

土壤墒情自动监测仪器设备 技术参数及性能要求

一、有关说明

本文件规定了土壤墒情自动监测仪器的主要类型、技术参数和性能要求，适用于指导各级农业农村系统土壤墒情自动监测仪器的设备选型工作。本文件涵盖了目前市场主流的土壤墒情自动监测仪器类别，主要包括：固定式土壤墒情气象自动监测站、固定管式土壤墒情自动监测仪、移动手持式土壤墒情监测仪及遥测式区域土壤墒情自动监测站。本文件将随土壤墒情自动监测技术发展及设备更新适时开展修订工作。

本文件编制单位：全国农技中心、北京市农林科学院信息技术研究中心。主要起草人：沈欣、吴勇、张钟莉莉、张赓、陈广锋、张石锐、刘少君、高祥照、王明飞。

二、技术参数及性能要求

（一）固定式土壤墒情气象自动监测站

1. 定义

配备固定式土壤墒情、农田气象自动监测设备，长期固定在农田某一位置，可实时自动采集、存储土壤墒情、气象要素等数据，并定时将采集的数据自动无线传输到全国土壤墒情监测系统的综合监测站。

2. 构成

仪器设备主要包括管式土壤墒情自动监测仪、气象传感器、主采集器、供电单元和外围设备等。

3. 监测指标

监测指标包括但不限于土壤含水量（体积含水量，不少于4层，0cm~20cm、20cm~40cm、40cm~60cm、60cm~100cm，敏感原件的中心点安装位置需分别对应10cm、30cm、50cm和80cm）、土壤温度（层次要求同土壤含水量）、降雨量、空气温度、空气相对湿度、总辐射、风向、风速、大气压等。有条件的可增加土壤EC（电导率）等。

设备能够通过对传感器监测数据的二次计算输出ET₀（参考作物蒸发蒸腾量）。应加装图象传感器，监测作物长势长相。

4. 技术参数及性能要求

技术参数及性能要求见表1。

表1 固定式土壤墒情气象自动监测站技术参数及性能要求

监测指标	测量范围	分辨率	最大允许误差
土壤含水量	0~60% VWC ^a	≤0.1%	±2.5% VWC ^a （室内） ±5% VWC ^a （室外）
土壤温度	-20℃~80℃	≤0.1℃	±0.5℃
空气温度	-40℃~50℃	≤0.1℃	±0.2℃
空气相对湿度	5%~100%	≤1%	±3%（≤80%） ±5%（>80%）
总辐射	0 W/m ² ~1400 W/m ²	≤5 W/m ²	±5%（日累计）
风向	0°~360°	≤3°	±5°
风速	0 m/s~60 m/s	≤0.1 m/s	±(0.5 + 0.03V ^b) m/s
降雨量	0 mm/min~4 mm/min	≤0.1 mm	翻斗式雨量传感器： ±0.4 mm（降雨量小于10 mm） ±4%（降雨量大于10 mm） 冲击势能式雨量传感器： ±5%（日累计）
大气压	450 hPa~1100 hPa	≤0.1 hPa	±0.5 hPa
图象传感器像素	≥200w	——	——

注：a. VWC—土壤体积含水量。

b. V—风速测量值。

c. 表中技术参数为最低要求，不得低于此标准。

(二) 固定管式土壤墒情自动监测仪

1. 定义

采用管式设计,长期固定在农田某一位置,可实时自动采集、存储不同层深土壤墒情数据,并定时将采集的数据自动无线传输到全国土壤墒情监测系统的土壤墒情监测仪器。

2. 构成

仪器设备主要包括管式土壤墒情自动监测仪主采集器、供电单元和外围设备等。

3. 监测指标

包括土壤温度和土壤含水量(体积含水量,不少于4层,0cm~20cm、2cm~40cm、40cm~60cm、60cm~100cm,敏感原件的中心点安装位置需分别对应10cm、30cm、50cm和80cm)。

4. 技术参数及性能要求

技术参数及性能要求见表2。

表2 固定管式土壤墒情自动监测仪技术参数及性能要求

监测指标	测量范围	分辨率	最大允许误差
土壤含水量	0~60% (VWC) ^a	≤0.1%	±2.5% VWC ^a (室内) ±5% VWC ^a (室外)
土壤温度	-20℃~80℃	≤0.1℃	±0.5℃

注: a. VWC—土壤体积含水量。

b. 表中技术参数为最低要求,不得低于此标准。

(三) 移动手持式土壤墒情监测仪

1. 定义

可即时测量多点土壤墒情,适用于大面积土壤墒情的移动监

测，测量前将测量探头插入土壤，使用手机测量软件完成数据测量、存储、查询、导出。

2. 构成

监测仪由测量传感器（最大测量深度 $\geq 10\text{cm}$ ）、手机端测量软件、锂电池充电器、仪器箱等组成。

3. 监测指标

监测指标为土壤含水量（体积含水量）。

4. 技术参数及性能要求

技术参数及性能要求见表3。

表3 移动手持式土壤墒情监测仪技术参数及性能要求

监测指标	测量范围	分辨率	最大允许误差
土壤含水量	0~60%VWC ^a	$\leq 0.1\%$	$\pm 3\%$ VWC ^a （室内）

注：a. VWC—土壤体积含水量。

b. 表中技术参数为最低要求，不得低于此标准。

（四）遥测式区域土壤墒情自动监测站

1. 定义

采用被动式近地面中子测量技术，不破坏土壤、不影响农事活动、不受土壤封冻期影响的非接触式原位测量，可对周围百米级土壤水分进行测量的中等尺度土壤墒情监测装备，监测空间范围600亩左右。

2. 构成

仪器主要由供电系统、采集系统、传感器系统及外围设备组成。

3. 监测指标

监测指标包含区域土壤含水量（质量含水量）、空气温度、空气湿度、大气压，可增加降水量、风向、风速、总辐射等环境参数的测量功能

4. 技术参数及性能要求

技术参数及性能要求见表4。

表4 遥测式区域土壤墒情自动监测站技术参数及性能要求

监测指标	测量范围	分辨率	最大允许误差
区域土壤含水量 (测量深度 10 cm—60cm, 不分层)	0~饱和	$\leq 0.1\%$	$\pm 4\% \text{MVC}^a$
空气温度	$-40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$	$\leq 0.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
空气湿度	5%~100%	$\leq 1\%$	$\pm 3\%$ ($\leq 80\%$) $\pm 5\%$ ($> 80\%$)
总辐射	$0 \text{ W/m}^2 \sim 1400 \text{ W/m}^2$	$\leq 5 \text{ W/m}^2$	$\pm 5\%$ (日累计)
风向	$0^{\circ} \sim 360^{\circ}$	$\leq 3^{\circ}$	$\pm 5^{\circ}$
风速	$0 \text{ m/s} \sim 60 \text{ m/s}$	$\leq 0.1 \text{ m/s}$	$\pm (0.5 + 0.03 V^b) \text{ m/s}$
降雨量	$0 \text{ mm/min} \sim 4 \text{ mm/min}$	$\leq 0.1 \text{ mm}$	翻斗式雨量传感器: $\pm 0.4 \text{ mm}$ (降雨量小于 10mm) $\pm 4\%$ (降雨量大于 10mm) 冲击势能式雨量传感器: $\pm 5\%$ (日累计)
大气压	$450 \text{ hPa} \sim 1100 \text{ hPa}$	$\leq 0.1 \text{ hPa}$	$\pm 0.5 \text{ hPa}$

注：a. MVC—土壤质量含水量。

b. V—风速测量值。

c. 表中技术参数为最低要求，不得低于此标准。

三、通用要求

(一) 可靠性要求

1. 在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 气温环境下正常工作。电气和电子设备对环境条件的耐久试验方法参见GB/T 25392—2010。

2. 固定设备机箱、电缆接头、防护罩等暴露于地表以上的部件外壳防护等级应不低于IP65；土壤水分传感器各部件外壳防护等级应不低于IP68。外壳防护等级参见GB 4208—2008，产品对环境条件的耐水试验方法参见GB/T 2423.38—2021。

3. 仪器出现电池亏电、传感器故障、信号故障等问题时能及时自动向全国土壤墒情监测系统和监测设备管理人员报警。

（二）准确性要求

1. 仪器提供传感器温度补偿、盐度补偿模型以及多种土壤质地的水分标定模型库。

2. 固定式土壤墒情自动监测站、管式土壤墒情自动监测仪及移动手持式土壤墒情监测仪在安装使用前，应对设备进行校正，校正方法见附录A。

（三）数据通讯存储要求

1. 支持手机无线移动4G/5G网络数据上传（TCP/IP协议）。可实时进行数据自动采集，自动定时上报空间位置信息（通过全球导航卫星系统（GNSS）获取定位）。支持本地数据存储（12个月以上的数据量，不少于24条*365天=8760条）与导出。支持远程升级功能。

2. 采集的数据能直接自动上传到全国土壤墒情监测系统（www.soilmoisture.org.cn），不得通过中间服务器转发。

3. 可设置设备数据采集和发送时间间隔（整点、整分），具备自主数据质量保证机制，自动补发未成功上传的数据。

(四) 供电要求

固定式监测设备应具备太阳能供电功能且有电池过充和过放保护,在无充电情况下可保证每小时采集传输上报一次数据并连续正常工作15天以上。

(五) 售后与服务

1. 在设备安装前或土壤发生大规模扰动后厂家应免费提供设备校正,校正方法见附件A,土壤传感器安装应采用原位安装方法,保证不破坏土体结构。

2. 设备无故障运行时长应超过1年,厂家应提供5年以上质保(包括设备正常运行、数据正确完整传输,承担5年的数据传输流量费用),终身保修,设备发生故障甲方提出维修要求后,厂家应在两周内完成维修。

3. 在产品保质期内厂家应免费提供相关技术培训与配套技术支持服务。

附录 A

固定管式土壤墒情自动监测仪校正方法

一、基本要求

固定管式土壤墒情自动监测仪安装使用前,应先对监测点土壤质地进行分析测定,确定传感器输出读数与土壤含水量相应的数学公式。同时,采用室内快速校正方法完成仪器校正。

二、室内快速校正方法

(一)将监测地点的土壤采集回室内,风干后加入不同梯度的水量,按照待测设备的传感器测量范围,制作成不同含水量梯度的土壤样柱,将待测传感器依次置于样柱中间。

(二)待测设备进行测量,获得待测设备在不同含水量梯度样柱下的传感器输出读数。

(三)采用环刀取土,烘干法测定土壤体积含水量。

(四)建立率定公式,完成传感器输出读数与土壤体积含水量之间数学公式的建立。

三、校正结果验证

设备测量的准确性用误差表示,与烘干法相比,土壤体积含水量测量的平均绝对误差应符合设备技术参数要求。如果超出误差范围,应进行误差分析,分析是偶然误差还是系统误差造成的,并对设备供应商提出售后服务要求。