

摘 要

进入 21 世纪以来,电动自行车交通得到我国普通工薪阶层的青睐,电动自行车产业飞速发展,产量和保有量均急剧增加。同时,电动自行车交通的快速发展也给城市道路交通带来严重负面影响,致使不少大中城市禁止电动自行车上路行驶。因此,加强对电动自行车交通问题的研究,对于政府决策管理者客观对待电动自行车交通的现状和未来,促进电动自行车交通的合理发展具有重要意义。

论文客观分析了我国电动自行车交通迅速发展的原因及存在的问题,分析了电动自行车的交通特征和对交通流的干扰。电动自行车交通具有灵活、方便、节能、不污染环境、经济耐用等优点,但由于电动自行车的二轮简单结构,而且骑行者没有防护设施,使得自行车在安全性、舒适性、稳定性方面比较差。混合交通中电动自行车所占比例越高,对机动车流和非机动车流干扰就越大。该论文从力学角度研究了电动自行车的行驶稳定性、碰撞特性和人机工程特性。速度越大电动自行车运行稳定性越差,速度和质量是导致电动自行车交通事故严重程度增大的主要因素。论文总结分析了我国道路交通法律法规对电动自行车的规定,电动自行车交通事故现状。《道路交通安全法》将电动自行车定性为非机动车,应遵守法律法规对非机动车的通行规范和交通事故处理规定,但在我国部分大中城市以存在安全隐患为由限制或完全禁止电动自行车上路行驶,电动自行车的发展方向引人深思。电动自行车交通事故迅猛上升,电动自行车质量不高、运行安全性差、驾驶人安全意识差是导致事故多发的原因,而保险制度的不健全是导致部分事故处理困难的主要原因。

论文将力学和法律知识结合起来对电动自行车交通进行分析,科学分析了电动自行车的安全特性和法律对电动自行车规定的不足以及管理存在的问题。提出不能完全禁止电动自行车上路,而是要针对目前电动自行车交通现状出台相应管理措施,规范电动自行车行业,严格依法管理,实行牌证管理、准驾制度和强制保险制度等,对促进电动自行车交通的合理、健康发展提供一定的理论依据。

关键词: 电动自行车, 安全特性, 交通事故, 安全管理

ABSTRACT

Since the arrival of the 21st century, electronic bicycles have been favored by salarieds of China. The electronic bicycles industry is developing rapidly and there has been a sharp increase in both production and quantity of tenure, which, however, brings severe negative effect on city's traffic. Thus many big or medium-sized cities have banned the use of electronic bicycles. Therefore, it is of great significance, for the objective perspective of electronic bicycle transport's status quo and future by government administrators on one hand, as well as the promotion for the sound development of electronic bicycle transport on the other, to further research the issue of velocity transport.

The paper made an objective analysis on the reasons and the existing problems for the rapid development of China's electronic bicycle transport, and its transport features as well as its disturbance to traffic flow. Electronic bicycle transport has such advantages as flexible, convenient, energy-saving, environment-friendly, economic and durable, but because such bicycle only has a simple structure and no prevention facility for cyclers, it lacks security, comfort and stability. The higher the proportion of electronic bicycle transport in mixed traffic is, the more disturbance it will impose on the flow of motor vehicles and non-motor vehicles. This paper has made research from mechanics perspective on the driving stability, impact feature, and human engineering characteristics. The higher the velocity is the worse the stability of the electronic bicycle will be. Velocity and quality are the main reasons which lead E-bicycle accidents degree to go up. The paper has also summarized and analyzed the regulation of China's road traffic laws, and the status quo of the electronic bicycle's traffic accidents. The Law of the People's Republic of China on Road Traffic Safety has ruled that electronic bicycle is non-motor vehicle and should adhere to the regulations and laws for it. But in some big or medium-sized cities, motor-assisted bicycle transport has been restricted or totally prohibited because of its hidden security threat. Thus the development of electronic bicycle transport really needs thoughtful consideration. The accidents of electronic bicycles have been increasing rapidly these years. The main reason which causes accidents includes the poor quality, performing capability of security and the lack of safety consciousness, meanwhile the incompleteness of insurance system leads to the difficulty in dealing with some of them.

The paper has analyzed the electronic bicycles' traffic by using both mechanics and

legal knowledge, the security characteristic scientifically, and the shortage of regulation of the bikes, as well as the problem in administration. By putting forward that it's wrong to banned all the electronic bike running on the road, but ought to make homologous administrate measures, normalizing electronic bicycle industry, administrating strictly, performing license plate and driving licence management, driving permission system and constraint insurance system, some basis in theory is explored to promote healthy development of electronic bicycle transit system with reason.

KEY WORDS: electronic bicycle safety character traffic accidents
safety management

重庆交通大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

石臣鹏

日期：2007年10月26日

重庆交通大学学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权重庆交通大学可以将本学位论文的全部内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

学位论文作者签名：

石臣鹏

指导教师签名：

邵毅

日期：2007年10月26日

日期：2007年11月8日

第一章 绪论

1.1 问题的提出

随着我国经济、社会的发展和城市框架的拉大,居民出行距离逐年增加,自行车越来越不能满足居民出行需求,迫切需要寻求替代自行车的交通工具,在大部分居民生活水平达不到购买机动车(小型汽车)能力和公交系统不能保障出行需求的时候,部分城市又对摩托车进行禁运,电动自行车(图 1.1)在世纪之初应运而生,并逐渐发展成为城市道路交通中不可忽视的交通工具。电动自行车作为新型的交通工具,便捷、环保、价廉和易于驾乘,具有自行车和摩托车的综合优点,非常适合工薪阶层的交通出行需求。据中国自行车协会对整个行业产量的统计:1998 年之前,我国电动自行车社会保有量不到 10 万辆,2005 年保有量超过 1500 万辆,国内市场年产量将维持在 800 万辆左右。以成都市为例,电动自行车每年以 10 万辆的速度递增。^[45]截止 2004 年底,成都已登记的电动自行车已达 43 万余辆,目前实际正在使用的达到 60 多万辆。

电动自行车在城市道路交通管理中具有与自行车一样的不便管理的交通特性,在城市交通运行中电动自行车的违章现象逐渐突出,占用机动车道、横穿道路、抢道行驶、超速行驶等现象特别普遍,直接影响道路交通的畅通和安全。同时现行法律法规对电动自行车的管理规定不全面不具体,致使电动自行车交通事故越来越频繁。成都市 2004 年全年电动自行车就发生立案道路交通事故 310 件,造成 29 人死亡,326 人受伤,直接经济损失达 36 万元。2005 年 1~8 月,成都市中心城区发生电动自行车立案交通事故 508 件,死亡 21 人,伤 523 人,经济损失 47.45 万元。事故发生呈迅猛上升势头。同时,越来越多的车型酷似摩托车家族,而且从外形和速度来看更不像自行车,因此称之为“轻摩化”电动自行车(图 1.2)。国家产业政策未能够对电动自行车产业做出详细的规定,致使这类车型越来越多,且有取代摩托车之势,与城市规划发展大公交系统相违背,造成交通管理更加困难,同时为了预防电动自行车电池的二次污染,部分城市出台禁止电动自行车通行的交通管理措施,限制电动自行车上牌和上路。

因此,如果不对电动自行车的交通问题与管理措施进行深入研究,电动自行车带来的安全隐患和管理问题将会成为社会的突出问题。加强对电动自行车交通问题的研究,将引导政府决策管理者客观对待电动自行车交通的现状和未来,避免主观和盲目的决策,从而促进电动自行车作为一种新型交通工具的健康发展。



图 1.1 电动自行车



图 1.2 “轻摩化”电动自行车

1.2 国外电动自行车的发展情况

为了创造市场需要,适合老弱妇孺各种年龄层骑乘自行车,国外厂商多年前即开始研制辅助驱动自行车并且在新电池和驱动机械马达技术成熟发展之下,电动自行车应运而生。海外发展较早的要数日本、奥地利、德国、台湾等国家和地区,近几年美国发展也比较快。国外的电动自行车主要是作为一种轻松代步及休闲健身工具。例如,在大型的停车场、超市和旅游区里使用。从1994到1999年6年时间里,全球电动自行车数量,从3.6万辆剧增1600万辆,如按2%算,电动车需要量会在30万辆以上。同时,东南亚、中东、印度增到50万辆,而在2000年,仅日本就需要50万辆。总体来说,电动自行车在全球的潜在市场很大,并呈上升趋势。

1.2.1 日本电动自行车的发展现状

日本电动车的生产及技术都占世界领先地位,商品化的电动自行车由日本雅马哈公司率先于1994年推出,并随着本田、三洋、松下等知名公司的参与,生产规模日益放大。在日本,电动车作为运载工具,其基本特性及交通手段的定位和自行车是相同的,而其适用范围则有所扩大。作为地球环境对策以及城市交通系统的一环,日本中央政府有关部门以及地方政府积极地推行了电动车出行系统试点和验证工作。

为了使电动混合动力自行车能成为具有高社会价值的车辆,日本政府积极参与了推动共同使用系统以及创建合适的使用环境活动。主要的模式有2种。

①住宅区居民的共同使用。住宅区设置电动自行车停放场及其管理装置,提供给有要求的居民自由使用,这样的系统已经引进到大都市市中心。其目的在于

减少居民所拥有的自行车总量,有效利用场地并提高对居民的服务质量。因为有的在建房规划阶段都已把这种设施考虑在内。由于采用了计算机管理,管理者对使用者可以按使用时间或者其他的标准收取租金。

②旅游休闲地的租赁事业。旅游点或是休闲地为了缓解交通堵塞或是为使旅游者能更细致地观光而使用的租赁自行车很早以前就有。其进一步地发展,采用电动自行车目前已并不少见。购置者多数是个体户经营的店铺,通常自行车与电动自行车2种都有,而租金有所不同。

1.2.2 欧盟电动自行车的发展现状

据Bike Europe的统计,欧洲电动自行车市场销售量在2002年有6.5万台,2003年为7万台,2004年为7.5万台,近5年复合平均成长为10.7%,且呈现稳定增长的趋势。2003年欧洲电动自行车前三大畅销地区为荷兰、英国与德国,这些国家同时是自行车的消费大国,尤其在荷兰,平均每人即拥有一台脚踏车,电动自行车省力的装置在高龄化社会的欧洲国家更是受到银发族的青睐。

欧盟执委会在欧洲10国赞助一项E-tour计划,推动电动车车辆的发展,此计划以电动自行车为主。通过将1300辆电动自行车发给大城市,借此刺激欧洲大城市市民使用环保交通工具。比如有着完善的自行车道系统的荷兰鹿特丹就分到100辆。欧洲各国越来越重视道路交通及环境立法,所有这些都推动了电动车辆的发展,电动车也逐步从实施走向生产。在城市中心和旅游区,电动车辆正以独特的优势引起人们的重视。

由欧盟倡导的电动自行车活动(E-tour)就是试图引入电动自行车这种新型交通工具以达到清洁空气的目的。这项活动已经在欧洲部分大城市和旅游区同时开展起来。例如:在鹿特丹,政府将给使用电动自行车上下班的居民提供部分补贴。在一些公司内部,电动自行车被当作“办公用品”,旨在鼓励员工使用电动自行车,尤其是在市内办事时的首选交通工具。荷兰新税法规定对使用自行车上下班的人减免较多的税收。法国电动自行车销售兴旺,与政府大力倡导骑车是分不开的。法国就提出了“人人都来骑车”的口号,各大城市近几年来普遍都行动起来,开辟电动自行车专用车道,以方便骑车人出行。巴黎市政府将提高生活质量、道路使用和谐及降低空气污染、节约能源作为交通政策的核心,近年来更是压缩小轿车车道,兴建公共交通设施和增加骑车人的空间。在政府的倡导和推动下,大街上骑车的人已有明显增加。

1.2.3 美国电动自行车的发展现状

美国除几个大城市外,其他城市和市郊的人口密度都低得多,而且公路交通发达,交通也不拥挤,所以电动自行车的车速都高些。也因为如此,美国的电动自行车产量很小,很大一部分需要进口。20世纪末,在美国不仅私人企业员工、

就连政府机关雇员也兴起了电动自行车热,使用电动自行车的人越来越多,这是因为与汽车比电动自行车不仅安全,而且机动随意,不增加交通压力,尤其不受塞车的限制。美国 1998 年其销售超过 1 万辆。

由于美国政府提倡节省费用,鼓励少用汽车,已有不少人转而使用电动自行车。1999 年美国电动自行车市场仅有 6.5 万辆,2000 年就超过 12 万辆,紧追欧盟市场,增长幅度惊人。只要产品进一步改善,地方政府提供安全骑车道路及停车场,美国电动自行车市场还将进一步扩大。^[10]

1.3 我国电动自行车发展现状

从二十世纪八十年代第一辆电瓶助力自行车发明以来到今天高科技电动自行车的迅速发展电动自行车经历了一个漫长的发展过程。但由于早期的电动自行车是以电瓶为动力,体积较大续航能力短,有噪声,再加上当时摩托车的迅速发展使得电动自行车只能在夹缝中生存。直到 90 年代,电动自行车在中国的拥有量还不到 3 万辆并且其中绝大多数不是正规厂家生产而是由个人在原有自行车的基础上改造而成。自 90 年代新型电动自行车问世后电动自行车才有了较快的发展。这些电动自行车的电机采用稀土永磁无刷电机和稀土永磁印制电机,采用日本美国免维护全封闭铅酸、镍氢动力电池,引进了美国微电脑芯片控制系统使现代的电动自行车进入高科技产品系列。从此,电动自行车以其自身的强大优势给助力自行车市场刺入一针兴奋剂。我国的电动自行车发展始于上个世纪 90 年代末,1997 年开始出现商业化,年销量不足 1 万辆,1998 年为 5.4 万辆,从 2000 年开始得到快速发展,据中国自行车协会统计,2004 年全国销量已突破 750 万辆,历年累计的销量达到 1500 万辆,自行车走向电动化已经成为一个现实。

根据目前各个城市的所调查情况,自行车的出行比重平均为 48%,居民使用自行车出行目的地基本为上班、上学、公务活动、生活购物、文体娱乐、探亲访友、看病等,因城市公交系统普遍不发达,城市道路交通运行情况不太令人乐观,并且城市化进程发展迅速,城市人口逐年增加,自行车在城市交通工具中所占的比重并没有随着国民经济和社会的发展而降低,反而个别城市自行车的出行比重有所增加,与城市管理部门的所期望的自行车出行比重重要逐年减少不一致。在小汽车和公交车不能完全替代自行车交通工具的时候,而随着国民经济和社会的发展,人们又追求舒适交通工具的时候,电动自行车的发展,基本满足了工薪阶层的交通需求,能够实现门到门的交通服务,可以实现人们的上班、上学、公务活动、生活购物、文体娱乐、探亲访友、看病等出行目的。根据调查显示,电动自行车的数量超过了汽车,使用者主要是普通的老百姓。从我们的全国用户构成来看,三部分群体特别突出,老年人、职业女性和农村消费者。老年人是电动车最早也是最积极的支持者,他们可以说是热爱电动车,电动车为他们的晚年生活带来方

便和乐趣,老年用户大概占了20%;职业女性是我们最大的消费群体,因为体力的原因,骑自行车太累了,特别是要送子女入托上学的女性最需要电动自行车,女性用户大约占了60%。近年来,农村用户的比例在快速上升,用于城乡交通,如进城卖菜做小生意的,进城务工等等,他们选择电动自行车的原因是电动自行车的费用大大低于摩托车,特别是油价上涨了以后,电动自行车在农村的销路很好。

表 1.1 2005 年全国各省市自行车、电动自行车产量一览表^[18]

自行车产量 (按行政区划)		
地区	企业数 (个)	产量 (万辆)
天津	204	3134.8
河北	6	42
辽宁	2	0.4
上海	21	891.3
江苏	22	654
浙江	28	1367.9
江西	2	0.5
山东	2	43.1
河南	4	11.1
湖北	3	8.5
广东	128	1688.5
广西	1	14.2
四川	3	17
合计	426	8073

电动自行车产量 (按行政区划)		
地区	企业数 (个)	产量 (万辆)
天津	120	360.3
河北	10	8
上海	55	123.6
江苏	48	244.7
浙江	139	258.5
江西	2	0.5
山东	32	117.9
河南	2	16.9
重庆	1	0.7
广东	6	72.1
陕西	2	1.6
四川	1	4
合计	418	1209

我国电动自行车产业的发展已有十多年的发展历史,据不完全统计,2005年我国电动自行车生产企业有420家左右,电动自行车产量达1200万辆。目前中国电动车市场主要存在以下问题:市场无序竞争,产品和品牌鱼龙混杂,霸主地位的品牌和市场领导者没有形成,也就是说厂家没有形成真正意义上的产业链。目前我国电动车行业没有行业质量检测标准,产品没有统一规格和标准,各生产厂家生产的产品都有参差不齐,差异性很大,行业品牌没有形成,整体品牌的美誉度低,严重制约了电动车产业的健康发展。

1.4 我国电动自行车迅速发展的原因

电动自行车的发展是与我国经济和社会发展紧密相连,具有一定的时代背景,并与广大居民的生活联系在一起,通过对电动自行车发展的原因分析,可以知道电动自行车发展的社会基础,以便在制定电动自行车产业政策和管理办法、城市道路交通中定位等方面作出切实可行的政策。

1.4.1 人民生活水平是电动自行车发展的决定因素

根据目前政府公布数字,2006年我国人均GDP为1352美元,中档家用机动车为10万元左右,每年机动车费用为8000元左右,家庭拥有一辆机动车几乎对工薪阶层不现实。即使是高档电动自行车价格为2000元左右,高档自行车只有六七百元,费用几乎可以忽略不计,对一个普通工薪阶层来说都是可以消费得起,这使电动自行车的大规模的使用提供了可能性。市民选择出行工具时,首先考虑的是交通工具成本和出行成本,然后考虑的是出行舒适度,电动自行车作为城市居民的一种出行交通工具,工具成本和出行成本相对来说是一个家庭非常容易接受的交通工具,这是电动自行车在目前发展非常快的主要原因。

1.4.2 公共交通的费用和发达程度直接影响电动自行车的发展

根据目前各大中城市公交车的建设情况,市民步行200米可以乘坐公交车出行几乎不能做到,即使乘坐公交车,但公交车的舒适性和准时性不太令人乐观。同时人们每出行一次乘坐公交车费用为1.5元(上车1元,平均换乘0.5次),而电动自行车出行费用微乎其微,电动自行车可达性和准时性可以人为控制,这是电动自行车的动力所在。公共交通既不优、也不先,难以吸引大多数骑车人。公共交通是最体现公众利益和运行效益的交通方式,随着城市化进程的加快,出行距离不断增加,市民对城市交通提出了更高的要求,目前公共交通状况还不能与此相适应。城市居民选择公交车作为出行方式,考虑的是公交车舒适性、可达性、准确性和出行成本等方面,但是国内公交系统普遍不发达,公交系统未形成真正满足城市居民出行的有效交通工具,也是目前乘坐公交系统车作为出行交通工具的出行比例不高的主要原因。

1.4.3 约束摩托车发展的管理政策,为电动自行车的发展提供了空间

目前,基本大中城市对摩托车的交通管理手段是限制摩托车的发展,而电动自行车具有摩托车的优点,虽然国家交通法规规定电动自行车的路上行驶速度不能超过15Km/h,但电动自行车与摩托的区别越来越小,速度、外观、乘载货物等方面可与摩托车相媲美。同时交通管理法规和地方交通管理法规未能够对电动自行车的管理作出一个比较明确的规定,成为城市道路交通管理的难点热点问题,电动自行车可以在城市道路中不受拘束的行驶,一方面不怕交通法律处罚,另一方面又满足驾驶摩托车的需要,是电动自行车的发展的不可忽视的原因。

1.4.4 城市框架的拉大和市民出行距离增加影响电动自行车的发展

全面推进城市化进程,城市框架逐渐拉大,城市可利用土地逐渐减少,工作、休闲、购物等场所与居住区距离正在逐年增大,改变了过去出行距离较短的情况,虽然自行车具有费用低、健康、环保等功能,但自行车的可有效接受出行距离为3公里,超出3公里之后,市民就会考虑利用其他交通工具。而电动自行车具有摩托车、自行车双重特点,出行距离和出行时间接受性比较令人满意,这是电动自行车

拥有量迅速增长、被广泛使用的前提条件之一。电动自行车和普通自行车虽然结构相同,但比普通自行车有着更多的优点,如表 1.2 所示:

表 1.2 电动自行车与普通自行车比较

参数 \ 车种	普通自行车	电动自行车
车速	10~15km/h	15~20km/h
活动范围	15km	30km
是否省力	否	是
载重	80Kg 左右	100Kg 左右
整体车重	<45Kg	<40Kg
平均价格	350 元左右	2000 元左右

从以上对比可以看出,电动自行车在某些方面比普通自行车有着明显的优点,使其能适应各类消费群体的需要,老、中、少皆宜。同时电动自行车对驾驶技能的要求不高,只要会骑自行车,一般不需要任何专门训练便可骑乘。这种不需较高驾驶技能的交通工具,为其迅速普及奠定了基础。

1.5 我国电动自行车发展中存在的问题

尽管电动自行车有很多优点,市场广阔,发展的潜力也很大,但是日前也存在着一些不容忽视和急需解决的问题,主要有如下几个方面:

①交通管理法规和电动自行车产业政策的不完备,致使电动自行车管理困难

《中华人民共和国道路交通安全法》第五十八条只规定电动自行车在非机动车道内行驶时,最高时速不得超过十五公里,并没有做出对电动自行车驾乘人员、外形等方面详细管理规定。《电动自行车通用技术条件》(GB17761-1999)标准规定,电动自行车的设计最高时速应不大于 20Km/h;整车质量应不大于 40Kg;具有脚踏行驶能力,30min 的脚踏行驶距离应不小于 7Km;一次充电后的续行里程应不小于 25km;以最高车速作电动匀速骑行时(电助动时以 15~18Km/h 速度行驶)的噪声应不大于 62dB (A);电动骑行 100Km 的电能消耗应不大于 1.2KW·h;电动机额定连续输出功率应不大于 240W;以最高车速电动骑行时(电助动以 20Km/h 的车速骑行),其干态制动距离应不大于 4m,湿态制动距离应不大于 15m。虽然进行了详细规定,但对电动自行车产业监管不力,致使电动自行车发展超出了上述标准,而目前市场上的电动自行车电机功率一般为 400W~500W。据有关数字表明:简易型 2000 元,豪华型 2600 元,时速都是 20Km/h;简易型车重 50Kg,豪华型车重 75Kg。“轻摩化”电动自行车说明书上标明最高时速为 20Km/h,但时速表上并未标注数字,只是用

绿、橙、红等颜色进行区分。

在实际电动车流过程中，验收时把时速调到 20Km/h 以下，等出售时再调到最大，保证时速不低于 40Km/h，而且现在市场上销售的电动自行车都装载了调速器。电动自行车的时速达到 40 公里，已是不折不扣的“电动自行车化”了，但电动自行车的很多零部件还是按照自行车的标准生产的，一般采用线刹制动，一旦时速超过 20 Km/h，就可能危及骑车人自身的安全。

②电动自行车在城市交通中定位问题较为困难，电动自行车的发展影响城市交通战略总体目标的实现

随着城市化进程的加快，市民出行距离将不断增加。一方面会刺激交通机动化水平的提高，另一方面，越来越多的出行将依赖多种方式的紧密组合，简单的可以由自行车、步行和公共汽车的组合，复杂的由步行、自行车、小汽车、轨道交通、公共电汽车多种方式的组合。自行车交通是短距离出行或与其他交通方式衔接的交通方式，这是自行车交通发展的合理定位。

由于电动自行车出行距离比自行车的出行距离大，行驶速度比自行车高，发展电动自行车的定位问题存在着较大的困难。如按法律法规规定，电动自行车定性为非机动车，但是目前的电动自行车发展远远脱离非机动车的规定，与其说电动自行车为非机动车，不如说电动自行车为机动车。如果定性为机动车，也就是“摩托车”的定性，存在着法律法规方面的空白，须尽快完善对电动自行车的法律法规和产业政策，同时如定为机动车，但在运输效率、安全有序、城市道路资源利用等方面不及公共交通。电动自行车交通如无控制发展，对城市交通发展总体目标实现将带来较大难度。

③加剧混合交通矛盾，影响通行效率

目前，城市道路基本属于机非混合道路，机动车与非机动车、非机动车与非机动车之间，在机非流量均较大时容易出现交通拥挤、相互干扰的情况，危及交通安全，降低通行能力。另外，城市中心交叉路口多，一般 300 至 600 米就有一个交叉路口，机动车右转和直行与左转自行车冲突情况更为严重，特别是左转自行车影响到整个交叉路口的通行。如图 1.3 所示：^[10]

机动车道的冲突点为 2 个，道路两侧设有非机动车道后增加的冲突点为 16 个，其中 14 个是由机非干扰造成，如果机动车道数增加，冲突点会更多。

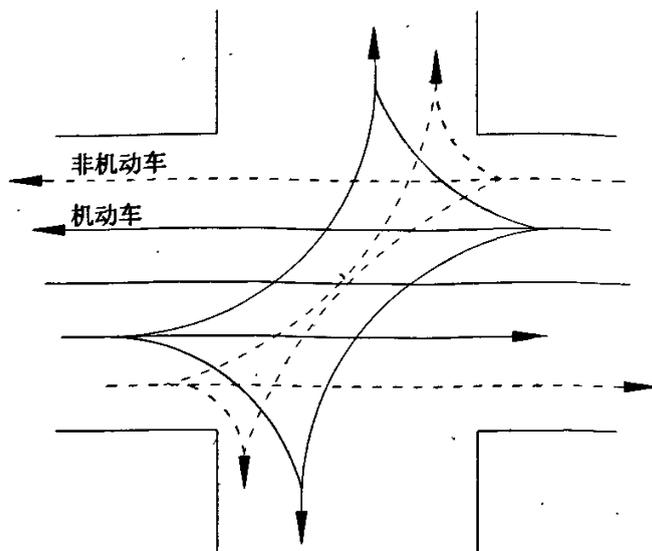


图 1.3 交叉路口冲突点示意图

④电动自行车的交通违法行为严重

超速、超载、占用机动车道等严重违法行为普遍存在，给交通安全带来隐患，影响城市的文明形象。主要是缺乏对电动自行车的管理的法律规定，执法必须有法律依据，电动自行车管理法规不能够给管理者一个明确的规定，致使执法者不愿对电动自行车管理。电动自行车管理法规的缺位，使电动自行车的发展走上了一条弯曲之路，健全电动自行车管理的法规，有利于电动自行车的健康发展。电动自行车骑车人由于培训、管理存在薄弱环节，这一群体交通安全和法律意识淡薄。无牌无证驾驶、违法载人、超速、占道、不按规定让行与机动车抢道争速等违法现象普遍。遇到突发情况应对措施不当，由于部分车辆车速快、车辆稳定性下降，一旦交通情况突变时，驾车人不能有效控制平衡，不是撞就是翻，直接导致驾车人或乘坐人伤亡。

道路交通秩序能反映一个城市外在形象，每个交通参与者素质高低，不同程度地反映出城市的整体素质，非机动车违法现象大量存在，是城市文明建设和优化投资环境的一大障碍，电动自行车作为非机动车的一种交通工具，在交通运行中违法现象更为突出，也是许多管理部门非常头疼的问题。

⑤电动自行车本身质量有问题，售后服务不完善

国家标准对电动自行车的性能有严格的要求，但目前市面上的电动自行车销售却存在着私自改变最高车速、拼装等现象，合格率令人担忧。据海口市交警部门的测算，海口市 2006 年的电动自行车当中，合格的仅仅占到 10%，90%的不合格的电动自行车外表看起来和摩托车非常相像。乐山市工商局委托四川省产品质

量监督检验所对在乐山市销售的 28 个批次的电动自行车进行了抽样检验，其合格的仅有 2 个批次，不合格的高达 26 个批次。这种电动自行车存在的主要问题在于其制动性能差，制动可靠性低，这些电动自行车上路又将给道路交通安全带来隐患。此外，目前电动自行车的维修和售后服务主要由厂家负责，社会上专业维修点极少，给用户的日常使用和维护带来不便。^[45]

⑥电动自行车的电池引发二次污染问题

市场上的电动自行车所用电池的 70%是铅酸电池，30%是镉镍电池，使用寿命短，报废电池容易给城市环境造成严重的二次污染。而日前相关部门和生产厂家对废旧电池的回收还没有采取切实有效的措施，导致电动自行车用户随意处理废旧电池的现象比较严重。

1.6 研究内容

电动自行车在我国快速发展的同时，对交通安全与畅通带来严重的影响，致使部分城市禁止电动自行车上路。针对我国电动自行车交通发展过程中存在的问题，本文研究内容如下：

- 电动自行车交通研究的基础理论；
- 电动自行车的安全特性分析；
- 法律法规的相关规定；
- 电动自行车交通事故现状及原因分析；
- 电动自行车交通对策研究。

第二章 电动自行车交通研究的基础理论

2.1 电动自行车工作原理及分类

电动自行车是以蓄电池作为辅助能源,具有两个车轮,能实现人力骑行、电动或电助功能的特种自行车。电动自行车的原理和结构都不复杂,可以认为是在自行车的基础上加一套电机驱动机构组成(见图 2-1)。蓄电池经过一个控制器给一个电机送电,电机放在后车轮中,电机的旋转带动自行车的行进。电动自行车的控制器连接一个调速手柄,在脚踏中轴上装有助力传感器,转动调速手柄可以让控制器检测到不同的电压值,控制器根据电压值大小,模拟调节输送给电机电压的高低,从而控制了电机的转速。

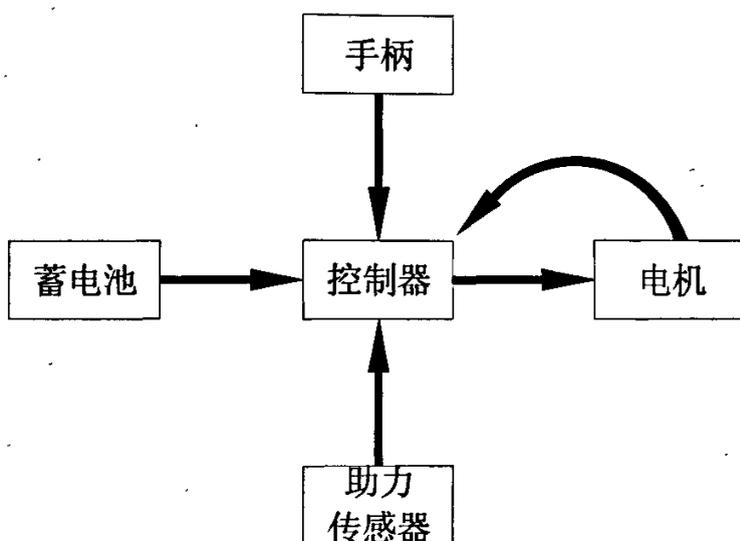


图 2.1 电动自行车控制方框图

电动自行车是脚踏车的衍生物。按驱动力性质为二类:

一类为电动车,即骑行者不需自己用力,只要接通电源,电动自行车上的电机即能工作而带动自行车行驶。我国生产的电动自行车大多数属这一类型,如南京产的“大陆鸽”、上海产的“永久倍特”、苏州产的“小羚羊”等等。

另一类是助力型,电动机的工作只是减少脚踏阻力,清华大学研制的一种电动自行车和台湾省巨大公司昆山分公司生产的新一代“捷安特”Lafree 电动车就属于这一种,这种电动车在国外称之“智”行车,这种车集人力和电力为一体,介于电动车和脚踏车之间,骑行者用力踏车时电机提供助力,助力的大小通过一智能型传感器传给控制器中的电脑芯片,由电脑芯片“指挥”电机施加多大的力而进行控制,助力与人力的比例可进行调节,人力越大,助力越大,骑行者不发力则电机不工作。^[10]

2.2 电动自行车的基本性能及特点

2.2.1 电动自行车的基本性能

电动车体积小,外形和普通自行车类似。于1999年10月1日正式实施的《电动自行车通用技术条件》(GB17761—1999)规定最高车速电动自行车最高车速就不大于20Km/h;整车质量(重量)应不大于40Kg;必须具有良好的脚踏骑行功能,30min的脚踏行驶距离应不少于7Km;一次充电后的续行里程应不小于25Km;以最高车速电动骑行时(电助的以20Km/h的车速电助骑行),其干态制动距离应不大于4m,湿态制动距离应不大于15m。

电动自行车有五大部件组成,即:电机、控制器、电池、充电器和车架。能够用于电动自行车的电池主要由5种,即铅酸电池、镉镍电池、铁镍电池、氢镍电池、锂二次电池。目前市场上65%的电动自行车选择的是铅酸电池,30%选择的是镉镍电池,5%选择的是氢镍电池或其他电池。

2.2.2 电动自行车的主要特点

电动自行车作为自行车的升级换代产品及摩托车的替代品,其主要优点如下:

①环保。首先,电动自行车无排放。电动自行车行驶时,没有任何有害气体排放,对人气不构成污染。其次,无噪声。电动自行车行驶时非常安静,没有摩托车那种轰轰作响的噪声。第三,没有漏油及油污。不会出现摩托车修理部门前那种油污满地的情景。

②节能。电动自行车每百公里仅消耗1千瓦时电能,如加上充电时的损耗,费用也很低。

③低廉。电动自行车比汽车、摩托车更便宜。目前电动自行车的市场价为2000元左右,也没有其他的税费,更适合中国广大消费者的购买力。

④方便。一次充电能行驶30至50公里,甚至更多,能解决城市骑车上班族的需要。同时电动自行车自天使用,晚上充电,有利于电力部门均衡负荷,在实行居民用电分时段收费的城市,更有利于电动自行车用户的经济利益。

电动自行车的缺点主要是安全性较差。由于缺乏防护装置,在发生交通事故时,容易受到伤害。

2.3 电动自行车交通特征

2.3.1 电动自行车交通的基本特征

电动自行车交通方便、省时、无污染、节约能源、经济、实用,是适合我国国情的一种交通工具,在我国城市客运交通中发挥重要作用。

①电动自行车是一种慢速交通工具;

②电动自行车是一种不稳定型交通工具;

③与机动车相比,电动自行车起动快;

④电动自行车交通在时间上有明显的集中性，在地区或路段上有明显的方向性；

⑤电动自行车不宜于远程交通；

⑥电动自行车不象机动车那样严格保持一定的间距、直线的成队列行进，而是成群成团的前进、不愿减速，更不愿停下来；

⑦电动自行车交通与其他慢速交通或行人交通交叉的危险性要比快速交通小；

⑧电动自行车交通事故主要发生在与机动车交通的交叉处，在死亡事故中多数是头部受伤致死；

⑨与机动车比较，电动自行车是一种灵活性和机动性都很强的交通工具；

⑩在机非混行的道路上，骑车人在心理上要受到来自机动车的横向压力。

2.3.2 电动自行车交通流的基本特征

车流是由一些移动着的电动自行车辆组成的，可以对它的流量、密度和速度等参数进行观测。电动自行车流有如下的一些特点：^[48]

①流动性

电动自行车的流动行驶不言而喻，可以利用交通流理论进行研究。

②连续性

可以认为，连续性假设是电动自行车流流体力学分析的理论基础。

③压缩性

电动自行车流的密度是可变的，因此，就形成了事实上的可压缩性。

④行为性

电动自行车静态时无法稳定直立，当人们骑上自行车时，骑车人必须随时调整重心，以维持运动中的平衡。城市道路上，自行车的运动具有如下特点：

1) 摇摆性：电动自行车由于自身的平衡稳定性不佳，因此在骑行的过程中并不是沿着一条直线在前进，而是围绕着前进轴线在左右摇摆，这种情况称为“蛇行”。同时自行车转向灵活、反应敏捷，在行驶中也常因为超车、让车等情况而出现横向摆动，自行车的横向摆动基本覆盖了整个自行车道的宽度。

2) 多变性：由于电动自行车机动灵活、易于转向、加速或减速，因此速度与方向经常发生变化。电动自行车行驶速度快于其他非机动车，经常穿插空档，因此电动自行车的速度、方向呈现多变的特点。

2.3.3 城市电动自行车交通的时空特征

电动自行车和自行车同属于非机动车，使用人群也基本上是工薪阶层，因此时空分布也相似。

①自行车高峰发生时间分布

城市自行车流一般全天有四个高峰,早、晚各一个,中午有两个较低的小高峰,通常以早高峰最大。显然这两个高峰均是由上下班(工作出行)形成的,早高峰交通量一般大于或等于晚高峰交通量,整个时变图图形呈马鞍形。大、中、小城市的自行车时变分布形状大致相同,但小城市早晨自行车高峰时段为20分钟左右。城市越大,高峰时段愈长,大城市一般约一小时左右。

②自行车交通量峰值高,时间集中

早晨高峰小时自行车出行人次约占全日出行总人次的20%-25%,并且常集中在30分钟左右通过,最集中的15分钟自行车交通量约占高峰小时自行车交通量的1/3,其峰值很大,这点与机动车高峰情况不大相同。

③自行车高峰与机动车高峰错时发生

一般自行车交通高峰的发生时间,由于行驶速度较机动车低,早高峰往往比机动车高峰超前15~30分钟,城市规模越大,超前越多,而晚高峰又比机动车的晚高峰要晚。在城市出入口道路上,自行车高峰与机动车高峰没有明显的错峰现象。在城市中,行人交通与自行车交通高峰一般不会重迭。

④城市自行车交通流量的时间分布。

1)文化、商业区车流量的集中,是随文化、商业中心的时间表而变化的。在特大城市高峰小时主、次干道上流量的流向,因土地功能布局的影响,呈现出相对稳定的规律性。

2)在市区和各工矿企业为主的区域内,早高峰通勤交通流量十分集中,是城市自行车交通最不利时期。

3)在城市纵、横断面,流量在定时定向上有较明显的规律性。

4)一般早高峰时期流量集中30%以上,而22:30-5:30小时流量一般不超过全天流量的5%。

⑤城市自行车交通流量的空间分布

各区域随人口密度的大小而异,同时当地的公交服务水平对其有一定的影响。一般在小区内以及小区间的支路与次干道交叉口处,自行车高峰小时交叉口流量不会大于5000辆/小时,而在特大城市以及大城市的主干道上,高峰小时一个交叉口进口处可高达10000~24000辆/小时,但一般在高峰小时中超过万辆的交叉口,大多集中在城市市区和重要的工业点,其他交叉口均在5000辆/小时左右波动。^[49]

2.4 交通流干扰分析

混合交通是指不同种类、不同速度的交通元素共同通行在同一路面或同一车道的现象。自行车、机动车、行人组成的混合交通,在没有分隔带路段和平交路口以及电动自行车、普通自行车在非机动车道行驶都容易引起干扰和交通事故。

如何减少混合交通相互之间的干扰,降低交通事故率是当前人们关注的问题。

2.4.1 电动自行车、机动车运行分析

①电动自行车运行分析

电动自行车交通具有灵活、方便、节能、不污染环境、经济耐用等优点,但由于电动自行车的二轮简单结构,而且骑行者没有防护设施,使得自行车在安全性、舒适性、稳定性方面比较差。

自行车只有两点接触地面,且接触面积小;运行时重心高、处于动态平衡中,骑车人一旦失去平衡就会摔倒,容易引发交通事故;不运行则不稳。自行车若受到横向外力会造成转向或倾覆。运行中的自行车转向灵活、反应敏捷,而且骑行速度、方向常常突然发生变化;自行车在骑行中没有固定的行驶轨迹,常超车、让车或加速,偏离原行车道,甚至有时突然偏离或冲出原骑行车道线。

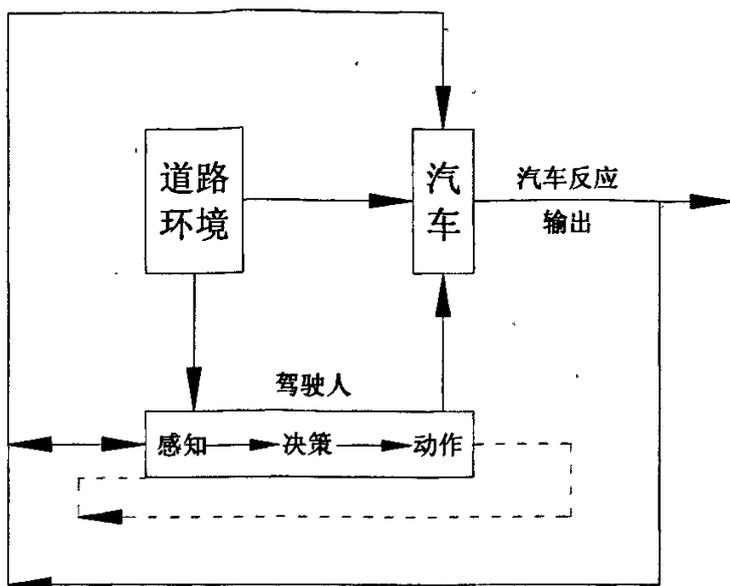
作为骑车人而言,骑行电动自行车的过程实际上是一种不断保持平衡的过程。这个过程不仅是一种生理运动,而且充满着心理活动:一方面要确保能到达目的地,另一方面还要避免风险。他们若要安全行进,必须有效地完成下列任务:

- 1) 视觉探测自身及周围车辆的位置及运行状态(方向、速度等要素);
- 2) 核实上述探测结果,防止错觉点;
- 3) 正确判断对方的活动意图;
- 4) 迅速决策自己的运行状态;
- 5) 遇有事故危险,作出正确反应。

②机动车运行分析

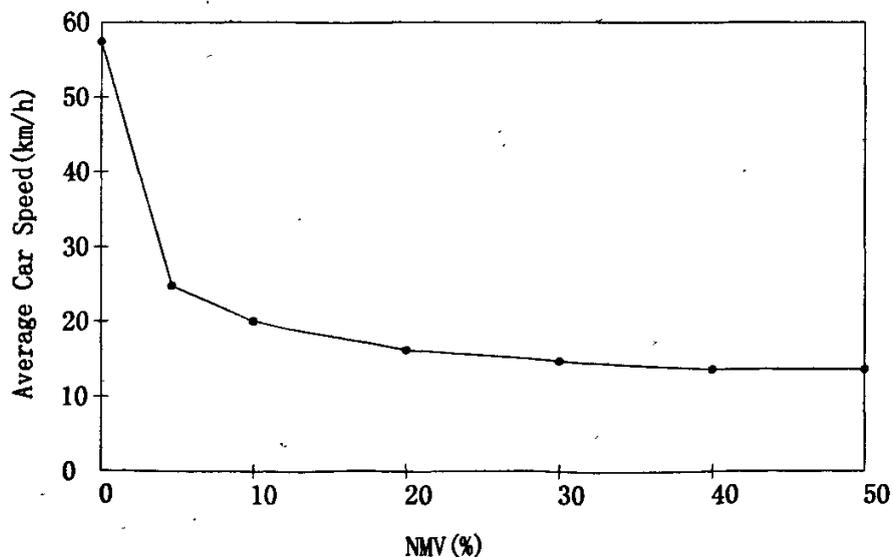
与自行车相比,机动车为其驾驶员提供了良好的防护设施,且具有安全、舒适、稳定特性;行驶中,大部分机动车走行线路较固定,能沿着原车道行驶。

在交通系统中,保证不发生事故和犯罪行为是驾驶员的主要激发因素之一,这里所指的“事故”包括自身不出事,也不产生事故。无论在发展中国家进行的汽车化过程,还是在发达国家面临的汽车化发展,保证汽车驾驶安全一直是人们追求的根本目的。驾驶员为了安全驾驶,要不断地进行感知外界、运用自身经验和知识判断决策、最终采取动作的过程(见图 2.2)。

图 2.2 驾驶人—汽车—道路环境安全功能图^[44]

2.4.2 对机动车的干扰分析

“干扰”一词，在现代汉语词典被解释为“扰乱”。这种干扰在城市道路混合交通中表现的直接形式就是车速下降，分离距离增大。图 2.3 是不同混合交通组成下的机动车行驶速度。图中显示表明，混合交通中非机动车占比例越高，对机动车速度影响越大，说明相互之间干扰就越大。

图 2.3 非机动车在混合交通中的比例与汽车速度关系图^[44]

（路宽度为5m，汽车自由速度为58km/h，流量为1000veh/h，NMV为非机动车）

研究表明,城市混合交通流干扰具有以下几个方面的特性:^[46]

①干扰的传递性,当流体间产生干扰时,这种干扰会迅速传向周围、后而的流体。

②干扰的延迟性,干扰及其被传递的干扰将改变流体的运行状态,但这种状态的改变是异步的,有一个反应过程。

③干扰的制约性,混合交通流的干扰制约性由速度制约和时空制约两部分组成。速度制约是指在混合交通流运行状态下,当各种流体发生干扰时,各流体为防止事故发生,其运行速度必须相应降低,防止碰撞,这就是速度制约;时空制约是指在混合交通流运行状态下,为应付不同流体间的干扰碰撞、保证每个流体与周围流体间有一个安稳的空间,进行自我调节、自我保护。

当非机动车道车流较多时电动自行车因其车速较高,且具有行驶轨迹多变的特点,骑行者更易驶入机动车道行驶,或通过机动车道超车,从而对机动车产生干扰降低了机动车道的通行能力及车速。特别是在城市道路的交叉口电动自行车更易与机动车发生抢行对整个交叉口的交通秩序造成较大的影响。

当机动车道与非机动车道之间有隔离带或自行车道负荷不饱和时,电动自行车对机动车道的影响较小。当自行车道车流较多时,电动自行车因其车速较高,骑行者更易驶入机动车道,或通过机动车道超车,从而对机动车产生干扰,降低了机动车道的通行能力及车速。

在没有物理的隔离设施的机动车道与非机动车道之间,若机动车交通量并非特大,机动车常常自然地形成若干个车群。当电动自行车伺机驶入机动车道时,因大多道路或车道狭窄,机动车无法超越电动自行车。随着电动自行车的驶入及驶出,机动车交通流的变化过程可以抽象为:减速(压缩波)、跟驰、加速(消散波)。根据此过程建立模型进行计算,可以得出自行车流中混入不同比例的电动自行车对机动车通行能力的影响。表 2.1 是以北京南北河沿大街为例的计算结果。

表 2.1 电动自行车对机动车通行能力的影响^[46]

比较项目	机动车通行能力变化比(%)
自行车流	100
5%电动自行车	98.5
10%电动自行车	92.3
15%电动自行车	87.5
20%电动自行车	83
25%电动自行车	77.5

2.4.3 对普通自行车的干扰分析

电动自行车对现有自行车的干扰主要是因为其车速较高,骑车人易超车,导致行驶轨迹多变,从而对其他自行车产生干扰。电动自行车对现有自行车的干扰程度与自行车道的服务水平或车速有关。表 2.2 为自行车道的不同服务水平或车速下电动自行车对现有自行车的干扰原因及程度。

表 2.2 不同服务水平或车速下电动自行车对现有自行车的干扰原因及程度^[46]

等级	—	二	三	四	五
指标					
骑行速度	>25	25~20	20~15	15~10	10~5
交通量负荷	<0.4	0.4~0.55	0.55~0.7	0.7~0.85	>0.85
车流状况	自由骑行	基本自由骑行	车流运行稳定	非稳定流运行受阻	间断式束缚交通流
适用条件及运行状态描述	在公路或独立非机动车道上,骑行舒适无干扰,可自选速度或超车,行人亦可穿越	在独立非机动车道上,很少干扰,骑行尚舒适,车速可改变,但稍有约束,行人亦可穿越	在独立非机动车道上,常有干扰,速度受限,不能更改骑车线路可以维持安全车速行人横穿难	在物体隔离的非机动车道上,车流密集,干扰多,速度低,行人横穿已不可能	在仅有道路中心线的混行道路上,车流密集,干扰严重,车速很低,行人横穿已不可能。一车倒下后面跟车倒。
干扰原因及程度	因车速可选,超车空间较大,故而对道路通行能力无影响。	因车速变化范围与电动自行车一致,超车空间较大故而对道路通行能力基本无影响。	因运行受限,此时电动车骑行者易强行超车,此时的安全间距为 6.59~8.94m,电动自行车的强行超车会对其他自行车产生较大干扰。	因此时车辆之间的安全间距(4.63~6.59m)难以保障电动自行车的安全超车,电动自行车骑行者的强行超车将对交通流状态产生很大的影响,极易导致阻塞及中断。	因此时车辆之间的间距已达极限,完全无超车空隙,电动车裹与中间行驶,丧失速度优势,对交通流的状态影响不大。

表 2.3 电动自行车混行对自行车通行能力的影响^[46]

项目	电动自行车占车流比例					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
车头间距(m)	3.7	3.8	4.04	4.33	4.66	5.05
通行能力(辆/h)	3546	3482	3330	3185	3047	2917

注：自行车与电动自行车的混合车流中，自行车的车速在 10~15km/h 之间，电动自行车为 15~24km/h 之间。

由表 2.3 通行能力的结果发现，随着混合车流中电动自行车比重的增加，自行车道通行能力不断下降。

2.5 骑车人的交通心理

人对外界的反应过程，主要通过以下心理学公式描述：外界的刺激(S)一意识(O)一反应(R)，即外界通过信息输入，经过大脑进行信息处理，形成指令，指挥手脚操作，从而产生行为的输出。在自行车骑行过程的人机系统中，骑车人和道路组成一个整体系统，构成该系统的因素主要有人、车(包括机动车和其它非机动车辆)、道路和环境。在该系统当中，骑行者通过感觉系统，如听觉、视觉等接受来自人、车、路等环境信息，通过手、脚和臀部感受自行车方向、速度、振动和平衡等信息；然后，信息进入人脑的中枢神经系统进行分析、处理，形成指令；再通过手对车把、臀部对鞍座的操作，传递给自行车，使自行车按照人们的意愿行驶。骑车人的信息接受和处理过程实际上也就是其心理活动过程。该过程可以看作是一个闭环的心理活动过程，可用图 2.4 表示：

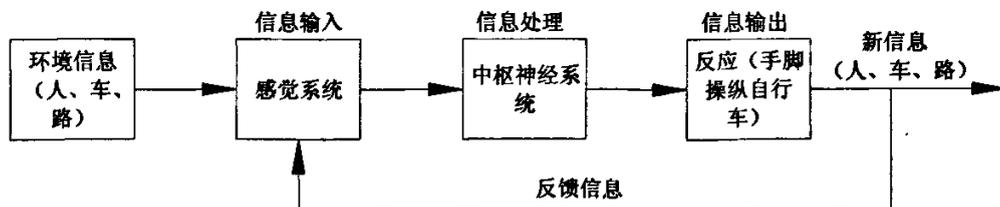


图 2.4 骑车人心理活动过程

一般来说骑电动自行车人的心理及其行为有如下特点：

电动自行车灵活、轻便、启动快、操作简单占用道路面积小，道路与交通设施投资少，技术简单等特点，城市乡村和男女老少都能用。但是自行车由于“小、散、多、快、抢、钻”等特点，骑车人违法行为十分普遍。死于交通事故的人数在整个死亡事故中占有相当的比重。

①青少年骑车心理

青少年在骑行电动自行车时，一般都具有显胜逞能快超心理。由于这种心理状态的影响，所以在骑车时常有我行我素的行为，在道路上横冲直撞，曲线行驶，哪里有空隙就往那里钻。若上班或上课，便拼命骑行。有的在道路上相互追逐，并排骑行，你追我赶，有的双手脱把或攀扶在机动车上，不顾生命安危。还有的在道路狭窄的地段上与机动车争道抢行从而表现快速、冲抢、猛拐、疾追等快超行为。

②老年人骑车心理

老年人骑自行车由于受生理和心理因素的影响，往往产生畏惧心理。因而，在骑车中速度较慢，但比较稳妥，如遇到险情他们会停下来，一般不会冒险。此外，从人的体质、肌力、反应的灵敏性等生理特点来看，都远不及一般骑车人，所以，当看到快速行驶的汽车，来来往往的自行车和拥挤的人群，车水马龙时，往往是畏惧心理加重，有的便会不知所措地慌乱躲避。

③妇女骑车的心理

妇女骑电动自行车的心理往往有三种类型：第一种是“胆怯型”，这种类型的人在骑车时，看到道路上的机动车来来往往，心里感到害怕，反映在行为上，就是躲躲闪闪，欲让欲停，欲行欲退。第二种是“冒险型”，持这种心理的妇女在骑车时，对道路情况熟视无睹，感到无所谓，反映在行为上便是“你开你的，我骑我的”，汽车跟在她后面，她就是不肯让道。第三种是“思绪紊乱心理型”，这种类型骑车妇女因工作过度紧张，事业受挫折精神受刺激，造成思绪紊乱，骑行中心神不定，注意力不集中，只是机械地、无意识地骑行，在车与人之间很难形成紧密结合的人机系统，此时若遇险情，则来不及避让而酿成事故。

第三章 电动自行车安全特性分析

3.1 电动自行车行驶稳定性分析

电动自行车的稳定是行驶过程中的动态平衡的稳定，稳定性会影响到骑车人的动作，是安全行驶的必不可少的特性。由于电动自行车机动灵活、易于转向、加速或减速，因此骑车速度与自行车流向经常发生变化。电动自行车行驶速度高于普通自行车，经常会穿插空档，超越其他自行车，因此电动自行车的速度、方向呈现多变的特点。

3.1.1 行驶受力分析

设电动自行车车体及乘员重力 $(m+M)g$ ，车体质心为 C ，距离车轮轴心 C_1, C_2 分别为 L_1, L_2 ，从动轮、驱动轮的质量为 m_1, m_2 ，转动惯量为 I_1, I_2 ，行驶加速度 du/dt ，相应的车轮角加速度为 $d\omega/dt$ 。行驶中空气阻力 F_w ，坡度阻力 F_s 。电动自行车行驶时的受力情况如图 3.1 所示。

W_1, W_2 为从动轮、驱动轮上载荷； F_{z1}, F_{z2} 为路面对从动、驱动轮的法向反作用力； F_{F1}, F_{F2} 为从动、驱动轴作用于车轮的平行于路面的力； T_{r1}, T_{r2} 为从动、驱动轮滚动阻力偶矩； F_{x1}, F_{x2} 为作用在从动、驱动轮上的地面切向反作用力； T_{a1}, T_{a2} 为从动、驱动轮转动惯性力偶矩； T_t 为驱动电机作用在驱动轮上的转矩。

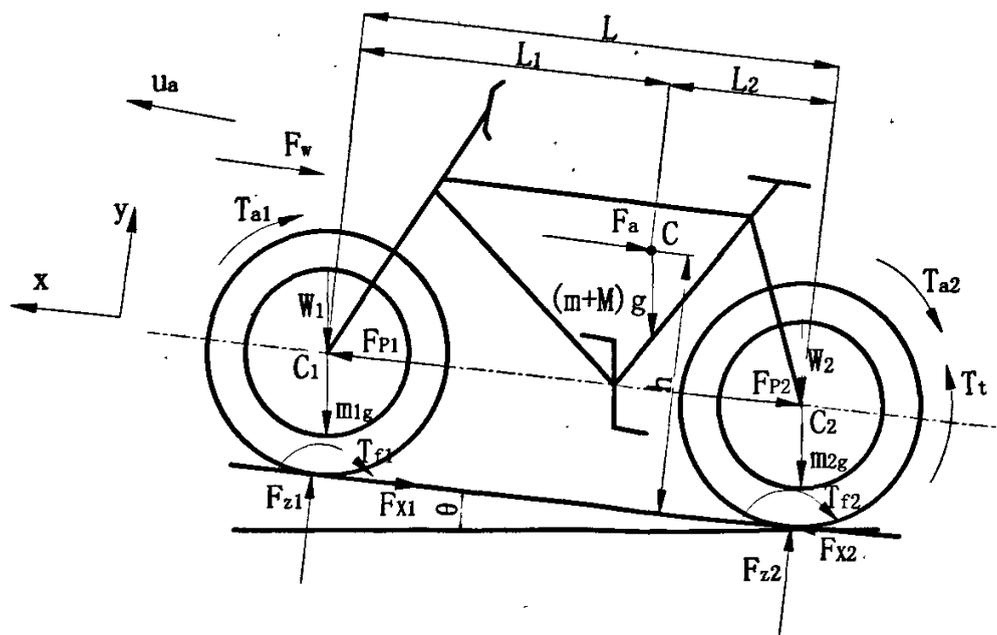


图 3.1 车轮在硬路面上滚动时的受力图^[14]

①驱动轮受力分析

电动自行车为后轮驱动，只要地面能提供足够的摩擦力阻止驱动轮向后打滑，

驱动轮就会向前滚动，并推动整车向前运动。

驱动轮在车轴传来的推力 F_{p2} 、地面切向反作用力 F_{x2} 、滚动阻力偶矩 T_{f2} 、驱动力矩 T_i 、以及载荷 W_2 、重力 m_2g 的共同作用下，由平衡条件得

$$F_{x2} = F_{p2} + m_2 \frac{du}{dt} + m_2 g \sin \theta \quad (3.1)$$

$$F_{x2} r = T_i - I_2 \frac{d\omega}{dt} - T_{f2} \quad (3.2)$$

令电机作用于驱动轮的驱动力 $F_i = T_i/r$ ，根据公式 (3.1) (3.2) 可得

$$F_i = F_{p2} + F_{f2} + \left(m_2 + \frac{I_2}{r^2} \right) \frac{du}{dt} + m_2 g \sin \theta \quad (3.3)$$

其中

$$F_{f2} = (W_2 + m_2 g \cos \theta) f = \left[(m + M) \frac{L_1}{L} + m_2 \right] g f \cos \theta \quad (3.4)$$

②从动轮受力分析

从动轮在车轮轴传来的推力 F_{p1} ，地面切向反作用力 F_{x1} 、滚动阻力矩 T_{f1} 、载荷 W_1 以及重力 m_1g 的共同作用下，由平衡条件得

$$F_{p1} = m_1 \frac{du}{dt} + F_{x1} + m_1 g \sin \theta \quad (3.5)$$

$$F_{x1} r = T_{f1} + I_1 \frac{d\omega}{dt} \quad (3.6)$$

故

$$F_{p1} = F_{f1} + \left(m_1 + \frac{I_1}{r^2} \right) \frac{du}{dt} + m_1 g \sin \theta \quad (3.7)$$

其中

$$F_{f1} = (W_1 + m_1 g \cos \theta) f = \left[(m + M) \frac{L_2}{L} + m_1 \right] g f \cos \theta \quad (3.8)$$

③整车的动力学模型

对车身进行分析，在从动轮、驱动轮对其反作用力 F'_{p1} 、 F'_{p2} ，支撑力 W'_1 、 W'_2 ，以及重力 $(m+M)g$ 、空气阻力 F_w 的共同作用下，由平衡条件得

$$F'_{p2} = F'_{p1} + F_w + (m + M) \frac{du}{dt} + (m + M) g \sin \theta \quad (3.9)$$

由于 F'_{p1} 、 F'_{p2} 与 F_{p1} 、 F_{p2} 大小相等方向相反，并将式(3.1)，(3.7)带入上式整

理, 可得整个电动自行车的行驶方程式:

$$F_t = F_f + F_w + F_\theta + \delta_m \frac{du}{dt} \quad (3.10)$$

其中

$$F_f = F_{f1} + F_{f2} = (m_1 + m_2 + M)gf \cos \theta \quad (3.11)$$

$$F_w = C_D Au^2 / 21.25 \quad (3.12)$$

$$F_\theta = (m_1 + m_2 + M)g \sin \theta \approx (m_1 + m_2 + M)\theta \quad (3.12)$$

$$\delta_m = m_1 + m_2 + M + \frac{I_1 + I_2}{r^2} \quad (3.14)$$

即驱动力等于滚动阻力、空气阻力、坡度阻力与加速阻力之和。

3.1.2 电动自行车转向稳定性分析

由于电动自行车具有摇摆性, 自身的平衡稳定性不佳, 因此在骑行的过程中并不是沿着一条直线在前进, 而是围绕着前进轴线在左右摇摆, 即不停地进行转向运动。转向运动的原理和四轮车辆有本质差别, 它靠人和车一起倾斜, 使重力与离心力对着地点的力矩平衡, 达到转向目的。转向时力学原理如图 3.2 所示:

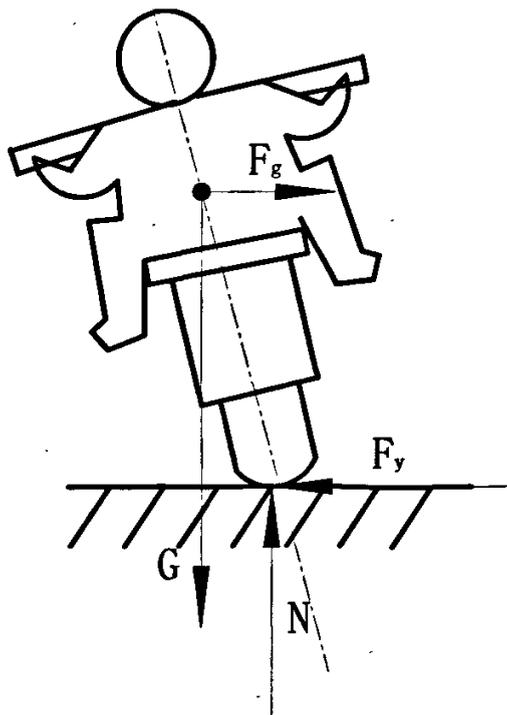


图 3.2 电动自行车转弯力学分析图

如图所示, 电动自行车向内侧斜 θ 角, 离心力 F_g 对轮胎着地点的力矩企图使车向外侧翻倒, 重力 G 对着地点的力矩企图使车向内侧翻倒, 两者平衡时, 重力 G 和离心力 F_g 的合力正好通过着地点 (合力矩等于零)。此时, θ 角满足

$$\operatorname{tg}\theta = F_g / G = \frac{(G/g)(v^2/R)}{G} = v^2 / gR \quad (3.15)$$

式中

θ ——电动自行车向内侧倾斜的角度

v ——电动自行车行驶的速度

R ——行驶轨迹的曲率半径

上式表明, 向内侧倾斜角 θ 随车速 v 的增大和 R 的减小而增大。当车速很低时, θ 角很小, 也可以通过人体向内侧移动而保持车体竖直。随着车速的增大, 车体倾斜越来越明显。这样一来使车和车之间的安全距离变大, 与同车道行驶车辆接触的机会增大, 安全性降低。

但要维持高速度和大的内倾角还需要满足不出现侧滑的附着条件。

设电动自行车侧滑时的临界速度为 v_ϕ , 侧滑的临界条件是侧向附着力 F_y 达到最大值。由路面切向平衡条件得到

$$\text{离心力 } F_g = F_y = \phi N = \phi G \quad (3.16)$$

又离心力和车速的关系为

$$F_g = ma_n = (G/g)(v_\phi^2/R) \quad (3.17)$$

由以上两式可得

$$v_\phi = \sqrt{gR\phi} \quad (3.18)$$

电动自行车转弯时行驶速度 $v \leq v_\phi = \sqrt{gR\phi}$ 代入式 (3.18) 可得

$$\operatorname{tg}\theta = v^2 / gR \leq gR\phi / (gR) = \phi \quad (3.19)$$

式中 ϕ 为轮胎和路面间的横向附着系数, 即 θ 角最大不能超过摩擦角, 否则将出现侧滑。

3.2 电动自行车碰撞特性分析

成都市 2004 年交通事故统计表明, 两轮车的事故形态主要有侧面碰撞、正面碰撞、同向刮擦 3 种 (见图 3.3):

- 侧面碰撞, 电动自行车交叉路口因视野受限、违章骑行、信号绿冲突或其他原因与机动车发生侧面碰撞;
- 正面碰撞, 电动自行车逆向行驶、从隐蔽处突然窜出等原因与机动车发生正面碰撞;
- 同向刮擦, 电动自行车侵占机动车道或机动车侵占非机动车道导致车辆同

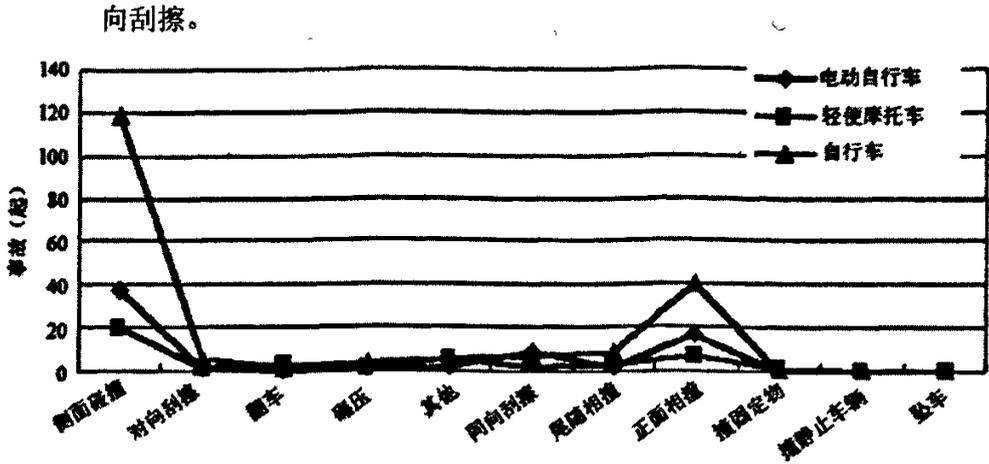


图 3.3 2004 年成都市两轮车事故形态^[12]

3.2.1 电动自行车与汽车碰撞事故类型

①汽车从后面碰撞电动自行车

由于道路较狭窄，混合交通，汽车占用自行车路线或自行车占用汽车行驶路线，路滑，骑车人摔倒，汽车碰撞电动自行车。这类碰撞事故如图 3.4 所示。



图 3.4 汽车从后面碰撞电动自行车

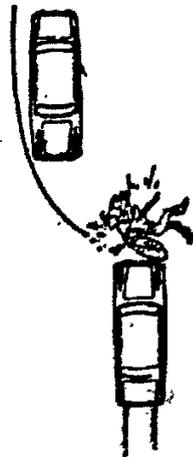


图 3.5 汽车碰撞横穿公路的电动自行车

②汽车碰撞横穿公路的电动自行车

电动自行车突然横穿公路，截头猛拐，因汽车驾驶人麻痹大意，车速较快，汽车碰撞横穿公路的电动自行车。事故形态见图 3.5。

③汽车转弯时碰撞电动自行车

汽车进行左、右转弯时碰撞直行或转弯的电动自行车。其事故原因是由于交通流量较大，且无交通指挥，车辆行驶速度较快，路面滑，骑自行车人摔倒等。事故形态如图 3.6 所示。

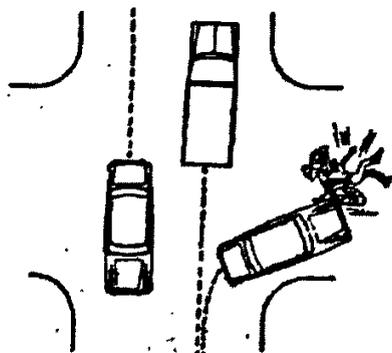


图 3.6 汽车转弯时碰撞电动自行车

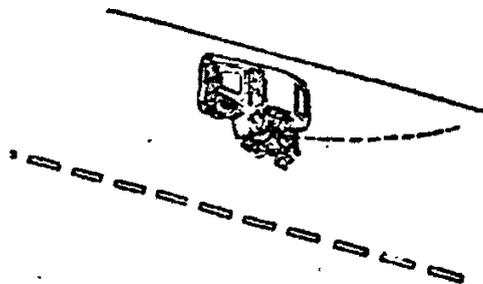


图 3.7 电动自行车碰撞汽车车门

④电动自行车碰撞汽车车门

电动自行车碰撞上停驶汽车突然开启的车门，事故形态的图 3.7 所示。

3.2.2 电动自行车与汽车碰撞运动学特性分析

①电动自行车与汽车碰撞过程



图 3.8 电动自行车与汽车碰撞的运动过程

电动自行车与汽车的碰撞事故的运动过程通常可分为接触、自由飞行和滑移三个阶段，如图 3.8 所示。第一阶段，电动自行车开始与汽车接触，吸收汽车的冲撞能量，身体上部迅速倾倒向汽车发动机罩，下肢及自行车向上向前抛起；第二阶段，电动自行车和骑车人先后被抛向汽车的前方；第三阶段，电动自行车和骑车人落地后分别以滑动和滚动的形式向前运动直至最后停止。

如果电动自行车与大中型货车、客车或平头车型型碰撞，则其碰撞点高于电

动自行车骑车人系统的质心高度时，接触阶段可以视为在瞬间完成的，即整个运动过程仅包括自由飞行和滑移两个运动阶段。

因此，对于骑车人而言，如果自行车与轿车相撞，骑车人所受到的严重伤害主要发生在骑车人与发动机罩、挡风玻璃和边框、车顶等的第二次碰撞及被抛起落后与地面产生的第三次碰撞中。如果电动自行车与大中型车或平头型汽车相撞，骑车人所受到的严重伤害主要发生在骑车人与汽车第一次碰撞和落地后与地面的第二次碰撞。

②电动自行车与汽车碰撞的运动分析

1) 电动自行车冲撞汽车侧面型事故

该类事故的主要特征是电动自行车向汽车侧面迎面冲撞时，首先是前轮接触轿车，使自行车的前叉向后位移，当前叉向后位移被车架顶住时，这时电动自行车前轮开始由圆形变为椭圆。通常情况下，碰撞速度越大，其变形就越大。如果用轴距减少量表示前叉位移的大小，则其与碰撞速度关系为：

$$v_c = 1.5e + 12$$

式中： e ——轴距减少量(cm)

v_c ——碰撞速度(Km/h)

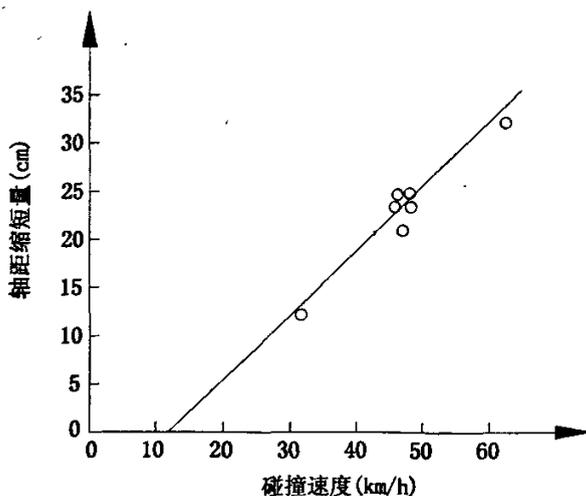


图 3.9 电动自行车迎面冲撞汽车侧面时轴距减少量与碰撞速度关系^[9]

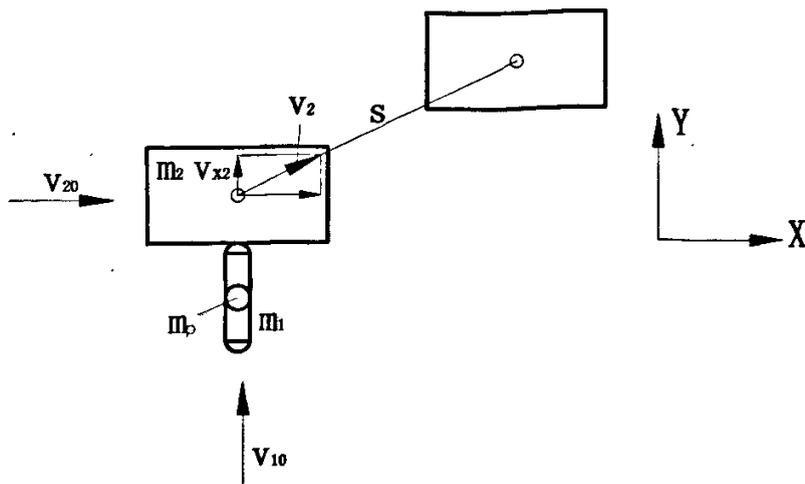


图 3.10 电动自行车冲撞轿车侧面^[36]

其变形量与碰撞速度的关系如图 3.9 所示。该类事故情形如图 3.10 所示。由于车辆的质量远远大于电动自行车的质量，因而汽车在碰撞后的速度在 x 轴上的分量为 v_{x2} ，则如果电动自行车与轿车的碰撞为非粘着碰撞，则可认为碰撞后轿车的速度 v_{x2} 等于碰撞前轿车的速度 v_{20} ，则

$$v_{20} = v_{x2} \tag{3.20}$$

如果电动自行车与轿车碰撞后有摩擦力作用，即为粘着碰撞，则有：

$$m_2 v_{20} = (m_1 + m_2) v_{x2} \tag{3.21}$$

$$v_{20} = \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) v_{x2} \tag{3.22}$$

式中： v_{20} ——碰撞前汽车的速度 (m/s)；

v_{x2} ——碰撞后汽车速度在 X 轴的分量 (m/s)；

m_1 ——电动自行车的质量 (Kg)；

m_2 ——汽车的质量 (Kg)。

一般来说，多数碰撞为非粘着碰撞，故可认为 $v_{20} = v_{x2}$ 。电动自行车与汽车侧面碰撞后碰撞关系存在下式：

$$(m_1 + m_p) v_{10} = (m_1 + m_p + m_2) v_{y2} \tag{3.23}$$

$$v_{10} = \left(1 + \frac{m_2}{m_1 + m_p} \right) v_{y2} \tag{3.24}$$

式中： v_{y2} ——碰撞后汽车速度的 y 轴分量 (m/s)；

m_p ——骑车人的质量 (Kg)。

2) 汽车冲撞电动自行车侧面型事故

汽车向电动自行车侧面碰撞的事故基本形态如图 3.11 所示。其中 (a) 是轿车向电动自行车的重心碰撞, (b) 是向重心之后侧碰撞, (c) 则是向重心的前侧碰撞。

(a) 型碰撞中, 汽车向电动自行车的重心碰撞, 电动自行车及骑车人被汽车冲向右前方, 电动自行车立即翻倒在路面滑移, 骑车人则被抛出某一距离后, 倒向路面滑移。汽车采取紧急制动滑移某一段距离后停止。

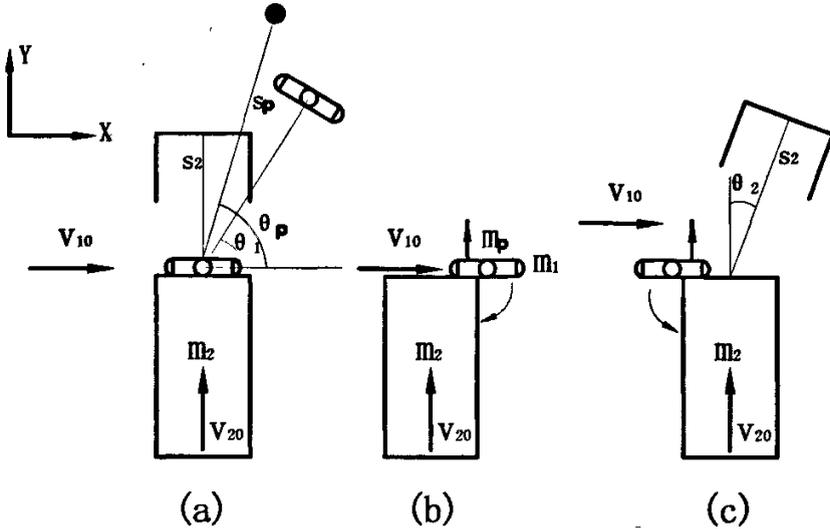


图 3.11 汽车冲撞电动自行车侧面^[36]

设 m_1 、 m_p 、 m_2 分别为自行车、骑车人和轿车的质量 (Kg)； v_{10} 、 v_{20} 分别为电动自行车、轿车碰撞前的速度 (m/s)； S_1 、 S_p 、 S_2 分别为电动自行车、骑车人、轿车碰撞后的移动距离 (m)； θ_1 、 θ_p 分别为电动自行车、骑车人抛出的角度； ϕ_1 、 ϕ_p 、 ϕ_2 分别为翻倒的电动自行车、骑车人及轿车轮胎与路面的附着系数； h 为碰撞时骑车人的重心高度 (m)。

则电动自行车碰撞后的速度 v_1 为：

$$v_1 = \sqrt{2g\phi_1 S_1} \tag{3.25}$$

骑车人碰撞后的速度 v_p 为：

$$v_p = \sqrt{2g\phi_p} \left(\sqrt{h + \frac{S_p}{\phi_p}} - \sqrt{h} \right) \tag{3.26}$$

轿车碰撞后的速度 v_2 为：

$$v_2 = \sqrt{2g\phi_2 S_2'} \tag{3.27}$$

式中 $S_2' = S_2$ ，根据制动印迹推算并扣除反应时间内汽车行驶的距离。

由动量守恒定理, 有

$$m_2 v_{20} = m_1 v_1 \sin \theta_1 + m_p v_p \sin \theta_p + m_2 v_2 \quad (3.28)$$

$$v_{20} = \frac{m_1 v_1 \sin \theta_1 + m_p v_p \sin \theta_p + m_2 v_2}{m_2} \quad (3.29)$$

$$\text{又 } v_{10} (m_1 + m_p) = m_1 v_1 \cos \theta_1 + m_p v_p \cos \theta_p \quad (3.30)$$

由于汽车质量远远大于电动自行车及骑车人质量, 则自行车、骑车人作用于汽车的动量已忽略。因此

$$v_{10} = \frac{m_1 v_1 \cos \theta_1 + m_p v_p \cos \theta_p}{m_1 + m_p} \quad (3.31)$$

(b)型碰撞中, 电动自行车受到向右回转力的作用而右转, 与轿车的右侧面进行二次碰撞。在这种情况下, 电动自行车一边向右旋转, 一边向右前方滑移。而骑车人则由于惯性的作用, 无论自行车如何运动, 仍将会按原来的方向运动, 并与电动自行车脱离。

(c)型碰撞中, 自行车向左回转和轿车的左侧面碰撞, 运动量几乎全部传递给了轿车。

碰撞后轿车如果紧急制动停车, 则碰撞后轿车的速度为:

$$v_2 = \sqrt{2g\phi_2 S_2'} \quad (3.32)$$

式中: ϕ_2 ——轿车轮胎与路面间的附着系数;

S_2' ——轿车的滑移距离(m)。

因此轿车的碰撞速度为:

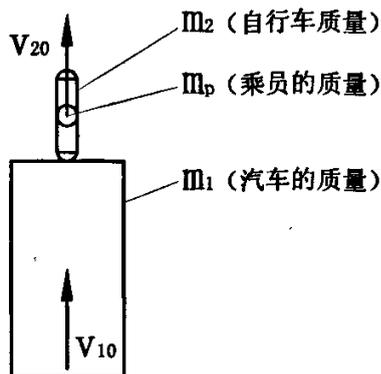
$$v_{20} = v_2 \cos \theta \quad (3.33)$$

电动自行车的碰撞速度为:

$$v_{10} = v_2 \sin \theta \quad (3.34)$$

3) 追尾型碰撞事故

追尾型碰撞事故如图 3.12 所示, 自行车以 v_{20} 的速度行驶, 汽车以 v_{10} 的速度向自行车尾部碰撞, 自行车和骑车人分离, 被抛向前方。

图 3.12 电动自行车被追尾碰撞^[36]

根据碰撞前后动量守恒定理，则有：

$$m_1 v_{10} + (m_2 + m_p) v_{20} = m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_p v_p \quad (3.35)$$

$$v_{10} = v_1 + \frac{m_2}{m_1} v_2 + \frac{m_p}{m_1} v_p - \frac{m_2 + m_p}{m_1} v_{20} \quad (3.36)$$

式中： v_1 ——碰撞后汽车的速度 (m/s)；

v_2 ——碰撞后电动自行车的速度 (m/s)；

v_p ——碰撞后骑车人被弹出速度 (m/s)；

v_{10} ——碰撞前汽车的速度 (m/s)；

v_{20} ——碰撞前电动自行车的速度 (m/s)；

m_1 ——汽车的质量 (Kg)；

m_p ——骑车人质量 (Kg)；

m_2 ——电动自行车的质量 (Kg)。

其中： v_1 、 v_2 、 v_p 分别由下式得到：

$$v_1 = \sqrt{2g\phi_1 L_1} \quad (3.37)$$

$$v_2 = \sqrt{2g\phi_2 L_2} \quad (3.38)$$

$$v_p = \sqrt{2g\phi_p (\sqrt{h+x/\phi_p} - \sqrt{h})} \quad (3.39)$$

式中： ϕ_1 ——汽车轮胎与路面间附着系数；

ϕ_2 ——自行车翻倒后在路上滑动的附着系数；

ϕ_p ——人体与路面间的附着系数；

L_1 ——汽车制动拖印长度 (m)；

L_2 ——自行车翻倒后在路上的滑移距离 (m)；

x ——骑车人的滑移距离 (m)；

h ——发动机罩的高度 (m)。

3.2.3 电动自行车与汽车碰撞事故严重性分析

事故严重性通常是指事故造成的人体损伤或经济损失程度。以最常见的两轮车与轿车碰撞事故为例,发生二维正面碰撞时,碰撞过程分为变形阶段和恢复阶段。形变是发生在从开始接触的时刻到最大变形的时刻之间,形变的大小决定于撞击力的大小,而根据动量定理可知,平均撞击力与动量的改变成正比。变形阶段轿车动量变化为: $m_1 v_{10} - m_2 v_c$; 两轮车动量变化为: $m_2 v_c - m_2 v_{20}$ 。因此决定双方损伤严重程度的分别为 $v_{10} - v_c$ 和 $v_c - v_{20}$ 。变形阶段内速度的变化即为有效碰撞速度,用 v_e 表示。

$$v_{e1} = v_{10} - v_c = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (v_{10} - v_{20}) \quad (3.40)$$

$$v_{e2} = v_c - v_{20} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} (v_{10} - v_{20}) \quad (3.41)$$

式中: v_{e1} , v_{e2} — 轿车和两轮车有效碰撞速度;

v_{10} , v_{20} — 轿车和两轮车碰撞前的速度;

m_1 , m_2 — 轿车和两轮车质量;

v_c — 变形阶段末的共同速度。

由 (3.40) 和 (3.41) 两式可得: $\frac{v_{e1}}{v_{e2}} = \frac{m_2}{m_1}$

可见,质量小的两轮车一方有效碰撞速度大,从而受损伤程度要严重。

根据动守恒定律有:

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = (m_1 + m_2) v_c$$

$$v_c = \frac{m_1 v_{10} + m_2 v_{20}}{m_1 + m_2} \quad (3.42)$$

由 (3.41) 和 (3.42) 两式可知:轿车一方速度 v_{10} 越大,共同速度 v_c 越大,则两轮车有效碰撞速度越大,受损伤程度越严重。

在电动自行车和汽车之间发生的交通事故中,通常汽车的速度和质量均远大于电动自行车,因此,伤害要主要在电动自行车一方,而且严重程度主要取决于汽车车一方的质量和速度。

在相同条件下,自行车、电动自行车、轻型摩托车与轿车等机动车发生碰撞时对人体的伤害程度相差不大。类似地,当质量和速度较大的“轻摩化”电动自行车和普通自行车发生碰撞时,普通自行车一方容易受到较严重伤害。

3.2.4 电动自行车与行人碰撞特性分析

电动自行车与行人碰撞交通事故中,同样从侧面撞击行人的情况最为普遍。

受电动自行车的侧向碰撞力作用, 行人腿部容易出现骨折、膝伤等损伤情况。损伤程度受人体因素、电动自行车结构参数以及对人体、腿及膝关节不同碰撞位置的生物力学特性的影响。

碰撞膝伤主要是受碰撞冲量产生的对膝关节的角速度发生扭转造成的, 设电动自行车与骑行者的质量和为 M , 碰撞速度为 V , 根据冲量定理, 作用于人体腿部的冲量为

$$S = MV \quad (3.43)$$

人体下肢可以假设为一个由膝关节 (O 点) 铰接的系统 (见图 3.13)。根据动量矩定理有

$$\omega = SL/J = MVL/J \quad (3.44)$$

式中: J ——相对 O 点的转动惯量;

L ——冲撞点到 O 点的距离;

ω ——冲撞产生的对 O 点的角速度。

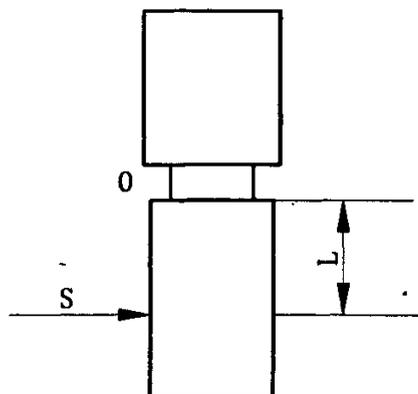


图 3.13 电动自行车撞击行人腿部模型^[12]

根据上式分析可知, ω 与 M 、 V 成正比关系。 ω 越大, 对人体膝关节的伤害越大, 因此, 膝关节伤害与电动自行车的质量和碰撞速度有着重要关系。

骨折主要是因为碰撞冲量产生的压力对腿部的过载造成的。公式表示如下:

$$Ft = S \quad (3.45)$$

式中, F ——碰撞产生的对腿部的压力;

t ——压力作用时间。

因此, 骨折伤害同样取决于电动自行车的质量和碰撞速度。

3.3 电动自行车碰撞事故中人员伤害分析

根据上述电动自行车碰撞特性可知, 电动自行车同普通自行车一样在与汽车发生的碰撞事故中属于“弱者”, 伤害也主要集中在电动自行车一方, 自身速度越大, 受伤害程度越严重。自行车与汽车碰撞事故中, 骑自行车人死亡人数及其比

例与汽车类型的关系如表 3.1 所示。

表 3.1 自行车与汽车碰撞事故中死亡人数的分布特征^[9]

汽车类型	大型车	中型车	轻型车	轿车	微型车	其它
死亡人数 (人)	14	30	21	24	15	8
所占比例 (%)	12.5	26.8	18.8	21.4	13.4	7.1

从表中统计可看出,自行车与汽车碰撞事故中,骑自行车人死亡人数,中型车、轿车、轻型车所占的比例最大。这是由于在我国中型车、轿车、轻型车所占比重比较大,车速较快,从而碰撞时的致命伤害也最大。中型车在我国所占比例最大,由于其前部较高,因而与骑自行车人碰撞时对人的头部及胸部容易造成致命的伤害;轿车通常速度很快,因而骑自行车人在高速碰撞下的致命伤害也会很高;轻型车的速度也很快,而且我国大部分轻型车都是平头型,因而碰撞时产生对骑自行车人的要害部位的猛烈冲击。

电动自行车与普通自行车相撞时,两者的速度差较小,质量相当,碰撞伤害较轻,主要为四肢轻微伤害和身体的局部擦伤。一些“轻摩化”超标电动自行车与普通自行车质量相差较大,近年来也出现一些人身伤亡事故。在与行人交通事故中属于“强者”,其质量和速度越大对行人伤害程度越严重。

电动自行车碰撞事故和自行车一样,对骑车人的伤害最严重的是头部损伤,其损伤的结果直接导致死亡的产生。在我国,自行车骑车人在碰撞中头部损伤是其致死的主要原因,其致死比例远远高于美国和其它发达国家。值得注意的是,我们国家所有的自行车碰撞事故案例中,几乎所有的骑车人都不戴头盔。目前,我国绝大多数自行车使用者对自行车头盔一无所知,也没有人会赞成骑自行车应该戴头盔。我们已经看到,世界上一些发达国家如美国、澳大利亚和欧洲一些国家强制执行佩戴自行车头盔的法律后,自行车事故伤害的死亡率和发生率也随之降低,自行车碰撞中因头部伤害的死亡率和受伤率也骤然减少。电动自行车具有一定的机动性,速度高于普通自行车,因此更应当出台强制性戴安全头盔的管理规定,以减少伤亡事故的发生。

3.4 电动自行车人机工程分析

人在骑车时,人、自行车及路面等环境因素组成了人机系统,这个系统中各因素之间的相互作用构成了其动态特性(如图 3.14)。

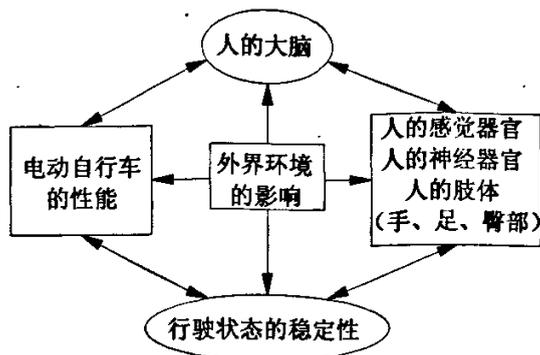


图 3.14 人—车—环境之间关系

3.4.1 电动自行车的构成与骑车人的关系

① 支撑部件关系

支撑部件主要有车架、前叉、鞍座和车把等，是自行车的构架。支撑部分将其他零部件固定在相互间确定的位置上，保证自行车的整体性，实现自行车的功能。

② 与动力接受部件关系

动力接受部件主要是脚蹬和曲柄。动力是靠骑车人下肢运动的力使曲柄转动而产生的。为了使人省力和有舒适感，必须研究人体下肢肌肉的收缩运动与曲柄转动之间的能量转换问题、对于电动自行车电力启动后，人将节省动力。

③ 人与传动部件关系

传动部件主要是滚珠、链条和链轮。人的作用力是通过链条和链轮传动而带动后轮转动，从而使自行车前移。传动部分的设计关键是要有较高的传动效率和可靠性，且有易操纵的变速机构。

④ 人与工作部件关系

工作部件就是车轮，即车圈、轮胎等。在设计自行车的各部分尺寸、车闸及变速器等时，应该着眼于骑车人一动力—传动—工作的连贯性，才可能设计出同骑车人手的大小或握力相适应的闸把，与刹车力适当的车闸，才不会发生刹车阻力不够而造成失误现象。

⑤ 人与控制部分的关系

操纵动作的效果及特征与操纵装置的性质、功能、结构特征等密切相关。为了提高人机系统的综合效率，使设计出的操纵装置符合人的使用要求，就必须先按人的使用要求来设计操纵动作，以保证操纵机构设计的合理性。

⑥ 人与显示装置的关系

使用视觉显示装置，在于迅速、方便、准确地给人提供视觉信息，因此，仪

表等视觉显示装置的布置应根据人的视觉特点,按最佳观察方式进行,方能提高视觉认读效率和精度。在布置视觉显示装置时,显示信息的表面应尽可能与观察者的视线垂直,以保证获得最高的观察精度。

3.4.2 人体因素

人体因素主要有下述几点:(1)人的体格因素;(2)人的下肢肌力;(3)人的输出功率;(4)人的脚踏速度;(5)人的平衡机能;(6)人的手和握力;(7)人的视觉特征;(8)作业姿势的类型及影响因素;(9)坐姿生理学及生物力学;(10)主要关节的活动范围;(11)人的大脑的思维状态。

影响电动自行车行驶的因素除了上述人的因素之外,还有许多机械因素。为了获得自行车较佳的性能,必须把人的因素与机械因素有机地结合起来,以使人一车有机地协调起来。同时,电动自行车的设计还应进行大量的市场调查,从使用者中了解对车的性能的要求,并分地区、按不同年龄段进行有针对性的设计。^[13]

第四章 我国法律法规对电动自行车的相关规定

4.1 《道路交通安全法》及其配套法规的规定

4.1.1 电动自行车定性规定

关于认定电动自行车是机动车还是非机动车的问题，一直是人们争论的焦点，因为这关系到电动自行车如何行驶的问题。《中华人民共和国道路交通安全法》第一百一十九条规定：非机动车是指以人力或者畜力驱动，上道路行驶的交通工具，以及虽有动力装置驱动但设计最高时速、空车质量、外形尺寸符合有关国家标准的残疾人机动轮椅车、电动自行车等交通工具。同时规定依法应当登记的非机动车，经公安机关交通管理部门登记后，方可上道路行驶，依法应当登记的非机动车的种类，由省、自治区、直辖市人民政府根据当地实际情况规定。非机动车的外形尺寸、质量、制动器、车铃和夜间反光装置，应当符合非机动车安全技术标准。

《中华人民共和国国家标准电动自行车通用技术条件》规定：电动自行车是以蓄电池作为辅助能源，具有两车轮，能实现人为骑行、电动或电助动功能的特种自行车，对整车的主要技术性能要求、整车安全要求、整车装配要求、整车外观要求、整车道路行驶要求和说明书的要求也作了详细规定。

4.1.2 电动自行车通行规定

电动自行车作为非机动车，根据《道路交通安全法》应当遵守右侧通行原则。道路划分为机动车道、非机动车道的，机动车、非机动车实行分道通行。没有划分机动车道、非机动车道的，机动车在道路中间通行，非机动车应当靠车行道的右侧行驶。电动自行车在非机动车道内行驶时，最高时速不得超过十五公里。电动自行车在道路上通行除应当遵守右侧通行、分道行驶、保障安全等基本通行原则外，还必须遵守交叉路口的通行规范、装载规范等具体规范。

①非机动车通过交叉路口的通行规范

1)非机动车通过有交通信号灯控制的交叉路口的通行规范

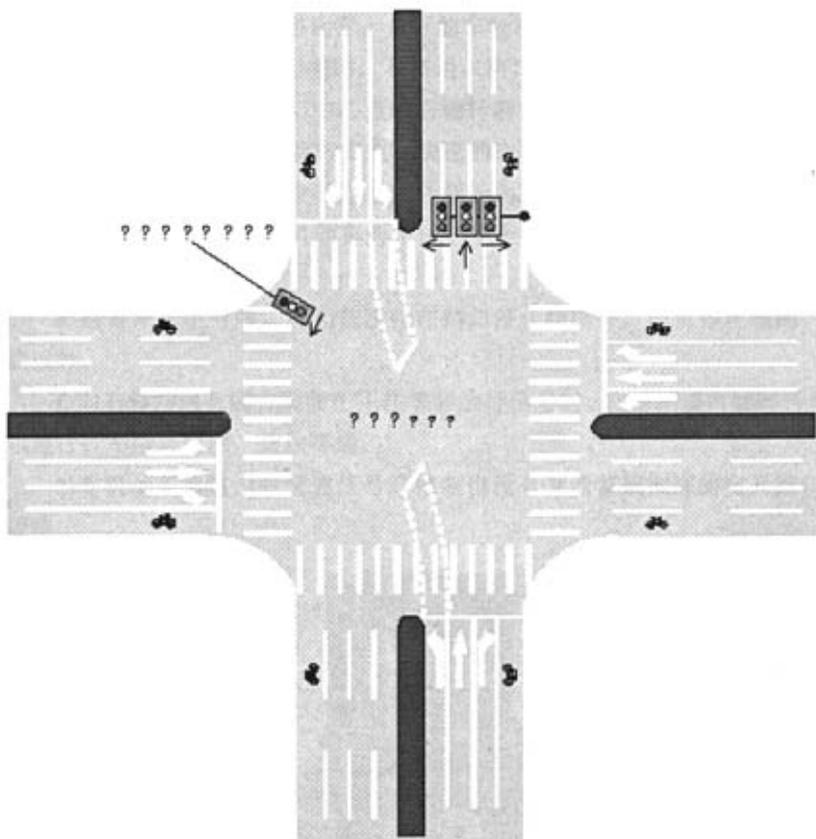


图 4.1 有交通信号灯控制的交叉路口示意图

a. 非机动车通过有信号灯控制的交叉路口，应当按照交通信号灯的控制含义通行。在平面交叉路口，对非机动车的信号灯控制包括两种情况：一是既有机动车信号灯，又有非机动车信号灯控制的路口，非机动车应当按照非机动车信号灯的控制含义通行；二是只有机动车信号灯，没有设置非机动车信号灯，非机动车应当按照机动车信号灯控制的含义通行。

b. 转弯的非机动车让直行的车辆、行人优先通行。这里的“转弯的非机动车”包括左转弯和右转弯的非机动车。右转弯时需要让行的主要包括两种情况：一是与同方向直行的非机动车交叉；二是与人行横道上的行人交叉。由于机动车在非机动车的左侧通行，非机动车右转弯时基本不存在与机动车交叉的情形。左转弯时需要让行的主要包括三种情况：一是与相对方向的直行机动车、非机动车交叉；二是与同方向行驶的直行机动车、非机动车交叉；三是与左侧人行横道上的行人交叉。转弯的非机动车与直行机动车或非机动车交叉或者与人行横道上的行人交

叉时，转弯的非机动车应当让行，直行的车辆和行人有优先通行的权利。

c. 遇有前方路口交通阻塞时，不得进入路口。

d. 向左转弯时，靠路口中心点的右侧转弯。左转的机动车行驶的车行道的最左侧，为了保证左转弯机动车安全、快速的完成左转弯，交通安全法规定了左转弯的机动车应当紧靠路口中心点左侧转弯。为了减少非机动车左转弯对机动车左转弯的影响，同时保证非机动车的左转弯安全，非机动车左转弯时只能紧靠路口中心点右侧转弯。

e. 遇有停止信号时，应当依次停在路口停止线以外。没有停止线的，停在路口以外。

f. 向右转弯遇有同方向前车正在等候放行信号时，在本车道内能够转弯的，可以通行；不能转弯的，依次等候。

2) 非机动车通过没有交通信号灯控制也没有交通警察指挥的交叉路口的通行规范

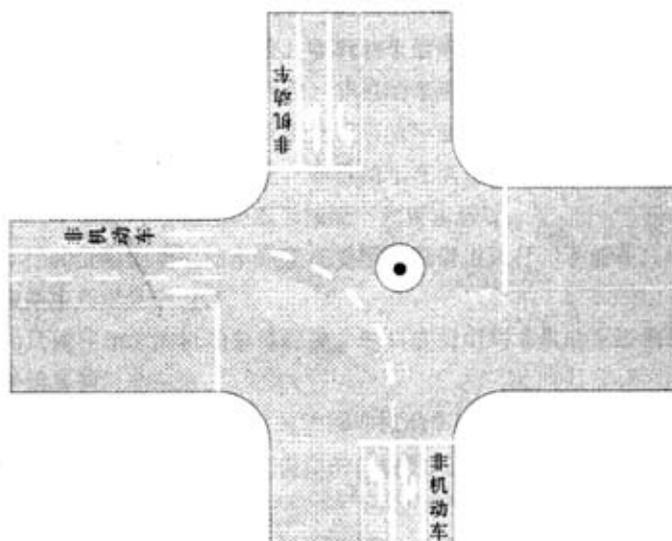


图 4.2 无交通信号灯控制的交叉路口示意图

a. 转弯的非机动车让直行的车辆、行人优先通行。

b. 遇有前方路口交通阻塞时，不得进入路口。

c. 向左转弯时，靠路口中心点的右侧转弯。

d. 有交通标志、标线控制的，让优先通行的一方先行；

e. 没有交通标志、标线控制的，在路口外慢行或者停车瞭望，让右方道路的来车先行；

f. 相对方向行驶的右转弯的非机动车让左转弯的车辆先行。

②驾驶非机动车横过道路、借用机动车道行驶规范

1)驾驶自行车、电动自行车、三轮车横过道路行驶规范

a. 在路口处横过道路，应当遵守交通信号灯、标志、标线、交通警察的指挥的规定。

b. 在路段上横过机动车道，应当下车推行。

c. 在有人行横道或行人过街设施的路段横过机动车道，应当从人行横道或者行人过街设施通过。

d. 在没有人行横道、行人过街设施或者不便使用行人过街设施的，在确保安全后直行通过。

2)非机动车借机动车道行驶规范

根据分道行驶原则，非机动车应当在非机动车道行驶。但在一定条件下，非机动车可以借用机动车道行驶。非机动车借用机动车道行驶的条件是非机动车道被占用无法在本车道内正常行驶。非机动车道被占用主要是指因道路施工、机动车临时停放在非机动车道、发生交通事故不能移动或者需要保护、勘查现场、非机动车道实行交通管制等情况。非机动车在满足上述条件时可以借用机动车道行驶，在机动车道内行驶时还应当按照下列要求进行：

a. 行驶受阻的非机动车只能在受阻路段借道通行，不能在其他路段或者在受阻路段结束后继续借道。

b. 只能在相邻的机动车道行驶。即只能借用与非机动车道相邻的机动车道，不能借用其他机动车道。

c. 在驶过被占用路段后迅速驶回非机动车道。

d. 机动车遇非机动车合法借道的，应当减速让行。

③电动自行车载物规范

电动自行车载物，高度从地面起不得超过 1.5 米，宽度左右各不得超出车把 0.15 米，长度前端不得超出车轮，后端不得超出车身 0.3 米；驾驶电动自行车必须年满 16 周岁。

4.1.3 电动自行车交通事故处理规定

①电动自行车交通事故责任认定

《道路交通安全法》第 73 条规定：“公安机关交通管理部门应当根据交通事故现场勘验、检查、调查情况和有关的检验、鉴定结论，及时制作交通事故认定书，作为处理交通事故的证据。交通事故认定书应当载明交通事故的基本事实、

成因和当事人的责任，并送达当事人。”认定交通事故是指公安机关交通管理部门根据交通事故现场勘验、检查、调查情况和有关的检验、鉴定结论，经过科学分析和鉴别后，依法对交通事故的基本事实、成因和当事人的事故责任进行的专业性分析判定。

交通事故责任分为全部责任、主要责任、同等责任和次要责任。电动自行车发生交通事故，应当根据当事人的行为对发生交通事故所起的作用以及过错的严重程度，确定当事人的交通事故责任：

1)因一方当事人的过错导致交通事故的，承担全部责任；当事人逃逸，造成现场变动、证据灭失，公安机关交通管理部门无法查证交通事故事实的，逃逸的当事人承担全部责任；当事人故意破坏、伪造现场、毁灭证据的，承担全部责任；

2)因两方或者两方以上当事人的过错发生交通事故的，根据其行为对事故发生的作用以及过错的严重程度，分别承担主要责任、同等责任和次要责任；

3)各方均无导致交通事故的过错，属于交通意外事故的，各方均无责任；一方当事人故意造成交通事故的，他方无责任。

②电动自行车交通事故的损害赔偿

交通事故损害赔偿责任即交通肇事法律责任中的民事责任，是指交通事故当事人因为过错造成交通事故而招致法律对其交通肇事行为的否定性评价，亦即要承受的损害赔偿后果。交通事故责任与交通事故损害赔偿责任是两个不同的概念，前者只反映当事人的行为对发生交通事故所起的作用以及过错的严重程度，而后者是指当事人因为自身过错造成交通事故而应承担的惩罚性法律义务。

1)机动车交通事故责任强制保险

机动车交通事故责任强制保险，是指由保险公司对被保险机动车发生道路交通事故造成本车人员、被保险人以外的受害人的人身伤亡、财产损失，在责任限额内予以赔偿的强制性责任保险。公安机关交通管理部门、农业(农业机械)主管部门(以下统称机动车管理部门)应当依法对机动车参加机动车交通事故责任强制保险的情况实施监督检查。对未参加机动车交通事故责任强制保险的机动车，机动车管理部门不得予以登记，机动车安全技术检验机构不得予以检验。机动车交通事故责任强制保险实行统一的保险条款和基础保险费率。保监会按照机动车交通事故责任强制保险业务总体上不盈利不亏损的原则审批保险费率。

被保险机动车发生道路交通事故造成本车人员、被保险人以外的受害人人身伤亡、财产损失的，由保险公司依法在机动车交通事故责任强制保险责任限额范围内予以赔偿。道路交通事故的损失是由受害人故意造成的，保险公司不予赔偿。

(被保险人是指与保险公司订立机动车交通事故责任强制保险合同，并按照合同负有支付保险费义务的机动车的所有人、管理人及其允许的合法驾驶人。)

被保险机动车在道路交通事故中有责任的赔偿限额为：

死亡伤残赔偿限额：50000 元人民币。

医疗费用赔偿限额：8000 元人民币。

财产损失赔偿限额：2000 元人民币。

被保险机动车在道路交通事故中无责任的赔偿限额为：

死亡伤残赔偿限额：10000 元人民币。

医疗费用赔偿限额：1600 元人民币。

财产损失赔偿限额：400 元人民币。

2) 交通事故损害赔偿的归责原则

交通事故损害赔偿的归责原则是确定事故当事人是否需要就交通事故损害事实承担相应民事赔偿责任的一般标准。

a. 过错责任原则

过错责任原则是以过错作为价值判断标准，将当事人对发生事故损害负有主观过错作为承担事故赔偿责任的根据和最终要件。根据《道路交通安全法》第 76 条规定，机动车与机动车之间发生交通事故造成人身伤亡、财产损失的，首先由保险公司在交通事故责任强制保险责任限额内予以赔偿，超过保险责任限额的剩余部分，则由事故当事人按过错责任原则承担补充赔偿责任。其中，只有一方当事人有过错的，由该当事人承担全部的补充赔偿责任；双方及双方以上当事人都有过错的，由有过错的各方当事人按照各自过错的严重程度分担补充赔偿责任。在具体适用过错责任原则确定当事人的交通事故损害赔偿赔偿责任时，可以将其所负的交通事故责任大小作为确定事故损害赔偿赔偿责任的依据。过错责任原则适用于机动车之间和非机动车、行人之间的交通事故。

b. 无过错责任原则

无过错责任原则，是指不论当事人主观上是否有过错，只要其行为与事故损害后果之间有因果关系，就应当承担事故赔偿责任的归责原则。与过错责任原则相比，无过错责任原则的典型特征在于不要求当事人对事故的发生必须有主观过错，只要其行为与事故损害后果之间有因果关系，就要承担事故赔偿责任。根据《道路交通安全法》第 76 条规定，机动车与非机动车、行人之间发生交通事故造成人身伤亡、财产损失的，首先由保险公司在机动车交通事故责任强制保险责任限额内进行赔偿，对于超过保险责任限额的剩余部分，则由机动车一方按照无过错责任原则承担补充赔偿责任。但是，在下列两种特定情形下可以减轻或者免除机动车一方的赔偿责任：一是有证据证明非机动车驾驶人、行人在事故发生时违反了道路交通安全法律、法规，并且机动车方为避免事故的发生，在危险发生时采取了紧急转向、制动等措施，尽到了安全注意和危险回避义务的，应当减轻机

动车一方的补充赔偿责任。二是有证据证明交通事故的损失是由非机动车驾驶人、行人故意造成的,则机动车一方不承担事故赔偿责任,而非机动车、行人一方承担。无过错责任原则主要适用于机动车与非机动车、行人之间的交通事故。

c. 公平责任原则

公平责任原则,是指当事人各方对事故的发生均无过错,并且又依法不适用无过错责任原则时,由各方当事人本着公平、合理的原则,共同分担事故损失的一种归责原则。公平责任原则有以下特点:一是各方当事人均对事故损害后果的发生没有过错;二是公平责任的目标在于平衡事故当事人之间的财产状况和财产损失,因此其适用范围应限于交通事故造成的直接财产损失和人身伤害所产生的医疗费、丧葬费等;三是基于公平观念,根据受害人所受损害的程度、当事人的经济状况等因素来综合决定责任归属。公平责任原则主要适用于因为意外造成的交通事故。^[56]

由于电动自行车属于非机动车,因此在和机动车发生交通事故后,电动自行车驾驶人可能承担主要交通事故责任却承担少部分的损害赔偿赔偿责任;在和非机动车、行人发生交通事故后则根据交通事故责任来确定损害赔偿赔偿责任。

4.2 各地地方法规的规定

4.2.1 电动自行车的运行情况

《道路交通安全法》实施之前,我国对电动自行车是属于机动车范畴还是非机动车范畴,并没有明确说法,这导致各个地区对电动自行车的管理采取了不同的措施,如上海、江苏、浙江等省市就采取了鼓励消费的政策,允许电动自行车上牌;如哈尔滨和南宁等城市则允许生产销售而不许上路;如福州、武汉、泉州等城市认定电动自行车上路为非法,不给核发牌照,一旦发现其上路,则责令拆除动力装置并予以处罚。2004年5月1日《道路交通安全法》实施以后,电动自行车从法律上明确了“非机动车”的身份。根据第十八条规定,依法应当登记的非机动车,经公安机关交通管理部门登记后,方可上道路行驶。依法应当登记的非机动车的种类,由省、自治区、直辖市人民政府根据当地实际情况规定。南昌、合肥、长沙、长春等城市相继出台了管理办法,允许电动自行车依法登记管理后上路。

2003年5月12日,中共中央政治局常委,全国人大委员长吴邦国在内蒙古包头市竹科电动车公司试骑电动自行车,连声称好,指示要多生产电动自行车,以服务广大民众。但是,吴邦国试骑电动自行车的举动和全国人大的规定,并没有得到一些地方政府的认同。

2003年5月中旬,广西南宁市对销售电动自行车的商店进行清查,实施了扣车,罚款等强制性处罚措施。电动自行车第一次遇到发展过程中的坎坷。

2003年6月1日,福建省福州市政府发布《关于加强电动自行车管理的通知》,规定自即日起,在全市各县(市)区禁止销售电动自行车,现有电动自行车经销商必须在7月1日前到工商部门变更经营范围,并自行清理电动自行车,不得继续销售,违反规定的,由工商部门分别按照超范围经营和无照经营依法处罚。第二天(6月2日),福州市工商、经贸、国税、公安等部门300多人联合行动,对全市159家电动自行车商店强行进行清查或关闭。地方政府公共权力的大拳头,狠狠砸在了电动自行车生产商、销售商和消费者的头上,被传媒称之为“电动自行车黑色六月”。

2003年8月1日,温州市发布规定,严禁电动自行车在市区上路行驶。

2003年8月28日,海南海口市发出通告禁止电动自行车在海口主要市区内行驶。随后,山西太原市也发布了禁止电动自行车上路的规定。

2004年广州市、珠海市先后对电动自行车采取限制措施。

厦门市决定自2006年1月1日起对市区部分道路、路段限制电动自行车通行。

2005年7月1日,珠海市人大常委会通过珠海经济特区道路交通安全管理条例》(全国范围内第一例明确禁止电动自行车的立法),明确规定电动自行车不予注册登记,若违法上路,交管部门可扣留车辆,并处以罚款。

在2006年10月1日起实施的《沈阳市城市道路车辆管理办法》第6条也规定,根据道路和交通流量的具体情况,公安机关交通管理部门对摩托车、三轮车、货运车辆可以采取限制时间、路线或者限制区域通行。

早在2002年8月1日,北京市就发布了《关于加强电动自行车管理的通告》,规定“自2006年1月1日起,禁止所有电动自行车在本市道路上行驶”。“通告”陈述的理由如下:“北京作为人口密集型的特大型城市,交通发展具有特殊性,北京的交通发展战略是大力发展公共交通。根据本市的实际情况和长远交通发展战略,本市决定不发展电动自行车。”

在我国各地方城市对待电动自行车的态度不一,一是完全禁止上路行驶;二是对市区部分道路、路段限制通行;三是放任其发展。禁止电动自行车的理由主要是:部分电动车质量低劣,速度又快,存在交通隐患;废旧电池污染不易防治,与公交发展战略有矛盾;当地已经取消了非机动车道,电动自行车在道路上行驶,不可避免地将与机动车或行人抢道。可见,电动自行车的发展受到非常大的压力,尤其是在一些大中城市。

4.2.2 电动自行车交通事故处理规定

各省、自治区、直辖市都根据各地区实际情况,参照《道路交通安全法》和《道路交通安全法实施条例》,制定了本地区的安全管理条例,主要就上述两法律法规没有明确规定的內容作了进一步补充。

根据 2005 年 1 月 1 日起实施《江苏省道路交通安全条例》第五十二条规定，机动车发生交通事故造成人身伤亡、财产损失的，由保险公司在交通事故责任强制保险责任限额范围内予以赔偿，未参加交通事故责任强制保险的，由机动车方按照该车应当投保的最低保险责任限额予以赔偿。对超过责任限额的部分，机动车与机动车之间发生交通事故的，按照各自过错的比例分担损害赔偿责任；机动车与非机动车、行人发生交通事故，有证据证明非机动车驾驶人、行人违反道路交通安全法律、法规，机动车驾驶人已经采取必要处置措施的，应当按照以下规定减轻机动车一方的赔偿责任：

- 1) 非机动车、行人负事故全部责任的，减轻百分之八十至百分之九十；
- 2) 非机动车、行人负事故主要责任的，减轻百分之六十至百分之七十；
- 3) 非机动车、行人负事故同等责任的，减轻百分之三十至百分之四十；
- 4) 非机动车、行人负事故次要责任的，减轻百分之二十至百分之三十。

有下列情形之一的，当事人直接向保险公司报告的，保险公司应当依法理赔：

- 1) 当事人依法自行协商处理的交通事故；
- 2) 仅造成自身车辆损失的单方交通事故；
- 3) 车辆在道路以外通行时发生的事故。

根据 2006 年 5 月 1 日起实施《广东省道路交通安全条例》第四十八条规定，机动车与非机动车驾驶人、行人发生交通事故造成人身伤亡、财产损失的，由保险公司在机动车交通事故责任强制保险责任限额范围内予以赔偿。对超过责任限额的部分，由机动车一方承担责任；但是，有证据证明非机动车驾驶人、行人违反道路交通安全法律、法规，机动车驾驶人已经采取必要处置措施的，机动车一方按照以下规定承担赔偿责任：

- 1) 机动车一方负主要责任的，承担百分之八十；
- 2) 机动车一方负同等责任的，承担百分之六十；
- 3) 机动车一方负次要责任的，承担百分之四十；
- 4) 机动车一方无责任的，承担百分之十；
- 5) 非机动车驾驶人、行人在禁止非机动车和行人通行的城市快速路、高速公路发生交通事故，机动车一方无责任的，承担百分之五。

交通事故的损失是由非机动车驾驶人、行人故意造成的，机动车一方不承担责任。

非机动车驾驶人、行人与处于静止状态的机动车发生交通事故，机动车一方无交通事故责任的，不承担赔偿责任。

《道路交通安全法》对机动车和非机动车、行人之间的交通事故赔偿问题只作了原则性赔偿规定，从上述地方法规可以看出，各地方在“减轻机动车一方责

任”上作出了具体规定。电动自行车属于非机动车，在发生此类交通事故时根据地方法规处理避免了一些对机动车一方不公平的问题，使“以人为本”思想更符合中国实际，同时在一定程度上遏制了非机动车的违法行为。

第五章 电动自行车交通事故现状及原因分析

5.1 电动自行车交通事故现状

电动自行车引发的交通事故逐年增多,2004 年全年仅成都市电动自行车就发生立案道路交通事故 310 件,造成 29 人死亡,326 人受伤,直接经济损失达 36 万元。2005 年 1~8 月,成都市中心城区发生电动自行车立案交通事故 508 件,死亡 21 人,伤 523 人,经济损失 47.45 万元。事故发生呈迅猛上升势头。

根据交通管理部门统计,自行车、电动自行车、轻型摩托车交通事故的主要形式均表现为与机动车之间的碰撞。其事故特点具有以下几个相似性:

①事故率高。由于体积小、行驶稳定性差、安全设施少,两轮车是一种安全性能较低的交通工具。两轮车负主要责任的事故超过总数的 1/2。2004 年成都市自行车、电动自行车与轻型摩托车事故率分别为 16.54%,1.79%和 0.47%(见图 5.1),基本与各自流量比相当。

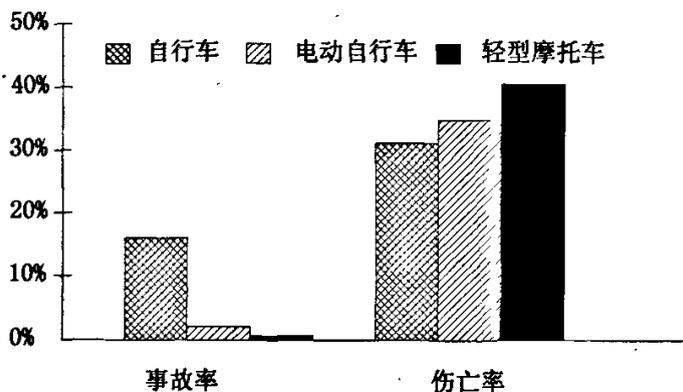


图 5.1 2004 年成都市两轮车事故率、伤亡率对比分析^[12]

②伤亡率高(中度伤以上)。碰撞双方质量悬殊,两轮车一方处于明显弱势,人身伤亡率极高。

电动自行车事故随着电动自行车数量增长呈上升趋势。由于电动自行车的车速较快,冲击力较强,加上制动性能较差,驾骑电动车的人又没有经过专门训练,交通法规似懂非懂,在道理上行驶时,只要一遇情况就不知所措,引发交通事故。

公安交通管理部门公布的有关数据显示,从去年 12 月 21 日至今年 10 月 17 日共 302 天内,上海市共发生 742 起涉及电动自行车的交通事故,造成 92 人死亡、770 人受伤。其中,电动自行车负同等责任以上(含)的交通事故有 364 起,死亡 34 人,受伤 381 人,同比分别上升 42.64%、17.65%和 49.41%。沈阳市交警支队提供的数据显示,2006 年共发生涉及电动自行车的交通事故 61 起、死伤 69 人。“电动

自行车已成为继摩托车之后的事故多发车。”有关负责人表示，由于电动自行车价格便宜、购买方便、使用便捷，而且不像摩托车那样需要办理上牌领证、考试等繁琐手续，市民群众“弃摩改电”、“弃自改电”的情况非常普遍，近年来电动自行车数量急剧增长，由此引发的交通事故也不断攀升。

电动自行车其实已不能等同于普通自行车，它具有一定的机动性。很多电动自行车驾驶人员对交通规则是一无所知，安全违法行为严重。因此，目前电动自行车交通事故数量持续增加，事故严重程度逐渐增大，管理制度不完善也导致损害赔偿调节难。

5.2 原因分析

5.2.1 电动自行车交通事故多发原因分析

①电动自行车制造业无序竞争，品种繁多，质量不保。

国家对机动车的生产、使用、管理有一整套的管理措施，对非机动车的管理相对薄弱，这样就被不法厂商有机可趁，以至造成大量不合格、超标准的电动自行车在市场销售，上道路行驶。据上海市公安局车辆管理所公布的可在上海地区登记领牌的合格品种就有 900 余种，另有一些品种的车辆因质量不达标而判不合格，但在商店中出现非法出售的电动自行车，存在着较大的事故隐患。如设计车速超过 20 公里/小时，为吸引市民购买，追求外观豪华，车辆自重超 40 公斤，无脚踏功能，提高电机功率，将电动自行车改造成“电动摩托车”。这样的不合格“电动自行车”大量生产和销售是导致电动自行车交通事故日益严重的重要原因。

②自身安全特性较差。

电动自行车是二轮简单结构，而且骑行者没有防护设施，使得自行车在安全性、舒适性、稳定性方面比较差。自行车只有两点接触地面，且接触面积小；运行时重心高、处于动态平衡中，骑车人一旦失去平衡就会摔倒，容易引发交通事故；不运行则不稳。自行车若受到横向外力会造成转向或倾覆。

电动车的行驶速度介于摩托车与自行车之间，而它的机械性能确远比不上摩托车，因此在遇到突发事件时会应变力不足；而交通工具速度不一，种类繁多，是造成交通肇事的重要原因，电动自行车会造成道路上速度种类的增加。电动自行车一方面要超越自行车，另一方面又要应对机动车的超越。

电动自行车属于非机动车，在机非混行的道路上，应当靠车行道的右侧行驶，但是电动自行车在非机动车道内行驶时与普通自行车形成混合交通流，电动自行车比普通自行车的速度快、质量大，制动时惯性也大，容易导致交通事故。而且由于行驶速度较快，许多电动自行车驾驶员为避让慢速的普通自行车和行人，经常突然转向，或转入机动车道行驶，而电动自行车的速度又比机动车慢，所以在机动车道内又与机动车形成混合交通流，导致电动自行车与机动车之间发生事故。

在机非隔离的道路上，由于电动自行车的动力来自电瓶，响声很小，在非机动车道上的行人和骑自行车的人很难判断电动自行车的到来，容易措手不及，造成车辆擦刮，人员擦伤。

③驾驶人没经过培训，安全意识差。

电动自行车在道路行驶中交通违法行为突出。由于电动自行车骑车人没有经过专门的交通安全法律法规的培训，对交通法规知识是盲区，道路交通违法行为严重。如争道抢行、突穿猛拐、闯信号灯、随意转弯变道、超速行驶，虽然现行法规对电动自行车在非机动车道行驶时的最高时速规定不得超过每小时 15 公里，但大多数骑车人不知道这一规定。实际上路行驶的车辆设计时速可达 20~30Km/h，甚至更高，电动自行车骑车人往往超速行驶，遇有紧急情况应变能力极差，引发交通事故。

5.2.2 电动自行车交通事故处理困难原因分析

我国按规定没有对电动自行车实行强制保险制度，使交通事故出现处理困难，同时使部分受害人得不到及时救助和补偿。从 2006 年 7 月 1 日起，我国《机动车交通事故责任强制保险条例》正式施行，在中华人民共和国境内道路上行驶的机动车的所有人或者管理人，应当依照《中华人民共和国道路交通安全法》的规定投保机动车交通事故责任强制保险。这样对机动车与非机动车、行人发生交通事故后，使调解处理变容易，保护了受害人利益。但现在电动自行车与电动自行车、电动自行车与行人发生交通事故后，调解处理比较困难。随着电动自行车数量快速增加，这一现象日益严重。电动自行车车速较快，冲击力强，一旦相撞，损失较大。而大多数骑车人经济收入不高，对涉案损失千元、万元以上的，甚至死亡事故，就难以处理。

第六章 电动自行车交通对策研究

电动自行车作为新型的交通工具,便捷、环保、价廉和易于驾乘,具有自行车和摩托车的综合优点,得到了工薪阶层的青睐。同时电动自行车数量急剧增加和“轻摩化”电动自行车成为主流,电动自行车交通事故数量逐年上升,也给城市道路交通带来日益严重的问题。因此不少城市禁止电动自行车上路,对此问题各方分歧很大,管理形势相当严峻,急需国家政策的明朗化。

电动自行车之所以被争论的沸沸扬扬,各地的政策各不相同,笔者感到对待电动自行车新兴产业应客观理性,不能够强调电动自行车适应居民出行需求,有利于节约能源而忽视对城市交通和环境的影响;也不能强调城市应发展大公交系统,电动自行车对城市道路交通产生较大的冲击,而忽视电动自行车是适合广大工薪阶层的交通工具。目前生产企业、销售商和消费者强调需求和方便,交管部门、环保部门强调安全和环保、机动车驾驶员、骑自行车人和行人强调危险和干扰。新生且受欢迎的事物总是有缺点的这是规律,应采取发扬其积极因素,克服其消极因素的办法。

通过上述几章的分析研究,笔者认为我国部分城市完全禁止电动自行车上路的规定不可取,应当针对目前电动自行车交通现状出台相应管理措施,促进电动自行车交通的合理、健康发展。

6.1 积极借鉴国外实施的电动自行车管理办法

国外因城市道路交通的发达和城市公交系统的完善,市民出行普遍采用公交车作为出行交通工具,对自行车和电动自行车管理基本不限制。

英国:1)电机最大功率不大于200W;2)最高车速不超过15英里/小时;3)必须保留人力脚踩机构;4)驾车人年龄必须大于14周岁。相关的交通管理规定:1)不需申领行车牌照,不需向交通部门登记注册;2)不征收牌照税、消费税;3)骑者不需戴头盔;4)不需购买第三者保险;5)不需考驾驶执照。

日本:1)电机最大功率不大于250W;2)电动车骑行速度达到16公里/小时后,电动助力必须逐渐减小,到24公里/小时,电动助力减至零;3)驾车人最小年龄为15周岁;4)无需办驾驶执照;5)不需办理牌照;6)不需办理保险;7)骑行者不需戴头盔。

法国:1)电机最大功率不大于500W;2)骑行速度小于25公里/小时;3)对驾车人无年龄限制;4)不需办理牌照;5)骑行者不需戴头盔。

瑞士:1)电机功率不限制;2)最高车速20公里/小时;3)驾车人最小年龄为14周岁;4)无需办理牌照、驾照不征税;5)骑行者不需戴头盔。

根据国外发达国家对电动自行车实施的管理办法,建议我国政府积极借鉴其符合中国实际情况的措施,制定合理的技术要求和管理办法,不能照搬照用。

6.2 规范电动自行车行业

目前行业内有许多企业的产品未能达标,说明行业内一些企业的法制观念淡薄。电动自行车在中国一诞生,就存在指导思想的片面和混乱,不及时清理,会导致其灭亡,不能只看重需求,而忽视了中国国情下的各种要求。电动自行车被列入非机动车来管理是合理的,只能在非机动车道路上行驶,所以首先它应当是自行车,其质量和速度必须与其它非机动车相当。现在主要规格型号的电动自行车质量过大、速度过快,行驶的动能和动量比普通自行车大的多,必然会造成安全隐患。所以生产企业和行业的标准,要对电动自行车的各项指标进行规范,企业要高度重视标准,要高度重视安全,要高度重视环保,促进电动自行车行业的合理发展。

6.3 交通管理部门要根据法律法规严格管理

从上述分析中可知:速度越大电动自行车运行稳定性越差,速度和质量是导致电动自行车交通事故严重程度增大的主要因素。因此,建议公安交通管理部门应当依据《道路交通安全法》和《电动自行车通用技术条件》(国家标准 GB17761-1999)的原则,制定管理办法。对符合“设计最高时速应不大于 20Km/h,整车质量应不大于 40Kg,轮胎宽度不大于 54mm,电机额定输出功率应不大于 240W,蓄电池标称电压应不大于 48V,具有良好的脚踏骑行功能,30 分钟的脚踏行驶距离应不小于 7Km”《电动自行车通用技术条件》六项技术要求的,认定为电动自行车,允许作为非机动车上路行驶;对不符合《电动自行车通用技术条件》六项技术要求,达到《机动车运行安全技术条件》中摩托车技术标准的,认定为摩托车,按机动车进行管理;对既不符合电动自行车标准又不符合摩托车技术标准的,禁止上路行驶,被查到一律扣留。这样,可以防止“轻摩化”超标车做为非机动车上路带来安全隐患。

同时建议,骑电动自行车上路行驶必须戴头盔。从电动自行车事故形态看,很多是因头部受伤而死亡的,戴头盔可以降低头部的受伤程度,减少骑车人的伤亡。

6.4 对电动自行车应实行牌证管理制度

电动自行车不仅是交通问题和管理问题,更关系到城市长远发展、城市整体规划、交通结构和环境保护。它属于低效率的个体交通方式,在运输效益、城市资源利用等方面远不如公交车,混合交通中电动自行车所占比例越高,对机动车流和非机动车流干扰就越大。其盲目快速发展,使有限道路资源更加紧张,要通过经济手段来控制电动自行车迅猛增长的势头,减轻日益增加的交通管理压力和路网承受能力。同时,电动自行车具有一定“机动化”特征,运行安全性能较差。因此对电动自行车应实行牌证管理制度,定期进行安全技术检验,既可控制其数

量大规模增加，又能保证上路行驶的电动自行车安全性能。

①规定凡拼装、改装、自行组装电动自行车或者生产无人力脚踏驱动装置，以及最高时速、整车重量、外型尺寸、电动机功率不符合标准规定的电动自行车，一律不予核发牌证。

②牌证管理上应根据电动自行车使用寿命实行有效期制，期满后不再核发、换发，并禁止上路行驶。

③应实行定期安全技术检验制度，保证其安全技术性能正常。

6.5 对电动自行车应实行准驾制度

目前绝大多数电动自行车骑车人交通安全意识淡薄，不熟悉交通法律法规。虽然《道路交通安全法》规定电动自行车是非机动车，那么，上路行驶自然走非机动车道，但由于其速度、动力等特殊性和特殊性，不少电动自行车闯入机动车道与机动车混行或者频繁快速地处于变速行驶路线的超车状态，对机动车、普通自行车和行人造成了威胁，此外，其他交通违法行为亦很突出，如车前与后座载人载物，跨越路口时超速行驶，横穿人行斑马线时没有下车牵引等等。因此，交通管理部门应制定针对电动自行车实行准驾制度，通过交通法规培训并考核通过才能获得驾车资格。严格规范电动自行车的驾驶行为，消除交通安全隐患。

6.6 对电动自行车应实行强制保险制度

电动自行车车速较快，质量较大，对其他的非机动车和行人直接构成了一定威胁，而电动自行车所有人通常是工薪阶层，经济条件不是很富裕，一旦造成重大事故，受害人很难得到及时救助和赔偿，给事故处理带来困难。

电动自行车与机动车发生碰撞时通常骑车人损伤严重，虽然机动车投保了交通事故责任强制保险，但很多情况下责任限额部分只是杯水车薪，这样也增加事故处理难度。因此，电动自行车应借鉴机动车管理实行强制保险制度，切实体现“生命至上”的原则，也缓解交通事故处理困难情况。

结 论

电动自行车作为新型的交通工具,便捷、环保、价廉和易于驾乘,具有自行车和摩托车的综合优点,受到工薪阶层的青睐,但也带来了非常严重的交通问题和管理问题。本文较系统地将力学知识和法律知识结合起来对我国电动自行车交通现状进行分析研究并提出合理性对策,对于我国城市道路交通的合理发展和减少道路交通事故的发生具有重要的意义。主要研究结论如下:

①全面分析了电动自行车近几年在我国高速发展的原因和存在的严重问题。人民生活水平不高、我国城市公共交通的发达程度不高、电动自行车管理政策的滞后以及电动自行车便捷、环保、价廉和易于驾乘的特性促使电动自行车在我国高速发展。电动自行车发展带来的问题主要有:交通管理法规和电动自行车产业政策的不完备,致使电动自行车管理困难、加剧混合交通矛盾,影响通行效率、交通违法行为严重、本身质量问题和电池的二次污染问题。

②电动自行车对机动车和非机动车交通干扰分析。电动自行车是二轮简单结构,而且骑行者没有防护设施,使得自行车在安全性、舒适性、稳定性方面比较差。进出机动车道对机动车流干扰较大,影响通行效率;由于速度高于其他非机动车,在非机动车道行驶同样会干扰非机动车流,影响非机动车道的通行效率。

③本文对电动自行车交通安全特性进行了分析。通过对整车行驶时和转向时进行力学分析,得出速度越快电动自行车行驶稳定性越差。通过对电动自行车与汽车碰撞、电动自行车与行人碰撞运动学特性分析,得出速度和质量是影响交通事故后果严重程度的主要因素。

④总结我国法律法规对电动自行车的相关规定。从法律到地方法规全面分析总结了现行法律法规对电动自行车的通行规范、交通事故处理原则和规定等。

⑤分析电动自行车交通事故现状和原因。电动自行车引发交通事故逐年增多,后果日趋严重,事故处理困难。主要原因在于电动自行车安全质量不合格、超标车辆的增加、交通安全违法行为严重、车辆本身安全性能差、法律政策不完善等。

主要建议:

①规范电动自行车行业。从源头上控制超标和存在安全隐患的电动自行车生产和销售。

②根据法律法规严格管理。道路交通管理部门应当严格依据《道路交通安全法》和《电动自行车通用技术条件》(国家标准 GB17761-1999)进行管理,给机动车和非机动车划清界限。

③实行牌证制度、准驾制度和强制保险制度。这有利于提高骑车人安全意识,减少交通违法行为;保证上路行驶电动自行车安全技术状况;保障交通事故中受害人得到及时救助和赔偿,减少事故处理纠纷;避免电动自行车数量飞速增长,

使城市道路交通合理发展。

以后研究方向：

①电动自行车对城市交通影响分析。建立数学模型，科学的分析电动自行车对城市交通发展的利弊以及影响程度，便于制定合理的城市交通发展战略。

②电动自行车行驶安全性能分析。从电动自行车自身的组成部件与骑车人的关系进行研究，使得在骑行过程中既舒适，又提高稳定性。

③加强电动自行车管理规范的研究。找出现行关于电动自行车规定中存在的不足，为电动自行车管理规范的修订提供基础资料。

致 谢

在师长、亲友的大力支持下，我顺利完成了重庆交通大学交通运输工程硕士研究生的学习。在学习期间，我感受到了重庆交通大学各位老师治学严谨、精进不懈的工作作风。特别是在我的毕业论文的选题、设计、写作和定稿等过程中，得到了邵毅明教授诲人不倦、深入细致的悉心指导，邵毅明教授渊博的知识、兢兢业业的治学风格、严谨、求实的敬业精神和对学生一丝不苟的态度给我留下了深刻的印象，也我为以后的学习和工作树立了榜样。有幸得到邵毅明教授的亲自指导，我倍感荣幸。在此，向我敬爱的导师为我的个人研究工作所做的一切致以最深和至诚的感激之情，并向交通运输学院所有为我授业和提供过帮助的领导、老师致以最深刻的谢意。

此外，还要感谢四川警察学院相关领导和同事们，感谢他们给予的关心、支持和帮助。论文写作中查阅了大量的参考文献，这些参考文献对我的论文写作起了十分重要的作用。在此，对论文中的参考文献的作者致以衷心感谢。

由于本人水平有限，文笔欠佳，论文中还存在不足之处，敬请各位专家批评指正。

参考文献

- [1] J.J.Nieboer, J.Wismans et al. Motorcycle Crash Test Modelling. SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 933133
- [2] YuQing Wang and Minoru Sakurai. Development and Verification of a Computer Simulation Model of Motorcycle-to-Vehicle Collisions. SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 1999-01-0719
- [3] Derwyn M.Severy, Harrison M. Brink, and David M.Blaisdell. Motorcycle Collision Experiments. Paper 700897, University of California, Los Angeles
- [4] Tetsuo Maki, Janusz Kajzer. The Behavior of Bicyclists in Frontal and Rear Crash Accidents with Cars[J]. JSAE Review, 2001
- [5] Nicholas M.Rogers, John W.Zellner. An overall evaluation of UKDS motorcyclist leg protectors based on ISO13232. SAE paper 98-S10-O-13
- [6] Evans L. Drive Injury and Fatality Risk in Two car Crashes: Dependence on Masses of Driven and Striking Car[A].Paris: Proceedings of the 13th International Technical Conference on ESV[C], 1994
- [7] Mikko Rasanen, Heikki Summala. Attention and Expectation Problems in Bicycle-car Collisions: an In-depth Study[J]. Accident Analysis and Prevention, 1998, 30(5):657 — 666
- [8] Huston R1,King TP. An analytical assessment of three-point restraints oin several accident configuration. SAE Paper 880398
- [9]乔维高. 摩托车自行车行人碰撞事故形态分析及行人伤害保护的研究[学位论文]. 武汉理工大学. 2005
- [10]张飞. 我国电动自行车发展状况及管理对策研究[学位论文]. 郑州. 郑州大学. 2006
- [11]张学亮, 邓卫. 南京电动车发展战略研究. 道路交通与安全. 第6卷第12期
- [12]马国忠, 明士军, 吴海涛. 电动自行车安全特性分析. 中国安全科学学报. 2006年4月
- [13]马金盛, 冯川, 尹虎. 电动自行车的人机工程分析. 年中国机械工程学会年会论文集. 2001
- [14]王晓伟, 潘双夏. 电动自行车行驶阻力分析与模拟应用. 机械. 2002年第z1期
- [15]宋景芬, 张国方. 摩托车碰撞交通事故再现研究. 武汉汽车上业大学学报. 1999年4月
- [16]徐华锋. 自行车运动稳定性研究. 振动与冲击. 1994年第3期
- [17]吴祖峰. 论电动自行车. 城市管理与科技. 2006年第1期
- [18]中自协. 2003年全国各省市自行车电动自行车产量一览表. 中国自行车. 2006年4月
- [19]庞勇. 城市交通与电动自行车管理. 政策探索. 2006年5月
- [20]清水健一(日). 电动混合动力自行车的共同使用而构成的新的交通系统. 汽车工程. 2003年第5期
- [21]赖焕俊, 周立迎. 电动自行车在发展中存在的问题与对策研究. 经济师. 2004年第8期

- [22]农工党四川省委员会.关于加强电动自行车管理的建议.四川省社会主义学院学报.
2006年第4期
- [23]高华,高光生,王翠伟.浅谈电动自行车的发展及存在的问题.大众科技.
2006年第4期
- [24]电动自行车交通事故多发原因分析及相应对策. www.safety999.com. 2006-10
- [25]丁红军.电动自行车存在的问题及对策.摩托车技术.2004年2月
- [26]王云,马国忠,唐国利.电动自行车对城市交通安全影响分析.交通标准化.
2005年第2期
- [27]电动自行车通用技术条件. GB 17761-1999
- [28]陈艳艳,刘小明电动自行车在北京发展策略研究.道路交通与安全.2002年第4期.
- [29]李鑫.电动自行车对城市交通的影响及对策分析.交通标准化.2005年第12期
- [30]冯洪高.电动自行车制动性能测试平台的分析.希望月报.2007.6
- [31]崔万安.电动自行车.机械工业出版社.2002年2月
- [33]李江.交通事故力学.机械工业出版社.2000年2月
- [34]阳兆祥.交通事故力学鉴定教程.2002年10月
- [35]许洪国,何彪.道路交通事故分析与再现.警官教育出版社.2000年9月
- [36]许洪国.汽车事故工程.人民交通出版社.2004年7月
- [37]张正常.中国城市交通发展战略.北京师范大学出版社.2004年
- [38]丁立民,王蒙.关注电动自行车.人民公安大学学报.2004年6期
- [40]朱序璋.人机工程学.西安电子科技大学出版社.1999年
- [41]土炜,杨新苗,陈学武.城市公共交通系统规划方法与管理技术.科学出版社.2002年
- [42]江景舫.电动自行车能否挂牌上路之我见.安全与健康.2002年第6期
- [43]阮志诚.电动自行车通用技术条件国标解答.轻工标准与质量.2002年第1期
- [44]钱大琳.城市道路混合交通干扰的安全因素分析.中国安全科学学报.2004年2月
- [45]中国电动自行车市场分析. <http://www.chinairn.com>. 2006年12月
- [46]北京工业大学,北京交通发展研究中心.北京电动自行车发展对策研究报告.
2005年5月
- [47]电动自行车国外及台湾地区发展概述.中国电动车信息网.2004-12
- [48]王明文.非机动车对路段交通流影响的研究[学位论文].北京.北京工业大学.
2004年5月
- [49]管红毅.城市自行车交通系统研究[学位论文].成都.西南交通大学.2004年5月
- [50]徐吉谦.交通工程总论.人民交通出版社.2002年9月
- [51]贾顺平,彭宏勤,尹相勇.机非混行路段上自行车对机动车行驶的摩擦干扰影响分析.
北京交通大学学报.2006年12月

-
- [52]杨磊, 张成. 自行车骑行行为研究. 道路交通安全与安全. 2006年8月
- [53]刘彩霞. 自行车诱发交通事故原因分析. 成都教育学院学报. 2004年9月
- [54]何平. 道路交通安全管理新编. 西南交通大学出版社. 2005年11月
- [55]刘玉增, 王洪明. 道路交通事故学. 四川大学出版社. 2005年9月

攻读硕士学位期间发表的论文

- [1]石臣鹏. 对城市道路交通标志设置的探讨. 四川警官高等专科学校学报. 2006 年第 4 期
- [2]石臣鹏, 邵毅明. 从交通安全角度看电动自行车管理. 四川警官高等专科学校学报
2007 年第 6 期