

# 高速公路交通工程应急疏散路径优化探索

文 / 刘桂秀 山东省高速养护集团有限公司

**摘要：**应急疏散是高速公路事故发生后保护生命财产的一道防线。为了提高高速公路突发事件下的应急疏散速度和交通管控水平，本文采用理论与经验相结合的方法，从应急疏散的基本概念出发，分析高速公路应急疏散中所面临的主要挑战，提出了优化目标和路径设计的关键措施，涵盖顶层设计、信息化技术、基层设施建设等多个方面。通过对应急疏散路径的精细化设计和管理，期望为提高高速公路应急响应能力和交通安全性提供了系统性指导。

**关键词：**高速公路；应急疏散；交通流；路径优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.066

## 引言

高速公路作为现代社会交通网络的核心组成部分，承担着巨大的通行压力与流量。在突发事件，如自然灾害、交通事故或恐怖袭击发生时，如何确保人员安全并尽快将受影响区域内的车辆与人员疏散至安全区域，已成为交通管理领域的重要研究课题。尤其在高密度的交通流和复杂的路网结构下，如何设计有效的应急疏散路径，以保证疏散的高效性与安全性，是当前交通工程亟待解决的问题。本文旨在深入探讨高速公路应急疏散路径的

优化，从而提升应急疏散的效率和安全性，确保紧急情况下的快速响应和资源的高效调配。

## 一、应急疏散概述

应急疏散是指在自然灾害、事故、恐怖袭击等突发事件发生时，为保障人员生命安全，通过快速、有效的组织和疏导手段，及时将受影响区域内的人群疏散至安全区域的过程<sup>[1]</sup>。应急疏散中的交通流特性呈现出高度复杂和动态变化的特点，这些特性直接影响疏散效果。

具体可见表1：

表1 应急疏散中的交通流特性

交通流特性	影响因素	表现形式
流量波动性	事件发生的性质、突发性、地区交通容量等	短时间内流量骤增，可能导致局部路段过载。
密度与车速关系	道路宽度、车道数、车辆数量、驾驶员行为等	车速下降或停滞，交通流效率低。
路径选择偏好	驾驶员心理、信息传递延时、环境影响等	驾驶员选择不畅通的路径，增加疏散时长。
交叉口瓶颈效应	交叉口设计、信号灯周期、车道数量等	交叉口处的交通流量过大，导致严重的瓶颈现象。
交通参与者行为	心理压力、信息不对称、紧急响应能力等	驾驶员可能进行非法变道、突然停车或行驶缓慢等。
车辆组成多样性	不同车辆类型的尺寸、速度限制、通过性差异等	不同车辆在疏散中的反应速度与适应性差异，影响疏散整体效率。
突发事件的时效性	事件发生的时间点、预警系统的反应速度等	事件发生后交通流迅速聚集或分散，若反应迟缓则加剧拥堵。

## 二、高速公路交通工程应急疏散面临的挑战

高速公路应急疏散的复杂性和挑战性来源于多方面的因素，尤其是在突发事件发生时，疏散效率的高低直接影响人员与财产的安全。

突发事件的不可预测性是高速公路应急疏散中的最大挑战之一。不同类型的事故或灾害（如交通事故、自然灾害或恐怖袭击）带来的影响极为多样，突发性使得应急管理难以在事件发生前做出充分预判，从而影响疏散路径的规划和交通流的控制。由于高速公路的交通流量与疏散路径的动态变化密切相关，如何根据具体情境调整疏散方案，确保道路畅通，是亟待解决的核心问题。

高速公路路网结构的复杂性增加了疏散任务的难度。高速公路通常由多条互相连接的路段组成，并涵盖各种形式的交叉口和立交桥<sup>[2]</sup>。这种复杂的路网结构使得在疏散过程中，车辆的分流、转向以及通行方向的选择变得非常关键。若某些关键路段发生交通事故或被封闭，疏散路径的替代方案需迅速启用，避免进一步加剧交通

拥堵或发生二次事故。然而，许多高速公路缺乏足够的备用路径或备用通道，这对疏散效率构成了严峻挑战。

高速公路的高密度交通流在疏散过程中极易导致拥堵。当突发事件发生时，受害区附近的车辆会迅速集中在出口处，形成严重的交通瓶颈。尤其在高峰时段或节假日，高速公路的车流量更为庞大，突发事件的发生容易引发全路网的交通瘫痪。因此，如何在高密度交通流中进行有效的车辆引导与疏导，保障各个车道的通行能力，避免“瓶颈效应”或交通卡壳，是应急疏散需要重点解决的问题。

应急疏散中的信息传播与协调问题也是一大挑战。在高速公路的疏散过程中，信息的及时传播至关重要。交通事故或自然灾害发生后，如何迅速向驾驶员传递实时交通信息，如事故位置、疏散路径、道路封闭情况等，是有效疏散的前提<sup>[3]</sup>。但由于高速公路系统的复杂性和信息传递渠道的不完善，信息的滞后或误传往往会导致疏散效率大打折扣，甚至引发二次拥堵或交通事故。

### 三、高速公路交通工程应急疏散路径的优化

#### (一) 优化目标

高速公路应急疏散路径优化的核心目标在于最大程度地提升疏散效率，从而保证道路安全并减小交通堵塞的风险。具体而言，优化目标包括以下几个方面：

**最短疏散时间。**应急疏散的核心要求是在最短的时间内将车辆和人员从危险区域转移到安全区域，这需要精准设计疏散路径，合理分配交通流量。

**最大化道路容量利用。**由于高速公路的通行能力存在限制，优化路径需要通过有效的交通引导和信号控制，确保各条道路的承载能力得以充分利用，同时避免过度集中于某一通道而导致局部拥堵。

提高疏散的安全性，即在确保快速疏散的同时，降低交通事故的发生率。通过合理规划应急车道、缓解交通冲突点、加强现场交通管控，优化路径能够有效减少交通事故和二次灾害的风险。

**实现可持续性与灵活性。**在高速公路疏散过程中，交通流和事故状况是动态变化的，路径优化需要具备对不同突发状况的灵活性，以保证疏散过程中高效、安全、无缝衔接。

#### (二) 优化路径

应急疏散路径的优化必须遵循一系列原则，可见图1，以确保路径设计的合理性与可操作性。在此基础上，提出以下路径：



图1 优化原则

#### 1. 加强顶层设计，构建“集约型”协同机制

优化高速公路应急疏散路径的首要步骤是加强顶层设计，建立集约型协同机制。这一机制不仅仅是组织架构的调整，更包括对现有资源的重新整合与优化。在设计阶段，应通过充分的前期调研，识别道路网络中的关键节点、薄弱环节和潜在的瓶颈问题。顶层设计应以大数据、人工智能等前沿技术为支撑，采用系统工程的方法，将各方需求、资源配置和应急响应流程有机融合。在此基础上，建立统一的指挥调度平台，确保信息流、物资流和决策流的高效传递与共享。此外，应设立跨部门、跨区域的协同机制，强化各相关单位之间的联动合作。例如，交通管理部门、应急救援单位和地方政府要通过联合演练、信息共享和实时通信系统，实现资源的快速调度与科学决策。这种集约型协同机制能够避免因信息隔阂或资源分散导致的反应滞后，从而提升应急疏散路径优化的整体效率和灵活性。

#### 2. 夯实基层基础，保障“全领域”设施安全

在高速公路应急疏散路径的优化过程中，基层基础设施的建设至关重要。要保障全领域设施的安全，必须对高速公路的各类物理设施进行系统检查与加强。这包括交通标志、指示灯、应急车道、交通信号系统等设备的全面优化，确保其在任何紧急情况下能够正常发挥作用。同时，服务区、停车场、加油站等辅助设施的布局与疏散通道的设置也应符合紧急疏散的需要，避免发生突发事件时设施功能失效。针对高风险区域，如桥梁、隧道等特殊设施，应制定专门的应急处理预案，并进行定期的检测与维护，

以便这些关键设施在事故发生时不对疏散路径造成阻碍。通过强化基础设施建设与日常管理，不仅能保证正常交通流的高效运行，更能在突发状况中发挥基础设施应急疏散的最大效能，提供坚实的保障。

#### 3. 开展系统培训，提升“专业化”处置水平

应急疏散路径的有效性不仅仅取决于硬件设施和技术支持，还与相关人员的处置能力息息相关。因此，开展系统培训是提升应急响应能力的关键步骤。培训应覆盖交通指挥人员、应急救援队伍、现场工作人员等各类人员，内容不仅要涉及基础的交通流量管理，还需包括事故现场指挥、交通疏导、危化品处理等多方面的应急处置技巧<sup>[4]</sup>。为提升实际操作水平，除了理论培训，还应组织定期的应急演练，模拟各种突发事故情境，锻炼工作人员在高压环境下做出快速决策的能力。借助模拟演练，能增强人员的应变能力，并检验现有应急预案的可行性与应急疏散路径的科学性。为了确保培训效果，还应加强考核机制，定期对应急管理业务的业务能力进行评估，发现问题并加以改进，持续提高整体的专业化水平。

#### 4. 围绕科技强能，升级“信息化”技术手段

在应急疏散路径的优化过程中，信息化技术的应用是提升路径响应速度和调整灵活性的关键。为此，必须加大信息化建设力度，全面升级智能交通系统（ITS）。首先，可安装先进的监控设备、传感器和视频分析技术，对高速公路的交通流量、路况和事故情况进行实时监控，并将数据传输到中央指挥平台。通过大数据分析和人工智能技术，交通管理部门能够实时评估各条疏散路径的

通行能力, 自动识别交通拥堵点, 并对疏散路径进行优化调整。其次, 引入车载信息系统和导航设备, 向驾驶员提供实时的路线建议与交通状况, 确保每辆车都能快速选择最适合的疏散路径。此外, 借助云计算平台, 实现多层次的信息共享与决策支持, 提升全局协调和应急响应效率。信息化技术的全面升级, 将为高速公路交通应急疏散提供更加智能、精确和快速的解决方案。

#### 5. 完善政策保障, 确保“无后顾之忧”安心

应急疏散路径的优化工作不仅需要技术手段和人员保障, 还离不开政策层面的支持。政府应在法规层面提供强有力的保障, 制定相关的法律法规和政策措施, 确保疏散路径的实施具备合法性和可操作性。比如, 应当建立应急疏散通道的专门审批流程, 并为应急疏散设施的建设提供财政补贴或税收减免等政策支持。此外, 政府还应制定紧急情况下的道路管制政策, 保障应急疏散期间其他非必要交通流量的排除, 减少交通拥堵和事故风险<sup>[5]</sup>。在政策保障的支持下, 交通管理部门能更有信心地推行各类优化措施, 同时为相关企业和单位提供稳定的政策预期, 形成全社会共同参与的良好局面。通过完善的政策保障体系, 可确保高速公路应急疏散路径的建设和优化工作顺利推进, 为应急疏散提供长期稳定的保障。

#### 四、实践案例分析

本文选取了某高速公路应急疏散路径优化的实际案例进行分析, 该案例发生在某繁忙交通节点的高速公路段, 该段路段长约 30 公里, 是连接城市与周边地区的主要通道之一。该路段在高峰期承载的交通流量已超过其设计容量, 且在多次大型事故和交通堵塞中暴露出应急疏散机制的不足。为此, 该高速公路段的应急疏散优化项目在国家和地方政府的支持下, 结合先进的交通管理技术, 实施了优化方案。

本次案例的应急疏散路径优化采取了一系列具体的措施, 涵盖了硬件设施改造、信息化系统升级以及管理流程的重构。首先对该高速公路的应急车道进行了重新规划与改造, 确保紧急情况发生时, 各类应急车辆能够快速通过并与常规车道进行分流。此外, 增设了数个临时停车区域, 用于缓解事故发生后交通流量的激增。同时, 引入智能交通系统, 在路段内布设多种传感器, 如车流量检测器、速度传感器和道路条件监测器, 以便实时调整交通信号灯及交通导向信息, 及时通知驾驶员采取避开拥堵的行动。并且, 还在现有基础设施上, 增加大量高清晰度的电子交通标识和指引牌, 确保驾驶员在紧急情况下能迅速获得正确的疏散信息。另外, 针对应急指挥系统的效率问题, 还建立了一个跨部门联合指挥中心, 交通管理、公安、消防等部门实现了信息共享与协同指挥。这一机制能在突发情况下快速做出决策, 调动资源, 提升疏散路径的有效性。在硬件改造和技术升级的同时,

相关管理人员与工作人员也接受了专业培训, 重点学习新的应急处置方法和设备使用。并且定期组织应急演练, 模拟各种紧急情况, 确保在实际操作中能够迅速启动应急疏散流程。

针对该高速公路应急疏散路径的优化, 进行了一系列的仿真测试, 以验证优化措施的有效性和改进后的疏散路径能否应对高压交通情况。通过计算机模拟工具对优化后的高速公路进行虚拟测试, 结果显示在优化后的道路设计中, 车流密度较未优化前明显降低, 尤其是在高峰时段。疏散路径的车流调度更加高效, 各车道的负载率也得到了较大改善, 成功避免了大规模的交通拥堵现象。此外, 仿真模拟表明, 在突发事故发生时, 优化后的应急疏散路径可以有效引导交通流出事故区域。传统的应急疏散方案通常需要约 45 分钟才能完成初步的疏散, 而新方案将该时间缩短至约 30 分钟, 疏散效率提升了约 30%。此外, 新的应急车道和临时停车区的设置, 使得交通瓶颈的解决更加迅速, 整体疏散时间大大缩短。针对应急响应的时间, 仿真结果显示, 在新设计的指挥系统下, 交通指挥中心能够在 3 分钟内作出反应并调整疏散方案, 比原来的平均反应时间缩短了 50%。

#### 结语

本文对高速公路交通工程中的应急疏散路径优化进行了全面的分析。在优化路径的设计中, 采用了系统化的方法, 结合现代科技与管理模式, 通过实时监控、大数据分析、智能交通系统等手段, 可有效提升应急疏散的灵活性与应对能力。未来, 高速公路的应急疏散将逐步向更加智能化和灵活化的方向发展。随着交通信息化技术的不断进步, 未来的应急疏散路径优化将进一步依赖于智能化交通管理系统的支持, 动态调整疏散路径和车辆流量, 确保在突发事件中能最大限度地提高疏散效率。此外, 针对不同突发事件的多样化特点, 疏散路径优化应更加注重灵活性和可持续性, 确保应急疏散方案在各类情况下都能够快速有效地实施。

#### 参考文献

- [1] 赵丹, 郭志国, 刘超时, 等. 高速公路隧道火灾应急疏散模拟与策略 [J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19 (06): 2072-2080+2089.
- [2] 魏雅萍, 姜文苏, 唐晓栋. 浅谈高速公路隧道消防应急照明和疏散指示系统设计 [J]. 电气时代, 2024, (07): 100-105.
- [3] 刘玮蔚, 张志伟, 高健强, 等. 立体复合高速公路立体层应急救援模式探讨 [J]. 公路, 2022, 67 (06): 189-195.
- [4] 田蔚楠, 孙秀珍, 向鹏程. 基于遥感监测的高速公路应急指挥智能调度系统 [J]. 自动化技术与应用, 2024, 43 (12): 167-171.
- [5] 冯宇晨. 高速公路应急救援难点及对策分析——以无锡市消防救援支队为例 [J]. 今日消防, 2023, 8 (12): 55-58.