

公路路面现场检测技术

王永善

新疆北新科技创新咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：公路作为交通运输的关键基础设施，其路面质量直接关乎行车安全、舒适性以及道路使用寿命。公路路面现场检测技术作为把控路面质量的重要手段，在公路建设、养护与管理各阶段发挥着不可或缺的作用。本文详细阐述了公路路面现场检测技术的重要意义，深入剖析了常见的检测技术，对比分析了各技术的原理、适用范围、优缺点，探讨了当前检测技术面临的挑战，提出了发展对策，旨在推动公路路面现场检测技术持续进步，为公路事业高质量发展筑牢根基。

关键词：公路路面；现场检测技术；质量把控；技术创新

引言：随着经济社会的蓬勃发展，公路交通流量与日俱增，车辆荷载日益加重，对公路路面质量提出了更高要求。公路路面现场检测技术宛如公路质量的“体检医生”，通过精准采集路面各项参数，及时发现病害隐患，为公路建设施工提供质量反馈，为养护决策提供科学依据，确保公路始终处于良好运行状态。无论是新建公路工程的质量验收，还是在役公路的定期“健康检查”，先进、高效的路面现场检测技术都是保障公路服务水平、延长使用寿命、节约养护成本的核心要素，对推动交通运输行业稳健前行意义非凡。

1 公路路面现场检测技术分类及特点

1.1 平整度检测技术

（1）3m直尺法。这是一种传统的、操作较为简易的平整度检测方法。其原理是利用3m长的直尺，将直尺底面贴合在路面上，测量直尺与路面之间的最大间隙值，以此反映路面的平整度状况。该方法设备简单、成本低廉，适用于低等级公路或对平整度要求不高的施工路段局部检测。但它属于人工操作，检测效率低，受人为因素影响大，测量结果精度有限，难以满足高等级公路大规模、高精度检测需求。例如，在乡村道路建设中，施工人员使用3m直尺对新铺路面进行抽检，及时发现局部凹凸不平处，进行人工修整，保障路面基本行车条件。

（2）连续式平整度仪法。连续式平整度仪由牵引车、测量轮、位移传感器等部件组成。工作时，牵引车以一定速度匀速行驶，测量轮随路面起伏，位移传感器实时采集测量轮的垂直位移变化，并转换为电信号传输至数据采集系统，经处理后得到路面平整度指标——国际平整度指数（IRI）。这种方法能连续测量较长路段，检测效率较3m直尺法大幅提高，数据相对准确，适用于一般等级公路的平整度检测。不过，其设备较复杂，对测量速

度有一定限制，且在路面状况复杂、坑洼较多时，测量轮易受冲击损坏，影响检测连续性。在一些二级公路养护检测中，采用连续式平整度仪定期巡查路面，根据检测结果合理安排铣刨、罩面等养护工程。（3）激光平整度仪法。激光平整度仪利用激光测距原理，通过向路面发射激光束并接收反射光，测量激光束在路面不同位置的传播时间或相位变化，进而计算出路面相对高程变化，得出平整度数据。它具有检测速度快、精度高、自动化程度高的优势，可在正常行车速度下对高等级公路进行大面积快速检测，实时生成高精度平整度图谱。同时，其对路面无接触，不会对路面造成损伤。但设备价格昂贵，对操作人员技术要求较高，且在强光、雨雾等恶劣环境下，激光信号易受干扰，影响检测准确性。如在高速公路竣工验收时，激光平整度仪作为关键检测设备，高效精准地完成全线路面平整度检测，确保公路达到高标准行车舒适性要求^[1]。

1.2 弯沉检测技术

（1）贝克曼梁法。贝克曼梁法是经典的弯沉检测方法，其原理基于弹性半无限体理论。测试时，将贝克曼梁的后支点置于测点后方路面，前支点通过承载板置于测点处，梁的另一端安装百分表。通过标准轴载车辆缓慢驶过承载板，测量车辆加载与卸载过程中贝克曼梁端点的竖向位移变化，即路面弯沉值。该方法设备简单、操作方便，技术成熟，在我国公路检测领域应用广泛，尤其适用于基层公路检测与科研试验。然而，它属于静态单点检测，检测效率低，无法满足快速检测需求；且测量结果受人为因素、路面温度、湿度等影响较大，测量精度存在一定局限性。在一些低等级公路新建工程质量抽检中，常采用贝克曼梁法检测路面弯沉，判断路基路面结构强度是否达标。（2）自动弯沉仪法。自动弯

沉仪由测量车、弯沉传感器、数据采集系统等组成。测量车以稳定速度行驶,当后轮经过测点时,安装在车轴下方的弯沉传感器自动测量路面在车辆荷载作用下的竖向变形,数据采集系统实时记录并存储弯沉值。这种方法实现了连续动态测量,检测效率比贝克曼梁法显著提高,能快速获取大量弯沉数据,反映路段整体弯沉状况。但它对设备校准要求严格,传感器精度易受车辆行驶稳定性、路面平整度等因素干扰,在路面不平整路段,测量误差可能增大。在高等级公路养护巡查前期,自动弯沉仪可快速对路面进行“初筛”,为后续针对性检测提供依据。(3)落锤式弯沉仪(FWD)法。落锤式弯沉仪通过液压系统将一定质量的落锤提升至一定高度后自由落下,冲击置于路面测点的承载板,模拟车辆冲击荷载,同时在承载板周围布置多个传感器,测量冲击荷载作用下路面各点的动态弯沉盆。该方法加载方式更接近实际行车荷载,能同时获取路面多深度、多位置的弯沉信息,全面反映路面结构承载能力,检测精度高、速度快,适用于高等级公路、机场跑道等重要路面结构的检测与评估。

1.3 抗滑性能检测技术

(1)摆式摩擦仪法。摆式摩擦仪由摆动臂、橡胶滑块、压力传感器等组成。检测时,将摆式摩擦仪置于路面测点,使橡胶滑块与路面接触,通过提升摆动臂至一定高度后释放,橡胶滑块在路面上滑动,压力传感器测量滑块与路面间的摩擦力,根据能量守恒原理计算出路面的摆值,表征路面抗滑性能。该方法操作简便、设备便携,适用于现场局部路段抗滑性能快速检测,如弯道、陡坡、路口等事故易发区域。但其检测结果受路面湿度、温度、橡胶滑块磨损状况等因素影响较大,每次测量需人工操作,检测效率不高,难以用于长路段大规模检测。在山区公路日常养护中,养护人员携带摆式摩擦仪定期检测急弯陡坡处路面抗滑性能,及时发现问题并采取铺撒防滑料等措施。(2)横向力系数测试车(SCRIM)法。横向力系数测试车在行驶过程中,通过安装在车辆后轮一侧的特殊测试轮,在路面上施加一定横向力,同时测量测试轮所受横向力与垂直荷载,两者比值即为路面横向力系数(SFC),用以衡量路面抗滑性能。这种方法实现了连续动态检测,能在正常行车速度下快速获取长路段路面抗滑数据,反映路面整体抗滑状况,检测效率高,结果准确可靠。但设备昂贵,对测试车行驶速度、路面平整度有严格要求,不适用于路况较差、坑洼不平路段。在高速公路定期检测中,SCRIM法作为主要抗滑性能检测手段,为路面养护决策提供关

键数据,保障行车安全。(3)激光构造深度仪法。激光构造深度仪利用激光反射原理,向路面发射激光束,根据激光在路面微观纹理表面的反射光强度变化,测量路面的构造深度。构造深度越大,表明路面微观纹理越丰富,抗滑性能越好。该方法检测速度快、精度高,对路面无接触,不受路面潮湿状态影响,可与其他检测设备配合使用,实现对路面抗滑性能的全面评估^[2]。

1.4 路面破损状况检测技术

(1)人工调查法。人工调查法是最基本、最直接的路面破损状况检测方法。由专业检测人员徒步或乘车沿公路逐段观察路面,依据预先制定的破损分类标准,对裂缝、坑槽、松散、沉陷等各类破损进行人工识别、记录,包括破损位置、类型、面积、严重程度等信息。这种方法简单易行,不需要复杂设备,检测人员能直观判断破损情况,适用于低等级公路、乡村道路或小范围路面破损详细调查。但其劳动强度大、效率低,受检测人员经验、责任心影响大,检测结果主观性强,难以实现大规模、快速检测。在一些农村公路养护中,当地养护工人定期进行人工路面巡查,对发现的破损及时上报并进行简易修补。(2)摄像检测法。摄像检测法借助安装在检测车辆上的高清摄像机,在车辆正常行驶过程中对路面进行连续拍摄,获取路面图像信息。后期通过图像识别软件,利用数字图像处理技术,对图像中的路面破损特征进行自动提取、分类与量化分析,生成路面破损报告。该方法检测速度快,能覆盖大面积路段,减少人为误差,可实现对路面破损的自动化监测。但图像识别精度受光线、天气、路面污染等因素影响较大,对于复杂破损类型,软件识别准确率有待提高,且设备前期投入较大。在城市道路日常监测中,摄像检测法配合人工复核,高效完成路面破损状况普查,为城市道路养护规划提供依据。(3)探地雷达检测法。探地雷达利用高频电磁波在路面结构层中的传播特性,通过发射天线向路面发射电磁波,电磁波遇到路面内部不同介质界面(如空洞、脱空、层间分离等病害部位)时发生反射,接收天线接收反射波并传输至信号处理系统,经分析处理后确定病害位置、范围与深度。这种方法能无损探测路面深层结构病害,检测速度较快,可同时获取路面多层面信息,适用于高等级公路、桥梁、隧道等重要结构物路面病害诊断。

2 公路路面现场检测技术面临的挑战

2.1 智能化水平有待提高

虽然部分检测技术已实现自动化,但整体智能化程度仍有较大提升空间。例如,在路面破损状况检测中,

摄像检测法的图像识别软件对复杂病害的精准识别能力不足,误判、漏判现象时有发生,难以完全脱离人工复核;一些多参数检测设备,数据采集后的智能分析、深度挖掘不够,未能充分发挥大数据优势,为公路养护决策提供更精准、前瞻性建议。

2.2 检测精度与效率需平衡

在追求检测精度时,往往会牺牲检测效率,反之亦然。如贝克曼梁法检测弯沉精度尚可,但检测速度极慢,不适用于长路段快速检测;而激光平整度仪等快速检测设备,在复杂路况下,精度可能受环境因素影响有所波动。如何在保证高精度的前提下,大幅提高检测效率,满足日益增长的公路检测需求,是亟待解决的难题。

2.3 多指标综合检测能力不足

公路路面质量需综合考量平整度、弯沉、抗滑性能、破损状况等多个指标,但目前多数检测技术专注于单一指标检测,缺乏将多指标检测有机融合的一体化设备与方法。不同设备分阶段检测,不仅耗时费力,还可能因检测时间差、测点不一致等问题,导致数据连贯性、可比性差,难以全面、准确评估路面综合质量。

3 公路路面现场检测技术发展对策

3.1 加强技术研发创新

加大对公路路面现场检测技术研发投入,鼓励高校、科研机构与企业合作。针对智能化短板,利用人工智能、深度学习等前沿技术,优化图像识别算法,提高路面破损检测准确率;研发智能数据分析软件,对多源检测数据进行实时融合、深度挖掘,实现公路病害预测预警。例如,通过深度学习模型训练,使摄像检测法能精准识别各种新型路面病害,为养护决策抢占先机。

3.2 优化检测流程

根据不同公路等级、检测需求,制定个性化检测流

程。对于新建高等级公路验收,优先选用高精度、快速的激光类、自动化检测设备,确保全面检测;在日常养护检测中,结合人工经验与自动化设备优势,采用分路段、分重点的抽样检测,提高检测效率。同时,规范检测操作标准,减少人为因素对检测结果的影响,保障检测数据可靠性^[3]。

3.3 推进多技术融合

研发集成多种检测功能的一体化设备,将平整度、弯沉、抗滑性能、破损探测等模块融合,实现一次检测多指标输出。例如,设计一种多功能车载检测平台,综合运用激光、雷达、传感器等技术,在车辆行驶过程中同步采集路面各类参数,通过数据融合算法,生成路面综合质量评估报告,为公路养护提供一站式解决方案。

结论:公路路面现场检测技术作为公路质量保障的关键环节,涵盖平整度、弯沉、抗滑性能、破损状况等多领域检测技术,各有优劣与适用场景。通过实际案例展示了其应用成效,也剖析出当前面临的智能化、精度与效率、综合检测能力等挑战。采取加强技术研发创新、优化检测流程、推进多技术融合等发展对策,有望持续提升检测技术水平,为公路建设、养护与管理注入强大动力,助力公路事业迈向高质量发展新征程,以优质的路面状况服务社会经济发展与公众出行需求。

参考文献

- [1]李明,张华.基于机器视觉的公路路面裂缝检测技术研究[J].公路交通科技,2024,31(5):72-76.
- [2]王悦,陈刚.高精度激光平整度仪在公路路面检测中的应用与优化[J].交通标准化,2024,42(4):55-58.
- [3]刘辉,周峰.探地雷达在公路路面病害深度探测中的关键技术研究[J].岩土工程学报,2024,46(3):48-51.