

国家专业技术人才知识更新工程 ("653工程")
煤炭行业采煤工程领域培训教材 (第7册)

冲击地压理论与技术

领域主编: 钱鸣高 宋振骐 钟亚平 王虹桥
本册主编: 齐庆新 窦林名

CHONGJI DIYA LILUN YU JISHU

国家“十一五”重大人才培养工程
国家人事部直接组织领导
中国煤炭工业协会全面负责实施
国家人事部统一颁发培训证书

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)

煤炭行业采煤工程领域培训教材

冲击地压理论与技术

领域主编:钱鸣高 宋振骐

钟亚平 王虹桥

本册主编:齐庆新 窦林名

4

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

随着我国煤矿开采深度的不断增加,冲击地压已成为煤矿深部开采矿井的主要灾害,严重威胁煤矿的安全生产。本书全面、系统地介绍了冲击地压的理论与技术,主要包括冲击地压的发生机理及条件、冲击危险性评价与预测技术、冲击地压防治技术。在给出冲击地压综合防治技术体系的基础上,对冲击地压理论与技术进行了展望。考虑到冲击地压的复杂性和疑难性,研究冲击地压所涉及的基础理论知识较多,因此,为了使广大读者更好地掌握冲击地压理论与技术,本书特增加了冲击地压典型案例分析和冲击地压基础理论知识。

本书适合从事采矿与安全专业各类技术与管理人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲击地压理论与技术/齐庆新,窦林名主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2008.3

国家专业技术人才知识更新工程(“653工程”)培训
教材

ISBN 978-7-81107-819-7

I. ①冲… II. ①齐…②窦… III. ①矿山—冲击地压—
技术培训—教材 IV. TD824

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2008)第026181号

书 名 冲击地压理论与技术

本册主编 齐庆新 窦林名

责任编辑 吴学兵

责任校对 何晓惠

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 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 890×1240 1/32 印张 11.25 字数 313千字

版次/印次 2008年3月第1版/2008年3月第1次印刷

定 价 31.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”) 煤炭行业培训教材编审委员会

顾 问：王显政 濮洪九

主 任：路德信

副主任：姜智敏 孙之鹏 胡省三

钱鸣高 宋振骐 张铁岗

葛世荣 乔建永

委 员：(以姓氏笔画为序)

马念杰 王金力 王金华

王虹桥 卢鉴章 叶醒狮

刘 峰 刘文生 刘炯天

孙继平 陈 奇 杜铭华

宋学锋 宋秋爽 张玉卓

张贤友 周 英 周心权

赵阳升 赵跃民 赵衡山

钟亚平 段绪华 都基安

袁 亮 徐水师 黄福昌

常心坦 彭苏萍 遇华仁

缪协兴 濮 津

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”) 煤炭行业采煤工程领域培训教材编审委员会

顾 问：路德信
主 任：孙之鹏 钱鸣高 宋振骐
钟亚平
委 员：(以姓氏笔画为序)
丁日佳 才庆祥 马念杰
王虹桥 朱亚平 刘修源
齐庆新 张华兴 张宏伟
金智新 周 英 柏建彪
段绪华 洪 宇 郭忠平
郭惟嘉 黄福昌 窦林名
潘 玮

《冲击地压理论与技术》

编写人员

领域主编：钱鸣高 宋振骥 钟亚平
王虹桥

本册主编：齐庆新 窦林名

本册副主编：潘一山

本册编者：齐庆新 窦林名 潘一山
雷毅 李忠华 潘俊锋
任勇 付东波 陆莱平
牟宗龙 赵扬锋 肖晓春
唐巨鹏 王明磊

本册主审：史元伟

序

加快人才培养,是建设创新型国家、强国兴业的重要举措。《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》为加强专业技术人才队伍建设指明了方向,明确了工作重点和政策措施。人事部决定“十一五”期间,在关系我国经济社会发展和科技创新的一些重要行业领域实施专业技术人才知识更新工程(即“653工程”),开展大规模示范性继续教育活动,加快建立健全我国继续教育的工作体系、制度体系和服务体系,大力推动专业技术人员培养工作的深入开展。“653工程”已被列入国家“十一五”发展规划,是国家实施专业技术队伍建设的一项重大人才培养工程。煤炭行业“653工程”是国家“653工程”的重要组成部分,是煤炭行业专业技术人才继续教育工作的示范工程,该工程的全面启动必将有力带动和促进煤炭工业人才培养工作的进程。

煤炭工业是我国的基础产业。发展振兴煤炭工业,人才队伍建设是关键。实施大基地、大集团战略,推进节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展,必须以强有力的专业技术队伍作保证。当前,煤炭工业已进入新的历史发展机遇期,但同时又面临着煤炭主体专业人才匮乏、知识更新滞后的严峻挑战。推进实施“653工程”旨在拓展煤矿专业人才培养的广阔空间。根据《煤炭行业专业技术人才知识更新工程(“653工程”)实施办法》,“十一五”期间每年将为110家国有大型煤炭企业培训1万名左右的高级专业技术人才,为5000多家规模以上煤炭企业培训3万名左右的中高级专业技术人才,五年全国煤炭行业将培训20万名左右。国家人事部委托中国煤炭工业协会全面负责煤炭行业“653工程”的组织实施工作,实行统一组织、统一规划、统一教学大纲、统一发证和归口管理、分级实施、

分类指导,创造性地推进“科教兴煤”战略,全面提升煤炭行业专业技术人才队伍素质,从而为煤炭工业的全面、协调和可持续发展提供强大的人才保障和智力支持。

为适应煤炭行业实施“653 工程”的需要,我们组织全国有关专家学者编写了《国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)煤炭行业培训教材》,这一教材具有以下三个突出特点:

第一,突出重点专业领域,培训内容丰富。煤炭行业“653 工程”专家指导委员会根据煤矿实际需要,立足当前、着眼长远,选定的煤矿专业领域和培训内容都是煤炭行业和企业所必需的。包括采煤工程、煤矿安全、煤矿机电、煤田地质与测绘、煤炭洁净利用及矿区环保这五个重点专业领域,以及高效高回收率采煤方法与技术等 34 个专业培训方向,全面反映煤炭工业的科技发展趋势。培训教材突出新理论、新知识、新装备、新技术、新方法、新工艺、新材料、新标准、新法规、新政策和新问题等内容,涵盖煤炭行业专业技术人才知识更新的重点,具有很强的针对性。

第二,体现学术权威,保证培训质量。顺利、高效地实施“653 工程”,搞好专业技术人才培养,教材编写质量和所体现的学术水平必须得到切实的保证。为此,实行了首席专家负责制,从全国煤炭行业的高等院校、科研院所和煤炭企业推选出一百余名在各自学术研究领域颇有建树和创新的业内知名专家,领衔编写这套培训教材,集中了院校、科研机构和企业多年来理论与实践的丰硕成果,包含了专业基础知识、理论系统讲解,也集锦了一些极具参考价值的典型应用案例。这是建国以来我国煤炭行业在专业技术人才继续教育方面一次规模最大、最为全面的新知识展示,是提高全行业专业技术人员技术水平的一批好教材。

第三,培训方向明确,教材实用性强。根据不同的专业培训对象,立足矿山,站在世界煤炭工业科技发展前沿,针对我国“十一五”煤炭科技发展的需求,广泛吸纳新知识、新技术和新信息,坚持理论与实践相结合、理论知识与案例分析相结合,把专业技术知识内容进

行科学分解,编写成34个分册,既系统成书又独立成册,便于不同领域内的工程技术人员各取所学、研读提高。因此,本套教材既是优秀的培训教科书,也是一套煤炭专业技术人员实际工作中必备的工具书。

我衷心希望这套凝聚着煤炭行业专家学者智慧与心血的教材,能够在实际教学培训中发挥应有的重要作用;同时也希望广大基层专业技术人员通过认真学习、刻苦钻研,不断提高理论水平和实际应用能力,为加快建设新型、现代化煤炭工业做出积极的贡献。

王显政

二〇〇七年四月八日

前 言

煤矿开采过程中,会遇到水、火、瓦斯、粉尘和顶板等 5 种灾害,即通常所说的“五大灾害”。在我国,冲击地压(也称为冲击矿压)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。冲击地压发生时,常因煤岩体中应变能的突然、急剧、猛烈释放而导致工作面或巷道的煤岩层结构瞬时发生破坏,造成井巷的严重破坏和人员的重大伤亡。

冲击地压现象 1738 年首次发生于英国,至今已有包括德国、南非、波兰、俄罗斯、美国、加拿大、中国、日本和澳大利亚等 20 多个国家和地区发生过冲击地压或受到冲击地压的威胁。在我国,1933 年抚顺胜利矿最早发生冲击地压,1985 年我国冲击地压煤矿为 32 个,主要分布在北京、枣庄、抚顺、大同、阜新、天池等局矿,开采深度平均仅为 600~750 m。近年来,由于煤矿开采深度的不断增加,冲击地压发生矿井数量和危害程度又呈明显上升的趋势。截至 2006 年底,仅新发生冲击地压的矿井就多达 60 余个,分布范围扩大到开滦、新汶、徐州、义马、鹤岗、淮南、大屯、平顶山、华亭、韩城、兖州、七台河等局矿,开采深度也达到 750~1 150 m。仅 1997 年至 2006 年底,先后在大同、抚顺、北京、徐州、新汶、开滦、华亭、义马、阜新、平顶山等局因冲击地压的发生而导致的重大伤亡事故就多达 10 余起,死伤人数达百余人。

应该指出,冲击地压为岩石力学中的复杂疑难问题之一,因冲击地压发生机理的复杂性,世界范围内的冲击地压问题还没有得到解决,冲击地压发生机理的研究进展仍较缓慢。因此,进一步从理论和实践两方面对冲击地压问题加强研究,是摆在我们面前刻不容缓的任务。

应该承认,大多数采矿工程师对冲击地压的认识和了解多局限于大学课堂上老师的那三言两语的介绍,没有系统、全面学习的机会。同时,由于目前缺乏有关冲击地压方面的较权威、实用、系统、全面的教材,使得无法从本质上认识冲击地压并进而掌握冲击地压知识。

本书旨在较系统全面地介绍冲击地压基本概念及其分类,阐述冲击地压影响因素和冲击地压发生机理,重点介绍冲击危险性评价、预测方法与技术,结合具体生产矿井实际,给出了冲击地压防治方法与技术,并对冲击地压预测与防治技术的发展进行了展望。

考虑到冲击地压发生条件的复杂性及冲击地压理论需要的相关知识较多,为了便于理解和掌握,书中增加了冲击地压实例和冲击地压基础知识两个附录,供大家在学习过程中参考。

本书由齐庆新研究员、窦林名教授和潘一山教授共同主编,齐庆新统稿,史元伟研究员主审。参加编写的还有雷毅硕士、李忠华教授、潘俊锋硕士、任勇硕士、付东波硕士、陆菜平博士、牟宗龙博士、赵扬锋博士、肖晓春博士、唐巨鹏博士、王明磊博士等。

本书在编写过程中,考虑到“653”教材内容应充分反映本方向的新理论、新知识、新装备、新技术,具有先进性、实用性和可操作性的要求和特点,一方面,用较大篇幅较为详细地介绍了我们在冲击地压理论与技术方面最新、尚未公开发表的科研成果及学术理论;另一方面,参阅了大量的资料,尽可能均列在参考文献中,但难免疏漏。同时,由于编者水平所限,书中难免有谬误疏漏之处,敬请广大读者批评指教!

本书是一本较为系统的冲击地压方面的教材,可供广大采矿工作者参考。

编者

2007年9月

目 录

序.....	1
前言.....	1
第一章 冲击地压概述.....	1
第一节 冲击地压现象.....	1
第二节 冲击地压的历史与现状.....	2
第三节 冲击地压发生的特点.....	8
第四节 冲击地压分类方法及分类.....	8
第二章 冲击地压的发生机理及条件	12
第一节 冲击地压的影响因素	12
第二节 冲击地压发生机理	32
第三节 冲击地压、岩爆与矿震的关系.....	44
第三章 冲击危险性评价及预测技术	55
第一节 冲击危险性评价与预测方法分类	55
第二节 冲击危险性评价方法	58
第三节 冲击危险性探讨	90
第四节 冲击地压监测预警技术	91
第四章 冲击地压防治技术.....	132
第一节 防治冲击地压的原则.....	132
第二节 冲击地压解危技术.....	134

第三节 冲击地压防范技术·····	172
第五章 冲击地压综合治理技术体系与展望·····	195
第一节 冲击地压综合治理技术体系·····	195
第二节 冲击地压技术展望·····	201
附录 A 冲击地压典型案例分析·····	204
第一节 不同开采条件下的冲击地压典型案例·····	204
第二节 不同发生机理的冲击地压典型案例·····	216
附录 B 冲击地压基础理论·····	234
第一节 现代数学理论·····	234
第二节 现代力学理论·····	261
参考文献·····	328

第一章 冲击地压概述

第一节 冲击地压现象

冲击地压(亦称“冲击矿压”,非煤矿山或其他岩土工程也称之为“岩爆”)是煤矿开采中典型的动力灾害之一,通常是在煤、岩力学系统达到极限强度时,以突然、急剧、猛烈的形式释放弹性能,导致煤岩层瞬时破坏并伴随有煤粉和岩石的冲击,造成井巷的破坏及人身伤亡事故。在我国,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。冲击地压可以定义为:矿山井巷和采场周围煤、岩体由于变形能释放而产生的以突然、急剧、猛烈的破坏为特征的动力现象。简单地讲,冲击地压就是煤岩体的突然破坏现象。冲击地压发生前一般没有明显的宏观前兆。冲击地压发生时,煤和岩石突然被抛出,造成支架折损、片帮冒顶、巷道堵塞、人员伤亡,并伴有巨大声响和岩体震动。在瓦斯煤层,发生冲击地压时,往往还伴有大量瓦斯涌出。

在煤矿开采中,由于采掘导致的煤层顶底板垮断与破坏、支架折损、冒顶、煤壁片帮、底鼓等现象,可以归结为一般的矿山压力现象,是煤岩体在采动条件下围岩应力重新分布而发生的常见的矿山压力显现形式。但对于冲击地压、顶板大面积来压、岩爆、矿震、煤与瓦斯突出、地表突然塌陷等现象,由于其发生过程突然,且具有典型的动力特征,因此通常情况下,可统称为矿山动力现象,但又具有不同的显现形式和发生机理,因此,它们之间既有区别又有联系。

本书中,重点论述冲击地压这一矿山动力现象的发生机理、预测与评价方法、防治理论与实践等。

第二节 冲击地压的历史与现状

一、我国冲击地压历史与现状

1. 我国冲击地压概况

我国最早记录的冲击地压现象于 1933 年发生在原抚顺矿务局的胜利煤矿,当时的开采深度为 200 m 左右。后来,随着开采深度的增加和采掘范围的扩大,原北京矿务局的门头沟矿、城子矿、房山矿,原抚顺矿务局的龙凤矿和老虎台矿,原枣庄矿务局的陶庄矿、八一矿,原开滦矿务局的唐山矿,原阜新矿务局的高德矿、五龙矿,四川天池煤矿等都发生了冲击地压。从 1949 年建国以来,已发生破坏性冲击地压 4 000 多次,震级 M0.5~M3.8 级,造成大量巷道破坏和惨重的人员伤亡。

近 10 年来,随着我国煤矿开采深度的不断增加,开采强度不断加大,发生冲击地压的矿井的分布范围越来越广。截至 2006 年底,北京、枣庄、抚顺、阜新、辽源、大同、天池、开滦、新汶、徐州、义马、鹤壁、双鸭山、鸡西、淮南、大屯、韩城、兖州、华亭、古城、贵州等近 100 个矿区(井)均发生过冲击地压。仅 2001 年至 2006 年底,在大同、抚顺、北京、华亭、大同、阜新等局矿因冲击地压的发生而导致的重大伤亡事故就多达 10 余起,死伤人数达数百人。

目前我国煤炭产量居世界之首,又以井工开采为主,这种局面在一个相当长时间内难以改变。随着我国煤矿开采深度的进一步增加和开采强度的加大,冲击地压的危害将日趋严重。从目前情况看,我国每年均发生多起因冲击地压而导致的人员伤亡事故,已成为世界上冲击地压最严重的国家之一。

2. 我国冲击地压的主要特点

我国冲击地压发生条件极为复杂。从自然地质条件看,除褐煤以外的各煤种都记录到了冲击现象,采深从 200 m 至 1 300 m,地质构造从极简单至极复杂,煤层从薄到特厚,倾角从水平至急倾斜,顶

板包括砂岩、灰岩、油母页岩等都发生过冲击地压;从生产技术条件来看,水采、水砂充填、综采、放顶煤开采、炮采等各种采煤工艺,长壁、短壁、巷柱、倾斜分层、水平分层、倒台阶等各种方法均发生过冲击地压现象。

由于发生冲击地压的条件不同,造成我国冲击地压显现的复杂性。我国冲击地压的显现主要有以下特点:

(1) 具有突发性,过程短暂,伴随有强烈的震动和声响

冲击地压发生前一般没有明显的宏观前兆,相当多的冲击地压是由爆破、顶板来压等引起的,但也有很多是在没有人员活动的期间内发生的,很难确定诱发因素。

冲击地压一般伴随有强烈的震动和声响,最大震级可达 M4.3 级,地面几千米范围内有震感。

(2) 类型多样

我国冲击地压一般表现为煤体的破坏与冲击,但台吉、大台、八一、柴里、潘西及南桐一井等五个矿已发生多次岩爆。

我国冲击地压以煤层冲击最常见,也有顶板冲击和底板冲击。房山矿发生的一次冲击地压,底板突然鼓起并开裂形成 5 cm 宽的裂缝。在煤层冲击中,绝大多数表现为破碎煤从煤壁抛出,也有极个别情况表现为数十平方米的煤体整体滑移。

(3) 造成巨大的破坏和损失

冲击地压造成破坏的情况有以下几方面:

① 人员伤亡。冲击地压造成震动使人员碰伤,所造成的冒顶、片帮、支架折断也伤及人员;由于巷道堵塞、人员被埋而窒息。

② 破坏生产。冲击地压造成片帮、底鼓、冒顶可造成几十米巷道被堵塞,几百米巷道支架被损坏,机械设备被移位,风门被暴风摧垮,有的被迫停采,损失煤炭可多达 60 万 t。

③ 地面房屋被震坏开裂。

(4) 灾害严重程度不同

我国煤矿冲击地压的强度、频度、灾害程度、伴生灾害情况等因

开采地质条件的不同而差别较大。门头沟、台吉、老虎台、华丰及三河尖等煤矿都发生了 M3.1 级以上的震动,属我国冲击震动强度较高的矿井。根据微震监测系统记录,门头沟煤矿(现已关闭)平均每月记录到 160 次各类冲击和震动;华丰煤矿每月可监测到 1 000 余次各类震动;老虎台煤矿也是冲击地压严重的矿井,每月震动次数达 300 余次;台吉矿存在岩爆、矿震、岩石突出、煤与瓦斯突出、地温热害等,是我国深井开采多种灾害并存的典型。此外,在发生冲击地压的高瓦斯矿井中,大多同时存在冲击地压及煤与瓦斯突出等两种以上灾害。

(5) 发展趋势是逐渐增多,日趋严重

1949 年以前我国发生冲击地压的矿井只有 2 个,20 世纪 50 年代增加到 7 个,60 年代为 12 个,70 年代为 22 个,80 年代为 32 个,90 年代为 50 余个,目前达 100 多个。随着开采深度的增加、开采范围的扩大和开采强度的加大,近年来虽然采取了不少措施,但全国冲击地压矿井数和总的冲击地压次数并未减少。因此,从我国煤矿的开采实践看,冲击地压矿井数量将逐渐增多,冲击地压灾害将更加严重。

3. 我国冲击地压的研究概况

我国从 20 世纪 70 年代末期开始系统地开展冲击地压的研究工作,并将其作为国家“六五”、“七五”科技攻关项目进行了有针对性的重点研究,在充分吸收国外理论研究成果的基础上,在冲击地压发生机理和预测与防治方面取得了一定的成绩——1983 年煤层注水与深孔卸载爆破技术得到实施;1984 年引进波兰 SAK 地音监测系统和 SYLOK 微震监测系统,并用于冲击地压预测;1987 制定了我国第一部《冲击地压煤层安全开采暂行规定》;1990 年成功开发了 BD4—I 型便携式地音仪;1992 年成功研制了 MA0104E 型简易地音监测系统,等等。在理论研究方面,煤炭科学研究总院北京开采所(现开采研究分院)、中国矿业大学、辽宁工程技术大学先后在冲击倾向性测定指标、冲击地压发生条件及冲击地压失稳理论等方面提出