

达拉特旗典型地区沙漠化动态及驱动力累加效应分析

陈雅琳, 常学礼, 崔步礼

(鲁东大学 地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

摘要: 以达拉特旗中部沙丘为研究区域, 在 3S 技术支持下解译达拉特旗 1987, 1995, 2000 和 2003 年 4 期遥感影像, 获得 4 个年份的沙漠化动态数据, 运用滑动平均法探讨了沙漠化发展演变动力机制。结果表明, 该地区近 20 a 来, 沙漠化土地处于逆转—发展—逆转的过程中。1995—2000 年间, 是该地区沙漠化动态变化最大的时期, 沙漠化驱动力的累加效应表明, 人口数量与牲畜量对沙漠化的累加效应均很明显, 且人口数量对沙漠化的累加效应要高于牲畜量; 年均风速对沙漠化的累加效应在各个时间尺度均很显著, 年均温在大于 2 a 的时间尺度上对沙漠化的累加效应最明显。

关键词: 动态变化; 累加效应; 沙漠化

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)02—0112—07

中图分类号: S288

Dynamic and Cumulative Analyses of Desertification in the Sandy Area of Dalate County

CHEN Ya-lin, CHANG Xue-li, CUI Bu-li

(College of Geography and Resource Management, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

Abstract: The study area is located in the center of Dalate County. Based on 3S techniques and combined with ground investigation, the Landsat TM images of 1987, 1995, 2000 and 2003 were interpreted. The changes of sandy land were analyzed by using the database of desertification dynamics from 1987 to 2003. RS and GIS softwares, such as Erdas 8.6, ArcView 3.3 and ArcInfo 7.1 were used as an interpretation tool. The cumulative impact analysis was used to find the reasons of desertification. Results showed that in the past 20 years, the desertified lands were in the status of the reverse-development—reverse. The degree of dynamic desertification was the highest from 1995 to 2000. The analyses of natural elements and human activities with sliding average indicated that the cumulative impacts of population and livestock on desertification were significant, and the effect of population was stronger than livestock. The cumulative impacts of annual mean wind were always significant in all temporal scales. The effect of annual mean temperature was significant (at 0.01 scale) over two years.

Keywords: dynamic change; cumulative impact; desertification

土地沙漠化(沙质荒漠化)一直是倍受关注的全球性重大资源与环境问题之一^[1],它导致区域的植被、土壤、气候和水分条件发生了极大的变化^[2-4],沙漠化研究已经成为目前学术界关注的一个热点问题^[5-8]。目前,我国的防沙治沙还没有形成一套科学的整体治理方案,其重要原因之一就是沙漠化的形成机制尤其是动力机制缺乏完整、客观的认识。驱动力的研究是制定沙漠化防治对策与技术途径的重要依据,同时也是预测沙漠化发展趋势的前提。内蒙古地区是我国沙漠化面积分布最广,危害最严重的省区之一,也是世界沙漠化严重的地区之一。很多学者对科尔沁沙地、毛乌素沙地等不同地区的沙漠化过程

展开过研究,并对沙漠化的发展演变过程及成因得出了一些结论和成果^[5,9-10],但未见对库布齐沙漠化动态及驱动力的报道。本文以达拉特旗典型地区沙漠化的发展过程为研究对象,分析 1987—2003 年间该地区的沙漠化发展状况,探讨沙漠化发展演变的驱动力机制。

1 研究区概况

研究区隶属于内蒙古自治区达拉特旗境内,该区属典型温带大陆性干旱季风气候。冬季漫长而寒冷,夏季温和而短促,春季干旱少雨而多风,秋季凉爽宜人。四季温差较大,1 月最冷,极端温度最低为

- 32.1℃; 7月最热, 极端温度最高为 38.7℃。夏季空气中水气充沛, 对流旺盛, 极易形成冰雹。平均海拔高度 1 400 m, 年平均降水量 287 mm, 年平均气温 6.0℃, 年平均无霜期 140 d, 干燥度 1.5~ 4, 年平均风速 3~ 4 m/s, 大风日数 25~ 35 d, 年日照时数为 3 000~ 3 200 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 2 613.2℃~ 3 221.1℃。该区的主要植物种有小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、蒙古虫实(*Corispermum mongolicum*)、猪毛菜(*Salsola collina* Pall)、沙柳(*Salix cheilophila*)、怪柳(*Tamarix chinensis*)、小叶杨(*Populus simonii*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*) 等灌木、草本和木本植物。

2 研究方法

2.1 影像处理及信息提取

本研究选用我国地面站 Landsat 陆地卫星 1987, 1995, 2000 和 2003 年接收的 4, 3, 2 波段合成的假彩色影像为信息源, 在地面 GPS 点实地调查的

基础上, 选择 ERDAS 公司的 Erdas 8.6 软件, 利用 Data Preparation 模块中的 Image Geometric Correction 功能进行几何校正, 然后利用 Reproject 功能进行投影变换, 经过坐标换算和重采样, 实现影像的精确空间配准。

以表 1 中沙漠化土地类型的划分标准为依据^[11], 以地面实地调查为属性引导对不同时期的影像进行目视解译, 目视解译在 Arcview 3.3 中完成, 将整个研究区的土地利用类型分为流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘、农田+防护林、林地、草原、裸地、干河床、湿地、草甸、水域、其它 13 类, 其中草原又划分为高盖度草原、低盖度草原和一般草原。然后在 Arc Info 7.1 环境下将解译图进行拓扑, 并利用 clip 命令在达拉特旗中部沙区切割出研究区, 研究区涉及解放滩乡、蓆亥图乡、高头窑镇、展旦召苏木和昭君坟乡等 5 个乡镇, 同时得出研究区各时期的土地利用类型图(图 1), 并获得不同时期沙漠化的动态变化数据, 然后在 Arcview 3.3 软件的支持下, 提取土地沙漠化不同类型之间的转换信息。具体操作过如图 2 所示。

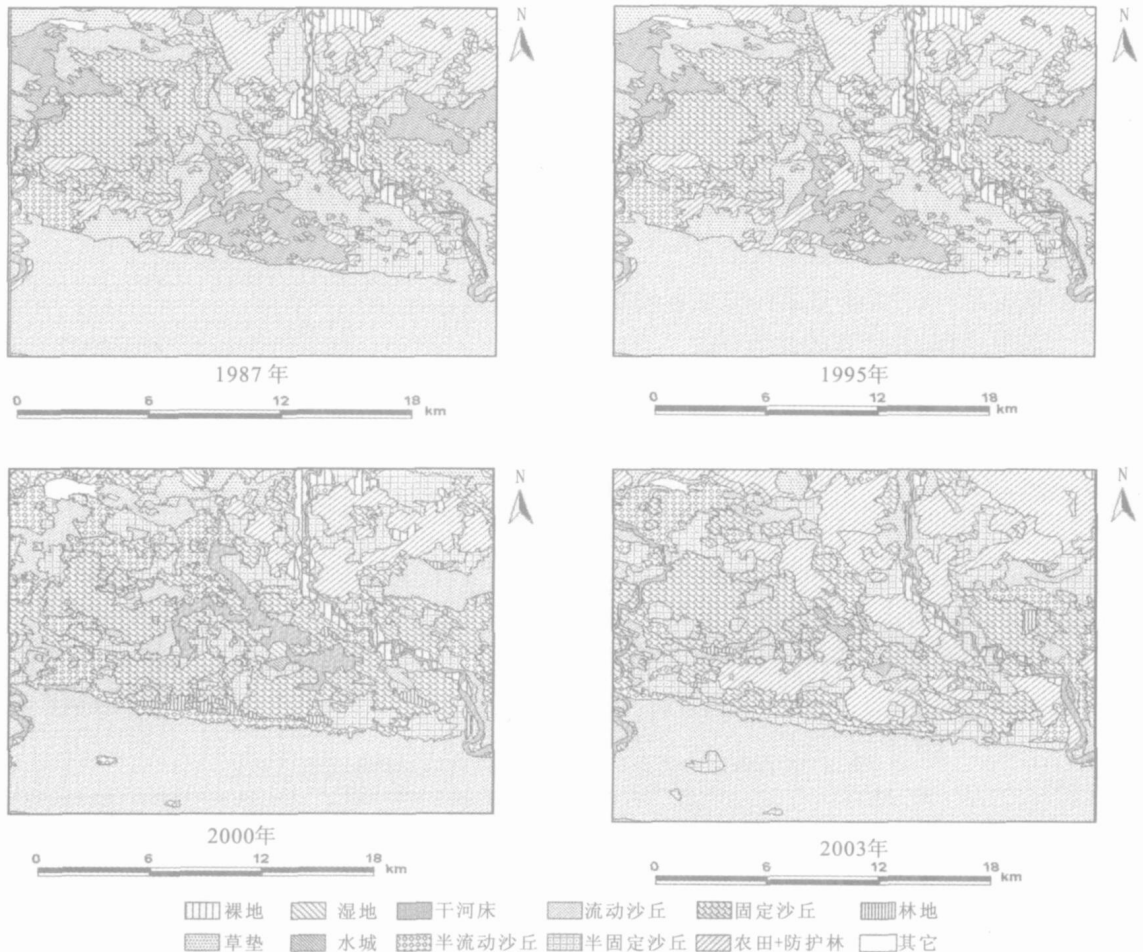


图 1 研究区不同时期土地利用类型图

表 1 沙漠化土地分级指标

沙漠化类型	流沙面积比例/ %	植被盖度/ %	地表景观特征描述
固定沙丘	< 5	> 50	地表稳定, 大部分土地尚未出现流沙
半固定沙丘	5~ 20	20~ 50	地表有风沙活动迹象, 裸沙呈片状分布
半流动沙丘	20~ 50	5~ 20	地表粗化、沙地裸露, 流沙大面积分布
流动沙丘	> 50	< 5	地表裸露, 密集的流动沙丘占绝对优势, 几乎无植物生长

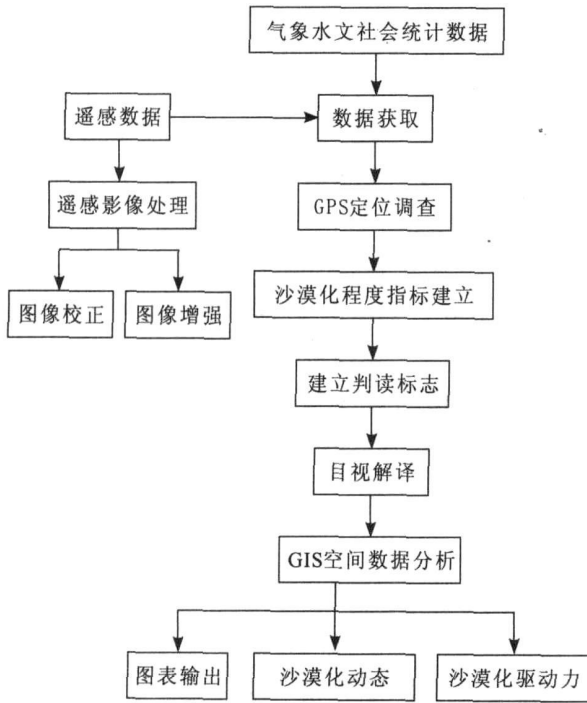


图 2 基于 3S 技术的土地沙漠化检测技术路线图

2.2 沙漠化程度计算

沙漠化程度指数(DG)是衡量某一区域沙漠化总体状况的一个数量表征,其计算公式为^[12]:

$$DG_i = (M_i + k_1 \times S_{M_i} + k_2 \times F_i) / A_i \quad (2)$$

式中: DG_i ——研究区沙漠化程度; M_i ——研究区内流动沙丘的面积; S_{M_i} ——半固定沙丘的面积; F_i ——固定沙丘的面积; A_i ——研究区总面积; i ——某一时期; k_1, k_2 ——待定权重因子(在本文中 $k_1 = 0.6, k_2 = 0.3$)。 DG_i 的值变化在 0~ 1 之间。

在沙漠化的成因分析时,自然因素选用达拉特旗的年均气候资料,牲畜数量缺少 2000 年的资料,本文

采用一次差值法计算出这一年的牲畜数量。统计数据采取以上各乡镇的平均值作为研究区的统计数据。

3 结果与分析

3.1 沙漠化动态分析

3.1.1 沙漠化土地面积状况分析 沙漠化土地面积变化可反映研究区过去近 20 a 来的土地变化态势。从图 3 可以看出,自 1987 年以来,研究区沙漠化土地面积出现了减少—增加—减少的变化趋势。但总体而言,该地区 1987—2003 年期间沙漠化土地面积呈减少态势。2003 年比 1987 年减少了 8 519.07 hm^2 ,近 20 a 来减少了 17.36%。

由表 2 可以看出,1987—2003 年间,各种类型的沙漠化面积均呈波动状态。1987—1995 年间,除半流动沙丘的面积增加以外,其余各类型沙漠化土地均处于减少状态;1995—2000 年间,各类型沙漠化土地面积均处于增加状态,说明 1995—2000 年的 5 a 来,研究区内的土地沙漠化在不断加剧;2000 年来,除半固定沙丘的面积增大以外,其余类型的沙漠化土地均出现减少趋势。

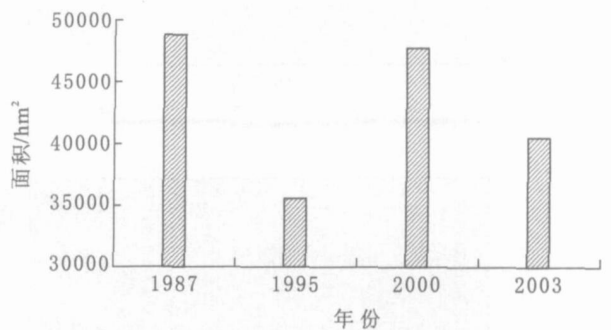


图 3 达拉特旗严重沙化地区不同年份土地沙漠化面积变化

表 2 达拉特旗典型地区 1987—2003 年沙漠化土地动态变化

年份	固定沙丘面积/ hm^2	半固定沙丘面积/ hm^2	半流动沙丘面积/ hm^2	流动沙丘面积/ hm^2	沙漠化土地占全区百分比/ %
1987	15 484.76	6 986.68	1 058.77	26 596.07	83.21
1995	9 411.31	5 126.48	1 374.01	19 568.47	60.17
2000	13 042.10	9 322.15	5 413.55	20 145.46	81.27
2003	12 108.95	9 757.02	3 263.04	15 419.44	68.77

由达拉特旗典型地区 1987—2003 年沙漠化土地动态变化状况(见表 2, 图 4) 可以看出, 1987 年研究区内沙漠化土地面积为 49 067. 51 hm^2 , 是 4 个年份中沙漠化土地面积最大的一年, 占研究区土地总面积的 83. 21%。其中, 流动沙丘的面积最大, 为

26 596. 07 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 54%; 其次是固定沙丘, 面积为 15 484. 76 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 32%; 半固定沙丘面积为 6 986. 68 hm^2 , 面积最少的是半流动沙丘, 面积为 1 058. 77 hm^2 , 仅占沙漠化土地面积的 2%。

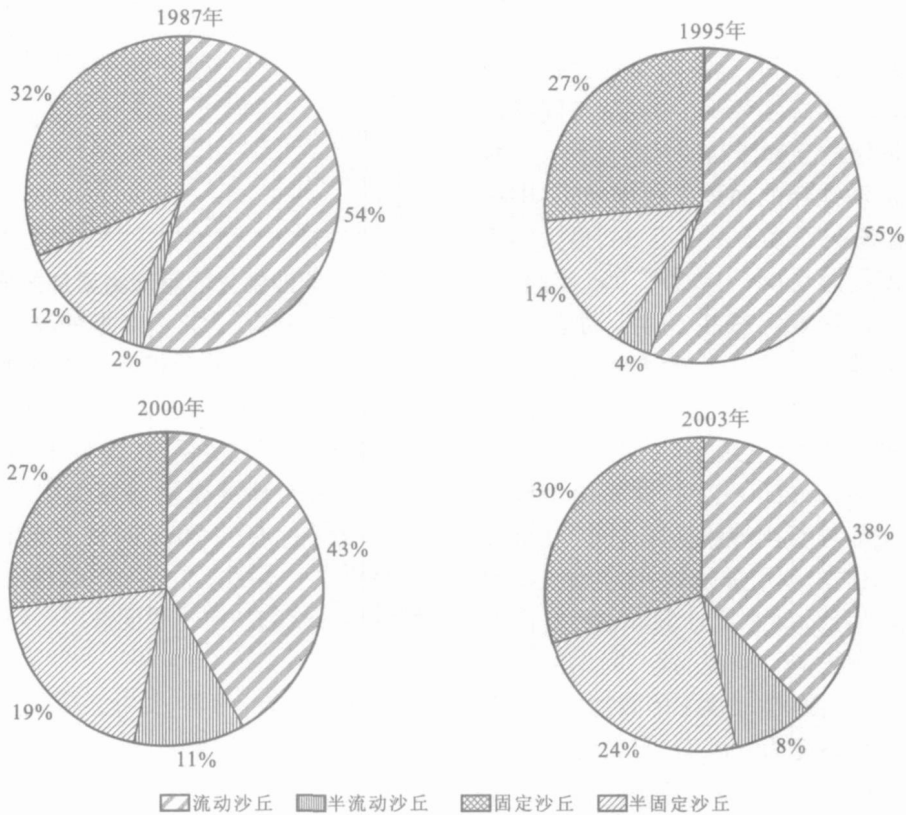


图 4 不同沙化程度的土地占沙漠化土地的比例

1995 年研究区沙漠化土地面积比 1987 年减少了 13 587. 24 hm^2 , 为 35 480. 27 hm^2 , 占研究区土地总面积的 60. 17%。其中, 流动沙丘的面积在各类沙漠化土地中占有绝对优势, 与其它类型沙漠化土地的面积相差悬殊, 面积为 19 568. 47 hm^2 , 占研究区沙漠化土地面积的 55%; 其次是固定沙丘, 面积为 9 411. 31 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 27%; 半固定沙丘面积为 5 126. 48 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 14%; 面积最少的仍为半流动沙丘, 面积为 1 374. 01 hm^2 , 仅占沙漠化土地面积的 4%。

2000 年研究区沙漠化土地面积发生了反复, 比 1995 年增加了 12 442. 99 hm^2 , 为 47 923. 26 hm^2 , 占研究区土地总面积的 81. 27%。其中, 流动沙丘的面积仍占绝对优势, 为 20 145. 46 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 42%; 其次是固定沙丘和半固定沙丘, 面积分别为 13 042. 10 hm^2 和 9 322. 15 hm^2 , 分别占研究区沙漠化面积的 27% 和 19%; 面积最少的仍是半流动沙

丘, 面积为 5 413. 55 hm^2 , 仅占到了沙漠化土地面积的 11%。

2003 年达拉特旗沙漠化土地面积为 40 548. 44 hm^2 , 占研究区土地总面积的 68. 77%。其中, 固定沙丘的面积仍然最大, 固定沙丘次之, 半流动沙丘的面积最小。

3. 1. 2 沙漠化动态度分析 沙漠化动态度是反映单位时间内沙漠化土地变化程度即年增长率的指标^[7, 13]。其计算公式如下:

$$S_D = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{t} \times 10\% \quad (1)$$

式中: S_D —— 某地或某类型沙漠化土地动态变化; U_a —— 起始年沙漠化土地面积; U_b —— 终结年沙漠化土地面积; t —— 间隔年限。

表 3 为不同时段沙漠化动态度, 正值表示该类型沙漠化土地面积在增加, 负值表示该类型沙漠化土地面积在减少。

表 3 达拉特旗不同时段沙漠化土地动态度 %

动态度	固定沙丘	半固定沙丘	半流动沙丘	流动沙丘	总沙漠化土地
1987—2003	-0.15	0.36	0.04	-0.11	-0.08
1987—1995	-0.12	-0.56	-0.28	-0.19	-0.24
1995—2000	-0.08	2.73	4.38	0.12	0.52
2000—2003	-0.16	-0.30	-1.08	-0.53	-0.42

1987—2003 的近 20 a 间, 达拉特旗沙漠化土地面积出现了略微减少, 动态度为 -0.08, 从不同沙漠化土地类型来看, 固定沙丘和流动沙丘的面积有所减少, 而半固定和半流动沙丘的面积出现增加, 其中半固定沙丘的年变化率最大, 动态度达 0.36, 最少的为半流动沙丘, 动态度仅为 0.04。1987—1995 年间, 沙漠化土地的年变化率出现减少趋势, 动态度为 -0.24, 其中年变化率最大的是半固定沙丘, 动态度达 -0.56; 其次是半流动沙丘, 动态度为 -0.28; 流动沙丘和固定沙丘的年变化率最小, 动态度分别为 -0.19 和 -0.12。1995—2000 年间, 沙漠化土地年变化率达 0.52, 除固定沙丘出现略微减少外, 其余沙漠化类型的土地面积均出现增加趋势, 且年增长率均较大, 其中, 半流动沙丘的动态度达到 4.38, 其次是半固定沙丘, 动态度为 2.74。可见, 这一时期的土地沙漠化变化最为显著。2000—2003 年间, 沙漠化土地面积又开始减少, 动态度为 -0.42, 且各种类型的沙漠化土地的面积均出现减少趋势。其中半流动沙丘的年减少率最大, 动态度达 -1.08; 其次为流动沙丘和半固定沙丘, 动态度分别为 -0.53 和 -0.30; 固定沙丘的年变化率最小, 动态度为 -0.16。从上述 3 个时间段的沙漠化动态变化可见, 1995—2000 年沙漠化土地的动态变化幅度最大, 且各类型沙漠化土地间的变化最为复杂。因此, 在以下的分析中, 将针对该时期的沙漠化动态变化做详尽阐述。

3.1.3 1995—2000 年期间的沙漠化类型转移矩阵分析 将 4 种沙漠化土地类型做出 1995—2000 年期间的转移矩阵(表 4), 在 1995—2000 年期间, 流动沙丘面积变化不大, 没有发生转化的面积占原流动沙丘面积的 89.95%, 固定沙丘次之, 保持程度不变的比例为 52.10%, 半固定沙丘和半流动沙丘保持程度不变的比例分别为 46.11% 和 45.50%。由表 4 可以看出, 固定沙丘转化为其它类型的土地中以半固定沙丘和半流动沙丘为重, 占原固定沙丘面积的 17.02% 和 12.45%, 转移概率分别为 3.40% 和 2.49%; 半固定沙丘转化为其它土地类型主要为固定沙丘, 占 1987 年半固定沙丘面积的 20.96%, 转移概率为 4.19%,

转化为其它沙漠化土地类型的比例均较小; 半流动沙丘转化为其它类型的土地中以半固定沙丘和流动沙丘为重, 占原来半流动沙丘面积的 24.17% 和 18.48%, 转移概率分别为 4.83% 和 3.70%; 流动沙丘转化为其它沙漠化土地类型的比例均很低。

表 4 1995—2000 年达拉特旗典型地区不同沙漠化土地类型的转移概率矩阵 %

土地类型	固定沙丘	半固定沙丘	半流动沙丘	流动沙丘
固定沙丘	10.42	3.40	2.49	1.74
半固定沙丘	4.19	9.22	1.14	0.23
半流动沙丘	1.14	4.83	9.10	3.70
流动沙丘	0.42	0.42	1.18	17.99

3.2 影响沙漠化的驱动力累加效应分析

目前只有研究区的 4 期沙漠化动态变化数据, 本文试采用线性回归分析方法得到研究区若干相应年份的沙漠化数据, 图 5 为研究区在时间尺度上的沙漠化程度线性回归关系, R 值为 0.792, 当 $0.7 \leq |R| < 1$ 时, 表明预测变量与相关变量有较高度度的相关, 一般当 $|R| < 0.6$ 时就不能用线性回归方法进行预测^[14]。因此, 本文采用线性回归方法内插后得到较为完整的沙漠化程度数据序列。

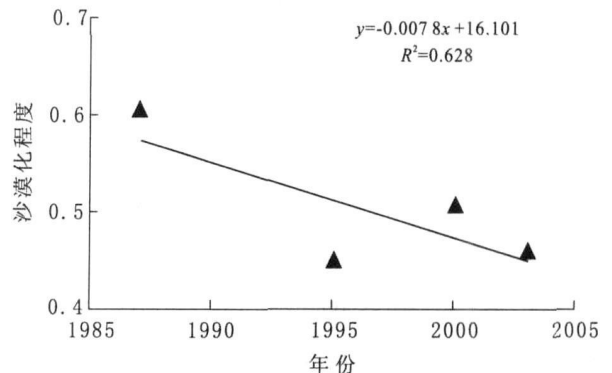


图 5 研究区沙漠化变化

沙漠化是一种发生在沙质土地上的生态环境退化过程, 无论在充分发展过程中还是在衰退过程中, 在特定的时空条件下, 地表特征不同的沙漠化土地之间存在着成因上的必然联系, 反映沙漠在时间尺度的演化。每一阶段的沙漠化土地, 均是在前一个阶段的基础上逐渐发展而来, 既是前一阶段充分发展的结果, 又是下一个阶段发展的基础, 表现出明显的继承性, 即沙漠化过程存在着一定的累加性。对于沙漠化的成因, 目前公认的说法是自然和人为因素共同作用的结果, 在沙漠化的诸多影响因素中既有直接的也有间接的, 但其结果是多种因素累加作用的结果, 这种累加效应的研究已应用在湿地、水文等研究领域^[15-19], 常学礼又将这种累加效应的研究引入到沙

漠化研究领域^[20]。本文采用与沙漠化程度关联系数较高的牲畜量和人口数量代表人为因素, 年均气温和年均风速代表自然因素(表5), 运用滑动平均法对沙漠化的发生过程进行累加效应分析。由于滑动平均法常用于分析较长时间尺度的趋势分析, 因此, 本文仍选择1987—2003年近20a的跨度, 在时间尺度上探讨沙漠化发生、发展的机制。

年牲畜量和人口数量的滑动平均值与沙漠化程度的关联分析表明(表6), 牲畜量(1a)在0.01水平上与沙漠化程度的相关程度达到极显著, 牲畜量2, 5和6a的滑动平均值在0.05水平上与沙漠化程度达到显著水平, 且为负相关, 关联系数分别为-0.555, -0.613和-0.653。说明牲畜量的变化是影响沙漠

化的一个非常重要的因素, 在库布齐沙漠化严重地区, 年均牲畜量的减少, 有利于沙漠化的发展, 牲畜量对沙漠化的累加效应主要集中在1, 2, 5和6a的时间内, 且作用效果明显。人口数量的滑动平均值与沙漠化的关联程度在各个尺度上均较高, 且均为负相关, 关联系数在-0.804~-0.365之间变化, 说明在库布齐沙漠化严重地区人口数量的减少同样有利于沙漠化的发展, 且在1, 5和6a的尺度上, 人口数量与沙漠化程度达到极显著相关。在2a和3a较短的时间尺度上, 人口数量与沙漠化程度显著相关。从关联程度随时间尺度的变化趋势来看, 人口数量与沙漠化的关联系数均高于牲畜量与沙漠化的关联系数, 说明人口数量对沙漠化的累加效应明显高于牲畜量。

表5 1987—2003年沙漠化程度与沙漠化影响因素的关联系数

项目	牲畜量	人口数量	年均气温	年均风速	年均降雨量	日照时数
沙漠化程度	-0.696**	-0.749**	-0.520*	0.737**	-0.374	-0.017

注: ** 双尾检查关联程度极显著(在0.01水平上); * 双尾检查关联程度显著(在0.05水平上)。

表6 研究区年牲畜量和人口数量的累加效应

时间尺度	1a	2a	3a	4a	5a	6a
牲畜量	-0.696**	-0.555*	-0.460	-0.188	-0.613*	-0.653*
人口数量	-0.749**	-0.594*	-0.519*	-0.365	-0.732**	-0.804**

注: ** 双尾检查关联程度极显著(在0.01水平上); * 双尾检查关联程度显著(在0.05水平上)。

年均温和年均风速的滑动平均值与沙漠化程度的关联分析表明(表7), 年均温与沙漠化呈负相关, 说明低的年均温有利于沙漠化的发展。在较短的时间尺度上, 年均温与沙漠化程度在0.05水平上达到显著相关, 当时间尺度大于2a后, 年均温与沙漠化的关联程度变化在-0.756~-0.721之间, 且在0.01水平上二者的关联程度达到极显著。由此可见, 各个年份的年均温对沙漠化的累加效应均很明显。年均风速的滑动平均值与沙漠化的关联程度在各个时间尺度上均达到极显著相关(0.01水平上), 且均

为正相关, 关联系数在0.694~0.855之间变化, 说明沙漠化程度随着年均风速的增大而加剧, 大的年均风速有利于沙漠化的发展。从关联程度随时间尺度的变化趋势来看, 在较短的时间尺度上, 年均温与沙漠化的关联系数要低于年均风速与沙漠化的关联系数, 说明在较短时间尺度上, 年均风速对沙漠化的累加效应高于年均温, 但在大于2a的时间尺度上, 两者与沙漠化的关联程度均达到极显著相关, 说明在较长的时间尺度上, 年均温与年均风速对沙漠化的累加效应均非常显著。

表7 研究区年均温和年均风速的累加效应

时间尺度	1a	2a	3a	4a	5a	6a
年均温度	-0.520*	-0.743*	-0.752**	-0.750**	-0.721**	-0.756**
年均风速	0.737**	0.767**	0.741**	0.694**	0.855**	0.791**

注: ** 双尾检查关联程度极显著(在0.01水平上); * 双尾检查关联程度显著(在0.05水平上)。

4 结论

(1) 近20a来, 研究区的沙漠化出现逆转—发展—逆转的变化趋势。其中流动沙丘的面积在各个时期均占有绝对优势, 其次为固定沙丘, 半流动沙丘的面积始终最小。

(2) 1987—2003年间, 研究区内的土地沙漠化动态总体变化不大, 动态度为-0.08, 但在划分的各个时期中, 1995—2000年间, 沙漠化动态度最大, 各种类型的沙漠化土地之间的变化最为复杂, 且此期间沙漠化处于严重发展阶段, 说明此期间加剧沙漠化发展的因素对沙漠化的作用加剧。

(3) 在对沙漠化的过程进行累加效应分析时, 在影响沙漠化的自然因素中, 低的年均温和高的年均风速均有助于沙漠化的发展, 且二者对沙漠化的累加作用效果均很明显; 在影响沙漠化的人为因素中, 人口数量对沙漠化的累加效应明显高于牲畜量, 且牲畜量和人口数量与沙漠化程度呈现负相关关系, 这与以前的研究成果不同^[21]。原因在于以前的研究是基于同一时间的空间尺度的沙漠化过程, 人口数量的增加有利于沙漠化的发展, 但本文的研究是基于同一空间的时间尺度上的沙漠化演变过程, 1987—2003 年间, 研究区沙漠化出现逆转趋势, 但人口数量的不断增加是中国长期以来的一个基本国情。

[参 考 文 献]

- [1] 朱震达, 刘恕. 中国北方沙漠化过程与分区治理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981. 30—46.
- [2] 王继和, 马全林, 杨自辉, 等. 干旱区沙漠化土地逆转植被的时空格局及其机制研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 729—733.
- [3] 王建, 丁永建, 刘时银, 等. 近 40 年来托木尔峰南部地区气候及水文环境变化特征[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 118—123.
- [4] 杨新民. 黄土高原灌木林地水分环境特性研究[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 8—13.
- [5] 吴薇. 近 50a 来科尔沁地区沙漠化土地的动态监测结果与分析[J]. 中国沙漠, 2003, 23(6): 646—651.
- [6] 高小红, 王一谋, 王建华, 等. 陕北长城沿线地区 1986—2000 年沙漠化动态变化分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 63—67.
- [7] 李森, 杨萍, 王跃, 等. 阿里高原土地沙漠化发展演变与驱动因素分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 838—844.
- [8] 徐海量, 陈亚宁, 李卫红. 塔里木河下游环境因子与沙漠化关系多元回归分析[J]. 干旱区研究, 2003, 20(1): 39—43.
- [9] 吴薇. 近 50 年来毛乌素沙地的沙漠化过程研究[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 164—169.
- [10] 银山, 包玉海, 萨日娜. 基于遥感、GIS 的内蒙古沙漠和沙质荒漠化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(9): 58—62.
- [11] 高小红, 王一谋, 王建华, 等. 陕北长城沿线地区 1986—2000 年沙漠化动态变化分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 63—67.
- [12] 常学礼, 高玉葆. 区域沙漠化研究中的沙漠化数量表征[J]. 中国沙漠, 2003, 23(2): 106—110.
- [13] 赵健, 魏成阶, 黄丽芳, 等. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 723—730.
- [14] 景滨杰. 试论回归分析预测法在经济预测中的应用[J]. 经济理论问题, 2005: 17—23.
- [15] Hirsch A. Regulatory context for cumulative impact research[J]. Environmental Management, 1988, 15(5): 715—724.
- [16] Risser P G. General concepts for measuring cumulative impacts on wetland ecosystem[J]. Environmental Management, 1988, 15(5): 585—589.
- [17] Gosselinke L G. Gray P S, Lyndon C L. et al. Landscape conservation in a forested wetland[J]. Bioscience, 1990, 40: 588—599.
- [18] 金卫斌, 刘章勇. 围湖垦殖对湖泊调蓄功能的累加效应分析[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(1): 74—77.
- [19] 金卫斌, 胡秉民. 湖北四湖流域景观结构变化对汛期湖泊水位影响的模拟分析[J]. 生态学报, 2003, 23(4): 642—648.
- [20] 常学礼, 赵学勇, 韩珍喜, 等. 科尔沁沙地自然与人为因素对沙漠化影响的累加效应分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 466—471.
- [21] 徐小玲, 延军平. 陕北沙丘人为因素与沙漠化的定量关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(5): 38—41.
- (上接第 111 页)
- [6] 李遐龄. 艾比湖生态环境综合治理和经济可持续发展的研究[J]. 干旱区资源与环境, 1997, 11(2): 27—36.
- [7] 杨云良, 阎顺, 等. 艾比湖流域生态环境演变与人类活动关系初探[J]. 生态学杂志, 1996, 15(6): 43—49.
- [8] 罗名灿. 浅谈艾比湖的变迁及景观生态保护[J]. 新疆农业大学学报, 1996, 19(3): 71—73.
- [9] 高翔, 黄宗亮. 艾比湖湖面萎缩与流域生态环境恶化之间的关系[J]. 新疆师范大学学报, 2006, 25(1): 83—86.
- [10] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 近 10 年中国土地利用格局及其演变[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523—530.
- [11] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81—87.
- [12] 张瑞芳, 李虎, 金海龙, 等. 新疆艾比湖地区绿洲化与荒漠化的冲突与协调[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 44—49.
- [13] 申元村, 润久文, 伍光和, 等. 中国绿洲[M]. 开封: 河南大学出版社, 2001. 297—300.