

矩形顶管施工在地下综合管廊中的应用研究

尹兆卫

中隧方盾(天津)市政工程有限公司 天津 300457

摘要: 本文聚焦于矩形顶管施工在地下综合管廊建设中的应用,通过分析矩形顶管施工技术的特点、优势,结合地下综合管廊的功能需求与建设难点,深入探讨该技术在管廊施工中的具体应用方式、关键技术要点及质量控制措施。研究表明,矩形顶管施工为地下综合管廊建设提供了一种高效、环保且适应性强的解决方案,有助于提升管廊建设质量与效率,推动城市地下空间的高效利用。

关键词: 矩形顶管施工; 地下综合管廊; 施工技术; 质量控制

1 矩形顶管施工技术概述

矩形顶管施工是一种非开挖的地下管道施工技术,其基本原理是利用主顶油缸及中继间等的推力,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,同时将紧随工具管或掘进机后的管道埋设在两井之间,以实现非开挖铺设地下管道的目的。与圆形顶管相比,矩形顶管具有独特的结构优势。其截面形状更接近管廊的实际使用空间,能够更有效地利用地下空间,提高空间利用率;在相同埋深和地质条件下,矩形顶管的抗弯刚度更大,能承受更大的上部荷载,有利于保证管廊结构的稳定性。此外,矩形顶管施工设备不断发展和完善,从最初的简单手动操作设备逐渐向自动化、智能化方向发展,施工效率和精度得到显著提升。

2 地下综合管廊建设需求与施工难点

地下综合管廊作为城市“生命线”的集中承载空间,需容纳电力、通信、给排水、燃气等多种管线,对内部空间布局、结构安全、防水性能等方面均有严格要求。在空间布局上,要满足各管线的安装、检修和维护需求,确保管线之间有足够的**安全距离;结构安全方面,需承受上部土体压力、地面荷载以及地震等自然灾害的作用,保证管廊在使用寿命内不发生破坏;防水性能是管廊建设的关键,一旦发生渗漏,将影响管线的正常运行,甚至危及城市安全。然而,在实际施工中,地下综合管廊建设面临诸多难点。城市地下环境复杂,存在大量的地下管线、建筑物基础等障碍物,增加了施工难度和风险;不同地段的地质条件差异较大,如软土、砂层、岩石等,对施工技术和设备提出了更高要求;管廊施工周期长,对周边环境和交通的影响较大,需要采取有效的措施减少施工干扰^[1]。

3 矩形顶管施工在地下综合管廊中的具体应用

3.1 工程选址与线路规划

在地下综合管廊工程中应用矩形顶管施工,科学合理的工程选址与线路规划是项目成功的关键前提。这需要综合考虑多方面因素,进行全面、细致的分析和评估。城市规划是选址和线路规划的重要依据,要确保管廊的建设与城市的整体发展布局相协调,满足城市长期发展的需求。地质条件是影响施工安全和工程质量的关键因素,必须通过详细的地质勘察,了解沿线的地质结构、土质特性、地下水位等情况,避开不良地质区域,如断层带、软土层、溶洞区等,选择地质条件相对稳定、适宜施工的地段。地下障碍物分布也是不容忽视的因素,要充分调查现有地下管线、建筑物基础等障碍物的位置和埋深,尽量避开这些障碍物,减少施工过程中的冲突和干扰例如,在城市繁华商业区建设地下综合管廊时,为了将对商业活动的影响降到最低,管廊线路应避开主要商业街道,选择在道路两侧或地下人行通道下方通过。这样既可以减少施工对交通和商业运营的干扰,又能充分利用地下空间,提高土地利用效率。在地质条件复杂的地区,如山区或河谷地带,应通过详细的地质勘察,绘制精确的地质剖面图,根据地质情况选择合适的施工方法和线路走向。对于存在软土层的区域,可以采取加固地基等措施,提高地基承载能力,确保施工安全;对于岩石地层,可以选择合适的掘进设备和工艺,提高施工效率。同时,根据管廊的功能需求和使用要求,合理确定管廊的断面尺寸和埋深。断面尺寸要满足各类管线的布置需求,并预留一定的发展空间;埋深则要考虑地下水位、地面荷载、抗浮要求等因素,确保管廊的稳定性和安全性。

3.2 工作井与接收井施工

工作井和接收井作为矩形顶管施工的重要设施,其施工质量直接关系到整个顶管施工的顺利进行和管廊的最终质量。工作井和接收井一般采用钢筋混凝土结构,

这种结构具有强度高、耐久性好、防水性能强等优点，能够承受顶管施工过程中的各种荷载和土体压力。在进行结构设计时，需要根据顶管施工的推力和土体侧压力进行精确计算，确定井壁的厚度、配筋率等参数，确保结构的安全性和稳定性。在施工过程中，常用的开挖和支护方法有逆作法和沉井法。逆作法施工时，先施工井壁结构，通常采用地下连续墙或排桩作为井壁的支护结构，然后逐层向下开挖土方。在开挖过程中，利用井壁结构作为支护体系，通过合理的施工顺序和支护措施，确保施工安全。每层开挖完成后，及时进行钢筋混凝土衬砌施工，形成封闭的井壁结构，防止土体坍塌和地下水渗入。沉井法则是先在地面制作沉井结构，沉井一般采用钢筋混凝土浇筑而成，具有足够的强度和刚度。制作完成后，在井内挖土使其下沉至设计标高。下沉过程中，要严格控制沉井的垂直度和下沉速度，通过调整挖土方式和泥浆套等技术措施，减少沉井与土体之间的摩擦力，确保沉井平稳下沉。当沉井下沉至设计标高后，进行封底和内部结构施工^[2]。封底施工时，要确保封底混凝土的质量，防止地下水渗入井内；内部结构施工包括井壁的二次浇筑、设备安装等，要严格按照设计要求进行施工，确保工作井和接收井的质量符合标准。在工作井和接收井施工过程中，要严格控制施工质量，确保井壁垂直度、平整度符合设计要求。井壁垂直度偏差过大会影响顶管施工的精度，导致顶管偏离设计线路；井壁平整度不佳会影响管节拼接的质量，降低管廊的密封性和结构稳定性。因此，在施工过程中，要采用先进的测量仪器和监测技术，实时监测井壁的垂直度和平整度，及时发现偏差并采取调整措施。同时，加强对施工过程的质量检查和验收，确保每一道工序都符合质量标准，为顶管施工创造良好条件。

3.3 顶管掘进与出土

顶管掘进是矩形顶管施工的核心环节，其施工质量直接关系到管廊的成型质量和整个工程的成败。根据不同的地质条件，需要选择合适的掘进设备，以确保施工的高效性和安全性。常见的掘进设备有土压平衡式掘进机和泥水平衡式掘进机等。土压平衡式掘进机适用于软土、淤泥等地质条件。在掘进过程中，掘进机的刀盘旋转切削土体，将切削下来的土体充满土仓。通过调节螺旋输送机的转速和排土量，保持土仓内的土压力与外部土体压力平衡。当土仓内土压力大于外部土体压力时，螺旋输送机加快排土速度，降低土仓内土压力；当土仓内土压力小于外部土体压力时，螺旋输送机减慢排土速度，增加土仓内土压力。通过这种动态平衡调节，有效

防止地面沉降和开挖面塌方，保证施工安全。同时，土压平衡式掘进机还具有掘进速度快、出土效率高、对周围环境影响小等优点。泥水平衡式掘进机则适用于砂层、砂砾层等透水性较强的地质条件。在掘进过程中，掘进机前端注入高压泥浆，形成泥膜保护开挖面，防止塌方和涌砂。同时，通过泥浆循环系统将挖掘出的砂粒携带出井外。泥浆在循环过程中，不仅能够携带砂粒，还能起到润滑和冷却刀盘的作用，延长刀盘的使用寿命。泥水平衡式掘进机具有掘进过程中地面沉降小、对周围环境影响小、适用于多种地质条件等优点，尤其在高水位、透水性强的地层中施工效果显著。在掘进过程中，要严格控制掘进参数，如推进速度、刀盘转速、土压力等。推进速度过快可能导致土体无法及时稳定，引发地面沉降和开挖面塌方；推进速度过慢则会影响施工效率，增加工程成本^[3]。刀盘转速要根据地质条件和掘进设备的性能进行合理调整，确保切削效果和掘进效率。土压力的控制是关键，要根据地质勘察资料和现场监测数据，精确计算并实时调整土压力，使其始终保持在合理范围内。同时，合理安排出土运输，采用连续出土方式，及时将挖掘出的土方运出工作井，避免土方堆积影响掘进进度。出土运输过程中，要确保运输车辆的安全运行，防止土方洒落污染环境。

3.4 管节拼接与防水处理

管节拼接质量直接影响管廊的结构安全和使用寿命，因此必须采用先进的拼接技术和设备，确保管节之间的连接紧密、平整。常用的拼接方法有螺栓连接和预应力张拉连接等。螺栓连接具有施工方便、连接可靠的优点，适用于管节直径较小的情况。在拼接过程中，先将管节对接，使拼接面紧密贴合，然后通过螺栓将两个管节固定在一起。螺栓的规格和数量要根据管节的尺寸和受力要求进行计算确定，确保连接强度满足设计要求。在拧紧螺栓时，要按照一定的顺序和扭矩进行操作，保证螺栓受力均匀，避免出现松动现象。预应力张拉连接则通过施加预应力使管节之间产生摩擦力，提高连接强度，适用于大直径管节拼接。在拼接前，先在管节端部设置预应力锚具和张拉设备。拼接时，将管节对接并初步固定，然后通过张拉设备对预应力筋进行张拉，使管节之间产生预压应力。预压应力的存在增加了管节之间的摩擦力，有效提高了连接强度和抗剪能力，增强了管廊的整体稳定性。防水处理是管廊施工的关键环节，一旦出现渗漏，将对管廊内的管线和结构造成严重损害。在管节拼接处、管节与工作井、接收井连接处等部位，采用密封胶、橡胶止水带等防水材料进行防水

处理。密封胶具有粘结性强、密封性好、耐老化等优点,能够有效填充管节拼接处的缝隙,防止水分渗入。橡胶止水带则具有良好的弹性和防水性能,能够在管节发生微小变形时仍保持密封状态。在安装橡胶止水带时,要确保其位置准确、固定牢固,避免在施工过程中出现位移和损坏。同时,在管廊内部设置排水系统,及时排除积水,防止渗漏水对管线和管廊结构造成损害。排水系统一般包括排水管道、集水井和排水泵等设备,要根据管廊的规模和使用要求进行合理设计,确保排水畅通。

4 矩形顶管施工在地下综合管廊应用中的关键技术要点

4.1 导向与测量控制技术

精确的导向与测量控制是保证矩形顶管施工精度的关键。采用先进的激光导向系统和全站仪等测量设备,实时监测顶管的掘进方向和位置偏差。在施工过程中,根据测量结果及时调整掘进参数,确保顶管按照设计线路准确推进。同时,建立完善的测量控制网络,定期对测量设备进行校准和检测,保证测量数据的准确性和可靠性。

4.2 土体加固与稳定技术

在复杂地质条件下施工时,为防止地面沉降和开挖面塌方,需要采用土体加固与稳定技术。常用的方法有注浆加固、高压旋喷桩加固、冻结法加固等。注浆加固是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;高压旋喷桩加固则是利用高压喷射流冲击破坏土体,同时注入水泥浆液,形成具有一定强度的桩体,与周围土体共同作用,提高地基承载力;冻结法加固适用于含水量较高的软土地层,通过人工制冷技术将土体冻结,形成冻结壁,阻止地下水流入,保证施工安全^[4]。

4.3 施工监测与信息反馈技术

施工监测是及时掌握施工过程中的结构变形、土体位移等情况的重要手段。在矩形顶管施工过程中,对工作井、接收井、顶管沿线地面及周边建筑物等进行实时监测,监测内容包括沉降、位移、倾斜等。通过建立信息化施工管理系统,将监测数据及时反馈给施工人员和设计人员,以便根据监测结果调整施工参数和采取相应的措施,确保施工安全和质量。

5 矩形顶管施工在地下综合管廊应用中的质量控制措施

5.1 施工材料质量控制

严格把控施工材料的质量是保证工程质量的基础。对管节、钢筋、水泥、防水材料等主要材料,要选择具有良好信誉和生产资质的供应商,确保材料质量符合设计要求和相关标准规范。在材料进场时,要进行严格的检验和试验,检查材料的质量证明文件、外观质量、规格尺寸等,对不合格材料坚决予以退场处理,严禁使用在工程中。

5.2 施工过程质量控制

加强施工过程的质量控制是保证工程质量的关键。建立健全质量管理体系,明确各部门和人员的质量职责,制定详细的质量控制流程和标准。在施工过程中,严格按照施工工艺和操作规程进行施工,加强对关键工序和隐蔽工程的质量检查和验收。例如,在管节拼接过程中,要检查拼接面的平整度、螺栓的拧紧力矩等;在防水处理过程中,要检查防水材料的涂抹厚度、搭接长度等。同时,做好施工记录和质量检验报告,确保工程质量可追溯。

5.3 成品保护与验收

在管廊施工完成后,要加强对成品的保护,防止在后续施工过程中受到损坏。采取覆盖、围挡等措施保护管廊内部结构和管线,避免碰撞和污染。在工程验收时,按照相关标准和规范进行严格验收,对管廊的结构安全、使用功能、防水性能等方面进行全面检查和检测。对验收中发现的问题,要及时整改,确保管廊工程质量和安全。

结束语

未来,应进一步加强该技术的研究和创新,提高施工设备的自动化和智能化水平,优化施工工艺,降低成本,推动矩形顶管施工技术在地下综合管廊及其他地下工程领域的更广泛应用,为城市可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]彭立敏,王哲,叶艺超,等.矩形顶管技术发展与研究现状[J].隧道建设,2015,35(1).
- [2]葛春辉.顶管工程设计与施工[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3]贾连辉.矩形顶管在城市空间开发中的应用及前景[J].隧道建设,2016,36(10).
- [4]余剑锋.矩形顶管的发展和关键技术综述[J].广东土木与建筑,2015,22(11).