

# 复杂地质环境下的铁路隧道施工技术分析

颜世凯

中铁十四局集团第五工程有限公司

**摘要：**随着铁路建设规模的扩大和需求的增加，复杂地质环境下的铁路隧道施工技术逐渐成了一个备受关注的话题。本文通过对铁路隧道施工的基本概念、复杂地质环境下的施工技术和存在的问题进行了详细的分析和探讨，提出了一些相应的解决方案和对策，希望能够对这一领域的研究和实践有所启示和帮助。

**关键词：**铁路隧道；复杂地质环境；施工技术；问题

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.029

铁路隧道是铁路建设中重要的组成部分，隧道的施工质量和安全直接关系到铁路运行的安全和稳定。但是，由于地质环境的复杂性，铁路隧道施工面临着很多的挑战和问题。在复杂地质环境下，地质构造、地下水、地震等因素会对隧道的施工和运行产生不利影响。因此，针对复杂地质环境下的铁路隧道施工技术进行研究和探讨具有重要意义。本文将从铁路隧道施工的基本概念、复杂地质环境下的施工技术和存在的问题等方面进行分析和探讨，旨在为相关研究和实践提供参考和借鉴。

## 一、铁路隧道施工的基本概念

铁路隧道的建设对于铁路运输具有重要意义，能够缩短运输时间、减少交通拥堵、提高运输效率。但是，在隧道施工过程中，需要考虑地质环境复杂，地下水和地震等自然因素对施工的影响。因此，需要制定合理的施工方案，选择适合的施工方法和技术，并采取相应的防护措施，确保隧道的安全和稳定。隧道施工的过程包括掏、挖、衬、支护、通风、排水等环节。其中，地质探测和预测是隧道施工的第一步，需要了解隧道所处地质环境的情况，预测可能遇到的地质问题，并制定相应的施工方案和措施。隧道掏挖是隧道施工的核心环节，需要根据隧道地质情况和隧道设计参数选择合适的掏挖方法，并采取相应的掏挖工艺和措施，确保隧道开挖的安全和稳定。隧道衬砌是保证隧道安全的关键措施，主要有钢筋混凝土衬砌、预制混凝土隧道衬砌、钢框架支护、锚喷支护等方式。不同类型的隧道衬砌适用于不同的地质环境和隧道设计参数，需要根据实际情况选择合适的衬砌方案，并严格按照施工规范和技术标准进行施工。隧道支护是保证隧道稳定的重要环节，常用的隧道支护方法有钢筋混凝土支护、锚喷支护、钢框架支护等。在施工过程中，需要根据地质情况和隧道结构选择合适的支护措施，并采取相应的施工工艺和技术，确保隧道的稳定性和安全性。隧道通风和排水也是隧道施工

中需要注意的环节。隧道通风可以保证隧道内空气的流通和氧气供应，避免因缺氧而导致的安全事故。隧道排水可以有效地降低隧道内地下水位，避免地下水渗入隧道内部，对隧道结构造成损害。

## 二、提高铁路隧道施工技术的意义

提高铁路隧道施工技术的意义在于保障铁路运输的安全和高效运行。铁路隧道作为铁路线路贯穿山区、高原和丘陵地带的必经之路，具有不可替代的重要作用。隧道施工技术的提高，不仅可以保障施工期间的安全和顺利进行，还可以确保隧道建成后的安全和稳定运行。铁路隧道建设需要考虑地质构造、地下水、地震等多种因素，因此需要提高隧道施工的技术水平，以适应各种复杂地质条件下的建设需求。提高隧道施工技术，可以优化施工方案，减少工期和成本，提高施工效率和质量，确保隧道建成后的安全和稳定运行。此外，提高隧道施工技术还可以推动铁路行业的发展和进步，促进交通运输事业的发展，促进经济的繁荣和社会的进步。因此，提高铁路隧道施工技术的意义十分重大。

## 三、复杂地质环境下的施工技术

在复杂地质环境下，铁路隧道施工面临着很多的挑战和问题，需要采取相应的施工技术和对策。

### （一）地质构造

在复杂地质环境下，地质构造不仅对隧道施工带来挑战，还对隧道运行和维护产生重要影响。隧道建设完成后，由于地质构造的影响，隧道内部可能存在沉降、裂隙等问题，影响隧道的安全和稳定运行。因此，在隧道建设过程中，需要针对不同的地质构造特征，选择合适的隧道支护技术和施工方案，如采用岩锚喷注、钢筋混凝土支护、钢拱架支护等。同时，还需要进行地下水治理，避免地下水对隧道的侵蚀和损坏。对于已建成的隧道，需要进行定期检查和维修，及时发现和处理地质构造问题，确保隧道的安全和稳定运行。隧道内部的监测设备也需要根据地质构造特征进行合理布置，及时掌握隧道内部的变化情况，采取有效的应对措施，保证隧道的安全运行。隧道建设是一项复杂的工程，特别是在复杂地质环境下，隧道的施工和运行都面临着很大的挑战。不同的地质构造特征对隧道的影响也是不同的。例如，在断层地区施工隧道时，断层的活动性和位移可能导致隧道的破坏，因此需要采取相应的支护措施，如岩锚喷注、钢拱架支护等。而在煤层地区施工隧道时，可能会遇到地面塌陷、瓦斯突出等问题，需要采取相应的煤层气治理措施，保证隧道的安全施工和运行。

### （二）地下水

在复杂地质环境下，地下水的含水量较高，流动性也较强，对隧道施工和运行带来不小的挑战。首先，在隧道施工前，需要进行地下水勘探和调查，了解地下水的分布特征、流动状态以及含水层的性质。根据勘探结果，制定合理的地下水管理方案，采取相应的排水措施，降低地下水对隧道施工和运行的不良影响。在隧道施工过程中，地下水的防水工作也非常关键。对于地下水含量较高的地区，需要采取一系列的防水措施，如衬砌防水、注浆固结、挖槽灌浆、防渗帷幕等，以保证隧道的防水性能。同时，在隧道施工过程中，还需要根据地下水的变化情况，及时调整排水措施，保证施工过程的安全和稳定。对于已建成的隧道，地下水管理仍然是一个重要的问题。定期检查隧道内部的排水系统和防水措施，及时发现和处理漏水和渗漏问题，避免地下水对隧道的侵蚀和损坏。此外，还需要加强隧道内部的监测和管理，定期记录和分析地下水的变化情况，及时采取相应的措施，保证隧道的安全和稳定运行。

### （三）地震

地震是一种破坏性较大的自然灾害，会对隧道的施工和运行带来很大的威胁。因此，在地震区域进行隧道工程时，需要采取一系列的抗震措施。首先，在隧道施工前，需要进行充分的地震勘探和评估，确定地震影响范围和影响程度。根据勘探和评估结果，制定合理的地震应对方案，选择合适的隧道线路和断面设计，确保隧道的抗震能力符合规范要求。其次，在隧道施工中，需要采取一系列的抗震加固措施。其中，设置隔震层是一种常用的抗震加固措施。隔震层通常安装在隧道顶部和底部，可以在地震发生时隔绝地震波的传递，从而减小地震对隧道的影响。此外，还可以采用加固洞室、增加隧道支护等方式提高隧道的抗震能力。除了施工过程中的抗震措施外，隧道的运行中也需要考虑地震对隧道的影响。一旦发生地震，隧道的安全性和稳定性就需要得到及时的保障。因此，在隧道运行过程中，需要定期进行地震安全评估和监测，及时发现并处理地震对隧道的影响。同时，也需要建立完善的应急预案和救援机制，确保在地震发生后能够迅速有效地进行应急处理。

## 四、存在的问题及解决方案

### （一）隧道支护存在的问题及解决方案

隧道支护是隧道施工过程中重要的一环，直接影响隧道的安全和稳定。目前隧道支护存在的问题主要包括：

1. 隧道支护材料的选择对于隧道施工和运行的安全至关重要。如果材料选择不合理，可能导致支护效果不佳，甚至会出现严重的安全隐患。例如，在地质条件较差的情况下，如果选用了支护能力较弱的材料进行隧道支护，就容易出现隧道坍塌或者支护失效的情况，对施工和运行都会造成严重的影响。

2. 在设计隧道支护方案时，需要根据地质条件、隧道形状和大小、隧道用途等因素，综合考虑各种支护材料和技术，选取最适合的方案。此外，需要对施工过程中可能出现的各种情况进行充分预测和分析，制定应对措施，保证隧道施工的安全和顺利进行。但是，在实际工程中，隧道支护方案往往存在缺乏科学性和系统性的问题。有时候会出现设计师缺乏相关经验或数据不足的情况，导致隧道支护方案不够科学和全面。另外，有时候在施工过程中，可能会出现突发情况或者难以预测的情况，导致隧道支护方案无法有效应对。

3. 隧道支护施工是一项复杂的工程，需要高度的规范化操作和安全管理。如果施工中缺乏规范化操作和安全管理水平较低，将会导致严重的安全事故风险。例如，在支护材料使用、支护结构安装、支护材料使用量控制等方面，如果操作不规范或管理不到位，就可能导致支护不牢固、支护结构失稳、支护材料不足等问题。这些问题将直接威胁隧道施工和运行的安全。

针对上述问题，可以采取以下解决方案：

（1）隧道支护材料的选择非常重要，应该根据具体的地质条件、隧道设计要求和预计的工作条件等方面进行评估和选择。一般来说，常见的隧道支护材料包括钢筋混凝土、预应力混凝土、钢拱架、钢板桩、岩锚喷注等。不同材料的优缺点应该进行全面比较和评估，综合考虑施工难度、支护效果、经济性和环保等因素，选择最合适的材料。在选择材料之前，应该进行充分的测试和验证，包括材料的物理力学性能测试、化学成分测试、耐久性测试等，确保材料的质量和性能符合要求。此外，在施工过程中，应该严格按照材料的使用说明和标准规范操作，确保施工质量和安全。如果发现支护效果不佳或者存在其他问题，应该及时进行调整和处理，以保证隧道施工和运行的安全和稳定。

（2）制定科学的隧道支护方案是保障隧道建设和安全运营的关键，应根据具体地质条件和隧道结构特点，采用不同的支护材料和支护形式，如岩锚喷注、钢筋混凝土支护、钢拱架支护等。在制定隧道支护方案时，应充分考虑隧道的变形特性、荷载特点、地下水情况等因素，结合地质勘探数据和现场监测数据，制定合理的支护参数，确保支护效果和施工质量。同时，应根据不同的风险等级和突发情况，制定相应的应急预案和应对措施，加强施工现场管理和应急处置能力，提高安全管理水平。为了进一步提高隧道支护施工的规范化程度，应加强对施工人员的培训和管理，提高其安全意识和技能水平，制定详细的施工规范和操作规程，规范化施工流程和质量验收标准，加强现场安全监管和质量监控，确保施工过程中的安全和质量。此外，应建立隧道支护施工信息化管理系统，实现施工过程全程数字化、网络化管理，提高施工信息的准确性和及时性，提高管理效率和监管能力。

(3) 针对隧道施工中常见问题和安全风险, 设计出相应的操作规程和流程, 确保施工过程中的安全和质量。针对隧道支护施工人员的技术素质和安全意识, 开展针对性的培训和技术指导。通过培训和考核, 提升施工人员的专业水平和安全意识, 确保施工安全和质量。加强对施工现场的安全管理, 落实好相关安全规定, 确保施工过程中的安全。对施工人员进行安全教育, 加强安全意识的培养, 加强现场巡查, 发现问题及时处理。制定完善的应急预案, 针对施工中的各种可能发生的紧急情况预先规划和预案编制, 确保在发生意外事件时能够快速、有效地应对。同时, 开展模拟演练, 提高应急处理能力。

## (二) 隧道开挖存在的问题及解决方案

隧道开挖是隧道施工中的重要环节, 也是一个复杂和困难的工序。目前隧道开挖存在的问题主要包括:

1. 隧道开挖的目的是为了将隧道穿过的山脉、丘陵和高原地区的地质材料进行挖掘, 以满足铁路线路的贯通。但是, 在复杂地质环境下进行隧道开挖施工, 往往需要应对地质条件的复杂性和不确定性, 如岩层稳定性、岩层裂隙、地下水、地震等问题, 这就需要有针对性的施工方案和措施。然而, 现实中隧道开挖施工缺乏科学性和系统性的问题依然存在。

2. 隧道开挖工程可能会产生噪音、震动和粉尘等污染问题, 给周边环境和居民生活带来影响。噪音和震动会引起建筑物的震动、振动和损坏, 影响人们的正常生活和工作, 特别是对于周边敏感地区的居民影响更为明显。此外, 隧道开挖还会产生大量的粉尘, 对周边环境和人体健康造成不良影响。这些污染物质不仅会影响空气质量, 还会对土壤、水体等环境造成污染, 导致生态破坏和环境恶化。

3. 隧道开挖是一项复杂的工程, 施工过程中可能会遇到地层变化、地下水涌出等突发情况, 如果缺乏科学的方案和系统的管理, 难以应对这些问题, 就容易导致安全事故的发生。隧道开挖中可能存在地质灾害、塌方、瓦斯等安全隐患, 如果安全管理不到位, 缺乏科学的防范措施和应急预案, 就容易引发事故。此外, 隧道开挖对施工人员的身体素质和技术水平要求较高, 如果操作不规范或者存在技术短板, 也会增加事故的风险。

针对上述问题, 可以采取以下解决方案:

(1) 隧道开挖方案需要综合考虑地质条件、隧道结构、施工技术和环境影响等多方面因素, 选择合适的开挖方法、支护措施、爆破参数和施工机具等。同时, 要进行地质勘察和隧道模拟分析, 充分了解隧道周围的地质构造、水文地质条件和地下水位等信息, 确定合适的开挖断面和支护方式。在施工过程中, 要加强现场管理和监督, 确保施工人员遵守规章制度, 采取必要的安全防护措施和环境保护措施, 及时处理施工中出现的问題, 防止事故的发生。此外, 隧道开挖也可以采用新技

术、新材料和新装备, 以提高施工效率和质量, 降低对环境和周边居民的影响。例如, 可以采用TBM(隧道掘进机)进行盾构掘进, 减少开挖噪音和震动, 减轻施工对地质环境的破坏; 同时, 可以采用新型支护材料和技术, 如纤维增强复合材料、岩石注浆、岩石爆破压裂等, 提高支护效果和施工质量, 减少对地质环境的影响。

(2) 除了制定科学的方案和严格管理监督, 采用环保型施工方法也是降低隧道开挖对周边环境和居民生活影响的有效措施。例如, 喷射混凝土技术可以减少挖掘所需的时间和空间, 减少震动和噪音, 同时还能减少粉尘的产生。钻孔爆破技术可以在减少挖掘时间和成本的同时, 还能降低振动和噪音对周边环境和居民的影响。此外, 在施工过程中也需要采取其他措施, 例如加装防护网、设置降尘喷淋装置、定期清理施工区域等, 以最大限度地减少施工对周边环境和居民生活的影响。同时, 也应加强对施工现场的监测和管理, 及时发现和处理可能存在的环境问题, 确保施工过程的环保和安全。

(3) 施工单位应建立完善的安全管理体系, 制定详细的安全管理方案, 对施工现场进行全方位的安全检查, 确保所有安全隐患得到及时排除。同时, 施工单位要加强工人的安全教育和技能培训, 提高工人安全意识和技能水平, 确保工人能够正确使用安全防护装备, 有效避免工伤事故的发生。此外, 施工单位还要制定科学的施工计划, 严格按照规定施工, 确保施工过程中的各项工序有序进行, 避免因施工不当导致的事故。同时, 加强现场管理和监督, 建立健全的施工现场管理制度, 保证施工现场秩序井然, 各项施工操作符合规定, 杜绝违规操作和行为。最后, 要及时总结施工经验, 完善施工管理制度, 为今后的隧道开挖施工提供经验和借鉴。

## 五、结束语

复杂地质环境下的铁路隧道施工技术是一个较为复杂的问题。在具体实践中, 需要充分考虑地质条件、地下水、地震等因素, 采取合适的施工方案和技术, 保证隧道施工和运行的安全和稳定。同时, 在隧道施工过程中, 需要加强勘探和评估工作, 制定合理的施工方案和支护方案, 加强现场管理和安全监控, 提高施工质量和效率, 保证铁路隧道的安全、稳定和可靠运行。在未来, 随着技术的不断进步和发展, 铁路隧道施工技术也将不断改进和提高, 更加适应复杂地质环境的要求, 为铁路交通的发展和提升做出更大的贡献。

## 参考文献

- [1] 马留闯. 基于复杂地质条件下铁路隧道施工技术研究[J]. 大众标准化, 2022(20): 166-168.
- [2] 王继刚. 复杂地质条件下铁路隧道施工技术[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(20): 158-160.