

# T/JXEA

## 江西省工程师联合会团体标准

T/JXEA 353-2026

### 智慧水利数据采集与传输规约

Protocol for Data Acquisition and Transmission in Smart Water Conservancy

（征求意见稿）

2026—XX—XX 发布

2026—XX—XX 实施

江西省工程师联合会 发布

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 ..... 1

4 总体要求 ..... 2

5 数据采集规约 ..... 3

6 数据传输规约 ..... 4

7 数据质量控制 ..... 5

8 数据安全性与权限管理 ..... 6

9 系统运行与维护 ..... 7

## 前 言

本文件依据 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。

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XXX提出。

本文件由XXX归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

## 引 言

随着生态文明建设的深入推进，协调水资源开发利用与河流生态保护的关系至关重要。水库生态调度是修复河流水文情势、维护水生生态系统健康的关键举措。为规范水库工程生态调度的设计、运行与管理，提升生态流量保障、鱼类保护、水温水质调控等综合措施的针对性与可操作性，特制定本文件。本文件提供了水库生态调度设计的基本原则、技术方法、调控流程、监测评估与档案管理等方面的系统性指引，旨在推动水库运行从单一功能调度向多目标生态友好型调度转变，促进人水和谐。

# 智慧水利数据采集与传输规约

## 1 范围

本文件规定了智慧水利系统中数据采集与传输的总体要求、数据采集规约、数据传输规约、数据质量控制、数据安全性与权限管理、系统运行与维护等内容。

本文件适用于新建、改建和扩建的水利工程信息化系统，包括水文监测、水库调度、灌区信息化、城市防洪排涝、地下水监测等涉水业务场景的数据采集与传输工作；其他行业涉及水利数据采集传输的可参照执行。

## 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 2260 中华人民共和国行政区划代码  
GB/T 7408 数据元和交换格式——信息交换——日期和时间表示法  
GB/T 11457 信息技术 软件工程术语  
GB/T 20269 信息安全技术 信息系统安全管理要求  
GB/T 21671 基于以太网技术的局域网系统验收测评规范  
GB/T 25068.1 信息技术 安全技术 网络安全 第1部分：综述和概念  
GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求  
GB/T 35274 信息安全技术 大数据服务安全能力要求  
GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则  
SL 61 水文自动测报系统技术规范  
SL 180 水情信息编码  
SL 427 水资源实时监控建设技术导则  
SL/T 789 水利业务数据交换规约  
T/CWHIDA 0001 智慧水利感知网技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智慧水利** smart water conservancy

综合运用物联网、大数据、人工智能、云计算等新一代信息技术，对水利工程和水资源进行感知、分析、调度和服务的现代水利管理模式。

### 3.2

**数据采集规约** data acquisition protocol

规定智慧水利系统中各类传感器、仪器仪表、监测站点进行数据采集的技术标准、采集频率、数据格式及质量要求的一系列规则集合。

### 3.3

**数据传输规约** data transmission protocol

规定智慧水利系统中数据在采集端、传输网络、数据中心之间进行交换的通信协议、报文格式、传输质量要求等技术规范的集合。

### 3.4

**遥测终端机** remote terminal unit; RTU

安装在水利监测站点现场,负责采集各类传感器数据并通过通信网络将数据上传至数据中心的智能终端设备,是智慧水利感知层的核心组成部分。

### 3.5

**数据帧** data frame

在数据传输过程中,按照规定格式封装的一组数据单元,包含帧头、数据标识、时间戳、测量值、校验码和帧尾等组成要素,是智慧水利数据传输的基本单位。

### 3.6

**数据质量控制** data quality control

对采集和传输过程中的数据进行完整性、准确性、合理性和一致性检验,并对异常数据进行标记、剔除和插补的技术过程。

### 3.7

**边缘计算节点** edge computing node

部署在水利现场或区域中心,具备本地数据处理、存储和转发能力的计算设备,可在网络中断情况下实现数据的本地缓存和离线处理,保障数据采集的连续性。

### 3.8

**心跳包** heartbeat packet

由遥测终端机按照固定时间间隔向数据中心发送的状态报告数据包,用于确认终端在线状态、网络连通性及设备运行状况,是系统健康监测的重要手段。

## 4 总体要求

### 4.1 基本原则

智慧水利数据的采集与传输工作,应遵循准确性、实时性、完整性、安全性及可扩展性五项基本原则。具体而言,所采集的数据必须真实反映水利要素的实际状态,其精度与规程应满足业务应用需求;关键监测数据的传输需满足业务时效要求,例如防洪调度数据的延迟不应超过5分钟。系统应通过断点续传、本地缓存等机制保障数据不丢失,确保年度数据完整率不低于98%。在整个数据链路中,须采取严格的加密与访问控制措施,以防范数据泄露、篡改及非法访问。同时,系统架构应具备良好的扩展性,能够支持监测要素、站点与设备类型的灵活增扩,并建议预留不低于30%的容量余量。

### 4.2 系统架构

智慧水利数据采集与传输系统应采用分层架构,自下至上依次为感知层、传输层、平台层和应用层。各层功能如下:

- 感知层:由各类传感器、监测仪表、遥测终端机(RTU)及边缘计算节点组成,负责水位、流量、雨量、水质、工情等要素的现场感知与初步处理;
- 传输层:综合利用光纤专网、4G/5G移动公网、北斗卫星、LoRa等多种通信方式,实现现场数据向平台层的可靠传输;
- 平台层:包括数据接入服务、数据处理服务、数据存储服务和数据共享服务,实现海量水利数据的统一汇聚、清洗、存储和分发;
- 应用层:面向防洪调度、水资源管理、工程安全监测等业务提供数据服务支撑,支持与政务系统、公众服务平台的数据共享。

### 4.3 时间基准

智慧水利系统应统一采用北京时间（UTC+8）作为时间基准。各遥测终端机应具备自动校时功能，宜通过北斗卫星授时或 NTP 网络授时服务进行时钟同步，终端时钟与标准时间偏差不应超过 1 秒。数据时间戳应符合 GB/T 7408 的规定，采用“YYYY-MM-DD HH:MM:SS”格式记录，精度至秒。

### 4.4 标识编码

智慧水利系统中各监测站点、设备和要素均应具有唯一标识编码，编码规则应符合水利部相关标准和 SL/T 789 的规定。站点编码应涵盖行政区划代码（符合 GB/T 2260）、水系代码、站点类型代码和顺序码，总长度不超过 20 位。设备标识应采用设备厂商代码、设备类型代码和产品序列号组合方式，确保全网唯一。

## 5 数据采集规约

### 5.1 采集要素分类

智慧水利系统应采集的数据要素按业务类型分为以下五类：

- a) 水文要素：包括降水量、水位、流量、流速、蒸发量等；
  - b) 水质要素：包括 pH 值、溶解氧、氨氮、总磷、总氮、电导率、浊度等；
  - c) 气象要素：包括气温、相对湿度、风速、风向、气压、日照时数等；
  - d) 工情要素：包括水闸开度、水泵状态、阀门位置、闸坝渗流量、土石坝位移等；
  - e) 设备状态要素：包括 RTU 电压、信号强度、传感器在线状态、存储容量等。
- 各要素的具体分类编码见附录 A。

### 5.2 采集频率

各类监测数据的采集频率需结合业务需求与要素特性动态调整，并区分正常与应急两种工作状态。其中，降水量和水位在常规情况下按标准频率采集，但当进入洪水期或水位超过警戒阈值时，将立即启动应急模式，实施更高频的监测。流量在非汛期采用常规频率，汛期则自动加密；若遇应急状况，采集频率需进一步提升。水质监测在正常情况下定期采样，而一旦发生突发污染事件，将迅速切换至应急监测模式。气象要素通常按常规频率采集，当发布暴雨等灾害性天气预警时，则启动应急高频采集。工情信息的采集在常规状态下按计划进行，在接收特定操作指令时触发应急采集。设备状态在平时实行定期巡检，当系统发出故障告警时，将立即提高状态上报频率，以确保实时掌握运行状况。

### 5.3 传感器技术要求

传感器的选型和安装应满足以下技术要求：

- a) 水位传感器：量程应覆盖历史极值水位上下各 1 m 的范围，精度不低于 $\pm 1$  cm，分辨率不低于 0.1 cm；宜优先选用压力式或雷达式非接触水位计；
- b) 雨量计：应采用翻斗式或压电式雨量计，分辨率不低于 0.1 mm，最大允许误差不超过 $\pm 4\%$ ；
- c) 流量计：可采用超声波流量计或电磁流量计，精度等级不低于 1.5 级，安装应满足直管段上游不少于 10D、下游不少于 5D 的要求（D 为管径）；
- d) 水质传感器：应具备自动清洗功能，在正常水体环境下连续工作时间不少于 72 小时，测量精度应符合 GB/T 相关水质监测标准的要求；
- e) 所有传感器应具备 IP65 及以上防护等级，工作温度范围不低于 $-25^{\circ}\text{C}$ 至 $+60^{\circ}\text{C}$ ，在强电磁环境下应满足 GB/T 17626 系列抗扰度要求。

### 5.4 遥测终端机（RTU）技术要求

RTU 是数据采集的核心设备，应满足以下技术要求：

- a) 硬件性能：主处理器主频不低于 600 MHz，内存不低于 256 MB，本地存储不低于 8 GB；支持 RS-232、RS-485、Modbus 等标准工业接口，具备不少于 8 路模拟量输入和 8 路数字量输入/输出；
- b) 通信能力：应内置 4G/5G 通信模块，支持 2G/3G 降级接入；在无移动信号地区，应配置北斗短报文或 LoRa 等备用通信方式；
- c) 本地缓存：网络中断情况下，RTU 应能本地缓存不少于 30 天的采集数据；网络恢复后自动启动补报程序，补报成功率不低于 99.9%；
- d) 供电保障：应支持 220 V 交流电和太阳能电池板双路供电，配置铅酸蓄电池或锂电池后备电源，断电后应能维持正常工作不少于 7 天；
- e) 环境适应性：防护等级不低于 IP54，工作温度范围-25℃至+65℃，相对湿度 0%~95%（非凝露）；在汛期洪水环境中安装的 RTU 防护等级应不低于 IP65。

## 6 数据传输规约

### 6.1 通信网络选择

智慧水利数据传输应根据站点位置、数据量和时效要求选择合适的通信方式，具体选择原则如下：

- a) 重要水库和大型水闸宜采用光纤专网作为主用通信方式，4G/5G 移动公网作为备用方式；
- b) 一般河流水文站和中小型工程可采用 4G/5G 移动公网作为主用通信方式，北斗短报文作为备用方式；
- c) 偏远地区且数据量较小的站点（如雨量站）可采用北斗卫星或 LoRa 无线方式；
- d) 灌区末端和山洪易发区宜采用 LoRa 或 NB-IoT 组建本地低功耗广域网，汇聚后再通过有线或 4G 方式上传。

### 6.2 传输协议

智慧水利数据传输应采用以下协议规范：

- a) 网络层协议：应采用 TCP/IP 协议族，IP 地址分配应符合国家及水利行业物联网地址规划规范；
- b) 应用层协议：优先采用 MQTT 协议（版本 3.1.1 或 5.0）实现轻量级数据发布/订阅传输；对于需要双向交互的场景，可采用 HTTP/HTTPS 协议；
- c) 现场总线协议：RTU 与传感器之间宜采用 Modbus RTU 或 Modbus TCP 协议，现场仪表宜支持 HART 协议；
- d) 北斗通信：采用北斗三号短报文通信时，应符合中国卫星导航系统管理办公室发布的短报文通信服务规范；
- e) 数据交换格式：平台层数据交换宜采用 JSON 格式，大批量历史数据交换可采用 CSV 格式；数据报文结构应符合 SL/T 789 的规定。

### 6.3 数据帧格式

数据帧是智慧水利数据传输的基本单位，帧结构应包含以下必要字段：

- a) 帧头（Frame Header）：2 字节，固定值 0xAA55，标识数据帧起始；
- b) 版本号（Version）：1 字节，标识规约版本，当前版本为 0x01；
- c) 帧类型（Frame Type）：1 字节，区分实时数据帧（0x01）、补报数据帧（0x02）、心跳帧（0x03）、配置帧（0x04）、应答帧（0x05）；
- d) 站点编码（Station ID）：20 字节，ASCII 码，站点唯一标识；



- e) 时间戳 (Timestamp)：8 字节，Unix 时间戳，精度至秒；
- f) 数据长度 (Data Length)：2 字节，数据区字节数；
- g) 数据区 (Data Field)：变长，包含各要素编码 (4 字节)、数值 (4 字节浮点数) 和质量码 (1 字节) 的顺序排列；
- h) 校验码 (CRC)：2 字节，采用 CRC-16/MODBUS 算法计算，覆盖帧头至数据区结束；
- i) 帧尾 (Frame Tail)：2 字节，固定值 0x55AA。

数据帧格式详细示例见附录 B。

#### 6.4 传输质量要求

数据传输质量应满足以下指标：

- a) 数据传输延迟：实时监测数据从采集到平台入库的端到端延迟不应超过 3 分钟；防洪调度关键数据传输延迟不应超过 1 分钟；
- b) 数据到达率：正常通信条件下，月均数据到达率不应低于 99%；汛期等特殊时期不应低于 99.5%；
- c) 数据完整率：年度数据完整率（含补报恢复后）不应低于 98%；
- d) 通信重连机制：网络中断后 RTU 应在 60 秒内自动尝试重连，最大重连间隔不超过 5 分钟，重连成功后自动触发补报；
- e) 心跳机制：RTU 应每隔 5 分钟向平台发送心跳包，平台连续 2 次未收到心跳包时触发设备离线告警。

#### 6.5 补报机制

当数据传输中断时，系统应具备完善的补报机制：

- a) 本地缓存补报：RTU 在通信中断期间应将采集数据按时间戳顺序存入本地存储；通信恢复后，应自动将缓存数据以补报数据帧形式上传，补报顺序为从早到晚；
- b) 补报速率控制：补报过程应实施流量控制，补报速率不应超过正常传输速率的 200%，避免补报占用大量带宽影响实时数据传输；
- c) 补报超时处理：单次补报超过 24 小时仍未完成时，应优先传输最新数据，已缓存超过 7 天的补报数据标记为历史补报数据单独处理；
- d) 补报确认机制：平台收到补报数据后，应返回含具体时间段的应答帧；RTU 仅在收到确认应答后才删除本地缓存，保障补报数据不丢失。

### 7 数据质量控制

#### 7.1 质量控制层级

数据质量控制分为三个层级，依次在采集端、传输端和平台端实施：

- a) 采集端质量控制（一级）：由 RTU 在本地实施，包括传感器超量程检查、数据格式合法性验证和通信帧完整性校验；
- b) 传输端质量控制（二级）：由边缘计算节点或区域中心实施，包括时间序列连续性检查、相邻站点数据一致性检查；
- c) 平台端质量控制（三级）：在数据中心实施，包括统计分布合理性检验、时空相关性分析、气候阈值检验等系统级质量控制。

#### 7.2 质量码标准

每个采集数据点应附加 1 字节质量码，质量码定义如下：

——0x00：正常，数据通过所有质量检验；

- 0x01: 可疑, 数据存在异常但尚未确认, 需人工复核;
- 0x02: 错误, 数据经检验确认为错误值, 不应用于业务计算;
- 0x03: 缺测, 该时刻数据未采集或通信中断导致数据缺失;
- 0x04: 插补, 缺测数据经合法插补方法估算的替代值;
- 0x05: 维护, 传感器处于维护状态时采集的数据;
- 0xFF: 未知, 质量状态无法确定。

### 7.3 异常数据处理

对于检测出的异常数据, 应按以下规则处理:

- a) 超量程数据: 标记质量码为 0x02, 不进行数据替换, 触发传感器异常告警;
- b) 突变数据: 连续两个采集点变化量超过合理阈值时, 标记为可疑 (0x01), 超过三个采集点后自动升级为错误 (0x02);
- c) 缺测数据插补: 连续缺测时间不超过 1 小时的, 可采用线性插值法进行插补, 标记质量码 0x04; 超过 1 小时的缺测数据不应进行自动插补;
- d) 重复数据: 相同站点、相同时间戳的重复帧, 保留首次到达的数据, 后续重复帧丢弃并记录日志。

### 7.4 数据质量评估

运维管理单位应定期开展数据质量评估, 评估内容应包括:

- a) 数据完整率统计: 按站点、按月度统计各要素的数据完整率, 完整率低于 95% 的站点应在 5 个工作日内排查处理;
- b) 异常数据率统计: 按站点统计月度异常数据 (含错误和可疑) 占比, 异常率超过 5% 时应开展传感器检定和现场核查;
- c) 传感器检定: 列入强制检定目录的计量仪器应按规定周期送检, 检定周期不超过 2 年; 水质传感器应每季度进行一次现场校准。

## 8 数据安全与权限管理

### 8.1 数据加密

智慧水利数据采集与传输全链路应实施数据加密保护:

- a) 传输加密: 涉及重要水库、大型水闸等关键水利设施的数据传输应采用 TLS 1.2 及以上版本或 SM4 国密算法进行加密; 一般水文监测数据传输宜采用 TLS 加密;
- b) 存储加密: 数据中心存储的历史数据中, 涉及水利工程安全的敏感数据应采用 AES-256 或 SM4 算法加密存储;
- c) 密钥管理: 密钥应采用硬件安全模块 (HSM) 或国产密码设备统一管理, 密钥更新周期不超过 1 年, 密钥泄露时应在 24 小时内完成全系统密钥更换。

### 8.2 身份认证与权限控制

系统访问应实施严格的身份认证和权限管理:

- a) 设备认证: RTU 接入平台应采用数字证书或设备密钥进行双向认证, 禁止采用默认用户名和密码; 设备证书有效期不超过 3 年, 到期前 30 天自动触发更新;
- b) 用户权限分级: 系统用户按职能分为系统管理员、运维管理员、数据管理员和普通用户四个等级, 各等级权限应遵循最小权限原则;
- c) 操作审计: 所有配置变更、数据修改和系统管理操作应记录操作日志, 日志保存期限不少

于 6 个月，涉及安全事件的日志应永久保存；

- d) 数据共享管控：向外部系统提供数据共享服务时，应采用 API 网关方式并进行调用频率限制，共享数据中的涉密内容应经脱敏处理后方可开放。

### 8.3 网络安全防护

智慧水利数据采集与传输网络应采取以下安全防护措施，技术要求参照 GB/T 20269 和 GB/T 25068.1 执行：

- a) 网络隔离：数据采集网络与互联网应实施物理或逻辑隔离，重要涉水工程控制系统与数据采集网络之间应部署工业防火墙；
- b) 入侵检测：应部署网络入侵检测系统（IDS），对异常流量、非授权访问和数据异常外发进行实时监控和告警；
- c) 漏洞管理：RTU 固件和平台软件应定期开展安全漏洞扫描，高危漏洞应在 10 个工作日内完成修复；
- d) 灾难备份：数据中心应实现异地容灾备份，重要数据恢复时间目标（RTO）不应超过 4 小时，恢复点目标（RPO）不应超过 1 小时。

## 9 系统运行与维护

### 9.1 系统监控

运维管理单位应建立智慧水利数据采集与传输系统的全面运行监控机制：

- a) 设备状态监控：平台应实时显示所有 RTU 的在线状态、信号强度、电池电压和传感器状态，设备离线后应在 5 分钟内向运维人员推送告警；
- b) 数据流监控：平台应对数据到达率、传输延迟、数据质量等关键指标实施实时监控，任一指标超出阈值时自动发出告警；
- c) 系统资源监控：数据中心应监控服务器 CPU 占用率、内存使用率、存储容量和网络带宽，各项资源预警阈值不应超过 75%；
- d) 告警分级响应：告警等级分为紧急（1 小时内响应）、重要（4 小时内响应）和一般（24 小时内响应）三级，汛期紧急和重要告警响应时限应缩短 50%。

### 9.2 日常维护

运维管理单位应制定日常维护计划，重点包括：

- a) 定期巡检：对所有监测站点应每季度开展一次现场巡检，巡检内容包括传感器清洁、RTU 外观检查、供电系统检查、防雷接地检查和通信信号强度测试；偏远山区站点可适当延长至每半年一次，但遇异常告警须立即处置；
- b) 软件更新：RTU 固件和平台软件应在稳定版本发布后 30 日内评估是否升级，安全补丁应在测试验证后 10 日内部署；软件更新应在非汛期低峰时段进行，并做好更新前备份；
- c) 电池更换：太阳能蓄电池应每 3 年评估容量，容量下降超过 20%时应及时更换；锂电池组应每 5 年强制更换；
- d) 汛前专项检查：每年 4 月底前应对全部站点开展一次汛前专项检查，重点核查防洪设备工情传感器和关键水文站的采集与传输功能，完成汛前检查报告并存档。

### 9.3 档案管理

智慧水利数据采集与传输系统应建立完整的档案管理体系，档案内容应包括：

- a) 系统技术档案：包括系统总体设计方案、设备清单及技术参数、传感器检定证书、通信网络拓扑图等，档案保存年限不少于 10 年；

- b) 运维记录档案：包括巡检记录、故障处理记录、软件升级记录和传感器更换记录，档案保存年限不少于 5 年；
- c) 数据存储档案：原始采集数据应永久保存，质量控制过程记录保存不少于 10 年；
- d) 安全事件档案：网络安全事件、数据异常事件及应急处置过程应完整记录并永久保存。

#### 9.4 应急响应

运维管理单位应制定数据采集与传输系统应急响应预案，重点应对以下场景：

- a) 大范围通信中断：当单一行政区域内超过 30%的站点同时离线时，应立即启动应急响应，调派应急通信车辆或临时卫星通信设备恢复关键站点数据传输；
  - b) 数据中心故障：主数据中心故障时，应在 30 分钟内切换至备用数据中心，确保数据接收服务连续性；
  - c) 网络安全事件：发现疑似网络攻击或数据泄露事件时，应在 2 小时内向主管部门报告，并按 GB/T 20269 的要求启动应急处置程序；
  - d) 应急预案演练：应每年至少开展一次全系统应急响应演练，评估预案的可执行性和响应时效，演练结果应作为预案修订的依据。
-