



规划师

PLANNERS

ISSN 1006-0022
CN 45-1210/TU

中文核心期刊
中国科技核心期刊
RCCSE中国核心学术期刊

中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊
中国学术期刊网络出版总库全文收录期刊
《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行优秀奖



2019/08

NO.284 第35卷



期刊基本参数: CN45-1210/
TU*1985*J*A4*90*zh*P*
¥ 40.00*15000*13*2019-08

顾问单位: 中国城市规划协会

主管单位: 广西师范大学

主办单位: 广西期刊传媒集团有限公司

承办单位: 华蓝设计(集团)有限公司
雅克设计有限公司

协办单位: 武汉市土地利用和城市空间规划研究中心

武汉市规划研究院

中国航空规划设计研究总院有限公司

华建集团华东建筑设计研究院有限公司规划建筑设计院

赣州市城乡规划设计研究院

成都市规划设计研究院

重庆市规划设计研究院

西安建大城市规划设计研究院

广东省城乡规划设计研究院

沈阳市规划设计研究院

华侨大学建筑学院

深圳市城市规划设计研究院有限公司

西安市城市规划设计研究院

长春市城乡规划设计研究院

长安大学建筑学院

广州市城市规勘测设计研究院

吉林省城乡规划设计研究院

福州市规划勘测设计研究总院

沈阳新建大城市规划设计有限公司

中国城市规划设计研究院深圳分院

深圳市华阳国际工程设计股份有限公司

四川省城乡规划设计研究院

目次

规划广角

- 5 国外空间句法研究演进与前沿领域的知识图谱分析 李志明, 冯琳惠, 沈瑞馨
- 12 杭州市自行车租还潮汐与街区用地模式关系研究 刘冰, 曹娟娟, 张涵双, 朱俊宇, 徐逸青
- 19 自然地理环境对城市建成区绿地率的综合作用研究 刘志强, 李彤杉, 王俊帝, 邵大伟
- 25 原住民偏好对武夷山古城街道景观风貌的影响研究 陆明, 蔡籽烔
- 32 分散式乡村空间格局的规划模式建构与实践探索 韩昊英, 张小东, 罗俊颖

规划管理

- 38 面向城乡土地发展权公平配置的规划策略 张能, 陈烨
- 44 粤港澳大湾区城市群行政区划体制改革研究 谢涤湘, 谭俊杰, 楚晗

作品赏析

- 51 新型城镇化背景下江西省城镇体系规划探析 胡浣晨

本刊声明

1. 本刊所发表作品均为作者观点, 并不一定反映编委会和编辑部的立场。
2. 本刊对来稿保留修改权, 有特殊要求者请事先声明。
3. 本刊对所发表作品享有中文专有版权, 请勿一稿多投。
4. 本刊对所发论文享有电子版权, 如有异议, 请事先声明。
5. 本刊现被《中国学术期刊网络出版总库》及CNKI系列数据库收录, 其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录, 请在来稿时向本刊声明。
6. 本刊所载文章, 均经作者授权, 任何转载、翻译或结集出版均须事先得到本刊编辑部和作者的书面许可。
7. 限于人力和财力, 来稿一律不退, 如三个月内未见采用通知, 作者有权将稿件另行处理。

编辑出版: 《规划师》杂志社

地址: 广西南宁市青秀区月湾路1号
南国弈园6楼

邮政编码: 530029

电子信箱: planner@21cn.net

网址: www.planners.com.cn

电话: 社长室: 0771-2438005

编辑部: 0771-2437582 2436290

发行部: 0771-2438012 2436285

广告部: 0771-2438011 2418728

传真: 0771-2436269

刊号: ISSN 1006-0022
CN 45-1210/TU

广告经营许可证: 450106084

账户名: 规划师杂志社

账号: 45001604843052500696

开户行: 中国建设银行股份有限公司南宁云景路支行

国内总发行: 南宁市邮政局

国内邮发代号: 48-79

国际总发行: 中国图书贸易总公司(北京399信箱)

国际邮发代号: 4750M

定价: 40元(人民币)

订购: 全国各地邮局

邮购: 《规划师》杂志社

主 编：雷 翔
副 主 编：毛蒋兴
助理主编：陈 玉 欧阳东
理事会理事长 侯百镇
理事会副理事长 徐 兵
本期责任编辑 潘付英
栏 目 编 辑 李木子
美 术 编 辑 唐春意

社 长：沈伟东
副 社 长：徐 兵 熊元鑫
编辑部主任 刘 芳
经营部主任 杨一虹
发行部主任 郭敬锋
设计部主任 唐春意

顾问编委（以姓氏笔画为序）：
马武定 王建国 王静霞 文国玮 吕 斌 任致远 闫小培
李长杰 李兵弟 吴庆洲 吴志强 余柏椿 邹时萌 邹德慈
张兴国 张庭伟 陈秉钊 陈晓丽 赵友华 赵宝江 柯焕章
耿毓修 唐 凯 崔功豪 戴 逢 戴舜松

编委（以姓氏笔画为序）：
丁成日 王世福 王 浩 王涌彬 王 燕 毛 兵 毛蒋兴
邓兴栋 刘延松 刘 臻 李 异 李 琪 李 越 余 颖
张 兵 陈 韦 陈 阳 陈 亮 武 联 范钟铭 罗 镔
周建军 郑振华 赵万民 段 进 侯百镇 袁敬诚 顾朝林
徐 兵 高黄根 唐 波 黄卫东 韩高峰 彭震伟 曾九利
温春阳 疏良仁 雷 翔

59 自然生态文明建设规划及佛山国家森林城市创建实践 何继红，袁 媛

域外规划

66 国外联合居住社区的特征及其启示 吉倩耘，杨 阳，吴 晓

72 日本金泽市商业环境形成条例与形成指南的影响作用研究
沈振江，郭 晓，马 妍，彭玲茜，本舘孝文

随想杂谈

79 自动驾驶汽车对城市发展的影响及规划应对 王 鹏，雷 诚

85 刍议大众情趣背景下的乡村景观重构策略 庄晓敏

其他

90 理事单位资讯

《规划师》驻北京办事处

地址：北京市海淀区增光路甲 34 号
云建大厦 806 室
北京华蓝时代建筑设计咨询
有限公司
邮编：100037
主任：尤 智
电话：010-88082608

《规划师》驻上海办事处

地址：上海市静安区海防路 421 号
静工园 1 号楼 6 楼 A 区
华建集团华东建筑设计研究院
有限公司规划建筑设计院
邮编：200040
主任：莫 霞
电话：021-52569588-8623

《规划师》驻南京办事处

地址：南京市雨花台区软件大道 119 号
丰盛商汇新 5 号楼 4 楼
南京城理人城市规划设计有限公司
邮编：210012
主任：潘春燕
电话：025-52275065

《规划师》驻太原办事处

地址：山西省太原市杏花岭上肖墙
12 号
德圣工程有限公司
邮编：030002
主任：张晋平
电话：0351-3523542

《规划师》驻海口办事处

地址：海口市玉沙路 19 号
雅克设计有限公司
邮编：570125
主任：蔡正英
电话：0898-68546170

印 刷：广西地质印刷厂

出版日期：2019 年 4 月 30 日

读者所订杂志如有装订、印刷质量问题，
请与《规划师》杂志社发行部联系。



CN45-1210/TU*1985*J*A4*90*zh*P*40.00*15000*13*2019-08

Advisory

Ma Wuding
Wen Guowei
Yan Xiaopei
Wu Qingzhou
Zou Shimeng
Zhang Tingwei
Zhao Youhua
Geng Yuxiu
Dai Feng

Editors:

Wang Jianguo
Lv Bin
Li Changjie
Wu Zhiqiang
Zou Deci
Chen Bingzhao
Zhao Baojiang
Tang Kai
Dai Shunsong

Editorial Board:

Ding Chengri	Wang Shifu	Wang Hao
Wang Yongbin	Wang Yan	Mao Bing
Mao Jiangxing	Deng Xingdong	Liu Yansong
Liu Gong	Li Yi	Li Qi
Li Yue	Yu Ying	Zhang Bing
Chen Wei	Chen Yang	Chen Liang
Wu Lian	Fan Zhongming	Luo Bin
Zhou Jianjun	Zheng Zhenhua	Zhao Wanmin
Duan Jin	Hou Baizhen	Yuan Jingcheng
Gu Chaolin	Xu Bing	Gao Huanggen
Tang Bo	Huang Weidong	Han Gaofeng
Peng Zhenwei	Zeng Jiuli	Wen Chunyang
Shu Liangren	Lei Xiang	

Planning Roundup

- 5 Scientific Knowledge Mapping of the Evolution and Frontier Fields of Space Syntax Research in Foreign Countries Li Zhiming, Feng Linhui, Shen Ruixin
- 12 District-level Land Use Pattern Based on Pickup-return Tide of Bicycle Rental System in Hangzhou Liu Bing, Cao Juanjuan, Zhang Hanshuang, Zhu Junyu, Xu Yijing
- 19 Comprehensive Effect of Physical Natural Environment on Green Space Rate of Built District in China Liu Zhiqiang, Li Tongshan, Wang Jundi, Shao Dawei
- 25 Impact of Preference of Native People on Street Landscape, Wuyishan Ancient Town Lu Ming, Cai Zihan
- 32 Model Construction and Practical Exploration of Decentralized Rural Spatial Planning Pattern Han Haoying, Zhang Xiaodong, Luo Junying

Planning Management

- 38 A Study on Planning Strategies for Fair Allocation of Urban and Rural Land Development Rights Zhang Neng, Chen Ye
- 44 Research on the Structural Reform of the Administrative Division of the Guangdong-Hong Kong-Macau Great Bay Area Xie Dixiang, Tan Junjie, Chu Han

Planning and Design Appreciation

- 51 Features and Illumination of Co-housing Communities in Foreign Countries Hu Huanchen
- 59 Ecological Civilization Planning and the National-level Forest City Construction of Foshan He Jihong, Yuan Yuan

Planning Abroad

- 66 Features and Illumination of Co-housing Communities in Foreign Countries Ji Qianyun, Yang Yang, Wu Xiao
- 72 Influence of Municipal Guidelines on the Business Environment, Kanazawa, Japan Shen Zhenjiang, Guo Xiao, Ma Yan, Peng Lingxi, Motodate Takafumi

Opinions & Essays

- 79 The Impact of Autonomous Vehicles on Urban Development and Planning Response Wang Peng, Lei Cheng
- 85 Rural Landscape Reconstruction Strategy Based on Public Taste Analysis Zhuang Xiaomin

Chief Editor: Lei Xiang
Associate Chief Editor: Mao Jiangxing
Deputy Chief Editor: Chen Yu, Ouyang Dong
Director: Shen Weidong
Associate Director: Xu Bing, Xiong Yuanxin
Presidents of Council: Hou Baizhen
Vice Presidents of Council: Xu Bing
Director of Editorial Dept: Liu Fang
Director of Business Dept: Yang Yihong
Director of Circulation Dept: Guo Jingfeng
Director of Art Dept: Tang Chunyi
Editor in Charge: Pan Fuying
Column Editor: Liang Zhixia
Art Editor: Tang Chunyi

Advisory Committee: China Association of City Planning
Competent Organization: Guangxi Normal University
Sponsor: Guangxi Media Group Co., Ltd
Organizer: APCE Design Group, Hualian Design & Consulting Group
Edited and Published by: Magazine Office of Planners

Ad. Licence: NO.07,GICAT
Domestic Distributor NO.: 48-79
International Distributor:
China International Book Trading Corporation(P.O.B399,Beijing,China)
International Distributor No.: 4750M
Subscribe to: All Post Offices in China
Mail Order: Magazine Office of Planners

Address:
6/F, Office Building of Nanguoyiyuan, No.1 Yuewan Road, Qingxiu District, Nanning, Guangxi, China
530029
Tel: (86-771)2438005 2436290 2436285
Fax: (86-771)2436269
E-mail: planner@21cn.net
Homepage: www.planners.com.cn
No: ISSN 1006-0022
CN 45-1210/TU
Price: RMB ¥ 40

国外空间句法研究演进与前沿领域的知识图谱分析

□ 李志明, 冯琳惠, 沈瑞馨

[摘要] 文章以 Web of Science 数据库作为主要文献搜索引擎, 利用知识图谱分析软件 Citespace 与 VOSviewer 揭示了英文文献中空间句法学科领域的知识基础、演进历程与研究动态。研究发现, “运动”是空间句法研究领域中的核心主题词, 研究热点的演进过程分为理论体系构建阶段、实证研究检验阶段、理论与实践并进阶段和应用领域多元拓展阶段 4 个阶段, 同时空间句法核心研究领域包括建筑研究领域、空间句法分析技术研究领域、城市规划研究领域及空间认知与空间行为研究领域。

[关键词] 空间句法; 科学知识图谱分析; 英文文献

[文章编号] 1006-0022(2019)08-0005-07 [中图分类号] TU981 [文献标识码] B

[引文格式] 李志明, 冯琳惠, 沈瑞馨. 国外空间句法研究演进与前沿领域的知识图谱分析 [J]. 规划师, 2019(8): 5-11.

Scientific Knowledge Mapping of the Evolution and Frontier Fields of Space Syntax Research in Foreign Countries/Li Zhiming, Feng Linhui, Shen Ruixin

[Abstract] Space syntax has developed from the initial theoretical research to a discipline. It is of great significance to study space syntax in China to systematize its development process. With the Web of Science database as the main literature search index engine, the evolution process and research trends of space syntax research in English literature was revealed by using software Citespace and VOSviewer. It is found that "movement" is a core subject in the field of space syntax research, and the evolution of research hot spots is divided into four stages: theoretical system construction stage, empirical study inspection stage, theory and practice advancement stage, expansive application in multiple fields stage. The core research clusters are architecture research field, analytical techniques of space syntax research field, urban planning research field and spatial cognition and spatial behavior research field.

[Keywords] Space syntax, Scientific knowledge mapping, English literature

0 引言

20 世纪 70 年代末至 80 年代初, 英国伦敦大学学院 (UCL) 巴利特学院的 Bill Hillier 等人提出了“空间句法”概念, 它不仅是一种空间理论, 还是一种定量和描述性的分析工具, 用于分析建筑和城市的空间布局, 揭示物质空间形态的社会成因及影响^[1]。目前, 巴利特学院已开设了空间句法专业, 设置了理学硕士和研究型硕士学位。近四十年来, 空间句法从最初的理论研究发展至今成为一门学科, 期间经历了怎样的发展历程? 近年来在实践应用方面有何进展? 又有哪些学者对这一学科领域做出了关键性的贡献? 这些正是本文试图回答的问题。

近年来, 科学知识图谱分析因其能够将抽象的知识演进历程以直观、可视化的图谱形式呈现, 已成为长时段学术史研究的一个热点, 并被应用到对海绵城市、开放空间、城镇化^[2-4]等学科领域发展演变趋势与前沿动态的研究中。相较于传统的学术史研究方法, 科学知识图谱分析能有效避免面对海量文献时无从下手、耗时耗力等问题, 因而是一种更科学和高效的研究方法。

基于此, 本文试图运用 VOSviewer 和 Citespace 这两款知识图谱分析软件并结合传统研究方法, 系统分析近四十年来国外空间句法学术领域的研究动态、发展趋势与主题演进, 以期为国内的空间句法研究和实践提供启示。

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (41001086)、江苏省第十二批“六大人才高峰”项目 (2015—JZ—007)、江苏高校品牌专业建设工程资助项目 (PPZY2015A063)

[作者简介] 李志明, 南京林业大学风景园林学院城乡规划系主任、教授。

冯琳惠, 南京林业大学风景园林学院硕士研究生。

沈瑞馨, 现任职于苏州规划设计研究院股份有限公司。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

Citespace 是由美国德雷赛尔大学教授陈超美团队研发的一款识别并可视化科学文献中的新趋势与研究动态的 Java 应用程序^[5]。Citespace 的主要功能包括共现分析和共被引分析,在知识网络中直观地展示每个节点的位置与大小,并反映各个节点之间的关系。研究运用 Citespace 绘制 1976~2018 年国外空间句法研究的科学知识图谱,分析文献的研究国家、关键词及引用文献,总结国外空间句法的研究概况及热点,并通过 VOSviewer 知识图谱软件的聚类功能分析空间句法研究领域的知识聚类。

Citespace 中引文年轮的颜色表示相应的引文时间,随年份递进由蓝色变为

红色,一圈年轮的厚度代表相应年份间的引文数目。节点之间的连线意味着其相互间存在共被引关系,节点外圈出现紫色则表明该节点具有较高的中介中心性,选择突现功能后,部分圈层被标为红色,这表明在短期内相应的研究内容突然增加或减少^[6]。

1.2 数据来源

研究选取 Web of Science 和 Scopus^① 的核心数据库作为论文数据来源。检索关键词为空间句法,文献检索时间截止至 2018 年 4 月,得到搜索结果后基于空间句法的内涵进行筛选、校正,并剔除无关的内容,整理并去重后共得到 1 227 条记录作为分析的数据来源,包括 1976~2018 年发表的关于空间句法的期刊论文以及国际空间句法会议的会议论文。

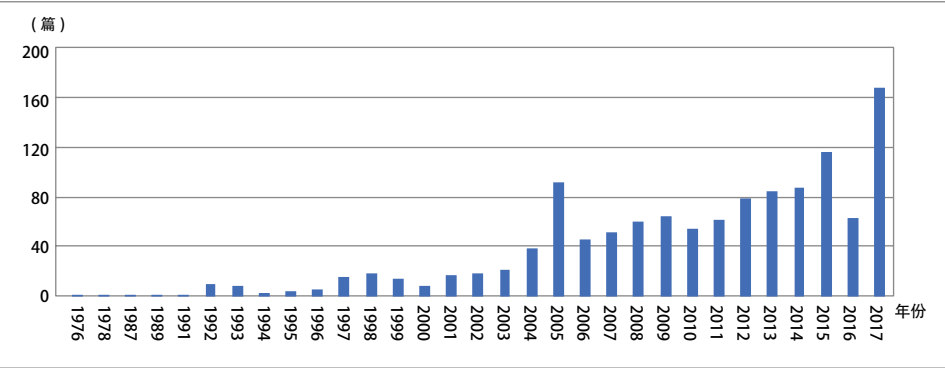


图 1 国外空间句法研究的历年文献数量

表 1 国外空间句法研究被引频率最高的 5 篇文献

序号	被引频率	突变指数	作者	年份	期刊名	题目
1	42	11.56	Bill Hillier	1996	—	Space is the Machine
		8.29		2007		Space is Machine Con
2	27	5.60	Carlo Ratti	2004	Environment and Planning B	Urban Texture and Space Syntax: Some Inconsistencies
3	26	9.75	Alasdair Turner	2007	Environment and Planning B	From Axial to Road-centre Lines: A New Representation for Space Syntax and a New Model of Route Choice for Transport Network Analysis
4	22	7.44	江斌	2002	Transactions in GIS	Integration of Space Syntax into GIS: New Perspectives for Urban Morphology
5	21	6.66	Sonit Bafna	2003	Environment & Behavior	Space Syntax: A Brief Introduction to Its Logic and Analytical Techniques

2 国外空间句法研究概况

通过梳理相关文献可探索国外空间句法研究的时空分布特征。从时间分布看(图 1),关于空间句法研究的文献最早发表于 1976 年,2000 年以后发文量开始逐步增长,总体呈现上升趋势。从空间分布看,当前研究空间句法的机构所在城市主要集中在欧美及东亚地区。

研究的时间范围为 1976~2018 年,以两年为一个时间切片,将国家作为节点类型,绘制空间句法研究的国家时间切片图谱(图 2),使用时区视图功能调查后发现,美国关于空间句法研究的发文量最多,其次是英国,我国的空间句法研究虽起步稍晚,但发文量仅次于欧美国家。在 Citespace 中,中介中心性较高的节点意味着其在学科领域中占据着重要的位置,即其在连接其他节点或不同聚类上发挥着重要作用^[2]。例如,英国发文量虽不及美国,但中介中心性最高(0.45),说明英国作为空间句法的发源地,其在学科领域仍居于核心地位,而我国的中介中心性为 0.04,这表明我国仍需在空间句法领域中提升研究的深度和广度。

3 国外空间句法的研究动态与知识图谱分析

3.1 知识基础

在 Citespace 中,参考文献构成了研究前沿的知识基础,因此在分析研究热点与前沿之前,有必要先对国外空间句法领域的知识基础进行梳理,从而识别出真正推动空间句法学科创立的基础性研究文献。共被引分析实质是将 1 227 篇文献作为分析对象,其中被引频次较高的节点代表具有较高学术价值的文献,是空间句法研究领域具有较大影响力的论著。研究以被引文献为节点类型,其他参数设置与上文一致,绘制文献共被引网络关系图(图 3),并按照被引频次的顺序列出国外空间句法研究领域中的具有

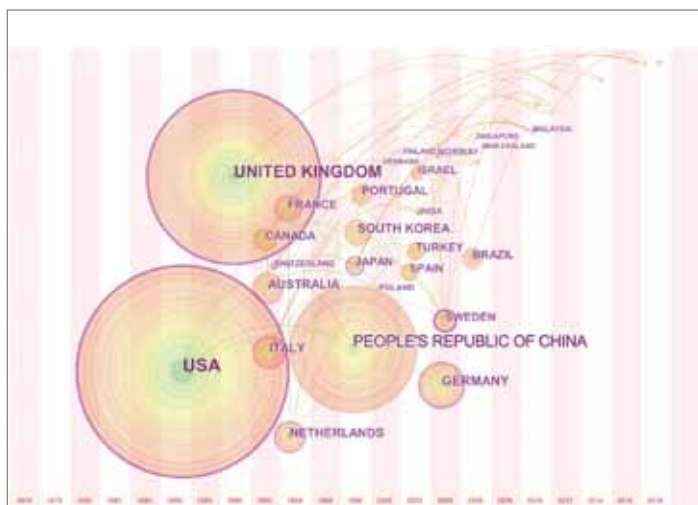


图2 空间句法研究的国家时间切片图谱
注:节点圆心对应时间为首次被引用时间。

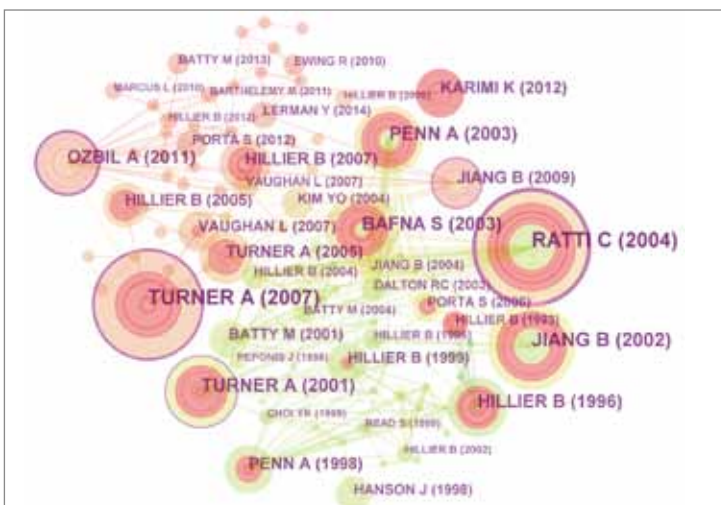


图 3 国外空间句法研究的文献共被引网络关系



图 4 国外空间句法研究的关键词共现关系

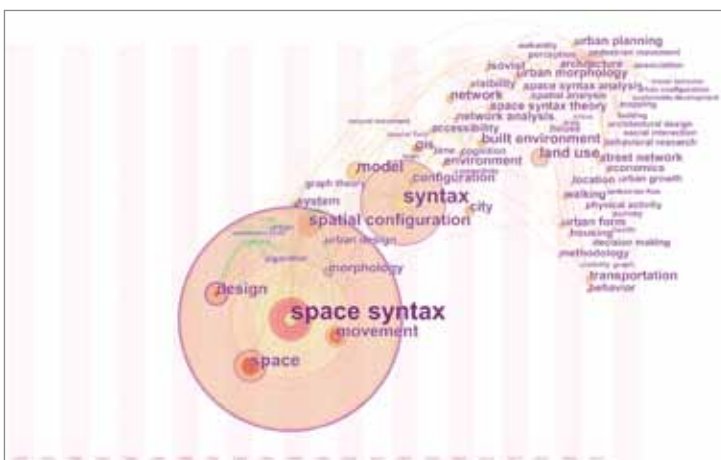


图 5 国外空间句法研究的关键词共现时间切片图谱

里程碑式意义的前 5 篇经典文献(表 1)。

关键词都与运动、行进的过程有关。结合图4可以发现,研究热点主要集中于空间句法的基本理论而非实证应用层面,如空间组构与自然出行,自然出行即街道网络的组构本身所引发的步行出行^[12]。这些热点主题词揭示了空间句法理论的核心:运动是空间组构的本质,基于人们对建成环境的认知,运动所产生的增殖效应通过影响城市土地利用改变城市形态。

3.2.2 热点演进趋势

研究结合图5及历年文献数量图,将国外空间句法热点演进路径分为4个阶段。

第一阶段:20世纪70年代至1996年,理论体系构建阶段。此阶段学者们主要关注空间句法理论体系本身,Bill Hillier从理论层面思考建筑学,提出了空间句法中最基本的概念——空间组构。

第二阶段:1996~2006年,实证研究检验阶段。此阶段学界对空间句法理论进行了大量实证研究,空间句法软件Depthmap的诞生为空间句法的研究提供了技术支撑,并为空间句法与GIS结合、应用于城市设计等领域奠定了基础,这是空间句法模型分析的新阶段。

第三阶段:2006~2016年,理论与实践并进阶段。这一阶段空间句法理论又再次成为研究热点,说明在经过上

一阶段的实践检验后,空间句法理论存在的问题得到了修正和改善,为之后的学科创立奠定了理论基础。值得一提的是,早期学者们在研究时仅将城市视为机械的空间位置,如今则强调需要将城市作为一系列的交互,即流动系统与网络系统^[13]。在研究视角转变的背景下,空间句法“运动是空间组构的本质”这一核心理念也逐渐被更多学者所认同,为随后空间句法应用领域的多元拓展奠定了基础。

这一时期实践领域的应用范围也有一定拓展,如土地利用、视域分析等。例如,Chinmoy Sarkar等人发现BMI指数(身体质量指数)与零售、教堂和休闲服务业的密度、可达性等多个建成环境因素相关^[14];陈泳等人以同里古镇为例,探讨水乡交通模式的变化对城市空间结构、土地利用的影响,发现整合度核心的迁移导致了土地利用的变化^[15]。

第四阶段:2016年至今,应用领域多元拓展阶段。此阶段空间句法已形成较为科学、完备的知识及应用体系,研究热点出现了倍增的现象并呈现出更加多元化分布的趋势。

交通、住房、城市规划和决策制定等正在成为国外空间句法领域最新的研究热点。在交通方面,Berhie Girmay等人收集了除6个传统句法变量以外的7个

土地利用变量、10个社会经济变量及3个交通变量,探讨空间组构及其他规划变量在交通模式选择中的作用^[16]。在住房方面,Nicholas Martino将空间句法应用于独户住宅设计中,以提升其可持续性和安全性^[17]。Luiz Filho等人通过运用空间句法技术和城市微观形态分析,试图揭示城市规划中的政策法规对城市活力的影响,实证研究发现建筑密度的提高并不能促进城市活力的提升^[18]。同时,空间句法在规划决策制定过程中也为各方提供了一个理性的数字平台^[19],如Tom Bolton等人提出城市规划决策者可通过空间句法更直观地观察空间结构如何影响社会经济活动,在对犯罪、健康和社会包容3个政策领域研究后发现,随着空间句法学科自身的发展,其影响公共政策的潜力也在明显增加^[20]。例如,在健康政策领域中,创建步行友好城市正成为各国的政策重点,空间句法则可以帮助改善人口老龄化所带来的社会问题,为认知能力下降的老年人设计和维护生活空间,增加老年人步行的干预措施^[21]。

3.3 领域动态的知识图谱分析

研究利用VOSviewer的聚类功能将研究主题相近的关键词聚为一类,用同一种颜色表示。图6揭示了空间句法学科的四大研究领域:黄色为建筑研究领域,红色为空间句法分析技术研究领域,绿色为城市规划研究领域,蓝色为空间行为与空间认知研究领域。

(1) 建筑研究领域。该领域的高频关键词为Architecture(建筑)、Building(房屋)和House(住宅)等(图6黄色部分)。该领域的研究主要探讨家庭住宅的空间组构与日常行为及社会文化间的关系、运用空间句法进行公共建筑的内部功能设计与流线组织,以及对经典建筑进行分析。Julienne Hanson等人提出建筑组构理论,指出房屋所构成的空间模式揭示了房屋与城市是如何为人服务的^[22],在建筑学领域激发了新的思辨。Julienne Hanson长期致力于研究社会文化与建筑

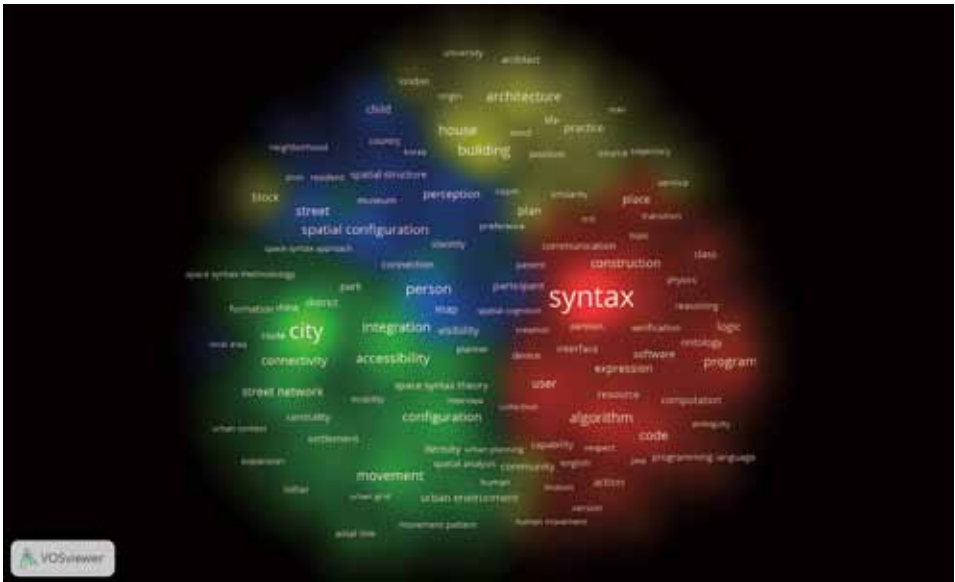


图6 VOSviewer 空间句法研究主题关键词

空间之间的关系,系统地阐释了多种类型的建筑空间组构与社会逻辑间的关系。

在家庭住宅分析方面, Frank Brown 研究了在姆扎卡生活的柏柏尔人的家庭空间布局,发现男性和女性住所存在以下差别:供女性游客使用的房间,在视觉上往往与周边空间有较好的联系,而供男性使用的空间则具有高度封闭性的特征^[23]。Andreia Umbelino 通过分析一栋跨越三代的巴西当地民宅,发现房屋形态的微妙变化与社会文化息息相关,如阳台更加宽阔敞亮、对浴室套间的建造等表明社会逐渐开放并更注重个人隐私^[24]。在公共建筑设计方面, Lin Bai 等人分析了近三十五年来 62 个日本疗养院的空间特征变化情况,发现物理训练室的整合度逐渐上升,这表明需要在现代日本疗养院中布置会所、健身场所等^[25]。

(2) 空间句法分析技术研究领域。该领域的高频关键词为 Syntax(句法)、Logic(逻辑)、Algorithm(算法)、Code(代码)和 Software(软件)等(图 6 红色部分)。该领域的研究主要探讨空间句法的分析模型优化及其软件程序的开发研究。Alasdair Turner 编写的 Depthmap 软件实现了空间句法从理论到模型的跨越。Bill Hillier 等学者提出用“最长且最少”的轴线覆盖整个空间系统且穿越每个凸状空间^[1]。饭田真一在轴线模型的基础上提出了线段分析的算法,其基本分析单位是交点之间的线段,通过不同的方式定义距离,可以更好地区分空间尺度。2012 年, Bill Hillier 等人针对空间句法在实践中无法多系统对比的缺陷,提出了关于城市空间轴线分析标准化的新方法,并对墨西哥、丹佛、东京、伦敦、巴塞罗那和北京等 50 个城市进行了标准化分析与检验。自此,不同尺度城市空间的比较研究成为可能^[26],这是空间句法分析技术研究领域的阶段性进步。

近年来,佐治亚理工学院的 John Peponis 提出了两种街道网络连接度的测量方法,以评估在街道网络中到达某个路段的潜力^[27],现已开发出一个基于

Java 的 ArcGIS 插件。叶宇基于 GIS 平台,将空间句法、Spacematrix 和 Mixed Use Index(MXI)结合,提出一种空间指数方法用于处理城市级的大量数据^[28]。封晨等人开发出一套在 Rhino 环境下运行的基于 Grasshopper 平台的工具包,使得用户不仅能以交互方式控制各种分析参数,还可将其用于设计方案生成的过程中^[29]。Franklin Morais 等人开发了 3D 空间句法分析软件,弥补了二维空间句法不能很好地描述高层建筑与周边环境关系的缺点,并增添了透明度、多路径视线复合等新功能^[30]。

(3) 城市规划研究领域。该领域的高频关键词为 City(城市)、Urban Environment(城市环境)、Accessibility(可达性)、Connectivity(连接度)、Integration(整合度)、Street Network(街道网络)、Movement(运动)和 Axial Line(轴线)等(图 6 绿色部分)。该领域的研究主要探讨城市空间结构与城市功能之间的关系、城市运动及其增殖效应。例如, Bill Hillier 基于对中心城区的轴线分析,研究伦敦城市空间形态,提出伦敦表现出明显的从边缘向中心汇集的趋势^[3]。

近年来,空间句法在城市规划研究领域的应用方面也更加多元化。例如, Valentina Maureira 等人以地震活跃区的智利沿海城市为案例,分析城市布局对海啸后疏散过程中路径选择的影响,发现现有的疏散计划与自然出行模式之间存在着微弱的对应关系,且城市布局影响着疏散路线的选择过程,以及对威胁做出快速反应的能力^[31];盛强等人研究了过去十年在网购冲击下的北京中心城区商业空间格局的变化,结果表明线下实体商店的数量依然在增多,体现了城市层面的商业功能对街区的影响,以及街区内部社区级中心空间自我生长的趋势^[32]。Juliana Arrais 等人研究了城市形态如何影响古老的戈伊纳尼亚中心的活力,结果表明整合度、入口数量和商业服务业的混合利用等因素影响着旧城市中心的活力^[33]。

(4) 空间行为与空间认知研究领域。

该领域的高频关键词为 Perception(感知)、Person(个人)、Open Space(开放空间)和 Child(儿童)等(图 6 蓝色部分)。该领域的研究主要探讨个体的认知及行为与空间结构之间存在的对应关系,即研究个人偏好的程度与空间组构间的内在规律。空间组构正是通过个体对空间产生的不同认知从而影响个体的行为。Bill Hillier 在《空间是机器》中提出可理解度这一特性,即局部的视觉线索对认知整个空间结构能提供帮助的程度,对空间组构与个体认知间的关系产生重要影响。Ruth Conroy Dalton 认为“可理解度”是空间认知与空间组构之间的链接^[34],其对空间句法符式的重新定义是将空间句法理论与空间认知研究结合起来的开端。

近年来,这一领域也逐渐受到更多学者的关注, Alenka Poplin 等人研究了美国大学城 6 万学生所感知到的“减压空间”,即最受公众欢迎的户外场所,发现其能唤起积极的情绪,有利于放松和减轻压力。该研究通过空间句法分析,发现可达性(道路、公共汽车道和自行车道)是公众选择减压空间的一个重要因素,并且连接度和空间网络对学生行为(选择减压空间)有较强的影响作用^[35]。Chrystala Psathiti 等人选取了英国三家咖啡馆作为实证案例研究顾客的座位选择偏好,从环境心理学和空间句法理论的角度出发,探讨了概念化和量化实体环境对个体偏好的影响^[36]。Bruna Kronenberger 等人探讨了巴西不同社会经济阶层的空间分布情况,发现高收入人群更喜欢选择整合度、选择度较高的区域,避免直接在主要街道或高速公路上居住,在从前景网络中分离出来的同时又可快速、方便的到达;而低收入人群则更多地选择直接位于整合度最高的轴线上(高速公路)以弥补通勤时间成本^[37]。

4 结论与启示

4.1 研究结论

研究基于 Citespace 和 VOSviewer

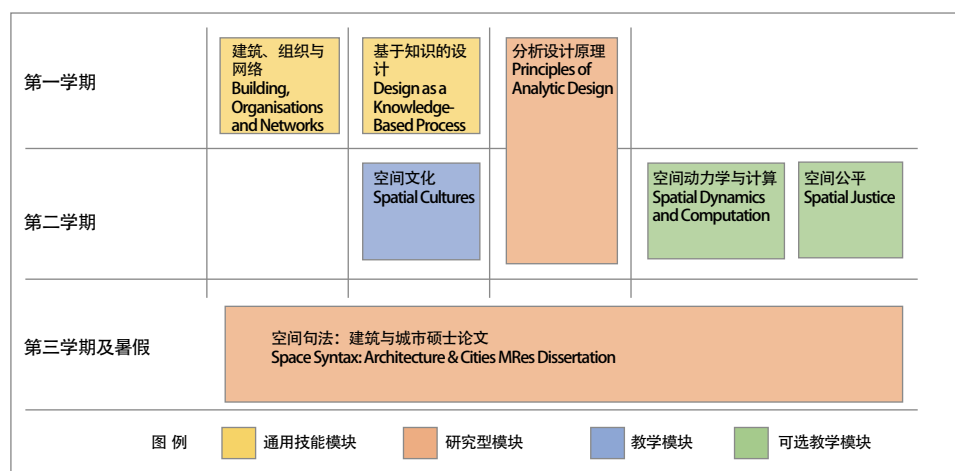


图7 伦敦大学学院空间句法研究型硕士培养方案
资料来源：伦敦大学学院官网。

两种知识图谱分析软件，对 Web of Science 及 Scopus 核心数据库中的空间句法英文研究文献进行了详细的可视化分析和解读，得出以下结论：①《空间是机器》为空间句法的研究奠定了坚实的理论基础；Carlo Ratti 的质疑事件激发了学界对空间句法的热烈争论与讨论；Alasdair Turner、江斌及 Sonit Bafna 等学者的研究有效推动了空间句法理论的传播与应用。②“运动”是空间句法研究领域中的核心主题词，也是空间组构的本质。空间句法研究的热点演进过程分为 4 个阶段，即理论体系构建阶段、实证研究检验阶段、理论与实践并进阶段和应用领域多元拓展阶段。在应用领域多元拓展阶段中，交通、住房、城市规划与决策制定等正成为国外空间句法最新的研究热点。③国外空间句法学科主要有四大研究领域，即建筑研究领域、空间句法分析技术研究领域、城市规划研究领域、空间认知与空间行为研究领域。国内在空间句法分析技术领域的研究成果还较少，亟待大力拓展和深化。

4.2 研究启示

尽管空间句法理论早在 1985 年就被引入国内，但之后却沉寂了很长一段时间。21 世纪以来，空间句法的相关研究才又逐渐涌现。本文通过对国外空间句

法的研究演进与前沿领域的可视化分析，对国内的相关研究提出两点启示：①整合多元分析技术，从多角度揭示城市空间组构的本质规律。国外的相关研究已展现了空间句法分析技术领域的快速发展与更新迭代态势，而国内的相关研究一方面亟待深入创新，如开展面向三维的空间句法分析技术研究，面向参数化的交互式句法分析技术研究等；另一方面，应重视技术整合，如探索如何将传统的基于 Depthmap 的空间句法分析技术与近年来兴起的一些空间形态分析技术，以及大数据挖掘与分析技术进行有效的整合，从而提升对复杂城市空间问题的解释力。随着我国存量规划时代的到来，这方面的研究将大有用武之地。②加强实证研究，不断夯实空间句法的基础理论与技术方法。空间句法近四十年的发展历程已表明其理论发展与技术创新离不开实证研究的支撑。总体上看，国内的很多空间句法研究仅停留在简单的技术应用阶段，缺乏有深度的实证研究，尤其缺少对具有中国特色的城市空间问题的关注。因此，需通过深入的空间句法实证研究从新的理论视角揭示我国城市空间问题的内在逻辑与形成机制，为空间句法基础理论的发展与完善贡献中国智慧，为其分析技术的创新提供中国经验。

空间，始终是城市规划理论和实践

研究的核心领域，对空间自身发展规律的探寻是确保城市规划科学性的根本前提。空间句法自创立之始，一直试图以理性、可视化的分析方法揭示隐藏在城市空间感性经验下的深层次结构和演化规律。在伦敦大学学院空间句法研究型硕士培养方案中，不仅设置了空间文化、空间公平等传统的城市规划课程，还有空间动力学与计算等课程（图 7）。可见，随着大数据和人工智能时代的到来，传统的城市规划理论、技术、教学和实践都将面临巨大挑战。■

[注 释]

① Web of Science 数据库中未收录空间句法国际研讨会的会议论文，因此本文选取 Scopus 数据库中的此部分论文作为补充数据。

[参考文献]

- [1] Hillier B, Hanson J. The Social Logic of Space[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [2] 李志明, 濮佩君. 英文文献中的海绵城市研究进展——基于 Citespace 和 VOSviewer 的知识图谱分析[J]. 现代城市规划, 2016(7): 12-18.
- [3] 李志明, 樊荣甜. 国外开放空间研究演进与前沿热点的可视化分析[J]. 国际城市规划, 2017(6): 34-41.
- [4] 蒋贵凰, 李晨光, 范景军. 我国城镇化研究热点演进的知识图谱分析[J]. 城市发展研究, 2016(10): 46-51.
- [5] Chen C. Citespace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006(3): 359-377.
- [6] 陈悦. 引文空间分析原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [7] Hillier B. Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [8] Ratti C. Urban Texture and Space Syntax: Some Inconsistencies[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2004(4): 487-499.

- [9]Turner A. From Axial to Road-centre Lines: a New Representation for Space Syntax and a New Model of Route Choice for Transport Network Analysis[J]. 2007(3): 539-555.
- [10]Jiang B, Claramunt C. Integration of Space Syntax into GIS: New Perspectives for Urban Morphology[J]. Transactions in GIS, 2002(3): 295 – 309.
- [11]Bafna S. Space Syntax A Brief Introduction to Its Logic and Analytical Techniques[J]. Environment and Behavior, 2003(1): 17-29.
- [12] Hillier B, Penn A, Hanson J, et al. Natural Movement: or, Configuration and Attraction in urban Pedestrian Movement[J]. Environment & Planning B Planning & Design, 1993(1): 29-66.
- [13] Batty M. The New Science of Cities [M]. Cambridge: The MIT Press, 2013.
- [14] Sarkar C, Gallacher J, Webster C. Built Environment Configuration and Change in Body Mass Index: The Caerphilly Prospective Study(CaPS)[J]. Health & Place, 2013(19): 33-44.
- [15]Chen Y, Ni L H, Dai X L. Changing Traffic Mode and its Impact on Pedestrian Network: Analysis of the Historic Town Tong-Li, China[J]. Advanced Materials Research, 2012(368-373): 3 266-3 270.
- [16]Berhie G, Haq S. Locational Preferences and Transportation Mode Choice of Different Socio-economic Groups in the US: A Space Syntax Included Case Study of Two Gridded and Two Non-gridded Cities[C]//Space Syntax Symposium, 2017.
- [17]Martino N. Applying Space Syntax Methodology in the Design Process of a Single-Family House Conversion Aiming at Sustainability and Safety[C]// International Space Syntax Symposium, 2017.
- [18]Filho L M C, Nes A V. Planning Codes and the Design of the Street Interface Reading the Impact of Spatial Configuration on Street Life Using Micro-scale tools[C]// International Space Syntax Symposium, 2017.
- [19] 杨滔. 数字城市与空间句法: 一种数字化规划设计途径 [J]. 规划师, 2012(4): 24-29.
- [20]Bolton T, Francis N, Froy F. The Impact of Space Syntax on Urban Policy Making: Linking Research into UK Policy[C]// International Space Syntax Symposium, 2017.
- [21]Watts A, Ferdous F, Moore K D, et al. Neighborhood Integration and Connectivity Predict Cognitive Performance and Decline[J]. Gerontology & Geriatric Medicine, 2015(1): 1-9.
- [22]Hanson J, Hillier B, Graham H, et al. Decoding Homes and Houses[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [23]Brown F. The Visibility Graph: an Approach to the Analysis of Traditional Domestic M'zabite Spaces[C]// International Space Syntax Symposium, 2003.
- [24] Umbelino A. One House, Three Generations: Exploring Conversions in Domestic Space that Tell about Socio-cultural Changes over a Century [C]// International Space Syntax Symposium, 2017.
- [25]Lin B, Nasu S. Japanese Nursing Home Common Space Spatial Layout Changes in the Past 35 Years [C]// 11th International Space Syntax Symposium, 2017.
- [26]Hillier B, Yang T, Turner A. Advancing Depth Map to Advance Our Understanding of Cities: Comparing Streets and Cities, and Streets to Cities[C]//Eighth International Space Syntax Symposium, 2012.
- [27]Peponis J, Bafna S, Zhang Z. The Connectivity of Streets: Reach and Directional Distance[J]. Environment and Planning B-Planning & Design, 2008(5): 881-901.
- [28]Ye Y, Vannes A. Measuring Urban Maturation Processes in Dutch and Chinese New Towns: Combining Street Network Configuration with Building Density and Degree of Land Use Diversification Through GIS[J]. Journal of Space Syntax, 2013(1): 18-37 .
- [29]Feng C, Zhang W. Grasshopper Reach Analysis Toolkit: Interactive Parametric Syntactic Analysis[C]//International Space Syntax Symposium, 2017.
- [30]Morais F, Vaz J V, Viana D L, et al. 3D Space Syntax Analysis-case Study 'Casa da Música'[C]//Space Syntax Symposium, 2017.
- [31]Maureira V, Karimi K. The Everyday and the Post-disaster Urban Systems as One Thing: A Configurational Approach to Enhance the Recovery and Resilience of Cities Affected by Tsunamis [C]// Space Syntax Symposium, 2017.
- [32]Sheng Q, Liu X, Yang Z. Triumph of Pedestrian: Empirical Study on the Morphology of Shops in Beijing's Central City Area in 2005—2015 [C]// Space Syntax Symposium, 2017.
- [33]Arrais J, Medeiros V. Urban Configuration and Public Spaces Vitality in the Old Centre of Goiânia (brazil) [C]// Space Syntax Symposium, 2017.
- [34]Dalton R C, 窦强. 空间句法与空间认知 [J]. 世界建筑, 2005(11): 41-45.
- [35]Poplin A, Yamu C, Rico-Gutierrez L. Place-making: an Approach to the Rationale Behind the Location Choice of Power Places[C]// ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2017.
- [36]Psathiti C, Sailer K. A Prospect-Refuge Approach to Seat Preference: Environmental Psychology and Spatial Layout[C]// International Space Syntax Symposium, 2017.
- [37]Kronenberger B, Saboya R. A Configurational Study of Sociospatial Segregation in the Metropolitan Region of Florianopolis, Brazil[C]// International Space Syntax Symposium, 2017.

[收稿日期]2018-10-16;

[修回日期]2019-01-14

杭州市自行车租还潮汐与街区用地模式关系研究

□ 刘冰, 曹娟娟, 张涵双, 朱俊宇, 徐逸菁

[摘要] 文章利用杭州主城区的公共自行车租赁点数据, 首先分析了单一租赁点的租还潮汐特征、空间聚类特征; 其次, 结合街区尺度的用地结构指标, 考察了服务区单元的单点潮汐比与居住用地比例、用地复合度的关系, 以及功能区块的多点潮汐指数与用地构成及其空间组织的关系。研究发现, 自行车租还潮汐指数能够有效反映不同街区的用地结构模式及其差异, 可作为精细化判别街区用地结构问题的探针工具, 并指出以杭州老城区为典型案例的自平衡街区模式有利于自行车等交通潮汐的源头控制, 对于街区复合开发策略的制定有借鉴价值。最后, 文章探讨了自行车潮汐指数在运力调度优化、慢行交通“微”治理、用地功能靶向修复和规划方案评价等方面的若干应用场景。

[关键词] 租赁自行车; 租还潮汐性; 莫兰指数; 街区用地模式; 杭州

[文章编号] 1006-0022(2019)08-0012-07 [中图分类号] TU984.11*9 [文献标识码] B

[引文格式] 刘冰, 曹娟娟, 张涵双, 等. 杭州市自行车租还潮汐与街区用地模式关系研究 [J]. 规划师, 2019(8): 12-18.

District-level Land Use Pattern Based on Pickup-return Tide of Bicycle Rental System in Hangzhou/Liu Bing, Cao Juanjuan, Zhang Hanshuang, Zhu Junyu, Xu Yijing

[Abstract] Firstly, the pickup-return tide of bicycle rental stations and their spatial cluster characteristics is analyzed based on rental big data of Hangzhou Central city. Then, combined with certain land use structure indicators at district level, not only the relationship between the tidal ratio and residential land proportion as well as land use diversity for single-stationed service areas, but also the relationship between the tide and the land use composition with its spatial layout for the multi-stationed functional zone are investigated. It is found that the bicycle tide index can effectively reflect the land use structure patterns and their differences in different districts, and it can be used as a probe tool to identify the problems of land use structure in the districts. It is pointed out that the self-balanced district model such as Hangzhou Old Town is beneficial to the source control of rental tide and has reference value for making strategies of mixed-use development at district scale. Finally, several applications of bicycle tide index such as capacity dispatching optimization, pedestrian and non-motorized mobility refinement, targeted land use amelioration and planning scheme evaluation are discussed.

[Keywords] Bicycle rental system, Pickup-return tide, Moran Index, District land use pattern, Hangzhou

1 研究背景

交通潮汐是由出行发生和吸引活动的时空分布不均衡所引起的, 该现象与用地布局结构有密切的关联, 并反映在不同的尺度上。大尺度潮汐多表现在承担远距离出行的干路和公交网络上, 小尺度潮汐则表现在近距离慢行活动网络以及公交站、停车场等交通节点上。二者均与交通资源的整体配置效率有关。近年来, 包括公共自行车和网约自行车在内的租赁自行车^①发展

迅速, 由此产生的范围广、粒度细的租还大数据为刻画小尺度潮汐特征以及全面考察潮汐与用地的关系提供了新的视域。

租赁自行车发展伊始, 其潮汐问题就受到关注。除了对租还活动的时空特征、建成环境对租还行为影响的研究, 近年来业界逐渐关注潮汐的车辆调度优化方法与模型构建以及众包系统设计方面的内容。虽有不少学者发现租还潮汐性会随租赁点周边用地差异而变化, 但从租还潮汐角度考察街区结构的研究尚不

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (51378360、51778433)、高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室资助项目

[作者简介] 刘冰, 同济大学建筑与城市规划学院城市规划系教授、博士生导师, 并任职于高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室。

曹娟娟, 硕士, 工程师, 上海同济城市规划设计研究院有限公司副主任规划师。

张涵双, 硕士, 高级工程师, 上海同济城市规划设计研究院有限公司城市空间与交通规划设计所所长。

朱俊宇, 硕士, 助理工程师, 上海同济城市规划设计研究院有限公司规划师。

徐逸菁, 同济大学建筑与城市规划学院城市规划系硕士研究生。

多见, 已有的相关研究忽视了优化用地结构的源头性手段, 而局限在扩大车辆和租赁点规模、加强调度等方面。

本文以杭州为例, 在街区尺度上找出租还潮汐与用地结构的关系, 为制定自行车租还平衡的用地策略提供依据。这项研究既有利于加快车辆和泊位周转, 缓解高峰期“用车难、乱停车”的问题^②, 又可填补街区层面交通潮汐与用地关系研究的不足, 对交通系统与用地结构的协同优化具有积极作用。

2 研究方法

2.1 空间分析单元

租赁点服务区是本次研究的基本空间分析单元。对于无桩系统, 其服务区可结合次支路围合的街坊划定, 以服务区形心点作为虚拟租赁点(图1-a)。有桩系统可根据实际车辆租还位置, 利用ArcGIS工具直接生成服务区范围, 具体有两种类型: 一种是结合路网生成特定服务半径的服务区^③(图1-b), 其大小相对一致, 但是点位密集时存在边界交叠, 这符合相近租赁点之间交叉使用的情况。另一种是采用边界完全不相重叠的泰森多边形服务区^④(图1-c), 以表达各租赁点最邻近区域的用地特征, 由此反映各租赁点特有属性的影响。本次研究数据来源于杭州公共自行车刷卡数据, 故对于实际租赁点的服务区, 分别采用500 m半径和泰森服务区计算其用地构成和复合度指标, 以兼顾对租赁点可达范围和优势范围的考量。同时, 研究进一步根据城市用地布局划分若干功能区块, 作为分析多个租赁点集计潮汐性的空间单元。

2.2 研究范围与技术方法

研究选取自行车租还活动集中连片的杭州主城区作为研究范围(图2), 面积为115.3 km², 有1257个租赁点和约20万条有效数据。主城区包含老城、西湖、钱江新城、下城、运河和三墩等片区(图3), 有传统商贸、现代商务、生活居住、科研

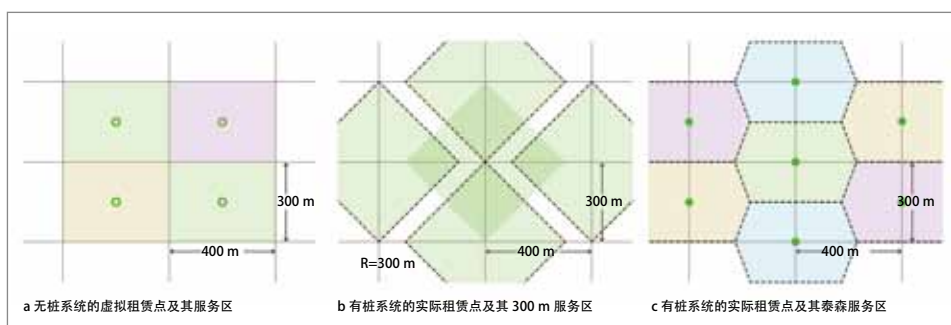


图1 无桩和有桩系统的租赁点及其服务区

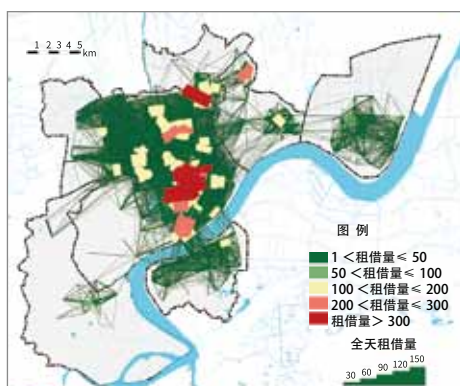


图2 研究范围的选取



图3 研究区功能布局

文教、特色产业和高校园区等多种功能组团, 为比较不同街区的用地结构及潮汐特征提供了良好的样本基础。

研究首先针对不同用地类型, 分析典型租赁点的潮汐特征; 其次, 计算各租赁点的早高峰潮汐指标, 并采用总体莫兰指数和安瑟伦局部莫兰指数方法, 对租赁点进行空间聚类 and 自相关分析, 摸清总体潮汐分布特征; 最后, 针对服务区和功能区块, 分别考察单一和集计潮汐性与居住用地占比、复合度等街区用地特征指标之间的关联性。

3 基于单一租赁点的自行车租还潮汐特征

3.1 不同类型租赁点的典型租还潮汐特征

研究在主城区各选取4个使用量较高的典型办公、商业、居住和混合类租赁点进行分析(图4), 发现各类租赁点工作日的归还—租借差值累积分布曲线呈现不同的形态(图5): 行政办公点曲线呈“陡升—高位—陡降”态势, 早高峰的潮汐性高、桩位周转率低; 商务商业点的曲线变化与

行政办公点相似, 但潮汐性略有降低; 居住点曲线为“陡降—低位—陡升”态势, 早高峰潮汐性高、周转率低; 混合点受居住及其他用地的多重影响, 早高峰单向潮汐性较弱, 且平峰时段租还活动增加, 形成了锯齿状波动的鲜明曲线形态。

研究采用潮汐比(R)、潮汐度(D)两大潮汐指数量化反映自行车租还关系。潮汐比为租、还量之差与租、还量之和的比值, 用于描述一定时段内租赁点车辆租借、归还的方向均衡性, 计算公式为:

$$R = (Q_{\text{租}} - Q_{\text{还}}) / (Q_{\text{租}} + Q_{\text{还}}) \quad \text{公式(1)}$$

其中, R 为某租赁点在某一时段内的租还潮汐比, $Q_{\text{租}}$ 为某租赁点在某一时段内的租借量, $Q_{\text{还}}$ 为某租赁点在某一时段内的归还量。

各租赁点的潮汐比在-1至1间变动, 正数表示以租车为主, 负数表示以还车为主。潮汐度为潮汐比的绝对值表示无关租还方向的潮汐程度, 数值越大潮汐越严重。按照潮汐比的数值区间将 $[-1, -0.3]$ 作为高吸引点、 $[-0.3, -0.1]$ 作为低吸引点、 $[-0.1, 0.1]$ 作为平衡点、 $[0.1, 0.3]$ 作为低发生点、 $[0.3, 1]$ 作为高发生点。经计算, 典型办公租赁点、



图 4 典型租赁点的潮汐比和服务区用地特征

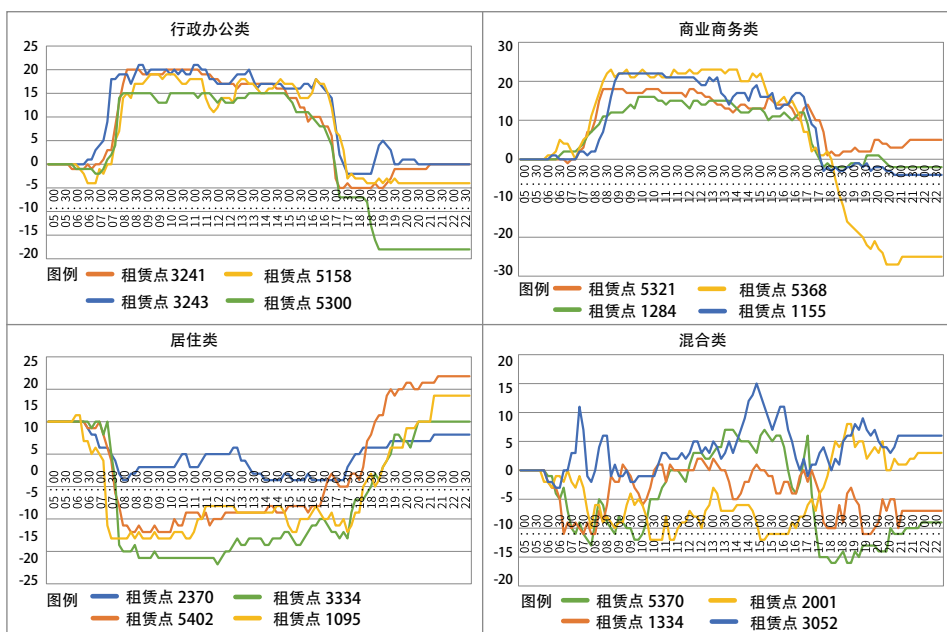


图 5 各类型租赁点的归还—租借差值累积分布曲线

商务租赁点均为高吸引点，个别租赁点潮汐比达到 -0.90 ；居住点为高发生点，潮汐比为 $0.54 \sim 0.73$ ；混合点则为平衡点，潮汐比为 $-0.08 \sim 0.08$ 。

3.2 单一租赁点潮汐指数计算与空间聚类分析

3.2.1 租赁点潮汐比的空间分布

研究计算租赁点的早高峰潮汐比，并进行空间可视化分析，发现不同潮汐特性的租赁点呈簇群分布（图 6），这种空间分异映射着不同功能区块的用地结构差异：平衡点集中于建成年代较早、功能高度混合的旧城（含老城和南运河片区）；吸引点主要分布在承载市级办公、服务功能的

环西湖地带和钱塘江沿岸，钱江新城的高吸引点尤为密集；发生点大多分布在旧城周边新建的大型居住区；外围存在着若干高吸引和高发生簇团交错分布的区域。

3.2.2 租赁点潮汐度的空间相关性分析

首先，研究利用 ArcGIS 软件的全局莫兰指数方法，分析租赁点早高峰潮汐度的空间关联程度。经计算，莫兰指数为 0.23 ，显著性检验值 Z 得分为 24.57 ，表明租赁点的潮汐度水平具有空间正相关性^⑤，聚类分布形态显著。其次，研究采用安瑟伦局部莫兰指数空间统计工具，细粒度识别各个租赁点与其相邻租赁点的空间相似性和相异性。根据分析结果，将租赁点划分为 3 大类 5 小类（图 7）。

(1) 空间聚类，该类租赁点有两种聚集模式：①低—低聚集，表示该租赁点及相邻租赁点的潮汐度都不明显，这类租赁点集中于老城区和运河沿岸若干成熟社区，形成了租还平衡的聚集区。②高一—高聚集，表示该租赁点及相邻租赁点的潮汐性都较明显，这类租赁点集中在西北部和钱江新城，与东新园等小型簇团共同构成了潮汐显著的聚集区。

(2) 异常点，包括低—高异常点和高一—低异常点。其中，低—高异常点地处潮汐显著区而自身潮汐度较弱，高一—低异常点位于租还平衡区而自身潮汐度较强。这些为数不多的异常点往往受到某些特殊因素的影响，潮汐指标值与邻域存在明显的统计差异。

(3) 随机分布，该类租赁点与相邻租赁点的潮汐度没有明显相关性。高一—低吸引点错杂的环西湖综合服务带、发生点与平衡点伴生的居住生活区，共同构成了潮汐度高—低混合的随机区域。

比较不同潮汐类型的街区用地结构特征，可以找出有利于降低租还潮汐的街区用地模式。相较而言，低—低聚集模式对租赁自行车的运营和服务最为有利，随机分布次之，高一—高聚集模式通常不利于租赁自行车的运营和服务。

4 单一潮汐指数与服务区用地模式的关系研究

自行车早高峰租还活动以通勤目的为主，租车需求主要受服务区居住用地的影响，还车需求则受到租赁点周边就业岗位和服务设施的影响。因此，研究选用居住用地比例、用地复合度两个指标表征用地结构，考察单一租赁点潮汐指数与服务区用地的关系。

4.1 服务区的居住用地比例和复合度分析

4.1.1 居住用地比例指标值空间分布

租赁点服务区居住用地比例的计算考虑了开发强度的权重影响，其计算公

式为:

$$P_R = \sum_j (A_{Rj} \times \gamma_{Rj}) / \sum_i \sum_j (A_{ij} \times \gamma_{ij}) \quad \text{公式 (2)}$$

其中, P_R 为服务区的加权居住用地面积比例 (范围为 0 ~ 1); A_{ij} 为服务区内第 i 类用地 (不含 G 类用地) 第 j 个地块的面积; A_{Rj} 为服务区内居住类用地第 j 个地块的面积; γ_{ij} 为服务区内第 i 类用地第 j 个地块的容积率; γ_{Rj} 为服务区内居住类用地第 j 个地块的容积率。

服务区的居住用地比例分布结果显示 (图 8), 高比例的租赁点多位于外周大型居住组团, 低比例的租赁点集中在环西湖服务带以及钱江新城、城北商贸园等主要就业区, 老城片区租赁点的居住用地比例居中。

4.1.2 用地复合度指标值空间分布

租赁点服务区的用地复合度取决于用地种类、面积构成和地块大小的组合关系, 研究采用测度土地斑块在类型、组构、形状和布局要素作用下的土地使用多样性指数加以表示。多样性指数值越大, 用地复合程度越高。土地使用多样性指数计算公式为:

$$\alpha_{LUDI} = \frac{2m \sum_{i=1}^m (x_i \times W_{ci} \times [k_i - (k_i - 1) \frac{2\sqrt{\pi a_i}}{p_i}] \times a_i)}{A(1+m)} \quad \text{公式 (3)}$$

其中, m 为租赁点服务区内用地类型数量 (研究参照《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB 50137—2011), 将用地类型共分为 R、A、B、M、W、S、U、G 八大类用地); a_i 为第 i 类用地的面积, p_i 为第 i 类用地各个地块的周长之和; x_i 为第 i 类用地的面积排序编号 (面积最大者为 1, 依次递增); W_{ci} 为第 i 类用地的权重 (取相同权重, $W_{ci}=1$)^⑥; k_i 为第 i 类用地的地块形状权重上限 (取相同权重上限, $k_i=5$); A 为服务区内所有用地的面积。

用地复合度分布呈现以西湖为中心的“内高外低”态势 (图 9), 其中环西湖的商贸带、科教区、清河坊和沈塘等地点的用地复合度较高, 西溪、三墩、钱江及北运河等外围片区的用地复合度偏低。

4.2 基于单一潮汐指数的租赁点服务区用地模式分析

以低—低聚集、高一—高聚集租赁点为样本的多元线性回归分析表明, 早高峰潮汐比与居住用地比例正相关, 与用地复合度负相关。对于含有异常值的全样本而言, 更适合采用箱形图方法考察不同潮汐水平租赁点的服务区用地指标分散情况。

4.2.1 租赁点潮汐比与居住用地比例的关系

研究将全部租赁点的潮汐比由低到高分 12 类, 发现随着潮汐比数值的增大, 租赁点服务区居住用地比例的中位数以及箱形区间相应上移 (图 10), 并且租还平衡类租赁点的居住用地比例平均值为 55%, 潮汐比大于 0.4 的强发生类租赁点居住用地比例平均值大于 70%, 潮汐比小于 -0.4 的强吸引类租赁点居住用地比例平均值在 35% 以下。

4.2.2 租赁点潮汐比与用地复合度的关系

研究分析各类潮汐比的服务区用地复合度数值分布, 发现二者具有“低潮

汐—高复合、高潮汐—低复合”的总体对应关系 (图 11), 随着潮汐比趋向 1 和 -1, 复合度大致向两边坡状递减, 说明功能复合有利于减轻租还潮汐^⑦。

5 集计潮汐指数与区块用地模式的关系研究

5.1 集计潮汐指数与区块用地结构的总体关系

自行车租还潮汐性不仅表现在单一租赁点上, 还表现在多个租赁点的簇群上。研究范围内划有 41 个功能区块, 区块内全部租赁点的集计潮汐比和集计潮汐度指数由这些点的算术平均值来确定^⑧, 分别用于判别区块的潮汐方向和潮汐程度 (图 12, 图 13)。前者反映了区块内各点租还抵消后的相对潮汐情况, 后者反映了各租赁点租还不被抵消的绝对潮汐情况。

研究依据集计潮汐比区间, 将功能区块划分为平衡区 (潮汐比区间为 [-0.1, 0.1])、低发生区 (潮汐比区间为 (0.1, 0.3])、



图 6 工作日早高峰时段潮汐比分布

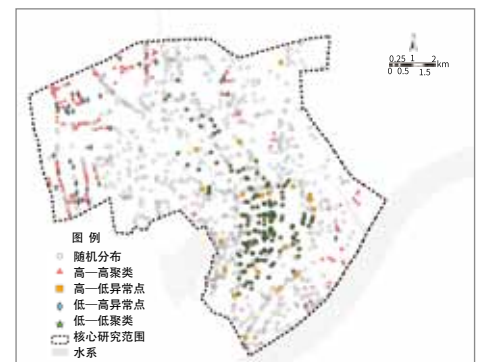


图 7 工作日早高峰时段租赁点潮汐度指标的空间聚类 and 异常点分布

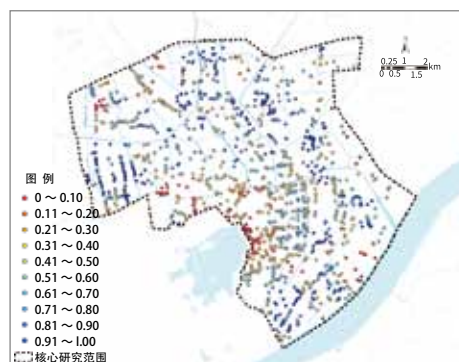


图 8 500 m 半径服务区的居住用地比例分布

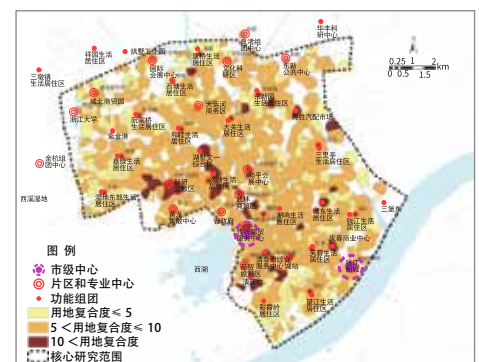


图 9 泰森服务区的用地复合度分布

低吸引区(潮汐比区间为 $[-0.3, -0.1]$)、高发生区(潮汐比区间为 $(0.3, 1]$)和高吸引区(潮汐比区间为 $[-1, -0.3]$)；依据集计潮汐度区间，又将区块划分为完全平衡区(潮汐度区间为 $[0, 0.1]$)、低度潮汐区(潮汐度区间为 $(0.1, 0.3]$)、高度潮汐区(潮汐度区间为 $(0.3, -1]$)。

研究将功能区块的租还潮汐比与潮汐度进行对比(图14)，发现按潮汐度分类的完全平衡区仅有老城综合区(12号)和湖墅一文一组团(19号)两个区块，而按潮汐比分类的抵消平衡区有17个。浙江大学(27号)和国际会展中心(26号)

两个租赁点高吸引点与高发生点共存，租还总量相抵。以同向潮汐为主、难以实现点间抵消的区块，成为不同潮汐水平的吸引区或发生区。

这些不同潮汐类型的区块具有差异显著的街区用地特征：①在完全平衡区中，居住与其他各类用地呈小地块、高度混合的状态，构成了最便于自行车就近租还的建成环境。该类区块以租赁点的自身平衡为主，与潮汐度低—低聚集的分布较为一致。②低度潮汐区总体呈弱吸发性，由弱吸引点、弱发生点及部分平衡点构成，租赁点间的租还量存在

着不同程度的抵消情况，使得集计潮汐比在一定幅度内变动。其中，抵消平衡区共13个，位于功能复合的老城片区和南、北运河片区；低吸引区共7个，集中于西湖商贸服务带；低发生区共12个，多分布在下城东部及老城南部的居住生活组团。这些区块与租赁点潮汐度随机分布的区域吻合，邻近租赁点之间具有较多租还匹配的机会。③高度潮汐区以强吸引点、发生点为主，区块数量不多。钱江新城、三堡东区块各以商务办公、居住功能为主，职住单一造成单向租还的需求十分强烈。浙江大学、会展中心区块兼有职住功能，但各类用地布局相对独立，导致吸引点、发生点扎堆分布，难以就近调节租还需求。

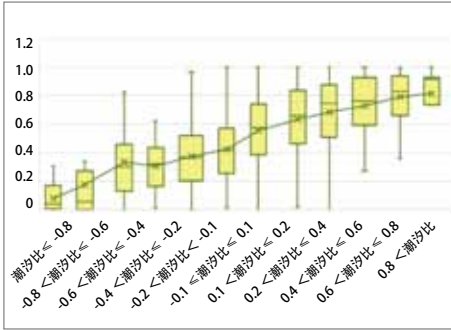


图10 不同潮汐比类别的租赁点500m半径服务区居住用地比例箱形图

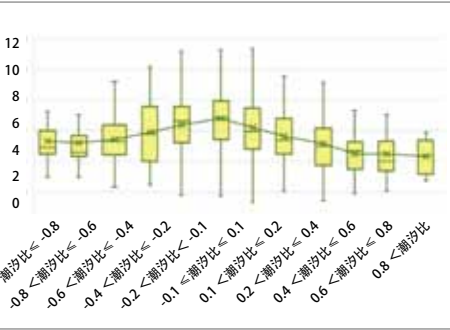


图11 不同潮汐比类别的租赁点泰森服务区用地复合度箱形图

5.2 典型潮汐区块的街区用地模式分析

研究以钱江新城(1号)、西湖核心区(13号)、湿地东住区(16号)和老城综合区(12号)为例，进一步细化分析办公类、商业类、居住类和复合类4个典型潮汐区块的用地模式差异(图15,表1)。

其中，钱江新城的集计潮汐度最高，公共管理用地和商务办公用地占比高，居住用地仅占5%。尽管该区域的用地复合度不低，但职住不平衡，致使吸引点的比例超过70%。湿地东住区的集计潮汐度次高，居住用地比例最大，并设置有大型商业中心，地块尺度最大、复合度最低，平衡点的占比最小。西湖核心区的潮汐度低，以商贸服务功能为主，公建用地类型丰富，地块尺度小，并配有一定的居住用地，平衡点的比例明显增加。老城综合区为平衡区，以小地块商住混合开发为主，用地功能多样、复合度最高，且居住用地与其他用地的比例较均衡，区块内平衡点的比例高达70%。

总体上看，区块集计潮汐指数对街区用地结构的映射关系与单一租赁点类似，居住用地配比是潮汐水平的首要决定性因素。湿地东住区高发生区的居住用地比例超过80%，钱江新城高吸引区

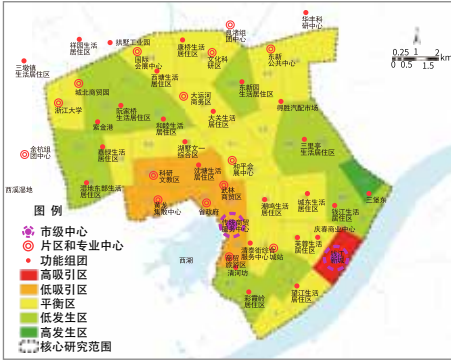


图12 早高峰时段区块平均潮汐比

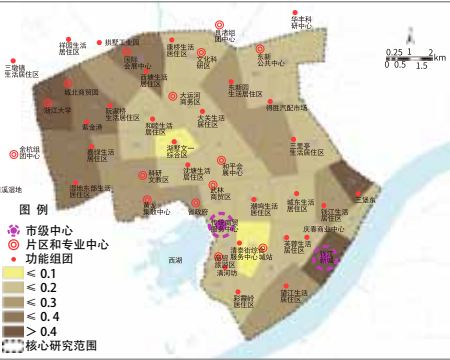


图13 早高峰时段区块平均潮汐度

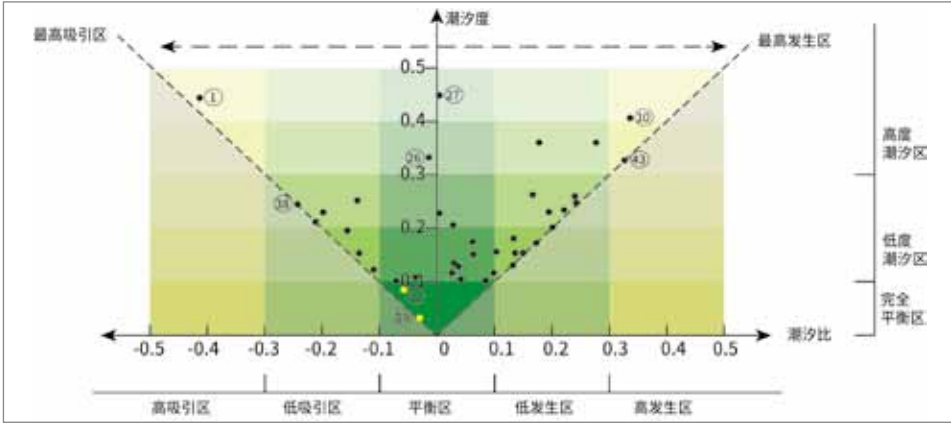


图14 功能区块的租还潮汐比与潮汐度二维关系

的居住配套严重不足；而低度潮汐和平衡区居住用地比例分别为 33% 和 55%。可见，潮汐指数能用来大致估测区块的居住配比水平。

相较而言，潮汐度低的区块复合度更高。老城区“插花式”的沿街开发模式，形成了居住用地与其他类别用地的高度混合，为实现就近的租还平衡提供了条件。而潮汐度高的区块用地复合度较低，除单一功能引起同向潮汐点集中分布的情况^⑨，大街区的功能割据导致吸引点、发生点簇状分离的情况亦会加剧潮汐水平，湿地东住区的高潮汐度明显与“大型居住+块状中心”的低复合度用地特征有关。

6 自行车租还潮汐指数的规划应用

自行车潮汐指数的细粒度空间聚类分布，揭示了街区单元不同潮汐特征之下的用地模式差异，以及影响潮汐指数变化的用地结构属性。这一研究结果除了可直接用于自行车运力的组合优化，在街区交通的精细治理、功能失衡的靶向诊疗及规划方案“低复合—高潮汐”的预警管控等方面也具有技术应用价值。因此，将自行车潮汐指数方法运用于微观层次的交通—用地分析，有助于协同解决街区潮汐矛盾和功能分离问题。

6.1 组合优化街区运力资源配置

研究根据单点及区块潮汐指标所反映的不同供需特征，因地制宜地制定自行车运力的调度优化方案。以若干相邻街区的总体租还平衡为基础，合理划定调配分区。其中，以点平衡为主的分区应重点解决异常点的潮汐问题，并鼓励用户自主就近租还；以抵消平衡为主的分区应采取簇间的集中调配与用户众包相结合的方式，重点保证主要发生点的基本车辆供给；由吸引、发生潮汐区配对组合的分区以集中调度为主，着力解决发生区高峰期“无车可租”的难题，同时完善配套服务，促进非通勤使用，提高区内的车辆周转率。这一方法也适用于共享汽车等接送系统的运

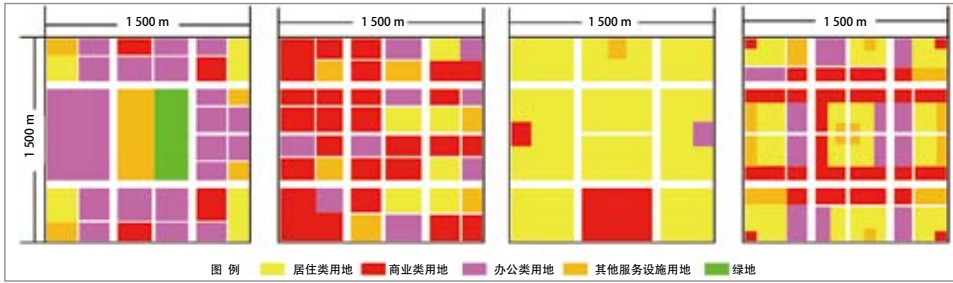


图 15 典型功能区块用地布局模式

表 1 典型区块的集计潮汐特征与用地结构

区块	钱江新城 (办公类)	西湖核心 (商业类)	湿地东住区 (居住类)	老城综合区 (复合类)
面积 /km ²	2.61	2.29	3.63	2.94
租赁点密度 /(个/平方公里)	5.76	32.29	14.34	22.08
集计潮汐比类型	高吸引区	低吸引区	低发生区	平衡区
集计潮汐度类型	高度潮汐区	低度潮汐区	高度潮汐区	平衡潮汐区
吸引点：平衡点：发生点构成	73：20：7	62：30：8	31：15：54	28：69：3
居住用地比例 /%	5	33	84	55
用地复合度	13.86	14.93	9.52	16.08
路网密度 /(km/km ²)	7.3	17.8	6.6	15.5

营组织与管理。

6.2 精细推进慢行交通“微”治理

自行车潮汐指数可为微观尺度的精细化交通改善提供定量依据。对于潮汐指数较高的吸引发生热点，其泊位需求也大，却经常因停车空间不足而发生堵塞人行道和公交站点的矛盾。因此，可以利用高潮汐指数的空间分布，找出“停车难”的潜在点位，结合街道设计来完善泊车区布点及其规模设置。自行车潮汐指数和吸引发生率还为各类用地提供了非机动车模型参数，可结合典型地块出行方式调查和街区用地构成，估算慢行交通的出行量、吸引发生热点、潮汐特性和泊位需求，全面指导街区慢行交通的“微”治理，有效提升街区交通环境。

6.3 靶向判别街区用地功能修复策略

自行车潮汐指数与街区用地结构具有特定的对应关系，可用来测度街区的用地复合度水平。潮汐指数的空间分布情况能够反映城市不同街区的用地结构状况，靶向识别出高度潮汐的单一功能主导街区，进而深入分析导致其用地结

构不合理的主要原因，依此制定街区更新的功能优化策略。例如，在高发生区的居住主导区，植入沿街商务办公、公共服务等设施；在高吸引区的办公主导区，增加酒店、租赁公寓等功能。通过有机嵌入吸发性互补的用地或设施，对功能单一或分离的街区加以修复，以达到优化用地结构的目的。

6.4 丰富微观用地—交通协同管控手段

自行车潮汐指数能有效评估街区用地复合程度及其潮汐效应，弥补了当前规划评估对于细粒度潮汐影响分析缺位的技术不足。将该指数纳入规划评估指标体系有两方面的作用：一是根据特定街区用地方案估算其自行车潮汐指数，做好潮汐交通的“事前”应对；二是以潮汐指数的合理区间为约束，从功能复合的角度评估用地结构的适宜性，对产生强潮汐影响的规划方案提出修正反馈。参照完全平衡区的用地结构指标，可以从保证居住用地合理比例、增加非居住用地类型和控制各类功能连片规模等方面加强对街区用地混合布局的管控。

7 结论与建议

本文通过构建自行车租还潮汐指数,采用莫兰指数方法论证了自行车租赁点潮汐度的聚类形态和空间自相关性,并分别基于服务区和功能区块两种空间单元,研究单一潮汐指数、集计潮汐指数与街区用地结构的关系,得出以下结论:

①高度潮汐区的车辆及泊位利用最为低效,单一功能的大街坊或集中布局是其主因;高效的完全平衡区具有居住用地比例适中的多样功能、小地块有机混合和高密度路网的特征。因此,应积极倡导小街区、复合开发。②可根据自行车潮汐指数的聚类结果划分潮汐调度分区,差别化地应对不同的分区潮汐问题。租还抵消型潮汐区应加强区内吸发簇群间的车辆就近调度;单向主导型潮汐区应加强分区间的吸引发生配对组合调度,提高车辆的跨区搬运效率,重点解决高发生点的租车难问题。③基于自行车潮汐指数的评估方法具有操作易行、反馈快速的优势,不仅可以评价现状租赁自行车系统的服务与效率,还能精准找出功能混合程度低的点位,为改善街区用地结构提供依据。该指标也可以用于规划方案评价,能对规划方案的潮汐影响以及用地混合结构的适宜性进行评估。

总之,自行车租还需求差异由租赁点周边不同的用地活动引起,本文利用租赁点潮汐指数测度街区用地结构,为全面考量自行车出行与用地的关系提供了新的视角。这一研究对改善其他租赁或共享交通系统的运营服务也具有指导意义,并有助于深入认识街区尺度的交通潮汐问题和用地优化策略,由此促进多尺度交通与用地整合发展的理论提升。■

[注 释]

- ①公共自行车和网约自行车虽在桩位形式、经营主体及收费方式等方面有所区别,但本质上都是使用者分时租赁自行车的商业模式,笔者将其合称为“租赁自行车”。
- ②当前无桩共享单车尽管克服了还车难问题,但潮汐导致的租车难问题依然存在。

有桩租赁点的桩位数虽对租还需求有约束,但仍能有效反映不同空间单元的租还特征差异。

- ③在租赁点密集区域存在服务区重叠的现象,正体现了邻近租赁点受到周边用地的共同影响。由于现状用地数据未细分至小类,200 m 半径内用地类型偏少,以500 m 为半径的服务区更能体现微观用地结构的差异。
- ④泰森多边形的大小受租赁点分布密度的影响较大。为了减少地理处理方法带来的分析偏差,本文已采用租赁点300 m 的服务半径对过大的泰森多边形进行裁切修正。今后尚需要对超小的泰森多边形进行合并,以增加可比性。
- ⑤莫兰指数的值域为 $[-1, 1]$, -1 表示负相关, 1 表示正相关, 0 表示不相关。显著性检验值 Z 大于1.96,则分布为聚类模式;如果 Z 值小于 -1.96 ,则分布为离散模式;其他情况为随机模式。
- ⑥土地多样性指数是基于常规用地分类来计算的,没有特别针对居住和其他用地类型的租还需求差异而进行区分,研究中出现了用地复合度与潮汐比类型略有错位的情况,在后续研究中可对用地复合度的表征方法加以改进。
- ⑦早高峰租还平衡主要通过居住、非居住的功能互补来实现,因为平衡类租赁点的居住地块相对较大,其用地复合度一般会低于由较多小地块构成的公共设施混合用地,使得平衡点的平均复合度略低于弱吸引点。
- ⑧采用算术平均值的算法是以区内各个租赁点之间不做人工车辆调配为前提的。
- ⑨钱江新城聚集了行政管理、公共服务和商务办公等出行特性相近的功能,虽然用地复合度高,但是总体的功能类型相对单一。

[参考文献]

- [1] Froehlich J, Neumann J, Oliver N. Measuring the Pulse of the City through Shared Bicycle Programs [J]. Proc of Urban Sense, 2008(4): 16-20.
- [2] Tran T D, Ovtracht N, D' Arcier B F. Analyzing the Impact of the Built Environment on the Bike Sharing Usage: The Case of Lyon City [C] // Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM) 14th International Conference, 2015.
- [3] Kaltenbrunner A, Meza R, Grivolla J, et al. Urban Cycles and Mobility Patterns: Exploring and Predicting Trends in

a Bicycle-based Public Transport System [J]. Pervasive and Mobile Computing, 2010(4): 455-466.

- [4] Perommer J, Warrington J, Schildbach G, et al. Dynamic Vehicle Redistribution and Online Price Incentives in Shared Mobility Systems [J]. Transactions on Intelligent Transportation Systems Magazine, 2014(4): 1 567-1 577.
- [5] Singla A, Santoni M, Bartok G, et al. Incentivizing Users for Balancing Bike Sharing Systems. Twenty-ninth Aaai Conference on Artificial Intelligence [J]. Twenty-ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2015(1): 25 - 26.
- [6] Cime E, Randriamanamihagaa A, Oukhellou L. Spatio-temporal Usage Pattern Analysis of the Paris Shared Bicycle Scheme: A Data Mining Approach [C] // Transport Research Arena (TRA) 5th Conference: Transport Solutions from Research to Deployment, 2014.
- [7] Zhou X. Understanding Spatiotemporal Patterns of Biking Behavior by Analyzing Massive Bike Sharing Data in Chicago. Public Library of Science one, 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0137922.
- [8] Hsu Yu-ting, Kang Lei, WU Yi-Hsuan. User Behavior of Bike Sharing Systems under Demand-Supply Imbalance [C] // The 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2016.
- [9] Borgnat P, Abry P, Flandrin P. Shared Bicycles in a City: A Signal Processing and Data Analysis Perspective [J]. Advances in Complex Systems, 2011(3): 415-438.
- [10] Yoshida T, Tanaka K. Land-use Diversity Index: A New Means of Detecting Diversity at Landscape Level. Landscape and Ecological Engineering, 2005(1): 201 - 206. doi: 10.1007/s11355-005-0022-0.
- [11] 刘冰, 曹娟娟, 周于杰, 等. 城市公共自行车使用活动的时空特征研究——以杭州为例 [J]. 城市规划学刊, 2016(3): 77-84.
- [12] 刘冰, 曹娟娟, 张涵双, 等. 基于公共自行车租赁点用地特征的租还潮汐性模型构建 [J]. 系统仿真技术, 2017(2): 41-47.

[收稿日期] 2018-04-10

自然地理环境对城市建成区绿地率的综合作用研究

□ 刘志强, 李彤杉, 王俊帝, 邵大伟

[摘要] 探究自然地理环境对我国建成区绿地率的综合作用, 对因地制宜提升城市绿地建设水平具有重要价值。文章以我国建制市为研究单元, 基于不同自然区划, 采用地理探测器, 探究 1996 ~ 2016 年自然地理环境对建成区绿地率的综合作用及规律。研究表明: ①自然地理环境的影响作用于我国总体及不同自然区划均呈显著综合性, 各因素均凸显一定影响力, 共同奠定了建成区绿地率的基础水平及发展格局。②不同自然区划作用规律因其自然地理环境不同而具独特性, 各区域主导因子及综合作用呈现差异化。③主导影响因素与空间尺度具有密切关系, 对于大尺度空间, 热量是主导因素、水热条件是首要约束力; 对于较小尺度空间, 由于水热条件较为一致, 地形地貌为主导因素。

[关键词] 自然地理环境; 建成区绿地率; 自然区划; 综合作用; 地理探测器

[文章编号] J1006-0022(2019)08-0019-06 [中图分类号] JTU985 [文献标识码] B

[引文格式] 刘志强, 李彤杉, 王俊帝, 等. 自然地理环境对城市建成区绿地率的综合作用研究 [J]. 规划师, 2019(8): 19-24.

Comprehensive Effect of Physical Natural Environment on Green Space Rate of Built District in China/Liu Zhiqiang, Li Tongshan, Wang Jundi, Shao Dawei

[Abstract] It is of great value to explore the influence of natural geographical environment on the construction of urban green space in China. This paper takes cities in China as the research objects, uses geographic detector to explore the comprehensive effect and regularity of natural geographical environment on green space rate of built district from 1996 to 2016. The results show that: 1.The influence of physical geographical environment is remarkably comprehensive, each factor having a certain influence and together laying the foundation and development pattern of green space development. 2.The laws of different natural regions are unique, and the leading factors and comprehensive functions of each region are different. 3.The dominant factors are closely related to spatial scale. For large scale, temperature is the dominant factor, and hydrothermal condition is the primary constraint. For small scale, topographic and geomorphological characteristics become the dominant factor.

[Keywords] Natural geographical environment, Green space rate of built district, Natural division, Comprehensive effect, Geographical detector

0 引言

随着中国特色社会主义新时代的到来, 生态文明的发展理念愈发受到社会各界重视。发展城市绿地不仅是改善生态环境的关键环节, 还是建立美好生活不可或缺的重要部分^[1]。建成区绿地率作为衡量城市绿地建设水平的重要指标之一, 主要受自然地理环境与社会经济影响。其中, 自然地理环境不但对城市绿地建设水平提升

起到支撑或制约作用, 而且对社会经济具有重要影响。我国疆域广博, 海陆位置特殊, 孕育了复杂多样的自然地理环境。自然地理环境作为一个有机整体, 由光照、温度和水分等因素构成, 各因素相互联系、制约, 共同对建成区绿地率产生综合作用。自然地理环境中的各因素在不同区域的组合情况也不同, 为建成区绿地创造了不同的生境类型和发展条件。因此, 深刻剖析自然地理环境对我国建成区绿地率的综合作用, 有利

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (51778389、51878429)、江苏省研究生科研与实践创新计划项目 (KYCX17_2071)、江苏省“青蓝工程”及苏州科技大学风景园林学科建设共同资助项目

[作者简介] 刘志强, 硕士, 苏州科技大学建筑与城市规划学院副教授、硕士生导师、教务处处副处长。

李彤杉, 苏州科技大学建筑与城市规划学院硕士研究生。

王俊帝, 硕士, 苏州科技大学天平学院、建筑与城市规划学院助教。

邵大伟, 博士, 苏州科技大学建筑与城市规划学院副教授、硕士生导师。

于因地制宜地制定建成区绿地率发展目标与政策,推进城市绿地建设科学发展。

当前,国外的相关研究已证实地形、气候等因素对城市绿地建设水平具有显著影响^[2-4];国内的相关研究从定性分析不断向定量探究深化,且研究的跨学科性增强,逐渐强调气候、地形等因素的作用与重要性,肯定了自然地理环境作为重要驱动力类别对城市绿地建设水平的重要性,并提出相应建设措施^[5-10]。综观现有研究,多为对单一类型因素的定性分析,缺乏对自然地理环境因素的综合考察,导致各类自然地理环境因素对我国建成区绿地率的综合作用未得到揭示。此外,部分定量分析主要采用计量回归方法,较少运用地理探测方式,而地理探测器作为揭示空间异质性驱动力的有效方法,具备检验便捷、可定量测度自然类影响因子的作用力大小等优势。自然地理环境是建成区绿地率提升的基石与重要支撑,目前尚需进一步研究我国不同自然区划的建成区绿地率的差异、自然地理环境对建成区绿地率综合作用的规律、主导我国总体及不同区

域的自然地理环境因素是什么等问题。只有解答了这些问题,才能厘清自然地理环境对建成区绿地率的作用机制。鉴于此,本文以1996~2016年为研究时段,以我国建制市为研究单元,基于不同自然区划,在刻画建成区绿地率空间差异特征的基础上,运用地理探测器探究20年来自然地理环境因素对我国建成区绿地率的综合作用及规律,以期为制定建成区绿地率发展措施提供科学依据,从而有效指导与推动我国城市绿地的建设。

1 自然区划选择、指标选取与数据来源

1.1 自然区划选择

我国地形地貌复杂,跨经纬度广,各因素受地理纬度、海陆位置和海拔高度影响,在不同区域的作用效果差别巨大。因此,研究基于自然区、地势阶梯及气候区三类区划,分别探讨在不同自然区、海拔及气候条件下,我国建成区绿地率的区域差异特征及其自然地理环

境因素的综合影响作用:①三大自然区。我国自然区包括东部季风区、西北干旱半干旱区及青藏高寒区,各区内部的自然因素之间相互联系、制约,影响建成区绿地率的高低。②三大阶梯。地形是自然区划分的主要参考依据之一,我国地形具有阶梯特点,可划分为第一级阶梯、第二级阶梯和第三级阶梯,不同层级的阶梯海拔高度不同,对城市建成区绿地率产生了重要影响。③五大气候区。气候是自然区划分的另一主要参考依据,是影响建成区绿地率的因素之一。我国五大气候区包括温带季风气候区、温带大陆气候区、亚热带季风气候区、热带季风气候区和高原山地气候区。

1.2 指标的选取与来源

1.2.1 自然地理环境因素指标的选取与来源

自然地理环境因素包括光照、温度、水分、土壤和地形等。其中,光照、土壤数据较难获取,且土壤是气候的重要产物,可改造性较强,故研究主要选取地形、温度与水分三方面的指标,将地形细化为地势、地形地貌,将温度细化为年均温、日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的积温,将水分细化为年平均降水量、湿润度(表1),并对类型变量进行划分(表2)。

1.2.2 研究对象选取

研究以1996~2016年我国656个建制市为研究单元,由于临安、三沙和东方等48个城市缺失了较多年份的数据,最终确定了608个建制市为研究对象,并将各建制市对应至所属的自然区、地形区及气候区。研究从《中国城市建设统计年(报)鉴》(1996~2016年)提取建成区绿地率作为指标,并对数据不全的城市进行处理^②。

2 研究方法

研究进一步运用地理探测器,探究不同区域的主要影响因素及因子交互综合作用。

表1 影响因素探测指标

探测因子	探测因素	指标含义
X_1	海拔	地表形态起伏的高低与险峻的态势,包括地表形态的绝对高度和相对高差或坡度的陡缓程度
X_2	地貌 ^①	地势高低起伏的变化,即地表形态
X_3	年平均降水量	多年降雨量总和除以年数得到的均值
X_4	湿润度	地面收入水分(降水)与其支出水分(蒸发、径流)之比
X_5	年均温	年平均气温,是指全年各日的日平均气温的算术平均值
X_6	日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的积温	一年内日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间日平均气温的总和

资料来源:中国科学院资源环境科学数据中心,网址为<http://www.resdc.cn/Default.aspx>。

表3 交互探测表达式构成一览

表达式构成	表征含义
$P(A \cap B) < \min(P(A), P(B))$	因子A和B交互后非线性减弱
$\min(P(A), P(B)) < P(A \cap B) < \max(P(A), P(B))$	因子A和B交互后单线性减弱
$P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$ 且 $P(A \cap B) < P(A) + P(B)$	因子A和B交互后相互增强
$P(A \cap B) > P(A) + P(B)$	因子A和B交互后非线性增强
$P(A \cap B) = P(A) + P(B)$	因子A和B相互独立

资料来源:中国科学院资源环境科学数据中心,网址为<http://www.resdc.cn/Default.aspx>。

表 2 变量类型划分一览

类型变量	类型 1	类型 2	类型 3	类型 4	类型 5	类型 6
海拔	< 500 m	500 ~ 2 000 m	> 2 000 m	—	—	—
地貌 ^①	平原 (< 200 m)	台地 (200 ~ 500 m)	丘陵 (200 ~ 500 m)	小、中起伏山地 (500 ~ 2 000 m)	大、极大起伏山地 (> 2 000 m)	—
年平均降水量	< 200 mm	200 ~ 400 mm	400 ~ 800 mm	> 800mm	—	—
湿润度	< -60	-60 ~ -30	-30 ~ 0	0 ~ 40	> 40	—
年均温	< -5 ℃	-5 ℃ ~ 5 ℃	5 ℃ ~ 10 ℃	10 ℃ ~ 15 ℃	15 ℃ ~ 20 ℃	> 20 ℃
日平均气温稳定 ≥ 10℃期间的积温	0 ℃ ~ 1 000 ℃	1 000 ℃ ~ 3 000 ℃	3 000 ℃ ~ 5 000 ℃	> 5 000 ℃	—	—

资料来源：中国科学院资源环境科学数据中心，网址为 <http://www.resdc.cn/Default.aspx>。

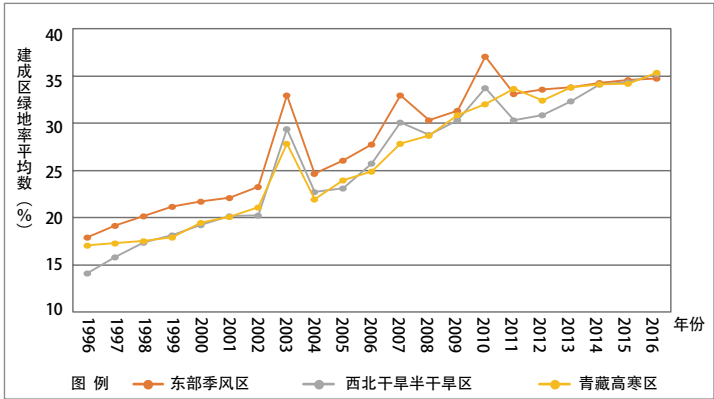


图 1 1996 ~ 2016 年我国三大自然区内的建成区绿地率平均数演变图

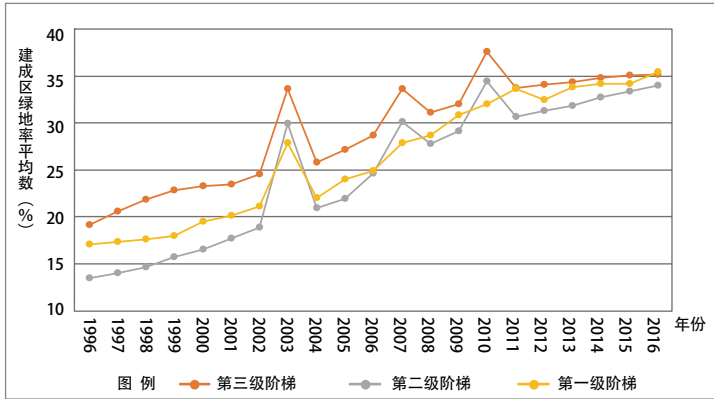


图 2 1996 ~ 2016 年我国三大阶梯内的建成区绿地率平均数演变图

2.1 数理统计

研究以平均值反映不同自然区划建成区绿地率演变情况，并结合绝对差异（标准差）、相对差异（变异系数）揭示各区划分异状况。

平均值的计算模型为：

$$AD = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_j}{j} \quad \text{公式 (1)}$$

其中， AD 表示某区划城市组建成区绿地率的算数平均值， Z_j 是第 j 个建制市的建成区绿地率， j 代表某区划建制市的个数。

标准差的计算模型为：

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (Z_j - AD)^2} \quad \text{公式 (2)}$$

其中， S 表示某区划城市组建成区绿地率的算数标准差， N 表示某区划研究单元的总个数。

变异系数的计算模型为：

$$C_v = \frac{S}{AD} \quad \text{公式 (3)}$$

其中， C_v 表示某区划建成区绿地率的变异系数， AD 、 S 分别表示某区划城市组建成区绿地率的算数平均值、标准差。

2.2 地理探测器分析

地理探测器现被广泛应用于社会经济因素和自然因素的影响机理研究，其因子探测可以识别影响因子，交互探测可以解释影响因子对因变量的交互作用^[11-12]。

(1) 因子探测分析。

因子探测主要用于分析某一环境因素和地理事物的变化在空间上是否具有显著的一致性。若具有一致性，则说明这种环境因素对地理事物的发生和发展具有决定意义^[12]。探测模型为：

$$P_{DU} = 1 - \frac{1}{n\sigma_U^2} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \sigma_{U_{D,i}}^2 \quad \text{公式 (4)}$$

其中， P_{DU} 为影响因素对建成区绿地率的影响力探测指标； n 为城市数量； $n_{D,i}$ 为次一级区域样本数； m 为次级区域个数； σ_U^2 为样带城市建成区绿地率的方差， $\sigma_{U_{D,i}}^2$ 为次一级区域建成区绿地率方差。假设 $\sigma_{U_{D,i}}^2 \neq 0$ ，模型成立， P_{DU} 的取值区间为 $[0, 1]$ ，当 $P_{DU} = 0$ 时，表明建成区绿地率空间分布不受影响因素的驱动， P_{DU} 值

越大表明自然地理环境因素对建成区绿地率的影响越大。

(2) 交互探测分析。

交互探测可以定量表征两个影响因子对建成区绿地率空间分布格局的作用。通过比较 A、B 图层的因子影响力与 C 图层的因子影响力，判断两个因子的交互作用对建成区绿地率空间格局的影响与单个因子的作用相比，是更强还是更弱^[12]（表 3）。

3 基于自然区划的我国建成区绿地率地域分异分析

3.1 不同自然区划内的建成区绿地率演变规律

3.1.1 三大自然区内的建成区绿地率演变规律

东部季风区的建成区绿地率长期高于青藏高原区及西北干旱半干旱区，在研究周期后期，由于社会经济等因素影响，各自然区的建成区绿地率水平越来

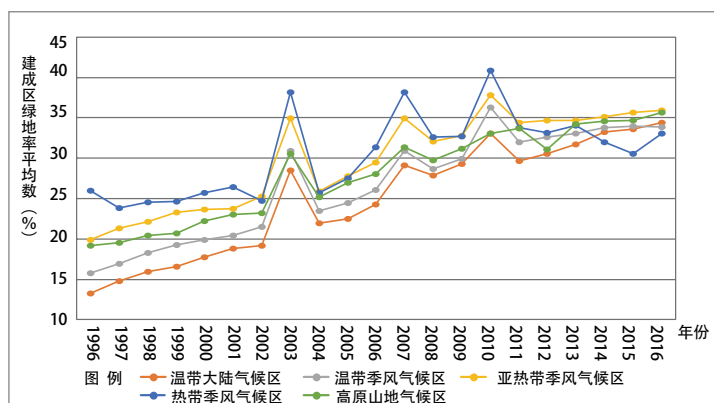


图3 1996～2016年我国五大气候区内的建成区绿地率平均数演变图

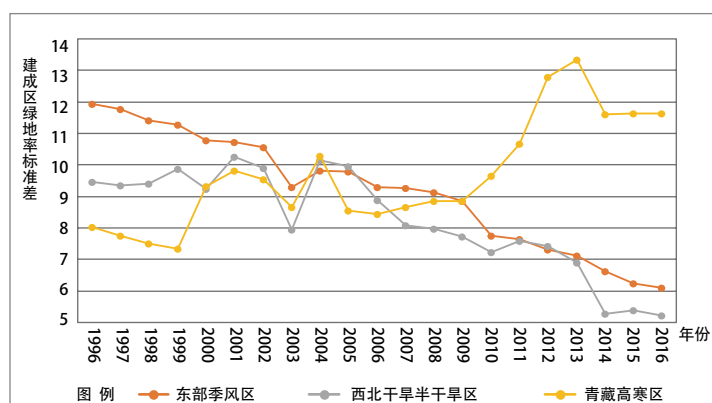


图4 1996～2016年我国三大自然区内的建成区绿地率标准差演变图

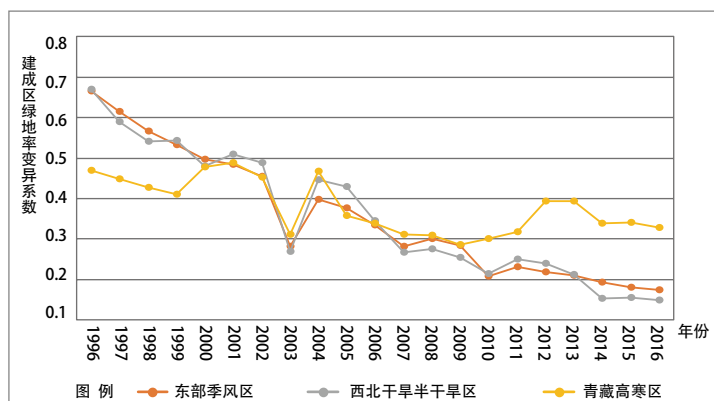


图5 1996～2016年我国三大自然区内的建成区绿地率变异系数演变图

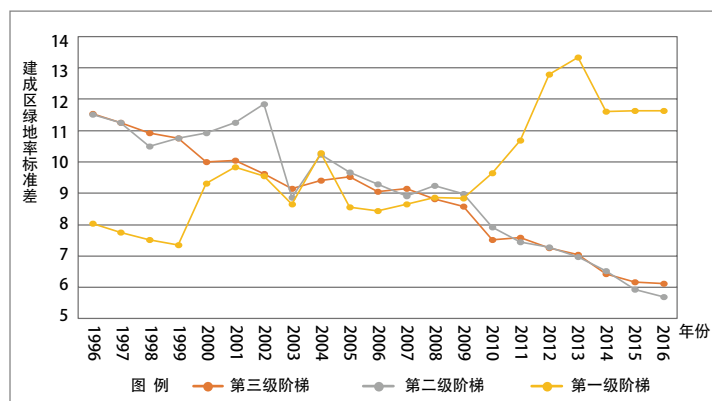


图6 1996～2016年我国三大阶梯内的建成区绿地率标准差演变图

越接近,表明建成区绿地率受自然地理环境条件制约,在温湿度较高、地形平坦的地区提升更快(图1)。

3.1.2 三大阶梯内的建成区绿地率演变规律

为探明各阶梯建成区绿地率发展水平及演变情况,研究对其平均值进行测算分析。20年来各级阶梯内的建成区绿地率明显上升,呈层级化特征,建成区绿地率受海拔影响。其中,第三级阶梯内的建成区绿地率明显高于其他区域,表明建成区绿地率受海拔高度制约,地形平坦的地区更有利于绿地发展(图2)。

3.1.3 五大气候区内的建成区绿地率演变规律

为考察建成区绿地率是否因不同温湿度影响而存在差异,研究对各气候区建成区绿地率平均值进行分析。20年来,虽然各气候区内的建成区绿地率差距逐渐缩小,但是不同气候区间初始水平差异很大,随温湿度减弱而展现递减态势,

反映出温湿度对建成区绿地率有重要影响,温度越高、湿度越大的气候区建成区绿地率越高(图3)。

3.2 不同自然区划建成区绿地率差异分析

3.2.1 三大自然区内的建成区绿地率差异

首先,三大自然区内的建成区绿地率的标准差呈缩小态势(青藏高寒区除外)。其中,东部季风区内建成区绿地率差异的降幅最为显著,反映出东部季风区的建成区绿地率发展较西北干旱半干旱区更均衡。其次,三大自然区内的建成区绿地率的变异系数均呈缩小态势。青藏高寒区内建成区绿地率差异较大,西北干旱半干旱区内建成区绿地率差异略高于东部季风区。最后,差异分析综合表明,东部季风区的建成区绿地率发展更为均衡,其良好的温度、湿度和地形等条件更利于区域内建成区绿地率协调发展(图4,图5)。

3.2.2 三大阶梯内的建成区绿地率差异

建成区绿地率较高并不意味着其内部发展态势良好,故研究进一步对各级阶梯内部差异进行探究:①总体上看,三大阶梯内的建成区绿地率的标准差随阶梯上升而降低。②三大阶梯内的建成区绿地率的变异系数均呈缩小态势,但第一级阶梯内的缩小趋势较弱。③第三级阶梯内的建成区绿地率更为均衡,地形、海拔对建成区绿地率具有重要影响,海拔越低其建成区绿地率更为均衡(图6,图7)。

3.2.3 五大气候区内的建成区绿地率差异

研究结合各气候区水平状况进行空间分异分析,对各气候区建成区绿地率差异进行解析:①各气候区内的建成区绿地率标准差显著缩小(高原山地气候区除外),且温湿度较高地区内的建成区绿地率差异的降幅较大。②各气候区内的建成区绿地率变异系数均呈缩小态势,但温湿度较低地区内的建成区绿地率差异度较

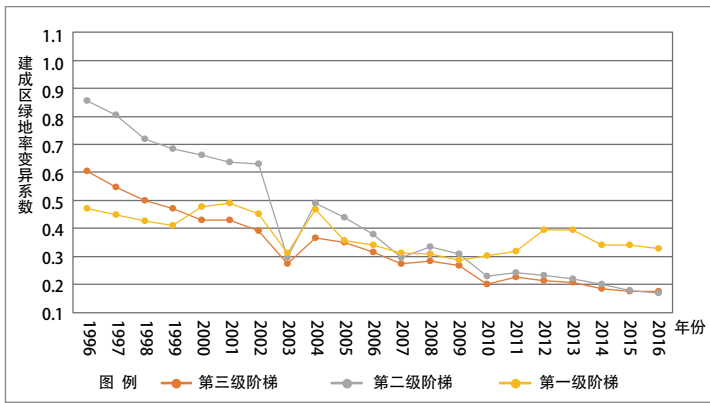


图7 1996~2016年我国三大阶梯内的建成区绿地率变异系数演变图

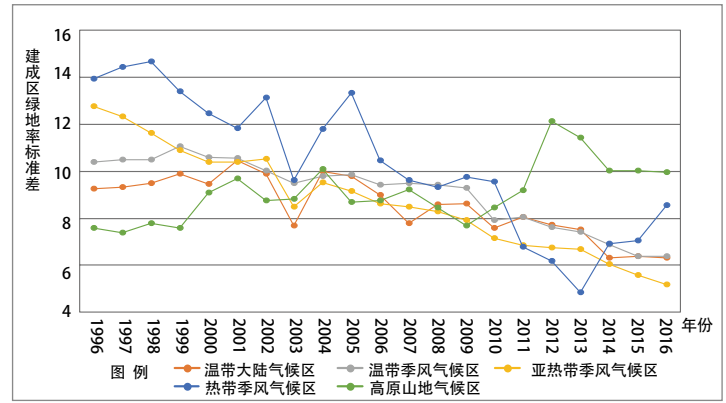


图8 1996~2016年我国五大气候区内的建成区绿地率标准差演变图

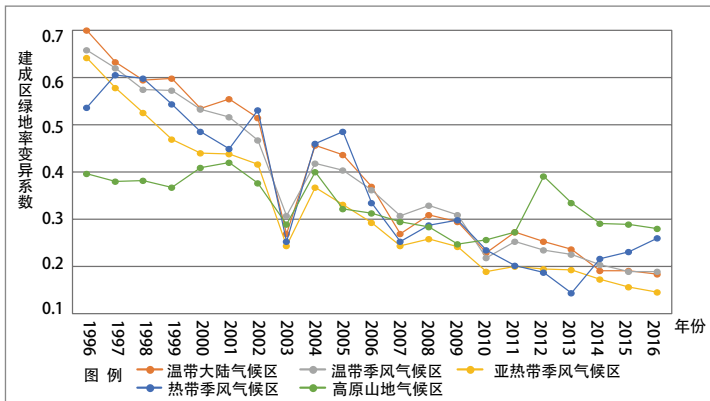


图9 1996~2016年我国五大气候区内的建成区绿地率变异系数演变图

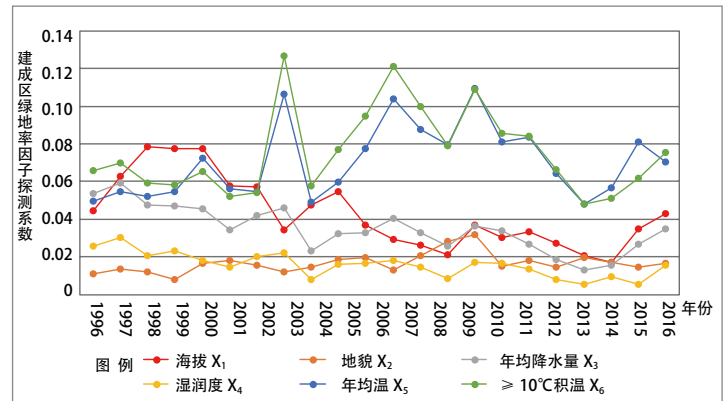


图10 1996~2016年全国建成区绿地率因子探测演变图

高。③高原山地气候区、温带大陆气候区等温度、湿度较低的气候区内的建成区绿地率均衡度低于热带季风气候区、亚热带季风气候区,这表明温湿度条件不均会阻碍区域内建成区绿地率差异缩小(图8,图9)。

4 自然地理环境因素对我国城市建成区绿地率的影响分析

4.1 全国自然地理环境因素探测分析

从自然地理环境因素看,一方面各自然地理环境因素对建成区绿地率均具有一定影响作用,并且影响力的大小随着时间的推移而改变;另一方面,自然地理环境因素在交互后均呈现协同作用关系,不存在独立作用的因素,同时交互作用正向强化了各因素的影响力,这表明当自然地理环境因素相叠加时,其对建成区绿地率的影响程度更大(图10)。

从温度与水分上看,首先年均温与

积温交替成为全国建成区绿地率的首要影响因子,且影响力显著高于其他因素。年均温与积温是衡量温度的重要指标,这表明温度是影响建成区绿地率的核心因素,对建成区绿地率的提升具有主导作用。其次,虽然年降水量重要性显著低于温度,但是其因子探测系数值仍明显较大,这表明水分对建成区绿地率有重要影响。最后,温度与水分交互作用最显著,这表明水热条件是对建成区绿地率至关重要的组合因素(图11)。

从海拔上看,首先海拔虽在最初两年对建成区绿地率演变影响力较弱,但随后影响力逐渐增大,同时海拔与其他因素交互的综合作用显著。这表明海拔随着时间变化对建成区绿地率的后发作用开始显现。其次,海拔的重要性从本质上反映出温度、水分对建成区绿地率起主导作用的规律。最后,海拔与城市绿地建设的难度与范围具有密切联系,提升海拔较高地区建成区的绿地率的难

度相对较大^[13]。

4.2 不同自然区域自然地理环境因素探测分析

不同自然区域的自然地理环境因素的组合情况差异显著,进一步考察各自然区划的主导因素特征,可揭示自然地理环境因素对建成区绿地率演变的综合作用规律。

(1) 多数自然区域的温湿度对建成区绿地率演变影响显著。从因子探测看,各影响因素在不同自然区域均具有一定作用,各因素并非独自发挥作用,表明不同自然区域的建成区绿地率均是多种因素综合影响下的产物。从交互探测看,温度与水分的交互探测值在大多数区域中仍占据主导地位,与全国总体建成区绿地率交互探测结果呈现出相似规律,表明温湿度对建成区绿地率的高低具有决定作用,降水充足、温度较高的地区建成区绿地率也相对较高。

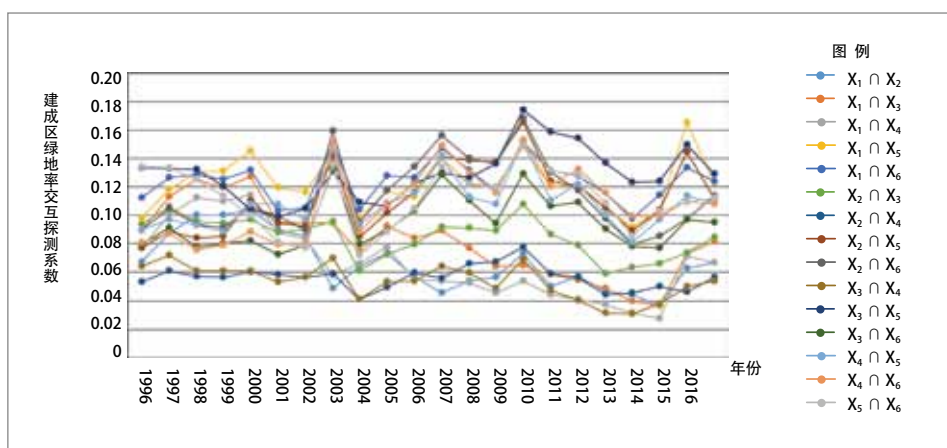


图 11 1996 ~ 2016 年全国总体建成区绿地率影响因子交互探测演变图

(2) 自然地理环境因素影响作用在不同区划的差异显著。在温湿度条件较差区域,如西北干旱半干旱区、第一级阶梯内及温带大陆气候区等,不但温度、水分通常在建成区绿地率演变过程中占据主导地位,而且两者的综合作用也高于其他因素。这表明水热条件相对海拔而言对建成区绿地率演变的影响更大^[14]。

在亚热带季风气候区、热带季风气候区等温度较高、湿度较大的地区,海拔、地貌等因素对建成区绿地率演变的重要性尤为突出,且与其他因子交互的综合作用也较强,这表明海拔、地貌对该区域建成区绿地率的提升起决定性作用。

5 结论

综上所述,本文得出以下结论:①自然地理环境对我国建成区绿地率的影响具有综合性,其奠定了我国建成区绿地率的基础格局。各自然地理环境因素对建成区绿地率均具有一定影响,不同因素的紧密联系与相互渗透,共同构成自然地理环境这一有机整体。②自然地理环境对建成区绿地率的影响具有区域化特征。由于温度、水分及海拔等自然地理环境因素在各区域的组合情况不同,不同区域内影响建成区绿地率的主导因子也不同,且因子间的综合作用力也存在区别,形成了各区域独具特色的自然地理环境综合作用规律。③不同空间尺度的主导因素存在差异。在大

尺度内,热量是影响建成区绿地率的主导因素,水热条件是建成区绿地率提升的首要约束力,两者共同框定了建成区绿地率基础格局;在较小尺度内,由于水热条件较为一致,地形地貌通过改变局部水热条件而发挥间接作用,对建成区绿地率影响作用尤为明显。

[注 释]

- ①地貌类型划分依据为起伏高度。
- ②本文选取的城市所缺少的某年份建成区绿地率指标数值,均以该市前后两年建成区绿地率指标数值的平均值替代。

[参考文献]

- [1] 中共中央,国务院. 国家新型城镇化规划(2014—2020年)[S]. 2014.
- [2] Kendal D, Williams N S G, Williams K J H. Drivers of Diversity and Tree Cover in Gardens, Parks and Streetscapes in an Australian City[J]. Urban Forestry Urban Greening, 2012(3): 257-265.
- [3] Richards D R, Passy P, Oh R R Y. Impacts of Population Density and Wealth on the Quantity and Structure of Urban Green Space in Tropical Southeast Asia[J]. Landscape and Urban Planning, 2017(157): 553-560.
- [4] Kabisch N, Strohbach M, Haase D, et al. Urban Green Space Availability in European Cities[J]. Ecological Indicators, 2016(70): 586-596.
- [5] 叶骏骅. 我国城市绿化建设水平的区域差异及影响因素研究[J]. 生产力研究, 2013(6): 94-96.

- [6] 刘志强, 王俊帝. 基于锡尔系数的中国城市绿地建设水平区域差异实证分析[J]. 中国园林, 2015(3): 81-85.
- [7] 韩旭, 唐永琼, 陈烈. 我国城市绿地建设水平的区域差异研究[J]. 规划师, 2008(7): 96-101.
- [8] 刘志强, 王俊帝, 洪巨伟. 我国城市绿地与城市用地规模扩展关系分析——基于1996~2013年的省级面板数据[J]. 规划师, 2016(6): 98-104.
- [9] 伍伯妍, 钟全林, 程栋梁, 等. 中国城市绿地空间分布特征及其影响因素研究[J]. 沈阳大学学报: 社会科学版, 2012(2): 13-16.
- [10] 芮旻, 唐蓓佩, 王兴, 等. 国家园林城市时空演变特征及其影响机理[J]. 地理研究, 2018(1): 20-36.
- [11] Hu Y, Wang J F. Environmental Health Risk Detection with GeoDetector[J]. Environmental Modelling & Software, 2012(2): 114-115.
- [12] 吕晨, 蓝修婷, 孙威. 地理探测器方法下北京市人口空间格局变化与自然因素的关系研究[J]. 自然资源学报, 2017(8): 1385-1397.
- [13] 苏毅, 柏云, 王晶, 等. 黄土台塬地貌区海绵城市建设与规划设计探索——以西安市曲江新区为例[J]. 规划师, 2018(10): 66-70.
- [14] 蔡云楠, 温钊鹏. 提升城市韧性的气候适应性规划技术探索[J]. 规划师, 2017(8): 18-24.

[收稿日期] 2018-12-17