一体化多节点土壤含水率-倾角计

Cascaded Integrated Soil Sensor

产品手册

(V4.5)

©敏源传感科技有限公司

202607

一、产品概述

一体化多节点土壤含水率-倾角计 CISS（Cascaded Integrated Soil Sensor）可级联多个节点深埋于土壤中探测不同层土壤水分含量、倾角、温度的变化，实现深层土壤含水率、位移、温度等多参数一体的传感融合，监测山体滑坡、塌方、泥石流等地质灾害，铁塔地基沉降、交通、矿山边坡监控等。

设备全部实现数字化传感、采集、嵌入式处理、无线传输。核心含水率传感器基于频率介电反射（FDR）测量原理，根据发出的电磁波在不同介电系数物质中的频率变化，测得各土层的含水率；利用内置高精度数字温度传感器，测量各土层温度；利用高精度重力场加速度计测量地下各节点倾角及位移的变化。

设计本着高集成度一体化杆体（All in one rod）的理念，施工简单，只需一个深层钻孔即可实现多种传感，对山体破坏小，经济实用。根据不同地区边坡稳定性监控需求和实际岩土层情况，每套设备可以灵活级联不同探头数目构成一根多点深度探测杆。

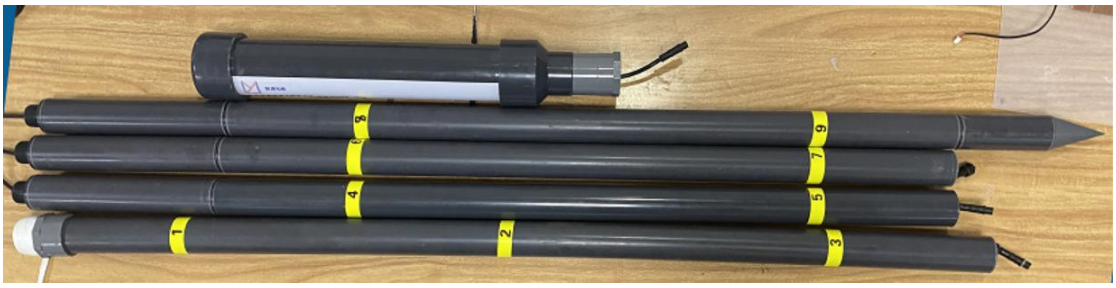


图 1：CISS09-NB 实物图（4 米 9 节点）



图 2：CISS05-485 长线缆实物图（2 米 5 节点）



图 3：CISS03-Cat1 实物图（1 米 3 节点）

典型一体化多节点土壤含水率-倾角计探测深度组合参见下表 1、表 2。由于表层含水率变化更明显， 表 1 中第 1 米在 0.3/0.6/0.9m 处测试三点，后面每米测试两点。

表 1：CISS0X 系列 1 不同设备长度可配置的探头数及探头位置

可配置探头数量（单位：个）	产品型号	设备长度（单位：m）	探头在设备处位置（单位：m）
1	CISS01	0.3	0.15
3	CISS03	1	0.3/0.6/0.9
5	CISS05	2	0.3/0.6/0.9/1.5/1.9
7	CISS07	3	0.3/0.6/0.9/1.5/1.9/2.5/2.9
9	CISS09	4	0.3/0.6/0.9/1.5/1.9/2.5/2.9/3.5/3.9
21	CISS21	10	0.3/0.6/0.9/1.5/1.9/2.5/2.9/...../9.5/9.9

注：1、设备长度 0.3-10 米可选，在 1 米 3 节点（CISS03）基础上，每增加 1 米，探测节点数增加 2 个。
2、可配备长线缆，最长 200 米，例如铁塔地基沉降监测应用。

表 2：CISS0X 系列 2 不同设备长度可配置的探头数及探头位置

可配置探头数量（单位：个）	产品型号	设备长度（单位：m）	探头在设备处位置（单位：m）
3	CISS03	0.6	0.15/0.35/0.55

注：1、设备长度 0.6-10 米可选，每 0.6 米配置 3 个探测节点。
2、可以不同方式级联，需定制请提前联系。

表 3：CISSXM 系列不同设备长度可配置探头数及探头位置

可配置探头数量（单位：个）	产品型号	设备长度（单位：m）	探头在设备处位置（单位：m）
1	CISS1M	1	0.9
2	CISS2M	2	0.9/1.9
3	CISS3M	3	0.9/1.9/2.9

注：1、设备长度 1-10 米可选，每米配置 1 个探测节点。

2、可以不同方式级联，需定制请提前联系。

一体化多节点土壤含水率-倾角计多传感节点通过 RS485 总线连接到顶部的采集板卡并通过 NBIOT/Cat1 等无线传输到云平台，进行长期监测、分析；传感采集及数据上传频率可以根据实际需求动态配置不同土壤参数、采用及无线间隔、设备信息，满足不同地质灾害监测的需求。

典型系统架构如图 4 所示。一个山坡可根据山体构造配置多根一体化多节点土壤含水率-倾角计（内置多节点的含水率、倾角、温度传感等），一个雨量计、一个报警喇叭等，若本地无线 NBIOT 信号弱，可改配 4G/Cat1 等网关。

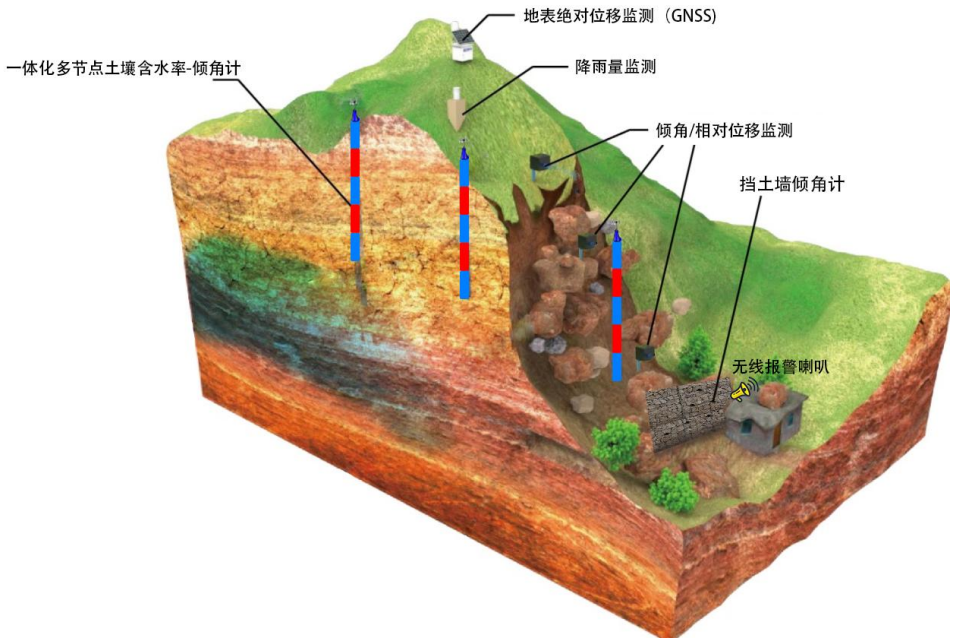


图 4：多参数地质灾害系统构成图

二、产品特点

敏源一体化多节点土壤含水率-倾角计 CISS 是管式节状结构（简称“节状”），与市面上现有管式传感器（简称“管式”）、传统针式传感器（简称“针状”）性能对比如下。

类别 / 项目	管式	针状	节状(CISS)	对比优势
探测范围	最大约 5cm	最大约 5cm	立体柱形，水平 30cm，垂直 25cm	有效感知范围大

含水率测量精度	3%	2%	2%	高稳定度电路
含水率测量灵敏度（分辨率）	0.5%	0.1%	0.1%	感知含水率微变化过程
电池续航	多节点传感器需要太阳能	单个传感器，工作一年	自主研发低功耗芯片可连续工作三年	无需太阳能充电
传感器	单杆	多个并联	一杆多个传感器串联	便于深孔安装
含水率算法	无	无	支持在线调节	自适应校准
多点探测	管式延伸，检测点数固定	设备只支持单一点	灵活组装 多节点级联	可灵活组合
倾角测量	无	无	典型精度 0.1° 分辨率 0.002°	高精度倾角测斜
安装	插管Φ60mm	需挖坑安装	插管Φ40mm	简单

由上表可见，管式传感器只解决了针式传感器无法监测多岩土层含水率的问题，在各项监测指标上和针式传感器基本相同。**敏源一体化多节点土壤含水率-倾角计产品各项指标均优于上述两种传感器，主要特点如下：**

-可拆卸、灵活配置级联、易安装的传感器结构设计

专利技术（实用新型专利号：ZL 202120930308.1）的可拆卸级联结构，通过节数组合构成 1-10 米长度的连接杆，直接对不同深度、多节点的土层温度、含水量及倾角进行测量。

一体化多节点土壤含水率-倾角计采用钻孔放置的安装方式，与现在常用的标准钻头兼容。地下杆子直径为 40mm，无异常突起，安装时不破坏土体剖面，更能真实反映现场实际状况。

-高性能传感

通过测量土壤介电频率特性的方式获得土壤水分数据，内置自主研发的高精度传感器信号调理芯片，具有 0.1%的水分含量高灵敏度，2%的典型精度。嵌入固件有远程无线升级土壤标定参数、提高精度的功能。

测量电极使用大面积环状非接触结构，有效感知体积大，可以有效减少砂岩土质及大颗粒物对测量产生的影响。

-云数据传输分析系统

每根一体化多节点土壤含水率-倾角计自带 NBIOT/CAT1 收发器，数据通过无线信号上传到

地灾监控云平台，进行土壤温湿度、倾角实时监控及大数据分析。可根据需求，动态更改测量时间间隔，也可监控设备位置异动、电量变化。

嵌入式土壤含水率算法可以通过云平台 AI 算法在线学习优化，免现场校准。

-使用寿命长

采样节点外部为化工级 PVC-U 管材，强度高，抗老化，耐土壤中酸碱盐腐蚀。

超低功耗设计、内置高效锂亚电池，无需外部供电，即可保证长达 3 年的工作时间。

三、技术参数

1、测量范围：深度 1-10 米多节点深土层

含水率：干土～饱和土（0～100%）

温度：-20℃~+70℃

倾角：-90°~+90°，X/Y/Z 三轴

加速度：±16g(默认±2g)

2、典型精度：含水率：±2%，分辨率 0.1%

温度：±0.5℃，分辨率 0.004℃

倾角：±0.1°，分辨率 0.002°，线性 ±0.1%

加速度：±0.2mg，分辨率 ±0.05mg

3、输出参数：各层深度的含水率、温度、倾角、加速度、设备电量、位置变化信息。

4、免现场标定，支持传感参数、算法远程升级。

5、传感采样间隔：0s～24h（可配置）；无线上传间隔：0s～72h（可配置）。

6、输出信号： RS485/NB-IOT/Cat1/2/4/5G

7、通讯协议：Modbus

8、定位防盗功能：支持追踪设备位置发送到后台服务器，并通知设备管理人。

9、工作温度范围：-20℃~+70℃

10、防护等级：IP68 防水，化工级 PVC-U 外壳。

11、供电方式：网关内置电池供电，包含过压及欠压保护，满足连续工作 3 年。

12、外形尺寸：地下部分长 1-10 米，直径 40mm 杆状多节点级联；无线通信网关长 0.5 米，直径 63mm 圆柱状无线收发器。

选型表

型号	通信方式	供电方式	波特率	配线
CISS0X-XM-Cat1	Cat1	内部供电，5V	38400	-

CISS0X-XM-485	RS485	外部供电，12V	9600	非屏蔽线，1 米
CISSXM-Cat1	Cat1	内部供电，5V	38400	-
CISSXM-485	RS485	外部供电，12V	9600	非屏蔽线，1 米

注：1、CISS-485 波特率默认 9600，可配合用户上位机接口调整，非屏蔽线 1 米，如需定制其他波特率或线长需提前说明。

2、型号中 0X 代表节点数，XM 代表设备长度（米）。

3、CISS0X-XM-485/CISSXM-485 系列默认 12V 供电，如需定制其他电压需提前说明。

4、CISS 广域网传输选择 4GCat1，如需 NB 传输，也可提供。

CISS 485 通信版线序说明如下表所示。

	线色	说明
电源	红色	电源正
	黑色	电源地
通信	黄色	485-A
	绿色	485-B

四、结构介绍

一体化多节点土壤含水率-倾角计采用节状多级级联结构，包括无线采集传输头、若干可级联的 1m 的探头组杆体。

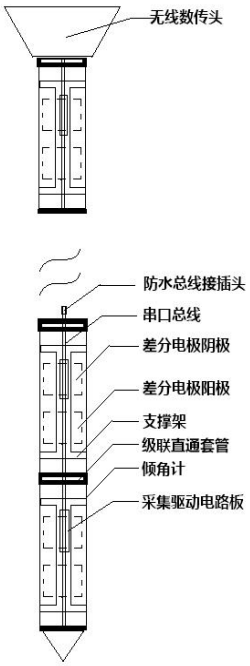


图 5：一体化多节点土壤含水率-倾角计结构示意图

4.1 0.3 米 1 节点一体化单节点土壤含水率-倾角计 CISS01 结构

CISS01 包含 1 个传感探头（图 6），测量 0.15m 深度的土壤含水率、温度及倾角信息。

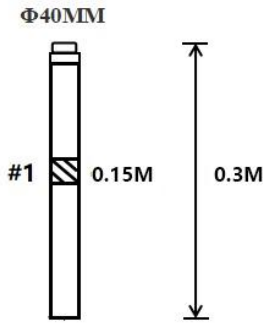


图 6：CISS01 0.3 米 1 节点杆体结构示意图

4.2 1 米 3 节点一体化多节点土壤含水率-倾角计 CISS03 结构

CISS03 由一组探头组杆组成，含 3 个传感探头（图 7），分别测量 0.3m、0.6m、0.9m 深度的土壤含水率、温度及倾角信息。

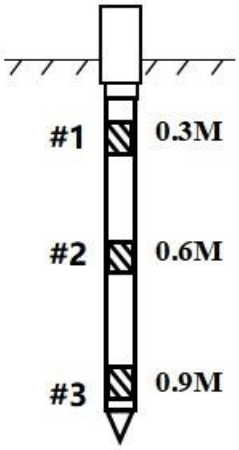


图 7：CISS03 1 米 3 节点杆体结构示意图

4.3 3 米 7 节点一体化多节点土壤含水率-倾角计 CISS07-3M 结构

CISS07-3M 由三组探头组杆构成，含 7 个传感探头（图 8）。其中，探头组 1 包含 1-3 号探头，分别测量 0.3m、0.6m 和 0.9m 深度的土壤含水率、温度及倾角信息；探头组 2 包含 4 号、5 号探头，分别测量 1.5m 和 1.9m 深度的土壤含水率、温度及倾角信息；探头组 3 包含 6 号、7 号探头，分别测量 2.5m 和 2.9m 深度的土壤含水率、温度及倾角信息。

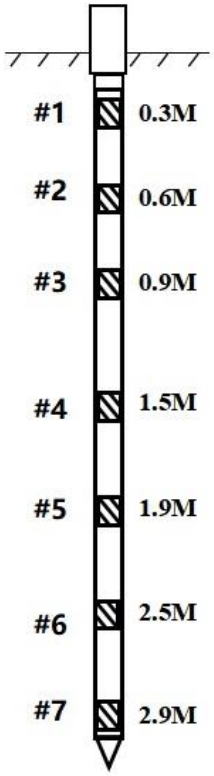


图 8：CISS07 3 米 7 节点杆体结构示意图

4.4　0.6 米 3 节点一体化多节点土壤含水率-倾角计 CISS03-600 结构

CISS03-600 由一组探头组杆组成，含 3 个传感探头（图 9），分别测量 0.15m、0.35m、0.55m 深度的土壤含水率、温度及倾角信息。

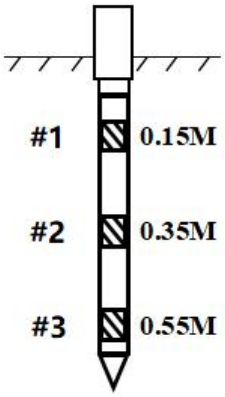


图 9：CISS03 0.6 米 3 节点杆体结构示意图

4.5　3 米 3 节点一体化多节土壤含水率-倾角计 CISS3M 结构

CISS3M 由 3 组探头组杆构成，含 3 个传感探头（图 10），分别测量 0.9m、1.9m 和 2.9m 深度的土塘含水率、温度及倾角信息。

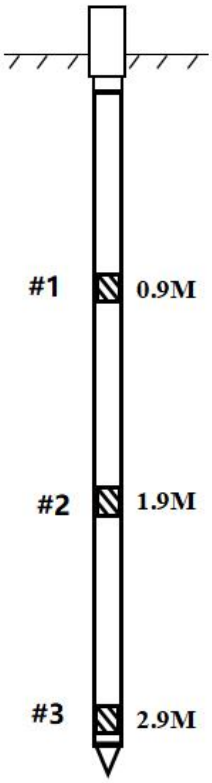


图 10：CISS3M 3 米 3 节点杆体结构示意图

五、安装说明

5.1 安装前准备

1、根据现场无线信号覆盖，确定 NBIOT 还是 Cat1 的无线网关版本；

2、准备挖掘工具（**直径 40mm** 的洛阳铲或钻机）和用于标定校准的土样盒；

3、将无线头与传感探头连接，与云平台连接，订阅设备，确保探头各节点工作状态正常。

级联组装

1、将无线主机机头、探头和转接头按顺序排好；

2、在外螺纹连接件上均匀缠绕生料带，对接内螺纹连接件；

3、用电缆，把前后探头连接起来，防水帽一定要拧紧。

注：安装尽量使得洞口贴紧杆体，减小空气间隙带来的精度影响。

5.2 安装步骤及注意事项

第一步：在合适的位置打孔（直径 40mm）

由于深度较深，打孔时，上面孔径要略大于下面孔径 1-2mm，以便于灌浆时排出空气。



图 10：钻机安装



图 11：洛阳铲安装

一体化多节点土壤含水率-倾角计在地下的打孔深度可多 10cm 余量。若土壤类型特殊，打孔时，每个打孔位置可收集 0.3m、0.6m、0.9m、1.5m 等传感器探头对应深度土样，用于本地土样的精确校准研究。



图 12：摆放岩心，取土样标本

第二步：制作泥浆

将第一步取出的土壤中的杂质（如石子、草根、不容易溶解的土块等）去除。将土壤搓细，

以便和泥浆。倒入适量水，充分搅拌。泥浆要有一定流动性，不能过于黏稠，但也不能太稀，泥浆一般不能稠于“芝麻酱”状，推荐按约 1：1 的土水比例。

第三步：灌浆

将泥浆缓慢倒入孔洞，大概灌到一半孔深位置，用细长杆插入孔中，略微搅动，帮助排出空气泡；剩下的一半在传感器杆子安装后沿管壁灌入。

对于孔径较小的情况，可边插边灌浆，直至杆子插入，同时泥浆溢出。

当杆子缓慢往下插入时，会有空气被挤出，泥浆会往上回升，此时应停止插入直至空气被排除，泥浆回落后继续插入。



图 13：灌浆过程

第四步：安装传感器

将安装好的一体化多节点土壤含水率-倾角计竖立起来，缓慢插入预埋孔中。注意速度过快可能会导致气泡不能被完全排出。泥浆随杆子侧壁继续灌入，直到在洞口溢出为止，此时安装完成。由于泥浆会影响设备的测量数据，需要等待 1 周后，才能正确测试土壤湿度。



图 14：安装传感器

第五步：设备验证

连接云平台确认设备正常工作。