

文章编号:1671-8879(2018)01-0089-09

基于 GIS 热点技术的低碳出行街区 建成环境特征探析

张 煊¹, 刘 勇¹, 侯全华¹, 魏亚建¹, 段亚琼²

(1. 长安大学 建筑学院, 陕西 西安 710061; 2. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:为解决街区规划中缺少通过量化街区环境特征引导居民低碳出行的问题,首先,建立一套识别低碳出行街区的方法,采用微信定位、规划部门资料及实地调研数据,构建了以交通调查四要素(出行方式、出行时间、出行目的、出行频率)为研究框架的指标评价体系;引入 GIS 热点技术,对表征碳排放的各指标进行热点分析,以陕西蒲城县老城区为例筛选出低碳出行街区。然后,构建表征建成环境的指标体系,从建成环境特征角度分析该街区内居民低碳出行的原因,得出有利于低碳出行且适用于蒲城县城及类似小城市的街区改造量化建议。研究结果表明:居住与其他类型建筑的面积比宜为 4:1~3:1;重点发展自行车出行模式,自行车车道间隔宜为 350~450 m,可步行道路占道路总面积比宜为 15%~20%,且限制道路宽度;以 150 m 为半径的公交站点覆盖率为 40%~50%,以 50 m 为半径的购物服务设施覆盖率为 45%~60%,以 100 m 为半径的娱乐服务设施覆盖率为 50%~70%。该结果证实了前人提出的“功能混合”及“密路网”利于居民低碳出行,同时还发现并非容积率越高越利于低碳出行,小城市人口数有限,职业岗位分布分散,不适合提高容积率配合公交系统的传统模式;并非公交站点覆盖率越高,越利于居民低碳出行,小城市公交高度普及反而使居民出行碳排放升高。该研究为街区的出行碳排放评价问题提供了新思路,为以低碳理念的街区规划提供依据。

关键词:交通工程;低碳出行;GIS 热点技术;建成环境;街区

中图分类号:U491.1

文献标志码:A

Characteristics of built environment in low-carbon travel block based on GIS hotspot technology

ZHANG Xuan¹, LIU Yong¹, HOU Quan-hua¹, WEI Ya-jian¹, DUAN Ya-qiong²

(1. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China; 2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to solve the problem in the neighborhood planning of lacking quantitative research on built environment to lead people to travel in a low-carbon way, a set of ways to identify low-carbon travel block have been firstly established. By using “WeChat” positioning, planning department data and field research data, an index evaluation system based on four

收稿日期:2017-10-14

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金项目(310841172001)

作者简介:张 煊(1991-),女,河北保定人,工学硕士研究生,E-mail:420395201@qq.com。

通讯作者:刘 勇(1964-),男,陕西西安人,教授,E-mail:yongliume@163.com。

factors of transportation survey; travel mode, travel time, travel purpose and travel frequency was constructed. The old urban district of Pucheng as example. Secondly, the index system to characterize the built environment was constructed, reasons for low-carbon travel in the neighborhood were analyzed from the perspective of built environmental characteristics, and suggestions for improvement of low-carbon travel in the old urban district of Pucheng and other similar cities have been obtained. The results show that ratio of residential building area to other types should be set between 4 : 1 and 3 : 1. The pattern of bicycle travel is mainly developed, and interval of bicycle lanes should be set between 350 m and 450 m. The ratio of pedestrian street occupying land area should be set between 15% and 20% and the width of road should be limited. The coverage ratio of bus stations with 150 m as radius should be set between 40% and 50%, the coverage ratio of shopping service facility with 50 m as radius should be set between 45% and 60%, and the coverage ratio of entertainment service facility with 100 m as radius should be set between 50% to 70%. The conclusion of research confirms “mix function” and “dense network of road” are helpful for residents to travel in a low-carbon way. At the same time, it is also found that not the higher plot ratio is more conducive to low-carbon travel. Population of small city is limited, and the distribution of professional jobs is scattered, which is not suitable for improving the traditional mode of the volume ratio with bus system. Not the higher coverage rate of bus station is more conducive to residents for low-carbon travel. The high popularization of buses in small city increases carbon emissions for residents’ travel. The study provides a new way of thinking about evaluation of travel carbon emissions in the neighborhood and put forward a basis for the planning of block with low-carbon idea. 6 tabs, 11 figs, 22 refs.

Key words: traffic engineering; low-carbon travel; GIS hotspot technology; built environment; block

0 引言

中国近现代城市规划管理和相关法规均参照《雅典宪章》,使现阶段城市中出现了很多单一功能的街区,导致居民跨区远距离出行,给城市带来了高碳排问题^[1]。目前在街区规划方面缺乏促进居民低碳出行的量化标准,在现实中无法通过规划改善居民出行高碳排的问题,因而亟需对建成环境的出行效应进行研究,为规划提供依据。目前,国内外学者对建成环境出行效应的研究方法依据指标数量分为 3 种:单指标、多指标和综合指标体系。

单指标主要集中在形态、强度及功能三方面。在形态方面普遍认为方格路网、密路网、小尺度及开放型街区的出行碳排放较少,如 Liu 等研究了建成环境对出行能耗的影响,提出街区网格设计对出行能耗影响显著^[2];李铭对 3 个片区路网密度及出行行为进行了研究,发现路网密度高、街区尺度小的老城区,居民选择慢行交通的几率高^[3];秦波等研究了不同形态社区的出行碳排放,发现城中村式、传统胡同式、邻里单位式、普通商品房式、封闭街区式的出

行碳排放量依次升高^[4-6]。强度方面,则普遍认为密度越高,街区出行碳排放越少^[7-8]。如 Tim 等研究指出,居民更倾向于居住较高密度的居住区,来降低机动出行^[9]。在功能方面,众学者多数认为功能混合利于街区出行低碳化,但在布局方面未得到一致意见。黄经南等通过建立多元回归模型得出土地混合度与家庭日常出行碳排放的相关性并不明显^[10];Ding 等指出土地的单一使用会增加居民的日常出行距离^[11];罗超等通过图形推演得出不同低碳出行街区的理想空间模型^[12-14]。

多指标方面,众学者虽然考量了多个建成环境指标对低碳出行的影响,但未考虑各建成环境指标之间的匹配。Qin 等选定了代表不同碳排放水平的社区,将规划用地数据和人户调查所得的碳排放数据结合,发现更高的人口密度、更混合的土地利用方式、更好的公交可达性对减少碳排放效果明显^[15];潘海啸选取上海的 4 个街区,对街区居民日常出行特征和街区物质空间特征进行了研究,得出高密度、小街区以及土地混合利用有利于非机动车出行^[16]。

综合指标体系方面,多数学者通过借鉴国内外

低碳出行街区建设经验,少数学者采用量化分析方法,构建二者的关系式,但均未在各控制指标方面得到量化结论,只得出了相关性的说明和趋势导向型的建议。廖昌启通过总结国外低碳出行导向的街区建成环境特征,得出功能混合的居住区空间布局、与城市互动的绿化景观和配置完善的公共服务设施 3 个优化策略^[17];郭亮等量化对比了 8 个不同功能类型的街区在出行和建成环境方面的差异,得到了用地混合开发,提高道路网密度、公交站点及线网密度等利于低碳出行的定性结果^[18]。

总体上看,目前对出行和建成环境关系的研究一直是交通和城乡规划领域的热点,而国内外大多数研究采用直接计算碳排放数值的方法,其过程复杂且因为各种因素的限制,误差很大。中国研究以定性居多,量化较少;国外研究多基于经济发达的大城市区域,并不完全适用于中国。为此,本文以陕西蒲城县老城区为例,采用 GIS 热点技术,首先筛选出冷点聚集的街区,继而对所筛选的街区量化建成环境特征,以期能用于蒲城县城及类似小城市老城区的街区规划实践中。

1 低碳出行街区概述

1.1 街区范围

根据各定义,可知街区具有 3 个特征:①2 种功能以上;②由若干街道围合而成;③具有完整的城市肌理,如表 1 所示。本文主要研究小规模街区,面积为 0.07~0.21 km²。研究范围选在蒲城县老城区,其范围和编码 A~K 如图 1 所示。

表 1 街区定义总结

Tab. 1 Summary of block definition

来源	定义
社会经济统计辞典	城市界限范围内已建有房屋或预定用于建造房屋的,以街、巷、广场的边线为界限的区域。
现代汉语新词语词典	由若干条街道形成的一片区域。
百度百科	街区 BLOCK 定义:B 为商业(Business)、L 为休闲(Lie fallow)、O 为开放(Open)、C 为人群(Crowd)、K 为亲和(Kind),就是居住和商业的集中融合。
美国人口普查局	作为人口统计街区,可以被其他可见或不可见的自然特征或人文特征所划定,例如道路、河流、铁路、地产边界、城市边界、乡镇边界等。

1.2 低碳出行街区的筛选标准

低碳出行街区是以低能耗、低污染出行为主,倡

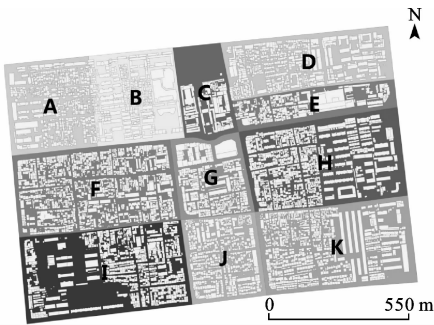


图 1 街区范围及编码示意

Fig. 1 Sketch of range and codes of blocks

导在出行中尽量减少碳足迹与二氧化碳排放的街区,具体表现为街区出行碳排放量减少或低碳出行方式如步行、骑行比例升高等。本文在前人倡导街区出行的基础上,提出低碳出行街区概念,以期探索一种低能耗、可持续的城市开发模式。

目前对低碳出行街区的各指标缺乏评价标准,本文依据蒲城县老城区出行碳排放特征,建立评价标准,见下页表 2。以交通调查的四要素即出行方式、出行时间、出行目的及出行频率为研究框架,其控制因子则依据数据的可获取性和代表碳排放特征的显著性进行选择。出行方式单位能耗与碳排放正相关。各出行方式人均单位能耗为:小汽车 1.82 MJ/km、公共汽车 1.405 MJ/km、电瓶车与摩托车 1.03 MJ/km、自行车与步行 0 MJ/km^[19]。出行高峰采用微信定位数据,不同时段差值即为人口流动数值。一次出行平均耗时采用问卷数据均等划分的统计值,居民的出行耗时与其是否选择机动车及其行驶时间有对应关系,与碳排放间接对应。步行去日常服务设施的频率能够反映居民外出的可能性,频率越高则说明街区内部的服务设施越能满足居民需求,外出可能性就越低;而乘坐私家车频率越高,说明碳排放越高。

采用重分类对各指标的热点分析结果重新赋值,即量纲一化,最终将各指标重分类结果进行叠加分析,以叠加结果的数值分布作为低碳出行街区的筛选标准。

2 数据收集与处理

2.1 研究对象

蒲城县老城区主要包含中小型商业功能和居住功能,且多为二者零散混合布置,不同于大中城市较强的功能分区,即成规模连片的居住功能或商业功能,在一定程度上已规避了大量跨区出行,但同时其

表 2 蒲城县老城区街区的出行碳排放特征及评价标准

Tab. 2 Travel carbon emission characteristics and evaluation criterion of blocks in Pucheng County old urban district

要素	控制因子	高碳排放	中碳排放	低碳排放	零碳排放
出行方式	各出行方式单位能耗	小汽车	公共汽车	电瓶车与摩托车	自行车与步行
出行时间	出行高峰/人次	(60,100]	(40,60]	(20,40]	[0,20]
	每次出行平均耗时/min	(25,30]	(20,25]	(10,20]	[0,10]
出行目的	每周日常服务设施的使用频率/次	[0,1]	[2,3]	[4,5]	[5,7]
出行频率	每周乘坐小汽车的频率/次	[5,7]	[3,4]	[1,2]	0

发展又趋于功能分区,即开始建设集中的居住和商业区。蒲城县老城区特征如表 3 所示。若不进行科学规划,又将成为大中型城市表象的复制品,基于人口吸引力弱的原因,变成高能耗却不高效的城市片区。

表 3 蒲城县老城区及类似小城市片区特征

Tab. 3 Characteristics of old urban district of Pucheng County and other similar urban areas

项目	特征
经济	经济水平不高,缺乏具有核心竞争力的产业。
人口	规模不大,老龄化较严重。
功能	包括中小型商业功能和居住功能,多为二者零散混合布置,没有第二产业。
道路	道路较窄,一般小于 30 m,还未进行拓宽道路为机动车提供便利条件。
强度	建筑密度高,多在 50%以上,容积率低,为 1 左右。

2.2 数据收集

数据来源于微信定位和调查问卷。微信定位数据用于得到各街区工作日和周末的出行高峰及分布,以弥补传统调研方法难以获取街区实时人数的缺陷。采用的微信定位数据是 2017 年 2 月 27 日~3 月 5 日的数据,采集间隔为 40 min。问卷数据于 2017 年 2 月 20 日~2 月 26 日获得,包含蒲城县老城区全部街区,共 11 个;平均每个街区抽样 100 户,

共发放问卷 1 100 个,收回 1 031 个,其中,完整调查问卷 1 014 个,问卷有效率 91.55%,发放调查问卷的过程中记录了被访问者的位置,问卷内容如表 4 所示。样本分布如下页图 2、图 3 所示。同时需要说明的是,问卷收集时由于各区人口规模不同,问卷数量分配上的不合理也可能会给研究结果造成误差。

2.3 低碳出行街区识别

GIS 热点技术是一项空间聚类分析技术,能捕获到大量数据中的热点和冷点^[20]。由于微信定位以个人为对象,问卷以家庭为对象,二者在空间上并不完全重合,故不能直接进行数据分析来识别各街区的出行碳排放特征。采用 GIS 热点技术则可以分别得到以个人为对象及以家庭为对象的调查数据空间集聚热点、冷点及其密度表面,在密度表面中每个像素单元即有了与出行碳排放指标相关的数值。其后对图像数值量纲一化处理后进行栅格叠加,得到的综合值即可用于筛选低碳出行街区。低碳出行街区识别过程如下所示。

(1)出行方式单位能耗的热点分析

首先将带有空间信息的问卷内容输入到 ArcGIS 中,按照不同出行方式的单位能耗进行赋值。然后对其进行热点分析,结果见下页图4。可知:D、

表 4 调查问卷内容

Tab. 4 Content of questionnaire

1. 日常购物、娱乐乘坐何种交通工具			
A 小汽车(私家车或出租车)	B 公共汽车	C 电瓶车与摩托车	D 自行车与步行
2. 上班乘坐何种交通工具			
A 小汽车(私家车或出租车)	B 公共汽车	C 电瓶车与摩托车	D 自行车与步行
3. 上学乘坐何种交通工具			
A 小汽车(私家车或出租车)	B 公共汽车	C 电瓶车与摩托车	D 自行车与步行
4. 一周之内乘坐小汽车的频次			
A 1~2 次	B 3~4 次	C 5~6 次	D 7 次及以上
5. 一次出行平均耗时			
A 5~20 min	B 21~40 min	C 41~60 min	D 1 h 以上
6. 一周内步行去下列设施的频率			
A 公交车站:____次	B 中小型超市:____次	C 公园绿地:____次	D 餐厅饭店:____次
E 银行邮局:____次	F KTV 等娱乐设施:____次	G 商场百货:____次	H 社区医院、诊所:____次

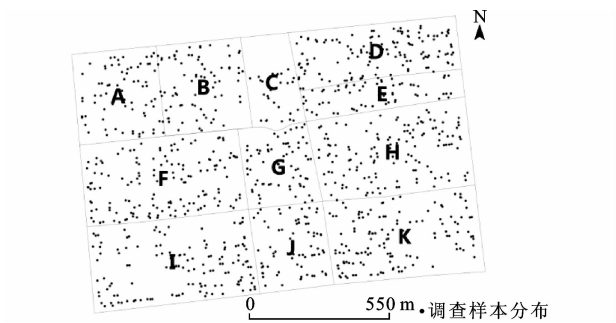


图 2 调查问卷样本分布

Fig. 2 Samples distributions of questionnaires

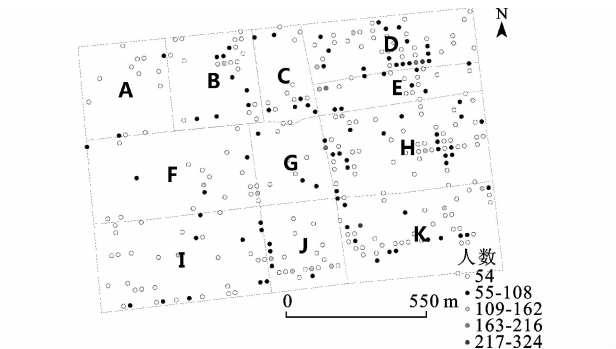


图 3 微信定位样本分布

Fig. 3 Samples distributions of WeChat positioning

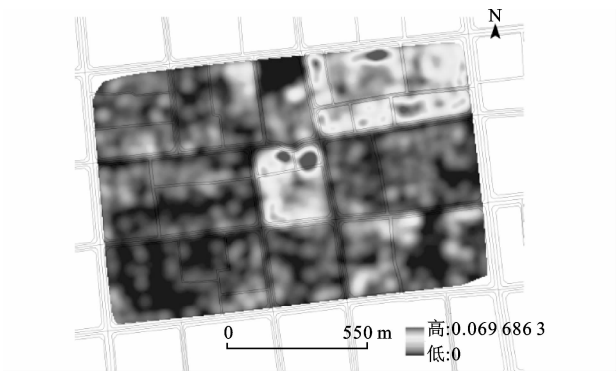


图 4 出行方式单位能耗热点密度表面

Fig. 4 Hot spots density surface of unit energy consumption of trip mode

E、G 街区小汽车出行比例较高,对应高碳排;剩余街区步行、自行车及电动车出行比例较高,对应低碳排。

(2)一次出行平均耗时的热点分析

对一次出行平均耗时的调研数据进行热点分析,结果见图 5。可知:D、E、G 街区出行耗时最长,对应高碳排;A、B、K 街区出行耗时较长,对应中碳排;其余街区对应低碳排。

(3)一周内步行去日常服务设施的频率热点分析

将日常服务设施分为 2 类:一类是购物服务设

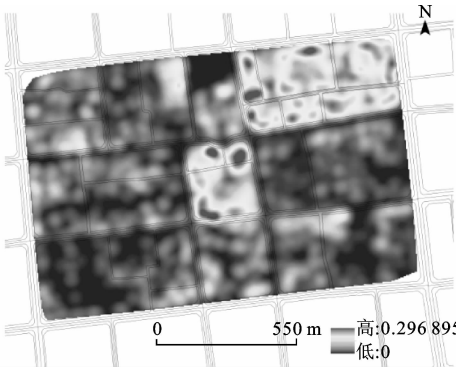


图 5 出行耗时热点密度表面

Fig. 5 Hot spots density surface of travel time consumption of trip mode

施,包含小型超市、便利店等;另一类是娱乐服务设施,包含 KTV、网吧、公园等。对调研数据进行热点分析,结果见图 6、图 7。可知:C、D、E、G、K 街区居民步行去日常服务设施的频率较高,表明街区内部能够满足居民日常需求,对应低碳排。

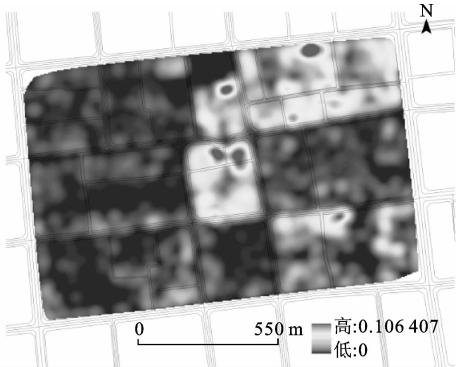


图 6 日常步行购物频率热点密度表面

Fig. 6 Hot spots density surface of frequency of daily shopping on foot



图 7 步行去日常娱乐设施频率热点密度表面

Fig. 7 Hot spots density surface of frequency of daily recreation on foot

(4)出行高峰的克里金插值分析

首先,由于出行内容的差异,对出行高峰分为周末和工作日。提取出每天每个街区微信定位数据差

值最大的 2 个时间点数据,一般深夜数据较为稳定,白天某个时间点人数最少或最多,因此对深夜和白天某个时间点的数据分别合并。

其次,进行克里金插值分析,得到 2 个栅格文件。利用栅格计算器对二者相减,得到各街区的微信定位数据的差值,正值表示流入街区的人口,负值表示流出街区的人口,如图 8、图 9 所示。从工作日出行高峰分析可知:B、C、E、H、K 街区流入人口较多,说明提供的工作岗位数多于居住人口数;I、J 街区则是流出人口较多,说明街区内部居住人口数多于工作岗位数;其余街区较为平衡。从周末出行高峰分析可知:E、H、K 街区流入人口较多,说明街区内购物娱乐设施较多;A、D、G、J 街区流出人口较多,说明街区缺少购物娱乐设施;其余街区人口流动较平衡。

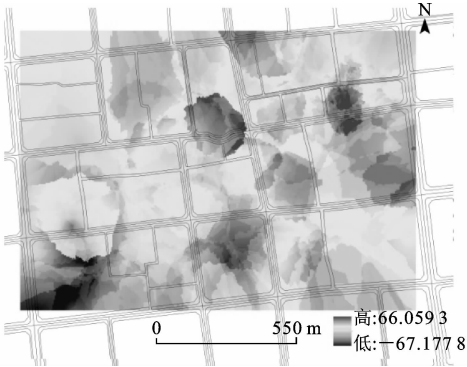


图 8 工作日出行高峰分析
Fig. 8 Workday travel peak analysis

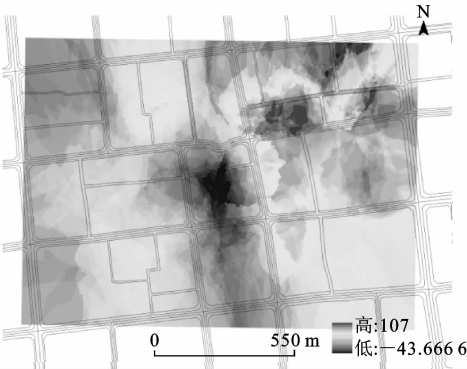


图 9 周末出行高峰分析
Fig. 9 Weekend travel peak analysis

(5)出行频率的热点分析

对小汽车出行频率调研数据进行热点分析,结果见图 10。可知:D、E、G 街区居民乘坐小汽车频率最高,对应高碳排;A、F、I 街区较高,对应中碳排;其余街区较低,对应低碳排。

(6)叠加分析

首先对各控制因子热点密度表面及出行高峰插

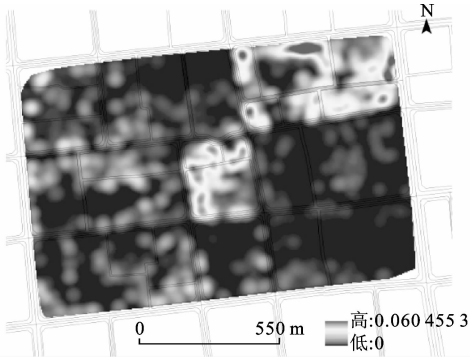


图 10 乘坐小汽车频率热点密度表面
Fig. 10 Hot spots density surface of frequency of taking cars
值分析结果进行重分类,将绝对值为高值的像元赋值为 3,绝对值为低值的像元赋值为 1,其余的像元赋值为 2。然后对其进行叠加分析,得到综合出行碳排放程度分析,如图 11 所示。

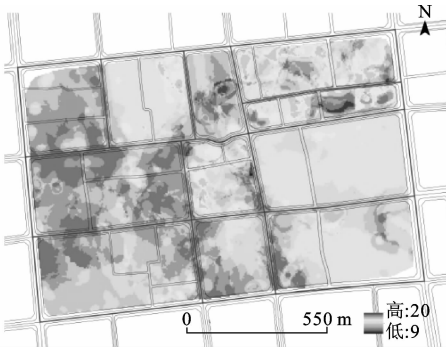


图 11 出行碳排放程度分析
Fig. 11 Travel carbon degree analysis

由综合出行碳排放程度分析可以得到各街区碳排放程度从小到大依次为:F、C、A、I、J、K、H、B、G、D、E。故碳排放最低的街区为 F 街区,定义为低碳出行街区;E 街区碳排放最高,定义为高碳出行街区。

3 低碳出行街区的建成环境特征

3.1 建成环境特征要素选取

总结国内外学者对建成环境出行效应的研究成果,在建成环境指标选择方面主要集中在土地使用模式、道路网络以及公共服务设施完善程度 3 个方面^[21-22],这三方面的指标对出行有着不同程度的影响。建成环境特征要素选取如下页表 5 所示。根据交通用地和土地供应的供需平衡理论,土地使用模式决定的是出行起终点的状态,道路网络决定出行路径,公共服务设施完善程度影响着人的出行方式,只有从出行的这 3 个环节上进行控制,才能最大程

度地促进低碳出行。

表 5 建成环境特征要素选择

Tab. 5 Selection of built environment characteristic elements		
建成环境特征要素	控制因子	表征指标或定义
土地使用模式	土地使用强度	建筑密度
		容积率
	功能混合程度	居住与其他使用类型建筑的面积比
道路网络	自行车道路的可达性	以自行车行驶时间为成本的可达性
	可步行道路占地面积比例	可步行道路(有铺装或宽度不允许机动车通行的道路)所占比例
	道路平均宽度	道路总面积与道路长度的比值
公共服务设施完善程度	公交便利度	公交站点的覆盖率(以 150 m 为半径)
	日常服务设施空间分布	购物服务设施覆盖率(以 50 m 为半径)
		娱乐服务设施覆盖率(以 100 m 为半径)

3.2 低碳出行街区建成环境特征要素定量分析

表 6 为低碳与高碳出行街区建成环境特征对比。从土地使用模式角度分析可知:与传统观点不

表 6 低碳与高碳出行街区建成环境特征对比

Tab. 6 Comparison of built environment characteristics between low and high carbon travel blocks			
建成环境特征要素	约束条件	低碳出行街区(F)	高碳出行街区(E)
土地使用模式	建筑密度/%	49.40	47.70
	容积率	1.06	1.40
	居住与其他使用类型建筑的面积比	3.24	0.84
道路网络	以自行车行驶时间为成本的可达性/min	1.54	1.83
	可步行道路占地面积比例/%	17.15	13.67
	道路平均宽度/m	5.05	5.50
公共服务设施完善程度	公交站点(150 m 半径)的覆盖率/%	46.71	71.93
	购物服务设施(50 m 半径)的覆盖率/%	54.61	83.91
	娱乐服务设施(100 m 半径)的覆盖率/%	66.67	87.64

3.3 低碳出行导向下蒲城县城及类似小城市的老城区街区规划建议

蒲城县城人口不多,较低的容积率已满足现有的需求,不需要高开发强度及高效的公共交通模式。因此,在蒲城县城及相似小城市的老城区街区规划过程中不能以提高容积率为重点,而更应考虑用地功能的复合,居住与其他类型建筑的面积比值宜设置为 4∶1~3∶1。

建议重点发展自行车出行模式,自行车车道间隔宜设置为 350~450 m,同时可步行道路占地面积

同,拥有较低建筑密度和较高容积率的街区反而对应高碳排,其原因是蒲城县较富裕的人倾向选择容积率较高的街区居住,更易选择小汽车出行;低碳出行街区 F 以居住功能为主同时兼有功能混合,而高碳出行街区 E 以商业为主,超出内部居民的刚性需求,吸引了其他街区的居民。

对道路网络和公共服务设施完善程度两方面的指标进行 *t* 检验成对双样本均值分析,可得其显著性概率为 0.013,可知二者指标的约束条件差异是显著的。从道路网络角度分析可知:低碳出行街区自行车车道间隔小于高碳出行街区,说明自行车车道间隔减小能够促进居民自行车出行;低碳出行街区的可步行道路占比高于高碳出行街区,说明可步行道路占比越高,居民步行出行的概率越大。从公共服务设施完善程度分析可知:低碳出行街区公交站点的覆盖率和道路平均宽度均低于高碳出行街区,说明 2 个街区鼓励的出行方式不同,前者鼓励步行、自行车、电动车等方式,后者鼓励包括小汽车和公交在内的机动车方式;高碳出行街区的购物和娱乐服务设施的覆盖率均超出街区内部居民的需求,吸引了其他街区的居民,低碳出行街区在满足内部日常购物需求的基础上未吸引过多外部居民的流入。

比例宜为 15%~20%,适当限制道路宽度来限制机动车的通行。

人口密集的街区可适度提高公交站点的覆盖率。而其他街区公交乘坐率较低,公交出行成为高碳排方式,可减少公交站点的覆盖率,建议以 150 m 为半径的公交站点的覆盖率宜为 40%~50%。同时在蒲城县老城区的街区中,日常服务设施覆盖率过高会吸引外部居民,过低则无法满足街区内居民需求而导致较远距离的出行。建议以 50 m 为半径的购物服务设施的覆盖率为 45%~60%,以 100 m 为半径的娱乐服务设施的覆盖率为 50%~70%。

4 结 语

(1)理论层面,国外学者关于建成环境的出行效应研究较多,中国学者基于大城市的研究较多,增加中国小城市的相关研究有助于对建成环境的出行效应更全面和深入地理解。

(2)方法层面,在低碳出行街区识别问题中引入了 GIS 热点技术,弥补了中国在出行碳排放 GIS 应用方面研究不足的缺陷;同时此方法可直接计算出碳排放,进而通过碳排放高低来筛选低碳出行街区。

(3)实践层面,前人提出的功能混合及密路网有利于居民低碳出行,在小城市中同样适用;同时小城市适合以步行、自行车、电动车和摩托车为主导的出行模式,并配合高建筑密度、高路网密度及小尺度街区的土地使用模式,不适合高容积率配合公交系统的模式。在蒲城县城及类似小城市的老城区规划中可应用本文成果。

(4)本文未对街区进行分类,未能将调研的所有街区的建成环境特征定量分析得到趋势性结果,而是只对比了研究范围内出行碳排放最低和最高的街区,得出较为明显的结论。故笔者将继续深入研究以期获得趋势性的结果,使研究结果更准确。

参考文献:

References:

- [1] 陈锦富,卢有朋,朱小玉. 低碳视角下的城市街区空间结构模式探讨[J]. 规划师, 2013, 29(1): 66-70.
CHEN Jin-fu, LU You-peng, ZHU Xiao-yu. Low carbon city block spatial structure[J]. Planner, 2013, 29(1): 66-70.
- [2] LIU C, QING S. An empirical analysis of the influence of urban form on household travel and energy consumption computers[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2011, 35(5): 347-357.
- [3] 李 铭. 用地混合、街区尺度与交通出行关系的实证分析——以张家港为例[C]//中国城市规划学会. 2012 中国城市规划年会论文集. 昆明: 云南科技出版社, 2012: 540-545.
LI Ming. An empirical analysis of relationship among mix lands, neighborhood scale and transportation: Taking Zhangjiagang for example[C]//Urban Planning Society of China. Proceedings of 2012 Annual Meeting of Chinese Urban Planning. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2012: 540-545.
- [4] 秦 波, 田 卉. 社区空间形态对居民碳排放的影响

- [C]//中国城市规划学会. 2013 中国城市规划年会论文集. 青岛: 青岛出版社, 2013: 613-623.
- QIN Bo, TIAN Hui. The impact of community space form on residents' carbon emissions [C]//Urban Planning Society of China. Proceedings of 2013 Annual Meeting of Chinese Urban Planning. Qingdao: Qingdao Publishing Group, 2013: 613-623.
- [5] 柴彦威, 肖作鹏, 刘志林. 基于空间行为约束的北京市居民家庭日常出行碳排放的比较分析[J]. 地理科学, 2011, 31(7): 843-849.
CHAI Yan-wei, XIAO Zuo-peng, LIU Zhi-lin. Comparative analysis on CO₂ emission per household in daily travel based on spatial behavior constraints[J]. Scientia Geographica Sinica, 2011, 31(7): 843-849.
- [6] 姜 洋, 何东全, ZEGRAS C. 城市街区形态对居民出行能耗的影响研究[J]. 城市交通, 2011, 9(4): 21-29.
JIANG Yang, HE Dong-quan, ZEGRAS C. Impact of neighborhood land use on residents travel energy consumption[J]. Urban Transport of China, 2011, 9(4): 21-29.
- [7] MOILANEN M. Matching and settlement patterns: The case of Norway[J]. Papers in Regional Science, 2010, 89(3): 607-623.
- [8] YANG J, SHEN Q, SHEN J, et al. Transport impacts of clustered development in Beijing: Compact development versus overconcentration [J]. Urban Studies, 2012, 49(6): 1315-1331.
- [9] SCHWANEN T, MOKHTARIAN P L. Attitudes toward travel and land use and choice of residential neighborhood type: Evidence from the San Francisco Bay Area[J]. Housing Policy Debate, 2007, 18(1): 171-183.
- [10] 黄经南, 杜宁睿, 刘 沛, 等. 住家周边土地混合度与家庭日常交通出行碳排放影响研究——以武汉市为例[J]. 国际城市规划, 2013, 35(2): 25-30.
HUANG Jing-nan, DU Ning-rui, LIU Pei, et al. An exploration of land use mix around residence and family commuting caused carbon emission: A case study of Wuhan City in China[J]. Urban Planning International, 2013, 35(2): 25-30.
- [11] DING C, WANG Y, XIE B, et al. Understanding the role of built environment in reducing vehicle miles traveled accounting for spatial heterogeneity[J]. Sustainability, 2014, 6(2): 589-601.
- [12] 罗 超, 孙靓雯. 基于抑制机动性的低碳街区布局模式探讨[C]//中国城市科学研究会. 第七届城市发展与规划大会论文集. 北京: 中国城市科学研究会, 2012: 705-711.

- LUO Chao, SUN Liang-wen. The discussion on land layout mode of low carbon block based on inhibiting mobility[C]//Chinese Society for Urban Studies. Proceedings of the 7th Urban Development and Planning. Beijing: Chinese Society for Urban Studies, 2012; 705-711.
- [13] 周 扬, 钱才云. 利于居民低碳出行的住区功能构成及布局[J]. 规划师, 2014, 30(9): 82-87.
- ZHOU Yang, QIAN Cai-yun. Neighborhood functions and layout for low carbon transportation[J]. Planners, 2014, 30(9): 82-87.
- [14] 陈锦富, 卢有朋, 朱小玉. 城市街区空间结构低碳化的理论模型[J]. 城市问题, 2012, 31(7): 13-17.
- CHEN Jin-fu, LU You-peng, ZHU Xiao-yu. The low-carbon theoretical model of urban blocks spatial structure[J]. Urban Problems, 2012, 31(7): 13-17.
- [15] QIN B, HAN S. Planning parameters and household carbon emission: Evidence from high- and low-carbon neighborhoods in Beijing [J]. Habitat International, 2013, 137: 52-60.
- [16] 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.
- PAN Hai-xiao. Urban spatial structure towards low carbon: New urban transport and land use model[J]. Urban Studies, 2010, 17(1): 40-45.
- [17] 廖昌启. 以低碳出行为导向的出行特征与住区规划策略研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- LIAO Chang-qi. Trip characteristics and residential planning strategy research based on low-carbon transportation [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [18] 郭 亮, 黄 博. 城市街区环境要素对低碳出行的影响研究——以湖北武汉为例[J]. 华中建筑, 2014, 32(11): 134-139.
- GUO Liang, HUANG Bo. Study on the impact of urban neighborhood environment elements on low-carbon travel mode: The case study of Wuhan in Hubei Province[J]. Huazhong Architecture, 2014, 32(11): 134-139.
- [19] 肖林橙. 社区家庭日常出行的碳排放影响机制研究——以南京为例[D]. 南京: 南京大学, 2012.
- XIAO Lin-cheng. Research on the mechanism of CO₂ emissions from household daily travels: A case in Nanjing[D]. Nanjing: Nanjing University, 2012.
- [20] 黄焕春, 运迎霞, 李明玉. 延吉城市功能空间演化及驱动力分析[J]. 武汉理工大学学报: 社会科学版, 2014, 27(3): 394-399.
- HUANG Huan-chun, YUN Ying-xia, LI Ming-yu. Analysis of the urban spatial structural evolution and driving forces of Yanji City based on GIS[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Social Sciences Edition, 2014, 27(3): 394-399.
- [21] WANG D, LIN T. Residential self-selection, built environment, and travel behavior in the Chinese context [J]. Journal of Transport & Land Use, 2014, 7(3): 5-14.
- [22] 曹新宇. 社区建成环境和交通行为研究回顾与展望: 以美国为鉴[J]. 国际城市规划, 2015, 37(4): 46-52.
- CAO Xin-yu. Examining the relationship between neighborhoods built environment and travel behavior: A review from the US perspective[J]. Urban Planning International, 2015, 37(4): 46-52.

(上接第 88 页)

- [17] 郭应时, 郭艳君, 付 锐, 等. 车道变换过程中驾驶人操作和注视行为[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2014, 34(4): 115-119.
- GUO Ying-shi, GUO Yan-jun, FU Rui, et al. Operation and gazing behavior of driver during lane change [J]. Journal of Chang'an University: Nature Science Edition, 2014, 34(4): 115-119.
- [18] 日本道路协会. 日本公路技术标准的解说与运用[M]. 王治中, 张文魁, 冯理堂译. 北京: 人民交通出版社, 1980.
- Japan Road Association. Explanation and application of Japanese highway technical standards[M]. Translated by WANG Zhi-zhong, ZHANG Wen-kui, FENG Li-tang. Beijing: China Communications Press, 1980.
- [19] 杨少伟. 道路勘测设计[M]. 3 版. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- YANG Shao-wei. Road survey and design [M]. 3th ed. Beijing: China Communications Press, 2009.
- [20] 余守宪, 赵 雁. 加加速度(加速度的时间变化率)——冲击、乘坐舒适性、缓和曲线[J]. 物理与工程, 2001, 11(3): 7-12, 22.
- SHE Shou-xian, ZHAO Yan. Jerk (the time rate of change of acceleration)—Impact, passenger's comfortability, transition curve[J]. Physics and Engineering, 2001, 11(3): 7-12, 22.
- [21] 白户宏明. 紧急制动时的舒适度研究[J]. 国外铁道车辆, 1997(4): 40-42.
- HIROAKI S. Study on comfort during emergency braking[J]. Foreign Railway Vehicles, 1997(4): 40-42.
- [22] 郭孔辉. 人-车-路闭环操纵系统主动安全性的综合评价与优化设计[J]. 汽车技术, 1993(4): 4-12, 31.
- GUO Kong-Hui. Comprehensive evaluation and optimal design of active safety of man-vehicle-road closed-loop manipulation system[J]. Automotive Technology, 1993(4): 4-12, 31.