

# 盾构法与人工钻爆法在输水隧洞开挖中的比较研究

王鹏

新疆水发建设集团有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i3.13645

**[摘要]** 本文对盾构法与人工钻爆法在输水隧洞开挖中的应用进行了比较研究。首先介绍了两种方法的基本原理及其在输水隧洞中的应用特点。随后,从技术特点、经济性和适用性三个方面对两种方法进行了深入比较。在技术特点方面,重点比较了开挖效率、施工安全性、地质适应性和环境影响;在经济性方面,对比分析了设备投入成本、人力资源成本、施工周期及其经济影响和后期维护成本;在适用性方面,探讨了隧洞长度、地质条件、工期要求和环境敏感度对方法选择的影响。研究表明,盾构法和人工钻爆法各有优势,选择合适的施工方法需要综合考虑项目具体情况。本研究为输水隧洞开挖方法的选择提供了理论依据和实践指导。

**[关键词]** 盾构法; 人工钻爆法; 输水隧洞; 开挖方法比较

**中图分类号:** TV543+.3 **文献标识码:** A

## Comparative study of shield method and artificial drilling and blasting method in water conveyance tunnel excavation

Peng Wang

Xinjiang Shuifa Construction Group Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper conducts a comparative study on the application of shield method and manual drilling and blasting method in water conveyance tunnel excavation. First, the basic principles of the two methods and their application characteristics in water conveyance tunnels are introduced. Then, the two methods are compared in depth from three aspects: technical characteristics, economy and applicability. In terms of technical characteristics, the focus is on comparing excavation efficiency, construction safety, geological adaptability and environmental impact; in terms of economy, the equipment investment cost, human resource cost, construction period and its economic impact and later maintenance cost are compared and analyzed; in terms of applicability, the influence of tunnel length, geological conditions, construction period requirements and environmental sensitivity on method selection is discussed. The research results show that the shield method and manual drilling and blasting method have their own advantages, and the selection of a suitable construction method requires comprehensive consideration of the specific conditions of the project. This study provides a theoretical basis and practical guidance for the selection of water conveyance tunnel excavation methods.

**[Key words]** shield method; artificial drilling and blasting method; water conveyance tunnel; comparison of excavation methods

### 引言

输水隧洞作为水利工程中的重要组成部分,其开挖方法的选择直接影响工程的质量、安全、进度和成本。随着我国水利事业的快速发展,输水隧洞工程规模不断扩大,施工难度日益增加,对开挖技术提出了更高的要求。目前,盾构法和人工钻爆法是输水隧洞开挖中最常用的两种方法。盾构法具有高效、安全、环保等优势,而人工钻爆法则具有适应性强、投资成本低等特点。然而,这两种方法在不同条件下的适用性及其优劣势尚未得

到系统的比较研究。本文旨在通过对盾构法和人工钻爆法在技术特点、经济性和适用性等方面的全面比较,为输水隧洞开挖方法的选择提供参考,以期在实际工程中能够根据具体情况选择最优的施工方法,提高工程质量和效益。

### 1 盾构法与人工钻爆法概述

#### 1.1 盾构法简介及其在输水隧洞中的应用

盾构法是一种先进的机械化隧道施工方法,主要利用盾构机进行隧道开挖和支护。盾构机由刀盘、主机、盾体、推进系

统、排渣系统和管片拼装系统等组成。在输水隧洞施工中,盾构法具有施工速度快、安全性高、对地表影响小等优点。它特别适用于软土层、砂卵石层和松散岩层等地质条件,能够在高压、高地应力环境下作业。近年来,随着盾构技术的发展,其在输水隧洞工程中的应用范围不断扩大,尤其在长距离、大直径输水隧洞工程中表现出显著优势。

### 1.2 人工钻爆法简介及其在输水隧洞中的应用

人工钻爆法是传统的隧道开挖方法,主要依靠人工操作钻孔、装药、爆破和出渣等过程。这种方法通常包括钻孔、装药、爆破、通风、出渣、支护等工序。在输水隧洞施工中,人工钻爆法具有设备投入少、适应性强、灵活性强等特点。它适用于各种岩性条件,特别是在坚硬岩层中优势明显。人工钻爆法在中小型输水隧洞工程中应用广泛,尤其是在地质条件复杂、工程规模较小或者施工条件受限的情况下,仍然是一种重要的施工方法<sup>[1]</sup>。随着新技术、新设备的引入,如精确爆破技术、机械化出渣设备等,人工钻爆法的效率和安全性也在不断提高。

## 2 盾构法与人工钻爆法在输水隧洞开挖中的技术特点比较

### 2.1 开挖效率对比

盾构法在开挖效率方面通常优于人工钻爆法。盾构机能够实现连续作业,日进尺可达20-40米,甚至更高。而人工钻爆法受爆破循环和通风等因素限制,日进尺一般为3-5米。然而,盾构法的效率受地质条件影响较大,在复杂地质条件下可能会降低。人工钻爆法虽然整体效率较低,但在硬岩地层中表现较好,且可通过优化爆破参数和机械化程度来提高效率。因此,在评估开挖效率时,需要综合考虑地质条件、隧道长度等因素。

### 2.2 施工安全性对比

在施工安全性方面,盾构法通常优于人工钻爆法。盾构法是一种封闭式施工,工人在盾构机的保护下作业,大大降低了塌方、涌水等风险。同时,盾构机配备了完善的监测系统,能够实时监控施工参数和周围环境,有利于及时发现和处理安全隐患。相比之下,人工钻爆法存在爆破安全、粉尘、有害气体等风险,对工人的人身安全威胁较大。虽然通过采用新技术、加强安全管理可以提高安全性,但整体上仍不如盾构法。然而,在某些特殊地质条件下,如高地应力、岩爆prone地层,盾构法也可能面临卡机等安全风险<sup>[2]</sup>。

### 2.3 地质适应性对比

人工钻爆法在地质适应性方面优于盾构法。人工钻爆法几乎可以适应各种地质条件,从软土到硬岩,从均质到破碎地层,都能灵活应对。施工过程中可根据实际地质情况随时调整开挖方案和支护措施。盾构法虽然在软土、砂卵石等地层中表现优异,但在极硬岩、高风化破碎带、溶洞发育区等复杂地质条件下可能面临困难。盾构机的刀具磨损、推进困难等问题可能导致施工效率大幅下降。此外,盾构机一旦选型确定,难以适应剧烈变化的地质条件。因此,在地质条件复杂多变的项目中,人工钻爆法往往更具优势。

### 2.4 环境影响对比

在环境影响方面,盾构法通常优于人工钻爆法。盾构法是一种封闭式施工,对地表扰动小,噪音、振动影响较小,尤其适合在城市等环境敏感区域施工。盾构机还配备了先进的渣土处理系统,可以有效控制污染。相比之下,人工钻爆法会产生较大的噪音、振动和粉尘,对周围环境影响较大。爆破作业可能对周边建筑物和地下设施造成损害,同时也会影响地下水系统。然而,在某些特殊情况下,如极度破碎的岩层,盾构法可能因为需要频繁停机处理而增加对地表的影响。总的来说,在环境保护要求高的项目中,盾构法更具优势<sup>[3]</sup>。

## 3 盾构法与人工钻爆法在输水隧洞开挖中的经济性比较

### 3.1 设备投入成本比较

盾构法的设备投入成本显著高于人工钻爆法。一台适用于输水隧洞的盾构机价格可能高达数亿元,还需要配套的后续系统如输送带、通风系统等。此外,盾构机的运输、安装和调试也需要大量资金。相比之下,人工钻爆法所需的设备如钻机、装载机、运输车辆等投资较少,通常只需几千万元。然而,盾构法的高效率可以在长距离隧道中分摊设备成本,而且盾构机可以在多个项目中重复使用,从长远来看可能更具经济性。因此,在评估设备投入成本时,需要考虑隧道长度、地质条件和设备使用寿命等因素。

### 3.2 人力资源成本比较

在人力资源成本方面,盾构法通常低于人工钻爆法。盾构法是高度机械化的施工方法,只需少量熟练工人操作和维护设备。一个盾构施工团队通常包括20-30人,可以24小时连续作业。相比之下,人工钻爆法需要更多的劳动力,包括钻孔工、爆破工、出渣工、支护工等,一个施工团队可能需要50-100人。此外,人工钻爆法由于作业环境较为恶劣,可能需要支付更高的工资和保险费用。然而,盾构法要求操作人员具备较高的技术水平,其人工成本可能较高<sup>[4]</sup>。在评估人力资源成本时,还需考虑当地劳动力市场情况和项目周期等因素。

### 3.3 施工周期及其经济影响比较

盾构法通常能够显著缩短施工周期,从而带来可观的经济效益。由于盾构机可以连续作业,其施工速度远快于人工钻爆法,特别是在长距离隧道中优势更为明显。缩短的施工周期意味着更快的投资回报,减少了资金占用成本,也降低了通货膨胀和政策变化等风险。此外,加快工程进度可以提前实现项目效益,如水利工程的发电、供水等。相比之下,人工钻爆法的施工周期较长,可能导致项目延期,增加间接成本。然而,在短距离或地质条件复杂的隧道中,盾构法的优势可能不明显,因为其前期准备时间较长。因此,在评估施工周期及其经济影响时,需要综合考虑隧道长度、地质条件和项目紧迫性等因素。

### 3.4 后期维护成本比较

在后期维护成本方面,盾构法通常低于人工钻爆法。盾构法施工的隧道断面规整、支护系统完善,且隧道结构受到的扰动较

小,因此长期稳定性好,后期维护需求较少。盾构法使用的预制管片具有良好的防水性能,可以有效降低渗漏问题,减少维修费用。相比之下,人工钻爆法施工的隧道可能存在超挖、欠挖等问题,支护系统可能不够均匀,长期稳定性相对较差。此外,爆破对围岩的扰动可能导致后期出现裂缝、渗漏等问题,增加维护成本。然而,盾构法的管片接缝处可能成为薄弱环节,需要定期检查和维护。在评估后期维护成本时,还需考虑隧道使用寿命、地质条件和环境因素等。

#### 4 盾构法与人工钻爆法在不同输水隧洞项目中的适用性分析

##### 4.1 隧洞长度对方法选择的影响

隧洞长度是选择开挖方法的关键因素之一。对于长距离输水隧洞(通常超过3公里),盾构法通常更具优势。随着隧道长度增加,盾构法的高效率和连续施工能力可以充分发挥,其前期高昂的设备投入成本可以被摊薄,经济性逐渐显现。此外,长距离隧道往往对工期要求较高,盾构法能更好地满足这一需求。相比之下,人工钻爆法在短距离隧道(通常小于1公里)中可能更具优势,因为其设备投入少,启动快,在短距离内可以快速完成施工。对于中等长度的隧道(1-3公里),需要综合考虑地质条件、工期要求和预算等因素来选择合适的方法<sup>[5]</sup>。

##### 4.2 地质条件对方法选择的影响

地质条件是影响开挖方法选择的另一个重要因素。在软土、砂卵石等松散地层中,盾构法表现出明显优势,可以有效控制地层变形和地下水渗透。在均质的软岩或中硬岩地层中,盾构法也能发挥高效率。然而,在极硬岩、高度风化破碎带或者地质条件急剧变化的地段,盾构法可能面临困难,如刀具磨损严重、推进速度慢等问题。相比之下,人工钻爆法适应性更强,几乎可以应对各种地质条件。它在坚硬岩层中尤其有效,并且能够灵活应对变化的地质情况<sup>[6]</sup>。因此,在地质条件复杂多变的项目中,人工钻爆法可能是更好的选择。在实际项目中,可能需要根据不同地段的地质特征采用不同的开挖方法。

##### 4.3 工期要求对方法选择的影响

工期要求对开挖方法的选择有重要影响。对于工期紧张的项目,盾构法通常更具优势。盾构法可以实现24小时连续施工,日进尺可达20-40米,甚至更高,能够显著缩短施工周期。此外,盾构法的施工过程更加可控,受天气等外部因素影响较小,有利于精确控制工期。相比之下,人工钻爆法的施工速度较慢,且易受天气、通风条件等因素影响,工期控制难度较大。然而,盾构法需要较长的前期准备时间,包括设备定制、运输、安装调试等,这在短期项目中可能成为劣势。因此,在评估工期要求时,需要综合考虑项目总工期、各阶段时间分配以及可能的风险因素。

##### 4.4 环境敏感度对方法选择的影响

项目所在地的环境敏感度也是选择开挖方法的重要考虑因

素。在环境敏感区域,如城市密集区、生态保护区或文物保护区附近,盾构法通常更受青睐。盾构法是一种封闭式施工,对地表扰动小,产生的噪音、振动和粉尘较少,能够最大限度地减少对周围环境的影响。此外,盾构法可以更好地控制地下水渗漏,减少对地下水系统的干扰。相比之下,人工钻爆法会产生较大的噪音、振动和粉尘,可能对周围建筑物和生态环境造成不利影响。然而,在一些特殊情况下,如极度破碎的岩层,盾构法可能因需要频繁停机处理而增加对地表的影响。因此,在评估环境影响时,需要考虑地质条件、周边环境特征以及当地环保要求等多方面因素。

#### 5 结论

通过对盾构法与人工钻爆法在输水隧洞开挖中的全面比较研究,可以得出以下结论:盾构法和人工钻爆法各有其优势和适用条件,选择合适的开挖方法需要综合考虑多方面因素。盾构法在开挖效率、施工安全性和环境保护方面具有明显优势,特别适用于长距离、软土或均质岩层的隧道工程,以及环境敏感区域的施工。然而,其高昂的设备投入成本和对复杂地质条件的适应性限制了其应用范围。人工钻爆法则具有设备投入成本低、地质适应性强的特点,适用于各种地质条件,尤其在硬岩地层和地质条件变化复杂的工程中表现出色。但其存在效率较低、安全风险较高、环境影响较大等缺点。在实际工程中,应根据隧洞长度、地质条件、工期要求、环境敏感度等具体情况,选择最适合的开挖方法,或在不同地段采用不同的方法,以实现工程质量、安全、进度和成本的最优平衡。未来,随着技术的不断进步,两种方法都有望在各自的不足之处得到改进,为输水隧洞工程提供更加高效、安全和环保的施工解决方案。

#### [参考文献]

- [1]冯辉.新建钻爆法隧道穿越既有输水隧洞实施方案[J].城市道桥与防洪,2023(5):157-161.
- [2]朱学贤,吴俊,苏利军,等.香炉山深埋长隧洞TBM法及钻爆法施工方案研究[J].人民长江,2021(009):052.
- [3]乔树勋.基于控制图的钻爆法引水隧洞超挖影响因子研究[J].铁道建筑技术,2024(1):142-147.
- [4]赵士辉,郎月.全圆针梁台车串联技术在TBM法隧洞衬砌中的应用[J].东北水利水电,2024,42(1):14-18.
- [5]杜宝义,宋超业,贺维国,等.海底隧道钻爆法与盾构法交接技术及应用[J].现代隧道技术,2021,58(2):6.
- [6]吴全中.盾构隧道长距离硬岩地层钻爆法开挖管片衬砌施工技术[J].隧道建设,2006(03):45-48.

#### 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。