

MCS202H2

RS485/SDI-12 双接口土壤水分温度一体传感器

(V1.01 beta)



北京微果草通信技术有限公司

2021. 10

1. 概述

MCS202 是一款 RS485/SDI-12 双接口的土壤水分、温度一体式在线传感器，该传感器基于高频传输理论，采用高防腐的 316L 不锈钢作为探针，配备氧化铝陶瓷外壳，具有高精度、高可靠、长寿命等特点，能够埋设在土壤中长期使用。高等级的防静电、防浪涌、防雷电路则保证了传感器在运输、实验室测试以及野外安装之后工作的可靠性和稳定性。

MCS202 可以通过参数设置来选择 RS485 和 SDI-12 接口，支持 MODBUS RTU 协议和 SDI-12 V1.3 协议，可以适应各种数据采集系统。

1.1 技术指标

1. 土壤水分（Volumetric Water Content）：

- 测量指标：土壤体积含水量（ m^3/m^3 , %）
- 测量范围：0-100%（ m^3/m^3 ）
- 分辨率：0.01%（ m^3/m^3 ）
- 精度：0-40%：±2%（ m^3/m^3 ）
 >40%：±5%（ m^3/m^3 ）

2. 温度（Temperature）

- 测量范围：-30℃到 55℃
- 分辨率：0.0625℃
- 精度：15-55℃：±0.1℃
 0-20℃：±0.3℃
 -30℃-0℃：±0.6℃

1.2 供电及连接

1. 线序

| 序号 | 颜色 | RS485 模式 | SDI-12 模式 |
|----|----|------------|------------|
| 1 | 棕色 | 电源+, 9-24V | 电源+, 9-24V |
| 2 | 黑色 | 电源- | 电源- |
| 3 | 白色 | A | 不使用（必须悬空） |
| 4 | 蓝色 | B | SDI 数据线 |

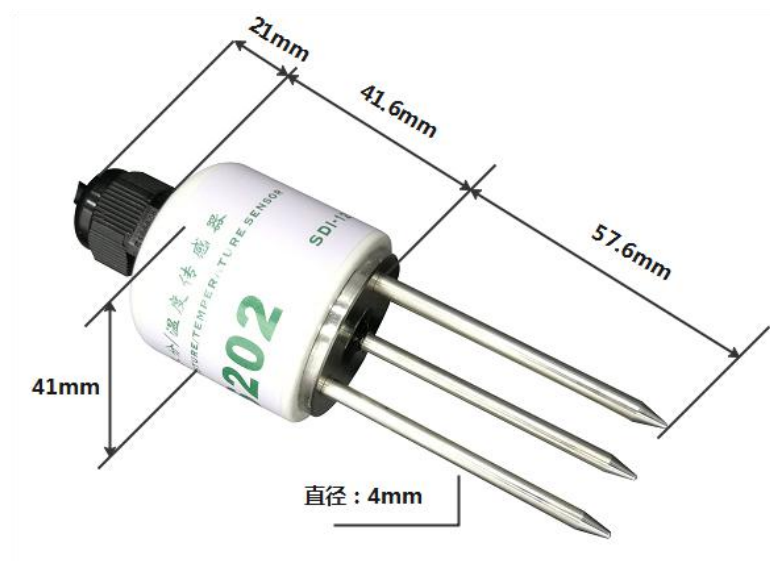
2. 线缆

- 线缆型号：4 芯 0.3 平方聚氨酯（PUR）电缆
- 线缆尺寸：外径 4.5mm
- 线缆标准长度：5 米

3. 功耗

- 电压：9V-24V, 典型 12V
- 电流：供电电压 12V, 温度 25℃条件下的典型值
 - ◆ RS485 模式：空闲：3.8mA, 通信增加 1.5mA, 测量增加 2.4mA
 - ◆ SDI-12 模式：空闲：0.12mA, 通信增加 0.5mA, 测量增加 2.4mA
- 测量时间：<1 秒

1.3 体积及重量



- 带 5 米线缆重量：290g
- 不带线缆重量：190g

2. 理论

MCS202 使用 4 根不锈钢探针和 1 个半导体感温元件测量土壤水分和温度，每次测量时，传感器依次测量温度和水分，然后根据温度对传输电压进行校正，并计算被测对象的复介电常数，进一步计算土壤含水量。

2.1 体积水分

MCS202 采用 4 根 316L 不锈钢作为测量探针, 4 根探针形成传输线结构, 高频信号在该传输线上传输。当探针插入土壤后, 土壤进入 4 根探针形成的传输线内部, 变成了传输线的“填充物”。高频信号在该传输线中传输时, “填充物”的介电常数会成为影响传输信号的主要因素, 从而引起传输线传输特性的改变。通过测量传输线上 3 个节点的电压值 (V1,V2,V3), 计算获得“填充物”的复介电常数 (实部 R,虚部 I), 其中 R 主要受被测物介电常数影响, 而 I 主要受被测物的电导率影响, 通过 R 和 I 进而获得土壤含水量(VWC) 和土壤体电导率(EC)。

本传感器 EC 未经过校正, 因此, 传感器输出的 EC 值仅供参考, 无精度保证。

2.2 温度

MCS202 使用了一个半导体测温元件进行温度测量, 该部件位于传感器探针根部的不锈钢底座上, 因此, 测量时必须将传感器紧贴土壤或埋入土壤中, 测量时传感器应与土壤接触时间超过 5 分钟才能达到标称的精度。因此, 该传感器并不适合作为快速测量工具, 而应该长期埋设到土壤中做连续观测使用。应该注意, 如果测量时将传感器安装在地面上, 阳光的照射可能导致传感器温度升高, 因此, 应该避免阳光直射传感器。

3. 通信

MCS202 支持 RS485 和 SDI-12 两种接口, 用户在两种模式下都可以通过修改参数切换到另一种模式下。

- RS485->SDI-12: 将保持寄存器 4 的值修改为 1, 重新上电后生效。
- SDI-12->RS485: 扩展命令<a>XS3=0! 设置, 重新上电后生效。其中<a>为传感器 SDI-12 地址。

3.1 RS485 模式

MCS202 支持 MODBUS RTU 协议, 支持输入寄存器 (操作码 04) 和保持寄存器 (读入操作码 03,写入操作码 06 和 16)。

RS485 模式默认通信参数为: 地址 1, 波特率 9600, 无校验。

通信响应时间: 1 秒, 建议主机通信超时时间设置为 2 秒。

3.1.1 读取测量数据

输入寄存器 (操作码 04), 有效寄存器地址 1-30, 用来读取测量数据。

| 地址 | 类别 | 参数 | 含义 | 单位 | 数据类型 | 输出数值范围 |
|----|------------|----------------|------------------------|----------|----------------|--------------|
| 1 | 测量值 | 体积含水量 VWC | 100*含水量 | m3/m3% | 16 位有符号数 | 0-10000 |
| 2 | | 电导率 EC | 100*电导率 | dS/m | 16 位有符号数 | 0-2300 |
| 3 | | 温度 T | 100*温度 | °C | 16 位有符号数 | -4000 到 8000 |
| 4 | 原始值 | 介电常数实部 R | 100*R | | 16 位有符号数 | 0-10000 |
| 5 | | 介电常数虚部 I | 100*I | | 16 位有符号数 | 0-5000 |
| 6 | 电压 | 修正传输电压 V1 | 1000*V1 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 7 | | 修正传输电压 V2 | 1000*V2 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 8 | | 修正传输电压 V3 | 1000*V3 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 9 | | 修正传输电压比 P1 | 1000*V2/V1 | | 16 位有符号数 | 0-1000 |
| 10 | | 修正传输电压比 P2 | 1000*V3/V1 | | 16 位有符号数 | 0-1000 |
| 11 | | 修正传输电压比 P3 | 1000*V3/V2 | | 16 位有符号数 | 0-1000 |
| 12 | | 原始传输电压 RV1 | 1000*RV1 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 13 | | 原始传输电压 RV2 | 1000*RV2 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 14 | | 原始传输电压 RV3 | 1000*RV3 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 15 | | 温补传输电压 TV1 | 1000*TV1 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 16 | | 温补传输电压 TV2 | 1000*TV2 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 |
| 17 | 温补传输电压 TV3 | 1000*TV3 | V | 16 位有符号数 | 0-3300 | |
| 18 | 保留 | 原始温度 RT | 100*原始温度 | °C | 16 位有符号数 | -4000 到 8000 |
| 19 | | 空闲 | | | | |
| 20 | | 空闲 | | | | |
| 21 | | 空闲 | | | | |
| 22 | | 空闲 | | | | |
| 23 | | 空闲 | | | | |
| 24 | | 空闲 | | | | |
| 25 | | 通信计数 COM_TIMER | 成功通信次数 | 次 | 16 位无符号数 | 0-65535 |
| 26 | 传感器相关 | 版本号 VER | 高字节: 硬件版本 低字节: 软件版本 | | 16 进制 (Hex) | |
| 27 | | SN 号 1 | | | 16 进制, 共 4 个偏移 | |
| 28 | | SN 号 2 | | | 地址组成的传感器 | |
| 29 | | SN 号 3 | | | SN。SN4 的低字节 | |
| 30 | | SN 号 4 | | | (00)无效 | |

3.1.2 参数设置

保持寄存器 1-40 用于保存参数。读参数用操作码 03, 写入参数可以用操作码 06 和 16。寄存器 1-10 为 16 位有符号数, 每个参数占用 1 个寄存器地址, 其中备用字节禁止写入。寄存器 11-40 为浮点数, 字节顺序为 AB CD, 每个参数占用 2 个寄存器地址, 建议使用 16 命令写入。

通信参数修改后, 传感器重上电后才生效。传感器校正参数修改后, 立即生效。

| 类别 | 寄存器 | 参数 | 含义 | 修改后生效时间 | 数据类型 | 数值范围 | 默认值 |
|------------|-----|----------|-----------------|---------|------------------------|---|--------------|
| 通信参数 | 1 | ADDR | MODBUS 地址 | 重启后 | 16 位有符号数 | 1-247 | 1 |
| | 2 | BPS | 波特率 | 重启后 | 16 位有符号数 | 0=1200 1=2400 2=4800 3=9600 4=19200 5=38400 6=57600 7=115200 | 3 (9600) |
| | 3 | PARITY | 校验位 | 重启后 | 16 位有符号数 | 0=无校验 1=奇校验 2=偶校验 | 0 (无校验) |
| | 4 | MODE | 工作模式 | 重启后 | 16 位有符号数 | 0=RS485 1=SDI | 0 (RS485) |
| 备用 | 5 | | 备用 | | | 禁止写入 | |
| | 6 | | 备用 | | | 禁止写入 | |
| | 7 | | 备用 | | | 禁止写入 | |
| | 8 | | 备用 | | | 禁止写入 | |
| 控制参数 | 9 | SDI ADDR | SDI-12 地址 | × | 16 位有符号数 | 禁止写入 | 48 |
| | 10 | WRKEY | 写入设置 | 立即 | 16 位有符号数 | 写入不同值触发对应操作 读出总是 0 202: 恢复校正参数为出厂值 300: 打开测量电路 301: 关闭测量电路 | 0 |
| 水分校正公式 | 11 | WK0 | 水分校正公式 常数项 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | -6.396 |
| | 13 | | | | | | |
| | 15 | WK2 | 水分校正公式 二次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | -0.0167 |
| | 17 | | | | | | |
| | 19 | WK3 | 水分校正公式 三次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0.00006 |
| | | WZ | 零点截距 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 3 |
| | | | | | | | |
| EC 校正公式 | 21 | EK0 | EC 校正公式 常数项 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 |

| | | | | | | | |
|------------|----|-------|------------------|------------------------|------------------------|---|------|
| | 23 | EK1 | EC 校正公式 一次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0.02 |
| | | | | | | | |
| | 25 | EK2 | EC 校正公式 二次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 |
| | | | | | | | |
| | 27 | EK3 | EC 校正公式 三次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 |
| | | | | | | | |
| 29 | EZ | EC 备用 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 | |
| | | | | | | | |
| 温度 校正公式 | 31 | TK0 | 温度校正公式 常数项 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 |
| | | | | | | | |
| | 33 | TK1 | 温度校正公式 一次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 1 |
| | | | | | | | |
| | 35 | TK2 | 温度校正公式 二次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 |
| | | | | | | | |
| | 37 | TK3 | 温度校正公式 三次方系数 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 |
| | | | | | | | |
| 39 | TZ | 温度备用 | 立即 | 32 位浮点数 字节顺序: AB CD | | 0 | |
| | | | | | | | |

3.2 SDI-12 模式

MCS202 支持三线制 SDI-12 总线协议, 通信时采集器的供电电源连接传感器的棕色线, 电源负端连接传感器的黑色线, 蓝色线用于数据传输, 白色线要悬空, 不要连接任何信号。SDI-12 协议给每个传感器一个唯一的地址, 通信时, 只有该地址的传感器才会应答, 理论上, 一条 SDI-12 总线上可以连接 62 个传感器。有关 SDI-12 协议的更多信息, 访问 www.sdi-12.org。

MCS202 出厂时默认地址为 0, 用户可通过协议命令修改地址, 微果草的 MCP13 调试器可以用来进行传感器的地址设置、测试和参数配置。MCS202 支持 M 和 C 命令, 不支持 R 命令。测量时, 先发送 M/C 命令启动测量, 在接收到测量完成通知或等待测量时间后, 使用 D 命令依次读取数据。

3.2.1 测量命令示例

1. 查询传感器地址

[采集器]?!

[传感器]0

2. 读取传感器信息

[采集器]0!!

[传感器]013mcs202H201F74CC3DC048E56

其中，H2 为硬件版本，01 为固件版本；最后的 14 位 F74CC3DC048E56 为传感器唯一 SN。

3.测量命令：

[采集器]0M!

[传感器]00019

[传感器]0

[采集器]0D0!

[传感器]0+33.5879+1.1817+25.0625

4.测量命令：

[采集器]0C!

[传感器]000118

[等待 1 秒]

[采集器]0D0!

[传感器]0+33.5879+1.1817+25.0625

3.2.2 数据读取

1. M 和 C 命令：

M 命令返回下表中的 1-8 号参数

C 命令返回下表中的 1-17 号参数

| 序号 | 符号 | 参数 | 单位 | 取值 | 读取命令 |
|----|-----|---------|----------------------------------|-------|------|
| 1 | VWC | 体积含水量 | m ³ /m ³ % | | D0 |
| 2 | EC | 电导率 | dS/m | | |
| 3 | T | 温度 | °C | | |
| 4 | R | 介电常数实部 | | | D1 |
| 5 | I | 介电常数虚部 | | | |
| 6 | RT | 原始温度 | °C | | |
| 7 | V1 | 修正传输电压 | V | | D2 |
| 8 | V2 | 修正传输电压 | V | | |
| 9 | V3 | 修正传输电压 | V | | |
| 10 | P1 | 修正传输电压比 | | V2/V1 | D3 |
| 11 | P2 | 修正传输电压比 | | V3/V1 | |
| 12 | P3 | 修正传输电压比 | | V3/V2 | |
| 13 | RV1 | 原始传输电压 | V | | D4 |

| | | | | | |
|----|-----|--------|---|--|----|
| 14 | RV2 | 原始传输电压 | V | | |
| 15 | RV3 | 原始传输电压 | V | | |
| 16 | TV1 | 温补传输电压 | V | | D5 |
| 17 | TV2 | 温补传输电压 | V | | |
| 18 | TV3 | 温补传输电压 | V | | |

3.2.3 参数设置

使用扩展的命令进行参数读取和修正，扩展参数读取和设置命令不符合 SDI-12 V1.3 规范。

1. 读取参数

使用<a>XG<n>!命令来读取参数，其中：

<a>:传感器地址

XG: 读参数命令

<n>:参数序号，取值如下：

0: 水分公式参数, WK0,WK1,WK2,WK3,WZ

1: EC 公式参数, EK0,EK1,EK2,EK3,EZ

2: 温度公式参数, TK0,TK1,TK2,TK3,TZ

3: 工作模式, MODE

1) 水分参数

[采集器]0XG0!

[传感器]0-6.396000+1.803300-0.016700+0.000060+3.000000

2) 读取 EC 参数

[采集器]0XG1!

[传感器]0+0.000000+0.020000+0.000000+0.000000+0.000000

3) 读取温度参数：

[采集器]0XG2!

[传感器]0+0.000000+1.000000+0.000000+0.000000+0.000000

4) 读取工作模式

[采集器]0XG3!

[传感器]0+1

2. 设置参数

命令：<a>XS<n>=c[,c,c,c,c]!

应答:

正确: <a><n>:c[,c,c,c,c]

错误: <a>

其中:

<a>:传感器地址

XS: 设置命令, 固定

<n>: 参数序号, 取值如下:

0: 水分公式参数, WK0,WK1,WK2,WK3,WZ

1: EC 公式参数, EK0,EK1,EK2,EK3,EZ

2: 温度公式参数, TK0,TK1,TK2,TK3,TZ

3: 工作模式, MODE

F: 强制打开或关闭测量电路, 该设置不保存, 状态保持到下一个 M 或 C 命令

=: 等号, 必须使用

c,c,c,c,c: 要设置的数值, 两个数值之间用逗号分割,

参数序号 0-2: 必须同时输入 5 个数值, 分别是对应转换公式的常数项到 3 次方项、零点值

参数序号 3: 必须输入 1 个数值,其中:

0: RS485 模式

1: SDI-12 模式

参数序号 F: 必须输入 1 个数值,其中:

0: 关闭测量电路

1: 打开测量电路

3. 恢复出厂设置

命令: <a>XRS<n>!

应答:

参数正确: <a>:1

错误: 不应答

其中:

<a>: 传感器地址

1) 水分参数:

[采集器]0XS0=6.396,1.8033,-0.0167,0.00006,3.0!

[传感器]00:6.396,1.8033,-0.0167,0.00006,3.0

2) 设置 EC 参数:

[采集器]0XS1=0,0.02,0,0,0!

[传感器]01:0,0.02,0,0,0

3) 设置温度参数:

[采集器]0XS2=0,1,0,0,0!

[传感器]02:0,1,0,0,0

3) 设置工作模式

[采集器]0XS3=0!

[传感器]03:1

4. 恢复传感器出厂参数

<a>XRS0!命令来复位传感器的校正参数

[采集器]0XRS0!

[传感器]0:1

3.3 校正参数定义

| 序号 | 名称 | 符号 | 关联值 | 转换公式 | |
|----|--------------|-----|----------|--|--|
| 1 | 介电常数实部 | R | P1,P2,P3 | | |
| 2 | 介电常数虚部 | I | P1,P2,P3 | | |
| 3 | 水分公式的常数项 | WK0 | R | $VWC = WK0 + WK1 * R + WK2 * R^2 + WK3 * R^3$ <p>WZ 含义：如果 VWC 小于 WZ，则 VWC 输出 0</p> | |
| 4 | 水分公式的一次方项 | WK1 | | | |
| 5 | 水分公式的二次方项 | WK2 | | | |
| 6 | 水分公式的三次方项 | WK3 | | | |
| 7 | 水分转换后的 0 点修正 | WZ | | | |
| 8 | EC 公式的常数项 | EK0 | I | | $EC = EK0 + EK1 * I + EK2 * I^2 + EK3 * I^3$ |
| 9 | EC 公式的一次方项 | EK1 | | | |
| 10 | EC 公式的二次方项 | EK2 | | | |
| 11 | EC 公式的三次方项 | EK3 | | | |

| | | | | |
|----|-----------|-----|----|--|
| 12 | 备用 | EZ | | |
| 13 | 温度公式的常数项 | TK0 | RT | $T = TK0 + TK1 * RT + TK2 * RT^2 + TK3 * RT^3$ |
| 14 | 温度公式的一次方项 | TK1 | | |
| 15 | 温度公式的二次方项 | TK2 | | |
| 16 | 温度公式的三次方项 | TK3 | | |
| 17 | 备用 | TZ | | |

4. 固件更新

MCS202 支持用户更新固件，支持用户定制固件。当有新固件发布或用户定制需求时，可以从供应商处获得新固件，按以下操作进行升级。

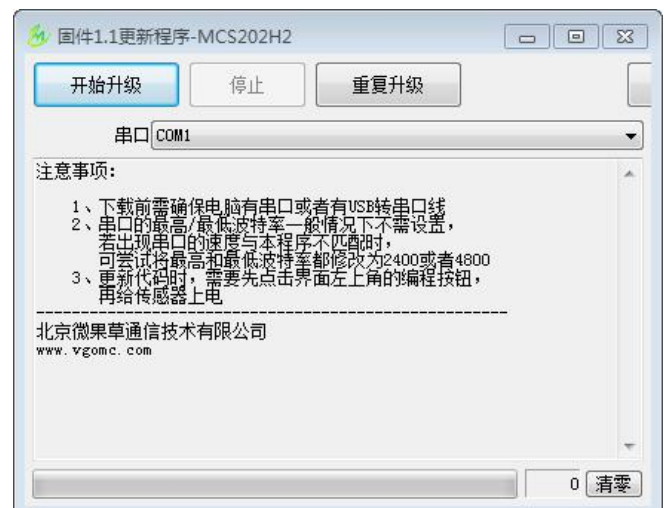
4.1 工具

特别注意：更新固件会把传感器参数恢复为出厂设置，如有必要，请提前保存自定义参数。

1. 运行 Windows 7/8/10 系统的计算机
2. USB 转 RS485 转换器（如果计算机上有 RS232 口，则使用 RS232 转 RS485 转换器）
3. DC 12V 电源
4. 需要更新的固件程序，注意每个更新固件都是一个 EXE 可执行程序，标题栏显示固件版本号。

4.2 操作步骤

1. 将传感器按照 RS485 模式的接线顺序连接到 USB-RS485 转换器上。
2. 将 USB-RS485 转换器的 USB 口插入计算机，计算机上必须已经安装好转换器的驱动程序。
3. 启动要更新的固件程序，如图。
4. 选择对应的串口，点击开始升级按钮。
5. 传感器接通 12V 电源，开始传输固件。
6. 等待程序传输和更新完成，注意这个过程中不要断电。



7. 更新完毕，重新给传感器上电。

5. 安装

1. 传感器接线时应特别注意电源电压和极性。
2. 安装时应将传感器探针插入测量坑的侧面，如下图所示。传感器探针一定要完全插入土壤中，并压实确保与土壤紧密接触。如果在较坚硬的地表测量时，应先钻孔（孔径应小于探针直径），再插入土壤中测量。
3. 被测点应尽量避开孔穴、石子、根茎较多的地方。
4. 传感器应防止剧烈振动和冲击，更不能用硬物敲击。

