

龙潭特长隧道施工方案设计

石宗峰

(中铁十四局集团第二工程有限公司, 山东 泰安 271000)

摘 要: 正在建设的沪-蓉西高速公路龙潭隧道为我国第二特长公路隧道, 其地质条件复杂, 存在偏压、岩溶、断层、高地应力等不良地质问题。简要介绍了 09 标段施工过程中需要采用的各种关键技术, 针对施工中可能出现的问题, 提出了一些措施, 以确保工期和质量。

关 键 词: 隧道工程; 高速公路; 不良地质条件; 施工方案

中图分类号: U 455

文献标识码: A

Design of construction scheme for Longtan special long tunnel

SHI Zong-feng

(The No.2 Construction Ltd. of China Railway 14 Groups, Tai'an 271000, China)

Abstract: The Longtan tunnel which is being constructed is the second longest expressway tunnel in China by now. The stratum of the tunnel is complicated. And there are bad geological conditions such as partial press, karst, fault, high in-situ stresses and so on. In the paper, some key technologies are simply introduced; and some measures are presented to solve the possible problems during the progress of construction of the ninth bid. These measures can ensure the quality and the time limit for the project.

Key words: tunneling engineering; expressway; bad geological conditions; construction scheme

1 工程概况

1.1 地理位置

龙潭特长公路隧道位于沪-蓉国道主干线湖北宜昌至恩施公路白氏坪至榔坪段, 隧道全长 8.695 km, 为上下行分离的双洞四车道隧道, 隧道中线线间距为 50 m, 为全线控制性工程。09 标段主要工程是隧道出口段(左线长 4 351 m, 右线长 4 355 m), 位于长阳土家族自治县贺家坪镇堡镇村与榔坪镇长丰村之间, 属华北地震区的华北平原地震带和华南地震区的长江中游地震带的接壤地区, 隧道平面示意图如图 1 所示。

1.2 地层岩性

本区地层一般为第四系覆盖层或基岩裸露。第四系覆盖层为残坡积 (Q^{el+dl}) 层, 主要分布于山体表层; 冲洪积 (Q^{al+pl}) 层, 主要分布于隧道区沟谷内。区内出露的地层主要有中厚层状瘤状灰岩与页岩互层; 奥陶系下统分乡组 (O_1f) 厚层状生物屑灰

岩与页岩互层和南津关组 (O_{1n}) 灰岩、白云岩。

1.3 地质构造

龙潭隧道位长阳背斜北翼, 构造线近东西走向, 单斜地层, 在茶店子以东岩层倾向为 $14^\circ \sim 28^\circ$, 以西为 $347^\circ \sim 5^\circ$, 倾角为 $35^\circ \sim 55^\circ$ 。隧道线路大致与地层走向平行, 局部斜交但夹角小于 20° , 发育有两条规模不大的次级断层 F_1, F_2 , 其中: F_1 断层发育于蒋家墓附近, 走向约 315° , 据为推测右行平移断层, 水平错动距离约 15 m。在 Zk71+570 (Yk71+643) 附近地表与路线相交, 地表可见明显的地层错动证据, 其东盘地层为五峰组 (O_{3w}) 炭质页岩夹硅质岩, 产状 $2^\circ \angle 35^\circ$, 西盘地层为临乡组 (O_{3l}) 瘤状灰岩, 产状 $322^\circ \angle 44^\circ$, 该断层规模不大, 无活动迹象, 物探成果显示其对洞身影响范围较小。

F_2 断层见于核桃树屋场以东, 在地表与路线交于 Zk72+750 (Yk72+800), 断层产状 $80^\circ \angle 80^\circ$, 为推测右行平移断层, 水平错动距离约 200 m, 断层两侧地层时代明显不同, 物探成果异常明显, 该断

层对洞身影响范围较大。

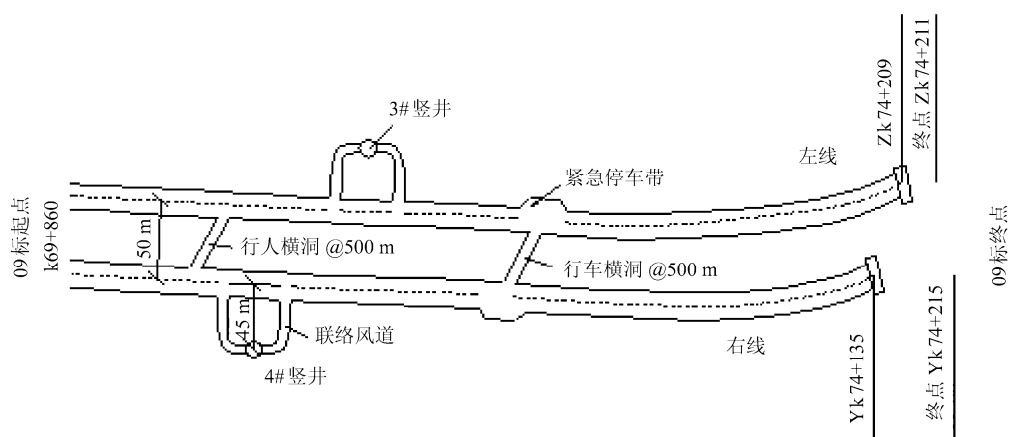


图 1 龙潭隧道平面示意图

Fig.1 Longtan tunnel plan

1.4 水文地质

隧道区内地下水按其赋存条中可分为孔隙水、基岩裂隙水和岩溶水。

隧道 k70 附近至出口段位于灰岩分布区段，该段的有冲沟茶店子、蒋家墓、芦子坪 3 条主要冲沟流向西南径流，流经灰岩分布地段后，水量逐渐减小消失。分析认为，地表水一部分渗入洪积砂砾石层中成为伏流，另一部分经岩溶裂隙、管网渗入地下。由该区的地形地势、灰岩地层产状等综合分析认为：岩溶水或裂隙水应顺层向西侧侵蚀基准面低凹处排泄，但受地层可溶性差异、构造等因素影响，使地下水的径流更加复杂。

1.5 气象与地震

隧道区属亚热带大陆性夏热潮湿气候区。年平均气温在 15℃ 左右，极端最高气温可达 40℃ 以上，极端最低气温为 -16℃ ~ -14℃；年平均降雨量为 1338~1500 mm。降雨量多集中在 7、8 月，约占全年降雨量的 50%，日降雨量可达 100~300 mm，是湖北省暴雨比较集中的地区之一。隧道抗震设计按 7 度设防。

2 施工技术难点

(1) 出口段偏压。龙潭隧道在本标段自东向西穿越茶店子、蒋家墓、芦子坪山体，海拔高程在 1200 m 左右，山体沟脊相间，最高山脊处洞身埋深约 500 m，最低沟谷处洞身埋深为 80 m，山脊多呈倒 V 字型，山岭间距小，山体总体地势险峻，坡陡谷深，沟内冲蚀发育，沟较为宽缓；隧道出口段顺青岩沟南坡坡脚与龙潭沟交汇处，高程降至 838 m，右洞出口贴沟底溪流南侧，左洞出口居南侧坡梢上，青

岩沟为深切 V 型窄谷，长 1.5 km，底宽 20~40 m，两侧坡角为 50°。两洞出口呈明显的地形偏压。根据洞口段开挖的情况，下层为极破碎炭质页岩，节理裂隙十分发育，地表覆盖层较薄，呈明显的构造偏压。只有科学合理的处理好此段的偏压问题，才能保证工程下一步的顺利施工。

(2) 岩溶。该标段隧道属岩溶发达地段，溶洞、溶管不规律，有些含水、含泥，是主要安全隐患，易突砂、突泥；正确判断其位置、形态，是工程能否优质、安全、按期完成工程的关键；岩溶呈蜂窝状发育，水系可能与洞内相接，隧道防、排水的设计和施工应作相应考虑。

(3) 断层。F2 断层对隧道稳定性影响较大，因此需要通过超前预报，准确确定断层位置，积极采取合理防范措施，避免开挖后产生塌方或大变形，保证顺利通过此项难关。

(4) 高地应力。隧道区构造应力场最大水平主应力值在 6.67~15.27 MPa 之间，最小主应力值在 4.87~10.17 MPa 之间，属中等偏高应力场区。岩爆等级为二级。

(5) 通风。本隧道海拔较高，埋深较大，独头施工距离长，施工工作面受限，单口要求成洞约 180 m/月，因此隧道通风和无轨运输需作强有力的保证。

(6) 隧道结构防水。从环境保护出发，本标段地表有失水可能，地下水压可高达 5.0 MPa，混凝土衬砌宜以排为主、限排为辅；施工中要依据施工观测确定进行降压处理，主堵限排，隧洞周边径向注浆减小渗透压。

(7) 交通及临建设施。隧址处于高山峻岭，既

有道路只有 318 国道通过,道路陡峻狭窄,车流密度大,加之本地自然资源匮乏,主材全需远距离外运输,一定程度地加大了施工难度,确保材料供应以保施工进度在本工程中尤显重要。隧道出口在双沟交汇处,填土高度较高,场地狭窄,临时设施较难布置。

3 施工方案设计

针对龙潭隧道工程独头独进长,通风难度大,竖井深,横洞较多,地质条件复杂,工期紧的现状,加之当地交通现状较差,地形陡峭,场地狭窄,施工难度相对较大的特点,确定采用以下方案进行施工^[1~9]。

3.1 超前地质预报

采用 TSP203 plus、地质雷达、红外线探水仪和超前探孔相结合的综合超前地质预报技术,及时了解掌子面前方的地质情况,根据预报的前方地质变化情况及时采取有效措施确保施工安全和工期按时完成。

3.2 开挖施工方法

本工程分为竖井和出口 2 个工区,4 个工作面。竖井工作面不担负主洞施工,每个工作面分按开挖支护、衬砌、隧底基、面层、装修装饰等主要施工工序进行。

本标段隧道采用“新奥法”施工,Ⅲ~Ⅴ类围岩地段采用光面爆破,Ⅱ类围岩地段采用预裂爆破。开挖完成后及时支护,加强施工量测。隧道开挖方式采取两种方式:Ⅳ,Ⅴ类围岩段采用全断面开挖;Ⅱ,Ⅲ类围岩地段采用短台阶式开挖,人工凿眼,侧翻装载机、自卸车进行无轨出渣;软弱围岩、断层破碎带及涌水地段,进行超前支护及注浆加固止水,再开挖施工,台阶法施工中依据围岩类别性质控制台阶长度;仰拱、衬砌及时跟进。Ⅲ类以上围岩地段采用风枪配合自制多功能凿岩台架和凿岩台车钻孔,全断面开挖,挖掘机、自卸车进行无轨出渣,光面、预裂控制爆破;主洞采用全断面液压模板台车进行砼衬砌,横洞、紧急停车带部分采取拱架、组合钢、木模板衬砌。

3.3 初期支护

初期支护能迅速控制或限制围岩松弛变形,充分发挥围岩自身承载能力,是“新奥法”施工的重要环节。在地质条件较差的地段,需在爆破后及时进行初期支护。初期支护包括架立格栅拱架、锚杆施工、喷射混凝土等。

3.4 施做仰拱

在地质条件较差的地段,为防止隧道变形,避免围岩失稳,须在 2 次衬砌以前施做仰拱。拱部,边墙初期支护形成后尽早铺设仰拱,以尽快形成封闭的受力环,为下一步 2 次衬砌提供条件。

3.5 通风

针对本隧道的交通量及特征、自然地理及、工程条件、经济和技术等条件,综合比选采用设斜井、竖井纵向式通风。通风设计按双洞单向行车考虑,左、右线洞内设射流风机升压产生纵向气流,竖井、斜井设射流风机向隧道内送风,并通过斜井、竖井排风。

3.6 衬砌

主洞采用全断面液压模板台车进行砼衬砌,横洞、紧急停车带部分采取拱架、组合钢、木模板衬砌。Ⅱ类围岩地段,当衬砌与下断面相距 30 m 时,依据衬砌紧跟原则及时施作永久衬砌。Ⅲ类围岩地段,施工方法采用台阶法光面爆破开挖、先拱后墙支护,整体衬砌施工。Ⅳ,Ⅴ类围岩地段,施工方法采用先墙后拱整体衬砌施工。

3.7 辅助施工设计

龙潭隧道跨度大,净空高,地质条件复杂,地形陡峭,岩溶发育,地质构造应力显著,施工难度很大,为保证施工安全、顺利,确保工期,必须采用强有力的辅助施工措施与初期支护密切配合才能保证施工的顺利进行。隧道采用的辅助施工措施主要有:超前长管棚、超前小导管、超前锚杆和加固注浆等。

超前长管棚:设于右洞出口,均采用 18 m 长管棚,管棚钢管均采用 $\phi 108\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ 热轧无缝钢管,环向间距 40 cm,接头用长 15 cm 的丝扣直接对口连接。钢管设置于衬砌拱部,管心与衬砌设计外轮廓线间距大于 50 cm,平行路面中线布置。

超前小导管:超前小导管设置在隧道出口段无长管棚支护的Ⅱ,Ⅲ类围岩地段以及洞身段的Ⅱ类围岩地段。采用外径为 42 mm,壁厚 3.5 mm,长 450 cm 的热轧无缝钢管,在钢管距尾端 0.3 m 范围内钻 $\phi 8\text{ mm}$ 压浆孔。钢管环向间距为 40 cm,外插角控制在 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。

超前锚杆;一般设置在隧道围岩中的Ⅲ类围岩破碎地段。锚杆采用 $\phi 22\text{ mm}$,长 3.5 m 的锚杆,锚杆环向间距 40 cm,外倾角为 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$,施工时据岩体节理面产状确定锚杆的最佳方向。

加固注浆:主要是指周边加固注浆,主要用在Ⅱ~Ⅲ围岩地段,以通过注浆提高围岩自身承载能

力,提高岩体对结构的弹性抗力,改善结构受力条件^{3,2}。注浆采用单液注浆,即以水泥为主,添加 5 % 的水玻璃。

4 特殊地质条件下施工方案

由于本隧道地质条件复杂,施工中极可能出现围岩失稳、涌水、涌泥、岩爆等地质灾害,根据特殊的地质灾害,可采取相应的应急措施以保证施工安全。

(1) 偏压处理方案

隧道右线出口段存在偏压问题,该段施工中加强了监控量测,加密监测断面和监测频率,及时发现了围岩变形突然增大,并采取了洞口右侧反压回填土、洞内左侧拱腰位置打设 $\phi 42$ mm 小导管注浆、洞内左侧拱脚位置以及地表打设 3 排长 6 m 的 YL25-2 型预应力锚杆等措施,随后围岩变形逐渐减小,直至稳定,保证了施工安全。

(2) 岩溶发育、地下水丰富地段处理方案

对于岩溶发育、地下水丰富地段,采用“以堵为主,限量排放”的原则实施各项工程措施。根据超前地质预报和开挖后岩层和地下水的情况,采取不同措施,主要有两种方案。方案 1:当隧道开挖或超前地质预报没有发现明显的溶洞管道,而开挖面又出现较大的涌水量时(单点出水量在 50 L/min 以上)采用帷幕注浆堵水;方案 2:当地质预报发现有比较准确的溶洞位置时,或开挖后出现空溶洞时,在对隧道工程有影响的范围内,要进行填充注浆。

(3) 断层破碎带施工方案

隧道区 F2 断层对洞身影响范围较大。在 Zk72 + 750 (Yk72 + 800) 附近施工时,应进行超前支护及注浆加固止水,再开挖施工,确保施工安全。

(4) 高地应力段施工方案

隧道中部高地应力区成洞条件差,在页岩地区开挖有可能发生大变形,在灰岩地区开挖过程中可能产生岩爆或洞壁剥离掉块现象,应采取相应的有

效措施改善围岩应力状况,如爆破后及时对开挖面和掌子面喷高压水清洗,超前锚杆预注高压水洗孔,掌子面上半断面喷射混凝土及时封闭等等。

5 结 语

龙潭隧道为目前我国第二特长公路隧道,其穿越 1 370 m 岩溶地质、123 m 高地应力段、1 920 m 岩溶水裂隙水发育区,地质条件十分复杂,堪称隧道地质博物馆。在施工过程中,需要对各种地质问题和科技问题不断地进行研究、总结和突破,以保证工程按质按期完成,并推进我国公路隧道修建技术的发展。

参 考 文 献

- [1] 殷立军,李耐震. 乌鞘岭特长隧道施工方案设计[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(增 1): 2 474 - 2 477.
- [2] JTJ042 - 94, 公路隧道施工技术规范[S].
- [3] JTJ063 - 85, 公路隧道勘测规程[S].
- [4] 王梦恕. 大瑶山隧道[M]. 广州:广东科技出版社, 1994.
- [5] 朱维申,何满潮. 复杂条件下围岩稳定与岩体动态施工力学[M]. 济南:山东科学出版社, 1995.
- [6] 韩忠存. 隧道及地下工程结构防排水技术的发展和运用[J]. 现代隧道技术, 2001, 38(4): 6 - 8.
- [7] 李治国. 隧道岩溶处理技术[J]. 现代隧道, 2002, 39(增): 314 - 320.
- [8] 姜云,王兰生. 深埋长大公路隧道高地应力岩爆和岩溶涌突水问题及对策[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(9): 1 319 - 1 323.
- [9] 张顶立,王梦恕,高军,等. 复杂围岩条件下大跨隧道修建技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(2): 290 - 296.