

文章编号:1006-8309(2001)0041-04

# 高速公路实用安全车距计算模型

陈光武,侯德藻,李晓霞,李百川

(西安公路交通大学汽车工程学院,陕西 西安 710064)

**摘要:**通过对车辆制动减速过程的分析,建立了高速公路安全车距的实用计算模型,从而为高速公路预防追尾碰撞报警装置的开发研究提供了依据。

**关键词:**高速公路;安全车距;模型

**中图分类号:**U492.8<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A

高速公路排除了行人、非机动车的干扰,其路面宽阔,标志醒目,标线分明,全线封闭,具有行车速度快,交通流量大,安全性高的特点。据日本统计,其高速公路每百公里事故发生率为普通公路的  $1/2 \sim 1/3$ ,而交通流量却是普通公路的 10 倍;根据美国统计,其高速公路每百公里事故发生率仅为普通公路的  $1/10$ <sup>[1]</sup>。高速公路在全世界范围内普遍被认为是安全程度最高的公路。近年来,我国高速公路建设如雨后春笋,高速交通得到了迅猛发展,有力的改善了我国原有的交通格局。但据公安部交通管理局统计,1996 年我国高速公路共发生事故 697 起,死亡 864 人,受伤 2 215 人,每百公里事故发生率竟为普通公路的 4 倍多!<sup>[1]</sup>在我国,高速公路的交通流量基本与国外相似,甚至低于许多国家,为什么事故发生率有如此大的差距呢?根据对沈大、合宁、广深和西临等高速公路交通事故的统计分析,交通事故类型分布如表 1 所示。

表 1 我国高速公路交通事故类型分布

交通事故类型	所占比例 (%)
1. 车对车事故	52.3
其中:追尾事故	33.4
接触事故	4.0
其他	14.9
2. 车辆单独事故	46.3
其中:与防护栏冲突	28.3
翻车事故	8.0
其他	10.0
3. 其他事故	1.4

由表 1 可见,在我国高速公路交通事故中,追尾碰撞所占比例最大,为 33.4%。经分析,导致这类事故的原因,大多数是因为车速过高,驾驶员

未能保持相应的安全跟车距离,刹车不及所致。

鉴于上述状况,预防高速公路交通事故的有效措施之一,就是研究开发车间距离报警装置。本文所建立的高速公路实用安全车距计算模型,则是进行车间距离报警装置开发的基础。

## 1 实际车辆制动减速过程分析

### 1.1 车辆制动减速过程

如图 1 所示,一次制动过程可分为以下几个阶段:<sup>[2]</sup>

(a) 驾驶员反应动作时间  $t_r$ 。包括驾驶员发现、识别障碍物并作出决定的时间及把脚从油门

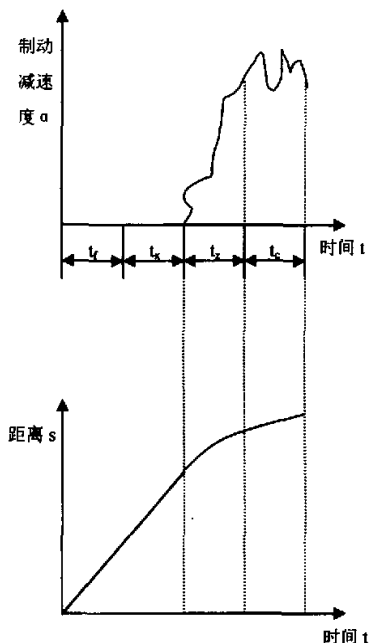


图 1 实际车辆制动减速过程分析

换到制动踏板上的时间。

(b)制动协调时间  $t_x$ 。包括消除制动踏板间隙所需的时间和消除各种铰链、轴承间隙及制动摩擦片完全贴靠在制动鼓或制动盘上的时间。

(c)减速度增长时间  $t_z$ 。

(d)持续制动时间  $t_c$ 。

## 1.2 实际制动距离分析

假设车辆初速度为  $v_0$ , 车辆制动时的最大减速度为  $a_0$ 。

由图 1 可见, 实际制动车距由以下几部分构成:

1.2.1 驾驶员反应动作时间  $t_f$  和制动协调时间  $t_x$  内车辆的自由行程  $S_1$ :

$$S_1 = v_0 \times (t_f + t_x)$$

1.2.2 减速度增长时间  $t_z$  内车辆走过的距离  $S_2$ :

$$S_2 = \int_0^{t_z} v_2(t) dt$$

1.2.3 持续制动时间  $t_c$  内车辆走过的距离  $S_3$ :

$$S_3 = \int_0^{t_c} v_3(t) dt$$

车辆总的制动停车距离:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

实际制动过程中, 由于函数  $v_2(t)$  及  $v_3(t)$  随各种外界条件而变化, 无通用格式可用, 不过从数学推导上看, 在相同的路面条件、相同制动初速度、相同驾驶员条件下, 制动停车距离近似服从正态分布。

## 2 模型车辆制动减速过程分析

对上述实际车辆制动过程进行简化, 得到模型车辆制动减速过程分析图如图 2 所示。

模型车辆制动减速过程包括驾驶员反应动作时间  $t_f$ 、制动协调时间  $t_d$ 、持续制动时间  $t_c$ 。对此模型说明如下。

2.1 由统计结果得知, 在实际车辆制动过程中, 减速度增长时间  $t_z$  约为  $0.1s^{[3]}$ 。在模型制动过程中, 将  $t_z$  与制动协调时间  $t_x$  合并为  $t_d$ , 统称制动协调时间。

假设在减速度增长时间内, 减速度呈线性增长, 则  $t_z$  时间内车辆行程为:

$$S_2 = \int_0^{t_z} (v_0 - \int_0^t \frac{an}{t_z} dn) dt$$

即

$$S_2 = v_0 t_z - \frac{1}{6} a t_z^3 \quad (1)$$

在模型制动过程中, 由于将  $t_z$  与  $t_x$  合并为

$t_d$ , 统称制动协调时间, 即认为  $t_z$  时间内无减速度, 则  $t_z$  时间内车辆行程为:

$$S_2 = v_0 t_z \quad (2)$$

对比(1)、(2)两式可发现, 模型的误差仅为  $at_z^3/6$ , 结合上述  $t_z$  约为  $0.1s$ , 故此项误差可以忽略不计。

2.2 模型车辆制动过程中, 在持续制动时间  $t_c$  内, 认为减速度恒定。实际上, 在车辆持续制动时间内, 减速度的变化主要来自于驾驶员用力的抖动, 使制动力出现上下波动, 若用波动的中心值直线代替此波动曲线, 所带的误差是可以忽略的。

2.3 模型车辆制动停车距离为:

$$S = v_0(t_f + t_d) + \frac{v_0^2}{2a}$$

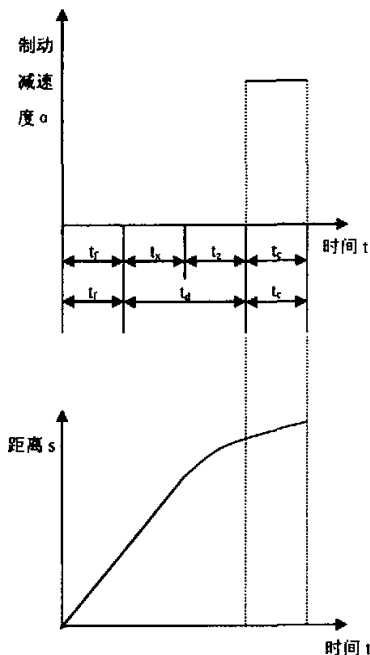


图 2 模型车辆制动减速过程分析

## 3 高速公路车间距离警报装置实用安全车距计算模型

### 3.1 基本原则

如图 3 所示, 从两车速度判断, 为避免追尾碰撞事故, 所探测到的自车到目标车辆的距离  $D$  必须大于安全距离  $D_r$ 。

$$D > D_r \quad (3)$$

$$D_r = v_1(t_d + t_{f1}) + (v_1^2/2a_1) - (v_2^2/2a_2) \quad (4)$$

其中  $D$ : 两车间实际距离(m);

$D_r$ : 对动目标的安全距离(m);

$v_1$ : 自车速度(m/s);  
 $v_2$ : 目标车辆速度(m/s);  
 $t_d$ : 制动协调时间(s);

$t_{f1}$ : 驾驶员对动目标的反应临界时间(S);  
 $\alpha_1$ : 自车减速度(m/s<sup>2</sup>);  
 $\alpha_2$ : 目标车辆减速度(m/s<sup>2</sup>).

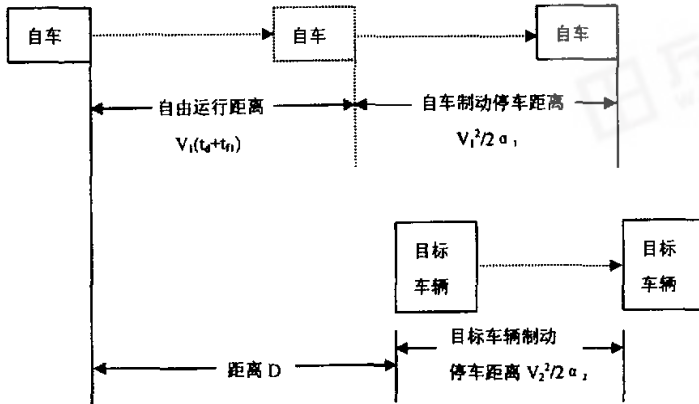


图3 安全车距计算模型

一般  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  应取每一车辆的最大值, 尽管此两值随车辆种类、车辆装载情况及路面条件等的不同而不同, 但在本系统中, 为使问题得以简化, 我们用相同的值代替了上述两值, 即令  $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ 。于是方程(4)简化为:

$$D_r = v_1(t_d + t_{f1}) + (v_1^2 - v_2^2)/2\alpha \quad (5)$$

当目标为静止物体时  $v_2 = 0$ , 到静止目标的安全距离应为:

$$D > D_S \quad (6)$$

$$D_S = v_1(t_d + t_{f2}) + v_1^2/2\alpha \quad (7)$$

其中  $D_S$ : 到静止物体的安全距离(m);

$t_{f2}$ : 驾驶员对静止物体的反应临界时间(S);

$v_1$ 、 $v_2$  和  $D$  可以通过激光雷达传感器、车速传感器直接或经实时计算得到, 如果此时已预先设定好了  $t_d$ 、 $t_{f1}$ 、 $t_{f2}$  和  $\alpha$  的值, 就可以据上述信息计算出  $D_r$  或  $D_S$ 。当  $D$  小于  $D_r$  或  $D_S$  时, 信号处理器就会判断出潜在的危险情况并给驾驶员发出警告。

### 3.2 关于模型的几点说明

#### 3.2.1 $\alpha$ 值的选择及实际中的获得

在上述的计算模型中, 两车的制动减速度取相同数值, 一方面是为了系统简化, 另一方面, 实际行车过程中, 后车制动减速度  $\alpha_1$  一般大于前车制动减速度  $\alpha_2$ , 取  $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ , 则更偏向安全。

实际使用中, 设想在驾驶室的仪表板上设置

一选择开关, 如图4所示。驾驶员可根据实际路面情况将按钮置于合适位置, 报警系统则据此选择路面摩擦系数供数据处理单元进行计算。

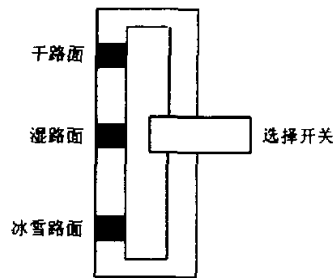


图4 仪表板选择开关

设计开发过程中, 取相应  $\alpha$  值如表2<sup>[4]</sup>。

表2 不同路面摩擦系数

路面情况	$\alpha$ 值(m/S <sup>2</sup> )
干路面	6.0
湿路面	5.5
冰雪路面	2.0

#### 3.2.2 $t_d$ 、 $t_{f1}$ 、 $t_{f2}$ 值的确定<sup>[5]</sup>。

$t_d$  是制动协调时间, 一般情况设为 0.2s。

$t_{f1}$  和  $t_{f2}$  是驾驶员辨认情况并采取刹车的临界反应时间, 它们依驾驶员的不同而有差异, 一般设定在 0—2s 范围内。

#### 3.2.3 报警虚警率及计算精度的考虑

模型中, 自车与目标车辆均制动停止后, 两车间距为零; 实际中, 两车均停止后, 车间仍须留有一定间隙  $d$ 。d 选择的合理与否, 对系统虚警率的

影响很大,为降低系统虚警率,同时又不失安全考虑,本模型中取  $d$  为零。

由于确定的  $\alpha$  及  $t_d, t_{f1}, t_{f2}$  值与实际情况有差距,导致计算所得的安全距离与实际安全距离之间有误差,这一误差也将严重影响系统虚警率,因此在系统软件的设计中应考虑到这一点,采取具体可行的设计,加以弥补。

### 参 考 文 献

- [1] 郭力群. 高速公路交通事故及其预防[C]. 上海市公路学会第三届年会论文集. 184-188.
- [2] 余志生. 汽车理论[M]. 机械工业出版社, 1981, 74-77.

- [3] 李百川. 道路交通事故预防心理学[M]. 西安交通大学出版社, 1998. 71.
- [4] Walter ULKe, Roll Adornat, Karlheinz Butscher and Wolfgang lauer. Radar Based Automotive Obstacle Detection System, SAE transactions-section 6-journal of passenger cars, VOL. 103, 1994, 1224-1236.
- [5] Kiyoshi Minami, Tohru Yasuma, Shigeru Okabayashi, Masao Sakata, ITsuro Muramoto and Todao Kohzu. A Collision-Avoidance Warning System Using Laser Radar, SAE transactions-section 5-journal of Aerospace, VOL. 97, 1988, 830-836.

[收稿日期]1999-06-18

[修回日期]2000-11-07

**Caculating Model of Practicne and Safe Space  
between Car Heads on Express Way**

CHENG Guang-wu, HOU De-zao,


LI Xiao-xia, LI Bai-chuan

( *Vehicle Engeneering School , Xian Highway  
Communication University, Xian 710064, Chi-  
na* )

Throug analysing the process of braking and slowing down vehicles, we set up practical caculating model of safe space between car heads on express way, so as to provide the base for the development and using warning instrument on the vehiches to prevent vehicle collision.

**Key words:** express way; safe space between car heads ;model

万方数据 ( *Original article page 41* )

作者: 陈光武, 侯德藻, 李晓霞, 李百川, CHENG Guang-wu, HOU De-zao, LI Xiao-xia, LI Bai-chuan  
作者单位: 西安公路交通大学汽车工程学院  
刊名: 人类工效学   
英文刊名: ERGONOMICS  
年, 卷(期): 2001, 7 (1)  
被引用次数: 19次

参考文献(5条)

1. 郭力群 [高速公路交通事故及其预防](#)  
2. 余志生 [汽车理论](#) 1981  
3. 李百川 [道路交通事故预防心理学](#) 1998  
4. Walter ULke, Roll Adomat, Karlheinz Butscher, Wolfgang lauer [Radar Based Automotive Obstacle Detection System](#), SAE transactions-section 6-journal of passenger cars 1994  
5. Kiyoshi Minami, Tohru Yasuma, Shigeru Okabayashi, Masao Sakata, ITsuro Muramoto Todao Kohzu [A Collision-Avoidance Warning System Using Laser Radar](#), SAE transactions-section 5-journal of Aerospace 1988

本文读者也读过(6条)

1. 周松盛, 何天明, 张明涛, 张雄飞 [简易安全车距和高速公路安全视距计算模型](#)[期刊论文]-北京汽车2009(2)  
2. 张浩然, 任刚, 王炜, Zhang Hao-ran, Ren Gang, Wang Wei [基于相关分析和安全车距的跟驰模型](#)[期刊论文]-交通运输工程学报2007, 7(1)  
3. 钟勇, 姚剑峰 [行进中车辆临界安全车距的探讨](#)[期刊论文]-湖南大学学报(自然科学版)2001, 28(6)  
4. 卢文玉, 毛建国, 李忠, 武超, 张延召, 凌锐, LU Wen-yu, MAO Jian-guo, LI Zhong, WU Chao, ZHANG Yan-zhao, LING Rui [车辆高速驾驶临界安全距离](#)[期刊论文]-重庆理工大学学报(自然科学版)2010, 24(9)  
5. 高峰, 张磊, 王建强, 李克强, Gao Feng, Zhang Lei, Wang Jianqiang, Li Keqiang [基于CAN总线的安全车距保持系统](#)[期刊论文]-汽车工程2006, 28(12)  
6. 李晓霞, 李百川, 侯德藻, 陈光武, LI Xiao-xia, LI Bai-chuan, HOU De-zao, CHEN Guang-wu [车辆追尾碰撞避免技术](#)[期刊论文]-西安公路交通大学学报2001, 21(2)

引证文献(18条)

1. 任才贵, 查伟雄 [对安全行车间距的探讨](#)[期刊论文]-公路 2010(12)  
2. 卢文玉, 毛建国, 李忠, 武超, 张延召, 凌锐 [车辆高速驾驶临界安全距离](#)[期刊论文]-重庆理工大学学报(自然科学版) 2010(9)  
3. 周松盛, 何天明, 张明涛, 张雄飞 [简易安全车距和高速公路安全视距计算模型](#)[期刊论文]-北京汽车 2009(2)  
4. 侯智新, 胡建军, 张世义 [汽车红外线防碰撞控制系统设计](#)[期刊论文]-重庆工学院学报(自然科学版) 2007(2)  
5. 王军雷, 李百川, 应世杰, 巩航军 [车道变换碰撞预警分析及最小纵向安全距离模型的研究](#)[期刊论文]-人类工效学 2004(4)  
6. 党宏社, 韩崇昭, 段战胜 [汽车防碰撞报警与制动距离的确定](#)[期刊论文]-长安大学学报(自然科学版) 2002(6)  
7. 杨超, 胡瑜 [高速公路汽车安全距离模型](#)[期刊论文]-华东交通大学学报 2010(5)  
8. 张绪久, 应世杰 [基于DSP的高速公路追尾预警系统的研制](#)[期刊论文]-现代电子技术 2005(11)

9. 王军雷, 李百川, 应世杰 汽车追尾碰撞预警系统关键技术的开发研究[期刊论文]-[人类工效学](#) 2007(4)
10. 强成, 张学军, 吴财军 A-SMGCS中基于QNX平台的车载终端的设计研究[期刊论文]-[电子技术应用](#) 2006(1)
11. 吴传宇 汽车防碰撞技术简述[期刊论文]-[福建农机](#) 2006(3)
12. 王军雷, 应世杰, 李百川 高速公路汽车追尾预警系统的开发研究[期刊论文]-[安全与环境学报](#) 2006(4)
13. 邓明哲 高速公路追尾碰撞预防报警系统的研究[学位论文]硕士 2006
14. 侯志祥, 吴义虎, 刘振闻 基于自适应神经模糊推理系统的高速公路临界安全车距研究[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2004(8)
15. 蒋飞 汽车主动避撞雷达系统的研究[学位论文]硕士 2006
16. 曾诚, 李百川 车辆主动避险技术研究的现状[期刊论文]-[人类工效学](#) 2003(4)
17. 孙振平 自动驾驶汽车智能控制系统[学位论文]博士 2004
18. 王军雷 高速公路汽车追尾防撞预警系统的研究开发[学位论文]硕士 2005

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_rlgxx200101012.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_rlgxx200101012.aspx)