

不同风力预警等级高速公路车辆行驶安全分析

Driving Safety Analysis of Different Wind Warning Levels

葛金源¹ 张飞军¹ 徐广彬^{2*}

Jinyuan Ge¹ Feijun Zhang¹ Guangbin Xu^{2*}

1. 吉林建筑大学交通科学与工程学院 中国·吉林 长春 130118

2. 长春工程学院机电工程学院 中国·吉林 长春 130012

1. School of Transportation Science and Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun, Jilin, 130118, China

2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Changchun Institute of Technology, Changchun, Jilin, 130012, China

摘要: 近年气象部门根据不良天气情况对出行者提出预警,尤其是寒区冰雪天气,出行者根据不良天气分类等级的相关预告决定是否出行,已经被广泛认同。虽然如此,但对于除冰雪天气外的不良大风天气预报仍有很多不足。为此,开展不良天气大风蓝色、黄色和橙色预警等级车辆在高速公路上安全行驶影响研究十分重要。从风力预警等级分类入手,开展不同风力预警等级下车辆驾驶行为、运行状态等的研究方法分析,从而为不同风力预警等级下车辆出行速度等值的确定提供参考。

Abstract: In recent years, the meteorological department has issued warnings to travelers based on adverse weather conditions, especially snow and ice weather in cold areas. Travelers decide whether to travel based on the relevant forecasts of adverse weather classification levels, which has been widely recognized. Even so, there are still many shortcomings for bad wind weather forecasts other than ice and snow. For this reason, it is very important to carry out research on the impact of blue, yellow and orange warning grade vehicles on highways in bad weather and strong winds. Starting from the classification of wind warning levels, the analysis of the research methods of vehicle driving behavior and operating status under different wind warning levels is carried out, so as to provide a reference for determining the equivalent value of vehicle travel speed under different wind warning levels.

关键词: 风力; 预警等级; 行驶安全; 关系; 分析

Keywords: wind force; warning level; driving safety; relationship; analysis

DOI: 10.12346/etr.v4i1.5191

1 引言

通过中国多年交通事故统计数据可知,不良天气交通事故发生率占全国总事故的40%。为了防止不良天气下交通事故发生,在车辆性能良好,驾驶员具备合格的操作技能、丰富的驾驶知识和经验、良好的习惯和情绪及充沛的体力等条件下,分析雨、雪、雾、风等不良天气对车辆行驶安全影响十分必要。

中国人民公安大学敖曼、翟润平研究了道路交通事故与气象条件的关系,提出了利用气象系统监控和风洞试验等预防交通事故的对策措施研究;长安大学田林以载重汽车作为风洞试验车型,模拟风速8m/s和13m/s、风攻角为0°和

90°,获取了风作用于载重汽车六分力系数,进而量化了作用于载重汽车的六分力,提出了横风作用下载重汽车交通安全工程措施和管理对策;西南交通大学韩旭、向活跃、李永乐在顺向斜风作用下桥面运动车辆气动特性试验研究中,采用移动车辆模型风洞试验装置,1/20的车辆和桥梁模型,测试了顺向斜风作用下运动车辆的气动特性,探究了风速、风向和风屏障等因素对移动车辆气动特性的影响。

Tran VT 基于侧风对车辆动态稳定性影响提出了一种侧风前馈控制方法;Howell JP 为研究气动侧力和横摆力矩分布,在的米拉(MIRA)全尺寸风洞里,通过罗孚800轿车车身不同部位布点方式获取了车身表面各处气动载荷分布

【作者简介】葛金源(1995-),女,硕士,从事交通安全及节能减排技术研究。

【通讯作者】徐广彬(1972-),女,中国浙江海宁人,博士,正高级工程师。

情况；C.J.Backer 等人通过风洞等试验和卡车受力评价等分析了作用于卡车表面的气流场；Wallentowitz H 等人提出了一种评估在自然侧风条件下车辆运动特性的方法，其模型被用来研究驾驶员和车辆之间的闭环特性。

综上所述，在侧风对车辆行驶安全性影响研究中，中国及其他国家多采用风洞试验或人为产生阵风分析风力作用于车辆表面的力，对不同风力等级下车辆在道路上行驶安全性研究较少，尤其是根据气象部门的风力预警等级进行分类研究尚未开展。

2 不同风力预警等级分类

所有车辆的行驶和操控特性都会受到自然风的影响。根据国家气象局对风力等级的分类，如表 1 所示，风力等级一至三级级，风速较低，陆地地面物象表现不明显，对于车辆的影响很小，在研究中可以忽略不计。

注：取自中国气象网。

自风力等级四级起，随着风速的不断加快，车辆在一定风力下可能产生侧滑，甚至侧翻，最终导致交通事故发生。因此，在研究侧风对车辆的影响中，将表 1 中风力等级四级以上的称之为大风天气，并以国家气象部门对于大风预警天气的分类，即蓝色、黄色、橙色、红色四类预警天气进行小汽车行驶安全分析；大风蓝色预警的平均风力为六至七级，黄色预警的平均风力为八至九级，橙色预警的平均风力为十至十一级，红色预警的平均风力为十二级以上。风力等级十二级以上为红色预警天气，禁止车辆出行，所以红色预警天气忽略不计。

由此可知，研究大风天气与车辆行驶安全关系，主要分析的是蓝色、黄色和橙色预警时车辆的行驶安全性。

3 不同风力等级下车辆行驶安全分析方法

根据气象部门大风预警等级分类，针对蓝、黄和橙色预警等级，开展大风对车辆行驶安全的影响研究，一方面是分

析大风对驾驶行为的影响。大风，尤其是阵风，会造成驾驶者因不能及时反应而造成失误，尤其是当风+雨、风+雾等现象出现时，更容易使驾驶者产生紧张等不良情绪，造成错误判断；另一方面，高速行驶的车辆因大风影响，行车环境变得恶劣，致其因气体对流而制动距离变长，稳定性受到影响，导致车辆偏离并诱发交通事故。

车辆行驶过程中，风力等级不同，对车辆的安全影响也不同。顺风、逆风和侧风中，侧风对小型汽车影响较大，尤其是小汽车，更因自身重量轻受到风力干扰，影响行驶稳定性，严重时可能发生侧滑和侧翻。在高速公路上，侧向风使行驶车辆受到侧倾力矩等较大影响，致其偏离行驶方向，导致驾驶员高度紧张，过早疲劳。特别是较强侧风作用下，汽车行驶速度较高，更易受侧风作用。下面是分析方法。

3.1 风洞实验

车辆在侧风环境中的实车实验，通常用风洞实验开展车辆安全性研究。风洞实验（见图 1），主要用于在不同等级风力作用下整车受力分析，对于车辆在路面行驶安全分析较少。在风洞实验过程中发现，影响车辆行驶安全涉及的因素太多，仅通过风洞试验进行车辆在侧风环境下行驶安全性研究是无法满足需要的。

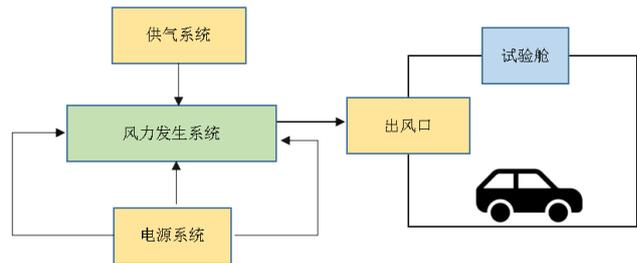


图 1 风洞实验系统

3.2 人为模拟侧风实验

在许多情况下，风洞实验并不能完成汽车侧风安全性研究。研究车辆侧向气动力对车辆安全性影响较大，需要采用人为产生阵风方法进行实车试验。在实车试验中，进行行车

表 1 风力等级表

风级	名称	风速 ($m \cdot s^{-1}$)	($km \cdot h^{-1}$)	陆地地面物象
1	软风	0.3~1.5	1.08~5.4	烟示风向，风向标不转动
2	轻风	1.6~3.3	5.76~11.88	感觉有风，树叶有一点响声
3	微风	3.4~5.4	12.24~19.44	树叶树枝摇摆，旌旗展开
4	和风	5.5~7.9	19.8~28.44	吹起尘土、纸张、灰尘、沙粒
5	清劲风	8.0~10.7	28.8~38.52	小树摇摆，湖面泛小波，阻力极大
6	强风	10.8~13.8	39~49	电线有声
7	劲风（疾风）	13.9~17.1	50~61	步行困难
8	大风	17.2~20.7	62~74	折毁树枝
9	烈风	20.8~24.4	75~88	小损房屋
10	狂风	24.5~28.4	89~102	拔起树木

安全研究,需要进行道路模拟。不同线形、景观的试验路成本较高,时间较长,而且增加了试验人员的危险。因此,随着3D打印技术的兴起,可以采用人为模拟侧风的实验室仿真试验(见图2)。

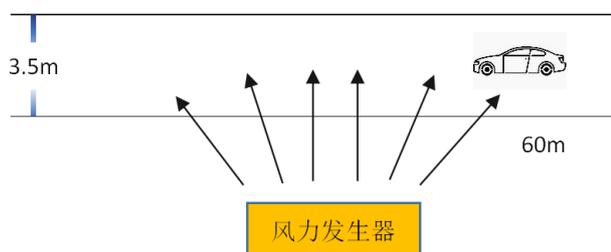


图2 人为模拟侧风实验系统

3.3 仿真系统实验

通过侧风环境中高速行驶车辆安全性影响分析,结合ANSYS、Adams/Car软件平台建立车辆整车模型,融合道路仿真系统研究高速公路车辆在不同道路环境的侧风稳定性。在仿真系统分析中,建立不同天气情况的道路模型,模拟侧风环境,根据参考坐标系不同,分析作用于汽车动力学模型上的侧向气动力,包括作用点的大小、方向和位置,研究车辆侧滑距离并确定临界速度整个实验过程,基于不同车辆模型进行动力学仿真,选择不同车型行驶在道路模型上而完成仿真试验。

4 运用仿真分析方法研究车辆在大风天气的行车安全

4.1 建立物理模型,进行受力分析

在大风预警天气条件下,车辆行驶过程中会受到侧向风力作用,不同风力等级、不同行驶速度对车辆行驶安全的影响不同。在研究中,首先建立车辆的整车模型,然后进行受力分析。

4.2 建立数学模型,计算安全位移

第一基于建立的物理模型,运用软件ANSYS与Adams/car进行仿真建模;第二,模拟不同预警等级风力,进行仿真计算并得出允许侧滑位移数据。

4.3 通过两种模型数据拟合,确定安全临界车速

基于物理模型,分析蓝色、橙色、黄色预警风力等级下车辆临界行车速度与车辆允许侧滑位移之间的关系;建立数学模型,在蓝色、橙色、黄色预警风力等级下,计算车辆行驶速度为20km/h、40km/h、60km/h、80km/h、100km/h、120km/h的可允许侧滑位移数值。对比两种模型计算方法中

的侧滑位移数据,确定允许侧滑位移数据,并根据其结果获得蓝色、橙色、黄色风力预警等级下的安全临界行车速度。

5 结语

根据气象预报部门风力预警等级划分,对比风对陆地地面物象的影响,对车辆出行影响较小和禁止车辆出行的有风天气,将不做研究。对于蓝色、橙色和黄色风力预警等级,参照《公路工程技术标准》,选择计算机仿真系统,通过建立物理、数学模型,研究不同风力等级,如蓝色、黄色和橙色预警等级下的行驶车辆安全速度临界值,如普通公路与高速公路车辆行驶速度的限制值等,为进一步开展不同大风预警等级下风对高速公路车辆行驶安全性影响奠定基础。

参考文献

- [1] 敖曼,翟润平.气象条件对道路交通的影响分析[J].公路与汽运,2011(2):58-62.
- [2] 田林.横风作用下复杂路段载重汽车运行安全的研究[D].西安:长安大学,2014.
- [3] 韩旭,向活跃,李永乐.顺向斜风作用下桥面运动车辆气动特性试验研究[J].西南交通大学学报,2021,4(30):11-20.
- [4] Tran V T. Crosswind feed forward control-A measure to improve vehicle crosswind behavior[J]. Vehicle System Dynamics,1994,23(3):165-209.
- [5] Howell J P. The side load distribution on a Rover 800 saloon car under crosswind conditions[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,1996,60(3):139-153.
- [6] Wallentowitz H, Holle M, Holtschulze J. Fahrer fahrzeug seiten wind[J]. VDI Berichte, 2001(1632):401-424.
- [7] 陈宁,李永乐,王修勇,等.横风作用下桥上车辆侧倾行车安全性分析[J].防灾减灾学报,2020,36(4):26-36.
- [8] 王磊,梁婷,郭瑞庭,等.汽车环境风洞实验室的发展与应用[J].科技创新导报,2020,17(2):88-89+95.
- [9] 石佳琦.气动升力对车辆行驶气动稳定性影响及优化研究[D].株洲:湖南工业大学,2020.
- [10] 邹思敏,何旭辉,王汉封,等.横风作用下高速列车-桥梁系统气动特性风洞试验[J].交通运输工程学报,2020,20(1):132-139.
- [11] 赵翔宇,鲁彦,郝杰龙.风洞试验在建筑研究与设计中的应用[J].山西建筑,2021,47(5):50-51.
- [12] JTG B02—2014 公路工程技术标准[S].
- [13] 高轲轲,王令飞.基于行驶稳定性的大风天气下桥梁行车安全研究[J].黑龙江交通科技,2019,42(6):96-99.