

T/GLAC

中国卫星导航定位协会团体标准

T/GLAC 25—2025

北斗交通工程应用 大跨度桥梁结构安全监测系统技术要求

BDS transportation engineering application—Technical requirements for safety monitoring systems in long-span bridge structures

2025 - 06 - 25 发布

2026 - 06 - 25 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 系统架构	2
6 总体要求	2
7 功能要求	3
8 性能要求	5

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。

本文件由中国卫星导航定位协会提出并归口。

本文件起草单位：河北省北斗导航位置服务有限公司、北京市中位协北斗时空技术研究院、广州市埃特斯通讯设备有限公司、中大智能科技股份有限公司、雄安交投工程养护科技有限公司、广州市城市规划勘测设计研究院有限公司、北京北控北斗科技投资有限公司、蓝鲸高领（北京）标准化技术服务有限公司。

本文件主要起草人：刘智伟、马丰敏、段永辉、孙京侨、吴钊炯、程潞样、吴秋霜、张学龙、何士芳、刘洋、赵小阳、颜亮、田鑫、李文。

北斗交通工程应用 大跨度桥梁结构安全监测系统技术要求

1 范围

本文件规定了基于北斗的大跨度桥梁结构安全监测系统（以下简称“监测系统”）的系统架构、总体要求、功能要求和性能要求。

本文件适用于新建或在役主跨长度超过100 m的桥梁（含斜拉桥、悬索桥、连续钢构桥等）结构安全监测系统的设计和部署。

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—2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 39267—2020 北斗卫星导航术语

GB/T 39399—2020 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范

GB/T 39414（所有部分） 北斗卫星导航系统空间信号接口规范

GB/T 39772.1—2021 北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第1部分：建设规范

GB/T 45224—2025 智慧城市 城市交通基础设施智能监测技术要求

JT/T 1037—2022 公路桥梁结构监测技术规范

3 术语和定义

GB/T 39267和GB/T 39399中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

北斗基准站 BeiDou reference station

在位置坐标已知点上架设高精度 BDS 观测设备、通信终端等设备，并在一定时间内连续观测、记录卫星信号，将数据传输给数据处理中心或经处理后直接播发差分改正数据的设施。

[来源：GB/T 39267—2020, 2.1.25, 有修改]

3.2

北斗监测站 BeiDou monitor station

布设于桥梁关键受力部位，通过接收北斗卫星信号采集桥梁三维位移数据，并向监测系统数据层传输伪距、载波相位等观测数据的地面站。

3.3

荷载 load

施加在结构上的集中力或分布力和引起结构外加变形或约束变形的原因。

3.4

预警阈值 warning threshold

结构监测中，针对位移、应变等不同监测指标设定的警戒值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

BDS:北斗卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System）

- BDT:北斗时 (BeiDou Time)
- PPP:精密单点定位 (Precise Point Positioning)
- RMS:均方根 (Root Mean Square)
- RSRP:参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power)
- RTK:实时动态测量 (Real-Time Kinematic)
- Wi-Fi:无线网络通信技术 (Wireless Fidelity)

5 系统架构

监测系统由感知层、传输层、数据层及应用层构成，监测系统架构见图 1。

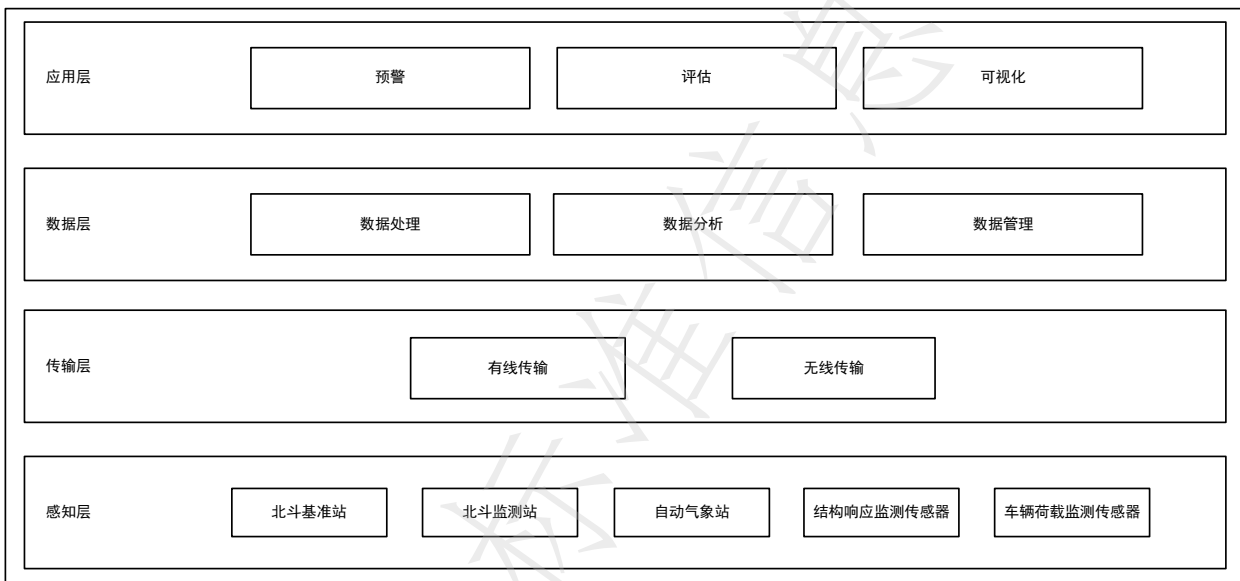


图1 监测系统架构图

其中：

- a) 感知层：采集桥梁现场的温度、湿度、应变量、位移、振动、外部荷载等物理量变化数据，由北斗基准站、北斗监测站、自动气象站、结构响应监测传感器、车辆荷载监测传感器组成，具体为：
 - 1) 北斗基准站：用于为北斗监测站提供差分修正数据；
 - 2) 北斗监测站：布设于桥梁关键点位（包括主梁跨中、支座、塔柱、锚碇等受力集中部位），用于采集桥梁主体结构的位移数据；
 - 3) 自动气象站：用于监测桥梁周边气象数据，包括风速传感器、风向传感器、空气温度传感器、空气湿度传感器、雨量传感器、总辐射传感器等；
 - 4) 结构响应监测传感器：用于监测桥梁关键部位的应变量、挠度、振动加速度等数据，包括数字图像位移传感器、转角传感器；
 - 5) 车辆荷载监测传感器：用于监测车辆总重、轴重、轴距、车流量、车型、车速等数据。
- b) 传输层：通过有线和无线传输形式，将感知数据实时传输至数据层。
- c) 数据层：对实时数据和历史数据进行处理分析、归档和存储，为应用层提供建模分析及分析结果保存。
- d) 应用层：为监测业务提供报警预警、可视化展示、评估应用。

6 总体要求

6.1 监测系统应满足下列要求：

- a) 具备保持对各监测点 7×24 h 不间断在线自动化监测；

- b) 具备硬件扩展能力,能感知设备进行扩展操作;
 - c) 具备抗干扰能力,能抵御电磁干扰、恶劣天气(暴雨、台风)影响。
- 6.2 监测系统的设计要求如下:
- a) 新建桥梁宜结合桥梁主体结构的施工图同步设计监测系统;
 - b) 在役桥梁宜结合结构设计文件、历史监测数据及现场勘察进行监测系统设计;
 - c) 监测系统设计应与桥梁的养护管理系统衔接,并应兼顾桥梁施工监控、成桥荷载试验等。
- 6.3 北斗基准站的布设应满足 GB/T 39772.1—2021 中 7.2、7.3、7.4 和第 8 章的要求。
- 6.4 北斗监测站的布设满足下列要求:
- a) 应进行现场勘察,进行监测站布置设计;
 - b) 应布置在基础坚实稳定、并有利于安全作业巡视的位置,年平均下沉和位移量 $<3\text{ mm}$,不应布置在易于发生滑坡、沉陷等局部变形的地质构造不稳定区域;
 - c) 与周围电视台、电台、微波站、通讯基站、变电所等大功率无线电发射源的距离应 $\geq 200\text{ m}$,与高压输电线、微波通道的距离应 $\geq 100\text{ m}$;
 - d) 附近无干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体;
 - e) 天线处高度角 $>10^\circ$ 的障碍物水平遮挡角累积应 $\leq 30^\circ$,高度角 $>15^\circ$ 以上范围内不应有连续遮挡物;
 - f) 在发生自然灾害或公共安全事件时,可布设临时北斗监测站;
 - g) 应具备可靠的电力供应。
- 6.5 自动气象站的布设应满足下列要求:
- a) 布设位置考虑人员维护的便利性和可达性;
 - b) 布设在自然平整的下垫面上;
 - c) 建设场地具备仪器的通风和光照条件,避免建在山凹、陡壁等影响资料地域代表性或对观测资料准确性有干扰的地方;
 - d) 优先选择具备 220 V 交流电源供电条件,选择太阳能、风能等独立供电方式的设备,连续供电时间不低于 20 d。
- 6.6 结构响应监测传感器的布设应符合 JT/T 1037 的规定。
- 6.7 车辆荷载传感器的布设应符合 JT/T 1037—2022 中 7.3.1 的规定。

7 功能要求

7.1 感知层

7.1.1 北斗基准站

北斗基准站应符合下列要求:

- a) 仅接收处理 GB/T 39414 (所有部分) 规定的公共服务信号;
- b) 支持 RTK 或 PPP 功能;
- c) 支持设置与显示、接口与输出、数据存储等功能,符合 GB/T 39399—2020 中 4.2、4.3、4.4 的要求;
- d) 支持通过串口、Wi-Fi 或 4G/5G 远程配置通信参数,实现远程控制与状态查询。

7.1.2 北斗监测站

北斗监测站应符合下列要求:

- a) 仅接收处理 GB/T 39414 (所有部分) 规定的公共服务信号;
- b) 支持 RTK 或 PPP 功能;
- c) 支持设置与显示、接口与输出、数据存储等功能,符合 GB/T 39399—2020 中 4.2、4.3、4.4 的要求;
- d) 支持接收卫星信号,输出 BDT 的功能;
- e) 具备防水、防尘功能;
- f) 支持桥梁振动环境下的高频定位。

7.1.3 自动气象站

自动气象站应符合下列要求：

- a) 支持采集温度、湿度、风速、风向、雨量、气压等气象参数；
- b) 支持对地震波、水位等环境参数的可选监测；
- c) 支持数据回传和设置数据回传优先级。

7.1.4 结构响应监测传感器

结构响应监测传感器应符合下列要求：

- a) 支持监测桥梁关键部位的应变量、挠度、振动加速度等参数；
- b) 支持自定义触发阈值，当参数超过阈值时，能自动发送预警信息。

7.1.5 车辆荷载监测传感器

车辆荷载监测传感器应支持采集车辆轴重、车流量、行驶速度等交通荷载数据的功能。

7.2 传输层

传输层应符合下列要求：

- a) 支持负载均衡和带宽优先级调度；
- b) 支持链路状态监测；
- c) 支持流量统计和自定义告警阈值，当数据量超出阈值时能自动告警；
- d) 支持自定义链路选择策略。

注：通常链路选择策略由链路传输速率、业务适配性等因素决定。

7.3 数据层

7.3.1 数据处理

数据处理应符合下列要求：

- a) 支持纠正或剔除异常数据；
- b) 支持实时流数据处理；
- c) 支持对原始数据进行滤波、降噪、异常值剔除，支持多源数据融合；
- d) 支持单基线、多基线整体结算等基线解算模式；
- e) 支持网平差和精度评定。

7.3.2 数据分析

数据分析应支持模拟推演和大数据挖掘功能，符合GB/T 42528—2023中8.2.4、8.3.2的要求。

7.3.3 数据管理

数据管理应符合下列要求：

- a) 支持数据加密存储、异地容灾备份等功能；
- b) 支持系统自监测功能，当运行出现异常时能及时报警；
- c) 支持按时间、监测点、参数类型进行分类存储，支持多条件快速查询；
- d) 支持备份与恢复功能，支持本地/云端双备份和自定义备份周期；
- e) 支持通过对角色的访问权限进行设置，限值用户的数据访问范围。

7.4 应用层

预警、评估、可视化功能应符合下列要求：

- a) 支持实时数据在线显示、智能预警和调度功能；
- b) 支持对监测项设置相应的预警值，当出现数据异常时能自动进行预警；
- c) 支持对风荷载、地震作用、车辆荷载、桥面温度、主梁挠度、主梁振动加速度、主梁应变、梁端位移等指标进行预警；

- d) 支持设置各监测指标的预警阈值范围,根据北斗定位、环境荷载、桥梁结构等监测数据对预警阈值进行动态修正;
- e) 支持结构响应分析,通过对研究结构系统在地震、风荷载、机械振动、爆炸冲击等或材料老化、结构疲劳、裂缝扩展等作用下动态行为特性,评估桥梁结构稳定性。

注:结构响应分析指研究结构系统在外激励(如地震、风荷载、机械振动、爆炸冲击等)或内部扰动(如材料老化、结构疲劳、裂缝扩展等)作用下的动态行为特性。

8 性能要求

8.1 感知层

8.1.1 北斗基准站

北斗基准站应符合下列要求:

- 静态水平定位精度优于 5 mm (1σ), 高程定位精度优于 10 mm (1σ);
- 动态平面定位精度优于 1 cm (1σ), 高程定位精度优于 2 cm (1σ);
- 采样率配置范围为 1 Hz~100 Hz。

注:通常情况下,默认采样率不低于10 Hz。

8.1.2 北斗监测站

北斗监测站应符合下列要求:

- 静态测量水平定位精度(RMS)优于 $\pm(2.5\text{ mm}+0.5\times 10^{-6}\times D)$, 高程定位精度(RMS)优于 $\pm(5.0\text{ mm}+0.5\times 10^{-6}\times D)$;

注:D为测量距离,单位为毫米(mm)。

- 天线相位中心误差优于 1 mm, 天线相位中心年稳定性 $\leq 0.5\text{ mm}$;
- 高频定位输出频率 $\geq 10\text{ Hz}$;
- 采用光伏或备用电源供电时,续航时间 $\geq 72\text{ h}$;
- 外壳防护等级不低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP65。

8.1.3 自动气象站

自动气象站性能应符合表1的要求。

表1 自动气象站性能要求

名称	测量范围	分辨率	最大允许误差
风速传感器	0 m/s~45 m/s	0.1 m/s	$\pm(0.3+0.03v)\text{ m/s}$
风向传感器	0°~360°	1°	$\pm 3^\circ$
空气温度传感器	-50℃~100℃	0.1℃	$\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$
空气湿度传感器	0%~100% RH(相对湿度)	0.1% RH	$\pm 5\%\text{ FS}$
土壤温度传感器	-50℃~80℃	0.1℃	$\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$
土壤湿度传感器	0%~100% vol(体积含水率)	0.1% FS	$\pm 3\%\text{ vol}$
雨量传感器	0 mm~100 mm(累积降雨量); $\leq 4\text{ mm/min}$ (降雨强度)	0.2 mm	$\pm 4\%\text{ FS}$ (累积降雨量)
总辐射传感器	0.3 $\mu\text{ m}$ ~3 $\mu\text{ m}$ (光谱范围); 0 W/m ² ~2000 W/m ² (辐照度)	1 W/m ²	$\pm 5\%\text{ FS}$ (辐照度)
气压传感器	700 hPa~1100 hPa	0.1 hPa	$\pm 0.3\text{ hPa}$
蒸发传感器	0 mm~1000 mm(水面蒸发量)	0.1 mm	$\pm 0.5\%\text{ FS}$ (蒸发量)

8.1.4 结构响应监测传感器

结构响应监测传感器应符合下列要求:

- 符合 GB/T 45224—2025 中表 4 的要求;
- 采集应变:应变测量范围不小于 0 $\mu\text{ }^\epsilon$ ~1000 $\mu\text{ }^\epsilon$, 最大允许误差优于 $\pm 5\text{ }^\mu\text{ }^\epsilon$;
- 挠度:测量范围不小于 0.1 $\mu\text{ m}$ ~500 mm;

- d) 振动加速度：测量范围不小于 $-5\text{ g}\sim 5\text{ g}$ ，频率响应范围不小于 $0.1\text{ Hz}\sim 50\text{ Hz}$ ，灵敏度最大允许误差优于 $\pm 1\%$ FS；
- e) 裂缝宽度：测量范围不小于 $0\text{ mm}\sim 5\text{ mm}$ ，最大允许误差优于 $\pm 0.05\text{ mm}$ ；
- f) 钢结构应力：测量范围不小于 $-200\text{ MPa}\sim 200\text{ MPa}$ ，最大允许误差优于 $\pm 5\text{ MPa}$ 。

8.1.5 车辆荷载监测传感器

车辆荷载监测传感器应符合下列要求：

- a) 整车称重最大允许误差优于 $\pm 5\%$ FS；
- b) 速度测量范围为 $20\sim 180\text{ km/h}$ ；
- c) 单轴最大额定称重 $>30\text{ t}$ ；
- d) 过载能力： $\geq 150\%$ ；
- e) 车流量检测准确率 $\geq 98\%$ ；
- f) 速度测量最大允许误差优于 $\pm 1.5\%$ FS；
- g) 轴距测量最大允许误差优于 2% FS；
- h) 车长测量最大允许误差优于 7% FS；
- i) 采集触发方式：车辆碾压触发，触发响应时间 $\leq 10\text{ ms}$ ；
- j) 工作温度范围： $-45\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- k) 工作湿度： $0\% \text{ RH}\sim 95\% \text{ RH}$ （无凝露）。

8.2 数据层

数据层应满足以下性能要求：

- a) 结构响应分析延迟 $\leq 30\text{ s}$ ；
- b) 趋势预测误差优于 10% FS；
- c) 存储容量 $\geq 1\text{ TB}$ ；
- d) 查询响应时间 $\leq 2\text{ s}$ ；
- e) 备份成功率 $\geq 99.9\%$ 。

8.3 应用层

应用层应满足以下性能要求：

- a) 可视化数据更新频率 $\geq 1\text{ Hz}$ ；
 - b) 并发用户数量 ≥ 50 ，用户界面操作响应时间 $\leq 1\text{ s}$ ，无明显卡顿；
 - c) 结构损伤识别分辨率 $\leq 1\text{ mm}$ ，评估结构置信度 $\geq 95\%$ 。
-