

岩石力学与
工程研究著作 **丛书**

深部矿井复合型煤岩瓦斯 动力灾害防治理论与技术

◎孙学会 李铁 著



科学出版社

岩石力学与工程研究著作丛书

深部矿井复合型煤岩瓦斯动力灾害 防治理论与技术

孙学会 李 铁 著

国家“十一五”科技支撑项目(2006BAK03B11)

国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2008AA062104) 联合资助

国家自然科学基金项目(40174010、40244021)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以抚顺老虎台井田为主要研究基地和工程背景,针对深部开采现今构造应力场、残余构造应力场、岩体自重应力场、采动应力场和瓦斯与水等流体应力场耦合作用下发生的冲击地压、矿震、煤与瓦斯突出、瓦斯异常涌出和透水等多灾种复合型灾害,应用多学科交叉渗透的理论、方法与技术,探索灾害形成的机理,研究区域与局部危险性预测和综合防治技术,收到了良好的防灾减灾效果。

本书内容丰富、资料翔实、理论性和实用性强,可供煤矿开采、地质、安全等专业科研、教学和工程技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

深部矿井复合型煤岩瓦斯动力灾害防治理论与技术/孙学会,李铁著. —北京:科学出版社,2011

(岩石力学与工程研究著作丛书)

ISBN 978-7-03-030611-1

I. ①深… II. ①孙…②李… III. ①矿井-煤岩-瓦斯治理 IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 046751 号

责任编辑:刘宝莉 沈 建 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

http: www. sciencep. com

北京佳信达胶艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年10月第一版 开本:B5(720×1000)

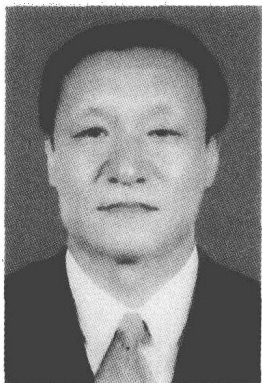
2011年10月第一次印刷 印张:17 1/4 彩插2

字数:323 000

定价:80.00元

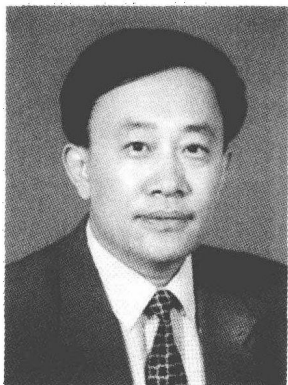
(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介



孙学会,男,汉族,辽宁省抚顺人,1952年5月出生。1976年毕业于阜新矿业学院。教授研究员级高级工程师,享受国务院政府特殊津贴,现任抚顺矿业集团公司总工程师。

30多年来始终工作在煤炭生产一线,具有扎实的专业技术理论和丰富的实践经验及处理复杂技术难题的综合能力,特别是近些年来针对抚顺特厚煤层开采中存在的水、火、瓦斯、煤尘、煤与瓦斯突出、冲击地压威胁的实际情况,组织科技攻关,先后完成了20余项科研项目,并获国家、省(部)和市奖励。其中获国家科技进步二等奖1项,煤炭科学技术一等奖1项,国家安全生产科技成果一等奖3项、三等奖1项,辽宁省科技进步二等奖2项、三等奖3项,全国煤炭工业十大科技成果奖4项,抚顺市科技进步一等奖6项、二等奖4项,日本“伊木赏”奖1项。发表论文多篇,出版著作2部,取得了十分显著的安全、技术、经济、社会等综合效益,多次被聘为多个社会团体、专业组织和政府的各种兼职职务,在本专业和学术领域内有着较高的声望。



李铁,男,汉族,天津人,1961年5月出生。1982年毕业于长春地质学院,获学士学位。2007年毕业于北京科技大学,获博士学位。享受国务院政府特殊津贴。现任北京科技大学研究员,研究生导师。

从事土木工程和防灾减灾工程与防护工程的科研和教学工作。主要研究方向为矿山煤岩瓦斯动力灾害机理、危险性预测和防治,矿山应用地震学,地下岩石工程稳定性,岩土工程,工程地震,GIS开发应用等。

近十年参加和主持国家高技术发展研究计划(863计划)项目、国家“十五”防震减灾重点项目、国家自然科学基金项目、科技部科研院所社会公益项目、省级自然科学基金、省级科学技术计划项目和产学研合作项目30余项。获国家科技进步二等奖1项,省部级科技进步奖3项。近年来以第一作者身份发表SCI、EI收录学术论文15篇,出版专著1部。

《岩石力学与工程研究著作丛书》编委会

名誉主编: 孙 钧 王思敬 钱七虎 谢和平

主 编: 冯夏庭

副主编: 何满潮 黄润秋 周创兵

秘书长: 黄理兴 刘宝莉

编 委: (以姓氏汉语拼音字母顺序排列)

蔡美峰	曹 洪	戴会超	范秋雁	冯夏庭
高文学	郭熙林	何昌荣	何满潮	黄宏伟
黄理兴	黄润秋	金丰年	景海河	鞠 杨
康红普	李 宁	李 晓	李海波	李建林
李世海	李术才	李夕兵	李小春	李新平
廖红建	刘宝莉	刘汉东	刘汉龙	刘泉声
吕爱钟	栾茂田	莫海鸿	潘一山	任辉启
余诗刚	盛 谦	施 斌	谭卓英	唐春安
王 驹	王金安	王明洋	王小刚	王学潮
王芝银	邬爱清	徐卫亚	杨 强	杨光华
岳中琦	张金良	赵 文	赵阳升	郑 宏
周创兵	周德培	朱合华		

《岩石力学与工程研究著作丛书》序

随着西部大开发等相关战略的实施,国家重大基础设施建设正以前所未有的速度在全国展开:在建、拟建水电工程达 30 多项,大多以地下洞室(群)为其主要水工建筑物,如龙滩、小湾、三板溪、水布垭、虎跳峡、向家坝等,其中白鹤滩水电站的地下厂房高达 90m、宽达 35m、长 400 多 m;锦屏二级水电站 4 条引水隧道,单洞长 16.67km,最大埋深 2525m,是世界上埋深与规模均为最大的水工引水隧洞;规划中的南水北调西线工程的隧洞埋深大多在 400~900m,最大埋深 1150m。矿产资源与石油开采向深部延伸,许多矿山采深已达 1200m 以上。高应力的作用使得地下工程冲击岩压显现剧烈,岩爆危险性增加,巷(隧)道变形速度加快、持续时间长。城镇建设与地下空间开发、高速公路与高速铁路建设日新月异。海洋工程(如深海石油与矿产资源的开发等)也出现方兴未艾的发展势头。能源地下储存、高放核废物的深地质处置、天然气水合物的勘探与安全开采、CO₂ 地下隔离等已引起政府的高度重视,有的已列入国家发展规划。这些工程建设提出了许多前所未有的岩石力学前沿课题和亟待解决的工程技术难题。例如,深部高应力下地下工程安全性评价与设计优化问题,高山峡谷地区高陡边坡的稳定性问题,地下油气储库、高放核废物深地质处置库以及地下 CO₂ 隔离层的安全性问题,深部岩体的分区碎裂化的演化机制与规律,等等,这些难题的解决迫切需要岩石力学理论的发展与相关技术的突破。

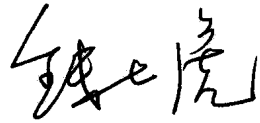
近几年来,国家 863 计划、国家 973 计划、“十一五”国家科技支撑计划、国家自然科学基金重大研究计划以及人才和面上项目、中国科学院知识创新工程项目、教育部重点(重大)与人才项目等,对上述科学与工程难题的攻克陆续给予了有力资助,并针对重大工程在设计和施工过程中遇到的技术难题组织了一些专项科研,吸收国内外的优势力量进行攻关。在各方面的支持下,这些课题已经取得了很多很好的研究成果,并在国家重点工程建设中发挥了重要的作用。目前组织国内同行将上述领域所研究的成果进行了系统地总结,并出版《岩石力学与工程研究著作丛书》,值得钦佩、支持与鼓励。

该研究丛书涉及近几年来我国围绕岩石力学学科的国际前沿、国家重大工程建设中所遇到的工程技术难题的攻克等方面所取得的主要创新性研究成果,包括深部及其复杂条件下的岩体力学的室内、原位实验方法和技术,考虑复杂条件与过程(如高应力、高渗透压、高应变速率、温度-水流-应力-化学耦合)的岩体力学特性、变形破裂过程规律及其数学模型、分析方法与理论,地质超前预报方法与技术,工

程地质灾害预测预报与防治措施,断续节理岩体的加固止裂机理与设计方法,灾害环境下重大工程的安全性,岩石工程实时监测技术与应用,岩石工程施工过程仿真、动态反馈分析与设计优化,典型与特殊岩石工程(海底隧道、深埋长隧洞、高陡边坡、膨胀岩工程等)超规范的设计与实践实例,等等。

岩石力学是一门应用性很强的学科。岩石力学课题来自于工程建设,岩石力学理论以解决复杂的岩石工程技术难题为生命力,在工程实践中检验、完善和发展。该研究丛书较好地体现了这一岩石力学学科的属性与特色。

我深信《岩石力学与工程研究著作丛书》的出版,必将推动我国岩石力学与工程研究工作的深入开展,在人才培养、岩石工程建设难题的攻克以及推动技术进步方面将会发挥显著的作用。



2007年12月8日

《岩石力学与工程研究著作丛书》编者的话

近二十年来,随着我国许多举世瞩目的岩石工程不断兴建,岩石力学与工程学科各领域的理论研究和工程实践得到较广泛的发展,科研水平与工程技术能力得到大幅度提高。在岩石力学与工程基本特性、理论与建模、智能分析与计算、设计与虚拟仿真、施工控制与信息化、测试与监测、灾害性防治、工程建设与环境协调等诸多学科方向与领域都取得了辉煌成绩。特别是解决岩石工程建设中的关键性复杂技术疑难问题的方法,973、863、国家自然科学基金等重大、重点课题研究成果,为我国岩石力学与工程学科的发展发挥了重大的推动作用。

应科学出版社诚邀,由国际岩石力学学会副主席、岩石力学与工程国家重点实验室主任冯夏庭教授和黄理兴研究员策划,先后在武汉与葫芦岛市召开《岩石力学与工程研究著作丛书》编写研讨会,组织我国岩石力学工程界的精英们参与本丛书的撰写,来反映我国近期在岩石力学与工程领域研究取得的最新成果。本丛书内容涵盖岩石力学与工程的理论研究、试验方法、实验技术、计算仿真、工程实践等各个方面。出版时间计划为2007~2011年,分期分批出版。到2007年底,已有二十多本专著列入出版计划。

本丛书编委会编委由58位来自全国水利水电、煤炭石油、能源矿山、铁道交通、资源环境、市镇建设、国防科研、大专院校、工矿企业等单位与部门的岩石力学与工程界精英组成。编委会负责选题的审查,科学出版社负责稿件的审定与出版。

在本套丛书的策划、组织与出版过程中,得到了各专著作者与编委的积极响应;得到了各界领导的关怀与支持,中国岩石力学与工程学会理事长钱七虎院士特为丛书作序;中国科学院武汉岩土力学研究所冯夏庭、黄理兴研究员与科学出版社刘宝莉、沈建等编辑做了许多繁琐而有成效的工作,在此一并表示感谢。

“21世纪岩土力学与工程研究中心在中国”,这一理念已得到世人的共识。我们生长在这个年代里,感到无限的幸福与骄傲,同时我们也感觉到肩上的责任与重大。我们组织编写这套丛书,希望能真实反映我国岩石力学与工程的现状与成果,希望对读者有所帮助,希望能为我国岩石力学学科发展与工程建设贡献一份力量。

《岩石力学与工程研究著作丛书》

编辑委员会

2007年11月28日

前 言

抚顺煤田开采已逾百年。煤炭生产中衍生的瓦斯、煤尘、煤自燃、煤与瓦斯突出、冲击地压和水害影响着矿井安全。抚顺煤田历经几代人长期的开采实践和不懈努力,在防治各种灾害方面积累了丰富的经验,奠定了指导生产实践的理论基础和应用技术,取得了良好的防灾减灾效果,为企业可持续发展提供了安全保障。

但是,进入深部开采后,面临高原岩地应力、高采动次生应力、高瓦斯吸附压力和高瓦斯含量等新的不利开采环境,加之采动岩体力学行为的非线性特征趋于显著,岩体对开采扰动和外部动力响应的敏感程度增加,煤、岩、瓦斯动力灾害间相互作用凸显,由浅部的单一灾种成灾,演变成深部多灾种复合成灾和引发次生灾害,导致采煤环境和条件恶化,煤岩与瓦斯等动力灾害复杂、灾害防治难度加大、采煤成本增加、突发性和重大工程灾害的威胁加重。如不及时加以研究和治理,将有可能制约企业的可持续发展。深部煤炭资源是我国 21 世纪及以后的主要后备能源保障,复合型煤岩瓦斯动力灾害机理和防治技术的研究,不仅是抚顺煤田开采的迫切需要,也将是大量深部煤炭资源矿井和相关学术与工程界的重要任务。

在国家“十一五”科技支撑项目(2006BAK03B11)、国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2008AA062104)和国家自然科学基金项目(40174010、40244021)等的支持下,抚顺煤田建立起矿山地球物理观测系统,开展了长期的科学观测,积累了大量宝贵资料。作者以抚顺煤田现生产矿井老虎台矿为重点,针对矿井瓦斯地质条件和地质构造复杂,开采深度已达 900 余米,开采煤层最大厚度达到 130m,煤层瓦斯含量高、压力大、具有突出危险,冲击地压严重等现状,运用矿山岩体力学、采矿学、地球物理学等多学科理论、方法与技术交叉渗透的研究方法,探索深井煤矿现今构造应力场、残余构造应力场、岩体自重应力场、采动应力场和瓦斯与水等流体应力场耦合作用下发生的冲击地压、矿震、煤与瓦斯突出、瓦斯异常涌出和透水等多灾种间相互作用复合成灾的机理,并研究和实践综合防治技术,收到了良好的防灾减灾效果。

本书的研究工作,还汇集了作者在深部开采动力灾害防治相关领域的工程实践和理论探索,期望为我国煤矿认识深部开采复合型动力灾害机理、危险性预测和灾害防治提供有益的借鉴。由于灾害复杂、研究工作时间短,有些成果和观点或不成熟,加之作者的学识水平所限,缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

本书撰写过程中,蒙吕毓国、王金安、盛继权等同仁提供了大量宝贵资料并给予无私帮助,在此谨致诚挚谢忱。

著 者

2011年1月

目 录

《岩石力学与工程研究著作丛书》序

《岩石力学与工程研究著作丛书》编者的话

前言

第 1 章 绪论	1
第 2 章 试验研究矿区与矿井概况	5
2.1 抚顺矿区概况	5
2.1.1 矿区地理位置	5
2.1.2 煤田地质	5
2.1.3 煤层	7
2.1.4 开采简史	7
2.1.5 采煤方法演变	9
2.1.6 开采衍生的主要工程灾害	9
2.1.7 煤层瓦斯抽放	13
2.1.8 矿井瓦斯利用	14
2.1.9 采矿地球物理科学观测系统	14
2.2 老虎台矿井概况	19
2.2.1 矿井位置与范围	19
2.2.2 煤炭生产沿革	19
2.2.3 开采煤层及煤质	20
2.2.4 矿山灾害防治体系	20
第 3 章 孕育和发生复合型动力灾害的基本环境及条件	27
3.1 地质构造及应力场	27
3.1.1 区域地质构造及地应力场	27
3.1.2 抚顺煤田暨老虎台井田主要地质构造及应力场	30
3.2 区域现今构造应力场活动性及其对抚顺煤田局部应力场的调制作用	36
3.2.1 东北区域现今构造应力场活动性	36
3.2.2 辽东梨形地质单元的现今构造应力场活动性	37
3.2.3 辽东梨形地质单元内现今构造应力场对抚顺煤田的作用	38

3.2.4	东北区域现今构造应力场对抚顺煤田应力场的调制作用	38
3.2.5	现今构造运动对抚顺煤田停采矿井的调制作用	40
3.2.6	抚顺煤田孕育发生矿震的动力来源	42
3.3	地壳介质	42
3.3.1	辽东梨形地质单元	42
3.3.2	老虎台井田地层及岩石力学基本性质	43
3.4	瓦斯赋存与矿井瓦斯涌出规律	47
3.4.1	煤层瓦斯生成	47
3.4.2	瓦斯赋存	52
3.4.3	瓦斯涌出一般规律及影响因素	58
3.4.4	综放开采瓦斯涌出特征	60
3.4.5	瓦斯梯度	64
3.4.6	瓦斯压力	73
3.5	瓦斯地质	75
3.5.1	煤系地层形成的地质条件	75
3.5.2	构造煤	75
3.5.3	地质构造对瓦斯赋存的控制	76
3.5.4	构造带瓦斯赋存规律	77
3.5.5	顶、底板岩性对瓦斯赋存的影响	79
3.5.6	煤层上覆岩层厚度对瓦斯赋存的影响	79
3.6	水文地质	80
3.6.1	主要含、隔水层	80
3.6.2	地表水	81
3.6.3	井下自然涌水	82
3.7	矿井开拓部署与采煤方法	82
3.7.1	矿井开拓部署	82
3.7.2	采煤方法	83
3.8	小结	85
第4章	深井煤矿动力灾害间的复合作用	87
4.1	强矿震和冲击地压与瓦斯的复合作用	87
4.1.1	震源定位观察到的矿震与瓦斯的复合作用	88
4.1.2	远场矿震和冲击地压与瓦斯复合作用的现场调查	88
4.1.3	瓦斯连续监测与矿震和冲击地压对比分析	90
4.1.4	架间取样瓦斯浓度与冲击地压(矿震)对比分析	91

4.1.5 冲击地压复合的瓦斯爆炸·····	93
4.2 强矿震与冲击地压的复合作用·····	93
4.3 强矿震和冲击地压复合的次生粉尘灾害·····	94
4.4 透水灾害复合的次生瓦斯灾害·····	94
4.5 甚远场强烈地震能量的复合作用·····	95
4.6 小结·····	96
第5章 开采动力响应的特征深度及工程意义 ·····	98
5.1 冲击地压发生的初始深度·····	98
5.2 顶板破裂上限临界深度·····	101
5.3 底板破裂下限临界影响深度·····	104
5.4 强矿震和冲击地压与瓦斯复合作用的特征深度·····	105
5.5 深部开采临界深度的定量判定方法及复合型灾害主因·····	106
5.5.1 采动岩体“视本构关系”及其反映出的岩体力学行为·····	106
5.5.2 岩体破裂的分形几何学特征及其反映出的岩石力学行为·····	108
5.5.3 冲击地压和矿震与瓦斯复合型动力现象的显著临界深度·····	109
5.5.4 老虎台井田深部开采临界深度的定量认识和复合型灾害主因·····	110
5.6 小结·····	111
第6章 井田尺度采动应力释放规律及工程应用 ·····	114
6.1 关于岩体破裂源力学机制·····	114
6.2 矿震震源机制研究方法·····	115
6.3 区域地震震源机制特征及现今构造应力场反演·····	116
6.3.1 区域强地震震源机制解·····	116
6.3.2 区域小震综合断层面解·····	118
6.3.3 区域现今构造应力场反演·····	120
6.4 老虎台井田矿震震源机制解·····	121
6.4.1 强矿震震源机制总体特征·····	122
6.4.2 矿震的强制逆冲震源机制·····	132
6.4.3 矿震震源机制解的工程应用·····	143
6.5 小结·····	144
第7章 煤岩瓦斯复合型动力灾害的力学机制 ·····	145
7.1 发生复合型煤与瓦斯动力灾害的基本条件·····	145
7.1.1 瓦斯内能条件·····	145
7.1.2 外部流入动力条件·····	148
7.1.3 初始发生的岩体本构关系条件·····	150

7.2	冲击地压和煤与瓦斯突出相互作用复合型灾害的成灾模式	151
7.2.1	煤层超载闭气-内裂-瓦斯解吸与冲击动力复合破裂模式	151
7.2.2	近场冲击震动诱导煤与瓦斯系统崩溃模式	156
7.2.3	开挖卸荷下储气构造爆裂模式	156
7.2.4	冲击震动作用下疏通采空区瓦斯溢出通道模式	157
7.2.5	含瓦斯煤岩大规模非冲击震动破裂模式	157
7.3	复合型煤岩瓦斯动力灾害的类型	157
7.3.1	顶、底煤冲击复合型煤与瓦斯动力灾害	157
7.3.2	近场冲击震动复合型煤与瓦斯动力灾害	158
7.3.3	储气构造卸荷爆裂复合型煤与瓦斯动力灾害	158
7.3.4	远场强矿震诱发复合型冲击地压和煤与瓦斯动力灾害	158
7.3.5	含瓦斯煤岩非冲击震动破裂复合型煤与瓦斯动力灾害	158
7.3.6	远场地震诱发复合型强矿震和冲击地压灾害	158
7.4	小结	159
第8章	透水及次生瓦斯灾害的成因机理分析	161
8.1	成灾工作面与微地震观测设备概况	161
8.2	“3·10”透水事故的主要疑点	162
8.3	透水过程井田地球物理场的观测与分析	163
8.3.1	矿震时域分布指示的透水灾害过程	163
8.3.2	弹性波震动卓越频率异常指示的透水灾害成灾过程	164
8.3.3	矿震弹性波波形异常指示的透水灾害成灾过程	165
8.3.4	矿震弹性波速度异常指示的透水灾害成灾过程	167
8.3.5	矿震弹性波振幅异常指示的透水灾害成灾过程	168
8.3.6	综合矿井地球物理信息指示的透水灾害成灾过程	169
8.4	透水水源构成的同位素测试分析	169
8.5	成灾增量水体的形成及渗入条件	171
8.6	透水灾害复合的瓦斯异常涌出	172
8.7	透水及复合瓦斯灾害的成灾过程及成因机理	173
8.8	小结	173
第9章	复合型煤岩瓦斯动力灾害危险性评价预测及防治	175
9.1	采动岩体弹性能释放总体趋势评价技术	175
9.1.1	考虑地应力强度效应的G-R自相似关系法	175
9.1.2	采动岩体弹性能释放的数学模型法	177
9.1.3	采动岩体弹性能释放总体趋势评价结果	187

9.2 强矿震短期危险性预测技术	188
9.2.1 岩体破裂弹性波传播速度比(V_P/V_S)预测方法	189
9.2.2 岩体破裂质点振动振幅比(A_S/A_P)预测方法	193
9.2.3 基于岩体加卸载响应原理的预测方法	195
9.2.4 强矿震短期危险性预测技术的结论与讨论	201
9.3 深部采空区不明水体蓄积成灾的预警技术思路	203
9.4 复合型煤岩瓦斯动力灾害危险性判定	204
9.4.1 区域危险性评价与预测指标体系	204
9.4.2 局部危险性预测指标体系	206
9.5 小结	207
第10章 复合型煤岩瓦斯动力灾害防治技术	209
10.1 复合型煤岩瓦斯动力灾害防治的能量理论	209
10.1.1 统一的灾害发生能量理论假说	209
10.1.2 统一的灾害能量积累和释放因果关系	210
10.1.3 统一的能量积累和释放的材料与应力相互作用机制	210
10.2 基于能量理论的防治技术途径	210
10.3 复合型煤岩瓦斯动力灾害综合一体化防治	211
10.3.1 区域防治	211
10.3.2 局部防治	217
10.3.3 预测效检与预警	236
10.3.4 防治效果	239
10.4 小结	245
第11章 老虎台井田复合型煤岩瓦斯动力灾害防治的总体认识	247
参考文献	254
彩图	

第 1 章 绪 论

煤炭资源开采达到一定深度,势必面临冲击地压、岩爆、矿震、煤与瓦斯突出、瓦斯异常涌出、透(突)水等一系列动压显现(动力灾害)中的一种或数种。在浅部,各种动力灾害通常独立发生,灾害间的相互作用不甚显著,不足以引起学术界和工程界的广泛关注。进入深部开采后,煤矿动力灾害间的相互作用凸显,表现出两种以上灾害复合发生,或产生它种次生灾害,使得动力灾害的发生机理更为复杂,灾害预测和防治的难度加大,导致开采条件恶化。在一种动力灾害的附加动力作用下,它种动力灾害可超常提前发动,使得人们疏于防范,易于导致突发性重大灾害事故,对深部开采煤矿的生产安全构成重大威胁。

煤与瓦斯突出是地应力(通常指静力)与瓦斯膨胀能共同作用的观点已被广泛接受,只不过在不同类型突出中,两者对于突出的贡献程度畸轻畸重。早在 20 世纪 20 年代,就已发现冲击地压和矿震等动压诱发煤与瓦斯突出或瓦斯异常涌出的现象,进入深部开采后逐渐引起学术界的广泛关注。

阿维尔申(1955)和布霍依诺(1985)早期报道,德国莱茵-维斯特法尔矿区(1926 年)、哈乌斯克矿井(1955 年)和鲁尔矿区(1981 年)在发生冲击地压前后,瓦斯浓度异常升高,尽管已加大了通风。他们曾提出是瓦斯诱发了冲击地压、还是冲击地压诱发了瓦斯抑或两者兼而有之的质疑,但未见后续进一步研究的报道。佩图霍夫等(1994)曾提出,对于有冲击和突出危险的煤层,应高度重视双重危险,主张建立统一的理论进行预测和预防,在其著作中提及彼得罗夏 1978 年提出的煤与瓦斯突出分类中,曾提到了冲击地压伴随瓦斯涌出问题。Ogieglo 等(2005)研究了煤矿开采造成的矿山震动与回采工作面和掘进巷道瓦斯涌出量之间的关系,发现工作面附近的震动容易造成大量的瓦斯涌出;开采速度增加,矿山震动次数增加,瓦斯涌出量增加;高瓦斯矿井的震动,极易造成大量瓦斯涌出。

国内辽宁省北票台吉煤矿竖井,1994~1995 年在 870m 深度开采期间,黄学军等(1995)的井下调查结果显示,17 次冲击地压和矿震显现中,有 6 次伴随瓦斯异常涌出,占比 35.3%。张凤鸣等(2005)报道,黑龙江省鹤岗煤田进入深部开采后,多次 $M_L \geq 3.0$ 级矿震伴随瓦斯异常涌出。2005 年 2 月 14 日,阜新孙家湾煤矿发生一次 $M_L = 2.7$ 级矿震并诱发瓦斯异常涌出,14min 后违章操作造成特大瓦斯爆炸,214 名矿工罹难。2007 年 11 月 12 日,平煤股份十矿发生一起冲击地压参与的煤与瓦斯突出,12 名矿工遇难。平煤股份十二矿和义煤集团新义矿近年类似灾害开始出现。甘肃华煤集团砚北煤矿、山东兖矿集团东滩煤矿、义煤集团千秋煤矿等

低瓦斯矿井,冲击地压后也曾造成瓦斯异常涌出超限,幸未酿成灾害。

抚顺煤田胜利、老虎台、龙凤井田属冲击地压和高瓦斯煤与瓦斯突出矿井,曾饱受煤与瓦斯动力灾害的困扰,历经几代人长期的开采实践和不懈努力,在防治煤、岩、瓦斯等单一灾种动力灾害方面积累了丰富的经验,取得了良好的防灾减灾效果。但是,随着开采深度增加,各种煤、岩、瓦斯动力灾害间相互作用开始显现,由浅部的单一灾种成灾,演变成多灾种的复合灾害和引发次生灾害。1996年,龙凤矿冲击地压后粉尘剧增,造成爆炸事故。1997年5月28日,龙凤矿在封闭断层附近发生 $M_L=0.4$ 冲击地压,富集于断层内的大量高浓度瓦斯瞬间涌出,冲击震动导致金属器具撞击出火花引起瓦斯爆炸,69人殉职。2007年3月10日,老虎台矿透水引发次生瓦斯灾害,29人殉职。老虎台矿冲击地压和矿震诱导煤与瓦斯突出和瓦斯异常涌出的复合型灾害案例则更为多见。

国内学者近年逐渐开始关注冲击地压和瓦斯的相互作用。邹德蕴等(2002)在煤岩变形破裂机理和工程技术实践的基础之上,提出采用普遍适用的能量准则,建立冲击地压和煤与瓦斯突出统一的预测预报机制和工程防治技术路线,考虑到了冲击地压和煤与瓦斯突出的综合治理。李铁等(2005b, 2009)的研究认识到,冲击地压和矿震可以诱发瓦斯异常涌出和煤与瓦斯突出,煤与瓦斯突出可以诱发冲击地压;进入深部开采后煤-瓦斯系统对外部附加动力的诱发作用显著,表明进入深部非线性岩体动力响应区后,煤-瓦斯系统对外部输入动力的敏感性增强;对冲击地压和煤与瓦斯突出复合型灾害的成灾条件、成灾破裂模式和灾害类型开展了初步探索。潘一山等(2005)对阜新煤田冲击地压和瓦斯关系的研究提出,在高瓦斯矿井,加大瓦斯抽放量,使煤层中大量瓦斯经解吸、渗流而排出,改变了煤体的物理力学性质,造成由瓦斯灾害向冲击地压灾害转变,冲击地压的频度和强度均明显增加;控制瓦斯抽放量可达到既降低瓦斯突出危险又避免冲击地压发生的目的;在有冲击地压危险倾向的煤层,采用煤层注水措施,改善因瓦斯抽放造成的煤体脆性度增加的状况,可以降低冲击地压危险。孟贤正等(2007)注意到了有冲击地压危险的煤与瓦斯突出煤层采掘,传统的煤与瓦斯突出危险性预测指标不可靠,需注意到冲击地压的作用。

2001年11月14日,青海与新疆交界的昆仑山口西发生8.1级强地震,2001年11月14日~22日,山西省连续发生5次煤矿瓦斯爆炸事故,99人丧生。强烈地震与煤矿瓦斯灾害在时间与空间上的巧合也开始引起国内学术界的关注。

啜永清等(2003)从地质构造与地震呼应关系角度分析,认为昆仑山口西8.1级地震时释放的应变能可能会对山西地区的构造应力场产生较大的影响。梁汉东(2003)的研究指出,不论强地震是否发生在富煤区域,只要强地震前兆区域与富煤区域重合,与深部活动有关的强地震前兆就有可能对地下煤层产生附加影响,从而加剧了地下采煤事故或灾害的发生,其中最危险的因素可能与氢气有着密切联系。