

# 高原高寒地区隧道施工技术研究

白 鹏

中铁二十局集团第二工程有限公司 陕西 宝鸡 722300

**摘 要：**本文深入探讨高原高寒地区隧道施工技术的重要性，并对其环境特征进行了详细分析。针对高原高寒地区特有的地质、气候及生态环境，研究适应此环境的隧道施工方法、支护技术、防水排水技术、通风供氧技术，以及施工机械化与智能化技术。这些研究成果对于提高高原高寒地区隧道施工的效率、安全性和可持续性具有重要意义，并为相关工程的实施提供了理论支撑与实践指导。

**关键词：**高原；高寒地区；高寒地区

## 1 高原高寒地区隧道施工技术的重要性

高原高寒地区隧道施工技术的重要性在于它能够有效应对这些特殊区域的地质和气候挑战，确保工程的安全和质量。在这些地区，低温、大风、降雪等极端气候条件以及冻土、软弱地层等复杂地质条件给隧道施工带来了诸多难题。因此，研究和应用高原高寒地区的隧道施工技术，对于保障施工安全、提高施工效率、降低施工成本具有重要意义。第一，高原高寒地区隧道施工技术能够确保施工安全。在极端气候和地质条件下，传统的施工方法往往难以满足安全要求。因此，研究和应用适应高原高寒环境的隧道施工技术，能够有效降低施工过程中的安全风险，保障施工人员的生命安全。第二，高原高寒地区隧道施工技术能够提高施工效率。在低温、大风等恶劣条件下，传统的施工方法往往受到很大限制，施工进度缓慢。而适应高原高寒环境的隧道施工技术，能够充分利用现代机械化和自动化技术，提高施工速度和效率，缩短工期<sup>[1]</sup>。第三，高原高寒地区隧道施工技术还能够降低施工成本。通过研究和应用新技术、新材料，可以减少对资源的依赖，降低能源消耗，减少施工过程中的废弃物产生，从而实现环保节能的目标。

## 2 高原高寒地区隧道施工环境分析

### 2.1 地质条件分析

高原高寒地区的地质条件复杂多变，对隧道施工提出了严峻的挑战。这些地区的地面高度往往达到数千米，地层多被深厚的大冰雪所覆盖，其中还分布着广泛的冻土。冻土是指零摄氏度以下，并含有冰的各种岩石和土壤，它具有流变性、冻胀融沉性和强度弱化等特点，这给隧道开挖、支护以及后期运营维护都带来极大的困难。在冻土区域，隧道施工常常会遇到活动层的问题。活动层是指每年夏季融化、冬季冻结的土层，其厚度和性质随季节变化而变化。在隧道开挖过程中，活动

层的存在可能导致隧道洞身变形、衬砌开裂，甚至引发隧道坍塌等安全事故。高原高寒地区还可能存在软弱地层、断层破碎带等不良地质条件，这些都对隧道施工提出了极高的要求。

### 2.2 气候条件分析

高原高寒地区的气候条件极端恶劣，主要表现为低温、大风、降雪等特征。首先，低温环境会导致混凝土等建筑材料性能下降，如强度降低、开裂等，从而影响隧道施工质量和进度。低温还会影响施工人员的操作效率和身体健康，增加施工难度和安全隐患。其次，大风和降雪会给施工带来严重的交通不便和安全隐患。在风雪天气下，施工设备和材料运输困难，施工现场的能见度低，施工操作困难且易发生事故。因此，高原高寒地区的隧道施工需充分考虑到季节性的风雪影响，制定科学的施工方案和安全措施。为了应对高原高寒地区的气候条件，隧道施工需采取一系列措施。例如，在混凝土等材料的选择和使用上，应选用抗冻性能好的材料，并在施工过程中采取保温措施，减少温度对材料性能的影响。同时，施工现场应设置防风、防雪设施，确保施工设备和材料的安全运输。在风雪天气下，应暂停高风险作业，加强安全巡查和监测，确保施工安全<sup>[2]</sup>。

### 2.3 生态环境分析

高原高寒地区的生态环境脆弱，一旦受到破坏很难恢复。隧道施工会破坏地表植被和土壤结构，导致水土流失和土地退化。在高原高寒地区，植被覆盖度低，土壤贫瘠，一旦破坏很难恢复。因此，在隧道施工过程中，应尽量减少对地表植被和土壤的破坏，并采取有效措施进行恢复和治理。高原高寒地区生物种类相对较少，但每一种生物都在生态系统中扮演着重要的角色。隧道施工可能改变生物栖息地和迁徙路线，对当地生物种群造成威胁。因此，在隧道设计和施工过程中，应充

分考虑生态保护需求,避免对生物多样性造成不可逆的影响。为了降低隧道施工对生态环境的影响,需采取一系列生态保护措施。例如,在施工前进行生态评估,确定施工对生态环境的影响程度和范围;在施工过程中采取生态友好的施工方法和技术,减少对生态环境的破坏;在施工后及时进行生态恢复和治理工作,确保生态环境得到最大程度的保护和恢复。

### 3 高原高寒地区隧道施工技术研究

#### 3.1 隧道施工方法选择

在高原高寒地区,由于地质条件复杂、气候条件恶劣,传统的隧道施工方法如钻爆法在某些情况下可能难以适应。因此,需要综合考虑地质勘察结果、气候条件以及施工成本等因素,选择更为合适的施工方法。对于地层稳定、岩石坚硬的地段,可以采用机械开挖法。这种方法能够利用机械化设备进行快速开挖,提高施工效率,同时减少对环境的破坏。而在冻土区域或软弱地层中,则可能需要结合使用冻结法或注浆法等技术手段,确保隧道施工过程中的稳定性。在高原高寒地区进行隧道施工时,钻爆法同样是一种重要的施工方法,尤其在地层复杂多变、岩石强度差异大的情况下具有显著优势。钻爆法通过钻孔、装药、爆破开挖岩石的方式,能够灵活应对不同地质条件,实现隧道的快速掘进<sup>[3]</sup>。在采用钻爆法施工时,需特别注意以下几点:首先,要针对高原高寒地区特有的气候条件,采取有效的防寒保暖措施,确保钻孔和爆破作业的正常进行;其次,要结合地质勘察结果,合理确定钻孔布局和爆破参数,以达到最佳的开挖效果;还要加强施工过程中的安全监控,确保爆破作业的安全可控。同时,钻爆法施工也需与其他施工方法和技术手段相结合。例如,在软弱地层或冻土区域,可以结合使用注浆法或冻结法,提高隧道施工过程中的稳定性;在机械开挖法难以实施的地段,可以采用钻爆法进行补充开挖。

#### 3.2 隧道支护技术研究

隧道支护技术作为保障隧道施工安全及长期稳定的核心手段,在高原高寒地区尤为关键。由于高原高寒地区冻土广泛分布,冻融作用强烈,这给隧道支护带来了一系列特殊挑战。为了应对这些挑战,该地区广泛采用冻结法、注浆法等多种支护技术,并取得了显著成效。根据近年来的统计数据,在采用冻结法支护的隧道工程中,平均冻胀率控制在2%以内,有效保障隧道结构的稳定。同时,冻结法施工期间,通过严格监控冻结温度和时间,成功避免因冻胀融沉造成的结构破坏案例。注浆法在高原高寒地区的应用也取得了良好效果。通过注

浆加固,隧道周边土体的强度平均提高了30%以上,显著增强隧道的稳定性。在实际应用中,注浆材料的选择和使用得到了不断优化,确保了注浆效果的可靠性。喷射混凝土、锚杆等支护技术在高原高寒地区的隧道工程中也得到了广泛应用。这些技术与冻结法、注浆法相互补充,共同构成一套完善的隧道支护体系。统计数据显示,采用综合支护技术的隧道工程,在应对冻融循环、地质变形等方面表现出色,有效保障了隧道的施工安全和质量。

#### 3.3 隧道防水排水技术研究

洞内顺坡排水:洞内排水采取“清污分流”原则,即利用洞内两侧水沟为清水沟,收集衬砌背后流入洞内的清水;利用正洞中心沟及斜井侧沟旁水槽作为污水沟排放污水。洞内反坡排水:隧道反坡排水采用泵站(水仓)+抽水泵+管道的方式进行排水。泵站及管道按照清污分流的原则布置,泵站设置按照高差25~30米布置,水泵按照流量+扬程合理配置。水仓容量按泵站最大一台水泵15分钟排水量设计,可结合施工中水量情况适当调整水仓尺寸,泵站内水泵应留有备用水泵。水仓容量按泵站最大一台水泵15分钟排水量设计,可结合施工中水量情况适当调整水仓尺寸,泵站内应留有备用水泵。

#### 3.4 隧道通风与供氧技术研究

高原高寒地区的低氧环境对施工人员的身体健康构成了威胁。因此,隧道通风与供氧技术对于保障施工人员生命安全至关重要。在隧道施工过程中,应配备足够的通风设备,确保隧道内部空气流通。通风设备的选择和使用应考虑到高原地区的低气压和寒冷气候特点,确保设备的有效性和可靠性。对于需要长时间作业的隧道段,还应考虑采用供氧设备,确保施工人员在低氧环境下的生命安全。供氧设备的选择和配置需要根据实际情况进行科学合理的规划。

#### 3.5 隧道施工机械化与智能化技术研究

在高原高寒地区的隧道施工中,机械化与智能化技术的应用显著提升了施工效率与质量。现场采用的三臂凿岩机、拱架安装机(多拼拱架安装)以及锚注一体机等先进设备,极大地推动了隧道施工的机械化水平。据统计,使用这些机械设备后,隧道开挖效率提升约40%,支护结构安装精度达到了毫米级,显著减少人工操作的误差。智能化技术的应用进一步增强施工过程的可控性和安全性。通过物联网技术,实现了对隧道施工环境和机械设备运行状态的实时监控。借助大数据分析,可以精准预测施工过程中的潜在风险,并提前采取相应措施进行防范。人工智能算法的运用,优化施工方案的制定

和调整,确保了隧道施工的安全、高效进行。

#### 4 高原高寒地区隧道施工安全与风险控制

##### 4.1 施工安全管理体系研究

施工安全管理体系是确保隧道施工安全有序进行的基础。在高原高寒地区,这一体系的建设应充分考虑地质条件、气候条件、施工方法和人员素质等多方面因素。(1)需要制定完善的施工安全管理制度,明确各级管理人员和施工作业人员的职责与权限,确保施工过程的安全可控。同时,应建立严格的安全检查与监督机制,定期对施工现场进行安全隐患排查,及时发现并整改存在的安全问题。(2)加强安全教育培训也是提升施工安全管理体系效果的重要途径。通过定期举办安全培训班、开展安全知识竞赛等形式,提高施工人员的安全意识和操作技能,减少因人为因素导致的安全事故<sup>[4]</sup>。

(3)引入先进的科技手段,如信息化管理系统、智能监控设备等,可以提高安全管理的效率和准确性。例如,通过信息化管理系统可以实时监控施工现场的安全状况,及时发现潜在的安全风险;智能监控设备则可以自动识别和预警违规行为,降低安全事故发生的概率。

##### 4.2 施工风险评估与控制

在高原高寒地区进行隧道施工,风险评估与控制是确保施工安全的关键环节。施工前,应开展全面的风险评估工作,识别可能导致安全事故的潜在因素,并制定相应的控制措施。风险评估应涵盖地质条件、气候条件、施工方法、设备状况等多个方面。例如,针对冻土区域的施工,应重点关注冻胀融沉等地质风险;对于低温气候条件,则应注意低温对施工人员和设备的影响。在风险控制方面,可以采取多种措施。一是优化施工方案,选择适合高原高寒地区特点的施工方法和技术,降低施工风险。二是加强设备维护和保养,确保施工设备的正常运行和安全性能。三是加强施工现场的安全管理,严格执行安全操作规程,确保施工作业的规范性和安全性。同时,还应建立风险预警机制,对识别出的风险进行实时监测和预警。一旦发现风险超出控制范围或发生安全事故,应立即启动应急预案,组织救援力量进行及时有效的处置。

##### 4.3 应急预案与救援技术研究

在高原高寒地区进行隧道施工,应急预案与救援技术的制定与实施对于降低事故损失、保障人员安全具有至关重要的作用。第一,应急预案的制定应基于风险评估的结果,针对可能发生的各种安全事故类型制定相应的应对措施。预案内容应包括救援力量的组织、救援设备的配备、现场处置程序等方面,确保在事故发生时能够迅速有效地展开救援行动。第二,救援技术的研究与应用也是提升应急处置能力的重要手段。高原高寒地区的特殊环境对救援技术提出了更高的要求。例如,在低温环境下,救援设备需要具备良好的耐寒性能;在缺氧环境下,救援人员需要配备专业的呼吸设备等。因此,应加强相关技术的研究与开发,提高救援设备的适应性和救援人员的专业素质。第三,定期的应急演练也是检验应急预案和救援技术有效性的重要手段。通过模拟真实的事故场景,组织施工人员进行应急演练,可以检验预案的可行性和救援技术的有效性,并发现存在的问题和不足,及时进行改进和完善。

##### 结束语

通过对高原高寒地区隧道施工技术的系统研究,我们深刻认识到在特殊环境下施工所面临的挑战与机遇。未来,随着技术的不断进步与创新,有理由相信高原高寒地区的隧道施工将会变得更加高效、安全。同时,也期待更多的研究者能够关注这一领域,共同推动隧道施工技术的进步与发展,为我国的基础设施建设贡献更多力量。

##### 参考文献

- [1]李鹏辉.关于高原高寒地区混凝土施工质量控制的投资分析[J].门窗,2021(22):191+194.
- [2]朱宝君.高原高寒地区抗震浅基础与独立基础施工技术[J].建筑科技,2019,3(02):31-33+36.
- [3]田辰光.高原高寒地区隧道施工技术研究[J].黑龙江交通科技,2021,39(8):135-136.
- [4]李志军.高原高寒地区隧道施工抗冻施工措施[J].山西交通科技,2021(2):28-29.