

面向交通事故现场的智能交互路障系统设计与技术应用

李正红 陈彬 谭湘渝 薛聪 张博佳

重庆交通大学，重庆，400074；

摘要：本研究提出了一种基于无人机技术的智能交互路障系统。该系统利用全球定位系统（GPS）进行精确定位，并通过无人机进行路障的调度与抓取。在高速公路、国道以及城市道路的事故区域，该系统能够迅速部署与撤离路障，从而实现对交通事故现场的高效指挥与引导。该系统确保了交通事故现场能够得到及时的交通疏散和路线指引。通过手机移动端应用程序（APP），用户能够迅速上传事故地点及事故信息，从而实现快速报案。该系统的应用显著提高了事故现场疏散和指挥的效率，有效促进了交通事故现场的快速疏散、引导和撤离，进而降低了次生安全事故的发生概率。

关键词：无人机；智能交互；路障；激光；创新

DOI：10.69979/3041-0673.25.09.037

引言

路障作为重要交通设施，作用关键。传统路障依赖人力手工设置，工作人员在复杂危险环境作业，安全风险高。随着私家车数量剧增，日出行交通流量猛增，交通事故数量增多，急需一种快速部署，快速撤离的路障，提升道路事故的应急处理能力，确保道路迅速恢复通行。随着智能交通迅猛发展，物联网、人工智能等先进技术为智能交通设备创新提供技术支撑^[1]，它集成智能化、自动化控制，为交通安全管理提供更高效、更安全的解决方案，助力智慧交通出行的发展。

1 基于无人机可视激光路障研究现状

在交通事故现场、道路施工区域或大型活动期间，交管部门通过设置路障确保现场秩序，临时分隔事故区域。所使用的路障通常是塑料锥形桶路障、简易栅栏等^[2]，工作人员需在各种复杂甚至危险的环境中手动搬运锥形桶、摆放路障，不仅耗费体力，还面临过往车辆碰撞等安全风险。恶劣天气下，如暴雨、大雾或夜间作业时，这种风险更为突出，研发新型安全、高效智能路障设备迫在眉睫^[3]。在此背景下，本研究提出基于无人机技术及可视激光的智能交互路障设计。该路障系统可通过GPS定位系统运用无人机调度抓取路障，在高速公路、国道、城市道路事故区域快速设置、撤离路障，实现交通事故现场的快速指挥和引导，该系统确保交通事故现场有及时的交通疏散和路线指引，该系统可通过手机移动端APP客户快速上传事故地点及事故信息，实现事故快速报案。

本研究提出的基于无人机技术的可移动路障系统，

克服传统路障设置的诸多弊端。通过无人机平台集成物联网、机器视觉、人工智能等技术，实现路障智移动、事故区域分隔自动化，通过内置的机器视觉算法对事故现场拍照，对路障设置做自动规划，运用无人机抓取，安装路障减少对人力依赖，提高路障运输、摆放效率，增强交通管理的灵活性和及时性，减少交通拥堵，降低交通事故发生率^[4]。该系统可在事故或紧急情况发生时，快速响应并设置警示区域，引导车辆和行人安全通行，有效减少二次事故发生，保障道路使用者生命财产安全^[5]。同时，该设计推动了交通安全装备技术创新，为相关产业发展提供新思路和方向。

2 基于无人机可视激光路障设计相关技术

2.1 物联网与人工智能技术在路障中的应用原理

物联网技术通过在路障设备中嵌入传感器、通信模块，实现设备与设备、设备与人之间的数据交互和通信。在智能交互路障中，红外传感装置、测速报警装置等传感器收集车辆、行人信息，如车辆速度、距离、行人位置等，通过无线传送设备将数据上传至物联网平台。物联网平台整合数据，为人工智能算法提供数据支持。

人工智能技术基于收集的事故现场数据进行分析和学习。运用机器学习算法，对交通流量、事故发生概率等进行预测分析。在事故现场，人工智能系统根据无人机拍照的事故照片对道路状况做判断，自动规划路障设置点，后台人工控制路障设置位置和警示信息显示，引导车辆绕行。利用深度学习算法对历史交通数据进行挖掘，优化路障部署策略，在保护事故现场的前提下，提高交通管理效率。通过物联网与人工智能技术协同工

作，实现路障智能化、自动化控制，提升交通管理的精准性和及时性^{[6][7][8]}。

2.2 可视激光在路障中的应用优势

可视激光在路障中具有独特优势。激光具有高亮度、方向性好的特点，可在远距离清晰可见，在夜间或恶劣天气条件下，能有效提高路障警示效果，引起驾驶员注意。相比传统的反光标识或照明方式，激光发射灯带的光线传播距离更远、更集中，不易受环境光干扰，能在复杂环境中清晰界定警示区域。

多个路障通过可视激光连接，可形成连续、醒目的警示线区域，增强警示区域的连贯性和辨识度。在道路施工区域，激光发射灯带可根据施工范围灵活布置，快速构建警示边界，有效引导车辆和行人通行。与传统路障连接方式相比，可视激光无需复杂的物理连接结构，减少了空间占用，便于路障通过无人机快速部署和收纳，提高了路障使用的便捷性和灵活性。

2.3 曲面屏技术在路障中的应用

曲面屏技术为路障带来全新信息展示体验。与传统平面屏幕相比，曲面屏具有更好的沉浸感和视野扩展效果。在路障应用中，曲面屏的弧形设计更符合人眼视觉习惯，能让驾驶员在不同角度更轻松地获取警示信息，减少视觉盲区。无论是在阳光直射还是夜间照明不足的情况下，路障上的曲面屏都能确保信息清晰可读，避免因光线问题导致信息误读或漏读。曲面屏可根据路障外形进行定制化设计，实现与路障结构的完美融合。

3 基于无人机技术的智能交互路障系统设计方案

3.1 整体设计思路

为了实现好的安全警示作用，同时便于运输和堆叠，本路障采用三棱锥和四棱锥形设计，路障高度在50~60厘米之间，既能保证警示效果，又不会对驾驶员视线造成遮挡。在路障顶部和底部，设计有防滑和减震结构。顶部防滑结构可防止路障滑倒，底部减震结构能减少路障在无人机投放过程和地面碰撞时受到的冲击力，保护路障内部设备和结构完整性。

路障表面采用反光涂层处理，增强在夜间或低光照条件下的可见性。反光涂层与激光发射灯带、警示灯配合使用，进一步提高路障警示效果（图1）。路障设计为模块化结构，各功能模块如传感器模块、控制模块、显示模块等可方便拆卸和更换，便于维护和升级，降低

维修成本，提高路障使用灵活性和适应性。



图1 智能路障使用场景

3.2 功能设计

3.2.1 路障智能控制功能

为了实现及时的道路事故现场交通管理，智能交互路障基于现有技术，将无人机、物联网、人工智能、可视激光、曲面屏和机器视觉技术有机结合。在功能上，实现自动感知、智能控制、数据传输和信息展示一体化；结构上，采用轻量化、模块化设计，便于运输、安装和维护；交互设计上，注重用户体验，通过直观的信息展示和便捷操作方式，实现路障与用户高效交互。利用物联网和人工智能技术，构建智能控制体系。路障配备红外传感装置，实时监测周围车辆和行人动态。当检测到车辆靠近或行人进入危险区域时，传感器将信号传送给控制器。控制器基于人工智能算法分析数据，判断是否需要启动路障警示或调整路障状态。

路障还可与交通管理中心数据库实时交互数据。通过无线传送设备，路障将采集到的交通流量、事故信息等上传至数据库。交通管理中心根据这些数据，远程控制路障工作状态，实现对交通流量的动态调控。在大型活动期间，根据实时交通流量，远程调整路障布局，引导车辆有序通行。

3.2.2 可视激光连接与警示功能

可视激光光条是智能交互路障的重要警示要素。路障顶部或侧面安装激光发射器，多个路障通过激光束连接，形成连续、醒目的警示区域。激光路障可根据不同场景需求，显示多种警示图案和信息，如在事故现场显示“事故现场，减速慢行”字样，在道路施工区域显示施工标识和绕行箭头。

多个路障的激光器可以形成激光束可视化隔离区域，警示性强，布局灵活，拆装部署方便迅速，使用寿命长。

命长，减少维护成本，符合可持续发展理念。

3.2.3 交通信息数字孪生

通过该系统，用户可以自定义完成道路实时故障申报，作为交通信息数字孪生一部分，在客户端导航软件

实时同步信息，可以看到事故现场的占道信息（图2），可为广大自动驾驶车辆提供实时路况，更好优化智驾策略，采取适合的速度，路线，采取适当的形势策略避开事故区域，降低交通事故发生的概率。

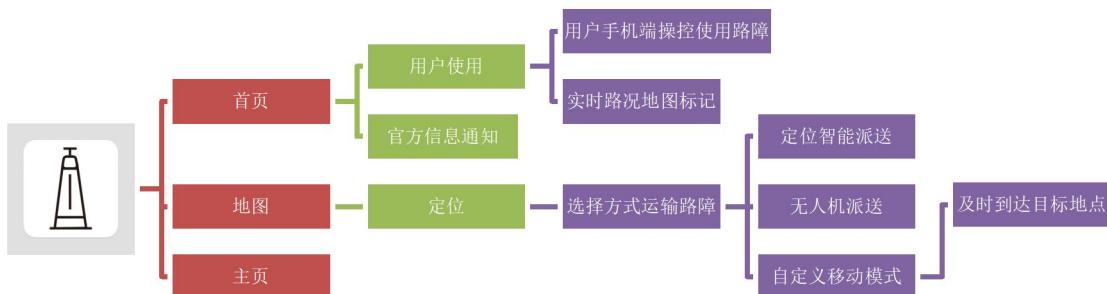


图 2 智能路障系统组成及应用流程

3.3 结构设计

路障主体结构采用高强度 2024 铝合金材料+PMMA 高分子反光材料，具有质量轻、强度高、耐腐蚀等优点。铝合金材质的路障更便于无人机搬运和安装，可有效减轻工作人员劳动强度。同时，反光材料具有良好的可见性和耐候性，能抵抗雨水、紫外线侵蚀，延长路障使用寿命，降低维护成本。

路障外壳采用高强度 ABS 工程塑料，工程塑料具有良好的韧性和抗冲击性，能在受到碰撞时有效保护内部电子设备。工程塑料还具有防水、防尘性能，确保路障在恶劣环境下正常工作。

3.4 技术实现

3.4.1 硬件系统

硬件系统是智能交互路障的核心支撑。主要包括无人机、摄像头、可视激光路障、通信模块、激光器、和曲面屏显示模块。传感器模块集成红外传感器、测速传感器、环境光传感器等多种传感器，负责采集路障周围环境信息。处理器模块采用高性能微处理器，具备强大的数据处理和运算能力。负责接收传感器数据，进行分析处理，并根据预设算法生成控制指令。通信模块选用无线通信技术，如 4G/5G、Wi-Fi 或蓝牙，实现路障与交通管理中心、其他路障设备以及用户移动设备之间的数据传输和通信。激光发射器模块由激光光源、驱动电路和光学组件组成，根据处理器指令控制激光发射和显示内容。曲面屏显示模块包括曲面显示屏、驱动芯片和触摸感应层，实现信息显示和触摸交互功能。各硬件模块通过总线连接，协同工作，确保路障正常运行（图 3）。



图 3 智能路障系统结构特点及技术要点

3.4.2 软件系统

软件系统为 Laser 智能交互路障提供智能化控制和管理功能。主要包括操作系统、移动客户端 APP 和数据库管理系统。操作系统采用嵌入式实时操作系统。应用程序负责实现路障的各种功能，通过 SLAM 算法实时生成 2D 事故区域地图，实现快速建图，运用基于 A*算

法规划最优投放路径实现路障的路径规划。数据库管理系统用于存储和管理路障运行过程中产生的数据，如交通流量数据、事故记录、设备状态信息等。数据库管理系统支持数据的快速查询、更新和备份，为交通管理中心提供数据支持，便于对路障进行远程监控和管理。客户端 APP 的操作界面见图 4。

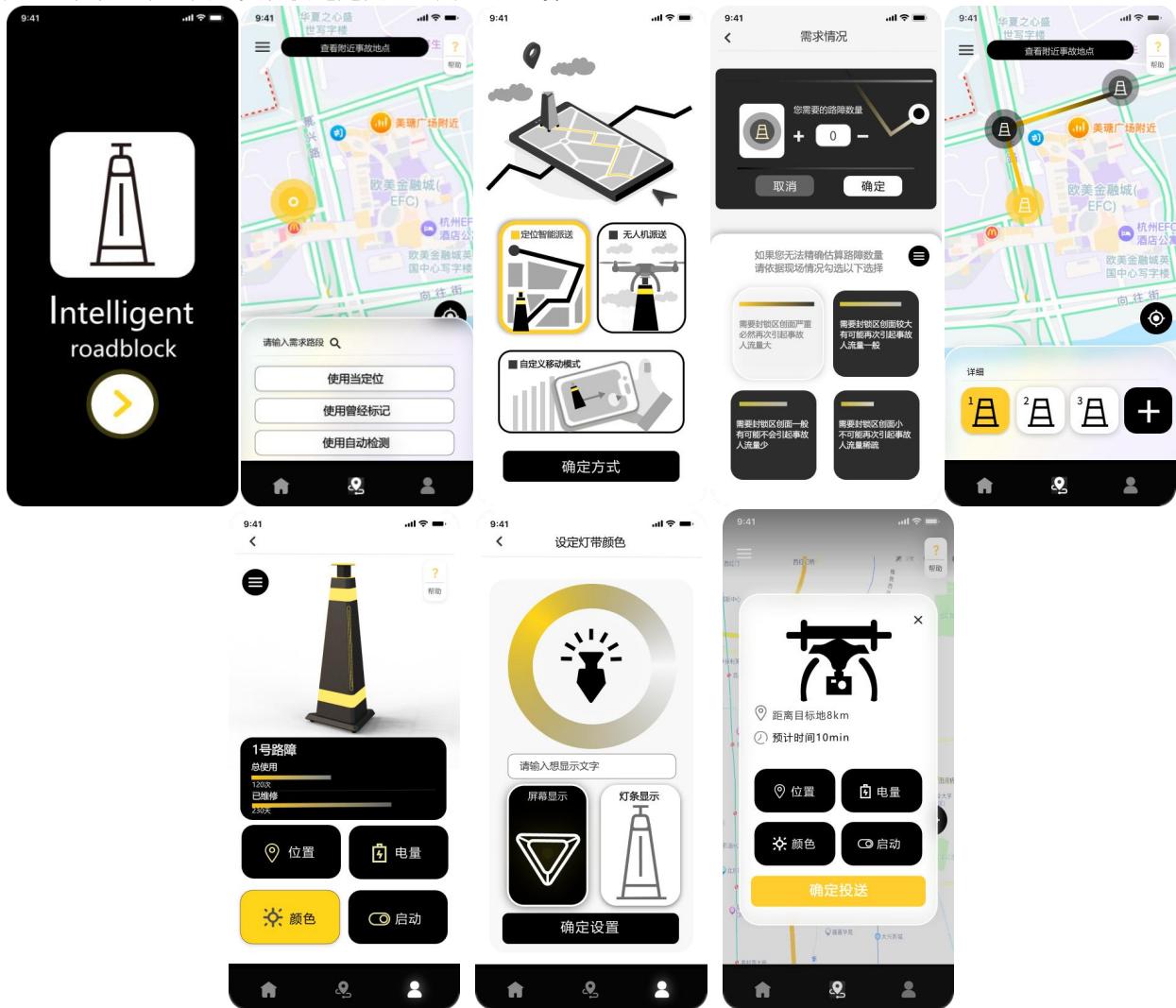


图 4 智能交互路障系统 APP 客户端

用户可以通过手机客户端 APP，可以在事故现场拍照上传照片，完成事故报案，后台可快速对事故现场分析，调度无人机把路障安装到现场，实现快速的事故现场指挥、疏导。使用流程如下：

用户拍照上传事故现场 → 后台 AI 分析事故范围 → 无人机就近起飞抓取路障 →

投放路障并激活激光连线 → 驾驶员通过 App 查看隔离区域 → 事故处理完成后回收路障。

现场的路障曲面屏同步显示事故相关信息，如事故

类型、预计处理时间、绕行路线建议等。这些信息为驾驶员提供准确引导，避免因信息不明导致交通拥堵或二次事故发生。路障通过无线传送设备将事故现场的交通流量数据实时上传至交通管理中心，便于交通管理部门及时调配资源，疏导交通，提高事故处理效率，保障道路安全畅通。

4 应用前景

通过第一目击人的报案+无人机快速调度、安装、

拆除路障，有效减少交通事故发生概率。在事故现场和危险路段，及时准确的警示信息能引导驾驶员提前做出反应，避免车辆碰撞和人员伤亡。其在恶劣天气条件下的可靠运行能力，如在暴雨、大雾中仍能清晰显示警示信息，进一步提升道路安全性。

智能路障对交通流量的优化作用，减少了车辆频繁加减速和急刹车情况，降低交通事故风险。为智驾系统提供实时的道路数字孪生信息，提升了智能网联汽车无人驾驶的安全性，在保护道路使用者生命安全的同时，也减轻了交通事故对社会造成的医疗救治、财产损失和社会秩序混乱等负面影响，提升了整体交通路网的安全性和高效性。其数据收集和传输功能为城市交通大数据分析提供支持，交通管理部门可据此优化交通信号设置、规划道路建设和调整交通流量分配，提高城市交通管理的科学性和精准性。为智慧城市建设注入强大动力，促进城市可持续发展目标实现。

5 结论与展望

本文设计的基于无人机技术的智能交互路障系统，显著提升交通管理效率，减少交通事故发生，保障人员和财产安全。在应用拓展方面，加强与其他交通系统和城市管理平台的深度融合。与智能交通信号灯、自动驾驶系统协同工作，实现更高效的交通流控制；与城市安防系统联动，提升城市公共安全管理。具有良好成本效益和广阔市场前景，对智慧城市建设、交通安全保障意义重大，为交通领域智能化发展提供创新思路和实践范例。开展跨区域、跨场景应用研究，根据不同地区交通特点和需求，优化路障功能和部署方案，推动智能路障在全球范围内广泛应用，为构建更加安全、高效、智能的交通系统贡献力量。

参考文献

- [1] 刘桂莹,周婷,纪菁菁,等.基于物联网的智能路障行人保障系统的设计[J].数字技术与应用,2023,41(07):180-182. DOI: 10.19695/j.cnki.cn12-1369.2023.07.55.
- [2] 岳倩倩,亢菲菲.基于蓝牙控制技术的智能路障系统[J].电子质量,2017,(02):17-19.
- [3] 何凌.城市化进程对城市交通的影响及发展对策[J].中国高新技术企业,2009(12):97-98. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2374.2009.12.055.
- [4] Hissan, R. ul ., Waseem , L. A ., Khurshid, M ., & Maqbool, M. S. (2023). The Impact of Urbanization on the Flow of Traffic in Faisalabad City Pakistan. Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences, 11(2), 1238 - 1245.
- [5] 王昕煜,平雪良,邱彬,等.基于视觉传感的路障自收放控制方法实现[J].轻工机械,2017,35(6):47-49, 53. DOI: 10.3969/j.issn.1005-2895.2017.06.010.
- [6] 郑苗,吕永艺.城市道路中智能交通应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2021,(03):130-131+137. DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2021.03.049.
- [7] 闫雪娇.智慧城市背景下公共交通系统优化与规划[J].物流工程与管理,2024,46(12):105-107.
- [8] 丁蕾.城市交通系统中的公共设施干预性设计研究[D].郑州轻工业学院,2014.

基金项目：重庆市教育委员会科学技术研究重大项目(KJZD-M202400703)

项目名称：《面向交通事故现场的智能交互路障系统设计与技术应用》

项目编号：202410618014