

高速公路隧道施工技术及其质量控制研究

薛广彬

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]保障交通流畅与提高运输效能,高速公路隧道这一关键交通构造发挥着至关重要的作用,确保隧道工程顺利完工与使用安全,隧道施工技术与质量控制是至关重要的环节。现代隧道建设对施工技术与地质条件应对日益增长的交通量提出了新的挑战,传统质量管理已显力不从心。针对高速公路隧道施工所遭遇的技术难题,文中融合了近年来的先进施工技术与质量控制策略,深入研究了适配多样化地质环境的施工技术路线。在隧道施工领域,文章系统性地对质量控制进行了深入研究,着重剖析了施工环节中实施的质量检测技术与管控策略,特别是在围岩监控、喷射混凝土作业、支护结构稳固性等关键领域的质量把控。本篇文章致力于为高速公路隧道施工项目构建坚实的理论支撑与详尽的技术指引,旨在确保隧道工程实现高品质、高安全与长寿命。

[关键词]高速公路隧道; 施工技术; 质量控制; 围岩监测; 喷射混凝土

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15079

中图分类号: U455.91

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Quality Control of Highway Tunnels

XUE Guangbin

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: In order to ensure smooth traffic and improve transportation efficiency, highway tunnels, as a key transportation structure, play a crucial role in ensuring the smooth completion and safe use of tunnel projects. Tunnel construction technology and quality control are crucial links. Modern tunnel construction poses new challenges to the construction technology and geological conditions to cope with the increasing traffic volume, and traditional quality management is no longer sufficient. In response to the technical difficulties encountered in the construction of highway tunnels, this article integrates advanced construction technologies and quality control strategies in recent years, and deeply studies the construction technology route that adapts to diverse geological environments. In the field of tunnel construction, this article systematically conducts in-depth research on quality control, focusing on analyzing the quality inspection techniques and control strategies implemented in the construction process, especially in key areas such as surrounding rock monitoring, shotcrete operations, and support structure stability. This article is dedicated to building solid theoretical support and detailed technical guidance for highway tunnel construction projects, aiming to ensure that tunnel engineering achieves high quality, high safety, and long service life.

Keywords: highway tunnels; construction technology; quality control; surrounding rock monitoring; sprayed concrete

引言

随着我国高速公路网络的快速扩展,隧道工程在高速公路建设中的重要性日益增加。运输功能与施工过程并重,高速公路隧道建设需严格遵循两项标准,诸多挑战伴随隧道施工,如地质环境的复杂性、施工设备的局限性与施工过程的安全风险等。确保隧道建设成功的要害,在于对高效隧道施工技术的深入研究与掌握,以及质量控制环节的强化^[1]。施工中的这些难题不仅威胁到了工程本身的进度与品质,甚至可能危及交通安全和公众生命财产安全。因此,本文将深入剖析高速公路隧道施工领域,重点关注技术应用与质量控制两大关键环节,旨在探讨如何借助先进的施工技术提高隧道施工的品质,以及如何运用科学的质量控制策略保障隧道工程的安固性与耐久性。

1 高速公路隧道施工技术概述

在交通基础设施的构建过程中,高速公路隧道的施工

环节至关重要,其进行往往受制于多变的地质状况与施工设备的配置。施工周期的长短、工程的安全性及经济效益,均与隧道施工技术的选型紧密相连,盾构法、喷射混凝土法、开挖法以及顶管法等,构成了隧道施工技术的常见类别。在建筑领域,各类施工方法均须契合特定条件,并各具利弊。在现代隧道施工领域中,盾构法技术因其适用性而成为主流,尤其在城市地下隧道和软土层隧道建设中占据重要地位。

喷射混凝土法是一种常见的隧道支护技术,广泛应用于软弱围岩或渗水地质条件的隧道施工中。初期支护,采用喷射混凝土技术于开挖面,对围岩实施有效稳定,以阻止隧道发生塌方现象,施工过程中采用喷射混凝土技术虽能显著提高作业效率,然而其结构稳定性相较于其他方法有所不足,因此在实际操作中需辅以其他支护措施以保障工程安全^[2]。

2 高速公路隧道质量控制体系

在高速公路隧道建设中,确保质量控制成为维系工程安全与顺利推进的枢纽。在隧道施工阶段,质量问题不仅制约了工程进度的推进,亦对隧道后续的运用安全与持久性构成显著威胁。为确保品质,构建一套健全的管控体系实属当务之急。在隧道施工过程中,对围岩实施监测,此环节至关重要,隧道的施工进度与品质,深受围岩的稳定性所牵连。在构建质量控制体系中,对围岩实施持续监测至关重要,可实时追踪围岩变形与支护结构的稳定性状况,若隧道出现任何异常形态变化或破损的征兆,则亟需迅速实施加固行动,诸如注入浆液、喷射混凝土等措施,从而保障隧道的安全性。

喷射混凝土质量控制至关重要。在隧道施工过程中,喷射混凝土作为一种重要的支护工具,其施工质量直接关系到隧道的支护成效与安全系数。为确保喷射混凝土施工质量,必须严格遵循设计要求,对混凝土配比及施工工艺进行精准控制;施工期间需严格规范喷射作业,对速度、距离及层厚实施精确控制,以此保障混凝土的均质密实,防止形成空洞或裂痕^[3]。

3 高速公路隧道施工技术的实际应用

高速公路隧道施工领域,对多种施工方法的综合运用及具体技术的执行,构成了其实际应用的核心内容。在多样化的施工场景与地质状况下,选择恰当的施工技术与管理控制手段,对提升施工效能与确保隧道品质至关重要。在城市及软土区域,盾构法在隧道施工领域的应用已日趋广泛。在山区或城市地下隧道施工过程中,广泛运用盾构技术进行隧道掘进,同时构建支护结构。在应用盾构机施工过程中,务必依据多样化的地质状况,精准调节土压与平衡盾构的推进速率,软弱土层中盾构机推进,力需精准调节,以防范涌土情形出现。

在高速公路隧道施工过程中,支护工程采纳了喷射混凝土技术,在复杂的软弱围岩区域,该工程初期支护采用喷射混凝土技术,辅以钢拱架加固措施,施工过程中运用喷射混凝土技术,不仅显著提升了工程进展速度,亦大幅增强了支护结构的稳定性。在施工实践中,对喷射混凝土的质量进行严密监控,项目团队依据严格的配比规范,对喷射工艺实施细致监督,以此确保支护结构的整体质量得到稳固保障。

项目团队在实施某山区隧道工程时,采纳了钻爆这一开挖法以执行隧道施工任务。在隧道工程中,鉴于坚硬岩石地质层特性,开挖作业进展缓慢,为确保工程安全,我们采纳了前沿的岩石裂隙探测技术,用以实时监控围岩的稳定性,并根据监测结果灵活调整开挖策略。在施工阶段,强化了对作业人员的安全教育,有效保障了作业的高效率与安全性。在城市道路下方进行隧道施工时,项目组选用了顶管技术进行地下隧道的挖掘作业,施工阶段务必精准

定位管道,以防止对地下设施造成损害^[4]。

4 高速公路隧道施工中的常见问题及对策

4.1 围岩破碎与复杂地质条件的处理对策

在高速公路隧道建设领域,施工环节往往遭遇多样化的地质条件,而围岩破碎及复杂地质环境则是施工阶段频繁遭遇的挑战。隧道施工的顺利与否及安全性,直接受到围岩稳定性的直接影响。在软弱围岩或破碎地质环境下,对隧道支护结构实施独特设计及处理措施,对保障工程稳定性与施工安全至关重要。在软弱围岩施工期间,围岩变形与塌方现象尤为频繁,构成了施工中的常见问题。施工伊始,务必经过详尽的地质勘察与勘探数据分析,以精确评估围岩的稳定性。在隧道施工过程中,坚持先实施支护措施,再进行开挖作业,运用喷射混凝土及钢支撑等手段,旨在确保开挖期间的隧道结构稳定。

对于破碎地质条件,传统的开挖法往往难以应对,容易导致围岩坍塌或产生较大的地面沉降。在这种情况下,隧道施工中常常采用分段掘进法或小断面开挖法。这种方法可以分阶段进行挖掘和支护,不仅减少了地质破坏的范围,也降低了对周围环境的影响。与此同时,对于破碎带及大断面区域,应加大支护强度,及时补充支护,避免破碎带突然崩塌。此外,现代技术的应用也为复杂地质条件下的施工提供了有效对策。地质雷达探测技术、隧道测量仪器以及智能化监控系统可以实时监测围岩的稳定性,及时发现异常情况。这些技术的应用能够帮助施工人员更加精确地应对复杂地质条件,提高施工过程中的安全性和效率。

4.2 施工安全风险管理

在隧道建设过程中,鉴于其作业环境的特殊性,安全风险相对较高,施工安全管理因此成为隧道建设领域的一项关键任务。实施有效的安全风险管理工作,既可保障施工人员生命安全,亦能确保施工进度免受意外事故之扰。施工现场的安全风险,包括塌方、火灾、爆炸、设备故障、人员误操作等。施工单位需全面识别并评估。施工安全隐患源于地质条件复杂,如围岩破碎及地下水位变动等因素,故地质条件评估亟需予以高度重视^[5]。

施工隧道期间,突发状况诸如设备失效与天灾频发,不容忽视。因此,在施工过程中,施工单位务必构建一套周密的应急策略,以便于遭遇突发状况时,能即刻启动并执行一系列高效应对行动。各类风险事件,如火灾、爆炸、塌方和突水等,均需在应急预案中详细列出,同时需明确定义各类应急事件的处理流程、责任分配及协调策略。实施严格的安全教育与培训,旨在增强施工人员的安全意识。施工现场必须确保安全防护设施完善无缺,诸如在隧道口设立醒目的安全警示标识,同时要求人员配备必要的安全防护装备等。定期对施工设备实施检查与维护,以保证其处于优良的工作状态。在作业规程的严格执行下,尤其是涉及爆破设备、开挖机械以及电气设备的操作,务必要保

证操作者接受过专业培训并持有相应资格证书。施工期间,必须强化对周边环境的监测,施工隧道过程中,若遭遇突发地下水涌入及环境突变,亟须对施工区域周边实施即时监控,并部署相应防护手段,以确保施工人员与周边设施免受潜在威胁。

4.3 施工进度与成本控制

高速公路隧道建设领域,施工进度和成本控制环节扮演着至关重要的角色,隧道工程因施工条件复杂及存在诸多不确定性。因此,确保施工进度合理并控制成本,对于项目的圆满完成至关重要。确保施工进度控制的关键在于科学合理地计划和实时跟踪。工程开始前,施工单位需要根据施工任务、技术要求、资源配置等因素,制定详细的施工计划,并明确各个阶段的进度目标。施工期间,必须对进度实施周期性的审查与评价,务必保证各环节准时按计划推进。当项目推进出现延误,务必深入挖掘延误的根源,并迅速实施有效的纠正策略以弥补不足。通过甘特图、关键路径法等工具的应用,能够直观、有效地跟踪施工进度^[6]。

地质环境、施工方法与周期等多重因素交织,对隧道工程的成本波动产生显著影响。针对成本这一重要环节,实施有效的控制策略,必须从多个维度着手,施工筹备阶段,必须对项目所需各项费用实施精确预估,以防止后续施工过程中发生预算超支现象。合理调配施工阶段之材料购置与设备应用,以规避闲置与多余开销之现象。施工实际需求导向下的材料采购,旨在规避库存过剩引发的资金占用问题,成本管理领域,对施工人员的管理与劳动力成本的控制同样占据着举足轻重的地位。实施科学合理的劳动力配置与人力资源调度策略,旨在确保各项任务能够按预定时间与质量要求顺利完成,有效规避因人员配置失误所引起的工程延误或成本攀升。在施工过程中,必须充分预见并应对诸如恶劣气候、设备故障以及现场突发的诸多不确定性因素,诸多不确定因素潜藏风险,足以引发工程延期或成本攀升,故而施工规划中需预先设定时间与预算的弹性空间,以便妥善应对各种意外状况。

4.4 环境影响与生态恢复

在高速公路隧道施工阶段,所产生的噪声、振动、尘土、废水等污染,对周边生态环境及系统施加了诸多压力。实施隧道施工项目时,务必确保工程进度与质量双达标,同时必须全面评估施工对周边环境可能造成的冲击,并采纳切实可行的环保手段,实施生态修复工作。在隧道施工环节,爆破作业与机械设备的运用,均引发了显著噪声及振动现象,为有效降低施工噪声。施工单位需实施一系列

降噪策略,包括选用低噪音的设备,并对相关设备进行隔音处理等措施,为降低噪声的扩散范围,须设置隔离带与缓冲区,以防止对周边居民与生态环境产生负面影响^[7]。

在隧道施工环节,尤其是进行开挖作业时,将产生数量可观的尘土。在施工场地,施工单位可部署喷雾降尘设备以减轻尘土污染,实施定期的场地清洁,并运用湿法作业手段抑制尘埃飘散。此外,在干旱或风大的气候环境中,应严格规避施工活动,施工过程中产生的废水与废弃物,需遵循环保规定的指导原则予以妥善处理,在排放前,对含有油污和化学物质的废水必须经过沉淀池、过滤池等净化型设施的严格净化程序,对废弃物进行分类,确保其得到及时清理,从而有效防止环境污染,隧道施工圆满结束后,生态恢复成为一项不容忽视的重要步骤,施工告一段落,务必对施工场地及毗邻的生态环境进行生态修复,选择恰当的植物进行栽种,修复土壤构造,阻遏水土流失现象,力图使施工前后的生态景观得以最大程度还原。

5 结语

本论文聚焦于高速公路隧道施工技术的进步及质量控制领域的最新进展,深入剖析了多样化的施工技术,并详尽探讨了相应的质量控制策略,旨在为施工现场提供坚实的科学与实用的操作指导。技术不断进步,施工经验日益丰富,我国未来高速公路隧道建设在效率、安全与品质方面将不断优化,助力高速公路建设迈向更高水准。

【参考文献】

- [1]王鼎.高速公路路基施工技术及其质量控制[J].汽车画刊,2024(9):218-220.
 - [2]李顺兵.高速公路隧道施工技术与质量控制分析[J].交通科技与管理,2024,5(16):76-78.
 - [3]杨颖斐,顾敏,潘嵩崧.高速公路隧道施工技术与质量控制研究[J].工程建设与设计,2024(12):218-220.
 - [4]肖大强.高速公路隧道施工技术与质量控制研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(18):138-140.
 - [5]李开鹏.论公路隧道施工质量控制的关键技术[J].全面腐蚀控制,2024,38(5):43-45.
 - [6]郑海东.高速公路隧道施工技术与质量安全控制策略研究[J].运输经理世界,2024(11):80-82.
 - [7]窦晨阳.高速公路隧道施工技术与质量控制分析[J].工程建设与设计,2023(22):149-151.
- 作者简介:薛广彬(1991.2—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆生产建设兵团交通建设有限公司,职称级别:中级。