

基于恶劣天气的高速公路交通安全设施应急改进策略

李情方

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650217

【摘要】：恶劣天气是诱发高速公路交通事故的重要因素，而交通安全设施作为道路安全的核心保障，其应急适配能力直接关系到通行安全与效率。本文结合暴雨、暴雪、大雾、强风等常见恶劣天气特征，分析其对高速公路标志、标线、防护、照明及监控等交通安全设施的具体影响，指出当前设施存在抗灾能力不足、应急响应滞后、协同效能薄弱等问题。在此基础上，从设施优化升级、应急机制完善、协同体系构建、运维管理强化等方面，提出针对性的应急改进策略，并辅以表格明确不同天气类型下的设施应急重点，为提升恶劣天气下高速公路交通安全保障水平提供参考。

【关键词】：恶劣天气；高速公路；交通安全设施；应急改进；保障体系

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.016

1 引言

交通安全设施作为高速公路安全通行的“第一道防线”，涵盖交通标志、标线、防护设施、照明设施、监控设施等多个类别，其功能完整性与应急适配性直接决定恶劣天气下的通行安全水平。当前，我国部分高速公路交通安全设施设计与运维仍以常规天气为基准，面对恶劣天气时暴露出诸多短板。因此，深入分析恶劣天气对交通安全设施的影响，针对性制定应急改进策略，对于降低事故发生率、提升道路应急保障能力具有重要的现实意义与应用价值。

2 恶劣天气对高速公路交通安全设施的影响分析

2.1 暴雨天气的影响

暴雨天气的核心危害在于路面积水、能见度降低及路面附着系数下降。对交通标志而言，强降雨会冲刷标志表面，导致反光膜磨损、褪色，降低标志夜间反光效果，同时雨水在标志表面形成水膜，遮挡标志内容，影响驾驶员识别；对交通标线而言，积水会覆盖标线，尤其是普通热熔标线，其抗滑性与反光性急剧下降，驾驶员难以清晰辨识车道边界与导向信息；对防护设施而言，持续暴雨可能导致路基沉降、边坡滑塌，进而引发护栏倾斜、断裂，波形护栏的吸能缓冲功能失效；对监控与照明设施而言，雨水易渗入设备内部造成短路，路灯灯罩积水会产生折射，降低照明亮度，监控摄像头镜头起雾、沾水会影响画面清晰度，无法准确捕捉路面动态。

2.2 暴雪与冰冻天气的影响

暴雪与冰冻天气会导致路面积雪、结冰，同时大幅降低能见度。交通标志易被积雪覆盖，尤其是立柱式标志底部与悬臂式标志下部，积雪堆积后完全遮挡标志内容，且低温会导致标志反光膜脆化、脱落，进

一步弱化其识别性；交通标线被积雪覆盖后完全失效，结冰路面会使残留标线的反光性几乎丧失，驾驶员无法判断车道位置；防护设施在暴雪积压下易出现结构变形，冰冻会导致护栏连接螺栓锈蚀、松动，受到撞击时难以发挥缓冲作用；照明设施的灯杆在积雪积压与低温冻胀作用下，结构稳定性下降，易发生倾斜甚至断裂，同时积雪覆盖灯罩会严重影响照明范围与亮度。

2.3 大雾天气的影响

大雾天气的核心问题是能见度极低，对依赖视觉识别的交通安全设施影响最为显著。交通标志的反光效果依赖光线反射，大雾天气下光线散射严重，标志反光距离大幅缩短，驾驶员无法提前识别标志信息，如出口预告、限速标志等；交通标线的反光性同样受能见度限制，即使是高反光标线，在浓雾中识别距离也不足50米，远无法满足高速公路行车安全需求；监控设施在大雾天气下成像质量严重下降，画面模糊不清，难以精准监测车流密度、车速及异常事件；照明设施在大雾中会产生“眩光效应”，灯光被雾气散射后反而影响驾驶员视线，加剧行车风险。

2.4 强风天气的影响

强风天气主要影响交通安全设施的结构稳定性与功能完整性。高立式交通标志、龙门架等设施受风荷载影响显著，强风易导致标志杆弯曲、倾斜甚至倒塌，龙门架结构连接处可能出现松动、断裂；防护设施中的波形护栏在强风作用下易发生鼓包、变形，尤其是在桥梁、互通等开阔路段，风荷载叠加车辆行驶扰动，护栏损坏风险更高；照明设施的灯杆多为细长结构，抗风能力较弱，强风可能导致灯杆折断、灯具坠落；监控摄像头在强风作用下会发生抖动，无法稳定捕捉

画面，影响监控功能发挥。

3 当前高速公路交通安全设施应急保障存在的问题

(1) 设施抗灾设计标准偏低：部分早期建设的高速公路交通安全设施设计未充分考虑恶劣天气影响，抗灾标准偏低。例如，交通标志采用的反光膜多为Ⅲ类及以下，在暴雨、大雾天气下反光效果差，识别距离不足；护栏立柱埋深较浅，在暴雪、强风作用下易发生倾斜；灯杆、标志杆等构件的抗风等级未达到区域极端天气标准，强风天气下损坏率较高。同时，部分路段未针对特殊天气设置专项设施，如大雾路段未设置防眩光设施、暴雨路段未设置积水警示标志等。

(2) 应急响应机制不完善：当前高速公路交通安全设施的应急响应多依赖事后抢修，缺乏事前预警与事中快速处置机制。一方面，气象预警信息与交通设施管理部门的联动不足，预警信息传递滞后，无法提前做好设施防护准备；另一方面，应急预案针对性不强，未结合不同恶劣天气类型明确设施应急处置流程、责任分工及物资储备，导致灾害发生后处置混乱、效率低下。此外，应急抢修队伍专业化程度不足，缺乏恶劣天气下的专项作业装备与技能，进一步延长了设施修复时间。

(3) 设施协同保障效能薄弱：高速公路交通安全设施是一个有机整体，但当前各设施间缺乏有效协同。例如，监控设施捕捉到的恶劣天气信息无法及时传递给标志、照明设施，导致限速标志、警示标志无法及时调整，照明设施也无法根据能见度自动调节亮度；应急救援通道与防护设施的衔接不合理，部分路段护栏设置阻碍了救援车辆通行；不同路段的设施管理标准不统一，跨区域恶劣天气下设施应急处置缺乏协同配合，影响整体保障效果。

3.4 运维管理体系不健全

恶劣天气下设施损坏具有突发性和集中性，但当前运维管理体系存在诸多短板。一是日常巡检频次不足，且多依赖人工巡检，难以及时发现设施的隐性损坏，如护栏螺栓松动、标志反光膜磨损等；二是运维数据未实现信息化管理，缺乏设施全生命周期档案，无法精准判断设施抗灾能力与维修需求；三是运维资金投入不足，专项应急抢修物资储备不足，且分布不均，灾害发生后无法快速调配，影响抢修进度。

4 恶劣天气下高速公路交通安全设施应急改进策略

4.1 优化设施设计，强化抗灾能力

结合不同区域恶劣天气特征，提升交通安全设施的抗灾设计标准，从源头强化应急保障能力。

(1) 升级标志标线抗灾性能：交通标志优先采用V类高反光膜，在大雾、暴雨高发路段采用自发光标志或太阳能主动发光标志，提升低能见度下的识别效果；标志杆采用高强度钢材，增加埋深并采用混凝土加固基础，提升抗风、抗积雪能力。交通标线采用高附着力、高反光的热熔型涂料，添加防滑颗粒提升抗滑性能，在积雪、冰冻高发路段增设突起路标，增强标线识别性。

(2) 强化防护设施结构稳定性：波形护栏采用高强度镀锌钢材，增加立柱厚度与埋深，在桥梁、互通等重点路段设置加强型护栏；在边坡易滑塌路段设置抗滑桩与防护网，防止边坡滑塌损坏设施；对龙门架、高立式标志等大型设施进行风荷载验算，采用模块化设计提升抗风能力，同时设置防风拉索辅助固定。

(3) 优化照明与监控设施适配性：照明设施采用LED节能光源，在大雾、暴雨路段设置防眩光灯具，同时安装能见度感应装置，实现亮度自动调节；监控摄像头采用高清夜视型，配备除雾、除霜装置，提升恶劣天气下的成像质量；在重点路段增设毫米波雷达，辅助监控车流状态，弥补视觉监控的不足。

(4) 增设专项应急设施：在暴雨高发路段设置积水深度监测装置与警示标志，当积水达到临界值时自动触发预警；在大雾高发路段设置雾区引导系统，通过轮廓标、诱导灯形成视觉引导；在暴雪路段设置融雪剂撒布装置与积雪清除通道，保障设施功能正常。

4.2 完善应急机制，提升响应效率

构建“预警—处置—抢修—恢复”全流程应急响应机制，实现恶劣天气下设施应急的快速化与精准化。加强与气象、应急管理部门的合作，搭建实时信息共享平台，提前获取恶劣天气预警信息；结合高速公路路段特征，建立分级预警机制，将预警信息精准推送至设施管理、养护、交警等相关部门，为提前处置预留时间。结合暴雨、暴雪、大雾、强风等不同天气类型，明确各类型天气下设施的应急处置重点、流程及责任分工；针对桥梁、互通、长下坡等重点路段，制定专项应急预案，强化重点区域的应急保障；定期组织应急演练，提升各部门协同处置能力与抢修队伍的实战技能。在高速公路沿线合理布局应急物资储备点，储备标志、护栏、灯具等易损设施配件，以及融雪剂、除冰设备、应急发电设备等专项物资；为抢修队伍配备专用作业车辆、防滑装备、夜间照明设备等，提升恶劣天气下的作业能力；建立应急物资跨区域调配机制，保障大规模灾害发生时的物资供应。

表1 不同恶劣天气下设施应急重点适配表

恶劣天气类型	核心影响	重点设施	应急改进重点
暴雨	积水、能见度低、路面湿滑	标志、标线、护栏、监控、照明	启用高反光/主动发光标志；检查护栏基础稳定性；清理积水保障标线可见；开启监控除雾功能；调节照明亮度
暴雪/冰冻	积雪覆盖、路面结冰、结构承重增加	标志、护栏、灯杆、照明	清除标志/护栏积雪；加固灯杆/标志杆；启用突起路标；撒布融雪剂；检查护栏连接螺栓
大雾	能见度极低、反光效果下降	标志、监控、照明、雾区引导设施	启用主动发光标志/雾区引导系统；开启监控夜视功能；调节照明防眩光模式；增设临时警示标志
强风	结构失稳、设施损坏	标志杆、龙门架、护栏、灯杆	检查加固结构连接点；拆除临时设施；关闭高立式易损标志；启用防风预警

4.3 构建协同体系，提升保障效能

打破各设施间的信息壁垒与管理界限，构建“设施—管理—服务”一体化协同保障体系，提升整体应急保障效能。借助物联网、大数据等技术，构建高速公路交通安全设施智能管理平台，实现监控、标志、照明、通信等设施的信息互联；当监控设施检测到恶劣天气或异常事件时，自动触发相关标志调整（如限速、禁行）、照明亮度调节等操作，形成智能响应闭环。建立交通、交警、应急、气象等多部门协同工作机制，明确各部门在恶劣天气下的职责与协作流程；交通部门负责设施的抢修与维护，交警部门负责交通管制与疏导，气象部门负责天气预警，应急部门负责

参考文献：

[1] 杨远洪.基于运营高速公路项目的安全设施有效性评价分析[J].交通科技与管理,2025,6(21):182-184.
 [2] 郭文乐.高速公路交通安全设施设置及效果评估[J].交通世界,2025,(31):4-6.
 [3] 耿雪琳.复杂环境下高速公路交通安全设施设计研究[J].工程技术研究,2025,10(18):181-183.
 [4] 黎俊驰.高速公路交通工程安全设施施工材料源头质量安全控制研究[J].中国品牌与防伪,2025,(11):155-157.
 [5] 於丹萍.浅谈高速公路交通工程安全设施的施工与管理[J].交通与运输,2025,38(S2):200-201+216.

应急救援协调，形成管理合力。结合高速公路通行需求，优化应急救援通道与防护设施的衔接设计，确保救援车辆能够快速通行；统一不同路段交通安全设施的设计标准与管理规范，实现跨区域设施管理的协同一致；在高速公路出入口、服务区等区域设置应急服务点，为驾驶员提供天气信息、避险指引等服务，提升整体通行安全水平。

4.4 健全运维体系，强化长效保障

结合无人机、高清摄像头、传感器等技术，构建“人工巡检+智能监测”的立体化巡检体系；在重点设施上安装结构健康监测传感器，实时监测标志杆、灯杆的受力状态与护栏的完整性，及时发现隐性损坏；利用信息化平台记录巡检数据，实现巡检过程的可追溯与问题的闭环管理。通过信息化平台为每一处交通安全设施建立电子档案，记录设施的建设时间、设计标准、维修记录、抗灾性能等信息；结合设施使用年限与巡检数据，定期评估设施的抗灾能力与使用寿命，提前制定改造升级计划，避免因设施老化导致的应急保障失效。设立交通安全设施应急运维专项资金，保障设施日常维护、应急抢修、技术升级等工作的资金需求；鼓励引入社会资本参与设施运维，采用市场化运作模式提升运维效率；定期对运维资金使用情况进行监督审计，确保资金专款专用。

5 结论

恶劣天气下高速公路交通安全设施的应急保障能力是提升道路通行安全的关键。当前我国高速公路交通安全设施在抗灾设计、应急响应、协同保障及运维管理等方面仍存在诸多问题，难以充分满足恶劣天气下的安全通行需求。为此，需从设施优化升级入手，强化其抗灾性能；完善应急响应机制，提升处置效率；构建协同保障体系，增强整体效能；健全运维管理体系，夯实长效基础。通过多维度的应急改进策略，可显著提升恶劣天气下高速公路交通安全设施的应急保障能力，降低交通事故发生率，为高速公路安全、高效通行提供有力支撑。