

沥青路面车辙深度与抗滑性能现场快速检测技术对比研究

冯桂雨

湖北交投智能检测股份有限公司 湖北 武汉 430050

【摘要】：沥青路面车辙变形与抗滑性能是影响道路行车安全和使用寿命的重要指标，快速、准确的现场检测技术对于路面养护决策具有重要意义。针对传统检测方法存在效率较低、现场适应性不足等问题，对比分析不同现场快速检测技术在沥青路面车辙深度测量与抗滑性能评价中的应用特点。结合检测原理、数据获取方式、检测精度、作业效率及现场适用条件等方面，分析各类技术的优势与不足，探讨检测结果与路面实际状态之间的关联性。研究表明，不同检测技术在车辙形态识别和抗滑性能表征方面具有不同适用范围，合理选择检测方法能够提升路面状态评价的准确性与检测效率，为沥青路面养护管理及性能评估提供技术依据。

【关键词】：沥青路面；车辙深度；抗滑性能；现场检测；快速检测技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.050

引言

沥青路面长期受到车辆荷载、环境因素及材料性能变化影响，容易出现车辙、磨损等病害，其中车辙深度和抗滑性能直接关系到道路行驶稳定性与交通安全。传统检测方式在实际应用中存在检测周期较长、效率受现场条件限制等问题，难以满足现代道路精细化养护需求。现场快速检测技术的发展为路面状态实时评价提供了新的技术手段，但不同检测方法在测量精度、应用范围和检测效率方面存在差异。因此，对沥青路面车辙深度与抗滑性能现场快速检测技术开展对比分析，有助于明确技术特点，优化检测方案，提高路面养护管理水平。

1 沥青路面车辙深度与抗滑性能现场检测需求及技术应用现状

1.1 车辙变形与抗滑性能检测的重要性分析

沥青路面在长期车辆荷载作用下，路面结构内部材料不断发生塑性累积变形，容易形成车辙病害，使路表产生纵向凹陷，降低行车平顺性，并影响车辆运行稳定性。同时，路面抗滑性能直接决定轮胎与路面之间的附着能力，在湿滑环境或高速行驶条件下，对车辆制动距离和操控安全具有重要影响。车辙深度能够反映路面变形程度，抗滑性能指标能够体现路表摩擦能力，两者共同构成评价路面服役状态的重要参数^[1]。现场检测过程中，需要准确获取路面几何变形特征与表面功能性能数据，为养护等级划分、维修方案制定以及道路安全评价提供可靠依据。

1.2 传统路面性能检测方法的应用局限

传统沥青路面性能检测主要依赖人工测量和专用设备检测，在车辙深度测量方面通常采用断面尺、横断面仪等方式获取数据，在抗滑性能评价方面则多采用摆式仪、摩擦系数测试设备等进行检测。这类方法能够获得较为准确的测试结果，但在大范围道路检测应用中存在作业效率较低、检测过程耗时较长、交通组织要求较高等问题。同时，人工操作容易受到检测

人员经验、现场环境条件以及测量过程规范性的影响，导致数据采集存在一定波动。面对高速公路和城市道路养护需求不断提升的情况，传统检测方式在连续化、快速化以及高频次检测方面存在一定限制。

1.3 现场快速检测技术的发展需求

道路交通量增长和养护精细化管理需求提升，使沥青路面性能检测逐渐向快速化、智能化方向发展。现场快速检测技术利用激光扫描、图像识别、雷达探测以及自动化采集设备等技术手段，能够在较短时间内完成路面状态信息获取，提高检测工作的连续性和数据采集效率。针对车辙深度检测，可借助高精度传感设备实现路表三维形态识别；针对抗滑性能检测，可结合纹理特征分析和摩擦性能测试方法，提高路面功能状态评价能力。快速检测技术的发展不仅需要关注检测速度，还需兼顾数据准确性、环境适应性以及工程应用成本，以满足不同道路条件下的实际检测需求。

2 沥青路面车辙深度与抗滑性能检测过程中的关键问题分析

2.1 不同检测技术测量精度存在差异

沥青路面车辙深度与抗滑性能检测涉及几何形态测量、路表纹理分析以及摩擦特性评价等多个环节，不同检测技术由于工作原理、设备性能和数据处理方式不同，在测量精度方面存在明显差异。车辙检测中，传统接触式设备能够直接获取断面变化信息，但检测范围有限，难以全面反映连续路段的变形特征；激光扫描、三维成像等非接触式技术能够快速获取路面空间信息，但检测结果容易受到设备分辨率、数据处理算法等因素影响。抗滑性能检测同样存在评价指标差异，不同设备对路面纹理、摩擦系数等参数的响应程度不同，导致检测结果存在一定偏差。因此，需要结合检测目标和工程条件合理选择技术方法，提高评价结果的可靠性。

2.2 复杂现场环境对检测结果稳定性的影响

实际道路检测环境具有较强的不确定性,路面污染、积水、温度变化、光照条件以及车辆荷载状态等因素均可能对检测结果产生影响。在车辙深度检测过程中,路面表面颗粒脱落、局部破损以及纹理变化可能干扰传感设备对真实断面形态的识别;抗滑性能检测则容易受到路面湿润程度、表面清洁状态以及集料磨损程度影响,使摩擦性能测试结果出现波动^[2]。同时,高速道路检测还需要考虑车辆行驶速度、设备安装稳定性以及现场交通条件等因素,这些外部条件增加了数据采集与分析的复杂程度。提升检测技术对环境变化的适应能力,是保证现场快速检测结果稳定的重要方向。

2.3 检测效率与实际养护需求匹配不足

随着道路网络规模扩大,路面养护管理对检测效率提出了更高要求,需要快速获取大范围路段性能变化信息,为养护决策提供及时依据。传统检测方法通常需要停车测量或设置作业区域,单次检测覆盖范围较小,难以满足长距离道路连续评价需求。部分快速检测技术虽然能够提高数据采集速度,但在数据处理、结果分析和设备成本控制方面仍存在一定限制,难以完全适应日常养护管理的高频检测需求。此外,车辙深度和抗滑性能往往需要结合分析,单一指标检测难以全面反映路面服役状态,检测流程与养护评价体系之间仍需要进一步衔接,以实现检测数据向维修决策的有效转化。

3 沥青路面车辙深度现场快速检测技术对比分析

3.1 接触式检测技术的测量原理与应用特点

接触式检测技术主要依靠检测设备与路面直接接触,通过测量横断面高程变化获取车辙深度信息。该类方法通常利用机械探杆、断面测量装置或传感器对车辙区域进行逐点采集,能够较为直接地反映轮迹带的凹陷程度和断面变化特征。在工程检测应用中,接触式设备具有检测原理清晰、测量过程稳定、数据解释直观等特点,适用于局部重点路段的精确测量。由于检测过程中需要设备与路面保持一定接触状态,其测量结果容易受到行驶速度、设备安装精度以及路面局部破损情况影响。同时,接触式方法检测范围相对有限,对连续长距离道路进行快速普查时效率不足,需要结合其他技术方式提高整体检测能力。

3.2 非接触式检测技术的数据获取优势

非接触式检测技术利用激光扫描、三维成像、机器视觉等方式获取路面空间信息,通过传感设备对路表形态进行连续采集,再利用数据处理算法计算车辙深度及分布特征^[3]。相比传统测量方式,该技术无需直接接触路面,可在车辆正常行驶状态下完成大范围数据采集,能够有效提高检测速度和道路覆盖能力。高密度点云数据的获取,使检测结果不仅能够反映单一断面的车辙深度,还能够呈现车辙宽度、变形范围以及空间变

化规律,为路面病害分析提供更加丰富的信息。在实际应用过程中,非接触式检测技术对设备精度、环境条件和数据处理能力要求较高,需要针对光照、路面污染以及复杂纹理等因素进行校正,以保证检测数据的准确性。

3.3 不同车辙检测技术的精度与适用性比较

不同车辙检测技术在数据采集方式、检测精度以及应用场景方面具有不同特点。接触式检测方法在局部精细测量中具有较好的稳定性,适合用于重点路段复核和检测结果验证;非接触式检测方法依靠快速扫描和自动化分析,在大规模道路巡检和动态检测方面具有明显优势。车辙深度检测精度不仅受到设备性能影响,还与数据采样密度、算法处理能力以及现场环境条件密切相关。对于高速公路、城市主干道等连续性较强的道路,应重点考虑检测效率与信息完整性;对于病害核查、质量验收等场景,则需要关注测量精度和结果可靠性。合理匹配不同检测技术,可提高车辙状态评价的针对性,使检测数据更符合道路养护管理需求。

4 沥青路面抗滑性能现场快速检测技术评价与优化应用

4.1 抗滑性能检测技术的评价指标分析

沥青路面抗滑性能评价主要围绕路表摩擦能力、纹理特征以及车辆行驶安全需求展开,常用指标包括摩擦系数、构造深度、横向力系数等。摩擦系数能够反映轮胎与路面之间的附着水平,是评价路面湿滑状态下制动性能的重要参数;构造深度则体现路表微观与宏观纹理结构,对排水能力和抗滑能力具有直接影响。在现场快速检测过程中,检测指标不仅需要满足精度要求,还应具备较好的重复性和实时性,以适应道路状态动态变化。不同指标侧重点存在差异,单一指标难以全面反映路面抗滑水平,需要结合路面材料特性、交通荷载条件以及环境因素进行综合评价,提高检测结果对实际行车安全状态的反映能力。

4.2 不同检测方法对抗滑状态表征能力比较

沥青路面抗滑性能检测方法主要包括摩擦系数测试、摆式摩擦测试、纹理扫描分析等,不同方法在表征路面抗滑状态方面具有不同特点。摩擦系数检测能够直接反映车辆轮胎与路面的作用关系,适用于评价路面实际摩擦能力,但检测过程容易受到温度、湿度等外界条件影响。摆式摩擦测试设备操作较为便捷,适合局部区域检测,但数据覆盖范围相对有限。基于图像识别和激光扫描的纹理分析技术能够快速获取路面微观结构信息,为抗滑性能变化趋势判断提供数据支持,但需要依靠算法模型进行间接评价^[4]。不同检测方法在评价角度上存在互补关系,合理选择检测方式能够提升抗滑性能分析的全面性。

4.3 检测技术组合应用与现场评价优化路径

针对沥青路面抗滑性能评价过程中单一检测方法信息不

足的问题,可结合多种现场快速检测技术构建综合评价模式。通过融合摩擦性能测试数据、路表纹理参数以及路面状态图像信息,可以实现对抗滑能力的多维度分析,提高检测结果的准确性和应用价值。在实际道路检测过程中,可利用快速扫描设备完成大范围路段筛查,再结合精细化检测手段对异常区域进行重点分析,形成“快速发现—精准判断—状态评价”的检测流程。数据采集与智能分析技术的结合,还能够实现检测结果自动化处理,为道路养护等级划分、维修区域确定以及预防性养护实施提供数据支持,提升路面性能管理的科学性。

5 车辙深度与抗滑性能联合检测技术的工程应用策略

5.1 多指标融合检测体系的构建方法

车辙深度与抗滑性能属于反映沥青路面结构状态和功能状态的重要指标,构建多指标融合检测体系需要实现几何变形数据与表面性能数据的协同分析。检测过程中可结合车辙深度、横断面变形、摩擦系数、构造深度等参数,建立综合评价指标体系,通过数据关联分析判断路面性能变化规律。融合检测方式能够避免单一指标评价存在的信息缺失问题,使路面病害识别更加全面,为后续养护措施制定提供更加准确的数据依据。

5.2 快速检测数据在路面养护决策中的应用

现场快速检测获取的数据能够为路面养护管理提供动态

化支持,通过分析车辙发展程度和抗滑性能变化趋势,可及时识别性能下降区域,并制定针对性的维修方案^[5]。在养护决策过程中,检测数据可用于确定病害等级、划分养护优先区域以及优化维修资源配置。相比依靠经验判断的传统管理方式,基于检测数据的决策模式能够提高养护工作的精准性,使预防性养护措施得到有效实施。

5.3 智能化检测技术提升路面性能评价水平

智能化检测技术融合传感器、自动采集设备和数据分析算法,可实现沥青路面性能检测由人工采集向自动化评价转变。通过连续获取路面状态信息,并利用智能分析模型识别车辙变形特征和抗滑性能变化,可提高检测工作的实时性和准确性。智能化技术还能够结合历史检测数据建立路面性能变化模型,为长期状态监测和养护计划优化提供技术支撑,推动道路检测管理向数字化、精细化方向发展。

6 结语

沥青路面车辙深度与抗滑性能检测是评价道路服役状态的重要环节,现场快速检测技术的发展为路面性能精准分析提供了有效支撑。不同检测方法在测量精度、检测效率和适用条件方面具有差异,应结合工程环境与评价需求合理选择技术方案。通过多指标融合、数据智能分析以及联合检测模式应用,可提升路面状态评价水平,为养护决策优化和道路安全运行提供可靠依据。

参考文献:

- [1] 王志祥.水下公路隧道沥青路面抗滑性能研究[J].交通世界,2025,(35):172-174.
- [2] 王子涵.高速公路沥青路面车辙病害微表处填充复合封层修复技术研究[D].东南大学,2025.
- [3] 周兴业,王旭东,肖倩,等.2016 - 2021 年北京足尺路面环道中心站沥青路面服役性能观测数据集[J].中国科学数据(中英文网络版),2024,9(4):300-322.
- [4] 朱华阳.基于 MLS11 的复拌就地热再生沥青混合料长期抗车辙及抗滑性能研究[D].重庆交通大学,2022.
- [5] 杨昊天.新疆地区高速公路沥青路面使用性能评价及预测研究[D].新疆大学,2024.