

# 城市电动自行车总量调控指标计算方法

张杰华<sup>1,2,3</sup>, 郑淑鉴<sup>1,2,3</sup>, 熊文华<sup>1,2,3</sup>

(1. 广州市交通规划研究院有限公司, 广东 广州 510030; 2. 道路交通安全管控技术国家工程研究中心, 北京 100000; 3. 广东省可持续交通工程技术研究中心, 广东 广州 510030)

**摘要:** 针对中国城市电动自行车数量快速增长引发的交通秩序混乱和安全管理问题, 开展系统性的电动自行车总量调控指标计算方法研究。首先从城市交通管理的实际需求出发, 探讨实施电动自行车总量调控的必要性和影响要素。其次, 构建包含人口规模、出行方式和道路承载力3个维度的电动自行车总量调控指标体系, 确立总量调控指标计算方法。最后, 通过典型城市案例分析, 证实了3种计算方法具有显著的科学与一致性, 目标城市2035年电动自行车总量调控指标区间为: 全市667~720万辆, 中心城区385~420万辆。结果表明, 实施该调控方案可使电动自行车无序增长规模降低15%~23%, 为电动自行车管理政策的科学制定提供量化依据和技术支撑。

**关键词:** 交通管理; 电动自行车; 总量调控; 道路承载力

Calculation Method for Regulatory Indicators of Urban E-Bike Population

ZHANG Jiehua<sup>1,2,3</sup>, ZHENG Shujian<sup>1,2,3</sup>, XIONG Wenhua<sup>1,2,3</sup>

(1. Guangzhou Transport Planning Research Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong 510030, China; 2. Research Institute for Road Safety of MPS, Beijing 100000, China; 3. Guangdong Sustainable Transportation Engineering Technology Research Center, Guangzhou Guangdong 510030, China)

**Abstract:** In response to the increasing traffic disorder and safety management concerns due to the rapid growth of electric bicycles (e-bikes) in Chinese cities, this paper presents a systematic study on calculation method for regulatory indicators of urban e-bike population. Beginning with an analysis of practical urban traffic management needs, the paper examines the necessity of e-bike population regulation and the factors influencing its implementation. A three-dimensional framework, including population size, travel mode, and road capacity, is established to develop the calculation method of regulatory indicators. Finally, the paper validates the scientific validity and internal consistency of three calculation methods through a case study of a representative city. Results show that the 2035 projected range of regulatory indicators for e-bike population is between 6.67 and 7.2 million units citywide, with 3.85 to 4.2 million units in the central urban area. The findings suggest that applying this regulatory scheme could reduce the scale of unregulated e-bike growth by 15% to 23%, offering a quantitative basis and technical support for the scientific formulation of e-bike management policies.

**Keywords:** traffic management; e-bike; population regulation; road capacity

收稿日期: 2025-02-14

基金项目: 广东省住房和城乡建设厅2024年科技创新计划项目“粤港澳大湾区城市道路网络韧性安全效能测评、态势演化和防控策略研究”(2024-K23-094406)、道路交通安全管控技术国家工程研究中心开放课题“基于大数据的货运交通安全隐患点识别及安全设施设计方法研究”(2024GCZXXFKT20A)

作者简介: 张杰华(1995—), 广东江门人, 硕士, 工程师, 研究方向为智慧交通, 电子邮箱 zjh530868646@163.com。

## 0 引言

近年来, 个体交通方式在市民群体中愈发受到青睐。电动自行车凭借其经济实惠、灵活便捷的特性, 精准契合城市短距离通勤人群以及乡村地区居民的出行需求<sup>[1]</sup>。这一

优势使得电动自行车市场呈现爆发式增长态势, 同时也引发了城市交通秩序混乱、道路交通拥堵以及交通违法违规为激增等一系列问题。

电动自行车保有量的迅猛增长使得许多城市(尤其是中心城区)出行需求超出了道路

承载力。截至2023年底,中国电动自行车保有量已达4.2亿辆,同比增长2 000万辆,较2018年增加1.3亿辆,相当于每4人即拥有1辆电动自行车<sup>[2]</sup>。然而,受限于城市老城区道路资源紧张及电动自行车基础设施不足的现状,电动自行车规模过大进一步加剧了交通拥堵态势。此外,电动自行车交通秩序混乱问题已严重威胁到城市道路交通安全,成为社会广泛关注的民生焦点。近年来,电动自行车交通事故频发,占用机动车道行驶、随意变道穿插、闯红灯、违规停放等现象日益普遍。尤其是快递、外卖等领域电动自行车数量增长快、出行频次高、行驶时间长,且具有高时效性要求,进一步加剧了电动自行车违法违规现象。

针对电动自行车保有量增长过快的问题,中国部分城市开始探索总量调控措施。例如:上海市和武汉市提出了必要时可实施电动自行车总量调控措施,但尚未发布具体的总量调控方案。福州、大连等城市对各自中心城区实行电动自行车总量调控,其中,福州市除在5个城区实行总量调控外,还按号牌颜色对电动自行车进行分区域通行管控;大连市在中心城区实行总量调控和注册分配机制,按号牌颜色和号段对电动自行车进行分区域通行管理。总体来看,相关方法论研究的缺失制约了电动自行车总量调控指标的制定,导致调控措施难以有效实施,无法科学引导城市电动自行车的发展。

既有研究大部分围绕电动自行车的交通安全、综合治理等领域<sup>[3-6]</sup>。例如:何长成等<sup>[7]</sup>借助历史数据挖掘电动自行车交通事故的成因,为北京市城市副中心交通安全治理决策提供支持;通过对电动自行车交通安全现状进行全面剖析,王立颖<sup>[8]</sup>从立法、管理、宣传和治理等多个维度提出了针对性管理建议。既有研究多基于现状特征和态势提出综合治理的方法,而结合未来城市发展和人口活动特点制定电动自行车管理措施的研究相对较少。陈先龙等<sup>[9]</sup>基于交通大数据建立时空推演的城市活动模型,有助于精准掌握未来城市出行活动特征。从管控角度考虑,一方面电动自行车的有序发展亟须科学管理与引导,包括优化通行条件、合理分配路权、完善交通设施等,以保障其安全、顺畅、便捷出行;另一方面,多数城市尤其是中心城区道路资源紧张,交通拥堵问题严峻,电动自行车的通行条件改善空间十分有限。若任由电动自行车持续高速增长,必将

进一步加重中心城区道路负荷,严重影响城市交通正常运行。对此,景国胜等<sup>[10]</sup>提出了密度分区主动管控和交通承载力评估反馈双向协同策略,将交通承载力作为重要因素探索城市交通协同治理模式。

本文紧密结合电动自行车发展现状,从人口规模、出行方式以及道路承载力3个维度开展电动自行车总量调控方案研究,提出未来电动自行车总量调控建议指标,并就指标的分配方式以及实施路径提出建议。

## 1 城市电动自行车总量调控影响要素分析

针对电动自行车过快增长问题,需要综合考虑多维度影响要素,科学制定总量调控指标。

### 1) 人口发展情况。

电动自行车保有量应与城市人口规模适配。户籍人口和流动人口对电动自行车的需求存在差异。流动人口的工作地点更换相对频繁,且通勤路线往往未被公共交通全面覆盖,而电动自行车具有经济实惠、灵活便捷的特点,能更好满足其日常通勤需求。因此,应根据城市人口发展的特征,综合考虑户籍人口与流动人口的构成,科学设定电动自行车的配置系数,动态调控投放量。

### 2) 交通结构。

电动自行车出行比例及其与其他交通方式的关系是调控的重要依据。电动自行车在短距离出行中具有显著优势,其出行比例的上升反映了居民对其依赖程度的增加。然而,电动自行车与机动车、公共交通等其他交通方式之间存在复杂的替代和互补关系。因此,在总量调控中应充分考虑电动自行车的出行需求,同时平衡其与其他交通方式的关系,避免对单一交通方式的过度依赖,促进综合交通体系的协调发展。

### 3) 道路空间资源。

道路空间资源的供给情况直接影响电动自行车以及机动车的出行效率和安全性。电动自行车总量调控需充分考虑城市非机动车道、停放空间等基础设施的建设情况。此外,还需要综合考虑城市道路承载力要素。针对道路网络已趋近饱和且道路建设相对成熟的老城区,应考虑道路空间资源的实际承载能力,科学规划电动自行车的发展规模,平衡机动交通与非机动交通的基本出行需求,预防因资源供给失衡引发的交通拥堵和

安全风险。

综上所述，电动自行车总量调控主要受人口发展情况、交通结构和道路空间资源影响。因此，本文将从人口规模、出行方式以及道路承载力3个维度，对电动自行车总量调控指标的确定方法开展研究。

## 2 总量调控指标计算方法

### 2.1 基于人口规模

基于人口规模的电动自行车总量调控指标计算技术路线如图1所示。通过对中国典型电动自行车“大城市”(如北京、上海、广州、深圳、成都、南宁等)进行综合分析，提取各城市的人口规模、年龄结构、电动自行车保有量等特征数据，挖掘具有普适性的城市户籍人口、流动人口与电动自行车保有量之间的比例关系，并将该比例关系定义为户籍人口和流动人口的分配系数。根据目标城市的相关规划确定其未来人口规模，进而推算电动自行车总量调控指标。

基于人口规模的电动自行车总量调控指标计算公式如下：

$$N_{1全市} = c'_{户籍人口系数} \times M_{户籍人口} + c'_{流动人口系数} \times M_{流动人口}, \quad (1)$$

$$N_{1中心} = N_{1全市} \times d, \quad (2)$$

式中： $N_{1全市}$ 为基于人口规模计算得到的目标城市全市电动自行车总量调控指标值/万辆； $c'_{户籍人口系数}$ 和 $c'_{流动人口系数}$ 分别为典型城市户籍人口、流动人口的分配系数，表示两种人口规模对应的电动自行车保有量配额比例； $M_{户籍人口}$ 和 $M_{流动人口}$ 分别为目标城市未来两种人口的规模/万人； $N_{1中心}$ 为基于人口规模计算得到的目标城市中心城区电动自行车总量调控指标值/万辆； $d$ 为目标城市中心城区常住人口规模占全市常住人口规模的比例/%。

### 2.2 基于出行方式

基于出行方式的电动自行车总量调控指标计算技术路线如图2所示。首先，基于目标城市交通结构，识别该城市绿色交通出行比例，获取城市现状绿色交通出行量以及电动自行车出行量等数据；其次，通过分析上述数据，建立电动自行车保有量与出行量之间的比例关系。然后，结合城市绿色交通规划的发展目标，预测未来绿色交通出行量和电动自行车出行量；最后，基于电动自行车保有量与出行量的比例关系及其发展趋势预

测，计算得出电动自行车总量调控指标值。

基于出行方式的电动自行车总量调控指标计算公式为：

$$\begin{cases} F_{2全市} = (k_{2全市} - k_{1全市} + 1) \times L_{1全市} \times d_{2全市} \\ N_{2全市} = \frac{F_{2全市}}{F_{1全市}} \times M_{电全市} \end{cases}, \quad (3)$$

式中： $F_{2全市}$ 为目标城市未来电动自行车出行量/(万人次·d<sup>-1</sup>)； $k_{2全市}$ 为目标城市未来绿色交通出行比例/%； $k_{1全市}$ 为目标城市现状绿色交通出行比例/%； $L_{1全市}$ 为目标城市现状绿色交通出行量/(万人次·d<sup>-1</sup>)； $d_{2全市}$ 为目标城市未来电动自行车出行量占绿色交通出行量的比例/%； $N_{2全市}$ 为基于出行方式计算得到的目标城市电动自行车总量调控指标值/万辆； $F_{1全市}$ 为目标城市现状电动自行车

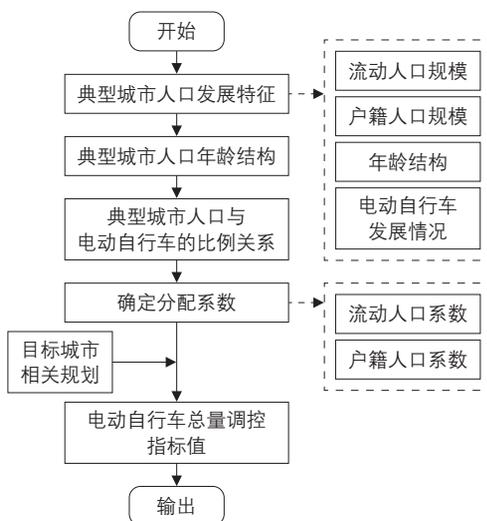


图1 基于人口规模的电动自行车总量调控指标计算技术路线

Fig.1 Technical framework for calculating e-bike population regulatory indicators based on population size

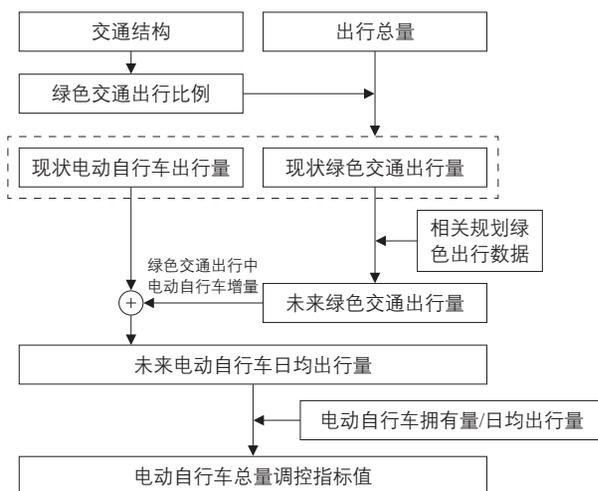


图2 基于出行方式的电动自行车总量调控指标计算技术路线

Fig.2 Technical framework for calculating e-bike population regulatory indicators based on travel modes

出行量/(万人次·d<sup>-1</sup>);  $M_{电全市}$  为目标城市电动自行车保有量与电动自行车日均出行量的比例/%, 其值越高, 表示电动自行车利用率越高。

同理, 目标城市中心城区电动自行车总量调控指标计算公式为:

$$\begin{cases} F_{2中心} = (k_{2中心} - k_{1中心} + 1) \times L_{1中心} \times d_{2中心} \\ N_{2中心} = \frac{F_{2中心}}{F_{1中心}} \times M_{电中心} \end{cases} \quad (4)$$

### 2.3 基于道路承载力

基于道路承载力的电动自行车总量调控指标计算技术路线如图3所示。首先, 通过对城市现状道路里程、道路承载力以及高峰小时道路满载率等数据进行融合分析, 获取当前路网的剩余承载力; 其次, 结合未来城市发展相关规划, 预测未来道路承载力的增长空间, 确定未来道路最大承载量; 最后, 结合电动自行车分时出行数据, 计算电动自行车保有量的最大增长空间, 进而确定总量调控指标。

基于道路承载力的电动自行车总量调控指标计算公式如下:

$$N_{3中心} = \frac{S_{pcu} \times k_{电} \times 16}{\frac{K_{出行}}{K_{拥有}} \times k_{电pcu}} + N_{中心}, \quad (5)$$

$$N_{3全市} = N_{全市} + (N_{3中心} - N_{中心}) \times \frac{N_{全市}}{N_{中心}}, \quad (6)$$

式中:  $N_{3中心}$  为基于道路承载力计算得到的

$$\begin{cases} P_{全市} = [\min(N_{1全市}, N_{2全市}, N_{3全市}), \max(N_{1全市}, N_{2全市}, N_{3全市})] \\ P_{中心} = [\min(N_{1中心}, N_{2中心}, N_{3中心}), \max(N_{1中心}, N_{2中心}, N_{3中心})] \end{cases} \quad (7)$$

## 3 算例分析

本文以某目标城市为例进行实证分析。该城市现状(2024年, 下同)全市电动自行车保有量为600万辆, 其中中心城区保有量为350万辆。按照相关规划, 未来(2035年, 下同)常住人口规模将控制在2000万人(户籍人口1100万人, 流动人口900万人), 综合立体交通网总规模约3万km(其中道路里程1.8万km), 中心城区未来道路里程增加约1.24%。

### 3.1 基于人口规模计算总量调控指标

北京、上海、广州、深圳、成都、南宁等城市的人口结构特征见表1。根据电动自行车管理规定, 驾驶人年龄需满16周岁。通过分析各城市现状电动自行车保有量数据, 可得出户籍人口与电动自行车保有量的

目标城市中心城区电动自行车总量调控指标值/万辆;  $S_{pcu}$  为目标城市中心城区未来道路剩余承载力/(pcu·h<sup>-1</sup>);  $k_{电}$  为目标城市中心城区未来电动自行车出行比例/%, 考虑到电动自行车出行时间主要集中于7:00—23:00(共16h), 因此  $S_{pcu} \times k_{电} \times 16$  表示电动自行车全天出行量/pcu;  $k_{电pcu}$  为机动车标准车当量数与电动自行车车辆数之间的转换系数, 目前中国尚未有统一的电动自行车pcu折算系数, 综合考虑普通自行车pcu折算系数(0.2)以及电动自行车的出行特点, 本文按照0.25取值;  $K_{出行}/K_{拥有}$  为目标城市中心城区电动自行车实际出行量与保有量的比例关系;  $N_{中心}$  为目标城市中心城区现状电动自行车保有量/万辆;  $N_{3全市}$  为基于道路承载力计算得到的目标城市电动自行车总量调控指标值/万辆;  $N_{全市}$  为目标城市现状电动自行车保有量/万辆;  $N_{中心}$  为目标城市中心城区现状电动自行车保有量/万辆;。

### 2.4 目标函数

基于上述指标计算方法, 为综合考量3个维度计算方法之间的协同效应并确保电动自行车总量调控政策的实操性, 本文采用区间数表征方法以增强预测结果对不确定性的包容度, 构建电动自行车总量调控指标区间目标函数:

平均比值为0.30, 流动人口与电动自行车保有量的平均比值为0.51。

根据式(1)和式(2), 计算该城市未来全市电动自行车总量调控指标为702万辆。进一步计算显示, 在中心城区常住人口占全市常住人口57%的情况下, 中心城区电动自行车总量调控指标值约为400万辆。

### 3.2 基于出行方式计算总量调控指标

目标城市中心城区现状电动自行车保有量为350万辆, 绿色交通出行比例约为70%(日均1500万人次·d<sup>-1</sup>), 其中电动自行车出行量为300万人次·d<sup>-1</sup>。基于未来90%的绿色交通出行比例发展目标预测, 中心城区绿色交通出行量将增至1800万人次·d<sup>-1</sup>, 电动自行车日均出行量相应提升至360万人次·d<sup>-1</sup>。运用式(3)计算得出, 该区域电动自行车总量

调控指标值约为420万辆。

同理，全市层面数据显示：现状电动自行车保有量600万辆，绿色交通出行量4000万人次·d<sup>-1</sup>(含电动自行车500万人次·d<sup>-1</sup>)。通过式(4)测算，未来全市电动自行车出行量预计达600万人次·d<sup>-1</sup>，对应总量调控指标值为720万辆。

### 3.3 基于道路承载力计算总量调控指标

经测算，该城市中心城区高峰小时道路承载力和道路满载量将分别提升至22.05万pcu·h<sup>-1</sup>和37.15万pcu·h<sup>-1</sup>。分析显示，中心城区高峰小时在网交通量为35.69万pcu·h<sup>-1</sup>(满载率为96.08%)，剩余交通满载率为3.92%(1.46万pcu·h<sup>-1</sup>)。结合城市交通特征，中心城区电动自行车出行比例约为13%，其实际出行量与保有量比例为1:0.429。根据式(5)和式(6)，计算未来中心城区电动自行车总量调控指标值约为385万辆，全市电动自行车总量调控指标值为667万辆。

### 3.4 电动自行车总量调控指标区间

表2展示了3种方法计算得出的电动自行车总量调控指标结果。根据式(7)，建议目标城市未来电动自行车总量调控指标区间为：全市667~720万辆，中心城区385~420万辆。

针对城市中心城区与外围区域在道路资源、人口分布和交通需求等方面的差异性特征，本文建议采取差异化的电动自行车总量管控措施，以确保核心区交通运行畅通；外围区域则可适当放宽管控标准，在满足基本交通承载力的前提下，为居民提供更为便捷的出行服务选择。

为确保政策实施的可操作性，建议在参考调控指标的基础上，结合城市交通发展的动态变化灵活调整指标取值：当交通运行状况持续向好时，可采用调控指标区间的上限值；若电动自行车数量增长对城市交通运行、通行秩序及交通安全造成显著负面影响，则建议采用下限值进行管控。

通过线性曲线预测2035年全市电动自行车将达到850万辆，中心城区将达到600万辆。对比电动自行车保有量预测值与调控指标值，实施本文提出的总量调控方案后，全市电动自行车规模较无管控情景可降低15%~23%。这一结果证实，基于科学方法制定的总量调控指标能够有效引导电动自行车的有序发展，遏制其无序扩张态势。

## 4 结束语

本文针对城市电动自行车数量增长快、总量规模大、秩序乱、违章多、管理难的典型特征，系统论证了实施总量调控的必要性。基于电动自行车科学管理需求，构建了

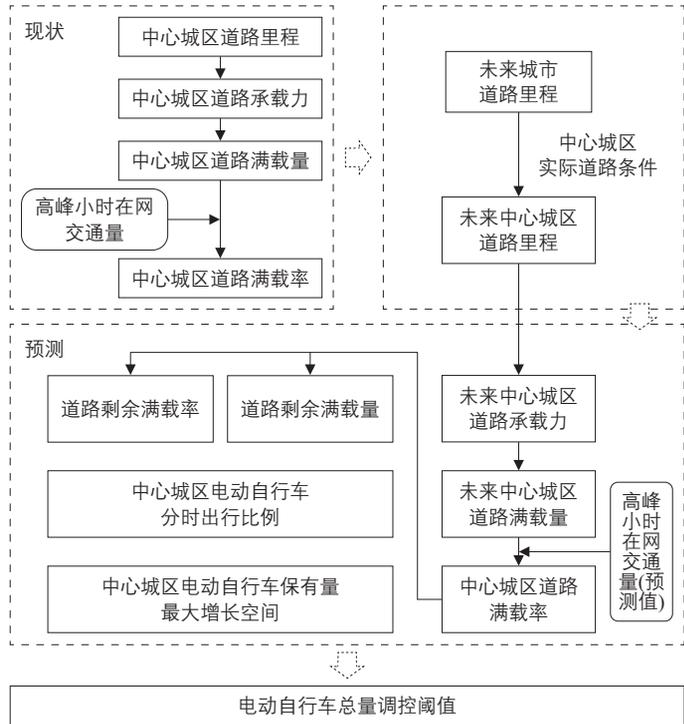


图3 基于道路承载力的电动自行车总量调控指标计算技术路线

Fig.3 Technical framework for calculating e-bike population regulatory indicators based on road capacity

表1 2023年各城市现状人口及年龄结构

Tab.1 Population and age distribution of various cities in 2023

城市	户籍人口/万人	流动人口/万人	16周岁以上人口比例/%
北京	1 429	757	88.00
上海	1 480	1 007	90.09
广州	1 057	826	86.13
深圳	606	1 173	82.40
成都	1 598	542	86.72
南宁	819	75	79.62

表2 三种方法计算得出的电动自行车总量调控指标

Tab.2 Regulatory indicators for e-bike population derived from three calculation methods

计算方法	全市电动自行车 调控指标/万辆	绝对偏差/ %	中心城区电动自行车 调控指标/万辆	绝对偏差/ %
基于人口规模	702	0.81	400	0.41
基于出行方式	720	3.40	420	4.56
基于道路承载力	667	4.21	385	4.15

包含人口规模、出行方式和道路承载力3个维度的总量调控指标计算方法。通过整合出行大数据资源和确立科学的指标计算方法,本文不仅明确了电动自行车总量调控的优化目标,还选取典型城市进行实证分析,测算全市及中心城区电动自行车总量调控指标的合理区间,为相关政策制定和实施提供科学依据。后续研究将重点纳入居住空间分布等关键影响因素,进一步深化电动自行车总量调控优化目标研究。

参考文献:

References:

- [1] 黄启乐,周志华.广州市电动自行车出行特征及管理对策研究[J].交通工程,2021,21(6):57-62.  
HUANG Q L, ZHOU Z H. Travel characteristics and management countermeasures of electric bicycle in Guangzhou[J]. Journal of transportation engineering, 2021, 21(6): 57-62
- [2] 鲁大师官方.2024年电动车格局变化,新势力4年增10倍[EB/OL].(2024-04-09)[2025-01-20].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1795846834001998212>.
- [3] 蒋谦益.常州市电动自行车交通安全协同治理研究[D].南京:南京师范大学,2021.
- [4] 徐佳怡.电动自行车交通安全治理问题及对策研究:基于《江苏省电动自行车管理条例》的实施[J].法制博览,2021(1):174-175.
- [5] 田浩洋,吴小娜,李锦彬.电动自行车综合治理对策研究:以深圳市为例[J].交通与运输,2024,37(s1):190-193.  
TIAN H Y, WU X N, LI J B. Comprehensive management of electric bicycles: a case study of Shenzhen[J]. Traffic & transportation, 2024, 37(s1): 190-193.
- [6] 侯胜军,吕子田,李天宇.石家庄市电动自行车上牌后交通运行分析[J].时代汽车,2023(8):10-13.  
HOU S J, LYU Z T, LI T Y. Traffic operation analysis of licensed electric bicycles in Shijiazhuang[J]. Auto time, 2023(8): 10-13.
- [7] 何长成,朱云龙.北京城市副中心电动自行车交通事故成因分析及预防对策研究[J].交通工程,2023,23(4):16-21.  
HE C C, ZHU Y L. Analysis of the causes and research on prevention of countermeasures of electric bicycle traffic accidents in Beijing's urban sub-centers[J]. Journal of transportation engineering, 2023, 23(4): 16-21.
- [8] 王立颖.电动自行车的交通安全现状及管理对策研究[J].吉林公安高等专科学校学报,2012,27(3):69-72.
- [9] 陈先龙,张华,陈小鸿,等.基于时空推演的城市活动模型研究[J].城市交通,2023,21(1):60-68.  
CHEN X L, ZHANG H, CHEN X H, et al. Urban activity models based on spatiotemporal inference[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 60-68.
- [10] 景国胜,宋程.数据驱动的城市更新与交通治理协同探索:以广州市为例[J].城市发展研究,2024,31(5):48-55.  
JING G S, SONG C. Collaborative exploration of data driven urban renewal and transportation governance: a case study of Guangzhou[J]. Urban development studies, 2024, 31(5): 48-55.

(上接第15页)

- [6] 汪益纯,曹国华,王树盛.国土空间规划背景下交通规划传导与管控研究[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会.交通治理与空间重塑:2020年中国城市交通规划年会论文集.北京:中国建筑工业出版社,2020:497-503.
- [7] 李健行,刘翰宁,赵国锋,等.国土空间规划背景下的道路规划转型思考:以广州为例[J].交通与港航,2022,9(2):63-70.  
LI J X, LIU H N, ZHAO G F, et al. Thoughts on the transformation of road planning under the background of land spatial planning: taking Guangzhou as an example[J]. Communication & shipping, 2022, 9(2): 63-70.
- [8] 刘翰宁,王博文,苑少伟,等.广州市域高速公路红线规划控制研究[J].交通与运输,2022,38(1):37-42.  
LIU H N, WANG B W, YUAN S W, et al. Planning and control of Guangzhou expressway red-line[J]. Traffic & transportation, 2022, 38(1): 37-42.
- [9] 广州市规划和自然资源局.广州市主骨架路网红线规划管控规则(试行)[R].广州:广州市规划和自然资源局,2024.