

不良地质条件下大型隧道安全施工措施研究

任 俊，李 闯，郑道明

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:达州市杨柳垭大型隧道穿越地层为砂岩、泥岩,围岩以Ⅴ类、Ⅳ类为主,采用“新奥法”原理,按照“短进尺、弱爆破、勤量测、早支护、衬砌跟进”的原则组织施工。通过对开挖方法、仰拱施工、机械设备配套技术及管理技术等方面实施综合攻关,实现了大型软岩隧道安全无事故条件下快速施工的目标。

关键词:市政工程;软岩隧道;洞脸;安全通道;快速施工

中图分类号:U45;U414;U419 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)04-0040-03

Study on Safety Construction Measures of Large Tunnel under Unfavorable Geological Conditions
REN Jun, LI Chuang, ZHENG Daoming
(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: The Yangliuya large-scale tunnel in Dazhou City passes through sandstone and mudstone strata where the surrounding rock is mainly classified V and IV. Based on the principle of “NATM”, construction is undertaken according to the rules of “short excavation length, weak blasting, frequent measurement, timely supporting, and lining follow-up”. By comprehensively solving problems in excavation method, inverted arch construction, integral technology of mechanical equipment and management technology, the goal of rapid construction of large soft rock tunnel is achieved under safe and accident-free conditions.

Key words: municipal engineering; soft rock tunnel; tunnel entrance; safe passage; rapid construction

1 概 述

杨柳垭隧道位于达州经济开发区和达川区境内,隧道起点位于国道 210 线旁禾林汽车城,与南北 1 号干道及已通车的中青路平交,进口毗邻“好一新五金机电市场”“强升药业”及“水上乐园”。隧道出口位于南外镇火烽山村,洞顶为村民聚居区,其所居住的房屋结构形式简易,大多为单层砖墙,抗震强度低。隧道为分离式隧道,隧道左洞长 710 m,右洞长 690 m。进口为削竹式洞口,出口端为端墙式洞门,隧道净宽 14.45 m,净高 9.81 m,隧道开挖断面面积为 164.06 m²,隧道衬砌成型后面积为 113.203 m²。

杨柳垭隧道开挖穿越的地层主要为砂岩、泥岩,围岩较差,以Ⅴ类及Ⅳ类围岩为主,岩层为单向倾斜,隧道区域内的岩体为块石碎石、层状结构~块状结构,局部巨块状整体结构。出露的地层:人工填土层(Q₄^{ml})、第四系全新统崩坡积层(Q₄^{c+dl})、侏罗系中统沙溪庙组(J2s)等。洞内地

下水较富集,单洞涌水量达 470 m³/d,反坡开挖时排水难度较大。隧道开挖期的安全成为施工中的重点和难点。

2 隧道开挖期的安全措施

2.1 洞口的安全施工

(1)超前管棚支护。洞口处于砂岩与泥质砂岩分界面范围内,岩体较为破碎,开挖后易发生坍塌。施工中采用超前管棚支护以提高围岩的稳定性及承载力。边坡开挖后,应及时清除表面松动的危岩块体并施做锚杆框格梁进行防护。

(2)洞口周边排水。洞口边坡削坡前,应在洞口顶部与左、右边坡设置截水沟,用以截流洞口上方的雨水,避免雨水对洞口边坡的冲刷造成坍塌。

(3)洞口周边安全。施工中考虑到洞口附近的居民区与施工营地的安全,在隧道洞口段爆破时采用隔段雷管、控制一次起爆炮孔或药量的方法,将爆破质点震动速度控制在 2 cm/s 内,以减少爆破对岩体的扰动,确保周边居民与建筑物的安全。

2.2 隧道特殊地质条件洞段施工采取的安全措施

收稿日期:2019-06-10

(1)施工原则。在隧道破碎带施工时,采取了管棚、小导管与灌浆联合的方式进行预支护。施工过程中,采用“多台阶、短进尺、弱爆破、快封闭、勤量测、强支护”的施工原则以保证施工期的安全^[1]。

(2)初期支护。隧道为Ⅳ、Ⅴ类围岩时其支护应紧跟开挖面,在出渣完成后及时进行支护作业,支护方法为先喷5 cm厚的混凝土,然后施工锚杆、挂钢筋网、架立钢拱架、钢拱架之间采用钢筋联接,上述工序完成后补喷混凝土至设计厚度^[2]。

(3)隧道下部的开挖要求。在软岩及断层破碎带段仰拱施工中,其下半断面开挖时会造成上半断面拱架悬空,容易造成上部支护结构失稳。为确保安全,隧道下部采用半边开挖并对拱脚处的钢拱架增设锁脚锚杆。开挖时,尽量减少对围岩的扰动,采用弱爆破或机械开挖相结合的开挖方法。

(4)隧道下穿民房段的安全施工。在隧道爆破开挖过程中,对周边居民有较大影响。施工过程中采取了以下措施:①施工前,邀请地方政府、业主、监理和项目部分共同对隧道影响带沿线民房现状进行查看、照像及评估;②根据民房的实际状况,隧道采用短进尺、弱爆破、控制爆破振动波速的措施满足建筑物要求;③隧道穿过民房时的爆破作业均安排在上午与下午时段进行,晚上和深夜不进行爆破作业^[3]。

(5)断层破碎带施工时设置应急救生管道。在隧道爆破开挖过程中,为预防可能出现的齐头突发性塌方对施工人员的隔断与伤害,施工时在距掌子面4 m处的边墙脚设置了一根长25~30 m的钢管,管径为80 cm并进行了适当的固定,当出现塌方险情时做为施工人员的逃生通道。

3 隧道安全施工采取的技术处理措施

3.1 隧道洞脸部位的施工

洞脸边坡围岩破碎,裂隙发育,施工从坡顶开始自上而下采用机械分层开挖,随挖随支护,在边坡开挖至进洞桩号前,鉴于分段开挖形成的临时仰坡裸露的时间一般不长,故暂不考虑临时支护,施工时根据实际开挖后的地质情况适当调整放坡坡度,以保证临时仰坡的安全。

3.2 洞口超前大管棚施工

由于隧道进口与出口段的围岩为Ⅴ类,开挖后围岩自稳能力极差,为防止隧道进出口施工过

程中出现坍塌,施工中采用 $\phi 108$ 钢管作管棚支护并配合I18工字钢作拱架的进洞方案,大管棚尾部采用小管棚衔接,管棚的技术参数为:

(1)管棚的直径与长度:超前大管棚采用 $\phi 108$ 无缝钢管,单根钢管的长度为10 m。

(2)钢管的连接方式:钢管之间的接头采用丝扣链接,丝扣螺纹段的长度应大于15 cm,相邻钢管接头应错开1 m以上,隧道纵向同一截面内的接头数不大于50%。

(3)在管棚钢管上钻注浆孔:在钢管上钻孔径为10~16 mm的注浆孔,孔与孔的间距为25 cm,呈梅花型布置。管棚尾部1.5 m不钻孔,作为止浆段。

(4)施工要求:管棚施工时其环向间距为40 cm,管棚与隧道中线平行,其仰角为 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ (不含路线纵坡度),施工中根据实际情况进行调整,采用YYG150液压凿岩机钻孔。

(5)注浆材料:水灰比为1:1。向管棚内注浆时先里后外,全管采用一次性注浆,注浆的初始压力为0.8~1 MPa,终始压力为1.5~2 MPa。为避免注浆时发生串孔,原则上钻成一孔、注浆一孔。

3.3 隧道施工采取的安全技术处理措施

分离式隧道按新奥法原理组织施工,采用分台阶开挖、光面爆破技术、钢拱架与喷锚支护、量测技术、仰拱超前施工、边顶拱跟进衬砌的施工流程,形成掘进、喷锚、衬砌三条作业线有序施工。

3.3.1 爆破参数的选择

爆破参数的确定采取理论计算、工程类比与现场试爆相结合,以保证爆破振动速度在符合安全规定的前提下提高隧道开挖成型质量和施工进度^[4]。

(1)炮孔设计参数。所设计的炮孔深度受爆破震动强度、施工进度与安全要求控制,结合钢拱架的安装间距(Ⅳ类围岩使用I18型钢拱架,榀与榀的间距为1 m,Ⅴ类围岩采用I20型钢拱架,榀与榀的间距为0.6~0.7 m),炮孔设计参数见表1。

(2)爆破器材。炸药选用2#乳化炸药,药卷直径为32 mm,单根药卷长20 cm。雷管选用非电毫秒雷管,起爆雷管采用电雷管^[5]。

(3)爆破网路。由于施工中雷管段数较多,为提高雷管延迟时间的精度,采用孔内控制的

微差爆破。起爆顺序为由内向外、逐层起爆，同层炮孔必须同时起爆，以确保同层炮孔的共同作用与效果。

3.3.2 开挖施工工艺

鉴于杨柳垭隧道长度较短，最终决定采用从出口端单头掘进的方式并严格遵循新奥法施工原理，在隧道开挖施工中坚持按“短进尺、弱爆破、勤量测、早支护、衬砌跟进”的施工原则施工。由于隧道地质条件较差，施工中应控制好各道工序，根据现场围岩变化情况及时修改爆破进尺、爆破参数与支护方式。

表 1 杨柳垭隧道炮孔设计参数表

围岩等级	炮孔形式	炮孔深度 /m	W 抵抗线 /m	周边孔间距 /cm	备 注
Ⅳ 类围岩	楔型掏槽孔	1.5	0.4		掏槽孔比其它炮孔加深 0.2 m
	辅助掏槽孔	1.5	0.4		
	崩落孔	1.3	0.8		
	周边孔（光爆孔）	1.3	0.6	0.4	
	底板孔	1.3		0.4	
Ⅴ 类围岩	楔型掏槽孔	1	0.4		掏槽孔比其它炮孔加深 0.2 m
	辅助掏槽孔	1	0.4		
	崩落孔	0.8	0.9		
	周边孔（光爆孔）	0.8	0.6	0.45	
	底板孔	0.8		0.5	

(1)孔位放线。钻孔前使用全站仪进行测量并放出孔位，用红油漆准确标出炮孔位置，每个炮孔的误差不得超过 5 cm。在隧道每次测量放线的同时，使用收敛仪对上一次爆破的断面进行变形检查，利用检查结果对爆破和支护参数进行修正。

(2)钻孔要求。由于隧道围岩较差，施工时采用分层开挖的方式，钻孔采用 YT-28 风钻进行。钻工施工前应熟悉炮孔布置图，对于精度高的掏槽孔与周边孔须将其开孔误差控制在 3 cm 以内，并由经验丰富的钻工钻孔，确保各炮孔孔底在同一铅垂面上。

(3)孔位检查与清孔。钻孔完成后，及时对炮孔进行检查，做好炮孔检查实际情况的记录，如炮孔偏差较大时，应调整装药量或重新钻孔并采用

高压风吹出孔内的余水和石粉。

(4)装 药。炮孔经检查合格后装药，装药方式为分区分组，装药顺序应自上而下进行，每孔的装药量严格按设计图确定的药量进行。起爆体装入孔内前，应对雷管进行检查与核实，装药作业采取定人、定位、定雷管段别的方式进行。

(5)堵塞炮孔。每孔装药完成后，立即进行堵塞，堵塞炮孔用的黄泥条采用黄泥和沙混合而成，泥条要放在棚内阴干部分水分。堵塞长度 20 cm，在孔口处再堵塞 20 cm 长，堵塞一定要密实。

(6)网路的联接和起爆。网路按照爆破的要求联接好后应由专人进行检查，待检查无问题后联接起爆雷管和起爆器进行起爆。

(7)防尘措施。隧道钻孔作业时，除进行湿式打孔外，现场施工人员均应佩戴防尘口罩并加强隧道内的通风，同时采用“W”型水幕降尘器喷雾水降尘，确保作业面的粉尘含量达到国家标准。

4 结 语

达州市杨柳垭大型隧道穿越的地层为砂岩、泥岩，围岩以Ⅴ、Ⅳ类为主，洞内地下水较富集。施工过程中采用大管棚超前支护加固地层，小管棚与钢拱架配合系统锚杆、喷混凝土联合支护，有效解决了不良地质段的施工难题，施工中坚持按“短进尺、弱爆破、勤量测、早支护、衬砌跟进”的施工原则进行。施工过程中严控各道工序，坚持勤测量，随时发现失控点，及时采取补救措施，根据现场围岩变化情况及时修改爆破进尺、爆破参数与支护方式。在保证隧道施工进度与施工安全的情况下，隧道于 2017 年 4 月安全贯通。

参考文献：

[1] JTG F60—2009,公路隧道施工技术规范[S].
[2] JTG/T F60—2009,公路隧道施工技术细则[S]
[3] GB6722—2014,爆破安全规程[S].
[4] 李瑞军.复杂地质条件下公路隧道施工技术[J].江西建材, 2017.37(5):179—180.
[5] 张继春.工程控制爆破[M].成都:西南交通大学出版社, 2001.

作者简介：

任 俊(1985-),男,安徽省六安人,工程师,从事道路桥梁工程施工技术与管理工作;
李 闯(1983-),男,陕西渭南人,工程师,从事道路桥梁工程施工技术与管理工作;
郑道明(1955-),男,重庆市人,教授级高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)