

高速公路不良天气条件下最高车速限制合理取值

李洪强¹, 程国柱², 夏正浩³

(1. 大庆高新区规划建筑设计院, 黑龙江 大庆 163000;

2. 哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090;

3. 中交第一公路勘察设计院有限公司, 陕西 西安 710068)

摘要:为了提高不良天气条件下高速公路行车的安全性, 分析了雨、雪、雾等不良天气条件对道路交通安全的影响机理, 采用数学公式推导的方法, 以制动反应时间内行驶距离与制动距离之和小于能见距离为条件, 推导了不良天气条件下的基于安全距离的高速公路最高车速限制值计算公式, 并给出了雾天、雨天及雪天对应不同能见距离、附着系数及纵坡的车速限制标准建议。

关键词:高速公路; 最高车速限制; 不良天气; 安全车速

中图分类号: U491.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-0300(2009)03-0078-05

不良天气条件下道路交通事故频发是我国高速公路交通事故的一个重要特征, 单位时间内不良天气的事故数是晴天的好几倍甚至是几十倍, 且多为重大和恶性事故^[1]。不良天气包括: 雨、雪、雾等, 车速限制是保障高速公路不良天气条件下交通安全的有效手段之一。车速限制标准的制定要合理, 如果标准太高则不能很好地控制群车追尾等重大事故的发生, 车速限制也就失去了意义; 如果标准太低则会降低高速公路的通行能力, 造成不必要的经济损失。

《道路交通安全法》实施条例第八十一条规定, 机动车在高速公路上行驶, 遇有雾、雪、雨、沙尘、冰雹等低能见度气象条件时, 应当遵守下列规定: 能见度小于 200 m 时, 开启雾灯、近光灯、示廓灯和前后位灯, 车速不得超过 60 km/h, 与同车道前车保持 100 m 以上的距离; 能见度小于 100 m 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 40 km/h, 与同车道前车保持 50 m 以上的距离; 能见度小于 50 m 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 20 km/h, 并从最近的出口尽快驶离高速公路。《道路交通安全法》规定的车速限制值并没有考虑道路附着系数及坡度的影响, 尚缺少理论根据。综合考虑上述因素, 针对雨、雪、雾与安全行驶距离的关系进行高速公路车速限制的合理取值问题研究。

1 不良天气对交通安全的影响

1.1 雨雪天气对道路交通安全的影响

在路面性能中, 抗滑性能是道路交通安全的最重要影响因素。路面抗滑性能主要取决于路面的宏观构造和微观构造。有关研究表明, 低速时微观构造起作用, 高速时微观构造和宏观构造同时起作用, 尤其在高速和有水时, 宏观构造起着很大的作用^[2]。

所以保证路面抗滑性能, 就要保证路面具有良好的宏观构造和微观构造。英国在研究雨水路面抗滑性能对交通安全的影响后建议: 潮湿路面的停车距离应该至少是干燥路面停车距离的 2 倍^[3]。

1985 年英国研究表明, 横向力系数每提高 0.1, 雨天事故率就可降低 13%。美国的研究指出, 路面抗滑值(车速为 64.36 km/h)为 40 时, 湿路面事故率为 25%, 随着路面抗滑值的降低, 湿路面事故率可增加

收稿日期: 2009-06-08

作者简介: 李洪强 男 1976 年出生 工程师

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金(200802131013)

到60%。我国在“七五”攻关中对抗滑表层的研究表明,修建抗滑表层后可使雨天交通事故减少80%^[4]。

交通部公路研究所通过调查得出,当路面抗滑值<35时,交通事故急剧增长^[5]。国外有关研究发现,事故率随着宏观构造的增大而减小。以上研究和调查结果均表明,雨雪冰对道路路面的抗滑性能具有重要影响,从而影响道路的交通安全。

1.2 雾天对道路交通安全的影响

对于行车来说,雾天是影响能见度最恶劣的气象条件之一,能见度有时降到30~40 m甚至更低^[6],严重影响驾驶员的视线。由于雾对光的散射及吸收作用,目标物轮廓的清晰度下降,驾驶员看不清前方和周围的情况,对交通标志、路面设施和行人识别产生困难,容易造成追尾事故^[7]。

同时高速公路路面雾气朦胧,给驾驶员心理造成紧张感。据调查,有70%左右的驾驶员在进入雾区时心理过度紧张,85%左右的驾驶员在雾天开车感到疲劳,87.5%的驾驶员驾驶姿势会发生变化^[8]。因此,一旦有意外,便会惊惶失措而引发交通事故。

此外,由于雾天与灰尘混合,导致轮胎与路面的附着系数减小,从而导致制动距离延长、行驶打滑、制动跑偏等现象发生。

雾对高速公路交通安全的影响,不是雾的物质本身,而是雾的光学现象:雾使高速公路路域环境能见度发生变化,造成行驶车辆车速的快速变化,从而导致事故的发生^[9]。

2 公式推导

2.1 安全行车条件

高速公路上以某一车速行驶的车辆,当驾驶员发现前方车辆太近或有障碍物采取制动措施后,车辆滑行一段距离而不至于撞上前方车辆或障碍物,方能保证安全。这段不至于导致撞车事故的距离称为安全距离。车速越大时,车辆制动后滑行的距离越长,因此要求的安全距离就越大。在不良天气条件下,由于视线不清、路面附着系数降低,安全距离也变长。不良天气条件下安全行车的条件如图1所示。

如图1所示,不良天气条件下安全行车的条件

$$L_{zf} + L_z \leq L_n + L_q \quad (1)$$

式中, L_{zf} 为后方车辆驾驶员在制动反应时间内行驶的距离(m); L_z 为后方车辆在制动时间内行驶的距离(m); L_n 为路段的能见距离(m); L_q 为前方车辆在制动反应时间与制动时间内行驶的距离(m)。

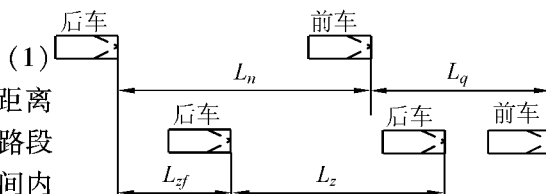


图1 不良天气条件下安全行车条件示意

2.2 参数标定

2.2.1 L_{zf} 的确定

后方车辆驾驶员在制动反映时间内行驶的距离

$$L_{zf} = v_H t_1 \quad (2)$$

式中, v_H 为后方车辆的行驶速度(km/h); t_1 为后方车辆驾驶员的制动反应时间(s)。

取最不利情况,即 $t = 2$ s,则 $L_{zf} = 0.56v_H$ 。

2.2.2 L_z 的确定

后方车辆驾驶员在制动时间内行驶的距离考虑最不利组合情况,即车辆处于下坡路段并忽略空气阻力

$$L_z = v_H^2 / [254(f - i)] \quad (3)$$

式中, f 为路面附着系数; i 为道路纵坡。

2.3 基于安全距离的最高车速限制值计算公式

在确定不良天气条件下的车速限值时,应考虑最不利条件,即前方为已发生事故静止的车辆,此时, $L_q = 0$,将式(2)和(3)带入式(1),可得到

$$0.56v_H + v_H^2 / [254(f - i)] \leq L_n \quad (4)$$

由式(4)可得高速公路不良天气条件下基于安全距离的最高车速限制值计算公式

$$v_a = (-0.56 + \sqrt{0.309 + 4aL_n})/2a \quad (5)$$

式中, a 为制动减速度(m/s^2); v_a 为不良天气条件下的最高车速限制(km/h)。

3 不良天气条件下车速限制取值建议

3.1 雾天车速限制取值建议

根据上述建立的高速公路不良天气条件下的最高车速限制值计算模型,通过对能见距离及道路纵坡取不同数值,可以建立高速公路雾天的最高车速限制取值。雾天天气时,由于雾水落于路面,使得路面潮湿,附着系数降低,取潮湿路面的附着系数(高压轮胎) $f = 0.4$ [10],根据式(5)计算得到雾天对应不同能见度及坡度的最大安全车速如表 1 所示。

表 1 高速公路雾天最大安全车速

能见距离/ m	最大安全车速/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	$i = 1\%$	$i = 2\%$	$i = 3\%$	$i = 4\%$	$i = 5\%$
200	116	115	113	112	111
150	97	96	95	94	93
100	76	75	74	74	73
50	48	48	47	47	46
25	29	29	29	29	29

对表 1 中的最大安全车速取整修正后可得到雾天对应不同能见度及坡度的高速公路车速限制取值如表 2 所示。当能见度 $L_n \geq 200 \text{ m}$ 时,可正常行驶,当 $L_n < 25 \text{ m}$ 时,需封闭道路。

表 2 高速公路雾天车速限制取值建议

能见距离/m	车速限制建议值/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)			
	$i \leq 2\%$	$2\% < i \leq 3\%$	$3\% < i \leq 4\%$	$4\% < i \leq 5\%$
$150 \leq L_n < 200$	95	95	90	90
$100 \leq L_n < 150$	75	70	70	70
$50 \leq L_n < 100$	45	45	45	45
$25 \leq L_n < 50$	25	25	25	25

3.2 雨天车速限制取值建议

雨天天气时,路面潮湿,附着系数降低,取潮湿路面的附着系数 $f = 0.35$ [12],根据式(5)计算得到雨天对应不通能见度及坡度的最大安全车速如表 3 所示。对表 3 中的最大安全车速取整修正后可得到雨天对应不同能见度及坡度的高速公路车速限制取值如表 4 所示。当能见度 $L_n \geq 200 \text{ m}$ 时,可正常行驶,当 $L_n < 25 \text{ m}$ 时,需封闭道路。

表 3 高速公路雨天最大安全车速

能见距离/ m	最大安全车速/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)				
	$i = 1\%$	$i = 2\%$	$i = 3\%$	$i = 4\%$	$i = 5\%$
200	110	108	107	105	104
150	92	91	90	89	88
100	72	71	70	70	69
50	46	46	45	45	44
25	28	28	28	28	27

表 4 高速公路雨天车速限制取值建议

能见距离/m	车速限制建议值/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)		
	$i \leq 3\%$	$3\% < i \leq 4\%$	$4\% < i \leq 5\%$
$150 \leq L_n < 200$	90	85	85
$100 \leq L_n < 150$	70	70	65
$50 \leq L_n < 100$	45	45	40
$25 \leq L_n < 50$	25	25	25

3.3 雪天车速限制取值建议

根据建立的不良天气条件下的最高车速限制值计算公式,对能见距离、附着系数及道路纵坡取不同数值,得到高速公路雪天最大安全车速如表5所示。对表5中的最大安全车速取整修正后可得到雪天对应不同能见距离、附着系数及坡度的高速公路最高车速限制取值建议如表6所示。当能见距离 $L_n \geq 400$ m,附着系数大于等于0.2或附着系数大于等于0.15、小于0.2且纵坡 $i \leq 3\%$ 时,可正常行驶;当 $25 \text{ m} \leq L_n < 50$ m、附着系数大于等于0.1而小于0.15,或附着系数大于等于0.15而小于0.2且 $4\% < i \leq 5\%$ 时,需封闭道路。

表5 高速公路雪天最大安全车速

能见距离/ m	附着系数	最大安全车速/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)				
		$i = 1\%$	$i = 2\%$	$i = 3\%$	$i = 4\%$	$i = 5\%$
400	0.2	126	123	120	117	113
	0.15	110	106	102	98	94
	0.1	89	85	80	74	68
200	0.2	86	84	82	80	77
	0.15	75	73	70	67	65
	0.1	58	55	51	47	43
150	0.2	73	71	69	68	66
	0.15	64	62	60	57	55
	0.1	53	50	47	44	40
100	0.2	57	56	55	53	52
	0.15	51	49	47	46	44
	0.1	42	40	38	35	32
50	0.2	38	37	36	35	34
	0.15	33	32	31	30	29
	0.1	28	27	25	24	22
25	0.2	24	23	23	23	22
	0.15	22	21	20	20	19
	0.1	18	18	17	16	15

表6 高速公路雪天车速限制取值建议

能见距离/m	附着系数	车速限制建议值/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)				
		$i \leq 1\%$	$1\% < i \leq 2\%$	$2\% < i \leq 3\%$	$3\% < i \leq 4\%$	$4\% < i \leq 5\%$
$L_n > 400$	0.15	—	—	—	95	90
	0.1	85	85	80	70	65
	0.2	85	80	80	80	75
$200 \leq L_n < 400$	0.15	75	70	70	65	65
	0.1	55	55	50	45	40
	0.2	70	70	65	65	65
$150 \leq L_n < 200$	0.15	60	60	60	55	55
	0.1	50	50	45	40	40
	0.2	55	55	55	50	50
$100 \leq L_n < 150$	0.15	50	45	45	45	40
	0.1	40	40	35	35	30
	0.2	35	35	35	35	30
$50 \leq L_n < 150$	0.15	30	30	30	30	25
	0.1	25	25	25	20	20
	0.2	20	20	20	20	20
$25 \leq L_n < 50$	0.15	20	20	20	20	—

4 结语

推导了不良天气条件下基于安全距离的车速限制值计算公式,据此分别给出了雾天、雨天及雪天对应不同能见距离、附着系数及纵坡的车速限制取值建议。对高速公路不良天气条件下的车速管理具有借鉴意义。值得指出的是:本文提出的不良天气条件下车速限制取值建议是针对直线路段实施的,对于曲线段应根据曲线要素进行修正。

(下转第90页)

105.

- [4]彭培英,申永军,李黎阳.基于奇异值分解技术的离心机故障诊断[J].动力学与控制,2008,6(2):165-168.
- [5]张贤达,保铮.非平稳信号分析与处理[M].北京:国防工业出版社,1998.
- [6]张贤达.现代信号处理[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [7]杨福生.小波变换的工程分析与应用[M].北京:科技出版社,1999.

A De-noising Method Based on Gabor Transform

Zhang Guangming, Shen Yongjun, Wu Yanyan

(Department of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: The theory of the Gabor transform is introduced and a de-noising method based on the Gabor transform is proposed. At first, the Gabor transform is applied to the signal and the Gabor expansion coefficients are processed by the appropriate threshold valve. Then the de-noised signal is obtained by the Gabor inverse transform. The simulated results indicate that this method has good de-noising effect, and can provide a new means for mechanical diagnosis.

Key words: Gabor transform; fault diagnosis; de-noising

(上接第 81 页)

参 考 文 献

- [1]柳本民,张丽君.不良天气环境下高速公路运营安全与管理[J].交通工程,2006(1):55-59.
- [2]刘利花,张金喜.高速公路不良天气交通事故分析[J].道路与安全,2006,6(8):26-29.
- [3]Alexandros G K. Fractal evaluation of pavement skid resistance variations I: surface wetting[J]. Chaos Solitons Fractals, 1998, 9(11):1875-1890.
- [4]刘清泉.路面表面特性研究方向探讨[J].公路交通科技,1994(4):1-5.
- [5]王艳丽,王秉纲.高等级公路沥青路面养护标准研究[J].重庆交通学院学报,2000,19(4):26-29.
- [6]潘娅英,陈武.引发公路交通事故的气象条件分析[J].气象科技,2006,34(6):778-782.
- [7]贺芳芳,房国良,吴建平,等.上海地区不良天气条件与交通事故之关系研究[J].应用气象学报,2004,15(1):126-128.
- [8]骆勇,魏朗.雾天与高速公路交通安全[J].人类工效学,1995,5(1):33-35.
- [9]陈伟立.雾对高速公路交通安全的影响分析与研究[D].西安:长安大学公路学院,2005.
- [10]裴玉龙.道路交通安全[M].北京:人民交通出版社,2004.

Reasonable Value of Freeway Speed Limit Under Adverse Weather Condition

Li Hongqiang¹, Cheng Guozhu², Xia Zhenghao³

(1. Daqing Development District Institute of Planning and Architecture Design, Daqing 163000, China;

2. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

3. The First Highway Survey and Design Institute Ltd. of China, Xi'an 710068, China)

Abstract: In order to increase safety level of driving on freeway, the paper analyzes the affecting mechanism of adverse weather conditions on road traffic safety such as rain, snow and fog. Using the method of mathematics formulas derivation, it is considered as a condition that the sum of running distance and braking distance is less than the visible distance, so that calculation formula of maximum speed limit value is presented based on the safe distance. Values of corresponding speed limits are suggested according to different visible distance, road friction coefficient and grade.

Key words: freeway; maximum speed limit; adverse weather; safety speed