

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX

地下水监测系统数据通信接口协议

Interface protocols criterion for data communication of groundwater
monitoring system

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

- XX - XX 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	1
5 RS 通信协议.....	2
6 RC 通信协议.....	2
6.1 通信方式	2
6.2 传输模式	2
6.3 通信流程	3
6.4 报文	3
附录 A（资料性附录） MODBUS 通讯协议	12
附录 B（资料性附录） CRC16 校验算法	15
附录 C（资料性附录） 常用上下行报文结构示例.....	19
参考文献	23

前 言

本标准是依据GB/T 1.1—2009的规则起草。

本标准由中华人民共和国国土资源部提出。

本标准由全国国土资源标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本规范起草单位：中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、中国地质环境监测院。

本规范主要起草人：袁爱军、史云、殷秀兰、凤蔚、冯建华、张磊、李康、庞丽丽。

地下水监测系统数据通信接口协议

1 范围

本标准规定了地下水监测系统中智能传感器与遥测终端、遥测终端与中心站之间的通信接口协议。本标准适用于地下水监测系统的数据通信。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2260—2002 中华人民共和国行政区划代码

GB/T 19582-2008 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范

GB/T 19677 水文仪器术语及符号

GB/T 50095 水文基本术语和符号标准

3 术语和定义

GB/T 2260—2002、GB/T 19582-2008、GB/T 19677、GB/T 50095 确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地下水监测系统 Groundwater Monitoring System

用于地下水监测要素的采集、传输、处理的设施以及软硬件设备的总称。

3.2

遥测终端 Remote Terminal Unit

可进行数据自动获取、控制、存储、传输传感器数据并集成气压监测功能的终端设备。

3.3

中心站 Central Station

对遥测终端进行功能控制并对地下水监测数据接收、存储、管理的信息系统平台。

3.4

RS通信协议 RS Communication Protocol

遥测终端（RTU）与智能传感器（SENSOR）之间的数据通信接口协议。

3.5

RC通信协议 RC Communication Protocol

遥测终端(RTU)与中心站(CENTER)之间的数据通信接口协议。

4 基本规定

4.1 地下水监测系统相关设备的通信接口协议应符合本标准的规定。

4.2 地下水监测系统所涉及的仪器设备产品除应符合本标准规定外，还应符合相应国家标准、行业标准的要求。

4.3 本标准不限制系统扩展其它的信息内容，在扩展内容时不得与本标准中所使用或保留的控制命令相冲突。

4.4 本标准包括 RS 通信协议和 RC 通信协议。

5 RS 通信协议

5.1 智能传感器宜采用 RS-485/422、RS-232、SDI-12 等通用接口。

5.2 智能传感器采用 RS-485/422、RS-232 等通用接口时，宜采用 Modbus-RTU 协议（参见附录 A），也可参照 SDI-12 串行数据接口通信协议执行。

5.3 智能传感器采用 SDI-12 通用接口时，应采用 SDI-12 串行数据接口通信协议，遵循 SDI-12 协议 V1.3 版本的相关规定。

6 RC 通信协议

6.1 通信方式

6.1.1 报文通信可选择短消息、公众移动通信网、北斗通信及串口（RS232、RS485）等方式。常用通信方式推荐如表 1。

表1 常用通信方式

序号	通信方式	实时性要求	供电条件	信号范围	描述
1	串口	低	——	——	出厂配置或现场调试
2	短消息	中	苛刻	全国大部分地区	功耗低
3	公众移动通信网	高	理想	全国大部分地区	功耗较高
4	北斗通信	中	理想	全覆盖	功耗高

6.1.2 在出厂配置和现场调试情况下，宜采用串口通信方式。

6.1.3 监测实时性要求较低，供电条件苛刻的野外环境中的地下水监测数据传输，宜采用短消息方式发送周期数据。

6.1.4 监测实时性要求高，供电条件理想的地下水监测数据传输，宜采用公众移动通信网实时方式。在此方式下，遥测终端应具备固件远程升级功能。

6.1.5 在无公众移动通信网信号覆盖地区，宜采用北斗通信传输方式。

6.2 传输模式

6.2.1 传输模式分自报式和查询应答式，见表 2。

6.2.2 在 M1 模式下，遥测终端为通信发起方。遥测终端按设定的周期将采集的数据信息发送给中心站，中心站无需应答，遥测终端发送完报文后，即退出通信。

6.2.3 在 M2 模式下，遥测终端和中心站均可作为通信中命令的发起方。命令发出后，相对应的中心站和遥测终端必须对接收到的信息进行应答。此时，命令和应答具有相同的命令代码。应答超时时间和超时重发次数均可根据具体的通讯方式和任务性质自定义。

表2 地下水监测系统传输模式

模式代号	应答方式	适用工作模式	适用信道
M1	发送→无应答	自报式	单向信道
M2	发送/查询⇌响应	查询应答式	双向信道

6.3 通信流程

6.3.1 数据包的字符之间无线路空闲间隔；两包之间的线路空闲间隔应考虑信道网络延时、中间环节延时、终端响应时间、波特率等因素。在两个数据包之间应至少等待一个线路空闲间隔。

6.3.2 数据传输重发由通信发起端控制，应重发2次；若连续三次超时，应退出通信，等待下次重新建立链接。

6.3.3 M2模式下，遥测终端和中心站均可作为通信中命令的发起方。命令发出后，接收方必须对接收到的信息进行应答。发起端在规定时间内没有正确收到响应报文，应作为超时出错处理，超时等待时间应根据不同的信道类型来确定；超时出错后发起端应启动重发机制。

6.4 报文

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 报文分为上行报文和下行报文。上行报文是遥测终端发往中心站的报文，下行报文是中心站发往遥测终端的报文。

6.4.1.2 报文由报头、报头长度、报文正文、校验、报文结束符组成。

6.4.1.3 报文字符编码类型为ASCII。

6.4.2 上行报文结构

上行报文包括报头、协议版本号、报文长度、报文正文、校验、报文结束符。上行报文基本结构见表3。附录C给出了部分常用上行报文的示例。

表3 上行报文结构

序号	名称		编码类型	长度 (Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	ASCII	1	\$特殊字符
2		遥测终端地址	ASCII	10	遥测终端地址编制部门应保证遥测终端地址的唯一性
3		包总数	ASCII	1	表示一次通讯中总共包括的数据条数。使用字符A-Z表示1-26包。
4		包号	ASCII	1	表示当前数据包在一次通讯中所有数据包中的顺序位置，是第几条数据。使用字符A-Z表示1-26包。
5		协议版本号	ASCII	1	通信协议版本号，用于以后协议升级。
6	报文长度		ASCII	3	报文正文的字节数，定长、字节数不足则高位补零。
7	报文正文		ASCII	不定长	见表5。
8	校验		ASCII	4	CRC校验，高位字节在前，低位字节在后。校验范围自帧起始符至校验位所有字节。
9	报文结束符		ASCII	1	#

6.4.3 下行报文结构

下行报文包括报头、协议版本号、报文长度、报文正文、校验、报文结束符。下行报文基本结构见表4。附录C给出了部分常用下行报文的示例。

表4 下行报文结构

序号	名称		编码类型	长度 (Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	ASCII	1	\$
2		遥测终端地址	ASCII	10	遥测终端地址编制部门应保证遥测终端地址的唯一性。
3	报文长度		ASCII	3	报文正文的字节数，定长、字节数不足则高位补零。
4	报文正文		ASCII	不定长	见表5
5	校验		ASCII	4	CRC 校验，高位字节在前，低位字节在后。校验范围自帧起始符至校验位所有字节。
6	报文结束符		ASCII	1	#

6.4.4 报文正文

报文正文由发报时间、命令代码、命令参数（应答命令参数）组成，报文正文组成及格式要求见表5。

表5 报文正文组成表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	发报时间	ASCII	12	YYMMDDHHMMSS，例如 150306125859（2015年3月6日12点58分59秒）
2	命令代码	ASCII	2	标示一个数据包对应的功能，命令代码详见 6.4.6
3	命令参数(应答命令参数)	ASCII	不定长	包含命令或应答的参数信息，参数值的长度不固定，命令参数详见 6.4.5

6.4.5 错误代码表

错误代码用于代表报文正文中返回的应答命令参数含义，错误代码格式要求参照表6执行。

表6 错误代码表

序号	字符内容	长度(Bytes)	应答命令参数含义描述
1	Err01	5	传感器未连接
2	Err02	5	下发命令格式不正确
3	Err03	5	下发命令 CRC 校验错
4	Err04	5	字符错误
5	ErrXX	5	XX 表示 20~99，用户可扩展

6.4.6 命令代码表

命令代码以数字（0~9）+字母（A~Z）的组合进行排列，本标准中未涉及到的命令可自定义扩展。命令代码格式要求见表7。

表7 命令代码表

序号	命令名称	命令代码	发起方	响应方	命令参数	应答命令参数	调试命令
参数类命令							
1	设置遥测终端地址编号	0A	中心站	遥测终端	6.4.8.1	正确：返回设置值， 错误：见错误代码表	是
2	提取遥测终端地址编号	0B	中心站	遥测终端	无	正确：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
3	设置遥测终端的出厂参数	0C	中心站	遥测终端	6.4.8.2	正确：返回设置值， 错误：见错误代码表	是
4	提取遥测终端的出厂参数	0D	中心站	遥测终端	无	正取：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
5	设置传感器参数	0E	中心站	遥测终端	6.4.8.3	正取：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
6	提取传感器参数	0F	中心站	遥测终端	无	6.4.8.3	是
7	设置遥测终端时间	0G	中心站	遥测终端	6.4.8.4	正取：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
8	提取遥测终端时间	0H	中心站	遥测终端	无	6.4.8.4	是
9	设置遥测终端的通信参数	0I	中心站	遥测终端	6.4.8.5	正取：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
10	提取遥测终端的通信参数	0J	中心站	遥测终端	无	6.4.8.5	是
11	设置采集气压的时间参数	0K	中心站	遥测终端	6.4.8.6	正取：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
12	提取采集气压的时间参数	0L	中心站	遥测终端	无	6.4.8.6	是
13	设置发送数据的时间参数	0M	中心站	遥测终端	6.4.8.7	正取：返回提取值， 错误：见错误代码表	是
14	提取发送数据的时间参数	0N	中心站	遥测终端	无	6.4.8.7	是
数据类命令							
16	上传周期数据	1A	遥测终端	中心站	6.4.8.8	无	否
17	上传实时数据	1B	遥测终端	中心站	6.4.8.8	无	是
18	上传历史数据	1C	遥测终端	中心站	6.4.8.8	无	是
19	提取实时数据	1D	中心站	遥测终端	无	无	是
20	提取历史数据	1E	中心站	遥测终端	6.4.8.9	无	是
其他类							
21	远程刷机	2A	中心站	遥测终端	无	无	否

6.4.7 特殊控制字符及定义

标志报文中特定含义字符，特殊控制字符定义及格式要求见表8。

表8 特殊控制字符表

序号	字符名称	内容	长度(Bytes)	描述
1	包头	\$	1	表示报文开始
2	包尾	#	1	表示报文结束
3	字符分隔符	,	1	字符分隔符表示本字段结束，同时表示下一字段开始。

6.4.8 命令参数内容

6.4.8.1 命令参数内容指命令参数组成信息，不同命令和不同响应对应的数据格式不同，包含遥测终端地址编号具体、遥测终端出厂参数、传感器参数、遥测终端时间参数、遥测终端的通信参数、采集气压时间参数、测量数据。

6.4.8.2 遥测终端地址编号

遥测终端地址应保证唯一性。遥测终端地址为 10 字节 ASCII，前 6 字节表示遥测终端所属地理行政区划（采用 GB 2260-2007 规定的行政区划代码的前 6 位），后面的 4 字节表示确定的地址。

6.4.8.3 遥测终端出厂参数

遥测终端出厂参数指遥测终端的软、硬件相关信息，包括软件版本号、硬件版本号、产品编号、出厂时间，遥测终端出厂参数定义见表 9。

表9 遥测终端出厂参数表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	软件版本号	ASCII	2	00~99
2	硬件版本号	ASCII	2	00~99
3	产品编号	ASCII	8	YYMM0000~YYMM9999
4	出厂时间	ASCII	12	YYYYMMDDHHMM，例如 201503061258（2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分）

6.4.8.4 传感器参数

传感器参数包括所含传感器数量、传感器类型代码、传感器地址、参数个数及参数标志。传感器参数结构要求见表 10。传感器类型代码用于标志不同种类传感器具体描述传感器参数标志各监测要素的信息，格式代码定义见表 11。传感器参数标志各监测要素的数据定义见表 12。

表10 传感器参数结构表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	传感器数量 M ($1 \leq i \leq M$)	ASCII	1	传感器的总数量
2	传感器 1 类型代码	ASCII	1	传感器 1 类型代码, 见表 11
3	传感器 1 地址	ASCII	1	传感器地址
	传感器 1 状态	ASCII	1	“1” 开启, “0” 关闭
4	参数个数 N1	ASCII	1	总参数个数
5	参数标志 1	ASCII	1	参数 1 的标志符

6	参数标志 N1	ASCII	1	参数 N1 的标志符
	.....	ASCII	1	.....
8	传感器 M 类型代码	ASCII	1	传感器 M 类型代码
9	传感器 M 地址	ASCII	1	传感器 M 地址
	传感器 M 状态	ASCII	1	“1” 开启, “0” 关闭
10	参数个数 N2	ASCII	1	总参数个数
11	参数标志 1	ASCII	1	参数 1 的标志符

12	参数标志 N2	ASCII	1	参数 N2 的标志符

表11 传感器类型代码表

序号	传感器类型	类型代码	相关参数类型	参数标志	描述
1	水位传感器	W	水位埋深	A	具体参数描述参考表 12
			水温	B	具体参数描述参考表 12
			水压	C	具体参数描述参考表 12
			传感器电池电量	D	具体参数描述参考表 12
			遥测终端电压	E	具体参数描述参考表 12
			气压	F	具体参数描述参考表 12
			气温	G	具体参数描述参考表 12
			备用	H—Z	备用参数类型 (用户扩展)
2	水质传感器	Z	水位埋深	A	具体参数描述参考表 12
			水温	B	具体参数描述参考表 12
			水压	C	具体参数描述参考表 12
			传感器电池电量	D	具体参数描述参考表 12
			遥测终端电压	E	具体参数描述参考表 12
			气温	F	具体参数描述参考表 12

			PH 值	G	具体参数描述参考表 12
			电导率	H	具体参数描述参考表 12
			盐度	I	具体参数描述参考表 11
			备用	J-Z	备用参数类型（用户扩展）

表12 传感器参数描述表

序号	参数名称	类型	长度 (Bytes)	单位	参数值描述
1	水位埋深	ASCII	不定长	米	精确到小数点后 2 位
2	水温	ASCII	不定长	℃	精确到小数点后 1 位
3	水压	ASCII	不定长	Mpa	精确到小数点后 1 位
4	气压	ASCII	不定长	Hpa	精确到小数点后 1 位
5	气温	ASCII	不定长	℃	精确到小数点后 1 位
6	传感器电池电量	ASCII	不定长	V	精确到小数点后 1 位
7	遥测终端电压	ASCII	不定长	V	精确到小数点后 1 位
8	PH 值	ASCII	不定长		精确到小数点后 1 位
9	电导率	ASCII	不定长	微西门/厘米	
10	盐度	ASCII	不定长	%	精确到小数点后 2 位
11	其它				用户可扩展

6.4.8.5 遥测终端时间参数

指遥测终端的系统时间参数，长度为14Bytes，遥测终端时间参数格式参照表13执行。

表13 遥测终端时间参数表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	年	ASCII	4	当前年份
2	月	ASCII	2	1—12
3	日	ASCII	2	1—31
4	时	ASCII	2	0—23
5	分	ASCII	2	0—59
6	秒	ASCII	2	0—59

6.4.8.6 遥测终端的通信参数

通信参数指与遥测终端通信相关的参数，包括通信方式、目的地址总数量、目的地址等参数，遥测终端通信参数格式要求见表14。

表14 遥测终端通信参数

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	目的地址总数量N	ASCII	1	目的地址总数量
2	目的地址1通信方式	ASCII	1	1表示GSM短消息；2表示GPRS实时；3表示北斗通信
3	目的地址1长度	ASCII	2	目的地址1的长度值
4	目的地址1	ASCII	不定长	目的地址1指IP地址&端口或手机号码或北斗号
	...			
5	目的地址N通信方式	ASCII	1	通信方式
6	目的地址N长度	ASCII	2	长度
7	目的地址N	ASCII	不定长	地址指IP地址&端口或手机号码或北斗号

6.4.8.7 采集气压时间参数

采集气压时间参数是指采集气压时的启动时间和采集间隔，采集气压时间参数格式要求见表15。

表15 采集气压时间参数表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	采集气压启动时间	ASCII	12	YYYYMMDDHHMM，例201503061258
2	采集气压时间间隔	ASCII	8	次/（月 日 时 分），例00000001，表示1分钟采集一次

6.4.8.8 发送数据时间参数

发送数据时间参数是指遥测终端发往数据中心站时的发送开始时间与发送间隔，发送数据时间参数格式要求见表16。

表16 发送数据时间参数表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	发送数据启动时间	ASCII	12	YYYYMMDDHHMM，例201503061258
2	发送数据间隔	ASCII	8	次/（月 日 时 分），例00010000，表示1天发送一次

6.4.8.9 测量数据

测量数据（周期数据、实时数据、历史数据）指遥测终端测量的相关参数数据统一打包发送至中心站，测量数据格式要求见表 17。

表17 测量（实时、周期、历史）数据

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	采集时间	ASCII	12	YYYYMMDDHHMM例如20150306125859（2015年3月6日12点58分59秒）
2	传感器1类型代码	ASCII	1	传感器1的类型代码
3	传感器1地址	ASCII	1	传感器1的地址
4	分割符	ASCII	1	（
5	参数1标志	ASCII	1	参数1标志
6	参数1数据	ASCII	不定长	参数1数据
7	分割符	ASCII	1	，

8	参数N1标志	ASCII	1	参数N1标志
9	参数N1数据	ASCII	不定长	参数N1数据
10	分割符	ASCII	1	）
11	分割符	ASCII	1	；

12	传感器M类型代码	ASCII	1	传感器M的类型代码
13	传感器M地址	ASCII	1	传感器M的地址
14	分割符	ASCII	1	（
15	参数1标志	ASCII	1	参数1标志
16	参数1数据	ASCII	不定长	参数1数据
17	分割符	ASCII	1	，
	.....	ASCII	1	.....
18	参数N2标志	ASCII	1	参数N2标志
19	参数N2数据	ASCII	不定长	参数N2数据
20	分割符	ASCII	1	）

历史数据的提取主要依据于起止时间，包括起始时间和终止时间，历史数据格式要求见表 18

表18 历史数据参数表

序号	名称	类型	长度(Bytes)	描述
1	起始时间	ASCII	12	YYYYMMDDHHMM, 例201503061258
2	终止时间	ASCII	12	YYYYMMDDHHMM, 例201503061258

附录 A
(资料性附录)
MODBUS 通讯协议

A.1 通信速率和字节帧结构

通信波特率宜采用1 200bps, 2 400bps , 4 800 bps , 9 600bps , 19 200bps; 字节帧结构为1个起始位“0”, 8个数据位, 1位停止位“1”, 无奇偶校验位; 低位在前, 高位在后。

A.2 数据帧基本格式

数据帧基本格式见表A1。传输顺序为低位字节在前, 高位字节在后。

表 A.1 数据帧基本格式

地址	功能代码	数据	校验
1 字节	1 字节	不定长	2 字节

A.3 地址

地址域在帧的开始部分, 由一个字节组成, 范围为0~255。

A.4 功能代码

A.4.1 Modbus-RTU通信协议功能代码分为三类: 公共功能码, 用户定义功能码和保留功能码, 功能代码分配表见表A2。

表 A.2 Modbus-RTU 通信协议功能码分配表

代码区域	代码类别
1~64	公共功能码
65~72	用户定义功能码
73~119	非法功能码
120~127	留作内部使用
128~255	用于异常应答

A.4.2 常用公共功能代码见表A3。

表 A.3 常用公共功能代码表

序号	功能码	说明
1	01H	读取线圈状态
2	02H	读取输入状态
3	03H	读取保持寄存器
4	04H	读取输入寄存器
5	05H	写单个线圈
6	06H	写单个寄存器
7	07H	读取异常状态
8	08H	回送诊断校验
9	0BH	读取事件计数
10	0FH	写多个线圈
11	10H	写多个寄存器
12	11H	报告从机标志
13	13H	重置通信链路

A.5 数据

数据包含了智能传感器执行特定功能所需要的数据或者智能传感器响应查询时采集到的数据。数据类型可以是整型数、定点数、十进制浮点数。

A.6 校验

校验使用16位循环冗余码（CRC16），校验码前所有字节参与校验计算，生成多项式为： $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ 。

A.7 查询数据

标准通信方式采用遥测终端设备（主机）发出查询数据帧，传感器返回响应数据帧或错误指示帧。通常采用公共功能代码03H读寄存器数据。查询数据帧结构见表A4，响应数据帧结构见表A5，错误指示帧结构见表A6。

表 A.4 查询数据帧结构

序号	名称	字节数	说明
1	传感器地址	1	0~FFH
2	功能代码	1	03H
3	起始地址	2	0~FFFFH
4	寄存器数量	2	01~7D0H
5	校验	2	CRC16, 低位字节在前

表 A.5 响应数据帧结构

序号	名称	字节数	说明
1	传感器地址	1	0~FFH
2	功能代码	1	03H
3	数据长度	1	2×N
4	寄存器值	2×N	N为寄存器的数量
5	校验	2	CRC16, 低位字节在前

表 A.6 错误指示帧

序号	名称	字节数	说明
1	传感器地址	1	0~FFH
2	功能代码(差错)	1	83H
3	异常码	1	01或02 或03 或04
4	校验	2	Lrc

附录 B

（资料性附录）

CRC16 校验算法

B.1 CRC定义

CRC即循环冗余校验码（Cyclic Redundancy Check）：是数据通信领域中最常用的一种差错校验码，其特征是信息字段和校验字段的长度可以任意选定。

B.2 基本概念

B.2.1 CRC域是两个字节，包含一16位的二进制值。它由传输设备计算后加入到消息中。接收设备重新计算收到消息的CRC，并与接收到的CRC域中的值比较，如果两值不同，则有误。

B.2.2 CRC是先调入一值是全“1”的16位寄存器，然后调用一过程将消息中连续的8位字节各当前寄存器中的值进行处理。仅每个字符中的8Bit数据对CRC有效，起始位和停止位以及奇偶校验位均无效。

B.3 CRC产生过程

B.3.1 在CRC产生过程每个8位字符都单独和寄存器内容相异或（XOR），结果向最低有效位方向移动，最高有效位以0填充。LSB被提取出来检测，如果LSB为1，寄存器单独和预置的值或一下，如果LSB为0，则不进行。整个过程要重复8次。在最后一位（第8位）完成后，下一个8位字节又单独和寄存器的当前值相或。最终寄存器中的值，是消息中所有的字节都执行之后的CRC值。

B.3.2 CRC添加到消息中时，低字节先加入，然后高字节。

B.4 CRC-16 错误校验程序

B.4.1 报文（此处只涉及数据位，不指起始位、停止位和任选的奇偶校验位）被看作是一个连续的二进制，其最高有效位（MSB）首选发送。报文先与 X^{16} 相乘（左移16位），然后看 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ 除， $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ 可以表示为二进制数11000，0000，0000，0101。整数商位忽略不记，16位余数加入该报文（MSB先发送），成为2个CRC校验字节。余数中的1全部初始化，以免所有的零成为一条报文被接收。经上述处理而含有CRC字节的报文，若无错误，到接收设备后再被同一多项（ $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ ）除，会得到一个零余数（接收设备核验这个CRC字节，并将其与被传送的CRC比较）。全部运算以2为模（无进位）。

B.4.2 习惯于成串发送数据的设备会首选送出字符的最右位（LSB-最低有效位）。而在生成CRC情况下，发送首位应是被除数的最高有效位MSB。由于在运算中不用进位，为便于操作起见，计算CRC时设MSB在最右位。生成多项式的位序也必须反过来，以保持一致。多项式的MSB略去不记，因其只对商有影响而不影响余数。

B.4.3 生成CRC-16校验字节的步骤如下

- B. 4. 3. 1 装入一个16位寄存器，所有数位均为1。
- B. 4. 3. 2 该16位寄存器的高位字节与开始8位字节进行“异或”运算。运算结果放入这个16位寄存器。
- B. 4. 3. 3 把这个16寄存器向右移一位。
- B. 4. 3. 4 若向右（标记位）移出的数位是1，则生成多项式 $10, 1000, 000, 0000, 001$ 和这个寄存器进行“异或”运算；若向右移出的数位是0，则返回4. 3. 3。
- B. 4. 3. 5 重复4. 3. 3和4. 3. 4，直至移出8位。
- B. 4. 3. 6 另外8位与该十六位寄存器进行“异或”运算。
- B. 4. 3. 7 重复4. 3. 3~4. 3. 6，直至该报文所有字节均与16位寄存器进行“异或”运算，并移位8次。
- B. 4. 3. 8 这个16位寄存器的内容即2字节CRC错误校验，被加到报文的最高有效位。
- B. 4. 4 非ModBus通信协议中CRC16作为校验手段，产生了一些CRC16的变种，他们是使用CRC16多项式 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ ，单首次装入的16位寄存器为0000；使用CRC16的反序 $X^{16}+X^{14}+X^1+1$ ，首次装入寄存器值为0000或FFFFH。

CRC 简单函数如下：

```

1   Unsigned char *puchMsg; /*要进行 CRC 校验的消息*/
2
3
4   Unsigned short usDataLen; /*消息中字节数*/
5
6   Unsigned short CRC16 (puchMsg, usDataLen)
7
8
9   {
10
11
12   Unsigned char uchCRChi=0xFF; /*高 CRC 字节初始化*/
13
14
15   Unsigned char uchCRCLo=0xFF; /*低 CRC 字节初始化*/
16
17
18   Unsigned uIndex; /*CRC 循环中的索引*/
19
20
21   while (usDataLen--) /*传输消息缓冲区*/
22
23
24   {
25

```

```

26     uIndex=uchCRCHi^*puchMsg++;/*计算 CRC*/
27
28
29     uchCRCHi=uchCRCLo^auchCRCHi[uIndex];
30
31
32     uchCRCLo=auchCRCLo[uIndex];
33
34 }
35
36
37     return((uchCRCHi<<8)|uchCRCLo);
38
39 }
40
41 /*CRC 高位字节值表*/
42
43     Static unsigned char auchCRCHi[]={
44     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,
45     0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
46     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,
47     0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
48     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,
49     0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,
50     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,
51     0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
52     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,
53     0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,
54     0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,
55     0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
56     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,
57     0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,
58     0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,
59     0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
60     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,
61     0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
62     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,
63     0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
64     0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,
65     0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,
66     0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,
67     0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
68     0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,

```

```

69     0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40
70     };
71
72     //CRC 低位字节值表
73
74     Static char auchCRCLo[]={
75     0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06,
76     0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5, 0xC4, 0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD,
77     0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E, 0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09,
78     0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A,
79     0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD, 0x1D, 0x1C, 0xDC, 0x14, 0xD4,
80     0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,
81     0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3,
82     0xF2, 0x32, 0x36, 0xF6, 0xF7, 0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4,
83     0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A,
84     0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38, 0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29,
85     0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE, 0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED,
86     0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
87     0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60,
88     0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2, 0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67,
89     0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4, 0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F,
90     0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68,
91     0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB, 0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E,
92     0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,
93     0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71,
94     0x70, 0xB0, 0x50, 0x90, 0x91, 0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92,
95     0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C,
96     0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B,
97     0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88, 0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B,
98     0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
99     0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42,
100    0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80, 0x40
101    };

```

附 录 C
(资料性附录)
常用上下行报文结构示例

C.1 设置遥测终端地址编号

表 C.1 设置遥测终端地址编号示例表

序号	编码结构名称		编码	长度 (Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	\$	1	报头
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区 (100010) 行政区划内 0001 孔井为例进行描述
3		协议版本号	15	2	通信规约的协议版本号
4	正文	报文长度	50	3	报文字节数
		发报时间	20150306125859	14	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒
		命令代码	0A	2	设置遥测终端地址命令代码
		命令参数	1000100001	13	设置遥测终端地址为 1000100001 数据发送
5	校验			4	CRC 校验, 高位字节在前, 低位字节在后。
6	报文结束符			1	#

C.2 设置遥测终端的出厂参数

表 C.2 设置遥测终端的出厂参数示例表

序号	编码结构名称		编码	长度 (Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	\$	1	报头
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区 (100010) 行政区划内 0001 孔井为例进行描述
3	协议版本号		15	2	通信规约的协议版本号
4	报文正文	报文长度	65	3	报文字节数
		发报时间	20150306125859	14	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒
		命令代码	0C	2	设置遥测终端地址命令代码
		命令参数	01	2	遥测终端内部软件版本号
			03	2	遥测端硬件版本号
			2015030001	10	15 年 3 月出厂 0001 编号设备
20150306125859	14		2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒监测合格, 出厂。		
5	校验			4	CRC 校验, 高位字节在前, 低位字节在后。
6	报文结束符		#	1	

C.3 设置传感器参数

表 C.3 设置传感器参数示例表

序号	编码结构名称		编码	长度(Bytes)	描述	
1	报头	帧起始符	\$	1	报头	
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区(100010)行政区划内 0001 孔井为例进行描述	
		协议版本号	15	2	通信规约的协议版本号	
3	报文正文	报文长度	48	3	报文字节数	
		发报时间	20150306125859	14	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒	
		命令代码	0E	2	设置传感器参数	
		命令参数	1	1	1	传感器数量
			W	1	1	传感器类别(水位传感器为例)
			2	1	1	水位传感器挂接 2 种不同参数传感器
			1	1	1	水位传感器包含的第一个参数传感器
			B	1	1	水温传感器
			1	1	1	参数 1 传感器状态, 1 开启、0 关闭
2	1		1	水位传感器包含的第二个参数传感器		
F	1		1	气压传感器		
0	1	1	参数 2 传感器状态, 1 开启、0 关闭			
4	校验			4	CRC 校验, 高位字节在前, 低位字节在后。	
5	报文结束符			3	#	

C.4 设置遥测终端的通信参数

表 C.4 设置遥测终端的通信参数示例表

序号	编码结构名称		编码	长度(Bytes)	描述	
1	报头	帧起始符	\$	1	报头	
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区(100010)行政区划内 0001 孔井为例进行描述	
3		协议版本号	15	2	通信规约的协议版本号	
4	报文正文	报文长度	74	3	报文字节数	
		发报时间	20150306125859	14	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒	
		命令代码	0I	2	设置遥测端工作参数	
		命令参数	3	1	1	目的地址总数量, 此例为遥测终端数据需要发往的目的地址数量为 3. 均采用 GSM 短消息方式发送数据。
			1	1	1	1 表示 GSM 短消息; 2 表示 GPRS 实时; 3 表示北斗通信
			1390100312	11	11	遥测终端数据发送第一个地址
			1	1	1	1 表示 GSM 短消息; 2 表示 GPRS 实时; 3 表示北斗通信
			1390100311	11	11	遥测终端数据发送第二个地址
1	1	1	1 表示 GSM 短消息; 2 表示 GPRS 实时; 3 表示北斗通信			

			1390100310	11	遥测终端数据发送第三个地址
5	校验			4	CRC 校验，高位字节在前，低位字节在后。
6	报文结束符			1	#

C.5 设置采集气压的启动时间

表 C.5 设置采集气压的启动时间示例表

序号	编码结构名称		编码	长度(Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	\$	1	报头
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区（100010）行政区划内 0001 孔井为例进行描述
		协议版本号	15	2	通信规约的协议版本号
3	报 文 正 文	报文长度	43	3	报文正文的字节数
		发报时间	20150306125859	12	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒
		命令代码	OK	2	设置遥测端工作参数
		命令参数	201503061258	12	气压采集的启动时间：年 低 月 日 时 分
	00000010		8	气压采集时间间隔：月 日 时 分	
4	校验			4	CRC 校验，高位字节在前，低位字节在后。
5	报文结束符			1	#

C.6 设置发送数据时间及间隔

表 C.6 设置发送数据时间及间隔示例表

序号	编码结构名称		编码	长度(Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	\$	1	报头
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区（100010）行政区划内 0001 孔井为例进行描述
		协议版本号	15	2	通信规约的协议版本号
3	报 文 正 文	报文长度	57	3	报文字节数
		发报时间	20150306125859	12	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒
		命令代码	OM	2	设置遥测端工作参数
		命令参数	201503061258	12	数据采集的启动时间：年 低 月 日 时 分
	00000010		8	数据采集时间间隔：月 日 时 分	
4	校验			4	CRC 校验，高位字节在前，低位字节在后。
5	报文结束符			1	#

C.7 实时、历史数据发送

表 C.7 设置实时、历史数据发送示例表

序号	编码结构名称		编码	长度 (Bytes)	描述
1	报头	帧起始符	\$	1	
2		遥测终端地址	1000100001	10	北京东城区 (100010) 行政区划内 0001 孔井为例进行描述
3		包总数	A	1	表示一次通讯中总共包括的数据条数。取值范围 A-Z 来表示多包数据。
4		包号	A	1	表示当前数据包在一次通讯中所有数据包中的顺序位置, 是第几条数据。取值范围 A-Z
5		协议版本号	15	2	通信规约的协议版本号
6	命令参数	报文长度	108	3	报文正文的字节数
		发报时间	20150306125859	12	发报时间 2015 年 3 月 6 日 12 点 58 分 59 秒
		命令代码	1B/1C	2	上传实时数据/历史数据
			201503061258	12	监测数据采集的启动时间: 年低 月 日 时分
			00000010	8	监测数据的采集时间间隔: 月 日 时 分
			W	1	传感器 1 类型代码, 此处以水位传感器为例
			1	1	遥测终端挂机第一个水位传感器
			(	1	分隔符
			A	1	水位埋深标志符
			999.00	6	单位米 (不定长)
			,	1	分隔符
			B	1	水温标志符
			99.9	4	单位度 (不定长)
			,	1	分隔符
			C	1	水压标志符
			1038.9	6	(不定长)
			,	1	分隔符
			D	1	气压标志符
			1038.9	6	(不定长)
			,	1	分隔符
			E	1	传感器电量标志符
			06.7	6	
			,	1	分隔符
		F	1	遥测终端电量标志符	
		12.5	6		
		)	1	分隔符 增加	
8	校验			4	CRC 校验, 高位字节在前, 低位字节在后。
9	报文结束符			1	#

参 考 文 献

- [1] 王峰, 城市地下水水质安全监测系统的设计与实现[D]. 大连理工大学, 2008年.
- [2] 杨雅莉, 基于GSM的水文监测系统[D], 《西安电子科技大学》, 2009年.
- [3] 张丽莉, 武中强, 张卓. 大浪淀水库多参数水质在线监测系统的设计与实现[J]. 《地下水》, 2010(2) : 68 -70.
- [4] 姚永熙. 地下水监测方法和仪器概述[J]. 《水利水文自动化》, 2010, (1) :55-59.
- [5] 李洋, 高志. 国家地下水监测工程水位自动监测仪器选型分析[J]. 《地下水》, 2013(5) : 70-71.
- [6] 地下水动态监测规程. DZ/T0133—1994.
- [7] 地下水环境监测技术规范. HJ/T 164-2004.
- [8] 污染源在线自动监控(监测)系统数据传输标准. HJ/T212-2005.
- [9] 水文监测数据通信规约. SL 651-2014.