

# 干旱荒漠区土地利用变化对地表温度的影响

戚鹏程<sup>1</sup>, 赵传燕<sup>2</sup>, 冯兆东<sup>3,4</sup>, 王小平<sup>5</sup>

(1. 南阳师范学院环境科学与旅游学院, 南阳 473061; 2. 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 兰州 730000;  
3. 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000; 4. 美国 Baylor 大学地质系, 韦科 TX76798;  
5. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 兰州 730000)

**摘 要:** 该文以 Landsat TM 遥感影像为主要数据源, 获取了宁夏中卫市沙坡头区 1992 年和 2007 年的土地利用信息; 利用单窗算法反演了对应时期该区域的地表温度 (LST); 据此分析了土地利用变化与地表温度变化之间的关系。结果显示: 1) 不同利用方式的土地 LST 有显著差异, 流动沙地的 LST 最高, 其次是固沙用地、草原化荒漠等; 2) 过去 15 a 间, 研究区内最为明显的土地利用变化方向是“草原化荒漠转变为农田”和“流动沙地转变为固沙用地”; 3) “草原化荒漠转变为可灌溉农田”会导致 LST 明显下降, “草原化荒漠转变为压砂田”则会导致 LST 稍上升; 4) “农田转变为城乡建设用地”会导致 LST 明显上升。

**关键词:** 地表温度, 土地利用, 干旱荒漠, 单窗算法, Landsat TM

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.053

中图分类号: TP79, S161

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-11-0310-07

戚鹏程, 赵传燕, 冯兆东, 等. 干旱荒漠区土地利用变化对地表温度的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 310—316.

Qi Pengcheng, Zhao Chuanyan, Feng Zhaodong, et al. Influence of land use change on land surface temperature in arid desert region[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(11): 310—316. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

土地利用与覆盖变化是地球环境变化的重要方面, 它既是社会经济发展与自然环境演变的结果, 又是其他各类环境条件发生变化的诱因。不同利用方式下陆地表面的水热特征显著不同; 因此, 土地利用与覆盖的强烈变化势必影响地气之间的动力和热力过程, 进而影响区域气候的长期趋势。近年来, 土地利用与覆盖变化所引起的地表水热特征变化已成为地理学家与气象学家所共同关注的焦点问题, 其中就包括土地利用与覆盖变化对地表温度 (land surface temperature, LST) 的影响。目前, 有关土地利用类型与 LST 的静态关系以及土地利用变化对 LST 影响, 学者们已做了许多有意义的研究<sup>[1-6]</sup>, 但主要是针对城市热岛效应问题, 而针对干旱荒漠区的该类研究还未见报道。相对于其他自然地理区域, 干旱荒漠区的土地利用变化有其独特之处: 为应对沙漠化等日益严重的环境问题, 需要将大量荒漠乃至农用地转变为生态保护用地, 再加之农业技术创新所带动的荒漠地带垦殖以及经济社会发展导致的城镇区域扩张, 致使该类地区土地利用方式的配置已经并正在发生着显著变

化。更值得注意的是, 由于干旱荒漠区内不同地表的水热特性存在巨大差别<sup>[7]</sup>, 相比其他自然地理区域, 干旱荒漠区的土地利用变化往往会产生更为强烈的环境效应, 对区域内的农业生产、生态环境等诸方面产生深刻影响。近几十年来, 宁夏中卫市沙坡头区实施了铺设麦草方格、无灌溉条件下建造人工植被等一系列大规模固沙工程, 以及将大面积荒漠改造为“压砂田”, 被国内外视为人类改变荒漠地表环境的典型范例。本文以该区为例, 定量考察干旱荒漠区土地利用变化对 LST 的影响, 为评价和预测人类活动对干旱荒漠区地表环境系统的影响提供依据。

## 1 研究区概况

中卫市沙坡头区位于宁夏回族自治区中西部, 宁、甘、内蒙古三省区交界之处 (104.30°E~105.68°E, 36.98°N~37.71°N), 总面积 4 667 km<sup>2</sup>。北部为腾格里大沙漠的东南缘, 中部为宁卫平原的一部分 (包括黄河冲积平原和洪积台地南山台子), 南部为构造侵蚀山地 (香山山地), 如图 1 所示。黄河冲积平原地势平坦, 灌排便利, 为历来的农耕富庶之地; 南山台子是近 30 a 来开发的扬灌区; 香山山地干旱缺水, 主要产业为牧业和雨养农业。该区气候为大陆兼沙漠性气候, 据 1961—1990 年站点资料, 年均日照时数 2 878 h, 年均气温 8.5℃, ≥10℃积温 3 319℃, 年均降水量 182 mm, 年均蒸发量 3 001 mm。土壤类型主要包括棕钙土、灌淤土及风沙土等。

收稿日期: 2009-11-27 修订日期: 2010-10-22

基金项目: 国家自然科学基金 (30770387, 41071280); 南阳师范学院高层次人才科研启动项目 (Q12010)

作者简介: 戚鹏程 (1978—), 男, 山东沂水人, 博士, 主要从事遥感与地理信息系统应用研究。南阳 南阳师范学院环境科学与旅游学院, 473061。Email: qipengchengsd@163.com



图 1 研究区示意图

Fig.1 Sketch map of study area

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用方式的遥感分类

以 1992 年 6 月 4 日和 2007 年 6 月 14 日的 2 期 TM 影像为主要信息源, 通过遥感图像分类解译获得研究区两时期的土地利用分类图层; 辅助性数据有 1973 年 12 月 16 日 MSS 影像, 2001 年 6 月 21 日 ETM+影像, 2007 年 5 月 13 日和 2007 年 9 月 18 日 TM 影像, 1:50 000 地形图, 2007、2009 年的实地调查记录等。

在分类解译之前, 根据研究区的地理环境特点, 并考虑遥感信息源的空间分辨率、光谱分辨率所支持的地物分辨能力, 确定了以下分类系统: 1) 农田, 2) 城乡建设用地, 3) 固沙用地, 4) 草原化荒漠, 5) 流动沙地, 6) 水体, 7) 河漫滩。其中类型 3 是“人为始建-自然发展”的半人工生态系统, 多分布于农田与流动沙地之间的过渡地带; 类型 4 为自然生态系统, 分布着由耐旱灌木、半灌木、草本组成的低盖度群落, 主要存在于南部中低山地。分类解译过程中采用了基于最大似然法的监督分类, 并结合对辅助性影像的目视判读。分类解译过程在 ENVI 4.2 中进行; 分类完成后, 在 ArcGIS 9.2 中进行后期处理和统计分析。

### 2.2 地表温度的遥感反演

基于 TM6 资料获取 LST 的算法有多种, 如普适性单通道算法<sup>[8]</sup>和单窗算法<sup>[9-10]</sup>等。以往研究表明, 单窗算法有较高的精度<sup>[11]</sup>, 在大气透射率、大气平均作用温度和

地表比辐射率估计有中等程度误差的情况下, 基于单窗算法的 LST 反演误差约为 1.2 K<sup>[12]</sup>。本文采用该算法反演研究区的 LST。信息源为 1992 年 6 月 4 日和 2007 年 6 月 14 日的 2 期 TM 影像的第 6 波段以及第 3、4 波段。

先按下式将原始数据中第 6 波段 DN 值换算为大气层顶进入传感器的辐射亮度  $L_6$  ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ )

$$L_6 = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (1)$$

式中,  $\text{DN}$  为 TM6 波段的 DN 值;  $\text{Gain}$  和  $\text{Bias}$  为定标参数, 从各期数据的头文件中获得。

按下式求算亮度温度  $T_6$  (K)<sup>[10]</sup>

$$T_6 = 1260.56 / \ln(607.76 / L_6 + 1) \quad (2)$$

利用下式求算地表温度  $T_s$  (K)<sup>[11]</sup>

$$T_s = \{67.3554(C + D - 1) + [0.5414(C + D) + 0.4586]T_6 - DT_a\} / C \quad (3)$$

式中  $T_a$  为大气平均作用温度, 在无实时探空资料时, 可用地面附近气温的线性函数近似<sup>[13]</sup>

$$T_a = 16.0110 + 0.9262T_0 \quad (4)$$

式中  $T_0$  为地面附近气温, K。

公式 (3) 中的  $C$  和  $D$  为中间变量

$$C = \varepsilon_6 \tau_6 \quad (5)$$

$$D = (1 - \tau_6)[1 + (1 - \varepsilon_6)\tau_6] \quad (6)$$

式中,  $\tau_6$  为大气透射率;  $\varepsilon_6$  为地表比辐射率。 $\tau_6$ 、 $\varepsilon_6$  由下式计算<sup>[13]</sup>

$$\tau_6 = 1.031412 - 0.11536w \quad (7)$$

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_v P_v + (1 - P_v)\varepsilon_s \quad (8)$$

式中  $w$  为大气总水分密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ , 可据近地面水汽压推算, 公式和参数见文献[14];  $\varepsilon_v$  为植被比辐射率;  $\varepsilon_s$  为裸土比辐射率, 分别取值为 0.986 和 0.970;  $P_v$  为植被覆盖度, 可据 NDVI 推算<sup>[12]</sup>。水体比辐射率取经验值 0.99。

## 3 结果与分析

### 3.1 地表温度与土地利用类型之间的静态关系

根据上述方法得到 1992 年 6 月 4 日和 2007 年 6 月 14 日的土地利用分类图层 (图 2), 以及 LST 图层 (简称  $\text{LST}_{1992}$ 、 $\text{LST}_{2007}$ ), 如图 3 所示。

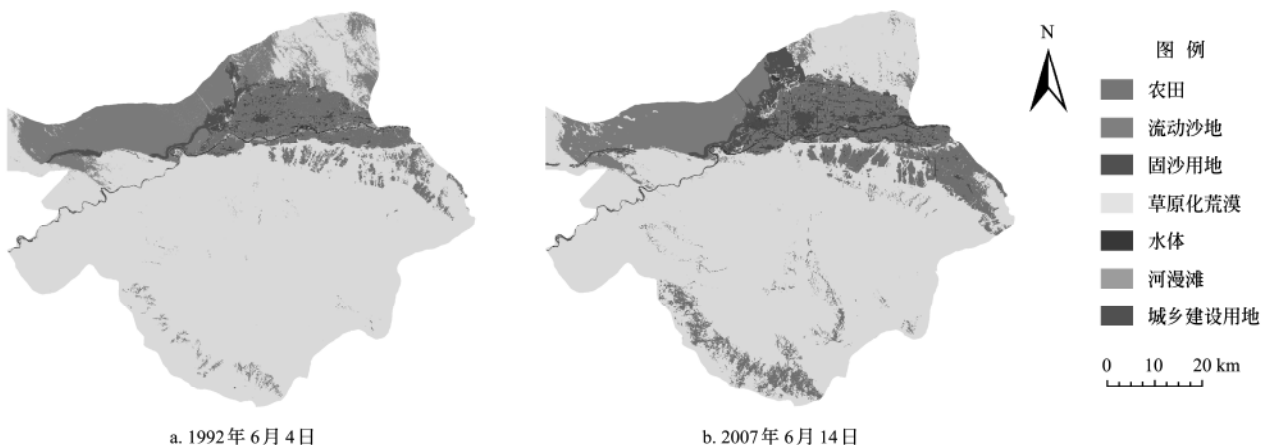


图 2 中卫市沙坡头区 1992 年和 2007 年的土地利用

Fig.2 Land use in Shapotou District, Zhongwei in 1992 and 2007

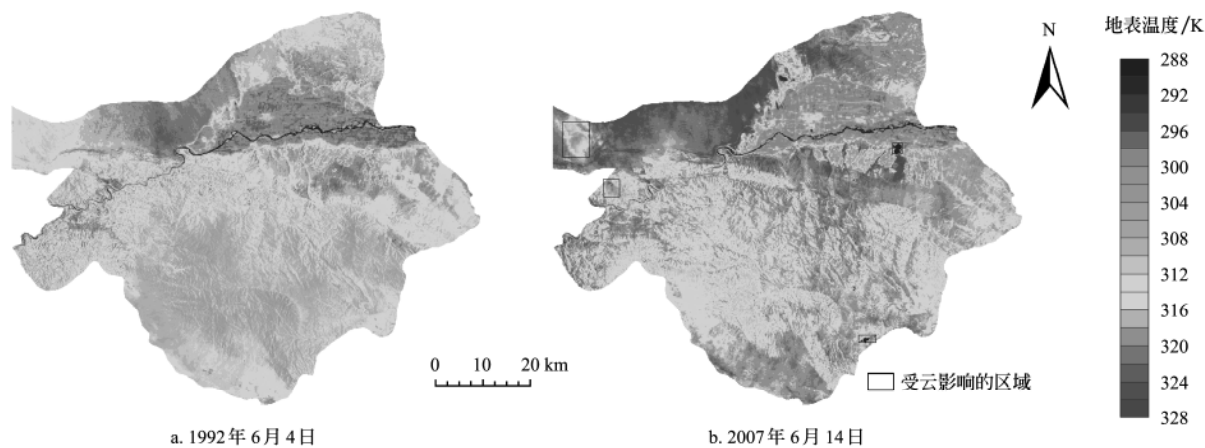


图3 中卫市沙坡头区 1992 年和 2007 年地表温度的空间分布  
Fig.3 Spatial distribution of retrieval land surface temperature in Shapotou District, Zhongwei in 1992 and 2007

分别统计了各类土地的 LST 平均值(表 1)。从表 1 中看出,1992 年和 2007 年两期影像所反映的 LST,皆是以流动沙地最高,其次为固沙用地、草原化荒漠、城乡建设用地、河漫滩、农田、水体。

表 1 中卫市沙坡头区 1992 年和 2007 年各土地利用类型的平均地表温度(LST)

Table 1 Average land surface temperature (LST) of each land type in Shapotou District, Zhongwei in 1992 and 2007

土地利用类型	1992		2007 年	
	LST/K	NDVI	LST/K	NDVI
农田	301.0±4.0	0.255	306.6±7.0	0.305
城乡建设用地	306.2±3.6	0.125	309.2±4.8	0.178
固沙用地	314.2±4.4	0.056	317.2±5.2	0.171
草原化荒漠	312.1±3.6	0.049	316.9±3.4	0.096
流动沙地	317.6±2.8	0.043	321.8±3.7	0.088
水体	293.2±3.9	-0.024	294.8±4.1	-0.038
河漫滩	303.0±5.7	0.034	307.9±4.5	0.026

植被的多少及其生命过程的强度是影响 LST 的重要因素。不同利用类型的土地之所以具有不同的表面温度,其主要原因之一是各类土地上植被的多少及其生命过程的强度存在差异。NDVI 能有效表征植被的这些特征,所以下面分析不同地类的 LST 均值与 NDVI 均值的关系。从表 1 中可见,LST 与 NDVI 大体上呈负相关关系。不过,水体和河漫滩没有遵循这个规律。水体比热较大,且用于蒸发的能量多,所以升温慢,以至于其 LST 较低<sup>[15]</sup>。河漫滩 LST 较低,可能是因为河漫滩的表层物质的水分含量较大。

为了进一步证明显著 LST 差异不仅仅存在于 LST 最高者与 LST 最低者之间,对其中任意类型的土地的 LST 两两之间进行了 *t* 检验。结果表明,7 种土地类型两两组对而成 21 种组合中,全部表现为差异显著(取  $\alpha=0.01$ )。进一步证明了土地利用方式对于干旱荒漠地区陆地表面温度的强决定性。

3.2 1992—2007 年间的土地利用类型变化

表 2 中显示 1992—2007 年间各类土地的面积变化,

总体上表现为农田、城乡建设用地、固沙用地的扩张,草原化荒漠、流动沙地的缩小。表 3 为各类土地的转变方向,其中以“草原化荒漠转变为农田”和“流动沙地转变为固沙用地”为最主要方向。进一步分析如下:

15 a 间,区内农田面积增加了 230.21 km<sup>2</sup>,新增面积主要来源于草原化荒漠,发生区域主要在南山台子以及香山南麓和东麓。南山台子在 20 世纪 80 年代之前为天然放牧地,其后该台地上建设了多期扬黄灌溉工程,该区域由原来的自然荒漠景观逐渐发展成较大规模的扬灌区,至 1992 年已垦殖农田 12.14 km<sup>2</sup>,至 2007 年农田面积又增加至 85.05 km<sup>2</sup>。香山南麓和东麓的农田面积由 1992 年的 31.11 km<sup>2</sup> 增加至 2007 的 155.29 km<sup>2</sup>,主要与该区推广节水技术,发展“压砂田”有关。

此 15 a 间,城乡建设用地面积增加了 48.31 km<sup>2</sup>,净变化率(面积绝对变化量除以 1992 年的面积)达 300% 以上,是净变化率最大的土地利用类型。自 2003 年中卫设立地级市以来,城乡的建设面积大幅度增加。这些新增的建设用地主要来源于农田。

此 15 a 间,固沙用地的面积增加了 50.16 km<sup>2</sup>,新增面积主要来源于流动沙地及草原化荒漠,发生区域主要在灌区西北的流沙边缘。自 20 世纪 50 年代,该区进行了多期无灌溉条件下人工植被建设,沙漠与绿洲的邻接地带展现出“人进沙退”的局面。结果还表明,在此 15 a 间,另一处重要的固沙用地——包兰铁路沿线人工植被带的面积基本没有发生变化。

表 2 中卫市沙坡头区 1992 年至 2007 年各类土地的面积变化  
Table 2 Area change of each land use types in Shapotou District, Zhongwei from 1992 to 2007

	1992 年面积/ km <sup>2</sup>	2007 年面积/ km <sup>2</sup>	净变化量/ km <sup>2</sup>	净变化率/ %
农田	413.71	643.92	230.21	55.65
城乡建设用地	15.93	64.24	48.31	303.30
固沙用地	62.86	113.02	50.16	79.80
草原化荒漠	3605.35	3419.71	-185.64	-5.15
流动沙地	531.55	387.42	-144.12	-27.11
水体	22.80	27.58	4.78	20.98
河漫滩	11.60	8.38	-3.22	-27.76

表 3 中卫市沙坡头区 1992 年至 2007 年各类土地的  
转变面积矩阵

Table 3 Change matrix of land use types from 1992 to 2007 in  
Shapotou District, Zhongwei km<sup>2</sup>

1992 年	2007 年						
	农田	城乡建设用地	固沙用地	草原化荒漠	流动沙地	水体	河漫滩
农田	367.92	38.29	2.50	0	0	2.91	2.08
城乡建设	0.32	15.42	0.16	0.03	0	0	0
固沙用地	9.60	2.82	48.13	0	0.58	1.73	0
草原化荒漠	253.64	7.25	10.87	3322.72	7.25	3.62	0
流动沙地	5.29	0.01	51.35	94.77	379.60	0.53	0
水体	2.32	0.12	0	1.62	0	16.45	2.29
河漫滩	4.77	0.22	0	0.33	0	2.34	3.95

3.3 地表温度变化与土地利用变化的关系

本研究目的是揭示 15 a 间土地利用变化所导致的 LST 变化；然而，遥感反演的两组 LST 数据之间的差异不仅仅是土地利用变化所导致的。遥感反演结果是特定日期卫星过境时刻的 LST，是两组瞬时值。虽然这两个成像时刻所处的季节和日内时刻基本相同，但当时及其前期的外界条件（主要是当时及其前期的太阳辐射、风速等条件）未必相同。各类土地的表层物质的热特性和地上植被特征仅是决定 LST 的内在因素；不仅内在因素的差别会造成 LST 的差异，外界条件也可能导致 LST 的差异。因此，若是直接将 LST<sub>2007</sub> 图层与 LST<sub>1992</sub> 图层相减，则其结果并不能合理地反映“因土地利用的变化而导致的 LST 变化”。在文献[1-2]中也强调了这一问题，采用“对反演结果进行标准化”的方法来应对。

我们尝试另一种方法来解决上述问题。如上文所分析，LST<sub>2007</sub> 与 LST<sub>1992</sub> 的差异，一是源于土地利用方式的差异，二是源于这两组遥感数据被获取时（及其前期）外界条件的差异。要揭示 LST 变化与土地利用变化的关系，需要先淡化外界条件的差异。从这样的角度来考虑：假设 2007 年 6 月 14 日卫星过境时刻及其前期的外界条件与 1992 年 6 月 4 日卫星过境时刻及其前期的外界条件相同（简称“情景 H”），则 2007 年 6 月 14 日卫星过境时刻的 LST 应该是多少？基于此思路进行以下分析：

从 LST<sub>1992</sub> 与 LST<sub>2007</sub> 图层中“未发生土地利用变化，且植被覆盖度变化不超过±20%”的区域中随机采集两组 LST 数据（各 1 000 个样点），进行回归分析得以下直线方程

$$LST_{1992} = 0.788LST_{2007} + 62.533 + \varepsilon \quad (9)$$

式中  $\varepsilon$  表示方程所不能估计的因素。其相关系数为 0.85。此方程表示：2007 年 6 月 14 日的地表若处于 1992 年 6 月 4 日的外界条件下，则其可能的地表温度应为实际地表温度的 0.788 倍并加 62.533。于是，将 LST<sub>2007</sub> 栅格图层乘 0.788 并加 62.533，其结果作为“情景 H 下，2007 年 6 月 14 日卫星过境时刻的 LST”，此结果记为 LST<sub>2007'</sub>。将 LST<sub>2007'</sub> 栅格图层与 LST<sub>1992</sub> 栅格图层相减，结果记为  $\Delta LST$  图层（图 4），表示“相同外界条件的假设下，两时

期地表温度的差异”。

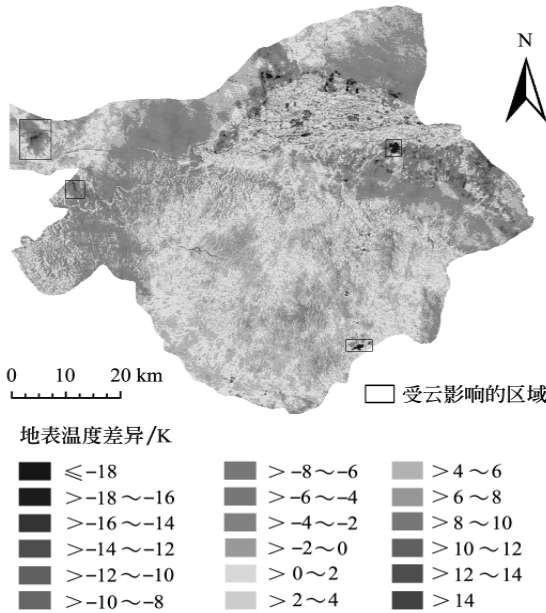


图 4 外界条件相同情况下两个研究时期地表温度的差异  
Fig.4 Land surface temperature difference between two study  
periods at same meteorologic condition

利用 ArcGIS 的分类区统计模块，统计各类土地利用变化所对应的地表温度差异（ $\Delta LST$ ）的平均值（表 4）。表 4 中显示，发生“流动沙地向水体的转化”区域的 LST 降低幅度最大，其次是“固沙用地向水体的转化”、“流动沙地向农田的转化”等。“农田向城乡建设用地的转化”的区域的 LST 升高幅度最大，其次是“农田向城乡建设用地的转化”。

表 4 中卫市沙坡头区各类土地利用变化所对应的地表温度变化  
Table 4 Relation between land surface temperature difference  
and land use change in Shapotou District, Zhongwei K

1992 年	2007 年						
	农田	城乡建设用地	固沙用地	草原化荒漠	流动沙地	水体	河漫滩
农田	-0.02	4.58	0.99	—	—	-3.01	-0.80
城乡建设	-0.21	0.54	-2.08	1.98	—	—	—
固沙用地	-9.22	-2.77	-1.95	—	-1.13	-12.58	—
草原化荒漠	-3.16	-0.36	-3.34	0.06	-2.04	-3.14	—
流动沙地	-10.70	-8.10	-5.21	-2.01	-1.86	-18.95	—
水体	2.08	4.29	—	2.40	—	1.61	3.77
河漫滩	-4.16	-1.83	—	-2.22	—	-6.97	-4.03

为了更清楚地分析土地利用变化对 LST 的影响，图 5 给出了主要土地利用变化类型区域所对应的 LST 变化值的数值分布直方图（限于篇幅，只列涉及面积较广的 8 类土地利用变化）。从图 5a 可见，发生“草原化荒漠转变为农田”的土地中，有相当一部分土地的 LST 明显下降，但也有少部分土地的 LST 有所上升。其中，发生 LST 明显下降的大多是“草原化荒漠转变为可充分灌溉的农田”，主要是南山台子上新增的扬灌区；LST 稍有上升的大多是“草原化荒漠转变为压砂田”，主要是香山山

地中新增的压砂田, 压砂田中虽然植被盖度通常高于草原化荒漠, 但是压砂田中的砾石层和地膜改变了土地表层的热特性, 以致其 LST 可能会稍高于草原化荒漠。“流动沙地转变为固沙用地”是另一种面积较广的 LST 明显下降的土地利用变化方式, LST 下降 6 K 以上的区域达 19.49 km<sup>2</sup> (图 5c)。发生“流动沙地转变为草原化荒漠”的土地, 其 LST 大多表现为稍微下降 (图 5b)。农田转变为城乡建设用地是涉及面积较广的 LST 明显升高的土

地利用变化方式, 其 LST 上升 6 K 以上的区域有 13.22 km<sup>2</sup> (图 5d)。发生“草原化荒漠转化为固沙用地”的土地中, 一部分土地的 LST 明显下降, 另一部分土地的 LST 保持不变或有所上升 (图 5e)。发生“草原化荒漠转变为城乡建设用地”和发生“草原化荒漠转变为流动沙地”的土地中, 其 LST 大多表现为不变或小幅度的增减 (图 5f、图 5g)。发生“固沙用地转变为农田”的土地中, LST 大多表现为明显下降 (图 5h)。

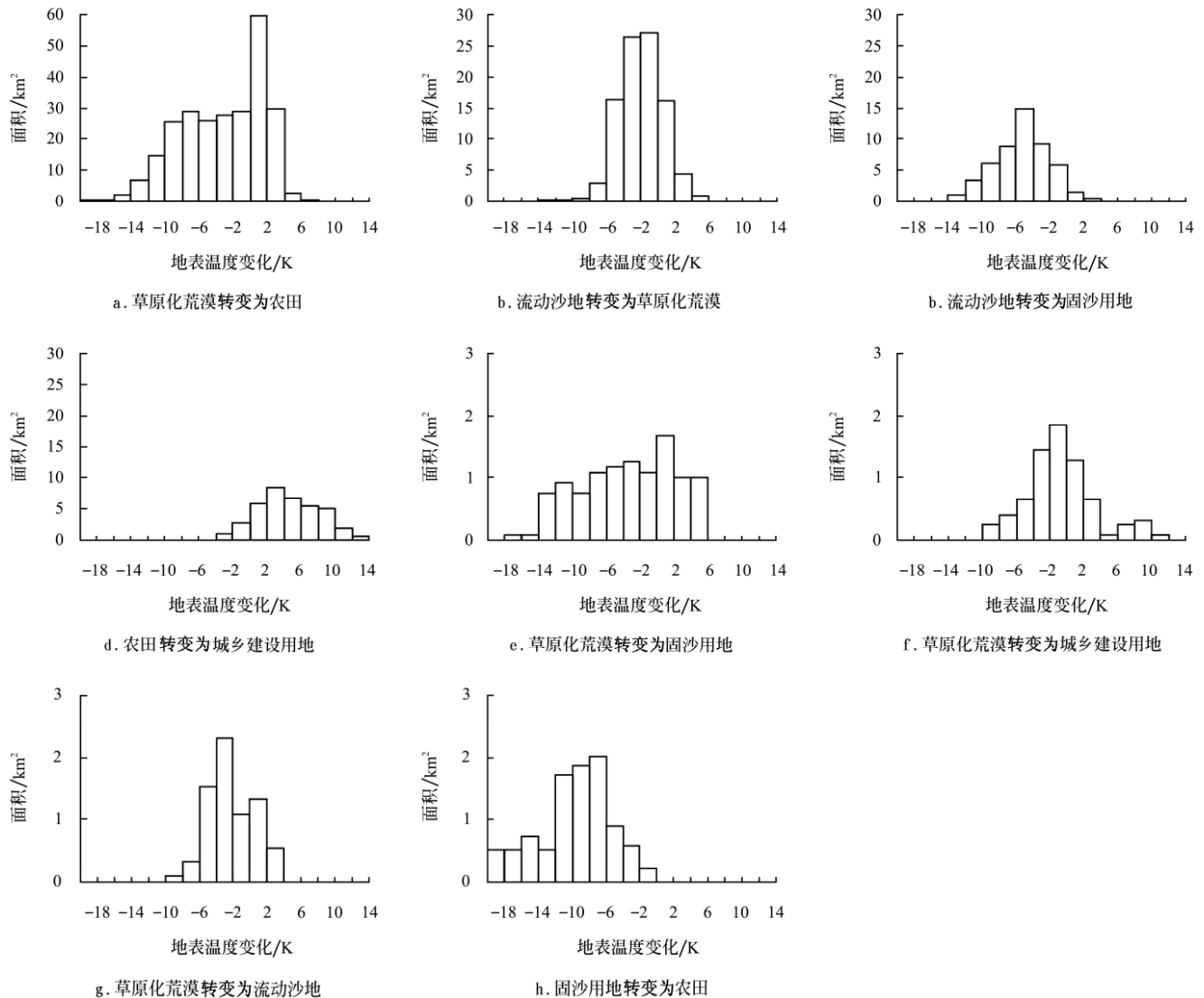


图5 各类土地利用方式变化所对应的地表温度变化的数值分布  
Fig.5 Histogram of land surface temperature difference induced by land use change

#### 4 讨论

土地利用方式对 LST 具有很强的影响力, 这在荒漠与绿洲的过渡地带表现得尤为明显。相对于其他自然地理区域的研究结果, 本研究区内不同利用方式土地的表面温度之差异更为显著。例如在对上海市的研究中, 2000 年 6 月 14 日平均 LST 最低的土地利用类型 (农业用地) 与平均 LST 最高者 (商业与服务区) 相差约 3 K<sup>[16]</sup>。而本研究中, 2007 年 6 月 14 日平均 LST 最低者 (水体) 与平均 LST 最高者 (流动沙地) 相差达 27 K; 面积比例

最大的两类土地 (草原化荒漠与农田) 平均 LST 相差达到 10 K 以上。由此可见, 荒漠与绿洲的过渡地带的土地利用变化给区域热环境带来的影响很可能会比其他自然地理区域更为强烈。

掌握 LST 与土地利用方式的关系的实际意义之一是“籍由对研究区土地利用方式的未来变化趋势的预测来估计 LST 空间格局的未来变化趋势”。就现状而言, 研究区北半部的夏季 LST 空间格局为: 位于中心的宁卫平原总体上是一个大的低温斑块, 而内部是大小不一的分散的高温斑块; 这一大低温斑块被高温区域所包围。在将



来, 宁卫平原周边将建设更多风沙治理工程, “人进沙退”的局面将进一步拓展, 会使低温斑块向西和西北方向延伸。同时, 由于城镇化进程的加快, 宁卫平原内部的高温斑块会发生面积和数量的增加, 并趋于融合。研究区南半部的变化“草原化荒漠向压砂田的转化”对初夏 LST 的影响较小, 因此将来研究区南半部的初夏 LST 的空间格局不会出现太大变化。

基于遥感资料获取的 LST 是瞬时数据, 它们一方面取决于相对稳定的内部条件(土地利用与覆盖状况), 另一方面受制于若干具有强烈时间动态性的气象条件。要确定两组 LST 数据之间的差异是否源于土地利用类型的不同, 必须先淡化后一种因素的影响。本文使用线性回归的方法, 将两组 LST 在“数据获取时刻的气象条件相同”的假设下进行比较, 是解决上述问题新的可行途径。

基于遥感数据产生的信息和知识的时间代表性低, 是遥感数据相对于站点资料的不足之处<sup>[17]</sup>。遥感数据反映的是卫星过境时刻的地表状况, 故而不能完全代表全年和全天 LST 特征。遥感获得的 LST 信息与土地利用信息相比, 前者的稳定性较差(随时间有明显的变化), 而后者可在较长的时段内保持稳定。故而, 本研究所得的有关二者联系的结论是有时间局限性的。今后研究中, 若能以特定时间序列上的若干期遥感数据进行分析, 并与地面站点观测数据结合起来, 则所获结论的代表性将有很大提高, 这是进一步研究的方向。

## 5 结论与讨论

1) 地表温度(LST)具有强烈的空间异质性, 依靠地面观测站点难以对研究区的 LST 进行准确的分布式描述。而遥感资料在反映区域分异方面具有明显优势, 可以同时 LST 和土地利用方式两类特征进行平面化描述, 使研究者易于深入探究两类特征之间的联系。

2) 干旱荒漠区不同利用方式的土地 LST 有非常显著的差异。两期数据皆显示流动沙地的 LST 最高, 其次是固沙用地、草原化荒漠、城乡建设用地等。

3) 过去 15 a 中, 涉及面积最多的土地利用变化方式是“草原化荒漠转变为农田”和“流动沙地转变为固沙用地”。二者皆是地表植被覆盖度由低向高的转变过程, 发生这二类过程的土地, 大部分表现出 LST 明显下降。而能使 LST 升高的土地利用变化并不显著, 其形式主要是“农田转变为城乡建设用地”。所以, 过去 15 a 中, LST 明显降低的区域远多于 LST 明显升高的区域。

4) 将来, 固沙工程的进一步实施会使低温斑块向宁卫平原的西和西北方向继续延伸; 宁卫平原内部的高温斑块可能会发生面积和数量的增加。

### [参 考 文 献]

- [1] 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.  
Qian Lexiang, Ding Shengyan. Influence of land cover change on land surface temperature in Zhujiang Delta[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(5): 761—770. (in Chinese with English abstract)
- [2] 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.  
Liu Chaoshun, Gao Zhiqiang, Gao Wei. Retrieval evapotranspiration and land surface temperature in response to land use / over change based on remote sensing data[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23 (8): 1—8. (in Chinese with English abstract)
- [3] 谢志清, 杜银, 曾燕, 等. 长江三角洲城市带扩展对区域温度变化的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(7): 720—727.  
Xie Zhiqing, Du Yin, Zeng Yan, et al. Impact of urbanization on regional temperature change in the Yangtze River Delta[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(7): 720—727. (in Chinese with English abstract)
- [4] 谢苗苗, 周伟, 王仰麟, 等. 城市土地利用的热环境效应研究: 以宁波城区为例[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2008, 44(5): 815—821.  
Xie Miaomiao, Zhou wei, Wang Yanglin, et al. Thermal environment effect of land use in urban area: A case study in Ningbo urban area[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2008, 44(5): 815—821. (in Chinese with English abstract)
- [5] Hu Y, Jia G. Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data[J]. International Journal of Climatology, 2009, 30(9): 1382—1395.
- [6] 彭征, 廖和平, 郭月婷, 等. 山地城市土地覆盖变化对地表温度的影响[J]. 地理研究, 2009, 28(3): 673—684.  
Peng Zheng, Liao Heping, Guo Yueting, et al. Influence of land cover change on land surface temperature in the mountainous city[J]. Geographical Research, 2009, 28(3): 673—684. (in Chinese with English abstract)
- [7] 王介民. 陆面过程实验和地气相互作用研究: 从 HEIFE 到 IMGRASS 和 GAME-Tibet/TIPEX[J]. 高原气象, 1999, 18(3): 280—294.  
Wang Jiemin. Land surface process experiments and interaction study in China: from HEIFE to IMGRASS and GAME-Tibet/TIPEX[J]. Plateau Meteorology, 1999, 18(3): 280—294. (in Chinese with English abstract)
- [8] Sobrinoa J A, Jimenez-Munoz J C, Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90: 434—440.
- [9] 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.
- [10] 覃志豪, Zhang Minghua, Karnieli 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.  
Qin Zhihao, Zhang Minghua, Karnieli Arnon, et al. Mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from landset TM6 data[J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(4): 456—466. (in Chinese with English abstract)
- [11] 白洁, 刘绍民, 扈光. 针对 TM/ETM<sup>+</sup>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.  
Bai Jie, Liu Shaomin, Hu Guang. Inversion and verification of land surface temperature with sensing TM/ETM<sup>+</sup> data[J].

- Transactions of the CSAE, 2008, 24(9): 148—154. (in Chinese with English abstract)
- [12] 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, 15(3): 28—41.  
Qin Zhihao, Li Wenjuan, Xu Bin, et al. The estimation of land surface emissivity for Landsat TM6[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2004, 15(3): 28—41. (in Chinese with English abstract)
- [13] 覃志豪, Li Wenjuan, Zhang Minghua, 等. 单窗算法的大气参数估计方法[J]. 国土资源遥感, 2003, 14(2): 37—43.  
Qin Zhihao, Li Wenjuan, Zhang Minghua, et al. Estimating of the essential atmospheric parameters of mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from landsat TM6[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2003, 14(2): 37—43. (in Chinese with English abstract)
- [14] 杨景梅, 邱金桓. 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.  
Yang Jingmei, Qiu Jinhuan. The empirical expressions of the relation between precipitable water and ground water vapor pressure for some areas in China[J]. Scientia Atmospherica Sinica, 1996, 20(5): 620—626. (in Chinese with English abstract)
- [15] 苏伟忠, 杨英宝, 杨桂山. 南京市热场分布特征及其与土地利用/覆被关系研究[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 697—703.  
Su Weizhong, Yang Yingbao, Yang Guishan. Distributional characteristics of urban thermal space and relations with land use / cover of Nanjing[J]. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(6): 697—703. (in Chinese with English abstract)
- [16] 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.  
Yue Wenzhe, Xu Lihua. Thermal environment effect of urban land use type and pattern: A case study of central area of Shanghai City[J]. Scientia Geographica Sinica, 2007, 27(2): 243—248. (in Chinese with English abstract)
- [17] 陈述彭. 遥感地学分析的时空维[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 161—171.  
Chen Shupeng. Geo-spatial/temporal analysis in Geo-processing[J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1(3): 161—171. (in Chinese with English abstract)

## Influence of land use change on land surface temperature in arid desert region

Qi Pengcheng<sup>1</sup>, Zhao Chuanyan<sup>2</sup>, Feng Zhaodong<sup>3,4</sup>, Wang Xiaoping<sup>5</sup>

(1. School of Environmental Science and Tourism, Nanyang Normal University, Nanyang 473061, China;

2. Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology of Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

3. School of Resource and Environmental Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

4. Department of Geology, Baylor University, Waco, TX 76798, United States;

5. Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;

**Abstract:** Spatial distribution of land surface temperature (LST) was demonstrated to be likely influenced by land use changes. This paper aimed to analyze the influence of land use change on LST in Shapotou District, Zhongwei. Using two images of Landsat TM, the information of land use of Sapotou in 1992 and 2007 were retrieved and LST of corresponding periods was calculated based on the mono-windows algorithm. The results revealed that there was obvious difference among LST of each land types. Shifting sandy land had the highest LST, and water area the lowest. The conversions of steppe desert to cropland and shifting sandy land to artificial vegetation-stabilized sand land were the major patterns of land use change. The conversions of steppe desert to irrigable cropland resulted in LST declining obviously, and the conversions of steppe desert to pebble-covered cropland resulted in LST rising slightly. The conversions of cropland to rural-urban construction land resulted in obvious LST rise.

**Key words:** land surface temperature, land use change, arid desert, mono-window algorithm, Landsat TM

戚鹏程, 等. 干旱荒漠区土地利用变化对地表温度的影响(图2、3、4)

Qi Pengcheng, et al. Influence of land use change on land surface temperature in arid desert region (Figure 2, 3, 4)

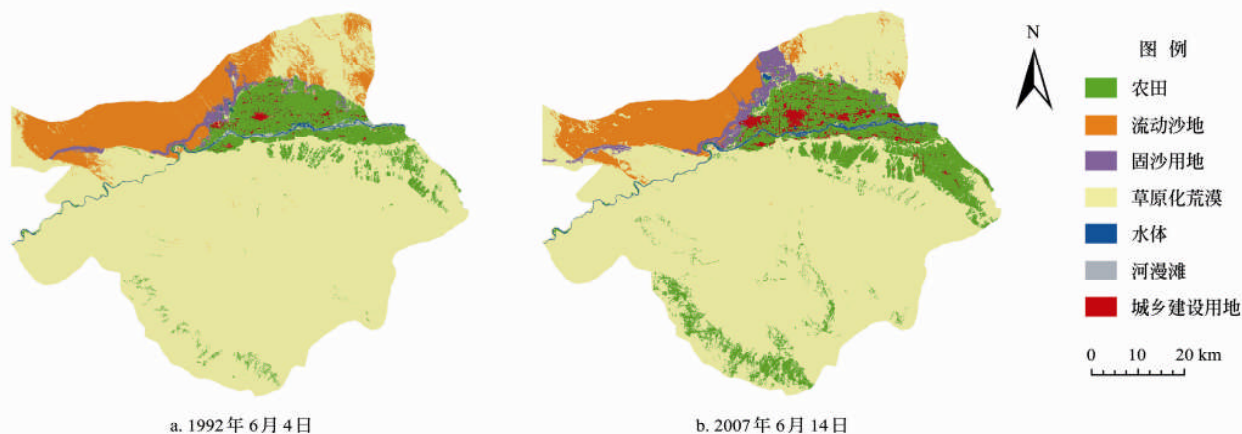


图2 中卫市沙坡头区1992年和2007年的土地利用

Fig.2 Land use in Shapotou District, Zhongwei in 1992 and 2007

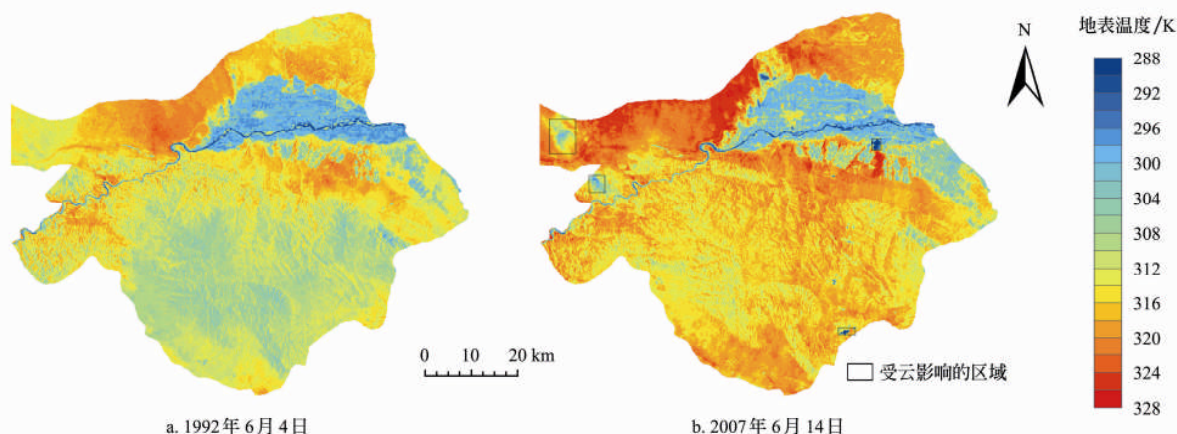


图3 中卫市沙坡头区1992年和2007年地表温度的空间分布

Fig.3 Spatial distribution of retrieval land surface temperature in Shapotou District, Zhongwei in 1992 and 2007

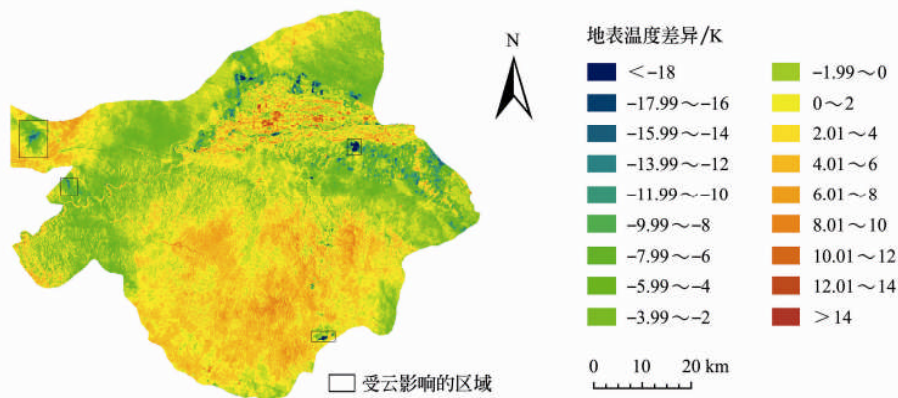


图4 外界条件相同情况下两个研究时期地表温度的差异

Fig.4 Land surface temperature difference between two study periods at same meteorologic condition