

顶管法在输水工程施工中的应用

刘 虎

云南建投第一水利水电建设有限公司 云南 昆明 650506

摘 要：本文详细阐述了顶管法在输水工程施工中的应用，包括其原理、技术特点、前期准备、施工工艺、质量控制等方面。通过具体案例分析，结合曲靖市麒麟区龙潭水库输水工程的实践经验，探讨了顶管法在复杂地质条件下施工的关键技术和质量控制措施，从而为类似输水工程施工提供技术参考。

关键词：顶管法；输水工程；施工工艺

输水工程作为国家水网的重要组成部分，其施工质量直接关系到水资源的优化配置和供给能力。然而，在输水工程施工中，往往面临道路狭窄、地下管线复杂等难题^[1]。顶管法作为一种非开挖施工技术，以其对地面交通影响小、施工效率高、对周边环境影响小等优点，在输水工程施工中得到了广泛应用。

1 顶管法原理及技术特点

顶管法是一种先进的无地面开挖施工技术，专门用于地下管道的铺设，特别适合在城市道路、广场和绿地等区域应用。与传统的开挖方法相比，顶管法能够避免交通拥堵。系统的核心运作原理是运用定向推进设备，逐步将预先制造完成的管道从起始井推进至终点井，通过千斤顶的持续推力，分段地将管体精确推送至预定的最终位置。顶管法的技术特点如下：

无需进行地面挖掘作业，大幅减少了大面积地面开挖的需求，有效降低了对路面交通的干扰，节省了施工成本。通过采用机械化顶进设备，顶管法能够高效快速地完成管道的安装工作，大幅缩短了施工周期。施工过程中对周围建筑物及地下管线的破坏程度较低，从而降低了安全风险^[2]。应用范围广泛，不仅适用于沙质土壤和黏土层，还能在岩层等复杂地质环境中发挥效能，展现出极高的适应性和灵活性。采用顶管法施工能够确保极高的施工精确度与操作安全性，特别是在应对复杂地质环境的情况下，此方法能有效保障施工质量与人员安全。通过采用科学的规划策略及精良的施工工艺，顶管技术不仅能够精准地解决地下管线铺设的难题，还能提高施工效率，优化资源分配，减少对环境的影响，进而为城市基础设施的升级与完善提供强有力的技术支撑。

2 顶管法施工的前期准备

2.1 工程勘察

在输水工程中，地质条件对顶管施工影响显著。需对施工区域进行详细的地质勘察，包括土层结构、土壤

类型、地下水位等参数^[3]。依据《建筑抗震设计规范》，了解地质条件对于确定顶管施工的可行性至关重要，同时能针对不同地质情况制定相应施工措施。如在沙层地质中，可采用膨润土泥浆或洗衣粉和洗洁精混合的水浆来润滑和粘附沙层，防止塌方。

施工区域内地下管线的勘察同样重要。随着城市建设发展，地下管线分布复杂。需调查的管线涵盖给水管、污水管、雨水管、电力管线（含高压架空线）、通信管线、燃气管道、工业管道、路灯管线、交通信号及公共监控管线等。通过走访建筑物业主、与市规划局等单位沟通协调，收集工程区内管线的设计、竣工资料，再结合现场踏勘、测绘等技术手段印证资料，整理分析后列出图表上报。

2.2 施工设计

工作井和接收井是顶管施工的重要设施，其设计需考虑多种因素。以曲靖市麒麟区龙潭水库输水工程为例，工作井和接收井为圆形，井壁、底板及顶板均采用C30钢筋混凝土结构。工作井内尺寸直径为9.0m，井壁厚为0.8m，井深约12.5m；接收井内尺寸直径为9.0m，井壁厚为0.8m，井深约11.5m。设计还需考虑顶管管径、长度及施工工艺等。当顶管长度较长时，需在两端设置工作井及接收井各一个，并根据需要在中间设置中继间。

顶管设计涉及管径、管材、管道埋深等方面。在输水工程中，管径通常根据流量和设计流速确定。如曲靖市麒麟区龙潭水库输水工程中，管道桩号自K0+0.0起，采用Ⅲ级钢筋混凝土管，管径为DN2000，管顶覆土深度约为4.0m，管道埋深约为6.0m-7.0m，并在顶管内安装DN1600钢管。管材选择要考虑承压能力、耐腐蚀性、耐久性等，同时接口设计要考虑触变泥浆的注入和密封问题。

2.3 施工设备与材料准备

顶管施工需配备一系列设备,如行车吊、主顶液压站、主顶千斤顶、U型顶铁、潜水泵、空压机、增氧泵、电焊机、鼓风机、风镐、电锯、柴油发电机、挖掘机、运输车、全站仪、激光经纬仪、水准仪、发电机等。这些设备要根据施工实际需求合理配置,并在施工前调试和维护,确保正常运行。如,曲靖市麒麟区龙潭河水库输水工程中,所有进场施工机械设备由公司下设的设备物质部统一调配,同时做好机械保养、调试、配件供应的工作计划。

施工材料主要包括水泥、钢筋、模板、焊条、混凝土、Ⅲ级钢筋混凝土管等。在输水工程中,材料准备要依据施工设计和工程进度合理安排。如曲靖市麒麟区龙潭河水库输水工程中,42.5水泥、各种规格的钢筋、模板、脚手架等配套设施、焊条520、混凝土(工作井施工)等材料需满足现场需要,Ⅲ级钢筋混凝土管DN2000需要280m,分批进入。

3 顶管法施工工艺

3.1 工作井与接收井施工

工作井与接收井是顶管施工中的关键组成部分,它们的施工质量直接影响到顶管工程的整体稳定性和安全性^[4]。在曲靖市麒麟区龙潭河水库输水工程中,工作井与接收井的施工采用了严谨的工艺和技术参数,确保了工程的顺利进行。

工作井与接收井均为圆形结构,内空直径尺寸为9.0m,井壁厚0.8m。工作井的井深约为12.5m,而接收井的井深约为11.5m。这样的设计既满足了顶管施工的需求,又保证了结构的稳定性和安全性。在施工过程中,首先进行场地平整和定位放线,确保井位准确。按照设计要求开挖至指定标高,并进行垫层混凝土浇筑。在井壁钢筋制作安装和模板架设完成后,进行井壁混凝土浇筑,并经过拆模养护,待达到设计强度后进行取土下沉至设计标高。

下沉过程中,采用了长臂挖掘机取土配合人工掏土下沉的方法。由于沉井下沉量较大,终沉阶段长臂挖掘机可能无法顺利掘土,因此终沉阶段采用人工挖土配合长臂挖掘机取土下沉施工。为了确保沉井的稳定性和安全性,在下沉过程中进行了严格的测量复核和纠偏措施。通过观测井筒的倾斜度和下沉量,及时调整下沉速度和挖土方式,确保沉井能够平稳、准确地下沉至设计标高。

在沉井施工完成后,还需进行底板基础平整、夯实和 underwater 混凝土封底等工作。这些工作对于提高沉井的承载力和稳定性至关重要。最后,进行沉井底板钢筋混凝

土浇筑,为后续的顶管施工做好准备。

3.2 顶管施工工艺流程

顶管施工工艺流程包括测量放线、制备工作井、整备地基、制备接收井、沉放工作井、封底施工、沉放接收井、安装顶管设备、制备泥浆、顶管施工、管材分节下沉、施工检查井、闭水试验。工艺特点如下:

采用机械配合人工掘进出土的方法进行顶管施工,在防止塌方管头加一个及可纠偏挤压式工具管,并采用触变泥浆减阻措施。顶管采用Ⅲ级混凝土管,管径DN2000mm,当顶管顶进完成,在2米顶管内,安装DN1600mm钢管,并把钢管固定在钢结构支墩上,在钢管的纵向距离每6m位置处预留灌浆(浇筑)管,供管道安装完成后进行钢管外充填包封。混凝顶管与钢管间四周空洞部分,采用充填灌浆(浇筑),有利于稳固管道、减小压力管道水压作用下的共振、减小钢管的锈蚀、防止老化、增加使用寿命等起到关键性作用。

3.3 顶管施工方法

顶管施工方法是顶管施工中的具体操作步骤和技术要点。在曲靖市麒麟区龙潭河水库输水工程中,采用了机械配合人工掘进出土的方法进行顶管施工,确保了工程的顺利进行^[5]。进行顶管设备的安装。这包括吊车、后背安装、顶管工作井参后背墙等设备的安装和调试。这些设备的稳定性和准确性对于顶管的顶进质量和安全性至关重要。进行顶管的顶进工作。在顶进过程中,需要严格控制顶进速度和顶进推力,确保顶管的稳定性和安全性。还需进行路面沉降监测和纠偏措施,及时发现和处理问题。为了确保顶管的顶进质量,还需采用触变泥浆减阻措施,减小顶进阻力和摩擦力。在顶进过程中,还需注意一些关键技术要点。如,在顶管穿越复杂地质条件时,应采用合适的顶进工具和润滑材料,确保顶管的顺利穿越。在顶管穿越地下管线时,应提前进行管线勘察和保护工作,避免对管线造成损坏。

4 顶管法施工质量控制

4.1 管材质量控制

管材质量控制是顶管法施工中至关重要的环节,直接关系到管道的使用寿命和安全性。管材选择应根据设计要求,选择合适的管材,常用的管材包括钢筋混凝土管、钢管等。管材应具有足够的强度和刚度,能够承受顶进过程中的压力。如,曲靖市麒麟区龙潭河水库输水工程采用Ⅲ级钢筋混凝土管,管径为DN2000,管顶覆土深度约为4.0m,管道埋深约为6.0m~7.0m。管材验收管材进场前,应进行严格的验收,检查管材的外观质量、尺寸偏差、材质等是否符合设计要求。不合格的管材不

得使用。例如,曲靖市麒麟区龙潭水库输水工程管材进场前,对每批次管材进行外观检查和尺寸测量,确保管材的外观无裂纹、无变形,尺寸偏差在允许范围内。管材储存与运输管材应妥善储存和运输,避免损坏。管材堆放时应垫木方,防止变形。运输过程中应使用专用夹具,防止管材碰撞和磕碰。如,本工程管材堆放时,每层管材之间垫木方,确保管材堆放稳定,运输过程中使用专用吊具,确保管材安全运输到施工现场。

4.2 顶进管道施工质量控制

顶进管道施工质量控制是确保顶管法施工成功的关键。轴线控制顶管施工过程中,应定期进行测量,确保管道的轴线符合设计要求。每顶进50cm左右,测量一次,出现误差时及时纠偏。如,本工程在顶进过程中,使用全站仪和S3水准仪进行测量,确保管道轴线偏差在 $\pm 30\text{mm}$ 以内。高程控制顶管施工过程中,应定期进行高程测量,确保管道的高程符合设计要求。每顶进50cm左右,测量一次,出现误差时及时调整。如,本工程在顶进过程中,使用S3水准仪进行高程测量,确保管道高程偏差在 $+10\text{mm}$ 至 -20mm 之间。第三,接口质量控制顶管施工完成后,对管道接口进行检查,确保接口密封良好,无渗漏现象。接口处应使用橡胶圈或其他柔性材料进行密封。如,本工程接口采用橡胶密封圈,密封圈在使用前进行预处理,确保密封圈的密封性能。内部清洁顶管施工完成后,对管道内部进行清洁,确保管道内无泥土、石子、砂浆等杂物,保持管道畅通。如,本工程在顶管施工完成后,使用高压水枪对管道内部进行冲洗,确保管道内部干净无杂质。

4.3 沉井施工质量通病的防治措施

在沉井制作过程中,需严格控制沉井的尺寸、形状和重量。沉井的高度、直径、壁厚等需符合设计要求,且需保证沉井的对称性。同时,还需对沉井进行加固处理,提高其整体稳定性。

在下沉过程中,需严格控制下沉速度和下沉量。下沉速度不宜过快,一般控制在每天几厘米至几十厘米之间。下沉量则需根据设计要求进行严格控制,避免下沉量过大导致沉井倾斜或下沉困难。还需对沉井进行实时监测和纠偏。通过安装传感器等设备,对沉井的倾斜

度、下沉量等进行实时监测。一旦发现沉井倾斜或下沉困难等异常情况,应立即停止下沉,查明原因并采取纠偏措施进行纠偏。纠偏方法包括除土、压重、顶部施加水平力或刃脚支垫等。

4.4 顶管施工质量通病的防治措施

在顶进前,需对工作井、接收井和导轨等进行精确测量和定位,确保它们的轴线、高程等符合设计要求。还需对管材进行精确测量和标记,确保管材的轴线、长度等符合设计要求。在顶进过程中,需严格控制顶进速度和顶进力,避免顶进速度过快或顶进力过大导致管道轴线偏移或管材破损。对管道进行实时监测和纠偏,确保管道的轴线始终符合设计要求。在管材选择和安装过程中也需严格控制质量。管材需符合相关标准规范要求,且需经过检验合格后方可进场使用。安装时,需按照设计图纸和规范要求进行,确保管材的接头密封性和强度满足要求。

结束语

顶管法作为一种先进的非开挖施工技术,在输水工程中的应用展现了其独特的优势和广泛的适用性。通过本文的详细阐述,我们可以看到,顶管法不仅能够有效解决道路狭窄、地下管线复杂等施工难题,还能减少对地面交通和周边环境的影响,提高施工效率和安全性。特别是在复杂地质条件下的施工,顶管法通过科学的前期准备、严谨的施工工艺和严格的质量控制,确保了工程的顺利进行和高质量完成。

参考文献

- [1]付俊雯.顶管技术在水利输水工程中的应用分析[J].水上安全,2024,(19):188-190.
- [2]万会,邢飞,王万鑫.顶管施工对南水北调输水箱涵沉降的影响[J].水利技术监督,2024,(08):275-277.
- [3]林泽奇.城市供水输配套改造中的管网顶管施工技术应用[J].云南水力发电,2024,40(04):130-133.
- [4]王香,胡其林,赵传志.长距离输水工程中顶管工作井的选型及应用[J].四川水力发电,2023,42(03):48-52.
- [5]金奇.浅谈顶管施工在输水工程中的环保节能与应用[J].资源节约与环保,2015,(09):30.