

1998—2005 年石羊河流域土地利用/覆盖变化及其分析

周兰萍, 魏怀东, 丁峰, 陈芳, 胡小柯

(甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外观测研究站 甘肃省荒漠化防治重点实验室 甘肃省治沙研究所, 甘肃 武威 733000)

摘 要: 根据 1998 年和 2005 年两期影像数据, 利用 RS 和 GIS 技术, 分析了近 7 a 来石羊河流域土地利用/土地覆盖的数量、结构、类型和空间分布上的变化情况, 并对土地利用/土地覆盖变化的驱动力作了探讨。研究表明, 7 a 间石羊河流域草地、戈壁、沙地、林地、旱地和盐碱地面积呈减少趋势; 高山、居民点、水浇地呈增加趋势; 水浇地增加幅度最大, 增幅为 89 485.22 hm², 主要是由林地、盐碱地、居民点、沙地和戈壁转变而来; 人工林地、重轻度盐碱地和水浇地的土地利用动态度明显, 依次为 4.14%, 3.48%, 2.23% 和 2.56%; 人口压力、经济因素、生态政策是影响该流域土地利用/土地覆盖变化的主要驱动力。

关键词: 土地利用/土地覆盖; 石羊河流域; 土地利用类型转移矩阵

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)01-0169-05

中图分类号: F301.24

Analysis of Land Use/ Cover Chang in Shiyang River Basin During the Period of 1998—2005

ZHOU Lan-ping, WEI Huai-dong, DING Feng, CHEN Fang, HU Xiao-ke

(National Research Station of Desertification, Pasture and Ecology System of Minqin;

Gansu Key Laboratory of Desertification Combating, Gansu Institute of Desert Control, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: Based on the images in 1998 and 2005, the variations of quantity, inner structure, type, and spatial distribution feature of Shiyang River basin in seven years were analyzed by using RS and GIS and the driving forces of the land use/cover change (LUCC) were further discussed. Results indicated that during the seven years, the areas of grassland, Gobi, sandy land, woodland, dryland, and saline-alkaline land in Shiyang River basin were decreased and alpine, residential area and irrigable land were increased. The most significant increase is the irrigable land and its increased area is 89 485.22 hm², which was mainly converted from woodland, saline-alkaline land, residential area, sandy land, and Gobi. The land use dynamic degrees of artificial woodland, saline-alkaline land, and irrigable land were 4.14%, 3.48%, 2.23% and 2.56%, respectively. The driving forces of the LUCC in Shiyang River basin were the economic development, the pressure of increasing population, and ecological policies.

Keywords: land use/cover change; Shiyang River basin; transfer matrix of classified land use

20 世纪 90 年代以来,随着资源、环境和人口问题的日益突出,土地利用/覆盖变化研究已成为全球变化研究的前沿和热点课题^[1-2]。土地利用是指人类有目的地开发利用土地资源的一切活动,而土地覆盖则是指地表自然形成的或者人为引起的覆盖状况。土地利用/覆盖变化是全球变化研究的重要组成部分之一,在全球环境变化和可持续发展中占有重要的地位,已被列入“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”的核

心项目^[3]。土地利用/覆盖变化是所有与可持续发展相关的问题的核心,可以说是“可持续发展理论”的开拓计划^[4]。

因此,对土地利用/覆盖变化的研究具有突出的现实意义,它广泛涉及到全国与各地区资源的有效开发利用与合理保护、生态环境的保护与治理、社会经济的可持续发展等一系列重大问题,从而对我国 21 世纪的发展具有关键性的影响^[5]。

随着全球变化研究的深入开展,国内研究学者也开展了土地利用/覆盖变化研究,不但积极参与国际合作,并且针对中国土地利用/覆盖变化的特点进行尝试和探索。如李平等^[6]从土地利用基本竞争模型出发,对现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析;陈佑启等^[7]利用 GIS 手段对土地利用变化及其影响模型的分析,从总体上探讨我国土地利用变化及其驱动力。如张国平等^[8]对我国土壤风力侵蚀状况及其驱动力的研究;董玉祥^[9]对长江上游地区土地沙漠化现状及其驱动力研究,对土地退化特别是沙漠化等的驱动力进行研究。赵庚星等^[10]利用动力学仿真模型对黄河三角洲地区土地利用/覆盖变化及其动力学机制的研究等。但对西北干旱地区土地利用/覆盖变化的研究比较欠缺。本研究以石羊河流域为研究区域,基于 RS 和 GIS 技术,借鉴和利用景观生态学的有关理论和研究方法,对石羊河流域的土地利用/覆盖变化及其驱动力进行研究,从而为合理开发利用流域资源、保护流域的生态环境和流域的可持续发展提供理论依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

石羊河流域位于甘肃省河西走廊东部,腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠之间,是河西三大内陆河流域之一。流域南北长约 300 km,东西宽约 150 km,位于东经 101°41'—104°16',北纬 36°29'—39°27'间,自东向西由大靖河、古浪河、黄羊河、杂木河、金塔河、西营河、东大河、西大河等 8 条河流组成。在行政上属武威地区的民勤县、凉州区、古浪县、天祝县、金昌市的金川区、永昌县和张掖地区的肃南县。

石羊河流域深居大陆腹地,属于大陆性温带干旱气候。气候特点是太阳辐射强,日照充足,夏季短而炎热,冬季长而寒冷,温差大,降水少,蒸发强烈,空气干燥。石羊河流域可分为 2 个特点不一的气候区。上游祁连山区属于高寒湿润、亚湿润、亚干旱区,年平均气温小于 6℃,年平均降水量 500~700 mm,年平均蒸发量 80 mm 左右。由于有大量的积雪和较丰富的降水,该区为石羊河流域的水资源补给区。石羊河中下游属于河西北部温带干旱区,年平均降水量 150~250 mm,年蒸发量 800~1 800 mm,是石羊河流域水源径流区和排泄区。

1.2 研究方法

1.2.1 数据基础 研究数据包括 1998 年 Landsat TM 和 2005 年中巴地球资源卫星 (CBERS-1) 影像数据

各 4 景 (131-33, 132-33, 131-34, 132-34)。另外备用 1:100 000 的地形图,行政区划图及其它辅助图件,同时收集了研究区的气候、水文、土壤、植被等自然地理资料。基于研究区的 1:100 000 地形图分别对两期的 8 景影像采用二元多项式法进行了精校正。并对数据图像进行波段融合及不同波段合成等数据增强处理,图像处理采用常用的 TM4/TM3/TM2(R/G/B) 波段合成方案。用于图像处理的软件为 EDARS IMAGINE,地理信息系统软件为 ARC/INFO。

本研究采用了人机屏幕勾绘解译分类的方法。根据影像的解译标志,例如色调、形状、大小、阴影等等,分别提取土地利用/覆盖信息。将土地的用途、经营特点、利用方式和覆盖特征等因素作为土地利用的分类依据,并结合本次研究的目的,参照不同的标准和分类指标将研究区的土地类型划分为河道、水库、水域、水浇地、旱地、高山、林地(人工林地和天然林地)、草地(中低山高、低盖度草地)、戈壁、沙地(流沙、固定沙地和半固定沙地)及盐碱地(轻度盐碱地和重度盐碱地)。

利用 GIS 软件的空间叠加功能对两期图形数据进行空间叠置分析,获得土地利用变化的空间与属性数据,从而建立土地利用类型转移矩阵对石羊河流域的土地利用动态变化进行分析,利用景观指数对石羊河流域空间格局进行定量化研究。

1.2.2 土地利用变化速度 单一土地利用类型动态度^[11]可以定量描述研究区在一定时间间隔的土地利用类型的变化速度。计算公式如下:

$$K = \frac{U_2 - U_1}{U_1} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中: K ——研究时段内某一土地利用动态; U_1 , U_2 ——研究初期和研究末期某一土地类型数量; T ——研究时段,以年为单位时, K ——年变化率。利用此模型可以对研究区内各种土地利用类型之间的变化速度作分析比较(表 1)。

1.2.3 土地利用类型转移矩阵 土地利用类型之间的相互转化情况,可以采用土地利用类型转移矩阵来进一步描述^[12-16]。通过土地利用类型转移矩阵,不仅可以定量说明土地利用类型之间的相互转化状况,而且可以揭示不同土地类型间的转移,从而可以更好地了解土地利用的时空演变过程。

根据 1998 和 2005 年遥感影像解译分类结果,利用 GIS 软件的空间分析功能对两期土地利用类型图进行空间叠加运算求出该时段土地利用类型的转移矩阵,分析得出两期土地利用类型间动态转化关系如表 2 所示。

表 1 1998—2005 年石羊河流域土地利用变化

利用类型	1998 年 面积/ hm ²	2005 年 面积/ hm ²	面积变化 量/ hm ²	变化率/ %	1998 年占 总面积/ %	2005 年占 总面积/ %	动态度 <i>K</i>
河道	20 596.62	20 596.62	0.00	0.00	0.49	0.49	0.00
中低山高盖度草地	95 742.94	93 957.82	- 1 785.12	- 1.86	2.28	2.24	- 0.27
中低山低盖度草地	636 359.16	632 040.68	- 4 318.49	- 0.68	15.18	15.08	- 0.10
高山	110 141.22	120 271.12	10 129.90	9.20	2.63	2.87	1.31
居民点	29 159.65	29 648.42	488.77	1.68	0.70	0.71	0.24
戈壁	845 013.75	805 573.60	- 39 440.15	- 4.67	20.16	19.22	- 0.67
流沙	869 261.71	820 590.68	- 48 671.03	- 5.60	20.74	19.58	- 0.80
半固定沙地	229 490.07	237 976.98	8 486.91	3.70	5.48	5.68	0.53
固定沙地	119 207.27	124 274.02	5 066.75	4.25	2.84	2.97	0.61
水浇地	498 838.02	588 323.24	89 485.22	17.94	11.90	14.04	2.56
旱地	96 281.33	96 097.81	- 183.52	- 0.19	2.30	2.29	- 0.03
人工林地	16 629.89	11 815.40	- 4 814.49	- 28.95	0.40	0.28	- 4.14
天然林地	489 057.89	483 103.14	- 5 954.75	- 1.22	11.67	11.53	- 0.17
水库、水域	8 062.96	8 062.96	0.00	0.00	0.19	0.19	0.00
重度盐碱地	70 972.84	53 667.89	- 17 304.95	- 24.38	1.69	1.28	- 3.48
轻度盐碱地	56 533.43	65 348.40	8 814.97	15.59	1.35	1.56	2.23

表 2 1998 年,2005 年石羊河流域土地利用类型转移矩阵

利用类型	中低山高 盖度草地	中低山低 盖度草地	高山	居民 点	戈壁	流沙	半固 定沙地	固定 沙地	水浇 地	旱地	人工 林地	天然 林地	重度 盐碱地	轻度 碱地
中低山高盖度草地	88.10	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.01	0.00	9.07	0.00	0.00
中低山低盖度草地	0.26	98.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.22	0.00	0.54	0.00	0.00
高山	0.00	0.00	98.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00
居民点	0.00	0.00	0.00	85.20	0.16	0.02	0.00	0.53	14.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
戈壁	0.03	0.00	0.00	0.10	94.64	0.11	0.09	0.20	4.61	0.12	0.04	0.00	0.02	0.05
流沙	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	90.93	5.16	1.05	1.35	0.00	0.04	0.00	0.22	1.24
半固定沙地	0.00	0.00	0.00	0.08	0.19	8.66	81.52	3.25	4.92	0.00	0.37	0.00	0.78	0.23
固定沙地	0.00	0.00	0.00	0.29	0.45	2.19	2.99	84.13	8.38	0.00	0.18	0.00	0.22	1.17
水浇地	0.01	0.02	0.00	0.59	0.54	0.31	0.12	0.62	97.19	0.00	0.26	0.00	0.08	0.25
旱地	0.82	1.41	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.03	97.29	0.00	0.00	0.00	0.00
人工林地	0.00	0.00	0.00	0.44	1.05	0.19	1.66	6.30	39.68	0.18	50.03	0.00	0.04	0.43
天然林地	1.39	0.03	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	96.05	0.00	0.00
重度盐碱地	0.00	0.00	0.00	0.14	1.95	6.70	0.95	0.82	15.38	0.00	0.27	0.00	67.86	5.94
轻度盐碱地	0.00	0.00	0.00	0.53	0.10	0.70	0.45	1.51	11.99	0.00	0.47	0.00	1.57	82.67

1.2.4 土地利用景观格局 景观空间格局变化的定量分析可以从景观指数的变化上反映出来^[17-18]。选取景观多样性指数、优势度指数、景观均匀度指数和斑块形状破碎度指数等几种常用指数,通过地理信息系统(GIS)与景观格局分析软件 FRAGSTATS 的结合,利用景观指数对石羊河流域空间格局进行定量研究^[19-21]。提取研究区 1998 年和 2005 年遥感影像图像各景观要素,计算景观格局指数(表 3)。

表 3 景观格局指数

年份	斑块 数目	景观多样 性指数	均匀度 指数	优势度 指数	破碎度 指数
1998	13 496	2.190 0	0.230 3	0.582 6	1.29E-04
2005	14 497	2.197 4	0.231 1	0.575 2	1.38E-04

2 结果分析

2.1 土地利用变化分析

2.1.1 土地利用变化的幅度和主要类型 1998—

2005 年该流域土地利用结构变化总体上呈现草地、戈壁、流沙、旱地、林地、重度盐碱地面积减少和高山、居民点、半固定沙地、固定沙地、水浇地、轻度盐碱地面积增加的趋势(表 1)。从表 1 可以看出,7 a 间,草地、戈壁、流沙、旱地、林地和重度盐碱地分别减少 0.37%, 0.67%, 0.80%, 0.03%, 4.31% 和 3.48%; 高山、居民点、半固定沙地、固定沙地、水浇地和轻度盐碱地年均增加分别为 1.31%, 0.24%, 0.53%, 0.61%, 2.56% 和 2.23%。河道、水库、水域土地利用没有发生变化。

2.1.2 土地利用类型转移 根据土地利用类型的转移矩阵,分析两期土地利用类型动态转化关系(表 2)。草地主要转变为天然林地、水浇地和旱地,其转移量为 12 099.09, 2 152.03, 1 408.65 hm^2 。1 275.33 hm^2 的高山转变为天然林地。居民点主要转变为水浇地、沙地和戈壁,其迁移概率为 14.07%, 0.55%, 0.16%。戈壁主要转变为居民点、水浇地、沙地、旱地,其迁移概率为 0.10%, 4.61%, 0.40%, 0.12%。沙地主要转变为水浇地、盐碱地、人工林地、居民点,其转移量为 33 053.99, 16 666.27, 1 424.12, 524.47 hm^2 。水浇地转变为居民点、戈壁、沙地、林地、盐碱地,其转移量为 2 933.99, 2 688.04, 5 247.62, 1 298.91, 1 667.60 hm^2 。迁移概率为 2.23% 的旱地转变为草地。林地主要转变为高山、水浇地、草地和沙地,其转移量为 11 405.23, 7 534.98, 6 987.00, 1 356.45 hm^2 。盐碱地主要转变为水浇地、沙地、戈壁和居民点,其转移量为 17 693.08, 7 516.58, 1 439.75, 399.06 hm^2 。

2.2 土地利用景观格局变化分析

石羊河流域的斑块总数量从 1998 年的 13 496 个增加到 2005 年的 14 497 个,1998 年的破碎指数为 $1.29\text{E}-04$,2005 年增加到 $1.38\text{E}-04$,破碎度指数增加,说明该流域的景观破碎程度加重,人类活动的干扰强度较大。景观多样性与均匀度指数均有增加的趋势,该流域的多样性增加幅度明显,说明其景观异质性增强,景观稳定性增大(表 3)。均匀度指数增加的结果是优势度减少,表明研究区中优势景观类型减弱。景观优势度减少,多样性增加,斑块之间的聚集程度增强,各斑块趋于均匀化,表明人类对该区景观的植被恢复有了较明显的效果;同时多样性指数的增加,从一定意义上促进了石羊河流域生态格局的稳定。

从对各指数的分析可以发现,总体上各指数都与人为活动有很强的相关性。

2.3 土地利用变化驱动力分析

石羊河流域 1998—2005 年间土地利用/覆盖变

化的驱动力因子是复杂多样的,主要分为自然驱动力和社会驱动力,自然驱动力又分为地形地貌、气候、土壤、水文等因素;社会驱动力又可分为人口、经济、技术、贫富状况、价值与观念、自然保护区建设等因素^[22]。尽管从长时间尺度上看,自然和人为因素都驱动着土地利用/覆盖变化,但在短时间尺度的土地利用过程中,人类活动无疑是最主要的驱动因素。

人口的压力是导致土地利用方式发生转变的重要原因之一。人口数量的增加,势必加大对环境的需求程度,为了满足自身需要且追求经济快速发展,一方面在绿洲边缘及外围的沙地上、沙丘低矮的沙漠腹地、土层较厚的戈壁上,盐碱地上,在地下水位较浅的地方开垦土地种植各种作物;另一方面,人们通过毁林、毁草等不合理的行为方式增加种植面积和经济收入。水浇地大面积扩张的同时也严重地破坏了生态环境。

经济发展也是改变土地利用方式的直接原因。通常来说,经济持续高速发展多是以生态环境的恶化为代价的。随着中上游地区灌溉面积的不断扩大大等工农业经济的持续发展,上下游用水比例严重失调,流域内中下游大量超采地下水,使地下水位以平均每年 0.5~1.0 m 的速度下降,较 20 世纪 70 年代下降 15~25 m,在绿洲内形成了近千平方公里的大漏斗。由于地下水位的下降,造成大片灌木林以及天然植被衰败,同时由于地下水位的下降,导致水质恶化,矿化度不断升高。据观测,流域下游地区地下水矿化度平均每年上升 0.12 g/L,最高已达到 16 g/L,从而造成了土地的盐碱化等一系列生态环境问题^[23],也使得土地利用类型发生转变。

社会驱动力因子中,生态政策因子是改变石羊河流域土地利用数量、结构、方式和强度的重要的因素^[24-25]。石羊河流域内已建立了各类的自然保护区,严禁放牧开垦,实施退耕还林还草、植树造林,同时流域内本着人口—经济—资源—环境协调发展的原则对水资源实施优化配置等重要举措。生态建设政策也会使该流域土地利用/覆盖类型发生变化。

3 结论

(1) 各土地利用类型的变化:草地、戈壁、沙地、林地、旱地和盐碱地呈减少趋势;高山、居民点、水浇地呈增加趋势。

(2) 各土地利用类型的变化当中都有增加和减少这两种截然相反的趋势,每一种土地利用类型变化的最终表现是两种趋势互相抵消后的结果,并且增加和减少的驱动力因子不同。

(3) 从生态环境的角度分析这次土地利用/覆盖的动态变化,反映出人类对生态系统扰动强度的扩大,突出表现为水浇地增加幅度最大,主要是由林地、盐碱地、居民点、沙地和戈壁转变而来,增幅为 89 485.22 hm²;人工林地、重轻、度盐碱地和水浇地的土地利用的动态明显,依次为 4.14%,3.48%,2.23%,2.56%。

(4) 随着人类干扰强度加重,景观破碎度增大,景观优势度减少,景观多样性和景观均匀度有所增加。平均斑块分维数和斑块形状指数下降,使得斑块形状复杂程度呈下降趋势,景观的整体形状趋于简单和规则,同时多样性指数的增加,从一定意义上促进了石羊河流域生态格局的稳定。

(5) 土地利用景观结构分析表明,水浇地面积增加幅度大,说明农业在该流域的经济发展中占有巨大比重;草地和林地面积变小,说明植被覆盖度下降,从一个侧面反映出该流域生态环境比较脆弱,土地利用景观结构调整面临严峻的形势。

(6) 该流域土地利用/覆盖变化的驱动力主要为:人口压力、经济因素、生态政策 3 方面,且这 3 方面不是孤立的,而是相互影响、相互制约的,他们共同作用影响着石羊河流域的土地利用/覆盖类型。

(7) 土地利用的数据主要根据研究地区地表覆被物的光谱反射特性对其遥感图像进行解译获得,然而由于遥感影像数据本身存在不足及目视判读的影响,使解译数据不可避免地出现一定的偏差。

[参 考 文 献]

- [1] Turner B L, Clark W C, Kates R W, et al. The earth as transformed by human action: Global and regional changes in the biosphere over past 300 years [M]. New York: Cambridge University Press (with Clark University), 1990: 10-45.
- [2] 柳长顺. 土地利用变化研究方法的探讨: 以西吉县 80 年代土地利用变化为例 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 60-66.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向 [J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-557.
- [4] Nunes C, Auge J I. Land use and land cover change (LUCC): strategy [R]. Stockholm, Sweden and Bonn, Germany: IGBP Report and IHDP Report, 1999.
- [5] 陈佑起, 杨鹏. 国际上土地利用/覆盖变化研究的新进展 [J]. 经济地理, 2001, 1(1): 95-100.
- [6] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析 [J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.
- [7] 陈佑启, Peter H V. 基于 GIS 的中国土地利用变化及其影响模型 [J]. 生态科学, 2000, 19(3): 1-7.
- [8] 张国平, 张增祥, 刘纪远. 中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析 [J]. 地理学报, 2001, 56(2): 146-158.
- [9] 董玉祥, 陈克龙. 长江上游地区土地沙漠化现状及其驱动力研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(1): 84-88.
- [10] 赵庚星, 王人潮, 尚建业. 黄河三角洲垦利县土地利用的系统动力学仿真模型研究 [J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 141-147.
- [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] 于兴修, 杨桂山, 李恒鹏. 典型流域土地利用覆被变化及其景观生态效应: 以浙江省西苕溪流域为例 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 13-19.
- [13] 王思远, 刘纪元, 张增祥, 等. 近 10 年中国土地利用格局的变化 [J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523-530.
- [14] 徐岚. 利用马尔可夫过程预测东陵区土地利用格局的变化 [J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 272-278.
- [15] 刘海燕. GIS 在景观生态学中的应用 [J]. 地理学报, 1995, 50(增刊): 105-111.
- [16] 李忠锋, 王一谋, 冯毓菝, 等. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 97-100.
- [17] 李海滨, 伍业刚. 景观生态学的数量研究方法 [M] // 刘建国. 当代生态学博论. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 209-233.
- [18] 张明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究 [J]. 地理研究, 2000, 19(1): 30-36.
- [19] 邬建国. 景观生态学中的十大研究论题 [J]. 生态学报, 2004, 24(19): 2074-2076.
- [20] 马明国, 角媛梅, 程国栋. 利用 NOAA-CHAIN 监测近 10 年来中国西北土地覆盖的变化 [J]. 冰川冻土, 2002, 24(1): 68-72.
- [21] 卢玲, 李新, 程国栋. 黑河中游景观变化研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 68-74.
- [22] Turner N B L, Skole D, Saderson S. Land use and land cover change: science/research plan [R]. IGBP Report, HDP Report. Stockholm and Geneva, 1995.
- [23] 王兴成, 王开录. 石羊河流域生态环境恶化原因及综合防治思路与措施 [J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 174-176.
- [24] 莫宏伟, 任志远, 谢红霞. 延安市城郊区土地利用动态与生态效应变化 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 130-133.
- [25] 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.