

山西省潞安矿区土地生态系统功能区划研究

樊良新, 牛海鹏, 郝成元, 李瑞华, 佟艳

(1. 矿山空间信息技术国家测绘局重点实验室(河南理工大学、河南省测绘局), 河南 焦作 454003;
2. 河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454003)

摘要: 为了科学地进行潞安矿区复合土地系统生态环境建设, 依据潞安矿区土地系统的自然环境因子以及矿业生产等人为因子的分异性, 建立矿区土地系统生态环境压力评价指标体系。将潞安矿区土地系统生态环境压力分为自然资源压力 A_1 、资源消耗压力 A_2 、环境污染压力 A_3 与生产规模压力 A_4 共 4 大类。研究结果表明, 潞安矿区土地系统生态环境总压力为中度压力, 其中资源消耗压力 $A_2 >$ 环境污染压力 $A_3 >$ 生产规模压力 $A_4 >$ 自然环境压力 A_1 。由于各不同的土地单元承受的生态环境压力不同, 外在会表现出不同的土地生态功能。因此, 将土地系统按照其所承受的生态环境压力特点分为生产型、保护型、消费型和调合型 4 种生态功能类型。在 GIS 平台下通过叠加分析, 将潞安矿区划分为土石坡消费区、沉陷地湿地保护区、工矿生态经济调和区、平川耕地生产区 4 大生态功能区 and 11 种生态功能类型区, 其所占面积比例分别为 6.50%, 19.16%, 8.77% 和 65.57%。潞安矿区土地系统生产型和消费型面积过大, 而调和型和保护型面积过小, 属于一个不合理的利用状态。结合潞安矿区主要环境压力的实际现状, 从生态环境保护与“多维生态经济系统”的角度对矿区土地系统提出了相应的治理对策。

关键词: 潞安矿区; 生态功能区划; 土地生态类型; 生态压力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0184-06

中图分类号: Q 148

Ecology Function Division of Luan Mine Land System in Shanxi Province

FAN Liang-xin, NIU Hai-peng, HAO Cheng-yuan, LI Rui-hua, TONG Yan

(1. Key Laboratory of Mine Spatial Information Technologies(He'nan Polytechnic University, He'nan

Bureau of Surveying and Mapping), State Bureau of Surveying and Mapping, Jiaozuo, He'nan 454003, China;

2. School of Surveying and Land Information Engineering, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454003, China)

Abstract: In order to construct the eco-environment of Luan mine land system scientifically, the variances of natural and environmental factors and artificial factors such as industry and mining production are analyzed and the mine land eco-environment pressure evaluation index system is established. Eco-environmental pressure of Luan mine land is divided into four types, e. g., natural resources pressure A_1 , resource consumption pressure A_2 , environmental pollution pressure A_3 , and production scale pressure A_4 . Results show that the total eco-environmental pressure of Luan mine land system belongs to the moderate pressure and sub-pressures followed a descending order of resource consumption pressure A_2 , environmental pollution pressure A_3 , production scale pressure A_4 , and natural resources pressure A_1 . Because of different units of land system under different eco-environmental pressures, this may show different land ecological functions. Therefore, the land system can be divided into production land type, protection land type, consumption land type, and mixed land type, according to the eco-environmental characteristics. Luan mine land is divided into eleven types of ecological function zones and the four regions of earth and rock slope consumption area, subsidence and wetland protection area, mine-industry eco-economic area, and Hirakawa arable land production area. Its area ratios are 6.50%, 19.16%, 8.77%, and 65.57%, respectively. The production land and consumption land are oversized and the mixed land and the protection area are very small, which indicates that there is an unreasonable use in Luan mine land system. Based on above analysis and Luan mine actual situation, the corresponding countermeasures of mine land system were proposed for eco-environmental protection and multi-dimensional ecology economical system.

Keywords: Luan mine; ecological division; land ecology type; ecology pressure

煤炭资源开采造成的土地、生态环境巨大的破坏,致使地表的大量剥离、大面积下沉和固体废弃物的大量堆积,从而导致一系列的生态环境问题,包括生态环境生态结构退化和功能退化,生态系统碎裂化,矿区和周边地区环境严重的污染,矿区污染源的扩散,矿区和周边地区水过程和生物栖息生境的破坏以及各种自然地质灾害的诱发等。潞安矿区位于山西省 6 大煤田之一的沁水煤田东部边缘的中段,为我国重要的优质工业和动力煤生产基地。长期以来的矿区人地耦合,形成了不同的土地利用单元,各土地单元承受着不同的生态环境压力,其外在表现出不同的生态功能。

土地生态功能评价是根据各个土地系统单元在生态功能属性上的差异性而进行的划分。它是选择优化各种土地利用方式的依据之一,也是土地生态设计与治理研究的前提工作。本文从潞安矿区生态环境压力的驱动因子入手,结合自然驱动因子(地貌、土壤、植被、水文等)和人为驱动因子(资源消耗、环境污染以及生产规模等)的空间分异性,在 GIS 软件平台下,将潞安矿区的土地系统单元按照其生态环境压力特点划分为生产型、保护型、消费型和调合型 4 种生态功能类型;在此基础上,针对其生态功能区提出相应的治理对策^[1-3],为实现潞安矿区生态环境建设和当地生态环境和谐发展提供思路。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区域概况

潞安矿区位于太行山中段西侧,长治盆地西部,地跨长治、襄垣、屯留、潞城和长子等 5 市县;它位于 $112^{\circ}54'08''E-112^{\circ}54'20''E$, $36^{\circ}30'33''N-36^{\circ}30'38''N$;矿区地势呈北高南低,西高东低之势,整体上为向东南倾斜的低山丘陵—河谷平原,海拔在 900~1 100 m 之间;潞安矿区属温暖带大陆性气候,年平均气温

$8.6^{\circ}C-10.4^{\circ}C$,年平均降雨量为 583.9 mm,年平均蒸发量为 1 731.84 mm。年降雨量最多集中在 7—9 这 3 个月。矿区地表多为第四系黄土和冲积层覆盖,在北部和东部边缘有零星岩层出露;矿区的土壤主要有黄土、棕壤、褐土、草甸土和水稻土 5 个种类,有机质含量 0.7%~1.6%,其中,褐土是矿区主要的地带性土壤,分布较广,包括草甸褐土、草灌褐土和淋溶褐土等土类,成为矿区主要的耕地土壤;矿区植被属华北暖温带落叶阔叶林地带的一部分,森林覆盖率较低,仅为 8%^[4]。目前已开采煤矿有五阳矿、漳村矿、石圪节矿、王庄矿、司马矿和常村矿等,均属大型煤炭生产企业。虽然潞安矿区生产矿井及附属的主要企业对生产过程中所造成的生态环境污染也采取了积极的治理措施,如煤矸石、粉煤灰填沟,矸石山绿化,采后土地复垦等,取得了一定的效果。但是由于长期的煤炭开采及其相关产业的发展,使其对整个矿区的土地生态系统产生了巨大的压力,境内生态环境问题有上升趋势,环境污染现象增多,采煤沉陷面积越来越大,水土流失愈加严重,煤矸石堆积等^[5-6]。整个矿区土地生态系统呈现出强烈的人工干扰的特点。

1.2 研究思路与方法

本研究首先将潞安矿区地形图、SPOT 影像、土地利用现状图等,在 ArcGIS 9.3 平台下进行矢量化、配准、纠正以及叠加后建立潞安矿区土地系统信息空间数据库;然后对潞安矿区实地调查数据、长治市统计年鉴、长治市水资源公报等相关资料进行分析并录入数据库中,最后基于潞安矿区土地系统空间数据库和属性数据库,结合矿区生态环境破坏的规律与潞安矿区实际特点,建立潞安矿区土地系统环境压力评价指标体系,对潞安矿区土地系统存在的生态压力进行综合评价,并依据评价结果对潞安矿区土地系统按其生态功能进行分析与区划,其流程如图 1 所示。

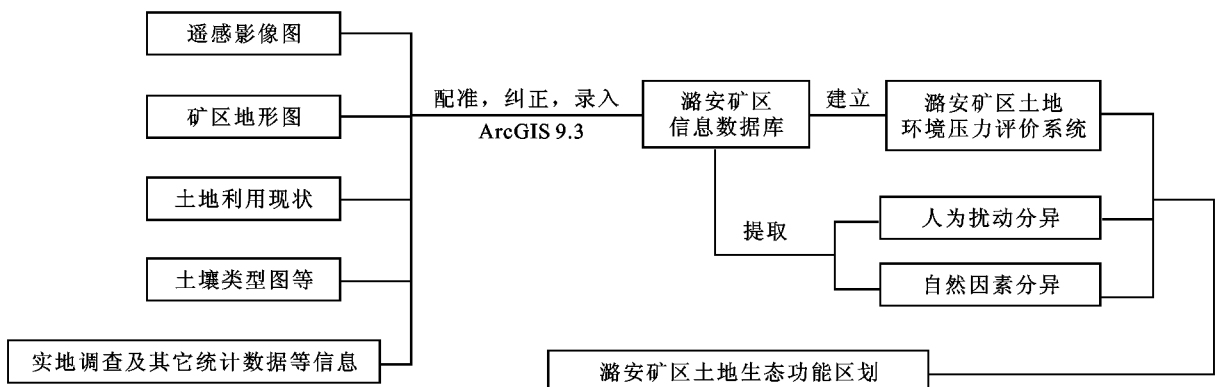


图 1 潞安矿区土地生态功能区划数据处理流程图

2 结果与分析

2.1 土地系统环境压力评价

2.1.1 评价指标 矿区土地系统环境压力可以理解为由采矿及其相关产业活动引起的能够造成土地系统生态环境服务功能退化的,对生态环境状态的扰动力。它由多重因果关系,多维的因素组成^[7-8]。本研究依据矿区的自然环境与矿业生产布局的分异性,将潞安矿区土地系统依据矿区土地的地形地貌、水热分配、土壤分布、以及村镇居民点分布与矿产布局等因素,采用叠置法与地块法相结合将整个潞安矿区土地系统划分出 614 个独立的土地系统评价单元^[9-10]。针对潞安矿区矿业生产的特点及其相关产业的活动,把对潞安矿

区土地系统构成的生态环境压力可以分为自然资源压力 A_1 、资源消耗压力 A_2 、环境污染压力 A_3 与生产规模压力 A_4 等共 4 大类(表 1)。

2.1.2 环境压力计算结果 依据潞安矿区土地系统生态压力评价体系,采用 AHP 法,结合专家咨询赋以各要素层、指标层的权重,并对评价体系指标层因子数值进行标准化处理;对于生产规模压力 A_4 扩散型的点状因子随着距离的增加,其对周围的土地系统评价单元的作用分值会按一定规律衰减(指数衰减或直线衰减)。

本文计算其压力指数采用指数衰减法计算;最后采用加权法进行不同级别指标的累加计算,结果如表 2 所示。

表 1 潞安矿区土地系统环境压力评价体系

目标层	压力要素	权重	指标层	权重
潞安矿区 土地系统 环境压力 (P)	自然环境压力 A_1	0.25	降雨 A_{11}	0.11
			气温 A_{12}	0.08
			土壤侵蚀模数 A_{13}	0.09
			地形起伏度指数 A_{14}	0.17
			土壤 N, P, K A_{15}	0.21
			自然植被覆盖率 A_{16}	0.15
	资源消耗压力 A_2	0.20	矿区水资源含量 A_{17}	0.19
			总耗水量 A_{21}	0.30
			新鲜水消耗量 A_{22}	0.15
			燃料煤消耗总量 A_{23}	0.35
	环境污染压力 A_3	0.35	燃料油消耗总量 A_{24}	0.20
			水污染指数 A_{31}	0.23
			土壤污染指数 A_{32}	0.21
			大气污染指数 A_{33}	0.24
	生产规模压力 A_4	0.20	地表沉陷指数 A_{34}	0.32
			矿业年生产总值 A_{41}	0.31
煤炭年产出量 A_{42}			0.30	
矿区聚居地总人口 A_{43}			0.20	
			矸石及固体废弃物排放总量 A_{44}	0.19

表 2 潞安矿区各土地系统评价单元环境压力

压力名称	压力数值					km ²
	0~ 0.2	0.2~ 0.4	0.4~ 0.6	0.6~ 0.8	0.8~ 1.0	
土地系统单元环境总压力 P	48.30	144.39	171.34	145.05	61.11	
自然环境压力 A_1	83.59	223.25	143.07	71.54	48.76	
资源消耗压力 A_2	58.06	118.46	129.55	192.19	71.94	
环境污染压力 A_3	35.28	126.80	163.46	161.07	83.59	
生产规模压力 A_4	50.13	121.21	198.24	139.31	61.32	

由表 2 可知,潞安矿区各土地系统生态环境压力属于中度环境压力,潞安矿区各土地系统评价单元环境总压力指数处于 0~ 0.4 之间的轻度压力土地面积为 192.69 km²,占矿区土地总面积的 33.7%;压力指数位于 0.4~ 0.6 的中度环境压力面积为 171.34

km²,占矿区总面积 30.1%;压力指数 0.6~ 0.8 的中、高度环境压力土地面积为 145.05 km²,占总面积比例为 25.4%;而压力指数大于 0.8 的高强度土地单元共仅有 61.11 km²只占矿区总面积 10.8%。在潞安矿区目前生态环境压力中,压力指数在 0.6 以上

的自然环境压力 A_1 、资源消耗压力 A_2 、环境污染压力 A_3 以及生产规模压力 A_4 高强度环境压力的矿区土地面积分别为 120.29, 264.13, 244.65 km^2 和 200.62 km^2 。它们所占该矿区总面积的比例分别为 21.1%, 46.3%, 42.9% 以及 35.2%。由此可见, 其总体上资源消耗压力 $A_2 >$ 环境污染压力 $A_3 >$ 生产规模压力 $A_4 >$ 自然环境压力 A_1 。

2.2 潞安矿区土地系统生态功能区划

2.2.1 矿区土地系统生态类型划分

土地系统生态类型划分是依据土地系统生态功能表现不同, 将各种

土地系统按照其功能类型区划、落实到具体空间上。由于各不同的土地单元承受的生态环境压力不同, 外在必然会表现出不同的土地生态功能。因此, 依据矿区土地评价单元的环境因子压力的分异性, 结合表 2, 将资源消耗压力 A_2 、环境污染压力 A_3 以及生产规模压力 A_4 并为人为生产压力 B_1 , 依据矿区土地评价单元的自然环境压力 A_1 和人为生产压力 B_1 的分异性, 将矿区的土地系统按照其生态环境压力的特点分为生产型、保护型、消费型和调和型等 4 种土地生态功能类型^[11-14] (如表 3 所示)。

表 3 潞安矿区各土地生态功能类型的环境压力划分

压力指数	生产型土地系统	保护型土地系统	消费型土地系统	调和型土地系统
自然环境压力 A_1	< 0.4	0.6~0.8	> 0.8	0.4~0.6
人为生产压力 B_1	0.4~0.6	0.2~0.4	< 0.2 或 > 0.8	0.6~0.8

注: 人为生产压力 $B_1 = (\text{资源消耗压力 } A_2 \times 0.2 + \text{环境污染压力 } A_3 \times 0.35 + \text{生产规模压力 } A_4 \times 0.2) / 0.75$ 。

其中, 生产型土地系统主要分布在地形平缓, 海拔低, 人为扰动较大的地区。如平川地、沟川地、经济林区等, 其自然环境压力较低, 人为生产压力为中等, 土地系统生态功能表现为物质、能量产品的生产功能。保护型土地生态系统主要分布在坡度较陡, 生态敏感以及人为扰动少的林地、滩地、湿地、采矿塌陷地等, 其生态环境压力主要为自然环境压力, 土地系统生态功能主要为生态环境的保护与改善功能。消费型可以分为自然消费型土地生态系统和人工消费型土地生态系统, 自然消费型土地生态系统主要为生态条件恶劣的山地、裸岩、荒地、陡坡等, 其自然环境压力 A_1 最大, 为主导压力; 人工消费型土地生态系统主要为工矿废弃地以及人为扰动最大的交通线、厂矿生活区等, 其人为生产压力(资源消耗压力 A_2 、环境污染压力 A_3 和生产规模压力 A_4) 最大, 为主导压力; 其生态系统的功能表现为物质与能量的自发性消费。调和型土地生态系统主要分布在人为生产压力较大, 生态条件适中的地带, 如矿井生活区与乡村结合带等, 其工矿生产等人为生产压力为主导压力, 土地系统功能由生态功能不一的土地单元组成复杂土地生态系统, 表现出以上几种功能的调和兼备。

2.2.2 潞安矿区土地系统生态功能区划

按以上 4 种类型特点在 GIS 软件平台下, 对矿区 614 个土地系统评价单元进行综合区划; 将潞安矿区土地系统依据土地生态功能类型划分为平川地生产型、沟川地生产型、经济林生产型、沉陷地保护型、湿地保护型、坡地保护型、土石坡荒地消费型、工矿废弃地消费型、交通住宅消费型、工矿电站生态经济调和型和园林蔬菜调和型等 11 种土地生态类型区(表 4)。

将以上土地生态类型区按照其空间布局进行组合, 并依据其主导生态类型进行综合, 共分为土石坡消费区、平川耕地生产区、采矿沉陷地湿地保护区和工矿生态经济调和区等 4 个生态功能区; 其中, 潞安矿区土石坡消费区, 包括土石坡荒地消费型、坡地保护型、交通住宅消费型等总占地面积 37.07 km^2 , 比例为 6.50%; 采矿沉陷地湿地保护区主要包括工矿废弃地消费型、沉陷地保护型、湿地保护型等土地, 占地面积为 109.23 km^2 , 比例为 19.16%; 工矿生态经济调和区主要包括工矿电站生态经济调和型和园林蔬菜调和型两种类型占地面积为 50.02 km^2 , 其比例为 8.77%; 平川耕地生产区包括平川地生产型、沟川地生产型和经济林生产型, 占地面积为 373.89 km^2 , 比例为 65.57%。在潞安矿区具有生态保护功能的保护型土地生态系统的总面积为 99.83 km^2 , 占地比例仅为 17.51%; 其面积过小, 表明潞安矿区土地利用状况处于不合理的利用状态。

2.3 潞安矿区土地系统生态环境建设研究

2.3.1 生态环境保护为主导的潞安矿区土地生态系统建设

该区土地立地条件差, 自然环境压力占主导压力。主要涉及土石坡消费区与采矿沉陷地湿地保护区 2 个区, 内含土石坡荒地消费型、坡地保护型、交通住宅消费型、工矿废弃地消费型、沉陷地保护型以及湿地保护型等 6 种土地类型。该区土地系统主要以开展生态建设与植被恢复手段为主。对于土石坡消费区的土地系统应主要围绕合理开发与保护现有植被, 大力恢复四荒地植被为主。植被恢复应采取招(投)标方式, 拍卖“四荒”使用权, 调动了社会各种生产力要素向生态建设集聚, 实现了生态建设以国家、集体投入为主

的格局向国家、集体、个人等投资主体多元化的格局转变。采矿沉陷地湿地保护区则以保护与恢复为主。对于工矿废弃地消费型土地,由于土地贫瘠、矸石裸露,植被很难附着生长,在不破坏原有植被下,可以进行小规模整地植苗造林和用团粒泥浆喷播技术与选择耐干

旱的本土植物白草、茅草、蒿类等相结合。

对于沉陷地保护型与湿地保护型在生态建设以封育为主减少人为的破坏与污染的基础上,结合工程技术措施进行塌陷坑回填,边坡种植低矮灌木林,防止水土流失。

表 4 潞安矿区各个生态功能类型

生态功能区	各生态功能类型区	面积/km ²	比例/%	生态功能区	各生态功能类型区	面积/km ²	比例/%
土石坡消费区	土石坡荒地消费型	17.51	3.07	采矿沉陷地 湿地保护区	工矿废弃地消费型	15.22	2.67
	坡地保护型	5.82	1.02		沉陷地保护型	51.70	9.07
	交通住宅消费型	13.74	2.41		湿地保护型	42.31	7.42
平川耕地生产区	平川地生产型	277.35	48.64	工矿生态 经济调和区	工矿电站生态	38.37	6.73
	沟川地生产型	75.78	13.29		经济调和型		
	经济林生产型	20.76	3.64		园林蔬菜调和型	11.65	2.04

2.3.2 潞安矿区“多维生态经济系统”综合利用与开发 潞安矿区“多维生态经济系统”建设主要涉及平川耕地生产区和工矿生态经济调和区 2 个区,共包括平川地生产型、沟川地生产型以及经济林生产型、工矿电站生态经济调和型和园林蔬菜调和型等 5 个类型区。该区地势平坦,交通便利,水分条件好,人口密度大以及人为干扰大,其采矿经济活动占主要地位。长期以来的矿业开采和矿区生产活动形成了该区多种类型矿区土地系统单元。对其进行生态环境建设应从当地矿业经济产业循环、生态经济协调发展入手。为此将平川耕地生产区和工矿生态经济调和区两种土地系统看作一个整体进行建设。由于整个矿区本身是

由资源、环境、经济和社会等子系统构成的多维的复杂生态系统,为了确保各种生态类型土地系统间协调畅通,并使物质能量关系维持一种生态结构和良性循环,在潞安矿区土地系统生态功能区划的背景下,着眼于生态经济与产业布局的最优化和“三大”效益最大化,对潞安矿区土地系统进行优化设计。依据矿区生产活动对环境的破坏(如扰动、废水、废气等),结合矿区土地系统生态功能分区,将潞安矿区生态经济建设分为:生态经济林区、矿区生态农田区、矿区生态旅游区、工矿生态经济区以及矿区生态防护区等 5 个子系统(图 2);将生态建设与经济发展相结合,寻求一种合理经济生态协调发展的生态环境建设模式。

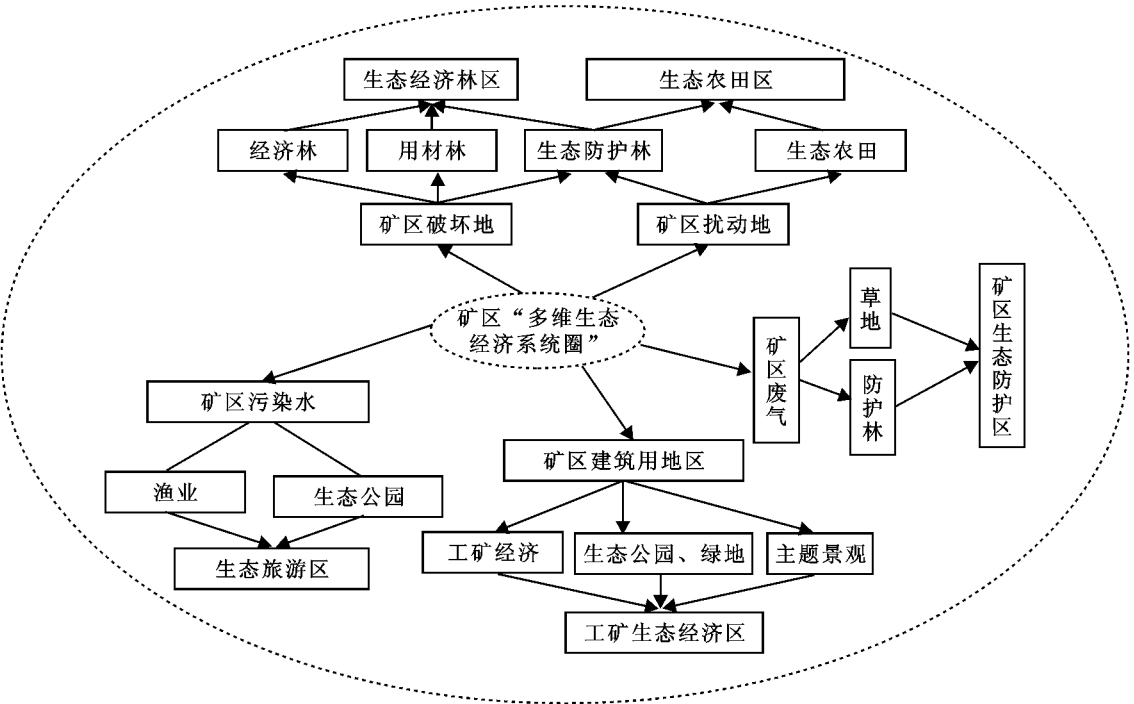


图 2 潞安矿区“多维生态经济系统”的建设网

3 结论

建立潞安矿区土地系统环境压力评价指标体系,对矿区土地系统单元进行评价的结果表明,潞安矿区各土地系统生态环境压力属于中度环境压力,其资源消耗压力 $A_2 >$ 环境污染压力 $A_3 >$ 生产规模压力 $A_4 >$ 自然环境压力 A_1 ; 在此基础上,依据矿区土地系统单元环境压力特点,将矿区土地按照其生态功能划分为生产型、消费型、保护型和调和型4个不同的土地生态功能单元,共划分出11种土地生态类型区。并依据其主导生态类型区综合为4个生态功能区,分别为土石坡消费区、平川耕地生产区、采矿沉陷地湿地保护区和工矿生态经济调和区,其面积与所占比例为 37.07 km^2 , 6.50%; 373.89 km^2 , 65.57%; 109.23 km^2 , 19.16% 以及 50.02 km^2 , 8.77%。该区具有生态保护功能的保护型土地生态系统的总面积为 99.83 km^2 , 占地比例仅为 17.51%, 表明潞安矿区土地利用状况处于不合理的利用状态。最后,通过对潞安矿区不同土地生态功能区进行分析,结合矿区生产活动对生态环境现状提出了生态环境保护为主导的潞安矿区土地生态系统建设和潞安矿区“多维生态经济系统”的建设策略,来探索实现矿区生态环境恢复与建设途径,为矿区生态环境建设提供一定参考。

[参 考 文 献]

- [1] Li Q Y, Zheng M, Wang Y S. Influences of mineral resource exploitation on environmental quality in China [J]. China Mining Magazine, 2002, 11(2): 47-51.
- [2] 张爱国, 张淑莉, 秦作栋. 土地生态设计方法及其在晋西

- 北土地荒漠化防治中的应用[J]. 中国沙漠, 1999, 19(1): 46-50.
- [3] 景贵和. 土地生态评价与土地生态设计[J]. 地理学报, 1986, 41(1): 86-90.
- [4] 王行风, 汪云甲, 杜培军. 潞安矿区景观尺度的土地质量定量评价初探[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 197-200.
- [5] 王行风, 汪云甲, 杜培军. 基于空间信息技术的煤矿区景观特征及其动态变化研究: 以潞安常村矿为例[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(7): 69-74.
- [6] 吴次芳, 徐保根. 土地生态学[M]. 中国大地出版社, 2006: 270-276.
- [7] He S J, Guo H C, Wei C Y, et al. Land restoration in coal mining fields in China[J]. Acta Geograph. Sin, 1996, 9(3): 12-17.
- [8] Xiao X T, Wang Z H. The research for land destruction by coal mine and reclamation [J]. Opencast Mining Technology, 2001, 17(4): 24-25.
- [9] 赵同谦, 郭晓明, 徐华山. 采煤沉陷区耕地土壤肥力特征及其空间异质性[J]. 河南理工大学学报: 自然科学版, 2007, 26(5): 588-592.
- [10] 樊良新, 牛海鹏, 李瑞华. 资源型城市绿地系统环境压力分析: 以焦作市为例[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(9): 75-77.
- [11] 王仰群. 土地生态设计原理和应用研究[J]. 地域研究与开发, 1990, 7(3): 34-37.
- [12] 卞正富, 翟广忠. 矿区土地复垦规划的理论与实践[M], 北京: 煤炭工业出版社, 1996: 164-168.
- [13] 王仰麟, 韩荡. 农业景观的生态规划与设计[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 265-269.
- [14] 范世民, 胡学军. 放顶煤开采顶煤冒放性分类及其在潞安矿区的应用[J]. 煤炭学报, 2005, 30(2): 177-181.