

近 30 年来陕北黄土高原土地利用动态变化分析

刘建飞¹, 杨勤科^{1,2}, 梁伟², 任宗萍¹, 胡志瑞¹

(1. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中科院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 基于 1975 年的 Landsat MSS 影像, 1986 年、1997 年和 2006 年的 Landsat TM 影像, 利用遥感影像的计算机自动分类和目视解译, 得到这 4 a 的土地利用信息。利用 ERDAS 中的 GIS 分析模块和统计方法对这 4 a 的土地利用图进行统计分析, 得到 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年这 3 个时间段的土地利用变化的数量、速度、幅度、空间格局特征。结果表明: 耕地经历了一个先增加后减少的过程, 草地、林地先减少后增加, 居民地一直处于增加状态, 未利用地从整体上来说处于减少状态, 只不过在中期有一定数量的波动; 在前期和中期土地利用类型间的相互转化基本一致, 后期土地利用类型间的相互转化有所增强; 耕地、草地、林地和未利用地是该地区土地利用变化的主导类型, 主要是耕地、草地与其它土地利用类型间的相互转化。

关键词: GIS; 遥感; 土地利用变化; 陕北黄土高原

中图分类号: F301.24; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)02-0112-05

Analysis on Land-use Dynamic Changes of the North Shaanxi Loess Plateau in Past 30 Years

LIU Jian-fei¹, YANG Qin-ke^{1,2}, LIANG Wei², REN Zong-ping¹, HU Zhi-zui¹

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

2. Institute of Soil and Water conservation, Chinese Academy of Science, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The land-use information was extracted from the Landsat MSS image of the year 1975 and the Landsat TM images of the year 1986, 1997 and 2006 by the method of automatic classification and visual interpretation. The quantity, rate, range, and spatial distribution feature of land use change was analyzed using GIS analysis module and ERDAS statistics analysis from 1975 to 1986, from 1986 to 1997, from 1997 to 2006. The results indicated that the cultivated land firstly increased and then decreased and on the contrary of grass and forest land. Unutilized land decreased on the whole except some small fluctuation in the middle. The transition of land use type was consistent at the early and middle stage. However, transition among the land use type was more intense in the later period than that of the former period. Cultivated land, grassland, unutilized and waste land were the dominant land-use change type and the transformation mainly happened among these land use types.

Key words: GIS; remote sensing; land-use change; the North Shaanxi Loess Plateau

1 引言

土地利用/土地覆盖变化已经成为当今国际全球变化研究中活跃的领域之一^[1-2]。土地利用/覆盖变化过程蕴涵了大量人类活动的信息, 对于揭示区域人-地关系演变规律具有重要的意义^[3]。土壤侵蚀是危机人类生存与发展的重要环境问题之一^[4],

土地利用变化引起影响土壤侵蚀的其它因素的变化, 从而导致土壤侵蚀的方式和强度发生变化, 对水土流失影响的研究具有重要的理论和实践意义^[5]。陕北黄土高原是水土流失的重点区域, 也是水土保持投资最强的地区之一。随着退耕还林(草)工程的实施, 坡耕地减少、林草植被覆盖增加, 对区域土地利用结构与格局形成明显影响, 使土地利用发生较

* 收稿日期: 2008-11-18

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB407204); 黄土高原多沙粗沙区典型流域侵蚀产沙经验模型研究(200701035-1)

作者简介: 刘建飞(1983-), 男, 陕西凤翔人, 在读硕士, 主要从事遥感和地理信息系统应用研究。E-mail: small_fei@126.com

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

大的变化。目前,在该地区对土地利用变化进行了大量的研究工作,比如:温仲明等^[6]以黄土丘陵区纸坊沟流域为研究区,对其 60 a 的土地利用格局变化进行系统的分析研究,结果表明:土地利用格局变化与人类活动密切相关;陈利顶、傅伯杰等^[7]利用航片解译和景观生态学方法研究了陕北黄土丘陵区大南沟流域在 20 世纪 70 年代和 90 年代土地利用结构的特点和变化;梁伟等^[8]以 1995 - 1997 年的 3 a 遥感影像资料,通过土地利用类型的变化幅度、速度、数量变化的区域差异等对黄河中游多沙粗沙区的土地利用变化进行了分析;赵东波等^[9]以遥感影像为基础对延安中尺度生态建设试验示范区土地利用类型近 30 a 的动态变化作了初步分析等。但是这些研究多侧重于小流域,小尺度范围的研究,并没有针对陕北黄土高原这个特定的区域对土地利用变化进行一个系统性、长序列的分析研究。所以,有必要对陕北黄土高原土地利用动态变化进行长序列分析,了解该地区土地利用数量变化特征、土地利用时空变化规律,为该地区国土资源整治、生态、环境建设提供科学规划依据,促进该地区水土资源的合理利用和可持续发展。

2 研究区概况及研究方法

2.1 研究区概况和数据基础

陕北黄土高原位于黄土高原中部,地理位置为 35°43' - 39°34' N, 107°28' - 110°31' E,范围包括陕西省榆林和延安的 25 个县市,总土地面积为 79 868.3 km²,占全省总土地面积的 40 %。陕北地区属于干旱半干旱大陆性季风气候,区内多年平均降雨量为 450 ~ 600 mm,自南向北递减,年内降雨主要集中在夏季。延安地区位于黄土丘陵区腹地,属于典型丘陵沟壑区;榆林地区位于毛乌素沙漠南缘,北部为风沙草滩区,南部为黄土丘陵沟壑区^[10]。

本次研究所使用的数据为 1975 年的 MSS 影像,1986 年、1997 年和 2006 年的 TM 影像,其中 MSS 影像分辨率为 80 m, TM 影像除第 6 波段的分辨率为 120 m 外,其余波段的分辨率都为 30 m,两者的扫描宽度都为 185 km,所购买的数据大部分影像时相为夏季。首先是对 TM 影像进行几何校正,在校正过程中应尽可能的选点均匀,并将误差控制在一个像元内,其次再对影像进行分类。由于 1975 年的影像为 MSS 影像,分类前首先将其与 1997 年的 TM 影像进行融合,这样不仅提高了它的空间分辨率,也保留了影像的光谱特征。

为了对土地利用变化进行分析,根据 2007 年 9 月中华人民共和国质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会联合发布的《土地利用现状分

类》国家标准^[11],并结合前期我们所做的工作,为了使前后工作有可比性,将土地利用类型划分为耕地、草地、林地、居民地、水体和未利用地 6 大类,然后,通过非监督分类和专家经验相结合的方法,得到 1975 年、1986 年、1997 年、2006 年土地利用分类图。最后利用 ERDAS 中的 GIS 分析模块对土地利用分类图进行空间分析和属性统计,再进一步对土地利用动态变化进行分析。

2.2 研究方法

土地利用变化主要体现在土地利用类型变化、土地利用类型数量变化、土地资源生态背景质量变化、土地利用程度变化及土地利用变化的区域差异等方面^[12]。所以将采用单一土地利用动态度、区域综合土地利用动态度、土地利用相对变化率和土地利用转移矩阵对陕北黄土高原的土地利用变化进行分析。

2.2.1 土地利用类型面积变化 面积变化首先反映在不同土地利用类型的总量变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可以了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化^[13]。利用 ERDAS view 窗口中 raster attributes 功能,显示土地利用类型图的属性表,将其导出,再利用 Excel 对其进行统计。

2.2.2 单一土地利用类型动态度 单一土地利用类型动态度可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型数量变化情况,如式(1)。

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

式中: U_a 、 U_b ——研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量; T ——研究时段长。当 T 设定为年时, K ——研究时段内某一土地利用类型的年变化率。

2.2.3 区域综合土地利用动态度 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,公式表达如式(2)。

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L U_{i-j}}{\sum_{i=1}^n L U_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100 \% \tag{2}$$

式中: $L U_i$ ——监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; $L U_{i-j}$ ——监测时段第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; T ——监测时段长度。当 T 研究时段长,当其为年时, LC 的值就是该研究区土地利用年变化率。

2.2.4 土地利用相对变化率 土地利用相对变化率是一种反映土地利用变化区域差异很好的方法,其计算公式可表示如式(3)。

$$R = \frac{|U_b - U_a| \times C_a}{U_a \times |C_b - C_a|} \tag{3}$$

式中： R ——某一土地利用类型的相对变化率； U_a 、 U_b ——某区域某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积； C_a 、 C_b ——全研究区某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积。如果 $R > 1$ 表示该局部区域土地利用变化幅度大于全区土地利用变化幅度，反之则局部区域土地利用变化幅度小于全区土地利用变化幅度。

2.2.5 土地利用转移矩阵 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地时空演变过程^[11]。利用 ERDAS 下 interpreter 模块中的 GIS Analysis Matrix 功能可以分别计算 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年、1997 - 2006 年三个时间段的土地利用类型间的转移图，然后对其属性表进行导出，并在 Excel 中进行整理、统计，得到三个时期的土地利用类型转移矩阵。

3 结果与分析

3.1 土地利用的数量变化

3.1.1 土地利用类型面积变化分析 通过非监督分类和目视解译相结合的方法对影像进行分类，首先根据影像的光谱特征得到一个初步的解译结果，对有疑问的地方和把握不大的地方经过询问专家，进行确认，发现错误并及时更改，使影像的解译结果

符合我们所需要的精度要求，得到 4 个年份的土地利用图，见附图 5。

分别对 1975 年、1986 年、1997 年和 2006 年 4 a 土地利用图的属性进行统计分析，得到 1975 - 2006 年土地利用面积变化统计表，如表 1 所示。通过表 1 可以得出：1975 - 2006 年期间耕地经历了一个前期增加，中期、后期减少的过程，1975 - 1986 年间增加了 3 980.6 km²，1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年间分别减少了 632.2 km²、4 603.0 km²；草地前期、中期处于减少状态，后期则大量增加，从 1997 - 2006 年间增加了 5 293.9 km²；林地则是经历了一个先减少后增加的过程，1975 - 1986 年间减少了 307.3 km²，1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年间分别增加了 2 322.2 km²、589.0 km²；居民地从 1975 - 2006 年间则是一直处于增长状态；水体 1975 - 1986 年间增加了 237.3 km²，1986 - 1997 年期间只有少量增加，后期则处于减少状态；未利用地整体上来说处于减少状态，只不过在中期有一定的波动，呈增长趋势。耕地的变化主要有以下原因，首先 20 世纪 70 年代到 80 年代初淤积了大量的坝地，人口数量急剧增长，对耕地的需求量大量增加，三北防护林工程减缓了风沙对农田的吞蚀，部分沙化农田被恢复，这使耕地的数量大量增加；其次是 90 年代，旧的淤积坝大部分失效，还有相当数量的被暴雨、洪水摧毁，而且 1997 年以来退耕还林（草）工程的实施，都使得耕地的数量锐减。林地的增加则主要是长期以来水土流失治理的结果。未利用地的减少则主要是由于耕地开垦、植树造林所引起的；居民地的增加是由于人口的增长和经济的发展引起的。

表 1 1975 - 2006 年土地利用面积变化统计

类 型	各年份土地利用面积/ km ²				不同年份间土地利用面积变化/ km ²			单一土地利用类型年变化率/ %		
	1975	1986	1997	2006	1975 - 1986	1986 - 1997	1997 - 2006	1975 - 1986	1986 - 1997	1997 - 2006
耕 地	20635.0	24615.7	23983.5	19380.5	3980.6	- 632.2	- 4603.0	1.75	- 0.23	- 2.13
草 地	36914.6	35775.6	33574.0	38868.0	- 1138.9	- 2201.6	5293.9	- 0.28	- 0.56	1.75
林 地	13813.2	13505.8	15828.1	16416.0	- 307.3	2322.2	588.0	- 0.20	1.56	0.41
居民地	4.2	49.5	67.2	126.0	45.3	17.7	58.8	98.15	3.24	9.73
水 体	205.9	443.2	450.8	228.2	237.3	7.6	- 222.6	10.48	0.16	- 5.49
未利用地	8295.6	5478.5	5964.8	4849.7	- 2817.0	486.3	- 1115.1	- 3.09	0.81	- 2.08
总面积	79868.3	79868.3	79868.3	79868.3						

3.1.2 各土地利用类型的变化速度分析 利用单一土地利用类型动态度公式计算 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年这 3 个时间段内耕地、草地、林地、居民地、水体、未利用地 6 种单一土地利用类型的年变化率，如表 1 所示。由表 1 可知：1975 - 1986 年耕地、居民地、水体都处于增加状态，其土地利用类型年变化率分别为 1.75 %、98.15 %、10.48 %，草地、林地、未利用地都处于减少状态，年

变化率分别为 - 0.28 %、- 0.20 %、- 3.09 %。1986 - 1997 年耕地的年变化率为 - 0.23 %，说明耕地在减少；草地继续减少，年变化率为 - 0.56 %；林地呈增长态势，年变化率为 1.56 %，居民地、水体继续增长，年变化率两者都呈减少趋势，分别为 3.24 %、0.16 %。1997 - 2006 年除林地外，耕地、草地、居民地、水体、未利用地的年变化率较 1986 - 1997 年期间都有所增加，居民地的年变化率最大，为 9.71 %；

草地、林地面积都在增加,年变化率分别为 1.75 %、0.41 %,水体面积减少,年变化率为 - 5.49 %,未利用地面积减少幅度增大,年变化率变为 - 2.08 %。

3.1.3 区域综合土地利用动态度 通过综合土地利用动态度公式,计算 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年、1997 - 2006 年 3 个时期的土地利用年变化率。结果表明:1975 - 1986 年土地利用年变化率为 1.79 %,1986 - 1997 年土地利用年变化率为 1.74 %,1997 - 2006 年土地利用年变化率为 2.11 %。可以看出前两个时期的土地利用年变化率相差不大,说明土地利用变化速度基本一致,而到 1997 年之后,土地利用年变化率显著增大,土地利用变化速度加快,这与 1997 年退耕还林草工程实施有很大的关系。

3.2 土地利用数量变化的区域差异

陕北黄土高原包括两个大的行政区划,分别为延安和榆林,所以将其划分为延安、榆林两个研究区,来研究在 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年 3 个时段内的土地利用类型相对变化率。

表 2 1975 - 2006 年延安、榆林地区的土地利用相对变化率

类 型	1975 - 1986		1986 - 1997		1997 - 2006	
	延安	榆林	延安	榆林	延安	榆林
耕 地	0.99	1.00	2.41	0.01	2.09	0.27
草 地	0.99	1.01	1.79	0.41	1.83	0.43
林 地	4.37	29.76	1.21	0.05	0.14	7.85
居民地	0.38	17.66	1.39	0.72	1.38	0.68
水 体	3.27	0.68	16.44	7.57	0.92	1.02
未利用地	2.70	0.98	0.31	1.00	0.71	1.00

通过土地利用相对变化率公式,计算得到延安、榆林的土地利用相对变化率(表 2),可以得出:1975 - 1986 年,延安地区耕地、草地变化幅度与全区的土地利用类型变化幅度基本一致,居民地的变化幅度小于全区的土地利用类型变化幅度,林地、水体、未利用地的变化幅度都大于全区的土地利用类型变化幅度;其中林地的变化幅度最大,为 4.37。榆林地区耕地、草地和未利用地变化幅度与全区的土地利用类型变化幅度基本一致,林地、居民地变化幅度远远大于全区的变化幅度,水体则小于全区的土地利用类型变化幅度。1986 - 1997 年在延安地区除了未利用地的变化幅度小于全区的土地利用类型变化幅度外,其它 5 类土地利用类型,耕地、草地、林地、居民地、水体的变化幅度都大于全区的变化幅度。榆林地区,耕地、草地、林地、居民地的变化幅度都小于全区的土地利用类型变化幅度,林地最小;只有水体的变化幅度大于全区,而未利用地的变化幅度与全区的土地利用类型变化幅度持平。1997 - 2006 年,延安地区耕地、草地、居民地的变化幅度大于全区的土地利用类型变化幅度,其中耕地变化幅

度最大,为 2.09;林地、未利用地都小于全区的变化幅度,其中水体与全区的变化幅度相差不大。榆林地区土地利用相对变化率则与延安地区相反,耕地、草地、居民地变化幅度都小于全区的土地利用类型变化幅度;林地的变化幅度大于全区的土地利用类型变化幅度,为 7.85;水体、未利用地的变化幅度与全区的基本一致。

3.3 土地利用空间变化分析

利用 ERDAS 的 GIS Analysis 模块下的 matrix 功能计算 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年、1997 - 2006 年 3 个时期土地利用类型转移面积矩阵,再经过统计分析得到这 3 个时期的土地利用类型转移矩阵(表 3、表 4 和表 5)。

表 3 1975 - 1986 土地利用类型转移矩阵 %

	耕地	草地	林地	居民地	水体	未利用地
耕 地	58.83	35.99	3.47	0.06	0.36	1.29
草 地	28.38	60.54	7.73	0.08	0.59	2.69
林 地	5.89	23.38	70.19	0.01	0.18	0.37
居民地	9.25	37.28	3.40	47.39	2.65	0.04
水 体	17.39	19.86	1.91	0.66	57.00	3.18
未利用地	13.87	32.91	2.87	0.03	0.13	50.19

表 4 1986 - 1997 年土地利用类型转移矩阵 %

	耕地	草地	林地	居民地	水体	未利用地
耕 地	57.43	37.27	3.22	0.07	0.43	1.58
草 地	24.06	58.40	12.17	0.08	0.34	4.95
林 地	6.03	15.24	77.68	0.01	0.07	0.96
居民地	22.77	33.34	1.83	27.74	13.15	1.18
水 体	20.32	24.43	4.03	0.54	44.20	6.48
未利用地	5.87	24.19	3.17	0.05	0.21	66.52

表 5 1997 - 2006 土地利用类型转移矩阵 %

	耕地	草地	林地	居民地	水体	未利用地
耕 地	47.57	45.71	4.66	0.17	0.12	1.77
草 地	20.66	67.60	8.90	0.11	0.10	2.63
林 地	2.52	21.54	74.95	0.03	0.01	0.95
居民地	21.95	24.13	2.54	49.33	0.88	1.16
水 体	25.94	31.88	3.78	1.34	34.12	2.94
未利用地	8.46	27.53	7.18	0.07	0.14	56.63

通过表 3、表 4 和表 5 可以看出:在 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年 3 个时期内土地利用变化具有相似的规律,土地利用类型流向基本一致。在 1975 - 1986 年和 1986 - 1997 年两个时期,耕地有 55 %以上没用变化,而在 1997 - 2006 年期间耕地发生变化的百分比增大,只有 47.57 %没用变化,但是在这 3 个阶段,耕地的流向主要都是变化为草地。除了 1986 - 1997 年期间草地只有

58.4% 没用发生变化外, 1975 - 1986 年和 1997 - 2006 年期间都有 60% 以上的草地没用发生变化, 而且在这 3 个时期, 草地的主要流向为耕地, 都达到 20% 以上, 并且剩下的大部分流向林地。在这个地区 70% 以上的林地没用发生变化, 发生变化的部分大部分流向草地, 在 1975 - 1986 年、1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年三个时期流向草地的百分比分别达到了 23.38%、15.24%、21.54%。居民地和水体的流向主要是变化为草地和耕地, 而且 1986 - 1997 年这个时期, 居民地有 13.15% 流向水体。未利用地在 3 个时期也有 50% 以上没有发生变化, 发生变化的部分也都主要向草地、耕地转化。

4 结论与讨论

(1) 1975 - 2006 年, 陕北黄土高原土地利用类型发生了大的变化, 耕地经历了一个先增加后减少的过程, 前期增加了 3 980.6 km², 中期、后期分别减少了 632.2 km²、4 603.0 km²; 草地、林地都经历了一个先减少后增加的过程, 草地在后期增加较多, 增加了 5 293.9 km², 林地在中期增加较多, 增加了 2 322.2 km²; 居民地一直处于增加状态, 水体在前期、中期一直处于增加状态, 在后期大量减少, 减少了 222.6 km²; 未利用地前期, 后期减少, 减少了 2 817.0 km²、1 115.1 km², 中期增加 486.3 km²。

(2) 1975 - 2006 年, 土地利用年变化率在 1975 - 1986 年和 1986 - 1997 年两个时期相似, 说明土地利用的变化速度相差不大, 但是在 1997 - 2006 年, 土地利用年变化率明显增大, 说明土地利用间的相互转化增强。单一土地利用类型的年变化率以居民地最大, 林地、草地和耕地的土地利用类型的年变化率相对较小。

(3) 土地利用变化在延安、榆林两个地区存在明显的区域差异。1975 - 1986 年, 耕地、草地的相对变化率与全区的土地利用变化幅度基本一致, 两个地区林地的相对变化率都超过全区, 但是榆林最大, 为 29.76。在 1986 - 1997 年和 1997 - 2006 年两个时间, 耕地、草地的相对变化幅度都是延安地区的大于全区的土地利用变化幅度, 榆林地区的则小于全区的土地利用变化幅度; 在这两个时期延安未利用地的变化幅度小于全区的变化幅度, 榆林的则与全区的变化幅度一致。在 1997 - 2006 年, 延安地区耕地的相对变化最大, 为 2.09, 榆林地区林地的相对变化率最大, 为 7.85, 说明在这个时期, 耕地和林地分别在延安和榆林两个地区发生较大幅度的变化。

(4) 在本研究区, 耕地、草地、林地、未利用地都是土地利用变化的主导类型, 在这 3 个时期, 发生变

化的部分也主要是这 4 种土地利用类型之间的相互转化。耕地主要流向草地, 草地主要流向耕地, 有少部分变为林地, 林地主要流向草地, 未利用地发生变化的部分则主要流向草地和耕地。

陕北黄土高原的土地利用变化特点与国家政策的影响是分不开的, 与相关研究的结果基本一致, 但是在本研究中还存在一定的问题, 1975 - 1986 年居民地的土地利用类型年变化率为 97%, 可能与 1975 年影像的解译结果有关, 因为 1975 年影像分辨率低, 使居民地的解译很难实现。而且本次研究只是对土地利用变化的数量、幅度、格局等进行了基本的分析, 在今后的工作中应该对引起这些变化的驱动力进一步分析, 并对将来土地利用变化趋势进行预测分析。现今, 大多数的土地利用变化研究所有的基础数据都是遥感数据, 所以如何进一步提高遥感影像的解译精度也显得尤为重要。

参考文献:

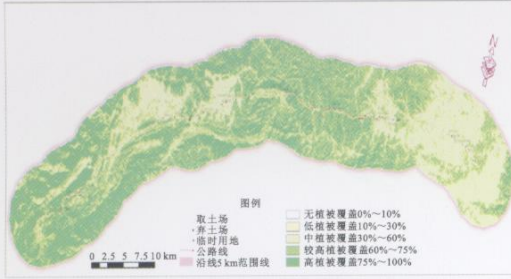
- [1] Turner B L, Meyer W B. Land use and land cover in global environmental change: considerations for study [J]. *Int Soc Sci J*, 1991, 130: 669-680.
- [2] 倪绍祥. 土地利用/覆被变化研究的几个问题[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(6): 932-937.
- [3] 杨桂山. 土地利用/覆被变化与区域经济发展: 长江三角洲近 50 年耕地数量变化研究的启示[J]. *地理学报*, 2004, 59(S1): 41-46.
- [4] 冷疏影, 冯仁国, 李锐, 等. 土壤侵蚀与水土保持科学重点研究领域与问题[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(1): 1-6.
- [5] 傅伯杰, 邱扬, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. *地理学报*, 2002, 57(6): 717-722.
- [6] 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): 125-128.
- [7] 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: 以陕西延安地区大南沟流域为例[J]. *地理科学*, 2001, 21(1): 46-51.
- [8] 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.
- [9] 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): 22-26.
- [10] 唐克丽. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京: 中国科技出版社, 1990.
- [11] 陈百明, 周小萍. 《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. *自然资源学报*, 2007, 22(6): 994-1003.
- [12] 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.
- [13] 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 公路在各县市中的位置及沿线地貌图



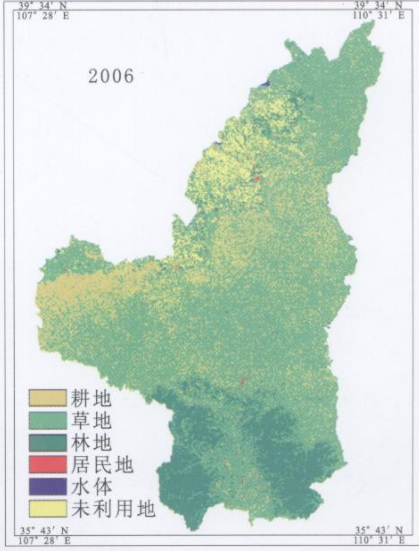
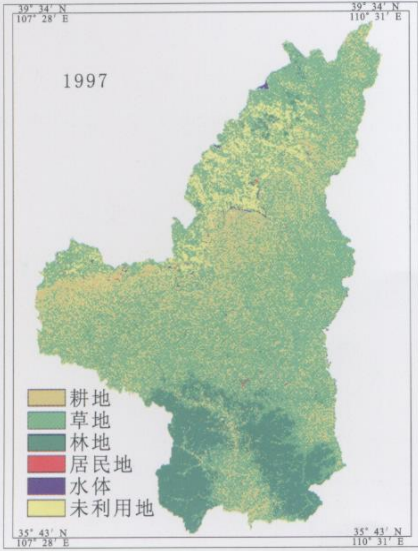
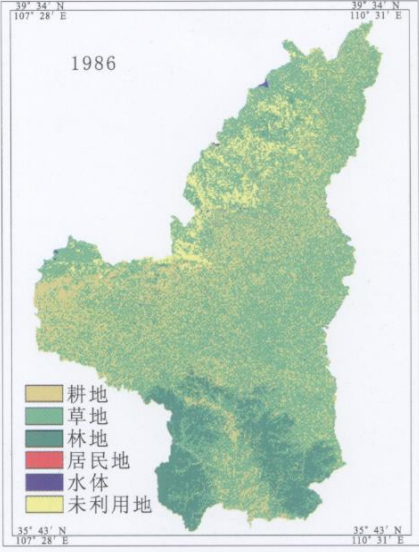
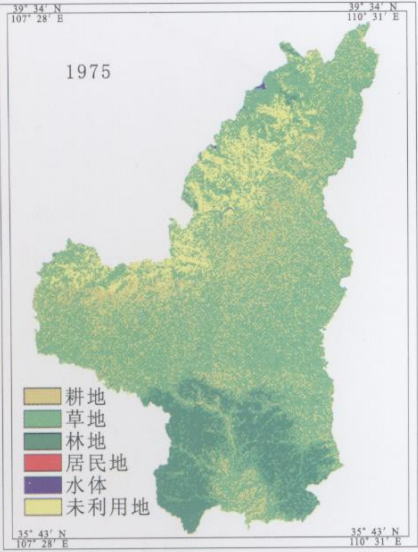
附图2 2001年公路两侧5 km范围植被覆盖度分布



附图3 2004年公路两侧5 km范围植被覆盖度分布



附图4 2005年公路两侧5 km范围植被覆盖度分布



附图5 陕北黄土高原不同时期土地利用图