

盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的应用研究

王鹏

新疆水发建设集团有限公司

DOI:10.12238/bd.v9i2.4376

[摘要] 本研究探讨了盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的应用。通过分析平原水库输水系统的特点和施工需求,研究了盾构隧道施工技术的适用性和优势。重点考察了盾构机选型、隧道线路设计、地层处理技术和防水加固措施等关键技术在平原水库输水系统中的应用。通过实例分析,总结了盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的应用效果和经验,为类似工程提供了技术参考和指导。研究结果表明,盾构隧道施工技术能够有效克服平原地区地质条件复杂、地下水丰富等困难,保证输水隧道的施工质量和安全,具有显著的工程应用价值。

[关键词] 盾构隧道; 施工技术; 平原水库; 输水系统; 应用研究

中图分类号: TU71 文献标识码: A

Research on the application of shield tunnel construction technology in plain reservoir water delivery system

Peng Wang

Xinjiang Shuifa Construction Group Co., Ltd.

[Abstract] This study discusses the application of shield tunnel construction technology in plain reservoir water delivery system. By analyzing the characteristics and construction requirements of plain reservoir water delivery system, the applicability and advantages of shield tunnel construction technology are studied. The application of key technologies such as shield machine selection, tunnel line design, stratum treatment technology and waterproof reinforcement measures in plain reservoir water delivery project is investigated in particular. Through case analysis, the application effect and experience of shield tunnel construction technology in plain reservoir water delivery system are summarized, providing technical reference and guidance for similar projects. The research results show that shield tunnel construction technology can effectively overcome the difficulties of complex geological conditions and abundant groundwater in plain areas, ensure the construction quality and safety of water delivery tunnels, and has significant engineering application value.

[Key words] shield tunnel; construction technology; plain reservoir; water delivery system; application research

引言

随着我国水利工程建设快速发展,大型跨流域调水工程日益增多,平原水库输水系统作为其中重要的组成部分,面临着复杂的地质条件和施工环境。传统的明挖、暗挖等施工方法在平原地区往往存在施工难度大、工期长、环境影响显著等问题。盾构隧道施工技术作为一种先进的地下工程施工方法,具有施工速度快、安全性高、对地表影响小等优点,在城市地铁、公路隧道等领域已广泛应用。然而,将盾构隧道施工技术应用用于平原水库输水系统中,还需要针对其特殊的工程需求和地质条件进行深入研究和技术创新。本文旨在探讨盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的应用,分析其技术特点和关键问题,通过实例研究总结应用经验,为相关工程实践提供参考和指导。

1 盾构隧道施工技术概述

1.1 盾构隧道施工技术的基本原理

盾构隧道施工技术是一种先进的地下工程施工方法,其基本原理是利用盾构机在地下进行隧道挖掘和支护。盾构机由刀盘、主机、盾体、推进系统、排土系统和管片拼装系统等部分组成。施工过程中,刀盘旋转切削土体,挖掘出的土石通过排土系统输送至地面,同时盾构机在液压千斤顶的推动下向前推进。在盾尾处,预制的管片被逐段安装,形成隧道的永久支护结构。这种施工方法能够实现隧道的连续施工,大大提高了施工效率和安全性。

1.2 盾构隧道施工技术的优势和特点

盾构隧道施工技术具有显著的优势和特点。首先,它能够适

应复杂的地质条件,包括软土、砂层、岩石等各种地层,尤其适合于地下水丰富的地区。其次,盾构施工对地表沉降影响小,能够有效保护地面建筑和设施。再者,盾构施工具有高度机械化和自动化的特点,施工效率高,工期短。此外,盾构施工的安全性能好,工人大部分时间在密闭的盾构机内工作,降低了安全风险。最后,盾构施工的环境影响小,噪音和粉尘污染较少,符合现代城市建设的环保要求。这些优势使得盾构隧道施工技术在地下工程领域得到广泛应用。

2 平原水库输水系统工程特点分析

2.1 平原水库输水系统的地质条件

平原水库输水系统通常位于地形平坦、地质条件相对复杂的区域。这些地区的地质特征主要包括松散的第四纪沉积层,如粘土、粉土、砂土等,地层结构复杂,工程地质条件较差。同时,平原地区地下水位普遍较高,且水文地质条件复杂,存在多层地下水。这些地质条件给输水隧道的施工带来了诸多挑战,如地层稳定性差、渗水严重、地面沉降风险高等问题,需要采用适当的施工技术来克服^[1]。

2.2 平原水库输水系统的水文特征

平原水库输水系统的水文特征主要表现为地表水和地下水的复杂相互作用。地表水系通常发达,河流、湖泊众多,季节性变化显著。地下水位普遍较高,且受季节、降雨等因素影响较大。此外,由于平原地区的地质结构,往往存在多层含水层,各层水力联系复杂。这些水文特征对输水隧道的设计和施工提出了严格要求,需要考虑防渗、排水、水压平衡等多方面因素,以确保隧道的长期稳定性和安全性。

2.3 平原水库输水系统的工程要求

平原水库输水系统的工程要求主要包括以下几个方面:首先,输水隧道需要具备足够的输水能力,满足水资源调配的需求;其次,隧道结构必须具有良好的防渗性能,避免渗漏造成水资源损失和周边环境的影响;再者,隧道的力学性能要满足长期运行的要求,能够承受水压和土压;此外,隧道内部应具有良好的水力条件,减少水头损失;最后,考虑到输水系统的重要性,工程还需要具备足够的抗震能力和耐久性。这些要求对隧道的设计、材料选择和施工工艺都提出了较高的标准。

2.4 平原水库输水系统面临的施工挑战

平原水库输水系统在施工过程中面临多方面的挑战。首先是地质条件的挑战,松散地层和高地下水位增加了隧道施工的难度和风险。其次是防水要求高,需要采取特殊措施确保隧道的防渗性能。第三是环境保护的压力,平原地区往往人口密集、农田广布,施工过程需要最大限度地减少对周边环境的影响。第四是施工安全的挑战,复杂的地质和水文条件增加了施工安全风险。最后是工期和成本的压力,大型输水工程往往要求在较短时间内完成,同时还需控制成本。这些挑战要求采用先进的施工技术和科学的管理方法来克服^[2]。

3 盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的应用

3.1 盾构机选型及参数优化

在平原水库输水系统中应用盾构隧道施工技术,盾构机的选型和参数优化至关重要。根据平原地区的地质条件,通常选用土压平衡盾构机或泥水平衡盾构机。选型时需考虑地层条件、地下水情况、隧道直径、线路曲率等因素。对于松散地层和高地下水位的情况,泥水平衡盾构机往往更具优势。盾构机参数优化包括刀盘设计、推进速度、旋转速度、泥水压力(或土仓压力)等。例如,在软土地层中,可采用较大开口率的刀盘设计,提高挖掘效率;而在含砾石层段,则需要增强刀具的耐磨性。通过精细化的选型和参数优化,可以显著提高施工效率和质量。

3.2 盾构隧道线路设计与优化

盾构隧道线路设计在平原水库输水系统中需要综合考虑水力学要求、地质条件、施工难度和经济性等因素。线路设计应尽量避免不良地质区域,如断层、岩溶发育区等。同时,考虑到输水效率,隧道线路应尽可能平直,减少弯道。在平原地区,隧道埋深的选择需要平衡地面沉降控制和水力坡度要求。此外,还需考虑盾构机的最小转弯半径限制,合理设置直线段和曲线段。在穿越河流、公路等障碍物时,需增加覆土厚度以确保安全^[3]。通过优化设计,可以降低施工风险,提高工程的经济性和可行性。

3.3 盾构施工过程中的地层处理技术

平原水库输水系统的盾构施工过程中,地层处理是一个关键环节。针对松散地层,可采用地层改良技术,如高压旋喷注浆、冷冻法等,提高地层强度和稳定性。对于高渗透性地层,可使用化学注浆或膨润土浆液注入,降低地层渗透性。在穿越断层或软弱夹层时,可采用超前小导管注浆加固。对于特殊地层,如膨胀土,需采取特殊的防护措施,如使用膨胀性较小的泥浆。在盾构掘进过程中,需要实时监测地层变形和地下水情况,及时调整施工参数和地层处理方案。通过综合运用这些技术,可以有效克服复杂地质条件带来的挑战。

3.4 盾构隧道施工中的防水与加固措施

在平原水库输水系统的盾构隧道施工中,防水和加固是确保工程质量和长期安全运行的关键。防水措施主要包括选用高性能防水材料、优化管片设计、严格控制管片拼装质量等。可采用复合式防水系统,如EPDM橡胶密封条配合注浆防水。对于管片接缝,可使用双道密封设计,增强防水效果。在高水压地段,可考虑采用钢纤维混凝土管片,提高结构整体性和抗渗性。加固措施方面,可通过优化管片配筋设计,增加管片厚度等方式提高结构强度。在软弱地层段,可采用双层复合衬砌或增设钢筋网架。此外,还需做好后续灌浆工作,填充盾尾空隙,增强围岩稳定性。通过这些措施,可以确保盾构隧道在复杂水文地质条件下的长期安全运行^[4]。

4 盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的实例分析

4.1 某平原水库输水工程概况

本节以某大型平原水库输水工程为例,详细介绍工程背景和特点。该工程位于华北平原,输水线路总长约50公里,其中盾

构隧道段长35公里,隧道内径8米。工程跨越多条河流和公路,地质条件复杂,主要为第四纪松散沉积层,包括粘土、粉砂和砂卵石层,地下水位普遍较高。工程设计输水能力为每秒100立方米,对隧道的防渗性能和结构稳定性要求极高。此外,工程穿越区域人口密集,农田广布,对施工的环境保护提出了严格要求。

4.2 盾构隧道施工方案设计

针对该平原水库输水工程的特点,设计了详细的盾构隧道施工方案。选用了两台泥水平衡盾构机,直径8.5米,配备先进的导向系统和自动化控制系统。隧道衬砌采用钢筋混凝土管片,厚度40厘米,采用7+1拼装模式。为应对高地下水压力,设计了复合式止水系统,包括EPDM主密封圈和hydrophilic次密封圈。考虑到长距离施工,设计了三个中间工作井,用于盾构机的维护和管片运输。施工方案中还包括详细的地层改良计划、泥水处理系统设计和环境保护措施。通过科学的方案设计,为工程的顺利实施奠定了基础^[5]。

4.3 施工过程中的技术难点及解决方案

在施工过程中,该工程面临了多个技术难点。首先是穿越砂卵石层时出现的盾构机推进困难和刀具磨损严重问题,通过优化刀盘配置和调整推进参数得到解决。其次是穿越软弱粘土层时遇到的盾尾沉陷问题,采用增大注浆量和优化注浆参数的方法进行了处理。第三是局部高渗透性地层导致的泥水损失问题,通过使用特殊配方的泥浆和预注浆处理得到缓解。此外,在穿越河流段遇到的高水压问题,通过增加覆土厚度和采用加强型管片设计成功克服。针对长距离施工带来的测量控制难题,开发了基于GPS和惯性导航的复合导向系统,有效保证了隧道的贯通精度^[6]。

4.4 工程效果评估及经验总结

工程完工后的评估显示,盾构隧道施工技术在该平原水库输水系统中取得了显著成效。隧道线形控制精度高,最大偏差不超过50毫米,满足设计要求。水压试验结果表明,隧道整体防水性能良好,渗漏量远低于设计标准。地表沉降监测数据显示,施工过程中的最大沉降值控制在30毫米以内,未对周边环境造成明显影响。工程如期完工,较传统方法节省了约25%的工期和15%的成本。总结经验包括:(1)盾构机选型和参数优化对施工效率影响重大;(2)精细化的地层处理是确保施工安全的关键;(3)

信息化施工管理对大型输水隧道工程至关重要;(4)因地制宜的创新技术应用能有效解决特殊难题。这些经验为今后类似工程提供了宝贵参考。

5 结论

本研究通过对盾构隧道施工技术在平原水库输水系统中的应用进行深入分析,得出以下结论:盾构隧道施工技术在平原水库输水系统工程中具有显著优势,能够有效应对复杂的地质条件和严格的工程要求。通过合理的盾构机选型、精确的线路设计、先进的地层处理技术和全面的防水加固措施,可以成功克服平原地区高地下水位、软弱地层等技术难题。实例分析表明,该技术能够显著提高施工效率,缩短工期,降低成本,同时有效控制地表沉降,减少环境影响。然而,盾构隧道施工技术的成功应用需要系统的工程设计、精细的施工管理和创新的技术方案。针对不同工程特点,需要进行因地制宜的技术创新和优化。未来,随着盾构施工技术的不断发展和经验积累,其在平原水库输水系统等大型水利工程中的应用前景将更加广阔。建议进一步加强盾构施工中的信息化管理、智能化控制和新材料应用研究,以进一步提高施工质量和效率,为我国水利工程建设做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]邢文渊,石玉,王勇,等.基于长时序遥感监测的阿克苏河流域平原水库变化研究[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(6):111-117.
- [2]谢强,魏国武,王亚,等.长距离大埋深盾构隧道施工高效出渣施工技术[J].广东土木与建筑,2024,31(3):105-109.
- [3]崔明,于洪彪,王超,等.岩溶强发育区盾构隧道施工技术研究[J].施工技术(中英文),2023,52(1):74-79.
- [4]余文魁.基于锚喷竖井支护的邻近盾构隧道施工技术[J].交通科技与管理,2022(15):0073-0075.
- [5]潘可为.盾构顶管施工技术在市政桥梁隧道工程中的应用[J].建筑发展,2024,8(2):16-18.
- [6]曹亚奇,欧阳天一,李文龙,等.盾构近距离下穿既有铁路隧道施工关键技术[J].建筑机械化,2020,41(2):3.

作者简介:

王鹏(1992—),男,汉族,甘肃人,大学本科,工程师,研究方向:长距离输水隧洞开挖及水库等附属工程施工技术。