

Analysis of Driver Initial Brake Time Under Risk Cut-in Scenarios

Zhiwei FENG, Xuehan MA, Lan XIA, Xichan ZHU, Zhixiong MA

School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai, China

Email: fengzhiwei@tongji.edu.cn

Abstract: This paper mainly concerns the analysis of driver initial brake time under risk cut-in scenarios. Collection of naturalistic driving data has been done in Shanghai, China, and from which 80 cases risk cut-in scenarios have been extracted. THW when driver initiates brake is selected as the indicator of driver initial brake time and of which statistical characteristics and relevant factors have been analysed. Distribution of THW when driver initiates brake can be fitted with lognormal curve. Driver brake obviously earlier when vehicle cuts in from right side and/or vehicle is much bigger than in other conditions. There is no obvious linear relationship between THW when driver initiate brake and subject vehicle speed when collision threat appears, while an interesting finding is that before or after about 55km/h speed point, with the increase of vehicle speed driver tends to brake earlier or later. Results in this paper can be applied in the development of control strategies of automated vehicle as well as the construction of test scenarios.

Keywords: vehicle safety; risk cut-in scenarios; driver behaviour; initial brake time

前车切入危险场景下驾驶员初始制动时刻分析

冯志伟, 马雪寒, 夏澜, 朱西产, 马志雄

同济大学汽车学院, 上海, 中国, 201804

Email: fengzhiwei@tongji.edu.cn

摘 要: 本文对前车切入危险场景下驾驶员初始制动时刻进行了分析。首先通过在上海地区进行自然驾驶数据采集获得驾驶员在真实交通场景下的驾驶数据, 然后通过筛选得到 80 例前车切入场景下的危险工况, 并以 THW 作为驾驶员初始制动时刻的表征参数对该参数的统计分布及影响因素进行分析。结果表明, 前车切入危险场景下驾驶员初始制动时刻的 THW 值近似服从对数正态分布。驾驶员在面对右侧、大型车辆切入危险时的制动时刻要显著早于左侧、一般乘用车的情况。当前车以较小的纵向时距切入时, 驾驶员在横向相对距离较大的时刻便开始选择制动。整个车速范围内, 驾驶员初始制动时刻的 THW 值与切入危险出现时本车速度并不存在明显的线性关系。但以约 55km/h 为分界点, 在此之前、之后随着车速的增加, 驾驶员的初始制动时刻 THW 值分别有增大、减小的趋势。本文研究成果可以为针对前车切入危险场景的自动驾驶控制策略的开发及测试提供参考。

关键词: 汽车安全; 切入危险场景; 驾驶员行为; 初始制动时刻

1 引言

研究结果表明, 在行车过程中出现的道路交通事故有 90% 以上与驾驶员自身的原因有关^[1]。通过实现车辆自动驾驶从而减小驾驶员自身因素的影响被认为是提高车辆安全的有效手段。美国汽车工程师学会 (SAE) 将车辆自动驾驶水平分为 level1 至 level5 五个级别^[2]。受限于传感器、控制策略等原因, 目前的车辆自动驾驶水平尚不能应对所有驾驶场景达到 level5 的无人驾驶级别, 因此绝大部分自动驾驶车辆在行驶过程中均需要驾驶员进行不同程度的

项目资助信息: 十三五国家重点研发项目子项目“智能电动汽车人机共驾交互理论”(项目编号: 2016YFB0100904)

参与，即人机共驾。

在人机共驾阶段，驾驶员和自动驾驶系统需要共同完成相应的驾驶任务。作为“虚拟驾驶员”的自动驾驶系统需要与驾驶员之间进行适应性的协作来保证车辆安全^[3]。由于在驾驶过程中同时存在两个驾驶主体，驾驶员和虚拟驾驶员对于驾驶场景的认知尤其是对于危险场景的认知差异继而引起的相应驾驶操作选择的差异，将直接影响到人机共驾过程中驾驶员的驾驶体验，进而影响到用户对自动驾驶车辆的接受度。甚至导致驾驶员和虚拟驾驶员出现驾驶权的争夺从而可能引发更严重的车辆安全问题。制动作为车辆规避碰撞危险的主要操作之一，驾驶员对制动时机的选择体现了其在对应驾驶场景下对于危险的认知。李霖等人通过对跟车危险场景下驾驶员的制动行为进行分析提出了自动紧急制动系统（Automatic Emergency Brake, AEB）的控制策略^[4]。陈名扬等人通过分析驾驶员在面对骑车人时的制动参数为骑车人避让辅助系统（Crash Avoidance System, CAS）的开发提供参考^[5]。文献[6][7]中通过采集驾驶员的车道保持数据为车道偏离预警系统（Lane Departure Warning, LDW）、车道保持辅助系统（Lane Keep Assistance, LKA）的开发提供依据。

前车切入作为真实交通中较为常见的驾驶场景之一，驾驶员在该场景下对于危险的认知将有助于指导自动驾驶车辆针对该场景的控制策略的开发。目前针对该方面的研究相对较少。文献[8]中 Kim 等人利用驾驶模拟器对高速公路前车切入场景下的驾驶员行为进行研究，但受限于实验条件和实验环境变量设置等原因，该研究的结果并不能够真实全面地反映该场景下驾驶员对危险的认知。

本文通过利用驾驶员在真实交通环境下的行车过过程中采集到的数据，对前车切入危险场景下驾驶员的初始制动时刻选择及其影响因素进行分析，以反映该场景下驾驶员对危险的认知。本文研究成果可以为针对前车切入危险场景的自动驾驶控制策略的开发及测试提供参考。

2 自然驾驶数据采集

自然驾驶数据采集是自然驾驶研究（Naturalistic Driving Study, NDS）内容的一部分，其是在不干扰驾驶员的情况下，采用隐蔽的数据采集设备，对驾驶员在真实交通环境下的驾驶行为进行记录的数据采集方式^[9]。本文中通过使用 8 辆加装摄像头、外加传感器及其它数据采集设备的车辆在上海地区进行自然驾驶数据采集。采集过程分 4 批共 32 名驾驶员，采集获得包含近 13 万公里行驶里程的自然驾驶数据。数据包含车辆前方、驾驶员脚踏板位置、驾驶员面部位置的视频数据及车辆 CAN 总线数据。



Figure 1. Video data of naturalistic driving data collection

图 1. 自然驾驶数据采集视频数据

3 前车切入危险场景获取

在采集获得自然驾驶数据后，首先对数据库中的危险工况进行筛选。危险工况的筛选综合考虑了纵向加速度、侧向加速度以及横摆角速度与速度关联下偏离正常驾驶范围的程度，制动压力变化率以及 TTC 触发值等信

息，采用模糊综合评价的方法确定出危险工况的筛选标准^{[10][11][12]}。从自然驾驶数据库中共筛选得到 780 例危险工况。

当驾驶员遇到前车切入危险时，其可以选择制动或转向变道的方式来规避碰撞危险。本文主要研究驾驶员在本车道内直行并通过制动来规避碰撞危险的情形。在危险工况的筛选过程中以最大制动减速度超过 0.4g 作为触发条件，并结合视频数据从上述 780 例危险工况中筛选得到 80 例对应的危险工况。每例危险工况中包含最大制动减速度点前 10 秒和后 5 秒的视频数据及 CAN 总线数据。

4 驾驶员初始制动时刻表征参数及其影响因素提取

4.1 驾驶员初始制动时刻表征参数的选择及提取

本文中所选取的 80 例前车切入型危险工况中，从碰撞危险出现到危险解除的整个过程中，驾驶员均控制车辆保持在本车道内行驶并主要通过制动来避免与切入车辆发生碰撞。驾驶员选择制动的时机，即初始制动时刻，实质上反映了该场景下驾驶员对危险的认知。通常情况下常采用 TTC（Time To Collision）来表征碰撞危险的紧急程度。TTC 是指同一路径上的两辆车保持当前运动状态不变到发生碰撞所需要的时间，即两车相对距离除以两车相对速度。但在实际数据处理的过程中发现驾驶员初始制动时刻对应的 TTC 值的分布范围非常大，有时甚至为负值。其主要原因是在切入危险场景下，前车在切入过程中与本车的相对速度可能很小甚至高于本车车速。因此 TTC 值已不再能够适用于正确反映前车切入场景下驾驶员对危险的认知。进而本文中采用驾驶员初始制动时刻的 THW（Time Headway）值来反映驾驶员的危险认知，亦即对驾驶员的初始制动时刻进行量化的度量。THW 的定义为两车相对距离除以本车速度。THW 值较大则说明驾驶员说明驾驶员的初始制动时刻较早，反之则较晚制动。

关于初始制动时刻的确定有三种选择，分别可以根据车辆加速度随时间的变化、制动缸压力随时间的变化以及驾驶员脚踏板位置视频数据获得。从驾驶员行为研究的角度上讲，采用第三种方法确定出来的初始制动时刻最能够直接反应驾驶员对制动时机的选择，而两种方法所确定出来的时刻由于制动踏板空行程及制动器响应原因而滞后于驾驶员“真实”的初始制动时刻。所以本文中通过逐帧分析驾驶员脚踏板位置视频数据将切入危险出现时驾驶员脚踩上制动踏板后的第一个下压点所对应的时刻作为初始制动时刻。并根据该时刻本车与切入前车的相对距离及本车速度计算得到 THW 值。

4.2 驾驶员初始制动时刻影响因素提取

驾驶员对初始制动时刻的选择可能受到危险场景中的其它因素影响。这些因素包括前车切入方向、前车与本车的横向相对位置、前车在切入时是否开启转向灯、前车车辆类型、照明条件、切入危险出现时的本车车速。

Table 1. Factors considered in the analysis of THW when driver initiate brake
表 1. 驾驶员初始制动时刻 THW 值影响因素

影响因素	因素水平划分
切入方向	左侧切入、右侧切入
横向相对位置	y0、y1、y2、y3、y4
切入时是否开启转向灯	转向灯开启、转向灯未开启（以驾驶员初始制动时刻前为准）
前车车辆类型	车辆类型 I、车辆类型 II、车辆类型 III
照明条件	晴朗白天、其它照明条件
切入危险出现时的本车车速	以驾驶员初始制动时刻时的本车车速代替

在自然驾驶数据中很难准确地获得前车与本车的横向相对距离。因此本文采用一种“准定量”的方法来近似描述前车与本车的横向相对位置关系。在该因素中主要关注驾驶员初始制动时刻两车的横向相对位置关系。对于本车位置，由于在所有 80 例危险工况中本车均保持在本车道内行驶，故假设本车的位置处于车道的正中间。

对于前车位置，如图 2 所示， y_0 、 y_2 、 y_3 、 y_4 分别代表前车所在车道和本车所在车道的四等分线位置， y_1 为两车道间车道线中线位置。通过分析本车前方摄像头视频数据确定驾驶员初始制动时刻横向上前车最靠近本车一侧的点的位置，结合该点与图 2 中各线的相对位置关系根据取近原则确定前车的横向位置。于是便近似确定出驾驶员初始制动时刻两车的横向相对位置关系。

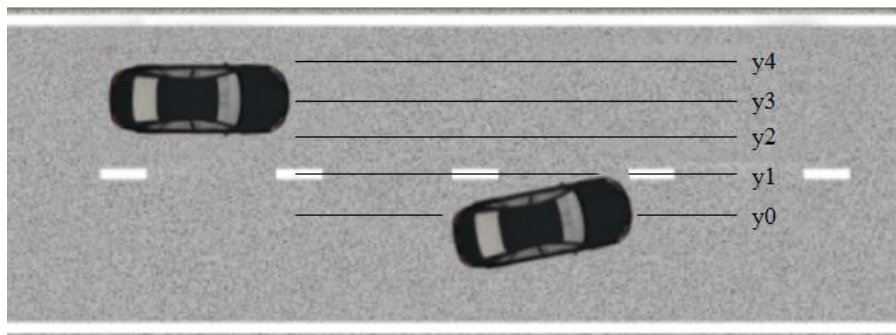


Figure 2. Definition of relative lateral position of leading vehicle and subject vehicle
图 2. 前车与本车横向相对位置关系定义

在所有的危险工况中，切入前车的类型包括不同级别的轿车、SUV、MPV、巴士和卡车。考虑到驾驶员的制动行为可能受到车辆尺寸的影响，且通过视频数据较难区分轿车的车辆级别，因此将前车车辆类型分为三类：车辆类型 I、车辆类型 II、车辆类型 III。车辆类型 I 包括不同级别的轿车和中小型 SUV；车辆类型 II 包括中大型及以上级别 SUV，MPV；车辆类型 III 包括巴士和卡车。

在白天天气晴朗情况下的照明条件要好于其它如夜间、阴雨天气情况。考虑到不同照明条件下对应工况的数量，将照明条件分为晴朗白天和其它照明条件两种类型。

驾驶员对初始制动时刻的选择还受到切入危险出现时的本车车速的影响。但在切入危险场景下对于危险出现的准确时刻较难确定。从驾驶员发现危险到开始采取制动操作即初始制动时刻之间所经历的时间称为驾驶员的制动反应时间^[13]。根据文献[14][15][16][17]中的研究结果，一般情况下驾驶员的制动反应时间不超过 2 秒，同时该过程中驾驶员尚未采取制动操作，两个时间点间车速变化不大，因此本文采用驾驶员初始制动时刻的本车车速代替切入危险出现时的本车车速。

5 结果分析

5.1 驾驶员初始制动时刻 THW 值统计特性

在所有 80 例危险工况中有 3 例工况由于驾驶员初始制动行为受到其它因素影响，如本车道内的前车（非切入前车）在切入危险发生前制动继而引发本车提前制动，因此总共获得 77 例有效 THW 值，其统计特性如表 2 所示。

Table 2. Statistical characteristics of THW when driver initiate brake
表 2. 驾驶员初始制动时刻 THW 值统计特性

初始制动时刻	平均值	标准差	极小值	25 百分位值	中位数	75 百分位值	极大值
THW/s	0.93	0.60	0.14	0.42	0.77	1.34	2.73

对所有 77 例 THW 值的频数分布统计结果如图 3 所示。通过采用对数正态分布模型对该分布进行拟合，并利用 Kolmogorov-Smirnov test (KS-test) 方法对拟合优度进行检验。在置信度 95% 水平下的检验结果表明，驾驶员初始制动时刻的 THW 值较好地服从对数正态分布 ($p=0.472>0.05$)。即驾驶员在面对前车切入危险时初始制动时刻的 THW 值的对数服从正态分布。

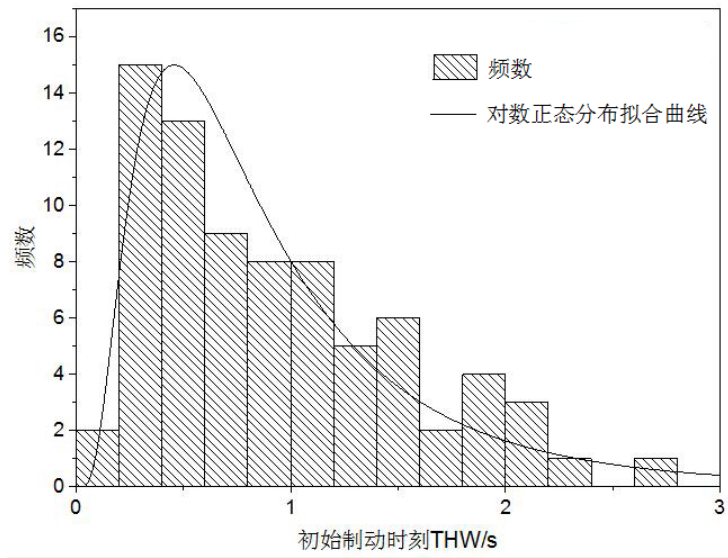


Figure 3. Frequency distribution histogram and lognormal fitting of THW when driver initiate brake
图 3. 驾驶员初始制动时刻 THW 频数分布直方图及拟合曲线

5.2 前车切入方向对驾驶员初始制动时刻 THW 值的影响

对于表 1 中列举的定性描述的影响因素变量，采用单因素变量方差分析的方法检验其对驾驶员初始制动时刻 THW 值的影响。在所有可获得有效 THW 值的 77 例危险工况中，前车从左侧和右侧切入的工况分别为 22 例、55 例，占比 28.6%和 71.4%。如图 4 所示，前车从左侧切入本车车道时驾驶员初始制动时刻 THW 值显著小于从右侧切入的工况（ $F(1,75)=5.176$, $p=0.026<0.05$ ），亦即当驾驶员遇到前车从左侧切入危险时其采取制动操作的时刻更晚。这两种危险工况类型下 THW 值的相关统计特性如表 3 所示。

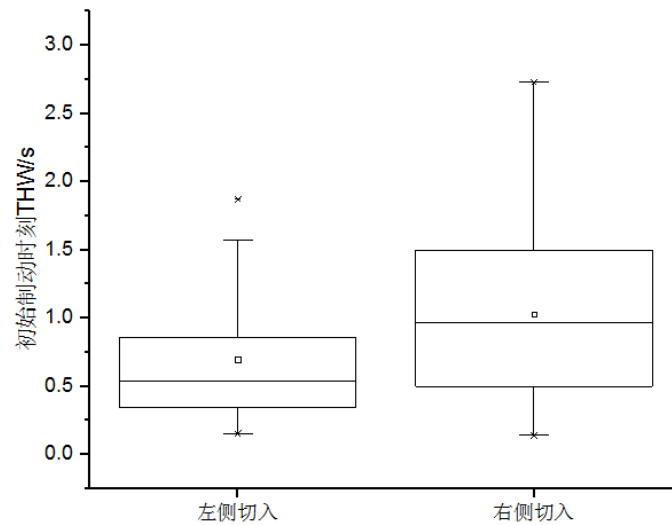


Figure 4. THW when driver initiate brake under different cut-in directions
图 4. 前车不同切入方向工况下驾驶员初始制动时刻 THW 值

Table 3. Statistical characteristics of THW when driver initiate brake under different cut-in directions

表 3. 前车不同切入方向工况下驾驶员初始制动时刻 THW 值统计特性

初始制动时刻 THW/s	平均值	标准差	极小值	25 百分位值	中位数	75 百分位值	极大值
左侧切入	0.69	0.48	0.15	0.34	0.54	0.87	1.87
右侧切入	1.03	0.61	0.14	0.50	0.97	1.50	2.73

5.3 前车与本车的横向相对位置对驾驶员初始制动时刻 THW 值的影响

根据图 2 中的定义，驾驶员初始制动时刻前车的横向位置分为 y0、y1、y2、y3、y4 五种情况，在所有 77 例工况中前四种情况分别对应 8、56、11、2 例工况，未出现 y4 所对应的工况。考虑每种情况所对应工况的数量，仅选取 y0、y1、y2 三种情况进行单因素变量方差分析。尽管方差分析结果未能证明驾驶员初始制动时刻本车与切入前车的横向相对位置对 THW 值有显著性影响($F(2,72)=0.107, p=0.898>0.05$)，但根据图 6 不同横向相对位置下驾驶员初始制动时刻 THW 平均值的结果分析表明，随着前车横向相对位置越接近本车，驾驶员初始制动时刻 THW 值有增大的趋势。也即驾驶员在判断危险与否时综合考虑了本车与切入车辆的纵、横向位置关系。当前车开始切入时与本车的纵向时距（即 THW）相对较小的情况下，驾驶员在横向相对距离较大的时刻便开始选择制动。

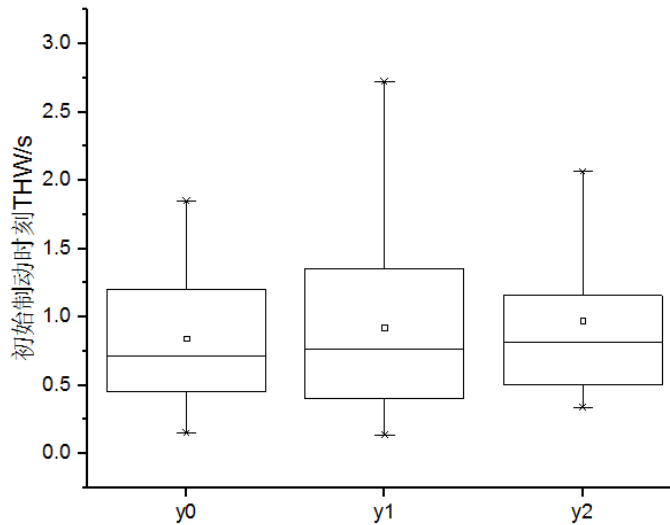


Figure 5. THW when driver initiate brake under different relative lateral positions

图 5. 不同横向相对位置下驾驶员初始制动时刻 THW 值

Table 4. Statistical characteristics of THW when driver initiate brake under different relative lateral positions

表 4. 不同横向相对位置下驾驶员初始制动时刻 THW 值统计特性

初始制动时刻 THW/s	平均值	标准差	极小值	25 百分位值	中位数	75 百分位值	极大值
y0	0.84	0.55	0.15	0.42	0.72	1.23	1.85
y1	0.92	0.62	0.14	0.40	0.77	1.36	2.73
y2	0.97	0.57	0.34	0.50	0.82	1.16	2.07

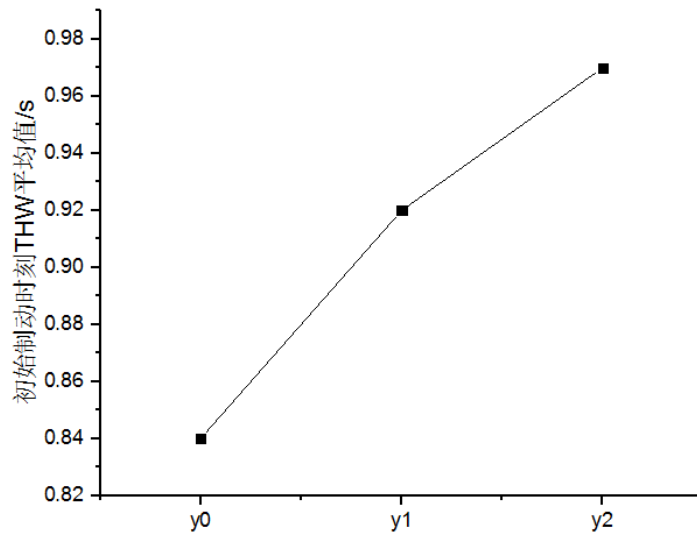


Figure 6. Mean value of THW when driver initiate brake under different relative lateral positions

图 6. 不同横向相对位置下驾驶员初始制动时刻 THW 平均值

5.4 前车在切入时是否开启转向灯对驾驶员初始制动时刻 THW 值的影响

在所有危险工况中，有近六成的前车驾驶员在开始切入前未开启转向灯。两种情形下本车驾驶员驾驶员初始制动时刻 THW 值的分布如图 7 所示。根据方差分析结果，前车在切入时是否开启转向灯因素未对驾驶员初始制动时刻的选择产生显著性影响($F(1,75)=0.021, p=0.885>0.05$)。

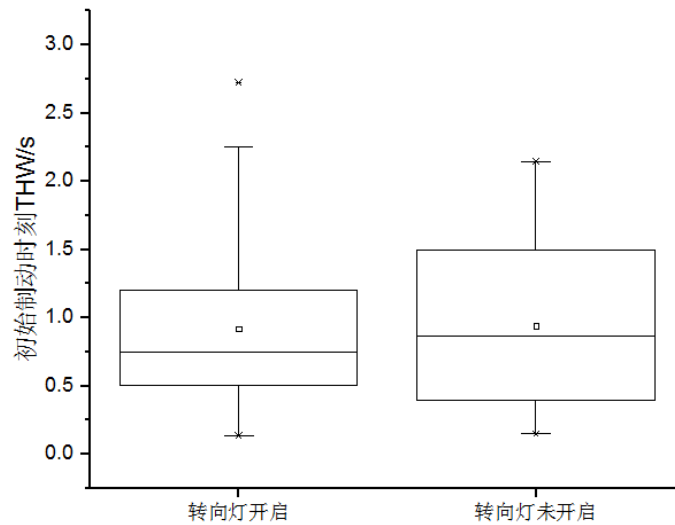


Figure 7. THW when driver initiate brake under different indicator states of leading vehicle

图 7. 不同转向灯开启条件下驾驶员初始制动时刻 THW 值

5.5 前车车辆类型对驾驶员初始制动时刻 THW 值的影响

根据方差分析结果($F(2,74)=3.108, p=0.051>0.05$)，尽管在 $\alpha=0.05$ 水平得到的检验结果并不能说明车辆类型因素会对驾驶员初始制动时刻 THW 值产生显著影响，但 p 值和 α 值非常接近，表明车辆类型因素对 THW 值产生较强影响。并且多重比较结果表明车辆类型 III 情况下的 THW 值显著大于车辆类型 I 的情况($p=0.018<0.05$)。

即驾驶员在遇到巴士、卡车等大型车辆切入本车车道时会比一般乘用车更早地采取制动操作。

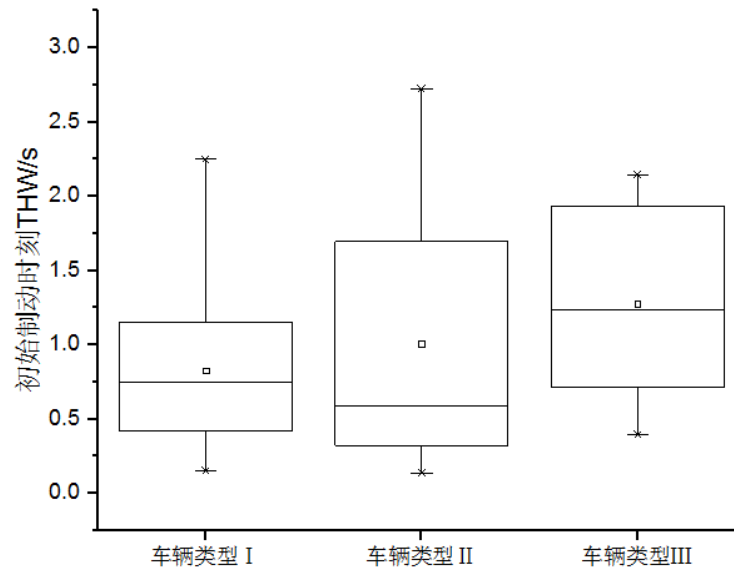


Figure 8. THW when driver initiate brake under different types of leading vehicle
图 8. 不同前车类型下驾驶员初始制动时刻 THW 值

Table 5. Statistical characteristics of THW when driver initiate brake under different types of leading vehicle
表 5. 不同前车类型下驾驶员初始制动时刻 THW 值统计特性

初始制动时刻 THW/s	平均值	标准差	极小值	25 百分位值	中位数	75 百分位值	极大值
车辆类型 I	0.83	0.48	0.15	0.42	0.75	1.15	2.25
车辆类型 II	1.01	0.80	0.14	0.32	0.59	1.70	2.73
车辆类型 III	1.28	0.66	0.39	0.70	1.23	1.98	2.15

5.6 照明条件对驾驶员初始制动时刻 THW 值的影响

驾驶员在不同照明条件下的初始制动时刻 THW 值分布如图 9 所示。方差分析结果表明，照明条件对驾驶员初始制动时刻的选择影响并不显著($F(1,75)=0.507, p=0.478>0.05$)。但根据两种条件下的 THW 均值进行分析，晴朗白天条件下 THW 均值为 0.91s，其它照明条件下 THW 均值为 1.04s，表明在照明条件相对较差的条件下驾驶员面对切入危险时会更早进行制动。

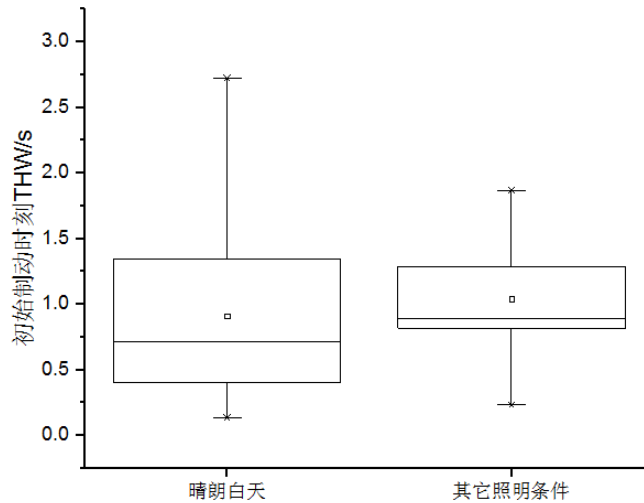


Figure 9. THW when driver initiate brake under different lighting conditions
图 9. 不同照明条件下驾驶员初始制动时刻 THW 值

5.7 切入危险出现时的本车车速与驾驶员初始制动时刻 THW 值的关系

图 10 显示了初始制动时刻 THW 值与切入危险出现时本车速度的关系。通过对图中散点进行线性拟合的效果并不理想，亦即在整个车速范围内初始制动时刻 THW 值与切入危险出现时本车速度并不存在明显的线性关系。从图中可以看出散点的分布呈现出近似三角形的形状，三角形的上顶点大约位于本车车速为 55km/h 的位置。在该位置之前，随着车速的增大，THW 值有增大趋势，亦即驾驶员面对切入危险时的平均初始制动时刻更为提前；在该位置之后，随着车速的继续增大，THW 值有减小的趋势，驾驶员的制动操作会更晚。其主要原因很有可能是随着车速的提高驾驶员通过转向避免切入碰撞危险的可能性增加^[18]。本文中车速高于 80km/h 的工况均来自于封闭道路条件下，此时驾驶员的转向变道空间更为充裕，在具有转向避撞作为备选操作的条件下，驾驶员面对切入危险的制动时机要偏晚一些。

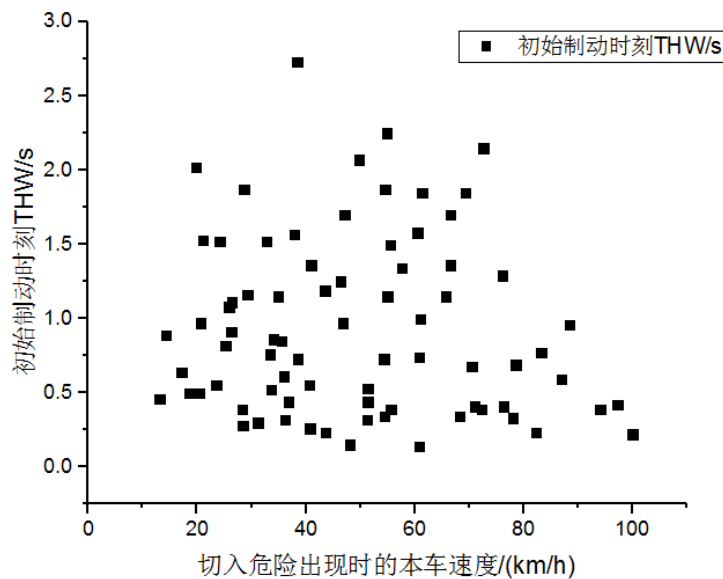


Figure 10. Relationship between THW when driver initiate brake and subject vehicle speed when collision threat appears
图 10. 初始制动时刻 THW 值与切入危险出现时本车速度的关系

6 结论

首先通过在上海地区进行自然驾驶数据采集获得驾驶员在真实交通场景下的驾驶数据, 然后根据相应的筛选条件从该数据中筛选得到 780 例危险工况。根据最大纵向加速度及视频信息对危险工况进一步筛选获得 80 例前车切入场景下的危险工况, 并以 THW 作为驾驶员初始制动时刻的表征参数对该参数的统计分布及影响因素进行分析。

结果表明, 前车切入危险场景下驾驶员初始制动时刻的 THW 值近似服从对数正态分布。驾驶员在面对右侧、大型车辆切入危险时的制动时刻要显著早于左侧、一般乘用车的情况。当前车以较小的纵向时距切入时, 驾驶员在横向相对距离较大的时刻便开始选择制动。前车在切入时转向灯开启与否对驾驶员初始制动时刻选择的影响并不明显。在照明条件相对较差的条件下驾驶员将会更早进行制动。整个车速范围内, 驾驶员初始制动时刻的 THW 值与切入危险出现时本车速度并不存在明显的线性关系。但以约 55km/h 为分界点, 在此之前、之后随着车速的增加, 驾驶员的初始制动时刻 THW 值分别有增大、减小的趋势。

该研究成果可应用于针对前车切入危险场景的自动驾驶控制策略的开发及测试。由于本研究中所使用的数据来源于我国真实交通场景下的自然驾驶数据采集, 因此特别适合应用于开发兼容我国典型交通场景特征和驾驶员驾驶习惯的自动驾驶控制策略及构建相应的测试场景。

致谢 (Acknowledgement)

感谢朱西产教授在论文研究过程中的指导。感谢十三五国家重点研发项目“智能电动汽车的感知、决策与控制关键基础问题研究”子项目“智能电动汽车人机共驾交互理论”对本论文研究的资助。

参考文献 (References)

- [1] National Highway Traffic Safety Administration NHTSA. *Traffic safety facts 2002*. Technical report, U.S. Department of Transportation, 2002.
- [2] SAE International Surface Vehicle Information Report. *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems*. SAE Standard J3016, Rev. Sep. 2016.
- [3] Fr'ed'eric Holzmann. *Adaptive Cooperation between Driver and Assistant System*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [4] Li Lin, Zhu Xichan, Dong Xiaofei & Ma Zhixiong. *A Research on the Collision Avoidance Strategy for Autonomous Emergency Braking System*. Automotive Engineering, 2015.
- [5] Chen, M., Zhu, X., Ma, Z., and Li, L., "Driver Brake Parameters Analysis under Risk Scenarios with Pedalcyclist," SAE Technical Paper 2016-01-1451, 2016, doi:10.4271/2016-01-1451.
- [6] Taylor Johnson, Rong Chen. *Investigation of Driver Lane Keeping Behavior in Normal Driving based on Naturalistic Driving Study Data*. SAE Technical Paper 2016-01-1449, 2016.
- [7] National Highway Traffic Safety Administration NHTSA. *Large-Scale Field Test of Forward Collision Alert And Lane Departure Warning Systems*. Technical report, U.S. Department of Transportation, 2016.
- [8] Kim, S., Wang, J., Guenther, D., Heydinger, G. et al., "Analysis of Human Driver Behavior in Highway Cut-in Scenarios," SAE Technical Paper 2017-01-1402, 2017, doi:10.4271/2017-01-1402.
- [9] Boyle L, Lee J, Neyens D, et al. *SHRP2 S02 Integration of analysis methods and development of analysis plan*. Phase 1 Report. Iowa City: University of Iowa, 2009.
- [10] Mohamed Benmimoun, Lutz Eckstein. *Detection of Critical Driving Situations for Naturalistic Driving Studies by Means of an Automated Process*. Journal of Intelligent Transportation and Urban Planning, 2014.
- [11] T. Victor, J. B ärgman, S. Hurtig, "Sweden-Michigan Naturalistic Field Operational Test (SeMiFOT) Phase 1: Final Report", SAFER REPORT, 2010.
- [12] Xiaoyu Sun, Xichan Zhu, Kaiyuan Zhang, Lin Li, Zhixiong Ma, *Automatic Detection Method Research of Incidents in China-FOT Database*, The IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2016.
- [13] Li Lin, Zhu Xichan & Ma Zhixiong. *Driver Brake Reaction Time Under Real Traffic Risk Scenarios*. Automotive Engineering, 2014.
- [14] Jurecki, R.S. and Stańczyk, T.L., "Driver Reaction Time to Lateral Entering Pedestrian in a Simulated Crash Traffic Situation," Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 27:22-36, 2014, doi:10.1016/j.trf.2014.08.006.
- [15] Cheng, B., Lin, Q., Song, T., Cui, Y. et al., "Analysis of Driver Brake Operation in Near-Crash Situation Using Naturalistic Driving Data," Presented at the JSAE Annual Congress, Japan, May 21, 2010.
- [16] Rakha, H., El-Shawarby, I. and Setti, J.R., "Characterizing Driver Behavior on Signalized Intersection Approaches at the Onset of a Yellow-phase Trigger," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 8(4):630-640, 2007, doi:10.1109/TITS.2007.908146.
- [17] Muhrer, E., Reinprecht, K. and Vollrath, M., "Driving with a Partially Autonomous Forward Collision Warning System: How Do Drivers React?" Human Factors 54(5):698-708, 2012, doi:10.1177/0018720812439712.
- [18] Kiefer R J, Cassar M T, Flannagan C A, et al. *Forward Collision Warning Requirements Project Final Report—Task 1 [R]*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, 2003, DOT HS 809 574.