

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

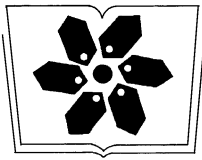
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学会
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 31 卷 第 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性·····	王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征·····	冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析·····	薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护·····	刘吉平,吕宪国 (5894)
江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 ·····	王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 ·····	林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划·····	李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素·····	周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式·····	韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子·····	李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响·····	蓝文陆 (5970)
万仙山油松径向生长与气候因子的关系 ·····	彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 ·····	高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性·····	王亚婷,范连连 (5992)
遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响·····	刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响·····	韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应·····	王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 ·····	吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性·····	蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化·····	赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性·····	杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较·····	张继义,赵哈林 (6060)
滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应·····	单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联·····	赵成章,任 珩 (6080)
延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 ·····	龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 ·····	王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 ·····	杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响·····	张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
锌对两个品种茄子果实品质的效应·····	王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
Cd ²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 ·····	钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 ·····	薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd^{2+} 的生物吸附特性	李维焕,孟 凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林 慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘 超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何 超,孟泉科,花 蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪 洋,王 刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程 琳,李 锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵 丹,李 锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张 勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙 军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文 娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白 杨,黄宇驰,王 敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

贾宝全, 邱尔发, 蔡春菊. 唐山市域 1993—2009 年热场变化. 生态学报, 2011, 31(20): 6215-6223.

Jia B Q, Qiu E F, Cai C J. The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6215-6223.

唐山市域 1993—2009 年热场变化

贾宝全^{1,*}, 邱尔发¹, 蔡春菊²

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 国家林业局城市林业研究中心, 北京 100091;

2. 国际竹藤网络中心 国家林业局竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102)

摘要:唐山市是河北省经济和城市化发展很快的区域, 为了给唐山市生态市规划提供生态建设空间布局依据, 利用 1993 年 8 月 18 日和 2009 年 8 月 30 日的 TM 卫星影像, 对其市域的热场变化情况进行了研究。结果表明, 唐山市域热场都呈现出东部和中部热场较强、其余区域相对较弱的空间特征。强热岛主要集中在南部的低平原湿地生态系统保护亚区和曹妃甸循环经济与生态港城建设亚区, 以及中部的平原生态城镇建设亚区。从相对亮温来看, 在 1993 年到 2009 年, 唐山市的绿岛面积和强热岛面积增加的数量最大, 分别达到了 38326.05hm² 和 25497.81hm², 极强热岛的面积 2009 年是 1993 年相应面积的 3.88 倍。最稳定的热力景观斑块类型为绿岛斑块, 其保持不变的面积达到了 77.6%; 而最不稳定的景观斑块类型为极强热岛, 其发生变化的面积比例达到了 97.05%; 其他类型的稳定性相对较小, 均低于 50%。文章还从植被、土地利用、城市建设和工业发展等方面, 分析了唐山市热场变化的原因。

关键词:热岛效应; 相对亮温; 原因分析; 唐山市

The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009

JIA Baoquan^{1,*}, QIU Erfa¹, CAI Chunju²

1 Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration; Research Centre of Urban Forestry, State Forestry Administration, Beijing 100091, China

2 International Center for Bamboo and Rattan, Key Laboratory of Science and Technology of Bamboo and Rattan, State Forestry Administration, Beijing 100102, China

Abstract: The urban heat island (UHI) phenomenon is not only a common environmental problem in urban landscapes which affects both climatic and ecological processes, but also one of hot climatic research topics in urban area. Tangshan city, located in the northern-east of Hebei province, has been undergoing faster economic growth and urbanization compared with other cities in the region. To combat UHI for the city and provide soundable eco-city development planning, we retrieved the brightness temperature and relative brightness temperature from Landsat TM thermal-infrared datasets over the city obtained on August 18, 1993 and August 30, 2009, respectively. The spatial and dynamics of heat field over the administrative region of the city and sub-regions were analyzed in this paper. The result showed that the surface heat temperature was higher in the eastern and central part of Tangshan than that in other parts of the city. The most prominent heat island was mainly observed in the Coastal Low-plain Wetland Conservation Sub-region, Caofeidian Recycling Economy and New Urban Development Sub-region, and Middle Urban and Village Construction Sub-region. The area of green island and severe heat island, in terms of relative brightness temperature, has been increased very fast, reaching 38326.05ha and 25497.81ha respectively from 1993 to 2009. In addition, the area of very severe heat island was 3.88 times larger in 2009 than that in 1993. The green open space, one of the most stable thermo patches, has been unchanged by a percent of 77.6% from 1993 to 2009. However, the area of very serve heat island unchanged was only 2.95% while the areas of other

基金项目: 国家科技部“十二五”科技支撑项目(2011BAD38B03)

收稿日期: 2011-06-16; 修订日期: 2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiabaoquan2006@163.com

relative heat temperature classes unchanged under 50%. We also found that the green island patches interpreted from TM image in 2009 were contributed by 73.81% from green islands and 23.11% from slight heat islands. The slight heat island was contributed by 33.72% from green island and 16.11% from moderate heat island. The moderate heat island was contributed by 18.25% from green islands and 39.33% from slight heat islands. For severe heat island, there was only 12.5% of the area in 2009 is from the same type. As for very severe heat island, almost 99% of area in 2009 was newly produced by 39.4% from green island and 36.35% from slight heat island. We finally discussed the reasons of the surface heat temperature from NDVI, land use/land cover changes, urban built-in structures, agriculture development, and industry booming.

Key Words: urban heat island; relative brightness temperature; dynamics change; Tangshan

城市化进程的加快是目前全球性变化趋势之一^[1],随着城市规模的不断扩大和城市人口的急速增加,城市化正在快速地将自然的乡村植被群落转变为人造的城市工程设施,这一人为改变在中小尺度水平上对城市气候产生了重要影响^[2],日益加剧的城市热岛效应即是这种变化的最显著特点之一^[3-4]。城市热岛效应是城市景观中既影响气候又影响生态过程的城市环境问题^[5],也是目前被研究最多的气候现象之一^[6]。我国是目前世界上城市化进程最快的地区之一^[7-8],随着城市化进程的加快,城市热岛问题正变得愈发突出,尤其在夏季,已经严重影响到了城市居民的生活与健康^[9-10]。因此,揭示城市化过程中城市热场的变化及其原因,对于制定科学的城市发展规划、布局重大的生态工程建设项目,进而实现城市经济效益与生态环境效益的协调发展,都具有重要的理论和现实意义^[11-13]。

唐山地处河北省东北,既是联接华北、东北两大地区的咽喉要地和极其重要的走廊,也是东北亚重要的国际航运中心、国际物流中心、环渤海新型工业化基地、京津冀都市圈的核心城市。其 GDP 总量与矿产资源开发对河北省乃至整个环渤海湾地区的经济与生态格局构建都至关重要。2010 年 GDP 在全国排名第 19 位,随着经济社会与城市建设的迅猛发展,一方面给其社会经济带来了难得的发展机遇,同时因为城市和矿山生态问题的不断发展,也给唐山市的生态环境建设提出了新的挑战。为此本文利用遥感卫星影像和 GIS 手段,从热场方面对其环境的宏观变化情况做一分析,以为未来的唐山生态市建设的空间布局和建设重点提供一些支撑依据。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 唐山市概况

唐山市地处环渤海湾中心地带,南临渤海,北依燕山,东与秦皇岛市接壤,西与北京、天津毗邻。市域国土面积 17168.65km²,其中陆域面积 13472km²,海域面积 3696.65km²。全市主要由低山丘陵、山间河流河谷、山间盆地、山麓台地、山前平原和低平原等 6 类地貌构成。气候属于暖温带半湿润大陆性季风气候,年均温 10.6℃,年均降水量 672.4mm。

唐山市现辖 6 区 2 市 6 县和 6 个开发区,其中市区面积 3874km²,全市城市建成区(含县城)面积约 420km²,其中中心城市建成区面积 200km²。2010 年年末,全市户籍总人口 757.73×10⁴人(其中农业人口 367.56×10⁴人),市区 390×10⁴人;2010 年全市完成地区生产总值 4300×10⁸元,城镇居民人均可支配收入和农民人均纯收入分别达到了 19515 元和 8310 元。

1.2 研究方法

1.2.1 研究材料

本次研究中选择了 1993 年 8 月 18 日和 2009 年 8 月 30 日的 TM 卫星影像,主要利用其第 6 波段数据来反演唐山市的亮温,然后通过相对亮温来定量刻划和研究唐山市的热场变化情况。同时,为了探讨热场影响的土地利用因素,还利用了中国科学院遥感应用研究所提供的 1995 和 2008 年的 1:10 万土地利用/土地覆盖数据。

40.31℃,相差不大,但其最低温则增加了 20.08℃;另外高强度热场的范围也在遵化、玉田、迁安等县市和唐山市中心城区一带有所扩大。

而从图 2 可以看出,就现状而言,目前唐山市主要的热场类型以中等热岛和强热岛为主,居民点和工矿用地区域主要以弱热岛和中等热岛类型为主。全市域范围内主要的热岛区域集中在唐山市区、县城和市域的东南角,以及迁西县与迁安县交界区域,这些区域集中了全市绝大部分的强热岛和极强热岛。另外从图 2 还可以看出,全市域的极强热岛虽有,但面积不大,除东南部面积较大、连片分布外,其余的主要呈星点状分布。此外,除玉田、遵化和迁西三县县城外,其余县市的县城均有较大面积的强热岛分布。值得注意的是,在唐山市、滦县城、滦南县城和唐海县城所构成四边形区域内,呈现出大面积的小型分散的强热岛和中等热岛中心。从 1993 年和 2009 年的空间变化来看,其呈现出强热岛和极强热岛面积增大、空间集中外扩的特点。但在唐山市、滦县城、滦南县城和唐海县城所构成四边形区域内,热岛效应呈现出强度减小、空间破碎的变化特征。

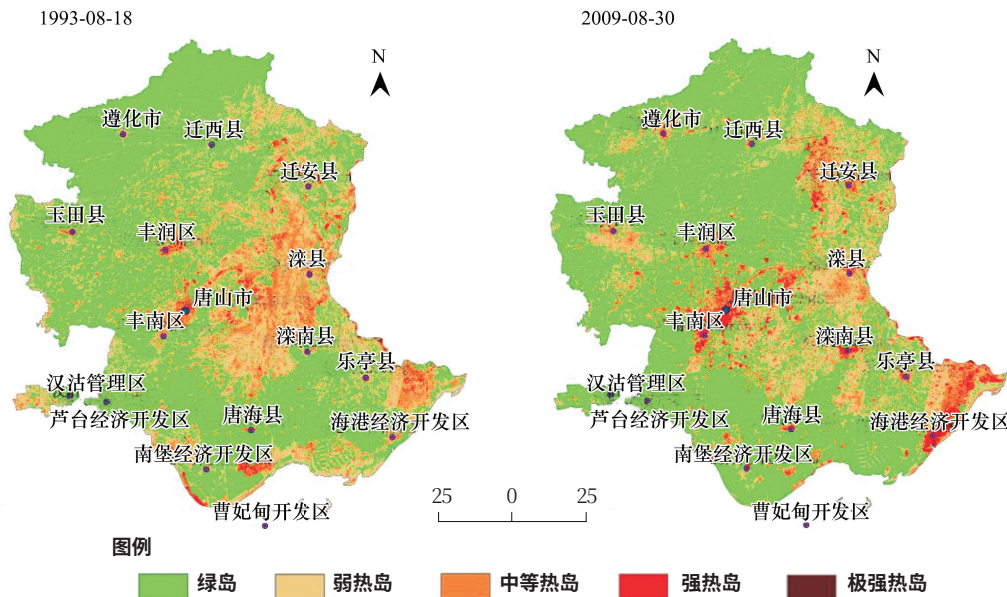


图 2 唐山市域相对亮温分级图

Fig. 2 The distribution of relative temperature in Tangshan in 1993 and 2009

以相对亮温为基础,对不同生态区域的亮温等级的面积也进行了统计汇总(表 1,表 2)。

从表 1 可以看出,就一级生态区而言,极强热岛主要集中在南部滨海低平原生态区;而强热岛主要集中在中部平原生态区和南部滨海低平原生态区,面积分别占到了相应生态区面积的 3.81% 和 5.22%;其余强度的热岛分布则相对均匀。从 2009 年的数据来看,南部滨海低平原生态区的极强、强热岛和绿岛面积均较中心城区(中部平原生态区)的大,而其他热岛等级面积则减少,说明南部滨海区的开发建设活动正在逐步展开。

表 1 一级生态区不同热岛强度所占比例

项目 Items	Table 1 The percentage of relative temperature in the first class eco-region					
	1 北部低山丘陵生态区 Northern low-mountain and hill eco-region		2 中部平原生态区 Middle plain eco-region		3 南部滨海低平原生态区 Southern coastal plain eco-region	
	1993	2009	1993	2009	1993	2009
绿岛 green island	63.63	66.87	47.69	48.76	57.97	64.69
弱热岛 Slight	29.21	25.61	35.38	34.67	29.39	18.76
中等热岛 moderate	6.57	6.09	15.02	12.71	10.79	11.01
强热岛 Severe	0.57	1.39	1.87	3.81	1.83	5.22
极强热岛 very severe	0.01	0.04	0.04	0.04	0.01	0.33

从表 2 的二级生态区来看,强热岛主要集中在南部的低平原湿地生态系统保护亚区和曹妃甸循环经济与生态港城建设亚区,以及中部的平原生态城镇建设亚区,面积分别占相应区域总面积的 0.29%、0.37% 和 0.13%,虽然面积不大,但因其强度高,因而对区域热环境的影响很大。就绿岛而言,除北部丘陵森林系统保护亚区、东部沙地改良综合治理亚区、西南部低平原水土综合治理亚区和曹妃甸循环经济与生态港城建设亚区呈现 8%—10% 左右的增加外,其余区域均呈现出减小的趋势,最大降幅达到了 11.76% (西部山麓平原集约型农业亚区),最小的仅为 1.24% (中部平原生态城镇建设亚区)。就强热岛而言,从 1993—2009 年,都呈现出增加的变化趋势。

表 2 二级生态区不同热岛强度所占比例

Table 2 The percentage of relative temperature in the second class eco-region

二级生态区*	绿岛 green island		弱热岛 Slight		中等热岛 Moderate		强热岛 Severe		极强热岛 Very severe	
	1993	2009	1993	2009	1993	2009	1993	2009	1993	2009
11	81.55	72.91	16.57	23.06	1.85	3.66	0.03	0.36	0.00	0.01
12	53.20	63.34	36.57	27.10	9.32	7.51	0.89	1.99	0.02	0.06
21	70.16	58.40	25.70	33.93	3.96	7.01	0.18	0.65	0.00	0.00
22	44.42	43.18	33.89	29.95	18.35	17.69	3.31	9.05	0.03	0.13
23	20.96	30.04	47.85	51.49	28.31	15.50	2.87	2.97	0.01	0.01
24	68.39	76.77	26.36	16.27	5.02	5.71	0.23	1.22	0.00	0.03
25	50.48	40.71	38.02	41.89	9.83	14.67	1.46	2.72	0.21	0.01
31	66.56	61.98	22.40	18.65	9.88	13.28	1.15	5.80	0.00	0.29
32	46.72	68.38	38.48	18.88	12.02	7.91	2.77	4.45	0.01	0.37

* 11 北部长城沿线水源涵养亚区 northern riverhead conservation sub-region; 12 北部丘陵森林系统保护亚区 northern hill forestry conservation sub-region; 21 西部山麓平原集约型农业亚区 western piedmont agriculture sub-region; 22 中部平原生态城镇建设亚区 middle urban and village construction sub-region; 23 东部沙地改良综合治理亚区 eastern sand land improved sub-region; 24 西南部低平原水土综合治理亚区 west-southern water and soil control sub-region; 25 东南部冲积平原设施农业亚区 east-southern equipment agriculture equip; 31 低平原湿地生态系统保护亚区 coastal low-plain wetland conservation sub-region; 32 曹妃甸循环经济与生态港城建设亚区 Caofeidian recycling economy and new urban construction sub-region

2.2 唐山市热场的时间变化特征

2.2.1 相对亮温变化

根据 1993 年和 2009 年唐山市相对亮温 GIS 图件所做的统计结果见表 3。从该表可以看出,在 1993 年和 2009 年之间,唐山市的绿岛面积和强热岛面积增加的数量很大,分别达到了 38326.05hm² 和 25497.81hm²,极强热岛的面积也有所增加,2009 年的面积是 1993 年相应面积的 3.88 倍,达到了上千公顷。绿岛面积的增加对于改善区域热场环境具有极其积极的意义,对于生态市建设而言,其最理想的区域热场格局应该是绿岛越来越多、面积越来越大,而相应的热岛,无论强弱都应该是面积越来越少、规模越来越小。很显然,目前的全市热场虽然弱热岛与中等热岛面积有所减少,但强热岛与极强热岛的增加,因其强度高、危害大,在一定程度上会抵消绿岛增加以及弱热岛和中等热岛减少所带来的正向格局环境效应。

表 3 唐山市相对亮温分级统计/hm²

Table 3 The area statistics of the relative brightness temperature

热岛等级 Classes of urban heat island	1993	2009	面积变化 Area changes
绿岛 Green island	747543	785869	38326.05
弱热岛 Slight	442275.4	394907.9	-47367.5
中等热岛 Moderate	159063	141630.3	-17432.7
强热岛 Severe	20168.64	45666.45	25497.81
极强热岛 Very severe	338.49	1314.81	976.32

2.2.2 唐山市 1993—2009 年景观动态的转移概率矩阵分析

根据 1993 年和 2009 年唐山市相对亮温数据所做的 1993—2009 年转移概率矩阵见表 4。

表 4 唐山市域 1993—2009 年相对亮温等级转移概率矩阵

Table 4 The transition probabilities matrix of the relative brightness temperature from 1993 to 2009

热岛等级	绿岛 Green island	弱热岛 Slight	中等热岛 Moderate	强热岛 Severe	极强热岛 Very severe
绿岛 Green island	77.60	17.82	3.46	1.06	0.07
弱热岛 Slight	41.06	43.16	12.59	3.08	0.11
中等热岛 Moderate	13.70	41.25	33.43	11.47	0.14
强热岛 Severe	11.87	25.61	33.81	28.30	0.41
极强热岛 Very severe	6.86	20.37	24.75	45.07	2.95

从表 4 的结果来看,最稳定的热力景观斑块类型为绿岛斑块,1993—2009 年,其保持不变的面积达到了 77.6%;而最不稳定的景观类型为极强热岛,其发生变化的面积比例达到了 97.05%;其他类型的稳定性相对较小,均低于 50%。从其发展演化的主要方向来看,绿岛、弱热岛和中等热岛之间转换面积最大,其中 1993 年的绿岛面积中有 17.8% 转化为了弱热岛,而弱热岛中有高达 41.06% 的部分转化为了绿岛,与此同时,中等热岛中则分别有 41.25% 和 13.7% 的面积转化为了弱热岛与绿岛。强热岛的转化主要发生在弱热岛和中等热岛之间,转化面积分别达到了 25.61% 和 33.81%。极强热岛转化的主要方向为强热岛,转移概率达到了 45.07%,是所有转换中转移概率最大的。从不同热岛类型均有转化为绿岛与其他类型的热岛的情况来看,至少说明了两个事实:首先,热岛是可以改变的;其次,从极强热岛本身稳定性最差以及其他类型极少转化为极强热岛的情况看,热岛一方面有极大的不稳定性,另一方面也再次说明了热岛控制的困难性。

2.2.3 唐山市 2009 年热力景观斑块来源分析

为了探讨 2009 年不同类型热力景观斑块的来源情况,利用 GIS 手段做了逆向的转移概率矩阵分析,结果见表 5。

表 5 唐山市域 2009 年相对亮温来源的转移概率矩阵

Table 5 The patches source analyses of the relative brightness temperature in 2009

热岛等级	绿岛 Green island	弱热岛 Slight	中等热岛 Moderate	强热岛 Severe	极强热岛 Very severe
绿岛 Green island	73.81	23.11	2.77	0.30	0.00
弱热岛 Slight	33.72	48.34	16.61	1.31	0.02
中等热岛 Moderate	18.25	39.33	37.55	4.81	0.06
强热岛 Severe	17.39	29.82	39.95	12.50	0.33
极强热岛 Very severe	39.40	36.35	17.23	6.26	0.76

从表 5 可以看出,2009 年绿岛的主要来源为 1993 年的绿岛和弱热岛,其百分比分别达 73.81% 和 23.11%;弱热岛主要来源于绿岛和中等热岛,比例分别为 33.72% 和 16.61%;中等热岛主要来自绿岛和弱热岛,分别达 18.25% 和 39.33%;强热岛只有 12.5% 来自于 1993 年的强热岛,其余部分均来自于除极强热岛之外的其他类型,其中中等热岛面积比例最大,达到了 39.95%;对于极强热岛而言,其 99% 来自于其他类型,换言之,2009 年的极强热岛几乎全部是新产生的,其中最大的两个来源为绿岛和弱热岛,分别为 39.4% 和 36.35%,另分别有 17.23% 和 6.26% 来自于中等热岛和强热岛。

2.3 唐山市热场变化的影响因素分析

2.3.1 热场与植被指数的关系

热场与植被的关系非常密切^[16]。通过 GIS 的叠加分析功能得到的各相对亮温等级内 NDVI 平均状况见图 3。从图 3 可以看出各相对亮温等级内,无论是 1993 年还是 2009 年,按照由弱到强的次序,其 NDVI 值均

呈现与热岛等级的负相关关系。同时还可以看出,在不同的相对亮温等级内,其 NDVI 的平均值 2009 年与 1993 年相比,均有较大幅度的提高,其中以弱热岛和极强热岛区域内的增加幅度最大,分别较 1993 年增加了 0.2013 和 0.1176。

2.3.2 热场与地表覆盖的关系

研究表明,城市热场变化与城市区域的土地利用/土地覆盖变化有密切关系^[17-18]。根据遥感所 1995 年和 2008 年土地利用图件,一级地类共有水域、未利用土地、草地、耕地、林地和建设用地等六类。利用 GIS 统计的 1993 年和 2009 年各种地类内部不同相对亮温等级的面积比例见表 6 和表 7。

从表 6 和表 7 可以看出,不同土地利用类型内各相对亮温等级所占比例相差很大,但 1993 年和 2009 年所反映的基本特征则是非常一致的。以 2009 年为例,建设用地和未利用土地基本上处于相对亮温等级最高的 3 个等级中,而水域、草地、林地和耕地其绿岛面积均占到了相应类别面积的 60% 以上,林地更是高达 85.74%;同时这四个地类也同时拥有了较大面积的弱热岛区域。在 1993 年和 2009 年,水域所占有的极强热岛面积比例均大于建设用地的面积比例,表面上看这与城市热岛主要是城市建筑物所致的普遍认识有些矛盾,其实不然。这里的水域属于一级分类系统,通过对两期土地利用图和热岛分布图的叠加后发现,目前强热岛所占据的土地利用类型主要有如下几类:城市建设用地、工矿建设用地、水库坑塘、沼泽地等类型。由于水库坑塘与沼泽地受季节性来水的影响大,有水时即为水面占据,而水位下降时出露部分则与裸土无异,因此,上述差异应该是土地类型划分的原因所致。

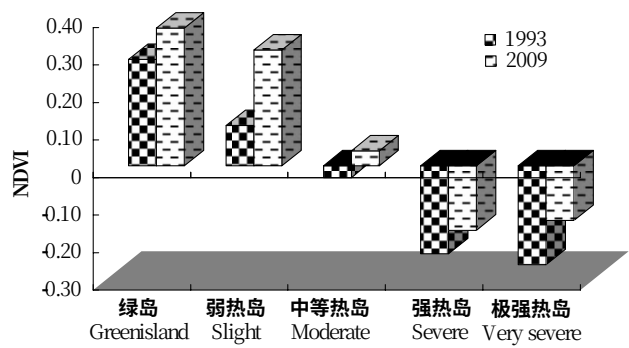


图 3 唐山市域各相对亮温等级区内 NDVI 平均值

Fig. 3 The mean NDVI value in different relative brightness temperature classes

表 6 1993 年各类土地利用类型内各相对亮温等级所占比例

Table 6 The percentage of different relative brightness temperature classes in different land use type in 1993

	水域 Water	未利用土地/% Unused land	草地/% Grassland	耕地/% Farmland	林地/% Forestry land	建设用地/% Built-up land
绿岛 Green island	56.09	56.51	34.44	61.67	66.10	24.63
弱热岛 Slight	34.86	26.23	50.71	29.10	27.36	42.32
中等热岛 Moderate	6.53	14.76	13.92	8.51	6.12	28.19
强热岛 Severe	2.17	2.48	0.91	0.72	0.42	4.83
极强热岛 Very severe	0.35	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03

表 7 2009 年各类土地利用类型内各相对亮温等级所占比例

Table 7 The percentage of different relative brightness temperature classes in different land use type in 2009

	水域 water	未利用土地/% Unused land	草地/% grassland	耕地/% Farmland	林地/% Forestry land	建设用地/% Built-up land
绿岛 Green island	63.38	49.77	62.15	61.47	85.74	26.30
弱热岛 Slight	22.58	12.60	34.89	31.08	12.41	31.92
中等热岛 Moderate	9.07	10.05	2.81	6.34	1.19	29.75
强热岛 Severe	4.61	23.65	0.15	1.09	0.62	11.78
极强热岛 very severe	0.36	3.92	0.00	0.02	0.04	0.26

2.3.3 唐山市热场与城市建设和工业发展的关系

众所周知,区域热场,尤其是城市热岛的发展与城市化进程的变化息息相关^[19],于淑秋等人的研究结果表明,城市化指数的变化与城市热岛强度的变化非常相似,二者具有良好的线性关系。而城市化指数则采用

了城市人口、基本建设投资总额、城市基础设施投资总额、房屋竣工面积和住房竣工面积等指数来表述^[20],唐山市的相关数据见图4。

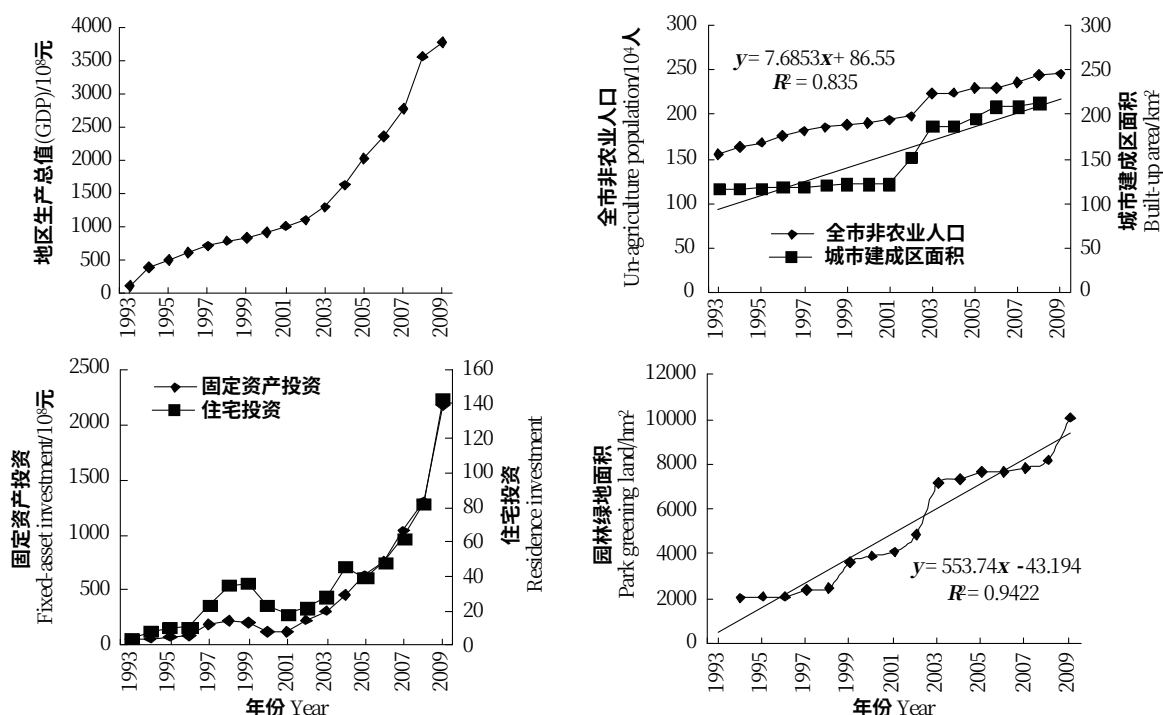


图4 唐山市相关的统计数据变化曲线

Fig. 4 Some statistics data related to the surface temperature changes

从图4可以看出,唐山市经济实力的变化在2001年之后是最为突出的。2001年之前地区生产总值的增长比较平缓,2001年之后出现了急速的增加趋势,1995年时为116.4亿元,2001年时只有1006.46亿元,到2009年达到了3781.44亿元。随着经济实力的增强,固定资产投资与住宅投资也出现了明显的变化,其变化分段与地区生产总值相似,也以2001年为转变的时间点,不同的是在2001年之前其变化趋势有高有低,呈现非平稳性变化。城市建成区面积变化同样以2001年为分水岭。而人口变化与城市园林绿地的变化虽然在时间点上与上述几个参数的变化有所不同,但2001年以后的变化均呈现明显加速的趋势。结合前面的城市区域强热岛和极强热岛的增加区域均以城市区域最为明显的状况来看,这一方面说明,随着唐山经济实力的急速增加,其与城市的固定资产投资和住宅投资的增加正向相关最为密切,从而导致了城市规模的急速扩大,进而对城市地区的热岛效应起到了很强的促进作用;而另一方面,虽然城市内部的以园林绿地为主要标志的绿化建设力度也在不断加大,其增加的速率超过了城市建成区增加的速率区,但其对城市热岛的抑制作用依然十分有限。因此,今后城市区域的热岛效应减缓措施,除了大力植树造林、加强城市森林建设外,更应该从其他方面,例如城市空间结构优化、产业结构调整、低碳经济、循环经济等方面来做工作,才有可能真正减缓城市热岛效应。

3 结论

3.1 唐山市域热场呈现出东部和中部热场较强、其余区域相对较弱的空间特征。强热岛主要集中在南部的低平原湿地生态系统保护亚区和曹妃甸循环经济与生态港城建设亚区,以及中部的平原生态城镇建设亚区。

3.2 从相对亮温来看,在1993年到2009年,唐山市的绿岛面积和强热岛面积增加的数量很大,分别达到了38326.05hm²和25497.81hm²,极强热岛的面积2009年是1993年相应面积的3.88倍。

3.3 从热力景观斑块的稳定性来看,最稳定的热力景观斑块类型为绿岛斑块,其保持不变的面积达到了77.6%;而最不稳定的景观类型为极强热岛,其发生变化的面积比例达到了97.05%;其他类型的稳定性相对

较小,均低于 50%。

3.4 从 2009 年热力景观斑块的来源看,2009 年的绿岛主要来源于 1993 年的绿岛和弱热岛,其百分比分别达 73.81% 和 23.11%;弱热岛主要来源于绿岛和中等热岛,比例分别为 33.72% 和 16.61%;中等热岛主要来自绿岛和弱热岛,分别达 18.25% 和 39.33%,强热岛有 87.5% 来自除自身之外的其他类型,其中中等热岛面积比例最大,达到了 39.95%。对于极强热岛而言,其 99% 来自于其他类型,其中最大的两个来源为绿岛和弱热岛,分别为 39.4% 和 36.35%,另分别有 17.23% 和 6.26% 来自于中等热岛和强热岛。

References:

- [1] United Nations. World Urbanization Prospects; The 2009 Revision. New York, 2010.
- [2] Golden J S. The built environment induced urban heat island effect in rapidly urbanizing arid regions — a sustainable urban engineering complexity. *Environmental Sciences*, 2004, 1(4): 321-349.
- [3] Streutker D R. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, 23(13): 2595-2608.
- [4] Qiu X F, Gu L H, Zeng Y, Jiang A J, He Y J. Study on urban heat island effect of Nanjing. *Climatic and Environmental Research*, 2008, 13(6): 807-814.
- [5] Buyantuyev A, Wu J G. Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *Landscape Ecology*, 2010, 25(1): 17-33.
- [6] Saaroni H, Ben-Dor E, Bitan A, Potchter O. Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island in Tel-Aviv, Israel. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 48(1/2): 1-18.
- [7] Li Y M, Zhang J H, Gu R Z. Research on the relationship between urban greening and the effect of urban heat island. *Chinese Landscape Architecture*, 2004, 20(1): 72-75.
- [8] Peng S L, Ye Y H. The influence of urban heat island on urban planning. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2007, 46(5): 59-63.
- [9] Adinna E N, Christian E I, Okolie A T. Assessment of urban heat island and possible adaptations in Enugu urban using landsat-ETM. *Journal of Geography and Regional Planning*, 2009, 2(2): 30-36.
- [10] Li J W. The Review and prospect of Urbanization in China. *China Urban Economy*, 2010, (9): 8-15.
- [11] Zhang C. Urbanization in China: retrospect, problems and prospects. *Journal of Chongqing Technology and Business University: West Forum*, 2010, 20(4): 73-80.
- [12] Xiao R B, Ouyan Z Y, Li W F, Zhang Z M, Gregory T 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.
- [13] Qian Y J, Li S Z, Wang Q, Yang K, Yang G J, Lu S, Zhou X N. Advances on impact of climate change on human health. *Advances in Climate Change Research*, 2010, 6(4): 241-247.
- [14] Chen Y H, Li J, Li X B. The Heat Environment Analyses in the Urban Space. Beijing: Science Press, 2004: 18-21.
- [15] Jia H F, Liu X H. The Principles and Application of Environmental Remote Sensing. Beijing: Tsinghua Press, 2006: 163-166.
- [16] Weng Q H, Lu D S, Schubring J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 89(4): 467-483.
- [17] Kalnay E, Cai M. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 2003, 423(29): 528-531.
- [18] Zhang Z M, He G J, Xiao R B, Wang W, Ouyang Z Y. Study of urban heat island of Beijing City based on RS and GIS. *Journal of earth Sciences and Environment*, 2007, 29(1): 107-110.
- [19] Ji C P, Liu W D, Xuan C Y. Impact of urban growth on the heat island in Beijing. *Chinese Journal of Geophysics*, 2006, 49(1): 69-77.
- [20] Yu S Q, Bian L G, Lin X C. The scale change of the urban heat island and the urban development in Beijing. *Science in China Series D (Earth Sciences)*, 2005, 35(Supplement 1): 97-106.

参考文献:

- [4] 邱新法, 顾丽华, 曾燕, 姜爱军, 何永健. 南京城市热岛效应研究. *气候与环境研究*, 2008, 13(6): 807-814.
- [7] 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. *中国园林*, 2004, 20(1): 72-75.
- [8] 彭少麟, 叶有华. 城市热岛效应对城市规划的影响. *中山大学学报: 自然科学版*, 2007, 46(5): 59-63.
- [10] 李京文. 中国城市化进程回顾与前瞻. *中国城市经济*, 2010, (9): 8-15.
- [11] 张超. 新中国城市化: 历程、问题与展望. *西部论坛*, 2010, 20(4): 73-80.
- [12] 肖荣波, 欧阳志云, 李伟峰, 张兆明, TARVER Jr Gregory, 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.
- [13] 钱颖骏, 李石柱, 王强, 杨坤, 杨国静, 吕山, 周晓农. 气候变化对人体健康影响的研究进展. *气候变化研究进展*, 2010, 6(4): 241-247.
- [14] 陈云浩, 李京, 李晓兵. 城市空间热环境遥感分析. 北京: 科学出版社, 2004: 18-21.
- [15] 贾海峰, 刘雪华. 环境遥感原理与应用. 北京: 清华大学出版社, 2006: 163-166.
- [18] 张兆明, 何国金, 肖荣波, 王威, 欧阳志云. 基于 RS 和 GIS 的北京市热岛研究. *地球科学与环境学报*, 2007, 29(1): 107-110.
- [19] 季崇萍, 刘伟东, 轩春怡. 北京城市化进程对城市热岛的影响研究. *地球物理学报*, 2006, 49(1): 107-110.
- [20] 于淑秋, 卞林根, 林学椿. 北京城市热岛“尺度”变化与城市发展. *中国科学 D 辑(地球科学)*, 2005, 35(增刊 1): 97-106.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 20 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port	WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer	FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (<i>Rhinopithecus bieti</i>) using landscape genetics	XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain	LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area ...	LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern	LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province	ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau	LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts	LAN Wenlu (5970)
Response of radial growth Chinese pine (<i>Pinus tabulaeformis</i>) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province	PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China	GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute	WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant <i>Thuja sutchuenensis</i>	LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
Effects of shading on growth and quality of triennial <i>Clematis manshurica</i> Rupr.	HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
Allelopathic effect of extracts from <i>Artemisia sacrorum</i> leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain	WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China	WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of <i>Stipa</i> L. in alpine grassland in northern Tibet in China	CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
Water consumption and annual variation of transpiration in mature <i>Acacia mangium</i> Plantation	ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> , to different light environments in the field	DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land: determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiye, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu: a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks: the case of Huaibei City	CHANG Hsiaofoei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent: a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model: a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 2011

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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 70.00 元