

引用格式:尹 均, 张道文, 张 鹏, 等. 电动自行车-轿车碰撞形态对骑车人头部损伤的影响[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(1): 159—162
Yin Jun, Zhang Daowen, Zhang Peng, et al. Cyclist's head injury in different types of vehicle-electric bicycle collision accident[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(1): 159—162

电动自行车-轿车碰撞形态对骑车人头部损伤的影响

尹 均¹ 张道文^{1,2*} 张 鹏¹ 陈 杰¹

(西华大学汽车与交通学院¹, 四川西华机动车司法鉴定所², 成都 610039)

摘要 为研究电动自行车与轿车前部不同碰撞重叠率对骑车人头部损伤的影响, 从国家车辆事故深度调查体系中选出与轿车碰撞的电动自行车事故案例 16 起, 利用 PC-Crash 仿真软件建立轿车与电动自行车的碰撞模型。在此基础上进行计算机模拟实验, 分析了不同碰撞形态下电动自行车骑车人的动态响应过程, 研究车速、碰撞重叠率对骑车人头部损伤的影响。结果表明: 随着碰撞重叠率增加, 骑车人头部损伤 HIC 值明显增加; 碰撞重叠率超过 50%, 骑车人头部会发生两次碰撞。

关键词 骑车人 碰撞重叠率 HIC 值 PC-Crash 事故重建

中图法分类号 X928.03 U461; **文献标志码** A

中国交通事故统计结果表明, 骑车人是道路交通事故中的主要受害人之一, 约占全国伤亡人员总数的 20%^[1]。Maki 等^[2]对比分析了行人和骑车人的运动学响应, 并指出汽车-自行车碰撞事故中, 骑车人因头部损伤而导致死亡的比例达 72%。Hayters 等^[3]对汽车-摩托车碰撞事故进行了仿真分析。许骏等^[4]研究了自行车与长头车和平头车侧面碰撞中对骑车人的头部损伤影响。王鑫等发现汽车车型对骑车人头部损伤影响较大^[5]。赵喜磊等研究发现, 轿车发动机罩前缘与前保险杠高度对骑车人颅脑损伤有较大影响^[6]。

机动车与电动自行车碰撞大多是斜碰撞^[7], 其中汽车前部与电动自行车侧面碰撞居多。不同的碰撞重叠率对骑车人碰后的运动状态以及损伤情况也有较大差异, 目前这方面的研究成果较少。因此, 笔者将根据国家车辆事故深度调查体系(national automobile accident in-depth investigation system, NAIS)数据库中成都及周边地区的轿车与电动自行车的碰撞事故, 基于 PC-Crash 软件建立多刚体事故再现仿真模型, 深入分析电动自行车-轿车不同碰撞重叠率

对骑车人头部损伤的影响。

1 事故案例

1.1 案例介绍

案例数据来源于国家车辆事故深度调查体系(NAIS)。通过 16 起碰撞事故案例, 获取轿车与电动自行车事故重建的数据, 具体信息见表 1。

1.2 事故重建

用 PC-Crash 软件对事故进行重建, 汽车的各部分机械特性分别根据 Euro-NCAP 相似车型的碰撞试验结果定义^[8], 利用表 1 中所收集的真实案例数据对软件中的轿车、电动自行车和骑车人多刚体模型进行整体修改和缩放, 最后得到相对准确的模型。

事故重建的主要参数包括碰撞位置、轿车速度、各接触面的摩擦因素等。

轿车与电动自行车的碰撞位置是根据警方提供的视频得知; 轿车的瞬时碰撞车速应用 GA/T 643—2006《典型交通事故形态车辆行驶速度技术鉴定》推荐的基础方法^[9], 计算得到碰撞时轿车速度。具体如下:

$$V = 3.6 \frac{S}{T} \quad (1)$$

$$T = nt \quad (2)$$

$$t = \frac{1}{25} \quad (3)$$

式中: t 为监控视频每帧持续时间; n 为帧数; T 为车辆通过标志线的行驶的时间; S 为车辆轴距; V 为事故发生时车辆的行驶速度, km/h。

2017 年 6 月 7 日收到成都市科技惠民项目(2015-HM01-00369-SF)、省部级学科平台开放课题(sjj2015-047)、研究生创新基金(ycj2016091)、

西华大学研究生教育改革创新项目(汽车安全及运用工程)和

国家车辆事故深度调查体系项目(16203269)资助
第一作者简介: 尹 均(1993—), 硕士研究生。研究方向: 汽车安全及运用工程。E-mail: 947862665@qq.com。

*通信作者简介: 张道文(1968—), 硕士。研究方向: 道路交通事故分析。E-mail: zhangdaowen@mail.xhu.edu.cn。

表 1 事故数据
Table 1 Accident data

编号	性别	碰撞重叠率/%	车速/(km·h ⁻¹)	碰撞环境	主要损伤情况
1	女	65	40	交叉口	颅腔损伤、胸部损伤
2	男	43	93	普通路段	左额部骨折、下肢骨折
3	男	74	80	普通路段	颅脑损伤
4	男	100	55	交叉口	重型颅脑损伤
5	男	35	105	普通路段	左顶骨粉碎性骨折
6	男	48	21	交叉口	创伤性颅脑损伤
7	女	44	45	普通路段	颅骨粉碎性骨折
8	女	56	56	普通路段	重型颅脑损伤、面部擦伤
9	男	63	50	交叉口	重型颅脑损伤
10	女	77	99	普通路段	重型颅脑损伤
11	男	86	57	交叉口	颅脑损伤、盆骨严重损伤
12	男	47	58	交叉口	重型颅脑外伤、肋骨骨折
13	男	54	41	交叉口	颅脑损伤
14	男	60	54	普通路段	颅骨骨折、胸部肋骨骨折
15	男	37	50	交叉口	颅脑损伤
16	男	81	46	交叉口	颅脑损伤

轿车-骑车人、骑车人-地面、轿车-地面之间的摩擦因素是事故重建过程中的重要参数,具体数值根据接触面的实际情况(质地、干燥、湿润等)而定。不同接触面的摩擦因素取值^[8]见表2。

表 2 不同接触面摩擦因数取值^[8]Table 2 Values of different contact surface friction factors^[8]

接触面	摩擦因素
轿车-骑车人	0.3~0.5
骑车人-地面	0.5~0.7
轿车-地面	0.55~0.75

1.3 事故案例

2014年12月12日,成都市双流县某交叉路口,雪佛兰轿车前部与一辆电动自行车左侧发生碰撞。仿真模型如图1所示。

1.4 模型验证

碰撞对应关系如表3所示。仿真结果与深度调查数据吻合,故该模型的有效性得到了验证。运用相关原理,事故重建结果与深度调查体系中的案例数据相符。



图 1 仿真模型

Fig. 1 Simulation model

表 3 碰撞对应关系

Table 3 Collision correspondence

仿真	视频
仿真 $t = 105\text{ ms}$ 时刻运动状态与视频中运动状态基本相符。该时刻骑车人左腿与车辆前部保险杠蒙皮接触,造成骑车人左腿部分挫伤。	
仿真 $t = 165\text{ ms}$ 时刻运动状态与视频中运动状态基本相符。骑车人腰部与发动机罩接触,造成骑车人腰部擦伤。	
仿真 $t = 540\text{ ms}$ 时刻运动状态与视频中运动状态基本相符。该时刻骑车人头部与地面发生碰撞,造成骑车人创伤型颅脑损伤。	

2 仿真实验

运用该模型,建立不同碰撞形态下的仿真模型,分析轿车-电动自行车碰撞过程中骑车人的动态响应和损伤机制。

设置电动自行车模型的初始速度不变,改变轿车速度。从表1可以看出,在交叉口轿车速度主要分布在20~60 km/h。故设置轿车速度为20 km/h、30 km/h、40 km/h、50 km/h、60 km/h。

2.1 碰撞重叠率对骑车人头部损伤的影响

设置电动自行车与轿车前部呈90°夹角碰撞,碰撞重叠率10%~100%,如图2所示。以电动自行车骑车人头部损伤为仿真评价指标进行计算机仿真实验,对10种碰撞重叠率类型事故进行重建。

结果如图3所示,轿车速度在60 km/h以内,随着碰撞重叠率的增加,骑车人的头部HIC值逐渐变大;当碰撞重叠率大于或等于40%时,骑车人头部损伤值达到风险值以上。当碰撞重叠率达80%以上时,骑车人头部HIC值变化趋势基本一致。随着碰撞重叠率的增加,使骑车人头部HIC值达到阀值的轿车速度逐渐减小。

2.2 碰撞重叠率对骑车人运动过程的影响

以轿车速度50 km/h为例,结果如表4所示。碰撞重叠率在50%以上时,骑车人头部与轿车前部

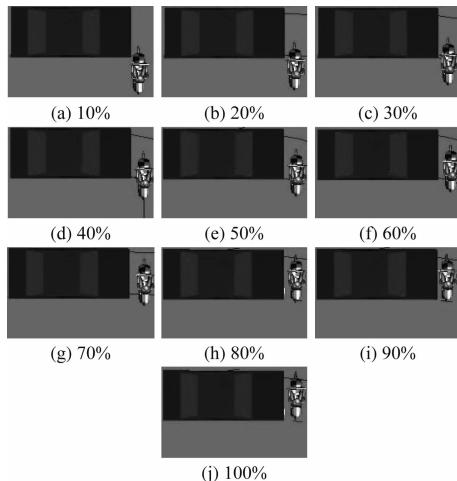


图2 不同重叠率的重建模型

Fig. 2 Reconstruction model in different overlapping rates

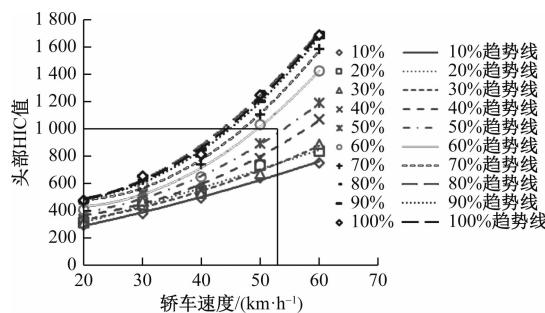


图3 不同重叠率骑车人头部 HIC 值与轿车速度的关系

Fig. 3 The relationship between HIC value of the rider's head and the collision speed of vehicle in different overlapping rates

碰撞时间点基本一致,且会发生与地面的二次碰撞;碰撞重叠率在40%以内,骑车人头部仅与地面发生碰撞;骑车人头部与地面发生碰撞的时间点随着重叠率的增加先减小后增大;重叠率超过80%时,骑车人头部与地面的碰撞时间点基本一致。

表4 重叠率对骑车人头部碰撞的影响

Table 4 The influence of overlapping rate on the rider's head collision

重叠率/%	头部碰撞时间点/s	
	对车	对地
10	-	0.540
20	-	0.500
30	-	0.360
40	-	0.170
50	0.150	0.740
60	0.155	0.780
70	0.154	1.055
80	0.155	1.140
90	0.153	1.150
100	0.154	1.153

3 仿真实验结果分析

轿车速度越大,骑车人在碰撞过程中获得的能量越大,故骑车人头部损伤越严重。随着碰撞重叠率的增加,从碰撞开始时刻到骑车人头部发生碰撞的时间逐渐减小,头部所受冲击越强,故头部损伤越重。

重叠率在40%以内,电动自行车会绕碰撞点顺时针旋转。骑车人会随着电动自行车的旋转后仰,故头部不与轿车前部发生碰撞。重叠率超过50%,骑车人头部先与轿车前部碰撞,随后被抛出,最后头部会与地面发生二次碰撞,故头部损伤更重。

4 结论

电动自行车与轿车的碰撞形态众多,文章仅分析了两者在速度方向上呈90°夹角的10种碰撞形态,得出以下结论。

(1) 碰撞重叠率在10%~80%内时,随着碰撞重叠率的增加,骑车人的头部HIC值明显增大。当碰撞重叠率超过80%时,骑车人头部HIC值变化曲线差异不大。

(2) 碰撞重叠率越高,使骑车人头部损伤HIC值达到阈值1000的轿车速度逐渐减小。

(3) 碰撞重叠率达50%以上,骑车人头部会与地面发生二次碰撞,且与汽车前部的碰撞时间点基本一致。

参 考 文 献

- 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报(2014年度). 北京:公安部交通管理局,2015
Traffic Management Bureau of the Public Security Ministry. The road traffic accident statistics report of the People's Republic of China (2014). Beijing: Traffic Management Bureau of the Public Security Ministry, 2015
- Maki T, Kajizer J, Mizuno K, et al. Comparative analysis of vehicle-bicyclist and vehicle-pedestrian accidents in Japan. Accident Analysis & Prevention, 2003; 35: 927—940
- Huijbers J, Janssen E G. Experimental and mathematical car-bicycle collision Simulations. 32nd Stapp Car Crash Conference. 1988: 881726
- 许骏,李一兵. 汽车-自行车碰撞事故中骑车人头部损伤仿真分析. 汽车工程,2008;30(8): 667—670
Xu Jun, Li Yibing. A simulative analysis on bicyclists head injury in vehicle-bicycle collision accident. Automotive Engineering, 2008;30(8): 667—670
- 王鑫,张道文,冉启林,等. 电动自行车骑车人与汽车碰撞的动力学响应研究. 中国安全科学学报,2016; 26(6):152—156
Wang Xin, Zhang Daowen, Ran Qilin, et al. Cyclists' dynamics response to car-electric bicycle crash. China Safety Science Journal,

- 2016;26(6):152—156
- 6 赵喜磊. 汽车—电动自行车碰撞事故分析及骑车人头部损伤防护研究. 长沙:湖南大学,2011
Zhao Xilei. Auto-electric bicycle collision accident analysis and research on cyclists head injury protection. Changsha: Hunan University, 2011
- 7 Kroonp. Bicycle accidents in Gothenburg 1983-1984. Gothenburg: Gothenburg University, 1990
- 8 Martinez L, Guerra L, Ferichola G, et al. Stiffness corridors of the European fleet for pedestrian simulation. Proceedings of the 20th ESV Conference, 2007:07—0267
- 9 中华人民共和国公安部. 典型交通事故形态车辆行驶速度技术鉴定: GA/T 643—2006. 北京: 中华人民共和国公安部, 2006
Ministry to Public Security of the People's Republic of China. Typical traffic accident vehicle speed technology in the form of identification: GA/T 643—2006. Beijing: Ministry to Public Security of the People's Republic of China, 2006

Cyclist's Head Injury in Different Types of Vehicle-electric Bicycle Collision Accident

YIN Jun¹, ZHANG Dao-wen^{1,2*}, ZHANG Peng¹, CHEN Jie¹

(School of Transportation & Automotive, Xihua University¹, Sichuan Xihua Vehicle Forensic Institute², Chengdu 610039, China)

[Abstract] In order to study cyclists' head injury response to a car-electric bicycle crash, 16 cases which are car-electric bicycle collision accidents from the national vehicle accident depth investigation system were elected. Car-electric bicycle collision model was build by PC-Crash simulation software. Carried out on the basis of computer simulation, cyclists' dynamic response was analyzed in different forms of collision, the effects of vehicle speed, collision overlap ratio on the rider's head injury were studied. Results show that with the increasing of collision overlap, the HIC value of head injury increased significantly. When collision overlap rate is more than 50%, rider's head will occur twice collision.

[Key words] cyclist collision overlap ratio HIC PC-Crash collision reconstruction