

泥水平衡顶管在大型引调水工程的应用

安志刚

中国水电建设集团十五工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5725

[摘要] 近年来随着水资源调配需求的持续增长,大型引调水工程面临着地质条件复杂、施工难度大、环境保护要求高等挑战。泥水平衡顶管以其开挖面稳定、机械化和自动化程度高、对周围土体和建筑物影响小以及掘进速度快等特点,成为解决这些难题的重要手段。这一技术能够在不破坏地表环境的前提下,高效穿越河流、湖泊、道路等障碍,确保工程顺利推进,满足供水、灌溉、生态等多元化需求。因此,在大型引调水工程中,泥水平衡顶管的应用愈发受到重视和推广。基于此,本文先分析泥水平衡顶管技术的作用原理与技术优点,然后论述泥水平衡顶管技术在大型引调水工程中的应用要点,旨在丰富顶管施工实测数据,同时为后续类似工程提供参考。

[关键词] 泥水平衡顶管; 技术原理; 优点; 引调水工程; 应用

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Application of mud-water balance pipe jacking in large-scale water diversion project

Zhigang An

China Hydropower Construction Group 15th Engineering Bureau Co., Ltd

[Abstract] In recent years, with the continuous growth of water resources allocation demand, large-scale water diversion projects are facing challenges such as complex geological conditions, difficult construction and high environmental protection requirements. Mud-water balance pipe jacking has become an important means to solve these problems because of its stable excavation surface, high mechanization and automation, little influence on surrounding soil and buildings, and fast excavation speed. This technology can efficiently cross rivers, lakes, roads and other obstacles without destroying the surface environment, ensure the smooth progress of the project and meet the diversified needs of water supply, irrigation and ecology. Therefore, in large-scale water diversion projects, the application of mud-water balance pipe jacking has been paid more and more attention and popularized. Based on this, this paper first analyzes the working principle and technical advantages of mud-water balance pipe jacking technology, and then discusses the application points of mud-water balance pipe jacking technology in large-scale water diversion projects, aiming at enriching the measured data of pipe jacking construction and providing reference for similar projects in the future.

[Key words] mud-water balance pipe jacking; Technical principle; Advantages; Water diversion project; app; application

引言

在大型引调水工程领域,施工技术的选择直接关系到工程的效率、成本及对环境的影响。面对复杂的地质条件、严格的环保要求及庞大的施工规模,传统施工方法显得力不从心。泥水平衡顶管技术以其独特的优势脱颖而出,成为解决这些难题的关键。该技术通过保持开挖面的稳定,减少对周围土体和建筑物的扰动,同时提高掘进速度,为大型引调水工程提供了一种高效、环保的施工方案。近年来,我国顶管技术发展迅猛,市场需求量大,目前广泛用于地下管线、综合管廊、输水隧洞及地铁隧

道等工程建设中。

1 泥水平衡顶管技术概述

1.1 技术原理

泥水平衡顶管技术是一种先进的隧道掘进与管道铺设方法,其技术原理主要基于泥浆的密度和压力控制。掘进过程中通过向挖掘面注入具有一定压力和密度的泥浆,形成一层泥皮,这层泥皮不仅能够有效阻止泥水继续向土体内部渗漏,还能通过泥水的压力作用在开挖面,防止其坍塌,从而保持挖掘面的稳定。具体来说,泥水平衡顶管机通过其泥浆系统精确调节泥浆的密度

和流速,确保泥浆在井筒或隧道内形成一个平衡的环境^[1]。当掘进机向前推进时,泥浆在压力作用下向土体内部渗透,形成泥皮护壁,同时,排泥系统将含有弃土的泥浆排出,保持泥水舱内的压力平衡。在此过程中,控制系统实时监测并调整泥浆参数,确保掘进作业的安全与稳定。

1.2 技术优点

泥水平衡顶管技术作为一种先进的隧道掘进与管道铺设方法,在各类工程中展现出诸多显著优点。

1.2.1 有效保护开挖面。通过注入并维持一定压力和密度的泥浆,泥水平衡顶管技术能够形成一层稳定的泥皮护壁,有效防止开挖面的坍塌,确保施工过程中的安全,这种稳定机制使得该技术特别适用于地质条件复杂、土壤稳定性差的地区,如流沙层、软土层等。

1.2.2 对环境影响小。由于该技术采用非开挖方式施工,避免了大规模开挖带来的地表破坏、噪音污染和扬尘等问题,有利于保护施工区域的生态环境。同时,该技术还能减少对周围建筑物和地下管线的干扰,确保施工区域的正常秩序。

1.2.3 施工效率高、自动化程度高、施工精度高等优点。该技术能够实现连续掘进和管道铺设,大幅缩短了施工周期。同时,其自动化控制系统能够实时监测和调整泥浆参数,确保施工过程的稳定性和可靠性。此外,该技术还能实现管道的精确定位和铺设,提高了工程质量和管道的使用寿命。

2 泥水平衡顶管在大型引调水工程的应用

2.1 工作井布置

工作井的布置可以细分为地面布置与井内布置两部分,每一部分都承载着特定的功能与任务。

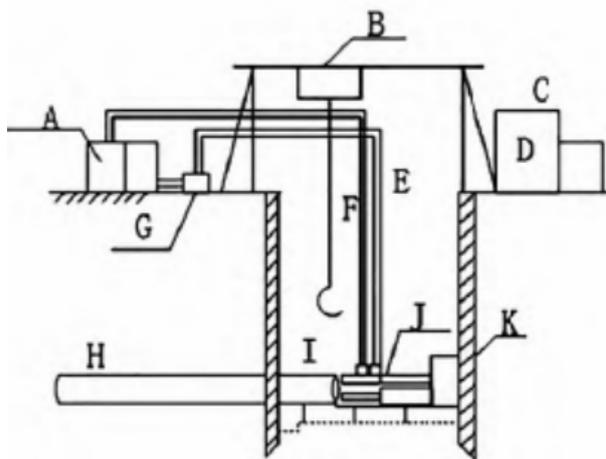
地面布置主要聚焦于为施工提供必要的支持与保障,主要包括布置起重、供电、供水、供浆、液压等设备,起重设备的布置确保了管道、掘进机等重型设备的吊装与运输顺利进行,为施工的连续性和高效性奠定了基础。供电、供水、供浆及液压等设备的配置,则是施工动力与材料供应的源泉,各项工作相互协调,为井内施工提供了稳定的能源与材料支持。合理的地面布置能够减少施工过程中的中断与延误,提高整体施工效率^[2]。

井内布置则直接关系到施工的核心环节,包括顶管掘进机、工具管、U型顶铁、主顶装置、后背墙、各种管线等。顶管掘进机作为施工的核心设备,其安装与调试必须精准无误,以确保掘进过程中的稳定与高效。工具管、U型顶铁等辅助设备的配备,则进一步增强了掘进机的作业能力,使得施工更加得心应手。主顶装置与后背墙的设置,则为管道的顶进提供了强大的推力与支撑,确保了管道铺设的顺利进行。此外,井内还布满了各种管线,它们如同施工的生命线,为掘进机、注浆系统等设备提供了必要的动力与材料支持。

2.2 管材的选择

首先,考虑管材的力学性能,包括强度、韧性等,以确保其能承受顶进过程中的巨大顶力以及土壤和流水的压力。例如,钢管因其高强度和优良的抗腐蚀性,常被用于长距离、大口径的顶管

工程中。其次,管材的耐腐蚀性也是不可忽视的因素。引调水工程中管材需长期与水流接触,因此必须具备良好的耐腐蚀性能,以保证水质安全并延长管道使用寿命。球墨铸铁管、玻璃钢管等因其优异的耐腐蚀性能,在工程中也有广泛应用^[3]。再次,综合考量管材的制造成本、运输与安装便利性、后期维护难易度等因素,选择性价比高的管材是明智之举。此外,根据具体工程条件进行管材选择。例如,对于地质条件复杂、施工难度大的工程,可能需要选择具有更高强度和更好适应性的管材;而对于对水质要求极高的工程,则需选择具有优异耐腐蚀性能的管材。



A——沉淀水槽; B——龙门起重机; C——主顶液压力组; D——操控室; E——送水管; F——排泥管; G——送水泵; H——掘进机; I——排泥泵; J——主顶装置; K——后背墙

图1 顶管施工工作井立面布置

2.3 顶进设备的安装与调试

顶进设备的安装与调试是泥水平衡顶管施工中的重要环节,需严格按照设计要求进行操作,确保设备的稳定性和可靠性,为工程的顺利进行提供有力保障。

例如,主顶油缸作为顶进力的主要来源,其安装需确保稳固且受力均匀。安装时需保证油缸的轴线与管道设计轴线一致,避免在顶进过程中产生偏斜。调试的时候则应仔细检查油缸的行程、压力等参数是否符合设计要求,并进行试顶进,以验证油缸的工作性能和稳定性。导轨是顶进过程中管道方向控制的关键设备,安装时应确保导轨的轴线误差和水平误差均控制在允许范围内,导轨的前端应尽量靠近穿墙孔,并设置钢支撑以防止位移。调试时需检查导轨的稳固性和平整度,确保管道在顶进过程中能够沿预定方向顺利前进^[4]。此外,泥浆系统在泥水平衡顶管施工中起着维持水土平衡、输送弃土的重要作用。安装过程中必须确保泥浆循环管道密封良好,无泄漏现象,并设置合适的泥浆池和沉淀池。调试时需检查泥浆的配比、粘度等参数是否符合施工要求,并调整泥浆泵和排泥泵的工作参数,确保泥浆循环系统的顺畅运行。同时,还需关注泥浆的排放和处理,避免对环境造成污染。

2.4 洞口止水圈设置

在泥浆平衡顶管施工过程中, 洞口止水环节至关重要, 其直接关系到工程的防水性能与长期稳定性。由于泥浆平衡式上水管与预留洞口之间不可避免地存在微小空隙, 这些空隙若处理不当, 极易成为地下水渗入的通道, 影响工程质量甚至造成安全隐患。因此, 在洞口设置止水圈成为解决这一问题的有效手段。具体施工中, 首先要在于精确测量与定位, 确保止水圈能够紧密贴合洞口边缘, 不留缝隙。同时, 止水圈材质需具备良好的弹性和耐腐蚀性, 以适应管道顶进过程中的变形和长期与水接触的环境。安装前还应对洞口进行清理, 去除杂物和浮土, 确保止水圈与洞口之间的接触面干净、平整。

安装过程中, 施工人员需采用专用工具将止水圈牢固地固定在洞口上, 并检查其是否安装到位, 无扭曲、破损现象。为确保止水效果, 还可在止水圈与洞口之间涂抹一层防水密封材料, 进一步增强密封性。除此之外, 施工过程中还需注意对止水圈的保护, 避免在后续工序中对其造成损坏。管道顶进时需合理控制顶进速度, 避免过快导致止水圈受到过大冲击而失效。

2.5 管道顶进

控制管节顶进压力与科学处理管节连接面是确保工程顺利进行与质量的关键环节。

首先, 控制管节顶进压力至关重要, 要求施工人员根据地质勘察报告, 结合现场实际情况, 精确计算并设定合理的顶进压力范围。顶进过程中需密切关注压力表读数, 及时调整顶进速度, 确保顶进压力始终保持在安全、高效的范围内。同时, 定期检查顶进设备的工作状态, 确保其性能稳定, 避免因设备故障导致顶进压力异常。此外, 还需关注泥浆系统的运行状态, 保持泥浆的配比与性能稳定, 以充分发挥泥浆的润滑与减阻作用, 降低顶进阻力^[5]。

其次, 科学处理管节连接面同样不可忽视。管节顶进前应对管节连接面进行仔细检查, 确保无裂纹、无锈蚀等缺陷。连接时需采用专用的密封材料与工具, 严格按照操作规程进行安装, 确保连接面密封严密、无渗漏。同时, 还需对连接面进行必要的加固处理, 以提高其承载能力与稳定性。顶进过程中, 还应随时观察连接面的变化情况, 一旦发现异常情况应立即停止顶进, 查明原因并采取相应措施进行处理。

2.6 纠正管节顶进偏差

在管节顶进过程中, 需要进行一次有效纠偏, 这是整个施工过程中一个必要的环节。为了把握顶管推进的总体趋势, 从上、下、左、右四个方向的纠偏应循序渐进。切忌急于求成, 否则很容易导致轴心严重偏离预定轨迹, 不仅会增加施工难度, 还可能

引发一系列质量问题。特别是当管节因纠偏不当而发生折弯时, 其后果更为严重。折弯过大会显著减少管节之间的有效接触截面, 使得管节间的应力集中现象加剧, 从而增加管节间的受力负担。长此以往, 管节末端在强大的挤压作用下容易产生裂纹, 进而威胁到整个管道系统的结构安全^[6]。

因此, 纠正顶管推进过程中的方向偏差应采取小角度渐进纠偏方法, 这种方法通过微小调整顶进参数, 如顶进力、顶进速度以及顶进角度等, 逐步实现对顶管方向的精确控制。与此同时, 纠偏过程中需密切关注顶管姿态的变化情况, 并适时调整纠偏策略, 确保顶管始终沿着预定轨迹前进。同时, 加强现场监测和数据分析工作, 为纠偏提供科学依据, 进一步提高顶管施工的质量和效率。

3 结束语

总而言之, 泥水平衡顶管在大型引调水工程中的应用, 该技术凭借其开挖面稳定、施工机械化与自动化程度高的优势, 有效减少了施工对周围环境的扰动, 保障了工程质量和安全。同时, 泥水平衡顶管技术显著提升了掘进速度, 缩短了工期, 降低了施工成本, 为大型引调水工程的高效推进提供了有力保障。未来, 随着技术的不断创新和完善, 泥水平衡顶管在复杂地质条件下的适应性将进一步增强, 能够更好地应对各种施工挑战。此外, 随着环保意识的提升, 泥水平衡顶管技术也将更加注重环保和可持续发展, 推动大型引调水工程向更加绿色、低碳的方向发展。

参考文献

- [1] 古金云. 泥水平衡式顶管设备选型及施工技术分析[J]. 低碳世界, 2023, 13(03): 58-60.
- [2] 杨俊杰. 复合地层泥水平衡顶管长距离曲线顶进施工关键技术[J]. 现代商贸工业, 2023, 44(07): 267-268.
- [3] 金胜国, 尚汉国, 陈冬. 泥水平衡顶管施工监理要点分析[J]. 低碳世界, 2023, 13(02): 97-99.
- [4] 魏兰. 泥水平衡顶管掘进机施工技术[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(24): 43-45.
- [5] 胡潇潇. 泥水平衡法顶管在管道施工中的应用[J]. 工程机械与维修, 2022, (06): 228-230.
- [6] 冯斌. 泥水平衡顶管施工工艺探讨[J]. 低碳世界, 2022, 12(01): 181-183.

作者简介:

安志刚(1983--), 男, 汉族, 河南省灵宝市苏村乡人, 本科, 职称: 工程师; 研究方向: 水利水电工程。