中华人民共和国行业标准

水运工程自动化监测技术规范

JTS/T 305—2021

主编单位：中交上海三航科学研究院有限公司
批准部门：中华人民共和国交通运输部
施行日期：2021 年 11 月 15 日

人民交通出版社股份有限公司

2021 · 北京

交通运输部关于发布《水运工程自动化监测技术规范》的公告

2021 年第 62 号

现发布《水运工程自动化监测技术规范》(以下简称《规范》)。《规范》为水运工程建设推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 305—2021,自 2021 年 11 月 15 日起施行。

《规范》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题,由主编单位中交上海三航科学研究院有限公司答复。《规范》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis. mot. gov. cn/syportal/sybz)查询和下载。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部

2021 年 10 月 12 日

制 定 说 明

水运工程自动化监测能够全面、准确、实时地获取监测数据，并可提高监测精度，改善监测条件，对于保障水运工程安全运行具有重要意义。随着水运工程自动化监测工作的快速发展，自动化监测方法和仪器设备等日趋成熟，已在我国沿海和内河相关工程得到较为广泛的应用。目前，现行相关行业标准对水运工程人工监测的方法、监测仪器设备、监测要求等进行了规定，但缺乏水运工程自动化监测方面的具体技术要求和明确规定。为进一步规范水运工程自动化监测技术要求，提高自动化监测质量，提升水运工程全寿命周期管理水平，交通运输部水运局组织有关单位，通过深入调查研究国内外水运工程自动化监测实际案例，总结近年来水运工程自动化监测应用成果和经验，借鉴国内外相关标准，结合我国水运工程监测工作特点和发展需要，经广泛征求意见，反复修改完善，制定本规范。

本规范共分8章4个附录，并附条文说明，主要包括监测系统设计、设备、系统安装与调试、数据分析与报告、系统维护管理等技术内容。

本规范的主编单位为中交上海三航科学研究院有限公司，参编单位为中交第三航务工程局有限公司、上海港湾工程质量检测有限公司、中交第一航务工程勘察设计院有限公司、中交天津港湾工程研究院有限公司、中交武汉港湾工程设计研究院有限公司、中交四航工程研究院有限公司和交通运输部天津水运工程科学研究院。本规范编写人员分工如下：

1 总则：吴 锋 周国然

2 术语：邱 松 王其标

3 基本规定：吴 锋 杨三元 邱 松 王其标 黄周泉

4 监测系统设计：杨三元 陈 韬 杨安韬 舒方法 周国然 解林博 曹胜敏

5 设备：杨三元 吴 锋 杨安韬 舒方法 郝艳广 曹胜敏 刘红彪 范志宏

6 系统安装与调试：邱 松 杨三元 舒方法 孙洋波 陈 韬 曹金宝 黄周泉

7 数据分析与报告：黄周泉 孙洋波 曹金宝 陈 韬 刘红彪

8 系统维护管理：邱 松 孙洋波 曹金宝 解林博 刘红彪

附录A：杨三元 吴 锋 邱 松

附录B：刘红彪 杨三元 杨安韬

附录C：杨三元 杨安韬 黄周泉

附录D：范志宏

本规范于2021年4月22日通过部审，2021年10月12日发布，2021年11月15日起施行。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。各有关单位在使用过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街11号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:上海市徐汇区肇嘉浜路829号,中交上海三航科学研究院有限公司,邮政编码:200032),以便修订时参考。

目　次

1　总则 …… (1)
2　术语 …… (2)
3　基本规定 …… (3)
4　监测系统设计 …… (4)
5　设备 …… (6)
5.1　一般规定 …… (6)
5.2　传感器 …… (6)
5.3　数据采集设备 …… (7)
5.4　数据传输设备 …… (8)
6　系统安装与调试 …… (9)
6.1　系统安装 …… (9)
6.2　系统联调 …… (10)
7　数据分析与报告 …… (12)
8　系统维护管理 …… (13)
附录A　常用自动化监测方法 …… (14)
附录B　常用传感器性能指标 …… (15)
附录C　常用数据采集设备性能指标 …… (17)
附录D　本规范用词说明 …… (19)
引用标准名录 …… (20)
附加说明　本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员和管理组人员名单 …… (21)
条文说明 …… (23)

1 总 则

1.0.1 为规范水运工程自动化监测技术要求，提高自动化监测质量，提升水运工程全寿命管理水平，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水运工程自动化监测系统的设计、实施和维护。

1.0.3 水运工程自动化监测除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术　　语

2.0.1 自动化监测系统　Automatic Monitoring System

一种集传感、数据采集与传输、数据分析、预警和其他相关软硬件于一体的监测系统。

2.0.2 数据缺失率　Failure Rate of Data

未能测得的有效数据个数与应测得的数据个数之比。

2.0.3 比测　Comparison Measurement

在满足监测精度要求的前提下,采用不同监测方法或不同设备对同一监测点进行量测并比较其监测结果的过程。

3 基本规定

3.0.1 在水运工程监测中,符合下列情况之一时,宜采用自动化监测:

(1)监测点所处环境条件受限;

(2)人工监测难度大;

(3)高频次监测;

(4)长期监测;

(5)具有特殊要求的监测项目。

3.0.2 自动化监测内容和技术要求应根据工程结构特点确定,主要包括下列内容:

(1)监测目的;

(2)监测对象;

(3)监测项目;

(4)监测方法;

(5)监测频次与精度;

(6)监测预警;

(7)监测期限;

(8)数据传输与存储;

(9)监测成果要求。

3.0.3 自动化监测应遵循适应性、可靠性、兼容性原则,并宜满足工程信息化管理的要求。

3.0.4 自动化监测应包括下列工作内容:

(1)系统设计与设备选型;

(2)系统安装、调试;

(3)系统的运行维护;

(4)数据分析和成果报告编写。

3.0.5 实施自动化监测的项目,对应的测点位置、监测精度和监测预警值应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)和《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)等的有关规定。

3.0.6 自动化监测设备的各项性能指标应满足国家相关现行标准的要求,其设计使用年限宜覆盖项目监测期限;部分类别监测仪器设备或传感器的设计使用年限无法覆盖项目监测期限时,应在系统设计阶段提出保证监测数据继承性的设备更换方案。

3.0.7 自动化监测项目资料应按要求归档。

4 监测系统设计

4.0.1 监测系统宜包括传感器、数据采集设备、数据传输设备、供电设备、监测服务器、监测软件,并具有预警和报警功能。

4.0.2 监测系统宜按分布采集、集中管理的方式进行设计,监测子系统宜按监测区域和监测内容等确定,宜根据工程规模和特点采用模块化设计。

4.0.3 监测系统控制方式应根据场地条件、设备性能、测点安装位置等因素综合选择,可选择分散独立控制、集中控制或混合控制的方式。

4.0.4 监测系统设计应考虑可复制和可扩展性;数据传输宜采用便于数据与其他平台对接的标准化接口。

4.0.5 监测系统设备应适应现场环境条件,在设计使用年限内应可靠、稳定。

4.0.6 传感器的量程、分辨率、精度、线性度、稳定性、外观尺寸、工作环境、供电方式和寿命等应满足监测技术要求。

4.0.7 数据采集设计应符合下列规定。

4.0.7.1 数据采集设备与传感器之间应有明确的拓扑关系。根据工程特点与现场条件,可选择集中采集或分散采集。

4.0.7.2 数据采集设备宜具备指令设定、时钟修改、系统参数配置等远程控制的功能。

4.0.7.3 数据采集方式可根据需求选择连续采集、定时采集或两者结合的方式。

4.0.7.4 数据采集设备宜兼容应答式和自报式两种方式。

4.0.7.5 数据采集设备布置应根据传感器埋设情况、数据采集设备与传感器之间距离、传感器信号的传输衰减、安装条件等因素综合确定。

4.0.7.6 不同的数据采集设备,可设置不同的监测频次。

4.0.8 监测系统的数据传输和存储应采用加密方式。

4.0.9 数据传输设计时应符合下列规定。

4.0.9.1 数据传输应综合考虑工程所处环境、监测频次、采样频率、传输数据量等因素,选择线缆、光纤、卫星、微波、蜂窝网络通信等方式。

4.0.9.2 监测现场宜采用国际总线标准构建现场通信网络,也可采用无线通信技术构建现场通信网络。

4.0.9.3 数据传输速率应遵循通信稳定可靠的原则,根据通信方式、现场网络环境状况等因素综合确定。

4.0.9.4 监测数据的传输应满足监测数据实时性、准确性和安全性的要求,宜具有修复链路能力。

4.0.10 供电设计应符合下列规定。

4.0.10.1 现场设备供电设计宜使用市电供电，也可使用自供电。

4.0.10.2 现场供电设备应稳定，宜设有断电情况下自动切换的不间断电源，其持续供电时间应根据具体要求确定。

4.0.10.3 供电系统应设置过载保护。

4.0.10.4 室外供电系统应符合防雷设计要求并可靠接地。

4.0.11 监测服务器设计应符合下列规定。

4.0.11.1 监测服务器应具有数据发布、数据自动备份、多级用户管理和网络安全防护等功能。

4.0.11.2 监测服务器宜设置上电自启动功能，软件应设置随系统自动启动功能。

4.0.11.3 监测服务器应根据监测数据所占的存储空间，合理选择存储容量，并预留备用存储空间。

4.0.11.4 监测服务器的供电、防雷、抗干扰设计应满足机房建设相关要求，宜利用现有机房资源。

4.0.11.5 监测服务器应采取计算机病毒防护等安全技术措施。

4.0.12 监测软件应具备数据实时采集、自动传输、自动存储、数据管理等功能，并应符合下列规定。

4.0.12.1 设计数据库字段时应考虑不同传感器的数据格式。

4.0.12.2 监测软件应能够实时接收监测值和各相关参数，并能调取各监测点的历史数据。

4.0.12.3 监测软件应根据不同的需求远程设置监测频次和报警值。

4.0.12.4 监测软件应具有数据处理和报表输出功能，所采集的监测数据，应能根据用户需要进行报表设置并自动生成、储存为通用数据文件。

4.0.12.5 监测软件宜具有针对异常数据的自动复测并增加监测频次的功能。

4.0.12.6 监测系统宜预留人工采集数据接口和人工录入数据接口。

4.0.13 监测系统预警和报警功能设计应符合下列规定。

4.0.13.1 监测数据达到报警值的某一程度时应进行预警，达到报警值时应报警。

4.0.13.2 监测数据的变化率达到预设值时应预警。

4.0.13.3 系统设备故障、通信异常时应自动报警。

4.0.13.4 系统报警可采用界面提示、声光提示、短信通知、邮件通知等方式。

4.0.14 自动化监测方法应根据监测对象、监测项目和精度要求综合确定，常用自动化监测方法见附录 A。

5 设　　备

5.1 一般规定

5.1.1 自动化监测设备应具备先进性、适用性和可行性,并应符合下列规定。

5.1.1.1 设备应符合监测期限、监测内容、监测方法和系统功能的要求。

5.1.1.2 设备的防水、耐腐蚀性能应满足现场环境要求。

5.1.1.3 设备应具有较强的抗干扰能力和自适应能力。

5.1.1.4 设备应能满足连续监测的要求。

5.1.2 设备宜具有自检、自诊断功能。

5.1.3 电缆应符合现行国家标准《低压电气装置　第5-52部分:电气设备的选择和安装　布线系统》(GB/T 16895.6)的有关规定。

5.1.4 光纤应符合现行国家标准《通信光缆　第1部分:总则》(GB/T 13993.1)的有关规定。

5.2 传　感　器

5.2.1 传感器应根据下列内容进行选择:

(1)传感器类型;

(2)信号输出方式;

(3)灵敏度;

(4)稳定性;

(5)线性范围;

(6)量程和精度;

(7)供电方式;

(8)安装方式;

(9)频率响应特性;

(10)环境条件。

5.2.2 传感器宜选择经过长期测试稳定可靠的产品。

5.2.3 传感器宜具有温度补偿功能,当环境温度变化对监测结果产生影响时,应对环境温度同步监测,并对监测结果进行修正。

5.2.4 无合适传感器时,可自行设计制造传感器,自制传感器的性能应符合国家现行标准的有关规定。

5.2.5 人工监测方式采用的传感器在数据接口、精度等指标满足监测要求的情况下,可

接入自动化监测系统;自动化监测系统不应采用需要人工干预的传感器。

5.2.6 传感器在运输、装卸、搬运和安装过程中应防止振动、冲击、碰撞、跌落等意外情况造成的不良影响。

5.2.7 传感器密封性应满足水运工程环境使用要求,可采用填充密封胶、安装保护盒等方式进行密封处理。

5.2.8 常用传感器性能指标应符合附录 B 的规定。

5.3 数据采集设备

5.3.1 数据采集设备应符合下列规定。

5.3.1.1 数据采集设备的量程和精度应满足监测要求,并应与对应传感器性能匹配。

5.3.1.2 数据采集设备的选型应根据传感器类型、数据输出格式、信号调理设备类型和供电需求等综合确定,分辨率应满足监测精度的要求,并不宜低于传感器的分辨率。

5.3.1.3 数据采集设备宜兼容多种传感器,并可同时采集。

5.3.1.4 数据采集设备应具备通过数据接口对外传输监测数据的功能。

5.3.1.5 数字型传感器可直接接入数据传输设备,也可通过数据采集设备接入。

5.3.1.6 集成数据采集和通信功能的智能型传感器可直接接入监测系统。

5.3.2 数据采集设备应根据监测需求选择动态或静态采集设备。

5.3.3 动态数据采集时,采样频率设置应满足奈奎斯特(Nyquist)采样定理。

5.3.4 动态数据采集设备应具备低通滤波功能,必要时应增加抗混滤波器,截止频率应满足下式要求:

$$f_c = \frac{f_s}{2.56} \tag{5.3.4}$$

式中 f_c——截止频率(Hz);

f_s——采样频率(Hz)。

5.3.5 数据采集设备宜具有信号放大、滤波、去噪、隔离等预处理功能,并应符合下列规定。

5.3.5.1 电荷传感器的输出信号和长距离传输的模拟电压信号应采用电压放大器进行预处理。

5.3.5.2 含噪信号可采用滤波器进行滤波和降噪。

5.3.5.3 数据采集时应采取串模干扰抑制、共模干扰抑制、信号隔离、接地、屏蔽等抗干扰措施。

5.3.6 数据采集设备应能适应工作环境,宜具有自动巡测、遥测和数据本地存储功能,数据存储量应根据监测需求确定。

5.3.7 数据采集设备应具有直接读取监测数据的功能。

5.3.8 数据采集设备采样频率、采样时长、监测频次等参数设置应满足监测要求。

5.3.9 数据采集设备电源意外中断时,设备工作参数和采集数据不应丢失,恢复供电时,应能自动恢复采集工作。

5.3.10 数据采集设备的通信接口宜为 RS485/232、USB、RJ45 等数据接口。

5.3.11 数据采集设备宜具备自动或手动时钟校准功能,并应定期进行校准。

5.3.12 常用数据采集设备性能指标应符合附录 C 的规定。

5.4 数据传输设备

5.4.1 数据传输设备应具备数据分包传输和解包复原的功能。

5.4.2 传感器和数据采集设备之间的数据传输应根据传输距离、电磁干扰等因素,选用模拟信号或数字信号等传输方式。

5.4.3 数据采集设备和数据传输设备之间宜采用 RS485、工业以太网、无线或光纤等传输方式。

5.4.4 采用无线通信技术传输数据时,信号发射装置和接收装置应远离强电磁干扰源。

6　系统安装与调试

6.1　系统安装

6.1.1　系统安装应包括传感器安装、线缆敷设、数据采集设备安装、监测服务器安装等。

6.1.2　传感器安装应符合下列规定。

6.1.2.1　传感器的安装应空间位置准确、原始数据完整、基础资料齐全、安装措施得当、适度冗余。

6.1.2.2　传感器的安装工艺不应影响结构的受力和耐久性。

6.1.2.3　安装前应检查传感器的规格。

6.1.2.4　传感器的安装位置和顺序应符合设计要求，发生变化时应进行变更登记。

6.1.2.5　传感器应根据实际情况选择埋入结构内部、螺栓连接、焊接等方式安装牢固，并应对连接进行防腐蚀处理。

6.1.2.6　采用焊接方式安装传感器时，应避免高温对传感器的影响，必要时应采取隔热措施。

6.1.2.7　水下安装传感器时，应考虑水压对传感器量程、防护等级等的影响，传感器电缆应固定，不得漂浮在水中。

6.1.2.8　传感器安装后应采取保护涂层、安装密封性保护盒等耐久性保护措施。

6.1.2.9　传感器安装位置应作明显标记，安装结束后应读取并记录传感器初始值，发现信号异常时应检修或更换。

6.1.2.10　使用仪表测量时，应按仪表使用规程进行。

6.1.3　线缆敷设施工准备工作主要包括下列内容：

(1)估算线缆总长度并考虑预留长度；

(2)调查设备安装位置；

(3)调查直埋线缆路径情况、地下管线状况；

(4)选择线缆防护处理方式。

6.1.4　线缆敷设应符合下列规定。

6.1.4.1　线缆敷设的规格、位置应符合自动化监测设计的要求，线缆应排列整齐，外皮不得损伤，并设置标记。

6.1.4.2　线缆应进行保护，可采取镀锌管、PVC 管、波纹管或桥架等保护措施。

6.1.4.3　信号电缆、通信电缆应与强电电缆分开敷设，最小间距应符合现行国家标准《综合布线系统工程设计规范》(GB 50311)的有关规定。

6.1.4.4　采用牵引方式敷设线缆时，牵引力不应大于线缆最大允许张力的 80%，瞬间

最大牵引力不应大于线缆最大允许张力;人工牵引敷设时,速度应均匀。牵引长度不宜过长,线缆过长时,宜分次牵引。

6.1.4.5 传感器和采集设备之间的电缆宜直连无接头;条件受限时,宜采用冷压端子压接或焊接的方式对接,并应对电缆接头进行绝缘和防水密封处理。

6.1.4.6 信号电缆芯线间绝缘电阻不应小于1MΩ,芯线对屏蔽层或对地间绝缘电阻不应小于10MΩ。

6.1.5 数据采集设备的安装应符合下列规定。

6.1.5.1 安装位置应根据传感器埋设情况、数据采集设备与传感器之间距离、安装条件等因素综合确定。

6.1.5.2 室外安装时应考虑各种天气条件下的适用性,并根据现场情况采取防水、防雷、防腐蚀、防磁等措施。

6.1.5.3 数据采集设备应安装牢固。

6.1.6 监测服务器的安装应符合现行国家标准《数据中心设计规范》(GB 50174)的有关规定,并应符合下列规定。

6.1.6.1 服务器应安装在无强电磁干扰的位置。

6.1.6.2 服务器安装位置应具备一定的空间和稳定可靠的电源。

6.1.6.3 服务器应接地良好。

6.2 系统联调

6.2.1 系统联调宜根据系统设计进行,并应包括下列内容:

(1)设备功能测试;

(2)系统参数设置;

(3)比测;

(4)系统运行测试;

(5)系统初始值确定。

6.2.2 系统联调前应满足下列要求:

(1)设备、线路与设计要求一致;

(2)电源稳定可靠,设备接地良好;

(3)温度、湿度等环境符合设备正常运行要求。

6.2.3 设备功能测试宜包括下列内容:

(1)设备工作状态检查;

(2)传感器测试;

(3)数据采集设备采集功能测试;

(4)数据采集设备输出功能测试;

(5)数据传输设备通信功能测试。

6.2.4 系统参数设置应主要包括下列内容:

(1)设置传感器初始状态;

(2)设置传感器类型、监测位置、接入通道号、标定系数等参数；

(3)根据硬件拓扑关系，设置数据采集设备和数据传输设备之间的通信方式、速率、地址等参数；

(4)设置数据传输设备和服务器之间的通信方式、通信速率、地址等参数。

6.2.5　比测应符合下列规定。

6.2.5.1　监测点宜进行快速连续测试，检查测值是否稳定。

6.2.5.2　比测宜采用过程线比较法。

6.2.5.3　有条件的监测项目及监测点宜人工干预给予物理量变化，检查测值是否出现相应变化。

6.2.5.4　比测的方法、设备、精度应符合国家现行标准的有关规定。

6.2.6　系统运行测试应符合下列规定。

6.2.6.1　测试数据应具有连续性，测试时采用的频次和时长应能反映监测对象的变化情况。

6.2.6.2　有干扰信号时，应进行来源检查并采取措施进行处理。

6.2.6.3　监测系统正常工作状态下，自动采集数据缺失率不应大于3%。

6.2.6.4　系统应测试自动巡测、定时巡测、选测的数据采集功能，数据处理和数据库管理功能，运行状态自检和报警功能。

6.2.7　监测初始值应在监测系统测试符合要求后测定，并应经至少3次以上的测定，数值稳定后可取平均值作为初始值。

6.2.8　系统安装调试完成后，应提供系统安装调试报告。

7 数据分析与报告

7.0.1 监测系统应具有初步的数据整理和分析功能,宜包括下列内容:

(1)绘制监测物理量过程变化图;

(2)绘制各监测物理量在时间和空间上的分布特征图;

(3)绘制各物理量之间的相关关系图。

7.0.2 数据分析之前,应考虑系统误差、偶然误差的影响,对原始监测数据进行粗差检验和剔除、局部缺失插补、平滑滤波降噪等预处理。

7.0.3 数据分析时应考虑温度、气压等外界因素和传感器本身的零漂、温漂等内部因素的影响进行必要的修正。

7.0.4 监测数据和历史可比数据的差值应在一定范围内,可根据具体情况设定阈值,超过阈值时,应检查系统的运行状态。

7.0.5 由监测系统自身引起的异常数据应剔除。

7.0.6 由测量因素产生的异常值应进行处理。

7.0.7 监测数据分析方法可采用比较法、作图法、特征值统计法和数学模型法等。

7.0.8 监测成果的分析应包括下列内容:

(1)将监测成果和有关物理量用图、表、曲线或经验公式表示,分析监测项目的变化趋势、单位变化量、变化幅度和相互关系的变化规律;

(2)针对监测存在的问题,对监测设备、监测精度和监测期限提出改进意见。

7.0.9 监测报告应包括阶段性报告和总报告,主要包括工程概述、监测项目、监测点布置、监测成果及分析、结论、建议、附图、附表等内容。

8 系统维护管理

8.0.1 系统维护应包括监测数据管理、设备检修、时钟校准、比测等。

8.0.2 原始监测数据应存入数据库，监测数据应实时备份，每月物理备份不应少于1次。

8.0.3 使用期间的监测系统宜继承施工期间监测的数据，并宜进行对比分析与鉴别。

8.0.4 设备应定期进行检查和校验，每年应至少进行1次系统检查。

8.0.5 监测设备出现故障时应及时维修或更换，并应在断电状态下进行，更换的设备应与原系统相匹配。

8.0.6 系统时钟应定期进行校准，可采用网络自动授时方式。

8.0.7 有特殊要求的监测项目宜定期进行比测。

附录A　常用自动化监测方法

A.0.1　水运工程常用自动化监测方法应根据监测类别和监测设备确定,可参照表A.0.1。

A.0.1　监测类别划分和监测设备

监测类别	监测内容	监测传感器	备　注
力与应力监测	土压力、基底压力	土压力计	振弦式、差动电阻式、电阻应变式和光栅光纤式等
	水位	水位计	振弦式、光纤光栅式、压阻式等
	孔隙水压力	渗压计	振弦式、光纤光栅式、压阻式等
	波浪力	压力型传感器	—
	水流力	流速计	机械式、电磁式、超声波式等
	船舶撞击力	压力型传感器	—
	系缆力	测力计	—
	冰压力	压力型传感器	—
	混凝土结构应力	混凝土应变计、钢筋计、无应力计	振弦式、差动电阻式、电阻应变式和光栅光纤式
	钢结构应力	钢板计	振弦式、差动电阻式、电阻应变式和光栅光纤式
变形与位移监测	水平位移	智能全站仪、激光位移计、固定式测斜仪	—
	垂直位移	智能全站仪、激光位移计、静力水准仪、多点沉降计	—
	倾斜	倾角计	微电子式、数字式
	裂缝	裂缝计	差阻式、电位式
动力特性监测	加速度	加速度传感器	力平衡式、压电式、磁电式、惯性式等
	速度	速度传感器	—
	位移	动态位移计	—
	动应变	动态应变计	电阻式
腐蚀监测	腐蚀电位	参比电极	—
	发射电流	—	标准电阻法、霍尔法
环境监测	风速、风向	风速风向计	机械式或超声波式
	温度、湿度	温湿度传感器	—

注:①水流力一般通过流速进行推算,流速仪可采用机械式、电磁式、超声波式等;

②波浪力、船舶撞击力和冰压力无专用传感器,可根据量程、精度等要求选择压力型传感器。

附录 B　常用传感器性能指标

B.0.1　加速度传感器的主要技术指标应符合表 B.0.1 规定。

B.0.1　加速度传感器的主要技术指标

项　　目	力平衡加速度计	电动式加速度计	ICP 压电加速度计
灵敏度[V/(m/s²)]	±0.125	±0.3	±0.1
满量程输出(V)	±2.5	±6	±5
频率响应(Hz)	0～80	0.25～80	0.3～1000
动态范围(dB)	≥120	≥120	≥110
线性度误差(%)	≤1	≤1	≤1
工作温度范围(℃)	-10～+50	-20～+50	-10～+50
信号调理	线性放大、积分	线性放大、积分	ICP 调理放大

B.0.2　振弦式应变传感器的主要技术指标应符合表 B.0.2 规定。

表 B.0.2　振弦式应变传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(με)	1.0
精度(%FS)	≤0.5
工作温度范围(℃)	-20～80
材质	不锈钢

B.0.3　光纤光栅式应变传感器的主要技术指标应符合表 B.0.3 规定。

表 B.0.3　光纤光栅式应变传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(με)	1.0
精度(%FS)	≤0.2
工作温度范围(℃)	-30～120
连接方式	熔接或 FC/APC 连接器连接

B.0.4　位移传感器的主要技术指标应符合表 B.0.4 规定。

表 B.0.4　位移传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(mm)	0.1
精度(%FS)	≤0.2
工作原理	LVDT、光纤光栅或其他

B.0.5　倾角传感器的主要技术指标应符合表 B.0.5 规定。

表 B.0.5　倾角传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(°)	0.01
精度(%FS)	≤0.1
工作原理	MEMS、光纤光栅或其他

B.0.6　静力水准传感器的主要技术指标应符合表 B.0.6 规定。

表 B.0.6　静力水准传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(mm)	0.5
精度(%FS)	≤0.5
工作原理	超声波式、压差式或其他

B.0.7　压力传感器的主要技术指标应符合表 B.0.7 规定。

表 B.0.7　压力传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(kPa)	0.1
精度(%FS)	≤0.5
工作原理	电阻式、振弦式、光纤光栅或其他

B.0.8　温度传感器的主要技术指标应符合表 B.0.8 规定。

表 B.0.8　温度传感器的主要技术指标

项　　目	技 术 指 标
分辨率(°)	0.1
精度(%FS)	≤0.5
工作原理	电阻式、热电偶、光纤光栅或其他

附录 C　常用数据采集设备性能指标

C.0.1　电信号数据采集设备的主要技术指标应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1　电信号数据采集仪技术指标

项　　目	技 术 指 标
每通道采样率(sps)	1～1000
A/D 位数	不低于 16 位,有效位数不低于 14 位
采样方式	采集通道同步,每通道使用单独 A/D
动态范围(dB)	≥60
接口	BNC、USB 接口、LAN 接口或其他

C.0.2　光信号数据采集设备的主要技术指标应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2　光信号数据采集仪技术指标

项　　目	技 术 指 标
波长解调带宽(nm)	≥40
精度(pm)	1
重复性(pm)	±2
动态范围(dB)	≥25
采样方式	采集通道同步
通道接口	FC/APC 或其他

C.0.3　光电信号数据同步采集设备的主要技术指标应符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.3　光电信号数据同步采集仪技术指标

项　　目	光信号采集模块技术指标	电信号采集模块技术指标
波长解调带宽(nm)	≥40	—
精度(pm)	1	A/D 位数不低于 16 位
重复性(pm)	±2	—
动态范围(dB)	≥25	≥60
信号类型	光信号	IEPE、电压、电流、桥路、数字 I/O
采样方式	采集通道同步	
接口	FC/APC 或其他	BNC、LAN 接口或其他

C.0.4　振弦式数据采集设备的主要技术指标应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4　振弦式数据采集仪技术指标

项　　目	技 术 指 标
频率采集范围(Hz)	400～6000
频率采集精度(Hz)	±0.1
采样方式	每通道都可采集温度信号
数据传输	有线或无线传输

附录 D　本规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度的用词说明如下：

(1)表示很严格，非这样做不可的，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

(3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

(4)表示允许选择，在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

1.《低压电气装置　第5-52部分:电气设备的选择和安装　布线系统》(GB/T 16895.6)

2.《通信光缆　第1部分:总则》(GB/T 13993.1)

3.《综合布线系统工程设计规范》(GB 50311)

4.《数据中心设计规范》(GB 50174)

5.《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)

6.《水运工程施工监控技术规程》(JTS/T 234)

附加说明

本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位：中交上海三航科学研究院有限公司

参 编 单 位：中交第三航务工程局有限公司
上海港湾工程质量检测有限公司
中交第一航务工程勘察设计院有限公司
中交武汉港湾工程设计研究院有限公司
中交天津港湾工程研究院有限公司
中交四航工程研究院有限公司
交通运输部天津水运工程科学研究院

主要起草人：吴　锋（中交上海三航科学研究院有限公司）
邱　松（中交第三航务工程局有限公司）
杨三元（中交上海三航科学研究院有限公司）
（以下按姓氏笔画为序）
王其标（中交第三航务工程局有限公司）
刘红彪（交通运输部天津水运工程科学研究院）
孙洋波（上海港湾工程质量检测有限公司）
杨安韬（中交上海三航科学研究院有限公司）
陈　韬（中交上海三航科学研究院有限公司）
范志宏（中交四航工程研究院有限公司）
周国然（中交上海三航科学研究院有限公司）
郝艳广（中交武汉港湾工程设计研究院有限公司）
黄周泉（中交第三航务工程局有限公司）
曹金宝（上海港湾工程质量检测有限公司）
曹胜敏（中交第一航务工程勘察设计院有限公司）
舒方法（中交第三航务工程局有限公司）
解林博（中交天津港湾工程研究院有限公司）

主要审查人：解曼莹
（以下按姓氏笔画为序）

王　新、王胜年、仉伯强、文　立、刘红宇、刘现鹏、刘爱民、贡金鑫、杨国平、武方洁、战和增、程泽坤、魏宏大

总校人员：刘国辉、李荣庆、刘连生、董　方、檀会春、吴　锋、杨三元、刘　旭

管理组人员：吴　锋(中交上海三航科学研究院有限公司)

邱　松(中交第三航务工程局有限公司)

杨三元(中交上海三航科学研究院有限公司)

中华人民共和国行业标准

水运工程自动化监测技术规范

JTS/T 305—2021

条 文 说 明

目　　次

1　总则 …… (27)
3　基本规定 …… (28)
4　监测系统设计 …… (29)
5　设备 …… (31)
5.1　一般规定 …… (31)
5.2　传感器 …… (31)
5.3　数据采集设备 …… (31)
6　系统安装与调试 …… (33)
6.1　系统安装 …… (33)
6.2　系统联调 …… (33)
7　数据分析与报告 …… (34)

1 总 则

1.0.3 本条中国家现行有关标准包括《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)、《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)等。

3 基本规定

3.0.1 本条推荐采用自动监测的具体情况为:

(1)监测点所处环境条件限制,导致人工监测无法实施;

(2)人工监测难度大的项目,包括监测频次较高导致的人工监测难以实施,也包括虽然监测频次不高但是人员难以到达或者周边环境过于复杂的情况;

(3)监测频次要求较高的项目,即监测频次高于1天一次;

(4)自动化监测前期一次性投入较高,而后期监测成本远低于常规监测方式,监测期限越长,经济性越好,因此从经济性上考虑,长期监测时较适合采用自动化监测技术;

(5)具有特殊要求的监测项目,是指结构关键位置的测点、重要受力位置、影响结构安全的重点监测项目和监测数据的实时性要求较高的监测项目等。

3.0.2 本条中监测频次是指单位时间内的监测次数;监测期限是指监测单位提供监测服务的时间期限。

4 监测系统设计

4.0.2 本条对监测系统的设计原则做出基本要求，水运工程项目测点布置区域多较为分散，适合采用分布采集，集中管理的方式，监测现场一般采用标准总线搭建通信网络，然后再通过统一的数据输出接口和监测服务器进行双向交互。模块化是将系统分离成独立功能模块的方法，可以方便地进行模块间组合、分解，方便单个模块的功能调试，系统具有较强的扩展性，可以根据监测技术需求进行排列组合，快速搭建监测系统，当部分模块出现故障时，不会影响其他模块正常工作，具有较强的适用性。因此水运工程自动化监测适合采用模块化的方式。

4.0.3 分散独立控制方式是在监测现场配置能独立完成数据采集、通信的监测子站，然后把数据汇聚到监测服务器，这种方式适用于测点间距比较远的场合；集中控制方式是指监测现场的监测子站不具有独立工作能力，由监测服务器对监测子站进行查询和控制；混合控制方式为以上两种方式组合使用。

4.0.4 本条中监测系统的可扩展性包括两个含义，一是指硬件设备的可扩展性，即监测设备支持根据需要增加监测项目或者监测点，也就是可以增加通道的数量；二是软件的可扩展性，可以添加新的功能或者修改完善现有功能来考虑未来的发展。

4.0.7.1 集中采集是将多个传感器用信号电缆引至数据采集设备进行采集，分散采集是将传感器直接接入数据采集设备，数据采集设备再通过总线级联。

4.0.7.2 数据采集设备具备指令设定、时钟修改、系统参数配置等远程控制的功能，能够提高系统的自动化程度，方便远程对监测系统进行设置和更改，实现无人值守自动化采集。

4.0.7.4 应答式是在查询应答工作方式下，采集设备自动采集和存储，但不主动传送给监测服务器。只有当中心发出查询指令时，才将数据送出。自报式是一种不受分中心指令控制的工作方式，按照预设的监测频次，主动将数据向监测服务器发送，其特点是功耗低、结构简单、实时性强，能较好反映参数变化全过程。

4.0.7.6 在水运工程自动化监测系统中，可能存在不同的监测对象和监测项目接入同一个数据采集模块的情况，会使用不同的监测频次，因此规定对数据采集设备可以设置不同的监测频次。

4.0.9.1 地处偏远、环境恶劣的水运工程项目，现场信号情况、数据传输速率、传输数据量对监测数据和监测服务器之间的通信有较大影响，因此工程所处环境作为考虑因素。

4.0.9.4 修复链路能力是指某个传输线路发生故障时，能够保证数据完整性和可靠性的能力。

4.0.10.1 自供电系统有风力发电、太阳能供电和风光互补供电等方式。

4.0.10.4 根据现场实施经验,雷击对监测系统的破坏威胁较大,因此供电系统的防雷设计也十分重要。

4.0.12.6 在工程前期不具备自动采集,或监测系统故障的情况下,可以由测试人员携带二次仪表直接读取传感器数值。通过监测软件预留的人工录入接口录入数据,保障数据的完整性和连续性。

5 设　　备

5.1 一般规定

5.1.1.2 水运工程现场环境较为恶劣，多盐雾、潮湿环境，因此在选择设备时需要满足现场环境要求。

5.1.1.3 水运工程自动化监测项目涉及传感器和数据采集模块数据的数据传输，数据采集模块到监测服务器之间的数据传输，会遇到自然现象干扰、电磁环境干扰等情况，因此要求选用的设备需要具有较强的抗干扰能力。

5.1.2 自动化监测系统的优势在于可以在无人值守的情况下远程获取监测数据，因此设备需要具有自检和自诊断功能，方便远程调试和维护。

5.2 传 感 器

5.2.3 电子元器件通常都有一定的温度系数，其输出信号会随温度变化而漂移，称为“温漂”。本条中传感器温度补偿是指为减小温漂，采用补偿措施在一定程度上抵消或减小其输出的温漂。另外，水运工程中很多监测项目对环境温度敏感，因此需要对环境温度同步监测。

5.3 数据采集设备

5.3.1.2 数据采集设备的分辨率一般要大于传感器的分辨率，这样才能充分利用传感器的性能，如果传感器分辨率大于数据采集设备分辨率，这样只能得到分辨率低的输出结果，浪费硬件资源。

5.3.2 动态采集一般用于动力特性参数的采集，一般包含加速度、速度、位移、应变等，通过以上参数的时程曲线，能够获取被测结构的自振频率、阻尼比、振型等动力性能参数，和静态采集的主要区别在于采样频率，比如应力应变等参数既可以使用静态采集，也可以使用动态采集，主要取决于监测需求。

5.3.3 根据奈奎斯特(Nyquist)采样定理，当采样频率大于信号中最高频率的2倍时，采样之后的数字信号完整地保留了原始信号中的信息，又考虑高频信号混叠和方便计算机处理两个因素，采样频率取信号最高频率分量的2.56倍以上。在实际使用时，如果主要关心频率成分，采样频率可以设置信号最高频率的2.56倍~4倍，如果关心信号的幅值，采样频率一般取关心的信号频率的10倍以上，才不会使信号幅值有明显的失真。

5.3.4 在动态监测中，采样频率不可能无限高也不需要无限高，一般只关心一定频率范围内的信号成分，理论上信号保护的频率成分是无穷的，高频的信号可能混叠到低频段，

给信号分析带来困难,因此动态采集设备需要具有低通滤波功能,只容许低于截止频率的信号通过,高于截止频率的信号则被阻隔、减弱。

5.3.5 为保证采集数据质量,提高系统的信噪比,需要对信号进行放大、滤波、去噪、隔离等预处理,对于信号强度量级有较大差异的不同信号,采集器需要对信号进行隔离,避免强信号对弱信号的干扰。

5.3.6 自动巡测指系统按照预先设定的监测频次、监测范围进行自动监测采集各个传感器数据,该采集行为具有周期性的特点;遥测指系统按照人工发布的监测指令进行指定性的监测行为,该采集行为具有临时性的特点。

5.3.8 采样频率指每秒从连续信号中提取并组成离散信号的采样个数,即计算机每秒钟采集多少个信号样本;采样时长是按照预设采样频率采集的一段时间。

6 系统安装与调试

6.1 系统安装

6.1.2.9 传感器安装完成后进行现场测试,便于及时发现异常传感器。

6.1.4.3 信号电缆、通信电缆在敷设时与可能产生电磁干扰的强电电缆分开敷设。

6.2 系统联调

6.2.4 设置传感器初始状态是使传感器的输出为零。若有零漂现象,一般采用分段线性零漂假设法进行处理。

6.2.5.2 过程线比较法是分别选取某一测点在相同次数、相同时间的自动测值和人工测值,分别绘出自动化测值过程线和人工测值过程线,进行规律性和测值变化幅度的比较。

6.2.6.3 自动采集数据缺失值的产生原因多种多样,从缺失的分布来讲可以分为完全随机缺失、随机缺失和完全非随机缺失,这里主要避免完全非随机性缺失率。对于因监测仪器损坏且无法修复或更换而造成的数据缺失,以及系统受到不可抗力及非系统本身原因造成的数据缺失,不计入应测数据个数。统计时段根据实际监测需要取1天、2天或1周,结合项目经验,自动化监测数据缺失率不应大于3%。

7 数据分析与报告

7.0.1 相关关系不仅包括监测项目间的相关关系,也包括物理量的时空关系。

7.0.2 粗差是测量误差的一种,一般是指绝对值大于3倍中误差的监测误差,对于自动化监测来说一般是指设备某些部件的偶然失效等因素引起的测量粗差;误差是指测量值和真实值之差,根据误差产生的原因及性质可分为系统误差与偶然误差两类。

7.0.5 产生异常数据原因主要有结构状态变化引起的和监测系统自身异常引起的。

7.0.9 阶段性报告一般有两种,一是监测设计规定周期的阶段性报告;二是当监测物理量明显超过正常值或水工建筑物发生损坏时监测实施单位提供的报告。