



中国工程建设标准化协会标准

CECS/T ×××—20××

公路基础设施运行状态 监测技术规程

Technical Regulations for monitoring of Highway
Infrastructure running state
(征求意见稿)

20××-××-×× 发布

20××-××-×× 实施

中国工程建设标准化协会

中国工程建设标准化协会标准

公路基础设施运行状态监测技术规程

Technical Regulations for monitoring of Highway
Infrastructure running state

CECS/T ×××—20××

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司
发布机构：中国工程建设标准化协会
实施日期：20××年××××月××××日

XXX 出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会公路分会发中建标公路[2018]114 号《关于开展 2018 年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司、西安金路交通工程科技发展有限公司、中交瑞通路桥养护科技有限公司承担《公路基础设施运行状态监测技术规程》的制订工作。

本文件按照《公路工程标准编写导则》（JTG A04-2013）的要求编写。

本文件共分 7 章，主要内容包括总则、术语和符号、基本规定、监测项目及
要求、路基路面及边坡监测、桥梁监测、隧道监测。

主 编 单 位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：西安金路交通工程科技发展有限公司
中交瑞通路桥养护科技有限公司

主 编：杨晓东

主要参编人员：

主 审：唐琤琤

参与审查人员：

参 加 人 员：

目次

1 总则.....	- 1 -
2 术语.....	- 2 -
2.1 术语.....	- 2 -
2.2 符号.....	- 2 -
3 基本规定.....	- 3 -
4 监测项目及要求.....	- 6 -
4.1 一般规定.....	- 6 -
4.2 监测范围.....	- 7 -
4.3 监测要求.....	- 8 -
4.4 在线监测.....	- 10 -
4.5 视频监控.....	- 10 -
4.6 现场核查.....	- 11 -
4.7 仪器检测.....	- 11 -
5 路基路面及边坡监测.....	- 12 -
5.1 一般规定.....	- 12 -
5.2 监测内容及要求.....	- 12 -
5.3 监测点.....	- 13 -
5.4 监测方法及技术要求.....	- 13 -
5.5 监测频率.....	- 14 -
5.6 监测项控制值和预警.....	- 15 -
5.7 在线评估.....	- 16 -
5.8 监测信息反馈.....	- 17 -
6 桥梁监测.....	- 19 -
6.1 一般规定.....	- 19 -
6.2 监测内容及要求.....	- 20 -
6.3 监测点.....	- 20 -
6.4 监测方法及技术要求.....	- 21 -
6.5 监测频率.....	- 21 -
6.6 监测项控制值和预警.....	- 21 -
6.7 在线评估.....	- 23 -
6.8 监测信息反馈.....	- 23 -
7 隧道监测.....	- 25 -
7.1 一般规定.....	- 25 -
7.2 监测内容及要求.....	- 25 -

7.3 监测点..... - 26 -

7.4 监测方法及技术要求..... - 26 -

7.5 监测频率..... - 27 -

7.6 监测项控制值和预警..... - 28 -

7.7 在线评估..... - 29 -

7.8 监测信息反馈..... - 30 -

附录 A 公路基础设施运行状态监测报告..... - 31 -

本规程用词用语说明..... - 33 -

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范公路基础设施运行状态监测系统建设,提高公路基础设施运行状态监测技术水平,保障监测系统建设质量,制订本规程。

1.0.2 本文件适用于公路路基路面及边坡、桥梁、隧道运行状态的监测。

1.0.3 本文件包括公路路基路面及边坡、桥梁、隧道运行状态监测内容及要求、监测点、监测方法及技术要求、监测频率、监测项控制值和预警、在线评估及监测信息反馈等内容。

条文说明

围绕可测、可视、可控、可服务的管控目标,以公路基础设施运行状态全过程化监管服务为方向,推进公路基础设施运行状态监测工作的标准化、规范化、数字化建设。

1.0.4 公路基础设施运行状态监测系统建设应遵守国家和行业安全生产、环境保护及信息安全方面的法律法规,采取完备的防护措施,保障人员、信息、设备及设施的安全。

1.0.5 公路基础设施运行状态监测系统建设,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.1 术语

2.1.1 公路基础设施 highway infrastructure

为保障国家或地区社会经济活动正常进行,为社会生产和居民生活提供公路运输服务的路基路面及边坡、桥梁及隧道物质工程设施。

2.1.2 运行状态监测系统 monitoring system of running state

由安装在公路基础设施上的传感器以及数据采集与传输、数据处理与管理等软硬件构成,对公路基础设施的荷载与环境作用以及结构性能参数进行测量、收集、处理、分析,并对公路基础设施正常使用水平与运行状态进行评估和预警的系统。

2.1.3 监测点 observation point

直接或间接设置在监测对象上,并能反应监测对象运行状态的观测点。

2.1.4 安全评估 safety evaluation

通过监测数据分析公路基础设施当前的运行状态,并与相应的临界状态进行比较分析,评价其安全等级。

2.1.5 预警值 alarming value

对公路基础设施运行环境、结构构件可能出现的不同程度异常或危险,所设定的各监测点设备的监测参数警戒值。

2.1.6 监测预警 early-warning of monitoring

公路基础设施运行状态监测系统在监测数据特征值超过预警值时,发生异常情况警告的行为。

2.2 符号

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

T ——衬砌实际厚度

3 基本规定

3.0.1 公路基础设施运行状态监测应为其安全使用性、设计验证、模型校验与修正、损伤识别、养护与维修及新方法新技术的发展与应用提供技术支持。

3.0.2 新建公路基础设施实施运行状态监测宜与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

3.0.3 公路基础设施运行状态监测系统实施应遵循下列工作流程：

- 1 收集、分析相关资料；
- 2 编制和审查监测方案；
- 3 埋设、验收与保护监测基准点和监测点；
- 4 校验仪器设备、标定监测点初始值；
- 5 采集监测数据；
- 6 处理和分析监测数据；
- 7 生成监测数据报表及监测报告等。

条文说明

1 新建公路基础设施相关资料包括水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告及设计文件等，并进行现场踏勘。在役公路基础设施除上述所列资料以外还包括检测报告、运行状态文件等历史资料。

3.0.4 根据路基路面及边坡、桥梁、隧道运行状态监测需求，编制监测方案。应包含但不限于以下内容：

- 1 项目概况；
- 3 监测目的和依据；
- 4 监测范围和对象；
- 5 监测等级；
- 6 监测点布设方法及布置图；
- 7 监测精度、频率；
- 8 监测控制值、预警等级、预警标准及异常情况下的监测措施；

- 9 监测信息的采集、分析和处理要求；
- 10 监测仪器设备、元器件及人员的配备；
- 11 质量管理、安全管理及其他管理制度。

条文说明

1 项目概况包括地质条件、周边环境及项目特点等。

3.0.5 监测点的布设应不影响和妨碍监测对象的正常受力和使用。监测点应布设稳固，标识清晰，并应采取有效的保护措施。

3.0.6 监测数据应及时进行处理、分析和反馈，发现影响工程及周边环境安全的异常情况时，应即时告警。

3.0.7 公路基础设施实时监测预警应根据运行状态，提出与其安全性、适用性和耐久性相应的限值要求和预警值。

3.0.8 监测系统应能不间断工作，并具备自动生成报表功能。

3.0.9 监测设备的维护与更换应保证数据的一致性和连续性。

3.0.10 当监测数据异常或报警时，应及时对监测系统及基础设施进行检查或检测。

3.0.11 公路基础设施运行状态监测系统应按图 1 实施。

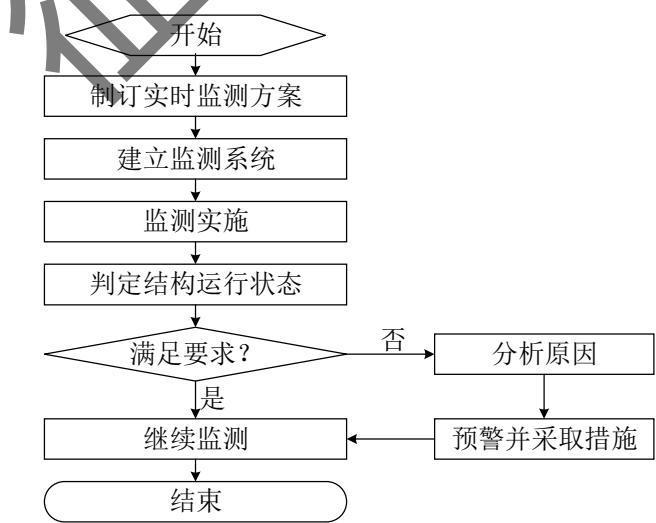


图 1 公路基础设施运行状态监测流程

3.0.12 公路基础设施运行状态监测信息基础数据元编制原则和分类、公路信

息基础数据元及数据元值域代码集应符合现行《交通信息基础数据元 第2部分：公路信息基础数据元》（JT/T 697.2）的规定。

征求意见稿

4 监测项目及要求

4.1 一般规定

4.1.1 公路基础设施运行状态监测对象包括路基路面及边坡、桥梁、隧道。

4.1.2 公路基础设施运行状态监测环节包括在线监测、视频监控、现场核查及仪器检测。

条文说明

在线监测系统包括传感器模块、数据采集与传输模块、数据处理与管理模块、数据分析与安全预警及评估模块,并通过系统集成技术将各模块集成为统一协调的整体;视频监控包括公路基础设施图像监视及与预警信息联动功能;现场核查负责预警信息确认、灾害排查及处理;仪器检测包括现场核查过程中必须的仪器、设备等。

4.1.3 公路基础设施运行状态监测内容应包括结构监测及环境效应监测。

条文说明

结构监测包括变形与裂缝监测、应变监测等;环境效应监测包括风力监测、温湿度监测、交通监测等。

4.1.4 监测项目应根据监测对象的特点、监测等级、工程影响分区、设计及施工的要求合理确定,形成有效、完整的监测体系,并应反映监测对象的变化特征和状态。

4.1.5 监测系统宜具有完整的数据采集、传输、存储、处理及控制、预警及状态评估功能。

4.1.6 监测系统应按规定的方法或流程进行参数设置和调试,并应符合下列规定:

- 1 监测前,宜对传感器进行初始状态设置或零平衡处理;
- 2 存在信号干扰时,应对干扰信号来源进行排查,并采取有效的措施进行处

理。

4.2 监测范围

4.2.1 公路桥梁监测应根据各方的监测要求与设计文件明确监测目的,结合工程结构特点、现场及周边环境条件等因素按表 4.2.1 综合确定监测范围。

表 4.2.1 公路桥梁运行状态监测范围

监测对象		监测范围
梁式桥		上部承重构件、桥墩、桥台、基础、支座、桥面
拱桥	板拱桥(圬工、混凝土)、肋拱桥、箱型拱桥、双曲拱桥	主拱圈、拱上结构、桥面板、桥墩、桥台、基础、桥面
	刚架拱桥、桁架拱桥	刚架(桁架)拱片、横向联结系、桥面板、桥墩、桥台、基础、桥面
	钢-混凝土组合拱桥	拱肋、横向联结系、立柱、吊杆、系杆、行车道板(梁)、支座、桥墩、桥台、基础、桥面
悬索桥		主缆、吊索、索夹、加劲梁、索塔、锚碇、锚杆、桥墩、桥台、基础、支座、桥面
斜拉桥		斜拉索(包括锚具)、主梁、索塔、桥墩、桥台、基础、支座、桥面

4.2.2 公路隧道监测应根据隧道规模、地形地质条件、监测等级及结构状态现状按表 4.2.2 综合确定监测范围。

表 4.2.2 公路隧道运行状态监测范围

监测对象	监测范围
洞口	山体滑坡、岩石崩塌的征兆及其发展趋势;边坡、碎落台、护坡道的缺口、冲沟、潜流涌水、沉陷、塌落等及其发展趋势
	护坡、挡土墙的裂缝、断缝、倾斜、鼓土、滑动、下沉的位置、范围及其程度,有无表面风化、泄水孔堵塞、墙后积水、地基错台、空隙等现象及其程度
洞门	墙身裂缝的位置、宽度、长度、范围或程度
	结构倾斜、沉陷、断裂范围、变位量、发展趋势
	洞门与洞身连接处环向裂缝开展情况、外倾趋势
	混凝土起层、剥落的范围和深度,钢筋有无外露、受到锈蚀
	墙背填料流失范围和程度
衬砌	衬砌裂缝的位置、宽度、长度、范围或程度,墙身施工缝开裂宽度、错位量
	衬砌表层起层、剥落的范围和深度
	衬砌渗漏水的位置、水量、浑浊、冻结状况
路面	路面拱起、沉陷、错台、开裂、溜滑的范围和程度;路面积水、结冰等范围和程度
吊顶及各种预埋件	吊顶板变形、缺损的位置和程度;吊杆等预埋件是否完好,有无锈蚀、脱落等危及安全的现象及其程度;漏水(挂冰)范及程度

4.2.3 公路路基路面监测应根据地形地质条件、监测等级、损坏程度及类型按表 4.2.3 综合确定监测范围。

表 4.2.3 公路路基路面运行状态监测范围

监测对象	监测范围
路基	路肩损坏、边坡坍塌、水毁冲沟、路基构造物损坏、路基沉降等
路面	沥青路面存在的龟裂、块状裂缝、纵向裂缝、横向裂缝、沉陷、车辙、波浪拥包、坑槽、松散等；水泥混凝土路面存在的破碎板、裂缝、板角断裂、错台、拱起、边角剥落、接缝料损坏等

4.2.4 公路边坡工程监测范围应根据边坡高度、地质条件、支护方式、施工工艺、周边环境的重要性和对变形的敏感性等综合确定，且不应小于表 4.2.4 规定的范围。

表 4.2.4 公路边坡运行状态监测范围

监测对象		监测范围
岩质边坡	岩体内有外倾结构面	边坡坡脚以外至外倾结构面与地面交线间的水平投影距离范围内，且不小于 1.5 倍边坡高度
	岩体呈碎裂状、散体状	边坡坡脚以外水平投影距离不小于 1.5-2 倍边坡高度范围内
	岩体呈块状	边坡坡脚以外水平投影距离不小于 1-2 倍边坡高度范围内
土质边坡		边坡坡脚以外水平投影距离不小于 2-3 倍边坡高度范围内

4.3 监测要求

4.3.1 技术复杂的大型桥梁工程可根据需要设置必要的结构监测设施，同时应根据表 4.3.1 中公路桥梁技术状况评定等级设置必要的结构监测设施。

表 4.3.1 公路桥梁运行状态监测要求

类别	技术状况描述	监测要求
1 类	全新状态，功能完好	○
2 类	有轻微缺损，对桥梁使用功能无影响	○
3 类	有中等缺损，尚能维持正常使用功能，且需进行跟踪监测	√
4 类	主要构件有大缺损，严重影响桥梁使用功能；或影响承载能力，不能保证正常使用且需进行跟踪监测	√
5 类	主要构件存在严重缺损，不能正常使用，危及桥梁安全，桥梁处于危险状态	√
注：√表示应测；○表示可测。		

4.3.2 公路隧道监测应根据表 4.3.2 中公路隧道技术状况评定等级设置必要的

结构监测设施。

表 4.3.2 公路隧道运行状态监测要求

类别	技术状况描述	监测要求
1 类	完好状态。无异常情况，或异常情况轻微，对交通安全无影响	○
2 类	轻微破损。存在轻微破损，现阶段趋于稳定，对交通安全不会有影响	○
3 类	中等破损。存在破坏、发展缓慢，可能会影响行人、行车安全	√
4 类	严重破损。存在较严重破坏，发展较快，已影响行人、行车安全	√
5 类	危险状态。存在严重破坏，发展迅速，已危及行人、行车安全	√

注：√表示应测；○表示可测。

4.3.3 公路路基路面应根据表 4.3.3 中公路路基路面损坏程度设置必要的监测设施。

表 4.3.3 公路路基路面监测要求

损坏程度	技术状况描述	监测要求
轻度	边坡坍塌长度小于 5m；冲沟深度小于 20cm；路基构造物的勾缝损坏、沉降缝损坏、表面破损、钢筋外露和锈蚀等；路基沉降长度小于 5m；沥青路面龟裂主要裂缝块度在 0.2~0.5m 之间，平均裂缝宽度小于 2mm；沥青路面块状裂缝主要裂缝块度大于 1.0m，平均裂缝宽度在 1~2mm 之间；沥青路面纵向裂缝主要裂缝宽度小于或等于 3mm；沥青路面横向裂缝主要裂缝宽度小于或等于 3mm；沥青路面沉陷深度在 10~25mm 之间，行车无明显颠簸感；车辙深度在 10~15mm 之间；波峰波谷高差在 10~25mm 之间；坑槽深度小于 25mm，或面积小于 0.1 m ² ；沥青路面表面细集料散失、脱皮、麻面等；水泥混凝土路面板块被裂缝分为 3 块及以上，破碎板未发生松动和沉陷；水泥混凝土路面主要裂缝宽度小于 3mm，一般为未贯通裂缝；水泥混凝土路面板角断裂主要裂缝宽度小于 3mm；水泥混凝土路面错台接缝两侧高差在 5~10mm 之间；水泥混凝土路面板边上的碎裂和脱落；水泥混凝土路面填料老化、不密水，尚未剥落脱空，未被砂、石、土等堵塞；其他可能造成财产损失的路基路面损坏。	○
中度	边坡坍塌长度在 5~10m 之间；冲沟深度在 20~50cm 之间；路基构造物的局部基础淘空、墙体脱空、轻度裂缝、鼓肚、下沉等；路基沉降长度在 5~10m 之间；沥青路面龟裂主要裂缝块度小于 0.2m，平均裂缝宽度在 2~5mm 之间；水泥混凝土路面主要裂缝宽度在 3~10mm 之间；水泥混凝土路面板角断裂主要裂缝宽度在 3~10mm 之间；水泥混凝土路面板边上的碎裂和脱落，接缝附近水泥混凝土有开裂；其他可能造成人员伤亡或财产损失的路基路面损坏。	√
重度	边坡坍塌长度大于 10m；冲沟深度大于 50cm；路基构造物的整体开裂、倾斜、滑移、倒塌等；路基沉降长度大于 10m；沥青路面龟裂主要裂缝块度小于 0.2m，平均裂缝宽度大于 5mm；沥青路面块状裂缝主要裂缝块度在 0.5~1.0m 之间，平均裂缝宽度大于 2mm；沥青路面纵向裂缝主要裂缝宽度大于 3mm；沥青路面横向裂缝主要裂缝宽度大于 3mm；沥青路面沉陷深度大于 25mm，行车有明显颠簸感；车辙深度大于 15mm；波峰波谷高差大于 25mm；坑槽深度大于或等于 25mm，或面积大于或等于 0.1 m ² ；沥青路面表面粗集料散失、脱皮、麻面、露骨、表面剥落；水泥混凝土路面板块被裂缝分为 3 块及以上，破碎板有松动、沉陷和唧泥等现象；水泥混凝土路面主要裂缝宽度大于 10mm；水泥混凝土路面板角断裂主要裂缝宽度大于 10mm；水泥混凝土路面错台接缝两侧高差大于 10mm；水泥混凝土路面板边上的碎裂和脱落，接缝附近水泥混凝土多处开裂，开裂深度超过接缝槽底部；水泥混凝土路面三分之一以上接缝出现空缝或被砂、石、土堵塞；其他可能造成重大人员伤亡或财产损失的路基路面损坏。	√

4.3.4 边坡工程监测可根据表 4.3.4 中安全等级、地质环境、边坡类型、支护结构类型和变形控制要求设置必要的结构监测设施。

表 4.3.4 边坡工程运行状态监测要求

安全等级	边坡破坏后果	监测要求
一级	造成重大人员伤亡或财产损失	√
二级	可能造成人员伤亡或财产损失	√
三级	可能造成财产损失	○
注：√表示应测；○表示可测。		

4.4 在线监测

4.4.1 传感器模块由环境监测、作用监测、结构响应监测、结构变化监测传感器等构成，应实现结构响应及环境参数的测量。

4.4.2 数据采集与传输模块由数据采集设备、数据传输设备与缆线、数据采集与传输软件构成，应实现传感器数据同步采集与传输，保证数据质量、不失真。

4.4.3 数据处理与管理模块由数据预处理、中心数据库、数据查询与管理软硬件构成，应实现公路基础设施运行状态监测数据的处理、查询、存储与管理等功能。

4.4.4 数据分析与安全预警及评估模块应实现数据实时在线显示、数据分析、安全报警及评估等功能。

4.4.5 监测期间，监测结果应与结构理论分析结果进行适时对比，当监测数据或评估结果异常时，应及时对监测对象与监测系统进行核查，当监测结果超过设定阈值时应立即报警。

4.5 视频监控

4.5.1 应根据公路基础设施运行状态监测范围、项目布设视频监控系统，且具有远程手动控制功能。

4.5.2 公路基础设施运行状态监测系统收到安全预警后，视频监控系统应符合下列规定：

- 1 自动调用结构预警传感器关联视频并由主监视器显示。
- 2 系统应配置相关预警信号装置，如蜂鸣器等。

4.5.3 视频监控系统宜具有云平台扩展对接功能。

条文说明

云平台指提供计算、网络和存储能力的云端服务。

4.5.4 公路基础设施视频监控网络与上云网关之间应部署防火墙,且具备容灾备份机制。

4.6 现场核查

4.6.1 监测系统发出预警信号后应进行现场核查与评估。

4.6.2 现场核查内容应包括预警监测范围内的结构、构件变形、开裂等情况及结合当地经验确定的其他核查内容。

4.6.3 现场核查以目测为主,可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行。

4.6.4 现场核查并确认基准点、测点的位置及完好情况,确认监测设备运行正常及保护状态。

4.6.5 对核查数据评估后,当发现异常或危险情况,应及时通知相关单位。

4.6.6 现场核查应做好记录。

4.7 仪器检测

4.7.1 下列情况应委托具有相应资质的机构进行仪器检测:

- 1 现场核查后难以判明结构损坏原因及程度。
- 2 需通过加固手段提高荷载等级。
- 3 其他需借助仪器设备进行检测。

4.7.2 现场量测仪器,应根据量测项目及测试精度选用。宜选择稳定可靠、量程合理、操作方便、便于进行结果处理和分析的量测仪器,并经过有效检校。

4.7.3 采用仪器设备进行现场测试、荷载试验及其他辅助实验时,应针对现状进行检算分析,形成鉴定结论。

5 路基路面及边坡监测

5.1 一般规定

5.1.1 路基路面及边坡运行状态监测内容应结合路基路面及边坡的地质条件、水文条件、地理位置、结构特征、外部环境安全状态等因素确定。

5.1.2 路基路面及边坡运行状态监测等级宜根据监测对象的监控要求、周边环境风险等级和地质条件复杂程度进行划分。

5.1.3 边坡长期实时监测系统包括监测基准网和监测点建设、监测设备仪器安装和保护、数据采集与传输、数据处理与分析、预测预报或总结等。

5.2 监测内容及要求

5.2.1 路基路面监测内容应符合表 4.2.3 的规定。

5.2.2 路面技术状况自动化检测指标应包括路面破损率、国际平整度指数、路面车辙深度、路面跳车、路面构造深度、横向力系数和路面弯沉。其中路面构造深度和横向力系数应为二选一指标。

5.2.3 边坡监测内容应根据安全等级、地质环境、边坡类型、支护结构类型和变形控制要求综合确定。

条文说明

边坡监测内容包括坡顶水平位移和垂直位移、地表裂缝、坡顶建（构）筑物变形、降雨和洪水与时间关系、锚杆（索）拉力、支护结构变形、支护结构应力、地下水、渗水与降雨关系等。

5.2.4 监测参数的实时统计应符合下列规定：

1 数据统计前应对监测数据进行校核处理。监测数据出现异常时，应分析原因，并进行复测。

2 数据处理包括数据预处理和数据后处理。数据预处理宜采用数字滤波、去噪、截取和异常点处理等，数据后处理方式宜根据数据分析要求确定。

3 数据处理后进行实时统计，生成监测报表。

5.2.5 监测参数的周期性统计应符合下列要求：

1 应及时计算累计变化量、变化速率，并绘制时程曲线、绘制断面曲线图、等值线图等。

2 应根据地质、环境条件分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势。

5.2.6 数据处理应符合下列规定：

1 应实现快速显示、高效存储、生成报告和数据归档等功能。

2 监测数据应定期存储、备份存档、可靠保存。

3 数据报表宜提供日、周、月、季、年和特殊事件后的专项报表等。

5.3 监测点

5.3.1 路基路面监测点宜根据其地质条件、环境条件及病害状况进行综合确定。

5.3.2 边坡监测点应符合下列要求：

1 坡顶位移观测，应在每一典型边坡段的支护结构顶部设置不少于 3 个监测点的观测网，观测位移量、移动速度和移动方向。

2 锚杆拉力和预应力损失监测，应选择有代表性的锚杆(索)，测定锚杆(索)应力和预应力损失。

3 非预应力锚杆的应力监测根数不宜少于锚杆总数 3%，预应力锚索的应力监测根数不宜少于锚索总数的 5%，且均不应少于 3 根。

4 监测工作可根据设计要求、边坡稳定性、周边环境等因素进行动态调整。

5.4 监测方法及技术要求

5.4.1 路基路面监测应符合现行《多功能路况快速检测设备》（GB/T 26764）和《公路路面技术状况自动化检测规程》（JTG/T E61）的规定。

5.4.2 边坡地表位移监测可采用卫星定位法和大地测量法，可辅以电子水准仪进行水准测量。在通视条件较差的环境下，采用 BDS 监视为主，在通视条件较好的情况下采用大地测量法。边坡变形监测与测量精度应符合现行《工程测量规

范》(GB 50026)的有关规定。

5.4.3 边坡监测地表裂缝、位错等变化时,岩质边坡监测精度分辨率应不低于0.50mm,土质边坡监测精度分辨率应不低于1.00mm。

5.4.4 边坡监测期间遇到下列情况时应及时告警,并符合下列要求:

1 有软弱外倾结构面的岩土边坡支护结构坡顶有水平位移迹象或支护结构受力裂缝有发展;无外倾结构面的岩质边坡或支护结构构件的最大裂缝宽度达到国家现行相关标准的允许值;土质边坡支护结构坡顶的最大水平位移已大于边坡开挖深度的1/500或20mm,以及其水平位移速度已连续3d大于2mm/d。

2 土质边坡坡顶邻近建筑物的累计沉降、不均匀沉降或整体倾斜已大于现行《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)规定允许值的80%。

3 坡顶邻近建筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发展。

4 支护结构中有重要构件出现应力骤增、压屈、断裂、松弛或破坏的迹象。

5 边坡底部或周围岩土体已出现可能导致边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆。

6 根据当地经验判断已出现其他必须告警的情况。

5.5 监测频率

5.5.1 监测设备的选择及安装调试应满足下列要求:

1 监测设备的选择应符合监测期、监测项目与方法及系统功能的要求,并且具有稳定性、耐久性、兼容性和可扩展性;

2 测得信号的信噪比应符合实际监测分析需求;

3 在投入使用前应进行校准;

4 应根据监测方法和监测功能的要求选择安装方式;

5 安装后应进行现场标识且绘制监测设备安置图。

5.5.2 路基运行状态的监测频率应根据监测要求、监测对象、监测项目、监测参数、地质条件等综合确定,并能及时、系统地反映监测对象的动态变化。

5.5.3 路面监测频率宜根据路面等级、使用年限、路面技术状况、交通量及交通组成、气候等综合确定。

5.5.4 边坡监测频率应根据安全等级、周边环境、气象条件和当地经验综合确定,当监测对象相对稳定时,可适当降低监测频率。

5.5.5 公路边坡监测频率的确定应能及时、系统地反映边坡及支护结构、周边环境的动态变化过程，宜采用定时监测，必要时应进行跟踪监测。

5.5.6 当出现以下情况时，应提高监测频率：

- 1 监测数据累计变化量或变化速率达到预警值。
- 2 监测数据变化较快或者速率加快。
- 3 存在勘察未查明的不良地质条件，且可能影响工程安全。
- 4 支护结构出现开裂。
- 5 周边地面及设施突发较大沉降、隆起、滑移或出现严重开裂。
- 6 边坡面出现管涌、渗漏或流砂等现象。
- 7 暴雨或长时间连续降雨。
- 8 出现其他影响边坡及周边环境安全的异常情况。

5.6 监测项控制值和预警

5.6.1 路基路面、边坡监测项目的控制值应满足以下要求：

1 监测项目的控制值应根据周围岩土体特征、周边环境保护要求、路基路面及边坡监测范围、监测等级、结构形式及变形特征等，并结合当地经验综合确定，满足监测对象的安全状态得到合理、有效控制的要求，并应符合现行《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2)和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》(JTJ073.1)的有关规定。

2 周边环境监测项目控制值应根据环境对象的类型与特点、结构形式、变形特征、已有变形、正常使用条件及国家现行有关标准的规定，并结合环境对象的重要性、易损性及相关单位的要求等确定。

5.6.2 监测项目控制值宜按监测项目的性质分为变形监测控制值和力学监测控制值。变形监测控制值包括变形监测数据的累计变化量和变化速率；力学监测控制值宜包括力学监测数据的最大值和最小值。

条文说明

变形监测不但要控制监测项目的累计变化量，还要注意控制其变化速率。累计变化量反映的是监测对象当前的安全状态，而变化速率反映的是监测对象安全状态变化的发展速度，过大的变化速率，往往是突发事件的先兆。

5.6.3 风险等级较低且无特殊要求时，路基沉降预警值应符合表 5.6.3 中的规定。

表 5.6.3 路基沉降控制值

监测项目		累计值 mm	变化速率 mm/d
路基沉降	高速公路、一级公路	10~30	3
	二级及以下等级公路	20~40	3

条文说明

本条文参照《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB 50911）制定。

5.6.4 路基路面、边坡监测控制值应根据周围土质特征、周边环境保护要求并结合当地工程经验进行确定。

5.6.5 边坡监测方案及预警值确定应满足以下要求：

- 1 应满足边坡设计和周边环境的安全控制要求。
- 2 应根据边坡防护型式、地质条件、环境条件、气候条件等确定。
- 3 周边环境监测项目预警值应根据环境对象的重要性、结构形式、变形特征及现行有关标准确定。
- 4 边坡周边环境监测预警值除考虑边坡开挖或填筑造成的变形外，尚应考虑其原有变形的影响。

5.7 在线评估

5.7.1 路基路面及边坡整体动态评估流程应符合图 5.7.1 的规定。

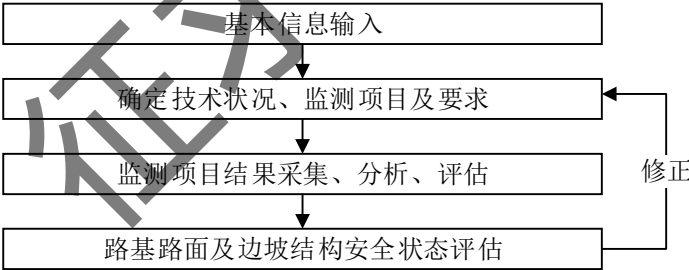


图 5.7.1 路基路面及边坡动态评估流程

5.7.2 应根据监测结果对监测对象的运行状态进行定期或实时评估。定期评估频率应结合路基路面及边坡所处的报警状态开展评估工作，并符合表 5.7.2 的规定。

表 5.7.2 路基路面及边坡定期评估推荐频率

预警状态	评估频率
蓝色警示	每季度 1 次/每月 1 次
黄色报警	每周 1 次
红色报警	每天 1 次

5.7.3 路基技术状况评定应符合现行《公路路基养护技术规范》（JTG 5150）的规定。

5.7.4 路基路面及边坡综合技术状况评定应符合现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）的规定。

5.7.5 当路基路面及边坡遭遇火灾、洪水、爆炸、地震等异常事件时，应及时分析在异常事件期间路基路面及边坡结构变化量及变化速率，并进行路基路面及边坡状态安全评估，必要时应进行专项检查。

5.7.6 监测数据分析应形成数据分析报告，每年应不少于一次。

5.8 监测信息反馈

5.8.1 监测数据的统计方式应符合下列要求：

1 在线监测数据应具备自动采集与传输、人工监测数据导入等功能，并可进行人工干预采集与采集参数调整。在线采集应具有诊断和识别功能，对于异常的信息数据能进行快速的分辨，并保证在恶劣的气候条件下正常采集。

2 数据分析包括统计分析和特殊分析。统计分析包括极大值、极小值、平均值、均方根值、累计值等统计值，特殊分析包括趋势分析、安全状态研判、关联性分析及其他需要特殊分析的内容。

5.8.2 告警信息的统计及处理方式应符合下列规定：

1 告警应采用分级预警方式，预警分级应由监测项目的累计变化量和变化速率共同控制并确定预警阈值；预警等级宜由低级到高级分为黄色（1级）、橙色（2级）、红色（3级）三个等级。

2 预警信息应包括预警级别、监测项目信息、预警值和预警阈值等。

3 各预警等级对应的预警管理机制，包括预警信息反馈机制及预警信息处置机制。

4 报警发生后，需触发对应的应急响应程序，形成联动机制。

5.8.3 正常运行状态下，监测数据的处理与反馈应实现数据采集、处理、分析、查询和管理一体化及监测成果的可视化。

5.8.4 异常告警状态下，监测数据的处理与反馈应由工程监测数据处理与信息管理系统软件自动报警，经人工确认后，查找分析原因并及时处理。

5.8.5 公路路基路面及边坡运行状态监测报告应符合附录 A 的相关要求。

征求意见稿

6 桥梁监测

6.1 一般规定

6.1.1 公路桥梁运行状态监测包括人工定期监测和长期实时监测两类。人工定期监测应满足现行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120—2021）有关规定；长期实时监测应对桥梁环境、荷载作用下的结构响应进行监测、报警和状态评估。建设长期实时监测系统的公路桥梁应符合下列条件：

1 主跨跨径不小于 150m 梁桥、200m 拱桥、300m 斜拉桥、500m 悬索桥等结构复杂和重要的桥梁。

2 技术状况符合表 4.3.1 的桥梁。

6.1.2 对于新建或维修加固桥梁，长期实时监测系统设计与桥梁主体结构设计或维修加固设计同步进行；对于在役桥梁，监测系统可单独进行。

6.1.3 桥梁工程监测内容及测点布设应符合下列规定：

1 桥梁监测内容和测点布设应考虑新建桥梁、在役桥梁的不同监测需求，结合桥梁监测目的、桥梁重要性、环境复杂性、桥梁力学特征、桥梁运营管理和养护的需求及建造成本综合确定。

2 桥梁监测内容包括桥址环境与荷载作用监测、响应监测、状态变化监测，应满足结构异常报警、数据分析和状态评估需求。

3 桥梁监测内容设计应包含监测项目、指标参数、测点安装位置、测点方向和数量等内容。

4 养护管理有需求时，宜设置除湿系统、防撞护栏、异物侵限等桥梁设施的状况监测。

6.1.4 桥梁监测点布设、监测参数等应符合下列规定：

1 监测内容及测点数量应根据桥梁结构类型、所处环境、实际应用条件选择适宜的传感器类型和数量。

2 传感器应具有较高的耐久性，对于埋入式安装的传感器使用寿命应不低于 20 年，对于非埋入式传感器的使用寿命应不低于 5 年。

3 传感器参数应符合现行《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T

1037) 的有关规定。

6.2 监测内容及要求

6.2.1 桥梁人工定期监测内容应符合现行《公路桥涵养护规范》(JTG 5120) 的相关规定。长期实时监测内容应符合下列规定:

- 1 环境监测包括环境温度、湿度、桥面结冰、雨量等。
- 2 作用监测包括车辆荷载、船舶撞击、风速、风向、地震等。
- 3 响应监测包括位移、转角、应变、索力、支座反力、振动等。
- 4 变化监测包括基础冲刷、基础变位、裂缝、腐蚀、断丝、螺栓状态和索夹滑移等。

5 根据桥型和结构受力特点,监测内容应符合现行《公路桥梁结构监测系统技术规范》(JT/T 1037) 的有关规定。

6.2.2 监测数据统计间隔宜根据监测参数的特征及项目实际需求确定。

6.2.3 桥梁监测传感器原始数据应定期存储、备份存档,存储时长不少于 5 年;各类统计数据应进行专项存储,存储时长不少于 20 年,超过时限的数据宜转存至其它离线存储介质上。在网络中断情况下,现场存储原始数据应大于等于 90d,非结构化视频图像数据应大于等于 30d。

6.3 监测点

6.3.1 监测点宜依据以下原则确定:

1 监测测点布设应能够把握环境、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。

2 结构响应和结构变化监测的测点宜布置在受力较大、变形较大、易损、影响主要部件安全耐久和结构整体安全的位置、已存在明显病害和损伤的位置。对性能退化、病害严重的桥梁构件,应针对性增加相应监测项目或测点数量。

3 监测测点布设应明确传感器的类型、数量、安装位置和方向,便于安装及更换。对不可更换的监测测点,宜做冗余布设。对关键部件或关键构件监测内容,可布设校核测点。

4 位移监测测点可与《公路桥涵养护规范》(JTG 5120—2021) 中规定的桥梁永久观测点位置统筹布设。

5 环境监测点、作用监测点、结构响应监测点及结构变化监测点布设应符合现行《公路桥梁结构监测系统技术规范》(JT/T 1037) 的有关规定。

6.3.2 桥梁监测点布设应避免损伤桥梁主体结构。

6.4 监测方法及技术要求

6.4.1 监测方法包括感知方法、数据采集方法，应与桥梁环境、作用、结构响应、结构变化监测内容匹配。

6.4.2 监测方法及技术要求应符合现行《公路桥梁结构监测系统技术规范》（JT/T 1037）的有关规定。

6.4.3 监测点的防雷应符合现行《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343）的有关规定。

6.4.4 监测传感器的校准、安装、调试过程应符合下列规定：

- 1 监测传感器的安装位置、方向应满足设计要求。
- 2 传感器安装前应进行校准，安装调试后应采集初始值，监测系统完工后应建立监测基准。
- 3 监测传感器与被测结构物应牢固连接。
- 4 传感器安装不应降低结构的安全性、适用性和耐久性。
- 5 安装调试过程应准确填写施工记录表，记录整理必要的安装参数、初始数据和资料等。

6.5 监测频率

6.5.1 采样频率应根据监测应用分析要求和功能要求自行设定。

6.5.2 各类监测参数的采样频率应根据监测要求、功能，并结合桥梁结构安全报警与状态评估需求综合确定，应符合现行《公路桥梁结构监测系统技术规范》（JT/T 1037）的有关规定。

6.5.3 环境、作用和结构响应监测数据应同步采集，宜采用北斗卫星导航时钟同步技术，同步精度宜符合下列规定：

- 1 动态监测变量的数据采集时钟同步误差小于 0.1ms；
- 2 静态监测变量的数据采集时钟同步误差小于 1ms。

6.6 监测项控制值和预警

6.6.1 监测项报警应符合下列规定：

1 桥梁结构日常运营过程中,当预处理后的监测数据超出设定预警阈值应进行报警。

2 报警分为蓝色警示、黄色和红色报警三级。

3 安全报警内容包括报警传感器编号和位置、实际监测值、报警值阈值和报警级别。

4 报警阈值应能根据桥梁和系统运行情况动态调整。

5 报警系统应能发布、调整和解除报警信息。

6.6.2 针对不同桥梁类型及结构特点,报警阈值的设定原则及方法应符合下列规定:

1 报警阈值设定应满足下列要求:

1) 当监测数据接近或超过桥梁正常使用条件下界限值,但不会对桥梁安全、正常使用和行车安全产生影响时,应进行蓝色警示。蓝色警示可根据养护管理规定和需求、桥梁结构特点、行车舒适度等确定阈值。

2) 当监测数据超过桥梁正常使用条件下界限值且可能对桥梁结构安全、正常使用和行车安全产生显著影响时,应进行黄色报警。

3) 当监测数据接近桥梁结构安全限值或者严重影响桥梁安全、正常使用和行车安全时,应进行红色报警。

2 报警阈值设定应满足下列要求:

1) 报警阈值应基于监测数据历史统计值、设计值、理论计算值和规范容许值设定。

2) 技术状况等级3类及以上桥梁的报警阈值宜基于设计值、荷载试验成果、定期检查及技术状况评定成果设定。

6.6.3 阈值报警宜基于预处理后的数据实施,不宜针对原始监测数据直接实施阈值报警。

6.6.4 为实现在线实时预警自动化,需对以下特征值进行实时统计分析:

1 大跨钢桥宜进行主梁涡振自动识别与专项报警,识别方法宜综合考虑振动均方根值、能量比特征、风场参数等参数。

2 结构动态特征包括主梁振动加速度、索振动加速度、桥梁自振频率等。

3 统计特征值包括最大平均风速、10分钟平均风速、水平地震动加速度峰值、最高温度、最低温度、最大温差和最大温度梯度、超重车辆总重或轴重等。

6.6.5 桥梁安全状况预警流程应符合下列规定:

1 桥梁安全监测系统应能根据预设的报警阈值触发相应的预警级别;蓝色报

警宜由系统自动触发；黄色报警可由系统自动触发，也可由人工确认后触发；红色报警由人工手动触发。

2 人工触发报警可对自动触发报警等级手动升级或降级。

3 报警发生后，需触发对应的应急响应程序，形成联动机制，预防桥梁坍塌等恶性事故发生。

6.7 在线评估

6.7.1 应根据监测结果对监测对象的运行状态进行定期或实时评估。定期评估频率应依据桥梁预警状态，宜按表 21 设置。

表 21 桥梁结构定期评估推荐频率

预警状态	评估频率
红色报警	每日 1 次
黄色报警	每周 1 次
蓝色警示	每季度 1 次或每月 1 次
绿色安全	每年 1 次

6.7.2 桥梁结构安全评估应符合现行《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T 1037）的有关规定，且应包括以下内容：

- 1 与人工检查（或检测）结果进行对比分析。
- 2 自动化监测系统的总体运行情况、预警事件及其处理过程汇总。
- 3 给出相应管理养护方案建议。

6.7.3 在线评估公式及参数权重应根据桥梁结构特点及病害严重程度、现行养护规范文件确定。

6.7.4 当桥梁遭遇洪水、流冰、地震、台风、火灾、船撞等突发事件，除常规在线评估外，应采用专业分析方法进行专项评估。专项评估结果异常的应及时进行突发事件后的桥梁专项检查。

6.8 监测信息反馈

6.8.1 桥梁运行状态监测系统成果验收、交接流程与资料要求应符合现行《结构健康监测系统施工及验收标准》（T / CECS 765）的相关规定。

6.8.2 不同技术状况等级的桥梁，可采用不同的统计建模方法，动态调整历史监测数据的评估权重；3 类及以上桥梁宜逐步增加耐久性和使用性的数据分析内容。

6.8.3 桥梁运行状态监测系统发出报警信息后，应按照本规程 6.6.5 条执行，所有预警信息及处置过程应在当期监测报告及年度报告中汇总。

6.8.4 公路桥梁运行状态监测报告应符合附录 A 的相关要求。

征求意见稿

7 隧道监测

7.1 一般规定

7.1.1 公路隧道运行状态监测应结合交通量、隧道规模、工程地质、水文地质、周边环境、结构形式及技术状况等因素分级实施。

7.1.2 技术状况值为3类及以上隧道的洞口、洞门、衬砌、路面、吊顶及各种预埋件等重大病害段或严重不良地质段应进行长期运行状态监测。

7.1.3 公路隧道运行状态监测流程包括相关资料收集、现场踏勘、方案编制、测点埋设与仪器安装、数据采集与传输、数据分析与反馈、资料归档等。

7.1.4 公路隧道运行状态监测宜采用智能化监测手段。

7.1.5 监测仪器应根据监测目的，合理确定仪器精度要求。宜选择稳定可靠、量程合理、操作方便、经济耐久、便于进行结果处理和分析的监测设备。

7.2 监测内容及要求

7.2.1 技术状况为1类、2类公路隧道宜开展变形监测。

7.2.2 技术状况为3类及以上公路隧道宜同时开展病害监测和变形监测，监测项目应符合表7.2.2规定。

表 7.2.2 公路隧道运行安全状态监测项目

监测类型	监测项目	技术状况		
		1类、2类	3类	4类、5类
病害监测	裂缝	宜测	应测	应测
	渗漏水	宜测	应测	应测
变形监测	洞口	可测	应测	应测
	洞门	可测	应测	应测
	衬砌	宜测	应测	应测
	路面	可测	应测	应测
	吊顶及各种预埋件	宜测	应测	应测

7.2.3 重大结构病害部位、重大结构隐患部位、严重不良地质段等宜根据工程地质、水文地质条件开展变形监测，必要时可进行特殊气体、地下水、环境温度

等监测工作。

7.2.4 技术状况为 1 类、2 类公路隧道宜采用定期监测，技术状况为 3 类及以上公路隧道宜采用长期实时监测。

7.3 监测点

7.3.1 监测点布置应符合下列规定：

- 1 同一断面，变形监测点宜对称布置。
- 2 区段内存在多个监测项目时，不同监测项目的测点宜布置在同一断面。
- 3 应埋设牢固、标识清楚，不得侵入隧道建筑限界。
- 4 易遭毁坏部位应加设保护装置。

7.3.2 洞口边仰坡监测断面宜沿主滑动方向布置，断面间距 10m~50m，每断面不少于 3 个监测点。

7.3.3 洞门倾斜监测断面宜沿倾斜方向布置，按间距 5m~20m，每断面不少于 2 个监测点。

7.3.4 技术状况为 1 类、2 类公路隧道，断面间距宜取 20m~40m；技术状况为 3 类及以上公路隧道，断面间距宜取 5m~20m，每断面监测点宜取 3~7 个。同一个监测区段不宜少于 2 个断面。监测范围宜覆盖病害区段，并宜沿隧道轴向两端各延伸 1~3 倍隧道洞宽。

7.3.5 路面监测点宜根据路面病害状况沿着隧道轴线方向布置不少于 2~3 个监测点。

7.3.6 重大结构病害部位、重大结构隐患部位、严重不良地质段等监测断面间距宜取 5m~20m，同一监测区段不宜少于 2 个断面。其监测范围宜沿隧道轴向两端各延伸 2~3 倍隧道洞宽。

7.4 监测方法及技术要求

7.4.1 公路隧道运行状态监测应采用实时监测与巡视检查相结合的方法。

7.4.2 监测仪器应符合下列规定：

- 1 宜选择与工作环境相适应、可更换、易维护的监测仪器。
- 2 应满足监测项目对精度、量程等的要求。

- 3 定期进行标定、检查校验、维护保养。
- 4 预埋仪器的寿命应满足设计要求。
- 5 应采取必要的标识和保护措施。
- 6 建立信息档案。

7.4.3 实时监测包括数据感知、采集、数据处理、通信及供电等系统，应符合下列规定：

- 1 数据感知宜选用统一技术标准的监测仪器。
- 2 数据采集应具备本地存储、按设定频率采集数据功能，宜支持云存储功能。
- 3 数据处理应具有数据存储、异常数据剔除、统计分析、曲线图表生成、趋势预测、预警反馈、报告报表自动生成等功能；同时应具备远程访问、控制采集装置的功能。
- 4 通信方式宜结合工程现场情况确定，可采用有线或无线的方式。
- 5 供电应稳定，宜具备断电报警功能。

7.4.4 巡视检查应符合下列规定：

- 1 巡视检查宜采用目测方式，并辅助以塞尺、锤、放大镜、照相机等器具；有条件时，洞口边仰坡检查可结合无人机进行。
- 2 巡视检查记录应制表填写，并应及时整理数据和影像资料。
- 3 巡视检查应与仪器监测进行对比分析，发现异常或险情时，及时通知相关单位。

7.5 监测频率

7.5.1 公路隧道运行安全状态监测频率应使监测对象信息反馈及时，监测信息能够系统的反应监测对象状态的动态变化。

7.5.2 公路隧道运行安全状态监测频率应根据监测部位、监测等级、监测项目等情况和特点，并结合当地工程经验确定，但不低于表 7.5.2 的要求执行；采用智能化监测手段时，监测数据宜实时采集。

表 7.5.2 公路隧道运行状态监测频率表

监测部位	技术状况		
	1 类、2 类	3 类	4 类、5 类
洞口和洞门	1~2 次/月	2~3 次/周	1~2 次/天
衬砌和路面	1 次/月	1~2 次/周	1 次/天
吊顶及各种预埋件	1 次/月	1~2 次/周	1 次/天
围岩（不良地质）	1 次/月	1 次/1~2 周	1 次/1~2 天

7.5.3 监测频率应根据监测数据发展趋势动态调整。当遇到下列情况时，应提高监测频率：

- 1 监测数据达到预警值。
- 2 监测数据异常或变化速率较大。
- 3 邻近工程施工、超载、振动等周边环境较大改变。
- 4 暴雨或长时间连续降雨。

7.5.4 巡视检查频率可按表 7.5.4 的要求执行。

表 7.5.4 巡视检查频率表

技术状况	1 类、2 类	3 类	4 类、5 类
巡视检查频率	1 次/月	1~2 次/周	1~2 次/天

7.6 监测项控制值和预警

7.6.1 应及时整理监测数据，数据分析及反馈宜采用信息化手段。

7.6.2 监测数据出现异常时，应分析原因，必要时重测。

7.6.3 长期监测应建立信息化管理系统，宜实现隧道相关信息、监测数据的全过程管理。

7.6.4 公路隧道长期监测应明确各项监测项目的控制值，并符合下列规定：

- 1 监测项目控制值应根据土建结构技术状况、地质条件、当地工程经验确定，必要时通过分析计算或专项评估进行确定。
- 2 结合实际工作情况动态调整控制值并符合表 7.6.4 的规定。

表 7.6.4 监测项目控制值

监测部位	监测项目		控制值	
			累计值	变化速率
洞口、洞门	支挡结构、洞门 裂缝	宽度	3mm	0.5mm/月
		长度	5mm	50mm/月
		深度	2 T/3	——
	洞口边仰坡裂 缝	宽度	10mm	1mm/月
		长度	10m	100mm/月
	地表下沉		30mm	——
	地表水平位移		20mm	——
	洞门错台		50mm	——
洞门倾斜		洞门高度的 2‰	——	
衬砌	裂缝	宽度	3mm	0.5mm/月
		长度	5mm	50mm/月
		深度	2T/3	——
	错台		50mm	——
	拱顶下沉		20mm	10mm/年
	周边收敛			
	边墙沉降		10mm	
路面	隆起或沉陷量		30mm	

7.6.5 公路隧道运行状态预警标准宜符合表 7.6.5 的规定。

表 7.6.5 预警标准

预警等级	预警颜色	预警标准	相应策略
预警	黄色	监测值达到控制值的 70%，且不超过控制值	加强预警部位监测和检查，尽快组织安全评估
报警	红色	监测值超过控制值	尽快实施处治

7.6.6 长期监测应建立完整的预警管理机制，及时报送监测报告、预警快报等信息。

7.6.7 安全预警内容应包括预警级别、报警传感器编号和位置、报警监测值和预警值。

7.7 在线评估

7.7.1 公路隧道整体动态评估流程应符合图 7.7.1 的规定。

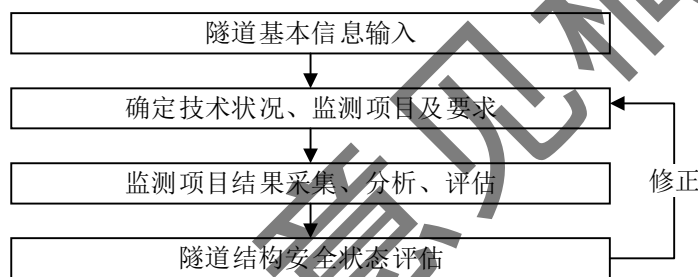


图 7.7.1 隧道动态评估流程

7.7.2 监测数据分析应形成数据分析报告，每年应不少于一次。

7.7.3 公路隧道运行状态评估应符合下列原则：

- 1 在规定的設計使用年限内应具有足够的可靠度。
- 2 在设计使用年限内应满足下列功能要求：
 - 1) 在正常维修施工和正常使用时，能承受可能出现的作用；
 - 2) 在正常使用时具有良好的工作性能；
 - 3) 在正常维护下具有足够的耐久性；
 - 4) 在设计规定的偶然事件发生时及发生后，仍能保持规定要求的整体稳定性。

7.7.4 公路隧道运行状态评估应符合下列规定：

- 1 当监测值小于控制值的 70% 时，可判定公路隧道结构处于正常状态，对公路隧道可不进行评估；
- 2 当监测值小于控制值且大于等于控制值的 70% 时，可判定隧道结构状态异

常，应进行黄色预警；并应加强预警部位监测和检查，并组织安全评估；

3 当控制值小于或等于监测值时，可判定隧道结构状态严重异常，应进行红色预警；并应尽快实施病害处治。

7.7.5 进行安全评估时，应依据隧道的技术状况、监测参数、控制值和预警值进行结构截面强度验算，并应符合现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1)、《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440)的相关规定。

7.7.6 当隧道遭遇火灾、洪水、爆炸、地震等异常事件时，分析在异常事件期间隧道结构变化量及变化速率，并按 7.7.5 的规定进行隧道状态安全评估；必要时应进行专项检查。

7.7.7 运行状态评估包括隧道及运行监测系统基本信息、评估项目、评估判定状态异常的界限值、评估结果以及报告异常状态的监测仪器编号、位置、数量和建议等。

7.8 监测信息反馈

7.8.1 应建立长期实时监测资料档案，包括监测方案、原始数据、监测报告、仪器信息等。

7.8.2 长期实时监测成果应以单座隧道为单元，纳入隧道养护技术档案。

7.8.3 公路隧道运行状态监测报告应符合附录 A 的相关要求。

附录 A 公路基础设施运行状态监测报告

A.0.1 公路基础设施运行状态监测报告可分为日报、阶段性报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、明确。

A.0.2 公路基础设施运行状态监测日报宜包括下列内容：

- 1 现场核查信息：核查照片、记录等。
- 2 监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、环境情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、数理统计值、监测点平面位置图等。
- 3 监测数据、现场核查信息的分析与说明。
- 4 对监测项目应有的正常或异常、危险的判断性结论。
- 5 对达到或超过监测报警值的监测点应有报警标识，并有分析及建议。
- 6 对巡视检查发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有报警标示，并有分析及建议。
- 7 其他相关说明。

A.0.3 公路基础设施运行状态监测阶段性报告宜包括下列内容：

- 1 该监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况。
- 2 该监测阶段的监测项目及测点的布置图。
- 3 系统运行状况、维护状况、报警状况等。
- 4 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线。
- 5 各监测项目监测值的变化分析、评价及发展预测。
- 6 数据关联分析及专项评估结果。
- 7 其他建议或相关说明。

A.0.4 公路基础设施运行状态监测总结报告宜包括下列内容：

- 1 项目概况。
- 2 监测项目。
- 3 监测点布设。
- 4 监测设备的型号、规格、基本参数和元器件标定资料。
- 5 监测方法。

- 6 监测频率。
- 7 监测报警值设置。
- 8 必要的监测数据图表。
- 9 系统运行状况、维护状况、报警状况等。
- 10 监测项目全过程的发展变化分析。
- 11 监测专项评估、综合评估结论与建议。
- 12 监测期间出现异常情况说明。
- 13 监测期特殊事件专项说明。
- 14 其他建议或相关说明。

征求意见稿

本规程用词用语说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时应首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4) 表示允许有选择，在一定的条件下可这样做的用词

采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……要求或规定”；非必须按指定的标准、规范的规定执行时，写法为“可参照……”。