

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

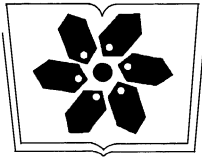
## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第6期 Vol.33 No.6 **2013**

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 33 卷 第 6 期

2013 年 3 月 (半月刊)

## 目 次

### 专论与综述

- 基于遥感技术的森林健康研究综述..... 高广磊,信忠保,丁国栋,等 (1675)  
Agent 农业土地变化模型研究进展..... 余强毅,吴文斌,杨 鹏,等 (1690)

### 个体与基础生态

- 辽东湾北部近海沙蜃的动态分布..... 王 彬,秦宇博,董 婧,等 (1701)  
口虾蛄 proPO 基因全长 cDNA 的克隆与组织表达..... 刘海映,刘连为,姜玉声,等 (1713)  
中缅树鼯头骨及下臼齿几何形态与环境的关系..... 朱万龙,贾 婷,黄春梅,等 (1721)  
亚热带 3 种树种凋落叶厚度对其分解速率及酶活性的影响..... 季晓燕,江 洪,洪江华,等 (1731)  
浙北地区常见绿化树种光合固碳特征..... 张 娇,施拥军,朱月清,等 (1740)  
两种高质牧草不同生育期光合生理日变化及光响应特征..... 郭春燕,李晋川,岳建英,等 (1751)  
基于 WOFOST 作物生长模型的冬小麦干旱影响评估技术..... 张建平,赵艳霞,王春乙,等 (1762)  
基于线粒体 DNA 控制区的斑翅草螽不同地理种群遗传分化研究..... 周志军,尚 娜,刘 静,等 (1770)  
圈养尖吻蝾螈雌体大小、窝卵数和卵大小之间的关系..... 胡明行,谭群英,杨道德 (1778)  
应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇..... 郑思宁,黄居昌,叶光禄,等 (1784)  
青蒿素对外生菌根真菌化感效应..... 李 倩,袁 玲,王明霞,等 (1791)

### 种群、群落和生态系统

- 海湾生态系统健康评价方法构建及在大亚湾的应用..... 李纯厚,林 琳,徐姗姗,等 (1798)  
上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响..... 孙鲁峰,柯 昶,徐兆礼,等 (1811)  
半干旱区生态恢复关键生态系统识别——以内蒙古自治区和林县为例..... 彭 羽,高 英,冯金朝,等 (1822)  
太岳山油松人工林土壤呼吸对强降雨的响应..... 金冠一,赵秀海,康峰峰,等 (1832)  
重庆酸雨区马尾松林凋落物特征及对干旱胁迫的响应..... 王轶浩,王彦辉,于澎湃,等 (1842)

### 景观、区域和全球生态

- 城市典型水域景观的热环境效应..... 岳文泽,徐丽华 (1852)  
外来树种桉树引种的景观生态安全格局..... 赵筱青,和春兰 (1860)  
基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究..... 施开放,刁承泰,孙秀峰,等 (1872)  
大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高对稻田根际土壤甲烷氧化细菌丰度的影响..... 严 陈,许 静,钟文辉,等 (1881)

### 资源与产业生态

- 基于可变模糊识别模型的海水环境质量评价..... 柯丽娜,王权明,孙新国,等 (1889)  
亚热带养殖海湾皱瘤海鞘生物沉积的现场研究..... 闫家国,齐占会,田梓杨,等 (1900)  
黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征..... 张丽娜,李 军,范 鹏,等 (1907)

旱作农田不同耕作土壤呼吸及其对水热因子的响应..... 张丁辰,蔡典雄,代 快,等 (1916)

商洛低山丘陵区农林复合生态系统中大豆与丹参的光合生理特性..... 彭晓邦,张硕新 (1926)

外源油菜素内酯对镉胁迫下菊芋幼苗光合作用及镉富集的调控效应..... 高会玲,刘金隆,郑青松,等 (1935)

基于侧柏液流的测定对 Granier 原始公式系数进行校正 ..... 刘庆新,孟 平,张劲松,等 (1944)

研究简报

湿地自然保护区保护价值评价方法..... 孙 锐,崔国发,雷 霆,等 (1952)

干热河谷印楝和大叶相思人工林根系生物量及其分布特征..... 高成杰,唐国勇,李 昆,等 (1964)

海滨沙滩单叶蔓荆对沙埋的生理响应特征..... 周瑞莲,王 进,杨淑琴,等 (1973)

宁夏贺兰山、六盘山典型森林类型土壤主要肥力特征 ..... 姜 林,耿增超,张 雯,等 (1982)

学术争鸣

小兴安岭十种典型森林群落凋落物生物量及其动态变化..... 侯玲玲,毛子军,孙 涛,等 (1994)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 ..... (2002)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 ..... ( I )

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 ..... ( i )

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 328 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 34 \* 2013-03



**封面图说:** 亭亭玉立的白桦树——白桦为落叶乔木,可高达 25m,胸径 50cm。其树冠呈卵圆形,树皮白色,纸状分层剥离;叶三角状、卵形或菱状卵形;花单性,雌雄同株。白桦树喜光,耐严寒,对土壤适应性强,喜酸性土,沼泽地、干燥阳坡及湿润阴坡都能生长。常与红松、落叶松、山杨、蒙古栎混生。白桦的天然更新好,生长较快,萌芽强,在人为的采伐迹地或火灾、风灾等自然损毁的迹地里,往往由白桦首先进入,为先锋树种,而形成白桦次生林。白桦分布甚广,我国大、小兴安岭及长白山均有成片纯林,在华北平原和黄土高原山区、西南山地亦为阔叶落叶林及针叶阔叶混交林中的常见树种。

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/stxb201112141915

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.

Yue W Z, Xu L H. Thermal environment effect of urban water landscape. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1852-1859.

## 城市典型水域景观的热环境效应

岳文泽<sup>1,2</sup>, 徐丽华<sup>3,\*</sup>

(1. 浙江大学土地管理系, 杭州 310029; 2. 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 101149;

3. 浙江农林大学环境与资源学院, 杭州 311300)

**摘要:**城市热岛效应是当前快速城市化进程中最具代表性的生态环境问题之一。热岛效应进一步影响着城市气候变化与城市可持续发展。现存大量研究证明了土地覆被改变导致的热辐射变化及人为热释放共同作用产生了城市热岛。然而, 当前对缓解城市热岛效应要素的研究并不多见。以上海市中心城区为例, 首先基于 SPOT5 影像的分类, 提取了城市水域景观, 再利用 Landsat 7 的 ETM+ 的热红外波段, 定量反演了城市地表热环境温度, 然后利用 GIS 的空间分析功能, 探讨了城市水域景观对热环境的影响。研究揭示水域景观在城市热环境中表现出明显的低温效应, 而面状水域景观的热环境效应要强于线状河流景观。面状水域景观对热环境影响随着与热岛中心距离的增加而明显降低, 此外还受到周围土地覆被的影响。线状河流景观的宽度与流经区域共同决定了其对城市热环境的影响能力。因此, 在城市规划设计中, 从缓解城市热岛效应出发, 水域生态功能区的形态与空间设置可作为考虑因素之一。

**关键词:**水域景观; 城市热岛效应; 上海市

## Thermal environment effect of urban water landscape

YUE Wenze<sup>1,2</sup>, XU Lihua<sup>3,\*</sup>

1 Department of Land Management, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China

2 Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 101149, China

3 School of Environmental & Resource Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China

**Abstract:** Rapid urban expansion has profoundly impacted on urban biodiversity, ecosystem functions, regional climate change, and the quality of life. One of the ecological consequences of urban expansion is the Urban Heat Island (UHI) phenomenon, which is formed when higher atmospheric and surface temperatures in urbanized areas are observed over the surrounding rural area. Urban thermal environment problems caused by UHI have some further impacts on energy consumption, human health and urban sustainable development. As a synthesis representation of urban environment effect, UHI is jointly determined by the physical properties of land surface and heat release by related socioeconomic activities. Within the urbanized area there are diverse landscape types, such as urban building landscape, road landscape, green space, water body, and so on. Among various urban landscape types, the thermal environment effect of water landscape is quite different. It is important to study how the water body might influence the urban thermal environment. The SPOT 5 and Landsat 7 ETM+ images are applied to derive the spatial pattern of urban water landscape and land surface temperature in Shanghai, and spatial analysis technique will be used to explore the thermal environment effect of water landscape. An intense urban heat island effect is identified in Shanghai City, with its center located on the west bank of Huangpu River. At the same time, a cold island effect is detected for the water landscape patches and corridors. Statistical significance is not found between area and perimeter of water patches (or river corridors) and their impact on local thermal environment.

**基金项目:**浙江省自然科学基金项目(Y5110009); 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室开放课题

**收稿日期:**2011-12-14; **修订日期:**2012-07-17

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xulh99g@163.com

However, the water patch has a stronger thermal environment effect than the river corridor. The impact of water patch decreases as the distance to UHI center increases. For instance, the temperature of water patch in Luxun Park (the closest to the UHI center among all water patches) is  $3.65^{\circ}\text{C}$  lower than the average temperature of its surrounding region, with only  $2.60^{\circ}\text{C}$  lower than the average temperature of the region where Century Park is located, which is much further to the UHI center. Besides the distance to the UHI center, the impact of water patch on nearby area is also determined by the land surface composition. For instance, the surrounding area with more vegetation has a lower temperature than the area with more impervious surface. River corridors also influence the local thermal environment. Huangpu River, Suzhou River, Yunzao River and Chuanyang River are compared based on a buffering method, with the river width and the location of the river corridor as the two key factors on the local thermal environment. Flowing through UHI center and with the largest river width, Huangpu River has much higher impact on the thermal environment of the surrounding areas. The findings in this study are helpful to provide some effective policy implications for urban planning and design.

**Key Words:** water landscape; urban thermal environment effect; Shanghai City

根据联合国世界城市化发展报告,当前全世界 50% 以上的人口居住在城市地区,而且这个数字还在持续增长,特别是在发展中国家<sup>[1]</sup>。快速的城市化进程,从根本上影响着生物多样性和生态系统功能,地方和区域气候变化,以及人类的生活质量<sup>[2-4]</sup>。在所有城市化的环境效应中,由城市热岛效应所产生的城市热环境问题吸引了研究者较为广泛的关注<sup>[5-7]</sup>。热环境由于进一步影响着城市能源消耗增长,进而影响全球环境变化;同时,城市热环境问题导致城市宜居程度降低,直接影响城市的可持续发展。可见,城市热环境问题已经成为众多城市生态环境问题的重要代表之一<sup>[8-9]</sup>。随着各类热红外遥感影像可获得性提高以及遥感信息处理技术的发展,越来越多的研究者利用热红外遥感技术对城市的热岛效应变化以及成因机制进行了研究<sup>[5-10]</sup>。基本结论是,城市热环境问题主要是由城市下垫面改变导致城市地面长波辐射能量的变化以及人类自身生产、生活所释放的人为热两个方面共同形成的。而所谓的长波辐射能量的改变,主要是由于原有具有较大热惯性和热容量值的土壤、植被、水体等自然土地覆盖系统逐渐被人工不透水面所取代<sup>[10-12]</sup>而产生的。因此,城市内部遗存的那些自然景观系统对缓解城市热岛效应具有十分重要的意义。

在所有城市景观类型中,城市水域景观是城市中重要的生态空间之一,是城市中自然要素最为密集、自然过程最为复杂的地域,对城市景观生态系统形成和发展具有重要的影响。根据地表热量平衡的原理,水体具有较大的热惯性和热容量值、较低的热传导和热辐射率<sup>[5, 10-12]</sup>。此外,在太阳辐射下,由于吸热面和贮热面较多,水泥路面和建筑物表面贮存的热量要多于水体和绿地<sup>[13]</sup>。城市水域不但自身对应着相对较低的地表温度,即城市热环境中的“冷岛”,同时根据其面积大小以及区位,不同程度影响了局地的环境温度。因此,研究发现城市水域景观对维持城市景观生态系统的正常运转,特别是对缓解城市热岛效应,改变城市局部小气候具有重要作用<sup>[14]</sup>。在中国的城市化进程中,城市水域景观一直处于被掠夺开发的状态,因此在城市内部除了面积较大的河流外,其它的主要为人工水体,从局地效应角度,对这些人工水体的环境影响评价的实践还非常缺乏。

本文选择上海外环线以内的区域为研究对象。20 世纪 90 年代,由于城市功能分区不合理,城市内部居住、工业、商业密集且混杂加上城市内部公园等开敞空间缺乏,导致城市热环境问题十分突出。由于城市内部水体数量非常有限,本文选择研究区域内主要的几块人工面状水域和几条主要的河流,对城市水域景观的热环境效应进行典型样本分析,试图为未来城市的生态环境规划提供一些参考。

## 1 数据与方法

### 1.1 水域景观的遥感解译与缓冲区分析

以 2003 年 SPOT 5 的 10 m 分辨率,多波段遥感影像和 5 m 分辨率的全色波段进行融合,融合后得到 5 m 分辨率的 SPOT 5 多波段遥感影像,并将其作为数据源,采用决策树分类法,将上海市外环线内水域景观与其

它非水域景观进行划分,在人工解译数据的辅助下,得到上海城市水域景观数据。为了分析典型面状人工水域景观与线状河流水域景观的热环境效应,从所有水体斑块中选择了4个最主要的面状人工水体(分别位于鲁迅公园、长风公园、杨浦公园以及世纪公园内),然后对上述人工面状水域进行环状缓冲(Buffer)分析。对于河流水面,选择研究区域内最主要的4条长度、宽度和流经区域均不相同的河流(黄浦江、苏州河、川杨河与蕴藻浜)为对象,分别对其进行“对称”缓冲分析。再利用典型水体的缓冲区与地表温度数据进行叠加,综合分析典型城市水体的热环境效应。

## 1.2 城市热环境的表征方法

地表温度是环境温度的主体,是城市热岛的基本体现。与地表大气温度高度动态性和复杂性不同,陆地表面温度可以直接通过卫星传感器所接收到的辐射量计算,为连续的温度数据获取提供了可能。因此,本文利用地表温度代表城市热环境强度<sup>[12]</sup>。由于城市下垫面的复杂性,而热红外波段数据空间分辨率较低,导致了相关研究的准确性降低。美国陆地卫星 Landsat 7 的热红外波段具有相对高的空间分辨率,但由于2003年出现了仪器故障,因此本研究仍然选择故障前的一景质量较好的影像。本文使用数据 Landsat 7 的 ETM+影像,获取时间为2000年6月14日。在提取温度之前,对影像进行了预处理,包括几何校正,投影变换等,重采样到30 m的分辨率。然后将预处理后的热红外波段 DN 值通过增益系数与偏移系数转化为行星反射值  $L_\lambda$ ,具体系数由影像的头文件获得。通过下式将  $L_\lambda$  转化为辐射亮温<sup>[15]</sup>:

$$T_B = K_2 / (\ln(K_1 / L_\lambda + 1)) \quad (1)$$

$$LST = \frac{T_B}{1 + (\lambda \times T_B / \rho) \ln \varepsilon} \quad (2)$$

式中,  $T_B$  为辐射亮温(K),  $K_1$ 、 $K_2$  为标定常数,一般取  $K_1 = 666.09$ ,  $K_2 = 1282.71$ 。公式(2)进一步利用不同地物的比辐射率( $\varepsilon$ )将辐射亮温转换为陆地表面温度。 $\lambda$  为发射辐射的波长,取热红外波段均值  $\lambda = 11.5$ ;  $\rho = h \times c / \sigma (1.438 \times 10^{-2} \text{ mK})$ ,  $\sigma$  为 Boltzmann 常数( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ),  $h$  为 Planck 常数( $6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ),  $c$  为光速( $2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ )<sup>[15]</sup>。

对于城市而言,比辐射率  $\varepsilon$  是复杂、难以确定的。因此,一般都采用间接方法来获取  $\varepsilon$ <sup>[16]</sup>。Van 通过实地测量自然地表的热红外(8—14  $\mu\text{m}$ )比辐射率和归一化植被指数(NDVI)后,提出如下经验公式<sup>[17]</sup>:

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(\text{NDVI}) \quad (3)$$

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,对于城市而言,很多小于0.157的像元,据宫阿都等人的研究,将其比辐射率定为0.923<sup>[18]</sup>。而水面,根据相关研究将其比辐射率定为0.9925<sup>[19]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 城市水域景观的格局特征

根据 SPOT5 影像分类的结果,面积最大的水域就是自南向北流经整个市区的黄浦江,其大小和影响都远远高于其它水域景观斑块。除了黄浦江外,还有其它一些城市河流,以及一些大型公园内的人工湖泊。由于城市河流受到城市道路的剧烈切割,斑块数量大大增加,在上海市外环线内,水域的总斑块数达到3310个。最小斑块面积为902.80  $\text{m}^2$ ,最大达到19.83  $\text{km}^2$ ,平均斑块面积为18255.59  $\text{m}^2$ ,面积差异显著。斑块边界长度最大达到127301.43 m,最小为114.06 m,平均周长为1165.35 m,差异也很明显。由于河流的边界比较复杂,形状指数较大,最大为0.5535,平均达到0.1263。由于热红外遥感影像分辨率较低,本研究选择的面积相对较大的4条主要河流,黄浦江、苏州河、川杨河以及蕴藻浜;对于面状水域,选择4个面积相对较大的典型人工湖泊,其空间位置如图1所示。

### 2.2 陆地表面温度格局

图2提供了上海市城市陆地表面温度的遥感反演结果。图2显示,城市的中心温度明显高于郊区,具有典型的城市热岛效应。受到复杂下垫面性质的影响,在城市热岛的内部,温度变化也很显著,在一些绿地公园



上形成一些大大小小的低温斑块,例如,北部的新江湾城和共青森林公园尤其明显。

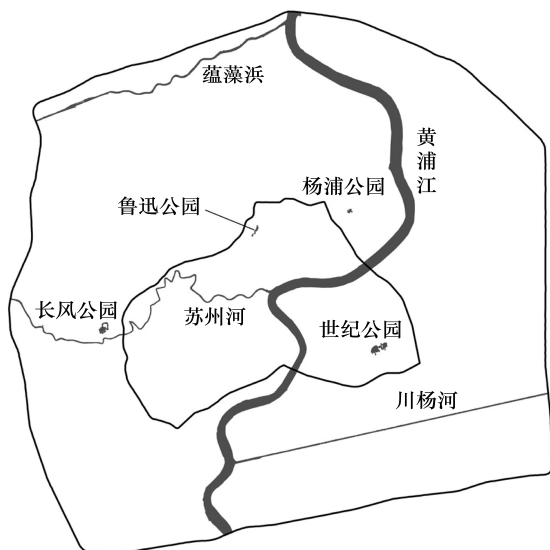


图1 上海外环线内典型水域景观分布

Fig. 1 Typical water landscape in the outer ring road of Shanghai City

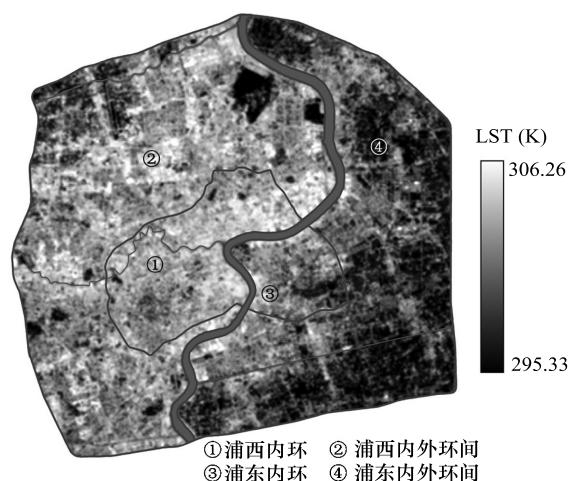


图2 城市热环境的空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of urban thermal environment

由于受到城市发展历史以及传统产业布局的影响,热岛强度较大的区域主要分布在浦西地区,特别是苏州河北部、沿内环线的区域,在浦西内外环线之间由于城市化程度较高,加之过去的一些工业区分布,热岛强度也较高。浦东作为新开发的城市地域,不论建筑密度,还是产业类型上都不利于热岛的产生。根据浦东和浦西的内外环线,将整个外环内区域划分为4个子区域(图2)。浦西内环线内的平均地表温度为 $28.99^{\circ}\text{C}$ 、内外环之间的平均地表温度为 $28.37^{\circ}\text{C}$ ;浦东内环线内的平均地表温度为 $27.83^{\circ}\text{C}$ ,浦东内外环之间的平均地表温度为 $26.40^{\circ}\text{C}$ 。由此可见,上海市的城市热岛主要集中在浦西地区,而且内环线内与内外环线之间的差异较小,平均温差只有 $0.62^{\circ}\text{C}$ 。而浦东新区温度则要低的多,例如同样是内环内的区域,浦东比浦西平均温度要低 $1.16^{\circ}\text{C}$ ;浦东内外环间更是要比浦西内环低 $2.59^{\circ}\text{C}$ 。

## 2.2 水域景观的热环境效应

水域景观与其它城市景观下垫面性质差异显著,对城市热环境的影响体现在多个方面。首先水体的热辐射能力相对于城市建筑表面要小得多;其次,水体的热存储能力也较大,降低了显热交换能力;第三,面积较大的水体形成了局地小气候和局地环流,改变了热量传输方式等。统计发现,外环线内水域景观对应平均温度为 $24.96^{\circ}\text{C}$ ,比研究区内的平均地表温度 $27.72^{\circ}\text{C}$ 要低 $2.76^{\circ}\text{C}$ 。说明水域景观是城市热岛中的低温区,成为城市热表面中的“冷岛”。

### 2.2.1 典型人工面状水域的热环境效应分析

上海外环线内,面状水域景观分布很少。在选择的4个面积较大的人工湖中,面积最大的为浦东世纪公园内的人工湖,水域面积达到 $126083.65\text{ m}^2$ ,最小的为鲁迅公园内的水面,面积为 $36398.27\text{ m}^2$ 。利用水域斑块对陆地表面温度进行空间统计分析,结果如表1,发现4个面状人工湖面积、周长及所在区域差异非常大,但是对应的平均温度却相差很小。说明夏天不论是市中心还是郊区,当体积达到一定水平,水体的辐射温度保持相对的均衡。然而,水体与其所在区域的温度却有很大差异,水体温度明显低于所在区域平均地表辐射温度,例如,市中心鲁迅公园内水体,其辐射温度比浦西内环的平均辐射温度还低了 $3.65^{\circ}\text{C}$ ,处于外围的浦东世纪公园水体也比其所在区域低了 $2.60^{\circ}\text{C}$ 。人工水体与所在区域明显的辐射温差,势必导致对局地热岛效应的潜在缓解效应。分析发现,就与所处区域温差来看,与距热岛中心的距离上,距离越近温差越大(表1)。

表 1 典型面状水域斑块特征与对应温度

Table 1 Patch characteristics and temperatures of typical water patches

ID	所在位置 Location	面积 Area/m <sup>2</sup>	周长 Perimeter/m	周长面积比 Perimeter/Area	平均温度 Average temperature/℃	区域 Region	与所在区域的温度差 Difference with the region/℃
1	世纪公园	126083.65	2280.48	0.0181	25.23	浦东内环	2.60
2	长风公园	128855.08	3369.96	0.0262	25.37	浦东内外环间	3.00
3	杨浦公园	29172.93	1063.73	0.0365	25.44	浦东内外环间	2.93
4	鲁迅公园	36398.27	1820.34	0.0500	25.34	浦西内环	3.65

为了进一步分析面状人工水域对周围热环境的潜在影响,利用缓冲区分析方法,探讨随着与水体距离的不断增加,辐射温度的变化情况。首先在面状水体外围设立了 0—50 m(缓冲区 1),50—100 m(缓冲区 2),100—200 m(缓冲区 3)共 3 个“同心环”状的缓冲区,然后分别统计每个缓冲区内对应的地表辐射温度。根据文献分析,由于城市内部建筑不透水面、绿地、水体等土地覆被状况从根本上决定着地表辐射温度,因此,我们还利用高空间分辨率的 SPOT5 影像,目视判别,解译了建筑不透水面的面积。然后,统计每个缓冲环内的建筑不透水面比重,以鲁迅公园水体为例,统计结果如图 3 所示。鲁迅公园的水面达到 36398.27 m<sup>2</sup>,紧邻内环线的虹口体育场,是上海市老城区,也是城市热岛高强度地区,水面对应的平均辐射温度为 25.340 ℃。在水体外围 50 m 距离内,由于主要都在鲁迅公园内部,所以植被覆盖度在 60% 左右,不透面的比重只有 39.27%,对应的平均地面温度为 25.46 ℃,可以发现,缓冲区 1 内的温度仍然高于水体温度,由于绿地覆盖度高,二者差异并不大。对于 50—100 m 的缓冲区,不透水面比重提高到 70.09%,对应地表温度也上升到 26.49 ℃。对

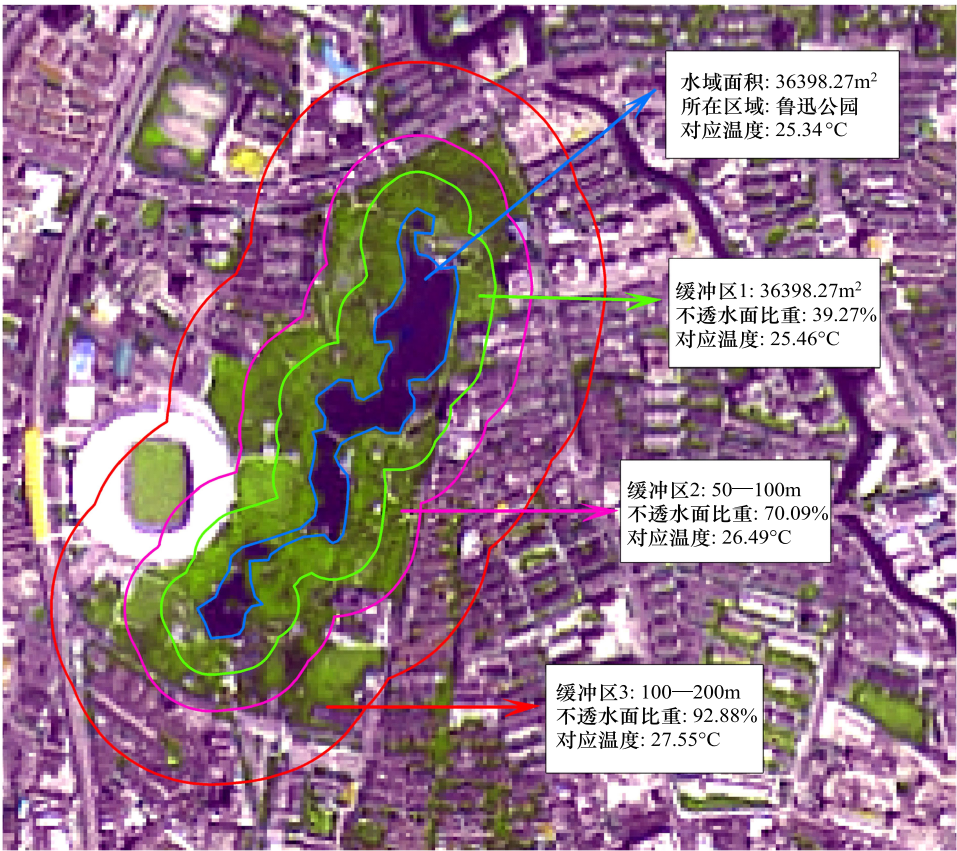


图 3 鲁迅公园水域及其缓冲区的温度与不透水面比重

Fig.3 Land surface temperatures and impervious surface fractions within the water body and its buffer zones at Luxun Park



于 100—200 m 的缓冲区,不透水面比重提高到 92.88%,对应地表温度也上升到 27.55℃,这个温度明显低于下垫面覆盖类似的外围其它区域的平均温度,平均低 1.5℃左右,有力证明了面状人工水体作为城市热环境中的“冷岛”对局地温度的缓解作用。

下面对所选择的 4 个人工湖泊对周边区域潜在影响进行对比分析,具体如表 2。除了浦东世纪公园的人工湖外,其它 3 个人工湖,随着缓冲区距离增加,不透水面比重增加,对应的地表温度也相应升高,但是明显低于所在区域的平均温度。即使考虑下垫面因素,这些缓冲区内的温度,也明显低于具有相似下垫面覆盖区域平均温度,证明了水体对临近区域热环境的缓解作用。但是世纪公园人工湖,由于水体面积很大,距离热岛中心较远,50 m 缓冲区内包含一些露台和步道等人工建筑,不透水面比重达到 69.12%,温度与水面差异只有 0.079℃;50—100 m 缓冲区内主要是绿地和河流水面,不透水面降低,温度甚至低于 50 m 缓冲区;虽然 200 m 缓冲区尽管不透水面比重继续减少,但是温度明显高于内部的缓冲区,证明了距离水体越远,水体对辐射温度的影响呈非线性降低。对于长风公园和杨浦公园的人工湖来说,缓冲区 2 比缓冲区 1 的不透水面增加比重相当(10%左右),温度也升高了 0.8℃左右;而鲁迅公园,缓冲区 2 比缓冲区 1 的不透水面增加了 30%多,而温度也才增加了 1℃左右。同样对比杨浦公园和鲁迅公园,从缓冲区 2 到 3,不透水面比重分别增加了 15%和 22%左右,而鲁迅公园温度变化是杨浦公园的 2 倍。通过对比分析说明,面状人工水体对局地热岛效应的影响,除了下垫面类型差异外,水体大小及所在的区域位置也是重要影响因素。

表 2 缓冲区不透水面比重及均温

Table 2 Impervious surface fractions and temperature within buffer zones

水域位置 Location	缓冲区 1 Buffer zone 1 (50 m)		缓冲区 2 Buffer zone 2 (50—100 m)		缓冲区 3 Buffer zone 3 (100—200 m)	
	不透水面比重 Impervious surface fraction/%	温度 Temperature /℃	不透水面比重 Impervious surface fraction/%	温度 Temperature /℃	不透水面比重 Impervious surface fraction/%	温度 Temperature /℃
世纪公园 Century Park	69.12	25.31	37.25	25.28	27.16	25.42
长风公园 Changfeng Park	59.14	26.07	72.74	26.86	93.60	27.70
杨浦公园 Yangpu Park	55.33	26.23	70.24	27.07	85.67	27.62
鲁迅公园 Luxun Park	39.27	25.46	70.09	26.49	92.88	27.55

### 2.2.2 典型河流景观热环境效应的比较分析

在景观生态学中,景观廊道既是物质传播的重要通道,同时也是能量和信息的重要通道<sup>[20]</sup>,城市河流作为一种生态廊道,同时也为城市热岛内部高温环境与外围低温环境的热量交换提供了重要途径。因此,河流水体对调节城市热岛中心和外围热量交换、改善城市热环境也具有重要意义。

在选择 4 条河流中,黄浦江由于河面较宽,将上海城市热岛分割为东西两片,影响了中心城区热岛的空间分布形态。而苏州河的河道较窄,同时位于热岛中心,对应的温度较高,且与两岸温度差异并不大,缓解热岛效应的潜在能力较弱。而另外两条河流,蕴藻浜从郊区流经宝山区的重工业区后汇入黄浦江;川杨河从市区流经郊区汇入东海,都表现为一段温度高一段温度低的特征。

对选择河流廊道进行缓冲分析。因为黄浦江水面较宽,因此选择岸线到河流中心线的距离作为缓冲距离,而其余三条河流较窄,选择缓冲距离为 90 m(保证缓冲区至少包含一个热红外像元)。然后进行叠置分析,得到各条河流以及相应缓冲区内的温度如表 3。

比较表 3 与表 1,面状水域对应的热岛温度明显低于河流廊道,其中世纪公园内水面,虽然面积远小于黄浦江,但是均温低于黄浦江,其余 3 个公园的水域温度也和黄浦江相差不大,更是远远低于其它 3 条河流的均温。可见,尽管一些面状水域面积很小,位置在热岛中心,但是对应的温度却非常低,说明城市中的面状水域比河流廊道具有更强的“冷岛效应”。

表 3 河流及其缓冲带内热环境温度的统计结果

Table 3 The statistics of environment temperature among rivers and buffer zones

河流名称 River name	统计区 Statistics zone	最大值/℃ Maximum	最小值/℃ Minimum	平均值/℃ Mean	标准差/℃ Standard deviation
黄浦江	河面	31.38	23.69	25.26	1.24
Huangpu River	西岸缓冲带	32.29	23.70	28.88	1.39
	东岸缓冲带	32.35	23.60	27.83	1.50
苏州河	河面	30.70	24.92	28.15	0.89
Suzhou River	北岸缓冲带	30.82	24.95	28.84	0.94
	南岸缓冲带	31.54	24.25	28.32	1.07
蕴藻浜	河面	29.58	23.95	26.94	1.22
Yunzao River	北岸缓冲带	30.56	23.95	27.42	1.58
	南岸缓冲带	30.91	24.62	27.74	1.18
川杨河	河面	29.68	23.52	26.27	1.19
Chuanyang River	北岸缓冲带	31.96	23.52	26.58	1.50
	南岸缓冲带	29.86	23.83	26.25	1.18

就线状河流景观本身来看,黄浦江虽然流经热岛中心,由于河面最宽,对应的平均温度是最低的,不仅比苏州河对应均温低 2.90 ℃,而且比流经郊区的蕴藻浜和川杨河分别低了 1.69 ℃ 和 1.01 ℃。而苏州河在研究区内全程流经市区,而且河道较窄,并没有表现出明显低温。而且近些年来,随着城市开发强度增加,苏州河面桥梁密度增加,导致其缓解热岛的效应并不明显。对于南北两条流经郊区的河流来说,蕴藻浜由于流经了北部的重工业区,而川杨河则只是流经了城市居住区,因此蕴藻浜对应的热环境温度明显低于川杨河。对河流廊道缓冲区的温度统计显示,缓冲带内温度最大值、最小值、变程等基本上都大于对应河面,说明河流廊道内部对应温度相对均一,差异较小。其中,苏州河及其缓冲带内标准差最小,说明廊道流经均质化的城市核心区域,主要河段都位于热岛中心区,不论是河流廊道本身还是两岸缓冲带内温度变化都较小。

河流廊道与其缓冲带内的温度均值差异反映了其对两岸潜在影响差异。对于黄浦江来说,其西岸缓冲带更接近于热岛中心,河面与西岸缓冲带的温差大于与东岸的温差。说明越是接近城市热岛中心的水面其对城市热环境的潜在影响能力就越强。其它 3 条河流,河面宽度较小,由于河流流经区位的差异,彼此热环境效应差异显著。苏州河流经区域北岸为传统的普陀和闸北的工业区和高密度住宅区,而南岸则主要为商业和低密度住宅区,因此北岸缓冲带内的均温明显高于南岸。蕴藻浜从郊区流经吴淞工业区,南岸更接近市区,均温高于北岸。川杨河则主要流经非建成区,所以川杨河温度则最低,北岸接近市区温度高于南岸。

### 3 结论

本文基于 SPOT5、ETM+遥感数据,使用热红外信息处理和 GIS 空间分析方法,以上海市中心城区为例,重点探讨了城市水域景观的热环境效应,发现不论是城市面状还是线状的水域景观类型,对应着十分明显的低温分布,通过选择典型的面状人工水域和河流廊道进行分析,得到如下结论。

(1) 面状水域景观对应的热环境温度明显低于其它的景观类型,形成了城市热环境中典型的“冷岛效应”,统计发现,选择的面状水域景观斑块的温度比所在区域的平均地表温度低了 2.60—3.65 ℃。缓冲区分分析发现,即使是考虑下垫面因素,面状水体对局地温度具有明显的缓解作用,这种影响随着距离而非线性的降低。说明城市内部面状水域景观对改善城市热岛效应具有积极意义。

(2) 城市内部线状河流景观的热环境效应,表现为城市热岛内部的廊道状低温区域。对典型河流分析发现,河流的宽度和流经的区域是决定河流自身温度以及对周围环境温度影响能力的大小。黄浦江河道较宽、流经热岛中心区域,对城市热环境的影响也较大。

(3) 在城市规划中,通过在城市建成区内部设置水域和绿地等绿色空间,从而达到降低城市污染,缓解热岛效应目的。这些已经为城市规划师和政策制定者所认可,但如何设置以及合理布局不同大小及形状的水域

景观是值得进一步探讨的。

## References:

- [ 1 ] United Nations. World urbanization Prospects: The 2007 Revision. New York: United Nations Population Division, 2008.
- [ 2 ] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 2002, 17(4): 327-339.
- [ 3 ] Owen T W, Carlson T N, Gillies R R. An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(9): 1663-1681.
- [ 4 ] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, Melillo J M. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 1997, 277(5325): 494-499.
- [ 5 ] Wilson J S, Clay M, Martin E, Stuckey D, Vedder-Risch K. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86(3): 303-321.
- [ 6 ] Lo C P, Quattrochi D A, Luvall J C. Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, 18(2): 287-304.
- [ 7 ] Carlson T N, Gillies R R, Perry E M. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sensing Reviews*, 1994, 9(1/2): 161-173.
- [ 8 ] Yue W Z, Xu J H, Xu L H. An analysis on eco-environmental effect of urban land use based on remote sensing images: a case study of urban thermal environment and Ndvi. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1450-1460.
- [ 9 ] Huang J Y, Akari H, Taha H, Roenfeld A H. The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 1987, 26(9): 1103-1116.
- [ 10 ] Weng Q H, Rajasekar U, Hu X F. Modeling urban heat islands and their relationship with impervious surface and vegetation abundance by using ASTER images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2011, 49(10): 4080-4089.
- [ 11 ] Weng Q H, Liu H, Liang B Q, Lü D S. The spatial variations of urban land surface temperatures: pertinent factors, zoning effect, and seasonal variability. *IEEE Journal of Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2008, 1(2): 154-166.
- [ 12 ] Xu L H, Yue W Z. A study on thermal environment effect of urban park landscape. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1702-1710.
- [ 13 ] Zhou S Z, Su J. *Urban Climatology*. Beijing: China Meteorological Press, 1994: 244-345.
- [ 14 ] Ding S Y, Cao X X. Landscape pattern dynamics of water body in Kaifeng City since the end of the Qing Dynasty (AD1898—2002). *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6): 956-963.
- [ 15 ] Landsat Project Science Office. Landsat 7 science data user's handbook. Goddard Space Flight Center, 2002, www address: [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/cpf/prog\\_sect9\\_2.html](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/cpf/prog_sect9_2.html).
- [ 16 ] Weng Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2003, 69(5): 555-566.
- [ 17 ] 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.
- [ 18 ] 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.
- [ 19 ] 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.
- [ 20 ] Wu J G. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2000: 104-105.

## 参考文献:

- [ 8 ] 岳文泽, 徐建华, 徐丽华. 基于遥感影像的城市土地利用生态环境效应研究——以城市热环境和植被指数为例. *生态学报*, 2006, 26(5): 1450-1460.
- [ 12 ] 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 ] 周淑贞, 束炯. *城市气候学*. 北京: 气象出版社, 1994: 244-345.
- [ 14 ] 丁圣彦, 曹新向. 清末以来开封市水域景观格局变化. *地理学报*, 2004, 59(6): 956-963.
- [ 18 ] 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.
- [ 20 ] 邬建国. *景观生态学-格局、过程、尺度与等级*. 北京: 高等教育出版社, 2000, 12: 104-105.



# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 6 March, 2013 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Review and Monograph

- Forest health studies based on remote sensing: a review ..... GAO Guanglei, XIN Zhongbao, DING Guodong, et al (1675)
- Progress of agent-based agricultural land change modeling: a review ..... YU Qiangyi, WU Wenbin, YANG Peng, et al (1690)

### Autecology & Fundamentals

- Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea ..... WANG Bin, QIN Yubo, DONG Jing, et al (1701)
- Full length cDNA cloning and tissue expression of prophenoloxidase from *Oratosquilla oratoria* ..... LIU Haiying, LIU Lianwei, JIANG Yusheng, et al (1713)
- Morphometrics investigation of the skulls, mandibles and molar in *Tupaia belangeri* from Yunnan, Guizhou, Guangxi ..... ZHU Wanlong, JIA Ting, HUANG Chunmei, et al (1721)
- Effects of litter thickness on leaf litter decomposition and enzyme activity of three trees in the subtropical forests ..... JI Xiaoyan, JIANG Hong, HONG Jianghua, et al (1731)
- The photosynthetic carbon fixation characteristics of common tree species in northern Zhejiang ..... ZHANG Jiao, SHI Yongjun, ZHU Yueqing, et al (1740)
- Diurnal changes in the photosynthetic characteristics of two high yield and high quality grasses during different stages of growth and their response to changes in light intensity ..... GUO Chunyan, LI Jinchuan, YUE Jianying, et al (1751)
- Evaluation technology on drought disaster to yields of winter wheat based on WOFOST crop growth model ..... ZHANG Jianping, ZHAO Yanxia, WANG Chunyi, et al (1762)
- Genetic diversity of *Conocephalus maculatus* of different geographic populations based on mitochondrial DNA control region analysis ..... ZHOU Zhijun, SHANG Na, LIU Jing, et al (1770)
- Relationships among female body size, clutch size, and egg size in captive *Deinagkistrodon acutus* ..... HU Minghang, TAN Qunying, YANG Daode (1778)
- The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male ..... ZHENG Sining, HUANG Juchang, YE Guanglu, et al (1784)
- Allelopathic effects of artemisinin on ectomycorrhizal fungi ..... LI Qian, YUAN Ling, WANG Mingxia, et al (1791)

### Population, Community and Ecosystem

- Establishment of integrated methodology for bay ecosystem health assessment and its application in Daya Bay ..... LI Chunhou, LIN Lin, XU Shannan, et al (1798)
- The influence of upwelling and water mass on the ecological group distribution of zooplankton in Zhejiang coastal waters ..... SUN Lufeng, KE Chang, XU Zhaoli, et al (1811)
- Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia ..... PENG Yu, GAO Ying, FENG Jinzhao, et al (1822)
- The great rainfall effect on soil respiration of *Pinus tabulaeformis* plantation in Taiyue Mountain ..... JIN Guanyi, ZHAO Xiuhai, KANG Fengfeng, et al (1832)
- The litter-fall characteristics and their response to drought stress in the Masson pins forests damaged by acid rain at Chongqing, China ..... WANG Yihao, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1842)

### Landscape, Regional and Global Ecology

- Thermal environment effect of urban water landscape ..... YUE Wenze, XU Lihua (1852)
- Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus* ..... ZHAO Xiaoqing, HE Chunlan (1860)
- Ecological balance between supply and demand in Chongqing City based on cultivated land ecological footprint method ..... SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1872)
- Effect of elevated CO<sub>2</sub> on methanotrophs in the rhizosphere of rice plant ..... YAN Chen, XU Jing, ZHONG Wenhui, et al (1881)

## Resource and Industrial Ecology

- The seawater environment quality evaluation research base on variable fuzzy pattern recognition model ..... KE Lina, WANG Quanming, SUN Xinguo, et al (1889)
- An *in situ* study on biodeposition of ascidian (*Styela plicata*) in a subtropical aquaculture bay, southern China ..... YAN Jiaguo, QI Zhanhui, TIAN Ziyang, et al (1900)
- Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau ..... ZHANG Lina, LI Jun, FAN Peng, et al (1907)
- Soil respiration and its responses to soil moisture and temperature under different tillage systems in dryland maize fields ..... ZHANG Dingchen, CAI Dianxiong, DAI Kuai, et al (1916)
- Photosynthetic characteristics of soybean and salvia in an agroforestry system in the Hilly Region, Shangluo, China ..... PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (1926)
- Regulation of exogenous brassinosteroid on growth and photosynthesis of *Helianthus tuberosus* seedlings and cadmium biological enrichment under cadmium stress ..... GAO Huiling, LIU Jinlong, ZHENG Qingsong, et al (1935)
- Calibration coefficients of Granier original formula based on sap flow of *Platycladus orientalis* ..... LIU Qingxin, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (1944)

## Research Notes

- An evaluation index system classifying the conservation value of wetland nature reserves based on AHP ..... SUN Rui, CUI Guofa, LEI Ting, et al (1952)
- Root biomass and its distribution of *Azadirachta indica* and *Acacia auriculiformis* plantations in the Dry-hot Valley ..... GAO Chengjie, TANG Guoyong, LI Kun, et al (1964)
- Physiological response of *Vitex trifolia* to sand burial in the sand coast ... ZHOU Ruilian, WANG Jin, YANG Shuqin, et al (1973)
- Soil fertility under different forest types in the Helan and Liupan Mountain ranges of Ningxia Province ..... JIANG Lin, GENG Zengchao, ZHANG Wen, et al (1982)

## Opinions

- Dynamic of litterfall in ten typical community types of Xiaoxing'an Mountain, China ..... HOU Lingling, MAO Zijun, SUN Tao, et al (1994)

# 《生态学报》2013 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,探索自然奥秘,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,300 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 33 卷 第 6 期 (2013 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 6 (March, 2013)

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	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
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



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