

文章编号: 1674—8247(2021)04—0055—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.04.011

成贵铁路隧道渗漏水缺陷整治技术

华 科

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:隧道渗漏水一直影响铁路安全运营,因此需高度重视。成贵铁路隧道所处地质条件复杂,隧道工程占比大,部分隧道建成后出现衬砌拱部、边墙及仰拱填充顶面等渗漏水缺陷。本文针对成贵铁路出现的典型渗漏水情况,提出“拱部注浆封堵、边墙钻孔引排、仰拱降水泄压”的“分区治水”整治原则及相关整治措施。现场工程实施效果表明,整治后隧道渗漏水情况明显改善,后期运营状况良好,可为类似工程提供借鉴。

关键词:成贵铁路;隧道;渗漏水缺陷;整治技术

中图分类号:U457⁺.2 文献标志码:A

Renovation of Tunnel Leakage for Chengdu-Guiyang High-speed Railway

HUA Ke

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

Abstract: Great importance shall be attached to tunnel leakage as a common defect hurting the operation safety of railways. The tunnels of Chengdu-Guiyang High-speed Railway are featured with complex geological conditions, and account for a large proportion of the quantity of works, while some tunnels show water leakage at places such as lining arch, side wall, and the top surface of invert filling after completion. In view of the typical cases of water leakage of Chengdu-Guiyang High-speed Railway, this paper puts forward "grouting to seal the arch, drilling to drain the side wall, and dewatering to release pressure in the invert" for the purpose of "leakage control by zone", and the related renovation measures. The effect of field practice shows that the tunnel leakage is obviously relieved after renovation, and the later operation is in good condition, which can provide reference for similar projects.

Key words: Chengdu-Guiyang High-speed Railway; tunnel; water leakage; renovation technology

渗漏水是隧道内常见的一种病害,其原因主要有地下水压、施工工艺、施工质量、维修养护等。衬砌渗水会导致衬砌结构劣化,影响衬砌结构的耐久性及使用寿命;在列车动荷载的长期作用下,隧道拱部下滴至轨道板的渗水及衬砌仰拱下部上逸的渗水会导致轨道板翻浆冒泥,影响行车安全;衬砌拱部的线、股状水会导致接触网短路,直接造成列车停运等安全事故。因此,整治渗漏水缺陷是确保运营安全的关键。针对隧道渗漏水问题,国内外相关学者做了一些研究,崔俊

涛^[1]对黔张常铁路禾家村隧道渗漏水的原因、现场整治措施进行了介绍;胡学志^[2]从隧道渗漏水角度出发,先论述了隧道防渗漏水的准备工作及检测方法,然后通过分析隧道渗漏水成因,进一步探讨了隧道渗漏水处理技术;陈夕童^[3]主要针对隧道渗漏水病害的渗漏水源头、渗漏水原因及整治办法进行简要说明;李正耀^[4]结合焦柳铁路中段的石门北至怀化铁路,对既有线隧道防渗工程施工进行了分析,提出了合理的隧道防渗漏办法,并详细说明了施工工艺。杨延勇^[5]分析

收稿日期:2021-05-25

作者简介:华科(1983-),男,高级工程师。

引文格式:华科. 成贵铁路隧道渗漏水缺陷整治技术[J]. 高速铁路技术,2021,12(4):55-59.

HUA Ke. Renovation of Tunnel Leakage for Chengdu-Guiyang High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(4):55-59.

了成贵铁路黄陵坡隧道仰拱渗漏水的原因,并结合病害整治施工实际,详细介绍了整治方法、施工要点及注意事项;肖广智^[6]针对向莆铁路4座隧道底部出现的道床积水、轨道隆起等病害,分析了病害产生的原因,通过对病害的探查,提出了“泄水降压、底部加固、水流归槽”为原则的整治技术方案。

综上可知,目前的研究主要是对单个工程、单处病害(仰拱渗水)隧道渗漏水的整治介绍或为隧道渗漏水整治技术的要点综述,而针对隧道衬砌多种渗漏水的综合整治原则及相关处理措施的研究较少。本文对成贵铁路出现的多种典型渗漏水整治进行系统介绍,提出综合整治原则及相对应的处理措施,为铁路隧道渗漏水整治提供成套整治技术。

1 渗漏水病害情况

成贵铁路乐山至贵阳段设计速度 250 km/h,正线全长 515.02 km,沿线地形地质条件极为复杂,岩溶、危岩落石、构造破碎、有害气体发育,被称为“世界第一条山区高速铁路”。全线分布 183 座双线隧道,总延长达 230.934 km,隧线比为 45%,隧道设计及施工难度较大。

成贵铁路于 2013 年 12 月开工建设,2019 年 12 月全线开通运营。在开通运营前,开展了全线隧道渗漏水排查及整治工作,发现的主要渗漏水情况有拱部渗漏、边墙渗漏水、仰拱填充渗漏水等,如图 1 所示。

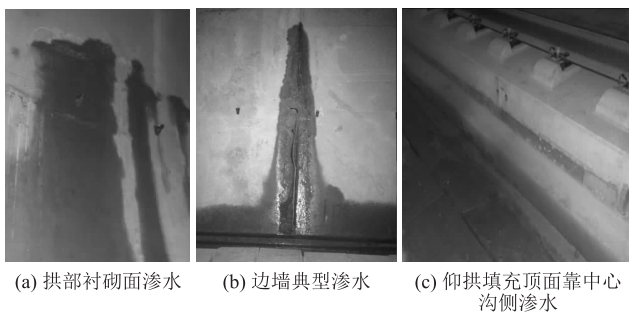


图1 成贵铁路隧道渗漏水情况图

(1) 拱部渗漏水

兴隆坪等隧道拱部出现点渗、面渗、缝渗等情况。渗水表面出现湿渍、潮湿等状况,基本无线状、股状等渗水,拱部渗水处多伴随有混凝土析出物。

(2) 边墙渗漏水

黄金湾等隧道边墙出面渗、缝漏,渗水面呈潮湿状,部分渗水点出现线状流水。

(3) 仰拱填充渗漏水

佛界山等隧道仰拱填充顶面出现渗水,主要表现

为仰拱填充中线沟侧顶面及靠侧沟侧有湿渍、积水等情况,个别隧道轨道板上出现湿渍。

总体而言,成贵铁路隧道渗漏水主要分为拱部、边墙和仰拱填充渗漏水 3 种情况,部分隧道还存在洞室渗水、侧沟壁开裂渗水等情况。本文主要针对 3 种典型渗漏水情况进行原因分析和整治技术介绍。

2 渗漏水原因分析

通过对隧道渗漏水工点的现场踏勘,再结合第三方无损检测、钻孔取芯验证等资料,得出渗漏水原因主要有以下几方面:

(1) 拱部衬砌渗漏水主要原因

①隧道位于地下水位线以下,拱部的防水层破损、搭接不到位,且二次衬砌自身存在不密实、开裂等施工缺陷,导致地下水渗入隧道内,形成面渗、点渗。

②施工缝、变形缝处止水带错位导致防水系统失效,地下水沿失效的部位渗入隧道内,形成点渗、线状渗水等。

(2) 边墙渗漏水主要原因

①边墙施工、变形缝防水材料错位等导致部分防水失效,在外部水压作用下出现点状、线状渗水。

②边墙下部纵、环向盲管结晶堵塞,导致排水不畅,加之衬砌存在内部质量缺陷,在外水压力作用下渗出衬砌表面,形成面渗、线流等。

(3) 仰拱填充顶面渗漏水主要原因

①部分隧道位于常水位线以下(个别工点具有承压水情况),衬砌背后纵、环向盲管及侧沟壁泄水孔局部堵塞导致隧道排水不畅,引起衬砌背后水压力增大,加之仰拱环向施工缝防水措施施做偏位导致防水失效,使得地下水沿施工缝进行隧道衬砌内。现场施工时,仰拱填充顶面预留 30 cm 后浇层作为无砟轨道垫层,施工期间车辆对隧底填充层反复碾压,造成顶面凹凸不平,同时,后浇层与先期浇筑的隧底填充之间的施工冷缝成为地下水通道,进入隧道内的地下水沿此通道上移至仰拱填充顶面或轨道板下部。

②在外部水压作用下,地下水沿纵向施工缝防水失效部分进入隧道内,顺侧沟与二衬之间施工冷缝下渗至仰拱填充二次浇筑施工冷缝处;环向施工缝失效导致地下水顺环向施工缝上逸至仰拱填充二次浇筑施工冷缝处,最终地下水顺仰拱填充二次浇筑层施工缝或裂缝上逸至填充顶面,形成潮湿、积水。仰拱填充顶面渗水流向示意如图 2 所示。

③隧道侧沟壁为薄壳结构,施工中存在开裂等质量问题,侧沟内水沿沟壁开裂处下渗至仰拱填充顶面,

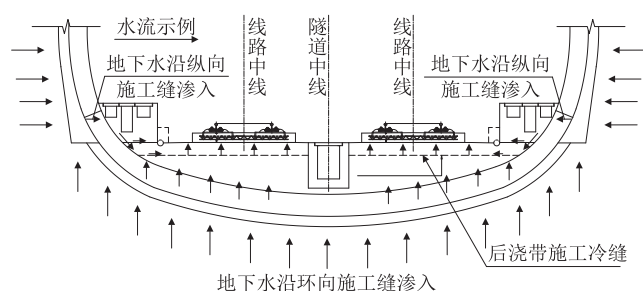


图2 仰拱填充顶面渗水流向示意图

形成仰拱填充顶面潮湿、积水等。

综上所述,隧道拱部、边墙、仰拱各部的渗漏水受地下水发育、水压力、施工工艺、施工缺陷、维修养护等因素影响,主要是地质、施工两方面的原因。

3 隧道渗漏水整治技术

3.1 整治标准

隧道渗漏水整治标准为拱部基本不渗水、边墙不滴水、安装设备的孔眼不渗水、道床不积水。

3.2 整治原则

根据隧道不同区域的渗水情况及原因,提出“拱部注浆封堵、边墙钻孔引排、仰拱降水泄压”的“分区治水”整治原则^[7-9]。

3.3 整治措施

3.3.1 拱部渗漏水

对拱部渗漏水采取衬砌内部注浆堵水措施,以达到拱部基本不渗水的目的。主要分为点漏、面漏及缝漏。

(1) 点漏

漏水点及漏水点四周钻设注浆孔,钻孔深度为设计衬砌厚度(D)的 $1/2$,孔径不宜大于 20 mm 。

(2) 面漏

面漏范围钻设注浆孔,钻孔间距 $30\sim 50\text{ cm}$,均匀布置,钻孔深度为设计衬砌厚度(D)的 $1/2$,孔径不宜大于 20 mm 。

(3) 缝漏

沿缝钻设注浆孔,注浆孔应交叉布置在缝的两侧,钻孔应以 $45^\circ\sim 60^\circ$ 斜穿裂缝,钻孔间距 $30\sim 50\text{ cm}$,钻孔深度为设计衬砌厚度(D)的 $1/3\sim 1/2$,孔径不宜大于 20 mm 。

(4) 钻孔注浆管均采用A级植筋胶固定,注浆材料采用环氧树脂灌浆材料。注浆施工前,涂刷速凝型无机堵漏材料进行封缝处理,封缝总宽度宜为 5 cm 。注浆完成后涂刷渗透型环氧树脂防水涂料。拱部渗漏水整治示意图如图3所示。

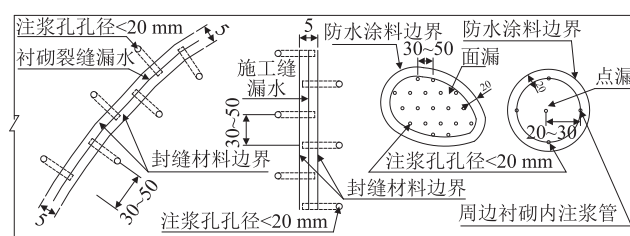


图3 拱部渗漏水整治示意图 (cm)

3.3.2 边墙渗漏水

边墙渗漏水的点漏、面漏及缝漏(无线状、股状渗水情况),可参照拱部渗漏水治理措施进行注浆封堵整治。对于边墙出现线状、股状渗水,施工缝渗水严重的情况,可先行进行注浆封堵,而后采取凿槽埋管引排及边墙下部增设泄水孔的措施,边墙集中出水点设置引排槽整治示意图如图4所示。

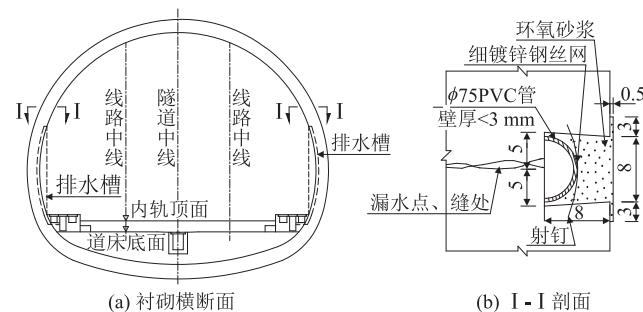


图4 边墙集中出水点设置引排槽整治示意图 (cm)

(1) 边墙凿槽处正对集中出水点,设置为倒梯形槽,槽口宽 5 cm ,槽底宽 6 cm ,槽深 6 cm ,凿槽完成后安装PVC管,而后用环氧砂浆抹平封槽。凿槽引排直接引入侧沟。

(2) 边墙出现多点线状、股状渗漏水,衬砌背后积水引排不畅时,可于边墙下部增设侧向泄水孔,在侧沟壁环向盲管出水口高程处设置 $\phi 110$ 横向钻孔,如图5所示。钻孔深入基岩内不小于 1 m ,孔端内置 150 cm 长 $\phi 100\text{ PVC}$ 管,管前端封闭,管身设进水孔,外裹1层孔距 2 mm 不锈钢滤网。泄水孔与施工缝、变形缝

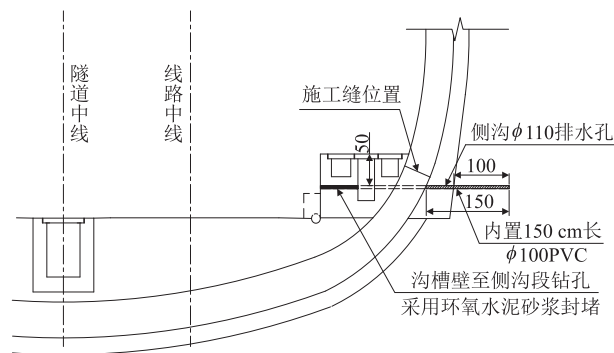


图5 边墙增设侧向泄水孔整治示意图 (cm)

净距不小于 30 cm。

3.3.3 仰拱填充顶面渗漏水

对仰拱填充顶面渗水采取钻孔、凿槽引排的措施,分别对靠侧沟侧和靠中心沟侧两部分渗水进行处理。

(1) 靠侧沟侧渗水

靠侧沟侧渗水主要是由地下水从纵向施工缝渗入导致。该侧远离中心水沟,易形成“集水坑”,并可能渗入轨道板下部影响运营安全。针对此问题:

①采取凿除仰拱填充后浇带,于靠侧沟侧壁下部钻设横向排水孔,低位引排地下水,钻孔间距 5 ~ 10 m,而后于填充层内埋设横向排水管,降水引排至中心水沟。

②凿槽埋设的排水管采用 $\phi 50$ PVC 排水管,外裹无纺布,管身设进水孔,顶部设置 $\phi 75$ 半圆 PVC 管覆盖(避免回填混凝土堵塞管身进水孔)。在引排边墙

低位地下水的同时,截排仰拱填充后浇带与先期施工填充层之间施工冷缝处的积水。

③对于已施做轨道结构的情况,可于中心沟侧设置钻孔平台,横向钻设 $\phi 50$ 排水孔进行引排,避免轨道结构拆除重建。

④针对侧沟壁开裂渗水的情况,当裂缝宽度小于 1 mm 且长度小于 5 m 时,采用沿缝针管注浆封堵的处理措施;当裂缝宽度小于 1 mm 且长度大于 5 m 或宽度大小 1 mm 且小于 5 mm 时,采用沿缝凿孔压浆封堵的处理措施;当裂缝宽度大于 5 mm 时,采用沿缝凿槽,压浆封堵后用环氧砂浆嵌补的处理措施。裂缝注浆封堵或嵌补后,表面涂刷渗透型环氧树脂防水涂料封闭。靠侧沟侧仰拱填充顶面渗水整治示意如图 6 所示。

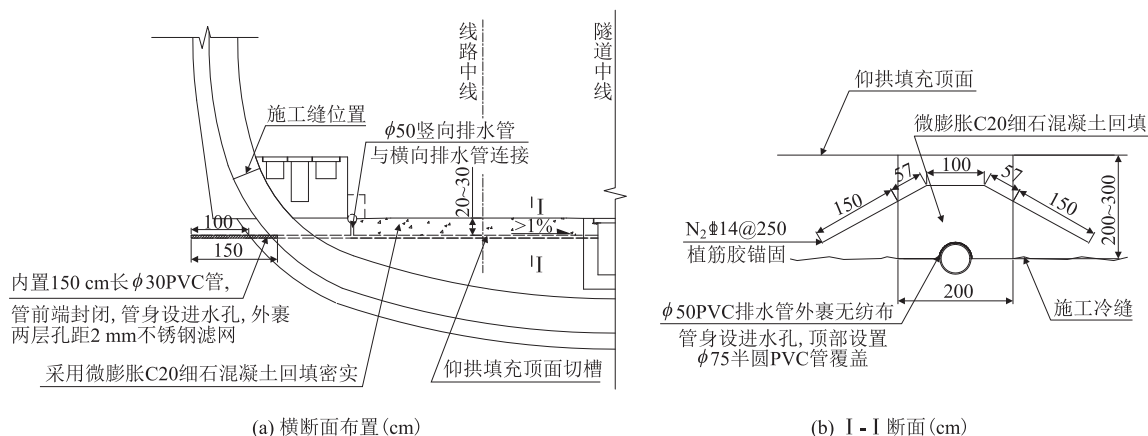


图6 靠侧沟侧仰拱填充顶面渗水整治示意图

(2) 靠中心沟侧渗水

靠中心沟侧渗水主要采取钻设竖向排水孔引排隧底部渗水(同时具备降低水位作用)的措施。排水孔位置距离中心水沟内壁 20 cm 处,孔径 $\phi 100$ mm,深度入岩 1 m,孔内设置 $\phi 89$ PVC 管(入岩段管身钻设进水孔,并在管外包裹两层孔距 2 mm 的不锈钢滤网),并凿槽将钢管或 PVC 管弯入中心沟,槽深 30 cm,在凿槽内钻孔植入 $\phi 14$ 钢筋,植筋深度 ≤ 15 cm,间距为 15 cm,凿槽采用微膨胀 C20 细石混凝土回填密实。 $\phi 89$ PVC 管与衬砌混凝土间隙采用水泥砂浆封堵,并设橡胶圈避免水泥砂浆流入开孔段。

原则上可先在渗漏水处左右 10 m 范围内钻排水孔,钻孔左右侧交错布置,单侧间距 5 ~ 10 m,若渗漏水仍然存在或发生转移,应扩大排水孔设置范围。靠中心侧仰拱填充顶面渗水整治如图 7 所示。

3.4 整治效果

成贵全线隧道渗漏水整治自 2017 年开始,于

2019 年结束。整治完成后,历经 2 个雨季,基本实现了拱部渗漏水封堵无渗水;边墙渗水极大改善,无明显滴水;仰拱填充顶面渗水整治观感良好,无积水。同时,线路开通前,结合施工期间揭示岩溶管道情况、地面岩溶洼地分布情况、揭示断层破碎带、岩层分界面等地下水发育情况等,对富水严重的隧道段落增设了边墙 $\phi 200$ 泄水孔,泄水孔深入基岩内不小于 0.5 m,纵向间距 2 ~ 4 m,泄水孔内设置内壁光滑阻尼系数小的新型排水管,以便地下水畅排。

成贵铁路运营近两年来,全线未出现较大的渗漏水病害问题,整体运行良好。由此说明,成贵铁路的隧道渗漏水整治原则合理,整治措施可行、有效。

4 结束语

从成贵铁路隧道的渗漏水整治情况来看,“拱部注浆封堵、边墙钻孔引排、仰拱降水泄压”的“分区治水”整治原则是可行的,采取的具体整治措施有效,整

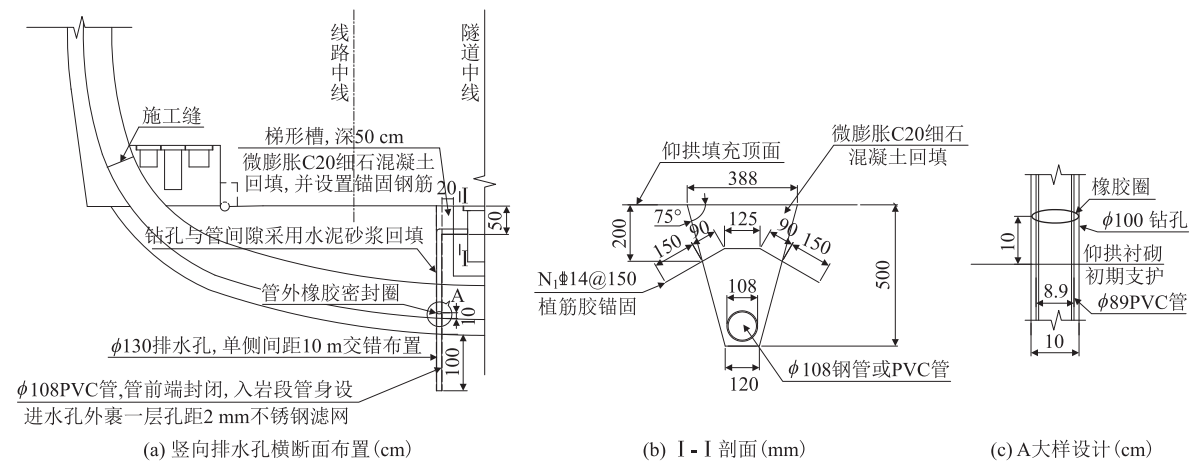


图 7 靠中心侧仰拱填充顶面渗水整治示意图

治效果良好,可为其他铁路隧道渗漏水整治提供参考。但隧道的渗漏水情况各异,且渗漏水原因各有不同,整治措施不能一概而论。本文仅阐述了较为共性的渗漏水情况的整治措施,对于其他情况的渗漏水整治,尤其是岩溶、断层破碎带富水等特殊隧道的渗漏水整治,需充分调查分析地下水情况、渗漏水原因后,制定专项的整治方案。

参考文献:

[1] 崔俊涛. 隧道渗漏水整治措施探讨[J]. 建筑安全, 2020, 35(4): 38-40.
CUI Juntao. Discussion on Treatment Measures of Tunnel Leakage [J]. Construction Safety, 2020, 35(4): 38-40.

[2] 胡学志. 浅析隧道渗漏水成因与防治[J]. 建筑工程技术与设计, 2016(35): 907.
Hu Xuezhi. Analysis of Causes and Prevention of Tunnel Leakage [J]. Construction Engineering Technology and Design. 2016(35): 907.

[3] 陈夕童. 浅谈铁路隧道渗漏水病害[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(5): 1076.
Chen Xitong. Analysis of Water Leakage Disease of Railway Tunnel [J]. Architectural Engineering Technology and Design. February, 2017(5): 1076.

[4] 李正耀. 石门北至怀化铁路隧道渗漏水整治方法[J]. 铁道建

筑,2008,48(12):47-49.

LI Zhengyao. Treatment Method of Water Leakage in Railway Tunnel from Shimen North to Huaihua [J]. Railway Engineering, 2008, 48(12): 47-49.

[5] 杨延勇. 黄陵坡隧道仰拱渗漏水病害整治技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2018(5): 81-84.

YANG Yanyong. Treatment Technology Study for Water Leakage Disease of Inverted Arch in Huanglingpo Tunnel [J]. Railway Construction Technology, 2018(5): 81-84.

[6] 广智, 薛斌. 向莆铁路隧道道床积水、轨道隆起病害整治技术[J]. 现代隧道技术, 2015, 52(3): 200-204.

XIAO Guangzhi, XUE Bin. Treatment of Bed Waterlogging and Track Heaving in Tunnels on the Xiangtang-Putian Railway [J]. Modern Tunnelling Technology, 2015, 52(3): 200-204.

[7] 中铁二院工程集团有限责任公司. 成贵铁路隧道质量缺陷整治指导性参考图[Z]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2017.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Guide Reference Design Defect on Chengdu-Guiyang Railway Tunnel [Z]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2017.

[8] 中铁二院工程集团有限责任公司. 成贵铁路隧道施工图专册说明[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2013.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Chengdu-Guiyang Railway Tunnel Construction Description [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2013.

[9] TB 1003-2016 铁路隧道设计规范[S].

TB 1003-2016 Code for Design on Tunnel of Railway [S].