

文章编号:1006-2106(2008)07-0065-04

长大复杂地质隧道大涌水地质灾害分析与治理*

叶 樵**

(中国铁路工程总公司玉蒙铁路工程指挥部, 云南 通海 652700)

摘要:研究目的:通海隧道地质条件复杂,设计涌水量大,施工中易发生大规模涌水、突泥。通海隧道出口平导 PDK35+770 处发生大涌水,迫切需要进行理论上的分析及治理措施方面的研究。

研究结果:通过对该段地质条件、水文状况调查研究和分析,采取了对正线平导止浆墙封堵,径向和前方注浆加固,预留排水管集中引排,并采用迂回导坑通过该段等处理措施,确保了施工安全和工程顺利进行,保护了地表生态环境,避免了直接处理大涌水带来的安全风险,节约了工程投入和处理时间,为今后类似工程大涌水的处理提供了技术手段和施工经验。

关键词:大涌水;迂回导坑;施工安全

中图分类号:U45;P64 **文献标识码:**A

Analyses and Treatment of Geological Disaster of Heavy Water Bursting to Large Tunnel in Complex Geological Condition Zone

YE Qiao

(Yuxi - Mengzi Railway Construction Project Headquarter, CREC, Tonghai, Yunnan 652700, China)

Abstract: Research purposes: The geological condition of Tonghai Tunnel is complex with big amount of bursting - water, so the large - scaled water bursting easily happens in construction. The heavy water bursting happened at PDK 35 + 770 of Tonghai Tunnel portal, so it is necessary to analyze and treat such geological disaster in theory.

Research results: Through doing study on and analysis of local geological conditions and hydrographic conditions, the measures of blocking with mortar - stopping wall, radial and ahead grouting reinforcement, central draining water by pipe and by - pass pilot tunnel are taken to the flat pilot tunnel on main line, which avoid the risk of water bursting and guarantee the construction safety, resulting in saving the construction cost and time.

Key words: heavy water bursting; by - pass pilot tunnel; construction safety

1 工程概况

通海隧道是昆河线玉蒙段的重点工程,隧道进口里程为 DK 27+060,出口里程为 DK 37+362,中心里程为 DK 32+211,全长 10 302 m,是云南省目前最长的铁路隧道,也是全线的控制性重点工程。全隧自进口向出口为 6‰、18‰、20.4‰的单面下坡。

在线路左侧与正线间距 30 m 处设置贯通平导,平

导起点里程为 PDK 27+060,终点里程为 PDK 37+354,全长 10 294 m。平导除出口有 43.82 m 位于 R=1 194.81 m 的缓和曲线上外,其余地段为直线,平导纵坡与隧道纵坡相同,平导断面尺寸为 3.5×3.85 m(宽×高)。全隧设 25 个横通道,为平导与正洞的连通道。全隧采用进、出口 2 个方向同时施工,平导超前于正洞施工。

通海隧道出口平导施工至 PDK 35+770 时,于左

* 收稿日期:2008-05-04

** 作者简介:叶樵,1968 年出生,男,高级工程师,中国中铁股份有限公司工程建设分公司副总经理,中国中铁股份有限公司玉蒙铁路工程指挥部指挥长。

侧拱腰发生大涌水,最初涌水量为 $30\,000\text{ m}^3/\text{d}$,第二天达到最高涌水量为 $83\,000\text{ m}^3/\text{d}$,第三天回落稳定至 $32\,000\text{ m}^3/\text{d}$,引起平导 PDK 35 + 770 ~ PDK 35 + 795 段长 25 m 坍塌。施工单位在突发大涌水时就及时启动了应急预案,未造成人员伤亡。若平导 PDK 35 + 770 处长时间大水量排放地下水,地下水环境将会发生较大变化,造成地下水位下降,将会对当地居民的生活、生产用水产生较大的影响,隧道也将无法进行施工,直接影响工程施工开展,并存在较大安全隐患。通过对现场进行了全面的勘察,研究分析了地质状况和突水原因,按“以堵为主、限量排放”的原则,制定和实施了治理方案和工程措施。

2 通海隧道地质概况

2.1 隧道通过基岩主要有断层角砾、侏罗系上统蛇店组砂岩夹泥岩、砾岩,中统张河组砂岩、泥岩夹泥灰岩;三叠系上统一平浪群砂岩夹页岩、砾岩,石炭系中上统灰岩、白云岩,下统灰岩夹页岩;泥盆系上统宰格组白云岩夹页岩,中统海口组砂岩;震旦系上统陡山沱组白云岩、砂岩夹页岩,下统澄江组砂岩夹页岩、砾岩。

2.2 隧道通过主要地质构造有五里箐向斜、里山背斜及关营断层、通海断层、泥者断层、乌龙塘断层、周沟断层。

2.3 隧道岩溶和岩溶水发育,岩溶主要发育于 D3zg、Zbd、C1 及 C2 + 3 白云岩、灰岩地层中。隧道开挖中可能遇到大量的岩溶管道水(暗河)、构造裂隙水、并可能揭示隐伏岩溶,易受突然涌水、突泥的危害。本隧道预测最大涌水量为 $235\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 。

3 通海隧道大涌水分析

3.1 施工情况

2007年6月22日,中铁隧道勘测设计院地质预报队在出口平导 PDK 35 + 781 处实施了超前钻孔(共设3孔),钻孔深 19.3 m,整段为白云岩,终孔出水量约 5 L/s ,水质清,掌子面涌水量 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 左右。6月23日,业主委托设计院及监理,根据现场掌子面情况及超前地质预报对该段进行了变更:平导 PDK 35 + 780 ~ PDK 35 + 750 段原Ⅲ级调整为Ⅳ级加强。加强支护参数:设拱墙工 14 字钢架,纵向间距 1.5 m;拱部设 $\phi 42\text{ mm}$ 超前小导管,每根长 3.0 m,环向间距 0.4 m,纵向间距 1.5 m,喷射混凝土厚度度调整为 20 cm。6月24日上午,PDK 35 + 775 ~ + 773.5 开挖后拱部线左侧超前小导管出现弯曲现象,施工单位立即架设型钢,喷射混凝土进行封闭。下午进行了下一循环 PDK 35 + 773.5 ~ + 772 施工,爆破后线左边墙出

现 1.0 ~ 2.0 m 左右的坍塌,及时进行了坍塌处理,采用架设型钢,打小导管、大管棚、钢轨并喷混凝土封闭处理。水量加大至 $8\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 。6月26日凌晨 5:15,出口平导掌子面施工至 PDK 35 + 770, PDK 35 + 770 左拱腰发生大涌水,最初涌水量为 $30\,000\text{ m}^3/\text{d}$,并携带碎石角砾、泥砂等造成平导掌子面后 20 m 内半个断面淤积,至 6月27日凌晨 1:40,涌水量突然变大,水质较浑,并夹带着大直径块石、角砾淹埋了掌子面后 25 m 内整个断面,最远块石冲出 150 m,最大石块直径达 2.0 m,石质成份为以白云岩为主,夹中细粒砂岩、中粗粒石英砂岩,均为棱角状及次棱角状,未发现有呈浑圆状及半浑圆状的岩石,岩性比较杂,最高时涌水量达 $83\,000\text{ m}^3/\text{d}$;6月28日以后水质逐渐变清,涌水量回落稳定至 $32\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 左右。目前坍塌范围为 PDK 35 + 770 ~ PDK 35 + 795,长 25 m。该涌水点位于震旦系上统陡山沱组(Zbd)中厚层白云岩段,岩层走向与线路近于垂直,倾向隧道出口,倾角约 20° 。

3.2 涌水原因、影响范围分析

平导涌水点周边围岩为震旦系上统陡山沱组中厚层白云岩,岩层走向与线路近垂直相交,倾向隧道出口,倾角约 20° 。出口平导涌水后,我公司加强了对隧道附近地表泉眼、水库水位的动态观测,根据截至目前的观测结果,水库水量、泉流量暂无明显变化。从以上现象分析,涌水点附近应存在沿岩层走向发育的暗河,地下水由左向右运移,且补给较远。根据本区地质条件分析,推测平导 PDK 35 + 770 处的地下水主要来源于 DK 34 + 300 ~ DK 35 + 300 段左侧约 4 km 范围基岩中岩溶水、裂隙水,主要接受大气降水补给。

地表居住有落水洞、下许家庄、上许家庄 3 个村的居民,分布有水田、旱地,若平导 PDK 35 + 770 处长时间大水量排放地下水,地下水环境将会发生较大变化,造成地下水位下降,将会对当地居民的生活、生产用水产生较大的影响。因该区水文地质条件的复杂性,不排除地下水由更远的水源补给,甚至连通至通海杞麓湖,那将对通海的生产生活用水产生更大范围的影响。因此,对该涌水点的处理措施应考虑保护该区地下水资源,确保当地居民的生活、生产用水需求等因素。

4 治理方案

4.1 设计概况

由于通海隧道施工中可能揭示隐伏岩溶、岩溶管道水、构造裂隙水,并可能造成突发的涌水、突泥危害,因此施工图设计对可能影响地表生态和地下水环境的地下水按“以堵为主、限量排放”的原则实施各项工程措施。利用地震波地质探测仪、声波反射法、地质雷达

及红外线探水仪等综合物探手段和超前水平探孔,并结合常规地质法,预测岩层的变化点、岩层的完整性、岩层发育情况、涌突水位置、水量、水压及岩体的综合渗透系数,根据综合地质超前预报成果,考虑地表人文、水文环境及环保要求及施工安全,采取以超前帷幕注浆为主的堵水方案。

4.2 治理方案

4.2.1 PDK 35+770~PDK 35+805 已开挖段

该段由掌子面 PDK 35+770 坍方至 PDK 35+795,为避免地下水长时间大量流失,影响地表水环境,首先应采取措施封闭地下水。

4.2.1.1 于 PDK 35+795~+800 段设置沙袋围堰,围堰高 3~4 m,对涌水进行蓄存。

4.2.1.2 于沙袋围岩中距底板 1 m 处埋设 3 根 $\phi 350$ mm 引水钢管,围堰中蓄水通过预埋的引水钢管排至 PDK 35+806 以外。

4.2.1.3 对 PDK 35+801~PDK 35+805 段已开挖坑道周边采用风镐扩挖 50 cm。

4.2.1.4 对 PDK 35+801~PDK 35+803 段坑道底部虚碴、淤泥进行清理,并冲洗干净。

4.2.1.5 施作 PDK 35+801~PDK 35+803 段 C20 混凝土止浆墙至 5 m 高,并预埋 $\phi 89$ mm 注浆孔口管,待止浆墙达到设计强度后,通过止浆墙以上通道向 PDK 35+770~PDK 35+801 段回填片石。

4.2.1.6 将 PDK 35+801~PDK 35+803 段 C20 混凝土止浆墙封闭至拱顶,并采用水泥~水玻璃双液浆对止浆墙周边缝隙进行封堵。

4.2.1.7 施作 PDK 35+803~PDK 35+805 段 C20 混凝土止浆墙并采用水泥~水玻璃双液浆对止浆墙周边缝隙进行封堵。

4.2.1.8 待止浆墙达到设计强度后逐步关闭预留的引水管、注浆孔口管上的阀门,实测静水压力、涌水量。

4.2.1.9 根据实测的静水压力配置相应的注浆机械设备,通过预留的孔口管压注水泥浆,对回填的片石空隙、无法回填片石的空腔进行回填、固结。注浆压力应为实测静水压力+0.5 MPa,当注浆压力达到 2~3 倍的静水压力时即可结束单孔注浆。注浆应逐孔进行,不得两孔同时注浆,注浆顺序为现下后上。

4.2.2 迂回导坑

PDK 35+770~PDK 35+805 已开挖段处理完后,于对应平导 PDK 35+788.16 处线左开辟迂回导坑,迂回导坑中线与平导中线夹角为 40° ,施工至对应平导 PDK 35+812 处(与平导中线间距 20 m),迂回导坑中线与平导中线平行掘进,迂回导坑终点根据开挖揭示的地质条件、地下水赋存状况另行确定。

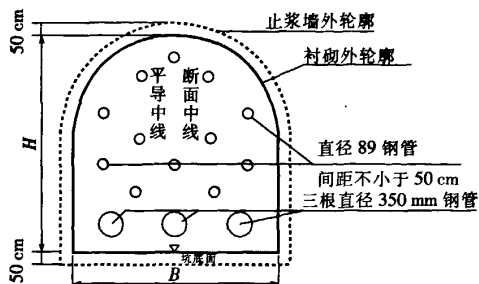


图1 正线平导排水孔及注浆孔布置示意图

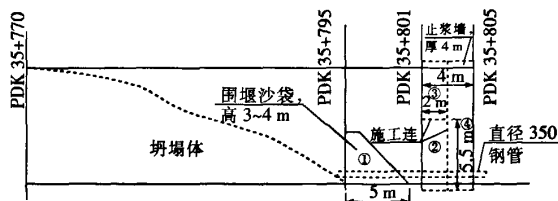


图2 正线平导止浆墙施作工序纵断面图

迂回导坑采用 V 级加强衬砌,加强支护参数:拱墙架 I14 钢架,纵向间距 0.8 m;拱部设 $\phi 42$ 超前小导管,每根长 3.0 m,环向间距 0.4 m,纵向间距 1.5 m,喷射混凝土厚度调整为 20 cm。

迂回导坑的施工应在综合地质超前预报手段探明地质条件的前提下再进行施工,确保施工安全,每拐角处设 3 个超前钻孔,钻孔终孔在迂回导坑开挖轮廓线外 1.5 m,超出开挖长度不小于 2 m。当导坑施作至与平导平行时,对导坑实施超前帷幕注浆。

4.2.3 隧道正洞施工至本段时,应严格按照相关设计图办理。

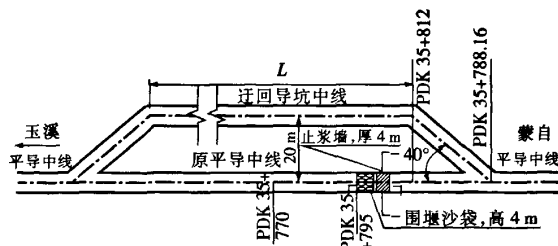


图3 迂回处理大涌水方案平面示意图

5 结论

(1) 长大复杂地质隧道施工时,应根据设计图纸和设计文件,结合现场所处地形、地貌、地层及构造、水文地质条件等,通过综合超前地质预报和对地表环境观测监控等手段,充分认识和分析不良地质对工程建设的危害程度,并及时做好应对各种地质灾害的应急预案。

(2) 对隧道突发大涌水的治理,主要是保持平衡地下水位,减少地下水过多流失,使地下水流动循环系统处于相对静态环境中,对突水口附近地段的封堵治理尤为关键。采用迂回导坑通过,可以避免直接处理大涌水带来的安全风险,确保施工安全和工程顺利进行。

(3) 长大复杂地质隧道设置的贯通平导,超前于正洞施工作业非常明显,不但为正洞施工提供了更多工作面 and 运输通道,更为重要的是探明了前方地质条件和水文地质,为正洞施工提供了直观准确的地质状况。同时利用平导通过和治理不良地质段所采用的工

程措施和方案更为灵活有效。

参考文献:

- [1] 铁道第二勘察设计院. 新建铁路昆明至河口线玉溪至蒙自段通海隧道设计图[Z]. 成都:铁道第二勘察设计院, 2006.
- [2] 中铁二院工程集团有限责任公司. 通海隧道平导涌水处理紧急预案[Z]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司, 2007.
- [3] TB 10003—2005, 铁路隧道设计规范[S].
- [4] TB 10204—2002, 铁路隧道施工规范[S].

(上接第 52 页)

示主塔的动力加速度下降了 58%。这些因素表明在设计风速的作用下主塔顶部的最大偏差下降了 14%。

桥面安装减振器后,斜拉索的振动已经得到控制。根据斜拉索长度的不同,安装不同种类的减振器;对于较短的斜拉索(32")需安装 HDR 减振器,对于中长的斜拉索(40")需安装 IHD 减振器,更长(长于 40")的斜拉索需安装 IRD 减振器。IRD 减振器用于桥的建设中,在世界上仅为第二例,IRD 减振器的最小冲程为 80 mm,用于振动试验的 50 kN 的激励器显示减振器的对数减量在第一至第三模式中从 0.005 增长至 0.03~0.04。

崖门大桥桥梁高塔施工阶段抑振的 TMD(调谐质量阻尼器)措施,减振倍率最高达到 53.4%。确保大桥在 8 级风以下仍能安全施工。

4 全桥监控体系

白城大桥在桥梁施工中,除了采用常规的监控体系外,还安装了辅助的监控设备,例如光导纤维传感器、风力计、热电偶、加速计、倾角计、测压元件、应变仪、电荷耦合照相机,用于完善全桥的监控体系。应变偏差监控体系由 2 500 m 长的光纤元件组成,在世界上也是第一次尝试。该体系最终会被用于该桥的永久监控体系。

根据崖门大桥结构和施工方法的特点,大桥施工监控的工作内容主要包括:(1) 施工过程的仿真计算;(2) 施工过程的现场测量;(3) 施工过程的参数识别;(4) 施工过程的标高和索力调整。第(1)项工作的目

的是获取施工过程大桥的理论数据,第(2)项工作的目的是获取施工过程大桥的实测数据,在上述两项工作的基础上即可进行第(3)项工作,对大桥的有关参数进行识别。上述三项工作均是为第(4)项工作服务的,通过第(4)项工作即可对大桥的施工实施控制。

5 结论

本文从大桥的景观设计、下部基础和上部结构、抗风和斜拉索设计及桥梁监控系统等方面介绍了越南白城大桥和中国广东崖门大桥,两桥在设计和施工中都运用了各国先进的科学技术。2006 年建成的白城大桥,在主梁内巧妙地运用了钢三角斜撑加预应力这一创新技术,使主桥跨度达到 438 m,成为世界上跨度最大的单索面斜拉桥。在施工方面,白城大桥还在使用我国早已不用的气压沉箱法施工,在现在高科技条件下,气压沉箱法这一 50 年前运用于武汉长江大桥的古老施工方法是否能为今所用值得令人研究。

参考文献:

- [1] Tomoki Nakamura, Kazuteru Tsuchida, Hiroshi Ohno, Naoki Nagamoto. Bai Chay Bridge, Vietnam[J]. Structural Engineering International, 2007, 17(3): 210-213.
- [2] JTG D62—2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] JTJ 041—2000, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] 姚学昌, 李国伟, 刘慧敏. 崖门大桥施工概况[J]. 桥梁建设, 2003(1): 9-11.

作者: [叶樵](#)
作者单位: [中国铁路工程总公司玉蒙铁路工程指挥部, 云南, 通海, 652700](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2008 (7)
被引用次数: 4次

参考文献(4条)

1. [铁道第二勘察设计院](#) [新建铁路昆明至河口线玉溪至蒙自段通海隧道设计图](#) 2006
2. [中铁二院工程集团有限责任公司](#) [通海隧道平导涌水处理紧急预案](#) 2007
3. [TB 10003-2005. 铁路隧道设计规范](#)
4. [TB 10204-2002. 铁路隧道施工规范](#)

本文读者也读过(10条)

1. [弓俊伟](#), [付黎龙](#), [张灵波](#) [大瑶山1号隧道涌水段注浆施工方案研究](#)[期刊论文]-[铁道标准设计](#)2009 (2)
2. [张志龙](#) [HIS在矿井水文地质灾害中的应用探讨](#)[期刊论文]-[淮南职业技术学院学报](#)2003, 3 (4)
3. [张荷生](#), [尹政](#), [崔振卿](#), [ZHANG He-sheng](#), [YIN Zheng](#), [CUI Zhen-qing](#) [甘肃省张掖市甘州城区和外围地下水位上升的原因及其诱发地质灾害的防治对策](#)[期刊论文]-[地质通报](#)2008, 27 (3)
4. [游根华](#), [徐志军](#) [缙云县泥石流地质灾害的形成条件分析](#)[期刊论文]-[西部探矿工程](#)2009, 21 (z1)
5. [姜磊](#), [李泽琴](#), [刘东](#), [JIANG Lei](#), [LI Ze-qin](#), [LIU Dong](#) [四川省苍溪县地质灾害调查分析](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2010, 36 (8)
6. [商彦蕊](#), [SHANG Yan-rui](#) [河北省水文地质孕灾环境变化及其影响](#)[期刊论文]-[地质灾害与环境保护](#)2000, 11 (3)
7. [詹庆会](#), [孙福荣](#), [赵秀娟](#), [ZHAN Qing-hui](#), [SUN Fu-rong](#), [ZHAO Xiu-juan](#) [黑龙江塌岸地质灾害的气候水文因素](#)[期刊论文]-[黑龙江水专学报](#)2005, 32 (2)
8. [韩立鹤](#) [关角隧道施工涌水对居民饮用水源的影响分析](#)[会议论文]-2009
9. [邓雄业](#), [李应顺](#) [洋硐隧道左线出口端断层带涌水整治技术](#)[会议论文]-2003
10. [吴定德](#), [王圣堂](#) [泸州长江隧道裂隙涌水的超前静水注浆治理](#)[期刊论文]-[西部探矿工程](#)2006, 18 (7)

引证文献(4条)

1. [金强国](#), [刘成禹](#) [岩溶隧道递进式综合地质预报技术](#)[期刊论文]-[铁道勘察](#) 2010 (3)
2. [金强国](#) [龙厦铁路象山特长隧道注浆标准的制定](#)[期刊论文]-[隧道建设](#) 2010 (3)
3. [陈楠桦](#) [海事:全面推进“革命化、正规化、现代化”建设](#)[期刊论文]-[交通建设与管理\(上半月\)](#) 2014 (6)
4. [刘腊腊](#), [张洪威](#) [锦屏水电枢纽辅引3号施工支洞突涌水治理技术总结](#)[期刊论文]-[水利建设与管理](#) 2011 (1)

引用本文格式: [叶樵](#) [长大复杂地质隧道大涌水地质灾害分析与治理](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2008 (7)