

## 城市公园景观格局对热岛效应的影响研究进展

李帅琦<sup>1,2</sup>, 王祖伟<sup>1\*</sup>, 胡春明<sup>2</sup>, 齐天杰<sup>2</sup>

(1. 天津师范大学地理与环境科学学院, 天津 300387; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

**摘要** 城市绿地是缓解城市热岛效应的重要方式之一, 以往研究多聚焦于城市绿地对周边环境的影响, 较少关注城市公园内外部景观格局差异对于城市热岛效应的影响。对国内外相关文献进行文献调研, 通过整合分析, 从研究趋势、研究手段、研究成果三方面进行归纳, 探讨了公园内部景观斑块、公园总体形态特征, 不同研究区、研究方法、研究指标对于结果产生的可能性影响。分析发现, 公园内部景观类型所占比例与公园总体形态特征对热岛效应缓解程度和辐射范围不同; 其次研究区所处位置、不同研究方法和选取不同评价指标也会对研究结果产生影响。已有的研究对于城市公园和热岛效应相关性关注较少, 并且不同研究区在温度带和干湿区域方面的差异导致研究结果呈现多样性, 仍需对于不同条件下的城市公园开展本土研究, 并分析其对热岛效应的缓解程度, 为未来城市公园的规划布局, 建设绿色宜居的城市提供科学依据。

**关键词** 城市公园; 景观格局; 热岛效应

**中图分类号** X16 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2023)09-0014-06

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.09.004



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Research Progress on the Impact of Urban Park Landscape Pattern Differences on Heat Island Effect

LI Shuai-qi<sup>1,2</sup>, WANG Zu-wei<sup>1</sup>, HU Chun-ming<sup>2</sup> et al (1. College of Geographical and Environmental Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300387; 2. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

**Abstract** Urban green space is one of the important ways to alleviate urban heat island effect. Previous studies mostly focused on the impact of urban green space on the surrounding thermal environment, and paid less attention to the impact of the difference of internal and external landscape pattern of urban parks on urban heat island effect. This paper conducts literature research on relevant literature at home and abroad. Through integrated analysis, this paper summarizes the research trend, research means and research results, and discusses the possible impact of the park's internal landscape patches, the overall morphological characteristics of the park, and different research areas, research methods and research indicators on the results. It is found that the proportion of landscape types in the park is different from the overall morphological characteristics of the park on the mitigation degree and radiation range of heat island effect; Secondly, the location of the study area, different research methods and the selection of different evaluation indicators will also affect the research results. Existing studies pay less attention to the correlation between urban parks and heat island effect, and the differences in temperature zones and dry and wet areas in different research areas lead to the diversity of research results. It is still necessary to carry out local research on Urban Parks under different conditions and analyze their mitigation degree of heat island effect, so as to provide reference for the planning and layout of urban parks in the future, provide scientific basis for building a green and livable city.

**Key words** Urban park; Landscape pattern; Heat island effect

随着城市人口的无节制扩张和人均收入的快速增长, 人们对住房等基本城市设施的需求、能源、运输、水、废物处理和卫生设施呈指数级增长<sup>[1]</sup>, 人类活动对城市热环境影响更加显著。城市热环境直接关系到城市居民生活幸福感、城市居民健康以及城市的可持续发展<sup>[2]</sup>。城市“热岛效应”是指城市气温高于郊区的现象, 是城市气候最明显的特征之一, 反映了城市化发展对城市环境的影响。城市热岛效应不仅使城区温度高于郊区, 改变城市局部气候特征, 还会对一定范围内的大气环流产生影响。同时, 城市热岛对于城市内动植物生长发育、人类的身心健康也会造成不良影响。研究发现, 城市绿地对于热岛效应的缓解具有显著作用, 绿地中植被通过蒸腾作用可以直接消耗城市中的热辐射, 并且遮挡太阳辐射和下垫面的热反射<sup>[3]</sup>。

城市公园作为城市绿地中的一种特殊用地类型, 在减缓城市热岛效应方面发挥着重要作用。城市公园不同景观格局对降温效率产生不同影响, 水体和绿地是两类重要的具

有降温效果的下垫面类型<sup>[4]</sup>。一般认为城市公园水面所占比例对其降温效率影响最大<sup>[5-7]</sup>, 绿化覆盖率则与热岛效应呈负相关<sup>[5,8]</sup>。相比绿地水面等自然下垫面类型, 人工下垫面类型对于热岛效应缓解强度不大, 不透水层比例增加会使公园降温速率减小<sup>[6]</sup>。公园周长面积等形状指数对于城市公园降温效果也存在影响, 王帅帅等<sup>[9]</sup>对广州市主城区进行城市热岛分析时发现, 公园面积的不同范围对于与热岛效应的影响不同, 公园形态特征和公园的最低温度以及辐射范围均有不可忽视的相关关系。有研究认为公园形状越窄, 分区温度越高<sup>[10]</sup>, 但也有研究分析指出连续大块的城市公园对于降温效果的提升更好。同时, 不同研究区的气候位置、研究的时间季节等因素也会对于研究结果产生不可忽视的影响。对此, 目前研究未取得共识并形成一般性规律。

总体来看, 城市公园对于缓解热岛效应起到积极影响。该研究着眼于城市公园内部景观格局和外部形态不同所产生的降温效率差异进行综述, 探讨不同研究区和研究方法对于研究结果的影响, 以期对未来城市公园规划布局和公园内部景观设计提供理论和实践支撑。

### 1 研究热度

于2021年8月31日分别对中国知网数据库和 Web of

**基金项目** 天津自然科学基金重点项目(18JCZDJC98000)。

**作者简介** 李帅琦(1997—), 女, 山东东营人, 硕士研究生, 研究方向: 城市公园与热岛效应关系。\*通信作者, 教授, 博士, 从事地球化学研究。

**收稿日期** 2022-06-14

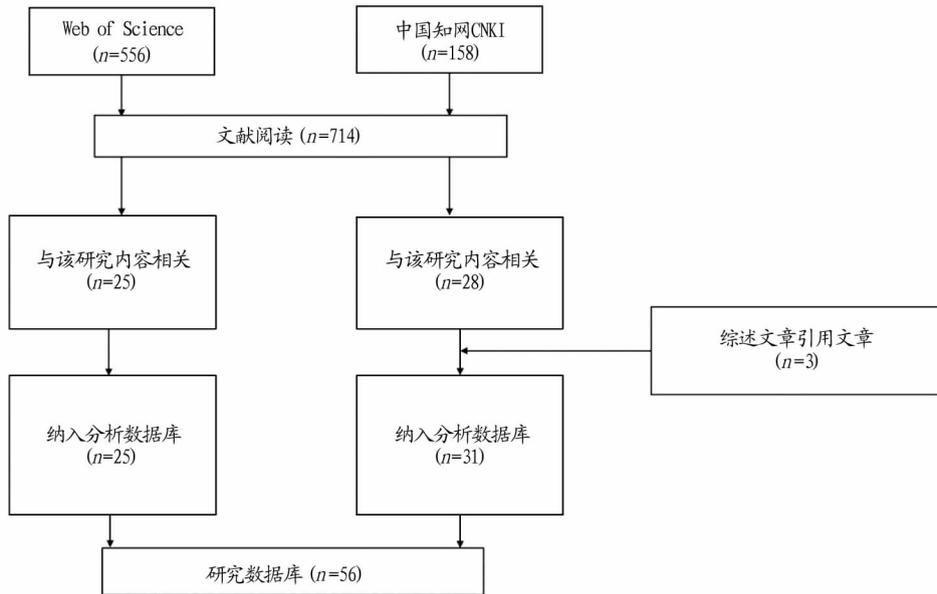
Science 核心合集数据库进行检索,获得 158 篇中文文献和 556 篇英文文献(表 1)。从表 1 可知,城市公园及景观格局对城市热岛效应影响的研究热度持续上升,相关论文发表数量呈逐年增长趋势。

通过文献阅读、遴选及适当增补(图 1),最后确定 56 篇论文作为研究对象,包括中文论文 31 篇、英文论文 25 篇。各论文的研究角度、公园景观格局对热岛效应的影响机制及研究结果均各有亮点,这也是该研究分析的主要内容。

表 1 文献检索信息

Table 1 Literature search information

数据库 Database	检索时间 Search time	检索范围 Search filed	关键词 Key words	文章数量 Number of articles//篇
中国知网 CNKI	2021-08-31	主题	城市公园 AND 景观格局 AND 热岛效应	158
Web of Science	2021-08-31	主题	city park AND landscape pattern AND heat island effect	556

图 1 文献筛选流程<sup>[11]</sup>Fig. 1 Document screening flow chart<sup>[11]</sup>

由图 2 可知,研究多聚焦于城市绿地景观格局对于城市热岛效应的影响,中外文章发表呈逐年增长趋势,说明对于这一议题中外学术界的关注程度逐年攀升。相比较而言,聚焦在城市公园内外部差异对于热岛效应的影响研究较少,但是该领域已越来越受到研究者的关注。

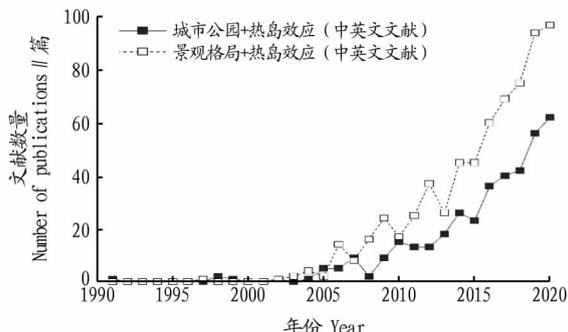


图 2 城市公园景观格局差异对热岛效应的影响研究文章增长趋势

Fig. 2 Growth trend of research articles on the impact of urban park landscape pattern differences on heat island effect

## 2 研究角度

城市公园景观格局对热岛效应影响研究的角度总体包括 3 类:一是侧重于地表温度,关注公园周边温度的变化趋

势及范围;二是侧重于公园内部景观格局,聚焦于不同景观格局带来的热岛效应差异;三是围绕景观格局与温度的耦合关系展开研究。

**2.1 地表温度 实地调查与监测<sup>[12-14]</sup>** 和 Landsat 热红外数据地表温度反演<sup>[15-19]</sup>是现有研究中获取地表温度时空变化最常用的手段。实地调查通常通过确定取样点位置,根据实验地特征选取差异化取样方法,选取不同类型仪器进行多次取样,得到数据利用统计学分析方法进行分析最终得出地表温度与城市公园冷岛效应耦合关系<sup>[20]</sup>。传统的实地监测易受到自然和人类活动干扰,因此依据对于该研究数据库的调研,半数以上学者更倾向于选择卫星遥感获取地表温度,或采用地面监测和卫星遥感相结合的研究方法<sup>[21]</sup>。Landsat 热红外数据地表温度反演是当前对于地表温度分析最常用的方法,通用操作流程为:首先对卫星遥感影像进行辐射定标、大气校正、区域裁剪等预处理,然后根据 NDVI 值计算地表辐射比率并和热红外辐射亮度值进行真实地表温度反演,最终得到地表真实温度分布图。当前研究多为一期或几期遥感影像的对比分析,侧重于城市公园对热岛效应影响空间尺度上研究,但连续多期影像叠加,引入时间尺度的研究较少,同时遥感影像精度和不同温度反演算法也会影响研究结果。

**2.2 城市公园景观格局** 城市公园因规划布局、所在地域特点和周边环境影响而衍生出多种形态特征,公园形态特征通常通过景观指数来进行量化研究。景观指数又可称为格局指数,是一种高度集中的景观格局信息,可以反映其结构组成和空间分布特征的定量参数<sup>[22]</sup>。可以将不同形态特征、结构功能的景观依据结构特征和生态过程进行量化,帮助了解区域内景观格局现状,并预测其未来发展趋势。通过计算对比景观指数探讨不同时空下景观格局的演化,对景观的未来规划布局产生指导意义。

为了提高研究的科学性和严谨性,需要根据不同研究区和其特点选取不同的景观指数。常见基于结构特征的景观指数如表 2 所示。阮俊杰<sup>[23]</sup>对上海市中心城区城市公园与热环境关系的研究中,选取斑块面积、形状指数、水面面积比例和不透水层比例等 6 个因子,阐明公园绿地景观结构特征和降温作用之间相关关系。冯悦怡等<sup>[24]</sup>以北京市

五环内 24 个主要公园为研究范围,从景观构成、斑块形状、空间布局 3 方面 11 个指标,量化描述公园总体景观格局的空间结构特征,探寻其与公园降温效率之间耦合关系。由于景观指数的可以将不同类型景观量化,所以景观指数也可以用来跨地域比较不同景观,Fan 等<sup>[18]</sup>对比了 7 个低纬度地区城市绿地的景观形状指数 (LSI) 和分维数 (FRACT) 并与 UCI 强度进行相关性分析,研究表明景观斑块复杂性越高,降温效果越好。石蕾洁等<sup>[25]</sup>在西安市中心城区的研究选取了斑块类型水平和景观水平 2 大类 11 个景观指数,也得出了相似结论。景观指数的恰当选取对于景观格局与热效应相互关系研究非常重要,陈爱莲等<sup>[26]</sup>研究发现,选取同年同地区作为固定研究区,计算不同的景观格局指数共 24 个,只有 5 个指标和某些月份的地表温度具有显著相关,因此景观格局指数可以用来辅助分析城市热岛效应但需要对其进行检验和甄别。

表 2 常用描述公园结构特征的指数

Table 2 Indexes commonly used to describe the structural characteristics of Parks

景观指数 Landscape index	描述 Description	主要指标及缩写 Main indicators and abbreviations
面积和边缘指数 Area and edge metrics	描述对象面积周长的大小、数目、密度等	斑块面积 (PA) 斑块数 (NP) 斑块密度 (PD) 边界密度 (ED)
形状指数 Shape metrics	描述景观要素边界特征的指数	周长面积比 景观形状指数 (LSI) 分维数 (FRACT)
核心面积指数 Core area metrics	核心面积占斑块面积百分比的相对指数	核心面积指数 (CA)
对比度指数 Contrast metrics	描述不同景观的差异变化	对比度权重边缘密度 (CWED)
聚集度指数 Aggregation metrics	计算不同层次上斑块的临近程度、相似程度、最近斑块的欧氏距离或临近板块的累计面积	临近指数 (PROX) 景观聚合度指数 (AI) 相似临近性指数 (PLADJ)
景观多样性指数 Diversity metrics	描述不同类型景观在空间分布上的多样性	多样性指数 (SHDI)

**2.3 耦合关系** 相关研究使用的空间分析方法可以分为:缓冲区与叠加分析、景观空间插值、景观三维分析和景观网络分析。不同分析方法可能对研究结果产生一定影响。缓冲区分析可以直观反映景观变量的自然分异特点,是帮助解决邻近度问题的空间分析工具。建立缓冲区对于研究不同景观格局城市公园对热岛效应降温效率和辐射范围具有重要意义,花利忠等<sup>[27]</sup>根据公园周边地表温度反演结果,以 100 m 为间距,向外设立 12 个缓冲区,分区得到每个缓冲区内的平均地温,以此推算研究区内 15 个城市公园的降温效果和辐射范围。肖逸等<sup>[28]</sup>通过考虑遥感图像分辨率并结合研究区面积窄小的特点,分别沿社区公园边界向外设立 30 m 缓冲带,建立总距离为 600 m 的 20 个缓冲区。景观空间插值主要通过各种对样本点和插值点的分析,描述区域空间特征和影响因素等。潘剑彬等<sup>[13]</sup>对北京公园绿地热舒适度研究中,选取 17 个样点及约 200 个空间插值子样点,计算 Kriging 插值得出公园绿地和热舒适度的相关关系。景观三维分析可以利用 GIS 软件中的相应分析工具并结合研究区其他数据,如地形数据、降水数据、气温数据等,将不同类型数据转化为可量化因子利于后续研究。景观网络分析主要基于

数学理论,构建网络模型,通过流量分析和寻找最短路径,在城市公园建设布局发挥现实作用。利用空间分析方法获取空间尺度上城市公园对周边地区降温效果和范围是该领域常用的研究方法,但对比分析发现,单一空间尺度上的研究较多,鲜少有研究引入时间尺度,或因变量过多难以控制。在时间尺度上对于城市公园对热环境影响的分析仍需进行更加深入的研究。

### 3 影响机制

无论研究角度侧重于哪方面,其最终目的均为揭示城市公园对热岛效应的缓解机制。总体上,缓解效果取决于城市公园内在景观格局及外在形态特征两方面。

**3.1 内在景观格局对降温效果的影响** 城市公园内部景观格局差异对于其自身降温效果的影响一直被众多研究者关注。城市公园内部实际水面面积、植被覆盖面积及郁闭度和不透水层比例会对城市公园自身降温效果存在显著影响。

水体具有较大的比热容,在同等温度变化下,水体温度变化幅度最小,因此水面面积所占比例对于城市公园降温效果具有重要影响。肖捷颖等<sup>[6]</sup>研究发现,与公园降温幅度最具有相关关系的是水面面积所占比例,研究得出,若希望增

强公园降温幅度,水体比例应至少超过 19%。李东海等<sup>[29]</sup>研究得出,水体在景观中所占比例与地表温度呈现强负相关关系,且相关系数达-0.72。阮俊杰<sup>[23]</sup>运用缓冲区叠加分析的研究方法,发现随着公园内水面面积的增加,其降温效果显著增强,相关拟合系数( $R^2$ )为 0.289 7。虽然大多数研究发现水体降温效果明显,但成实等<sup>[30]</sup>研究指出,在其研究区范围内,水体因子和公园内部温度的相关性不强,公园中水体面积比例对于公园外部环境温度影响较大,但水体形态对于公园周边降温效果暂无相关关系。研究发现,若水面面积总体提升 10 hm<sup>2</sup>,则公园总体降温效果可提升 1%。冯悦怡等<sup>[24]</sup>研究发现,城市公园对周边环境的降温幅度与水体面积大小高度相关的同时,也和公园所处位置密切相关。水体面积越大,公园冷岛效应越明显。虽然众多研究中选取的研究区和研究方法各不相同,但对于水体之于热岛效应的强削弱作用在所有研究中保持一致,关于水体面积是否存在阈值可使降温效率达到最优解,以及水体形状指数是否会对于降温效果产生影响暂无定论。随着城市化的快速推进,城市容量趋于饱和,找出使降温效率最大化的水面阈值,才能更好兼顾发展与环境的平衡。

绿地在城市中对于调节城市气候、保护生物多样性和改善城市形象起到重要作用<sup>[2]</sup>。城市公园中的植被覆盖率、林木种类以及三维绿量对其降温效果也起到了不可忽视的影响。众多研究均表明,绿量越大,公园冷岛效应越明显<sup>[7,13,24,30-31]</sup>。但绿地之于城市公园的降温效果也受到植物种类结构、绿地斑块形状和时间尺度的影响。植物通过蒸腾作用降低环境温度,同时也增强了空气湿度。刘娇妹等<sup>[20]</sup>研究发现,相比于普通种植形式,复层结构(乔-灌-草)在水平和垂直层次上具有更好的降温增湿效应。潘剑彬等<sup>[13]</sup>研究发现,人体热舒适度与植被郁闭度和叶面面积指数呈正相关关系。植物群落郁闭度可以减缓样地内太阳辐射强度,因此植物群落郁闭度对于热量缓解有重要影响。相似叶面积指数的针叶林和阔叶林,后者因群落郁闭度较大而更能缓解局地气温升高。成实等<sup>[30]</sup>研究发现,绿地面积以及绿地周长面积比也对城市公园降温效果产生了一定影响,公园内绿地面积对于公园内部温度影响较大。Kong 等<sup>[32]</sup>在上海城区的研究表明,在一定植被覆盖率下,绿地聚集分布比碎片化分布具有更强的降温效果,增加绿地形状的整体复杂性可以增强对周边环境的降温效果。但是以往研究多注重于绿地整体降温效果,对于不同植被群落类型对热岛缓解效果未进行单独性检验。同时研究区的位置气候等条件也会影响植被种类与生长状态,因此今后的研究仍需关注不同植被种类对于热效应的缓解,并提出更好降温效果和范围的植被覆盖率和群落结构。

通常情况下,不透水层比例越大,其热岛效应越明显。不透水层在城市公园中所占比例是学者研究的一个重要方面,肖捷颖等<sup>[6]</sup>研究发现,与公园降温速率相关性最强的是不透水层比例。花利忠等<sup>[27]</sup>研究发现,公园自身面积越大,公园内不透水层比例越小,公园内部温度越低,公园冷岛

(PCI)越显著,但其降温强度和辐射范围与不透水层大小相关关系不显著。有研究指出,不透水层比例存在一个阈值,超过这个阈值,公园降温速率减小并趋近于 0,如对石家庄市的研究<sup>[33]</sup>结果表明,若考虑提高公园降温效率,公园内不透水层面积应小于 50%。除面积因子外,时间尺度的变化也会影响不透水层与公园降温速率相关关系。Chang 等<sup>[34]</sup>研究发现,不透水层在夏季可以吸收和反射大量的入射光线,导致公园内部温度快速上升,“公园冷岛”反而变为“公园热岛”,然而在冬季,公园不透水层对于内部温度影响表现不明显。Li 等<sup>[10]</sup>对郑州市的研究也得出了相似结论,认为不透水层具有增暖效应。目前对不透水层比例与热岛效应相关关系研究结论较为统一,但对于不透水层类型识别和阈值确定等方面仍存在诸多不确定性。另外不同温度带和干湿地区的研究区选取也会对结果产生一定程度影响。

**3.2 外在形态特征对降温效果的影响** 城市公园总体形态也是学者研究的一个重要方面。周长和面积是公园总体形态主要分析指标,通常情况下研究者通过公园周长、面积、周长面积比等形状指数因子来进行研究。花利忠等<sup>[27]</sup>通过公园冷岛(PCI)和公园周长面积比之间多元回归关系发现,PCI 强度与公园周长面积比呈负相关关系,即公园整体形状越复杂,公园冷岛效应越强,反之对于周围热场降温幅度最大;在同等面积下,边界越复杂的公园相比形状简单的公园,降温效果越好。当公园形态一定时,大公园相比小公园降温作用更强<sup>[3]</sup>。但一些学者也提出了其他看法,如 Cheng 等<sup>[35]</sup>提出,公园的大小和冷却效果之间存在非线性关系,在为周围环境降温方面,大公园并不比小公园具有优势。Qiu 等<sup>[36]</sup>研究发现,若需要增强公园冷岛效应,在扩大公园面积的同时,公园整体形状尽量简单。但在经济高度发达,城市用地紧张的现状下,提出更好公园面积的阈值是最有价值的。王帅帅等<sup>[9]</sup>研究发现,当公园面积增加到一定阈值时,公园平均温度不会继续随面积增大而减小。花利忠等<sup>[27]</sup>以厦门市 15 个城市公园为对象,研究发现达到公园降温速率最高的公园面积阈值为 55 hm<sup>2</sup>,这对未来城市公园规划布局有重要意义。此外,有研究指出,公园内部斑块形状也会对公园整体降温效果产生影响<sup>[6]</sup>。国外一些学者发现,城市公园内部景观破碎度等指标也会影响公园整体降温速率,如 Kim 等<sup>[37]</sup>基于得克萨斯州的研究结果表明,面积较大且内部连通度较好的城市公园与邻近地区的低温有关,而破碎度较高和孤立的景观与地表温度呈负相关。同时,当公园形态一定时,不同时间尺度也会对公园降温效果产生影响,Ren 等<sup>[38]</sup>研究表明,城市公园形态对于其降温效果的影响在夏季比秋季更明显,因此城市公园形态在缓解热岛效应方面的作用在夏季比秋季更重要。目前,对于城市公园面积和总体形态对于热岛效应的缓解效果因研究尺度和研究指标不同仍存在争议,此外,研究区位置和周边人类活动影响也会对其降温效果产生影响。

#### 4 研究成果总体分析

城市公园景观格局差异对热岛效应影响受到了广泛关

注,但不难发现,部分研究者的研究结果看似“相悖”。综上所述,造成这些差异的影响因子可能为研究区气候与季节差异和研究区所选取的公园位置差异等。不同研究区通过气候特征和研究区周边土地利用状况,直接或间接对研究结果产生影响。

现有的基于城市公园景观格局对热岛效应研究影响的研究,选取的研究区在温度带、干湿区域、气候特点方面具有多样性。陈朱等<sup>[8]</sup>选取上海市15个城市公园为研究区,通过实地观测发现,面积较小的公园降温效果甚至好于大公园,但此研究结果不支持其他研究结果。周东颖等<sup>[16]</sup>对哈尔滨市区的研究表明,大公园的降温效果要好于几个面积之和与其面积相等的小公园的降温效果。Dimoudi等<sup>[39]</sup>研究表明,随公园面积增加,公园降温效果也在增强。Chang等<sup>[34]</sup>在台北的研究也表明,虽然公园面积和降温程度为非线性关系,但大公园比小公园温度更凉爽。产生上述研究结果差异的原因可能在于,研究选取季节与研究区最大热岛效应季节的不完全重合。陈朱等<sup>[8]</sup>研究观测时间为秋季,并且研究区位置为上海市,气候类型为北亚热带季风气候,秋季为其热岛效应峰值季节;Chang等<sup>[34]</sup>研究区位于台北市,气候类型属湿润亚热带气候,最大城市热岛出现季节为夏季,该研究观测时间为夏冬季;周东颖等<sup>[16]</sup>研究区为哈尔滨市区,气候类型为温带季风气候,最大城市热岛出现在冬季<sup>[40]</sup>,该研究观测时间为秋季。

除最大热岛出现季节不同外,不同气候类型研究区水面面积和植被面积也会受到季节更替的影响,我国北方地区植被和水面季节性变化尤其明显,秋冬植被稀疏,水面冰冻,有些区域甚至直接变为裸土地面,反而会加剧热岛效应<sup>[33]</sup>。研究区所处气候和干湿区域差别直接导致最大城市热岛出现时间的差异和公园实际景观格局更替,成为一些研究结果呈现多样性的原因。

公园所处城市、在城市中所处位置以及公园周边用地类型都会对公园降温效果和降温范围产生不同影响。例如,花利忠等<sup>[27]</sup>研究发现,不同城市城市公园冷岛效应存在不同阈值,厦门、广州、北京的公园面积为55 hm<sup>2</sup>时冷岛效率最高,而山城重庆公园面积为14 hm<sup>2</sup>时冷岛效率达到最大。城市公园分布在中心城区、近郊区和远郊区也会使公园对热环境影响产生差异。徐丽华等<sup>[41]</sup>研究发现,当城市公园处于中心城区时,因此区域热岛强度最大,所以降温效率最高,从中心城区向外,城市公园的降温效率呈现递减趋势。陈朱等<sup>[8]</sup>观测发现,市区中的公园各群落类型温度在秋季中午明显低于郊区公园。许多研究均发现,若公园周边地区用地类型会产生强热岛效应,则公园降温程度明显但降温范围缩小,同时公园周边存在大面积水域或其他自然景观也会对研究产生影响。

综上所述,研究区气候位置,观测选取时间等因素均会对研究结果产生一定程度影响,且多数研究结果并非受单一因素影响。因此,在同一研究中尽量控制变量,对于不同研究区应考虑多种客观因素差异是未来开展相关研究需要考

虑的。

## 5 研究展望

随着城市建设用地日益紧张,城市热岛效应加剧,城市人居环境急需改善,城市公园对改善热岛效应的研究受到越来越多学者的关注。以往研究从城市公园内部景观格局和外部形态特征做了深入分析,从对单一景观类型比例对热岛效应的影响<sup>[5-6,42-43]</sup>、对公园总体形态特征的关注<sup>[23,30,44]</sup>,逐步聚焦于出现最大冷岛效应的公园面积阈值,更好的降温强度和范围,说明对于城市公园降温效果的研究正从定性向量化转变,随着研究逐渐深入,还有以下几方面仍需探讨。

从研究尺度方面,以往研究多聚焦于空间尺度上对城市公园景观格局和整体形态对热岛效应影响,未来研究应引入时间尺度,探讨不同时间段、不同季节、不同年份下城市公园冷岛效应的时间变化趋势,并结合统计学做深入分析。以期根据区域内时间变化选取适当的公园面积阈值和内部景观构成比例<sup>[16]</sup>,为缓解热岛效应提供整体最优解。

在阈值研究方面,不同学者对此类阈值研究已经取得了一定成果<sup>[20,25,33]</sup>,但因不同城市所处位置、地形、气候、干湿度等客观因素影响,阈值存在多样性,能否找出具有普适性的定量指标,建立城市公园降温效果评价指标体系,是未来研究的另一重点。

最后对于不同研究区,选取符合其特点的研究方法也非常重要,以往研究多以实地勘测为主,随着研究深入,卫星遥感结合景观生态学分析成为主导方法,但不同卫星和算法的选取、遥感精度以及景观指数选取会对研究结果产生很大影响。如何找到区域最优研究方法,并进行检验验证也是未来的课题之一。目前学科交叉日益频繁,在其他学科寻找能够解决本学科问题的新方法也值得更多关注。

## 参考文献

- [1] KOTHARKAR R, RAMESH A, BAGADE A. Urban heat island studies in South Asia: A critical review[J]. *Urban climate*, 2018, 24: 1011-1026.
- [2] 李洪忠, 陈劲松, 韩宇, 等. 微观尺度城市热环境影响因素分析研究: 以深圳市罗湖区为例[J]. *生态环境学报*, 2019, 28(8): 1622-1631.
- [3] 陈方敏. 上海市公园绿地对城市热岛效应影响的多尺度研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [4] YU C, HIEN W N. Thermal benefits of city parks[J]. *Energy and buildings*, 2006, 38(2): 105-120.
- [5] 李延明, 张济和, 古润泽. 北京城市绿化与热岛效应的关系研究[J]. *中国园林*, 2004, 20(1): 72-75.
- [6] 肖捷颖, 季娜, 李星, 等. 城市公园降温效应分析: 以石家庄市为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(2): 75-79.
- [7] 余兆武, 郭青海, 孙然好. 基于景观尺度的城市冷岛效应研究综述[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(2): 636-642.
- [8] 陈朱, 陈方敏, 朱飞鸽, 等. 面积与植物群落结构对城市公园气温的影响[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(11): 2590-2596.
- [9] 王帅帅, 陈颖彪, 千庆兰, 等. 城市公园对城市热岛的影响及三维分析: 以广州市主城区为例[J]. *生态环境学报*, 2014, 23(11): 1792-1798.
- [10] LI B, SHI X M, WANG H Y, et al. Analysis of the relationship between urban landscape patterns and thermal environment: A case study of Zhengzhou City, China[J]. *Environmental monitoring and assessment*, 2020, 192(8): 540.
- [11] KATES R W. What kind of a science is sustainability science? [J]. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*, 2011, 108(49): 19449-19450.
- [12] 蔺银鼎, 韩学孟, 武小刚, 等. 城市绿地空间结构对绿地生态场的影响[J]. *生态学报*, 2006, 26(10): 3339-3346.
- [13] 潘剑彬, 李树华. 北京城市公园绿地热舒适度空间格局特征研究[J].

- 中国园林,2015,31(10):91-95.
- [14] 龙丽娟,陈存友,胡希军,等. 湖泊因子对城市湖泊降温效应的模拟与分析:以湖南烈士公园湖泊为例[J]. 长江科学院院报,2020,37(2):34-40.
- [15] 苏泳娴,黄光庆,陈修治,等. 广州市城区公园对周边环境的降温效应[J]. 生态学报,2010,30(18):4905-4918.
- [16] 周东颖,张丽娟,张利,等. 城市景观公园对城市热岛调控效应分析:以哈尔滨市为例[J]. 地域研究与开发,2011,30(3):73-78.
- [17] 李婷婷,谷达华,阎建忠,等. 重庆主城区不同类型公园对周边环境的降温效应[J]. 生态科学,2018,37(4):138-146.
- [18] FAN H Y, YU Z W, YANG G Y, et al. How to cool hot-humid (Asian) cities with urban trees? An optimal landscape size perspective[J]. Agricultural and forest meteorology, 2019, 265: 338-348.
- [19] HU D, MENG Q Y, ZHANG L L, et al. Spatial quantitative analysis of the potential driving factors of land surface temperature in different "Centers" of polycentric cities: A case study in Tianjin, China [J/OL]. Science of the total environment, 2020, 706 [2022-01-15]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135244>.
- [20] 刘娇妹,李树华,杨志峰. 北京公园绿地夏季温湿效应[J]. 生态学杂志,2008,27(11):1972-1978.
- [21] 辜智慧,刘雅婷,袁磊,等. 城市公园冷岛效应影响机制研究方法进展[J]. 中国园林,2016,32(9):113-115.
- [22] 李放. 福建省洪田村森林景观格局分析及敏感度评价[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [23] 阮俊杰. 城市公园对夏季热环境的影响:以上海市中心城区为例[J]. 生态环境学报,2016,25(10):1663-1670.
- [24] 冯悦怡,胡潭高,张力小. 城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响[J]. 生态学报,2014,34(12):3179-3187.
- [25] 石蕾洁,赵牡丹. 城市公园夏季冷岛效应及其影响因素研究:以西安市中心城区为例[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(5):154-161.
- [26] 陈爱莲,孙然好,陈利顶. 传统景观格局指数在城市热岛效应评价中的适用性[J]. 应用生态学报,2012,23(8):2077-2086.
- [27] 花利忠,孙凤琴,陈娇娜,等. 基于 Landsat-8 影像的沿海城市公园冷岛效应:以厦门为例[J]. 生态学报,2020,40(22):8147-8157.
- [28] 肖逸,戴斯竹,赵兵. 小尺度公园对于城市热岛效应的缓解作用:基于南京市中心城区社区公园的实证研究[J]. 景观设计学,2020,8(3):26-43.
- [29] 李东海,艾彬,黎夏. 基于遥感和 GIS 的城市水体缓解热岛效应的研究:以东莞市为例[J]. 热带地理,2008,28(5):414-418.
- [30] 成实,牛宇琛,王鲁帅. 城市公园缓解热岛效应研究:以深圳为例[J]. 中国园林,2019,35(10):40-45.
- [31] 仇宽彪,贾宝全,成军锋. 北京市五环内主要公园冷岛效应及其主要影响因素[J]. 生态学杂志,2017,36(7):1984-1992.
- [32] KONG F H, YIN H W, JAMES P, et al. Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China [J]. Landscape and urban planning, 2014, 128: 35-47.
- [33] 张俊艳,林高山,王华静,等. 城市公园降温效应的季节性差异研究:以石家庄市为例[J]. 西北林学院学报,2019,34(1):247-253.
- [34] CHANG C R, LI M H, CHANG S D. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks [J]. Landscape and urban planning, 2007, 80(4):386-395.
- [35] CHENG X Y, WEI B S, CHEN G J, et al. Influence of park size and its surrounding urban landscape patterns on the park cooling effect [J]. Journal of urban planning and development, 2015, 141(3):1-10.
- [36] QIU K B, JIA B Q. The roles of landscape both inside the park and the surroundings in park cooling effect [J]. Sustainable cities and society, 2020, 52:1-10.
- [37] KIM J H, GU D, SOHN W, et al. Neighborhood landscape spatial patterns and land surface temperature: An empirical study on single-family residential areas in Austin, Texas [J]. International journal of environmental research and public health, 2016, 13(9):1-15.
- [38] REN Z B, HE X Y, ZHENG H F, et al. Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement [J]. Forests, 2013, 4(4):868-886.
- [39] DIMOUDI A, NIKOLOPOULOU M. Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits [J]. Energy and buildings, 2003, 35(1):69-76.
- [40] 魏磊,孙镛涵,刘春生. 哈尔滨市热岛效应研究[J]. 黑龙江气象,2019,36(1):32,44.
- [41] 徐丽华,岳文泽. 城市公园景观的热环境效应[J]. 生态学报,2008,28(4):1702-1710.
- [42] SUN R H, LU Y H, CHEN L D, et al. Assessing the stability of annual temperatures for different urban functional zones [J]. Building and environment, 2013, 65:90-98.
- [43] 马勇刚,塔西甫拉提·特依拜,黄粤,等. 城市景观格局变化对城市热岛效应的影响:以乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区研究,2006,23(1):172-176.
- [44] CAO X, ONISHI A, CHEN J, et al. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data [J]. Landscape and urban planning, 2010, 96(4):224-231.

(上接第 13 页)

- [20] 李登科,高彩华,吴鹏程. 武夷山苔藓植物垂直分布的初步分析[J]. 武夷科学,1987,7(00):253-262.
- [21] 李登科,高彩华,吴鹏程. 武夷山自然保护区苔藓生态群落初步调查[J]. 武夷科学,1986,6(00):279-284.
- [22] 吴鹏程,李登科,高彩华. 福建武夷山叶附生苔类植物着生环境因素的初步测定[J]. 植物学报,1987,29(4):449-452.
- [23] 吴爱琴,李欣,李云麟,等. 武夷山市药用植物资源调查及其民间传统应用分析[J]. 亚热带植物科学,2020,49(6):485-489.
- [24] 李秀芹,赵建成,李琳,等. 苔藓植物的药用研究进展[J]. 河北师范大学学报(自然科学版),2004,28(6):626-630.