

1990—2010 年青岛地区热环境与 土地利用变化的时空关系

马安青¹, 马冰然¹, 张震^{2,3}, 邢容容⁴, 余玮玮¹, 韦婉¹, 孙硕¹

(1. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 河北省地矿局 秦皇岛矿产水文工程地质大队, 河北 秦皇岛 066001)

摘要: [目的] 揭示青岛地区热环境与土地利用变化的时空关系, 为青岛市环境规划与管理提供依据。[方法] 利用 Landsat TM/ETM⁺ 数据反演青岛地区的地表温度, 解译出土地利用类型, 比较不同土地利用类型的温度均值及标准差, 计算热环境影响指数, 分析 GIS 重心轨迹。[结果] 1990—2010 年, 城乡、工矿、居民用地和未利用土地的地表温度最高, 水域最低; 耕地的热效应贡献度最大; 未利用土地和城乡、工矿、居民用地温度超过平均温度的地块较多; 耕地类型中高于平均温度的地块占区域总面积的比重较大; 城乡、工矿、居民用地中高于平均温度的地块占区域总面积的比重随时间明显增大; 1990—2010 年热岛重心一直向东北方向迁移, 其中 2000—2010 年热岛重心迁移方向与城市重心迁移方向一致。[结论] 青岛地区热环境与土地利用变化具有密切的关系, 城市扩展逐渐成为热岛效应形成的主要原因。

关键词: 热环境; 土地利用变化; 时空; 青岛地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0182-06

中图分类号: X87, F301

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.036

Spatiotemporal Relationship Between Thermal Environment and Land Use Changes from 1990 to 2010 in Qingdao Area

MA Anqing¹, MA Bingran¹, ZHANG Zhen^{2,3}, XING Rongrong⁴, YU Weiwei¹, WEI Wan¹, SUN Shuo¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Qinhuangdao Mineral Resources and Hydrogeological Brigade, Hebei Geological Prospecting Bureau, Qinhuangdao, Hebei 066001, China)

Abstract: [Objective] This study aimed at revealing the relationship between thermal environment and land use changes in time and space in Qingdao area, in order to provide the basis for environmental planning and management. [Method] The Landsat TM/ETM⁺ data were used to inverse the surface temperature and to interpret the land use types. The mean and standard deviation of temperature of different land use types were compared, the impact indices of heat environment were calculated and the GIS trajectory was analyzed. [Results] The type of unused land, urban, industrial, residential lands had the highest surface temperature among all the types of land use while water type had the lowest temperature from 1990 to 2010; cultivated land contributed most to the thermal effect; unused land, urban, industrial, residential lands had the most plots with higher temperature than the average; cultivated land plots in which temperature was higher than the average temperature, accounted for the most proportion of the total area; the proportion of urban, rural areas, industrial, residential lands which had higher temperature than the average increased obviously over time; the area of urban heat island migrated to northeast from 1990 to 2010, and from 2000 to 2010, urban heat island center and the city center migrated to the same direction. [Conclusion] Thermal environment and land use change of Qingdao area have a close relationship, and urban expansion has gradually become the main reason for the formation of the heat island effect.

Keywords: thermal environment; land use changes; time and space; Qingdao area

收稿日期: 2014-05-06

修回日期: 2014-05-25

资助项目: 我国近海海洋综合调查与评价专项“山东江苏海岛海岸带调查研究”(908-01-WY02); 中国海洋大学本科生研究发展计划项目(1312011015)

第一作者: 马安青(1970—), 男(汉族), 安徽省太和县人, 博士, 讲师, 主要从事地理信息系统与遥感的应用研究。E-mail: anqing@ouc.edu.cn.

青岛市是中国首批沿海开放城市,是山东省经济发达城市。20世纪90年代以来,随着经济的快速发展,城市发展进入快速城市化阶段。城镇规模的急剧扩大,导致许多生态要素对此做出响应,典型的表现形式之一便是热岛效应。目前,关于青岛地区的热岛效应,已进行了一些卓有成效的研究,如陈志梅等^[1]利用1900—2002年的青岛月平均气象资料,分析了青岛城市气温的变化,认为在近100 a来,青岛市的城市气温呈显著上升趋势,特别是90年代以来的升温趋势非常显著;庞华基等^[2]利用百年气象数据,结合社会经济统计数据,认为青岛市气温上升显著,并有加强趋势,城市扩展、人口增多、地面硬化以及污染的加重可能是主要原因;黄容等^[3]利用城市尺度边界层大气数值模式模拟了青岛环胶州湾地区草地变化对城市热岛效应与大气扩散能力的影响。这些研究或基于丰富的气象观测数据对青岛市气温演变进行了长时间序列的分析,或基于大气数值模式,利用某些下垫面参数对青岛市气象模式进行模拟,从而对青岛市城市热环境的变迁进行了有益的探索。也有利用遥感数据对青岛市城市地面热场环境进行了反演研究^[4-5]。但是,目前还没有对青岛地区热环境与土地利用变化的时空关系分析的报道。因此,本研究采用 Landsat TM/ETM⁺数据反演青岛地区的地表温度,分析不同时期青岛地区热环境与土地利用变化的时空关系,研究结果可为青岛市环境规划、管理等提供一定的支持和依据,也为沿海城市的发展起到一定的促进作用。

1 研究区概况

青岛市位于山东半岛南端、黄海之滨,是副省级城市和全国5个计划单列市之一,是中国重要沿海城市和国际著名港口城市。青岛市下辖共有6个市辖区(市南区、市北区、李沧区、崂山区、城阳区和黄岛区)和4个县级市(胶州市、即墨市、平度市、莱西市)。因为平度市和莱西市与其他地区不处在同一景遥感图像上,为了研究的方便和数据精确性,研究区暂不包括这2个市。因此研究区总体地理位置处于东经119°56′—120°46′,北纬35°52′—36°29′。研究区面积6402.46 km²,占青岛市总面积的57.73%,人口672.97万,占青岛总人口的77.22%。研究区域温度适中,气温升降平缓,空气湿润,四季分明,日温差小,属于温带季风性气候,又具有海洋性气候的特征。

2 数据处理及分析方法

2.1 数据获取与预处理

研究所采用的遥感数据分别为:1990年5月24

号的 Landsat TM 数据、2000年9月8号 Landsat TM 数据、2010年9月12号 Landsat ETM⁺数据,轨道号120/35,辅助数据为青岛市行政边界图、青岛市1:5万地形图、青岛市土地利用现状图、滨海土地利用数据以及气象数据等。遥感图像预处理在 ENVI 4.8 软件支持下完成几何纠正、重采样、图像裁剪等工作,对于2010年的 Landsat ETM⁺数据还要进行去条带处理。由于本研究的遥感影像获取相对困难,1990年9月没有合适的遥感影像,因此,选取1990年5月的遥感影像,而5月为夏初,9月为夏末,在气候上具有一定的相似性,同时,下文的处理与讨论所选用的方法也尽量避免不同时间可能带来的误差。

2.2 地表温度反演

2.2.1 亮度温度计算 在进行地表温度反演时通常需要先进行亮度温度的计算^[6],首先将热红外波段(TM或ETM⁺影像的第6波段)的DN数据按公式(1)转化为大气顶部的辐射亮度值,然后根据公式(2)计算亮度温度。

$$L_6 = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) \cdot \text{DN}/255 \quad (1)$$

式中: L_6 ——大气顶部的辐射亮度值[MW/(cm²·Sr)]; L_{\min} 、 L_{\max} ——传感器各波段可探测的最大和最小辐射亮度值[MW/(cm²·Sr)],可从遥感影像数据的头文件中获取。对于 Landsat TM 影像, L_{\max} 、 L_{\min} 取1.560和0.124 MW/(cm²·Sr);对于 Landsat ETM⁺影像, L_{\max} 、 L_{\min} 取1.265和0.320 MW/(cm²·Sr)。

$$T_6 = K_2 / \ln(K_1/L_6 + 1) \quad (2)$$

式中: T_6 ——亮度温度(K); K_1 ——预设量1[MW/(cm²·Sr·μm)]; K_2 ——预设量2(Kelvin),对于 Landsat TM 影像, K_1 、 K_2 分别取60.776 MW/(cm²·Sr·μm)和1260.560 K;对 Landsat ETM⁺影像, K_1 、 K_2 分别取66.609 MW/(cm²·Sr·μm)和1282.710 K。

2.2.2 单窗算法反演地表温度 采用覃志豪的单窗算法^[7](mono-window algorithm)反演出地表温度。其公式为:

$$T_s = \{a_6(1 - C_6 - D_6) + [b_6(1 - C_6 - D_6) + C_6 + D_6]T_6 - D_6T_a\} / C_6 \quad (3)$$

式中: T_s ——地表温度(K); T_6 ——亮度温度(K); T_a ——大气平均作用温度(K); a_6 ——常量,取值为-67.355 351; b_6 ——常量,取值为0.458 606; C_6 ——中间变量,确定方法见公式(4); D_6 ——中间变量,确定方法见公式(5)。

$$C_6 = \epsilon_6 \tau_6 \quad (4)$$

式中: C_6 ——中间变量; ϵ_6 ——地表比辐射率; τ_6 ——热红外波段的大气透射率。

$$D_6 = (1 - \epsilon_6) [1 + (1 - \epsilon_6) \tau_6] \quad (5)$$

式中: D_6 ——中间变量; ϵ_6 ——地表比辐射率; τ_6 ——热红外波段的大气透射率。

因此,只需要再确定大气平均作用温度 T_a 、大气投射率 τ_6 、地表比辐射率 ϵ_6 3 个参数,确定过程为^[8-10]:

(1) 大气平均作用温度(T_a)。考虑到青岛市的地理位置及遥感成像时间,采用公式(6)进行计算。

$$T_a = 16.0110 + 0.92621T_0 \quad (6)$$

式中: T_a ——大气平均作用温度(K); T_0 ——近地层(一般为 2 m 以内)大气温度(K),本研究用青岛市遥感成像当日的平均气温替代。

(2) 大气投射率(τ_6)。对于高气温,当大气水分含量在 0.4~1.6 g/cm² 时,选择公式(7)进行计算;当大气水分含量在 1.6~3.0 g/cm² 时,选择公式(8)计算。

$$\tau_6 = 0.974290 - 0.08007\omega \quad (7)$$

式中: ω ——大气水分含量(g/cm²),大气水分含量 ω 可以通过与地面水汽压之间的关系确定。

$$\tau_6 = 1.031412 - 0.11536\omega \quad (8)$$

(3) 地表比辐射率(ϵ_6)的估算。将地表划分为水体、城镇和自然表面 3 种类型,结合青岛地区的实际特点,将水体像元的比辐射率赋值为 0.995,自然表面按公式(9)计算。城镇像元按公式(10)计算。

$$\epsilon_6 = 0.9625 + 0.0614F_v - 0.0461F_v^2 \quad (9)$$

式中: ϵ_6 ——地表比辐射率; F_v ——植被覆盖度,表示一个区域植被的茂密程度。植被覆盖度可以通过植被指数来计算,而植被指数可以通过 Landsat TM/ETM⁺ 的第 3 和第 4 波段的反射率确定。

$$\epsilon_6 = 0.9589 + 0.086F_v - 0.0671F_v^2 \quad (10)$$

为了消除时间的影响,采用标准差分类法^[11]对反演出的地表温度图像分别划分地表温度区间。根据反演的地表温度平均值和标准差,在 ENVI 中采用

密度分割的方法将整个区域的地表温度分为 7 个温度区间,分别为极低温区、低温区、较低温区、中温区、较高温区、高温区、极高温区,温度分布结果如附图 1 所示,各时相温度统计结果详见表 1。

表 1 青岛地区 1990—2010 年地表温度统计 °C

影像时间	最大值	最小值	平均值	标准差
19900524	34.61	12.00	26.22	2.49
20000908	42.99	11.86	27.46	2.08
20100912	51.69	7.34	31.25	2.42

2.3 土地利用分类

土地利用/覆盖变化影响多种生态过程,可引起相应地区和周围环境对这些变化的响应,进而对城市热场环境格局进行影响。本研究进行土地利用/覆盖分类采用的也是相应地表温度反演采用的 Landsat TM,ETM⁺ 遥感图像,运用监督分类和人工目视解译相结合的方法,将研究区域划分为 6 种土地利用类型^[12]:耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地、未利用土地。每期土地利用分类结果随机选择 245 个样点,依据滨海土地利用数据、地形图、土地利用现状图等数据及实地考察,确定每个样点的实际地物类别,经过计算,得到总体分类精度分别为 88.16%, 86.12% 和 89.39%。土地利用/覆盖分类图如附图 2 所示,土地利用/覆盖面积和比例统计情况详见表 2。

2.4 各土地利用类型的地表温度统计

将 1990,2000 和 2010 年 3 期地表温度分布图和土地利用类型图按年份分别进行叠置分析,经过统计得到各土地利用类型的地表温度统计值(包括平均值和标准差),结果详见表 3。

2.5 不同土地利用类型热环境的影响指数

只考虑地表温度并不能完全反映不同土地利用类型对区域热环境的影响,为此,继续引入热效应贡献度指数(H_i)、热单元权重指数(D_1)和区域热单元权重指数(D_2)等概念^[13-16]进一步分析。

表 2 青岛地区 1990—2010 年土地利用类型面积和比例统计

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
城乡工矿居民用地	780.55	8.96	931.34	10.53	1 585.29	15.37
未利用土地	32.89	0.38	31.86	0.36	25.42	0.25
林地	636.04	7.30	618.14	6.99	693.36	6.72
水域	330.63	3.79	438.50	4.96	337.85	3.27
耕地	6 305.81	72.36	6 198.83	70.10	7 183.13	69.65
草地	628.61	7.21	624.47	7.06	488.62	4.74
合计	8 714.53	100	8 843.14	100	10 313.67	100

表 3 不同土地利用类型的地表温度统计

°C

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
城乡工矿居民用地	27.21	2.05	30.02	2.06	33.42	2.54
未利用土地	27.73	2.41	27.87	1.70	30.59	1.96
林地	25.55	3.30	25.96	2.64	29.79	2.10
水域	23.78	3.17	24.90	2.54	28.77	2.36
耕地	26.27	1.77	27.34	1.08	30.83	1.61
草地	26.58	2.09	27.58	1.47	30.71	1.95

所谓热效应贡献度指数(H_i)是指不同温度的地类对区域平均温度的影响程度,即对区域热环境的贡献,计算公式为:

$$H_i = \frac{H_i'}{\sum_{i=1}^n H_i'} \times 100\% \quad (11)$$

式中: H_i ——热效应贡献度指数; H_i' ——初始热效应贡献度,计算方法见公式(12)。

$$H_i' = \frac{\sum_{j=1}^{n_0} (T_{ij} - T_{a0}) \times n_i}{T_{a0} N} \quad (12)$$

式中: T_{ij} ——土地利用类型 i 中高于区域平均温度的第 j 个像元的温度(K); T_{a0} ——成像时区域的平均温度(K); n_i ——土地利用类型 i 中温度高于区域平

均温度的像元数量; N ——区域土地面积(用像元数表示)。

为了便于比较,在其基础上进行了标准化计算,从而得到不同地类的热效应贡献度指数。

热单元权重指数 D_1 表示高于平均温度的地块在本土地利用类型中所占的比重,计算公式为:

$$D_1 = (n_i / N_i) \times 100\% \quad (13)$$

式中: N_i ——土地利用类型 i 的面积(用像元数表示)。

区域热单元权重指数 D_2 表示高于平均温度的地块占区域土地总面积的比重,计算公式为:

$$D_2 = (n_i / N) \times 100\% \quad (14)$$

式中: n_i ——土地利用类型 i 中温度高于区域平均温度的像元数量。结果详见表 4。

表 4 不同土地利用类型热环境的影响指数

%

土地利用类型	热效应贡献度指数 H_i			热单元权重指数 D_1			区域热单元权重指数 D_2		
	1990 年	2000 年	2010 年	1990 年	2000 年	2010 年	1990 年	2000 年	2010 年
城乡工矿居民用地	23.59	25.57	29.06	66.48	79.90	83.49	8.48	11.87	21.00
未利用土地	0.17	0.08	0.01	74.16	54.60	36.76	0.40	0.28	0.15
林地	1.43	0.62	0.17	43.31	28.95	25.65	4.51	2.86	2.83
水域	1.21	0.12	0.10	26.55	14.28	15.77	1.43	1.00	0.85
耕地	71.37	70.85	69.54	42.63	38.62	45.07	25.94	22.32	22.65
草地	2.23	2.76	1.11	49.07	49.07	43.11	5.13	4.89	3.35

2.6 热岛重心轨迹分析

为了更直观地表达青岛城区扩展趋势和城市热岛变化趋势,通过热岛重心转移情况与城区扩展重心转移情况对比来分析。空间重心是描述地理对象空间的一个重要指标,某种斑块第 t 年重心计算方法^[17]为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \cdot X_{it})}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (15)$$

式中: X_t ——某类斑块第 t 年的重心横坐标; n ——该类斑块第 t 年的斑块总数; C_{it} ——第 t 年该类斑块第 i 个斑块的面积(km^2); X_{it} ——第 t 年该类斑块中第 i 个斑块几何中心的横坐标。

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \cdot Y_{it})}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (16)$$

式中: Y_t ——某类斑块第 t 年的重心纵坐标; n ——该类斑块第 t 年的斑块总数; C_{it} ——第 t 年该类斑块第 i 个斑块的面积(km^2); Y_{it} ——第 t 年该类斑块中第 i 个斑块几何中心的纵坐标。

空间重心转移距离计算公式为:

$$D_{t+1} = \sqrt{(X_{t+1} - X_t)^2 + (Y_{t+1} - Y_t)^2} \quad (17)$$

式中: D_{t+1} ——从 t 年到 $t+1$ 年空间重心转移距离(km); X_{t+1}, Y_{t+1} ——第 $t+1$ 年的空间重心坐标; X_t, Y_t ——第 t 年的空间重心坐标。

本研究将较高温区、高温区和极高温区加在一起算作热岛斑块,求出 1990—2010 年 3 个时期的热岛重心,然后把城乡、工矿、居民用地作为城市斑块,求出 1990—2010 年 3 个时期的城市重心。

3 讨论

3.1 不同土地利用类型的温度均值及标准差比较分析

对表 3 中的均值进行比较,1990 年研究区地表温度序列为:未利用土地>城乡、工矿、居民用地>草地>耕地>林地>水域;2000 年研究区地表温度序列为:城乡、工矿、居民用地>未利用土地>草地>耕地>林地>水域;2010 年研究区地表温度序列为:城乡、工矿、居民用地>未利用土地>耕地>草地>林地>水域。除 1990 年外,城乡、工矿、居民用地的平均地表温度都是 6 种土地利用类型中最大的,即使是 1990 年,城乡、工矿、居民用地也仅仅排在未利用土地类型后面且平均值仅低 0.52℃。青岛市未利用土地主要以裸土地和裸岩石砾地等类型为主,并且地表温度与植被覆盖度一般呈负相关关系^[5],所以一般情况下裸土地的地表温度都会较高。在 1990 年未利用土地排在第一位也是因为当时城市热岛效应还不明显,城乡、工矿、居民用地的地表温度也因此没有成为所有一级土地利用类型中最高的。无论哪一年,水域的地表温度都是所有一级土地利用类型中最低的,其次是林地,而草地和耕地的地表温度在所有土地利用类型中都处在中间位置的,而且两者之间的温度差异不大。

对表 3 中的标准差进行比较,1990 年排序为:林地>水域>未利用土地>草地>城乡、工矿、居民用地>耕地;2000 年顺序为:林地>水域>城乡、工矿、居民用地>未利用土地>草地>耕地;2010 年顺序为:城乡、工矿、居民用地>水域>林地>未利用土地>草地>耕地。1990—2010 年,耕地地表温度的标准差在这 6 种土地类型中都是最低的,这个主要是因为青岛市耕地大多处在地势平坦的地区,耕地作物类型单一且分布均匀;草地的地表温度标准差相对于其他地区也比较小,这也是因为草地的均一性比较大;林地在 1990 和 2000 年标准差分别为 3.30 和 2.64,是这两年标准差最大的用地类型,这个主要是因为青岛地区的林地都处在地势比较复杂的山地、丘陵地带,导致了林地分布和地表温度分布的不均一性增大;水域在所有年份的地表温度标准差都处在第 2 位的,因为在青岛地区水域包括湖泊、水库、河流和海水养殖区,因此水质差异比较大;城乡、工矿、居民用地的地表温度标准差在 1990 和 2000 年的排序都比较靠后(标准差分别为 2.05 和 2.06),而 2010 年则为所有土地利用类型中标准差最大用地类型(标准差为 2.54),说明随着青岛市城市化的建设,青岛城区面积不断扩大,建筑类型种类增多,工矿企业也不断增多,而带来的城区建设复杂度增加。

3.2 不同土地利用类型的热环境影响指数分析

根据表 4,通过比较发现不同土地利用类型 1990—2010 年的热效应贡献度指数 H_i 排序情况都相同,均为耕地>城乡、工矿、居民用地>草地>林地>水域>未利用土地。其中对青岛地区热贡献度最大土地类型 3 个时期都是耕地,基本上都在 70%左右,原因是耕地的面积最大,其高于平均温度的像元数量也最多。耕地面积由 1990 年的 72.36%到 2010 年 69.65%(表 2),这在一定误差范围内基本上与热效应贡献度保持一致。但是通过对比上面分析的各土地利用类型的地表温度平均值排序发现,耕地只排在中间的位置,这也说明了地表温度的平均值并不能完全反映不同土地利用类型对区域热环境的影响。对青岛地区热效应贡献度排在耕地之下的是城乡、工矿、居民用地,且贡献度不断上升,从 1990 年的 23.59%上升到 2010 年的 29.06%,说明城乡、工矿、居民用地面积不断增大,人类活动的影响不断增强。其他 4 种土地利用类型热效应贡献度都较小(均小于 3%),其中林地、草地和水体这三者在 1990—2010 年贡献度值的总和不断减小(4.87%,3.50%,1.38%),这可能与区域平均温度提高以及它们的面积减小有关,导致这 3 者中高于区域平均温度的像元减少。另一方面,将林地、草地、水体占研究区总面积的比例与这三者的热效应贡献度相比较发现,它们的面积并不小(表 3,18.3%,19.01%,14.73%),但热效应贡献度却非常小,可见相对于面积,类型的贡献更大,同时也说明林地、草地和水体对热岛效应具有反作用。为调节城市热岛效应,可以相应增加它们的面积。而未利用地虽然平均温度较高,但由于其面积最小(其面积与其他用地类型相差 1~2 个数量级),热效应的贡献也最小。

从不同土地利用类型的热单元权重指数 D_1 来看,一般未利用土地和城乡、工矿、居民用地温度超过平均温度的地块较多,林地、耕地和草地次之,水域较少,但 2010 年未利用土地温度超过平均温度的地块下降到 36.76%,小于耕地和草地,一方面是因为未利用土地的面积减少,另一方面因为城市建设导致城区附近的未利用土地面积减少,而这些地块恰是受城市热岛效应的影响而接收热传导最多的地块,而其他地块处在非城区,所以未利用土地类型的热单元权重指数 D_1 逐渐减少。

区域热单元权重指数 D_2 表明耕地中高于平均温度的地块占区域总面积的比重较大,其次是城乡、工矿、居民用地,然后分别是草地、林地、水域和未利用土地,这个顺序跟热效应贡献度相同。1990—2010

年,城乡、工矿、居民用地中高于平均温度的地块占区域总面积的比重明显增大,从1990年的8.48%上升到2010年的21.00%。

3.3 城区扩展对热岛效应的影响

热岛重心是一直向东北方向迁移的,且1990—2000年迁移距离为21.17 km,2000—2010年迁移距离为6.74 km;城市重心1990—2000年是向西南方向迁移的,迁移距离为1.37 km,2000—2010年是向东北方向迁移的,迁移距离为1.79 km。1990—2000年城市重心扩展方向与热岛重心扩展方向不一致,主要是因为1990年的热岛效应不明显,城市与郊区温度差别并不大,甚至会出现郊区温度大于城市的情况;而城市重心向西南方向转移,说明这段时间黄岛和胶南地区城市化发展速度比其他地区快一些。2000—2010年城市扩展方向与热岛扩展方向一致,但热岛重心扩展得更多,说明这段时期青岛地区东北方向(即墨、城阳等地区)的城市化速度比西南方向(胶南、黄岛等地区)更快一些。

4 结论

(1) 从平均温度看,不同的地物类型其地表温度不同,1990—2010年,水域的地表温度最低,其次是林地,草地和耕地的地表温度处在中间位置,未利用土地和城乡、工矿、居民用地等类型的地表温度最高。标准差的高低则反映了地物复杂性和均一性的高低。

(2) 从热效应贡献度 H_i 来看,1990—2010年,耕地的热效应贡献度最大,这与其面积较大有关,而对于林地、草地和水体来说,它们占有的面积并不小,但热效应贡献度却很小,可见类型对温度的贡献更大;从不同土地利用类型的热单元权重指数 D_1 来看,一般未利用土地和城乡、工矿、居民用地温度超过平均温度的地块较多,林地、耕地和草地次之,水域较少。从区域热单元权重指数 D_2 来看,耕地中高于平均温度的地块占区域总面积的比重较大,其次是城乡、工矿、居民用地。1990—2010年,城乡、工矿、居民用地中高于平均温度的地块占区域总面积的比重明显增大。

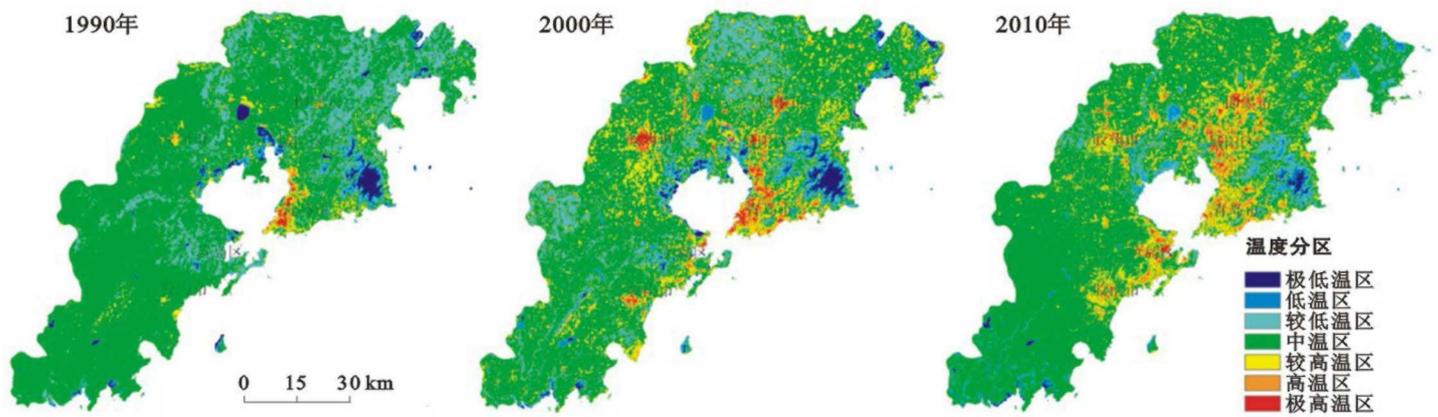
(3) 青岛地区的热岛重心是一直向东北方向迁移的;1990—2000年城市重心扩展方向与热岛方向不一致,说明1990年的热岛效应还不明显;2000—2010年城市扩展方向与热岛扩展方向一致,但热岛重心扩展得更剧烈,说明该段时期青岛东北方向的城市化速度比西南方向快。

(4) 青岛地区土地利用类型和热环境具有密切关系,城市扩展逐渐成为热岛效应的主要原因,需要

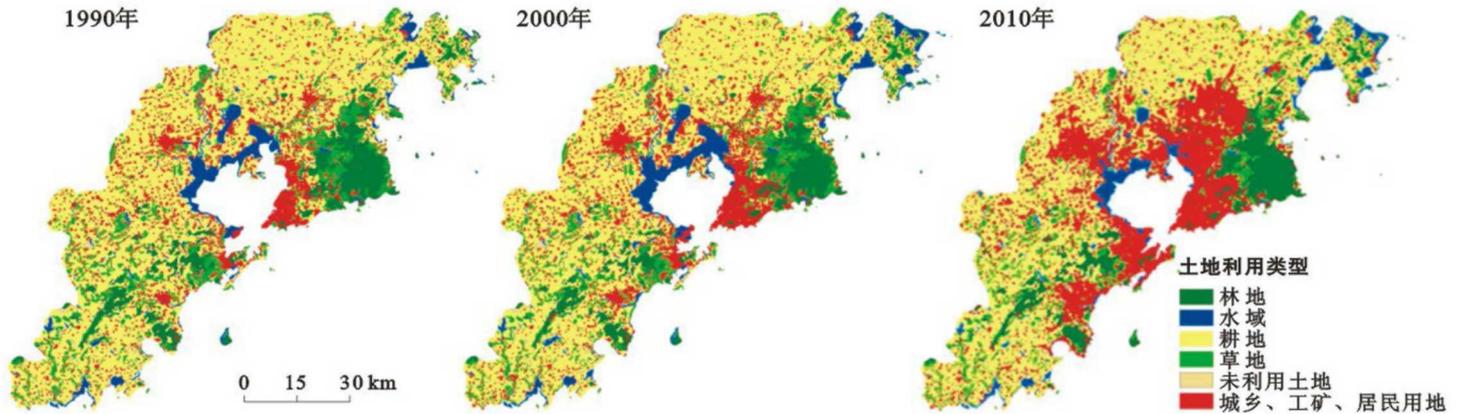
进一步加强城市绿化和退耕还林等工作来缓解热岛效应。

[参 考 文 献]

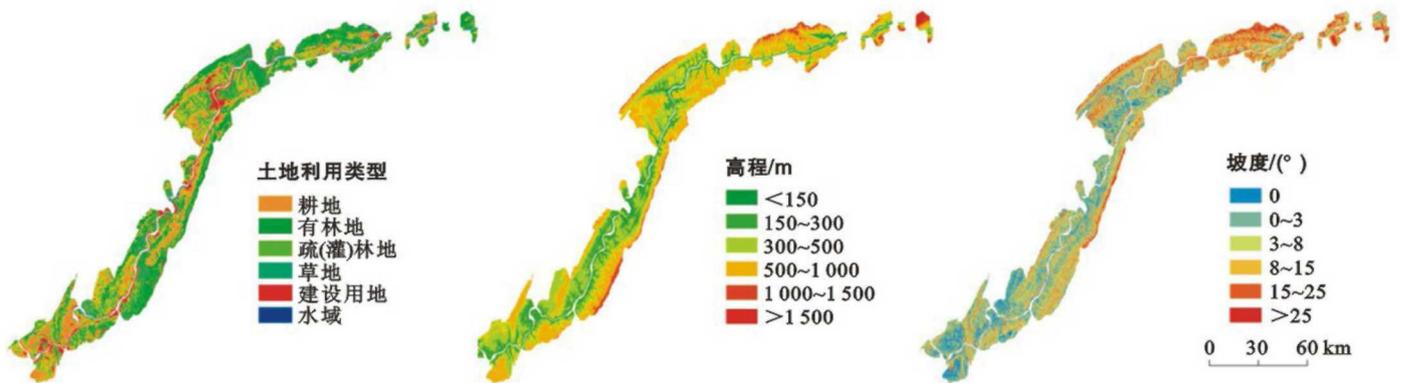
- [1] 陈志梅,刘秦玉,沈小野,等. 青岛近百年气温变化特征[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2005,35(2):189-194.
- [2] 庞华基,高靖,李春,等. 青岛百年气温变化及其影响因素分析[J]. 南京气象学院学报,2007,30(4):524-529.
- [3] 黄容,马艳,郭丽娜,等. 城市草地对局地气象环境影响的个例分析[J]. 海洋科学进展,2011,29(2):148-156.
- [4] 王勇,李发斌,李何超,等. RS与GIS支持下城市热岛效应与绿地空间相关性研究[J]. 环境科学研究,2008,21(4):81-87.
- [5] 邱建,贾刘强,王勇. 基于遥感的青岛市热岛与绿地的空间相关性[J]. 西南交通大学学报,2008,43(4):427-433.
- [6] Markham B L, Barker J L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures[J]. EOSAT Landsat Technical Notes, 1986, 1(1): 3-8.
- [7] Qin Z, Karnieli A, Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(18): 3719-3746.
- [8] 覃志豪,李文娟,徐斌,等. 利用Landsat TM6反演地表温度所需地表辐射率参数的估计方法[J]. 海洋科学进展,2005,22(B10):129-137.
- [9] 扬景梅,邱金植. 我国可降水量同地面水汽压关系的经验表达式[J]. 大气科学,1996,20(5):620-626.
- [10] 覃志豪,李文娟,徐斌,等. 陆地卫星TM6波段范围内地表比辐射率的估计[J]. 国土资源遥感,2004,16(3):28-32,36,41.
- [11] 程晨,蔡喆,闫维,等. 基于Landsat TM/ETM+的天津城区及滨海新区热岛效应时空变化研究[J]. 自然资源学报,2010,25(10):1727-1737.
- [12] 邢容容,刘乐军,马安青. 青岛市1990—2011年土地利用/覆被变化研究[J]. 水土保持通报,2013,33(3):45-49.
- [13] 刘宇,匡耀求,吴志峰,等. 不同土地利用类型对城市地表温度的影响[J]. 地理科学,2006,26(5):597-602.
- [14] 潘竟虎,任皓晨,张伟强. 嘉峪关市瞬时热力场空间格局的遥感分析[J]. 城市环境与城市生态,2007,20(5):39-42.
- [15] 贾宝全,邱尔发,蔡春菊. 唐山市域1993—2009年热场变化[J]. 生态学报,2011,31(20):6215-6223.
- [16] 宋园园. 基于TM/ETM数据的城市热岛效应及其与LUCC关系的研究[D]. 吉林 长春:东北师范大学,2010.
- [17] 李文亮,张丽娟,陈红,等. 哈尔滨市城市扩展与地表热环境变化关系研究[J]. 地域研究与开发,2010,29(2):49-52.



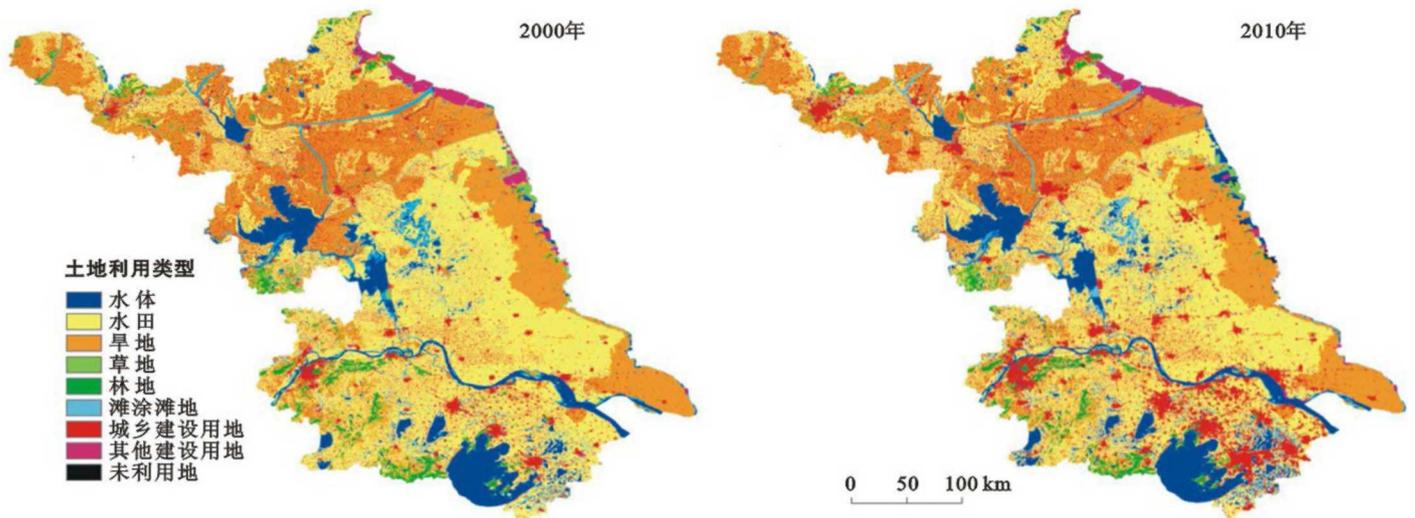
附图1 青岛市1990—2010年地表温度分布



附图2 青岛市1990—2010年土地利用类型



附图3 三峡库区生态屏障带生态风险土地利用类型、高程和坡度



附图4 江苏省2000和2010年1:10万土地利用类型图