

土壤渗透仪校准规范

Calibration Specification of Soil Permeameter

编制说明

土壤渗透仪校准规范编制组

二零二五年十一月

《土壤渗透仪校准规范》

编制说明

一、任务来源

根据工业和信息化部办公厅关于印发 2025 年行业计量技术规范制修订计划的通知（工信厅科函[2025]299 号）的要求，《土壤渗透仪校准规范》（计划号 JJFZ（建材）011-2025）已列入 2025 年制修订计划，由中国建材检验认证集团（山东）计量检测有限公司负责起草工作。

二、规范起草的背景、目的与意义

土壤渗透仪是用于测量土壤渗透性能的重要仪器，广泛应用于建筑、农业、水利、环境监测等领域。其测量结果的准确性直接影响到土壤水分运动、排水系统规划等工作的科学性和有效性。

土壤渗透仪校准规范的制定旨在解决当前土壤渗透率测量中存在的问题，确保测量数据的准确性和一致性，为土壤渗透仪的校准提供统一的技术规范，填补目前缺乏校准标准的空白。通过规范校准方法，确保测量数据的准确性和可追溯性，为科研和工程应用提供可靠依据。促进土壤渗透测量技术的标准化和规范化，推动相关领域的技术发展。

土壤渗透仪校准规范的制定对科研、工程和行业发展具有重要意义：校准规范确保土壤渗透率测量数据的准确性，为农业、水利、环保等领域提供科学依据。为科研和工程项目提供可靠的测量数据，提升研究成果的可信度和工程设计的科学性。推动土壤渗透测量技术的标准化，提升行业整体技术水平，促进相关产业的可持续发展。

三、规范编制的原则和要求

本规范的编写格式是按照 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编写，并以 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行起草。本规范的计量特性要求和校准方法上参考了 GB/T 9357-2008《土工试验仪器 渗透仪》和 JTG 3430-2020《公路土工试验规程》中相关定义和技术内容。

为了使规范既有先进性、又广泛适应实际使用情况，编制组在制定过程中，力求按照以下原则，完成规范的起草工作：

（1）力求与国际建议、国家检定规程、国家标准接轨，保证其具有先进性、法制性和一致性；

（2）在校准用计量标准器的选择上，综合考虑量值准确、便于量值溯源、现场适应性强、经济实用、性能可靠等因素；

（3）在校准方法的设计上，既要能体现出主要的技术指标，又力求实用、操作简便；

（4）在规范实施中要保证其具有可操作性和经济性。

在上述原则的基础上，考虑到土壤渗透仪的特殊性，本规范对土壤渗透仪的结构尺寸和测压管示值误差等计量特性和校准方法提出了合理的要求。

四、规范的构成

《土壤渗透仪校准规范》由八个章节和五个附录组成，它们分别是：1.范围；2.引用文件；3.概述；4.计量特性；5.校准条件；6.校准项目和校准方法；7.校准结果表达；8.复校时间间隔，以及附录 A~D。

五、规范的编制过程

2025 年 7 月成立了由中国建材检验认证集团（山东）计量检测有限公司牵头组成的编制组。编制组首先进行了大量的文献调研，在了解到目前市场上的土壤渗透仪分为常水头和变水头两种结构后，分类别确定相关工作。先后搜集了许多国内土壤渗透仪有关的技术标准如 GB/T 9357-2008 《土工试验仪器 渗透仪》和 JTG 3430-2020 《公路土工试验规程》等，也包括国内部分生产厂家的技术说明书。同时咨询了相关厂家的技术人员。编制组同时调研了设备使用者的需求，综合讨论出常水头和变水头土壤渗透仪的计量参数，并比对了不同的校准方法，最终确定了目前的校准方法。

在编制过程中又参考了相关国家计量检定规程、国家标准的有关要求，经过多方面细致的工作和研究讨论，于 2025 年 10 月拟定出校准规范的初稿。并于 2025 年开展大量验证性试验工作，先后验证了结构尺寸、测压管示值误差等参量的校准方法的适用性，并评定了相关不确定度，确认不确定度符合量值传递要求，验证结果为满意。随后征求土壤渗透仪生产厂家和使用单位对初稿的意见。

于 2025 年 11 月形成《土壤渗透仪校准规范》的征求意见稿。

六、主要内容编制说明

6.1 适用范围

规范适用于土壤渗透仪计量性能的校准。

土壤渗透仪（以下简称渗透仪）是进行土壤渗透仪（以下简称渗透仪）是进行土壤渗透试验的专用仪器，按结构型式不同可分为常水头渗透仪和变水头渗透仪。常水头渗透仪主要有土样筒（金属孔板、滤网）、测压板（刻度板、测压管）等部分组成。变水头渗透仪由土样容器、供水瓶、测压管等组成，土样容器由上盖、下盖、密封圈、环刀、透水板等组成。

6.2 计量特性

本规范对土壤渗透仪有较大影响的结构尺寸、测压管示值误差进行了规定。

根据常水头渗透系数的计算公式

$$k_t = \frac{QL}{AHt} \quad (\text{T 0129-3})$$

式中： k_t ——水温 $t^\circ\text{C}$ 时试样渗透系数（ cm/s ），计算至二位有效数字；

Q ——时间 t 内的渗透水量（ cm^3 ）；

L ——两测压孔中心之间的试样高度（等于测压孔中心间距： $L=10\text{cm}$ ）；

H ——平均水位差（ cm ）， $H = \frac{H_1 + H_2}{2}$ ；

t ——时间（ s ）。

除了渗透水量由量筒测量得来，时间由电子秒表测量得来之外， L （测压孔中心距）、 H （平均水位差）和 A （试样断面积）均影响渗透系数 k_t 的准确。

根据变水头渗透系数的计算公式

$$k_t = 2.3 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \lg \frac{H_1}{H_2} \quad (\text{T 0130-1})$$

式中： k_t ——水温 $t^\circ\text{C}$ 时的试样渗透系数（ cm/s ），计算至二位有效数字；

a ——变水头管的内径面积（ cm^2 ）；

2.3—— $\ln$ 和 $\lg$ 的变换因数；

L ——渗径，即试样高度（ cm ）；

t_1, t_2 ——分别为测读水头的起始和终止时间（ s ）；

H_1, H_2 ——起始和终止水头（ cm ）；

A ——试样的过水面积（ cm^2 ）。

此处 A、L 均由环刀尺寸控制，H 由测压管刻度得来，t 由电子秒表测量得来。a 由实际测量得来。

在实际调研中，我们发现大部分生产厂家生产的测压管内径 a 与 GB/T 9357-2008《土工试验仪器 渗透仪》存在出入，GB/T 9357 中规定测压管内径不超过 $\Phi 1.0\text{mm}$ ，而大部分生产厂家对于搅拌机工作间隙的技术要求为 $0.5\sim 0.6\text{mm}$ 。考虑到 GB/T 9357-2008《土工试验仪器 渗透仪》为推荐性标准，且年代久远，而目前市场上多家生产企业的产品均声明符合 JTG 3430-2020《公路土工试验规程》或者水利规范，根据设备说明书与实际情况，编制组最终根据 JTG 3430-2020《公路土工试验规程》和实际情况，确定测压管内径要求为 $\leq 10\text{mm}$ 。

对于其他结构尺寸和参量，结合市面上多家生产企业的设备说明书与实际情况，最终选定其计量特性见下表：

表 1 常水头渗透仪计量特性

项目		计量特性
结构尺寸	测压孔中心距	$\Phi(100\pm 0.44)\text{mm}$
	圆筒高度	$(400\pm 4)\text{mm}$
	圆筒内径	$\Phi(100\pm 0.22)\text{mm}$
测压管示值误差		$\pm 1\text{mm}$

表 2 变水头渗透仪计量特性

项目		计量特性
结构尺寸	环刀内径	$\Phi(61.8\pm 0.06)\text{mm}$
	环刀高度	$(40\pm 0.08)\text{mm}$
	圆筒内径	$\Phi(100\pm 0.5)\text{mm}$
	变水头管的内径	$\leq 10\text{mm}$
测压管示值误差		$\pm 1\text{mm}$

考虑到特殊情况，以及校准规范的适配性，我们对于结构尺寸和测压管示值误差的要求仅供参考，如果客户的设备有区别于校准规范的要求，可按设备的特殊要求进行校准，校准方法其实是一样的。

6.3 校准环境条件

对校准和使用有较大影响的校准环境的温度、湿度范围进行了规定。

6.4 计量配套设备

考虑到量值溯源的可行性和经济性，计量所需的标准器采用了易得的卡尺、钢直尺、内径千分尺、壁厚千分尺、外径千分尺。

6.5 校准项目

对土壤渗透仪的结构尺寸、测压管示值误差进行校准。

6.6 校准方法说明

校准前应先检查设备外观结构，确认无影响正常使用的缺陷后再进行校准。
测压管示值刻线应清晰均匀且平直，不应有污损、倾斜。

分别给出了常水头渗透仪和变水头渗透仪的结构尺寸校准方法。使用卡尺、
钢直尺、内径千分尺、外径千分尺，壁厚千分尺测量结构尺寸。

使用钢直尺比对测量测压管的刻线示值。

6.7 复校时间间隔

根据目前国内计量校准的惯例，复校时间间隔建议为一年。

七、试验验证

在本规范的编制过程中，参考了 GB/T 9357-2008 《土工试验仪器 渗透仪》
和 JTG 3430-2020 《公路土工试验规程》中相关定义和技术内容。成稿后，编制
组分别选定了不同厂家的土壤渗透仪进行了验证，由中国建材检验认证集团（山
东）计量检测有限公司牵头在烟台市建工检测服务中心进行校准验证试验，并进
行土壤渗透仪测试比对试验。

验证比对实验数据汇总如下

表 3 不同品牌产品常水头渗透仪结构尺寸和测压管示值误差比对结果

项目	校准机构	品牌 A	品牌 B	品牌 C	扩展不确定 度 $U(k=2)$
测压孔中心距 (mm)	机构 A	100.24	100.10	100.16	0.04
	机构 B	100.22	100.10	100.14	0.04
	机构 C	100.24	100.12	100.16	0.04
圆筒高度 (mm)	机构 A	402.6	401.5	399.8	1.0
	机构 B	402.2	401.2	399.6	1.0
	机构 C	402.5	401.0	399.5	1.0
圆筒内径 (mm)	机构 A	100.06	100.08	100.12	0.04
	机构 B	100.06	100.10	100.14	0.04
	机构 C	100.08	100.10	100.14	0.04
测压管示值误差 (mm)	机构 A	-0.3	-0.2	+0.5	0.5
	机构 B	-0.4	-0.2	+0.3	0.5
	机构 C	-0.4	-0.2	+0.2	0.5

表 4 不同品牌产品变水头渗透仪结构尺寸和测压管示值误差比对结果

项目	校准机构	品牌 D	品牌 E	品牌 F	扩展不确定 度 $U(k=2)$
环刀内径 (mm)	机构 A	61.768	61.835	61.774	0.010
	机构 B	61.762	61.830	61.770	0.010
	机构 C	61.767	61.832	61.776	0.010

环刀高度（mm）	机构 A	40.03	40.02	40.01	0.03
	机构 B	40.04	40.03	40.03	0.03
	机构 C	40.03	40.02	40.02	0.03
圆筒内径（mm）	机构 A	99.84	100.14	100.22	0.04
	机构 B	99.86	100.12	100.23	0.04
	机构 C	99.82	100.16	100.25	0.04
变水头管的内径（mm）	机构 A	5.346	5.553	5.426	0.010
	机构 B	5.342	5.549	5.428	0.010
	机构 C	5.340	5.551	5.422	0.010
测压管示值误差（mm）	机构 A	+0.3	0.0	-0.6	0.5
	机构 B	+0.2	+0.1	-0.4	0.5
	机构 C	+0.2	+0.1	-0.5	0.5

实验结果表明：

- 1.本规范提出的计量技术要求和校准方法满足土壤渗透仪的使用者对计量校准的要求。
- 2.本规范校准规定的计量标准器及辅助的配备，能够符合大多数计量技术部门及土壤渗透仪企业实际应用需求，并能便捷地满足量值溯源的要求。
3. 本规范规定的校准程序和测量不确定分析，在操作上可行，测量结果是可靠。
4. 本规范规定的记录和校准结果表达方式，便于管理。

因此：本规范适用于现阶段土壤渗透仪的校准。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、行业计量技术规范中涉及专利的声明

本规范未涉及专利等知识产权问题。

十、与现行相关法规、规章及相关计量技术规范的协调性

本规范与有关的现行法规、规章及相关计量技术规范没有冲突。

十一、其他应予说明的事项

无。

土壤渗透仪校准规范编制组

2025 年 11 月