

公路路面平整度检测技术对比分析及影响因素研究

刘如

浙江中惠服务外包有限公司杭州分公司，浙江 杭州 310023

DOI:10.61369/UAID.2026010013

摘 要： 公路路面不平平整是衡量公路工程质量的关键指标，它直接关系到开车时的安全、舒服程度以及路面使用年限。本文把路面不平平整作为研究重点，全面比较分析了传统人工检测方法、断面类检测方法、反应类检测方法和现代不用破坏路面的检测方法的检测道理、技术特点、适合用的场景以及各自的好坏，深入分析了施工工艺、材料性能、机器设备和养护管理等重要影响因素，并且有针对性地提出了提升路面平整度的优化办法。研究结果能为公路工程施工质量控制、检测技术选择和养护决策提供理论支持和实际参考。

关 键 词： 公路路面；平整度；检测技术；比较分析；影响因素

Comparative Analysis of Highway Pavement Smoothness Detection Technology and Research on Influencing Factors

Liu Ru

Hangzhou Branch of Zhejiang Zhonghui Service Outsourcing Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 310023

Abstract： The flatness of the highway pavement is a key indicator for measuring the quality of highway engineering. It directly affects the safety and comfort of driving as well as the service life of the pavement. This paper takes the flatness of the road surface as the research focus, comprehensively comparing and analyzing the detection principles, technical features, suitable scenarios, and respective advantages and disadvantages of traditional manual detection methods, cross-sectional detection methods, reaction-based detection methods, and modern detection methods that do not damage the road surface. It also deeply analyzes important influencing factors such as construction techniques, material properties, machinery and equipment, and maintenance management. And targeted optimization methods for improving the smoothness of the road surface were proposed. The research results can provide theoretical support and practical reference for the quality control of highway engineering construction, the selection of detection technologies and maintenance decisions.

Keywords： highway pavement; flatness; detection technology; comparative analysis; influencing factors

引言

公路是交通运输系统的主要部分，它的通行质量直接影响着国家经济发展和人们的出行感受。路面不平平整是体现公路通行质量的重要指标，它不仅会影响车辆行驶的平稳性和乘车人的舒服程度，还和开车安全有很大关系——不平平整的路面会让车辆行驶时产生额外的振动，增加刹车距离和轮胎磨损，同时也会加重路面结构的疲劳损坏，缩短路面的使用时间。随着公路建设朝着高质量发展转变，对路面平整度的控制要求越来越高，而科学的检测技术是控制平整度的前提，弄清楚影响因素则是提升平整度的关键。现在路面平整度检测技术有多种发展情况，不同技术都有自己的优缺点，适用的场景也不一样，如果检测技术选择不合适，容易使检测结果不准确，不能为施工质量控制提供可靠的依据。所以，全面比较分析各种检测技术的特点，深入研究平整度的主要影响因素，对指导公路工程施工实际、提高路面工程质量有重要的现实意义。这篇文章基于此展开研究，为路面平整度管理提供理论和实际支持^[1]。

一、公路路面平整度检测技术对比分析

（一）传统人工检测法

传统人工检测法是最早用来检测路面平整度的方法，主要包括3米直尺法和连续式平整度仪法，都是通过人工操作来进行平整度检测。3米直尺法是把3米长的直尺贴在路面上，测量直尺

和路面之间的最大空隙，用这个来表示路面局部不平平整；连续式平整度仪法是人工推动带有轮组的检测仪器在路面上行驶，仪器里面的位移传感器记录路面的高低变化，经过数据处理得到平整度指标^[2]。该类别方式的长处体现于装置构造单纯、成本花费较低，操作过程便捷，针对局部路面的平整度检验具备较高的直观特性，适合用于施工进度当中的现场迅速抽样检验以及小规模

路面的平整度检验工作。然而局限之处同样突出：第一点，检验效率处于低下状态，对人工操作形成依赖，没有办法完成大范围路面的迅速检验任务；第二点，检验成果受到人为因素的较大影响，比如3米直尺的放置角度状况、测量人员的读数误差情况等，容易造成检验成果的离散性较大；第三点，连续样式的平整度仪方法虽然能够实现连续检验，但是在检验过程中仪器的推行速度情形、路面障碍物状况等都会对检验精准程度产生影响，并且不适合用于不平整程度较高的路面检验工作。所以，传统意义上的人工检验方法逐渐没有办法满足现代公路大规模、高精度的平整度检验需求，更多地应用于基层施工阶段的初步检验活动^[3]。

（二）断面类别检验方法

激光平整度检验方法以激光测距原理为基础，把激光传感器和加速度传感器集成在检验车辆之上，在车辆行驶过程中，激光传感器实时对与路面表面的距离进行测量，加速度传感器同步收集车辆自身的振动数据信息，通过数据融合处理的方式消除车辆振动对检验成果的影响，精确地还原路面横断面的轮廓形态。此项技术的优势在于检验精准程度高，能够有效地识别路面毫米级别的起伏变化状况；检验效率较高，检验车辆速度可以达到每小时80公里以上，能够完成长距离公路的迅速检验工作；而且检验过程的自动化程度较高，减少了人为干预情况，检验成果的稳定性较强。其局限性主要表现为设备初期投入的成本较高，对检验车辆的行驶稳定程度要求较高，在急弯、陡坡等复杂路段进行检验时，需要降低车辆速度以保证检验精准程度。

惯性断面仪检验方法以惯性测量技术作为核心内容，通过惯性测量单元实时收集检验设备的姿态参数信息，结合距离传感器记录的行驶距离数据，构建路面横断面的高程变化曲线图形。此项技术的突出优势是抗干扰能力较强，不受路面颠簸情况对检验设备的影响，即便在不平整路面进行检验时仍然能够保持较高的精准程度；同时可以实现路面纵断面与横断面平整度的同步检验操作，为路面结构分析工作提供更为全面的数据资料。但是此项技术的数据处理过程较为复杂，对数据处理算法的要求较高，而且设备维护成本较高，适合用于对检验精准程度要求极高的高速公路、一级公路等重点工程项目的平整度检验工作^[4]。

（三）反应类检测法

颠簸累积仪法具备优势体现于设备构造呈现相对简约状态，检测成本形成低于激光检测法和惯性断面仪法的态势；检测效率处于较高水准，能够达成连续检测情形，适合在中等级公路的大范围平整度普查方面实施运用。不过该方法的局限性同样清晰显现：检测成效受到检测车辆性能、行进速度、轮胎气压等要素的较大程度作用，检测精准度处于低于断面类检测法的状况；检测结果作为间接指标存在，没有办法直接体现路面的实际轮廓曲线形态，难以契合路面施工质量精细化把控的需求状况。除此之外，该方法针对路面局部的小幅度起伏表现出敏感性较低特点，容易造成局部不平整缺陷的遗漏状况发生。

（四）现代无损检测技术内容

伴随智能化技术的发展进程，路面平整度无损检测技术不断出现创新情形，在这之中依靠机器视觉和北斗定位的检测技术展

现出广阔应用前景。机器视觉检测法借助在检测车辆上安装高清摄像头与激光发射器的方式，激光发射器朝着路面投射激光条纹形态，摄像头同步开展激光条纹图像的采集工作，运用图像处理算法实施激光条纹变形特征的提取操作，结合车辆行进速度和定位数据信息，对路面表面轮廓进行重构作业，开展平整度指标的计算事项。

该项技术的优势在于能够实现路面平整度和路面裂缝、坑槽等其他病害的同步检测活动，提升检测效率水平；检测流程不存在接触情况，对路面不会产生损伤问题，适合应用于已通车公路的常态化检测工作；并且数据采集量处于较大规模，能够为路面全生命周期管理给予丰富的数据支撑内容。其局限性在于受到环境因素的较大影响程度，像雨天天气、强光照射、路面污渍等情况会对图像质量产生影响作用，进而造成检测精准度的降低状况；图像处理算法呈现复杂特性，对硬件计算能力提出较高要求标准，设备初期投入成本处于较高水平。当前该项技术依旧处于不断完善的阶段进程，在高速公路的精细化检测工作当中逐渐获得应用实践。

二、公路路面平整度的核心影响因素剖析内容

（一）施工工艺因素情况

施工工艺属于对路面平整度产生最直接影响的因素类型，从基层施工环节到面层摊铺、碾压工序，每一个道次工序的施工质量都和最终路面平整度形成密切相关的联系。基层施工质量作为路面平整度的基础所在，倘若基层施工过程中出现高程控制不够准确、压实度呈现不均匀的问题状况，会造成基层表面平整度处于较差状态，进而将这种状况传递至面层部分，即便面层施工质量达到较好程度，也难以保障路面整体平整度的良好情形。比如在基层摊铺作业时，要是摊铺机行走速度呈现不稳定状态，会造成摊铺厚度出现不均匀现象；碾压流程中若发生碾压顺序不恰当、碾压速度过快或者碾压遍数不足的情况，会造成基层压实度呈现不均匀问题，在后期容易产生不均匀沉降现象，使得路面出现波浪形不平整的状况表现。面层实施摊铺工艺对平整度产生的作用呈现更突出状态。摊铺机在开展摊铺速度调控事宜方面属于关键要点，倘若摊铺速度呈现忽快忽慢的状况，会使得摊铺层厚度产生改变情形，进而造就路面形成波浪形状；摊铺温度开展控制操作出现不恰当情况同样会对面层平整度形成作用，沥青混合料落实摊铺温度处于过高程度容易造成摊铺层产生推移现象以及出现拥包问题，温度处于过低状态则会引发混合料落实压实操作遭遇困难局面，产生松散现象以及呈现不平整状况等问题。除此之外，摊铺流程当中的接缝处置工艺具备至关重要的属性，横向接缝与纵向接缝开展处理工作出现不恰当情况容易产生台阶样式的平整度现象，特别是纵向接缝，若两幅摊铺带实施搭接操作的宽度呈现不一致情况或者开展碾压操作未达到密实程度，会造就明显的纵向条纹产生，对面层行车的舒适属性形成作用。

（二）材料性能相关要素

路面材料具备的物理力学性能会直接对面层路面的承载能力

以及变形特征形成作用，进而对面层平整度产生影响。沥青混合料具备的性能对沥青路面平整度形成的作用最为显著突出，其中混合料的级配构成情况、沥青含量多寡、高温稳定性能等关键指标具备至关重要的意义。若混合料级配呈现不合理状态，细集料数量过多容易造成摊铺操作过程中产生离析现象，造成局部范围密实程度呈现不均匀状况；粗集料数量过多则会造成摊铺层表面呈现粗糙状态，使得平整度出现下降情形。沥青含量处于过高度会让混合料黏结能力产生下降情况，高温环境下容易产生车辙现象以及出现拥包等变形病害问题；沥青含量处于过低程度则会造成混合料脆性特征有所增加，容易产生裂缝现象，对面层路面平整度形成作用。

（三）机械设备相关要素

施工过程中使用的机械设备具备的性能以及调试精准程度是保障路面平整度的关键硬件支持条件，核心设备涵盖摊铺机、压路机以及测量仪器。摊铺机具备的性能直接决定着摊铺层初始状态下的平整度情况，若摊铺机的熨平板开展加热操作呈现不均匀状态，会造成沥青混合料在实施摊铺流程中黏结在熨平板之上，造就局部范围产生凸起现象；熨平板的振捣频率以及振幅开展调节操作出现不恰当情况，会对摊铺层初始状态下的密实程度形成作用，密实程度呈现不均匀状态容易造成后期开展碾压操作之后出现平整度方面的差异情况。除此之外，摊铺机的自动找平系统开展调试操作精准程度不足，无法准确地跟随基准线，会造成摊铺层高程出现偏差情况，进而对面层平整度形成作用。

（四）养护管理相关要素

公路投入通车使用之后的养护管理工作质量直接对面层路面平整度的长期稳定性能形成作用。路面在经历长期使用的流程中，会因为车辆荷载产生反复作用、环境要素形成侵蚀等情况出现各类病害问题，若养护工作落实不及时或者养护措施采取不恰当，会造成病害问题持续发展，严重对面层平整度形成作用。比如，路面出现裂缝问题之后若未及时进行灌注密封操作，雨水会渗透进入路面结构内部区域，造成基层产生软化现象，在车辆荷载发挥作用情况下产生局部范围沉降现象，造成坑槽问题形成；路面出现轻微车辙现象时若未及时采取铣刨重铺操作或者实施罩面等措施，车辙深度会不断加大，对行车过程的平稳性形成作用。

三、提升公路路面平整度的优化策略

在检测技术运用层面，需构建“分级检测”架构，依照公路建造与养护的相异时期挑选匹配的检测技术。施工时期应运用高精度的激光平整度检测方式或惯性断面仪方式，达成施工流程中的实时监测，及时察觉并整治平整度超出标准的状况；通车之后的常规化检测可运用机器视觉检测方式，同步完成平整度检测与病害全面排查；基层施工时期的迅速抽样检测可运用3米直尺方式，兼顾效率与成本层面。同时，强化不同检测技术的数据交融，借助多源数据对比验证，提升检测成果的可靠程度。

在施工质量把控方面，强化施工工艺全流程管控。基层施工之时，严格掌控摊铺高程与压实程度，运用摊铺机自动找平体系保障摊铺平整程度，碾压时依照“先轻后重、先慢后快、先边后中”的准则，确保压实均匀。面层摊铺之时，合理掌控摊铺速度与摊铺温度，沥青混合料摊铺速度应维持在2－6m/min，摊铺温度控制在130－160℃；强化接缝处理事宜，横向接缝运用斜接缝或阶梯形接缝方式，纵向接缝运用热接缝工艺，碾压时着重压实接缝部位。除此之外，强化施工人员培训工作，提升操作技能水平，降低人为因素对施工质量产生的作用。

四、结论

公路路面平整程度的检测与管控是公路工程质量控制的核心要点。本文通过对各类检测技术的对比剖析发现，断面类检测方法中的激光平整度检测方法与惯性断面仪方法具备检测精度高、效率高的长处，适用于重点工程的精细化检测；反应类检测方法与传统人工检测方法适用于中低等级公路的快速检测或抽样检测；现代机器视觉检测方法兼具平整程度检测与病害全面排查功能，应用前景广阔。施工工艺、材料性能、机械设备以及养护管理是影响平整程度的核心要素，其中施工工艺的全流程管控与材料性能的优化是保障平整程度的关键，机械设备精度与养护管理质量则决定了平整程度的长期稳定状况。

参考文献

[1] 曾锋, 张世同, 王润年, 王蕾. 三维激光扫描技术在大黄山—乌鲁木齐齐高等级公路路面平整度检测中的应用 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (10): 151–153.
[2] 张效骞, 熊蒲宏. 高速公路路面平整度检测方法研究 [J]. 散装水泥, 2025, (02): 242–244.
[3] 曾聪, 常青, 唐钰涵. 基于地面三维激光扫描技术的公路路面平整度检测 [J]. 科学技术创新, 2025, (05): 146–149.
[4] 潘彦辰, 郑鼎州, 王芳. 基于倾斜摄影的高速公路路面平整度检测方法 [J]. 科学技术创新, 2025, (04): 205–209.