

视觉障碍条件下行人碰撞事故场景自动紧急制动 触发策略分析*

蔡鸿瑜¹ 韩勇^{1,2} 何勇³ 孟昕¹

(1. 厦门理工学院, 厦门 361024; 2. 福建省客车先进设计与制造重点实验室, 厦门 361024;
3. 厦门华夏学院, 厦门 361024)

【摘要】为了避免在视觉障碍紧急工况下车辆碰撞行人事故的发生, 针对存在视觉障碍的典型车辆-行人自动紧急制动(AEB)测试场景, 提出了3种具有不同碰撞时间(TTC)和制动减速度的AEB触发策略(保守型、法规型、激进型), 在2起典型视觉障碍事故场景条件下, 基于PreScan、MATLAB/Simulink、CarSim等仿真平台建立事故场景和车辆动力学模型, 并搭建AEB策略模型, 对比分析3种AEB触发策略的制动有效性。结果表明: 所搭建的AEB模型均能在典型行人碰撞场景中实现避撞, 其中法规型制动策略规避效果最佳。

关键词: 弱势道路使用者 视觉障碍 典型场景 自动紧急制动

中图分类号: U461.91 文献标志码: A DOI: 10.19620/j.cnki.1000-3703.20221098

Analysis of AEB Triggering Strategies for Pedestrian Collision Scenarios Based on Visual Obstacle Conditions

Cai Hongyu¹, Han Yong^{1,2}, He Yong³, Meng Xin¹

(1. Xiamen University of Technology, Xiamen 361024; 2. Fujian Key Laboratory of Advanced Design and Manufacturing of Buses, Xiamen 361024; 3. Xiamen Huaxia University, Xiamen 361024)

【Abstract】To avoid the incidence of vehicle - pedestrian collision accidents under emergency scenarios involving visual impairments, this study focuses on typical vehicle-pedestrian Automatic Emergency Braking (AEB) test scenarios with visual impediments. Three AEB triggering strategies, namely the conservative, regulatory, and aggressive strategies, are proposed, each characterized by distinct Time to Collision (TTC) values and braking deceleration profiles. Under the circumstances of two prototypical accident scenarios with visual impairments, accident scenarios and vehicle dynamics models are constructed using simulation platforms such as PreScan, MATLAB/Simulink, and CarSim. Subsequently, an AEB strategy model is developed. A comparative analysis is then conducted to evaluate the braking effectiveness of the three AEB triggering strategies. The results show that all the AEB models in this study can achieve collision avoidance in typical vehicle-pedestrian accident scenarios, with the regulatory braking strategy having the best avoidance effect.

Key words: Vulnerable Road User (VRU), Visual obstacle, Typical scenarios, Autonomous Emergency Braking (AEB)

【引用格式】蔡鸿瑜, 韩勇, 何勇, 等. 视觉障碍条件下行人碰撞事故场景自动紧急制动触发策略分析[J]. 汽车技术, 2025(2): 1-8.

CAI H Y, HAN Y, HE Y, et al. Analysis of AEB Triggering Strategies for Pedestrian Collision Scenarios Based on Visual Obstacle Conditions[J]. Automobile Technology, 2025(2): 1-8.

1 前言

道路交通安全问题的严重性^[1-2]促进了汽车主动

安全技术的快速发展, 自动紧急制动(Autonomous Emergency Braking, AEB)系统作为典型的汽车主动安全技术, 可以辅助驾驶员规避碰撞事故, 进而减少交

*基金项目: 福建省自然科学基金重点项目(2024J02031); 厦门市自然科学基金面上项目(3502Z20227223)。

通信作者: 韩勇(1984—), 男, 教授, 主要研究方向为汽车碰撞智能防护、道路弱势群体安全, yonghan@xmut.edu.cn。

通事故造成的人员伤亡^[3]。为了加速 AEB 系统的普及,欧洲经济委员会制定了 AEB 系统的法规草案。自 2015 年起,欧洲新车评价规程(European New Car Assessment Programme, Euro-NCAP)和中国新车评价规程(China New Car Assessment Program, C-NCAP)开始着力研究应用于 AEB 测试的典型场景^[4-7]。研究人员在典型交通事故场景开发过程中,基于提取的道路使用者信息、车辆信息和影响交通事故的因素等特征,采用聚类分析方法,以相似性或差异性为标准将目标群体分组,进而统计获得真实事故场景发生频率^[8-11]。谭正平等通过群决策理论从交通事故数据中分析提取了 16 类典型的汽车与行人冲突场景^[12]。金钱钱等基于弱势道路使用者交通事故视频数据库(VRU TRAFFIC Accident database with Video, VRU-TRAVi)提取事故视频特征,采用聚类分析方法得到 7 类行人-车辆典型碰撞场景^[13]。韩勇等采用具有完整视频信息和弱势道路使用者(Vulnerable Road User, VRU)损伤信息的深度事故数据分析了 AEB 系统的传感器视场角(Field Of View, FOV)对事故规避率的影响,结果表明,事故规避率随着 FOV 的增大而提高^[14]。刘福聚等基于中国道路交通事故深入研究(China In-Depth Accident Study, CIDAS)数据库建立测试场景,发现 AEB 系统的碰撞时间(Time To Collision, TTC)设置为 1 s、探测角度为 40°和制动减速度为 0.9 g 条件下,可减少 58.4% 行人事故的发生^[15]。

综上,学者们主要关注汽车与行人碰撞场景的聚类研究和汽车 AEB 系统参数优化研究。然而, AEB 系统在汽车和行人典型危险场景中的适应性研究更是 AEB 预期功能研究的关键。传统 AEB 感知系统在普通场景下能够满足预期的功能需求,但在典型危险场景下能否满足预期的功能需求还有待验证。目前,学者对 AEB 感知系统的预期功能研究较少,缺乏针对中国道路环境下汽车和行人典型危险场景的 AEB 系统参数的适用性研究。本文结合前期提取的典型碰撞前场景^[13],基于 VRU-TRAVi 数据库筛选了 2 起符合典型碰撞前场景的车辆碰撞行人事故,利用 PreScan、MATLAB/Simulink、CarSim 等软件,仿真验证 3 种不同 AEB 策略的预期功能,作为后续 AEB 感知系统参数优化研究的基础。

2 AEB 系统参数

了解 AEB 系统介入过程中的车辆运动状态和行人状态,有必要进一步研究车辆制动过程中的制动距

离。车载传感器探测行人的过程如图 1 所示,其中车辆在机动车道上行驶,行人切入机动车道。

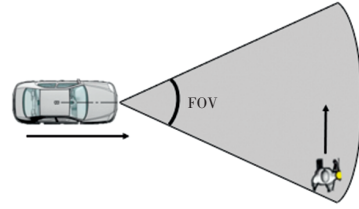


图1 车载传感器探测行人示意

图 2 所示为 AEB 系统介入后制动过程的不同阶段,其中 t_{BPT} 为消除制动间隙所需时间, t_{BBT} 为制动力从 0 增大到峰值所需时间, t_{STOP} 为车辆以最大减速度恒定制动直到停车所需时间。TTC 是 AEB 系统中触发车辆减速指令的重要指标。在以往的研究中, TTC 阈值是 AEB 系统激活的基础,极大地影响事故规避程度。考虑到 TTC 对 VRU 的适用性,根据车辆与 VRU 间的相对距离设置不同的制动减速度,并结合法规定义 TTC 在制动触发中的优先级。此外,在 AEB 系统干预的过程中,从 AEB 系统发出制动指令到制动间隙被清除的时间通常约为 0.1 s,制动力从 0 开始增大到最大值所需时间 t_{BBT} 通常为 0.15 s^[16]。

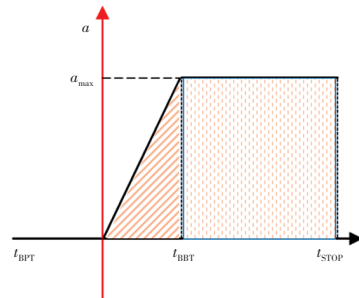


图2 制动过程的不同阶段

车辆完全停止的距离 d_{vehicle} 可用制动梯度提升和最大恒定减速度两个阶段的行驶距离计算得出^[17]:

$$d_{\text{vehicle}} = d_{\text{BBT}} + d_{\text{STOP}} = \frac{v_0^2}{2a_{\text{max}}} + \frac{v_0 t_{\text{BBT}}}{2} - \frac{a_{\text{max}} t_{\text{BBT}}^2}{24} \quad (1)$$

式中: d_{BBT} 为制动力从零增大到峰值所行驶的距离, d_{STOP} 为车辆以最大减速度恒定制动直到停车所行驶的距离, v_0 为车辆初始速度, $a_{\text{max}} = \mu g$ 为车辆最大减速度, μ 为制动强度。

考虑到 AEB 系统在实际应用中的有效性,参考不同级别典型车辆的制动效能数据,计算相应制动强度,如表 1 所示,得到 μ 的范围为 0.95~1.10,将其作为本文减速度 a 的参考。

AEB 系统需介入时的碰撞时间 t_{TTC} 和 AEB 系统介入期间行人移动的距离(目标行人与碰撞点的距离) d_{ped} 分别为:

$$t_{TTC} = -d_{vel}/v_0 \quad (2)$$

$$d_{ped} = t_{TTC} v_{ped} \quad (3)$$

式中: d_{vel} 为行人与车辆的纵向距离, v_{ped} 为行人移动速度。

表1 车型代表制动效能

车型	车速 $v_0/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	制动距离 $d_{vehicle}/\text{m}$	μ
奥迪 Q5 (中型车)	100	39.92	1.019 39
	60	13.56	1.127 29
大众途观 (紧凑车)	100	42.55	0.953 17
	60	15.28	0.989 29
帕萨特 (中型车)	100	39.58	1.028 63
	60	14.69	1.032 66
卡罗拉 (紧凑车)	100	42.29	0.959 33
	60	15.4	0.980 91
凯美瑞 (中型车)	100	38.57	1.057 09
	60	13.87	1.099 65
汉兰达 (中型车)	100	41.57	0.976 82
	60	15.63	0.965 24

触发 AEB 系统的 TTC 阈值 t_{TTCI} 包含消除制动间隙时间和制动力达到峰值时间:

$$t_{TTCI} = t_{BBT} + t_{BPT} \quad (4)$$

本文设定 TTC 的最大值为 1.4 s, 最小值为 0.8 s^[18]。对于制动减速度 a , 当 AEB 系统干预时, 激进型策略的特点是制动力更大, 而保守型策略则以较小的减速度缓慢制动, 两者最大制动减速度均与制动器及地面的摩擦因数有关^[19]。参考学者对 AEB 系统制动减速度的研究, 本文将最大制动减速度设置为 0.9 g , 最小制动减速度设置为 0.5 g ^[20]。要确定传感器的 FOV, 应考虑车辆的最低行驶速度。结合 Euro-NCAP AEB-VRU 测试中最低速度所需的 FOV, 设置 FOV 为 75°^[19]。此外, 考虑到实车毫米波雷达传感器的检测性能, 本文使用的传感器探测距离设定为 60 m。因此, 基于目前 AEB 系统的现状和其他研究人员对不同参数的研究结果, 设定如表 2 所示的参数特征。

3 AEB 控制模型

文献[21]对目前几种典型 AEB 模型(Mazda 模型、Honda 模型、Berkeley 模型、SeungwukMoon 模型、TTC 模型^[22-25])进行对比分析后认为, 纵向避撞过程中 AEB 避撞模型应满足“能实现避免碰撞”和“不对驾驶员正常驾驶产生干扰”两个要求, 在不干扰驾驶员正常驾驶层面, TTC 模型效果最好, 而在纵向避撞过程中, 以上几种模

型主要表现为保守型和激进型两种。因此, 在考虑输入参数少、对驾驶员干扰小、参数可调性层面以及两轮车目标较小的情况下, 本文所设计的 AEB 模块首先对输入的传感器测量数据进行分析计算, 得到预碰撞时间 TTC。

表2 不同 AEB 系统制动类型参数

制动参数	激进型	常规型	保守型
制动减速度/ g	0.9	0.9	0.5
t_{TTCI}/s	0.8	1.1	1.4
探测角度/ $^\circ$	75	75	75
探测范围/ m	60	60	60
制动器延迟时间/ s	0.1	0.1	0.1

直线行驶时汽车与目标位置的关系如图 3 所示, 目标质心与自车的纵向距离 x 和横向距离 y 分别为:

$$\begin{cases} x = \rho_r \cdot \cos \theta \\ y = \rho_r \cdot \sin \theta \end{cases} \quad (5)$$

式中: ρ_r 为车辆与目标的直线距离, θ 为汽车行驶方向和车辆质心与目标行人质心连线的夹角。

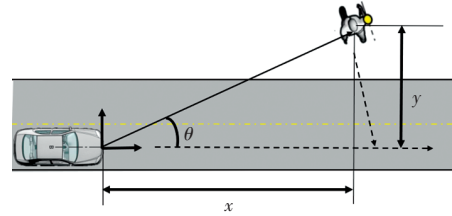


图3 汽车与目标位置关系

将切向速度 v_t 和径向速度 v_r 进行转化得到目标相对于自车的纵向速度 v_x 和横向速度 v_y :

$$\begin{cases} v_x = v_r \cos \theta - v_t \sin \theta \\ v_y = v_r \sin \theta + v_t \cos \theta \end{cases} \quad (6)$$

碰撞时间模型即 TTC 模型, 指直线行驶的自车与前方目标发生碰撞的时间:

$$t_{TTC} = -x/v \quad (7)$$

式中: v 为自车行驶速度。

综上, 可得纵向碰撞时间 t_{TTCx} 与横向碰撞时间 t_{TTCy} :

$$\begin{cases} t_{TTCx} = -\frac{\rho_r \cdot \cos \theta}{v_r \cos \theta - v_t \sin \theta - v} \\ t_{TTCy} = -\frac{\rho_r \cdot \sin \theta}{v_r \cos \theta - v_t \sin \theta} \end{cases} \quad (8)$$

Δt_{TTCy} 为上一时刻 t_{TTCy} 与下一刻的差值, 通过 Δt_{TTCy} 的值对传感器识别到的目标进行判断, 若 Δt_{TTCy} 恒等于 0, 则可判定目标对自车不存在威胁。

对于 t_{TTCx} , 结合不同 AEB 系统的需求判定车辆何时开始制动, 即判定目标存在威胁且满足如下不等式时车辆开始制动:

$$\Delta t_{TTCx} = t_{TTCx} - t_{TTCF} \leq 0 \quad (9)$$

根据上述数学模型搭建如图4所示的基于TTC的AEB控制策略的仿真模型。

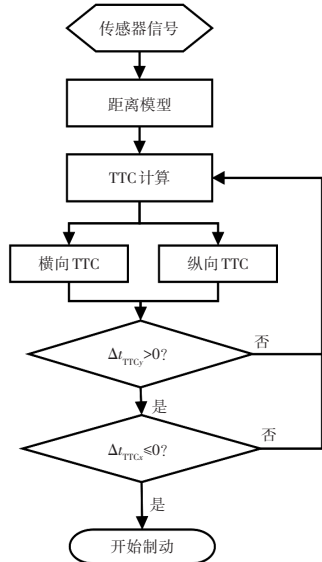


图4 AEB控制模型

首先利用PreScan搭建事故场景并在车辆上设置传感器,同时在CarSim中设置车辆动力学模型,最后在MATLAB/Simulink中连接搭建的TTC距离模型、危险状况判断模块以及节气门/制动器判断模块。当TTC满足AEB触发条件时,AEB模块输出期望的制动减速度至CarSim动力学模块进行车辆制动控制,过程如图5所示。

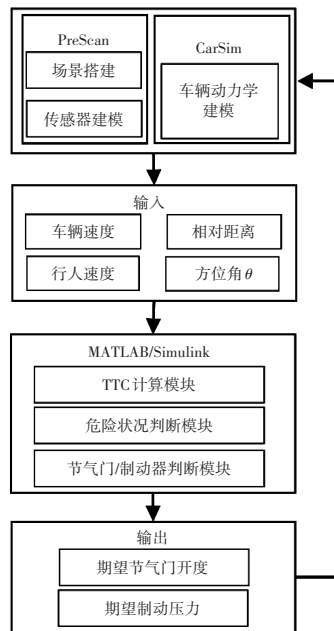


图5 联合仿真模型

图6所示为3种不同触发策略下的实际制动减速度与期望制动减速度。可以看出,实际制动减速度与期望制动减速度非常接近,误差控制在4.5%以内,符合制动

减速度的要求。

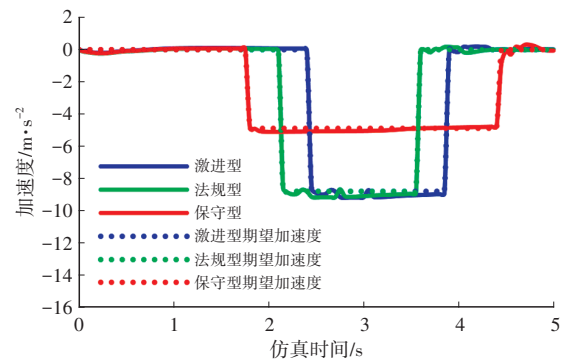


图6 制动减速度与期望制动减速度

4 仿真结果及分析

4.1 事故仿真结果

为了验证不同触发策略下AEB系统制动控制的有效性,结合前期基于聚类得到的7类行人-车辆碰撞前典型场景,如图7所示^[13],选择占比高的场景2(占比20.67%)开展仿真,考虑到该场景下行人自近端横穿道路,另选取行人自远端横穿道路的场景6作为对照。

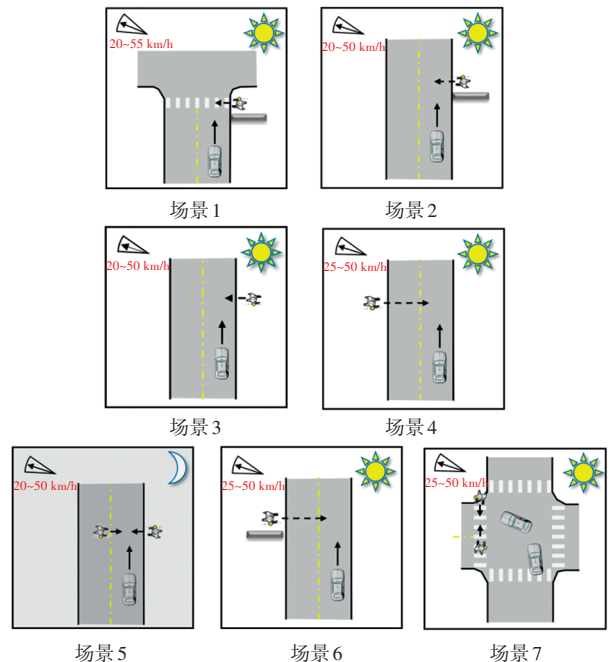


图7 碰撞前典型场景^[13]

进一步从VRU-TRAVi中筛选出2起典型场景下行人与车辆碰撞的深度事故案例^[26]。

案例1:事故编号为XMUTP161221.1,事故草图如图8所示,事故发生在北侧第一条机动车道上,一辆由东向西行驶的轿车与一名从绿化带由北向南穿行的行人相撞。表3所示为事故特征与典型场景2的对比结果,案例1符合图7中的典型场景2。

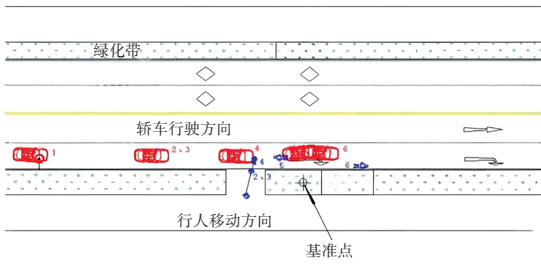


图8 案例1事故草图

表3 案例1与典型场景事故特征对比

特征	典型场景2	XMUTP161221.1
时间	白天	白天
障碍物	存在	存在
车辆行为	直行	直行
行人行为	直行	直行
相对运动	远端	远端
碰撞位置	路口中	路口中
车辆速度/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	20~55	48
行人速度/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$		8.9

图9显示了基于PreScan重建的车辆和行人碰撞位置与真实事故视频的对比结果,PreScan中行人和车辆的碰撞点与真实事故基本匹配。



(a)事故发生时刻视频截图 (b)PreScan重建结果

图9 案例1碰撞点对比

结合案例1对3种制动策略的AEB参数进行有效性验证,结果如图10所示。

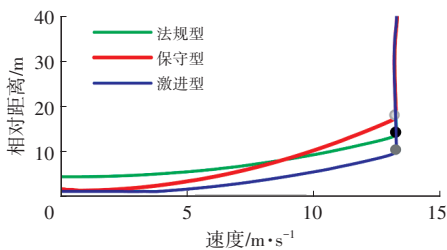


图10 案例1中车辆-行人相对距离与车辆速度的变化趋势

在保守型、法规型、激进型制动策略下,车辆分别在距离行人17.02 m、12.58 m、9.35 m时开始由13.3 m/s的速度进行制动,制动结束后车辆最终分别在距离行人1.61 m、4.30 m、1.02 m的位置停止。案例1中3种AEB制动策略均规避了碰撞,行人典型事故碰撞前场景1验证有效。

案例2:事故编号为XMUT06190027.1,事故草图如2025年 第2期

图11所示,该事故发生在某交叉路口,一辆由西向东行驶的轿车与一名由北向南移动的行人相撞,该行人行路路线被等待的车辆遮挡。表4所示为事故特征与典型场景6的对比结果,案例2符合图7所示的典型场景6。

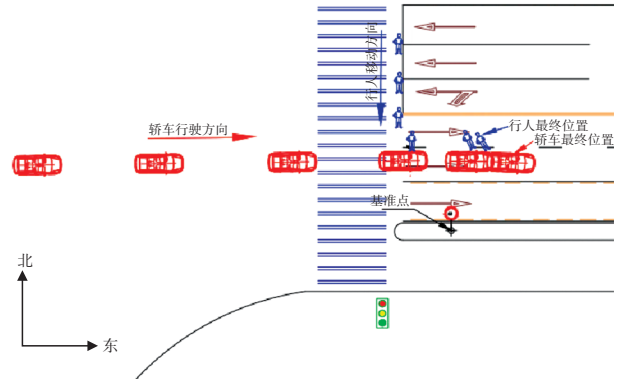


图11 案例2事故草图

表4 案例2与典型场景事故特征对比

特征	典型场景6	XMUT06190027.1
时间	白天	白天
障碍物	不存在	不存在
车辆行为	直行	直行
行人行为	直行	直行
相对运动	近端	近端
碰撞位置	路口中	路口中
车辆速度/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	15~55	41.72
行人速度/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$		12.168

图12所示为基于PreScan重建的车辆和行人碰撞位置与真实事故视频的对比结果,PreScan中车辆和行人碰撞时刻的相对位置与真实事故基本匹配。



(a)事故发生时刻视频截图 (b)PreScan重建结果

图12 案例2碰撞点对比

结合案例2对3种制动策略的AEB参数进行有效性验证,结果如图13所示。

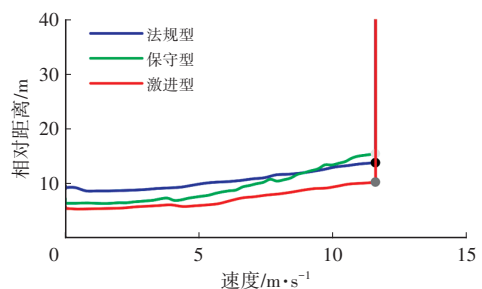


图13 案例2中车辆-行人相对距离与车辆速度的变化趋势

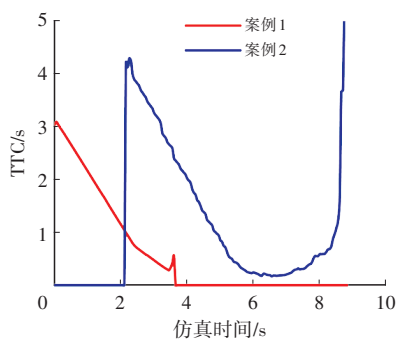
在保守型、法规型、激进型制动策略下,车辆分别在距离行人 15.48 m、13.87 m、10.27 m 时开始从 11.59 m/s 的速度进行制动,最终分别在距离行人 6.40 m、9.23 m、5.43 m 的位置停止。案例 2 中 3 种 AEB 制动策略均规避了碰撞,行人典型事故碰撞前场景 3 验证有效。

4.2 结果分析

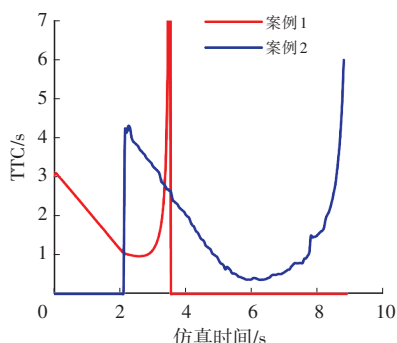
传感器能识别的横向宽度随着行人与车辆纵向相对距离的减小而减小。在行人与车辆距离较近时,车辆前方的行人不在传感器的检测范围,但本文设置了制动器延迟时间,行人离开检测范围后,制动器仍会保持制动状态 0.1 s。

联系案例 1 与案例 2 可知:激进型与法规型制动策略由于制动减速度相同,故速度减小的速率相似,保守型制动策略速度变化相对平缓;激进型、法规型和保守型制动策略下制动开始时刻的相对距离依次增大,制动时间的减小导致制动结束时激进型制动策略的仿真结果中车辆与目标行人的相对距离最小,且案例 1 中 3 种制动策略制动结束时车辆与目标行人的相对距离均小于案例 2。

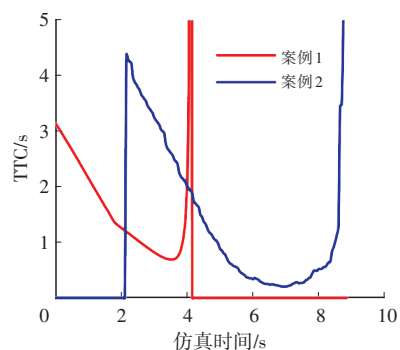
图 14 所示为 3 种 AEB 策略在传感器探测到行人后的 TTC 变化情况,2 例事故中 TTC 在开始的几秒均出现降低趋势,随着车辆与行人的距离不断减小, TTC 一旦达到阈值,车辆即开始制动, TTC 变化趋势变小,当速度趋于零时, TTC 趋近于无穷大,表示碰撞不会发生。



(a)激进型



(b)法规型



(c)保守型

图 14 3 种触发策略下行人事故场景中 TTC 变化趋势

对比案例 1 与案例 2 的 TTC,一方面,案例 1 的车速较案例 2 高,另一方面,由于传感器输出的 TTC 为纵向 TTC,与车辆自身的速度相关性较大,所以案例 1 中 TTC 的变化过程时长较案例 2 短。

案例 1 在激进型制动策略下,由于行人在车辆前端离开了传感器的检测范围,所以在制动还未停止时,传感器已经识别不到行人,故案例 1 激进型制动策略的 TTC 没有出现剧增的情况。

5 结束语

本文基于 VRU-TRAVi 已建立的 7 类行人-车辆事故的碰撞前场景,选取具有视觉障碍且占比最高的碰撞前典型场景 2,以及具有对照关系的碰撞前典型场景 6,再从事故数据库中筛选出符合以上场景的 2 起事故,通过仿真平台建立的车辆动力学模型以及 AEB 算法对筛选的 2 起真实事故进行 3 种不同制动策略下的 AEB 系统有效性分析,结果表明,3 种 AEB 系统制动策略在筛选的 2 起真实事故案例中均能实现避撞,故在保证安全性的前提下,可以有效实现不同类型的避撞需求。

2 个案例中,车速和行人速度不同,结束制动时目标行人与自车的相对距离也不相同,故后续可以针对真实事故中行人速度和车辆速度对 AEB 系统作用下事故规避率的影响展开研究。同时,本文局限于车辆直线行驶工况,后续将考虑结合转向措施对避撞策略进行优化,以及如何使避撞策略用于车辆转向行驶的情况。

参 考 文 献

- [1] World Health Organization. Global Status Report on Road Safety 2018[R]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2018.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
National Bureau of Statistics. Chinese Statistical Yearbook[M]. Beijing, China: Chinese Statistical Press, 2020.
- [3] 刘永涛, 吕凯光, 赵俊玮, 等. 基于人、车、路 and 环境的 AEB

- 控制策略发展研究综述[J]. 汽车技术, 2021(5): 1-8.
- LIU Y T, LÜ K G, ZHAO J W, et al. Research Review on Development of AEB Control Strategy Based on Human, Vehicle, Road and Environment[J]. Automobile Technology, 2021(5): 1-8.
- [4] Euro NCAP. Test Protocol -AEB VRU Systems (Version 1.0.1) [S/OL]. Leuven, Belgium: Euro NCAP, 2015. <https://cdn.euroncap.com/media/21509/euro-ncap-aeb-vru-test-protocol-v101.pdf>.
- [5] Euro NCAP. Euro NCAP Test Protocol-AEB VRU Systems (Version 3.0.4) [S/OL]. Leuven, Belgium: Euro NCAP, 2021. <https://cdn.euroncap.com/media/62795/euro-ncap-aeb-vru-test-protocol-v304.pdf>.
- [6] 中国汽车技术研究中心有限公司. C-NCAP管理规则(2018年版)[S/OL]. 天津: 中国汽车技术研究中心有限公司, 2018. <http://www.c-ncap.org/cms/files/cncap-regulation-2018.pdf>. China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd.. C-NCAP Management Regulation (2018 Edition) [S/OL]. Tianjin: China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., 2018. <http://www.c-ncap.org/cms/files/cncap-regulation-2018.pdf>.
- [7] 中国汽车技术研究中心有限公司. C-NCAP管理规则(2021年版)[S/OL]. 天津: 中国汽车技术研究中心有限公司, 2021. <http://www.cncap.org.cn/cms/picture/357380003076288512.pdf>. China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd.. C-NCAP Management Regulation (2021 Edition) [S/OL]. Tianjin: China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., 2021. <http://www.cncap.org.cn/cms/picture/357380003076288512.pdf>.
- [8] SUN M, SUN X D, SHAN D H. Pedestrian Crash Analysis with Latent Class Clustering Method[J]. Accident Analysis and Prevention, 2019, 124: 50-57.
- [9] PAN D, HAN Y, JIN Q Q, et al. Study of Typical Electric Two-Wheelers Pre-Crash Scenarios Using K-Medoids Clustering Methodology Based on Video Recordings in China[J]. Accident Analysis and Prevention, 2021, 160.
- [10] ROUSSEEUW P J. Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis[J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 1987, 20: 53-65.
- [11] BATOOL F. Optimum Average Silhouette Width Clustering Methods[D]. London, UK: University College London, 2019.
- [12] 谭正平, 车瑶栋, 肖凌云, 等. 面向自动驾驶的典型汽车与行人事故冲突场景研究[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(4): 1573-1582.
- TAN Z P, CHE Y Y, XIAO L Y, et al. Trace Analysis for the Typical Precrash Scenario between Car Vehicle and Pedestrian Caused by the Automatic Driving[J]. Journal of Safety and Environment, 2021, 21(4): 1573-1582.
- [13] 金钱钱. 基于视频信息的行人与自行车典型场景提取及虚拟验证[D]. 厦门: 厦门理工学院, 2020.
- JIN Q. Extraction and Virtual Verification of Typical Scenarios of Traffic Accidents for VRU Based on Video Information[D]. Xiamen: Xiamen University of Technology, 2020.
- [14] 韩勇, 李永强, 许永虹, 等. 基于VRUs深度事故重建的AEB效能对头部损伤风险的影响[J]. 汽车安全与节能学报, 2021, 12(4): 490-498.
- HAN Y, LI Y Q, XU Y H, et al. Effectiveness of AEB System for Head Injury Risk Based on VRUs in-Depth Accident Reconstruction[J]. Journal of Automotive Safety and Energy, 2021, 12(4): 490-498.
- [15] 刘福聚, 王鹏, 陈吉光. 基于CIDAS乘用车行人事故的AEB系统参数研究[J]. 中国汽车, 2018(9): 26-29.
- LIU F J, WANG P, CHEN J G. Research on the AEB System Parameters Based on Passenger Car-Pedestrian Accidents in CIDAS[J]. China Auto, 2018(9): 26-29.
- [16] HAUS S H, SHERONY R, GABLER H C. Estimated Benefit of Automated Emergency Braking Systems for Vehicle-Pedestrian Crashes in the United States[J]. Traffic Injury Prevention, 2019, 20(S1): S171-S176.
- [17] JEPSSON H, LUBBE N. Simulating Automated Emergency Braking with and without Torricelli Vacuum Emergency Braking for Cyclists: Effect of Brake Deceleration and Sensor Field-of-View on Accidents, Injuries and Fatalities[J]. Accident Analysis and Prevention, 2020, 142.
- [18] ROSEN E. Autonomous Emergency Braking for Vulnerable Road Users[C]// 2013 IRCOBI Conference. Gothenburg, Sweden: International Research Council on the Biomechanics of Injury, 2013: 618-627.
- [19] TANAKA S, TERAOKA E Y M. Benefit Estimation of Active Safety Systems for Crossing-Pedestrian Scenarios [C]// FISITA World Automotive Congress. Maastricht, Netherlands: FISITA, 2014.
- [20] HAMDANE H, SERRE T, MASSON C, et al. Issues and Challenges for Pedestrian Active Safety Systems Based on Real World Accidents[J]. Accident Analysis and Prevention, 2015, 82: 53-60.
- [21] 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.
- LÜ K G, LI X, HAN T Y, et al. AEB Control Strategy Based on Driving Style Recognition[J]. Automobile Technology, 2021(5): 16-21.
- [22] 胡远志, 吕章洁, 刘西. 基于PreScan的AEB系统纵向避撞算法及仿真验证[J]. 汽车安全与节能学报, 2017, 8(2): 136-142.

- HU Y Z, LÜ Z J, LIU X. Algorithm and Simulation Verification of Longitudinal Collision Avoidance for Autonomous Emergency Brake (AEB) System Based on PreScan[J]. Journal of Automotive Safety and Energy, 2017(2): 136-142.
- [23] YOSHIDA H, AWANO S, NAGAI M, et al. Target Following Brake Control for Collision Avoidance Assist of Active Interface Vehicle[C]// 2006 SICE-ICASE International Joint Conference. Busan, South Korea: IEEE, 2006: 4436-4439.
- [24] LIN M, YOON J, KIM B. Study of AEB System Algorithm Using GPS-Based Real-Time Measured Gradient[J]. Advanced Science and Technology Letters, 2015, 118: 37-41.
- [25] KUSANO K D, GABLER H C. Method for Estimating Time to Collision at Braking in Real-World, Lead Vehicle Stopped Rear-End Crashes for Use in Pre-Crash System Design[J]. SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems, 2011, 4(1): 435-443.
- [26] LI Q, HAN Y, MIZUNO K, et al. Ground Landing Mechanisms in Vehicle to Pedestrian Impact Base on Accident Video Records[J]. SAE Technical Paper 2018-01-1044, 2018.

(责任编辑 斛 畔)

修改稿收到日期为2024年2月16日。

《汽车工程师》集中与分布式电驱动系统及其关键技术专刊征稿通知

作为战略新兴领域和新质生产力代表,新能源汽车产业的高速发展和电动汽车综合性能不断提升正在重塑汽车技术与品质、高端与豪华。多电机集中式与分布式电驱动系统是下一代模块化高性能新能源整车平台的关键技术,是汽车电驱动系统从中央集中式到轴独立式,再到轮独立式的变革性技术,对于扩展提升电驱动系统综合效率途径、实现驱底一体化底盘动力学综合控制、改善整车综合性能具有重要意义。

为此,《汽车工程师》计划推出“集中与分布式电驱动系统及其关键技术”专刊,并邀请吉林大学王军年教授担任客座主编,欢迎全国高校、科研院所和企事业单位研究团队踊跃投稿。

一、征稿主题(包括但不限于以下主题)

1. 高效驱动电机设计技术
2. 高功率密度轮毂电机技术
3. 多合一电驱动系统集成技术
4. 双电机耦合电动驱动桥技术
5. 全地形电动四驱技术
6. 多轴驱动高效匹配与转矩分配
7. 多目标四轮转矩优化分配技术
8. 驱动防滑与驱动制动一体化控制技术
9. 驱动系统与底盘系统融合控制技术
10. 其他电驱动系统设计与控制技术

二、投稿须知

1. 请登录 www.tjqc.cbpt.cnki.net 在线投稿。
2. 论文具体要求见本刊主页“下载中心”栏目《作者指南》,投稿时请在系统内稿件基本信息的中文标题前增加“【集中与分布式电驱动系统及其关键技术专刊】”字样。
3. 投稿截止日期为2025年6月15日。
4. 论文录用并完成编辑加工后即在中国知网进行网络首发,纸质期刊预计出版时间为2025年11月15日。

三、特邀客座主编



王军年 教授

工学博士,教授,博导,吉林大学汽车工程学院汽车工程系主任、汽车基础实验教学中心主任、汽车研究所所长,《汽车技术》《汽车文摘》青年编委会委员,《汽车工程师》编委会委员。

主要研究方向为电动汽车动力传动与智能四驱技术、电动汽车能量管理与驱/制动控制、电动底盘集成设计与智行运动规控,发表学术论文约110篇,其中一作SCI/EI论文60余篇,授权中国发明专利165项、授权美国发明专利15项、授权软件著作权7项。曾获吉林省科技进步一等奖、中国汽车工业科技进步三等奖、吉林省自然科学学术成果二等奖、三等奖等。

《汽车工程师》编辑部

汽车技术