26.6 | 0.96 |
| 4 | 40.32 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 0.02 |

**表5.4.1.4④号仪器红土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 8.00 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.7 | 7.7 | 7.6 | 0.40 |
| 2 | 17.70 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 0.60 |
| 3 | 25.64 | 27.1 | 26.6 | 26.6 | 26.6 | 26.8 | 26.6 | 26.7 | 1.06 |
| 4 | 40.32 | 40.3 | 40.3 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.4 | 40.3 | 0.02 |

**图5.4.2.1①号仪器红土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.2.2②号仪器红土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.2.3③号仪器红土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.2.4④号仪器红土校准时的绝对误差点线图**

# 本次试验的土壤含水量在5%-41%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图5.4.2.1、5.4.2.2、5.4.2.3、5.4.2.4可以看出，四种被校仪器使用红土校准时校准点绝对误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.06%，符合校准规范要求。

**四种仪器黑土校准数据**

**表5.4.3.1①号仪器黑土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.97 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 0.27 |
| 2 | 17.09 | 16.8 | 16.8 | 16.6 | 16.8 | 16.6 | 16.6 | 16.7 | 0.39 |
| 3 | 26.95 | 27.9 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 28.1 | 27.7 | 0.75 |
| 4 | 40.39 | 40.2 | 40 | 40 | 40.2 | 40 | 40 | 40.1 | 0.29 |

**表5.4.3.2②号仪器黑土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.97 | 7.7 | 7.7 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 0.17 |
| 2 | 17.09 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.8 | 16.8 | 16.6 | 16.7 | 0.39 |
| 3 | 26.95 | 25.8 | 26.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 26.7 | 0.25 |
| 4 | 40.39 | 40.2 | 40.4 | 40.4 | 40.4 | 40.4 | 40.4 | 40.4 | 0.01 |

**表5.4.3.3③号仪器黑土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.97 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 0.07 |
| 2 | 17.09 | 16.3 | 16.6 | 16.3 | 16.6 | 16.3 | 16.6 | 16.5 | 0.59 |
| 3 | 26.95 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 0.65 |
| 4 | 40.39 | 40.4 | 40.8 | 40.8 | 41 | 41 | 41.2 | 40.9 | 0.51 |

**表5.4.3.4④号仪器黑土校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 绝对误差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.97 | 8.4 | 8.1 | 8.4 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.2 | 0.23 |
| 2 | 17.09 | 17.4 | 17.4 | 17.4 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.3 | 0.21 |
| 3 | 26.95 | 26.3 | 26.3 | 26.3 | 26.6 | 26.6 | 26.6 | 26.5 | 0.45 |
| 4 | 40.39 | 41 | 41 | 41.2 | 41 | 41.2 | 41.2 | 41.1 | 0.29 |

**图5.4.3.1①号仪器黑土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.3.2②号仪器黑土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.3.3③号仪器黑土校准时的绝对误差点线图**

**图5.4.3.4④号仪器黑土校准时的绝对误差点线图**

# 本次试验的土壤含水量在5%-41%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、绝对误差。根据图5.4.3.1、5.4.3.2、5.4.3.3、5.4.3.4可以看出，四种被校仪器使用黑土校准时校准点绝对误差呈现的变化趋势基本一致，且各校准点的绝对误差最大值为1.06%，符合校准规范要求。

# 六、重复测量试验结果

**6.1试验准备**

本次试验环境符合上文“2.1.3试验环境与地点”的相关要求，试验标准土壤样品采用潮土按照校准规范7.2.2的要求和方法制作，被测仪器采用1台天津特利普尔、1台美国Campbell公司、1台美国Acclima公司、1台德国Trime公司生产的TDR土壤水分监测仪。本次试验按照“二、试验方案设计”中“重复多次测量对于重复性误差的影响”进行。

**6.2试验实施**

**校准前准备工作：**检查仪器，确保能正常工作，将探针垂直插入标准土壤样品中，确保探针土面之间无空隙。

**校准点选择：**按照校准规范要求，在量程内选取4个含水量校准点，分别测量各个含水量校准点的绝对误差。

**试验数据整理：**待试验完成后，按照“3.4数据处理方法”对试验数据进行整理和计算。

**6.3试验结果分析**

本次试验校准结果显示，被仪器在其他校准条件不变的情况下，仪器的重复性误差基本一致，且均符合校准规范的要求。

**6.4具体试验结果**

**①号仪器3次校准数据**

**表6.4.1.1①号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重 复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.4 | 8.4 | 8.5 | 8.5 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 0.05 |
| 2 | 19.45 | 17.7 | 17.7 | 17.7 | 17.8 | 17.8 | 17.7 | 17.7 | 0.05 |
| 3 | 28.74 | 29.5 | 29.5 | 29.6 | 29.7 | 29.6 | 29.6 | 29.6 | 0.08 |
| 4 | 39.96 | 40.3 | 40.3 | 40.4 | 40.4 | 40.3 | 40.4 | 40.4 | 0.05 |

**表6.4.1.2①号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 7.5 | 7.5 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 0.05 |
| 2 | 19.45 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 0.00 |
| 3 | 28.74 | 29.7 | 29.8 | 29.7 | 29.8 | 29.8 | 29.8 | 29.8 | 0.05 |
| 4 | 39.96 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.7 | 39.8 | 39.7 | 0.04 |

**表6.4.1.3①号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.5 | 8.5 | 8.4 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 0.04 |
| 2 | 19.45 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.6 | 18.7 | 18.7 | 18.6 | 0.05 |
| 3 | 28.74 | 30.1 | 30.3 | 30.3 | 30.2 | 30.4 | 30.4 | 30.3 | 0.12 |
| 4 | 39.96 | 39.1 | 39.2 | 39.2 | 39.2 | 39.1 | 39.2 | 39.2 | 0.05 |

**图6.4.1.1①号仪器第1次校准时的重复性点线图**

**图6.4.1.2①号仪器第2次校准时的重复性点线图**

**图6.4.1.3①号仪器第3次校准时的重复性点线图**

本次试验3次校准各测点的重复性均小于1%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、重复性。根据图6.4.1.1、6.4.1.2、6.4.1.3可以看出，在其余校准条件一致情况下下，同一台仪器多次校准对仪器重复性误差的影响很小，重复性误差基本一致，校准规范对于重复性误差校准方法及要求科学合理。

**②号仪器3次校准数据**

**表6.4.2.1②号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.69 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 0.00 |
| 2 | 18.17 | 16.9 | 16.9 | 16.3 | 16.9 | 16.9 | 16.9 | 16.8 | 0.24 |
| 3 | 30.62 | 30.9 | 31.1 | 31.2 | 31.2 | 31.2 | 31.3 | 31.2 | 0.14 |
| 4 | 41.14 | 40.8 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 0.04 |

**表6.4.2.2②号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.69 | 9.0 | 9.0 | 9.1 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 0.04 |
| 2 | 18.17 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 0.00 |
| 3 | 30.62 | 31.8 | 31.8 | 31.9 | 31.9 | 31.9 | 32.0 | 31.9 | 0.08 |
| 4 | 41.14 | 40.1 | 40.2 | 40.2 | 40.2 | 40.3 | 40.3 | 40.2 | 0.08 |

**表6.4.2.3②号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.69 | 9.1 | 8.9 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 0.06 |
| 2 | 18.17 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 0.00 |
| 3 | 30.62 | 31.5 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.7 | 31.7 | 31.6 | 0.08 |
| 4 | 41.14 | 40.2 | 40.0 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 40.4 | 40.3 | 0.15 |

**图6.4.2.1②号仪器第1次校准时的重复性点线图**

**图6.4.2.2②号仪器第2次校准时的重复性点线图**

**图6.4.2.3②号仪器第3次校准时的重复性点线图**

本次试验3次校准各测点的重复性均小于1%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、重复性。根据图6.4.2.1、6.4.2.2、6.4.2.3可以看出，在其余校准条件一致情况下下，同一台仪器多次校准对仪器重复性误差的影响很小，重复性误差基本一致，校准规范对于重复性误差校准方法及要求科学合理。

**③号仪器3次校准数据**

**表6.4.3.1③号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.37 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.5 | 9.5 | 9.6 | 0.05 |
| 2 | 16.97 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 0.00 |
| 3 | 30.06 | 30.7 | 30.7 | 30.7 | 30.8 | 30.8 | 30.7 | 30.7 | 0.05 |
| 4 | 40.03 | 39.6 | 39.6 | 39.7 | 39.8 | 39.8 | 39.8 | 39.7 | 0.10 |

**表6.4.3.2③号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.37 | 9.9 | 10 | 10 | 10 | 9.9 | 10 | 10.0 | 0.05 |
| 2 | 16.97 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 0.00 |
| 3 | 30.06 | 30.8 | 30.8 | 30.9 | 30.9 | 30.9 | 31 | 30.9 | 0.08 |
| 4 | 40.03 | 39.6 | 39.6 | 39.7 | 39.7 | 39.8 | 39.8 | 39.7 | 0.09 |

**表6.4.3.3③号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 9.37 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 0.00 |
| 2 | 16.97 | 15.4 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 0.04 |
| 3 | 30.06 | 30.1 | 30.1 | 30.3 | 30.4 | 30.4 | 30.4 | 30.3 | 0.15 |
| 4 | 40.03 | 39.8 | 39.9 | 39.9 | 40.0 | 40.0 | 39.9 | 39.9 | 0.08 |

**图6.4.3.1③号仪器第1次校准时的重复性点线图**

**图6.4.3.2③号仪器第2次校准时的重复性点线图**

**图6.4.3.3③号仪器第3次校准时的重复性点线图**

本次试验3次校准各测点的重复性均小于1%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、重复性。根据图6.4.3.1、6.4.3.2、6.4.3.3可以看出，在其余校准条件一致情况下下，同一台仪器多次校准对仪器重复性误差的影响很小，重复性误差基本一致，校准规范对于重复性误差校准方法及要求科学合理。

**④号仪器3次校准数据**

**表6.4.4.1④号仪器第1次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.2 | 8.1 | 0.05 |
| 2 | 18.75 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 0.00 |
| 3 | 26.05 | 25.5 | 25.1 | 25.5 | 25.1 | 25.5 | 25.5 | 25.4 | 0.21 |
| 4 | 41.00 | 39.5 | 39.5 | 39.5 | 39.6 | 39.6 | 39.8 | 39.6 | 0.12 |

**表6.4.4.2④号仪器第2次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 7.5 | 7.4 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 0.04 |
| 2 | 18.75 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 0.00 |
| 3 | 26.05 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 0.00 |
| 4 | 41.00 | 39.3 | 39.3 | 39.4 | 39.4 | 39.4 | 39.5 | 39.4 | 0.08 |

**表6.4.4.3④号仪器第3次校准时的试验数据**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值（%） | 测量值（%） | | | | | | 平均测量值（%） | 重复性（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7.94 | 8.4 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 0.04 |
| 2 | 18.75 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 0.00 |
| 3 | 26.05 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 0.05 |
| 4 | 41.00 | 40.4 | 40.4 | 40.5 | 40.4 | 40.6 | 40.5 | 40.5 | 0.08 |

**图6.4.4.1④号仪器第1次校准时的重复性点线图**

**图6.4.4.2④号仪器第2次校准时的重复性点线图**

**图6.4.4.3④号仪器第3次校准时的重复性点线图**

本次试验3次校准各测点的重复性均小于1%，试验过程顺畅，经过计算得出各校准点土壤含水量、重复性。根据图6.4.3.1、6.4.3.2、6.4.3.3可以看出，在其余校准条件一致情况下下，同一台仪器多次校准对仪器重复性误差的影响很小，重复性误差基本一致，校准规范对于重复性误差校准方法及要求科学合理。

# 七、结论与建议

1. 通过对4台仪器按照校准规范方法要求进行校准试验进行分析，《TDR土壤水分监测仪校准规范》的校准方法科学合理，校准过程中不存在校准困难，校准技术要求制定合理，基本满足生产和使用要求。
2. 通过对4台仪器在不同类型土壤试验结果分析，TDR土壤水分监测仪在土壤类型变化时，绝对误差变化不大，且整体趋势基本一致，因此可以说明，土壤类型不是影响绝对误差的关键因素。
3. 通过对4台仪器在同一校准条件下，多次试验结果分析，电TDR土壤水分监测仪在重复多次测量时，土壤含水量重复性误差变化不大，且整体趋势基本一致，因此可以说明，同一台仪器多次测量的结果基本一致，稳定性强，TDR土壤水分监测仪校准规范对重复性误差的校准方法及要求科学合理。

由于试验时间和成本、技术的限制，TDR土壤水分监测仪校准规范的验证试验可能还存在考虑不充分的地方，需要更多使用单位或检测机构在日常应用中不断发现问题，总结经验，取得更好的数据和分析结果。

总的来说，验证试验包括了本规范的主要内容，试验数据比较充足，基本涵盖了目前市面上较为常见的仪器，具有一定的代表性和说服力，能够证明规范各项技术指标的科学性、可行性，同时也符合TDR土壤水分监测仪校准的技术要求。此外，该规范的实施也有助于提高水资源计量体系建设，为进一步优化水资源监督管理提供技术支撑。