

陡崖条件下铁路隧道反向出洞施工方法研究

徐文蕴 张朋宽 熊聪聪

中铁二院工程集团有限责任公司 四川 成都 610031

摘要: 山地轨道交通工程在建设中多以隧道穿越起伏较大的山岭地段, 隧道洞口段施工难度大, 技术要求高, 安全等级高。近年来, 山岭隧道反向出洞施工技术得到了一定的应用, 但仍面临地质风险、工序衔接效率低、工程成本高等问题。本文依托都江堰至四姑娘山山地轨道交通项目在建新房子隧道, 对环境敏感区陡崖条件下的隧道反向出洞施工方法进行了研究, 认为采用大管棚超前支护、分部开挖、分层施作衬砌的反向出洞方式, 能有效解决隧道洞口施工稳定性的问题, 在进度、质量、安全、环保及成本的控制等方面上都有一定优势。

关键词: 山岭隧道; 反向出洞; 非爆施工

1 引言

我国是一个多山国家, 长期以来, 受地形和环保限制, 交通发展严重滞后, 难以满足旅游发展和居民交通出行需要。山地轨道交通系统定位于山地环境, 服务于旅游景区内部、景区之间以及沿线主要城镇客流。为更好地适应地形、减少对周边环境的影响、节省工程投资, 山地轨道交通工程在建设中多以隧道穿越起伏较大的山岭地段, 洞口段往往地形条件差, 危岩体、落石发育。为实现快速施工, 通常采用修筑便道, 在洞口搭设施工平台的方式由洞口向内开挖。然而, 陡崖条件下施工便道的修筑十分困难, 容易造成环境破坏, 施工风险极高, 同时搭设施工平台也会极大地增加工程投资。

山岭隧道反向出洞施工工法因其在复杂地形和地质条件下的高效性与安全性, 成为隧道工程领域的重要研究方向。该工法通过从隧道内部向洞口方向掘进, 可减少洞口段开挖对自然边坡的扰动, 尤其适用于高陡边坡、软弱围岩等特殊场景。近年来, 随着钻爆技术、支护体系及智能化装备的进步, 反向出洞工法在工程实践中得到广泛应用, 但仍面临地质风险、工序衔接效率低、工程成本高等问题。

目前, 国内少数隧道工程在实施中采用了反向出洞的方案并取得了成功, 王波等^[1]采用了小导洞开挖、光面爆破的反向出洞方式, 有效解决了密鹊隧道偏压洞口的施工安全问题, 降低了施工风险; 曹林祥等^[2]采用超前小导管代替大管棚超前支护, 以土司城隧道为依托, 对独头掘进隧道“晚出洞”技术进行了分析与探讨; 周满兵^[3]以南田隧道为例, 通过小导洞分部环向开挖结合超前小导管方法, 分析研究了山岭隧道单向出洞施工技术, 实践证明该技术切实可行。

从上述现状可以看出, 当隧道洞口围岩较好时, 常采用台阶法直接出洞, 而超前小导洞法则适用于洞口围岩较差或断面较大的隧道^[4], 围岩的开挖通常采用钻爆法。然而, 当隧道位于环境敏感区内时, 受开挖工法限制, 施工效率低下; 此外, 为保证结构安全, 反向出洞段多采用高于常规设计的超前支护措施, 显著增加工程成本, 如何在安全性与经济性间取得平衡, 仍是反向出洞工法推广的难点。

结合上述背景及现状, 本文依托都江堰至四姑娘山山地轨道交通项目在建新房子隧道, 对环境敏感区山岭隧道反向出洞的施工工法进行探讨。

2 工程概况

都江堰至四姑娘山山地轨道交通项目起于成灌高铁都江堰站, 经卧龙国家级自然保护区, 止于小金县四姑娘山镇。正线全长123.180km, 其中隧道85.738km, 占线路总长度的69.60%。

在建新房子隧道位于耿达~卧龙区间, 地处青藏高原与四川盆地过渡的龙门山低中山区, 地形陡峻, 起伏大。隧道全长1351m, 为单洞双线隧道, 最大埋深约226m。

本隧位于卧龙国家级自然保护区实验区, 全隧采用非爆法施工, 采用悬臂掘进机开挖。

3 反向出洞施工方案

新房子隧道进出口端地形陡峭, 进口段存在危岩落石, 出口右侧存在岩堆, 均无进洞条件, 于隧道出口端设置一座横洞, 引入正洞后向两端掘进, 反向出洞。

下面以出口端为例详细介绍反向出洞的方案步骤, 进口端的实施方案与出口端类似。隧道出口里程为DK55+364, 在建老房子大桥桥台伸入出口段落长15m, 此段落为反向出洞施工段, 如下图所示。

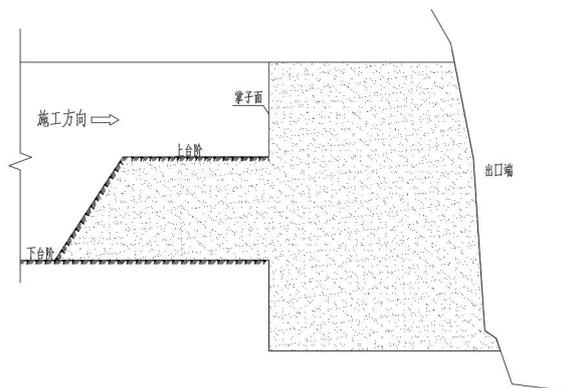


图1 出口端反向出洞施工纵断面示意图

第一步（如图2所示）：

- (1) 施作管棚工作室，同时完成洞外危岩落石整治及C20砼反压回填；
- (2) 施作管棚工作室拱部初期支护：初喷4cm厚混凝土，铺设钢筋网，架立钢架，钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度；
- (3) 施作大管棚导向墙；
- (4) 施作Φ89大管棚并完成大管棚注浆。

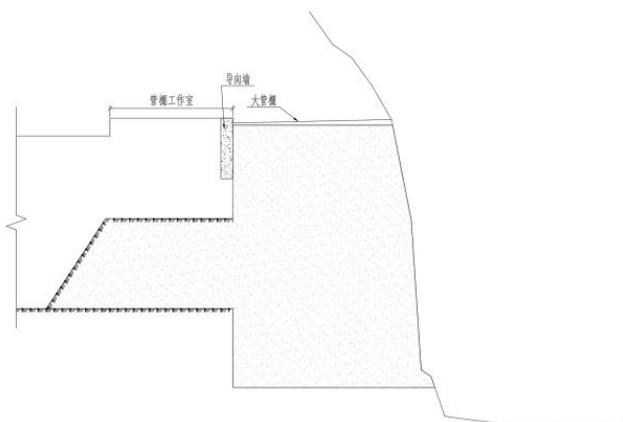


图2 管棚工作室及大管棚支护施作

本隧道将反向出洞段从横断面上划分为4个区域，如图3所示。

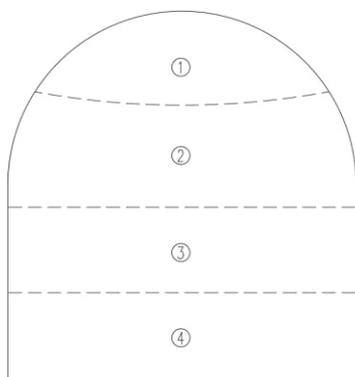


图3 隧道横断面分部开挖示意图

与以往采用的台阶法或超前导洞法有所不同，本隧道的开挖采用自上而下的顺序分部一次性开挖各区域至洞外，并同步施作初期支护及临时横撑的方式进行。故第二~五步的施工步骤为：

- (1) 分部开挖第1~4部围岩；
 - (2) 分部施作1~4部初期支护；
 - (3) 架设1~3部底部的临时横撑，1部设工18横撑，2~3部设双排工20b横撑；
 - (4) 分部施作1~4部明洞及路堑并及时施作防护工程。
- 上述步骤的横纵断面示意分别如图4、图5所示。

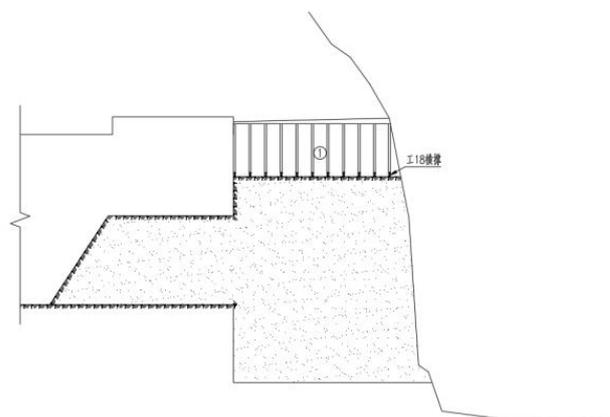


图4 分部开挖纵断面示意图

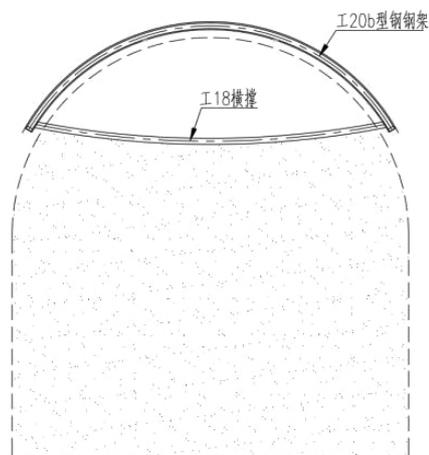


图5 分部开挖横断面示意图

上述步骤完成后，再采用自下而上的顺序，分部施作各个区域的防水及二衬，并设置临时换撑，故第六~八步的施工步骤包括（如图6、图7所示）：

- (1) 待开挖完毕后，施作DK55+349处直立开挖面堵头墙；
- (2) 分部施作 I~III 部防排水工程和绑扎钢筋；
- (3) 架模，分部一次性浇筑 I~III 二次衬砌；
- (4) 待衬砌混凝土达到设计强度后，架设双排工22b临时换撑，随后拆除临时横撑。

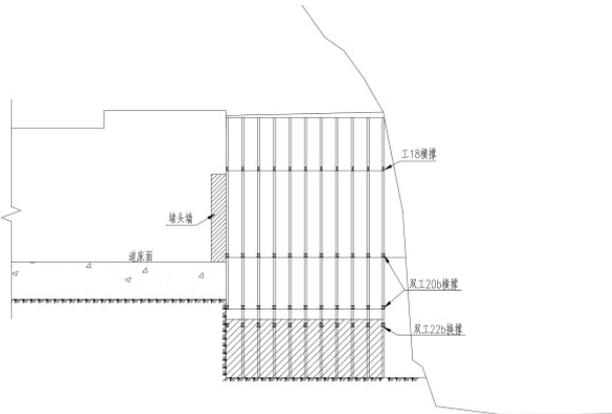


图6 二衬浇筑及换撑施作纵断面示意图

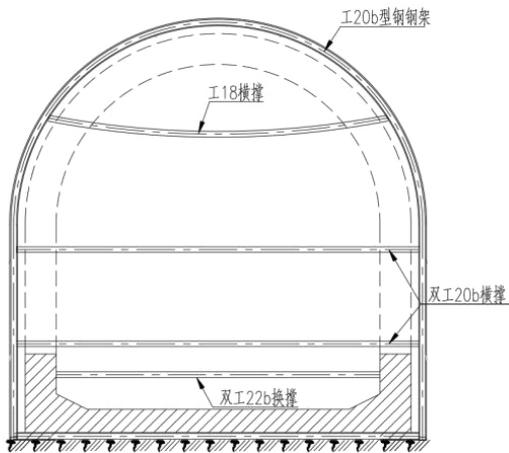


图7 二衬浇筑及换撑施作横断面示意图

待拱墙二衬混凝土达到设计强度后，拆除临时换撑，并施作明洞衬砌及回填、洞门结构，完成反向出洞施工。

4 结论

通过上述反向出洞施工工法的实施，新房子隧道已于2023年按期完成施工，并节省了工程投资约300万元。工程实践表明，在陡崖条件下采用大管棚超前支护、分部开挖、分层施作衬砌的反向出洞方式，能有效解决隧道洞口施工稳定性的问题，在进度、质量、安全、环保及成本的控制等方面上都有一定优势。

参考文献

- [1]王波,杨学诚,张梦飞,等.偏压陡崖峭壁区隧道反向出洞的施工方法[J].云南水力发电,2021,37(04):150-152.
- [2]曹林祥,王非凡,袁青.陡峭地形隧道“晚出洞”施工探讨[J].中外公路,2021,41(01):170-173.
- [3]周满兵.公路山岭隧道单向出洞技术研究[J].安徽建筑,2018,24(02):78-80.
- [4]韩忠磊,李腾飞.陡峭地形隧道出洞方案研究[J].交通世界,2022,(17):133-135.
- [5]李昕,刘建超,李栋.浅埋偏压桥隧相接隧道出洞施工技术[J].筑路机械与施工机械化,2020,37(Z1):96-101.