

道路工程沥青混合料性能检测关键技术优化与应用

陈国荣

丰都县建设工程质量检测有限公司 重庆 丰都 408200

【摘要】：沥青混合料性能决定道路服役安全与使用寿命，检测技术是公路工程质量管控核心。本文界定沥青混合料高温稳定性、低温抗裂性等核心检测指标，分析现行传统检测技术在人工依赖、检测效率、数据精度上的局限性，明确技术优化的必要性与核心需求。从力学性能、耐久性能、施工实时检测及数据处理分析四个维度，提出针对性优化路径，构建一体化检测体系。以江苏常泰长江大桥北接线高速工程为实例，验证优化技术的适用性与可靠性。研究显示，优化后的检测技术可提升检测效率与精度，实现施工全过程动态管控，为道路工程质量提升提供技术支撑。

【关键词】：沥青混合料；性能检测；技术优化；实时监测；工程应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.011

引言

我国公路工程建设向高等级、重载化、长寿命方向发展，沥青混合料作为路面核心材料，性能优劣影响道路通行安全与服役周期。传统沥青混合料检测技术以人工操作、破损取样为主，检测周期长、数据重复性差、无法实现全域实时管控，难以适配现代公路大规模、快施工的建设需求，易引发路面车辙、开裂、水损害等病害。界定沥青混合料核心检测指标，剖析现有技术局限，探索科学可行的优化路径，通过工程实践验证其有效性，对提升公路工程质量、降低运维成本、保障道路长期稳定服役有重要现实意义与工程价值。

1 道路工程沥青混合料性能检测核心指标与现存技术短板

1.1 沥青混合料核心性能检测指标界定

沥青混合料核心检测指标围绕路面服役安全与长期稳定，多维度保障路用性能。高温稳定性依托车辙试验动稳定度，衡量抗车辆荷载变形能力；低温抗裂性采用低温弯曲破坏应变，降低低温开裂风险；水稳定性借助冻融劈裂试验强度比，评价水热耦合下的抗剥落能力^[1]。马歇尔稳定度、流值及动态模量表征力学性能，体现承载与抗塑性变形能力；沥青膜厚度与老化指数把控耐久性，延缓材料老化。摆值、构造深度保障抗滑性能，守护行车安全；压实度、空隙率、沥青含量控制施工质量，决定路面成型效果与服役寿命，各指标协同支撑混合料整体性能。

1.2 现行检测技术在实际应用中的局限性

当前沥青混合料检测以马歇尔、抽提、车辙、冻融劈裂等传统试验为主，工程应用局限显著。试件制备与加载依赖人工，结果受人员水平影响大，数据重复性差，破损取样还会破坏路面结构，无法实现全域检测。检测流程复杂且周期长，难以适

配公路快速施工与实时管控需求，数据滞后易引发压实不足、离析等问题。核子密度仪检测速度快，却存在放射性辐射风险，需专业防护，应用受到限制。传统检测侧重单一指标，无法综合评判多性能协同状态，难以识别内部离析、密实不均等隐性缺陷，不符合高等级道路精细化管控需求。

1.3 检测技术优化的必要性与核心需求

现代公路工程规模大、施工快、重载交通多，传统检测在效率、精度与安全性上的不足愈发突出，技术优化十分必要。优化可缩短检测周期，实现施工实时监测与数据反馈，及时调整配合比与施工工艺，减少工期延误与成本增加。降低人工依赖与操作误差，提升数据一致性，便于基层推广应用。精准测定关键参数，优化配合比，减少车辙、开裂、水损害等病害，延长路面寿命。技术优化需满足高效无损、智能精准、全域实时、综合评价，兼顾现场便捷性与数据可靠性，构建实验室、施工现场、全生命周期一体化检测体系。

2 道路工程沥青混合料性能检测关键技术优化路径

2.1 力学性能检测技术优化

力学性能检测技术向自动化、动态化优化，替代传统人工操作的静态检测模式。自动马歇尔试验仪取代传统设备，自动完成试件制备、加载、数据采集与计算全过程，消除人为操作干扰，提升稳定度与流值检测的精准度与重复性。动态模量检测技术引入后，可在模拟路面实际受力的温度与频率条件下，替代单一静载指标表征混合料力学性能，更贴合道路实际服役状态。低温弯曲试验优化低温抗裂性检测流程，以破坏应变为量化依据，建立高温稳定性与低温抗裂性协同检测机制，全面反映混合料在不同温度环境下的力学响应特征，为力学性能评价提供更科学的数据支撑（见图1）。

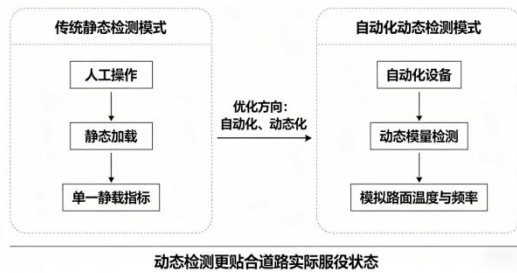


图1 力学性能检测技术优化

2.2 耐久性能检测技术优化

耐久性能检测技术围绕水稳定性、抗老化性、抗滑性能构建多维优化体系，突破传统单一指标检测局限。水稳定性检测中，强化冻融劈裂试验标准化操作，提升检测结果可比性；沥青膜厚度、沥青老化指数作为核心检测参数，精准判定混合料抗老化能力，弥补传统检测无法量化老化程度的短板。抗滑性能检测同步采集摆值与构造深度数据，建立双指标联动评价机制，确保检测结果贴合实际行车安全需求。地质雷达、无核密度仪等无损检测技术引入后，非接触式探测混合料内部离析、密实不均等缺陷，无需破损取样，既能完整保留结构完整性，又能实现大范围连续检测，全面提升耐久性检测的全面性与精准度。

2.3 施工过程实时检测技术优化

施工过程实时检测技术依托物联网与无损装备，构建拌和、运输、摊铺、碾压全链条实时监测体系^[2]。拌和站部署温度传感器，把控拌和质量；运输车辆搭载车载温度传感器，全程监测混合料温度损失，保障摊铺前温度达标。施工现场采用压实度传感器、平整度传感器，实时采集相关数据；搭配无核密度仪、地质雷达，快速监测压实状态、沥青层厚度与内部缺陷，发现压实不足、离析等问题立即反馈并调整碾压工艺，形成“检测—反馈—调控”闭环质控模式，实现施工质量全过程动态管控。

2.4 检测数据处理与分析技术优化

检测数据处理与分析技术以人工智能算法与综合评价体系为核心优化方向，提升数据价值与评价科学性。人工神经网络

络算法对大量沥青混合料试验数据进行训练，建立原材料特性、配合比、施工工艺与性能指标间的非线性关系模型，实现性能指标精准预测；图像识别技术对沥青混合料切片智能识别，高效完成质量判别。多指标综合评估体系同步构建，层次分析法确定高温稳定性、低温抗裂性、耐久性、抗滑性、力学性能的权重，加权求和计算综合性能得分，替代传统单一指标评价模式，全面客观反映混合料综合性能，为配合比优化与工程应用提供科学依据。

3 优化后沥青混合料性能检测技术的工程应用实践

3.1 应用场景选取与试验设计

选取江苏常泰长江大桥北接线高速公路路面工程为实际应用场景，该项目是长三角核心区域重载交通高速通道，高温高湿、交通流量大、施工标准高，具备典型代表性。试验段选取主线上面层与中面层为研究对象，传统检测方法作为对照组，自动力学检测、物联网实时监测、地质雷达与无核密度仪无损检测、AI数据建模、多指标综合评价设为试验组，对比检测周期、数据精度、施工质量调控效果等关键指标，验证优化技术的适用性与可靠性。

3.2 优化技术的现场应用流程与操作要点

现场应用遵循标准化流程，各环节操作清晰可落地^[3]。拌和阶段传感器采集级配、油石比、温度数据并预警异常；运输阶段车载终端与GPS监测温度及轨迹，保障到场温度达标；摊铺阶段用红外测温与3D找平保障均匀性；碾压阶段无核密度仪采集压实度数据并指导施工；验收阶段地质雷达检测缺陷，同步开展力学、耐久性试验，数据上传平台后由AI生成评价报告，流程简化且易操作。

4 结语

本文围绕道路工程沥青混合料性能检测技术展开研究，明确核心检测指标，系统分析传统检测技术的应用局限，提出力学、耐久、施工实时检测及数据处理的全方位优化路径，结合实际工程验证优化技术的可行性。优化后的检测技术突破传统模式束缚，实现检测自动化、过程实时化、评价综合化，有效提升检测效率与数据精度，可及时发现施工中的质量隐患，为配合比优化与施工工艺调整提供科学依据。

参考文献:

- [1] 李敏.再生沥青混合料(RAP)性能检测及长期耐久性研究[J].江西建材,2025,(08):63-66.
- [2] 张益明.水洗石料对沥青混合料性能影响分析[J].江西建材,2025,(08):104-106.
- [3] 杨娉瑞.沥青混合料骨架接触参数检测与工程应用研究[J].广州建筑,2025,53(08):84-88.