

# 道路平整度激光检测系统的优化与应用

陈晓东

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘要:** 本文聚焦道路平整度激光检测系统, 阐述其技术原理、系统组成, 分析现有系统存在的问题, 提出优化措施, 并探讨其在道路施工、维护、改造设计等环节的应用。通过优化, 该系统能更精准检测路面平整度, 为道路工程提供可靠数据支持, 提高工程质量与使用寿命, 对道路建设与管理具有重要意义。

**关键词:** 道路平整度; 激光检测系统; 系统优化; 应用

## 引言

在道路工程领域, 路面平整度是衡量道路质量的关键指标之一, 它不仅影响车辆行驶的舒适性、安全性, 还与道路的使用寿命密切相关。随着交通量的不断增加和车辆轴重的日益增大, 对道路平整度的要求也越来越高。传统的路面平整度检测方法, 如三米直尺法、连续式平整度仪法等, 存在检测效率低、精度有限、受人为因素影响大等缺点, 难以满足现代道路工程对平整度检测的需求。激光检测技术作为一种新兴的非接触式测量技术, 具有高精度、高效率、实时性强等优点, 在道路平整度检测中得到了广泛应用。然而, 现有的道路平整度激光检测系统仍存在一些问題, 如测量精度受环境因素影响较大、数据处理与分析能力有待提高等。因此, 对道路平整度激光检测系统进行优化, 并拓展其应用范围, 具有重要的现实意义。

## 1 现有道路平整度激光检测系统存在的问题

### 1.1 环境因素影响显著

道路平整度激光检测系统在实际应用中面临复杂环境挑战, 测量精度易受多种环境因素干扰。路面清洁度方面, 灰尘、泥土、砂石、树叶等杂物会遮挡或散射激光束, 遮挡使部分激光无法反射回系统, 信号强度减弱、数据缺失或不完整; 散射改变激光传播方向和强度, 导致接收信号偏差, 影响测量精度, 如建筑工地附近或未及时清扫路段数据偏差大。天气条件上, 雨天雨水形成水膜使激光强烈散射, 接收信号强度降低、噪声增大, 暴雨时系统甚至无法工作; 雾霾天气中颗粒物吸收和散射激光, 降低传播距离和强度; 大雾天气能见度低, 激光传播受大量雾滴干扰, 系统难以准确获取路面信息。光照条件变化同样影响系统, 强光照射下光电传感器可能过饱和, 信号失真, 路面反光干扰激光束正常反射; 夜间或光线较暗环境中, 光电传感器噪声水平相对增加, 降低信噪比, 影响测量结果准确性。

### 1.2 数据处理与分析能力不足

现有数据处理软件处理大量激光扫描数据面临诸多挑战。处理速度与算法优化方面, 随着检测需求增加, 数据量日益庞大, 软件处理速度难以满足实时性要求, 算法不够优化, 数据读取、存储、计算等环节效率低下, 如数据滤波、配准和曲面拟合等操作时间复杂度高, 处理时间过长, 影响施工进度调整和决策及时性, 且数据量增大可能超出硬件设备承载能力, 导致系统运行缓慢或崩溃。复杂路面评价模型上, 现有数学模型和算法对复杂路面平整度评价存在局限性, 无法准确反映复杂路面实际情况, 如不规则形状坑洼深度和面积计算不准确, 不同地区道路结构和材料差异也使现有评价模型难以适应, 需改进完善。智能化分析方面, 现有软件缺乏数据深度挖掘和智能判断能力, 无法自动识别路面病害类型和严重程度, 也无法预测路面发展趋势, 需人工分析大量数据, 增加工作量且易出现人为误差, 同时数据可视化展示单一, 不利于决策者做出科学决策<sup>[1]</sup>。

### 1.3 系统稳定性与可靠性问题

部分激光检测系统长时间运行易出现故障, 影响稳定性和可靠性。设备老化与损坏方面, 激光器长时间使用后功率下降、光束质量变差, 测量精度降低; 光电传感器受环境因素和使用时间影响易损坏, 如高温、高湿或强电磁干扰环境下性能受影响, 出现信号不稳定、噪声增大等问题; 数据采集设备和计算机等硬件设备也可能因长时间运行出现故障, 导致数据丢失或系统崩溃。标定调试复杂方面, 系统标定调试是确保测量精度的重要环节, 但现有过程复杂, 需专业人员操作, 需考虑多种因素, 任何一个环节出问题都可能导致测量结果不准确, 且标定调试需专门设备和工具, 操作繁琐, 增加使用成本和时间成本。环境适应性差方面, 部分系统对使用环境要求高, 低温环境下可能出现启动困难、性能下降等问题; 强风环境下激光束传播方向受干扰, 影响测

量精度；对电磁干扰抵抗能力弱，靠近高压线、变电站等区域使用时可能出现数据异常或设备故障。

## 2 道路平整度激光检测系统的优化措施

### 2.1 环境适应性优化

道路环境复杂，天气、路面状况及周边环境等都会影响激光检测系统的测量精度。单一传感器难以全面准确获取路面信息，因此采用多传感器融合技术是关键。结合激光传感器、视觉传感器、惯性测量单元（IMU）等多种传感器数据，能综合判断路面状况。以路面清洁度不佳为例，视觉传感器可实时检测杂物位置、大小和形状等信息，修正激光测量数据，去除杂物遮挡或散射带来的干扰。当检测到前方路面有较大石块时，系统可提前调整激光束发射角度或功率，避免直接照射石块，并根据石块位置和大小对后续测量数据进行补偿计算，从而提高测量精度。优化激光检测系统的光学设计同样重要。采用特殊光学镜片材料和镀膜技术，能减少激光传播过程中的反射和散射损失，提高激光束能量集中度。设计合理的光学结构，如采用非球面镜、消像差透镜等，可降低光学系统像差，提高激光束成像质量。在光学系统中增加滤波装置，能过滤掉环境中的干扰光信号，减少环境因素对测量精度的影响。例如，在雨天或雾霾天气中，光学滤波器可有效抑制水滴和颗粒物对激光的散射和吸收，使激光束更准确地照射到路面上并反射回检测系统<sup>[2]</sup>。此外，开发自适应算法可提高系统的环境适应性。自适应增益控制算法可根据环境光照强度自动调整光电传感器增益，保证接收到的激光信号强度适中；基于坡度补偿的算法可根据车辆行驶速度、坡度角度等信息，对测量数据进行实时修正，消除坡度对测量结果的影响。

### 2.2 数据处理与分析优化

随着激光检测系统采集到的数据量不断增加，传统数据处理算法已难以满足实时性要求。采用更高效的数据处理算法和并行计算技术，是提高数据处理速度、实现检测结果实时输出的有效途径。在数据处理算法方面，快速傅里叶变换（FFT）、小波变换等算法具有高效的数据处理能力。利用这些算法对激光扫描数据进行滤波、降噪、特征提取等操作，能快速准确地提取路面平整度的关键信息。并行计算技术可将大规模数据处理任务分解为多个子任务，在多个处理器或计算节点上同时进行计算，大大缩短数据处理时间。例如，采用图形处理器（GPU）进行并行计算，其强大的并行计算能力可快速完成激光扫描数据的滤波、配准和曲面拟合等操作，实现检测结果的实时输出。机器学习算法在处理

复杂数据和建立预测模型方面具有独特优势。利用大量激光扫描数据对机器学习算法进行训练，如支持向量机（SVM）、神经网络等，可建立更准确的路面平整度评价模型。通过对不同路面病害特征的学习和分析，机器学习算法能自动识别路面病害的类型和严重程度，并根据病害特征对路面平整度进行精确评价。例如，通过训练神经网络模型，可实现对路面裂缝、坑洼、鼓包等病害的自动识别和分类，并根据病害的尺寸、深度等参数计算出路面的平整度指数。开发智能化的数据处理软件是实现数据处理自动化的关键<sup>[3]</sup>。智能化软件应具备数据自动分类、计算和统计功能，能根据用户需求自动生成各种报表和图表。例如，软件可根据道路不同路段、不同时间段的检测数据，自动生成路面平整度的变化趋势图和统计分析报告，为道路养护和管理提供决策依据。同时，软件还应具备数据存储和管理功能，能对大量检测数据进行安全存储和高效检索，方便用户随时查询和分析历史数据。

### 2.3 系统稳定性与可靠性优化

系统的稳定性与可靠性是道路平整度激光检测系统长期稳定运行的基础。激光器、光电传感器等关键部件的性能直接影响系统的测量精度和稳定性。选用高质量硬件部件，如高功率、低噪声的激光器，高灵敏度、低暗电流的光电传感器等，可提高系统硬件性能，减少设备故障发生。同时，对硬件部件进行严格质量检测和筛选，确保其符合系统性能要求。采用模块化设计思想，将系统划分为多个功能模块，如激光发射模块、光电接收模块、数据处理模块等。每个模块都具有独立功能和接口，便于系统维护和升级。当某个模块出现故障时，可快速更换该模块，无需对整个系统进行维修，大大缩短维修时间，降低维修成本。同时，模块化设计还便于系统扩展和升级，可根据实际需求增加或更换功能模块，提高系统适应性和灵活性。建立完善的系统标定调试流程是确保测量精度的重要环节。开发自动标定软件，可降低标定调试难度和成本，提高标定效率和准确性。自动标定软件可根据预设标定参数和算法，自动完成激光器功率校准、光电传感器灵敏度调整、数据采集设备采样率设置等操作。同时，软件还可对标定结果进行实时监测和评估，当标定结果不满足要求时，能自动进行重新标定。加强对系统的日常维护和保养是确保系统长期稳定运行的关键。制定详细日常维护计划，定期对系统进行清洁、检查和校准<sup>[4]</sup>。建立设备故障预警机制，通过对系统运行状态的实时监测和分析，及时发现潜在故障隐患，并采取相应措施进行处理，避免故障发

生和扩大。

### 3 道路平整度激光检测系统的应用

#### 3.1 道路施工中的应用

在道路施工过程中,激光路面平整度检测系统是保障施工质量的关键工具。以沥青路面摊铺为例,传统的施工方式往往依赖施工人员的经验来判断路面的平整度和厚度,这种方式不仅效率低下,而且容易出现误差。而激光路面平整度检测系统能够实时、连续地测量路面的平整度和厚度,测量精度可达到毫米级。施工人员可以根据系统提供的数据,及时调整摊铺机的行驶速度、振捣频率等参数,确保路面平整度符合设计要求。在水泥混凝土路面施工中,该系统同样具有重要应用价值。在混凝土浇筑和振捣过程中,系统可以实时监测路面的平整度变化,及时发现混凝土离析、蜂窝麻面等质量问题。通过对这些问题的及时处理,可以避免路面出现早期病害,提高路面的耐久性。此外,系统还可以对施工现场进行实时监测和记录,生成详细的施工日志和质量报告,为工程验收和质量管理提供重要依据。

#### 3.2 道路维护管理中的应用

道路在使用过程中,会受到车辆荷载、自然环境等多种因素的影响,出现磨损、老化等问题。激光路面平整度检测系统能够对路面的磨损和老化情况进行准确评估,为道路维护管理提供科学依据。通过对路面平整度的定期检测,管理部门可以建立路面状况数据库,掌握路面的使用状况和变化趋势。当路面平整度指标低于规定标准时,系统可以自动发出预警信号,提醒管理部门及时采取维护措施。例如,对于出现轻微裂缝的路面,可以及时进行灌缝处理;对于出现坑槽的路面,应及时进行修补,防止病害进一步扩大。在道路维护施工过程中,激光路面平整度检测系统还可以对维护质量进行检测和评价<sup>[5]</sup>。在路面修补或罩面后,系统可以快速、准确地测量维护后的路面平整度,与维护前的数据进行对比分析,评估维护效果。如果维护质量不达标,可以及时要求施工单位进行返工,确保道路维护质量符合要求。

#### 3.3 道路改造设计中的应用

在道路改造设计中,激光路面平整度检测系统能够为设计人员提供准确的路面数据,为道路改造方案的制定提供科学依据。通过对现有道路平整度的全面评价,设计人员可以了解路面的病害分布情况、病害严重程度以及路面的结构性能等信息。根据这些信息,设计人员可以合理确定道路改造方案和设计参数。例如,对于路面平整度较差、病害严重的路段,可以采用铣刨重铺的方式进行改造;对于路面平整度尚可、但存在轻微病害的路段,可以采用微表处、超薄罩面等预防性养护技术进行改造。在设计参数确定方面,系统提供的数据可以帮助设计人员准确计算路面结构层的厚度、材料的选择等,确保改造后的道路具有良好的使用性能和耐久性。此外,激光路面平整度检测系统还可以对道路改造后的效果进行评估。通过对改造前后路面平整度的对比分析,评价改造方案的有效性和合理性,为今后的道路改造设计提供经验参考。

#### 结束语

道路平整度激光检测系统作为一种先进的路面平整度检测技术,具有高精度、高效率、实时性强等优点,在道路工程中具有广阔的应用前景。随着科学技术的不断进步,道路平整度激光检测系统将不断完善和发展,为道路工程的建设和管理带来更多的便利和效益。

#### 参考文献

- [1]罗春海.激光平整度检测仪在公路工程平整度试验检测中的应用[J].交通世界,2021(26):66-67.
- [2]袁占军.公路工程沥青路面平整度施工技术要点分析[J].交通世界,2021(19):36-37.
- [3]孙江鹏.公路工程施工中平整度的影响因素和对策研究[J].交通世界,2020(30):121-122.
- [4]储城鑫,管进超,张志豪.可输出多种路面平整度指标的手推式激光检测装置研究[J].中国高新技术,2019(13):105-106.
- [5]楼永磊,刘有根.激光平整度检测系统在高速公路沥青路面施工中的应用[J].建筑·建材·装饰,2019,(12):176,192.