

ICS 17. 120

P 12

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 364—2015

替代 SL 364—2006

土壤墒情监测规范

Specifications for soil moisture monitoring

2015-11-19 发布

2016-02-19 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
(土壤墒情监测规范)

2015 年第 61 号

中华人民共和国水利部批准《土壤墒情监测规范》(SL 364—2015) 为水利行业标准，现予以公布。

序号	标 准 名 称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	土壤墒情监测规范	SL 364—2015	SL 364—2006	2015. 11. 19	2016. 2. 19

水利部

2015 年 11 月 18 日

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 站网布设	3
5.1 土壤墒情监测站分类与管理	3
5.2 布设原则	3
5.3 布设密度	3
5.4 监测地块选择	4
5.5 监测站位置确定	4
6 监测站查勘与调查	4
6.1 基本情况的查勘与调查	4
6.2 历史旱情的调查	5
6.3 土壤物理特征调查与分析	5
6.4 土壤水分常数的测定	5
7 土壤墒情监测一般规定	5
7.1 监测项目	5
7.2 监测点位置确定与采集点深度设定	5
7.3 监测时间与频次	6
7.4 监测仪器设备配置与性能基本要求	7
7.5 监测精度要求	8
7.6 自动监测仪器检测和率定一般规定	9
8 土壤含水量监测步骤与要求	9
8.1 人工取土烘干法	9
8.2 介电类固定埋设自动监测传感器安装步骤与要求	10
8.3 介电类移动自动墒情监测步骤与要求	11
8.4 介电类自动监测仪器一般计算公式	13
8.5 张力计法	13
8.6 中子水分仪法	14
9 土壤墒情自动测报系统建设要求	15
9.1 前期准备要求	15
9.2 系统组成	15
9.3 仪器设备安装要求	16
9.4 通信信道与数据规约	16
9.5 信息接收与存储	16
9.6 系统调试	17
9.7 运行维护	17

10 资料整编	17
10.1 一般规定	17
10.2 资料存储	20
10.3 成果分析	20
附录 A (资料性附录) 说明表及位置图	22
附录 B (资料性附录) 土壤干容重测定方法	23
附录 C (资料性附录) 田间持水量测定方法	24
附录 D (规范性附录) 监测记录表	26
附录 E (规范性附录) 信息采集系统	38
附录 F (资料性附录) 土壤水分自动监测仪器率定与比测方法	41
附录 G (规范性附录) 土壤含水量相关要素计算公式	44
标准历次版本编写者信息	46

前 言

依据水利行业标准制修订计划安排，按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的要求，对 SL 364—2006《土壤墒情监测规范》进行修订。

本标准共 10 章和 7 个附录，主要内容有：

- 站网布设；
- 监测站查勘与调查；
- 土壤墒情监测一般规定；
- 土壤含水量监测步骤与要求；
- 土壤墒情自动测报系统建设要求；
- 资料整编。

本次修订的主要内容有：增加了土壤墒情监测技术、自动测报系统建设和站网布设技术等内容，充实了土壤水分常数的测定方法和资料整编成果分析，删减了数据库表结构和条文说明。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL 364—2006

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水文局

本标准解释单位：水利部水文局

本标准主编单位：水利部水文局

本标准参编单位：吉林省水文水资源局

辽宁省水文局

安徽省水文局

河南省水文水资源局

山东省水文局

陕西省水文水资源勘测局

水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：章树安 王光生 于 钊 邹文安 金福一 赵 红 崔新华 张胜平
顾李华 刘满红 杨桂莲 戴 宁 师光玉

本标准技术内容审查人：姚永熙

本标准体例格式审查人：陈 颖

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条 2 号；邮政编码：100053；电话：010-63204565；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

土壤墒情监测规范

1 范围

本标准规定了土壤墒情监测站网的布设原则，监测站查勘与调查的方法，给出了土壤墒情监测的一般规定以及含水量监测的具体方法，明确了土壤墒情自动测报系统的建设要求，并规定了资料整编的要求。

本标准适用于水利行业土壤墒情监测工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

SL 34 水文站网规划技术导则
SL 61 水文自动测报系统技术规范
SL 196 水文调查规范
SL 247 水文资料整编规范
SL 437 土壤墒情数据库表结构及标识符
SL 502 水文测站代码编制导则
SL 568 土壤墒情评价指标
SL 651 水文监测数据通信规约
NY/T 1121.4 土壤容重的测定

3 术语和定义

3.1

土壤墒情 **soil moisture**

田间土壤含水量及其对应的作物水分状态。

3.2

土壤墒情监测站 **monitoring stations for soil moisture**

土壤墒情基本监测站和临时监测站的统称，简称墒情站。

3.3

基本土壤墒情监测站 **basic monitoring stations for soil moisture**

由国家或地方统一规划和建设用于长期连续收集固定地块墒情信息的监测站，简称基本墒情站。

3.4

临时土壤墒情监测站 **temporary monitoring stations for soil moisture**

根据抗旱工作需要，临时布设在非固定地块、不连续观测的监测站，也称土壤墒情应急监测站，简称临时墒情站。

3.5

土壤墒情监测方式 **soil moisture monitoring method**

采用不同仪器设备监测土壤含水量的工作方式，其方式可分为人工取土烘干监测、固定埋设自动墒情监测、人工便携式自动墒情监测三种。人工便携式自动墒情监测也称移动自动墒情监测。

3.6

人工取土烘干法 **oven - drying method**

在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下, 将土壤烘干至恒重时, 所失去的水分质量和达恒重后干土质量的比值, 用百分数表示, 这种测定土壤重量含水量的方法, 称为烘干法, 也称称重法, 是直接测量土壤水分的一种方法, 也是国内外通用的测定土壤含水量标准方法。

3.7

介电类法 dielectric method

通过测量土壤中的水和其他介质介电常数之间的差异的原理, 测量土壤含水量的技术方法统称。一般包括频域法 (FD) 和时域法 (TD)。

3.8

张力计法 tensiometer method

根据土壤中的土水势与土壤含水量相关关系的原理测量土壤含水量的方法, 也称负压法。

3.9

中子法 neutron method

根据放射性中子源快中子进入土壤介质中, 主要与氢原子相碰撞减速, 使快中子损失能量而慢化, 并且慢中子云球的密度与中子源作用范围内的介质中的水分含量存在函数关系的原理, 通过测量慢中子云的通量密度来确定土壤含水量的方法。

3.10

土壤水分常数 soil moisture constants

能反映土壤特定状态的含水量, 一般为饱和含水量、田间持水量和凋萎含水量的统称。

3.11

土壤重量含水量 gravimetric soil water content

土壤保持的水分质量与其干土质量的比值, 用百分数表示。

3.12

土壤体积含水量 volumetric soil water content

土壤保持的水分体积与其总体积的比值, 用百分数表示。

3.13

土壤干容重 dry bulk density of soil

土壤样品的干土重与土壤样品体积的比值, 用 g/cm^3 表示。

3.14

土壤水分自动监测仪器公式率定 calibration of automatic monitoring instruments for soil moisture

在同一土壤质地、不同土壤含水量条件下, 通过实验室或野外, 采用人工取土烘干法与自动监测仪器对比监测和数据分析, 拟合出土壤水分传感器输出电信号与土壤含水量对应关系, 对自动监测仪器监测的土壤含水量的精度进行测定与校准, 满足监测精度要求。

4 总则

4.1 土壤墒情监测站应统一编码。基本墒情站应按 SL 502 的有关规定执行, 临时墒情站宜参照 SL 502 的规定格式自行编制。

4.2 墒情监测仪器设备和自动测报系统建设应满足实用、可靠、先进、经济、高效原则。

4.3 用于水利行业的墒情自动监测仪器, 应采用国家认定的仪器质检部门检测合格的产品。

4.4 应定期对土壤水分自动监测仪器进行测定与校准, 以满足监测精度要求。

4.5 基本墒情站监测信息应按本标准要求资料整编和存储, 临时墒情站监测信息和其他旱情信息可根据需要整理和保存。

4.6 土壤墒情监测除应符合本标准规定外, 尚应符合国家现行有关标准的规定。

5 站网布设

5.1 土壤墒情监测站分类与管理

5.1.1 土壤墒情监测站按布设目的和作用可分为基本墒情站和临时墒情站两类。

5.1.2 土壤墒情监测站按管理方式可分为国家墒情站和地方墒情站。国家墒情站由国家水行政主管部门统一规划、设计和建设，并向国家水行政主管部门和有关单位报送墒情信息。地方墒情站由地方水行政主管部门根据本地的应用需要和具体情况进行规划、设计和建设，并向地方水行政主管部门、国家水行政主管部门和有关单位报送墒情信息。

5.1.3 国家墒情站网的调整应报国家水行政主管部门或委托主管部门审批；地方土壤墒情监测站网的调整应报地方水行政主管部门或委托主管部门审批，报国家水行政主管部门或委托主管部门备案。

5.1.4 国家与地方业务主管部门负责墒情站的监测仪器设备维护管理和技术人员培训等工作。

5.1.5 土壤墒情监测站按监测方式可分为人工墒情站、固定自动墒情站、移动自动墒情站。

5.1.6 为研究土壤水分运移规律、监测技术方法等，可设立墒情试验站。

5.2 布设原则

5.2.1 基本墒情站布设应遵循下列原则：

- a) 耕地面积与行政单元相结合的总体布设原则。
- b) 按耕地地形（山区、丘陵区、平原区）分别确定单站控制的耕地面积。
- c) 按地市级行政单元均匀布设，每个有耕地的县（市、区）至少布设一个基本墒情站。
- d) 易旱地区、雨养农业区、水资源短缺地区、粮食主产区等应增加监测站的数量。
- e) 根据土壤质地、农作物种植结构和地形地貌等条件，并考虑站点的区域代表性，综合确定墒情站点的布设。
- f) 交通便利，便于管理，公网通信条件好，易于维护。

5.2.2 临时墒情站布设应遵循下列原则：

- a) 根据抗旱工作需要，补充基本监测站网不足，临时增加墒情监测信息。
- b) 有一定区域代表性。
- c) 交通便利，易于信息采集，公网通信条件好。
- d) 根据旱情程度，确定布设临时站数和位置。

5.3 布设密度

5.3.1 国家墒情站布设密度宜根据历史上旱情和农业、牧业的分布情况及耕作面积确定，也可按行政区划布设。

a) 按耕作面积布设墒情站网，其最低布设密度按下列规定控制：

- 1) 山丘区，单站控制耕作面积 $3000 \sim 30000 \text{hm}^2$ 。
 - 2) 丘陵区，单站控制耕作面积 $10000 \sim 50000 \text{hm}^2$ 。
 - 3) 平原区，单站控制耕作面积 $30000 \sim 90000 \text{hm}^2$ 。
 - 4) 国家粮食主产区、水资源短缺地区和易旱地区，墒情站网密度宜在上述同类型地区墒情站网最低布设密度指标基础上适当加密。
- b) 按行政区划布设墒情站网，按 SL 34 布设密度要求，其最低布设密度为：
- 1) 一般地区：2~3 站/县。
 - 2) 国家粮食主产区、水资源短缺地区和易旱地区：3~5 站/县。

5.3.2 地方墒情站的布设密度控制，应充分考虑已布设的国家墒情站基础上，结合实际需要，由地

方根据当地的具体情况确定。

5.4 监测地块选择

5.4.1 土壤墒情站选址应在适宜地块上选取。监测地块应为代表性耕作地块，应考虑其土壤质地、农作物种植结构、地形地貌和水文地质等条件。宜选取地形平坦的地块。

5.4.2 山丘区应选择面积较大的地块，不宜设在沟底。

5.4.3 平原区应设在平整且不易积水的地块。地块面积宜大于 1hm^2 。

5.5 监测站位置确定

5.5.1 基本墒情站位置确定应遵循下列原则：

- a) 应选择在交通便利、公网通信条件好的地方；宜远离河流、泉水、水库和大型渠道；宜远离树林、高压线和高大建筑物。
- b) 站址应布置在距代表性地块边缘 10m 以上且平整的地块中，应避免低洼易积水的地方，且同沟槽和供水渠道宜保持 20m 以上的距离，避免沟渠水侧渗对土壤含水量产生影响。
- c) 固定埋设自动监测仪器、设施应布置在代表性地块的一侧，以避免耕作对其的影响；监测仪器应安装在能反映大田农作物土壤水分变化的耕作区土层中，仪器周围应设置保护栏杆，防止耕种时碰撞、破坏，但不应设置围墙或实体围栏，避免仪器所在地块与周围大田地块相隔离而失去代表性。
- d) 基本墒情站宜均匀布设，应综合考虑与相关水文站网的协调，并宜依托现有水文站进行管理与维护。
- e) 基本墒情站的监测位置范围应相对稳定，监测位置一经确定不得随意改变，以保持墒情监测资料的一致性和连续性。

5.5.2 移动自动墒情站的位置确定，除执行 5.5.1 中的原则外，站点分布应满足每套移动墒情监测设备在 1 个工作日内能够完成多个墒情站监测任务的要求。

5.5.3 基本墒情站除收集代表性地块的土壤墒情信息外，在发生严重干旱的情况下，宜在代表区域中增设临时墒情站进行墒情监测。

5.5.4 临时墒情站位置确定，可参考上述规定执行。临时墒情站的布设应根据土壤、水文地质条件、代表性作物种类、旱情轻重等情况确定。

6 监测站查勘与调查

6.1 基本情况的查勘与调查

6.1.1 当基本墒情站的位置确定后，应查勘其所在村的行政区划、经纬度，确定站名。

6.1.2 应对基本墒情站所处位置区域，开展水文气象、水文地质、地形地貌、植被、农田水利工程、农作物种植、通信条件等调查。根据 SL 196 的规定要求，调查应包括下列项目：

- a) 收集代表区域的河流、湖泊、水库及池塘等地面水体的情况，调查地表水资源量及地表水的开发利用情况，了解周围地貌及作物类型等情况。
- b) 附近有水文站的基本墒情站，应收集附近站多年平均降水量、多年平均蒸发量、多年平均气温等资料。
- c) 了解基本墒情站代表区域灌溉系统情况及农田水利工程的规划情况，调查灌溉耕地和非灌溉耕地（或牧场）的面积及分布情况。
- d) 了解基本墒情站附近的公网通信质量。

6.1.3 通过查勘与调查应填制基本墒情站说明表、绘制监测站点位置图，见附录 A。

6.1.4 临时墒情站查勘与调查，可根据实际情况简化查勘与调查项目。

6.2 历史旱情的调查

6.2.1 应对基本墒情站代表区域的历史旱情、历史作物种类等进行调查。

6.2.2 收集各基本墒情站代表区域所在市、县地方志、国民经济统计年鉴、水利志、不同时期的防汛抗旱手册等资料中关于典型年旱情的描述，并对典型年旱情资料进行分析。

6.3 土壤物理特征调查与分析

6.3.1 应对基本墒情站和代表区域的土壤类型、土壤质地、土层厚度、土壤包气带厚度、土壤的层次结构及分布进行调查。

6.3.2 应分析基本墒情站的土壤颗粒级配情况，绘出代表性地块土壤颗粒级配曲线。

6.3.3 代表性地块的土壤干容重分析，可采用环刀采样。具体测定方法参见附录 B。

6.3.4 利用以上的土样为标本，求出每个样品固体颗粒的体积、每个样品的土壤密度和孔隙度。

6.4 土壤水分常数的测定

6.4.1 在测定土壤物理特性的同时，新建站应测定饱和土壤含水量、田间持水量和凋萎含水量。

6.4.2 饱和含水量测定应满足下列要求：

a) 取土样、浸泡步骤具体参见附录 C.1.3 中的 a)、b) 的要求。

b) 取环刀中的原状土 30~50g，放入已称重的铝盒，立即称重。在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重，取出后放入干燥器内冷却至室温，称重，计算水分含量，此时即为土壤饱和含水量。

6.4.3 田间持水量可选用环刀法、围框淹灌或天然降水法测定。田间持水量的具体测定方法参见附录 C。

6.4.4 凋萎含水量的测定宜采用生物法，在作物发生凋萎的情况时施测（也可在实验室的容器中栽培作物，至作物因缺水而开始永久凋萎时测其土壤含水量）；另一方法为土壤最大吸湿水乘上一系数后间接求得。

6.4.5 有条件的地方可用离心机法或压力板仪法测定土壤水分特性曲线，确定土壤含水量和土壤负压（基模势）的关系，并由土壤水分特性曲线来确定饱和含水量、田间持水量和凋萎含水量。

6.4.6 在无法测定上述土壤水分常数时，可采用当地已有的研究成果，或根据土壤质地和土壤容重判断饱和含水量、田间持水量和凋萎含水量。

6.4.7 宜对各种作物不同生育期的适宜土壤含水量进行实验研究确定。

7 土壤墒情监测一般规定

7.1 监测项目

7.1.1 土壤墒情主要监测项目为土壤含水量，可根据需要同时进行旱象信息采集和旱情调查。

7.1.2 旱象信息采集项目包括实地拍摄反映土壤干旱、作物旱情情景图像，录制土壤干旱、作物旱情视频情景等。

7.1.3 旱情调查项目可包括现场调查作物种类、走访当地农民了解旱情轻重等级与历史旱情对比和对作物生长水分状况等旱象的描述，以及实地对监测地块灌溉时间、灌溉水量以及耕作层封冻、积水状况、表土情况及其发生时间等的调查。

7.1.4 监测项目记录要求应符合附录 D 的规定。

7.2 监测点位置确定与采集点深度设定

7.2.1 监测点位置的确定应采用下列方法：

- a) 采用人工取土烘干法和利用人工便携式自动土壤水分采集仪进行土壤含水量监测的墒情站，应在墒情站位置附近，选择能代表该站土壤含水量的监测点。
- b) 采用人工取土烘干法和利用人工便携式自动土壤水分采集仪进行土壤含水量监测的基本墒情站宜采用 1 个监测点进行监测，根据需要可采用 2~3 个监测点监测。
- c) 监测点应选择在比较平坦的监测地面范围内，避免地面沟垄不平，以较好地克服耕作等农艺措施所造成的土壤含水量监测误差。
- d) 多个监测点布设可采用平面均匀布点，监测点相互间的距离应大于 1m。
- e) 监测点的位置范围一经确定，应保持相对稳定，不应做较大的改变。

7.2.2 采集点深度的设定应采用下列方法：

- a) 采集点深度应在监测点处沿垂向按不同深度设定。每个监测点可以有若干个不同深度的土壤含水量采集点。
- b) 土壤含水量采集点布设应根据土层厚度、作物生长发育阶段等综合确定土壤含水量采集点数目及其采集点深度。采集点数目及采集点深度宜根据监测区域的具体情况，按表 1 规定的不同采集点布设方案进行设定。

表 1 采集点数目及采集点深度表

采集点数目	采集点深度/cm	说 明
一点法	10 或 20	依据作物生长发育阶段而定
二点法	10、20 或 20、40	依据作物生长发育阶段而定
三点法	10、20、40	

- c) 基本墒情站，无论是采用固定埋设自动墒情监测方式、人工便携式自动墒情监测方式或是人工取土烘干监测方式，宜采用表 1 规定的三点法进行监测。
- d) 临时墒情站，推荐选用三点法进行监测。但可根据作物生长发育期根系情况，选用表 1 规定的二点法或一点法进行监测；尚未播种地块，可只在 10cm 土层深度进行监测。
- e) 根据各地区作物种植类型不同和有特殊要求的基本墒情站，除按表 1 规定的三点法设定采集点外，还可适当增加采集点数目和设定采集点深度。
- f) 在土层较薄的山丘区和地下水埋深较浅的平原区，采集点深度无法达到规定要求，其采集点深度（传感器埋设水平位置）可依据土层厚度确定；地下水埋深较浅的平原区采集点深度以达到土壤饱和带上界面为止。

7.2.3 采集点与监测点平均含水量的计算应采用下列方法：

- a) 当一个采集深度有 2 次或以上采样时，采用算术平均方法计算，平均值为该采集深度土壤含水量。
- b) 当一个监测站选择在 2~3 个监测点时，将其各监测点相同深度采集点的土壤含水量采用算术平均方法计算，其平均值为该采集点深度的土壤含水量。

7.3 监测时间与频次

7.3.1 采用人工取土烘干、移动自动墒情监测方式的基本墒情站，应于每月的 1 日、11 日、21 日监测土壤含水量。人工取样开始时间宜为 8:00，并应于采样当天完成土壤样品的处理和分析工作。采用移动自动墒情监测方式宜在当天完成 2~5 个站的监测任务。

当遇到下列情况时，应调整监测时间和频次：

- a) 在作物关键生长发育期和旱情发展期应加密土壤含水量监测次数，根据实际需要，可在每月的 1 日、6 日、11 日、16 日、21 日、26 日进行监测。
- b) 在监测日若遇到降水或灌溉时，应在监测点地块地面积水消失 24h 后，再进行监测；若监测

地块地面没有积水，可视土壤表面湿润情况，在降水或灌溉结束后 2~6h，进行监测。

- c) 在前期干旱少雨情况下，发生有效降水时，应进行加测。
- d) 在冬春季节，耕作层稳定封冻期可暂停土壤含水量的监测。如有特殊要求，可采用中子水分仪法监测。融冻期视耕作层土层融化深度情况，应及时恢复土壤含水量监测，同时适当调整垂向采集点数。

7.3.2 采用固定埋设自动墒情监测方式的基本墒情站，土壤含水量信息采集时间应从每日 8:00 开始，每间隔 6h 采集信息 1 次；每日 8:00，应打包上传前一日 8:00 后到本日 8:00 监测的数据，上传次数宜为 1 日 1 次。

7.3.3 临时墒情站的监测频次与段次，可根据监测条件和实际需要自行确定，并及时上报监测信息。

7.4 监测仪器设备配置与性能基本要求

7.4.1 人工取土烘干法监测仪器设备配置与要求

人工取土烘干法监测仪器设备典型配置见表 2。

表 2 人工取土烘干法监测仪器设备典型配置表

序号	名 称	单位	数量	说 明
1	取土钻	把	1	
2	洛阳铲	把	1	
3	环刀	个	6	容积 200cm ³ 3 个，容积 100cm ³ 3 个
4	环刀托	个	2	与容积 200cm ³ 环刀配套 1 个，与容积 100cm ³ 环刀配套 1 个
5	削土刀	把	1	
6	铝盒	个	50	
7	标准筛	个	2	孔径 2mm 1 个，孔径 1mm 1 个
8	电子天平	台	1	最小感量 0.01g，最大量程 3000g
9	电热恒温干燥箱	台	1	
10	干燥器	台	1	

采用简易烘干可配置电炉或微波炉 1 个。

7.4.2 固定埋设自动墒情监测仪器设备配置与要求

7.4.2.1 介电类仪器配置应满足下列规定：

- a) 探针式传感器不少于 3 支，或导管式传感器不少于 1~3 支。
- b) 传感器到遥测终端设备（RTU）应有连接电缆。
- c) 探针式传感器应配置引导探针。
- d) 导管式传感器应按要求配置专用安装设备。

7.4.2.2 固定埋设自动墒情监测仪器的主要性能应满足下列规定：

- a) 传感器的探针和外壳应坚固、耐用，具有耐腐蚀性和密封性。监测仪器埋入土壤部分的外壳防护等级应达到 IP68，其他部分的外壳防护等级应达到 IP67。
- b) 介电法类与中子法类监测仪器的量程不小于 0~60%（m³/m³），张力计法类监测仪器的量程为 1~80kPa。
- c) 介电法类与中子法类监测仪器分辨力为 0.1%（m³/m³），张力计法类监测仪器为 1.0kPa。
- d) 监测仪器应能在空气温度为 -10~50℃ 环境下正常工作；张力计类仪器在 5~40℃ 环境下正常工作。

- e) 电源电压宜为 12V。
- f) 监测仪器应采用模拟或数字通用接口标准。模拟量输出宜为 0~2.5V 或 4~20mA；数字量输出可选用 RS-485/422、RS-232C、SDI-12 等通用接口标准。
- g) 工作电流不应大于 50mA。
- h) 电源输入端与外壳之间绝缘电阻不应小于 2MΩ。
- i) 具有固态存储功能的监测仪器，存储容量应能存储 3000 组以上数据。
- j) 平均无故障时间 MTBF：不应小于 16000h。

7.4.3 人工便携式自动墒情监测仪器配置与要求

7.4.3.1 人工便携式自动墒情监测仪器的配置应满足表 3 的规定。

表 3 人工便携式自动墒情监测系统设备典型配置表

序号	名 称	单位	数量	说 明
1	人工便携式土壤水分采集仪	套	1	含传感器、RTU、电源等
2	旱象采集设备	部	1	
3	定位设备	部	1	手持式
4	挖土设备	组	1	

7.4.3.2 主要性能要求

- a) 人工便携式土壤水分采集仪传感器主要性能指标要求同 7.4.2.2 的要求。
- b) 旱象采集设备宜具有通信、拍照、摄像、上网等功能。
- c) 定位设备应携带方便，支持中文显示，测量精度亚米级。
- d) 挖土设备应携带方便，可配置专用取土钻、洛阳铲、铁锹等。

7.5 监测精度要求

7.5.1 人工取土烘干法监测精度要求

7.5.1.1 用于仪器率定监测精度应满足下列要求：

率定或校准自动监测仪器监测精度时，应按照规定采样操作程序，在某一监测点的同一采集点深度重复取样 3 次，采用人工取土烘干法进行测量，得出 3 次测量土壤重量含水量的结果，其最大值与最小值之差 $\delta \leq 1.0\%$ 。 δ 值按式 (1) 计算：

$$\delta = \bar{\omega}_{\max} - \bar{\omega}_{\min} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\bar{\omega}_{\max}$ 、 $\bar{\omega}_{\min}$ ——3 次平行样测定的土壤重量含水量最大值、最小值，用百分数表示 (%)；

δ ——3 次平行取样测定的土壤重量含水量结果中最大值与最小值差，用百分数表示 (%)。

7.5.1.2 实际生产应用精度应满足下列要求：

按照规定的采样操作程序，在某一监测点的同一采集点深度重复取样 2~3 次，采用人工取土烘干法进行测量，得出同一采集点深度的 2~3 次土壤重量含水量监测结果，其 2 次土壤重量含水量监测结果差值的绝对值 [按式 (2) 计算] 或 3 次结果中最大值与最小值之差值 δ [按式 (1) 计算]，其差值的绝对值不应大于 1.5%。

$$\delta = |\bar{\omega}_1 - \bar{\omega}_2| \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\bar{\omega}_1$ 、 $\bar{\omega}_2$ ——2次平行取样中第1次、第2次测定的土壤重量含水量,用百分数表示(%);

δ ——2次平行取样中第1次、第2次测定的土壤重量含水量差值的绝对值,用百分数表示(%).

7.5.2 介电类自动墒情监测仪器实验室检测精度要求

固定埋设自动墒情监测和人工便携式自动墒情监测仪器,在实验室环境条件下,依照规定的检测方法和步骤,将仪器测量体积含水量数据转换为重量含水量与人工取土烘干法重量含水量数据进行统计分析,其土壤重量含水量测量的绝对误差的平均绝对值 $\bar{\delta} \leq 2\%$ 。 $\bar{\delta}$ 值按式(3)计算。

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{\omega}_{\text{仪}i} - \bar{\omega}_{\text{烘}}| \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

n ——土壤重量含水量数据监测统计总次数, n 值一般不小于6;

i ——土壤重量含水量数据监测统计次数, $i=1, 2, 3, \dots, n$;

$\bar{\omega}_{\text{仪}i}$ ——仪器测量的土壤重量含水量的第*i*次监测数据,用百分数表示(%);

$\bar{\omega}_{\text{烘}}$ ——烘干法测量的土壤重量含水量,用百分数表示(%);

$\bar{\delta}$ ——仪器与烘干法土壤重量含水量测量的绝对误差的平均绝对值,用百分数表示(%).

7.5.3 介电类自动墒情监测仪器野外监测精度要求

- a) 对野外固定埋设自动墒情监测方式,其监测数据与人工取土烘干法相比,在仪器量程范围内,其土壤重量含水量绝对误差的平均绝对值 $\bar{\delta} \leq 4\%$ 。 $\bar{\delta}$ 值按式(3)计算。
- b) 对野外采用人工便携式自动墒情监测方式,其监测数据与人工取土烘干法相比,在仪器量程范围内,其土壤重量含水量绝对误差的平均绝对值 $\bar{\delta} \leq 3\%$ 。 $\bar{\delta}$ 值按式(3)计算。

7.6 自动监测仪器检测和率定一般规定

7.6.1 自动墒情监测仪器在使用前应检测合格。

7.6.2 批量安装前应进行该批次产品抽样检测,每种型号规格产品按中标数量的3%~5%进行抽样检测。

7.6.3 批量安装前有条件的可进行野外比测试验。根据人力和财力确定比测周期,比测周期宜覆盖不同季节和不同土壤湿度等级。

7.6.4 自动仪器安装前应对站点位置的土壤质地进行分析,率定土壤含水量计算公式。土壤质地相同的可移用其他土壤墒情监测站土壤含水量计算公式。

7.6.5 原则上每个传感器所在土层均应率定,如果各层土壤质地相似,可对一个土层进行公式率定。

8 土壤含水量监测步骤与要求

8.1 人工取土烘干法

8.1.1 野外取土操作步骤

- a) 人工取土烘干法应按7.4.1规定配备相应的仪器设备以及记录表等。
- b) 取土时应避开低洼积水处和排水沟,防止地表水或土壤中自由水分沿取土钻渗入下层,影响土壤含水量的监测精度。
- c) 取土地点距离上一次取土地点不应小于0.5m,以避免上一次取土形成的松软土层对本次取土所得到的数据造成影响。

- d) 在不同采集深度上用洛阳铲或取土钻采集土壤，土壤（土柱）中心应对应各采集深度，土壤（土柱）高度应小于 10cm。
- e) 取土完成后应对取土造成的地面孔洞进行填补平整。

8.1.2 装土及称重要求

- a) 在每一采集深度土壤上各取样 2~3 份，每份重量宜为 30~50g。
- b) 土壤装入铝盒后应盖紧盒盖并擦拭干净铝盒，检查盒盖号和盒号是否一致，并填写土壤墒情监测烘干法记录表，见附录 D 表 D.2。
- c) 应避免铝盒受阳光照射或风吹造成土壤水分流失，及时带回室内称重。
- d) 土壤称重时应在感量 0.01g 的天平上进行，应核对盒号，称量盒重并做好记录。
- e) 空铝盒（含盒盖）应定期（每年 1~2 次）称重，并做好记录。

8.1.3 室内烘干步骤与要求

- a) 铝盒（湿土状态）称重后应在干净纸张上揭开盒盖，以防盒内土壤洒出，若有土壤洒出或盒盖内壁附着土壤时应小心收集起来放回盒内。
- b) 把揭开盒盖的土壤放入烘箱中，烘箱温度应设置在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，持续恒温 6~8h。若是黏性土壤可适当延长烘干时间。
- c) 对于有机质含量丰富的土壤可适当降低烘箱温度，延长烘干时间，以避免土壤中有机质气化而影响土壤含水量的精度。
- d) 土壤烘干后取出，应盖好盒盖放入干燥器中冷却至常温时称重，并核对铝盒和盒盖号码，做好记录。当土壤样品多或无干燥器时，可直接在烘箱中冷却至常温后再称重。
- e) 当不具备标准烘干条件、监测频次较高（监测时间间隔小于 5d）、急需土壤含水量数据时，可采用电炉、微波炉等设备对土壤进行简易烘干。采用微波炉烘干时，注意炉内风吹干土散落的影响。根据烘干方式不同，合理控制烘干时间，土壤完全干燥自然冷却后进行称重。
- f) 检查各采集深度土壤含水量数据有无异常，若有异常应立即进行核对，若无异常可将铝盒清理干净，核对铝盒和盒盖号码，以备下次再用。

8.1.4 土壤含水量计算

土壤含水量可按式（4）计算：

$$\omega = \frac{m_{\text{盒+湿土}} - m_{\text{盒+干土}}}{m_{\text{盒+干土}} - m_{\text{盒}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- ω —— 土壤含水量，重量含水量，用百分数表示（%）；
- $m_{\text{盒+湿土}}$ —— 铝盒加湿土重量，g；
- $m_{\text{盒+干土}}$ —— 铝盒加干土重量，g；
- $m_{\text{盒}}$ —— 铝盒重量，g。

以同一采集深度的 2~3 个土壤重量含水量均值作为该采集点深度的土壤含水量。

8.2 介电类固定埋设自动监测传感器安装步骤与要求

8.2.1 固定埋设探针式水平插入的传感器

- a) 传感器平行于地面安装，按照安装剖面开挖、仪器定位、仪器埋设、现场联机检查、原状土回填等步骤进行。

- b) 安装前应检查探针及传输连接线是否正常。
- c) 安装的开挖平面与四周相邻物体间距不小于 1m, 开挖范围不应小于 1.0m (长) × 0.5m (宽); 应同时在各采集深度层分别取土样, 用于测定其土壤水文、物理常数, 挖出的原状土按顺序分层放置。
- d) 传感器在开挖剖面上应分层埋设, 为避免上层传感器影响水分自然下渗干扰下层监测仪器数据, 各层传感器埋设时应在垂直方向上错开, 相邻层水平间距宜错开 30cm 左右。
- e) 在插入原状土内之前, 应先用模拟探针 (引导探针) 插入或采用安装器安装, 模拟探针或安装器的尺寸不应大于传感器实际探针尺寸。
- f) 安装时应保持探针水平, 使探针完全插入到原状土内, 防止探针与原状土接触不实, 影响测量精度。
- g) 连接线在线槽中不宜拉得太紧, 避免回填土沉降后, 将传感器连接线拉断。
- h) 传感器安装完毕后, 经现场联机检查, 确认传感器工作正常后再进行原状土回填操作。分层回填原状土, 传感器周围的原状土应分层压实。
- i) 应及时检查安装区域, 若回填土发生沉降, 应适当给予补充并进行压实处理。
- j) 具体安装步骤与要求, 应参阅相应的产品说明书。

8.2.2 固定埋设导管式传感器安装步骤与要求

8.2.2.1 固定埋设导管式传感器分有护管安装和无护管安装两种类型。

8.2.2.2 有护管传感器的安装应满足下列规定:

- a) 需要安装支架的, 应调整支架保持平稳。
- b) 根据采集深度选择合适长度的护管。
- c) 利用土钻或敲击方式将护管按采集深度分段压入土层, 将护管中土壤取出并分层取土样, 用于测定其土壤水文、物理常数。
- d) 重复上述步骤, 直至将护管按采集深度要求压入土中, 同时使护管顶部高出地面不小于 20cm。
- e) 应保证护管垂直, 护管与土壤间要保持严密接触, 不应存有缝隙。
- f) 将护管的内壁和顶部擦拭干净, 将防水堵头置入护管底部并拧紧, 在管顶按要求安装密封顶盖。
- g) 将传感器放置在护管中, 按要求放置干燥剂防潮, 再将连接电缆与接口控制器连接, 扣上顶盖, 完成安装。
- h) 现场联机检查, 确认监测仪器工作正常。
- i) 具体安装步骤与要求, 应参阅相应的产品说明书。

8.2.2.3 无护管传感器的安装应满足下列规定:

- a) 利用土钻钻孔, 取出土壤, 注意取土过程中, 保持土钻垂直。
- b) 分层取土样, 直到取土深度满足设备的安装深度要求, 用于测定其土壤水文、物理常数。
- c) 均匀用力将传感器按压入到孔洞中, 注意土壤和传感器间要保持严密接触, 不应存有缝隙, 直到传感器安装到位, 安装完成。
- d) 现场联机检查, 确认监测仪器工作正常。
- e) 具体安装步骤与要求, 应参阅相应的产品说明书。

8.3 介电类移动自动墒情监测步骤与要求

8.3.1 介电类移动自动墒情监测应满足下列规定:

- a) 首次监测或监测位置有较大变动时, 应填制土壤墒情监测站说明表、绘制土壤墒情监测站监

测位置图，具体见附录 A。

- b) 每个采集深度宜测量两次土壤含水量，取算术平均值。如两次平行测量结果差值大于 2% 时，应加测一次，取其测量结果差值不大于 2% 的两次进行算术平均。

8.3.2 探针式水平插入监测步骤应满足下列要求：

- 用挖土锹开挖一个土槽，开挖尺寸为 0.7m（长）×0.4m（宽）×0.5m（深）。
- 在挖好土槽的一侧剖面，用米尺测量表层干土厚（精确到 1cm）、作物根系深度。
- 按 7.2.2 的规定，确定采集点深度。
- 在插入原状土内之前，应先用引导探针平行于地面插入原状土内，引导探针尺寸不应大于传感器实际探针尺寸。
- 均匀用力使传感器探针完全插入到原状土内，插入时不得上下或左右摇晃，防止探针与原状土接触不实，影响测量精度。
- 探针插入待测土层后，连接好传感器数据线，打开仪器电源开关；进入系统操作界面，确认监测站码，设置采集深度，选择土壤质地、计算公式等参数。
- 待仪器输出稳定后，开始读数。
- 每次监测后将传感器探针上的土用干布擦拭干净，避免引起监测误差。
- 监测结束后，将挖掘出来的土体填回土槽，减少对耕地（作物）的影响。

8.3.3 探针式垂直插入监测步骤应满足下列要求：

- 用取土打孔钻（带有刻度的圆钢管/洛阳铲等）在垄台（地表面）打孔，孔径应大于传感器直径，取土钻孔时应向同一方向旋转，不得左右摇晃。
- 根据采集深度确定钻孔深度，如图 1 所示，由式（5）计算。

$$h = H - \frac{L}{2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

h ——钻孔深度，cm；

H ——采集深度，cm；

L ——探针长度，cm。

- c) 在钻好的采样土孔，用米尺测量表层干土厚（精确到 1cm）、作物根系深度。

- d) 均匀用力使传感器探针垂直插入原状土内，使探针中心处于采集深度。

- e) 连接好传感器数据线，打开仪器电源开关；进入系统操作界面，确认监测站码，设置采集深度，选择土壤质地、计算公式等参数。

- f) 待仪器输出稳定后，开始读数。

- g) 每次监测后将传感器探针上的土用干布擦拭干净，避免引起监测误差。

- h) 监测结束后，填平土孔。

数据线

传感器

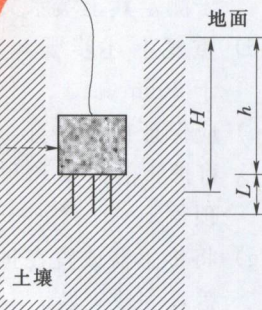


图 1 钻孔深度示意图

8.3.4 导管式传感器监测步骤与要求

8.3.4.1 导管式传感器分有护管安装和无护管安装两种类型。

8.3.4.2 有护管传感器监测步骤应满足下列要求：

- 检查专用监测套管与四周土壤间是否严密接触，有无缝隙（若有缝隙，应用原状土将缝隙填平），有无积水浸泡（有水浸泡时，不宜监测）。
- 打开套管顶盖，检查套管内部有无异常。检查无误后，方可监测。

- c) 将传感器放入套管内，使传感器中心位于采集深度。
- d) 固定好传感器，连接传感器与遥测终端设备（RTU）数据线。
- e) 打开仪器电源开关，进入系统操作界面，确认监测站码，设置采集深度，选择土壤质地、计算公式等参数。
- f) 待仪器输出稳定后，开始读数。
- g) 监测结束后，关闭仪器电源，断开数据线，取出传感器，盖好套管顶盖。

8.3.4.3 无护管传感器监测步骤应满足下列要求：

- a) 用专用取土钻在土壤的表层慢慢地往下旋转，根据采集深度确定钻孔深度。
- b) 将取土钻从土壤中拔出，并将泥土从管中慢慢取出。
- c) 在钻好的采样土孔，用米尺测量表层干土厚（精确到 1cm）、作物根系深度。
- d) 将传感器插入已打出的孔位上，用力下插。如果下插不能到位，可使用橡皮锤轻击传感器顶部（注意一定要用一块木板支撑，以防破坏顶部结构），直到安装深度满足要求。
- e) 土壤含水量监测步骤同 8.3.4.2 有护管传感器监测步骤 d) ~g)。

8.3.5 墒情信息采集结束，信息显示正确后存储，然后利用移动通信设备将监测信息发送到省、地、市墒情信息接收终端，发送信息主要包括：站码、采集时间、采集深度、土壤含水量等。

利用配置的旱象采集设备将作物水分状态、灌溉时间、干旱程度评判、作物实时图片或视频等调查信息发送到省、地、市墒情信息接收终端。

8.4 介电类自动监测仪器一般计算公式

频域法（Frequency Domain，简称 FD）是根据土壤中的水和其他介质介电常数之间的差异原理，应用频域技术测量土壤含水量的方法。频域法主要包括频域反射法（FDR）和驻波法（SWR）等。

时域法（Time Domain，简称 TD）是根据土壤中的水和其他介质介电常数之间的差异原理，测得电磁波在土壤介质中的传播速度，测量土壤含水量的方法。时域法主要包括时域反射法（TDR）和时域传播法（TDT）等。

介电类自动监测仪器其土壤体积含水量 θ 与其介电常数 ϵ_r 之间常用经验公式（6）：

$$\theta = a_0 + a_1 \epsilon_r + a_2 \epsilon_r^2 + a_3 \epsilon_r^3 \dots \dots \dots (6)$$

式中：

- θ —— 土壤体积含水量，%；
- ϵ_r —— 介电常数；
- a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 —— 经率定的公式系数。

8.5 张力计法

8.5.1 使用张力计法监测土壤含水量时应首先确定各监测点的土壤水分特性曲线。

8.5.2 张力计有指针式和电子压力传感器两种类型。张力计安装前应进行外观检查，真空表指针应指示零点且转动灵活。电子张力计采用压力传感器替代真空表，其动测量性能好，可接入数据采集器进行连续自动测量。

8.5.3 张力计安装前应进行排气和密封检查，具体方法应符合下列规定：

- a) 打开密封顶盖将清洁冷开水注入管内，陶土管壁有水渗出并形成水滴。
- b) 当连接管、集气室、储水杯内均充满水后盖紧密封盖，陶土管不再滴水时用吸纸擦干陶土管放在通风处让其自然干燥，当真空表读数达 30~50kPa 时，轻轻敲击真空表及连接管，使表头和连接管内气体聚集在集气室顶，再将陶土管浸入水中使真空表指针回零，打开密封盖加水排气。
- c) 重复上述过程，使真空表读数达 80kPa。排气后将陶土管浸入水中，以待安装。

8.5.4 真空表到陶土管中部的高差形成静水压力。精确测量时,应在读数中减去静水压力值。静水压力值 $w_c = h \times 0.1 \text{ cb/cm}$ 。

8.5.5 张力计测量土壤土水势(负压值)的范围宜为 $1 \sim 80 \text{ kPa}$, 张力计法不适用于干旱状态的土壤,但可用于灌溉耕地、喷灌和滴灌土地。

8.5.6 张力计用于定位测量土壤含水量时,可按观测要求定点布设。为减少张力计因陶土管渗水而产生相互影响,任意两支张力计的间距不应小于 30 cm 。

8.5.7 埋设张力计时应避免扰动原状土壤,应用直径等于或略小于陶土管直径的钻孔器,开孔至待测深度,在钻孔底部放入少量泥浆后插入张力计,使陶土管与土壤紧密接触并将地面管子周围的填土捣实,防水分沿管进入土壤。

8.5.8 张力计埋设深度的土壤含水量超过其测量范围时,接近地面且含水量变化幅度大的土层可用烘干法测量土壤含水量。

8.5.9 应在埋设张力计 $1 \sim 2 \text{ d}$ 后,当仪器内的压力与陶土头周围的土壤负压平衡时方可正常观测。读数前可轻击真空表,消除指针摩擦对观测值的影响。

8.5.10 按观测要求读取真空表的土壤负压值后,可由负压值查土壤水分特性曲线得出体积含水量。

8.5.11 用于测量土壤含水量的张力计只有在气温为 0°C 以上才能正常观测,气温等于或低于 0°C 应拆除真空表头使其自然排干管内水分,防止冻坏。

8.5.12 张力计在使用过程中若集气室气体过多应进行补水排气,补水时应慢慢打开密封盖,注入凉开水或蒸馏水,排出气体,或用针管注水排气。注水时管内失压,管内水外流至土壤将影响含水量的测量精度,补水日期应记录在表上。

8.5.13 张力计在使用一段时间后应进行清洗。方法是小心取出张力计,将陶土管冲洗后放在漂白粉溶液中浸泡 30 min ,再置入稀盐酸溶液中浸泡 1 h ,然后泡入清水中冲洗干净。

8.5.14 机械表头长期使用后由于弹性元件长期受力而变形,产生读数误差,表头应在使用 $3 \sim 6$ 个月后进行校验和偏差测定以校正读数。

8.5.15 使用电子压力传感器的张力计,应具有温度自动补偿功能,由数据采集器进行自动连续测量。

8.6 中子水分仪法

8.6.1 操作人员在使用中子水分仪前应进行专门的培训和操作训练,应熟悉所持型号的中子水分仪的使用和保养方法、辐射防护方法及国家有关放射源使用和保管的规定,并应在当地相关主管部门登记,取得含放射源仪器的使用许可证。

8.6.2 埋设中子水分仪测管时,应根据观测要求布置监测点并确定测量深度。监测点一经设置后不应随意变动,应保证土壤含水量观测资料的一致性。

8.6.3 中子水分仪测管的材质可为铝合金管或硬塑料管,管材应有一定的强度和防腐蚀性能,防止管壁变形和腐蚀。用塑料管时,塑料材质应符合产品要求,应避免使用聚氯乙烯管和含氢量高的塑料管。

8.6.4 测管安装方法应符合下列规定:

- a) 测管安装时不应使测管受土壤和外力的过分挤压,并应防止管壁与土壤接触不良形成水分流入下层土壤的通道。接近地表的部分管壁周围土壤应压实,以防止地表水流入。
- b) 中子水分仪测管安装时钻孔的直径应与测管外径一致,使测管与土壤密切接触,测管的外径应同中子仪底座匹配。
- c) 中子仪测管顶端应高出地面 10 cm ,以防止地表水灌入导管内,对探测管造成损坏。

8.6.5 中子仪测管下端应用锥型底盖密封,防止地下水分的进入,测管上端应用橡皮塞密封,防止雨水及地表水的进入。在灌溉或降雨过程后,放下中子探测管前应检查测管内是否有积水,有积水时

不能进行测量。

8.6.6 导管安装前应向管内注水并保持数小时，检查导管底部密封处是否漏水，若漏水则不得使用。

8.6.7 中子水分仪应有完整的技术资料和使用说明书，中子仪在使用前应进行率定和检验。

8.6.8 对于只给出读数 R 的中子水分仪，应测试其标准读数 R_w ，并根据监测点土壤通过实验率定土壤含水量曲线，建立体积含水量 θ 和计数比 R/R_w 的关系，其直线方程为：

$$\theta = m(R/R_w) + C \dots\dots\dots (7)$$

式中：

θ ——体积含水量，以小数计；

m ——直线斜率；

R ——中子仪土壤中的实测读数；

R_w ——标准计数；

C ——相关直线的截距。

8.6.9 对于直接给出体积含水量的中子水分仪，在不同土壤质地区域观测时应应对中子水分仪的读数进行校核。有较大误差时应通过率定修正。

8.6.10 应对中子水分仪进行定期（1~2 年）率定。

8.6.11 若更换探测器应对仪器重新进行率定。

8.6.12 野外观测土壤含水量时，首先应按说明书的规定读取标准计数，并在没有外部放射性物质或高含氢物质的环境下进行。读取的当前标准计数与既往标准计数的误差应在规定的标准误差范围内。

8.6.13 使用中子水分仪观测土壤含水量时应备有标准的记录表格。观测结束后应据观测的结果和率定方程计算体积含水量。记录表格见附录 D 表 D.3。

8.6.14 中子仪发生故障时不应随意拆卸，应送指定的单位进行修理。

8.6.15 中子源在发生意外情况遗失或外露时应及时报告有关部门，并应隔离辐射区域，防止核辐射对人体的损害和扩散。

8.6.16 在观测过程中观测人员应按操作规则搬运和使用中子水分仪，应设有专门的房间，配有专门的工作人员保管中子水分仪。保管室与居室、工作室应有一定的距离。

8.6.17 使用中子水分仪应按国家环保部门对含放射源仪器的管理办法执行。

9 土壤墒情自动测报系统建设要求

9.1 前期准备要求

9.1.1 土壤墒情自动测报系统建设项目应符合项目建设程序，项目设计方案应通过相应的审查和批复。

9.1.2 投标单位（公司、厂家）所提供的产品应有检测合格证书，应有系统集成建设相应资质。

9.2 系统组成

9.2.1 土壤墒情自动测报系统主要由信息采集系统、信息传输系统、信息接收处理系统和辅助设备设施组成。信息采集系统设备技术要求见附录 E。

9.2.2 信息采集系统以固定埋设自动墒情站建设为主。主要环节为信息监测、记录与存储，需要的设备有传感器、数据线、固态存储器等。

9.2.3 信息传输系统主要完成信息传输控制，并通过通信设备、信道等完成数据传输。需要的设备有遥测终端设备、通信模块、电源、天馈线等。

9.2.4 信息接收处理系统主要完成节点信息接收、存储，信息处理、信息服务等工作内容，需配置通信接收设备、计算机、网络设备、信息接收处理软件、数据管理软件、监视管理软件和信息服务软件等。

9.2.5 辅助设备设施是指固定埋设自动墒情站建设时配置的必要设施、设备，主要有蓄电池、太阳能板、围栏、避雷设备、立杆、仪器箱等。

9.3 仪器设备安装要求

9.3.1 传感器安装。介电类探针式和导管式传感器安装应分别符合 8.2.1 和 8.2.2 的规定，张力计法、中子水分仪法监测仪器设备安装应分别符合 8.5、8.6 的规定。

9.3.2 立杆支架的安装应满足下列要求：

- a) 双杆支架。土壤有冻胀的北方高寒地区、野外无人值守模式管理的固定自动墒情站，宜选用双杆支架结构。架杆材质要求坚硬稳固、不易生锈变形，抗冻胀耐腐蚀，能抗雨雪、风沙侵蚀。立杆设置支架平台，用于搁置和固定仪器设备箱，平台距地面高度不低于 2.5m。支架平台应选用坚硬稳固、不易生锈变形的金属材质，所用钢材应经过热镀锌处理。
- b) 单杆支架。适用于南方地区、野外无人值守模式管理的固定自动墒情站。架杆材质要求坚硬稳固、不易生锈变形，抗风雨侵蚀，埋入土壤部分支架应加固。立杆应设置直角型金属支架，用于搁置和固定仪器设备箱，支架距地面高度不低于 2.5m。支架应选用坚硬稳固、不易生锈变形的金属材质，所用钢材应经过热镀锌处理。
- c) 直立矮桩式支架。适用于有人值守、庭院式管理模式管理的固定自动墒情站。支架应选用抗冻胀耐腐蚀、不易生锈变形的金属材质。支架顶端应设置支架平台，用于搁置和固定仪器设备箱，平台距地面高度宜为 0.7~1m。支架平台应选用坚硬稳固、不易生锈变形的金属材质，所用钢材应经过热镀锌处理。

9.3.3 仪器箱的安装应满足下列要求：

- a) 仪器箱是存放遥测终端设备、蓄电池等，需长期设置在固定自动墒情站监测现场。仪器箱应按照购置的遥测终端设备、蓄电池等尺寸统一定做，宜采用不易生锈变形的金属材质，具有防雨、防潮、防盗等功能。
- b) 仪器箱两侧应设有百叶式通风口，设置拉门，安装暗锁。为防止积水腐蚀仪器箱顶盖，顶盖宜采用斜面散雨结构。机箱底部设有螺栓，用于连接、固定支架平台使用。仪器箱应固定在立杆支架平台上。

9.3.4 太阳能极板的安装应满足下列要求：

- a) 为方便检修和维护，太阳能极板宜安装在仪器箱顶部，或安装在立杆支架上。
- b) 安装时，按当地纬度，选择太阳能极板安装朝向和方向角。太阳能极板与仪器箱内设备连接电源线应设有外壳保护，防止磨损、漏电。

9.3.5 避雷设备安装要求。避雷设备安装要求应符合 SL 61 的规定。

9.4 通信信道与数据规约

通信信道与数据传输应满足下列要求：

- a) 土壤墒情监测站到地市级水情分中心（或省级水情中心）宜采用公网传输。
- b) 地市级水情分中心到省级水情中心之间可通过国家防汛抗旱指挥系统广域网（NFCnet）传输。
- c) 信道检测与传输时限应符合 SL 61 的有关规定。
- d) 数据传输通信规约应符合 SL 651 的有关规定。

9.5 信息接收与存储

9.5.1 省级水情中心或地市级水情分中心是墒情监测信息接收节点，应配置通信接收设备、计算机、网络设备，以及信息接收处理软件、数据存储管理软件、监视管理软件和信息服务软件等。

9.5.2 墒情信息接收和管理软件应具有下列基本功能：

- a) 实现对土壤墒情监测站远程参数修改、电压检测、遥测、召测。
- b) 实现对采集信息的自动接收，并解码成内部数据格式。
- c) 实现对墒情采集信息的汇总、审核、存储、检索查询。
- d) 实现对各类信息的发布功能和显示。
- e) 实现墒情信息向上级管理部门的实时传送。

9.5.3 节点接收到的信息应及时存储到相应的数据库，数据库表结构及标识应符合 SL 437 的有关规定。

9.6 系统调试

9.6.1 建设系统所需的设备配齐，土建工程竣工后，方可进行系统设备的安装和调试。

9.6.2 设备进场安装前应按下列要求进行检查，并做好安装的准备：

- a) 安装设备前应对土建工程进行一次全面检查，并根据检查结果提出应进行的补充工作，拟定详细的设备安装计划。
- b) 应对各项设备及附件的机械和电气性能进行全面检查、测试和联试。

9.6.3 设备安装和安装检查应符合下列规定：

- a) 传感器的安装应按产品使用手册（或产品说明书）规定的步骤进行：
 - 1) 传感器的输出线应按规定连接固定，严防进水。
 - 2) 安装的传感器其功能应正常，并应进行现场准确度考核（拟参数变化），若准确度达不到要求，应检查原因，加以排除，否则不得投入系统运行。
- b) 传输设备的安装应注意下列事项：
 - 1) 检查遥测终端设备与各种电缆的连接，防止因漏水或沿电缆、电源线入口进水造成故障。
 - 2) 检查蓄电池的密封性，连接线路极性是否正确。
 - 3) 测量太阳能电池的开路电压、短路电流，并保证接线正确。
 - 4) 注意检查天馈线接头是否上紧，天线和馈线是否紧固，防水措施是否可靠，并用功率计测试其输出功率及系统驻波系数，检查其工作是否正常。
 - 5) 检查避雷针、接地设备等防雷装置的安装是否正确，接地电阻是否满足要求。
 - 6) 完成一个站点的设备安装后，应使用多功能测试仪等辅助设备，对测站设备工作是否正常做一次全面的检查。

9.6.4 在整个系统安装结束后，应进行系统联调和性能测试。主要包括：监测信息远程接收、存储，远程参数修改、遥测、召测，信息传输时效，监测数据准确性、入库等。

9.6.5 安装过程中出现的问题和处理结果应详细记录备查。

9.7 运行维护

9.7.1 固定埋设自动墒情站应定期进行维护。

9.7.2 当系统正常运行 1~2 年后，应进行土壤水分自动监测仪器公式率定（对比观测数据或率定参见附录 F）；当系统出现异常或监测数据偏差较大时，应及时维护与率定。

9.7.3 埋设类传感器的最低使用年限不应低于 5 年。

9.7.4 传感器等易损设备可按建设数量 10% 的比例备品。

10 资料整编

10.1 一般规定

10.1.1 土壤墒情监测站网的业务主管部门每年应对所有基本墒情站的墒情资料进行整编。

10.1.2 土壤墒情资料整编从原始观测资料到整编成果应经过整编、审查、复审 3 个工作阶段。

10.1.3 进行整编工作前,各观测项目的原始资料应经过初作、一校、二校工序后方可进行整编。对于考证、摘录、数据整理、综合图表类等均应做齐三道工序。

10.1.4 整编阶段的各项工作可在整编单位的指导下,由土壤墒情监测站(或监测单位)完成。其主要工作应包括下列内容:

- a) 测站考证。
- b) 对原始资料进行审核。
- c) 确定整编方法。
- d) 数据整理、输入及图表编制。
- e) 单站合理性检查。
- f) 编写单站资料整编说明,并进行单站资料质量评定。

10.1.5 整编工作应符合下列要求:

- a) 整编开始前,应收集原始资料、考证资料、调查资料、历年整编有关情况以及测验工作中有关分析图表和文字说明。
- b) 应重点检查土壤墒情监测方法、计算方法及监测成果的合理性。应抽查不少于 30% 的数字计算内容,必要时应全面审核。土壤含水量相关要素分析计算公式应符合附录 G 的规定。
- c) 对缺测、漏测数据有条件的可进行插补处理。
- d) 固定自动墒情站可选择每日 8:00 土壤含水量数据进行整编,亦可选择每日测次的平均土壤含水量资料进行整编。若仅选择每日 8:00 的土壤含水量资料进行整编,则其他时间的土壤含水量资料应以电子文档的形式妥为保存。
- e) 固定自动墒情站年内按规定监测频次缺测超过 25% 以上的站不予整编。
- f) 人工墒情站和移动自动墒情站年内按规定监测频次缺测超过 30% 以上的站不予整编。
- g) 进行墒情监测资料的数值统计,内容应包括:
 - 1) 日统计:日平均土壤含水量。
 - 2) 月统计:月平均土壤含水量,月内最高、最低含水量值及其发生日期。
 - 3) 年统计:年平均土壤含水量,年内最高、最低含水量值及其发生日期。
- h) 监测点垂向平均含水量计算见附录 G。
- i) 数值统计应符合下列规定:
 - 1) 统计数值时,平均值采用算术平均法计算,尾数按四舍五入处理;挑选极值时,若多次出现同一极值,则记录首次出现者的发生时间。
 - 2) 逐日监测的墒情站,月内缺测不超过 5 次者,进行月不完全统计;超过 5 次者,不进行月统计。
 - 3) 逐旬监测的墒情站,月内缺测 1 次者,进行月不完全统计;超过 1 次者,不进行月统计。
 - 4) 年内不完全月统计不超过 2 个或仅有 1 个不进行月统计者,进行年不完全统计;年内月不完全统计超过 2 个或不进行月统计者超过 1 个,不进行年统计。
 - 5) 有稳定封冻期的地区年缺测不超过规定监测频次 15% 的墒情站,进行不完全年统计;超过 15% 的,不进行年统计。
- j) 应整理数据、输入数据,计算并输出整编成果。
- k) 应进行单站资料的合理性检查。
- l) 编制图表。应包括各种监测方法监测成果表、整编成果表及相关分析图等。监测成果表、整编成果表见附录 D。
- m) 编写资料整编说明书应包括监测情况、资料整编情况、资料质量评定及遗留问题等。

10.1.6 整编原始资料可分为说明资料、基本资料和调查资料,各种资料应分别符合下列要求:

- a) 说明资料宜包括整编说明、辖区内土壤墒情监测站一览表和土壤墒情监测站分布图。
- b) 基本资料宜包括土壤墒情监测站考证资料（见附录 A）、土壤含水量资料以及地下水埋深、连续无雨日、时段降水量、时段蒸发量。
- c) 调查资料宜包括主要作物生长状况、表土情况、灌溉情况和旱象描述。

10.1.7 辅助气象观测资料整编应按 SL 247 的要求进行。

10.1.8 测站迁移时，其资料处理应符合下列要求：

- a) 观测地点有迁移时，如迁移距离较近且土壤质地相同，可作为同一站点资料进行整编，站名不变。
- b) 如迁移的距离较远（大于 20km），但迁移前后的气象、地形、土壤质地、下垫面条件等基本一致，则两处观测资料可站名不变；如迁移前后的气象、地形、土壤质地等相差较大，则应更改站名并分别整编，两种情况均应在资料整编说明书中予以说明。

10.1.9 对土壤墒情监测站的设立、停测、恢复、迁移，监测项目的变动，监测站点的类别及隶属关系的变更等较大事件的发生时间、变动情况等，应进行测站沿革考证，并于当年考证清楚。

10.1.10 对土壤墒情监测站应进行考证。考证内容应包括：原有耕地变动情况、农田水利工程变动情况、与其配套的雨量站和地下水观测井变动情况、配套气象站变动情况以及主要作物种植情况等。

10.1.11 对土壤墒情监测站田间持水量应进行考证。考证内容应包括：土壤墒情监测站土壤剖面结构，各层土壤的类型、质地，地下水埋深，田间持水量测定方法，原始记录的完整性以及质量保证情况等。

10.1.12 土壤墒情相关信息的资料整编应符合下列规定：

- a) 土壤墒情监测站地下水埋深资料应从土壤墒情监测站或附近的地下水监测井整编资料中摘录。
- b) 土壤墒情监测站连续无雨日，应以与其配套雨量站已整编的逐日降水量表为依据进行统计。
- c) 土壤墒情监测站时段蒸发量，应以土壤墒情监测站或代表蒸发站已整编的逐日水面蒸发量表为依据进行统计。

10.1.13 审查阶段的各项工作应由整编单位组织完成，主要工作应包括下列内容：

- a) 抽查原始资料。
- b) 对考证、监测方法、数据整理表和数据文件及整编成果进行全面检查。
- c) 审查单站合理性检查成果。
- d) 统计错误情况。
- e) 编制土壤墒情监测站一览表及整编说明书。

10.1.14 复审阶段的各项工作应由复审单位在次年第一季度组织完成，主要工作应包括下列内容：

- a) 抽取不少于 30% 的站，对考证情况、数据整理表、数据文件及成果表进行全面检查，其余只做主要项目检查。
- b) 对全部整编成果进行统一检查。
- c) 复查综合合理性检查成果表，做复查范围内的综合合理性检查。
- d) 评定质量，对整编成果进行验收。
- e) 提交复审的计算机输出成果不应出现人工改写现象。

10.1.15 复审阶段资料的质量应符合下列要求：

- a) 质量定性标准应符合下列要求：

- 1) 项目完整，图表齐全。
- 2) 资料可靠，方法正确。
- 3) 考证清楚，说明完备。
- 4) 数字准确，符号无误。

- b) 成果数字质量标准应符合下列要求：

- 1) 无系统错误。
- 2) 无特征值错误。
- 3) 其他数字错不超过 1/2000。

10.1.16 复审结束后,应准备汇编测站下列资料:

- a) 复审结束后的整编成果纸介质、电子文本以及数据库或排版文件。
- b) 资料说明,图表说明,按流域、区域、水系编制土壤墒情监测站一览表、监测站分布图及其相关信息图表的纸介质和电子文本各一份。
- c) 编写全面的整编说明和整编技术总结。
- d) 编制土壤墒情资料目录并将土壤墒情资料整理成册。

10.2 资料存储

10.2.1 墒情监测资料存储工作应符合下列规定:

- a) 墒情监测资料存储工作应在复审、汇编阶段且各项整编成果均达到 10.1 规定的质量标准后进行。
- b) 整编单位、复审单位应分别负责存储所辖范围内的整编原始数据和整编成果。
- c) 整编原始数据及其整编成果应在复审、汇编后的年内完成存储并备份。
- d) 整编成果应由行业主管部门指定的计算机整编软件输出;整编原始数据文件格式应符合整编软件规定的要求;整编成果和整编原始数据应保持一致。
- e) 自动监测仪器原始数据应采用安全、长久的方法存储;原始数据应进行摘录,采用的摘录方法和摘录软件应得到行业主管部门的认可。
- f) 存储介质应包括纸介质和电子介质。

10.2.2 存储介质可选用纸介质、移动硬盘、光盘,所选介质应符合下列要求:

- a) 纸介质应满足输出打印成果清晰和长期保存的要求。
- b) 存储数据的移动硬盘、光盘应具有可靠性、稳定性和通用性。

10.2.3 根据资料类型,可采用不同的存储介质。自动监测仪器摘录数据、原始数据整理表应采用纸介质存储;整编成果表是否采用纸介质存储由整编单位确定。非纸介质存储的数据文件类型主要包括自动监测仪器原始数据文件、整编原始数据文件、整编成果数据文件。

10.3 成果分析

10.3.1 收集测区内主要作物种类、分布区域、播种面积、耕作制度、作物生育期间的各生长发育指标和作物受旱表象等基本资料,依据主要耕作土壤的质地、干容重、土壤水分常数等数据,对土壤含水量整编成果进行分析整理,绘制监测期间土壤含水量与降水、地下水埋深过程线图,建立不同土壤含水量与作物生长发育和旱涝表象之间的数据关系,总结不同土层深度主要作物不同生育期土壤适宜含水量等。分析内容可分为下列几个方面:

- a) 同一地(测)点土壤含水量数据的分析。
- b) 不同地(测)点的土壤含水量数据的汇总分析。
- c) 按一定区域和农作物类型进行的、代表一定面积的土壤含水量数据汇总和分析。

10.3.2 整编成果分析可应用计算机分析软件进行。应用的计算机软件应满足下列功能与要求:

- a) 能够实现对各类监测和分析数据进行整理与分析。
- b) 能够以网络专题地图的形式直观地展示国家、省、市、县各级区域内土壤墒情等级及监测点状况,包括土壤墒情监测站点地图、土壤墒情状况地图及各土层相对湿度专题图等。
- c) 能够以手机短信等形式有针对性的为基础业务部门、各级农业生产组织和农民提供墒情预测、生产指导建议等农田土壤墒情服务。

10.3.3 土壤墒情评价主要依靠土壤含水量测定结果和不同作物不同生长阶段的需水要求，参照同期记载土壤水分常数、土壤性状、降水、蒸发和同期土壤水分变化等，分析土壤墒情适宜程度、对作物生长及产量可能带来的影响，主要包括：作物生长情况、土壤水分状况和土壤墒情等级、天气状况、同比、环比墒情变化趋势及预测、对策措施建议以及相关图表等。

土壤墒情评价应符合 SL 568 的规定要求。



附录 A
(资料性附录)
说明表及位置图

表 A.1 _____ 年 _____ 土壤墒情监测站说明表及位置图

站址	安徽省宿州市萧县杨楼镇孙庄村 行政编码：341322102210					土壤剖面说明			
	东经：116.8168400 北纬：34.3307400					深度 /cm	剖面图	土壤质地	土层
土壤类型	潮土	取样方法	取土钻	采集深度	10cm 20cm 40cm	0		粉壤土	耕作层
称量器具	电子天平	感量	0.01g	烘干方法	恒温干燥箱	15		粉壤土	犁底层
烘干温度	105℃±2℃		地下水位 站名	杨楼		30		粉壤土	犁底层
雨量站名	杨楼		蒸发站名	杨楼		50		黏壤土	心土层
说明	本站于2001年5月1日开始土壤墒情监测，人工取土烘干法监测土壤含水量。2001年7月21日起监测点由水文站移至陇海铁路南侧，位于孙庄村东北1.4km。监测地块常年耕种，两年三茬，套种，现种植玉米，无机灌设施。土壤质地以粉壤土为主，保水保肥通气性较好。耕作层为灰黄棕色粉壤土，较疏松，通气性能好；犁底层灰黄棕色粉壤土，片块状较紧实；心土层细粉沙含量高，浅灰黄色黏壤土，结构细密。监测点冬季无冻土，地下水埋深6~8m，地面高程为38m。								
监测点位置示意图									

附录 B

(资料性附录)

土壤干容重测定方法

B.1 应用范围

本部分除坚硬和易碎的土壤外,适用于各类土壤干容重的测定。

B.2 测定原理

利用一定容积的环刀切割自然状态的土样,使土样充满其中,称量后计算单位体积的烘干土样质量,即为干容重。

根据 NY/T 1121.4 的规定要求,若垂向为均质土壤时,每个土壤墒情监测站对应监测点处的垂向取 10cm、20cm、40cm 3 个层次。每个层次取 3 个土样,以人工取土烘干法求出其干容重。当土壤层和包气带较薄时,可视垂向采集点的布置计算土壤干容重。

B.3 主要仪器设备

环刀(容积 100cm³)、环刀手柄、削土刀、小铁铲、锤子、天平(感量 0.01g)、电热恒温干燥箱、干燥器。

B.4 测定步骤应按下列方法进行:

- a) 采样前,在各环刀的内壁均匀地涂上一层薄薄的凡士林。
- b) 选择好土壤剖面后,按土壤剖面层次,自上至下用环刀在每层的中部采样,使环刀中部位置处于采集深度。
- c) 用铁铲刨平采样层的土面,将环刀手柄盖在环刀无刃的一端,环刀刃朝下,用力均衡地压环刀手柄,将环刀垂直压入土中。如土壤较硬,环刀不易插入土中时,可用土锤轻轻敲打环刀手柄,待整个环刀全部压入土中,土体充满环刀时,停止下压。
- d) 用铁铲把环刀周围土壤挖去,在环刀下方切断,并使其下方留有一些多余的土壤。
- e) 取出环刀,将其反转过来,刃口朝上,用削土刀迅速刮去黏附在环刀外壁上的土壤,然后从边缘向中部用削土刀削平土面,使之与刃口平齐。
- f) 盖上环刀底盖,再次翻转环刀,使已盖上底盖的刃口一端朝下,取下环刀手柄。同样削平无刃口端的土面并盖好顶盖。
- g) 将装有土样的环刀及时带回室内,应将环刀内采集的全部土样倒大号铝盒内称重、烘干。烘干前应先将土样切碎,防止烘干不彻底。
- h) 土壤干容重可采用式(B.1)计算:

$$\gamma_0 = \frac{w_g}{V} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

γ_0 ——干容重, g/cm³;

w_g ——干土质量, g;

V ——原状土样体积即环刀体积, cm³。

附 录 C
(资料性附录)
田间持水量测定方法

C.1 环刀法

C.1.1 方法提要

利用环刀在实验地块上采集原状土土样带回室内，放置在装有水的平底容器中，使土样含水量达到饱和，置于风干土上，排出重力水后，利用人工取土烘干法测定的土壤重量含水量即为田间持水量。

C.1.2 仪器与设备应满足下列要求：

- a) 环刀（容积：100cm³）。
- b) 天平（感量：0.01g）。
- c) 标准筛（孔径：2mm）。
- d) 电热恒温干燥箱。
- e) 中号铝盒。
- f) 干燥器，等。

C.1.3 分析步骤应按下列方法进行：

- a) 在野外监测地块用环刀采集原状土壤样品，避开土壤中的石块、作物根系或杂物，采集土壤3份，保持土壤的一致性及土壤原有密实度。在有孔的环刀盖内侧垫上滤纸，盖好两端环刀盖，带回实验室。
- b) 去掉环刀无孔盖，将环刀有孔盖一面朝下放入平底容器中，缓慢加水，保持水面比环刀上缘低1~2mm，浸泡24h以上，浸泡过程中要随时补水，保持容器内水位不变。
- c) 将在采样地带回的散状土壤样本风干，磨细通过孔径为2mm的筛子，将风干土平铺装入容器中，轻拍、压实，以备吸收环刀内土壤水分。风干土也可用石英砂替代。
- d) 将已达到饱和、装有原状土的环刀从水中取出，将有孔底盖打开，连同滤纸一起放在装有风干土（或石英砂）容器中。为使环刀与风干土紧密接触，也可用2kg左右重物将环刀压实。
- e) 经过8h（壤土、黏壤土、黏土可延长至9~10h）水分下渗过程后，取环刀中的原状土30~50g，放入已恒重的铝盒（ $m_{\text{盒}}$ ），立即称重（ $m_{\text{盒+湿土}}$ ）。在105℃±2℃将土壤烘干至恒重时，取出后放入干燥器内冷却至室温，再称重（ $m_{\text{盒+干土}}$ ），计算土壤含水量，此值即为土壤田间持水量。

C.1.4 结果计算及精度应满足下列要求：

- a) 按8.1.4规定的方法计算各土层土壤田间持水量。
- b) 平行测定结果的允许绝对值相差不大于1%。
- c) 平行测定结果以同一土层的算术均值表示。
- d) 按附录G式（G.5）计算监测点垂向平均土壤田间持水量。

C.2 围框淹灌法

C.2.1 方法应满足下列要求：

在选定的具有代表性地块中建立实验区，通过设置围框、人工灌水等一系列技术手段，使围框内土壤含水量达到饱和，自然排出重力水后，测取最大毛管悬着水量，此时的土壤水分含量即为土壤田间持水量。

本方法可作为环刀法测定田间持水量的补充验证方法。

C.2.2 测定技术要点应满足下列要求：

- a) 实验区应选择土壤质地、农作物种植结构、地形地貌代表性好且汲水方便的耕种地块。
- b) 在实验区中心部位楔入铁制围框，围框内为原状耕种土体，不得翻动与挖掘，围框四周用原状土填实并与周围土壤密切接触。
- c) 围框内地面应覆盖一层草垫子，避免灌水时冲击土壤，破坏土结构。灌水时长宜为 3~6h，使其均匀入渗，直至围框内表层水体不再下渗为止（达到饱和）。灌水完毕后需用塑料薄膜覆盖实验区，避免土壤水分蒸散发或雨水浸入。
- d) 采集土样时，宜采用土钻打孔，按土壤深度自上而下分层采集土样。一般情况下，砂性土壤可在灌水 24h 后采样，黏性土壤宜在灌水 48h 后采样。
- e) 按 8.1.2、8.1.3 规定的方法进行土样称重、烘干。
- f) 连续测定围框内土壤水分，每日监测一次，连续监测 5~7d，点绘土壤水分衰退过程线。
- g) 当相邻测次土壤含水量无明显差异时（土壤重力水已排出，土壤毛管处于最大悬着水量），此时土壤水分含量即为该土壤的田间持水量。
- h) 结果计算及精度要求按 C.1.4 的规定执行。

C.3 天然降水法

C.3.1 方法应满足下列要求：

当大气降水使监测地块土壤水分含量达到饱和时，连续监测土壤水分衰退过程，排除多余重力水后的土壤重量含水量即为田间持水量。

本方法可作为环刀法测定田间持水量的补充验证方法。

C.3.2 测定技术要点应满足下列要求：

- a) 降水历时长、量级大、下渗充分，测定土层深度的土壤达到饱和。
- b) 及时进入现场选址、清理植物、地膜覆盖等，防止后续降水或植物蒸散发影响。
- c) 测定地块土壤质地、农作物种植结构、地形地貌具有代表性。
- d) 测定地点要远离植物根系分布土层。
- e) 测定地点处地下水埋深不宜过高，且雨水浸润线应高于地下水水位 0.5m 以上。
- f) 按 C.2.2 中的 d) ~g) 步骤测定土壤含水量、土壤水分衰退过程。
- g) 结果计算及精度要求按 C.1.4 的规定执行。

附录 D
(规范性附录)
监测记录表

D.1 表格式样

表 D.1 站土壤墒情监测采样记录表

监测日期： 年 月 日 时 分

天气：

监测地点： 省（自治区、直辖市） 市（地、州、盟） 县（市、区、旗） 乡（镇） 村 组				
土壤采集	采集编号		主要作物种植情况	
			耕作制度	
	采集深度/cm		作物名称	
			播种面积/hm ²	
	土壤质地		作物生长阶段	
			作物根系深度/cm	
表土情况			作物水分状况	
地下水埋深/m			其 他	
灌溉时间				
现场情况记录			监测点位示意图 ↑北	

监测：

记录:

校核：

表 D.2 站土壤墒情监测烘干法记录表

测次： 监测时间： 年 月 日 时 分 日 时 分 日 时 分

烘干温度： °C 烘干时间： 日 时 分 日 时 分

项 目		采集深度/cm											
		10	20	40	60	80	100						
铝盒编号													
铝盒+湿土重量/g	①												
铝盒+干土重量/g	②												
铝盒重量/g	③												
干土重量/g	④=②-③												
水分重量/g	⑤=①-②												
土壤重量含水量/%	⑤/④×100												
平均土壤含水量/%													
土壤质地		地下水埋深/m			表土情况			主要作物生长描述					
主要作物名称		时段降水量/mm											
主要作物生长阶段		连续无雨日/d											
主要作物水分状况		灌溉时间											
作物根系深度/cm		其 他											

取样： 计算： 一校： 二校：

表 D.3 站土壤墒情中子水分仪观测记录表

[illegible]

观测:

计算:

校核:

表 D.4 站土壤墒情仪器观测记录表

监测点名(号):

监测时间： 年 月 日

[illegible]

观测:

计算:

校核:

[illegible]

制表:

审核： 年 月 日

校核： 年 月 日

制表: 年 月 日

[illegible]

表 D.7 省(自治区、直辖市)土壤墒情监测站一览表

[illegible]

表 D.8 人工取土 (移动) 墒情监测站 (垂向平均土壤含水量) 成果表

移动监测设备型号		站名		站址		乡 (镇)		村		地理坐标		东经:	
年		省 (自治区、直辖市)		市 (地、州、盟)		县 (市、区、旗)						北纬:	
日期		月 份											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日统计	1												
	2												
	:												
	30												
	31												
月统计	最高日 土壤含水量/%												
	发生日期												
	最低日 土壤含水量/%												
	发生日期												
	月平均/%												
年统计		最高日土壤含水量: 月 日 %				最低日土壤含水量: 月 日 %				平均土壤含水量: %			
仪器使用说明													
制表:		年 月 日		校核:		年 月 日		审核:		年 月 日			

表 D.9 固定埋设自动墒情监测站 (垂向平均土壤重量含水量) 摘录成果表

年 省(自治区、直辖市) 市(地、州、盟) 县(市、区、旗)

移动监测设备型号	监测站	站名		站址	乡(镇)村			地理坐标			东经:		北纬:																																										
		编	码					平	均	最	高	平	均	最	低	平	均	最	低																																				
日期		月份																																																					
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12																															
		平	均	最	低	平	均	最	低	平	均	最	低	平	均	最	低	平	均	最	低	平	均	最	低	平	均	最	低																										
1																																																							
2																																																							
:																																																							
30																																																							
31																																																							
最高日平均 土壤含水量/%																																																							
发生日期																																																							
最低日平均 土壤含水量/%																																																							
发生日期																																																							
月平均/%																																																							
年统计		最高日平均土壤含水量: % 月 日																		最低日平均土壤含水量: % 月 日																		平均土壤含水量: %																	

制表:

校核:

年 月 日

审核:

年 月 日

表 D.10 土壤墒情监测站(垂向平均土壤重量含水量)年特征值统计表

[illegible]

制表:

校核:

年 月 日

审核:

年 月 日

D.2 填表说明

D.2.1 土壤墒情监测成果表应符合下列规定：

- a) “测次”：按土壤墒情监测站全年的测次以时间顺序编号。
- b) “监测时间”：填监测时的月、日、时（时以小数计，记至一位小数）。
- c) “土壤重量含水量”：填各采集深度土壤含水量，百分数表示，记至一位小数（记至 0.1%）。
- d) “地下水埋深”：填土壤墒情监测站或附近的地下水埋深，单位为 m，记至 0.01m。
- e) “连续无雨日”：填土壤墒情监测站点连续无降雨的天数，单位为 d，记至 1d。
- f) “时段降水量”：填土壤墒情监测站（或附近）前次报送至本次报送时的时段累积降水量，单位为 mm，记至 0.1mm。
- g) “时段蒸发量”：指土壤墒情监测站点（或代表蒸发站）前次报送至本次报送时的时段累积蒸发量，单位 mm，记至 0.1mm。
- h) “灌溉时间”：填监测点进行灌溉的月、日。
- i) 作物的“名称”：填监测点处的主要农作物名称。
- j) 作物的“水分状态”：可用涝、渍、正常、缺水、萎蔫、发黄、枯死描述。
- k) 作物的“生长阶段”：是指作物处于何种生长阶段。主要作物生长阶段见表 D. 11。

表 D. 11 主要作物生长阶段表

作物	作物生长阶段					
小麦	播种期	苗期	返青期（冬小麦）	拔节期	孕穗灌浆期	成熟期
玉米	播种期	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆期	成熟期
棉花	播种期	苗期	蕾期	花铃期	吐絮期	
谷子	播种期	苗期	拔节期	抽穗期	灌浆期	成熟期
大豆	播种期	苗期	分枝期	花荚期	鼓粒期	成熟期
油菜	播种期	苗期	返青期	开花期	结荚期	
烟草	播种期	苗期	团棵期	现蕾期	成熟期	

- l) 作物的“根系深度”：监测点处主要作物的根系层平均埋深，单位为 cm，记至 1cm。
- m) “监测方式”：分为人工墒情监测、固定自动墒情监测、移动自动墒情监测 3 种，可填写：人工、固定自动、移动自动。
- n) “表土情况”：监测点地表状态或表层土壤状态的描述，可填写：干土、灌溉、积水、封冻。其中，有干土层时需测干土厚，单位为 cm，记至 1cm。

D.2.2 土壤墒情监测站一览表（表 D. 6）应符合下列规定：

- a) “站次”：按流域、水系面向下游，自上而下，先左后右顺序，一个土壤墒情监测站点编一个站次，用自然数顺序编排。
- b) “流域”“水系”应按 SL 247 中关于水文资料整编刊印填制说明填写。
- c) “省（自治区、直辖市）”“地市”：按土壤墒情监测站所在行政区划填写。
- d) “站名”：填土壤墒情监测站名称。
- e) “坐标”：填土壤墒情监测站的坐标（东经、北纬），记至度，小数不超过 7 位。
- f) “站址”：填土壤墒情监测站所在地名，一般填至省（直辖市、自治区）、市（地、州、盟）、县（市、区、旗）、乡、村。
- g) “测站编码”：由 12 位阿拉伯数字构成，代表省（直辖市、自治区）、市（地、州、盟）、县（市、区、旗）、乡（镇）、村的行政区划码。
- h) “土壤质地”：根据中国土壤质地分类方法对墒情监测站土壤质地进行分类。土壤质地分类见

表 D. 12。

表 D. 12 土壤质地分类表

质地组	质地名称	颗粒组成/%		
		砂粒 (1~0.05mm)	粗粉粒 (0.05~0.01mm)	粉粒 (>0.001mm)
砂土	粗砂土	>70		
	细砂土	60~70		
	面砂土	50~60		
壤土	砂粉土	>20		
	粉土	<20	>40	<30
	粉壤土	>20	<40	
	黏壤土	<20		
	砂黏土	>50		>30
黏土	粉黏土			30~50
	壤黏土			35~40
	黏土			>40

- i) “耕作制度”：农作物种植制度、种植方式。可填写：常年耕种、季节耕种，单种、复种、休闲、间种、套种、混种、轮作、连作等。
- j) “开始监测时间”：填土壤墒情监测站点设立后开始监测的年、月。
- k) “年内监测时间”：填土壤墒情监测站点年内开始监测的月、日。

附录 E

(规范性附录)

信息采集系统

E.1 传感器

E.1.1 环境条件

- 1) 工作环境温度： $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，特殊环境工作温度： $-30\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- 2) 土壤温度： $0\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。特殊环境土壤温度： $-20\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 空气相对湿度：95%（ 40°C 时，无凝结）；降雨条件下 100%。
- 4) 储存环境：空气温度： $-40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，空气相对湿度：90%。

E.1.2 电气性能要求

- a) 电源。监测仪器应采用直流供电，电源电压宜为 12V。
- b) 电源适应性。在电源标称值的 90%~120% 范围内，仪器应正常工作。如采用自适应电源，在产品规定的电压范围内应能正常工作。
- c) 信号接口与输出应满足下列要求：
 - 1) 监测仪器应采用模拟或数字通用接口标准。
 - 2) 模拟量输出宜为 $0\sim 2.5\text{V}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 。
 - 3) 数字量输出可选用 RS-485/422、RS-232C、SDI-12 等通用接口标准。
- d) 工作电流。监测仪器工作电流不宜大于 50mA。
- e) 绝缘电阻。电源输入端与外壳之间绝缘电阻不应小于 $2\text{M}\Omega$ 。

E.1.3 准确性

按 7.5.2 式 (3) 计算。

E.1.4 测量结果的重复性

监测仪器测量结果的重复性以实验标准差表示，实验标准差 $S\leq 1\%$ 。

E.1.5 可靠性

- a) 在正常维护情况下，埋设类监测仪器平均无故障时间 MTBF 不应低于 16000h。
- b) 埋设类监测仪器的最低使用年限不应低于 5 年。

E.1.6 外壳防护

- a) 监测仪器埋入土壤部分的外壳防护等级应达到 IP68，浸水压力不低于 0.01MPa ；其他部分的外壳防护等级应达到 IP67。
- b) 应能使监测仪器的探针孔、接线孔、盖板等处保持良好的密封，仪器设备箱也应具备密封能力。

E.1.7 抗冻胀性

在特殊环境中使用的监测仪器应具有抗冻胀能力。

E.1.8 防腐蚀

监测仪器应具有防腐蚀的能力，埋入土壤 5 年内不应因腐蚀而影响正常使用。

E.2 遥测终端设备 (RTU)

E.2.1 遥测终端设备完成被测参数的数据采集、存储(显示)和传输控制,并通过通信设备与信道完成数据传输。

E.2.2 具有输入及显示功能。可选配键盘和 LCD 汉字屏幕显示器,各通道的土壤含水率以三位 10 进制格式显示。

E.2.3 遥测终端设备应具有低功耗的性能和高可靠性,并能扩展传感器接口和通信接口。

E.2.4 不带存储功能的遥测终端设备用于承担数据收集任务的基本监测站时,应备有与存储器进行通信的接口。

E.2.5 带存储功能的遥测终端,其存储器的存储格式、存储周期和容量,应符合下列规定:

- a) 按照编码可靠、直观、能有效利用存储空间等要求,自定存储格式,并把关于格式的规定与说明写入设计文件备查。
- b) 根据读取存储装置所存数据的办法与时间间隔,从 90d、180d、360d 中选择存储周期。
- c) 根据所连接传感器的编码格式和每次采集参数的数据量及频度,估算存储周期内需存储的数据量,存储容量应能存储 3000 组以上数据。
- d) 存储器设备的静态值守电流应小于 1mA。
- e) 存储器和传感器间应设选通功能,以避免在进行传感器和遥测终端设备调试时试验数据进入存储器。
- f) 正常维护条件下,MTBF 不小于 25000h。

E.2.6 各类遥测终端设备应具有的基本功能应包括下列内容:

- a) 自报式终端机。
- b) 查询—应答式终端机。
- c) 主动显示发送电源电压、传感器输出电压以及各端口工作状态。
- d) 兼容式终端机应兼有自报式和查询—应答式终端机的各项功能。
- e) 遥测终端设备应能在被测参数超限时,主动增加报送频度,并取得确认。
- f) 支持现场通过键盘、显示器或外置读写装置对系统的配置参数进行修改,同时也支持远程修改。

E.3 通信设备

E.3.1 通信设备应包括调制解调器、收发信机、专用数字通信机和天馈线等。

E.3.2 不同通信信道应选用与其相匹配的调制解调器。

- a) 用超短波传输数据,宜采用 FSK 制式的调制解调器。
- b) 采用 PSTN 传输数据,使用调制解调器的主要技术性能应满足入网需要。
- c) 调制解调器的使用应采用低功耗设计。

E.3.3 无线电可选用公网信道的收发信机。

E.4 中心站设备

E.4.1 中心站设备应主要包括通信设备、通信控制机、中心计算机、电源和网络设备五个部分。依据中心站数据处理任务的不同,需要配置的设备类别和技术性能要求有很大差别,应按照系统设计进行设备选型和制定配置方案。

E.4.2 通信控制机的组成和功能应符合下列要求:

- a) 通信控制机应包括调制解调器和通信控制接口,接收通过有线信道、无线信道传来的数据,经预处理后再通过串行口送给中心计算机。中心站通过通信控制机收集下属站的数据,并进

行相应的控制。

b) 通信控制机具有下列基本功能：

- 1) 对通信设备进行收发控制。
- 2) 对通信中的信息流程、流向进行控制，并完成对遥测站工作方式的控制。
- c) 通信控制机可使用低功耗多串口的通信控制机，也可使用工控机或工作站承担通信管理任务。当系统使用信道较多时，可由几台通信控制机分别管理不同信道的通信，并在网络环境下予以综合。

E. 4.3 中心站计算机设备的选用应按照项目建议书或可行性研究报告的要求进行选配。宜满足下列规定：

a) 中心站能实现下列功能：

- 1) 数据接收、处理和管理与网络连接。
- 2) 自动定时或随机召测系统中查询—应答式遥测站。
- 3) 管理系统下属遥测站、中继站的工作方式，并对系统其他设备进行校时。
- 4) 读出固态存储器的数据，供资料整编使用。

b) 中心计算机配有标准接口，用于：

- 1) 与通信控制机连接，完成遥测数据的接收、召测和控制命令的发送。
- 2) 与固态存储器的双向通信。

c) 中心计算机软件可按实际要求进行选配。

d) 为满足联网要求，中心站应配置网卡、交换机和路由器等网络设备。

E. 4.4 应采取下列措施以保证中心站设备可靠运行：

- a) 数据处理系统的各类硬设备要有一定数量的备品备件。
- b) 系统软件、应用软件、各类数据文件等软件资源应有足够的备份。
- c) 中心站机房要有稳定可靠的电源，应采取配备不间断电源、多路供电、配置发电设备等措施保证中心站的供电。
- d) 配备良好的防雷接地设施和空调系统，形成能保证计算机正常运行的环境。

附录 F (资料性附录)

土壤水分自动监测仪器率定与比测方法

F.1 探针式 (环刀法)

- a) 在具备标准烘干条件的实验室, 环刀法即可为监测仪器率定公式, 又可对监测仪器的率定公式进行校准。
- b) 环刀尺寸以传感器探针完全插入后, 探针距离环刀内壁不宜小于 1cm, 必要时可定制符合尺寸要求的环刀。两个环刀盖中一个无孔, 另一个有孔。
- c) 在监测地块避开土壤中的石块、作物根系或杂物, 用环刀采集土壤 2 份, 保持 2 份土壤的一致性及土壤原有密实度。在有孔的环刀盖内侧垫上滤纸, 盖好两端环刀盖, 带回实验室。
- d) 去掉环刀无孔盖, 将环刀有孔盖一面朝下放入平底容器中, 缓慢加水, 保持水面比环刀上缘低 1~2mm, 浸泡 24h 以上, 浸泡过程中要随时补水, 保持容器内水位不变。
- e) 将传感器垂直缓慢插入环刀内土壤, 要求探针位置居中, 不得触碰环刀壁, 且探针完全插入土壤不留空隙。传感器插入环刀后在实验过程中随同环刀一起称重, 直至烘干前方可拔出。
- f) 将传感器连接至 RTU, 经过多次测量传感器电压不再升高, 认为该土壤达到饱和含水量状态, 记录此时传感器电压 V_0 。
- g) 将环刀、土壤、传感器和滤纸整体从水中取出, 悬空放置在不吸水的支架上, 让土壤中重力水自然下渗。当环刀底部不再滴水, 并且测量传感器电压在一定时间内维持在某一数值不再下降时, 认为该土壤含水量为田持状态, 即刻断开传感器与 RTU 连接, 将传感器、环刀、湿土和滤纸放入托盘整体称重, 记录此时传感器电压 V_i 及重量 G_i 。
- h) 称重及测量电压时, 应注意保持传感器相对于环刀和土壤稳固不动, 避免传感器晃动造成探针与土壤间出现空隙。
- i) 连接 RTU, 每隔一定时间监测传感器电压下降情况, 依据电压下降幅度确定测量时间, 记录传感器+湿土+环刀+滤纸+托盘的重量 (记为 G_i) 和对应时间的传感器输出电压 (记为 V_i)。
- j) 实验过程中应保持环刀内土壤自然晾干, 不得对其吹风或烘烤。实验数据不宜小于 20 组, 并均匀涵盖土壤含水量从高到低变化过程。当传感器电压不再下降, 土壤接近干土状态时, 停止实验。
- k) 拔出传感器 (传感器探针上附着的土壤清理干净放回环刀内), 将环刀连同土壤进行标准烘干, 称量环刀+干土重量、传感器重量、托盘重量、滤纸重量, 再去除土壤称量环刀重量。
(环刀+干土重量) - 环刀重量 = 干土重量, 记为 w_g 。
- l) 按式 (F.1) 计算各次测量土壤样本的重量含水量:

$$\omega_i = \frac{G_i - G_1}{w_g} \times 100, i = 2, 3, \dots \quad \text{..... (F.1)}$$

式中:

ω_i ——第 i 次监测的重量含水量, 百分数表示 (%);

G_i ——第 i 次监测, 环刀+湿土重量+传感器重量+托盘+滤纸的重量, g;

G_1 ——第 1 次监测, 环刀+干土重量+传感器重量+托盘+滤纸的重量, g;

w_g ——原状土干土重, g。

- m) 将相关数据录入 Excel 电子表格, 计算各测次土壤重量含水量 ω_i , 选中重量含水量 ω_i 和对应的传感器电压 V_i 两列数据, 插入 XY 散点图, 图表标题为 XX 站土壤含水量与电压关系曲线图, X 轴名称为传感器电压, Y 轴名称为土壤含水量。

- n) 生成散点图后, 单击图中点据, 添加趋势线, 选择多项式, 阶数为 3。点击选项栏, 选中显示公式和显示 R^2 , 确定后得到率定公式。当 $R^2 \leq 0.95$ 时, 认为点线关系吻合程度较低, 应重做实验。
- o) 建立土壤含水量与传感器电压公式时, 不得人为加入原点数据 (土壤含水量为 0, 传感器电压为 0)。
- p) 将土壤饱和和电压代入率定公式, 可得出该土壤的饱和含水量。
- q) 当监测仪器原有率定公式时, 可将实验计算出的各测次实际重量含水量与实验过程中利用 RTU 原率定公式显示的土壤含水量比较分析, 对原率定公式进行校准。

F.2 导管式

导管式传感器实验室率定主要步骤和方法:

- a) 土样取样。取样为现场取样, 在传感器埋设地田间取样。取样方法按照传感器埋设深度分层取样。导管式传感器埋设深度为 10cm、20cm、40cm 的应分三层取样。
- b) 土样预处理。取足量土样平铺在阴凉通风处风干。风干后, 先将土碾碎, 用孔径 2mm 的土壤筛过筛, 获得土样备用。根据需要可用孔径 1mm 的土壤筛再筛一遍。
- c) 制备特定质量含水量土样。对各层土样, 分别配制不同湿度的样本, 每层制作样本的土壤体积含水量区间不少于 7 个, 分别为小于 10%、10%~15%、15%~20%、20%~25%、25%~30%、30%~35% 和大于 35% 七个等级, 导管式传感器埋设深度为 10cm、20cm、40cm 的需分三层, 需配制不少于 21 个样本。配置完成的土样搅拌均匀后, 放入恒温恒湿培养箱或密封塑料袋内静置平衡 24h。水样采用去离子水或者蒸馏水。
- d) 填装土柱制备标准土样。预制含水量土样静置 24h 后, 取出搅拌均匀, 分多层装填。依据设计土柱高度分层, 每层高度 2cm。每层装入的土样量依据分层数平均分配。装填中为使导管式传感器外管壁与土样紧密接触, 可先放入导管式传感器再装填土样。
- e) 数据测量。用导管式传感器对土样含水量进行测量, 获取测量值, 每个土样定点测量 6 次。
- f) 环刀取样。通过专用环刀在各个土柱样本中取样烘干、称重, 每个土柱取 3 个样本, 获得对应样本的实际土壤含水量值。
- g) 公式率定。对烘干称重法获得的土壤含水量值与传感器测量值进行分析比较, 使用一元回归的方法在 Excel 软件上作出烘干称重法获得的土壤含水量值与传感器测出的频率 (或电压值) 之间的关系, 得出率定公式 (一般为三次方多项式)。

F.3 比测方法

- a) 比测前应对站点进行土壤质地分析, 确定土壤类型、田间持水量、土壤干容重等。
- b) 采用人工取土烘干法与监测仪器数据进行比测, 人工取土烘干法采集土壤时间应与监测仪器采集数据时间相同。采集土壤应避免降雨日及大雨后地表积水日。在距离监测仪器埋设点 0.5~1.0m 范围内采集土壤。土壤采集、称重、烘干要求见人工取土烘干法。
- c) 比测时间宜为 6 个月, 最少不得低于 3 个月。比测数据不应少于 30 组, 其中应包含土壤含水量较高和较低的数据。
- d) 稳定性应按下列要求进行评估:
 - 1) 在试验周期结束时, 对数据接收端的实际接收到的数据次数进行统计。
 - 2) 计算按设定的监测频次应接收到的数据次数。
 - 3) 在实际接收到数据里, 应剔除明显异常的数据点次数, 再次统计实际接收到的数据次数。
 - 4) 稳定性评估: 实际接收到的数据次数/应接收到的数据次数 (100%, 其值不应小于 98%)。分析数据缺失的原因, 主要分析确定是监测仪器、RTU 还是电源等问题造成的数据缺失。

e) 准确性应按下列要求进行评估：

- 1) 按照规范要求，分析整理在试验周期内每次采用人工烘干法监测的数据，并制成表格。
- 2) 分析整理在试验周期内每次使用厂家提供的监测仪器及率定公式监测的数据，并制成表格；或分析整理在试验周期内数据接收端与人工监测同一土壤层次的监测数据，并制成表格。
- 3) 与烘干法相比，统计绝对误差在 $\pm 4\%$ 范围内的数据测次。
- 4) 准确性评估：绝对误差在 $\pm 4\%$ 范围内的数据测次/人工监测的测次（100%，其值不应小于80%）。
- 5) 对绝对误差超过 $\pm 4\%$ 的数据进行分析，分析是偶然误差还是系统误差造成的。

f) 灵敏性应按下列要求进行评估：

- 1) 统计在试验周期内有效降雨次数，宜按日降雨量大于10mm统计降雨次数，确定降雨日期。
 - 2) 统计在试验周期内，对应的有效降雨日期的各层传感器监测数据，并制成表格。
 - 3) 统计分析各层传感器对有效降雨的反应次数。
 - 4) 灵敏性评估：对有效降雨的反应次数/有效降雨次数 $\times 100\%$ ，其值不应小于95%。
- g) 若监测仪器与人工数据误差大于 $\pm 4\%$ ，应将人工数据代入该站点原率定公式数据组重新计算率定公式。

附录 G

(规范性附录)

土壤含水量相关要素计算公式

G.1 监测点各土层平均土壤含水量应按式 (G.1) ~ 式 (G.3) 计算。a) 第一土层 (0~10cm) 平均土壤含水量 θ_1 按式 (G.1) 计算:

$$\theta_1 = \theta_{10} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

 θ_1 ——第一土层 (0~10cm) 平均土壤含水量, 百分数表示 (%); θ_{10} ——10cm 采集点的土壤含水量, 百分数表示 (%).b) 第二土层 (10~20cm) 平均土壤含水量 θ_2 按式 (G.2) 计算:

$$\theta_2 = (\theta_{10} + \theta_{20})/2 \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

 θ_2 ——第二土层 (10~20cm) 平均土壤含水量, 百分数表示 (%); θ_{10} ——10cm 采集点的土壤含水量, 百分数表示 (%); θ_{20} ——20cm 采集点的土壤含水量, 百分数表示 (%).c) 第三土层 (20~40cm) 平均土壤含水量 θ_3 按式 (G.3) 计算:

$$\theta_3 = (\theta_{20} + \theta_{40})/2 \dots\dots\dots (G.3)$$

式中:

 θ_3 ——第三土层 (20~40cm) 平均土壤含水量, 百分数表示 (%); θ_{20} ——20cm 采集点的土壤含水量, 百分数表示 (%); θ_{40} ——40cm 采集点的土壤含水量, 百分数表示 (%).d) 再以下第 i 土层平均土壤含水量 θ_i 的计算公式按以上的方法和计算公式类推。**G.2** 监测点垂向平均土壤含水量按式 (G.4) 计算:

$$\bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n (\theta_i h_i)}{H} \dots\dots\dots (G.4)$$

式中:

 $\bar{\theta}$ ——垂向平均土壤含水量, 百分数表示 (%); θ_i ——第 i 土层的平均土壤含水量, 百分数表示 (%); h_i ——第 i 土层的平均土壤厚度, cm; H ——采集深度, cm。**G.3** 监测点垂向平均田间持水量按式 (G.5) 计算:

$$\bar{\theta}_m = \frac{\sum_{i=1}^n (\theta_{mi} h_i)}{H} \dots\dots\dots (G.5)$$

式中:

 $\bar{\theta}_m$ ——垂向平均田间持水量, 百分数表示 (%); θ_{mi} ——第 i 土层的田间持水量, 百分数表示 (%);

其余符号意义同前。

G.4 采集点平均土壤湿度是指各平均土壤含水量与平均田间持水量的百分比, 按式 (G.6) 计算:

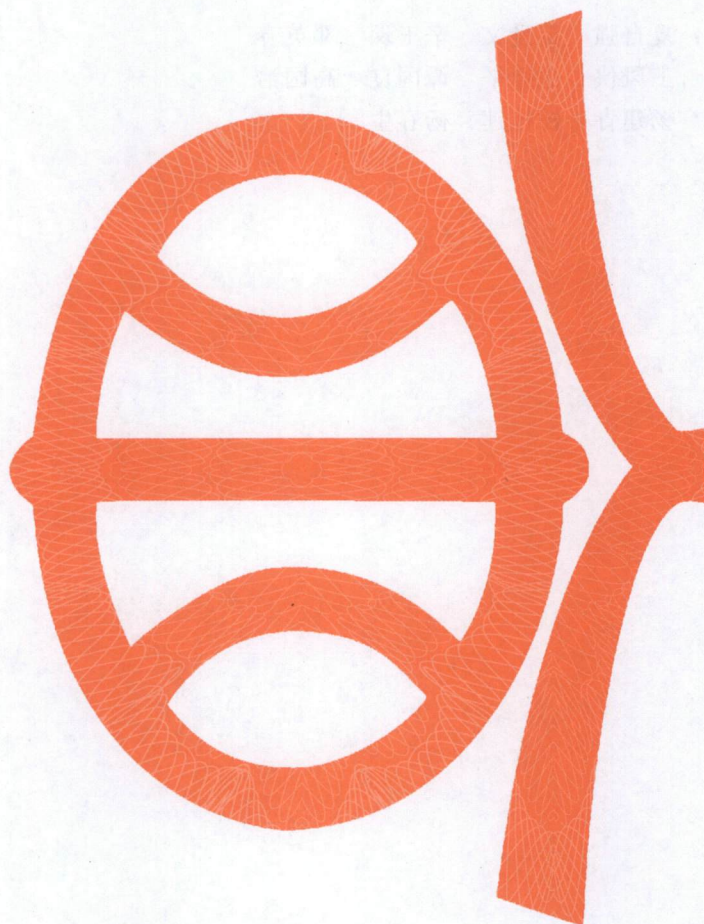
$$\beta = \frac{\bar{\theta}}{\bar{\theta}_m} \times 100\% \quad \cdots \cdots \cdots (G. 6)$$

式中：

β ——采集点平均土壤湿度，百分数表示（%）；

$\bar{\theta}$ ——采集点平均土壤含水量，百分数表示（%）；

$\bar{\theta}_m$ ——采集点平均田间持水量，百分数表示（%）。



标准历次版本编写者信息

SL 364—2006

本标准主编单位：河海大学

本标准参编单位：黑龙江省水文局

吉林省水文水资源局

安徽省水文局

本标准主要起草人：夏自强 英爱文 辛玉琛 邓英春

王凤侠 徐业平 谭国良 高国治

杨建青 杨桂莲 杨春生