

# 《高速公路恶劣天气通行条件分级指南》

## 地方标准编制说明

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

本标准的制定源于山东省市场监督管理局印发的《关于2023年度标准化创新发展项目的公示》，将《高速公路恶劣天气通行条件分级指南》列入2023年度地方标准制定计划，项目编号2023-T-86，由山东省交通运输厅提出，山东省交通运输标准化技术委员会（鲁TC 41）归口。

#### （二）起草单位、起草人及任务分工

##### 1.起草单位

山东省交通规划设计院集团有限公司、山东高速集团有限公司、同济大学、山东交通学院、山东杰瑞数智科技有限公司。

##### 2.主要起草人

徐润、李洪印、毕玉峰、吴伟令、景俊、王金亮、徐宁、王学凯、刘文科、张云帆、王超、王丹、王骋程、张子钰、吕梦琪、么新鹏、范颂华、王奕彤、王俊栋、韩中一、丁孝娥、于浩清、姚健文、张恒、刘梦依、孙宁新、郭忠印、宋灿灿、张萌萌、于悦。

##### 3.任务分工

徐润：标准编制组组长，组织标准起草工作，把握标准制定技术方向，组织协调标准制定所需资源。

李洪印、毕玉峰：标准框架制定与起草，组织确定标准制定方案，组织推进程序和进度，组织协调标准制定所需资源。

景俊、王金亮、徐宁、王学凯、刘文科：组织讨论确定标准框架、编写思路，组织编写组人员讨论确定标准技术要素，组织征求意见等。

吴伟令、张云帆、王超、王丹、王奕彤、王俊栋、韩中一、丁孝娥、于浩清、姚健文、张恒、刘梦依、孙宁新：负责标准立项，负责第 1、5 章条文起草、初稿修改、征集意见修改、分级预警应用测试和数据分析，以及标准评审组织和标准报批等工作。

王骋程、张子钰、吕梦琪、么新鹏、范颂华：负责标准附录 A 条文起草和相关条文征集意见修改，协调开展标准意见征集。

郭忠印、宋灿灿：负责第 4、6 章条文起草及雨雪天气的实验验证研究，负责相关条文征集意见修改。

张萌萌、于悦：负责第 2、3 章条文起草、相关条文征集意见修改和雾天实验验证研究。

### （三）起草过程

#### 1.前期准备

2023 年 3 月，主编单位提起标准编制申请。2023 年 7 月，本标准在山东省市场监督管理局正式立项。标准计划下达后，在山东省交通运输厅的指导下，2023 年 8 月初成立了标准编写组，由山东省交通规划设计院集团有限公司牵头，联合山东高速集团有限公司、同济大学和山东交通学院共同

参与。编写组就标准编制的背景、指导思想、工作进度安排、任务分工及初步思路进行了讨论，正式启动了标准制定工作。

在此之前，编制组进行了大量前期准备工作：

2019 年 12 月—2021 年 6 月，编制组依托课题项目开展雾天驾驶模拟试验和实车试验，对雾天驾驶行为进行分析，基于交通流理论对交通风险实现分析与预测，研究雾天高速公路安全通行条件，支撑本标准雾天通行条件分级。

2020 年 10 月—2020 年 12 月，编制组依托课题项目研究雨天的分级标准与路面水膜形成机理，分析积水路面轮胎滑水现象及临界滑水模型。开展驾驶模拟试验对驾驶行为进行分析，并基于危险驾驶行为对通行条件进行优化，支撑本标准雨天通行条件分级。

2020 年 12 月—2021 年 4 月，开展路面结冰特征及冰雪条件下路面摩擦机理研究。开展冰雪条件下路面抗滑性能试验，采集上千组环境参数、冰层厚度、水膜厚度和摩擦系数实验数据，研究厚冰路面、薄冰路面、薄冰—冰水混合路面、积雪路面、积雪消融路面的摩擦系数预测模型。针对积雪路面、积雪消融路面、薄冰路面等研究车辆安全运行标准，开展驾驶模拟试验进行跟车过程及行车条件分析，开展平直路段、弯坡路段下匀速变道、变速变道等涉及八百多种不同速度、坡度、半径、摩擦系数组合工况的车辆动力学仿真研究，支撑本标准冰雪天气通行条件分级。

2022 年 12 月—2024 年 12 月，在济青中线采集全要素气象监测数据 962 万条，基于前期研究成果，面向运管单位开展通行条件分级预警应用测试，进一步验证并调整相关技术指标。

## **2.现状调研**

2022年下半年，编制组开展恶劣天气下通行条件分级标准技术状况与应用实践的调研，依托前期研究基础，对恶劣天气条件下高速公路通行条件分级预警的必要性和合理性进行总结。

## **3.起草标准**

2023年3月，标准编制申请通过山东省交通运输标准化技术委员会审查。2023年7月，标准通过山东省市场监督管理局2023年度标准化创新发展项目立项。2023年8月至12月，编制组基于文献调研、理论计算、课题研究成果，完成了标准大纲、草案编写。2024年期间，采集济南东绕城、济青中线交通量和气象监测数据，进行分级预警应用测试，进一步调整草案技术指标，形成标准初稿内部审查稿。

2025年2月，主编单位组织李振江、王志英等专家开展标准初稿内部技术审查。会后，根据内部技术审查意见，编制组对标准开展了下列技术修改：进一步修改国标引用；明确关于耦合天气、交通运行安全状态的定义；进一步将路段划分与通行条件分级进行结合；明确条件分级中降雨强度和能见度两个指标的关系；考虑钢桥结冰等道路条件对分级的影响；调整恶劣天气相关信息发布范围。经过内部审查和修改，标准形成初稿预审稿。

## **4.初稿**

2025年2月，编制组向山东省交通运输标准化技术委员会提交初稿预审申请。2025年3月，编制组根据GB/T 20001.7—2017 标准编写规则 第7部分：指南标准的有关

规定修改指南用语后，再次提交初稿预审查申请。2025年4月18日，山东省交通运输标准化技术委员会邀请预审专家对本标准开展现场初稿预评审。会后，根据格式审查意见，编制组对标准开展了下列格式修改：按照 GB/T 20001.7—2017 修改替换指南标准要求性用语为指导性用语；根据标准主题，调整第七章应急处置为资料性附录；统一数字格式，且数字与单位之间加半角空格；进行部分条文引导语修改；进行部分术语定义修改。根据技术审查意见，编制组对标准开展了下列技术修改：修改天气类型判定条件逻辑顺序；细化频发路段划定标准中参数数值；明确等级评估需进行动态调整；进一步明确编制说明中的部分描述；理清不频发路段与基本路段关系；完善限速有关条文描述；调整第七章应急处置章节为资料性附录。经过初稿预审查和修改，标准形成初稿评审稿。

2025年4月27日，编制组向山东省交通运输标准化技术委员会申请开展初稿评审。2025年5月21日，山东省交通运输标准化技术委员会邀请了来自智能交通、气象科学、道路工程等领域的7名专家对本标准开展现场初稿评审，审查委员会听取了标准编制单位的情况汇报，对标准内容逐条进行了审查，会议一致同意该规程通过审查，同时提出了修改意见。会后，根据评审意见，编制组对标准开展了下列修改：进一步提炼第4章基本原则；删除第5章路段单元划分，相关内容简化调整至其他章节；调整第6章通行条件分级的层次结构，优化通行条件分级表格；增加信息发布章节；按照 GB/T 1.1-2020 进一步优化标准条款和编制说明。经过初稿审查和修改，标准形成征求意见稿。

## 5.征求意见

2025年6月，山东省交通运输标准化技术委员会发布关于征求《高速公路恶劣天气通行条件分级指南（征求意见稿）》地方标准意见的通知，向社会公开广泛征求意见。

2025年6月17日至2025年7月17日，编写组组织征求省内外业内单位意见，发送征求意见单位32家，收到全部回函，其中有意见单位23家，无意见单位9家。编写组对反馈的意见、建议汇总整理，共计58条。

2025年7月17日至2025年8月20日，编写组对收到的反馈意见进行逐一分析，采纳51条，部分采纳1条，未采纳6条。对标准进行修改和完善，形成送审稿。

## 6.标准送审

2025年8月25日，编写组向山东省交通运输标准化技术委员会提交送审稿审查申请。

2025年11月12日，编制组根据省标准化行政主管部门返回的意见和《山东省地方标准管理办法》的最新要求修改编制说明，补充试验验证的分析、综述报告等内容。

2025年12月18日，山东省交通运输厅在济南组织召开了《高速公路恶劣天气通行条件分级指南》（2023-T-86）山东省地方标准专家审查会议。来自山东警察学院、山东省气象科学研究所、济宁市鸿翔公路勘察设计研究院有限公司等单位共7名专家组成了审查委员会。审查委员会听取了标准编制情况汇报，对标准文本进行了逐章、逐条审查，对标准编制说明等进行了审查。会议提出了修改恶劣天气术语定义、补充通行条件分级描述、调整附录结构等方面意见。编

写组根据审查意见对标准文本和编制说明等进行了修改完善。

## 二、地方标准制定的目的和意义

2022年12月，为深入贯彻习近平总书记关于安全应急管理工作的系列重要指示批示精神，落实《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》等文件对交通运输安全应急标准体系建设的总体部署，交通运输部按照《交通运输安全生产工作“十四五”规划》《关于加强交通运输应急管理体系和能力建设的指导意见》《交通运输标准化“十四五”发展规划》等工作安排，发布了《交通运输安全应急标准体系（2022年）》，通过推动综合交通运输和公路、水运领域工程建设与运营安全、旅客运输安全、货物运输安全、应急管理及设施设备标准编制工作，着力防范化解重大安全风险，坚决遏制重特大事故，为加快建设交通强国提供有力支撑。

高速公路为国民经济的发展提供了必要的基础设施，其运输功能和效益的发挥依赖于运行效率的保障，畅通与安全是保障高效率运输的必要条件。特别是高速公路成网之后，确保高速公路全天候安全运行是保障其高效运行的重要基础。

恶劣天气是影响高速公路运行安全的重要因素，近年来我国多起重特大恶性交通事故与气象因素有关。浓雾、降雨、降雪及结冰恶劣天气，容易导致路表状况发生改变，影响轮胎与路面的接触状态，致使车辆打滑；二是导致空气能见度降低，影响驾驶员视线，增加驾驶员识别安全设施和信息的

难度；三是导致驾驶员生理心理反应变化，如反应时间延长、诱发焦躁情绪等。据不完全统计，我国每年因恶劣天气及次生灾害导致的公路交通阻断比例高达 60%，20%左右的道路事故直接或者间接与低能见度、路面结冰或湿滑等不良气象有关。

科学评估高速公路恶劣天气通行条件，是防范化解重大安全风险、保障高速公路运营安全和通行效率的重要基础，也是促进高速公路应急能力建设的前提条件。因此，通过本标准提供高速公路恶劣天气通行条件分级技术指导和建议，填补我省在恶劣天气交通运输安全应急响应方面的标准空白，是非常有必要的。

本标准的制定，可为高速公路安全运营管理提供标准依据，提升高速公路应急响应能力和交通运输效率；可为用户出行提供行车安全预警和路径选择依据，提升驾乘人员安全意识，缓解驾乘人员焦躁心理，降低交通事故风险，切实保障人民生命财产安全。

### 三、地方标准编制原则、主要技术内容和确定依据

#### （一）标准的编制原则

编写组本着以下原则，进行《高速公路恶劣天气通行条件分级指南》的编制：

1. 通用性原则：做好与相关标准、规范的协调、衔接，保证技术规范体系的统一性、完整性和一致性。

2. 规范性原则：本标准严格按照 GB/T 1.1—2020 和 GB/T 20001.7 的规定进行指南起草。

3. 独立性原则：注重标准规范间协调，处理好本标准与



现行规范的关系和界面，同时明确本标准的适用范围。

4. 严谨性原则：编写过程须保证技术内容定性、定量，技术指标明确、具体；技术内容表达的用词、用语严谨，条款之间不得相互抵触，不得产生歧义。

5. 实用性、可操作性强原则：本标准提供了恶劣天气高速公路通行条件划分的方法、阈值与预警级别，突出本标准的实用性、可操作性。

6. 安全可靠、技术先进原则：恶劣天气条件下高速公路通行条件分级涉及社会车辆安全，标准制定需要体现安全可靠的要求；编制组开展大量驾驶模拟实验，研究驾驶员在不同通行条件下的驾驶行为，并面向运管单位结合恶劣天气应急响应开展了实际应用测试，最终结合实验结果和工程经验确定合理的分级标准。

## （二）标准编写的主要依据

- （1）《中华人民共和国道路交通安全法》
- （2）《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》
- （3）《道路交通标志和标线 第5部分：限制速度》（GB 5768.5）
- （4）《雾天高速公路交通安全控制条件》（GB/T 31445）
- （5）《高速公路交通气象条件等级》（QX/T 111）
- （6）《高速公路交通安全管控天气风险预警等级》（QX/T 729-2024）
- （7）《公路项目安全性评价规范》（JTG B05-2015）
- （8）《高速公路出行信息发布技术要求》（DB37 / T 4380）
- （9）《公路交通气象站网建设暂行技术要求》（交公

路发〔2012〕747号)

(10) 《公路网运行监测与服务暂行技术要求》(交通运输部2012年第3号公告)

(11) 高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警》(北京:科学出版社,2019)

(12) 山东省公安厅《恶劣天气条件下高速公路交通管控工作指导意见》

(13) 山东高速集团有限公司《高速公路路网监测与指挥调度工作细则》

### (三) 主要技术内容及确定依据

#### 1. 第一章 范围

本章给出了标准化对象及适用范围。本文件提供了高速公路恶劣天气通行条件分级基本原则、分级内容和信息发布方面的指导与建议。本文件适用于高速公路恶劣天气通行条件分级,一级、二级公路可参照执行。

#### 2. 第二章 规范性引用文件

本部分列出了本标准涉及的规范性文件。《雾天高速公路交通安全控制条件》(GB/T 31445)被条文5.1引用。《高速公路出行信息发布技术要求》(DB37/T 4380)被条文6.2引用。

#### 3. 第三章 术语和定义

为便于专业使用者在本标准语境中准确理解,标准中出现2次以上且在本标准范围内所限定的术语给出了界定(解释),常用且便于理解的术语未给出界定(解释)。本章给出了恶劣天气、能见度两个术语定义。

恶劣天气是高速公路运营管理业务常用词汇，本标准中指导能见度降低、路面附着系数下降等情形，而显著影响高速公路通行条件的天气。当雨、雾、冰雪、大风等天气强度符合第 5 章给出的分级条件时，则属于影响高速公路正常通行的恶劣天气。

高速公路能见度数据获取方式多样，可基于路侧气象站获取，也可基于视频 AI 算法获取，或基于气象部门共享的气象网格化数据获取。其中基于气象站或视频 AI 算法的能见度数据需经过标定后方可出厂或提供给运管单位使用，而标定中依赖的标准能见度数值则由《高速公路交通气象条件等级》（QX/T 111）定义。本标准能见度定义来源于上述气象行业标准且无改动，旨在给出一种不依赖于能见度检测方式的明确定义。

## **4. 第四章 基本原则**

### **1) 编制主要内容**

本章给出了恶劣天气通行条件分级评估的等级划分原则。

### **2) 编制依据**

4.1 给出了评估频率。高速公路恶劣天气数据采集和通行条件分级评估的频率不宜低于 12 次/h。不同天气条件对时间的敏感度不同。团雾、强降雨、暴雪等天气随时间变化快。2021 年 11 月 25 日某高速发生的突发团雾事件，道路交通能见度从 200 米（以上）下降至 40 余米，仅 3 分钟左右时间；能见度低于 30 米状态持续约 13 分钟；消散过程约 5 分钟。鉴于此，对于时间敏感性强的天气，动态评估的时间

周期短；对于时间敏感性不强的路面潮湿、结冰、积雪消融天气，评估时间适当的延长，而所述天气对时间敏感性不强的原因是路面状态的变化速度取决于路面与周围环境的热交换速率，所以其变化程度较慢，室内实验发现，以 5 分钟进行时间的控制是非常有效的。另外，《全国高速公路交通气象观测站网布局方案（2012—2014 年）》（气发〔2012〕56 号）中明确提出：建成国家级和省级公路交通气象监测服务平台，国家级达到 10 分钟监测预警，省级达到实时（5 分钟，可加密到 1 分钟）监测预警。本条款为增强可操作性，提出 5 分钟的时间间隔。

4.2 给出了评估因素。高速公路恶劣天气通行条件级别宜根据天气条件、路面状态、路段特征等进行划分。恶劣天气会影响道路的能见度和路面状态，直接降低行车安全性和通行效率，部分路段则存在交通流交织、路面状态突变、坡度较大或易发横风等问题，可能进一步加剧拥堵或安全隐患。因此，这些因素都需要纳入路段通行条件分级的划分依据。

4.3 给出了划分的等级。本标准参照《雾天高速公路交通安全控制条件》（GB/T 31445）、《高速公路交通气象条件等级》（QX/T 111-2010）、《山东省公安厅恶劣天气条件下高速公路交通管控工作指导意见》《山东高速集团有限公司高速公路路网监测与指挥调度工作细则》等文件，将恶劣天气影响下的高速公路通行条件分为四级，并参照《高速公路交通气象条件等级》给出了恶劣天气对通行条件的影响。高速公路恶劣天气通行条件宜分为 I 级、II 级、III 级、IV 级，分别表示恶劣天气对通行条件稍有影响、有一定影响、有较大影响、有严重影响。

4.4 提出高速公路恶劣天气通行条件分级宜对应交通安全管控等级。根据《山东省公安厅恶劣天气条件下高速公路交通管控工作指导意见》《山东高速集团有限公司高速公路路网监测与指挥调度工作细则》，通行条件变差对应管控措施增强。

4.5 给出了两种及两种以上综合气象影响下的通行条件分级原则。条文内容主要参考自 QX/T 111。当有两种恶劣天气出现时，以其中较高级别划定为高速公路通行条件等级。当有两种以上恶劣天气出现时，在其中最高级别基础上提升一级（最高为Ⅳ级）划定为高速公路通行条件等级。

## **5. 第五章 通行条件分级**

### **1) 编制主要内容**

本章给出了山东省对高速公路影响最大的雾天、雨天、雪天、结冰/结霜、大风等恶劣天气下的通行条件等级划分标准。

### **2) 编制依据**

对于雾天、雨天、雪天、结冰/结霜天气，编制组基于文献调研和前期研究，确定各类天气条件下路面摩擦系数的基本取值范围，并计算各级能见度影响下满足安全停车视距的行车速度；进一步结合省内高速公路线形条件基于车辆动力学的转弯、换道仿真验算结果和驾驶模拟实验生存分析结果，最终确定各类恶劣天气条件下对应的最佳车速，并以此作为安全行车条件用于划分恶劣天气通行条件等级。恶劣天气下安全行车条件满足 80 km/h 及以上的，通行条件不高于Ⅰ级；满足 60km/h 及以上的，通行条件不高于Ⅱ级；满足

40km/h 及以上的，通行条件不高于Ⅲ级；其他的，通行条件定为Ⅳ级；对于受路面状态、交通流状态影响较大的路面状态过渡段、交通分合流段，在特定天气条件下通行条件提升一级。

5.1 雾天

能见度是反映大气透明度的一个指标，可用于表征雾天气象情况，检测手段成熟。能见度与行车安全性之间关系明显，因此提出能见度作为雾天车辆通行条件分级指标。《雾天高速公路交通安全控制条件》（GB/T 31445-2015）第3章和《高速公路交通气象条件等级》（QX/T111-2010）第3.1条，分别对能见度等级进行了划分（见表3-1、3-2）。本条在满足表3-1国家标准的前提下，参照表3-2 QX/T111的分级规定，确定雾天能见度分级阈值。

表 3-1 《雾天高速公路交通安全控制条件》（GB/T 31445-2015）规定的雾天管控分级

雾天分级	能见度（m）
四级	100≤能见度<200
三级	50≤能见度<100
二级	30≤能见度<50
一级	能见度<30

表 3-2 《高速公路交通气象条件等级》（QX/T111-2010）规定的能见度分级

等级	能见度（m）
1 级	200<能见度≤500
2 级	100<能见度≤200
3 级	50<能见度≤100
4 级	能见度≤50

雾天湿度大，当气温较低时，可能导致桥梁、背阴处等路段路面湿滑，从而产生路面状态过渡段。路面状态过渡段是指路面摩擦系数发生较大变化的路段。车辆在路面状态过渡段行驶时面临的最大行车风险是换道风险，而桥头、隧道进出口因为桥梁段和隧道内限制换道，驾驶员在进入限制换道的路段会根据车辆的分布换道，所以在本条款涉及路段驾

驶员自由换道行为较多。通过车辆动力学仿真实验，驾驶员在路面状态过渡段的换道风险增大，因此需要将路面状态过渡段划分出来，通行条件提升一级。考虑路面状态变化，根据车辆行驶速度调整所需的时间和距离，定义过渡段长度为特定位置上游 300 米以内。

根据标志设置规范，高速公路出口分流预告一般始于出口前 2km 处。本条所指分合流段始于分合流上游 2km 处。分合流段同样涉及驾驶员较多换道行为，行车风险增大，通行条件提升一级。

## 5.2 雨天

雨天条件下，根据降雨强度、道路能见度划分通行条件等级，路面状态过渡段比其他路段通行条件等级提高一级。

降雨强度是表征降雨强弱的气象学表征指标，但是降雨强度对交通安全的影响不直观，因此同时提出了能见度指标，共同构成高速公路雨天车辆通行条件分级指标。《高速公路交通气象条件等级》（QX/T111-2010）采用 1h 降雨强度或 1min 降雨强度（见表 3-3）。文献调研表明，短时强降雨大多数产生在暴雨天气过程中，而强降雨的分钟雨强与能见度关系密切，随着每分钟雨强的增大，能见度急剧减小，从而危及行车安全。考虑降雨天气主要发生于夏季，降雨强度变化快，且光学雨量计或雷达雨量计能够满足高频次的统计要求，本标准参考 QX/T111 条文 3.2 提出降雨强度采用 mm/min 指标，结合能见度，共同判定降雨强度对高速公路通行条件的影响。

表 3-3 《高速公路交通气象条件等级》（QX/T111-2010）中降雨强度对高速公路影响的等级划分

降雨强度等级	划分标准	高速公路交通运行影响
1	1h 降雨强度 10.0mm/h~14.9mm/h, 或 1min 降雨强度 0.8mm/min~1.2mm/min 且能见度降到 500m 左右	稍有影响
2	1h 降雨强度 15.0mm/h~29.9mm/h, 或 一分钟 1min 降雨强度 1.3mm/min~2.0mm/min 且能见度降到 200m 左右	有一定影响
3	1h 降雨强度 30.0mm/h~49.9mm/h, 或 1min 降雨强度 2.1mm/min~3.0mm/min 且能见度降到 100m~150m	有较大影响
4	1h 降雨强度 $\geq$ 50.0mm/h, 或 1min 降雨强度 $\geq$ 3.0mm/min 且能见度降到 $<$ 100m 有严重影响	有严重影响

### 5.3 雪天

冰雪条件下，根据降雪过程、路面积雪或结冰状态划分通行条件等级，路面状态过渡段、分合流段通行条件等级比其他路段通行条件等级提高一级。

降雪环境导致的路面积雪和结冰是影响本省地区冬季高速公路运行安全的重要天气。根据中国气象局对于降雪天气的分级及《高速公路交通气象条件等级》（QX/T 111-2010）的有关规定，降雪强度对高速公路的影响可按小雪、中雪、大雪、暴雪分为四级，但是尚无标准对路面结冰条件的影响进行分级，且无明确研究表明不同强度降雪对路面状态的最终影响，因此降雪强度不宜作为雪天通行条件评估因素。本标准根据前期有关研究和《高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警》（北京：科学出版社，2019）关于冰雪路面的描述，选择更加直观的路面状态作为分级评估因素。

在使用融雪剂及大车碾压情况下，路面状态得到改善，路面冰点降低且积雪结冰概率降低，因此主动融冰雪路面的路面状态分级可参照本标准执行。



同时，高速公路沿线设置的桥梁、匝道、隧道进出口路段，由于结构差异，在相同环境气温条件下，桥面、隧道进出口位置路面温度相比路基段更低，导致其更容易结冰。降雪天气下，驾驶员从路基段驶入桥梁或隧道进出口采取制动加速操作，且摩擦系数发生突变，极易引发交通事故，安全车速的确定将与车辆是否发生侧滑存在关联。另外，分合流段换道频繁，换道行驶会扰动交通流，要识别换道的契机所以对驾驶员的视认需求也非常高，其面临的行车风险高于跟车行驶与驾驶员自由行驶的行车风险，也影响交通运行安全性。同样，坡度大于 3% 的路段在路线设计规范中已经逐渐靠近设计的极限数值，是车辆制动时的不利条件，冰雪路面下事故可能性增大。考虑上述因素，本标准提出路面状态过渡段、交通分合流段以及坡度大于 3% 路段的通行条件提高一级。

#### 5.4 结冰、结霜

雪天伴随结冰是可预见的现象，但高速公路“黑霜”、“黑冰”则导致不可预见的安全隐患。结霜气象，严重时俗称“黑霜”，雨后结冰俗称“黑冰”，与降水、气温、路温、风速等条件有关，成因复杂，对高速公路行车安全不容忽视，宜单独列为一条进行分级评估。根据《高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警》和本标准前期研究成果，结冰、结霜路面抗滑性能极差，通行条件等级宜确定为Ⅳ级。

#### 5.5 风天

大风对高速公路行车安全的影响主要是瞬时风速 13.9 m/s 及以上的风力，阵风瞬时风速会比平均风速高 25% 至 40%

甚至更多。本条根据 QX/T 729—2024 的有关规定，提出了风天通行条件分级的阵风风速阈值。另外，风口路段容易出现强烈侧向风（横风），且其瞬时风速或频率可能对行车安全构成显著威胁，大风天气下安全风险更高，通行条件等级提高一级。

## **6. 第六章 信息发布**

### **1) 编制主要内容**

本章给出了与恶劣天气通行条件分级对应的信息发布措施。

### **2) 编制依据**

6.1 给出了发布方式。条文确保在恶劣天气条件下，高速公路运营管理部门能够通过静态和动态的、沿线和车载的等多种渠道及时发布交通信息，保障交通安全。

6.2 给出了发布内容。恶劣天气相关信息发布内容宜包括气象预警信息、交通事件信息、交通管控信息、路径诱导信息和基础设施安全状态信息，发布格式宜参照 DB37 / T 4380。

6.3 给出了发布范围。根据管控信息对车辆的影响程度进行信息发布范围的确定，对车辆的影响越大，信息发布的范围越广。

6.4 给出了信息发布的撤销措施。确保在恶劣天气影响消除后，运营管理部门能够及时撤除临时设置的标志、标牌，并通过可变信息标志和移动端导航系统更新相关内容，恢复正常的通行状态。

## **7. 附录 A 高速公路恶劣天气应急处置建议**

## 1) 编制主要内容

本章给出了恶劣天气条件下高速公路运营管理部门在应急防御和处置方面可采取的措施。

## 2) 编制依据

本章内容主要参考《交通运输突发事件应急管理规定》《公路交通突发事件应急预案》《山东省公路交通突发事件应急预案》和我省高速公路运营企业的恶劣天气应急处置预案简化修改而成。

### A.1 应急防御措施

根据《交通运输突发事件应急管理规定》第十三条规定，交通运输主管部门、交通运输企业应当按照有关规划和应急预案的要求，根据应急工作的实际需要，建立健全应急装备和应急物资储备、维护、管理和调拨制度，储备必需的应急物资和运力，配备必要的专用应急指挥交通工具和应急通信装备，并确保应急物资装备处于正常使用状态。

根据《交通运输突发事件应急管理规定》第二十七条规定，交通运输主管部门应当根据自然灾害的种类和特点，配备必要的监测设备、设施和人员，对突发事件易发区域加强监测。

同时在降雪天气条件下，运管单位及时、有效地开展除雪防滑作业，能够保障道路通行安全。

### A.2 处置措施

A.2.1 提出的重点巡查路段，来自《公路交通气象站网建设暂行技术要求》（交公路发〔2012〕747号）《公路网运行监测与服务暂行技术要求》（交通运输部2012年第3号公告）规定的高速公路恶劣气象条件频发路段。上述文件

规定频发路段需满足以下条件之一：（1）年平均因低能见度导致被封闭次数达到6次（含）以上的路段，或小于200m的雾日数达到8天（含）以上的路段，（2）年平均有20天（含）以上出现8级以上的大风的路段；（3）年平均有7天（含）以上出现严重路面结冰的路段；（4）三年内因恶劣气象条件发生2起（含）以上重特大公路事件的路段；（5）三年内因恶劣气象条件发生2起（含）以上公路基础设施严重水毁的路段。

A.2.4给出了高速公路运营管理部门与公安交通管理部门之间的联动处置建议。恶劣天气下为保障高速公路行车安全，高速公路需要采取相应的限速、限行等管理措施。高速公路运营管理部门宜根据恶劣天气分级处置预案协助公安交通管理部门开展相应的收费站通行管理、主线信息发布诱导等工作，并协助开展交通事故、交通拥堵等突发事件应急处置工作。

## **四、试验验证的分析、综述报告，预期的经济、社会和生态效益**

### **（一）试验验证的分析、综述报告**

根据山东省的公路封闭数据，阻断原因占比最高的恶劣天气是雾天、降雨和降雪天气（图4-1和4-2）。

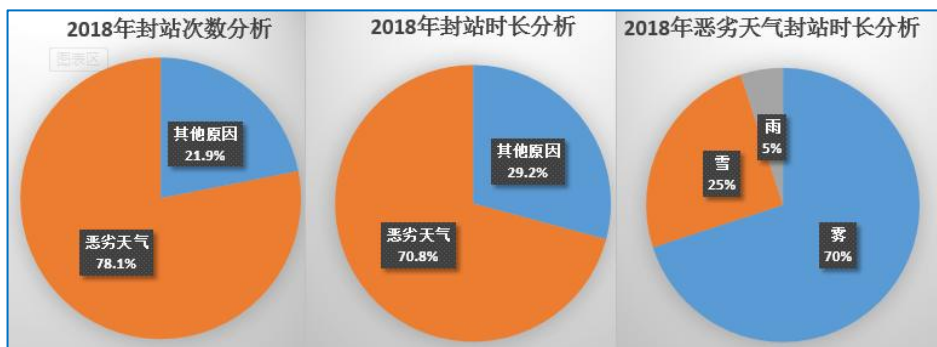


图 4-1 2018 年原齐鲁交通发展集团收费站封闭数据分析

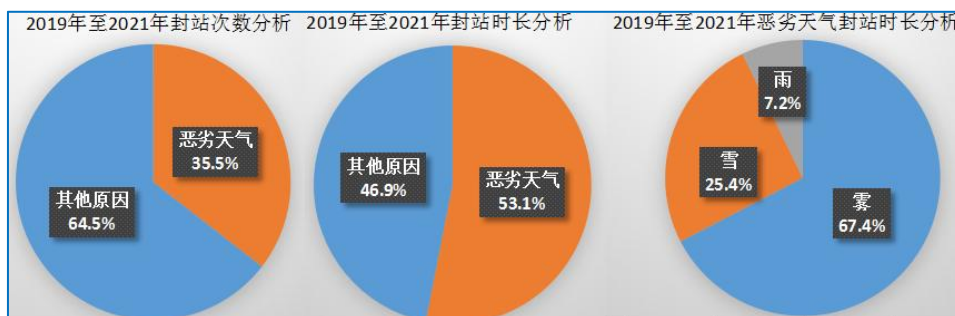


图 4-2 2019 年至 2021 年山东高速集团济青通道收费站封闭数据分析

然而目前在上述天气行车安全影响研究方面，传统技术存在下列问题。

雾天高速公路行车安全：传统研究因实测数据难以采集，多采用仿真和模拟手段；多基于宏微观交通流模型开展研究，对个体驾驶员心生理特征关注较少，因此需要基于交通流理论并结合个体驾驶行为分析开展雾天行车安全性研究。

雨天高速公路行车安全：降雨会影响车辆的运行速度和能见度，车速较高时轮胎会出现滑水现象，但是传统管控手段未考虑对临界滑水速度的控制，同时雨雾耦合天气驾驶员的视认行为、跟驰行为和避撞行为缺乏相应研究，因此需要综合气象影响、滑水现象并考虑个体驾驶员行为开展雨天行车安全性研究。

冰雪天高速公路行车安全：冬季恶劣天气路面冰层和雪层的累积会导致抗滑性能的衰减；抗滑性能衰减会导致车辆行驶的稳定性下降，增大侧滑和侧翻的风险，传统研究对驾驶员在不同路况条件下的跟驰行为和避撞行为缺乏相关研究，因此需要结合不同路面状态并考虑个体驾驶员行为开展雪天行车安全性研究。

针对上述天气影响，编制组基于文献调研和前期研究，确定各类天气条件下路面摩擦系数的基本取值范围，并计算各级能见度影响下满足安全停车视距的行车速度；进一步结合省内高速公路线形条件基于车辆动力学的转弯、换道仿真验算结果和驾驶模拟实验生存分析结果，最终确定各类恶劣天气条件下对应的最佳车速，并以此作为安全行车条件用于划分恶劣天气通行条件等级。具体技术路线如下。

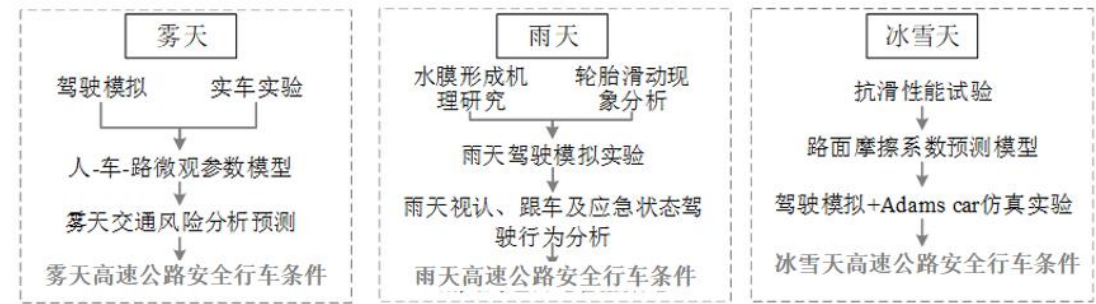


图4-3 试验分析技术路线

### 1.雾天标准研究

基于驾驶模拟平台和实车试验场，搭建道路实景模型，以能见度和速度为控制变量，模拟雾天环境中不同能见度条件下驾驶员的跟驰行为和急停行为，分别建立能见度-跟驰速



度关系和跟车距离关系模型，结合视距理论计算安全车速，进一步经过调整形成雾天高速公路通行条件分级标准。具体研究成果见山东省交通运输科技计划项目《恶劣天气下基于高速公路路警联动保安保通的关键技术、应用标准及综合管理研究》（2020B202-01）。

通过雾天跟驰行驶模拟试验得到不同能见度下试验车辆行驶速度、车辆跟驰距离、车辆距车道边缘距离等车辆运动参数与交通流参数。

通过试验场雾天实车试验得到不同能见度下试验车辆行驶速度、车辆制动距离等车辆运动参数。



图4-4 交通部交通气象环境实验室



图4-5 造雾场景



图4-6 实验轿车



图4-7 实验卡车

分析雾天跟驰行为特征，建立基于驾驶行为分析的能见度与人-车微观参数关系模型。随着能见度增加，安全车速增加。

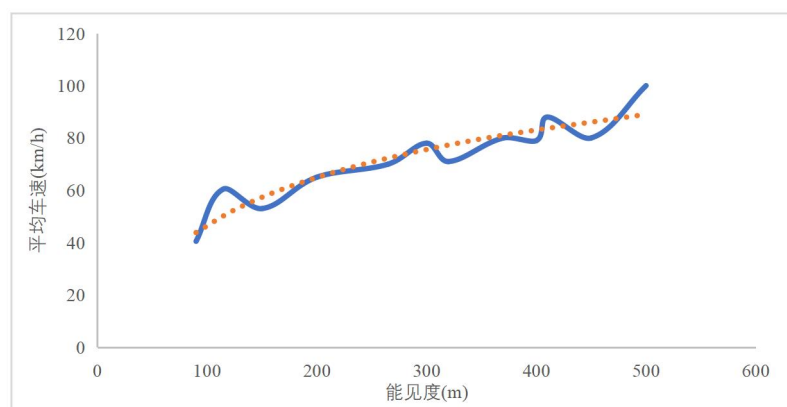


图4-8 能见度与平均车速关系模型

根据上述关系初步确定驾驶人不同能见度下期望车速并平滑取整，得到如下结论：

表4-1 基于实验分析的雾天高速公路安全车速

雾天分级	能见度（m）	安全限速（km/h）
五级	> 300	95
	200~300	70
四级	150~200	50
	100~150	45
三级	75~100	35
	50~75	30
二级	30~50	25
一级	< 30	——

考察不同能见度对交通风险的影响规律。能见度大于150m时，车道保持率能够均匀保持在80%左右的较高水平；能见度低于75m时，车道保持率已经低于50%，说明测试员至少有一半的试验时间无法将车辆控制在车道内，存在安全风险。所以，不足150m的能见度会影响车辆行驶安全，能见度越低，影响越明显。



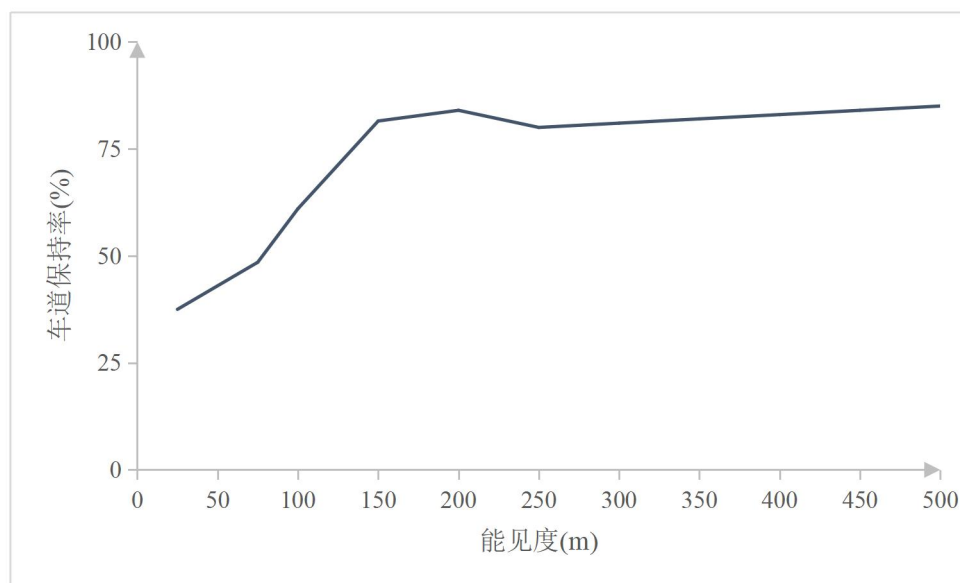


图 4-9 车道保持率随能见度的变化规律

考察不同交通流状态对交通风险的影响规律，将能见度固定设置为 50m（车道保持率均值为 50%），记录车辆边缘距左、右车道线数据并处理成平均车道保持率，实验结论见下图。交通量小于 500vel/h 时，车道保持率能够均匀保持在 75%左右的较高水平；交通量处于 500-1000vel/h 区间时，车道保持率快速下降；交通量大于 1000vel/h 时，车道保持率缓速下降，安全风险概率增加。

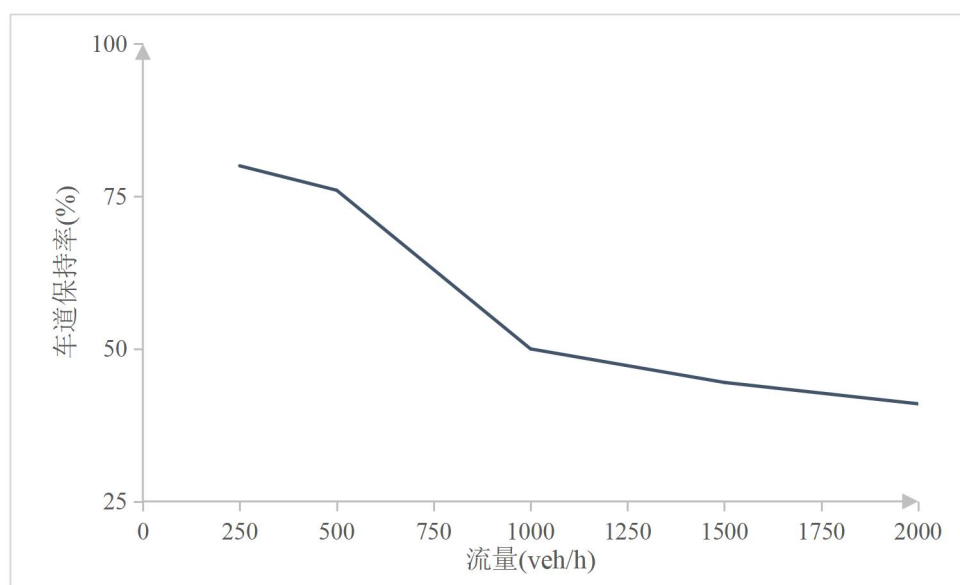


图 4-10 车道保持率随交通量的变化规律

进一步，结合运营管理实践等，并考虑交通流风险对交通流量和不同车型的约束，编制组确定雾天高速公路通行条件分级标准。

## 2.雨天标准研究

通过基础理论研究确定降雨天路面摩擦系数，并计算满足停车视距、避免轮胎滑水的理论安全车速，作为驾驶模拟实验的控制变量；设计降雨天驾驶模拟实验，针对标志视认、跟驰驾驶、遇障制动三种情况，采集驾驶员行为、车辆运行参数，基于生存分析确定最佳车速条件，进一步经过调整形成雨天通行条件分级标准。具体研究成果见山东省交通运输科技计划项目《恶劣天气下基于高速公路路警联动保安保通的关键技术、应用标准及综合管理研究》（2020B202-01）。

运行速度随降雨强度的增大而不断降低，降雨对自由流条件下车辆的运行速度产生影响，但不影响阻塞流的运行速

度。

道路能见度随降雨强度的增大而不断降低。降雨除了降低能见度，夜间时，车灯由于雨滴的散射作用，照亮范围与距离会受到影响，进而影响驾驶员对道路状况的判断。

而且降雨会产生动力滑水现象，容易导致车辆失稳。国内外的相关研究表明，沥青表面水膜厚度与降雨强度具有较好的相关性，水膜厚度随降雨强度变大，进一步影响了路面摩擦系数。车辆滑水临界速度与水膜厚度就有较好的相关性。

在上述影响分析下，设计驾驶模拟试验。在实验场景中设置 5 种能见度，由于降雨强度与临界滑水速度成反比，驾驶模拟实验中各路段安全管控条件设置的限速值均小于降雨强度对应的临界滑水速度，因此将实验中的路面看作湿润路面。



图 4-11 自由驾驶



图 4-12 跟驰行驶

开展了标志视认性分析：将自驾车辆通过标志时的速度与标志牌上的限速信息进行比较，绝大部分驾驶员在通过可变限速版时基本完成了标志牌视认和控制车速的操作，说明在相应的速度条件下驾驶员能够在雨雾中完成对标志牌的视认。

开展了跟驰行为分析：每个路段都出现了车辆超速的情况，但超速的范围绝大部分在5km/h以内，而且能见度越低，超速比例越高，占20%~30%。

对不同能见度路段驾驶员遇到紧急情况时的停车间距、反应时间和最大踏板力进行分析，结果表明：驾驶模拟方案中的控制策略均具有一定的合理性，Log-Rank检验的结果表明三种试验条件没有表现出显著的差异，但不符合控制要求的危险车辆表现出显著的差异。危险车辆驾驶员的停车间距更近、反应时间更短、最大制动踏板力更大。

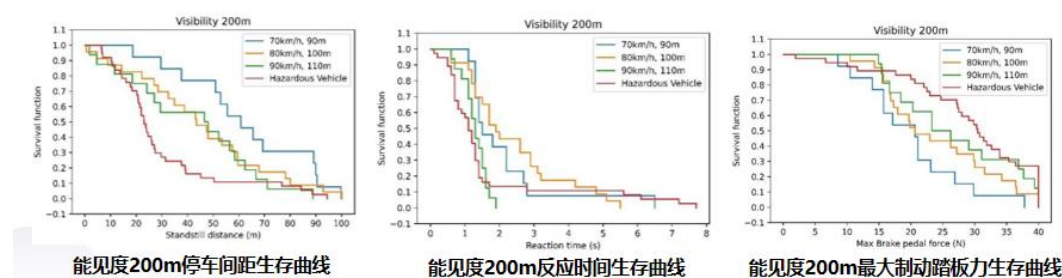


图 4-13 能见度 200 米时停车间距、反应时间和最大踏板力生存曲线

最终，分析表明，驾驶模拟实验中各个路段的控制条件均具有一定的合理性，遵守控制的车辆在应对前车紧急停车事件时具有较好的安全性，控制效果也比较接近，但是策略的容错性较差，如果车辆超速并且拉近与前车的距离，行车的安全性会出现明显的下降。为了提升策略的容错性，通过分析危险车辆的驾驶行为，优化已有的策略，提升其容错性，以达到规避危险车辆的目的。得到安全速度、安全流量和车型限制结论如下。

能见度 (m)	200	150	100	75	50
降雨强度 (mm/min)	0.9	1.4	1.8	2.6	4.0
速度 (km/h)	70	60	50	40	30
跟车距离 (m)	110	100	90	70	50
通行能力 [pcu/(h·ln)]	636	600	556	571	600
车型管理	危险品运输车		危险品运输车、大型客车		

图4-14 雨雾天气下安全驾驶条件（必要非充分条件）

进一步，结合运营管理实践等，编制组确定雨天高速公路通行条件分级标准。

### 3.冰雪天标准研究

针对冰雪天高速公路典型路面状态，通过室内气象模拟和抗滑性能试验，构建冰雪路面摩擦系数计算模型；依托湿滑路面车辆动力学仿真，耦合省内常见不利线形，确定安全容许的最大车速；最后设计冰雪天驾驶模拟实验场景，针对标志视认、跟驰驾驶、遇障制动三种情况，采集驾驶员行为、车辆运行参数，基于生存分析确定最佳车速条件，进一步经过调整形成冰雪天通行条件分级标准。具体研究成果见山东省交通运输科技计划项目《恶劣天气下基于高速公路路警联动保安保通的关键技术、应用标准及综合管理研究》（2020B202-01）。

#### （1）冰雪天气路面抗滑性能测试

在封闭的环境仓内开展冰雪天气路面抗滑性能测试实验。环境仓可以控制环境温度、模拟降雪以及低温覆冰；所用的测试路面由 10 块车辙板拼接而成，采用的沥青混合料级配类型是 SMA-13，路面的构造深度为 1.2，常温洒水测得的摆值为 75。

试验使用便携式连续摩擦系数测定仪和摆式仪测定路面的抗滑性能。便携式测定仪包含了两个测试轮，测试过程中轮胎的滑移率为 20%，能够有效地模拟车轮的刹车过程，并可以连续采集路面的摩擦系数（测量间隔 0.1m）。同时，试验过程中使用维萨拉遥感道面状态传感器监测路表的冰层厚度、水膜厚度以及雪层厚度，检测精度为 0.01mm。

对于结冰路面摆值表现出比较明显的温度敏感性，但对冰层厚度的变化却不够敏感；对于积雪路面，滑块对路表压实的积雪具有“擦除”效应，因此测试结果的变异性较大，由于路面状态遭到了破坏，测试结果也不具有代表性。因此本标准选用便携式滚动测定仪测量路面摩擦系数。

实验过程选择冰层厚度、雪层厚度、水膜厚度和路表温度作为试验的控制因素。比较冰层厚度与构造深度之间的关系分为薄冰和厚冰两种情况，同样地，根据积雪压实后与构造深度的关系，将雪层厚度也分为薄雪和厚雪两种情况。采集数据，得到结冰和冰水混合、积雪和积雪消融路面抗滑性能测试结果，并进行了公式拟合，建立了气象指标与行车安全性之间的桥梁。

表 4-2 路面状态摩擦系数预测模型

编号	路面状态	摩擦系数预测模型	
模型 1	结冰路面	回归方程	$\mu = 0.23x_1 - 0.111\ln(x_2) + 0.012$
		参数含义	$\mu$ —摩擦系数； $x_1$ —水膜厚度； $x_2$ —冰层厚度
		适用范围	适用于结冰、冰-水混合、低温积水路面

		触发条件	$x_2 > 0$ 或 $x_1 > 0$ ，路面温度 $0^{\circ}\text{C}$
		变量初值	$x_2 = 0.001\text{mm}$ ；当冰层厚度大于 $1.2\text{mm}$ 时，取 $x_2 = 1.2$
模型 2	积雪路面	回归方程	$\mu = -0.001x_1^2 - 0.017x_1 - 0.003\ln(x_2) + 0.374$
		参数含义	$\mu$ —摩擦系数； $x_1$ —路面温度； $x_2$ —雪层厚度
		适用范围	适用于常态的积雪路面，路面温度小于 $-1^{\circ}\text{C}$
		触发条件	$x_2 > 0$ 且 $x_1 < -1^{\circ}\text{C}$
		变量初值	无特殊要求
模型 3	积雪消融路面	回归方程	$\mu = 2.060x_1 - 0.118\ln(x_2) - 0.123\ln(x_3) - 0.285$
		参数含义	$\mu$ —摩擦系数； $x_1$ —水膜厚度； $x_2$ —冰层厚度； $x_3$ — 雪层厚度
		适用范围	适用于积雪-冰层-水膜混合状态的路面，路面温度大于 $-1^{\circ}\text{C}$
		触发条件	$x_2 > 0$ ， $x_3 > 0$ 或 $x_3 > 0$ 路面温度 $> -1^{\circ}\text{C}$ ，环境温度 $> 0^{\circ}\text{C}$
		变量初值	$x_2 = 0.01\text{mm}$

## (2) 基于多体动力学仿真的安全车速

降雨、降雪及结冰路面状态下，特别在暗冰路段，驾驶员较难识别路面状态，此时驾驶员按照正常驾驶行为行驶时，极易发生侧滑、侧碰事故。在低摩擦系数路面环境下，换道的可行性以及安全运行速度控制显得尤为重要。

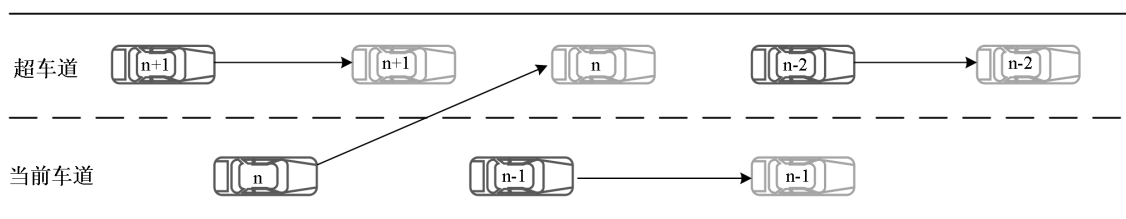




图 4-15 车辆换道行为示意

本标准基于 Adams/car 软件开展了系列车辆动力学仿真实验，控制参数包括车型、道路摩擦系数、道路平纵线形等。基于仿真结果，评价换道过程中车辆侧向速度、加速度、航向角、方向盘转角与车辆纵向位移间的关系。其中，车辆横向跨道位移不得大于 3.75m，若车辆的最大横向偏移值大于该限值，则变道过程中车辆必然出现失稳侧滑现象。



图 4-16 车辆动力学仿真系统的车辆模型

平直线路段，匀速换道工况下，驾驶员在控制方向盘进行变道的过程中，由于变道持续时间相对固定，方向盘转角在固定变道持续时间周期内基本呈正弦函数曲线变化，且最大反向盘转角应小于  $25^{\circ}$ 。如果方向盘转角波动明显，转角峰值超过正常变道下的转角值，说明驾驶员此时频繁调整方向盘以保证车辆沿既定轨迹行驶，若不采取该措施，车辆将偏离目标轨迹而出现侧滑碰撞等事故。变速换道工况下，根据数据分析，相同运行速度下，变道加速度越大，车辆稳定性越差。当车辆初始运行速度越大，车辆变道过程中的安全加速度随之降低。

平曲线路段的横断面一般设置超高的形式。车辆在进入



弯道时，由于驾驶员会感受到车身发生倾斜，产生离心力作用，此时驾驶员会选择降低速度以获取弯道行驶时的安全感；当驶离圆曲线时，驾驶员会采取加速措施，即“减速进弯，加速出弯”，且加减速过程一般出现在缓和曲线位置。因此，汽车在转弯行驶时，由于冰雪路面附着系数低以及车辆受到离心力作用等原因，缓和曲线段的加速、减速将影响车辆方向稳定性，尤其在车辆加速过程更为危险，车辆极易出现侧滑甚至侧翻等现象。平曲线路段，车辆在横断面方向、纵断面方向的受力主要用于车辆的侧翻分析。

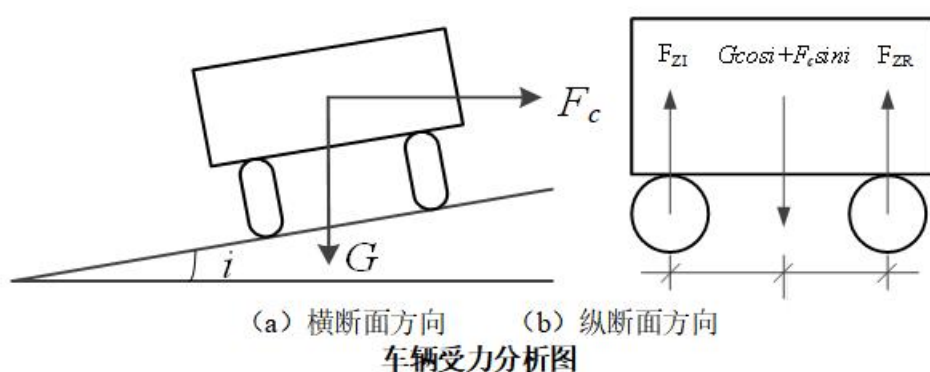


图 4-17 车辆受力分析

利用 Adams/Car 中的路面建模器，对 3D 平滑路面赋予不同的摩擦系数，路面宽度为 7.5m，模拟车辆在不同平曲线半径和超高下，结冰及降雨（雪）下的行车环境。根据上述对路面摩擦系数预测模型的建立，本研究确定仿真的路面摩擦系数分别为 0.1、0.2、0.3。

由此，建立换道条件下，不同工况路面的车辆安全运行速度，确定不同参数下、匀速及变速变道工况下车辆安全运行标准。

### 1) 直线变道工况部分结果

表 4-3 于动力学仿真的匀速变道下车辆安全速度

路面摩擦系数	安全运行速度 (km/h)
f=0.2	80
f=0.3	100
f=0.4	110

表 4-4 基于动力学仿真的变速换道下车辆安全运行标准

路面摩擦系数	安全运行速度/(km/h)	安全运行加速度/(m/s <sup>2</sup> )
f=0.2	40	2
	50	1.5
	60	1.5
	70	1
f=0.3	50	2.5
	60	2
	70	1.5
	80	1
f=0.4	80	2
	90	1.5
	100	1
	110	0.5

### 2) 平曲线变道工况部分结果（以摩擦系数 0.2 为例）

路面摩擦系数 $\mu=0.2$ 时车辆最大安全行驶速度

半径(m)	超高	速度 (km/h)			$(f_c)_{\max}$		
		小汽车	客车	挂车	小汽车	客车	挂车
250	8%	70	65	60	0.1	0.080	0.113
400	4%	70	65	60	0.110	0.089	0.117
	5%	70	65	60	0.100	0.079	0.105
	6%	75	70	65	0.11	0.085	0.119
	7%	80	75	65	0.109	0.094	0.111
	8%	80	75	65	0.109	0.086	0.104
650	4%	80	70	60	0.099	0.063	0.102
	5%	85	75	65	0.104	0.063	0.115
	6%	90	75	65	0.110	0.053	0.105
	7%	90	80	70	0.097	0.042	0.112
	8%	95	80	70	0.110	0.032	0.104
1800	4%	120	95	85	0.050	0.056	0.059

不同安全速度所对应的最大安全加速度值 ( $\mu=0.2$ )

半径 (m)	超高	圆曲线段速度 (km/h)			后缓和曲线段最大安全加速度 ( $m/s^2$ )		
		小汽车	客车	挂车	小汽车	客车	挂车
250	8%	65	60	—	1.4	0.8	—
		60	55	50	1.4	0.8	0.7
		55	50	45	1.3	0.8	0.7
400	4%	65	60	—	1.3	0.8	—
		60	55	50	1.3	0.8	0.65
		55	50	45	1.4	0.8	0.65
	5%	65	60	—	1.4	0.85	—
		60	55	50	1.4	0.85	0.7
		55	50	45	1.4	0.85	0.7
	6%	70	65	—	1.3	0.8	—
		65	60	50	1.3	0.9	0.7
		60	55	45	1.3	0.9	0.7
	7%	75	70	—	1.2	0.75	—
		70	65	55	1.2	0.8	0.65
		65	60	50	1.2	0.8	0.65
	8%	75	70	—	1.2	0.75	—
		70	65	55	1.2	0.75	0.75
		65	60	50	1.2	0.8	0.75
650	4%	75	65	—	1.3	0.9	—
		70	60	55	1.3	0.9	0.75
		65	55	50	1.4	0.9	0.75
	5%	80	70	—	1.3	0.8	—
		75	65	55	1.35	0.8	0.75
		70	60	50	1.35	0.8	0.75
	6%	85	70	—	1.25	0.8	—
		80	65	60	1.3	0.8	0.7
		75	60	55	1.3	0.8	0.7
	7%	85	75	—	1.3	0.8	—
		80	70	60	1.3	0.9	0.75
		75	65	55	1.3	0.9	0.75
	8%	90	75	—	1.2	0.85	—
		85	70	65	1.2	0.9	0.75
		80	65	60	1.2	0.9	0.8
1800	4%	115	90	80	1.4	1.0	3.0
		110	85	75	1.4	1.0	3.0
		105	80	70	1.4	1.0	3.0

备注：条件 1800m、超高 4% 时，取安全允许范围内的加速度 ( $3.0m/s^2$ ) 及速度进行仿真，挂车的安全性（侧向速度、方向曲率角指标）没有受到显著影响。

图 4-18 平曲线变道工况最大安全速度及加速度值

### (3) 基于驾驶模拟的安全车速

开展驾驶模拟仿真，基于冬季高速公路能见度和路面状态的监测结果，首先根据国内外的研究成果制定主线的限速值，然后结合停车视距理论计算出相应的跟车距离，最后通过驾驶模拟实验研究安全控制策略的有效性，并根据实验结果提出不同路面状态和能见度条件下安全合理的行车条件。

积雪路面策略分析：对停车间距、反应时间、刹车时间以及最大踏板力的分析结果表明：每个能见度条件下，三个策略均具有一定的合理性，Log-Rank检验的结果表明三种策略没有表现出显著的差异（ $p < 0.005$ 表示相应的生存曲线差异显著），符合策略要求的车辆在应对前车紧急停车事件时比危险车辆表现出更好的安全性，但是部分车辆驾驶员在相应管控策略提醒下表现出危险驾驶行为，因此需要对策略进行优化，避免车辆进入危险的跟车状态。

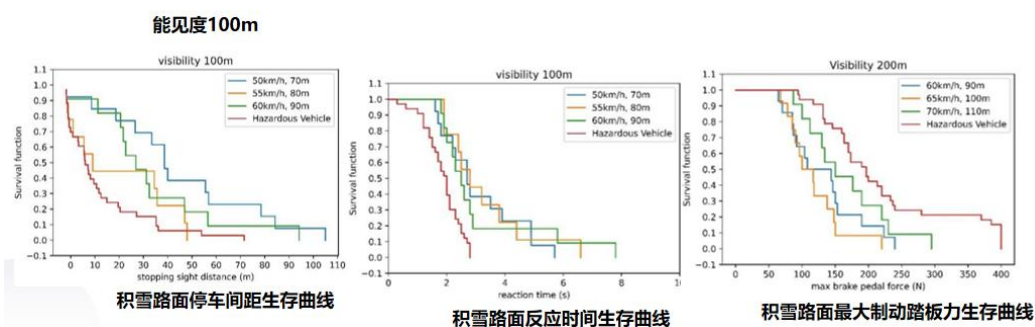


图 4-19 积雪路面停车间距、反应时间和最大踏板力生存曲线

类似的，对于积雪消融路面、薄冰路面等安全控制策略进行分析，实验中各个路段制定的策略均具有一定的合理性，遵守策略的车辆在应对前车紧急停车事件时具有较好的安

全性，管控效果也比较接近，但是策略的容错性较差，如果车辆超速并且拉近与前车的距离，行车的安全性会出现明显的下降。为了提升策略的容错性，通过分析危险车辆的驾驶行为，优化已有的管控策略，提升其容错性，以达到规避危险车辆的目的。基于各路段的限速和车距控制，计算最大服务通行能力进行流量控制，同时制定相应的车型管理标准。最终得到基于试验的安全行车条件如下。

路面状态	能见度	限速 (km/h)	跟车距离 (m)	通行能力 [pcu/(h·ln)]	车型管理
积雪路面	≥150m	60	130	462	危险品运输车辆、超限车辆、大型客货车
	100m	50	90	556	
	75m	40	70	571	
	50m	30	50	600	
积雪消融路面	≥50m	20	50	400	危险品运输车辆、超限车辆、大型客货车
薄冰路面	≥100m	40	90	445	危险品运输车辆、超限车辆、大型货车
	75m	35	70	500	
	50m	25	50	500	

图 4-20 结冰积雪路面车辆安全管控条件

进一步，结合运营管理实践等，并考虑法律法规的约束，编制组确定冰雪天气高速公路通行条件分级标准。

（二）预期的经济、社会和生态效益

经济效益上，本标准的实施，能够有效降低事故发生率和事故严重程度，减少因恶劣天气导致的交通阻断，从而降低事故、阻断造成的经济损失，保障人民生命财产安全和路网运营效益，经济效益显著。

社会效益上，本标准的实施，可为用户出行提供行车安



全预警和路径选择决策依据，提升驾乘人员安全意识，缓解驾乘人员焦躁心理，充分满足公众的安全出行需求，社会效益显著。

生态效益上，本标准的实施，通过科学指导高速公路运营管理，在保障安全的前提下提高高速公路资源利用率，充分发挥高速公路的运输效率，缓解因恶劣天气导致的拥堵，降低能源消耗，有效促进节能减排，生态效益显著。

## 五、与现行相关法律、法规、规章和其他标准的关系

### （一）与现行相关法律、法规、规章的关系

《中华人民共和国道路交通安全法》第四十条规定：遇有恶劣天气条件等严重影响交通安全的情形，采取其他措施难以保证交通安全时，公安机关交通管理部门可以实行交通管制。第四十二条规定：机动车上道路行驶，遇到有沙尘、冰雹、雨、雪、雾、结冰等气象条件时，应当降低行驶速度。

《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》（以下简称“实施条例”）第四十六条规定，机动车行驶中遇有下列情形之一的，最高行驶速度不得超过每小时 30 公里：（三）遇雾、雨、雪、沙尘、冰雹，能见度在 50 米以内时；（四）在冰雪、泥泞的道路上行驶时。第八十一条规定，机动车在高速公路上行驶，遇有雾、雨、雪、沙尘、冰雹等低能见度气象条件时，应当遵守下列规定：（一）能见度小于 200 米时，开启雾灯、近光灯、示廓灯和前后位灯，车速不得超过每小时 60 公里，与同车道前车保持 100 米以上的距离；（二）能见度小于 100 米时，开启雾灯、近光灯、示廓灯、前后位灯和危险报警闪光灯，车速不得超过每小时 40 公里，与同

车道前车保持 50 米以上的距离；（三）能见度小于 50 米时，开启雾灯、近光灯、示廓灯、前后位灯和危险报警闪光灯，车速不得超过每小时 20 公里，并从最近的出口尽快驶离高速公路。遇有前款规定情形时，高速公路管理部门应当通过显示屏等方式发布速度限制、保持车距等提示信息。

本标准提供了高速公路恶劣天气通行条件分级指南，可以指导高速公路运营单位在上述法律法规的规定内和自身运营职责内合理安排高速公路恶劣天气交通应急事件的分级处置工作。

### （二）与其他标准的关系

国家标准《雾天高速公路交通安全控制条件》（GB/T 31445-2015）规定了不同能见度等级划分，以及对应的雾天高速公路管控措施，如下表所示。本标准在国标的基础上，对高速公路雾天通行条件分级和应急响应对策进一步完善。

表 5-1 雾天高速公路交通安全控制标准

交通控制等级/能见度	道路封闭条件	雾天高速公路管控措施
四级/ 100m≤能见度<200m	发生重特大交通事故	①限速60km/h； ②视情况，可采取入口限流措施； ③启动雾天安全引导设施； ④提示过往车辆开启雾灯、近光灯、示廓灯和前后位灯保持车距不小于100m。
三级/ 50m≤能见度<100m	发生交通事故，根据雾天影响范围及其上下游关联管控区域，确定封闭路段和分流节点	①限速40km/h； ②视情况，可采取入口限流措施 ③启动雾天安全引导设施； ④采取车辆限制措施； ⑤视情况，采用带道通行措施； ⑥提示过往车辆开启雾灯、近光灯、示廓灯和前后位灯，保持车距不小于50m。
二级/ 30m≤能见度<50m	路段上雾天交通安全引导设施不完善，根据雾天影响范围和其上下游关联管控区域，确定封闭路段和分流节点	①限速20km/h； ②采取入口限流措施； ③采取交通诱导措施； ④启动雾天安全引导设施； ⑤采取车辆限制措施； ⑥视情况，采用带道通行措施； ⑦视情况，采取分流疏导措施；

		⑧提示过往车辆开启雾灯、近光灯、示廓灯和前后位灯，保持车距不小于50m
一级/ 能见度<30m	根据雾天影响范围及其上下游关联管控区域，确定封闭路段和分流节点	①采取入口限流措施； ②采取交通诱导措施； ③启动雾天安全引导设施； ④采取分流疏导措施； ⑤提示通行车辆以不超过20km/h就近驶离高速公路或进入服务区休息； ⑥提示过往车辆开启雾灯、近光灯、示廓灯和前后位灯和危险闪光灯； ⑦除特别紧急公务、紧急抢险救护等车辆在警车或路政车带道下通行外，限制路段禁止其他车辆驶入高速公路。

国家标准《雾天公路通行条件预警分级》（GB/T 31444-2015）规定了雾天公路通行条件预警级别及其划分方法，包括高速公路、一级公路、二级公路形成的路网，规定了预警级别。本标准在该标准的基础上，进一步对雾天分级条件进行拓展。

气象行业标准《高速公路交通气象条件等级》（QX/T 111—2010）规定了高速公路在雾天、降雨、积雪、高温、大风等条件下的交通气象条件等级，分为四级，但是缺乏对路面状态的直接评价。本标准在该标准的基础上，根据省内交通气象情况进一步结合路面状态对通行条件分级进行细化。

本标准为你推荐性地方标准，技术要求不低于有关国标、行标的要求，编制目的是在对有关国标、行标进行补充细化的基础上，形成适用于本省运营期高速公路道路条件、气象条件的路段级短时通行条件分级地方标准，满足与相关国标、行标、地标的协调性要求。

综上所述，现行的法律法规与标准体系中对恶劣天气条件分级做出了总体性的规定，但在实际操作层面需要进一步提升，因此，本标准在遵守上述法律法规与标准体系的基础上，对高速公路恶劣天气通行条件分级和应急处置对策做进



一步的细化、完善与补充。

**六、重大分歧意见的处理过程、处理意见及其依据**  
无。

**七、公平竞争审查结论**

经审查，该地方标准没有违反公平竞争审查标准的内容。

**八、实施地方标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议**

本标准实施主体主要为高速公路运营单位。

为确保标准实施主体能准确理解、掌握和执行标准，标准发布后应向标准实施主体进行推广和宣贯，推动标准的落地实施，预计此项工作需要 3 个月。

因此，建议设置过渡期三个月。过渡期内可参照本标准开展相关工作。

**九、涉及专利的有关说明**

本标准不涉及专利。

**十、其他需要说明的内容**

本标准给出了高速公路恶劣天气通行条件分级指南，通过科学评估高速公路恶劣天气通行条件，可为高速公路安全运营管理提供风险防控依据，降低重大安全事故风险，保障高速公路运营安全和通行效率，并填补我省在恶劣天气交通运输安全应急响应方面的标准空白。

提出部门： 山东省交通运输厅  
( 盖 章 )

2025 年 12 月