

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4987—2024

## 桥梁轻量化监测系统建设规范

Technical specification for design and construction of precast bridges

2024-12-27 发布

2025-01-27 实施

江苏省市场监督管理局 发布  
中国标准出版社 出版

目 次

前言 .....Ⅲ

1 范围 .....1

2 规范性引用文件 .....1

3 术语与定义 .....1

4 基本要求 .....1

5 系统实施 .....2

6 系统维护 .....6

7 系统应用 .....6

参考文献.....8

# 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。

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。

本文件由江苏省交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：江苏省交通运输厅公路事业发展中心、苏交科集团股份有限公司、长大桥梁安全长寿与健康运维全国重点实验室、东南大学、南京智行信息科技有限公司、南京市公路事业发展中心、镇江市公路事业发展中心、南京市城市道路管理中心、南京市城建市政工程有限公司。

本文件主要起草人：胡萌、张宇峰、闵剑勇、徐剑、沙晓东、徐一超、周海川、承宇、纪轩煦、王浩、刘秀红、周文举、洪卫星、张建、陈安京、付一帆、倪晓飞、徐衍亮、嵇业超、夏东、章茜、孙天驰、林梅、张金飞、余亮、毛明洁、茅建校。

# 桥梁轻量化监测系统建设规范

## 1 范围

本文件规定了公路与城市桥梁轻量化监测系统的基本要求、系统实施、系统维护与系统应用等内容。  
本文件适用于公路与城市桥梁的轻量化监测系统建设。

## 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 21296.1 动态公路车辆自动衡器 第 1 部分:通用技术规范
- JT/T 1037—2022 公路桥梁结构监测技术规范

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**桥梁轻量化监测** **lightweight monitoring of bridge**

一种面向桥梁重点风险场景特定参数。

注:通过布置低功耗、易安装、高集成的感知设备,获取定量数据或定性结果,实现超限报警和长期数据跟踪观测,服务桥梁运营养护的多学科交叉融合技术。

### 3.2

**桥梁轻量化监测系统** **lightweight monitoring system of bridge**

采用桥梁轻量化监测技术,通过网络集成将感知设备、软件模块及配套设施连接在一起,具有对桥梁重点风险场景特定参数进行专项测量、自动记录、异常报警的功能,辅助桥梁管养决策的信息系统。

### 3.3

**报警阈值** **alarm threshold**

对桥梁运营过程中可能出现的各种级别的异常、风险及养护需求,各监测点数据特征指标所设定的临界状态警戒值。

### 3.4

**异常报警** **abnormal alarm**

监测数据的特征指标达到或超过报警阈值时,系统自动发出警示。

## 4 基本要求

- 4.1 桥梁轻量化监测系统建设应符合针对性、有效性、经济性和可持续性原则。
- 4.2 桥梁轻量化监测系统建设应根据桥梁的结构受力特点、风险评估、特定场景需求、交通量大小、场地

供电和通讯条件,确定监测内容、选择监测方法、布设监测测点、安装监测设备、开展系统应用。

4.3 桥梁轻量化监测系统建设应适应桥梁管理养护需求,在正常维护和更换条件下,监测系统硬件、系统软件的更换与升级应保障监测数据的衔接与分析的连续性。

4.4 预埋在结构内部的传感器的使用寿命应不低于 20 年,附着安装在结构上的非埋入式传感器的使用寿命应不低于 5 年。

4.5 桥梁轻量化监测系统应与桥梁检查制度形成互补机制,定期将监测数据结果与桥梁检查结果进行对比与分析,综合评估桥梁结构安全状态。

5 系统实施

5.1 一般要求

5.1.1 桥梁轻量化监测系统宜采用模块化结构,各模块之间相对独立、有序融合,应方便维护、更换、扩展和升级。

5.1.2 桥梁轻量化监测系统宜接入市电。客观条件限制时,可采用独立电源、太阳能等供电形式,应满足不少于 1 年的供电保障要求。

5.1.3 桥梁轻量化监测系统硬件设备宜遵循低功耗、易安装、高集成的原则,优先考虑设备维护、更换的便利性。

5.1.4 桥梁轻量化监测系统应满足数据交互与共享的要求。

5.2 方案设计

5.2.1 方案设计应收集桥梁设计文件、竣工资料、养护历史、交通量数据等,遵循“一桥一策”的原则。

5.2.2 桥梁轻量化监测重点风险场景包括但不限于：

- a) 整体或主要受力构件技术状况评定等级为三类或四类的公路桥梁；
- b) II 类、III 类养护中被认定为 C 级或 D 级的城市桥梁；
- c) 服役年限超过 25 年且存在明显病害的桥梁；
- d) 重载交通或饱和交通桥梁；
- e) 存在船舶或者车辆撞击风险的桥梁；
- f) 加固改造桥梁；
- g) 曲线匝道或独柱墩桥梁；
- h) 检修困难的桥梁；
- i) 桥面附属设施易受损坏或桥下空间易遭侵占的桥梁；
- j) 多片梁结构体系桥梁。

5.2.3 桥梁轻量化监测内容根据重点风险场景确定,应符合表 1 要求。若单个桥梁存在多个重点风险场景,应同时满足不同场景的监测内容要求。

表 1 桥梁轻量化监测内容

重要风险场景	监测内容							
	车辆 荷载	竖向 位移	裂缝	应变	振动	横向 位移	梁体 移位	视频 抓拍
整体或主要受力构件技术状况评定等级为 三类或四类的公路桥梁	⊙	●	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙

表 1 桥梁轻量化监测内容（续）

重要风险场景	监测内容							
	车辆荷载	竖向位移	裂缝	应变	振动	横向位移	梁体移位	视频抓拍
Ⅱ类、Ⅲ类养护中被认定为C级或D级的城市桥梁	○	●	○	○	○	○	○	○
服役年限超过25年且存在明显病害的桥梁	○	●	○	○	○	○	○	○
重载交通或饱和交通桥梁	○	●	○	○	○	○	○	●
存在船舶或者车辆撞击风险的桥梁	○	○	○	○	●	○	○	●
加固改造桥梁	○	●	○	●	○	○	○	○
曲线匝道或独柱墩桥梁	○	○	○	○	○	●	●	○
检修困难的桥梁	○	●	○	●	○	○	○	○
桥面附属设施易受损坏或桥下空间易遭侵占的桥梁	○	○	○	○	○	○	○	●
多片梁结构体系桥梁	○	●	○	○	○	○	○	○
注：●为应选监测项，○为宜选监测项，◎为可选监测项。								

5.2.4 监测点位布设应遵循系统性、代表性、经济性、可行性的基本原则，监测点位宜布置在受力较大、变形较大、影响主要部件安全耐久和结构整体安全的位置、已有病害和损伤的位置。

5.2.5 车辆荷载监测宜选择布置在路基或有稳定墩柱支撑的混凝土结构铺装层内。

5.2.6 对于多片梁结构体系桥梁，竖向位移监测宜布置在主梁跨中位置的多片相邻梁体；对于其他重点风险场景，竖向位移监测宜布置在跨中位置，或根据主梁在交通荷载作用下的竖向位移情况，选择竖向位移最大的截面位置布设点位。

5.2.7 裂缝监测应根据检查（测）、技术状况评定、养护维修结果确定点位位置。

5.2.8 应变监测宜选择受力较大的关键截面、部位。

5.2.9 对于易遭受船舶或车辆等撞击的桥梁，振动监测宜布置在航道或车道附近易于感知撞击信号位置；对于其他重点风险场景，振动监测宜选择跨中、1/4跨、3/4跨。

5.2.10 横向位移监测宜选择主梁跨中或支点位置。

5.2.11 梁体移位监测应选择墩台顶支座位置。

5.2.12 视频抓拍监测的布点应根据重点风险场景的需求确定点位位置。

5.3 设备选型与安装

5.3.1 监测设备应适应监测点位的监测需求。

5.3.2 设备选型应满足监测量程、分辨力、精度、灵敏度、长期稳定性、环境适应性等要求，能在-20℃~60℃的温度范围内稳定工作。

5.3.3 监测设备的防护等级应符合 GB/T 4208 的相关规定。可能被水淹没的设备，防护等级应达到 IP68，户外安装设备的防护等级应不低于 IP65。

5.3.4 户外监测设备应采取有效防雷措施。

5.3.5 设备选型应明确传感器的类型。对不可更换的监测设备，宜做冗余布设。

5.3.6 对关键部件或关键构件的监测设备,可布设校核设备。

5.3.7 监测设备的技术参数可根据实际情况按照表 2 的规定进行选择。

表 2 桥梁轻量化监测设备技术参数要求

监测内容	监测设备技术参数
车辆荷载监测	1) 设备应符合 GB/T 21296.1 的相关规定 2) 单轴监测量程: $\geq$ 限载车辆轴重的 200%
竖向位移监测	测量精度: $\leq 0.1$ mm(10 m 测距) $\leq 0.2$ mm(20 m 测距) $\leq 0.3$ mm(50 m 测距)
裂缝监测	1) 量程: $\geq 1$ mm,且 $\geq$ 规范容许裂缝宽度的 5 倍 2) 最大允许误差: $\leq 0.02$ mm
应变监测	1) 应变传感器量程: $\geq 1\,000\ \mu\epsilon$ 2) 静应变传感器量程: $\geq 1.2$ 倍被测量预计变化范围 3) 动应变传感器量程: $\geq 2$ 倍预测被测量变化范围 4) 分辨率: $\leq 1\ \mu\epsilon$
振动监测	1) 量程: $\geq 1.2$ 倍计算分析振动响应最大值,且宜 $\geq \pm 1\text{ g}$ 2) 横向灵敏度: $\leq 5\%$ 3) 频响范围:0.5 Hz~100 Hz
横向位移监测	测量精度: $\leq 0.1$ mm(10 m 测距) $\leq 0.2$ mm(20 m 测距) $\leq 0.3$ mm(50 m 测距)
梁体位移监测	测量精度: $\leq 1$ mm
视频抓拍监测	1) 像素: $\geq 400$ 万 2) 动态范围: $\geq 55$ dB

5.3.8 硬件安装前应进行检查、检验,包括出厂检验和现场开箱检验等,硬件技术性能应符合设计要求及产品技术文件的规定。

5.3.9 硬件安装后应按照相关技术规定做好防水、防潮、防雷、防干扰等措施。

5.3.10 软件安装完成后应进行检验调试、多模块联调和试运行,试运行期应检验系统的可靠性和稳定性。

#### 5.4 数据采集与传输

5.4.1 根据桥梁感知方法、传感器数量和测点位置分布,数据采集模式可采用基于微处理器的一体化采集或基于边缘网关的汇聚化采集。

- a) 一体化采集流程:传感器输出信号经微处理器处理后,通过通信模块直接与应用层对接,采集模式如图 1 所示;

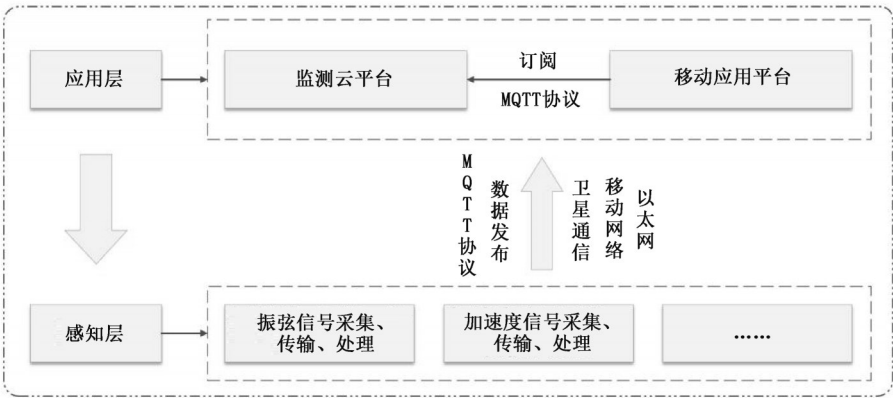


图1 一体化采集模式图

b) 汇聚化采集流程:通过边缘网关支持的各种物联接口,连接各种传感器和终端,采用内置的程序算法,将处理后的数据统一上传至应用层,采集模式如图2所示。

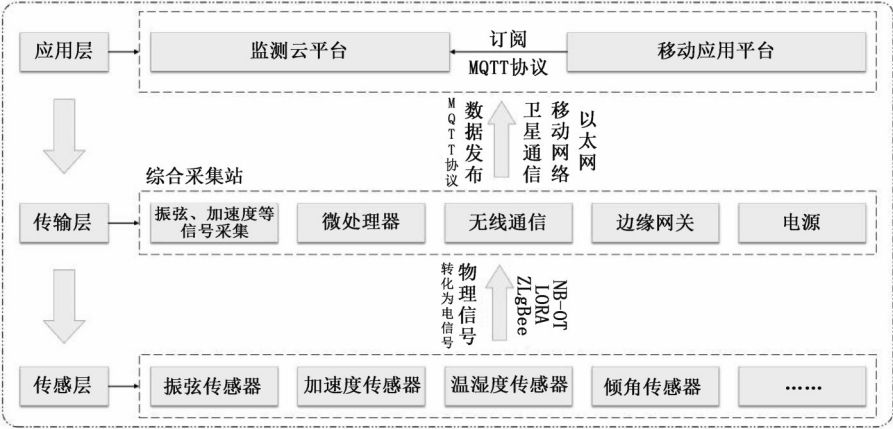


图2 汇聚化采集模式图

5.4.2 数据采集与传输系统应具备自动采集和远程传输功能,并可实现远程配置和调整。

5.4.3 数据采集宜选用连续采集,必要时可选用触发采集、定时采集等方式。采样频率应满足实时报警、数据应用的要求,可参考表3设定。

表3 数据采样频率表

监测内容	采集方式	采样频率
车辆荷载监测	触发采集	—
竖向位移监测	连续采集	$\geq 1\text{ Hz}$
裂缝监测	连续采集、定时采集或触发采集	连续采集: $\geq 1/600\text{ Hz}$ 定时采集: $\geq$ 每天1次
应变监测	连续采集	静应变: $\geq 1/600\text{ Hz}$ 动应变: $\geq 10\text{ Hz}$
振动监测	连续采集	$\geq 10\text{ Hz}$
横向位移监测	连续采集	$\geq 1\text{ Hz}$
梁体移位监测	触发采集	—



表 3 数据采集频率表（续）

监测内容	采集方式	采样频率
视频抓拍监测	连续采集、触发采集	连续采集:≥25FPS

5.4.4 数据采集模块的功能设计应满足以下要求：

- a) 在无人值守条件下能连续采集数据；
- b) 支持数据实时同步采集；
- c) 数据采集程序具有自动缓存和断点续传功能；
- d) 具有故障自诊断和重启功能；
- e) 具有远程控制功能,可按需设定数据采集时间；
- f) 具备完善的日志记录功能,能够记录常见系统运行故障。

5.4.5 数据传输模块的功能设计满足以下要求：

- a) 应保障数据传输的一致性、完整性、可靠性和安全性要求；
- b) 可采用有线、无线或者两者相结合的方式；
- c) 宜采用物联网传输协议(常见的如HTTP、MQTT、LwM2M等)进行数据传输；
- d) 对于触发采集的设备,应定时发送设备状态信息。
- e) 通过公网传输监测数据时应使用国家密码管理部门批准使用的算法进行加密传输。

6 系统维护

6.1 系统维护内容应包含日常检查、硬件和软件的定期维护、故障维护及应急维护,并在维护完成后做好日志记录。

6.2 日常检查:宜每日 1 次,结合桥梁日常巡查工作开展,及时发现异常。

6.3 硬件定期维护:宜不低于每季度 1 次,应对系统进行全面检测和保养,检查设备运行状态,核查系统错误记录,排除潜在隐患。

6.4 软件定期维护:宜不低于每个月 1 次,主要包括软件系统时间同步检查、磁盘存储空间检查及清理、数据库异地备份及软件运行日志检查等,对于有配置参数修改、更正的维护操作,应提前做好备份。

6.5 故障维护:出现故障的设备应及时进行故障判断、维修、更换等,并采取相应的措施避免同一故障再次出现。

6.6 应急维护:对强(台)风、超限车辆过桥等可预见的特殊事件发生前,应对系统进行专项维护,对维护发现的问题 24 h 内快速响应并及时处置。

7 系统应用

7.1 异常报警

7.1.1 异常报警宜设定三级报警阈值,报警阈值可参考表 4 进行设置。

7.1.2 系统运行过程中报警阈值可根据桥梁的设计参数和历史监测数据进行动态调整,并结合专家经验进行优化。

7.1.3 出现异常报警时,应深入分析监测数据,关注异常状态的影响程度和发展趋势,并基于桥梁特点、报警频次、异常极值等采取养护措施,养护措施宜遵守 JT/T 1037—2022 中表 10 的相关规定。

表 4 报警阈值设定表

序号	监测内容	报警阈值	报警级别
1	车辆荷载监测	车辆总重或轴重达到 1.5 倍设计车辆荷载	一级
		车辆总重或轴重达到 2.0 倍设计车辆荷载	二级
2	竖向位移监测	1. 桥上通行限载车辆时测点位置处产生的挠度变化值 2. 相邻梁体竖向位移变化幅值差异值达到历史均值(或中位数)的 1.2 倍	一级
		达到 0.8 倍的设计限值	二级
		达到设计限值或一天内出现 10 次以上二级报警	三级
3	裂缝监测	结构性裂缝宽度超过规范限值或发展加速	二级
4	应变监测	超过设计最不利工况计算值	一级
5	振动监测	结构物受到碰撞时的激励响应特征	二级
6	横向位移监测	达到 0.8 倍的设计限值	二级
		达到设计限值或一天内出现 10 次以上二级报警	三级
7	梁体移位监测	触发梁体移位报警	二级

7.2 数据分析报告

- 7.2.1 系统数据分析应定期形成数据分析报告,展现形式宜包括日报、季报和年报。
- 7.2.2 数据分析报告应在剔除错误数据后形成,内容包括但不限于报警信息统计和异常事件记录。
- a) 报警信息统计应包括报警内容、报警设备、报警次数及异常极值。
  - b) 异常事件记录应包括异常事件名称、起止日期、事件描述及处治措施。
- 7.2.3 日报应以报警信息统计为主,季报和年报应包括但不限于报警信息统计及异常事件记录,并可对监测数据的长期变化趋势进行跟踪分析。

7.3 数据交互与共享

- 7.3.1 监测系统与外部系统数据交互方式可采用数据交换接口,中间存储介质或数据库同步等方式。
- 7.3.2 数据交互应采取权限验证和安全管理措施,数据通过互联网传输时应进行传输加密和身份认证。

#### 参 考 文 献

- [1] GB 50982—2014 建筑与桥梁结构监测技术规范.
  - [2] GB/T 37025—2018 信息安全技术物联网数据传输安全技术要求.
  - [3] JTG 5120—2021 公路桥涵养护规范.
  - [4] CJJ 99—2017 城市桥梁养护技术标准.
  - [5] DB32/T 3562—2019 桥梁结构健康监测系统设计规范.
  - [6] DB32/T 3940—2020 公路桥梁健康监测系统数据库架构设计规范.
  - [7] 江苏省普通国省道桥梁轻量化监测系统建设指南(2022,江苏省交通运输厅公路事业发展中心).
  - [8] 江苏省普通干线公路桥梁监测系统建设指南(2016,江苏省交通运输厅公路局).
-