

# 盾构法施工技术在水利地下设施工程中的应用探究

高铭

北京华朔工程管理有限公司 北京市通州区 101100

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18529

**[摘要]** 盾构法施工技术作为一种先进的地下工程施工方法,近年来在水利地下设施工程中得到了广泛的应用。本文从盾构法的基本原理出发,结合水利工程的特点,探讨其在地下设施施工中的适用性与优势,并分析实际应用中的关键技术与挑战。为未来类似工程提供参考依据。

**[关键词]** 盾构法;水利地下设施;施工技术;地质适应性;环境保护

## 引言

随着现代水利工程建设的快速发展,地下空间的开发利用成为关键领域之一。盾构法施工技术因其高效、安全、环保等特性,在复杂地质条件下的地下设施建设展现出显著优势。然而,水利工程对施工精度、环境影响及长期稳定性提出了更高要求,这对盾构法的应用提出了新的挑战。本文旨在系统梳理盾构法在水利地下设施工程中的应用现状,分析其技术特点与实施难点,并提出针对性的优化建议,以期推动该技术在水利工程领域的进一步发展。

## 一、盾构法施工技术的基本原理与特点

### 1.1 盾构法的基本原理

#### 1.1.1 盾构机的工作机制

盾构机是盾构法施工的核心设备,其工作机制主要基于掘进、支护和衬砌三大功能的协同作用。在施工过程中,盾构机通过前端刀盘对地层进行开挖,将挖掘出的土体通过输送装置运至地面,同时利用盾壳对开挖面进行临时支护,防止坍塌风险。随着盾构机的推进,预制管片被逐环拼装形成隧道衬砌,从而实现隧道结构的永久性支撑。这种一体化的工作模式不仅提高了施工效率,还显著降低了人为操作失误的可能性,为复杂地质条件下的地下工程施工提供了可靠保障。盾构机的工作机制体现了现代工程技术的高度集成化,展现了机械设计、材料科学与自动化控制等多学科交叉的应用成果。

#### 1.1.2 盾构法的核心技术环节

盾构法的核心技术环节涵盖了从施工准备到竣工验收的全过程,其中最为关键的是掘进控制、泥水或土压平衡管理以及管片拼装质量控制。掘进控制要求施工团队根据地质条件实时调整盾构机的推进参数,确保开挖面的稳定性与施工精度。泥水或土压平衡管理则是针对不同地质环境采取的针

对性措施,通过调节压力维持开挖面的稳定,避免地表沉降或涌水等问题的发生。管片拼装质量控制则直接关系到隧道结构的安全性与耐久性,需要严格把控管片的制造精度与拼装工艺。这些技术环节相互关联,共同构成了盾构法施工的技术体系,既体现了对复杂地质条件的适应能力,也反映了施工过程中的精细化管理需求。

### 1.2 盾构法的技术特点

#### 1.2.1 对复杂地质条件的适应能力

盾构法施工技术以其卓越的地质适应能力著称,能够在多种复杂地质条件下实现高效、稳定的地下工程施工。无论是软土、砂层还是硬岩地层,盾构机均能通过调整掘进参数和刀盘设计来应对不同的地质特性。例如,在软土地层中,盾构机可以通过优化泥水或土压平衡系统,有效控制开挖面的稳定性,防止地表沉降;在硬岩地层中,则可通过增强刀盘强度和改进掘进策略,确保施工进度不受影响。此外,盾构法还能够应对地下水丰富或地质结构复杂的环境,通过先进的监测技术和动态调整机制,最大限度地降低施工风险。这种对复杂地质条件的高度适应性,使得盾构法成为现代地下工程建设中不可或缺的重要技术手段,尤其在水利工程等对施工精度和安全性要求极高的领域展现出显著优势。

#### 1.2.2 施工效率与安全性优势

盾构法施工技术不仅具备高效的作业能力,还在施工安全方面表现出显著的优势。相较于传统的明挖法或其他地下施工方法,盾构法通过机械化、自动化的施工模式大幅缩短了工期,同时减少了人力投入,从而降低了人为操作失误的可能性。在施工过程中,盾构机的封闭式掘进方式能够有效隔离外界环境,避免施工对周边建筑物和生态环境的干扰。此外,盾构法通过实时监测与智能化控制系统,能够及时发

现并处理潜在的安全隐患,如地表沉降、涌水等问题,为施工人员提供了更加安全的工作环境。这种高效率与高安全性的结合,不仅提升了工程的整体质量,也为复杂地质条件下的地下施工提供了可靠保障,充分体现了盾构法在现代工程建设中的技术先进性与实践价值。

## 二、盾构法在水利地下设施工程中的适用性分析

### 2.1 水利地下设施的特殊需求

#### 2.1.1 高精度施工要求

水利地下设施对施工精度的要求极为严格,这是由其功能特性与运行环境决定的。例如,输水隧道、排水管道等设施需要确保内部结构的平整度和尺寸精度,以减少水流阻力并提高输水效率。同时,在水利工程中,地下设施往往与其他结构或设备相连接,任何微小的偏差都可能导致后续施工困难或运行问题。盾构法通过机械化掘进和自动化控制技术,能够在复杂地质条件下实现高精度施工,满足水利工程对结构尺寸和位置的严苛要求。此外,盾构机的封闭式掘进方式还能有效避免外界干扰,进一步提升施工质量。这种高精度施工能力使得盾构法成为水利地下设施建设的理想选择,尤其是在对施工精度要求极高的场景中展现出显著优势。

#### 2.1.2 长期运行的稳定性保障

水利地下设施通常需要长期稳定运行,这对施工质量和材料耐久性提出了更高要求。盾构法通过预制管片拼装形成隧道衬砌,能够为地下结构提供可靠的支撑,从而增强设施的抗压能力和耐久性。预制管片在工厂内生产,质量可控,且具有较高的强度和防水性能,能够有效应对地下水渗透和地层变化带来的挑战。此外,盾构法施工过程中对地层扰动较小,减少了因施工引起的地表沉降或结构变形风险,进一步提升了设施的长期稳定性。这种稳定性不仅关系到设施自身的使用寿命,还直接影响水利工程的整体安全性和运行效率。因此,盾构法在保障水利地下设施长期稳定运行方面发挥了重要作用,充分体现了其在水利工程领域的适用性与优越性。

### 2.2 盾构法在水利工程中的优势体现

#### 2.2.1 减少对周边环境的影响

盾构法施工技术以其对周边环境影响小的特点,在水利工程中展现出显著优势。水利工程往往位于生态敏感区域或人口密集地带,传统施工方法可能对地表生态环境、周边建

筑物及居民生活造成较大干扰。而盾构法采用封闭式掘进方式,能够有效隔离施工区域与外界环境,避免开挖过程中产生的扬尘、噪音和地表沉降等问题。此外,盾构机的推进过程通过精确控制掘进参数和支护压力,最大限度地减少对周围地层的扰动,从而保护地下水资源和地表结构的完整性。这种对环境的高度友好性,使得盾构法成为现代水利工程中不可或缺的技术手段,尤其是在需要兼顾生态保护与工程建设的场景中,其优势尤为突出。

#### 2.2.2 提升施工效率与质量

盾构法在提升施工效率与质量方面具有显著的优势,这为其在水利工程中的广泛应用奠定了基础。相较于传统施工方法,盾构法通过机械化、自动化的施工模式大幅缩短了工期,减少了人为操作的不确定性和误差。盾构机能够在掘进的同时完成隧道衬砌的拼装,形成连续的施工流程,显著提高了作业效率。同时,预制管片的高精度制造和标准化拼装工艺,确保了隧道结构的质量稳定性和耐久性,为水利工程的长期运行提供了可靠保障。此外,盾构法施工过程中实时监测和动态调整机制的应用,进一步提升了施工的精准性和安全性。这种高效且高质量的施工能力,不仅满足了水利工程对工期和质量的严格要求,也为复杂地质条件下的地下设施建设提供了强有力的技术支持。

## 三、盾构法在水利地下设施工程中的关键技术与挑战

### 3.1 地质适应性问题

#### 3.1.1 复杂地质条件下的施工难点

复杂地质条件是盾构法施工面临的主要挑战之一,尤其是在水利工程中,地层的多样性和不确定性增加了施工难度。不同地质环境对盾构机的掘进性能提出了差异化要求,例如软土地层容易引发地表沉降,硬岩地层则可能导致刀盘磨损加剧,而富水地层则可能带来涌水和坍塌的风险。此外,地层中可能存在孤石、断层或不均匀分布的地质结构,这些因素都会对盾构机的推进稳定性造成干扰。为应对这些难点,施工团队需要在前期进行详细的地质勘察,并结合实际条件制定针对性的施工方案。然而,由于地质条件的复杂性和不可预见性,施工过程中仍可能出现突发状况,这对技术能力和应急处理水平提出了更高要求。

#### 3.1.2 盾构机选型与参数优化

盾构机的选型与参数优化是确保施工顺利进行的重要环

节,直接关系到工程效率和质量。在面对复杂地质条件时,选择适合的盾构机型至关重要。例如,在软土地层中,泥水平衡盾构机能够更好地控制开挖面稳定性;而在硬岩地层中,土压平衡盾构机或硬岩掘进机则更具优势。同时,盾构机的刀盘设计、推力系统和泥水循环系统等关键部件也需要根据具体地质条件进行定制化配置。此外,施工过程中需要对盾构机的推进速度、土压力、注浆量等参数进行动态调整,以适应不断变化的地层特性。这不仅要求施工团队具备丰富的经验和技能积累,还需要依托先进的监测技术和数据分析手段来实现精准控制。

### 3.2 环境保护与生态影响

#### 3.2.1 施工过程中的污染控制

盾构法施工过程中对环境的潜在污染主要来源于掘进作业产生的废弃物、泥浆处理以及施工噪音等。为减少对周边生态环境的影响,施工团队需要采取科学有效的污染控制措施。例如,在泥水盾构施工中,废弃泥浆需经过沉淀、过滤等处理工艺,确保其达到排放标准后再进行处置;对于土压平衡盾构施工,则需对出土量进行严格管理,避免因土体堆积引发二次污染。此外,施工现场还需配备降噪设备和防尘设施,以降低噪音和扬尘对周边居民生活的影响。通过建立完善的环保管理体系,结合先进的污染治理技术,可以最大限度地减少施工对环境的干扰,从而实现工程建设与生态保护的协调发展。

#### 3.2.2 地下水管理与地表沉降控制

地下水管理和地表沉降控制是盾构法施工中环境保护的关键环节,尤其在水利工程中,这一问题显得尤为重要。由于盾构机在掘进过程中不可避免地会对地层产生扰动,可能引发地下水流失或地表沉降等问题,进而影响周边建筑物和生态环境的稳定性。为应对这一挑战,施工团队需在前期充分了解地下水分布情况,并制定科学合理的降水和回灌方案,确保地下水系统的平衡不被破坏。同时,通过优化盾构机的掘进参数和注浆工艺,可以有效减少对地层的扰动,从而降低地表沉降的风险。在施工过程中,实时监测技术的应用能够及时发现并处理异常情况,进一步保障施工安全和环境稳定。

### 3.3 技术与管理协调问题

#### 3.3.1 施工组织与资源配置

盾构法施工的高效推进离不开科学合理的施工组织与资

源配置,这是技术与管理协调的核心环节。由于盾构施工涉及多工种、多设备的协同作业,施工组织需要从全局出发,统筹规划各工序的衔接与配合。例如,盾构机掘进、管片运输与拼装、泥浆处理等环节需形成流畅的作业链条,避免因某一环节滞后而影响整体进度。同时,资源配置的合理性直接关系到施工效率和成本控制,包括人力、设备、材料等资源的分配需根据工程需求动态调整。特别是在复杂地质条件下,施工团队还需具备快速响应能力,及时调配资源应对突发状况。通过建立高效的管理体系和灵活的调度机制,可以确保施工过程有序推进,充分发挥盾构法的技术优势,为水利工程的顺利实施提供保障。

#### 3.3.2 工程监测与动态调整

工程监测与动态调整是盾构法施工中技术与管理协调的重要体现,也是确保施工安全与质量的关键手段。在施工过程中,地层条件的变化和盾构机运行状态的波动都可能对工程产生影响,因此需要依托先进的监测技术对掘进参数、地表沉降、地下水变化等进行实时监控。通过对监测数据的分析,施工团队可以及时发现潜在风险,并采取相应的调整措施,如优化掘进速度、调整土压力或改进注浆工艺等。这种动态调整机制不仅能够有效应对复杂地质条件带来的不确定性,还能提高施工精度和稳定性。此外,监测数据的积累也为后续类似工程提供了宝贵的经验支持。通过将工程监测与动态调整有机结合,盾构法能够在技术与管理层面实现高度协调,从而提升施工的整体效率与可靠性。

## 四、总结

本文系统探讨了盾构法施工技术在水利地下设施工程中的应用,分析其基本原理、适用性及关键技术挑战。研究表明,盾构法在复杂地质条件下具有显著优势,但仍需在设备优化、环境保护及智能化管理方面持续改进。未来应加强技术创新与多技术协同,推动其在水利工程领域的广泛应用。

### [参考文献]

- [1] 李金运. 盾构法施工技术在水利地下设施工程中的应用探究[J]. 居舍, 2020, (26): 59-60.
- [2] 张天波. 钢套筒接收技术在地铁盾构法施工中的应用[J]. 散装水泥, 2020, (02): 15-16.
- [3] 郑永军. 施工测量技术在盾构法电缆隧道中的应用研究[J]. 矿山测量, 2016, 44 (02): 21-24+28.