

城市地铁区间隧道暗挖施工技术分析

韩嘉辉

(中铁十二局集团第四工程有限公司, 陕西 西安 710065)

摘 要 城市轨道交通是减轻城市交通压力, 提升城镇化水平的一项重大举措。在城市轨道交通中, 区间隧道作为城市轨道交通中最主要的一环, 其建设水平对整个城市轨道交通的运行具有重大的意义。由于其占地面积小, 对地面交通的干扰小, 已被大量应用于城市轨道交通建设中。本研究通过对地下工程中地下结构物的分析, 提出了一种地下结构设计方法, 旨在为相关人员提供参考。

关键词 城市地铁工程; 区间隧道; 暗挖施工

中图分类号: U455.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.02.013

0 引言

随着城市地铁建设的快速发展, 暗挖施工技术在城市地铁区间隧道施工中得到了广泛的应用和研究。目前, 我国已经形成了一套完整的暗挖施工技术体系, 包括地表注浆加固、地下连续墙施工、隧道初期支护、二次衬砌等。在暗挖施工技术的研究方面, 国内学者主要关注施工工艺、施工参数、施工质量控制等方面; 在国外, 暗挖施工技术同样得到了广泛的应用和研究。国外学者在暗挖施工技术的研究方面, 主要关注隧道支护结构的设计、施工过程中的监测与控制等方面。

1 暗挖施工技术概述

1.1 暗挖施工技术定义

暗挖施工技术是一种在地下进行挖掘的施工方法。它通过利用地下空间, 实现在地面以下进行隧道或空间的施工, 从而达到建设目的。这种技术不仅可以在地下挖掘隧道, 还可以在地下挖掘空间, 如地下停车场、地下商场等。暗挖施工技术的核心是在地下进行开挖作业, 而不是在地面上进行开挖作业^[1]。

1.2 暗挖施工技术分类

根据施工方法的不同, 暗挖施工技术可以分为: (1) 盾构法: 盾构施工是采用盾构掘进施工的一种施工方式。盾构机是一种在地下进行开挖和支护的专用设备, 它可以在地下挖掘隧道, 同时对隧道周围进行支护, 以保证施工安全。(2) 矿山法: 矿山法是一种利用矿山设备在地下进行隧道挖掘的方法。这种方法通常用于挖掘较深的隧道, 如地铁隧道、矿山隧道等。(3) 地下连续墙法: 地下连续墙法是一种利用地下连续墙在地下进行空间挖掘的方法。这种方法通常用于挖掘地下空间, 如地下停车场、地下商场等。

1.3 暗挖施工技术优缺点

1. 优点: (1) 减少对地面交通的影响: 暗挖施工技术可以在地下进行施工, 从而减少对地面交通的影响, 降低施工对周围环境的影响。(2) 降低环境污染: 暗挖施工技术可以减少施工过程中产生的噪声、振动等环境污染, 提高施工现场的环境质量。(3) 提高施工安全性: 暗挖施工技术可以在地下进行施工, 从而降低施工过程中的人员伤亡风险^[2]。

2. 缺点: (1) 施工难度较大: 暗挖施工技术需要在地下进行施工, 施工难度较大, 对施工技术和设备要求较高。(2) 成本较高: 暗挖施工技术需要使用专门的施工设备, 如盾构机、矿山设备等, 导致施工成本较高。(3) 工期较长: 由于暗挖施工技术的施工难度较大, 导致施工工期较长, 对项目进度产生影响。

2 城市地铁区间隧道暗挖施工技术

2.1 隧道暗挖施工方法

1. 传统暗挖法: 传统暗挖法是采用人工或机械挖掘, 通过开挖面和支撑系统共同作用, 使地下隧道空间逐渐形成。传统暗挖法具有施工简单、成本低廉、适应性强等优点, 但同时也存在安全风险高、进度缓慢、对环境影响较大等问题。

2. 盾构法: 盾构法是通过盾构机在地下掘进, 同时在盾构机上设置衬砌系统, 从而形成隧道结构。盾构法具有施工速度快、安全性能高、对环境影响小等优点, 但同时也存在设备投入大、成本较高、施工难度较大等问题。

3. 顶管法: 顶管法是通过在地面上设置顶管机, 将预制的管道或拱部结构在地下推进, 同时利用顶管机上的支撑系统维持隧道空间。顶管法具有施工速度

快、对环境的影响小、适用范围广等优点，但同时也存在设备投入大、成本较高、施工难度较大等问题。

4. 浅埋暗挖法：浅埋暗挖法是指在地表覆盖较浅的地下隧道施工中，采用暗挖法施工。浅埋暗挖法具有施工速度快、对地表影响小、成本较低等优点，但同时也存在安全风险较高、施工难度较大、适用范围有限等问题^[3]。

2.2 施工工艺流程

1. 前期准备工作：前期准备工作主要包括地质勘探、测量放线、施工方案设计等。地质勘探是为了了解隧道沿线地质条件，为施工提供科学依据。测量放线则是为了准确确定隧道位置和尺寸，保证隧道开挖的准确性。施工方案设计则是根据地质条件和施工要求，制定合理的施工方案，包括施工方法、施工顺序、施工设备等。

2. 隧道开挖与支护：隧道开挖是暗挖施工的关键环节，需要采用合理的开挖方法和支护措施，确保施工安全。常见的开挖方法有爆破法、盾构法、掘进机等。支护措施主要包括喷锚支护、钢拱架支护、混凝土衬砌等。

3. 隧道衬砌与回填：为确保隧道的稳定与安全，隧道的衬砌一般都是在现场浇筑或装配式的。回填是为了使隧道与周围土体紧密结合，减少土体对隧道的影 响，通常采用石屑、沙土等材料。

4. 施工过程中的监测与控制：施工过程中的监测与控制是为了保证隧道施工的安全和质量，主要包括监测隧道变形、应力、地下水位等，以及根据监测数据进行及时调整和控制。常用的监测方法有光纤光栅监测、电磁波监测、超声波监测等。

2.3 关键技术及应用

1. 地质超前预报技术：地质超前预报技术是指在隧道施工前，通过各种手段对地下地质情况进行探测和预报，以便在施工过程中能够及时发现和处理可能出现的地质灾害风险。地质超前预报技术包括地质勘探、地震勘探、电磁法、地下水监测等多种方法。通过这些方法，可以对隧道施工范围内的地质条件进行全面了解，为隧道支护和衬砌设计提供重要依据^[4]。

2. 隧道支护技术：隧道支护是对隧道进行有效的支护，以确保隧道的安全与稳定。常见的隧道支护技术有喷锚支护、衬砌支护、注浆支护等。其中，喷锚支护是一种通过喷射混凝土和锚杆加固来稳定隧道的技术，适用于各种地质条件；衬砌支护则是通过在隧道周围设置衬砌来抵抗地下水压力和土压力，保证隧道的安全；注浆支护则是通过注浆来填充隧道周围的

空隙，提高隧道的整体稳定性。

3. 隧道衬砌技术：隧道衬砌技术是指在隧道施工过程中，通过设置衬砌来保护隧道的结构安全。隧道衬砌的主要作用是防止地下水渗透、土压力和岩压力对隧道结构的破坏。常见的隧道衬砌技术有现浇混凝土衬砌、预制混凝土衬砌、钢衬砌等。其中，现浇混凝土衬砌和预制混凝土衬砌是传统的隧道衬砌技术，施工简单、成本较低，但强度较低；钢衬砌则具有强度高、施工速度快等优点，但成本较高。

4. 施工安全风险评估与管理：施工安全风险评估与管理是指在隧道施工前，通过评估施工过程中可能出现的安全风险，制定相应的风险应对措施，以确保施工的安全和顺利进行。施工安全风险评估与管理包括施工安全风险识别、风险评估、风险控制和风险监测等环节。通过这些环节，可以有效降低隧道施工的安全风险，保障施工人员的生命财产安全。

3 城市地铁区间隧道暗挖施工案例分析

3.1 工程背景与特点

地铁建设中，区间隧道的暗挖施工是一项至关重要的技术。相较于明挖施工，暗挖技术对地面的影响更小，能够更好地适应复杂地形和环境条件。这种技术的应用不仅有助于缓解城市交通压力，还能促进城市经济发展，减少施工活动对沿线城市居民日常生活的干扰。

本次案例工程位于某市的繁华商业区，该区域地质条件复杂，地下管线众多，且交通极为繁忙。由于地表空间有限且不宜大规模开挖，采用暗挖施工方案成为最佳选择。暗挖施工不仅能最大限度地减少对地面的扰动，降低对周边环境的影响，还能确保商业区日常运营的连续性，减少对当地居民和商户的干扰。具体而言，暗挖施工首先需要进行详细的地质勘查和风险评估，确定适宜的施工方案和技术措施。根据勘查结果，制定详细的施工方案，合理安排工序，确保施工过程中每一步都严格按照规范进行。在施工过程中，要特别注意地下管线的保护，防止因施工引发的管线破损和泄漏事故。此外，还需对隧道的支护和衬砌进行严格控制，确保隧道结构的稳定和安全^[5]。

3.2 施工方案与实施

案例工程采用了双侧壁导坑法进行暗挖施工。该方法是一种较为稳妥的施工方案，通过将隧道分成多个小段进行开挖和支护，可以降低施工风险。具体实施过程如下：（1）准备工作：在施工前，对工程进行了详细的地质勘察和环境调查，了解了地层和地下管

线的分布情况,制定了详细的施工方案和应急预案。(2)导坑开挖:按照双侧壁导坑法的要求,将隧道分成多个小段,每段长约 10~15 m。在每个小段内,采用人工开挖导坑,并按照规定进行初期支护。(3)全断面开挖:当每个小段的导坑开挖完成后,进行全断面开挖。在全断面开挖过程中,采用了混凝土喷射和钢拱架等支护措施,确保施工安全。(4)衬砌和防水:在隧道开挖完成后,进行了混凝土衬砌和防水施工。在衬砌过程中,采用了模板台车和泵送混凝土等工艺,提高了施工效率和质量。(5)路面恢复:在隧道施工完成后,对路面进行了恢复。在路面恢复过程中,采用了沥青混凝土路面和路缘石等工艺,确保了路面的美观度和使用性能。

3.3 施工效果与评价

案例工程的暗挖施工方案合理,实施过程严格控制,取得了良好的施工效果。具体表现如下:(1)施工安全:在整个施工过程中,没有发生任何安全事故,保证了施工人员的安全和健康。(2)施工质量:在施工过程中,采用了多种质量控制措施,确保了隧道结构的稳定性和耐久性。同时,路面恢复质量得到了业主和市民的好评。(3)施工进度:该工程按照合同工期顺利完成,为后续工程提供了保障。(4)经济效果:该工程的施工费用得到了有效控制,没有超出预算范围。同时,该工程的成功实施也为公司树立了良好的形象和信誉^[6]。

4 城市地铁区间隧道暗挖施工技术展望

4.1 发展趋势

在我国城市化快速发展的背景下,城市轨道交通是一种有效的途径。在城市轨道交通工程中,地下结构的地下结构是一种较为普遍的结构形式。城市地铁区间隧道暗挖施工技术将呈现以下发展趋势:(1)绿色环保施工:在暗挖施工过程中,将更加注重绿色环保施工理念,降低对周边环境的影响。例如,采用盾构法施工,减少地面交通干扰,降低噪声和振动污染。

(2)智能化施工:随着信息技术的发展,暗挖施工将向智能化、信息化方向发展。利用大数据、云计算、物联网等技术,实现施工过程的实时监控、预警和远程控制。(3)精细化施工:在施工过程中,将更加注重精细化管理,提高施工质量和效率。比如,利用 3D 激光扫描技术,对隧道的开挖断面进行准确的定位,降低了过深、过浅等问题。

4.2 研究方向

针对城市地铁区间隧道暗挖施工技术的发展趋势,

未来研究方向包括:(1)绿色环保施工技术研究:重点关注如何在暗挖施工过程中降低对周边环境的影响,如研究开发新型环保材料、节能减排技术等。(2)智能化施工技术研究:研究利用大数据、云计算、物联网等先进技术,实现施工过程的实时监控、预警和远程控制,提高施工安全性和效率。(3)精细化施工技术研究:探讨采用三维激光扫描等技术,实现隧道开挖轮廓的精确控制,减少超挖和欠挖现象,提高施工质量。

4.3 对策与建议

根据上述发展趋势与研究方向,提出了政府、企业及科研院所应密切协作,促进我国城市轨道交通地下工程的发展。主要的对策有:(1)加强政策扶持:国家要制定相应的政策,促进建筑行业采用绿色、智能化、精细化的施工工艺,促进技术的研究与推广。

(2)加大研究开发力度:企业要提高研究开发力度,并与其他研究院所开展深度合作,以促进我国地下工程的不断进步和发展。(3)强化专业培训:培训一批具有专业素养、掌握先进技术的工程建设与管理人员,为我国城市轨道交通的地下工程建设与管理工作奠定坚实的基础。

5 结束语

在现代化的大、中、小规模地下铁路工程中,区间隧道的开挖是一项十分重要的工程。该方法运用的恰当与否,关系到整个项目的施工质量和地铁运行的安全性。建设企业应充分关注区间隧道的暗挖工艺,针对具体条件选取最适宜的暗挖工法,对各个工序进行严格的质量管理,从而进一步提升地下工程的整体水平。

参考文献:

- [1] 肖育斐,孙荣.城市地铁区间隧道暗挖施工技术研究[J].中国水运:下半月,2019,19(12):215-216.
- [2] 李宗运,吴蒙.施工监测在地铁隧道暗挖施工中的应用[J].市政技术,2019,37(02):110-112.
- [3] 渔恒.城市地铁区间隧道暗挖施工[J].建筑,2019(04):75-76.
- [4] 葛明,李霞,颜志坚.城市地铁隧道暗挖法施工穿越高架桥风险模糊综合评价[J].大连大学学报,2018,39(03):21-26.
- [5] 程森峰.城市地铁区间隧道暗挖施工技术分析[J].工程机械与维修,2023(02):225-227.
- [6] 邓本举.浅谈复杂地层条件下城市地铁区间隧道浅埋暗挖施工技术[J].科协论坛:下半月,2013(02):16-17.