

高速公路隧道施工技术与质量控制研究

马永伟

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] 公路交通建设领域, 隧道工程伴随高速公路建设的脚步不断前行, 其地位愈发凸显。对隧道建设而言, 处理地质环境与实施施工过程中, 需应对技术挑战及确保质量管控的艰巨任务, 高速公路隧道施工技术发展态势的探究, 对其发展现状及质量控制关键环节进行深入剖析, 通过对高速公路隧道施工过程中所遭遇的围岩稳定性、施工安全与进度管理等方面的问题进行深入剖析, 进而形成了一套切实可行的技术应对措施与质量控制手段。在隧道建设过程中, 科学选取施工技术, 构建完善的质量监管体系, 并强化施工期间的实时监控与即时反馈。对于保障隧道工程品质至关重要, 针对高速公路隧道施工领域, 本研究所提供的理论依据和实践指导, 对技术创新与质量提升起到了关键作用。

[关键词] 高速公路隧道; 施工技术; 质量控制; 围岩稳定性; 安全管理

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15080

中图分类号: U455.91

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Quality Control of Highway Tunnels

MA Yongwei

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

Abstract: In the field of highway transportation construction, tunnel engineering has been continuously advancing with the pace of highway construction, and its position has become increasingly prominent. For tunnel construction, dealing with geological environment and implementing construction process requires tackling technical challenges and ensuring quality control. The exploration of the development trend of highway tunnel construction technology deeply analyzes its current development status and key quality control links. Through in-depth analysis of the problems encountered in the stability of surrounding rock, construction safety, and progress management during highway tunnel construction, a set of practical and feasible technical response measures and quality control methods have been formed. In the process of tunnel construction, scientifically select construction techniques, establish a sound quality supervision system, and strengthen real-time monitoring and feedback during the construction period. It is crucial to ensure the quality of tunnel engineering. In the field of highway tunnel construction, the theoretical basis and practical guidance provided by this research institute have played a key role in technological innovation and quality improvement.

Keywords: highway tunnels; construction technology; quality control; rock stability; safety management

引言

高速公路作为国家交通网络的关键组成部分, 伴随着交通设施飞速进步, 正肩负起满足日益上升的交通需求的重任。在复杂地质条件与自然环境约束之下, 高速公路隧道成为不可或缺的工程设施, 其频繁涌现于山区、河流及城市等地形复杂地带^[1]。在隧道施工过程中, 地质条件构成了巨大挑战, 同时围岩稳定性、施工安全、施工进度与成本控制等诸多技术问题亦亟待解决。为确保高速公路隧道工程的安全与稳步推进, 提升隧道施工技术水平与强化质量控制已成为至关重要的举措。隧道施工的顺利推进, 离不开技术的高效运用与质量控制的不懈执行, 二者并驾齐驱, 构成了工程进展的坚实基础。科技的飞速发展催生了隧道施工技术的革新, 而先进设备与监控系统的广泛应用, 显著提升了施工质量精细度。在施工过程中, 随着质量体系的持续优化, 管理效率得以显著提升, 从而保障了施工进度平稳推进。

1 高速公路隧道质量控制体系

高速公路隧道作为重要的交通设施, 其施工质量直接

关系到隧道的安全性、使用寿命以及道路的通行能力。因此, 建立科学、系统的质量控制体系对于确保隧道施工质量至关重要。隧道施工的质量控制不仅涉及施工过程中的每一个环节, 还涵盖了设计、施工、验收等多个阶段。为了确保隧道施工质量, 必须在全过程中实施严格的质量管理, 从而有效预防和消除可能的质量隐患。

实施高速公路隧道施工项目时, 普遍采纳 ISO 9001 等国际标准体系, 并融入国家与地方相应质量管理规范, 构建覆盖全流程、涵盖全员的质量管理架构。该项目所涉体系, 全面覆盖设计、施工、监理及验收等各个步骤, 旨在确保各环节质量控制措施得以有效施行。在设计阶段, 设计机构需参照地质勘探文件与施工条件之规定, 审慎选取隧道架构样式及施工程序, 以确保后续建设之品质安全。施工阶段, 施工单位依据设计图纸及施工方案, 务必确保所用材料和工艺均满足规范要求。施工操作须严格遵守标准流程, 防止因操作失误或材料质量不达标引发质量问题, 质量管理人员需在施工过程中专设岗位, 全过程监督与管

理。在施工环节,通过周期性巡查、常规巡视及专项审核等多种方式,对材料、设备、工艺流程及环境因素实施严格监控和细致检验^[2]。

质量控制的技术手段和先进设备的使用,能够有效提高施工质量的监控能力。技术不断进步,现代隧道施工领域越来越多地采纳高科技手段以强化质量控制。在隧道建设过程中,所采用的数字化监控系统凭借实时传感器技术,对围岩状态实施严密监控,并将监测数据通过信息化途径即时传输至施工管理平台,以便项目负责人及监理机构审阅。隧道施工领域日益广泛地采用建筑信息模型,即 BIM 技术,借助 BIM 技术,以虚拟建模为手段。通过对隧道方案设计、施工流程与进度实施全维度模拟,旨在预先揭示设计及施工环节中潜在问题,进而提升施工品质。在隧道施工工程圆满结束后,务必执行严谨的验收流程,以保障隧道各项技术参数与既定设计及规范相吻合。实施隧道结构质量审核、施工成效评价及安全设施检视等一系列行为,构成验收工作的主要内容。正式投入使用的先决条件是隧道质量需满足既定标准,质量管理部门与施工单位需协同构建一套实时监控与反馈的质量管理体系。

2 高速公路隧道施工技术的挑战

交通需求的持续增长使得隧道这一关键交通节点在建设过程中遭遇了诸多挑战。针对高速公路隧道施工领域,确保施工品质、保障施工安全、攻克地质挑战、优化施工节奏,这些已成为工程建设领域亟待破解的难题。众多隧道工程路径横跨山岭、河流及错综复杂的地下岩石层,若遭遇不稳定围岩或地下水灾害,施工安全与进度将遭受严重影响。在地质条件复杂的区域,诸如软弱围岩地带、断层以及地下水丰富的区域。隧道施工过程中,常常遭遇坍塌、涌水等风险,这些问题给工程安全埋下巨大隐患。在隧道施工领域,探讨如何高效实施地质勘察与预判,以便在施工前预见并处理可能出现的地质难题,构成了一个关键议题。在施工过程中,工作人员通常运用诸如超前地质预测、锚杆加固以及喷射混凝土等方法以实现结构加固,然而,这些方法往往因技术复杂性高、经济投入大等难题而备受挑战^[3]。

在隧道施工过程中,由于环境密闭、通风不佳、施工空间受限,施工人员需承受高温、高湿及地下水渗透等多重风险,一旦发生事故,不仅可能造成人员伤亡,亦可能导致设备损毁。严格的安全管理是隧道施工过程中爆破作业、机械操作及地下水处理环节的必要前提。在深层次隧道挖掘作业中,由于围岩的不稳定性以及施工流程的繁复性。施工环节蕴含着诸多难以预料的潜在风险,施工现场的安全防护措施强化与施工人员安全意识提升,辅以现代科技如智能监控与实时数据传输技术,构成施工安全监测的关键路径。

隧道建设周期长、工程复杂,施工进度受多种因素影

响,包括天气变化、设备故障、人员流动等。工程延误不仅增加了项目的成本,还可能影响到高速公路整体的建设计划。众多工程项目采纳项目管理信息系统(PMIS)与建筑信息模型(BIM)等前沿技术,以数字化手段强化进度监控与资源分配,从而优化施工规划,确保工程进度严格遵循预定时间表推进。对于确保工程质量的同时,如何有效遏制工程成本的增长,并对施工费用进行科学规划。

在隧道开挖作业中,施工产生的噪声、振动、粉尘及废弃物处理,均对周边环境产生了不可忽视的负面影响。日益严苛的环保法律框架下,项目施工过程中如何降低对邻近生态环境的负面影响,已成为建设主体亟需应对的难题。施工过程中,项目往往须编制严谨的环境影响评价文件,并执行包括噪声排放管控、渗漏水控制以及废弃物处理在内的多项环保行动^[4]。

3 现代信息技术在隧道施工中的应用

3.1 数字化、自动化施工技术

在高速公路隧道施工领域,数字化与自动化施工技术的运用正日益凸显其重要性,它们共同构成了提高施工效率、保证施工品质、降低安全风险的基础。信息技术与工程技术的进步,促使隧道施工模式从传统走向数字化、自动化,为工程管理及施工流程带来了全新的解决方案。全面监控与优化施工进度,信息化手段在数字化施工技术中扮演关键角色;而自动化施工技术借助智能设备与自动化系统,显著提高施工操作的精确度与效率。

监控与管理施工过程,数字化施工技术凭借计算机、传感、云计算、大数据等高科技手段,居于核心地位。在隧道建设环节,施工人员依托实时采集的数据手段,对地质条件、工程进度、人民生命安全实施全方位的动态监控,确保各施工阶段的作业得以精确执行。实施地质监测设备安装,实时跟踪围岩稳定性及地下水位变化等关键参数,以保障隧道施工过程的安全可控。施工过程中,数字化技术的应用显著增强了工程的可视性。借助数字化平台,施工人员与管理者得以实时监控施工进度、预算管控与人员调配状况,并据此做出迅速调整,以最大限度地减少施工过程中的误差与资源浪费。

运用现代机械设备与机器人,自动化施工技术得以实现,此技术显著降低人工操作,并大幅提升施工的精确度和安全性。在隧道开挖作业中,借助自动化钻孔机、液压支护系统、喷射混凝土机等关键设备,能够在较短周期内高效完成大规模的施工项目,并确保施工的精确度。在施工环节,自动化设备借助自动控制系统实施实时调节,旨在确保其始终保持最优工作状态,进而有效提升作业效率并大幅减少设备故障发生率。在实施高风险作业环节时,采用自动化施工技术,有效减少了人工操作的必要性,显著降低了事故发生概率,从而极大提升了施工作业的安全性^[5]。

3.2 智能监测系统与实时质量反馈

在高速公路隧道施工领域,智能监测系统及实时质量反馈技术的运用,显著提升了施工的安全性以及施工质量的可控程度。在隧道施工领域,面对复杂的地质状况以及突发性的环境变迁,无疑对工程的安全性与品质构成了极大的挑战。实施智能监测系统,实时收集隧道施工过程中的各项数据,迅速响应施工中的异常情况,从而保障施工过程的安全与规范运行。

能监测系统是基于现代传感技术、无线通信技术、物联网技术等多项技术集成的系统,能够实时监控施工现场的各类动态数据。安装于施工场地的各类传感器,诸如温度、压力、位移、应变等,能够对围岩稳定性、施工材料品质及设备运作状况等关键数据进行实时跟踪,实时分析处理数据任务,中央控制平台依托无线网络,由管理人员担当。施工过程中,该智能监测系统能有效抑制由施工失误或设备故障诱发的各类安全危机,同时迅速实施调整措施,保障施工环境始终维持安全态势。质量反馈功能由智能监测系统实时提供,它协助施工单位迅速识别施工过程中的问题,进而实施相应的整改策略。在隧道施工阶段,施工单位运用智能监测系统,对围岩变形、支护结构稳定性及开挖进度进行实时监控,以确保各项施工质量指标均处于可控区间内。在监测数据呈现异常状况之际,系统即刻触发预警信号,以便相关人员能迅速介入分析并实施应急措施,防止因问题未能及早发现而演变成更为严重的质量事故^[6]。

3.3 BIM技术在隧道施工中的应用

在隧道施工领域,BIM技术这一创新的工程技术手段,近年来已被广泛采纳,展现出其独特的应用价值。隧道施工中,BIM技术凭借其构建的三维建筑模型,有效整合了设计、施工及运维信息,大幅增强了数据支撑与决策效能。在现代隧道施工领域,其应用显著提高了施工效能,并优化了质量控制、风险管理以及协同作业等多个方面,从而确立为关键技术之一。三维模型构建是BIM技术核心,它能集成隧道结构、地质条件、施工工艺及材料信息,进而营造一个虚拟施工场景。借助此模型,施工人员得以在工程动工前对施工全流程进行仿真,对潜在问题进行预判,并据此制定应对预案。施工隧道时,BIM模型能够对围岩变动进行仿真,同时监控支护结构状况及施工机械运行状况,进而助力施工人员科学制定施工计划,有效保障施工环节的安全与效率。

实施质量控制,BIM技术为各施工环节精准导航,力

保施工依照既定标准和规范稳妥推进。BIM技术凭借与其他信息系统的融合,实现了对施工质量的实时监控,从而确保各道工序的标准得以严格执行。在施工环节中,一旦出现质量问题,BIM系统便会即刻触发警报,并迅速与现场施工人员取得联系,旨在快速定位问题根源,确保及时进行纠正措施。对隧道施工而言,设计、施工与监理等环节间的交流多依托于二维图纸与书面资料,常导致信息不对等及沟通阻塞现象,实时可视化的数字模型,由BIM技术提供,使所有参与方能在统一平台上同步查看、编辑与交流信息,显著增强了团队协作效能。无论是涉及设计调整、物料选型、工程进度的调整,抑或质量把控,BIM技术的应用使得管理过程变得更为清晰,有效降低了信息传递过程中的失误与拖延^[7]。

4 结语

高速公路隧道施工技术 and 质量控制的研究,涉及多个方面的创新和提升。从施工技术到质量管理体系的完善,再到智能化、数字化技术的应用,都为提升隧道施工质量和效率提供了新的解决方案。未来随着技术的不断进步,更多先进的施工技术和质量管理手段将会应用于隧道施工中,进一步提高隧道建设的安全性、效率和可持续性。因此,隧道施工领域的技术创新和质量管理将继续成为推动基础设施建设现代化的重要动力。

[参考文献]

- [1]范传景,李俊,黄浩.高速公路隧道施工安全管理策略研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(31):61-63.
 - [2]王刚.高速公路隧道施工安全管理与事故预防措施[J].汽车周刊,2024(11):171-173.
 - [3]徐青原.高速公路隧道施工管理存在的问题及应对措施分析[J].工程建设与设计,2024(3):248-250.
 - [4]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.
 - [5]张成雷,王松,石海龙,等.高速公路隧道施工技术及管理控制要点[J].工程技术研究,2023,8(21):50-52.
 - [6]郭光义,王芳文.高速公路隧道施工中的技术及质量控制[J].四川建材,2023,49(6):192-194.
 - [7]袁永毕.高速公路隧道施工技术与质量管理分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(15):107-109.
- 作者简介:马永伟(1989.4—),毕业院校:河南城建学院,所学专业:给排水,当前工作单位:新疆生产建设兵团交通建设有限公司,职称级别:中级。