

大断面矩形顶管技术在地下通道工程的应用

赵素华

中隧方盾（天津）市政工程有限公司 天津 300457

摘要：本文聚焦于大断面矩形顶管技术在地下通道工程中的应用。首先阐述了该技术的基本原理与显著特点，接着深入分析其在地下通道工程中的适用性，包括应对复杂地质条件、满足大空间需求等方面的优势。通过实际工程案例，详细探讨该技术在施工过程中的具体应用要点，如顶进设备选型、出土与顶进控制、轴线与姿态调整等。同时，对施工过程中可能出现的问题及相应解决措施进行剖析，最后总结该技术在地下通道工程应用中的综合效益，为类似工程提供参考与借鉴。

关键词：大断面矩形顶管技术；地下通道工程；应用研究

引言

随着城市化进程的加速，城市地下空间开发需求日益增长，地下通道作为城市交通和基础设施的重要组成部分，其建设规模和数量不断扩大。传统的地下通道施工方法，如明挖法，在城市繁华地段往往面临交通疏导困难、对周边环境影响大等问题。而顶管技术作为一种非开挖施工技术，能够有效减少对地面交通和周边环境的影响，逐渐在地下通道工程中得到广泛应用。其中，大断面矩形顶管技术凭借其独特的优势，为大断面地下通道建设提供了新的解决方案，具有广阔的应用前景。

1 大断面矩形顶管技术概述

1.1 基本原理

大断面矩形顶管技术是基于传统顶管技术发展而来的一种新型施工技术。其核心原理是利用主顶油缸及中继间等的顶推力，将工具管或掘进机从工作井内穿过土层一直推进到接收井内吊起。与此同时，将紧随工具管或掘进机后的管道依次连接并顶入地层，最终形成一条连续的地下通道。在顶进过程中，通过合理的刀盘设计和出土系统，实现对前方土体的切削和运输，确保顶进作业的顺利进行。

1.2 技术特点

与传统的圆形顶管技术相比，大断面矩形顶管技术具有显著的特点。首先，矩形断面能够更有效地利用地下空间，提高空间利用率，满足地下通道对大空间的需求，如地铁出入口通道、地下人行通道等。其次，该技术施工时对周边土体的扰动相对较小，能够减少地面沉降，降低对周边建筑物和地下管线的影响。此外，矩形顶管机在顶进过程中具有较好的导向性，便于控制顶进方向，保证通道的线形精度。

2 大断面矩形顶管技术在地下通道工程中的适用性分析

2.1 应对复杂地质条件

地下通道工程常常面临复杂多变的地质条件，如软土、砂层、岩石等。大断面矩形顶管技术凭借其较强的地质适应性，能够通过合理选择顶管机的类型和刀盘配置，有效应对不同地质条件下的施工挑战。在软土地层中，泥水平衡或土压平衡式矩形顶管机是常用的选择。泥水平衡式顶管机通过调节泥浆压力，使泥浆压力与开挖面的水土压力保持平衡，从而保持开挖面的稳定，防止塌方事故的发生。泥浆不仅可以起到支撑作用，还能将切削下来的土体携带出隧道，实现出土的目的。土压平衡式顶管机则是通过调节土舱内的土压力，使其与开挖面的水土压力相平衡，同样能够保证开挖面的稳定。这两种顶管机在软土地层中都具有出土效率高、顶进精度好等优点，能够满足软土地层施工的要求。当遇到岩石地层时，可配备专门的岩石切削刀具。这些刀具通常采用高强度的合金材料制成，具有锋利的切削刃和良好的耐磨性。通过合理调整刀具的排列方式和切削参数，如转速、进给量等，可以实现对岩石的有效破碎和顶进。此外，还可以结合辅助工法，如注浆加固、超前钻孔等，进一步提高在岩石地层中的施工效率和安全性^[1]。

2.2 满足大空间需求

现代城市地下通道工程对空间的要求越来越高，不仅需要提供宽敞的通行空间，还要满足各种附属设施的布置需求。大断面矩形顶管技术能够直接顶进大断面的矩形管道，无需进行二次开挖和支护，大大缩短了施工周期，降低了工程成本。传统的施工方法在建设大断面地下通道时，往往需要先进行大面积的基坑开挖，然后进行主体结构施工，最后再进行回填和路面恢复。这个

过程不仅施工周期长,而且对周边环境的影响较大。而大断面矩形顶管技术采用非开挖施工方式,直接在地下顶进矩形管道,避免了大量的地面开挖和支护工作,减少了施工对地面交通和周边商业活动的影响^[2]。同时,矩形断面的结构形式更符合地下通道的使用功能要求,能够提供更加舒适和便捷的通行环境,满足现代城市地下通道工程的发展需求。

2.3 减少对周边环境的影响

在城市繁华地段进行地下通道施工,对周边环境的影响是一个必须考虑的重要因素。大断面矩形顶管技术作为一种非开挖施工技术,具有显著的环境优势。施工过程中不需要大面积开挖地面,减少了对地面交通的干扰。传统的明挖法施工可能会导致道路封闭或交通管制,给市民的出行带来极大不便。而顶管技术只需在工作井和接收井处进行局部开挖,对地面交通的影响较小,能够保证城市交通的正常运行。该技术还能够有效控制地面沉降,保护周边建筑物和地下管线的安全。通过精确控制顶进参数和采用先进的监测技术,实时掌握地面沉降情况,并及时采取相应的措施进行调整和加固,将地面沉降控制在允许范围内。这不仅减少了因施工对周边建筑物造成的损坏,还避免了地下管线破裂等事故的发生,具有良好的环境效益和社会效益。

3 大断面矩形顶管技术在地下通道工程中的应用案例分析

3.1 工程概况

以某城市地铁出入口地下通道工程为例,该通道连接地铁站与地面商业广场,是城市交通的重要组成部分。通道全长约63米,采用大断面矩形顶管技术施工。通道断面尺寸为宽9.1米、高5.5米,穿越地层主要为软土和砂层,地层透水性强,上软下硬,地下水位较高,通道内有大直径污水管。该工程所在区域交通繁忙,周边建筑物密集,对施工技术和环境保护要求较高。

3.2 顶进设备选型

根据工程地质条件和通道断面尺寸,经过详细的技术论证和方案比选,选用了一台土压平衡式矩形顶管机进行施工。该顶管机具有开挖面稳定、出土效率高、顶进精度好等优点,能够满足本工程的施工要求。土压平衡式顶管机通过土压平衡系统来保持开挖面的稳定。在顶进过程中,先由工作井中的主顶进油缸推动顶管机前进,同时大刀盘旋转切削土体,切削下的土体进入密封土仓与螺旋输送机中,并被挤压形成具有一定土压的压缩土体;经过螺旋输送机的旋转,输出出切削的土体。密封土仓内的土压力值可通过螺旋输送机的出土量或顶

管机的前进速度来控制,使此土压力与切削面前方的静止土压力和地下水压力保持平衡,从而保证开挖面的稳定,防止地面的沉降或隆起。主顶油缸提供主要的顶推力,将顶管机和管道向前推进^[3]。在长距离顶进时分段提供顶推力时还需要用到中继间,克服顶进过程中的摩擦力和阻力,确保顶进的顺利进行。此外,还配备了螺旋输送机、液压系统、通风系统等辅助设备。螺旋输送机用于将切削的土体输送到地面,通风系统为隧道内提供新鲜空气,改善施工环境,保障施工人员的健康和安全。

3.3 出土与顶进控制

在顶进过程中,出土与顶进控制是关键环节,直接影响到施工的效率和质量。顶进流程如下:正常顶进(姿态控制及顶进土压力控制)→过程中出土(控制出土量)→到位置后油缸回缩(止推装置安装)→顶铁顶环回挪→下管节(调整好位置)→继续顶进

泥浆的配比要根据地质条件和施工要求进行合理调整,一般采用膨润土、水和添加剂等原料配制而成。首先在管外壁的土层中形成吸附聚积泥膜,然后在泥膜与管外壁之间形成完整泥浆套,泥浆应具有良好的触变性能、物理和化学稳定性。其主要控制指标为适当的黏度、静剪切力和动剪切力。通过实时监测和调整压力,保持开挖面的稳定。顶进速度根据地质条件、土压力和顶力等因素进行动态调整。在软土地层中,顶进速度要适当控制,避免因速度过快导致地面沉降过大;在砂层中,要防止土体流失和塌方,适当降低顶进速度。同时,要根据主顶油缸的顶力和中继间的启停情况,合理调整顶进速度,保持匀速顶进,避免顶进速度过快或过慢对工程质量造成影响。

3.4 轴线与姿态调整

为保证通道的线形精度,在顶进过程中采用激光导向系统对顶管机的轴线和姿态进行实时监测。激光导向系统通过发射激光束,在顶管机内设置接收器,实时获取顶管机的位置和姿态信息,并将数据传输到控制中心。当发现顶管机偏离设计轴线时,通过调整主顶油缸的推力、中继间的启停以及刀盘的旋转方向等方式,对顶管机的姿态进行及时纠正。例如,如果顶管机向左侧偏移,可以适当增大右侧主顶油缸的推力,使顶管机向右侧移动;同时,调整刀盘的旋转方向,改变切削力的方向,辅助顶管机回到设计轴线上。通过实时监测和及时调整,确保通道按照设计要求顺利顶进,保证通道的线形精度和质量。

4 大断面矩形顶管技术应用中存在的问题及解决措施

4.1 地面沉降控制

尽管大断面矩形顶管技术能够有效减少地面沉降,但在施工过程中仍可能出现局部地面沉降过大的问题。主要原因包括泥浆压力控制不当、顶进速度过快、土体流失等。为解决这一问题,应加强施工过程中的监测工作。建立完善的地面沉降监测体系,在通道沿线及周边建筑物、地下管线等重要部位设置监测点,实时掌握地面沉降情况。监测数据要及时反馈给施工人员,以便及时调整施工参数。根据监测结果及时调整泥浆压力和顶进速度。如果发现地面沉降有增大的趋势,应适当增加泥浆压力,提高开挖面的稳定性;同时,降低顶进速度,减少对土体的扰动。此外,采取注浆加固等措施对土体进行加固。通过向土体中注入水泥浆、化学浆液等材料,提高土体的强度和稳定性,防止地面沉降进一步发展。

4.2 顶管机卡机

在复杂地质条件下施工时,顶管机可能会遇到障碍物或土体不均匀等情况,导致卡机现象的发生。卡机不仅会影响施工进度,还可能对顶管机和管道造成损坏。一旦出现卡机,应及时停止顶进,分析卡机原因。对于因障碍物导致的卡机,可采用人工或机械方式进行清除。如果障碍物较小,可以通过人工使用工具进行清理;如果障碍物较大,则需要使用专业的机械设备,如挖掘机、破碎机等进行清除。在清除障碍物时,要注意保护顶管机和管道,避免造成二次损坏。对于因土体不均匀导致的卡机,可通过注浆加固土体、调整顶进参数等方式进行处理。向卡机部位的土体中注入水泥浆或化学浆液,提高土体的强度和稳定性,减少土体对顶管机的阻力。同时,调整顶进参数,如降低顶进速度、减小顶推力等,使顶管机能够顺利通过不均匀土体区域^[4]。

5 大断面矩形顶管技术在地下通道工程应用中的综合效益

5.1 经济效益

大断面矩形顶管技术采用非开挖施工方法,减少了地面开挖和支护工程量,降低了工程成本。同时,该技术施工速度快、工期短,能够提前投入使用,为社会带来直接的经济效益。此外,由于该技术对周边环境的影响较小,减少了因施工对周边商业活动和居民生活造成的损失,具有一定的间接经济效益。

5.2 社会效益

该技术的应用有效缓解了城市地面交通压力,提高了城市交通的运行效率。同时,为市民提供了更加安全、便捷的地下通行环境,改善了城市的生活品质。此外,大断面矩形顶管技术的成功应用,展示了我国在城市地下空间开发领域的技术实力和创新能力,提升了城市的形象和竞争力。

5.3 环境效益

与传统的明挖法施工相比,大断面矩形顶管技术减少了施工过程中产生的扬尘、噪音等污染,降低了对周边环境破坏。同时,该技术能够有效控制地面沉降,保护周边建筑物和地下管线的安全,减少了对城市基础设施的损害,具有良好的环境效益。

结束语

综上所述,大断面矩形顶管技术在地下通道工程中具有显著的优势和广阔的应用前景。该技术凭借其独特的基本原理和特点,能够有效应对复杂地质条件,满足地下通道对大空间的需求,减少对周边环境的影响。通过实际工程案例的分析,展示了该技术在顶进设备选型、出土与顶进控制、轴线与姿态调整等方面的具体应用要点。同时,针对施工过程中可能出现的地面沉降控制、顶管机卡机、管道接头渗漏等问题,提出了相应的解决措施。从经济效益、社会效益和环境效益三方面来看,大断面矩形顶管技术的应用为城市地下通道建设带来了诸多积极影响,具有较高的综合效益。随着技术的不断发展和完善,相信该技术将在更多的地下通道工程中得到广泛应用和推广,为城市地下空间开发做出更大的贡献。

参考文献

- [1]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(06):108-110.
- [2]叶丽宏,蒋少炜.超长大截面矩形城市综合管廊“盾构式”顶推施工技术[J].浙江建筑,2019,36(05):38-41.
- [3]龚颖,孔德凡.大截面矩形顶管下穿河道施工技术[J].施工技术,2018,47(S4):1331-1334.
- [4]郝磊.试论矩形顶管工法在地下通道工程中的应用[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018(12):125-127.