

矿山土地复垦的新理念与新技术——边采边复

胡振琪,肖武

(中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所,北京 100083)

摘要:从环境保护和科学开采的理念和要求出发,提出了采矿与复垦同步进行(即边采边复)的科学依据,介绍了美国采矿与复垦法规对边采边复的要求和露天矿山开采-复垦一体化的发展历程及进展,针对我国井工煤矿“先破坏、后复垦”导致土壤资源损失、恢复土地率低、复垦时间长等问题,阐述了边采边复的必要性和可行性。实践证明,边采边复技术对减轻土地损伤、缩短复垦时间、保护土壤资源、提高土地恢复率和增加复垦效益具有重要作用。

关键词:边采边复;土地复垦;科学开采;绿色开采;环境保护

中图分类号:TD88 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2013)09-0178-04

New Idea and New Technology of Mine Land Reclamation: Concurrent Mining and Reclamation

HU Zhen-qi, XIAO Wu

(Research Institute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: From the idea and requirements of the environment protection and scientific mining, the paper provided the scientific basis of the mining and reclamation concurrently conducted and introduced the requirements of the mining and reclamation by the US Mining and Reclamation Act and the development course and progress of the surface mining-reclamation integration in China. According to the problems of the land resource lost, low land reclamation rate, long reclamation time and others caused by the underground mining with failure first and reclamation second in China, the paper stated the necessity and feasibility of the concurrent mining and reclamation. The practices showed that the concurrent mining and reclamation could play an important role to reduce the land failure, reduce the reclamation time, protect soil resources, improve the land reclamation rate and increase the reclamation benefit.

Key words: concurrent mining and reclamation; land reclamation; scientific mining; green mining; environment protection

0 引 言

煤炭是我国最主要的能源,占一次能源的 70% 左右。随着经济的迅速发展,我国煤炭产量持续增长,煤炭产量由 1992 年的 11.10 亿 t 上升到 2012 年的 36.60 亿 t, 平均每年的增产达到 1.275 亿 t, 相当于波兰 2011 年的煤炭产量。大量的煤炭开采为经济发展带来重大贡献的同时,也不可避免地对土地造成了破坏,并引发大气和水的污染,以及水土流失与地质灾害等一系列环境和社会问题。由于地域差异,煤炭开采对土地和环境造成影响和破坏的方式与程度也有所不同。我国东部潜水位比较高的区域

沉陷区已形成大面积的积水地和沼泽地,如山东兖州、滕州和安徽淮南、淮北等地区采煤沉陷地的 85% 以上为可耕地,直接威胁我国 12 000 亿 m² 耕地红线和粮食安全。西部多是水土流失严重区和生态脆弱的风沙区,在矿产资源开发的影响下,因水土流失加剧、水资源枯竭、地下水疏干等问题,沙生植物枯死,植被覆盖率降低,土地风蚀和荒漠化程度加剧,生态环境进一步恶化。在西南部,矿产资源的开发诱使地质灾害频发,滑坡、泥石流等灾害严重威胁着当地居民的生产和生活安全。保守估计,截止到 2010 年底我国由于煤炭资源开采累计沉陷面积超过 100 万 km², 且以每年 3.0 万~4.7 万 hm² 的速度

收稿日期:2013-05-24;责任编辑:代艳玲

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项资助项目(200911015-03)

作者简介:胡振琪(1963—),男,安徽五河人,教授,博士生导师,博士。E-mail:huzq@cumt.edu.cn

引用格式:胡振琪,肖武.矿山土地复垦的新理念与新技术——边采边复[J].煤炭科学技术,2013,41(9):178-181.

增加^[1]。我国煤炭资源与耕地资源分布复合区域面积占全国耕地总量的40%以上^[2],可见,煤炭开采对我国的土地,特别是耕地资源的损毁十分严重。

对损毁土地的复垦,不仅是土地问题,更是环境问题。土地复垦是恢复土地使用价值和改善环境的有利措施,是达到资源开发与环境保护双赢,实现可持续发展的重要途径。我国从20世纪80年代开始有组织地复垦,取得了一定成绩,但与环境领域的“先污染、后治理”的状况一样,大都是“先破坏、后复垦”。当前环境保护的理念已经从“末端治理”向“源头控制”、“过程管理”与“防治结合”的方向发展,因此,土地复垦的理念也需要转变,也应遵循环境保护的新理念,探寻一种更为科学的、开采与复垦同步进行的新的复垦理念和技术。

1 煤炭开采与生态环境修复应同步进行

钱鸣高等^[3-4]认为科学采矿是指实现既能最大限度地高效采出煤炭资源而又保证安全和保护环境的开采技术,科学采矿主要包括机械化高效开采、绿色开采、安全开采及提高资源采出率等方面。为了使煤炭行业健康发展必须实现科学采矿。要实现科学采矿,必然要求实行煤炭完全成本化,煤炭成本应包括生产成本、安全成本、环境成本、资源成本、发展成本等方面。其中环境成本主要指由于开采造成的环境破坏带来的损失以及治理所需的费用等。

谢和平等^[5]针对我国煤炭资源开采的现状及其存在的问题,提出了煤炭资源“科学开采”和“科学产能”的概念和内涵。认为科学开采主要包括安全开采、绿色开采和高效开采。在此基础上提出了生产安全度、生产绿色度、生产机械化程度的煤炭科学产能评价指标体系与标准。提出的估算标准也将矿山生态保护程度、生态恢复度作为重要指标列入科学产能计算。结果表明:2010年我国煤炭产能得分平均为42.58分,按科学产能标准得分在70分以上的煤炭产量为10.78亿t,仅占全国煤炭总产量的33.27%;而美国、澳大利亚、英国、德国等世界先进产煤国的煤炭科学产能得分均在90分以上,我国与世界先进水平差距较大,应当全面推行科学开采和科学产能的理念,坚持煤炭科学开采,全面提升我国煤炭开采的科学化水平。

根据我国煤矿开采现有的科学技术水平,综合考虑环境、安全等各种因素,实际上我国目前煤炭产

量中,与世界先进国家相比,仅有约1/3属于科学性开采,其余多属超能力或不规范的过度开采。我国目前煤炭产能的开发,已大幅超出了本行业在资源、技术、环境、安全等方面所能承载的极限能力^[6]。科学开采与绿色开采要求在煤炭开采的同时兼顾科学技术的发展程度和环境的承载力水平^[7-8]。科学开采的理念对土地复垦也提出了更高的要求,要求采矿尽可能减少对土地和环境的损伤,土地复垦应与采矿同步进行,即边开采边复垦,保障损毁土地和环境的及时修复和低治理成本。在煤炭开采的同时就进行复垦,是减少环境损伤,实现绿色开采的重要保障。

2 露天矿采矿-复垦一体化技术进程

1977年8月3日美国颁布的《露天采矿管理与复垦法》(Surface Mining Control and Reclamation Act)明确要求露天开采煤矿应当边开采,边复垦^[9]。美国露天开采的煤矿基本都是采用采矿-复垦一体化工艺,随着开采的进行逐步安排损毁土地的复垦^[10],因此,美国土地复垦率相对较高,达到50%以上。西班牙等西方发达国家对于露天矿的开采也相应采取了采矿-复垦一体化技术^[11],即在露天矿实施开采与复垦的同步进行。

20世纪90年代,我国有关单位就共同完成了山西孝义铝矿剥离-采矿-复垦一体化技术的试验和应用^[12],取得了良好效果。随后,又有学者进行了更为深入的研究,才庆祥等^[13]采用线性规划对表土资源的流量和流向进行优化控制,在表土剥离与土地复垦工艺间的合理配合及其参数设计、表土资源优化配置等方面进行了研究。马从安等^[14]的研究成果表明采用采矿-复垦一体化模式,一方面减少了挖占土地面积,降低了大气粉尘污染;另一方面由于及时进行边坡复垦,植被的根系提高了排土场边坡的抗剪强度,使边坡的稳定性得到提高,减少了水土流失;最后,由于植被量的增加,吸收了一部分采掘机械、重载卡车等大型设备产生的噪声,降低了露天采场的噪声污染。通过对准格尔矿区表土剥离与复垦一体化的模拟研究,也证明采矿与土地复垦一体化作业有着非常优越的条件,可以产生明显的时间效益和经济效益,通过移设输送带,节约复垦费用达到5120万元,并有效地减少了环境破坏^[15]。

采矿-复垦一体化工艺与技术露天煤矿和非

煤矿中都得了很好的应用^[16]。露天矿采矿-复垦一体化工艺与技术由于实现了源头控制,规范了过程管理,在采矿设计之初就将后期的复垦与治理纳入统筹考虑,使得采矿与复垦的利益最大化,已经成为国内外公认的必然选择,其实质就是边开采边复垦,是一种开采与复垦同步的技术。

3 井工矿边采边复的必要性及可行性分析

3.1 边采边复的概念

经过近30年的土地复垦,全国土地复垦率已经达到25%左右^[17],其中采煤沉陷地复垦面积也达到15万 hm^2 以上,初步形成了以充填与非充填复垦为主要技术手段的稳沉采煤沉陷地治理技术。但是,目前所采取的复垦与治理措施都属于“末端治理”,即“先破坏,后复垦”,常导致复垦效率低,复垦土地率低、复垦弹性差等现象。针对露天煤矿采取的边开采边复垦技术,相继有学者提出预复垦^[18]、超前复垦^[19-20]、动态复垦^[21-22]等概念和方法,胡振琪等^[23]也提出了井工开采煤矿边采边复(Concurrent Mining and Reclamation, CMR)的概念、原理与方法。由于井工煤矿通常是多煤层开采、地表沉陷处于不断变化之中,因此,井工煤矿边采边复难度较大。

井工煤矿边开采边复垦是在充分考虑地下开采与地面复垦措施耦合的基础上,通过调整土地损毁的开采措施,优选沉陷前或沉陷过程中的复垦时机与方案,实现采矿与复垦同步进行的一种复垦技术。边采边复强调开采工艺与复垦工艺的充分结合,以保证按采矿计划同步进行,其基本特征是以“采矿与复垦的充分有效结合,即采矿复垦一体化”为核心,以“边采矿,边复垦”为特点,以“提高土地恢复率、缩短复垦周期、增加复垦效益”为表征,并以“实现矿区土地资源的可持续利用及矿区可持续发展”为终极目标,其基本内涵为地下采矿与地面复垦的有机耦合:一方面,基于既定的采矿计划,在土地沉陷发生之前或已发生但未稳定之前,通过选择适宜的复垦时机和科学的复垦工程技术,实现恢复土地率高、复垦成本低和复垦后经济效益、生态效益最大化;另一方面,通过优选采矿位置、采区和工作面的布设方式、开采工艺和地面复垦措施,实现土地恢复率高和地表损伤及复垦成本的最小化^[23]。现阶段边采边复主要还是基于井下采矿工艺和时序进行的复垦时机和方案的优选,未来将逐渐过渡到井下采

矿与井上复垦的有机耦合。

3.2 边采边复的必要性

边采边复技术理论上适用于所有井工矿山,但对高潜水位地区由于土地沉陷后容易积水造成土地的永久损失,恢复土地率低,更显现出其必要性和紧迫性。以山东济宁为例,截止到2009年底,采煤沉陷地总面积为23 432.49 hm^2 ,其中积水面积为7 849.51 hm^2 ,占沉陷总面积的33.50%,这些积水面积大都无法恢复。据预测,到2030年,采煤沉陷地总面积69 627 hm^2 ,其中常年积水的重度破坏面积为28 831 hm^2 ,占总沉陷面积的41.41%,季节性积水的中度破坏面积为23 780 hm^2 ,占总沉陷面积的34.15%,按季节性积水可以复垦土地60%计,约有55%的土地沉入水中无法恢复,可见传统土地沉陷稳定后复垦的弊端。如果在未稳沉前就采取复垦措施,实行边开采边复垦,在淮北地区的案例分析中可提高土地恢复率30%^[23]。经预计,我国位于高潜水位的平原矿区(如安徽、山东、河南、河北等地)采煤最终造成的沉陷面积将达31 813.33 km^2 ,其中最终造成的积水面积超过19 088 km^2 。传统复垦通过挖深垫浅技术只能拯救未形成常年积水的沉陷土地,最终恢复土地面积为12 725.33 km^2 ,约为沉陷总面积的40%。通过采用边采边复技术,可增加恢复土地面积约6 680.8 km^2 ,最终土地恢复面积提高到19 406.13 km^2 ,约为沉陷总面积的61%,因此,边采边复对提高土地恢复率、特别是耕地恢复率是十分必要的。

传统土地沉陷稳定后再复垦,因多煤层、大范围开采,沉陷时间长,沉陷的土地通常长期荒废,也影响区域环境。采用边采边复可及时复垦,提高土地利用效率,增加复垦效益。对西部地区的边采边复主要是基于地表生态脆弱的状况,及时调整开采工作面的尺寸和布置,扩大充分采动的均匀沉陷面积,减少和减轻裂缝的影响并及时进行裂缝的治理,从而有效遏制和及时修复采煤对西部生态环境的影响。

3.3 边采边复的可行性

边采边复来自于实际的需求,一些矿山已经进行的预复垦、超前复垦、动态复垦等^[18,21-22]都是边采边复的具体实践,已经取得了显著的经济效益。笔者与皖北煤电集团公司合作于2003年完成了“动态预复垦研究”的科研项目,通过在安徽的试验,在考虑内部土方平衡即无外来客土的条件下,选取挖

深垫浅为主要复垦措施,采用挖掘机、推土机结合的方式进行施工,边采边复技术比沉陷稳定后再复垦恢复出多达 37.59% 以上的耕地面积^[24]。提出边采边复的概念和方法,是对前期各种“非末端治理”复垦技术的提炼和总结,更是根据环境保护和科学开采的要求进行的提升。边采边复实施的关键是选择合适的复垦位置和时机,以及合理确定复垦标高^[19,23],所采用复垦的措施大都可以采用以往的成熟技术,因此,边采边复是可行的。在高潜水位井工煤矿的边采边复技术既能减少施工难度,又能保护珍贵的表土资源,大幅提高了复垦耕地率。在现有技术条件下,优选后的边采边复规划能最大限度地复垦出耕地资源,对高潜水位煤矿区耕地保护与粮食安全的保障具有积极意义。

4 结 语

煤炭开采不可避免地导致土地损毁和一系列的环境问题,传统的复垦理念和技术大都是针对沉陷稳定后再进行复垦,存在二次沉陷问题,导致复垦后的土地再次损毁。高潜水位开采导致土地沉陷后容易积水,永久失去耕作能力,大量宝贵的土壤资源沉入水中;由于多煤层开采,沉陷稳定的时间很长,导致大量土地长期荒芜;西部煤矿区生态脆弱,采矿扰动损伤大,若不进行及时治理,将加剧生态恶化。因此,采取合理的采矿减损措施,以及超前或在采矿过程中就采取适宜的复垦措施,对减轻土地损伤、缩短复垦时间、保护土壤资源、提高土地恢复率和增加复垦效益都具有重要作用。现代环境保护和科学开采都要求避免“末端治理”,国外有关法规要求开采与复垦同步,国内外的露天开采已经实现采矿-复垦一体化,井工煤矿边采边复概念已经被提出并得到一定的实践,因此,边采边复不仅是矿山土地复垦的一种先进技术、也是对矿山土地复垦的必然要求,将成为今后矿山土地复垦的引领方向,也是实现科学开采与绿色开采的重要保障。

参考文献:

[1] HU Zhen-qi, XIAO Wu. Review and Prospect of Subsidence Land Reclamation in China Coal Mining Areas [C]//Proceedings of Twenty Second International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. New Delhi, India, 2012: 167-174.
[2] 胡振琪, 骆永明. 矿产与粮食复合主产区环境质量和粮食安全的问题、成因与对策[J]. 科技导报, 2006, 24(3): 93-94.

[3] 钱鸣高, 许家林, 缪协兴. 煤矿绿色开采技术的研究与实现[J]. 能源技术与管理, 2004(1): 1-4.
[4] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林, 等. 论科学采矿[J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(1): 1-10.
[5] 谢和平, 王金华, 申宝宏, 等. 煤炭开采新理念: 科学开采与科学产能[J]. 煤炭学报, 2012, 37(7): 1069-1079.
[6] 谢和平, 钱鸣高, 彭苏萍, 等. 煤炭科学产能及发展战略初探[J]. 中国工程科学, 2011, 13(6): 44-50.
[7] 钱鸣高, 许家林, 缪协兴. 煤矿绿色开采技术[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(4): 343-347.
[8] 钱鸣高, 许家林. 科学采矿的理念与技术框架[J]. 中国矿业大学学报: 社会科学版, 2011(3): 1-7.
[9] Hemenway, David S. Surface Mining [M]. Baltimore, Maryland: Port City Press, 1990: 1056-1058.
[10] Bonta, James V. Impact of Coal Surface Mining and Reclamation on Surface Water Chemical Concentrations and Load Rates in Three Ohio Watersheds [J]. Journal of the American Water Resources Association, 2003, 39(4): 793-815.
[11] Kabas S, Acosta J A, Zornoza R, et al. Integration of Landscape Reclamation and Design in a Mine Tailing in Cartagena-La Union, Se Spain [J]. International Journal of Energy and Environment, 2011, 2(5): 301-308.
[12] 赵继新, 孙兆学. 剥离-采矿-复垦一体化新工艺开创矿山土地复垦新局面[J]. 有色金属工业, 1995(7): 51-53.
[13] 才庆祥, 高更君, 尚涛. 露天矿剥离与土地复垦一体化作业优化研究[J]. 煤炭学报, 2002, 27(3): 276-280.
[14] 马从安, 才庆祥, 韩可琦, 等. 基于 SD 的露天矿生产与生态重建一体化系统模型[J]. 中国矿业, 2004, 13(4): 45-47.
[15] 杨海春, 尚涛, 周伟, 等. 准格尔矿区表土剥离与复垦一体化研究[J]. 煤炭技术, 2010, 29(9): 67-69.
[16] 冯恒强. 平果铝土矿采矿-复垦联合工艺的应用与研究[J]. 金属矿山, 2008(8): 26-29.
[17] 罗明, 王军. 公众全程参与科技动态监测: 澳大利亚土地复垦的经验与启示[N]. 中国国土资源报. 2013-05-03(7).
[18] 李太启, 戚家忠, 周锦华, 等. 刘桥二矿动态沉陷区预复垦治理方法[J]. 矿山测量, 1999(2): 57-58.
[19] 赵艳玲, 胡振琪. 未稳沉采煤沉陷地超前复垦时机的计算模型[J]. 煤炭学报, 2008, 33(2): 157-161.
[20] 汪瑞侠. 任楼煤矿利用煤矸石综合治理沉陷区的效益[J]. 煤炭加工与综合利用, 2009(2): 43-44.
[21] 董祥林, 陈银翠, 欧阳长敏. 矿区沉陷地梯次动态复垦研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(3): 45-47.
[22] 张友明, 代晓东. 动态沉陷复垦在高潜水位采煤沉陷区中的应用[J]. 矿山测量, 2004(3): 49-51.
[23] 胡振琪, 肖武, 王培俊, 等. 试论井工煤矿边采边复技术[J]. 煤炭学报, 2013, 38(2): 301-307.
[24] HU Zhen-qi, XIAO Wu. Optimization of Concurrent Mining and Reclamation Plans for Single Coal Seam: a Case Study in Northern Anhui, China [J]. Environmental Earth Sciences, 2013, 68(5): 1247-1254.