

土库曼斯坦典型绿洲土地利用格局变化的 地表热环境响应研究

李鑫, 丁建丽, 王刚, 张喆, 鄢雪英, 曾小箕

(新疆大学 资源与环境科学学院 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 基于遥感和 GIS, 选择两期遥感影像, 对土库曼斯坦穆尔加布—捷詹绿洲的土地利用及其地表热环境的变化进行分析, 探讨了不同土地利用类型的空间格局对绿洲热环境的影响。结果表明: 2001—2011 年间, 研究区土地利用变化最显著的特征是耕地的扩大和其他用地的减少, 耕地从 2001 年的 $4.84 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 增加到 2011 年的 $5.82 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 其他用地从 2001 年的 $5.00 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 减少到 2011 年的 $3.88 \times 10^5 \text{ hm}^2$; 不同土地利用类型上的地表温度具有明显差异, 各土地利用类型地表温度平均值排序为: 沙地 > 其他用地 > 盐碱地 > 耕地 > 林地 > 草地 > 水域; 以耕地为突出特征的土地利用变化影响区域热效应的效果较为显著, 具体表现为绿洲热环境效应减弱, 冷岛效应增强。

关键词: 热环境; 地表温度; 土地利用格局变化

中图分类号: S161.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)04-0199-04

Study on the Response of Surface Thermal Environment to Land Use Pattern Changes in Typical Oasis of Turkmenistan

LI Xin, DING Jian-li, WANG Gang, ZHANG Zhe, YAN Xue-ying, ZENG Xiao-ji

(Key Laboratory of Oasis Ecosystem of Education Ministry,

College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Based on remote sensing and GIS, the land use change and the thermal environment were analyzed by using two sets of ETM⁺ images of 2001 and 2011 in this study. The result showed that the expansion of cultivated land and decrease of other land were the most obvious characteristics of land use change during 2001—2011. The cultivated land increased from $4.84 \times 10^5 \text{ hm}^2$ in 2001 to $5.82 \times 10^5 \text{ hm}^2$ in 2011 and the other land decreased from $5.00 \times 10^6 \text{ hm}^2$ in 2001 to $3.89 \times 10^5 \text{ hm}^2$ in 2011. The surface temperature of different land use types had significant difference. The descending order of the mean land surface temperature of land use type was: sand, other land, saline-alkali soil, cultivated land, woodland, grassland, waters. This study indicated the land use change especially the cultivated land expansion and other land decrease influenced the regional thermal environment dramatically. The oasis thermal environment shows a downward trend.

Key words: thermal environment; land surface temperature; land use pattern change

土库曼斯坦地处亚欧大陆腹地, 是中亚的第二大内陆国, 自然资源和能源资源储量丰富, 是古“丝绸之路”的要冲和东西方文化的交汇之地, 也是新亚欧大陆桥的中心地段^[1]。其国土面积的 80% 为卡拉库姆大沙漠所覆盖, 绿洲面积仅占 7%, 水资源也较为短缺。随着社会的发展, 当前, 土库曼斯坦的生态环境问题尤为突出, 其灌溉土地的 2/3 需要改良, 植被有不同程度的退化, 土地功能减退, 最终演变为沙漠化^[2], 已严重

妨碍其自身的经济发展及社会稳定, 甚至对中亚各国的关系也造成了不容忽视的影响, 并引起了国际社会的广泛关注^[3]。“中国—中亚天然气管线”推动了新疆乃至全国与土库曼斯坦的经济一体化建设, 因此, 构建土库曼斯坦生态协调管理战略, 恢复其生态安全可促进中亚地区的和谐发展, 也可为我国在土库曼斯坦的战略资源安全和能源安全提供技术支撑。

人类活动导致土地利用覆被变化在较短时间内发

收稿日期: 2013-01-14

修回日期: 2013-02-25

资助项目: 国家国际科技合作项目 (2010DFA92720-12); 干旱区湖泊流域陆面过程及人类活动适应性—以艾比湖流域为例 (41130531)

作者简介: 李鑫 (1988—), 女, 山东菏泽人, 硕士生, 主要从事干旱区资源遥感研究。E-mail: lixin_1008@yeah.net

通信作者: 丁建丽 (1974—), 男, 山东成武人, 博士, 教授, 主要从事干旱区遥感与 GIS 应用研究。E-mail: watarid@xju.edu.cn

生改变^[4-6],土地格局的改变不仅改变了自然景观的布局,也会对地表植被类型和地表反射率等产生影响,从而导致地表温度发生改变,进而影响人类的生产和生活。研究地表热环境的动态变化有助于理解景观格局如何影响区域生态过程^[7],许多研究表明土地利用变化与地表热环境及其时空格局的变化有内在关系^[8-11]。吕志强等^[12]定量分析了珠江口沿岸土地利用变化及其地表热环境的时空变化特征,张新乐等^[13]研究了长春市城市热场分布的空间格局和不同土地利用类型的地表温度特征,并分析了不同土地利用类型的空间组合格局对城市热环境的影响,岳文泽等^[14]通过分析上海市中心城区地表温度在不同土地利用类型之间的差异,进一步探讨了不同土地类型的空间分布格局与地表温度之间的关系。钱乐祥等^[15]研究了珠江三角洲土地覆盖变化特别是城市增长对地表温度的影响。

基于此,本文尝试研究土库曼斯坦地表环境景观格局影响区域生态效应的过程,以土库曼斯坦穆尔加布—捷詹绿洲为典型样区,对其 2001—2011 年间的土地利用变化进行分析,反演其地表热环境,揭示研究区土地利用格局与地表热环境的时空演变规律及特征,定量表达土地利用变化下的地表热环境动态响应过程,以期穆尔加布—捷詹绿洲土地利用的优化配置和生态环境的可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

穆尔加布—捷詹绿洲地处土库曼斯坦东南部,介于 60°36′—62°53′E 和 36°12′—38°34′N 之间,包括穆尔加布河、捷詹河两河流域和三角洲洼地,绿洲面积约 1.622 3×10⁶ hm²。穆尔加布河三角洲中部地势较为突出,微向北倾斜,土质多为壤土,芦苇丛生;捷詹河三角洲为沙土、龟裂发育的盐碱地平原。穆尔加布—捷詹绿洲夏季持续时间长,炎热少雨,气候干旱,冬季平均气温大于零度,多雨凉爽,年降雨量为 120~280 mm。

2 数据源与研究方法

随着遥感技术在地理学和生态学等领域的广泛应用,Landsat TM/ETM⁺ 数据的热红外波段也广泛地应用于地表热环境的定量反演中^[16]。本文以 2001 年 7 月和 2011 年 8 月的 Landsat 7/ETM⁺ 两期影像来进行土地利用类型的划分和地表热环境的反演,选择的影像均为无云天气时段拍摄,质量较好。其中,2011 年的影像因部分有条带,进行了去条带处理。在信息提取前,采用二次多项式进行几何纠正,利用

双线性内插法对影像进行重采样。

2.1 土地利用分类

对两期影像进行分类,将地物分为 7 类:水域、林地、草地、盐碱地、沙地、耕地和其他用地(包括居民点及交通过地、工矿用地、荒滩、荒坡、裸土地及其它未利用土地),得到两幅研究区的土地利用类型图,并使其符合要求的精度。

2.2 地表温度反演

本文利用辐射传输方程来反演地表温度,根据标准大气廓线数据求算大气对地表热辐射的影响,包括热辐射传导中的大气吸收作用和大气自身的上行辐射强度及下行辐射强度,然后从卫星高度观测到的总辐射强度中减去上述大气影响,求算出地表热辐射强度,最终可以根据地表比辐射率计算地表真实温度。其计算公式为^[17]:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln[1 + K_1/B(T_s)]} \quad (1)$$

式中: T_s ——地表温度(K); K_1, K_2 ——传感器的定标常数,对于 Landsat 7/ETM⁺ 数据, $K_1 = 666.09 \text{ mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$, $K_2 = 1282.71 \text{ K}$; $B(T_s)$ ——温度为 T_s 的黑体的辐射亮度值,计算公式为:

$$L_{\text{sensor}} = \epsilon\tau B(T_s) + (1-\epsilon)\tau L_{\text{atm}} \downarrow + L_{\text{atm}} \uparrow \quad (2)$$

转换后可得:

$$B(T_s) = [L_{\text{sensor}} - L_{\text{atm}} \uparrow - \tau(1-\epsilon)L_{\text{atm}} \downarrow]/\tau\epsilon \quad (3)$$

式中: L_{sensor} ——传感器接收到的热红外光谱辐射亮度; $L_{\text{atm}} \downarrow$ ——大气下行辐射; $L_{\text{atm}} \uparrow$ ——大气上行辐射; τ ——大气透射率; ϵ ——地表辐射率。在 NASA 官网中输入成像时间以及中心经纬度,可得到 $L_{\text{atm}} \downarrow$, $L_{\text{atm}} \uparrow$ 和 τ 的值。根据前人的研究,将遥感影像分为水体、城镇和自然表面三种类型。本文在计算研究区地表比辐射率时,将水体像元的比辐射率赋值为 0.995,自然表面和城镇像元的比辐射率估算则分别根据式(4)和式(5)进行计算:

$$\epsilon_{\text{surface}} = 0.9625 + 0.0614F_v - 0.0461F_v^2 \quad (4)$$

$$\epsilon_{\text{building}} = 0.9589 + 0.086F_v - 0.0671F_v^2 \quad (5)$$

式中: $\epsilon_{\text{surface}}, \epsilon_{\text{building}}$ ——自然表面像元和城镇像元的比辐射率; F_v ——植被覆盖度,本文在计算 F_v 时采用的是混合像元分解法,将整景影像的地类大致分为水体、植被和建筑,具体的计算公式如下:

$$F_v = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_s)/(\text{NDVI}_v - \text{NDVI}_s) \quad (6)$$

其中,NDVI 为归一化差异植被指数,取 $\text{NDVI}_v = 0.70$ 和 $\text{NDVI}_s = 0.00$,且当某个像元的 NDVI 值 > 0.70 时, F_v 取值为 1;当 $\text{NDVI} < 0.00$ 时, F_v 取值为 0。

3 结果与分析

3.1 穆尔加布—捷詹绿洲土地利用变化分析

土地利用现状是人类根据土地的固有特性及社会需求,对土地进行培育、改造以及使用的结果^[18]。国内许多学者^[19-22]在分析土地利用现状的过程中发现其优缺点,并给予一些合理建议,以期达到和谐人地关系的目的。本文将穆尔加布—捷詹绿洲 2001 年和 2011 年的土地利用类型划分为 7 类,分类结果如附图 3 所示。

由图 1 可以看出,2001—2011 年这 10 a 间,穆尔加布—捷詹绿洲 LUCC 变化明显,各类地物呈现“四增三减”的变化规律。由表 1 可知,穆尔加布—捷詹绿洲林地面积增加了 7 663.4 hm²,而草地面积减少了 15 539.4 hm²,耕地面积增加了 98 179.93 hm²,而水域减少了 1 822.05 hm²,沙地和盐碱地的面积分别增加了 21 976.37 hm² 和 1 452.17 hm²,其他用地减少了 111 910.42 hm²。

表 1 穆尔加布—捷詹绿洲不同年份各土地利用类型面积及比例

年份	项目	林地	草地	耕地	水域	沙地	盐碱地	其他用地
2001	面积/万 m ²	12.01	6.12	48.37	1.04	35.70	8.91	50.04
	百分比/%	7.40	3.77	29.82	0.64	22.01	5.50	30.85
2011	面积/万 hm ²	12.77	4.56	58.19	0.86	37.90	9.06	38.85
	百分比/%	7.88	2.81	35.87	0.53	23.37	5.59	23.95

3.2 穆尔加布—捷詹绿洲地表温度空间格局分析

从穆尔加布—捷詹绿洲 2001 年和 2011 年地表温度分布情况(附图 4)可以看出,绿洲 10 a 来地表温度变化明显,整体上呈现下降趋势。在绿洲内部,2001 年地表温度在 37~43℃ 范围内的大部分区域在 2011 年降低到了 31~37℃ 左右,在绿洲外围,2001 年地表温度在 46℃ 以上的大部分地区在 2011 年降低到了 43~46℃ 左右。

3.3 穆尔加布—捷詹绿洲不同土地利用类型地表温度对比分析

为研究土地利用类型与地表热环境的关系,将反演得到的地表温度与土地利用类型进行叠加,探讨不同时段土地利用类型与地表热环境间的关系。从图 2 中可以看出,两个时期地表温度由高到低的顺序一致,依次是:沙地>其他用地>盐碱地>耕地>林地>草地>水域。

由于沙地地表比辐射率最高,因此气温相对最高。其他用地中居民点及交通用地、工矿用地分布在绿洲内部,面积比重较小,荒滩、荒坡、裸土地及其它未利用土地均分布在绿洲外围,面积比重较大,因而地表比辐射率仅次于沙地,气温也次于沙地。盐碱地

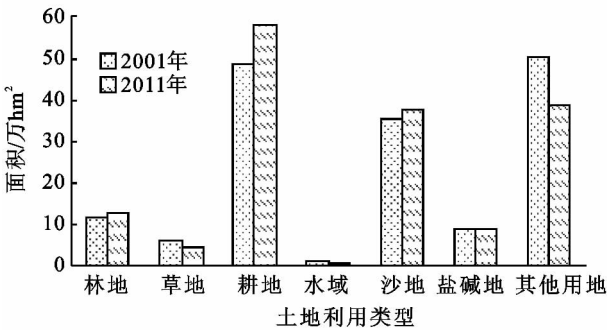


图 1 穆尔加布—捷詹绿洲不同年份各土地利用类型面积

出现上述变化的主要原因是由于穆尔加布—捷詹绿洲日照充足,气温较高,空气极端干燥,引起部分水资源蒸发,同时水利基础设施较低效;当地政府重视农业及林业的发展^[2],使得耕地和林地面积均有不同程度的增加;农耕活动中使用化肥及农药易引起地表水体的富营养化,导致水体受到污染,地下水位降低,自然植被面积减少;由于研究区北部毗邻卡拉库姆沙漠,大风天气时有发生,植被面积减小,防风固沙能力减弱,使得土地沙漠化和盐碱化趋势加强。

主要分布在绿洲外围,地表结有不同厚度的盐壳,地表比辐射率比其他用地稍低。耕地、林地和草地的地表温度依次降低的主要原因是裸露地表成分在逐渐减少,其地表比辐射率也呈现由高到低的变化。另外,密集的植被可以通过蒸腾作用降低土壤和冠层的热存储量,同时草地面积比重较小,一部分与林地和耕地交错分布,另一部分在绿洲城区内部呈零星分布,因此草地的温度较低。由于水体比热较大,因此温度最低。

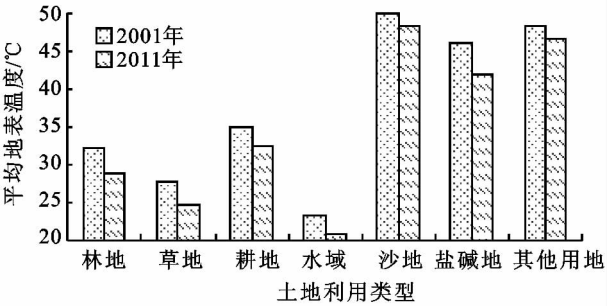


图 2 穆尔加布—捷詹绿洲不同年份各土地利用类型地温均值

3.4 穆尔加布—捷詹绿洲土地利用格局变化的地表热环境响应

将 2011 年的土地利用类型的面积和地表温度与

2001 年做差值分析(表 2)可知,在近 10 a 内,土地利用格局的变化主要体现在耕地增加了 9.823 万 hm^2 ,其他用地减少了 11.19 万 hm^2 ;地表温度的变化主要体现在盐碱地的地表温度降低了 4.12℃,林地的地表温度降低了 3.49℃,草地的地表温度降低了 2.95℃,水域的地表温度降低了 2.57℃,耕地的地表温度降低了 2.4℃,其他用地的地表温度降低了 1.68℃,沙地的地表温度降低了 1.62℃。

由此可知,近 10 a 来穆尔加布—捷詹绿洲冷岛效应有增强趋势,随着农业用地的扩大和社会经济活

表 2 穆尔加布—捷詹绿洲 2011 年与 2001 年土地利用类型面积及地表温度差值

差值	林地	草地	耕地	水域	沙地	盐碱地	其他用地
面积变化/万 hm^2	0.77	−1.55	9.82	−0.18	2.20	0.15	−11.19
面积变化率/%	0.08	−0.16	0.982	−0.02	0.22	0.01	−1.12
地表温度变化/℃	−3.49	−2.95	−2.40	−2.57	−1.62	−4.12	−1.68
地表温度变化率/%	−0.349	−0.295	−0.24	−0.257	−0.162	−0.412	−0.168

4 结论

基于 2001 年和 2011 年的 ETM⁺ 影像分析土库曼斯坦穆尔加布—捷詹绿洲这 10 a 的土地利用和地表热环境的时空分布格局和变化规律,通过探讨不同土地利用类型和地表热环境的变化分析得出以下结论:

(1) 2001—2011 年,研究区内耕地面积的增长较快,共增加了 98 179.93 hm^2 ,其次是沙地、林地和盐碱地,其他用地的面积减少最多,为 111 910.42 hm^2 ,其次是草地和水体。

(2) 研究区内部地表温度差异显著,不同土地利用类型上的地表温度具有明显差异,各土地利用类型地表温度平均值在 2001 年和 2011 年均为:沙地>其他用地>盐碱地>耕地>林地>草地>水域。

(3) 研究区以耕地和其他用地为突出特征的土地利用格局的变化在一定程度上显著影响着区域热效应,且有减缓了区域热效应的趋势。

参考文献:

[1] 段秀芳. 中国新疆与中亚国家外贸环境的变化[J]. 俄罗斯中亚东欧市场,2006(3):35-40.

[2] 王四海,靳凤兰,韩文阁,等. 金色的土库曼斯坦[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2011.

[3] 周可法,张清,陈曦,等. 中亚干旱区生态环境变化的特点和趋势[J]. 中国科学,2006,36(2):133-139.

[4] 余慧容,蒲春玲,刘志有,等. 基于 TM/ETM⁺ 绿洲城市土地利用时空演变分析:以新疆奎屯市为例[J]. 水土保持研究,2012,19(6):147-151.

[5] 刘纪远,张增祥,庄大方. 20 世纪 90 年代中国土地利用

动的日益加剧,研究区内土地利用方式以及水资源的利用情况均产生了变化,直接或者间接地影响了土地利用格局的变化,在一定程度上改变了水资源分配和区域地表热环境的空间变化。研究区沙漠化和盐碱化程度较严重,主要分布在绿洲外围,此外,耕地和林地面积增加,集中度较高,破碎程度较低,导致研究区内地表温度普遍降低。由此可知,绿洲以耕地和其他用地为突出特征的土地利用格局的变化在一定程度上对区域热效应的影响比较显著,且呈现减缓热效应趋势,即绿洲冷岛效应增强。

变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究,2003,22(1):1-12.

[6] 赵晶晶,张玮,高伟明. 昌黎黄金海岸国家级自然保护区土地利用/覆被变化及驱动力分析[J]. 水土保持研究,2012,19(6):211-216.

[7] 陈命男,张浩,唐靖寅,等. 上海城市地表热环境多时期遥感研究[J]. 中国环境科学,2011,31(7):1143-1151.

[8] Stone B, Norman J M. Land use planning and surface heat island formation: a parcel-based radiation flux approach[J]. Atmospheric Environment, 2006, 40 (19): 3561-3573.

[9] Quattrochi D A, Luvgall J C, Rickman D L. A decision support information system for urban landscape management using thermal infrared data[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2001, 66 (10): 1195-1207.

[10] Oak T R. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects, in wind climate in cities[C]. NATO ASI Series; Kluwer Academic Publishers,1995.

[11] 邓玉娇,匡耀求,黄宁生,等. 快速城市化地区土地利用类型对热环境的影响:以广东省东莞市为例[J]. 水土保持研究,2009,16(5):167-171.

[12] 吕志强,文雅,孙琤,等. 珠江口沿岸土地利用变化及其地表热环境遥感分析[J]. 生态环境学报,2010,19(8):1771-1777.

[13] 张新乐,张树文,李颖,等. 城市热环境与土地利用类型格局的相关性分析:以长春市为例[J]. 资源科学,2008,30(10):1564-1570.

[14] 岳文泽,徐丽华. 城市土地利用类型及格局的热环境效应研究:以上海市中心城区为例[J]. 地理科学,2007,27(2):243-248.

障区土地利用图斑减少了 67.3%,土地利用破碎度显著降低,同时生态用地面积增加,建设用地布局更趋合理,特别是引入生态发展与研究型的企事业单位,形成稳固的产业发展基地,促使屏障区发挥其主动防护功能,以缓解梁子湖旅游开发和周边城市化带来的压力。

(3) 由于梁子湖流域隶属于 4 个地市,生态屏障区土地利用模式的构建及布局的调整需进一步与流域所在各级行政区的土地利用总体规划衔接,并开展流域生态补偿机制研究。

参考文献:

[1] 刘永,郭怀成,黄凯,等. 湖泊—流域生态系统管理的内容与方法[J]. 生态学报,2007,27(12):5352-5360.

[2] 周涛,李玉辉,陈有君,等. 石林景区岩溶湖泊湖滨带土地利用变化研究[J]. 水土保持研究,2009,16(4):230-233.

[3] Field C K, Silver P A, Lott A M. Estimating the effects of changing land use patterns on Connecticut Lakes[J]. Journal of Environmental Quality,1996,25(2):325-333.

[4] Tufford D L, Mckellar H N, Hussey J R. In-stream nonpoint source nutrient prediction with land-use proximity and seasonality[J]. Journal of Environmental Quality,1998,27(1):100-111.

[5] Ngoye E, Machiwa J F. The influence of land-use patterns in the Ruvu River Watershed on water quality in the river system[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2004,29(15/18):1161-1166.

[6] Jana H. Accelerating urban sprawl in depopulating regions: a scenario analysis for the Elbe River Basin [J]. Regional Environmental Change,2011,11(1):73-86.

[7] 李雁,赵坤,方精云,等. 城市湖泊地区的土地利用变化:以武汉东湖为例[J]. 长江流域资源与环境,2004,13(3):229-233.

[8] 许朋柱,秦伯强,Horst B,等. 太湖上游流域农业土地的

氮剩余及其对湖泊富营养化的影响[J]. 湖泊科学, 2006,18(4):395-400.

[9] 许峰. 可持续旅游开发多中心管理模式研究:以湖泊旅游为例[J]. 旅游学刊,2006,21(10):39-44.

[10] 陈志平,熊汉锋,黄世宽,等. 梁子湖湿地生态系统服务功能价值评估研究[J]. 水土保持研究,2009,16(2):231-238.

[11] 李文杰. 梁子湖流域土地利用变化对流域水环境的影响[D]. 武汉:华中师范大学,2009.

[12] 王建英,李江风,邹利林,等. 生态约束下的旅游用地布局[J]. 应用生态学报,2012,23(10):2871-2877.

[13] 龚琦,王雅鹏. 现代农业发展与湖泊资源环境保护[J]. 农业技术经济,2011(8):39-44.

[14] 四川省林学会办公室. 四川省林学会建设长江上游生态屏障学术研讨会纪要[J]. 四川林业科技,2002,23(1):41-43.

[15] 王玉宽,孙雪峰,邓玉林,等. 对生态屏障概念内涵与价值的认识[J]. 山地学报,2005,23(4):431-436.

[16] 王玉宽,邓玉林,彭培好,等. 关于生态屏障功能与特点的探讨[J]. 水土保持通报,2005,25(4):103-105.

[17] 段豫川. 长江上游生态屏障建设与产业结构调整[J]. 西南农业大学学报:社会科学版,2003,1(1):18-24.

[18] 张晓平,樊杰. 长江上游生态脆弱区生态屏障建设与产业发展战略研究:以昭通市为例[J]. 长江流域资源与环境,2005,15(3):310-314.

[19] 陈书卿,刁承泰,周春蓉. 土地利用规划中生态屏障体系的构建及功能区划研究:以重庆市永川区为例[J]. 水土保持研究,2011,18(1):105-110.

[20] 潘开文,吴宁,潘开忠. 关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论[J]. 生态学报,2004,24(3):617-629.

[21] 严斧. 长江流域防洪抗洪生态工程体系建设初探[J]. 长江流域资源与环境,2000,9(3):384-391.

[22] 陈文言,张雷,刘慧,等. 流域可持续发展及其实现途径:土地利用空间重组[J]. 中国软科学,2004(2):125-129.

[23] 王秀茹,韩兴,朱国平,等. 关于土地开发整理与生态环境问题分析[J]. 水土保持研究,2004,11(3):151-153.

(上接第 202 页)

[15] 钱乐祥,丁圣彦. 珠江三角洲土地覆盖变化对地表温度的影响[J]. 地理学报,2005,60(5):761-770.

[16] 刘朝顺,高志强,高炜. 基于遥感的蒸散发及地表温度对 LUCC 响应的研究[J]. 农业工程学报,2007,23(8):1-8.

[17] 白洁,刘绍民,扈光. 针对 TM/ETM⁺ 遥感数据的地表温度反演与验证[J]. 农业工程学报,2008,24(9):148-154.

[18] 黄钱,赵智杰,蒋末文. 塔里木河下游垦区土地利用/覆盖动态变化过程分析[J]. 干旱区地理,2006,29(6):894-901.

[19] 肖继东,王智,师庆东,等. 基于熵权法的土地覆被动态遥感监测与评价:以新疆伊犁地区和博州为例[J]. 中国沙漠,2011,31(5):1286-1292.

[20] 孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞. 渭干河—库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究[J]. 生态学报,2012,32(10):3252-3265.

[21] 陈忠升,陈亚宁,李卫红. 新疆和田河流域土地利用/覆被变化及其驱动力分析[J]. 中国沙漠,2010,30(2):326-333.

[22] 黄钱,赵智杰,蒋末文. 塔里木河下游垦区土地利用/覆盖动态变化过程分析[J]. 干旱区地理,2006,29(6):894.