

# T/GLAC

## 中国卫星导航定位协会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

### 基于北斗的大跨度桥梁结构安全监测系统 技术要求

Technical requirements for safety monitoring systems for longspan bridge structures  
based on BeiDou

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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 总体要求 .....	1
5 系统构成 .....	2
6 北斗定位子系统 .....	3
7 传感器子系统 .....	3
8 数据采集与传输子系统 .....	3
9 数据存储与处理子系统 .....	4
10 数据预警与结构评估子系统 .....	4

## 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：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

# 基于北斗的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主跨长度超过100m大跨度桥梁结构安全监测系统（以下简称监测系统）的术语和定义、总体要求、系统构成、北斗定位子系统、传感器子系统、数据采集与传输子系统、数据存储与处理子系统及数据预警与结构评估子系统。

本文件适用于新建或在役的大跨度斜拉桥、悬索桥、拱桥以及梁桥等。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **预警阈值 warning threshold**

结构监测中，触发结构监测系统发出预警信号所需的监测指标控制值。

## 4 总体要求

4.1 监测系统应保证通过系统集成技术将各子系统的软、硬件整合并能协调运行。

4.2 监测系统应具备自动运行能力、完整性监测能力、自动计算能力、联网和扩充能力、数据服务能力、静态及动态高精度定位能力等性能，具体应满足：

- a) 应具备自动长期连续运行的能力，仅需定期派专人进行设备维护和清洁工作；
- b) 应具备自动完成基准点数据接入、数据入库、差分计算、故障报警等功能，仅需少量人员进行值班；
- c) 当系统发生任何故障如基准点故障或其他系统因素造成的故障时，应能自动警示值班人员；
- d) 应具备动态扩展能力，可根据实际需要可对系统站点进行增删操作。

4.3 监测系统应考虑防雷保护措施的要求。

4.4 监测系统应保证等电位接地，包括各子系统均应接地良好，且应采用等电位方式接地，确保无电位差，避免差模干扰的产生。

4.5 监测系统应支持多系统、多频点类型和通道。

4.6 监测系统应支持 4G、5G 及 Wi-Fi 通信，并应支持扩展 Lora、NB-IoT。

4.7 监测系统通信应支持串口、Wi-Fi 参数配置和远程参数配置。

4.8 监测系统应确保对各监测点 7×24h 不间断在线自动化监测。

4.9 对新建桥梁的监测宜结合桥梁主体结构的施工图设计同步进行。

4.10 对在役桥梁的监测宜结合结构设计文件及现场调查进行。

4.11 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、成桥荷载试验等的关联性。

4.12 监测系统的设计，除应执行本文件外，还应符合其他现行国家和行业标准的规定。

4.13 监测点的布设应满足下列要求：

- a) 有明确的目的性；
- b) 能够把握环境、作用、结构响应和结构变化的特征，兼顾代表性、经济性、可更换性、并应考虑设备布设条件所受约束性；

- c) 监测点的地址应选在基础坚实稳定,并有利于安全作业的地方,年平均下沉和位移应小于 3mm。应避开地质构造不稳定区域,如断层破碎带,易于发生滑坡、沉陷等局部变形的地点(如采矿区、油气开采区、地下水漏斗沉降区等);
- d) 监测点与周围大功率无线电发射源(如电视台、电台、微波站、通讯基站、变电所等)的距离不应小于 200m,与高压输电线、微波通道的距离不应小于 100m;
- e) 监测点附近不应有强烈干扰接收北斗信号的物体,如大型建筑物、玻璃幕墙及大面积水域等;
- f) 监测站内高度角大于 10° 的障碍物遮挡角累积不应超过 30°;
- 4.14 监测点应方便架设市电线路或具有可靠的电力供应,并应便于接入公共通信网络或专用通信网络。

## 5 系统构成

5.1 监测系统由北斗定位子系统、传感器子系统、数据采集与传输子系统、数据存储与处理子系统及数据预警与结构评估子系统构成,监测系统架构见图 1。

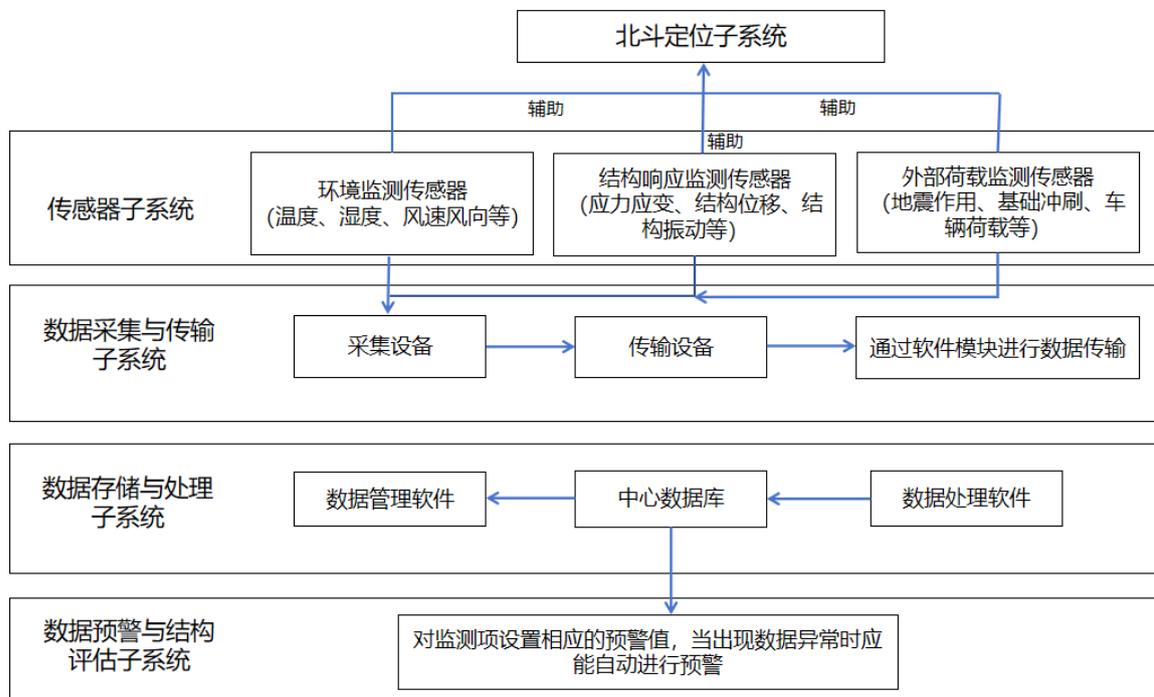


图1 监测系统架构图

5.2 北斗定位子系统由北斗基准站、北斗监测站和增强系统等组成,具体为:

- 北斗基准站: 布设于桥梁周边稳定区域,提供差分修正数据;
- 北斗监测站: 布设于桥梁关键点位,搭载多频北斗接收机;
- 增强系统: 结合惯性导航传感器和视觉传感器,提升遮挡环境下的定位连续性。

5.3 传感器子系统用来监测桥梁现场的温湿度、应变、位移、振动、外部荷载等物理量变化。主要由环境监测传感器、结构响应监测传感器、外部荷载监测传感器组成,具体为:

- 环境监测传感器包括温度、湿度、风速风向传感器等;
- 结构响应监测传感器包括应变、位移、加速度以及腐蚀、裂缝传感器等;
- 外部荷载传感器包括地震作用、基础冲刷以及车辆荷载传感器等。

5.4 数据采集与传输子系统通过采集设备和仪器,采集桥梁现场各类传感器测得的物理量信息,并传输到数据存储与分析子系统。由采集设备、传输设备及软件模块组成,实现多种类传感器的数据同步采集与传输。

5.5 数据存储与处理子系统是对采集到的实时数据和历史数据进行归档和存储、对相关的数据进行处理，以供预警与结构评估子系统对数据进行分析，并将处理及分析结果进行保存等。由数据管理软件、中心数据库、数据处理软件以及北斗时空基准服务等组成。

5.6 数据预警与结构评估子系统是基于上述梳理及分析结果判断桥梁结构的安全状态，当各监测项的监测数据超出所设置的预警值时，能自动进行预警。由预警模型、结构健康评估模块、可视化平台等组成。

## 6 北斗定位子系统

6.1 北斗监测接收机应支持 4G/5G 传输，同时宜预留低轨卫星物联网、局域无线组网、北斗短报文等数据传输通道。

6.2 北斗监测接收机的电源供应根据环境现场条件进行选择，如由太阳能板和锂电池、太阳能板和铅酸电池、市电等的电源供应。

6.3 北斗监测接收机应具备边缘解算功能和本次存储功能。

6.4 北斗监测接收机不应低于 GB/T 4208-2017 中规定的 IP55 外壳防护等级要求。

6.5 北斗监测接收机同一时段观测值的数据采用率不宜小于 85%。

6.6 在桥塔、峡谷等遮挡区域，定位中断时间不应大于 30s。

6.7 应支持桥梁振动环境下的高频定位，输出频率不应小于 50Hz。

## 7 传感器子系统

7.1 应结合桥梁的结构和构造特点应保证传感器设备的合理布置，并确保在结构关键截面位置布置相应的传感器。

7.2 传感器的选型应结合当前传感器产品的情况和桥梁工程的监测精度要求，尽量选择技术先进、经济合理、性能可靠适用、长期稳定性好、精度满足监测要求和受环境因素影响小的传感器产品。

7.3 传感器应满足桥梁在极端环境（如-40℃~+85℃、湿度 95%RH）下的长期稳定性。

7.4 传感器应易于维护和更换并应采取合适方式进行数据接力。

7.5 传感器应支持多源数据同步采集，时间同步误差不应大于 1ms。

7.6 传感器的布设应满足下列要求：

- a) 宜布设在结构响应最不利处、最易损伤处或已损伤处布置；
- d) 布设点宜结合桥梁的现场情况和其结构分析确定；
- e) 宜合理利用结构的对称性原则，达到减少传感器的目的；
- f) 温度、湿度传感器一般应布设在桥梁的跨中断面和支点附近断面处；
- g) 风速风向传感器应结合大桥所处环境，根据现场情况确定；
- h) 应力应变传感器的布设应能监测到主桥的最大应力应变状态，一般应布设在跨中、跨肩、拱梁位置；
- i) 对于在役的桥梁，结构应力应变传感器的布置宜选择车辆荷载和各个环境荷载综合作用下应力较大的控制截面，一般布设在主梁上；
- j) 对于在建的桥梁，结构应力应变传感器的布置宜选择恒载、车辆荷载和各种环境荷载综合作用下应力较大的截面布设，一般在桥梁建造过程中埋入；
- k) 结构位移监测传感器一般布设在结构位移较大的地方，如主梁跨中、悬臂梁端部处等控制断面。采用北斗定位系统监测主梁位移时，可在主梁顶板上布置 GNSS 观测点，并在桥梁附近设置地面参考站测点；
- l) 结构振动监测一般通过对自振频率、振型、模态阻尼比等结构动力特性参数的变化来掌握桥梁结构的安全状况。对桥梁结构振动的监测，一般主要选择主振型位移峰值节点为监测点，可选择在主梁的跨中、四分点和墩梁结合处等主梁断面布设加速度传感器。

## 8 数据采集与传输子系统

8.1 应根据桥梁的规模、测点位置和数量、监测设备类型，合理设计数据采集方式。

- 8.2 数据采集与传输的网络结构应安全可靠、简便通用，便于维护管理，应支持抗多径干扰和电磁屏蔽设计。
- 8.3 野外工作的数据采集与传输设备应具备太阳能供电和北斗授时唤醒功能，续航不应小于 7 天。
- 8.4 所有采集设备终端时间的同步误差不应大于  $10\mu\text{s}$ ，确保数据时序的一致性。
- 8.5 数据采集应满足下列要求：
- 数据采集频率不应小于 100Hz，传输延迟不应大于 1s，关键数据宜通过北斗短报文应急回传；
  - 对于测点及监测设备较多且监测部位距离较远且相对分散的桥梁宜采用分布式或总体分布式、局部集中式的混合方式进行数据采集；
  - 对于测点及监测设备较少且监测部位集中的桥梁，宜采用集中式的数据采集方式；
  - 数据采集设备的选型应考虑传感器类型、信号传输方式、信号调理设备类型以及供电需求等因素；
  - 信号调理设备的选型应考虑传感器信号类型和数据传输与管理接口的兼容性等因素；
  - 宜选择具有自校准功能的数据采集硬件，对于无自校准功能的数据采集硬件应根据设备说明定期进行外校准；
  - 数据采集设备应具备抗干扰性能，包括串模干扰抑制、共模干扰抑制等；
  - 数据采集上位机应采用防护措施，以保证在高低温、冲击、振动、电磁干扰、潮湿和盐雾等恶劣环境下正常工作；
  - 对于集中式的数据采集方式，相关的数据采集设备与数据采集上位机应布置于采集站内，数据采集站的位置应保证数据采集设备所接收到的模拟信号的质量；
  - 不同通道采样频率应满足要求，应能采集到传感器感测数据，测量值应处于合理范围。
- 8.6 数据传输应满足下列要求：
- 数据传输系统应具有对各种数据接收、处理、交换和传输的能力；
  - 数据通信系统应保证可靠性、高效性及数据传输质量；
  - 数据传输线缆衰减损失应小于  $1\text{db}/30\text{m}$ ；
  - 传感器到前置放大器之间的信号电缆长度不应小于 2m；
  - 前置放大器与采集设备之间的信号电缆长度宜小于 150m，超过 150m 应加中继放大器；
  - 数据传输软件应具备对数据进行分包处理和解包复原的功能，宜以包为单位实施传输；
  - 数据传输系统应具有备份机制和良好的鲁棒性，当某个传输线路发送故障时，能保证数据完整性和可靠性。

## 9 数据存储与处理子系统

- 9.1 数据存储与处理子系统应保证数据的共享性、数据结构的整体性、数据的安全性等。
- 9.2 数据处理应能纠正或剔除异常数据，提高数据质量。
- 9.3 数据存储与处理子系统应支持实时流数据处理，结构响应分析延迟不应大于 5min。
- 9.4 数据存储与处理子系统应具备数据加密存储、异地容灾备份等功能。
- 9.5 该子系统应具备系统自监测功能，当子系统运行出现异常时应能及时报警。

## 10 数据预警与结构评估子系统

- 10.1 数据预警与结构评估子系统应具备实时数据在线显示、智能预警和调度功能。应对监测项设置相应的预警值，当出现数据异常时应能自动进行预警。
- 10.2 根据实时监测数据，应能对风荷载、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。
- 10.3 应设置各监测指标的预警阈值范围，预警阈值的设置应基于桥梁设计文件、成桥荷载试验和结构分析等。在预警的具体实施过程中，可根据北斗监测的环境荷载（风、温）或桥梁结构运行状况对预警阈值进行动态修正。
- 10.4 结构损伤识别分辨率不应大于 1mm，评估结构置信度不应小于 95%。