

论线状工程地质灾害预防应对问题

刘传正

Research on the prevention and response of geological hazards along linear engineering

LIU Chuanzheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.202402014>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于“3S”技术的地质灾害监测预警系统在我国应用现状

Review on geological disaster monitoring and early warning system based on “3S” technology in China

张凯翔 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(6): 1-11

自贡市地质灾害专群结合监测预警模式升级与实践

Upgrading and practice of early warning mode of geological disaster special group combination in Zigong City

杨江涛, 李波, 李伯宣, 罗兰 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(6): 130-134

青海省地质灾害监测预警信息化平台建设与实践

Construction and realization of information platform for geological disaster monitoring and early warning in Qinghai Province

隋嘉, 孙皓, 张丽华, 辛倩男, 孙永旺, 王栋 中国地质灾害与防治学报. 2023, 34(2): 92-101

2004—2018年北京市突发地质灾害时空分布特点和监测预警状况

Temporal-spatial distribution and monitoring and early warning of sudden geological disasters in Beijing during the period of 2004 to 2018

程素珍, 路璐, 翟淑花, 张长敏, 郝春燕, 任凯珍 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(6): 38-46

岩溶山区城市地下隧道工程地质灾害风险分析

Risk analysis of the geological hazards during urban tunnel construction in mountainous karst areas

付君宜, 陈发达, 沈志平, 尹林莉, 王祥 中国地质灾害与防治学报. 2023, 34(3): 100-108

甘肃定西地区地质灾害危险性评价

Risk assessment of geological hazards in Dingxi region of Gansu Province

沈迪, 郭进京, 陈俊合 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(4): 134-142



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.202402014

刘传正. 论线状工程地质灾害预防应对问题[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2024, 35(5): 1-4.

LIU Chuangzheng. Research on the prevention and response of geological hazards along linear engineering[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2024, 35(5): 1-4.

论线状工程地质灾害预防应对问题

刘传正

(应急管理部国家自然灾害防治研究院, 北京 100085)

摘要: 线状工程地质灾害预防应对工作要考虑工程全寿命周期的安全问题, 具体划分为规划选线、设计施工和工程运营三个阶段分别考量并制定针对性对策。规划选线阶段主要是规避地质灾害风险, 设计施工阶段主要是采取工程措施预防可能遭遇或引发的地质灾害, 工程运营阶段主要是监测预警和高效处置可能发生或正在发生的地质灾害。

关键词: 线状工程; 地质灾害; 工程预防; 监测预警; 应急处置

中图分类号: P694

文献标志码: A

文章编号: 1003-8035(2024)05-0001-04

Research on the prevention and response of geological hazards along linear engineering

LIU Chuangzheng

(National Institute of Natural Hazards, MEMC, Beijing 100085, China)

Abstract: The prevention and response of geological hazards in linear engineering projects must consider safety throughout the project's lifecycle. This involves specific strategies tailored to three distinct stages: planning and route selection, design and construction, and project operation. The planning and selection stage focuses on avoiding geological disaster risks. In the design and construction stage, engineering measures are implemented to prevent geological hazards from occurring or triggering. During project operation stage, the emphasis shift to monitoring, early warning, and efficient management of ongoing or potential geological hazards.

Keywords: linear engineering; geological hazard; engineering prevention; monitoring and early warning; emergency disposal

0 引言

线状工程是指公路、铁路和油气水电输送线路等工程。工程建设追求投资省、效率高、收益大和可持续使用时间长, 以尽可能小的经济、社会和生态环境成本获取最大的综合效益。因此, 安全可靠就成为规划选线、设计施工和工程运营等各阶段的基本要求, 风险防范

不仅要聚焦局部孤立型地质灾害, 也要注意防范化解地质灾害链、灾害群风险。

线状工程地质灾害风险是指线状工程规划选线、设计施工和正常运营过程中遭遇或引发地质灾害的可能性。地质灾害风险识别是指观测预判雪崩冰崩、崩塌滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降和地裂缝等造成线状工程如交通线、油气水电输送线路以及工程枢纽

收稿日期: 2024-02-26; 修订日期: 2024-03-12

投稿网址: <https://www.zgdzzhyfzxb.com/>

基金项目: 应急管理部国家自然灾害防治研究院基本科研业务专项(ZDJ2021-09)

作者简介: 刘传正(1961—), 男, 山东梁山人, 博士, 研究员, 主要从事工程地质与地质灾害防治方面的研究工作。

E-mail: cylu56@163.com

如升压站、电塔等功能中断、损毁的可能性, 预防应对工作包括防灾减灾法规、标准、规划、预案、工程或非工程措施、监测预警、应急抢险处置和恢复重建等方面的对策措施等。线状工程地质灾害预防应对工作要考虑全寿命周期的安全问题, 具体划分为规划选线、设计施工和工程运营三个阶段分别考量并制定针对性对策。

重要交通线如西北、西南、中南地区的铁路运输线、高速公路等一旦遭遇滑坡泥石流, 不但中断交通, 还可能造成严重直接或间接经济损失甚至人员伤亡, 如川藏铁路、成昆铁路、宝成铁路等应特别关注。例如, 2008 年“5·12”汶川地震引起成昆线徽县车站山体崩塌, 砸坏机车引起燃烧并堵断嘉陵江, 中断宝成铁路运输, 2 人受伤^[1]。能源水源供应管线如西气东输、西电东送等油气管道、高压线路、南水北调等工程一旦遭遇崩塌或滑坡泥石流灾害, 不但中断能源资源输送, 还可能引发爆炸、火灾、局地洪水等并造成重大人员伤亡和财产损失。近十年来因滑坡造成输气管道爆炸等局部性灾难已多次发生, 必须予以高度关注。

1 规划选线阶段

规划选线阶段重点工作是规避地质灾害风险, 通过开展线状工程遭遇或引发地质灾害风险的识别评估, 为比选提出灾害小、防灾减灾成本低和工程安全性高的工程线路提供依据。

为了识别地质灾害风险, 要全面开展自然气候、地理、地质和社会人文背景调查评价, 尤其是历史地质灾害事件、引发因素、成因机理、危害范围、强度和持续时间的分析研究, 及时识别研判重大地质灾害风险。充分利用基于星载、航空、地面的天空地一体化多源立体数据, 全面查清地质灾害风险源, 科学评估风险等级。一般地, 线状工程沿线向两侧的风险评估范围应到局地分水岭, 历史上发生过高速远程崩塌滑坡的斜坡单元或山洪泥石流及其灾害链的沟域应全面覆盖。

现状评估应包括历史上曾经发生的所有地质灾害及其背景条件, 如复杂地貌区、断裂发育区、强烈地震区、岩溶发育区、台风暴雨区、山洪泥石流发育区或特殊土如黄土、膨胀土分布区等。预测评估要考虑工程建设引发、加剧灾害危险性的各种情形, 特别是工程建设剧烈改变地质环境条件的区段。路基工程重点是挖方、切坡、填方和弃土场所等, 涵洞工程洞口边坡防护、抽排水工程布设和电塔、桥墩地基基础的选址开挖等。

引江补汉工程考虑了地形地貌、输水隧洞埋深、断

裂活动性、软岩变形、突水突泥、高地应力岩爆、岩溶化程度及溶洞规模等因素^[2]。冻土区油气管线选线应尽量绕避不良地质现象发育地段、减少线路长度或缓坡架空通过、避开反复冻融的河岸变动过渡地段, 严禁在线路两侧取土和随意开辟运土便道以避免形成热融湖塘引发斜坡变形破坏, 尽量将站址选择在基岩和粗颗粒土等对建筑物有利地段以避开冻土不稳定地段^[3]。

油气管道埋深浅、薄壳、内含高压易燃易爆物质, 决定了沿线地质灾害对管道的危害有其特殊性, 有时小规模的自然动力作用也可能造成重大灾难。断裂地震活动、岩土体短时快速移动或山洪泥石流冲击容易导致油气管道断裂变形、油气泄漏、防腐层受损、附属设施损毁以及环境破坏、管道失效导致油气服务中断。张凯翔等^[3]采用时序 InSAR 分析方法研究了煤矿采空区地面沉降分布特征、速率变化和沉降中心移动与煤矿作业工作面推进及地下水开采使用的密切关联性, 为线路工程方案优化和预防应对地质灾害提供了有效手段^[4]。

由于自然气候、地理、地质和工程扰动等多因素迭加耦合作用, 川藏铁路工程规划设计面临气候变化、高山峡谷、地壳隆升、高地震烈度、高地应力、高水压、高地温、断裂活跃、富含地下水、冰雪岩土崩塌滑坡、冰湖溃决、山洪泥石流、河流堰塞坝和冻融破坏等频发的山地灾害链和敏感的生态环境等^[5]。川藏铁路工程规划设计要考虑区域地壳稳定性、山体稳定性、站场场址稳定性和桥梁、路基与隧道岩体稳定性等诸多问题, 工程规划应坚持地质选线、生态选线和效益选线相结合的原则, 尽可能正确处理工程优化布置与活动断裂的关系, 绕避或防范崩塌滑坡和泥石流多发频发地段。

2 设计施工阶段

设计施工阶段主要是采取工程措施预防可能遭遇或引发的地质灾害。线状工程呈线状分布, 线上串联着关键站点。如油气输送涉及输气管线和场站等, 多次跨河跨沟、软弱地基、洪水内涝或滑坡泥石流冲击区域, 取土场、弃渣场、料场和施工队伍集中驻地等都会成为容易发生地质灾害的地点或区段。管线开挖、填筑沟谷或取土弃土不当、隧道施工出渣、施工道路营地建设使用会扰动、改变原有地貌和植被, 可能酿成滑坡泥石流灾害风险。西气东输工程从侵蚀营力上跨越了风力侵蚀、风蚀水蚀交错和水力侵蚀等不同区域, 要考虑自然和人为等多种因素迭加耦合作用引发的不同形式、不同程度的水土流失或地质灾害^[6]。

付君宜等^[7]针对岩溶山区城市地下隧道工程施工过程中遭遇地质灾害风险研判的主观因素制约问题,依托贵阳市轨道交通 2 号线一期工程施工地质研究,通过选取明显相关的风险因素作为评价因子,根据灾害类型和风险因素的位置关系反演出灾害发生频率与地质灾害风险因素间的耦合关系,建立岩溶山区城市隧道工程风险灾害评价体系,取得了较好的预测效果。

针对重大地质灾害风险,要主动实施工程治理,有效降低和消除灾害风险。2023 年 7 月 8 日,湖北省五峰县长乐坪镇月山村宜(都)来(凤)高速公路建设工地发生山体滑坡,造成施工队伍 10 人遇难。滑坡山体具有顺倾层状岩体结构,纵横贯通性节理发育,层间软弱夹层因降雨渗流泥化而降低强度,公路路基建设切坡破坏了层状岩体完整性导致前缘支撑力下降,工程护坡挡墙和锚索加固力度不足,最后酿成工程支挡破坏-岩体松动-顺层滑移-巨石叠压的牵引式滑坡灾难,不但造成人员伤亡,延误工期,也直接造成重大经济损失。事后反思,如果事前对山体地质结构和软弱结构面的强度变化认识清楚,采取正确的足够强度的工程预加固方案和合理的施工程序工艺,辅之以实时监测预警,是能够避免灾难的。

3 工程运营阶段

工程运营阶段主要是监测预警、应急响应地质灾害风险和高效处置正在发生、已经发生或还可能持续的地质灾害,确保人员、工程设施及其运营功能安全,最大程度降低各种经济损失、生态环境损毁和社会负面影响。

全面建立区域性、流域性、全线路多元数据信息共享平台,不断完善协同预警响应机制。利用 GNSS、InSAR、边坡雷达、Lidar 和地面形变监测等技术装备,实时监控地质灾害动态,开展灾害风险趋势研判预测,建立适合实际的趋势预测和预报预警模型,落实预警“叫应”机制,提前撤离危险区人员,避免信息不通、合作不畅而导致险情灾情扩大,甚至灾害链延长。王子等^[8]采用现场勘察、InSAR、GNSS 监测和深部位移监测等方法研究了西气东输管道安全运营遭遇正在变形的黄土滑坡的情形,通过分析 5 年来的变形特征、地下水位变化和滑坡成因机制,得出主要属于降雨引发的浅层滑坡,认为西气东输管道遭受滑坡灾害的风险是可控的。

日常维护要加强抗滑桩、格构护坡、挡土墙、拦砂坝、护坡、截排水沟和沉沙池等防护工程的巡查检查,

确保发挥作用^[6]。做好应急力量准备和抢险物资前置,加大卫星通信、应急供电等器材储备力度,确保快速处置险情灾情,必要时提前开展排危除险,适度扩大人员转移范围。

总结线状工程运营的历史灾难教训,监测预警和应急处置是线状工程安全运营的重要保障。1981 年 7 月 9 日,四川省甘洛县大渡河支流利子依达沟暴发了特大泥石流,摧毁成昆铁路利子依达大桥,造成格里坪开往成都的 442 次旅客列车内燃机车、行李车、邮政车及多辆客车车厢坠桥坠河,275 人死亡失踪,铁路运营中断 15 d^[9]。2003 年 10 月 11 日,陇海线吴庄降雨滑坡造成西宁开往郑州客运机车及前部 5 节车厢脱轨,3 名旅客受伤,陇海线中断行车约 13 h。2007 年 11 月 20 日,湖北巴东县 318 国道宜万铁路巴东段高阳寨隧道 II 线进口边坡爆破施工引起崩塌埋压公路,损毁路过的客车,造成施工人员和旅客 35 人死亡、1 人受伤^[10]。2010 年 5 月 23 日,降雨滑坡掩埋沪昆铁路江西余江—东乡间(K699+700)线路,造成 K859 次旅客列车机车和九节车厢脱线,19 人死亡,71 人受伤。2019 年 8 月 14 日,成昆铁路凉红—埃岱站之间岩体崩塌,导致现场抢险人员 17 人遇难^[11]。2022 年 6 月 4 日,D2809 次动车通过贵广线榕江站进站前月寨隧道出口时,撞上侵入线路的泥石流堆积物,导致两节车厢脱线,1 名司机遇难、1 名列车员与 7 名旅客受伤。2023 年 1 月 17 日,西藏米林县派镇至墨脱公路多雄拉隧道出口段发生雪崩冲击压埋,造成 28 人遇难、交通中断和 17 辆车被掩埋。

4 结论性认识

(1)线状工程地质灾害预防应对工作要面对科学、技术和工程三方面的问题,需要树立正确的科学哲学理念。

(2)在正确的科学哲学观指导下,充分利用现代科学理论和技术方法,全面研判、预测和预防应对线状工程未来面临的灾害风险是什么、可能在哪里发生、灾害情景如何、是什么原因引起的、发展趋势会怎样、应该怎么办和预期效果如何等问题。

(4)在认识论方面要突出成因论与危害论相联系,在方法论方面要注意整体论与分割论相统一,在对策论方面要强调成效论与反馈论相结合^[12-13]。

(5)成因论方面关注内外动力因素及其迭加耦合作用,危害论引导寻求安全可靠的对策。整体论确保系统全面地考虑问题,分割论则重点解剖关键地段或环节的

本质问题及有效解决方法。成效论突出预防应对的实际效果评价,反馈论则反思认识的正确性、方法的有效性和投入产出效益,不断提高线状工程的地质灾害预防应对能力。

参考文献(References):

- [1] 刘传正.重大地质灾害防治理论与实践[M].北京:科学出版社,2009. [LIU Chuanzheng. Theory and its application on mega-geo-hazards mitigation [M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese with English abstract)]
- [2] 王吉亮,向家菠,颜慧明,等.引江补汉工程输水线路工程地质选线研究[J].长江科学院院报,2023,40(5): 100-105. [WANG Jiliang, XIANG Jiabo, YAN Huiming, et al. Route selection for water diversion project from Three Gorges Reservoir to Hanjiang River based on engineering geology [J]. Journal of Changjiang River Scientific Research Institute, 2023, 40(5): 100-105. (in Chinese with English abstract)]
- [3] 陈情来,余志光,张永双.多年冻土地区长输管道工程地质选线[J].油气储运,2007,26(2): 51-54. [CHEN Qinglai, YU Zhiguang, ZHANG Yongshuang. Pipeline engineering geology route selection in permafrost areas of the Northeast China [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2007, 26(2): 51-54. (in Chinese with English abstract)]
- [4] 张凯翔,张占荣,于宪煜.SBAS-InSAR和PS-InSAR技术在鲁西南某线性工程沿线地面沉降成因分析中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2022,33(4): 65-76. [ZHANG Kaixiang, ZHANG Zhanrong, YU Xianyu. Application of SBAS-InSAR and PS-InSAR technologies in analysis of landslide subsidence along a linear infrastructure in Southwestern Shandong [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2022, 33(4): 65-76. (in Chinese with English abstract)]
- [5] 薛翊国,孔凡猛,杨为民,等.川藏铁路沿线主要不良地质条件与工程地质问题[J].岩石力学与工程学报,2020,39(3): 445-468. [XUE Yiguo, KONG Fanmeng, YANG Weimin, et al. Main unfavorable geological conditions and engineering geological problems along Sichuan-Tibet railway [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2020, 39(3): 445-468. (in Chinese with English abstract)]
- [6] 赵永军,姜德文,袁普金.线状工程建设项目的水土保持监测——以西气东输项目为例[J].水土保持研究,2005,12(6): 71-75. [ZHAO Yongjun, JIANG Dewen, YUAN Pujin. On soil and water conservation monitoring of linear stretched civil engineering: In case of west-east gas pipeline project [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2005, 12(6): 71-75. (in Chinese with English abstract)]
- [7] 付君宜,陈发达,沈志平,等.岩溶山区城市地下隧道工程地质灾害风险分析[J].中国地质灾害与防治学报,2023,34(3): 100-108. [FU Junyi, CHEN Fada, SHEN Zhiping, et al. Risk analysis of the geological hazards during urban tunnel construction in mountainous Karst areas [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2023, 34(3): 100-108. (in Chinese with English abstract)]
- [8] 王子,王栋,姜帅,等.西气东输管道工程陕西岭湾村滑坡变形特征及成因机制分析[J].中国地质灾害与防治学报,2023,34(3): 8-19. [WANG Zi, WANG Dong, JIANG Shuai, et al. Analysis on deformation mechanism of the Lingwan Village landslide in Shaanxi Province section of the West-East Gas Pipeline Project [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2023, 34(3): 8-19. (in Chinese with English abstract)]
- [9] 陈俊虎,丁玉寿.成昆线利子依达泥石流[J].铁道建筑,1982,22(12): 14-18. [CHEN Junhu, DING Yushou. Liziyida debris flow on Chengdu-Kunming line [J]. Railway Engineering, 1982, 22(12): 14-18. (in Chinese with English abstract)]
- [10] 刘传正.中国崩塌滑坡泥石流灾害成因类型[J].地质论评,2014,60(4): 858-868. [LIU Chuanzheng. Genetic types of landslide and debris flow disasters in China [J]. Geological Review, 2014, 60(4): 858-868. (in Chinese with English abstract)]
- [11] 刘传正.突发性地质灾害防治研究[M].北京:科学出版社,2021. [LIU Chuanzheng. Mitigation of the geologic hazards [M]. Beijing: Science Press, 2021. (in Chinese with English abstract)]
- [12] 刘传正.地质灾害防治研究的认识论与方法论[J].工程地质学报,2015,23(5): 809-820. [LIU Chuanzheng. Epistemology and methodology on geo-hazard research [J]. Journal of Engineering Geology, 2015, 23(5): 809-820. (in Chinese with English abstract)]
- [13] 刘传正,王建新.自然灾害的基本型式及防控对策研究[J].岩石力学与工程学报,2023,42(2): 275-291. [LIU Chuanzheng, WANG Jianxin. Basic patterns of natural disasters and some countermeasures for risk mitigation [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2023, 42(2): 275-291. (in Chinese with English abstract)]