

A Classification and Analysis of Car-pedestrian Accident Scenarios Based on China PCS

Yaoyue CHE¹, Pingfei LI^{1,2}, Zhengpin TAN^{1,2}, Wenhao HU³, Xiaofei DONG⁴, Xia HE¹

¹Xihua University, Sichuan, China

²Xihua Jiaotong Forensics Center, Sichuan, China

³Samr Defective Product Administrative, Sichuan, China

Shanghai Moto Vehicle Inspection Certification& Tech Innovation Center Co.LTD, Shanghai, China

Email:che_yaoyue@163.com

Abstract: In order to classification car-pedestrian accident scenarios according to the driving status and pedestrian movement status before the collision, get result 7 types of car-pedestrian accident scenarios, based on the China Pre-Crash Scenarios (China PCS) database, 450 cases of human-car accidents were screened. According to the accident environment, road section, vehicle condition and pedestrian condition, 10 variables were selected to make statistical analysis of various scenarios. Finally, in the scene of vehicle left turn to the pedestrian, the characteristics of low speed and relatively low degree of injury of the pedestrian. The accident scene of the vehicle going straight is the highest and the general speed is higher. The accident scene of the vehicle turning right shows the characteristics of higher speed. Although the vehicle back-up accident scene has a low speed, most of them have rolling, resulting in higher AIS for pedestrians.

Keywords: Pre-Crash Scenario; Car-pedestrian; Classification

基于 China PCS 的人车事故场景分类与分析

车瑶桢¹, 李平飞^{1,2}, 谭正平^{1,2}, 胡文浩³, 董小飞⁴, 何霞¹

¹西华大学, 四川, 中国

²四川西华交通司法鉴定中心, 四川, 中国

³国家市场监督管理总局缺陷产品管理中心, 四川, 中国

⁴上海机动车检测认证技术研究中心有限公司, 四川, 中国

Email:che_yaoyue@163.com

摘要: 基于中国预碰撞场景 (China Pre-Crash Scenarios, China PCS) 数据库, 筛选 450 起人车事故案例, 根据碰撞前车辆行驶状态与行人运动状态对人车事故场景进行分类, 得出 7 类人车事故场景。针对事故环境、事故路段、车辆状况和行人情况选取 10 个变量对各类场景进行统计分析。最后得出在车辆左转与行人发生碰撞的场景中呈现速度低且行人相对受伤程度较低的特征, 车辆直行事故场景占比最高且普遍车速较高, 车辆右转事故场景呈现车速较高的特征, 倒车事故场景虽然车速低, 但大多存在碾压行为, 导致行人 AIS (Abbreviated Injury Scale) 值较高。

关键词: 预碰撞场景; 人车事故; 分类

1 引言

美国高速公路安全管理局 (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) 发布的 Pre-Crash Scenario Typology for Crash Avoidance Research 中对交通事故碰撞前事故场景做了 37 个分类, 但对行人与汽车碰撞的场景只

道路交通事故场景自动筛选及自动分类 (项目编号: 1828),

基于 NAIS 的人车碰撞场景分类研究 (项目编号: ycjj20191119)

有 2 类, 不能较好反映中国复杂的人车事故场景情况。本文通过对中国预碰撞场景 (China Pre-Crash Scenarios, China PCS) 数据库中的人车事故数据统计分析, 为自动驾驶汽车的安全性评价测试场景提供参考。

2 数据来源

本文研究数据样本共 450 例人车事故, 均来自 China PCS 数据库, 而 China PCS 来源于国家车辆事故深度调查体系 (National Automobile Accident In-depth Investigation System, NAIS) 数据库。在 NAIS 事故案例中, 涉及有事故现场照片、参与方照片、事故环境照片、警方资料及对现场事故的分析数据, 部分案例还含有监控视频。

3 场景分类

在 450 例人车事故中, 不考虑道路条件及环境等因素下, 针对按碰撞前车辆行驶方式和行人相对车辆行走方向对数据进行分类。此外, 因车辆左转向和右转向时与行人发生碰撞的事故案例相对较少, 故本文对车辆在与行人发生碰撞前车辆行驶状态为转向的交通事故, 不做行人行走方向上的细分, 最终可得到 7 类人车事故场景, 如图 1、表 1。其中事故发生前车辆左转与行人发生碰撞事故 19 起; 事故发生前车辆右转时与行人发生事故 19 起; 事故发生前车辆直行时行人从车辆左侧穿越发生事故 189 起; 事故发生前车辆直行时行人从车辆右侧穿越发生事故 198 起; 事故发生前车辆直行时行人与车辆行驶方向相同 14 起; 事故发生前车辆直行与静止状态的行人发生事故 5 起; 事故发生前车辆倒车与行人发生事故 6 起。其中, 事故发生前车辆行驶状态为直行时与从两侧横穿的行人发生碰撞的场景占人车事故场景的比例高达 86%, 可以认为车辆直行是目前代表性最高、最典型的车辆碰撞行人事故工况^[1]。

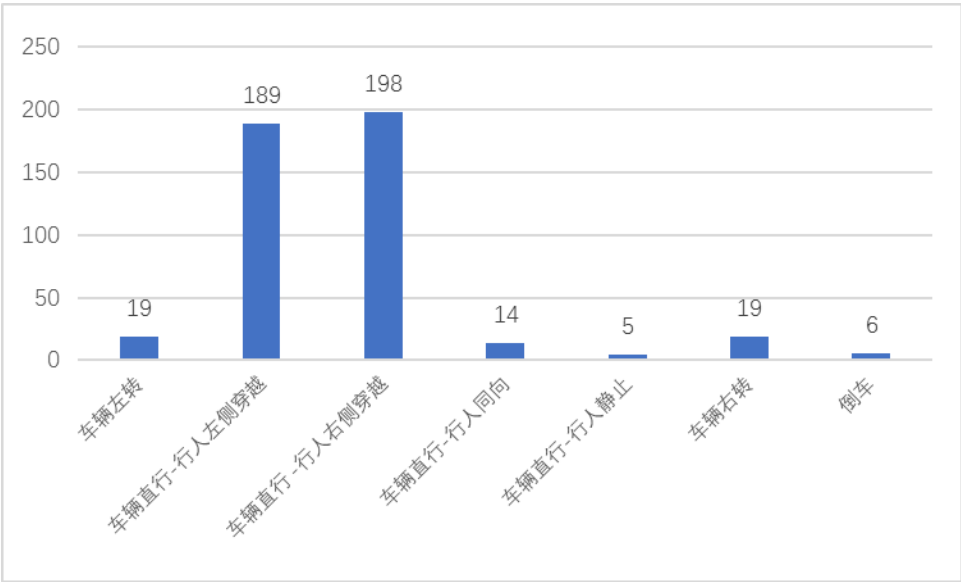


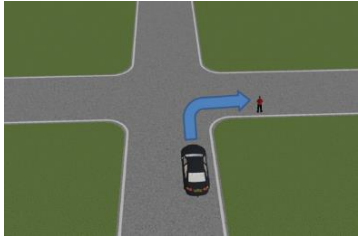
Figure1. Car-pedestrian accident scenario distribution

图 1.人车事故场景分布

Table1. Classification scenario and typical situation

表 1. 各场景及典型情况

序号	场景及其典型情况	图例
1	车辆左转: 车辆路口左转, 与行人发生碰撞。	

2	车辆右转：车辆在路口右转，与行人发生碰撞	
3	车辆直行-行人左侧横穿：车辆在路段直行，与从左侧横穿的行人发生碰撞。	
4	车辆直行-行人右侧穿越：车辆在路段直行，与从右侧横穿的行人发生碰撞。	
5	车辆直行-行人同向：车辆在路段直行，与同向行走的行人发生碰撞。	
6	车辆直行-行人静止：车辆在路段直行，与站立在路内的行人发生碰撞。	
7	倒车：车辆倒车，与行人发生碰撞。	

4 场景特征分析

4.1 特征变量的提取

根据 450 例行人车碰撞事故，按照环境及道路因素、车辆和驾驶员因素、行人因素进行统计^[2-9]，本文筛选了以下 10 个特征变量对事故总体信息进行描述：

1、照明情况：照明情况的提取结合了事故发生时的天气情况、事故发生时段以及事故现场路灯开启情况进行取值，其值为好和差。照明情况为好的条件是事故发生时段为白天且天气情况为晴天或多云或阴天，或是夜晚时路

灯开启情况，若事故发生时段为夜间且事故现场无路灯或路灯处于关闭状态以及事故发生时天气情况为雨雪天气或雾天，则照明情况为差；

2、信号灯：有或无，信号灯信息主要根据事故现场图片及视频得出；

3、事故地点信息：路段，路口包括十字路口、丁字路口、环形路口等，其他路段包括变窄路段、隧道、匝道口、路段进出口等；

4、驾驶员视野盲区：有或无，由于车内物件造成的驾驶员视野盲区因素较为离散，故本文只针对车外物品造成的驾驶员视野盲区进行统计；

5、碰撞速度：分四个区间，小于 20km/h，21-40km/h，41-60km/h，大于 60km/h，为碰撞时车辆的行驶速度，此速度以 PC-Crash 事故重建分析、视频信息计算及参与方当事人陈述等多种方式得出；

6、车辆主要过失：此变量主要以现场事故情况与警方资料得出；

7、前挡风玻璃是否损坏：前挡风玻璃是否损坏可为行人损伤原因分析提供一定程度上的支持；

8、行人运动状态：因行人运动速度不易精确计算出，故取值为“步行”“静止”“跑步”以及“其他”；

9、行人主要过失：行人主要过失中“违法上道路行走”主要指行人进入未设有人行横道的机动车道、高架、高速路段等情况；

10、最大损伤位置：指行人受伤程度最大部位，因行人受伤部位为头部情况占绝大多数，故本文将行人最大程度受伤部位为肩部、胸部、腿部等部位合并为“其他”^[10]。

4.2 特征值分布情况

各变量值及分布情况如表 2 所示。

Table2.Proportion of parameters
表 2. 变量值占比情况

变量	值	数量	占比
照明情况	好	290	64%
	差	146	32%
	未知	14	3%
信号灯	有	113	25%
	无	321	71%
	未知	16	4%
事故地点信息	普通路段	325	72%
	路口	73	16%
	其他	52	12%
视野盲区	有	64	14%
	无	335	74%
	未知	51	11%
碰撞速度	0-20	25	6%
	21-40	72	16%
	41-60	127	28%
	>60	122	27%
	未知	104	23%
车辆主要过失	未按规定让行	59	13%
	其他影响安全行为	260	58%
	超速行驶	79	18%
	无过失	25	6%

	酒后驾驶	8	2%
	未知	15	3%
	违法倒车	4	1%
前挡风玻璃是否损坏	损坏	243	54%
	未损坏	190	42%
	未知	17	4%
行人运动状态	步行	271	60%
	静止	36	8%
	跑步	62	14%
	其他	17	4%
	未知	64	14%
行人主要过失	其他影响安全行为	153	34%
	违法上道路行走	200	44%
	无过失	81	18%
	未知	16	4%
最大损伤位置	头部	421	94%
	其他	11	2%
	未知	18	4%

1、人车事故中照明情况较好时事故发生比例较高，如图 2 所示，分析认为该情况为驾驶员与行人在照明情况较差时更为谨慎，故发生危险交通事故的概率变小；

2、在没有信号灯装置的路段属于无交通监督约束情况，车辆与行人发生碰撞几率较大；

3、在人车事故中，行人的主要过失集中于“其他影响安全行为”和“违法上道路行走”，可看出行人过错大多存在行人乱穿马路、闯红灯、违法上机动车道行走等不可预测行为；

4、结合事故中驾驶员车外视野盲区及车辆主要过失，可得机动车驾驶员未谨慎驾驶为人车事故发生的重要原因之一。

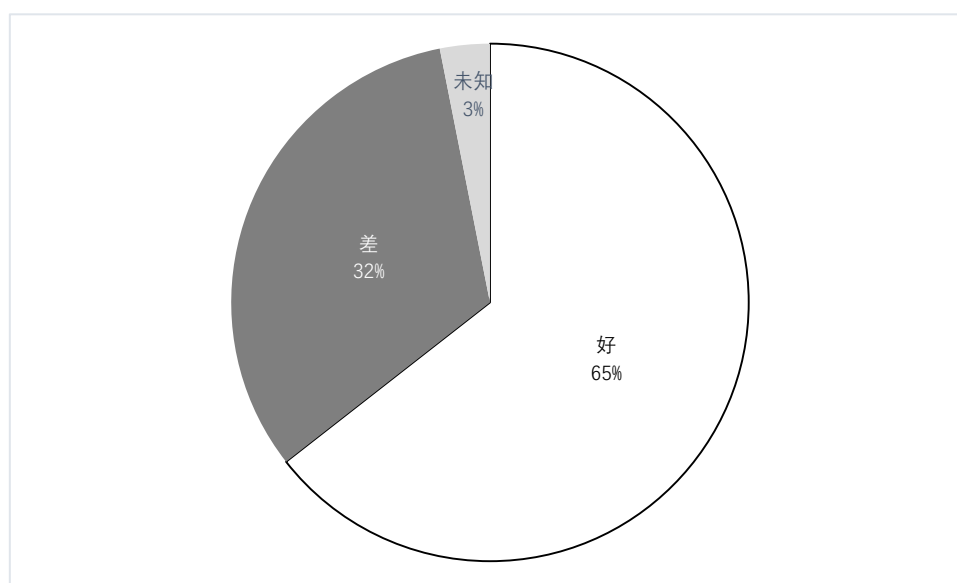


Figure1. Proportion of light
图 2. 照明情况占比情况

4.3 场景对比分析

本文中选取的 450 例人车事故变量数据中,事故发生前车辆速度为间隔尺度变量,其他变量均为名义尺度,在此对事故发生前车辆行驶速度进行数据分析,如图 3 所示。在第 7 类场景为车辆倒车行驶与行人发生碰撞,故其速度较低,不做考虑。第 1 类场景即事故发生前车辆左转与行人发生碰撞场景车速较低,原因为车辆左转弯时有减速或停车等待情况,故车速偏低。其余场景速度大多集中在 40-75km/h 范围,而场景 3、场景 4、场景 5、场景 6 中车辆运动状态均为直行,故车速较高。由此看出,事故发生前车辆碰撞速度偏高是事故发生的重要原因,但此次收集案例为 NAIS 数据库中提取,其采集案例大多为较为严重情况。

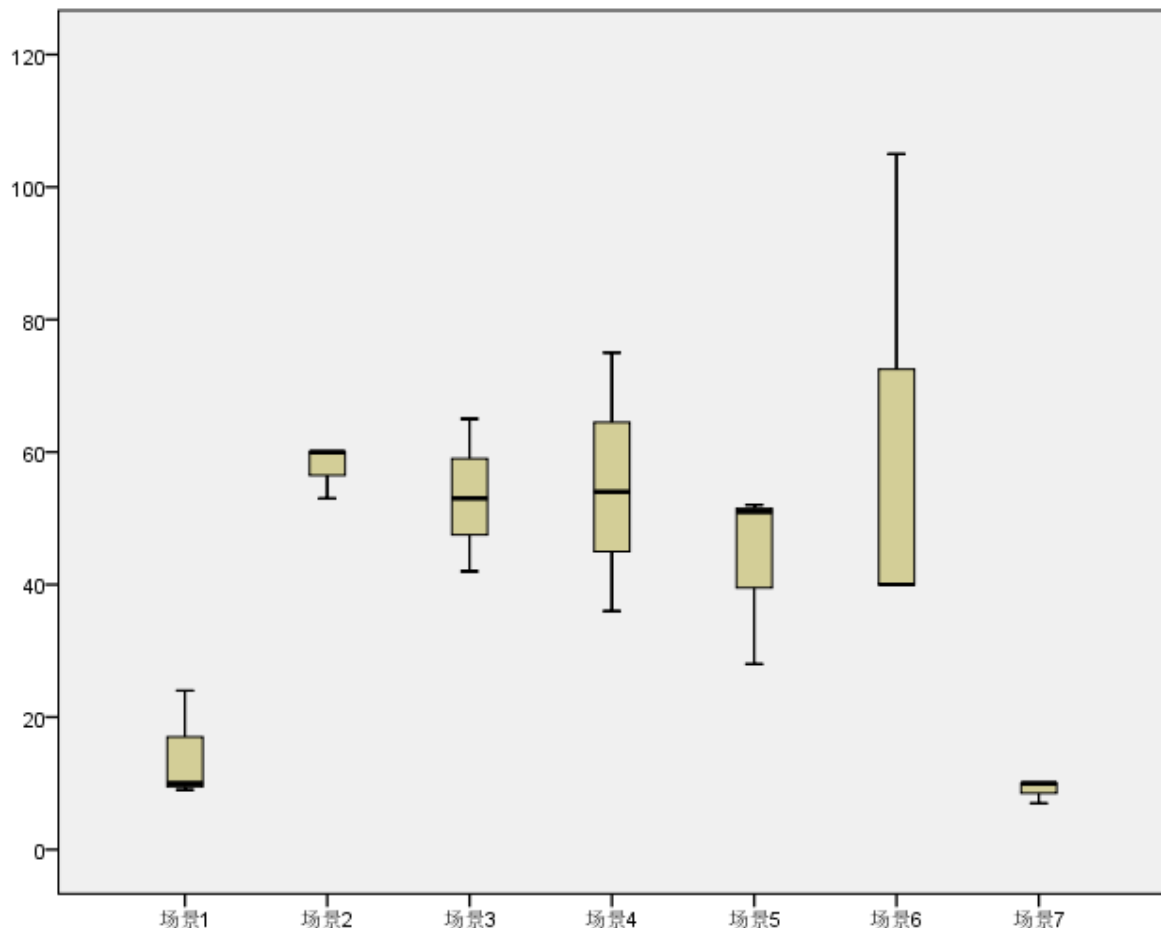


Figure3. Speed distribution

图 3. 车速分布

行人速度与车辆的速度在人车事故中存在关联^[11,12],由于行人速度很难精确得出,因此本文在描述碰撞前行人运动状态时采用“步行”、“静止”、“跑步”等来对其赋值,从图 4 中可以看出,行人状态整体以“步行”为主,在场景 3、场景 4 中属于车辆直行且行人横穿事故中,行人跑步行为与其他场景相比较,结合车速分布,可得在车辆直行行人横穿场景中车速高、行人速度也存在较高情况。场景 5 中行人运动状态为步行和静止,可得在车辆直行行人与车辆行驶方向一致时,行人速度偏低。由场景 1 和场景 2 为车辆转向与行人发生碰撞行人状态可见,车辆在转向时行人主要以低速行走为主,出现少许跑步行为。

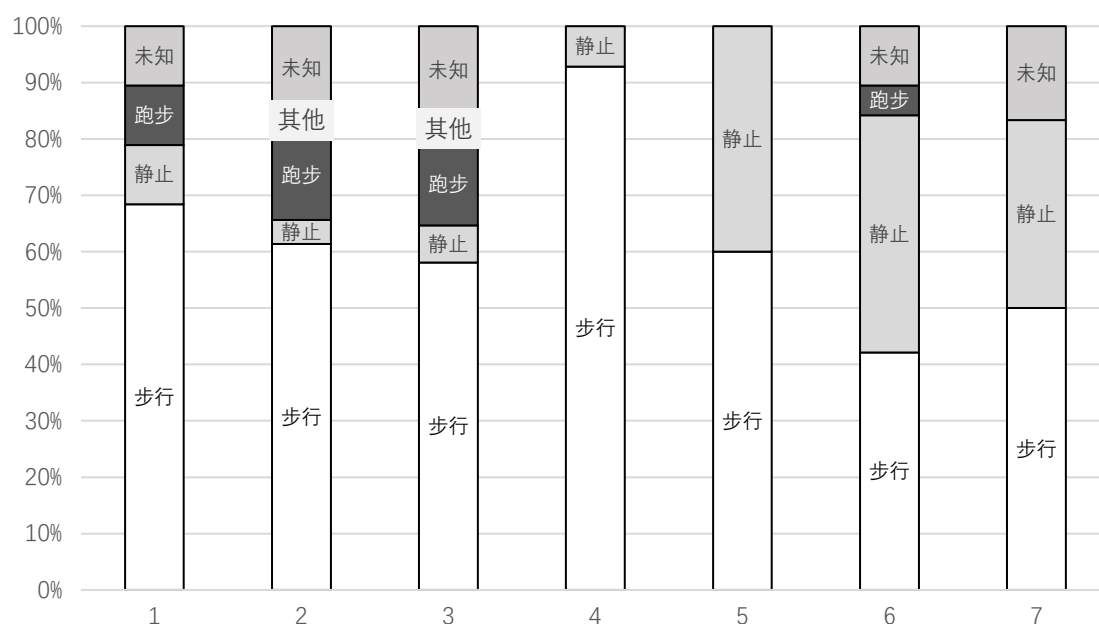


Figure4. Pedestrian behavior distribution
图 4. 行人状态分布情况

在人车事故中，伤害最大的往往是行人，且行人运动状态对人车碰撞事故中行人损伤有一定影响^[13-15]，在本文中用简明损伤等级标准（Abbreviated Injury Scale，AIS）来评定行人的受伤程度，AIS 依据损伤的程度，并按照身体区域对每一损伤进行 6 个等级序列的划分，分别对应行人损伤程度为 AIS1：轻度，AIS2：中度，AIS3：较重，AIS4：重度，AIS5：危重，AIS6：极度（目前不可救治）。行人损伤 AIS 等级分布情况如图 5 中所示，因 NAIS 数据库采集案例事故损伤程度较高，具有一定特殊性，故图中 AIS6 值占比偏高。图中可以看出，场景 1 中对行人损伤程度较小，结合图 3 中车辆速度分布，场景 1 中机动车速度小，对行人造成的损伤也相对较小。场景 2 为车辆右转时与行人发生碰撞事故场景，其速度和 AIS 等级都偏高，主要原因是在仅有直行交通信号灯或没有信号灯的情况下，车辆在路口右转无需等待信号指示灯，且这种情况下行人过街信号灯可能处于可通过状态，或无行人过街信号灯，机动车和行人均处于道路正常行驶状态。场景 7 因为是机动车倒车与行人发生事故，虽然车速低但倒车事故大多都有对行人的碾压行为，所以场景 7 中行人的 AIS 等级较高。

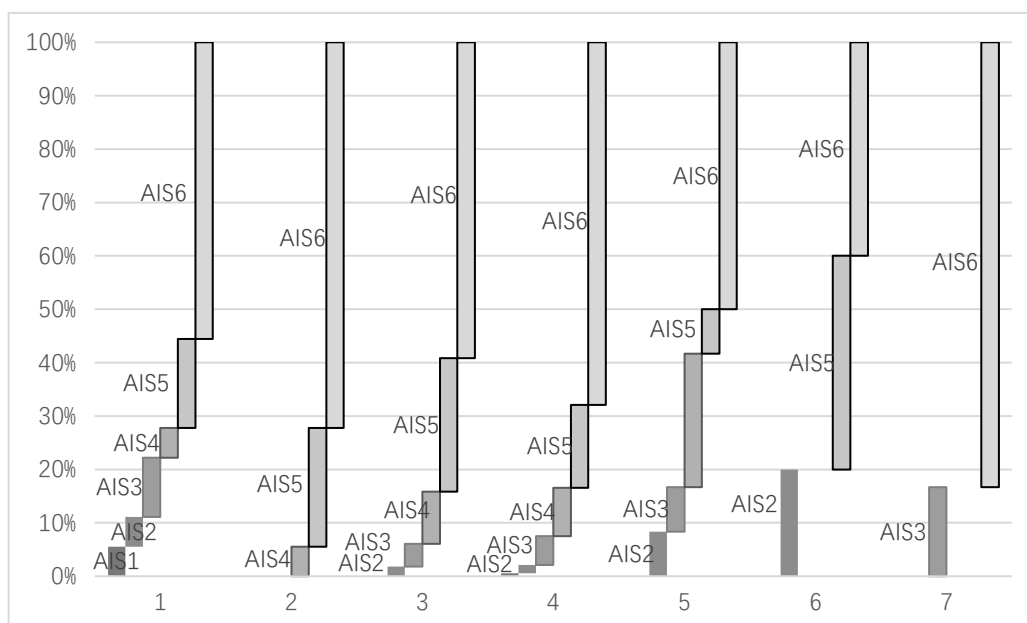


Figure5.AIS distribution

图 5. AIS 值分布情况

5 结论

本文根据对 NAIS 数据库提取数据的统计分析，得出以下结论：

- 1、人车事故中，整体照明情况、路段类型和视野遮挡情况都是较好时发生事故率反而较大，整体情况较差时发生事故率较小，推测机动车驾驶员与行人在各类外部条件情况较差时会更为谨慎，故发生人车事故概率较低；
- 2、场景 1 车辆左转与行人发生事故车辆速度和行人速度都处于较低情况；
- 3、场景 6 车辆右转与行人发生事故中行人运动状态以步行和静止状态为主但车速较高，最终也使得行人 AIS 值偏高；
- 4、场景 3、场景 4、场景 5、场景 6 都属于车辆直行与行人发生碰撞事故，车速均偏高，碰撞前行人状态步行为主。其中场景 2 和场景 3 为车辆直行行人横穿场景，行人状态为跑步形态相对其他场景占比偏高。场景 4 和场景 5 行人状态则均为步行和静止状态，说明这两类场景行人运动速度低。
- 5、场景 7 为倒车事故虽车速低，但多为行人被碾压情况，导致行人 AIS 值偏高；

致 谢

论文的研究工作得到了国家车辆事故深度调查体系（简称NAIS）及上海汽车工业科技发展基金会的支持，同时在事故案例收集与处理中得到了交通安全实验室各位同学的鼎力协助，在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] Shi Juan, Yan Yan, Guo Kuiyuan, Qin Kongjian,石娟,颜燕,郭魁元,秦孔建.行人自动紧急制动系统测试评价方法研究[J].时代汽车,2017(02):39-41.
 - [2] Feng Gao,Jianli Duan, Yingdong He, Zilong Wang, A Test Scenario Automatic Generation Strategy for Intelligent Driving Systems,Mathematical Problems in Engineering,Volume2019,10
 - [3] Su Jiangping, Chen Junyi, Wang Hongyan, Chen Wei, Wang Kun,Establishment and Analysis on Typical Road Traffic Near-Crash Scenarios Related to Pedestrian in China[J].Traffic,Transportation,2017(01):209-214
- 苏江平,陈君毅,王宏雁,陈伟,王鲲.基于中国危险工况的行人交通冲突典型场景提取与分析[J].交通与运输(学术版),2017(01):209-214.

- [4] Liu Ying, He Jinpeng, Liu Weiguo, Zhu Xichan, Li Lin, Jiang Lijun, Research on Test Scenarios for AEB Pedestrian System[J]. Automobile Technology, 2014(03):35-39.
刘颖, 贺锦鹏, 刘卫国, 朱西产, 李霖, 江丽君. 自动紧急制动系统行人测试场景的研究[J]. 汽车技术, 2014(03):35-39.
- [5] Till Menzel, Gerrit Bagschik and Markus Maurer, Scenarios for Development, Test and Validation of Automated Vehicles, The 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium
- [6] Xu Feng, Research on Automatic Emergency Braking System Testing Method for Vulnerable Road Users[D], Ji Lin, Ji Lin University, 2019
胥峰. 面向弱势道路使用者的自动紧急制动系统测试方法研究[D]. 吉林大学, 2019
- [7] Philippe Nitsche a, Pete Thomas , Rainer Stuetz , Ruth Welsh , Pre-crash scenarios at road junctions: A clustering method for car crash data[J], Accident Analysis and Prevention, 107(2017)137-151
- [8] Hu Lin, Yi Ping, Huang Jiang, Zhang Xin, Lei Zhengbao. A Research on Test Scenes of Two-wheeled Vehicles for Automatic Emergency Braking System Based on Real Accident Cases[J]. Automotive Engineering, 2018, 40(12):1435-1446+1453.
胡林, 易平, 黄晶, 张新, 雷正保. 基于真实事故案例的自动紧急制动系统两轮车测试场景研究[J]. 汽车工程, 2018, 40(12):1435-1446+1453.
- [9] Li Lin, Zhu Xichan, Liu Ying, Ma Zhixiong. Typical Traffic Risk Scenarios Related to Pedal Cyclists[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2014, 42(07):1082-1087.
李霖, 朱西产, 刘颖, 马志雄. 涉及骑车人的典型交通危险场景[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2014, 42(07):1082-1087.
- [10] Bo Sui , Shengqi Zhou, Xiaohua Zhao, An Overview of Car-to-Two-Wheeler Accidents in China: Guidance for AEB Assessment, 17-0204
- [11] Li Dan, Li Pingfei, Liao Wenjun, Li Min, Zhang Peng, Influence of Pedestrian Movement on Pedestrian Injury in Vehicle-pedestrian Collision[J]. Science Technology and Engineering, 2019, 19(20):383-388.
李丹, 李平飞, 廖文俊, 李敏, 张鹏. 行人运动状态对人车碰撞事故中行人损伤的影响[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(20):383-388.
- [12] Duan Tenglong, He Yongwang, Li Zhen, Yang Fan, Li Li, Qu Yongqiang, Reconstruction of Vehicle-pedestrian Collision Road Traffic Accident Based on PC-Crash Software[J]. Journal of Forensic Medicine, 2019, 35(04):440-443.
段腾龙, 何永旺, 李桢, 杨帆, 李立, 瞿勇强. 基于 PC-Crash 软件的人-车碰撞道路交通事故重建[J]. 法医学杂志, 2019, 35(04):440-443.
- [13] Hédi Hamdane, Thierry Serre, Catherine Masson, Robert Anderson. Issues and challenges for pedestrian active safety systems based on real world accidents[J]. Accident Analysis and Prevention, 2015, 82.
- [14] Wang Qingping, Qian Yubin, Feng Hhao, Ma Minghui, Li Wei, Study on parameter sensitivity in accident reconstruction model for car-pedestrian collision[J]. China Safety Science Journal, 2019, 29(06):70-75.
王清平, 钱宇彬, 冯浩, 马明辉, 李威. 轿车与行人事故重建的参数敏感性研究[J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(06):70-75.
- [15] James Lenard, Alexandro Badea-Romero, Russell Danton. Typical pedestrian accident scenarios for the development of autonomous emergency braking test protocols[J]. Accident Analysis and Prevention, 2014, 73.