

矿区土地复垦的影响评价及复垦思路修正 ——以重庆石灰岩矿山为例

田小松^{1,2}, 郑杰炳^{1,2}, 周春蓉^{1,2}, 谭显龙^{1,2}

(1. 外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室 重庆地质矿产研究院, 重庆 400042;

2. 煤炭资源与安全开采国家重点实验室重庆研究中心, 重庆 400042)

摘要:通过构建生产力评价体系和生态服务价值评价体系,以实例分析土地复垦对矿区农业生产力和生态服务价值的影响,以此完善土地复垦思路。结果表明:土地复垦规划改变了矿区土地利用结构,耕地面积由 16.42 hm² 增加至 103.18 hm²,林地面积由 105.78 hm² 减少至 9.16 hm²;农业生产能力呈正向变化,农业生产力指数由 28.33 增加至 92.13;生态服务价值呈负向变化,生态服务价值由 597.67 万元/a 减少至 157.90 万元/a,其中单项功能的生态服务价值减少以生物多样性最明显,ΔSEV 为 -329.08 万元/a。土地复垦规划对矿区农业生产能力和生态环境有相反的影响,土地复垦方向存在多样性,并采用土地复垦的影响评价结果完善了土地复垦思路。

关键词:土地复垦;影响评价;复垦思路;生态服务价值;农业生产力;重庆石灰岩矿山

中图分类号:F311

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)01-0235-06

Impact Assessment and Modified Strategy of Land Reclamation in Mining Area —A Case Study of Limestone Mine in Chongqing City

TIAN Xiaosong^{1,2}, ZHENG Jiebing^{1,2}, ZHOU Chunrong^{1,2}, TAN Xianlong^{1,2}

(1. Chongqing Key Laboratory of Exogenic Mineralization and Mine Environment,

Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 400042, China;

2. Chongqing Research Center of State Key Laboratory of Coal Resource and Safe Mining, Chongqing 400042, China)

Abstract: Double impact assessment systems on agricultural productivity and ecosystem services value were constructed in this study, and examples of impact on agricultural productivity and the value of ecosystem services in land reclamation area were analyzed in order to modified ideas on land reclamation. The land reclamation altered land use structure in mining area. Cultivated area increased from 16.42 hm² to 103.18 hm², woodland area decreased from 105.78 hm² to 9.16 hm². The agricultural productivity index imposed a negative effect with a decreasing tendency from 28.33 to 92.13. The significant change of ecosystem service value functions was biodiversity in mining area, ΔSEV was about -329.08×10⁴ yuan per year. Land reclamation planning had the opposite effect on the agricultural productivity and ecological environment in mining area, that was to say that direction land reclamation was diversity. Based on the analyses mentioned above, the evaluation results could be used to modify strategy on land reclamation.

Keywords: land reclamation; impact assessment; strategy of land reclamation; ecosystem service value; agricultural productivity; limestone mine in Chongqing City

生产建设活动的不合理建设和开采,不仅大量占用和破坏土地资源,而且对生态环境也造成了严重的负面影响。因此如何开展矿区土地复垦工作已成为学术界研究的焦点。我国土地复垦起步于 20 世纪 50 年代,20 世纪 80 年代至今发展迅速,研究主要集中在土壤重构^[1-5]、生态环境修复^[6-10]、适宜性评价^[11-13]、保障性措施^[14-15]和方案编制^[16-17]等方面。

而土地复垦对矿区的生产能力和生态影响的评价却少有报道^[18-19],评价方法和体系也较为单一。基于此,本研究构建了生产力指数评价体系和生态服务价值评价体系,并以石灰岩矿山为实例分析土地复垦对矿区农业生产力和生态服务价值的影响,在此基础上修正土地复垦思路,以期待研究区的社会效益、经济效益和生态环境效益协调持续发展。

收稿日期:2014-02-19

修回日期:2014-03-29

第一作者:田小松(1985—),男,四川资阳人,硕士,工程师,主要从事矿区农业生态环境破坏机理及治理措施研究。E-mail:terrytian1985@hotmail.com

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究选择重庆市某石灰岩矿山土地复垦作为实证研究对象,该矿山位于重庆市九龙坡区与大渡口区接壤地带,隶属于重庆九龙坡区管辖。地理坐标:东经 106°123′15″—106°24′00″;北纬 29°22′15″—29°23′10″。属于亚热带湿润季风气候,气候温和,四季分明。该地区平均气温为 17.8℃,年平均湿度为 79%,最大日降雨量为 119.7 mm,年降雨量为 1 151.5 mm。项目区内土地利用类型主要为林地、城镇村及采矿用地和耕地,其余地区零星分布着园地、草地、交通运输地、水域及水利设施用地和其他土地。林地以灌木林地为主,耕地以旱地为主,城镇村及采矿用地以采矿用地为主。项目区的中部现有田间道路两条,平均宽 4.5 m,并且耕地集中区域已有零星生产道路,与田间道路相连。虽然项目区具有一定的交通基础,但是道路等级较低,布置凌乱,连通性差,路况较差。项目区范围内有 2 条溪沟,从北面和南面耕地集中的区域穿过,北面溪沟常年有水,而南面溪沟季节性有水。在毗邻项目区的西侧存在着 3 个山坪塘,蓄水能力良好。耕作区的系统基本配套,但因石灰岩矿的开采,改变了原有地形地貌特征,使项目区范围的灌排设施丧失了原有的功能,排灌设施需要增设,大部分沟渠有待升级改造。石灰岩矿矿区面积为 1.54 km²。

1.2 土地复垦影响的评价方法

通过土地复垦,将石灰岩矿区范围内的地块进行

重组,并增补农田水利和田间道路等工程,从而使石灰岩矿区的土地利用特征发生变化。土地利用特征的变化又对区域的经济社会和生态环境产生影响。本研究通过对土地利用特征变化的分析,将土地复垦的影响分为两类,即农业生产能力和生态服务价值。

1.2.1 农业生产能力

(1) 评价方法。本研究采用农业生产能力指数(AP)代表土地利用变化对项目区所产生的影响。从田块特征(C₁)、农业基础设施(C₂)和水资源(C₃)3 个方面选取了田块破碎指数(U₁)、田块形状指数(U₂)、田间道路密度(U₃)、田间道路的连通度(U₄)、灌排系统密度(U₅)、灌排系统的连通度(U₆)、水资源供需平衡指数(U₇)7 项具体指标,组成农业生产能力的评价指标体系。农业生产能力指数(AP)的计算采用综合指数模型,见式(1)。

AP=∑ⁿ_{i=1}W_iU_i (1)

式中:AP——农业生产能力指数;W_i——各评价指标的权重值,选择层次分析法来确定指标的权重;U_i——各指标的标准值。

(2) 指标权重分配及等级划分。指标权重反映评价指标对评价单元的影响程度。本研究采用层次分析法确定各评价指标权重,选择 15 名咨询专家,其专业涵盖土地资源管理、土壤学、农田水利、资源环境与城乡规划管理、岩土工程、生态环境和工程造价。得出农业生产能力评价指标的判断矩阵、权重和量化分级标准见表 1。

表 1 农业生产能力评价指标判断矩阵、权重及量化分级

评价指标	权重	量化分级标准				
		0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
U ₁	0.04	>300	300~200	200~100	100~40	<40
U ₂	0.07	>50	50~40	40~30	30~20	<20
U ₃	0.11	<10	10~30	30~50	50~70	>70
U ₄	0.16	<40	40~55	55~70	70~85	85~100
U ₅	0.18	<5	5~15	15~25	25~35	>35
U ₆	0.26	<30	30~50	50~65	65~80	80~100
U ₇	0.18	<0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0

1.2.2 生态系统服务价值 土地复垦前后的土地利用类型变化会影响生态系统的过程和所提供的服务功能。本研究以谢高地等^[20]的研究结果为基础,采用经修正的重庆市生态系统服务价值系数^[21],计算土地复垦前后生态系统服务价值(ESV,Ecosystem Services Value)和各单项功能的系统服务价值(ESV_f)的变化,见式(2)和(3)。

ESV_f=∑(A_k×VC_{fjk}) (2)

ESV=∑(A_k×VC_k) (3)

式中:ESV——生态系统服务价值(元);A_k——项目区第 k 种土地利用类型的面积(hm²);VC_k——生态价值系数[元/(hm²·a)];ESV_f——生态系统单项服务功能价值(元);VC_{fjk}——单项服务功能价值系数[元/(hm²·a)]。

生态服务功能被划分为气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性维持、食物生产、原材料生产、休闲娱乐 9 类;生态服务价值功能按照不同土地利用类型分为森林、草地、农

田、湿地、水体和荒漠,生态服务功能价值单价见表 2。生态服务价值计算时,耕地对应农田,园地取森林与草地平均值,林地对应森林,牧草地对应草地,水域及水利设施用地对应水体,城镇村及采矿用地、交通运输地和其他土地对应荒漠,滩涂取水体和湿地的平均值。

表 2 重庆市生态系统单位面积生态服务功能单价

生态服务价值功能	森林	草地	农田	湿地	水体	荒漠
气温调节	3747.37	856.56	535.30	1927.17	0.00	0.00
气候调节	2890.81	963.64	952.88	18308.39	492.47	0.00
水源涵养	3426.12	856.56	642.39	15385.39	21820.17	32.07
土壤形成与保护	4175.59	2087.86	1563.20	1830.85	10.65	21.42
废物处理	1402.63	1402.63	1755.95	19464.79	19464.79	10.65
生物多样性	34904.39	1167.05	760.12	2676.76	2665.99	363.97
食物生产	107.09	321.26	1070.73	321.26	107.09	10.65
原材料	2783.73	53.48	107.09	74.90	10.65	0.00
娱乐文化	1370.45	42.83	10.65	5942.19	4646.64	10.65

2 结果与分析

2.1 土地复垦前后研究区总体变化

2.1.1 土地利用结构调整 土地复垦将引起研究区土地利用结构的调整,结果见表 3。土地利用结构数据来自于二调数据和土地复垦规划数据。园地、林地、水域及水利设施用地、其他用地和城镇村及采矿

用地有不同程度的减少,减少的面积分别为 1.14 hm²,96.62 hm²,0.17 hm²,3.92 hm² 和 25.28 hm²;耕地和草地有不同程度的增加,增加的面积分别为 86.76 hm²,26.28 hm²;交通运输地的面积未发生改变。在增加的土地利用类型中,耕地增加的面积最大,占总面积的 56.48%;在减少的土地利用类型中,林地减少的面积最大,占总面积的 62.90%。

表 3 研究区土地利用结构调整

类别 编码	地类	开采前		土地复垦后		土地复垦前后变幅	
		面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
01	耕地	16.42	10.69	103.18	67.17	86.76	56.48
02	园地	1.14	0.74	0.00	0.00	-1.14	-0.74
03	林地	105.78	68.86	9.16	5.96	-96.62	-62.90
04	草地	0.03	0.02	40.4	26.30	40.37	26.28
10	交通运输地	0.55	0.36	0.55	0.36	0.00	0.00
11	水域及水利设施用地	0.17	0.11	0.00	0.00	-0.17	-0.11
12	其他土地	4.24	2.76	0.32	0.21	-3.92	-2.55
20	城镇村及采矿用地	25.28	16.46	0.00	0.00	-25.28	-16.46

2.1.2 研究区地块规模及配套工程调整 通过土地复垦,拟在项目区通过土壤重构、植被恢复和配套工程措施恢复土地的可利用状态。石灰岩矿开采以后,通过场地平整、表土覆盖、农田水利和道路措施,将矿区开采的终了平台规划为耕地。土地复垦将地块设计

成 40 m×250 m,田坎个数由原有田坎整合归并至 98 个,单个田坎设计面积约 1 hm²;通过土地复垦,田间道路长度由 1 222 m 增加至 5 354 m,其密度由 8 m/hm² 增加为 35 m/hm²;灌排渠的长度由 510 m 增加至 7 001 m,其密度由 3 m/hm² 增加为 46 m/hm²(表 4)。

表 4 研究区田块规模和基础设施调整

指标 阶段	田块个数/ 个	田间道路/ m	田间道路密度/ (m·hm ⁻²)	田间道路 联通性/%	灌排渠/ m	灌排渠密度/ (m·hm ⁻²)	灌排渠 联通性/%
开采前	913	1222	8	46	510	3	0
土地复垦后	98	5354	35	100	7001	46	100

2.2 土地复垦前后影响评价

2.2.1 农业生产能力 在农田生产能力估算模型当中,田块(C₁)和农业基础设施(C₂)的指标值来源于矢量数据。水资源(C₃)指标值来源于土地复垦报告。根据具体的各指标值、权重值和指标分级,获得农业生产能力指数的总得分(AP)。土地复垦前后农

田的生产能力发生了变化,见表 5。开采前的 C₁ 得分为 7.17,土地复垦后的 C₁ 得分为 10.99,增加分值为 3.28;开采前 C₂ 得分为 8.34,整治后的 C₂ 得分为 64.66,增加分值为 56.32;开采前的 C₃ 得分为 12.82,土地复垦后的 C₃ 得分为 16.48,增加分值为 3.66。农业生产能力指数(AP)的总得分由开采前的

28.33,增加至 92.13,增加分值为 63.80。可见,石灰岩矿区开采前的生产能力差,田间道路和农田水利措施改善了区域内的农业生产基础设施,并使农业生产能力得到大幅度的提升。

表 5 研究区农业生产能力的变化

因素	指标	实际值		分值		AP	
		开采前	土地复垦后	开采前	土地复垦后	开采前	土地复垦后
C ₁	U ₁	55	1	63.33	100	2.32	3.66
	U ₂	23.1	8.37	66.20	100	4.85	7.33
C ₁ 分值						7.17	10.99
C ₂	U ₃	8	35	16	45	1.76	4.94
	U ₄	46	100	28	100	4.36	15.58
	U ₅	3	46	12	100	2.22	18.50
	U ₆	0	100	0	100	0.00	25.64
C ₂ 分值						8.34	64.66
C ₃	U ₇	0.7	0.9	70	90	12.82	16.48
C ₃ 分值						12.82	16.48
AP 总分值						28.33	92.13

2.2.2 生态系统服务价值 通过公式(2)和(3),计算出项目区土地复垦前后各用地类型生态服务价值、总服务价值和各功能价值的变化情况,结果见表 6,表 7。研究区的总生态服务价值由开采前的 597.67 万元/a 减少至 157.90 万元/a,是由于石灰岩矿开采过程中对原有林地造成了损毁,致使生态系统服务价值大幅度减少。开采前,林地对生态服务价值贡献最大,为 579.76 万元/a,占总的生态服务价值的 97%;在后期的复垦规划中,复垦方向发生了调整,生态服务价值贡献最大的为耕地,占总生态服务价值的 64.19%,其次为林地,占生态服务价值的 31.8%。

由表 7 可以看出,土地复垦前后各单项功能的生态系统服务价值的变化,废物处理和食物生产是略微的增加,其他单项功能的生态服务价值都是减少。其中以生物多样性下降最明显,ΔSEV 为-329.08 万元/a。

表 6 研究区生态系统服务价值的变化

土地利用类型	开采前		土地复垦后		变幅	
	SEV/(万元·a ⁻¹)	比例/%	SEV/(万元·a ⁻¹)	比例/%	SEV/(万元·a ⁻¹)	比例/%
耕地	12.15	2.03	76.34	48.35	64.19	增加
园地	3.55	0.59	0.00	0.00	-3.55	减少
林地	579.76	97.00	50.20	31.80	-529.56	减少
草地	0.02	0.00	31.32	19.83	31.29	增加
交通运输地	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	不变
水域及水利设施用地	0.84	0.14	0.00	0.00	-0.84	减少
其他土地	0.19	0.03	0.01	0.01	-0.18	减少
城镇村及采矿用地	1.14	0.19	0.00	0.00	-1.14	减少
合计	597.67	100.00	157.90	100.00	-439.77	减少

表 7 研究区单项功能的生态系统服务价值的变化

生态服务系统 工程类型	开采前		土地复垦后		变幅
	SEV/(万元·a ⁻¹)	比例/%	SEV/(万元·a ⁻¹)	比例/%	ΔSEV/(万元·a ⁻¹)
气温调节	40.77	6.82	12.42	7.86	-28.35
气候调节	32.37	5.42	16.37	10.37	-16.00
水源涵养	38.00	6.36	13.23	8.38	-24.77
土壤形成与保护	47.13	7.89	28.39	17.98	-18.74
废物处理	18.27	3.06	25.07	15.88	6.80
生物多样性保护	373.64	62.52	44.56	28.22	-329.08
食物生产	2.99	0.50	12.44	7.88	9.45
原材料	29.79	4.98	3.87	2.45	-25.92
娱乐文化	14.70	2.46	1.54	0.97	-13.16
合计	597.67	100.00	157.90	100.00	-439.77

3 讨论

3.1 土地复垦评价结果

在石灰岩矿区,因开采过程对土壤进行表土剥离堆放处理,充足的土源为土地复垦提供了良好的条件。通过土地复垦方案,研究区范围内的耕地面积由 16.42 hm^2 增加至 103.18 hm^2 。在规划过程中,将采矿区进行全面的土壤重构工程,重新规划和布局地块,改善了土地现状条件下地块破碎的情况。在中国,增加耕地面积是土地复垦的主要目标之一。本研究区中耕地面积增加的主要途径是将采矿损毁的灌木林地转化为耕地。通过研究区土地利用现状分析,研究区内耕地区域的生产能力较低,主要是因为研究区的农田水利设施和田间道路的密度低,连通性差。在土地复垦中,通过合理布置田间道路和农田水利工程改善和提升了研究区的基础设施条件。从土地复垦前后的农业生产能力指数可以分析,土地复垦前后的农业生产能力最大贡献因素发生改变,开采前的最大贡献因素为水资源(C_3),而土地复垦后的最大贡献因素为农业基础设施(C_2)。可见,开采前研究区主要是雨养农业,也就是传统意义的“靠天吃饭”,而土地复垦以后,研究区的完善了农业基础设施,改善了生产条件,提高农业生产能力。研究区土地复垦前后的农业生产能力指数分别 28.33、92.13,土地复垦前后农业生产能力指数增加了 63.80。同时,农业生产能力的评价指标的权重分配也反映出农业基础设施对生产能力提高的重要性。

通过研究区生态服务价值评价发现,增加耕地面积的同时,对其生态服务价值产生了负向的影响。总生态服务价值由 597.67 万元/a 减少至 157.90 万元/a,其中,主要是石灰岩矿开采过程中损毁的林地转化为了耕地。在转化过程中,研究区单项功能的生态服务价值减少以生物多样性最明显, ΔSEV 为 -329.08 万元/a,在一定程度上影响着生态系统的复杂性和稳定性。

3.2 土地复垦思路的修完善

从土地复垦影响评价分析可以看出,通过配套工程措施的改善,研究区生产能力得到明显提升。但是,对研究区进行生态服务价值评估结果显示,该土地复垦工作对当地的生态环境有着负向的影响,生物多样性、系统的稳定性和复杂性受到影响。在土地复垦的适宜性评价过程中,通常只是通过适宜性评价得出复垦方向,而复垦的方向对当地的社会效益、生态环境效益和经济效益的影响多以定性描述为准,无法核实土地复垦对研究区的真正影响。因此,在土地复

垦过程中要进行土地复垦影响评价工作,以修正土地复垦的编制程序,使土地复垦成果符合社会、经济和环境要求。土地复垦思路的修正,见图 1。原有的土地复垦思路内容包括损毁土地调查及分析、土地复垦适宜性评价、土地复垦目标机标准、土地复垦工程设计及工程量测算、土地复垦计划安排及费用估算和保障性措施。原有的土地复垦思路不能反映出项目区土地复垦实施前后土地利用现状和基础设施的改变对整个社会经济和环境的影响。修正后的土地复垦思路在原有的土地复垦思路中增加了土地复垦效果评价,讨论土地复垦效果是否符合社会、经济和环境效益,使整个土地复垦思路更完善和合理。

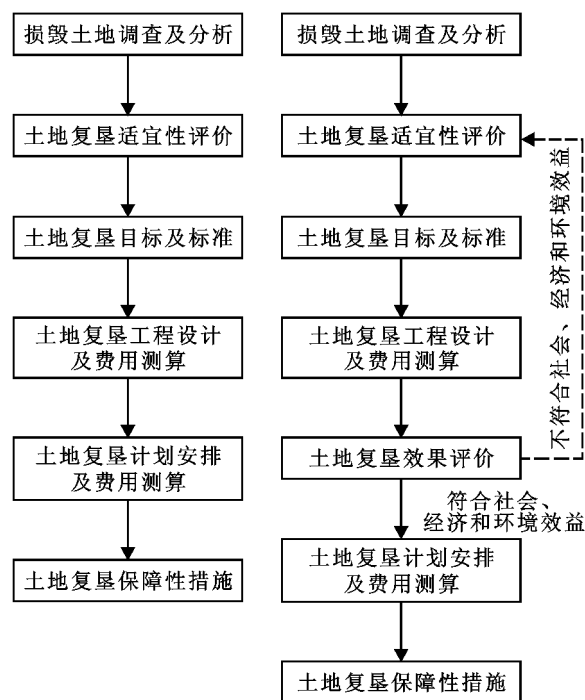


图 1 土地复垦思路

4 结论

(1) 土地复垦后,研究区范围内的耕地面积由 16.42 hm^2 增加至 103.18 hm^2 。合理布置田间道路和农田水利工程,改善和提升了研究区耕地区域的基础设施条件。

(2) 研究区的农业生产能力最大贡献因素发生改变,开采前的最大贡献因素为水资源(C_3),而土地复垦后的最大贡献因素为农业基础设施(C_2)。通过完善农业基础设施,将农业生产能力指数得以提高,由 28.33 增加至 92.13。

(3) 研究区的生态服务价值产生了负向的影响,生态服务价值由 597.67 万元/a 减少至 157.90 万元/a。研究区的单项功能的生态服务价值减少以生物多样性最明显, ΔSEV 为 -329.08 万元/a。

(4) 农业生产力评价和生态服务价值评价是结果是不同向的,对生态服务价值的影响是负向的。该土地复垦工作对当地的生态环境有着负向的影响,生物多样性、系统的稳定性和复杂性受到影响。

参考文献:

- [1] 樊文化,李慧峰,白中科,等.黄土区大型露天煤矿煤矸石自燃对复垦土壤质量的影响[J].农业工程学报,2010,26(2):319-324.
- [2] 张发旺,侯新伟,韩占涛,等.采煤塌陷地对土壤质量的影响效应及保护技术[J].地理与地理信息科学,2003,19(3):67-70.
- [3] 董零红,卞正富,于敏,等.矿区充填复垦土壤重金属分布特征研究[J].中国矿业大学学报,2010,39(3):335-341.
- [4] 孙建,刘苗,李立军,等.不同植被类型矿区复垦土壤水分变化特征[J].干旱地区农业研究,2010,28(2):201-207.
- [5] 孙海运,李新举,胡振琪,等.马家塔露天矿区复垦土壤质量变化[J].农业工程学报,2008,24(12):205-209.
- [6] 袁剑刚,周先叶,陈彦,等.采石场悬崖生态系统自然演替初期土壤和植被特征[J].生态学报,2005,25(6):1517-1522.
- [7] 王改玲,白中科.安太堡露天煤矿排土场植被恢复的主要限制因子及对策[J].水土保持研究,2002,9(1):38-40.
- [8] 张桂莲,张金屯,郭道宇.安太堡矿区人工植被在恢复过程中的生态关系[J].应用生态学报,2005,16(1):151-155.
- [9] 陈洪祥,张树礼,马建军.煤矿复垦地不同恢复模式下土

壤特性研究:以黑岱沟露天煤矿为例[J].内蒙古环境科学,2007,19(4):63-67.

- [10] 徐占军,侯湖平,张绍良,等.采矿活动和气候变化对煤矿区生态环境损失的影响[J].农业工程学报,2012,28(5):232-240.
- [11] 王欢,王平,谢立祥,等.土地复垦适宜性评价方法[J].中南林业科技大学学报,2010,30(4):154-158.
- [12] 刘二伟,赵艺学.郭家山煤矿土地复垦适宜性评价[J].山西农业科学,2010,38(7):62-65.
- [13] 豆飞飞,李萍,朱嘉伟.永城市陈四楼煤矿土地复垦适宜性评价研究[J].中国农学通报,2013,29(17):192-197.
- [14] 金丹,卞正富.国内外土地复垦政策法规比较与借鉴[J].中国土地科学,2009,23(10):66-73.
- [15] 程琳琳.矿区土地复垦保证金制度实践现状及研究进展[J].中国矿业,2010,19(1):33-36.
- [16] 祝怡斌,周连碧,林海.金属矿山土地复垦方案编制技术要点[J].有色金属,2010,62(2):103-105.
- [17] 王金满,白中科.生产建设项目土地复垦方案编制中复垦费用构成与取费标准分析[J].资源与产业,2010,12(6):84-89.
- [18] 郭力娜,运向杰,张凤荣,等.挖损耕地复垦前后生产能力变化研究:以华北平原的曲周县为例[J].资源科学,2010,32(4):737-742.
- [19] 马从安,王启瑞.大型露天矿区生态评价模型研究及应用[J].采矿与安全工程学报,2006,23(4):446-451.
- [20] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(20):189-196.
- [21] 王晓春.基于土地利用结构变化对生态系统服务价值的评价:以重庆市为例[D].重庆:西南大学,2010.

(上接第 234 页)

- [10] 左伟,王桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67-71.
- [11] 张正华,吴发启,王健,等.土地生态评价研究进展[J].西北林学院学报,2005,20(4):104-107.
- [12] 曹新向,郭志永,雒海潮.区域土地资源持续利用的生态安全研究[J].水土保持学报,2004,18(2):192-195.
- [13] 陈美球,黄靓,蔡海生.鄱阳湖区土地健康评价[J].自然资源学报,2004,19(2):170-175.
- [14] 刘欣,葛京凤,冯现辉.河北太行山区土地资源生态安全研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(5):68-74.
- [15] 李茜,任志远.区域土地生态环境安全评价:以宁夏回族自治区为例[J].干旱区资源与环境,2007,21(5):75-79.
- [16] 傅伯杰.土地生态系统的特征及其研究的主要方面[J].生态学杂志,1985,4(1):35-38.
- [17] 曲衍波.基于 GIS 的山区县域土地生态安全评价[J]中

国土地科学,2008,22(4):38-44.

- [18] 王国杰,廖善刚.土地利用强度变化的空间异质性研究[J].应用生态学报,2006,17(4):611-614.
- [19] 喻红,曾辉,江子瀛.快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J].地理科学,2001,21(1):64-68.
- [21] 葛全胜,赵名茶,郑景云,等.20 世纪中国土地利用变化研究[J].地理学报,2000,55(6):698-706.
- [22] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land Use and Land-Cover Change Implementation Strategy[R]. Stockholm, Sweden: International Geosphere: Biosphere Program, 1999.
- [23] 丁忠义,郝晋珉,李涛,等.区域土地利用强度内涵及其应用:以河北省曲周县为例[J].中国土地科学,2005,19(5):19-24.