

浅析矩形顶管施工技术在城市地铁过街通道中的应用

孙浩

中铁建工集团第四建设有限公司, 江苏 南京 210001

[摘要]在我国快速发展的背景下,人们对地下空间的规划和施工提出了更高的要求,不仅要保障人们的日常生活,更要体现其特征,常规的施工工艺存在着一些缺陷,而采用非开挖的方式,由于其开挖量小、占地面积小、对周边环境污染小等优点,因此,该技术在促进我国城镇地下管网建设的合理性与标准化以及对环境的保护方面,都有着十分重要的意义,基于此,文章分析了矩形顶管施工技术在城市地铁过街通道中的应用策略。

[关键词]矩形顶管;施工技术;技术应用;地铁过街通道

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15689

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

Brief Analysis of the Application of Rectangular Pipe Jacking Construction Technology in Urban Subway Pedestrian Crossings

SUN Hao

China Railway Construction Group Fourth Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210001, China

Abstract: Against the backdrop of rapid development in China, people have put forward higher demands for the planning and construction of underground spaces. It is not only necessary to ensure people's daily lives, but also to reflect their characteristics. Conventional construction techniques have some shortcomings, and the use of non excavation methods is of great significance in promoting the rationality and standardization of urban underground pipe network construction and environmental protection in China. Based on this, this article analyzes the application strategy of rectangular top pipe construction technology in urban subway pedestrian passages.

Keywords: rectangular top pipe; construction technology; technology application; subway pedestrian crossing

引言

在国内,由于城市化进程的加快,浅层地下空间的开挖逐渐受到人们的重视,与传统的明挖法相比,顶管施工对周边已有建筑物和环境的干扰更少,已被广泛用于过街通道、地铁出入口、综合管廊、车辆隧道等领域,当前,我国隧道顶管施工以软黏土为主,而对于穿越硬岩及软硬交接层的隧道施工与实践经验却很少^[1]。

1 工程概况

洋珠巷地铁连接通道位于南京市秦淮区中山南路与洋珠巷交叉口,通道南北向布置,下穿洋珠巷,南侧连接

万象天地负一层商业,北侧连接地铁1号线三山街站1号出入口,万象天地广场内设置一处地面出口,通道全长80m,总建筑面积约为720m²,主通道过洋珠巷采用矩形顶管暗挖工艺,暗挖段长47m,结构净宽6m,净高3.3m;矩形顶管始发井布置于洋珠巷南侧尺寸为12m×10.9m,始发井设置万象通道与万象天地连接,并在万象天地广场内设置一处出入口,出入口结构净宽5m,布置一部上下行自动扶梯及路步楼梯;接收井布置于洋珠巷北侧,尺寸为6m×8.8m,设置明挖通道与地铁1号线三山街站1号出入口连接。

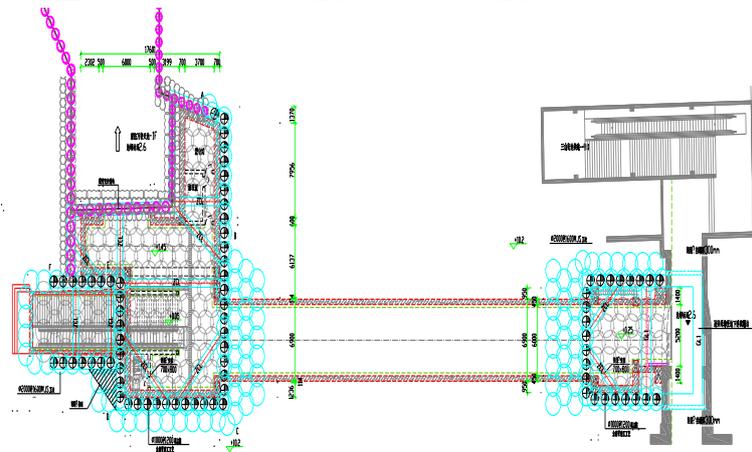


图1 地铁连接通道平面布置图

2 工程特点

顶管施工是该车站的一项重点控制工程,其突出特征如下:①顶管隧道的建设属于高危险性的重大工程,必须制定特殊的施工计划,该工程是在地区境内第一例跨既有有线区间采用矩形顶管进行顶管施工;②工地周围的环境比较复杂,不利于安全生产,该通道东侧为三山街地铁站,最短间距为 1.5m,南侧紧挨地铁风亭,北侧与地铁相连,西侧紧挨投资大厦。本工程所跨越管道为 37m,其主要管道为通信、燃气管道、雨水管道、上水管和污水管道等,由于该通道与地车站平行且距离较近,属于地铁保护红线范围,需要对地表沉降及施工工艺进行精确控制;③本工程中,使用了机械化顶管技术,不需要进行手工挖掘,对原始土壤的扰动很小,可以防止道路的沉陷和开裂;不需要修补道路,减少了工作人员的体力,可以更好地实现文明建设;④钢套筒接收工法可适应多种复杂地层,对不良地质工程的过站接收施工有显著优点,可对各类施工风险进行有效控制,⑤从该工程的地质调查结果来看,该工程的地质情况较为复杂,勘察钻孔最大深度为 30m,调查发现现有潜水、承压水及层间水 3 个层次的地下水^[2]。

3 顶管施工风险及应对措施

3.1 岩层预处理技术

针对顶管施工区域内存在强度 4.67MPa 的强风化泥质粉砂岩和中风化泥质粉砂岩,单凭壳体上的齿刀不能充分破碎,需要对其进行预处理,通过地质勘查资料分析,该项目遇到的强风化泥质粉砂岩遇水后,其强度将显著降低,其软化系数达 0.65,针对强风化泥质粉砂岩层,需利用小型顶管机、水平定向钻机、锚杆钻机等工程设备,通过水平钻孔预破碎,并辅之以注水,在减小大体积岩体的前提下,弱化岩体强度,针对该工程中存在的问题,本项目使用锚杆钻机,在其洞底边缘至顶管外壳底面边缘的位置,密集分布一系列 $\phi 100\text{mm}$ 的钻孔;在顶管顶管机底部边缘处,密集分布一系列 $\phi 100\text{mm}$ 的钻孔;在无底土层的区域,以 150mm 的间距错开设置 $\phi 100\text{mm}$ 的钻孔,如果单侧一次钻孔,因钻入较深,导致钻杆变形、机械位移等原因,很难有效地控制出钻精度,因此在始发井和接收井间分别进行两个方向的对向钻孔,从而减小一次钻深,为了确保孔区中部具有一定的重叠面积,使岩体完全碎裂,对线路上段管段进行深度 23m 的预处理,对地层进行预处理时,应采取以下措施:①严格按照设计图纸进行钻孔;②在钻孔过程中,不断地向孔内注入水,使岩石表面的水分吸收和变软;③在一次钻孔结束后,经核对钻孔的深浅满足规定后,再进行下一次钻孔的工作;④钻孔结束后,取样检查其强度,如果没有下降,则继续注入水,直至其强度显著降低。

3.2 土体改良

地质勘查资料表明,该地区淤泥质黏性强,黏性强,极易在刀盘表面形成泥膜,造成出土器阻塞;由于泥质粉

砂岩中含有大量的基岩裂缝水,在开挖过程中有可能引起顶管窜流,为防止上述现象发生,必须对基坑周围的土层进行加固处理,在该项目中,使用了矿物类改良剂来改善土壤,以膨润土、聚丙烯酰胺、水、纯碱为原料,通过野外实验确定了改性材料的配比,通过对其进行现场观测可以看出,其具有良好的流动性、塑性性,在渣斗中均匀铺开,没有出现喷溅和结泥饼的情况。

3.3 回缩的原因及对策

顶管机回缩是在顶管工程中,顶管工程发生后收,由于顶进推力不够,不能有效地抵抗钢管与周边土之间的摩擦;也有可能是由于后端土体的压力太大,使管线受到挤压,针对这一问题,本工程采用了如下措施:①加大顶推,在加大输出功率的同时,调节千斤顶的数量和位置;②进行土压力计算,并进行平衡设计,确保管线后端土体的承受足够的压力,防止管线因承压太大而受到挤压,③强化管线的支承与稳固,防止管线移位^[3]。

3.4 路面、管线沉降

造成路面下沉的主要因素有:①顶管断面为中粗砂和粉质黏土地层,稳定性不佳,受干扰后容易产生沉陷,严重时会引起地面坍塌;②掘进机前方土体的应力分布不均,产生沉陷问题;③掘进机的纠偏和曲线推进使管线周边产生空隙,空隙中充满了周边土体,造成了沉陷;④注浆施工未进行,引起地面下沉;⑤管线与周边土壤发生摩擦,造成地基失稳,进而造成路基下沉;⑥接头不规则,不均匀,或在不平直的管线上进行,将加大对地层的剪切干扰,从而引起地面沉降和隆起,在顶管工程中,要注意对周边管线进行防护,避免因地面沉降引起的地下管线沉降、渗漏和断裂等问题,从而降低管线的使用性能,同时也加大了建设难度,该顶管工程在工程区域中避免了已建城市地下管道,不需要再进行管道改造,但是由于顶管工程开挖引起的上覆土层受到扰动,使管道发生了下沉,受力状况发生了变化,从而引起了管道的变形和破坏。防治措施:①在完成顶管工作后,应立即灌注填料,以提高管线周边土体的密实程度,从而防止管线的不均匀沉陷;②防止管道下沉的重点在于减小施工时对上覆土层的冲击,并对管道的主动变形进行适当控制,使其在可接受限度之内;③对顶管机与工作井及接收井预留孔之间的缝隙进行严密的控制,从原理上讲,尽量减小缝隙,一般是一侧 10~15 毫米;④要注意对施工期土压力进行监控,并对其进行合理调节,以避免由于地基土压力过大而引起地表下沉,在此基础上,对顶管施工区域进行地基处理,增强地基承载力;⑤在完成施工后,对路面和管道的变形情况进行监测,对出现的问题要立即进行治理,以保证路面和管道的安全和稳定。

4 矩形顶管施工技术要点

4.1 施工准备

为了确保施工的质量,确保施工的顺利进行,矩形顶

管要做好充分的前期工作：①对该地区进行全面调查，摸清该地区地质、水文和周围情况，以便制定出合理的建设计划；②认真制定施工组织计划，制定出科学的施工程序，保证每一道工序都能满足工艺及安全规范，在此基础上，要做好工程物资和机械的准备工作，对所用原料进行全面核查，严格控制原材料质量，保证其使用的良好的机械性能，以适应矩形顶管需要；③要强化对施工人员的职业培训，提高他们的技术水平，改善安全意识，使其能够应付各类复杂情况；④做好安全施工工作，制定应急计划，妥善处理工程中出现的一般危险及意外情况，保证工程的正常运行^[4]。

4.2 注浆加固

在该项目中，对顶管初始加固、后墙、过站井两侧的加固采取了深孔注浆加固措施，在进行加固之前，应摸清加固区域管道的布置状况，避免因管道限制而影响工程的正常进行，工程完成后，要对洞口周边土进行深层注浆，并将其布置在距离管道较远的地方，加固砂浆是以水灰比1:1配制而成，水泥砂浆选用42.5普通硅酸盐水泥为主要原料，将水泥、促凝剂和水充分搅拌，制成水泥砂浆。

4.3 端头加固及降水

为避免在拆除顶管和接收段开挖过程中引起的洞壁坍塌，造成质量和安全事故，对2号出口顶管的起始和接收端进行注浆加固；为了确保开孔后土能够达到顶进压力需要，始发井后靠背土体亦采用注浆加固，2号出口始发井加固长度为8m，在地基处理完毕后，在2#进、出口顶管的起始和接收端各设6个降水井，在进行顶管施工之前，要把水位降低到始发井和接收井的1.5m以上，具体的加固区域和加固措施需结合图纸。

4.4 始发井洞门破除

在洞门凿除前，要对洞口进行加固检验，以保证加固后的地基强度均匀、自重稳定、止水，本项目采用矩形顶管施工方法，在保证土无侧限抗压强度 $\geq 1.0\text{MPa}$ 的基础上，对其透水性进行严密控制，采用水钻，在2.8m深的5个钻孔中，观测洞口的加固效果和有无流沙涌水现象，在工程建设中，一旦出现渗水现象，应及时采取措施进行封堵和加固，以减少地下水对工程的不利影响，在开挖洞门之前，要仔细检查洞门的轴线及标高，保证工具能够顺畅地进入洞口，本项目顶管施工过程中，对顶管施工区域周边土体进行了加固处理，保证了土体的强度和渗透性等各项指标符合设计要求，检查通过后，在孔内开挖地下连续墙，洞门破除采取静力破除法，按自下而上，由中间向两侧进行，以水钻为主。破除施工分为上、中和下三层，一般是从最上面的中部进行凿除，然后在上面的两边进行凿削，破孔的大小与预先埋设的钢环相同，为6900mm \times 4200mm，每管片的大小各向外侧100mm，在破洞门之前，要加强对涌沙涌水的控制：①对加固区域进行合理的设计，

加固土强度要大于1MPa，加固范围和深度要严格控制，按顶土强度、地下水位等参数设置相应的安全系数；②在开挖完成后，根据地下水水位变化，及时进行洞口降水，并对其进行周期性的水位监测，将基坑水位下降到顶管以下50cm处；③在洞口设置橡皮密封环，在顶钻过程中要做好防护工作，避免头部刀将密封环损坏，保证密封环的防水能力^[5]。

4.5 顶进施工

4.5.1 正常顶进

当顶进机进入后，常规的顶升速率应该保持5~10mm/min，在15m以内，必须对顶进速率进行严格控制，一般以20mm/min的速率进行顶进，在顶进2m区域，泥浆压力由0.04MPa逐步升高到0.06MPa，并进行机头的位置调节，保证机头平稳准确的顶进，初期开挖时，只能采用较低的液压油缸进行开挖，顶管施工速度要快，避免土壤长期裸露，为防止孔口封堵不当，引起减阻泥浆损失过多，降低减阻率，孔口坍塌，从而引发重大的安全问题，必须强化顶管施工部位的止水。

4.5.2 矩形管节顶进

在进行矩形顶管施工之前，必须对各种机器进行仔细检验，由设备管理员负责交接班，对机器运行状况进行详细登记，并将该记录移交给下一班的操作者，在交接班过程中与下一班的操作者沟通，新入厂的设备操作员要仔细查看操纵台、泥浆泵、管道、测量系统等，交接班检验合格后，才能启动电源，转动起顶管机的刀盘，该工程采用矩形顶管进行施工，其设备前的阻力很大，在管节顶管施工中，管节会引起主油缸、机头和管段的缩回，一般退到20-30厘米的范围内，在后退过程中，土壤压力的均衡被打破，从而对地基稳定产生不利作用，严重时还会造成路基塌陷，在底座的两端分别装有止退装置，并与底座进行牢固焊接，可以很好地解决这一问题。在完成顶管接头安装时，可以将销轴插到管件吊装孔内，以便将接头固定，顶管在钢管内壁后，要加强顶管的总体压力保持能力，以确保土压力的均衡，从而增加其承载能力，在防止筒体翻浆的同时，也要避免筒体接触，损伤接收钢套筒的内壁，顶管施工中，由于顶管施工前期埋地不深，且其自身重量主要靠导轨与土壤支承，在土支护表面受力超出其承受极限，极易出现顶管施工中冒顶现象，为了解决这一问题，在进入地层后，要把机头和前面三节管段的拉杆螺钉拧紧，本工程采用了如下方法：①当设备就绪以后，把机头抬高5mm，让它出洞时一直处于朝上的姿态；②在施工过程中，出现沉降现象时，利用千斤顶对其进行纠正，调节主推千斤顶的受力中心，严密监视装置的运行情况；③加强洞口外部的监测和加固，防止因地基沉降而产生的“磕头”问题，④提高顶升速率，保证地层压力比理论计算值高，防止由于头部撞击而引起的地表沉降^[6]。

5 结论

综上所述,为了保证工程的稳定与安全,采用矩形顶管的方法,必须增大顶进推力,加强速度控制,在保证路基稳定的基础上,通过对路基土压力的适当设置,可以有效地防止路基沉陷,针对矩形顶管施工中存在的低风险问题,如防止顶管回缩、栽头、扭转等问题,需提出相应的解决方案,解决路面及管线沉降问题,在减少顶管施工风险的前提下,提升矩形顶管的施工质量与安全,为保障我国地铁建设的长远、平稳运行打下坚实的基础。

[参考文献]

- [1]王军.富水砂层条件下矩形顶管过街通道施工技术优化[J].江苏建筑,2022(1):84-88.
[2]孙宽,傅金海,刘帅.浅析矩形顶管施工技术在城市地

铁过街通道中的应用[J].居业,2020(6):108-110.

[3]孙宽,刘罡.矩形顶管在地铁过街通道设计中的应用[J].居舍,2020(14):78-79.

[4]陈飞,张勇,朱敏.9.8m×5.5m 矩形顶管在地铁过街通道设计中的应用[J].中国高新科技,2018(20):34-36.

[5]贾连辉.矩形顶管在城市地下空间开发中的应用及前景[J].隧道建设,2016,36(10):1269-1276.

[6]董俊.地铁过街通道矩形顶管施工变形监测分析[J].铁道工程学报,2016,33(8):106-110.

作者简介:孙浩(1991.1—),男,安徽科技学院,机电技术专业,单位:中铁建工集团第四建设有限公司,洋珠巷地铁连接通道建设工程项目,职务:项目经理,职称:工程师。