

# 高速公路团雾频发路段能见度改善措施有效性研究

陈长俊

湖北交投宜昌高速公路建设管理有限公司 湖北 宜昌 443400

**【摘要】**：高速公路团雾属于局地性、突发性强的气象灾害，具有生成快、消散快、能见度骤降幅度大的特点，是造成高速公路连环追尾、多车碰撞等重特大交通事故的主要原因。本文根据高速公路团雾的形成机理和能见度衰减规律，对目前国内外团雾频发路段常用能见度改善措施进行梳理，从直接物理干预、智能监测预警、动态交通管控、路段环境长效治理四个方面，对各种措施的实施原理、适用场景、实际效果和存在的不足进行分析，并结合典型路段工程应用案例进行实证对比，得出不同的措施在适应条件和综合效能上存在差异。研究结果显示，单个能见度改善措施存在着明显的不足之处，而基于分级分类的协同治理模式能够有效提高团雾路段能见度保障水平和行车安全性，结合成本效益及长效性给出改进意见，给高速公路团雾频发路段的安全交通管理以及能见度提升工程赋予理论支撑和实际操作参照。

**【关键词】**：高速公路；团雾；能见度改善；措施有效性；交通管控

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.044

## 1 研究背景

我国高速公路路网覆盖范围广，跨山区、水域、低洼地带的路段所占比例不断增大，由于局地小气候和路段环境双重影响，团雾频发路段数量逐年增多。团雾本质上是浓度高、范围小的浓雾，主要出现在夜间到清晨时段，核心特征就是能见度短时间内从千米以上突然降到百米甚至五十米以下，并且分布很不均匀，驾驶员进入团雾区域后很难及时做出应急反应，行车视距远远小于高速公路安全制动距离的要求，很容易造成严重的交通事故。根据交通运输部、公安部交管局的数据表明，由于团雾造成的高速公路交通事故死亡率比普通路段交通事故死亡率高得多，并且处置难度大、交通堵塞时间长，给高速公路通行效率以及公众出行安全造成了很大的影响。目前国内对于团雾路段治理的核心主要是能见度改善和行车安全控制，各种技术措施和管控手段逐渐落地应用，但是各个措施的适用场景、实施成本、长效性存在较大差别，部分措施存在盲目使用、效果发挥不充分的现象。现有的研究大多只关注单一措施的技术应用，缺少对各种措施的有效性进行系统的比较和综合评价，不能满足团雾频发路段精细化治理的要求。因此，本文从高速公路工程管理、交通安全控制的实际出发，对各种能见度改善措施的实施效果进行全方位的分析，找出各种能见度改善措施的有效性主要影响因素，建立科学合理的措施选择和优化体系，为提高高速公路团雾路段安全保障能力提供一定的参考。

## 2 高速公路团雾成因及能见度影响机理

### 2.1 团雾核心形成原因

高速公路团雾的产生是由气象条件和路段环境共同决定的，并不是大范围的气象变化造成的，而是局地小气候特有的产物，可分为气象主导因素和路段环境因素两大类。气象上团雾是由辐射降温引起的，夜间地面热量快速散失，路面和近地

面空气温差增大，空气中水汽达到饱和状态后迅速凝结成雾滴，无风或者微风条件下雾滴不能很快扩散，就会形成局地团雾；临水、临湖路段由于平流水汽的影响，暖湿气流遇到低温路面迅速凝结，也会产生持续性的团雾。路段环境上低洼路段、山谷隘口、跨水桥梁、林区周边等地方空气流动性差、水汽含量高，容易形成团雾高发区，另外高速公路路面大多为硬质沥青或者水泥，热容量与周围土地存在较大差别，夜间降温速度较快，加快了雾滴的形成和聚集。

### 2.2 能见度衰减对行车安全的影响

高速公路的设计行车速度一般在 80-120 公里/小时之间，相应的安全行车视距应大于 150 米，能见度小于 200 米时，驾驶员对前方的路况、车距判断能力明显降低，能见度小于 100 米时，车辆制动距离远远超过可视范围，行车风险陡然增大，能见度小于 50 米的浓雾中，驾驶员只能看清车身周边几米范围，根本不能满足高速行车的视距要求。团雾的突然性会造成驾驶员没有提前适应的过程，从正常的能见度路段突然进入低能见度的雾区，很容易做出急刹车、随意变道等危险的操作，从而导致连环碰撞事故的发生。团雾分布不均匀还会造成路段内能见度忽高忽低，从而加大行车操纵难度，这也是团雾被称作高速公路流动杀手的原因。

## 3 团雾频发路段能见度改善措施及有效性分析

目前高速公路团雾频发路段能见度改善措施可以分为直接提高能见度、辅助感知预警、动态管控避险、长效环境治理这四个大类，各个类别的措施作用原理、实施效果和适用场景存在较大差别，下面根据工程实际分别进行有效性分析。

### 3.1 直接物理干预措施

直接物理干预措施的核心就是用人工方法破坏雾滴形成的条件、消除雾滴，直接提高路段的能见度，主要有防雾剂喷洒、路面加热、人工气流扰动三种方式。防雾剂喷洒大多用环

保型吸湿剂,利用车载设备或者固定喷洒装置向雾区喷洒,吸附空气中的水汽形成大颗粒沉降,短时间内使局部能见度从50米提高到200米以上,效果迅速,适合于应对突发团雾。但是该措施的持续时间较短,一般只能维持1到2个小时,药剂成本高,大面积长时间喷洒经济性差,受风力影响较大,大风天气下效果大大降低。路面加热技术是在路面下面设置加热装置,提高路面温度以减少近地面温差,抑制雾滴产生,对辐射雾为主的低洼路段具有长效性,可以从源头上减少团雾的产生,但是前期施工成本高、能耗大,只适合于团雾发生频率较高的短距离路段,大范围推广难度较大。人工气流扰动利用大功率风机扰动近地面空气,破坏雾滴聚集状态,适合于封闭性较好的山谷路段,但是设备体积大、噪音大、能耗和维护成本高,实际应用较少。直接物理干预措施属于应急性手段,短期内能见度改善效果明显,但是长效性、经济性较差,只能用于团雾突发时的临时处理,不能作为常态化治理措施。

### 3.2 智能监测与视觉诱导措施

智能监测和视觉诱导措施并不直接改变能见度,而是通过精确监测雾情、加强道路视觉引导来弥补低能见度下驾驶员的感知缺陷,从而间接提高行车安全性,是目前我国团雾路段使用最广的常态化措施。该类措施主要是能见度实时监测设备、智能诱导雾灯、可变情报板三个模块,按照固定间距在团雾频发路段上设置能见度监测仪,实时采集路段能见度数据,将数据传送到路段管控中心,当能见度低于设定阈值时,自动启动智能诱导雾灯和可变情报板。智能诱导雾灯使用高穿透性光源,在车道两侧连续布置,根据能见度自动调节灯光亮度和闪烁频率,清楚地勾勒出车道轮廓和道路走向,即使在浓雾天气下也能给驾驶员提供清晰的行车路径指引,大大降低车辆偏离车道、追尾碰撞的概率。可变情报板可以实时发布雾情提示、限速要求、车距提醒等信息,提前告知驾驶员前方雾区的情况,给驾驶员留出足够的时间进行反应。

从实际应用效果上看,该类措施的监测精度可以达到90%以上,预警响应时间不超过10秒,配套智能诱导雾灯之后,团雾路段车辆追尾事故率可以降低60%以上,通行效率提高20%左右,而且设备能耗低、运维方便,采用太阳能供电方式可以在偏远无供电路段使用,经济性和实用性都较好。局限性在于不能真正提高大气能见度,只能辅助驾驶员安全通行,在能见度小于30米的特浓团雾中,诱导效果会减弱,需要和其他措施配合使用。

### 3.3 动态交通管控措施

动态交通管控措施属于被动避险措施,核心就是根据能见度实时调整路段通行规则,降低行车风险、规范行车秩序,减少低能见度下交通事故的发生,是团雾路段安全管控的兜底手段。主要措施有分级限速、车道封闭、车流分流、间断放行这

四种,管控部门根据能见度数值来划分管控等级,能见度200到500米的时候,限速80公里每小时,保持车距100米以上,能见度100到200米的时候,限速60公里每小时,禁止大型货车占道行驶,能见度低于100米的时候,启动特级管控,限速40公里每小时,间断放行车辆,必要时封闭路段引导车辆就近驶离高速。

该类措施不需要大的工程改造,操作灵活、见效快,可以直接降低车辆行驶速度、缩短制动距离,满足低能见度下行车视距的要求,可以有效地防止重特大事故的发生。经由多地高速交管数据证实,科学划分的交通管控措施可以将团雾路段的恶性交通事故发生率降低70%以上,是各种措施当中最直接的安全保障手段。但是该措施存在明显的不足,不能改善能见度本身,长时间封闭或者间断放行会造成路段车流积压,造成大面积拥堵,影响高速公路整体通行效率,只适合雾情严重、能见度极低的极端情况,需要和其他能见度改善措施配合使用,减少管控频次和时长。

### 3.4 路段环境长效治理措施

路段环境长效治理措施是从团雾形成源头出发,通过改善路段周边环境、改善局地小气候来减少团雾产生概率,是解决团雾隐患的最根本措施。主要涉及路段微地形改善、周边水汽隔绝、植被改良调整、路网配套完善这四个方面的内容。低洼易积水路段用垫高路基、完善排水系统来减少地面水汽的聚集;临水、临湖路段设置隔水屏障,阻止水汽向路面扩散;清除路段周边过于密集的植被,增加近地面空气的流动性,避免水汽堆积;另外还应改善路段周边通风状况,拆除影响空气流通的障碍物,使雾滴更快地扩散。

此类措施一次性施工、长期受益,治理效果可以持续10年以上的,可以从源头上降低团雾的发生频率和浓度,大大减少以后的应急处置和管控成本,综合成本效益最优。局限性在于施工周期长、前期投入大,必须与高速公路改扩建工程同步实施,不能及时应对已经成型路段的团雾隐患,只适用于团雾成因明确、环境可以改善的路段,对于地形复杂、无法改造的山区路段适用性较差。

## 4 措施协同优化策略与实证案例分析

### 4.1 分级分类协同治理策略

单一的措施不能同时满足应急性和长效性以及经济性的要求,根据各个措施的有效性特点来建立“应急处置+常态化保障+源头治理”三级协同体系,可以最大程度上提高能见度改善的综合效果。一级应急层突发团雾时用防雾剂喷洒和动态分级控制相结合的方式,迅速提高局部能见度,同时控制车流避免事故,二级常态层全域布设智能监测和视觉诱导系统,实现雾情实时感知、行车全程引导,成为日常核心保障措施,三级源头治理层对团雾年均发生天数大于30天的重点路段,结

合工程改造实施环境改善,从根源上减少团雾的产生。根据路段类型差异选择不同的措施,山区隘口路段侧重智能诱导和气流扰动,临水路段侧重水汽隔离和监测预警,低洼路段侧重路面加热和地形改造,实现措施与路段精准匹配。

#### 4.2 实证案例分析

选择国内某平原到山区过渡段高速公路作为研究对象,该路段全长12公里,跨越低洼地带和小型河道,年均团雾发生天数达到42天,之前年均发生团雾相关交通事故8到10起,通行效率受雾天影响较大。2023年对本路段进行了协同治理工程,布设了智能能见度监测站6个、智能诱导雾灯380套,配套设置了可变情报板4块,同时对3处低洼路段进行了排水改造和微地形垫高,日常以分级交通管控为主,遇团雾时进行应急防雾剂喷洒。

治理之后连续12个月数据监测结果显示,该路段团雾时段平均可视车距大于150米,智能诱导系统响应正确率为98%,团雾相关交通事故减少到1起,比以前减少了87.5%,雾天路段通行效率提高了30%,没有出现长时间拥堵现象。将对比单一措施应用阶段的数据中,仅使用智能诱导措施时的事件率由原来的38%降到16%,只使用交通管控措施时的通行效率从原来的79%降到57%,协同治理模式在保证能见度改善的

同时也考虑到了通行效率,证明分级分类措施的综合有效性比单一措施高得多。

#### 5 结论与展望

本文通过研究高速公路团雾频发路段四类能见度改善措施,得出各措施有效性特点及适用范围,直接物理干预措施应急见效快,但长效性差;智能监测和视觉诱导措施常态化保障效果好、经济性优,是目前主要的适用措施;动态交通管控措施安全兜底作用明显,但是会降低通行效率;路段环境治理措施从源头根治隐患,综合效益最好,但是施工周期长。经过实践证明,单一措施不能满足团雾路段治理的需求,分级分类、多措施协同的治理模式,可以平衡安全、经济、通行效率之间的关系,是目前团雾频发路段能见度改善的最佳途径。未来研究可以集中于智能技术融合的方向上,依靠大数据以及气象预测模型来提前预判团雾的产生,从而提高预警的及时性,研发出低能耗、长效型的物理消雾技术,减少应急处置的成本,利用车路协同技术将雾情信息和车辆智能系统联动起来,实现车、路、管控一体化协同,提高团雾路段行车安全保障水平。高速公路团雾治理要因路段而异、对症下药,根据路段实际情况选择合适的措施,不断优化协同机制,才能真正减少团雾隐患,保证高速公路安全高效通行。

#### 参考文献:

- [1] 詹银霞.基于团雾空域分布的山区高速公路行车风险分析[D].重庆交通大学,2025.
- [2] 杨泓全,何廷全,骆中斌,等.广西雨雾频发山区高速公路交通安全保障技术研究[J].公路,2023,68(09):253-260.
- [3] 马瑾,李薇,罗忠祥,等.暴雨团雾多发公路交通工程设施设置技术[J].交通节能与环保,2022,18(04):148-151.