

《隧道隧底自动化监测技术规程》

征求意见稿

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本标准由中铁二院贵阳勘察设计研究院有限责任公司提出，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2024 年团体标准制修订计划，标准名称为《隧道隧底病害监测技术规程》。

（二）项目背景

随着我国铁路、公路及城市地铁隧道工程规模的不断扩大，隧底结构病害问题日益突出，如仰拱隆起、底板开裂、翻浆冒泥等，严重威胁隧道运营安全。现有《铁路隧道监控量测技术规程》虽提及隧底监测，但缺乏具体可操作的自动化监测技术细则，导致实际工程中难以有效实施。

为弥补这一空白，中国技术市场协会组织相关单位，结合国内外隧道工程实践经验与自动化监测技术发展现状，制定了本规程，旨在为隧道隧底自动化监测提供系统、科学、可操作的技术依据。

（三）目的意义

本标准的制定具有以下重要意义：

1. 提升隧道工程安全性：通过自动化监测手段，实现对隧底结构变形、应力、水压等关键参数的实时监控，及时发现病害隐患，预防重大安全事故。
2. 规范监测行为：统一监测项目、方法、频率、阈值等技术要求，避免因监测标准不一致导致的数据偏差和误判。
3. 推动技术应用：促进自动化监测技术在隧道工程中的推广应用，提升行业信息化、智能化水平。
4. 支撑养护决策：为隧道运营期的健康监测和病害整治提供数据支持，优化养护维修策略，延长隧道使用寿命。

（四）起草单位及起草人名单

本标准起草单位：XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX。

本标准主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX。

（五）主要起草过程

1. 文本调研

《隧道隧底自动化监测技术规程》于2024年6月启动了文本的调研工作，并与2024年10月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

中铁二院贵阳勘察设计研究院有限责任公司向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于2024年9月获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

3. 组建标准起草工作组

2024年12月3日，召开项目启动会，成立了标准起草工作组，并讨论标准调研工作事项。

4. 形成标准草案

2025年8月15日，起草组对标准总体情况进行了汇报，针对标准内容和标准名称开展了线上讨论，确定了标准主要内容，提出了修改意见，标准名称申请调整为《隧道隧底自动化监测技术规程》。

2025年8月20日，起草组根据修改意见进行修改，形成标准草案。

5. 形成征求意见稿

2025年9月9日，对标准草案进行讨论，起草组对草案内容进行了修改，形成标准征求意见稿。

二、确定标准主要内容的论据

（一）编制原则

本标准按照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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

（二）标准主要内容及适用范围

本标准规定了隧道隧底自动化监测的基本规定、监测要求、监测方法、门限阈值、数据采集与管理、数据分析与预警、监测成果等技术内容。

本标准适用于铁路和公路隧道隧底施工期病害预防性监测和运营期健康监测，以及隧底病害整治施工期间和整治完成后的自动化监测。城市地铁隧道的隧底结构监测可参照本文件执行。

（三）确定标准主要内容的论据

基本规定：参考 TB 10121、TB 10314 等现行行业标准，结合隧道工程实际需求，明确监测分类、等级划分和责任主体。

监测项目与布置：依据围岩等级、病害类别及工程阶段，确定监测项目及其布置原则，确保监测覆盖关键风险区域。

监测方法与设备：结合国内外成熟技术（如振弦式传感器、光纤光栅、机器视觉等），明确各类监测项目的实施方法和技术要求。

门限阈值：根据工程实践经验、结构设计值和风险等级，设定预警、报警和控制值，确保监测响应的及时性和准确性。

数据管理与分析：依据 GB/T 25742、GB/T 22239 等国家标准，规范数据采集、传输、存储和分析流程，保障数据质量和系统可靠性。

预警与成果：建立多级预警机制和报告体系，确保监测信息有效传递和应急响应机制顺畅运行。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

试验与验证：本标准内容基于多个铁路、公路隧道项目的现场试验和工程验证，包括某高铁隧道仰拱监测、某地铁隧道水压监测等，数据表明自动化监测系统可有效识别隧底异常，预警准确率达 90%以上。

技术经济论证：自动化监测虽初期投入较高，但可大幅减少人工巡检成本，避免因病害延误造成的运营中断和修复费用，长期经济效益显著。

预期经济效果：预计本标准实施后，可提升隧道工程监测效

率 30%以上，降低运维成本 20%，显著减少因隧底病害引发的安全事故和经济损失。

下面以成兰铁路跃龙门隧道隧底监测为例，阐述实施成效。

1.工程概况

成兰铁路跃龙门隧道左线全长 19981m，右线全长 20042m。线路行走在由北东向龙门山构造带、近南北向松潘-甘孜构造带之岷山隆起构造带、NWW-近 E-W 向南凸出的西秦岭构造带组成的“A”字型构造格架最为活跃的中上部。穿越的软质岩多，断层破碎带多，软质岩主要由炭质板岩、炭质千枚岩等组成，复杂的活跃地质条件加上破碎围岩进而诱发极为严重的软岩大变形，对隧道工程施工造成严重破坏，且对后期运营也埋下安全隐患。隧道 D2K099+710~D2K099+920 为炭质板岩软岩大变形段，该段为挤压围岩大变形，隧道支护拱部及边墙开裂掉块严重、钢架扭曲折断，最为突出的就是隧道仰拱底鼓极为严重，最大底鼓值 1.4m。

为此，施工单位决定采用该系统对仰拱施工过程和工后沉降变形进行监测。

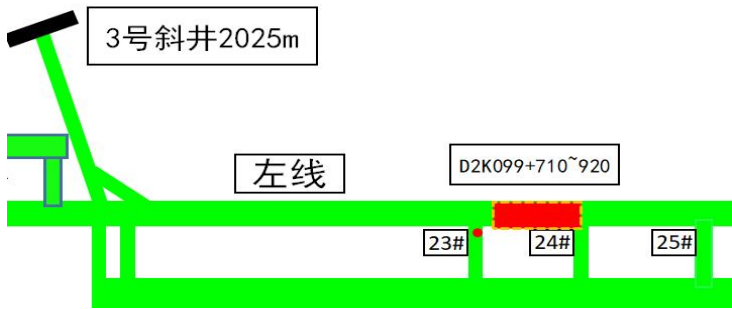
2.施工过程监测

2019 年 7 月施工过程中发现大变形段施作的仰拱出现开裂，隧底隆起严重，造成多段不得不拆换重建。2020 年初施工单位决定仰拱初支成环后，采取暂不施工仰拱衬砌利用弃渣回填仰拱，待初支变形基本稳定后再挖除弃渣施工仰拱衬砌和仰拱填充，避免仰拱隆起开裂而拆换重建仰拱。按人工测量方式仰拱弃渣回填段观测桩根本无法埋设，现场采取于仰拱弃渣回填表面埋设水泥墩测量点，既加大了施工难度又增加了施工成本，但测量结果只能反映回填表面是否稳定，无法判断仰拱底部围岩的稳定性。现场为了仰拱充分变形稳定，仰拱初期支护施作完毕后采取弃渣回填，等待三四个个月之后再施作仰拱二衬和仰拱填充，造成仰拱衬砌施工滞后掌子面距离很长，二衬施作严重滞后，施工安全步距拉得很大，造成隧道变形塌方风险极高。为此施工单位决定采用“铁路隧道隧底变形自动监测及评估系统”监测隧底施工变形，及时监测仰拱变形和评估变形稳定性，确定仰拱二衬施作合适时机，缩短施工安全步距，确保施工安全。

施工过程中仰拱监测里程范围为右线隧道 YD2K100+700~+900 段，每隔 30m 布设一个监测断面，监测时长 6 个月。采用在仰拱初支成环时植入 3D 变形监测仪，共安装 7 次，每次 3 人施作时间约 3 个小时；设备折旧约 3 万元、耗材约 500 元和人工费约 2.8 万元，共计花费 5.85 万元；据施工单位测算，若采取人工监测需要 3 个人，每月费用约 4 万元，加上施作水泥墩（易造过往车辆破坏）等费用约 1 万元，需花费约 25 万元；采用该系统能实时监测仰拱变形并评估隧底围岩稳定性确定二衬施作时机，有效缩短了安全步距，除减少了施工安全风险外，还有效提高了施工人工工时利用效率，加快了施工进度。综上分析，在仰拱弃渣回填施工段监测 200m，与人工监测比节约直接费用达 19.15 万元，间接节约费用 200 万元以上。同时采用该系统大大减少了仰拱病害和隧道变形塌方的风险，节约了可能的拆换重建等整治费用。

3.工后沉降变形监测

2022 年 6 月，左线隧道 D2K099+710~D2K099+920 段采用该系统进行工后沉降变形监测，每隔 30m 布设一个监测断面，每个监测断面设置 3 个观测点，该段共布设 8 个监测断面。



跃龙门隧道工后沉降变形自动监测里程位置图

以 D2K099+740 断面为例，曲线中正值为上隆、负值为下沉，单位 mm；测点位置，面向大里程方向左、中、右测点编号为 3、2、1。



D2K099+770 隧道断面 01 测点仰拱沉降曲线图



D2K099+770 隧道断面 02 测点仰拱沉降曲线图



D2K099+770 隧道断面 03 测点仰拱沉降曲线图

以上数据表明所监测断面 2022 年 12 月前处于不稳定状态，仰拱隆起，且监测断面位置在 2022 年 12 月 10 日人工巡查时发现道床已有开裂现象。



隧道仰拱开裂照片图

施工单位发现开裂后，根据该系统监测数据和评估结果，及时对仰拱采取针对性的注浆加固措施。处理完毕后监测数据表明从 2023 年 1 月 30 日起仰拱监测断面已处于基本稳定状态，目前还在持续进行监测。

目前监测已有 11 月有余，若采取人工监测需要 3 个人，每月费用约 4 万元，加上全站仪或水准仪折旧，以及交通车辆等费用约 2 万元，需花费约 46 万元；采用该系统监测，设备折旧费约 4 万元，安装费约 2 万元，期间维护费约 1 万元，共约 7 万元，该系统监测与人工监测节约费用 39 万元。监测期间发现个别断

面不稳定，施工单位及时进行了针对性注浆加固措施，避免了仰拱病害延至运营期，节约了大量的运营期可能的整治费用，保障了运营安全，经济社会效益显著。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准为首自主制定，本标准不涉及国际国外标准的采标情况。

五、重大分歧意见处理经过及依据

本标准在制定过程中未出现重大分歧意见。

六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

本标准符合现行《中华人民共和国安全生产法》《铁路安全管理条例》等法律、法规，和 GB 55018-2021《工程测量通用规范》TB 10121-2024《铁路隧道监控量测技术规程》GB/T 22239-2019《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》相关标准保持协调。

参考了 GB 55018-2021（工程测量通用规范）、GB/T 22239-2019（信息安全技术网络安全等级保护基本要求）、GB/T 25742（机器状态监测与诊断数据处理、通信与表示）、GB/T 15314（精密工程测量规范）、GB 50026-2020（工程测量标准）、GB 50911-2013（城市轨道交通工程监测技术规范）、GB 50497-2019（建筑基坑工程监测技术标准）等国家标准相关内容要求

本标准是对现有标准体系的补充和细化，不存在冲突或重复规定。

七、知识产权情况说明

本标准内容不涉及专利等知识产权。

八、其他应予说明的事项

无。

《隧道隧底自动化监测技术规程》

团体标准起草组

2025 年 9 月 9 日