

城市道路交叉口电动自行车左转安全特性分析

韦凌翔¹,王永岗²,李文文¹,王欢¹

(1. 盐城工学院 材料科学与工程学院,江苏 盐城 224051;
2. 长安大学 公路学院,陕西 西安 710064)

摘要:综合运用基于录像数据采集方法与电动自行车运行轨迹提取方法,对城市道路信号交叉口左转电动自行车行驶的横向位置分布规律、纵向蛇行运动轨迹展开较为系统的数据分析,为我国道路交叉口交通设计改善、降低交通事故提供一定的理论依据和数据支撑。

关键词:交通工程;交通安全;城市信号交叉口;电动自行车;行驶安全特性;轨迹分析

中图分类号:U491 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2017)02-0011-05

电动自行车作为一种较为便捷、环保的绿色出行方式,近年来在我国许多城市呈现迅速发展趋势^[1-3]。据不完全统计,全国电动自行车保有量 2004 年底约为 1 000 万辆,而到 2013 年底已经突破 2 亿辆^[4]。城市道路交叉口作为城市道路的重要组成部分,与道路其他地点相比,更容易受到车流、人流、交通环境的影响,因而在城市道路发生的交通事故中,交叉口事故占很大的比例。在城市平面交叉口交通事故中,从车辆类型看,由电动自行车等非机动车产生的正面碰撞概率最大,为 22.83%;从交通参与者看,由于转向不当引起侧面碰撞类事故的推理概率为 23.44%,转向不当同时引起刮擦事故的概率为 22.02%^[5-6]。

在城市道路信号交叉口,电动自行车抢行、侵占机动车行驶空间、占用机动车道行驶是降低城市路网通行能力、诱发交通事故的重要致因。其中,电动自行车左转因其车流分散性强、行车曲线不规则、无电动车左转导流线、与左转机动车近距离行驶等原因,成为城市道路信号交叉口电动自行车交通事故的关键成因。因此,开展城市道路信号交叉口左转电动自行车行驶安全特性与应对策略研究,可以为我国道路交叉口交通设计改善、降低交通事故提供一定的理论依据和数据支撑。

目前国内外针对电动自行车的研究多从电动

自行车基本特性和交通效率入手,对电动自行车安全性问题的关注相对有限,并且多是从事事故特性等角度进行分析^[7-11]。本文拟从城市道路信号交叉口电动自行车左转横向行驶、纵向行驶行为特性的角度,综合运用基于录像数据采集方法与电动自行车运行轨迹提取方法的研究思路,依托实际数据对电动自行车左转车流横向位置分布规律、纵向位置分布规律、电动自行车左转车流与机动车横向干扰等方面展开较为系统的数据分析。

1 数据采集方案与参数提取方法

1.1 基于录像的数据采集方案

采用录像采集的方式,对盐城市建军东路(迎宾大道)与长亭路交叉口所有通过的电动自行车,采取俯视的方式进行拍摄。调查时段为某工作日早晚高峰时段(7:30—9:30 和 18:00—20:00)。交叉口示意图如图 1 所示。

1.2 电动自行车位置提取方法

在拍摄的视频中,以视频范围为坐标范围建立屏幕坐标,先从视频中提取电动自行车运动轨迹,再分析其在道路上行驶的横向位置坐标,采用 Brambilla 等^[12]提出的线性变换方法,把视频中坐标转化为实际的坐标。原理如下:

收稿日期:2016-12-21

基金项目:陕西省自然科学基金面上项目(2016JM5036);陕西省交通科技项目(15-42R)

作者简介:韦凌翔(1991—),男,山东曲阜人,硕士生,主要研究方向为交通数据挖掘与建模分析。



图 1 建军路(迎宾大道)与长亭路交叉口示意图

Fig.1 Jianjun Road (Yingbin Avenue) and Changting Road intersection diagram

设 x_r, y_r 为道路坐标, x_s, y_s 为屏幕坐标, $C_1 \sim C_8$ 为转换系数, 满足:

$$x_r = \frac{C_1 + C_2 x_s + C_3 y_s}{C_4 x_s + C_5 y_s + 1} \quad (1)$$

$$y_r = \frac{C_6 + C_7 x_s + C_8 y_s}{C_4 x_s + C_5 y_s + 1} \quad (2)$$

为求解转换系数 $C_1 \sim C_8$, 在视频中取 4 个代表性的位置点 A、B、C、D, 测量其屏幕坐标与道路坐标, 由公式(3)即可求解转化系数, 再根据公式(1)、(2), 求解屏幕上任一点的道路坐标。坐标转换原理如图 2 所示。

$$\begin{bmatrix} x_{r,1} \\ x_{r,2} \\ x_{r,3} \\ x_{r,4} \\ y_{r,1} \\ y_{r,2} \\ y_{r,3} \\ y_{r,4} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & x_{s,1} & y_{s,1} & -x_{s,1}x_{r,1} & -y_{s,1}x_{r,1} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_{s,2} & y_{s,2} & -x_{s,2}x_{r,2} & -y_{s,2}x_{r,2} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_{s,3} & y_{s,3} & -x_{s,3}x_{r,3} & -y_{s,3}x_{r,3} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_{s,4} & y_{s,4} & -x_{s,4}x_{r,4} & -y_{s,4}x_{r,4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -x_{s,1}y_{r,1} & -y_{s,1}y_{r,1} & 1 & x_{s,1} & y_{s,1} \\ 0 & 0 & 0 & -x_{s,2}y_{r,2} & -y_{s,2}y_{r,2} & 1 & x_{s,2} & y_{s,2} \\ 0 & 0 & 0 & -x_{s,3}y_{r,3} & -y_{s,3}y_{r,3} & 1 & x_{s,3} & y_{s,3} \\ 0 & 0 & 0 & -x_{s,4}y_{r,4} & -y_{s,4}y_{r,4} & 1 & x_{s,4} & y_{s,4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \end{bmatrix} \quad (3)$$

1.3 调查数据初步处理

根据图 1 的交叉口示意图, 以东进口道的左



图 2 坐标转换原理

Fig.2 Coordinate conversion principle

转电动车为调查对象, 绘制其左转几何轨迹中心线, 如图 3 交叉口区域弧线所示; 在其轨迹线上分别在进入交叉口的启动部分(截面 1)、左转行驶部分(截面 2~截面 4)、驶出部分(截面 5), 选择 5 个电动车的横向计数截面, 如图 3 红色所示。

该交叉口左转电动自行车横断面情况为: 东进口车道宽度 5.0 m, 有机动车和非机动车分隔带; 南出口车道宽度 3.0 m, 无机动车和非机动车分隔带。

2 城市道路信号交叉口左转电动自行车横向位置分布规律分析

按照上述构建的信号交叉口左转电动自行车横向位置提取方法, 分别对该交叉口选取的 5 个横向截面通过的电动自行车进行计数, 以道路横向截面为横轴, 电动自行车左转轨迹中心线与横向截面交点为原点, 绘制统计图如图 4 所示。其中每个截面调查样本量为 100, 5 个截面计 500 个样本量。

分析图 4 可以得出以下结论: ① 左转电动自行车启动驶入交叉口阶段(对应截面 1, 图 4a)。由于在该交叉口东进口的非机动车道左右各有凸起的隔离设施, 电动自行车只能行驶在 5.0 m 宽的非机动车道内, 且为左转需求, 大部分电动自行车分布在该车道的左侧及中间部分, 反映出左转电动车的停驶和行驶横向位置规律。② 左转电动自行车行驶在交叉口内阶段可分为 3 个部分: 加速阶段(对应截面 2, 图 4b)、匀速阶段(对应截面 3, 图 4c)、减速阶段(对应截面 4, 图 4d)。加速阶段: 由于脱离东进口左右路缘石的约束, 电动自行车在横向分布方面离散性进一步加大, 呈“靠近

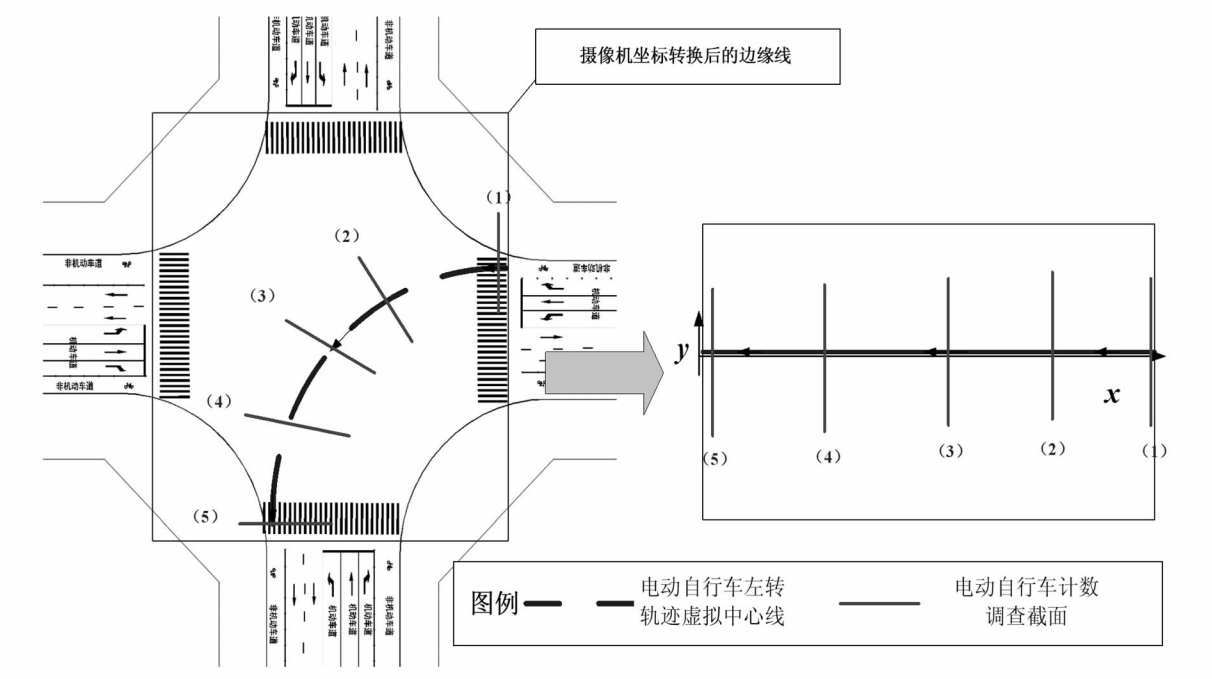


图3 交叉口电动车左转车流轨迹转换示意图

Fig.3 Sketch map of vehicle flow trajectory transformation of left turn electric vehicle at intersection

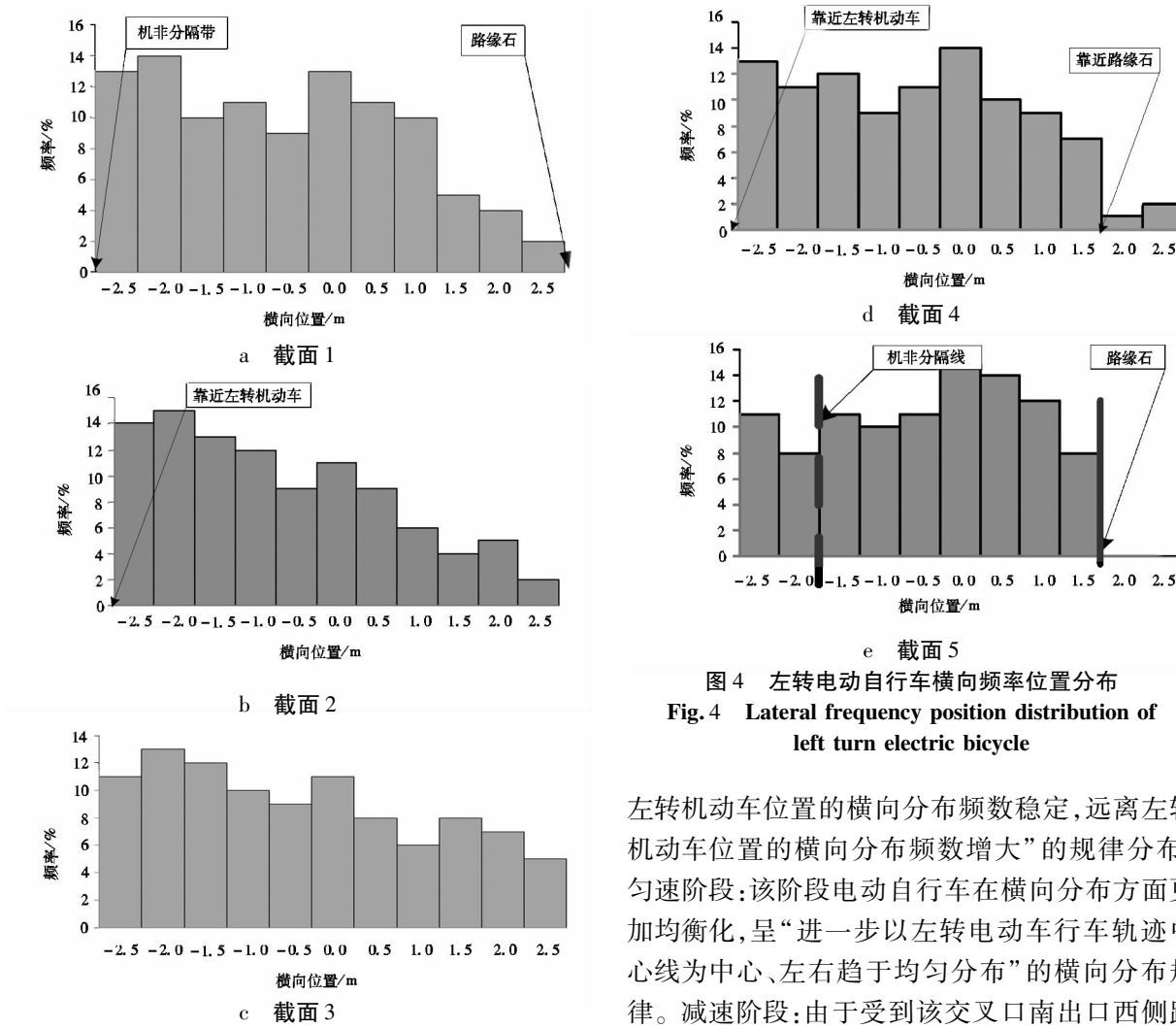


图4 左转电动自行车横向频率位置分布
Fig.4 Lateral frequency position distribution of left turn electric bicycle

左转机动车位置的横向分布频数稳定,远离左转机动车位置的横向分布频数增大”的规律分布。匀速阶段:该阶段电动自行车在横向分布方面更加均衡化,呈“进一步以左转电动车行车轨迹中心线为中心、左右趋于均匀分布”的横向分布规律。减速阶段:由于受到该交叉口南出口西侧路

缘石、东侧机非分隔线的控制要求,之前匀速阶段的均匀性分布开始进行集中,呈“南出口东西侧约束为限制,横向分布逐步集中化”的横向分布规律。③左转电动自行车驶出交叉口阶段(对应截面 5,图 4e),由于在该交叉口南出口的非机动车道右侧有路缘石、左侧为机非分隔线,因此电动自行车除了行驶在 3.0 m 宽的非机动车道内,在其东侧还会有少部分越线的违法行为,该行为比例大约为 19%,反映出左转电动车驶出交叉口的横向位置规律。

3 城市道路信号交叉口左转电动自行车纵向蛇行轨迹分析

电动自行车运动轨迹呈蛇形。但与自行车不同的是,电动自行车完全靠电力驱动,行进时的摆动性与蹬车无关,因而电动自行车运动轨迹与骑行者的年龄、性别以及个人身体素质关联较小,主要以主观蛇行运动为主^[13]。

3.1 左转电动自行车纵向蛇行位置标定方法

将录像采集的电动自行车左转视频画面设置

网格线(网格间距为 0.5 m),标定电动车行驶的位置,再将这些位置采用曲线连接的方法得到电动车主观蛇形运动曲线。绘制的示意图如图 5 所示。



图 5 左转电动自行车纵向蛇行位置标定示意图
Fig. 5 Vertical hunting position calibration diagram of left turn electric bicycle

3.2 左转电动自行车纵向蛇行运动特性分析

按照图 3 的交叉口电动车左转车流轨迹转换示意图,对 20 辆左转电动自行车绘制其纵向蛇行运动曲线,如图 6 所示。

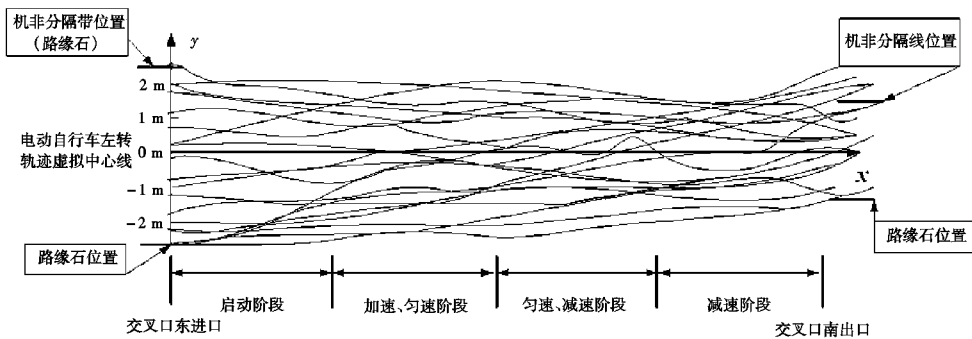


图 6 交叉口电动车左转车流轨迹
Fig. 6 Vehicle flow trajectory of left turn electric bicycle at intersection

对比分析图 5、图 6,可以得出以下结论:①从整体分布看,电动自行车纵向蛇行轨迹中间重叠最为严重,越往两侧重叠越少,说明在确保机动车干扰不造成威胁的前提下,电动自行车骑行者更倾向于行驶在可供利用空间的中央。②从不同运行阶段看,启动阶段电动自行车较为均匀地分布在东进口的左转待行区,以靠近机动车道的右侧分布较多;加速阶段大部分电动车按照既定轨迹跟随行驶,少部分有超越行为;匀速阶段,由于时间较为短暂,基本以维持加速阶段纵向行驶行为为主;减速阶段,由于受到该交叉口南出口西侧路

缘石、东侧机非分隔线的控制要求,车辆趋于集中分布,有部分车辆由于空间小,采取加速驶入南出口的机动车道,存在较大的安全隐患。③从行驶者心理和行为看,被调查的 20 辆电动自行车中,有 11 辆采取较为保守的跟随行为,5 辆在左转过程中有激进的超车行为,4 辆在驶出交叉口时有违法驶入南出口机动车道的行为,对左转的机动车产生了干扰,存在较大的安全隐患。

4 结语

(1)提出了对城市道路信号交叉口左转电动

车数据采集方案与参数提取方法,通过实际采集、运用验证了该方法的可行、有效,为分析城市道路信号交叉口左转电动自行车行驶安全特性的信息采集提供了新思路及可行方案。

(2)在分析城市道路信号交叉口左转电动自行

行车横向位置分布规律基础上,探讨了左转电动自行车纵向蛇行位置标定方法,并对左转电动自行车纵向蛇行运动特性进行分析,对改善城市道路信号交叉口左转电动自行车安全特性、降低交通事故提供较为可靠、科学的理论和数据支撑。

参考文献:

[1] FISHMAN E, CHERRY C,秦维. 电动自行车交通发展的主要趋势:近 10 年文献综述[J]. 城市交通,2016,14(2):83-96.

[2] 贾海亮. 电动自行车交通特性研究[D]. 成都:西南交通大学,2014.

[3] 徐程. 路段混合自行车交通运行特性与风险评估[D]. 长春:吉林大学,2016.

[4] 石臣鹏. 电动自行车交通现状及对策分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2008,27(5):772-775.

[5] 赵金宝,邓卫,王建. 基于贝叶斯网络的城市平面交叉口交通事故分析[J]. 交通信息与安全,2012,30(2):88-91.

[6] 刘树斌. 关于城市电动自行车发展的思考[J]. 交通与运输(学术版),2012(1):129-132.

[7] YAO L, WU C. Traffic safety for electric bike riders in China: attitudes, risk perception, and aberrant riding behaviors [J]. Transportation Research Record, 2012,24(2 314):49-56.

[8] DOZZA M, FERNANDEZ A. Understanding bicycle dynamics and cyclist behavior from naturalistic field data (november 2012)[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014,15(1):376-384.

[9] JIN S, QU X B, ZHOU D, et al. Estimating cycleway capacity and bicycle equivalent unit for electric bicycles[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2015,77:225-248.

[10] 马勇,付锐,郭应时,等. 基于实车试验的行驶人换道行为多参数预测[J]. 长安大学学报(自然科学版),2014,34(5):101-108.

[11] 黄晓东,许丰,邱亚楠,等. 电动自行车智能化现状发展与未来[J]. 电动自行车,2015(6):18-22.

[12] BRAMBILLA M, CERI S, FACCA F M, et al. Model-driven design and development of semantic Web service applications[J]. ACM Transactions on Internet Technology (TOIT), 2007, 8(1):3.

[13] 陶思然. 基于自行车与电动自行车的二元混合交通流特性研究[D]. 西安:长安大学,2015.

Analysis on the Safety Characteristics of Left Turn for Electric Bicycle at Urban Road Intersection

WEI Lingxiang¹, WANG Yonggang², LI Wenwen¹, WANG Huan¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;
2. School of Highway, Changan University, Xi'an Shaanxi 710064, China)

Abstract: Video data collection method and electric bicycle running trajectory extraction method are integrated used. Relatively systematic data analysis is carried out to the lateral position distribution law and longitudinal hunting trajectory of left turn electric bicycle driving at urban road signalized intersection . It can provide theoretical basis and data support for traffic design improvement and traffic accidents reduction of road intersections in our country.

Keywords: traffic engineering; traffic safety; urban signalized intersection; electric bicycle; driving safety characteristics; trajectory analysis

(责任编辑:李华云)