

# 陕北黄土丘陵区近 30 年来土地利用动态变化分析

赵东波<sup>1</sup>, 梁伟<sup>2</sup>, 杨勤科<sup>1,2</sup>, 刘安麟<sup>1,3</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 陕西省农业遥感信息中心, 陕西 西安)

**摘要:** 为了对延安中尺度生态建设试验示范区(简称延安试区)近 30 a 的土地利用类型动态变化做出初步的分析,利用 1975,1986,1997 和 2003 年延安试区的遥感影像进行计算机自动分类得到延安试区的土地利用图。然后利用 GIS 空间分析方法和数理统计方法对得到的土地利用图进行分析,得出近 30 a 延安试区各土地利用类型的变化幅度、变化速度、变化方向、空间格局变化特征。结果显示,在近 30 a 间,耕地面积的总趋势是减少,草地面积不断减少,而林地和居民地面积都有很大幅度的增加;居民地和林地的年变化速率一直高于其它土地利用类型;各土地利用类型主要向林地变化;林地的变化区域主要在南部林区,耕地和草地的变化在整个研究区域均有发生,居民地和水体的变化主要分布在沟道和河道两岸。

**关键词:** 土地利用变化; 延安试区; 动态变化; 遥感分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)02-0022-05

中图分类号: S152.7+.2

## Analysis of Dynamic Landuse Changes of Past 30 Years in the Hilly Area of Loess Plateau

ZHAO Dong-bo<sup>1</sup>, LIANG Wei<sup>2</sup>, YANG Qin-ke<sup>1,2</sup>, LIU An-lin<sup>1,3</sup>

(1. Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Remote Sensing Information Center for Agriculture of Shaanxi Province, Xi'an 710015, China)

**Abstract:** The purpose of the article was to make a preliminary analysis of dynamic landuse change in Yan'an experimental area in the past 30 years. The landuse information was extracted from the remotely sensed imagery in the years of 1975, 1986, 1997, and 2003. Based on these thematic maps, the range, speed, direction, and spatial features of landuse change were analyzed by the combined means of GIS spatial analysis and statistics analysis. Results showed that in the past 30 years, the area of cropland was lowered sharply and the area of grassland was reduced. However, the area of forest land and the residential area were increased greatly. The annual speed of increased forest land and residential areas were higher than that of others. The direction of landuse type change was mainly toward forest land. The change of forest land mainly occurred in the south forest area; the cropland and grassland, in the whole study region; the residential area and water area, mainly in the valley and river bank.

**Keywords:** landuse change; Yan'an experimental area; dynamical change; remote sensing analysis

陕北黄土丘陵区土壤侵蚀严重,是黄土高原水土流失治理和生态建设的重点地区。自建国以来,特别是 19 世纪 90 年代末期以来,随着西部大开发战略的实施,该地区依托退耕还林草工程、世界银行贷款项目等,开展了大规模的水土保持生态建设。治理规模由 19 世纪 80 年代及其以前的小流域治理转向中尺度治理,对该地区土地利用和覆盖产生了明显的影

响<sup>[1]</sup>。土地利用/土地覆盖变化是全球环境变化及可持续发展研究中的核心领域之一,在黄土高原地区也进行了大量的研究<sup>[2-8]</sup>。但是针对水土流失治理及其过程中土地利用变化研究却还不是十分深入。本文以试区为典型研究区域,对近 30 a 来土地利用变化及其驱动机制做出初步分析,以便为更进一步的治理提供科学支撑。

收稿日期:2007-03-08

修回日期:2007-11-09

资助项目:黄委会治黄专项二级课题(2004SZ01-04);“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD09B05)

作者简介:赵东波(1980—),男(汉族),河南省洛宁县人,硕士研究生,主要从事 GIS 与遥感应用研究。E-mail: dbzhao@gmail.com。

通讯作者:梁伟(1976—),女(汉族),山东省汶上县人,硕士,助理研究员,主要从事遥感与地理信息系统在水土保持中的应用研究工作。

E-mail: liangweiyi@163.com。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

延安中尺度生态建设试验示范区地处陕西省延安市,其地理位置为东经 109°04′06″—109°34′25″,北纬 36°22′40″—36°06′16″,包括延安市宝塔区的柳林、万花、枣园、河庄坪,安塞县南部的沿河湾、高桥、楼坪等 7 个乡镇,总土地面积 1 162 km<sup>2</sup>。该区气候处于暖温带半干旱向半湿润区的过渡带,气候类型可大致以宝塔山区的元龙寺、河庄坪和安塞县的沿河湾、楼坪为界,西北部属于半干旱区,东南部属于半湿润区。该区内分布的主要土壤类型为黄绵土。该区南部属于森林带,北部属于森林草原带。地貌类型为梁峁状黄土丘陵,以梁为主<sup>[1,9]</sup>。为了便于分析,利用所涉及的 9 个乡镇作为研究区域。

### 1.2 数据及处理方法

所用数据为 1975 年的 Landsat MSS 影像、1986 年、1997 年和 2003 年的 Landsat TM 遥感影像。由于 1975 年的影像和其它 3 期影像的分辨率不同,所以首先将 1975 年的影像数据和 1997 年的影像数据进行融合,即可提高其空间分辨率,也能保存其光谱特征,从而能得到较高的解译精度。然后在计算机上利用遥感软件进行自动分类得到土地利用图。为了便于分析,参考修订后的《土地利用现状调查技术规程》<sup>[10]</sup>,将土地利用类型划分耕地、林地、草地、居民地、水体 5 个一级地类。最后利用 ARC GIS 软件和 ERDAS IMAGE 软件进行 4 期土地利用统计,通过叠置分析计算土地利用转移矩阵和土地利用变化率,通过各时段土地利用增减比较编制土地利用变化图,进而分析延安试区的土地利用变化情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用变化数量分析

区域土地利用类型变化包括土地利用类型的面积变化、空间变化和质量变化。面积变化首先反映在不同类型的总量变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化<sup>[3,11-12]</sup>。

对上述 4 期土地利用图分别进行统计分析,做出土地利用结构图(图 1)和土地利用统计表(表 1)。从中可以看出,1975 年景观基质为草地。面积的大小依次为:草地>耕地>林地>居民地。改革开放后,到 1986 年,耕地和草地面积减少,同时林地面积迅速

增加,面积为原来的 2.38 倍;居民地也有很大幅度的增加,为原来面积的 1.63 倍;景观基质趋于破碎。经过 11 a 的时间发展,到 1997 年,耕地有少许增加;草地面积继续减少;林地面积继续增加;水体和居民地也有不同程度的增加,特别是随着人口数量的增加,居民地的数量为 1986 年的 4.55 倍,已经不存在明显的优势景观。

自 1997 年退耕还林还草政策实施以来到 2003 年,耕地面积和草地面积继续减少;林地有大幅度的增加,约为 1975 年林地面积的 7 倍。草地由 1975 年的绝对优势景观转变为劣势景观,同时林地上升为优势景观。居民地也有较大程度的增加,面积是 1975 年居民地面积的 12 倍还多。而水体在面积上基本保持不变。土地覆被格局最终演化为:林地>耕地>草地>居民地>水体。

总体来说,在这 30 a 间耕地面积总趋势是减少,只是在 1986—1997 年间略有增加,后期又急剧减少;草地在面积上是不断的减少,而林地和居民地有大幅度的增加(图 1)。

耕地变化的原因主要有 3 个。

(1) 80 年代新修淤地坝数量锐减,陕北淤地坝建设 70 年代达到高峰,淤地坝的拦沙寿命为 10 a 左右,70 年代末 80 年代初淤积了大量坝地,90 年代后,老的淤地坝与拦沙库容已大部分失效,还有相当数量的淤地坝和坝地被暴雨或洪水摧毁等,以及后期的退耕还林还草工程的实施,导致耕地面积减少。

(2) 三北防护林工程的实施减缓了风沙对农田的吞噬,原来沙化的农田也部分被恢复。

(3) 人口的增长导致了对耕地需求的增长;居民的和水体的变化主要是人口增长、城市化和水产养殖业发展的结果;林地的增加主要是长期以来水土流失治理的成果<sup>[6]</sup>。

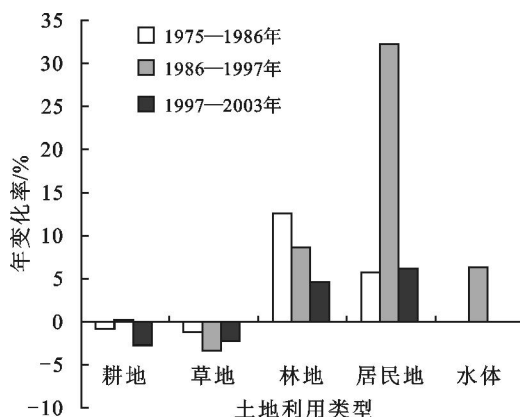


图 1 1975—2003 年土地利用结构图

表 1 延安示范区土地利用统计

利用 类型	耕地		林地		草地		居民地		水体	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
1975	526.53	37.02	100.64	7.08	788.12	55.41	1.65	0.12	5.23	0.37
1986	486.22	34.19	240.41	16.90	687.64	48.35	2.69	0.19	5.32	0.37
1997	496.49	34.91	469.05	32.98	435.58	30.63	12.21	0.86	9.00	0.63
2003	360.51	25.32	700.92	49.23	332.94	23.39	20.33	1.43	8.93	0.63

## 2.2 土地利用变化方向分析

土地利用转移矩阵可全面又具体地表现区域土地利用变化特征和各土地利用类型之间的流向,可以定量地说明土地利用类型之间地相互转化状况,可以揭示不同土地利用类型间的转移概率,进而更好地了解土地利用的时空演变过程<sup>[6]</sup>。利用 ERDAS IMAGE 软件中地 MATRIX 模块对 4 期数据进行分析,得出 3 期土地利用类型转移概率矩阵(表 2—4)。可以看出,各土地利用类型变化规律有相似之处,各土地利用类型的主要流向一致。

(1) 耕地主要流向草地和林地。流向草地的概率比重逐渐减少,最后有个小范围的回升。流向林地的概率比重逐渐增加最后有个突跃,原因是因为退耕还林还草工程的实施。另外流向居民地的概率是成倍地增加。

(2) 草地的流向主要是耕地和林地。流向耕地和林地的概率都有较大的增加,流向居民地的概率变化不大。该地区水土保持工作虽然取得了一定的成绩,但仍然存在边治理,边破坏现象,导致草地向耕地的转换。

(3) 有 60% 以上的林地没有发生变化。林地主要流向是耕地和草地,其中前期流向草地的比重较大,后期流向草地和耕地的概率有相似的比重,且都有所增加,主要原因是水土流失治理力度不断加大,林地面积大幅度增加。

(4) 居民地前期主要是流向草地,而中期变化不大,后期主要流向是耕地和林地。

表 2 1975—1986 年土地利用类型转移概率矩阵 %

项目	耕地	草地	林地	居民地
耕地	62.294	19.205	4.271	7.520
草地	33.009	60.524	33.450	42.180
林地	4.322	19.568	62.161	0.054
居民地	0.033	0.218	0.028	45.940

表 3 1986—1997 年土地利用类型转移概率矩阵 %

项目	耕地	草地	林地	居民地	水体
耕地	63.255	24.642	7.528	3.016	21.452
草地	25.781	42.230	7.777	7.373	15.204
林地	9.747	31.702	84.446	6.669	3.573
居民地	0.602	1.006	0.064	71.180	5.655
水体	0.587	0.394	0.098	11.763	54.114

表 4 1997—2003 年土地利用类型转移概率矩阵 %

项目	耕地	草地	林地	居民地	水体
耕地	32.390	27.759	15.361	20.600	40.910
草地	28.596	29.261	13.003	7.437	10.685
林地	37.043	41.083	70.884	19.553	18.539
居民地	1.235	1.183	0.404	46.419	16.358
水体	0.675	0.666	0.161	5.786	13.386

## 2.3 土地利用变化速度分析

土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度,它对比较区域土地利用变化的差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用<sup>[3,6]</sup>。

2.3.1 区域综合土地利用变化分析 区域综合土地利用动态度可描述区域土地利用变化的速度,可用公式表达为<sup>[3]</sup>

$$L_c = \left( \frac{\sum_{i=1}^n A_{i-j}}{\sum_{i=1}^n A_i} \right) \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中:  $A_i$ ——研究初期第  $i$  类土地利用的面积;  
 $A_{i-j}$ ——时间段内第  $i$  类土地利用类型转为其它类土地利用类型的面积;  $T$ ——研究时段长度(a);  
 $L_c$ ——研究时段内区域综合土地利用动态度。

利用以上公式分别计算 1975—1986 年, 1986—1997 年和 1997—2003 年 3 个时期的土地利用年变化率, 得出如下结果, 1975—1986 年的土地利用年变

化率为 1.76%, 1986—1997 年的土地利用年变化率为 1.97%, 1997—2003 年的土地利用年变化率为 4.11%。可以看出, 1986 年前后延安试区的变化速度基本一致, 而到了 1997 年之后土地利用变化速度加快, 是 1997 年之前变化速度的 2 倍有余。

2.3.2 区域单一土地利用变化分析 单一土地利用动态可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况, 用公式表达为<sup>[3]</sup>

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中:  $U_a, U_b$ ——研究期初和研究期末某种土地利用类型的数量;  $T$ ——研究时段长;  $K$ ——研究时段内某种土地利用类型的变化率。

图 2 为利用该公式计算的土地利用类型的年变化率<sup>[3]</sup>。

从图 2 可以看出, 1975—1986 年期间林地的变化率最大, 为 12.58%, 处于增加状态, 而且增加幅度最大。居民地也处于增加状态, 耕地和林地却处于减少状态。1986—1997 年期间变化率最大的是居民地, 为 32.24%, 耕地和林地的变化率有所减少, 草地和水体的变化率有所增加。说明在此期间居民地的增加速度非常快, 而耕地和林地的变化速度在变慢, 不过耕地的变化从减少变为略有增加。草地达到最大变化速度。1997—2003 年期间, 变化率最大的是居民地, 为 6.05%, 和 1997 年前相比较居民的扩张速度有所下降, 而林地和草地与 1997 年之前比较, 变化速度也有所下降, 耕地的变化速度却有显著上升。

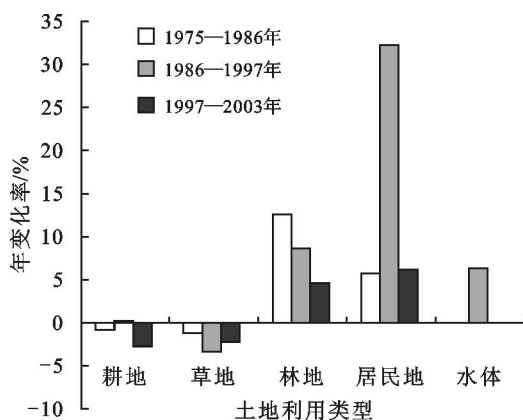


图 2 3 个时期的土地利用变化

## 2.4 土地利用空间变化特征

利用相关软件和 3 期土地利用图做出土地利用空间变化图(见附图 1)。(1) 1975—1986 年间, 耕地减少的区域主要在研究区的中心, 而在其它地区有少量的耕地增加; 草地减少的区域主要分布在北部的沿

河湾和南部的 4 乡镇, 草地增加的区域和耕地减少的区域比较相似, 主要分布在研究区中心的各乡镇以及北部沿河湾的南缘等地区; 林地减少的区域在研究区南部 4 乡镇有零星的分布, 林地增加的区域是分布在研究区南部 4 乡镇的大部分地区以及北方各乡镇的零星地区; 居民地减少的区域主要在延安市区周围, 居民地增加的区域由延安市沿着沟道向南部延伸; (2) 1986—1997 年间, 耕地减少依然分布在研究区的中心地区, 耕地增加的区域主要分布在北部各乡镇和南部山区的部分区域; 草地的减少在整个研究区都有发生, 草地增加的区域, 主要分布在研究区的北部; 林地减少的区域在研究区南部 4 乡镇的山区北缘由零星的分布, 林地增加的区域主要分布在研究区西南区 4 乡镇, 而其它乡镇的部分地区也有小面积林地的增加; 居民地减少的区域零星的分布在延安市的附近, 居民地增加的区域由延安市沿着沟道呈放射状分布; (3) 1997—2003 年间, 耕地减少的区域主要分布在北部各乡镇, 其它乡镇有的部分沟道, 耕地增加的区域较少呈现零星分布; 草地减少的区域主要在北边的各乡镇, 草地增加只发生在零星的地区; 林地减少的区域主要在研究区南部 4 乡镇的山区, 由于退耕还林还草工程的实施, 林地的增加在整个研究区都有发生; 居民地的减少由延安市沿着沟道呈放射状分布, 居民地的增加区域由延安市区沿着沟道、河道呈放射状向沟头、河流沿岸延伸。

## 3 结论

(1) 在 1975—2003 年近 30 a 间延安试区土地利用类型发生了巨大的变化, 其中变化最大的是林地和草地, 林地的面积由期初的 100.87 km<sup>2</sup> 增加到期末的 700.92 km<sup>2</sup>, 由劣势景观上升为优势景观, 草地的面积由期初的 790.12 km<sup>2</sup> 减少到期末的 332.94 km<sup>2</sup>, 由优势景观转变为劣势景观, 耕地面积在近 30 a 间减少了 169.01 km<sup>2</sup>, 由于人口的增加, 居民地的面积也有很大的增幅由原来的 1.65 km<sup>2</sup> 增加到期末的 20.33 km<sup>2</sup>。

(2) 耕地、草地、林地是研究区内的主要土地利用类型, 耕地的变化方向由早期的向草地转变, 演变到向林草地转变, 且向林地转变的比重较大; 草地由开始流向耕地和林地比重一样, 发展到以流向林地为主; 林地由期初向草地转变为主, 改变为向耕地和草地均衡输出; 居民地的流向由向草地转化为主演变为向耕地和林地均衡转化。

(3) 研究区域整体的年变化速度, 在前 22 a 增加不大, 1997 年之后变化速度加快。单一土地利用类

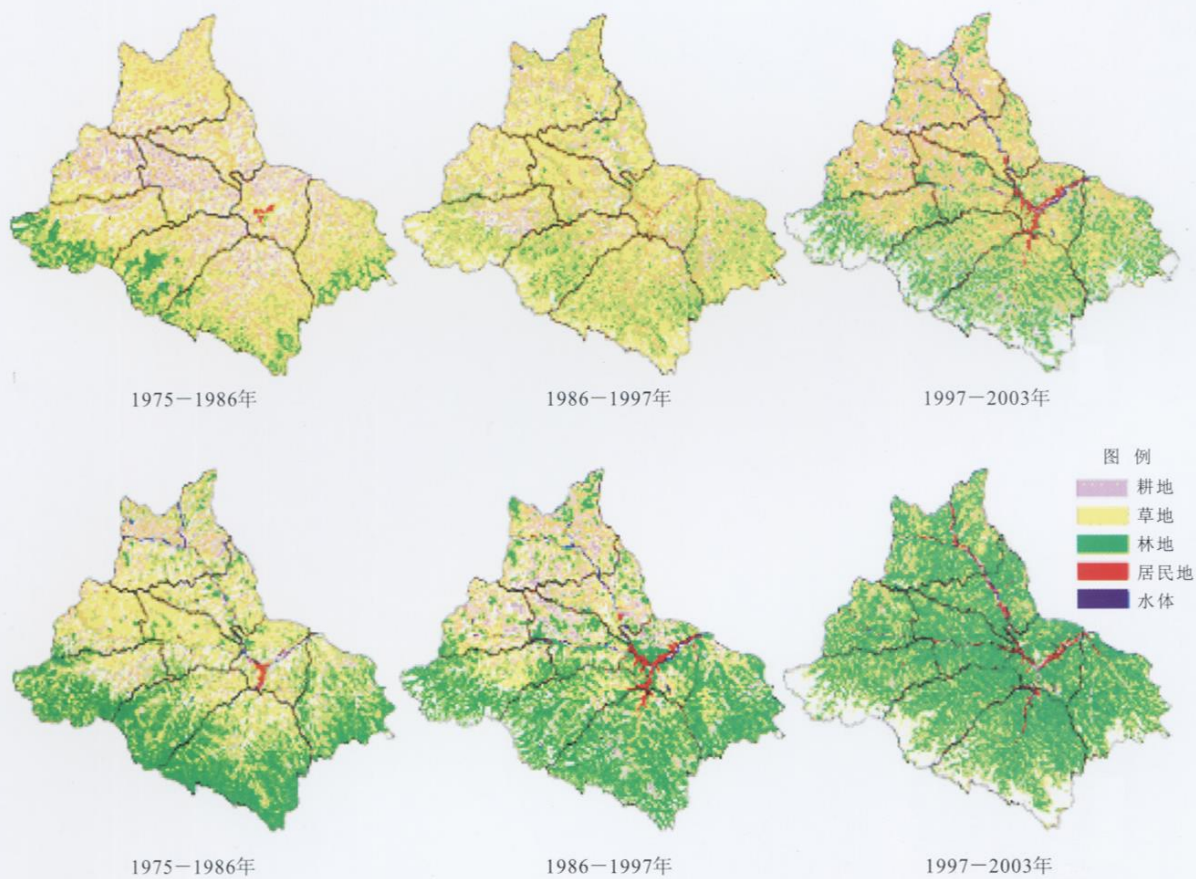
型的年变化率,在期初土地利用类型的年变化速度为:林地>居民地>草地>耕地;中期变为:居民地>林地>水体>草地>耕地;后期演变为:居民地>林地>耕地>草地>水体。

(4) 土地利用类型在空间上的变化,林地减少的区域由南部山区的南缘,逐渐向北蔓延,林地增加的区域由研究区南部向研究区的北部发展;耕地变化的空间分布主要在北部的几个乡镇以及南部乡镇的沟道;草地减少的区域由研究区的四周渐渐向内部发展,而草地增加的区域由北部各乡镇的大部分地区渐渐向各乡镇的局部地区转变;居民地的空间变化主要在沟道和河道沿岸;水体的变化区域主要是河道和某些乡镇的低洼地区。

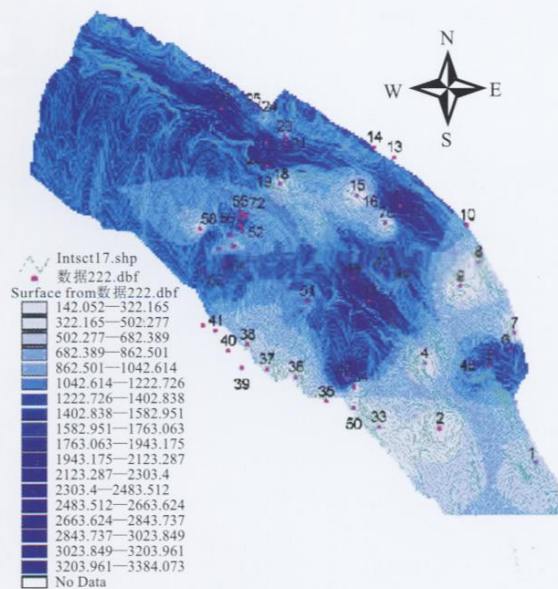
延安试区的土地利用变化的特点和国家政策的倾斜是分不开的。1978年水土保持流域治理工作的开展,1986年“七五”计划的实施,流域水土保持定位试区的建立,以及1997年退耕还林还草工程的建设,都在宏观上引导了土地利用变化在土地利用类型的结构、空间分布、数量上向着生态建设的方向发展。本研究仅反映了典型地区水土保持生态建设对土地利用变化的影响。但整个黄土高原地区土地利用的中长期变化、变化驱动力和其发展趋势等,均有待更进一步的研究。

#### [ 参 考 文 献 ]

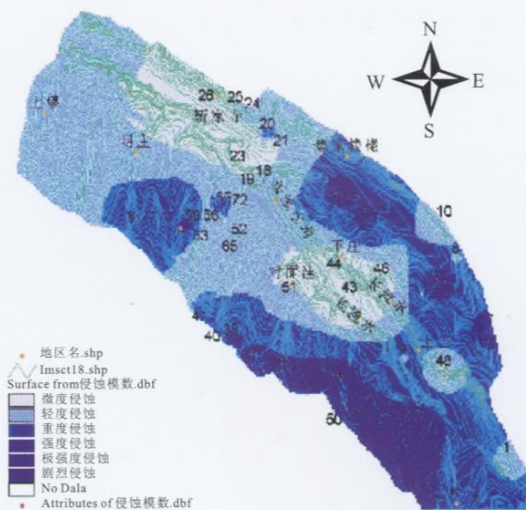
- [1] 田均良,梁一民,刘普灵. 黄土高原丘陵区中尺度生态农业建设探索[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.
- [2] Turner B L. Land use and land-cover science/ research plan[A]// stockholm and Geneva:IGBP Report No35 and ZHDP Report No7, Stockholm:ZGBP,1995:25—36.
- [3] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):81—87.
- [4] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC研究的最新进展评述[J]. 地理科学进展,2003,22(1):22—29.
- [5] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶,等. 黄土丘陵沟壑区县域耕地变化驱动要素研究:以安塞县为例[J]. 水土保持学报,2003,17(4):146—152.
- [6] 梁伟,杨勤科. 基于RS的黄河中游多沙粗沙区土地利用变化分析[J]. 水土保持研究,2006,13(5):90—92.
- [7] 常庆瑞,刘京,杨勤科,等. 基于RS与GIS的黄土丘陵沟壑区土地覆盖动态研究[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2187—2190.
- [8] 温仲明,焦峰,张晓萍,等. 黄土丘陵区纸坊沟流域60年来土地利用格局变化研究[J]. 水土保持学报,2004,18(5):125—133.
- [9] 韩蕊莲,侯庆春. 延安试区刺槐林地不同立地条件下土壤水分变化规律[J]. 西北林学院学报,2003,18(1):74—75.
- [10] 马克伟. 中国土地资源调查技术[M]. 北京:中国大地出版社,2000.
- [11] 刘纪远. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究:基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究,2000,20(3):229—239.
- [12] 朱会义,李秀彬,何书金,等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报,2001,56(3):253—260.



附图1 延安试区各时期土地利用类型空间变化图



附图2 阳洼流域0—5 cm土层<sup>137</sup>Cs面积活度分布



附图3 宁南黄土高原阳洼流域土壤侵蚀模数分布