

SlabSense

基质与土壤水分、温度、电导率传感器

SDI-12 / RS485接口用户手册



目 录

1	技术支持	4
2	产品介绍	5
2.1	产品介绍	5
3	传感器接线	8
3.1	SDI-12 接口	8
3.2	RS485 接口	9
4	外型尺寸、选型订购	10
4.1	外型尺寸	10
4.2	选型订购	11
5	安装与测量	12
5.1	安全	12
5.2	安装与测量	12
6	SDI-12 与 ADI 接口	13
6.1	数据转换	14
6.1.1	土壤的水分换算	14
6.1.2	非土壤类的基质的水分换算	15
6.1.3	介电常数计算	15
6.2	SDI-12 接口与通讯协议	16
6.2.1	SDI-12 接口	16
6.2.2	协议解析	16
6.3	串行 ADI 接口	21
6.3.1	ADI 接口	21
6.3.2	协议解析	22
7	RS485 数据通信	25
7.1	Modbus 通信协议	25
7.2	Modbus 寄存器	25
7.3	Modbus 寄存器参数说明	30
7.4	Modbus 协议通信样例	35
7.4.1	功能号 3 通信样例	35
7.4.2	功能号 4 通信样例	36
7.4.3	功能号 6 通信样例	37
7.4.4	功能号 16 通信样例	38
7.4.5	CRC16 校验算法及例程	39

7.5 使用串口调试软件通信	40
7.6 用户设置软件	41
8. 基质体积含水率的用户标定流程.....	42
附录	43
版权与商标	43
文档控制	43

1 技术支持

感谢您选择并使用我公司产品，此用户手册协助您了解并正确使用传感器。如需订购产品、技术支持、以及产品信息反馈，请通过以下方式联系我们。请在联系时附注设备的购买时间，购买方式，联系人信息，地址以及电话等相关信息，便于我们为您服务。

网址

<http://www.infwin.com.cn>

E-Mail

infwin@163.com

电话

+86-411-66831953, 4000-511-521

传真

+86-411-66831953

2 产品介绍

2.1 产品介绍

SlabSense 水分、温度和电导率传感器是监测土壤和无土基质的体积含水量（VWC）、温度以及电导率的精确工具。使用树脂密封，可以直接插入土壤或基质中，具有长期稳定性。

此外，该传感器可以配备空气温湿度传感器，用于测量环境温度，湿度，蒸汽压和蒸汽压差。蒸汽压差是预测植物蒸腾和水分损失的更准确的测量方法，在温室控制中用于保持适当的蒸汽压差（大于 0.5 kPa），使植物有效地蒸腾并预防叶面病虫害。

该传感器适用于无土栽培、科研、灌溉、温室、智慧农业等。

特点

- 集成基质的水分、电导率和温度测量
- 用于温室控制的蒸汽压差、空气湿度、温度测量
- 数字传感器通过SDI-12或RS485串行接口通信
- 支持SDI-12或Modbus-RTU通信协议
- 电源输入电压范围宽
- 低功耗设计，支持电池供电的数据记录仪
- 盐度敏感性低
- 坚固的环氧树脂封装，可抵抗腐蚀性环境
- 精度高，稳定性好
- 具有电源反向保护和内置TVS/ESD保护

应用

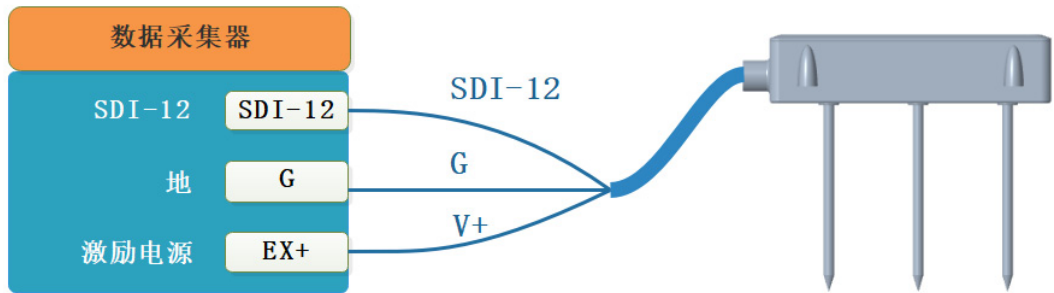
- 智慧农业、水培和园艺
- 温室监测
- 土壤/基质水平衡
- 灌溉管理
- 溶质/肥料运动
- 参考蒸散量计算

技术参数	
输出接口	可选: SDI-12, V1.3 可选: RS485, Modbus-RTU
电源电压	3.9-28V/DC
功耗	SDI-12: 静态电流 <30uA RS485: 静态电流<5mA 测量电流: 在 150ms 测量时间内 <20mA
基质水分测量	介电常数: 量程:1-81 (空气- 水), 分辨率: 1-40.00: 0.1, 40.00-81.88: 0.5 典型精度: 1.00-40.00: +/-1, 40.00-81.00: +/-10% (读数的百分比) 体积含水率 (VWC) : 量程:0-100%, 分辨率: 0.1% 典型精度: 3%
基质电导率测量	量程: 0-20ds/m ; 分辨率: 0.01ds/m ; 典型精度: 0-7ds/m, +/-5% ; 7-20ds/m, +/-10% (读数的百分比) 温度补偿范围: 0-50°C
基质温度测量	量程: -40-80°C, 分辨率:0.1°C, 典型精度: +/-0.5°C
空气湿度测量	量程:0-100%,分辨率:0.1%,典型精度: +/-1.8% RH
空气温度	量程:-40-80°C, 分辨率:0.1°C, 典型精度: +/-0.2°C
防护等级	IP68 (无空气温湿度与蒸汽压差测量) IP50 (有空气温湿度与蒸汽压差测量)
工作温度	-40-80°C
传感器密封	环氧树脂
传感器安装	表面安装
线缆长度	2 米或定制
外形尺寸	90*55*75mm

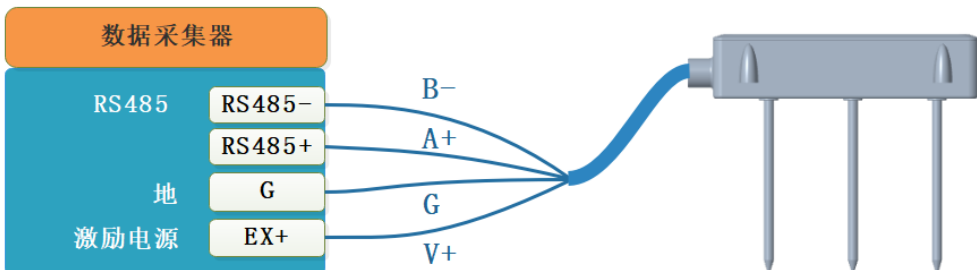
电气与时间特性			
名称	最小值	典型值	最大值
供电电源 (V+到 G), 3.9-28V DC	3.9 V DC	N/A	28 V DC
数字输入电压 (高电平), SDI-12	3.0 V	3.3 V	5.0 V
数字输入电压 (低电平), SDI-12	-0.3 V	0.0 V	0.5 V
数字输出电压 (高电平), SDI-12	N/A	3.3 V	N/A
电源输入电压摆率	1.0 V/ms	N/A	N/A
电流 (测量时), SDI-12	3.0 mA	3.6 mA	20mA
电流 (休眠时), SDI-12	N/A	30 uA	N/A
电流 (测量时), RS485	4.0 mA	4.5 mA	24mA
电流 (休眠时), RS485	N/A	5 mA	N/A
上电预热时间 (至 ADI 输出工作)	80 ms	N/A	100ms
上电预热时间 (至 SDI-12 输出工作)	N/A	300 ms	N/A
上电预热时间 (至 RS485 输出工作)	N/A	300 ms	N/A
测量时间	N/A	150 ms	N/A

3 传感器接线

3.1 SDI-12 接口

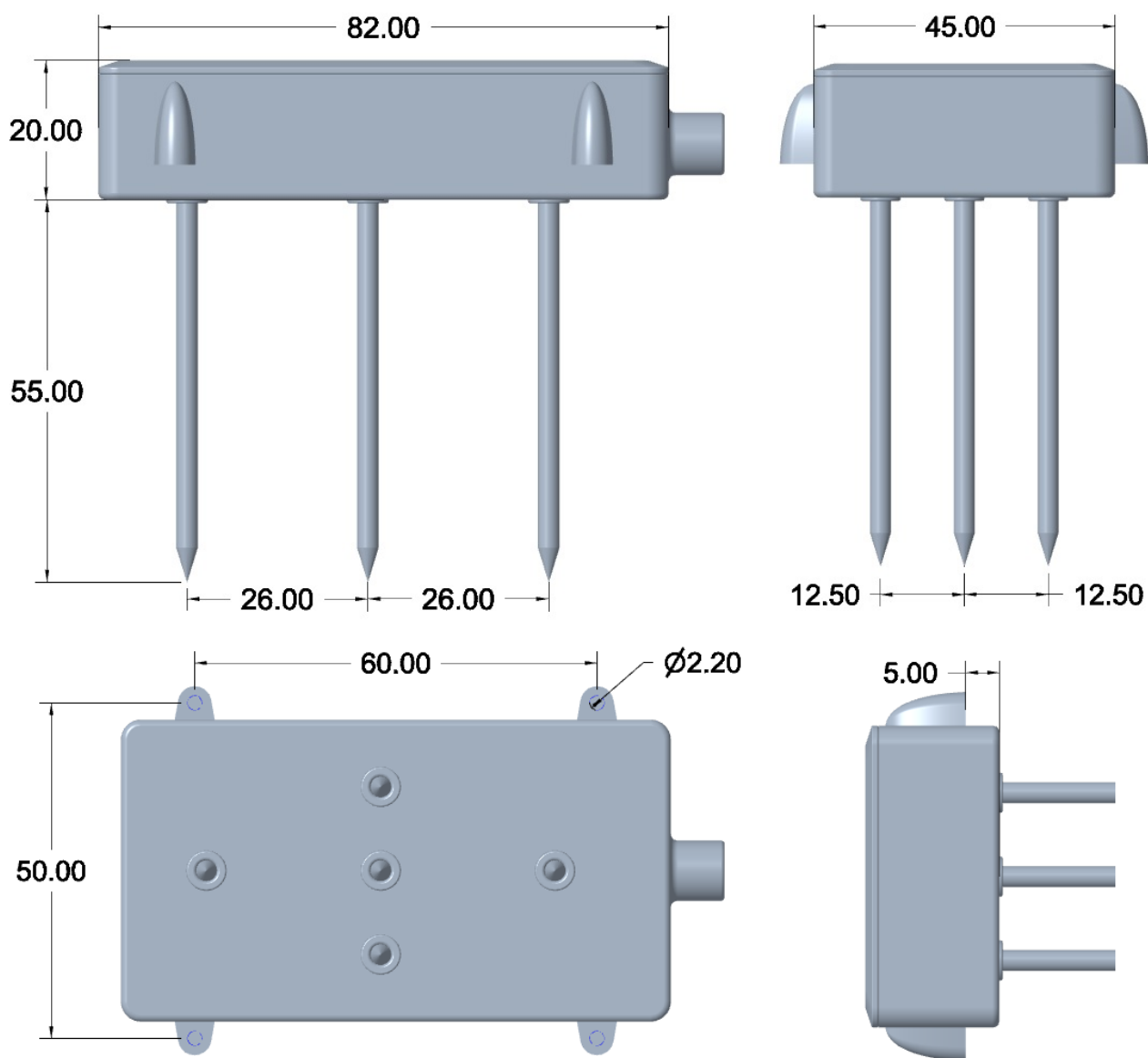
型号	接线图
SDI-12 接口	冷压端子  红色: V+电源正 黑色: G 电源地 白色: SDI12信号 裸线浸锡  红色: V+电源正 黑色: G 电源地 白色: SDI12信号
SDI-12 连接图	传感器接线  数据采集器 SDI-12 SDI-12 地 G 激励电源 EX+ SDI-12 G V+

3.2 RS485 接口

型号	接线图
RS485 接口	冷压端子  红色:V+电源正 黑色:G 电源地 黄色:RS485-A+ 白色:RS485-B- 裸线浸锡  红色:V+电源正 黑色:G 电源地 黄色:RS485-A+ 白色:RS485-B-
RS485 连接图	传感器接线  数据采集器 RS485 RS485- B- RS485+ A+ 地 G G 激励电源 EX+ V+

4 外型尺寸、选型订购

4.1 外型尺寸



4.2 选型订购

代码编号	代码	代码说明
代码 1：产品系列	SlabSense	基质水分、温度、电导率传感器
代码 2：测量参数	A	基质水分、温度、电导率测量
	B	基质水分、温度、电导率测量 & 空气温湿度、蒸汽压差测量
代码 3：供电电源	A	3.9-28V DC
代码 4：输出接口	A	RS485（Modbus-RTU）
	B	SDI-12
代码5：接线方式	B	冷压端子接线
	C	蘸焊锡裸线
代码6：线缆长度	002	2米
	XXX	定制，XXX为线缆长度（单位：米）
举例: SlabSense-AAAB002 产品系列: SlabSense基质水分、温度、电导率传感器； 测量参数: 基质水分、温度、电导率测量； 供电电源: 3.9-28V DC； 输出接口: RS485（Modbus-RTU）； 接线方式: 冷压端子接线； 线缆长度: 2米		

5 安装与测量

5.1 安全

- 传感器钢针前端锋利便于插入，必须小心处理并预防对人体的伤害。
- 避免钢针暴露在静电损坏源中，尤其是在通电时。
- 请勿通过电缆将传感器从土壤或基质中拉出。
- 如果您在将传感器插入土壤时感到任何阻力，请停止推动并在新位置重新插入。

5.2 安装与测量

- 清除所有石块，在插入之前在非常坚硬的土壤中预先打孔。
- 将传感器推入基质或土壤中，直到钢针完全插入，确保良好的基质或土壤接触。
- 如果您在将传感器插入土壤时感到任何阻力，请停止推动并在新位置重新插入。

6 SDI-12 与 ADI 接口

传感器有两种类型的串行接口和协议，ADI 协议（主动输出数字接口）和 SDI-12 协议。下表列出了本章中使用的描述和术语：

参数	单位	描述
+/-	-	数据符号
a	-	SDI-12 地址
n	-	测量值数量（固定宽度1）
nn	-	带前导0的测量值数量（固定宽度2）
ttt	秒	最大测量时间（固定宽度3）
tttt	秒	最大测量时间（固定宽度4）
<TAB>	-	Tab字符
<SPACE>	-	空格字符
<CR>	-	回车字符
<LF>	-	换行字符
<Checksum>	-	和校验
<CRC_ADI>		ADI协议的CRC校验
<CRC>	-	SDI-12协议的CRC校验
<VERIFY_STATUS>	-	传感器验证状态
<sensorType>	-	传感器特征字符，标识传感器型号 对于SlabSense, 字符为‘g’
<±SubstrateTemp>	°C °F	基质温度，数值单位由温度单位设置决定
<+SubstrateVWC>	%	基质体积含水率
<+SubstrateECBulk>	us/cm	基质Bulk EC
<+SubstrateCalibratedRawCounts> or <RAW>	-	基质含水率的原始AD数据值
<+SubstrateEpsilon>	-	基质含水率的介电常数值
<+SubstrateECPore>	us/cm	基质PoreEC
<±AirTemp>	°C °F	空气温度，数值单位由温度单位设置决定
<+AirHumi>	%	空气湿度
<±AirDew>	°C °F	露点温度，数值单位由温度单位设置决定
<+AirVaporPressure>	hPa	蒸汽压
<+AirVaporPressureSaturated>	hPa	饱和蒸汽压
<+AirVaporPressureDeficit>	hPa	蒸汽压差

当发生传感器异常或测量失败时，将返回以下数值作为错误指示：

错误值	描述
-999	传感器损坏
-996	传感器不支持此数据的测量

6.1 数据转换

输出接口	参数	数值范围
ADI 接口	<SubstrateCalibratedRawCounts> or <RAW>	+0.00 - +4095.00
	<SubstrateTemp>	-40.0 - +80.0°C
	<SubstrateECBulk>	+0 - +20000 us/cm
SDI-12 接口	<SubstrateCalibratedRawCounts> or <RAW>	+0.00 - +4095.00
	<SubstrateTemp>	-40.0 - +80.0°C
	<SubstrateEpsilon>	0.00 - +200.00
	<SubstrateVWC>	0.00 - +100.00%
	<SubstrateECBulk>	+0 - +20000 us/cm
	<SubstrateECPore>	+0 - +20000 us/cm
	<±AirTemp>	-40.0 - +80.0°C
	<+AirHumi>	0-100.0
	<±AirDew>	-100.0 - +80.0°C
	<+AirVaporPressure>	0.00 ~ 2400.00hPa
	<+AirVaporPressureSaturated>	0.00 ~ 2400.00 hPa
	<+AirVaporPressureDeficit>	0.00 ~ 2400.00 hPa
定制	请联系我们	

注意: <SubstrateVWC>可根据后续章节中的公式从<calibratedCountsVWC>计算得到。

6.1.1 土壤的水分换算

使用以下线性公式适计算土壤在 0%至饱和时水分换算。放置在水中的体积含水率输出最大约 70%：

$$VWC = 3.879 * 10^{-4} * RAW - 0.6956$$

使用以下公式时，放置在水中的体积含水率换算输出可达100%：
当 RAW<3200 时：

$$\text{VWC} = 1.1033765 * 10^{-10} * \text{RAW}^3 - 7.7895464 * 10^{-7} * \text{RAW}^2 + 2.1949004 * 10^{-3} * \text{RAW} - 2.0970717$$

当 $\text{RAW} \geq 3200$ 时：

$$\text{VWC} = 4.0263182 * 10^{-8} * \text{RAW}^3 - 3.8868517 * 10^{-4} * \text{RAW}^2 + 1.2516687 * \text{RAW} - 1343.9820$$

其中，VWC：体积含水率 0-100%，RAW：体积含水率校正 AD 值，
<SubstrateCalibratedRawCounts>。

6.1.2 非土壤类的基质的水分换算

非土壤基质采用以下公式进行水分换算，此公式的目的在于创建一个适用于多种非土壤基质的、精度优于 5% 的通用的计算公式。如果需要实现更高精度，用户可针对使用的基质进行标定。非土壤基质包括：盆栽基质（**Potting Soil**），珍珠岩（**Perlite**），泥炭（**Peat Moss**），岩棉（**RockWool**），椰壳土（**Cocopeat**）等：

$$\text{VWC} = 6.771 * 10^{-10} * \text{RAW}^3 - 5.105 * 10^{-6} * \text{RAW}^2 + 1.302 * 10^{-2} * \text{RAW} - 10.848, \quad \text{其中：}$$

其中，VWC：体积含水率 0-100%，RAW：体积含水率校正 AD 值，
<SubstrateCalibratedRawCounts>。

6.1.3 介电常数计算

χ_a 可用于根据其他常见公式（如 TOPP 公式），进行土壤水分的换算。

$$\chi_a = (2.887 * 10^{-9} * \text{RAW}^3 - 2.080 * 10^{-5} * \text{RAW}^2 + 5.276 * 10^{-2} * \text{RAW} - 43.39)^2, \quad \text{其中：}$$

χ_a ：介电常数，RAW：体积含水率校正 AD 值，<SubstrateCalibratedRawCounts>。

6.2 SDI-12 接口与通讯协议

6.2.1 SDI-12 接口

请参见 SDI-12 V1.3 手册。

6.2.2 协议解析

请求	响应	描述
a!	a<CR><LF> 确认传感器在线。 a:传感器地址	举例: 请求: 0! 响应: 0<CR><LF>
a!	allccccccmmmmmmvvvxxxxxxxxxx xxxx<CR><LF> 读取传感器信息。 a:传感器地址 ll:SDI-12版本 ccccccc:公司名称代码 mmmmmm:传感器标识符 vvv:版本信息 xxxxxxxxxxxx:产品序列号 <CR><LF>:响应结束符	举例: 请求: 0! 响应: 013INFWIN SlabSense 1.01909250001000<CR><LF>
?!	a<CR><LF> 获取传感器地址。 a:传感器地址	举例: 请求: ?! 响应: 0<CR><LF>
aAb!	b<CR><LF> 修改传感器地址。 a:当前传感器地址 b:修改后的传感器地址	举例: 请求: 0A1! 响应: 1<CR><LF>
aM!, aMC!	a0013<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 3: 本次测量将返回的数据个数为3 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式: a<+SubstrateCalibratedRawCounts>< ±SubstrateTemp><+SubstrateECBulk >[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0M! 响应: 00013<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+2888.55+24.1+1620<CR><LF>
aM1!, aMC1!	a0016<CR><LF> a: 传感器地址	举例: 请求: 0M1!

	001: 传感器将在001秒内完成测量 6: 本次测量将返回的数据个数为6 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式 : a<±SubstrateTemp><+SubstrateVWC ><+SubstrateECBulk>[<CRC>]<CR> <LF> aD1! 响应的数据格式 : a<+SubstrateCalibratedRawCounts>< +SubstrateVWCEpsilon><+ SubstrateECPore>[<CRC>]<CR><LF >	响应: 00016<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.50+1620<CR><LF> 请求: 0D1! 响应: 0+2888.77+25.47+5972<CR><LF>
aM2!, aMC2!	a0016<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 6: 本次测量将返回的数据个数为6 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式 : a<±AirTemp><+AirHumi><±AirDew >[<CRC>]<CR><LF> aD1! 响应的数据格式 : a<+AirVaporPressure><+AirVaporPre ssureSaturated><+AirVaporPressureD eficit>[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0M2! 响应: 00016<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+24.6+58.9+16.0<CR><LF> 请求: 0D1! 响应: 0+18.18+30.89+12.71<CR><LF>
aM5!, aMC5!	a0019<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 9: 本次测量将返回的数据个数为9 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式 : a<±SubstrateTemp><+SubstrateVWC ><+SubstrateECBulk >[<CRC>]<CR ><LF> aD1! 响应的数据格式 : a<+SubstrateCalibratedRawCounts>< +SubstrateVWCEpsilon><+ SubstrateECPore>[<CRC>]<CR><LF > aD2! 响应的数据格式 : a<+AirTemp><+AirHumi><+AirVapo rPressureDeficit>[<CRC>]<CR><LF	举例: 请求: 0M5! 响应: 00019<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.40+1620<CR><LF> 请求: 0D1! 响应: 0+2886.97+25.39+5994<CR><LF> 请求: 0D2! 响应: 0+24.2+55.6+13.39<CR><LF>

	>	
aC!, aCC!	a0013<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 3: 本次测量将返回的数据个数为3 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式 : a<+SubstrateCalibratedRawCounts>< ±SubstrateTemp><+SubstrateECBulk >[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0C! 响应: 00013<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+2888.55+24.1+1620<CR><LF>
aC1!, aCC1!	a0016<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 6: 本次测量将返回的数据个数为6 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式 : a<±SubstrateTemp><+SubstrateVWC ><+SubstrateECBulk>[<CRC>]<CR> <LF> aD1! 响应的数据格式 : a<+SubstrateCalibratedRawCounts>< +SubstrateVWCEpsilon><+ SubstrateECPore>[<CRC>]<CR><LF >	举例: 请求: 0C1! 响应: 00016<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.50+1620<CR><LF> 请求: 0D1! 响应: 0+2888.77+25.47+5972<CR><LF>
aC2!, aCC2!	a0016<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 6: 本次测量将返回的数据个数为6 <CR><LF>:响应结束符 aD0! 响应的数据格式 : a<±AirTemp><+AirHumi><±AirDew >[<CRC>]<CR><LF> aD1! 响应的数据格式 : a<+AirVaporPressure><+AirVaporPre ssureSaturated><+AirVaporPressureD eficit>[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0C2! 响应: 00016<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+24.6+58.9+16.0<CR><LF> 请求: 0D1! 响应: 0+18.18+30.89+12.71<CR><LF>
aC5!, aCC5!	a0019<CR><LF> a: 传感器地址 001: 传感器将在001秒内完成测量 9: 本次测量将返回的数据个数为9 <CR><LF>:响应结束符	举例: 请求: 0C5! 响应: 00019<CR><LF> 请求: 0D0! 响应: 0+24.1+40.40+1620<CR><LF>

	aD0! 响应的数据格式： a<±SubstrateTemp><+SubstrateVWC><+SubstrateECBulk>[<CRC>]<CR><LF> aD1! 响应的数据格式： a<+SubstrateCalibratedRawCounts><+SubstrateVWCEpsilon><+SubstrateECPore>[<CRC>]<CR><LF> aD2! 响应的数据格式： a<+AirTemp><+AirHumi><+AirVaporPressureDeficit>[<CRC>]<CR><LF>	请求: 0D1! 响应: 0+2886.97+25.39+5994<CR><LF> 请求: 0D2! 响应: 0+24.2+55.6+13.39<CR><LF>
aD0!, aD1!, aD2!	a[<saaaa>][<sbbbb>][<scccc>][<CRC>]<CR><LF>	读取数据命令，传感器将根据命令返回相应的数据 [<saaaa>]: 数据1 [<sbbbb>]: 数据2 [<scccc>]: 数据3 [<CRC>]: 可选的3字符CRC校验, <CR><LF>: 命令结束符
aR0!, aRC0!	响应的数据格式: a<+SubstrateCalibratedRawCounts><±SubstrateTemp><+SubstrateECBulk>[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0R! 响应: 0+2888.55+24.1+1620<CR><LF>
aR1!, aRC1!	响应的数据格式: a<±SubstrateTemp><+SubstrateVWC><+SubstrateECBulk><+SubstrateCalibratedRawCounts><+SubstrateVWCEpsilon><+SubstrateECPore>[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0R1! 响应: 0+24.1+40.50+1620+2888.77+25.47+5972<CR><LF>
aR2!, aRC2!	响应的数据格式: a<±AirTemp><+AirHumi><±AirDew><+AirVaporPressure><+AirVaporPressureSaturated><+AirVaporPressureDeficit>[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0R2! 响应: 0+24.6+58.9+16.0+18.18+30.89+12.71<CR><LF>
aR3!, aRC3! aR4!, aRC4!	响应的数据格式: a<TAB><SubstrateCalibratedRawCounts><SPACE><±SubstrateTemp><SPACE><SubstrateECBulk><CR><sensortype><Checksum><CRC_ADI><CR><LF>	测量数据并以ADI格式返回数据. 举例: 请求: 0R3! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o<CR><LF> 请求: 0R4! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o

		<CR><LF>
aR5!, aRC5!	响应的数据格式: a<±SubstrateTemp><+SubstrateVWC><+SubstrateECBulk><+SubstrateCalibratedRawCounts><+SubstrateVWC Epsilon><+SubstrateECPore><+AirTemp><+AirHumi><+AirVaporPressure Deficit>[<CRC>]<CR><LF>	举例: 请求: 0R5! 响应: 0+24.1+40.40+1620+2886.97+25.39+5994+24.2+55.6+13.39<CR><LF>
aXR_TUNIT!	aTUNIT=<X> <X> 为以下温度单位: C: 摄氏 F: 华氏	查询温度单位 举例: 命令: 0XR_TUNIT! 响应: 0TUNIT=C<CR><LF>
aXW_TUNIT_<X>!	aTUNIT=<X>	设定温度单位 举例: 命令: 0XW_TUNIT_C! 响应: 0TUNIT=C<CR><LF>
aXR_SUBSTRATETYPE!	aSUBSTRATETYPE=<X> <X> 为基质类型: 0: 土壤 1: 非土壤基质 2: UDF(用户定义曲线) 基质类型仅用于计算 <SubstrateVWC>数值时进行相应的换算.	查询基质类型 举例: 命令: 0XR_SUBSTRATETYPE! 响应: 0SUBSTRATETYPE=0<CR><LF>
aXW_SUBSTRATETYPE_<X>!	aSUBSTRATETYPE=<X>	设定基质类型 举例: 命令: 0XW_SUBSTRATETYPE_0! 响应: 0SUBSTRATETYPE=0<CR><LF>
aXR_ADIEN!	aADIEN=<v> <v>: ADI 主动输出开启/关闭。在传感器的 SDI-12 地址为 0 时: <v>=0 则传感器上电时禁止输出 ADI 协议数据。 <v>=1 则传感器上电时将会输出 ADI 协议数据。	查询 ADI 主动输出开启/关闭 举例: 命令: 0XR_ADIEN! 响应: 0ADIEN=1<CR><LF>
aXW_ADIEN_<v>!	aADIEN=<v>	设定 ADI 主动输出开启/关闭 举例: 命令: 0XW_ADIEN_0! 响应: 0ADIEN=0<CR><LF>
aXR_SN!	aSN=<ssssssss> <ssssssss>是用户设置的 8 位字符序列号	查询序列号 举例: 命令: 0XR_SN! 响应: 0SN=12345678<CR><LF>

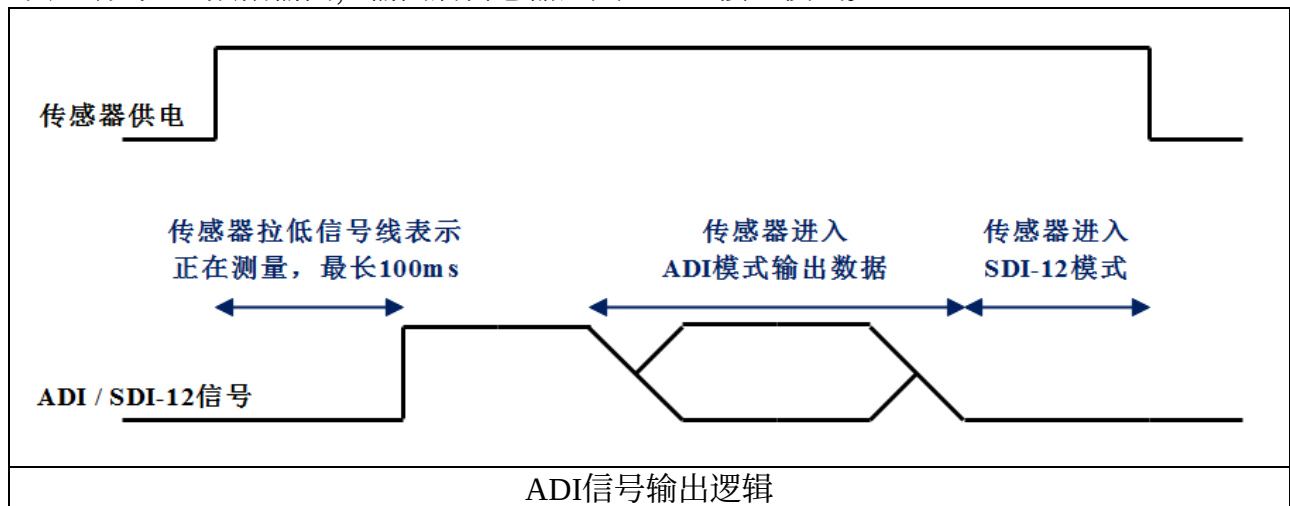
aXW_SN_<sss sssss>!	aSN=<ssssssss>	设定序列号 举例： 命令: 0XW_SN_ABCDEFGH! 响应: 0SN=ABCDEFGH<CR><LF>
------------------------	----------------	--

6.3 串行 ADI 接口

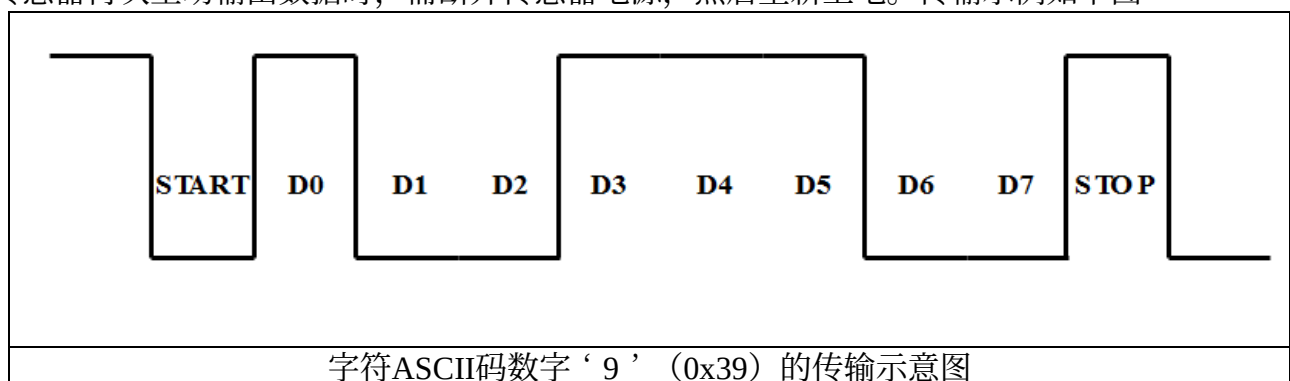
6.3.1 ADI 接口

串行ADI接口（TTL信号标准），以下简称ADI接口（Active Digital Interface，主动输出数字接口）。

当传感器上电时如果SDI-12地址设置的是0，则传感器在上电后首先进入ADI接口模式，同时传感器将信号线拉低100ms表示传感器正在进行测量，数据测量后（约100ms时间）进行一次主动的ADI数据输出，输出后传感器进入SDI-12接口模式。



ADI接口数据流输出为串行TTL信号输出标准（0-3.6V），以ASCII码表示字符，串行波特率1200bps，无校验，8个数据位，1个停止位。数据输出后，传感器进入休眠功耗。当需要传感器再次主动输出数据时，需断开传感器电源，然后重新上电。传输示例如下图



6.3.2 协议解析

ADI 协议数据格式以及说明如下：

<TAB><SubstrateCalibratedRawCounts><SPACE><±SubstrateTemp><SPACE><SubstrateECBulk><CR><sensorType><Checksum><CRC_ADI>

参数	说明
<TAB>	Tab 字符
<SubstrateCalibratedRawCounts>	基质含水率的原始AD数据值
<SPACE>	空格
<±SubstrateTemp>	基质温度，单位℃
<SPACE>	空格
<SubstrateECBulk>	基质Bulk EC，单位us/cm
<CR>	回车字符
<sensorType>	传感器类型字符，对于 SlabSense 为 ‘g’
<Checksum>	和校验，从<TAB>开始到<sensorType>的和校验
<CRC_ADI>	ADI 协议的 CRC-6 校验，从<TAB>开始到<Checksum> 的 CRC-6 校验

举例：“<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o”

参数	说明
<TAB>	Tab 字符
2749.0	基质含水率的原始AD数据值2749.0
<SPACE>	空格
23.8	基质温度，23.8℃
<SPACE>	空格
660	基质Bulk EC，660us/cm
<CR>	回车字符
g	传感器类型字符，对于 SlabSense 为 ‘g’
8	和校验，从<TAB>开始到<sensorType>的和校验
o	ADI 协议的 CRC-6 校验，从<TAB>开始到<Checksum> 的 CRC-6 校验

ADI接口的校验和<Checksum>算法如下，将字符串

“<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g” 作为参数Response传入以上方法后，将得到返回值‘8’

```
uint8_t CalcADIChecksum (const char * response)
{
    uint16_t length ;
    uint16_t i ;
    uint16_t sum = 0 ;
    // Finding the length of the response string
    length = strlen (response) ;
    // Adding characters in the response together
```

```

for (i = 0 ; i < length ; i++)
{
    sum += response[i] ;
    if (response[i] == '\r')
    {
        // Found the beginning of the metadata section of the response
        break ;
    }
}
// Include the sensor type into the checksum
sum += response[++i] ;
// Convert checksum to a printable character
sum = sum % 64 + 32 ;
return sum ;
}

```

ADI接口的校验和< CRC_ADI >算法如下，将字符串

“<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8”作为参数Response传入以上方法后，将得到返回值‘o’

```

uint8_t CRC6_Offset (const char *buffer)
{
    uint16_t byte ;
    uint16_t i ;
    uint16_t bytes ;
    uint8_t bit ;
    uint8_t crc = 0xfc ; // Set upper 6 bits to 1's
    // Calculate total message length—updated once the metadata section is found
    bytes = strlen (buffer) ;
    // Loop through all the bytes in the buffer
    for (byte = 0 ; byte < bytes ; byte++)
    {
        // Get the next byte in the buffer and XOR it with the crc
        crc ^= buffer[byte] ;
        // Loop through all the bits in the current byte
        for (bit = 8 ; bit > 0 ; bit--)
        {
            // If the uppermost bit is a 1...
            if (crc & 0x80)
            {
                // Shift to the next bit and XOR it with a polynomial
                crc = (crc << 1) ^ 0x9c ;
            }
            else
            {

```



```

        // Shift to the next bit
        crc = crc << 1 ;

    }
}
if (buffer[byte] == '\r')
{
    // Found the beginning of the metadata section of the response
    // both sensor type and legacy checksum are part of the crc6
    // this requires only two more iterations of the loop so reset
    // "bytes"
    // bytes is incremented at the beginning of the loop, so 3 is added
    bytes = byte + 3 ;
}
}
// Shift upper 6 bits down for crc
crc = (crc >> 2) ;
// Add 48 to shift crc to printable character avoiding \r \n and !
return (crc + 48) ;
}

```

7 RS485 数据通信

7.1 Modbus 通信协议

Modbus 是一种串行通信协议，是多种仪器仪表以及智能传感器在通信接口方面的标准，在智能传感器中有着广泛的应用。Modbus 协议是一个主从架构的协议。有一个主节点，其他使用 Modbus 协议参与通信的节点是从节点。每一个从设备都有一个唯一的设备地址。

传感器具有 RS485 接口，支持 Modbus 协议。通讯参数出厂默认值为：波特率 9600bps，一个起始位，8 个数据位，无校验，一个停止位。通讯协议为 Modbus RTU 协议。通讯参数可由设置程序或者 Modbus 命令改变，通信参数改变后需要重新对传感器进行上电方可生效。

7.2 Modbus 寄存器

参数名称	寄存器地址 (16进制/10进制)	参数 类型	Modbus 功能号	参数范围及说明	默认值
SUBSTRATE_TEMP RATURE	0x0000 /0	INT16 RO	3/4	-4000-8000 对应 -40.00-80.00 (°C) ; -4000-17600 对应 -40.00-176.00 (°F)	N/A
SUBSTRATE_VWC	0x0001 /1	INT16 RO	3/4	0-10000 对应 0.00-100.00 (%)	N/A
SUBSTRATE_BULK EC	0x0002 /2	INT16 RO	3/4	0-20000 对应 0-20000 (us/cm)	N/A
SUBSTRATE_CALI BRATEDRAWCOUN TS	0x0003 /3	UINT16 RO	3/4	0-40960 对应 0.0-4096.0	N/A
SUBSTRATE_EPSIL ON	0x0004 /4	INT16 RO	3/4	0-8188 对应 0.00-81.88	N/A
SUBSTRATE_PORE EC	0x0005 /5	INT16 RO	3/4	0-20000 对应 0-20000 (us/cm)	N/A
AIR_TEMPERATUR E	0x0006 /6	INT16 RO	3/4	-4000-8000 对应 -40.00-80.00 (°C) ; -4000-17600 对应 -40.00-176.00 (°F)	N/A
AIR_HUMIDITY	0x0007 /7	INT16 RO	3/4	0-10000 对应 0.00-100.00 (%)	N/A
AIR_DEWPOINT	0x0008 /8	INT16 RO	3/4	-10000-8000 对应 -100.00-80.00 (°C)	N/A

				-14800-17600 for -148.00-176.00 (°F)	
VAPOR_PRESSURE	0x0009 /9	INT16 RO	3/4	0-24000 对应 0.0-2400.0 (hPa)	N/A
VAPOR_PRESSURE _SATURATED	0x000A /10	INT16 RO	3/4	0-24000 对应 0.0-2400.0 (hPa)	N/A
VAPOR_PRESSURE _DEFICIT	0x000B /11	INT16 RO	3/4	0-24000 对应 0.0-2400.0 (hPa)	N/A
RESERVED	0x000C /12	INT16 RO	3/4	保留	0
RESERVED	0x000D /13	INT16 RO	3/4	保留	0
RESERVED	0x000E /14	INT16 RO	3/4	保留	0
RESERVED	0x000F /15	INT16 RO	3/4	保留	0
SUBSTRATE_TYPE	0x0020 /32	UINT16 RW	3/6/16	0: 土壤 1: 非土壤基质 2: 用户定义的曲线	0
TEMPERATURE_U NIT	0x0021 /33	UINT16 RW	3/6/16	0:°C 1:°F	0
MEASURE_METHO D	0x0022 /34	UINT16 RW	3/6/16	0: 连续测量 1: 请求数据时测量	0
RESERVED	0x0023 /35	UINT16 RW	3/6/16	保留	0
RESERVED	0x0024 /36	UINT16 RW	3/6/16	保留	0
RESERVED	0x0025 /37	UINT16 RW	3/6/16	保留	0
SLAVEADDRESS	0x0200 /512	UINT16 RW	3/6/16	0-255	1
BAUDRATE	0x0201 /513	UINT16 RW	3/6/16	0-5 0:1200bps 1:2400bps 2:4800bps 3:9600bps 4:19200bps 5:38400bps	3:9600bps
PROTOCOL	0x0202 /514	UINT16 RW	3/6/16	0 0:Modbus RTU	0:Modbus RTU
PARITY	0x0203 /515	UINT16	3/6/16	0-2	0:NONE

		RW		0:NONE 1:EVEN 2:ODD	
DATABITS	0x0204 /516	UINT16 RW	3/6/16	1 1:8 数据位	1:8 databits
STOPBITS	0x0205 /517	UINT16 RW	3/6/16	0-1 0:1 停止位 1:2 停止位	0:1 stopbit
RESERVED	0x0206 /518	UINT16 RW	3/6/16	保留	0
RESERVED	0x0207 /519	UINT16 RW	3/6/16	保留	0
USERSN	0x0220 /544 0x0221 /545 0x0222 /546 0x0223 /547	UINT16 RW	3/16	0x0000000000000000- 0xFFFFFFFFFFFFFFFF	N/A
SUBSTRATE_TEMP RATURE_FLOAT	0x1000 /4096	FLOAT RO	3/4	-40.00-80.00 (°C) ; -40.00-176.00 (°F)	N/A
SUBSTRATE_VWC_ FLOAT	0x1002 /4098	FLOAT RO	3/4	0.00-100.00 (%)	N/A
SUBSTRATE_BULK EC_FLOAT	0x1004 /4100	FLOAT RO	3/4	0-20000 (us/cm)	N/A
SUBSTRATE_CALI BRATEDRAWCOUN TS_FLOAT	0x1006 /4102	FLOAT RO	3/4	0.00-4096.00	N/A
SUBSTRATE_EPSIL ON_FLOAT	0x1008 /4104	FLOAT RO	3/4	0.00-81.88	N/A
SUBSTRATE_PORE EC_FLOAT	0x100A /4106	FLOAT RO	3/4	0-20000 (us/cm)	N/A
AIR_TEMPERATUR E_FLOAT	0x100C /4108	FLOAT RO	3/4	-40.00-80.00 (°C) ; -40.00-176.00 (°F)	N/A
AIR_HUMIDITY_FL OAT	0x100E /4110	FLOAT RO	3/4	0.00-100.00 (%)	N/A
AIR_DEWPOINT_FL OAT	0x1010 /4112	FLOAT RO	3/4	-100.00-80.00 (°C) -148.00-176.00 (°F)	N/A
VAPOR_PRESSURE _FLOAT	0x1012 /4114	FLOAT RO	3/4	0.0-2400.0 (hPa)	0
VAPOR_PRESSURE _SATURATED_FLO AT	0x1014 /4116	FLOAT RO	3/4	0.0-2400.0 (hPa)	0
VAPOR_PRESSURE _DEFICIT_FLOAT	0x1016 /4118	FLOAT RO	3/4	0.0-2400.0 (hPa)	0

RESERVED_FLOAT	0x1018 /4120	FLOAT RO	3/4	保留	0
RESERVED_FLOAT	0x101A /4122	FLOAT RO	3/4	保留	0
RESERVED_FLOAT	0x101C /4124	FLOAT RO	3/4	保留	0
RESERVED_FLOAT	0x101E /4126	FLOAT RO	3/4	保留	0
SUBSTRATE_TEMP RATURE_FLOAT_I NVERSE	0x1100 /4352	FLOAT _INVER SE RO	3/4	-40.00-80.00 (°C) ; -40.00-176.00 (°F)	N/A
SUBSTRATE_VWC_ FLOAT_INVERSE	0x1102 /4354	FLOAT _INVER SE RO	3/4	0.00-100.00 (%)	N/A
SUBSTRATE_BULK EC_FLOAT_INVERS E	0x1104 /4356	FLOAT _INVER SE RO	3/4	0-20000 (us/cm)	N/A
SUBSTRATE_CALI BRATEDRAWCOUN TS_FLOAT_INVERS E	0x1106 /4358	FLOAT _INVER SE RO	3/4	0.00-4096.00	N/A
SUBSTRATE_EPSIL ON_FLOAT_INVER SE	0x1108 /4360	FLOAT _INVER SE RO	3/4	0.00-81.88	N/A
SUBSTRATE_PORE EC_FLOAT_INVERS E	0x110A /4362	FLOAT _INVER SE RO	3/4	0-20000 (us/cm)	N/A
AIR_TEMPERATUR E_FLOAT_INVERSE	0x110C /4364	FLOAT _INVER SE RO	3/4	-40.00-80.00 (°C) ; -40.00-176.00 (°F)	N/A
AIR_HUMIDITY_FL OAT_INVERSE	0x110E /4366	FLOAT _INVER SE RO	3/4	0.00-100.00 (%)	N/A
AIR_DEWPOINT_FL OAT_INVERSE	0x1110 /4368	FLOAT _INVER SE	3/4	-100.00-80.00 (°C) -148.00-176.00 (°F)	N/A

		RO			
VAPOR_PRESSURE_FLOAT_INVERSE	0x1112 /4370	FLOAT_INVERSE RO	3/4	0.0-2400.00 (hPa)	0
VAPOR_PRESSURE_SATURATED_FLOAT_INVERSE	0x1114 /4372	FLOAT_INVERSE RO	3/4	0.00-2400.00 (hPa)	0
VAPOR_PRESSURE_DEFICIT_FLOAT_INVERSE	0x1116 /4374	FLOAT_INVERSE RO	3/4	0.00-2400.00 (hPa)	0
RESERVED_FLOAT_INVERSE	0x1118 /4376	FLOAT_INVERSE RO	3/4	保留	0
RESERVED_FLOAT_INVERSE	0x111A /4378	FLOAT_INVERSE RO	3/4	保留	0
RESERVED_FLOAT_INVERSE	0x111C /4380	FLOAT_INVERSE RO	3/4	保留	0
RESERVED_FLOAT_INVERSE	0x111E /4382	FLOAT_INVERSE RO	3/4	保留	0

UINT16:16 位无符号整数寄存器

INT16:16 位有符号整数寄存器

以 0x 起始的数据为 16 进制

FLOAT: 如果 IEEE754 little-endian 字节顺序是[A,B,C,D], 则 FLOAT 字节顺序为[B,A,D,C]

FLOAT_INVERSE: 如果 IEEE754 little-endian 字节顺序是[A,B,C,D], 则 FLOAT_INVERSE 字节顺序为[D,C,B,A]

当传感器异常时，以下寄存器将设置为错误代码：

错误代码	寄存器地址	数值含义
-32768	0x0000-0x000F	当传感器损坏或测量错误时，传感器测量值将会输出-32768
-32768	0x1000-0x101E	当传感器损坏或测量错误时，传感器测量值将会输出-32768
-32768	0x1100-0x111E	当传感器损坏或测量错误时，传感器测量值将会输出-32768

-32765	0x0000-0x000F	当传感器不支持此数据时，传感器测量值将会输出-32765
-32765	0x1000-0x101E	当传感器不支持此数据时，传感器测量值将会输出-32765
-32765	0x1100-0x111E	当传感器不支持此数据时，传感器测量值将会输出-32765

7.3 Modbus 寄存器参数说明

SUBSTRATE_TEMPERATURE --- 基质温度, INT16 格式:		
数值范围	-4000-8000 对应-40.00-80.00 （当温度单位设置为℃）； -4000-17600 对应-40.00-176.00 （当温度单位设置为°F）	默认：N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_TEMPERATURE_FLOAT --- 基质温度, FLOAT 格式 SUBSTRATE_TEMPERATURE_FLOAT_INVERSE --- 基质温度, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	-40.00-80.00 （当温度单位设置为℃）； -40.00-176.00 （当温度单位设置为°F）	默认：N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_VWC --- 基质体积含水率, INT16 格式:		
数值范围	0-10000 对应 0-100.00 （%）；	默认：N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_VWC_FLOAT --- 基质体积含水率, FLOAT 格式 SUBSTRATE_VWC_FLOAT_INVERSE --- 基质体积含水率, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0-100.00 （%）	默认：N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_BULKEC --- 基质 Bulk EC, INT16 格式:		
数值范围	0-20000 对应 0-20000 （us/cm）；	默认：N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_BULKEC_FLOAT --- 基质 Bulk EC, FLOAT 格式 SUBSTRATE_BULKEC_FLOAT_INVERSE --- 基质 Bulk EC, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0-20000 （us/cm）	默认：N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_CALIBRATEDRAWCOUNTS --- 基质含水率 AD 值, UINT16 格式:		
数值范围	0-40960 对应 0-4096.0 ;	默认 : N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_CALIBRATEDRAWCOUNTS_FLOAT --- 基质含水率 AD 值, FLOAT 格式 SUBSTRATE_CALIBRATEDRAWCOUNTS_FLOAT_INVERSE --- 基质含水率 AD 值, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0-4096.00	默认 : N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_EPSILON --- 基质含水率介电常数, UINT16 格式:		
数值范围	0-8188 对应 0.00-81.88	默认 : N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_EPSILON_FLOAT --- 基质含水率介电常数, FLOAT 格式 SUBSTRATE_EPSILON_FLOAT_INVERSE --- 基质含水率介电常数, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0.00-81.88	默认 : N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_POREEC --- 基质 Pore EC, INT16 格式:		
数值范围	0-20000 对应 0-20000 (us/cm) ;	默认 : N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_POREEC_FLOAT --- 基质 Pore EC, FLOAT 格式 SUBSTRATE_POREEC_FLOAT_INVERSE --- 基质 Pore EC, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0-20000 (us/cm)	默认 : N/A
参数存储	N/A	

AIR_TEMPERATURE --- 空气温度, INT16 格式:		
数值范围	-4000-8000 对应 -40.00-80.00 (温度单位设置为°C) ; -4000-17600 对应 -40.00-176.00 (温度单位设置为°F)	默认 : N/A
参数存储	N/A	

AIR_TEMPERATURE_FLOAT --- 空气温度, FLOAT 格式 AIR_TEMPERATURE_FLOAT_INVERSE --- 空气温度, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	-40.00-80.00 (温度单位设置为°C) ;	默认 : N/A

	-40.00-176.00 （温度单位设置为°F）	
参数存储	N/A	

AIR_HUMIDITY --- 空气湿度, INT16 格式:		
数值范围	0-10000 对应 0.00-100.00 （%）	默认：N/A
参数存储	N/A	

AIR_HUMIDITY_FLOAT --- 空气湿度, FLOAT 格式		
AIR_HUMIDITY_FLOAT_INVERSE --- 空气湿度, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0.00-100.00 （%）	默认：N/A
参数存储	N/A	

AIR_DEWPOINT --- 露点温度, INT16 格式:		
数值范围	-10000-8000 对应 -100.00-80.00 （温度单位设置为°C）； -14800-17600 对应 -148.00-176.00 （温度单位设置为°F）	默认：N/A
参数存储	N/A	

AIR_DEWPOINT_FLOAT --- 露点温度, FLOAT 格式		
AIR_DEWPOINT_FLOAT_INVERSE --- 露点温度, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	-100.00-80.00 （温度单位设置为°C）； -148.00-176.00 （温度单位设置为°F）	默认：N/A
参数存储	N/A	

VAPOR_PRESSURE --- 蒸汽压, INT16 格式:		
数值范围	0-24000 对应 0.0-2400.0 （hPa）	默认：N/A
参数存储	N/A	

VAPOR_PRESSURE_FLOAT --- 蒸汽压, FLOAT 格式		
VAPOR_PRESSURE_FLOAT_INVERSE --- 蒸汽压, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0.00-2400.00 （hPa）	默认：N/A
参数存储	N/A	

VAPOR_PRESSURE_SATURATED --- 饱和蒸汽压, INT16 格式:		
数值范围	0-24000 对应 0.0-2400.0 （hPa）	默认：N/A
参数存储	N/A	

VAPOR_PRESSURE_SATURATED_FLOAT ---饱和蒸汽压, FLOAT 格式		
VAPOR_PRESSURE_SATURATED_FLOAT_INVERSE ---饱和蒸汽压, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0.00-2400.00 (hPa)	默认: N/A
参数存储	N/A	

VAPOR_PRESSURE_DEFICIT ---饱和蒸汽压差, INT16 格式:		
数值范围	0-24000 对应 0.0-2400.0 (hPa)	默认: N/A
参数存储	N/A	

VAPOR_PRESSURE_DEFICIT_FLOAT ---饱和蒸汽压差, FLOAT 格式		
VAPOR_PRESSURE_DEFICIT_FLOAT_INVERSE ---饱和蒸汽压差, FLOAT_INVERSE 格式		
数值范围	0.00-2400.00 (hPa)	默认: N/A
参数存储	N/A	

SUBSTRATE_TYPE --- 基质类型, INT16 格式:		
Data 数值范围	0: 土壤 1: 非土壤基质 2: 用户定义	默认值: 1
参数存储	立即存储	

TEMPERATURE_UNIT ---温度单位, INT16 格式:		
数值范围	0: 摄氏度°C 1: 华氏度°F	默认值: 0
参数存储	立即存储	

MEASURE_METHOD --- 测量方式, INT16 格式:		
数值范围	0: 连续测量 1: 请求数据时测量	默认值: 1
参数存储	立即存储	

SLAVEADDR --- Modbus 从机地址		
数值范围	0-255	默认值:1
参数存储	立即存储	

Modbus 地址, 可设置为 0-255。设置后,请重新将传感器上电以使设置生效。0 为 Modbus 的广播地址。

BAUDRATE --- 串行通信波特率		
数值范围	0-5 0:1200bps 1:2400bps 2:4800bps 3:9600bps 4:19200bps 5:38400bps	默认值:3
参数存储	立即存储	

设置后,请重新将传感器上电以使设置生效。

PROTOCOL --- 串行通信协议		
数值范围	0 0:Modbus RTU	默认值:0
参数存储	立即存储	

设置后,请重新将传感器上电以使设置生效。

PARITY --- 串行通信校验位		
数值范围	0-2 0:无校验 1:偶校验 2:奇校验	默认值:0
参数存储	立即存储	

设置后,请重新将传感器上电以使设置生效。

DATABITS --- 串行通信数据位		
数值范围	1 1:8个数据位	默认值:1, 只支持 8 个数据位, 其他无效
参数存储	立即存储	

设置后,请重新将传感器上电以使设置生效。

STOPBITS --- 串行通信停止位		
数值范围	0-1 0:1个停止位 1:2个停止位	默认值:0

参数存储	立即存储	
------	------	--

设置后,请重新将传感器上电以使设置生效。

7.4 Modbus 协议通信样例

以下说明中, 0x 开头或者 H 结尾的数据为 16 进制数据。Modbus 协议有两种常用寄存器类型：

- (1) 保持寄存器, 存储数据掉电不丢失, 是可读可写的。通常用功能号 3 (0x03) 读取, 用功能号 6 (0x06) 或者 16 (0x10) 写入。
- (2) 输入寄存器, 用来存储一些只读的物理量, 比如温度值, 是只读的。通常用功能号 4 (0x04) 读取。

7.4.1 功能号 3 通信样例

通用请求格式：AA 03 RRRR NNNN CCCC

AA	1 字节	设备地址, 范围 0-255
03	1 字节	功能号为 3
RRRR	2 字节	起始寄存器地址, 高字节在前
NNNN	2 字节	要读取的寄存器数量 N, 高字节在前
CCCC	2 字节	CRC 校验

通用响应格式：AA 03 MM VV0 VV1 VV2 VV3... CCCC

AA	1 字节	设备地址, 范围 0-255
03	1 字节	功能号为 3
MM	1 字节	返回寄存器值的数据字节数量
VV0, VV1	2 字节	返回的第一个寄存器值
VV2, VV3	2 字节	返回的第二个寄存器值
...	...	返回的第 N 个寄存器值 (N=MM/2)
CCCC	2 字节	CRC 校验

举例：以读寄存器 0x0200-0x0201, 即从机地址以及波特率为例

请求：01 03 0200 0002 C5B3

设备地址	1 字节	0x01
功能号	1 字节	0x03
起始寄存器地址	2 字节	0x0200

寄存器数量	2 字节	0x0002
校验	2 字节	0xC5B3

响应：01 03 04 00 01 00 03 EB F2

设备地址	1 字节	0x01
功能号	1 字节	0x03
有效字节数	1 字节	0x04
从机地址寄存器值	2 字节	0x00（从机地址高字节）
		0x01（从机地址低字节）
波特率寄存器值	2 字节	0x00（波特率高字节）
		0x03（波特率低字节）
校验	2 字节	0xEBF2

7.4.2 功能号 4 通信样例

通用请求格式：AA 04 RRRR NNNN CCCC

AA	1 字节	设备地址，范围 0-255
04	1 字节	功能号为 4
RRRR	2 字节	起始寄存器地址，高字节在前
NNNN	2 字节	要读取的寄存器数量 N，高字节在前
CCCC	2 字节	CRC 校验

通用响应格式：AA 04 MM VV0 VV1 VV2 VV3... CCCC

AA	1 字节	设备地址，范围 0-255
04	1 字节	功能号为 4
MM	1 字节	返回寄存器值的数据字节数量
VV0, VV1	2 字节	返回的第一个寄存器值
VV2, VV3	2 字节	返回的第二个寄存器值
...	...	返回的第 N 个寄存器值（N=MM/2）
CCCC	2 字节	CRC 校验

举例：以读寄存器 0x0000-0x0003，即读取基质温度，体积含水率，电导率 Bulk EC，以及 SubstrateCalibratedRawCounts

请求：01 04 0000 0004 B00B

设备地址	1 字节	0x01
功能号	1 字节	0x04
起始寄存器地址	2 字节	0x0000
寄存器数量	2 字节	0x0004
校验	2 字节	0xF1C9

响应：01 04 08 08 02 12 E8 05 32 70 B5 20 7A

设备地址	1 字节	0x01
功能号	1 字节	0x04
有效字节数	1 字节	0x08
基质温度	2 字节	0x08
		0x02
基质体积含水率	2 字节	0x12
		0xE8
基质电导率	2 字节	0x05
		0x32
基质含水率 AD 值	2 字节	0x70
		0xB5
校验	2 字节	0x207A

7.4.3 功能号 6 通信样例

通用请求格式：AA 06 RRRR VVVV CCCC

AA	1 字节	设备地址，范围 0-255
06	1 字节	功能号为 6
RRRR	2 字节	寄存器地址，高字节在前
VVVV	2 字节	要写入寄存器的数值，高字节在前
CCCC	2 字节	CRC 校验

通用响应格式：AA 06 RRRR VVVV CCCC

AA	1 字节	设备地址，范围 0-255
06	1 字节	功能号为 6
RRRR	2 字节	寄存器地址，高字节在前
VVVV	2 字节	要写入寄存器的数值，高字节在前

CCCC	2 字节	CRC 校验
------	------	--------

举例：以写寄存器 0x0200，即修改从机地址为 2 为例

请求：01 06 0200 0002 09B3

设备地址	1 字节	0x01
功能号	1 字节	0x06
起始寄存器地址	2 字节	0x0200
寄存器值	2 字节	0x0002
校验	2 字节	0x09B3

响应：01 06 0200 0002 09B3

设备地址	1 字节	0x01
功能号	1 字节	0x06
起始寄存器地址	2 字节	0x0200
寄存器值	2 字节	0x0002
校验	2 字节	0x09B3

7.4.4 功能号 16 通信样例

通用请求格式：AA 10 RRRR NNNN MM VVVV1 VVVV2 ...CCCC

AA	1 字节	设备地址，范围 0-255
10 (16 进制)	1 字节	功能号为 16 (十进制)
RRRR	2 字节	起始寄存器地址，高字节在前
NNNN	2 字节	要读取的寄存器数量 N，高字节在前
MM	1 字节	要写入寄存器的数值的字节个数
VVVV1	2 字节	要写入第一个寄存器的数值，高字节在前
VVVV2	2 字节	要写入第二个寄存器的数值，高字节在前
...	...	要写入第 N 个寄存器的数值，高字节在前 N=MM/2
CCCC	2 字节	CRC 校验

通用响应格式：AA 10 RRRR NNNN CCCC

AA	1 字节	设备地址，范围 0-255
10 (16 进制)	1 字节	功能号为 16 (十进制)

RRRR	2 字节	起始寄存器地址，高字节在前
NNNN	2 字节	要读取的寄存器数量 N，高字节在前
CCCC	2 字节	CRC 校验

举例：以写寄存器 0x0200-0x0201，即设置从机地址为 1，波特率为 19200bps 为例

请求：01 10 0200 0002 04 0001 0004 BACC

0x01	1 字节	设备地址
0x10 (16 进制)	1 字节	功能号为 16 (十进制)
0x0200	2 字节	起始寄存器地址，高字节在前
0x0002	2 字节	要读取的寄存器数量 N，高字节在前
0x04	1 字节	要写入寄存器的数值的字节个数
0x0001	2 字节	要写如的从站地址寄存器值为 1
0x0004	2 字节	要写如的波特率寄存器值为 4
0xBACC	2 字节	CRC 校验

响应：01 10 0200 0002 4070

0x01	1 字节	设备地址
0x10 (16 进制)	1 字节	功能号为 16 (十进制)
0x0200	2 字节	起始寄存器地址，高字节在前
0x0002	2 字节	要读取的寄存器数量 N，高字节在前
0x4070	2 字节	CRC 校验

7.4.5 CRC16 校验算法及例程

例程：

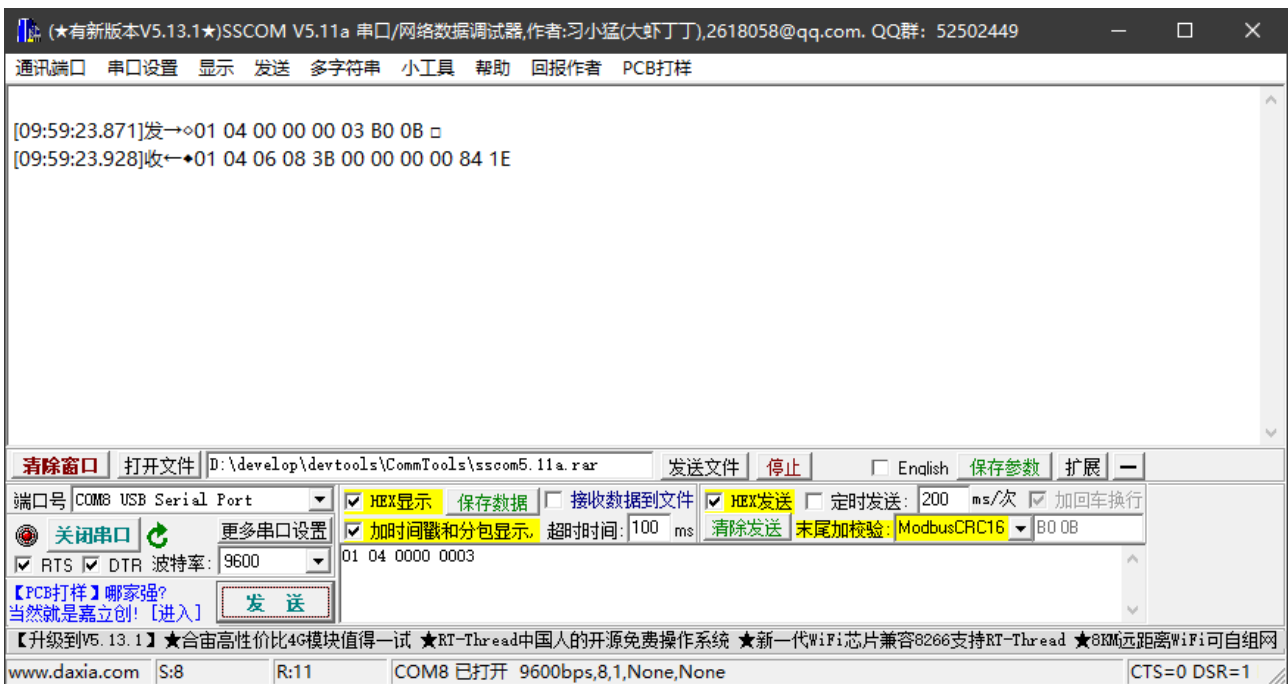
```
//-----
//CRC 计算 C51 语言函数如下
//输入参数 1：snd，待校验的字节数组名
//输入参数 2：num，待校验的字节总数
//函数返回值：校验和
//-----
unsigned int calc_crc16 (unsigned char *snd, unsigned char num)
{
    unsigned char i, j ;
    unsigned int c,crc=0xFFFF ;
    for (i = 0 ; i < num ; i++)
```



```
{  
    c = snd[i] & 0x00FF ;  
    crc ^= c ;  
    for (j = 0 ; j < 8 ; j ++)  
    {  
        if (crc & 0x0001)  
        {  
            crc>>=1 ;  
            crc^=0xA001 ;  
        }  
        else  
        {  
            crc>>=1 ;  
        }  
    }  
}  
return (crc) ;  
}
```

7.5 使用串口调试软件通信

用户可使用任意一款串口调试软件与传感器进行通信，通信时需注意，选择正确的串口，波特率，以及其他串口通信参数，需要发送和接收的数据均要以16进制进行传输以及显示。



7.6 用户设置软件



8. 基质体积含水率的用户标定流程

传感器支持自定义基质类型的体积含水率标定。用户可针对使用的基质，进行自定义体积含水率标定以达到最佳精度。详见应用说明“基质体积含水率的用户标定流程”。

附录

版权与商标

本文件大连哲勤科技有限公司版权所有。保留所有权利。有限公司保留随时对本手册所述产品进行改进的权利，恕不另行通知。未经事先书面许可，不得以任何形式或手段复制、复制、翻译或传播本手册的任何部分。本手册中提供的信息应准确可靠，但对其使用不承担任何责任，也不对其使用可能导致的任何侵犯第三方权利的行为承担任何责任。INFWIN®是大连哲勤科技有限公司有限公司的商标。

文档控制

日期	版本号	说明	完成人
2023-07-05	V1.0	创建	sl51930