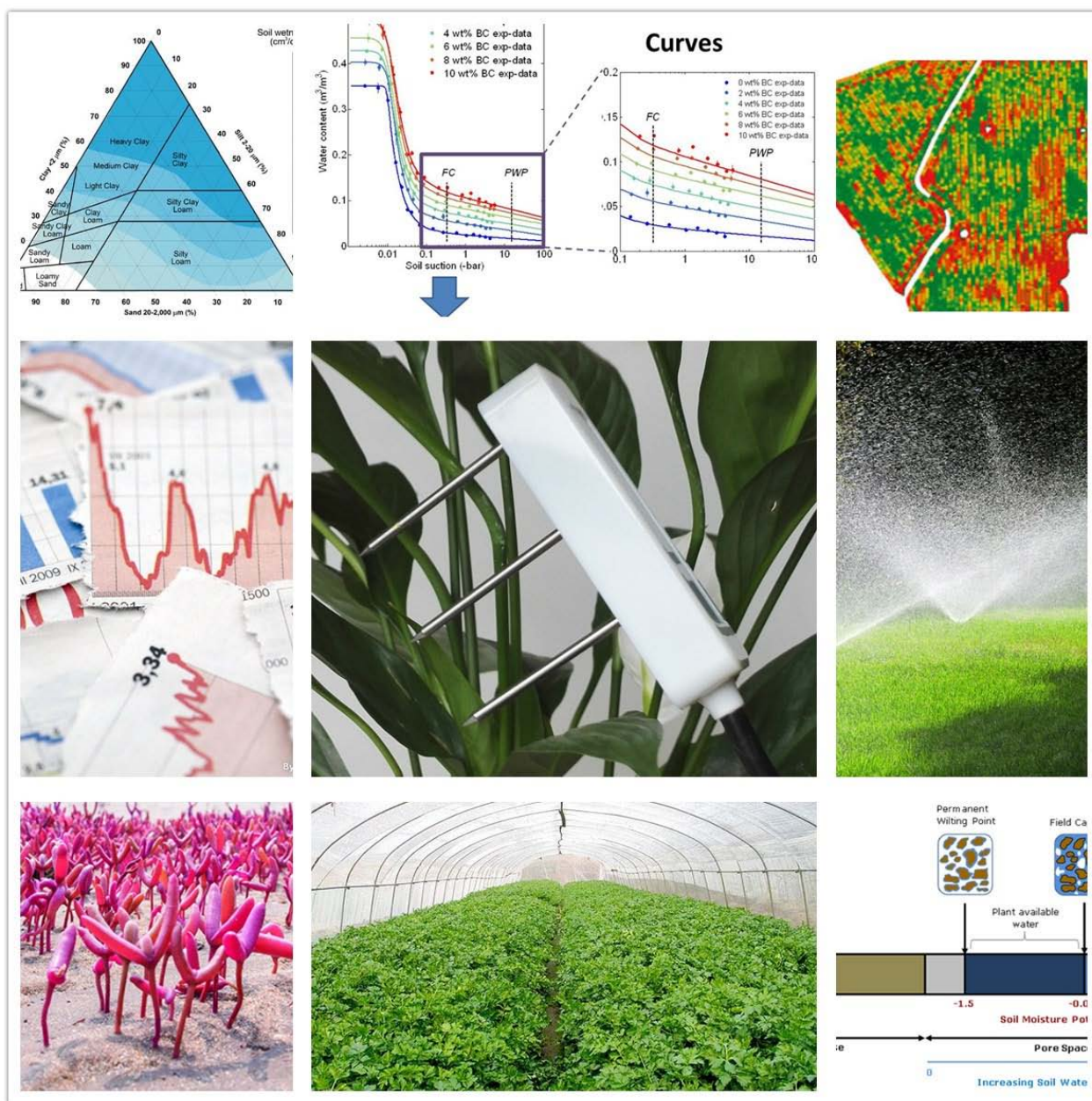


MT22 (SDI-12接口) 土壤水分/温度/电导率传感器 (MT22A) 土壤水分/温度传感器 (MT22B) 用户手册



目 录

1	技术支持	3
2	产品介绍	4
2.1	产品介绍	4
3	传感器接线	6
4	外型尺寸、选型订购	7
4.1	外型尺寸	7
4.2	选型订购	7
5	安装与测量	9
6	土壤水分，温度，电导率与输出的换算	10
6.1	土壤的水分换算	10
6.2	非土壤类的基质的水分换算	10
6.3	介电常数计算	11
7	数据通信与输出	12
7.1	串行 ADI 接口	12
7.1.1	电气标准	12
7.1.2	协议解析	13
7.2	SDI-12 接口	14
7.2.1	电气标准	14
7.2.2	协议解析	15

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

+86-411-82388125

版本控制

日期	版本号	说明	完成人
2021-02-07	V6.01	创建	s151930

2 产品介绍

2.1 产品介绍

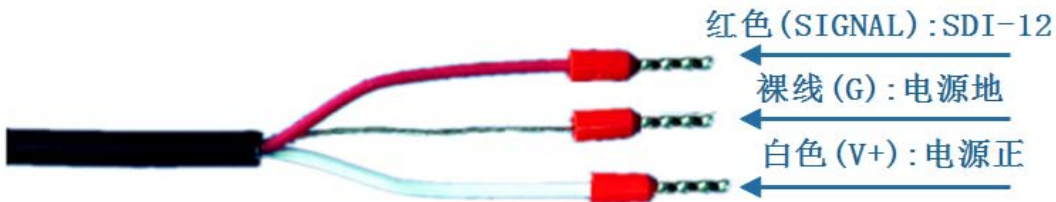
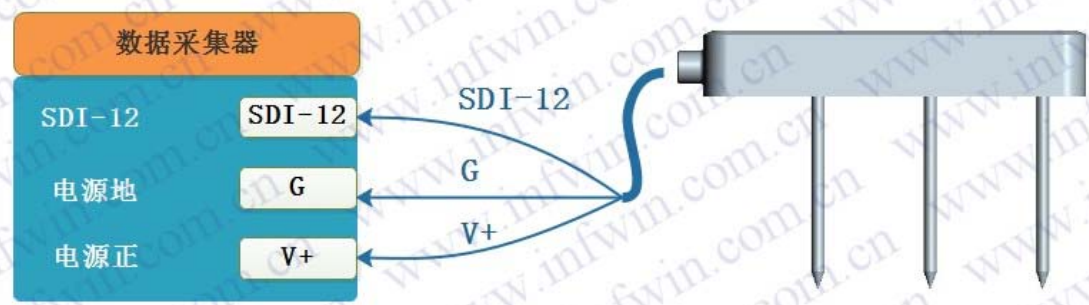
MT22 土壤水分/电导率/温度传感器性能稳定灵敏度高，是观测和研究盐渍土的发生、演变、改良以及水盐动态的重要工具。通过测量土壤的介电常数，能直接稳定地反映各种土壤的真实水分含量。MT22 土壤水分传感器可测量土壤水分的体积百分比，是符合目前国际标准的土壤水分测量方法。适用于土壤墒情监测、科学试验、节水灌溉、温室大棚、花卉蔬菜、草地牧场、土壤速测、植物培养、污水处理、精细农业等场合。传感器具有以下特点：

- (1) 土壤含水率、电导率以及温度三参数合一。
- (2) 也可用于水肥一体溶液、以及其他营养液与基质的电导率。
- (3) 电极采用特殊处理的合金材料，可承受较强的外力冲击，不易损坏。
- (4) 完全密封，耐酸碱腐蚀，可埋入土壤或直接投入水中进行长期动态检测。
- (5) 精度高，响应快，互换性好，探针插入式设计保证测量精确，性能可靠。
- (6) 完善的保护电路与多种信号输出接口可选。

技术参数	
信号输出类型	SDI-12接口V1.3版本
供电电压	3.6-16V/DC 直流
静态休眠功耗	0.03mA @12V DC 直流
动态测量功耗	当接收到测量指令时起的 150ms 内电流 10mA， 然后返回静态休眠功耗
测量时间	150ms
数据采集器兼容性 (包含但不限于)	Decagon Device: Em50, Em50R 数据采集器 Campbell Scientific: 任何支持 SDI-12 接口的数据采集器 (CR10X, CR850, 1000, 3000, etc.)
土壤介电常数 ξ_a 量程	可选量程: 0.88 (空气) – 81.88 (水) 分辨率: 0.88-40.00 内 ± 0.1 , 40.00-81.88 内 ± 0.5 精度: 0.88-40.00 内 $\pm 1 \xi_a$, 40.00-81.88 内读数的 $\pm 10\%$
电导率 EC 量程	量程: 20ds/m (20000us/cm) 分辨率: 0.001 dS/m 精度: 0-7ds/m 内 $\pm 5\%$, 7-20ds/m 内 $\pm 8\%$
电导率温度补偿	内置温度补偿传感器, 补偿范围 0-50℃
温度测量量程	量程: -40-80℃, 分辨率: 0.1℃, 精度: $\pm 0.3^\circ\text{C}$
防护等级	IP68

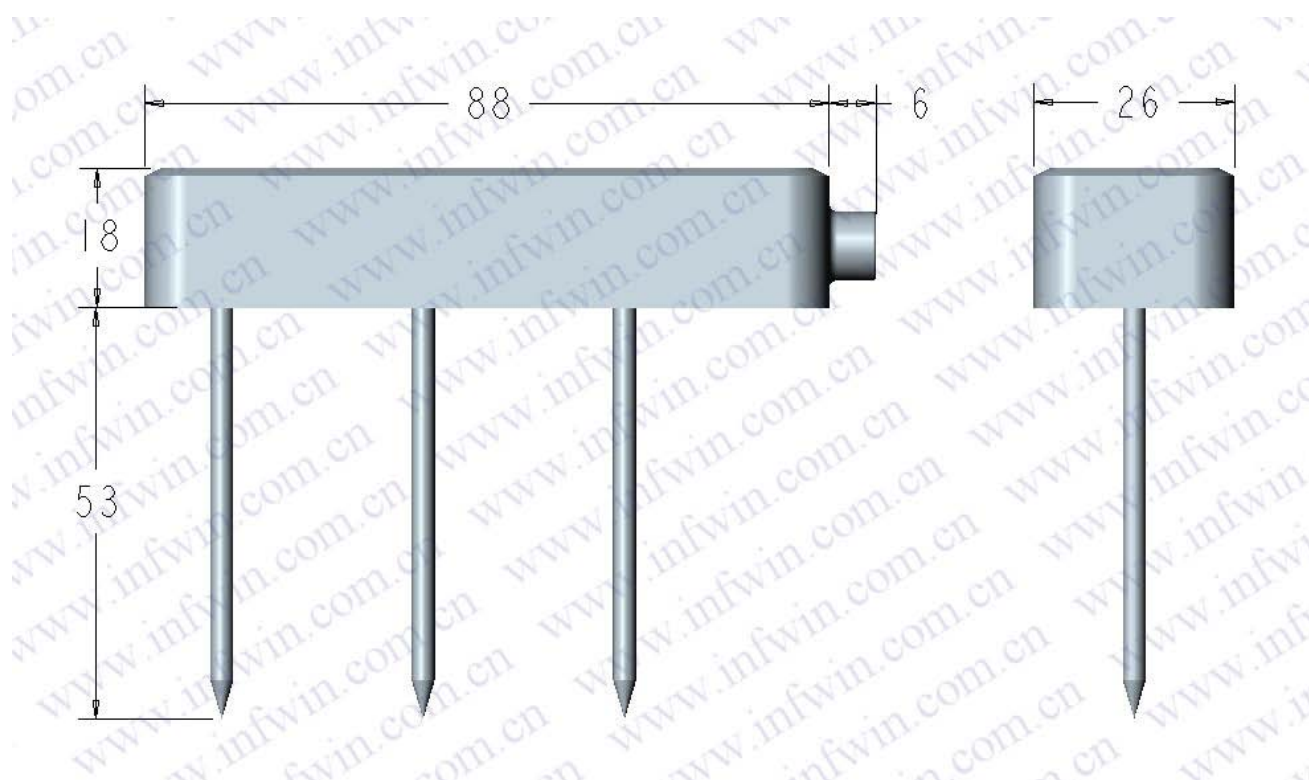
运行环境	-40-85℃
密封材料	黑色阻燃环氧树脂
安装方式	全部埋入或探针全部插入被测介质
默认线缆长度	5 米，长度可定制
外形尺寸	88*26*71mm

3 传感器接线

型号	接线图
SDI-12 接口信 号定义	冷压端子与蘸焊锡裸线  3.5 mm 耳机接头 
SDI-12 接口连 接图	接线图 

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	MT22	MT22 SDI-12接口系列传感器
代码 2: 测量参数	A	土壤水分, 温度, 电导率测量
	B	土壤水分, 温度测量
代码 3: 土壤水分量程	B	0-100%
代码 4: 电导率量程	C	0-23ds/m
	X	无电导率测量 (不需要电导率请选此项)
代码 5: 供电电压	B	3.6-16V直流
代码 6: 连接端口	A	SDI-12耳机接口
	B	SDI-12冷压端子接线
	C	SDI-12蘸焊锡裸线

代码 7: 线长	005 XXX	5米线长 客户定制, XXX为任意线长 (单位: 米)
型号举例: MT22传感器, 土壤水分, 温度, 电导率三参数测量, 土壤水分量程100%, 电导率量程0-23ds/m, 3.6-16V 直流 (SDI-12接口), SDI-12耳机接口, 5米线长。选型代码为: MT22-A B C B A 005		

5 安装与测量

由于电极直接测定土壤中的可溶盐离子的电导率，因此土壤体积含水率需高于约 20%时土壤中的可溶离子才能正确反映土壤的电导率。在长期观测时，灌溉或者降雨后的测量值更接近真实水平。如果进行速测，可先在被测土壤处浇水，待水分充分渗透后进行测量。

安装时，请避开空气间隙以及金属物进行安装。如果在较坚硬的地表测量时，应先浇水后土壤松软时安装，或者钻孔（孔径应小于探针直径），再插入土壤中并将土压实然后测量；传感器应防止剧烈振动和冲击，更不能用硬物敲击。由于传感器为黑色封装，在强烈阳光的照射下会使传感器急剧升温（可达 50℃ 以上），为了防止过高温度对传感器的温度测量产生影响，请在田间或野外使用时注意遮阳与防护。

从土壤中取出传感器时，请不要直接拉拽线缆取出，这样有可能会使电缆内部损坏并导致传感器失效。因传感器线缆断线造成的传感器损坏不在保修范围之内。

6 土壤水分，温度，电导率与输出的换算

型号	参数名称	数值范围
ADI 接口 SDI-12 接口	<calibratedCountsVWC>或<RAW> 体积含水率校正 AD 值	+0.0 - +4095.0
	<temperature> 温度	-40.00 - +80.00℃
	<electricalConductivity> 电导率	+0 - +23000 us/cm
客户订制	订制型号的输出请联系技术支持。	

读取到体积含水率校正 AD 值后，需进行对应的转换到土壤水分。可参考以下章节进行水分的转换。

6.1 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:

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

当 RAW>=3200 时:

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

其中，VWC：体积含水率 0-100%，RAW：体积含水率校正 AD 值。

6.2 非土壤类的基质的水分换算

非种植类的基质采用以下公式进行水分换算，包括：盆栽基质（**Potting Soil**），珍珠岩（**Perlite**），泥炭（**Peat Moss**）:

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

VWC: 含水率 0-100%, RAW: 体积含水率校正AD值。

6.3 介电常数计算

ξ_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。

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

ξ_a : 介电常数, RAW: 体积含水率校正AD值。

7 数据通信与输出

MT22 传感器可采用两种方式进行数字通信: 串行 ADI 接口(TTL 信号标准, Active Digital Interface) 以及 SDI-12 接口通信。以下章节中使用到的符号与参数说明如下:

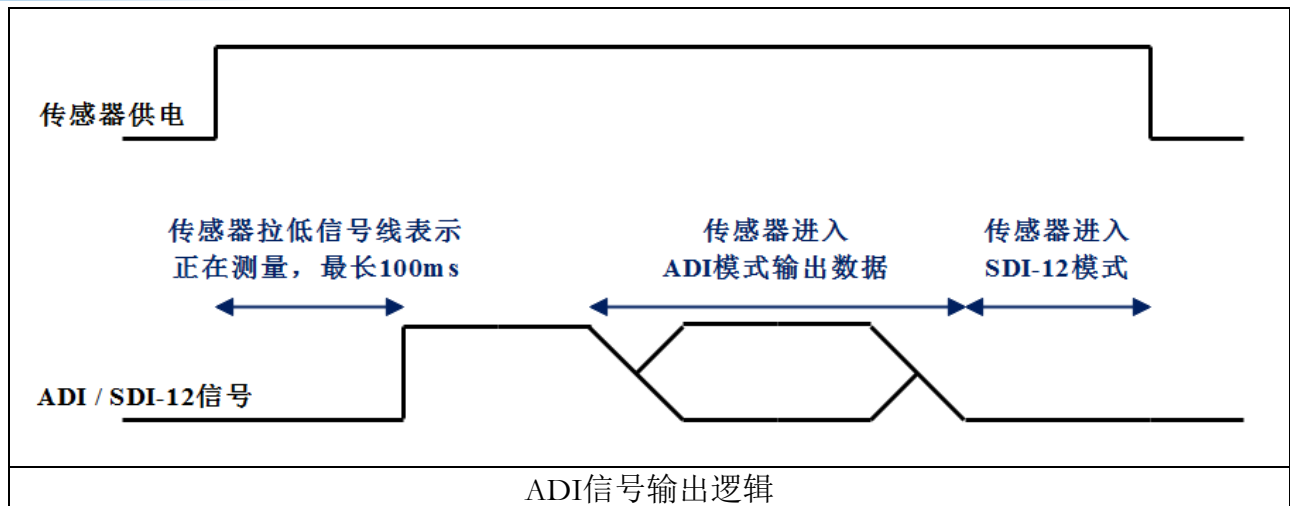
参数	单位	说明
±	-	数值的正负号
a	-	SDI-12 地址
n	-	测量数据的个数 (固定宽度为 1)
nn	-	测量数据的个数 (固定宽度为 2)
ttt	秒	最大测量时间(固定宽度为 3)
<TAB>	-	Tab 字符
<SPACE>	-	空格字符
<CR>	-	回车字符
<LF>	-	换行字符
<calibratedCountsVWC> 或<RAW>	-	体积含水率校正 AD 值, 输出数据+1400.0 - +3600.0, 根据公式进行含水率或者介电常数的换算。
<temperature>	° C	温度, 输出数据-40.0 - +80.0, 代表温度-40.0-80.0℃。
<electricalConductivity>	us/cm	归一化到25 °C的表观电导率, 输出数据+0 - +23000, 代表0-23000us/cm (0-23.000ds/m)。此项只对MT22A有效
<sensorType>	-	传感器类型字符 对于 MT22A 为 'g' 对于 MT22B 为 'h'
<Checksum>	-	和校验
<CRC_ADI>	-	ADI协议的CRC校验
<CRC>	-	SDI-12协议的CRC校验

7.1 串行 ADI 接口

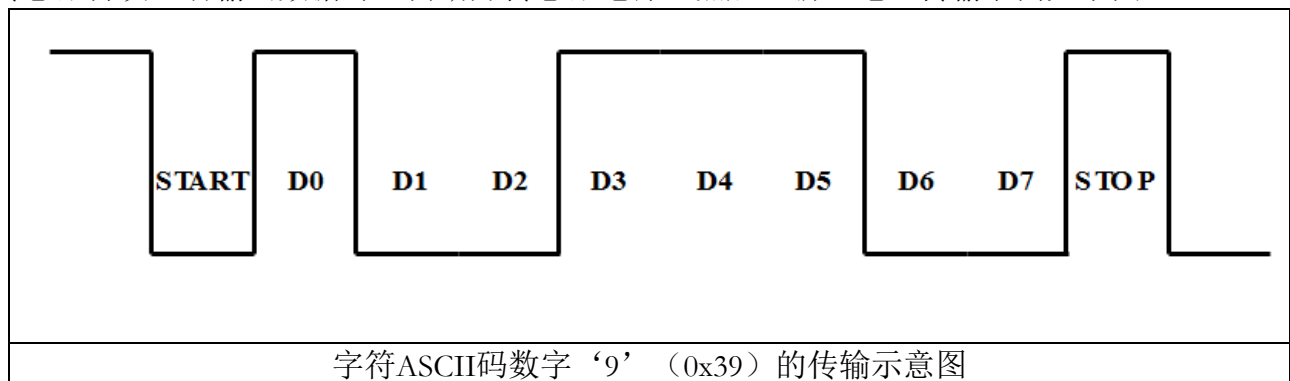
7.1.1 电气标准

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



7.1.2 协议解析

ADI 协议数据格式以及说明如下：

<TAB><calibratedCountsVWC><SPACE><temperature><SPACE><electricalConductivity><CR><sensorType><Checksum><CRC_ADI>

参数	说明
<TAB>	Tab 字符
<calibratedCountsVWC>	体积含水率校正 AD 值
<SPACE>	空格
<temperature>	温度
<SPACE>	空格 (MT22B 无此输出)
<electricalConductivity>	归一化到25 °C的表观电导率 (MT22B无此输出)
<CR>	回车字符
<sensorType>	传感器类型字符： 对于 MT22A 为 ‘g’ 对于 MT22B 为 ‘h’
<Checksum>	和校验，从<TAB>开始到<sensorType>的和校验

<CRC_ADI>	ADI 协议的 CRC 校验，从<TAB>开始到<Checksum> 的 CRC 校验
-----------	---

举例：ADI接口输出 “<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o”

参数	意义
<TAB>	TAB 字符表示传输起始
2749.0	体积含水率校正 AD 值 2749.0
<SPACE>	空格
23.8	温度 23.8°C
<SPACE>	空格
660	电导率 660us/cm
<CR>	回车符
g	传感器类型字符： 对于 MT22A 为 ‘g’ 对于 MT22B 为 ‘h’
8	和校验
o	ADI 协议的 CRC 校验

ADI接口的校验和算法如下：

```
char CalcADIChecksum(char * Response)
{
    int length, sum = 0, i, crc;
    // 计算数据长度
    length = strlen(Response);
    // 数据校验
    for( i = 0; i < length; i++ )
        sum += Response[i];
    // 转换成可打印字符
    crc = sum % 64 + 32;
    return crc;
}
```

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’

7.2 SDI-12 接口

7.2.1 电气标准

请参见 SDI-12 V1.3 手册。

7.2.2 协议解析

命令	响应	描述
a!	a<CR><LF>	确认传感器在线。 a: 传感器地址 举例: 命令: 0! 响应: 0<CR><LF>
aI!	allccccccmmmmmmvvvxxxxxxxxxxxxx<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 mmmmm: 传感器标识符 vvv: 版本信息 xxxxxxxxxxx: 产品序列号 <CR><LF>: 响应结束符 MT22A 举例: 命令: 0I! 响应: 013INFWIN MT22A 1.01909250001000<CR><LF> MT22B 举例: 命令: 0I! 响应: 013INFWIN MT22B 1.01909250001000<CR><LF>
?!	a<CR><LF>	获取传感器地址。 a: 传感器地址 举例: 命令: ?! 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: 命令: 0A1! 响应: 1<CR><LF>
aM!	atttn<CR><LF> a: 传感器地址 ttt: 指示传感器将在 ttt 秒内完成测量 n: 传感器在回应后续的 D 指令（数据读取指令）的数据个数，数据范围从 1-9。 <CR><LF>: 响应结束符	MT22A 举例: 启动测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 3 个数据。 命令: 0M! 响应: 00013<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8+660<CR><LF> <calibratedCountsVWC>=+2749.0 <temperature>=+23.8 <electricalConductivity>=+660

		MT22B 举例: 启动测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 2 个数据。 命令: 0M! 响应: 00012<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8<CR><LF> <calibratedCountsVWC>=+2749.0 <temperature>=+23.8
aMC!	atttn<CR><LF> a: 传感器地址 ttn: 指示传感器将在 ttn 秒内完成测量 n: 传感器在回应后续的 D 指令 (数据读取指令) 的数据个数, 数据范围从 1-9。 <CR><LF>: 响应结束符	MT22A 举例: 启动带 CRC 校验的测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 3 个数据。 命令: 0MC! 响应: 00013<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8+660A]p<CR><LF> MT22B 举例: 启动带 CRC 校验的测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 2 个数据。 命令: 0MC! 响应: 00012<CR><LF> 响应: 0<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8H_H<CR><LF>
aC!	atttn<CR><LF> a: 传感器地址 ttn: 指示传感器将在 ttn 秒内完成测量 n: 传感器在回应后续的 D 指令 (数据读取指令) 的数据个数, 数据范围从 1-9。 <CR><LF>: 响应结束符	MT22A 举例: 启动同步测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 3 个数据。 命令: 0C! 响应: 00013<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8+660<CR><LF> MT22B 举例: 启动同步测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 2 个数据。 命令: 0C! 响应: 00012<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8<CR><LF>
aCC!	atttn<CR><LF> a: 传感器地址 ttn: 指示传感器将在 ttn 秒内完成测量 n: 传感器在回应后续的 D 指令 (数据读取指令) 的数据个数, 数据范围从 1-9。	MT22A 举例: 启动带 CRC 校验的同步测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 3 个数据。 命令: 0CC! 响应: 00013<CR><LF>

	指令) 的数据个数, 数据范围从 1-9。 <CR><LF>: 响应结束符	命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8+660A]p<CR><LF> MT22B 举例: 启动带 CRC 校验的同步测量命令。001 秒之后可以使用 aD0! 读取 2 个数据。 命令: 0CC! 响应: 00012<CR><LF> 命令: 0D0! 响应: 0+2749.0+23.8H_H<CR><LF>
aD0!	a[<saaaa>][<sbbbb>][<scccc>][<CRC>]<CR><LF>	数据读取命令。 返回的数据格式取决于上一次所发的测量命令。 [<saaaa>]: 数据1 [<sbbbb>]: 数据2 [<scccc>]: 数据3 [<CRC>]: 3字符的CRC校验 <CR><LF>: 响应结束符
aR0!	对于 MT22A: a<saaaa><sbbbb><scccc><CR><LF> <saaaa>: +<calibratedCountsVWC> <sbbbb>: ±<temperature> <scccc>: +<electricalConductivity> 对于 MT22B: a<saaaa><sbbbb><CR><LF> <saaaa>: +<calibratedCountsVWC> <sbbbb>: ±<temperature>	MT22A 举例: 启动连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0R0! 响应: 0+2749.0+23.8+660<CR><LF> MT22B 举例: 启动连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0R0! 响应: 0+2749.0+23.8<CR><LF>
aRC0!	对于 MT22A: a<saaaa><sbbbb><scccc><CRC><CR><LF> <saaaa>: +<calibratedCountsVWC> <sbbbb>: ±<temperature> <scccc>: +<electricalConductivity> <CRC>: SDI-12 协议的 CRC 校验 对于 MT22B: a<saaaa><sbbbb><CRC><CR><LF> <saaaa>: +<calibratedCountsVWC> <sbbbb>: ±<temperature> <CRC>: SDI-12 协议的 CRC 校验	MT22A 举例: 启动带 CRC 校验的连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0RC0! 响应: 0+2749.0+23.8+660A]p<CR><LF> MT22B 举例: 启动带 CRC 校验的连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0RC0! 响应: 0+2749.0+23.8H_H<CR><LF>
aR3!	对于 MT22A: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><SPACE><scccc><CR><sensorType><Checksum><CRC_ADI><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC>	MT22A 举例: 启动连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0R3! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o<CR><LF>

	<sbbbb>: <temperature> <scccc>: <electricalConductivity> 对于 MT22B: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><CR><sens orType><Checksum><CRC_ADI><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature>	MT22B 举例: 启动连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0R3! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<CR>h=U<CR><LF>
aRC3!	对于 MT22A: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><SPACE>< scccc><CR><sensorType><Checksum><CRC _ADI><CRC><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature> <scccc>: <electricalConductivity> <CRC>: SDI-12 协议的 CRC 校验 对于 MT22B: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><CR><sens orType><Checksum><CRC_ADI><CRC><CR>< LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature> <CRC>: SDI-12 协议的 CRC 校验	MT22A 举例: 启动带 CRC 校验的连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0RC3! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8oN[o<CR> <LF> MT22B 举例: 启动带 CRC 校验的连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0RC3! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<CR>h=UA v<CR><LF>
aR4!	对于 MT22A: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><SPACE><s cccc><CR><sensorType><Checksum><CRC_ ADI><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature> <scccc>: <electricalConductivity> 对于 MT22B: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><CR><sens orType><Checksum><CRC_ADI><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature>	MT22A 举例: 启动连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0R4! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8o<CR><L F> MT22B 举例: 启动连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0R4! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<CR>h=U<CR><LF>
aRC4!	对于 MT22A: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><SPACE>< scccc><CR><sensorType><Checksum><CRC _ADI><CRC><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature> <scccc>: <electricalConductivity> <CRC>: SDI-12 协议的 CRC 校验	MT22A 举例: 启动带 CRC 校验的连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0RC4! 响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<SPACE>660<CR>g8oN[o<CR> <LF> MT22B 举例: 启动带 CRC 校验的连续测量命令, 并返回数据。 命令: 0RC4!

	对于 MT22B: a<TAB><saaaa><SPACE><sbbbb><CR><sensorType><Checksum><CRC_ADI><CRC><CR><LF> <saaaa>: <calibratedCountsVWC> <sbbbb>: <temperature> <CRC>: SDI-12 协议的 CRC 校验	响应: 0<TAB>2749.0<SPACE>23.8<CR>h=UA v<CR><LF>
--	--	--