

高速公路隧道施工技术与质量控制分析

刘文涛

四川路桥桥梁工程有限责任公司

摘要：高速公路作为现阶段社会发展的关键性设施，随着城市化进程的加快，高速公路的规模不断扩大，隧道作为高速公路的重要组成，也就成为施工的要点，需要相关人员加强对其的重视。但是实际作业环节，高速公路的隧道施工需要对各种地质状况进行分析，再加上技术要求较高，施工环节就存在一些难点，制约作业的落实。此背景下，本文就从高速公路隧道施工入手，通过文献综述等方式分析施工可能存在的难点，并且探究质量控制策略，以保证隧道的质量。

关键词：高速公路隧道；施工技术；材料选择；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.15.067

前言

高速公路隧道作为重要交通设施之一，一直是交通发展的关键，而且由于隧道施工对于质量的要求较高，相关人员进行作业时存在一些质量问题，影响交通行业的发展。此背景下，就要求相关人员加强对隧道施工的重视，根据高速公路经行区域的地质状况、环境状况以及施工技术，分析可能存在的施工技术问题，并且制定针对性地解决策略，对可能存在的质量状况进行治理，以保证隧道施工的质量。

一、高速公路隧道施工特点

（一）环境恶劣

高速公路隧道施工的环境恶劣特点包括以下几个方面：首先是空气环境差，隧道内空气不流通，会积累大量尘土、废气和有害气体，如CO、CO₂、NO_x等，对施工人员造成危害；其次是光照不足，隧道内光线昏暗，需要额外增加照明设备；之后还存在施工条件限制，由于空间狭小、隧道内曲线多、坡度大等原因，施工条件非常困难，需要使用特殊的设备和技术；然后是安全风险高，施工过程中可能会发生爆炸、坍塌、火灾等事故，安全风险较高；此外是噪声污染严重，隧道内机械设备运转声音大，对周围居民产生噪声污染^[1]。这些难点的存在直接影响隧道施工的落实，需要相关人员进行深入分析。

（二）隐蔽性项目多

高速公路隧道施工环节，相较于传统的施工项目来说，高速公路隧道施工具有更多隐蔽性的项目：首先是地下施工，隧道施工通常是地下进行，相比于地面上的建筑工程，更具有隐蔽性。这使得施工活动不会对周边交通和居民产生过大的影响；其次是材料运输隐蔽，隧道施工需要大量的材料和设备，为了保证隐蔽性，施工

单位通常会采取隧道内部的运输方式，如使用施工专用车辆或通过轨道运输系统；然后是声光效果处理，为了减少对周边环境的干扰，施工单位通常会采取一系列措施来减少噪音和光线污染，如使用隔音、隔尘设备，调整施工时间等。这些隐蔽性的项目直接影响施工水平，需要相关人员加强对其的重视。

（三）不确定因素影响

除却上述条件之外，高速公路隧道施工还存在一些不确定因素，需要相关人员进行分析。首先是地质条件，地质情况是影响隧道施工的重要因素，不同地质条件下的隧道施工所面临的挑战和风险有很大差异，例如岩层稳定性、地下水情况、地质构造等都会对施工产生影响；其次是突发事件，在施工过程中，可能会遇到各种突发事件，如地质灾害、恶劣天气、设备故障等，这些事件可能会导致施工计划调整、安全风险增加；然后是管理和协调，复杂的隧道工程需要严密地管理和协调，如果管理和协调出现问题，可能会导致施工进度延误、资源浪费等情况。这些状况也会影响隧道质量，需要相关人员结合实际进行设计。

二、高速公路隧道施工技术要点

（一）隧道形式选择

实际施工环节，选择适合的隧道形式是一个重要的决策，直接影响隧道的质量，作业环节就需要合理地选择隧道形式。现阶段常见的隧道形式有圆形、马蹄形、拱形等多种形式，在选择时需根据地理环境、土质情况、交通状况等因素综合考虑。对于较长的高速公路隧道，圆形隧道是较为合适的选择；对于较短的隧道，则可以采用其他形式。

（二）材料选择

在高速公路隧道施工中，材料选择对于隧道的安全、耐久性和效益具有重要影响，需要相关人员结合实际进行设计。首先，隧道的内衬材料通常选择混凝土、钢筋混凝土或者预制板等；其次，在隧道支护方面，常用的支护材料包括锚杆、锚索、喷射混凝土和钢支撑等；之后，在排水材料方面，常用的排水材料包括排水管、排水沟和防水涂料等；在防火材料方面，需要选择具有良好阻燃和耐高温性能的材料。这样进行材料选择才能够保证隧道的质量。

（三）施工方法选择

在高速公路隧道施工中，选择合适的施工方法是非常重要的，可以影响到施工效率、质量和安全，现阶段常见的隧道施工方法主要有开挖法、盾构法、爆破法、冻结法以及钻爆法等。选择合适的施工方法需要综合

考虑地质条件、施工技术、安全性和经济效益等因素。在实际施工中，可能需要结合多种施工方法进行组合使用，以达到最佳的施工效果。

三、高速公路隧道施工技术类型

(一) 掘进施工技术

掘进施工技术是常见的隧道施工技术之一，主要包括以下技术，需要相关人员结合实际进行分析。现阶段的常见的掘进施工技术主要有顶管法、盾构法、钻爆法、冻结法以及液压劈裂法等，不同技术适用于不同的地质状况中。所以选择合适的掘进施工技术需要综合考虑地质条件、施工技术、安全性和经济效益等因素。在实际施工中，可能需要结合多种掘进施工技术进行组合使用，以达到最佳的施工效果。同时，在掘进施工过程中要严格遵守安全规范，保障施工人员的安全。

(二) 支护施工技术

支护施工技术也是常见的技术手段之一，它可以确保施工过程中的安全性和隧道的稳定性。实际作业环节，要求相关人员通过预制混凝土衬砌、钢支撑、预应力锚杆、土钉墙以及喷射混凝土支护等方式，对隧道进行支护。而且选择合适的支护施工技术需要综合考虑地质条件、施工技术、经济效益和工期等因素。同时，在支护施工过程中要严格按照设计规范和施工要求进行操作，确保施工质量和施工安全。

(三) 排水施工技术

在高速公路隧道施工中，排水施工技术是非常重要的，它可以有效地控制地下水位和地表径流，确保隧道施工过程中的安全性和施工质量。现阶段常见的排水施工技术主要有土工合成材料选择、排水管道设计、排水孔设计、泵站处理以及膜材料等。实际作业环节，选择合适的排水施工技术需要综合考虑地质条件、施工技术、经济效益和施工安全等因素。同时，在排水施工过程中要严格按照设计规范和施工要求进行操作，确保排水效果和施工质量。

(四) 隧道通风技术

在高速公路隧道施工中，隧道通风技术是非常重要的，它可以确保隧道内的空气流通，控制温度、浓度和有害气体的扩散，保障隧道施工过程中的安全性和施工质量。实际作业环节，常见的通风施工技术主要有纵向通风系统设计、横向通风系统设计、压力差通风系统设计、废气抽排系统设计以及紧急通风系统等，这些系统的设计就能够保证隧道的通风。而且实际作业环节，选择合适的隧道通风技术需要综合考虑隧道长度、交通量、地质条件和施工安全等因素。同时，在通风施工过程中要严格按照设计规范和施工要求进行操作，确保通风效果和施工质量。

(五) 瓦斯检测技术

在高速公路隧道施工中，瓦斯检测技术是非常重要的，它可以及时监测隧道内的可燃性气体，如甲烷、乙烷等，并预警和采取相应的措施，确保施工过程中的安

全性和施工质量。实际施工环节，要求设计人员通过安装固定式气体检测仪、使用便携式气体检测仪、利用无人机进行瓦斯监测、使用瓦斯检测车辆以及安装气体报警器具等手段对瓦斯进行检测，及时地对空气进行处理。而且选择合适的瓦斯检测技术需要综合考虑隧道长度、地质条件、施工安全要求和预算等因素。同时，在瓦斯检测过程中要严格按照相关规范和标准进行操作，确保检测精度和施工安全。

(六) 不良地质处理技术

不良地质条件包括软土、弱岩层、断层、溶蚀岩等，这些地质条件可能对隧道的施工和运营带来不利影响。所以在高速公路隧道施工中，遇到不良地质条件是一种常见的挑战。实际作业环节，需要相关人员通过土体加固、支护结构设计、断层处理以及溶蚀岩处理等手段对不良地质状况进行治理。而且在处理不良地质条件时，需要根据具体情况制定合适的处理方案，并严格按照相关规范和标准进行操作。同时，需要加强监测和预警，及时掌握地质条件的变化，以便采取相应的措施保障施工的安全和质量。

(七) 突水突泥处理技术

在高速公路隧道施工中，突水和突泥是常见的地质灾害问题。突水指的是在隧道施工过程中，地下水突然涌入隧道中，造成隧道内部积水；突泥是指在隧道施工中，遇到含水层或水溶解岩层，导致岩体松散，产生泥水流。常见的突水突泥处理技术主要有预排水、隧道封闭及堵漏、排水系统设计、加固和防护措施以及定期监测等，需要注意的是，在处理突水突泥问题时，应充分考虑地质条件和工程安全要求，选择适当的处理技术，并严格按照相关规范和标准进行操作。同时，隧道施工过程中应建立完善的应急预案和安全管理制度的，以确保施工的安全性。

四、高速公路隧道施工质量控制

(一) 强化质量监控力度

在高速公路隧道施工中，质量控制是确保隧道施工质量符合规范和标准的重要环节，实际作业环节，就需要相关人员通过以下手段进行监控强化。一是建立完善的质量管理文件和制度，并明确各个环节的责任和要求。包括编制质量计划、执行质量检查和验收等程序，确保每个施工环节都符合规范和标准；二是借助先进的自动化和数字化技术，实时监测施工过程中的关键参数和数据。例如，可以使用传感器和监测设备对隧道内的温度、湿度、位移等进行监测，并将数据实时传输到中央控制系统，以便及时发现异常情况并采取相应的措施；第三，需要通过加强质量检测 and 测试，确保材料和施工工艺符合相关标准和规范。可以进行材料的抽样检测、强度测试、密实度检测等，以确保材料和施工质量的合格性；四是加强对关键环节和节点的质量控制。例如，在支护结构施工中，严格控制混凝土配合比、摊铺厚度、养护等，确保支护结构的稳定性和耐久性；此外

还可以请专业监理机构参与施工监管工作,进行质量检查、验收和评估。第三方评估可以提供客观的意见和建议,确保施工质量符合规范和标准^[2]。通过全面的质量管理体系、自动化和数字化技术的应用、严格的质量控制措施以及监理和第三方评估的参与,可以有效提升隧道施工质量的监控和管理水平。

(二) 重视人员培训

高速公路隧道施工质量控制的人员培训是确保工程安全、提高施工质量的关键环节。高质量的隧道施工不仅需要先进的技术和设备,更重要的是需要拥有专业知识和技能的施工团队。实际作业环节,需要相关人员结合实际进行设计,并且通过以下手段开展人员培训作业:一是要进行基础教育和安全培训,要强调安全教育,确保每位员工都能够理解和遵守安全规程,预防事故发生。还需要培训基础知识,包括隧道施工的基本原理、施工方法、材料知识等,为员工打下坚实的理论基础;二是要进行技术和操作培训,需要针对不同岗位的技术要求,进行专业技能培训,如爆破作业、支护施工、防水处理、混凝土浇筑等。而且实操培训是提高施工质量的关键,应通过模拟施工现场的方式,让员工熟悉各种设备的操作流程和注意事项;三是进行质量控制与管理培训,应详细介绍国家和行业的质量标准、规范和要求,使员工清楚掌握施工质量的评价标准。还需要培训如何进行质量检查、问题诊断和处理,以及如何使用质量管理工具和软件;四是引进先进技术和创新方法,随着科技的发展,新技术、新材料、新设备不断涌现。定期举办新技术培训,使员工掌握最前沿的施工技术。还可以通过分析国内外隧道施工的成功案例和失败教训,提高员工的问题解决能力和创新思维;五是进行软技能培训,需要提高团队成员之间的沟通与协调能力,促进团队合作,有效解决施工过程中的问题。并且培训员工面对突发情况的应急处理能力,如地质灾害、设备故障等。实际来看,通过全面、系统的培训,可以显著提升施工团队的专业水平和工程质量,确保高速公路隧道的安全、稳定和长久使用。

(三) 规范施工验收

高速公路隧道施工质量控制的施工验收规范是确保隧道施工质量符合规范和标准的重要环节,需要相关人员通过以下手段进行落实:一是明确施工验收标准,应明确隧道施工的验收标准和验收内容,包括各个环节和关键节点的验收要求。例如,针对隧道结构、支护体系、排水系统、通风系统等方面制定相应的验收标准;二是建立验收程序,需要建立完善的施工验收程序,明确验收的流程、方法和要求。包括验收前的准备工作、验收中的检查内容和程序、验收后的处理和记录等;三是考验验收人员资质,应确定具备资质和经验的验收人员,他们应具备相关专业知识和技能,能够独立、客观地进行验收工作;四是验收文档和记录,需要对每次验收都应做好相应的验收文档和记录,包括验收

报告、验收记录、验收意见等。这些记录是验收结果的依据,也是后期追溯和管理的重要依据;此外,需要对不同的施工环节,可以制定相应的验收规范和标准,例如隧道结构的验收、支护体系的验收、排水系统的验收、通风系统的验收等^[3]。通过严格执行施工验收规范,可以有效确保隧道施工质量的合格性,提高隧道工程的安全性和可靠性。

(四) 优化工艺及资源

高速公路隧道施工质量控制资源工艺优化也是实现高效施工和优质工程的重要手段,需要施工人员通过以下手段进行设计:一是进行施工方案优化,针对不同的隧道施工工况和地质条件,制定适合的施工方案和工艺流程。例如,对于复杂地质条件的隧道,可以采用盾构法等先进的施工技术;二是进行资源配置优化,对施工过程中的人力、物资、设备等资源进行合理配置和优化。例如,将施工人员和设备合理分配到各个施工区域,防止资源浪费和重复投入;三是进行施工组织优化,应建立科学合理的施工组织机构,明确不同岗位的职责和工作要求。加强各工种之间的协作和配合,提高施工效率和质量;四是进行施工管理优化,需要加强施工管理,严格执行施工标准和规范。例如,对施工现场进行日常巡查和监督检查,及时发现和处理施工过程中的问题;五是进行技术创新优化,需要积极引进和推广先进的施工技术和装备,不断提升施工效率和质量。例如,采用数字化施工技术,实现施工过程的信息化和智能化;此外还需要重视环保节能优化,应在施工过程中注重环境保护和资源节约,采取可持续发展的施工方式。例如,采用环保材料和节能设备,减少施工过程中的能源消耗和污染排放^[4]。通过以上资源工艺优化的措施,可以实现高速公路隧道施工的高效、安全、环保和节能,提高施工效率和质量,为建设优质工程提供有力支撑。

结语

综上所述,高速公路隧道的施工技术和质量控制是高速公路建设中一个重要的组成部分。了解隧道施工技术和质量控制方法,有助于有效降低隧道建设成本,提高工程质量,并降低由于建设过程中出现的各种潜在问题诱发事故的可能性。实际作业环节,就需要相关人员通过工艺资源优化、验收规范以及监理强化等手段,保证隧道施工的质量。

参考文献

- [1] 张文权. 高速公路隧道施工技术与质量控制研究[J]. 大众标准化, 2022, (04): 22-24.
- [2] 严开义. 高速公路隧道施工技术与质量控制研究[J]. 运输经理世界, 2021, (16): 100-102.
- [3] 李勇. 高速公路隧道施工技术与质量控制探究[J]. 江西建材, 2021, (05): 142+146.
- [4] 吴海宇, 周亮, 杨峻熙等. 公路隧道施工技术与质量控制分析[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(08): 151-152.