

文章编号: 1674—8247(2018)04—0088—05

西部山区铁路隧道涌水抽排施工方案探讨

李 准 张路刚

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:西部山区铁路建设中,因地形环境复杂,施工中易产生涌水、突水地质灾害。为保证施工质量及安全、减少施工风险及事故,文章以玉蒙铁路某隧道为例,从隧道地质水文特点入手,采用现场实践总结和理论数据计算相结合的手段,严格制定抽排水施工方案基本原则、施工组织原则及细则,分析了包括泵站位置选设、水泵配型、水管选径、抽排能力等要素的施工方案,并就可能出现的正常工况和突发涌水工况分别进行探讨,确定了不同环境下分级抽排施工组织及设备配置,为提高复杂涌水隧道反坡抽排施工方案提供了新的技术支持。

关键词:西部山区; 涌水隧道; 反坡抽排水; 施工方案

中图分类号:U453.6⁺1 **文献标志码:**A

Discussion on Tunnel Water-burst Pumping and Drainage Construction Scheme of Western Mountain Railway

LI Zhun ZHANG Lugang

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

Abstract: Water-burst has become the most normal geological disaster problem for western mountain railway construction due to the complex terrain environment. In order to guarantee construction quality and safety, and reduce construction risks and accidents, a tunnel of Yuxi-Mengzi railway is taken as an example in this paper. From the perspective of geological and hydrological features, this paper formulates strict basic principles of construction scheme and principles and specifications of construction organization for pumping and drainage, by adopting combined methods of on-site construction summary and theoretical data calculation. Construction schemes including the factors of the site selection of pump station, pump types, diameters, pumping and drainage capacity are analyzed, the regular working condition and the sudden water-burst working condition are discussed separately, and the construction schemes of the classified pumping and drainage and equipment allocation under different circumstances are confirmed, which provides new technological support for the improvement of counter-slope pumping and drainage construction scheme for complex water-burst tunnels.

Key words: western mountain; water-burst tunnel; counter-slope pumping and drainage; construction scheme

随着我国铁路建设蓬勃发展和西部大开发战略的实施,西部山区铁路项目日益增多,所遇到的隧道地质灾害层出不穷。因西部山区的节理裂隙密集带和风化

破碎带较为发育,岩溶洞穴、溶隙发育地段、含水层与隔水层交界面多发,涌水、突水问题成为西部山区铁路施工最常见的地质灾害^[1]。若在复杂长大隧道出现

收稿日期:2017-06-23

作者简介:李准(1982-),男,高级工程师。

引文格式:李准,张路刚. 西部山区铁路隧道涌水抽排施工方案探讨[J]. 高速铁路技术,2018,9(4):88-92.

LI Zhun, ZHANG Lugang. Discussion on Tunnel Water-burst Pumping and Drainage Construction Scheme of Western Mountain Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(4): 88-92.

特大涌水或突然涌水,同时又存在反坡排水的情况下,如何合理组织抽排,减少施工风险及事故损失,是西部山区铁路施工组织迫切需要解决的问题。

本文结合西部山区铁路工程施工经验,以玉蒙铁路项目某隧道为例,探讨复杂长大涌水隧道反坡抽排水施工方案原则、方案要点等问题,为实现质量和工期目标提供技术支持。

1 工程概述

1.1 工程概况

本文所述隧道位于云南省境内,设计速度120 km/h,全长逾10 km,为全线第一长隧道,控制和影响着全线的施工总工期。受沿线地形标高和桥高限制,线路纵坡设计为单面坡,单面下坡坡度依次为12‰、20.4‰、18‰、6‰。于线路左侧30 m处设贯通平导,集施工中地质探测、通风、施工排水、增加工作面及运营期间排水、消防、救援、人员疏散等多功能于一体,平导全长10.294 km。全隧工程地质条件复杂,进、出口工区都曾发生较大涌水,为极高风险隧道。

1.2 地质水文情况

本隧道处于高原构造剥蚀、溶蚀低中山区,多呈北东走向山脉,埋深最大约467 m。隧道洞顶地表有库南河通过。该隧道穿越地段地层岩性复杂,主要为:页岩、灰岩、泥岩、白云岩、断层角砾、砂岩、泥灰岩、砾岩。地质构造复杂,活动断裂发育,强震活动频繁,是一个褶皱与断裂均发育的区域,受多期构造影响,岩体极为破碎。全隧道发育五里箐向斜与里山背斜两大褶皱带,在该褶皱带中发育了属非全新活动断裂的东西向的关营断层(F4)及北东向的通海断裂带(由通海断层、泥者断层、乌龙塘断层组成),断层破碎带宽80~365 m。本隧道水文地质条件极其复杂,存在多处可溶岩与非可溶岩接触带,通过Wt1~Wt17物探解译的含水异常区、岩溶发育区、富水区等,地下水主要为岩溶裂隙水、管道水、基岩裂隙水;地表水及地下水均发育,地表水为沟水、库南河水。结合地形、地貌等地质特征,根据区测含水岩组的划分,采用地下水动力学法及降水入渗法进行计算,全隧道正常涌水量预计为 $15.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,雨季施工时最大涌水量预计为 $23.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ^[2]。

综上所述,本隧道工程地质条件复杂,存在高烈度地震区、非全新活动断层破碎带、岩溶、单面坡遇大规模高压涌突水、膨胀岩土、围岩大变形或岩爆、放射性、局部地段夹煤线而引起瓦斯聚集等工程地质难题,特别是单面坡隧道遇高压涌突水在国内实属罕见,反坡排水段落长,工程风险高。

2 施工方案原则分析

为使各项施工组织措施经济合理,确保该隧道顺利按期建成,基于该隧道地质条件的复杂性、工程及环境保护的重要性,在施工过程中应加强施工地质工作,开展综合地质超前预报,并利用平导超前验证、修正地质资料,使设计基础资料更为准确可靠,并根据施工过程中获取的地质信息和技术研究成果综合分析,及时调整实施方案和工程措施,以确保施工安全。

2.1 施工方案基本原则

在洞口段进行国防设防及地震设防,在洞身浅埋地段、断层破碎带及活动断裂带进行相关地震设防。按新奥法组织施工,采用光面爆破及湿喷技术,仰拱超前,拱墙一次衬砌。

2.2 抽排水施工组织原则

全隧道抽排水施工方案分别针对非可溶岩地段及可溶岩地段制定。当洞内大量排水,可能对地表生态和地下水环境产生严重影响地段以及排水影响施工安全地段,实施“以堵为主,限量排放”的治水原则,其余地段采取“以排为主,防、排、截、堵结合,综合治理”的治水原则^[3]。存在涌水突泥施工灾害地段实施注浆堵水加固围岩措施,针对各种不同情况设计“超前帷幕注浆、开挖后全断面径向注浆、局部注浆、补注浆”等注浆预案,以减少施工风险,确保施工安全。进口工区为反坡施工,应配备足够的抽排水设备,并制定安全预案,以确保施工安全。

2.3 抽排水施工组织细则

施工过程中,按施工图相关设计加强综合地质超前预报及施工地质工作,准确探明前方地质条件及地下水赋存情况并作出安全性评估,严防突发涌水突泥事件。若前方地下水对生态环境无不利影响或不影响施工安全,则顺利掘进;否则,需实施以保护环境或防突水突泥为主的超前帷幕(或局部)注浆堵水,在确保安全的前提下方可掘进,注浆预案及实施流程按原施工图施作^[4]。利用平导作为排水通道,固定排水设备、集水坑等均设于平导内。正洞掌子面出水采用一级移动抽排设备通过横通道引入平导中(正洞考虑同时施工两个掌子面);平导内采用梯级抽排方式,掌子面设移动抽水设备。根据施工方案,平导贯通时,所有地下水均通过平导由出口排出,所有泵站均停止工作。采用C15混凝土将各集水坑回填密实。

3 施工方案研究与确定

施工方案制定之初,根据已开挖地段揭示的地质条件,分析全隧道未开挖地段的地下水涌水量,如表1所示。

表 1 TH 隧道施工阶段分段预测涌水量表

工区	序号	长度 /m	预计涌水量	实际涌水量 /(m ³ /d)	预计水压 /MPa
进口	1	1 640	预计正常涌水量 4 400 m ³ /d,最大涌水量 6 600 m ³ /d。此段已施工完	6 000	0~0.6
	2	600	预计正常涌水量 32 800 m ³ /d,最大涌水量 49 200 m ³ /d。此段已施工	6 000~20 000	2(实测)
	3	2 050	预计正常涌水量 12 400 m ³ /d,最大涌水量 18 600 m ³ /d	—	1.0~1.6
	4	150	预计正常涌水量 19 000 m ³ /d,最大涌水量 28 500 m ³ /d	—	1.6~3.2
	5	640	预计正常涌水量 19 500 m ³ /d,最大涌水量 29 250 m ³ /d	—	1.2~3.0
	合计	5 080	综合已施工段,预计正常涌水量 62 900 m ³ /d,最大涌水量 88 350 m ³ /d。	—	—
出口	6	460	预计正常涌水量 14 000 m ³ /d,最大涌水量 21 000 m ³ /d	—	—
	7	650	预计正常涌水量 8 700 m ³ /d,最大涌水量 13 050 m ³ /d	—	1.2~2
	8	700	预计正常涌水量 23 500 m ³ /d,最大涌水量 35 250 m ³ /d	—	1.5~1.8
	9	1 820	预计正常涌水量 20 100 m ³ /d,最大涌水量 30 150 m ³ /d	—	1.0~1.3
	10	—	此段正施工	20 000~100 000	1.2(实测)
	11	1 592	预计正常涌水量 2 100 m ³ /d,最大涌水量 3 150 m ³ /d。此段已施工完	3 000	0~0.5
	合计	5 222	综合已施工段,预计正常涌水量 96 300 m ³ /d,最大涌水量 129 450 m ³ /d	—	—

根据上文研究成果,分析确定正常工况和突发涌水工况两种施工方案。

3.1 正常工况

按施工图设计注浆预案实施注浆堵水措施后,若沿途地下水发育无异常现象(均与勘测资料相符),且堵水效果均能达到设计要求,称为正常工况。堵水后的分段涌水量按理论控制标准 5 m³/m/d 控制,并考虑 1.2 的安全系数,即 6 m³/m/d。最大抽排能力按 30 500 m³/d 设计。本工况预计总排水量为1 940.03 × 10⁴ m³。

(1) 泵站及管路施工布置

①固定泵站

在平导中均匀设置 4 座固定泵站,分别设 DN350 排水钢管 3 根、3 根、2 根、2 根,每根长 1 000 m;分别配备潜水排污泵(200QW400-34-55、200QW350-50-75)各 3 台、(200QW400-34-55、200QW250-40-55)各 2 台,最大抽水能力分别为 1 200 m³/h、1 050 m³/h、800 m³/h、500 m³/h,水泵功率合计 165 kW、225 kW、110 kW、110 kW;并分别配潜水排污泵 200QW400-34-55、200QW350-50-75、200QW400-34-55、200QW250-40-55 各 1 台作为备用。各泵站集水坑尺寸 10 m × 2 m × 2.5 m,各泵站间由排水管接力连接。

②移动泵站(平导)

此泵站为平导掌子面移动泵站,不设集水坑。设 DN300 排水钢管 1 根,管长 1 080 m。配备 250QW250-40-55潜水排污泵 1 台,最大抽水能力为 250 m³/h,水泵功率合计 55 kW;并配 200QW250-40-55 潜水排污泵 1 台作为备用。

③移动泵站(正洞)

设于正洞掌子面,采用抽水设备将掌子面附近积水通过横通道引至平导中排出。正洞按同时开展两个工作面计,设两组设备,每组设置如下:设 DN200 排水钢管 1 根,长 500 m。配备 150QW130-30-22 潜水排污泵 1 台,水泵功率 22 kW,最大抽水能力为 130 m³/h;并配 150QW130-30-22 潜水排污泵 1 台作为备用。

(2) 供电方案

从地方变电站接取两路 10 kV 专线至隧道进口,经 10 kV 开闭所切换后,采用电缆挂壁敷设至各排水泵站,负荷总计 665 kW,电压损失为 7.21%。

(3) 洞外污水处理池

为保证经污水处理池处理过的清水能顺畅排至附近沟渠,在其出口端接长约 300 m 的排水沟,水沟净空断面(宽 × 高)1.5 m × 1.5 m,沟身采用 M7.5 浆砌片石,厚度 25 cm。并安排专人每天进行清理,以满足当地村民灌溉用水。

当隧道贯通后,将污水处理池内所有淤泥清理至指定弃碴场进行堆放,对池中隔离墙进行爆破拆除,并将混凝土残渣及洞碴运至弃碴场堆放,对鱼塘已破坏部位进行修补或返工处理,待所有工序施工完毕后通知当地相关职能部门进行验收,待验收合格后,正式交由当地村组作为鱼塘及灌溉蓄水塘使用。

3.2 突发涌水工况

因本隧道为极高风险隧道,进、出口均多次出现掌子面突发涌水情况,隧道地下水发育具有其特殊性及其不确定性,即水量大且离散、集中涌水点多且无规律^[5]。本工况仍需按施工图相关设计实施综合地质

超前预报及注浆堵水措施(此点与正常工况一致),但从安全角度出发,充分考虑施工过程高风险因素的存在,以备突发涌水时应对及时和排水顺畅。全工区排水设备配备能力按最大日涌水量(进口工区最大为 $88\,350\text{ m}^3/\text{d}$)考虑,耗电量按正常日涌水量(进口工区最大为 $62\,900\text{ m}^3/\text{d}$)考虑^[6]。本工况预计总排水量为 $2\,232.37\times 10^4\text{ m}^3$ 。

(1) 泵站及管路布置

① 固定泵站

在平导中均匀设置4座固定泵站,各设DN400排水钢管6根、6根、6根、5根,每根长1 000 m;分别配备潜水排污泵(250QW650-30-90、250QW550-35-90、250QW550-35-90)各6台、(250QW550-35-90)为5台,最大抽水能力分别为 $3\,900\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $3\,300\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $3\,300\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $2\,750\text{ m}^3/\text{h}$,水泵功率合计540 kW、540 kW、540 kW、450 kW;并分别配潜水排污泵250QW650-30-90、250QW550-35-90、250QW550-35-90、250QW550-35-90各1台作为备用^[7]。各泵站集水坑尺寸 $10\text{ m}\times 2\text{ m}\times 2.5\text{ m}$,各泵站间由排水管接力连接。

② 移动泵站(平导)

此泵站为平导掌子面移动泵站,不设集水坑。设DN400排水钢管4根,每根长1 080 m,总长4 320 m。配备250QW550-35-90潜水排污泵4台,水泵功率合计360 kW,最大抽水能力为 $2\,200\text{ m}^3/\text{h}$;并配250QW550-35-90潜水排污泵1台作为备用。

③ 移动泵站(正洞)

设于正洞掌子面,采用抽水设备将掌子面附近积水通过横通道引至平导中排出。正洞按同时开展两个工作面计,设两组设备,每组设置如下:设DN300排水钢管2根,每根长500 m,总长1 000 m。配备200QW300-22-37潜水排污泵2台,水泵功率合计74 kW,最大抽水能力为 $600\text{ m}^3/\text{h}$;并配200QW300-22-37潜水排污泵1台作为备用。

(2) 供电方案

需负荷总计2 430 kW,从地方变电站接取4路10 kV专线至隧道进口,分别采用同杆架设方式,4路专线分别采用 70 mm^2 及 150 mm^2 导线截面(各两回);经10 kV开闭所切换后,采用电缆挂壁敷设至各排水泵站,电压损失为10.73%(150 mm^2 截面)及9.98%(70 mm^2 截面)。

(3) 洞外污水处理池

较正常工况增加一倍污水处理池,其他组织同正

常工况。

3.3 安全管理及应急措施

针对两种工况,安全管理及应急措施也是施工方案中的重要环节,包括以下几点:

(1) 每日统计一次施工排水量,认真观察洞内涌水变化,尤其是掌子面的涌水变化,若发现现有投入的设施不能满足排水需要,及时补充。

(2) 备齐足够的应急物资,防止雨季及遇突泥突水时及时投入使用。

(3) 根据综合地质超前预报资料分析成果,当解析前方可能突水并影响施工安全时,针对地下水分布情况制定注浆堵水措施。

4 西部山区铁路抽排水施工方案要点分析

根据该案例的分析,针对西部山区铁路地质特点,抽排水施工方案要点总结如下。

(1) 区别于其他地区以堵为主的原则,在满足施工安全和不影响地表生态环境的前提下,采取“以排为主”的原则处理。

(2) 充分利用辅助坑道作为排水通道,固定排水设备和移动式抽排水设备相结合布设。

(3) 分别编制正常工况和突发涌水工况施工方案,做好突发情况的应对措施,不同情况,不同抽水设备选型原则;泵站的设备选型要充分考虑配置排水能力,从工作面至洞外功率应逐渐递增,原则上预测两倍最大涌水量作为设备最大抽排能力。

(4) 西部山区电源配套较欠缺,应制定供电方案,同时,受山区林地环保要求,污水处理措施需特别重视。

(5) 涌水较严重隧道基本为I级风险隧道,应加强隧道的安全管理,现场配备必要的应急照明、逃生装备和设施,确保施工安全。

5 总结

西部山区铁路逾半数的隧道存在突水、涌水、突泥等问题,特别在隧道施工期间,可能会造成重大事故和巨大损失。本文以玉蒙铁路某隧道为例,以充分了解地质水文情况、严格制定抽排水施工方案原则,深入探讨正常及突发涌水两种可能工况的施工方案,包括泵站位置选设、水泵配型、水管选径、抽排能力等方面,两种工况费用经计算分别为5 416万元和9 086万元,经相关审查部门审核,最终认可了突发涌水工况方案,客

观合理地确定了投资。但是需要指出的是,合理的反坡抽排水施工方案设计需要在工程可行性研究设计阶段加强以重大工程地质预测为中心的超前地质预报工作,并在施工过程中充分利用各种地质资料和超前地质预报成果,提高突水、涌水、突泥预测的准确性,要实现这一目标也是下一步迫切需要解决的问题。

参考文献:

[1] 周国龙. I 级高风险特长隧道反坡排水方法探析[J]. 交通标准化,2011,36(16):141-144.
ZHOU Guolong. I-Class High-Risk Long Tunnel Anti-Slope Drainage Method Analysis [J]. Communications Standardization, 2011, 36(16):141-144.

[2] 陆记霞,刘向阳. 玉蒙铁路秀山隧道涌水涌砂地段施工技术[J]. 隧道建设,2009,29(3):339-341.
LU Jixia, LIU Xiangyang. Construction Techniques for Water and Sand Gushing Section in Xiushan Tunnel on Yuxi-Mengzi Railway [J]. Tunnel Construction,2009,29(3):339-341.

[3] 蔡俊华. 山区高速公路隧道特大涌水病害治理[J]. 筑路机械与施工机械化,2009,28(8):50-52.
CAI Junhua. Treatment of Severe Water Gushing in Expressway

Tunnel of Mountainous Area [J]. Road Machinery & Construction Mechanization,2009,28(8):50-52.

[4] 方振华,王鹰,冯涛. 贵广高速铁路坪山隧道涌水量预测及涌水防治[J]. 路基工程,2010,28(1):197-199.
FANG Zhenhua, WANG Ying, FENG Tao. Prediction of Water Yield and Countermeasures in Pingshan Tunnel of Guiyang-Guangzhou High-speed Railway[J]. Subgrade Engineering,2010,28(1):197-199.

[5] 方振华,杨英,丁浩江. 成贵铁路上高山隧道岩溶管道涌突水病害研究[J]. 高速铁路技术,2017,8(4):70-73.
FANG Zhenhua, YANG Yin, DING Haojiang. Study on Water Gushing Disease of Karst Pipeline in Shanggaoshan Tunnel of Chengdu-Guiyang Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2017,8(4):70-73.

[6] GB 50014-2006 室外排水设计规范[S].
GB 50014-2006 Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering [S].

[7] 陆仲希. 铁路工程施工组织设计[M]. 北京:中国铁道出版社,1988.
LU Zhongxi. Design of Railway Engineering Construction Organization [M]. Beijing: China Railway Publishing House,1988.

(编辑:车晓娟 白雪)

(上接第 37 页)

10 万次/月;二是信号设备电气特性实现信号集中监测系统统一管理,实时“机控”,超限报警;三是基本消除错误报警,报警信息准确性大幅度提高;四是为现场维护人员提供方便,为优化日常养护和集中检修的测试项目、延长信号设备检维修周期、降低设备故障创造条件。

参考文献:

[1] 运基信号[2010]709 号,铁路信号集中监测系统技术条件[S].
Yun Ji Xin Hao [2010] No. 709, Technical Specifications of Railway Centralized Signaling Monitoring System[S].

[2] 铁总运[2015]322 号,高速铁路信号维修规则[S].
Tie Zong Yun [2015] No. 322, High-speed Railway Signal Maintenance Rules[S].

[3] 铁总运[2015]238 号,普速铁路信号维护规则(技术标准)[S].
Tie Zong Yun [2015] No. 238, Normal-speed Railway Signal

Maintenance Rules[S].

[4] 运电信号函[2015]315 号,道岔缺口监测系统技术规范[S].
Yun Dian Xin Hao Han[2015] No. 315, Technical Specifications of Turnout Gap Monitoring System[S].

[5] 科技运[2008]36 号,客运专线铁路信号产品暂行技术条件汇编(一)[S].
Ke Ji Yun [2008] No. 36, Temporary Technical Specifications of PDL Railway Signal Products [S].

[6] TB/T 1528.1-2002 铁道信号电源屏第 1 部分总则[S].
TB/T 1528.1-2002 Part 1 General Rules of Railway Signal Power Supply Panel [S].

[7] 铁运[2012]312 号,不对称高压脉冲轨道电路维护暂行标准[S].
Tie Yun [2012] No. 312, Temporary Standards of Track Circuit Maintenance of Asymmetric High-voltage Pulse [S].

[8] 铁总运[2014]227 号,铁路信号集中监测系统维护管理办法[S].
Tie Zong Yun [2014] No. 277, Maintenance Management Method of Railway Centralized Signaling Monitoring System[S].

(编辑:车晓娟 白雪)