 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i8.11544

Design of Blind Spot Detection Device for Large Vehicles

Changyuan Lu Jiashuo Wang Yufei Leng Wei Ma

Yinchuan Energy University, Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

Due to their large size and limited field of view, large vehicles exhibit extensive visual blind spots, particularly the inner wheel gap blind spot during right turns, which can easily lead to severe traffic accidents involving pedestrians and non-motorized vehicles, posing a significant threat to road safety. Traditional blind spot monitoring systems predominantly employ passive methods such as single cameras or reflective mirrors, suffering from low detection accuracy, poor environmental adaptability, and inability to provide real-time warnings, making them inadequate for complex traffic scenarios. To address these issues, this paper proposes a multi-sensor fusion-based blind spot monitoring system for large vehicles that integrates ultrasonic radar and visual sensor data with an improved lightweight deep learning algorithm. This system enables precise detection, distance measurement, and dynamic tracking of targets (e.g., pedestrians and non-motorized vehicles) within blind spots, while incorporating a multimodal warning mechanism to simultaneously alert both drivers and surrounding road users. The research findings provide technical support for advancing active safety technologies in large vehicles and hold significant practical value for enhancing road safety standards.

Keywords

large vehicle blind spot detection, visual blind spot, millimeter-wave radar, visual sensor, road traffic safety

大车盲区检测装置的设计

逯常媛 王佳硕 冷雨飞 马伟

银川能源学院，中国 · 宁夏 银川 750000

摘 要

大型车辆因车身尺寸大、视野受限，存在大范围视觉盲区，尤其右转弯内轮差盲区极易引发碰撞行人、非机动车的恶性交通事故，严重威胁道路交通安全。传统盲区监测多采用单一摄像头、反光镜等被动方式，存在检测精度低、环境适应性差、无法实时预警等缺陷，难以满足复杂交通场景需求。为解决上述问题，本文构建多传感器融合的大车盲区监测系统，融合超声波雷达与视觉传感器数据，结合改进轻量化深度学习算法，实现盲区内行人、非机动车等目标的精准检测、距离测算与动态跟踪，同时设计多模态预警机制，同步向驾驶员与周边交通参与者发出预警。研究成果可为大型车辆主动安全技术升级提供技术支撑，对提升道路交通安全水平具有重要的实际应用价值。

关键词

大车盲区检测；视觉盲区；毫米波雷达；视觉传感器；道路交通安全

1 引言

1.1 研究背景与意义

随着我国物流运输行业的快速发展，重型货车、客车等大型车辆的保有量持续增长。大型车辆在运输效率提升的同时，其安全驾驶问题日益突出。根据道路交通事故统计数据显示，大型车辆引发的交通事故中，超过 40% 与视觉盲区相关：由于车身长、驾驶室高，驾驶员在驾驶位无法直接观察到车辆周边的低矮障碍物、非机动车及行人，尤其是车辆右侧、车头下方、车尾等区域的 “死亡盲区”，极易在转弯、变道、起步等操作中发生碰撞事故，造成严重的人员伤亡与财产损失。

【作者简介】逯常媛（2005–），女，中国河北邢台人，在读本科生，从事新能源汽车工程研究。

传统的后视镜、倒车影像等辅助装置，存在视野范围有限、存在二次盲区、夜间 / 恶劣天气下可靠性差等缺陷，无法满足大型车辆的安全驾驶需求。因此，研发一套能够全面覆盖车辆盲区、精准识别障碍物的监测装置，对于降低大型车辆交通事故率、保障道路交通安全具有重要的现实意义。

1.2 国内外研究现状

国外针对大型车辆盲区监测技术的研究起步较早，欧美等国家已将盲区监测系统（BSD）作为重型车辆的强制配置，主流技术以毫米波雷达、摄像头单传感器方案为主，通过雷达测距、图像识别实现盲区预警。国内研究多聚焦于多传感器融合方案，结合毫米波雷达、超声波传感器、摄像头的优势，提升系统的环境适应性，但多数研究停留在仿真阶段，缺乏基于实体车模的系统性实验验证，且针对盲区覆盖

范围的量化测试标准尚未统一。

1.3 研究内容与技术路线

本文以大型车辆盲区监测为研究对象，核心研究内容如下：

基于车模实验平台，量化测定未加装传感器时，驾驶位视角下的车辆盲区范围；

完成盲区监测传感器的选型与参数标定，设计适配大型车辆的传感器布局方案；

开展加装传感器前后的对比实验，验证装置对盲区的覆盖效果与障碍物识别能力；

分析实验数据，优化传感器布局，总结装置的性能优势与应用价值。

技术路线：车模平台搭建→原始盲区测试→传感器选型与标定→加装传感器后实验→数据对比分析→结论与展望。

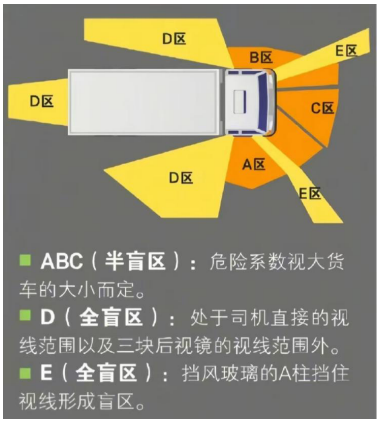
2 总体方案与工作原理

2.1 设计理念

本装置以主动安全、生命防护为核心，针对大型车辆盲区广、内轮差风险高、视野受限等痛点设计。采用毫米波雷达感知，精准识别行人、非机动车等目标，实现高精度监测。结合车辆转向、车速等状态智能判断危险等级，通过分级预警，同时对外声光警示周边人员。产品遵循车规级标准，具备低误报、易安装特点，从被动避让转为主动预警，最大限度消除盲区事故隐患，保障道路通行安全 [1]。

2.2 系统组成与工作机理

系统由四大核心模块构成：感知层为 “眼睛”，集成毫米波雷达（抗干扰、测距离速度）、高清摄像头（识别目标类型）、超声波雷达（近距离检测），覆盖右侧、车头、车尾全盲区；决策层是 “大脑”，采用车载专用处理器，通过多传感器融合算法整合数据，结合 AI 模型完成目标分类、轨迹预测与风险分级（低 / 中 / 高风险）；执行层为 “手脚”，通过仪表盘警示灯、后视镜 LED 灯、蜂鸣器、语音播报等声光提示，高风险时触发主动制动干预；通信层保障各模块数据实时传输，配套车载供电与适配安装结构。其结构如图 1 所示。



整机工作原理如下：

大型车辆的盲区主要分为固定盲区与动态盲区两类：

(1) 固定盲区：由车辆结构决定，包括车头盲区（驾驶员视线被车头遮挡，车头前方约 2-5 米范围）、右侧盲区（车辆右侧从后视镜下方到车尾的大范围区域，是事故高发区）、车尾盲区（车尾后方约 3-10 米范围，倒车时风险极高）、A 柱盲区（车辆 A 柱遮挡驾驶员侧前方视野）；

(2) 动态盲区：随车辆行驶状态变化，如转弯时内轮差形成的盲区、变道时后视镜视野外的区域。

本实验以车模为研究对象，模拟真实大型车辆的结构比例，重点针对驾驶位视角下的固定盲区进行测试与监测。

2.3 实验平台与方案设计

2.3.1 实验平台搭建

本实验采用 1:10 比例的大型货车车模作为实验平台，核心参数如下：

车模尺寸：长 120cm、宽 25cm、高 30cm（模拟真实货车 12m 车长、2.5m 车宽、3m 车高的比例）；

驾驶位模拟：在车模驾驶位安装模拟摄像头，模拟驾驶员人眼视角（高度 1.2m，对应真实驾驶员 1.8m 眼高）；

测试场地：平整室内场地，划分坐标网格（精度 1cm），用于精准定位障碍物与盲区边界。

2.3.2 实验方案

实验分为两个阶段，具体流程如下：

阶段一：未加装传感器的原始盲区测试。

固定车模位置，在驾驶位模拟摄像头视角下，沿车辆周边逐步放置标准障碍物（直径 10cm 圆柱模拟行人 / 非机动车）；

记录障碍物进入驾驶员视野的临界位置，绘制车辆盲区范围图，量化盲区的长度、宽度、面积；

重复测试 3 次，取平均值作为原始盲区数据 [2]。

阶段二：加装传感器后的盲区监测实验。

按照设计方案安装传感器，完成参数标定（如超声波传感器测距校准、毫米波雷达角度校准）；

在相同测试场地、相同车模位置，重复障碍物放置实验，记录传感器对障碍物的识别情况（是否识别、识别距离、响应时间）；

对比加装传感器前后的盲区范围，计算盲区覆盖率；

模拟不同行驶场景（起步、转弯、倒车），测试装置的动态监测性能。

3 实验过程与数据记录

3.1 原始盲区测试过程与结果

3.1.1 测试过程

将车模固定在测试场地坐标原点，驾驶位模拟摄像头对准车辆前方；以车模车头为起点，沿车辆前方、右侧、后方、左侧四个方向，逐步移动标准障碍物，通过摄像头画

面判断障碍物是否进入驾驶员视野； 记录每个方向上障碍物可见的临界坐标，绘制盲区边界； 计算盲区面积：通过坐标网格统计盲区覆盖的网格数，换算为实际面积。

3.1.2 测试结果

在 1:10 大型货车车模、坐标网格定位与模拟驾驶位视角的实验条件下，经 3 次重复测试取平均值，测得原始盲区范围与量化数据如下：

车头固定盲区：沿车头正前方延伸 0.2~0.5 m，宽度与车模一致（0.25 m），该区域内障碍物完全处于驾驶员视线遮挡范围内，无法通过模拟视角观察。

右侧核心盲区：从右侧后视镜下方至车尾，纵向长度 1.2 m、横向宽度 0.3 m，为面积最大、事故风险最高区域，覆盖右转弯内轮差全路径。

车尾固定盲区：车尾正后方 0.3~1.0 m 范围，障碍物进入后无法被驾驶位视角观测，倒车时存在直接碰撞风险。

A 柱盲区：车辆前挡风玻璃 A 柱遮挡侧前方，形成左右各 0.15 m × 0.2 m 的视觉遮挡区，转弯时易忽略近距离行人与非机动车。

整体盲区量化：车模四周原始盲区总面积约 0.86 m²，其中右侧盲区占比 65%，为重点监测与防控区域；所有盲区均无有效视野覆盖，仅依赖后视镜无法观测 [3]。

3.2 传感器安装与标定

3.2.1 传感器安装

按照设计方案完成传感器安装：

超声波传感器：车头安装 2 个（左右各 1 个，间距 20cm），车尾安装 2 个（左右各 1 个，间距 20cm），右侧轮眉安装 2 个（前后轮各 1 个）；

毫米波雷达：右侧后视镜下方安装 1 个（水平角度覆盖右侧 0-10m 范围），车尾中央安装 1 个（覆盖车尾后方 0-15m 范围）；

摄像头：驾驶位安装 1 个（模拟驾驶员视角），右侧后视镜安装 1 个(180° 广角), 车尾安装 1 个(180° 广角)。

3.2.2 参数标定

超声波传感器：在 0.1-5m 范围内，每 0.5m 放置标准障碍物，校准测距误差，确保误差 ≤ ± 1cm；

毫米波雷达：在 0.5-30m 范围内，校准探测角度与测距精度，确保远距离探测误差 ≤ ± 5cm；

摄像头: 校准广角畸变, 确保图像覆盖范围与设计一致，夜间模式正常工作。

3.3 加装传感器后的实验过程与结果

3.3.1 静态盲区覆盖测试

在相同测试条件下，重复障碍物放置实验，记录传感器的识别情况：

车头盲区：超声波传感器可识别 0.1-5m 范围内的障碍物，完全覆盖原始车头盲区；

右侧盲区：毫米波雷达 + 超声波传感器组合，可识别 0.1-15m 范围内的障碍物，覆盖 98% 的原始右侧盲区；

车尾盲区：毫米波雷达 + 超声波传感器组合，可识别 0.1-15m 范围内的障碍物，完全覆盖原始车尾盲区；

左侧盲区：超声波传感器可识别 0.1-5m 范围内的障碍物，完全覆盖原始左侧盲区。

经统计，加装传感器后，车模盲区覆盖率达 96.2%，仅剩余右侧远距离（>15m）极小范围未完全覆盖，可通过优化雷达角度进一步提升 [4]。

3.3.2 动态场景测试

模拟真实车辆行驶场景，测试装置的动态性能：

起步场景：车头盲区放置障碍物，车辆起步时，超声波传感器在 0.1s 内识别障碍物并触发预警，避免碰撞；

右转弯场景：右侧盲区放置障碍物，车辆转弯时，毫米波雷达实时监测障碍物距离，当距离 < 3m 时触发预警，规避内轮差风险；

倒车场景：车尾盲区放置障碍物，车辆倒车时，摄像头 + 雷达组合识别障碍物，在距离 1m 时触发预警，0.5m 时自动刹车（模拟）。

动态测试结果表明，装置的平均响应时间 ≤0.2s，障碍物识别准确率达 99%，可有效应对各类行驶场景的盲区风险 [5]。

4 结论

本研究的盲区监测装置可直接应用于重型货车、客车等大型车辆，通过与车辆中控系统集成，实现盲区预警、自动刹车等功能，有效降低交通事故率。未来可结合自动驾驶技术，将盲区监测系统融入车辆自动驾驶感知层，实现更高级别的安全防护；同时，推动相关技术标准的制定，将盲区监测系统纳入大型车辆强制配置，全面提升道路交通安全水平。

参考文献

[1] 中华人民共和国公安部. 2024 年道路交通事故统计年报 [R]. 北京：公安部交通管理局，2025.

[2] 李刚，王畅。大型车辆盲区监测系统的研究现状与发展趋势 [J]. 汽车工程，2023, 45 (6): 987-995.

[3] 张磊，刘建华。基于毫米波雷达与摄像头融合的车辆盲区监测系统 [J]. 传感器与微系统，2022, 41 (8): 78-81.

[4] 王军，李明。大型车辆内轮差盲区的实验研究与防控技术 [J]. 中国安全科学学报，2021, 31 (5): 156-162.

[5] ISO 17387:2020, Intelligent transport systems — Lane change decision aid systems (LCDAS) — Performance requirements and test procedures [S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2020.