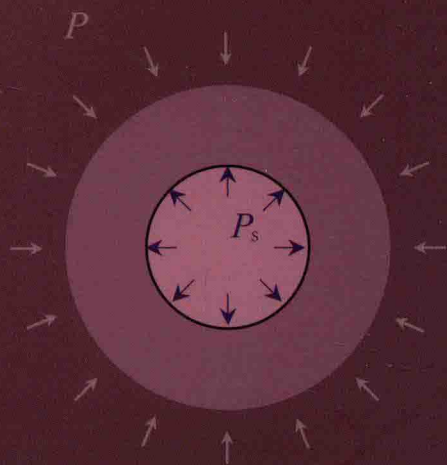


“十三五”国家重点出版物出版规划项目

岩石力学与
工程研究著作 丛书

煤矿冲击地压

◎ 潘一山 著



$$\frac{P_{\sigma}}{\sigma_c} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{E}{\lambda} \right) \left(1 + \frac{4P_s}{\sigma_c} \right)$$



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
岩石力学与工程研究著作丛书

煤矿冲击地压

潘一山 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面系统地介绍煤矿冲击地压领域的研究成果,以冲击地压扰动响应失稳理论为主线,贯穿全书五部分内容。第一部分对煤矿冲击地压进行概述。第二部分对冲击地压发生机理进行深入研究,提出冲击地压扰动响应失稳理论,将冲击地压划分为煤体压缩型、顶板断裂型和断层错动型三种主要类型,并对不同类型冲击地压进行解析分析,从时间的维度对冲击地压发生的突跳与延迟现象进行分析,从空间的维度对冲击地压造成的煤岩体破坏局部化与分区化现象进行研究。第三部分详细介绍冲击地压的各种预测方法及其基本原理、仪器设备、临界指标和典型工程实例。第四部分具体阐述冲击地压的各种防治方法及其防冲机理、配套装备、施工工艺和工程实践,其中对防冲吸能液压支架、防冲吸能O型棚和防冲吸能锚杆(索)等防冲支护技术及其装备进行重点介绍。最后一部分对冲击地压与瓦斯突出、冲击地压与自然发火、冲击地压与突水等复合灾害进行研究。

本书可供从事岩石力学、采矿工程、煤矿安全以及冲击地压研究与治理等方面的科技工作者、工程技术人员和研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿冲击地压/潘一山著. —北京:科学出版社,2018.8
(岩石力学与工程研究著作丛书)
“十三五”国家重点出版物出版规划项目
ISBN 978-7-03-051234-5

I. ①煤… II. ①潘… III. ①煤矿-冲击地压-研究 IV. ①TD324

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第321277号

责任编辑:刘宝莉 罗娟 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:师艳茹 / 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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2018年8月第一次印刷 印张:43 1/2

字数:1031 000

定价:298.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《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 何满潮

副主编: 康红普 李术才 潘一山 殷跃平 周创兵

秘书长: 黄理兴 刘宝莉

编 委: (按姓氏汉语拼音顺序排列)

蔡美峰	曹 洪	陈卫忠	陈云敏	陈志龙
邓建辉	杜时贵	杜修力	范秋雁	冯夏庭
高文学	郭熙灵	何昌荣	何满潮	黄宏伟
黄理兴	蒋宇静	焦玉勇	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	刘大安	刘汉东
刘汉龙	刘泉声	吕爱钟	潘一山	戚承志
任辉启	余诗刚	盛 谦	施 斌	宋胜武
谭卓英	唐春安	汪小刚	王 驹	王 媛
王金安	王明洋	王旭东	王学潮	王义峰
王芝银	邬爱清	谢富仁	谢雄耀	徐卫亚
薛 强	杨 强	杨更社	杨光华	殷跃平
岳中琦	张金良	张强勇	赵 文	赵阳升
郑 宏	郑炳旭	周创兵	朱合华	朱万成

《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,大多以地下硐室(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 多米;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地压显现剧烈,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,对攻克上述科学与工程难题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的总结,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,以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。

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

煤矿冲击地压是矿井重大灾害之一,世界上主要采煤国家的煤矿都有冲击地压发生,包括波兰、俄罗斯、美国、德国、澳大利亚、南非等 20 多个国家。我国是煤矿冲击地压最严重的国家之一,截至目前已有 319 个矿井发生了冲击地压。为揭示冲击地压发生机理,寻求灾害的预测和防治方法,国内外许多专家学者进行了持续百余年的研究和实践。作者 1983 年在阜新矿业学院矿山工程力学专业进行本科学习时,担任弹性力学专业课课代表,任课教师章梦涛老师介绍冲击地压的研究极具挑战性,深深吸引了我。从 1984 年 1 月跟随章梦涛老师做本科毕业论文“非等压下钻屑法预测冲击地压研究”至今 30 多年从未间断对冲击地压的研究,且只专注于冲击地压研究而未涉足其他领域。本书就是作者及其团队 30 余年来对煤矿冲击地压学术研究成果的系统总结。

全书共 17 章,以冲击地压扰动响应失稳理论为主线,按煤矿冲击地压概论、冲击地压发生理论、冲击地压预测、冲击地压防治、冲击地压复合灾害分为五部分。

第 1 章对煤矿冲击地压进行概述。介绍国内外冲击地压发生情况,明确冲击地压的特征、类型和致灾因素,概述冲击地压机理预测和防治方法。

冲击地压发生理论部分包括第 2 章到第 7 章的内容。第 2 章提出冲击地压发生扰动响应失稳的理论,揭示冲击地压发生机理,建立判别准则。第 3 章以巷道、煤柱和采煤工作面为主解析分析煤体压缩型冲击地压,并明确临界开采深度等重要概念,简述相似材料试验模拟冲击地压发生过程。第 4 章阐述顶板断裂型冲击地压,特别对坚硬顶底板和巨厚砾岩影响的冲击地压进行研究。第 5 章论述断层错动型冲击地压及超低摩擦现象。第 6 章论述煤岩体结构达到临界状态时,在扰动下从时间的维度研究冲击地压的突跳和延迟,应用突变模型研究冲击地压响应的状态突跳,应用蠕变失稳研究冲击地压的延迟,并讨论开采速度对冲击地压的影响。第 7 章研究煤岩体结构达到临界状态时,在扰动下从空间的维度论述冲击地压发生后破坏局部化和破裂分区化,并研究探讨两者的关系。

冲击地压预测部分包括第 8 章到第 11 章的内容。第 8 章研究冲击倾向性测试和冲击危险性评价方法、地应力测量及地质动力区划等区域预测方法。第 9 章论述微震监测法。第 10 章研究钻屑法和岩体应力及位移监测方法。第 11 章论述电荷监测法。

冲击地压防治部分包括第 12 章到第 16 章的内容。第 12 章介绍开采部署和开采保护层等区域防治方法。第 13 章论述钻孔卸压和爆破卸压、煤层注水和水力压裂、振动和超声卸压、卸压硐室和卸压巷道等局部解危方法。第 14 章介绍防冲吸能液压支架支护。第 15 章介绍防冲吸能 O 型棚支护。第 16 章介绍防冲吸能锚杆(索)支护。

冲击地压复合灾害部分,即第 17 章,论述冲击地压和煤与瓦斯突出复合灾害发生机理及其一体化预测防治。

特别感谢恩师辽宁工程技术大学章梦涛教授、清华大学徐秉业教授、中国地震局地质研究所马谨院士的指导和帮助。衷心感谢宋振骥院士、钱七虎院士、钱鸣高院士、古德生

院士、周世宁院士、谢和平院士、顾金才院士、张铁岗院士、彭苏萍院士、袁亮院士、何满潮院士、蔡美峰院士、康红普院士、王国法院士、姜耀东教授、齐庆新研究员、姜福兴教授、窦林名教授、潘立友教授、毛德兵研究员、潘俊锋副研究员等。感谢国家自然科学基金面上项目、重大项目、国家重点基础研究发展计划(973计划)项目、国家科技支撑计划项目、创新团队支持计划项目支持。感谢辽宁工程技术大学力学与工程学院梁冰教授、王来贵教授、张永利教授,冲击地压研究院李忠华教授、李国臻高工、张寅教授、阎海鹏副教授,矿山安全技术装备研究院崔乃鑫教授、张建卓教授,矿业学院张宏伟教授,煤矿动力灾害防控学院陈学华教授、郝志勇博士,以及所有给予帮助和大力支持的同事。感谢我的学生杜广林博士、马少鹏博士、刘建军博士、王学滨博士、唐巨鹏博士、肖晓春博士、赵扬锋博士、代树红博士、吕祥锋博士、贾宝新博士、张智慧博士、王爱文博士、王凯兴博士、唐治博士、徐连满博士、肖永惠博士、罗浩博士、张铜宽博士、马箫博士、郑文红博士、尹万蕾博士、朱丽媛博士、朱小景博士、李祁博士、王亚林博士、李利萍博士、宋义敏博士、李英杰博士、王岗硕士、代连朋硕士、唐鑫硕士对本书涉及的研究成果的贡献,以及在文献资料收集整理、编辑、排版、校对过程中所做的辛苦工作。感谢中国煤炭工业协会王显政会长,应急管理部付建华副部长,国家煤矿安全监察局黄玉治局长、杨富副局长、张文杰司长、郑行周副司长、陈东科处长。感谢京煤集团、中平能化、义煤公司、抚矿集团、龙煤集团、吉煤集团、神华集团、兖矿集团、新汶矿业集团等提供了大量现场资料。感谢工程界领导和专家阚兴、王洪英、马植胜、梁铁山、孙久政、刘军、盛继权等多年来在冲击地压技术装备研究与应用方面的大力支持。感谢科学出版社对本书的出版给予大力支持。在撰写本书过程中,参阅了大量国内外有关冲击地压的专业文献和现场资料,谨向文献作者和工程技术人员表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者不吝指正。

潘一山

2018年1月15日

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 煤矿冲击地压概论	1
1.1 引言	1
1.2 中国和国外煤矿冲击地压的发生情况	1
1.3 冲击地压致灾因素	10
1.4 冲击地压的分类及分级	17
1.5 冲击地压发生理论	26
1.6 冲击地压的预测	29
1.7 冲击地压防治	36
1.8 煤矿冲击地压、矿震、岩爆	39
1.9 煤矿深部开采的冲击地压复合灾害	41
1.10 煤矿冲击地压防控局限性及发展方向	44
第 2 章 冲击地压扰动响应失稳理论	49
2.1 引言	49
2.2 物体系统稳定性的一般概念	49
2.3 煤岩材料的应变软化性质	55
2.4 冲击地压的发生扰动响应变形失稳机理	60
2.5 冲击地压扰动响应失稳判别准则	62
2.6 冲击地压扰动响应失稳理论的进一步讨论	66
第 3 章 巷道、煤柱及采煤工作面压缩型冲击地压	72
3.1 引言	72
3.2 巷道、煤柱及采煤工作面压缩型冲击地压典型案例	72
3.3 巷道冲击地压的基本规律及理论分析	80
3.4 临界软化区深度、临界载荷、临界开采深度	89
3.5 冲击地压发生时释放的能量	92
3.6 临界阻力区深度及支护阻力对冲击地压的影响	93
3.7 煤柱冲击地压基本规律及理论分析	95
3.8 采煤工作面冲击地压基本规律及理论分析	107
3.9 巷道冲击地压的相似材料模拟	111
第 4 章 坚硬及巨厚砾岩顶板断裂型冲击地压	121

4.1	引言	121
4.2	坚硬及巨厚砾岩顶板断裂型冲击地压典型案例	121
4.3	顶底板断裂型冲击地压的一般规律	135
4.4	顶板断裂型冲击地压失稳理论	138
4.5	顶板断裂型冲击地压和煤体压缩型冲击地压的关系	141
4.6	顶板断裂型冲击地压解析分析	143
4.7	顶板断裂型冲击地压的相似材料模拟试验	149
4.8	上覆巨厚砾岩活动周期与冲击地压关系	150
第5章	断层错动型冲击地压及超低摩擦现象	156
5.1	引言	156
5.2	断层错动型冲击地压的典型案例	157
5.3	断层错动型冲击地压的特征和一般规律	161
5.4	断层错动型冲击地压的发生机理	161
5.5	断层错动型冲击地压的相似材料模拟试验	165
5.6	断层错动型冲击地压的黏滑失稳模型	167
5.7	实验室和冲击地压现场发现的超低摩擦现象及块体模型分析	169
5.8	超低摩擦发生判据及分析	172
第6章	冲击地压发生的突跳和延迟	179
6.1	引言	179
6.2	冲击地压发生突跳和延迟的典型案例	180
6.3	巷道冲击地压发生过程的突跳	182
6.4	煤柱冲击地压的突跳分析	188
6.5	冲击地压延迟发生的蠕变失稳机理及扰动响应失稳判别准则	191
6.6	煤柱冲击地压延迟发生蠕变分析	193
6.7	巷道冲击地压延迟发生蠕变分析	197
6.8	开采速度对冲击地压的影响	202
第7章	冲击地压过程煤岩破坏局部化及破裂分区化	214
7.1	引言	214
7.2	煤岩体变形破坏局部化与分区化现象	214
7.3	煤岩变形破坏局部化试验研究	220
7.4	冲击地压过程煤岩变形破坏局部化的梯度塑性解	224
7.5	变形破坏局部化与Ⅱ类岩石失稳、尺寸效应关系研究	230
7.6	巷道围岩破坏分区化三维模型试验	238
7.7	破坏分区化的劈裂和非欧模型分析	243
7.8	圆形巷道围岩破坏数值模拟	252
7.9	冲击地压、破坏局部化及破坏分区化关系	256
第8章	冲击地压危险性区域预测	260

8.1	引言	260
8.2	煤岩冲击倾向性指标	260
8.3	煤岩冲击倾向性指标理论依据及指标值的危险性分类	263
8.4	区域应力场对矿井冲击地压影响	268
8.5	区域地质构造预测冲击地压危险性	273
8.6	开采深度对冲击地区的区域预测	280
8.7	地应力与冲击地压区域危险性预测	283
8.8	冲击地压危险性区域预测的综合指数法	293
第9章	冲击地压微震监测	300
9.1	引言	300
9.2	微震监测系统	301
9.3	微震波到时确定	311
9.4	冲击地压发生微震定位	322
9.5	冲击地压发生震级计算	326
9.6	根据微震信号特征判断冲击地压类型	333
9.7	采场围岩、覆岩破裂点及演化规律的微震监测	341
9.8	微震震级与发生次数关系预测冲击地压危险性	351
第10章	冲击地压危险性局部监测预报	361
10.1	引言	361
10.2	钻屑法检测冲击地压危险性	361
10.3	采动应力监测冲击地压危险性	368
10.4	电磁辐射监测冲击地压	371
10.5	支架压力监测冲击地压危险性	372
10.6	井下岩体变形监测冲击地压危险性	373
10.7	地表下沉监测冲击地压危险性	374
10.8	基于大数据预测冲击地压的混沌动力学分析	375
第11章	冲击地压危险性的电荷监测	380
11.1	引言	380
11.2	煤岩变形破坏电荷感应机理	381
11.3	煤岩电荷监测仪的研制	383
11.4	煤岩电荷传感器标定及敏感性研究	387
11.5	煤岩变形破坏电荷感应试验研究	391
11.6	冲击倾向性与煤破坏电荷感应关系试验研究	400
11.7	长沟峪煤矿电荷监测冲击地压	403
11.8	平顶山八矿电荷监测冲击地压	405
11.9	集贤煤矿电荷监测冲击地压	411
第12章	冲击地压区域性防治	415

12.1	引言	415
12.2	采区划分降低冲击地压危险性	415
12.3	防治冲击地压的开采保护层方法	417
12.4	煤层本层保护层的高压水射流切槽方法	425
12.5	防治冲击地压的巷道部署研究	429
12.6	控制工作面推采防治冲击地压研究	432
12.7	煤柱留设防治冲击地压研究	436
12.8	充填开采防治冲击地压	441
第 13 章	冲击地压局部性防治	444
13.1	引言	444
13.2	钻孔卸压	444
13.3	煤层注水	447
13.4	水力压裂	457
13.5	卸压爆破	468
13.6	机械振动、大功率超声卸压	475
13.7	卸压硐、卸压槽、卸压巷道	483
第 14 章	巷道防冲吸能液压支护	486
14.1	引言	486
14.2	冲击地压矿井巷道液压支架支护及问题	486
14.3	冲击地压矿井巷道支护设计新思路	491
14.4	门式及自移式吸能防冲液压支架设计与研究	496
14.5	吸能构件设计研究	502
14.6	大流量安全阀设计研究	514
14.7	门式吸能防冲液压支架现场应用研究	516
第 15 章	防冲吸能 O 型棚支护	523
15.1	引言	523
15.2	冲击地压矿井 O 型棚支护破坏规律及防冲吸能 O 型棚支护设计	523
15.3	卡缆螺栓对 O 型棚支护阻力的影响	531
15.4	接头处轴向力对 O 型棚支护的影响	535
15.5	各种载荷作用下 O 型棚整体支护性能	547
15.6	壁后填充厚度对 O 型棚支护性能的影响	558
15.7	塑性区对 O 型棚吸能性能的影响	562
15.8	老虎台矿防冲吸能 O 型棚支护应用	566
第 16 章	防冲吸能巷道锚杆支护	574
16.1	引言	574
16.2	锚杆支护巷道冲击地压破坏情况及对支护提出的新要求	574
16.3	防冲吸能锚杆连接套筒及尾部吸能构件设计	578

16.4	螺纹钢锚杆与钢绞线锚索选择	583
16.5	防冲吸能锚杆力学试验	591
16.6	吸能锚杆防治巷道冲击地压机理	596
16.7	老虎台矿防冲吸能锚杆现场应用	604
第 17 章	深部开采冲击地压和煤与瓦斯突出复合灾害	614
17.1	引言	614
17.2	冲击地压和煤与瓦斯突出复合灾害典型案例及规律	614
17.3	煤层瓦斯渗流、变形破坏试验研究	617
17.4	煤层瓦斯流动的核磁共振成像试验研究	626
17.5	冲击地压和煤与瓦斯突出复合灾害扰动响应失稳理论	629
17.6	冲击地压和煤与瓦斯突出复合灾害一体化监测	636
17.7	冲击地压和煤与瓦斯突出复合灾害一体化防治	642
17.8	冲击地压和自然发火复合灾害研究	644
参考文献		652

第 1 章 煤矿冲击地压概论

1.1 引言

煤矿冲击地压是煤矿井下巷道、煤柱和采掘工作面等煤岩体突然迅猛破坏而造成的一种动力灾害。本章对国内外煤矿冲击地压发生情况进行介绍。从煤的冲击倾向性、局部应力集中、开采深度、煤岩结构突变、地质构造、开采扰动等方面分析冲击地压的致灾因素；将冲击地压分为煤体压缩型、顶板断裂型、断层错动型等三种类型，总结不同类型冲击地压的相关特征，同时对冲击地压的破坏强度和烈度进行分级；对冲击地压的发生机理和理论进行总结和介绍；介绍冲击地压的主要预测和防治技术；介绍煤矿冲击地压、岩爆及矿震的概念和现象，阐述这些概念之间的联系和区别；提出深部煤矿开采的冲击地压复合灾害，主要介绍冲击地压和煤与瓦斯突出、冲击地压和自然发火、冲击地压和矿井突水三种类型复合灾害。最后对冲击地压防控局限性及发展方向进行展望。

1.2 中国和国外煤矿冲击地压的发生情况

冲击地压发生时，煤岩体内所积聚的能量大部分以动能及应力波的形式释放，破坏巷道和工作面，造成顶板下沉，底板鼓起，掀翻生产设备，破坏支架，引起瓦斯涌出等，并造成人员伤亡^[1~5]。

我国于 20 世纪 60 年代开始研究冲击地压^[6]，20 世纪 80 年代大量科研工作者开始对冲击地压进行比较系统的研究^[7~11]。1987 年煤炭工业部颁布实施《冲击地压煤层安全开采暂行规定》，对冲击地压相关名词进行了规定。20 世纪 90 年代对岩层运动、地质构造和矿山压力的研究成果，为冲击地压的预测防治提供了重要指导^[12~16]。随着开采深度的不断增加，深部地应力特征、煤岩体赋存环境、围岩应力状态、煤岩应力水平等力学特征发生变化，使得巷道维护和冲击地压防治变得非常困难^[17~21]，2001 年在北京香山召开了“深部高应力下的资源开采与地下工程”学术讨论会，对深部开采冲击地压动力灾害机理等展开深入研究^[22]。其他国家对冲击地压机理及预测防治技术也做了大量研究，并取得了一些重要成果^[23~27]。

1.2.1 中国煤矿冲击地压发生情况

1. 冲击地压发生矿井数量不断增加

1933 年胜利矿发生我国首例冲击地压，随后天池煤矿、城子煤矿、龙凤矿、唐山矿等相继发生冲击地压。1985 年我国发生过冲击地压的矿井达 32 个，1998 年我国发生过冲击地压的矿井上升至 68 个，2011 年底，我国发生过冲击地压的矿井已达 142 个。截至目

前,我国已发生过冲击地压的矿井达到 319 个(包含已经关闭矿井)。图 1.2.1 给出了冲击地压矿井数量随年份的增长趋势。

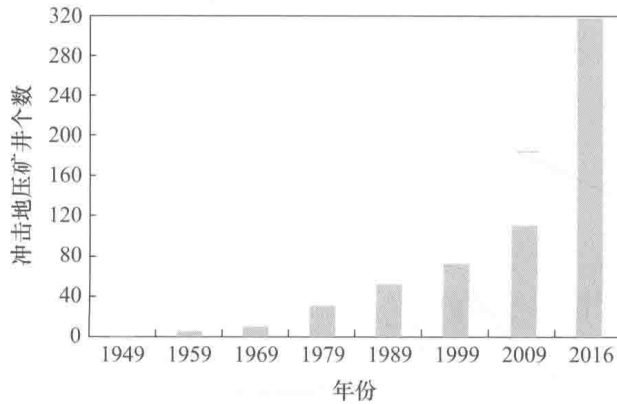


图 1.2.1 冲击地压矿井数增长趋势

2. 冲击地压矿井分布地域范围变广

20 世纪 90 年代以前冲击地压主要发生在四川、北京、河北、辽宁等地质构造比较复杂的产煤地区。

天池煤矿自 1958 年建矿以来,冲击地压严重威胁矿井的安全生产。1971 年 6 月 19 日,三井 3102 工作面台阶接近残余煤柱 2~3m 时,发生冲击地压,风镐钎子被冲断,U 形的溜子褶成铁板,25m 长的台阶工作面发生位移,一段走向长 3m、倾斜长 9m 的煤体被推了出来,位移 50~60cm。1975 年 11 月 28 日,一井四中巷下横道上冲风眼一次巨大冲击地压,震垮上下中间巷道,摧毁棚子 200 余架,上下掌子下煤路线全部堵塞,被迫停产 6 天。一井六采区 1603 工作面由二中巷上冲两处切割眼,1976 年 1 月 5 日和 25 日发生两次冲击地压,引起冒顶,堵塞巷道两处,为处理该处垮塌推迟掘进一个多月。

城子煤矿的-250m 和-340m 水平在 20 世纪六七十年代曾发生多起不同程度的冲击地压。1971 年 9 月 10 日,八层-250m 水平西巷回收煤柱时发生冲击地压,造成巷道上帮煤被挤出,棚折断倒塌,巷道空间被堵塞,摧毁巷道 35m,造成 1 死 2 伤。1974 年 10 月 25 日,八层-340m 水平西巷在回收上帮煤柱时发生冲击地压,造成巷道上帮煤被挤出,输送机被扭翻鼓起,支架倒塌,摧毁巷道约 75m,死亡 29 人,重伤 5 人,轻伤 1 人。

唐山矿自 1964 年 6 月 7 日发生第一次冲击地压以来,随着开采面积的扩大及采深的增加,冲击地压日趋严重。在十三水平北翼区五煤层首采工作面 3652 开采时,曾发生严重的冲击地压事故,风道超前 50~150m 范围巷道断面急剧缩小,数十架支架变形压弯、扭曲严重,轨道瞬间鼓起,梁腿劈裂,水管、钢轨折断,泵站、电站、开关被推倒,风道的底板挤成褶皱状,风门被吹开,隔爆水袋被吹落,造成 2 人死亡、3 人受重伤,工作面停产 53 天。

台吉煤矿从 1971 年到 1986 年共发生 1550 次冲击地压。1977 年发生一次强度达 3.8 级的冲击地压,对井下设施造成严重破坏,并波及地面,震中区烈度高达 7 度。

随着时间推移,20 世纪 90 年代以后,冲击地压范围扩大到江苏、黑龙江、山东等产煤地区。

1992年12月9日,三河尖煤矿西一采区7110工作面材料道内,距工作面煤壁13m处发生了一起冲击地压,冲垮巷道内梯形架棚17架,两帮煤体压酥抛出,底板开裂鼓起。

1998年6月15日,富力煤矿-240m五煤层发生了一起冲击地压。震源深度410m, M_L 2.5级,此次冲击使巷道底板突然破裂,伴随碎裂岩体和煤体飞速抛出,产生强烈的气流冲击和地声等,造成2人死亡,铁轨扭曲,设备破坏严重,巷道破坏长度约20m,堵塞巷道约300m。

1996年4月27日,华丰煤矿1407(1)工作面在采煤过程中,工作面爆破诱发 M_L 2.9级冲击地压,致使工作面煤壁50m、超前巷道100m范围内的煤壁发生破坏,巷道断面减少50%以上,并造成10人重伤。

2000年以后,随着我国煤矿开采深度和强度的增加,受深部高地应力、高瓦斯压力、高孔隙水压及巨厚坚硬顶板运动失稳等影响,我国冲击地压矿井数量迅速增加。

2000年5月28日,孙家湾煤矿(现兴阜煤矿)一号井-340采区发生强烈冲击地压,将溜子道及切眼内的木棚震倒,冲击区域大部分支护被摧毁,正在该区域维护棚子的4名工人全部遇难。

2008年6月5日,千秋煤矿21201工作面下巷发生冲击地压,冲击区域105m巷道发生严重底鼓,巷道内的皮带输送机架子和托辊被挤到巷道顶梁上,造成13人死亡、11人受伤。

2010年以来,冲击地压不断发生,更是引起了国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局的高度重视,分别于2013年、2015年、2016年三次组织全国冲击地压专门工作会议。

2011年11月3日,千秋煤矿21221工作面下巷掘进头发生冲击地压,造成10人死亡、64人受伤,事故引起各方媒体的高度关注,中央电视台对抢险救援行动进行了全程跟踪报道,煤矿冲击地压进入公众视野。

2013年1月12日,五龙煤矿3431B工作面运输巷掘进工作面发生冲击地压,导致3431B运输巷掘进工作面局部通风机风筒损坏,高浓度瓦斯积聚,造成8人死亡,直接经济损失700万元。

2013年3月15日,峻德煤矿三水平北17层三四区一段顶分层工作面发生冲击地压,工作面前方机道120m处的ZY2300型钻机被掀翻,工作面前方210m处的隔爆水棚水袋被吹落,工作面前方50m回风道基本闭合,回风反上与回风道交叉点处向里67m巷道出现底鼓,回风反上内水泥防火门套及反上内的轨道发生变形,上部车场处所设的JD-40绞车被掀至巷道中间。本次冲击地压事故冲出煤量:机道 1137m^3 ,回风道 1110m^3 ,工作面 616m^3 ,合计 2863m^3 。本次事故造成4人死亡。

2014年3月27日,千秋煤矿21032工作面回风上山掘进头发生冲击地压,巷道变形严重,各种数据传输线被切断,造成6人死亡、13人受伤,直接经济损失705.22万元。

2015年5月26日,艾友煤矿1601工作面入风联络巷发生冲击地压,造成4人死亡,3人受伤,冲击区域巷道底鼓0.2~1.8m,顶板下沉0.6~1.2m;造成8.5m巷道顶板冒落、底鼓,巷道堵严,两道永久风门毁坏,直接经济损失466.1万元。

2015年7月26日,星村煤矿3302工作面轨道巷发生冲击地压,3302工作面轨道巷约200m巷道变形,底板鼓起0.2~1.5m,巷道内的部分设备移位,工作面100m超前单体