

文章编号: 1006—2106(2009)11—0064—05

大别山隧道快速施工技术*及问题探讨^{*}

蒋 肃^{**}

(中铁隧道集团有限公司, 河南 洛阳 471009)

摘要: 研究目的: 合武客运专线大别山隧道全长 13 256 m 为全线控制工程之一。安全、快速建成大别山隧道是合武客运专线能否按期建成的关键。因此, 必须寻求一套有效的施工技术和施工方法, 达到隧道快速施工的目的。

研究结论: 通过合武客运专线大别山隧道快速施工实例, 介绍了大别山隧道快速施工的成功做法, 说明只要组织合理、抓住重点、严格管理, 采用钻爆法及普通机械配置, 同样可以达到隧道快速施工的目的。大别山隧道取得了平均日进 7.5 m 最高月进 240 m 的掘进成果, 可供类似工程参考。

关键词: 客运专线; 长大隧道; 快速施工; 问题探讨

中图分类号: U445 文献标识码: A

Discussion on the Rapid Construction Technology for Dabieshan Tunnel

JIANG Su

(China Railway Tunnel Group Co., Ltd., Luoyang Henan 471009, China)

Abstract: Research purposes: With a total length of 13 256 m, Dabieshan tunnel on Hefei—Wuhan Passenger Dedicated Line is one of the controlling works of the railway. Safe and rapid construction of Dabieshan tunnel is essential to completion of Hefei—Wuhan Passenger Dedicated Line on time. Therefore, the effective construction technologies and construction methods must be adopted so as to realize rapid construction of the tunnel.

Research conclusions: The successful construction method adopted for Dabieshan tunnel is presented in the paper. It shows the rapid tunnel construction can be achieved if the construction organization is reasonable, the critical issues are focused on, the strict management is implemented, and the drill and blast technology is used along with ordinary machinery. The average daily drilling ratio of Dabieshan Tunnel is 7.5 m, with the maximum monthly drilling ratio of 240 m.

Key words: passenger dedicated line; long tunnel; rapid construction; discussion

1 工程概况

大别山隧道为新建合武高速铁路客货共线特长铁路隧道, 是全线控制性工程, 位于湖北省境内, 全长 13 256 m 最大埋深超过 200 m。隧道设计为单洞双线大断面特长隧道, 设计时速 200 km/h 预留 250 km/h

及以上提速条件, 线路纵坡为 1 240 m 3.1‰ 上坡和 12 016 m -5.9‰ 下坡。通过地层主要为细粒、中粒黑云二长花岗岩。洞身断层、节理发育, 穿越十余条断层及节理密集带。II、II 级围岩占 93.04%; 最大涌水量为 500 m³/d。笔者负责施工的二号斜井及隧道出口标段, 正洞施工里程 DK 218+474~DK 225+682 全长

* 收稿日期: 2009-09-10

** 作者简介: 蒋肃, 1957 年出生, 男, 高级工程师。

7 208 m。二号斜井井身长 1 077 m 与正洞在 DK 221+450 处斜交。工期紧、标准高、快速施工组织难度大是本工程基本特点:

(1) 工期紧。业主要求工期仅为 27.5 个月,包括隧道开挖、支护、铺底、二次衬砌、沟槽及无砟轨道垫层等施工工序,施工速度必须要快,以确保全线按时通车。

(2) 标准高。线路设计要求预留 250 km/h 及以上条件,混凝土结构防水等级不小于 P8 二次衬砌混凝土具耐久性;仰拱全强度承载,并要承受高速带来的附加动载荷,隧底的刚度及均匀性要求高,能满足无砟轨道整体道床的铺设。一些常规施工技术不能满足要求。

(3) 隧道地质条件总体较好,II、III 级围岩占 90% 以上,具备快速施工的条件。

2 隧道施工

标段内隧道设出口和二号斜井两个作业工区,采用钻爆法施工,全部采用无轨运输方式。为实现快速施工目标,针对工程特点及队伍技术水平与装备条件,确定了依靠科技、合理组织、突出重点、快速有序、精细施工、安全优质的施工组织原则;对重、难点问题组织科研攻关,重大施工技术方案组织专题研究,确保施工方案的先进性、可行性和可靠性;施工组织上对各专业施工队伍、机械设备等资源进行最优组合,制定切实可行的施工组织设计,确保施工计划能顺利实施。

2.1 施工方案

隧道正洞开挖线配置多功能作业台架,实现同时使用不低于 32 台风钻作业,优化光爆设计、保证光爆效果;采用以射流风机为主的压入式长距离通风技术进行施工通风;装运线采用 1 台挖掘机配合 2 台侧卸式装载机装渣,自卸汽车出渣;初期支护采用简易台架紧跟开挖进行;仰拱和铺底混凝土采用组合钢模板分段浇注,自制仰拱栈桥保证仰拱施工与掌子面同步施工;二次衬砌配置 12 m 长全断面衬砌台车,斜井工区 1 台,出口工区 2 台,混凝土输送泵灌注。

为加快衬砌进度,隧道洞室配置专用衬砌台车先行衬砌;防水板铺挂采用轮式台架进行;衬砌台车后配备混凝土缺陷修补、拱背注浆台架。隧道底板待二次衬砌完成后再施工。

2.2 施工组织及任务划分

工程于 2005 年 6 月进场,为达到快速施工的目的,在施工组织上,两工区均配置综合作业队,各工序

尽量平行作业。根据设备配备与组织情况进行了任务划分:

(1) 斜井开挖至井底转入正洞后,先向出口方向开挖 50 m 作为第二作业面台架拼装场地,然后改向进口方向开挖,当有足够的施工场地时,增加一开挖作业队向出口开挖,尽快与出口开挖贯通。

(2) 出口工区进洞开挖约 500 m 达到正常施工水平后,增加一衬砌作业队,保证衬砌能紧跟开挖面。

(3) 隧道通风由专业通风队承担,负责全隧施工阶段的通风设计、通风组织及通风监控管理。

2.3 施工方法

本标段围岩涉及 II、III、IV、V 4 个级别,分别采用台阶开挖法和全断面开挖法。一次支护采用湿喷机进行湿喷混凝土,多功能作业台架及锚杆钻机施作锚杆孔,人工安装锚杆。

IV、V 级围岩段采用短台阶法施工。台阶长度 3~5 m 上台阶预留核心土。上、下台阶均采用手持风钻钻眼,光面爆破。每循环进尺 1.5~2.0 m。利用多功能台架施作锚杆、敷设钢筋网、钢支撑及喷射混凝土。

施工中坚持“弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的原则。严格控制超欠挖。工序变化处钢拱架设锁脚锚杆,以确保钢拱架基础稳定。钢拱架之间纵向连接钢筋及时施作到位并连接牢固。

II、III 级围岩段采用全断面法施工。根据钻爆设计,测量布眼,采用手持风钻钻孔,楔形掏槽,光面爆破。人工安装锚杆、锚固或注浆。采用湿喷机进行湿喷混凝土。开挖进尺 2~3.5 m。

全断面施工中严格执行先探后挖的原则。采用 TSP 地质雷达结合地质超前钻探进行超前地质预报。在开挖过程中,每循环还要坚持短距离的超前探孔,探孔深度大于循环进尺 1 m 以防止地质原因导致的隧道坍塌、突泥、涌水事件的发生。

2.4 主要施工技术

2.4.1 光面爆破技术

光爆效果是快速施工的一个关键环节。保证开挖轮廓线和超挖限值,得到好的光爆效果,必须优化光爆设计,严格按爆破设计进行施工。

大别山隧道使用全站仪、断面检测仪进行断面测量布点,力求布点准确;施钻作业人员定片定点,力求保证周边眼间距、炮眼深度一致;在每循环爆破后及时检查爆破效果,并根据爆破后石渣的块度、爆破振速等监测数据进行分析,及时修正爆破参数。取得了比较满意的爆破效果:炮眼利用率硬岩大于 85%,中硬岩

65%,平均线性超挖小于 10 m 开挖轮廓圆顺度良好。大别山隧道综合爆破参数见(表 1)。

表 1 综合爆破参数表

围岩级别	周边眼间距 E/ cm	周边眼抵抗线 W/ cm	相对距离 E/W	周边眼装药集中度 / (kg· m ⁻¹)
III	50	70	0.71	0.15
II	60	75	0.80	0.21

2.4.2 装渣运输

隧道装渣运输是影响施工速度的另一主要因素。台阶法施工段装运线采用下部集中装运的方式,上台阶采用人工或反铲翻渣至下台阶集中装运。为达到快

速装运的目的,使用了 1台反铲配合 2台装载机的作业方式,大大提高了装渣速度。使用 15~20 吨位自卸汽车运输。

2.4.3 二次衬砌

拱墙二次衬砌采用 12 m长衬砌模板台车一次灌注,分段进行。为简化工序,加快施工速度,对衬砌模板台车进行了改进:增加了底部边模,使隧道拱墙二次衬砌实现一次灌注完成,减少了施工缝、加快了衬砌速度。为方便止水带准确安装,还对衬砌台车一侧端头进行了处理,焊一圈定位钢板,使止水带安装更为快捷。二次衬砌施工流程如图 1所示。

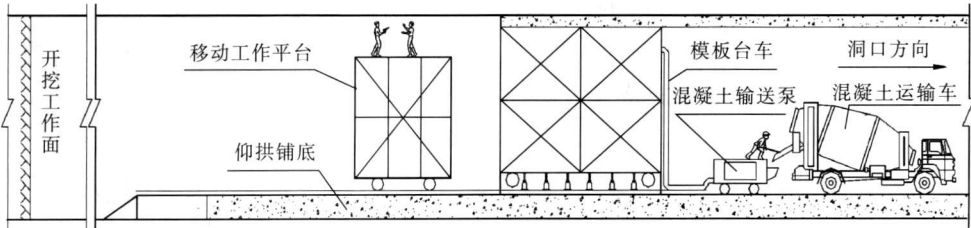


图 1 二次衬砌施工示意图

2.4.4 仰拱施工

仰拱施工紧随开挖面进行。由于客运专线技术要求,隧道的仰拱及填充环向必须一次灌注完成,不

得左、右幅施工。为保证仰拱质量要求,同时解决掌子面开挖运输作业需要,采用了仰拱栈桥(如图 2),有效解决了仰拱与开挖平行作业问题。

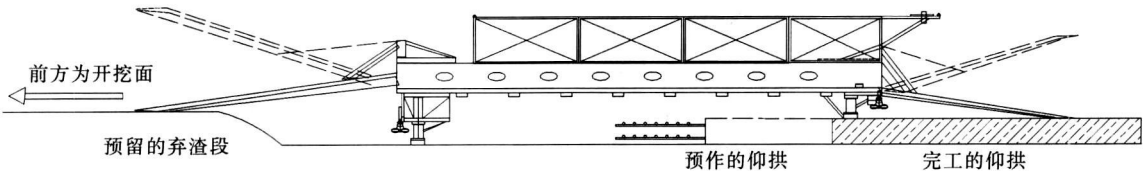


图 2 仰拱栈桥示意图

2.4.5 通风技术

通风效果间接制约着隧道的快速施工。隧道采用的内燃设备多、功率较大,尾气排放量很大,开挖产生的有害气体和粉尘也较多。经过比较,采用了压入式通风技术(图 3)。出口工区在隧道口布置 SDF(B)-NO11型和 DF(C)-NO12.5型轴流风机各 1台,两路风管向开挖工作面送风;二号斜井工区在开挖斜井井身时采用 1台 SDF(C)-NO12.5型轴流风机,一路风管向开挖工作面送风;进入正洞后采用 SDF(B)-NO11型和 SDF(C)-NO12.5型轴流风机各 2台,四路风管分别向进、出口方向开挖工作面送风。风管为 PVCφ1 500 mm、PVCφ1 000 mm拉链式软风管。

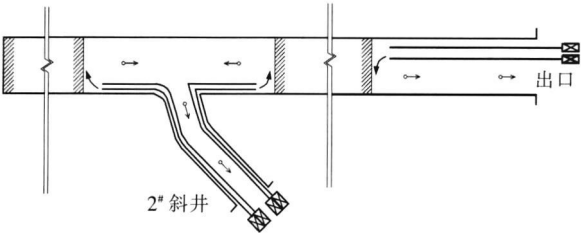


图 3 施工通风布置

开挖至井底,开挖历时 168 d完成井身开挖 1 077 m,平均日进尺为 6.4 m。转入隧道正洞后,2007年 2月 8日与出口于 DK222+570处贯通,2007年 6月 13日与进口于 DK218+474处贯通,开挖总历时 545 d完成隧道正洞开挖 4 096 m。平均日进尺为 7.5 m,最高单日进尺 9 m,最高月进尺 240 m。

出口工区 2005年 9月 6日进洞,2007年 2月 8日

3 施工进度及效果

斜井工区 2005年 7月 1日进洞,2005年 12月 15日

与斜井工区于 DK222+570 处贯通, 开挖历时 502 d 完成隧道正洞开挖 3 112 m。平均日进尺为 6 0 m, 最高单日进尺 8 5 m, 最高月进尺 230 m。

大别山隧道出口与斜井间的及时贯通, 为衬砌及底板的快速施工提供了条件, 为顺利实现总工期打下了基础。快速施工的成功, 不但确保了本标段掘进任

务的提前完成, 斜井工区施工段开挖至标段分界里程 DK 218+774 后又继续向前开挖了 300 m。

本工程自 2005 年 6 月进场, 2007 年 10 月完成主体工程, 达到了快速施工的目的。主要工序施工进度指标如表 2 所示。

表 2 主要项目施工进度指标统计

工区	主要施工项目	开始时间	完成时间	历时工天	完成数量 /m	平均进度 /(m·d ⁻¹)
斜井工区	斜井开挖支护	2005-07-01	2005-12-15	168	1 077	6.4
	正洞开挖支护	2005-12-16	2007-06-13	545	4 096	7.5
	正洞二次衬砌 3 号台车	2006-05-31	2007-07-29	425	2 824	6.6
	垫层施工	2007-07-25	2007-10-15	83	3 026	36.5
出口工区	正洞开挖支护	2005-09-06	2007-02-08	521	3 112	6.0
	正洞二次衬砌 1 号台车	2006-02-25	2007-08-26	548	4 596	8.4
	正洞二次衬砌 2 号台车	2006-06-16	2007-08-15	426		
	垫层施工	2007-05-16	2007-09-15	123	4 182	34.0

4 问题探讨

4.1 隧道开挖速度

提高打眼速度、保证光爆效果是实现快速施工的关键。大别山隧道所采用的开挖方法, 是目前国内隧道施工较为普遍的一种方法。从不同工点来看, 同一围岩级别, 单孔打眼速度基本相同, 打眼工序速度取决于能同时使用风钻的台数。其次, 开挖速度还取决于光爆效果。而这正是影响速度、影响快速掘进的关键。

本隧道配置 32 台风钻打眼, 1 台挖掘机配合 2 台装载机装渣的模式, 取得了在 II、III 级围岩地段, 循环进尺 3~3.5 m 时, 总循环时间基本上能控制在 8 h 其中测量、钻爆时间 6 h 出渣时间 2 h。我们也对使用多功能作业台架和使用凿岩台车凿岩进行过对比分析, 若配置三臂凿岩台车每一作业面需要 2 台, 若循环进尺 4.2 m 总循环时间仍需 8 h 左右。而凿岩台车受易耗件及零配件的影响, 往往一停就是好几天, 对隧道快速掘进稳定性影响很大。

通过本隧道的开挖进度可以看出, 只要组织得当, 采用多功能作业台车钻孔, 同样可以实现快速掘进。

关于光面爆破效果。目前, 隧道光面爆破技术已普遍使用, 但真正做好的并不多。一是对周边眼的角度、方向、间距的控制不是很稳定, 形不成很好的光爆面; 二是对爆破效果没有很好地进行分析, 不能及时很好地修正爆破参数, 达不到理想的光爆效果。

4.2 隧道拱墙二次衬砌

隧道拱墙衬砌一次成型。隧道拱墙二次衬砌以往普遍都是采用先做边墙基础的施工方法。大别山隧道

通过改进衬砌模板台车, 使隧道拱墙二次衬砌一次成型的方法, 不但能加快隧道的施工速度, 对二次衬砌的质量也有很大的提高, 减少了人为的施工缝, 就减少了隧道渗、漏水的可能性。

4.3 隧道通风

专业通风的队伍是保持良好通风效果的关键。大别山隧道所配置的通风设备, 隧道掘进到约 1 500 m 时, 一台风机一路风管已不能满足通风的需要。表现为开挖装渣时间明显增加, 隧道内可视距离大大缩短, 对隧道内所有施工工序都有不同程度的影响。后及时调整为两台风机两路风管, 通风效果才得到改善。

4.4 关于隧道施工中出现的雾气

注意消除雾气。在大别山隧道施工中, 当隧道出口与斜井开挖贯通后, 一段时间出现了隧道大量雾气笼罩的现象, 特别是原两个开挖面的中段约 3 000 m 洞内的能见度最严重时不足 2 m 严重降低了后续各工序的施工效率。

为了减少雾气对后续工序的影响, 特别是长隧道, 开挖贯通后应设置风门, 必要时仍要使用通风系统。

5 结论

随着铁路客运专线的建设, 铁路长大隧道的修建是必然的。怎样安全、快速建成长大隧道往往是实现全线总工期的关键。针对客运专线隧道开挖断面大、质量要求高、施工工艺复杂的特点, 要做到快速施工, 必须做好以下几项工作:

(1) 必须根据围岩级别、岩性、地下水情况等选定恰当的隧道施工方法。

(2)要根据选定的施工方法配置适当的施工机具、设备和足够的施工作业人员。

(3)要制定切实可行的安全、质量、进度控制实施细则,能对隧道施工全过程进行有效的控制和管理。大别山隧道在总结以往山岭长隧道施工经验的基础上,认真组织,狠抓配套细节,取得了较为满意的施工速度,并形成了较为成熟的施工技术。说明铁路长大隧道的快速施工是完全可以实现的。

(上接第 49页)

处将会产生轻微岩爆;出口端:K 100+050~K 99+600段将产生轻微岩爆。后续的施工同样证实了上述预测的准确性。

3 结论

通过对苍岭隧道两阶段岩爆预测分析,得出了以下几点有益结论,将为后续施工期间的岩爆预测提供借鉴:

(1)在实际断面型式及开挖方式条件下,总体预测的轻微岩爆区长度较之施工前设计阶段减少较多,中等岩爆区则基本相当,且岩爆基本发生在边墙部位。

(2)卢森判据的结论更加适合本隧道岩爆的预测,建议在岩爆预测中以其为主要判别依据,同时辅以及其他方法。

(3)将实测地应力值与理论分析值比较可知,在各相同的应力区段内,二者较为接近,说明前期研究中获取的本隧道区内构造应力场较为准确的。

(4)采用两种较为实用的现场测试方法,并结合地质类比及岩爆总体预测结果,准确预测了掌子面前方一定范围内岩爆发生状况,两阶段岩爆预测方法的可行性得到较好的验证,为岩爆预测提供了切实可行的方法。

参考文献:

- [1] TZ 214—2005 客运专线铁路隧道工程施工技术指南[S].
- [2] 铁建设[2005] 160号,客运专线铁路隧道工程施工质量验收暂行标准[S].
- [3] 铁建设[2005] 160号,铁路混凝土工程施工质量验收补充标准[S].

参考文献:

- [1] 徐林生,王兰生,等.二郎山公路隧道岩爆特征预测研究[J].地质灾害与环境保护,1999(2): 55—59.
- [2] 吴德兴,杨健.苍岭特长公路隧道岩爆预测和工程对策[J].岩石力学与工程学报,2005(21): 3965—3971.
- [3] 樊建平.山西省寺铺尖隧道岩爆问题初探[J].河北地质学院学报,1996(2): 154—156.
- [4] 陶振宇,潘别桐.岩石力学原理与方法[J].武汉:中国地质大学出版社,1991.
- [5] 吕庆,孙红月,尚岳全,等.深埋特长公路隧道岩爆预测综合研究[J].岩石力学与工程学报,2005(16): 2982—2988.
- [6] 潘昌实.隧道力学数值方法[M].北京:中国铁道出版社,1995.
- [7] 曾艳华,王明年,等.计算机在地下工程中的应用[M].成都:西南交通大学出版社,2004.
- [8] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1994.
- [9] 李焯芬,王可钧.高水平地应力对岩石工程的影响[J].岩石力学与工程学报,1996(1): 26—31.
- [10] 吴家龙.弹性力学[M].上海:同济大学出版社,1990.
- [11] SL 264—2001 水利水电工程岩石试验规程[S].