

矿区沉陷地复垦与生态重建研究

马文明

(平顶山工学院 测量与国土系, 河南 平顶山 467000)

摘要: 采用文献资料法和理论分析法, 探讨了矿区沉陷地复垦与生态重建的若干问题, 目的在于提高矿区环境治理投资效果, 促进矿区可持续发展。构建了矿区沉陷地复垦与生态重建的主要理论、关键技术和投资效果评价方法。最后指出, 矿区沉陷地环境治理中, 应将土地复垦与生态重建相结合。

关键词: 土地复垦; 生态重建; 矿区沉陷地

文献标识码: A **文章编号:** 1000—288X(2008)01—0135—05 **中图分类号:** U492.6⁺4, X171.4

Study of Reclamation and Ecological Rehabilitation for Coal Mining Subsidence Land

MA Wen-ming

(Department of Surveying and Territory, Pingdingshan, Institute of Technology, Pingdingshan Henan 467000, China)

Abstract: The purpose of the study is to explore some problems on reclamation and ecological rehabilitation for coal mining subsidence land, so as to improve the environmental governance investment effect for coal mining area and promote regional sustainable development. The methods of documentation and theoretical analysis are employed to set up the main theories, key techniques, and appraisal methods of investment effect for reclamation and ecological rehabilitation. It can be concluded that in the process of environmental governance for coal mining subsidence land, it is very necessary to combine land reclamation with ecological rehabilitation.

Keywords: land reclamation; ecological rehabilitation; mining subsidence land

可持续发展是当今国际社会的主题。煤炭是我国最主要的一次性能源, 煤炭资源的开采对我国经济建设和社会发展起到了重要的支撑作用, 但也引发了一系列的土地破坏和生态环境问题, 矿区已成为典型的严重受损生态系统^[1]。矿区土地与生态问题, 已成为制约矿区可持续发展乃至区域生态安全的重大隐患, 矿区生态环境综合治理已迫在眉睫。中国煤炭产量的 95% 为井工开采, 矿区沉陷地是采煤损毁土地的主要表现形式, 也是造成矿区生态破坏的主要原因。因此, 矿区沉陷地复垦与生态重建是实现矿区可持续发展的重中之重。

1 开采沉陷区土地和生态环境演变

开采沉陷区是指地下煤炭资源开采后, 采空区上覆岩层的原始应力平衡受到破坏, 依次发生冒落、断裂、弯曲等移动变形, 最终涉及地表, 形成的一个比采

空区面积大的多的近似椭圆形的下沉盆地。开采沉陷造成的土地和生态环境演变主要表现在以下几个方面。

1.1 地形演变

下沉盆地形成过程中, 地表原有地貌形态发生不同程度的变化, 主要是产生附加坡度和裂缝, 丘陵山区沉陷严重时容易形成槽形塌陷, 甚至形成滑坡和泥石流等地质灾害。

1.2 水文演变

影响土地生产力和区域生态环境的水文要素较多, 如地表径流、地表水、地下水水质变化、水位动态变化等, 这些要素对土地生产力和区域生态环境的影响都是间接的或可以通过适当的措施加以避免, 而潜水位变化对作物生长状况的影响最大且最为直接。下沉引起的地表附加坡度形成的地表径流, 不仅容易形成地表积水, 而且容易造成水体污染。地表积水则完

收稿日期: 2007-06-01 修回日期: 2007-09-29

资助项目: 国家自然科学基金(50574095)

作者简介: 马文明(1970—), 男(汉族), 河南省郑县人, 硕士, 副教授, 主要从事测绘与土地管理的教学与研究。E-mail: mwm7001@sina.com。

全改变了土地利用环境,使土地丧失种植能力。开采沉陷引起的地表、潜水位和隔水层下沉有其自身的规律,一般情况下,潜水位面的下沉范围要大于下沉盆地的范围,而隔水层下沉范围要小于下沉盆地范围。因此,在下沉值较小的盆地边缘部分水位埋深增大;下沉值较大的地段水位埋深变浅;下沉盆地中央则有可能出现水位出露地表形成积水^[2]。开采沉陷还会引起排灌条件发生变化,河道坡度与河堤标高变化及地势低洼引起排水不畅,灌溉渠道与设施破坏、地形坡度变化、水源不足等原因影响灌溉。

1.3 土地质量演变

土地质量可用土壤环境条件、土壤理化特性、土壤养分含量反映。开采沉陷首先改变了土壤环境条件(如平整度、坡度、排水、地块形状和大小),地表裂缝与附加坡度使土壤侵蚀和水土流失加速,并显著影响土壤的物理、化学特性和养分含量,使土壤养分流向作物的流率降低,从而使作物生产量下降。地表沉陷可能引起地面附着物破坏,地表积水影响耕种,地表潜水环境发生变化引起土壤次生盐渍化和土地沼泽化^[2]。

采矿沉陷后排灌条件差,防护林防护范围小,地下水埋深不理想是导致开采沉陷区土地生产力下降的主要原因。矿区水土流失是一种重要的土地破坏形式,并且具有不可逆转性,山区矿区的水土流失还容易导致下游河道的淤积。矿区废弃物中的酸性、碱性、毒性或重金属成分,通过地表径流或空气扩散会污染水、大气、土壤及生物环境,并且其影响的区域远远超过矿区的范围。另外,当土地处于绝产状态或长期弃耕时,就不存在作物的根茎叶参与土壤养分循环的可能,因而养分输入量下降,这就使土壤处于不断退化状态。

1.4 生态系统演变

生态系统的状态通常可用生态因子、生态系统的结构和功能表示。生态因子通常又分为非生物因子和生物因子两类,也可将人的活动定义为第三类生态因子。开采沉陷首先引起非生物因子的改变,也就是生物环境的改变,从而引起生物因子、生态系统的结构和功能的改变。非生物因子的变化主要集中在地形、土壤、潜水位埋深、地表积水条件的变化等方面;非生物因子的变化引起植被覆盖量下降,使土地生产力下降,从而引起可供养的生物种类、种群数量、种的空间配置与分布等生态系统的结构变化,造成结构缺损;生态系统的结构缺损,引起系统内物质循环、能量流动和信息联系不畅,造成生态系统的功能下降。第三类生态因子的变化则表现为随土地沉陷加剧,土地

第一性生产力下降,村庄外迁,从事农业生产的人员减少,与矿产品加工有关的行业应运而生。

2 土地复垦与生态重建的基本概念

2.1 土地复垦与生态重建的内涵

中国“土地复垦”一词是从国外翻译过来的,英文为“reclamation”,中文意思是“恢复”,即指将破坏的地区恢复到近似破坏前的状态,主要包括近似恢复破坏前的地形、植物和动物群落也恢复到破坏前的水平。而我国1989年生效实施的《土地复垦规定》,则将土地复垦定义为:“对各种破坏土地恢复到可供利用状态的活动”。《土地复垦规定》颁布实施16a以来,我国在土地复垦的理论和实践方面取得了很大的进步,土地复垦的目标与内涵都有了很大的扩展。就土地复垦的目标来说,不仅将复垦对象恢复到可供利用的状态,还应包括:(1)恢复甚至提高土地的生产力;(2)恢复矿区生态平衡。此外,中国已加入WTO,与国际接轨是必须面对的现实,土地复垦工作也不应例外。“土地复垦”一词来源于国外,胡振琪教授在分析欧美常用来描述“土地复垦”的3个词“restoration”、“reclamation”和“rehabilitation”的定义,并分析各国“土地复垦”的实例、法规及学术团体的组成和研究内容,结合我国实际情况,对我国“土地复垦”提出建议^[3]。“土地复垦目标的扩展:从过去恢复到可供利用状态并侧重复垦为耕地,扩展为恢复土地期望的利用价值和保护生态环境。所谓‘期望的利用价值’是指因地制宜且复垦到一定生产效能的期望的标准状态,既可以注重土地价值,又可以注重生态功能恢复。土地复垦的实际目标可区分为8类:农用地、森林、牧草地(或干草地)、野生物栖息地、娱乐用地、水利及水产养殖、商业用途、综合用途;土地复垦内涵的扩展:从过去偏重土地整治工程,扩展为土地整治的生物措施、复垦土地的景观生态恢复、土地生态系统的生物多样性、土地质量和土地生产效能与效益的恢复。”

“生态重建”(ecological rehabilitation)则是在人们对土地复垦的认识更深入、更全面的基础上,由环境和生态学界在近10a来提出的概念。起初根据“恢复生态学”的原理称之为“生态恢复”,但根据近来的发展看,又不同于“生态恢复”。作者通过分析有关专家对生态恢复和生态重建的定义,认为矿区“生态重建”可表述为:利用景观生态学的原理,对采矿引起的结构缺损,功能失调的极度退化的生态系统,通过人类对其组成、结构和功能进行超前性的计划、规划、安排和调控,结合自然演替的共同作用,使矿区生态

系统朝着人类预期的方向演化的过程,包括土地要素、水文要素、植被要素、景观要素的重建^[3]。

2.2 土地复垦与生态重建的关系

矿区土地复垦与生态重建涉及自然、社会、经济等方方面面,复垦不只是一个简单的土方工程或绿化工程,更重要的是一个复杂的、综合的生态环境治理的系统工程。从土地复垦和生态重建的内容来看,它是利用生物的、工程的、化学的等综合技术措施,保护、恢复、建设和改善生态环境状况的一系列过程。土地复垦与生态重建有着非常密切的关系,土地复垦不仅是土地问题,也是环境问题,是达到生态重建目的的人类改造措施之一;生态重建涵盖土地复垦的内容,是土地复垦的核心和目标;生态意义的复垦才是土地复垦的最终目的;土地复垦的实质是既恢复土地资源,又重建生态平衡。因此,土地的破坏导致生态的破坏,土地的复垦要达到生态的改良,“土地复垦”与“生态重建”应合二为一,称之“生态复垦”,对影响生态环境的各要素都进行改良。

3 土地复垦和生态重建的理论与方法

土地复垦与生态重建应综合运用土地科学、生态科学与环境科学中的基本理论和基本方法,重点是生态演替原理、景观生态学原理和系统论。

3.1 生态演替原理

生态演替可以理解为生态系统特征随时间而变化的过程。H. T. Odum (1983) 认为,生态系统利用它可获得的能量得以发展其结构和功能的有组织过程称为演替,演替是生态系统的时间维,反映生态系统的动态特征。生态演替过程可以通过人类干预过程来控制,而应注意的是,某些受胁迫的生态系统,人类干预作用容易实现,而另外一些则不容易实现;对同一生态系统来说,某些要素容易控制,而另外一些要素则不容易控制^[2]。因此,作者认为,生态演替理论为矿区土地复垦及生态重建时的植被恢复,建立合理的种群格局提供了很好的理论基础。

3.2 景观生态学原理

景观生态学是地理学与生态学之间的交叉学科(景贵和,1990)。景观定义为一个空间异质性的区域,由相互作用的斑块或生态系统组成,以相似的形式重复出现。景观是高于生态系统的自然系统,是生态系统的载体,生态系统是相对同质的系统,景观则是异质的。Forman 和 Godron (1986) 将景观生态学定义为:研究由相互作用的生态系统组成的异质土地区的景观结构、景观功能及景观变化的学问。景观结构主要讨论景观要素:斑块(patch)、廊道(corridor)、

和模地(matrix)各自的作用;景观变化讨论的则是功能与结构的变化,现在的结构可能是过去功能的产物,现在的功能则会造就未来的结构,周而复始,永不停止。

由前面对景观生态学的简要介绍可以看出,景观生态学原理对矿区土地复垦生态重建有较好的指导意义。

(1) 用于评价采矿、复垦等人类行为对景观结构、功能的影响及在景观变化中的作用,并用于土地复垦与生态重建规划。

(2) 从景观生态学原理出发,矿区土地复垦遵循因地制宜原则不一定能获得理想的景观格局,为获得理想的景观格局,在遵循因地制宜原则的同时,应对影响景观变化趋势的有关参数进行人为调控。

(3) 根据斑块、模地、廊道间的相互作用关系,应将村庄、道路的规划纳入矿区土地复垦与生态重建规划中。目前大多数矿区在沉陷与复垦后,将村庄大部搬迁至未受沉陷影响的周边地区,大大减弱了村庄斑块与模地的关系,这对生产是非常不利的。

(4) 生态演替与景观异质性的关系极为密切。景观元素的动态变化会使生态系统朝着一定的方向演化,景观异质性的对生态系统的稳定性具有重要的意义。在矿区土地复垦和生态重建时,应将生态演替与景观生态学原理结合起来应用。

3.3 系统论

矿区土地沉陷后,会造成土地破坏和生态破坏,土地生产力或生态环境存在一个边界,边界以内土地生产力下降或生态遭受破坏,边界以外土地生产力或生态不变。边界的位置与影响土地生产力和生态环境的众多因素有关,这些因素中有的是有形的几何因素,有的则是无形的属性因素,这些有形的、无形的因素组成一个集合 F ,我们定义由一系列要素组成的类似 F 集合所决定的两个系统的边界为土地复垦界面^[2]。一类集合为影响土地生产力的因素集,由此集合决定的界面为土地复垦的生产力界面或土地复垦界面生产力系统;另一类集合为影响复垦区域生态系统特征的因素集,由此集合决定的界面为土地复垦的生态学界面或土地复垦界面的生态系统。

土地复垦与生态重建的目的就是采用工程、生物与经营管理措施改善集合 F (包括土地生产力因素集和生态系统特征因素集) 各元素的取值范围,达到恢复甚至提高生产力,促进生态系统恢复平衡的目的。鉴于系统工程的特点,无论是土地复垦,还是生态重建,都是一个较为复杂的系统工程,将两者结合为一个较大的系统来研究亦是遵循系统论的思想。另外,

矿区土地沉陷后,造成土地生产力和生态环境的破坏边界或破坏范围不一致,土地复垦与生态重建系统的边界应以两者中较大的边界为边界,从集合的角度说,就是各破坏因素集的并集。通常生态重建的范围,无论是几何的还是属性方面,均较土地复垦为广,所以应以生态重建边界为基准,这样土地复垦的着眼点就不能限于土地破坏边界,需要以生态重建边界为边界。作者认为生态重建边界应以流域边界为基准。

4 矿区沉陷土地复垦与生态重建技术

4.1 传统土地复垦技术

矿区沉陷地改变了原有地貌,形成附加坡度,造成地表径流和地面积水,改变了的土壤的理化特性和养分含量,还易因周围其它污水的汇入形成土壤污染。传统的土地复垦技术主要包括工程复垦技术和土壤修复技术^[4]。工程复垦的目的在于根据复垦规划用途重塑地貌并构建有利于植物生长的土壤剖面,包括平整法、充填法、挖深垫浅法、疏排法、梯田法及其综合复垦技术。土壤修复的目的是改善土壤的理化特性和养分含量,常用方法有物理修复、化学修复、生物修复、农业修复措施和增施土壤改良剂。生物修复包括动物修复、植物修复、微生物修复、植物—微生物及动物联合修复;农业修复措施有增施有机肥提高土壤的环境容量,控制土壤水分,选择合适形态的化肥,选种抗污染农作物品种等。

4.2 生态工程复垦

生态工程复垦是根据生态学和生态经济学原理,应用土地复垦技术和生态工程技术,对沉陷、挖损、压占等采矿破坏土地及其它各种人为活动和自然灾害损毁的土地进行整治和利用^[5]。它是广义的农业复垦,其实质是在破坏土地的复垦利用过程中发展生态农业,按照生态学中的生态位原理、食物链原理和养分循环原理等,建立一种多层次、多结构、多功能集约经营管理的综合农业生产体系。矿区生态工程复垦规划的内容有系统结构规划和工艺规划,结构规划又包括营养结构、平面结构、垂直结构和时间结构规划等,其中营养结构规划是基础。

生态工程复垦不是某单一用途的复垦,而是农、林、牧、副、渔、加工等多业联合复垦,并且是相互协调,相互促进,全面发展;它是对传统土地复垦技术,按照生态学原理进行的组合与装配;它是利用生物共生关系,通过合理配置农业植物、动物、微生物,进行立体种植、养殖业复垦;它是依据能量多级利用与物质循环再生原理,循环利用生产中的农业废物,使农业有机废弃物资源化,增加产品输出;它充分利用现

代科学技术,注重合理规划,以实现经济、社会和生态效益的统一^[6]。

4.3 流域控制技术

我国目前对矿区沉陷地的复垦还仅限于直接造成破坏的土地,还没有将地下水位的下降或上升、含水层的疏干与破坏、周边地区土壤的污染、下游河道的淤积等其间接造成的破坏纳入复垦的范畴,其结果是在进行复垦研究与实践时,往往就事论事,治表不治里,遇到自然灾害,复垦成果很快被毁。水文学中的流域是指一个水系的干流和支流所流经的整个地区,水土保持学中将小流域定义为一个完整的自然集水区,自然集水区由一系列分水系围成。因此,矿区沉陷地复垦与生态重建最好的方法之一,就是采用流域控制技术,这也符合系统论的思想。这里所说的流域控制技术,就是考虑复垦工程的布局在流域中的位置,或者说矿区所处流域位置不同,其所承担的生态功能及复垦的方向应有所区别,这样才能使重建的矿区生态系统具有较高的稳定性,使土地复垦工程发挥其应有的效能^[2]。

山区土地复垦与生态重建的流域控制法,应以流域为单位编制土地复垦与生态重建规划,要求同一流域的各矿井(山)采取协调一致的行动,进行功能区的划分,以提高整个流域的土地利用效率和生态环境质量为目标,而不能只顾局部地区的利益。主要规划内容包括:功能区划分,固体废弃物排放规划,矿区水资源调蓄规划,植被规划,矿山生态系统演替模式规划。平原矿区土地复垦与生态重建的流域控制法通常可采取的措施有:总体排水规划与土地复垦总体规划相结合,矿井地面排水规划与土地复垦规划相结合。经过总体排水规划,可以充分发挥复垦区排灌系统效益,服务于较大的复垦区域,减小盲目排水造成的水利工程浪费,且若经过总体排水规划,某些沉陷积水区的治理甚至是不可能的。另外,流域控制技术还可通过对流域水文特征进行调控来补偿地下水位的变化,使其达到理想的状态,其具体实施步骤是:首先采取防洪措施,防止洪水侵入,减小地表径流汇聚面积;其次是对地下水位埋深较浅的沉陷区域实施地下水位控制。地面流域控制与一般地区的流域控制类似,其控制办法包括水源控制、水量控制和流域范围控制。

4.4 生物多样性指数在土地复垦与生态重建中的应用

生物多样性(biodiversity)主要指在一定空间范围内多种多样的活有机体和生境的丰富性及其变异性,主要涉及多度和丰度 2 个指标。生物多样性指数是评价土地复垦质量的重要指标,在复垦规划阶段可

用于复垦用地结构的优化。生态学上,表示生物多样性的指数分 3 类:多度指数、丰度指数及多度与丰度相结合的指数(张建华,1993,M. H. Pelkki,1996)。参照多度与丰度相结合的 Shannon 多样性指数,在土地复垦与生态重建规划中,设:用地类型有 S 类,各类用地在总面积中的百分比为 P_i , i 为第 i 类土地生物生产带来的收益。可构建反映土地利用结构多样性指数。

Shannon 多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (1)$$

土地利用结构多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{i P_i}{\sum_{i=1}^S i P_i} \ln \frac{i P_i}{\sum_{i=1}^S i P_i} \quad (2)$$

为简便起见,可将已利用土地的收益看成是均等的,而将未利用的土地收益看成是 0。也可首先对各类已利用土地的收益进行综合评估,再用公式(2)进行计算,这时可将居民点和交通等非生物性生产用地,用其它生物性生产用地的平均收益表示。仅有多样性指数是不够的,还应有一恰当的评价标准,这里我们作如下假设,在一定区域范围内,土地利用的类型与生态系统类型成正比,即生态系统类型的多样性由土地利用类型多样性决定,且未利用土地对多样性的贡献为 0,则在土地利用为 8 大类的情况下,多样性指数 $H \in \{0, 1.945 9\}$, H 值越大说明系统结构越合理,越稳定,生态系统类型越多。

以土地利用多样性指数为基础,可得出一个很重要的结论:对采矿形成的积水洼地不必全部填平恢复为种植业用地,而可以对低洼地采取修整措施,使之适合水产养殖、水生植物种植或休闲游乐场所,尽量提高土地的生物量,从而保证复垦土地生态类型的多样性,这是符合生态学标准的。

5 土地复垦与生态重建的阶段划分

5.1 采矿阶段的划分

对于井工开采煤矿来说,采矿可分为如下几个阶段:地质勘探、基本建设、投产至达产、达产后的稳定期、产量衰减至报废等 5 个阶段。达产后,土地逐步沉陷并呈逐年增加趋势,经过一定时间后土地沉陷为矿区主要用地类型。虽矿井进入衰退期,土地沉陷量逐年减小,最终至零。整个采矿期内,土地沉陷滞后于煤炭开采。

5.2 土地复垦与生态重建的阶段划分

从采矿阶段的划分及不同阶段对土地的破坏与占用情况分析,土地复垦可划分为以下 3 个阶段:地

质勘探至投产的预复垦阶段、稳产期的平衡复垦阶段、衰退期的大规模复垦阶段。对应于土地复垦的 3 个阶段,生态重建可分为规划期、整治期和重建成熟期 3 个时期。

6 土地复垦与生态重建投资效果评价

6.1 土地复垦与生态重建效益评价

土地复垦与生态重建的效益评价包括经济效益、社会效益和环境效益 3 方面。各种效益都有不同的评价指标,同时 3 者间又有密切的关系。经济效益可理解为直接经济效益,社会效益又可带来间接经济效益,环境效益可保证长远的经济效益和社会效益,只有保证经济效益、社会效益和环境效益的统一,才可保证土地复垦与生态重建取得最大的收益。该关系可用式(3)表示。

$$P = \frac{a_1}{1 + r_1} + \frac{a_2}{(1 + r_1)(1 + r_2)} + \dots + \frac{a_n}{(1 + r_1)(1 + r_2) \dots (1 + r_n)} + \dots \quad (3)$$

式中: a_n ——各期的经济效益和社会效益; P ——收益现值; r_n ——各期的收益还原率。土地复垦与生态重建的效益不仅表现在各期的经济效益,还表现在 a_n 上,更重要的是要求收益现值 P 最大。

6.2 区域可持续发展评价

按照《中国 21 世纪议程》,矿区可持续发展应包括社会可持续发展,经济可持续发展,资源与环境的合理利用与保护 3 方面^[7]。

6.2.1 区域社会可持续发展评价 区域社会可持续发展对矿区土地复垦和生态重建的要求是减缓人地矛盾和工农争地矛盾。可采用 PSR 指标来衡量: P (pressure) 可用煤炭采出量和固体废弃物排放量表示; S (state) 可用万吨沉陷率和年土地破坏与占用量表示; R (response) 用土地复垦率、年土地复垦总量及复垦后的各类用地面积表示。如果某区域年土地复垦量大于年土地破坏量,可认为是持续发展的。

另外还可以用人均土地拥有量或人均耕地拥有量及农业从业人员数量等指标来表示区域社会发展的持续性。

6.2.2 区域经济可持续发展评价 在土地破坏严重的矿区,农村经济受到严重影响,而通过复垦,土地又成为农村经济发展的新的增长点。因此,评价土地复垦和生态重建是否满足矿区经济可持续发展的要求,可用复垦土地的产值在农业总产值中的比例及农业总产值的变化表示。

(下转第 144 页)

游客和居民的安全意识,应该在危害游客安全的泥石流灾害点设置标识和警示牌,指明安全的行走路线和逃逸路线。同时,设置灾害宣传布告栏,向游客和当地群众宣传普及防灾减灾和自救知识,提高预防灾害的意识和能力。

4.4 系统开展泥石流灾害治理和生态保护

对于严重威胁到景观、旅游设施和游客安全的灾害点,应尽快开展灾害防治项目的规划建议、可行性研究和立项工作,分期分批按照轻重缓急,采取工程措施,进行治理。在治理的同时,不能破坏景观环境,做到治理工程与景观资源、生态环境相协调,充分利用一些环保的材料和采用有利于环保的设计和施工方法。在景区认真做好水土保持和生态保护工作。随着冰川的退缩,沟谷两侧一定高度的坡地成为裸露的地表,而植被自然恢复需要一定的时间。同时,冰川末端也是第一个大的降水带,充足的降水造成严重的水土流失,为泥石流暴发提供了条件。因此,需在冰川末端沟谷两侧做好水土保持工作,封山育林,人工栽种与自然生长并进,可以促进景区景观的协调与发展。

致谢:中国科学院贡嘎山高山生态观测研究站陈斌如研究员为本研究提供了所需的气象数据,在此表示诚挚的谢意。

[参 考 文 献]

- [1] 天下四川网.蜀山传奇——贡嘎山[OL]. http://www.gogook.com/news/scyjgl/10_05_04_46.shtml. 20070425.

- [2] 中国科学院成都地理研究所.贡嘎山地理考察[J].重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1983.
- [3] 胡发德.四川贡嘎山地区泥石流及其防治[J].水土保持通报,1985,5(5):38—41.
- [4] 吕儒仁.贡嘎山东坡和北坡的山地灾害[J].山地学报,1991,9(2):131—135.
- [5] 陈晓清,崔鹏,陈斌如,等.海螺沟 050811 特大泥石流灾害及减灾对策[J].水土保持通报,2006,26(3):122—126.
- [6] 王士革,钟敦伦,谢洪.庐山风景区犁头尖北坡泥石流及其防治[J].水土保持通报,2001,21(6):33—36.
- [7] 崔鹏,柳素清,唐邦兴,等.风景区泥石流研究与防治[M].北京:科学出版社,2005:71—112.
- [8] 徐小飞,马东涛,何德伟,等.贡嘎山地区泥石流形成的水热组合[J].山地学报,2007,25(4):431—437.
- [9] 胡发德.从磨西台地堆积的砾石层特征探讨贡嘎山地区泥石流的演变[C]//泥石流学术讨论会兰州会议文集,四川科学技术出版社,1986:167—170.
- [10] 吕儒仁.贡嘎山区一次特大泥石流[J].冰川冻土,1992,14(2):174—177.
- [11] 吕儒仁,高生淮.贡嘎山海螺沟冰川冰舌地段的泥石流[J].冰川冻土,1992,14(1):73—80.
- [12] 吕儒仁,罗辑.海螺沟冰川冰舌地段近期环境变化[C]//山地灾害与山地环境.成都:四川大学出版社,2001:75—88.
- [13] 马东涛,冯自立,张金山,等.7.19 云南腾冲滑坡泥石流灾害调查报告[J].水土保持通报,2004,24(6):67—71.

(上接第 139 页)

6.2.3 区域资源与环境的合理利用与保护评价 区域资源与环境的合理利用与保护包括土地资源、土壤资源、水资源及大气环境、水环境及社区环境的合理利用与保护。土地资源和土壤资源除总量控制外,还应具有持续生产能力,可用土地退化率表示,分面积退化率和质量退化率。水资源的利用与保护包括地下水水位及水量变化,地表水和地下水的水质变化。

7 结论

土地沉陷是井工开采煤矿区土地损毁的主要表现形式,也是造成矿区生态破坏的主要原因。要进行矿区环境治理,主要任务是沉陷地复垦与生态重建,土地复垦与生态重建也有着非常密切的关系。土地复垦与生态重建应综合运用土地科学与生态科学中的基本理论和基本方法,重点是生态演替原理、景观生态学原理和系统论。土地复垦与生态重建应满足经济、社会、环境的综合效益,才能使其投资的总收益

现值最大,同时也应使土地复垦与生态重建满足矿区可持续发展的目标要求。

[参 考 文 献]

- [1] 范英宏,陆兆华,程建龙,等.中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术[J].生态学报,2003,23(10):2144—2152.
- [2] 卞正富.矿区土地复垦界面要素的演替规律及其调控研究[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [3] 胡振琪,赵艳玲,程玲玲,等.中国土地复垦目标与内涵扩展[J].中国土地科学,2004,18(3):3—8.
- [4] 尹德涛,南忠仁,金成洙,等.矿区生态研究的现状及发展趋势[J].地理科学,2004,24(2):238—244.
- [5] 付梅臣,陈秋计,谢宏全,等.煤矿区生态复垦和预复垦中表土剥离及其工艺[J].西安科技学院学报,2004,24(2):155—158.
- [6] 白中科,王文英,李晋川,等.矿区生态重建基础理论与方法研究[J].煤矿环境保护,1999,13(1):10—14.
- [7] 陈龙乾.矿区土地演变监测与可持续利用研究[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003:68—75.