

基于 Citespace 计量分析的国外城市绿地视角下微气候领域研究热点与趋势

郑欣宜^{1,2} 杨广斌^{1,2} 许崇强¹ 李 蔓^{1,2}

1. 贵州师范大学地理与环境科学学院 贵州贵阳 550025

2. 贵州省山地资源与环境遥感应用重点实验室 贵州贵阳 550001

摘要: 城市绿地在营造舒适的微气候上起着重要的作用。以 CiteSpace 分析 Web of Science 核心合集数据库中 2015 年以来城市绿地与微气候研究文献, 分析得出: 1) 研究主要围绕城市绿地如何影响气候环境以提高人体舒适度、改善城市生态; 2) 将城市气候、绿地因子耦合使用计算机技术进行模拟、演变、设计是研究热点; 3) 城市空间形态如何影响、缓解城市热岛效应和塑造、量化冷岛效应是该领域研究趋势。以期拓展城市绿地微气候综述研究的视角, 为丰富城市绿地研究内容提供参考。

关键词: 城市绿地; 微气候; 冷岛效应; Citespace; 城市热岛

Hot spots and trends in the field of microclimate from the perspective of urban green space abroad based on Citespace econometric analysis

Xinyi Zheng^{1,2}, Guangbin Yang^{1,2}, Chongqiang Xu¹, Man Li^{1,2}

1. School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou, 550025, China;

2. Guizhou Mountain Resources and Environmental Remote Sensing Application Laboratory, Guiyang, Guizhou, 550001, China

Abstract: Urban green spaces play an important role in creating comfortable microclimates. Using CiteSpace to analyze literature on urban green spaces and microclimate in the Web of Science Core Collection database since 2015, it is found that:

1) research mainly focuses on how urban green spaces affect the climate environment to improve human comfort and urban ecology; 2) coupling urban climate and green space factors using computer technology for simulation, evolution, and design is a research hotspot; 3) how urban spatial form affects and mitigates the urban heat island effect and shapes and quantifies the cold island effect is a trend in this field of research. This study aims to expand the research perspective on the summary of urban green space microclimates and provide reference for enriching the content of urban green space research.

Keywords: urban green space; microclimate; cool island effect; citespace; urban heat island

一、研究方法

1.1 数据采集

Citespace 是由陈悦等^[1]基于 java 开发的文献可视化软件, 采用 CiteSpace 5.8.R3 进行文献挖掘分析, 展示城市绿地视角下微气候领域的研究现状、热点和发展动态。数据以 Web of Science 核心合集为数据源, 以主题=(urban green space) AND (microclimate)、语言=English, 文献类型=article AND review, 时间跨度 2015-2022, 共 286 篇文献。

二、研究领域和热点

2.1 关键词共现网络图谱

展现关键词的等级、节点大小、时间变化如图 1 所示, 在微气候研究领域中, 对城市绿地的设计改造以优化城市居

住环境、提高人居舒适度是主要的策略目标。对全部关键词统计分析如表 1, 发现温度、热舒适度、热环境、城市热岛效应是高频出现的研究热点, 说明在微气候尺度中绿地对于缓解高温属于该领域长期研究的重要方向; 而对于城市绿地的研究虽然每年都在进行, 但较为缺少明确的研究主线和高支撑力的核心关键概念; 从城市建筑相关研究分析, 众多研究者从城市建筑自身的形态、使用材料、高度等因子研究到建筑与不同绿地形式的耦合分析对微气候的影响, 并使用构建模型模拟的方式探究气候变化下城市规划如何营造良好的微气候环境。

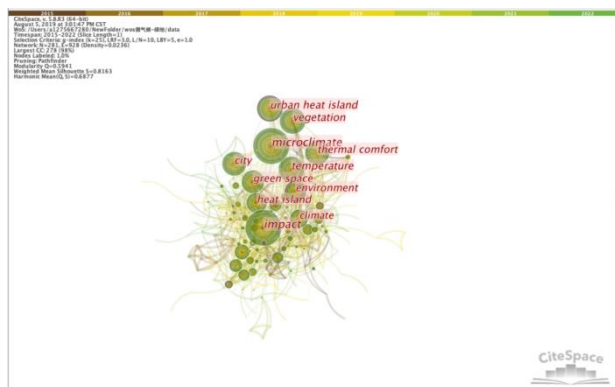


图 1 城市绿地视角下微气候研究关键词共现网络图

Fig.1 The co-appearance network of keywords in microclimate research from the perspective of urban green space

表 1 共现关键词统计

Tab.1 The co-appearance network of keywords in the statistics

	关键词	频次	年份	中心性
研究背景	城市化 (urbanization)	17	2015	0.06
	城市热岛效应 (urban heat island)	65	2015	0.09
	气候变化 (climate change)	34	2015	0.12
应用领域	城市绿地 (urban green space)	24	2.16	0.1
	植被 (vegetation)	67	2015	0.05
	公园 (park)	20	2016	0.05
	室外热舒适度 (outdoor thermal comfort)	41	2015	0.08
研究方向	地表温度 (land surface temperature)	22	2016	0.04
	生物多样性 (biodiversity)	12	2016	0.09
	冷却效应 (cooling effect)	10	2018	0.04
应用技术	模拟 (simulation)	24	2016	0.05
	绿色基础设施 (green infrastructure)	17	2016	0.03
研究策略	设计 (design)	32	2015	0.11
	适应 (adaptation)	19	2017	0.06
	缓解 (mitigation)	36	2016	0.04

2.2 关键词聚类时间线图谱

将关键词聚类分析 (find clusters) 厘清城市绿地视角下微气候领域的演进过程和研究特征, 形成时间线可视化 (Time-View) 图谱 (图 2) 能够分析研究时间演变脉络, 探寻未来研究方向及热点。

聚类程度较大的分类为#0 城市化 (urbanization)、#1 城市微气候 (urban microclimate) 以及#2 城市规划 (urban planning), 属于起始早、热度居高的研究方向, 是城市绿地与微气候的主要背景; #3 室外热舒适度 (outdoor thermal comfort)、#4 热舒适度 (thermal comfort) 以及#5 空气质量 (air quality) 关键词出现频次高、与微气候关联度强, 其他聚

类有较密集、跨度长的连线, 表明是近期及未来重要、热度高的研究方向, 与全球变暖及城市热岛效应影响下的局势紧密契合; #6 冷却效应 (cooling effect) 和#7 城市绿化 (urban greenery) 研究起步早, 2015 年出现首次被引且频次高的气候变化 (climate change)、大气污染 (air pollution), 是微气候领域中绿地应用初期方向, 而 2019 年出现热环境 (thermal environment)、数值模拟 (numerical simulation), 研究重心转到热舒适度和城市空间构成模拟; #7 敏感度分析 (sensitivity analysis) 形成年份最新, 声学舒适性 (acoustic comfort)、蓝色空间 (blue space)、敏感性 (sensitivity) 与微气候中城市绿地的结合很可能成为将来热门的研究方向。

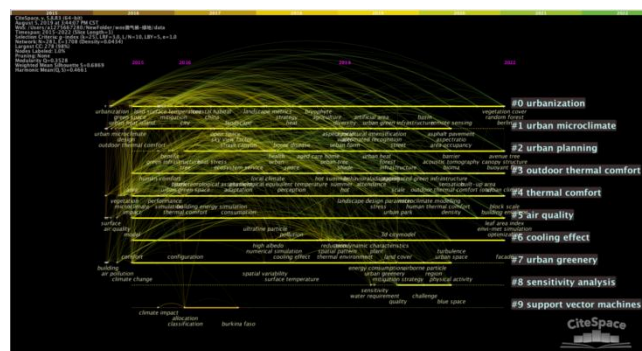


图 2 城市绿地视角下微气候研究关键词聚类时间线图谱 (s=0.6869, Q=0.3528)

Fig.2 The Time-line of keyword clusters in microclimate research from the perspective of urban green space (s=0.6869, Q=0.3528)

2.3 作者共被引图谱

作者共被引分析 (cited author) 能够反映研究领域的高影响力作者、作者的主要研究方向及学术思想、研究者之间的合作关系, 作者被引的频次越高代表作者在该领域影响力大、所研究的往往是主流及热点方向。

如图 3 所示, 左半部分反映 2015-2019 中核心作者有 K ABISCH N、JIM.C.Y、WOLCH JR 等, 主要研究方向为城市规划与城市生态系统的评估、构建、实施; 右半部分反映 2020-2022 核心作者有 OKE TR、BOWLER DE、SANTAMOURIS M 等, 主要研究城市热岛、气候变化对生物多样性的影响和缓解策略。近年来国外城市绿地视角下微气候领域的高被引作者可分为 2 个研究方向: 气候变化下城市绿地如何影响改变城市热环境; 城市化进程下城市生物多样性与生态适宜性的研究。



图 3 城市绿地视角下微气候研究作者共被引图

Fig.3 The co-author network in microclimate research from the perspective of urban green space

三、研究前沿及趋势

被引文献反映该领域研究的知识基础，施引文献代表了研究前沿。筛选出结构紧密、可信度较高的聚类进行排序如表 2 所示，选择最大面积聚类#0 公园冷岛效应 (park cool island)、最新形成聚类#4 冷却效应 (cooling effect)、代表应用技术领域聚类#8 建筑性能模拟 (building performance simulation)，选取其中被引频次和中心性平均排名靠前的核心被引论文及相关最新施引文献进行分析述评。

表 2 共被引聚类排序表

Tab.1 The sort of co-citation clusters

聚类名称	面积 (si ze)	轮廓值 (s)	平均形成年份
#0 公园冷岛效应 (park cool island)	58	0.762	2013
#1 开放空间 (open space)	48	0.786	2015
#2 评估 (evaluation)	45	0.799	2018
#3 通用热气候指数 (universal thermal climate index)	41	0.772	2017
#4 冷却效应 (cooling effect)	37	0.819	2018
#5 热胁迫/热应激 (heat stress)	32	0.847	2018
#6 标准有效温度 (standard effective temperature)	30	0.905	2014
#7 城市化 (urbanization)	28	0.787	2017
#8 建筑性能模拟 (building performance simulation)	58	0.762	2013

聚类#0 公园冷岛效应形成了该领域最为显著和重要的聚类关系。5 篇核心论文都使用数值模拟软件 ENVI-met 对建筑与绿地配置不同的耦合情况进行模拟，均表明高层建筑与绿地结合能降低城市热量，发挥城市冷岛效应^[2-6]。而对施引文献分析，3S 技术、数值模型、机器学习更深层次应用于研究城市绿地的冷却效应^[7, 8]，部分学者们通过研究完善量化的冷却指标以明晰公园冷岛效应的作用机制和能力，认为

绿地应与其他缓解策略相结合并分析其能源成本和生命周期以协助城市降温^[9, 10]。

聚类#4 冷却效应中蓝绿空间如何发挥冷却效应以及量化冷却阈值是研究的重点^[11-14]，其次对城市热岛的影响原因进行研究，提出土地覆盖变化和城市土地利用模式是关键^[15]。施引文献中将绿地与建筑物相关来研究微气候的思想成为共识，但研究不只着眼于单一绿色空间，而是引入其他机械装置如空气减热塔^[16]，或从建筑本身节能环节入手以降温减排^[17]，体现了绿地最优分布和建筑优化以缓解城市热岛的研究趋势。

聚类#8 建筑性能模拟 (building performance simulation) 核心文献体现了将不同因子按研究目的定量增减排列组合是微气候模拟常见的思路，为了明确绿化的特定数量和空间排列后更有效地缓解城市高温^[18-20]。施引文献可分为以下研究方向：(1) 遥感技术和计算机模拟在微气候领域的大范围应用，例如气象站数据、激光雷达点云、数值模拟等^[21, 22]。(2) 树木冠层对城市热环境的复杂影响，分别证明了高密度城市中冠层减少重叠会发挥更好的遮荫和蒸散功能^[23]，较低和较高风速下重叠且宽阔的树冠发挥不同的降温效果^[24]。(3) 太阳辐射下建筑墙体材料的热性质研究^[25]。本聚类关系表明计算机时代的阶段性对该领域技术应用的显著影响，编程和机械为主的科技将广泛应用于城市绿地改善热环境的前沿研究中。

四、研究总结与展望

国外对城市绿地视角下的微气候研究主要围绕气候变化下如何缓解和适应城市热岛效应，研究尺度从广域城市到街区空间，研究对象主要为绿地与建筑的空间位置构成，如何让有限人居空间内的绿地提供更优冷却服务还需持续探索；研究方法受计算机技术的发展影响转为更加高效率、直观、精确的模型模拟和数据分析，为预测气候变化和模拟缓解热岛提出更有效的策略。计量分析囊括的文献数量与研究范围有限，还需在未来的研究中完善优化。

参考文献:

[1]陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能 [J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
[2]SRIVANIT M, HOKAO K. Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer [J]. Building and environment, 2013, 66: 158-172.

- [3] YANG X, ZHAO L, BRUSE M, et al. Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces [J]. *Building and environment*, 2013, 60: 93-104.
- [4] PERINI K, MAGLIOCCO A. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2014, 13(3): 495-506.
- [5] MIDDEL A, HÄB K, BRAZEL A J, et al. Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 122: 16-28.
- [6] WANG Y, BERARDI U, AKBARI H. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada [J]. *Energy and buildings*, 2016, 114: 2-19.
- [7] HUANG J, HAO T, WANG Y, et al. A street-scale simulation model for the cooling performance of urban greenery: Evidence from a high-density city [J]. *Sustainable cities and society*, 2022, 82: 103908.
- [8] MCCARTY D, LEE J, KIM H W. Machine Learning Simulation of Land Cover Impact on Surface Urban Heat Island Surrounding Park Areas [J]. *Sustainability*, 2021, 13(22): 12678.
- [9] ZHU W, SUN J, YANG C, et al. How to measure the urban park cooling island? A perspective of absolute and relative indicators using remote sensing and buffer analysis [J]. *Remote Sensing*, 2021, 13(16): 3154.
- [10] CUTHBERT M, RAU G, BATES A, et al. Global climate-driven trade-offs between the water retention and cooling benefits of urban greening [J]. 2021.
- [11] DU C, JIA W, CHEN M, et al. How can urban parks be planned to maximize cooling effect in hot extremes? Linking maximum and accumulative perspectives [J]. *Journal of environmental management*, 2022, 317: 115346.
- [12] SHENG S, XIAO H, WANG Y. The cooling effects of hybrid landscapes at the district scale in mega-cities: A case study of Shanghai [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 366: 132942.
- [13] GUNAWARDENA K R, WELLS M J, KERSHAW T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity [J]. *Science of The Total Environment*, 2017, 615: 584-585: 1040-1055.
- [14] YU Z, YANG G, ZUO S, et al. Critical review on the cooling effect of urban blue-green space: A threshold-size perspective [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, 49: 126630.
- [15] AKBARI H, KOLOKOTSA D. Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research [J]. *Energy and buildings*, 2016, 133: 834-842.
- [16] SONG Y, ZHANG Z, CAO S, et al. An investigation into the cooling effect of air desuperheater tower: A novel method to mitigate the heat island effect [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 367: 133080.
- [17] HE B-J. Green building: A comprehensive solution to urban heat [J]. *Energy and buildings*, 2022, 271: 112306.
- [18] SHASHUA-BAR L, PEARLMUTTER D, ERELL E. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment [J]. *International journal of climatology*, 2011, 31(10): 1498-1506.
- [19] BERRY R, LIVESLEY S J, AYE L. Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature [J]. *Building and environment*, 2013, 69: 91-100.
- [20] ALLEGRINI J, DORER V, CARMELIET J. Influence of the urban microclimate in street canyons on the energy demand for space cooling and heating of buildings [J]. *Energy and buildings*, 2012, 55: 823-832.
- [21] ERREBAI F B, STREBEL D, CARMELIET J, et al. Impact of urban heat island on cooling energy demand for residential building in Montreal using meteorological simulations and weather station observations [J]. *Energy and buildings*, 2022, 273: 112410.
- [22] ZHANG X, LEI Y, LI R, et al. Research on Thermal Comfort of Underside of Street Tree Based on LiDAR Point Cloud Model [J]. *Forests*, 2022, 13(7): 1086.
- [23] WANG Z, LI Y, SONG J, et al. Modelling and optimizing tree planning for urban climate in a subtropical high-density city [J]. *Urban Climate*, 2022, 43: 101141.
- [24] RAMAN V, KUMAR M, SHARMA A, et al. Quantification of thermal stress abatement by trees, its dependence on morphology and wind: A case study at Patna, Bihar, India [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 63: 127213.
- [25] ORNAM K, WONORAHARDJO S, TRIYADI S, et al. Thermal Behaviour and Micro Climate Studies of Several Wall Insulation on Houses in a Tropical Climate (Aw)

Area; proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, F, 2022 [C]. IOP Publishing.

中图分类号: G353.1;TU985.12 文献标志码: A

* 基金项目: 贵州省科技计划项目“基于遥感大数据的自然资源统计和资产价值评估”(黔科合重大专项[2022]001)

作者简介: 郑欣宜(1997-), 女, 硕士研究生, 硕士研究生。研究方向为喀斯特山地景观设计。E-mail:1275667280@qq.com

通信作者: 杨广斌(1973-), 男, 博士, 教授。研究方向为地理信息系统开发与应用。E-mail: ygbyln@163.com