

五陵原景观空间格局动态分析

封建民, 李晓华

(咸阳师范学院 旅游与资源环境学院 关中古代陵寝文化研究中心, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 基于地理信息系统支持计算景观多样性的有关参数, 选取斑块大小及数量、分维数、斑块伸长指数、多样性、优势度、均匀度和破碎度等指标, 对五陵原地区近 17 多年来景观多样性动态变化进行分析。结果显示: 1988-2005 年, 研究区总斑块数减少了 67 个, 斑块增加明显的主要是耕地及林地斑块, 分别增加 90 个和 27 个; 斑块数减少明显的是水体、果园和建设用地, 分别减少了 11 个、121 个和 51 个。平均斑块面积及平均斑块周长, 分别增加 4.036 hm² 和 966.69 m; 耕地、林地、水体及未利用土地分维数, 都有不同程度的下降, 而果园和建设用地景观的分维数有所上升。五陵原地区景观异质性特征表现为: 均匀度指数上升了 0.13, 景观破碎度指数上升了 0.001, 景观类型多样性指数上升了 0.27, 优势度指数下降了 0.27。研究期间该区景观空间格局从以耕地及建筑为主的景观生态系统, 转变为以耕地、果园和建筑景观为主的高度异质化的景观生态系统, 人类活动是其景观空间格局变化的主要驱动因素。

关键词: 五陵原; 景观格局; 动态分析

中图分类号: P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0068-05

Dynamic Analysis on the Landscape Pattern of Wulingyuan Plateau

FENG Jian-min, LI Xiao-hua

(Guanzhong Ancient Cemetery Culture Research Center, the College of Tourism and Resources Environment, Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: In order to provide reference for reasonable use of land resources and protect and utilize the imperial and legacy, we calculated some landscape diversity indices under the support of GIS technology, using the indices such as patch size and amount, average fractal dimension, patch extension index, diversity index, dominance, consistency degree and fragmentation, the dynamic changes of landscape diversity in the Wulingyuan region over the past 17 years. The results showed that the total number of patch reduced by 67 from 1988 to 2005, in which farmland and woodland increased by 90 and 27 respectively, water area, orchard and the building areas decrease by 11, 121 and 51 respectively; the average area and perimeter of patches increased by 4.036 hm² and 966.69 m separately; average fractal dimension of farmland, woodland, water area and unutilized land decreased in different degrees, while orchard and the building areas increased slightly. The characteristics of landscape heterogeneity are depicted that the consistency degree, fragmentation and diversity index increased by 0.13, 0.001 and 0.27, respectively, while the dominance decreased by 0.27. During the study time, the landscape ecosystem mainly composing of farmland and building has already changed into highly heterogeneous landscape ecosystem mainly composing of farmland, orchard and building. Human activity is the main driving factors for the dynamic changes of spatial pattern of landscape in this area.

Key words: Wulingyuan; landscape pattern; dynamic analysis

“景观生态学”一词最初由德国著名植物地理学家 Troll. C 于 1939 年首次提出, 其目的是为了协调统一生态学和地理学两个领域中科学家的研究工作^[1]。景观空间格局是生态系统或系统属性空间变

异程度的具体表现, 它包括空间异质性、空间相关性和空间规律性等内容^[2]。在遥感与 GIS 技术的支撑下, 自 20 世纪 80 年代以来, 不同景观生态学家提出了众多的景观指数用来定量分析景观格局^[3-7]。

以往的景观格局的研究主要是注重于景观空间格局定量指标的建立、景观空间格局的测定^[8-10]等。本研究将地理信息系统和景观空间分析模型相结合,用地理信息系统显示景观的空间分布,用定量模型测定景观的空间格局,用驱动力机制分析其变化原因。在人类活动起主导作用的农业景观里,人类活动方式是景观空间格局的主要决定因素^[11],因此,农业景观比自然景观具有更大的变异性。咸阳五陵原属于黄土高原南缘的黄土台塬,是西汉等朝帝王陵墓的聚居分布区。五陵原景观空间格局的动态分析,对帝王陵寝遗产文化资源的保护利用具有重要意义。

1 研究区概况

五陵原位于东经 $108^{\circ}30'35'' - 108^{\circ}59'40''$, 北纬 $34^{\circ}14'44'' - 34^{\circ}29'40''$, 地处关中平原中部偏北的咸阳塬上, 西起兴平市, 东到高陵县, 南临渭水, 北接北山山系, 东西长约 40 km, 南北最宽处约 13.5 km, 总面积 530 km^2 。五陵原因其塬高土厚、地势开阔、自然风光绝佳, 而被历代统治者视为风水宝地, 成为皇家陵墓区。唐顺陵、秦咸阳城遗址均在五陵原; 西汉 11 位皇帝中有 9 位就葬于此。这些皇陵平地凿穴起冢, 沿郑国渠走向一字排开, 气势磅礴, 高大雄伟, 十分壮观。据 1957 年文物普查统计, 仅五陵原秦都和渭城区一带塬上的帝王陵墓就多达 808 座^[12], 被誉为中国的“金字塔”群。其中五陵原的高祖长陵、惠帝安陵、景帝阳陵、武帝茂陵、昭帝平陵五个陵设邑建县, 故名“五陵原”。境内年平均降水量 537~650 mm, 年平均温度 $9.0 \sim 13.2^{\circ}\text{C}$, 属大陆性季风气候, 气候温和、四季分明。地势北高南低, 北部为黄土台塬, 地

势较高, 主要分布着农田、果园和乡村聚落。南部为河流阶地, 地势由北向南部的渭河倾斜, 分布着大面积的耕地和城乡聚落。20 世纪 80 年代后期以来, 区域经济发展迅速, 土地利用变化剧烈。

2 研究方法

2.1 景观要素分类

本次研究采用的数据选取美国 Landsat 卫星影像数据, 根据项目研究的内容、地表景观的季相差异及卫星影像数据的质量, 选取 2 个时段, 分别是 1988 年的 Landsat TM 和 2005 年的 Landsat ETM 影像, 影像质量均良好, 分辨率分别为 30 m 和 28.5 m。结合非遥感信息源主要包括 1:5 万地形图、地貌分区图以及野外考察采集的各种资料和数据等。首先利用 1:5 万地形图分别对 1998 年和 2005 年的两期影像进行几何精校正, 校正误差控制在 0.5 个像元以内; 土地分类系统是参照 2007 年 8 月 5 日颁布的《土地利用分类》国家标准和研究区的具体情况采用土地利用二级分类系统, 将研究区的土地利用类型划分为水体、城乡建设用地、果园、林地、耕地、道路、古陵及保护用地、未利用土地等 8 个类型。

采用监督分类和人机交互解译相结合的方法对两期图像进行解译, 得到两个时期的土地利用数据 (表 1), 利用 Arcinfo 软件 Overlay 模块下的 Union 命令, 对 1988 年和 2005 年土地利用遥感解译图进行空间叠加分析, 得到 1988-2005 年研究区土地利用类型转化的空间数据, 并以部分典型地类变化为例作出各地类间转化关系图, 最后对土地利用变化进行定量分析。

表 1 五陵原地区 1988-2005 年土地利用类型统计

土地利用 类型	1988 年		2005 年		面积变化/ hm ²	年变化率/ %
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%		
耕地	38694.71	72.64	27153.79	50.97	-11540.92	-1.27
林地	1745.25	3.28	1161.84	2.18	-583.47	-0.06
果园	3503.44	6.58	11460.09	21.51	7956.62	0.88
水域	1052.16	1.98	173.17	0.33	-879.00	-0.10
道路	736.73	1.38	1058.90	1.99	322.17	0.04
古陵及保护用地	197.90	0.37	354.07	0.66	156.16	0.02
建设用地	6996.24	13.13	11654.65	21.88	4658.41	0.5
未利用土地	343.09	0.64	253.09	0.48	-90.00	-0.01

2.2 景观生态学评价指标

(1) 平均斑块面积 S_{mps} 与平均斑块周长 L_{mpe} 。

$$S_{mps} = \left[\left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \right) / n_i \right] \times 10^{-4} \quad (1)$$

$$L_{mpe} = \left[\left(\sum_{j=1}^n e_{ij} \right) / n_i \right] \quad (2)$$

式中: $i=1, 2, \dots, m$ 表示斑块类型序号; $j=1, 2, \dots, n$

表示斑块序号; a_{ij} ——斑块的面积; e_{ij} ——斑块的周长; n_i ——景观中类型 i 的斑块数。

(2) 斑块分维数 F_d

$$F_d = 2 \lg(L_{mpe}/4) / \lg S_{mps} \quad (3)$$

式中: F_d 的理论范围为 1.0~2.0, 其中 1.0 代表形状最简单的正方形斑块, 2.0 代表等面积下周边最复杂

的斑块。

(3) 斑块伸长指数 G

$$G = L_{mpe} / \sqrt{S_{mps}} \quad (4)$$

(4) 景观多样性指数 $I^{[13-14]}$

$$I = - \sum_{i=1}^m p_i \ln(p_i) \quad (5)$$

式中: m ——景观类型数; p_i ——第 i 类景观所占比例。

(5) 景观优势度指数 D

$$D = \ln(n) + \sum_{i=1}^m p_i \ln(p_i) \quad (6)$$

式中: $\ln(n)$ ——最大多样性指数; n ——景观类型总数, 表明研究区各类型景观所占比例相等时, 景观具有最大的多样性指数。

(6) 斑块密度 P_D (块/ hm^2 , Patch Density)

$$P_D = (N/A) \times 10^4 \quad (7)$$

式中: N ——景观中的斑块总数; A ——景观总面积。

(7) 均匀度指数 E

$$E = \frac{I}{I_{\max}} = \frac{- \sum_{m=1}^n p_i \ln(p_i)}{\ln(n)} \quad (8)$$

式中: I ——Shannon 多样性指数; I_{\max} ——最大值。

3 结果分析

3.1 斑块多样性动态分析

斑块构成了景观的基本空间单元, 斑块的各种组合, 构成景观空间格局, 是景观功能、格局和过程随时间发生变化的主要决定因素。通过描述这些基本单元的组合结构特征, 可对景观格局进行分析和量化, 进而与生态过程相联系, 研究格局与过程之间相互作用、相互影响的机理。运用上述指标, 对五陵原区不同时期景观类型的斑块多样性特征进行研究(表 2), 表明: 1988-2005 年期间, 研究区域的景观斑块数从 967 个减少为 901 个, 斑块结构变化明显, 其中耕地、

林地、果园、水体、建筑等斑块结构变化最为显著。耕地斑块增加了 90 个, 但斑块结构从研究初期的 72.64% 减少到 2005 年的 50.94%; 林地斑块增加了 27 个, 斑块结构也从研究初期的 3.28% 减少到 2005 年 2.18%; 果园斑块数从研究初期的 367 个减少到 2005 年的 246 个, 但是斑块结构却从 1988 年的 6.58% 明显增加到 21.51%。水体减少明显, 研究初期水域斑块为 24 个, 斑块结构为 1.98%, 到 2005 年, 水体斑块减少到 13 个, 斑块结构也明显减少到了 0.33%。建筑斑块数从研究初期的 403 个减少到 2005 年的 352 个, 但斑块结构却从 1988 年的 13.13% 增加到 21.88%; 在整个研究期间内未利用土地斑块只减少了 1 个, 从 1988 年的 9 个减少到 2005 年的 8 个, 斑块结构也从 1988 年的 0.64% 减少到 0.48%。

研究期间内, 景观斑块的平均斑块面积增加了 4.036 hm^2 , 平均斑块周长增加了 966.69 m 。各景观平均斑块面积变化以耕地和林地减少最为显著, 1988 年耕地平均斑块面积为 1074.85 hm^2 , 林地的平均斑块面积为 193.92 hm^2 , 2005 年分别减少到 215.51 hm^2 和 32.27 hm^2 , 分别减少了 859.34 hm^2 和 161.65 hm^2 。水体、道路和未利用土地的平均斑块面积, 也有不同程度的减少, 其变化量分别为 30.52 , 15.39 , 6.48 hm^2 。而果园和建设用平均斑块面积分别增加了 37.04 , 15.75 hm^2 。平均斑块周长减少较明显的是耕地斑块及林地, 分别减少了 30880.1 m 和 8079.81 m ; 而果园的平均斑块周长有明显增加, 由 1771.64 m 增加到 4433.10 m , 增加了 2661.46 m 。不同景观类型的斑块分维数变化情况是耕地、林地、水域、古陵及保护用地和未利用地略有下降, 园地及建设用地则略有上升。从斑块伸长指数来看, 耕地、林地和水体斑块下降较明显, 分别达到 4.61 , 2.7 , 1.43 , 果园和建筑略有增加, 其它下降不是很多。

表 2 不同时期景观类型斑块特征

景观类型	斑块数/个		平均斑块面积/ hm^2		平均斑块周长/ m		平均斑块分维数		平均斑块伸长指数	
	1988	2005	1988	2005	1988	2005	1988	2005	1988	2005
耕地	36	126	1074.85	215.51	43665.94	12785.84	1.15	1.11	13.32	8.71
林地	9	36	193.92	32.27	11054.10	2974.29	1.09	1.04	7.94	5.24
果园	367	246	9.55	46.59	1771.64	4433.10	1.06	1.07	5.73	6.50
水域	24	13	43.84	13.32	4204.66	1794.62	1.07	1.03	6.35	4.92
道路	2	3	368.36	352.97	147132.12	142600.99	1.39	1.39	76.66	75.90
古陵及保护用地	117	117	1.69	3.03	456.57	516.95	1.01	1.0	3.51	2.97
建设用地	403	352	17.36	33.11	1893.57	2740.98	1.02	1.03	4.54	4.76
未利用土地	9	8	38.12	31.64	4040.18	3401.02	1.08	1.07	6.54	6.05

从不同类型的面积变化特征来看, 耕地变化最明显, 其他类型斑块也都发生相应的变化。主要的变化

类型是耕地与果园和建设用地之间的相互转化(图 1)。

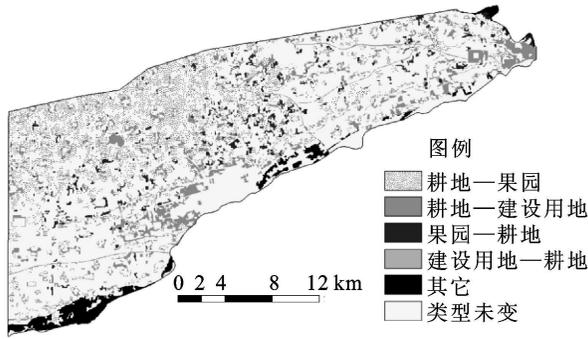


图 1 五陵原景观格局动态变化图

3.2 景观异质性动态分析

景观异质性是景观生态学的重要属性。景观本质上是一个异质的系统, 正是因为异质性, 才形成了景观内部的物质流、能量流、信息流和价值流, 从而导致了景观的演化、发展与动态平衡^[15]。斑块的景观异质性分析, 主要是从不同的侧面, 来描述景观的异质性程度。譬如景观多样性指数反映了景观类型的丰富度和景观异制性的高低。多样性指数越大, 表示景观多样性越高。景观多样性由景观类型的丰富度和均匀性两方面所组成, 当景观由单一要素组成时, 其多样性为零; 有两个以上景观要素组成的景观, 当景观类型所占比例相等时, 其景观多样性最高。各景观类型所占比例差异较大时, 则景观多样性下降^[16]。均匀度指数表征景观空间格局中不同景观类型分配的均匀程度, 景观均匀性指数大说明各景观类型所占比例大小比较均匀, 相差不是很悬殊。反之, 景观均匀性指数小, 表明景观中以一种或少数几种景观类型占优势。若景观均匀性指数为零, 表明景观中各景观类型所占比例完全相等, 则景观完全均质。

五陵原区不同时期景观异质性差异较明显(表 3), 具体表现为: 研究初期, 景观多样性指数为 0.98, 2005 年为 1.25, 研究期间内, 景观多样性指数增加 0.27; 优势度指数 1988 年为 1.099, 2005 年减少到 0.829, 整个研究期间内优势度指数减少了 0.27。表明该区域景观多样性上升, 优势度下降的趋势; 景观均匀度指数从研究初期的 0.47, 增加到 2005 年的 0.60, 增加了 0.13; 景观斑块密度从 1988 年的 0.018 减少到 0.017, 表明破碎化程度有所加剧。

表 3 不同时期景观多样性、优势度、均匀度及破碎度指数的比较

年份	多样性指数	优势度指数	均匀度指数	斑块密度/(块·hm ⁻²)
1988	0.98	1.099	0.47	0.018
2005	1.25	0.829	0.60	0.017

3.3 景观动态变化的驱动机制

从五陵原地区不同时期土地利用情况(表 1)来

看, 1988—2005 年该区域土地利用类型的面积比例发生了很大的变化, 其中耕地是最为明显, 1988 年该区域耕地面积为 38 694.71 hm², 2005 年耕地面积为 27 153.79 hm², 减少了 11 540.92 hm²; 林地从 1 745.25 hm² 减少到了 1 161.84 hm²; 果园和建设用地, 都不同程度地增加, 其增加量为别为 7 956.62, 4 658.41 hm²; 水体和未利用地也分别减少了 879.47, 583.47 hm²。

1988—2005 年, 五陵原不同类型斑块动态变化(表 2)来看, 耕地、林地、果园、水域及建筑用地斑块动态变化相对明显, 其中耕地和林地斑块数明显增加, 表现出明显的破碎化趋势; 而果园及建设用地斑块数减少明显, 但总面积增加较多, 表现出明显的扩张趋势。导致五陵原土地利用变化的因素主要受人口、经济、政策的影响, 首先, 人口增长和消费方式的改变是土地利用变化的重要驱动力, 对城镇建设用地的规模起着决定性的影响。其次, 经济发展是土地利用结构变化的最主要驱动力。建设用地的增加, 除人口增长因素外, 主要是近年来五陵原地区城市化快速发展, 城市扩展和农村大量新建住宅占用了大量土地。由研究区土地利用数据还可以看出, 近 17 a 来果园面积以年均 0.88% 的速度扩展, 因而果业经济的发展是研究区景观变化的又一重要驱动因素。

2005 年景观多样性指数比 1988 年增加了 0.23, 表明该试区景观斑块数的复杂性有所上升, 而景观优势度的降低及均匀度的增加, 表明该试区景观由少数几个主要的景观类型控制的程度降低, 各景观类型所占的比例差异有所减少。从表 2 可以看出, 1988 年该区域的景观类型, 主要为耕地和建筑用地, 共占总面积的 85.77%, 其中, 耕地占总面积的 72.64%, 建筑用地占总面积的 13.13%。2005 年, 由于耕地、果园和建设用地的变化, 导致景观格局异质性减小, 其表现为优势度指数的下降及均匀度指数的增加, 耕地、果园及建设用地面积占总面积的 94.36%, 耕地占总面积的 50.97%, 而果园和建筑用地占总面积的 43.39%, 表明 1988 年该区的主要景观类型为耕地, 而 2005 年变为以耕地、果园和建筑用地为主的景观类型。

4 结论

(1) 1988—2005 年五陵原地区斑块总数减少了 66 个, 平均斑块面积及平均斑块周长, 分别增加了 4.036 hm² 和 966.69 m。

(2) 17 a 中五陵原地区景观异质性特征表现为: 景观多样性指数增加了 0.27, 优势度指数减少了

0.27, 这表明该区景观由少数几个主要的景观类型控制的程度有所降低, 景观格局中各景观类型所占比例的差异减少。景观均匀度指数增加了 0.13, 景观斑块密度略有减少, 表明破碎化程度有所加剧。

(3) 近 17 a 来, 五陵原地区景观格局主要表现为耕地受政策因素导向向林地、果园及城镇建设、居民点用地转化。因此, 人为干预引起土地利用方式的改变, 是景观多样性及空间格局变化的主要驱动力。

(4) 随着果园面积的扩大和城市化发展, 有些古陵已处于果园和城市建筑的包围中, 而部分乡村已经扩展到帝陵区, 这极大地破坏了五陵原原始的古陵寝景观结构, 影响了旅游者的旅游价值体验, 因而在以后的土地利用规划中, 应为古陵寝划出合理的保护范围, 以加强帝陵遗产资源的保护, 为区域经济社会发展服务。

参考文献:

- [1] 何东进, 洪伟, 胡海清. 景观生态学的基本理论及中国景观生态学的研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(2): 276-282.
- [2] 肖秀珍, 高峻, 常禹, 等. 景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] O' Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, et al. Indices of landscape pattern[J]. *Landscape Ecol.*, 1988, 1: 153-162.
- [4] Turner M G, Gardner R H. Quantitative Methods in

Landscape Ecology [M]. New York: Springer-Verlag, 1990: 3-16.

- [5] Riitters K H, O' Neill R V, Hunsaker C T, et al. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics[J]. *Landscape Ecol.*, 1995, 10: 23-39.
- [6] 邬建国. 景观生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [7] 郝仕龙, 李壁成, 赵小敏, 等. 黄土丘陵小流域景观空间格局动态分析: 以固原市上黄试区为例[J]. *中国水土保持科学*, 2005, 3(2): 107-112.
- [8] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. *生态学报*, 1995, 15(2): 113-120.
- [9] 陈利顶, 傅伯杰, 王军. 黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究[J]. *地理科学*, 2001, 21(1): 46-51.
- [10] 王晓燕, 徐志高, 杨明义, 等. 黄土高原小流域景观多样性动态分析[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(12): 273-278.
- [11] 胡震峰. 土地利用与景观格局动态变化研究[J]. *科技情报开发与经济*, 2003, 13(12): 143-145.
- [12] 咸阳服饰文物事业管理局. 咸阳市文物志[M]. 西安: 三秦出版社, 2008.
- [13] 王继夏, 孙虎, 李俊霖, 等. 秦岭中山区山地景观格局变化及驱动力分析: 以宁陕县长安河流域为例[J]. *山地学报*, 2008, 26(5): 546-552.
- [14] 孟涛, 王明常, 梁立恒, 等. 长白山生态景观格局动态变化分析[J]. *世界地质*, 2008, 27(3): 338-345.
- [15] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [16] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义[J]. *地理学报*, 1996, 51(5): 454-462.

(上接第 67 页)

参考文献:

- [1] 田长彦, 周宏飞, 刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. *干旱区地理*, 2000, 23(2): 176-181.
- [2] 乔木, 田长彦, 王新平. 新疆灌区土壤盐渍化及改良治理模式[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2008: 1-31.
- [3] 陈模, 杨绍斌. 焉耆盆地盐渍化土壤的形成与改良[J]. *国土与自然资源研究*, 1992(3): 46-49.
- [4] 王玉宝, 李涛, 金英春. 浅析新疆焉耆盆地土壤次生盐渍化治理途径[J]. *水文地质工程地质*, 2004(6): 99-101.
- [5] 毛任钊, 田魁祥, 松本聪, 等. 盐渍土盐分指标及其与化学组成的关系[J]. *土壤*, 1997(6): 326-330.
- [6] 樊自立, 马英杰, 马映军. 中国西部地区耕地土壤盐渍化评估及发展趋势预测[J]. *干旱区研究*, 2002, 25(2): 97-

102.

- [7] 张飞, 丁建丽, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 干旱区典型绿洲土壤盐渍化特征分析: 以渭干河-库车河三角洲为例[J]. *草业学报*, 2007, 16(4): 34-40.
- [8] 王玉刚, 肖笃宁, 李彦. 干旱内流区尾间绿洲土壤积盐的动态特征[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(4): 604-610.
- [9] Metternicht G I, Zinck J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85: 1-20.
- [10] 卢丹. 新疆焉耆盆地水资源可持续利用[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- [11] 马世忠. 塔里木河流域资源植物利用与生态经济技术[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2005: 18-22.
- [12] 刘延锋, 靳孟贵, 金英春, 等. 新疆焉耆盆地土壤盐渍化特征分析[J]. *水土保持通报*, 2004, 24(1): 51-52.