

# 基于项目驱动的藉河流域土地利用时空变化动态分析

任宗萍<sup>1,2</sup>, 杨勤科<sup>1,2\*</sup>, 胡志瑞<sup>1,2</sup>, 刘建飞<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 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)

**摘要:** 根据 1997 年、2001 年和 2005 年三期 TM 影像资料, 运用遥感非监督分类的方法提取土地利用信息。利用地理信息系统空间分析和数据统计的方法, 分析藉河流域 1997~2005 年间土地利用数量变化和空间变化特征, 研究该地区主要土地利用类型数量变化、空间变化以及在不同坡度的动态变化特征。结果表明: 耕地、林地和草地三种主要土地利用类型占该研究区土地利用面积的 97% 以上, 是该研究区主要的土地利用类型。以 1997 年为基数, 到 2001 年和 2005 年耕地减少幅度分别为 1.2% 和 11.1%, 因此 1997~2001 年的退耕程度小于 2001~2005 年; 在不同坡度上, 土地利用变化主要发生在 5b~40b, 而且在 15b~25b 之间变化最大。

**关键词:** 土地利用; 动态变化; 空间变化; 藉河流域

中图分类号: F301.24 文献标识码: A 文章编号: 1000-7601(2009)03-0203-06

土地利用/土地覆盖变化是全球环境变化研究的重要领域之一, 也是引起全球环境变化问题的主要原因<sup>[1,2]</sup>。开展区域土地利用与覆盖变化研究, 对于深入探讨人类活动如何改变土地覆被, 以及土地覆被变化如何影响全球环境变化具有重要的理论和实际意义。

水土保持是人类活动作用于环境的最主要方式之一, 对地区的土地利用方式与格局具有重要影响。黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀严重, 人类活动剧烈, 是黄土高原水土流失治理和生态环境建设的重点地区。20 世纪 90 年代末期以来, 随着西部大开发战略的实施, 退耕还林(草)、封禁等措施在黄土高原地区全面实施, 该区的土地利用与覆盖类型也发生了很大变化。对此已有较多研究, 如赵东波等<sup>[3]</sup>对延安地区近 30 a 来土地利用动态变化做了初步分析; 谢红霞等<sup>[4]</sup>定量评估了土地利用变化对生态环境的影响; 李志等<sup>[5]</sup>分析了小流域土地利用变化产生的生态效应; 陈国建<sup>[6]</sup>研究了延安示范区退耕还林对土地利用的影响; 焦峰和温仲明<sup>[7]</sup>也对黄土丘陵安塞地区进行了土地结构的分析。研究表明, 黄土高原土地利用类型的结构、空间分布以及数量变化向着有利于生态效益和社会效益的方向发展。但是对于黄土高原西部地区, 针对较高强度投资项目驱动下中尺度土地利用与覆盖变化的研究相对较少。

黄河水土保持生态工程藉河示范区项目是我国为了进一步加快黄土高原水土流失治理步伐, 探索在新形势下水土保持生态建设的新机制、新思路和新措施, 为黄土高原同类型地区大规模治理与开发提供科学依据进行的第一个流域性大型水土保持生态示范工程。项目实施时间为 1998 年 10 月至 2004 年 10 月, 历时 6 a, 已圆满完成了各项计划治理任务。目前, 迫切需要分析评价该工程对土地利用变化产生的影响。本文以藉河流域为研究区, 对项目自实施以来藉河流域土地利用空间变化及其驱动力机制做出初步分析, 为评价项目实施效果及进一步的流域环境治理提供科学支撑。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

藉河流域位于渭河中上游(图 1), 属黄土丘陵沟壑区第三副区, 地处北纬 34b20c19d~34b3&c59d, 东经 105b07c50d~106b00c45d, 海拔在 1 069~2 717 m 之间。流域面积 1 265 km<sup>2</sup>。研究区属暖温带半湿润半干旱的过渡地带, 年平均降水量为 566.8 mm, 年降雨量的 50% 以上集中在 7~9 月, 年均气温 10.8e 左右。区域内土壤类型比较复杂, 海拔由高至低依次分布的土类是褐色土、黑垆土、黄绵土、红土、淀土。植被以暖温带落叶阔叶林为主, 为森林草原到草原

收稿日期: 20081011; 修回日期: 20090320

基金项目: 黄委会天水水土保持实验站项目/黄土丘陵三副区水土流失预测预报的区域模型研究; 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目资助/区域水土流失过程与趋势分析(2007CB407203)

作者简介: 任宗萍(1982), 女, 山东潍坊人, 在读硕士, 主要从事 GIS 和 RS 在水土保持研究中的应用。

\* 通信作者: 杨勤科(1962), 男, 陕西陇县人, 研究员, 博士, 主要从事区域水土流失和 GIS 应用研究。E-mail: qkyang@ms.iswc.ac.cn

过渡地带, 因长期的不合理垦殖, 导致水土流失严重。

### 1.2 数据及处理方法

主要数据包括藉河流域 1B5 万地形图, 1997、2001、2005 年 TM 遥感影像(空间分辨率均为 30 m), 以及藉河示范区的调查监测资料。首先基于 Ge2 oway 软件对研究区 1B5 万地形图进行数字化, 利用 ANUDEM 生成 10 m 分辨率 DEM。在 ERDAS Image 软件下利用地形图对遥感影像进行校正、配准, 误差控制在一个像元内。通过非监督分类并辅以目视解译的方法, 参考修订后的 5 土地利用现状调查技术规范<sup>[8]</sup>, 将研究区土地利用类型划分为耕地、林地、草地、居民地、水体 5 个一级地类, 得到研究区不同时期的土地利用图。

基于三期土地利用图, 利用 GIS 空间分析功能, 首先对不同时期土地利用面积进行统计, 分析其面积增减情况; 其次对三期土地利用图求转移矩阵, 分析土地利用类型之间的转换关系; 然后针对单个和综合土地利用情况, 计算分析其变化率; 最后, 针对区域影响水土流失和土地利用的地形特征, 主要分析土地利用与坡度的关系。

土地利用变化率分析包括区域单一土地利用变化率和区域综合土地利用变化率。区域单一土地利用变化率用以说明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据变化情况。表达式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} @ \frac{1}{T} @ 100\% \quad (1)$$

式中:  $U_a$ 、 $U_b$  为研究初期和研究末期某种土地利用类型的数据;  $T$  为研究时段长, 当其设定为年时;  $K$  为研究时段内某种土地利用类型的年变化率, 利用该公式计算研究区两个时段内土地利用类型的年变化率。

区域综合土地利用变化率用以说明区域综合土地利用动态可描述区域土地利用变化的速度。表达式为:

$$LC = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v LU_{i,j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] @ \frac{1}{T} @ 100\% \quad (2)$$

式中:  $LU_i$  为监测起始时间第  $i$  类土地利用类型面积;  $v LU_{i,j}$  为监测时间段内第  $i$  类土地利用类型转为第  $j$  类土地利用类型面积的绝对值;  $T$  为监测时段长度。当  $T$  的时段设定为年时,  $LC$  的值就是该研究区土地利用年变化率。

## 2 结果分析

### 2.1 土地利用的数量变化分析

2.1.1 各年土地利用面积分析 利用 1997、2001 和 2005 年的解译得到的三期土地利用图(如图 2, 图 3, 图 4 所示)及对应的面积统计(表 1)表明: (1) 耕地、林地和草地是研究区三种主要的土地利用类型, 居民地和水体所占的比例很小, 不足 3%。(2) 1997 年到 2001 年的 4 a 间, 土地利用变化并不明显, 而发生变化的主要是后 4 a。(3) 总的变化趋势是, 耕地持续减少, 林草面积持续增加。耕地、林地和草地三年的变化率分别是: 以 1997 年为基数, 到 2001 年和 2005 年耕地减少幅度分别为 1.2% 和 11.1%, 林地增加幅度为 0.1% 和 3.3%, 草地增加幅度为 0.9% 和 7.3%。居民地和水体的增加幅度都比较小, 1997~2005 年增加幅度是 0.3% 和 0.2%。

2.1.2 土地利用变化率分析 为了更好地比较区域土地利用变化的差异并预测未来土地利用变化趋势, 利用土地利用动态度进行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, 包括区域单一土地利用变化分析和区域综合土地利用变化分析。

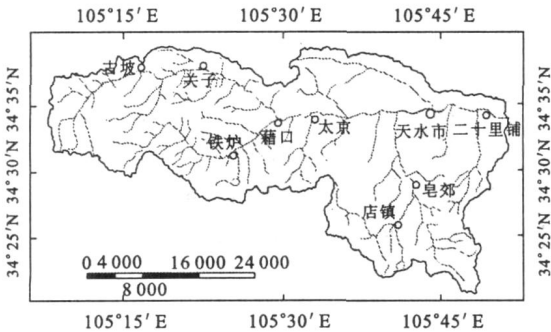


图 1 藉河流域示意图  
Fig.1 Map of Jihe watershed

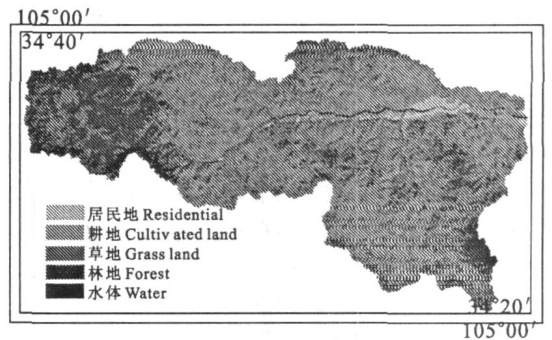


图 2 藉河流域 1997 年土地利用图  
Fig.2 Land-use map of Jihe watershed in 1997

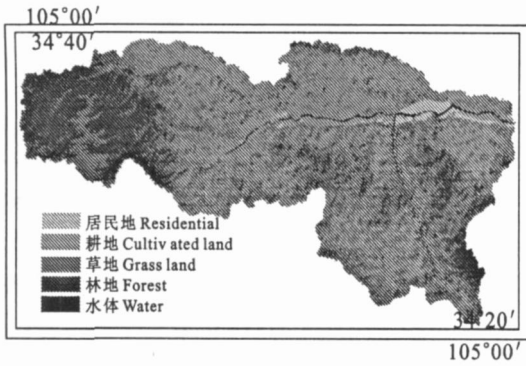


图 3 藉河流域 2001 年土地利用图

Fig.3 Land-use map of Jihe watershed in 2001

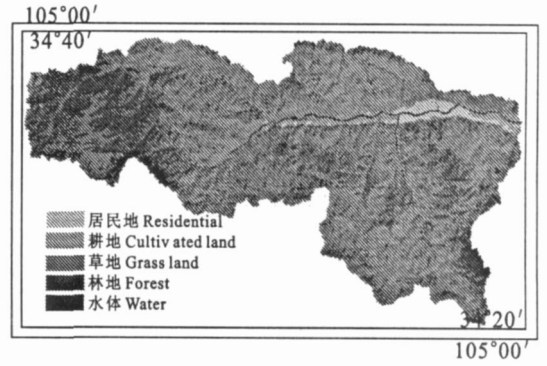


图 4 藉河流域 2005 年土地利用图

Fig.4 Land-use map of Jihe watershed in 2005

表 1 藉河流域土地利用类型面积统计

Table 1 Statistics of land use type in Jihe watershed

年份 Year	耕地 Cultivated land		林地 Forest		草地 Grassland		居民地 Residential		水体 Water	
	面积 Area (km <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)	面积 Area (km <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)	面积 Area (km <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)	面积 Area (km <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)	面积 Area (km <sup>2</sup> )	比例 Percentage (%)
1997	560.0	44.3	267.2	21.1	411.3	32.5	19.6	1.6	6.8	0.5
2001	545.2	43.1	268.0	21.2	421.9	33.4	20.3	1.6	9.4	0.7
2005	419.9	33.2	308.8	24.4	503.0	39.8	23.9	1.9	9.3	0.7

(1) 区域单一土地利用变化率分析

利用公式(1)可以计算出单一土地利用变化率(图 5), 可知: 1997~ 2001 年之间, 水体的变化最大,

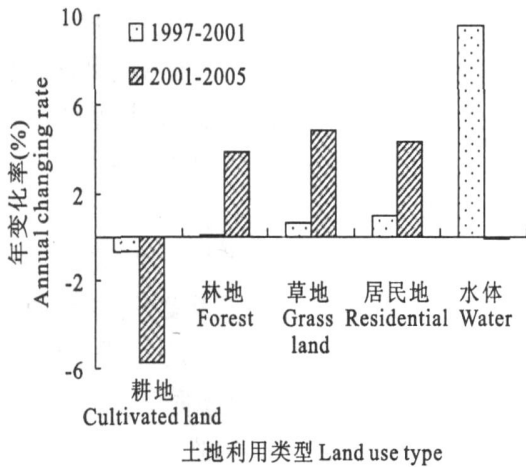


图 5 1997~ 2005 年单一土地利用类型年变化率

Fig. 5 Land use change rate from 1997 to 2005

为 9.54%, 其他的土地利用变化不大。2001~ 2005 年之间, 耕地变化最大, 为 5.75%。其次是草地、居民地、林地及水体。耕地、林地、草地的年变化率由 1997~ 2001 年的 -0.66%、0.08%、0.65% 变为 2001~ 2005 年的 -5.75%、3.81%、4.80%, 表明耕地面

积减少的速度在增加, 林地和草地的年变化速度也在增加, 且草地面积的增加速度大于林地。居民地的年变化率较大, 在 1997~ 2001 年期间的年变化率为 0.98%, 2001~ 2005 年增加到 4.33%。

(2) 区域综合土地利用变化率分析

利用公式(2)分别计算出 1997~ 2001 年和 2001~ 2005 年两个时期的土地利用年变化率, 结果表明: 1997~ 2001 年藉河流域土地利用年变化率为 0.29%, 2001~ 2005 年的年变化率为 2.48%, 比 1997~ 2001 年有很大的提高, 说明后期土地利用变化类型间的相互转化很强。

2.2 土地利用空间变化分析

2.2.1 土地利用类型转换 单纯从面积的变化来看, 很难揭示土地利用的内部结构变化, 为更好地揭示各种土地利用类型的内部变化特征, 可以利用土地利用转移矩阵定量说明土地利用类型之间的相互转化状况, 表现区域土地利用变化特征<sup>[3,9]</sup>。基于研究区 1997, 2001, 2005 年的土地利用图, 利用 Arcinfo 软件的 combine 空间叠加功能进行叠加分析, 然后统计各种类型的土地利用面积及各种土地利用类型的变化面积, 得到土地利用类型转移矩阵(表 2, 表 3)。

表 2 1997~ 2001 藉河流域土地利用类型转移矩阵(%)

Table 2 Transfer matrix of land- use from 1997 to 2001 in Jihe watershed

动态转移矩阵 Transfer matrix		2001 年				
		耕地 Cultivated land	林地 Forest	草地 Grass land	居民地 Residential	水体 Water
1997 年	耕地 Cultivated land	65.8	3.4	28.8	1.2	0.8
	林地 Forest	6.7	66.8	26.5	0.1	0.0
	草地 Grassland	36.7	17.1	45.7	0.3	0.3
	居民地 Residential	25.6	1.0	6.6	61.2	5.6
	水体 Water	46.0	0.7	7.0	2.9	43.4

表 3 2001~ 2005 藉河流域土地利用类型转移矩阵(%)

Table 3 Transfer matrix of land- use from 2001 to 2005 in Jihe watershed

动态转移矩阵 Transfer matrix		2005 年				
		耕地 Cultivated land	林地 Forest	草地 Grassland	居民地 Residential	水体 Water
2001 年	耕地 Cultivated land	56.0	5.5	36.8	1.1	0.6
	林地 Forest	3.5	72.5	23.8	0.1	0.0
	草地 Grass land	23.5	19.9	56.1	0.3	0.1
	居民地 Residential	15.7	0.6	6.3	73.6	3.8
	水体 Water	30.1	0.5	4.6	13.4	51.4

由表 2 可以看出: 从 1997 年到 2001 年, 耕地转出概率为 34.2%, 其中 28.8% 的耕地转化为草地; 3.4% 的耕地转化为林地; 林地转出概率为 33.2%, 其中 26.5% 的林地转化为草地, 6.7% 的林地转化为耕地; 草地转出概率为 54.3%, 其中 36.7% 的草地主要转化为耕地, 17.1% 转化为林地。三种主要土地利用类型转出概率大小依次为草地> 耕地> 林地。由表 3 看出: 从 2001 年到 2005 年, 耕地转出概率为 44%; 其中 5.5% 耕地流入林地, 36.8% 耕地流入草地; 林地转出概率为 27.5%, 其中 23.8% 的林地流入草地, 3.5% 的林地转化为耕地; 草地转出概率为 43.9%, 其中 23.5% 的草地转化为耕地, 19.9% 转化为林地。三种主要土地利用类型转出概率大小依次为草地> 耕地> 林地。

上述结果表明在项目执行的两个阶段研究区三种主要土地利用类型变化不同, 主要表现为: 一是草地是最不稳定的土地利用类型, 内部变化幅度相对于耕地和林地最大。林地的内部变化比较少, 主要是由于林地的生长周期长的特征决定的。二是项目执行后期研究区耕地转出概率明显增加, 草地和林地转出概率大幅度减小, 表明项目后期实施力度加强, 流域各项水土保持措施效果明显。

2.2.2 主要土地利用与坡度的关系 近年来, 土地利用时空变化格局与环境因子的关系已成为土地利用/ 土地覆盖变化研究的核心内容之一<sup>[10]</sup>。为讨论

不同地形条件下土地利用类型的分异程度, 本研究基于研究区三年的土地利用图及数字化地形图生成的 DEM, 研究该区主要土地利用类型变化( 耕地、林地和草地) 的地形分异程度, 分析研究区主要土地利用类型的时空变化规律。

坡度是地貌形态特征的主要要素。坡度的大小制约着土壤侵蚀量的强弱, 决定着水土保持措施的布设方式, 关系着土地利用的方向及其规划<sup>[11]</sup>。为研究土地利用及退耕还林与坡度的关系, 按 0.5 一个级别, 将坡度分为 180 级。

图 6 和图 7 显示了藉河流域三种主要土地利用类型在不同坡度的分布情况及其动态变化。图 6 显示了耕地、林地和草地在不同坡度上的分布状况, 在 0~ 15° 之间的坡度上, 耕地在不同年份均占绝对优势, 草地次之, 林地最少。在 15°~ 30° 之间, 耕地比重开始下降, 林地和草地占的百分比开始增加, 特别是在 1997 年, 耕地明显大于草地, 但是到 2005 年, 草地开始占优势, 大于耕地所占的比例。林地主要分布在 15° 以上, 在 15°~ 40° 之间, 基本上是随着坡度的增大, 面积也在不断的增大。草地的分布趋势和耕地相似, 主要因为部分草地是由耕地退耕而来。图 7 主要显示了研究区 1997~ 2005 年耕地, 林地和草地变化与坡度的关系。从图中可以看出, 耕地、林地和草地的变化都主要发生在 5°~ 40° 之间的坡地上, 最大变化也都出现在 15°~ 25°, 而在 < 5° 和 > 40°

的坡地上, 变化幅度都很小, 都在 0.05% 之内。三种土地利用类型在 1997~2001 年间变化都很小, 其变化幅度小于 0.05%; 而在 2001~2005 年间, 在 10b

~30b 上耕地减少幅度超过 0.1%, 林地和草地增加幅度分别在 0.1% 和 0.05% 以上。

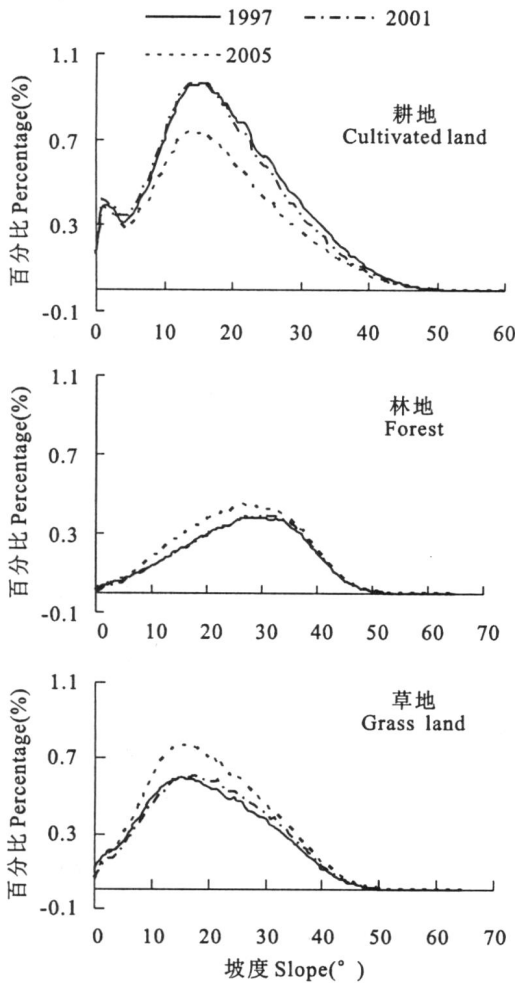


图 6 1997~2005 年间耕地、林地和草地  
在不同坡度上分布百分比

Fig.6 Distribution of cultivated land, forest and grassland on different slope from 1997 to 2005

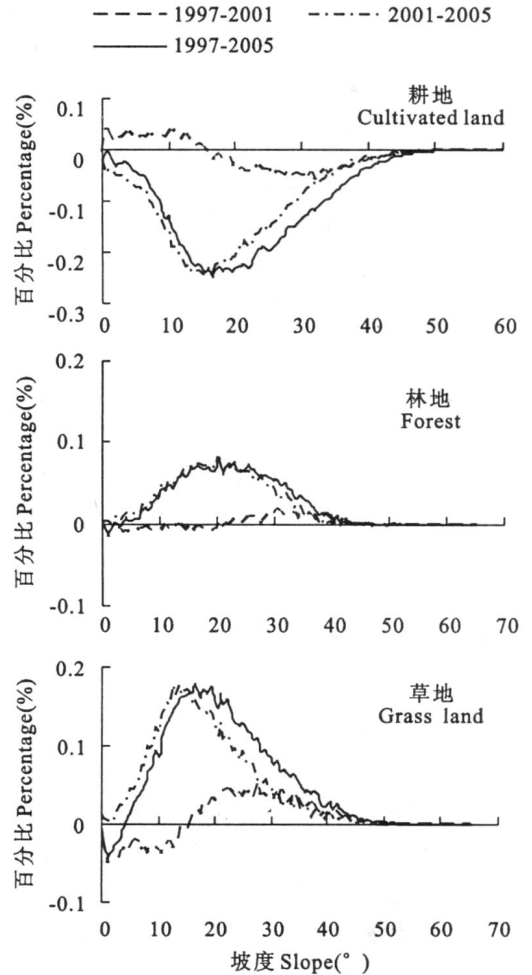


图 7 1997~2005 年间耕地、林地和草地  
在不同坡度上变化百分比

Fig.7 Change percentage of cultivated land, forest and grassland on different slope from 1997 to 2005

从以上分析可以看出, 不同坡度耕地的减少和林地、草地的增加具有很高的一致性, 而且在 15b~30b 之间, 耕地比重下降, 林地和草地占的百分比开始增加, 表明退耕还林还草是林草地增加的主要来源和驱动因素, 另一方面也说明项目推动对该区退耕还林还草政策的实施起了很大的促进作用。另外, 在所有坡度上, 草地增加幅度都明显大于林地, 其原因可能与项目执行时间相对较短, 而林地恢复需要较长的周期, 并且林木生长条件较草本苛刻, 其适宜生境相对较少有关。

### 2.3 土地利用驱动力简析

土地利用变化主要受自然因素和社会因素影响, 但在短期内, 人类活动是土地利用变化的最主要

的驱动因素。在较短时间内, 区域的气候、地形地貌、土壤和水分等自然因素不可能发生很大变化, 其对土地利用变化影响较小; 而人口、经济、技术以及国家和地方政府的政策等社会因素则会从根本上影响土地利用变化的方向。

黄河水土保持生态工程藉河示范区项目开展以来, 藉河流域土地利用类型发生较大变化, 流域土地利用类型呈现出由耕地向草地和林地转化的趋势。研究区土地利用类型变化可以分为两个阶段: 一是从 1997 年到 2001 年, 耕地面积略微下降, 林地和草地面积略微增加, 土地利用总体变化不大; 二是从 2001 年到 2005 年, 耕地面积明显下降, 草地和林地面积显著增加, 土地利用变化明显。其原因可能是

项目进行早期,当地政府和群众对项目重视程度不够,参与退耕还林还草积极性较低;随着项目进行以及国家退耕还林还草政策的深入开展,地方政府和群众参与热情增加,项目推行力度增强,耕地向林地和草地的转化明显增加。此外,由于项目早期,林草刚刚种植,尚未郁闭,在遥感影像图中反映不明显,可能在一定程度上掩盖了该区真实的土地利用变化情况。相反,随着项目执行时间推移,林草植被生长发育,尤其是林地开始郁闭,从而在遥感影像图上明显反映出该区土地利用变化情况。

### 3 结 论

1) 自 1998 年藉河项目实施以来,研究区土地利用发生较大变化。从 1997 年到 2005 年,耕地面积减少了 11.1%,林地面积增加了 3.3%,草地面积增加了 7.3%,居民地和水体几乎没有变化。

2) 耕地、林地和草地是研究区主要的土地利用类型,项目早期耕地转出概率为 34.2%,其中 28.8% 的耕地转化为草地,3.4% 的耕地转化为林地;耕地转出概率为 44%,其中 36.8% 耕地流入草地,5.5% 耕地流入林地。随着项目进行,耕地退耕强度增加,且耕地的主要转化方向为草地。

3) 研究区主要土地利用类型动态变化与坡度关系表明,耕地、林地和草地的变化都主要发生在 5b~40b 之间的坡地上,最大变化也都出现在 15b~25b。不同坡度耕地的减少和林地、草地的增加具有很高的一致性,耕地退耕是林草地增加的主要来源和驱动因素。

4) 研究区土地利用变化,很大程度上是受人类活动的影响。退耕还林还草工程对藉河示范区土地利用变化有很大的影响,藉河示范区项目的实施推动了退耕还林工程。因此,国家的政策在很大程度上影响土地利用变化的方向。

#### 参 考 文 献:

- [1] 摆万奇,柏书琴.土地利用和覆盖变化在全球变化研究中的地位与作用[J].地域研究与开发,1999,18(4):13-16.
- [2] 陈佑启,杨鹏.国际上土地利用/土地覆盖变化研究的新进展[J].经济地理,2001,21(1):95-100.
- [3] 赵东波,梁伟,杨勤科,等.陕北黄土丘陵区近 30 年来土地利用动态变化分析[J].水土保持通报,2008,28(2):22-28.
- [4] 谢红霞,李锐,任志远,等.区域土地利用变化对生态环境影响定量评估))以铜川市城区为例[J].自然资源学报,2008,23(3):458-466.
- [5] 李志,刘文兆,杨勤科,等.黄土高原沟壑区小流域土地利用变化及其生态效应分析[J].应用生态学报,2007,18(6):1299-1304.
- [6] 陈国建,张晓萍,李锐,等.延安示范区土地利用与退耕还林的时空变化研究[J].中国农学通报,2005,21(5):418-422.
- [7] 焦峰,温仲明,石辉,等.黄土丘陵沟壑区安塞县土地结构[J].山地学报,2004,22(4):406-410.
- [8] 马克伟.中国土地资源调查技术[M].北京:中国大地出版社,2000:21)88.
- [9] 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.
- [10] 李秀彬.全球环境变化研究的核心领域))土地利用/土地覆盖变化的国际研究动向[J].地理学报,1996,51(6):553-558.
- [11] 赵牡丹,汤国安,陈正江,等.黄土丘陵沟壑区不同坡度分级系统及地面坡谱对比[J].水土保持通报,2002,22(4):33-36.

## Analysis of project-induced temporal-spatial land use change in Jihe River watershed

REN Zongping<sup>1,2</sup>, YANG Qinke<sup>1,2</sup>, HU Zhiru<sup>1,2</sup>, LIU Jianfei<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on three sets of TM data (1997, 2002 and 2005), the land use information was extracted by the method of unsupervised classification. Using the tools of geographical information system (GIS) combined with statistics, this paper analyzed the quantitative change and the spatial change of the land use types, and also the dynamic change of land use on different slopes. The results are as follows: cultivated land, forest and grassland accounted for more than 97%, which were the main land use types of the study area. Compared to 1997, cultivated land decreased 1.2% in 2001 and decreased 11.1% continuously in 2005. The conversion of cropland to forest and grassland during the period from 2001 to 2005 was higher than that in the period from 1997 to 2001. In different slope gradients, the land use change mainly happened on the slope from 5b to 40b, and the greatest change were on the slope from 15b to 25b.

Keywords: land use; dynamic change; spatial change; Jihe River watershed