

# 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术

陈海军

653125xxxxxxxx0652

**摘要:** 隧洞钻孔爆破技术在水利水电工程施工中起着重要作用。隧洞钻孔爆破技术能够有效解决岩石固结体的破坏问题,提高隧道开挖效率,并确保工程施工的安全性和可靠性。本文对钻孔参数的选择、爆破设计、爆破震动控制等关键技术进行了详细介绍,并提出了进一步研究的方向和建议。

**关键词:** 水利工程; 隧洞; 钻孔爆破; 施工技术

## Drilling and blasting technology of tunnel in construction of water conservancy and hydropower project

Haijun Chen

653125xxxxxxxx0652

**Abstract:** Tunnel drilling and blasting technology play a crucial role in the construction of hydraulic and hydropower projects. This technology effectively addresses the rock consolidation's destruction, enhances tunnel excavation efficiency, and ensures the safety and reliability of engineering construction. This paper provides a detailed introduction to key techniques such as borehole parameter selection, blasting design, and blast vibration control. It also presents future research directions and recommendations for further exploration.

**Keywords:** Water conservancy project; Tunnels; Drilling and blasting; Construction technique

### 引言

隧洞的施工涉及到钻孔爆破技术,是一种常用且有效的岩石破碎方法。隧洞钻孔爆破技术能够迅速破坏岩石,使得隧洞的开挖工作更加高效和经济。然而,由于施工环境复杂,岩石的物理力学性质各异,钻孔爆破技术在实际应用中仍然存在一些挑战和难题,如钻孔参数选择、爆破设计、爆破震动控制等方面的问题。因此,对于隧洞钻孔爆破技术的研究和探索具有重要的理论意义和实践价值。

### 一、隧洞钻孔爆破技术的基本原理

#### 1. 隧洞钻孔爆破技术概述

隧洞钻孔爆破技术是一种常用的隧洞施工方法,它通过在岩石中钻孔并放置爆破药物,然后引爆药物以产生爆炸作用,破坏岩石从而实现隧洞的开挖。该技术具有高效、快速、经济的特点,广泛应用于水利水电工程的隧洞施工中。

#### 2. 岩石爆破力学基础

岩石爆破力学是隧洞钻孔爆破技术的基础。在岩石爆破过程中,药物爆炸产生的高温、高压气体将岩石产生压力波,使岩石发生破碎、破裂、变形等变化。岩石的物理力学性质和结构特征对爆破效果有着重要影响,包括岩石的抗压强度、抗拉强度、弹性模量、断裂韧性等参数。

#### 3. 钻孔爆破的作用机理

钻孔爆破的作用机理是通过引爆爆破药物产生爆炸能量,使岩石发生破坏。具体来说,钻孔爆破的作用机理包括以下几个方面:

1. 爆炸冲击波作用: 爆炸药物爆炸时产生的高压气体产生冲击波,冲击波能量使岩石发生破碎和破裂。
2. 爆炸气体膨胀作用: 爆炸产生的高温、高压气体膨胀,产生巨大的体积变化,使岩石受到内部应力的作用而破坏。
3. 爆破药物化学反应作用: 爆炸药物的化学反应产生的气体、热量和光能等,对岩石造成破坏。
4. 应力波作用: 爆炸引起的应力波传播到周围岩石中,使岩石发生应力集中和破坏。

### 二、隧洞钻孔爆破技术的方法与应用

#### 1. 钻孔参数的选择

钻孔参数的选择对于隧洞钻孔爆破技术的施工效果至关重要。合理选择钻孔参数可以控制爆破效果、提高施工效率和确保工程安全。钻孔参数包括钻孔直径、孔距、孔深、孔径等。在选择钻孔参数时,需要考虑岩石的物理力学性质、地质条件、施工要求以及爆破设计方案等因素。

#### 2. 爆破设计与方案

爆破设计与方案是隧洞钻孔爆破技术中的关键环节。通过合理的爆破设计与方案,可以实现对岩石的精确破坏和控制,确保施工的效果和安全性。爆破设计与方案包括爆破药

物的选择与用量、引信的设置、爆破药物装药方式、爆破序列等。在进行爆破设计与方案时,需要考虑岩石的性质、爆破效果要求、施工条件以及环境保护等因素。

### 3. 爆破震动控制

爆破震动是隧洞钻孔爆破技术中不可忽视的问题。爆破震动对周围环境和结构物可能造成一定的影响和破坏。因此,控制爆破震动是保证施工安全和环境保护的重要任务。爆破震动控制包括合理的爆破参数选择、缓冲体的设置、减震器的应用、监测与评估等措施。通过合理的控制措施,可以减小爆破震动对周围环境和结构物的影响,确保工程的安全性。

### 4. 隧洞钻孔爆破技术的应用

隧洞钻孔爆破技术在水利水电工程中有着广泛的应用。在水库引水工程中,使用隧洞钻孔爆破技术开挖引水隧洞,以满足水库的供水需求。输水隧道将水资源从供水源输送到需水地区的重要通道。隧洞钻孔爆破技术被广泛应用于输水隧道的施工,能够快速破坏岩石,提高施工效率。排水隧洞用于排除水库、湖泊等地区的多余水量,隧洞钻孔爆破技术被应用于排水隧洞的施工,可以迅速开挖出大直径的排水隧洞。溢洪道是水电站等水利工程的重要组成部分,隧洞钻孔爆破技术可用于溢洪道的开挖和施工,实现水利工程的正常运行和安全排洪。

## 三、水利水电工程中的隧洞钻孔爆破技术

### 1. 水利水电工程中的隧洞钻孔爆破需求

在水利水电工程中,隧洞钻孔爆破技术是一种常用的施工方法,主要用于以下方面的需求:

(1) 隧洞开挖: 水利水电工程中需要建设大量的隧洞,包括输水隧道、引水隧洞、排水隧洞、溢洪道等。隧洞钻孔爆破技术能够快速、高效地破坏坚硬的岩石,实现隧洞的开挖。

(2) 岩石破碎与拆除: 水利水电工程中常常需要进行岩石破碎和拆除,例如清除水库或河道中的大块岩石,或者拆除水电站建设中的岩石堆放。隧洞钻孔爆破技术可以有效地实现岩石的破碎和拆除,提高施工效率。

(3) 地质勘察与调查: 在水利水电工程的前期阶段,需要进行地质勘察和调查,获取地质数据和岩石信息。隧洞钻孔爆破技术可以用于钻取地质岩心样品,以了解地下岩石的物理力学性质和结构特征。

### 2. 隧洞钻孔爆破技术在水利水电工程中的重要性

隧洞钻孔爆破技术在水利水电工程中具有重要的地位和作用,主要体现在以下几个方面:

(1) 提高施工效率: 隧洞钻孔爆破技术能够迅速、高效地破坏坚硬的岩石,相比传统的机械破碎方法,具有施工速度快、效率高的优势,能够大幅度缩短工期,提高工程的进度和效率。

(2) 降低施工成本: 隧洞钻孔爆破技术相对于传统的机械破碎方法,施工成本较低。它不需要大型机械设备,只需进行钻孔和装药,节约了人力和物力资源,降低了施工成本。

(3) 适应复杂地质条件: 水利水电工程常常面临复杂的地质条件,包括坚硬的岩石、断层、脆弱带等。隧洞钻孔爆破技术具有较强的适应性,能够应对不同类型的岩石和地质条件,灵活地进行施工<sup>[3]</sup>。

(4) 提高工程安全性: 隧洞钻孔爆破技术可以根据具体的爆破设计和方案,对岩石进行精确的破坏和控制,确保施工的安全性。合理的钻孔参数选择、爆破设计与方案以及爆破震动控制措施,能够有效地减少施工过程中的风险和危险,保障工程的安全。

### 3. 水利水电工程中的应用案例

隧洞钻孔爆破技术在水利水电工程中有着广泛的应用。

(1) 三峡工程: 三峡工程是中国最大的水利水电工程之一,其中涉及了大量的隧洞钻孔爆破工程。通过隧洞钻孔爆破技术,实现了大量的岩石开挖和拆除,为工程的建设提供了可靠的支持。

(2) 长江南水北调工程: 长江南水北调工程是中国重大的水利工程,涉及了大量的输水隧道和引水隧洞的建设。隧洞钻孔爆破技术在该工程中被广泛应用,实现了隧洞的快速开挖,保证了工程的顺利进行<sup>[4]</sup>。

(3) 高山水电站建设: 高山水电站常常需要进行大量的隧洞开挖,用于引水、放水、发电等功能。隧洞钻孔爆破技术在高山水电站建设中发挥了重要作用,加快了隧洞的开挖速度,提高了工程的建设效率。

## 四、隧洞钻孔爆破技术的安全性控制

### 1. 爆破安全风险分析

在隧洞钻孔爆破施工过程中,存在一定的安全风险,包括以下方面:

(1) 爆破震动对周围环境和结构物的影响: 爆破震动会引起周围环境的振动,可能对邻近的建筑物、道路、管线等产生影响,甚至引发倒塌、损坏等安全事故。

(2) 岩层突水和突破: 在钻孔爆破过程中,存在岩层突水和突破的风险,可能导致施工现场的淹水、水压增大等

危险情况。

(3) 炸药安全问题: 炸药在使用和储存过程中存在一定的安全风险, 如不当操作可能引发爆炸事故。

(4) 施工人员的安全问题: 施工人员进行钻孔和爆破作业时, 面临着工作环境复杂、岩石坍塌、高空坠落等潜在的安全风险。

## 2. 安全控制措施

为了保障隧洞钻孔爆破施工的安全, 需要采取一系列的安全控制措施。

(1) 爆破设计与方案: 在进行钻孔爆破前, 需要进行详细的爆破设计与方案制定。包括选择合适的爆破参数、控制爆破震动和空气冲击力等, 以减少对周围环境和结构物的影响。

(2) 爆破震动控制: 通过合理的爆破震动控制措施, 如减小药量、采用缓和爆破技术、合理布置起爆点等, 可以降低爆破震动对周围环境和结构物的影响。

(3) 岩层突水和突破的预防: 在钻孔爆破施工中, 需要进行地下水位监测、合理排水、采取防水措施等, 以预防岩层突水和突破的发生。

(4) 炸药安全管理: 对炸药的储存、使用、运输等过程进行严格管理, 确保炸药的安全性。包括建立炸药储存区域, 制定炸药使用规范, 进行定期检查和维修, 确保炸药的质量和安全性。

(5) 施工人员安全培训与防护: 对参与隧洞钻孔爆破施工的人员进行专业的安全培训, 包括操作规程、安全意识、紧急情况处理等方面的培训。同时, 提供必要的个人防护装备, 如安全帽、防护眼镜、防护手套等, 保障施工人员的安全。

## 3. 安全管理与监控

在隧洞钻孔爆破施工中, 需要建立完善的安全管理体系和监控措施, 包括以下方面:

(1) 安全管理责任制: 明确各级管理人员的安全管理责任, 并建立健全的安全管理制度和流程。制定安全规章制度、安全操作规程等文件, 明确施工人员的安全要求和操作规范。

(2) 安全监控与检查: 建立安全监控体系, 包括安全监控设备的安装和使用, 如爆破震动监测仪、视频监控等。定期进行安全检查和评估, 发现安全隐患及时进行整改。

(3) 安全应急预案: 制定隧洞钻孔爆破施工的应急预案, 包括火灾、爆炸、人员伤亡等突发事件的应对措施和救援预案。进行应急演练, 提高应急处理能力。

(4) 安全记录与经验总结: 对隧洞钻孔爆破施工过程进行详细的记录和整理, 包括爆破参数、爆破效果、安全事故等。根据实际情况总结经验, 不断完善安全管理和施工控制措施。

## 五、进一步研究方向和建议

### 1. 钻孔爆破参数优化研究

钻孔爆破参数的选择对施工效果和安全性具有重要影响。进一步研究钻孔爆破参数的优化方法, 包括钻孔直径、孔距、装药量、装药方式等方面的优化, 以提高施工效率、降低能耗和减少环境影响。

### 2. 新型爆破材料的开发和应用

传统的爆破材料在钻孔爆破中有一定的局限性, 如能量密度不高、安全性不够高等。进一步研究和开发新型爆破材料, 如高能量密度材料、无烟药等, 以提升钻孔爆破技术的效果和安全性。

### 3. 钻孔爆破技术与其他施工技术的结合研究

钻孔爆破技术与其他施工技术的结合可以形成协同效应, 提高施工效率和质量。进一步研究钻孔爆破技术与隧洞掘进、岩石加固等施工技术的结合, 探索多种施工方法的协同应用, 以实现更加高效和安全的工程施工。

### 4. 爆破震动控制与环境保护研究

爆破震动对周围环境和结构物的影响是隧洞钻孔爆破技术需要解决的关键问题之一。进一步研究爆破震动的控制方法和环境保护技术, 包括减震器的设计和应用、地震监测和预警系统的建立等, 以降低对周围环境和结构物的影响, 保护生态环境。

### 5. 钻孔爆破技术在水利水电工程中的自动化应用

随着自动化技术的不断发展, 进一步研究钻孔爆破技术在水利水电工程中的自动化应用, 包括自动化钻孔设备的研发、爆破参数的自动优化、爆破过程的远程监控等<sup>[5]</sup>, 提高施工效率和安全性, 减少人为操作的风险。

### 6. 钻孔爆破技术在复杂地质条件下的应用

钻孔爆破技术在复杂地质条件下的应用具有挑战性, 如软弱岩层、断层带、地下水位较高等。进一步研究如何针对这些复杂地质条件, 优化钻孔参数和爆破方案, 提高施工效率和安全性。

## 六、结论

隧洞钻孔爆破技术作为水利水电工程中重要的施工方法, 具有广泛的应用和深远的意义。本论文通过对隧洞钻孔爆破技术的基本原理、方法与应用、安全性控制以及在水利

水电工程中的应用等方面进行研究和分析,隧洞钻孔爆破技术作为水利水电工程中重要的施工方法,具有广泛的应用和深远的意义。在实际应用中,需要注重钻孔参数的选择、爆破设计与方案的制定、安全性控制以及环境保护等方面的工作。同时,还需要进一步研究和探索钻孔爆破技术的优化、新型材料的开发、与其他施工技术的结合、自动化应用等方面,以进一步提升隧洞钻孔爆破技术的效果和安全性。

#### 参考文献

[1]杨平,李宗刚,吕兴旺.隧洞爆破施工技术[M].北京:中

国水利水电出版社, 2015.

[2]李宝忠,郭伟民.水利隧洞岩爆及支护技术[M].北京:中国水利水电出版社, 2012.

[3]王建中,周文军.隧洞岩石力学与工程实践[M].北京:中国水利水电出版社, 2017.

[4]程利国,刘晓晨,刘文奇.钻孔爆破技术在水利水电工程中的应用[J].中国水利水电科学研究院学报, 2015,13(3):249-253.

[5]陈贤俊,侯建国,张学文.隧洞钻孔爆破施工技术的应用[J].水利建设与管理,2018, 38(6): 102-105.