

基于 RS 和 GIS 的六道沟流域土地利用动态变化研究

陈国建¹, 张晓萍², 张平仓³, 李锐², 杨勤科²

(1. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;
3. 长江水利委员会 长江科学院, 武汉 430010)

摘要:以位于水蚀风蚀交错带的六道沟流域为研究区,应用遥感和 GIS 相结合的方法,提取不同年份的土地利用信息进行动态分析,并且计算了六道沟的退耕影响系数。结果表明:与 1990 年相比,2002 年水浇地、林地类、草地面积分别增加了 43.45%、28.43%、5.83%,坡旱地减少了 60.81%,土地利用结构不断优化。土地利用转换主要以耕地、林地、草地和工矿用地为主,“八五”期间土地利用变化受退耕还林影响的程度大于 1995 年后的影响。科技试点研究促进了当地的土地利用结构调整,1995 年后采煤业的兴起,则进一步促进了土地利用结构的优化。

关键词:黄土高原;水蚀风蚀交错带;土地利用;退耕还林

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)02-0095-06

Dynamic Changes of Land Use in Liudaogou Watershed Based on RS and GIS

CHEN Guo-jian¹, ZHANG Xiao-ping², ZHANG Ping-cang³, LI Rui², YANG Qin-ke²

(1. School of Geographical Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Changjiang River Science Research Institute, Changjiang Water Resources Committee, Wuhan 430010, China)

Abstract: Taking Liudaogou watershed in water-wind erosion crisscross region as the study site, based on the monochrome aerial photo, the color aerial photo and the local surveying, the paper draws information on land use in different years from them by the integration of RS and GIS to analyze the dynamic changes of land use, and calculates the de-farming influencing coefficient in Liudaogou watershed from 1990 to 2002. The results showed that compared with the identical land use in 1990, the irrigable land increased by 43.45%, forestry land by 28.43% and grass land by 5.83%, while slope dry farmland decreased by 60.81% in 2002. The land use structure has been optimized gradually. During two different period from 1990 to 2002, the land use conversion has mostly happened among farmland, forestry land, grass land and mine land. The change of land use suffer more influence from the project of converting slope farmland into forestry land and grass land in the Eighth Five-year Program than after 1995; the pilot study of the Eighth Five-year Program has optimized the structure of land use, since 1995, coal mining industry has become more active gradually, which has promoted the structure of land use to optimize further.

Key words: the Loess Plateau; the water wind erosion crisscross region; land use; converting farmland into forestry land and grass land

土地利用变化已经成为全球变化研究的热点问题^[1-3]。我国的土地利用变化研究虽然比国外开展得晚,但是发展较快,特别是 20 世纪 90 年代末开始

的退耕还林工程,极大地促进了我国土地利用变化研究^[4-9],但是就退耕还林如何影响土地利用变化的机制还不清楚,以六道沟小流域为例,通过定量研究

* 收稿日期:2008-10-04

基金项目:中科院知识创新项目“西部生态环境演变规律与水土资源可持续利用研究”(KZCX1-10-04);中科院知识创新重要项目“黄土高原水土保持的区域环境效应研究”(KZCX3-SW-421)

作者简介:陈国建(1975-),男,汉族,四川达县人,博士,副教授,主要从事区域水土保持研究。E-mail:chengji@cqnu.edu.cn

不同阶段退耕还林与土地利用动态变化的幅度、速度,力求揭示水蚀风蚀交错带退耕还林与土地利用变化之间的相互关系,为下一阶段的退耕还林工程规划和土地利用结构调整提供理论参考。

1 研究区概况

六道沟流域(110°21′ - 110°23′ E,38°46′ - 38°51′ N)位于毛乌素沙地边缘和黄土丘陵区的交错过渡地带,是晋、陕、蒙水蚀风蚀交错带强烈侵蚀中心区。属于半干旱气候区,多年平均降雨量为 437.4 mm,其中 6 - 9 月降水占全年降水量的 77.4%,但年蒸发量高达 785.4 mm。六道沟主沟长 4.21 km,流域面积 6.89 km²,属窟野河水系二级支流。

六道沟流域地处鄂尔多斯地台向斜陕北盆地的东北部边缘,是一个古老的地台区。在中生代时是一个大型的内陆盆地,沉积了巨厚的陆相碎屑沉积物,形成了大规模优质无烟煤,后因地壳抬升作用,煤层天然出露地表。

地带性土壤为黑垆土,但已侵蚀殆尽。除了沟掌部位小面积的淤土养分含量较高外,土壤养分比黄土丘陵区土壤低。植被类型为典型的干草原,天然植被大部分遭到破坏,少量的柠条、沙柳、紫穗槐等人工灌木林,也因管护不善而严重衰败。

2 土地利用变化分析

2.1 数据的收集及处理

数据主要通过以下途径获得:1990 年的数据是将当年 1:3 万、1:1 万的黑白航片进行转绘获得土地覆盖数据;1995 年和 2002 年的数据来自于当年 1:50 000 彩红外航片。1995 年和 2002 年的土地利用图整合至 ARC/INFO 系统下分别进行叠加处理,再在 ARCVIEW3.2 和 Excel 软件下对处理结果进行统计分析,就可以得到 1990 - 1995 年、1995 - 2002 年两个不同时期的土地利用类型转移情况。

2.2 土地利用变化特征分析

六道沟各年的土地利用变化情况见表 1。表 1 数据显示,1990 - 2002 年期间,耕地面积迅速减少,林草地面积激增。1990 年的耕地面积占到流域面积的 31.35%,到 1995 年就减少到 27.14%,到 2002 年就进一步减少到 20.90%,12 a 时间耕地面积就下降了 10.45 个百分点,平均每年下降约 0.9 个百分点。与此同时,林草面积增长迅速,1990 年林草地面积占流域面积的比例为 65.31%,到 1995

年增至 68.79%,到 2002 年进一步增至 74.89%,12 a 时间共增加了 9.58 个百分点。

退耕还林虽然使得当地的土地利用类型发生了变化,但是耕地和林草地仍然是当地的主要景观。1990 年耕地和林草地面积之和为 96.66%,到 1995 年和 2002 年该数字分别为 95.93%和 95.79%,这说明 12 a 时间里该区域内耕地和林草地占绝对优势的局面没有改变。

不同时期的土地利用结构变化较大,1990 年农林牧用地比例为 1.0 : 0.8 : 1.3,1995 年时为 1.0

1.1 : 1.4,实施退耕政策后,到 2002 年时这一比例已经变为 1.0 : 1.6 : 2.0,也反映出 1990 - 2002 年间林草地面积所占比重大幅度增加,土地利用结构更趋合理,生态环境质量明显改善。

表 1 六道沟土地利用变化情况 km ²			
类型与代码	1990	1995	2002
1 水浇耕地	29.33	43.76	42.21
11 沟台地	25.03	27.39	25.84
12 沟坝地	0.58	12.65	12.65
13 水浇梯田	3.72	3.72	3.72
2 旱耕地	187.27	143.92	102.90
21 旱梯田	36.40	39.34	41.33
22 旱台地	2.36	2.36	2.36
23 旱坡地	147.56	101.27	58.26
24 园 地	0.95	0.95	0.95
3 林地	176.13	211.61	225.75
31 有林地	33.09	34.04	34.04
32 灌木林	137.75	169.44	183.58
33 疏林地	5.29	8.13	8.13
4 草地 Grass land	274.70	262.67	289.55
41 天然草地	42.31	58.63	84.54
42 人工草地	50.15	46.19	47.16
43 疏林灌木草地	8.40	6.03	6.03
44 荒草坡	173.84	151.82	151.82
5 居民地及工矿地	3.07	8.52	8.52
51 居民用地	2.79	2.55	2.55
52 工矿用地	0.28	5.97	5.97
6 水域	7.15	7.15	8.69
7 未利用地	11.00	11.00	11.00
71 裸露片沙	5.07	4.73	4.73
72 裸岩	5.93	6.27	6.27

2.3 土地利用变化的速度分析

土地利用动态度(土地利用变化率,下同)可以定量描述区域土地利用变化的速度,它对于比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用^[10]。

其中,单一土地利用动态度可表达区域一定时

间段内某种土地利用类型的数量变化情况,其计算公式如式(1)。

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

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

综合土地利用动态度可描述区域土地利用变化的速度,其计算公式如式(2)。

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

式中: LU_i ——监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; LU_{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 ——监测时间。当 T 为年时, LC 就是该研究区土地利用年变化率。

利用 VISUAL Basic6.0 软件将上述公式编写成小程序,通过电脑分别计算出六道沟流域土地利用 7 种类型在 1990 - 1995 年、1995 - 2002 年间的年平均变化率(表 2、表 3)。结果说明:六道沟小流域在 1990 - 1995 年间土地利用变化速度很快,年均变化率达 2.04%,其中以沟坝地和工矿用地的变化速度最大,年变化率分别达到了 416.21% 和 406.43%,疏林地、天然草地和旱坡地的年变化率也分别达到了 10.74%、7.71% 和 - 6.27%。而在 1995 - 2002 年期间,六道沟小流域土地利用变化速度明显减缓,年均变化率只有 0.92%,其中又以旱坡地和天然草地的变化速度最大,年变化率分别达到了 - 6.07% 和 6.31%,水域面积的变化也比较快,年变化率也达到了 3.08%。

2.4 区域单一类型土地利用变化分析

为了表示区域内各土地利用类型的变化情况,采用土地分类指数变化模型来定量分析某一类型土地利用在空间上相对于区域土地总面积的利用水平和变化趋势。根据土地利用与覆盖各分类指数的定义,土地分类指数变化模型 DI_{i1-i0} 的数学表达式如式(3)。

$$DI_{i1-i0} = (I_{i1-i0} / t) \tag{3}$$

$$I_{i1-i0} = ((a_{i1} - a_{i0}) / A) \times 100 \tag{4}$$

式中: di_{i1-i0} ——时间段 t 对应的 i 类型土地分类指数变化率; I_{i1-i0} ——区域 i 类型土地分类变化指数; a_{i1} ——研究初期 i 类型土地的面积; a_{i0} ——末期 i 类型土地的面积; A ——土地总面积; t ——研究时间的长度(a),根据表 1 数据算得六道沟流域 1990 - 1995 年、1995 - 2002 年土地分类指数变化和

土地分类指数变化率(图 1)。

表 2 1990 - 1995 年六道沟土地利用年变化率 hm^2

土地利用类型 (二级地类)	1990 年 土地利用 分类面积	1995 年 土地利用 分类面积	5 年间 土地利用 面积变化	土地利用 动态度/ %
沟台地	25.03	27.39	2.36	1.89
沟坝地	0.58	12.65	12.07	416.21
水浇梯田	3.72	3.72	0	0
旱梯田	36.40	39.34	2.94	1.62
旱台地	2.36	2.36	0	0
旱坡地	147.56	101.27	- 36.29	- 6.27
果园	0.95	0.95	0	0
有林地	33.09	34.04	0.95	0.57
灌木林	137.75	169.44	31.69	4.60
疏林	5.29	8.13	2.84	10.74
天然草地	42.31	58.63	16.32	7.71
人工草地	50.15	46.19	- 3.96	- 1.58
疏林灌木林草地	8.40	6.03	- 2.37	- 5.64
荒草地	173.84	151.82	- 22.02	- 2.53
居民地	2.79	2.55	- 0.24	- 1.72
工矿用地	0.28	5.97	5.69	406.43
水域	7.15	7.15	0	0
裸露片沙	5.07	4.73	- 0.34	- 1.34
裸岩	5.93	6.27	0.34	1.15
总面积	688.64	688.64	0	
综合土地动态度				2.04

2.5 退耕还林对土地利用变化的影响评价

退耕还林工程的实施极大地促进了示范区土地利用结构的调整,我们把退耕还林引起土地利用结构变化这一现象称作退耕还林效应。为了反映退耕还林效应的大小,参照用地增长弹性系数概念,我们引入了退耕影响系数概念模型。它是指其他用地面积变化率与生态退耕面积变化率的比值,数学表达式如式(5)。

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|LU_i|}{LU_i}}{\left| \frac{C_b - C_a}{C_a} \right|} \tag{5}$$

式中: C_a, C_b ——研究初期和末期的坡耕地与荒山荒坡面积之和; LU_i ——除坡耕地和荒山荒坡外的第 i 类土地利用类型在研究期间变化的面积, LU_i ——除坡耕地和荒山荒坡外的第 i 类土地利用类型在研究初期的面积; L ——退耕影响系数,值越大说明退耕对土地利用结构调整的影响越大,反之则影响越小。

表 3 1995 - 2002 年六道沟土地利用年变化率 hm ²				
土地利 用类型 (二级地类)	1995 年 土地利用 分类面积	2002 年 土地利用 分类面积	7 年间 土地利用 面积变化	土地利用 动态度/ %
沟台地	27.39	25.84	- 1.55	- 0.81
沟坝地	12.65	12.65	0	0
水浇梯田	3.72	3.72	0	0
旱梯田	39.34	41.33	1.99	0.72
旱台地	2.36	2.36	0	0
旱坡地	101.27	58.26	- 43.01	- 6.07
果 园	0.95	0.95	0	0
有林地	34.04	34.04	0	0
灌木林	169.44	183.58	14.14	1.19
疏 林	8.13	8.13	0	0
天然草地	58.63	84.54	25.91	6.31
人工草地	46.19	47.16	0.97	0.30
疏林灌木林草地	6.03	6.03	0	0
荒草地	151.82	151.82	0	0
居民地	2.55	2.55	0	0
工矿用地	5.97	5.97	0	0
水 域	7.15	8.69	1.54	3.08
裸露片沙	4.73	4.73	0	0
裸 岩	6.27	6.27	0	0
总面积	688.64	688.64	0	0
综合土地动态度				0.92

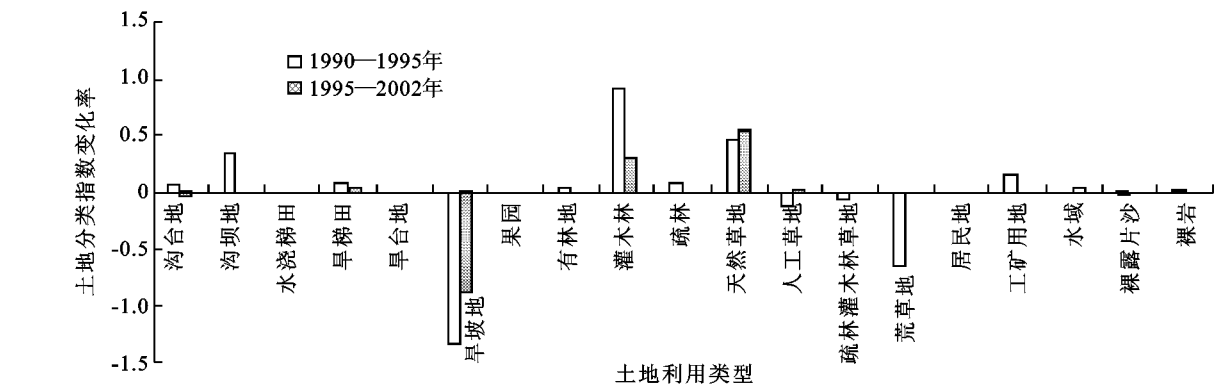


图 1 1990 - 2002 年六道沟流域土地分类指数变化率

表 4 1990 - 2002 年六道沟流域退耕影响系数									
年 份	基本农田	坡地	园地	林地	草地	居工交	水域	未利用地	退耕影响系数
1990	68.09	147.56	0.95	176.13	274.70	3.07	7.15	11.00	
1995	85.46	101.27	0.95	211.61	262.67	8.52	7.15	11.00	7.79
1995	85.46	101.27	0.95	211.61	262.67	8.52	7.15	11.00	0.45
2002	85.90	58.26	0.95	225.75	289.55	8.52	8.69	11.00	

利用上述公式,根据表 1 中的数据,分别算出不同时期六道沟的退耕还林影响系数(表 4)。结果表明:“八五”科技试点研究期间,退耕还林对土地利用调整的影响是很大的,这一期间的退耕影响系数高达 7.79,其他土地利用类型变动的幅度是坡地退耕和荒山造林面积变动幅度的 7.79 倍,退耕效应是很明显的,说明这一时期人们对土地利用结构调整的热情很高。1995 - 2002 年,退耕还林对土地利用变化的影响很小,退耕影响系数只有 0.45,也就是说,其他土地利用类型变动的幅度只相当于坡地退耕和荒山造林面积变动幅度的 0.45 倍,退耕效应很小,人们对土地利用结构调整的热情不高,这主要与 1995 年后六道沟流域煤炭资源开发活动日趋高涨有关,巨大的收益驱使人们将注意力转移到煤炭开采上,而对用地结构调整兴趣不大,调查中也发现抛荒现象比较明显。

3 土地利用变化的社会驱动因素分析

3.1 当前国家水土保持政策是土地利用变化的最主要驱动因素

随着国家和全社会对环境问题的不断重视,解决生态环境问题就提上了中央政府的议事日程。随着 1999 年 8 月中央政府“退耕还林(草),封山绿化,个体承包,以粮代赈”政策的出台和 2000 年国务院《关于进一步作好退耕还林(草)试点工作的若干建议》的颁布,全国掀起了以退耕还林(草)为中心的调整土地利用结构、开展生态环境建设的热潮。

按照政策规定,在黄土高原地区,每退耕 667 m² 陡坡耕地,国家发给农民 100 kg 粮食以及 20 元管护费作为补偿,连续发放 5~8 a,同时还开展了减免农业税的改革,这些政策措施极大地调动了群众退耕还林(草)支持国家生态环境建设的积极性。有学者指出国家这种以钱粮补助换取农民退耕的行为实际上是一种生态购买行为^[11]。政府的生态购买行为本质上还是一种市场交易行为,现在政府按照市场交易法则对农民行使权力比以往靠行政命令强制执行效果明显好多了,农民对政府生态购买政策很是欢迎,退耕的积极性很高,这也从另外一个角度反映出政府执政水平得到了提高。生态环境问题实质上是经济问题,其治理改善最终依赖经济发展的水平和速度,而政府的宏观指导是必不可少的。在六道沟,坡度>25°的坡耕地基本上全都退耕还林还草,此外还有相当数量坡度<25°的坡耕地是农民自愿退耕的,林草植被正在自然恢复,表现为天然草地面积迅速增长。可以说,国家水土保持政策的实施直接导致土地利用结构和方式的变化。

3.2 科技投入优化了土地利用结构

六道沟流域从 20 世纪 60 年代后期就开始小流域综合治理,取得了一定的成绩,但是在人口增长的巨大压力下,陡坡耕种较普遍,造成大量水土流失,生态环境仍然很恶劣。

“八五”期间,国家科委为解决土地沙漠化和水土流失等严重的生态环境问题,选了几个生态脆弱区开展环境整治试点工作。六道沟流域就是其中的一个试区,先后有 7 个单位参加了进来,经过综合治理,坡旱地面积有大幅度减少,由 1990 年占全流域面积的 21.48% 减少到 1995 年的 14.66%,减少了 6.82%,每年以 6.27% 的速度锐减。而同期基本农田的面积增加了 1.47 倍,其中主要是沟坝地面积增长十分迅速,年增长率高达 416.21%,林草地面积也有较大幅度的增加,疏林、灌木林和天然草地分别以每年 10.74%、4.60% 和 7.71% 的速度增长,土地利用结构得到了明显改善。显然,打淤地坝,修建梯田成为这一时期环境整治的中心内容。与此同时,煤炭资源开发开始兴起,由于缺乏有效地控制,工矿用地面积急剧增加,5 a 时间里由 0.28 hm² 增加到 5.97 hm²,净增 5.69 hm²,年均增长速度高达 406.43%。

通过科技投入开展环境整治的效果是明显的。以基本农田建设为中心的环境整治不仅改善了当地的生态环境,而且还大幅度增加了粮食生产。由于降雨少,又没有完善的灌溉设施,六道沟流域的旱梯

田和坡旱地粮食产量向来很低,而且波动较大,单产水平平均只有 715.5 kg/hm²。而灌溉条件较好的水浇地的单产水平稳定在 4 500~5 250 kg/hm²,大大高于旱耕地。环境整治后,水浇地面积的大量增加,极大地促进了当地的粮食生产,有效地缓解了人口增加对土地施加的压力,为后来大规模退耕还林奠定了良好的基础。在 1990-1995 年间水浇地面积共增加了 14.43 hm²,其中沟坝地就增加了 12.07 hm²,而旱耕地中旱梯田面积只增长了 2.94 hm²,说明这一期间基本农田建设的主要形式是打淤地坝,土地利用结构得到了优化。有专家呼吁国家应建立更加完备有效的科技投入体系,拓宽资金、技术投入渠道。

3.3 煤炭资源开发有效地转移了农村劳动力

六道沟流域位于素有黄土高原“乌金三角”之称的晋陕蒙接壤区,盛产优质动力煤。近年来,随着当地煤炭资源的大规模开采,大量农村劳动力转移到采煤业,大大减轻了人口对土地的压力,有力的推动了土地利用结构调整朝良性轨道发展。各村 2/3 的青壮年劳动力都离开土地转而从从事采煤活动,这也是农民大规模自愿退耕的直接原因。煤炭开采还大大增加了当地农民收入,同时也有力地促进了农村产业结构的调整,从而有效地保证了退耕还林的成果,使其既能退得下,又能不反弹。2001 年六道沟流域农民人均年收入达到了 1 300~1 400 元,比 1990 年翻了一番,其中采煤收入占到了全村各项收入的 80%,养殖业(主要是养羊业)收入受封山禁牧影响而大幅度减少,仅占全村收入的 20%。说明煤炭收入已经成为当地农民的主要收入,传统的农业收入则逐渐退居次要位置,农村收入结构日趋合理。

4 结论与讨论

(1) 水土保持工程改善了黄土高原生态环境,还增加了基本农田的有效使用面积,使土地利用结构更加合理。退耕还林推动了当地的土地利用结构调整,“八五”期间退耕效应很明显,退耕影响系数高达 7.79,而 1995-2002 年该系数只有 0.45,退耕效应很弱,主要是采煤活动引起人们注意力发生了转移。

(2) 国家的水土保持政策是六道沟流域土地利用变化最主要的驱动因子。现行生态购买政策极大地推动了土地利用结构调整,今后国家应进一步完善这一政策,实施政策创新,以便继续调动地方政府和群众开展水土保持、调整土地利用结构的积极性。

(3) 科技投入是在黄土高原成功开展水土保持、调整土地利用结构的重要保证。今后应该加大对黄

土高原的科技投入力度,更加深入地开展水土保持、环境整治工作,从而更有效地保证国家的生态安全。

(4) 煤炭资源开发有效地转移了农村剩余劳动力,大大减轻了六道沟流域土地利用结构调整带来的社会压力,保证了退耕还林政策的顺利实施。在矿产资源丰富的生态脆弱区,应该通过资源开发搞活地方经济,创造就业机会,就地消化吸收从土地上转移出来的农村劳动力,减轻人口增长给土地带来的巨大压力。我们认为农村劳动力职业的空间转移优先于他们居住地的空间转移,这是农村剩余劳动力转移要坚持的一个原则。

参考文献:

- [1] 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):553-558.
- [2] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land-use and land-cover change (LUCC) implementation strategy. IGBP Report No. 48 and HDP Report No. 10[R]. stockholm:IGBP,1999.
- [3] 朱会义,李秀彬,何书金. 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.
- [4] 赵庚星,李玉环,徐春达. 遥感和 GIS 支持的土地利用动态监测研究:以黄河三角洲垦利县为例[J]. 应用生态学报,2000,11(4):573-576.
- [5] 查书平,丁裕国,于红博,等. 基于 RS 与 GIS 的长江三角洲土地利用变化分析[J]. 南京气象学院学报,2003,26(6):815-820.
- [6] 张晓萍,李谭宝,杨勤科,等. 基于 RS 和 GIS 的陕北丘陵沟壑区土地利用格局特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(1):39-43.
- [7] Tan G X, Ryosuke S, Kanichiro M. Development of a GIS-based decision support system for assessing land use status[J]. Geo-spatial information science,2004,7(1):72-78.
- [8] 张咏梅,包维楷,庞学勇. 天保、退耕工程与环境可持续发展的关系[J]. 长江流域资源与环境,2004,13(3):296-300.
- [9] 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.
- [10] 刘盛和,何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型[J]. 自然资源学报,2002,17(5):533-540.
- [11] 延军平,严艳. 陕甘宁边区生态购买设计与操作途径[J]. 地理学报,2002,57(3):343-353.

(上接第 94 页)

位。植物种类应具备适应性强、抗逆性好、有改良土壤能力、根系发达,有较高的生长速度、播种栽植较容易,成活率高等特性。

葛铺煤矿矿区的堆土场和排渣场分别采用两种不同的植被重建模式,运用了抗旱造林、径流林业、六棱连锁砖网格植草护坡等技术。以期达到矿区废弃地利用和植被恢复的目的,满足废弃地安全利用、高效利用和可持续发展的客观要求,为同类矿区的植被恢复与重建提供理论依据和成功模式。

参考文献:

- [1] 臧婁斌,王宇,王琿. 矿区土地复垦与生态重建现状及对策[J]. 山西建筑,2006,32(14):180-181.
- [2] 杨修,高林. 德兴铜矿矿山废弃地植被恢复与重建研究[J]. 生态学报,2001,21(11):1932-1940.
- [3] 卞正富. 我国煤矿区土地复垦与生态重建研究[J]. 资源·产业,2005,7(2):18-24.
- [4] Darmody R G. Modeling agriculture impacts of long-wall mine subsidence: A GIS approach[J]. International Journal of Surface Mining, Reclamation & Environment,1995(9):63-68.
- [5] 白中科,付梅臣,赵中秋. 论矿区土壤环境问题[J]. 生态环境,2006,15(5):1122-1125.
- [6] 李娟,赵竞英,陈伟强. 矿区废弃地复垦与生态环境重建[J]. 国土与自然资源研究,2004(1):27-28.
- [7] 王文龙,李占斌,李鹏,等. 神府东胜煤田开发建设弃土弃渣冲刷试验研究[J]. 水土保持学报,2004,18(5):68-71.
- [8] 郝文芳,梁宗锁,陈存根,等. 黄土丘陵沟壑区弃耕地群落演替与土壤性质演变研究[J]. 中国农学通报,2005,21(8):226-231.
- [9] 魏忠义,马锐,白中科,等. 露天矿大型排土场水蚀特征及其植被控制效果研究:以安太堡露天煤矿南排土场为例[J]. 水土保持学报,2004,18(1):164-167.
- [10] 李海英,顾尚义,吴志强. 矿山废弃土地复垦技术研究进展[J]. 矿业工程,2007,5(2):43-46.
- [11] 陈善沐. 紫金山大型铜金矿动态开采水土保持措施补充整合探讨[J]. 水土保持学报,2004,18(4):186-189.
- [12] 包志毅,陈波. 工业废弃地生态恢复中的植被重建技术[J]. 水土保持学报,2004,18(3):160-163.
- [13] 宋书巧,周永章. 矿业废弃地及其生态恢复与重建[J]. 矿产保护与利用,2001(5):43-49.