

基于交通安全的高速公路雾区诱导系统研究

——以某山区高速雾区段为例

李义凡^{1,2}

¹山东交通学院交通与物流工程学院, 山东 济南

²山东省智慧交通重点实验室(筹), 山东 济南

收稿日期: 2024年9月7日; 录用日期: 2024年11月8日; 发布日期: 2024年11月18日

摘要

在大雾等恶劣天气情况下, 高速公路路况能见度较低, 会给车辆的行车安全带来一定的影响。本文针对恶劣气候条件下的行车安全问题, 结合某山区高速雾区事故数据和门架数据, 在评估现有雾区诱导系统实际应用效果的同时, 对某山区高速现有雾区诱导系统的系统构成和功能特点进行了重点分析, 并以此提出改进诱导系统的措施。为有效降低雾天高速公路行车事故的发生率, 保障高速公路行车人员的生命财产安全, 确保公路安全畅通。

关键词

高速公路, 雾区诱导系统, 交通安全

Research on Highway Fog Zone Induction Systems Based on Traffic Safety

—A Case Study of a Foggy Section on a Mountainous Expressway

Yifan Li^{1,2}

¹School of Transportation and Logistics Engineering, Shandong Jiaotong University, Jinan Shandong

²Shandong Provincial Key Laboratory of Intelligent Transportation (Preparation), Jinan Shandong

Received: Sep. 7th, 2024; accepted: Nov. 8th, 2024; published: Nov. 18th, 2024

Abstract

In conditions of heavy fog and other adverse weather, visibility on highways is reduced, which can pose a certain impact on vehicle driving safety. This article addresses the issue of driving safety under harsh climatic conditions, combining accident data and gantry data from a certain moun-

tainous highway fog area. While assessing the actual application effects of existing fog induction systems, it focuses on analyzing the system composition and functional characteristics of the existing fog induction system on a certain mountainous highway. Based on this, measures to improve the induction system are proposed to effectively reduce the incidence of traffic accidents on highways during foggy days, ensure the safety of life and property of highway drivers, and ensure the safe and smooth operation of the highway.

Keywords

Highway, Fog Zone Guidance System, Traffic Safety

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着中国基础设施建设技术的完善,山区高速公路建设里程不断增加,在这种情况下山区团雾对高速公路行车安全带来的风险也不断增强。据统计,全国高速公路发生在雾天环境中的交通事故占15%~25%,而与大雾相关的伤亡较大的交通事故约占1/3,造成了较大的社会影响和经济损失,团雾气象灾害是公安交管部门最关注的气象灾害之一[1]-[3]。

高速公路雾区交通安全是世界难题,为提升雾区行车安全,常采用的重要途径为改善雾区路段的行车条件,调整驾驶员的驾驶行为,使用雾区诱导系统。对于雾区诱导系统的研究大多趋向于诱导系统智能化方向,如郭平[4]提出了一种基于CCD数字摄像采集道路气象信息和DSP图像处理的团雾预警系统,进行了系统总体设计、硬件和软件设计。邵勇[5]等提出了一种高速公路雾区智能电子诱导系统,该系统通过动态节点探测器对驶入雾区的车辆进行连续检测,并控制系统诱导设施。杨安博[6]等设计了一种基于云计算的公路团雾检测与预警系统,利用云计算技术进行数据的收集、处理和分析,提高了团雾检测的准确性和预警的及时性。

本文以某山区高速为例,结合其现有的诱导系统应用效果分析,提出了以雾天对交通事故影响分析为基础,为高速公路整体运营安全提供支撑的雾区诱导系统改进策略。

2. 雾天对交通事故影响分析

2.1. 雾天事故数据统计分析

自2021年6月至2022年6月,某山区高速共发生道路交通事故217起,其中能见度在小于1000米时发生的交通事故共有73起。其中,能见度在100米以下的交通事故4起,能见度在100米至500米的交通事故27起,500米~1000米的交通事故42起。73起交通事故有60起发生在雨天,13起发生在阴天。由于在某山区高速的交通事故记录中没有统计出发生交通事故时的雾天气象环境,无法依靠事故记录统计出发生在雾天的交通事故,因此低能见度事故被判定为雾天事故。

在217起事故中,有18起事故发生在安装了雾区诱导系统的路段(以下简称雾区路段),占总事故数的8.29%。发生雾天事故73起,占事故总数的33.64%,其中雾区路段3起,占雾天事故起数的4.11%,占事故起数的1.38%,非雾路段70起,占雾天事故起数的95.89%,占事故起数的32.26,如表1所示。

某山区高速公路长129.816 km,其中雾区段长7.5 km,占全长5.78%。结合上文的数据可知,

雾区路段每公里事故数为 2.4 起，非雾区路段每公里事故数为 1.63 起；在非雾天情况下，雾区路段每公里事故数为 2 起，非雾区路段每公里事故数为 1.05 起，前者明显高于后者；而在雾天情况下，雾区路段每公里事故数为 0.4 起，非雾区路段每公里事故数为 0.57 起，二者相差较小。如表 2 所示。

Table 1. The comparison of accidents in foggy and non-foggy areas on a certain mountainous highway

表 1. 某山区高速雾区与非雾区事故对比

雾天事故数	雾天事故占比	非雾天事故数	非雾天事故占比
73	33.64%	144	66.36%
雾区事故数	雾区事故占比	非雾区事故数	非雾区事故占比
18	8.29%	199	91.71%
雾天雾区事故数	雾天雾区事故占比	雾天非雾区事故数	雾天非雾区事故占比
3	1.38%	70	32.26%
非雾天雾区事故	非雾天雾区事故占比	非雾天非雾区事故	非雾天非雾区事故占比
15	6.91%	129	59.45%

Table 2. Number of accidents per kilometer

表 2. 每公里事故数

雾区路段每公里事故数	非雾区路段每公里事故数
2.4	1.63
非雾天雾区每公里事故数	非雾天非雾区每公里事故数
2	1.05
雾天雾区每公里事故数	雾天非雾区每公里事故数
0.4	0.57

2.2. 雾天事故原因分析

根据 73 起雾天事故发生的时段、位置，结合附近门架的过车数据及某山区高速竣工图，分析雾天事故发生原因。事故原因如下：

2.2.1. 团雾

1) 不可预测性。团雾形成速度快，发生比较突然，预报困难，同时分布范围不连续，给驾驶员预知和发现带来一定难度，很容易刚从前一团雾驶出的区域，很快又进入下一团雾的区域，等到发现有雾时，可能已经进入团雾的中心区域了，这种局地性和突发性使得驾驶员难以提前得到预警，从而在遇到团雾时措手不及，这样就很容易造成追尾事故的发生。

2) 能见度骤降。团雾发生时，能见度急速下降，行车视线受阻，可视距离降低，行车时估计车距和车速出现误差，难以识别路面设施和交通标志，影响驾驶员及时准确获取路况信息，这会严重影响驾驶员的视线，导致无法及时识别前方的路况和障碍物，容易造成二次事故，如多车追尾等。

3) 车辆抓地减弱。在团雾发生时，由小液滴组成的团雾气体与积灰或灰尘混合成附着物，使轮胎与路面的附着度被夹杂附着物的路面表面阻隔，使附着物系数下降，车辆制动距离增大，车辆在行驶过程中容易产生侧倾、侧滑等现象。

4) 驾驶员行驶负担加大。在团雾中行驶会增加驾驶员的心理和生理压力，导致反应迟钝或判断失误，能见度降低到 50 米以下，驾车者往往会出现行驶速度估计不足的情况，而司机在 100 米以上的能见度

下，也会过分估计车速。

2.2.2. 车速

车速离散程度越低，车辆行驶状态保持良好，车辆行驶基本与平均车速接近，发生交通事故的比率越低；车速离散程度越高，即车速偏离平均车速的程度越大，就会导致经常超车的现象发生，于是不同的车辆就会在不同的路面上不断地变换车速，导致不同的车辆之间相互影响，从而增加了交通事故发生的机会。

统计分析某山区高速的车辆速度数据发现，雾天情况下车辆的速度标准差在 8.65 km/h 左右，平均车速在 104 km/h 左右，虽然车速离散性较小，但平均车速高于限速值 100 km/h，雾天情况下，车辆超速极易引发交通事故。

2.2.3. 交通流量

根据以往的研究发现，在车交通流量低于 403 veh/d 时对事故无明显影响；交通流量取值为[403 veh/d, 1636 veh/d]时，随交通流量的增加而增加事故起数；当交通流量为(1636 veh/d, 4447 veh/d)时，交通流量与事故呈现明显的负相关关系，其潜在原因是：在交通流量上升的情况下，交通流量上升反而起到了抑制事故发生的作用，因为交通流量上升，车辆相互牵制；但是，当车交通流量大于 4447 veh/d 时，车与车之间的扰动就会增加，发生车祸的次数也会显著增加。

据统计，平塘 - 钱排门架之间的雾区双向路段的平均车交通流量为 3150 veh/d，发生交通事故 17 起，白石 - 丁堡门架之间的雾区双向路段的平均车交通流量为 4600 veh/d，发生交通事故 30 起。结合事故统计数据可知，由于 3150 veh/d 在(1636 veh/d, 4447 veh/d)区间内，平塘 - 钱排双向路段内车辆之间相互牵制，抑制了交通事故的产生，又由于 4600 veh/d > 4447 veh/d，白石 - 丁堡双向路段内的车辆之间的干扰增大，容易发生交通事故。

2.2.4. 道路线形

线形是直线与曲线相连接的空间立体线形。直接影响车辆行驶安全的是线形设计是否合理。国内外研究显示，直平路段事故较多，但在陡坡的弯道路段，特别是急弯、连续弯和单独急弯的位置，事故率更高。

1) 平面线形

根据事故统计数据及竣工图发现，雾天事故发生路段的平面线形为圆曲线 + 圆曲线连接时，即圆曲线通过回旋线与另一条圆曲线连接时，发生的撞固定物事故较多；为圆曲线 + 直线连接时，即圆曲线通过回旋线与直线连接时，发生的追尾事故较多。究其原因，可能是由于弯道与弯道衔接时，由于转弯时间长，雾天能见度低，且方向不同，存在弯道，不利于驾驶员判断转弯方向和转弯角度，更容易使车辆与路面护栏等固定物体发生碰撞；弯道与直线连接时，驾驶员在弯道行驶时一般都比较谨慎，出弯时精神放松，容易出现车辆提速，车与车之间的速度差异加大，再加上雾天能见度低，在看到前车时无法及时制动保持车距，造成追尾事故。

2) 平曲线曲率

平曲率在 0.25 以下，也就是 4000 米以上半径的圆滑曲线较为平缓，这一区间内平曲率的变化对事故次数的影响并不明显；在平曲率为[0.25, 0.6]的情况下，事故起数随逐渐提高；在平曲率为[0.6, 0.9]的条件下，事故起数随机率提高，而降低的幅度较慢；平曲率为[0.9, 1.4]时，意外事故起数随曲率的下降幅度有较大幅度的上升；平曲率超过 1.4，而此时的平弯半径低于 714 米，路段限速值较低，再加上驾驶者较为谨慎，所以出现意外的机会不大。

分析某山区高速雾天事故多发路段竣工图发现，除 K16 + 000~K18 + 000 路段路面弯曲幅度较小外，

其他多个雾天事故多发路段路面弯曲幅度较大。

3) 纵坡坡度

纵坡的大小对安全行车的影响是非常大的,而且坡度越陡越容易发生事故。研究结论表明,车速每增加 1 km/h,货物每增加 1 t,随着纵坡的增加,耗油量急剧增加,尤其是坡度大于 7%的纵坡,发生事故的几率也急剧增加,给车辆带来的负担急剧加重。坡度没有达到 0.8%,纵坡对事故的发生没有造成大的影响,事故起数在坡度大于 0.8%时,与纵坡坡度呈正相关的线性关系。

结合某山区高速雾天事故多发路段竣工图发现,最大坡度均在 0.8%以上,雾天事故多发路段中,几乎有一半的路段最大坡度接近 3%,当坡度在 0.8%以上时,越大的坡度越容易发生交通事故,而在 3%以上的坡度,其事故率是缓坡的 2~3 倍。

4) 纵坡坡长

长而陡坡,使车速过高或过低,造成加速(减速)速堆积,诱发意外。同时,过长的坡度会使驾驶者对坡度做出错误的判断,例如长而陡的下坡路段在连接短而缓的下坡时,会使驾驶者误以为下一段是上坡而加速,从而造成超车的情况发生。

由某山区高速雾天事故多发路段竣工图,发现某山区高速事故多发路段的道路坡长均在 500 米左右甚至更长,由于长坡会使车辆速度积累还会增加车辆的负担,不利于车辆的安全行驶。因此坡长对事故的发生造成了一定的影响。

5) 平纵线形组合

分析所有雾天事故多发路段的平纵线形组合可得,除 K15-K18 路段存在反复凹凸和断背弯道问题外,其他事故多发路段无平纵线形组合不良,但事故多发路段基本都存在长陡坡路段,且长坡多与平面圆曲线结合。

3. 山区高速雾区诱导系统设计及策略

本文研究的山区高速位于云开大山脉,云雾山脉西侧,沿线地形起伏较大,地质破碎,廊带狭窄,越岭路段桥隧比高达 46.6%,受地理环境影响,某山区高速路段经常会出现浓雾和团雾,连续长下坡路面刹车很容易在路面湿滑的情况下发生的侧滑;同时受到能见度的影响,追尾或碰撞其他固定物体的情况会发生在前方车速骤降时。为改善雾天及道路湿滑情况下的行车条件,引导驾驶员安全驾驶,在易发生团雾的路段安装了诱导系统。

3.1. 雾区诱导系统设计

1) 雾区诱导系统原理

雾区诱导系统是指根据实际需要,能够将特定特征显示出来,利用智能警示设备,为驾驶者提供清晰的道路轮廓、警示信息等的功能性诱导系统。系统诱导单元主要是根据环境监测装置收集到的实时能见度、气象信息和交通流量信息,通过内部算法处理分析,由黄、红双色诱导灯组成的模块化警示装置,制定实时驾驶控制策略。然后根据策略对主动发光诱导设施进行控制,采用不同的发光亮度、颜色、闪频等,形成双色诱导警示带,为驾驶员提供具有针对性的道路轮廓线强化功能、主动诱导和防止追尾的驾驶警示功能[7]。

2) 某山区高速雾区行车系统建设情况

根据某山区高速现场勘察数据和历史能见度监测情况,综合考虑建设成本和设备功能特点,在某山区高速 3 处受雾天影响较重的区段,结合 3 处路段雾区实际,设置了 3 种雾灯诱导设备。各行车诱导系统主要由图 1 所示的环境探测装置、雾灯装置、车辆探测装置、信息发布装置、视频监控装置、照明装

置、监控中心平台软件等组成。

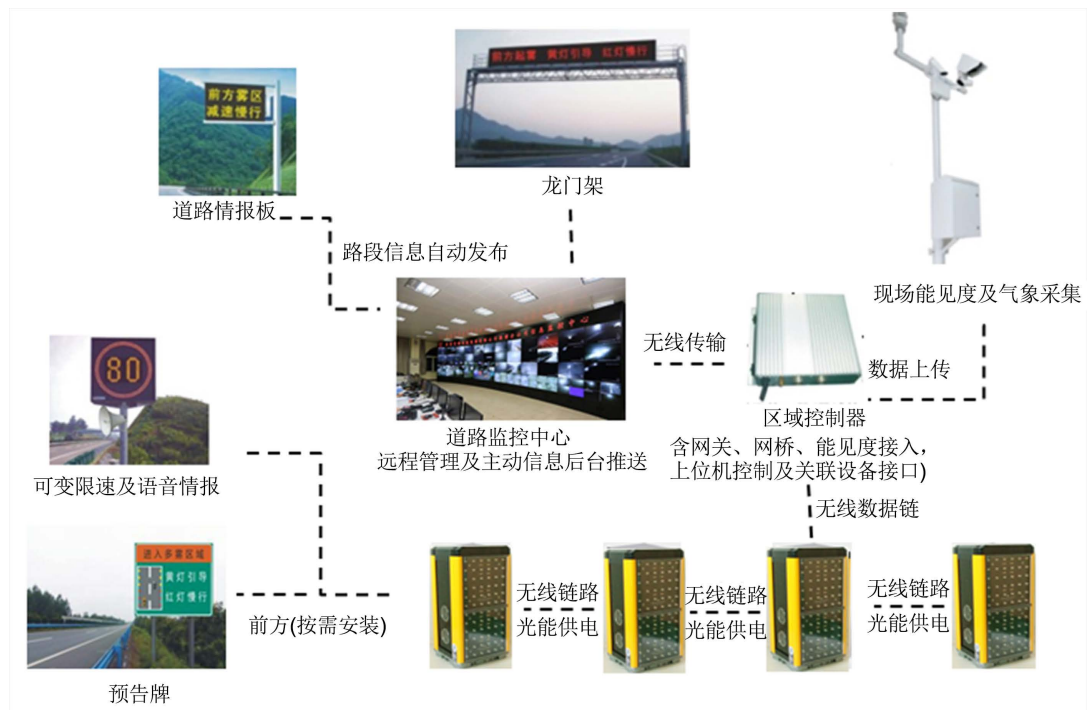


Figure 1. Framework of the vehicle guidance system for foggy areas on mountainous highways

图 1. 山区高速雾区行车诱导系统构架

1) 环境检测设备

其中有两种环境探测设备，一种是气象探测设备，一种是能见度探测设备。

雾区段 1 在 ZK52+650、雾区段 2 在 ZK58+510 处分别设置 1 套气象检测器，共 2 套。气象探测仪对所处地区的气温、湿度、风速、风向、降水、能见度、路面状况(干/潮/湿/霜/雪/冰/冰水混合物/黑冰/水厚度)等进行气象信息采集。

雾区段 1 在 ZK52+350、雾区段 2 在 ZK58+610、雾区段 3 在 K86+570 和 K87+500 处分别设置 4 套能见度检测器，检测道路能见度。

气象检测器、能见度检测器采集的信息上传至信宜管理中心雾区监控系统，和当地气象局提供的宏观天气信息一并为雾区段天气状况提供参考依据。

2) 车辆检测设备

竹瓦岭隧道、黄楼隧道、新屋隧道三处雾区路段设置微波车辆检测仪，共 12 台(套)。车辆检测仪对所处区域的车流、车速等交通信息进行检测，并上传至信宜管理中心雾区监控系统，为雾区路段的交通管控工作提供参考依据，同时也为各路段的交通管控工作提供了强有力的保障，同时，也为各路段的交通管控工作提供了有力的保障，为各路段的交通管控工作

3) 雾灯诱导设备

雾区 1、智能雾灯按行驶方向每 6 米和 12 米间隔设置，左右两条线各 96 组。雾光的模式有道路轮廓线加强，驾驶诱导，防追尾警告，引导灯光，事故现场警告。雾灯采用有线供电。

雾区 2，智能雾灯按行驶方向每 30 米间隔设置，左右两线各 400 套。雾光的模式有道路轮廓线加强，驾驶引导，防追尾警告，事故现场警告，碰撞事故侦测。雾灯采用太阳能和有线供电。

雾区 3, 普通雾灯按行驶方向每 30 米间隔设置, 左右两线各 324 组。雾面车灯的路面轮廓线条加强, 并带有驱动方式。雾灯采用有线供电。

透过集控仪发出的控制讯号, 雾灯接收信宜管理中心雾区监视系统将雾灯装置的运作状态透过集控仪传送出去。

4) 视频监控设备

在雾区段出现能见度低于阈值、交通事故、行车拥堵等状况时, 信宜管理中心雾区监控系统软件联动雾区段高清球型摄像机视频投放到电视墙上。

5) 信息发布设备

当雾区路段能见度低于阈值, 车辆发生事故时, 信宜管理中心雾区监控系统对情报板、交通信号灯进行信息发布诱导。

雾区 1 设有平塘互通上行匝道出口门架式情报板、平塘服务区上行出口(K51 + 200)悬臂式情报板、竹瓦岭隧道大桩号入口门架式情报板、黄楼隧道大桩号入口悬臂式情报板、钱排互通下行匝道出口悬臂式情报板, 共 5 套, 联动竹瓦岭隧道大桩号、小桩号入口交通信号灯。

雾区 2 有平塘立交上行匝道出口门架式情报板、平塘服务区上行出口(K51 + 200)悬臂情报板、竹瓦岭隧道大小桩进站口门架式情报板、黄楼隧道大桩进站口悬臂情报板、钱排立交下行匝道出口悬臂情报板共 6 台(套), 在平塘立交上桥口、平塘服务区上行黄楼隧道小桩口、大桩口交通信号灯联动竹瓦岭隧道。

雾区 3 有新屋隧道小桩号入口门架式情报板、丁堡互通下行出口布悬臂式情报板, 共 2 套, 联动新屋隧道大小桩号入口交通信号灯。

6) 照明设备

信宜管理中心雾区监控系统可根据能见度控制隧道洞口引道照明设备开启或关闭。雾区段隧道低杆灯分布如下:

低杆灯 1 套, 设置在雾区路段隧道洞外, 间距 30 米; 14 套低杆灯分别设置在竹瓦岭隧道小桩号左右洞前, 共 28 套; 102 套低杆灯分别设置在竹瓦岭隧道大桩号洞口至黄楼隧道小桩号洞口左、右两个方向, 共计 204 套; 14 套低杆灯分别设置在黄楼隧道大桩号左右洞前, 共 28 套; 低杆灯 7 套, 分别设置在新屋隧道大桩号左、右洞前, 共 14 套。

3.2. 诱导模式

山区高速在三个雾区路段分别设置了不同的雾区诱导系统, 其中雾区 1 因多发浓雾及大雾天气, 因此道路轮廓强化装置的基础上加装了行车提示、防追尾预警、辅助照明及事故现场警示装置; 雾区 2 的线形及行车环境相比于雾区 1 更加复杂, 因此在雾区 1 的基础上加装了日夜间诱导装置; 雾区 3 发生大雾、浓雾次数较少, 诱导模式只有道路轮廓强化模式。每个雾区都有特定的诱导模式。

1) 雾区 1 诱导系统

道路轮廓强化: 侧灯常亮(黄), 主灯、指示灯不亮;

行车提示: 车侧车灯闪烁(黄色、30 次/分的闪烁频率)、主灯、指示灯不亮;

防追尾预警: 主灯常亮(黄色, 亮度 100%), 指示灯闪烁(黄色, 闪烁频率 120 次/分), 通过验车器检测有车经过时, 后方有 3~5 个侧灯闪烁(红色, 闪烁频率 120 次/分); 无车通过时车侧灯闪烁(黄灯闪烁频率 120 次/分);

辅助照明: 侧灯闪烁(黄色、闪烁频率 60 次/min), 主灯常亮(黄色、亮度 80%), 指示灯不亮;

事故现场警示: 侧灯闪烁(红色, 60 次/分闪烁频率), 未亮主灯及指示灯。

2) 雾区 2 诱导系统

道路轮廓强化: 诱导黄灯常亮, 亮度 6 级;

诱导(日间): 以 4 级亮度诱导黄灯同步闪烁(60 次/分);

诱导(夜间): 以 5 级亮度诱导黄灯同步闪烁(60 次/分);

防追尾警示: 无车经过时诱导黄灯同步闪烁(60 次/min), 亮度 8 级, 通过车辆检测器检测有车经过时, 后面 3~5 盏诱导红灯闪烁(60 次/min), 亮度 8 级;

事故现场警示: 诱导红灯闪烁(60 次/min), 亮度 8 级。

3) 雾区 3 诱导系统

道路轮廓强化: 黄灯闪烁。

三种诱导系统的雾灯在指示灯设计及诱导模式上各不相同, 雾区 1 诱导系统的雾灯具有红黄闪烁雾灯、箭头指示灯、主灯照明灯, 而雾区 2 诱导系统的雾灯指示灯分为诱导黄灯与诱导红灯, 雾区 3 诱导系统的雾灯仅有诱导黄灯。雾区 1 和 2 的诱导模式较为全面, 可应对多种交通情况, 而雾区 3 仅有道路轮廓强化, 在大雾、浓雾环境下无法起到足够的诱导作用, 无法有效的保障高速公路交通安全, 同时, 雾天诱导系统开启后, 三种雾灯都为常亮, 在没有来车的情况下会浪费能源, 还需进一步优化[8]-[14]。

4. 山区高速雾区诱导系统应用效果及改进建议

4.1. 应用效果

1) 雾区段 1 使用的诱导系统在大雾、中雾、轻雾的状况下可以清晰的显示出道路线形, 并且带有辅助道路照明。但因该段雾区诱导系统的雾灯为第一代研发产品, 发光面积和功率较小, 在白天和浓雾状态下灯光效果较差, 视觉体验不清晰。且该段雾区在团雾天气严重时, 浓雾蔓延进入隧道, 导致隧道洞口和路基过度段可视度和道路辨识度极低, 严重影响行车安全。

2) 雾区段 2 使用的诱导系统补充了道路照明, 在中雾、轻雾状态下效果较好, 基本能显示道路线性和路面情况。在大雾、浓雾状况下, 由于布设间距大, 效果一般, 且照明不能照射到路面, 造价较高。

3) 雾区段 3 使用的诱导系统通过加装路灯加强了道路照明, 在中雾、轻雾状态下效果较好, 基本能显示道路线性。但在大雾、浓雾状况下, 由于布设间距大, 效果一般, 但该雾区段发生大雾和浓雾的次数较少, 基本能够满足在雾天天气的道路诱导功能。

综上, 三种雾区诱导系统在中雾、轻雾状况下都具有较好的道路线性显示效果, 雾区段 1 诱导系统的雾灯带有辅助照明, 且安装高度较低, 因此在大雾状况下可以显示出道路线性, 而其余两种诱导系统的雾灯都需要通过加装路灯来加强道路照明, 但路灯的灯源较高, 在大雾状况下无法有效照射道路, 因而造成在大雾状况下诱导效果差; 而在浓雾状况下, 三种雾灯的灯光都难以穿透雾层, 无法提供道路诱导功能, 因此, 雾区诱导系统还需进一步优化。

4.2. 改善措施

1) 原雾灯在实际应用中有发光亮度不足及发光面积较小的问题, 导致在雾天时在对该路段行驶的车辆不能起到足够的诱导作用, 因此, 建议增大雾灯的功率来增强诱导效果[15]。

2) 原雾灯在防追尾警示方面效果有待进一步加强, 应经过后续的测试及应用进一步优化闪烁启亮时间、方式及频率[16] [17]。

3) 原雾灯在实际应用中, 因布设间距过大降低了诱导效果, 建议重新规划雾灯布设间距[18]。

4) 对于使用太阳能供电的雾灯, 在雾天及阴雨状况下, 太阳光不足会严重影响照明的亮度和每日使用的工作时间, 建议改为有线供电; 同时, 为防止停电等意外导致有线供电雾灯无法使用, 建议增加应

急电源[19]-[21]。

5) 由于雾区有隧道存在, 团雾天气严重时, 建议可考虑在隧道洞口内外立面标识设置上采用主动发光和被动发光设施相结合的方式补充和强化[22] [23]。

5. 结论

以某山区高速雾区路段的雾区诱导系统数据、事故数据、道路环境、气象数据及车辆运行速度为依据, 采用数理统计、理论计算和典型案例分析相结合的考核方法, 对雾区事故原因进行分析, 分析得出山区高速雾区段行车安全除受团雾等环境因素影响外, 路段线型、线型组合、坡度、坡长等路段自身属性因素及流量及车速等因素在一定程度上也会导致交通事故的产生, 且按其对行车安全的影响方面不同, 其更易导致的事故类型也不同。因此本文结合上述因素对现有雾区诱导系统的实际应用效果进行评估, 并针对诱导系统存在的不足提出改进措施。以期能够完善雾区诱导系统, 减少雾天高速公路行车事故的发生, 帮助高速公路安全管理工作全面现代化、智能化。

基金项目

1) 济南市“新高校 20 条”资助项目: 基于车路云协同感知的交通系统智能化控制关键技术研究(202333040);

2) 国家自然科学基金/the National Natural Science Foundation of China (52102412), 基于视觉特性的危险品车辆驾驶人驾驶安全性辨识;

3) 2021 年度山东省自然科学基金项目/智能网联车辆混行环境下的城市交通泛控制研究(ZR2021MF019);

4) 2021 年度山东省自然科学基金项目(青年基金), 城市交通路网瓶颈区域动态激活判定机理及快速疏导控制方法研究, 项目编号: ZR2021QF110;

5) 山东省科学技术厅(新一代信息技术), 混合增强智能“交通大脑”新架构及关键技术研究, 项目编号: 2021TSGC1011;

6) 山东省科学技术厅(新一代信息技术), 智慧隧道一体化安全监管平台关键技术研究及应用, 项目编号: 2022TSGC2096, 2022-11 至 2024-11;

7) 山东省社会科学规划研究项目(22CJJJ31), 山东省交通运输领域碳达峰驱动因素耦合机理与实现路径研究;

8) 山东省重点研发计划(软科学)重点项目(2023RZB06052);

9) 济南市高校院所自主培养创新团队项目(20233040)/The research is partially supported by Jinan City's Self-Developed Innovative Team Project for Higher Educational Institutions (# 20233040);

10) 山东省科学技术厅(新一代信息技术), 基于多源数据融合的城市公共交通智能化调度系统研发, 项目编号: 2023TSGC0158。

参考文献

- [1] 许小峰. 现代气象服务[M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [2] 田华, 郜婧婧, 李嵩恂, 等. 江苏高速公路局地团雾气象特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(6): 39-46.
- [3] 邓顺熙, 董小林. 沪蓉国道雾的特征及对交通运输影响[R]. 长安大学, 2001.
- [4] 郭平. 高速公路团雾预警与安全保障技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2016.
- [5] 房根发, 陈幼红. 高速公路雾区智能电子诱导系统[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2008, 9(4): 9-13.
- [6] 杨安博, 朱旭, 闫茂德, 等. 基于云计算的公路团雾检测与预警系统设计[J]. 机械与电子, 2019, 37(1): 75-80.

-
- [7] 王敏. 高速公路常态性雾区行车智能诱导策略研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2015.
- [8] 汤筠筠, 高海龙, 张巍汉. 高速公路雾区监控系统结构方案的研究[J]. 公路, 2005(8): 108-113.
- [9] 李长城, 张彤, 辛欣, 等. 雾区行车安全智能引导系统的控制策略[J]. 公路交通科技, 2013, 30(2): 114-119+132.
- [10] 杨西海, 何斌, 唐菁菁, 等. 某山区高速公路局地团雾灾害的交通安全保障[J]. 工业安全与环保, 2014, 40(12): 86-88.
- [11] 管勤, 韩晖. 浅析雾区公路行车安全保障系统构建[J]. 公路, 2015, 60(10): 185-188.
- [12] 李晓雷, 唐伯明, 宋强辉, 等. 高速公路雾区行车安全与保障技术研究进展[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(15): 196-206.
- [13] 彭余华, 李璇, 陆昕, 等. 基于 VISSIM 仿真的山区高等级公路雾区限速方法[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(16): 127-133.
- [14] 陈学文, 王育忠. 智能雾灯诱导管控技术在某山区高速中的应用[J]. 中国交通信息化, 2023(9): 126-130.
- [15] 张春声. 基于主动行车安全的智能诱导系统在多雾某山区高速公路上的应用[J]. 广东公路交通, 2021, 47(1): 22-26.
- [16] 王和林, 许力, 曾会翔, 等. 智能雾区诱导系统在高速公路中的应用[J]. 西部交通科技, 2019(8): 138-141.
- [17] 齐飞. 雾区公路行车安全诱导系统[J]. 电子技术与软件工程, 2019(2): 75.
- [18] 周步伟, 杨云, 殷彬, 等. 低能见度天气下高速公路行车安全系统研究[J]. 科技创新导报, 2018, 15(24): 23-25+29.
- [19] 秦才福. 高速公路多雾不良气候路段安全性设计探析[J]. 山西建筑, 2018, 44(12): 144-145.
- [20] 屠一锋, 李勇达. 浙江省高速公路雾区诱导系统[J]. 中国交通信息化, 2022(4): 97-98.
- [21] 朱岩, 张洋, 张丽红, 等. 低能见度下高速公路主动诱导技术的应用[J]. 中国交通信息化, 2016(6): 83-85.
- [22] 庄金星, 钟标. 高速公路雾区监控系统的设计及应用[J]. 中国交通信息化, 2016(3): 110-112.
- [23] 喻正富. 普宜高速公路复杂线形与多雾冰路段交安设施优化设计[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2015, 11(7): 263-264.