

极端天气下高速公路灾害预警研究进展

占文凤

(甘肃交通职业技术学院, 甘肃兰州 730000)

摘要: 极端天气下高速公路的交通安全问题日益凸显, 公路灾害预警的重要性不言而喻。当前极端天气下高速公路灾害预警的研究进展主要集中在构建有效的预警指标体系、开发先进的监测与预测技术、完善预警管理机制等方面。通过这些努力, 旨在提升预警的准确性与时效性, 减少因极端天气引发的高速公路灾害, 保障交通安全与畅通。

关键词: 极端天气; 高速公路; 灾害预警

Research Progress on Highway Disaster Early Warning under Extreme Weather

Zhan Wenfeng

(Gansu Vocational College of Communication, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract: The traffic safety problem of expressway under extreme weather is becoming increasingly prominent, and the importance of highway disaster early warning is self-evident. At present, the research progress of highway disaster early warning under extreme weather mainly focuses on the construction of an effective early warning indicator system, the development of advanced monitoring and prediction technology, and the improvement of early warning management mechanism. Through these efforts, we aim to improve the accuracy and timeliness of early warnings, reduce highway disasters caused by extreme weather, and ensure traffic safety and smoothness.

Keywords: damage identification; safety evaluation extreme weather; freeway; disaster early warning

一、引言

随着全球气候变化的加剧, 极端天气事件的发生频率和强度逐年上升, 对人类社会产生了深远的影响。高速公路作为现代交通运输的重要载

体, 其安全性直接关系到人民的生命财产安全。极端天气下高速公路的交通安全问题日益凸显, 灾害预警系统的研究对于减少交通事故、保障人

民生命财产安全具有重要意义。

（一）背景：极端天气对高速公路交通安全的影响

极端天气是指在一定时期内，由于气候变化等原因导致的极端气候现象，如高温、低温、干旱、洪涝、台风、冰雪等。这些极端天气事件对高速公路交通安全的影响主要表现在以下几个方面：

1. 恶劣的能见度：极端天气往往伴随着大雾、雨雪等天气现象，导致能见度降低，增加了交通事故的风险。
2. 路面湿滑：极端天气下，路面可能因降雨、降雪、融雪等因素变得湿滑，降低了车辆的行驶稳定性，容易发生滑车、失控等事故。
3. 路面结冰：在低温环境下，路面可能出现结冰现象，导致车辆行驶阻力增大，刹车距离延长，增加了交通事故的风险。
4. 风力影响：极端天气下，强风可能会对高速公路上的车辆行驶产生影响，如影响车辆行驶稳定性、导致行驶方向偏离等。
5. 交通拥堵：极端天气可能导致高速公路出现交通拥堵，增加了交通事故的风险。

（二）灾害预警系统的重要性

灾害预警系统是指通过监测、分析、评估等手段，对可能发生的自然灾害进行预警，并及时发布预警信息，以减少自然灾害对人类社会的影响。在高速公路交通安全领域，灾害预警系统具有以下重要性：

1. 提前防范：灾害预警系统可以提前预测极端天气事件的发生，为相关部门和公众提供预警信息，提前做好防范措施，降低交通事故的风险。
2. 减少损失：通过灾害预警系统，可以及时发现和处理极端天气下的安全隐患，减少交通事故的发生，降低人民生命财产损失。
3. 提高交通安全：灾害预警系统可以提高

高速公路交通安全管理水平，提高交通设施的抗灾能力，确保高速公路的畅通和安全。

4. 促进社会稳定：通过灾害预警系统，可以有效应对极端天气下的交通事故，保障人民生命财产安全，促进社会稳定。

（三）研究意义：极端天气下高速公路灾害预警的重要性

研究极端天气下高速公路灾害预警对于减少交通事故、保障人民生命财产安全具有重要意义。以下几个方面体现了研究极端天气下高速公路灾害预警的重要性：

1. 提高预警准确性：通过研究极端天气下高速公路灾害预警，可以提高预警系统的准确性，为相关部门和公众提供更为可靠和及时的预警信息。
2. 优化预警策略：通过研究极端天气下高速公路灾害预警，可以优化预警策略，提高预警效果，降低交通事故的风险。
3. 促进技术创新：研究极端天气下高速公路灾害预警可以促进相关领域的技术创新，为预警系统的升级和改进提供技术支持。
4. 提高安全意识：通过研究极端天气下高速公路灾害预警，可以提高公众的安全意识，增强应对极端天气的能力，降低交通事故的风险。

（四）研究现状：国内外在高速公路灾害预警领域的研究进展和主要成果

国内外在高速公路灾害预警领域的研究进展和主要成果如下：

1. 国外研究进展：

（1）美国：美国在高速公路灾害预警领域的研究较为成熟，建立了较为完善的灾害预警系统。美国国家气象局（NWS）和交通部（DOT）合作，利用气象卫星、雷达、地面观测站等手段，对极端天气进行实时监测和预警。

（2）欧洲：欧洲在高速公路灾害预警领域也

取得了显著成果。例如，法国和德国等国家建立了高速公路灾害预警系统，通过气象监测和数据分析，对极端天气进行预警，并通过交通广播、手机短信等方式发布预警信息。

2. 国内研究进展：

(1) 我国在高速公路灾害预警领域的研究起步较晚，但近年来取得了较快进展。例如，我国气象部门和交通部门合作，建立了高速公路气象监测和预警系统，实现了对极端天气的实时监测和预警。

(2) 部分高校和研究机构在高速公路灾害预警领域开展了相关研究，如清华大学、同济大学等，研究重点包括极端天气下高速公路的安全性评估、预警模型和算法等。

二、极端天气对高速公路安全的影响分析

在探讨高速公路交通安全的复杂因素中，极端天气条件无疑占据了举足轻重的地位。这些不可预测且破坏力强大的自然现象，如大雾、暴雨、降雪及冰雹等，不仅考验着高速公路基础设施的承受能力，更直接威胁着行车安全，增加了交通事故的风险。以下将详细分析这些极端天气的气候特征、地理分布，以及它们如何通过多种机制影响高速公路的行车安全，并通过实际案例进一步验证其影响。

(一) 天气类型与特征

1. 大雾

大雾天气以其低能见度为显著特征，通常发生在夜间至清晨，尤其是在秋冬季节的河谷、湖泊周边及湿润地区更为常见。大雾的形成主要是由于地面辐射冷却导致近地面空气层中的水汽凝结成微小水滴或冰晶，悬浮于空气中形成雾层。根据能见度的不同，雾可分为轻雾（能见度 500-1000 米）、大雾（能见度 200-500 米）和浓雾（能

能见度小于 200 米）。大雾天气下，驾驶员视线严重受阻，难以准确判断前方路况及车辆距离，极易引发追尾、碰撞等交通事故。

2. 暴雨

暴雨是指短时间内降雨量达到或超过某一特定阈值的降水现象，其特点为雨势急、雨量大、持续时间长。暴雨天气在全球范围内广泛分布，尤其在热带和亚热带地区更为频繁。暴雨不仅会导致路面积水，降低路面附着系数，增加车辆打滑风险，还可能引发山洪、泥石流等次生灾害，对高速公路及其周边环境造成破坏。此外，暴雨还可能伴随雷电、大风等天气现象，进一步加剧行车安全隐患。

3. 降雪

降雪是冬季常见的天气现象，尤其在中高纬度地区更为普遍。降雪对高速公路安全的影响主要体现在两个方面：一是积雪覆盖路面，降低路面摩擦系数，使车辆制动距离延长，操控性变差；二是降雪过程中及降雪后，气温波动可能导致路面结冰，形成一层光滑且坚硬的冰层，极大地增加了车辆行驶的难度和危险性。此外，降雪还可能伴随大风天气，形成风雪交加的恶劣环境，进一步降低能见度，增加行车风险。

4. 冰雹

冰雹是一种较为罕见的极端天气现象，通常发生在强对流天气系统中，如夏季的雷暴天气。冰雹具有突发性强、破坏力大的特点，其大小不一，从豌豆大小到鸡蛋大小不等。当冰雹降落在高速公路上时，不仅会对车辆造成直接损害，如砸碎挡风玻璃、损坏车身等，还会在路面上形成一层滑腻的冰层，严重影响车辆的行驶稳定性和安全性。此外，冰雹天气往往伴随着强风、雷电等恶劣天气条件，进一步加剧行车环境的复杂性。

(二) 安全影响机制

1. 降低能见度

极端天气中的大雾和降雪是降低能见度的

主要因素。大雾通过悬浮在空气中的微小水滴或冰晶遮挡视线，使驾驶员难以清晰观察前方路况及车辆动态；而降雪则通过雪花在空中飞舞和覆盖地面形成白色背景，同样降低了驾驶员的视觉感知能力。低能见度条件下，驾驶员需要更长的反应时间和更大的安全距离来应对突发情况，一旦判断失误或操作不当，极易引发交通事故。

2. 减少路面附着系数

暴雨、降雪和冰雹等极端天气均会导致路面附着系数的显著降低。暴雨使路面积水，形成水膜，减少了轮胎与地面的接触面积和摩擦力；降雪和冰雹则直接在路面上形成积雪或冰层，使路面变得异常光滑。这些变化都增加了车辆打滑、失控的风险，尤其是在高速行驶状态下，一旦遇到紧急情况需要紧急制动或转向时，车辆很可能因无法获得足够的摩擦力而失控。

3. 引发次生灾害

暴雨还可能引发山洪、泥石流等次生灾害，对高速公路及其周边环境造成破坏。这些灾害不仅可能直接冲毁路基、桥梁等基础设施，还可能阻断交通、淹没车辆和人员，造成重大人员伤亡和财产损失。此外，极端天气还可能影响高速公路的供电、通信等辅助设施的正常运行，进一步加剧行车安全隐患。

（三）实际案例分析

大雾引发的连环追尾事故：20XX年X月X日清晨，某省高速公路因大雾天气能见度不足50米，导致多起连环追尾事故。据现场勘查和目击者描述，事故发生时正值交通高峰时段，大量车辆因视线受阻无法及时判断前方路况而保持过近车距。当第一辆车因紧急制动而突然减速时，后续车辆因未能及时反应而相继追尾。事故共造成数十辆车受损、多人受伤及交通长时间拥堵。该案例充分验证了大雾天气对高速公路行车安全的严重影响。

三、高速公路灾害预警系统关键技术

（一）气象监测技术

气象监测技术是高速公路灾害预警系统的基础，它通过布设在高速公路沿线的气象监测设备，实时采集和传输气象数据。这些设备包括但不限于气象卫星、雷达、地面观测站、自动气象站等，它们能够提供温度、湿度、风速、风向、降雨量、能见度等关键气象参数。这些数据对于预测极端天气事件的发生至关重要。

气象监测设备的作用主要体现在以下几个方面：

1. 数据采集：通过各种气象监测设备，收集高速公路沿线的实时气象数据，为预警系统提供基础数据。
2. 数据传输：将采集到的气象数据通过有线或无线通信网络传输至预警中心，确保数据的实时性和准确性。
3. 数据处理：对收集到的气象数据进行处理和分析，提取有用的信息，为预测模型提供数据支持。

（二）数据分析与预测模型

基于大数据和人工智能技术的数据分析方法在高速公路灾害预警系统中发挥着关键作用。这些方法包括机器学习、深度学习等，能够对大量的气象数据进行处理和分析，以预测极端天气的发生概率和影响。

预测模型主要基于历史气象数据和当前气象数据，通过统计分析和机器学习算法，预测未来一段时间内极端天气的发生概率和影响范围。这些模型可以帮助预警系统更准确地预测极端天气事件，从而提高预警的准确性和可靠性。

（三）预警信息发布与接收

预警信息的发布与接收是高速公路灾害预警系统的最后一环，它确保预警信息能够及时、准确地传达给驾驶员和相关部门。

1. 发布渠道：预警信息可以通过多种渠道发布，包括交通广播、手机短信、社交媒体、高速公路信息显示屏等。

2. 接收方式：驾驶员可以通过车载导航系统、手机应用程序、交通广播等途径接收预警信息。

3. 用户反馈机制：建立用户反馈机制，收集驾驶员对预警信息的评价和建议，以便不断优化预警系统的性能。

通过上述关键技术，高速公路灾害预警系统能够实时监测气象条件，分析预测极端天气事件，并通过多种渠道及时发布预警信息，以减少极端天气对高速公路交通安全的影响。随着技术的不断进步，未来高速公路灾害预警系统将更加智能化、精准化，为驾驶员和相关部门提供更有效的安全保障。

四、应用效果与未来展望

（一）应用效果评估

现有高速公路灾害预警系统的应用效果可以从多个角度进行评估，主要包括以下几个方面：

1. 减少交通事故数量：通过提前预警和及时发布信息，驾驶员可以提前采取措施，避免或减少因极端天气导致的交通事故。

2. 缩短应急响应时间：预警系统可以快速识别和预测极端天气事件，从而缩短应急响应时间，提高救援效率。

3. 提高公众安全意识：通过预警信息的发布，提高公众对极端天气下高速公路安全的认识，增强驾驶员的安全意识。

4. 促进交通管理部门决策：预警系统为交通管理部门提供实时、准确的气象信息，帮助其做出更科学的决策，优化交通管理。

5. 节约资源与成本：通过预警系统，可以避免因极端天气导致的交通拥堵和事故，节约救援资源和成本。

（二）存在问题与挑战

尽管高速公路灾害预警系统在实践中取得了一定的效果，但仍存在一些问题和挑战，需要进一步研究和改进：

1. 预测准确度有待提高：目前的预测模型和算法在预测极端天气的准确度上仍有提升空间，需要进一步优化和改进。

2. 信息共享机制不完善：预警系统与相关部门之间的信息共享机制不够完善，影响了预警信息的及时性和准确性。

3. 技术更新迭代速度慢：预警系统技术更新迭代速度较慢，难以适应快速变化的极端天气情况。

4. 用户接受度与参与度不高：部分驾驶员对预警信息的接受度不高，参与度不足，影响了预警系统的实际效果。

5. 资金与资源投入不足：预警系统的建设和维护需要大量的资金和资源投入，部分地区的投入不足影响了预警系统的建设。

（三）未来发展趋势

展望未来，高速公路灾害预警系统的发展趋势主要体现在以下几个方面：

1. 技术创新：随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展，预警系统将更加智能化和精准化。

2. 多部门协同合作：预警系统需要与气象、交通、应急等部门进行紧密合作，形成协同效应。

3. 智能化升级：预警系统将实现智能化升级，包括智能预测、智能决策、智能响应等。

4. 用户参与度提升：通过增强用户体验，提高驾驶员对预警信息的接受度和参与度。

5. 政策支持与资金投入：政府将加大对预警系统的政策支持和资金投入，推动预警系统的建设和优化。

综上所述，高速公路灾害预警系统在实际应用

果和未来发展趋势方面都具有显著的潜力。通过不断的技术创新和政策支持，未来预警系统将更加高效、精准，为高速公路交通安全提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 卢燕峰. 高速公路灾害监测报警系统方案设计研究[J]. 交通世界, 2023(34): 19-21.
- [2] 王喆. 高速公路灾害性天气研究[J]. 交通标准化, 2007(1): 104-108.
- [3] 王炜, 陈恭洋, 靳国新, 等. 高速公路灾害预警系统研究[C]. //公路应急和风险管理国际研讨会论文集. 2010: 150-154.
- [4] 张丽敏. 高速公路灾害事故救援探讨[J]. 科技信息, 2009(10): 639.
- [5] 李英杰. 高速公路灾害预警系统研究综述[J]. 黑龙江科技信息, 2014(25): 251-251.
- [6] 徐玮, 江子扬, 靳小铭, 等. 高速公路灾害应急管理评价系统及应用[C]. //2012 年应急管理与科技研讨会论文集. 2012: 327-331.
- [7] 朱保国. 浅谈江苏高速公路灾害性天气应对管理措施[C]. //中国公路学会高速公路运营管理分会 2013 年度年会暨第二十次高速公路管理工作研讨会论文集. 2013: 331-334.
- [8] 程琦, 余廉. 构建高速公路灾害预警指标体系的探讨[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2002, 24(6): 45-48.
- [9] 樊荣声, 陈志昂. 高速公路灾害事故现状及抢险救援对策浅议[C]. //2011 中国消防协会科学技术年会论文集. 2011: 512-514.
- [10] 李勇发, 左小清, 熊鹏, 等. PS-InSAR 技术支持下的滇中地区高速公路灾害识别[J]. 测绘科学, 2021, 46(6): 121-127, 135.
- [11] 熊鹏, 左小清, 李勇发, 等. InSAR 技术在高速公路灾害辅助识别中的应用[J]. 测绘通报, 2020(8): 87-91.

- [12] 房五一. 高速公路灾害事故处置难点及其应对措施[J]. 武警学院学报, 2009, 25(12): 22-26.
- [13] 樊荣声, 陈志昂. 高速公路灾害事故现状及抢险救援对策[J]. 消防科学与技术, 2011, 30(7): 637-639.
- [14] 沈昊文, 何瑜, 杨志全, 等. 金沙江中游沿江高速公路地质灾害差异性分布特征与成因机制[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(13): 5313-5323.
- [15] 孙伟伟, 许雪洁. S40 宁国至枞阳高速公路池州段建设工程地质灾害危险性评估[J]. 地下水, 2024, 46(1): 155-158.
- [16] 张榕, 张耀庭, 陈艳玮. 改进组合型微型钢管桩在高速公路灾害处治设计中的应用[J]. 城市道桥与防洪, 2021(6): 318-320.

版权所有©2024本文作者和香港科技出版集团。

本作品根据知识共享署名国际许可证(CC BY 4.0)获得许可。

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

