

道路桥梁隧道工程施工中的难点和技术对策

满睿智 康晓云

中国水利水电第三工程局有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 道路桥梁隧道工程是交通基础设施建设的核心, 施工质量直接关系到交通运输安全与区域经济发展。随着建设规模扩大、施工环境日趋复杂, 工程面临地质条件复杂性、环境因素制约、技术实施难度、安全风险高发及环保可持续性要求等挑战。研究表明, 科学的地质勘察、因地制宜的施工方、先进工艺装备、全过程风险管控及环保技术集成, 可有效破解施工难题, 保障工程质量安全。

关键词: 道路桥梁; 隧道工程; 施工难点; 技术对策

引言: 道路桥梁隧道工程在推动区域互联互通、促进经济社会发展中发挥着关键作用。近年来, 随着交通强国战略深入实施, 工程建设规模持续扩大, 向深山峡谷、复杂地质、特殊环境延伸的趋势愈发明显, 对质量安全、环保节能、智能化水平的要求不断提升。当前, 部分工程项目仍面临地质勘察不充分、技术方案适应性不足、安全风险管控不到位、环保措施落实不力等问题, 制约建设品质提升。系统分析施工主要难点, 研究提出针对性技术对策, 对提升工程建设的科学性、安全性和可持续性具有重要理论价值和实践意义。本文从工程特点出发, 剖析施工难点, 探讨应对策略。

1 道路桥梁隧道工程施工概述

1.1 工程核心特点

道路桥梁隧道工程具有线性分布广、施工环境复杂、结构形式多样、使用周期长等核心特点。工程线路通常跨越不同地貌单元, 涉及山地、平原、水域、软弱地层等多种地形, 施工条件差异显著。桥梁工程需应对大跨度、高墩柱、深基础等结构施工, 隧道工程多存在埋深大、围岩多变、洞线长等问题, 道路工程则注重路基稳定、路面平整与排水性能。整体工程对结构强度、刚度、耐久性及抗震、抗灾能力要求严格, 且多为露天作业与地下作业结合, 工序衔接紧密, 涉及多专业、多工种协同作业, 施工组织与管理难度较大, 任何环节出现偏差都可能影响整体工程质量与安全。

1.2 施工核心技术要求

道路桥梁隧道工程施工涉及众多关键技术环节, 对施工技术能力提出了系统性的高标准要求。在勘察设计层面, 要求开展精细化地质勘察, 准确掌握工程区域的地层结构、岩土性质、水文条件、不良地质分布等信息, 为施工方案设计提供可靠依据, 同时要求设计单位与施工单位密切配合, 实现设计与施工的有机衔接。在

施工工艺层面, 要求针对不同工程类型和施工条件选择适宜的工艺方法, 路基工程需掌握高填方压实、软基处理、边坡防护等关键技术, 桥梁工程需掌握深基础施工、高墩浇筑、大跨度结构安装等核心工艺, 隧道工程需掌握钻爆开挖、支护衬砌、防排水施工、不良地质处置等专项技术^[1]。在施工装备层面, 要求配备与工程规模和技术难度相匹配的现代化施工设备, 包括大型起重机械、盾构掘进机、混凝土搅拌运输设备、监测检测仪器等, 提升施工机械化、自动化水平。在施工管理层面, 要求建立科学的施工组织体系, 统筹协调人力、材料、机械、资金等要素配置, 强化进度、质量、安全、成本、环保等管理目标的有效落实, 确保工程建设有序推进。

2 道路桥梁隧道工程施工中的主要难点

2.1 地质条件复杂性

地质条件复杂是道路桥梁隧道工程最突出的施工难点。部分区域存在断层破碎带、软弱围岩、膨胀土、淤泥质土、岩溶发育等不良地质, 围岩稳定性差, 易出现坍塌、涌水、突泥、沉降变形等问题。山区隧道施工中, 地质情况往往难以通过前期勘察完全探明, 实际施工与勘察结果存在偏差, 增加了施工预判难度。地下水位高、含水层丰富的地段, 易发生渗水、涌水, 影响作业环境与结构安全。复杂地质不仅提高了施工难度, 还可能导致设计方案变更、工序调整, 对施工安全与进度造成较大压力。

2.2 环境因素制约

环境因素对施工的制约体现在气候、地形、场地等多个方面。多雨、高温、严寒、大风等极端天气, 会直接影响混凝土施工、露天作业、高空作业的正常开展, 降低施工效率与质量稳定性。山区、陡坡、临近既有线路等场地狭窄区域, 施工机械进场、材料运输、土方堆放困难, 作业空间受限。部分工程位于生态敏感区、居

民区附近,施工噪声、扬尘、振动受到严格限制,夜间施工与大规模爆破作业难以实施。环境因素的不确定性,使得施工组织安排更加复杂,对施工方案的灵活性与适应性提出更高要求。

2.3 技术实施难度

道路桥梁隧道工程技术集成度高,实施过程难度较大。大跨度桥梁的线形控制、应力控制、合龙段施工精度要求极高,微小偏差可能影响结构受力与使用寿命。隧道掘进中,不同围岩级别需及时调整开挖方法与支护参数,技术切换要求快速准确。深基坑、高边坡、地下暗挖等工序风险高,对施工工艺、设备性能、人员操作水平依赖度强。同时,新材料、新工艺、新设备的应用,要求施工人员具备较高专业素养,技术交底不到位、操作不规范极易引发质量缺陷。多工序交叉作业下,技术协调与质量管控难度进一步加大。

2.4 安全风险高发

工程施工安全风险点多、覆盖面广,安全管理压力突出。高空作业、深基础作业、地下作业、大型机械作业等均属于高危作业环节,易发生高处坠落、物体打击、机械伤害、坍塌等事故。隧道内空间封闭、通风采光条件差,有害气体积聚、粉尘污染等威胁作业人员健康^[2]。临时用电、动火作业、爆破作业等管理不当,可能引发触电、火灾、爆炸等安全事件。地质突变、支护不及时、监测不到位等情况,会进一步放大安全风险。施工人员多、流动性大、安全意识参差不齐,也给现场安全管控带来较大挑战。

2.5 环保与可持续性要求

随着绿色发展理念深入推进,道路桥梁隧道工程环保与可持续性要求不断提高。传统施工中,土石方开挖、弃渣堆放、材料运输等易造成水土流失、植被破坏、扬尘污染与噪声扰民。工程建设产生的废水、废渣、建筑垃圾若处理不当,会对周边水体、土壤、生态环境造成长期影响。同时,资源消耗量大、能源利用效率不高、材料循环利用率低等问题,与可持续发展要求存在差距。项目需在保证施工进度与质量的同时,落实生态保护、节能减排、资源循环利用等措施,实现工程建设与环境保护协调发展,提升了施工综合管控难度。

3 针对施工难点的技术对策

3.1 地质条件应对技术

地质条件的复杂性是制约施工安全与进度的首要因素,应对关键在于构建“精细勘察—超前预报—科学施工”三位一体的技术体系。勘察阶段需综合运用地质调查、钻探、物探等手段,系统查明地层岩性、地质构

造、水文条件及不良地质分布。隧道施工中,引入TSP地震波探测、地质雷达、超前钻探等长短结合的超前预报技术,为动态调整施工方案提供可靠依据。面对软弱围岩,超前管棚支护与小导管注浆可有效提升围岩自稳能力,配合台阶法、CD法、CRD法等适宜的开挖方式,辅以锚杆、钢筋网、钢架、喷射混凝土组成的联合支护体系,形成及时强韧的承载结构。富水地层需实施帷幕注浆、周边注浆等堵水措施,必要时采用冻结法构筑临时止水帷幕。岩爆地段通过应力释放孔、应力释放槽等技术降低应力集中,柔性防护网与钢纤维混凝土喷层则增强抗冲击能力。断层破碎带采取超前注浆加固与缩短进尺策略,岩溶发育区借助地质雷达探测溶洞分布后实施回填或跨越处理,桥梁桩基遇溶洞则采用抛填片石黏土、钢护筒跟进、注浆加固等综合手段。上述技术的系统应用,可有效降低不良地质对施工的不利影响。

3.2 环境适应性施工技术

面对复杂多变的施工环境,因地制宜的技术方案是实现工程与环境和谐共处的关键。地形复杂山区需优化施工便道设计,采用回头曲线克服高差,必要时借助索道运输、缆索吊装解决物料运输难题,同时合理规划有限场地实现功能分区高效利用。雨季施工重点加强临时排水系统建设,确保边坡稳定与场地排水通畅,路基填筑严格控制含水率,混凝土施工采取防雨措施并调整配合比,隧道洞口段宜避开雨季施工。冬季施工通过原材料加热、掺加防冻剂、保温覆盖等措施保障混凝土质量,沥青路面则注重保温运输与摊铺时间的合理选择。城市区域施工优先选用低振动、低噪声设备,详细调查地下管线并落实保护措施,优化施工时序合理安排噪声作业时间,配合围挡封闭与喷淋降尘控制施工影响^[3]。跨既有线路施工时,转体施工、顶推施工、悬臂浇筑等技术可实现不中断交通作业。环境敏感区工程需严格执行绿色施工标准,控制施工扰动范围,保护珍稀植被,减少水土流失,并采取生态修复措施恢复自然景观。环境适应性技术的综合运用,显著降低了施工活动对环境的干扰,增强了施工组织对复杂环境的适应能力。

3.3 关键工程技术创新

突破技术瓶颈、提升施工技术水平,关键在于加强关键工程技术创新。桥梁工程领域,深水基础采用钢吊箱围堰、双壁钢围堰等大型围堰技术,实现深水环境下承台干法施工;大跨度悬索桥锚碇可根据地质条件选用复合地基或沉井基础;主缆架设采用PPWS法或AS法提升精度效率,钢箱梁吊装借助缆载吊机、桥面吊机实现精准对位。高墩施工创新应用液压爬模、电动爬架等先

进工艺,悬臂浇筑挂篮施工中引入智能监控系统,实时监测挂篮应力与梁体线形,实现精准控制。隧道工程领域,盾构法技术不断突破,大直径盾构、异形盾构、可变密度盾构等新型装备适应不同地质与断面需求。钻爆法采用数码电子雷管精准控制爆破延时,实现减振爆破与光面爆破。TBM施工技术特长隧道中得到广泛应用,显著提升掘进效率与安全性。高地应力软岩大变形地段采用让压支护技术,通过可缩性钢架、让压锚杆允许围岩适度变形释放应力;高水压富水地层则综合运用盾尾密封、管片防水、壁后注浆等多重防水技术。道路工程方面,高填方路基采用强夯、冲击碾压等补强技术减少工后沉降,软土地基应用排水固结、复合地基、置换等多种处理技术,特殊土路基通过掺灰改良、土工格栅加筋等措施提高稳定性。这些创新技术的应用,有效破解了施工难题,提升了工程建设的科技含量与质量水平。

3.4 安全风险防控体系

安全风险高发是工程建设面临的普遍难题,构建全过程、多层次防控体系是保障施工安全的根本途径。源头管控环节需建立风险评估机制,开工前全面辨识隧道塌方、瓦斯爆炸、桥梁挂篮倾覆等重大风险源,制定分级管控方案,明确责任主体与管控措施。过程监控依托信息化技术,隧道布置围岩变形监测系统实时采集收敛、沉降等数据,设定阈值实现超限预警;瓦斯隧道配置自动监测装置,与通风系统联动控制;桥梁工程对高墩、挂篮等关键结构进行应力监测;深基坑与高边坡实施位移监测,及时发现变形异常。安全教育方面,建立常态化培训机制,新进场人员须接受岗前培训,特种作业人员需通过专项考核,定期组织应急演练,提升全员安全素养与应急处置能力。现场管理严格落实安全生产责任制,加强巡查与隐患排查,建立闭环台账确保风险可控。应急保障体系涵盖应急预案制定、救援物资配备、专业队伍建设与定期演练,确保突发事件发生时快速响应、科学处置^[4]。通过系统化防控,推动安全管理从被动应对向主动预防转变,显著降低事故概率与损失程度。

3.5 绿色施工与可持续发展

落实环保与可持续性要求,需将绿色施工理念贯穿工程建设全过程。土地资源保护方面,优化施工总平面

布置减少临时用地,优先利用荒地、劣地,施工便道与永久道路统筹规划,隧道洞渣资源化用于路基填筑,有效降低弃渣占地。水资源保护措施包括建立废水处理系统,对混凝土废水、隧道涌水等进行沉淀、过滤后循环利用或达标排放,隧道施工采取堵水技术减少地下水流失,生活污水集中处理防止污染。大气污染防治通过洒水降尘、密闭运输控制扬尘,选用低排放机械减少废气,隧道加强通风降低粉尘浓度。噪声振动控制优先选用低噪声设备,对高噪声源采取隔声消声措施,爆破作业优化时间安排并采用减振技术。生态修复工作注重珍稀植物移栽保护,施工结束后及时清理场地并采用乡土树种绿化,促进生态系统重建。节能降耗方面推广应用节能设备与清洁能源,优化施工组织减少能源消耗。循环经济理念体现在推进建筑垃圾减量与资源化,将废旧混凝土加工为再生骨料用于非承重结构。通过上述技术的系统集成,实现工程建设与生态保护协同发展,助力交通基础设施向绿色低碳方向转型。

结束语

道路桥梁隧道工程施工技术是保障工程质量、安全、进度、环保的核心支撑。本文系统分析了工程核心特点与施工要求,深入剖析了地质复杂性、环境制约、技术难度、安全风险及环保要求五大施工难点,并提出针对性技术对策。展望未来,随着人工智能、大数据、物联网等新一代信息技术发展,施工技术将向数字化、智能化、无人化方向演进,智能建造、数字孪生、智慧工地等先进理念将深度融入施工全过程,推动工程建设实现更高质量、更高效率、更高安全、更可持续的发展目标。

参考文献

- [1]付旺.道路桥梁隧道工程施工中的难点和技术对策[J].建材发展导向,2024,22(22):90-92.
- [2]丁乾坤.道路桥梁隧道工程施工中的难点及对策[J].模型世界,2024(15):145-147.
- [3]盛建军,苏卫.道路桥梁隧道工程施工中的难点和养护技术[J].中国高新科技,2024(3):146-148.
- [4]徐来明.道路桥梁隧道工程施工中的难点与养护技术分析[J].散装水泥,2024(4):74-76,82.