

基于动态碰撞时间的自动紧急制动策略设计*

杨贺博^{1,2} 张小俊¹ 罗耿耿² 奚敬哲^{1,3}

(1.河北工业大学,天津 300401;2.长城汽车股份有限公司,保定 071000;3.中国汽车技术研究中心汽车工程研究院,天津 300300)

【摘要】针对基于碰撞时间(TTC)的传统自动紧急制动(AEB)策略未考虑自车车速的局限性,提出了一种考虑车速的动态碰撞时间阈值模型,设计了基于动态碰撞时间阈值的AEB控制策略。为保证制动过程的舒适性与安全性,确定了两级制动策略并对减速度的变化率进行限制,利用PI控制算法完成车辆减速度控制,并通过仿真确定不同车速下的TTC阈值,建立动态碰撞时间阈值模型。硬件在环仿真结果表明:在保证舒适性的前提下,相比于传统AEB策略,所设计的AEB策略避撞成功率提高了47.6%,具有更优的综合性能。

关键词:自动紧急制动 碰撞时间 主动安全 硬件在环

中图分类号:U461.91 **文献标志码:**A **DOI:** 10.19620/j.cnki.1000-3703.20230555

Design of Automatic Emergency Braking Strategy Based on Dynamic Time to Collision

Yang Hebo^{1,2}, Zhang Xiaojun¹, Luo Genggen², Xi Jingzhe^{1,3}

(1. Hebei University of Technology, Tianjin 300401; 2. Great Wall Motor Co., Ltd., Baoding 071000; 3. Automotive Engineering Research Institute, China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300300)

【Abstract】To address the limitation that the traditional Automatic Emergency Braking(AEB) strategy based on Time To Collision (TTC) does not take into account the speed of the vehicle, this paper proposed a dynamic collision time threshold model that took into account the vehicle speed and an AEB control strategy based on dynamic collision time threshold was designed. In order to ensure the comfort and safety of the braking process, a two-stage braking strategy was determined and the deceleration rate was designed, using PI control to complete the vehicle deceleration control. The TTC thresholds for different vehicle speeds were determined through simulation and a dynamic crash time threshold model was established. Hardware-In-the-Loop (HIL) simulation results show that the AEB strategy designed in this paper improves the collision avoidance success rate by 47.6% compared with the traditional AEB strategy under the premise of ensuring comfort, thus has better comprehensive performance.

Key words: Automated Emergency Braking (AEB), Time To Collision (TTC), Active safety, Hardware-In-the-Loop (HIL)

【引用格式】杨贺博,张小俊,罗耿耿,等.基于动态碰撞时间的自动紧急制动策略设计[J].汽车技术,2024(2):17-24.

YANG H B, ZHANG X J, LUO G G, et al. Design of Automatic Emergency Braking Strategy Based on Dynamic Time to Collision[J]. Automobile Technology, 2024(2): 17-24.

1 前言

自动紧急制动(Automated Emergency Braking, AEB)系统作为汽车主动安全系统的重要组成部分,可以有效避免人为失误造成的追尾碰撞事故^[1-2],已经成为国内外汽车制造商及研究机构在主动安全领域的研

究热点。目前,对AEB系统的研究主要围绕基于安全距离和碰撞时间的控制策略展开。基于安全距离的AEB控制策略以自车与前车的距离作为触发条件,主要有Mazda模型、Honda模型、Berkely模型和SeungwukMoon模型等^[3-4]。此外,为保证制动过程的舒适性,黄城等^[5]设计了满足舒适性条件的减速度曲线并

*基金项目:天津市科委新一代人工智能科技重大专项基金项目(18ZXZNGX00230)。

通信作者:张小俊(1980—),男,博士,教授,研究方向为智能网联汽车与机器人技术,xjzhanghebut@163.com。

对安全距离模型进行了优化;吕凯光等^[6]通过引入驾驶风格识别系数,从时间尺度和距离尺度修正了安全距离模型,提高了AEB系统的接受程度和驾驶舒适性,可满足不同驾驶员的个性化需求;赵林峰等^[7]针对车辆纵向跟驰过程中的避撞问题,通过分析制动减速度与平稳性的相关性,提出了一种考虑车辆运动状态和路面附着系数等因素的改进安全距离模型,并通过联合仿真和硬件在环仿真验证了该策略可以在保证行驶安全性的前提下改善车辆制动平稳性和舒适性。

基于碰撞时间的AEB控制策略以自车和前车在当前运动状态下发生碰撞所需的时间(Time To Collision, TTC)作为触发条件。在此基础上,李霖等^[8]采用碰撞时间倒数和期望减速度设计了行车风险估计算法,对设计适用于中国用户的AEB系统具有重要意义。Han等^[9]将路面附着系数与TTC相结合,提出了自适应TTC阈值,提高了AEB系统在不同路面下的性能。兰凤崇等^[10]使用两层控制思想对AEB控制策略进行设计,仿真结果表明,在保证舒适性的前提下可以避免碰撞或减轻碰撞伤害。

在真实行车过程中,以固定标准判断制动时机,可能会导致车辆在低速工况下过早制动,干扰驾驶员正常驾驶,在高速工况下过晚制动,致使碰撞发生。针对上述问题,本文提出考虑自车车速的动态碰撞时间模型,根据车速确定TTC阈值,形成不同车速下的动态制动策略,在下层控制器使用PI控制对车辆减速度进行精准控制。最后,采用硬件在环仿真对所提出的AEB控制策略进行验证。

2 AEB控制策略设计

2.1 上层决策模块设计

基于TTC的AEB控制策略在车辆行驶过程中根据前方障碍物位置、速度等信息和自车状态实时计算并判断TTC是否小于算法所设定的阈值,当TTC小于阈值且驾驶员未采取避撞行为时,AEB系统介入,触发车辆制动。TTC的计算公式为:

$$t_{TTC} = -d_r/v_r \quad (1)$$

式中: d_r 为两车间的相对距离, v_r 为前车相对于自车的车速。

该TTC模型所需参数少、计算简单,但在两车车速接近时,即使两车距离较近,TTC也会较大,不会触发AEB制动。因此有学者对其进行改进,提出了改进TTC模型^[11]:

$$t_{TTC} = \begin{cases} -\frac{d_r}{v_r}, & v_r < 0, a_r = 0 \\ -\frac{v_r}{a_r} - \frac{\sqrt{\Delta}}{a_r}, & v_r < 0, a_r \neq 0, \Delta \geq 0 \\ -\frac{v_r}{a_r} + \frac{\sqrt{\Delta}}{a_r}, & v_r \geq 0, a_r < 0 \\ \text{未定义}, & v_r \geq 0, a_r \geq 0 \\ \text{未定义}, & \Delta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\Delta = v_r^2 - 2d_r a_r$, $\Delta \geq 0$ 表示此时两车存在碰撞风险; a_r 为两车间的相对加速度;“未定义”表示车辆此时处于安全状态,TTC模型无需进行计算。

本文基于改进TTC模型设计行车过程中的预警和制动策略,改进TTC模型所需参数由各传感器提供。传统AEB系统在触发制动时采取单级制动策略,即以最大制动强度进行制动,但是在高速工况下,该制动方式易发生追尾且影响车辆稳定性。因此,为保证行车安全性与舒适性,在低速工况下,AEB系统应以大减速度较晚介入,高速工况下,AEB系统应采用两级制动策略,即优先采用小减速度制动,仍不能避免碰撞时再采用全力制动,从而使得AEB系统的介入方式更舒适、平顺^[12]。

此外,若AEB系统预警/制动过程中驾驶员进行制动且制动强度大于AEB系统当前制动强度或驾驶员进行转向避撞(转向盘转角变化率 >90 (°)/s)时,AEB系统退出,将车辆控制权交还给驾驶员。

综合以上考虑,本文AEB控制策略设计如下:在低速(自车车速 $v < 25$ km/h)工况下采用单级制动方式, t_{TTC} 小于预警阈值 t_{TTCW} 时触发声光报警,提醒驾驶员制动,若驾驶员未采取制动动作且 t_{TTC} 小于全力制动阈值 t_{TTCF} 时,AEB系统输出全力制动信号(Brake_Act=2),车辆进行全力制动;在高速工况下采用两级制动的方式,其预警过程与低速工况相同, $t_{TTC} < t_{TTCF}$ 时,AEB系统输出全力制动信号, $t_{TTCF} < t_{TTC} < t_{TTCP}$ (t_{TTCP} 为部分制动阈值)时,AEB系统输出部分制动信号(Brake_Act=1),车辆采取部分制动。AEB策略决策流程如图1所示。

美国国家公路交通安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)统计了83名驾驶员紧急制动时的平均减速度与最大减速度规律,如表1所示^[13],其中 η 为驾驶员数据累计百分比。

结合表1与文献[8]的研究,参考绝大多数驾驶员紧急制动时的平均减速度,选取 -4 m/s²作为部分制动减速度。

2.2 下层控制器设计

根据AEB控制决策模块输出的制动决策信号,下层控制器输出制动踏板开度、节气门开度、制动灯状态,

完成对车辆状态的实时控制。

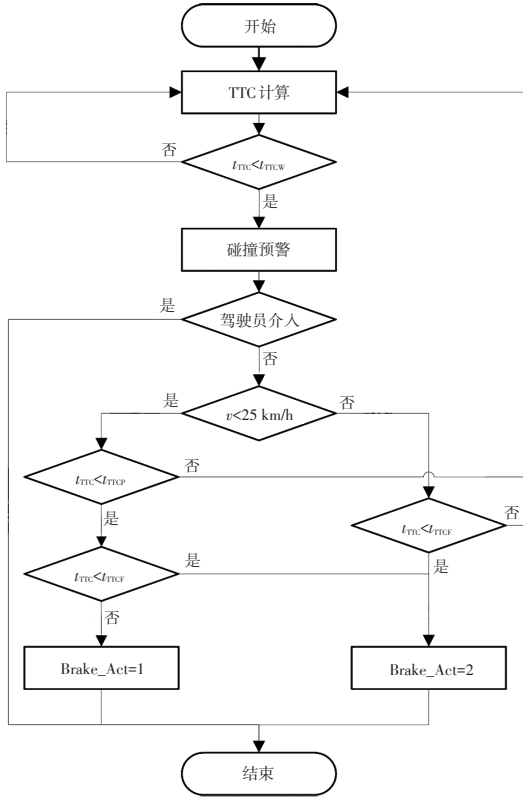


图1 AEB系统决策流程

表1 紧急制动规律

类型	减速度 a/g				
	$\eta=5\%$	$\eta=25\%$	$\eta=50\%$ (均值)	$\eta=75\%$	$\eta=95\%$
平均减速度	-0.15	-0.29	-0.38	-0.42	-0.55
最大减速度	-0.37	-0.58	-0.72	-0.82	-0.92

2.2.1 车辆模型搭建

使用 CarMaker 搭建车辆动力学模型,其可对车辆动力形式、悬架、制动、转向、车身、传感器模型等进行方便快捷的设置,本文所搭建的车辆动力学模型主要参数如表2所示。

2.2.2 制动过程控制

根据控制决策模块输出的减速度请求,PI控制器以期望减速度与车辆当前减速度之差为输入,输出节气门与制动踏板开度信号实现车辆减速度的精准快速控制。通过试凑法确定下层PI控制器参数为 $P=0.01$ 、 $I=0.0035$,其结构如图2所示。

为保证制动过程舒适性,AEB系统制动时,采取制动力缓升的方式。由于满足乘员驾乘舒适性的最大减速度变化率为 10 m/s^3 ^[4],故设计 AEB 系统制动介入时,减速度在 0.4 s 内达到 -4 m/s^2 ,使用PI控制实际减速度曲线如图3所示。

2024年 第2期

表2 车辆主要参数

参数	数值
整车质量/kg	1 463
前轴载荷/kg	889.795
后轴载荷/kg	573.205
质心位置坐标/m	(2.406,0,0.566)
长×宽×高/m×m×m	4.28×1.8×1.51
轴距/m	2.537
前轮轮距/m	1.578
后轮轮距/m	1.544
空气阻力系数	0.3
迎风面积/m ²	2.0
标准轮胎半径/m	0.318
轮胎滚动半径/m	0.293
挡位数量/个	6
前轮制动转矩与制动压力的比值 /N·m·(MPa) ⁻¹	160
后轮制动转矩与制动压力的比值 /N·m·(MPa) ⁻¹	80

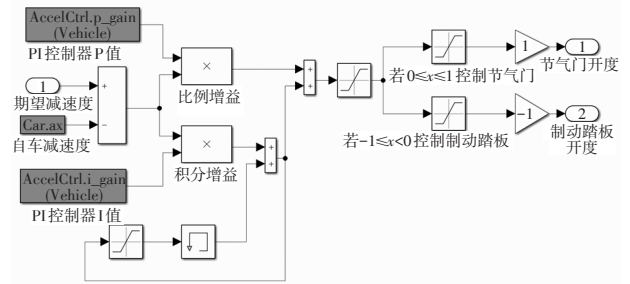


图2 PI控制器结构

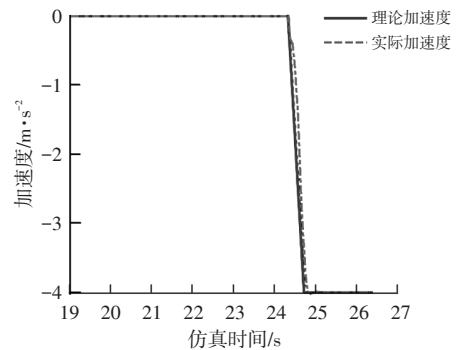


图3 PI控制减速度曲线

为避免 TTC 处于制动阈值临界点时制动力波动导致的车辆抖动问题,当触发部分制动时,制动压力维持至少 0.6 s ,避免制动信号反复触发,触发全力制动时,维持制动压力直到车辆制动至停车。

3 考虑自车车速的 TTC 阈值设计

3.1 固定 TTC 阈值 AEB 系统分析

由 TTC 模型可知,当两车相对速度不变时,TTC 只

与 d_r 有关,而与自车车速无关,但在实际行车过程中,高速跟车时两车距离应较大,低速跟车时两车距离应适当减小,若在不同速度工况下采用固定TTC阈值作为AEB触发标准,可能会导致中高车速下制动不及时而发生碰撞,低速工况下虽然能避免碰撞,但是会干扰驾驶员正常驾驶,影响行车舒适性。因此,采用固定TTC阈值的AEB控制策略无法兼顾行车安全性与驾驶舒适性,需要结合自车车速确定不同工况下的TTC阈值。

3.2 TTC 阈值策略优化

3.2.1 各车速下TTC 阈值确定

根据上述分析,AEB控制策略TTC阈值的确定应考虑自车车速,因此设计试验确定不同车速下合适的TTC阈值。

选取两车相对车速差距最大的前车静止(Car to Car Rear stationary, CCRs)工况,在不同车速条件下进行多组仿真。为保证仿真精度,将车速划分为低速(5~25 km/h)、中速(>25~70 km/h)、高速(>70~120 km/h)3种范围,在每种车速范围内设置车速以5 km/h递增进行仿真。为保证行车安全性与通行效率,一般选取1.0~2.0 m作为理想最小安全跟车距离 d_{min} ,因此,选取低速、中速、高速条件下最小跟车距离 d_{min} 分别为1.0 m、1.5 m、2.0 m。调整TTC阈值进行多次仿真,使得自车在不同车速下完成制动后与前车的距离满足最小跟车距离要求,确定不同车速下合适的制动阈值。最终确定的TTC阈值如表3~表5所示,其中 d_{min} 由相应阈值下进行多次仿真所得结果取平均值获得。

表3 低速工况下不同车速TTC 阈值

$v/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	t_{TTC}/s	d_{min}/m
5	0.500	0.87
10	0.525	0.92
15	0.550	1.03
20	0.570	1.07
25	0.600	1.00

表4 中速工况下不同车速TTC 阈值

$v/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	t_{TTC}/s	t_{TTC}/s	d_{min}/m
30	1.48	0.54	1.41
35	1.57	0.60	1.13
40	1.64	0.69	1.42
45	1.72	0.73	1.42
50	1.80	0.80	1.49
55	1.87	0.86	1.51
60	1.95	0.92	1.51
65	2.02	0.98	1.51
70	2.10	1.04	1.51

表5 高速工况下不同车速TTC 阈值

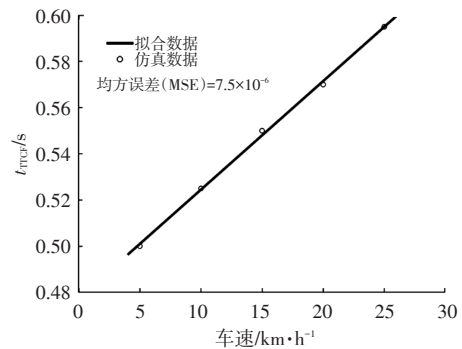
$v/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	t_{TTC}/s	t_{TTC}/s	d_{min}/m
75	2.25	1.13	1.99
80	2.35	1.19	2.04
85	2.45	1.25	2.06
90	2.56	1.30	2.01
95	2.68	1.35	2.03
100	2.80	1.40	2.06
105	2.91	1.46	2.07
110	3.02	1.52	2.03
115	3.14	1.58	2.04
120	3.27	1.65	2.03

3.2.2 TTC 阈值与车速关系拟合

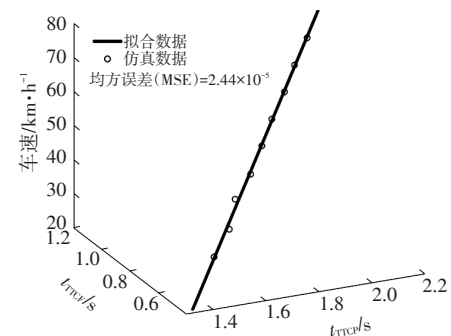
使用最小二乘法对TTC阈值与车速的关系进行拟合:对于低速工况,采取二维平面最小二乘法拟合的方式;对于中、高速工况,使用基于最小二乘法的三维空间点直线拟合方法^[16]进行拟合,编写Python程序输出拟合方程参数。各工况下拟合方程效果如图4所示。

3.2.3 TTC 阈值模型确定

已有研究表明,采用声光联合报警时,驾驶员平均反应时间为0.9 s,制动器延时一般为0.2 s^[17],为保证驾驶员有充足的反应时间,选取预警时长为1.25 s。故 t_{TTCW} 选取为由自车车速确定的 t_{TTCF} (低速工况)或 t_{TTCF} (中、高速工况)增加1.25 s。最终确定TTC阈值模型如表6所示。



(a)低速工况



(b)中速工况

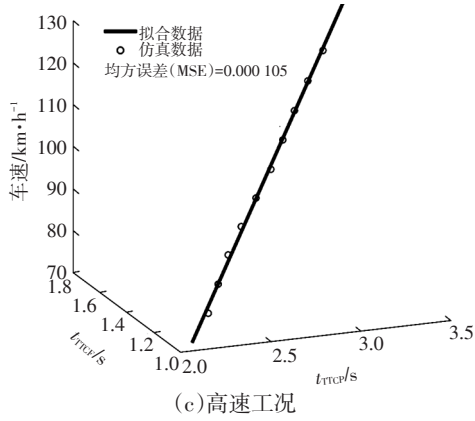


图4 拟合方程效果

表6 TTC 阈值模型

TTC 阈值	车速范围/km·h ⁻¹
$t_{TTCF} = 0$ $t_{TTCF} = 0.004 7v + 0.477 5$ $t_{TTCW} = t_{TTCF} + 1.25$	5~25
$\begin{bmatrix} t_{TTCF} \\ t_{TTCW} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 207 \\ 13 500 \\ 167.85 \\ 13 500 \end{bmatrix} v + \begin{bmatrix} 9.25 \\ 9 \\ 1.565 \\ 9 \end{bmatrix}$ $t_{TTCW} = t_{TTCF} + 1.25$	>25~75
$\begin{bmatrix} t_{TTCF} \\ t_{TTCW} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 469 \\ 20 625 \\ 231 \\ 20 625 \end{bmatrix} v + \begin{bmatrix} 5.263 \\ 10 \\ 2.904 \\ 10 \end{bmatrix}$ $t_{TTCW} = t_{TTCF} + 1.25$	>75~120

4 AEB 系统仿真验证

为验证所设计的 AEB 控制策略的有效性,本文使用感知系统硬件在环台架对其进行仿真验证,如图 5 所示,其中 CarMaker 软件提供仿真场景和车辆动力学模型,感知模块获取视频暗箱内的虚拟场景信息并通过 CAN 信号将前车距离等传递给 Simulink 中 AEB 控制策略,AEB 上层决策模块结合车辆当前状态与所处环境信息作出决策,下层控制器完成车辆控制。

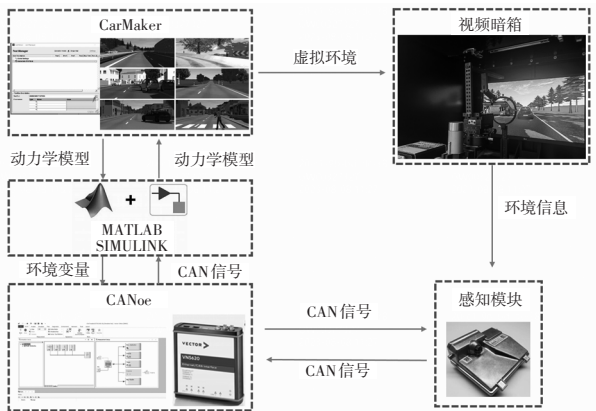


图5 感知系统硬件在环测试

仿真场景方面,选取欧洲新车安全评鉴协会(The European New Car Assessment Programme, E-NCAP)针 2024 年 第 2 期

对 AEB 功能所规定的 CCRs、前车运动 (Car to Car Rear moving, CCRm)、前车制动 (Car to Car Rear braking, CCRb) 3 种典型工况进行仿真验证。为测试所设计 AEB 策略 (策略 1) 在不同工况下的性能,拓展车速范围到 15~100 km/h,设置重叠率范围为 -50%~50%,并与采用固定 TTC 阈值的典型 AEB 控制策略 (策略 2) 进行对比,策略 2 的 TTC 阈值设置为 $t_{TTCW}=2.6$ s, $t_{TTCF}=1.6$ s, $t_{TTCB}=0.6$ s。搭建仿真场景并使用 CarMaker/Test Manager 完成自动化测试。

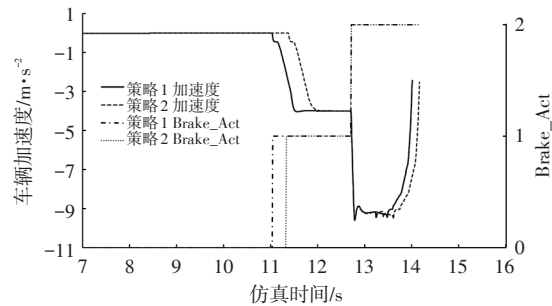
4.1 CCRs 工况

前车静止,自车以不同车速匀速接近前车,两车重叠率范围为 -50%~50%,仿真结果如表 7 所示。

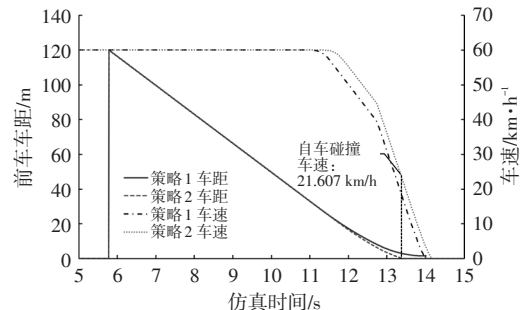
表7 CCRs 工况仿真结果

自车车速 /km·h ⁻¹	重叠率/%	最小车距/m		相对碰撞车速/km·h ⁻¹	
		策略 1	策略 2	策略 1	策略 2
15	0	1.023	5.431		
30	-50	1.467	2.452		
40	-25	1.350	0.751		
50	0	1.403			0.084
60	50	1.537			21.607
70	25	1.541			34.189
80	0	1.962			45.453
90	-25	2.007			56.189
100	25	2.034			66.589

以自车车速为 60 km/h,两车重叠率为 50%的 CCRs (CCR_{s_60_50%}) 工况为例,2 种控制策略的制动过程曲线如图 6 所示。



(a) 加速度与制动信号



(b) 自车车速和自车与前车的距离

图6 CCR_{s_60_50%} 工况制动过程

由图6可以看出,两车距离120 m时,摄像头探测到前方车辆,此时AEB系统判断无碰撞风险,并未介入。随着两车距离不断接近, $t_{TTC} < t_{TTCF}$ 时,2种策略均可正确制动,但采用固定TTC阈值的传统AEB策略的制动介入时机明显晚于本文设计的AEB策略,未能避免碰撞,碰撞时相对车速为21.607 km/h。另外,得益于对制动减速度的设计,本文设计的AEB策略制动时车速变化较为平缓,满足舒适性要求。

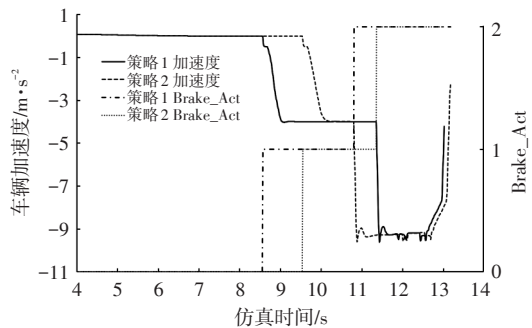
4.2 CCRm 工况

前车以20 km/h匀速运动,自车以不同车速接近前车,两车重叠率范围为-50%~50%,仿真结果如表8所示。

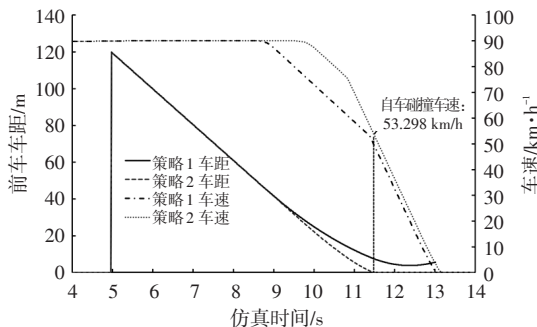
表8 CCRm 工况仿真结果

自车车速 /km·h ⁻¹	重叠率/%	最小车距/m		相对碰撞车速/km·h ⁻¹	
		策略1	策略2	策略1	策略2
30	-50	2.515	2.826		
40	-25	2.930	3.695		
50	0	3.840	2.522		
60	50	3.415	0.807		
70	25	1.512	0.011		
80	0	1.199			21.673
90	-25	3.842			33.298
100	25	4.320			45.432

自车车速为90 km/h,两车重叠率为-25%的CCRm (CCRm_90_-25%)工况制动过程如图7所示。



(a)加速度与制动信号



(b)自车车速和自车与前车的距离

图7 CCRm_90_-25%工况制动过程

CCRm_90_-25%工况下,由于本文AEB策略动态TTC阈值的设计,高速工况下 t_{TTCF} 与 t_{TTC} 分别为2.573 s、1.298 s,相比于固定TTC阈值的传统AEB策略,制动系统可以更早介入以避免碰撞,且最终跟车距离为3.842 m,符合舒适性与安全性要求。

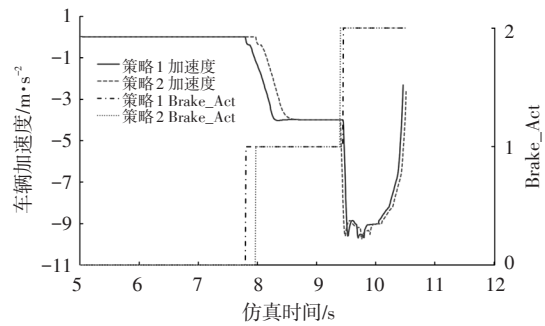
4.3 CCRb 工况

自车与前车均以50 km/h匀速运动,两车车距分别为12 m和40 m,一段时间后,前车分别以-2 m/s²和-6 m/s²的减速度制动,仿真结果如表9所示。

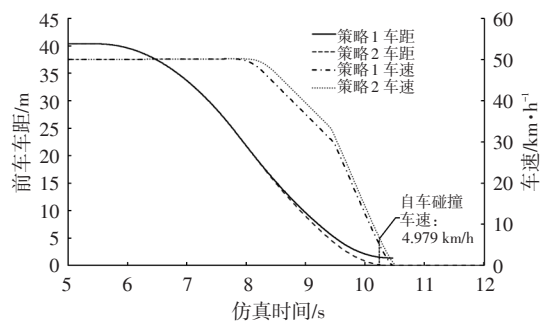
表9 CCRb 工况仿真结果

初始距离/m	前车减速度/m·s ⁻²	最小车距/m		相对碰撞车速/km·h ⁻¹	
		策略1	策略2	策略1	策略2
12	-2	0.511	0.701		
40		0.453	0.838		
12	-6			14.886	22.921
40		1.361			4.979

两车车距为40 m,前车制动减速度为-6 m/s²的CCRb(CCRb_40_-6)工况制动过程如图8所示。



(a)加速度与制动信号



(b)自车车速和自车与前车的距离

图8 CCRb_40_-6工况制动过程

CCRb_40_-6工况下,两车均以50 km/h运动,车距保持40 m不变,一段时间后前车以-6 m/s²制动,两车间距缩减,在第7.79 s、第7.96 s时,传统AEB控制策略与本文AEB控制策略触发部分制动,第9.39 s与第9.44 s时,两系统分别触发全力制动,但由于传统AEB制动触发时机较晚,未能避免碰撞,碰撞时相对速度为

4.979 km/h。

5 结束语

针对现有基于碰撞时间的AEB控制策略未考虑自身车速的局限性,本文设计了动态TTC阈值AEB控制策略,并对制动减速度变化率进行限制,使其满足舒适性要求,通过大量仿真确定了不同车速下的TTC阈值,建立了考虑车速的动态TTC阈值模型。为验证所设计AEB控制策略的有效性,利用摄像头在环仿真在E-NCAP规定的不同工况下进行验证,结果表明:本文所设计的AEB控制策略在3种工况下安全制动停车的成功率达到95.2%,采用固定TTC阈值的AEB控制策略成功率仅为47.6%;在两车车距为12 m,前车制动减速度为 -6 m/s^2 的CCRB极端危险工况下,两系统均发生碰撞,但本文所设计的AEB控制策略相对碰撞车速较传统AEB控制策略碰撞车速降低70.23%,达到了减轻碰撞的目的。此外,本文所设计的AEB控制策略最小跟车距离也更为稳定,不会干扰正常驾驶行为,在保证行车安全性的前提下兼顾了驾驶舒适性。

本文对所提出的AEB控制策略只进行了硬件在环仿真验证,并未开展实车测试,算法的实车表现与实际推广仍需结合实车试验开展进一步研究。

参 考 文 献

- [1] NHTSA. Driver Assistance Technologies[EB/OL]. (2022-05-30) [2023-06-09]. <https://www.nhtsa.gov/equipment/driver-assistance-technologies.html>.
- [2] 刘树伟,周武奎,郝亮. 汽车紧急制动安全与舒适性控制仿真研究[J]. 现代制造工程, 2018(10): 76-81.
LIU S W, ZHOU W K, HAO L. The Simulation Research on the Braking Safety and the Riding Comfort of the Vehicle AEB System[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2018 (10): 76-81.
- [3] SUI B, LUBBE N, BARGMAN J. A Clustering Approach to Developing Car-to-Two-Wheeler Test Scenarios for the Assessment of Automated Emergency Braking in China using in-Depth Chinese Crash Data[J]. Accident Analysis & Prevention, 2019, 132.
- [4] 李迎弟. 汽车自动紧急制动系统控制策略研究[D]. 西安: 长安大学, 2019.
LI Y D. Research on the Control Strategy of Autonomous Emergency Braking System[D]. Xi'an: Chang'an University, 2019.
- [5] 黄城,冀杰,陈琼红,等. 考虑舒适性的AEB避撞算法及仿真验证[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2021, 35(4): 39-48.
HUANG C, JI J, CHENG Q H, et al. Simulation Verification of AEB Collision Avoidance Algorithm in Consideration of Comfort[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2021, 35(4): 39-48.
- [6] 吕凯光,李旋,韩天园,等. 基于驾驶风格识别的AEB控制策略[J]. 汽车技术, 2021(5): 16-21.
LU K G, LI X, HAN T Y. AEB Control Strategy Based on Driving Style Recognition[J]. Automobile Technology, 2021 (5): 16-21.
- [7] 赵林峰,张丁之,王慧然,等. 基于改进安全距离模型的人机协同纵向避撞研究[J]. 汽车工程, 2021, 43(4): 588-600.
ZHAO L F, ZHANG D Z, WANG H R, et al. Study on Longitudinal Collision Avoidance with Human-Machine Cooperation Based on Improved Safety Distance Model[J]. Automotive Engineering, 2021, 43(4): 588-600.
- [8] 李霖,贺锦鹏,刘卫国,等. 基于驾驶员紧急制动行为特征的危险估计算法[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2014, 42(1): 109-114.
LI L, HE J P, LIU W G, et al. Threat Assessment Algorithm Based on Characteristics of Driver Emergency Braking Behavior[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2014, 42(1): 109-114.
- [9] HAN I C, LUAN B C, HSIEH F C. Development of Autonomous Emergency Braking Control System Based on Road Friction[C]// 2014 IEEE International Conference on Automation Science & Engineering. Taipei, China: IEEE, 2014: 933-937.
- [10] 兰凤崇,余蒙,李诗成,等. 考虑预碰撞时间的自动紧急制动系统分层控制策略研究[J]. 汽车工程, 2020, 42(2): 206-214.
LAN F C, YU M, LI S C, et al. Research on Hierarchical Control Strategy for Automatic Emergency Braking System with Consideration of Time-to-Collision[J]. Automotive Engineering, 2020, 42(2): 206-214.
- [11] COELINGH E, EIDEHALL A, BENGTTSSON M. Collision Warning with Full Auto Brake and Pedestrian Detection - A Practical Example of Automatic Emergency Braking[J]. 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Funchal, Portugal: IEEE, 2010: 155-160.
- [12] 刘建平,郑望晓,郑阳. AEB系统性能与碰撞时间关联性研究[J]. 汽车技术, 2018(8): 51-53.
LIU J P, ZHENG W X, ZHENG Y. Research on Relevance of AEB System Performance and TTC[J]. Automobile Technology, 2018(8): 51-53.
- [13] MCLAUGHLIN S B. Analytic Assessment of Collision Avoidance Systems and Driver Dynamic Performance in Rear-End Crashes and Near-Crashes[D]. Blacksburg: Doctoral Dissertation Virginia Polytechnic Institute and State University, 2007.

- [14] 张春雷. 基于驾驶员碰撞行为的追尾避撞控制策略研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2017.
ZHANG C L. The Rear-End Collision Avoidance Control Strategy Study Based on Drivers' Avoidance Behavior[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2017.
- [15] 王陆林, 刘贵如. 汽车制动距离估算模型和安全车距控制算法[J]. 农业装备与车辆工程, 2019, 57(12): 23-28.
WANG L L, LIU G R. Vehicle Braking Distance Estimation Model and Safe Distance Control Algorithm[J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering, 2019, 57(12): 23-28.
- [16] 薛丽红. 三维空间点中基于最小二乘法的分段直线拟合方法[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2015, 31(4): 84-85+89.
XUE L H. Three- Dimensional Point Piecewise Linear Fitting Method Based on Least Square Method[J]. Journal of Qiqihar University (Natural Science), 2015, 31(4): 84-85+89.
- [17] ZHANG Y Z, ANTONSSON E K, GROTE K. A New Threat Assessment Measure for Collision Avoidance Systems[C]// 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference. Toronto, Ontario, Canada: IEEE, 2006: 968-975.
(责任编辑 斛 畔)
修改稿收到日期为2023年7月19日。

《汽车文摘》征文

《汽车文摘》(月刊)于1963年7月3日创刊,由国务院国有资产监督管理委员会主管、中国第一汽车集团有限公司主办,为中国汽车工程学会会刊。《汽车文摘》以“览全球汽车技术文献,指中国汽车技术之道”为使命,以打造“中国汽车前沿与创新技术传播与交流的重要平台”为愿景,致力于成为汽车领域最具影响力的综述类期刊。

2023年11月,《汽车文摘》复合影响因子达1.187,这反映《汽车文摘》自2019年启动转型升级以来,期刊学术影响力稳步提升。

《汽车文摘》坚信“他山之石,可以攻玉”,深耕电动化、智能化、网联化、共享化和智能制造5大方向和10大领域,聚焦新能源、燃料电池与混合动力汽车、智能网联汽车、氨氢融合零碳和碳中和燃料、汽车安全、健康与舒适、碳达峰与碳中和、生命周期评价(LCA)与技术经济分析、智能制造、材料轻量化与一体化压铸、飞行汽车前沿与创新技术综述论文,揭示相关领域的新动态、新趋势、新技术和新进展,为广大科研和工程技术人员进一步发展这一领域提供新突破口、新出发点和新基准。

欢迎高等院校师生、研发工程技术人员、技术管理人员,充分发挥专业领域优势,深度挖掘国内外高影响力学术期刊与其它文献,形成某个技术领域前沿综述。

《汽车文摘》选题范围:

电动化:混合动力关键技术;动力电池关键技术;先进充电技术;电驱动系统及电力电子技术;智能底盘及子系统线控关键技术;燃料电池动力系统设计与优化。

智能化:新型电子电气架构;自动驾驶感知、决策与运动控制;智能新能源汽车测试评价方法与工具链;车辆智能安全技术。

网联化:智能网联云控技术;车用通信及网络技术;车路协同技术;汽车人因、人机交互与智慧座舱;信息安全与预期功能安全;车网融合(V2G)及应用。

低碳化:汽车节能与排放技术;清洁能源动力系统技术;碳达峰、碳中和;氢燃料制、储、运、加及安全管控技术;生命周期评价(LCA)、标准法规与技术经济分析;氨氢融合零碳和碳中和燃料。

轻量化:新能源汽车新材料技术;混合材料轻量化设计;一体化压铸。

共享化:区块链技术;移动出行;车辆大数据挖掘方法与应用案例。

燃料电池:电池堆、电池系统与基础设施。

智能制造:机器人与自动化控制、四大工艺、物流技术、设计-制造-服务。

颠覆式出行:飞行汽车;未来低空智能交通体系及其关键技术。

汽车安全:主被动安全与融合;智能安全;健康与舒适。

《汽车文摘》发表论文的独特优势:

《汽车文摘》是国家级刊物、中国汽车工程学会会刊、汽车领域唯一的综述期刊。《汽车文摘》不收版面费、4个月左右可发稿。

投稿要求:

1. 综述篇幅在10 000~15 000字(6~10页),图文并茂,图、表和公式非原创要求标注引用文献;
2. 请按科技论文要求撰写文章摘要,摘要中文字数在200±10字;
3. 文章必须附有公开发表、体现本领域最新研究成果和高影响力出版物作为参考文献,一般要求参考文献在20篇以上,一半左右为外文参考文献,且在文中标注所引用文献;
4. 来稿保密审查工作由作者单位负责,确保署名无争议,文责自负;
5. 切勿一稿多投。

《汽车文摘》投稿网址: <http://www.qcwz.cbpt.cnki.net>

邮箱: autodigest@faw.com.cn

《汽车文摘》编辑部