

运营条件下既有站内暗挖施工工法比选与工艺优化分析

段立博 赵玉飞 姜磊 吕鑫浩 赵景亚

中建八局轨道交通建设有限公司 江苏 南京 210000

【摘要】：既有地铁车站运营期间进行暗挖接驳施工，需兼顾施工安全、工程质量与运营保障，核心难点在于控制施工扰动对既有结构及运营秩序的影响。本文结合石家庄市城市轨道交通1号线三期工程西王站暗挖接驳施工实例，对比分析运营条件下既有站内暗挖常用施工工法，针对选定的矿山法施工存在的问题，从注浆加固、土方开挖、初期支护等关键工序进行工艺优化，提出切实可行的优化方案，有效降低施工扰动，保障运营安全与施工进度，为同类工程提供参考。

【关键词】：运营条件；既有车站；暗挖施工；工法比选；工艺优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.10.034

1 工程概况

石家庄市城市轨道交通1号线三期工程上庄站~西王站区间暗挖段，需与已运营的1号线一期西王站进行接驳施工。区间暗挖段采用马蹄形断面，复合衬砌结构，初期支护由喷射混凝土、钢筋网及钢筋格栅组成，与二衬之间敷设防水层。区间右线盾构井开挖长度209.5m，覆土厚度11.9m~16.6m，不同断面开挖尺寸及初支厚度有所差异，其中断面一、二初支厚度250mm，过渡断面及断面三初支厚度300mm。本工程属于超过一定规模的危险性较大分部分项工程，施工区域位于既有运营车站内，周边存在既有轨道、管线及车站主体结构，施工空间受限，且需严格控制施工噪音、粉尘及扰动，避免影响地铁正常运营，对施工工法及工艺提出了极高要求。

2 运营条件下既有站内暗挖施工工法比选

运营条件下既有站内暗挖施工，核心要求是“低扰动、高安全、快进度、少影响”，目前常用工法主要有矿山法、盾构法。结合本工程施工环境、结构形式及运营要求，从施工扰动、施工效率、适应性、经济性及对运营影响等方面进行综合比选，确定最优施工工法。

2.1 常用工法简介

矿山法：该工法以人工开挖为主，配套超前支护、初期支护及二次衬砌结构施工，具备施工灵活性强的特点，可适配马蹄形断面及复杂地层条件，无需大型设备进场作业，尤其适合站内狭小空间的施工场景。但该工法对施工工艺及现场管控要求较高，施工扰动需通过工艺优化严格控制。

盾构法：采用盾构机掘进，自动化程度高，施工扰动小，进度稳定，对周边环境影响小，但盾构机设备庞大，需占用较大进场及作业空间，站内接驳段施工适应性差，且设备投入及施工成本较高。

表1 工法比选分析

比选指标	矿山法（人工开挖）	盾构法
施工扰动	中等，可控性极强，工艺优化后可大幅降低	小，自动化掘进，扰动均匀
施工效率	中等，受工序衔接影响大，优化后可提升	高，进度稳定，设备调试周期长
适应性	强，适配马蹄形断面及复杂地层，可灵活调整	弱，设备庞大，不适应站内狭小空间及异形断面
经济性	优，无需大型设备，施工成本低	差，设备投入大，施工成本高
对运营影响	中等，噪音、粉尘可控，施工扰动可通过工艺优化降低	小，设备进场及调试影响运营秩序
综合评价	最优，兼顾适应性、经济性 & 运营影响，适合本工程	不适用，设备及空间不满足站内施工需求

2.2 工法确定

结合本工程既有站内施工空间狭小、断面为马蹄形、地层条件复杂及需保障地铁运营的核心需求，综合比选常用工法，确定采用矿山法作为本工程既有站内暗挖施工的主导工法。后续通过优化矿山法关键施工工艺，降低施工扰动，解决运营与施工的矛盾，确保工程安全、高效推进。

3 矿山法施工工艺存在的问题

结合本工程施工实际,初期采用传统矿山法施工时,出现以下问题,影响施工安全、质量及运营保障效果。一是注浆加固效果不佳,部分区域出现浆液扩散不均、加固强度不足的情况,尤其在邻近既有有线地段,土体稳定性不足,易引发沉降,威胁既有结构安全;二是土方开挖步序不合理,进尺控制不严格,上下台阶错开距离不符合要求,导致掌子面稳定性差,易出现坍塌现象;三是初期支护施工衔接不及时,格栅钢架安装精度不足、焊接质量不达标,喷射混凝土存在空鼓、裂缝等问题,无法有效控制围岩变形;四是施工过程中粉尘、噪音控制不到位,对既有车站运营环境造成影响。

4 矿山法施工工艺优化措施

4.1 注浆加固工艺优化

注浆加固是控制施工扰动、保障土体稳定性的关键,结合本工程地层特点,从浆液配比、注浆方式、参数控制三方面进行优化。

4.1.1 优化浆液配比

根据不同地层条件选用合适浆液,杂填土、素填土采用单液水泥浆并掺加速凝剂,粉细砂、细中砂采用改性水玻璃,其余土层采用水泥-水玻璃双液浆。优化后双液浆配比为水泥浆水灰比 1:1,水玻璃浓度 40Be',水泥浆与水玻璃体积比 1:1,该配比可保证浆液凝胶时间合理,扩散半径控制在 0.5m,兼顾加固效果与施工操作性。

4.1.2 优化注浆方式

采用后退式劈裂注浆,注浆孔呈梅花形布置,环向间距 500mm,单循环注浆孔深 10m,后序注浆段预留 2m 已注浆段作为止浆墙。邻近既有线段注浆加固区由 1.5m 增至 3m,增强土体强度,确保既有有线安全。

4.1.3 优化参数控制

注浆压力控制在 1~2MPa,从里向外逐渐减压,加固后土体无侧限抗压强度不小于 0.8MPa。建立注浆异常处理机制,针对冒浆、压力异常、凝胶时间变化等情况,采取堵塞、间歇注浆、调整配比等措施,确保注浆效果。

参考文献:

- [1] 张一鑫,李利刚.饱和软黄土地铁隧道浅埋暗挖施工沉降规律及防控技术[J].黑龙江科学,2026,17(02):155-157.
- [2] 史晨辉.地铁车站给排水管道暗挖施工方案研究[J].工程机械与维修,2025,(10):110-112.

4.2 土方开挖工艺优化

4.2.1 优化开挖步序

采用上下台阶开挖预留核心土工艺,上台阶采用人工开挖,每榀进尺 0.5m,下台阶采用机械与人工协同开挖,每榀进尺 1m。含临时仰拱部分上下台阶错开 4~5m,不含临时仰拱部分错开 3~5m,严格遵循“先拱部、再施工临时仰拱、边墙、最后施工仰拱”的顺序,严禁先开挖下部及不预留核心土。

4.2.2 优化控制标准

核心土断面面积不小于开挖断面面积的 50%,纵向长度不小于 3m,增强掌子面稳定性。严禁欠挖,允许最大超挖量 150mm,平均超挖量 100mm,超挖部分及时采用喷射混凝土填补。开挖过程中加强超前探孔检测,每处设置 2~3 孔,探测长度不小于 10m,提前探明前方地层及管线情况,避免意外发生。

4.3 初期支护工艺优化

初期支护是控制围岩变形的关键,格栅钢架采用场外加工、试拼合格后进场,安装前清除脚下虚渣,超挖部分用喷射混凝土填充,确保钢架底部受力均匀。采用激光指向仪、扫平仪控制格栅位置及标高,竖向偏差控制在±50mm,横向偏差±30mm,垂直度偏差不大于 1°。连接板处采用 C22 帮焊钢筋,单面焊接长度不小于 10d,双面焊接不小于 5d,确保节点等强连接。

5 结语

运营条件下既有站内暗挖施工,需在保障地铁正常运营的前提下,实现施工安全与工程质量的双重目标,工法选择与工艺优化是解决这一核心矛盾的关键。本文结合石家庄市城市轨道交通 1 号线三期工程实例,通过对比矿山法、盾构法、顶管法三种常用暗挖工法,明确矿山法因适应性强、经济性优、扰动可控等优势,更适合既有站内狭小空间、异形断面的暗挖接驳施工。针对传统矿山法施工中存在的注浆效果不佳、开挖步序不合理、初期支护质量不足等问题,从注浆加固、土方开挖、初期支护等关键工序进行工艺优化,通过优化浆液配比、调整注浆方式、规范开挖步序、提升支护精度等措施,有效降低了施工扰动,解决了施工与运营的相互干扰问题,确保了工程安全有序推进,施工质量与进度均达到设计要求。