

盾构与顶管技术在地下综合管廊建设中的比较研究

胡 刚

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610000

摘要：随着城市化步伐的加速，地下综合管廊建设愈发凸显其重要性。盾构与顶管技术，作为地下施工领域的两大支柱，对推动管廊建设起到了关键作用。盾构技术凭借高度自动化、强地质适应性及高效施工流程，在长距离、大直径隧道中展现优势；而顶管技术则以简洁高效、小占地面积及对地面影响小著称，适用于短距离、小直径管道敷设。本文深入对比分析了这两种技术的原理、特点、施工工艺及应用，旨在为施工单位在选择技术时提供全面参考，助力城市地下空间的高效、安全开发。

关键词：盾构；顶管技术；地下综合管廊；建设比较

引言：近年来，大城市加速地铁等地下设施建设。本文对比分析盾构与顶管技术在地下管廊建设的应用。盾构技术以高自动化、强地质适应性和高效施工流程，在长距离、大直径隧道施工中优势明显；顶管技术则因简洁高效、占地小、对地面影响低，适用于短距离、小直径管道敷设。两者在施工效率、地质适应性、环境影响、成本效益及技术难度与风险上各有特点。盾构适用于复杂地质与大工程，顶管则更灵活便捷。施工单位需依据工程具体需求和条件，综合考量，选择最适合的施工技术。

1 盾构技术与顶管技术的原理比较

1.1 盾构技术原理

盾构技术，作为隧道施工领域的高科技机械化方法，其施工流程既严谨又高效。该技术的核心在于盾构机及其配套的后勤设备与精密控制系统。在施工过程中，盾构机凭借强大的推进系统稳步前行，其前端刀盘旋转切削土体，为隧道开挖提供必要空间。盾构机的盾壳如同坚固盔甲，支撑着周围土体，有效防范坍塌风险。切削下的土体，通过盾构机内置的螺旋输送机或皮带输送机，被迅速且井然有序地运送至后方，随后由渣土车及时运离现场。随着盾构机的不断推进，后方的管片拼装系统启动，将预制管片逐一拼装成盾尾，逐步构建起隧道的坚固衬砌结构^[1]。这一过程不仅确保了隧道的整体稳定性，还大大提升了施工的安全性。盾构技术的运用，不仅显著提高了隧道施工的效率与质量，还减少了对周围环境的干扰，展现了现代隧道施工技术的先进性与环保理念。

1.2 顶管技术原理

顶管技术，作为一种先进的非开挖式管道敷设方法，其核心组件包括顶管机、后座墙、千斤顶以及导轨

等关键部分。在施工准备阶段，顶管机被精准地安置在工作井内，为后续顶进作业奠定坚实基础。随后，借助千斤顶产生的强大推力，顶管机得以平稳向前推进，并在此过程中将管道逐节顶入土体中，从而实现管道的连续、高效敷设。顶管机前端装配有锋利的切削刀盘，负责切削前方土体，确保顶进路径的畅通无阻。切削下的土体，则通过螺旋输送机或皮带输送机被迅速输送至后方，再由渣土车及时清运出场，确保施工现场的整洁与有序。当顶管机顺利推进至接收井位置时，标志着整个管道敷设工作的圆满成功。此施工方法显著降低了对地面交通及周边环境的影响，充分展现了现代施工技术的环保理念与高效特性，为城市地下空间开发提供了有力支持。

2 盾构技术与顶管技术在地下综合管廊建设中的特点比较

2.1 盾构技术特点

盾构技术是地下工程施工领域的佼佼者，凭借其高度的自动化和显著的劳动强度降低优势，赢得了业界的广泛赞誉。这一技术的核心在于先进的盾构机械设备，它将开挖、支护、衬砌等多个复杂的作业环节巧妙地结合在一起，形成了一个既高效又连贯的施工流程。盾构机的出色掘进能力是盾构技术的核心所在。盾构机通过其强大的刀盘系统，能够迅速而准确地破碎前方的岩土，同时利用盾构壳体和管片对周围岩土进行及时有效的支护，确保了隧道开挖过程中的稳定性和安全性。这种高效的掘进方式不仅极大地提升了施工速度，还有效地缩短了工期，为时间紧迫、任务繁重的城市地下工程项目提供了有力的支持。盾构技术的另一大优势在于其对地面交通和环境的影响极小。由于盾构施工主要在地下进行，因此几乎不会对地面交通造成任何干扰，也不

会产生大量的噪音和粉尘污染。这使得盾构技术特别适用于城市中心区等环境保护要求极高的地区，能够在确保施工质量和安全的同时，最大限度地减少对周围环境和居民生活的影响。

2.2 顶管技术特点

顶管技术是一种非开挖施工方法，以其施工占地面积小、对地面交通和环境影响小等显著特点，在城市地下管道敷设中占据了举足轻重的地位。这项技术巧妙地利用工作井内的顶管机，通过油缸产生的强大推力，将预制管节逐节顶入土体中，从而形成了连续且稳定的管道结构。顶管技术的高施工精度是其一大亮点。这种高精度的施工方式，不仅提高了管道的质量和安全性，还为后续的维护和管理工作提供了极大的便利。此外，顶管技术还特别适用于短距离、小直径管道的敷设。在城市地下空间有限的情况下，顶管技术能够充分利用有限的空间资源，为城市地下管道的敷设提供了一种经济、高效的解决方案。与盾构技术相比，顶管技术的施工成本相对较低，这在一定程度上降低了工程的总投资，使得它在经济性方面更具竞争力。因此，在城市地下管道敷设领域，顶管技术无疑是一种值得推广和应用的先进技术。

3 盾构技术与顶管技术的施工工艺比较

3.1 盾构技术施工工艺

盾构技术，以其高度的自动化和强大的地质适应性，成为现代隧道施工中的重要手段。其施工工艺主要分为始发、正常掘进和接收三个阶段：（1）在始发阶段，隧道的两端需建造坚固的工作井，为盾构机的安装和调试提供必要空间。工作井的建造需严格遵循设计要求，确保结构稳固。盾构机在工作井内安装就位后，通过千斤顶等推进设备，将其从预留洞口中推出，开始沿设计轴线掘进^[2]。（2）进入正常掘进阶段，盾构机刀盘不断旋转，切削前方土体，并通过螺旋输送机或皮带输送机将切削下的土体运至后方处理。盾壳在掘进过程中起到支撑周围土体的作用，有效防止坍塌。并且，管片拼装系统在盾尾逐一拼装管片，形成隧道的坚固衬砌结构。为确保衬砌结构的稳定性和安全性，还需及时注浆，固定衬砌环位置并防止地层移动。（3）在接收阶段，盾构机成功掘进至接收工作井，标志着掘进工作的圆满结束。此时，需小心拆除盾构机，并运出工作井，为后续工作创造条件。整个盾构施工过程高度自动化，不仅提高了施工效率，还展现了其强大的地质适应性。

3.2 顶管技术施工工艺

顶管技术，凭借其简洁高效的优点，在管道敷设施

工中深受青睐。该技术的施工工艺需经过周密的规划与精细的执行，以确保施工质量和效率。在施工前，地质勘察与设计工作是不可或缺的环节。通过详尽的勘察，可以准确确定顶管的起点、终点、敷设路径及埋设深度，为后续施工提供精确的指导。紧接着，进行施工区域的标线、场地清理等预备工作，并备足所需的施工设备与材料。钻孔作业是顶管施工中的关键环节。在钻孔过程中，必须严格按照设计要求控制钻孔的直径与深度，以确保管道能够顺利敷设。钻孔完成后，将顶管的一端与推进机相连接，通过推进机的强大推力，将顶管逐节推入钻孔中。在推进过程中，需要持续监控顶管的位置与坡度，确保其按照设计要求正确安装。当顶管成功推进至目标位置后，利用锚杆、锚索等固定设备将其稳固地固定在地下。随后，进行管道的连接工作，确保管道的连续性与密封性，防止任何泄漏。最后，进行全面的检查与测试，确保顶管的质量与安全性完全符合设计要求。顶管技术凭借严谨精细的施工步骤，高效准确完成管道敷设，有力支持城市基础设施建设。

4 盾构与顶管技术在地下综合管廊建设中的比较

4.1 施工效率与速度

在地下综合管廊建设中，施工效率与速度是衡量施工技术优劣的重要指标。盾构技术与顶管技术在这方面各有千秋，但适用场景有所不同。盾构技术以其高效的掘进能力和一体化的施工流程，在长距离、大直径隧道的施工中展现出显著优势。盾构机依靠强大的推进系统和刀盘切削能力，能够连续不断地向前掘进，同时完成土体的开挖、运输和衬砌的拼装等作业，实现了施工流程的高度自动化和机械化。这种一体化的施工方式大大提高了施工效率，缩短了工期，特别适用于城市轨道交通、大型排水管道等需要长距离、大直径隧道的工程。相比之下，顶管技术虽然施工速度也较快，但其更侧重于短距离、小直径管道的敷设。顶管机通过千斤顶产生的推力将预制管节逐节顶入土体中，形成连续的管道结构。这种施工方式占地面积小，对地面交通和环境的影响较小，特别适用于城市老旧管网的改造和升级，以及需要穿越铁路、公路、河流等障碍物的管道施工。虽然顶管技术的施工速度也较快，但在长距离、大直径隧道的施工中，其效率可能不如盾构技术。

4.2 地质适应性与环境影响

地质适应性和环境影响是地下工程施工中必须考虑的重要因素。盾构技术与顶管技术在这方面各有特点。盾构技术具有较强的地质适应性，能够应对多种复杂地质条件，包括软土、砂土、岩层等。盾构机的盾壳能

够支撑周围土体,防止坍塌,同时盾构机还配备有各种地质探测和监测设备,能够实时监测地质变化,确保施工的安全和稳定。此外,盾构施工对地面交通和环境的影响较小,特别适用于城市中心区等对环境要求高的地区。盾构机的掘进和衬砌拼装等作业均在地下进行,减少了对地面的干扰和破坏,有利于保持城市的正常运转和居民的正常生活^[3]。顶管技术虽然也适用于多种地质条件,但在复杂地质环境下施工难度相对较大。顶管机在推进过程中需要克服土体的阻力和摩擦力,如果地质条件较差或存在较大的地质变化,可能会对顶管机的推进和管道的安装造成影响。此外,顶管技术的非开挖特点使其对地面交通和环境的影响较小,但在施工过程中仍需注意对地下管线和周边建筑物的保护。施工单位在进行顶管施工前,需要对施工区域进行详细的地质勘察和设计,确保施工的安全和稳定。

4.3 成本效益

成本效益是施工单位在决策过程中必须权衡的关键要素,尤其在盾构技术与顶管技术的选择中,这一考量显得尤为重要。盾构技术,尽管在施工效率与工程质量上表现出色,但其高昂的成本却是不容忽视的问题。盾构机的购置与维护,因其高度的机械化与自动化特性,需投入大量资金。加之施工所需的辅助设备及材料,如管片、注浆材料等,均进一步推高了整体施工成本。然而,对于长距离、大直径的隧道项目,盾构技术凭借高效施工与优质成果,能有效缩短工期,减少返工与后续维修费用,从而在长期视角下展现出更优的经济性。相比之下,顶管技术则以其较低的成本门槛,在短距离、小直径管道敷设中占据优势。顶管机的购置与维护成本相对较低,且施工过程中所需的辅助设备与材料也更为简约,从而有效降低了施工成本。对于预算有限或工期紧迫的项目,顶管技术往往成为更为合适的选择。但值得注意的是,尽管顶管技术初期成本较低,若施工过程中出现质量问题或安全事故,可能会引发额外的维修与改造成本。因此,施工单位在选择顶管技术时,同样需要全面评估其潜在风险与成本效益,确保项目能够顺利进行并取得预期的经济效果。

4.4 技术难度与风险

技术难度与风险是地下工程施工中必须面对的挑战。盾构技术与顶管技术在这方面各有其特点和难点。盾构技术虽然施工效率高、地质适应性强,但其技术难度也相对较大。盾构施工需要精确控制掘进参数和管片拼装质量,以确保隧道的安全和稳定^[4]。盾构机的操作和维护也需要专业的技术人员进行,对施工单位的技术水平和风险防控能力要求较高。此外,盾构施工还存在一定的地质风险和環境风险,如地下水位高、土层松软等地质条件可能会对施工造成影响,同时施工过程中的噪音、振动等也可能对周边环境造成干扰和破坏。因此,施工单位在进行盾构施工时,需要制定详细的施工方案和风险控制措施,确保施工的安全和稳定。顶管技术的技术难度相对较低,但其施工过程中仍需注意对地下管线和周边建筑物的保护。顶管机在推进过程中需要克服土体的阻力和摩擦力,如果施工区域存在地下管线或周边建筑物较为密集,可能会对施工造成影响。因此,施工单位在进行顶管施工前,需要对施工区域进行详细的勘察和设计,确定合理的施工路径和深度,避免对地下管线和周边建筑物造成破坏。

结语:综上所述,盾构技术与顶管技术各具特色,分别适用于不同的施工场景。在地下综合管廊建设中,施工单位需全面考量工程需求、地质条件、成本预算及技术挑战等因素,以做出明智的技术选择。盾构技术适用于长距离、大直径隧道,而顶管技术则更适合短距离、小直径管道敷设。随着科技的不断进步与施工工艺的持续优化,这两种技术必将在未来城市地下空间开发中扮演更加重要的角色,为城市建设贡献更高效、安全、环保的解决方案。

参考文献

- [1]方兴杰,孙旻,冉岸绿.地下综合管廊盾构法施工技术分析[J].山西建筑,2019,45(04):103-105.
- [2]李志平.城市地下综合管廊发展及应用的研究[J].低碳世界,2019,9(01):176-177.
- [3]师煜,任宇宁.城市地下综合管廊施工技术[J].中国新技术新产品,2019(01):115-116.
- [4]任子华,李林.城市地下综合管廊结构与施工解析[J].中国建筑金属结构,2022(02):30-31.