

公路试验检测技术发展趋势研究

于世龙

中咨公路养护检测技术有限公司 北京 100089

摘要：随着交通基础设施建设的持续推进，公路试验检测技术正经历深度变革。本文从设备整合、自动化应用、质量管理及技术创新四个维度，系统分析行业发展趋势。研究发现，通过构建分级设备管理体系、推进智能检测技术集成、强化全流程质量管控及产学研协同创新，可显著提升检测效能与数据可靠性。研究结果为基层检测机构技术升级提供理论支撑，对推动公路工程全生命周期管理具有现实意义。

关键词：公路试验检测；技术整合；智能检测；质量控制

引言：公路试验检测是保障工程质量的核心环节，其技术水平直接影响路网运营安全与养护决策科学性。当前，行业面临设备资源分散、检测效率低下、数据标准化不足等突出问题。本文立足基层实践，结合技术发展动态，重点探讨设备整合策略、自动化应用路径及质量管控机制，旨在为提升检测技术水平提供系统性解决方案，助力公路事业高质量发展。

1 整合检测设备，提升试验效率

1.1 资源规划和整合

当前公路检测领域设备配置存在结构性矛盾，部分地区检测机构存在设备重复配置与资源闲置现象^[1]。传统分散式设备管理模式导致技术资源难以形成合力，既增加了运营成本，也制约了检测技术的协同发展。

优化资源配置需构建分级管理体系。省级层面应建立设备动态管理平台，通过信息化手段统筹区域设备资源，形成差异化配置策略。地市级检测机构则需结合区域路网特点，重点配置高需求设备类型，如路面结构检测、材料性能分析等专用设备。这种分级管理模式有助于避免低水平重复投资，提升设备使用效能。

1.2 设备更新和维护

当前基层检测机构普遍面临设备老化与技术迭代不同步的问题。部分设备服役周期超过设计年限，其检测精度已难以满足现行规范要求，而新技术设备的推广应用又受限于资金与技术壁垒。这种新旧设备并存的“代际差”现象，既影响检测数据的可靠性，也制约行业技术升级进程^[2]。

推进设备更新需建立动态评估机制。定期开展设备技术性能评估，将服役年限、维护成本、技术指标等纳入淘汰标准体系。对于核心检测设备，应制定5-8年的周期性更新计划，优先配置智能化、集成化检测设备，如多功能路面检测车、数字图像集料分析系统等。同时需

完善维护保养制度，推行预防性维护模式，通过建立设备健康档案、实施关键部件寿命预测等手段，降低突发故障风险。

1.3 多元技术集成

公路检测技术的协同创新需突破单一检测手段的局限，构建多技术联动的综合体系。通过整合地质雷达探伤、红外热成像与高精度定位技术，可形成覆盖道路表里、动静结合的立体化检测网络。地质雷达聚焦路基深层结构探查，红外热成像捕捉材料热力学特性变化，定位技术则精准锁定病害空间分布，三者互补形成多维数据源。借助数据融合平台实现多源信息的交叉分析与智能验证，既扩展检测维度，又增强结果可靠性^[3]。当前技术集成的核心挑战在于设备接口协议差异与数据格式不兼容，需推动检测装备的模块化设计，制定统一的技术协作标准，确保不同系统间无缝衔接。通过强化技术协同的底层架构支撑，可显著提升复杂工况下的综合诊断能力，为道路状态评估提供更全面的技术保障。

2 推进自动化应用，优化数据分析

2.1 自动化系统规划

随着公路建设规模扩大与运维要求提升，传统人工检测模式的局限性日益凸显。人工操作易受主观因素影响，且数据采集的时效性与连续性不足，难以满足现代交通基础设施精细化管理需求^[4]。当前行业正通过技术革新构建自动化检测体系，旨在突破传统模式的效能瓶颈。

自动化系统规划需构建软硬协同的技术架构。硬件层面应重点部署集成化检测装备，如具备多参数同步采集能力的智能检测车、可实现隐蔽工程无损检测的探地雷达等，配合无线传感网络实现检测数据的实时传输。软件层面则需开发适配基层场景的智能分析平台，通过算法优化实现检测数据的自动解析与深度挖掘，例如对路面病害类型进行智能分类、对结构物健康状态进行趋

势预测等。

2.2 数据采集和处理

现代公路检测正构建全域感知的数据采集体系。通过车载移动终端、无人机遥感及分布式传感器网络,实现对路面、桥梁、隧道等设施的多维度数据采集。这些技术手段可同步获取结构形态、材料性能及环境参数等动态信息,并依托定位技术实现病害精准映射。

数据处理需建立分级质量管控机制。基层机构应实施实时数据校验,通过算法识别异常值并剔除干扰数据,确保原始数据的真实性。省级层面则需构建智能分析平台,运用机器学习技术对检测数据进行特征提取与趋势分析,实现病害分类、结构健康评估等高级应用。

2.3 智能检测技术应用

智能检测技术的深度融合正重塑公路试验检测的技术范式。基于机器视觉的病害识别算法已实现对路面裂缝、车辙等典型病害的自动分类与量化评估,其识别准确率较传统人工方法提升约30%^[5]。在桥梁检测领域,智能传感器网络可实时采集结构应力、振动频率等参数,结合有限元分析模型实现对关键构件的健康状态预警,有效预防突发事故。材料检测方面,基于光谱分析与机器学习的智能判定系统,能够快速识别集料级配异常与沥青老化程度,为工程选材提供科学依据。

当前智能检测技术的应用呈现两大特征:一是检测场景的泛在化,从传统实验室向现场施工、运营维护等环节延伸;二是检测维度的立体化,通过多模态数据融合实现对工程结构的全方位诊断。值得注意的是,技术落地需同步解决算法适应性与数据标准化问题,例如针对不同地区气候条件优化病害识别模型,建立跨系统数据交互协议等。这种智能化转型不仅提升检测效率与精度,更推动行业从被动检测向主动预防转变,为公路基础设施全生命周期管理提供技术支撑^[6]。

3 加强质量管理,确保试验准确

3.1 检测流程优化

当前基层检测流程存在环节冗余、标准模糊等问题,易导致检测结果偏差。需从源头规范操作程序,建立全流程质量控制节点。首先应细化检测步骤,针对不同检测项目编制标准化作业指导书,明确取样方法、环境控制等关键要素。其次,引入数字化流程管理系统,通过电子工单分配、检测数据实时上传、操作过程影像记录等手段,实现流程透明化监管。同时需强化过程复核机制,在关键环节设置双人核验或交叉比对程序,例如材料试验中的平行样检测、现场数据与实验室结果的匹配分析等。优化后的流程应注重实效性,在保证数据

可靠性的前提下精简非必要环节,如合并重复性记录表单、压缩多级审批链条。通过流程再造,既可降低人为操作失误风险,又能提升检测效率,为质量管理的全面提升奠定基础。

3.2 质量标准制定

质量标准体系的动态演进是保障检测公信力的核心。行业正通过吸纳国内外先进经验,构建与技术发展相适应的标准框架,重点完善材料性能、结构安全等关键领域的指标体系。在材料检测领域,新规程增加了反映材料耐久性的关键参数测试方法,针对特殊施工工艺引入专项评价指标,填补传统检测标准的空白。智能交通设施检测规范则强化了设备功能与数据交互要求,明确关键系统的技术参数阈值。

标准化工作正从单一指标管控向全流程质量追溯延伸。通过建立标准化数据接口与元数据规范,推动检测数据与工程管理系统深度融合,实现检测流程可追溯。基层机构需建立标准动态适配机制,结合区域气候特征与工程特点细化执行细则,定期开展标准宣贯培训,确保新技术指标在实际检测中精准落地。

3.3 定期校准检测仪器

检测仪器的量值溯源是保障数据准确性的重要基础。当前行业通过建立动态校准机制,结合交通运输部发布的专用计量管理目录,对沥青混合料试验机、弯沉仪等关键设备实施周期性检定。基层机构需建立仪器设备台账,记录校准周期、技术参数及维护情况,确保量值传递链条的连续性。例如针对自动化检测车等新型装备,通过引入激光测距、光谱分析等数字化校准技术,实现多参数同步校验,提升检测数据的可靠性。

校准工作正从传统实验室向现场检测延伸。部分省份试点开展道路检测设备集中检校活动,通过区域协作机制为基层机构提供便捷的量值溯源服务,解决设备长途送检难题。同时,行业正探索建立智能化校准平台,运用物联网技术实时监测设备运行状态,自动触发校准预警,实现从被动维护向主动预防的转变。

基层机构需强化校准结果的应用管理,将校准数据纳入检测报告审核环节,对超差设备立即停用并追溯历史数据。通过完善仪器设备全生命周期管理,确保检测数据始终处于受控状态,为工程质量评定提供坚实技术支撑。未来,随着智能检测设备的普及,校准技术将向自动化、云端化方向发展,进一步提升计量服务效能。

4 创新技术研发,推动行业进步

4.1 新技术趋势研判

当前公路试验检测技术正加速向智能化、绿色化、

集成化方向演进。智能传感技术的突破使长期监测成为可能，微型传感器阵列可嵌入桥梁支座、隧道衬砌等关键部位，实现结构应力、环境温湿度等参数的实时感知与预警。数字孪生技术的应用则构建了虚实交互的检测场景，通过三维建模与仿真分析，可提前预判病害发展趋势并优化检测方案。在绿色检测领域，基于光谱分析的无损检测技术正替代传统破损检测方法，减少对道路结构的二次损伤，同时降低检测过程的碳排放。

值得关注的是，跨学科技术融合成为研发热点。例如，将人工智能与材料科学结合，开发出可自修复的智能道路材料，其损伤检测与修复过程通过内置传感器与微胶囊技术自动完成。此外，行业正探索建立“检测-养护-设计”的数据闭环，通过分析历史检测数据优化新材料研发方向，形成技术迭代的良性循环。基层机构需敏锐捕捉这些趋势，在技术选型时注重兼容性与扩展性，为后续技术升级预留接口。这种前瞻性研判不仅能提升检测效能，更能为行业可持续发展注入创新动能。

4.2 研发投入策略

研发投入的精准化配置是技术突破的关键保障。行业需构建多元化投入机制，通过政府引导资金与市场化融资相结合，重点支持智能检测装备、绿色检测技术等前沿领域研发。基层机构可通过申报科技专项、参与行业联合攻关等方式，整合多方资源推进技术创新。例如针对农村公路检测技术短板，可设立专项研发基金，鼓励企业开发便携式、低成本检测设备。

产学研协同机制的深化尤为重要。通过与高校、科研院所共建联合实验室，可加速科研成果转化。如某检测机构与高校合作研发的桥梁裂缝智能识别系统，在实际应用中检测效率显著提升。同时需强化知识产权保护，将专利成果转化为技术标准，形成“研发-应用-迭代”的良性循环。

基层机构应建立技术储备评估体系，定期分析检测需求变化，动态调整研发方向。例如针对极端气候频发态势，可提前布局抗灾检测技术研发。这种科学的投入策略既能提升技术竞争力，也为行业可持续发展提供源动力。

4.3 示范项目建设

示范项目是技术成果转化的重要载体，需聚焦区域特点与技术痛点，形成可复制的实践经验。以山区公路为例，可选取典型路段集成应用智能检测车、光纤传感与无人机巡检技术，构建全要素监测系统，重点验证复杂地形下的设备适应性及数据融合效果。建设中应建立“技术验证-问题反馈-方案优化”的闭环机制，通过多部门协作攻克设备协同、标准对接等难题。项目验收后需编制技术应用指南，提炼设备选型、操作流程及成本控制要点，为基层推广提供参考。同时，建议建立跨区域经验共享平台，鼓励基层单位结合本地需求进行二次创新，避免简单复制导致的“水土不服”。此类示范工程不仅能加速新技术落地，更能为行业技术升级提供实践支撑。

结论

本文系统梳理了公路试验检测技术的四大发展趋势，提出整合设备资源、推进自动化、强化质量管理及技术创新的实施路径。研究表明，分级设备管理可优化资源配置，智能检测技术显著提升效率，动态标准体系保障数据可靠，跨领域创新推动行业升级。未来，需进一步深化产学研协同，加强基层技术培训，加速新技术成果转化，为公路基础设施可持续发展提供技术保障。

参考文献

- [1]江衡. 高速公路试验检测技术应用问题与解决对策分析[J]. 运输经理世界,2025(3):58-60.
- [2]贾宝洁. 高速公路沥青混合料试验检测技术研究[J]. 科学技术创新,2025(3):125-128.
- [3]石凯. 公路工程水泥混凝土原材料试验检测探究[J]. 建材发展导向,2025,23(1):10-12.
- [4]张全忠. 公路桥梁工程建设中的集料试验检测技术分析[J]. 运输经理世界,2025(1):102-104.
- [5]刘朋. 大数据时代公路工程试验检测数据应用与发展[J]. 大众标准化,2024(17):157-159.
- [6]王英华. 公路工程室内土工试验检测的要点及试验方法探讨[J]. 大众标准化,2024(14):190-192.