

道路综合检测车在高速公路检测中的应用

翟玉龙

新疆公路桥梁试验检测中心有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：高速公路检测是保障道路安全运营、提升养护水平的关键环节。传统检测方法存在效率低、精度差、安全性不足等局限，难以满足大范围常态化检测需求。本文以道路综合检测车为研究对象，阐述其结构组成与工作原理，分析其在高速公路路面、结构物检测中的具体应用，探讨检测数据的处理方法与应用优化策略。研究表明，道路综合检测车可实现多指标自动化精准检测，有效解决传统检测痛点，为高速公路养护管理提供科学、高效的数据支撑。

关键词：道路综合检测车；高速公路检测；核心场景应用；数据处理优化

引言：随着我国高速公路路网不断完善，道路运营年限延长，路面破损、结构物老化等问题日益突出，对检测的精准度、效率提出更高要求。当前传统检测多依赖人工与简易设备，存在耗时耗力、漏检误判、占道风险等弊端，无法适配高速公路规模化、常态化检测需求。道路综合检测车集成多种检测设备，可实现自动化、全方位检测，大幅提升检测效率与精度。基于此，本文围绕道路综合检测车的结构原理、实际应用及数据处理优化展开研究，为其在高速公路检测中的推广应用提供理论与实践参考。

1 高速公路检测相关基础理论

1.1 高速公路检测的核心需求与标准

高速公路检测的核心需求是保障道路通行安全、提升养护效率、延长道路使用寿命，为高速公路运营管理提供科学依据。其核心需求体现在实时掌握道路及附属设施技术状况、及时识别安全隐患、精准制定养护方案三个方面。检测标准需严格遵循国家及行业规范，如《公路工程质量检验评定标准》《高速公路养护质量检评方法》等，明确检测指标阈值、检测频率及合格标准，确保检测结果具有客观性、可比性和权威性，为后续检测工作开展和养护决策提供统一依据。

1.2 高速公路检测的主要内容与分类

高速公路检测内容丰富且分类细致。从结构层面看，涵盖路基、路面、桥梁、隧道等。路基检测关注压实度、弯沉值等；路面检测包括平整度、抗滑性能、车辙等；桥梁检测聚焦结构强度、承载能力；隧道检测涉及衬砌完整性、渗水情况。从功能角度，有材料检测，如沥青、混凝土等质量；交通设施检测，包含标志标线、护栏完整性；还有环境与生态保护检测，如水土保持情况。这些检测为高速公路安全运行提供科学依据。

1.3 传统高速公路检测方法的特点与局限性

传统高速公路检测多采用人工检测与简易设备相结合的方式，其特点是操作简便、成本较低，适用于小型路段或应急巡检。但存在明显局限性：一是检测效率低，人工检测耗时耗力，难以满足大范围、常态化检测需求；二是检测精度有限，受人为经验影响较大，易出现漏检、误判；三是安全性差，人工检测需占道作业，存在安全隐患；四是数据碎片化，不同检测方法的数据难以整合，无法形成完整的技术状况档案，制约养护决策的科学性和精准性^[1]。

2 道路综合检测车的结构组成与工作原理

2.1 道路综合检测车的整体结构与核心组件

道路综合检测车以专用商用底盘为基础，整体分为车载平台、检测系统、数据处理系统三大模块：（1）车载平台：采用重型专用底盘，具备稳定承载与抗颠簸性能，适配高速行驶需求，底盘预留专用安装空间，配备减震装置，减少行驶振动对检测精度的影响，保障设备稳定运行。（2）核心检测组件：含路面、桥梁、隧道三类检测设备，路面检测有激光平整度传感器、高清破摄像镜头、车辙深度检测仪；桥梁检测有裂缝宽度仪、超声波探伤仪；隧道检测有衬砌雷达、有害气体检测仪，均集成于车载平台，可灵活切换。（3）辅助组件：包括双备份供电系统、GPS定位模块、数据存储设备，保障供电不间断、检测点位精准、原始数据不丢失。

2.2 核心检测系统的工作原理

核心检测系统基于传感器、雷达及图像处理技术，针对不同对象采用针对性原理精准检测：（1）路面检测：激光平整度传感器通过激光传播时间差转化高程数据，得出平整度；高清摄像头拍摄图像，经算法识别破损类型及尺寸；车辙检测仪激光扫描捕捉断面轮廓，计

算最大深度与宽度。(2)桥梁检测:裂缝宽度仪通过显微成像放大构件表面,精准测量裂缝宽度;超声波探伤仪发射超声波,依据反射信号检测构件内部缺陷,评估完整性。(3)隧道检测:衬砌雷达发射高频电磁波,根据反射特性识别衬砌厚度、空洞等缺陷;有害气体检测仪通过传感器实时检测一氧化碳、烟雾浓度,同步预警。

2.3 检测数据的采集、传输与初步处理机制

检测数据形成“采集-传输-预处理”闭环,保障结果精准可用:(1)数据采集:各传感器同步启动,路面检测采集频率不低于10Hz,桥梁、隧道检测频率按需调整,GPS定位数据同步录入,实现检测数据与点位精准对应、可追溯。(2)数据传输:采用有线与无线双重方式,车载内部通过专用数据线实时传输,避免延迟;同时通过4G/5G网络将数据传至后台,实现远程同步与进度监控。(3)数据预处理:终端专用软件对原始数据降噪、校准、筛选,剔除异常数据;对图像类数据灰度化、增强,提升识别准确率;对数值类数据标准化换算,统一格式,为后续深度分析和养护决策提供支撑^[2]。

3 道路综合检测车在高速公路核心检测场景中的应用

3.1 道路综合检测车在高速公路路面检测中的应用

道路综合检测车在高速公路路面检测中,依托车载核心检测组件,实现路面多指标、全方位精准检测,全程采用自动化检测模式,无需大量人工干预,具体应用如下:(1)路面破损检测:检测车以80-100km/h的速度行驶,高清路面破损摄像头同步启动,每秒钟拍摄不少于15帧路面图像,覆盖路面全宽度,图像经车载终端实时传输并处理,通过图像处理算法自动识别裂缝、坑槽、松散、沉陷等破损类型,精准标注破损位置、长度、宽度及面积,其中裂缝识别精度可达0.1mm,坑槽识别误差不超过5mm,检测过程中可自动规避路面杂物、阴影等干扰因素,确保破损检测的准确性。(2)路面平整度检测:采用激光平整度传感器,通过向路面发射连续激光束,接收路面反射信号并计算传播时间差,转化为路面高程数据,每米采集不少于10个数据点,实时生成路面平整度指标(IRI),检测范围覆盖路面行车道、超车道及应急车道,同步记录检测点位的GPS坐标,实现平整度数据与路段的精准绑定,检测过程中减震装置有效抵消车辆颠簸影响,确保数据精度符合行业规范。(3)路面车辙检测:车辙深度检测仪采用双激光扫描模式,捕捉路面车辙断面轮廓,实时计算车辙最大深度、平均深度及宽度,检测频率与车辆行驶速度同步,可精准识别单车道、多车道车辙分布情况,重点检测行车道轮迹带区域,对车辙深度超过10mm的路段自动标记,同

步记录车辙延伸长度,为路面车辙养护提供精准数据支撑,检测效率较传统人工检测提升很多。(4)路面抗滑性能检测:部分综合检测车搭载摆式摩擦系数仪或激光抗滑检测仪,在行驶过程中实时检测路面摩擦系数,通过接触式或非接触式检测方式,获取路面抗滑指标,检测数据同步存储并与路面破损、平整度数据关联,全面反映路面综合技术状况,无需占道停机检测,保障高速公路通行安全^[3]。

3.2 道路综合检测车在高速公路结构物检测中的应用

道路综合检测车作为高速公路智能化检测的核心装备,凭借其多传感器集成、实时数据处理和全断面覆盖能力,在桥梁、隧道、边坡等结构物检测中展现出显著优势。其应用场景与技术特性深度融合,为高速公路结构安全评估提供了高效、精准的技术支撑。(1)桥梁结构完整性检测。道路综合检测车通过搭载激光三维变形检测系统与高分辨率路面破损检测系统,可对桥梁铺装层、伸缩缝及支座等关键部位进行非接触式扫描。例如,在检测桥梁铺装层裂缝时,检测车以80-120km/h的速度行驶,利用线激光阵列实时捕捉路面微小变形,结合AI图像识别算法,可精准定位0.5mm级裂缝并量化其扩展趋势。对于桥梁支座,检测车通过红外热成像仪监测支座温度场分布,结合振动传感器数据,可判断支座脱空或老化状态,检测效率较传统人工检测提升许多。(2)隧道衬砌与渗水检测。针对隧道环境,检测车配备多光谱成像仪与地质雷达模块,可同步检测衬砌剥落、钢筋锈蚀及渗水病害。在隧道检测中,检测车利用激光点云技术构建衬砌三维模型,通过点云密度分析识别0.2m²以上的剥落区域,准确率达98%。对于渗水检测,检测车搭载湿度传感器与红外光谱仪,可实时监测衬砌表面湿度变化,结合地质雷达探测结果,精准定位渗水通道位置及范围,为隧道维修提供数据支持。(3)边坡稳定性监测。道路综合检测车通过集成GNSS定位系统与倾斜仪,可对高速公路边坡进行动态位移监测。在边坡检测中,检测车沿边坡坡面行驶,利用激光测距仪实时采集边坡表面位移数据,结合历史监测数据构建位移-时间曲线,可提前3-6个月预警边坡失稳风险。检测车还可搭载无人机模块,对高危边坡进行空中巡查,形成“车-机”协同监测体系,大幅提升边坡检测安全性与覆盖范围^[4]。

4 道路综合检测车检测数据的处理与应用优化

4.1 检测数据的降噪、校准与标准化处理

道路综合检测车采集的原始数据易受外界干扰,需通过系统化处理剔除无效信息、统一数据标准,确保数据精准可用,具体处理流程如下:(1)数据降噪处

理：针对车辆振动、环境光线、电磁干扰产生的异常数据，采用小波分析算法降噪，对路面图像数据进行高斯滤波，剔除杂点、阴影干扰，保留真实破损特征；对激光、超声波等数值类数据，采用滑动平均法平滑曲线，剔除突变异常值，确保数据波动符合实际场景，降噪后数据误差控制在行业规范允许范围内。（2）数据校准处理：定期结合标准试件或已知参数路段，对采集数据进行修正，包括传感器零点、激光测距、图像识别精度校准，激光类数据校准误差不超过0.05mm，图像识别校准准确率达98%以上。（3）数据标准化处理：统一各类检测数据的格式、单位及精度，将路面破损、平整度等数据换算为行业标准指标，明确记录规范；对不同检测模块数据集分类编码，标注检测时间、点位、设备型号等信息，建立标准化数据档案，实现不同批次、路段数据的可对比、可追溯。

4.2 检测数据与高速公路养护管理系统的融合应用

检测数据的有效应用需依托养护管理系统，实现数据与管理流程的深度融合，打破数据碎片化壁垒，具体融合方式如下：（1）数据导入与关联：将预处理后的标准化数据通过专用接口导入养护管理系统，实现与路段基础信息、历史检测数据、养护记录的关联绑定，可通过路段编号、检测时间快速查询，形成“检测-记录-养护”一体化数据链条。（2）数据分层展示：在系统中按检测类型、指标、路段范围分层展示数据，采用可视化图表呈现分布规律，如路面破损热力图、结构物缺陷柱状图，直观反映道路技术状况，便于快速定位重点检测区域。（3）数据共享与调用：建立多部门数据共享机制，检测数据同步推送至养护、运维等部门，避免重复检测，实现资源高效利用；系统支持数据导出功能，可生成标准化报表，为养护方案制定提供直接数据支撑。

4.3 提升检测效率与数据准确性的优化策略

结合实际检测场景，针对效率瓶颈和精度短板，制定针对性优化策略，具体如下：（1）检测流程优化：优化行驶路线规划，提前排查交通状况，避开高峰和施工区域，减少车辆停留；采用“一站式”检测模式，同步

启动多模块设备，避免重复往返，单路段检测效率提升30%以上；简化数据采集触发流程，实现设备自动启停、数据自动采集，减少人工干预。（2）设备性能优化：定期维护保养核心组件，及时更换老化传感器、摄像头，提升运行稳定性；升级车载数据处理终端，优化算法，缩短预处理时间，实现采集与初步处理同步，减少数据延迟；配备应急供电设备，避免供电中断导致的数据丢失。（3）人员操作优化：对检测人员开展专业培训，提升设备操作、数据校准及异常处理的规范性；建立数据复核机制，对重点路段、关键指标数据进行人工复核，剔除人为误差；建立设备故障应急预案，保障检测工作连续开展^[5]。

结束语：本文系统研究了道路综合检测车在高速公路检测中的应用，从检测基础理论、设备结构原理、核心应用场景到数据处理优化，形成了完整的研究体系。道路综合检测车凭借自动化、高精度、高效率的优势，有效弥补了传统检测方法的不足，在路面、桥梁、隧道等核心场景中发挥了重要作用。结合数据处理优化策略，进一步提升了检测数据的可用性与应用价值。未来可结合智能化技术持续优化设备性能与数据处理水平，推动高速公路检测技术不断升级，为道路安全运营提供更坚实的保障。

参考文献

- [1]杨仁图.道路综合检测车在高速公路检测中的应用[J].交通世界,2021(23):46-47.
- [2]李伟.道路综合检测车在高速公路检测中的应用[J].产品可靠性报告,2023(7):43-44.
- [3]王喻.道路综合检测车在公路检测中的推广应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):001-004.
- [4]白海龙.道路综合检测车在公路检测中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(2):001-004.
- [5]文海珍.道路综合检测车在高速公路沥青路面平整度检测中的应用[J].企业科技与发展,2024(3):109-113.