

极端天气下公路日常养护应急措施研究

李建树

辽宁省交通运输事业发展中心，辽宁 沈阳 110005

DOI:10.61369/ETQM.2025120004

摘要：针对极端天气下公路日常养护应急措施的系统性研究成果，风险隐患排查，日常巡查重点覆盖易发生水毁、塌方、冰雪凝冻路段及桥梁涵洞，建立隐患清单并设置警示标志。极端天气前开展“地毯式”排查（如边坡、临水路段），加固防护设施。应急物资储备，按需配置融雪剂、防滑料（如工业盐、草垫）、冷补料及除雪铲、装载机等装备。

关键词：极端天气；公路日常养护；应急措施

Research on Emergency Measures for Daily Highway Maintenance Under Extreme Weather

Li Jianshu

Liaoning Transportation Development Center, Shenyang, Liaoning 110005

Abstract : This paper presents the systematic research results on emergency measures for daily highway maintenance under extreme weather. For risk hazard investigation, daily inspections focus on sections and bridge culverts prone to water damage, landslides, and ice – snow freezing, and a hazard list is established with warning signs set up. Before extreme weather, "carpet – like" inspections (such as on slopes and sections near water) are carried out, and protective facilities are reinforced. For emergency material reserves, deicing agents, anti – skid materials (such as industrial salt, straw mats), cold – patch materials, and equipment like snow shovels and loaders are configured as needed.

Keywords : extreme weather; daily highway maintenance; emergency measures

坚持“预防为主、属地管理、科技支撑”，落实“人民至上、生命至上”理念。通过“人防+技防+物防”体系，最大限度降低极端天气对公路安全的冲击^[1]。

一、极端天气对公路的主要影响

（一）物理结构损坏

路面结冰与积雪，冻雨或暴雪导致路面形成光滑冰层，车辆易打滑失控，甚至引发连环事故。例如冻雨事件中，道路变成“滑冰场”，车门被冰冻无法开启。积雪过厚（如深达脚踝）时，需频繁除雪，否则路面完全瘫痪。水毁与冲刷，暴雨洪水浸泡路基，引发塌方、边坡滑坡，严重时桥梁涵洞垮塌。委内瑞拉因暴雨导致多条高速公路和桥梁部分垮塌，道路封闭。排水设施堵塞后，积水加速路面侵蚀，形成坑洞。风蚀与坠物冲击，大风沙尘磨损路面标线和表层，同时吹倒树木、广告牌，砸坏路面或车辆。例如大风沙尘天气曾影响8省份106个路段，迫使高速封闭。

（二）通行中断与管制

交通封闭与限行，暴雪、冻雨或洪水预警时，高速和主干道常实施封闭或间断放行，如河南暴雪导致春运返乡高峰期公路中断。大风天能见度低于安全阈值时，强制关闭收费站或限速通行。救援与物流受阻，极端天气下，“生命通道”难保障，延误救援。

灾物资运输（如委内瑞拉洪灾中居民用水用电中断）。施工路段需紧急停工，加剧拥堵（如冰雪天气机械无法作业）。

（三）安全隐患升级

行车风险剧增，能见度降低（如大雾、沙尘）和路面湿滑导致制动距离延长，易发追尾或侧翻。河南台辉高速百车追尾事故即因冰雪湿滑和低能见度引发。强风影响车辆稳定性，尤其大型货车易偏移车道。次生灾害频发，树木倒伏、电线杆倒塌阻断道路，需紧急清理（如大风天气后多地报告类似事件）。冰雹砸坏车辆挡风玻璃，威胁行车安全。关键风险点：极端天气不仅直接破坏公路设施，还通过连锁反应（如事故、拥堵）放大影响，需结合“预防–监测–响应”体系降低损失。

二、不同极端天气对公路有何不同影响

（一）冰雪冻雨类

路面物理变化，冻雨使路面形成光滑冰层，车辆无法制动力（如沈阳案例中车门被冰冻无法开启）。积雪过厚（如深达脚踝）

导致道路完全瘫痪。通行特征，需封闭路段或采取警车带道通行；除冰依赖机械铲雪+人工铺防滑料组合。

（二）大风沙尘类

直接破坏，强风（如河南15级大风）折断树木、掀翻广告牌砸毁路面；沙尘磨损路面标线，降低摩擦系数。通行风险，能见度降至50米以下触发高速封闭（风力 ≥ 6 级即封闭）；卡车司机被困沙尘暴中无法移动（如塔里木沙漠公路案例）。

（三）暴雨洪水类

结构性损毁，洪水浸泡软化路基，引发塌方或涵洞垮塌（如委内瑞拉桥梁坍塌）；排水不畅加速路面侵蚀形成坑洞。次生灾害，山地路段易发泥石流掩埋道路；积水淹没低洼路段，车辆熄火滞留。

（四）高温干旱类

材料性能劣化，沥青路面高温软化出现车辙、拥包；水泥路面膨胀变形导致接缝破裂。衍生问题，长期干旱使土壤收缩，路基沉降开裂；山地区域高温加剧岩体风化，落石风险上升。

（五）大雾类

核心威胁：能见度骤降（ < 200 米）致连环追尾；连锁反应：封闭收费站引发大规模拥堵。关键结论：大风沙尘和冻雨需最快应急响应（30分钟内），而暴雨引发的结构性损坏修复周期最长。行车安全方面，浓雾与冰雪天气事故率最高（制动距离延长3倍以上）。

三、公路日常养护策略与方法

（一）公路日常养护的重点内容

公路日常养护的核心是维持路基、路面及附属设施的完整性和功能性，主要包含以下重点内容：日常巡查与病害监测，人工与车载巡检：步行或驾车巡查路面裂缝、坑槽、沉陷等病害，及时记录上报。桥梁隧道专项检查：清理桥面伸缩缝杂物，疏通泄水孔，检查隧道反光设施紧固状态。清洁与基础维护，路面保洁：机械+人工清扫车道，清除路面积水、杂物（如落石、冰雪）。排水系统疏通：定期清理边沟、雨水管、窨井，确保汛期排水畅通^[2]。标志标线维护：清洁污染的标志牌，补划脱落标线，保障视认性。病害修复与预防，路面修补：裂缝采用灌封技术防渗水；坑槽铣刨后加铺沥青层。路基加固：治理沉降、翻浆路段，修复挡土墙。绿化与附属设施养护，植被管理：修剪超过15cm的杂草及遮挡视线的树木；补种缺失植被，定期刷白行道树防虫。设施维护：修复损坏护栏、路缘石，更换事故损毁部件。技术趋势：现代养护趋向精细化与科技化，如非开挖注浆修复路基脱空，结合气象数据优化资源配置。

（二）如何根据天气变化调整公路养护计划

公路养护计划需依据气象变化动态调整，核心策略包括监测预警、季节性专项养护及应急处置联动，气象监测与预警联动，实时数据共享，建立“气象-公路”数据中转站，整合降水、温度、能见度等参数，实现分钟级预警。部署“气象精灵”物联网设备，实时监测路面温湿度、结冰风险。分级响应机制，按气象预

警等级启动预案：黄色预警：加强巡查，准备物资；橙色预警：限速管控，封闭积水路段；红色预警：全员驻点待命，联动交警压速带道。季节性养护策略调整，雨季（南方重点），预防措施：汛前疏通边沟、涵洞，修复路面裂缝（灌缝防渗水）；边坡加固，预设柔性防护网防泥石流。应急响应：暴雨中巡查易积水点，启用抽水设备（如长沙雷电暴雨应急）；灾后48小时内修复水毁路基。冰雪季（北方重点），材料调整：低温前切换低温沥青，预防路面脆裂；储备环保融雪剂，减少腐蚀损害。除冰作业：冻雨预警后1小时内启动机械除冰+铺防滑料；采用就地热再生技术快速修复冻损路面^[3]。高温干旱季，路面保护：日间避免摊铺沥青，防止车辙变形；喷洒蒸发抑制剂减少水分流失；山区加强落石监测，清理风化岩体。极端天气应急管理，跨部门协同，与气象、交警部门联合指挥：雾天能见度 < 200 米时封闭高速，启动警车带道；沙尘暴路段启用情报板限速（如塔里木公路管控）。智能技术应用，无人机巡检灾情，实时回传塌方影像；无人摊压设备在暴雨间隙抢修车辙。

（三）公路养护过程中注意的安全事项

在公路养护过程中，安全管理的核心是保障作业人员及通行车辆安全，需严格遵循以下注意事项：作业人员安全防护，规范着装：必须穿戴反光工作服、安全帽，夜间作业增加反光雨衣；特殊场景（如喷洒农药）需佩戴护目镜、口罩、手套。行为准则：严禁横穿高速公路、酒后作业、带病上岗；工具顺向携带，禁止在行车区挥舞工具或停留休息。绿化修剪时，提前清除地表石块，检查设备刀片状态。作业区交通控制，分级布控：按最终限速值设置警告区长度（如限速80km/h时 ≥ 1600 m），并逐级降速提示；上游过渡区交通锥间距 ≤ 4 m，缓冲区依坡度调整长度（坡度 $> 3\%$ 时 ≥ 150 m）。安全设施：工作区布设防撞桶、水马或隔离墩，夜间增设箭头灯、频闪灯及背向照明；临时占道作业需在警告区起点设置施工标志，下游过渡区长度 ≥ 30 m。高风险场景管控，移动养护作业：人工清扫等移动作业需布设移动标志车，距作业点 ≥ 150 m；避开交通高峰时段。桥梁隧道作业：封闭作业车道时，同步封闭对向超车道；伸缩缝清理按临时作业标准布控。恶劣天气响应：冰雪天气储备环保融雪剂，冻雨预警1小时内启动除冰；高温时段避免沥青摊铺。事故预防与应急，岗前检查：出工前检修设备，冷补料等物资需验收合格，故障设备立即停用。次生事故防范：路基塌方先设警示牌，2日内清理 $\leq 50m^3$ 塌方体；作业区车辆出入口设在下游过渡区，避免与社会车流交叉。

四、公路应急措施制定与实施方法

（一）公路应急需要准备哪些装备和物资

公路应急装备与物资需覆盖交通管控、抢险救援、除冰防滑、智能监测四大核心场景，交通控制与安全防护设备，防撞隔离设施，防撞桶：填充砂石或水，置于急弯、收费岛头等高危点，有效吸收撞击力（直径900mm \times 高950mm）；三孔水马：注水增重分段隔离，串联使用形成临时屏障，表面需贴反光膜；折叠隔离墩：快速布设于事故点上游，坡度 $> 3\%$ 路段缓冲区

≥150m。警示装备，频闪箭头灯、太阳能爆闪灯；可移动情报板（发布限速/封路信息）。抢险救援装备，基础工具包：液压千斤顶、轮胎扳手套装、4平方以上搭电线；折叠工兵铲（快速挖沙清障）、应急破窗器。电力保障：大功率车载应急电源（支持V8引擎启动）；防爆手电筒、2万毫安快充充电宝。生命救援：医疗包（含止血带、烧伤敷料、高原药品）；保温毯、3日量密封干粮及饮用水。智能监测系统，无人机巡检：搭载红外镜头检测桥梁裂缝，灾后30分钟内完成塌方评估；融合北斗定位+5G传输，实时生成数字孪生模型。车载智能终端：道路智能巡检车（自动识别路面坑槽）；便携式路面温湿度传感器（结冰风险预警）。维护要求：防撞设施每季度检查反光膜完整性；无人机电池低温环境下需恒温储存。协同调度：大规模灾害时联动交警启用“压速带道”方案，由防撞桶车队引导社会车辆通行。

（二）公路应急响应机制的实施步骤

公路应急响应机制的实施需遵循规范化流程，确保快速高效处置突发事件。核心步骤基于事故处置逻辑和实际操作需求构建如下：初始安全处置：立即开启危险报警闪光灯（双闪），夜间或恶劣天气时增加示廓灯和尾灯以警示后方车辆。在事故点后方放置三角警示牌：正常天气≥150米，雨天、雪天或夜间等低能见度情况延长至≥200米；弯道或陡坡路段需提前设置。所有人员即刻撤离至护栏外安全区域，远离事故现场以防二次伤害。报警与信息传递：拨打全国统一救援热线12122或110报警，优先呼叫高速交警。准确描述事故位置（参考路侧里程碑编号）、伤亡情况、车辆状态及是否需要救护车或清障支援。同步联动相关部门（如消防、医疗），确保信息实时共享以避免公众恐慌。现场控制与资源调度：车辆可移动时，立即驶入应急车道；无法移动则保持原位，严禁自行维修或拖车，等待专业救援。根据事件等级调配资源：**I**级事件（如桥梁坍塌）启动跨部门联动，1小时内部署无人机勘查；**II / III**级事件（如局部塌方）优先拖离可行驶车辆，2小时内疏通车道。特殊情况响应：恶劣天气：暴雨积水>

15cm时封闭路段；冰雪路面温度≤0°C时撒布融雪剂，除冰间隔≤1小时。爆胎或故障：收油门缓刹控方向，停靠应急车道后按标准设置警示标识。危化品泄漏：划定500米隔离区，侧风向疏散人员，并联动环保部门中和污染物^[4]。

（三）如何演练和评估公路应急措施的有效性

公路应急演练与评估需结合实战模拟与量化指标分析，通过“演练设计→执行→复盘→迭代”闭环提升处置效能，演练方案设计原则，场景分级覆盖，大型综合演练：每半年1次，模拟桥梁坍塌/危化品泄漏等**I**级事件，检验跨部门（交警+消防+医疗）协同效率；专项演练：季度性开展，聚焦冰雪除障、隧道火灾等场景，重点测试设备响应速度（如融雪剂撒布达标率）。基层常态演练：每月进行单点事故处置（如车辆故障清障），考核15分钟到场率。脚本真实性要求，团雾场景需释放无害模拟烟雾，能见度严格控制在<200米；危化品泄漏演练须标注无害替代物扩散范围，验证500米隔离区划定时效。演练执行关键环节，指挥协调机制，启用应急指挥平台，实时共享交警监控、气象预警、医疗资源数据，信息延时>30分钟扣分；**III**级事件需在30分钟内完成“布控-救援-疏通”全流程操作。复盘优化机制，问题溯源，分析演练录像，定位薄弱环节（如物资调度延迟原因）；对比历史数据，识别重复性失误（如隔离墩反光膜破损率）。预案迭代，山区路段增配卫星电话，解决信号盲区问题；优化融雪剂配比，提升-25°C极寒环境有效性。动态跟踪，评估不合格单位需15日内提交整改方案，45天内完成复评；引入智能锥桶、热成像仪等科技装备提升监测精度。演练评估报告须含≥3项改进措施且附整改对比图；采用“四不两直”突检方式（不预告、直插现场）验证整改实效^[5]。

总之，极端天气不仅直接破坏公路设施，还通过连锁反应（如事故、拥堵）放大影响，需结合“预防-监测-响应”体系降低损失。

参考文献

- [1]赵萍.关于极端天气下公路日常养护应急措施.2023.
- [2]张晓燕.极端天气下公路日常养护应急措施探讨.2022.
- [3]陈勇.极端天气下公路养护应急物资储备与调配策略[J].交通世界,2021(15).
- [4]刘华.强降雨极端天气下公路日常养护的应急处理方法[J].中国公路,2022(22).
- [5]孙丽.冰雪极端天气下公路养护及应急保通措施研究[J].北方交通,2022(02).