

# 泥水平衡法顶管施工技术 在市政路桥施工中的应用

李卫平

(安徽威尔低碳科技股份有限公司, 安徽 合肥 230001)

**摘 要** 随着我国城市化步伐日益加快, 市政基础设施建设日益密集, 这导致城市用地空间日益紧张, 地下空间的开发利用及管线敷设面临着更为严峻的挑战。传统的明挖开挖法会对地面交通、环境及周边结构产生巨大干扰, 无法满足市政路桥施工的需要。针对这一情况, 需对传统施工技术应用问题及弊端做好针对性的改进及优化, 加强泥水平衡法顶管施工技术的应用, 提升市政路桥施工效率及质量。本文就泥水平衡法顶管施工技术在市政路桥施工中的应用策略进行分析, 以期提升项目施工质量提供借鉴, 以更好地满足市政路桥施工建设的现实需要。

**关键词** 泥水平衡法; 顶管施工技术; 市政路桥施工

中图分类号: U415; U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.020

## 0 引言

市政路桥工程是城市发展的“动脉”, 是推动城市社会经济发展应关注的一个重要内容。在推进市政路桥工程项目建设时, 涉及了密集的地下管线网络、繁忙的交通干线、重要的河流湖泊及既有桥梁桩基等复杂环境。传统开挖施工方法应用时, 对城市环境影响较大, 并面临着较高的安全风险。而泥水平衡法顶管施工技术的应用, 有助于降低对城市路桥周边环境的影响, 保证路桥施工顺利开展。

## 1 泥水平衡法顶管施工技术概述

### 1.1 基本原理

泥水平衡法顶管施工技术的核心原理在于用循环泥浆来维持开挖面的压力平衡。在顶管施工过程中, 安装在顶部的顶管机头刀盘切削土体, 并由送浆管道向密封的泥水仓注入特定配比的泥浆。泥浆与切削下的土砂混合之后, 会形成高密度的泥水混合物, 并通过精确控制泥水舱内的进、排泥浆压力, 使其略高于开挖面处的静止土压力和水压力, 形成“泥膜”支撑面, 保证开挖土体稳定<sup>[1]</sup>。

### 1.2 系统构成

在泥水平衡法顶管施工技术应用过程中, 需要建立完整的泥水平衡顶管系统, 具体包括顶管机头、主顶进系统、泥水循环系统、管节系统、中继间系统及测量与控制系统。

(1) 顶管机头主要包括刀盘、驱动系统、泥水舱、测量导向系统等, 是该施工技术应用的核心所在。

(2) 主顶进系统由多台大吨位的液压千斤顶、顶铁等组成, 为系统提供顶进动力。(3) 泥水循环系统包括进浆泵、排浆泵等, 负责泥浆制备、输送、处理及循环利用。(4) 管节系统的应用, 主要为预制的钢筋混凝土管组成。(5) 中继间系统则在长距离运输过程中, 为克服管道摩擦力设置的接力顶进装置。(6) 测量与控制系统则包括激光全站仪、倾斜传感器、计算机控制系统等, 对顶进轴线、姿态及泥水压力进行监测和调整<sup>[2]</sup>。

### 1.3 技术应用优势分析

泥水平衡法顶管施工技术应用, 相对于传统施工技术而言, 优势表现在以下几个方面: (1) 开挖面稳定性高。在应用泥水平衡法顶管施工技术时, 可以对泥浆压力精确控制, 对开挖面支护效果好, 为施工顺利进行提供强有力的支持。(2) 地面沉降幅度较小。该技术应用过程中, 可以对地层应力进行有效平衡, 施工引起的地面沉降可以控制在 $\pm 10\text{ mm} \sim \pm 30\text{ mm}$ 范围内, 对地面路桥结构影响较小<sup>[3]</sup>。(3) 施工速度较快。该技术采取机械化、连续化的施工作业方式, 施工效率更高。(4) 环境影响小。泥水平衡法顶管施工技术应用过程中, 不需要大面积开挖, 基本不会影响地面交通、商业及居民生活。

作者简介: 李卫平(1985-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 市政路桥工程。

## 2 泥水平衡法顶管施工技术在市政路桥施工中的应用领域分析

### 2.1 穿越既有道路与桥梁

在市政路桥施工过程中,新建排水管道、综合管廊、电力通信管线施工时,需要下穿已经通车的高速公路、城市主干道等。在施工过程中,传统的施工方式需要开展道路开挖,容易产生“拉链路”的情况,对城市道路交通产生不利影响。针对这一情况,对泥水平衡法顶管施工技术的应用,能够确保路桥结构的安全,从而有效地降低对原有道路交通的影响,保证施工的顺利进行<sup>[4]</sup>。

### 2.2 穿越河流、湖泊等水域

在开展市政管线施工建设时,一些管线需要穿越河道、防洪堤坝等,导致项目施工复杂度升高。对此,对传统施工方法进行优化,借助泥水平衡法顶管施工技术的应用,在河床下方开展施工,降低对航道通航及防洪工程的不利影响。该技术应用时,泥水压力可以有效对抗河床下的高水头压力,有效地避免涌水、冒顶等事故的发生<sup>[5]</sup>。

### 2.3 邻近或下穿重要建筑物与铁路施工

在施工过程中,当城市路桥需要下穿历史保护建筑、大型车站、地铁隧道等项目时,需要采取有效措施进行规避,以保证路桥施工的顺利进行。泥水平衡法顶管施工技术的应用,对于地层扰动较小,可以将施工引起的沉降控制在允许的范围内。同时,在这一区域施工时,可以有效地保护敏感环境,保证施工的顺利进行。

### 2.4 城市复杂地下空间环境的管线布设施工

现阶段,结合城市社会经济发展形势来看,地下空间开放度大,错综复杂的管线给路桥施工带来较大的挑战。针对这一情况,应用泥水平衡法顶管施工技术,通过敷设大直径、长距离的主干管道,能够为项目施工建设提供强有力的支持。在实际施工开展过程中,通过灵活地设计曲线顶进路径,绕开地下障碍物。同时,提升顶进深度,有助于绕开地下管线走廊,解决地下浅层空间拥挤的问题<sup>[6]</sup>。

## 3 泥水平衡法顶管施工技术应用案例分析

### 3.1 工程概况

某城市为完善新区的污水主干管网,需要建设一根内径 DN2200 mm 的钢筋混凝土污水管。该管道设计总长度为 450 m,管线需要垂直穿过一条高速公路,穿越段长度约为 60 m。该高速公路的车流量较大,日均

通行量超过 6 万辆。为降低对交通的影响,采取泥水平衡法顶管施工。在该项目施工建设时,穿越土层为砂质黏土粉砂层,位于顶管上方 1.5 m 位置,土层的自稳定性相对较差。在开展施工时,联系区域情况,需要保证高速公路“零沉降”,避免在顶进过程中对高速公路路基稳定性产生不利影响。

### 3.2 施工技术应用分析

#### 3.2.1 精细化泥浆管理及压力控制分析

在该项目施工建设时,考虑到高速公路沉降问题,需要做好泥浆管理及压力控制工作。在泥浆配比过程中,考虑到施工需要,结合该区域的底层特点,注重选择优质膨胀土,并在其中加入 CMC 等增粘剂,配置性能良好的混凝土,保证混凝土具备较好的触变性、护壁性,并具备携渣能力的泥浆。

在对压力设定时,注重根据泥水平衡法顶管施工的情况,做好参数的精准设计,并根据项目施工建设情况,对相关参数信息进行动态化调整。其中,设定泥水舱压力为静止压力与水压力之和的 1.1 ~ 1.3 倍。在实际施工过程中,则注重结合监测的顶进参数、排泥性状和地表沉降监测数据,对顶进压力进行针对性调整,以确保压力稳定性。

#### 3.2.2 智能化导向及轴向控制分析

在顶进施工时,要采取智能化控制技术,以确保顶进施工的效率及质量。在此过程中,需注重对高精度激光全站仪及测量靶系统应用。在施工过程中,每项进一节管,约为 2.5 m 时,进行一次人工复查。系统应用时,对机头偏差数据信息及时获取,操作人员则根据偏差情况对顶进调整,做好纠偏,保证顶进轴线与设计轴线的偏差数值控制在  $\pm 50$  mm 范围内。

#### 3.2.3 高速公路路基保护专项措施

考虑到该工程项目建设实际情况,针对高速公路路基保护问题进行针对性把握,设置专项保护措施。在实际工作开展时,相关保护措施应用如下:(1)增设监测网。在穿越高速公路路肩、路面及中央分隔带时,设置密集的沉降观测点,每隔 2 小时监测一次,对沉降情况有针对性把握。(2)做好洞口密封及防冒浆处理。顶进施工时,采用橡胶止水法及多道钢丝刷密封的方式,确保泥浆不从洞口泄漏。(3)对顶进参数优化。顶进施工时,严格控制好顶进速度,并在穿越敏感区时,保持匀速、低速顶进状态,降低对土体的扰动。(4)开展泥水分离及环保处理工作。在施工时,现场配备三级泥水分离系统,分离出的清水回用于泥浆配制当中,实现资源的回收利用目标。

### 3.3 实施效果及经验总结

#### 3.3.1 实施效果

在该项目施工建设过程中,对传统的施工方法进行优化,发挥泥水平衡法顶进施工技术应用优势,针对性提升项目建设质量。关于项目实施效果如下:(1)实现对公路路面沉降的有效控制目标。在顶进过程中,高速公路最大沉降数值仅为6 mm,远远低于设计的预警值20 mm。(2)大幅度提升施工效率,平均顶进速度为12 m/d,工期相较于明挖方案缩短65%。(3)取得良好的经济效益和社会效益。在开挖施工过程中,避免公路封闭导致的经济损失,确保交通稳定运行。同时,对于周围环境污染较小,具备良好的环境效益。

#### 3.3.2 经验启示

结合本项目情况,通过对泥水平衡法顶管施工技术进行针对性应用,改变传统施工中的效率低下、质量低等问题,为项目施工建设提供强有力的支持。通过该技术应用,实现对路面沉降的有效控制,并提升了施工效率,确保项目建设具有良好的经济效益、环境效益及社会效益。本项目施工技术应用得到的经验启示如下:(1)泥水平衡法顶管施工技术应用过程中,前期勘察是项目施工的基础。在此过程中,通过对地质情况、障碍物、项目情况进行针对性把控,为项目后续施工提供重要的参考及指引,以确保施工的顺利进行<sup>[7]</sup>。(2)过程控制是施工的关键。在该项目施工时,如何实现“压力平衡”是施工的关键点。对此,应注重对施工过程的实时监测,并为项目施工提供重要的数据参考及指引,有针对性地做好项目施工调整,提升施工的效率及质量。(3)做好应急预案的设置。在该项目施工过程中,可能出现压力异常、设备故障、地面冒浆等一系列风险。对此,在项目施工时,需针对性地设置应急预案,以保证施工的顺利进行。

### 3.4 泥水平衡法顶管施工技术应用挑战及趋势分析

#### 3.4.1 主要挑战

结合本项目施工情况,泥水平衡法顶管施工技术应用过程中面临的挑战表现在以下几个方面:(1)设备投入成本增加。泥水平衡法顶管施工技术应用过程中,设备昂贵,泥水处理系统相对复杂,导致前期建设成本投入较高。(2)场地要求较高。该施工技术应用时,需要场地具有足够面积布置工作井、泥水处理站和堆场,导致在城市施工时面临选址困境的问题。(3)弃浆处理挑战。该施工技术会产生大量的弃浆,虽然可以进行分离处理,但最终仍会形成泥饼,需要进行针对性处置,以降低对城市环境的污染。(4)特殊地层的适应性问题。在该施工技术应用时,对大粒径的

卵石层进行处理时,需要配备复合型刀盘,导致技术复杂度及成本进一步增加。

#### 3.4.2 技术发展趋势

针对泥水平衡法顶管施工技术应用面临的挑战,在该技术应用时,需要结合项目建设情况及经济发展形势等,对技术进行创新优化。该技术的应用,后续应注重把握以下几点:(1)积极推进智能化、自动化发展。在路桥施工过程中,加强AI技术、BIM技术、大数据技术的应用,提升施工智能化水平,满足施工要求。(2)凸显绿色环保化。在新的社会经济发展形势下,建筑行业应朝着绿色化、环保化方向发展,该技术的应用也需要符合这一要求。(3)推动工法融合及创新发展。在应用泥水平衡法顶管施工技术时,需注重将其与盾构法、定向钻芯法进行融合,以更好地适应复杂工况的需要。

## 4 结束语

在市政路桥施工过程中,应立足于城市社会经济发展形势及特点,注重对泥水平衡法顶管施工技术应用进行针对性应用,以更好地满足路桥施工的需要。在泥水平衡法顶管施工技术应用过程中,应凸显地层适应性、精准的沉降控制能力及显著的社会经济效益,解决市政路桥施工中管线穿越难题。根据项目建设需要,做好实地考察分析,并强化泥浆管理、过程控制等,确保施工顺利进行。随着技术的不断进步及创新,泥水平衡法顶管施工技术将在市政路桥建设中扮演日益重要的角色。在应用泥水平衡法顶管施工技术过程中,应结合时代形势的发展变化,加强技术赋能,提升技术应用效果及质量,以更好地满足项目建设实际需要。

## 参考文献:

- [1] 刘爱玲.市政排水工程泥水平衡顶管施工技术及其质量控制研究[J].水上安全,2025(19):148-150.
- [2] 秦绪海,王金虎.泥水平衡顶管技术在市政道路施工中的应用[J].黑龙江交通科技,2025,48(06):40-44.
- [3] 聂灵娟.泥水平衡顶管施工技术在市政给水工程中的应用[J].工程技术研究,2025,10(08):66-68.
- [4] 岑得京.北海市备用(第二)水源建设工程G325国道泥水平衡顶管施工关键技术研究[J].工程技术研究,2025,10(04):76-78.
- [5] 林艺杰.钢筋混凝土套管泥水平衡顶管施工技术探析[J].中国水泥,2024(12):93-95.
- [6] 吴佳禧.泥水平衡法顶管施工技术在市政路桥施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(29):163-165.
- [7] 蒋建辉.泥水平衡法顶管施工技术在市政路桥施工中的应用[J].工程技术研究,2023,08(11):205-207.