

艰险山区铁路建设质量安全红线问题统计分析

黄曦¹, 李丹丹²

¹成贵铁路(成渝客专成昆铁路)有限责任公司, 四川 成都

²西南交通大学, 交通运输与物流学院, 四川 成都

Email: 2016210837@my.swjtu.edu.cn, 1079084179@qq.com

收稿日期: 2021年5月28日; 录用日期: 2021年9月2日; 发布日期: 2021年9月9日

摘要

由于艰险山区地形地质条件复杂, 艰险山区铁路建设常面临着桥梁隧道占比高、线路高差大、设施设备维护难度大等问题, 施工难度大、安全风险高。本文对成昆铁路复线米攀段和峨米段建设过程中的质量安全问题进行统计分析, 指出艰险山区铁路建设施工各阶段应重点关注的质量安全问题, 为艰险山区铁路建设质量安全管理提供借鉴。

关键词

艰险山区, 铁路建设, 质量安全管理

Statistical Analysis on the Safety Events of Railway Construction in Mountainous Areas

Xi Huang¹, Dandan Li²

¹Chengdu-Guizhou Railway Co., Ltd., Chengdu Sichuan

²School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Email: 2016210837@my.swjtu.edu.cn, 1079084179@qq.com

Received: May 28th, 2021; accepted: Sep. 2nd, 2021; published: Sep. 9th, 2021

Abstract

Due to the complex terrain and geological conditions in mountainous areas, railway construction often faces problems such as a high proportion of bridges and tunnels, large line elevation differences, and difficult maintenance of facilities and equipment. The construction is difficult and safety risks are high. This paper analyzes the safety events during the construction of the Miyi-Panzhihua section and Emei-Miyi section of the Chengdu-Kunming railway line. It points out the quality and

文章引用: 黄曦, 李丹丹. 艰险山区铁路建设质量安全红线问题统计分析[J]. 交通技术, 2021, 10(5): 342-349.

DOI: 10.12677/ojtt.2021.105039

safety issues that should be paid attention to at each stage of railway construction in mountainous areas, and provides reference for the quality and safety management of railway construction in mountainous areas.

Keywords

Mountainous Areas, Railway Construction, Safety Management

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

成昆铁路是我国西南地区的干线铁路之一,是连接四川省与云南省的国铁 I 级客货共线铁路,始建于 1958 年。为了密切我国西南地区与西北地区、西部地区与南亚、东南亚地区的互联互通,加深沿线各城市的经济往来,成昆铁路扩能改造工程启动,即“成昆复线”。成昆复线北起成都站、南至昆明站,全长 850 公里,为国家 I 级双线铁路,设计时速 160 公里/小时。

米攀段和峨米段都是成昆复线中建设难度极大的铁路段。其中,米攀段全长 108.3 公里,沿线地形地质条件复杂,且矿洞较多,为此,线路采用“以桥代路”“以隧代路”的方式穿越不良地质区段,正线桥隧比 88.7%。峨米段全长约 386 公里,位于四川省西南部,途经峨眉山市、乐山市、雅安市、凉山州后至攀枝花市米易县,穿越诸多高山峡谷,途径之处地质、地形、气象条件极为复杂,是成昆铁路复线施工难度最大、里程最长的一段,全线桥隧比达到 73%。

艰险地区铁路建设具有桥隧占比高、行车跨度区域高差大、设施设备维护难度大等特点[1],并且艰险山区地质灾害频发、气象条件复杂也加大了施工难度,加剧了安全风险[2],因此艰险山区的铁路施工质量安全问题尤为重要。目前,已有对艰险山区铁路建设中的减灾选线[3] [4]、安全风险评估[5]、隧道施工安全[6] [7]、桥梁施工安全[8]等的定性和定量研究,但针对艰险山区铁路建设安全问题时空特征的研究还有所欠缺。本文首先依据调研资料 and 实际数据对成昆复线米攀段和峨米段建设质量安全风险问题进行提炼,接下来分别从时间和空间维度对质量安全问题进行统计分析,识别施工过程中的主要质量安全问题和问题发生的时空特征。

2. 艰险山区铁路建设质量安全红线问题提炼

2.1. 地形条件复杂,施工难度大

成昆铁路复线沿线不良地质种类繁多,途经盆地、隧道、高原、河谷、江河等众多复杂地形,滑坡、危岩、落石、崩塌、岩堆、泥石流、山体错落等风险高发,施工难度极大。成昆铁路复线峨米段需建设 18 座高风险隧道,为降低不良地形对工程安全的影响,该段以长大隧道为主,有 7 座超过 10 公里的长大隧道。

2.2. 地质条件独特

米攀段拥有攀西地区特有的“昔格达”地质,昔格达地质就如同工程地质界的“地质豆腐”,遇水变形,自稳力消失,沉降快,极易造成隧道坍塌事故;峨米段的大坪山隧道集软岩大变形、突泥涌水、

低瓦斯、高地热等不良地质于一体,最大涌水量达 32,000 立方米/天。并且部分隧址区属中山地貌,地势起伏较大,沟谷下切较深,相对高差 200~600 米,一系列独特的地质条件为线路段的建设提出了很大挑战。

2.3. 安全风险高

众多线路段地层水稳性差,浸水后极易崩解,施工过程中易产生隧道洞顶及洞壁掉块、坍塌甚至坍塌等危害,施工安全风险高。

2.4. 质量安全红线问题提炼

铁路建设质量安全红线问题可分为两大方面,一方面是工程实体方面,另一方面是建设行为问题。根据成昆铁路复线建设的实际情况,我们将安全问题进行归纳,如表 1 所示。

Table 1. Main safety events of Chengdu-Kunming Railway Construction

表 1. 成昆铁路复线主要安全问题

| 类别 | 问题分类 | 细分问题 |
|------|---|---|
| 工程实体 | 1 隧道初支、衬砌厚度和混凝土强度不足 | 隧道初支喷射混凝土厚度不足 |
| | | 隧道初支喷射混凝土强度不足 |
| | | 隧道衬砌厚度不足 |
| | | 隧道衬砌混凝土强度不足 |
| 2 | 隧道不按规定的方法和安全步距开挖 | 隧道不按规定的方法开挖 |
| | | 隧道不规定的安全步距开挖 |
| 3 | 隧道施工不按规定开展围岩监控量测和超前地质预报,有毒有害气体逸出的隧道不按规定开展监测 | 隧道施工不按规定开展围岩监控量测 |
| | | 隧道施工不按规定开展超前地质预报 有毒有害气体逸出的隧道不按规定开展监测 |
| 4 | 路基填料不符合设计要求,CFG 桩等地基处理检测不合格,边坡防护预应力锚索不按设计要求施工 | 路基填料不符合设计要求 |
| | | CFG 桩等地基处理检测不合格 边坡防护预应力锚索不按设计要求施工 |
| 建设行为 | 5 偷工减料、以次充好 | |
| | 6 转包和违法分包 | |
| | 7 内业资料弄虚作假 | |

3. 艰险山区铁路建设质量安全红线问题统计分析

3.1. 质量安全红线问题发生时间分析

成昆铁路复线峨米段和米攀段质量安全红线问题年统计如图 1 所示,2017 年,共出现质量安全红线问题 971 件,其中 897 件属于工程实体方面的问题,74 件属于建设行为方面的问题;2018 年,共出现质量安全红线问题 308 件,全部为工程实体方面的问题;2019 年质量安全红线问题 185 件,全部为工程实体方面的问题;2020 年质量安全红线问题 108 件,其中建设行为方面的问题 1 件,其余均为工程实体方面的问题。可以看出,随着工程的实施,工程实体安全问题逐年下降。在工程的初期,会出现建设行为方面的问题,包括偷工减料、以次充好、转包和违法分包、内业安全资料作假,而后期,随着工程的进行,建设行为方面的问题基本得到解决,但依然偶有发生。

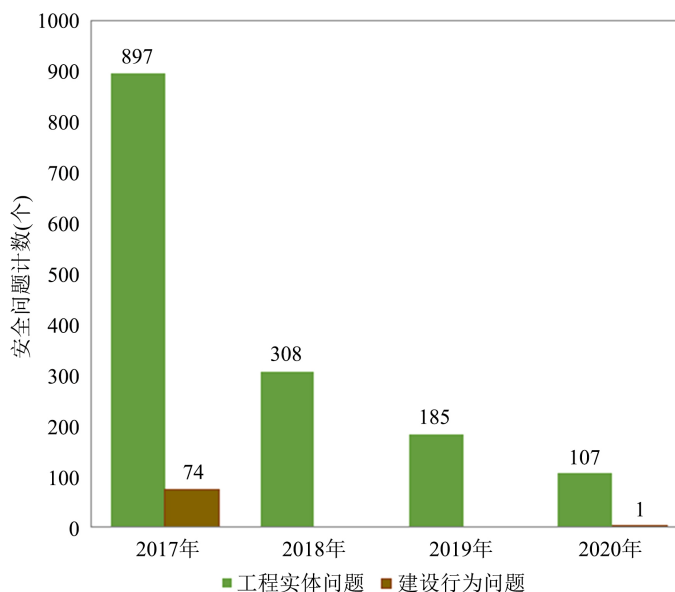


Figure 1. Statistics of safety events in Miyi-Panzhihua section and Emei-Miyi section of Chengdu-Kunming railway construction

图 1. 成昆复线米攀段和峨米段质量安全红线问题数量统计

按照问题发生月份,对峨米段和米攀段工程实体问题进行统计,如图 2 所示,通常来看,1 月份、11 月份和 12 月份是问题高发时段,艰险山区隧道严寒条件施工极易发生衬砌背后冻胀结冰,使得衬砌结构更容易发生病害[9]。此外,2018 年 8~11 月,质量安全问题频发,此段时间是峨米段特克隧道施工时段。2019 年 6 月,质量安全问题频发,此段时间施工隧道包括特克隧道、新埃岱隧道、里克隧道。特克隧道全长 8601 米,位于四川省凉山彝族自治州甘洛县,主要通过灰岩、砂岩、白云岩、玄武岩、英安岩、流纹岩、凝灰岩等 7 套地层,软弱围岩较多,突水突泥[10],这种地质使得在施工过程中极易发生衬砌开裂、渗水、脱空等问题,在特克隧道施工过程中发生的主要质量安全红线问题为隧道衬砌厚度不足,且存在脱空现象。

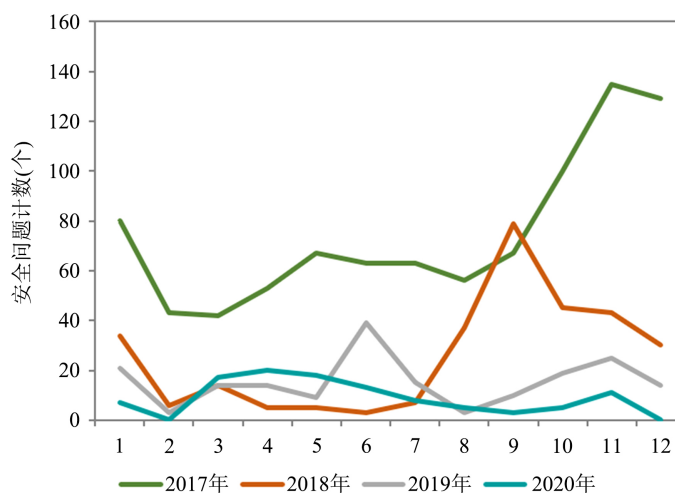


Figure 2. Statistics of engineering entity safety events in Miyi-Panzhihua section and Emei-Miyi section of Chengdu Kunming railway construction

图 2. 成昆复线米攀段和峨米段工程实体问题数量统计

3.2. 工程实体质量安全红线问题发生工段、工点分析

图 3 为各工段工程实体质量安全红线问题类型统计, 在艰险山区施工过程中, 工程实体质量安全红线问题主要发生在隧道, 此外, 还有区间路基、涵洞、站场路基等。

在施工过程中, 质量安全红线问题出现次数最多的为米攀段的冉家湾隧道, 该隧道全长 12,754 米, 穿越攀西地区特有的昔格达地层, 该地层水稳性差, 浸水后极易崩解, 施工过程中易产生洞顶及洞壁掉块、坍塌甚至坍顶等危害, 在应对不良地质的同时, 冉家湾隧道还需要下穿库容 1.86 亿立方米的亚洲第一尾矿库马家田尾矿库、居民区高层楼房结构物、以及大型景观人工湖等地表大型建筑物, 设计施工难度极大, 因此问题频发, 最常发生的问题为隧道衬砌厚度不足。米攀段的垭口隧道、桐梓林隧道、那招隧道和峨米段的德昌隧道、果园屯隧道也都穿越昔格达地层, 其中垭口隧道也属于质量安全红线问题频发地区。

吉布甲隧道、特克隧道和八月岭隧道都是峨米段质量安全红线问题频发隧道, 其共同特征是地质复杂, 围岩类型变换频繁, 断裂破碎带、岩溶、高地应力段、高地热段繁多, 施工区域山高坡陡, 危岩落石及泥石流频繁。其他隧道也大都存在穿越断层多、围岩变化频繁、围岩破碎、多地下水、高地应力、高地热等问题。区间路基、站场路基和涵洞存在的质量安全红线问题主要是路基填料不符合设计要求。

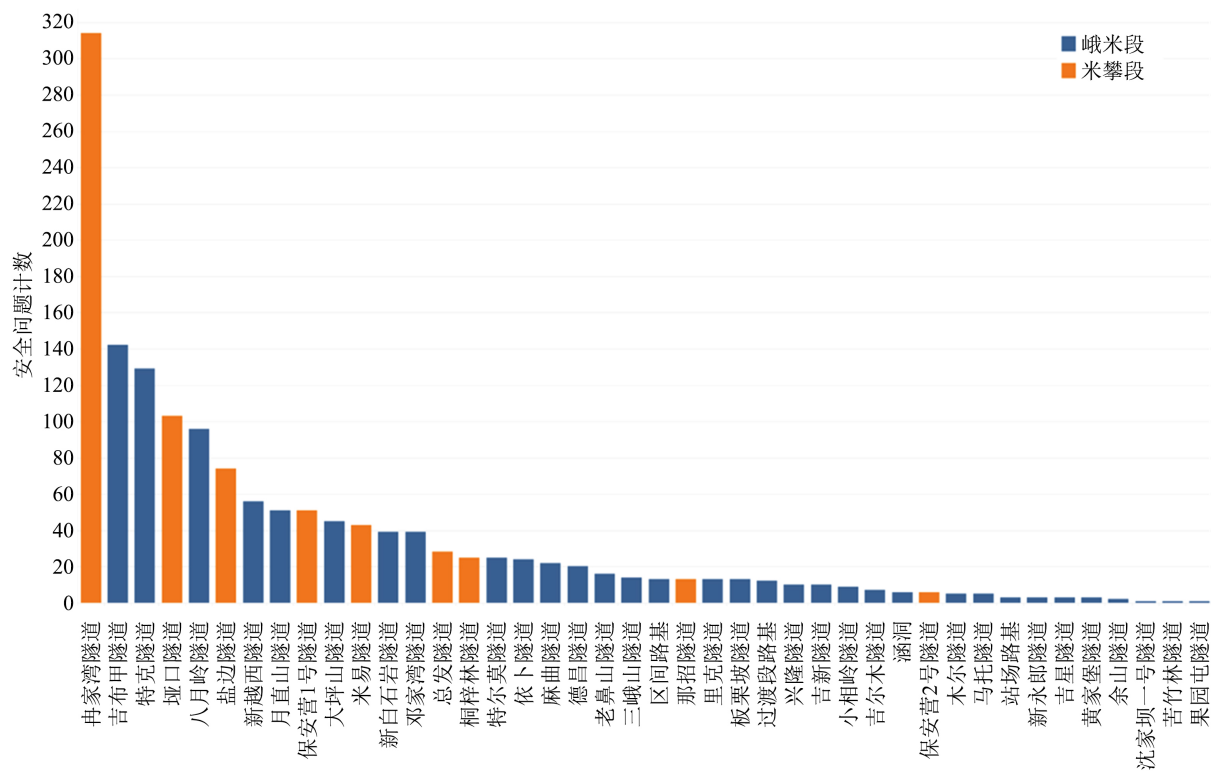


Figure 3. Statistics of safety events of Engineering entities in each place of Miyi-Panzhihua and Emei-Miyi of Chengdu Kunming railway construction

图 3. 成昆复线米攀段和峨米段各工段工程实体质量安全红线问题统计

图 4 为峨米段和米攀段工程实体质量安全红线问题类型统计, 可以看出, 在成昆铁路米攀段建设过程中, 隧道衬砌厚度不足是主要问题, 占有问题总数的 84.86%, 其次为隧道衬砌混凝土强度不足, 占有问题的 6.42%; 艰险山区隧道施工中, 通常面临着断层多、围岩破碎、突水突泥等问题, 因此, 隧

道衬砌背后脱空、开裂、渗水时有发生。其他问题包括路基填料不符合设计要求、隧道不按规定的安步距开挖、隧道施工不按规定开展围岩监控量测、有毒有害气体逸出的隧道不按专项方案开展监测、隧道不按规定的方法开挖、隧道施工不按规定开展超前地质预报、边坡防护预应力锚索不按设计要求施工, 以上问题都属于不按照设计和规范要求施工。

与米攀段相似, 隧道衬砌厚度不足也是峨米段建设过程中最频发的安全问题, 占有安全问题的83.15%。其次为隧道衬砌混凝土强度不足和隧道初支喷射混凝土厚度不足, 这两个问题相较米攀段来说, 都更为严重。除以上三类问题外, 峨米段隧道施工过程中还存在不按规定开展超前地质预报、路基填料不符合设计要求、有毒有害气体逸出的隧道不按专项方案开展监测等问题, 皆属于不按照规定进行施工, 在铁路建设过程中, 应加强监管, 严格按照相关规定展开监测、施工。

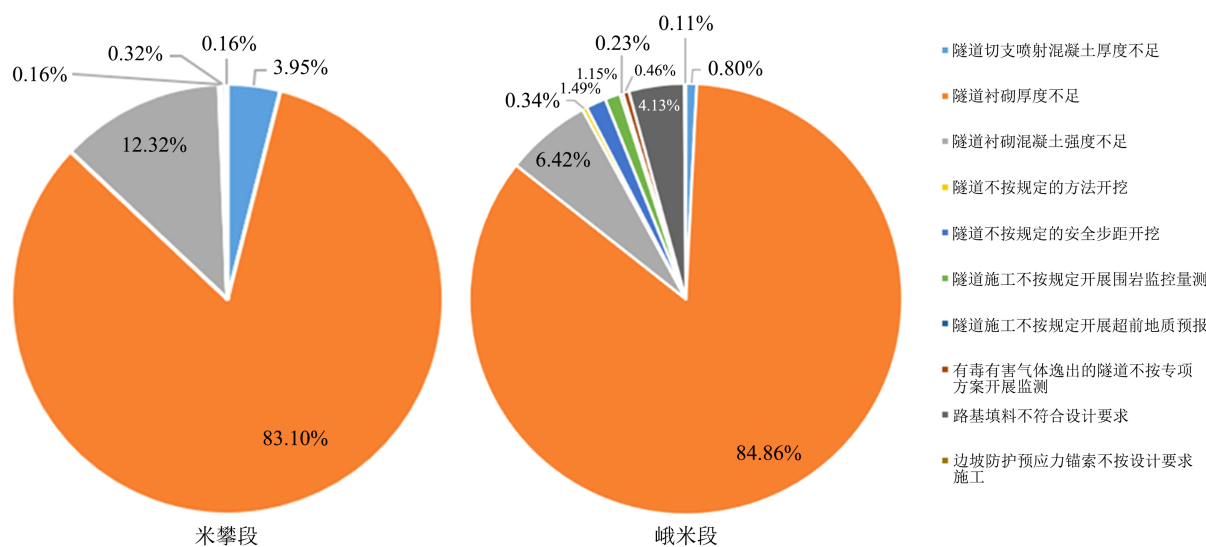


Figure 4. Statistics on types of safety events of Engineering entities in Miyi-Panzhihua section and Emei-Miyi section of Chengdu Kunming Railway construction

图 4. 成昆复线米攀段和峨米段工程实体质量安全红线问题类型统计



Figure 5. Safety events keywords of Engineering entities in Miyi-Panzhihua section and Emei-Miyi section of Chengdu Kunming Railway construction

图 5. 成昆复线米攀段和峨米段工程实体质量安全红线问题关键词

为了进一步地了解问题发生工点,我们对质量安全红线问题描述进行语义分析,绘制词云来直观展示质量安全红线问题的关键词频率出现频率,如图5所示。可以看出,米攀段问题常发工点为拱腰、斜井、拱顶,最主要的问题是衬砌厚度不足,较少存在脱空现象。峨米段问题常发工点为隧道拱腰、隧道进口、拱顶、横洞等,最主要的问题是衬砌厚度不足,部分工点存在衬砌不密实、脱空等现象。

总而言之,成昆铁路复线峨米段和米攀段的施工质量安全红线问题主要来自于隧道施工,而隧道施工中最频发的问题是隧道衬砌厚度不足、隧道衬砌混凝土强度不足,这些问题多发生于拱腰、斜井、拱顶、横洞等工点。

在隧道建设过程中,施工单位偷工减料、测量定位放线差错、未按设计要求和监控测量结果进行施工等都是造成隧道衬砌厚度不足、隧道衬砌混凝土强度不足的外部原因[11],而成昆铁路复线峨米段和米攀段不良地质和地形条件使得在施工过程中衬砌背后脱空、开裂和渗漏水等缺陷和病害成为不可避免的问题,此外,冬季严寒天气会加剧衬砌病害的发生。因此,在施工过程中,应格外注意作业规范化,做好排水工作。

4. 结论

- 1) 成昆铁路复线米攀段和峨米段途经地质地形条件复杂的四川盆地、云贵高原,桥隧占比80%以上,施工难度和风险极大,其建设经验为我国艰险山区铁路建设提供了可靠的借鉴。
- 2) 工程建设初期,建设行为问题是需要重点关注的问题,需要通过严格监管,以杜绝此类问题。
- 3) 艰险山区铁路建设需要加强施工规范化,严格按照规定进行作业、加强地质预报、监测等,为施工提供安全保障。
- 4) 隧道衬砌厚度和衬砌混凝土厚度不足是整个施工过程中发生最为频繁的问题,对于艰险山区,隧道的设计和施工需要经过认真的现场调查,针对工程地质、水文地质、气候条件等制定相关施工措施和红线问题解决预案。

5. 建议意见

- 1) 坚持质量安全“红线”意识,切实加强质量安全红线管理,持续高压,深入分析质量安全问题产生的原因,对症下药,制定有效改正措施,防止质量安全红线问题的发生。
- 2) 加强现场质量安全卡控,杜绝质量安全红线问题反复出现。配齐配足各施工工点安全质量管理人员,进一步完善质量安全保证体系,每个施工工点、每道工序质量安全监控责任要落实到人。
- 3) 严格按照施工工艺和技术交底组织施工,及时按照验收制度组织和报请工序验收和分部、分项验收,严禁未进行上道工序验收或验收不达标进入下道工序施工。

参考文献

- [1] 张锦,徐君翔.基于可拓理论的艰险山区铁路施工风险预警[J].安全与环境学报,2020,20(3):824-831.
- [2] 李俊达.基于案例推理的艰险山区铁路重点工程方案决策研究[D]:[硕士学位论文].成都:西南交通大学,2019.
- [3] 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.
- [4] 颜文.基于云模型的复杂艰险山区铁路线路方案研究[J/OL].铁道标准设计:1-7.
<https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202102010001>,2021-09-03.
- [5] 陈容准.基于RS与GIS的困难艰险山区铁路线路方案风险评估研究[D]:[硕士学位论文].成都:西南交通大学,2016.
- [6] 王德超.艰险复杂山区特长隧道施工技术[C]//川藏铁路工程建造技术研讨会论文集.中国铁道学会、中国铁建股份有限公司:中国铁道学会,2019:4.
- [7] 何志敏,李远富,樊敏.基于优度评价法的艰险山区铁路隧道安全等级判定探讨[J].铁道标准设计,2018,

62(11): 125-128+160.

- [8] 郭辉, 严乃杰, 胡所亭, 赵欣欣, 潘永杰, 肖鑫, 朱颖. 川藏铁路大跨度桥梁建造和运维挑战及对策分析[J/OL]. 铁道标准设计: 1-10. <https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202011220002>, 2021-09-03.
- [9] 石玉光. 浅谈艰险复杂山区严寒地带铁路隧道衬砌结构病害及整治技术[C]//第九届桥梁与隧道工程技术论坛论文集. 中国工程院、中国铁道学会、北京茅以升科技教育基金会: 中国铁道学会, 2019: 9.
- [10] 聂新立. 特克隧道横洞进正洞挑顶施工技术探讨[J]. 低碳世界, 2018(3): 229-230.
- [11] 林朋飞, 张智超, 李振东. 隧道二次衬砌厚度不足及脱空原因分析与整治措施[J]. 工程建设与设计, 2019(22): 98-99.