

隧道工程快速施工新方法研究

魏天宇

(安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司, 安徽 合肥 230088)

摘要 本文深入研究了隧道工程快速施工的新方法, 涵盖了机械化作业、信息化管理与智能化技术应用以及绿色施工措施等多个方面, 详细分析了快速施工新方法的特点、面临的挑战及相应的应对策略, 并通过实例评估了其带来的经济、社会与环境效益。研究结果显示, 新方法不仅显著缩短了施工周期、降低了工程成本, 还有效提升了交通效率, 促进了区域经济发展, 同时实现了环境保护的目标。

关键词 隧道工程; 快速施工; 机械化; 信息化; 绿色施工

中图分类号: U455.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.19.036

0 引言

随着城市化进程的加速和交通需求的不断增长, 隧道工程作为连接城市内外、缓解交通压力的重要基础设施, 其建设规模和数量日益增加。然而, 传统的隧道施工方法存在施工周期长、效率低、成本高等问题, 难以满足现代交通建设的快速需求。因此, 探索和研究隧道工程快速施工新方法, 对于提高施工效率、降低成本、保障工程质量具有重要意义。

1 隧道工程快速施工的现实基础

1.1 地质勘察与隧道设计原则

在隧道工程的快速施工中, 地质勘察与隧道设计是确保施工效率和安全性的关键。首先, 地质勘察的准确性与隧道设计的可靠性是快速施工方法得以实施的前提。地质勘察的准确性对于隧道施工的顺利进行至关重要, 地质勘察报告中需揭露隧址区的地质构造、岩性、水文条件等关键信息, 为隧道的设计和施工提供科学依据^[1]。在隧道设计阶段, 需要依据地质勘察结果, 合理确定隧道的走向、埋深、断面尺寸等参数, 以确保隧道的稳定性和安全性。同时, 设计中还包括对支护结构的选择和优化, 针对重点区段如洞口边坡稳定以及地质勘察揭露的特殊地质(如断层、软弱破碎带)应做专项设计, 并预留充足的安全储备与应急措施。

1.2 快速施工技术的技术支撑

隧道工程快速施工技术的技术支撑包括机械与自动化技术、信息与智能化技术, 以及施工全周期安全风险与质量控制技术。其中, 机械化与自动化施工技术强调通过先进的施工设备和设备间协同工作的自动化流程设计, 来提高施工效率, 减少人力成本, 并确

保施工质量的稳定性; 信息与智能化技术强调运用高精度传感器与现代人工智能技术对隧道施工过程中的关键数据进行实时监控和分析, 协助现场操作人员及后场管理人员及时掌握地层状态和设备参数的异常情况, 以便迅速采取相应措施, 保障施工过程的顺利进行^[2]。此外, 施工全周期的安全风险与质量控制技术也是快速施工中不可或缺的一部分, 它强调在追求施工效率的同时, 依据实测反馈数据以及安全规范和质量控制标准, 精确评估施工风险等级和质量差异的后果, 确保施工过程的安全性和质量的可靠性。

2 隧道工程快速施工新方法探索

2.1 机械化施工方法创新

1. 高效掘进设备的应用与改进。高效掘进设备是隧道施工中的核心设备之一。近年来, 随着技术的不断进步, 掘进设备的性能和效率得到了显著提升。例如: 全断面掘进机(TBM)和盾构机等设备在隧道施工中得到了广泛应用。这些设备不仅能够快速掘进, 还能在掘进过程中进行同步支护, 大大提高了施工效率^[3]。同时, 针对不同的地质条件, 掘进设备也在不断进行改进和优化, 以适应更复杂的地质环境。例如: 通过优化刀具设计、提高掘进速度和稳定性等措施, 可以进一步提升掘进设备的性能。

2. 支护与衬砌机械化施工技术。支护与衬砌是隧道施工中的重要环节, 直接关系到隧道的稳定性和安全性。传统的支护与衬砌施工多采用人工方式, 效率较低且存在一定的安全风险。近年来, 随着机械化施工和预制工业化技术的不断发展, 支护与衬砌机械化施工技术得到了广泛应用。例如: 通过采用机械化支

护设备, 可以实现对远程控制的隧道全断面无人精确拼接, 大大减少人工干预和危险区段的人员暴露时间, 提高施工效率并降低工人生命安全风险^[4]。

3. 施工辅助系统的研发与利用。除了隧道掘进设备和支护与衬砌设备之外, 施工辅助系统同样是提高隧道施工效率和质量的关键要素。近年来, 针对隧道施工过程中遇到的各类实际问题, 已经开发出多种施工辅助系统。例如: 在隧道施工中, 我们研发并应用了自动导向与纠偏系统来解决定向问题, 密闭环境下采用大型设备的冷却换热系统来确保设备正常运行, 以及采用长距离隧道的恒温通风系统来保障施工环境。这些先进的施工辅助系统的研发和应用, 不仅极大地节省了工期和成本, 还显著提升了大型机械的施工稳定性和施工人员的舒适度与安全性, 为隧道工程的顺利进行提供了坚实的技术保障和支持。

2.2 信息化与智能化施工技术

1. 建筑信息模型 (BIM) 技术在隧道施工中的应用。BIM 技术在隧道施工中的应用日益广泛。通过 BIM 技术, 可以构建隧道的数字模型, 实现对隧道施工过程的全面模拟和可视化。在隧道设计阶段, BIM 技术可以帮助工程师更好地了解隧道的结构特点和施工难点, 从而优化设计方案。在施工过程中, BIM 技术可以实现施工进度的实时监控、施工资源的动态调度以及施工质量精确控制。此外, 结合三维激光扫描技术还可以将管片和隧道实际开挖断面等三维点云数据导入 BIM 模型, 实时监测隧道状态, 协助工程师及时发现和解决施工中的问题, 提高施工效率和质量。

2. 监控量测与数据分析系统。监控量测与数据分析系统在隧道施工中扮演着至关重要的角色。该系统通过精密部署的传感器和监测设备, 对隧道的变形、应力状态、温度等关键指标进行实时追踪, 为施工过程中的安全控制和质量控制提供坚实的数据支撑。通过对这些数据的深入分析, 系统能够敏锐捕捉到施工中的任何异常迹象, 一旦监测到隧道变形超出预设的预警阈值, 便能迅速响应, 指导现场立即暂停施工并采取必要的加固措施, 从而有力地保障隧道结构的安全性和长期稳定性^[5]。

3. 智能化施工决策支持系统。智能化施工决策支持系统作为一种创新的辅助决策工具, 融合了大数据与人工智能等先进技术。它通过广泛收集并分析隧道施工过程中的各类数据, 如地质条件、材料性能、施工参数等, 为工程师提供精准的施工方案优化建议。

同时, 该系统能够预测和评估施工进度, 确保工程按计划顺利进行。此外, 它还具备施工质量的全面监控与评估能力, 为工程师提供详实的数据支持, 使其能更深入地了解施工现状和发展趋势, 从而做出更为科学、合理的决策。尤为重要的是, 智能化施工决策支持系统内置智能化预警与报警机制, 一旦监测到潜在的安全隐患或质量问题, 便会立即向工程师发出预警信号, 助力其迅速响应并采取有效措施, 确保施工安全与质量。

2.3 绿色施工与环保措施

1. 环保型施工设备与材料的选择。选择环保型施工设备与材料是绿色施工理念得以落实的基础。在实际施工过程中, 我们应当优先考虑采用那些低能耗、低排放的施工设备, 比如电动挖掘机、电动装载机等, 这些设备能够有效减少施工过程中的能源消耗, 降低尾气排放, 从而减轻对环境的负担。同时, 选择环保型施工材料也是绿色施工不可或缺的一环, 我们应积极使用可再生材料、无毒无害材料等, 以减少施工活动对环境的污染和破坏。此外, 智能化施工设备的应用也是值得期待的, 通过精确控制和优化调度, 可以进一步提高施工效率, 减少资源浪费, 实现绿色施工的目标。

2. 施工过程中的噪声、粉尘控制。在隧道施工过程中, 噪声和粉尘是两大常见的环境问题, 对施工人员的健康和周边环境都会造成不良影响。为了减少噪声污染, 我们可以采取多种措施。首先, 使用低噪声设备进行施工是减少噪声污染的有效手段。其次, 在施工现场周围设置隔音屏障, 可以有效隔绝噪声的传播。此外, 合理安排施工时间, 避免在夜间或清晨等居民休息时间进行施工, 也是减少噪声污染的重要措施。对于粉尘控制, 湿式作业是常见且有效的方法, 可以降低粉尘飞扬。同时, 安装除尘设备并加强通风, 也能有效降低施工过程中的粉尘浓度。此外, 对施工人员进行环保培训, 提高他们的环保意识, 确保施工过程中的各项环保措施得到有效执行, 也是至关重要的。

3. 施工废弃物的处理与资源循环利用。施工废弃物是隧道施工过程中不可避免的问题。为了实现资源的循环利用和减少废弃物对环境的污染, 可以采取多种措施。首先, 应对施工废弃物进行分类收集和处理, 将可回收的废弃物进行回收利用, 如废旧钢材、废旧木材等。其次, 对于不可回收的废弃物, 应采取科学的处理方法, 如填埋、焚烧等, 确保废弃物不会对环

境造成长期污染。此外,还可以探索将废弃物转化为资源的途径,如将建筑垃圾用于道路铺设、砖块制造等,实现资源的再利用。在绿色施工与环保措施的实施过程中,还需要加强监管和评估工作。通过建立完善的环保管理制度和监管机制,确保各项环保措施得到有效执行。同时,定期对施工过程中的环保效果进行评估和监测,及时发现和解决环保问题,推动绿色施工与环保措施的持续改进和优化。

3 隧道工程快速施工新方法的关键技术与挑战

3.1 关键技术突破点

快速施工新方法的关键技术突破点主要体现在以下几个方面:首先,掘进技术的创新是快速施工的核心。通过研发和应用高效掘进设备,如全断面掘进机(TBM)和盾构机等,实现了掘进速度的大幅提升,显著缩短了施工周期。其次,支护与衬砌技术的革新也是关键之一。机械化支护和自动化衬砌技术的广泛应用,不仅提高了施工效率,还确保了施工质量的稳定性和可靠性^[6]。此外,信息化与智能化施工技术的应用,如BIM技术、监控量测与数据分析系统以及智能化施工决策支持系统等,为快速施工提供了有力的技术支持和保障。这些关键技术的突破,共同推动了隧道工程快速施工的发展。

3.2 面临的挑战与应对策略

尽管快速施工新方法在隧道工程建设中取得了显著成效,但仍面临着诸多挑战。一方面,地质条件的复杂性给快速施工带来了巨大挑战。不同地质条件下的施工难度和风险控制要求各不相同,需要针对不同地质特点制定相应的施工方案和风险控制措施。另一方面,施工全流程的数字化程度依然不高,未能发挥BIM系统对于施工质量和风险管控的全部潜力。为了应对这些挑战,可以采取以下策略:一是加强地质勘察工作,综合利用多种监测手段,尽可能全面提前了解隧址区的地质构造和岩性特点,并在施工中结合超前地质预报等手段做好地质灾害防范预警及应对措施;二是综合多种技术手段将“模型化”BIM管理平台向“孪生型”BIM管控系统升级过渡,继续提高隧道施工数字化和信息化的水平;三是可从政策层面将“数据资产”概念引入隧道等重大基础设施的设计、施工、管养等全生命流程中来,强化“数字化”交付,提高交通隧道等重大基础设施的建、管、养全流程治理数字化和现代化水平^[7]。

4 隧道工程快速施工新方法的效益分析

快速施工新方法的应用带来了显著的经济效益、社会效益与环境效益。它通过采用高效掘进、机械化支护与衬砌技术及信息化智能化施工等手段,大幅缩短施工周期,优化流程,减少浪费,同时循环利用资源和有效处理废弃物,从而有效控制成本并提升资源利用率,增强了隧道工程建设的整体经济效益。此外,该方法还提高了交通效率,缓解了交通拥堵,促进了区域经济发展和产业升级,提升了公众满意度。同时,注重环保和可持续发展,通过减少噪声、粉尘污染及妥善处理施工废弃物等措施,有效保护了周边环境和居民生活质量。这些综合效益的实现,不仅提升了隧道建设的整体效能,也为相关产业的快速发展和社会的和谐稳定、可持续发展做出了积极贡献。

5 结束语

隧道工程快速施工新方法的应用,不仅推动了施工技术的创新和进步,还带来了显著的经济、社会和环境效益。面对地质条件复杂、环境问题凸显等挑战,通过加强地质勘察、优化施工设备和工艺、强化数字化交付等措施,我们可以有效应对这些挑战,推动隧道工程建设的可持续发展。未来,随着技术的不断进步和创新,隧道工程快速施工新方法将会得到更广泛的应用和推广,为交通运输行业的可持续发展和社会的和谐稳定做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 李宽.复杂地质下的隧道开挖及支护施工技术探讨[J].交通科技与管理,2024(14):120-122.
- [2] 姚力.隧道工程超前支护施工技术与质量管控要点[J].四川建材,2024(12):199-201.
- [3] 杨玉祥.隧道工程支护施工技术管理要点分析[J].运输经理世界,2023(02):100-102.
- [4] 刘伟,陈伟祥,刘瑞辉.浅埋卵石土隧道中隔壁法施工超前加固对比分析研究[J].公路,2023,68(07):30-38.
- [5] 吴金刚,陈建芹,马杰,等.富水断层破碎带大断面隧道设计与快速施工[J].隧道建设(中英文),2022,42(S1):353-359.
- [6] 谭艳臣.山岭隧道连拱隧道群快速安全施工方案优化研究[J].交通世界(上旬刊),2020(12):116-118.
- [7] 王海磊.高速公路隧道建设过程中测量和控制注意事项[J].建设科技,2020(22):101-102.