

ICS 93.080.01

CCS R 18

DB 13

河 北 省 地 方 标 准

DB 13/T 6090—2025

公路基础设施结构智能监测技术规范

2025-05-27 发布

2025-06-03 实施

河北省市场监督管理局 发布

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。

本文件由河北省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：河北交规院瑞志交通技术咨询有限公司、河北省交通规划设计研究院有限公司、石家庄铁道大学、河北省公路安全感知与监测重点实验室、河北省道路工程智能监测与运维技术创新中心、河北雄安京冀质量检测服务有限公司、招商局重庆公路工程检测中心有限公司。

本文件主要起草人：王洪涛、王联芳、刘国明、乔盈、王斌、郭晓华、田仲超、杨旭光、张浩、张乃琦、杜涛、范昊嘉、王冲、刘大洋、刘鹏冲、王心怡、陈驰、陈耀辉、靳彦彪、冯志华、韩坤林、刘强、白晓炜、丛源、舒继伟、张雅楠、刘冬宁、黄攀、王治强、张静。

公路基础设施结构智能监测技术规范

1 范围

本文件规定了公路基础设施结构智能监测技术的基本规定、公路桥梁结构监测、公路隧道结构监测、公路边坡监测、报警、智能监测平台、监测数据应用的要求。

本文件适用于公路基础设施结构智能监测系统的建设和运营。

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 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

JT/T 1037 公路桥梁结构监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

结构智能监测 structural intelligent monitoring

综合应用现代信息技术，对公路基础设施安全与健康表征指标进行连续自动测量、快速计算和挖掘分析，为用户提供实时安全预警、健康度评估、结构性能退化预测、养护检查指引、特殊事件应急管理等智能化服务的监测活动。

3.2

全要素监测 total factor monitoring

通过环境、作用、结构响应、结构变化等全量监测要素对公路基础设施安全与健康状态进行监测、分析、评估，实现智能化服务的监测活动。

3.3

轻量化监测 key factor monitoring

在资源受限情况下，对公路基础设施安全与健康状态关键要素进行简易监测。

注：通过优化指标、精简测点、高效采集、降低功耗、便捷安装、轻量维护等方式，在降低监测资源投入的前提下，实现对结构运行安全风险、自然灾害风险及防范重大灾毁事故发生的有效监测活动。

4 基本规定

4.1 根据单体结构智能监测系统规模和复杂程度，公路基础设施结构智能监测可分为全要素监测和轻量化监测两个类别。

4.2 公路基础设施结构智能监测应分为系统设计、系统实施、系统试运行、系统验收、系统运维和监测数据应用阶段。

4.3 公路基础设施结构智能监测应贯穿结构运营期，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。预埋在结构内部的传感器使用寿命不低于 20 年；附着安装在结构上的非埋入式传感器的使用寿命不低于 5 年。

4.4 公路基础设施结构智能监测系统稳定可靠、经济实用、安全网联，便于维护和升级扩容。

4.5 对于新建公路的桥梁、隧道、边坡结构监测预警系统建设纳入工程概预算，同步设计、同步施工、同步投入使用。对系统建设完成后，在结构运营中出现的病害或发现的关键风险点，可增设硬件设备进行针对性监测。

5 公路桥梁结构监测

5.1 监测对象

- 5.1.1 符合下列条件之一时, 进行桥梁结构全要素监测。
- 单孔主跨跨径不小于 80m 的在役或新建桥梁, 以及缆索体系桥梁;
 - 技术状况等级为 3 类、4 类且需要跟踪观测的在役桥梁;
 - 其他根据力学、风险分析及技术状态评估需要建设结构全要素监测系统的桥梁。
- 5.1.2 符合下列条件之一时, 进行桥梁结构轻量化监测。
- 主跨跨径大于等于 60m 的特大桥、特殊结构桥梁、特别重要桥梁。
 - 存在重载交通, 车辆/船舶撞击高风险, 地质灾害易发山区, 高烈度地震区, 水毁多发区, 采空区等易沉降, 安全状况差、运营风险高等一种或多种灾毁风险的桥梁。
 - 采用特殊材料、特殊工艺, 或受力复杂在养护方面具有特殊要求的桥梁。
 - 改扩建中结构拼宽加固利用的桥梁, 且需要跟踪观测研究加固方案、效果及拼宽结构长期服役性能。
 - 荷载等级提高且需要跟踪观测的服役桥梁。
 - 其他根据力学、风险分析及技术状态评估需要建设结构轻量化监测系统的桥梁。

5.2 监测要素

- 5.2.1 全要素监测桥梁的监测要素宜按照 JT/T 1037 执行。
- 5.2.2 轻量化监测桥梁的监测要素可根据具体需求从表 1 中选取。

表1 轻量化监测桥梁结构监测要素

监测类别	监测要素	监测选项
拱桥	竖向动位移监测	●
	索力监测	○
	振动监测	○
	拱脚位移监测	○
	裂缝监测	○
梁桥	竖向位移监测	●
	桥墩倾斜监测	●
	沉降监测	○
	裂缝监测	○
重载交通桥梁	视频抓拍监测	●
	车辆荷载监测	○
	竖向动位移监测	●
	裂缝监测	○
	应变监测	○
	振动监测	○
车辆/船舶撞击高风险桥梁	存在车辆撞击记录	●
	净空尺度不满足航道规划尺度或抗撞性能不满足	●
	存在非通航孔撞击风险	○
	存在下穿通道的桥梁	●
	存在漂浮物撞击风险的桥梁	●
地质灾害易发山区桥梁	振动监测	●
	视频抓拍监测	●
	边坡位移监测	●
	风险点环境监测(降雨量、土壤湿度等)	●
高烈度地震区桥梁	桥墩或梁体大变位	●
	振动监测	●
	桥墩倾斜监测	●
	视频抓拍监测	○
	落梁监测	○

表1 轻量化监测桥梁结构监测要素(续)

监测类别	监测要素	监测选项
水毁多发区桥梁	视频抓拍监测	●
	水位监测	●
	桥墩或梁体大变位	●
	冲刷监测	○
	雨量监测	○
采空区等易沉降桥梁	沉降监测(或桥墩倾斜监测)	●
	落梁监测	○
	视频抓拍监测	○
安全状况差、运营风险高的桥梁	支座偏位监测	●
	视频抓拍监测	●
	梁体倾角监测	○
	梁端位移	●
	视频抓拍监测	●
	裂缝监测	○
	桥墩倾斜监测	○
	视频抓拍监测	●
	竖向位移监测	●
	裂缝监测	●
拼宽加固利用桥梁	应变监测	●
	动挠度监测	●
	新旧结构不均匀沉降监测	●
	梁体位移监测	○
	主梁振动监测	○
	裂缝监测	○
荷载等级提高桥梁	应变监测	●
	动挠度监测	●
	裂缝监测	○
	梁体位移监测	○

注: ●为应选监测项, ○为宜选监测项。

5.3 测点布设

测点布设应满足监测目的和数据应用的要求,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,并考虑设备布设条件所受约束性。

6 公路隧道结构监测

6.1 监测对象

符合下列条件之一时,进行公路隧道结构监测。

- 特长隧道;
- 存在严重不良地质地段、重大结构病害或隐患的隧道;
- 土建结构技术状况等级为3类、4类且需要继续服役的隧道;
- 通过定期检测或专项检查发现存在安全风险的隧道;
- 其他经评估需要建设结构监测系统的隧道。

6.2 监测要素

6.2.1 公路隧道结构监测要素应根据隧道运行环境、土建结构技术状况及关键病害等因素确定。

6.2.2 公路隧道结构监测要素根据具体需求从表2中选取。

表2 公路隧道结构监测要素

监测类别		监测要素	监测选项
隧道洞口边 (仰)坡	变形监测	洞门水平位移	<input type="radio"/>
		洞门竖向位移	<input type="radio"/>
		洞门倾斜度	<input type="radio"/>
		高仰坡地表水平位移	<input checked="" type="radio"/>
		高仰坡地表竖向位移	<input checked="" type="radio"/>
	事件监测	视频监控	<input checked="" type="radio"/>
衬砌结构监测	变形监测	周边位移	<input checked="" type="radio"/>
		拱顶下沉	<input checked="" type="radio"/>
		墙脚沉降	<input type="radio"/>
		纵向差异沉降	<input type="radio"/>
		隧道竖向位移	<input type="radio"/>
		隧道水平位移	<input type="radio"/>
		地层水平位移	<input type="radio"/>
		地层竖向位移	<input type="radio"/>
	受力监测	衬砌外水压力	<input type="radio"/>
		衬砌结构表面应力	<input type="radio"/>
	病害特征监测	裂缝宽度	<input type="radio"/>
隧道区路域环 境监测	环境监测	降雨量	<input type="radio"/>
		地表水位	<input type="radio"/>
隧道洞内环境 监测	环境监测	排水量	<input type="radio"/>
		地下水压力	<input type="radio"/>
		温湿度	<input type="radio"/>
		围岩温度	<input type="radio"/>
	事件监测	视频监控	<input type="radio"/>

注: ●为应选监测项, ○为宜选监测项。

6.3 测点布设

测点布设应满足监测目的和数据应用的要求,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,并考虑设备布设条件所受约束性。

7 公路边坡监测

7.1 监测对象

公路边坡监测对象应按照附录A进行选取。

7.2 监测要素

7.2.1 公路边坡监测要素主要包括变形监测、诱发因素监测、防护设施监测、短临监控。

7.2.2 公路路堑边坡主要监测基岩崩塌、落石及碎落、滑坡灾害,监测要素根据具体需求从表3中选取。

表3 公路路堑边坡监测要素

监测类别		监测要素	监测选项
基岩崩塌	变形监测	地表位移监测	<input type="radio"/>
		裂缝监测	<input type="radio"/>
	诱发因素监测	地表水监测	<input type="radio"/>
	短临监控	视频监测	<input checked="" type="radio"/>
		雷达监测	<input type="radio"/>
落石及碎落	诱发因素监测	地表水监测	<input type="radio"/>
	短临监控	视频监测	<input checked="" type="radio"/>
	防护设施监测	振动监测	<input type="radio"/>

表3 公路路堑边坡监测要素(续)

监测类别		监测要素	监测选项	
滑坡	变形监测	地表位移监测	●	
		深部位移监测	○	
		裂缝监测	○	
		遥感监测	○	
	诱发因素监测	降雨量监测	●	
		地表水监测	○	
		地下水监测	○	
		防护设施监测	○	
短临监控		应力应变监测	○	
视频监测			●	

注: ●为应选监测项, ○为宜选监测项。

7.2.3 公路路堤边坡主要监测滑坡灾害, 监测要素根据具体需求从表4中选取。

表4 公路路堤边坡监测要素

监测类别		监测要素	监测选项
高路堤	变形监测	地表位移监测	●
		沉降监测	○
		裂缝监测	○
		结构物倾斜监测	○
	诱发因素监测	降雨量监测	●
		地表水监测	○
		应力应变监测	○
		视频监测	●
陡路堤	变形监测	地表位移监测	●
		沉降监测	○
		裂缝监测	○
		结构物倾斜监测	○
	诱发因素监测	降雨量监测	●
		地表水监测	○
		地下水渗压监测	○
		应力应变监测	○
短临监控		视频监测	●

注: ●为应选监测项, ○为宜选监测项。

7.3 测点布设

测点布设应满足监测目的和数据应用的要求, 能够把握诱发因素、边坡位移、防护设施受力变位等的特征, 兼顾代表性、经济性、可更换性, 并考虑设备布设条件所受约束性。

8 报警

8.1 5.1.2 b) 规定的桥梁结构, 6.1 b)、6.1 c)、6.1 d) 规定的隧道结构, 以及边坡监测应设置边缘计算设备、现场报警装置。当边缘计算出现最高级灾害报警时, 立即触发现场报警装置, 智能监测平台同步报警。

8.2 边缘计算设备应具有数据计算、存储、转发, 以及报警策略生成和下发等功能, 支持与智能监测平台通信与远程交互。

8.3 现场报警装置应包括爆闪警示灯、警示文字屏、定向喇叭等组件。

9 智能监测平台

9.1 监测测点编码

监测测点编码应在设施编号及扩充位的基础上按固定规则编码。

桥梁结构监测测点编码宜由“桥名简称-监测项简称-构件类型编码及截面序号-构件序号-测点编号”组成，具体见图1。

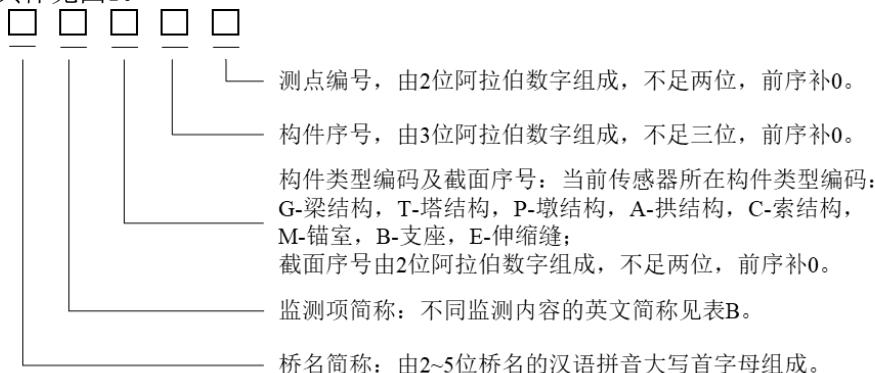


图1 桥梁监测测点编码规则

隧道结构监测、边坡监测编码宜由“设施简称-监测项简称-里程桩号-测点编号”组成，具体见图2。

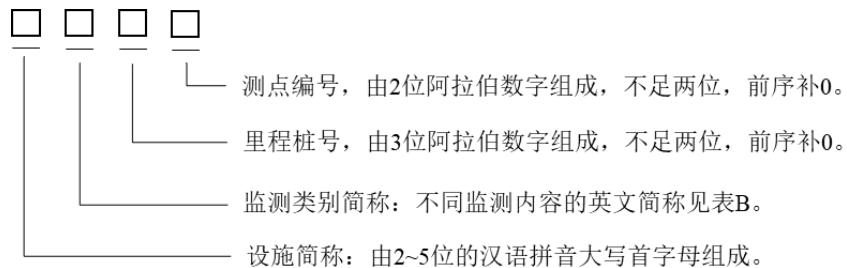


图2 隧道结构、边坡监测测点编码规则

9.2 传感数据传输协议

监测数据实时传输宜采用MQTT传输协议。

9.3 平台功能

9.3.1 智能监测平台应包括地图展示、数据展示、数据分析、超限报警、阈值设置等功能。

9.3.2 智能监测平台应实现数据的完整性、准确性、一致性、时效性、可访问性，应具备数据预处理能力，预处理算法应具备剔除错误数据的能力，具备存储展示、搜索查询、报表生成等功能。

9.3.3 智能监测平台应与外部系统互联互通、数据共享，实时展示监测成果，应按照统一的数据标准与接口，实现与省部级平台的信息共享与业务协同。

9.3.4 智能监测平台宜采用容灾备份机制，可具备各类数据压缩存储和异地备份功能。

9.4 数据安全

智能监测平台网络数据安全应不低于GB/T 22239规定的第二级安全等保要求。

10 监测数据应用

10.1 监测应用应包括但不限于：监测数据分析、超限阈值与安全预警、车辆通行管控建议、检查指引、健康度评估、特殊事件应急管理。

10.2 监测数据分析应支撑监测应用，可结合养护管理等系统数据开展。

10.3 公路桥梁结构全要素监测数据应用按照 JT/T 1037 标准执行，轻量化监测数据应用宜参照《公路桥梁群结构监测系统试点建设技术指南》执行。

10.4 公路隧道结构监测数据应用宜参照《公路隧道结构监测系统试点建设技术指南》执行。

10.5 公路边坡监测数据应用宜参照《公路边坡监测试点技术指南》执行。

附录 A
(规范性)
公路边坡监测对象

A. 1 符合下列条件之一的路堑边坡, 应开展监测:

- a) 高度超过 40m 土质或类土质边坡(不含易滑岩土层边坡);
- b) 易滑岩土层(煤系地层、红层、高液限土、碎石土、崩坡积层、顺层边坡等)高度超过 35m 的边坡;
- c) 高度超过 60m 的强风化或破碎中风化类岩质边坡;
- d) 采用多级抗滑桩或四级及以上锚固(加固)或一级抗滑桩加两级及以上锚固(加固)工程的边坡;
- e) 建设期或营运期曾发生过较大规模变形开裂(变形体高度大于 20m)且采用重型支挡结构或多级锚固(加固)工程治理的边坡;
- f) 坡面出现明显变形, 变形规模较大(变形体高度大于 20m)或危害性较高的边坡;
- g) 支挡加固工程发生明显变形, 且影响范围较大(变形体高度大于 20m)或危害性较高的边坡;
- h) 边坡影响范围内分布有重要建(构)筑物的边坡;
- i) 边坡线外地质灾害发育或存在其它不利因素且对边坡构成较高风险的边坡;
- j) 经过评定认为需要实施监测的边坡。

A. 2 符合下列条件之一的路堑边坡, 宜开展监测:

- a) 高度介于 20~40m 土质或类土质边坡(不含易滑岩土层边坡);
- b) 易滑岩土层(煤系地层、红层、高液限土、碎石土、崩坡积层、顺层边坡等)高度介于 25~35m 的边坡;
- c) 高度介于 30~60m 强风化或破碎中风化类岩质边坡;
- d) 采用一级抗滑桩与锚固(加固)组合或三级锚固(加固)工程的边坡;
- e) 建设期或营运期曾发生一定规模变形(变形体高度 10~20m)且采用加固处理的地下水发育的边坡;
- f) 边坡坡面或结构物出现不利变形, 且具有一定影响范围(变形体高度 10~20m)的边坡;
- g) 地下水发育且对边坡营运安全有明显影响的其它边坡;
- h) 其它因素对边坡构成明显风险的边坡。

A. 3 符合下列条件之一的路堤边坡, 应开展监测:

- a) 填方高度超过 30m 的陡(斜)坡路堤;
- b) 填方高度超过 40m 的高填(填料为风化土或土石混合料)路堤;
- c) 因路基变形造成路面出现弧形裂缝或纵横交叉组合裂缝中纵向裂缝长度超过 25m 的边坡;
- d) 因路基变形造成路面出现多道纵向裂缝且最大贯通纵向裂缝长度超过 50m 的边坡;
- e) 建设期或营运期曾发生过较大规模变形(变形体高度超过 15m)目前已完成治理工程的边坡;
- f) 发生明显变形且变形规模较大(变形体高度超过 15m)或危害性较高的边坡;
- g) 支挡加固工程发生明显变形且影响范围较大(变形体高度超过 15m)或危害性较高的边坡;
- h) 坡脚影响范围内分布有重要建(构)筑物的边坡;
- i) 地下水极丰富且对边坡构成明显风险的边坡;
- j) 经过评定认为需要实施监测的边坡。

A. 4 符合下列条件之一的路堤边坡, 宜开展监测:

- a) 填方高度介于 12~30m 的陡(斜)坡路堤;
- b) 填方高度介于 20~40m 的高填(填料为风化土或土石混合料)路堤;
- c) 路面出现弧形裂缝(或纵横交叉组合裂缝)且长度小于 25m 的边坡;
- d) 路面出现多道纵向裂缝, 其中最大纵向裂缝长度介于 25~50m, 或者单道贯通纵向裂缝长度超过 50m 的边坡;

- e) 边坡坡体或支挡加固结构出现明显变形且变形体高度小于 15m 的边坡;
- f) 地下水发育且影响边坡健康营运的边坡;
- g) 其它因素对边坡构成潜在风险的边坡。

参 考 文 献

- [1] 交通运输部 公路桥梁群结构监测系统试点建设技术指南
- [2] 交通运输部 公路隧道结构监测系统试点建设技术指南
- [3] 交通运输部 公路边坡监测试点技术指南
- [4] 交通运输部 关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见
- [5] 交通运输部 关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见
- [6] 交通运输部 关于进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案
- [7] 交通运输部 关于进一步加强监测预警提升公路防灾抗灾能力的通知
- [8] 河北省交通运输厅 关于建设公路百年品质工程的意见
- [9] 河北省交通运输厅 河北省公路基础设施技术性监测工作实施方案