

复杂地质条件下小半径隧道施工技术

张孝武

(中铁十七局集团第五工程有限公司, 山西 太原 030032)

摘要: 隧道施工最常见的就是不良地质或复杂结构, 本文主要介绍隧道在不良地质条件下以及最小半径24m的U形结构施工。结合工程项目施工过程中边仰坡发生塌裂影响, 对边坡防护本项目结合锚索及框架梁组合整治。

关键词: 小半径; 不良地质; 边坡防护

中图分类号: U455.43 **文献标识码:** A

1 工程概况

1.1 工程概述

某洞库工程位于侯马市南部, 紫金山北部山区。洞库高约5m, 宽约12m, 为U形洞库。洞库进出口高程约545m, 最大埋深约100m; 102洞库长306m, 单洞单线。洞库施工采用暗挖法施工工艺, 暗挖法采用复合式衬砌, 由初期支护、二次衬砌及中间防水层组成。

1.2 102号洞库施工情况

2019年12月1日发现在距离1号引洞洞口北侧12m处的坡面上出现一道竖向裂缝, 裂缝宽仅为2mm, 12月2日已发展至10mm左右, 2号引洞洞口段拱顶下沉变形, 右侧边侧开裂8mm左右, 且持续增加。洞顶边仰坡三级平台观测数据显示边坡开裂下沉变形, 边坡多处出现开裂, 边坡变形出现险情, 导致洞库停止施工。

经设计院勘察, 洞库工程范围内发育两条断层, 编号分别为F1、F2。F1和F2断层间存在一条厚度为4~7m的破碎带, 破碎带破碎程度较高, 多为块状、碎块状, 岩石中可见高岭土、泥质, 出露面多见岩石掉块。施工过程中在断层部位产生山体滑移。

针对山体滑移, 设计院对该边坡采用锚索框架梁进行加固, 要求洞库洞内施工必须在边坡加固完成后进行且开挖爆破振动速率控制在2.5cm/s。

2 洞内施工重难点分析

由于山体开裂时洞库仅施工三分之一, 加之洞库为U形洞库, 剩余洞库施工时面临诸多困难, 具体如下:

(1) 洞库为U形洞库, 最小半径仅24m, 洞内施工难度大, 开挖超欠挖难于控制;

(2) 洞内施工在边坡加固完成后进行, 掌子面距山体F1和F2断层距离近处仅14m, 为了确保加固后边坡稳定, 开挖爆破振动速率控制在2.5cm/s, 增加了施工难度, 严重制约工程进度;

(3) 由于洞库大部分围岩较差, 工期紧、任

务重, 开挖过程中有坍塌等施工风险。

3 施工方法及工艺措施

3.1 洞内外方案选择

(1) 为确保加固边坡稳定, 施工过程中不过度扰动边坡, 将原Ⅲ级边坡全断面开挖方法变更为微台阶法开挖。

(2) 再次进洞前先进行山体开裂整治, 按照设计单位出具的锚索框架梁方案执行。

(3) 原设计围岩级别施工时提高一个等级对待, 山体开裂影响正洞开挖部分围岩全部按照微台阶法开挖, 即Ⅴ级按照预留三台阶预留核心土法开挖, Ⅳ级围岩按照三台阶法开挖, Ⅲ级围岩按照两台阶法开挖。

(4) 正洞U形小半径部位施工时按照短进尺原则施工, 利用控制洞身左右侧炮眼长度控制洞身进尺, 使其达到设计半径要求。

(5) 施工时加强山体地表观测以及洞身监控量测, 根据测量数据的变化调整进尺。

(6) 重新在山体裂缝上方施作截水天沟, 截排山体表面流水。

3.2 工艺措施

(1) 不良地质段坚持“早预报、预加固、弱爆破、强支护、紧封闭、快成环、勤量测、早衬砌、稳扎稳打、确保安全”的施工原则, 组织施工。

(2) 加强地表监测, 施工时遵循“短开挖、严控水、强支护、早封闭、快成环、紧仰拱、勤测量、速反馈”的原则, 对监控量测的数据进行分析、整理, 发现异常情况及时反馈以便尽早提出处理方案。

(3) 二衬衬砌不得严重滞后于初期支护, 在围岩较差的地段紧跟开挖, Ⅲ、Ⅳ级围岩中, 根据测量结果确定最佳的施作时间。

(4) 锚索施工时, 控制锚索注浆质量以及控制锚索张拉时间, 不可过早, 分次、分级张拉, 并做好相关记录。

(5) 施工中严格控制爆破振动速率, 增加爆破振动速率监测。

4 施工方案

4.1 施工准备

(1) 施工前对变更图纸、资料等进行会审审核, 若有相关意见及时与监理单位、设计单位沟通并调整方案。

(2) 根据设计单位出具的文件编制材料计划, 如新增工程的钢绞线、钢拱架、钢板、钢筋等材料, 保证材料供应正常。

(3) 施工前再次对病害位置进行现场调查, 并在施工期间定期查看, 根据调查结果调整洞内开挖进度。

4.2 边坡加固(锚索框架梁施工)

预应力锚索框架梁施工流程: 施工准备→施作锚孔→锚索制作及安装→注浆→框架梁开挖槽身→绑扎钢筋→架立模板→浇筑混凝土→养护→锚孔张拉及锁定、封锚^[1]。施工注意事项如下:

(1) 锚索孔必须采用干法钻钻进施工, 严禁采用水钻。

(2) 钻孔的孔位、孔深、角度等必须符合设计要求。

(3) 锚索采用无黏结型钢绞线, 施工前将量出锚固段长度并将套管去掉并脱脂洗油, 其余部分自由段的钢绞线要始终处于油脂和套管的保护中, 全孔一次灌浆后, 锚索自由段的钢绞线仍能与孔内的水泥结石之间保持相对滑动。

(4) 注浆采用孔底返浆法注浆。当注浆遇地层岩体较差、软弱岩层或土层时, 为确保地层锚固力, 必须进行二次高压劈裂注浆。二次注浆时另设一根外缠胶带的多孔注浆管。以锚具的排气孔不再排气且孔口浆液溢出为浓浆作为注浆结束的标准。

(5) 已施工的锚索位置作为框架梁节点, 安装钢筋骨架、模板, 浇筑混凝土, 拦水缘同框架梁同时浇筑成为整体。锚杆框架梁间采用灌草护坡防护, 通过植被蓄储和蒸发水分调节坡中土的湿度, 减少和降低干湿循环作用效应, 增加坡面防冲刷、防变形能力, 以利于水土保持。

(6) 孔内浆液达到设计强度的80%后方可进行锚索张拉, 分2次张拉。第一次张拉至锁定拉力的70%, 第二次张拉至锁定拉力, 每次宜分五级逐级张拉。锚索张拉过程中做好锚索伸长及受力记录, 核实伸长与受力是否相符, 做好观测直到交验为止。张拉完成后, 从锚具留出5~10cm钢绞线采用混凝土进行封锚, 防止锈蚀和兼顾美观。

4.3 隧道洞口段30m范围下导施工

隧道进口段岩体完整性差, 整体强度较低, 且隧道在开挖时强调围岩变形的控制, 根据围岩

状况选择合适的开挖方法, 适度缩短开挖进尺, 支护采用强度较高和刚度较大的初期支护, 限制土体变形, 同时二次衬砌和仰拱紧跟, 形成封闭结构, 保证施工安全。局部破碎地段进行预注浆加固围岩, 提高围岩自稳能力。主要施工技术措施: ①加强初期支护, 将预留变形量适度加大。为了增加初期支护对大变形的适应, 采用型钢架, 喷、锚、网联合支护等手段。施工时做到支护及时、到位。喷混凝土分两次施工, 先喷10~20cm, 待变形后期再喷至设计喷层厚度^[2-4]。②采取短进尺弱爆破, 以减少对岩体的扰动。提高开挖后围岩的自稳能力, 争取在围岩剥落松弛之前形成有效的支护, 为后续工序创造安全施工的时间和空间。③加强监控量测, 及时施工混凝土, 尽早封闭成环, 并根据监控量测数据分析结果确定混凝土施工时间。后部的仰拱及隧道填充混凝土随掌子面开挖同步进行, 及时形成封闭结构, 提高整体受力效果。

4.4 不良地质条件洞身开挖支护

(1) V级围岩施工: V级围岩地段施工采用三台阶预留核心土法开挖, 洞身段采用超前小导管的支护, 采用人工风镐开挖, 及时喷射混凝土封闭围岩^[5]。V级围岩每循环进尺控制在0.6m。

施工中先环形开挖上断面, 并施作初期支护; 然后开挖上断面核心土, 再开挖下断面中部; 接着跳槽开挖下断面边墙部分, 并施作边墙初期支护; 接着开挖仰拱部分, 并将下断面剩余的初期支护施工完成, 待全断面开挖及初期支护完成后及时进行仰拱及仰拱回填的施工; 最后根据监控量测信息及时施作全断面二次衬砌^[6-8]。

三台阶预留核心土环形开挖法施工步骤详见图1。

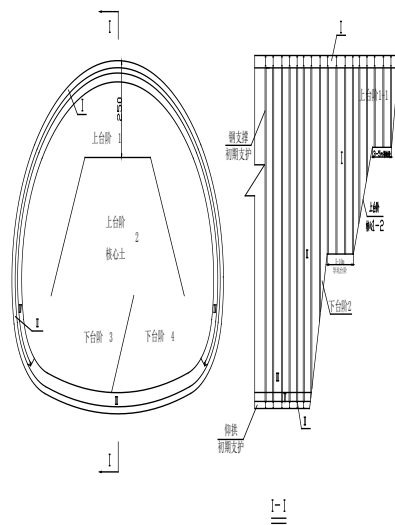


图1 三台阶预留核心土法施工步骤
(2) 洞身Ⅲ级、Ⅳ级围岩施工: Ⅲ级、Ⅳ级

围岩台阶法施工，上台阶开挖采用凿岩机钻眼，塑料导爆管非电起爆系统，毫秒微差有序起爆。上台阶由挖掘机扒碴，下台阶采用凿岩机钻眼、光面爆破、侧卸式装载机装碴，自卸汽车运碴。隧道开挖后及时施作初期支护，仰拱施工紧跟。每循环进尺控制在1.2~2.4m。

4.5 小半径地段施工

正洞U形小径距转弯部分采用全断面法施工，施工时利用左右侧炮眼长度不一致控制洞身左右侧进尺，靠近圆心位置每循环进尺控制在0.6m（图2），外侧位置每循环进尺控制在0.8~1.2m（图2），爆破施工时控制炮眼长度，第1循环作为试验循环，施工完后与计划参数对比，从而调整现场炮眼长度，使其接近设计半径，每循环结束后测量数据，优化施工。

超欠挖处理：小半径施工前的循环为试验循环，施工时根据开挖反馈数据调整炮眼角度及炮眼同一竖直方向的长度，每循环炮眼施工贴着圆弧且与圆弧半径垂直施作，超挖采用混凝土回填，欠挖采用破碎锤处理，工艺数据成熟后严格按照参数施工，用工艺参数及进尺控制现场超欠挖^[9-10]。

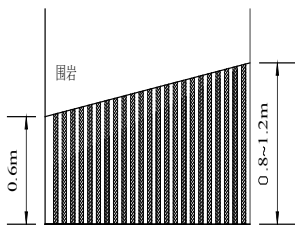


图2 小半径围岩炮眼施作

4.6 仰拱施工

仰拱采用自行式仰拱栈桥进行全幅整体浇筑。填充与仰拱分开施工，在仰拱混凝土终凝后浇筑。

4.7 二衬施工

隧道二次衬砌施工顺序：仰拱开挖→栈桥就位、铺设防水层→钢筋安装、仰拱弧形模板就位加固→仰拱混凝土→养生→填充混凝土→防水层、钢筋绑扎、衬砌台车检查→二衬混凝土浇筑→养护。

为确保隧道拱顶饱满密实，采用带模注浆工艺，拆模前进行背后或对空洞处注浆回填。

4.8 辅助作业施工

施工通风：隧道采用压入式通风，风机采用两台SDF-NO12.5轴流风机通风，通风管采用φ180

cm的高性能、低漏风率风管。

施工供水：隧道进口工作面设置4台空压机，高压风管采用φ180mm无缝钢管。

施工供水：进口工作面采用7.5kW增压水泵向洞内提供施工用水，洞口设置蓄水池，供水管道采用DN100钢管，每200~250m设置三通接头，洞外供水管采用埋地120cm及保温包裹措施防止水管结冰。

施工排水：隧道进口工区采用顺坡排水。

施工供电：洞内架设10kV电缆。隧道进口设1台630kV变压器。作业面设置1台350GF4发电机。

洞内照明：由洞外变电站供电，洞内加设应急照明设备。

5 结论

综上所述，洞库于2021年施工完毕，施工利用锚索框架梁加固稳定山体、洞内不良地段采用微台阶施工、小半径利用炮孔长度不均衡及短进尺控制隧道开挖质量等手段，完美地解决了洞库在施工中存在的问题，并针对此类问题已有丰富的经验，可对类似隧道施工提供参考。

参考文献

- [1] 柴拂晓. 预应力锚索在滑坡治理工程中的应用[J]. 城市建设, 2011(11).
- [2] 陈昇辉. 复杂地质条件下隧道施工技术和安全管理[J]. 中华民居, 2014(3): 394-394.
- [3] 李海. 小半径曲线地铁隧道盾构法掘进技术[J]. 铁道建筑技术, 2009(9): 99-102.
- [4] 岳新晖. 复杂地质隧道施工安全风险与施工管理[J]. 百科论坛电子杂志, 2019(15): 78.
- [5] 孙国花. 浅析高边坡锚索框架梁施工技术[J]. 中国科技博览, 2014(37): 108.
- [6] 杨中锋. 复杂地质条件下盾构隧道大下坡小半径穿越建筑群施工技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(5): 339-340.
- [7] 包厚仁. 复杂设计线形及地质条件下盾构连续穿越重大风险源施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(14): 1787-1789.
- [8] 代斌. 地铁盾构工程穿越市政设施风险源施工控制技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(6): 2427.
- [9] 莫志锋. 浅覆土小半径盾构技术探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2016(4): 1327-1328.
- [10] 朱春雷, 周顺华. 杭州地铁1号线盾构隧道施工的风险与对策[J]. 施工技术, 2014(7): 94-97.