

城市空间结构对碳排放影响的研究进展

叶玉瑶, 陈伟莲, 苏泳娴, 吴旗韬

(广州地理研究所, 广州 510070)

摘要:城市空间结构对碳排放的影响是低碳城市规划建设中一项重要的科学命题。其中,城市空间结构对于城市交通及其能源消耗和碳排放的影响是学者们普遍关注的焦点。国外学者围绕影响城市交通及其碳排放的城市空间结构因素及其作用机制展开了大量细致深入的实证研究,并据此提出了利于节能减排的空间结构模式与调控策略。研究方法上,国外学者多采用定量研究的方法,通过建立空间结构要素与交通能耗的综合关系模型来说明二者的关系,并且越来越倾向于在模型中引入一系列社会经济变量,以便更好地理解城市空间结构对于交通的影响。相比之下,国内的相关研究起步较晚,基础数据以及定量研究较为缺乏。因此,当务之急是要建立相关的公共数据平台,加强实证研究和方法创新,通过交通出行建立城市空间结构与碳排放的科学联结。

关键词:城市空间结构;碳排放;交通;影响

中图分类号:TU984

文献标识码:A

文章编号:1001-5221(2012)03-0313-08

科学界普遍认为,由于人类活动所产生的温室气体与碳排放是导致全球气候变化的重要原因(IPCC联合国气候变化专门委员会,2007)^[1]。从碳排放源头来看,城市是人口、建筑、交通、工业、物流的集中地,也是高耗能、高碳排放的集中地。有研究表明^[2-3],全球大城市消耗的能源占全球总能耗的75%,温室气体排放量占世界碳排放总量的80%。仅伦敦一市,碳排放量就占全英国碳排放总量的8%,并且可能在2025年上升至15%。因此,“低碳”城市成为许多国家共同追求的目标。2003年,碳信托基金会与能源节约基金会(EST)联合推动了英国的低碳城市项目(Low Carbon Cities Programme, LCCP)。首批3个示范城市(布里斯托、利兹、曼彻斯特)在LCCP提供的专家和技术支持下制定了全市范围的低碳城市规划,以建筑和交通作为重点领域,强调技术、政策和公共治理手段并重^[4]。日本也紧随其后开始致力于低碳社会的建设,力图通过改变消费理念和生活方式,实行低碳技术和制度来保证温室气体排放的减少^[5]。在我国,一股低碳城市建设的热潮已悄然兴起,一批先行实践者——上海、保定等低碳试点城市已展开蓝图。然而,低碳城市作为一项新生事物,急需多方位研究其实现途径与理论方法。从现有的研究成果来看,

循环经济以及相关节能技术能够为低碳城市的实现提供大量技术支撑,然而,仅仅通过节能减排等技术手段尚不足以完全解决减排问题,还需要从城市布局的源头上寻找实现低碳城市的根本途径^[2]。这其中所涉及的科学命题即是:城市空间结构对于碳排放是否具有影响?程度怎样,机制如何?这成为“低碳”时代城市空间结构研究中的前沿课题。

城市空间结构特指城市土地利用的结构^[6],包括城市规模、形态、密度、功能布局以及土地利用与交通网络的互动关系等。不同的城市空间结构可能造成不同的社会、生态以及环境特征^[7-8]。欧美发达国家的相关研究证明城市空间结构对城市碳排放的影响是存在且深远的,尽管这种影响在短期内并不明显^[6],但这种既定的影响一旦形成将很难改变。因此,研究城市空间结构对于碳排放的影响意义重大。本文对国内外近30年来的相关研究进展进行回顾,其目的在于进一步理清思路,总结方法,以便为今后的相关研究提供借鉴,同时也为我国的低碳城市建设提供理论参考。

1 研究视角

以往的研究普遍认为,城市空间结构并未对能源消耗和碳排放产生直接的影响,而是通过其它渠

收稿日期:2012-02-20;修回日期:2012-05-30

基金项目:广东省自然科学基金项目(10451007003005043);广东省低碳发展专项资金2011;国家自然科学基金(41001385);广东省科学院院长基金项目

作者简介:叶玉瑶(1980—),女,汉族,四川乐山人,博士,副研究员,主要研究方向为区域发展与城市规划,(E-mail)yeyuyao@gdas.ac.cn。

道间接作用于碳排放^[9]。这些渠道主要包括城市空间结构对于城市热岛效应、建筑节能、能源传输以及城市交通的影响。其中,城市空间结构对于城市交通及其能源消耗和碳排放的影响是学者们普遍关注的焦点。这是由于交通部门对于城市碳排放的影响巨大^[10-11]。根据美国交通信息部门(Energy Information Administration (EIA))^[12]的数据,2006年,全球有大约13%的温室气体(greenhouse gas, GHG)以及超过21%的因能源消耗造成的CO₂排放来源于交通领域。这一情况在美国尤为突出,2007年的数据显示,美国有33%的温室气体排放来源于交通领域,其中CO₂排放占交通领域温室气体排放的95%。无论是在发达国家还是在发展中国家,在城市交通领域所作的持续努力并未改变其节能减排的严峻形势,特别是随着发展中国家大城市机动车拥有量的剧增,这一形势已经变得越来越难以控制。有研究指出^[13],随着发展中国家人口与人均收入的持续上升,加之大量经济型小汽车的出现,发展中国家的小汽车拥有量的全球份额将从1995年的25%上升到2050年48%。在中国,2001—2005年5年间,私家车拥有量以年均23%的迅速迅速增长,至2005年,中国私家车拥有量已突破1.8亿辆。同期,交通领域的石油消耗占石油消耗总量的比例也从24.6%升至29.8%,并有可能在2030年达到47%^[14]。由此可见,交通领域的节能减排任务重大。实现途径主要包括三个方面:一是通过使用低碳燃料或能源,降低单位能源的碳排放量;二是通过使用高效节能的交通工具,降低单位里程的能源消耗量;三是通过城市空间规划与管理,形成基于低碳的城市空间结构,支持公共交通或步行、自行车出行等非机动交通模式^[15]。这就大大激发了广大学者通过研究城市空间结构与城市交通之间的相互关系来探索城市低碳途径的热情。

当然,也有少数学者从城市热岛效应、建筑节能、能源传输等其它视角研究城市空间结构对碳排放的影响。例如,日本学者Satoshi Ishii等^[16]从建筑节能技术应用的角度,探讨了城市空间对于建筑节能的影响。Edward等^[17]从公共交通、私人交通、家庭取暖、家庭用电等综合视角研究了城市空间结构对于城市碳排放的影响。W.K Fong等^[18]以马来西亚为例研究了能源消耗、碳减排与城市规划的关系问题,认为防止全球变暖对于每个城市来说主要是减轻城市热岛(Urban Heat Island)现象。

2 国外相关研究进展

20世纪90年代以来,国外关于城市空间结构对碳排放影响的研究成果陆续出现,主要包括两大方面的内容,一是较为系统地研究了影响碳排放的城市空间结构因素及其作用机制,二是据此提出了利于节能减排的城市空间结构模式与调控策略。

2.1 影响碳排放的城市空间结构因素

影响碳排放的城市空间结构因素是多方面的,新城与旧城关系、城市规模、密度、功能混合程度、街区尺度等因素都会直接或间接对城市碳排放产生影响^[19-20]。

2.1.1 密度 城市空间密度因素涉及土地开发密度(land-use density)、人口密度、就业密度(employment density)和居住区密度等。关于密度对城市碳排放的影响并无定论,多数观点认为密度与城市碳排放之间存在关联^[21-23],且呈负相关关系。Glaeser等^[24]利用全国家庭出行调查(National Household Travel Survey, NHTS)数据对比分析了美国66个大都市区城市空间结构对碳排放的影响,结果表明低密度城市区域的CO₂排放水平远高于高密度城市区域。Vande等^[25]通过对多伦多温室气体排放总量以及空间分布特征的研究发现,高密度开发带来的居住、工作紧凑化降低了城市能源消耗与碳排放水平。Norman等^[26]发现低密度郊区的人均能耗与碳排放水平是高密度城市中心区的2~2.5倍。Holden等^[27]通过对大奥斯陆地区六个居住社区的调查得出,密度的增加将导致建筑能耗与通勤能耗的降低。事实上,绝大多数高密度的城市由于在私人交通方面消耗的能源较少,因此温室气体排放的水平也相对较低。Newman^[28]曾把中国若干密度大于100人/hm²的城市与美国亚特兰大(密度仅为6人/hm²)作对比,前者人均能源消耗量为2000 GJ,后者达到103 000 GJ,差距极大。从交通部门耗能的比例来看,上海、北京仅为11%,而伦敦、纽约以及华盛顿则分别为22%、23%和18%。从交通部门的CO₂排放量来看,中国一些高密度的城市,如上海、北京明显低于欧美城市,仅为伦敦、纽约等城市的一半左右^[29]。

密度之所以会对城市能源消耗和碳排放产生影响,有其复杂的内在机制。第一,密度是反映通勤距离的重要指标,一般而言,密度越高,人们需要在居住、工作、购物以及其它目的地之间通勤的距离就越小^[30-31];第二,密度对于人们出行方式的选择具有重要影响。大多数学者认为,低密度的社区

相比高密度社区更易产生机动车依赖,从而导致更高的人均能源消耗水平^[25, 32-34];第三,密度影响人的车辆类型选择偏好,高密度地区的人们往往更倾向于选择小型、经济型的汽车^[30,35]。

尽管多数文献认为碳排放与城市密度之间存在负相关关系,但也有反对的观点。一些学者认为城市密度对于碳排放的影响并不存在,也有学者认为这种影响微乎其微^[36-41];Sharpe^[42]认为即使密度增长3倍,墨尔本也只能减少11%的能源消耗;Brownstone等^[30]也发现社区密度不同的两个家庭相比,低密度住区的家庭相比高密度住区家庭每年仅增加4.8%车辆里程,以及5.5%的汽油消耗。由此可见,密度对于能源消耗与碳排放的影响确实存在,但由于数量太小,因此想要单纯通过增加密度的办法来减少车辆能耗与碳排放在实际中行不通。

更多学者认为,密度等城市空间结构要素对于交通能源与碳排放的影响是间接的,需要结合其它社会经济要素才能产生作用^[9]。因此,应考虑将一系列变量引入关系式,以便更好理解住宅密度与出行需求之间的关系。其中,家庭成员的驾驶员数量、在职成员数量等家庭特征以及成员受教育程度、收入、年龄、性别等个人属性在出行行为与模式选择中起着重要作用^[43-44]。Susilo等^[45]尝试利用更加详细的出行数据来评估荷兰的交通能源消耗与碳排放水平,结果表明:与建成环境的影响相比,社会经济变量对于家庭出行与CO₂排放量的影响要重要得多。Brownstone等^[30]采用了大量的社会经济变量来控制行为选择,建立了加利福尼亚住宅密度与车辆使用和能源消耗之间的关系(2001 NHTS),发现如果控制社会经济变量完全相同,住宅密度增加40%,每年的车辆里程仅能减小5%。

2.1.2 土地使用混合程度 另一个城市空间结构的典型要素——土地使用混合程度,也被认为会对出行模式产生重要影响。Cervero^[46]指出土地混合使用有利于减少机动交通、平衡交通流量、鼓励拼车或合用停车场。Frank等^[47]认为土地混合使用程度越高,人们独自使用车辆的机率就越小。Kockelman^[37]利用出行调查数据证明土地混合使用对车辆出行里程(VMT)以及步行和自行车出行比率具有重要影响,土地混合使用的程度越高,车辆出行里程则越低。Robert^[48]对美国59个大型郊区办公发展项目所作的研究发现,在楼板面积中每增加20%的零售和商业活动,会引起小巴共乘或公共交通的出行比例增加4.5%。由此可见,土地混合使用鼓励公共交通

出行。

Wegener^[49]指出土地使用与交通模式的关系是由城市中众多活动的分布特征所决定的。这些活动包括居住、工作、购物、娱乐和休闲。城市快速扩展导致居住区与商务区的扩展,当新的商业或商务中心以蛙跳的形式出现在城市外围时,城市所需要的机动交通量将大大增加。Cervero等^[50]利用三藩市的数据建立职住平衡与车辆里程之间的关系。结果发现职住平衡有利于减少出行,在居住区4 mile范围内,每增加10%同类工作岗位,每天可减少3.29%的上下班车辆出行量。Sim等^[51]评估了新加坡的地区性中心对于分散中央商务区(CBD)职能以及降低上下班交通流量的作用。调查发现只要将中央商务区(CBD)的商务活动分散到若干地区性中心,上下班交通和人们对小汽车的依赖将大大减小,交通堵塞也将大幅度缓解。

2.1.3 城市规模与街区尺度 城市规模与街区尺度也会对碳排放产生影响。Glaeser等^[24]对碳排放量与城市规模的关系进行了实证研究,发现城市规模与碳排放存在一定的正相关关系,随着城市规模的增大,新增人口的人均碳排放量要高于存量人口。Liu等^[9]利用2011年的美国全国家庭出行调查数据(NHTS)研究了巴尔的摩都市区城市空间结构特征对家庭出行以及能源消耗的影响。结果表明,不同建成环境变量产生的结果不同,这完全取决于城市空间结构要素在出行影响中的重要性。所有的建成环境变量中,街区网格设计与可达性相比密度以及其它因素更加重要。Peter等^[52]回顾了土地利用与交通的关系,指出传统的步行城市以高密度、土地混合使用以及狭窄的街区为特征,形成有机的与自然景观相适应的城市空间结构。在步行城市中,所有的目的地可以步行0.5 h内到达。因此,这些城市规模一般很小,最大距离多数在5 km之间。多数步行城市保持了历史的步行特征,或者是政府当局有意识地在新区开发中延续这种特征。这些城市多有上千年的历史,并保持至今,如欧洲中世纪的一些核心城市,又如沿斯德哥尔摩铁路系统的新的郊区中心,或是慕尔黑的波根哈森中心区等。

2.2 低碳城市空间策略

基于上述研究,很多学者开始探索基于低碳的城市空间策略,试图从城市规划建设的源头出发,寻求城市低碳发展的路径。核心命题包括:什么样的土地开发模式有利于节能减排,土地利用应该与交通形成怎样的互动关系,与之配合的调控手段有

哪些等。

2.2.1 蔓延 VS 紧凑 什么样的土地开发模式利于节能减排? 学者们普遍认为,紧凑式开发以高密度、职住高度平衡以及紧凑的形态为特征,因此增加了居民与各类目的地的可达性,从而减少了出行的距离以及私人小汽车的使用^[53-55]。Stone 等^[56]通过建立汽车排量模型来分析美国若干个大城市不同土地开发模式下的 CO₂ 排放水平,发现紧凑发展模式下 CO₂ 排放量平均减少 5.1%。Hankey 等^[15]根据美国城市的蔓延程度,从高到低设立了 6 种不同的情景模式,同时采用 Monte Carlo 方法估算了美国城市区域未来 20 年(2000—2020)的汽车使用及温室气体排放量。结果表明,综合紧凑的开发模式可以降低美国未来 20 年累积排放量的 15%~20%。Bartholomew 等^[57]利用分级模型构建了美国 18 个大城市区域的车辆里程(VMT)模型,通过建立多个情景模式,研究紧凑发展对于减少车辆使用的作用。他们发现,当人口与就业等情况基本相同时,到 2050 年,典型的紧凑式土地利用模式与惯性情景相比,将减少 17% 的车辆里程量。因此,旨在控制城市蔓延、促进城市紧凑发展的城市边缘区增长管理被普遍认为可以减少长距离出行以及小汽车使用,从而有利于节能减排,这已经在许多西方城市的管理经验中得到证实^[58-59]。

2.2.2 交通与土地利用互动模式 土地利用应该与交通形成怎样的互动关系?对此,多数学者认为围绕公共交通站点采取密集式开发的模式有利于节能减排,一些学者认为通过交通节点尽可能地将日常活动,如工作、居住、购物、娱乐和休闲等串联起来,有助于减少出行需求,从而减少交通领域的碳排放^[10,38]。在公共交通中心增加就业与居住密度可有效地减少小汽车拥有量,同时也将大大增加公共交通出行的比率。有许多城市,如斯德哥尔摩、哥本哈根、多伦多、新加坡、香港等,都在交通与土地利用的互动关系上做出了成功的探索,建立了可持续的交通与土地利用互动模式。有人曾将斯德哥尔摩与旧金山湾区进行对比,虽然两个地区拥有规模相当的区域轨道交通系统,但由于湾区郊区轨道车站附近鲜有土地集聚开发的行为,对比结果显示一个典型的湾区居民每个工作日的机动车出行里程是大斯德哥尔摩区域居民的 2.4 倍,湾区居民出行的距离为 44.3 km,而大斯德哥尔摩区的平均出行距离仅为 18.4 km^[48]。又如,哥本哈根地区以轨道交通为基础形成了指状开发模式,具体而言,是将轨道交通车

站周围范围内所有的地块划为城市建设用地,同时允许大幅度增加其最高建筑密度,并用建筑密度奖励的杠杆来支持站点周边的商业地产的开发^[53]。由此可见,可持续的交通发展策略必须结合高效的土地利用才能实现交通领域的节能减排。

2.2.3 综合调控手段 紧凑式土地开发以及处理好土地开发与交通的关系无疑是减少城市小汽车依赖的重要手段。但很多学者认为,仅仅依靠这些手段仍然难以实现控制小汽车拥有量与排放量的目标。除了提高就业与居住密度之外,必需采用综合的调控手段,包括增加私人拥有小汽车的成本、提高公共交通的吸引力、加强土地(空间)规划的综合调控能力以及实施严厉的燃油及排放标准等^[60]。其中,对出行成本的调控是非常重要的。Souche^[61]通过建立城市出行需求模型发现,小汽车出行成本与城市密度一样,与出行需求呈负相关关系。Wegener 等^[49]通过建立理论与经验模型来研究交通与土地利用策略,他们认为,如不配合一些措施来增加小汽车出行的经济成本与时间成本,而仅仅依靠增加城市密度与土地混合使用程度等土地利用政策,节能减排的效果是非常有限的。他们还发现,在增加小汽车出行成本的同时,减少公共交通的人均花费,将大大刺激公共交通的使用。除成本调控之外,土地综合规划手段也非常重要。Banister^[62]曾指出土地开发管理可以通过多个途径影响交通模式,包括增加密度与集聚度、土地混合使用、建筑节能、住区规划、空间与道路规划、公共交通导向的开发模式、围绕交通节点的开发模式以及设置服务设施可达性规模门槛等。

3 国内相关研究进展

近年来,“低碳”城市理念在国内蓬勃兴起,一些城市,如上海、保定以及广州等开始积极地探索实现城市低碳发展的路径。一些学者也看到了城市空间结构对于城市碳排放和可持续发展的锁定作用,于是开始围绕低碳城市的空间规划策略展开研究。潘海啸等^[63-64]提出了中国“低碳城市”的空间规划综合策略以及城市交通与土地使用的 5D 模式,认为在中国更合理的都市区发展模式应是结合有轨道或区域公共交通导向的走廊式发展模式。此外,区域空间结构的调整应当配合就业、居住的规划才能共同实现“低碳”的城市发展目标。他们还提出了土地使用综合规划的三个重要原则:一是以短路径出行为目标的土地混合使用;二是适合行人与

自行车使用的地块尺度;三是以公共交通的可达性水平来确定开发强度。顾朝林等^[3]认为,低碳城市规划理论和方法是发展低碳城市的关键技术。仅仅通过节能减排等技术手段尚不足以解决减排问题,还需要以更加多元的标准衡量城市规划与建设,通过低碳城市规划寻求城市发展的低碳化方向,探索可持续的低碳城市发展模式。叶祖达^[65-66]探讨了碳审计在低碳城市规划中的应用。仇保兴^[67]将低碳理念与生态城市相融合,提出了“低碳生态城”的概念,并从低碳机动化城市交通模式、绿色建筑、低冲击开发模式与规划建设生态城市等4个角度阐述了低碳城市建设的方向。然而,由于缺乏相关基础研究的支撑,上述研究的深度和广度均受到很大限制。

当然,也有少数学者针对城市空间结构对碳排放的影响展开了实证研究。如马静等^[68]利用2007年北京市居民活动日志调查获取的第一手数据,强调基于个体行为,从微观非汇总层面测量居民日常出行行为的城市交通碳排放,并采用结构方程模型深入挖掘居住空间、个体行为以及城市交通碳排放三者之间的内在关系。结果指出,城市空间结构对城市交通碳排放产生显著影响,单位社区居民的出行行为整体具有“低碳”性质,应从低碳视角对单位社区进行重新审视。姚胜勇等^[69]应用主成分分析和聚类分析法对全球87个城市的能源消耗和城市空间、交通模式的宏观分析,认为城市密度并非影响交通能耗权重最大的因素,对于我国而言,转换交通模式是减少城市能源消耗的主要途径。

4 评述与展望

综上所述,国外针对城市空间结构对碳排放影响的相关研究主要集中在欧美发达国家,尤其是美国。从研究内容来看,学者们主要围绕城市密度、功能混合程度、城市规模与街区尺度等城市空间结构要素对交通出行及其碳排放的影响展开。从研究方法来看,国外学者多采用定量研究的方法,通过建立城市空间结构要素(建成环境)与交通能耗的综合关系模型来说明两者的关系。并且越来越倾向于在模型中引入一系列社会经济变量,如家庭特征与个人属性等,以便更好地理解城市空间结构对于交通的影响。从研究的性质来看,国外侧重基础性研究,注重实证分析与微观机理的阐释,特别是依靠全国家庭出行调查数据(NHTS)所提供的丰富的数据信息,美国学者开展了大量深入细致的实证工作,

形成了一批颇具影响的研究成果。同时,基于这些基础性研究的支撑,国外学者开始积极探索基于低碳的城市空间综合规划策略。

相比之下,国内的相关研究起步较晚,且较为薄弱,特别是相关的定量研究相当缺乏。尽管也有不少学者提出了面向低碳的城市空间规划策略,但大多处于概念引进与理念倡导阶段,缺乏相关基础研究支撑。正如一些学者所言,我国低碳导向的城市规划及相关研究还处于孕育中^[70]。因此,未来至少应该在以下几个方面加强:

(1) 建立公共数据平台。

导致我国相关定量研究缺乏的重要原因之一是数据的获取困难,特别是部门能源消耗的具体数据,而在国外,数据的获取要相对容易得多。以美国为例,交通部门每5年会在全国范围内开展家庭交通出行调查,形成全国家庭出行调查数据(NHTS),并在网上公布。这项数据由4类数据文件组成,包括家庭数据、个人数据、车辆数据以及出行数据。其中,家庭数据包括家庭收入、物业归属、生活史、年龄、性别以及调查者的种族等家庭信息;车辆数据包括车辆制造商、型号、车龄、日均里程以及能源消耗量;出行数据则提供了出行目的、出行距离、出行时间以及出行模式等信息。2001年的数据还提供了家庭所在地的若干土地利用信息。一些地区,如巴尔的摩,甚至提供了受访家庭的地理坐标,以方便调查数据与其他城市空间结构指标的数据融合^[9]。依靠NHTS所提供的丰富的数据信息,国外学者围绕城市空间结构对交通出行与能源消耗的影响开展了大量深入细致的研究工作,形成了一批颇具影响的研究成果。因此,我国当务之急是要建立相关的公共数据平台,以支撑综合建模与相关定量研究的需要。

(2) 通过交通出行建立城市空间结构与碳排放的科学联结。

从国外的研究可以看出,交通出行是城市空间结构与碳排放之间的关键联结节点,也是研究城市空间结构对碳排放影响的重要切入点之一。国内在交通出行与城市空间结构关系方面已经积累了一些成果,在此基础上,可以进一步建立城市空间结构、交通出行、碳排放三者之间的科学联结,以促进解决与低碳城市相关的科学命题。

(3) 加强实证研究与方法创新。

与国外研究相比,我国缺乏相关的科学实证与定量研究,在很大程度上影响了与低碳城市规划建设相关的科学命题的解决。未来应加强方法创新,

促进空间分析、模拟以及综合建模等方法的创新与综合运用。通过科学实证深入挖掘城市空间结构与碳排放之间的耦合关系,同时加强作用机制及微观机理的阐释。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis, summary for policymakers[EB/OL]. [2011-10-25]. <http://www.pnud.cl/recientes/IPCC-Report.pdf>.
- [2] 顾朝林, 谭纵波, 刘宛, 等. 气候变化、碳排放与低碳城市规划研究进展[J]. 城市规划学刊, 2009 (3): 38-45.
- [3] 顾朝林, 谭纵波, 刘宛. 低碳城市规划: 寻求低碳化发展[J]. 建设科技, 2009, (15): 40-41.
- [4] Energy Saving Trust, the Carbon Trust. Low Carbon Cities Programme[EB/OL]. [2011-10-25]. <http://www.lowcarboncities.co.uk/cms/>.
- [5] Kei G, Yuki O, Yuzuru M. A systematic quantitative backcasting on low-carbon society policy in case of Kyoto city[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2011, 78 (5): 852-871.
- [6] Anderson W. Urban form, energy and the environment: A review of issues, evidence and policy[J]. Urban Studies, 1996, 33 (1): 7-36.
- [7] Camagni R, Gibelli M, Rigamonti P. Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion[J]. Ecological Economics, 2002, 40 (2): 199-216.
- [8] Holden E. Ecological footprints and sustainable urban form[J]. Journal of Housing and the Built Environment, 2004, 19 (1): 91-109.
- [9] Liu C, Qing S. An empirical analysis of the influence of urban form on household travel and energy consumption[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2011, 35: 347-357.
- [10] Grazi F, Van den Bergh J C J M. Spatial organization, transport, and climate change: comparing instruments of spatial planning and policy[J]. Journal of Ecological Economics, 2008, 67 (4): 630-639.
- [11] OECD. (2009) Reducing transport GHG emissions: Opportunities and costs[EB/OL]. [2011-10-25]. International Transport Forum. <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/09GHGsum.pdf>.
- [12] Energy Information Administration (EIA). Annual Energy Outlook 2007[M]. Washington DC: US Department of Energy, 2007: 16-17.
- [13] United Nations. Cities in a globalizing world: Global report on human settlements 2001[M]. London: Earthscan, 2001: 26.
- [14] World Bank. An overview of China's transport sector (2007) [EB/OL]. [2011-10-25]. http://siteresources.worldbank.org/INTEAPR/ECTOPTRANSPORT/34004324-1189182692007/21600796/07-12-19_China_Transport_Sector_Overview_.pdf.
- [15] Hankey S, Marshall J D. Impacts of urban form on future US passenger-vehicle greenhouse gas emissions[J]. Energy Policy, 2010, 38: 4880-4887.
- [16] Ishii S, Tabushi S, Aramaki T, Hanaki K. Impact of future urban form on the potential to reduce greenhouse gas emissions from residential, commercial and public buildings in Utsunomiya, Japan[J]. Energy Policy, 2010, 38: 4888-4896.
- [17] Glaeser E L, Kahn M E. The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development[J]. Journal of Urban Economics, 2010, 67: 404-418.
- [18] Fang W K, Matsumoto H, Ho C S, Lun Y F. Energy consumption and carbon dioxide emission in the urban planning process in Malaysia[J]. Journal of the Malaysian Institute of Planners, 2008, 6 (6): 101-130.
- [19] Ratti C, Baker N, Steemers K. Energy consumption and urban texture[J]. Energy Buildings, 2005, 37 (7): 762-776.
- [20] Banister D, Watson S, Wood C. Sustainable cities: Transport, energy, and urban form[J]. Environment and Planning B, 1997, 24: 125-144.
- [21] Frank L D, Pivo G. Impacts of mixed use and density on the utilization of three modes of travel: Single occupant vehicle, transit, and walking[M]. Washington D C: Transportation Research Record, 1995: 13-42.
- [22] Lin J, Yang A. Structural analysis of how urban form impacts travel demand: evidence from Taipei[J]. Urban Studies, 2009, 46 (9): 1951-1967.
- [23] Litman T. Land use impacts on transport: How land use factors affect travel behaviour. Victoria, BC, Canada: Victoria Transport Policy Institute, 2005.
- [24] Glaeser E L, Kahn M. The greenness of cities[EB/OL]. [2010-10-25]. Rappaport Institute for Greater Boston/Taubman Center for State and Local Government, 2008. http://www.hks.harvard.edu/var/ezp_site/storage/fckeditor/file/pdfs/centers-programs/centers/taubman/policybriefs/greencities_final.pdf.
- [25] VandeWeghe J, Kennedy C. A spatial analysis of residential greenhouse gas emissions in the Toronto census metropolitan area[J]. Journal of Industrial Ecology, 2007, 11 (2): 133-144.
- [26] Norman J, MacLean H, Kennedy C. Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2006, 132 (1): 10-21.
- [27] Holden E, Norland I T. Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the greater Oslo region[J]. Urban Studies, 2005, 42 (12): 2145-2166.
- [28] Newman P. The environmental impact of cities[J]. Environment and Urbanization, 2006, 18 (2): 275-295.
- [29] Dodman D. Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories[J]. Environment and Urbanization, 2009 (21): 185-201.
- [30] Brownstone D, Golob T F. The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption[J]. Journal of Urban Economics, 2009, 65: 91-98.
- [31] Miller E J, Ibrahim A. Urban Form and Vehicular Travel: Some Empirical Findings[J]. Transportation Research Record, 1998, 1617: 18-27.
- [32] Kenworthy J R, Laube F B. Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability[J]. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 16: 279-308.
- [33] Zhang M. The role of land use in travel mode choice: evidence from Boston and Hong Kong[J]. Journal of the American Planning Association, 2004, 70 (3): 344-360.
- [34] Chen C, Gong H, Paaswell R. Role of the built environment on mode

- choice decisions: additional evidence on the impact of density[J]. *Transportation*, 2008, 35: 285–299.
- [35] Fang A. A discrete–continuous model of households' vehicle choice and usage, with an application to the effects of residential density[J]. *Transportation Research B*, 2008, 42: 736–758.
- [36] Crane R, Crepeau R. Does neighborhood design influence travel? a behavioral analysis of travel diary and GIS data[J]. *Transportation Research D*, 1998, 3 (4): 225–238.
- [37] Kockelman K M. Travel behavior as a function of accessibility, land–use mixing, and land–use balance: evidence from the San Francisco bay area[J]. *Transportation Research Record*, 1997, 1607: 116–125.
- [38] Mindali O, Raveh A, Salomon I. Urban density and energy consumption: a new look at old statistics[J]. *Transportation Research Part A*, 2004, 38: 143–162.
- [39] Bento A M, Cropper M L, Mobarak A M, Vinha K. The impact of urban spatial structure on travel demand in the United States[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2005, 87: 466–478.
- [40] Boarnet M, Sarmiento S. Can land–use policy really affect travel behavior? A study of the link between non–work travel and land–use characteristics[J]. *Urban Studies*, 1998, 35: 1155–1169.
- [41] Bhat C R, Guo J Y. A comprehensive analysis of built environment characteristics on household residential choice and auto ownership levels[J]. *Transportation Research B*, 2007, 41: 506–526.
- [42] Sharpe R. Energy efficiency and equity of various urban land use patterns[J]. *Urban Ecology*, 1982, 7: 1–18.
- [43] Dieleman F M, Dijst M, Burghouwt G. Urban form and travel behaviour: micro–level household attributes and residential context[J]. *Urban Studies*, 2002, 39: 507–527.
- [44] Hanson S. The determinants of daily travel–activity patterns: relative location and socio demographic factors[J]. *Urban Geography*, 1982, 3: 179–202.
- [45] Susilo Y O, Stead D. Urban form and the trends of transportation emissions and energy consumption of commuters in the Netherlands[C]. Washington DC: The 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2008.
- [46] Cervero R. Mixed land–uses and commuting: evidence from the American Housing Survey[J]. *Transportation Research Part A*, 1996, 30 (5): 361–377.
- [47] Frank L D, Pivo G. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single occupant vehicle, transit, and walking[J]. *Transportation Research Record*, 1994, 1466: 44–52.
- [48] [美]罗伯特·瑟夫洛. 公交都市[M]. 宇恒可持续交通研究中心, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [49] Wegener M, F ü rst F. Land use transport interaction: State of the Art[C]. *Urban/Regional Econ WPA*, 1999.
- [50] Cervero R, Duncan M. Which reduces vehicle travel more: jobs–housing balance or retail–housing mixing? [M]. *Journal of the American Planning Association*, 2006, 72 (4): 475–491.
- [51] Sim L L, Choo Malone–Lee L, Chin K H L. Integrating land use and transport planning to reduce work–related travel: a case study of Tampines Regional Centre in Singapore[J]. *Habitat International*, 2001, 25: 399–414.
- [52] Peter W G, Newman, Kenworthy J R. The land use–transport Connection[J]. *Land Use Policy*, 1990, 13 (1): 1–22.
- [53] Cervero R. Planned communities, self–containment and commuting: a cross–national perspective[J]. *Urban Studies*, 1995, 32(7): 1135–1161.
- [54] Levinson D M, Kumar A. Density and the journey to work[J]. *Growth and Change*, 1997, 28 (2): 147–172.
- [55] Schwanen T, Dijst M, Dieleman F M. Policies for urban form and their impact on travel: the Netherlands experiences[J]. *Urban Studies*, 2004, 41 (3): 579–603.
- [56] Stone B, Mednick A C, Holloway T, Spak S N. Is compact growth good for air quality?[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2007, 37: 404–418.
- [57] Bartholomew K, Ewing R. Land use and transportation scenarios and future vehicle travel and land consumption: a meta–analysis[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2009, 75 (1): 1–15.
- [58] Grazi F, van den Bergh J C J, van Ommeren J. An empirical analysis of urban form, transport, and global warming[J]. *The Energy Journal*, 2008, 29 (4): 97–122.
- [59] Newman P W G, Kenworthy J R. Gasoline consumption and cities: a comparison of U.S. cities with a global survey[J]. *Journey of American Planners Association*, 1989, 55 (1): 24–37.
- [60] Dulal H B, Brodnig G, Onorise C G. Climate change mitigation in the transport sector through urban planning: A review[J]. *Habitat International*, 2011 (35): 494–500.
- [61] Souche S. Measuring the structural determinants of urban travel demand[J]. *Transport Policy*, 2010, 17 (3): 127–134.
- [62] Banister D. The sustainable mobility paradigm[J]. *Transport Policy*, 2008, 15 (2): 73–80.
- [63] 潘海啸, 汤锡, 吴锦瑜, 等. 中国“低碳城市”的空间规划策略[J]. *城市规划学刊*, 2008 (6): 57–64.
- [64] 潘海啸. 面向低碳的城市空间结构——城市交通与土地使用的新模式[J]. *城市发展研究*, 2010, 17 (1): 40–45.
- [65] 叶祖达. 碳排放量评估方法在低碳城市规划之应用[J]. *现代城市研究*, 2009 (11): 20–26.
- [66] 叶祖达. 碳审计在总体规划中的角色[J]. *城市规划*, 2009, 16(11): 58–62.
- [67] 仇保兴. 我国城市发展模式转型趋势——低碳生态城市[J]. *城市发展研究*, 2009, 16 (8): 1–6.
- [68] 马静, 柴彦威, 刘志林. 基于居民出行行为的北京市交通碳排放影响机理[J]. *地理学报*, 2011, 66 (8): 1023–1032.
- [69] 姚胜永, 潘海啸. 基于交通能耗的城市空间和交通模式宏观分析及对我国城市发展的启示[J]. *城市规划学刊*, 2009 (3): 46–52.
- [70] 顾朝林, 谭纵波, 刘宛, 等. 气候变化、碳排放与低碳城市规划研究进展[J]. *城市规划学刊*, 2009 (3): 38–45.

本文引用格式: 叶玉瑶, 陈伟莲, 苏泳娴, 等. 城市空间结构对碳排放影响的研究进展[J]. *热带地理*, 2012, 32 (3): 313–320.

Review of the Influence of Urban Form on Carbon Emission

YE Yuyao, CHEN Weilian, SU Yongxian, WU Qitao

(Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China)

Abstract: The influence of the urban form on carbon emission is one of the most important questions that should be answered first in low carbon city planning. Especially, attention is paid to the influence of urban form on energy consumption in the city. There is a substantial body of literature abroad that examines the influence and mechanism of the urban form factors, such as urban density, degree of mixed land use, urban size and street block scale, etc., on communications and transportation and their emissions. Foreign scholars prefer using quantitative methods, particularly establishing integrated models, to illustrate the relationship between urban form factors and energy consumption. And there is a tendency to introduce a range of social economic variables into the models in order to better understand the influences of the urban form. On the basis of a large number of basic researches, foreign scholars have begun to explore the low-carbon city planning strategies. In China, the research in this field started late, rarely used quantitative method and lacked basic data. Therefore, the most important thing is to establish relevant public data platform and strengthen innovation of method to support the establishment of integrated models and quantitative research.

Key words: urban form; carbon emission; transportation; influence



(上接第 299 页)

Abstract ID: 1001—5221 (2012) 03—0293—EA

Hierarchic Structure and Spatial Distribution of Urban Parks Based on Residents' Leisure Demand: A Case Study of Guangzhou

XU Xiuyu¹, CHEN Zhongnuan²

(1. Guangdong College Of Industry and Commerce, Guangzhou 510510, China;

2. School of Geographical Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: The hierarchic structure and spatial distribution of the urban parks in the central district of Guangzhou are studied from the view of residents' leisure demands. Eight indexes are used in the study, which are: park size, park landscape, leisure function, ticket price, setup time, convenient level of traffic, supporting services and service time. According to the differentiation of history, population and economic power, the center district of Guangzhou city is divided into old core region, new center region and new marginal region; most densely populated region, densely populated region and sparsely populated region; the most powerful economic force region, powerful economic force region and weak economic force region. With the indexes of gini coefficient, belt difference coefficient and belt specialization coefficient, the parks in central district of Guangzhou can be classified into four grades and twelve groups. The first grade urban parks are mainly concentrated in the old core region, the most densely populated region and the most powerful economic force region, having a feature of obvious regional difference. The second grade parks show less concentrated and less regional difference, as compared with the first grade parks. The spatial distribution of the third grade parks is relatively homogeneous. The fourth grade parks are mainly distributed in the new marginal region and sparsely populated region. With the indexes about the park number, the park density and the park hierarchic structure, the administrative districts in Guangzhou are classified. The results show that the comprehensive leisure service of the districts present significant differences: Yuexiu District is the most powerful comprehensive leisure service region, Liwan District and Tianhe District are the balanced and powerful comprehensive leisure service regions, Baiyun District is the balanced but weak comprehensive leisure service region, Haizhu District and Huangpu District are the lower comprehensive leisure service regions, and Luogang District is the weakest comprehensive leisure service region.

Key words: leisure demand; urban park; service hierarchy; structure characteristic; spatial distribution