# 多参数仪器通信协议

## 协议规范

本协议符合国家地表水自动监测仪器通信协议技术要求，适用于地表水自动监测站点现场的数据采集传输仪与多参数仪器之间的数据通信。

## 2. 系统结构

多参数仪器与数采仪之间通信协议采用Modbus RTU标准，数采仪作为Modbus主机，每台现场检测仪器作为Modbus从机，多参数仪器是现场监测仪器中的一台仪器。

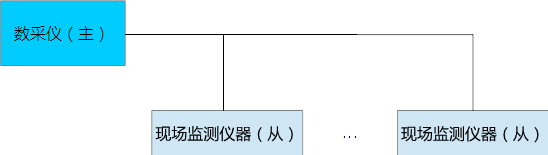


图1 Modbus主从通信系统结构

（1）采用MODBUS-RTU协议；

（2）采用RS-232通讯接口通讯；

（3）采用115200baud，8/N/1（出厂默认）；

## 3. 技术参数

表1 传感器参数及指标

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 检测范围 | 示值准确度 | 稳定性 | 重复性 | 分辨率 | 检出限 |
| 温度 | -5～60℃ | ±0.2℃ | ±0.2℃ | 0.2℃ | 0.01℃ | 0.02℃ |
| DO | 0-25mg/L | ±2%F.S | ±2%F.S | ±2%F.S | 0.05mg/L | 0.05mg/L |
| DO | 0~250% | ±2%F.S | ±2%F.S | ±2%F.S | 0.01% | 1% |
| pH | 0-14 | ±0.1pH | ±0.1pH | ±0.1pH | 0.01pH | 0.01pH |
| 电导 | 0-100mS/cm | ±1%F.S | ±1%F.S | ±1%F.S | 0.1us/cm | 0.1us/cm |
| 比电导 | 0-100mS/cm | ±1%F.S | ±1%F.S | ±1%F.S | 0.1us/cm | 0.1us/cm |
| 盐度 | 0-50 | ±1%F.S | ±1%F.S | ±1%F.S | 0.01 | 0.01 |
| 浊度 | 0-1000NTU | ±5%F.S | ±5%F.S | ±5%F.S | 0.1NTU | 0.1NTU |
| 叶绿素 | 0～500 μg/L | ±10%F.S | ±5%F.S | ±5%F.S | 0.1ppb | 0.1ppb |
| 蓝绿藻 | 0-100 ug/L | ±10%F.S | ±5%F.S | ±5%F.S | 0.1ppb | 0.1ppb |
| 藻密度 | 0～200,000 cells/mL | ±10%F.S | ±5%F.S | ±5%F.S | 0.1 cells/mL | 200 cells/mL |
| 水深 | 0~100m | ±4%F.S | ±4%F.S | ±4%F.S | 0.01m | 0.01m |
| 氨氮 | 0~1000mg/L | ±10%F.S | ±5%F.S | ±5%F.S | 0.01 mg/L | 0.1 mg/L |
| orp | -999~999mV | ±20mV | ±20mV | ±20mV | 0.01mV | - |
| 可溶解性固体 | 0-50mg/L | ±1%F.S. | ±1%F.S. | ±1%F.S. | 0.01mg/L | 0.01mg/L |
| 设备温度 | 0~100℃ |  |  |  |  |  |
| 设备湿度 | 0~100% |  |  |  |  |  |

## 4. 通信协议

仪器与数采仪之间通信协议采用Modbus RTU标准，通过Modbus寄存器定义通信数据内容。

### 4.1 数据内容定义

表2 仪器数据内容分类表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **分类** | **名称** | **描述** |
| 基本参数 | 工作状态 | 仪器当前工作状态 |
| 测量模式 | 仪器当前测试模式 |
| 测量数据 | 包括测量数值、数据时间、数据标识。 |
| 告警信息 | 仪器部件、分析系统、预处理告警等 |
| 故障信息 | 仪器故障 |
| 远程控制 | 控制命令 | 水样测试、标样核查、零点核查、跨度核查等 |

因为仪器集成了多个监测参数，所以每个监测参数分配一个Modbus地址来区分，如表3。

表3 水监测指标编码表及Modbus地址表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **编码** | **检测参数** | **缺省计量单位** | **Modbus地址** |
| W21003 | 氨氮 | mg/L | 3 |
| w01010 | 水温 | ℃ | 9 |
| w01001 | pH值 | 无量纲 | 10 |
| w01009 | 溶解氧 | mg/L | 11 |
| w01014 | 电导率 | mS/cm | 12 |
| w01003 | 浊度 | NTU | 13 |
| w01016 | 叶绿素a | ug/L | 14 |
| w19011 | 藻密度 | 万个/L | 15 |
| w01022 | 蓝绿藻 | ug/L | 16 |
| w01021(扩展) | 氧化还原电位 | mV | 17 |
| w01008(扩展) | 溶解氧% | % | 18 |
| w01015(扩展) | 盐度 | 无量纲 | 19 |
| w01019(扩展) | 水中油(fdom) | ug/L | 20 |
| w01018 | 化学需氧量(COD) | mg/L | 22 |
| w01025(扩展) | 比电导率 | mS/cm | 23 |
| w01006 | 溶解性总固体 | mg/L | 24 |
| w01026(扩展) | pH电极电位 | mV | 25 |

### 4.2 寄存器定义

表4 寄存器定义表

| **区间名称** | **寄存器偏移** | **数据类型** | **寄存器描述** | **读写** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 传感器区 | 0x0000~0x0005 | BYTE[12] | 通道1 的SN号 | R |  |
| 0x0006~0x000B | BYTE[12] | 通道2 的SN号 | R |  |
| 0x000C~0x0011 | BYTE[12] | 通道3 的SN号 | R |  |
| 0x0012~0x0017 | BYTE[12] | 通道4 的SN号 | R |  |
| 0x0018~0x001D | BYTE[12] | 通道5 的SN号 | R |  |
| 0x001E~0x0023 | BYTE[12] | 通道6 的SN号 | R |  |
| 0x0024~0x0029 | BYTE[12] | 通道7 的SN号 | R |  |
| 0x002A~0x002F | BYTE[12] | 通道8 的SN号 | R |  |
| 0x0030 | WORD | 通道1 的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0031 | WORD | 通道2的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0032 | WORD | 通道3的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0033 | WORD | 通道4的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0034 | WORD | 通道5的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0035 | WORD | 通道6的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0036 | WORD | 通道7的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0037 | WORD | 通道8的检测参数的Modbus地址 | R |  |
| 0x0038~0x003D | BYTE[12] | 主机SN号 | W/R |  |
| 0x003F~0x0040 | WORD | 水深量程值 | W/R |  |
| 0x0041~0x0042 | WORD | 水深校准值 | W/R |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量数据区 | 0x1000~0x1001 | DWORD | 因子编码 | R | 整型 |
| 0x1002 | WORD | 单位 | R |  |
| 0x1003~0x1004 | FLOAT | 标样参考值 | R | 暂无 |
| 0x1005~0x1007 | DATE | 水样数据时间 | R |  |
| 0x1008~0x1009 | FLOAT | 水样实测值 | R | **对应检测参数的Modbus地址** |
| 0x100A~0x100F | CHAR[12] | 水样数据标识 | R |  |
| 0x1010~0x1011 | FLOAT | K值 | W/R | **对应检测参数的Modbus地址** |
| 0x1012~0x1013 | FLOAT | B值 | W/R | **对应检测参数的Modbus地址** |
| 0x1014~0x1015 | FLOAT | 仪器内部温度 | R |  |
| 0x1016~0x1017 | FLOAT | 仪器内部湿度 | R |  |
| 0x1018~0x1019 | FLOAT | 水深 | R |  |
| 0x101A~0x101B | FLOAT | 探头温度 | R |  |
| 0x101C~0x101D | FLOAT | 探头原始值 | R |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 状态告警区 | 0x1080~0x1082 | DATE | 系统时间 | R | 仪器系统时间 |
| 0x1083 | WORD | 工作状态 | R | 同命令编码一致 |
| 0x1084 | WORD | 测量模式 | R | 1 连续模式  2 周期模式  3 定点模式  4 受控模式  5 手动模式 |
| 0x1085 | WORD | 告警代码 | R |  |
| 0x1086 | WORD | 故障代码 | R | 暂无 |
| 0x1087 | WORD | 日志代码 | R | 暂无 |
| 0x1088~0x108F | CHAR[16] | 软件版本 | R |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 关键参数区 | 0x10A0 | WORD | 测量精度 | R | 小数位数 |
| 0x10A1~0x10A2 | FLOAT | PH量程下限 | R |  |
| 0x10A3~0x10A4 | FLOAT | PH量程上限 | R |  |
| 0x10A5~0x10A6 | FLOAT | 溶氧量程下限 | R |  |
| 0x10A7~0x10A8 | FLOAT | 溶氧量程上限 | R |  |
| 0x10A9~0x10AA | FLOAT | 电导率量程下限 | R |  |
| 0x10AB~0x10AC | FLOAT | 电导率量程上限 | R |  |
| 0x10AD~0x10AE | FLOAT | 浊度量量程下限 | R |  |
| 0x10AF~0x10B0 | FLOAT | 浊度量量程上限 | R |  |
| 0x10B1~0x10B2 | FLOAT | PH电极电位 | R |  |
| 0x10B3~0x10B4 | FLOAT | 比电导量程下限 | R |  |
| 0x10B5~0x10B6 | FLOAT | 比电导量程上限 | R |  |
| 0x10B7~0x10B8 | FLOAT | 溶解氧饱和度量程下限 | R |  |
| 0x10B9~0x10BA | FLOAT | 溶解氧饱和度量程上限 | R |  |
| 0x10BB~0x10BC | FLOAT | ORP量程下限 | R |  |
| 0x10BD~0x10BE | FLOAT | ORP量程上限 | R |  |
| 0x10BF~0x10C0 | FLOAT | 盐度量程下限 | R |  |
| 0x10C1~0x10C2 | FLOAT | 盐度量程上限 | R |  |
| 0x10C3~0x10C4 | FLOAT | 可溶解性固体量程下限 | R |  |
| 0x10C5~0x10C6 | FLOAT | 可溶解性固体量程上限 | R |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 控制命令区 | 0x1200 | WORD | 控制命令码 | W |  |
| 0x1201 | BYTE[n] | 控制命令参数 | W | 当控制命令码为时间校准命令时，该字段为6字节的DATE |
| ... |
| 0x12FF |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 自动投放区 | 0x2000 | WORD | 投放模式 | W/R | 0 ：停止投放；  1 ：模式一投放，持续时间为准，设置该值请先设置采样，清洗间隔，持续时间，保存文件名；  2：模式二投放，以开始结束时间为准，设置该值请先设置采样清洗间隔，开始结束时间，保存文件名； |
| 0x2001 | WORD | 清洗间隔（秒） | W/R |  |
| 0x2002 | WORD | 检测间隔（秒） | W/R |  |
| 0x2003 | WORD | 持续时间（分） | W/R |  |
| 0x2004~0x2006 | DATE | 模式2 开始时间。  年月日时分秒。 | W/R |  |
| 0x2007~0x2009 | DATE | 模式2 结束时间。  年月日时分秒。 | W/R |  |
| 0x200A | DWORD | 距离投放开始的剩余时间（秒） | R |  |
| 0x200C | DWORD | 距离投放结束的剩余时间（秒） | R |  |
| 0x200E~0x200F | -- | 预留 | W/R |  |
| 0x2010~0x201f | BYTE[32] | 当前投放文件名（最长32字节） | W/R |  |
| 0x2020~0x2FFF | BYTE[4064] | SD卡中所有投放文件文件名 | R |  |

如果没有备注，则表明该仪器的任意监测参数的Modbus地址皆可读取到对应寄存器的值。

### 4.3 Modbus RTU

#### 4.3.1 报文帧结构

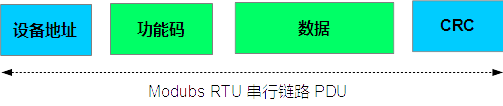


图2 Modbus RTU串行链路PDU

表5 Modbus报文结构表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **名称** | **类型** | **长度（字节）** | **描述** |
| 设备地址 | BYTE | 1 | 对应仪器中的设备地址，用于区分挂在同一个485总线下不同在线监测仪器。取值范围1~247 |
| 功能码 | BYTE | 1 | 功能码定义见4.2 |
| 数据 | BYTE[n] | N | 变长数据，伴随功能码、应答模式不同而不同 |
| CRC | WORD | 2 | Modbus CRC16校验结果 |

#### 4.3.2 功能码定义

表6 Modbus功能码定义表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **代码** | **功能** | **数据类型** | **备注** |
| 0x03 | 读 | 整形、浮点、字符 | 读多个寄存器 |
| 0x10 | 写 | 整形、浮点、字符 | 写多个寄存器 |

#### 4.3.3 报文应答格式

**4.3.3.1 功能码（0x03）读**

主机请求：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **寄存器地址** | **寄存器数量** | **CRCH** | **CRCL** |
| 1B | 1B | 2B | 2B | 1B | 1B |

设备地址：主控板地址，为0x01-0xF7可选；

功能码：为0x03；

寄存器地址：要读取数据的存放开始地址；

寄存器数量：要读取的寄存器的个数；

从机应答：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **数据字节数** | **数据** | **CRCH** | **CRCL** |
| 1B | 1B | 1B | ... | 1B | 1B |

设备地址：下位机地址，为0x01-0xF7可选；

功能码：为0x03；

数据字节数：寄存器数量×2；

数据：N =(寄存器数量×2)BYTE；

错误应答：

设备地址(1BYTE)+出错功能码+错误类型(1BYTE)+CRC校验

注意出错功能码是功能码BYTE最高位取反得到。例如0x03 出错功能码为0x83

错误类型：

01 非法功能

02 非法数据地址

03 非法数据值

04 从站设备故障

05 确认

06 从属设备忙

注：以上错误类型为Modbus RTU标准含义。

示例：

读取命令：

01 03 00 00 00 02 C4 0B （设备地址01）

02 03 00 00 00 02 C4 38 （设备地址02）

其中设备地址（01）+功能码（03）+寄存器起始地址（00 00）+寄存器数量（00 02 即指数据长度为2个字）+CRC校验（C4 0B）

应答报文：

01 03 04 41 CB 42 B7 EF 27

设备地址（01）+ 功能码（03）+数据字节数（04）+ 读取数据（实际为16进制数42 B7 41 CB对应的浮点型数据为91.63）+ CRC校验（EF 27）。

**4.3.3.2 功能码（0x10）写**

主机请求：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **寄存器地址** | **寄存器数量** | **字节数** | **DATA** | **CRCH** | **CRCL** |
| 1B | 1B | 2B | 2B | 1B | ... | 1B | 1B |

设备地址：主控板地址，为0x01-0xF7可选

功能码：为0x10

寄存器地址：要读取数据的存放开始地址

寄存器数量：要写入寄存器的个数

字节数：写入数据的字节数

数据：要写入的数据

注意如写一个寄存器，则寄存器数量为1，字节数为2，数据为一个WORD。

从机应答：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **寄存器地址** | **寄存器数量** | **CRCH** | **CRCL** |
| **1B** | **1B** | **2B** | **2B** | **1B** | **1B** |

示例：

主机发送：01 10 00 6B 00 02 04 00 0F 06 08 86 51

从机回复：01 10 00 6B 00 02 30 14

错误应答：设备地址（1BYTE）+出错功能码+错误类型（1BYTE）+CRC校验

注意出错功能码是功能码BYTE最高位取反得到。例如0x03出错功能码为0x83

错误类型：

01 非法功能

02 非法数据地址

03 非法数据值

04 从站设备故障

05 确认

06 从站设备忙

注：以上错误类型为Modbus RTU标准含义。

#### 4.3.4 应用规约

表7 Modbus数据类型定义表

| **数据类型** | **描述及要求** |
| --- | --- |
| BYTE | 无符号单字节整型（字节，8位） |
| WORD | 无符号2字节整型（字，16位） |
| DWORD | 无符号4字节整型（双字，32位） |
| FLOAT | 4字节浮点数型（字节，32位）IEEE 754 标准 |
| DOUBLE | 8字节浮点数型（字节，64位） |
| BYTE[n] | N字节 |
| STRING | GBK编码，采用0终结符，若无数据，则放一个0终结符 |
| CHAR[n] | N个字符，ASCII |
| DATE | 日期类型6字节  年（BYTE）- 月（BYTE）- 日（BYTE）- 时（BYTE）- 分（BYTE）- 秒（BYTE）  其中：年=byte+2000，月：1-12，日：1-31，时：0-23 分：0-59 秒：0-59  数值格式：BCD码 |

数据字节序定义：

协议采用小端模式（little-endian）来传递WORD、DWORD、FLOAT、DOUBLE。对于DWORD、FLOAT、DOUBLE，字间顺序也按照小端模式（little-endian）排列。

### 4.4 通信报文示例

## 附 录A（规范性附录）

### CRC生成过程

Modbus CRC16生成CRC 的过程为：

将一个16 位寄存器装入十六进制FFFF（全1），将之称作CRC 寄存器；

将报文的第一个8位字节与16 位CRC 寄存器的低字节异或，结果置于CRC 寄存器；

将CRC 寄存器右移1位（向LSB 方向）， MSB 充零. 提取并检测LSB；

（如果LSB 为0）：重复步骤3 （另一次移位）；

（如果LSB 为1）：对CRC 寄存器异或多项式值0xA001 （1010 0000 0000 0001）；

重复步骤3 和 4，直到完成8 次移位。当做完此操作后，将完成对8位字节的完整操作；

对报文中的下一个字节重复步骤2 到5，继续此操作直至所有报文被处理完毕；

CRC 寄存器中的最终内容为CRC 值；

当放置CRC 值于报文时，采用大端方式存储，高字节在前，低字节在后。例如，如果 CRC 值为十六进制0x1241，则第一个字节存放0x12，第二个字节存放0x41。

参考实现代码：

unsignedshort CRC16 (unsigned char \*ptr, unsigned intlen)

{

unsignedshortcrc=0xFFFF;

unsignedinti, j;

for ( j=0; j<len;j++)

{

crc=crc ^\*ptr++;

for ( i=0; i<8; i++)

{

if( (crc&0x0001) >0)

{

crc=crc>>1;

crc=crc^ 0xa001;

}

else

{

crc=crc>>1;

}

}

}

return (crc);

}

## 附 录B（资料性附录）

### 表B-1 数据修约表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **中文名称** | **缺省计量单位**  **（浓度）** | **缺省数据类型**  **（数据修约）** | **单位编码** |
| 1 | 水温 | ℃ | N3.1 | 0：标准单位； |
| 2 | pH值 | 无量纲 | N3.2 | 0：标准单位； |
| 3 | 溶解氧 | mg/L | N3.2 | 0：标准单位； |
| 4 | 浑浊度 | NTU | N3.2 | 0：标准单位； |
| 5 | 电导率 | uS/cm | N3.2 | 0：标准单位； |
| 113 | 蓝绿藻 | mg/L | N3.2 | 0：标准单位； |
| 114 | 叶绿素a | ug/L | N9 | 0：标准单位； |

### 表B-2 数据标识表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **标识** | **标识定义** | **说明** | **适用范围** |
| N | 正常 | 测量数据正常有效 | 通用 |
| T | 超上限 | 监测浓度超仪器测量上限 | 通用 |
| L | 超下限 | 监测浓度超仪器下限或小于检出限 | 通用 |
| D | 仪器故障 | 仪器故障 | 通用 |
| F | 仪器通信故障 | 仪器数据采集失败 | 扩展 |
| B | 仪器离线 | 仪器离线（数据通信正常） | 通用 |

### 表B-3 单位编码表

|  |  |
| --- | --- |
| **编码** | **单位** |
| 0 | ug/L |
| 1 | mg/L |
| 2 | ppm |
| 3 | mg/m3 |
| 4 | cm |
| 5 | ppb |
| 6 | ug/m3 |
| 7 | % |
| 8 | nmol/mol |
| 9 | umol/mol |
| 10 | MPN/L |
| 11 | MPN/100mL |
| 12 | ng/m3 |
| 13 | NTU |
| 14 | 无量纲 |
| 15 | ms/cm |
| 16 | us/cm |
| 17 | ℃ |
| 18 | mV |
| 19 | 万个/L |

### 表B-4 仪器工作状态定义表

| **编码** | **描述** | **备注** |
| --- | --- | --- |
| 0 | 空闲 |  |
| 1 | 水样测试 |  |

### 表B-5 仪器测量数据内容定义表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **编号** | **名称** | **备注** |
| 1 | 因子编码 | 编码规则，取国家地表水自动监测系统通讯协议协议要求因子编码后五位整数 |
| 2 | 测量数值单位 | 见附表B-3单位编码 |
| 3 | 数据时间 | 测量启动时间 |
| 4 | 测量数值 | 见附表，数据修约规则表 |
| 5 | 数据标识 | 见附表，单位标识表 |

### 表B-6 控制命令定义表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **编码** | **名称** | **参数个数** | **参数说明** | **备注** |
| 1 | 启动测量（全部） | 无 |  |  |
| 10 | 初始化（清洗） | 无 |  |  |
| 11 | 停止测量（全部） | 无 |  |  |
| 13 | 校时 | 3个寄存器 | DATE类型：  数据格式BCD码 | 如：2017-01-01 00:00:00表示为170101000000 |
| 19 | 启动测量  （单个传感器） | 无 |  | **对应传感器参数的Modbus地址** |
| 20 | 停止测量  （单个传感器） | 无 |  | **对应传感器参数的Modbus地址** |
| 21 | 删除文件 | 1个寄存器 | 文件号 |  |

### 表B-7 告警信息表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **告警码** | **描述** | **适用范围** |
| 0 | 无告警 | 通用 |
| 22 | 温度异常告警 |  |
| 23 | pH异常告警 |  |
| 24 | 溶解氧异常告警 |  |
| 25 | 电导率异常告警 |  |
| 26 | 浊度异常告警 |  |
| 27 | 叶绿素异常告警 |  |
| 28 | 藻密度异常告警 |  |
| 29 | 蓝绿藻异常告警 |  |
| 30 | ORP异常告警 |  |
| 31 | 氨氮异常告警 |  |
| 32 | 清洁刷异常告警 |  |
| 33 | SD卡异常告警 |  |
| 34 | 蓝牙异常告警 |  |
| 35 | WiFi异常告警 |  |