

ICS 13.080.40
CCS B10

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 0 —2026

土壤含水量、温度和盐分的田间现场测定 传感器法

In situ measurement of soil water content, temperature, and salinity

(Sensor-based method)

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国土壤学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	3
5 传感器布置技术要求	5
6 土壤含水量、温度、盐分的野外现场测定步骤	6
7 数据质量控制	7
8 注意事项	8
附录 A （规范性） 土壤盐分分级表	10

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国土壤学会提出并归口。

本文件起草单位：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。

本文件主要起草人：姜军、王亮亮、胡文友、常娥、张凤、解宪丽、王如海、洪志能、谢恩泽、徐仁扣。

土壤含水量、温度和盐分的田间现场测定 传感器法

1 范围

本文件规定了田间现场土壤含水量、土壤温度及土壤盐分的传感器测定方法：采用时域反射法或频域反射法测定土壤含水量，采用热电阻/热敏电阻法测定土壤温度，采用电导率法测定土壤盐分。

本文件适用于农业、林业及其他陆地生态系统土壤水分、土壤温度和土壤盐分的田间现场测定。

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

GB/T 28418-2012 土壤水分（墒情）监测仪器基本技术条件

HJ 802-2016 土壤电导率的测定 电极法

LY/T 1219-1999 森林土壤温度的测定

LY/T 1213-1999 森林土壤含水量的测定

NY/T 1121.16-2006 土壤检测：土壤水溶性盐总量的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤含水量 Soil water content

又称土壤水分，即土壤中的水分含量，表示方法常用的有质量（重量）含水量和体积（容

积)含水量。其中,质量含水量指土壤中水的质量与干土的质量之比,体积含水量指土壤中水的体积与土壤体积之比,土壤质量含水量乘以土壤容重即为土壤体积含水量。

3.2

土壤温度 Soil temperature

土壤温度是地表以下不同深度土壤的温度。土壤温度(地温)影响植物的生长、发育和土壤的发生、发育;另外土壤中各种生物化学过程,如微生物、土壤动物等活动所引起的生物化学过程和非生命的化学过程,都受土壤温度的影响。

3.3

土壤盐分 Soil salinity

土壤中可溶盐的总量,以每千克干土中含有可溶盐的克数表示,并以此作为土壤盐分评价和分级的依据。

3.4

土壤电导率 Soil electrical conductivity

表征土壤介质导电能力的物理量,单位为 dS m^{-1} 。本标准中土壤电导率为现场传感器直接测定的指标,经温度校正后,可根据当地土壤类型和区域条件,采用经验证的经验模型或外标法换算为土壤含盐量。

3.5

时域反射法(TDR) Time domain reflectometry

向土壤中发射电磁脉冲信号,通过测量电磁波在探针中的传播及反射特性,获得土壤表观介电特性,并根据土壤表观介电特性与体积含水量之间的关系测定土壤含水量的方法。

3.6

频域反射法(FDR) Frequency domain reflectometry

向土壤中施加特定频率或频率范围的交流电磁信号,通过测量土壤介电响应或相关电学参数,获得土壤介电特性参数,并根据土壤介电特性参数与体积含水量之间的关系测定土壤含水量的方法。

3.7

相对误差 Relative error

相对误差指的是测量所造成的绝对误差与被测量（约定）真值之比乘以 100%所得的数值,以百分数表示,反映测量结果偏离真值的大小。

3.8

允许相对误差 Maximum permissible relative error

测量结果相对于参考值的相对偏差所允许的最大限值。

3.9

允许绝对误差 Maximum permissible absolute error

测量结果与参考值之间的绝对偏差所允许的最大限值。

4 原理

4.1 基于介电特性的土壤含水量测定方法

时域反射法（Time domain reflectometry, TDR）和频域反射法（Frequency domain reflectometry, FDR）均是基于土壤介电特性测定土壤含水量的方法。其基本原理在于：向土壤中施加电磁信号,使信号沿由水、空气和土壤颗粒组成的介质传播,土壤含水量的变化会引起其介电常数发生改变,从而影响电磁信号的传播特性或电学响应参数。TDR 方法通过测量电磁脉冲在土壤中的传播时间及反射特征获取介电常数, FDR 方法则通过测量电磁信号的频率响应、电容或阻抗变化获取介电常数。通过建立土壤介电常数与体积含水量之间的关系,可实现土壤体积含水量的测定。

4.2 热电阻/热敏电阻法测定土壤温度

利用金属热电阻或半导体热敏元件的电阻随温度变化的特性。将传感器埋设于土壤中，测量敏感元件的电阻值，依据预先标定的电阻-温度关系，换算得到土壤温度。

4.3 电导率法测定土壤盐分

采用电导率法，即使用两电极或者四电极法，插入待测土壤，应用交流激励信号源，测定待测土壤的电导值，根据测量环境温度和电极的电导池常数，换算为土壤 25℃条件下土壤电导率值，并将电导率值换算为土壤盐分。电导率电极为两电极或四电极形式，一对电极用于交流信号源驱动，另外一对电极用于电流测量，双电极是交流信号源驱动和电流信号测量共用同一对电极。

4.4 检测设备技术要求

用于土壤含水量、温度和盐分测定的传感器及配套仪器应满足以下要求：

- 1) 土壤含水量测量范围应覆盖 0%–100%，测量准确性应满足 7.2 的要求；
- 2) 土壤温度测量范围应覆盖-30–60 °C，测量误差应满足 7.2 的要求；
- 3) 土壤盐分以土壤电导率表征时，电导率测量范围应覆盖 0–50 dS/m，测量准确性应满足 7.2 的要求；
- 4) 传感器及配套仪器的分辨率应满足测定结果记录和质量控制要求；
- 5) 传感器及配套仪器应具有稳定的测量响应，响应时间应满足现场测定要求；具体响应时间按仪器说明书规定执行；
- 6) 传感器及配套仪器应适用于现场测定环境，并具有必要的防水、防尘及抗腐蚀性能。

5 传感器布置技术要求

为保证土壤含水量、温度与盐分测量结果的代表性、准确性和重复性，传感器布置应根据测定目的、仪器结构形式、土壤性质及现场环境条件确定。传感器安装过程中应保证探头与土壤充分接触，减少安装扰动、空间异质性及环境因素对测量结果的影响。

5.1 传感器类型及布置原则

土壤含水量、温度和盐分现场测定可采用分体式传感器或集成式传感器。分体式传感器由土壤含水量、温度和盐分测量单元分别组成，应根据测量目的合理布设各测量探头，使其位于相同或对应的目标土层，以保证不同参数之间具有可比性。其中，温度传感器应避免受到太阳辐射、地表热交换及其他热源影响，并尽量与含水量和盐分测量区域保持一致。集成式传感器由同一传感单元实现多个参数同步测量，安装时应按照仪器使用要求进行布设，保证各测量单元均处于目标土层，并确保探头与土壤充分接触。

5.2 安装与接触要求

传感器探头应稳定插入或埋入土壤，保证探头表面与土壤充分接触，不得存在明显空隙。对于土壤紧实度较高的情况，可采用预打孔方式辅助安装，但应避免造成较大的土壤结构扰动。传感器布设后应保持位置稳定，避免因松动、倾斜或土壤沉降造成测量漂移。线缆布置应避免影响探头稳定性，并采取必要措施防止踩踏、动物破坏或长期环境暴露造成损伤。

5.3 测定深度及空间布设要求

传感器测定深度应根据测定目的确定，可选择耕作层、主要根系层或其他目标土层。开展多点测量、区域调查或模型构建时，应保持不同测定点的测定土层和传感器安装深度一致，以提高测量结果的可比性。多点布设时，应根据土壤空间变异特征和测定目的合理

确定测定点数量及间距。不同测定点之间宜保持适当水平距离，推荐不小于 1 m，以减少空间异质性、局部扰动及相邻测量影响。

5.4 环境适应性要求

传感器布设位置应具有代表性，应避开排水沟、田埂、大型石砾、明显扰动区域及植株根系高度集中区域等可能影响测量结果的位置。传感器及其外壳材料应具备良好的防水、防腐蚀和抗环境老化性能，满足野外温湿度变化条件下长期稳定工作的要求。对于长期布设的传感器，应采取必要的防护措施，避免环境因素影响测量稳定性。

5.5 校准与布设一致性要求

传感器在正式布设前应完成必要的校准或性能检查。传感器安装完成后，应避免频繁移动或重新调整位置，以保持测量环境稳定。对于不同区域、不同土壤类型及不同土层条件下的测量，应结合当地土壤性质和校准条件对测量结果进行合理解释，必要时开展区域校准或修正。

6 土壤含水量、温度、盐分的野外现场测定步骤

6.1 土壤含水量、温度、盐分的现场测定

1) 根据测定目的确定测定土层和深度，并选择具有代表性的测定位置，避开排水沟、田埂、大石块、植株根系集中区等影响代表性的区域。探针应垂直插入土壤至规定深度，并与土壤充分接触，不得留有明显空隙。多点测量时，各测点的测定土层和探针插入深度应保持一致。

2) 当探针无法以手力平稳插入土壤时，可判定为土壤较硬。此时，可使用直径略小于探针的不锈钢或硬质塑料导杆预先打孔，导孔深度应不小于探针插入深度；将探针完全插入导孔后，轻压周围土壤，使探针与土壤充分接触，不得留有明显空隙。

3) 静置 30 s–2 min，或待读数稳定时记录含水量、温度和盐分值。读数稳定的判断应

以仪器说明书规定的稳定条件为准；仪器未规定稳定条件时，连续两次读数间隔 30 s，各指标读数变化不超过相应测量分辨率时，可判定为读数稳定。

6.2 结果计算与表示

测定土壤含水量和温度时，可直接读取仪器显示的含水量和温度值。测定土壤盐分时，仪器直接输出盐分含量值的，应明确其原始电导率测定值、换算模型、测定单位及适用条件，并经相应区域土壤条件验证后使用。仪器输出电导率值的，应根据测定温度将电导率校正至 25°C，并根据当地土壤类型和区域条件，采用经验证的换算模型或外标法换算为土壤含盐量；对于无适用校准关系的情况，应报告经温度校正后的土壤电导率测定值。

土壤盐分分级应以换算得到的土壤含盐量为依据。判定时，首先根据测定区域确定适用的盐分分级标准，再将换算得到的土壤含盐量与附录 A 相应的分级区间进行比较，确定土壤盐分等级。测定结果宜记录电导率、换算后的土壤含盐量及对应的盐分等级。

7 数据质量控制

7.1 检测范围

土壤含水量测量范围为 0–100%，土壤温度测量范围为-30–60 °C，土壤盐分（以电导率表示）的测量范围为 0–50 dS m⁻¹。

7.2 试验结果允许绝对误差或允许相对误差

土壤含水量测量允许误差应根据含水量水平进行分档评价，当土壤体积含水量 ≥ 10% 时，允许相对误差不应超过 ± 10%（体积含水量）；当土壤体积含水量 < 10% 时，允许绝对误差不应超过 1.0%（体积含水量）。

土壤温度允许绝对误差为 0.5 °C。

土壤盐分（以电导率表示）范围 < 2, 2–8, 8–20, 20–50 dS m⁻¹ 时，允许相对误差为 < 20%, 15%–10%, 10%–5%, 和 < 5%。

7.3 测定结果质量判定

土壤含水量、温度和盐分测定结果应在传感器读数稳定后记录。同一测点重复测定时，测定结果应具有良好的一致性。出现读数持续漂移、异常波动或传感器响应异常时，应检查传感器与土壤的接触状态及仪器工作状态，并重新测定。

7.4 特殊土壤条件下测量的质量控制

土壤质地、盐分含量、石砾含量及有机质含量等因素可能影响传感器与土壤介质之间的水分分布、电磁响应和电导特性，从而导致土壤含水量和盐分测量结果产生差异。使用时，应根据土壤类型、土地利用方式、土层深度及现场条件，合理选择测量位置和测量深度，确保测量点具有代表性。对于黏性较强、砂性较高、高盐分、高石砾含量或有机质含量较高等特殊土壤，应关注其对传感器响应及测量结果的影响。必要时，应采用区域校准、建立适宜的换算模型或采取增加重复测定等质量控制措施，以提高测量结果的可靠性。不同区域、不同土壤类型及不同土层条件下获得的测量结果，应结合当地土壤特性和校准条件进行合理解释和应用。

8 注意事项

8.1 为提高土壤含水量、温度和盐分野外原位测定结果的准确性和可比性，有必要将三者测量纳入统一技术规范。土壤含水量测定通常基于介电特性，盐分测定基于电导特性，二者的测量结果均受温度影响显著。一方面，温度变化会影响土壤介电常数和电导率等关键参数，从而引起含水量和盐分测量结果的系统性偏差；另一方面，土壤含水量与盐分之间存在耦合关系（如水分变化影响电导率测量），若未进行温度修正及多参数协同测量，将直接影响测定结果的准确性和一致性。因此，有必要对土壤含水量、温度和盐分的协同测定方法进行统一规范。

8.2 进行土壤含水量、温度和盐分测定时，必须使探针和土壤保持良好接触，并且将探

针完全埋入土壤中，严格本标准规定的操作步骤进行测定。对于测定结果明显异常或超出仪器测量范围的，应进行复测或采用相应实验室方法进行复核。

8.3 不能使土壤含水量、温度和盐分不锈钢探针弯曲，否则会影响测量精度；若土壤过硬，则需先打一个小孔，不能强行插入，传感器背后亦不能用硬物敲击；

8.4 测定结果为探头范围内的含水量和盐分平均值。

附录 A

(规范性)

土壤盐分分级表

本分级表中的土壤含盐量为以干土质量计的土壤含盐量 (g kg^{-1})，分级阈值适用于表中规定的相应区域和盐分类型。采用现场传感器测定土壤盐分时，仪器输出电导率值的，应根据当地土壤类型、区域条件及测定方法，采用经验证的换算模型或外标法换算为土壤含盐量；仪器直接输出盐分含量值的，应确认其计算模型、测定单位及适用条件，并经相应区域土壤条件验证。所得土壤含盐量与本分级表的定义和单位一致时，可依据本表进行土壤盐渍化程度判定。未经区域校准或无法明确其盐分计算模型和适用条件的现场传感器盐分结果，不宜直接用于本表的土壤盐渍化程度判定。

表 A.1 土壤盐分分级表

盐化系列及适用地区	土壤含盐量 (g kg^{-1})				盐渍类型
	非盐化	轻度	中度	强度	盐土
海滨、半湿润、半干旱、干旱区	<1.0	1.0–2.0	2.0–4.0	4.0–6.0	>6.0 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, Cl^- , $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$, $\text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^-$
半漠境及漠境区	<2.0	2.0–3.0	3.0–5.0	5.0–10.0	>10.0 SO_4^{2-} , $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$, $\text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^-$