

团 体 标 准

T/CHES XXXX—XXXX

地下水监测设备接口技术要求

Technical requirements for interface of groundwater monitoring equipment

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中国水利学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号、代号、缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号、代号和缩略语	2
4 总体要求	2
4.1 互换性	2
4.2 环境适应性	2
4.3 稳定性	2
4.4 安全性	2
4.5 供电电源适应性	2
4.6 可靠性	2
4.7 运维保障性	3
4.8 其他	3
5 组成	3
5.1 分类	3
5.2 接口类型	3
6 接口要求	3
6.1 基本规定	3
6.2 材料要求	4
6.3 结构要求	4
6.4 信号要求	4
6.5 电源要求	5
6.6 引脚定义	5
6.7 尺寸	5
7 试验方法	5
7.1 试验要求	5
7.2 试验项目	6
7.3 试验方法	6
附录 A（规范性） Modbus-RTU 协议	9
附录 B（资料性） Modbus-RTU 协议运行示例	13
附录 C（规范性） 蓝牙协议	14
附录 D（资料性） 蓝牙协议运行示例	16
参考文献	24

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件共分为9章，4个附录和1个参考文献，主要技术内容包括总体要求、组成、接口要求和试验方法等。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条16号，邮编100053），以便今后修订时参考。

本文件主编单位：水利部信息中心、水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心等。

本文件参编单位：

本文件主要起草人：孙龙等。

引 言

地下水是水资源重要组成部分，既是维护生态环境系统的重要影响因子，也是经济社会发展不可缺少的战略资源。地下水监测是掌握地下水水位（埋深）、水温、水质、水量等动态要素，支撑生态文明建设和水安全保障的重要基础，国家地下水监测工程实施以来，监测数据和分析评价成果已在华北地下水超采综合治理、复苏河湖生态环境、南水北调受水区地下水压采评估等工作中发挥了重要作用。

目前全国地下水监测站已达2万多个，由于地下水监测设备品牌众多，存在接口兼容性差、通信协议不统一、互联互通性弱等问题，有必要统一规范地下水监测设备接口标准，提高地下水自动监测系统的建设与运行维护水平。

本文件根据地下水自动监测系统需求，结合地下水监测设备应用现状，规定地下水监测设备接口的统一技术要求，通过组件化、通用化、规范化，对实现地下水监测设备通用性和互换性具有指导意义，可为地下水自动监测系统建设与管理提供标准支撑。

地下水监测设备接口技术要求

1 范围

本文件规定了地下水监测设备接口总体要求、组成、接口要求、试验方法等内容。
本文件适用于地下水监测工作中使用的设备接口。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 4423—2020 铜及铜合金拉制棒
GB/T 5231—2022 加工铜及铜合金牌号和化学成分
GB/T 9359 水文仪器基本环境试验条件及方法
GB/T 15966 水文仪器基本参数及通用技术条件
GB/T 19677 水文仪器术语及符号
GB/T 20878—2024 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
GB/T 30269.2—2013 信息技术 传感器网络 第2部分：术语
GB/T 50095 水文基本术语和符号标准
GB/T 51040 地下水监测工程技术标准
SL 651 水文监测数据通信规约

3 术语和定义、符号、代号、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 19677、GB/T 30269.2—2013、GB/T 50095界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

地下水监测设备 groundwater monitoring equipment

用于按照规定时间间隔和精度要求对地下水的水位、水温、水量和水质等动态要素进行监测和数据获取的仪器仪表的统称。

注：本文件主要包括传感器、遥测终端机、通信设备、电源等。

3.1.2

接口 interface

地下水监测设备进行通信的必要的硬件和相应的软件，是模块（或部件、设备）之间共有的边界。

注：特指地下水监测设备中传感器、显示、记录或数传设备、通信设备以及天线等设备之间进行通信的硬件和相应的软件。

[来源：GB/T 19705-2017, 3.2, 有修改]

3.1.3

误码率 bit error rate

在给定的时间内传输数据中出现错误数据的比例。

3.1.4

天线接口 antenna interface

用于连接遥测终端机和天线的硬件接口（3.1.3）。

3.1.5

电池仓 battery compartment

用于安装和固定供电电源设备池的特定空间或结构。

3.2 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

ADC (Analog Signal Acquisition)：模数信号采集，将传感器输出的连续模拟信号转换为数字信号的过程。

IACS (International Annealed Copper Standard)：国际退火铜标准，是衡量材料导电性能的基准单位。

Modbus-RTU (Modbus Remote Terminal Unit)：一种串行通信模式，是为工业自动化领域中设备间的串行数据通信而设计的协议规范。

RS-485：一种广泛应用于工业控制、远程通信等领域的串行通信标准。

RS-232-C：全称为 EIA-RS-232-C标准，一种串行物理接口标准。

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)：一种异步串行通信协议。

SMA天线接口：一种广泛应用于无线通信领域的小型射频连接器。

N型天线接口：一种螺纹锁定的中功率射频同轴连接器。

4 总体要求

4.1 互换性

地下水监测设备应采用模块化的接口设计，连接同一类型的设备接口，应能保证不同品牌设备的互换，接口规格和接线顺序应一致。

4.2 环境适应性

接口应满足地下水监测工作实际使用环境的要求，环境适应性包括但不限于温度、湿热、气压、振动、冲击、淋雨、沙尘和盐雾等。

4.3 稳定性

地下水监测设备接口稳定性满足下列要求：

- 应确保地下水监测系统对各类事件能够迅速响应；
- 接口信号应具备足够的强度、传输能力和较强的抗干扰能力，能够在干扰环境中保持正常的传输和识别，不应有明显衰减或失真；
- 应确保数据传输实时性，数据传输到报率应不小于 99%；
- 应确保对数据准确传输，数据传输误码率应不高于 5%；
- 宜具备冗余性，在接口连接出现故障时，能启用备用连接，保持接口正常运行。

4.4 安全性

地下水监测设备接口安全性应满足下列要求：

- 外部接插件密封性应满足 IP68 防护等级；
- 接口用安装盘、螺栓、定位销、连接器等材料应具有阻燃性；
- 机械结构应坚固耐用，能够承受一定的振动、冲击和环境腐蚀等影响；
- 电气连接应稳定可靠，应有防短路、过压过流、静电等电气安全保护措施；
- 应具有防止数据在传输过程中被窃取或篡改的措施，有保密需求的数据，应采用国产技术加密；
- 接口采用的材料对地下水体环境不能造成环境污染；
- 当接口出现故障时能够及时报警。

4.5 供电电源适应性

地下水监测设备供电电源应根据使用环境和需求在 4 V~36 V 中适配选用。配置北斗通信终端时，供电电源额定电压的下限值宜不低于 12 V。

4.6 可靠性

应在相应的工作环境和负载条件下持续稳定运行，无故障工作时间应不少于 25 000 h。

4.7 运维保障性

地下水监测设备接口应具备配置管理、维护升级的能力，应满足下列要求：

- a) 接口应支持参数配置和固件更新，数据中心平台软件系统宜提供配置管理界面；
- b) 接口更新升级时应前向兼容，确保更新后能够兼容并支持旧版本的功能和数据。

4.8 其他

除符合本文件规定外，地下水监测设备接口相关要求还应符合GB/T 51040的规定。

5 组成

5.1 分类

地下水监测设备接口主要分为：

- a) 遥测终端机和传感器之间的接口；
- b) 遥测终端机和电源之间的接口；
- c) 遥测终端机和通信设备之间的接口；
- d) 遥测终端机和天线之间的接口；
- e) 备用接口。

5.2 接口类型

地下水监测设备使用的主要接口类型包括：

- a) RS-485、RS-232-C、SDI-12 等串行接口；
- b) 4 mA~20 mA 模拟量接口；
- c) SMA 接口；
- d) N 型接口。

6 接口要求

6.1 基本规定

6.1.1 接口连接器的外观应无明显的机械性和结构性损伤，标识标牌应清晰完整。

6.1.2 遥测终端机和传感器之间的接口应采用 6 芯圆形航空插头连接器，遥测终端机与北斗通信终端之间的接口应采用 4 芯航空插头连接器。

6.1.3 航空插头连接器应符合下列规定：

- a) 具备螺纹锁紧、卡口式插拔等连接机制，确保连接的机械、电气、信号和数据传输的稳定性；
- b) 航空插头母头应设置在遥测终端机上，安装时，母头定位卡槽应向上，公头应按顺时针旋转方向插入，应保证接插顺序的唯一性；
- c) 应具有可靠的互换性，应具有在电子商场等便携获取的渠道。

6.1.4 遥测终端机和电源之间的接口应符合下列要求：

- a) 宜具有安全保护装置和防呆电源插头；
- b) 采用干电池供电的地下水监测设备，其电池仓应和遥测终端机进行结构一体化设计，采用机械接触式接口，通过金属弹簧或弹片与电池正负极接触供电。
- c) 采用非干电池供电的地下水监测设备，其电池仓应和遥测终端机进行结构分体式设计，通过防呆电源插头接触供电，通过遥测终端机结构外壳实现防水。且具备扩展充电接口的能力，满足北斗和非北斗多种环境使用；
- d) 电源接口连接器、导线应耐高低温，避免低温脆化、高温老化。

6.1.5 遥测终端机与通信模组之间应使用 UART 接口，MINI PCI-E 可插拔接口。

6.1.6 遥测终端机与无线通信模组接口连接方式宜采用可插拔方式。

6.1.7 同一尺寸规格的航空插头，应能实现不同品牌之间的互换。

6.1.8 遥测终端机与移动端之间的通信宜采用蓝牙连接。

6.1.9 遥测终端机与通信天线之间宜采用 SMA 接口。

- 6.1.10 通信和供电应集成在同一个接口中。
- 6.1.11 应配置备用接口。

6.2 材料要求

6.2.1 6芯航空插头插针和插孔的芯体材料宜选用 GB/T 20878—2024 表 1 中统一数字代号 S30408 不锈钢材料或 GB/T 5231—2022 表 3 中牌号为 HPb59—1 的铅黄铜材料制成，芯体宜采用镀金工艺，并应符合下列规定：

- a) 导电率应不低于 70% IACS；
- b) S30408 不锈钢材料力学性能应符合 GB/T 1220—2007 中表 6 的规定，HPb59—1 铅黄铜的力学性能应符合 GB/T 4423—2020 中 4.3 的要求；
- c) 耐腐蚀性能应符合 GB/T 1220—2007 中表 11 和表 12 的规定；
- d) 耐高低温性能：低温限值-60℃，高温限值 100℃；
- e) 防护性能应不低于 IP68；
- f) 选用其他材料的，其性能应不低于 6.2.1a)～e) 的要求。

6.2.2 4芯航空插头的主体材料应在聚碳酸酯（PC）、塑料（ABS）和改性尼龙（PA+GF）等中选用，其材料性能应不低于 6.2.1a)～e) 的要求。

6.3 结构要求

6.3.1 接口连接应牢固无松动，插针和插孔无歪斜、退缩或变形；线缆与插头之间应焊接牢固无松动或脱落。

6.3.2 遥测终端机与压力式传感器之间的通信线缆宜采用绝压方式。含有通气管的设备应保证能够自然承压，并应同时隔离水汽。

6.3.3 遥测终端机与无线通信模组接口连接方式宜采用可插拔方式。

6.3.4 结构一体化设计的电池仓接口设计应符合下列要求：

- a) 一次性。具有显著的正负极、电池型号、供电电压等标识；
- b) 可充电。使用可充电电池时，配备专用充电装置或直充接口。

6.3.5 分离式一体化设计的电池仓接口设计应符合下列要求：

- a) 一次性。电池组采用一体化封装和防尘设计，对外供电接口应采用 2 芯、公头 XT 系列防呆电源接头，正方形接触部位为电源正极接触点，非正方形接触部位为电源负极接触点。
- b) 可充电。电池组采用一体化封装和防尘设计，对外供电接口应采用 2 芯、公头 XT 系列防呆电源接头，对内充电接口应采用 2 芯、母头 XT 系列防呆电源接头。正方形接触部位为电源正极接触点，非正方形接触部位为电源负极接触点。

6.4 信号要求

6.4.1 传感器可选用的信号接口应符合表 1 的规定。

表1 传感器信号接口

传感器	接口类型
浮子式水位传感器	RS-485, RS-232C, 专用接口
压力式水位传感器	RS-485, RS-232C, 4 mA~20 mA
导波式雷达水位传感器	RS-485, RS-232C, 4 mA~20 mA
水温传感器	RS-485, RS-232C, 4 mA~20 mA, SDI-12
水质传感器	RS-485, RS-232C, 4 mA~20 mA

6.4.2 遥测终端机与传感器之间的信号应符合下列要求：

- a) 宜使用 RS-485 通信，通信协议应采用符合附录 A 规定的 Modbus-RTU 协议，通信协议测试运行示例见附录 B；
- b) 串行接口 RS-232-C 通信采用 3 线制，波特率应采用 9600 bps，线缆长度宜不超过 15 m；
- c) 串行接口 RS-485 通信采用 2 线制，波特率应用 9600 bps，线缆长度应与监测井深度匹配；

- d) 模拟量接口信号通信采用4线制，应采用4 mA~20 mA 电流输出，ADC 采集位数应不低于14位，应与水位变幅、数据精度要求相匹配。
- 6.4.3 浮子式水位传感器采用专用接口时，应转换成RS-485通信接口。
- 6.4.4 遥测终端机与通信设备采用串行接口信号连接，应符合6.4.2b) c)的要求。
- 6.4.5 遥测终端机与数据平台之间的通信协议应采用SL 651的要求。
- 6.4.6 遥测终端机与移动端之间蓝牙通信协议应符合附录C的规定，测试运行示例见附录D。

6.5 电源要求

- 6.5.1 供电电源应能稳定可靠供电，应支撑低功耗模式，设备休眠时，电源输出电流应降至微安级。
- 6.5.2 应能适应-40℃~80℃的工作环境。
- 6.5.3 应能在额定电压的偏差范围内正常稳定供电，确保地下水监测设备能正常工作。
- 6.5.4 供电电源更换应具有便捷性，常规场景下快速更换电源的时间应不超过30 min；复杂场景下更换的时间应不超过120 min。

6.6 引脚定义

6.6.1 6芯航空插头

6芯航空插头宜采用RS-485信号，其引脚定义应符合表2的规定，母头定位槽正下方为序号1的引脚，按顺时针顺序排序。

表2 6芯航空插头母头引脚定义表

引脚序号	1	2	3	4	5	6
符号	VCC	GND	485A	485B	RX	TX
定义	电源	地	差分信号+	差分信号-	接收数据	发送数据

6.6.2 4芯航空插头

4芯航空插头采用的信号包括串行接口信号和模拟量信号，其引脚定义应分别符合表3、表4的规定，母头定位槽正下方左侧为序号1的引脚，按顺时针顺序排序。

表3 4芯航空插头串行信号母头引脚定义表

引脚序号	1	2	3	4
符号	GND	RX	TX	VCC
定义	地	接收数据	发送数据	电源

表4 4芯航空插头模拟量信号母头引脚定义表

引脚序号	1	2	3	4
符号	GND	4 mA~20 mA	4 mA~20 mA	VCC
定义	地	电流(+)	电流(-)	电源

6.7 尺寸

航空插头尺寸应在M8、M12、M16、M20的系列规格中选用，宜选用M16。

7 试验方法

7.1 试验要求

- 7.1.1 试验设备应经检定合格，专用测试设备的准确度应高于被测产品的准确度，其误差应不大于被测产品允许误差的0.3倍；其他测试设备的精度应高于被测参数精度指标。
- 7.1.2 试验前可对地下水监测设备的接口进行常规性能检查测试，试验过程中不应对地下水监测设备

进行调整。

7.2 试验项目

7.2.1 实验室环境

实验室环境下，地下水监测设备接口检测项目包括但不限于：

- a) 外观；
- b) 气候环境适应性；
- c) 互换性；
- d) 接口机械连接；
- e) 外壳防护；
- f) 电源拉偏；
- g) 抗拉强度；
- h) 耐腐蚀；
- i) 通信协议；
- j) 机械环境适应性。

7.2.2 现场环境

现场环境下，地下水监测设备接口检测项目包括但不限于：

- a) 外观；
- b) 互换性；
- c) 接口连接；
- d) 电池更换；
- e) 供电电压；
- f) 数据到报率；
- g) 数据误码率；
- h) 运维保障性。

7.2.3 其他

接口材料性能可根据需要选做。

7.3 试验方法

7.3.1 实验室环境

7.3.1.1 外观

目测和手动检查，查验接口外观表面有无机械损伤和结构性缺陷、标识标牌是否清楚完整、引出线缆是否有破损等外观情况，记录测试情况。

7.3.1.2 气候环境适应性

用高低温交变湿热试验箱，按GB/T 9359的规定的试验方法，对接口连接器进行测试，测试完成后，用万用表检测接口连接的导通性和电源输出的稳定性。记录测试情况。

7.3.1.3 互换性

接口互换性检测按下述步骤进行：

- a) 准备不少于3种不同品牌的航空插头，每种航空插头不少于3种规格；
- b) 用游标卡尺测量航空插头尺寸，选取不少于3个测量点，记录测量值，计算平均值；
- c) 准备好测试专用航空插座；
- d) 将航空插头与插座完全插合，确保锁紧到位；
- e) 用万用表测试引脚信号的通断情况，查看信号连接的导通性；
- f) 用万用表测试任意两个不同引脚间的通断情况，查看短路的情况；
- g) 给插头接入额定电源，用万用表测试插座侧的电源引脚输出电压，查看电源的输出能力；

- h) e) f) g)的3类测试, 每类测试不少于3次;
- i) 用同一测试专用航空插座, 将不同品牌、每种规格按d)~h)的步骤进行测试;
- j) 检查并记录测试情况。

7.3.1.4 接口连接

按7.3.1.2a)~d)的步骤, 手动检查接口连接是否牢固无松动, 插针和插孔是否歪斜、退缩或变形; 线缆与插头之间焊接是否牢固无松动或脱落。记录测试情况。

7.3.1.5 外壳防护

按GB/T 4208的规定进行测试, 检查并记录测试情况。

7.3.1.6 电源拉偏

按GB/T 15966规定的方法进行测试, 检查并记录测试情况。

7.3.1.7 抗拉强度

将连接器插头与插座完全插合, 确保锁紧到位, 固定在万能材料试验机上, 加载500 Mpa拉伸负荷进行拉伸试验, 试验后, 用万用表测试连接器通断、电源输出情况, 检查并记录测试情况。

7.3.1.8 耐腐蚀

将连接器插头与插座完全插合, 确保锁紧到位, 放置在盐雾试验箱中, 按GB/T 9359规定的方法进行测试, 检查并记录测试情况。

7.3.1.9 通信协议

模拟地下水监测工作状态, 将遥测终端机、接口连接器、传感器、数据接收平台等组网, 发送监测要素模拟信号, 执行附录B、D的运行示例, 检查并记录数据传输的情况。

7.3.1.10 机械环境适应性

将接口连接器与地下水监测设备连接, 固定在测试工作台上, 按GB/T 9359的规定的的方法进行振动和跌落试验, 记录并检查测试情况。

7.3.2 现场环境

7.3.2.1 外观

用目测和手检方法, 对连接器外观进行检查, 记录测试情况。

7.3.2.2 互换性

以遥测终机上母头接口为测试插座, 按7.3.1.3的方法进行测试, 检查并记录测试情况。

7.3.2.3 接口连接

使用目测和手检的方法, 对接口连接器的连接情况进行检查, 记录测试情况。

7.3.2.4 电池更换

根据现场环境, 使用备用电池, 用秒表计时, 不少于3人进行电池更换测试, 检查并记录测试情况。

7.3.2.5 供电电压

地下水监测设备处于工作状态时, 用万用表检查供电电源的输出电压, 检查并记录测试情况。

7.3.2.6 数据到报率

地下水监测设备处于工作状态时, 通过数据平台, 读取日到报、月到报数据, 检查并记录测试情况。

7.3.2.7 数据误码率

地下水监测设备处于工作状态时，通过数据平台，读取不少于100组的连续监测数据，检查并记录测试情况。

7.3.2.8 运维保障性

地下水监测设备正常工作状态下，查看数据平台的运行情况和监控软件的功能实操情况，记录测试情况。

7.3.3 其他

接口连接器的材料性能按GB/T 4423—2020、GB/T 5231—2022、GB/T 20878—2024规定的方法进行测试，检查并记录测试情况。

附录 A
(规范性)
Modbus-RTU 协议

A.1 Modbus-RTU 传输模式

A.1.1 设备与传感器之间通信采用Modbus-RTU协议，遥测终端机为主机，传感器为从机；出厂默认串口通信波特率为9600 bps，字节帧结构为1个起始位，8个数据位，1位停止位，偶校验，低位在前，高位在后。

A.1.2 Modbus-RTU传输模式帧结构应符合表A.1规定。

表A.1 Modbus-RTU 传输模式帧结构

序号	名称	字节数	说明
1	通信地址	1	从机设备地址，1~247(0x01~0xF7)，FF为广播地址。
2	功能码	1	指示从机所要发生的请求操作命令，可以是标准的或是用户自定义的功能码，取值为1~127(公共功能码、自定义功能码、保留功能码)，每个取值对应一种操作命令。
3	数据流	0~252	完成请求命令操作所必须的数据信息，如地址、数据等，最大252字节。
4	CRC16 校验码	2	CRC 校验位，低字节在前，高字节在后。

A.1.3 Modbus-RTU传输模式下主机请求帧和从机应答帧结构相同，且子节点地址和功能码内容相同，只是数据流和CRC校验码有区别。

A.2 功能码描述

Modbus-RTU协议中的功能码规定了协议数据访问操作类型，可以完成单比特操作、16比特操作(寄存器操作)、文件记录访问等功能。传感器支持四种功能码的响应，分别为查询从机地址、读寄存器操作、写寄存器操作、读文件记录操作，功能码的定义应符合表A.2的规定。

表A.2 功能码定义

序号	功能码	说明
1	6EH	查询从机通信地址
2	03H	读单个或多个连续寄存器
3	10H	写单个或多个连续寄存器
4	14H	读文件记录

注：传感器仅支持上述四种功能码，当发送不支持的功能码时，产品会返回异常响应，指示功能码不存在。

A.3 查询地址

查询设备通信地址，当设备通信地址发生变化而用户又不知当前地址时可通过6EH功能码查询，即读取设备地址寄存器(0x0012)中的数值，6EH功能码请求帧数据为固定值，用户可通过此命令测试产品是否正常。6EH请求帧格式应符合表A.3的规定，6EH应答帧格式应符合表A.4的规定。

表A.3 6EH 请求帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	FFH
2	功能码	1	6EH
3	寄存器地址	2	0x0012，即为产品地址寄存器地址
4	寄存器数量	2	00 01
5	CRC 校验码	2	CRC16，低字节在

表A.4 6EH 应答帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	FFH
2	功能码	1	6EH
3	返回字节数	1	XXH
4	寄存器值	2	00 XXH, 寄存器值低八位即为设备地址
5	CRC 校验码	2	CRC16, 低字节在前

A.4 读寄存器

读单个或多个寄存器,用03H功能码读取产品的参数寄存器、数据寄存器和状态寄存器。03H请求帧格式应符合表A.5的规定,03H应答帧格式应符合表A.6的规定。

表A.5 03H 请求帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	XXH, 当前连接设备的有效地址(0x01~0xF7)
2	功能码	1	03H
3	起始地址	2	XXXXH, 要读取的单个寄存器地址或是多个连续寄存器块的首地址
4	寄存器数量	2	XXXXH, 单个寄存器时为0001H, 多个寄存器时为寄存器实际数量N
5	CRC 校验码	2	CRC16, 低字节在前

表A.6 03H 应答帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	XXH, 与请求帧中从机地址相同
2	功能码	1	03H
3	字节数	1	XXH, 返回数值为请求帧中寄存器数量N乘以2, 即N*2
4	寄存器内容	N*2	为请求帧中要读取的寄存器的内容, 高字节在前, 低字节在后
5	CRC 校验码	2	CRC16, 低字节在前

A.5 写寄存器

写单个或多个寄存器,用10H功能码配置产品的参数寄存器,完成设备地址、串口格式、采样时间、零点调整等参数设置。10H请求帧格式应符合表A.7的规定,应答帧格式应符合表A.8的规定。

表A.7 10H 请求帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	XXH, 当前连接设备的有效地址(0x01~0xF7)
2	功能码	1	10H
3	起始地址	2	XXXXH, 要读取的单个寄存器地址或是多个连续寄存器块的首地址
4	寄存器数量	2	XXXXH, 单个寄存器时为0001H, 多个寄存器时为寄存器实际数量N
5	字节数	1	命令要配置的寄存器数据量N乘以2
6	配置字	N*2	要写入指定参数寄存器中的数据内容, 高字节在前, 低字节在后
7	CRC 校验码	2	CRC16, 低字节在前

表A.8 10H 应答帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	XXH, 当前连接设备的有效地址(0x01~0xF7)
2	功能码	1	10H
3	起始地址	2	XXXXH, 为请求帧中的起始地址
4	寄存器数量	2	为请求帧中的寄存器数量
5	CRC 校验码	2	CRC16, 低字节在前

A.6 异常响应

从机根据主机的Modbus请求命令可以建立两种类型的响应，一种为上述3种正常Modbus响应，另一种为异常Modbus响应，用来为从机提供处理过程中发现的差错相关的信息。异常响应功能码=请求功能码+0x80，并提供一个异常码来指示异常原因，如执行非法功能码、寄存器地址错误、寄存器数量超出范围等。异常响应帧格式应符合表A.9的规定，异常码格式应符合表A.10的规定。

表A.9 异常响应帧格式

序号	名称	字节数	说明
1	从机地址	1	与请求帧中地址相同
2	功能码	1	请求帧中功能码+80H
3	异常码	1	指示异常原因
4	CRC校验码	2	CRC16，低字节在前

表A.10 异常码

序号	名称	异常原因	说明
1	0x01	功能代码错误	指定了不存在的功能码
2	0x02	寄存器地址出错	指定了不能使用的寄存器号的相对地址
3	0x03	寄存器数量出错	指定的寄存器号超出其存在的范围

A.7 寄存器列表

传感器内部寄存器分为数据寄存器和参数寄存器。表A.11中寄存器长度是指寄存器的个数，数据类型分为2字节INT、2字节UINT和4字节ULONG型数据，寄存器属性有只读(R)和可读写(R/W)两种。参数寄存器应符合表A.11的规定。

表A.11 参数寄存器列表

序号	寄存器名称	寄存器地址	寄存器长度	数据类型	属性	说明
1	通信地址	0018	1	UINT	R/W	地址可设置为1~247
2	波特率	0019	1	UINT	R/W	2字节整型，波特率设置： 1-9600、2-19200、 3-38400、4-57600 默认值1，即9600bps
3	校验位	0020	1	UINT	R/W	2字节整型，校验位设置： 0-奇校验、1-偶校验、 2-无校验(2位停止位)、 3-无校验(1位停止位)； 默认值1，偶校验、1位停止位
4	密度	0022	2	ULONG	R/W	4字节长整型，被测液体密度，单位为kg/m ³
5	零点偏移	0024	2	ULONG	R/W	4字节长整型，负数按二进制补码存储，单位为毫米(mm)

A.8 数据寄存器

传感器每执行一次采集后，会将水位、水温、水压、水质等数据写入数据寄存器中，用户可以根据寄存器地址使用03H功能码读取相应参数，可以读取单个参数或同时多个参数读取。数据寄存器列表信息应符合表A.12的规定。

表A.12 数据寄存器列表

序号	寄存器名称	寄存器地址	寄存器长度	数据类型	属性	说明
1	水位	0002	2	ULONG	R	水位，即传感器探头到水面的距离，4字节长整型，单位 mm
2	水温	0004	1	INT	R	温度，2字节整型，寄存器数值为有符号数据，实际温度为寄存器值除以 10，单位℃
3	水压	0005	2	ULONG	R	水压，4字节长整型，单位 Pa
4	pH	0007	1	UINT	R	pH，2字节整型，实际 pH 为寄存器值除以 100
5	电导率	0008	2	ULONG	R	电导率，4字节长整型，单位 uS/cm
6	氧化还原电位	0010	1	INT	R	氧化还原电位，2字节整型，寄存器数值为有符号数据，单位 mV
7	浊度	0011	1	UINT	R	浊度，2字节整型，实际浊度为寄存器值除以 100，单位 NTU

附录 B
(资料性)
Modbus-RTU 协议运行示例

B.1 读寄存器功能码使用示例

从地址为95的产品中读取水位、温度和水压值，即可使用03H功能码读取起始地址为0x0001的5个连续寄存器(水位2个，温度1个，水压2个)，设备请求数据帧见表B.1，设备应答数据帧见表B.2。

表B.1 请求数据帧

从机地址	功能码	起始地址	寄存器数量	CRC 校验码
5F	03	00 01	00 05	D9 77

表B.2 应答数据帧

从机地址	功能码	字节数	寄存器内容	CRC 校验码
5F	03	0A	00 00 00 00 01 23 00 00 00 00	36 7E

B.2 写寄存器功能码使用示例

配置地址为95的从设备的波特率为9600 bps，校验位为偶校验，即可使用10H功能码配置起始地址为0x0013的2个连续寄存器。从参数寄存器列表中查得波特率寄存器地址0x0013，9600 bps对应配置字为0x0001；校验位寄存器地址为0x0014，偶校验配置字为0x0001，设备请求数据帧见表B.3，设备应答数据帧见表B.4。

表B.3 请求数据帧

从机地址	功能码	起始地址	寄存器数量	字节数	配置字	CRC 校验码
5F	10	00 13	00 02	04	00 01 00 01	17 5F

表B.4 应答数据帧

从机地址	功能码	起始地址	寄存器数量	CRC 校验码
5F	10	00 13	00 02	BD 73

B.3 读寄存器功能码使用示例

B.3.1 从数据寄存器读取水位数据示例：寄存器值00 00 03 E8 表示水位为1000 mm。

B.3.2 从数据寄存器读取水温数据示例：寄存器值00 6C表示温度为10.8 °C；寄存器值FF 94表示温度为-10.8 °C。

附录 C (规范性) 蓝牙协议

C.1 通信功能

通过蓝牙通信，应能实现但不限于下述功能：

- a) 地下水监测设备基本信息的获取；
- b) 地下水监测设备参数的获取、设置；
- c) 查询地下水监测设备实时数据；
- d) 地下水监测设备时钟查询、设置；
- e) 恢复终端出厂设置；
- f) 初始化固态存储数据；
- g) 地下水监测设备人工置数；
- h) 零点校准。

C.2 帧结构介绍

蓝牙通信采用帧结构+JSON格式正文进行数据传输，格式应符合表C.1的规定。

表C.1 蓝牙协议帧结构格式

序号	名称		字节数	说明
1	帧头	head	1Byte	固定字节头，0x73
		len	2Byte	2个字节，使用网络字节序（高字节在前），表示topic和payload的总长度
		topic	不定长字符串	通信主题，参考下面的通信主题列表，包含\0结束符
2	正文	payload	根据不同的topic决定	主题对应的正文，可以为空
3	帧尾	CRC	2Byte	计算从head到payload结束的数据内容，生成多项式是 $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$

C.3 通信主题

蓝牙通信主题应符合表C.2的规定。

表C.2 通信主题

序号	协议		主题
1	属性	获取属性	props/get
		获取属性应答	props/get/ack
		设置属性	props/set
		设置属性应答	props/set/ack
2	变量	获取变量	sensor/get
		获取变量应答	sensor/get/ack
		设置变量	sensor/set
		设置变量应答	sensor/set/ack
3	配置	获取配置	config/get
		获取配置应答	config/get/ack
		设置配置	config/set
		设置配置应答	config/set/ack
4	功能	功能调用	func/{name}
		功能调用应答	func/{name}/ack

C.4 状态码定义

状态码用于表示执行结果，命令响应帧，其定义应符合表C.3的规定。

表C.3 状态码定义

序号	状态码	英文	中文	说明
1	2**		成功	
2	200	OK	成功	
3	4**	监测设备端发生的错误		
4	400	Request Error	请求错误	比如：参数错误
5	401	Unauthorized	要求用户的身份认证	
6	404	Not Found	资源不存在	比如：无此数据资源
注：以上为基本状态码，可根据自身实现自行扩展。				

附录 D
(资料性)
蓝牙协议运行示例

D.1 功能报文示例与说明

D.1.1 地下水自动监测设备基本信息的获取

获取地下水自动监测设备基本信息 (topic=props/get) 报文格式见表D.1, 地下水自动监测设备的响应帧格式见表D.2。

表D.1 获取地下水自动监测设备基本信息 (topic=props/get)

通信主题	props/get
正文	{ "data" : { "path" : " device" } }
完整报文 示例	73 00 24 70 72 6F 70 73 2F 67 65 74 00 7B 22 64 61 74 61 22 3A 7B 22 70 61 74 68 22 3A 22 73 79 73 74 65 6D 22 7D 7D 85 92

表D.2 获取地下水自动监测设备基本信息 (响应帧)

通信主题	props/get/ack
正文	{ "code": 200, "data": { "device": { "hwVer": "V10.10.00", "swVer": "V10" } } }
注: 获取地下水自动监测设备基本信息中patch的内容依照层级可修改的, 为空表示获取全部, 如果获取固定的某个组或者某个属性, 可以赋值到具体, 例如"path": "device.swVer"表示获取device组下的swVer属性。	

D.1.2 地下水自动监测设备参数的获取、设置

D.1.2.1 获取地下水自动监测设备参数 (topic=config/get) 报文格式见表 D.3, 地下水自动监测设备的响应帧格式见表 D.4。

表D.3 获取地下水自动监测设备参数 (topic=config/get)

通信主题	config/get
正文	{ "data" : { "path": "runParam" } }

表D.4 获取地下水自动监测设备基本信息（响应帧）

通信主题	config/get/ack
正文	<pre>{ "code": 200, "data": { "runParam": { "reportRule":24, "timingOffset":8 } } }</pre>

D.1.2.2 设置地下水自动监测设备参数（topic=config/set）报文格式见表 D.5，地下水自动监测设备的响应帧格式见表 D.6。

表D.5 设置地下水自动监测设备参数（topic=config/get）

通信主题	config/set
正文	<pre>{ "data": { "runParam": { "reportRule":24, "timingOffset":8 } } }</pre>

表D.6 设置地下水自动监测设备基本信息（响应帧）

通信主题	config/set/ack
正文	<pre>{ "code": 200 }</pre>

D.1.3 查询地下水自动监测设备实时数据

查询地下水自动监测设备实时数据（topic=sensor/get）报文格式见表D.7，地下水自动监测设备的响应帧格式见表D.8。

表D.7 获取地下水自动监测设备参数（topic=sensor/get）

通信主题	sensor/get
正文	<pre>{ "data": { "path": " " } }</pre>

表D.8 获取地下水自动监测设备基本信息（响应帧）

通信主题	sensor/get/ack
正文	<pre>{ "code": 200, "data": { "airTemp":25, "airPressure":1000 "depth":1.2, "waterTemp":14, "waterPressure":1800 } }</pre>

	}
--	---

D.1.4 地下水自动监测设备时钟查询、设置

地下水自动监测设备时钟查询 (topic=func/timeGet) 报文格式见表D.9, 地下水自动监测设备的响应帧格式见表D.10, 地下水自动监测设备时钟设置 (topic=func/timeSet) 报文格式见表D.11, 地下水自动监测设备时钟设置 (响应帧) 见表D.12。

表D.9 地下水自动监测设备时钟查询 (topic=func/timeGet)

通信主题	func/timeGet
正文	{

表D.10 地下水自动监测设备时钟查询 (响应帧)

通信主题	func/timeGet/ack
正文	{ "time": "1742776303", //UTC 时间戳 "zone": 480 //时区偏移, 单位: min }

表D.11 地下水自动监测设备时钟设置 (topic=func/timeSet)

通信主题	func/timeSet
正文	{ "time": "1742776303", //UTC 时间戳 "zone": 480 //时区偏移, 单位: min }

表D.12 地下水自动监测设备时钟设置 (响应帧)

通信主题	func/timeSet/ack
正文	{ "code": 200 }

D.1.5 恢复出厂设置

恢复出厂设置 (topic=func/restory) 报文格式见表D.13, 地下水自动监测设备的响应帧格式见表D.14。

表D.13 恢复出厂设置 (topic=func/restory)

通信主题	func/restory
正文	{

表D.14 恢复出厂设置 (响应帧)

通信主题	func/restory/ack
正文	{ "code": 200 }

D.1.6 初始化固态存储数据

初始化固态存储数据 (topic=func/dataDelete) 报文格式见表D.15, 地下水自动监测设备的响应帧格式见表D.16。

表D.15 初始化固态存储数据 (topic=func/dataDelete)

通信主题	func/dataDelete
正文	{ "table": "sensor" }

表D.16 初始化固态存储数据（响应帧）

通信主题	func/dataDelete/ack
正文	{ "code": 200 }

D.1.7 零点校准

零点校准（topic=config/set）报文格式见表D.17，地下水自动监测设备的响应帧格式见表D.18。

表D.17 获取地下水自动监测设备参数（topic=config/set）

通信主题	config/set
正文	{ "data": { "pwlParam": { "zeroOffset": 600 } } }

表D.18 获取地下水自动监测设备基本信息（响应帧）

通信主题	config/set/ack
正文	{ "code": 200 }

D.2 地下水自动监测设备属性定义表

地下水自动监测设备定义的属性表见D.19，用于存放属性字段。配合表D.19地下水自动监测设备属性定义总览、表D.20地下水自动监测设备基本属性表、表D.21地下水自动监测设备网络信息属性表、表D.22地下水自动监测设备外设信息属性表，可实现灵活的属性获取和设置功能。

表D.19 地下水自动监测设备属性定义总览

字段	意义	读写权限	备注
device	地下水自动监测设备基本属性的总节点	只读	基本属性的总节点，下面存放着版本号等属性，不随运行而发生变化。
sys	地下水自动监测设备系统信息的总节点	只读	地下水自动监测设备系统信息属性的总节点，下面存放着系统运行信息的属性，例如内存使用率、服务器链接状态等。
net	地下水自动监测设备网络信息的总节点	只读	地下水自动监测设备网络属性的总节点，下面包含通信模组相关的属性，例如无线信号强度、imsi等属性。
dev	地下水自动监测设备外设信息的总节点	只读	地下水自动监测设备外设信息的总节点，下面包含电池电压、电量等属性。

上表中介绍的字段，以 json 格式呈现如下：

```
{
  "device": {},
  "sys": {},
  "net": {},
  "dev": {}
}
```

表D. 20 地下水自动监测设备基本属性表

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
model	设备型号	只读	字符串	
devsn	设备 sn	只读	字符串	
vendor	设备生产厂商	只读	字符串	
swVer	软件版本号	只读	字符串	
hwVer	硬件版本号	只读	字符串	
上表介绍的是对应表 36 的“device”及其所包含的属性，实际的 json 格式如下：				
<pre>{ "model": "设备型号", "devsn": "设备 sn", "vendor": "生产厂商", "hwVer": "硬件版本号" "swVer": "软件主版本号" }</pre>				

表D. 21 地下水自动监测设备网络信息属性表

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
modem	通信模组属性的总节点	只读		
lccid	sim 卡号	只读	字符串	
simSts	SIM 卡状态	只读	Int	0-未识别, 1-已识别
csq	无线信号强度	只读	Int	
上表介绍的是对应表 36 的“net”及其所包含的属性，实际的 json 格式如下：				
<pre>{ "modem": { "simSts": 0, "csq": 0, "lccid": "SIM 卡卡号" } }</pre>				

表D. 22 地下水自动监测设备外设信息属性表

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
battery	电池信息节点	只读		
voltage	电压	只读	Float	
percent	剩余电量	只读	Float	
上表介绍的是对应表 36 的“dev”及其所包含的属性，实际的 json 格式如下：				
<pre>{ "battery": { "voltage": 11.65, "percent": 82.5 } }</pre>				

D. 3 地下水自动监测设备变量定义表

该表介绍了地下水自动监测设备定义的变量表，用于存放变量字段。配合表D. 23的通信主题，可实现灵活的变量获取和设置功能。

表D. 23 地下水自动监测设备变量定义表

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
depth	埋深	只读	Float	
waterTemp	水温	只读	Float	
waterPressure	水压	只读	Float	

airTemp	气温	只读	Float	
airPressure	气压	只读	Float	
ph	PH 值	只读	Float	
cond	电导率	只读	Float	
redox	氧化还原电位	只读	Float	
turb	浊度	只读	Float	

上表介绍的是地下水自动监测设备变量，实际的 json 格式如下：

```
{
  "depth":1.2,
  "waterTemp":14,
  "waterPressure":1800,
  "airTemp":25,
  "airPressure":1000,
  "ph":7,
  "cond":1,
  "redox":1,
  "turb":0.2
}
```

D.4 地下水自动监测设备配置定义表

地下水自动监测设备定义的配置表见D.24，用于存放配置字段。配合表D.24地下水自动监测设备配置定义总览、表D.25地下水自动监测设备运行配置表、表D.26地下水自动监测设备压力水位计配置表、表D.27地下水自动监测设备基础配置表，可实现灵活的配置获取和设置功能。

表D.24 地下水自动监测设备属性定义总览

字段	意义	读写权限	备注
runParam	地下水自动监测设备运行配置的总节点	只读	运行配置的总节点，下面存放着采集间隔等配置。
pwlParam	地下水自动监测设备压力水位计配置的总节点	只读	压力水位计配置的总节点，下面存放着水位密度、零点偏移等信息。
baseParam	地下水自动监测设备基础配置的总节点	只读	基础配置的总节点，下面存放测站地址、通道等信息。

上表中介绍的字段，以 json 格式呈现如下：

```
{
  "runParam": { },
  "pwlParam": { },
  "baseParam": { }
}
```

表D.25 地下水自动监测设备运行配置表 (runParam)

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
reportRule	上报规则	可读可写	Int	单位：无，范围6、24。意为6采一发、24采一发的应用场景。
timingOffset	上报偏移	可读可写	Int	单位：小时，范围1~23。基于reportRule，调整上报时间。例如为8，则为早上8点上报。

实际的 json 格式如下：

```
{
  "reportRule":24,
  "timingOffset":8
}
```

表D. 26 地下水自动监测设备压力水位计配置表

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
waterDens	水密度	可读可写	Float	地下水检测水位点的水密度。单位：kg/m ³
zeroOffset	水位零点偏移	可读可写	Float	水位零点偏移，单位：米。当测量零点比实际零点低 100mm 时候，即 Z 测量-Z 实际=-100m。该参数配置为-100。
installHeight	压力水位计安装高度	可读可写	Float	
上表介绍的是对应表 36 的“net”及其所包含的属性，实际的 json 格式如下：				
<pre>{ "waterDens":0.998, "zeroOffset":0.0, "installHeight": 5 }</pre>				

表D. 27 地下水自动监测设备基础配置表

字段	意义	读写权限	字段类型	备注
rsAddr	测站地址	可读可写	字符串	651 协议参数
pw	密码	可读可写	字符串	651 协议参数
channel	通道节点	可读		
chl	通道 1 节点			
csAddr	通道 1 的中心站址	可读可写	Int	651 协议参数
main	通道 1 主通道节点			
type	Main 的通信类型	可读可写	字符串	可选类型： TCP：TCP 通信 UDP：TCP 通信 BD：北斗通信
option	Main 的通信配置	可读可写	字符串	TCP 配置：192.168.8.10:1000 UDP 配置：192.168.8.10:1000 BD 配置：无
standby	通道 1 备用通道节点			
type	standby 的通信类型	可读可写	字符串	可选类型： TCP：TCP 通信 UDP：TCP 通信 BD：北斗通信
option	standby 的通信配置	可读可写	字符串	TCP 配置：192.168.8.10:1000 UDP 配置：192.168.8.10:1000 BD 配置：无
上表介绍的是对应表 36 的“net”及其所包含的属性，实际的 json 格式如下：				
<pre>{ "rsAddr": "2504121518", "pw": "FFFF", "channel": { "chl": { "csAddr": 1, "main": { "type": "", "option": "" } }, "standby": { "type": "", "option": "" } } }</pre>				

```
    }  
  },  
  "ch2": {  
    "csAddr": 1,  
    "main": {  
      "type": "",  
      "option": ""  
    },  
    "standby": {  
      "type": "",  
      "option": ""  
    }  
  },  
  "ch3": {  
    "csAddr": 1,  
    "main": {  
      "type": "",  
      "option": ""  
    },  
    "standby": {  
      "type": "",  
      "option": ""  
    }  
  },  
  "ch4": {  
    "csAddr": 1,  
    "main": {  
      "type": "",  
      "option": ""  
    },  
    "standby": {  
      "type": "",  
      "option": ""  
    }  
  }  
}  
}
```

参 考 文 献

- [1] GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
 - [2] GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
 - [3] GB/T 41368 水文自动测报系统技术规范
 - [4] SL/T 427-2021 水资源监测数据传输规约
 - [5] T/CHES 130 一体化地下水水位计
 - [6] T/CWIS 001-2022 水利监测北斗短报文应用规范
-