

LD 公路隧道开挖施工方案优化对比研究

张同乐, 李文江

(石家庄铁道大学 土木工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要: LD 改线公路隧道出口段, 属于涉铁 1 km 范围内, 对隧道施工有严格要求, 且天窗期严重影响施工进度, 因此该施工段不宜采用爆破施工, 现场采用徐工 XTR6/280 悬臂掘进机进行隧道开挖。调研国内外铣挖施工研究成果, 并依托 LD 隧道铣挖法施工现场测试试验, 得到适合 LD 隧道铣挖法施工的地质条件, 并通过松动圈试验、初支结构受力试验以及数值分析对比相同地质下悬臂掘进机施工与爆破法施工对围岩扰动的影响。实验结果表明, 当 LD 隧道的地质条件为岩石抗压强度小于 40 MPa、岩体完整系数小于 0.2、岩石质量指标 RQD 小于 20%、岩体体积节理数大于 30 条/m³、地下水不(弱)发育时, 悬臂掘进机掘进速率高于爆破法施工, 且悬臂掘进机施工对围岩的扰动远小于爆破法施工。引水隧道与 LD 改线公路隧道地质情况相似, 可为引水隧洞涉铁部分及相似工程提供参考依据。

关键词: 悬臂掘进机; 非爆破开挖; 爆破法; 适应性; 围岩扰动

中图分类号: U455 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2024)01-0052-09

0 引言

由于 LD 水电站位于藏区, 地理位置偏远, 炸药供应易受冬季道路结冰、夏季道路边坡滑塌等影响, 藏历节日等重大节日期间, 考虑地方维稳, 炸药供应管控易造成炸药供应不足情况, 且拉林铁路与引水隧洞和 LD 隧道距离较近, 属于涉铁 1 km 范围内, 铁路部门对隧道施工产生的震动提出严格要求, 机械开挖可以避免对拉林铁路的影响。中国悬臂掘进机的研制始于 20 世纪 60 年代, 目前水电工程水工隧洞和交通隧道施工通常采用“钻爆法”施工, 钻爆法施工爆破震动大、安全风险大^[1]。相对于钻爆法, 悬臂掘进机开挖作为机械开挖法的一种方式, 具有安全环保、自动化程度高、围岩扰动小、减少超挖等优点, 在强度较低的围岩中挖掘效率较高^[2]。应用悬臂掘进机开挖, 对围岩扰动小, 可减小施工对拉林铁路的影响, 不影响拉林铁路的正常运营, 且无需考虑炸药断供、限制供应的影响。黄基富等^[3]、漆泰岳等^[4]、闻民臣^[5]、朱廷宇等^[6]结合相关工程案例, 综合对比分析了其主要性能和适应性, 对能否采用悬臂掘进机、如何选择、主要运作性能等提出了建议。当悬臂掘进机在围岩强度适中、围岩(较)破碎、单轴抗压强度在 50 MPa 以下, 悬臂掘进机施工开挖施工效果良好。BREITRICK^[7]分析铣挖效率的影响因素有围岩的强度、机械功率、截割齿的强度和耐磨程度。目前研究只提出悬臂掘进机地质适应性模糊的概念, 未能根据现场测试试验提出某种岩性的地质条件。

LD 改线公路隧道围岩强度适中, 悬臂掘进机对其具备一定的适应性, 为进一步得到徐工 XTR6/280 在 LD 改线公路隧道施工中地质适应性具体情况, 在悬臂掘进机施工 200 m 试验段中进行岩石强度试验和岩体完整性测试实验, 得到适用于 LD 地质条件的具体参数, 并通过松动圈试验、初支结构受力试验以及数值分析, 对比分析相同地质情况下悬臂掘进机施工与爆破法施工对围岩扰动的影响。研究成果可以直接用于 LD 水电站引水隧洞施工, 也可为今后类似工程提供参考依据。

收稿日期: 2023-10-30 责任编辑: 车轩玉 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.20230287

作者简介: 张同乐(1998—), 男, 硕士研究生, 研究方向为隧道工程稳定性。E-mail: 1508655994@qq.com

张同乐, 李文江. LD 公路隧道开挖施工方案优化对比研究[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2024, 37(1): 52-59, 67.

1 工程概况

LD 水电站地处青藏高原,工程地处西藏自治区山南地区加查镇附近,LD 改线公路隧道是 LD 水电站项目的前期工程。LD 隧道为单洞 2 车道 3 级公路隧道,设计速度 30 km/h,净空 10 m×5 m(宽×高),开挖断面面积 93 m²,LD 电站交通隧道的岩性以石英千枚岩为主,夹少量的碳质千枚岩,岩石饱和抗压强度 30~60 MPa,层理发育,层面倾角为 70°。

拉林铁路与引水隧洞和 LD 改线公路隧道距离较近,其中 LD 隧道出口距拉林铁路拍拉隧道进口净距为 118.2 m,现场根据隧道施工进度与围岩条件、隧道断面、施工方法、施工组织的关系,选取悬臂掘进机型号为徐工 XTR6/280 进行隧道开挖。

2 悬臂掘进机地质适应性研究

针对 LD 隧道悬臂掘进机地质适用性研究,通过研究影响悬臂掘进机掘进速度的因素来确定悬臂掘进机施工效率最好的地质条件。在 LD 隧道中主要考虑悬臂掘进机地质适应性的因素包括:岩石的坚硬程度、岩体结构面发育程度(岩体完整性系数、岩体体积节理数、岩石质量指标)。

2.1 岩石的坚硬程度

由于岩石抗拉、抗剪强度明显低于抗压强度,故岩石单轴抗压强度是影响悬臂掘进机掘进的重要指标之一,悬臂掘进机掘进过程的顺利与否与岩石的单轴抗压强度密切相关^[8]。从国内外大量的隧道工程可以得出,岩石的耐磨性与其硬度紧密相关,岩石的硬度越高,岩石的耐磨性越好,悬臂掘进机的掘进效率越低^[9]。通过现场点荷载试验获得悬臂掘进机开挖试验段岩石抗压强度,与悬臂掘进机开挖速率形成对应关系见图 1,截齿损耗见图 2。

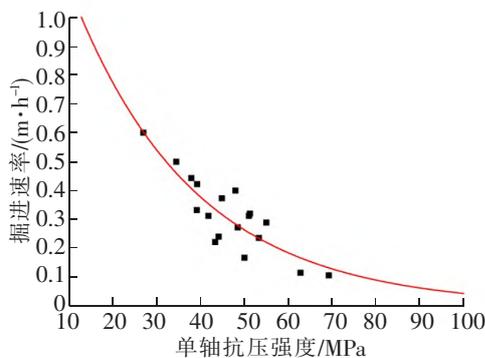


图 1 掘进速率与单轴抗压强度的关系曲线

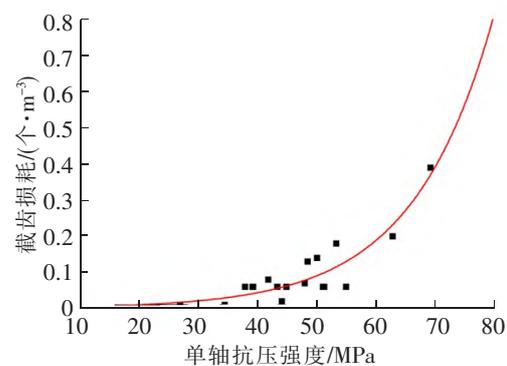


图 2 截齿损耗与单轴抗压强度的关系曲线

2.2 结构面的发育程度

岩体结构面发育程度有许多重要的指标,针对悬臂掘进机选取 3 个重要指标:岩体完整性系数 K_v 、岩体体积节理数 J_v 、岩石质量指标 RQD。

影响悬臂掘进机施工效率的一个重要地质因素是岩体的结构面的发育程度,即岩体的裂隙化程度或岩体的完整程度^[6]。通过现场声波测试获得的岩体完整性系数 K_v 与悬臂掘进机掘进速率关系见图 3。

经国内外研究者实践证明, J_v 测量方法实用简单,在工程勘察的各阶段容易获得。现场在裸露的掌子面和边墙位置,通过窗口测量放线的手段得到岩体节理线密度和岩体体积节理数,从而得到适合悬臂掘进机开挖的岩体体积节理线数范围,掘进速率与 J_v 的关系

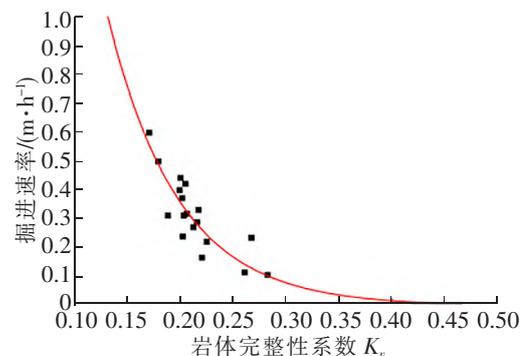


图 3 掘进速率与岩体完整性系数 K_v 的关系曲线

曲线见图 4。

岩石质量指标也是一项反映岩体完整状态的定量指标。由长度超过 10 cm 的岩芯获得率(百分数)表示。现场在循环开挖结束后,未封闭喷浆之前,在裸露的掌子面和边墙位置,通过布置测线,获得垂直于节理方向的岩石质量指标 RQD,并得到掘进速率与岩石质量指标 RQD 的关系曲线见图 5。

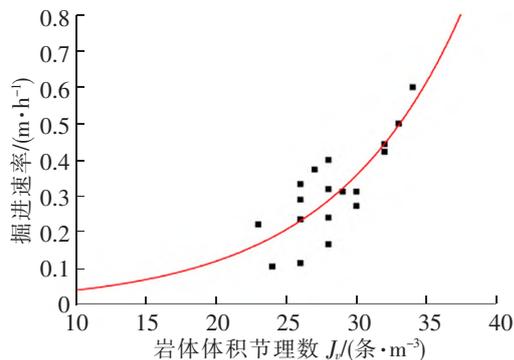


图 4 掘进速率与岩体体积节理数 J_v 的关系曲线

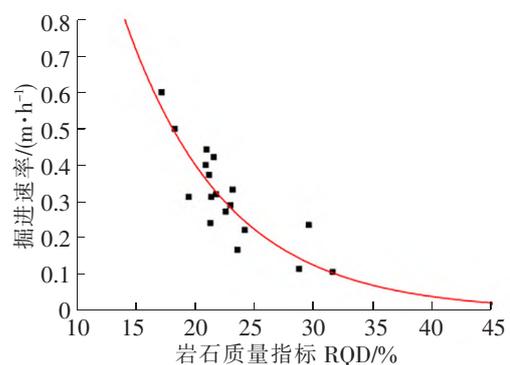


图 5 掘进速率与岩石质量指标 RQD 的关系曲线

2.3 主要影响因素

用 Origin 对不同影响因素进行分析,通过对比不同拟合方程拟合曲线的相关系数 R^2 来确定最优的拟合曲线方程,对影响悬臂掘进机施工因素进行汇总,见表 1。

表 1 主要影响因素拟合分析

影响因素	最佳拟合曲线	相关系数 R^2
岩石抗压强度	$y=1.584\ 55 \times 0.965\ 92^x$	0.75
岩石耐磨性(截齿损耗与抗压强度)	$y=0.002\ 3 \times 1.076\ 21^x$	0.84
岩体完整性系数 K_v	$y=e^{(1.954\ 71-14.916\ 87x)}$	0.76
岩体体积节理数 J_v	$y=e^{(-4.283\ 18+0.108\ 47x)}$	0.65
岩石质量指标 RQD	$y=4.078\ 65 \times 0.890\ 16^x$	0.74

通过拟合 J_v 和 RQD 与 K_v 的关系,得到岩体完整性系数 $K_v=0.249\ 76-0.004\ 06 \times J_v+0.003\ 44 \times RQD$ 。由 R_c 和 K_v 对悬臂掘进机开挖速率的影响,得到悬臂掘进机开挖速率 $=1.585\ 02 \times 0.964\ 28R_c+0.002\ 49K_v$ 。

现场对Ⅳ级围岩爆破法施工断面进行统计,得到在 LD 隧道中爆破法施工掘进速率为 0.38 m/h,对比爆破法施工效率来判断 LD 地质条件下徐工 XTR6/280 悬臂掘进机施工优于和低于爆破法施工的地质条件,对涉铁部分通过判断每月施工进度来确定悬臂掘进机施工优于爆破法施工的地质条件。

应用徐工 XTR6/280 悬臂掘进机和爆破法施工效率相近的地质条件为岩石抗压强度为 40 MPa、岩体完整系数为 0.2、岩石质量指标 RQD 为 20%、岩体体积节理数为 30 条/ m^3 ;涉铁施工段,由于天窗期导致每天只能进行一个循环,每月施工进度 72 m,如果采用悬臂掘进机施工可以连续施工,当悬臂掘进机掘进速率为 0.15 m/h 时,悬臂掘进机施工每月进度是 75 m,与爆破法月施工进度相当,此时地质条件为岩石抗压强度 65 MPa、岩体完整系数 0.26、岩石质量指标 RQD 为 28%、岩体体积节理数 22 条/ m^3 。

3 悬臂掘进机与钻爆法施工对围岩扰动对比分析

3.1 测试松动圈分析围岩扰动

松动圈测试最能直接反映出地下硐室开凿后对围岩扰动的范围,松动圈测试有多种办法,其中最常用的是超声波测试方法,采用一发双收装置,根据波速的变化,判定围岩的松动圈范围^[10],选用湖南湘潭电子研究所生产的 HS-SDJ2C 一发双收干孔声波测式仪,测量结束后用 Origin 绘制出纵波波速与钻孔深度关系曲线,速率突变段即为围岩介质发生破坏段,判定为围岩松动圈的范围。测量结果见图

6、图 7。

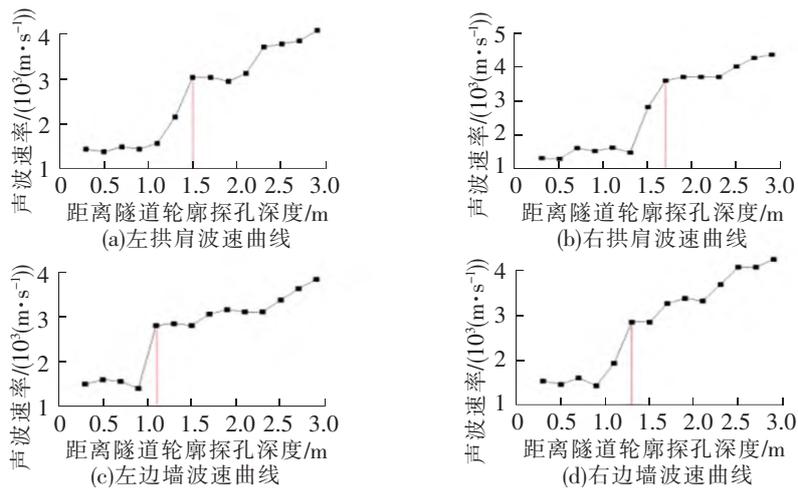


图 6 LDⅣ级围岩悬臂掘进机施工断面钻孔深度-波速测试结果图

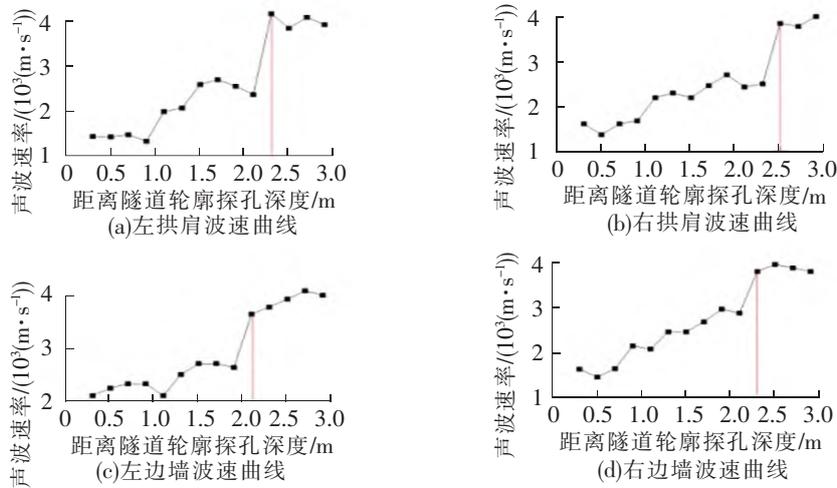


图 7 LDⅣ级围岩爆破法施工断面钻孔深度-波速测试结果图

从图 6、图 7 得知,Ⅳ级围岩悬臂掘进机松动圈,拱肩是 1.5~1.7 m,边墙是 1.1~1.3 m;隧道爆破法施工方面,Ⅳ级围岩拱肩是 2.3~2.5 m,Ⅳ级围岩边墙是 2.1~2.3 m。

3.2 支护结构受力分析围岩扰动

施工现场分别对Ⅳ级围岩悬臂掘进机施工断面 K107+979(埋深 92 m)和爆破法施工断面 K108+035(埋深 103 m)进行支护结构受力监测,主要监测初支围岩压力、初支钢架应力、初支混凝土环向应力,监测项目及仪器选择见表 2。所有传感器均在架立钢拱架的时候进行安装,待喷射混凝土至设计厚度后,对所有的传感器进行清零读数,记录为初始读数,传感器埋设时间少于 3 周,监测频率为 1~2 次/d;传感器埋设时间大于 3 周,监测频率为 1~2 次/2 d^[11]。

表 2 监测项目及仪器选择

类型	监测项目	传感器类型	测试方法
变形监测	拱顶沉降、洞内收敛	反光标识监测标靶	全站仪
	初支围岩压力	压力盒	
初期支护结构受力	初支钢架应力(内、外)	钢筋应力计	智能读数仪
	初支喷射混凝土应力	混凝土应变计	

3.2.1 变形监测

现场对悬臂掘进机施工断面 K107+979 和爆破法施工断面 K108+035, 进行反光标识监测标靶监测围岩变形, 监测结果见表 3。

表 3 监测断面变形值 mm

施工工法	水平位移		
	竖向位移 拱顶沉降	右拱腰	左拱腰
爆破法施工	-15.56	-5.86	4.06
悬臂掘进机施工	-10.94	-3.65	2.19

3.2.2 初支围岩压力

围岩压力见图 8、图 9。初期约 15 d 内围岩压力增加迅速, 后进入稳定增长阶段, 下台阶开挖对上台阶安装传感器有扰动, 使得下台阶开挖时图中出现突变, 再进入缓慢增长阶段后逐渐趋于稳定。其中, 悬臂掘进机 K107+979 断面左拱肩处围岩压力最大为 0.11 MPa, 爆破法施工 K108+035 断面围岩压力最大 0.112 MPa。

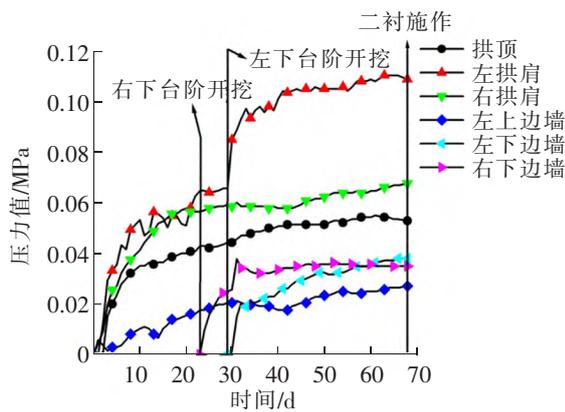


图 8 K107+979 断面围岩压力

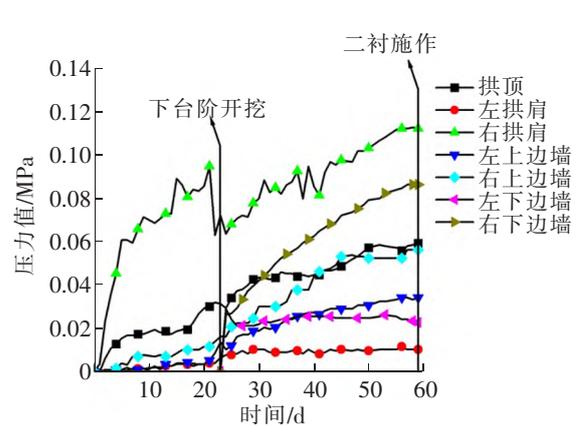


图 9 K108+035 断面围岩压力

3.2.3 钢拱架内力

初支钢拱架受力见图 10、图 11, 整体以受压为主, 局部钢架翼缘应力为拉应力, 悬臂掘进机 K107+979 断面右拱肩处钢架内力最大压应力为 18.30 MPa, 右上边墙外侧受拉应力最终稳定在 17.88 MPa; 爆破法施工 K108+035 断面钢架内力拱顶最大 38.400 MPa, 左上边墙内侧受拉应力最终稳定在 2.741 MPa。

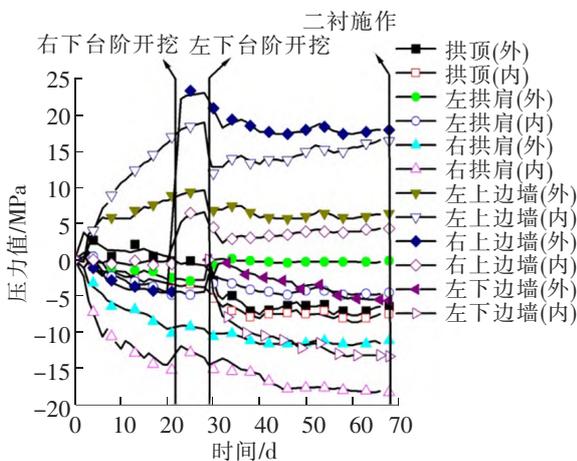


图 10 K107+979 断面钢拱架内力

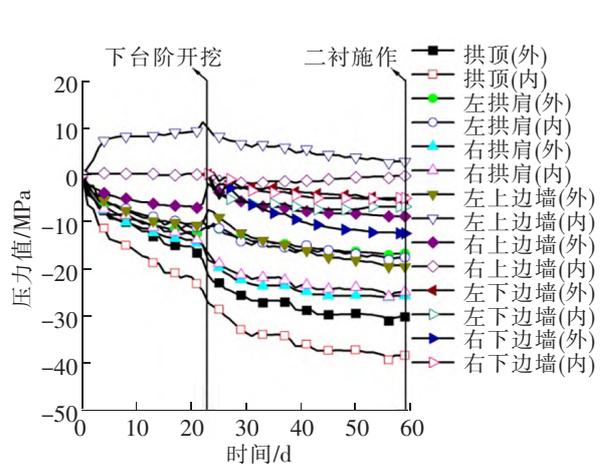


图 11 K108+035 断面钢拱架内力

3.2.4 初期支护混凝土应力

初期支护喷射混凝土应力见图 12、图 13,可知喷射混凝土结构主要承受压应力,局部存在受拉情况,悬臂掘进机 K107+979 断面拱顶混凝土应力最大为 4.26 MPa,最大拉应力出现在右下边墙为 2.66 MPa,最终稳定在 0.112 MPa。最后稳定阶段最大拉应力 0.448 MPa。爆破法施工 K108+035 断面左拱肩混凝土应力最大为 15.500 MPa。

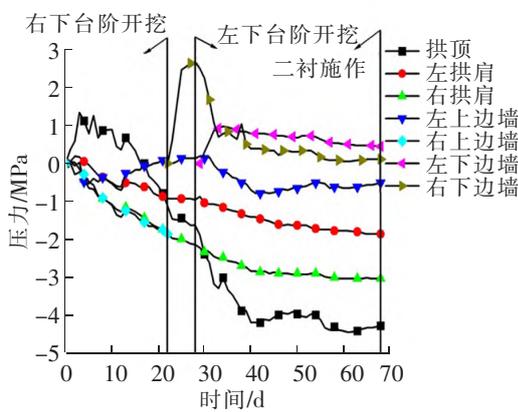


图 12 K107+979 初支喷射混凝土应力

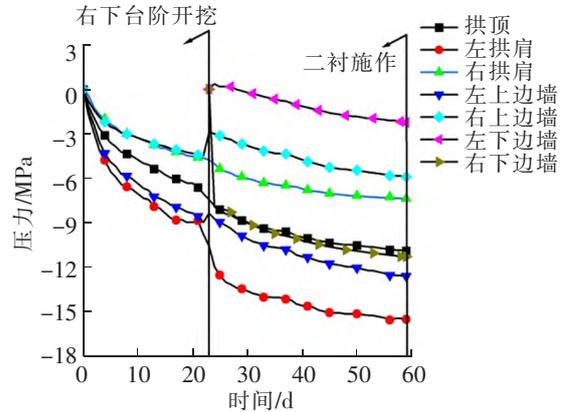


图 13 K108+035 初支喷射混凝土应力

3.2.5 悬臂掘进机与爆破法初支内力对比

通过现场内力监测结果,对应图 8~图 13 得到悬臂掘进机和爆破法施工监测内力最大值,见表 4。

表 4 悬臂掘进机与爆破法初支最大内力对比 MPa

监测内容	监测断面	
	悬臂掘进机 K107+979	爆破法施工 K108+035
初支围岩压力	0.11	0.112
初支钢拱架内力	18.30	38.400
初期支护混凝土应力	4.26	15.500

通过对比爆破法施工和悬臂掘进机施工在相同围岩类型、相同的支护类型情况下,悬臂掘进机的钢架支护受力约为爆破法施工的 47.7%,喷射混凝土受力约为爆破法的 27.5%,这说明悬臂掘进机施工对围岩扰动小于爆破法施工。

3.3 数值模拟对比分析围岩扰动

研究Ⅳ级围岩试验段悬臂掘进机施工和爆破法施工,建立模型尺寸为 100 m×100 m×90 m,见图 14,支护结构采用弹性模型,埋深为 100 m,通过施加等效应力边界进行模拟。为了使悬臂掘进机开挖隧道更为真实,运用荷载梯度释放法来模拟悬臂掘进机进行有初期支护的开挖^[12],分析围岩力学特性变化规律。

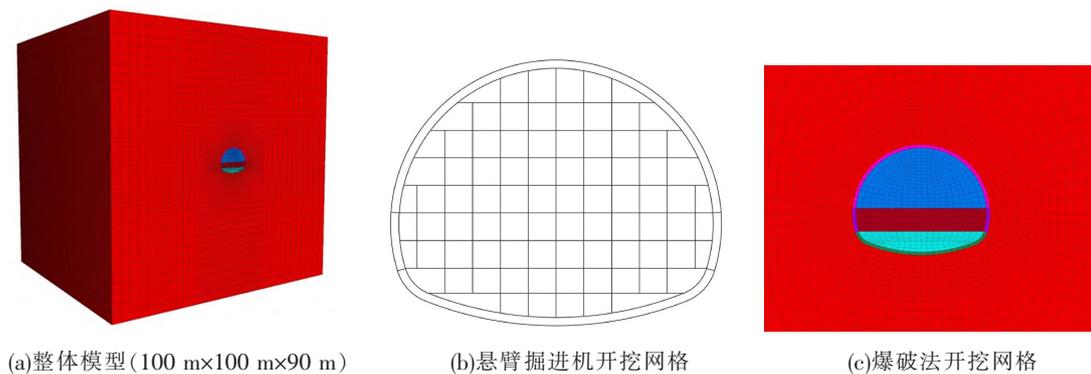


图 14 数值模拟悬臂掘进机和爆破法模型

数值模拟相同地质条件,分析爆破法开挖和悬臂掘进机开挖下初期支护结构受力和围岩变形情况,为去除端头效应,检测点布置在 45 m 断面处。位移云图见图 15 和图 16,竖向位移见图 17,水平位移见图 18,位移汇总见表 5。

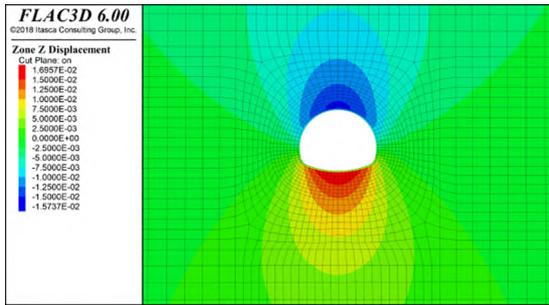


图 15 悬臂掘进机施工竖向位移云图

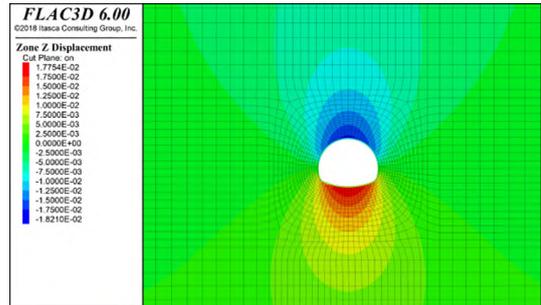


图 16 爆破法施工竖向位移云图

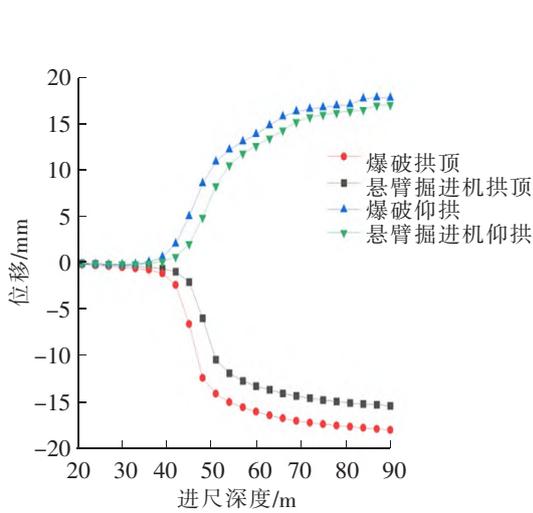


图 17 拱顶、仰拱竖向位移对比图

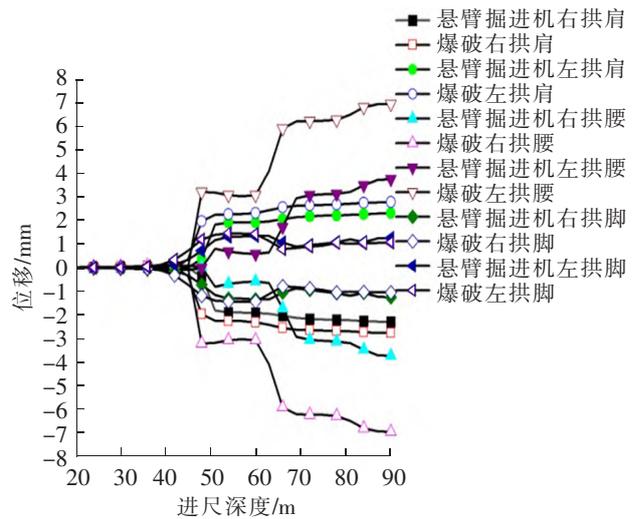


图 18 水平位移对比图

表 5 各监测点位移汇总

mm

施工方法	竖向位移		监测点水平位移					
	拱顶沉降	仰拱隆起	右拱肩	左拱肩	右拱腰	左拱腰	右拱脚	左拱脚
爆破法施工	-18.04	17.76	-2.80	2.78	-7.00	6.96	-1.06	1.06
悬臂掘进机施工	-15.42	17.02	-2.30	2.31	-3.75	3.75	-1.26	1.26

从竖向位移和水平位移分析,围岩的总体趋势是拱顶下沉、两侧收敛、仰拱隆起,水平位移的变化曲线中,左右测点在位移变化的数值基本一致,位移变化最快主要集中在开挖掌子面前后 10 m 范围之内。从表 5 可以看出,水平位移左右两侧就有很强的对称关系,其中拱腰位置水平收敛最大,爆破法施工拱腰水平收敛 7.00 mm,悬臂掘进机拱腰水平收敛 3.75 mm。从竖向位移分析,爆破法施工和悬臂掘进机施工仰拱隆起相差不大,拱顶沉降相差较大,爆破法施工拱顶沉降比悬臂掘进机大 2.62 mm,在位移的分析和比较上,悬臂掘进机施工比爆破法对围岩扰动小,产生的位移及初支应力都比较小。

4 LD 隧道悬臂掘进机施工和爆破法比选

根据上述悬臂掘进机施工和爆破法施工在松动圈方面、支护结构受力方面、数值模拟方面、监控量测方面进行对比分析,得到适合 LD 公路隧道涉铁段的施工方法,比选方案见表 6。

表 6 悬臂掘进机施工和爆破法施工比选结果

施工方案	松动圈/mm	支护结构受力(最大)/MPa		数值模拟/mm		监控量测/mm	
		钢拱架受力	混凝土受力	竖向位移	水平收敛	竖向位移	水平收敛
悬臂掘进机施工	1.1~1.7	18.3	4.26	15.42	7.50	10.94	5.84
爆破法施工	2.1~2.5	38.4	15.50	18.40	13.96	15.56	9.92

通过松动圈分析得到悬臂掘进机对围岩扰动为爆破法的 52.3%~68%,支护结构受力试验分析悬臂掘进机对围岩扰动约为爆破法的 27.5%~44.7%,在数值模拟分析悬臂掘进机对围岩扰动为爆破法的 53.7%~85%,监控量测分析悬臂掘进机对围岩扰动为爆破法的 53.9%~70.3%,综上得到悬臂掘进机开挖对围岩扰动远小于爆破法施工。

5 结论

(1)通过在 LD 悬臂掘进机试验段的测试实验,综合考虑围岩地质条件和徐工 XTR6/280 悬臂掘进机,当岩石抗压强度小于 40 MPa、岩体完整系数小于 0.2、岩石质量指标 RQD 小于 20%、岩体体积节理数大于 30 条/m³ 时,无论隧道是否处于涉铁段,悬臂掘进机施工都优于爆破法施工。

(2)处于涉铁 1 km 范围内,爆破法施工每天只存在 1 个天窗期,只能有 1 个循环进尺。应用悬臂掘进机施工可以不考虑涉铁影响,可以连续施工,当岩石抗压强度小于 65 MPa、岩体完整系数小于 0.26、岩石质量指标 RQD 小于 28%、岩体体积节理数大于 22 条/m³ 时,在隧道涉铁段,悬臂掘进机施工优于爆破法施工。

(3)在硬岩隧道中,岩石抗压强度大于 65 MPa 时,悬臂掘进机施工开挖速率开始下降,截齿损耗大幅提高,此时经济效益不高,不宜采用悬臂掘进机开挖。

(4)通过松动圈分析、支护结构受力试验分析、数值模拟分析、现场监控量测分析得到,悬臂掘进机对围岩扰动为爆破法的 27.5%~85%,悬臂掘进机开挖对围岩扰动远小于爆破法施工。

参 考 文 献

- [1]王卿权. 浅析悬臂式掘进机的发展概况与趋势[J]. 矿业装备, 2012(10): 108-109.
- [2]任达成,张学民,张廷刚,等. 煤系地层软弱围岩高速公路隧道综合掘进技术研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2014, 10(12): 318-321.
- [3]黄基富,肖功夷. 悬臂掘进机在交通隧道施工中的实践应用与适应性研究[J]. 现代隧道技术, 2021, 58(2): 51-62.
- [4]漆泰岳,李斌. 悬臂掘进机在复杂断面地铁隧道中的应用研究[J]. 现代隧道技术, 2011, 48(4): 32-38.
- [5]闻民臣. 禁爆区域地铁隧道悬臂掘进机施工技术探讨[J]. 现代城市轨道交通, 2022(1): 86-90.
- [6]朱廷宇,王唤龙,宋智来,等. 悬臂掘进机在滇西红层隧道中的应用研究[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(3): 458-466.
- [7]BREITRICK M E. Using a roadheader for underground gold mining[J]. Mining Engineering, 1998, 50: 43-46.
- [8]王祥,赵祎睿,宋战平,等. 基于掘进性能的悬臂掘进机施工围岩分级方法[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(增刊 1): 197-204.
- [9]刘克振,周慧广,邢介奇,等. 基于 TBM 施工的岩石耐磨性研究[J]. 科技创新与应用, 2016(6): 249.
- [10]黄锋,朱合华,李秋实,等. 隧道围岩松动圈的现场测试与理论分析[J]. 岩土力学, 2016, 37(增刊 1): 145-150.
- [11]王青松,任少强,冯军武,等. 岗乌隧道岩溶角砾岩段大变形控制技术[J]. 中国铁路, 2023(8): 24-32.
- [12]马智理. 山区城市轨道交通隧道悬臂掘进机施工方法应用研究[D]. 贵阳:贵州大学, 2021.

(下转第 67 页)

Numerical Computational Study of the Impact of Concealed Tunnels on Proximity Cable Tunnels

XU Mengqi¹, ZHANG Meng¹, HAN Xianmin¹, WANG Zepeng²

(1. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. China Eight Construction Inspection Technology Co. Ltd., Beijing 102488, China)

Abstract: For the crack damage problems caused by the subway tunnelling construction on the cable tunnel lining structure, the finite difference software is used to simulate the different working conditions of the cable tunnel orthogonal to the tunnelling tunnel. The settlement value of the cable tunnel is extracted and fitted as the displacement load, and the load-structure model is established by using the ABAQUS finite element software to load the displacement load onto the lining structure which adopts the Cohesive zone model to simulate the cracks sprouting and developing. Cohesive zone model lining structure to simulate the cracks sprouting and development. The results are as follows: Under the working condition of the cable tunnel, the secondary lining plate of the cable tunnel is mainly affected by the tensile stress, and the maximum stress generated by the crack initiation and expansion of the lining plate of the cable tunnel is related to the vertical distance between the tunnels and the cross-section size of the cable tunnel. The geometric characteristics of the cracks generated in the cable tunnel were analyzed under the condition of orthogonal underpassing of cable tunnel in the concealed tunnel, and the width, length and depth of the cracks were linearly related to the section size and clear distance of the cable tunnel.

Key words: cable tunnel; orthogonal underpass; Cohesive zone model; geometric characteristics of cracks

(上接第 59 页)

Comparative Study of Construction Scheme Optimization for Excavation of LD Tunnel

ZHANG Tongle, LI Wenjiang

(College of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: LD reroute highway tunnel exit section belongs to the railway within 1 km, which has strict requirements for the tunnel construction. And the window period seriously affects the construction progress, so the construction section is not suitable for blasting construction, the site using XCMG XTR6/280 cantilever tunneling machine for tunnel excavation. This paper investigates the research results of milling construction at home and abroad, and relies on the LD tunnel milling construction site test experiments to get the geological conditions suitable for LD tunnel milling construction. And through the loosening circle test, the initial support structure force test, and numerical analysis, the impact of the cantilever tunneling machine construction and blasting construction was compared under the same geology on the surrounding rock disturbance. The experimental results show that when the geological conditions of the LD tunnel are rock compressive strength less than 40 MPa, rock integrity coefficient less than 0.2, rock quality index RQD less than 20%, the number of volumetric joints in the rock is more than 30/m³, and groundwater is not (weakly) developed, the cantilever boring machine boring rate is higher than that of blasting method construction, and the disturbance of the surrounding rock by the construction of the cantilever boring machine is much smaller than that of blasting method construction. The diversion tunnel is similar to the LD reroute highway tunnel, which can provide a reference basis for the railway-related part of the diversion tunnel and similar projects.

Key words: cantilever tunneling machine; non-blasted excavation; drill and blast method; compatibility; perimeter rock disturbance