

文章编号:1000-2472(2001)06-0054-05

行进中车辆临界安全车距的探讨

钟 勇, 姚剑峰

(湖南大学机械与汽车工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要:根据理论分析,推导出高速公路上行进中车辆临界安全车距的计算公式,并以此为依据进行了有关论述。

关键词:高速公路;临界安全车距;计算公式

中图分类号:U461.91

文献标识码: A

A Formula of the Critical Safety Distance Between Two Moving Vehicles

ZHONG Yong, YAO Jian-feng

(College of Mechanical and Automotive Engineering, Hunan Univ, Changsha 410082, China)

Abstract: A formula of critical safety distance between two vehicles moving on the same trace of highway is built up by theoretical deduction, which is useful to the practice of vehicle's use.

Key words: highway; critical safety distance; formula

在高速公路上,为保证行车的安全性,各国都对行进中车辆之间的距离(行车间距)进行了规定。以我国为例,在1995年3月实施的《高速公路交通管理办法》第十五条规定:“机动车在高速公路上正常行驶时,在同一车道的后车与前车必须保持足够的行车间距。正常情况下,当行驶时速一百公里时,行车间距为一百米以上;当行驶时速七十公里时,行车间距为七十米以上。遇大风、雨、雾天或者路面结冰时,应当减速行驶”。这一规定是根据实践经验确定的,并没有考虑前车车速及两车相对运动状况,车辆据此行驶势必降低了高速公路的车辆密度和运输效率。因此,有必要对这一行车间距进行重新推导,以适应不断发展的公路运输事业的需要。

1 车辆临界安全车距的分析及其公式的推导

1.1 定义

所谓安全车距,即安全行车间距,指行驶在高速公路上同一车道的后车与前车之间为

收稿日期:2000-11-30

作者简介:钟 勇(1968-),男,湖南双峰县人,湖南大学讲师,博士生。

保证交通安全而必须保持的行车间距。如果前、后两车行车间距保持在此距离以上,则不会发生追尾碰撞类交通事故。

所谓临界安全车距,即临界安全行车间距,是指为保证安全而两车之间必须保持的最小行车间距。

1.2 过程分析

首先,对汽车制动过程作一分析,如图1所示^{[1][2]}。

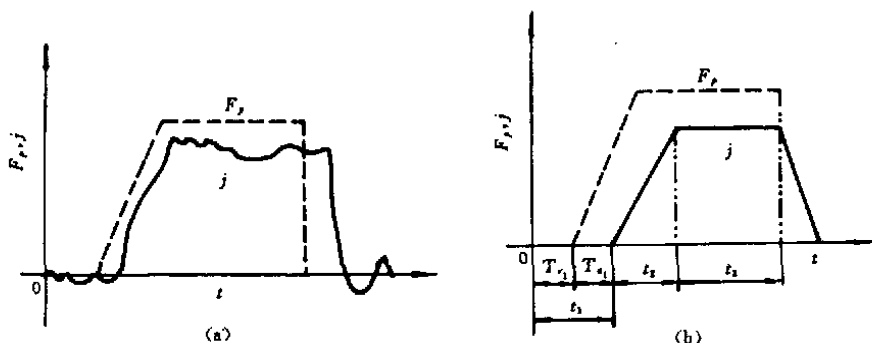


图1 汽车制动过程中制动踏板力和制动减速度随时间变化曲线

图1是驾驶员接受了制动信号后,制动踏板力 F_p 、汽车制动减速度 j 与制动时间的关系曲线。图1(a)是实测曲线,图1(b)是简化后的曲线。此过程可分为3个阶段。

第1阶段为反应及动作阶段。从驾驶员发现紧急情况到制动器出现制动力所经历的时间 t_1 ,它又可分为两部分时间:反应时间 T_r 及动作时间 T_a 。

反应时间:驾驶员发现紧急情况后,并没有立即行动,而要过一段时间才把脚从油门踏板移到制动踏板上并踩下消除制动踏板的自由行程。这段时间约为0.3~1 s。

动作时间:从制动踏板产生操纵力到制动器出现制动力所需的时间一般约为0.045 s左右。这主要是制动系统机构间隙所致。

由此可见, t_1 内无制动效果,车速将保持不变。

第2阶段为减速度增长阶段。所需时间为 t_2 。在此段时间内,制动器制动力从零开始逐步增加到最大值。 t_2 一般约为0.2 s左右,在此段时间内,汽车减速度逐渐增加,汽车作变减速运动。

第3阶段 t_3 为从制动减速度达到最大值后到汽车停下来所经历的时间。在此阶段内,汽车将近似作匀减速运动。

1.3 问题简化

为获得两车之间的临界安全车距,进行理论分析,必须对高速公路上的这一过程作一具体分析,并进行必要的简化。主要采取的简化措施有如下4条^[3]:

1) 将在高速公路上汽车短时间内的运动简化为一匀速运动。设高速公路上某一瞬间前车A以 V_0 速度匀速前进,后车B以 V_0 速度前进。此时,前车A与后车B之间的距离为 S 。

2) 随着时间的推移, 前车 A 与后车 B 之间的距离状况有两种变化趋势, 一种情况是两车之间的距离越来越大, 这显然不存在安全车距问题, 不是所要讨论的过程; 我们所关心的是另一种情况, 即前后两车之间的距离越来越小, 如不采取措施就会发生追尾碰撞. 其中, 最危险的莫过于前车制动、后车加速或者前车制动、后车仍以原速高速行驶这两种情况. 但这两种情况也不是在这里所要讨论的, 那种情形只可能是后车试图超越前车, 或者两车并不在同一车道上, 或者是人为的撞车行为. 显然, 所讨论的情况是: 高速公路上前后两车在同一车道上同向运动, 后车尚无意超前车, 只是跟随前车在运动, 某一时刻前车 A 突然制动, 经过一定反应时间后, 后车 B 发现两车之间的距离在不断减少, 于是马上进行制动以避免两车之间的碰撞(假设没有采取操纵方向盘进行躲避的可能或行为). 如图 2 所示. 在这种后车采取制动的情况下, 前后两车仍不至于发生碰撞, 我们定义这种情形下在前车制动前瞬间两车必须保持的最小距离即为临界安全车距.

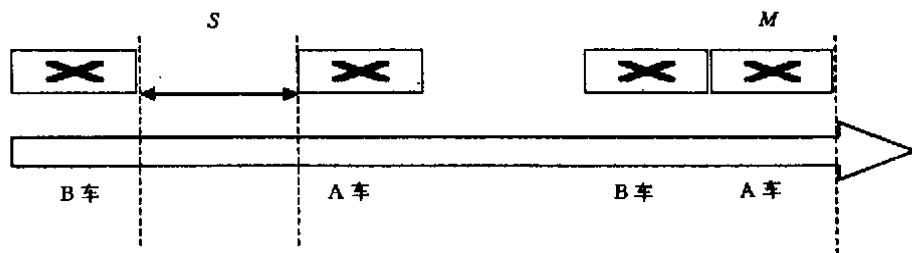


图 2 临界安全车距示意图

3) 忽略制动力波动、空气阻力及地面附着系数的变化.

4) 假设前后两车车型和车况相同, 驾驶员状况一致. 即假设两车制动时的有关参数相同且驾驶员的反应状况也一样.

1.4 公式推导

在某一时刻, 前车 A 发现前方紧急情况, 经过反应及动作时间 t_1 , 减速度增长阶段 t_2 , 及匀减速阶段 t_3 , 最后以车速 V_c 驶于 M 点, 行驶距离为

$$S_A = S_1 + S_2 + S_3.$$

在 t_1 阶段, 汽车驶过距离为

$$S_1 = V_A \cdot t_1 = V_A \cdot (T_{a1} + T_{r1}).$$

在 t_2 阶段, 制动减速度线性增长, 即 $\frac{du}{dt} = kt$, 其中 $k = -\frac{j_{\max}}{t_2}$, 故有 $\int du = \int kt dt$.

因 $t = 0$ 时, $u = V_A$, 故 $u = V_A + \frac{1}{2}kt^2$; 在 t_2 时, $V_c = V_A + \frac{1}{2}kt_2^2$,

$$\int ds = \int (V_A + \frac{1}{2}kt^2) dt.$$

而 $t = 0$ 时, $S = 0$, 故 $S_2 = V_A t + \frac{1}{6}kt^3$, 所以, 当 $t = t_2$ 时, $S_2 = V_A t_2 - \frac{1}{6}j_{\max} t_2^2$.

在 t_3 阶段, 汽车以 j_{\max} 作匀减速运动. 其初速为 V_c , 末速为 V_c . 故

$$S_3 = \frac{V_c^2 - V_A^2}{2j_{\max}},$$

代入 V_c 值得

$$S_3 = \frac{V_a^2 - V_c^2}{2j_{\max}} - \frac{V_a t_2}{2} + \frac{j_{\max} t_2^2}{8}.$$

总制动距离为

$$\begin{aligned} S_a &= S_1 + S_2 + S_3 = \\ &V_a t_1 + V_a t_2 - \frac{1}{6} j_{\max} t_2^2 + \frac{V_a^2 - V_c^2}{2j_{\max}} - \frac{V_a t_2}{2} + \frac{j_{\max} t_2^2}{8} = \\ &V_a (t_1 + \frac{1}{2} t_2) + \frac{V_a^2 - V_c^2}{2j_{\max}} - \frac{j_{\max} t_2^2}{24}. \end{aligned}$$

设车速单位为 km/h, 故上式可化为

$$S_a = \frac{V_a}{3.6} (t_1 + \frac{1}{2} t_2) + \frac{V_a^2 - V_c^2}{25.92j_{\max}} - \frac{j_{\max} t_2^2}{24}, \quad (1)$$

同理, 后车 B 驶过的总距离为

$$S_b = S'_0 + S'_1 + S'_2 + S'_3,$$

其中, S'_0 为前车开始制动到后车驾驶员发现前车速度慢下来所经历的时间, 设 Δt 为反应时间, 则

$$S'_0 = V_b \Delta t,$$

由简化假设 4), 前后两车制动减速度增长时间 t_2 及最大持续减速度 j_{\max} 相同, 则

$$S_b = \frac{V_b}{3.6} (\Delta t + t_1 + \frac{1}{2} t_2) + \frac{V_b^2 - V_c^2}{25.92j_{\max}} - \frac{j_{\max} t_2^2}{24}, \quad (2)$$

式中 V_c 为后车制动后末速度.

若前后两车不相撞, 从行驶速度上分析, 则后车 B 制动后与前车 A 首尾相近时理想情况为两车末速度相等, 即 $V_c = V_c$ (包括速度均为零), 否则两车就会相撞 ($V_c > V_c$) 或所得计算结果并非临界距离 ($V_c < V_c$). 另外, 若前后两车不相撞, 从行驶距离上则必须满足 $S_a + S_{\text{安}} \geq S_b$, 即 $S_{\text{安}} \geq S_b - S_a$.

代入 S_a 及 S_b 并化简得

$$S_{\text{安}} \geq \frac{1}{3.6} (t_1 + \frac{t_2}{2}) (V_b - V_a) + \frac{V_b t_1}{3.6} + \frac{(V_b - V_a)(V_b + V_a)}{25.92j_{\max}},$$

取 t_1 及 Δt 为 1.2 s, t_2 为 0.2 s 则有 (亦可根据实际情况确定)

$$S_{\text{安}} \geq 0.36(V_b - V_a) + 0.33V_b + \frac{(V_b - V_a)(V_b + V_a)}{25.92j_{\max}},$$

设 $V_r = V_b - V_a$ 为相对速度, 则

$$S_{\text{安}} \geq 0.36V_r + 0.33V_b + \frac{V_r(2V_b - V_r)}{25.92j_{\max}}.$$

显然, 临界安全车距为

$$S_{\text{临}} = 0.36V_r + 0.33V_b + \frac{V_r(2V_b - V_r)}{25.92j_{\max}},$$

考虑到车辆不同、驾驶员不同及路面状况、车速、天气不同等各种情况, 实际临界安全车距应在上式中乘以一个安全系数 n , n 取值的大小可借助高性能仪器进行实验并通过实践来决定, 则

$$S_{\text{警}} = n \left[0.36V_r + 0.33V_b + \frac{V_r(2V_b - V_r)}{25.92j_{\text{max}}} \right].$$

2 结 论


进行临界安全车距的理论计算具有一定的工程实践指导意义,从上式可知,如在高速公路上行驶的后车安装某一测距装置,它能确定前后两车之间的相对距离 S ,根据所测得的前后两车相对速度 V_r ,后车速度 V_b 及后车的最大制动减速度 j_{max} 就可以确定前后两车之间的临界安全车距.当两车实际距离在临界安全车距以上时,后车可以放心地按原速行驶,不必采取任何措施;当前后两车距离小于这一临界安全车距时,就必须通过报警系统督促或警示驾驶员采取制动措施,否则前车紧急制动,后车就会发生追尾交通事故.如将这一信号传给自动制动系统,就可以使后车自动制动,从而保证高速公路上行车的安全.

目前,国外汽车上常采用的测距装置有超声波测距仪、双目摄像系统测距仪、毫米波雷达测距仪及激光雷达测距仪等 4 种^[4~6],后两种测距仪实时反应较快,故适用于在高速公路上作为测距仪.毫米波雷达测距仪及激光雷达测距仪并能测出前后两车之间的实际距离及相对车速,再加上本车所具有的车速信息及制动减速度就可以确定前后两车之间的临界安全车距.在实际应用中,制动减速度 j_{max} 可以某一具体值代入,也可以实测减速度值取代,其计算式如下^[9]

$$j = \frac{V_{t2} - V_{t1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}.$$

参考文献:

- [1] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [2] 埃克霍恩. 汽车制动系统[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [3] 张洪欣. 汽车系统动力学[M]. 上海:同济大学出版社,1996.
- [4] 崔彬,郭紫洁. 汽车电子技术与应用[M]. 北京:电子工业出版社,1998.
- [5] 王国光. 毫米波雷达防撞装置[J]. 公路交通科技,1995,112(2):54-57.
- [6] 张在宣,余向东. 小型低价 LD 激光测距仪[J]. 激光与红外,1999,29(1):21-23.
- [7] 杨更新. 汽车自动驾驶系统[J]. 世界汽车,1999,204(3):6-9.
- [8] 戚兵,何克忠. 用于汽车实时障碍检测的光学传感系统[J]. 激光与红外,1999,29(1):17-19.
- [9] GB12676-1999 汽车制动系统结构、性能和试验方法[S].

作者：[钟勇](#)，[姚剑峰](#)
作者单位：[湖南大学机械与汽车工程学院](#)，
刊名：[湖南大学学报\(自然科学版\)](#)   
英文刊名：[JOURNAL OF HUNAN UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCES EDITION\)](#)
年，卷(期)：2001, 28 (6)
被引用次数：24次

参考文献(9条)

1. [余志生](#) [汽车理论](#) 1989
2. [埃克霍恩](#) [汽车制动系统](#) 1998
3. [张洪欣](#) [汽车系统动力学](#) 1996
4. [崔彬](#); [郭紫洁](#) [汽车电子技术与应用](#) 1998
5. [王国光](#) [毫米波雷达防撞装置](#) 1995 (02)
6. [张在宣](#); [余向东](#) [小型低价LD激光测距仪](#) [期刊论文]-[激光与红外](#) 1999 (01)
7. [杨更新](#) [汽车自动驾驶系统](#) 1999 (03)
8. [戚兵](#); [何克忠](#) [用于汽车实时障碍检测的光学传感系统](#) [期刊论文]-[激光与红外](#) 1999 (01)
9. [GB12676-1999](#). [汽车制动系统结构、性能和试验方法](#) 1999

本文读者也读过(5条)

1. [陈光武](#), [侯德藻](#), [李晓霞](#), [李百川](#), [CHENG Guang-wu](#), [HOU De-zao](#), [LI Xiao-xia](#), [LI Bai-chuan](#) [高速公路实用安全车距计算模型](#) [期刊论文]-[人类工效学](#) 2001, 7 (1)
2. [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)
3. [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)
4. [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)
5. [唐文杰](#), [Tang Wenjie](#) [汽车安全车距的安全度评定系统研究](#) [期刊论文]-[现代制造工程](#) 2005 (11)

引证文献(24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. [郑茂才](#) [考虑前车减速状况的跟驰车安全距离分析](#) [期刊论文]-[湖南交通科技](#) 2011 (2)
3. [戴秋艳](#) [行进中车辆防追尾碰撞的临界安全车距研究](#) [期刊论文]-[淮阴工学院学报](#) 2009 (1)
4. [唐文杰](#) [汽车安全车距的安全度评定系统研究](#) [期刊论文]-[现代制造工程](#) 2005 (11)
5. [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)
6. [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)
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. [吴新烨](#), [葛晓宏](#), [黄红武](#) [高速公路汽车防追尾安全行驶研究](#) [期刊论文]-[厦门大学学报\(自然科学版\)](#) 2009 (3)
9. [程林](#) [车间隔距离隐含信息分析](#) [期刊论文]-[福建交通科技](#) 2006 (2)
10. [皮燕妮](#), [史忠科](#), [黄金](#) [智能车视觉导航的道路和前车检测系统](#) [期刊论文]-[计算机工程](#) 2005 (23)

11. [皮燕妮](#), [史忠科](#), [黄金](#) [基于单目视觉的汽车防偏防追尾预警系统研究](#)[期刊论文]-[计算机仿真](#) 2005(10)
12. [潘勋](#), [张立尧](#) [车间距离隐含的信息分析](#)[期刊论文]-[客车技术](#) 2003(3)
13. [刘刚](#), [侯德藻](#), [李克强](#), [杨殿阁](#), [连小珉](#) [汽车主动碰撞系统安全报警算法](#)[期刊论文]-[清华大学学报\(自然科学版\)](#) 2004(5)
14. [刘刚](#), [侯德藻](#), [杨殿阁](#), [李克强](#), [连小珉](#) [汽车纵向行驶安全报警系统开发](#)[期刊论文]-[汽车工程](#) 2004(3)
15. [任才贵](#), [查伟雄](#) [对安全行车间距的探讨](#)[期刊论文]-[公路](#) 2010(12)
16. [刘波](#), [钟幼强](#), [金施群](#), [修亮](#) [基于红外图像处理的高速公路汽车追尾预警系统研究](#)[期刊论文]-[中国仪器仪表](#) 2008(z1)
17. [王伟莉](#), [曲仕茹](#) [车辆超车视觉辅助导航系统研究](#)[期刊论文]-[中国图象图形学报](#) 2008(4)
18. [刘志强](#), [温华](#) [基于单目视觉的车辆碰撞预警系统](#)[期刊论文]-[计算机应用](#) 2007(8)
19. [杜攀峰](#), [金双泉](#), [李嘉](#) [高速公路路段通行能力仿真研究](#)[期刊论文]-[湖南大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(6)
20. [王晓安](#), [熊坚](#), [李志中](#) [汽车跟车预警仿真及评价研究](#)[期刊论文]-[公路](#) 2012(12)
21. [韩璐](#), [冯汉希](#), [唐莉萍](#) [智能车辆的避障研究](#)[期刊论文]-[中国电子商情: 通信市场](#) 2011(6)
22. [张吉康](#) [基于相对运动理论的动态安全车距计算模型](#)[期刊论文]-[北京汽车](#) 2012(4)
23. [李菲](#), [邵越然](#), [赵明辉](#), [Liu Zunyang](#) [基于单目视觉的汽车追尾预警系统研究](#)[期刊论文]-[现代电子技术](#) 2011(20)
24. [皮燕妮](#) [智能车视觉/雷达辅助导航关键技术研究](#)[学位论文]硕士 2005

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hndxxb200106012.aspx