

文档状态	保密级别	秘密
<input checked="" type="checkbox"/> 草稿	文档编号	
<input type="checkbox"/> 修订	管理部门	研发部
<input type="checkbox"/> 发布	修订年月	
	版本号	V0.1

通信协议

Inverjet 逆流器

Modbus-RS485 通信协议

目录

1 Modbus-RTU 通信协议概述	2
1.1 概述	2
1.2 线拓扑	2
1.3 线序	2
1.4 推荐线缆	3
2 Modbus-RTU 传输格式	4
2.1 字节格式	4
2.2 数据帧格式	4
2.3 功能码 03H 帧格式	5
2.4 功能码 06H 帧格式	5
2.5 功能码 10H 帧格式	5
2.6 错误帧格式	6
3 Inverjet 寄存器读写	6
3.1 内容说明	6
3.2 保持寄存器	6
3.2.1 节点地址	8
3.2.2 波特率:	9
3.2.3 控制	9
3.3 输入寄存器（只读）	11
版本变更记录	12

1 Modbus-RTU 通信协议概述

Swimjet 产品使用Modbus-RTU通信协议，实现从机功能。目前支持功能码为03H、06H、10H功能码，Modbus 协议在 Modbus 应用协议规范中有完整定义，

具体可以参考 [Modbus 官网 \(https://modbus.org/specs.php\)](https://modbus.org/specs.php)。

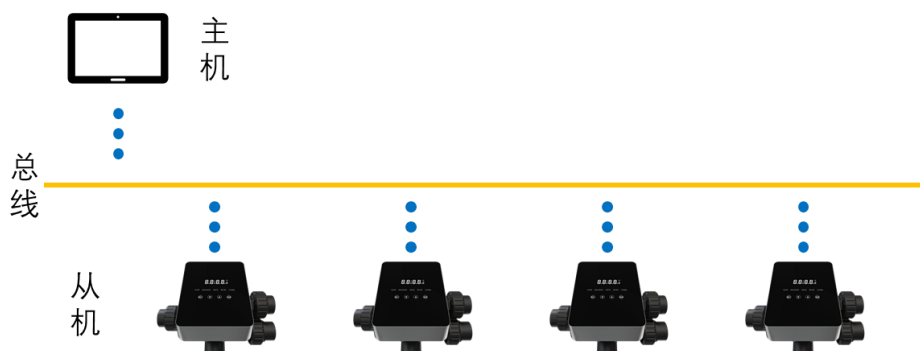
本文档主要说明 iWash 系列智能沙缸头的通信协议，如果想了安捷制造其他产品通信协议，请查阅相关产品的 Modbus 通信手册。

1.1 概述

Modbus-RTU 通讯协议是比较常用的一种通讯协议，主从应答式连接（半双工），三线制（差分信号 A、B 以及公共端 G）。Modbus 协议是一个主/从架构的协议，总线上有一个设备是主机（如 PC 机等），其的设备为从机，每一个从机都有一个唯一的地址。每次通信都由主机发起对某个从机的请求帧，总线上被寻址的从机接收到该请求帧处理后发出应答帧给主机。

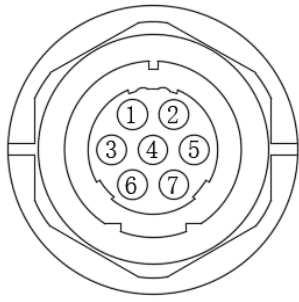
1.2 线拓扑

RS-485 总线采用线拓扑见下图。在设备连接处允许使用短截线，但应尽可能短，而且长度不超过 1 米。线路两端的总线终端需要进行特征阻抗匹配。匹配电阻的阻值应与电缆的特性阻抗值相同，通常情况下为 120欧姆。



1.3 线序

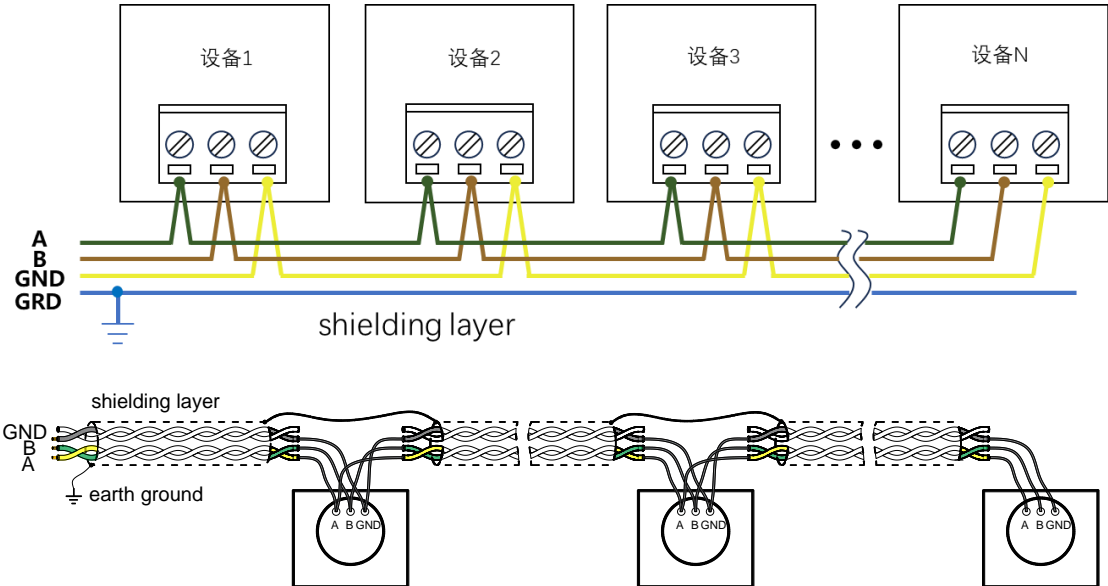
每个支持 Modbus-RTU 通信功能的 iWash 设备均配备了 RS-485 接口，如下图所示。RS-485 接口是一个7芯航空接头。A 和 B 对于设备正常通信是必要的，GND 可以接到公共地。RS485 使用差分信号通信，信号逻辑由 A 与 B 两端压差决定，而不是通过 A 或者 B 与地之间压差决定。RS-485 允许的共模电压范围为-7V 至 12V，第三根线有利于满足收发之间的共模要求。



引脚 Pin	颜色 color	功能 Function
1	红 red	未定义 undefined
2	黑 black	未定义 undefined
3	白 white	未定义 undefined
4	灰 grey	未定义 undefined
5	黄 yellow	信号地 GND.signal ground
6	绿 green	A Data A (inverting)
7	棕 brown	B Data B (non inverting)

1.4 推荐线缆

线缆推荐使用截面积为 $0.35-1.52\text{mm}^2$ 屏蔽双绞线或者非屏蔽双绞线。推荐使用有两对双绞线的线缆，这种类型的连接中推荐的电缆有2对双绞线。一对双绞线连接“A”和“B”，第二对导线中的一根导线将用作公共导线，另一根导线将不使用。参考图如下



建议:

- 推荐使用有屏蔽层的双绞线线缆。
- 推荐双绞线的屏蔽层单端接地。
- 不建议将通信线和速度线使用绞在一起的同一股线。
- 走线的时候注意避开强电磁干扰源，如高速度设备。
- 在长走线情况下，推荐使用铁氧体磁环从而遏制共模电压。

2 Modbus-RTU 传输格式

2.1 字节格式

字节格式包括数据位、奇偶校验位和停止位。

同一总线上的主机和从机必须使用相同的字节格式，才能保证通信正常传输。

2.2 数据帧格式

Modbus-RTU 的数据帧格式：

地址码	功能码	数据域	校验
1 字节	1 字节	N 字节	2 字节

地址码：

地址码是每次通讯信息帧的第一字节，占用一个字节，范围 0 ~ 254（地址 0 是广播地址）。

每个从机都必须有唯一的地址码，并且只有符合地址码的从机才能响应并回送信息。当从机回送信息时，回送数据均以各自的地址码开始。发送的地址码表明将发送到的从机地址，而从机返回的地址码表明回送的从机地址。相应的地址码可以表明该信息来自于哪台从机。

通信可以分为单播模式和广播模式。

单播模式是主机寻址单个从机，从机接收并且处理完请求后，向主机返回一个应答。每个从机必须有唯一地址，这样才能区分于其他站从而被独立寻址。

广播模式是主机可以向所有从机发送请求，00H 为广播地址，所有子站均响应广播命令，但无返回信息。

功能码：

功能码告知被寻址的从设备执行何种操作，占用一个字节。

iWash 用到的功能码如下表所示（H 代表 16 进制）：

功能码值	用途	解释
03H	读寄存器数据	该功能码可以读取设备属性，控制以及其他信息，一次可以读取单个或者多个寄存器
06H	写单个寄存器	该功能码用于写单个寄存器，一次可以修改单个寄存器
04H	读输入寄存器	读取输入寄存器的值，一次可以读取单个或者多个寄存器
10H	写多个寄存器	该功能码用于写多个寄存器，一次可以修改单个或者多个寄存器

数据域：

数据域是主机和从机以读写寄存器的方式来进行数据交换的，数据长度不定。数据域的数据按照**大端字节序传输**，即高字节先传输低字节后传输。比如一个寄存器的整型数据为 0x1234，则先发送 0x12 再发送0x34。

校验：

数据在传输过程中有可能会受到干扰或者攻击而发生变化，通过校验能够检测出数据是否在传输过程中发生了变化，保证主机或从机不受错误数据影响。Modbus 采用 CRC16 校验方式，并且采用**小端字节序传输**，即低字节先传输高字节后传输。

下文中所有通信示例如无特殊说明，都是按照 Modbus-RTU 协议说明。

2.3 功能码 03H 帧格式

如果需要读寄存器数据，则需要 03H 功能码。请求帧格式如下：

地址码	功能码	数据域		校验
1~247	0x03	寄存器地址	读取数据个数	CRC16
1 字节	1 字节	2 字节	2 字节	2 字节

应答帧格式如下：

地址码	功能码	数据域		校验
1~247	0x03	数据字节个数	寄存器数据	CRC16
1 字节	1 字节	1 字节	"数据字节个数"个字节	2 字节

具体示例可以参考第3章的示例。

2.4 功能码 06H 帧格式

如果需要把单个数据写入寄存器，则需要 06H 功能码。请求帧格式如下：

地址码	功能码	数据域		校验
1~247	0x06	寄存器地址	寄存器数据	CRC16
1 字节	1 字节	2 字节	2 字节	2 字节

应答帧格式如下：

地址码	功能码	数据域		校验
1~247	0x06	寄存器地址	寄存器数据	CRC16
1 字节	1 字节	2 字节	2 字节	2 字节

具体示例可以参考第3章的示例。

2.5 功能码 10H 帧格式

如果需要把多个数据写入寄存器，则需要 10H 功能码。请求帧格式如下：

地址码	功能码	数据域				校验
1~247	0x10	寄存器地址	寄存器个数	寄存器数据个数	寄存器数据	CRC16
1 字节	1 字节	2 字节	2 字节	1 字节	"寄存器数据个数"个字节	2 字节

应答帧格式如下：

地址码	功能码	数据域		校验
1~247	0x10	寄存器地址	寄存器个数	CRC16
1 字节	1 字节	2 字节	2 字节	2 字节

2.6 错误帧格式

如果请求帧有错误，从机会应答一个包含异常代码的异常响应帧。异常响应帧格式如下：

地址码	功能码	异常码	校验
1 字节	1 字节	1 字节	CRC16

在异常响应帧中，功能码设置为请求帧功能码加 0x80。比如当请求帧的功能码为 0x03 时，则其异常响应帧的功能码为 0x83。

异常码定义如下表格所示：

异常码	解释
01H	功能码错误，不支持该功能号
02H	寄存器地址错误，不支持该寄存器地址
03H	数据错误，收到了非法数据值
04H	设备错误，设备内部出现错误

3 Inverjet 寄存器读写

3.1 内容说明

本章节通过分类简述读写各个功能模块的寄存器的基本情况。

单位	数据的单位（如果有）。
读写	R代表只读，W代表只写，RW代表可读可写。
数据类型	数据类型。Unsigned 表示无符号16bit整型，Signed 为有符号16bit整型。ASCII 表示字符类型。
参数范围	寄存器中数据的合法范围，请勿写入超出范围的数值。
寄存器地址(Hex)	十六进制的起始寄存器地址。
设备地址	文档中为iUpstream的默认地址15H，实际应用中可以根据要求修改
xxxxH、0xABCD	"H"字母结尾的数据和"0x"开头的数据均是表示该数据为16进制数据

3.2 保持寄存器

支持功能码：03H,06H,10H

寄存器存储内容如下表所示：

寄存器地址(Hex)	名称	单位	数据类型	读写	参数范围(d)	备注
0x0000	从站地址	/	Unsigned	RW	1~254	Modbus-RS485 通讯节点地址,默认21
0x0001	波特率	/	Unsigned	RW	0~4	0: 1200 1: 2400 2: 4800

						3: 9600
0x0002	屏蔽控制方式	/	Unsigned	RW	0~7	第1位bit: 蓝牙 控制 第2位bit: Modbus-RS485 控制 第3位bit: wifi 控制 0: 不屏蔽, 可控; 1: 屏蔽该方式控制
0x0003	进入配网模式	/	Unsigned	RW	2	1: wifi配网 (wifi模块) 2: 遥控器配对 (蓝牙模块)
0x0004	电机极数		Unsigned	RW	1	0-10 默认5 (目前不可更改)
0x0021	工作模式	/	Unsigned	RW	0~4 (后续可扩展)	0: 自由模式&定时模式, 1: 训练模式 P1 2: 训练模式 P2 3: 训练模式 P3 4: 训练模式 P4 ...
0x0022	工作状态机	/	Unsigned	RW	0~17 (后续可扩展)	0 关机 //自由模式 1 初始状态 2 启动中 3 运行中 4 暂停 5 结束 //定时模式 6 初始状态 7 启动中 8 运行中 9 暂停 A 结束 //训练模式 B 初始状态 C 启动中 D 运行中 E 暂停 F 结束 // 异常状态 10 操作菜单 11 故障界面
0x0023	当前电机速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x0024	当前运行时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	
0x0006 — 0x006F	预留					
0x0072 — 0x007F	预留					
0x0080	自由模式速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x0081	自由模式时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	
0x0082	定时模式速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x0083	定时模式时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	
0x0084 — 0x00FF	预留					
0x0100	训练模式P1计划第1段速度	%	Unsigned	RW	0~100	默认20
0x0101	训练模式P1计划第1段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	默认60(下一段将从60秒继续计时,故下一段结束时间必须大于60s,否则视为结束)

...						...共50段速
0x0162	训练模式P1计划第50段速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x0163	训练模式P1计划第50段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	结束时间必须大于上一段结束时间,否则视为训练计划到此结束
0x0164— 0x017F	预留					
0x0180	训练模式P2计划第1段速度	%	Unsigned	RW	0~100	默认20
0x0181	训练模式P2计划第1段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	默认60(下一段将从60秒继续计时,故下一段结束时间必须大于60s,否则视为结束)
...						...共50段速
0x01E2	训练模式P2计划第50段速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x01E3	训练模式P2计划第50段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	结束时间必须大于上一段结束时间,否则视为训练计划到此结束
0x01E4— 0x01FF	预留					
0x0200	训练模式P3计划第1段速度	%	Unsigned	RW	0~100	默认20
0x0201	训练模式P3计划第1段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	默认60(下一段将从60秒继续计时,故下一段结束时间必须大于60s,否则视为结束)
...						...共50段速
0x0262	训练模式P3计划第50段速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x0263	训练模式P3计划第50段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	结束时间必须大于上一段结束时间,否则视为训练计划到此结束
0x0264— 0x027F	预留					
0x0280	训练模式P4计划第1段速度	%	Unsigned	RW	0~100	默认20
0x0281	训练模式P4计划第1段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	默认60(下一段将从60秒继续计时,故下一段结束时间必须大于60s,否则视为结束)
...						...共50段速
0x02E2	训练模式P4计划第50段速度	%	Unsigned	RW	0~100	
0x02E3	训练模式P4计划第50段结束时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	结束时间必须大于上一段结束时间,否则视为训练计划到此结束
0x02E4— 0x02FF	预留					

3.2.1 节点地址

读节点地址: 15 03 00 00 00 01 87 1E;

默认节点地址为 0x0B; RS485 必须保证节点地址唯一,如有冲突则需要修改地址;

写节点地址: 15 06 00 00 00 0C 8A DB; 将节点地址改为 0C,

注意:修改后逆流器将按新地址运行,往后的命令节点地址需填入新地址

3.2.2 波特率:

代码	0	1	2	3	
波特率	1200	2400	4800	9600	

读波特率: 15 03 00 01 00 01 D6 DE;

默认波特率为 9600; 对应代号为 03:

写波特率: 15 06 00 01 00 03 9B 1F; 将波特率设置为 9600,

注意:修改后逆流器将按新波特率运行,往后的通讯将使用新波特率;

3.2.3 控制

0x0021	工作模式	/	Unsigned	RW	0~4 (后续可扩展)	0: 自由模式&定时模式, 1: 训练模式 P1 2: 训练模式 P2 3: 训练模式 P3 4: 训练模式 P4 ...
0x0022	工作状态机	/	Unsigned	RW	0~17 (后续可扩展)	0 关机 //自由模式 1 初始状态 2 启动中 3 运行中 4 暂停 5 结束 //定时模式 6 初始状态 7 启动中 8 运行中 9 暂停 A 结束 //训练模式 B 初始状态 C 启动中 D 运行中 E 暂停 F 结束 // 异常状态 10 操作菜单 11 故障界面
0x0023	当前电机转速	%	Unsigned	RW	0~100	
0x0024	当前运行时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s	

3.2.3.1 读当前工作状态:

可用 03 命令读取当前状态: 15 03 00 21 00 04 17 17

3.2.3.2 写、设置工作状态：（主要靠状态机控制）

① 自由模式——初始状态： 15 06 00 22 00 01 EB 14

“初始状态” 等待 3 秒后自动运行

② 自由模式——运行中： 15 06 00 22 00 03 6A D5

02 启动中 和 03 运行中 状态基本相同，都是立即执行，建议使用 03 状态；

③ 定时模式——初始状态： 15 06 00 22 00 01 EB 14

④ 训练模式包含 Pn 计划，必须连 0021 地址的工作模式一起设置,如下发 3.2.3.3 所示

3.2.3.3 启动时同时下发《工作模式》和《状态机》，如：

① 自由模式——初始状态: 15 10 00 21 00 02 00 00 00 01 25 40 （等待 3 秒后运行）

② 定时模式——初始状态: 15 10 00 21 00 02 00 00 00 06 64 82 （等待 3 秒后运行）

③ 训练模式 P1——初始状态: 15 10 00 21 00 02 00 01 00 0C B5 45 （等待 3 秒后运行）

④ 训练模式 P2——运行中: 15 10 00 21 00 02 00 02 00 0D 84 85 （立即开始运行）

3.2.3.4 也可同时下发《工作模式》《状态机》和《转速和时间》；

注意：当模式为“0”同时状态机为“初始状态”时，速度和时间会被保存至 flash，替换相应模式下（自由或定时）的记忆配置（下表），其它状态则不保存本次速度和时间；

0x0080	自由模式速度	%	Unsigned	RW	0~100
0x0081	自由模式时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s
0x0082	定时模式速度	%	Unsigned	RW	0~100
0x0083	定时模式时间	S 秒	Unsigned	RW	0~ 5999 s

① 定时模式 —— 初始状态 —— 【80% -- 30:00】：

15 10 00 21 00 04 00 00 00 06 00 50 07 08 97 5F

② 自由模式 —— 初始状态 —— 【100% -- 00:00】：

15 10 00 21 00 04 00 00 00 01 00 64 00 00 60 A7

③ 定时模式 —— 运行中 —— 【80% -- 12:00】：

15 10 00 21 00 04 00 00 00 08 00 50 02 D0 FD 94

④ 训练模式 P1 & 初始状态 & 【50% -- 00:00】：(P 计划数据不保存)

15 10 00 21 00 04 00 01 00 08 00 32 00 00 4C 76

⑤ 训练模式 P1 & 运行中 & 【50% -- 12:00】：(从 12 分钟开始执行 P1)

15 10 00 21 00 04 00 01 00 08 00 32 02 D0 4C 8A

3.3 输入寄存器 (只读)

支持功能码：04H

寄存器存储内容如下表所示：

产品的驱动及显示的固件及硬件版本，十六进制格式。

产品版本信息寄存器如下表所示：

寄存器地址 (Hex)	名称	数据类型	寄存器个数	备注
0x0000	显示板软件版本	Unsigned	2	32位数据，高16位：主版本号 低16位：次版本号
0x0002	显示板硬件版本	Unsigned	2	32位数据，高16位：主版本号 低16位：次版本号
0x0004	驱动板软件版本	Unsigned	2	32位数据，高16位：主版本号 低16位：次版本号
0x0006	驱动板硬件版本	Unsigned	2	32位数据，高16位：主版本号 低16位：次版本号
0x0008	整机故障	Unsigned	1	Bit0: 电压异常 Bit1: 输出电流过流 Bit2: 电流传感器偏置故障 Bit3: Mos温度过高 Bit4: 机箱温度过高 Bit5: 温度传感器故障 Bit6: 温度传感器故障 Bit7: 电机驱动故障 Bit8: 驱动板通信故障 Bit9 -15: 预留
0x0009	驱动板故障	Unsigned	1	暂不使用

0x000A	mosfet温度	Unsigned	1	单位 0.1°C
0x000B	电机温度	Unsigned	1	单位 0.1°C
0x000C	电机电流	Unsigned	2	单位 0.01 A
0x000E	电机转速	Unsigned	2	单位 1rpm（乘以电机极数后值）
0x0010	母线电压	Unsigned	1	单位 0.1 V

产品版本为十进制数值，高地址主版本号与低地址此版本号组合成为完成的版本号

如： 0x00010002 表示版本：V1.2

版本变更记录

日期	变更后版本	变更内容	责任人
2024/7/11	V0.1	第一版发行	吴庆光



广州安捷制造有限责任公司

广州市番禺区大龙街金龙路193号之十五101、十六401、501（邮编：511400）