

电动自行车路段横向驾驶行为特性研究

韦凌翔¹,王永岗²,钟栋青¹,王春娥¹

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

摘要:基于录像数据采集方法与电动自行车运行轨迹提取方法,依托实际采集数据分别对电动自行车横向位置分布规律、电动自行车与机动车横向干扰、无机非隔离路段电动自行车越线行为3方面展开较为系统的数据分析。研究表明:在没有机非分隔带而仅是存在机非分隔线情况下,电动自行车均存在超越机非分隔线进行越线行驶的现象;路内停车的存在会导致电动自行车越线行驶比例增加,进而对电动自行车行车安全构成一定威胁。

关键词:交通工程;交通安全;电动自行车;横向驾驶行为;轨迹分析

中图分类号:U491 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2016)04-0011-05

非机动车主要包括自行车和电动自行车,是国内城市居民短途出行的主要交通工具。然而,随着国内机动化进程的不断深入,非机动车的骑行空间被日益挤占、压缩,给骑行者带来极大的不便。国内混合交通流状况非常严重,行人、自行车、机动车抢道的现象比较常见^[1-3]。非机动车是混合交通流中的弱势群体,当非机动车和机动车发生碰撞时,由于缺乏必要的保护设施,非机动车驾驶人往往要遭受严重的伤害^[4]。电动自行车是一种新兴的交通工具,它以速度快、方便快捷、污染小、能耗低等优点受到出行者的青睐,逐渐成为居民主要的中距离出行工具之一^[5]。电动自行车近几年增长迅猛,原本用于以纯自行车为主的非机动车行驶的非机动车道允许电动自行车行驶,使得我国典型的混合交通状况更为复杂^[5-6]。因此,开展电动自行车横向驾驶行为特性方面的研究可以为我国电动自行车的立法管理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,并且有限的安全问题研究也多是从事事故特性等角度进行分析^[6-11]。本文拟从电动自行车路段横向驾驶行为特性的角

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,依托实际的数据对电动自行车横向位置分布规律、电动自行车与机动车横向干扰、无机非隔离路段电动自行车越线行为3方面展开较为系统的分析,为电动自行车横向驾驶行为特性方面的研究积累数据与理论支撑。

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

录像采集法是目前非机动车调查中广泛采用的调查方法,具备存储便捷、可以重访并获取细节信息的优点。为获取不同道路环境电动自行车横向运动特征,考虑研究路段有无机非隔离设施、有效道路宽度等不同因素对电动自行车横向驾驶行为的影响,本文选取某市包含上述不同因素的多个路段作为调查地点,结合该城市居民的出行特性,选择路段中无信号灯、无人行横道等因素影响的断面,采用录像采集的方式获取电动自行车横向驾驶行为的研究数据。调查时段选择在早晚高峰时段(7:30—9:30和18:00—20:00),采取俯视角进行拍摄,对所有通过观测断面的电动自行车进行记录。

收稿日期:2016-06-14

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。

1.2 电动自行车轨迹提取方法

提取电动自行车运动轨迹的横向位置是完成视频采集后的重要工作。提取电动自行车行车轨迹坐标时,以电动自行车纵向中心位置作为基准点,记录车辆通过某指定横断面时的轨迹坐标。从视频中提取的电动自行车运动轨迹是以视频范围为坐标范围的屏幕坐标,本文采用坐标转换方法,将电动自行车行驶横向位置的视频坐标转换为相对于道路横断面的实际坐标,由此分析车辆在道路内行驶的横向位置坐标。此外,坐标转换还能够对由拍摄视角、距离等因素造成的视频变形进行矫正,以提高数据提取精度。本研究采用 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,其原理如下:

设 X_r, Y_r 为道路坐标, X_s, Y_s 为屏幕坐标, C_1 到 C_8 为转换系数,两者满足:

$$X_r = \frac{C_1 + C_2 X_s + C_3 Y_s}{C_4 X_s + C_5 Y_s + 1} \quad (1)$$

$$Y_r = \frac{C_6 + C_7 X_s + C_8 Y_s}{C_4 X_s + C_5 Y_s + 1} \quad (2)$$

由 4 个已知点求解转化系数的式(3),再根据式(1)、式(2),求解屏幕上任一点的道路坐标。坐标转换原理如图 1 所示。

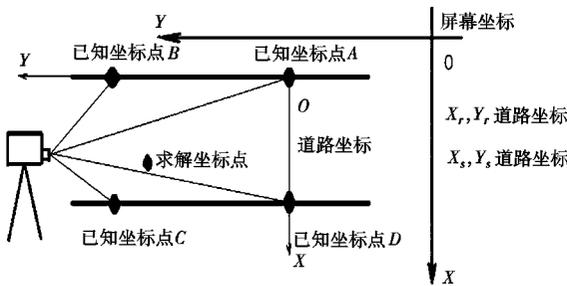


图 1 坐标转换原理

Fig. 1 The principle of coordinate conversion

$$\begin{bmatrix} X_{r,1} \\ X_{r,2} \\ X_{r,3} \\ X_{r,4} \\ Y_{r,1} \\ Y_{r,2} \\ Y_{r,3} \\ Y_{r,4} \end{bmatrix} =$$

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

1.3 调查数据初步处理

获取电动自行车运动轨迹数据之后,以道路横断面为横向坐标轴,路缘石或机非分隔线为纵向坐标轴,如图 2 所示。对通过观测断面的电动自行车轨迹横坐标进行统计,绘制统计直方图如图 3 所示。



图 2 电动自行车坐标标定示意图

Fig. 2 Schematic diagram of coordinate calibration for electric bicycle

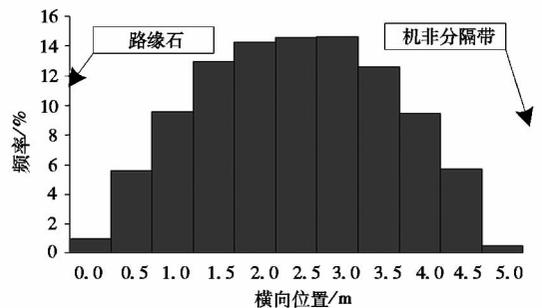


图 3 电动自行车横向位置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of horizontal position of electric bicycle

2 电动自行车横向位置分布规律分析

按照上述构建的电动车车辆轨迹提取方法,分别以某市多条典型路段为研究对象,这些路段的基本道路属性见表 1。以道路横断面为横轴,以路缘石或停车位外侧为原点,将通过研究路段断面的车辆横向位置进行统计,其结果如图 4 ~ 图 7 所示。

表1 调查路段的基本道路属性

Table 1 The basic properties of surveys road sections

路段编号	样本数	有无机非分离带	非机动车道宽度/m	有效非机动车道宽度/m	有无路内停车
1	2 000	有	5	5	无
2	2 000	有	5	3.5	有
3	2 000	无	5	5	无
4	2 000	无	5	3.5	有

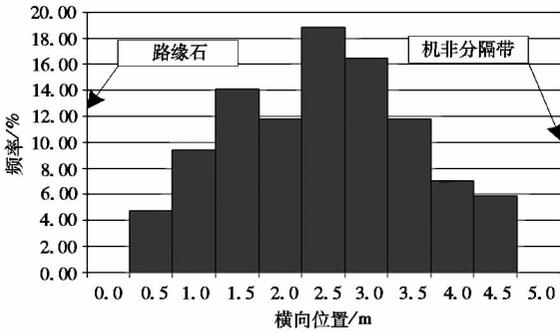


图4 路段1 电动自行车横向位置分布

Fig. 4 Lateral position distribution of electric bicycle in Section 1

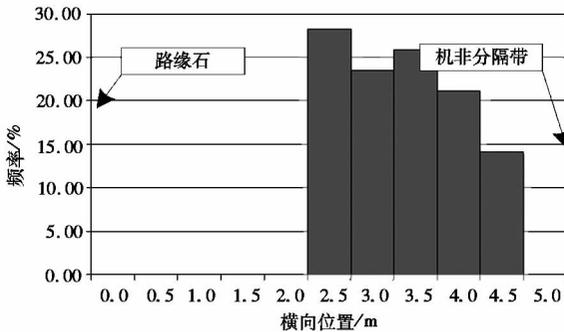


图5 路段2 电动自行车横向位置分布

Fig. 5 Lateral position distribution of electric bicycle in Section 2

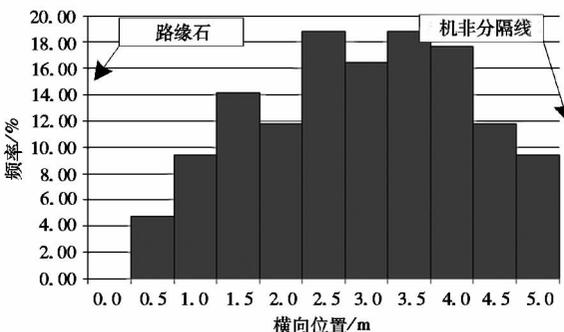


图6 路段3 电动自行车横向位置分布

Fig. 6 Lateral position distribution of electric bicycle in Section 3

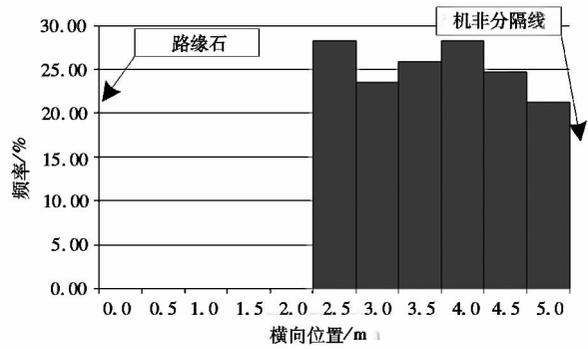


图7 路段4 电动自行车横向位置分布

Fig. 7 Lateral position distribution of electric bicycle in Section 4

间变小,横向位置分布过于集中,不利于安全通行;②在无机非分隔带的情况下,路内停车的存在会造成电动自行车的横向分布过度集中在机非分隔线附近,电动自行车可能会因此越线进入相邻的机动车道行驶,造成机非混行。

3 电动自行车与机动车横向干扰分析

当电动自行车越线行驶时,电动自行车与机动车之间的干扰可以分为两种形式:一种是电动自行车在机动车前方行驶,对机动车行驶路径产生阻挡,此时大部分机动车会跟随电动自行车行驶;另一种是电动自行车行驶在机动车侧方,使机动车的横向行驶空间受到影响,导致机动车行驶位置发生横向偏移,这种干扰称为电动自行车与机动车之间的摩擦干扰,是二者间的典型横向干扰。图8为正常行驶的机动车受到电动车横向干扰时的速度变化图,其中在0~5s时段内机动车未受到电动车横向干扰,在5~20s时段内机动车受到电动车横向干扰,在20~25s时段内机动车摆脱电动车横向干扰。

从图8可以看出,当机动车受到电动车的横向干扰时,其速度出现了较为明显的波动,机动车横向位置受到影响的同时其动力学特性也随之改变。如果机动车发动机长时间处于该工况,将导致油耗增加;同时也使驾驶员频繁进行操作,容易引起驾驶疲劳与交通事故。此外,为保持二者间安全间距,电动自行车进入机动车道距离越大,机动车横向偏移量也越大。

4 无机非隔离路段电动自行车越线行为分析

由上述电动自行车横向位置分布规律可知,

对比分析表1和图4~图7,可以得出以下结论:①在有机非分隔带的情况下,路内停车的存在会造成电动自行车有效通行宽度变窄,通行空

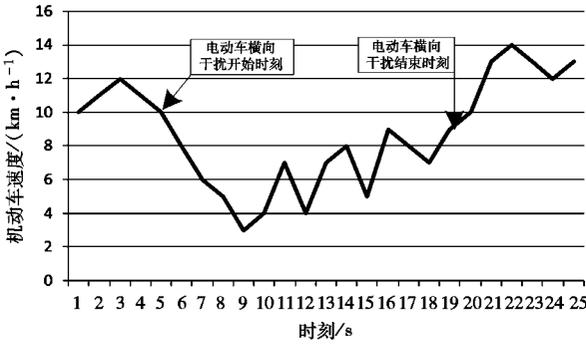


图 8 机动车受电动自行车横向干扰车速变化图

Fig. 8 Vehicle speed variation diagram of motor vehicle by the lateral interference of electric bicycle

当电动自行车横向行驶空间受影响时,电动自行车会采用改变横向行驶位置的安全行为来获取理想的横向行驶空间,在无隔离路段,电动自行车则可能会因此越线进入相邻的机动车道行驶,造成机非混行。为研究无机非隔离路段的电动自行车越线行为,对电动自行车流量接近的路段(本文为路段3、路段4)对电动自行车越线行为进行统计分析,结果如表2所示。图9和图10为有效行车道宽度为3.0m时电动自行车的越线概率分布情况。

表 2 电动自行车越线行为调查路段基本属性

Table 2 The basic properties of survey road of cross line behavior for electric bicycles

路段编号	有机非分隔带	非机动车道宽度/m	有效宽度/m	有无路内停车	观测样本量	越线比例/%
3	无	5	5	无	500	17.52
4	无	5	3.5	有	500	31.02

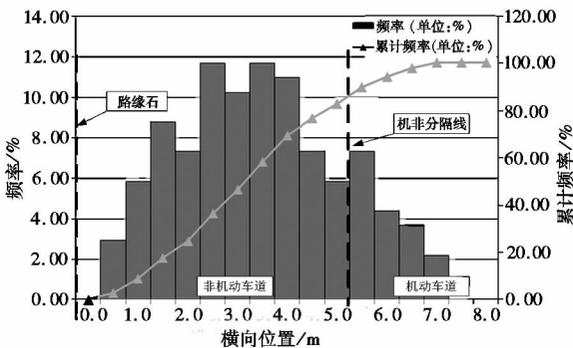


图 9 路段 3 电动自行车越线概率分布(无停车影响)

Fig. 9 The cross line probability distribution of the electric bicycle in Section 3 (no parking influence)

对比上述统计数据可以得到以下结论:(1)整体上看,在没有机非分隔带而仅是存在机非分

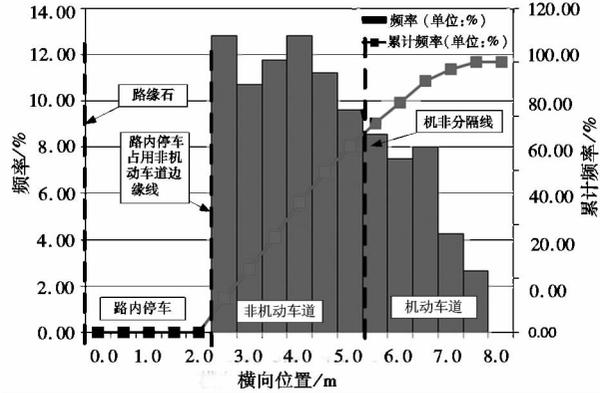


图 10 路段 4 电动自行车越线概率分布(有停车影响)

Fig. 10 The cross line probability distribution of the electric bicycle in Section 4 (with parking influence)

隔线情况下,电动自行车均存在超越机非分隔线进行越线行驶的现象,此情况下存在一定的安全隐患,应该在交通标志标线设计中依据道路实际情况有效避免此类情况的发生;(2)在非机动车道均为5m的情况下,存在路内停车的路段4的电动自行车越线比例(31.02%)约为不存在路内停车的路段3的电动自行车越线比例(17.52%)的一倍左右,因此路内停车导致电动自行车越线行驶比例增加,大量的电动自行车越线进入机动车道行驶意味着机动车交通效率受到严重干扰,同时电动自行车的安全性也会受到影响。

5 结语

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横向位置分布规律、电动自行车与机动车横向干扰、无机非隔离路段电动自行车越线行为3方面展开了较为系统的分析,得出以下结论:

(1)在有机非分隔带的情况下,路内停车的存在会造成电动自行车有效通行宽度变窄、通行空间变小,横向位置分布过于集中,不利于安全通行;在无机非分隔带的情况下,路内停车的存在会造成电动自行车的横向分布过度集中在机非分隔线附近,电动自行车可能会因此越线进入相邻的机动车道行驶,造成机非混行。

(2)当机动车受到电动车横向干扰时,其速度出现了较为明显的波动,表示机动车横向位置受到影响的同时动力学特性也随之改变,如果机动车发动机长时间在这种工况下运行,将导致油耗增加,同时也使驾驶员频繁操作,容易引起驾驶疲劳与交通事故;此外,电动自行车进入机动车道

距离越大导致机动车横向偏移量也越大,意味着机动车将主动横向偏移以保持二者间安全间距。

(3)在没有机非分隔带而仅是存在机非分隔线情况下,电动自行车均存在超越机非分隔线进行越线行驶的现象,此情况下存在一定的安全隐患,应该在交通标志标线设计中依据道路实际情况有效避免此类情况的发生。

(4)路内停车导致电动自行车越线行驶比例

增加,大量的电动自行车越线进入机动车道行驶意味着机动车交通效率受到严重干扰,同时电动自行车的安全性也会受到影响。

由于电动自行车的交通行为随机性显著,且电动车与机动车之间相互影响的机理与作用形式非常复杂,因此,对电动车与机动车在横向驾驶规律方面的影响机理是下一步的研究重点。

参考文献:

- [1] 王耀东,陈雨人.减少机动车与非机动车冲突的交叉口交通组织方法[J].西安交通大学学报,2015,49(8):109-115.
- [2] 徐良杰,王炜.信号交叉口左转非机动车影响分析[J].中国公路学报,2006,19(1):89-92.
- [3] 单晋,罗崑.交叉口区域非机动车交通冲突分析与对策研究[J].道路交通与安全,2007,7(3):45-51.
- [4] 张国强,张清源,亓玉礼.信号控制平面交叉口非机动车交通安全分析[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2014,38(4):705-708.
- [5] 叶晓飞,陈峻,顾姗姗.城市道路路段电动自行车相对于自行车的换算系数[J].公路交通科技,2012,29(10):109-116.
- [6] 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.
- [7] YAO L, WU C X. Traffic safety for electric bike riders in China: attitudes, risk perception, and aberrant riding behaviors [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2012, 2314:49-56.
- [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.基于实车试验的驾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):55-59.

Study on the Lateral Driving Behavior Characteristics of Road Sections of Electric Bicycle

WEI Lingxiang¹, WANG Yonggang², ZHONG Dongqing¹, WANG Chun'e¹

(1. School of Material Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;
2. School of Highway, Chang'an University, Shaanxi, Xi'an 710064, China)

Abstract: Video data acquisition method and electric bicycle running track extraction method were used. Based on the actual data collected, the data analysis of the lateral position distribution law of electric bicycle, the lateral interference of electric bicycles and motor vehicles, and the cross-line behavior of electric bicycles in non-isolated sections were carried out. The results show that electric bicycles have the phenomenon of over traveling beyond the non-separable line in the absence of non-separated zone but only in the presence of non-separated lines. The presence of in-road parking will lead to an increase in the proportion of electric bicycle cross-line travel. And thus constitute a certain threat to electric bicycle driving safety.

Keywords: traffic engineering; traffic safety; electric bicycle; lateral driving behavior; trajectory analysis