

隧道施工质量控制的关键技术研究

王重庆

浙江公路水运工程监理有限公司 浙江 台州 318000

摘要：随着现代交通建设的快速发展，隧道工程在交通网络中的地位日益重要。隧道施工质量控制不仅关乎工程安全与质量，还直接影响交通系统的整体效能。本文旨在探讨隧道施工质量控制的关键技术，包括不良地段、塌方、断层及钻爆作业等特殊条件下的施工技术，并提出施工质量管理优化策略，以为隧道工程提供理论支持与实践指导。

关键词：隧道施工；质量控制；关键技术；研究

引言：隧道工程，作为现代交通体系的动脉，其施工质量控制的重要性不言而喻。在科技日新月异的今天，隧道施工技术虽已取得显著进步，但复杂多变的地质条件、严格的环保要求以及日益提升的安全标准，使得质量控制面临前所未有的挑战。深入剖析隧道施工中的关键技术难题，不仅是对现有施工技术的优化与升级，更是对未来隧道工程发展趋势的前瞻性探索。此举对于推动隧道工程建设向更高水平迈进，保障交通网络的安全稳定运行，具有深远的战略意义和现实意义。

1 隧道施工质量控制的概念

隧道施工质量控制是公路工程建设中至关重要的环节，它贯穿于隧道施工的全过程，旨在确保隧道结构的安全性、稳定性和耐久性。隧道施工质量控制是一个全面、系统且复杂的任务，涉及多个方面的管理和控制。第一，隧道施工质量控制始于详尽的地质勘察与超前地质预报。在隧道开挖前，必须准确掌握隧道穿越区域的地质条件，包括岩层分布、地下水情况、断层破碎带等，以便制定合理的施工方案和应对措施。超前地质预报技术的应用，能够提前预警潜在的地质风险，为施工提供科学依据。第二，施工过程中的质量控制是隧道施工质量的核心。这包括对施工材料、施工工艺、施工机械设备的严格把关。施工材料需经过严格筛选和检测，确保其质量符合设计要求；施工工艺需遵循既定方案，实施光面爆破、合理支护、及时衬砌等措施，以控制超欠挖、保证隧道净空和支护质量；施工机械设备应性能稳定、操作规范，确保施工效率和安全。第三，隧道施工质量控制还强调对关键工序和隐蔽工程的监督与检查。如隧道开挖后的初期支护、防水层铺设、二次衬砌施工等，均需进行严格的质量检验和验收，确保每一道工序都达到设计要求^[1]。同时，建立健全的质量管理体系和档案管理制度，对施工过程中的质量问题进行记录、

分析和处理，以便及时纠正和预防类似问题的发生。

2 隧道施工质量关键技术

2.1 不良地段隧道施工技术

在应对不良地质条件下的隧道施工时，除了上述提到的前期勘察、方案制定与应急准备外，还需深入细化施工技术措施。对于负荷裂隙频发地段，可采用超前注浆加固技术，通过注浆管向裂隙内注入高强度浆液，增强围岩的整体性和稳定性，减少开挖过程中的坍塌风险。同时，结合信息化施工手段，利用现代监测设备对隧道开挖面及周围岩体的应力、变形进行实时监测，确保数据及时反馈至项目管理层，以便迅速调整施工方案或采取必要的加固措施。此外，在不良地段隧道施工中，还应强调动态设计与施工的理念，即根据地质勘察结果和现场实际揭露的地质情况，灵活调整隧道开挖方法、支护结构和衬砌参数，确保施工措施与地质条件相适应。加强施工人员培训，提高其对不良地质条件的识别能力和应急处理能力，确保在紧急情况下能够迅速、准确地采取相应措施，保障施工安全^[2]。

2.2 遭遇塌方隧道施工技术

隧道施工质量的关键技术主要包括超前支护技术和超短台阶法。在施工中，针对不同级别的围岩，如IV级、V级，常采用超前小导管支护方式，遵循“短台阶、强支护、早成环、紧二衬”的原则。超前小导管安装需精细操作，确保注浆效率，以提升围岩稳定性。同时，超短台阶法也常用于隧道开挖，初期支护中迅速形成封闭环，以增强超前支护的稳定性和承载力。当隧道施工遭遇塌方时，需迅速而谨慎地处理。首先，应详细观测塌方范围、形状及地质构造，查明原因和地下水活动情况，制定针对性处理方案。对于小塌方，可加固坍塌体两端，喷射混凝土或锚喷联合支护封闭坍塌，随后清渣。大塌方则需先稳固围岩体和渣体，采取管棚法和注浆固

结法,待稳定后逐步清除渣体,并注意防排水工作,防止坍方扩大。在处理塌方时,尤其要注意地质条件差的地段,需加强防排水措施,防止地表水灌入塌方地段。同时,支护和衬砌工作需根据坍穴大小和地质情况加强处理,确保衬砌背后与坍穴洞孔周壁间紧密支撑。对于特大坍方,还需采取特殊处理措施,如地表揭开进行明处理等。

2.3 断层地段隧道施工技术

针对断层地段的隧道施工,技术挑战尤为严峻,因此,深入细致的断层分析与精准施策是确保施工安全与质量的关键。施工人员需充分利用地质勘探资料,结合现场实际情况,对断层的位置、规模、性质及其对隧道施工的具体影响进行全面评估。在此基础上,制定针对性的技术解决方案,既要考虑断层处理的有效性,又要兼顾施工的经济性和效率。对于断层较为松散的地段,灌浆技术成为加固围岩、提高稳定性的重要手段。通过高压注浆,将水泥浆或其他固化材料注入断层裂隙中,填充并固化松散岩体,形成稳定的承载体。同时,结合小导管技术,利用小直径钢管作为注浆管,进一步细化注浆范围,提高注浆效果。在开挖过程中,采用双侧导坑法,逐步揭露并处理断层,通过上半部的环状开挖,有效控制开挖面暴露时间和范围,减少围岩扰动。核心土的施工则是保持开挖面稳定的关键环节,需精心组织,确保施工安全。此外,断层地段的隧道施工还需加强监控量测,利用现代监测技术,对隧道围岩的应力、变形进行实时监测,及时反馈数据,为施工决策提供科学依据,制定完善的应急预案,确保在突发情况下能够迅速响应,有效控制事态发展,保障施工人员安全^[3]。

2.4 钻爆作业隧道施工技术

钻爆作业隧道施工技术是隧道工程中常用的一种高效开挖方法,尤其适用于岩石地层。该技术主要依赖于钻眼和爆破两个关键环节。第一,在钻眼阶段,施工人员需根据隧道设计断面和地质条件,精确布置炮眼位置、深度和角度。这要求使用先进的凿岩设备,如全电脑三臂凿岩台车,以提高钻眼效率和精度。钻眼完成后,需进行清孔作业,确保炮眼内无杂物,为装药做好准备。第二,爆破阶段则是利用炸药在炮眼内爆炸产生的冲击力和气体膨胀作用,破碎周围岩石,形成开挖断面。装药量和起爆顺序需根据炮眼布置和岩石性质精确计算,以确保爆破效果满足设计要求。同时,还需采取安全措施,如设置警戒线、撤离非作业人员等,确保爆破作业的安全进行。第三,钻爆作业隧道施工技术具有开挖速度快、适应性强等优点,但也存在对围岩扰动大、噪声和

粉尘污染等缺点。因此,在施工过程中需严格控制爆破参数,减少对围岩的破坏,同时加强通风除尘措施,保护施工人员的身体健康。开挖的效率与质量。

3 隧道工程施工质量管理的优化策略

3.1 保证初期隧道支护质量

保证初期隧道支护质量是隧道施工中的关键环节,对于确保整个隧道工程的稳定性和安全性具有至关重要的作用。第一,要严格控制支护材料的选用。必须确保所选材料符合国家标准和工程要求,具有良好的物理力学性能和耐久性,能够承受隧道开挖过程中的各种荷载。第二,支护结构的施工必须精细。要按照设计图纸进行精确施工,确保支护结构的尺寸、形状和位置都符合设计要求。同时,要注意支护结构与围岩的紧密贴合,避免出现空隙或松动现象。第三,加强施工过程中的质量监控也是必不可少的。要对支护材料的进场、加工、安装等各个环节进行严格把关,确保施工质量符合规范要求。同时,要定期对支护结构进行检查和维护,及时发现并处理潜在的质量问题。

3.2 做好工作人员组织工作

在隧道施工这一复杂且高风险的项目中,做好工作人员的组织与管理工作至关重要。企业需构建一套全面而细致的人员管理体系,不仅涵盖日常施工的规范操作指导,还应包括应急响应机制的建立。通过定期举办安全教育与技术培训,提升施工人员的专业技能与安全意识,确保每位员工都能熟练掌握施工流程,严格遵守操作规程。面对隧道施工中常见的交叉作业难题,企业应优化资源配置,合理安排作业时间,减少不同工种间的相互干扰,提高施工效率。同时,加强现场沟通协调,确保信息畅通无阻,及时解决施工中遇到的问题。在不良地质条件下,鼓励施工队伍勇于创新,主动应用新技术、新工艺,利用现代科技手段解决工程建设难点,确保工程建设安全和工程质量。此外,还要建立健全的激励机制,通过奖励进步、树立典型,激发施工团队的凝聚力和创造力,形成比学赶超的良好氛围,为隧道施工的高质量完成奠定坚实基础^[4]。

3.3 强化施工现场原材料检测工作

在隧道施工的任何一个阶段,原材料的品质都是决定施工总体效率的根本。第一,对施工现场的原材料检验工作变得尤为重要。针对基础建筑材料如水泥,施工人员应严格按照有关要求和标准,开展实地试验检查,但不仅限于硬度、耐久性、稳定性等重要技术指标的检验,保证每个批次原材料均能满足施工需求,以便在实施工程中实现了良好的产品效益。第二,试验室是检查

项目的中心单位,要及时介入,对准备入库的产品开展充分、详尽的检查,保证在源头上把住质量关。对实验室无法自动实现的检验工作,要及时委托具备相关资格的检验单位进行外委检验,保证检测结论的准确度与权威性。第三,建立健全的原材料质量追溯体系也是必不可少的。通过记录每一批次原材料的采购、检测、使用等全过程信息,实现原材料质量的可追溯性,为施工质量的控制提供有力保障。同时,加强对原材料储存、运输等环节的管理,防止因存储不当或运输过程中的损坏而影响原材料质量。

3.4 利用四新技术提高施工质量

在建筑工程领域,采用“四新技术”——即新技术、新材料、新工艺、新设备,是提升施工质量、加快施工进度、降低能耗与成本、增强项目综合效益的关键途径。这些技术的融合应用,为施工质量的飞跃提供了强大动力。第一,新技术方面,通过引入BIM(建筑信息模型)技术,实现工程设计的三维可视化与模拟施工,提前发现并解决潜在问题,优化施工方案,确保施工精准无误。同时,利用大数据与人工智能技术,对施工质量进行实时监控与智能分析,及时调整施工策略,保障工程质量稳步提升。第二,新材料的应用,如高性能混凝土、自愈合材料、绿色建材等,不仅提高了建筑结构的耐久性和安全性,还促进了节能减排,符合绿色建筑的发展趋势,从源头上提升了施工质量。第三,新工艺的采用,如预制装配式建筑技术,大幅减少了现场湿作业,提高了施工效率,减少了人为错误,同时保证了构件制作的高精度和一致性,为施工质量的提升奠定了坚实基础。第四,新设备的投入使用,如自动化施工机械、智能化测量仪器等,不仅减轻了劳动强度,还显著提高了施工精度和效率,减少了人为因素对施工质量的影响,确保了施工过程的稳定性和可控性。

3.5 做好环境保护与废物处理工作

隧道施工期间,环境保护与废物处理工作同样不容忽视。为确保自然生态的和谐共生,施工团队需采取一

系列有效措施。首先,应严格遵循自然水循环规律,确保施工活动不阻断或严重干扰自然水体的流动,保护水资源的自然状态。同时,合理规划施工便道的宽度与路线,尽量减少对地表植被的破坏,降低水土流失风险,确保施工地质变化处于可控范围内。在废物处理方面,施工团队应建立严格的废物分类、收集、储存和处置制度。施工垃圾需集中堆放于指定区域,并采取有效措施防止垃圾扩散和污染周边环境。对于可回收利用的废物,应积极推广资源循环利用,减少资源浪费。对于需要排放至自然界的废物,必须事先进行无害化处理,确保各项指标达到国家或地方规定的排放标准后,方可进行排放。此外,加强施工期间的环境监测,及时发现并处理环境污染问题,确保施工活动对周边环境的影响降到最低^[5]。

结束语

综上所述,隧道施工质量控制的关键技术研究,是提升交通建设质量、保障公共安全的重要基石。通过不断探索与创新,我们能够在复杂多变的地质环境中,运用先进的施工技术和科学的管理方法,确保隧道工程的稳固与安全。展望未来,随着技术的持续进步和理念的更新迭代,隧道施工质量控制将迎来更加广阔的发展前景,为构建更加安全、高效、绿色的交通网络奠定坚实基础。

参考文献

- [1]张健.连拱隧道施工质量控制要点剖析[J/OL].交通世界,2018(09):72-73[2018-04-25].
- [2]史国强.铁路隧道施工技术与质量控制的研究[J].建材与装饰,2018(04):247-248.
- [3]李高明.隧道施工质量控制的关键技术研究[J].中国标准化,2018(02):118-120.
- [4]魏景星.隧道施工质量控制的关键技术研究[J].居业,2019(11):126-127.
- [5]倪鹏.隧道施工质量控制的关键技术研究[J].四川水泥,2019(11):232-234