

Research on the Application of Curve Pipe Jacking Technology in Hydraulic Engineering

Kunyu Han

Beijing Chaoyang Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Beijing, 100020, China

Abstract

Water conservancy projects often face complex terrain and geological conditions, which significantly increase construction challenges. The curved pipe jacking technique, a cutting-edge trenchless construction method, demonstrates exceptional adaptability to challenging terrains and geological conditions. It offers high efficiency, cost-effectiveness, and precision control, making it increasingly vital in water conservancy projects. This paper analyzes the application process and key considerations of curved pipe jacking in water conservancy engineering, proposes feasible quality control measures, and ensures the smooth implementation of this technique. These efforts fundamentally guarantee construction quality and lay a solid foundation for advancing overall technical capabilities in the field.

Keywords

curve pipe jacking construction technology; hydraulic engineering; application points

探讨曲线顶管施工技术在水利工程中的应用要点

韩坤雨

北京市朝阳区水利工程有限公司, 中国·北京 100020

摘要

通常情况下水利工程施工环境的地形、地质条件较为复杂, 加大了施工难度。曲线顶管施工技术属于一种新型的非开挖施工技术, 对复杂地形、地质的适应能力较强, 施工效率高、成本低且能够保障施工精度, 在水利工程施工中发挥了越来越重要的作用。文章主要对曲线顶管施工技术在水利工程中的应用过程、应用要点进行分析, 并提出可行性的质控措施, 从而保障曲线顶管施工技术的顺利进行, 从根本上保障水利工程施工质量, 为整体施工技术水平的提升奠定良好基础。

关键词

曲线顶管施工技术; 水利工程; 应用要点

1 引言

曲线顶管技术应用中不需要大规模开挖施工, 减少对周边环境的扰动, 可以保障管道在地下预设曲线轨迹中精准推进, 不会对地表土体、交通等造成太大影响, 尤其可以在穿越河流、湖泊、等复杂地形的管道铺设中发挥重要作用, 促进水利工程的顺利、安全施工。在具体施工操作中, 要优化顶管施工流程设计, 科学调整技术参数、工艺, 促进曲线顶管施工安全可靠开展。

2 曲线顶管施工技术特点

曲线顶管施工技术属于非开挖地下管道铺设方法, 在施工过程中, 需要在地面开挖工作坑, 然后通过顶管设备沿着地下预定曲线轨迹推进管道。该方法在水利工程施工

中的应用, 能够减少对地面设施、地下设施的干扰, 适合在复杂地质地形、存在障碍物的工程中进行应用。在该技术实施环节中, 顶管机头需要结合设计曲线精确控制管道推进方向和姿态, 且在导向系统、液压推进系统、监测系统的辅助作用下保障施工安全, 同时利用泥水平衡、土压平衡等方式维持土体稳定性。施工过程中噪音较少, 不会产生尘土, 不会影响周边交通, 施工效率高, 成本低, 综合效益好。例如, 在南水北调工程某段施工中, 引进了曲线顶管技术, 在河床下敷设一定直径的输水管道, 提升了施工效率, 且减少对河流生态的干扰, 当遇到砂层、砾石层等复杂地质时, 可以调整顶进参数、优选管材等方式, 保障管道施工顺利进行^[1]。必要时, 还可以构建三维地质模型、实时监测系统等, 对顶进路径进行科学预测和调整, 进而保障顶进路径的精准控制, 预防地面沉降, 积极应对突发地质状况。

【作者简介】韩坤雨(1985-), 男, 中国河北保定人, 初级工程师, 从事水利水电工程研究。

3 曲线顶管施工过程

3.1 出洞准备

在出洞前,需要施工人员详细分析施工图纸,进而确定最终的顶管线路、曲线参数;结合设计参数开挖工作坑,并对坑壁进行支护,保障其稳定性。在工作坑内安装顶管机头、顶进设备,并精准调试;施工前检查预制管节质量,并准备足够的泥浆材料、注浆设备,做好现场安全评估工作,完善应急预案,促进整体施工顺利进行。

3.2 顶进施工

在顶进施工环节,需要严格设计预定路线有序推进机头,且要动态监测顶进速度和方向,避免顶管偏移预定轨迹,一旦测量设备监测出顶进偏差,需要及时调整。顶进环节中需要做好泥浆补给工作,并定期检查其性能,进而保障土体稳定性。优化施工现场通风、照明条件,避免出现安全事故。顶进过程中要动态测量顶进方向、姿态和位置,及时纠偏^[2]。

3.3 曲线段顶进

在曲线段顶进环节中,要优化机头设计,以便对曲线段进行良好适应。在此环节中严控顶进力,防止扰动周边土体稳定性;提高测量次数,实现机头的精准推进。要优化处理管节接口,保障密封性,避免出现泄漏问题。

3.4 出洞收尾工作

出洞后,需要拆卸顶进设备,并对其回收、清洗,方便再次使用。冲洗、检查顶进管道,避免内部存在杂物;回填工作坑,并对其加固,恢复地表原状,减少对周边环境的扰动。做好现场清理工作,减少环境破坏。整理验收资料,严控施工效果。

4 曲线顶管施工要点

4.1 测量放样

在顶管施工前,需要做好测量放样工作,尤其要做好导线、水准、轴线等测量工作。导线测量中,首先要稳固设置控制点,然后利用全站仪精准测量导向,并按照设计要求测量角度、距离,构建闭合导线网。在导向测量过程中要严控测量精度,并多次测量和审核,保障起始点、终点坐标的精准性。水准测量中,要利用水准仪按照特定路线开展测量,并对所有控制点的高程数据进行详细记录,且要保障测量路线闭合性,避免出现测量误差,结合测量结果计算高程差和高程控制网,为后续管道铺设提供数据依据^[3]。轴线测量中,明确管道轴线位置,才能严格管道推进方向,即利用经纬仪精准定位顶管起始点、终点,进而测量顶管轴线,同时要定期复测,实时监控机头位置、方向,及时纠偏。

4.2 跟踪测量

在管道内设置内测站,具体位置为顶管机头后方的管节内,并保障均匀分布,配备的测量设备有全站仪、激光导向仪等,以便对机头位置、姿态、方向进行动态监测,同时要保障测量设备通信功能的可靠性,实现测量数据的实时传

输,方便地面人员及时调整顶管施工参数。管道在曲线段顶进环节中容易产生扭转、偏移,需要计算管道接口间隙差异,以便保障顶进质量,具体实施中需要测量管道接口的实际位置,将其与设计数据比较分析,如果超出标准范围,需要利用调整顶进力、修正接头方向等措施进行调整,促进曲线顶管顺利施工。

4.3 顶力估算

订立估算是保障顶管施工安全的重要措施。其中影响估算结果的因素有管道直径、土层性质等,在估算过程中需要综合考量现场实际情况,进而保障估算结果准确性。在具体工作中,需要优化地质勘察,明确穿越土层的摩擦系数、阻力系数,并计算机头正面阻力和管道侧壁摩擦阻力,对以上阻力值相加,获得最终的顶力值,为后续设备选型、施工方案的确提供数据依据,保障施工安全^[4]。

4.4 中继间布置

在顶管施工过程中,每隔特定距离安装接力顶进设施,能够解决顶力不足的难题,保障长距离曲线顶管施工的有序进行。在设置中继间时,要结合顶力估算结果、管道长度等参数,科学设置中继间数量、位置,尽量将其设置在预计顶力较大的区段,使其可以承受前后顶力传递,并保障顶力设备的密封性,与测站、通风等设备保持协调性。

5 水利工程曲线顶管施工技术控制策略

5.1 测量与纠偏

在施工环节中,需要精准测量顶管轨迹,即利用顶管自动测量引导系统,实现顶管机头的实时监控和精准导向。在具体测量过程中,需要在管道内安装全站仪和激光导向仪,以便对机头在行进过程中的位置、姿态进行动态测量,并利用专业传感器收集偏移数据,并将其传输到计算机控制系统中,自动计算机头行进轨迹偏差,并及时调整机头推进方向^[5]。该系统还可以利用预先设定的程序,实时监控实际测量数据,如果超出设计数据范围,系统会第一时间自动报警,并自动调整机头推进方向、速度,有效纠正偏差问题。通过该技术的应用能够控制曲线顶管施工精度,减少人为操作引起的施工偏差,实现顶进位置的精准性。此外,在曲线顶管施工过程中,常用的纠偏技术如表1所示。要注意,当机头刚出现偏差时就要立即纠正,避免出现偏差累积,且要在此过程中注意土体稳定性,避免影响整体施工安全。

表1 曲线顶管纠偏方法

纠偏技术	具体方法
导向纠偏	调整顶管机头前端的导向装置,改变机头推进方向
千斤顶纠偏	在机头两侧固定千斤顶,利用不对称施力,侧移机头,实现纠偏
关节调整纠偏	调整管节接口间隙,改变管道弯曲程度

5.2 控制沉降

在曲线顶管施工中,常用的沉降控制方法有:首先,

需要合理控制泥浆制备和注浆工艺,尤其要选择合适原材料,如膨润土等,并对其科学配比混合,保障制作的泥浆符合设计要求。严控注浆压力和速度,实现均匀注浆,有效提升支撑层的效能。通常情况下,为了保障泥浆稳定性,需要选择多点、分层、间歇等方式进行注浆,且在施工过程中要不定期检测泥浆粘度、密度等性能,必要时下灵活性调整配比,保障泥浆性能。其次,要优化进出洞口技术,进洞前要利用深层搅拌、注浆加固等方式稳固洞口土体,进而强化土体自稳能力;出洞时要严控机头推进速度和方向,减少土体扰动,必要时在洞口安装钢支架、防护桩等防护结构,减少洞口土体塌陷等问题^[6]。最后,优化应用密封技术,在顶管施工中需要选择高强度钢管、复合材料管等耐腐蚀、耐高压材料作为顶管外壳,进而提升管道密封性能;选择橡胶密封圈、金属密封环等密封材料,强化接头处的密封性能;在中继环密封技术应用中,需要使其与管道密封连接,避免泥浆泄漏,且要定期检查中继环密封状态,及时更换损坏、老化的部件,并采用橡胶垫、填充剂等密封措施,强化密封效果。

5.3 防管道过度旋转技术

管节止转技术应用中,可以在管道接口位置安装防转键、导向块等装置,进而把管道旋转角度控制在合理范围内,确保管道按照预定轨迹顶进;在顶尖环节中需要严控顶进力度和方向,确保管道力矩始终处于平衡状态,进而降低旋转问题;在管道内部安装支撑架、固定锚杆等临时支撑,强化管道稳固性;实时监测管道旋转状态,如果发现超标现象,需要第一时间调整。

5.4 严控机头进洞后退现象

如果管理深度过高、土压力较大等问题,会导致管道在进洞后发生机头退回问题,影响施工进度。针对这种情况,需要强化机头与管道的牢固连接,避免出现松动问题,促进顶推力的有效传递。要结合实际情况加大顶推力,有效克服机头前进阻力。要实时监测机头顶进过程中的状态,如果发现后退迹象,需要第一时间停止推进作业,查找原因,制定针对性的应对措施,如调整机头姿态使其与管道轴线一致,进而有效控制后退问题的出现几率。

5.5 控制进洞机头下沉、尾部上翘

一旦出现机头下沉、尾部上翘等问题,会引起管道偏移、损坏等现象。针对这种情况采取针对性的加固措施,保障机头、尾部的稳定运行。如在工作井预留孔洞安装橡胶止水圈、加固周围土体,并优化设计机头、尾部结构,使其对复杂地形良好适应。要安装导轨,进而严控顶进速度,防止推进速度过快引起下沉、上翘问题。

5.6 其他措施

在曲线顶管施工过程中,需要优化管道内通风条件,安装轴流风机、离心风机等强力通风设备,这样才能确保管道内空气流通性,减少有害气体、粉尘积聚,同时要定期检查通风管道是否存在堵塞、损坏问题,必要时安装移动式通风设备,进一步强化部分位置的通风效果;此外还需要完善管道照明条件,选择防水、防爆、耐腐蚀的照明设备,使其为管道内部提供充足光线,且适应恶劣环境,此外还需要增设辅助照明设备。

6 结语

综上所述,在水利工程施工中引入曲线顶管施工技术,可以对各种复杂地质地形施工条件进行良好适应,促进水利工程顺利施工,在具体施工过程中需要做好测量放样、动态监测等工作,及时发现推进偏差,制定针对性的纠偏措施,保障管道按照预定轨迹精准推进,优化整体施工效果。

参考文献

- [1] 王文文. 曲线顶管施工技术在水利工程中的应用[J]. 价值工程, 2025, 44 (13): 141-144.
- [2] 许海涛. 曲线顶管施工技术在水利工程中的应用研究[J]. 水上安全, 2025, (08): 166-168.
- [3] 丁东强. 大直径长距离曲线顶管施工测量关键技术及应用[J]. 山西建筑, 2025, 51 (02): 107-111.
- [4] 郭善超. 曲线顶管施工技术在水利工程中的应用[J]. 水科学与工程技术, 2024, (03): 55-59.
- [5] 卢纯青. 浅谈曲线顶管技术在市政施工中的应用[J]. 能源与环境, 2022, (03): 101-103.
- [6] 梁极,康卫国,颜佩君,等. 大直径雨水管顶管及曲线顶管施工技术[J]. 城市道桥与防洪, 2005, (06): 113-116+10-11.