

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

景观生态学专辑



第34卷 第12期 Vol.34 No.12 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 12 期 2014 年 6 月 (半月刊)

目 次

中国景观生态学发展历程与未来研究重点.....	陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等	(3129)
城市景观格局演变的水环境效应研究综述.....	黄 硕,郭青海	(3142)
多功能景观研究进展.....	汤 茜,丁圣彦	(3151)
空间形态受限型城市紧凑发展研究——以厦门岛为例	黄 硕,郭青海,等	(3158)
紫金山森林公园降温效应影响因素.....	闫伟姣,孔繁花,尹海伟,等	(3169)
城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响	冯悦怡,胡潭高,张力小	(3179)
基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例	刘焱序,彭 建,韩忆楠,等	(3188)
生态安全条件下土地利用格局优化——以皇甫川流域为例	喻 锋,李晓兵,王 宏	(3198)
新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素.....	刘金巍,靳甜甜,刘国华,等	(3211)
基于 GIS 和 RS 的赣江上游流域土地利用动态趋势分析	鲁燕飞,彭 芳,万 韵,等	(3224)
1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力	刘吉平,赵丹丹,田学智,等	(3234)
基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究.....	王永艳,李阳兵,邵景安,等	(3245)
贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变	李阳兵,姚原温,谢 静,等	(3257)
中国西南地区土地覆盖情景的时空模拟	李 婧,范泽孟,岳天祥	(3266)
基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析.....	张玲玲,赵永华,殷 莎,等	(3276)
基于植被覆盖度的藏羚羊栖息地时空变化研究.....	赵海迪,刘世梁,董世魁,等	(3285)
西南峡谷型喀斯特坡地土壤微生物量 C、N、P 空间变异特征	范夫静,黄国勤,宋同清,等	(3293)
峡谷型喀斯特不同生态系统的土壤微生物数量及生物量特征.....	谭秋锦,宋同清,彭晚霞,等	(3302)
长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响	刘桂林,张落成,张 倩	(3311)
基于视觉廊道的青藏铁路沿线旅游动态景观评价.....	张瑞英,席建超,姚予龙,等	(3320)
基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究	任 平,洪步庭,刘 寅,等	(3331)
生态系统保护现状及保护等级评估——以江西省为例.....	樊乃卿,张育新,吕一河,等	(3341)
崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响.....	任璘婧,李秀珍,杨世伦,等	(3350)
基于气候、地貌、生态系统的景观分类体系——以新疆地区为例.....	师庆东,王 智,贺龙梅,等	(3359)
黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例.....	钟莉娜,赵文武,吕一河,等	(3368)
不同干扰背景下农业景观异质性——以巩义市为例	张晓阳,梁国付,丁圣彦	(3378)
山西高原草地景观的数量分类与排序.....	张先平,李志琴,王孟本,等	(3386)

山区夏季地表温度的影响因素——以泰山为例.....	孙常峰,孔繁花,尹海伟,等 (3396)
典型岩溶洼地土壤水分的空间分布及影响因素.....	张继光,苏以荣,陈洪松,等 (3405)
基于移动窗口法的豫西山地丘陵地区景观异质性分析.....	李栋科,丁圣彦,梁国付,等 (3414)
桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应.....	童晓伟,王克林,岳跃民,等 (3425)
喀斯特与非喀斯特区域植被覆盖变化景观分析——以广西壮族自治区河池市为例.....	汪明冲,王兮之,梁钊雄,等 (3435)
不同干扰背景下景观指数与物种多样性的多尺度效应——以巩义市为例.....	董翠芳,梁国付,丁圣彦,等 (3444)
石栎-青冈常绿阔叶林土壤有机碳和全氮空间变异特征	杨 丹,项文化,方 晰,等 (3452)
湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新.....	易 好,邓湘雯,项文化,等 (3463)
基于 RBFN 的桂西北喀斯特区植被碳密度空间分布影响因素分析.....	张明阳,王克林,邓振华,等 (3472)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 36 * 2014-06



封面图说: 空间发展受限城市的厦门——在我国城市化进程中,中小城市在城镇体系建设中处于中间环节,起到了联系大城市和小城镇的作用。但是,每个城市由于发展历史、社会经济结构、自然地理形态等因素的不同,都有其发展的特性,这些问题都必须因地制宜地去把握。例如,厦门岛相对隔离,没有多余的发展空间,该城市以居住功能为主,城市功能较为单一,公共服务功能和商业服务功能比例较小。研究这样紧凑型的城市发展必须要考虑该城市结构转换的承受力,周边社会经济环境以及居民的生活习惯等。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201306101641

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.

Feng Y Y, Hu T G, Zhang L X. Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12): 3179-3187.

城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响

冯悦怡¹, 胡潭高², 张力小^{1,*}

(1. 北京师范大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875;

2. 杭州师范大学遥感与地球科学研究院 浙江省城市湿地与区域变化研究重点实验室, 杭州 311121)

摘要:热岛效应是快速城市化进程中最具代表性的生态环境问题之一。以绿地和水体为主体的城市公园所形成的“城市冷岛”是缓解城市热岛效应和改善城市热环境的有效途径。研究选取北京市城区 24 个公园为研究对象, 利用 landsat-5 TM 遥感影像反演城市地表温度, 探讨城市公园内部景观构成、斑块形态和空间布局这 3 个方面的空间结构特征与其内部温度(T_a)、对周边环境降温的影响范围(L_{max})及降温幅度(ΔT_{max})的关系。研究表明:从景观构成来看, T_a 、 L_{max} 、 ΔT_{max} 与水体面积均呈现显著相关性, 是影响公园内外热环境的关键因子; T_a 及 ΔT_{max} 与公园内绿地面积无显著相关性, 而主要受三维绿量和硬质地表比例的影响;与此相反, L_{max} 与绿量相关性并不显著, 但与林地面积呈显著正相关。因此, 综合考虑公园内外整体降温效应, 应在保证绿地面积达到一定规模的同时, 尽量丰富绿地内部空间结构, 增大三维绿量;从斑块形态来看, 绿地斑块形状越复杂, 公园内部温度越低, 影响范围越远, 而公园外围边界形状与内部温度呈较显著正相关, 但对周边热环境的影响并不明显;从空间布局来看, 硬质地表分布与 T_a 、 L_{max} 、 ΔT_{max} 均显著相关, 其布局越分散, 内部温度越低, 对周边的影响范围及降温幅度越大;此外, 公园林地布局越分散, 内部温度越低, 影响范围越大, 但对 ΔT_{max} 影响不明显。在城市公园规划设计中, 从缓解城市热岛效应出发, 应将公园景观内部的空间结构特征作为重要的考虑因素之一。

关键词:热岛效应;城市公园;空间景观特征;影响范围;降温幅度

Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks

FENG Yueyi¹, HU Tangao², ZHANG Lixiao^{1,*}

1 State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2 Zhejiang Provincial Key Laboratory of Urban Wetlands and Regional Change, Institute of Remote Sensing and Earth Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China

Abstract: Urban Heat Island (UHI) is one of the major problems in the 21st century posing to human beings as a result of urbanization and industrialization. It is primarily triggered by the dense built environment (i.e., replacement of the natural landscape) as well as anthropogenic heat in cities, and has led to huge negative impacts on human life. Urban parks, which are known as “Urban Cool-island”, have been considered as an effective measure in alleviating UHI effects and improving urban thermal environment. Nevertheless, as urban land use is of high tension, it has become a serious issue during the planning and designing process of city parks that how to maximize the ecological functions of the park landscape, and to make it effective in improving the urban ecology and urban climate. In this study, 24 city parks in the urban area of Beijing were selected to explore the effects of spatial characteristics of city parks (including the landscape composition, the patch morphology and the spatial distribution) on internal and external thermal environment, including the temperature inside the

基金项目: 国家科技支撑计划(216029); 国家基金委创新研究群体科学基金(51121003)

收稿日期: 2013-06-10; 修订日期: 2014-02-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhanglixiao@bnu.edu.cn

parks (T_a), sphere of influence on the surrounding environment (L_{max}) and the maximum cooling range (ΔT_{max}). Temperature distribution was inversed from Landsat-5 TM remote sensing data. The results showed that from the perspective of the landscape composition, T_a , L_{max} and ΔT_{max} were positively correlated with water areas at a significant level, which was considered as the key factor affecting the thermal environment both inside and outside the parks. T_a and ΔT_{max} represented no significant correlation with the forest and lawn areas. Comparatively, they were closely related with the greenness and the proportion of impermeable surface. Conversely, L_{max} had no obvious correlation with the greenness, but was substantially positively correlated with the forest area. Hence, in order to maximize the cooling effects both inside and outside the parks, it would be of necessity to enrich the inner spatial structure of green space and increase the three-dimensional greenness to the greatest extent under the premise of ensuring a certain size of the green space area. With respect of the patch morphology, the more complex the geometric shape of green patch was, the lower the internal temperature and the further the sphere of influence would be. The boundary shape of the park displayed a certain correlation with the internal temperature, but had no distinct impacts on the surrounding thermal environment. In terms of the spatial distribution, T_a , L_{max} , and ΔT_{max} were all remarkably associated with the distribution of impermeable surface. That is, the more dispersed the impermeable surface arrangement was, the lower the internal temperature and the larger sphere of influence and cooling range would be. In addition, the parks with more dispersed forest distribution would bring about the lower internal temperature and the larger sphere of influence. While the forest distribution of the parks had no apparent impacts on ΔT_{max} . In conclusion, from the perspective of the urban heat island mitigation, the spatial landscape characteristics of parks should be taken as important considerations in the city park planning and design.

Key Words: urban heat island; city park; spatial landscape characteristic; sphere of influence; cooling range

城市化进程的加剧引发城市高层建筑、机动车辆、人为热源的激增以及城市用地性质的巨大改变, 这些因素共同作用导致了城市热岛、大气污染和生态失衡等诸多环境问题。其中, 以热岛效应为代表的城市热环境恶化已成为影响城市生态环境的重要因素, 并严重制约了城市人居环境质量^[1-3]。在城市各种下垫面中, 绿地和水体已被证明具有降温增湿、调节局地小气候等多种生态功能, 是缓解城市热岛效应重要的可控性因素之一^[4-5]。而城市公园景观是城市绿地和水体的集中分布地, 所形成的“城市冷岛”对改善城市热环境意义重大。但由于城市土地资源紧张, 如何使有限的公园景观最大程度地发挥包括降温效应在内的各项生态功能, 获取更大城市热环境改善效益, 是当前面临的紧迫课题之一。

近年来, 国内外学者对不同类型城市公园绿地景观的热环境效应做了大量研究, 深入探讨了公园面积、周长、几何形状等外部形态特征, 公园内绿地垂直结构、绿地及水体比例等结构因子对其降温效果的影响^[6-12]。此外, 在研究公园对周边环境的降温效应时, 大多采用人为划定缓冲区距离计算公园周边的平均温度, 并与其内部温度进行比较研究, 或

基于实地气象观测数据分析特定公园对周边小气候的影响程度^[6, 9-10, 13]。近两年已有学者在如何定量确定公园对周边温度的实际影响大小及影响范围方面做了一些积极的尝试, 并取得了较为理想的结果^[14-16]。

在上述研究的基础上, 本文基于 Landsat-5 TM 影像反演北京地表温度(LST), 选取北京市五环内 24 个公园作为研究对象, 拟通过对公园内部景观构成、斑块形态和空间布局这 3 个方面的空间结构特征与公园内部及周边温度分布情况进行系统的相关性分析, 探索城市公园空间景观特征与热环境效应间的响应关系, 为城市热源管理与公园建设提供相关决策依据。

1 数据与研究方法

1.1 研究区域概况

北京作为我国的首都和国际大都市, 是我国城市化发展速度最快的地区之一, 其高强度经济活动、高密度硬质地表使城市热岛效应显著。2000—2006 年夏季热岛强度增温率达 $0.326\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 且中心强度在 2005 年达到 $10.54\text{ }^{\circ}\text{C}$, 热岛影响范围也由 1987 年总

面积的 10.74% 上升至 2009 年的 26.77%^[17-18]。因此,研究北京市城区公园降温效应的变化规律,充分发挥其对热岛效应的减缓作用,对改善城市热环境

具有重要意义。本文选取北京市五环内 24 个典型公园作为研究对象。公园的基本信息见表 1,其空间位置分布如图 1 所示。

表 1 北京市城区 24 个公园信息

Table 1 Detailed information about the 24 parks in Beijing

公园名称 Park name	所属区 District	面积/m ² Area	绿化覆盖率/% Green coverage	公园名称 Park Name	所属区 District	面积/m ² Area	绿化覆盖率/% Green coverage
劳动人民文化宫	东城区	159093	51	团结湖公园	朝阳区	110372	53
万寿公园	西城区	36993	86	柳荫公园	东城区	161533	67
海淀公园	海淀区	402894	69	景山公园	西城区	222373	70
天坛公园	东城区	1850192	87	龙潭西湖公园	东城区	605117	61
中山公园	东城区	175694	61	莲花池公园	丰台区	317770	53
北京大观园	西城区	85723	71	陶然亭公园	西城区	509586	61
朝阳公园	朝阳区	2987719	56	玉渊潭公园	海淀区	1574161	47
地坛公园	东城区	248079	68	龙潭公园	东城区	405658	41
红领巾公园	朝阳区	233480	35	紫竹院公园	海淀区	406756	61
北京动物园	海淀区	653593	63	圆明园	海淀区	3268005	61
奥林匹克森林公园	朝阳区	6803102	79	北海公园	西城区	671807	27
青年湖公园	东城区	161499	57	颐和园	海淀区	3063493	28

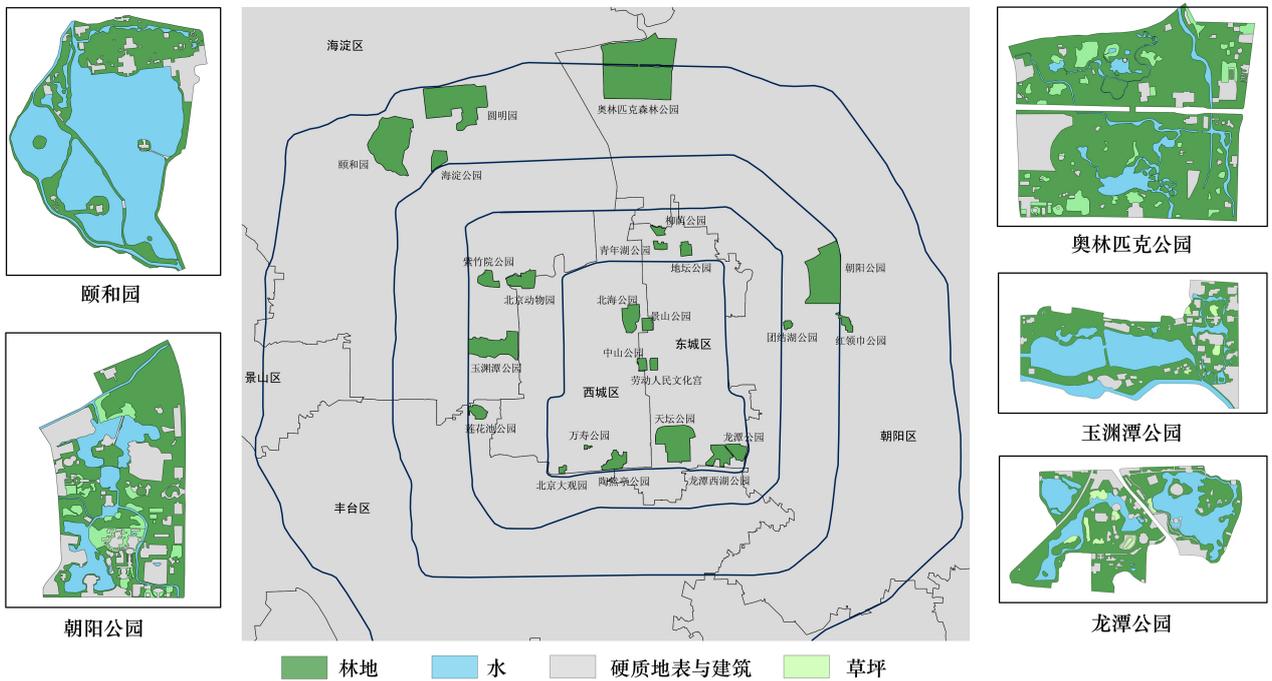


图 1 案例公园位置分布图

Fig.1 The location of selected parks in this study

1.2 地表温度反演方法

本文使用的遥感数据源为北京市 2009 年 7 月 20 日的 Landsat-5 TM 遥感影像数据,图像质量良好,无云,地面特征清晰,图像干扰较少。影像数据处理

采用遥感图像处理软件平台 ENVI,以及地理信息系统软件平台 ArcGIS。在提取温度之前,对影像进行了预处理,包括几何纠正、投影变换等。首先通过 TM 影像的热红外波段(第 6 波段)求算亮度温度:将

像元灰度值(DN)转化为相应的辐射亮度,然后根据辐射亮度推算对应的亮度温度^[19-20]:

$$L_{\lambda} = \text{gain} \times DN + \text{offset} \quad (1)$$

$$T = \frac{k_1}{\ln(k_2/L_{\lambda} + 1)} \quad (2)$$

式中, gain 为传感器的增益($0.055 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$), offset 为偏移量($1.24 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$),可从头文件中得到, L_{λ} 为辐射亮度, DN 为TM影像6波段灰度值, T 为辐射亮温(K), k_1, k_2 为发射前预设的常量, $k_1 = 1260.56 \text{ K}$, $k_2 = 607.76 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 。进一步利用不同地物的比辐射率(ε)将辐射亮温转换为陆地表面温度,本研究采用Artis等提出的公式:

$$LST = \frac{T}{1 + (\lambda \times T/\rho) \ln \varepsilon} \quad (3)$$

式中, λ 为发射辐射的波长,取热红外波段均值 $\lambda = 11.5 \mu\text{m}$, $\rho = hc/\sigma(1.438 \times 10^{-2} \text{ mK})$, σ 为 Boltzmann 常数($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$), h 为 Planck 常数($6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$), c 为光速($2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$)^[21]。Van 等通过实地测量自然地表的热红外(8—14 μm)比辐射率和归一化植被指数(NDVI)后,提出如下经验公式:

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(\text{NDVI}) \quad (4)$$

Van的经验公式是在自然地表上总结出来的,

要求NDVI的值介于0.157—0.727之间^[22];对于水面而言,根据Masuda的相关研究将其比辐射率定为0.9925^[23];对于NDVI<0.157的其它城市用地,将其比辐射率定为0.923^[24];对于NDVI>0.727的全植被覆盖区域,定为0.99^[20]。

1.3 公园景观特征提取与缓冲区分析

参考前人研究的成果,将公园内部土地覆盖类型分为以下4大类:林地(以乔灌木为主,其它植被少于10%的绿地)、草地(草坪为主,其它植被少于10%的绿地)、水体、硬质地表与建筑。以Google earth为数据源,选取北京市五环内24个代表性公园,通过人工目视解译提取各个公园并对其内部土地覆盖类型进行精细分类(图1)。由于城市公园是由多种土地类型交错分布形成的一个景观综合镶嵌体,景观镶嵌结构的差异与其生态学过程密切相关。因此,本研究结合ArcGIS和Fragstats软件定量化描述公园景观镶嵌体的空间特征,探索其与公园降温效应间的关系。在选取景观特征指标时,遵循对城市公园规划和设计有指导意义的原则,从景观构成、斑块形态和空间布局这3个方面选取如表2所示的11个指标。其中,景观构成的指标选取是基于表征数量的面积指标和表征结构的比例指标的综合考虑。

表2 公园景观特征指标选择

Table 2 The indicators of park landscape characteristics

	空间景观特征指标 Indicator
景观构成 Landscape composition	林地面积 A_F 、草地面积 A_L 、水体面积 A_W 、硬质地表及建筑比例 P_1 、绿量 G
斑块形态 Patch morphology	公园形状指数 SI 、绿地形状指数 SI_G
空间布局 Spatial distribution	林地聚集度 AI_F 、草地聚集度 AI_L 、水体聚集度 AI_W 、硬质地表及建筑聚集度 AI_1

绿量计算方式参考文献^[25];绿地形状指数为公园内林地、草地综合绿地景观形状指数,计算方式参见文献^[26]

借助缓冲区分析方法,探求公园对其周边环境的降温影响范围及降温幅度。由于所选取的温度反演影像是Landsat-5 TM,热红外波段的分辨率率为120 m,因此根据公园边界,以120 m为间隔向外生成多个分级缓冲区。有研究表明,公园的“温度影响阈值”约为公园的宽度^[6, 27]。因此本研究设定公园宽度的1.5倍为缓冲区最外圈界限;分别对每个公园的周边进行干扰区域鉴别,在缓冲区内剔除掉包含较大面积绿化带、水体、超大型建筑群等影响因子的区域(图2,以龙潭西湖公园为例),以使分析区域地

表覆盖尽量均一化,从而可以更好的分析公园对一般性城市下垫面的作用机理;最后将各个公园及其缓冲区图层与地表温度栅格数据进行空间叠置,提取区域内的平均地表温度。

2 结果与分析

2.1 景观特征对公园内部热环境的影响

将公园图层与反演的地表温度图进行叠置,统计发现,所选取公园区域内对应的平均温度为29.30 $^{\circ}\text{C}$,比北京五环内的平均地表温度32.37 $^{\circ}\text{C}$ 低

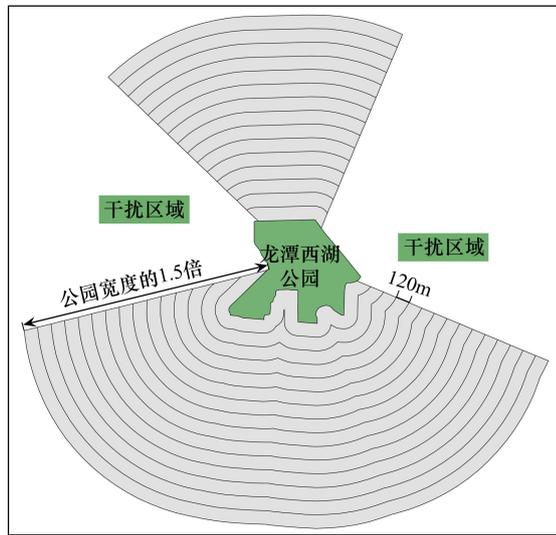


图2 龙潭西湖公园缓冲区分析示意图
Fig.2 Buffer zone analysis of Longtan West Lake Park

3.07 °C,说明公园是城市热岛中的低温区,成为城市热表面中的“冷岛”。对 24 个公园内部平均温度 (T_a) 与所选取的公园景观特征指标进行相关性分析 (表 3)。

结果表明:从景观构成来看,公园内部平均温度与其林地、草地面积的相关性并不显著,但与公园总绿量呈显著负相关,即绿量越大,其内部温度越低。蒸腾作用是园林植物降温增湿的主要机理,相较于体现绿地平面量的绿化覆盖面积而言,三维绿量更好地反映了各公园绿地在空间结构方面的差异,拥有较高绿量的城市公园绿地由于其较多的“蒸腾作用”而表现出更高的生态功能水平。图 3 显示了公园内部平均温度与绿量的关系曲线。从中不难发现,当绿量较小时,公园内部温度对绿量的变化较为敏感,随着绿量不断增大,降温趋势逐渐减缓。例

表 3 景观特征与公园内部温度的相关性

Table 3 The correlation between park characteristics and internal temperature

	SI	G	A _F	A _L	A _W	P _I	SI _C	AI _F	AI _L	AI _W	AI _I
平均温度 T_a 的 Pearson 相关系数 Pearson correlation of T_a	0.494 *	-0.545 **	-0.140	0.021	-0.731 **	0.696 **	-0.548 **	0.649 **	0.207	-0.320	0.747 **
P	0.014	0.006	0.514	0.924	0.000	0.000	0.006	0.001	0.442	0.168	0.000

* 在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; ** 在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关; SI: 公园形状指数; G: 绿量; A_F: 林地面积; A_L: 草地面积; A_W: 水体面积; P_I: 硬质地表及建筑比例; SI_C: 绿地形状指数; AI_F: 林地聚集度; AI_L: 草地聚集度; AI_W: 水体聚集度; AI_I: 硬质地表及建筑聚集度

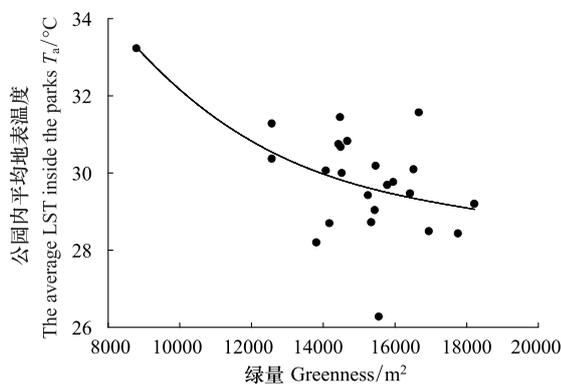


图3 公园内平均温度 T_a 与绿量拟合曲线图
Fig.3 Fitting curves between T_a and Greenness

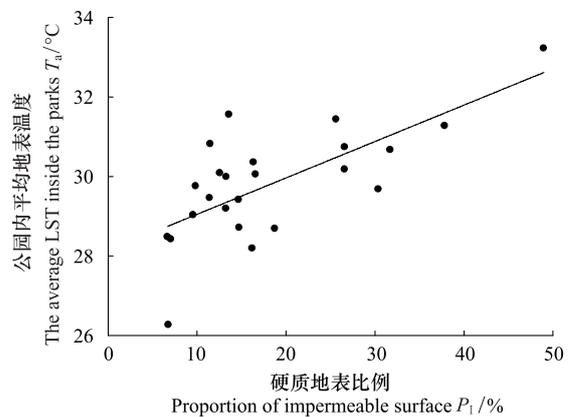


图4 T_a 与硬质地表比例拟合曲线图

Fig.4 Fitting curves between T_a and Proportion of impermeable surface

如,对于劳动人民文化宫、中山公园等本身绿量较小的公园,通过增加乔木量、丰富乔灌草搭配而提高绿量将对其内部温度的降低有显著作用。此外,公园内部平均温度与硬质地表比例、水体面积表现出显著相关性,相关系数分别为 0.696、-0.660,即硬质地表与建筑比重越低、水体面积越大,温度越低。通过建立公园内平均温度与硬质地表比例关系图可得

(图 4),温度随着公园硬质地表比例的增大而升高,线性拟合的斜率为 9.15 ($R^2 = 0.48$),即公园内硬质地表比重每增加 10%,地表温度将增长 0.915 °C。公园内水体面积与温度的关系曲线如图 5 所示,可以看到,水体面积从 0 m² 增加到 500000 m² 时对温度

的影响程度要比面积从 500000 m² 增加到 1000000 m² 时显著得多。因此,当水体面积达到一定水平之后,水体面积的再增加对公园热环境的改善程度不再明显。因此,从公园所投入的建设面积与其降温效应的收益角度来看,水体面积控制在 500000 m² 内较为合理。

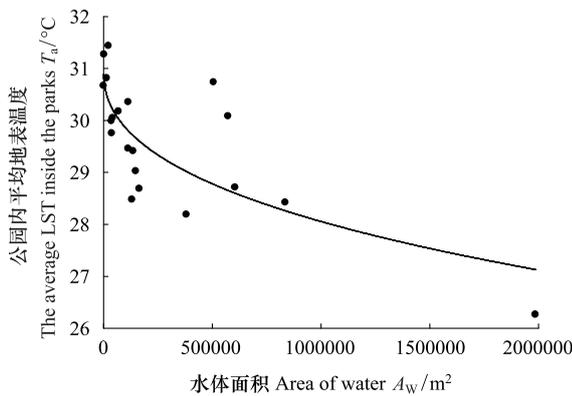


图 5 T_a 与水体面积拟合曲线图

Fig.5 Fitting curves between T_a and Area of water

从斑块形态来看,温度与公园内部绿地形状指数呈极强的负相关性,但与公园外围形状指数呈较为显著的正相关。Wiens 等人研究发现形状越复杂的斑块,其内部的能量、物质以及信息与外部环境的交流就越容易^[28]。因此,公园内部绿地形状越复杂,绿地内冷空气与其周边的热量流交换越剧烈,绿地对公园的降温效应越明显;相反,公园外围边界形状越复杂,公园内外热量交流越便利,公园对周边热环境影响力越强,但与此同时,公园内部受外部热环境干扰也更多,从而一定程度上减缓了其降温效应。因此,绿地斑块边界形状复杂化,公园外围边界简单化将会一定程度提高公园内部冷岛效应。从景观空间布局来看,林地及硬质地表分布的聚集度指数与温度呈显著正相关,聚集指数越高,分布越集中,公园内部温度越高。因此,使林地和硬质地表斑块尽量分散布置将有助于降低公园内部温度。

2.2 公园对周边降温影响范围及降温幅度

对每个公园按照 1.3 中所述的方法进行分级缓冲区分析。在所选取的 24 个公园中,海淀公园、中山公园、北海公园由于外围干扰区域较大,可进行缓冲区分析区域过少,因此不作考虑。将公园外部的缓冲区与反演温度场叠置,统计公园外部各个缓冲环内的平均温度值。建立缓冲环离公园边界的距离

(L)与环内平均温度(T_b)的曲线图(图 6),可以发现,随着缓冲区距离递增,缓冲区内温度升高显著,但升温趋势逐渐减缓,即公园对该缓冲区降温效应逐渐减缓,到一定范围之后,地表温度的变化趋向平稳,此时公园的“冷岛”效应逐渐消失,而该曲线的拐点即公园对周边温度影响范围的界限。

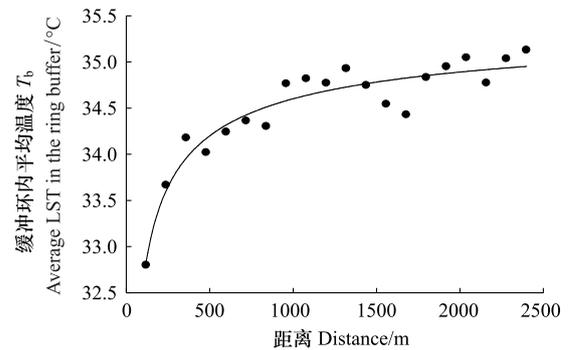


图 6 朝阳公园周边不同距离地表温度变化特征

Fig.6 The characteristics of LST change of different distances far away from the Chaoyang park

为进一步确定不同公园对周边温度的影响范围和影响程度,以缓冲环离公园的距离(L)为自变量,以缓冲环内平均温度为因变量对各个公园进行拟合分析。参考苏泳娴、冯晓刚等学者对广州、西安等城市公园对周边环境降温效应研究成果,选择三次多项式进行拟合以寻求公园最大影响范围(L_{max})。其变化规律主要表现为两个阶段:在达到公园对周边环境温度影响的最大距离(L_{max})之前,温度变化曲线符合三次多项式曲线上阶段的变化规律;而当距离达到 L_{max} 之后,温度变化趋近平稳,虽然由于地表覆盖类型等其它因素的差异导致小范围波动,但总体上可认为是近似于一条代表常数的水平直线^[14,16]。因此,本研究中采用三次多项式取极值的方式确定 L_{max} 。各公园与三次多项式的拟合程度均较高, R^2 均大于 0.7。通过求导计算多项式的极值,确定公园对周围热环境的影响范围(L_{max})及此处的温度(T_b),并进一步与公园内平均温度(T_a)比较得到最大降温(ΔT_{max})(表 4)。

2.3 景观特征对公园周边热环境的影响

将 2.2 中所得到的 21 个公园对周边环境的影响范围 L_{max} 及降温幅度 ΔT_{max} 与公园的空间景观特征进行相关性研究(表 5),结果表明,公园降温的影响范围与公园内部林地、水体的面积呈现显著的正相关,相关系数分别为 0.556、0.945,但与绿量相关性并不

表 4 公园对周边温度的影响范围及降温幅度

Table 4 The influence sphere and cooling range of parks

公园名称 Park name	L_{max}/m	$T_b/^\circ C$	$T_a/^\circ C$	$\Delta T_{max}/^\circ C$	公园名称 Park name	L_{max}/m	$T_b/^\circ C$	$T_a/^\circ C$	$\Delta T_{max}/^\circ C$
地坛公园	438.92	35.81	30.66	5.15	龙潭西湖公园	985.53	34.87	29.41	5.46
柳荫公园	347.69	35.80	29.75	6.05	景山公园	407.10	34.32	29.67	4.65
朝阳公园	1046.82	34.70	30.73	3.97	劳动人民文化宫	314.60	34.48	33.22	1.26
玉渊潭公园	845.26	35.50	28.71	6.79	天坛公园	742.32	35.58	29.19	6.39
红领巾公园	364.40	35.72	30.35	5.37	北京动物园	606.91	35.32	30.17	5.15
团结湖公园	359.76	35.36	29.98	5.38	奥林匹克森林公园	1403.14	34.89	30.08	4.81
莲花池公园	346.82	35.70	29.46	6.24	青年湖公园	493.76	35.29	30.05	5.24
北京大观园	296.07	35.65	30.81	4.84	龙潭公园	607.48	34.67	28.68	5.99
陶然亭公园	543.18	36.08	29.02	7.06	紫竹院公园	483.62	35.61	28.47	7.14
万寿公园	376.80	36.83	31.55	5.28	圆明园	1292.59	34.00	28.42	5.58
颐和园	2420.98	34.08	26.26	7.82					

L_{max} : 公园对周边环境温度影响范围; T_b : 距离公园 L_{max} 处地表温度; T_a : 公园内平均地表温度; ΔT_{max} : 公园对周边环境降温幅度 ($T_b - T_a$)

表 5 公园景观特征与 L_{max} 、 ΔT_{max} 的相关性

Table 5 The correlation between park characteristics and L_{max} , ΔT_{max}

	SI	G	A_F	A_L	A_W	P_1	SI_G	AI_F	AI_L	AI_W	AI_1
影响范围 L_{max} 的 Pearson 相关系数 Pearson correlation of L_{max}	-0.361	0.272	0.556 **	0.444 *	0.945 **	-0.309	0.744 **	-0.75 **	-0.830 **	-0.286	-0.696 **
P	0.008	0.232	0.009	0.044	0.000	0.172	0.000	0.000	0.000	0.265	0.000
降温幅度 ΔT_{max} 的 Pearson 相关性 Pearson correlation of ΔT_{max}	-0.195	0.674 **	-0.027	-0.197	0.430 **	-0.817 **	0.247	-0.359	0.193	0.480	-0.608 **
P	0.397	0.001	0.908	0.393	0.005	0.000	0.281	0.110	0.492	0.051	0.003

* 在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; ** 在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关

明显,这与 2.1 中对公园内部热环境的影响正好相反。城市公园对其周边环境的降温效应主要是通过水平方向的热量、水汽交换而使公园与其周边区域的热环境差异趋于缓和,从而改变公园周边局地小气候状况,而局地小气候环流的强度直接决定了公园降温的影响范围。随着绿地及水体面积的增大,更易形成较强的局地环流,对周边热环境造成的影响也就越大。图 7、图 8 显示了影响范围 L_{max} 与林地、水体面积的关系曲线。可以看到,水体面积对 L_{max} 的影响比林地面积更为显著。随着林地面积的增大 L_{max} 的增长趋势逐渐趋于缓和,而水体面积与 L_{max} 呈现较强的线性关系 ($R^2 = 0.89$), 水体面积每增加 100000 m^2 , L_{max} 将增加 100 m。此外,公园“冷岛”的影响范围受其斑块形态和空间布局的影响较显著:公园内部绿地斑块形状越复杂,绿地及硬质地表越分散布置,影响范围越大。贾刘强对成都市绿地降温效应的研究表明,在不同研究尺度上绿地空间集聚程度对热岛的影响不同^[15]。因此,针对斑块空

间布局与热环境的关系尚需进一步深入探讨。

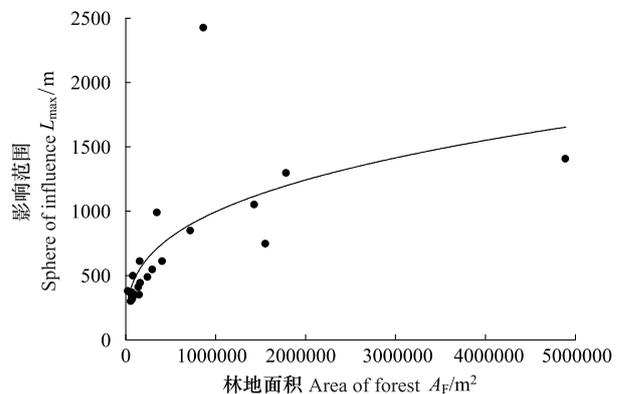


图 7 影响范围 (L_{max}) 与林地面积 (A_F) 的拟合曲线图

Fig.7 Fitting curves between sphere of influence (L_{max}) and area of forest (A_F)

从降温幅度来看,公园内部景观构成的差异是导致各公园内外温差 ΔT_{max} 差异的主要原因。 ΔT_{max} 与绿量、水体面积呈显著正相关,与硬质地表比例呈显著负相关,即三维绿量、水体面积越大,硬质地表比重越少,则温差越明显。此外,硬质地表分散布局

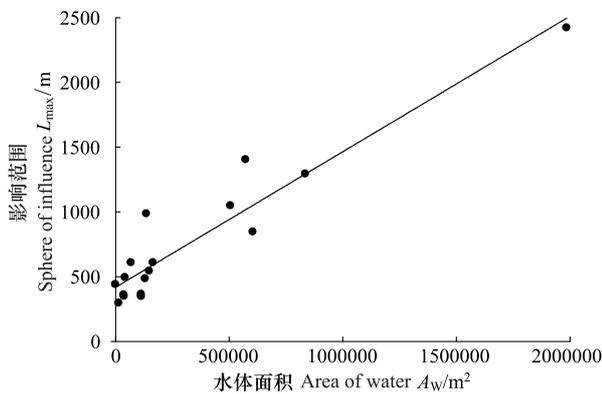


图8 影响范围(L_{\max})与水体面积(A_w)的拟合曲线图

Fig.8 Fitting curves between sphere of influence (L_{\max}) and area of water (A_w)

也将一定程度提高公园的降温幅度。由于 ΔT_{\max} 是公园外 L_{\max} 处的温度 T_b 与公园内温度的差值, T_b 基本不受公园“冷岛”的影响,反映的是公园所处区域的背景温度,因此,各公园降温幅度与所处的空间相对位置密切相关。值得注意的是,公园内绿地面积与 ΔT_{\max} 相关性并不显著,但却是影响 L_{\max} 大小的重要指标,为使公园对周边热环境的缓解效应达到最大,应在保证绿地面积达到一定规模的同时,尽量丰富绿地内部空间结构,增大三维绿量。

3 结论与讨论

本文以北京市五环内 24 个公园为研究对象,初步探讨了城市公园景观空间结构特征与其内部及周边热环境间的响应关系,重点分析了公园内部景观构成、斑块形态和空间布局这 3 个方面的空间结构对公园内及周边温度分布情况的影响,主要结论如下:

(1) 公园内部温度与林地、草地面积无显著相关性,主要受公园内三维绿量、水体面积及硬质地表比例的影响,绿量、水体面积越大,硬质地表与建筑比重越低,公园内冷岛效应越明显。然而,随着绿量、水体面积的不断增大,公园内温度的下降趋势逐渐趋于缓和,因此,在进行公园规划建设时应从公园所投入的建设面积与其降温效应的收益角度出发综合权衡。此外,公园产生冷岛效应的能力受其斑块形态和空间布局的影响较显著,在景观组分一定的条件下,尽量使绿地斑块边界形状复杂化、公园外围边界简单化,且林地和硬质地表斑块分散布置,将有助于进一步发挥公园内部的降温效应。

(2) 公园景观对其周边热环境具有明显的缓解作用,通过建立公园周边温度与离公园边界距离的规律模型可得,公园外温度随着距离的增加而不断升高,最终趋于平稳,温度升高阶段的变化趋势与三次多项式有较好的拟合度,从而较合理地确定公园斑块对周边环境温度的影响范围和降温幅度。研究区所选公园降温范围介于 296.07—2420.98 m 之间;降温温差最小为劳动人民文化宫的 1.26 °C,最大为颐和园的 7.82 °C。

(3) 公园对周边温度的影响范围与公园内部林地、水体的面积呈显著正相关,但与绿量相关性并不明显,且水体面积对最大降温范围的影响比林地更为显著;此外,公园内部绿地斑块形状越复杂,绿地及硬质地表越分散布置,影响范围越大。公园对周边环境的降温幅度主要受公园内部景观构成的影响,三维绿量、水体面积越大,硬质地表比重越少,温差越明显,同时亦与各公园所处的空间相对位置密切相关。

此外,还有 3 方面的问题需要说明:第一,为确保研究样本的典型性及代表性,且数字化工作量巨大,本研究所选公园数量只有 24 个,今后将进一步扩充公园样本以进行更为细致的统计验证;第二,本研究采用的温度数据是基于 Landsat-5 TM 遥感影像反演的地表温度,热红外波段的分辨率相对较低,且地表温度对城市地表覆盖物极为敏感,与气温差异明显,对研究结果有较大影响,在今后的研究中将考虑采用 Aster 或 ETM+ 数据结合实测及气象站数据进行校正。此外,由于城市公园景观的降温效应受周边用地结构、人为热源等诸多因素的影响较大,未来将尝试使用微气候模拟软件(如 ENVI-met)对绿地及其周边温度场进行模拟,作为统计学结论的补充。

References:

- [1] Rizwan A M, Dennis L Y C, Liu C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 2008, 20(1): 120-128.
- [2] Xiao R B, Ouyang Z Y, Li W F, Zhang Z M, Tarver G Jr, Wang X K, Miao H. A review of the eco-environmental consequences of urban heat islands. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2055-2060.
- [3] Tran H, Uchihama D, Ochi S, Yasuoka Y. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International Journal of Applied Earth Observation and*

- Geoinformation, 2006, 8(1): 34-48.
- [4] Oliveira S, Andrade H, Vaz T. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 2011, 46(11): 2186-2194.
- [5] Yue W Z, Xu L H. Thermal environment effect of urban water landscape. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(6): 1852-1859.
- [6] Chang C R, Li M H, Chang S D. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 80(4): 386-395.
- [7] 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.
- [8] Chen F M. Effects of Urban Park on Urban Heat Island: A Multi-scale Study in Shanghai [D]. Shanghai: East China Normal University, 2010.
- [9] Yue W Z. Study on Urban Landscape Pattern and Its Thermal Environment Effect Based on Remote Sensing Image. Beijing: Science Press, 2008: 105-136.
- [10] Xu L H, Yue W Z. A study on thermal environment effect of urban park landscape. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1702-1710.
- [11] Chen Y, Wong N H. Thermal benefit of city parks. *Energy and Buildings*, 2006, 38(2): 105-120.
- [12] Lee S H, Lee K S, Jin W C, Song H K. Effect of an urban park on air temperature differences in a central business district area. *Landscape and Ecological Engineering*, 2009, 5(2): 183-191.
- [13] Meng D, Li X J, Gong H L, Zhao W J. The thermal environment landscape pattern and typical urban landscapes effect linked with thermal environment in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(13): 3491-3500.
- [14] Su Y X, Huang G Q, Chen X Z, Chen S S. The cooling effect of Guangzhou City parks to surrounding environments. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(18): 4905-4918.
- [15] Jia L Q. Research on the Spatial Characteristics of the Urban Green Space's Function of Mitigating Urban Heat Island [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2005.
- [16] Feng X G, Shi H. Research on the cooling effect of Xi'an parks in summer based on remote sensing. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(23): 7355-7363.
- [17] Wang Y J, Yan F, Zhang P Q, Ren F M. Study on urban heat island changes in Beijing using normalized difference vegetation index and Albedo Data. *Research of Environmental Sciences*, 2009, 22(2): 215-220.
- [18] Li Y M, Guo J. The temporal and spatial characteristics and mitigation measures of Urban Heat Island in Beijing // A New Start of Beijing's Landscaping in 2010. Beijing: Beijing Landscaping Society, 2010.
- [19] Chander G, Markham B. Revised Landsat- 5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2003, 41(11): 2674-2677.
- [20] 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.
- [21] Artis D A, Carnahan W H. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 1982, 12(4): 313-329.
- [22] van de Griend A A, Owe M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 1993, 14(6): 1119-1131.
- [23] Masuda K, Takashima T, Takayama Y. Emissivity of pure and sea waters for the model sea surface in the infrared window regions. *Remote Sensing of Environment*, 1988, 24(2): 313-329.
- [24] Gong A D, Jiang Z Y, Li J, Chen Y H, Hu H L. Urban land surface temperature retrieval based on landsat TM remote sensing images in Beijing. *Remote Sensing Information*, 2005, (3): 18-20.
- [25] Di S C, Wu W Y, Liu H L, Yang S L, Pan X Y. The correlation between urban greenness and heat island effect with RS technology: A case study within 5th Ring Road in Beijing. *Journal of Geo-information Science*, 2012, 14(4): 481-489.
- [26] Wu J G. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2007.
- [27] Jauregui E. Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy and Buildings*, 1990, 15(3/4): 457-463.
- [28] Wiens J A, Stenseth N C, Horne B V, Ims R A. Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos*, 1993, 66(3): 369-380.

参考文献:

- [2] 肖荣波, 欧阳志云, 李伟峰, 张兆明, Tarver G Jr, 王效科, 苗鸿. 城市热岛的生态环境效应. *生态学报*, 2005, 25(8): 2055-2060.
- [5] 岳文泽, 徐丽华. 城市典型水域景观的热环境效应. *生态学报*, 2013, 33(6): 1852-1859.
- [8] 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.
- [9] 岳文泽. 基于遥感影像的城市景观格局及其热环境效应研究. 北京: 科学出版社, 2008: 105-136.
- [10] 徐丽华, 岳文泽. 城市公园景观的热环境效应. *生态学报*, 2008, 28(4): 1702-1710.
- [13] 孟丹, 李小娟, 宫辉力, 赵文吉. 北京地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应. *生态学报*, 2010, 30(13): 3491-3500.
- [14] 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.
- [15] 贾刘强. 城市绿地缓解热岛的空间特征研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2005.
- [16] 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.
- [17] 王艳娇, 闫峰, 张培群, 任福民. 基于植被指数和地表反照率影响的北京城市热岛变化. *环境科学研究*, 2009, 22(2): 215-220.
- [18] 李延明, 郭佳. 北京城市热岛效应时空变化特征及缓解措施研究 // 2010 北京园林绿化新起点. 北京: 北京园林学会, 2010.
- [24] 宫阿都, 江樟焰, 李京, 陈云浩, 胡华浪. 基于 LANDSAT TM 图像的北京城市地表温度遥感反演研究. *遥感信息*, 2005, (3): 18-20.
- [25] 邸苏闯, 吴文勇, 刘洪禄, 杨胜利, 潘兴瑶. 城市绿量的遥感估算与热岛效应的相关分析——以北京市五环区域为例. *地球信息科学学报*, 2012, 14(4): 481-489.
- [26] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.12 June, 2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Development history and future research priorities of landscape ecology in China	CHEN Liding, LI Xiuzhen, FU Bojie, et al (3129)
Research review on effects of urban landscape pattern changes on water environment	HUANG Shuo, GUO Qinghai (3142)
A review of multifunctional landscape	TANG Qian, DING Shengyan (3151)
Compact development of space-limited city: a case study of Xiamen Island	HUANG Shuo, GUO Qinghai, TANG Lina (3158)
Analysis of factors contributing to the cooling effects of Purple Mountain Forest Park	YAN Weijiao, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3169)
Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks	FENG Yueyi, HU Tangao, ZHANG Lixiao (3179)
Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China	LIU Yanxu, PENG Jian, HAN Yinan, et al (3188)
Optimization of land use pattern based on eco-security: a case study in the Huangfuchuan watershed	YU Feng, LI Xiaobing, WANG Hong (3198)
Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang	LIU Jinwei, JIN Tiantian, LIU Guohua, et al (3211)
Dynamic trend analysis of land use change in the Ganjiang upstream watershed by using RS and GIS techniques	LU Yanfei, PENG Fang, WAN Yun, et al (3224)
Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010	LIU Jiping, ZHAO Dandan, TIAN Xuezhi, et al (3234)
Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation	WANG Yongyan, LI Yangbing, SHAO Jingan, et al (3245)
Spatial-temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain-basin system in Guizhou Province	LI Yangbing, YAO Yuanwen, XIE Jing, et al (3257)
Spatio-temporal simulation of land cover scenarios in southwestern of China	LI Jing, FAN Zemeng, YUE Tianxiang (3266)
Gradient analysis of dry valley of Minjiang River landscape pattern, based on moving window method	ZHANG Lingling, ZHAO Yonghua, YIN Sha, et al (3276)
Study on spatio-temporal change of Tibetan Antelope's habitat based on vegetation coverage	ZHAO Haidi, LIU Shiliang, DONG Shikui, et al (3285)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping field in a grove Karst region, Southwest China	FAN Fujing, HUANG Guoqin, SONG Tongqing, et al (3293)
Characteristics of soil microbial populations and biomass under different ecosystems in a canyon karst region	TAN Qiujin, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (3302)
Spatial and temporal dynamics of land use and its influence on ecosystem service value in Yangtze River Delta	LIU Guilin, ZHANG Luocheng, ZHANG Qian (3311)
Evaluation of tourism dynamic landscape along Qinghai-Tibet railway based on the visual corridor	ZHANG Ruiying, XI Jianchao, YAO Yulong, et al (3320)
A study of spatial evolution characteristics of rural settlements and influences of landscape patterns on their distribution using GIS and RS	REN Ping, HONG Buting, LIU Yin, et al (3331)

- Assessing the ecosystem conservation status and priority: a case study from Jiangxi Province, China FAN Naiqing, ZHANG Yuxin, LÜ Yihe, et al (3341)
- The impact of salt marsh change on sediment accumulation and wave attenuation at the East Chongming Island REN Linjing, LI Xiuzhen, YANG Shilun, et al (3350)
- Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem; a case study of Xinjiang area SHI Qingdong, WANG Zhi, HE Longmei, et al (3359)
- Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau; a case study in Yan'an City, Shaanxi Province ZHONG Lina, ZHAO Wenwu, LV Yihe, et al (3368)
- Analysis of the characteristics of agro-landscape heterogeneity under the different disturbances; a case study of Gongyi City ZHANG Xiaoyang, LIANG Guofu, DING Shengyan (3378)
- Classification and ordination of grassland landscape in the Shanxi Plateau ZHANG Xianping, LI Zhiqin, WANG Mengben, et al (3386)
- Analysis of factors affecting mountainous land surface temperature in the summer; a case study over Mount Tai SUN Changfeng, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3396)
- Research on spatial distribution and influencing factor of soil moisture in typical depression area of karst region ZHANG Jiguang, SU Yirong, CHEN Hongsong, et al (3405)
- Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method LI Dongke, DING Shengyan, LIANG Guofu, et al (3414)
- Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al (3425)
- Landscape pattern analysis on change of fractional vegetation cover between karst and no-karst areas; a case study in Hechi District, Guangxi Zhuang Autonomous Region WANG Mingchong, WANG Xizhi, LIANG Zhaoxiong, et al (3435)
- Multi-scale effects for landscape metrics and species diversity under the different disturbance; a case study of Gongyi City DONG Cuifang, LIANG Guofu, DING Shengyan, et al (3444)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen concentrations in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* evergreen broadleaved forest YANG Dan, XIANG Wenhua, FANG Xi, et al (3452)
- The characteristics and regeneration of the *Choerospondias axillaries* broad-leaved community in the hilly region of central Hunan Province, China YI Hao, DENG Xiangwen, XIANG Wenhua, et al (3463)
- Factors influencing the spatial distribution of vegetation carbon density in karst landscapes of Northwest Guangxi; a case study based on radial basis function network model ZHANG Mingyang, WANG Kelin, DENG Zhenhua, et al (3472)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 12 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 12 (June, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元