

文章编号: 0253-9993(2007)01-0001-07

# 资源与环境协调 (绿色) 开采

钱鸣高, 缪协兴, 许家林

(中国矿业大学 能源与安全工程学院, 江苏 徐州 221008)

**摘 要:** 分析了研究煤炭资源绿色开采的必要性和意义, 对煤炭资源绿色开采的内涵作了进一步的阐述, 介绍了绿色开采技术体系框架及其研究进展. 从煤炭经济与管理角度, 分析了实现绿色开采存在的困难, 并提出了相应的政策建议.

**关键词:** 煤炭资源; 绿色开采; 循环经济; 关键层

## Green mining of coal resources harmonizing with environment

QIAN Ming-gao, MIAO Xie-xing, XU Jia-lin

(School of Mining and Energy Resources Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

**Abstract:** The necessity and significance of researching the coal resource green mining were analyzed, especially the connotation of green mining was further explained. Companied with the discussion on the technological system of coal resource green mining and research status were analyzed in depth, The difficults to develope green mining were analyzed from the viewpoint of coal economic and management, some policy proposals were put forward.

**Key words:** coal resource; green mining; circular economy; key strata

在我国一次能源结构中, 煤炭将长期是我国的主要能源, 煤炭工业能否健康发展是事关我国能源安全 and 经济可持续发展的重大问题. 目前, 尽管我国的煤炭产量和消费已占世界的 1/3, 但整个煤炭行业距离经济有竞争力、充分考虑安全与环境保护的健康发展还有很多问题没有根本解决. 资源与环境协调开采是解决煤炭开采环境问题的根本出路.

关于资源与环境的几点认识: ① 环境是一种资源, 自然环境是亿万年来自然力作用的结果. 有些稀缺公共资源, 破坏后很长时间得不到恢复, 因而具有不可逆性. ② 环境通过各种各样过程转化为人类生产和消费产生废弃物的能力称为环境的自净能力, 也称为环境容量. ③ 矿产资源与土地、水、植被等环境要素紧密相关. 大规模地开采将直接构成对环境的威胁和破坏. ④ 过去由于环境资源没有进入经济系统的分析过程, 导致环境不断恶化, 环境资源稀缺程度不断提高, 由此, 生产与环境协调的技术创新就成为社会的, 甚至市场的必然需求<sup>[1]</sup>.

## 1 煤炭与主体能源

制约我国经济发展的突出瓶颈是能源. 由于我国的资源赋存情况, 能源资源储量中煤炭占 92%, 石油占 2.9%, 天然气占 0.2%, 水电占 4.7%. 近期我国煤炭生产与消费占整体能源的 70%, 而油气仅占 20%. 发展可再生能源是能源战略的选择, 但太阳能与风能能量密度极低, 高度分散, 利用成本高. 有人

收稿日期: 2006-11-21 责任编辑: 高雪梅

作者简介: 钱鸣高 (1932-), 男, 江苏无锡人, 中国工程院院士, 教授, 博士生导师. Tel: 0516-83885581, E-mail: mgqian@cumt.edu.cn

认为高度分散的太阳能、风能和生物质能应服务于农村和小城镇。因此,进入常规还有一个过程,而煤炭在近几十年仍然是我国的主体能源。我国 2005 年生产煤炭 21.9 亿 t,规划 2010 年为 25 亿 t,2020 年为 28 亿 t。为此,在考虑发展可再生能源的同时,应该下大力气解决煤炭开发与利用中出现的问题。

由于经济高速发展,大量使用煤炭(产量与消费已超过世界的 1/3),由此突显对环境的影响。煤炭能否成为主体能源关键要解决煤炭开发与利用对环境的影响。由于没有一个国家有完整的办法可以借鉴,因此必须依靠政府和企业投入大量的资金、科技人员和研究机构在科学技术和经济管理上做出实质的创新性成果,而且要跟上经济发展对煤炭利用的需求,否则环境的承受能力和温室气体对气候的影响将限制煤炭成为主体能源,也将影响经济的快速发展。

作为以煤炭开采为主的煤炭企业面临的两大任务是:为国家“安全生产煤炭”和形成“煤炭开发与环境协调发展”的技术,最终将矿区建成绿色家园。

## 2 煤炭开采的现实与绿色开采的提出

### 2.1 资源开采的两种情况

资源开采的两种可能:①人类的索取超过了自然的生产力,生态资本出现赤字,人类将自食其果;②在向自然索取的同时,遵循自然规律,时刻不忘回馈自然和养护自然,从而在人类和自然之间建立起复合的生态平衡机制。经济学家指出:“真正文明”的产出,应当从生产量中扣除低于平均效率的能源浪费及污染等部分,否则速度越高的经济效益越低,这是一种不可持续的(虚假)繁荣。

### 2.2 煤炭开采与环境

矿区在开发建设之前与周围环境已形成了一定的协调方式,而一旦开发地层被采空和破坏,大量废弃物因此而产生,原有的环境系统发生了巨大的变化,由此形成了独特的矿区的生态环境问题。若不及时控制与治理,历史证明必将后患无穷。

事实上采矿是以破坏环境为国民经济做贡献。煤炭开采对环境的破坏和污染表现为:①对土地资源的破坏。地下开采主要表现为地表塌陷和矸石山的压占。②对水资源的破坏和污染。表现在对其进行人为疏干排水和采动形成的导水裂隙对煤系含水层的自然疏干,破坏了地下水资源。同时开采以及堆积的矸石山还可能污染水资源。③对大气环境的污染。主要来自矿井排出的煤层瓦斯和煤矿矸石山的自燃所形成的废气。

由于煤炭资源的大面积、大规模、高强度开采,地表塌陷、地下水破坏、植被衰退等已成为我国煤炭采区的共性问题。矿区生态系统失衡问题进一步突出,煤炭开发带来的一系列环境问题,已成为影响矿区社会安定和经济社会可持续发展的“黑色生态灾难”。而解决这些问题的关键,除了在新的开发过程中注意生态恢复和环境保护外,亟待建立一套完善的煤矿开采环境损害评价和补偿机制。

### 2.3 开发规模与环境容量

以山西为例:山西煤炭产量 5 亿 t,占全国的 1/4~1/3,因而开采对环境影响最大。据山西报道:从 1978—2003 年,山西共采出煤炭 65.3 亿 t,80% 的原煤运向省外。以采矿对水资源影响为例:通过对山西 5 403 个矿井的调查,在年生产量为 25 871.18 万 t 时,排水量为 22 486.47 万 m<sup>3</sup>,吨煤排水系数为 0.87。山西煤炭大规模开采,不仅对地下水系中的裂隙水有很大影响,而且对泉流量影响也较大,甚至达到干枯。如晋祠泉域随着煤炭及地下水的不断开采,泉水流量逐渐减少,于 1994 年 5 月断流。因此,在生态环境比较脆弱的山西(事实上对每一个地区,尤其是西部地区)存在资源开发与利用的容量问题和实现经济增长与环境的双赢问题。

### 2.4 值得思考的几个问题

(1) 环境是稀缺资源,煤炭开采对环境的影响很多是不可逆的。尤其在原来生态环境比较脆弱的地区大规模开采对环境的影响不可忽视。长期以来,煤炭开采技术主要是保证安全、提高回收率、高产高效。显然,必须要形成“资源与环境协调开采技术”,使开采导致的环境破坏控制在环境允许容量内。

(2) 煤炭产地以它的资源为国家做出了贡献,最后应该成为矿工的绿色家园.事实是很多煤炭城市在资源枯竭后不仅损失了资源,而且还破坏了生态和环境,留下了贫穷.煤炭开采成了环境的掠夺者,破坏了采矿工作者的形象.

(3) 由于矿产资源与土地、水、植被等环境要素紧密相关,采矿将直接构成对它们的破坏.煤炭是在几十亿年经地质作用富集起来,是不可再生资源,是稀缺资源.而环境也是亿万年来自然力造成的,破坏后不可再逆,因而也是稀缺资源.煤炭是我国主体能源,随着开采规模的扩大,对环境的影响越加显著.因此必须要依靠技术进步,在损害环境最小的状态下取得最大量的资源或者在同样环境损害状态下达到最大资源回收率,使得环境损害/单位资源→最小.

### 3 资源与环境协调（绿色）开采的内涵

#### 3.1 对原有矿井废弃物实现资源化和再利用

在矿区范围内除开采煤炭,应该减少对土地的破坏和矸石的排出.从广义资源的角度论,对矿区范围内的地下水、煤层内瓦斯、以至于煤矸石和在煤层附近的其他矿床都应该将其资源化,并视为这个矿区的开发对象而加以利用.而原来的定义,矿井瓦斯是矿井中主要由煤层气构成的以甲烷为主的有害气体.事实是瓦斯是清洁能源,浓度大于90%,发热量大于 $33.472 \text{ MJ/m}^3$ , $1 \text{ m}^3$ 瓦斯可发电 $3.0 \sim 3.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$ .

矿井水文地质类型:根据矿井水文地质条件、涌水量、水害情况和防治水难易程度等来划分类型,是将矿井水作为水害来对待的.可以在防治地下水的同时将矿井水资源加以利用.其它如塌陷地的复垦和矸石作为塌陷地的复垦材料以及制砖利用等.

#### 3.2 开采技术涉及方面

(1) 采矿方法的改变.如地面建筑物保护的充填与条带开采(含条带充填)技术;采空区以及离层区充填技术;煤与瓦斯共采技术;保护地下水资源开采技术——保水开采技术;煤炭地下气化技术.

(2) 为保护土地而考虑的开采后土地的复垦.

(3) 加强煤巷支护技术,不出或少出矸石.

#### 3.3 绿色开采技术的理论基础问题

开采的环境问题都由于采动所引起,因此与开采后造成的岩层运动有关(岩体不破坏上述问题都不会发生).岩层运动不仅对工作面矿山压力有影响,而且造成岩体的松动.造成了岩体内“裂隙场”,由此影响离层的发育状态及位置和地表沉陷.从而改变了瓦斯与地下水在裂隙岩体内的渗流规律.绿色开采的理论基础:①采动岩体“节理裂隙场”分布以及离层规律;②开采对地表的影响规律;③液体与气体在裂隙岩体中的渗流规律;④岩层控制(主要是煤巷支护)与岩体应力场分布规律.

岩层中的关键层对整个岩层运动及岩体内“裂隙场”起控制作用,因此与绿色采矿密切相关,岩层控制的关键层理论是绿色采矿的基础理论<sup>[2]</sup>.

### 4 资源与环境协调（绿色）开采技术体系<sup>[3]</sup>

#### 4.1 煤与瓦斯共采

瓦斯是温室气体,又是矿井重大事故的起源,但也是洁净能源.因此应该使其资源化,其技术途径有:①采前抽采.若能在开采前将煤层内瓦斯抽出,则是利用瓦斯改善煤矿安全的最好办法.但由于我国大部分煤体透气性低,在本层内抽采瓦斯有难度.②煤与瓦斯共采.鉴于开采后围岩压力降低,大量瓦斯在采空区释放,导致瓦斯抽采的好机遇,因此形成煤与瓦斯共采体系.显然,采空区卸压瓦斯的运移与岩层移动及采动裂隙的动态分布特征有着紧密的关系.由关键层理论建立的关键层破断后形成“O”形通道理论,在一些矿区和废弃矿井中抽放卸压瓦斯对钻孔布置起到指导作用<sup>[4~6]</sup>.③废弃矿井抽采瓦斯.鉴于废弃矿井煤层经过采动而充满瓦斯,因而可以利用采动后岩体内裂隙场的分布,利用钻孔并将瓦斯抽排管装在井下、封闭井口后,抽出瓦斯.④回风井回收瓦斯.

我国的煤层气资源十分丰富,在陆上的烟煤和无烟煤田中,埋深在 300 ~ 2 000 m 范围内的资源有 31.46 万亿  $\text{m}^3$ ,相当于天然气储量.但由于我国大部分煤层透气性低,难以在开采前抽采.因此,在开采高瓦斯煤层的同时,利用岩层运动的特点将煤层气开发出来将是我国煤层气开发的重要途径.为此,经过瓦斯资源评价,若在开采时形成采煤和采瓦斯两个完整的系统,则不仅有益于矿井的安全,而且采出的还是洁净能源.

煤与瓦斯共采技术发展的一个关键问题是利用门槛高.2005 年,全国煤炭企业抽采瓦斯 23 亿  $\text{m}^3$ .约 60% 的浓度低于 30%.当前最重要的是解决浓度低于 30% 的瓦斯如何安全利用的技术难题.以德国为例,德国为鼓励回收利用煤矿瓦斯,出台了一系列优惠政策,从而促进了利用生产煤矿、关闭煤矿瓦斯供暖发电厂的发展.针对煤矿瓦斯供应量的不稳定,周期也不很长的问题,德国开发了集装箱结构的移动式综合供暖发电厂,将所有供暖发电设备装在集装箱中,既有利于减少投资风险、缩小电厂空间、少占地,又能加快建厂速度.

## 4.2 保水开采技术

### 4.2.1 开采与地下水分布

我国水资源分布很不均衡,且水资源与煤炭资源成逆向分布.大概有 70% 的矿区缺水,尤其西部矿区缺水更为严重.矿区开发大量使用地表水和地下水,而煤炭开采又是对地下水资源人为疏干排水过程,采动形成的导水裂隙对煤系含水层形成自然疏干过程,这些都将对当地生态产生严重影响.随着开采后的岩层运动,地下水位将发生改变,在该区域内地下水位将形成下降漏斗.地下水位的能否恢复,决定于上覆岩层中有否泥质软弱岩层(事实上它是研究地下水渗漏的关键层)<sup>[7]</sup>,随着工作面的推进,经重新压实导致裂隙闭合而形成隔水带.若有隔水带,则随着雨水的再次补给,下降漏斗消失,地下水位随之恢复.

陕西煤田地质局对大柳塔煤矿开采的观测也有同样的结果:发现在初次放顶后水位迅速下降,而后曾经一度回升,但随着回采面积的扩大逐渐下降,最终稳定在基岩界面附近.另外,地下水流与基岩界面有关,而开采将直接影响基岩地形的变化,从而影响地下水流的集聚与流向.

### 4.2.2 保水开采技术的几点说明

① 保水开采与防止溃水是两个概念,后者是从安全考虑,而保水开采则必须研究开采前后岩层的水文地质变化.② 在我国西北地区必须研究所开采的岩层是否有隔水带,开采对地表和地下水系的破坏形成的漏斗在降雨后能否恢复?地下水流失是否变成矿井水排出?若是,矿井水如何利用?为了保证生态稳定,能否在复垦时建造相应的隔水层.③ 地下水是全部流失?还是保存在更深的岩层内形成地下岩层积水而后再利用.

开采对水资源的影响随上覆岩层而异:在一些地区开采后地面形成水洼,甚至进行河、湖、海下采煤,显然这些地区开采对水文地质影响不大;在一些地区开采后暂时形成下降漏斗,随着雨水的补给,下降漏斗消失,说明上覆岩层隔水良好;在一些地区开采后有可能造成水文地质的很大改变,甚至地下水的流失.

## 4.3 减沉技术

采矿最大的环境破坏是开采对地面建筑物和地面沉陷对农田的破坏,其处理办法是:对破坏的农田复垦;建筑物下开采是用条带与充填开采办法减沉.研究证明<sup>[8]</sup>:主关键层对地表移动过程起控制作用,主关键层的破断将导致地表快速下沉,地表下沉速度随主关键层周期性破断而呈现跳跃性变化.因而,控制主关键层就是控制地表沉陷,并形成“条带煤柱或充填体-上覆岩层-主关键层”结构体系控制地表沉陷.

煤系地层属于层状岩层,与一般金属矿岩层产状不尽相同,采后岩层移动与破坏规律也不尽一致,充填的目的也不完全一样.因此,煤矿充填开采技术的研究与发展必须适应煤系岩层活动规律与控制要求,形成符合煤矿开采特点的充填开采理论与技术.近几年,随着煤炭价格的回升和对环境保护意识的加强,提倡保护环境、充分利用有限资源的充填开采已开始了试验性研究,但如何发展适合煤矿特点与要求的充

填开采技术的问题仍有待解决。

条带开采与传统充填开采都存在明显的不足之处，条带开采控制地表沉陷技术存在的主要问题是：采出率低，浪费大量煤炭资源；而传统的煤矿全充填开采控制地表沉陷技术存在的主要问题是：充填成本相对煤炭价格偏高，充填量大，充填材料来源受限，充填工艺不能适应煤矿高效开采的要求。

基于以上认识，提出了煤矿部分充填开采技术<sup>[9]</sup>：其充填量和充填范围仅是采出煤量的一部分，它仅对采空区的局部或离层区与冒落区进行充填，靠覆岩关键层结构、充填体及部分煤柱共同支撑覆岩控制开采沉陷。按部分充填的位置不同，提出了3种建筑物下压煤开采的部分充填开采技术：采空区膏体条带充填、覆岩离层分区隔离注浆充填、条带开采冒落区注浆充填。利用条带开采与部分充填技术，结合岩层控制的关键层认识选择工作面长度与不充分采动对地表的控制，完全可以做到不留煤柱的全柱条带开采低成本的充填不迁村采煤。目前，济宁太平煤矿、新汶孙村煤矿、枣庄蒋庄煤矿、淮北矿区等积极开展充填开采的试验研究工作。

#### 4.4 矸石的处理

我国矸石排量占原煤产量的15%~20%。按年产25亿t煤计算，矸石排量就达到4~5亿t。排出的矸石占用了土地，破坏了地貌，自燃引起大气污染，经雨水淋漓污染地下水和经风化扬尘而污染环境。原来遗留的矸石由于各种原因还没有得到全部处理，新的排放量越来越增加。因此企业应该研制有关技术，而地方政府为了保护环境应该有相宜的激励政策处理好矸石排放问题。

绿色开采技术首先是少出或不出矸石，即优化巷道布置，在薄煤层中采用宽巷掘进，多开煤巷少开掘岩石巷，这样就涉及到少出矸石的关键技术——煤巷维护技术问题。但随着采深的增加，岩石巷的开掘将不可避免，处理好这样大量的矸石并非易事。根据矸石成分可以采取不同的处理方法，如含碳量大于20%的煤矸石发热量在6.276~12.552 MJ/kg，可用于发电、供热，含碳量低的煤矸石可用于建筑材料、复垦回填材料等。由于有些矸石成分导致不宜于在地面使用，考虑到环境要求，就必须将矸石在井下处理，作充填采空区以保护地表。如邢台矿业集团邢东煤矿将矸石在井下直接充填废旧巷，不但多采出了煤炭，而且免除了矸石的提升、运输、修路、占地、管理、运营等费用。

#### 4.5 煤炭地下气化

它是一种整体绿色开采技术。煤的地下气化作为绿色开采技术来理解，只是指其不将煤炭采出地面，而将其在地下直接气化。它开始于英国1912年，由于热值低、成本高而未得到发展。我国于1958—1960年曾在16个矿区进行试验，于1962年停止，1984年又开始了新的试验，1994年达到连续产气295 d，产气量为200 m<sup>3</sup>/h，热值13.807 2~17.572 8 MJ/m<sup>3</sup>，采用的是有井式、长通道、大断面的煤炭地下气化方法。2005年中国矿业大学与重庆中梁山矿业集团合作在北矿的高瓦斯、高硫、复杂薄煤层群进行了地下导控气化的工业性试验，获得连续稳定生产优质水煤气和混合煤气。另外，地下煤炭气化燃烧产生的苯和酚是致癌物质，有可能毒化水资源。其次燃烧形成的大量CO<sub>2</sub>对空气也是严重的污染。

目前我国的地下气化技术仍处于工业试验阶段，有很多问题需要去研究和探索。因此国家和有关部门应给予资金等大力支持以推动这方面的研究工作。

煤炭绿色开采理念及其技术框架的提出已引起了国内外的广泛关注。国际著名采矿专家A. K. 高斯教授撰文评价说<sup>[10]</sup>：“中国专家提出的绿色采矿技术的创新性发展，关键在于将岩层运动过程的关键层理论概念与地下水和瓦斯在上覆破断岩体中的渗流相互联系。同时提出了为保护地面建筑物采用的充填、条带开采、离层区注浆等技术。这些技术有望提供减轻对环境的损害和改变采矿是环境破坏者的形象”。

### 5 煤炭循环经济、产业链和经济管理

#### 5.1 循环经济与产业链

根据煤炭开采生产所排放的废物特征、矿区的资源条件和外部环境，有的矿区在主导产业链的基础上，可延伸出“煤矸石、煤泥—热电厂—热电”，“灰渣、矸石—建材厂—建材产品”，“煤矸石—充填复

垦-土地资源”,“矿井排水-水处理站-供水”,“瓦斯抽采(煤与瓦斯共采)-瓦斯发电(瓦斯利用)”等多条产业链,以实现煤炭开采的循环经济。兖州、潞安、新汶、神华、淮南等矿业集团都开展了具有自身特色的生态恢复生产系统。无论是循环经济还是资源优势如何转变为经济优势,其最终目的就是将矿区建设成绿色家园。

## 5.2 关于经济管理问题<sup>[11]</sup>

处理好经济关系是企业发展绿色开采技术的根本。

### 5.2.1 变废为宝循环经济产业链与价值链。

随着国家经济的发展,社会对环境的要求将越严格,绿色开采技术必然成为煤炭开采的主导技术而受到充分的重视。其中部分技术可以成为产业,甚至可以利用变废为宝以进一步降低开采成本。例如瓦斯发电与矿井地下水以及部分矸石资源的利用、地下残煤气化等。但另一方面由于绿色开采技术的实施也可能影响正常的开采效率,甚至相当部分为了环境的确很容易增加煤矿企业的成本,而若环境资源还没有进入经济系统分析,这样就可能使一些本来开采成本高而售价又低的煤炭企业难以接受,形成产业链与其相应的价值链相制约。

循环经济价值链的形成是以其利润大于零为前提条件,这也是循环经济持续发展的经济动力,实现物质流、能量流的合理运行是循环经济价值链持续运行的必要条件。由于对自然资源价格评估的不全面,煤炭伴生物、废弃物作为循环物质进行生产时,其资源转化成本若高于使用其他自然资源成本时,就失去了再利用的经济价值。企业对废弃物的处理成为公益事业,对物质使用成本的选择将就困难使废弃物资源循环停止,产业链即面临中断的危险。因此,绿色开采技术就存在环境和经济评价问题。

### 5.2.2 煤炭成本和赢利空间。

舆论认为,煤炭成本核算不合理,内容不全。因此,要求变不完全成本为完全成本,如在煤炭成本中征增加煤炭资源税、安全生产费、矿区生态环境补偿费、矿区转产发展基金等。如果这些费用全部增加到煤炭成本中,将使吨煤成本明显增加,加之近期国家调整了电力价格,提高了铁路运价和港务费,吨煤的运输费用增加,而煤炭价格上涨空间有限,再加上很多国营企业历史遗留问题还未理清和完全解决,煤炭行业盈利能力必将下降。

据东部一些矿井测算,成本可能达到 300 元/t,相当于山西煤炭售价。这样对于中、西部由于运输成本高的企业显然承受不起,而煤炭产量将来又大部分出于西部,由此如何让企业在正常情况下存在赢利空间?又如何推动企业在实现资源与环境协调(绿色)开采的积极性?显然,煤炭的成本改革,将影响煤炭价格,并将传导到能源的全局。

### 5.2.3 市场竞争问题。

煤炭作为产品进入市场,受市场规则的约束,而市场规则是管理部门用以规范市场,使其在有序、规范和公平的环境下运转。显然,成本改革是利益再分配问题,前提应该是现有企业赢利过分而且不合理。事实上根据煤炭产业特点(区位、赋存的煤质、厚薄、深浅、致灾条件和破坏环境等)和经济管理上的缺陷也形成行业之间和行业内部竞争的不公平,从而带来分配上的不公平。煤炭是主体能源,其行业是一个管理复杂的行业,希望用科学而审慎的办法解决。

(1) 行业之间。煤炭是发电和煤化工的原料,类似农业中的粮食是初级产品。长时期来它的价值要依靠产业链实现,再加上上下游产业技术和垄断很难进入,形成行业之间价格和管理上的不公平竞争。

(2) 行业内部。开采煤炭本身改变不了产品质量,因此,赋存条件和区位决定了煤炭的赢利性。而乡镇煤矿是以牺牲资源、环境和安全的掠夺开采方式形成低成本以取得最大利润。因此,由于区位、赋存条件和管理上的差异等因素,导致行业内部竞争的不公平。因此在行业内部有的赢利,而有的可能还是处于亏损状态。

## 5.3 受益与补偿

由于现行矿产资源价格不尽合理,保护和治理矿区环境如按照“谁污染、谁治理、谁破坏、谁恢复”

就存在一定的局限性. 在建立矿区生态环境恢复问题上, 是否可以考虑用“受益与分摊”加以补充: 环境治理应该让以煤炭作为原料进行加工的受益者分摊, 让最大受益者作出一定补偿. 这样也弥补了分配上的部分不公平, 也能帮助矿区环境治理步入良性循环.

国外有很多成功的补偿机制. 因此, 可以借鉴于与我国煤炭赋存条件类似国家的成功经验, 结合我国具体情况分类(根据区位、煤层赋存和乡镇还是国营)合理解决.

## 6 结 论

(1) 绿色开采是形成矿区绿色家园的重要技术组成, 目前还仅仅是一个框架. 能否实现决定于经济的合理与技术的可行. 能否实现绿色开采, 经济是根本, 希望政府充分考虑我国煤炭作为主体和可靠能源, 在产业链上又处于初级产品, 分配上不合理等特点, 对煤炭企业经济关心与支持, 使煤炭企业健康发展.

(2) 在科学方面, 应该将岩层运动对工作面的矿山压力影响转为研究开采后岩层运动对岩体内形成空隙及其对气、液体的渗流规律的影响, 以及研究再次形成岩体结构用来保护地面的可能性. 在技术上涉及到充填和复垦、瓦斯抽采、保水技术、矸石利用、煤巷支护和地下气化等.

(3) 各矿区应根据自身的特点, 加强并重点突出其资源与环境协调(绿色)开采技术, 形成各自的模式(例如, 东部以保护地面为主, 而西部则以保护水资源为主). 应该加强研究各类矿区保护生态环境的模式和经济评价体系及其与企业成本的关系, 为政府应该制定的政策作出建议.

## 参考文献:

- [1] 刘传江, 侯伟丽. 环境经济学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.
- [2] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林, 等. 岩层控制的关键层理论 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [3] 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 ~ 348.
- [4] 许家林, 钱鸣高. 地面钻井抽放上覆远距离卸压煤层气试验研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2000, 29 (1): 78 ~ 82.
- [5] 许家林, 钱鸣高, 金宏伟. 基于岩层移动的“煤与煤层气共采”技术研究 [J]. 煤炭学报, 2004, 29 (2): 129 ~ 132.
- [6] 刘泽功, 袁 亮, 戴广龙, 等. 开采煤层顶板环形裂隙圈内走向长钻孔抽放瓦斯研究 [J]. 中国工程科学, 2004, 6 (5): 32 ~ 38.
- [7] 刘卫群, 顾正虎, 王 波, 等. 顶板隔水层关键层耦合作用规律研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35 (4): 427 ~ 430.
- [8] 许家林, 钱鸣高, 朱卫兵. 覆岩主关键层对地表下沉动态的影响研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24 (5): 787 ~ 791.
- [9] 许家林, 朱卫兵, 李兴尚, 等. 控制煤矿开采沉陷的部分充填开采技术研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23 (1): 6 ~ 11.
- [10] Ghose A K. Green mining—a unifying concept for mining industry [J]. Journal of Mines, Metals & Fuels, 2004, 52 (12): 393.
- [11] 钱鸣高, 许家林. 煤炭工业发展面临几个问题的讨论 [J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23 (2): 1 ~ 5.