

采空区公路监测技术规程

Technical regulations for road monitoring in mined-out area

2024 - 10 - 08 发布

2025 - 01 - 08 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 基本规定 1

5 监测要求 3

6 监测数据与报告 4

附 录 A （规范性） 监测方法选用及精度要求..... 6

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通科技发展有限公司。

本文件主要起草人：刘亚明、张军、李政兴、熊威、孙志杰、孟秀元、孔繁盛、王江龙、韩文斌、郝耀虎。

采空区公路监测技术规程

1 范围

本文件规定了采空区公路监测术语和定义、基本规定、监测要求、监测数据及报告。
本文件适用于采空区高等级公路的监测，其他等级公路可参照执行。

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 50026 工程测量标准
- GB 51044 煤矿采空区岩土工程勘察规范
- GB 51180 煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG F60 公路隧道施工技术规范
- JTG/T 3331-03 采空区公路设计与施工技术规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采空区

狭义指煤层开采后的采出空间；广义指该采出空间及其覆岩失稳导致的地表移动和变形破坏的区域或范围。

3.2

InSAR 技术

基于合成孔径雷达干涉测量快速测绘大范围内地表变形的监测技术。

3.3

GNSS 技术

通过全球导航卫星系统获得目标点高精度定位坐标的测量技术。

4 基本规定

4.1 监测阶段

监测工作可按工程阶段划分为勘察设计阶段监测、施工阶段监测、运营阶段监测。施工阶段监测包含采空区处治检测阶段监测和公路建（构）筑物施工阶段监测。

4.2 监测范围

采空区场地监测范围应与采空区处治平面范围一致，勘察设计阶段可适当扩大。

4.3 监测精度、频率及变形稳定标准

- 4.3.1 各监测方法精度要求应符合附录 A 规定。
- 4.3.2 监测周期及频率按照现行 GB 51044、GB 51180、JTG/T 3331-03 执行。
- 4.3.3 采空区变形监测稳定标准按照现行 JTG/T 3331-03 执行，公路构筑物变形监测稳定标准按照现行 JTG D6、JTG F60 和 JTG D30 执行。

4.4 仪器设备

- 4.4.1 监测用仪器设备应符合国家及行业标准。
- 4.4.2 仪器设备的适用范围、使用条件和使用年限等应满足监测工作关于质量、精度、量程、耐久性、稳定性和可靠性等方面要求。
- 4.4.3 仪器设备应能在野外环境条件下长期正常使用，具备较强的防腐、防潮、防震、防磁、防雷和耐大温差等能力。
- 4.4.4 仪器设备使用前应进行必要的核查，确认状态正常、精度满足要求后方可使用。
- 4.4.5 监测过程中应对仪器设备定期进行检定、校准及保养。
- 4.4.6 自动采集或实时监测的自动化监测系统中不同厂家的仪器设备应具有一致的生产、质量、精度和数据格式标准。
- 4.4.7 自动化监测仪器设备宜有自检、自校功能。没有自检、自校功能的，宜每年进行不少于一次的数据有效性确认，确保数据准确可靠。
- 4.4.8 自动化监测设备应能保证监测点供电及网络信号的稳定性。
- 4.4.9 自动化监测系统应选择通用软件开发工具和数据库，便于日常使用、维护和数据共享，以及扩展和升级。
- 4.4.10 开展自动化监测时，可适当结合人工监测，以便两者监测结果相互验证，保证在自动化监测仪器、设备发生故障时观测数据不中断。

4.5 监测方案编制

- 4.5.1 对采空区公路构筑物的监测，应在掌握公路构筑物与采空区位置关系的前提下，根据构筑物段采空区变形特点和构筑物破坏特点，制定监测方案。
- 4.5.2 采空区公路监测方案应依据下列资料进行编制：
 - a) 采空区工程地质勘察报告；
 - b) 采空区公路设计文件和施工方案；
 - c) 采空区公路监测技术的标准、规范、规程以及相关技术文件；
 - d) 采空区公路处治、检测资料。
- 4.5.3 采空区公路监测前，应根据采空区要素特征和公路工程特点编制监测方案的主要内容，包括：
 - a) 监测目的、监测项目；
 - b) 监测范围、测线布置、监测断面选择和监测点布设、监测周期和频率；
 - c) 监测仪器设备的主要技术参数；
 - d) 监测实施细则与信息反馈制度等。

5 监测要求

5.1 一般规定

- 5.1.1 新建、改扩建公路宜应从勘察设计阶段开始监测公路路线沿线采空区地表变形。
- 5.1.2 采空区处治检测阶段在充分利用前期监测点持续已有开展监测工作的基础上，尚应宜结合处治部位和工程进度布设新的监测线与监测点。
- 5.1.3 公路建（构）筑物施工阶段应对前期的监测点进行保护，宜利用原有监测点持续开展监测。
- 5.1.4 运营阶段，应以采空区引起构筑物的变形监测为重点，在公路构筑物上布设监测断面和监测点，宜采用无线传输自动化监测手段。
- 5.1.5 不同监测项目的监测点宜布设在同一监测断面上。
- 5.1.6 穿越采空区公路宜建立监测信息管理系统。

5.2 采空区场地

- 5.2.1 勘察设计阶段和采空区处治检测阶段，应对采空区地表移动变形和裂缝进行监测。
- 5.2.2 测线、监测断面和监测点应根据监测对象、采空区规模、特点和具体情况，按监测技术要求有针对性的布设，应能反映监测对象的整体状态。
- 5.2.3 采空区场地宜采用 InSAR 技术追溯地表变形历史，了解采空区变形情况，掌握采空区变形阶段。
- 5.2.4 对于地表移动变形尚未发生或正在发生过程中的长壁式陷落法采空区，应布设变形观测网进行地表移动变形观测。
- 5.2.5 对于巷道式和不规则的房柱式采空区，因覆岩和地表移动变形具有潜伏性和突发性，宜以 InSAR 监测技术为主，以地表变形观测网监测为辅。
- 5.2.6 监测点布设应符合下列要求：
 - a) 基准点的设置应按 GB 50026 执行，选择在非采空区且不受采空区影响的稳定区域内，基准点距采空区的距离按 JTG/T 3331-03 执行。监测点应兼顾采空区边缘区和构造物的特殊部位均匀布设。监测点标识应采用钢筋混凝土预制或混凝土现场浇筑，桩顶中央应有十字标志，标桩规格应按 GB 50026 要求制作，标识埋设深度应大于当地冻土深度 0.25 m；构筑物上监测点应使用反射棱镜、反射片或特征明显的固定点代替。
 - b) 每条测线的第一个点及最后一个点应布设在采空区两端，其余测点均匀布设，点间距按照 JTG/T 3331-03 执行。
- 5.2.7 不同公路构筑物采空区场地监测应满足下列要求：
 - a) 路基应沿路线走向布设观测线，观测线数量应不少于 2 条。
 - b) 桥梁地表监测点纵向应逐墩布设，横向应以墩台为中心向两侧布设，纵向、横向观测线数量均应不少于 2 条。
 - c) 隧道应沿路线走向布设观测线，观测线数量应不少于 2 条。

5.3 采空区路基

- 5.3.1 施工阶段，采空区路基监测项目为地表移动变形。
- 5.3.2 运营阶段，采空区路基监测项目应包括路基沉降和路基水平位移。采空区路基、边坡，应布设监测网对其地表移动变形和地层水平位移进行监测，有支挡结构的边坡，宜对支挡结构变形进行监测。
- 5.3.3 路基监测断面选取应根据采空区路线长度、采空区要素特征等综合确定，原则上每段不应少于 1 个，总体不应少于 3 个。

5.4 采空区桥梁

- 5.4.1 施工阶段，采空区桥梁监测项目为地表移动变形和桥墩的垂直位移、倾斜。
- 5.4.2 运营阶段，采空区桥梁监测项目应包括桥墩的垂直位移、倾斜和桥墩的差异沉降。
- 5.4.3 采空区范围内桥墩的垂直位移监测和倾斜应逐墩布设监测点，桥梁倾斜监测点布设位置应在近墩柱顶部处。
- 5.4.4 桥梁墩台差异沉降断面应与采空区变形区域轴线相垂直。若路线方向与之平行，应逐墩布设多个监测断面；若路线方向与之垂直，至少布设一个监测断面；若路线方向与之斜交，监测断面应不少于2个。

5.5 采空区隧道

- 5.5.1 施工阶段，采空区隧道监测按照 JTG F60 执行。
- 5.5.2 运营阶段，应根据隧道与采空区的位置关系，确定监测项目：
 - a) 当隧道洞身及顶、底板穿越采空区时，应重点监测围岩收敛变形、拱顶下沉、地面变形和支护结构裂缝。
 - b) 隧道位于采空区下方时，应重点监测围岩收敛变形和支护结构裂缝。
 - c) 隧道位于采空区上方时，应根据隧道与采空区“三带”的关系，确定监测指标：当隧道位于采空区弯曲带时，应重点监测围岩收敛变形和地面变形（包括地表裂缝）；当隧道位于采空区断裂带或垮落带时，应重点监测围岩收敛变形、拱顶下沉、地面变形和支护结构裂缝。
- 5.5.3 采空区段隧道内监测断面选择应符合下列要求：
 - a) 在采空区段落的两端和中心位置，应分别布置监测断面，监测断面数量应不少于3个；
 - b) 在新采空区剩余变形值较大处或采动范围内，可根据采空区要素特征增加监测断面。

6 监测数据与报告

6.1 监测数据

- 6.1.1 现场的监测资料应符合下列要求：
 - a) 使用正式的监测记录表格；
 - b) 监测记录应有相应的工况描述；
 - c) 监测数据应及时整理，并分析和评价其变化发展情况。
- 6.1.2 外业监测值和记事项目应在现场直接记录于监测记录表中。原始记录不得涂改、伪造和转抄。
- 6.1.3 监测数据出现异常时，应分析原因，必要时重新测量。
- 6.1.4 监测项目数据分析应结合其他相关项目的监测数据和自然环境条件、施工条件等情况及历史数据进行，并预测其发展趋势。

6.2 监测报告

- 6.2.1 监测报告包括当日报表、阶段性报告和总结报告，其内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。阶段性报告应按施工阶段提交，勘察设计阶段宜每三个月提交一次，施工阶段每三个月提交一次，运营阶段每半年提交一次，监测技术成果应按时报送。
- 6.2.2 监测记录、监测报告资料应签字齐全盖章标识完整并组卷、归档。
- 6.2.3 当日报表应包括下列内容：
 - a) 当日天气情况和工程现场情况；

- b) 仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，必要时应绘制有关曲线图；
- c) 对监测项目应有正常或异常、危险的判断性结论；
- d) 对达到或超过预警值的监测点应有报警标示，并有相应分析和建议；
- e) 对发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有报警标示，并有分析和建议；
- f) 其他相关说明。

6.2.4 阶段性报告应包括下列内容：

- a) 该监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况；
- b) 该监测阶段的监测项目及测点的布置图；
- c) 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线；
- d) 各监测项目监测值的变化分析和评价；
- e) 相关的设计、施工和养护建议。
- f) 其他相关说明。

6.2.5 总结报告应包括下列内容：

- a) 工程概况；
- b) 监测依据；
- c) 监测项目；
- d) 监测网布设、监测断面选择与监测点布设；
- e) 监测要求；
- f) 监测记录与分析；
- g) 监测结论及建议。
- h) 其他相关说明。

附 录 A
(规范性)
监测方法选用及精度要求

表A. 1给出了穿越采空区公路不同监测方法及设备精度要求。

表A. 1 不同监测方法及设备精度要求

监测方法	常用仪器设备	监测精度	是否可进行自动化监测
水准测量	全站仪	测角：2″，测距：2+2 ppm	是
	水准仪	1 mm	否
卫星定位	GNSS	水平：4 mm，垂直：8 mm	是
InSAR技术	SAR卫星	1 cm	否
裂缝监测	裂缝计	1 mm	是
简易观测	钢尺、卡尺	1 mm	否
地面测斜	倾角计、测斜仪	测角：0.1°，测斜：0.5 mm/m	是
钻孔测斜	固定测斜仪	0.5 mm/m	是
测斜计	测斜计	测角：0.05°，测斜：0.3 mm/m	是
数显式收敛计	数显式收敛计	0.1 mm	是

表A. 2给出了穿越采空区公路不同监测项目常用监测方法。

表A. 2 不同监测项目常用监测方法选用表

监测 部位	监测项目	监测方法										
		全站仪	水准仪	卫星 定位	InSAR 技术	裂缝 监测	静力水 准仪	简易 观测	地面 测斜	钻孔 测斜	测斜计	数显式 收敛计
地表	地表移动 变形	++	++	++	++	—	—	—	++	—	—	—
	裂缝	—	—	—	—	++	—	++	—	—	—	—
路基	路基沉降	+	++	+	++	—	++	—	—	—	—	—
	路基水平 位移	—	—	—	—	—	—	—	—	++	+	—
	地层水平 位移	—	—	—	—	—	—	—	—	++	—	—
	挡土墙墙 顶、墙趾位 移	++	+	+	—	+	—	—	++	—	—	—
	抗滑桩桩顶 位移	++	+	+	—	—	—	—	++	—	—	—
	抗滑桩深部 侧向位移	—	—	—	—	—	—	—	—	++	—	—
桥梁	桥墩垂直 位移	++	++	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	桥墩倾斜	+	—	—	—	—	—	—	++	—	++	—
隧道	围岩收敛 变形	++	—	—	—	—	—	—	—	—	—	++
	拱顶下沉	++	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地面变形	—	++	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	支护结构 裂缝	—	—	—	—	++	—	++	—	—	—	—
注：++代表推荐采用；+代表可根据实际条件选用；—代表不可采用。												