

# 铁路隧道施工技术研究

郑伟

广东广湛铁路有限责任公司 广东 广州 510000

**摘要：**随着铁路建设的快速发展，铁路隧道施工技术的研究与应用日益受到关注。本文概述了铁路隧道施工的基本流程，分析了主要施工技术方法及其特点，并探讨了隧道施工中的关键技术问题。在此基础上，重点研究了隧道施工中的防水与排水技术、稳定性控制技术、监控与测量技术以及施工安全与环境保护措施。同时，本文还展望了铁路隧道施工技术的优化与创新方向，包括基于BIM技术的施工优化、智能化与自动化技术以及环保型隧道施工技术的研究与应用。

**关键词：**铁路；隧道施工；关键技术

引言：随着交通事业的迅猛发展，铁路隧道作为连接山区和地下空间的关键交通设施，其施工技术的重要性日益凸显。铁路隧道施工技术涉及多个专业领域和复杂工程环境，其安全、质量和效率直接影响到铁路网络的完善和发展。本文旨在对铁路隧道施工技术进行深入研究，总结现有经验，探索创新方法，以期对铁路隧道的建设与发展提供有力的技术支撑和保障。

## 1 铁路隧道施工技术概述

### 1.1 铁路隧道施工的基本流程

铁路隧道施工是一个复杂且系统的工程，涉及多个环节和多个专业领域的协作。其基本流程通常包括以下几个阶段：（1）设计阶段。根据地质勘察报告、线路规划和隧道功能要求，进行隧道的设计。设计内容包括隧道的位置、断面形状、支护结构、排水系统等。（2）施工准备阶段。进行隧道施工前的准备工作，包括场地清理、材料准备、设备选型与采购、临时设施建设等。（3）开挖阶段。按照设计要求进行隧道的开挖。根据地质条件和施工方法的不同，开挖方式可以是明挖、暗挖或盾构掘进等。（4）支护阶段。开挖后进行隧道的支护工作，以确保隧道的稳定性和安全性。支护方式可以是喷射混凝土、钢筋网喷射混凝土、钢管支架等。（5）防水与排水阶段。进行隧道的防水和排水处理，以防止隧道内部出现渗漏水 and 积水问题。（6）衬砌阶段。在支护完成后，进行隧道的衬砌工作。衬砌材料通常是混凝土或钢筋混凝土，用于提供隧道的最终形状和保护层。（7）后续工程阶段。完成衬砌后，进行隧道的附属工程，包括轨道铺设、电气照明、通风排烟、安全监控等。

### 1.2 主要施工技术方法及其特点

（1）矿山法：适用于地质条件较好的情况，通过钻眼爆破或机械破碎岩石，形成隧道开挖面。该方法施工

速度较快，但需要严格的安全管理和防尘措施。（2）盾构法：适用于软土地层或水下隧道施工。盾构机在地下推进，同时完成开挖、支护和衬砌等工序。该方法对施工环境影响小，但设备成本较高。（3）新奥法：结合了矿山法和盾构法的特点，适用于多种地质条件。强调信息化施工和动态设计，通过实时监测和反馈调整施工参数。该方法灵活性强，但对施工管理和技术人员要求较高。

### 1.3 铁路隧道施工中的关键技术问题

铁路隧道施工涉及多个关键技术问题，这些问题直接影响到隧道施工的安全、质量和效率。（1）隧道开挖稳定性：隧道开挖过程中，如何保持开挖面的稳定，防止塌方和冒顶事故的发生，是隧道施工中的关键问题。（2）支护结构设计与施工：支护结构是隧道稳定性的重要保障，支护结构设计是否合理、施工是否到位，直接关系到隧道的安全性和使用寿命。（3）防水与排水技术：隧道施工中如何有效进行防水和排水处理，防止隧道内部出现渗漏水和积水问题，是确保隧道长期使用效果的关键。（4）施工安全与环境保护：隧道施工涉及大量的露天和地下作业，如何确保施工人员的安全、减少对周边环境的影响，是隧道施工中不可忽视的问题。

## 2 铁路隧道施工中的关键技术

### 2.1 隧道施工中的防水与排水技术

在铁路隧道施工过程中，防水与排水技术是不可忽视的关键环节，它们直接关系到隧道工程的质量和长期运营的安全性。由于隧道常常穿越复杂多变的地质环境，防水与排水技术的应用显得尤为重要。防水技术。防水是隧道施工中的首要任务，其目标是在隧道结构和地层之间建立一个有效的隔离层，以防止地下水的侵入。为了达到这一目标，施工人员通常会采取以下几种主要措施：（1）设置防水层。在隧道开挖完成后，及

时铺设防水层是防止地下水渗入的关键步骤。常用的防水材料有高分子防水板、沥青防水卷材等，它们能够有效阻挡地下水的渗透。(2)使用防水涂料。在隧道衬砌表面涂抹防水涂料，可以增强隧道的防水性能。这些涂料通常具有良好的附着力、耐水性和耐久性，能够有效延长隧道的使用寿命<sup>[1]</sup>。(3)注浆加固。在隧道周边地层进行注浆加固，可以增强地层的稳定性和抗渗性。注浆材料通常为水泥浆或化学浆液，通过注浆管注入地层中，填充孔隙和裂隙，形成一道地下水的屏障。排水技术。尽管防水是隧道施工的首要任务，但排水同样重要。由于地质条件的变化和地下水的动态特性，隧道内部可能会出现少量渗水。因此，设置合理的排水系统，将渗入的水迅速排出，是确保隧道内部干燥和运营安全的关键。(1)设置排水沟。在隧道底部设置排水沟，可以收集并引导渗入的地下水。排水沟的设计应考虑到水流量和水位的变化，以确保其排水能力满足要求。(2)安装排水管。排水管是连接排水沟和隧道外部的主要通道，用于将收集的地下水排出隧道。排水管的选材和安装应考虑到耐腐蚀、耐压力等因素，以确保其长期稳定运行。(3)建立集水井。在隧道内部适当位置设置集水井，可以集中收集并暂时存储渗入的地下水。集水井的设计应考虑到容积和排水能力，以避免因积水过多而对隧道结构造成损害。

## 2.2 隧道开挖过程中的稳定性控制技术

隧道开挖过程中的稳定性控制技术是铁路隧道施工中的核心环节，它直接关系到施工的安全和隧道结构的长期稳定性。因此，在隧道开挖过程中，采取有效的稳定性控制措施至关重要。(1)地质勘察是稳定性控制的基础。通过详细的地质勘察，可以了解隧道沿线地层的岩性、结构、节理裂隙发育情况、地下水位和地应力状态等关键信息。这些信息为制定合理的开挖方案和支护措施提供了重要依据。在地质勘察中，应采用先进的技术手段，如地质雷达、超前钻探等，以提高勘察的准确性和可靠性。(2)选择合适的开挖方法和支护措施是确保隧道开挖稳定性的关键。根据地质勘察结果，结合隧道断面尺寸和使用要求，选择合适的开挖方法，如全断面开挖、台阶法开挖等。同时，应根据地层条件和开挖方法选择合适的支护措施，如超前支护、锚杆支护、钢拱架支护等。这些支护措施可以有效地增强地层的稳定性，防止塌方、冒顶等安全事故的发生。(3)加强监测和预警是确保隧道开挖稳定性的重要手段。在隧道开挖过程中，应实时监测开挖面的位移、变形、应力等关键参数，以及地下水位和地应力的变化情况。通过监测

数据的分析和处理，可以及时发现可能出现的稳定性问题，并采取相应的预警和应对措施。同时，监测数据还可以为施工过程中的动态设计和优化提供重要依据<sup>[2]</sup>。

(4)确保隧道开挖过程中的安全施工是至关重要的。在开挖过程中，应采取严格的安全管理措施，如设置安全警示标志、配备安全防护设施、进行安全教育培训等。同时，应加强现场管理和监督，确保施工人员遵守安全规程和操作规程，杜绝违章作业和事故的发生。

## 2.3 隧道施工中的监控与测量技术

在铁路隧道施工的复杂工程环境中，监控与测量技术扮演着至关重要的角色。它不仅是保障施工安全和质量的重要手段，更是实现施工动态设计、优化施工方案的依据。通过实时监控隧道施工过程中的关键参数，可以及时发现潜在问题，采取有效措施，确保隧道施工的顺利进行。监控与测量技术的核心在于安装和使用各类传感器和监测设备。这些设备能够实时监测隧道的位移、变形、应力等关键参数，为施工提供准确的数据支持。位移监测可以及时发现隧道开挖过程中的收敛和隆起现象，为支护措施的调整提供依据。变形监测则关注隧道结构的整体稳定性和局部变形，确保隧道在使用过程中不发生过度变形。应力监测则通过测量隧道结构和地层的应力状态，评估隧道的承载能力，预防可能出现的破坏和失稳现象。除了对隧道本身的关键参数进行监测外，监控与测量技术还关注施工过程中的环境因素。例如，通过监测地下水位的变化，可以评估地下水对隧道施工的影响，为防水和排水措施的制定提供依据。同时，监测施工过程中的温度变化、振动和噪音等参数，可以评估施工对周边环境的影响，确保施工不会对周边居民和环境造成不良影响。监控与测量技术的另一个重要作用是为施工过程中的动态设计提供数据支持。通过对实时监测数据的分析，可以及时发现施工过程中的问题，对施工方案进行调整和优化，提高施工效率和质量。同时，这些数据还可以为隧道的长期监测和维护提供重要参考<sup>[3]</sup>。

## 2.4 施工安全与环境保护措施

在铁路隧道施工过程中，确保施工安全与环境保护并驾齐驱是至关重要的。这不仅关乎施工人员的生命安全，也直接关系到周边环境的和谐与可持续发展。施工安全措施：(1)加强现场管理。确保施工现场整洁有序，危险区域设置明显的安全警示标志，并设置警戒线。对于易燃易爆物品，应设置专门的存储区域，并配备相应的消防设施和人员。(2)提高施工人员安全意识。定期组织安全教育培训，让施工人员了解并掌握安

全操作规程和应急处置方法。同时,开展安全宣传活动,增强施工人员的安全意识和自我保护能力。(3)安全技术措施。根据隧道施工的特点和地质条件,采取有效的安全技术措施。例如,在洞口设置防护棚,防止落石伤人;在开挖面设置临时支护,确保开挖过程的稳定性;在隧道内部设置通风系统,确保空气质量良好。

(4)应急救援准备。建立完善的应急救援体系,包括应急预案的制定、应急救援队伍的组织和应急物资的准备等。定期组织应急演练,提高应急救援的响应速度和处置能力<sup>[4]</sup>。环境保护措施。(1)减少噪音排放。选择低噪音的施工设备和工艺,合理安排施工时间,减少对周边居民的影响。同时,在施工现场设置隔音设施,进一步降低噪音污染。(2)控制粉尘污染。在隧道开挖过程中,采取湿式作业、喷雾降尘等措施,有效控制粉尘的产生和扩散。对于产生的粉尘,应及时清理并妥善处理。(3)废水处理与排放。建立完善的废水处理系统,对施工过程中产生的废水进行处理,确保达到排放标准后再进行排放。同时,加强对废水排放的监管,防止废水对周边环境造成污染。(4)生态恢复与环境治理。施工结束后,及时进行生态恢复和环境治理工作。对破坏的土地进行复垦,种植植被;对受损的水体进行治理,恢复水生态环境。通过这些措施,使隧道工程与自然环境影响相协调,实现可持续发展。

### 3 铁路隧道施工技术的优化与创新

#### 3.1 基于BIM技术的铁路隧道施工优化

BIM(建筑信息模型)技术为铁路隧道施工提供了全新的视角和优化手段。通过BIM技术,隧道的设计、施工、运维等各阶段信息可以实现共享和协同,从而提高了信息的完整性和一致性。在隧道设计阶段,BIM技术可以进行精确的碰撞检测和结构分析,优化隧道设计方案。在施工阶段,BIM技术可以进行施工模拟和进度管理,提高施工的精准度和效率。此外,BIM技术还可以进行成本管理,实现资源的合理分配和节约。

#### 3.2 隧道施工中的智能化与自动化技术

随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展,隧道施工智能化与自动化技术成为了可能。智能化

施工技术可以实现对隧道施工过程的实时监控和智能分析,提前发现潜在的安全风险,减少人工干预,提高施工安全性。自动化技术则可以实现对隧道施工设备的自动化控制,提高施工效率和质量。例如,通过采用智能机器人进行隧道开挖和支护作业,可以减少人力成本,提高施工精度和稳定性。

#### 3.3 环保型隧道施工技术的研究与应用

在日益严峻的环境保护形势下,环保型隧道施工技术的研究与应用显得尤为重要。环保型隧道施工技术主要包括减少施工对环境的影响、降低能耗和减少废弃物排放等方面。例如,在隧道开挖过程中,可以采用更为环保的爆破技术和通风技术,减少噪音、粉尘和废气的产生。在隧道排水方面,可以研究和应用更为高效的污水处理和回用技术,减少废水的排放。此外,还可以研究和应用废弃物处理和资源化利用技术,将施工废弃物转化为有价值的资源,实现废弃物的减量化、资源化和无害化。

#### 结束语

铁路隧道施工技术研究已取得了显著成果,但仍面临诸多挑战和机遇。随着科技的不断进步,我们有信心克服隧道施工中的技术难题,提高施工效率和安全性。同时,环保与可持续发展成为未来隧道施工的重要方向,我们将致力于研究和应用更加环保的施工技术,确保铁路隧道建设与环境和谐共生。展望未来,铁路隧道施工技术将不断创新与发展,为铁路运输的繁荣做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1]袁风磊.关于铁路的隧道施工技术研究[J].黑龙江科技信息,2020,(06):282-284.
- [2]吕和嵩.长大铁路隧道施工难点及技术措施研究[J].隧道建设,2021,(07):55-58.
- [3]王勇.浅议复杂地质条件下铁路隧道施工技术[J].科技创业家,2019,(04):27+30.
- [4]王全富.对铁路隧道施工中问题的探析[J].市建设理论,2020,(12):107-108.