

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2024.05.029

引用格式:陶健,杜磊.高速公路养护作业风险分析及安全布防系统研究[J].公路与汽运,2024,40(5):160-163.

Citation:TAO Jian,DU Lei.Research of safety defense system and risk analysis of highway maintenance operation[J].Highways & Automotive Applications,2024,40(5):160-163.

高速公路养护作业风险分析及安全布防系统研究

陶健,杜磊

(山西省交通运输安全应急保障技术中心有限公司,山西 太原 030032)

摘要: 整理并统计分析高速公路养护作业风险原因、类型等,厘清高速公路养护作业过程存在的风险,针对不同风险类别及场景,研究养护作业现场风险管控技术与安全管理平台,提升驾驶员的信息感知能力、增强作业人员的安全意识、强化作业区防撞等级,构建信息化、系统化的养护作业风险防控系统,构筑养护作业过程安全防线,提升安全管理能力。

关键词: 工程管理;高速公路;养护;风险管控;安全防护

中图分类号:U415.12

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2024)05-0160-04

近年来,随着“一带一路”倡议的实施,中国经济持续高速发展,工业化和城镇化进程加快,高速公路和城际快速路的需求越来越高,激增的公路运力导致现有公路难以满足需求,老旧道路改扩建进程加快,出现大量施工与运营交叉路段^[1]。随着公路长期高负荷运营,路面及相关配套设施出现不同程度老化、破损,公路保养频率加大,道路作业量增加^[2]。

道路养护通过采用合理的方法、在合适的时间、在恰当的路段进行维护,改善道路的功能状况^[3]。养护作业前设立道路管控区,相比于正常车辆行驶路段,隔离设施、封闭车道及施工器械会加剧养护作业区周围交通流的复杂程度^[4]。由于公路作业安全保障措施不完善、人员安全意识不足等,频繁发生养护作业过程安全生产事故,作业人员人身安全存在较大安全隐患。据统计,美国每年有超过20 000名道路作业工人受到不同程度的伤害;2023年1—4月中国车辆冲入公路养护作业区造成人员死亡事故共10起,死亡33人(含公路养护人员14人),其中较大事故7起,死亡29人。对国内某高速公路40起养护施工作业交通事故数据进行分析,养护作业区碰撞事故比例较高,尤其在下午疲倦劳累或晚间视线不清能见度过低的时段,事故概率陡然上升^[5]。因此,道路作业人员的安全问题应引起重视。

1 养护作业风险分析

目前,高速公路养护作业中依据JTG H30—

2015《公路养护安全作业规程》将控制区划分为警告区、上游过渡区、缓冲区、工作区、下游过渡区和终止区(见图1),起到警示社会车辆规范行为、引导组织交通的作用^[6]。

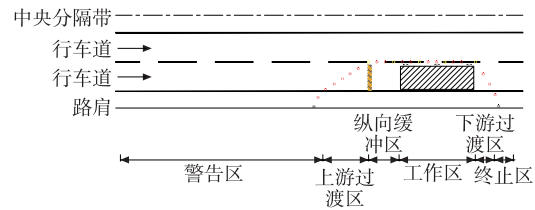


图1 养护作业控制区域示意图

实际作业过程中常因布控区域不规范、车辆违规行驶等发生养护过程事故。收集近3年60起高速公路养护作业过程事故数据,从事故原因、事故类型等方面分析养护作业风险特征,结果见表1、图2。

分析风险原因,高速公路养护作业事故主要由社会车辆驾驶员所致。养护作业区因车道和速度集中变化,纵横向交通冲突显著,现场调查发现,驾驶员对车速管控不当,导致超速行驶、车辆之间速度差加大,极易引发交通事故。驾驶员安全意识不足,疲劳驾驶、经过作业区时盲目超速行驶、未保持安全车距等危险驾驶行为,对作业区信息感知不足,注意力不集中,未能及时发现养护作业信息而提前做足准备,容易导致交通事故。因此,加强对驾驶员信息提示及行为规范警示极为重要。作业人员安全意识薄弱、个人安全防护不到位、隔离设施摆放不标准也是

表 1 养护作业风险特征统计

事故原因			事故类型		发生时段(养护作业过程)
车辆因素	作业人员因素	环境因素	作业人员伤害	交通事故	
疲劳驾驶、超速、车辆失控、驾驶员注意力不集中	未戴安全帽、未穿反光衣、走出作业区、违规操作、隔离设施不规范	视线遮挡、光线不足、特殊天气	闯入作业区、碰撞作业区外作业人员、碰撞作业车辆	变道侧向碰撞、追尾、碰撞固定物	布控作业区过程、撤离作业区过程、养护作业过程、移动作业区过程

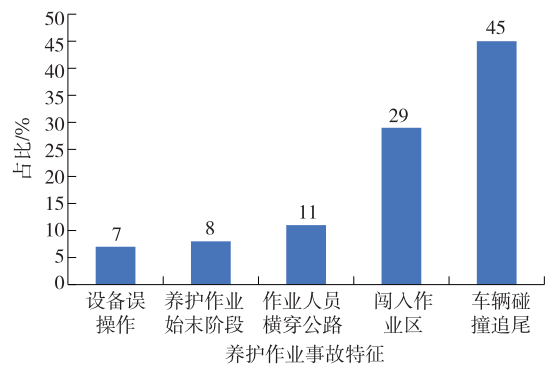


图 2 养护作业事故主要特征类型的分布

事故主要诱因,需加强作业人员安全意识教育与监督,也说明加强信息提示对驾驶员安全通过养护作业区的重要性。因特殊天气不允许养护作业,环境因素对养护作业的影响较小,傍晚光线不足对养护作业安全的影响较大。

分析风险类型,闯入养护作业区的事故类型占主导,主要为过渡区正向冲入作业区事故,也存在为避让追尾车辆从作业区侧向闯入的事故。因此,既要增加正向预警防护,也要增强隔离设施的视觉防撞性能。碰撞追尾事故除部分闯入作业区碰撞作业车辆外,主要是在移动养护作业过程中缺乏有效警示措施,导致社会车辆碰撞清扫作业车、绿化作业车等慢速移动作业车辆,应开发移动养护作业过程警示后方车辆的车载安全预警技术。养护作业中,直接碰撞作业人员的事故类型也常见,一方面是因为作业人员随意走出作业区,另一方面是作业人员未采取有效警示措施。此外,因未戴安全帽,飞溅物体打伤作业人员的事故也时有发生。提升作业人员安全意识是有效避免事故的重要途径。

2 养护作业安全布防系统研究

根据养护作业风险特征,构建养护作业安全布防系统,该系统包括养护作业信息超前发布模块、作业人员安全意识提升模块、作业区防护预警模块及

养护作业风险数字化管理平台,通过强化驾驶员信息感知能力、增强作业人员安全意识、提升作业区安全防护等级,信息化、智慧化管控养护作业,提升养护作业安全管理能力和风险管控水平。

2.1 驾驶员信息超前感知技术

为提升驾驶员对养护作业信息的感知能力,主要从信息超前感知、信息多样感知及信息认知度提升三方面进行优化。在信息超前感知技术方面,传统的主要为广播技术,该技术缺乏针对性。可采用物联网技术,利用卫星定位和 4G 视频通信,实现道路施工封闭管制信息的采集和发布;采用 GPS(全球定位系统)/北斗双模定位服务,配合服务器端人工智能算法,实现与道路数据的精确匹配;硬件与导航地图驾车导航联动实现端到端的全自动化发布,通过导航语音提示用户减速慢行,基于声音的信息提示,丰富驾驶员信息感知途径,提高信息感知效果。

对途经养护作业区的驾驶员超前发布信息,通过车端通信技术主动提示驾驶员,让驾驶员超视距感知途经路段作业位置信息,可更好地让驾驶员接收信息,提高驾驶员注意力并做好速度控制及车道变换准备,进而大大降低交通事故发生概率。

2.2 作业人员安全意识提升技术

作业人员安全意识薄弱,主要是缺乏有效的监管^[7]。针对这一问题,结合高速公路养护作业的临时、流动特点,基于 AI(Artificial Intelligence)图像识别技术,开发适用于该工作场景的监控及风险管控技术,要求监控设备具有连续工作时长、监控距离远、能多角度灵活监控及作业人员风险行为智能识别预警的技术特点。

AI 养护作业现场移动监控终端主要由摄像机、升降杆、控制仓、音柱、万向轮底座及控制模块组成(见图 3)。其中:摄像机采集现场人员风险信息,帮助识别人员的穿戴风险(如不戴安全帽、不穿反光

背心)和位置风险(如走出作业区域),其识别准确度较高;升降杆用于辅助提升监控距离;控制仓主要布设供电、网络及处理器等设施,具备防尘防水等功能;音柱主要用于现场发布预警信息及后台喊话;万向轮底座便于设备移动;控制模块具有信息采集、设备网联、风险行为识别、风险行为预警及发布等功能,它将采集的图像数据进行处理,判断风险行为,识别后通过语音报警器现场预警,同时将信息传回管理平台。该监控设备支持远程控制水平旋转速度和角度,对作业区进行全方位监控。通过对现场的实时监控,消除作业人员的侥幸心理,提升人员的安全意识,规范作业行为,增强安全管理水平,以管促安。同时,针对设备使用情况和养护使用场景,考虑到养护现场设备供电不便,采用风能、太阳能等进行电力补充。

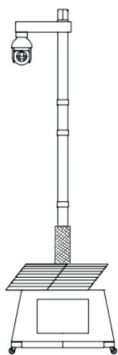


图3 养护作业现场移动监控终端样机

2.3 作业区防护增强技术

根据养护作业区风险特征,强化作业区防护等级的主要途径有:提高驾驶现场感知能力,做好规避风险准备;准确警示驾驶员风险行为,引导驾驶员规范操作;提升作业区被动防撞能力。

(1) 在警告区设计声光及文字信息三合一预警系统,提示驾驶员养护施工所占车道、位置距离、车速控制等信息,规范驾驶员通过养护作业区的驾驶行为,引导驾驶员规范、安全、有序地通过作业区。

(2) 针对车辆在过渡区闯入养护作业区的风险,开发闯入风险预警系统。该系统由高精度雷达、爆闪LED灯、定向声波发射单元、视频摄像、副机及控制模块组成(见图4),通过实时监测作业车辆所在车道后方车辆的行驶速度、距离参数,基于设定的风险评估模型和阈值,控制模块通过声光警示驾驶员集中注意力,同时通过副机为作业人员发布预警信息。设备的摆放位置对防护效果影响显著,宜布

设在缓冲区距过渡区100~150 m处。

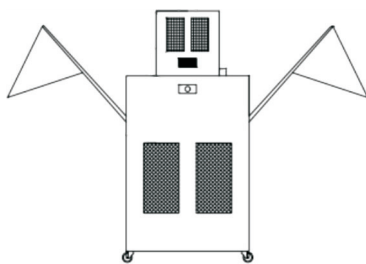


图4 闯入风险预警系统示意图

(3) 通过被动安全技术提升作业区防护等级。JTG H30—2015《公路养护安全作业规程》规定了移动式标志车和车载式防撞垫的使用要求^[5]。在高速公路养护作业缓冲区布设防撞缓冲装置,可有效提升防护作业等级。针对高速公路养护作业特点,防撞缓冲设备需具备防撞、缓冲、导向的功能,结合美国NCHRP-350和MASH-2016等相关标准,防撞缓冲垫的防撞等级需达到2.27 t、100 km/h,即能缓冲吸收2.27 t车辆以100 km/h的速度碰撞的能量。其次,为有效降低冲撞惯性,防撞设备总质量宜不低于12 t,碰撞后应确保设备不会解体,以防飞溅物造成二次伤害。同时,作业区宜采用冷色调和整体式隔离设施,从视觉上增强防撞能力,避免出现驾驶员紧急状态下冲入作业区的应激反应。

2.4 养护作业风险管理平台

养护作业现场安全管控需求包括掌握养护路段车辆超速情况、交通流量、作业人员行为、养护位置信息、预警信息及电子档案留存等。为便于管理人员对养护作业进行现场监管,提升安全管理能力,加强设备监管,利用采集的数据进行统计分析,对养护路段风险进行研判。为此,设计养护作业风险管控系统(见图5),该系统包括地图模块、养护作业统计模块、施工信息模块、车辆预警信息模块、车辆运行统计模块、监控模块、行为风险警告模块及数据统计模块。其中:地图模块直观显示设备位置信息,便于快捷掌握终端产品工作状态;养护作业统计模块统计作业信息数量;施工信息模块显示作业区地理位置信息;车辆预警信息模块掌握车辆风险参数,模拟展示运行状态;车辆运行统计模块采集途经交通量及车辆超速等数据;监控模块和行为风险警告模块通过在线监控现场,识别行为风险并发出警告;数据统计模块基于采集的车辆运行参数及预警、警告参数,分析各路段及路段管理公司交通安全形势。



图 5 养护作业风险管控系统的用户界面

2.5 工程应用实践

目前,上述养护作业安全布防系统已在山西忻州北、吕梁南、临汾北等多条高速公路养护中得到应用,设备布防效果见图 6。应用效果如下:该系统可有效警示过往车辆的风险行为,并为施工人员提供预警信息;对现场车辆运行信息进行监测及观察统计,采用该系统后,车辆经过作业区的平均速度普遍降低,车辆在过渡区前方的变道位置有所提前;采用该系统后,未发生司乘人员闯入施工作业区和施工人员违规作业的行为。总之,该系统能有效提升施工人员的安全意识,规范作业行为,最大程度保护养护区施工人员的安全,同时实现对养护作业区的信息化管控,增强安全管理水平,具有良好的社会效益和经济效益。



图 6 高速公路养护作业安全布防效果图

3 结论

(1) 驾驶员信息感知不足、操作不规范、作业人员安全意识不足和操作不规范、作业区防护能力不足是高速公路养护作业管控区的突出风险。

(2) 采用互联网车端信息发布技术及警告区多样性信息发布设备可提高驾驶员的信息感知能力,利用在线监管及行为风险识别预警设备可强化作业人员的安全意识,采用车辆闯入风险预警技术、进行防撞隔离装置优化是提升作业区防护等级的主要途径。

(3) 养护作业风险管控系统通过采集统计养护作业现场数据,实现专项作业信息化,可提高管理人员的监管能力。

参考文献:

- [1] 朱金龙.高速公路养护施工安全管理探讨[J].科学技术创新,2017(24):166-167.
- [2] 张鹏.探析高速公路养护作业安全的影响因素及保障措施[J].江西建材,2016(4):184+186.
- [3] 王平让,豆海涛.基于风险理念的公路隧道预防性养护管理研究[J].公路与汽运,2022(1):155-158.
- [4] 李博超.高速公路智慧道钉群驾驶行为影响及原型系统研究[D].西安:长安大学,2021.
- [5] 徐景翠,乔华玺.高速公路养护施工作业区交通事故分析及安全对策[J].湖南交通科技,2016,42(3):206-209.
- [6] 交通运输部公路科学研究院.公路养护安全作业规程:JTG H30—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [7] 黎毓秋.高速公路日常养护作业安全风险及防控措施研究[J].西部交通科技,2022(10):206-208.

收稿日期:2023-04-04

(上接第 94 页)

- [14] LIU S, QI L, QIN H, et al. Path aggregation network for instance segmentation [C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2018:8759-8768.
- [15] TERVEN J, CORDOVA-ESPARZA D M, ROMERO-GONZÁLEZ J A. A comprehensive review of YOLO architectures in computer vision: from YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS[J]. Machine Learning and

Knowledge Extraction, 2023, 5(4):1680-1716.

- [16] WANG C Y, BOCHKOVSKIY A, LIAO H Y M. YOLOv7: trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors [C]//Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2023:7464-7475.

收稿日期:2024-03-25