

道路桥梁工程检测与施工技术研究

高 鹏

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250013

摘要：随着交通基础设施建设的快速发展，道路桥梁工程的检测与施工技术成为了确保工程质量与安全的关键环节。本文深入探讨了道路桥梁工程的多种检测技术，包括传统方法如外观检查、无损检测等，以及新技术应用如智能监控系统、无人机巡检等。同时，文章还详细研究了路基路面、桥梁上部结构及下部结构与基础的施工技术。本研究旨在为道路桥梁工程提供全面的技术支撑，提升工程质量和安全性，推动行业持续发展。

关键词：道路桥梁；工程检测；施工技术

引言：道路桥梁工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其质量和安全性直接关系到人民群众的出行安全与经济社会发展。随着交通流量的不断增加和车辆荷载的日益加重，对道路桥梁的检测与施工技术提出了更高要求。本研究旨在深入探讨道路桥梁工程的检测技术和施工技术，以期提升工程质量、延长使用寿命和保障行车安全提供科学依据和技术支持，进一步推动我国交通基础设施建设的可持续发展。

1 道路桥梁工程检测技术概述

1.1 常规检测技术

(1) 外观检查：这是最直接、便捷的检测方式，检测人员通过肉眼观察结合放大镜、测尺等工具，重点检查结构表面的裂缝（包括裂缝的长度、宽度、深度和分布情况）、混凝土剥落、钢筋锈蚀、构件变形等现象。外观检查可以快速判断结构的损伤程度和范围，为后续更深入的检测奠定基础，是工程检测的第一步。(2) 无损检测：该技术在无损结构的前提下，利用物理特性对结构内部质量进行检测。超声波检测通过发射和接收超声波，根据声波传播速度、幅度等变化判断构件内部是否存在空洞、裂缝等缺陷；雷达检测运用电磁波探测，可有效检测桥面铺装层厚度、内部脱空以及地下管线分布等；红外线热像检测则依据物体表面温度差异，识别混凝土内部的渗漏、空洞等问题，具有高效、直观的特点。(3) 荷载试验：通过模拟实际荷载作用，测试结构的承载能力和工作性能。静载试验是在结构上施加恒定的荷载，观测结构的应力、应变和变形情况，评估结构的实际承载能力；动载试验则通过车辆行驶等方式施加动荷载，分析结构的动力响应，如振动频率、振幅等，判断结构的动力性能是否满足使用要求。

1.2 新技术应用

(1) 智能监控系统：以传感器技术为基础，在结构

关键部位布设应变、位移、温湿度等传感器，实时采集数据；结合远程监控技术，通过无线网络将数据传输至控制中心，实现对工程结构的全天候、自动化监测，可及时预警结构异常，提升安全管控的及时性。(2) 无人机巡检：搭载高清摄像头、激光雷达等设备，能快速覆盖桥梁、边坡等人工难以到达的区域，通过高清图像和三维建模技术，精准识别结构表面的微小裂缝、变形等缺陷，大幅提高检测效率，同时降低人工检测的安全风险。(3) 大数据分析：整合历史检测数据、交通流量、气象环境等多维度信息，借助数据挖掘和机器学习算法，构建结构病害预测模型，提前识别潜在风险，为制定科学的检测计划和养护策略提供数据支持，实现检测资源的优化配置^[1]。

2 道路桥梁工程施工技术探究

2.1 路基与路面施工技术

(1) 路基填料选择与压实技术：需根据地质条件选择级配良好的填料，优先采用透水性强、砂质材料，避免使用淤泥、腐殖土等劣质土。压实过程中需控制最佳含水率，通过分层碾压（每层厚度20-30cm）结合重型压路机碾压，确保压实度达到设计标准（高速公路路基压实度不低于96%），减少后期沉降。(2) 路面铺设材料与施工方法：沥青混凝土路面采用改性沥青混合料，通过摊铺机连续摊铺、双钢轮压路机碾压成型，需严格控制摊铺温度（160-180℃）与碾压速度（2-4km/h），保证路面平整度与抗渗性；水泥混凝土路面则采用滑模摊铺机施工，注重混凝土坍落度控制（10-30mm），设置伸缩缝减少温度应力裂缝，养护期不少于14天。(3) 排水与防护技术：地面排水通过设置边沟、排水沟、截水沟形成系统，采用混凝土预制块铺砌防止冲刷；坡面防护对边坡采用喷播植草、浆砌片石护坡，结合锚杆框架梁加固不稳定边坡；冲刷防护在桥台、桥墩处设置抛石护基、钢

筋混凝土沉排, 抵御水流侵蚀^[2]。

2.2 桥梁上部结构施工技术

(1) 预制构件吊装与现场浇筑技术: 预制梁(板)在工厂标准化生产, 采用龙门吊转运至现场, 通过架桥机吊装就位, 安装时控制支座中心线偏差($\leq 5\text{mm}$); 现场浇筑适用于大跨度连续梁, 采用满堂支架或钢管支架支撑, 支架预压消除非弹性变形, 混凝土浇筑从两端向中间分层推进, 振捣密实避免蜂窝麻面。(2) 挂篮施工技术: 悬臂挂篮由承重梁、吊带、模板系统组成, 适用于大跨度连续梁桥, 施工时对称浇筑梁段(两端重量偏差 $\leq 5\%$), 通过千斤顶调整挂篮高程; 三角架挂篮具有自重轻、刚度大的特点, 在曲线桥梁施工中可灵活调整平面位置, 确保梁体线形符合设计要求。(3) 预应力技术应用: 采用高强度低松弛钢绞线, 张拉前进行孔道摩阻试验校准张拉力, 张拉过程中采用双控(应力与伸长量), 实际伸长量与理论值偏差控制在 $\pm 6\%$ 以内; 锚固端采用夹片式锚具, 张拉后及时压浆封锚, 防止钢绞线锈蚀, 保障预应力体系耐久性。

2.3 桥梁下部结构与基础施工技术

(1) 地基处理方法: 换填地基对软土地基采用碎石、灰土等材料换填, 换填深度根据承载力要求确定; 强夯法通过80-300kN重锤冲击地基, 提高地基承载力(可使杂填土承载力特征值提升至150kPa以上); 振冲法利用振冲器振动密实砂土, 形成碎石桩复合地基, 减少地基沉降。(2) 基础施工: 定位放样采用全站仪精准测设基础轴线, 偏差控制在10mm内; 基坑开挖根据深度选择放坡或钢板桩支护, 深度超过5m时设置边坡平台; 排水采用集水井降水或井点降水, 保持基坑干燥; 岩石地基需进行爆破处理, 爆破后清理松动岩块并找平^[3]。(3) 桥墩与桥台施工技术: 模板采用钢模板, 接缝处粘贴密封条防止漏浆, 模板安装垂直度偏差 $\leq 1/1000$; 混凝土浇筑采用泵送工艺, 分层厚度 $\leq 50\text{cm}$, 插入式振捣器振捣至表面泛浆; 养护采用覆盖洒水或养护膜保湿, 确保混凝土强度达标, 减少表面裂缝。

3 道路桥梁工程检测与施工中的常见问题及解决方案

3.1 检测中的常见问题

(1) 检测设备精度不足: 部分工程仍使用老旧检测设备, 如超声波检测仪探头灵敏度下降、雷达设备信号分辨率不足, 导致对细微裂缝、内部空洞等缺陷识别误差较大, 甚至出现漏检。此外, 设备校准周期过长, 也会因仪器漂移影响检测数据的可靠性。(2) 检测人员技能水平参差不齐: 基层检测人员多为经验型操作, 对新型检测技术(如无人机三维建模、大数据分析系统)掌握

不足, 在复杂工况下(如跨江桥梁斜拉索检测、隧道衬砌缺陷识别)易因操作不当产生误判, 且缺乏对检测标准的统一理解, 导致同一工程不同人员检测结果差异较大。(3) 检测数据处理与分析不准确: 传统数据处理依赖人工录入与计算, 易出现数据错漏; 同时, 缺乏专业分析模型, 难以将多源数据(如结构应变、环境温湿度)关联分析, 导致对结构病害发展趋势的预测偏差, 无法为养护提供精准依据。

3.2 解决方案

(1) 提升设备精度: 建立检测设备更新机制, 引入高精度检测仪器(如0.1mm级裂缝观测仪、高频探地雷达), 并严格执行设备定期校准制度(每季度至少一次), 确保仪器误差在允许范围内。(2) 加强人员培训: 开展分层级培训, 针对基础检测人员强化标准规范学习与实操考核, 对技术骨干重点培训智能检测系统操作与数据分析技能, 建立持证上岗制度, 定期组织跨区域技术交流。(3) 优化数据处理流程: 搭建数字化检测平台, 实现数据自动采集、存储与校验; 引入机器学习算法, 构建结构病害识别模型, 通过历史数据训练提升分析精度, 形成“检测-分析-预警”闭环体系^[4]。

3.3 施工中的常见问题

(1) 施工质量不达标: 路基压实度不足导致后期沉降超标, 沥青路面因摊铺温度控制不当出现松散、推移, 混凝土结构因振捣不密实产生蜂窝、麻面, 桥梁预应力张拉控制不严引发梁体开裂等问题, 直接影响工程耐久性与安全性。(2) 施工安全隐患: 高处作业未设置安全防护栏导致坠落风险, 起重吊装作业因指挥失误引发物体打击, 临时用电线路乱拉乱接造成触电事故, 深基坑开挖未进行边坡监测导致坍塌隐患, 这些问题对施工人员生命安全构成严重威胁。(3) 施工进度延误: 材料供应方面, 砂石料、钢筋等主材因市场波动或运输受阻出现断供; 天气因素中, 连续降雨影响路基碾压与混凝土浇筑; 施工组织不合理, 如工序衔接脱节、机械调配失衡, 也会导致工期滞后, 增加工程成本。

3.4 解决方案

(1) 严格质量控制: 建立“三检制”(自检、互检、专检), 对路基压实度采用灌砂法逐点检测, 沥青路面摊铺温度实时监控(配备红外测温仪), 混凝土施工采用高频振捣器(振捣时间控制在20-30秒), 桥梁预应力施工实行“双控”记录(应力与伸长量), 对不合格工序坚决返工。(2) 加强安全管理: 推行“安全体验馆”培训, 高处作业强制使用安全带并设置临边防护, 起重作业实行“十不吊”制度, 临时用电采用TN-S接零

保护系统并定期巡检,深基坑施工安装自动化监测设备(监测频率每小时1次),及时预警风险。(3)优化施工进度计划:运用BIM技术进行施工模拟,提前规划材料进场时间(建立3天储备量),针对雨季制定雨期施工方案(配备防雨棚、排水泵),采用平行作业与流水施工相结合的方式,关键工序实行24小时轮班制,通过周进度考核动态调整资源配置,确保工期节点可控。

4 道路桥梁工程检测与施工技术的未来发展趋势

4.1 检测技术智能化

(1)智能监控系统的普及与应用:未来将形成“全域感知+实时传输”的监测网络,在桥梁关键部位布设光纤传感器、应变片等智能感知设备,结合5G/6G技术实现数据毫秒级传输。系统可自动识别结构异常振动、应力突变等风险,同步触发预警机制,如对斜拉索索力异常实时推送检修指令,实现从“定期检测”向“动态监测”的转变,大幅提升病害预警的及时性。(2)大数据与人工智能在检测数据分析中的应用:依托海量历史检测数据(如近10年全国桥梁病害案例库),人工智能算法将实现病害自动分类与趋势预测。例如,通过深度学习模型识别雷达图像中的桥面空洞特征,准确率可达95%以上;结合环境参数(温度、湿度)与交通荷载数据,预测混凝土裂缝扩展速度,为养护决策提供量化依据,减少人工分析的主观性误差。

4.2 施工技术绿色化

(1)环保材料与绿色施工技术的研发与应用:新型材料将成为主流,如采用工业固废(钢渣、粉煤灰)制备高性能混凝土,降低水泥用量(减少30%以上碳排放);推广温拌沥青技术,通过添加剂降低摊铺温度(从180°C降至120°C),减少有害气体排放。同时,模块化预制技术将普及,桥梁构件在工厂标准化生产,现场装配减少建筑垃圾(降低60%现场废弃物),契合循环经济理念。(2)施工过程中的节能减排措施:施工设备向电动化转型,如电动摊铺机、新能源起重机逐步替代传统燃油设备,噪音降低20分贝以上,碳排放减少80%;引入光伏临时供电系统,为现场照明、设备充电提供清

洁能源;建立施工废水回收处理装置,经沉淀过滤后用于混凝土养护与场地洒水,实现水资源循环利用。

4.3 施工技术自动化与智能化

(1)自动化施工设备的研发与应用:智能装备集群成为施工主力,如无人摊铺机配备激光导航系统,自动控制摊铺厚度(误差 $\leq 5\text{mm}$)与平整度;桥梁吊装机器人通过视觉识别技术精准对位预制构件,吊装效率提升50%,且避免人为操作风险。针对隧道施工,全断面硬岩掘进机(TBM)将集成地质超前预报系统,自动调整掘进参数,适应复杂岩层环境。(2)智能施工管理系统的建立与完善:基于BIM+GIS技术构建数字孪生工地,实现施工全过程可视化管理。系统可自动匹配材料需求与库存(如钢筋用量实时核算),优化材料调度;通过物联网设备采集施工数据(如混凝土养护温湿度),智能推送养护提醒;结合进度计划自动预警工序延误风险,如发现模板安装进度滞后,即时调配班组资源,确保工期可控。

结束语

综上所述,道路桥梁工程检测与施工技术的研究对于保障工程质量与安全至关重要。通过对多种检测技术和先进施工方法的深入探讨,我们不仅理解了其基本原理与应用场景,还明确了技术创新在提升工程性能与延长使用寿命中的关键作用。本研究成果为道路桥梁工程的实践提供了理论支持与实践指导,期望能为行业带来积极影响,推动我国交通基础设施建设的持续健康发展。

参考文献

- [1]赵勇.道路桥梁工程新型检测技术的应用[J].汽车画刊,2024,(08):76-78.
- [2]尚亮榆.市政道路桥梁工程沉降段路基路面的施工技术[J].汽车画刊,2024,(11):89-91.
- [3]刘超.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面的施工技术[J].建设机械技术与管理,2024,(07):71-73.
- [4]王锋.新型试验检测技术在道路桥梁检测中的应用[J].黑龙江交通科技,2022,(13):166-167.