

# 基于公路工程试验检测及公路工程管理研究

孙 智

利辛县公路管理服务中心 安徽 亳州 236700

**摘 要:** 公路工程作为基础设施建设的核心领域,其质量与管理水平至关重要。本文深入探究公路工程试验检测及管理,梳理国内外技术发展与管理模式演变,揭示两者协同机制缺失的现状。研究涵盖常规与新型检测技术优化、数据管理分析,构建全生命周期管理模式和信息化平台。针对技术与管理的现实挑战提出应对策略,并为行业标准化发展提供有益建议。

**关键词:** 公路工程; 试验检测; 公路工程管理

引言: 公路工程是经济社会发展的重要支撑,其质量与安全关乎国计民生。随着技术进步和管理理念更新,公路工程试验检测技术不断升级,管理模式也持续优化。然而,当前公路工程建设中仍存在试验检测数据与管理决策脱节、不同管理模式衔接不畅等问题。深入开展基于公路工程试验检测及管理的研究,对提升工程质量、保障施工安全、推动行业可持续发展具有重大现实意义。

## 1 文献综述与理论基础

### 1.1 国内外研究现状

(1) 在试验检测技术发展方面,国外在无损检测领域已形成成熟的超声探伤、红外热成像技术体系,可实现工程结构内部缺陷精准定位;智能传感技术应用广泛,如光纤传感器实时监测桥梁应力应变。国内近年快速追赶,无人机航拍结合图像识别技术用于路面病害检测,但高端传感设备仍依赖进口,技术集成度有待提升。(2) 工程管理模式演变上,国外较早从传统监理制转向信息化管理,BIM技术已贯穿项目全流程;国内逐步推广“BIM+智慧工地”模式,通过平台整合人员、机械、物料数据,但部分企业因成本问题仍沿用传统模式,新旧模式过渡存在衔接难题。(3) 现有研究空白主要体现在技术与管理协同机制不足,多数研究聚焦单一技术应用或管理模式优化,缺乏将试验检测数据与管理决策深度融合的机制,难以实现工程质量动态管控。

### 1.2 理论基础

(1) 全生命周期管理理论涵盖工程规划、设计、施工、运维阶段,强调各阶段数据贯通与协同,为工程质量全程管控提供框架,可有效避免各阶段信息割裂导致的质量隐患。(2) 质量控制理论中,PDCA循环通过计划、执行、检查、处理的持续循环优化质量;六西格玛理论以数据为基础,降低质量波动,二者为工程质量精准控制提供科学方法。(3) 信息化管理理论依托BIM、大数

据、物联网技术,实现工程数据实时采集、分析与共享,打破信息壁垒,为智慧化工程管理提供技术支撑,推动管理效率提升<sup>[1]</sup>。

## 2 公路工程试验检测技术体系研究

### 2.1 常规检测技术优化

(1) 针对路基压实度检测,传统环刀法存在取样扰动大、结果离散性高的问题,可通过引入“环刀+核子密度仪”组合检测法优化:先采用核子密度仪进行大范围快速筛查,对数据异常区域再用环刀取样验证,既提升检测效率,又降低单点误差;对于沥青混合料性能检测,传统马歇尔试验耗时较长,可改进试件制备工艺,采用自动压实仪控制压实次数与力度,减少人为操作偏差,同时引入动态稳定度试验与低温弯曲试验,补充评价混合料高温抗车辙、低温抗裂性能,完善性能检测指标体系。(2) 检测频率与抽样规则的标准化研究需结合公路工程不同施工阶段与结构类型制定差异化方案:路基施工阶段,按每200米每压实层至少抽检3点的频率设定,且抽样点需覆盖路基边缘、中部等关键区域,避免集中取样导致的代表性不足;沥青路面施工中,沥青混合料马歇尔试件抽样频率应与摊铺面积挂钩,每1000平方米至少抽检1组,同时明确抽样时间需间隔摊铺作业不超过2小时,确保样本时效性。此外,需建立抽样结果追溯机制,将抽样人员、检测设备、检测时间等信息录入系统,实现检测过程可溯源,提升检测数据可信度。

### 2.2 新型检测技术应用

(1) 无损检测技术中,探地雷达可利用高频电磁波探测路基内部空洞、积水等缺陷,检测深度可达3-5米,且无需破坏路面结构,适用于施工过程中的隐蔽工程检测与运营期的路基健康评估;红外热成像技术通过捕捉路面温度差异,快速识别沥青路面脱空、裂缝等病害,检测效率较人工巡检提升10倍以上,尤其在夜间低温环

境下,病害识别准确率可达90%以上。(2)智能传感与物联网技术可实现结构健康实时监测,在桥梁支座、路面基层植入应变传感器、温湿度传感器,通过物联网将数据实时传输至管理平台,当结构应力超过阈值或环境温度湿度异常时,系统自动预警,避免病害扩大;例如在高速公路长大桥梁上布设传感器,可实时监测车辆荷载对桥梁结构的影响,为养护决策提供数据支撑<sup>[2]</sup>。(3)无人机巡检搭配高清摄像头与红外相机,可对公路边坡、隧道洞口等人工难以抵达的区域进行巡检,单次巡检范围可达10公里,能快速发现边坡溜塌、隧道衬砌裂缝等隐患;三维激光扫描技术可构建公路路基、桥梁的三维点云模型,精度达毫米级,通过对比不同时期的模型数据,精准分析结构变形量,为工程质量评估与病害整治提供直观依据。

### 2.3 检测数据管理与分析

(1)大数据平台构建需整合多源检测数据,涵盖常规检测、无损检测、实时监测等数据类型,采用Hadoop分布式存储架构,满足日均10GB以上数据存储需求;同时构建质量预警模型,基于历史检测数据与工程质量事故案例,运用随机森林算法挖掘数据关联规律,设定路基压实度、路面平整度等关键指标的预警阈值,当检测数据超出阈值时,平台自动生成预警报告,推送至项目管理人员。例如,当沥青路面平整度检测值超过3.5mm/3m时,系统判定为一级预警,提示需重新调整摊铺机参数。(2)检测结果可视化通过引入BIM技术实现,将检测数据与公路BIM模型关联,在模型中以不同颜色标注检测结果(如绿色表示合格、黄色表示预警、红色表示不合格),直观展示各部位质量状态;决策支持系统基于可视化数据与预警模型结果,为工程管理提供精准建议,如针对路基压实度不合格区域,系统结合地质勘察数据,推荐采用换填垫层或强夯处理方案,并预估处理成本与工期,辅助管理人员制定优化决策<sup>[1]</sup>。

## 3 公路工程管理模式创新研究

### 3.1 传统管理模式问题分析

(1)传统管理模式下,公路工程各环节多由不同单位独立负责,规划、设计、施工、运维阶段数据分别存储于各自系统,缺乏统一数据标准与共享渠道,形成“信息孤岛”。例如,设计单位的地质勘察数据难以同步至施工单位,导致施工中因地质条件认知偏差调整方案,延误工期;施工阶段的质量检测数据无法实时传递给运维单位,影响后期养护计划制定,整体管理效率大幅降低。(2)传统模式中,业主、监理、施工、设计等多方责任界定模糊,尤其在质量问题追责时,易出现“多头管理”

或“无人负责”现象。如路面出现早期破损,施工单位归咎于设计参数不合理,设计单位则认为施工未按规定执行,责任推诿严重;同时,监管多依赖人工巡检,存在检查频率低、覆盖范围有限的漏洞,难以实时发现施工中的违规操作,增加工程质量与安全风险。

### 3.2 全生命周期管理模式构建

(1)规划阶段聚焦地质勘察与风险评估,采用无人机航拍、地质雷达等技术开展精细化勘察,建立包含地形、水文、地质构造的三维数据库;结合历史工程事故数据,运用风险矩阵法评估洪涝、滑坡等自然风险及施工技术风险,制定风险应对预案,为后续设计与施工提供科学依据。(2)设计阶段推行BIM协同设计,搭建多方共享的BIM平台,设计、勘察、造价等人员实时在线协作,通过碰撞检测功能提前发现管线冲突、结构不合理等问题;基于BIM模型进行设计优化,如优化路线平纵断面,减少土地占用与生态破坏,同时生成工程量清单,为成本控制奠定基础。(3)施工阶段打造智慧工地,集成视频监控、智能传感、人员定位等系统,实时监测施工进度、质量、安全状态;通过动态控制机制,当实际进度滞后计划10%以上或质量检测数据异常时,系统自动预警,管理人员及时调整资源配置与施工方案,确保工程按计划推进<sup>[4]</sup>。(4)运维阶段建立预防性养护体系,结合路面检测数据与交通量分析,预测路面使用寿命,提前开展铣刨重铺、裂缝密封等养护作业;开发资产管理系统,对公路桥梁、隧道等资产的建设成本、养护记录、使用寿命进行全周期管理,实现资产高效利用。

### 3.3 信息化管理平台开发

(1)构建集成化管理系统架构,以试验检测数据为核心,整合进度、成本、安全管理模块。试验检测模块实时上传检测数据并自动生成报告;进度模块通过甘特图展示施工计划与实际进展,自动计算偏差;成本模块关联工程量清单与物资采购数据,动态监控成本支出;安全模块实时预警违规操作与安全隐患,实现“一站式”管理,打破各模块数据壁垒。(2)开发移动端APP,支持管理人员、施工人员随时随地查看工程数据、接收预警信息,现场上传施工照片与检测记录;建立云端数据共享机制,采用加密传输技术确保数据安全,授权各方按权限访问数据,如监理单位可查看施工检测数据,运维单位可获取历史施工与养护记录,实现跨部门、跨阶段数据实时共享,提升管理协同效率。

## 4 基于公路工程试验检测及公路工程管理的挑战与对策建议

### 4.1 技术应用挑战

(1) 在公路工程试验检测与管理技术应用中, 面临设备成本高与基层人员技能不足的双重难题。无损检测设备如探地雷达、三维激光扫描仪单台造价常超百万元, 智能传感与物联网监测系统部署成本也较高, 中小施工企业难以承担; 同时, 基层人员多熟悉传统检测与管理方式, 对新型设备操作、BIM软件应用等技能掌握不足, 导致先进技术购入后无法充分发挥作用, 如部分项目虽配备智能传感设备, 却因人员不会数据分析, 仅能收集数据而无法用于质量管控。(2) 针对上述问题, 对策可从两方面推进: 一方面, 政府可设立专项补贴, 对采购试验检测与管理先进设备的企业按购置成本的30%-50%给予补贴, 降低企业资金压力; 另一方面, 开展产学研合作培训, 由高校、科研机构与设备厂商联合, 针对基层人员开设设备操作、数据处理、BIM应用等课程, 采用“理论授课+现场实操”模式, 如组织人员在实际公路项目中练习探地雷达操作与数据解读, 提升技能水平<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 管理机制挑战

(1) 数据安全与跨部门协同是管理机制中的突出难题。试验检测数据、工程管理数据包含项目核心信息, 存储与传输中易面临泄露、篡改风险; 同时, 公路工程涉及交通、住建、监理、施工等多部门, 各部门数据标准不一、权限划分模糊, 跨部门协同时常出现数据共享不畅、职责推诿情况, 如施工部门需调用交通部门的车流数据优化施工交通组织, 却因数据共享机制缺失难以获取, 影响施工安排。(2) 解决该挑战需双管齐下: 一是引入区块链技术, 将试验检测、工程管理等数据上链, 利用其不可篡改特性保障数据安全, 同时通过智能合约明确各部门数据访问权限, 实现数据可信共享; 二是完善政策法规, 制定《公路工程数据共享管理办法》, 统一数据标准, 明确各部门协同职责, 要求跨部门项目需建立联合工作小组, 定期召开协同会议, 解决数据共享与

工作衔接问题。

#### 4.3 行业标准化建议

当前公路工程试验检测规程存在地区差异, 如不同省份对路基压实度检测频率、方法规定不同, 导致跨区域项目检测标准不统一; BIM应用也缺乏统一标准, 模型精度、数据格式各异, 影响全生命周期数据贯通。因此, 需推动试验检测规程与BIM标准统一: 由行业主管部门牵头, 联合科研机构、企业制定全国统一的《公路工程试验检测规程》, 明确检测指标、方法、频率等要求; 同时发布《公路工程BIM应用标准》, 规范模型创建、数据存储、协同共享等流程, 确保试验检测与管理数据在全周期内顺畅流转。

#### 结束语

公路工程试验检测与管理工作是保障工程质量、提升建设效益的关键环节。本研究围绕二者展开深入探讨, 在技术体系优化、管理模式创新等方面取得一定成果。但公路工程领域不断发展变化, 未来仍需持续钻研, 进一步强化技术与管理融合, 应对新挑战。期望本研究能为行业提供有益参考, 推动公路工程试验检测与管理朝着更科学、高效、智能的方向迈进。

#### 参考文献

- [1]陈基.高速公路工程试验检测与质量控制技术研究[J].交通科技与管理,2023,4(13):48-50.
- [2]赵栩.公路工程试验检测常见的问题[J].建材发展导向,2023,21(12):38-40.
- [3]邹静莹.公路工程试验检测行业发展问题及对策研究[J].黑龙江交通科技,2023,46(06):131-133.
- [4]刘文军.公路工程现场试验检测现状及改善策略[J].交通科技与管理,2021,(10):51-52.
- [5]陈邦庆.加强工程试验检测在公路工程质量管理中的作用[J].建材与装饰,2020,(33):279-280.