

Meikuang Gaoxiao Kaicai Yu Chongji Diya XinJishu

2008全国冲击地压研讨会

2008全国煤矿安全、高效、洁净开采技术新进展研讨会

# 煤矿高效开采与 冲击地压新技术

煤炭科学研究总院开采设计研究分院  
煤炭资源与安全开采国家重点实验室  
中国煤炭学会岩石力学与支护专业委员会

编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

2008 全国冲击地压研讨会

2008 全国煤矿安全、高效、洁净开采技术新进展研讨会

# 煤矿高效开采与冲击地压新技术

煤炭科学研究总院开采设计研究分院  
煤炭资源与安全开采国家重点实验室  
中国煤炭学会岩石力学与支护专业委员会

编

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本论文集共收集论文 76 篇,分十编:第一编,综述与前瞻;第二编,冲击地压发生与控制机理;第三编,冲击地压监测与预测技术;第四编,冲击地压防治技术;第五编,冲击地压实例与经验;第六编,冲击地压和煤与瓦斯突出的相关性;第七编,采煤工作面支护与矿压;第八编,巷道支护与矿压;第九编,提高回采率技术;第十编,其他。从不同角度介绍了煤矿安全、高效、洁净开采与支护技术的新成果和新进展,并对我国冲击地压矿井的安全现状及具体冲击地压问题展开了探讨。

### 图书在版编目(CIP)数据

煤矿高效开采与冲击地压新技术/煤炭科学研究总院  
开采设计分院等编. —徐州:中国矿业大学出版社,2008.10  
ISBN 978 - 7 - 5646 - 0076 - 1

I. 煤… II. 煤… III. ①煤矿开采—文集②煤矿—冲击  
地压—文集 IV. TD82-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 155413 号

书 名 煤矿高效开采与冲击地压新技术  
编 者 煤炭科学研究总院开采设计分院 等  
责任编辑 王江涛  
出版发行 中国矿业大学出版社  
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
排 版 中国矿业大学出版社排版中心  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
经 销 新华书店  
开 本 880×1230 1/16 印张 27.25 字数 844 千字  
版次印次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷  
定 价 88.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

**2008 全国冲击地压研讨会**  
**2008 全国煤矿安全、高效、洁净开采技术新进展研讨会**

中国 江西 景德镇 2008 年 10 月 25 日-29 日

**主办单位：**

煤炭科学研究总院开采设计研究分院  
煤炭资源与安全开采国家重点实验室  
中国煤炭学会岩石力学与支护专业委员会  
煤炭工业矿山压力信息中心冲击地压分站  
煤炭工业开采信息中心

**《煤矿高效开采与冲击地压新技术》编委会**

**顾 问**

宁 宇 袁 亮 李晋平 孙 震 何学秋  
朱凤山 郑行周

**主 任 委 员**

姚建国  
齐庆新 窦林名 王恩元 李成武 赵衡山  
毛德兵 鞠文君 任 勇 蓝 航 陆莱平  
牟宗龙 谢耀社 李宏艳 邹正立 王兴库

## 序

冲击地压、煤与瓦斯突出、突水等是煤矿开采过程中常见的工程诱发煤岩动力灾害。随着我国煤矿开采深度的增加和开采强度的增大,冲击地压事故时有发生,严重影响煤矿的安全生产和人员的生命安全。

冲击地压作为岩石力学中的复杂疑难问题之一,是国内外许多岩石力学工作者的重要研究内容,特别是冲击地压发生机理问题,更是过去几十年来国内外有关专家和学者共同关注的焦点。我国自1976年开始系统研究冲击地压以来,在冲击地压发生机理、冲击倾向性测定、冲击地压监测仪器与设备、冲击地压治理技术等多方面取得了一定的成果。尤其是近10年来,在采用数量化理论、综合指数法评价冲击危险性,在采用采动应力监测技术、微震与电磁辐射技术预测冲击危险性,在采用深孔爆破技术、保护层开采技术防治冲击地压等多方面取得了长足的进步,极大地提高了我国冲击地压的理论和防治水平。

我国的冲击地压问题突显于20世纪80年代初,在当时的生产和技术条件下,在充分吸收国外先进技术的基础上,结合我国冲击地压矿井现状,于1987年制订了《冲击地压煤层安全开采暂行规定》和《冲击地压预测与防治试行规范》两个规程、规定,用于指导冲击地压的预测与防治实践。随着我国煤炭工业的发展和技术进步,这两个规程、规定在技术和管理上已不能满足实际冲击地压预测与防治的实践要求,在一定程度上制约了冲击地压综合防治技术与装备和管理的发展。

对于冲击地压问题,国家及主管部委高度重视。2006年底,在国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局的组织下,在有关单位的配合下,冲击地压问题已列入国家“十一五”科技支撑重点项目并获得资助。该课题主要针对冲击地压问题,选择示范矿井,广泛开展冲击地压发生机理、多参数监测与预测、治理技术与装备等多方面的研究。在此基础上,修改目前我国使用的与冲击地压有关的相关规程和规范,期望使我国冲击地压综合防治技术水平和管理水平得到提高,冲击地压问题得到控制。

在冲击地压预测及防治中存在的问题,一是传统的预测方法以煤粉量等表观信息为监测对象,需要加强冲击地压发生前的煤岩体微破裂前兆规律的研究;二是微震监测技术已成为国外煤矿安全管理的有机组成部分,我国煤矿缺乏高素质微震监测及分析人才;三是传统冲击地压理论缺乏对冲击地压“孕育过程”时空演化规律的认识,对冲击地压形成机理的认识尚不深入,难以掌握冲击地压预测所必需的“前兆特征”;四是冲击地压监测与预测手段尚不成熟,特别是缺少具有自主知识产权的监测技术和仪器。近几十年来煤炭资源开采科学有了长足的进步。地下开采作业面的转移、围岩控制与支护采用了许多新技术,新装备的使用也改善了作用环境。现代控制、监测等信息技术大量应用,系统工程得到了发展。煤炭开采越来越多地与其他学科交叉,出现许多研究的新方向。煤炭资源开采学科面临的问题是:① 随着社会进步和国民经济的发展,人类对资源和能源的需求量

越来越大,对资源和能源的质量要求越来越高,煤炭资源量大,但开采环境复杂;② 瓦斯、突水、火灾、冒顶、机械伤害以及爆炸等安全问题随着开采难度的加大越来越突出;③ 环境问题日益突出,开采导致的地面沉陷、水资源的破坏以及矸石甚至有毒废物对生态环境的影响亟待有效解决;④ 随着资源的开发,开采深度逐渐延伸,资源开采条件劣化,安全开采的形势日趋严重,引发的环境问题日益突出。煤炭地下开采现代技术是实现煤炭科技发展的关键之一,煤炭资源地下开采领域的发展趋势是:① 矿井及工作面向大型化、集约化、安全化与自动化发展,例如工作面年产可达 300 万~500 万 t,工作面长度超过 300 m,走向长度超过 5 000 m;② 大力推行壁式开采体系与一次采全高综采和综放开采等高效开采技术;③ 推行强力高效机电一体化和自动化的开采成套技术装备,支架可靠地控制采场围岩;④ 地下采掘巷道推行高强度锚杆锚索锚网联合支护,实现经济可靠的支护和机械化作业;⑤ 推行煤矿绿色开采,即在开采过程中尽力减少地面沉陷、废水废气和煤矸石排放,保持地下和地面原始的生态环境,加强开采沉陷区的治理、土地复垦及煤系伴生矿物的共同开采。根据中国煤炭工业可持续发展要求和 21 世纪煤炭工业技术发展趋势,“安全、高效、洁净”开采已成为煤炭生产的主旋律,为此,中国煤炭学会岩石力学与支护专委会从 1999 年开始,以“煤矿高效安全洁净开采”为主题,探索举办系列学术年会,根据每年国内煤炭地下开采中涉及的岩石力学和支护的热点、难点和重点问题,确定每年年会的研讨重点。金秋 10 月,我们在瓷都景德镇联合召开全国煤矿安全、高效、洁净开采与支护技术新进展研讨会暨全国冲击地压研讨会,会议的目的是:① 交流煤矿安全、高效、洁净开采与支护技术的新成果、新进展;② 对我国冲击地压矿井的安全现状及具体冲击地压问题展开研讨,从理论与实践上研究如何解决冲击地压问题;③ 针对目前执行的冲击地压的两个规程、规定进行研讨,提出修改建议。为了开好这两个技术研讨会,煤炭工业的同行奉献了这本论文集,论文集共收集论文 76 篇,内容涉及高效采煤工作面支护与矿压、特厚及薄煤层开采技术、巷道支护与矿压、提高回采率技术、充填与防治水技术、冲击地压发生条件与发生机理、冲击地压监测与预测技术、冲击地压防治技术、冲击地压和煤与瓦斯突出的相关性、冲击地压预测与防治实例等。希望本论文集的出版对煤炭行业和采矿工程界有所裨益。

编委会

2008 年 9 月 15 日

## 目 录

## 第一编 综述与前瞻

- 采矿环境力学的若干研究方向…………… 姚建国(3)  
义马煤田冲击地压现状及防治…………… 崔晓晖,卢红旗,丁传宏(8)

## 第二编 冲击地压发生与控制机理

- 华亭煤矿急倾斜特厚煤层巷道冲击地压成因及防治技术研究…………… 鞠文君,齐庆新(15)  
冲击地压孕育过程的非平衡热力学研究…………… 赵毅鑫,姜耀东(19)  
巷道围岩的强弱结构效应及防冲机理探讨…………… 窦林名,高明仕,张农(25)  
缺陷体防治冲击地压研究…………… 潘立友,张瑞玺,霍忠峰,章之燕,谷孟平,田志超(32)  
瓦斯煤层巷道冲击地压解析分析…………… 李忠华,潘一山(37)  
兖州矿区冲击地压类型及其发生条件…………… 陈兴华,王富奇,邓小林,张士斌(41)  
大采高综放面实体煤巷道顶板矿震原因分析…………… 李伟清(46)  
综采工作面复合顶板失稳影响因素数值模拟分析…………… 解兴智(50)  
大台井深部岩巷掘进岩爆发生机理的相似模拟研究…………… 马植胜,程孝海(54)  
动静载荷共同作用下煤岩裂隙扩展导致冲击地压的研究…………… 李春睿,齐庆新,李宏艳,彭永伟(59)  
煤矿冲击地压强度的弱化控制机理…………… 陆莱平,窦林名(63)  
煤矿顶板—煤层冲击动力灾害机理及控制…………… 牟宗龙,窦林名,张翔宇,王晓亮(72)  
采动影响下断层冲击地压能量积聚演化规律…………… 李志华,窦林名,陈国祥,曹安业(81)

## 第三编 冲击地压监测与预测技术

- 采煤工作面冲击地压发生的可能性  
评价方法研究…………… 姜福兴,王存文,叶根喜,张广文,张士斌,桂兵(91)  
综合指标对砚北煤矿 250205 工作面强矿压显现的分析和预测…………… 李前,刘喆,于贵良(97)  
桃山煤矿电磁辐射仪监测数据分析与处理…………… 毛卫民(106)  
煤岩电磁辐射技术及其在煤矿中的应用…………… 王恩元,刘晓斐,何学秋(115)  
孤岛工作面开采冲击地压监测技术研究…………… 刘心广,顾颖诗,刘涛(123)  
对煤层冲击倾向性指数的探讨…………… 彭永伟,齐庆新,李宏艳,李春睿(128)  
关于应用地音监测法防治冲击地压的初步探讨…………… 邓志刚,任勇,齐庆新(132)  
混合遗传算法在矿震定位中的应用…………… 巩思园,窦林名,李志华,王玉刚,王杰(137)  
大安山矿 14 槽煤冲击倾向的数值模拟…………… 代黎光,潘一山,阎海鹏,马玉林(142)  
断层活化诱发矿震的微震探测及应用…………… 韩荣军,任勇(146)  
电磁辐射仪在预测预报断层构造型冲击地压中的应用…………… 卢红旗,崔晓晖,丁传宏(153)

华亭煤矿 2501 采区首采工作面矿压观测研究 .....	薛再君,周澎,刘毕(158)
深部矿井工作面低指标突出预测试验研究 .....	张永将,孟贤正(165)
在线电磁监测系统在坚硬顶板运动预测预报中的应用 .....	何岗,吴兴荣(171)
基于 VB 的 AutoCAD 二次开发及其在矿震可视化中的应用 .....	芦东平,潘一山,肖晓春(177)
忻州窑微震监测规律分析 .....	杜涛涛,窦林名,田利军,白兴平(181)
利用冲击地压发生可能性指数诊断法对某工作面冲击危险的评估 .....	郑有雷,齐方跃(186)
分形理论及其在冲击地压研究中的应用 .....	贺虎,窦林名(191)
基于煤体损伤特性的钻屑法理论研究 .....	王明磊,李忠华(196)
微震监测台网在煤矿冲击地压防治中的研究与运用 .....	吴兴荣,彭立宁(200)
基于模糊物元模型的冲击危险性评价 .....	秦子晗,齐庆新(209)

#### 第四编 冲击地压防治技术

瓦斯煤层注水防治冲击地压的可行性研究 .....	丁红旗,李忠华(217)
冲击地压综合防治技术的实践与探讨 .....	王明南,刘湘春(222)
薄煤层开采冲击地压形成条件及解危措施研究 .....	潘俊锋,齐庆新,毛卫民,徐刚,李友成(228)
深孔爆破超前断顶技术在冲击地压防治中的应用 .....	冯增强,蔡春,王英德,贾坡,王道宗(234)
砚北煤矿定向集能护壁爆破技术研究 .....	李前,乔中栋,宋治宏(240)
孤岛工作面开采后期的冲击破坏分析及防治 .....	陈国祥,窦林名,李志华,贺虎(243)
高应力煤柱区内布置灭火道防冲击地压技术研究 .....	闫宪洋,李伟清,谭文峰(248)
163 <sub>F</sub> 00 工作面冲击地压危险性评价及初步防治对策 .....	张广文,桂兵,张士斌,郑有雷(252)
顶板超前预断裂爆破预防冲击地压技术研究 .....	张京泉,马江军,赵延峰(260)
短壁孤岛综放面开采冲击地压监测与防治技术 .....	张士斌,桂兵,曲延伦,陈本华,刘大伟(264)
冲击地压综放工作面高应力区显现特征与治理方案 .....	张修峰(269)
具有冲击倾向性的顶板卸压治理效果数值模拟 .....	任艳芳(273)
华亭煤矿 250102 工作面冲击地压防治技术研究 .....	张玉亮,薛再君(276)
跃进煤矿冲击地压的形成及防治技术 .....	张银亮(280)

#### 第五编 冲击地压实例与经验

重大冲击地压事故原因分析 .....	韩荣军(287)
孤岛工作面冲击地压的防治及其效果研究 .....	李伟,冯增强,王道宗,王英德,贾坡(293)
华丰煤矿冲击地压综合防治技术 .....	孙庆国,张宗文,李兴东,刘金亮(300)

#### 第六编 冲击地压和煤与瓦突出的相关性

十矿“11·12”地应力为主导的煤与瓦斯突出事故 .....	李喜员(309)
具有突出和冲击地压双重危险煤层掘进工作面预测 .....	孟贤正,张永将,唐兵,夏永军(314)
低瓦斯矿井综采工作面异常区域瓦斯治理技术 .....	徐彦伟(321)

#### 第七编 采煤工作面支护与矿压

单体液压支柱工作面采场控顶设计中



- 支护选型与计算的新方法 ..... 窦林名, 牟宗龙, 陆莱平, 岑传鸿(327)
- 深井软岩巷道钢管混凝土支架支护实验研究 ..... 高延法, 王波, 李冰, 肖华强, 牛学良, 王军(333)
- 大采深综采支架适应性分析 ..... 陈理强, 李成林, 姜世元(339)
- 浅谈开滦矿区薄煤层开采技术发展与实践 ..... 梁和平(344)
- 采场控顶设计中支护选型与计算的新方法 ..... 窦林名, 牟宗龙, 陆莱平, 岑传鸿(348)

## 第八编 巷道支护与矿压

- 冲击倾向性煤层巷道围岩稳定性控制研究及应用 ..... 汪占领(357)
- 锚杆支护工艺在软岩煤巷中的实践 ..... 李长青, 冯利宁, 刘庆顺(362)
- 巷道支护技术改革创新与实践 ..... 崔爽(368)
- 深部复杂区域巷道支护技术研究与应用 ..... 周杰, 权景伟, 张雷(373)
- 柔性封层稳压胶结缓释叠加应力巷道支护技术 ..... 陈高君(377)
- 软岩中采区溜煤斜巷综合技术对策和实践 ..... 霍志朝(381)
- 倾斜顶板采准巷道支护参数的合理选择 ..... 李春霖, 黄志增, 刘全明, 徐刚(385)

## 第九编 提高回采率技术

- 复杂地质条件下较薄厚煤层提高综放回采率的研究与实践 ..... 冯利宁, 周奕朝, 邱志平(393)
- 综采与综放开采相结合开采技术实践 ..... 蒲志强, 刘春明, 牟明(396)

## 第十编 其 他

- 矸石充填材料压缩仿真实验研究 ..... 胡炳南, 郭爱国(401)
- 上疏下泄庚组煤层防治水技术应用 ..... 韩瑞(410)
- 复杂地质条件下综采设备快速安装技术的应用 ..... 刘照辉(414)
- 挖沟截流防治水法在综采工作面的应用 ..... 史永军, 牛刚伟(418)
- 易自燃煤层采煤工作面倒向预防自然发火的有效途径 ..... 王刚(420)



**第一编**

**综述与前瞻**



## 采矿环境力学的若干研究方向

姚建国<sup>1,2</sup>

(1. 煤炭科学研究总院开采研究分院 北京 100013;

2. 中国煤炭学会岩石力学与支护专业委员会北 北京 100013)

**摘要:**进入新世纪以来,环境问题是人类面临的最具有挑战性的领域,采煤引起的环境问题则与煤炭工业及社会可持续发展密切相关。文中列举了煤矿开采引发的环境问题,诸如采煤对土地资源的损害、对村庄的损害、对水资源的影响及其对生态平衡的影响以及煤炭开发和利用对大气环境的影响。采矿环境力学是矿山岩石力学学科新的生长点,根据我国国情和煤炭工业可持续发展的需要,提出了高效洁净开采技术、矿区环境污染治理工程、矿区土地资源保护和土地复垦及生态重建技术、矿区地表水和地下水资源保护、矿山环境地质和地质灾害防治技术、矿山废弃物安全处置和伴生矿物资源化、洁净煤技术等采矿环境力学的若干研究方向。

**关键词:**采煤;环境问题;采矿环境力学;研究方向

## Research Directions of the Mining Environmental Mechanics

YAO Jianguo<sup>1,2</sup>

(1. *Coal Mining and Design Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;*

2. *Rock Dynamics and Support Committee, China Coal Society, Beijing 100013, China*)

**Abstract:** After entering the new century, environmental problem is the most challenging issue facing the whole world, and mining induced environmental problem is closely related to the coal industry and social sustainable development. The environment protection problems caused by coal mining is discussed, such as damage to land resources, damage to villages, effects on water resources and on ecological balance as well as effects of coal's development and utilization on atmosphere environment. The mining environmental mechanics is a new branch of mine rock mechanics. Based on national conditions and the consistent developments of coal industry, several research domains of mining environmental mechanics are introduced, which include high efficient clean mining technology, mining area pollution treatment project, land resources protection in mining areas, land reclamation and ecological reconstruction technology, surface water and groundwater protection in mining area, mine environmental geology and geological disaster prevention technology, safe disposal of mine wastes and resource for associated minerals, and clean coal technology. Several application examples were achieved in this paper.

作者简介:姚建国,男,现任研究员、博士生导师,从事采矿工程、矿山岩石力学等方面的研究工作。

**Key words:** mining; environmental problem; mining environmental mechanics; research directions

## 1 采煤引起的环境问题

传统的煤炭工业和各类煤炭利用行业确实对矿区环境、煤炭消费区环境乃至全球生态环境产生严重污染。进入新世纪以来,环境问题是人类面临的最具有挑战性的领域,采煤引起的环境问题则与煤炭工业和社会可持续发展密切相关。

矿山地下开采必将引起矿层上覆岩层的应力变化,导致覆岩移动和破坏,在地表产生下沉盆地。我国煤炭开采约94%为井工开采,煤炭资源开发和利用过程中对环境的损害是难以避免的。这种损害的主要表现形式为地表的移动和变形、建筑物和构筑物的破坏、水资源的流失和水质劣化、大气环境的污染、噪声的影响以及居住环境恶化对人心理的不良影响等。

### (1) 采煤对土地的损害

开采对土地资源(特别是农田)的损害是严重的。据不完全统计,我国采煤造成的地面塌陷面积已达6700 km<sup>2</sup>,其中耕地为2700 km<sup>2</sup>,全国发生采煤塌陷灾害的城市近40个,造成严重破坏的25个,每年因采矿地面塌陷造成的损失达4亿元以上。总体而言,开采沉陷对环境的损害比地震还严重。以山西省为例,1949~1998年的50年间,共生产原煤5.6 Gt,煤炭地下采空面积达1300 km<sup>2</sup>(约占全省面积的1%),地面塌陷破坏面积达670 km<sup>2</sup>,其中40%是耕地。平均每采万吨原煤就造成塌陷土地0.2 hm<sup>2</sup>,每年新增塌陷地约20000 hm<sup>2</sup>,该省由于开发煤炭导致资源环境破坏的直接经济损失达1600亿元,占全省20年GPG总和的12.8%。开采塌陷使农民失去赖以生存的土地,导致严重的社会问题,而在山区,由开采引起的山体滑坡和泥石流有增无减。

### (2) 采煤对村庄的损害

据统计,国内建筑物下压煤超过48亿t,其中村庄下压煤占三分之二。在山东、河北、河南、安徽和江苏五省平原地区,压煤村庄达1100个,居住村民百万以上。

与水利工程移民相比,采煤迁村移民难度更大。首先是搬迁费用一再攀高,企业无力承担,如鲁西南地区搬迁一户费用达十几至二十几万元;其次,搬迁距离远,新村选址难,远距离搬迁使农民耕作、运输不便,从而使协议难以达成,影响煤矿采区生产正常接续。

### (3) 采煤对水资源的影响

煤炭开采对地下水资源造成的破坏也是相当严重的。例如,山西省每年吨煤开采破坏地下水储量值为1.41 m<sup>3</sup>。20年来,山西煤炭开采对水资源破坏造成的经济损失为:采煤漏水造成人畜饮水困难,损失3.23亿元;采煤漏水使水浇地变为旱地,损失3.46亿元;矿井水排放造成经济损失340.50亿元;水利工程被破坏造成经济损失为0.69亿元。合计347.88亿元,占山西省20年GDP总和的2.8%。

矿井疏排水导致地下水位下降,给农田灌溉和生活用水带来困难。在有些矿区,地下水疏降已导致地表下沉系数(地表最大下沉值与煤层开采厚度之比)超过1.2。华东一些矿区因地表冲积层水位下降,引起矿井井筒破坏。

水资源的污染对生态平衡的影响量大面广。平均每开采1t原煤需排放2t地下水。由矿井水、选煤厂的污水和煤矸石渗水构成的矿区水污染源对环境的危害很大。在有的地区,由于水源和江河湖海的严重污染,居民用水短缺。如山西省因煤炭开采影响已导致28个县居民饮用水困难。

### (4) 采煤排放的煤矸石

煤矸石是煤炭开采和洗选过程中的废弃物,是目前排放量最大的工业固体废弃物之一,每年排放量近亿吨,目前已累计堆积4.0 Gt,占地约13500 hm<sup>2</sup>,而且还正在以每年约0.3~0.4 Gt的速度增加。煤矸石长期堆存,占用大量土地,污染水质,自燃后生成H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub>等有害气体,污染空气,并造成酸雨的危害。大量堆积的煤矸石还侵占越来越多的耕地,构成对生态和环境的双重破坏。

### (5) 煤炭开采和利用对大气环境的影响

煤矿通过通风系统排放至地面的废气中,含有甲烷、CO<sub>2</sub>、粉尘等有害成分。我国煤炭开采排放的甲烷约占世界煤炭开采甲烷排放量的 1/4~1/3。甲烷对臭氧层的危害极为严重。

大气中 CO<sub>2</sub> 浓度的增加主要是燃烧化石燃料造成的,国际能源机构公布,全球煤炭燃烧排放的 CO<sub>2</sub> 约占总排放量的 40%,而我国煤炭燃烧排放的 CO<sub>2</sub> 占全国总排放量的 80%以上。

## 2 采矿环境力学的若干研究方向

力学的发展离不开人类的生产实践活动。如果说,在 20 世纪是航空、航天事业推动了力学的发展,那么,在 21 世纪,环境问题就是力学能够继续前进的最重要的推动力之一。在探讨力学学科的发展前景时,可以肯定地说,环境力学是力学学科的一个新的生长点。另一方面,力学是一门研究物质宏观机械运动的学科,但为促进学科交叉和适应人类生产实践活动新的需要,现代力学必须通过宏微观结合,进一步研究机械运动和物理、化学、生命运动相互作用的规律。而且,力学在其自身发展过程中形成的分析、计算、实验相结合的学术风格,有利于深化对物理过程和基本规律的认识。所以,环境力学的出现必将促使环境科学逐步从一门用定性或统计描述的学科变成一门从动力学观点进行定量描述的学科<sup>[1]</sup>。

采矿环境力学是矿山岩石力学学科的一个新生长点,它主要研究与煤炭工业及社会与经济可持续发展紧密相关的采矿及其产出物加工利用过程中的环境预测、评估、控制和治理的科学技术问题。它既是煤炭工业可持续发展的科学技术体系中理论基础的重要组成部分,又将在该体系的技术框架中发挥重要作用。根据我国的国情、煤炭工业和社会与经济可持续发展的需要、力学学科的特点和现有的研究基础,展望未来的发展,我们认为,以下若干研究领域和方向,涉及采矿引起的环境污染和生态破坏各个主要方面,存在一系列亟待突破的关键技术,是采矿环境力学的主战场。

### (1) 高效洁净开采技术

这一技术主要目的是减少煤矿开采过程中对环境造成的污染,包括减少矸石排放的开采技术、减少地表沉陷与破坏的开采技术、采动损害的综合治理技术及煤炭地下气化的开采技术。

### (2) 矿区环境污染治理工程

包括水污染控制工程、大气污染控制、固体废物处理和资源化技术、噪声和振动污染控制工程、环境监测和环境信息处理技术、环境遥感技术及环境管理技术等。

### (3) 矿区土地资源保护和土地复垦、生态重建技术

这是矿山采掘业特有的环境问题。这一研究方向涉及环境生态学、生态工程技术、土地复垦规划技术、机械复垦技术、生物复垦技术、土地测量和矿山测量技术、土壤调查和监测技术以及其他相关技术。

### (4) 矿区地表水和地下水资源保护

这也是矿山采掘业特有的环境问题。保护矿区水资源涉及陆地水文学、环境水文地质学、地下水动力学、地下水资源管理和地下水测试技术等。

### (5) 矿山环境地质和地质灾害防治技术

这里不仅包括认识和解决不良地质条件对煤炭开采生产环境的影响所需要的科学技术,更主要的是认识和解决开采引起的一系列地质环境问题的科学技术。如矿山水害、边坡稳定、山体和岩体稳定、上覆岩层移动和地面塌陷预测、三下(建筑物下、铁路下、水体下)开采引起的环境问题以及水土流失等。

### (6) 矿山废弃物安全处置和伴生矿物资源化

这一研究方向也涉及众多学科,包括煤化学、水泥工艺学、制砖工艺学、煤矿伴生矿物学以及矿物分选和加工等。

### (7) 洁净煤技术

煤炭利用,包括劣质煤的就地利用,是煤炭消费区、煤矿矿区乃至全球大气污染的主要原因之一。洁净煤技术包括先进的选煤技术、煤的气化和液化技术、先进的煤炭燃烧技术、先进的煤炭能源转化技

术、烟道气除尘技术和脱硫技术等。

应该指出的是,采矿环境力学涉及自然环境(包括矿区及矿物加工利用、消费区的大气环境、水环境、土壤环境、生态环境)的科学研究和环境污染处理技术(如燃烧技术、分离技术、等离子体技术等)。它们主要与矿山岩石力学、湍流、多相流、渗流、非牛顿流、水动力学、物理化学流体力学、生物流体力学等众多的学科分支有关,大量的问题涉及固—液—气介质耦合作用,大都是非线性和非定常的,研究难度很大,正确地建立力学体系的模型并据以得出准确的预见是核心困难所在。

因此必须吸取其他学科的知识、经验和研究成果,尤其是必须要以现场观测的数据作为检验采矿环境力学的理论和技术标准,采矿环境力学才能得到健康的发展。

### 3 采矿环境力学研究实例<sup>[2]</sup>

#### 3.1 减少矸石排放的开采技术

改革井田开拓与准备部署,大幅度降低岩巷掘进率。多做煤巷,少开岩巷,降低出矸率,既是减少污染的一项有力措施,同时又简化系统,有利于高产高效高度集中化的开采。

据不完全统计,我国煤层大巷的矿井按能力、数量比重,分别达 11% 和 13%,混合大巷比重分别达 3.5% 和 2.5%。与先进产煤国家相比,差距较大。西方产煤国家,开拓、准备巷道大多为煤巷。由于我国目前大多将开拓、准备巷道布置在岩层中,开掘一系列岩石大巷、采区石门、岩石上山段石门及车场甚至开掘岩石集中平巷、岩石联系巷等,造成生产系统复杂,矸石排放量剧增,矿井井下辅助生产工作人员比重高达三分之一以上。新型辅助运输机械化不易实现,综采与综掘不能同步发展,严重制约了生产的发展。

近年来结合我国具体条件,研究了高产高效矿井开拓部署及巷道布置系统的新格局,简化巷道布置,优化采区及工作面参数。研究了单一煤层集中开拓、集中准备、集中回采的关键技术。神华集团大柳塔矿、潞安矿务局漳村矿均实行全煤巷布置单一煤层开采,矸石基本不运出地面,生产系统大幅度简化,分别实现无轨胶轮、单轨吊辅助运输一条龙,从井口直达工作面,同时实现了综采与综掘同步发展,生产效率大幅度提高。

煤巷锚杆支护最近发展较快,是实现少开岩巷的一个重要的基础条件。20 世纪 90 年代初期,我国国有重点煤矿煤巷锚杆支护所占比重仅为 3%~5%。目前,有些矿区锚杆支护率已超过 90%,很多矿区锚杆支护率达到 60%,在软岩、深井及复杂地质条件均成功采用了锚杆支护。另外,试验了矸石在井下处理不提升到地面,在井下处理后作为充填材料,这种以矸石置换煤炭的技术可达到既减少污染又得到利用的效果。

#### 3.2 减少地表沉陷与破坏的开采技术

地表沉陷控制主要有两种技术途径:一是以支撑煤柱为核心的技术,二是以充填体为核心的技术。

支撑煤柱技术的主要原则是选择优化的煤柱留设方式,在容许地表下沉范围内最大限度采出煤炭资源。我国采用条带法开采的实例已超过 30 个。采出率在 40%~60%,地表下沉系数为 0.1~0.3。这一方案面临的问题是开采效率较低,难于实现综合机械化。目前国内已开展宽条带开采技术研究,现在条带开采的最大宽度已达到 135 m(相当于 1/3 采深),还试验了宽条带全柱开采技术,全柱开采的地表变形靠动态变形控制,约为最终的 65%。房柱式采煤法在美国、澳大利亚等国家应用广泛,在中国应用的实例还很少。这种开采方法采用连续采煤机等现代装备,采煤效率高,在适宜的条件下值得推广应用。

充填体控制岩层移动的技术的原理是充分利用上覆岩层移动过程中可能产生的充填空间,注入充填材料,使充填体和岩层相互作用而形成一个稳定平衡结构,从而抑制岩层移动向地表发展。根据充填体所处的位置,可分为采空区充填和岩层内离层注浆充填。采空区充填即以充填材料置换煤炭,在充填及时、密实和工艺得当的情况下,可以使开采后上覆岩层不出现冒落带,从而显著减少地表下沉值。覆岩离层注浆减沉是一项较新的技术,它是从地面通过钻孔向开采过程的覆岩离层注浆,具有不干扰井下

生产且注浆成本相对较低的优点,已在抚顺、兖州、新汶、徐州、大屯等矿区得到应用。

国外特别是波兰、德国等在开采沉陷治理的某些方面具有较高的水平,煤矿开采对生态和环境造成的破坏有严格的限制和要求,否则将不允许开采。先进采煤国家从技术上主要采用充填开采技术,且系统设备配套水平较高。充填开采在一定条件下是一种既相对比较经济又对环境保护有利的有效开采技术。为减轻地表沉陷和破坏,目前充填开采技术又重新引起关注。

近年来在华东部分矿区复垦方面取得了一些较有价值的研究成果,但这些成果与我国矿区土地破坏面广量大、类型多还是不相适应的,有许多问题尚待研究,如干旱、半干旱地区的复垦,煤炭开采与土地复垦、矿区生态重建的统一规划等。

### 3.3 煤炭地下气化的开采技术

煤炭地下气化是实现高效安全开采的一项新工艺、新技术,又是少污染开采技术的一个重要方面。国外主要进行无井式地下气化的研究,由于其成本高、产量低、产气不稳定,因此,除美、德、俄等少数几个国家外,其余国家已基本停止研究;我国则主要进行有井式地下气化研究。其主要目标是使煤炭地下气化实现商业化、产业化,促使煤炭开采与利用模式由粗放型转变为集约型,改变传统开采方法投资大、效益低、污染严重的面貌。首先在报废矿井遗留柱中进行地下气化试验研究,以最大限度地利用资源并不断在实践中进行试验,稳步取得进展。煤炭地下气化技术将是煤炭开采技术上的质的变化和飞跃,国内已开发了长通道、大断面、两阶段地下气化工序,先后在徐州矿区马庄矿、新汶二号井、唐山刘庄矿、新汶矿区进行了地下气化实验,可望在不久的将来进入商业化应用。

## 4 结束语

进入 21 世纪以来,煤炭行业面临非常好的机遇。一方面,国家更坚定地执行环境保护基本国策,把可持续发展战略作为全社会和经济发展的总战略,在各行各业推行清洁生产;另一方面,企业环境管理体系正在发生根本性变化,和已规范化的世界环境管理体系接轨,激发了企业搞好环境保护的积极性。应加强采矿环境力学学科建设和科研基础设施建设,为使采矿环境力学的发展及在煤炭工业可持续发展中发挥重要作用打下一个良好的基础。

### 参考文献:

- [1] 李家春. 环境流体力学——它的内容、意义和方法[J]. 力学与实践, 1992, 12(2): 1-12.
- [2] 姚建国, 等. 对推动我国煤炭地下开采现代技术进步的思考[A]// 地下开采现代技术理论与实践新进展[C]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007, 38-49.



# 义马煤田冲击地压现状及防治

崔晓晖 卢红旗 丁传宏

(义马煤业集团公司矿压研究所 河南 义马 472300)

**摘要:**本文介绍了义马煤田各生产矿井冲击地压显现情况;分析了冲击地压发生的原因;提出“五位一体”的冲击地压综合防治措施和防治与科研结合的“两条线”综合治理体系。

**关键词:**冲击地压;综合防治

## Yi Ma Coal Field Rock Burst Actuality and Prevention

CUI Xiaohui, LU Hongqi, DING Chuanhong

(Yi Ma Coal Co. Mine Pressure Research Institute, Yima, Henan 472300, China)

**Abstract:** The main body introduces Yima coal field rock burst visualize respectively, analyses rock burst occurrence cause, and brings forward “five an integral whole” rock burst integrated control measure and scientific research union “two lines” comprehensive treatment system of prevention and cure.

**Key words:** rock burst; comprehensive prevent and cure

冲击地压是指井巷或工作面周围煤岩体由于弹性变形能的瞬时释放而产生突然剧烈破坏的动力现象。随着开采深度的不断增加,冲击地压作为一种特殊的矿压显现形式,已成为煤矿开采特别是深部开采矿井的主要灾害,严重威胁煤矿的安全生产。

下面就义马煤田冲击地压现状和治理措施进行分析探讨。

### 1 义马煤田各生产矿井冲击地压显现情况

#### 1.1 概况

义马煤田含煤地层为侏罗系,开采煤层为中侏罗统义马组,煤田基本构造形态为一单斜构造。地层产状平缓,走向近东西,倾向南,自下而上分别是2—3煤、2—2煤、2—1煤、1—2煤和1—1煤,煤层倾角 $8^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 大部分区域在 $10^{\circ}$ 左右,现主采2—1煤和2—3煤。煤层赋存比较稳定,开采条件较好,煤层直接顶为泥岩和砂质泥岩,基本顶为巨厚砾岩,底板为煤与泥岩互层和碳质泥岩;煤田煤层瓦斯含量在 $2.19\sim 9.72\text{ m}^3/\text{t}$ ,矿井地质条件和水文地质条件均较为简单。煤种为长焰煤,挥发分大都在 $35\%\sim 40\%$ 以上。2—1煤层煤厚在 $0.14\sim 9.45\text{ m}$ ,平均煤层厚度为 $3.5\sim 4.6\text{ m}$ ;2—3煤层煤厚为 $0.2\sim 21.7\text{ m}$ ,平均煤层厚度为 $4.5\sim 9.6\text{ m}$ 。煤层具有冲击倾向性。

#### 1.2 冲击地压显现情况

义马煤田主力矿井千秋煤矿、跃进煤矿和常村煤矿采深已接近或超过 $800\text{ m}$ ,冲击地压已经显现并

---

作者简介:崔晓晖,男,河南巩义人,1992年毕业于中国矿业大学,高级工程师,现任义马煤业(集团)公司矿压研究所副所长。