

# 市政道路排水工程顶管施工技术研究

张博伟

咸阳市市政工程有限责任公司 陕西 咸阳 712000

**摘要：**顶管施工技术作为一种非开挖的地下管道铺设方法，近年来在市政道路排水工程及其他地下设施建设中得到了广泛应用。本文详细阐述了顶管施工技术的基本原理、关键设备、技术类型及特点，并结合市政道路排水工程的实际情况，探讨了顶管施工技术的实践应用。为市政道路排水工程中的顶管施工提供理论指导和实践参考。

**关键词：**市政道路；排水工程；顶管施工技术

## 引言

随着城市化进程的加速，市政道路排水工程面临着越来越多的挑战。传统的开挖施工方法不仅破坏地表结构，还对地面交通和居民生活造成严重影响。而顶管施工技术作为一种非开挖方法，具有施工效率高、对地面影响小等优点，因此得到了广泛应用。本文将对顶管施工技术进行深入探讨，以期对市政道路排水工程提供有效的解决方案。

### 1 顶管施工技术基本原理

#### 1.1 顶管施工定义及工作原理

顶管施工技术，作为一种非开挖的地下管道铺设方法，近年来在市政道路排水工程及其他地下设施建设中得到了广泛应用。其核心理念在于利用主顶油缸及中继间的顶进力，将预制好的管道逐节顶入土层中，从而在不破坏地表结构的前提下，完成地下管道的铺设任务。这种技术不仅减少了施工对地面交通和居民生活的影响，还提高了施工效率，降低了工程成本。顶管施工的原理就像推一串紧密相连的物体。预制管道就像这些物体的每一节，而主顶油缸和中继间提供的力量就是推动它们前进的动力。当主顶油缸开始工作时，会产生巨大的推力，这个推力通过管道传递到土壤中，让管道逐渐深入土层。为了保证管道的顺利顶进，还需要在管道前端安装掘进设备，以破碎和挖掘前方的土体。随着管道的逐步深入，掘进设备会不断切割前方的土体，并通过泥水仓和螺旋输送机等设备将挖掘出的土体运送到地面。不过，顶管施工并不是简单的直线推进。在实际操作中，土层性质、地下水位、管道材质和尺寸等多种因素都可能影响施工。在施工前，需要进行详细的勘察和设计工作，确保施工能够顺利进行。

#### 1.2 顶管施工中的关键设备

(1) 主顶升油缸，主顶升油缸是顶管施工中的核心设备之一，负责提供顶进管道所需的推力。主顶升油缸

通常由高强度合金钢制成，具有足够的强度和刚度，以确保在顶进过程中不会产生过大的变形或损坏。主顶升油缸还需要具备精确的控制系统，以便施工人员能够根据需要调整推力的大小和方向。在顶进过程中，主顶升油缸会不断伸长，推动管道向前移动<sup>[1]</sup>。当管道达到预定位置后，主顶升油缸会停止工作，等待下一节管道的接入。(2) 顶管掘进机，顶管掘进机是顶管施工中的另一关键设备，负责破碎和挖掘前方的土体。掘进机通常由刀盘、滚刀、刮刀等部件组成，这些部件在掘进过程中会不断旋转和切割土体。刀盘是掘进机的核心部件之一，通常由高强度合金钢制成，并镶嵌有硬质合金刀片，以确保在掘进过程中能够顺利切割土体。滚刀和刮刀则用于破碎和清理掘进过程中产生的土体碎片。掘进机还配备了泥水仓和螺旋输送机等设备，以将挖掘出的土体运送到地面。泥水仓是掘进机中的一个重要部件，负责储存和循环泥浆。泥浆在掘进过程中起到了润滑和冷却的作用，还可以携带和运输挖掘出的土体碎片。螺旋输送机则负责将泥浆和土体碎片从掘进机的前端输送到后端，并最终通过管道运送到地面。(3) 中继间，在顶管施工中，当管道长度较长或顶进阻力较大时，单一的主顶升油缸可能无法满足顶进需求。此时，需要设置中继间来传递和放大顶进力。中继间通常由多个顶升油缸组成，这些油缸在顶进过程中会交替工作，以确保顶进力的连续传递。通过设置中继间，可以显著提高顶管施工的顶进能力和施工效率。(4) 其他辅助设备：除了上述关键设备外，顶管施工还需要一系列辅助设备来支持施工的顺利进行。这些设备包括导向系统、测量系统、注浆系统等。导向系统用于确保管道在顶进过程中的方向准确性；测量系统则用于实时监测管道的顶进位置和姿态；注浆系统则用于在管道周围注入注浆材料，以提高管道的稳定性和密封性。

### 2 顶管施工技术类型及特点

## 2.1 泥水式推进法

泥水式推进法是顶管施工中一种常用的技术类型。利用水力切削泥土的原理,通过顶管掘进机上的切削工具,将前方的土层切削成细小的颗粒,并混合成泥浆。随后,这些泥浆通过管道内的水力输送系统被输送到地面或指定的排放点。这一过程中,泥水不仅起到了切削和输送土层的作用,还通过调整泥浆的密度和压力,实现了对地下水压力和土压力的平衡。泥水式推进法的显著特点在于其高效的切削能力和良好的地层适应性。由于泥浆的润滑作用,顶管掘进机在切削土层时能够减少摩擦阻力,提高切削效率。泥浆还能够有效地携带切削下来的土层颗粒,避免管道内的堵塞。通过调整泥浆的配比和压力,泥水式推进法能够实现地下水压力和土压力的精确控制,确保施工的安全和稳定。在实际应用中,泥水式推进法通常用于穿越软土、砂土等易坍塌地层的情况。这些地层在顶管施工过程中容易发生变形和沉降,而泥水式推进法通过泥浆的支撑作用,能够有效地防止地层的坍塌和变形。泥水式推进法还适用于长距离、大口径的顶管施工,能够满足城市地下管道建设的多样化需求。

## 2.2 泥浓式推进法

泥浓式推进法是另一种重要的顶管施工技术。与泥水式推进法相比,泥浓式推进法在切削土层后,需要开展二次注浆作业。注浆材料通常采用水泥浆或其他化学注浆材料,通过注浆管道被注入到管道与土层之间的间隙中<sup>[2]</sup>。这些注浆材料在固化后,能够形成坚硬的注浆体,从而消除管道在顶进过程中的摩擦阻力。泥浓式推进法的特点在于其强大的地层加固能力和长距离顶管施工的能力。通过注浆材料的加固作用,泥浓式推进法能够显著提高管道周围地层的承载力和稳定性。这一特点使得泥浓式推进法特别适用于穿越岩石、硬土等坚硬地层的情况。由于注浆材料能够减少管道与土层之间的摩擦阻力,泥浓式推进法在长距离顶管施工中具有显著的优势。泥浓式推进法也存在一些局限性。注浆材料的配比和注浆工艺的选择对施工质量具有重要影响。如果注浆材料配比不当或注浆工艺不合理,可能会导致注浆体的强度不足或注浆不均匀等问题。泥浓式推进法在施工过程中需要严格控制注浆压力和注浆量,以避免对周围地层造成过大的扰动和破坏。

## 2.3 土压式推进法

土压式推进法是顶管施工中的一种经济、实用的技术类型。通过在切削仓内加入混合材料(如膨润土、水泥等),来平衡地下水压力和正面土压力。这些混合

材料在切削仓内与水混合后形成具有一定粘度和密度的土压力平衡液。通过调整土压力平衡液的配比和压力,土压式推进法能够实现对地下水压力和正面土压力的精确控制。土压式推进法的显著特点在于其造价低廉、施工简便。由于无需配置泥浆泵等设备,土压式推进法在施工过程中的设备投入和维护成本相对较低。土压式推进法的施工工艺相对简单,施工人员容易掌握和操作。这些特点使得土压式推进法在城市地下管道建设中得到了广泛应用。土压式推进法也存在一些局限性。由于土压力平衡液是由混合材料和水组成的,其性能可能受到地质条件、水源质量等因素的影响。在复杂的地质条件下,土压力平衡液的配比和压力控制可能更加困难。土压式推进法在穿越软土、砂土等易坍塌地层时,可能需要采取额外的地层加固措施来确保施工的安全和稳定。

## 3 市政道路排水工程顶管施工技术实践

### 3.1 施工前的准备工作

(1) 勘察施工现场情况,在施工前,需要对施工现场进行详细的勘察。这包括对地质条件、地下管线、交通状况以及周边环境等方面的了解。地质条件的勘察有助于确定顶管施工的难度和风险,为施工方案的设计提供依据。地下管线的勘察则是为了避免在施工过程中损坏现有管线,确保施工的安全进行。交通状况和周边环境的勘察则是为了合理安排施工时间和施工区域,减少对周边居民和交通的影响。(2) 设计顶管施工方案,根据勘察结果,设计合理的顶管施工方案。施工方案应包括顶管的路径选择、工作井和接收井的位置确定、管道规格的选择以及施工方法的确定等。路径选择应避开地下障碍物,确保顶管的顺利进行。工作井和接收井的位置应便于施工设备的安装和管道的顶进。管道规格的选择应根据排水需求、地质条件以及施工难度等因素综合考虑。施工方法的确定则应根据具体情况选择合适的顶管施工工艺,如泥水平衡顶管、土压平衡顶管等。(3) 确定管道规格,管道规格的选择是顶管施工中的重要环节。管道内径应根据排水流量确定,确保排水效率。管道外径则需考虑顶管施工的工艺要求和地质条件,确保管道的顶进过程中不会因摩擦力过大而损坏。管道长度应根据施工区域的长度和顶管设备的顶进能力确定,避免过长或过短的管道给施工带来不便。管道的强度要求则应根据使用环境和地质条件确定,确保管道在使用过程中不会因外力作用而损坏。(4) 选择施工设备,施工设备的选择直接影响到顶管施工的效率和质量。在选择施工设备时,应根据施工方案和管道规格综合考虑。顶管机头的选择应根据地质条件和管道规格确定,确保

机头在顶进过程中能够顺利破碎土壤并保持管道的稳定性。吊装设备的选择则应根据管道的重量和长度确定,确保管道能够安全、准确地吊装到轨道上。

### 3.2 顶管施工工艺流程

(1) 工作井及接收井施工,工作井和接收井是顶管施工中的关键设施。工作井用于安装顶进设备和吊装管道,接收井则用于接收顶进的管道。在工作井和接收井的施工过程中,应根据设计方案确定井的位置和尺寸,并按照相关规范进行施工。井壁应采用坚固耐用的材料,确保在施工过程中的稳定性。井内应设置合理的排水系统,避免积水对施工的影响。(2) 顶进设备地面安装调试,在顶进设备地面安装调试阶段,应对顶管机头、吊装设备、泥浆泵等关键设备进行详细的检查和调试。确保设备在施工过程中能够正常运行,避免因设备故障导致的施工中断。还应对设备的操作人员进行培训和指导,确保他们能够熟练掌握设备的操作技能。(3) 吊装机头到轨道,在吊装机头到轨道的过程中,应确保机头的稳定性和安全性。吊装前应对吊装设备进行详细的检查,确保吊装过程中不会出现故障。吊装过程中,操作人员应严格按照操作规程进行操作,避免因操作不当导致的安全事故<sup>[3]</sup>。还应对吊装过程进行监控和记录,确保吊装过程的顺利进行。(4) 安装洞口止水圈和连接机头,在安装洞口止水圈和连接机头的过程中,应确保止水圈的密封性和机头的连接牢固性。止水圈应采用耐磨、耐腐蚀的材料制成,确保在施工过程中不会出现漏水现象。机头的连接则应采用合适的连接方式,确保机头在顶进过程中能够保持稳定。(5) 连接进排泥管线及各种电缆,在连接进排泥管线及各种电缆的过程中,应确保管线和电缆的布置合理、连接牢固。进排泥管线的布置应根据泥浆循环系统的需求确定,确保泥浆能够顺畅地循环。(6) 开始顶进,直至管道贯通:在顶进过程中,应根据施工方案和地质条件选择合适的顶进速度和顶进力。顶进过程中应密切关注机头的运行情况和管道的稳定性,及时调整顶进速度和顶进力。还应对顶进过程中的泥浆循环、排水等情况进行监控和记录,确保顶进过程的顺利进行。

### 3.3 关键技术措施

(1) 泥浆减阻,泥浆减阻是顶管施工中的一重要技术措施。通过在管道周围注入泥浆形成泥浆套,可以显著减小管道与土壤之间的摩擦力,降低顶进阻力。泥浆的配制应根据地质条件和施工需求选择合适的泥浆配比和性能参数。在顶进过程中,应定期对泥浆的性能进行检测和调整,确保其满足施工需求。还应对泥浆循环系统进行监控和维护,确保其正常运行。(2) 偏心破碎顶进技术,偏心破碎顶进技术是顶管施工中的一种高效破碎土壤的方法。该技术通过采用偏心刀具和合理的刀具布置方式,可以实现对土壤的均匀破碎和高效排出。在采用偏心破碎顶进技术时,应根据地质条件和管道规格选择合适的刀具类型和布置方式。还应对刀具的磨损情况进行定期检查和更换,确保其破碎效果和使用寿命。(3) 测量及纠偏校正,在顶管施工过程中,测量及纠偏校正是一项至关重要的工作。通过对顶进过程中的管道位置、方向和高程进行测量和监控,可以及时发现并纠正管道的偏差。在测量过程中,应采用高精度的测量仪器和方法,确保测量结果的准确性和可靠性。还应根据测量结果及时调整顶进速度和顶进力,避免管道偏差的进一步扩大。在纠偏校正过程中,应采用合适的纠偏方法和工具,确保管道能够恢复到正确的位置和方向。

### 结束语

顶管施工技术在市政道路排水工程中具有显著优势,能够有效解决传统开挖施工方法带来的问题。通过深入研究顶管施工技术的基本原理、类型及特点,并结合实际案例探讨其实际应用,本文为市政道路排水工程的顶管施工提供了有价值的理论指导和实践参考。未来,随着技术的不断进步和应用领域的拓展,顶管施工技术将在城市地下空间开发中发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1]张和风.浅谈市政道路路基工程施工技术[J].四川水泥,2021(08):248-249.
- [2]方阳.谈顶管技术在市政给排水管道施工中的应用[J].中国设备工程,2021,17(04):210-211.
- [3]李文彦.顶管施工技术在市政给排水施工中的应用探究[J].建材与装饰,2020,22(20):14+17.