

新疆艾里克湖滨绿洲景观空间格局动态变化*

阿斯卡尔江·司迪克^{1,2}, 楚新正^{1**}, 艾里西尔·库尔班²

(1: 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

(2: 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要:以艾里克湖滨绿洲 1989 年 9 月的 TM, 2000 年 9 月的 ETM + 和 2005 年 9 月的 CBERS 遥感影像为数据源, 借助 RS 和 GIS 技术, 以人机交互方式进行景观分类, 生成景观分类图; 运用景观生态学原理, 通过景观统计软件 Fragstats For Arcview 对研究区景观格局与土地利用变化过程分析并进行驱动力研究. 结果表明, 1989-2005 年的 17 年间, 主要在人类活动的影响下, 艾里克湖滨绿洲在外观特征和空间格局均有显著变化, 绿洲面积呈先退缩后扩张趋势, 湖泊面积也呈先萎缩甚至干涸后扩大趋势. 整体景观异质性、多样性和丰度下降; 景观优势度、蔓延度和破碎化程度增加. 要实现干旱区绿洲的可持续发展和景观生态功能的良性发挥, 必须注重景观格局的优化, 从而维护景观生态过程与格局的连续性.

关键词:艾里克湖滨绿洲; 景观格局; 动态变化; 遥感影像

Landscape pattern dynamic changes of Eric Lakeside Oasis, Xinjiang

Esqer Sidiq^{1,2}, CHU Xinzheng¹ & Alishir Kurban²

(1: *College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, P. R. China*)

(2: *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, P. R. China*)

Abstract: Using September 1989 of TM, September 2000 of ETM + and September 2005 of CBERS remote sensing image of Lakeside Oasis in Lake Eric as the data sources, the landscape was classified and the formation of classification map was made by RS and GIS technology and human-computer interactive approach. Using principles of landscape ecology and the landscape statistical software Fragstats For Arcview analyse the driving forces to landscape patterns and land-use change of the study area. Results showed that the 17 years during 1989-2005, the distribution and characteristics of the appearance of lakeside oasis in Lake Eric significantly changed. The oasis area underwent reduce to expansion, and the area of the lake gradually reduced and even dried up. It is essential to intensify the spatial relationships among landscape elements and to maintain the continuity of landscape ecological process and pattern in the course of area expansion.

Keywords: Eric Lakeside Oasis; landscape pattern; dynamic change; remote sensing image

绿洲是在干旱气候条件下形成的以荒漠为基质, 河流、渠系和道路为廊道, 绿洲和湖泊为主要斑块的具有较高第一性生产力的非地带性景观, 是干旱区独特的景观类型. 在新疆有大小绿洲 800 多块, 占全疆土地总面积的 8.89%, 却承载着全疆 95% 以上的人口和绝大部分的经济活动. 沙漠、戈壁等荒漠面积占土地总面积的 47.7%^[1]. 绿洲被沙漠、戈壁等荒漠景观分隔包围, 绿洲具有地缘性、维水性、交错性、脆弱性^[2]和不稳定性^[3,4]. 绿洲边缘带是绿洲系统与荒漠系统(沙漠、戈壁)交绥过渡带, 绿洲演化过程中, 处于最前沿和反映最敏感的部位, 它的形态、结构及动态变化是全球变化的区域响应及不同景观演变过程与特征的重要标志. 它具有通道和栅栏、防护功能, 是过渡带和推进支点^[2]. 近年来, 对干旱区绿洲可持续发展的研究多集中在构建干旱区生态经济模型, 测度干旱区人地关系可持续发展水平^[5-7]. 学者对引河流水灌溉的流域型绿洲的持续发展关注比较多^[8-12]. 景观动态变化的研究, 是国际景观生态学研究的核心问题之一, 目

* 中国沙漠气象科学研究基金项目(SQJ2007006)资助. 2009-07-14 收稿; 2010-04-21 收修改稿. 阿斯卡尔江·司迪克, 男, 1983 年生, 硕士研究生; E-mail: askar410cn@yahoo.com.cn.

** 通讯作者; E-mail: xzchu@sina.cn.

前仍是中国景观生态学中的一个研究热点^[13]. 遥感技术提供了丰富的数据源, 使便利有效地获取景观变化信息成为可能, 因此, 最近 20 年发展起来的建立在遥感数据基础上的景观动态变化监测方法得到充分重视, 进行了大量的中高分辨率卫星遥感数据应用研究. 李新琪^[14]等利用 CBERS-02 遥感影像数据对新疆艾比湖流域进行分类研究, 提出适宜于该流域的景观生态分类系统. 朱海涌^[15]等利用“3S”技术及 CA-Markov 模型, 对新疆艾比湖流域平原区 2020 年景观格局进行模拟预测. 李义玲^[16]等基于分形理论及 RS、GIS 技术对新疆玛纳斯河流域土地利用/土地覆被类型的分维数进行分析, 探讨土地利用/土地覆被类型结构变化的分维数与复杂性、稳定性的关系. 陈喜^[17]等利用开都河流域降水、气温和径流资料, 运用人工神经网络模型预测气候变化并探讨了其对博斯腾湖流域径流的影响. 本文利用 1989 年、2000 年和 2005 年三期遥感影像对艾里克绿洲最活跃的湖滨地带进行景观动态研究, 不仅有助于深入了解干旱区内绿洲景观结构与自然、生态过程和人类社会经济活动之间的关系, 也有利于确定人类干扰活动导致该地区景观改变的强度和方向及其有效性; 为本区域可持续发展提供决策依据, 并为恢复和重建干旱区湖泊流域景观生态安全格局提供研究案例.

1 研究区概况

艾里克湖(85°13′ - 86°02′E, 45°40′ - 46°13′N)位于新疆克拉玛依市乌尔禾区魔鬼城风景区东南 16km 处, 准噶尔盆地西北边缘. 东北与和布克赛尔蒙古自治县接壤, 西与托里县交接, 西南与白碱滩区毗邻. 艾里克湖是白杨河的尾间湖, 白杨河是艾里克湖流域唯一的入湖河流, 也是主要地表补给水源. 河水经过乌尔禾盆地穿过大峡谷口流入艾里克湖. 湖盆三面环山, 西南开敞, 东面受平面山阻隔, 是由河水形成的天然淡水湖泊, 湖面面积 55km², 长度为 12.4km, 最大宽度 4.2km, 平均宽度为 3.5km, 湖心水深约 9m, 容水量 7.4 × 10⁸m³. 湖区以外绝大部分地区为戈壁. 平均海拔 400m 左右, 最低点在艾里克湖, 海拔 250m 左右. 研究区属典型温带大陆性荒漠气候, 冬、夏温差大, 蒸发量大, 冻土深, 风多且大. 年平均气温 8.4℃, 7 月平均气温 27.6℃, 1 月平均为 -16.3℃. 年平均大风日数 71.3d, 年平均降水量 108.9mm, 年平均蒸发量达 3008.9mm, 无霜期 225d, 年平均日照数 2637h, 适合小麦、玉米、高粱等作物生长^[18]. 据《新疆图志》记载, 艾里克湖至少存在 1300 年以上, 在新疆大湖中排名第 20 位, 是克拉玛依市境内惟一的湖泊.

艾里克湖滨绿洲属于天然-人工绿洲, 天然植被组成以杨柳科、胡颓子科、柽柳科、藜科、禾本科、豆科等植物为主, 构成乔木、灌木和草本植物群落. 乔木主要有胡杨(*Populus euphratica*)、苦杨(*Populus laurifolia*)、尖果沙枣(*Elaeagnus oxycarpa*); 灌木主要有毛柽柳(*Tamarix hispida*)、梭梭(*Haloxyylon ammodendron*)、盐穗木(*Halostachys caspica*); 草本植物主要有芦苇(*Phragmites australis*)、疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、光果甘草(*Glycyrrhiza glabra*)等^[19]. 研究区土壤类型主要为灰漠土类、灰棕漠土类、风沙土类、草甸土类、沼泽土类和盐土类^[18].

2 数据选择与研究方法

2.1 数据选择

目前景观格局研究主要应用 RS 和 GIS 技术; 运用景观格局指数分析、空间统计学分析方法和景观格局变化动态模拟方法进行^[20]. 本文采用的图像数据为 1989 年 9 月 10 日成像的 TM 影像, 2000 年 9 月 27 日成像的 Landsat/ETM + 影像和 2005 年 9 月 13 日成像的 CBERS/CCD 影像.

2.2 遥感影像前期处理

2.2.1 几何精校正 利用 ENVI4.4 软件对研究区遥感影像进行几何精校正; 在图上选取对应的地面控制点(GCP); GCP 的选取原则: 有一定的数量保证, 均匀分布在整個校正区域内, 具有明显、精确的定位识别标志, 以保证精度. 按照几何校正的要求, 误差大于 1 个像元的 GCP 点逐个删除, 最后剩下误差小于 1 个像元的 21 个 GCP 点.

2.2.2 图像切割 首先通过目视解译, 删除绿洲外围的部分山地和荒漠区, 最终所选区域图像边界范围为: 46°2′2.54″N, 84°9′44.81″E; 45°1′54.79″N, 85°3′57.02″E. 切割面积为 3930.2136km².

2.2.3 图像增强 图像增强主要是对经过校正之后的影像图进行线性拉伸、灰度变换等增强处理, 使图像清晰, 易于识别. 按照增强的信息内容可分为波谱特征增强、空间特征增强以及时间信息增强三大类.

本研究, 先对含有八个多光谱波段的 ETM + 遥感影像进行主成分分析和缨帽变换. 在对遥感数据及其

派生数据分析的基础上,得出可见光、近红外波段之一(TM1、2、3、4)、第三主成分和绿度特征做 RGB 彩色合成,它们能够较好地揭示干旱绿洲变化信息.实验结果显示此方法是对陆地卫星数据进行分类并监测研究区绿洲面积,空间分布及程度等特征的有效手段.

2.3 图像分类

2.3.1 分类方法和训练样本选取 运用监督分类法中最大似然法进行分类,在已经做好的 RGB 彩色合成的图像上,以艾里克湖滨绿洲范围内各种地物在遥感图像上的形状及分布特征为基础,选择训练样区.研究区遥感影像分为水域、绿洲、沙地、盐碱地和戈壁.水域为河流、湖泊、水库、沼泽与滩涂,绿洲为农田、其它人工植被和自然植被覆盖度较高区域,沙地为沙砾地,盐碱地为地面泛碱处,戈壁为砾石戈壁.

2.3.2 分类后处理 由于遥感图像计算机自动提取信息是针对每个像素单独进行的,在提取过程中会出现同类地物中存在散点分布的异类地物的不一致现象,称为“类别噪声”.为了消除类别噪声的影响,选用 3×3 的窗口,用众数函数(Majority)对提取结果作了上下文分析,由此得到分类结果(图 1).

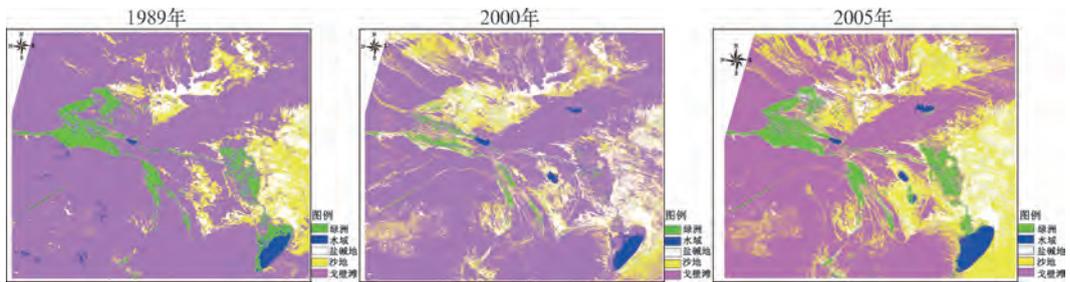


图 1 研究区 1989 年、2000 年、2005 年分类图

Fig.1 Classification map of study area in 1989,2000,2005

2.3.3 分类精度检验 精度评价是比较实地特征与分类结果,以确定分类过程的准确程度.为了定量、客观地检验分类精度,采用随机抽样的方法,产生 200 个随机点.1989 年、2000 年和 2005 年的总体精度及 Kappa 系数分别为 90.4413%、89.5403%、99.5345% 和 0.8877、0.8757、0.9726.

3 景观空间格局计算模型与分析

景观空间格局变化的定量分析可以通过景观格局特征指标的变化反映.景观特征指标是指能够高度反映景观格局信息的结构组成和空间特征的定量指标^[21].包括景观多样性、均匀度、优势度、分离度、破碎度等指数^[22].本文选择部分景观特征指标进行土地利用空间格局演变分析.

3.1 景观尺度上的景观格局变化分析

1989-2005 年艾里克湖滨绿洲的景观格局发生了很大的变化(表 1).研究区的总面积(TA)为 3930.2136km²,斑块数目(NP)从 1989 年的 1529 个增加到 2005 年的 3291 个.最大斑块所占景观面积的比例(LPI)从 16.0168% 下降到 12.8342%,说明景观中的优势种、内部种的丰度下降.Shannon 多样性指数(SHDI)从 1.3415 下降到 0.9926 呈逐渐减少趋势,表明景观异质性程度在下降.1989 年的 Shannon 均度(SHEI)是 0.8335,说明景观中没有明显的优势类型,各斑块类型在景观中均匀分布.2005 年景观优势度呈升高趋势,反映出景观受到一种或少数几种优势斑块类型支配.散布与并列指数(IJI)也有明显增大趋势,表

表 1 研究区三期景观格局特征指标动态变化

Tab.1 Dynamic change of the landscape patterns of indicators of study area

时间	TA(km ²)	NP(个)	LPI(%)	SHDI	SHEI	IJI(%)	CONTAG(%)
1989 年	3930.2136	1529	16.0168	1.3415	0.8335	14.0127	43.8473
2000 年	3930.2136	4003	9.6773	1.0971	0.6817	19.9922	44.3098
2005 年	3930.2136	3291	12.8342	0.9926	0.7738	17.2060	44.0027

明研究区中的许多过渡植被类型受制于水的分布,彼此邻近.蔓延度指数的变化表明景观中的某种优势斑块类型形成了良好的连接性.

3.2 斑块类型上的景观格局变化分析

斑块类型面积(CA)的大小制约着以此类型斑块作为聚居地的物种丰度、数量、食物链和次生种的繁殖,许多生物对其聚居地最小面积的需求是其生存的条件之一;不同类型面积的大小能够反映出其间物种、能量和养分等信息流的差异,通常,斑块中能量和矿物养分的总量与其面积成正比;研究期内绿洲面积从原来的218.132274km²减小到53.525861km²,后来又扩大到191.638606km²(表2).沙地和盐碱地面积明显增大,且2005年的斑块个数分别是1989年的3.9和2.8倍.边界密度是描述景观和类型被边界分割的程度,是景观碎裂化程度的直接反映,沙地不仅成为景观优势类型而是破碎化程度最严重、斑块形状最复杂的景观类型.

表2 研究区三期斑块类型特征指标动态变化*

Tab. 2 Dynamic change on types of landscape pattern in the plaque of indicators of study area

景观类型	时间	CA(km ²)	NP(个)	LPI(%)	IJI(%)	ED	LSI	AREA-AM
水域	1989年	42.119568	95	2.9603	3.6269	0.5505	8.0877	1888.0213
	2000年	43.166017	60	2.2495	71.4035	0.2789	5.6207	1962.0029
	2005年	49.224033	136	3.1017	19.2974	0.7061	7.2892	1903.1006
绿洲	1989年	218.132274	152	9.0854	67.6173	0.9731	18.2615	4388.4400
	2000年	53.525861	192	0.9404	53.0411	1.7477	18.7344	416.5797
	2005年	191.638606	173	7.2129	61.7343	1.3866	18.5650	4406.5033
沙地	1989年	366.028587	740	6.0168	8.3784	13.2268	38.1149	6567.0503
	2000年	532.380879	2136	3.8817	19.3290	18.5635	63.2228	1391.2798
	2005年	806.577308	2945	2.9730	23.0781	21.8755	80.3139	978.0948
盐碱地	1989年	242.933133	541	4.9597	3.5451	13.0168	29.1168	1792.7892
	2000年	584.389389	1614	9.6773	14.4032	18.0818	53.3113	3822.0302
	2005年	538.937671	1498	9.2122	14.0128	17.7455	50.5376	3591.1201
戈壁								基质

* ED是斑块边界密度;LSI是斑块形状指数;AREA-AM是面积加权平均板块面积.

4 驱动机制研究

景观变化驱动力是导致景观发生变化的主要生物物理和社会经济因素,驱动因子归纳为自然因子与人文因子两类:一,自然驱动因子:气候、水文、土壤等被认为是主要的自然驱动力类型;二,人文驱动因子:包括人口变化、土地利用结构变化、技术进步、政治经济体制的变革、文化价值观念改变等因子^[23].

4.1 自然驱动因子的影响

绿洲的稳定由其内部与外部生态系统的结构功能及生态过程决定,同时也决定于气候变化.气温直接影响植被类型的分布和水分的蒸发,进而影响局部的大气环流乃至局地气候,这些都直接或间接地影响区域的土地利用/土地覆被类型.研究区各年平均气温:1989年为6.1℃,2000年为9.2℃,2005年为8.4℃(表3).

表3 研究区自然与人文因子对比

Tab. 3 Naturally and man-made factor collation of study area

时间	降水量 (mm)	年平均 气温(℃)	年日照时 数(×100 h)	年平均蒸发量 (×100 mm)	地下水 位(m)	人口 (×100人)	牲畜年底存栏 数×千(头)	耕地 (km ²)	林地 (km ²)
1989年	96.4	6.1	26.226	30.164	7	74.48	30.7	26.2131	0.6918
2000年	148.5	9.2	29.019	-	-	73.19	-	-	-
2005年	150.02	8.4	26.378	30.089	1.6	89.62	64.9	16.7	1.13

艾里克湖滨绿洲地理位置远离海洋,东面和南面就是准噶尔盆地古尔班通古特沙漠,周围为戈壁所包围,从而形成了极端干旱少雨的自然环境,再加上风沙大、日照强烈和蒸发量大,2000年日照时数达2901.9h,年平均潜在蒸发力是降水量的20-30倍。艾里克湖滨绿洲极度缺水,植被因此分散而稀疏,地表覆盖率低,沙物质来源丰富。此外,由于地下水埋深年、季的变化而引起的盐类在土壤剖面中的重新分配,在很大程度上控制着盐碱地的形成和发展,研究区地下埋深由1989年的5-7m抬升到0.4-1.6m(表3),这是艾里克湖滨绿洲盐渍化发展的重要自然原因。

4.2 人文驱动因子的影响

从绿洲的变化来看,环境的恶化固然与自然原因密切相关,但人类的活动也是影响绿洲变化的重要因素。历史上的艾里克湖曾经湿地千里,20世纪80年代,艾里克湖上游先后修建了白杨河水库和黄羊泉水库,注入艾里克湖的白杨河水量开始逐年减少,到1999年,艾里克湖曾最终干涸,湖区植物大量枯死,飞禽走兽难觅踪迹。人文因子中主要包括:

(1) 人口增长:随着人口压力的增大及随之而来的人均资源消费水平的下降,人类活动与资源、生态的矛盾日益突出。人口的过快增长对经济、生态产生很大的负面影响,成为威胁绿洲经济发展的主要因素。据有关资料,人口每下降1%,经济就相应地上升3%。严格控制人口增长,不仅具有巨大的社会效益,同时也具有巨大的经济效益,必须严格控制人口的数量,才能为绿洲的可持续发展打下良好的基础。

(2) 土地利用结构变化:研究区大部分地区的土地利用方式还是粗放型的,这种只种不养的耕作方式使得土地的肥力下降、沙化甚至最终导致弃耕。研究区耕地面积由1989年的26.2131km²减少到2005年的16.70km²(表3)。如果无视资源的有限性和环境的脆弱性而盲目发展经济,后果便是大量的资源丧失、生态的失衡和退化、生产力水平和自我恢复能力的进一步降低,最终陷入恶性循环。

(3) 过度放牧:草地是由土、草和畜构成的生产系统。过度放牧导致植被盖度、高度和生物量降低以及牲畜践踏影响的增加,其结果是地面出现裸地,裸地的出现使风力和降水对地面的直接作用增强,蒸发量也会增大,加剧土地荒漠化。

5 结语

景观类型变化影响景观格局的变化,进而引起景观功能变化。研究表明:在人类强烈活动影响下,绿洲萎缩,沙地和盐碱地扩张。艾里克湖滨绿洲总体景观丰度、景观多样性和景观异质性程度下降,景观优势度、破碎度和蔓延度增大。这种变化的主要原因是生态系统脆弱、水资源的缺乏和不合理利用、地下水埋深的抬升等自然驱动因子和修建水库、人口不断增长、土地利用结构的变化及过度放牧等人文驱动因子的共同作用所导致,其中人为因子是景观格局变化的最主要驱动力。

新疆其它湖滨绿洲,如艾比湖湖区精河绿洲不断向外缘扩张,耕地面积不断增大,荒漠类型所占比例减小^[24]。相反艾里克湖滨绿洲萎缩,沙地和盐碱地不断扩张,生态与环境不断恶化。艾里克湖滨绿洲景观的动态变化研究不仅为今后开展景观变化的多尺度研究提供案例和数据积累,以及为恢复和重建干旱区湖泊流域景观生态安全格局提供科学参考依据。

6 参考文献

- [1] 袁远,海热提,马映军.新疆绿洲环境容量计算.城市环境与城市生态,2003,16(6):29-31.
- [2] 楚新正,张素红.景观边缘带性质、功能及动态变化的初步研究——以绿洲边缘带为例.新疆师范大学学报,2002,21(3):50-54.
- [3] 王兮之,葛剑平.40多年来塔南策勒绿洲动态变化研究.植物生态学报,2004,28(3):369-375.
- [4] 田长彦,宋郁东,胡明芳.新疆沙漠化成因与对策.中国沙漠,1999,19(3):214-218.
- [5] Barbier B. Induced innovation and land degradation: results from a bioeconomic model of a west Africa. *Agricultural Economics*, 1998, 19(1-2):15-25.
- [6] Alary V, Neazaoui A, Jemaa MB. Promoting the adoption of natural resources management technology in arid and semi-arid area: Modelling the impact of spineless cactus in alley cropping in Central Tunisia. *Agricultural Systems*, 2007, 94(2):573-585.

- [7] 石敏俊,王 涛. 中国生态脆弱带人地关系行为机制模型及应用. 地理学报, 2005, **60**(1):165-174.
- [8] 罗格平,周成虎,陈 曦. 干旱区绿洲景观尺度稳定性初步分析. 干旱区地理, 2004, **27**(4):471-476.
- [9] 罗格平,张百平. 干旱区可持续土地利用模式分析——以天山北坡为例. 地理学报, 2006, **61**(11):1160-1170.
- [10] 罗格平,周成虎,陈 曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程. 地理学报, 2003, **58**(1):63-72.
- [11] 徐海量,叶 茂,丁 宝等. 塔里木河下游地下水抬升的地表植被恢复价值初探. 干旱区地理, 2007, **30**(4):482-486.
- [12] 王录仓,张云峰. 水资源约束下的内陆河流域农村劳动力转移研究——以黑河流域张掖市为例. 干旱区地理, 2007, **30**(6):962-968.
- [13] 曹 宇,欧阳华,肖笃宁等. 额济纳天然绿洲景观变化及其生态环境效应. 地理研究, 2005, **24**(1):130-139.
- [14] 李新琪,金海龙. 基于 CBERS-2 遥感数据的艾比湖流域景观生态分类系统. 干旱区地理, 2007, **30**(5):736-741.
- [15] 朱海涌,李新琪,仲嘉亮. 基于 CA—Markov 模型的艾比湖流域平原区景观格局动态模拟预测. 干旱环境监测, 2008, **22**(3):134-139.
- [16] 李义玲,乔 木,杨小林等. 干旱区典型流域近 30 年土地利用/土地覆被变化的分形特征分析——以玛纳斯河流域为例. 干旱区地理, 2008, **31**(1):75-81.
- [17] 陈 喜,吴敬禄,王 玲. 神经网络模型预测气候变化对博斯腾湖流域径流影响. 湖泊科学, 2005, **17**(3):207-212.
- [18] 张德孝主编. 乌尔禾区志. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1999:6.
- [19] 张江英,周华荣,高 梅. 艾里克湖湿地植物群落特征指数与土壤因子的关系. 生态学杂志, 2007, **26**(7):983-988.
- [20] 乔 青,高吉喜,韩永伟等. 武夷山市景观格局空间变化及其影响. 林业资源管理, 2005, (3):68-72.
- [21] 王兮之, Helge Bruelheide, Michael Runge 等. 基于遥感数据的塔南策勒荒漠-绿洲景观格局定量分析. 生态学报, 2002, **22**(9):1491-1499.
- [22] 王思远,张增祥,周全斌等. 中国土地利用格局及其影响因子分析. 生态学报, 2003, **23**(4):649-656.
- [23] 张素红,楚新正,陈彩苹等. 绿洲城市自然景观空间格局与城市生态分析——以乌鲁木齐为例. 干旱区资源与环境, 2006, **20**(5):27-31.
- [24] 张 飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽等. 干旱区绿洲土地利用/覆被及景观格局变化特征——以新疆精河县为例. 生态学报, 2009, **29**(3):1251-1263.
- [25] 傅伯杰,陈利顶,马克明等. 景观生态学原理及应用. 北京:科学出版社, 2001.
- [26] 新疆维吾尔自治区统计局编. 新疆统计年鉴 1990. 北京:中国统计出版社.
- [27] 新疆维吾尔自治区统计局编. 新疆统计年鉴 2001. 北京:中国统计出版社.
- [28] 新疆维吾尔自治区统计局编. 新疆统计年鉴 2006. 北京:中国统计出版社.
- [29] 新疆生产建设兵团统计局编. 新疆生产建设兵团统计年鉴 1990. 北京:中国统计出版社.
- [30] 新疆生产建设兵团统计局编. 新疆生产建设兵团统计年鉴 2001. 北京:中国统计出版社.
- [31] 新疆生产建设兵团统计局编. 新疆生产建设兵团统计年鉴 2006. 北京:中国统计出版社.