

DOI: 10.5846/stxb201904230827

赵芮, 申鑫杰, 田国行, 郭煜琛, 何瑞珍. 郑州市公园绿地景观特征对公园冷岛效应的影响. 生态学报, 2020, 40(9): 2886-2894.

Zhao R, Shen X J, Tian G H, Guo Y C, He R Z. The influence of landscape characteristics of a park green space on the park cool island effect in Zhengzhou City. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(9): 2886-2894.

郑州市公园绿地景观特征对公园冷岛效应的影响

赵 芮, 申鑫杰, 田国行, 郭煜琛, 何瑞珍*

河南农业大学林学院, 郑州 450002

摘要: 城市公园有助于缓解城市热岛效应, 减少城市降温能耗。选取郑州市中心城区内 44 个主要公园, 利用 Landsat8 遥感数据和土地利用数据, 结合 ENVI、ArcGIS、Fragstats、SPSS 等软件分析公园冷岛效应的影响因素。冷岛强度的研究从景观特征、景观构成、景观配置 3 个层面来进行, 结果表明: 场地条件有限的情况下公园面积控制在 20 hm² 左右能产生较高冷岛强度; 公园边界越简单冷岛效应越强, 而植物和不透水表面斑块的边界越复杂公园冷岛效应越强; 同等面积下有水体的公园与无水体的公园相比降温效果相差 1℃ 左右; 水体占比控制在 14% 左右公园冷岛强度较为显著; 在进行公园景观配置时, 公园内植物和水体的组合相比于不透水表面与植物的组合及不透水表面与水体的组合能产生更好的降温效应。利用标准差椭圆工具进一步分析公园冷岛强度的方向性, 发现公园的冷岛方向主要与园内水体长轴以及园外高层建筑的分布有关。

关键词: 公园绿地; 城市冷岛; 冷岛强度; 景观配置

The influence of landscape characteristics of a park green space on the park cool island effect in Zhengzhou City

ZHAO Rui, SHEN Xinjie, TIAN Guohang, GUO Yuchen, HE Ruizhen*

College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

Abstract: Urban parks can help alleviate the urban heat island effect and reduce urban cooling energy consumption. In this paper, we used Landsat8 remote sensing data and land use data, combined with ENVI, ArcGIS, Fragstats, SPSS, and other software tools to analyze the impact factors of the cool island effect in a selection of 44 major parks from the central city of Zhengzhou City. Studies on the cool island intensity were carried out from three aspects: landscape characteristics, landscape composition, and landscape configuration. Results showed that, under limited site conditions, park areas of approximately 20 hm² can produce higher cool island intensity than smaller ones; the simpler the boundary of the park, the stronger the cool island effect; and the more complex the boundary between plants and impervious surface patches, the stronger the cool island effect of the park. In the same area, the cooling effect of parks with a water body is approximately 1 °C different from that of parks without any water body. The remarkable intensity of cold island was observed in parks where the water bodies represented 14% of the park's surface. In the park landscape configuration, the combination of plants and water in the park can produce a better cooling effect than the combination of impervious surface and plants or the combination of impervious surface and water. The standard deviation ellipse tool was used for further analyzing the directionality of cool island strength in parks. The conclusion was that the direction of a cool island from a park is mainly related to the direction of the long axis of water bodies present in the park and the distribution of high-rise buildings outside the park.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31470029)

收稿日期: 2019-04-23; 网络出版日期: 2020-03-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hrzjd@126.com

Key Words: park green space; urban cool island; cool island intensity; landscape configuration

改革开放以后,我国进入快速发展阶段,城镇化水平快速提升,城市内不透水表面增加,建筑密度增大,交通工具数量增多等一系列现象都导致了城市热岛^[1-2]出现。面对该情况,城市冷岛效应成为解决相应问题的研究重点。“冷岛效应”指城市中某一区域的温度要低于周边温度的现象^[3]。大量研究表明,公园绿地和水体作为城市休闲游憩建设的重要组成部分,在优化城市生态环境中承担着举足轻重的作用,它们是城市中的主要冷源,发挥其冷岛效应可以缓释城市热岛^[4-8],从而营造更为舒适的居民生存生态环境。

研究表明,城市公园冷岛强度不仅与公园的形态和内部景观构成有关,还与公园的景观空间配置有关。苏泳娴等人研究发现相同面积下有水体的公园比无水体的公园降温效应好,长宽比较大(≥ 2)的公园,即使公园面积较小,降温效果也很明显^[9]。冯晓刚等^[5]对西安主城区 7 个公园的内部景观构成与降温效应进行研究发现城市公园中水体面积占 30%以上其冷岛强度较强。冯悦怡等^[10]对北京市 24 个公园的景观构成和空间布局进行分析得到绿地面积与降温幅度无显著相关性,且绿地斑块形态越复杂降温效应越强。梁保平等^[11]对桂林市 32 个典型的公园绿地和水体研究分析得到水体面积和植被覆盖率为公园内地表温度呈显著负相关。甘爽等^[6]对天津市区的 8 个公园进行研究发现绿地比例与公园冷岛效应的相关性最大。仇宽彪等^[12]对北京市五环内 42 个公园的内部景观特征与公园冷岛效应的关系得到水体和不透水面积的占比都与公园地表温度密切相关,但与植物面积占比无显著关系。

上述研究的主要内容是公园面积、形态和各类景观构成要素与降温效应的相关性,同时也对降温范围和降温幅度展开讨论,因为研究所选区域和样点数量的差别,导致结论存在些许差异,例如大多数研究表明水体与降温效应的相关性最大,而少数结论表明植物占比与公园冷岛强度(PCI)相关性最强等,所以类似结论有待继续验证。并且目前研究中关于公园内景观空间配置与冷岛效应的相关性研究甚少,对于冷岛强度方向性的探索几乎没有,因此本文在这些研究的基础上进一步验证和研究公园各类要素对冷岛强度的影响,特别是公园冷岛强度在不同方向上的差异性研究,可为城市公园规划设计提供科学的理论支持。

1 研究地区与数据来源

1.1 研究区域概况

郑州市(112°42'E—114°13'E, 34°16'N—34°58'N)位于河南省中部偏北地区(图 1),属于我国中部的中心区域。作为中原城市,其属温带大陆性季风气候,年平均气温 14.2℃,年平均降雨量 640.9 mm,无霜期 220 d,全年日照时间约 2400 h。本文研究区域为郑州市市区(图 1),面积为 1218 万 m²,包括中原区、金水区、二七区、管城区、惠济区、郑东新区、经济技术开发区、高新技术产业开发区(航空港区虽属市区范围但目前正在开发与建设,公园用地配备不齐,本次研究并未囊括)。研究选取的样点包括人民公园、碧沙岗公园、红白花公园、双秀公园、烈士陵园等在内的主要公园 44 个,其中有水体的公园 17 个,无水的公园 27 个。

1.2 数据来源与预处理

研究选取 Landsat8 的遥感影像作为地温反演数据,该卫星影像过境日期为 2017 年 4 月 12 日,影像搭载了 OLI(陆地成像仪,Operational Land Imager)和 TIRS(热红外传感器,Thermal Infrared Sensor)两个传感器,OLI 包括 9 个波段,除了 B8 的分辨率为 15 m,其他波段分辨率均为 30 m;TIRS 具有两个热红外波段 B10 和 B11,分辨率均为 100 m。该 Landsat8 数据的产品级别为 L1T,已经过几何精校正处理,OLI 和 TIRS 的理论设计几何标称精度分别为 12 m 和 41 m^[13]。利用掩膜提取工具获得的研究区域影像无云覆盖,数据质量好^[10]。最后通过 ENVI 5.3 对影像数据进行辐射定标和大气校正处理,再选择相应波段进行地表温度反演。

公园的选取结合了高分 2 号影像、百度地图中的公园边界以及郑州市相关单位发布的城市公园的相关信息,最终选取公园植被、设备都发展比较完全的建成公园 44 个作为研究样方(图 1)。该高分 2 号影像的空间分辨率为 0.8 m,过境日期为 2017 年 5 月 25 号,与地温反演所用影像时间相近。土地分类之前对高分 2 号影

像进行辐射校正和几何精校正处理,由于以公园为单位的尺度较小,将林地和草地归为植物类,建筑、道路和广场归为不透水表面,水体为一类,已建成的公园中没有未利用地,因此公园的土地分类最终确定为三大类。(图 1)

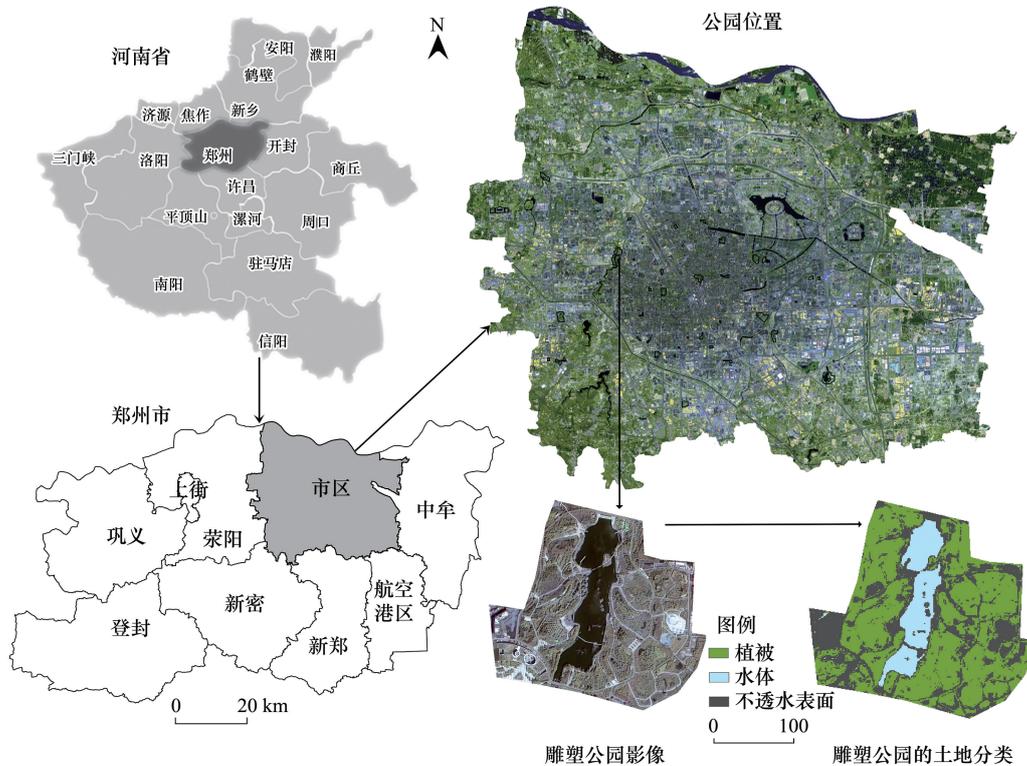


图 1 研究区域的位置和影像图
Fig.1 Location and image of the study area

2 研究方法

2.1 地表温度反演

研究运用大气校正法(辐射传输方程法)进行地表温度反演。这种方法的基本原理是先估算大气对地表热辐射的影响,然后把这部分大气影响从卫星传感器所观测到的热辐射总量中减去,从而得到地表热辐射强度,再把热辐射强度转化为相应的地表温度^[14-15]。运用普朗克公式的函数提取低温,公式为:

$$T_s = K_2 / \ln(K_1 / B(T_s) + 1) \tag{1}$$

$$B(T_s) = [L_\lambda - L^\uparrow - \tau(1 - \varepsilon)L^\downarrow] / \tau\varepsilon \tag{2}$$

$$L_\lambda = [\varepsilon B(T_s) + (1 - \varepsilon)L^\downarrow] \tau + L^\uparrow \tag{3}$$

式中, ε 为地表比辐射率、 T_s 为地表真实温度、 $B(T_s)$ 为黑体热辐射亮度、 τ 为大气透射率、 L^\uparrow 为大气向上辐射亮度、 L^\downarrow 为大气向下辐射能量、 L_λ 为热红外辐射亮度值、 K_1 、 K_2 为系数。TIRS Band 10 波段中, $K_1 = 774.885 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$, $K_2 = 1321.079 \text{ K}$ 。从 NASA 网站(<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov>)可以获取 τ 、 L^\uparrow 、 L^\downarrow 数值,分别为 0.60 、 $0.93 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ 、 $1.58 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ 。地表比辐射率 ε 的计算采用 Sobrino 提出的基于地表覆盖类型的加权混合模型^[16],计算公式为:

$$\varepsilon = 0.004P_v + 0.986 \tag{4}$$

$$P_v = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) / (\text{NDVI}_{\text{veg}} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) \tag{5}$$

式中,NDVI 为归一化植被指数,NDVI_{soil}和 NDVI_{veg} 分别为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值及完全被

植被所覆盖的像元的 NDVI 值(纯植被像元的 NDVI 值)。取经验值 $NDVI_{veg} = 0.70$ 和 $NDVI_{soil} = 0.05$, 即当某个像元的 NDVI 大于 0.70 时, P_p 取值为 1; 当 NDVI 小于 0.05, P_p 取值为 0。

2.2 公园冷岛强度的数值与方向的获取

城市公园冷岛强度通常是通过沿横断面或公园和周围城市地区的气象站的气温观测来测量的^[17]。本文基于遥感影像进行分析, 参考 Cao 等人^[4]和 Chibuike 等人^[8]的研究, PCI 可用如下计算公式:

$$PCI = \Delta T = T_u - T_p \quad (6)$$

式中, T_p 表示公园内的平均地表温度, T_u 表示公园边界外 500 m 范围内的平均地表温度。研究选择公园外 500 m 范围内的平均地表温度基于两个原因: 第一本研究需要确定唯一不变量来分析各类景观特征指数与 PCI 的关系; 第二是大量研究表明城市公园的冷岛强度变化范围大约都在 500 m 范围之内^[4-9]。

冷岛强度方向的研究主要运用 ArcGIS 里的热点分析以及方向分布(标准差椭圆)工具等。运用热点分析工具得到周边均没有水体和大型绿地干扰的双秀公园、烈士公园、植物园和动物园 4 个公园内以及其 500 m 范围内冷热点, 提取 Gi_Bin 字段中 -3 到 -1 之间的冷点作为公园内外的主要冷源点, 再利用方向分布工具分别提取园内外标准差椭圆, 从而对冷岛效应的主导方向进行分析。

2.3 景观指数的选择

城市公园是由多种地表覆盖类型和多种植物交叉分布组合而成的景观综合体, 这种交叉分布与其生态意义密切相关, 因此研究结合 ArcGIS 10.2 与 Fragstats 4.2 两个软件来量化各种景观特征, 分析其与 PCI 之间的关系。景观特征包括 3 个方面, 首先是公园整体景观特征, 选择的景观指数为公园面积、公园周长和周长面积比; 其次是景观构成, 选择的指标包括公园内植物、不透水表面、水体的面积、形状指数及各自所占比例; 最后为公园内部的景观配置, 选择指数有公园内植物、不透水表面和水体的景观分裂指数、有效粒度面积、分离度、公园的 Shannon 均匀度指数(SHEI)、植物和水面之间、植物与不透水表面之间、水面和不透水表面之间的对比加权边缘密度(CWEDVW、CWEDIV、CWEDIW)。CWEDVW、CWEDIV、CWEDIW 三种指数涉及到 3 种景观要素之间两两对比, 因此选用有水体的公园进行相关分析($n = 17$)。

3 结果与分析

3.1 城市公园整体景观特征对其冷岛强度的影响

城市公园整体景观特征包括公园规模和公园形态两个方面。运用 ArcGIS 10.2 里的空间统计分析工具统计出 44 个城市公园的面积、周长以及周长面积比, 并将公园图层与温度反演图叠加(图 2), 统计得到公园冷岛强度。表 1 是根据公园规模列出了 PCI 的相关数据。依据平均值, 可以看出随着公园面积的增大, PCI 会适当增强。最大降温强度 3.44℃ 出现在面积为 79.63 hm^2 的最大公园中, 最小的降温强度出现在面积为 1.27 hm^2 的公园中。面积 7 hm^2 以上的公园降温强度才会达到 1℃ 以上, 较小的公园降温效应不明显。

将三种景观指数和 PCI 进行相关性分析, 发现公园面积和周长面积比均与 PCI 呈显著相关性($P < 0.01$), 公园面积与 PCI 成正相关($r = 0.658$), 周长面积比与 PCI 成负相关($r = -0.480$)。图 3 描述公园整体景观特征的 3 种指数与 PCI 的关系图。可以看出随着公园面积的增加, PCI 逐渐增强, 当面积增大到一定范围时 PCI 的增大趋势减缓。对公园面积与 PCI 的拟合曲线进行二次求导得到公园面积小于 20 hm^2 时, PCI 随着其面积的增大迅速增大, 大于 20 hm^2 后, 变化趋势趋于平缓。公园周长与 PCI 的相关性较弱, 但从其曲线图中可以

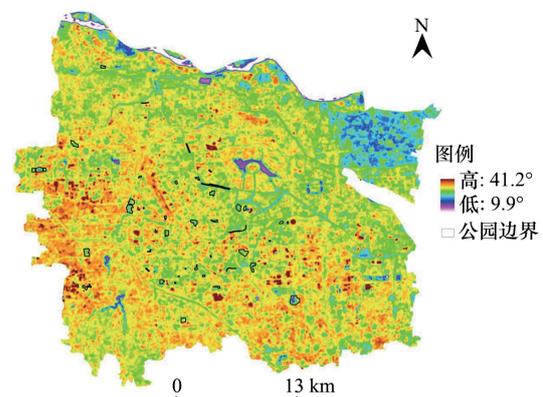


图 2 研究区域温度反演图

Fig.2 Temperature inversion map of the study area

看出随着公园周长的增大,PCI 逐渐增强。周长面积比描述了城市公园的复杂性和边缘效应,随着城市公园周长面积比的增大 PCI 减小,在公园面积和周长受限制的情况下可通过减少公园边界的复杂性,使用简单的边界来发挥公园的冷岛效应。

表 1 根据公园规模统计公园的公园冷岛强度 (PCI)

Table 1 Statistics of Park Cooling Intensity (PCI) of the park according to park size

	公园面积/hm ² Park size	公园数量 Park number	公园冷岛强度 Park Cooling Intensity		
			平均 Mean	最大 Max	最小 Min
无水公园	1—3	7	0.43	0.77	0.06
A park without water	3—5	8	0.91	2.12	0.17
	5—10	8	0.67	1.77	0.02
	10—20	4	0.97	1.28	0.72
有水公园	7—20	4	1.66	2.07	0.54
A park with water	20—25	3	1.20	1.61	0.45
	25—30	5	1.49	2.36	1.16
	30—80	5	2.09	3.44	1.01

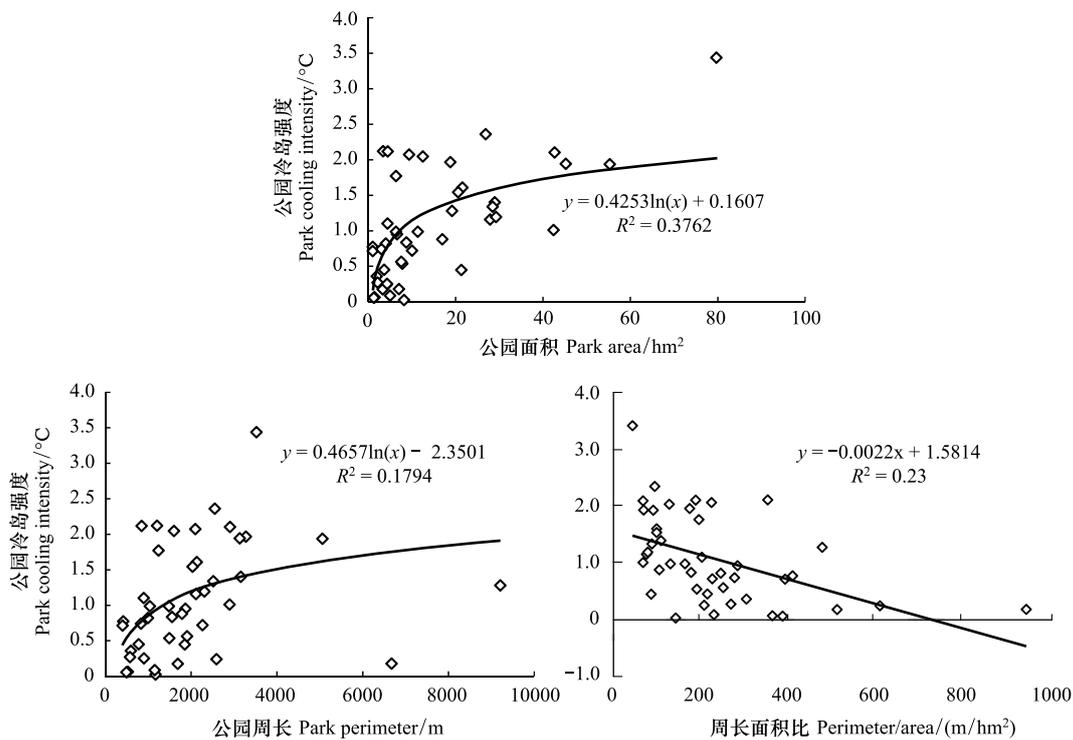


图 3 公园整体景观特征与公园冷岛强度 (PCI) 的关系图

Fig.3 Relationship between the overall landscape characteristics of the park and Park Cooling Intensity (PCI)

3.2 公园的景观构成对其冷岛效应影响

从景观构成的角度分析,表 1 显示出面积同样是 10—20 hm²范围内的公园,有水体的公园降温效果更强,平均降温温度比无水体公园高出 1℃左右。对 44 个公园统计得到的景观构成指数与 PCI 进行相关性分析,发现公园内不同地类的各项景观构成指数对公园冷岛强度的影响程度均不相同。从景观要素的面积及占比来看,PCI 与植物面积和水体面积都成显著正相关,相关性系数分别为 0.614、0.688 ($P < 0.01$),说明随着公园植物和水体面积的增加 PCI 增强,但是 PCI 与公园植物面积的占比相关性不明显。公园内水体对 PCI 的影响程度更加显著,表现为在公园面积一定的情况下,随着公园内水体面积所占比例的升高,公园冷岛强度增强 (r

=0.753, $P < 0.01$)。图 4 显示了公园内植物和水面面积与 PCI 的线性关系图,可以看出公园中园林植物面积每增加 10 hm^2 , PCI 提高 0.5 $^{\circ}\text{C}$;公园内水面面积每增加 10 hm^2 , PCI 提高 0.6 $^{\circ}\text{C}$ 。进一步分析公园内水面面积占比与 PCI 的曲线图,通过二阶求导得到水面面积所占比例在 14% 以下时 PCI 随着水面面积占比的增大而迅速增强,在 14% 以上时,PCI 的变化趋势减缓。公园不透水表面面积与 PCI 成正相关,可能与公园周围高层建筑投射到不透水表面的阴影造成的低温有关;公园不透水表面面积所占比例与 PCI 相关性为 -0.2,相关性较弱。

对几种景观要素的斑块形状指数进行分析,得到 PCI 与公园植物、水体和不透水表面的形状指数呈显著正相关($r = 0.516, 0.680; P < 0.01$)。随着公园内植物、水体和不透水表面边界复杂程度的提升,PCI 逐渐增强。有研究表明斑块形状越复杂,相互之间物质能量的交换速度就越快^[18],所以园内植物斑块形态越复杂,其形成的冷空气更易交换,降温效应更明显;同样公园外部轮廓越复杂其与外界交换速率越快,散热也越快。相关研究表明城市水体的形状指数越高,即水体的边界越复杂,其热缓释效应越明显^[7]。如果将园林植物、水体和不透水表面斑块复杂化,公园整体边界简单化则更有利于形成更强的冷岛效应。

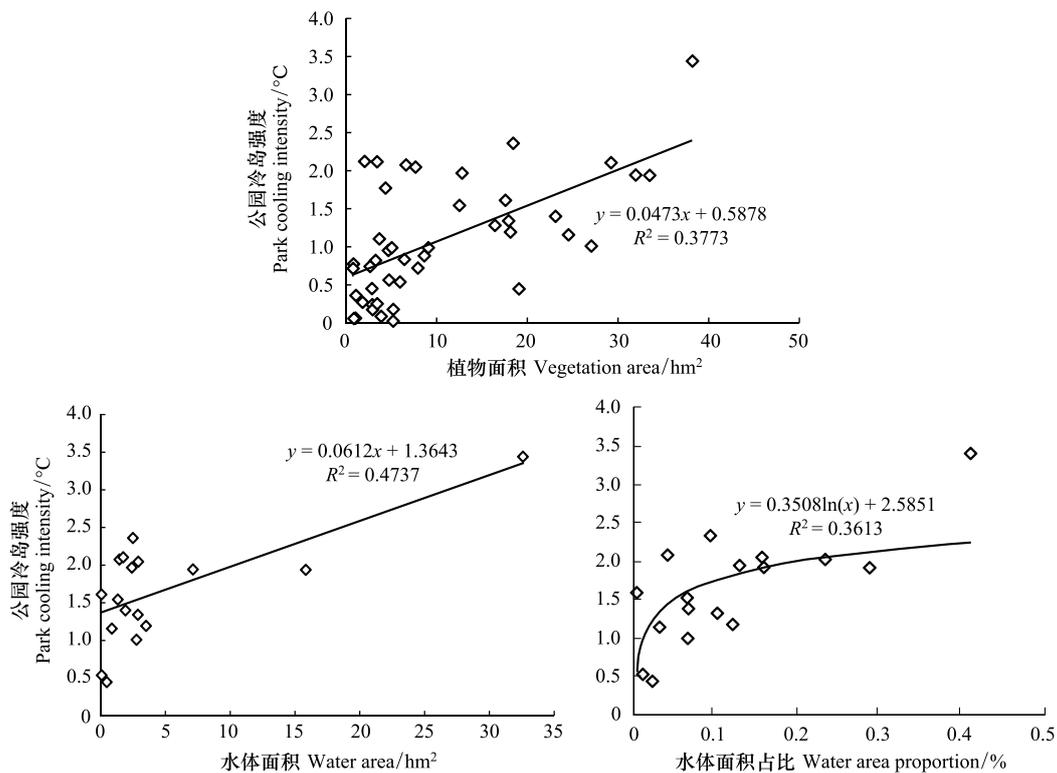


图 4 几种公园景观构成指数与公园冷岛强度(PCI)的关系图

Fig.4 Relationship between several park landscape composition indexes and Park Cooling Intensity (PCI)

3.3 公园景观配置与其冷岛强度的关系

对公园景观配置指数与 PCI 相关性进行分析,发现植物分离度和景观分裂指数^[19-20]与 PCI 相关性较弱。园内水体景观分裂指数与 PCI 呈显著负相关($r = -0.707, P < 0.01$),水体的景观分裂指数通常受桥梁、堤坝等构筑物的影响,这类构筑物越多,景观分裂指数越大,降温效应越小,即水面的切割程度越严重,PCI 越弱;园内水体分离度与 PCI 相关性较弱。公园内不透水表面的分离度与 PCI 呈显著正相关($r = 0.416, P < 0.01$),表明公园中不透水表面斑块布局越分散,分割程度越大,PCI 越强;公园内不透水表面的景观分裂指数与 PCI 相关性较弱。植物和水体的有效粒度面积都与 PCI 呈显著正相关,相关性系数分别为 0.366 和 0.671 ($P < 0.01$),

证明植物和水体的斑块数量和面积在公园中占比越大,PCI 越强。

为了进一步量化公园中景观空间配置对 PCI 的影响,选取 SHEI、CWEDVW、CWEDIV、CWEDIW 四个景观指数来描述公园的景观空间配置^[21]。SHEI($0 \leq \text{SHEI} \leq 1$)反映要素斑块的均匀分布程度,SHEI 值较小时反映出景观受到一种或少数几种优势斑块类型所支配;SHEI 趋近 1 时说明景观中没有明显的优势类型且各斑块类型在景观中均匀分布^[22]。由图 5 可知,样本的 SHEI 大多分布在 0.4–0.8 之间,可见公园优势要素不明显且各种要素斑块分布相对均匀,此时 PCI 较为稳定且与 SHEI 呈明显的正相关。图 5 显示 CWEDVW、CWEDIV、CWEDIW 三种配置指标与 PCI 的相关性,其中 CWEDVW 与 PCI 的相关系数为 0.730 ($P < 0.01$),CWEDIV 和 CWEDIW 与 PCI 的相关系数分别为 0.01 和 0.13。这说明在进行公园景观空间配置时提升植物和水体之间的加权边缘密度可以起到良好的降温效应。

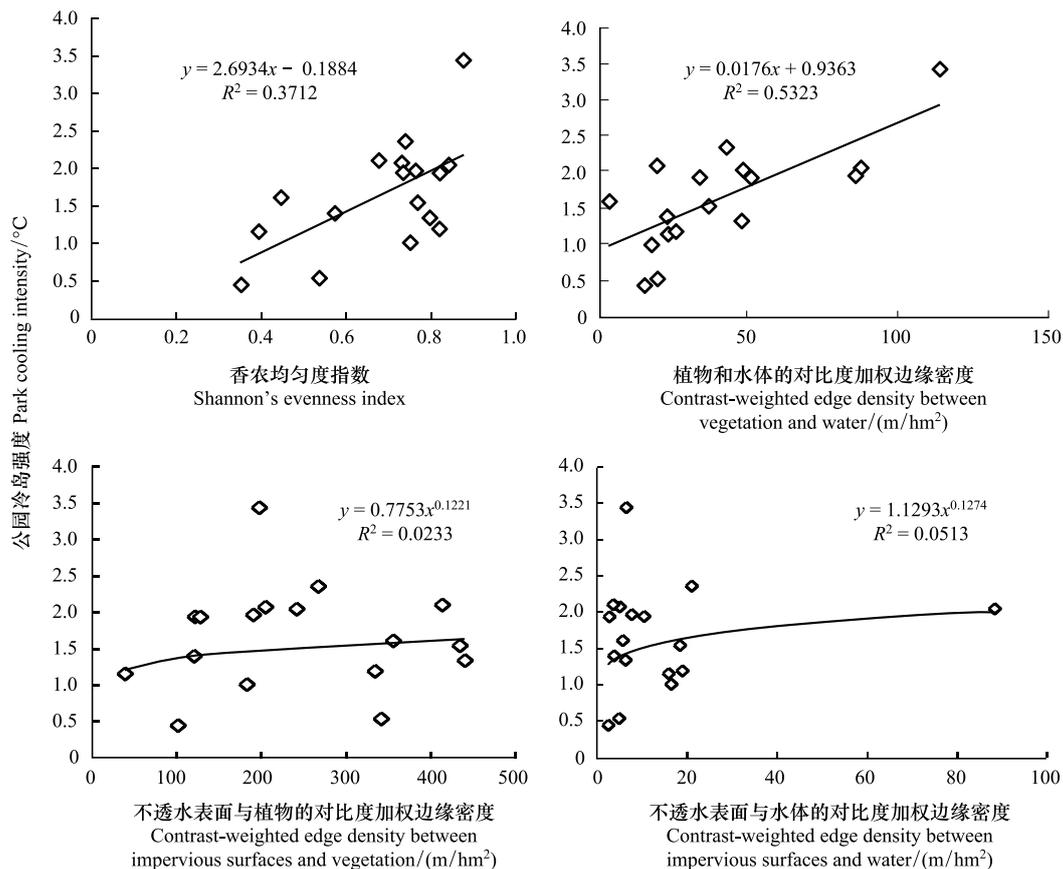


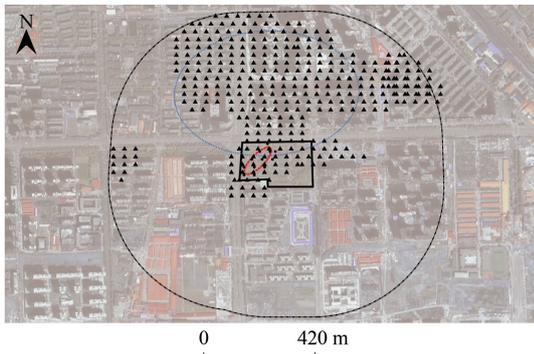
图 5 几种景观配置指数与公园冷岛强度(PCI)的关系图

Fig.5 Relationship between several landscape configuration indexes and Park Cooling Intensity (PCI)

3.4 公园冷岛强度的方向性分析

从 44 个公园中选取具有代表性的 2 个有水的公园和 2 个无水的公园,引入标准差椭圆工具^[23-24],进行冷岛强度的方向性研究。在无水体公园内,选取面积分别为 4.41 hm^2 和 16.35 hm^2 的双秀公园和烈士陵园。从图 6 中可以看出,双秀公园的园内的冷岛强度方向(椭圆 1)与其 500 m 缓冲区范围内的冷岛空间分布方向不同(椭圆 2)。椭圆 1 长轴方向即园内 PCI 主要方向是东北—西南方向,而椭圆 2 长轴方向即公园外 500 m 范围内产生的冷岛强度方向近乎东西向。双秀公园园内椭圆 1 长轴区域范围内分布着连排冠幅较大的乔木绿地进而形成较强冷岛效应,而缓冲区范围内的椭圆 2 长轴沿着高层建筑分布的长边方向,因为高层建筑阴影面积所占区域温度较低,最终导致其与园内冷岛效应主导轴线上的方向偏差较多。由图 7 可以看出,面积较大的烈士陵园内椭圆 3 长短轴长度相近,所以冷岛强度方向性不明显,而其缓冲区内的椭圆 4 扁率较大,长

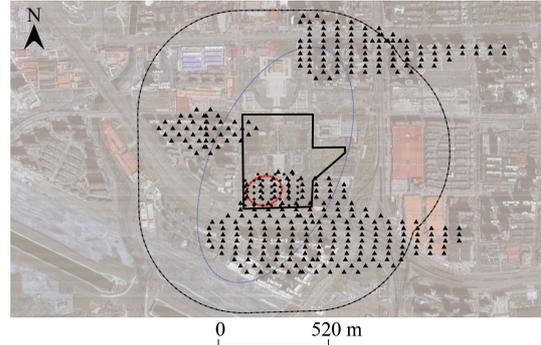
轴方向即冷岛强度主要方向是偏东北—西南,主要冷点分布在轴线两端的高层建筑上。可见无水公园内乔木冠幅对温度影响较强并且能引导其主导降温方向的形成,但是园外高层建筑温度及分布是影响其缓冲区降温主导方向的主要因素。



图例
 • 园内冷岛点 椭圆 1 公园边界
 ▲ 缓冲区内冷岛点 椭圆 2 缓冲区边界

图 6 双秀公园冷岛强度方向图

Fig.6 Diagram of PCI direction in Shuangxiu Park

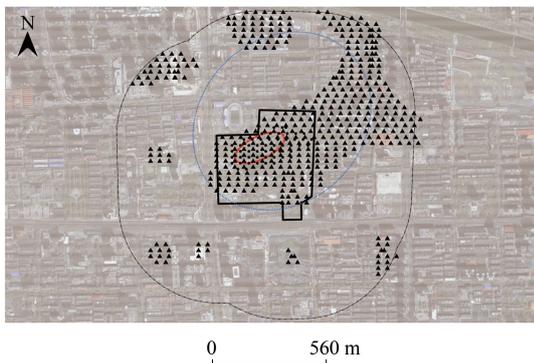


图例
 • 园内冷岛点 椭圆 3 公园边界
 ▲ 缓冲区内冷岛点 椭圆 4 缓冲区边界

图 7 烈士陵园冷岛强度方向图

Fig.7 Diagram of PCI direction in Martyrs Park

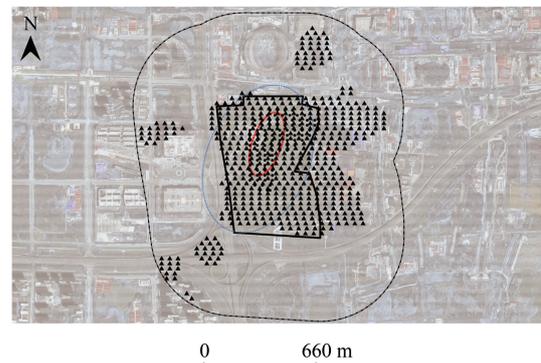
在有水体的公园中,选取面积分别为 20.55 hm^2 和 42.64 hm^2 的动物园和植物园。由图 8 看出动物园内外的冷岛方向都大致偏东北—西南,椭圆 5 的扁率比椭圆 6 的要大,椭圆 5 长轴方向即园内冷岛强度方向沿着水体的长轴上,椭圆 6 的长轴方向即园外 500 m 范围内降温方向为,由于园外四周小区建筑和绿化水平几乎相似,所以总体冷岛方向性不明显,主导方向与园内一致。由图 9 看出,椭圆 7 和椭圆 8 长轴方向即园内外的冷岛强度方向近乎一致,沿着公园内水体长轴方向—偏南北,因为植物园周边绿化较少,均匀分布着工厂和在建小区,主要冷岛区域位于植物园内。



图例
 • 园内冷岛点 椭圆 5 公园边界
 ▲ 缓冲区内冷岛点 椭圆 6 缓冲区边界

图 8 动物园冷岛强度方向图

Fig.8 Diagram of PCI direction in the Zoo



图例
 • 园内冷岛点 椭圆 7 公园边界
 ▲ 缓冲区内冷岛点 椭圆 8 缓冲区边界

图 9 植物园冷岛强度方向图

Fig.9 Diagram of PCI direction in Botanical Garden

4 结论

本文以郑州市市域内 44 个公园为研究对象,主要从公园规模形态、公园景观构成和公园景观空间配置 3 个方面分析其与公园冷岛强度的相关性,并探讨了公园内部景观和园外要素对冷岛方向的影响,得到以下结论:

(1)城市公园的面积和周长都与公园冷岛强度成对数关系,随着公园面积与周长的增大,PCI 增强。面积受限时,公园面积控制在 20 hm²左右,可以达到理想的冷岛强度。公园边缘形状越简单,其与外界进行物质交换的速度越慢,PCI 越大。而公园内植物、水体和不透水表面斑块的边界越复杂,斑块之间进行物质交换的速度越快,PCI 越强。

(2)面积大小相近的公园,园内有水体的公园比无水体的 PCI 要高出 1℃左右,说明水体对公园冷岛效应具有较高的影响。PCI 随着公园植物和水面面积的增大而增强,公园内植物和水体的面积每增加 10 hm²,PCI 分别升高 0.5℃和 0.6℃。水体的占比与 PCI 成正相关,水体占比控制在 14%左右,PCI 的涨幅趋于稳定。

(3)公园内不透水表面斑块分布越集中公园冷岛效应越弱,证明分散式不透水表面比集中式不透水表面有更强的冷岛效应。在进行公园水面景观设计时,勿滥用桥梁和堤坝分割水面。在进行三种景观要素的空间配置时,植物和水面组合配置能产生较强的冷岛效应,将植物穿插在水体与不透水表面之间能带来更好的降温效应。

(4)公园冷岛强度的方向不仅表现在尺度的异质性上,还与公园内部是否有水体和园外要素密切相关。公园面积越大冷岛强度方向越显著,无水公园 PCI 的方向沿着行列式冠幅较大的植物走向,有水公园 PCI 的方向沿着公园内水体的长轴延伸。公园周围建筑和绿化环境分布较为均匀的情况下,其冷岛强度的方向性不明显。

参考文献 (References):

- [1] Howard L. Climate of London Deduced from Meteorological Observation. London: Harvey and Darton, 1833: 1-24.
- [2] 张景哲,刘启明.北京城市气温与下垫面结构关系的时相变化.地理学报,1988,55(2):159-168.
- [3] 苏从先,胡德樵,张永丰,卫国安.河西地区绿洲的小气候特征和“冷岛效应”.大气科学,1987,11(4):390-396.
- [4] Cao X, Onishi A, Chen J, Imura H. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. Landscape and Urban Planning, 2010, 96(4): 224-231.
- [5] 冯晓刚,石辉.基于遥感的夏季西安城市公园“冷效应”研究.生态学报,2012,32(23):7355-7363.
- [6] 甘爽,杨艳丽,孙艳玲,王中良.城市公园对城市热环境的降温效应——以天津市为例.天津师范大学学报:自然科学版,2016,36(4):33-38.
- [7] 张棋斐,文雅,吴志峰,陈颖彪.高密度建成区湖泊水体的热缓释效应及其季相差异——以广州市中心城区为例.生态环境学报,2018,27(7):1323-1334.
- [8] Chibuike E M, Ibukun A O, Abbas A, Kunda J J. Assessment of green parks cooling effect on Abuja urban microclimate using geospatial techniques. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2018, 11: 11-21.
- [9] 苏泳娴,黄光庆,陈修治,陈水森.广州市城区公园对周边环境的降温效应.生态学报,2010,30(18):4905-4918.
- [10] 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.生态学报,2014,34(12):3179-3187.
- [11] 梁保平,马艺芳,李晖.桂林市典型园林绿地与水体的降温效应研究.生态环境学报,2015,24(2):278-285.
- [12] 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.生态学杂志,2017,36(7):1984-1992.
- [13] 初庆伟,张洪群,吴业炜,冯钟葵,陈勃. Landsat-8 卫星数据应用探讨. 遥感信息, 2013, 28(4): 110-114.
- [14] 林平,李小梅,杨贤栋,肖恋.基于LANDSAT 8城市地温反演精度分析.福建师范大学学报:自然科学版,2018,34(4):16-24.
- [15] 夏安全,齐建国,姜振飞,马津.基于 Landsat 8 数据单通道算法反演地表温度——以济南市为例.江苏农业科学,2017,45(20):254-258.
- [16] Sobrino J A, Jiménez-Muñoz J C, Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(4): 434-440.
- [17] Spronken-Smith R A, Oke T R. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(11): 2085-2104.
- [18] Wiens J A, Stenseth N C, Van Horne B, Ims R A. Ecological mechanisms and landscape ecology. Oikos, 1993, 66(3): 369-380.
- [19] 潘泓君.成都市及其城市小区景观格局对热环境的影响研究[D].成都:四川师范大学,2018.
- [20] 徐化成.景观生态学.北京:中国林业出版社,1996:44-50.
- [21] Du S H, Xiong Z Q, Wang Y C, Guo L. Quantifying the multilevel effects of landscape composition and configuration on land surface temperature. Remote Sensing of Environment, 2016, 178: 84-92.
- [22] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级(第二版).北京:高等教育出版社,2007:100-110.
- [23] 陈彦清,曹永生,吴彦澎,陈丽娜,方涛.基于空间统计学分析农作物种质资源的空间分布特征.生物多样性,2017,25(11):1213-1222.
- [24] 王珏晗,周春山.广州市商业型健身房空间分布及其影响因素.热带地理,2018,38(1):120-130.