

团体标准

T/ITS 0206-2023

6

基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统 通用技术要求

General technical requirements for bridge maintenance management information
system based on BIM

2023-12-07 发布

2023-12-07 实施

中国智能交通产业联盟 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、缩略语	1
4 系统总体框架	2
5 技术要求	5
6 安全要求	17
参 考 文 献	19

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位：南京智行信息科技有限公司、北京市智慧交通发展中心（北京市机动车调控管理事务中心）、广东博大高速公路有限公司博深分公司、浙江交投高速公路运营管理有限公司、北京世纪高通科技有限公司、青岛海信网络科技股份有限公司、交通运输部公路科学研究所。

本文件主要起草人：洪卫星、刘建峰、李家伟、毛明洁、朱春辉、李利军、李海军、陈聪凝、陈龙智、刘慧敏、周卫、周立平、徐建达、潘春梅、李茹、李建军、孙代耀。

引 言

为使基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统通用技术能够按统一的标准进行说明和描述，特制定本标准。

为了保持标准的适用性和可操作性，各使用者在采标过程中，及时将对本标准规范的意见及建议函告南京智行信息科技有限公司，以便修订时研用。

地址：南京市江宁区宇通大厦 A 座三楼，邮编：210000，电话：+86（25）83351299。

中国智能交通产业联盟

基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统通用技术要求

1 范围

本文件规定了采用 BIM 技术的桥梁养护管理系统的参考架构、技术要求及安全要求。

本文件适用于采用 BIM 技术的桥梁养护管理系统的建设、原有桥梁养护管理系统的智能监测改造升级。

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 22239-2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求

GB/T 50982-2014 建筑与桥梁结构监测技术规范

GB/T 51212-2016 建筑信息模型应用统一标准

GB/T 51447-2021 建筑信息模型存储标准

JT/T 904-2023 交通运输行业网络安全等级保护定级指南

JT/T 1037-2022 公路桥梁结构安全监测系统技术规程

JTG B01 公路工程技术标准

JTG D30 公路路基设计规范

JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG H10 公路养护技术规范

JTG H11 公路桥涵养护规范

JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准

JTG/T 2420-2021 公路工程信息模型应用统一标准

JTG/T 2421-2021 公路工程设计信息模型应用标准

JTG/T 2422-2021 公路工程施工信息模型应用标准

3 术语和定义、缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

传感网 sensor network

为随机分布的集成有传感器、数据处理单元和通信单元的微小节点，通过自组织的方式构成的无线网络。

3.1.2

承载网 carrying network

承载网是位于接入网和交换机之间的，用于传送各种语音和数据业务的网络，通常以光纤作为传输媒介。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

BIM：建筑信息模型（Building Information Modeling）

GIS：地理信息系统（Geographic Information System）

MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）

NTR：网络传输率（Network Transmission Rate）

RFID：射频识别技术（Radio Frequency Identification）

4 系统总体框架

4.1 概述

4.1.1 基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统的总体框架，从逻辑功能上体现为总体架构，物理属性上体现为物理架构。

4.1.2 系统新建桥梁结构健康监测系统设计宜和桥梁主体结构的施工图设计同步进行。在役桥梁健康监测系统设计宜结合结构设计文件及现场调查进行。桥梁结构健康监测系统设计应考虑与桥梁养护管理系统的良好衔接,并应兼顾考虑与桥梁施工监控、检查检测等的关联性。

4.2 总体架构

系统基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统的总体架构分为四层，分别是感知层、网络层、系统层、应用层，构建如下图 1 桥梁养护管理信息系统总体框架。具体见图 1。



图1 基于BIM的桥梁养护管理信息系统总体架构

4.2.1 总体功能

基于BIM的桥梁养护管理信息系统至少包括如下功能：

- 基于BIM实现桥梁基础设施数字化；
- 实现桥梁感知数据采集、网络通信组织功能；
- 实现桥梁感知数据的智能检测与分析功能；
- 实现桥梁感知原始数据及其分析结果数据的共享与交换功能；
- 实现动态养护的全流程管理等。

4.3 物理架构

系统基于BIM的桥梁养护管理信息系统的物理架构，应由无线传感器网络、承载网、云系统、用户接入设备组成，其中承载网沿用运营商现有网络或自建网络，数据通过移动通信网络和有线网传输。具体见图2。

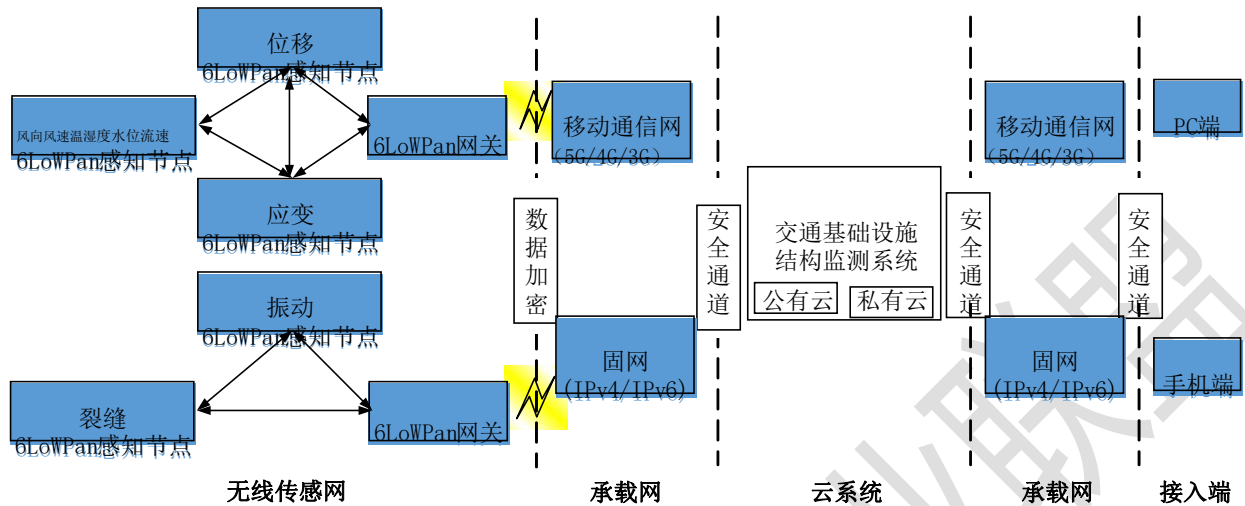


图 2 系统基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统的物理架构

4.3.1 无线传感器网络

无线传感器网络负责数据的最后一公里采集和传输，它利用先进的传感器获取基础设施不同形式物理量（如位移、应变、振动、温度、湿度、水位、风向、风速等）的实时监测数据，感知层由基本的感应器件（例如RFID标签和读写器、各类传感器、摄像头、GPS、二维码标签和识读器等基本标识和传感器件组成）以及感应器组成的网络（例如RFID网络、传感器网络等）两大部分组成。该层的核心技术包括射频技术、新兴传感技术、无线网络组网技术、现场总线控制技术等，涉及的核心产品包括传感器、电子标签、传感器节点、无线路由器、无线网关等。

4.2.2 承载网络

4.2.2.1 承载网的网络层将建立在现有的移动通信网和互联网基础上。承载网通过各种接入设备与移动通信网和互联网相连，网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术，包括传感网数据的存储、查询、分析、挖掘和理解，以及基于感知数据决策的理论与技术。

4.2.2.2 为确保桥梁现场监测站与桥梁数据中心之间数据传输的可靠性，宜在有线网络连接的基础上，布设无线网络连接作为补充。

4.2.3 桥梁结构的数字孪生轻量化 BIM 系统

4.2.3.1 一般要求

图 2 中云系统即代表桥梁结构的数字孪生轻量化 BIM 系统。桥梁结构的数字孪生轻量化 BIM 系统一般要求如下：

- a) 系统宜采用基于GIS+轻量化BIM进行数字孪生展示,并开发有针对性的大数据综合评估工具,帮助管理者优化运营策略和管养计划。
- b) 系统应根据桥梁养护管理的特点与全局统筹分层展示,构建与桥梁实体一对一精准映射的桥梁模型,桥梁BIM模型的建模必须包含桩、墩、台、梁、塔、缆、索、杆、支座等关键结构件,应明确模型信息深度等级和几何表达精度等级。实现桥梁实景三维展示,展现真实复杂的地形地貌与桥梁工程结构、传感元件及监测分析结果之间的耦合关系。
- c) 系统宜具有BIM模型向GIS模型几何数据的转换,坐标系统的转换,属性数据的转换等功能。
- d) 系统宜关联桥梁工程结构全寿命周期内多源异构的多要素信息,包括:设计、施工、检测、事故监测、养护维修、事故等数据。
- e) 系统宜综合利用桥梁基础信息、在线监测信息、日常巡查信息、检查检测信息、技术状况评定信息、养护和维修加固信息、交通荷载信息、视频监控信息等多种信息化手段进行信息融合。

5 技术要求

5.1 基于BIM的桥梁基础设施数字化

5.1.1 设施采样方式

BIM技术的桥梁基础设施数字化的设施采样方式包括:

- a) 桥梁基础设施的主要结构体,包括:桥墩、桥台、主梁、主塔、主缆、主拱圈、吊杆、斜拉等,宜采用精细化单体模型;
- b) 桥梁基础设施次要或背景环境中的结构体宜采用快速自动化三维重建技术,进行基于图像的维动态立体影像建模或基于三维扫描的三维实体建模;
- c) 基于图像的建模技术应能够做到:通过无人机倾斜摄影对景物拍摄不同角度的图像,采用拼接、切割、压缩存储等手段,将平面图在融合如三维激光、实景照片、视频图像等多源影像数据的基础上,转换成三维动态立体影像,再加以实施渲染和交互,使得用户能随时从全方位、多角度沉浸式浏览整个工程;
- d) 三维扫描技术应能够做到:综合利用光、机、电和计算机技术实现对物体空间外形和结构及色彩的扫描,通过空间三维坐标值自动生成来扫描物体的表面点云信息,通过对点云信息的清洗、过滤、抽息转化为计算机可以直接处理的三维模型,并且能够快速获取被测体数据。

5.1.2 数据表达方法

BIM 技术的桥梁基础设施数字化的数据表达方法包括：

- a) 应当结合精细化单体模型和多维空间数据；采用桥梁信息模型（BIM）与地理信息系统（GIS）集成技术，为桥梁基础设施数字化奠定基础。
- b) GIS 应具备二三维空间数据分析、管理、查询及可视化的能力。
- c) BIM 应包含桥梁全生命周期的主要信息数据。
- d) 宜选择适合 Web 端渲染大规模空间数据的技术，以解决在 Web 系统中同时加载、渲染大规模 GIS 数据及大体量 BIM 数据困难的问题，保证 GIS 与 BIM 模型在 Web 端的高效、快速渲染。

5.2 感知层

5.2.1 一般要求

感知层通过传感器、二维码、RFID、图像采集等不同类型的设备获取桥梁及其周围环境信息，运用无线传输、Wi-Fi、蓝牙等将各个传感器和数据采集设备连接起来，完成数据采集、传输、转发、存储等功能。

5.2.2 功能要求

5.2.2.1 数据采集模块的功能设计

数据采集模块（传感器节点）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) 具备完善的日志记录功能，能够记录常见系统运行故障。

5.2.2.2 数据传输模块的数据格式与通信协议要求

数据传输模块的功能设计应满足以下要求：

- 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) 由传感器到智能网关的局域网络数据传输，可采用有线、无线或者两者相结合的方式；上传至系统的数据传输可选用 5G、4G、3G、2G、窄带物联网（NB-IoT）等无线传输网络；
- 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，为确保设备正常在线运行，应定时发送设备状态信息。

5.2.2.3 传感器布设点要求

为监测桥梁环境、桥梁作用、结构响应和结构损伤，综合考虑监测点的代表性、经济性、可更换性，合理布置传感器。传感器设点要求如下：

a) 桥梁环境监测点：

- 1) 桥址区环境温度和湿度的监测点宜布设在桥梁跨中位置，根据桥梁结构类型、联长、跨径、构造增设监测点。
- 2) 降雨量监测点宜布设在桥梁开阔部位。

b) 桥梁作用监测点：

- 1) 车辆荷载监测点应覆盖所有行车道，宜选择在路基或有稳定墩柱支撑的混凝土结构铺装层内，宜结合视频监测点获得所有车道的车辆空间分布。
- 2) 风速风向监测点应能监测自由场风速和风向，宜布设在塔顶、拱顶、跨中。
- 3) 结构温度监测点根据温度场分布并结合结构类型、联长、跨径、构件尺寸、铺装体系、日照情况等综合确定，宜在主梁铺装层布设温度监测点。
- 4) 船撞击监测点宜布设在有船撞风险的水位变动区的桥底部或承台顶部，视频监测点宜在主梁上、下游两侧对称布设。
- 5) 地震动监测点宜布设于桥墩底部或承台顶部，可布设于桥梁两岸的护岸、锚室内。长度小于 800 m 的桥梁，不应少于一个监测点；长度大于等于 800 m 的桥梁，宜增加监测点。

c) 桥梁结构响应监测点：

- 1) 位移监测点：主梁竖向位移监测点应布设在主跨跨中、 $1/4$ 跨、 $3/4$ 跨和边跨跨中处；宽幅桥面、中央索面或其他具有扭转监测需求的主梁，应在同一断面左右幅外侧位置布设监测点；主梁横向位移监测点应在主跨跨中布设；支座位移、主梁梁端纵向位移测点布设在墩顶梁端支座处，根据不同支座的功能和类型选择支座位移测量方向；塔顶偏位和拱顶位移监测点应分别布设于索塔顶部、拱顶部；主缆偏位监测点宜在主跨跨中、 $1/4$ 跨、 $3/4$ 跨；高墩桥梁或纵坡较大的桥梁，桥墩纵向和横向位移测点宜布设在墩顶。
- 2) 应变监测点：主梁、索塔、主拱等关键构件截面静态和动态应变监测点位置和数量应根据结构计算分析和易损性分析，选择受力较大的关键截面布设；正交异性钢桥面板动态应变监测点应选择的重车道或行车道车轮轮迹线对应位置，宜布设在顶板、U 肋和横隔板等疲劳热点；受力复杂的构件截面和部位，宜布设三向静态和动态应变监测点；钢混接合段宜布设应变监测点，布

设在应变较大和应力集中处。

3) 索力监测点: 根据悬索桥吊索、斜拉桥斜拉索、拱桥吊杆(索)和系杆等索构件的布置形式、规格、型号、长短、索力和应力,确定监测的索构件,宜选择上、下游索构件成对布设;应根据主缆锚固方案、索股布置形式,确定锚跨索股力监测的索股,基准索股宜布设测点。

4) 支座反力监测点: 根据支座类型、构造、安装方式确定,宜选择可能出现横向失稳等倾覆性破坏的桥梁、基础易发生沉降或采用压重设计的桥梁支座。

5) 结构振动监测点: 主梁竖向和横向振动监测点应根据主梁振动振型确定,宜布设在振型峰值点处,避开振型节点;主梁纵向振动监测点宜布设在支座处;塔顶水平振动监测点应在塔顶双向布设;选择振动幅值大的悬索桥吊索、斜拉桥斜拉索、拱桥吊杆等构件布设振动监测点;对索面内和索面外均存在较大振动的情况可双向布设;梁桥桥墩纵向和横向振动监测点应在桥墩顶部布设;主拱振动监测点应根据主拱振型确定。

d) 桥梁结构损伤监测点:

1) 混凝土结构和钢结构裂缝监测点应依据检查(测)技术状况评定养护维修结果确定测点位置和数量,宜对裂缝宽度和长度变化跟踪观测。

2) 腐蚀监测点宜布设在墩台水位变动、浪溅区的混凝土保护层内;测点位置、数量可根据氯离子浓度梯度测试要求确定。

5.2.2.4 采样频率根据监测要求和功能要求设定

不宜低于下列规定,动态信号应满足采样定理。下文引用了 JT/T 1037-2022 中的相关内容。

a) 荷载与环境监测:

1) 车辆荷载: 触发采集:

2) 船舶撞击桥加速度: 50Hz;

3) 风速和风向: 超声风速仪 10Hz, 机械式风速仪 1Hz;

4) 风压: 20Hz;

5) 地震: 50Hz;

6) 温度: 1/600Hz;

7) 湿度: 1/600Hz;

8) 降雨量:1/60Hz。

b) 结构整体与局部响应监测:

1) 振动加速度:50Hz;

2) 动位移 20Hz;

3) 静位移:1Hz;

4) 动应变:10Hz;

5) 静应变:1/600Hz;

6) 索力:压力式传感器 1Hz 频率法加速度传感器 50Hz 磁通量索力传感器 1/600Hz;

7) 拉索断丝:1MHz;

8) 支座反力:1Hz;

9) 腐蚀:1/3600Hz;

10) 声呐传感器测量基础冲刷:1MHz。

5.2.2.5 数据采集

5.2.2.5.1 感知层解决的是人类世界和物理世界的数据获取问题。监测目标主要是交通基础设施相关的结构对象,感知范围涵盖物理状态、气象环境、设备状态信息以及外部信息。它首先通过传感器设备,采集外部物理世界的的数据,经过一定的分类和预处理,然后通过 RFID、条码、工业现场总线、蓝牙、红外等短距离传输技术传递数据。

5.2.2.5.2 感知层所需要的关键技术包括检测技术、短距离无线通信技术等,该层网络是一种由传感器节点组成网络,其中每个传感器节点都具有传感器、微处理器、以及通信单元。节点间通过通信网络组成传感器网络,共同协作来感知和采集环境或物体的准确信息。

5.2.2.6 网络组织

5.2.2.6.1 该层网络作为一种分布式网络应是一种自治、多跳网络,能够在不能利用或者不便利用现有网络基础设施的情况下,提供终端之间的相互通信。由于终端的发射功率和无线覆盖范围有限,因此距离较远的两个终端如果要进行通信就必须借助于其它节点进行分组转发,这样节点之间构成一种无线多跳网络。

5.2.2.6.2 无线连接装置的可选方式有很多,最流行的包括 Wi-Fi、Bluetooth、ZigBee、6LoWPAN 和基于 sub-GHz 技术的解决方案。基于每种无线方案都有优缺点,在系统中以上无线技术将会共存。

5.2.3 设备总体要求

设备总体要求如下：

- a) 应具有心跳功能，并可根据系统要求动态调整心跳间隔；
- b) 应能响应系统参数设置和查询命令，并可进行现场参数设置和查询；
- c) 应能响应系统的时钟召测和对时命令，响应本地时钟设置。对时误差应小于 2s，时钟的 24h 内走时误差应小于 1s；
- d) 集中管理系统与网关节点进行双向通信，通讯方式应采用 4G/3G/GPRS；
- e) 能够随时通过互联网访问 WSN 节点信息；
- f) 网关节点与感知节点（监测终端）之间的通讯方式采用 6LoWPAN 无线通信方式，通信应具备自动路由组网功能，路由建立时间不超过 2 分钟；
- g) 应采用高性能数字信号处理技术；具备高效率纠错能力；
- h) 应采用合理高效的算法，确保通讯能力与稳定性；
- i) 网关应具有数据掉电保护功能，具有电源指示功能；
- j) 具有 6LoWPAN 网络层，并能够完成精简 IPv4/IPv6 协议和 IEEE 802.15.4 协议之间的转换；
- k) 能够对 IPv6 完整协议进行精简，简化的 IPv6 协议，以适应硬件资源有限的嵌入式设备；
- l) 单节点支持 200 个感知节点接入；
- m) 200 节点重新组网时间不大于 2 分钟。

5.3 网络层

5.3.1 一般要求

网络层的一般要求如下：

- a) 可适配不同无线网关协议；
- b) 采用标准物联网 MQTT、CoAP 协议，利用其 Restful 风格的 API，增加系统兼容性；
- c) 具备横向扩展性，支持动态增加网关。

5.3.2 功能要求

5.3.2.1 承载支撑技术

承载网络是物联网的神经中枢和大脑—用于传递信息和处理信息，包括通信网与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。解决的是感知层所获得的数据在一定范围内，通常是长距

离的传输问题。

5.3.2.2 接入管理

5.3.2.2.1 该层实现协议适配、数据转换、认证鉴权、接入策略管理、远程故障诊断、远程配置，是传感器网络与管理系统进行信息交互的重要接口。

5.3.2.2.2 为适配底层多种无线技术该模块应进行协议适配，需提供南向 SDK，对多点接入进行策略控制、队列管理，并提供对设备管理的能力。

5.3.2.2.3 数据接入协议基本需分两个层次，在通讯层次上，支持 TCP、UDP、COAP、MQTT、HTTP 和 WEBSOCKET 等通讯协议；在数据协议层次上，支持 XML、JSON、BSON 和自定义二进制等协议。通过这两个层次的互相搭配，可以轻松实现任何物联网终端、任何协议的数据接入。具体见图 3。



图3 数据接入协议

5.3.2.2.4 为保证系统充分解耦系统应引入中间件，可使用消息中间件，网关接收到数据，并完成解包之后，将数据包发送到消息中间件中，可以有效地应对“井喷流量”和下游服务短暂不可用的问题。消息中间件应支持可扩展性，能根据容量变化，进行分布式部署，并且支持持久化和订阅/发布的功能。

5.3.2.2.5 数据接入时，传感器或者采集终端通过无线或者有线的方式发送到系统端，考虑到物联网传感器数量多，采集频率高，大规模网络中的实时数据汇聚意味着“大数据”，系统端应通过软负载均衡或者硬负载均衡将传感器流量均匀的负载到各个可水平扩展的接入网关，每个接入网关应是实现多种协议的高性能的网络接入程序。具体见图 4。

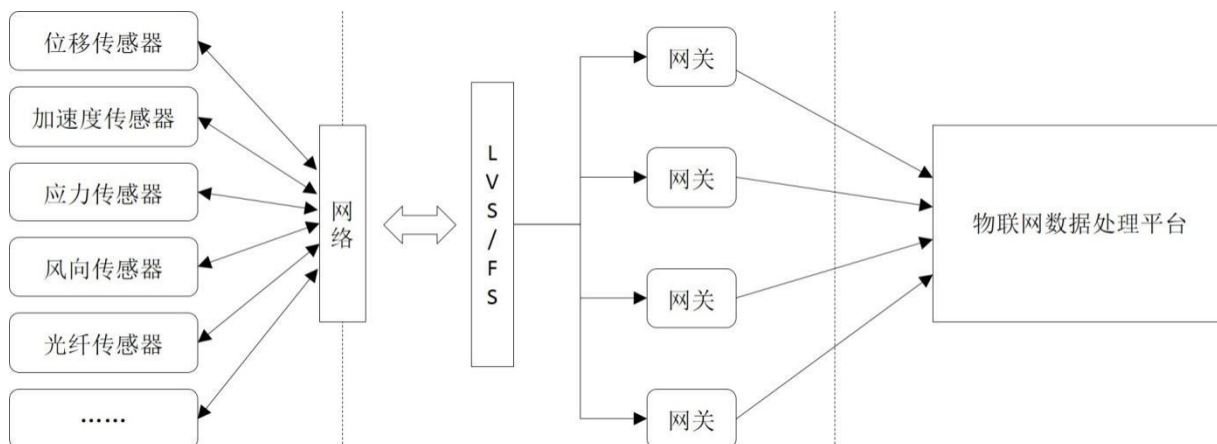


图4 交通基础设施结构接入管理

5.4 系统层

5.4.1 一般要求

一般技术要求如下：

- a) 支持 TB 级别的传感器数据存储；
- b) 支持多级存储机制，对于数据查询要求及时响应的数据存储在缓存中；
- c) 具备数据库的 ACID 特性，解决分布式事务的一致性和隔离性问题；
- d) 支持集群的高可用，包括无单点故障和系统容灾；
- e) 支持数据备份与恢复，且具备数据高一致性；
- f) 具备的节点水平扩展能力；
- g) 支持数据重分布策略，且能根据业务实际负载情况制定和实施合适的定制化重分布策略；
- h) 具备基于规则和代价的 SQL 优化，支持存储过程；
- i) 对各业务透明，在物理层各业务隔离；
- j) 数据收集可采用 Splunk、Sqoop、Flume、Logstash、Kettle 以及各种网络爬虫、如 Heritrix、Nutch 等；
- k) 数据预处理形式上需要包括数据清理、数据集成、数据归约与数据转化等阶段；
- l) 数据清理技术包括数据不一致性检测技术、脏数据识别技术、数据过滤技术、数据修正技术、数据噪声的识别与平滑技术等；
- m) 数据集成把来自多个数据源的数据进行集成，缩短数据之间的物理距离，形成一个集中统一的（同构/异构）数据库、数据立方体、数据宽表与文件等；

- n) 数据归约技术要在不损害挖掘结果准确性的前提下、降低数据集的规模，得到简化的数据集。归约策略与技术包括维归约技术、数值归约技术、数据抽样技术等；
- o) 系统可采用常用的分布式磁盘文件系统有 HDF、GFS、KFS 等，并结合场景考虑使用分布式内存文件系统如 Tachyon、Alluxio 等；
- p) 对于基础设施建设中传感器信息可以考虑使用主流的文档数据库，例如 MongoDB、CouchDB、Terrastore、RavenDB 等；
- q) 经过分析清洗后的数据建议使用列式存储的数据库产品，如 Sybase IQ、InfiniDB、Vertica、Hbase、Infobright 等；
- r) 实时数据对性能要求较高，可考虑使用 Key-Value 型内存数据库存储，如 TimesTen、Altibase、extremeDB、Redis、RaptorDB、MemCached 等产品；
- s) 针对海量数据分析考虑采用目前主流的数据处理计算模型，包括 MapReduce 计算模型、DAG 计算模型、BSP 计算模型等；
- t) 数据可视化技术可使用 Tableau、Datawatch、Platfora、R、D3.js、Processing.js、Gephi、ECharts 以及商业的大数据挖掘和分析软件也包括数据可视化功能，如 IBM SPSS、SAS Enterprise Miner 等；
- u) 数据挖掘应采用标准开源数据挖掘引擎，利用机器学习语言进行数据分析、挖掘；
- v) 建立适合桥梁结构件健康状态数据挖掘领域的算法库，至少包括回归、FFT、聚类、概率分布等算法。

5.4.2 功能要求

5.4.2.1 数据存储

5.4.2.1.1 交通基础设施结构监测中的传感器数据量更大、数据速率更高、数据更加多样化、对数据真实性的要求更高，因此大数据是系统中的关键技术，需要利用大数据技术从海量数据中进行规律预测、情境分析、串并侦查、时空分析等。具体见如下图 5。



图 5 交通基础设施结构数据存储类型

5.4.2.1.2 桥梁检测传感器类型众多，参数、采集数据多种多样，系统需针对此特点提供多种存储方式，包括结构化存储、非结构化存储、半结构化存储、In-memory 存储等多种存储方式。

5.4.2.2 数据交换

5.4.2.2.1 数据交换接口主要是为简化应用层与系统层之间的数据访问而抽象一层访问接口，有这层接口，应用层就不需要直接调用分布式存储系统、结构化以及非结构化等原生的应用程序接口，可以快速地进行应用开发。

5.4.2.2.2 数据交换接口可考虑支持：SQL、Restful、Thrift 和 Java API 等，用户可以根据实际情况灵活选择数据交换的方式。

5.4.2.2.3 数据交换的内容包括：物联网终端的当前状态、物联网终端的历史状态/轨迹、指令下发、数据订阅与发布等等。

5.4.2.3 数据处理

5.4.2.3.1 交通基础设施结构检测传感器数据属于流式大数据，呈现出的实时性、易失性、突发性、无序性、无限性等特征，系统需提供实时计算和离线计算两种。

5.4.2.3.2 基于实时计算服务可以很容易实现对物联网数据的清洗、解析、报警等实时的处理，可采用流式处理引擎，流式处理引擎需要满足毫秒级别的实时计算，并能支持物联网的场景中对终端数据的全局分组，可以支持应用层的调度和管理。

5.4.2.3.3 离线计算需支持大数据分布式计算和数据创库，并能利用机器学习的中间件对离线数据进行分析，分析可主要用于对物联网数据做日/周/月/年等多个时间维度做报表分析和数据挖掘，并将结果输出到关系数据库中。

5.4.2.3.4 数据处理应采用剔除异常、填补缺失、噪声消除、去趋势项、重采样等策略及算法过滤数据，得到反映结构真实状态的可靠数据，以解决原始监测数据含有噪声的问题；在此基础上，宜开展数据统计分析、疲劳分析、模态分析、关联分析、对比分析、回归分析等，为桥梁安全管理及管养决策提供技术支持。

5.4.2.3.5 数据处理宜采用灰色模型对桥梁监测参量长期发展趋势进行预测。

5.4.2.3.6 数据处理宜采用关联算法对桥梁参数化 BIM 构件间关联度进行判别，通过数据整合技术提取时间及空间耦合特征参数，以修正有限元模型仿真健康指标阈值库。

5.4.2.3.7 数据处理宜以“采集时间粒度”、“监测超限阈值”、“连续超限时间间隔”为主要参数构

建桥梁监测超限事件判识算法，筛除监测中可能因偶然干扰导致超限误判的情况。

5.4.2.3.8 数据处理宜构建从感知、研判、决策、排查再到反馈的桥梁预警闭环管理流程，有效保障预警的及时处置和消除。

5.5 应用层

5.5.1 一般要求

5.5.1.1 基于 BIM 的桥梁养护管理

5.4.1.1.1 基于桥梁的动态检测信息，需进行动态养护全流程的管理。

5.4.1.1.2 宜通过数据交换模块提供的能力开放接口，获取离线分析、在线分析数据，分析结构当前的工作状态，并与相应的临界状态进行比较分析，评价结构的安全等级。

5.4.1.1.3 监测数据触发异常报警时，宜基于桥梁特点、报警频次、异常极值等采取养护措施。

5.5.1.2 基于 BIM 的桥梁监测系统

基于 BIM 的桥梁监测系统包括：

- a) 包括但不限于以下监测内容：荷载监测、结构的强度监测、振动监测、性能趋向监测、非结构部件及辅助设施；这里具体指标实例以大气温度、主梁挠度、动态应变、主梁振动、裂缝宽度、梁端位移等为例。
- b) 结合理论分析模型、专家经验、基础设施本身特点以及相关的规范文件，应用各种有效的评估手段对结构的健康状态做出评估，评价结构的强度储备和可靠度，预测结构的剩余寿命；
- c) 根据预设模板和报表生成时间，自动生成传感器数据报表、桥梁健康状态评估报表、维修和养护建议报表；
- d) 对基础设施各个主要部件和整体结构基于 BIM 模型进行二维、三维建模，通过模型展示各个结构部件物理尺寸及其变化情况；
- e) 根据预设的处理流程自动安排人员处理，编排系统可以适应不同项目场景自由切换流程，实现巡检流程自定义。

5.5.2 功能要求

5.5.2.1 结构数据可视化

5.5.2.1.1 系统软件宜包含 B/S 端远程监测软件、APP 端便捷监测软件、C/S 端仿真监测软件，具备 BIM

模型全方位立体展示、监测预警反馈闭环处理、智能化管理信息分级推送以及决策建议等功能，操作界面友好、实用性强，实现桥梁远程可视化、智能化健康监测及信息化管理。

5.5.2.1.2 实时数据网关应具有以下功能：接收到数据后进行公共协议解析，然后把解析后的数据发给消息队列，消息队列中存放在原始数据主题，实时计算任务从原始数据主题中读取数据经过数据清洗进行可视化展示。

5.5.2.1.3 系统宜采用“BIM+监测”可视化展现技术，实现桥梁缺陷及其位置在 BIM 模型上的精准标记与直观提示。

5.5.2.1.4 系统提供的数据交换接口应具备查询分布式存储系统中历史数据的功能，宜采用多种形式展示，包括时序图、热力图、仪表盘、文本等多种形式。

5.5.2.1.5 系统应利用 BIM、WebGL 等技术，开发浏览器端 BIM 模型数据导入接口及监测功能编程接口 API。

5.5.2.1.6 BIM 模型数据导入接口应能够将建模软件建立的三维模型，通过 IFC 通用标准格式，转换成基于 WebGL 技术的浏览器端轻量化 BIM 模型。

5.5.2.1.7 监测功能编程接口 API 应能够快速将系统预先定制的模型操作、图层管理、数据查询等监测管理功能与 BIM 模型进行对接，从而实现监测情况 BIM 模型全方位立体展示，达到所见即所得目的。

5.5.2.2 桥梁参数化 BIM 构件

5.5.2.2.1 系统应对监测对象的主要构件进行索引，方便人机接口查询。

5.5.2.2.2 系统宜提供通用构件建模方式，便于开发人员针对交通基础设施监测对象，进行结构建模，利用数据交换结构查询数据，进行结构形态的还原。

5.5.2.2.3 开发人员可利用桥梁建模工具软件，基于“骨架+模块”BIM 建模方法基本原理，通过采用思维导图工具预先制作“骨架+模块”，再导入建模工具软件进行建模的方式，以实现批量、快速、高质量建模，并采用数据压缩、属性简化、降低分辨率等手段对模型进行轻量化处理。

5.5.2.3 多级预警

5.5.2.3.1 安全预警的基本原理就是通过收集基础设施基本状况数据、安全监测数据，维修历史数据，建立预警数据库(包括数据库、图像库和图形库)，实时采集安全监测数据，判断安全等级、病害程度、病害范围等，然后发布预报，职能部门采取相应措施，最终达到预防安全事故的目的。

5.5.2.3.2 原始数据解析模块将解析出来数据发送到消息队列，流式处理引擎获取主题中数据，然后将

解析后的数据发送至报警判断模块；报警判断模块根据已有规则进行多级预警，并将产生的结果分别发送到消息队列的不同报警数据主题。

(引用《江苏省普通国省道桥梁轻量化监测系统建设指南》):

5.5.2.3.3 异常报警设定三级报警阈值，当监测数据达到或超过报警 阈值时，宜同步报警。当监测数据提示异常报警时，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。

5.5.2.3.4 报警阈值具体数值宜基于监测内容历史统计值、设计值和规范容许值确定，并宜考虑桥梁管养需求、车辆通行管控建议等监测 应用需求。

5.5.2.3.5 报警阈值由系统设计单位结合轻量化监测场景和桥梁管养需求提出。

5.5.2.4 巡检业务编排

5.5.2.4.1 通过巡检业务编排，可以对接管理、预警、安全评估、报告等业务单元，流程化地处理各个业务单元操作，并提供回退、逻辑判断等能力，从而快速提供各种巡检服务，同时协助消除人工错误。服务编排方案能够各自独立，使不同系统的组织部门，对流程进行定义、自动化和编排，因而有助于提高工作效率，并强制推行标准。

5.5.2.4.2 应采用桥梁预警闭合处理技术，提升桥梁管理异常处置和消除速度以及人力使用效率。

5.5.2.5 结构健康报告编制

5.5.2.5.1 结构健康报告编制前，对有问题的桥梁应采用有限元软件对桥梁进行有限元建模下的健康监测，并基于此开展静力分析、模态分析、易损性分析等工作。

5.5.2.5.2 报告编制过程中，宜通过系统提供的接口，根据预制各种结构健康报告模版定时输出监测数据。宜结合桥梁健康监测系统中桥梁荷载及边界条件关键指标数据，采用变权层次分析法评估桥梁技术状态，实现权重的动态分配，使评价体系更加科学化，减少人为主观判断的影响。可在此基础上，基于决策树法原理，以过程化的形式为桥梁选择合理可行的养护维修及改造对策，形成诊断分析及决策建议。

6 安全要求

系统的安全要求包括物理安全、网络安全、系统安全、应用安全、数据安全等方面的要求。

6.1 物理安全

6.1.1 物理安全是指为保证计算机系统安全、可靠地运行，确保系统在对信息进行采集、传输、存储、处理、显示、分发和利用的过程中不会受到人为或自然因素的危害而使信息丢失、泄漏和破坏，对计算

机系统设备、通信与网络设备、存储媒体设备和人员所采取的安全技术措施。实体安全包括环境安全，设备安全和媒体安全三个方面。

6.1.2 环境安全包括受灾防护、区域防护；设备安全包括设备防盗、设备防毁、防止电磁信息泄露、防止线路截获、抗电磁干扰、电源保护等；媒体安全是媒体数据和媒体本身。

6.2 网络安全

系统应建立完善的网络安全机制，保障传感器接入、移动终端接入安全，应包括但不限于：SSL 和 TLS、VPN、防火墙系统、入侵检测、病毒防范系统等。。

6.3 系统安全

通过防病毒、管理员权限控制、操作日志记录等功能来保证系统的安全性。

6.4 应用安全

6.4.1 应用安全是指系统提供的管理员权限控制、操作日志记录等功能保证软件本身的安全性，通过容灾备份等方式保证系统数据的安全性。数据安全

6.4.2 采取必要的访问控制、加解密控制和完整性验证等措施，确保数据在存储和传输过程中不会被窃取、伪造、篡改或破坏。可以通过每字节进行 CRC 校验的机制保证数据的防篡改。

6.5 数据安全

采取必要的访问控制、加解密控制和完整性验证等措施，确保数据在存储和传输过程中不会被窃取、伪造、篡改或破坏。可以通过每字节进行 CRC 校验的机制保证数据的防篡改。

参 考 文 献

- [1] 江苏省普通国省道桥梁结构监测系统建设和运维管理办法
 - [2] 江苏省普通国省道桥梁轻量化监测系统建设指南
 - [3] 江苏省普通干线公路桥梁监测系统建设指南
 - [4] DB32 / T 3562-2019 桥梁结构健康监测系统设计规范
-

中国智能交通产业联盟

T/ITS 0206-2023

中国智能交通产业联盟

标准

基于 BIM 的桥梁养护管理信息系统通用技术要求

T/ITS 0206 -2023

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org.cn>

2023 年 12 月第一版 2023 年 12 月第一次印刷