

《土壤 pH 的田间现场测定 电位法》

编制说明

一、工作简况：包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组成员及其所做的主要工作等；

1.1 任务来源

本标准由中国土壤学会提出并归口管理，旨在响应国家耕地质量保护与土壤污染防治政策，填补田间现场快速测定方法的标准空白。

1.2 协作单位

项目采取产学研结合的模式，由三家核心单位协作完成。主要承担单位中国科学院南京土壤研究所（事业单位），作为国内土壤科学研究的权威机构，负责项目的整体协调、技术攻关和文本统筹。主要协作单位南京思摩特传感器有限公司作为仪器研发与生产企业，负责提供与标准方法配套的传感器硬件支持、市场调研及产业化衔接。主要协作单位东南大学（事业单位）依托其在数据分析、数据管理领域的学科优势，为标准方法的科学性和可靠性提供数据分析保障，同时参与标准文本中技术参数的论证与校准工作。

1.3 主要工作过程

《土壤 pH 的田间现场测定 电位法》标准制定进度安排（12 个月）

1.3.1 任务启动与准备阶段（第 1 个月）

成立标准制定工作组，明确中国科学院南京土壤研究所、南京思摩特传感器有限公司、东南大学的职责分工；收集国内外相关标准（如 HJ 962-2018、LY/T 1219-1999、ASTM D4972-19、ISO 10390:2021、GB/T 27501-2011）、专利文献及研究成果，完成资料汇编。

1.3.2 文献调研与方法验证阶段（第 2-4 个月）

系统梳理土壤 pH 电位法测定技术（参考 HJ 962-2018、NY/T 1377-2007）；基于专利技术开展田间试验，验证不同土壤类型的测定精度，采集不同温度条件下的 pH 缓冲溶液数据，建立温度校正模型。

1.3.3 标准文本起草阶段（第 5-6 个月）

依据 GB/T 1.1-2020 要求撰写标准初稿，内容包括范围、术语定义（如土壤

pH）、测定步骤等；编制附录 A（土壤酸碱度分级）及附录 B（不同温度下各标准缓冲溶液的 pH 值）。

1.3.4 内部评审与修改阶段（第 7 个月）

组织起草单位内部评审，重点审查技术指标合理性；形成《征求意见稿》及编制说明。

1.3.5 征求意见与反馈处理阶段（第 8-9 个月）

通过中国土壤学会征求意见，公示标准文本并收集反馈；整理《意见汇总处理表》，对争议条款组织论证。

1.3.6 送审稿编制与审查阶段（第 10-12 个月）

修改形成《送审稿》，完善参考文献（如 GB/T 6682-2008、土壤学大辞典）；邀请专家召开审查会，表决通过后提交中国土壤学会，完成送审稿备案。

注：各阶段任务可交叉推进，确保 12 个月内完成送审稿提交。

1.4 起草组成员及主要工作

起草组由科研与工程技术人员共同组成，具体分工如下：

姓名	单位	职称	专业特长及分工
姜军	中国科学院南京土壤研究所	副研究员	土壤化学/项目协调，文本统筹
王亮亮	南京思摩特传感器有限公司	工程师	仪器仪表/市场调研，仪器校准
解宪丽	中国科学院南京土壤研究所	副研究员	土壤地理/资料收集，文献综述
常娥	东南大学	研究馆员	信息管理/数据分析，数据管理
胡文友	中国科学院南京土壤研究所	副研究员	土壤环境/实验室比对，技术开发
王如海	中国科学院南京土壤研究所	正高级工程师	仪器仪表/数据处理，模型建立
谢恩泽	中国科学院南京土壤研究所	助理研究员	土壤地理/实验验证，数据采集
洪志能	中国科学院南京土壤研究所	副研究员	土壤环境/实验室比对，技术开发
张凤	中国科学院南京土壤研究所	研究助理	土壤环境/数据处理，技术开发
徐仁扣	中国科学院南京土壤研究所	研究员	土壤化学/技术审核，质量把控

二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比；

2.1 标准编制原则

本标准在制定过程中严格遵循以下基本原则，确保其规范性、科学性、适用性与协调性：

规范性原则：严格按照 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》的要求起草，确保标准的结构、术语、格式和表述符合国家标准化文件的统一规范。

科学性原则：标准内容以成熟的科学原理（电位法）为基础，所有技术指标、参数和方法的确定均来源于系统的实验室研究、多区域田间验证试验及统计学分析，确保方法的准确性与可靠性。

适用性原则：紧密围绕“田间现场”这一核心应用场景，针对野外环境的复杂性，规定了具体的土壤预润处理、传感器布置、抗干扰措施及简易校准流程，确保方法对各类土壤和基层技术人员均具有高度的可操作性。

协调性原则：积极引用和衔接现行有效的国家标准和行业标准（如 HJ 962-2018、NY/T 1377-2007、LY/T 1219-1999、GB/T 27501-2011），在原理上保持一致，在应用场景上形成互补，避免与现有标准体系冲突。

2.2 确定标准主要内容的论据

2.2.1 技术指标与参数

测量范围（pH：3–11）：基于对我国主要农田土壤长期监测数据的统计分析，土壤 pH 常见范围在 4.0–9.5 之间，极端情况可能低于 3.5 或高于 10.0。此范围设定确保了标准对我国全域各类土壤的适用性。标准不再对温度电极规定固定的测量量程，仅要求温度电极具备与 pH 测量系统配套的温度测量或温度补偿功能（测量误差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ），避免将温度传感器的量程误认为土壤 pH 现场测定的适用温度范围，并兼顾了传感器技术的可实现性能。

允许误差（酸性/中性土壤 pH： ± 0.1 ；碱性土壤 pH： ± 0.2 ；温度： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）：来源于起草单位在全国典型农区（黑土、红壤、水稻土等）开展的上万组平行对比

试验数据。统计分析表明，在规范的现场操作下，酸性土壤 pH 测定的标准差为 0.05–0.10，碱性土壤为 0.10–0.20，温度测定标准差 $<0.5^{\circ}\text{C}$ 。此误差限值在技术上可达，且已能满足农业耕地质量分级、酸化/盐碱化风险评估等实际应用的精度需求。

2.2.2 试验方法与性能要求

电位法测定 pH 的原理与操作：基于电化学的能斯特方程，方法科学成熟。标准中强调使用高输入阻抗 pH 计（偏置电流 $<1\text{ nA}$ ），依据是农田土壤离子丰富，阻抗过低会导致测量回路电流扰动离子分布，引起极化现象。

电极布置要求：测定土层或深度应根据测定目的确定，用于比较分析的数据应保持测定土层和电极插入深度一致，并尽量避开人为扰动明显区域；试验表明，在测定土层和电极插入深度一致的条件下，多点测定结果的空间变异系数 $<5\%$ 。

2.2.3 检验规则与质量控制

校准方法与频率（两点校准法，连续测定时宜每 10 个样品核查一次，每次转场或数据异常时核查）：采用 pH 4.01/6.86（酸性和中性土壤）或 6.86/9.18（碱性土壤）的两点校准法，是电位法仪器校准的通用且最有效方法，能最大程度减少电极斜率偏差和零点漂移带来的误差。规定转场或异常时核查，是基于电极漂移试验数据：连续测定多个样品后，电极可能产生 $<0.05\text{ pH}$ 的漂移，定期核查可确保数据全程可靠。修改稿进一步规定，连续测量多个样品时，应定期采用标准缓冲溶液检查仪器状态，宜每测定 10 个样品后进行一次校准或检查。

数据稳定性确认（插入后静置 1–3 分钟读数）：依据电化学响应动力学试验。电极插入土壤后，其固-液界面电势达到平衡需要时间。试验数据显示，初始 1 分钟内读数波动可达 $\pm 0.05\text{ pH}$ ，静置 3 分钟后读数波动通常小于 $\pm 0.02\text{ pH}$ ，趋于稳定。

2.2.4 与传统田间比色法的比较

传统田间比色法主要依据指示剂显色后的颜色变化与标准比色卡进行人工比对，测定结果易受操作者视觉判断、环境光照及颜色辨识能力等因素影响，量化程度和结果一致性相对有限。本标准采用 pH 电极电位法进行测定，可直接获得数字化 pH 测定结果，并根据仪器读数稳定性确定测定结果，减少人工目视判读带来的影响，适用于田间土壤 pH 的快速测定、现场调查及动态监测，在结果

客观性、量化程度和可追溯性方面具有明显的技术进步性。

2.3 新旧标准水平对比

本项目为首次制定，无对应的旧标准。因此，本标准填补了我国在土壤 pH 田间现场快速测定方法领域的标准空白，与现有的实验室方法标准（NY/T 1377-2007 等）在应用场景、时效性和操作流程上形成根本性区别与互补。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；

3.1 主要试验（或验证）的分析与综述报告

3.1.1 试验设计与数据来源

验证工作基于全国典型土壤类型（东北黑土、亚热带水稻土、红壤、黄棕壤等）开展多区域田间试验，覆盖 pH 3.0–11.0 及温度-30–60℃的范围。采用“田间现场测定”与“实验室标准方法（HJ 962-2018）”双轨比对模式，使用便携式 pH 传感器进行现场测定，每组样品设置 3 次平行重复，确保数据可靠性。数据来源于中国科学院南京土壤研究所 2019-2025 年的系统性田间试验及合作企事业单位的仪器校准报告。

3.1.2 关键技术指标验证结果

准确度与精密度：酸性土壤（pH<6.5）平行测定标准差为 0.05–0.10 pH，碱性土壤（pH>7.5）为 0.10–0.20 pH，温度测定标准差<0.5℃，完全满足标准规定的允许误差要求（pH: $\pm 0.1/\pm 0.2$ ；温度: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ）。

方法可比性：田间原位测定结果与实验室标准方法测定结果具有一定相关性，但相关程度受土壤类型、土壤水分状况、氧化还原条件及测定条件等因素影响。起草组已围绕田间原位测定与实验室标准方法的对比开展研究并发表论文（土壤学报, 2024, 61(6): 1568–1576; Soil and Tillage Research, 2025, 252: 106608），相关成果作为本标准制定的技术依据；考虑到标准正文主要规定测定方法、技术要求及质量控制要求，未将特定试验条件下获得的相关性数据直接列入标准正文。

操作规范性验证：验证了“土壤近饱和湿度预处理”可使电极-土壤接触电阻降低，pH 计读数稳定性显著提升。

3.2 技术经济论证

3.2.1 技术优势

该方法将单样测定时间从实验室方法的 30 分钟以上（不含样品运输与前处理时间）缩短至 3 分钟以内，效率提升 10 倍以上。通过标准化操作流程和智能化校准，显著降低了因人员操作差异导致的数据偏差，实现了数据的即时性与可比性。

3.2.2 经济性分析

与实验室检测方式相比，该技术的一次性设备投入成本相当，但运行成本更低；同时，可实现土壤信息的实时获取，为精准施肥和土壤改良措施的动态调整提供技术支撑。

3.3 预期的经济、社会与生态效益

本标准方法技术成熟、经济可行，其推广应用将产生降低监测成本、提升农业收益、赋能精准管理、保护土壤环境等多重叠加效益，对保障国家粮食安全与农业绿色发展具有重要价值。

四、标准涉及的相关知识产权说明；

根据《国家标准涉及专利的管理规定（暂行）》及《中国土壤学会团体标准制修订项目管理办法》的要求，现对本标准《土壤 pH 的田间现场测定 电位法》制定过程中涉及的相关知识产权情况说明如下：

经充分检索与确认，本标准的技术内容主要依据成熟、公开的科学原理（如电位法测定土壤 pH、热电阻法测定土壤温度）及起草单位长期积累的科研成果与实践经验。在标准制定过程中，未发现或引用其他单位或个人的专利、技术秘密等知识产权。

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系；

5.1 采用国际标准的程度与水平的简要说明

本标准《土壤 pH 的田间现场测定 电位法》在起草过程中，充分研究并参考了相关的国际标准，包括 ISO 10390:2021，ASTM D4972-19，这些标准均严格限定于实验室分析，要求样品经风干、研磨、浸提等复杂前处理，旨在追求在理想可控条件下的最高精度。而本标准的核心目标是规范田间现场原位快速测定，以

满足农业实时监测的需求。

技术路线的创新与适应：本标准并未照搬国际标准的实验室流程，而是基于相同的科学原理（电位法），创新性地整合了高输入阻抗现场仪器、土壤预润处理、动态温度补偿模型以及抗干扰的传感器布设规范，形成了一套完全适用于野外复杂环境的技术体系。在测定效率和现场适用性方面，本标准具有显著优势。

技术指标的协调与优化：在测量范围、允许误差等关键指标上，本标准在确保数据能满足我国农业应用需求（如耕地质量分级）的前提下，参考了国际标准对数据质量的要求，并基于大量国内田间验证数据进行了优化设定。例如，pH 测量范围（3–11）覆盖了我国土壤的实际酸碱度跨度。

本标准在方法原理上与国际标准接轨，保持了科学性；在技术实现和应用定位上具有显著的创新性和中国特色，解决了国际标准无法满足的田间实时监测痛点。其技术水平体现在原理的可靠性、现场的实用性、数据的可比性以及对我国农业生产需求的精准适配性。

5.2 与现行有关法律法规和强制性标准的关系

本标准严格遵循国家相关法律法规，并与现行标准体系协调互补，不存在冲突。本标准规范性引用了 HJ 962-2018《土壤 pH 值的测定 电位法》和 LY/T 1219-1999《森林土壤温度的测定》等行业标准。这种引用明确了本标准方法原理的溯源，同时通过规定不同的应用场景，与这些标准形成了清晰的分工与互补，共同构成了更完善的土壤理化性质测定标准体系。

六、重大意见分歧的处理经过和依据；

本标准在制定过程中，通过广泛征求意见、试验验证及专家咨询，各方面对标准主要内容（如技术指标、参数、试验方法等）未产生重大分歧意见。

七、其他应予说明的事项

本项目标准初稿名称为《土壤 pH 和温度的田间现场测定》。在立项申请阶段（2026 年 3 月），考虑到土壤温度是土壤 pH 现场测定所需的配套参数而非独立的测定指标，将标准名称修改为《土壤 pH 的田间现场测定》并完成立项。项目立项后，在标准草案修改完善、

形成征求意见稿阶段（2026 年 9 月），根据立项评审专家意见，考虑到本标准规定的是采用电位法测定土壤 pH 的田间现场测定方法，为明确本标准规定的测定方法、与比色法等其他土壤 pH 测定方法相区分，并保持中英文标准名称的对应，将标准名称修改为《土壤 pH 的田间现场测定 电位法》（英文名称为 *In situ measurement of soil pH—Potentiometry*）。