

# 地铁车站盾构法和矿山法的联合施工技术

田向阳

中铁十八局集团第四工程有限公司

**摘要:**城市地铁车站工程施工时间长,且施工所消耗费用较多,尤其是盾构法用于城市地铁车站工程中,由于盾构法施工速度比较快,导致地铁车站施工速度和区间隧道施工速度不对称。城市地铁车站施工期间,盾构施工法得到广泛应用,盾构法具有适用范围广、安全快速以及环境影响小等特点,该方法是现阶段国内地铁车站修建中比较常见的一种施工方法。地铁车站施工期间,如果结合矿山法和盾构法,有助于缩短地铁车站建设工期,节约造价成本,技术经济效益良好。本研究通过实际工程案例的方式,分析了盾构过矿山法用于地铁车站隧道中的施工重难点,探讨了矿山法与盾构法联合用于地铁车站施工中的技术,并提出地铁车站工程施工中的防渗漏控制要点,通过技术分析与应用,施工效果良好,有效保障了地铁车站隧道施工防水性与稳定性,使地铁车站施工安全与质量得到显著提升。

**关键词:** 矿山法; 地铁车站; 盾构法; 联合施工技术  
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.045

近年来,随着社会科技的不断进步,越来越多的地铁隧道开始引入先进技术,地铁隧道和地下工程建设范围逐渐扩大。城市地铁车站工程施工时间长,且施工所消耗费用较多,尤其是盾构法用于城市地铁车站工程中,由于盾构法施工速度比较快,导致地铁车站施工速度和区间隧道施工速度不对称<sup>[1]</sup>。如果在地铁车站施工中联合应用盾构法和矿山法,则有助于缩短地铁车站建设工期,节约造价成本,技术经济效益良好。本研究主要探讨矿山法与盾构法联合技术在地铁车站工程施工中的实际应用。

## 一、工程概况

遵循南京市地铁建设工程安排,计划在市区某段城际轨道交通工程左线暗挖里程为26.7km,右线暗挖里程约18.6km,均为地下线。原计划工程选择盾构法施工,现场补勘察某段区间隧道的硬岩局部强度在120MPa以下,通过盾构法施工会导致盾构机换刀频率与停机时间的增加,从而影响掘进施工效率。为实现地铁车站的工期目标,本次选择矿山法与盾构法相结合的工程施工技术。

## 二、矿山法与盾构法联合用于地铁车站工程中的技术优势

南京市地铁车站工程大多选择单层三跨隧道结构,根据该特性,首先要在轨道两侧选择盾构法施工,再通过矿山法于隧道中段施工。联合应用矿山法和盾构法的技术优势主要表现为:(1)选择盾构法,可将两端明挖车站当作工作竖井,施工期间,两侧车站隧道无须降水;(2)选择矿山法在隧道中段工程施工,为对土体

进行充分利用,所以会选择长台阶施工,因为地下水通常位于规定上方约3m,且在上台阶的下方,所以,施工期间上台阶也不需要降水<sup>[2]</sup>;(3)地铁车站中段隧道施工,因为两侧隧道结构属于支撑点,因此高度10m、宽度12m的大断面只需上下两大台阶就可以完成。与地下水实际相结合,台阶结构选择洞内降水或明排法,不仅能够减少隧道降水量,而且尽可能避免破坏地面环境;(4)地铁车站施工期间,经过设计比较特殊管片具有可重复利用特性,因此几乎不会产生施工废弃物,由此既能降低工程造价,有助于加速工程施工进度。

## 三、地铁车站矿山法与盾构法联合施工的重难点

### (一) 地铁车站导轨和导台定位精确度要求高

地铁车站隧道工程施工应用矿山法,隧道底部混凝土导向台工程完成施工,借助导向台将精确导向提供给盾构机,确保盾构机能够维持最佳推进姿态,帮助管片提升拼装质量与防水效果。因此,混凝土导向台与预埋导轨的精确施工,是顺利应用盾构施工技术的重点。

### (二) 确保盾构机安全抵达施工隧道

盾构机在抵达地铁车站矿山法隧道前,在保证剩余岩体长度不变的情况下,会逐渐增加对盾构机掘进方向与结合部位产生的影响,通过盾构机掘进参数的合理布设,尤其是推力参数与推进参数,是保证盾构平稳与安全的关键。

### (三) 为盾构机提供推进反力

地铁车站盾构推进期间,如果前方岩体阻力不足,则极易造成橡胶止水条压力很难与设计要求相满足,进而对地铁车站隧道密封性产生影响,造成管片接缝部位发生渗漏。所以,刀盘前方顶推反力充足,是盾构工程施工的重点之一<sup>[3]</sup>。

### (四) 管片壁后填充豆砾石与避免浆液前窜

地铁车站工程施工初期支护与管片孔隙较大,且均匀度较差,豆砾石也存在较差的吹填密实度,尤其是下坡段工程,豆砾石与注浆浆液极易向刀盘前房流窜,直接影响到壁后填充效果。所以,避免浆液窜流,提高管片壁厚填充度,是盾构与矿山联合施工重点。

## 四、地铁车站矿山法与盾构法联合施工技术

### (一) 地铁车站矿山法与盾构法联合施工流程

矿山法与盾构法联合用于地铁车站中的施工流程为:加固盾构法、矿山法分界出封端-相关准备测量工作-地铁车站隧道弧形导台的矿山法施工-豆砾石在地铁车站隧道内堆放-盾构机上岛台-豆砾石实施盾构顶推掘进-管片壁后吹填豆砾石-拼装管片-同步注浆与二次注浆-紧固已拼装和拖出的盾尾管片-继续步进。

### (二) 准备测量

#### 1. 地铁车站贯通历程的复测

地铁车站隧道施工中,盾构机进入空推段之前,必

须通过矿山法对隧道端头的总里程进行复测。复测期间,应从地面移交平面水准点与控制点向井下移动,以开展复测工作,实际复测结果当作盾构贯通前到达空推段掘进的重要参考依据<sup>[4]</sup>。

### 2. 隧道断面净空行矿山法复测

通过矿山法完成地铁车站隧道初支施工后,将断面宽度设计为9000mm,高度设计为9300mm,盾构机外径设计约8861mm,在盾构机空推到隧道矿山法段之前,复测矿山法隧道断面净空,遵循断面间隔原则,每间隔1m的位置布置一组盾构机,如果和周边结构凸起较为显著的位置,可加测一组,每组测点共有8个,其中左上右下各一个、上下各一个,左右各一个以及右下左下各一个,对隧道欠挖尺寸进行检测,在讲复测记录工作做好的基础上,及时处理施工情况,为矿山法隧道圆顺提供保障。

### 3. 导台复测

地铁车站施工中,盾构空推过程中,盾构机姿态会在很大程度上受到施工精度的影响,本次工程施工中,导轨半径设计在4480mm,而导台半径则控制在4500mm,所用盾构机的刀盘半径值在4430mm,复测过程中,必须对导台两端标高、导台弧长、导台底部标高、隧道中线偏差以及导台弦长等进行仔细核对,确保导台施工圆顺性。隧道导台平台的施工精度必须控制在0-20mm的范围,导轨和导台中心偏差应控制在0-20mm<sup>[5]</sup>。

## (三) 地铁车站盾构空推施工

### 1. 地铁车站盾构接收前13m的施工

应用盾构法施工的隧道右线里程长度是YDK14+628.124~YDK14+641.123,而左线里程长度是DK14+581~DK14+596,左线与右线之间的长度共计13m,隧道洞内开展全断面注浆加固,盾构隧道拱顶距离约3m、隧道底距离3m以及左右两侧约3m为注浆加固范围,通过108动身大管棚实施隧道段支护,具体如图1所示。

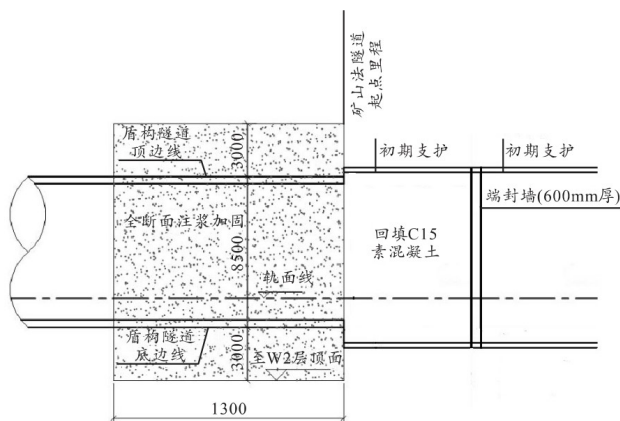


图1 地铁车站盾构空推接收端注浆加固示意图

### 2. 控制盾构进入暗挖段隧道前掘进姿态

地铁车站施工中,在盾构机进至隧道前约150-200m的位置时,必须对暗挖睡到洞内测量点、盾构开挖隧道内测量点进行复测,并精准计算不同控制点坐标。盾构

机到达与隧道之间距离约100m的位置时,需要通过人工复测盾构机姿态,同时纠正存在的控制点偏差,确保盾构机姿态处于水平状态,垂直必须比设计轴线高约20mm,确保盾构机能够顺利抵到达段。调整盾构机出土量、土压以及推力等相关掘进参数,避免盾构机周边洞门掘进影响到洞门结构<sup>[6]</sup>。

盾构机到达段,是盾构机与暗挖隧道之间距离为13m的位置,盾构机接触到达段后,应逐渐减缓推进速度,同时降低推进推力,实现出土量与地面沉降监控频率的提升,确保刀盘转动速度在每分钟0.8-1.7r,盾构机所设计推力应保证在800kN以下,推进速度应该控制在每分钟10mm。盾构机接触暗挖段隧道导台之前,需要拆除与混凝土导台相接触的刀盘外周刀具,防止刀具接触隧道导台<sup>[7]</sup>。盾构机接触空推段之前,必须确保最后三环推进力在800t以内,同时控制掘进施工速度在每分钟15mm。

### 3. 导台施工

该地铁车站工程所设导台的长度在5540mm,初支平面和导台底部的角度为60°,将导台划分成上部导向台与导台底基座,下部底基座材料选择素混凝土,而导台混凝土的强度选择等级C30,导向台设置为150mm的厚度,将8@200规格的钢筋单层、纵向铺设在Wi导向台底部,布设环向箍筋10@200,隧道中心和导台底部之间的夹角控制在45°,同时铺设标准的43钢轨,将钢板垫块(厚度月2cm)预埋在钢轨的下方,从而为后续焊接挡板与导轨的安装提供反向力<sup>[8]</sup>。导台底基座锚入焊接在钢板下方的22钢筋,保证钢筋长度为15cm,钢轨应比导台混凝土高约2-3cm,而且导台断面圆弧和地铁车站隧道之间的夹角应该控制在60°。

### 4. 暗挖隧道段豆砾石备料和堆填

掘进施工暗挖隧道段过程中,由于盾构机周围和前方阻力比较小,若想实现摩擦力的提升,必须将豆砾石喷射到盾体与管片周边,将足够反力提供给盾构机,确保管片水平连接的位置能够用螺栓牢固,保证止水条的密实挤压,从而对成型管片漏水情况进行有效抑制。豆砾石所选规格应该为5-10mm<sup>[9]</sup>。矿山法隧道应用盾构机之前,需要先准备好充足的豆砾石,自矿山法隧道竖井处,向竖井下溜放豆砾石,再均匀摊铺豆砾石。

## (四) 地铁车站空推施工

### 1. 工程步进盾构机

基于刀盘与导台的位置关系,必须及时调整推进油缸油压,通常来说,下部油缸的压力要比上部油缸的压力大,导致盾构姿态与所设计的轴线相拟合。施工初期,应将盾构机步进速度控制在每分钟15-30mm,待工艺熟练后,确保盾构机步进速度在每分钟30-50mm<sup>[10]</sup>。盾构推进过程中,应由专业人员到盾构机的前方,对盾构机实际推进状态进行检查与监测,密切观测盾构刀盘轮廓和暗挖段隧道的间隔距离,同时检查盾构前体下部与导台结合情况,盾构机司机应该与监测人员相互配合,确保盾构机能够沿导台中心的位置缓慢向前推进。此外,在盾构机推进期间,应将油脂涂抹在导台轨道

中,以达到导台轨道润滑的目的,减少盾构机与导台的摩擦阻力。

2. 导台管片的拼装

对拼装管片进行选择过程中,必须依照盾尾与油缸间隙形成差,以拼装点位的方式确定盾构姿态,确保拼装管片后,其质量与设计要求相满足。每片管片拼装完成后,应人工紧固螺栓,各环根据需要,通过气动扳手,全面紧固管片螺栓,在一车推进后,需要对管片螺栓进行二次紧固。管片离开盾尾之后,还需要再紧固一次扳手。

3. 同步注浆施工

豆砾石回填到各换片工程完成后,就可以开始注浆施工,在注浆施工期间,应选择手工控制注浆速度与注浆量,依照施工现场情况,适时调整注浆量、注浆压力以及注浆速度,为保障管片后孔隙能够实现充分填充,防止砂浆在刀盘前部流窜,必须控制注浆压力在0.05-0.16MPa的范围,如果注浆量超过理论注浆量的80%,则需要及时停止注浆。注浆期间,应该严密观测盾壳外围堰变形与盾构机周边情况,若发现浆液泄漏,则必须即刻停止注浆,具体如图2所示。

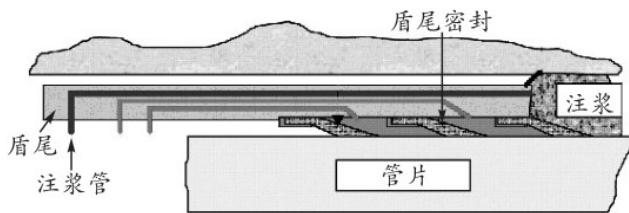


图2 地铁车站隧道同步注浆示意图

(五) 导台管片外侧二次注浆

对于导台管片顶部,豆砾石注浆过程中,一次往往难以充填密实,会有少量空洞留出,在管片从盾尾脱出,且首次注浆凝固之后,需要每隔两环,将高于拱腰的管片吊装孔打穿,检查首次注浆效果,通常来说,盾构机每进行4-5环的推进,就需要在隧道上方管片注浆孔的位置注浆,对于注浆材料,应选施工组织设计和审批完成的水玻璃溶液与水泥浆配比,控制注浆压力范围在0.3-0.4MPa,水灰比应保证在0.5-1。

五、地铁车站工程施工中的防渗漏控制要点

(一) 地铁车站工程渗漏的原因

各施工环节防水施工效果对地铁车站工程结构防水质量具有决定性影响,造成地铁车站结构渗漏水因素主要包括:(1)开挖隧道基坑期间,并未完全封堵维护结构渗漏水位置;(2)围护结构具有较差的施工质量;(3)工程主体结构施工不符合地铁车站施工标准;(4)不能有效处理诱导缝与施工缝等位置,施工工艺缺乏精细度;(5)地铁车站外包防水层施工与设计要求不相符。

(二) 地铁车站工程防渗漏控制要点

首先,围护结构施工。从根本上说,地下连续墙防水功能对内衬结构自防水效果有着直接性影响,地下连续墙渗透渠道通常在墙幅接缝的位置,应对邻近幅槽壁

日常清刷工作予以高度重视,使刷壁器保持在无结块泥团的状态,使接缝质量与施工要求相满足。开发基坑期间,要尽可能缩短基坑无支护在外暴露的时间,同时将围护结构水平位移缩小,所浇筑的混凝土应保持连续性,防止因间隔时间长而出现夹泥情况。

其次,主体结构自防水。应对模板安装工程加以高度重视,主体结构防水关键位置,作为施工缝端头模板,实际施工前,必须选择有效的防护对策,施工期间应对固定侧模期间止水带是否有所损坏进行严密检查,内衬墙在施工之前,应做好围护墙渗漏点处理工作,施工期间要对混凝土指标做好严格控制,其中包括坍落度、水泥用量等,凝结后的混凝土,要以塑料薄膜加以保护,通过浸水养护的方式保护结构顶板,以提升结构自防水功能。

总结

地铁车站隧道工程施工中,应用有效的施工技术至关重要。本研究通过实际工程案例的方式,探讨了矿山法与盾构法联合用于地铁车站施工中的技术,通过技术分析与应用,施工效果良好,有效保障了地铁车站隧道施工防水性与稳定性,使地铁车站施工安全与质量得到显著提升。

参考文献

[1] 韩超, 秘金卫, 齐阳, 白晓宇. 青岛某隧道盾构法与矿山法施工交界处围岩快速加固方法与应用[J/OL]. 工程勘察: 1-6 [2022-11-12].

[2] 李爱东, 邓永忠. 地铁车站小盾构先行大盾构扩挖技术研究应用[J]. 现代城市轨道交通, 2021 (S1): 31-35.

[3] 陈卫军. 上海软弱地层采用盾构法及顶管法建造地铁车站的可行性方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24 (07): 161-164+168.

[4] 杨志豪, 丁鹏飞, 邹光炯. 重庆地铁暗挖车站盾构过站方式研究及实践[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41 (02): 267-273.

[5] 王志强. 新建隧道矿山-盾构法下穿既有地铁车站综合应用研究[J]. 交通节能与环保, 2019, 15 (03): 120-123.

[6] 贾向斌. 地铁车站盾构法与矿山法联合施工技术[J]. 建筑安全, 2018, 33 (12): 64-66.

[7] 贾磊, 解咏平. 基于矿山法扩挖盾构隧道对地表变形的影响分析[J]. 河北地质大学学报, 2018, 41 (04): 36-40.

[8] 陈瑞征, 胡威东, 李新平. 矿山法扩挖盾构隧道修建大断面隧道施工技术[J]. 隧道建设, 2016, 36 (11): 1372-1378.

[9] 李宏安. 大直径盾构建造地铁区间及扩挖车站工程实践及应用前景分析[J]. 现代隧道技术, 2015, 52 (05): 16-23+39.

[10] 孟亚武. 地铁车站盾构法与矿山法联合施工技术及其地铁车站施工防渗漏控制要点的探析[J]. 城市道桥与防洪, 2013 (11): 101-103+8.