^{研究论文・}』 → ARTICLE 厦门港湾地区填海造地活动的热岛效应分析

李 禺^{1,2},朱晓东¹,李杨帆¹,孙 翔¹

(1.南京大学 环境学院, 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093; 2. 环境保护部 华南 环境科学研究所, 广东 广州 510655)

> 摘要:基于Landsat TM遥感影像第六波段对厦门市 1993 年和 2006 年填海区域的热环境进行了反演,通过 相对亮温指标T_R对城市热岛的空间分布进行了描述。对比 1993~2006 年填海区域城市热岛分布得出: 2006 年与 1993 年相比,填海区域温度平均升高了 0.55 个城市热岛等级,从填海前的绿岛转变为弱热岛;填海 前的水面、湿地对于城市热岛起到缓解作用,填海工程对城市热岛的形成起促进作用。

关键词:填海造地;城市热岛;遥感监测

中图分类号: P463.3 文献标识码: A

文章编号; 1000(3096)2009-01-0072-05

城市地表的改变能引起同期城市空气和地表 温度比郊区高,这种效应被称为城市热岛^[1]。城市 热岛形成的因素包括下垫面、人为热和温室气体排 放3方面。城市内部下垫面不透水面积大,可供蒸 发的水分较郊区少:大量人工构筑物改变了下垫面 的热属性,沥青、水泥混凝土等人工构筑物具有较 小的热容量和吸热快的特点,在相同的环境条件 下,比绿地或其他自然下垫面升温快,因此其表面 温度明显高于自然下垫面,形成了城市中以人工构 筑物为中心的高温区域^[2]。近年来,随着中国城市 化进程的加快,城市热岛现象日益明显,逐渐成为 人们关注的重要环境问题。季崇萍^[3]指出:北京城 市建成区的范围与城市热岛影响范围呈同步变化 趋势: 徐涵秋^[4]探讨了厦门市城市发展与城市热岛 之间的密切关系;郑艳^[5]对北京城市化与增温进行 了谐整分析,表明气温的升高与城市化的发展相一 致。已有的研究结果表明,城市化进程的加快直接导 致了城市热岛现象加剧^[6]。

填海造地已成为全球港湾地区城市化的重要 手段^[7,8]。面对高人口密度港湾地区日益严峻的"土 地赤字"问题,填海造地情况日趋普遍。由于水体 具有较高比热容,因此港湾地区的水体、湿地对于 城市的热环境具有重要调节作用。填海工程造成大 量水面消失,而代之以不透水的沥青、水泥混凝土 等人工构筑物,造成水体对温度的调节功能弱化及 地表长波辐射增强,同时填海后大量人为热排放也 将增加地表温度,影响城市热环境。彭本荣^[9]研究 了填海工程破坏生态系统对气候造成的影响,但目 前针对港湾地区填海造地对城市热岛影响的研究 还鲜见报道。

厦门位于福建省东南部,台湾海峡的西岸。 1955~1997年,厦门填海面积达到 90.13 km²,其中位 于城市中心的西海域填海面积达到 57.91 km²,使西 海域面积缩小一半以上。近年来随着厦门社会经济 的迅速发展,填海造地的情况更为普遍,厦门可作 为研究填海造地对城市热岛影响的理想区域。作者 在基于TM遥感影像反演 1993 年和 2006 年厦门市 填海区域相对亮温的基础上,对比研究了填海造地 对城市热岛的影响。

1 材料与方法

采用 1993-06-26 和 2006-09-15 两期厦门市全 市无云 Landsat TM 遥感图像,厦门市 1:50 000 地形 图。

城市热岛监测的信息源采用陆地卫星Landsat TM的第六波段(10.4~12.5 μm),图像近似正射,能

海洋科学/2009年/第33卷/第1期

收稿日期: 2007-09-24; 修回日期: 2008-08-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40576024);国家海洋局 908 专 项项目(908-02-04-08);南京大学人才引进培育基金资助项目(2007 年度) 作者简介:李禺(1983-),男,云南大理人,硕士,主要从事环境影响评 价与资源环境管理研究; E-mail: liyu@scies.com.cn

研究论文 · lim ARTICLE

有效反映城市热环境[10,11]。遥感热探测对象是城市 下垫面地物的辐射温度 (实测为亮温), 这种辐射温 度是将地物视为黑体,以像元为单位的平均地面辐 射温度[12]。用这种辐射温度场表征城市温度场称之 为"城市亮温热场"。从TM6数据中求算亮度温度的 过程包括把像元灰度值 (DN值)转化为相应的热辐 射强度值,然后根据热辐射强度推算对应的亮度温 度。

DN 值与辐射强度有如下关系:

$L_{(\lambda)} = GQ_{DN} + B$

式中,L(A)为辐射强度;QDN为遥感影像像元灰度值; $G=0.005 6 \text{ mW/(cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu \text{m})/DN; B=0.123 8 \text{ mW/}$ (cm²·sr·µm); G为增益值(Gain), B为偏移值(Bias)。 Gain和Bias为Lansat卫星遥感器通过飞行前实地测 量,预先测出的各个波段的辐射值和记录值之间的 校正增益系数和校正偏移量。

将热辐射强度转换为像元亮度温度的公式为:

$$T = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_{(\lambda)}} + 1)}$$

式中, T为亮度温度; K₁=60.776 mW/(cm²·sr·µm); K₂=1 260.56K; K₁ 和K₂为计算常数。

热岛强度是一个相对概念,它是指城市最高温

度与郊区平均温度之间的差距。因此用地表亮温描 述城市热岛缺乏实用性。为剔除两期影像季节差 异、卫星拍摄时刻差异等造成的温度影响,本研究 采用综合了平均亮温与相对亮温指标的地面亮温 相对标准来对城市热岛进行描述。

相对亮温的表达式为:

$$T_{R} = \frac{\Delta T}{T_{a}} = \frac{T_{i} - T_{a}}{T_{a}}$$

式中, T_R 为相对亮温; T_i 为城市第i点亮温; T_a 为区域平均亮温; △T为第i点温差。

以相对亮温为基础对厦门市城市热岛进行5个 等级划分(表1)。

该标准能够较全面地反映研究区域的热岛特征[13]。

分析过程利用 Erdas Imagine 8.7 完成。首先以 1:50 000 地形图作为 TM 遥感影像的控制坐标,对 2 期厦门影像进行几何校正,误差在 0.5 个像元之 内。并对2期影像作直方图匹配等预处理及填海造 地空间识别。

利用 Erdas Imagine 建模功能,反演两年遥感 影像相对亮温图。以填海造地 AOI 对两幅相对亮温 图进行剪切,获得1993年和2006年填海区域相对 亮温图。进一步作差值处理,对比分析厦门市 1993~2006年间填海造地对城市热岛的影响(图1)。

表1 厦门城市热岛等级划分

Tab.1	Classificat	ions of urban heat is	sland degree in Xiame	n City
执章	马笙奶	绿鸟	弱执鸟	山笙执空



Approaches to study on UHI effort of sea reclamation Fig.1

^{研究论文 ·} 1 → ARTICLE

2 结果与讨论

厦门市 1993 年填海区域城市热岛分布特征如 图 2 所示。其中绿岛面积 13.85 km²,占总填海区域 的 54.1%。弱热岛面积 11.61 km²,占总填海区域的 45.3%,弱热岛区域主要分布在厦门本岛西北部及 西海域西侧海沧区。弱热岛区域主要为低潮时的裸 露泥滩,由于泥滩上植物稀少,地表长波辐射增强, 导致该区域地表温度略高于平均温度。中等热岛总 面积 0.15 km²,占总填海区域的 0.6%,无强热岛和 极强热岛。从 1993 年填海区域城市热岛分布特征 上可看出填海前的水面、湿地对城市热岛起到缓解 作用。





厦门市 2006 年填海区域城市热岛分布特征如 图 3 所示。其中绿岛面积为 4.66 km²,占总填海区 域的 18.2%。弱热岛面积为 16.36 km²,占总填海区 域的 63.9%。中等热岛面积为 4.24 km²,占总填海 区域的 16.6%,中等热岛主要分布于东渡码头、机 场、九龙江口海沧区泊位及厦门市国际会展中心。 同时在中等热岛的中心区出现了占总填海面积 1.3%的强热岛区。在海沧区的厦门造船厂区域出现 了 0.006 3 km²的极强热岛。

1993~2006年12a间厦门市填海区域的热环境 发生了明显的改变(图 4)。1993年填海区域以绿 岛和弱热岛为主,占总面积的99%以上。2006年, 填海工程导致地表亮温明显增加,绿岛面积较1993









年相比缩小了 66%, 弱热岛比例进一步提高, 中等 热岛从 1993 年的 0.6%增加到 16.6%, 面积增加了 28 倍。以 5 级标准对城市热岛*T*_R进行等级划分, 1993 年填海区域的平均热岛等级为 1.46, 介于绿岛 与弱热岛中间, 2006 年填海区域的平均热岛等级为 2.01, 为弱热岛。2006 年填海区域热岛等级较 1993 年提升了 0.55 个热岛等级。表明填海造地作为港湾 地区重要的城市化手段对城市热岛的加剧起到正 效应。填海前的水面、湿地通过提供大量的可蒸发 水降低地表温度, 成为城市绿岛, 对城市热岛起到 缓解作用。填海后的沥青、水泥等人工构筑物改变 了城市下垫面情况, 同时大量人为热的排放已完全 改变原有城市绿岛的功能, 演变为城市热岛。

为进一步研究填海造地对城市热岛的空间影 响,对1993年和2006年填海区域相对亮温做差值 处理(图5)。热岛等级升高1、2级的区域主要分 布在厦门国际会展中心、东渡港区、海沧鼓励台商 投资区、机场、九龙江口海沧区泊位等。经实地踏 勘研究表明,该区域在填海造地基础上开发建设更 为成熟、建筑物更为密集、人口也更为稠密。因此 该区域在改变地表长波辐射的基础上,增加了更多 人为热和温室气体的排放,导致该区域城市热岛等 级提升明显。同时在本岛西北部出现了小面积的热 岛等级降低一级的区域,可能是由裸露泥滩造成, 裸露泥滩由于植物稀少且质地均匀,增强了地表长 波辐射,导致温度升高。



图 5 1993~2006 年热岛等级变化 Fig.5 Degree changes of UHI from 1993 to 2006

3 结论

填海前的水面、湿地通过提供大量的可蒸发水 降低地表温度,成为城市绿岛,对城市热岛起到缓 解作用。填海后的沥青、水泥等人工构筑物改变了 城市下垫面情况,同时大量人为热的排放已完全改 变原有城市绿岛的功能,演变为城市热岛。填海造 地对于城市热岛的加剧起到正效应。

1993 年和 2006 年两期遥感影像比较,填海区 域温度平均升高了 0.55 个城市热岛等级,从填海前 的绿岛转变为弱热岛。

作者在获得厦门市全市域城市热岛分布的基础上,研究了填海工程对填海区域局部小气候城市 热岛效应的影响。填海工程对厦门全市域大环境的 城市热岛效应的影响研究需要建立复杂的模型进 行模拟和反演,这有待下一步工作。

参考文献:

- Howard L. Climate of London Deduced from Meteorological Observations.3rd (ed.), Vol. 1[M]. London: Harvey and Darton, 1833.348.
- [2] 王文杰,申文明,刘晓曼,等.基于遥感的北京市城市 化发展与城市热岛效应变化关系研究[J].环境科学研 究, 2006, 19(2):44-48.
- [3] 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[J]. 地球物理学报, 2006, **49**(1):69-77.
- [4] 徐涵秋,陈本清.城市热岛与城市空间发展的关系探 讨[J].城市生态与环境,2004,11(2):65-70.
- [5] 郑艳,潘家华,郑祚芳,等.城市化与北京增温的谐整分析[J].中国人口•资源与环境,2006,16(2):63-69.
- [6] Calson T N, Arthur S T. The impact of landuse-landcover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective [J]. Global and Planetary Changes, 2000, 25:49-56.
- Jiao J J, Nandy S H. Analytical studies on the impact of reclamation on ground water flow[J]. Ground Water, 2001, 39(6): 912-920.
- [8] Terawaki T, Yoshikawa K, Yoshida G, et al. Ecology and restoration techniques for Sargassum beds in the Seto Inland Sea, Japan [J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 47: 198-201.
- [9] 彭本荣,洪华生,陈伟琪,等.填海造地生态损害评估:
 理论、方法及应用研究[J]. 自然资源学报,2005,20(5):
 714-726.
- [10] 覃志豪, Zhang M H, Arnon,等. 用陆地卫星 TM6 数据 演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 456-466;
- Weng Q H. Estimation of land surface-vegetation abundance relationship for urban heat island studies[J].
 Remote Sensing of Environment, 2004,89(4):467-483.
- [12] 张小飞, 王仰麟, 吴健生,等. 城市地域地表温度-植被 覆盖定量关系分析——以深圳市为例[J]. 地理研究, 2006,25(3):366-377.
- [13] 贾海峰, 刘雪华. 环境遥感原理与应用[M]. 北京: 清 华大学出版社, 2006.204.



Study on urban heat island effect of sea reclamation inXiamen City

LI Yu^{1, 2}, ZHU Xiao-dong¹, LI Yang-fan¹, SUN Xiang¹

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. South China Institute of Environmental Sciences.MEP, Guangzhou 510655, China)

Received: Sept., 24, 2007

Key words : sea reclamation; urban heat island (UHI); remote sensing monitor

Abstract: Based on the 2 senses of Landsat TM(6), the brightness temperature of sea reclamation area in Xiamen city in 1993 and 2006 was retrieved. Using the Comparative Brightness Temperature Index T_R describes the space distribution of Urban Heat Island. By comparing the difference between the 2 senses, the results show that: before the sea reclamation, the wetland and sea could put off the effort of UHI, however, the sea reclamation enforces the effort. Between the 12 years of 1993~2006, the UHI degree of sea reclamation area has increased 0.55, and the Green Islands has already changed into the weak Heat Islands.

(本文编辑: 谭雪静)

(上接第 38 页)

The study on the motion of bubbles near the ocean surface

LIU Hui-kai, ZHANG Quan-hua, YANG Li

(College of Naval Architecture and Power Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Received: Sep.,19,2005 **Key words:** bubble; bubble rising; critical radius, ocean

Abstract: The bubble in ocean surface has an important effect on heat transfer and gas-water exchange between ocean surface and atmosphere, and the study on the motion of bubble near the ocean surface has a great significance. The mathematics model of the kinetic characteristic and the radius change of bubble near ocean surface are set up. A critical radiues for bubble at a certain initial depth is founded by calculation. In a certain initial depth, the bubbles whose radiues less than the critical value, will diminished and dissolved with time. When the radius of bubble is larger than the critical value, the bubbles will augment until they reach the ocean surface. The critical radius is different if the initial depth of bubble is different. The bubbles' lives, whose radiuses are near the critical value, are the longest among all the bubbles.

(本文编辑: 刘珊珊)