

宝中铁路六盘山越岭隧道病害整治方案研究

王小彬

中铁第一勘察设计院集团有限公司

摘要:宝中铁路六盘山越岭隧道局部地段富水,限于当时施工工艺与施工水平,造成较为严重的隧道病害,影响线路平稳运行,威胁铁路运营安全。本文参考隧道营运期间病害现状及相关调研资料,结合既有线路病害整治期间的通过能力、工程设置情况等因素,归纳其病害特征,针对不同病害问题,提出相应维修治理措施,以期对类似工程治理工作提供一定的理论指导和参考经验。

关键词:六盘山隧道;病害类型;病害原因;病害发展趋势;整治措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.025

一、工程概况

(一)既有隧道概况

宝中铁路(宝鸡-中卫)平凉南至固原段既有线路长度105.29km,其中隧道长度19.171km/21座,均为单线隧道。安国镇至甘里铺属六盘山越岭地段,隧道长度17.951km/19座,最长隧道为六盘山隧道,全长5240.15m,其余均为中长及短隧道^[1-2]。

(二)区域工程地质情况

六盘山越岭地段沿线出露地层为第四系、第三系、白垩系、奥陶系,岩性复杂。白垩系分布最广,构成小关山主体,第三系分列两麓,奥陶系零星出露,第四系主要发育于外围的黄土丘陵区及泾源断陷盆地中。沿线不良地质主要有滑坡、泥石流和黄土陷穴;地质构造主要为小关山东麓大断裂(F1),特殊岩土主要为湿陷性黄土、膨胀岩等^[3-4]。

二、既有线隧道病害原因及发展趋势

(一)既有线病害原因

限于当时施工水平、施工工艺,存在混凝土衬砌背后脱空、衬砌厚度不足、回填不密实,较长段落衬砌强度不足,实际衬砌受力状态不符合原设计,引起衬砌压溃、开裂及错动。隧道底部虚砟清理不彻底导致侧沟不均匀下沉,运营期间线路移位引起侧沟壁受道砟侧压破坏^[5]。

(二)既有线病害发展趋势

2015~2018年,兰州铁路局采用检测手段对六盘山越岭隧道底部岩层力学特性进行检测,检测结果如表1所示:

表1 隧道病害情况统计表

年份	清理拱部掉块(m)	AA级(m)	A1级(m)	B级(m)
2015年	701	128	198	1025
2016年	1052	135	206	1045
2017年	1203	139	214	1082
2018年	2480	144	224	1131

由表1可见,病害数量、病害长度呈逐年增多趋势,重点病害等级提升迅速。为保证线路安全运营,需对既有隧道进行病害整治。

三、既有线隧道病害整治措施

(一)隧道病害情况

截至到2019年3月,宝中线安国镇至甘里铺段19座隧道共17383m存在不同程度的病害,占隧道总长的96.84%。对不同病害类别进行等级划分,病害等级自AA至C依次减弱。经统计,既有隧道中AA级病害长度5075m,占28.27%;A1级病害长度8427m,占46.94%;B级病害长度3380m,占18.83%;C级病害长度501m,占2.79%。隧道病害汇总见表2所示:

表2 安国镇至甘里铺段隧道病害汇总表

病害类别 \ 病害等级	AA(m)	A1(m)	B(m)	C(m)	合计(m)
限界不足		6489			6489
衬砌压溃	69	57	11		137
衬砌腐蚀		9	124		133
衬砌开裂、错动	66	547	76	38	727
衬砌背后脱空			2482		2482
混凝土厚度不足	4933	782	289	94	6098
混凝土强度不足	7	58	47	22	134
衬砌渗漏水		247	351	559	1157
排水设施损坏		238			238
合计	5075	8427	3380	501	17383

(二)隧道病害整治原则及措施

隧道病害整治采用“封闭线路、统筹考虑、一次整治、确保安全”的原则,封闭既有线路期间,列车利用已建成的二线运行。根据既有线病害类型及安全评价,按照“衬砌安全等级为AA级、A1级进行综合整治,其他病害加强监测,结合日常养护维修解决”的原则进行整治^[6-7]。针对不同类型的隧道病害,采取的整治措施如表3所示。

(三)重点隧道病害情况及整治工期

1.六盘山隧道

(1)隧道概况

六盘山隧道为既有宝中线控制性工程,位于大关山东部,小关山东麓西侧,边缘紧邻山间洼地。隧道相对高差为50m~250m,最大埋深约215m,线路走向近南北。隧道起讫里程为K237+883.82~K243+123.97,隧道全长5240.15m,进口轨面标高为1907m,出口轨面标高为1955m,隧道纵坡为+9%、+10%、+8%、+5%及-1%的人字坡;隧道进口位于R-400m的右偏曲线上,出口位于R-600m的左偏曲线上,其余均位于直线上。

表 3 隧道病害处理措施汇总表

病害类型	安全等级	处理措施	病害类型	安全等级	处理措施
衬砌压溃	AA	拆换衬砌	混凝土衬砌厚度不足	AA	波纹板加固
	A1	拆换衬砌		A1	波纹板加固
	B	加强监测, 结合日常养护维修解决		B	加强监测, 结合日常养护维修解决
	C			C	
砌块衬砌腐蚀	AA	拆换衬砌	混凝土衬砌强度不足	AA	波纹板加固
	A1	拆换衬砌		A1	波纹板加固
	B	加强监测, 结合日常养护维修解决		B	加强监测, 结合日常养护维修解决
	C			C	
衬砌开裂、错动	AA	拆换衬砌	衬砌渗漏水	AA	封堵漏水缝, 凿槽引流
	A1	拆换衬砌		A1	封堵漏水缝, 凿槽引流
	B	加强监测, 结合日常养护维修解决		B	加强监测, 结合日常养护维修解决
	C			C	
隧道限界不足	AA	拆换衬砌	排水设施	AA	重做排水沟槽
	A1	拆换衬砌		A1	重做排水沟槽
	B	加强监测, 结合日常养护维修解决		B	加强监测, 结合日常养护维修解决
	C			C	

(2) 病害情况

六盘山隧道病害情况见表4、图1所示:

表 4 六盘山隧道病害汇总表

病害类别 \ 病害等级	AA (m)	A1 (m)	B (m)	C (m)	合计 (m)
限界不足		2200			2200
衬砌压溃	51	40			91
衬砌腐蚀	5	12			17
衬砌开裂、错动	85	365	14	1	465
衬砌背后脱空			1129		1129
混凝土厚度不足	2529	303	48	2	2882
混凝土强度不足	12	4	11	8	35
衬砌渗漏水		174	309	138	621
排水设施损坏			11		11
合计	2682	3098	1522	149	7451



六盘山隧道 k238+821-828 拱顶衬砌压溃

六盘山隧道 k238+679-689 拱部衬砌脱空 (衬砌厚 40mm)

图 1 六盘山隧道现场病害图

(3) 整治措施
六盘山隧道病害处理措施见表5所示^[8]。

表5 六盘山隧道病害处理措施统计表

整治措施	长度 (m)
拆换衬砌 (限界不足)	2200
拆换衬砌	87
波纹板加固	2193
封堵漏水缝, 凿槽引流	174
合计	4654

(4) 整治工期
六盘山隧道限界不足段落长度达2200m, 需进行衬

砌拆换, 是本线病害整治的控制性工程。由于六盘山隧道建成时间较长, 原1#斜井 (164.84m)、2#斜井 (251.67m) 年久失修无法利用, 且隧道为单线隧道, 施工空间狭窄, 作业施工组织较困难。

考虑衬砌拆换存在一定施工风险, 为确保施工安全, 拆换衬砌时采用5个工作面施工, 施工进度指标按单工作面45m/月计。经计算, 该段病害整治工期为11.8个月 (含施工准备)。

(四) 隧道病害整治费用

六盘山越岭段既有有线病害整治投资约6.80亿元, 其中桥涵、轨道、隧道、大临设施及过渡工程的病害整治土建费用静态投资约4.68亿元 (包含基本预备费) 详见表6所示:

表6 六盘山越岭段病害整治土建投资一览表

项目		单位	越岭段病害整治投资
隧道	整治措施	长度 (m)	3.81
	拆换衬砌 (限界不足)	6489	
	拆换衬砌	748	
	波纹板加固	5780	
	重做排水沟槽	238	
	封堵漏水缝, 凿槽引流	247	
桥涵		亿元	0.115
轨道		亿元	0.256
大临设施及过渡工程		亿元	0.096
基本预备费		亿元	0.403
总计		亿元	4.68

四、结束语

通过对六盘山越岭隧道病害原因进行分析, 对病害进行整治处理, 得到以下结论:

(1) 衬砌厚度不足、回填不密实、较长段落衬砌强度不足, 实际衬砌受力状态与原设计不符是六盘山越岭隧道产生病害的主要原因, 施工工艺和施工水平不足也是诱发因素之一。

(2) 采用“拆换衬砌, 波纹板加固, 封堵漏水缝, 凿槽引流”的综合方案对隧道病害段开展整治, 可为类似工程提供参考。

(3) 采用高精度检测手段可有效获取隧道底部岩层力学特性, 对隧道病害整治效果评价起到重要作用, 可在隧道检测中推广使用。

参考文献

[1] 改建铁路宝中线平凉南至中宁南段改建既有线及增建第二线可行性研究报告[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2019.

[2] 改建既有有线及增建第二线可行性研究六盘山越岭单双绕方案补充材料[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2019.

[3] 宁夏回族自治区地质矿产局. 宁夏回族自治区区域地质志[K]. 北京: 地质出版社, 1990.

[4] 苗晓岐. 宝中铁路增建二线六盘山越岭地质选线[J]. 铁道工程学报, 2012 (2012年08): 16-19.

[5] 刘子阳, 程康. 六盘山隧道二衬开裂掉块整治及加固方案[J]. 兰州工业学院学报, 2017年05 (2017): 14-17.

[6] 陈晓冈; 侯海方. 高速铁路隧道复杂衬砌缺陷综合整治技术. 高速铁路桥隧检测与维护学术研讨会论文集, 2019.

[7] 牛亚彬, 张千里, 马伟斌, &程远水. (2012). 重载铁路隧道病害产生机理及治理措施. 铁道建筑, 7, 34-37.

[8] 秦洲. 六盘山隧道结构病害健康诊断及其处治技术研究[D]. 长安大学, 2013.

作者简介: 王小彬 (1991—), 男, 工程师, 2017年毕业于中南大学建筑与土木工程专业, 工学硕士, 宝中铁路中卫至平凉段复线改造项目总设计师, 主要从事铁路选线勘察设计工作。