

道路桥梁隧道工程施工技术与安全监控分析

叶艳霞

德州市德城区交通事业发展服务中心, 中国·山东 德州 253000

摘要: 道路桥梁隧道工程作为交通基建体系的重要组成部分, 施工质量及安全水平与交通路网稳定程度、通行安全状况与工程使用寿命具有直接联系, 对区域交通发展、经济建设起到关键支撑的作用。现阶段, 基建工程建设环境愈加复杂, 地质条件、施工工况的不确定性也越来越大, 加大工程建设难度。规范核心施工技术、完善安全管控体系, 可以有效避免施工质量缺陷与安全隐患, 提高工程建设的精细化、标准化水平, 促进交通基建行业的高质量、可持续发展, 为各类交通工程落地提供质量与安全基础。

关键词: 道路工程; 桥梁隧道; 施工技术; 安全监控

Construction Technology and Safety Monitoring Analysis for Road, Bridge, and Tunnel Projects

Ye Yanxia

Decheng District Transportation Development Service Center, Dezhou City, China Shandong Dezhou 253000

Abstract: As a vital component of the transportation infrastructure system, the construction quality and safety level of road, bridge, and tunnel projects are directly related to the stability of traffic networks, traffic safety conditions, and project service life, playing a crucial role in supporting regional transportation development and economic growth. Currently, the construction environment for infrastructure projects has become increasingly complex, with greater uncertainty in geological conditions and construction scenarios, thereby increasing project challenges. Standardizing core construction technologies and improving safety management systems can effectively prevent construction defects and safety hazards, enhance the precision and standardization of construction, promote high-quality and sustainable development of the transportation infrastructure industry, and provide a solid foundation in terms of quality and safety for the implementation of various transportation projects.

Keywords: Road engineering; Bridge and tunnel; Construction technology; Safety monitoring

0 引言

交通基础设施是区域经济的纽带, 也是保障民生通行的载体, 道路、桥梁、隧道工程作为交通基建的重要部分, 其质量及安全情况直接关系到交通路网的运转效率。伴随城镇化与交通建设的不断推进, 工程建设规模不断加大, 施工环境也愈加复杂, 对施工工艺精度、安全防控能力提出更高要求。当前工程施工中技术不规范、安全控制薄弱、人员素质低等状况一直存在, 严重影响工程建设质量及安全。加强核心施工技术的应用、建立全过程安全控制体系, 是提高交通基建建设水平、规避施工风险、保证工程长久运行的有力手段。

1 道路桥梁隧道工程主要施工技术

1.1 道路工程施工技术

道路工程施工主要以路基和路面施工为主, 路基施工是保证道路整体稳定的根基。施工前先做场地清理和地质

勘察工作, 把施工区域内的杂草、淤泥、腐殖土等不良土层全部清理干净, 根据地质情况采用换填、压实、加固等方式进行处理。路基填筑要遵照分层填筑、分层碾压的施工准则, 把控每层填筑厚度和碾压次数, 细致检测路基压实度、平整度和沉降指标, 防止路基产生不均匀沉降状况。路面施工分为沥青路面和水泥混凝土路面施工, 沥青路面施工要控制混合料配比、拌合温度、摊铺速度、碾压温度, 保证混合料拌合均匀、摊铺平整、碾压工序在温度达标范围内进行, 提高路面密实度。水泥混凝土路面施工要严格控制原材料的配比, 规范模板安装、混凝土浇筑、振捣和养护程序, 做好切缝、灌缝工作, 防止路面产生开裂、起砂、断板等质量问题。

1.2 桥梁工程施工技术

桥梁工程施工包含基础、墩台、主梁和桥面附属结构施工等许多环节, 各个环节的技术衔接比较紧密, 精度要

求比较高。桥梁基础施工常用的桩基施工技术,适应大多数复杂的地质条件,施工时要准确确定桩位,规范钻孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等工序,及时监测孔深、孔径、泥浆指标,防止断桩、缩径、沉渣过厚等问题。墩台施工重视结构垂直度和外观质量,模板安装要保证牢固密封,混凝土浇筑采用分层连续浇筑的方式,控制浇筑速度,防止模板变形。主梁施工根据桥梁跨度、地形条件选择支架现浇、预制拼装、挂篮悬臂浇筑等技术,施工过程中重点控制模板标高、钢筋布置、预应力张拉参数,保证主梁结构承载力和稳定性。桥面施工要做好铺装层找平、防水层铺设和伸缩缝安装,提高桥梁通行舒适度和结构耐久性。

1.3 隧道工程施工技术

隧道工程施工受地质环境影响最大,主要施工技术有开挖、支护、衬砌、排水施工。隧道开挖常用台阶法、CD法、全断面开挖法,施工单位应根据围岩等级、隧道断面尺寸选择合适的开挖方式,软质围岩地段实行短进尺、弱爆破、快封闭的施工原则,减少对围岩结构的扰动。开挖后应立即进行初期支护施工,采用锚杆、喷射混凝土、钢拱架组合支护的方式,尽快封闭围岩,控制围岩变形。二次衬砌施工应在围岩变形稳定之后进行,规范钢筋绑扎、模板安装及混凝土浇筑工艺,保证衬砌结构密实平整,杜绝空洞、裂缝等缺陷。隧道排水施工应设完善的排水系统,合理布置排水管和排水盲沟的位置,及时把洞内积水排出去,防止积水对围岩、衬砌结构造成损害,提高隧道整体防水防渗的效果。

2 道路桥梁隧道工程施工主要问题

2.1 施工技术应用不规范

目前部分工程施工存在技术落地标准化程度低下的问题,施工人员对于核心技术要点的把握不到位。道路施工过程中路基填筑厚度超限、碾压次数不够、路面混合料配比控制不当等都会影响到道路的压实度以及整体平整度。桥梁桩基施工中清孔不彻底、混凝土灌注速度控制不当,易造成桩基质量缺陷,降低桥梁基础承载力。隧道施工中开挖进尺不合理、支护工序滞后、衬砌混凝土养护不到位,会引起围岩变形超限、衬砌开裂等问题,严重危及工程结构安全。部分施工队伍的技术更新跟不上,不能及时适应新型施工工艺和设备的要求,老旧施工方式无法达到复杂的工程施工要求。

2.2 缺乏完善的监控系统

大部分施工现场的安全监控工作存在着碎片化、表面

化的现象,没有形成全过程、全方位的监控模式。施工前期地质勘察监控不到位,对于不良地质、地下水分布等隐患的排查不全面,不能为施工方案的优化提供准确的依据。施工过程中监控点位设置不科学,对隧道围岩变形、桥梁结构沉降、道路路基位移等主要指标的观测次数较少,不能及时发现隐蔽的安全问题。部分施工现场还沿用人工巡检的方式,智能监控设备的使用比例低,人工监测存在误差大、效率低、预警不及时等缺点。除此之外安全监控数据管理混乱,数据记录、分析、归档不规范,不能实现施工风险的动态预判和溯源管控。

2.3 施工人员专业素养不足

施工人员是技术落地、安全管控的主体,目前一线施工人员专业能力参差不齐。大部分基层施工人员缺少系统专业知识的学习,对新型施工技术、安全规范、监控设备的操作掌握得不够熟练,在施工过程中很容易出现违规操作的行为。部分现场管理人员责任心不强,施工过程中技术监督、安全管控不到位,不能及时发现并制止不规范施工行为。人员专业能力欠缺不但会造成施工质量下降,还会大大增加安全事故发生的概率,从而阻碍工程建设标准化的推进。

2.4 施工设备与材料管控薄弱

工程施工质量及安全同设备、材料质量相关联,目前施工现场设备运维及材料管控存在较大漏洞。施工机械设备长时间超负荷工作,日常检修保养不到位,设备老化、故障频发,造成施工精度下降、施工效率降低,还会引发机械安全事故。工程原材料进场检验流程不严格,部分砂石、钢筋、水泥、外加剂等原材料的质量检测流于形式,不合格材料进入施工使用。同时材料存放管理不规范,水泥受潮变质、钢筋锈蚀、混合料配比失效等都会造成工程结构整体质量、安全问题。

3 改善施工技术并加强安全监控的对策

3.1 建立施工技术实施过程规范

对施工技术应用不规范问题要建立标准化的技术施工流程,保证各个工序的施工符合要求。施工前根据工程地质条件、设计图纸及行业规范,细化各分项工程施工技术方案,确定技术参数、施工工艺及质量标准,对复杂工序提前做好技术交底工作。道路施工对路基填筑、碾压、路面摊铺等重要工序进行严格控制,全过程检测施工指标,及时调整施工工艺。桥梁施工加强桩基、主梁、预应力施工控制,准确把握各个环节的施工精度,防止出现结构性质量缺陷。隧道施工根据围岩动态变化及时调整开挖和支

护方案,严格按照先支护、后开挖的原则进行施工,保证隧道施工的稳定性。并积极采用新的施工工艺、智能设备提高施工技术的精细化、标准化水平。

3.2 建立全方位智能安全监控系统

健全安全监控体系,对工程施工全过程展开实时监控,克服传统监控手段的不足之处。施工前期做好地质勘察工作,使用智能化探测设备对施工区域的地质隐患进行全方位的排查,根据勘察结果对施工方案进行优化,从源头上避免施工风险的发生。施工期间科学安排监控点位,就路基沉降、桥梁挠度、隧道围岩收敛、结构应力这些关键指标,创建起常态化的监测点位,并合理增多监测频次。增加智能化监控设备的投入,用物联网、大数据、自动化监测设备代替传统的手工巡检,使施工数据可以实时采集、自动分析、超限报警。创建统一的数据管理平台,对监控数据的记录、存储、分析过程进行规范,用数据研判来预测施工风险,提前采取防控措施,达到安全隐患早发现、早处理的目的。

3.3 提高施工人员的综合能力

加强施工团队专业能力的培养,为技术施工和安全管控提供人力保障。创建常态化的岗前培训、在岗晋升制度,对新型施工技术、安全控制标准、智能化设备运用等内容展开专项训练,促使施工人员了解标准化施工程序以及安全操作规定。确定各个岗位人员的工作职责,落实岗位责任制,加强管理人员对施工现场全过程的监督检查和控制责任,督促管理人员对施工现场的各个环节进行跟踪管理,及时发现违章施工、安全隐患等问题并予以整改。建立考核奖惩制度,把施工质量、安全规范的执行情况同绩效考核相联系,激发施工人员规范作业、主动防控安全风险的积极性,提高施工团队整体专业素质。

3.4 加强施工设备、材料精细化管控

创建全流程设备材料控制体系,从源头保证施工质量及安全。对施工机械设备建立常态化的检修保养制度,定期对碾压设备、钻孔设备、支护设备、监测设备进行检修和校准,及时对老化的故障设备进行维修或者更换,保证设备运行状态的稳定,提高施工精度和安全性。严格按照原材料进场检验制度,对所有进场的原材料、构配件进行质量检测,核对产品合格证、检测报告,不合格材料不得进入施工现场。规范材料存放管理,按照材料性质划分出专门的存放区,做好防潮、防锈、防晒的防护工作,定时对材料进行检查,防止材料出现性能下降的情况。另外还要对材料的领用、使用进行规范,杜绝材料浪费、违规

使用。

4 工程施工及安全管控发展趋势

4.1 施工技术智能化升级

数字化、智能化技术将会成为道路桥梁隧道工程施工主要发展方向,传统的人工施工方式将会被智能施工方式所替代。BIM 技术可以实现工程建模、施工模拟、工序优化、碰撞检测一体化管控,提前发现施工冲突和技术漏洞,提高施工方案的科学性。智能摊铺、智能碾压、自动化钻孔等设备的应用可以大幅度提高施工精度,减少人工操作误差,保证各个工序施工质量标准化。同时大数据技术可以对施工技术参数进行实时的优化,在施工现场发生改变的时候,及时对施工工艺进行调整以满足复杂的地质及施工环境的要求。

4.2 安全监控系统化、常态化

工程安全监控将从碎片化的控制模式中走出来,建立起全程的、全面的、动态的系统控制体系。物联网传感设备、无人机巡检、在线监测系统全部投入运行之后,施工现场可以实现 24 小时不间断、全方位无死角的监控,对地面、地下、高空所有的施工区域进行无死角覆盖,彻底消除了监控盲区。依靠大数据平台对监控数据展开实时分析、风险智能研判、自动预警,从而加强安全管控的主动性、精确性。安全管控贯穿工程设计、施工、验收、运维全过程,形成闭环管控模式,从根本上降低工程施工安全事故发生率。

4.3 全部使用绿色施工技术

在绿色基建的发展理念之下,节能环保、低碳高效绿色施工技术会在道路桥梁隧道工程当中得到广泛应用。施工过程中更加重视资源节约、生态保护,用优化的施工工艺减少土方开挖、植被破坏、扬尘污染。新型环保建材、再生骨料、节能设备的使用可以减少工程建造过程中所耗费的资源和产生环境影响。隧道施工通风降噪、桥梁施工节水减排、道路施工扬尘防控等绿色施工技术的落实,会达成工程建设同生态保护的协调发展,推进交通基建行业绿色可持续发展。

4.4 质量安全管控一体化发展

未来道路桥梁隧道工程将不再存在质量控制和安全控制两个独立的管理模式,而是会形成一个互相融合、共同发展的体系。传统工程建设中质量控制重在结构施工精度和成品质量,安全控制重在现场风险防范和事故预防,两者存在管理割裂、标准不互通的问题。一体化管控模式会把质量、安全管控标准进行整合,创建起统一的现场管理

体系,把结构质量隐患、施工工艺缺陷和安全风险隐患一同排查、一同治理。依靠信息化管理平台打通质量、安全数据壁垒,达成施工工艺参数、结构质量指标、安全监测数据的联动分析,经由一体化数据分析预估施工隐患。

5 结语

道路桥梁隧道工程标准化施工、常态化安全管控是交通基建行业稳健发展的保证。依靠规范化的技术流程、智能化的监控系统、专业化的人员队伍、精细化的物资设备管理,可以很好地解决目前工程建设中存在的质量问题、安全事故问题。随着绿色基建、智能基建的发展,推进施工技术升级、安全管控系统化、质量安全一体化融合,可以不断改善工程建设方式,削减施工风险和建设成本,提高交通工程建设品质,给交通基建行业绿色化、智能化、规范化长效发展赋予有力支撑。

参考文献:

- [1] 肖国锋. 道路桥梁隧道工程施工技术与安全监控分析[J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025(29):145-147.
- [2] 成海伟. 道路桥梁隧道工程施工技术及安全管控[J]. 汽车画刊, 2024(10):152-154.
- [3] 邓跃刚. 道路、桥梁、隧道工程施工技术与安全监控研究[J]. 全面腐蚀控制, 2024,38(6):45-47.
- [4] 胡惠晰. 道路桥梁隧道工程施工技术与安全管控分析[J]. 运输经理世界, 2023(27):97-99.
- [5] 王昌金. 道路桥梁隧道工程施工技术及安全管控分析[J]. 运输经理世界, 2023(36):116-118.

作者简介: 叶艳霞 (1988.07-), 女, 山东省德州市陵城区, 本科, 工程师, 研究方向: 工程技术 (交通工程) 。