

文章编号: 1674—8247(2018)06—0001—04

复杂艰险山区铁路减灾选线

朱颖 魏永幸

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:山区铁路选线经历了由“地形选线”“地质选线”到“减灾选线”的三大发展阶段。减灾选线,从系统工程出发,更加关注铁路全寿命周期的工程与运营安全,更加关注影响铁路工程与运营安全的灾害风险的识别与防控,更加强调从工程建设源头——工程设计环节,做好风险规避、风险防控工作。减灾选线三大技术工作,包括:灾害识别、智慧选线、防灾减灾总体设计。灾害识别是减灾选线的基础;智慧选线是减灾选线的关键;做好铁路防灾减灾总体设计是减灾选线的根本目标。

关键词:山区铁路; 减灾选线; 灾害识别; 风险防控

中图分类号: U212.32 **文献标志码:** A

Disaster Reduction Techniques for Route Selection of Railway in Complex and Dangerous Mountain

ZHU Ying WEI Yongxing

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

1

Abstract: The route selection technology of railway in the mountain area has experienced three stages of development from “route selection according to topography”, “route selection according to geology” to “route selection for disaster reduction”. Based on system engineering, the route selection for disaster reduction pays more attention to the engineering and operation safety of the railway in the whole life cycle and the identification, prevention and control of disaster risk affecting the safety of railway engineering and operation, and also puts more emphasis on risk aversion, prevention and control from the engineering design stage. The railway route selection techniques for disaster reduction include disaster identification, intelligent route selection and overall design of disaster prevention and reduction, in which the disaster identification is the basis, the intelligent route selection is the key and the good overall design of railway disaster prevention and reduction is the basic goal for the railway route selection techniques for disaster reduction.

Key words: mountain railway; railway route selection for disaster reduction; disaster identification; risk prevention and control

1 从“地形选线”“地质选线”到“减灾选线”

铁路选线是铁路规划设计的一项重要工作。我国

山区铁路选线技术,伴随我国铁路技术的发展而发展,总体上看,经历了由“地形选线”“地质选线”到“减灾选线”三个发展阶段。

(1)“地形选线”

收稿日期:2018-10-20

作者简介:朱颖(1963-),男,教授级高级工程师、全国工程勘察设计大师。

基金项目:中铁二院工程集团有限责任公司科技发展计划项目“复杂艰险山区铁路减灾选线理论与技术深化研究”

引文格式:朱颖,魏永幸. 复杂艰险山区铁路减灾选线[J]. 高速铁路技术,2018,9(6):1-4.

ZHU Ying, WEI Yongxing. Disaster Reduction Techniques for Route Selection of Railway in Complex and Dangerous Mountain [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(6): 1-4.

上个世纪80年代以前。这个阶段,受工程投资以及高墩大跨桥梁、长大隧道施工技术及装备缺乏的制约,铁路选线考量的主要因素,是在何处采用简支梁式桥跨越河流,选择从哪个垭口以较短的隧道穿越阻挡的高山,以及如何尽量做到土石方平衡,尽量做到移挖作填,少弃土、少取土。这期间的铁路选线,出现了如成昆铁路的乐武展线、越西展线的经典作品。同时,沿河谷选线也是通常的做法,即选用与河床坡度一致的坡度,沿河布设线路。这个阶段,“土石方平衡”“垭口”“展线”“河谷线”是常用的专业术语^[1-2]。这个阶段代表性线路有宝成铁路和成昆铁路。

(2)“地质选线”

上个世纪80年代至本世纪初。这个阶段,为适应国家经济发展需要,在西部山区规划建设了南昆、内昆、水柏等铁路。总结以前铁路建设的经验与教训,更加重视地质选线。同时,高墩大跨桥梁,长大隧道施工技术的应用给选线提供了更大的灵活性。选线强调绕避重大不良地质。如南昆铁路的清水河大桥以128 m大跨的连续梁桥跨越马岭峡谷,以长13 km的米花岭隧道穿越阻隔大山^[3]。水柏铁路以跨度236 m的钢管拱桥高位跨越北盘江峡谷,避免了展线。内昆铁路大关至昭通段,开展了地质专题研究,在100 km范围开展了加深地质勘察工作,摒弃了沿大关河的河谷线,选择在龙潭玄武岩地段集中三层展线^[4]。但经多方案比选,宜宾至大关段仍采用了工程投资相关较少的河谷线,该段岩堆危岩等重力地质发育,工程艰巨,在通车后还先后发生多处滑坡险情。“加深地质专项”“高墩大跨桥梁”“长大隧道”是这一时期最常采用的做法。这个阶段代表性线路有南昆铁路和内昆铁路。

(3)“减灾选线”

本世纪初到现在。这个阶段,汲取了既有山区铁路的经验与教训,对河谷线由于河谷两岸斜坡重力地质作用明显,崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害发育而带来的地质灾害风险有了更为深刻的认识,铁路选线开始摒弃河谷线,凭借高墩大跨桥梁、长大隧道,灵活选线,绕避重大不良地质特殊地质区段。这个阶段,更加重视对环境、地质灾害的判识,更加重视选线绕避或采用高墩大跨桥梁、长大隧道规避不良地质、特殊地质,规避灾害。这个阶段更加重视采用有效、可靠的工程措施克服地震、高地应力、高地温、有害气体、岩溶突水突泥,以及斜坡异物入侵等对工程的影响,防控灾害^[5-6]。与此同时,基于“5·12”汶川大地震震害调查及相关研究,进一步加深了对地质内动力作用的认识,更加重视地质内动力作用对铁路工程的影响,提出了高烈度地震山区铁路选线原则16条^[7-8]。在工程

实践中,不断总结、完善,形成了以防灾减灾为核心的铁路选线新理念^[9-10]。这个阶段的代表性铁路有渝利、成兰、拉林等铁路。

2 减灾选线的理念与内涵

2.1 减灾选线的理念

地质灾害是山区铁路建设与运营面临的主要风险。山区铁路选线,要以规避、防范铁路全寿命周期(建设及运营期间)可能发生的地质灾害为根本出发点,降低、减小铁路工程建设及运营期间的地质灾害风险损失。要运用系统工程、风险管理等先进的理论、方法,更加关注铁路全寿命周期的工程与运营安全,更加关注影响铁路工程与运营安全的地质灾害风险的识别与防控,更加强调从工程建设源头——工程设计环节,做好地质灾害风险的规避、防控工作。

2.2 减灾选线的内涵

减灾选线是以规避、防范铁路全寿命周期(建设及运营期间)可能发生的地质灾害为根本目的和出发点,运用系统工程、风险管理等先进的理论、方法,对灾害风险进行判识,并在此基础上科学选择铁路线位、工程方案及灾害防控措施的技术过程。减灾选线工作包括:识别灾害风险→评估灾害风险→采取措施规避重大风险,对风险进行防控,必要时对潜在风险进行监测、预警,以避免或降低灾害损失。

3 减灾选线的理论与方法

3.1 减灾选线的理论

与传统选线理论相比,减灾选线将地质灾害风险管理放在更加突出的位置,更加强调基于铁路全寿命周期的地质灾害风险防控,更加强调防灾减灾工程的总体设计。因此,减灾选线首先引入了风险管理理论,并应用于地质灾害的识别、评估与控制;其次引入全寿命周期设计理论,将铁路划分为建设与运营两个阶段,减灾选线不仅要考虑铁路建设期间的地质灾害风险防控,还要考虑运营期间的地质灾害风险防控;再次,引入系统工程理论,以地质灾害风险为对象,围绕风险源、风险事件以及风险损失,将线路空间形位和路基、桥梁、隧道等构筑物布设,同时,将监测、预警等管理措施视为相互关联、相互作用的子系统,通过对子系统的统筹、协调,达到系统上避免或减小地质灾害风险的目的。归纳起来,铁路减灾选线理论是基于铁路全寿命周期,在铁路规划选线阶段,应用风险管理和系统工程的原理,识别、评估地质灾害风险,并做好地质灾害风险规避、防控的总体设计,实现铁路防灾减灾。

3.2 减灾选线的方法

铁路减灾选线按作业程式可分为:(1)全面识别地质灾害风险;(2)采取措施规避重大地质灾害风险;(3)采取措施防控地质灾害风险;(4)对潜在地质灾害进行监测预警^[10]。这也是减灾选线的基本工作方法。减灾选线的实现,首先要全面识别地质灾害风险,关键在于“全面识别”,难点也在“全面识别”。从方法上,要应用多学科知识,从不同尺度、用不同手段,从地貌轮廓、形成机理、区域分异等推究灾害本源,从形成机理、演化规律、破坏特征等判识灾害风险。在识别风险的基础上,需要运用全寿命周期管理和系统工程方法,研究在全寿命服役期内的工程耐久性、失效模式和机理,风险孕育机理、防灾治理和预测预警,准确估算在铁路服役全寿命周期的时间范围内地质灾害风险造成的期望损失及风险成本,从而合理选择规避或防控地质灾害的措施或工程方案,选择对潜在地质灾害进行监测预警。

4 减灾选线的三项关键技术

减灾选线,从技术角度看,主要有三大技术工作,即灾害识别、智慧选线和防灾减灾总体设计,这也是减灾选线的三项关键技术。

4.1 灾害识别是减灾选线的基础

地质灾害是山区铁路建设与运营面临的主要灾害。如何快速识别地质灾害是山区铁路选线的基础工作。地质灾害快速识别是从铁路工程建设管理角度提出的要求,铁路勘察设计是铁路建设的一个环节,其工期的确定需要服从于铁路建设总工期的要求,通常都不是很长。因此,地质灾害识别,强调要在较短时间内完成,强调快速完成。地质灾害与地质环境因素密切相关,不确定因素多且复杂,难以完全、准确识别。

地质灾害识别,从途径、方法、手段上,可分为以下四类:

(1)基于文献资料,对区域内灾害类型、特征等进行初步识别。

(2)通过卫星、遥感影像判识,对研究区域从地形地貌上进行宏观、大尺度的识别。

(3)通过现场考察、测绘、勘察等,进行中观、系统的识别。

(4)通过测绘、钻探、物探、测试、试验等手段,对灾害进行重点识别。

地质灾害识别,从识别的程度上看,可以分为初步识别、系统(全面)识别、重点识别。从识别的内容上看,包括灾害特征的识别、灾害机理的识别、灾害风险的识别等。

铁路地质灾害识别需与铁路规划设计的不同阶段相结合,以满足规划设计为基本要求,分阶段逐步深入,并合理选择地质灾害识别的途径、方法和手段。

4.2 智慧选线是减灾选线的关键

在地质灾害识别的基础上,如何快速选出一条“好”的线路,是复杂艰险山区铁路规划选线的一个需要突破的技术瓶颈。解决的途径是利用计算机技术,实现智慧选线。

实现智慧选线的关键在于将灾害数据建立集成到虚拟环境的数字模型中,基于智能选线算法,快速生成大量的线路及工程方案,并基于多目标评价规则,进行方案的评价、筛选。中铁二院开发了复杂环境铁路智慧选线系统,系统建立数字地形与数字地质模型,基于约束构建断层、溶洞等不良地质灾害体模型,建立综合数字虚拟环境模型;以选线经验为依据,确定选线的主要约束条件,建立选线约束模型,同时建立线路-结构物-环境耦合约束关系表示方法,根据专家选线经验进行归纳、总结、提炼,制定线路自动寻优原则,实现约束条件下最优线路方案群的自动搜索。对最优方案群建立方案评价方法,确定评价方案的主要参数,自动完成方案群的综合评价和优化。

4.3 做好铁路防灾减灾总体设计是减灾选线的根本目标

防灾减灾总体设计,是在合理确定线路方案的基础上,统筹规划铁路工程方案,通过隧道绕避、桥梁跨越规避地质灾害,采取有效、可靠的工程措施防控地质灾害,确保铁路建设和长期运营的安全。防灾减灾总体设计应遵循以下原则:

(1)优先采用绕避重大地质灾害的线路方案。对于初步识别为重大地质灾害的区段,应首先研究可否调整线路方案,如平面移位绕避或纵坡调整(如抬高纵坡采用桥梁跨越或压低纵坡采用隧道从地质灾害体下方通过)。

(2)优先采用规避或减轻地质灾害的工程方案。当线路方案无法调整,则优先选择可规避或减轻灾害的工程方案或相对受地质灾害影响较小的工程方案。

(3)优先采用消除灾害源或降低灾害风险发生概率的措施。对不能规避的地质灾害应采取有效、可靠措施进行防控,应优先采用消除灾害源或降低灾害风险发生概率的措施。

(4)要基于全寿命周期、系统最优、源头治理的原则,确定有效、可靠的地质灾害防控措施。地质灾害防控措施要统筹考虑建设和运营期间不同环境带来的工程风险,要从系统角度评价方案的合理性,要贯彻源头治理、彻底治理、治早治小的理念。

(5)对潜在地质灾害风险应采用监测预警措施。对于发生概率较低但危害较大的潜在灾害风险应采用监测灾害风险的措施,并进行监测预警,确保铁路运营安全。

5 结论

减灾选线是山区铁路选线理论与技术的一次升华。减灾选线在继承传统选线理论、方法、技术的基础上,引入风险管理、全寿命周期与系统工程设计思想,将灾害风险管理放在更加突出的位置,更加强调基于铁路全寿命周期的灾害风险防控,更加强调防灾减灾工程的总体设计。

(1)减灾选线,从系统工程出发,更加关注铁路全寿命周期的工程与运营安全,更加关注影响铁路工程与运营安全的地质灾害风险的识别与防控,更加强调从工程建设源头——工程设计环节,做好风险规避、风险防控工作。

(2)减灾选线工作主要包括:①全面识别地质灾害风险;②采取措施规避重大地质灾害风险;③采取措施防控地质灾害风险;④对潜在地质灾害进行监测预警四个方面。

(3)灾害识别、智慧选线、防灾减灾总体设计是减灾选线的三项技术关键。灾害识别是减灾选线的基础,智慧选线是减灾选线的关键,做好铁路防灾减灾总体设计是减灾选线的根本目标。

参考文献:

- [1] 铁道第二勘察设计院. 宝成铁路技术总结[Z]. 成都:铁道第二勘察设计院,1958.
The Second Survey and Design Institute of China Railways. Technology Summary of BaoCheng Railway [Z]. Chengdu: The Second Survey and Design Institute of China Railways, 1958.
- [2] 铁道第二勘察设计院. 成昆铁路勘察设计总结[Z]. 成都:铁道第二勘察设计院,1976.
The Second Survey and Design Institute of China Railways. Survey and Design Summary of ChengKun Railway [Z]. Chengdu: The Second Survey and Design Institute of China Railways, 1976.
- [3] 铁道第二勘察设计院. 南昆铁路[M]. 成都:电子科技大学出版社,2006.
The Second Survey and Design Institute of China Railways. NanKun Railway [M]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China Press, 2006.
- [4] 中铁二院工程集团有限责任公司. 内昆铁路[M]. 成都:西南交通大学出版社,2008.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. NeiKun Railway [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2008.
- [5] 朱颖. 复杂艰险山区铁路选线与总体设计论文集[M]. 北京:中国铁道出版社,2010.
ZHU Ying. Proceedings of Railway Route Selection and Overall Design in Complicated and Dangerous Mountain Areas [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2010.
- [6] 中铁二院工程集团有限责任公司. 渝东复杂艰险山区铁路防灾减灾关键技术研究与应用[R]. 中铁二院工程集团有限责任公司, 2014.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Research and Application of Key Technology for Railway Disaster Prevention and Reduction in Mountainous Areas in Eastern Chongqing [R]. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2014.
- [7] 朱颖,魏永幸. 汶川大地震道路工程震害特征及工程抗震设计思考[J]. 铁道工程学报,2008,25(S2):86-90.
ZHU Ying, WEI Yongxing. Characteristics of Road Damage Due to Wenchuan Macroquake and Thoughts on Aseismic Design of Engineering [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2008, 25(S2): 86-90.
- [8] 朱颖,魏永幸. 高烈度地震山区铁路综合选线与总体设计[C]//复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计论文选集. 北京:人民交通出版,2012:3-11.
ZHU Ying, WEI Yongxing. Comprehensive Railway Route Selection and Overall Design in High Intensity Seismic Mountain Area [C]// Proceedings of Survey and Design for Railway (Highway) Engineering in Complicated and Dangerous Mountain Areas. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2012:3-11.
- [9] 朱颖,姚令侃,魏永幸. 复杂艰险山区减灾选线理论与技术[M]. 北京:科学出版社,2016.
ZHU Ying, YAO Lingkan, WEI Yongxing. Theory and Technology of Railway Route Selection for Disaster Reduction in Complex and Dangerous Mountain Railway [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [10] 朱颖. 复杂艰险山区铁路减灾选线技术框架[C]//川藏铁路建设面临的挑战与对策-2016学术交流论文集. 北京:人民交通出版社,2017:272-276.
ZHU Ying. Technical Framework of Railway Route Selection for Disaster Reduction in Complicated Mountain Area [C]// Challenges and Countermeasures in Sichuan-Tibet Railway Construction-2016 Academic Exchange Proceedings. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2017:272-276.

(编辑:苏玲梅 张红英)