

住区模式类型与居民交通出行碳排放相关性研究* ——以上海曹杨新村为例

Correlation Studies on Residential Pattern and Carbon Emissions from Residents Transportation: A Case Study of Caoyang Xincun in Shanghai

王伟强 李 建

文章编号1673-8985 (2016) 02-0109-05 中图分类号TU981 文献标识码A

摘 要 住区空间形态及模式类型与密度相关,居民交通出行碳排放与密度、设施多样性、交通站点可达性有着逻辑关联性。以上海曹杨新村作为实证对象加以模式类型划分,结合调研问卷数据将模式类型与碳排放进行相关性研究。分析结果显示,曹杨新村密度与人均交通碳排放间呈非线性波动变化,设施多样性与碳排放呈正相关性,交通站点可达性与碳排放基本呈负相关性。还发现多层围合式及小高层行列式的人均碳排异于其他模式类型,进一步对其居民职业构成、家庭年收入比较研究,碳排放差异性是由于社会结构的消费区隔化造成的。因此,判断住区模式是否“低碳”,首先当明确密度的空间与社会双重含义,并结合本国国情、地区发展条件来引导未来住区发展模式。

Abstract Because population density is relevant to the residential pattern characteristics and pattern classification, the carbon emission from residential transportation is logically correlated with the population density, the diversity of facilities, and the accessibility of traffic sites. This paper takes Shanghai Caoyang Xincun as the object. We study the correlation between the residential patterns and carbon emissions with the data of the questionnaire data in the 8 residential patterns. The results show that the population density of Caoyang Xincun and the per capita carbon emissions of carbon emissions are nonlinear fluctuations, the diversity of facilities and carbon emissions are positively correlated, and the traffic site can reach a negative correlation with carbon emissions. It is also found that the per capita carbon emissions in the residential patterns of multi-storied enclosure dwellings and medium height row houses are different from other patterns. With the further study in professional structure and family income, it is concluded that the carbon emissions difference is caused by consumer segregation of social structure. Therefore, Before the judgment of low-carbon estate pattern, the structural characteristics of spatial density and society should be clarified first, then the national conditions, regional development condition; socioeconomic factors need to be combined to guide the development of future residential pattern.

关键词 住区模式 | 交通碳排放 | 3Ds理论 | 曹杨新村

Keywords Residential pattern | Traffic carbon emission | 3Ds theory | Caoyang Xincun

作者简介

王伟强

同济大学建筑与城市规划学院
教授,博士生导师
同济大学建筑与城市空间研究所
副所长
李 建
同济大学建筑与城市规划学院
博士研究生

0 引言

住区作为城市的基本生活单元,是居民居住、生活和消费的主要活动场所,也自然成为碳排放的主要来源。中国作为快速的发展中国家,在将近30多年的改革开放过程中,伴随着城市化和工业化进程的突飞猛进,据有关研究结论表明,预计到2020年中国的二氧化

碳排放总量将超过美国,居世界第一位^[1]。截止到2011年,中国居住能耗已经成为国家能耗消费部门的第二大主体,并占总能耗消费(total final consumption, TFC)的23%^[2]。与此同时,预计到2020年中国建筑开发总量规模将达到26亿万m²,居住建筑将会占到10—15亿万m²。事实上中国政府始终以负责

*基金项目:国家自然科学基金委项目“基于低碳城市目标的住区模式选择研究——以上海曹杨新村为典型案例”(批准号:51178316);上海同济城市规划设计研究院重点应用型课题资助“低碳特征下的住区模式评价与设计导则研究”(课题编号:YY-2012-05)资助。

任的态度积极响应联合国减少碳排放的倡议,并通过各项政策和技术革新来减少城市最终碳排放,同时中国城市的大量研究也表明^[3-4],居民交通出行量、交通方式选择以及碳足迹与住区开发模式密切相关,因此优化住区空间形态对于居住部门节能减排具有长期性、结构性的作用,同时也是实现城市低碳发展目标的重要规划路径。

1 文献研究综述

1.1 可持续城市形态、交通出行与碳排放

欧洲委员会是最早提出要对城市形态发展加以政策引导并由此实现更为紧凑的城市形态(CEC, 1990),该组织认为紧凑的城市形态能够控制城市无序蔓延并保护农田和土地使用的集约性,即通过混合性的土地使用、可选择的交通出行方式等一系列手段来引导城市物质环境、社会环境以及经济效益达到最优化。可持续城市形态是城市形态研究领域的一个崭新的分支。虽然城市形态在本质上就是指城市的物质形式;但它既是与土地使用和交通系统相关的一系列特征的配置形式^[5];也是城市中所有大型的、稳固的、永久的物质实体的空间组合方式。从已有大量研究成果来看,可持续城市形态的规划要素主要包括:紧凑度(compactness)、可持续交通(sustainable transport)、密度(density)、用地功能混合(mixed land uses)、多样性(diversity)、可达性(accessibility)等各个方面。

就城市空间碳排放而言,大量研究学者多是从宏观层面基于城市结构、土地使用和交通方式来展开的^[6-7],并得出城市形态不仅对居民日常生活行为产生结构影响,也会由此影响交通方式选择并直接导致碳排放差异性变化^[8]。研究则发现规划手段对城市和住区尺度上的温室气体的显著性影响分别达到10%和20%。然而要证实城市形态与交通出行之间确实存在着关系,首先要能证明个人出行选择是由于城市形态这一因素导致的而不是其他因素,但这就需要从时间维度上去

检验城市形态变化对交通出行行为的影响性,很显然持续性地对个体交通出行数据进行监测与反馈从研究条件来看是较为苛刻的。

基于中西方国情差异以及数据可获得性,本研究将结合上海曹杨新村并从密度入手,对住区居民的交通出行碳排放进行实证研究。根据已有研究结论,城市密度与二氧化碳排放呈负相关性关系^[9-10],这意味着提高城市密度是有助于降低人均能耗和碳排放的。然而与欧美国家大量研究结论所得出的城市密度越高、人均碳排越低的结论所不同的是^[11],中国住区的“高层高密度”或“低层低密度”,其往往对应于更大的居住面积和更高的能耗消费水平,这能否就得出,伴随着住区容积趋高、人均面积增大的过程,住区居民交通出行的人均碳排放也呈简单的线性增长关系呢?

1.2 住区尺度的交通出行及“3Ds”理论

在住区尺度层面,与交通出行相关的空间形态研究主要从以下3个维度展开:密度(Density)、多样性(Diversity)和设计(Design)^[11],密度对交通出行具有显著性影响作用很早就已被学者证实^[12],而关于建成环境对居民交通出行影响则成为近些年来学术领域研究的重点。综上可以看出:密度不仅是住区开发的强度指标,同时也是居民就业、服务设施在步行可达性范围内的保证;住区多样性不仅能够形成土地功能以及社会阶层混合,同时还可以提高服务设施集中程度;而住区内部到公共交通站点的距离则决定了其步行可达性以及到目的地的便捷程度。因此,基于密度(Density)、多样性(Diversity)和交通设施可达性(Distance to transit)的“3Ds”理论,对于以低碳目标为导向的住区形态研究工作更具有针对性。

1.3 住区模式类型与碳排放

“模式”(Pattern)在《现代汉语词典》中意为事物的标准样式。亚历山大则认为,在空间中,存在着大量的模式支配着复杂的物质空间现象,这些模式其实是几何要素之间

的关系模式,而要素本身也是关系模式^[13]。国内学者对住区模式的定义和探讨,主要源于从计划经济向市场经济转型过程中,住区规划建设过程中出现的一系列空间问题,并分别从空间尺度划分^[14]、封闭式管理^[15]等方面加以解析。研究认为,住区模式表面上反映了空间方面的功能布局、尺度规模、开发强度、边界封闭等一系列物质形态特征,但空间模式特征是受到个人行为以及社会经济关系所支配的。从这一角度来看,住区模式既可以作为密度变化的物质载体^①,又可以作为社会现象来加以解析,而真正推动并塑造住区模式的来源在于社会经济结构。在中国土地资源与人口发展相互约束的条件下,住区模式类型特征不仅仅是空间物质表现,同时它还具有社会结构逻辑性,并由此决定了住区模式类型与交通碳排放之间的关联性。

2 研究对象与分析方法

2.1 研究对象选取

上海曹杨新村是新中国第一个工人新村,始建于1951年,从计划经济向市场经济的历史演进过程中,逐步形成了社会阶层与空间结构的多样化特征。曹杨新村占地面积2.14 km²,住宅建筑总面积200余万m²,总人口132 419人(2010年上海六普统计数据),人口密度6.2万人/km²。

研究选取曹杨新村作为住区模式类型与交通出行碳排放相关性研究基于以下3方面。首先,在物质空间方面,其在一定居住区域内,形成了低密度、中密度和高密度多种住区模式并存的格局(图1)。其次,在历经几十年更新演变后,已形成公共设施体系健全、设施配置完善、服务等级分明的优点。最后,曹杨新村住区居民的社会结构形态在职业类型、教育程度等方面呈现出阶层混合化特征。

2.2 研究数据与住区类型划分

研究选取了54个小区并通过GIS获得空间基本数据,交通出行碳排放估算则是通过对54个小区进行样本等距抽样并进行问卷发

注释 ①从概念辨析来看,“类型”(Type)是事物形式上的分布规律并由此对其共同特征加以抽象,而“模式”(Pattern)则是解决某一类问题的方法论,把分析解决某类事物的方法总结归纳到理论高度。居住作为人类活动最根本和最重要的内容,住区形态类型涵盖了物质、经济和社会3大内容,而住区模式则是对住区形态构成要素的系统化与结构化。从住区模式系统构成要素出发,本研究认为住区模式要素应包括物质性要素和非物质性要素,物质性要素包括住房、设施、道路、景观等方面,非物质性要素则主要包括社会关系、人文精神、生活方式等方面,密度则是住区模式要素中重要量化指标。

表1 曹杨新村住区空间模式划分与密度特征

开发强度	空间形态特征	模式类型	住区模式特征图				住区主要密度指标统计			
			曹杨新村典型形态	住区模式特征归纳	模式类型编号	容积率 (far)	建筑密度 (%)	人口密度 (人/hm ²)	户数密度 (户/hm ²)	人均住房面积 (m ² /人)
低容积率	低层	行列式			类型一 Type1	0.97	31.7	652.38	27.34	14.97
		多层			类型二 Type2	1.72	38.2	913.30	38.61	19.29
中容积率	多层	混合式			类型三 Type3	1.84	35.5	964.97	39.87	19.18
		围合式			类型四 Type4	2.39	36.7	819.42	29.50	35.58
高容积率	小高层	行列式			类型五 Type5	3.07	34.2	789.60	28.67	39.45
	小高层	围合式			类型六 Type6	3.56	31.1	659.44	23.51	54.87
	高层	点式			类型七 Type7	4.50	29.2	1 373.02	53.66	34.01
	高层	独栋式			类型八 Type8	4.51	29.4	849.37	31.34	58.32

资料来源:根据本研究课题数据整理。

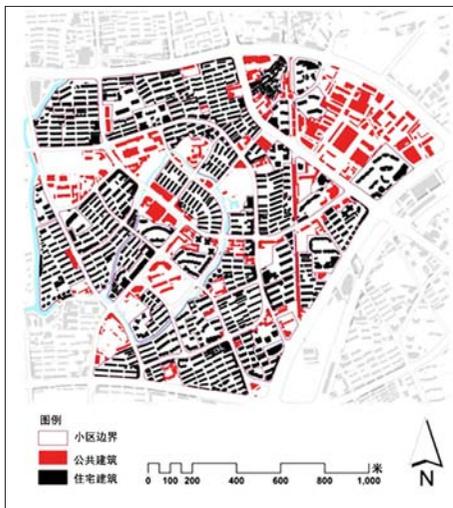


图1 曹杨新村现状空间肌理
资料来源:笔者自绘。

放,回收后通过统计软件进行分析并得出人均交通碳排放值^②。问卷共计发放1 500份,回收1 023份有效问卷,有效率为68.2%。基于曹杨新村多梯度、多次类的密度结构特征,研究从类型学角度归纳总结出8种典型住区模式类型(表1)。

理论上来说,通过提高土地容积率是增加人口密度的最有效途径,但从曹杨新村的分析数据比较来看却可以发现,低容积率模式与高容积率模式在人口密度上的差异并不显著。如果说更高的空间密度所承载的是更多的人口容量,那么在本调查样本却不能简单地高容积率理解为高密度,一方面住区开发强度增加的同时人均居住面积也随之

提高,伴随的则是住宅单位密度和人口密度不增反降,另一方面住区模式混合也反映出居民及家庭组织的社会结构差异性。

2.3 住区模式类型与居民交通碳排放均值比较

从不同模式类型的住区人均交通碳排放均值来看(图2),多层行列式、围合式以及高层点式的人均交通出行碳排放明显高于其他模式类型,而多层混合式、小高层以及高层独栋式的人均交通碳排放较为相似。因此,曹杨新村住区模式类型与居民人均交通碳排放间的相关性并不能直接由物质形态加以解释,住区形态与人均交通碳排放高低之间并非是简单的线性对应关系。

注释 ②住区碳排放计算本身并不涉及“强度”这一概念,但从评价角度来看则必须要探讨由于住区发展模式不同所产生的CO₂排放差异性以及由此对环境影响程度的高低,碳排放强度最早源于低碳经济研究领域,其定义是指“单位国民生产总值碳排放总量”。由于强度是基于标准单位下的描述性指标,因此可以从空间、时间、人口规模等诸多维度对碳排放加以测度,本研究碳排放估算基础上采用人均交通出行碳排放值来加以标准化定义。

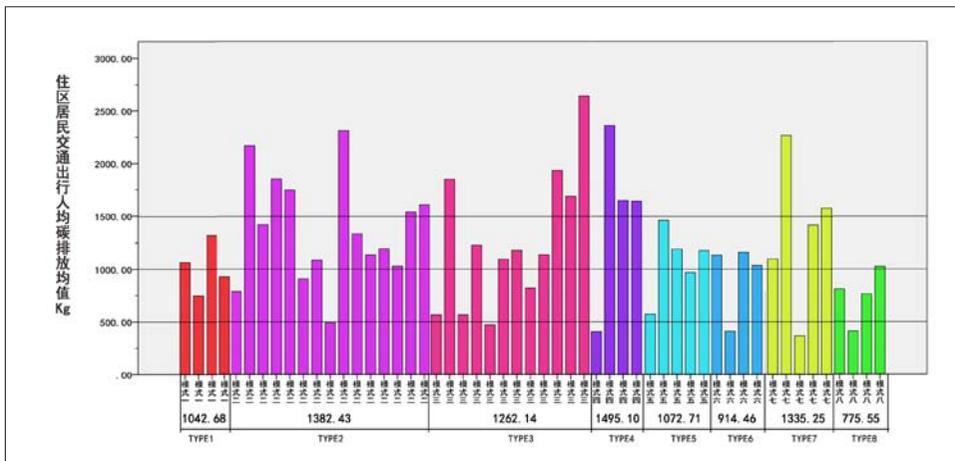


图2 曹杨新村不同住区模式类型的居民交通出行碳排放

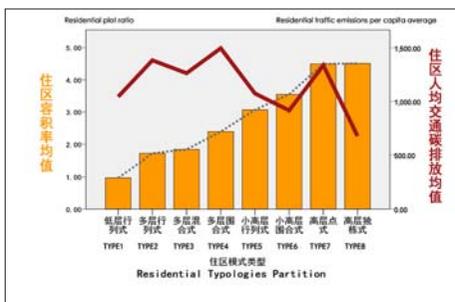


图3 容积率与居民人均交通出行碳排放相关性
资料来源:笔者自绘。

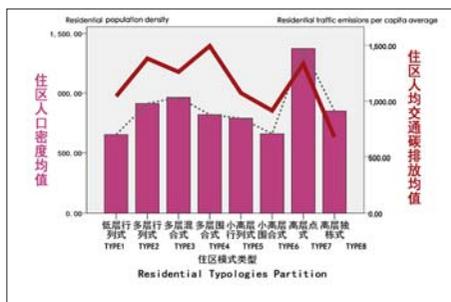


图4 人口密度与居民人均交通出行碳排放相关性
资料来源:笔者自绘。

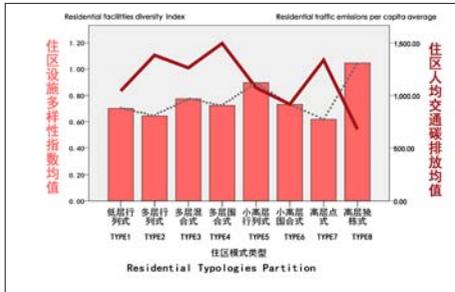


图5 设施多样性与居民人均交通出行碳排放相关性
资料来源:笔者自绘。

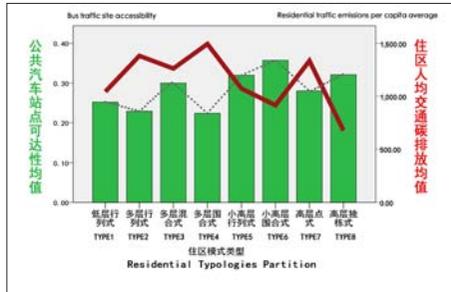


图6 公共汽车站点可达性与居民人均交通出行碳排放相关性
资料来源:笔者自绘。

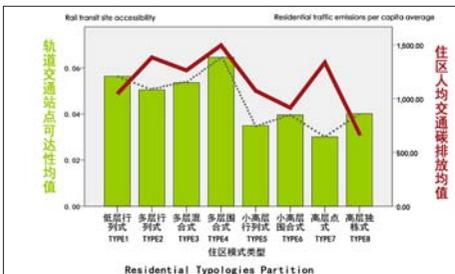


图7 轨道交通站点可达性与居民人均交通出行碳排放相关性
资料来源:笔者自绘。

均碳排均出现了较大变化的拐点。

上述变化特征说明,住区开发强度在某种程度上会影响居民的交通出行模式,但对于高容积率住区来说,其人均交通碳排之所以会略低于中低容积率住区并显示出模式类型差异性分布,主要原因是由人口密度造成的。这在人口密度与人均交通碳排放的均值曲线比较中可以得到进一步验证(图4)。但值得指出的是,在曹杨新村人口密度高低对于影响住区模式类型的人均交通碳排放并不显著,且没有显示出住区人口密度与交通碳排之间是负相关性的,这说明密度不能作为解释碳排放高低的主要因子。

3.2 设施多样性与人均交通碳排放

从曹杨新村公共服务设施配置的种类以及数量来看,其内部配套的公共服务设施建设标准较高且种类丰富,这在一定程度上减少了居民对外部设施使用的行为需求。与此同时,曹杨新村也存在着环浜空间被割裂、门禁设置等消极性空间因素的影响,这对于不同住区模式的居民来说,住区内部某种功能类型的服务设施可达性水平的不均衡性也很可能会增加其选择外部休闲功能的出行概率。

研究结合GIS数据,对不同类型住区模式的服务设施的空间多样性进行标准化处理^③,之后将医疗、文化、教育、商业等不同类型服务设施的多样性数值累加和得出设施多样性指数。从不同住区模式的设施多样性指数与人均交通碳排的均值曲线比较可以看出(图5),在调查样本中多层行列式样和高层点式的设施配套水平则相对较差。同时,设施多样性与人均交通碳排放基本呈负相关性关系,这也在一定程度上反映出,住区周边的配套设施种类越丰富,其住区人均交通碳排就会越低,服务设施配套水平对于住区模式类型与碳排放之间的相关性起到重要的影响作用。

3.3 交通站点可达性与人均交通碳排放

综合比较不同模式类型住区公共站点可

3 基于住区3Ds理论的人均交通碳排放相关性研究

3.1 容积率、人口密度与人均交通碳排放

从不同住区模式的容积率与人均交通碳排放的均值曲线比较可以看出(图3),随着容积率不断增加,住区人均交通碳排放呈波动性变化,二者之间的相关性变化趋势较为复杂。特别是在多层围合式以及高层点式所对应的人

注释 ③在量化研究中,对同一研究对象的不同类别数值的均匀分布程度描述常常采用辛普森指数,该指数多用于计算经济成分的集中程度,指数公式表示为1减去每一对象数值占整体结构比例的平方和,计算公式为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

上述公式表明了类别目标值1和实际测算值之间的平均相对距离,该指标值越小则表明数值的分布形式与结构分布目标之间距离越小,也即意味着第i类设施分布水平的数量密度越大。因此,设施多样性指标参数值范围介于0和1之间,其愈接近1则表明设施多样性分布的均匀程度越好,而各类设施多样性指数累加和值则会大于1。

表2 曹杨新村住区模式类型与居民职业、家庭年收入区隔化特征 (单位:%)

人口社会经济特征变量	住区模式类型								总计	
	模式一 低层行列式	模式二 多层行列式	模式三 多层混合式	模式四 多层围合式	模式五 小高层行列式	模式六 小高层围合式	模式七 高层点式	模式八 高层独栋式		
居民职业类型	国家机关、党群组织、企业、事业单位负责人	12.4	17.5	13.2	18.2	13.8	39.0	8.7	15.1	17.2
	专业技术人员	8.7	13.2	15.0	33.8	20.7	11.0	13.0	0.0	19.7
	办事人员和有关人员	21.7	21.9	24.0	38.9	37.6	18.0	18.7	38.5	26.9
	商业服务业人员	34.8	26.3	33.8	4.5	17.6	32.0	46.5	38.8	24.4
	农、林、牧、渔、水利业生产人员	5.0	0.0	2.5	0.0	3.4	0.0	4.3	7.7	2.9
	生产、运输设备操作人员	4.3	7.9	0.8	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	2.2
	其他从业人员	13.0	13.2	10.7	4.5	6.9	0.0	4.3	0.0	6.6
居民家庭年收入	50 000元以下	48.0	38.6	34.3	13.3	6.0	15.1	14.3	6.9	39.5
	50 001—100 000元	36.0	43.7	46.4	68.3	76.7	46.9	52.1	46.1	34.8
	100 001—150 000元	14.0	12.8	10.6	6.7	10.0	24.7	20.4	35.0	18.7
	150 001—200 000元	2.0	2.2	3.8	6.7	3.3	10.3	9.2	10.2	4.2
	200 001—250 000元	0.0	0.8	2.4	0.0	0.0	1.6	2.1	0.0	0.9
	250 001元以上	0.0	1.9	2.5	5.0	4.0	1.6	0.0	1.8	1.9

达性指数^④与交通碳排的均值曲线(图6),可以发现公共汽车交通站点可达性与人均交通碳排呈显著的负相关性,即说明住区到公共汽车站点可达性越高,人均交通碳排放会越低。由此得出,较高的交通站点设施可达性会有效减少私家车使用概率,并通过提高居民公共交通出行比例来减少住区交通能耗碳排放。

在轨道交通站点可达性与人均交通碳排放之间的对应关系中(图7),多层围合式及小高层行列式这两种住区模式与碳排放呈正相关,其与之前公共交通站点可达性分布特征差异性较大。需要加以解释的是,在曹杨新村城市轨道交通站点位于住区东南角,并由此导致了低层、多层住区模式的可达性却要明显高于高层住区模式,轨道交通站点设施的分布不平衡会降低其他区位居民对该种交通方式的选择概率。

研究对不同住区模式类型的居民职业构成和家庭年收入水平加以分析,从分析结果来看(表2),多层围合式及小高层行列式居民职业构成主要以专业技术人员、办事人员为主,并对应于家庭年收入水平在5万—10万元区段构

成比例是最高的。另外还可以看出,除上述两种住区模式外,其他住区模式类型的居民职业类型主要以办事人员和商业服务人员为主;低层、多层住区家庭年收入多在5万元以下,而小高层、高层住区家庭年收入则在10万元以上。综上所述,在空间因素和社会经济结构因素的共同作用下,其导致了多层围合式及小高层行列式的轨道交通站点可达性与人均交通碳排放之间的正相关性。

4 研究结论

研究选取上海曹杨新村,从住区形态入手按照高、中、低容积率进行模式类型划分,并反映出住区的高开发强度并不是简单地意味着高密度。从调查样本中的住区密度与交通碳排放之间的相关性来看,不同住区模式类型与人均交通碳排放之间呈非线性对应关系,且密度高低并不能作为解释住区人均交通碳排的主要影响因素;而住区设施丰富程度、交通站点可达性则与人均交通碳排放分别呈整体正相关性和局部负相关性。研究认为,住区模式类型与人均交通碳排放之间关联性本质在于:密

度指标具有开发强度和社会结构双重空间意义,其不但与设施空间布局以及可达性相关,同时也是城市社会经济组织关系在空间上的投影,住区交通碳排放差异性则是空间物质与社会经济相互叠合作用造成的。

因此,在中国快速城镇化背景下,对住区规划模式与碳排放特征之间关系的理论与实证研究是具有指导本国实践意义的;随着居民收入水平提高和居住条件改善,由于住区居民能耗行为所产生的碳排放影响作用也日益成为学术界和政府部门关注的核心问题。城市空间规划不应将住区模式类型选择简单化复制,政府需要从碳排放角度对住区可持续发展加以量化评价,其需要引导适宜的住区密度来完善职住平衡和设施配套,并通过社会多阶层混合、保障住房提供等规划策略实现城市的低碳发展目标。

下转第121页

注释 ④ 公共设施空间可达性评价方法中,地理信息系统分析平台是不可或缺的技术支持,以其为支撑的评价方法有很多,主要包括比例法、最小邻近距离法、等值线法、引力模型法、缓冲区法、行进成本法、基于机会累积的方法和基于空间相互作用的方法等。本研究采用基于空间相互作用的潜能评价模型,具体公式为

$$A_i^p = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{D_{ij}^\beta V_j}$$

A_i^p代表居民点i至所有设施的空间可达性;M_j代表设施j的服务能力;V_j代表人口规模影响因子;D_{ij}代表居民点i与设施j之间的出行阻抗(距离或时间);β代表出行摩擦系数;n表示公共服务设施数量。