



使用说明书

CSF11土壤水分变送器

典型应用

- ▲ 广泛应用于
水土保持监测
土壤水文监测
精细农业生产
精准灌溉等领域。



1. 概述

1.1 安全指导

安全保护措施

为了确保CSF11系列变送器安全运行，须遵守以下说明：

在安装、使用前，请仔细阅读本使用说明书！

简要起见，本使用说明书不包括所有产品型号的详细说明，也不涉及装配、运行和维护的每个细节。如遇更深入了解或有特殊问题，而本操作说明书未作详细介绍的部分，请同本公司联系，以获得必要的信息。

请注意包装上的警告标志！

- 保留技术参数的修改权 -

图标说明

- ⚠ 危险！ - 可能会导致死亡或重伤的危险情况。
- ⚠ 警告！ - 可能会导致死亡或重伤的潜在危险情况。
- ⚠ 小心！ - 可能会导致轻伤的潜在危险情况。
- ！ 提醒！ - 可能会导致人身伤害的潜在危险情况。
- 🔔 提示！ - 确保设备无故障运行的提示和信息。

2. 产品概述及原理

在水土保持监测、土壤水文监测、精细农业生产、灌溉等领域要求快速测定田间的土壤水分。其测定方法有烘干法、射线法、介电特性法、核磁共振法、分离示踪剂法和遥感法等。其中，介电特性法是利用土壤的介电特性进行间接测量的，能实现土壤水分的快速无损测量，具体来说又可分为基于时域反射TDR原理和基于频域反射FDR原理。

CSF11系列土壤水分传感器基于频域反射FDR原理，是一种电介质型传感器，通过100MHz频率下测量传感器上电容的变化，从而测量插入介质的介电常数。由于水的介电常数非常高（80），土壤为（3-10）。因此当土壤中的水分含量变化时，土壤的介电常数也随之发生相当大的变化。本系列的土壤水分传感器电路把温度变化对测定的影响减小。采用了数字化技术和耐用材料，测量精度高且价格低廉。该传感器可以对多处样地、不同土壤深度的水分含量进行长期连续监测。

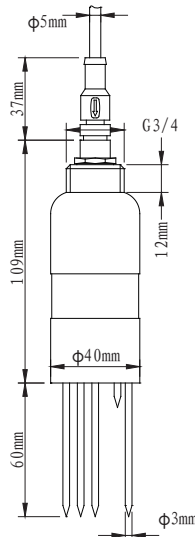
3. 产品特点

- 测量探针周围200cm 容量范围的土壤体积含水量
- 土壤水分传感器使用100MHz电路设计
- 在高盐分和黏性土壤中低敏感度
- 防护高（IP68）、可长期埋入土壤中使用
- 宽电压供电、非线性修正、精度高、一致性高
- 体积小、重量轻、安装方便
- 防雷击、截频干扰设计、抗干扰能力强
- 接线反向和过压保护、限流保护（电流输出）

4. 技术参数

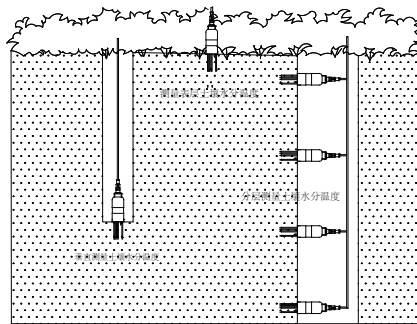
传感器原理：	频域反射FDR
测量参数：	土壤体积含水量
测量范围：	饱和含水量
水分量程：	0-60% m ³ /m ³
温度量程：	0-50℃
输出信号：	4~20mA、RS485（Modbus-RTU协议）、0~1VDC、0~2.5VDC
供电电压：	5-24VDC、12-36VDC
水分精度：	3%（率定后）
温度精度：	±0.5℃
分辨率：	0.1%
响应时间：	<500ms
运行环境：	室外，适宜环境温度为0-45℃
工作电流：	45-50mA、带温度<80mA
线缆长度：	标配5米（或定制）
外壳材质：	ABS工程塑料
探针材质：	316不锈钢
毛重：	500g
防护等级：	IP68

5. 外形尺寸



6. 安装和测量

在选择测量点时，重要的是保证传感器和测定土壤接触尽可能的良好。因为传感器表面附近是影响范围大，任何传感器周围的大空隙或过度的土壤压实以及传感器之间的交叉电磁干扰都会影响读数。更不能把传感器安装在金属物体或杂物附近。此外土壤传感器不应安装在5厘米深度土壤表面，很容易感测到大气和地表的临界面，这是毫无意义的。



土壤水分传感器准确安装方法根据以上的原则，可参考以下基本方法来完成高质量的安装（如上图的方法）。

先挖一个洞，保证向坡的垂直方向土壤原状。在安装深度处，刮掉一些土壤的垂直表面以平整原状土。将传感器插入到原状土所安装深度，插入的合适的方向为垂直插入。直到整个传感部分全部插入（包括传感器尾部）。每一传感器的探针已磨锋利，一定要注意安全！之后接通数据采集器进行调试，待读数正常后回填土壤的坑，尽量保证回填土和周围土壤容重一致。埋设深土，要进行分层回填土壤，即一层一层的填。

安装完传感器，通过连接传感器的快速接口可方便实现对传感器现场应用的线缆长度自定义化（标配为5米线缆）。为了提高数据传输稳定性，建议客户自定义的线缆长度<1km。

7. 传感器率定方法

本土水分默认精度为安徽壤土率定后的精度（3%），如测量其他土壤时精度要求在3%以内需针对此土壤单独率定。一般所说的土壤含水量，实际上是指用单位质量或体积的土壤在105℃-110℃温度从土壤中驱逐出来的水量，本说明书先介绍土壤含水量相关的各个变量定义：土壤密度，为土壤固相的密度，又称土壤比重。是单位体积土壤（不含孔隙）的烘干重量。土壤物理参数之一。单位为g/cm³。其大小与土壤的化学与矿物组成有关。

一般土壤的密度多在2.6~2.8g/cm³范围内，有机质含量高的土壤密度较低。

$$\rho_{\pm} = \frac{m_{\pm}}{V_{\pm}} \quad (1)$$

一般土壤液相（水）的密度取1g/cm³。

土壤容重：一定容积的土壤（包括土粒及粒间的孔隙）烘干后的重量与同容积水重的比值。一般含矿物质多而结构差的土壤（如砂土），土壤容重比重在1.4-1.7之间；含有有机质多而结构好的土壤（如农业土壤），在1.1-1.4之间。土壤容重比重大可用来计算一定面积耕层土壤的重量和土壤孔隙度；也可作为土壤熟化程度指标之一，熟化程度较高的土壤，容重比重常较小。

$$BD = \frac{m_{\pm}}{V_{\pm}} = \frac{m_{\pm}}{V_{\pm} + V_{\text{水}}} \quad (2)$$

土壤体积含水量：

$$\theta_v = \frac{V_{\text{水}}}{V_{\pm}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_{\pm} + V_{\text{水}} + V_{\text{气}}} \quad (3)$$

土壤质量含水量：

$$\theta_m = \frac{m_{\text{水}}}{m_{\pm}} = \frac{\rho_{\text{水}} V_{\text{水}}}{\rho_{\pm} V_{\pm}} \quad (4)$$

所以土壤体积含水量和土壤质量含水量间关系为式（5），即烘干法测算土壤体积含水量的原理。

$$\theta_v = \frac{BD}{\rho_{\text{水}}} \theta_m \quad (5)$$

本传感器进行率定时采用烘干法测定土壤质量含水量进行率定，率定时可参考以下2种方法任意一种进行：

- 土壤体积含水量法
该方法适用于测定过程中测定同一种土壤，且容重变化不大。操作如下：
1、配制不同含水量的土壤样品（或者对测定区域不同含水量水平进行选点）。

2、用电脑或RTU连接CSF13传感器测量被测土样，记录对应数字输出值，同时
用环刀采取原状土样，并转移至铝盒，送至实验室105℃烘干24小时，计算土壤体积含水量。

第三部，数据处理。用烘干法测定被测土壤不同含水量水平（一般4个点以上）的土壤体积含水量（cm³ cm⁻³），记为x1、x2、x3、x4、x5等，对应的传感器测定的数字值记为v1、v2、v3、v4、v5等，对以上数据进行一元三次方程进行回归，利用以上数据进行校正。

例如（在容重保持1.3-1.5g/cm³时）：

	数字值	体积含水量% cm ³ cm ⁻³
潮土	86	3.19
	166	7.19
	238	12.54
	301	17.34
	326	21.42
	364	26.28
	409	31.77
	459	38.19

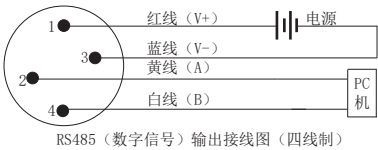
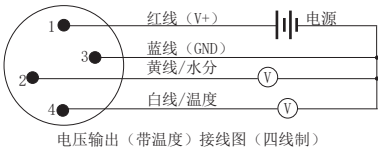
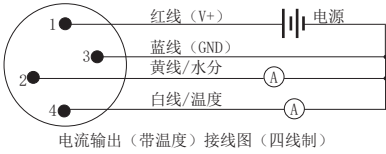
数字输出V和烘干法测算的土壤体积含水量（θ % cm³cm⁻³）用一元二次方程模型（θ = a+bV+c V²）回归各项参数，结果如下：

土样	a	b	c	r ²
潮土	0.9365	0.0123	0.00015	0.9979

所以在率定对应的土壤上测定时，土壤体积含水量通过采集的传感器数字输出值通过对应土壤的率定曲线（θ = a+bV+c V²）换算得出。精度可以达到0.02cm³cm⁻³以内。

在方法1率定的同时，测定每次含水量水平的容重记为BD1、BD2、BD3、BD4、BD5、BD6，将其值对数转换之后和土壤质量含水量的对数值、电压信号对数值进行二元线性回归。在率定对应的土壤上测定时，土壤体积含水量或土壤质量含水量通过采集的传感器数字输出值和同步测定的容重值通过对应土壤的率定曲线换算得出。精度可以达到 $0.01\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ (0.01gg^{-1}) 以内。

8. 接线方法



9. 安装注意事项

1. 将传感器垂直90度插入被测土壤中，插入时请勿摇晃传感器，以防传感器探针被压弯，损坏探针；
2. 多路传感器平插使用：将传感器平行插入被测土壤中，此方法用于多层土壤水分检测，插入时请勿摇晃传感器，以防传感器探针被压弯，损坏探针；
3. 当感觉被测土壤里有硬块或异物时，请重新选择被测土壤位置，或将当前土壤中的硬块去除，然后再继续检测。
4. 测量前应选密度均匀的土壤作为被测对象；
5. 请勿将传感器探针插入硬土块中，防止探针损坏；
6. 不可直接拽拉电缆将传感器移出土壤，用手握住外壳；
7. 使用完毕后，用毛刷刮除探针上的土尘，并用柔软的布擦干探针，保护探头干净，增加使用寿命。

10. 规格选型

CSF11土壤水分传感器选型表	
CSF11	土壤水分传感器（默认5米连接线）
代号	量程范围
60	0-60% m^3/m^3
DZ	定制
代号	信号输出
A1	4-20mA 工作电流：不带温度 $\leq 60\text{mA}$ 带温度 $\leq 80\text{mA}$
V1	0-1VDC 工作电流：不带温度 $\leq 40\text{mA}$ 带温度 $\leq 50\text{mA}$
V2.5	0-2.5VDC 工作电流：不带温度 $\leq 40\text{mA}$ 带温度 $\leq 50\text{mA}$
RS	RS485 工作电流：不带温度 $\leq 40\text{mA}$ 带温度 $\leq 50\text{mA}$
DZ	定制
代号	土壤温度测量
A	有
B	无
代号	供电电压
G	12-36VDC
G1	5-24VDC（限输出0-1VDC/0-2.5VDC/RS485）
DZ	定制
代号	定制
D	其他定制要求
无	常规
CSF11	60 A1 B G 选型举例
例如：CSF11-60-A1-B-G（土壤水分传感器、量程0-60%、输出4-20mA、不带温度输出、供电12-36VDC）	

11. 协议说明（限于RS485信号输出 485所有产品地址默认为01）

（本协议遵守Modbus通信协议，采用了Modbus协议中的子集中RTU方式，RS485半双工工作方式）

- （1）输出信号：RS485（距离可到1000米，最多32路）
 - （2）标准 Modbus-RTU 协议（03 功能读取数据，06 功能写入设置数据）
 - （3）数据格式：9600, N, 8, 1（9600bps, 无校验, 8位数据位, 1位停位）
 - （4）水分范围：0-60%（0-100%） | 温度范围：0-50℃
 - （5）分辨率：1/600（1/1000） | 分辨率：1/500
- 输出数据：0...600（0...1000） | 输出数据：0...500

Modbus-RTU 03命令详细说明（数据都为16进制数）

协议格式说明				
设备地址	功能码	数据地址	读取数据个数	16CRC码（低前高后）
主机命令 Address	03	00 00	CN	CRC0 CRC1
设备地址	功能码	数据字节	传感器数据	16CRC码（低前高后）
从机返回 Address	03	02*CN	S_IN, S_LN	CRC0 CRC1

通讯举例

单水分：

0-60%的传感器通讯设备地址设为01，即 [Address]=01；此时CRC0=84，CRC1=0a。

那么，此时的发送命令行如下：

01 03 00 00 00 01 84 0A

返回相应的 16 进制数据表示上下机可以通讯了，如返回的数据行如下：

01 03 02 01 3B F8 07

013b为16进制，转换成十进制为315；

数据输出：0-600对应0-60%

故当前土壤水分含量为 $S=315*60/600=31.5\%$

水分和温度：

水分量程0-60%、温度量程0-50℃的传感器通讯设备地址设为01，即 [Address]=01；此时CRC0=C4，CRC1=0B。

那么，此时的发送命令行如下：

01 03 00 00 00 02 C4 0B

返回相应的 16 进制数据表示上下机可以通讯了，如返回的数据行如下：

01 03 04 01 3B 01 77 3A 74

01 3B为水分，转换成十进制为315；01 77为温度，转换成十进制为375

水分数据输出：0-600对应0-60%

故当前土壤水分含量为 $S=315*60/600=31.5\%$

温度数据输出：0-500对应0-50℃

故当前土壤温度为 $S=375*50/500=37.5\%$

查询举例（读取当前设备地址，只能线下一传感器独立完成）

发送 FF 03 00 0F 00 01 A1 D7

返回 FF 03 02 00 01 50 50

则：此设备地址为01（16进制）

Modbus-RTU写入 06命令详细说明（数据都为16进制数）

协议格式说明				
设备地址	功能码	数据地址	新地址	16CRC码（低前高后）
主机命令 Address	06	00 0F	H L	CRC0 CRC1
设备地址	功能码	数据地址	新地址	16CRC码（低前高后）
从机返回 Address	06	00 0F	H L	CRC0 CRC1

修改举例

如01地址改为09地址：

发送 01 06 00 0F 00 09 79 CF

返回 01 06 00 0F 00 09 79 CF

则将原地址01修改成09成功，修改地址可线下或线上修改，完成后无需重新上电即可直接工作。

使用注意事项

(a) 单条 RS485 总线一定要采取“手牵手式”的总线结构，不要用星型连接和分叉连接。地址码由近及远设置，即管理电脑接 1 号控制器，2 号接 1 号，3 号接 2 号，依次类推...

警告！

(b) 设备供电的交流电及机箱一定要真实接地，而且接地良好。有很多地方表面上有三角插座，其实根本没有接地，要小心。接地良好时，可以确保设备被雷击浪涌冲击静电累计时可以配合设备的防雷设计较好地释放能量，保护RS485 总线设备和相关芯片不受伤害。接地没接好或没接，就不要用 RS485 总线了，避免设备烧毁和人员伤亡。

(c) 线材一定要用线径 0.3 平方毫米以上的多股屏蔽双绞网线（多股是为了备用）。单独套用PVC 管，避免和强电走在一起，以免强电对其干扰。

(d) 485 (A) 和 485 (B) 一定要互为双绞，双绞是因为 485 通讯采用差模通讯原理，双绞的抗干扰性好。不采用双绞线，是错误的，须避免使用其他类型电缆。

(e) 串联 RS485 转换器和所有门禁控制器的参考地 GND（电源负），将多股双绞网线中剩余的一根或全部用于串联 GND；参考地未接好，也会影响通信时不通，主要来自分布电容和电感的高频辐射产生共模影响。

(f) 网络通信线的屏蔽层连接起来接大地。注意接大地，不然总线潜在未知的危险。

(g) 如多台从机或连接线过长通讯不畅时，需在485总线首端和末端一台从机的485 (A) 和485 (B) 之间各加120欧姆匹配电阻来改善通讯质量。（须为双绞线）

(h) 传输速率，负载节点数和传输距离的合理安排，做到远程低速少节点，近程高速多节点原则。

(i) 数据通讯须有校验来保护传输准确性，一般Modbus-RTU用crc-16 校验模式来校验，错误率达到小于为 1/10 亿。

(j) 必要时选用本公司隔离型 485，一般价格要贵些。

16CRC校验

16CRC校验是Modbus协议使用的一种标准的错误校验方法，一般都有详细说明及程序详解，这里不做说明。

12. 初次启动

警告！

a) 在启用前，用户一定要检查变送器安装是否正确，是否有明显的损伤。

警告！

b) 变送器必须由阅读并理解本操作手册的技术人员启用并操作该设备。

警告！

c) 该变送器只适用于符合技术要求的工况条件！

13. 售后服务

a) 产品在保修期内经本厂技术人员检测属于质量问题本公司承担全部维修费用；

警告！

b) 请在寄回前务必把残余的介质清理干净，特别是对人身健康有害的物质，如腐蚀性，有毒的，致癌的或具有放射性的物质；

c) 请保存好保修卡和合格证，维修时随同产品一同返回；

d) 如果变送器出现故障，请与我公司的售后服务取得联系，确认问题后需要把变送器寄回本公司维修时请附带以下信息：

现场环境描述：

故障现象：

收货地址与联系方式；

常见故障分析与排除

故障现象	原因分析	排除方法
• 变送器无输出信号	• 变送器未供电 • 接线错误	• 给变送器按接线图正确供电
• 在水分恒定时输出不规则跳变	• 变送器未接地 • 现场射频干扰较强 • 未使用屏蔽线缆	• 使用屏蔽线缆且屏蔽层接地 • 变送器与大地可靠连接
• 变送器未测介质时，对应输出值不正确	• 变送器未工作在其要求的环境下	• 将变送器移到规定的环境下工作或采取相应措施使环境符合要求
• 变送器输出与测量不符	• 供电电压不正确 • 外接负载过大	• 是否符合供电范围 • 调整外接负载

若故障现象不属上述范围，请与我公司售后取得联系。

14. 运输与储运

变送器应装入坚固的纸箱（大型仪表需用木箱）内，不允许在箱内自由窜动，在搬运时小心轻放，不允许野蛮装卸。存放地点应符合以下条件：

- ☞ a) 防雨防潮。
- ☞ b) 不受机械震动或冲击。
- ☞ c) 温度范围-20~55℃。
- ☞ d) 相对湿度不大于80%。
- ☞ e) 环境中不含腐蚀性气体。

15. 开箱注意事项

- ☞ a) 开箱后，按装箱单检查文件和附件是否齐全。
装箱文件有：
使用说明书一份。
产品合格证一张。
保修卡一张。
- ☞ b) 观察变送器是否有因运输而产生损坏等现象，以便妥善处理。
 - c) 望用户妥善保存“保修卡”切勿丢失，否则无法返厂免费维修！