

超前小导管支护快速进洞技术在软弱围岩隧道工程中的应用

吴旦¹, 皮圣^{2*}, 荆永波³, 杨玉贵⁴

(1. 南华大学 土木工程学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 蒙西华中铁路股份有限公司;

3. 中铁十四局集团隧道工程有限公司; 4. 珠海信能建设工程有限公司)

摘要:目前山岭隧道主要采用超前长大管棚预支护措施下进出洞,已形成了“模块化”设计。该文以蒙华铁路南朝街2[#]隧道为依托,详细介绍了超前小导管预支护下隧道进洞的主要工序。通过微台阶开挖、初支仰拱快速封闭成环形成锁口圈,隧道初支拱顶沉降控制在24 mm左右,隧道进洞相比采用超前长大管棚预支护节省工期15 d,且节省了部分工程费用。该技术已在蒙华铁路200多处进、出洞口工点得到成功应用。

关键词:蒙华铁路;超前小导管;快速进洞技术;零开挖

长大管棚作为超前预支护加固手段因具有防坍塌、阻隔沉降、均匀地层沉降、提高围岩力学参数的作用,广泛应用于浅埋、偏压、破碎带以及下穿重要构筑物地段。超前小导管作为预支护的另外一种加固手段,目前广泛应用于破碎围岩的辅助加固措施。经过近20年大规模的隧道工程建设,大跨度隧道进洞施工基本形成了以超前长大管棚预支护,开挖过程中采用超前小导管辅助加固措施,CD法、CRD法、双侧壁导坑法、三台阶七步流水法、三台阶临时仰拱法等成熟工法开挖,采用长大管棚作为隧道进洞的超前预支护已形成了“模块化”设计。在直立性较好的黄土地段,围岩条件相对较好的岩质地段(Ⅳ₂、Ⅴ₁级),在保证安全和方便施工的前提下,可探索直接采用工艺工法更加灵活的超前小导管预支护措施,采用快挖、快支、快封闭成环的微台阶法修建技术,实现安全快速进洞。该文以蒙华铁路南朝街2[#]隧道工程为例,阐述超前小导管支护快速进洞技术在软弱围岩隧道工程中的应用。

1 南朝街2[#]隧道工程概况

南朝街2[#]隧道起讫里程为DK688+915~DK689+307,全长392 m,隧道最大埋深约为80 m。自然坡度为10°~40°,地势起伏较大,相对高差为30~100

m。穿越地层主要为黄土、泥质砂岩、含砾砂岩、泥岩等软岩地层。隧道出口段上覆及洞身上部地层为砂质黄土,灰黄色~黄褐色,稍密~中密,垂直节理发育,直立性强;洞身下部及下伏地层为全风化泥质粉砂岩质泥岩,弱胶结,成岩程度相对较差,其下为强~弱风化,节理较发育,岩体较破碎。地表水欠发育,地下水主要为基岩裂隙水,欠发育。出口段地势较陡峭,自然坡度约为33°。

隧道出口段进洞原设计为贴壁进洞,采用30 m长 $\phi 108\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ 长管棚超前支护,三台阶大拱脚法开挖。实际采用长5.0 m的 $\phi 50\text{ mm}$ 小导管进行超前支护,护拱暗挖,三台阶法开挖,并及时施做洞口锁口圈。隧道开挖方法及 $\phi 50\text{ mm}$ 超前小导管支护结构参数如图1所示。

2 主要施工工序

2.1 洞顶截排水沟

洞口上方距边、仰坡开挖线边缘不小于10 m设置截水天沟,经过黄土平台时距平台边沿不小于2 m,陡坎处设置跌水,截水天沟接入集水井和自然排水沟,截排洞顶地表水,减少雨水对洞口的影响。

2.2 洞口边仰坡处理及防护

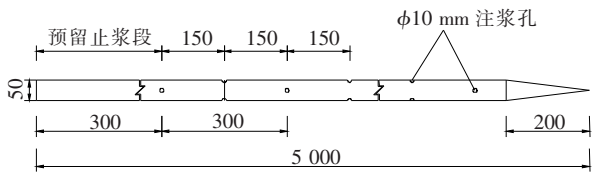
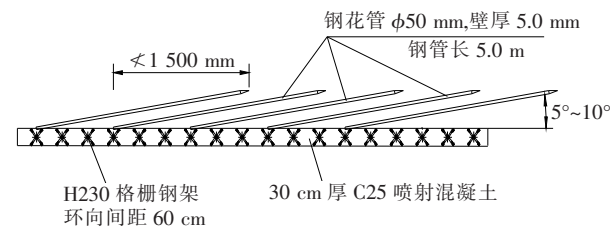
依据现场地形,清除边仰坡表层土,开挖后洞口坡

收稿日期:2020-07-16(修改稿)

作者简介:吴旦,男,硕士,助教, E-mail:1097355943@qq.com

* 通信作者:皮圣,男,硕士,助理工程师, E-mail:1078206964@qq.com

并稳定 10 min 后结束注浆。每隔 3 榀钢架施做一循环超前小导管，两排小导管纵向搭接长度不小于 1.5 m(图 5、6)。



超前小导管支护快速进洞施工现场主要工序见图 7。

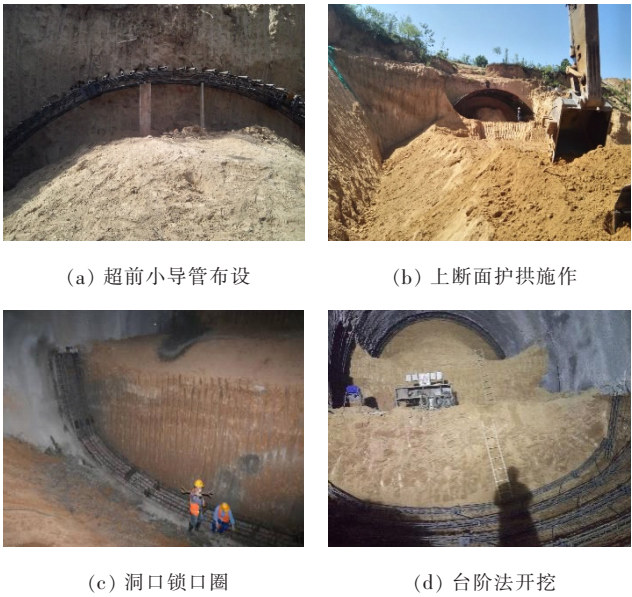


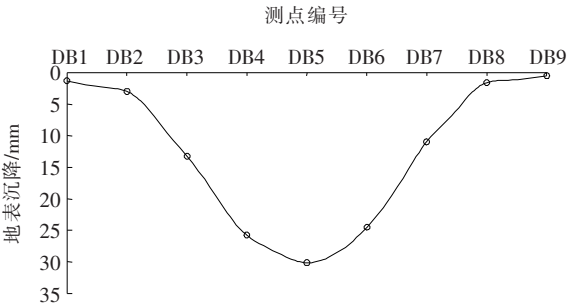
图 7 现场主要工序图

3 超前小导管进洞技术应用效果分析

3.1 监控结果

(1) 地表沉降

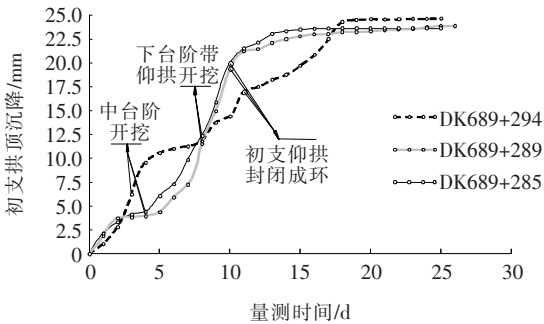
为监测地表沉降情况，在里程为 DK689+294 断面设置沉降观测点，以隧道拱顶为中线，沿两边分别间隔 5 m 共计布设 9 个观测点，地表稳定后沉降槽曲线见图 8。



从图 8 可知：断面 DK689+294 隧道中线处地表沉降值最大，为 30.1 mm；远小于正常限值 90 mm 的变形总量管理等级。说明采用小导管超前支护，微台阶开挖，在快挖、快支、快封闭成环的指导思想上，围岩受开挖扰动的影响较小，地层位移得到有效控制。

(2) 拱顶沉降

在隧道洞口段，隧道洞内每隔 5 m 在拱顶布设一沉降监测点，里程为 DK689+294、DK689+289、DK689+284 断面处隧道初支结构拱顶沉降时程曲线详见图 9。



从图 9 可知：上台阶预留核心土开挖后，初支拱顶沉降值为 5~6 mm，初支结构变形速率较缓；随着中台阶的开挖，开挖跨度和临空面进一步增大，初支结构变形速率快速增长，直至中台阶完成开挖，初支拱顶沉降值达到 12 mm，达到实际总变形量的 50%；在下台阶带仰拱开挖阶段，初支结构变形速率增长达到最大值，初支拱顶沉降值达到 20 mm，但在初支结构全断面封闭成环后，由于初支结构整体刚度和强度得到极大提升，初支结构变形迅速得到控制，此后阶段的初支变形量仅占总沉降值的 15%~20%，最终沉降值稳定为 23.4~24.2 mm，远小于正常限值 90 mm 的变形总量管理等级。说明采用小导管超前支护，微台阶开挖，在快挖、快支、快封闭成环的指导思想上，初支结构能够确保围岩和支护结构的稳定，实现安全快速进洞。

3.2 施工进度及资源投入

按照超前小导管预支护的进洞专项施工方案,截水沟施作(2 d),DK689+297~DK689+302段上台阶开挖、架立钢架及喷射混凝土(5 d),DK689+302~DK689+307段边墙基础开挖、架立钢架及喷射混凝土(5 d),DK689+294~DK689+297段上台阶开挖、架立钢架及喷射混凝土(2 d),共计14 d。较原设计采用长大管棚预支护措施节省了导向墙和管棚施作的时间,共计15 d。由于导向墙和管棚的取消,以及贴壁进洞减少了部分边仰坡刷方量,节省工程费用20余万元。从节省工期、费用,保护环境方面均取得了良好效果。

3.3 蒙华项目应用情况

蒙华铁路全线228座隧道,经逐工点现场核对,结合洞口地形地貌、地质条件,以确保安全和方便施工为原则,强调隧道进出洞“少扰动”,全线共计200多处洞口(主要为直立性较好的黄土地段、围岩条件相对较好的岩质地段(Ⅳ₂、Ⅴ₁级),将超前长大管棚优化为超前小导管。缩短了隧道进洞工期且节省了部分费用;减少了边仰坡刷方量,基本维持了原有地貌,实现了“零开挖”进洞。部分工点采用小导管进出洞如图10所示。

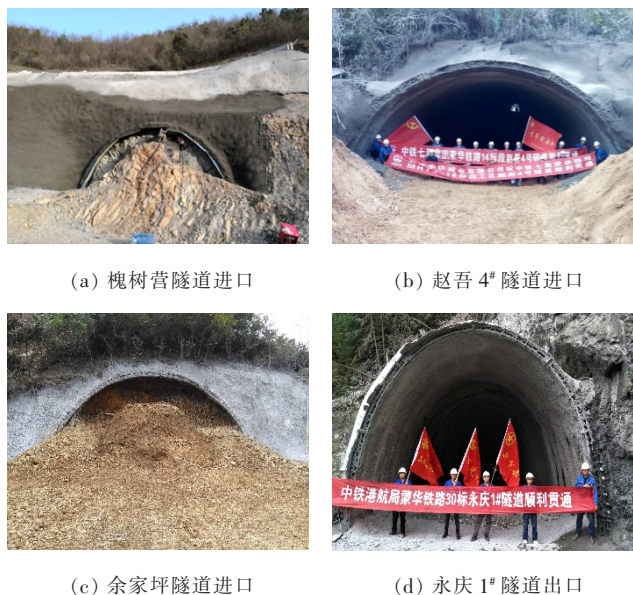


图10 部分工点隧道小导管进(出)洞

4 结论与建议

当洞口段主要为直立性较好的黄土地段,围岩条

件相对较好的岩质地段(Ⅳ₂、Ⅴ₁级)时,采用超前小导管支护能有效保证隧道支护结构和围岩的稳定,实现快速、安全进洞;该技术能尽可能地保持洞口原有地貌,综合经济效益显著;建议对类似地层应大胆采用,避免洞口段采用单一的超前长大管棚的“模块化”设计施工方法。

参考文献:

- [1] 石钰锋. 浅覆软弱围岩隧道超前预支护作用机理及工程应用研究[D]. 中南大学博士学位论文, 2014.
- [2] 宋政文. 管棚支护技术在武广客运专线隧道软弱围岩开挖中的应用[J]. 铁道工程学报, 2007(增刊).
- [3] 姜同虎, 霍三胜, 叶飞, 等. 浅埋软弱破碎围岩隧道进洞施工技术研究[J]. 现代隧道技术, 2011(3).
- [4] 苑俊廷, 林丽芳, 席继红, 等. 超前管棚支护在浅埋偏压黄土隧道施工中的应用[J]. 现代隧道技术, 2011(6).
- [5] 董敏, 董明星, 阳军生, 等. 下穿既有高速公路下隧道施工双层管棚对土层加固作用有限元数值分析[J]. 公路工程, 2014(3).
- [6] 刘建中. 浅埋、偏压、软岩隧道进洞施工技术研究[J]. 铁道标准设计, 2015(6).
- [7] 耿大新, 石钰锋, 阳军生, 等. 浅覆大断面隧道长大管棚超前支护受力研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2016(6).
- [8] 邓祥辉, 袁崇洋, 姚军, 等. 某超浅埋大跨隧道下穿既有公路施工工法研究[J]. 中外公路, 2018(4).
- [9] 张蓓, 王建鹏, 王复明, 等. 隧道超前小导管对掌子面稳定性影响分析[J]. 郑州大学学报(工学版), 2009(4).
- [10] 郭吉平. 软弱碎裂岩体中隧道锚杆支护优化分析[J]. 中外公路, 2016(6).
- [11] 王道远, 袁金秀, 王记平, 等. 浅埋软弱围岩隧道快速进洞方法及稳定性控制技术研究[J]. 现代隧道技术, 2018(4).
- [12] 张涛, 王腊梅. 软弱地层中浅埋隧道不同工法开挖的力学特性研究[J]. 中外公路, 2018(4).
- [13] TB 10003—2016 铁路隧道设计规范[S].
- [14] 杨世武, 皮圣, 苏辉, 等. 浅覆新黄土隧道微台阶法修建技术[J]. 隧道建设, 2017(12).
- [15] Q/MH 0001—2017 蒙华铁路(重载)站前工程技术标准[S].
- [16] 胡平, 陈超. 贯彻环保理念努力实现隧道进洞施工“零开挖”[J]. 隧道建设, 2007(4).
- [17] 张敏. 复杂地质条件下大断面隧道“零”进洞工法技术体系及应用研究[D]. 成都理工大学博士学位论文, 2009.