

国家自然科学基金重点项目资助 (50134040)

国家自然科学基金项目资助 (50074030, 59874028)

国家杰出青年基金项目资助 (59925411)

教育部跨世纪优秀人才培养计划资助

冲击矿压防治理论与技术

窦林名 何学秋 著

Theory and Technology of Rock Burst Prevent



中国矿业大学出版社

国家自然科学基金重点项目资助(50134040)

国家自然科学基金项目资助(50074030, 59874028)

国家杰出青年基金项目资助(59925411)

教育部跨世纪优秀人才培养计划资助

冲击矿压防治理论与技术

窦林名 何学秋 著

中国矿业大学出版社

内容提要

冲击矿压是矿山开采中发生的煤岩动力现象之一,是煤岩力学系统达到强度极限时,累积的弹性能以突然、急剧、猛烈的形式释放,造成井巷的破坏和人员的伤亡等。本书在分析冲击矿压发生的原因、实验室试验、现场实测的基础上,研究了煤岩体冲击、变形破坏的弹塑脆性模型;分析了煤岩变形破坏过程以及其中产生的声电效应及其耦合规律;提出了冲击矿压危险性评价及预测预报的技术;介绍了冲击矿压危险性评价及预测预报的综合指数法、数值模拟分析法、钻屑法、微震法、声发射法、电磁辐射法、振动法、重力法等;分析了冲击矿压对矿山井下巷道、工作面、井下矿山工作者以及对地表及其建筑物的影响;最后从长远的战略设计、巷道工作面布置等方面和主动解危的卸压爆破、注水、定向裂缝等方面提出了冲击矿压的治理措施。

本书可供从事煤岩动力灾害、冲击矿压、采矿地球物理等研究的科技工作者、研究生和大学本科生及矿山安全科技工作者、工程技术人员参考使用。

责任编辑 姜志方

责任校对 杜锦芝

图书在版编目(CIP)数据

冲击矿压防治理论与技术/窦林名,何学秋著.
—徐州:中国矿业大学出版社,2001.10
ISBN 7 - 81070 - 439 - 7

I. 冲… II. ①窦…②何… III. 煤矿—冲击
地压—防治—研究 IV. TD324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 079022 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

中国矿业大学印刷厂印刷 新华书店经销

开本 850×1168 1/32 印张 9 字数 240 千字

2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

印数 1~1000 册 定价:20.00 元

前 言

冲击矿压是矿山开采中发生的煤岩动力现象之一。这种动力灾害通常是在煤岩力学系统达到强度极限时,聚积在煤岩体中的弹性能量以突然、急剧、猛烈的形式释放,在井巷发生爆炸性事故,造成煤岩体振动和破坏,动力将煤岩抛向井巷,同时发出强烈声响,造成支架与设备、井巷的破坏以及人员的伤亡等。冲击矿压还可能引发其他矿井灾害,尤其是瓦斯、煤尘爆炸、火灾以及水灾,干扰通风系统,强烈的冲击矿压还会造成地面建筑物的破坏和倒塌等。冲击矿压因其发生原因复杂,影响因素多,发生突然,破坏性极大而成为矿山岩石力学、矿山压力研究中的重大问题。

冲击矿压始于 1738 年的英国煤矿。从那时起到现在的 200 多年历史中,包括我国在内的世界各采矿国家,如德国、南非、前苏联、波兰、捷克、加拿大、日本、美国等 20 多个国家和地区的煤矿均受到冲击矿压的威胁,许多国家和地区对冲击矿压问题给予了极大的关注和投入。

对于冲击矿压问题的研究,主要集中在三个研究方向上。一是冲击矿压发生机理的研究;二是冲击矿压危险性评价、监测与预测预报技术的研究;三是冲击矿压治理措施的研究

冲击矿压发生机理十分复杂。各国学者在对冲击矿压现场调查及实验室研究的基础上,从不同角度相继提出了一系列的重要

理论,如强度理论、刚度理论、能量理论、冲击倾向理论、三准则和变形系统失稳理论等。20世纪50年代提出的强度理论认为,产生冲击矿压时支架—围岩力学系统将达到力学极限状态;刚度理论认为,矿山结构的刚度大于围岩—支架刚度是产生冲击矿压的必要条件;能量理论则认为矿山开采中如果支架—围岩力学系统在其力学平衡状态被破坏时的能量大于所消耗的能量时即发生冲击矿压;冲击倾向性理论认为煤岩层冲击倾向性是煤岩介质的固有属性,是产生冲击矿压的内在因素;稳定性理论则认为,煤岩体内部高应力区局部形成应变软化,与尚未形成应变软化的介质处于非稳定平衡状态,在外界扰动下动力失稳,形成冲击矿压等。

要防治冲击矿压的发生,首先要对可能发生的冲击矿压危险进行评定,确定发生冲击矿压的危险等级并进行预测预报。目前对于冲击矿压危险性评价,预测预报主要采用采矿方法,包括根据采矿地质条件确定冲击矿压危险性的综合指数法、数值模拟分析法、钻屑法、煤岩层冲击矿压倾向性分类法等;采矿地球物理方法,包括微震法、声发射法、电磁辐射法、振动法、重力法等。通过采用上述冲击矿压危险性评价及预测预报方法,可以达到准确预报冲击矿压可能发生的地点和位置,较准确地确定冲击矿压发生的强度和震动释放能量的大小。

而对于冲击矿压的治理措施,主要从战略性的防御和主动解危两个方面进行。战略性和防御性措施主要有开采保护层,在进行开采设计时,选择合适的开采顺序、开采方法和采煤工艺,力争消除形成冲击矿压发生的因素。冲击矿压的主动解危措施主要有卸压爆破、煤层注水、钻孔卸压、定向裂缝法等方法。这些方法的应用,减弱或消除了冲击矿压的危险,取得了很好的治理效果。

《冲击矿压防治理论与技术》一书是在广泛参阅前人研究成果的基础上,根据作者几年来在冲击矿压的理论研究成果与工程实践而完成的。全书概括了冲击矿压的影响因素、发生机理、危险性评价及预测预报、冲击矿压防治等各方面的理论与技术。

全书共分八章,第一章介绍了国内外冲击矿压危险的概况,总结了前人在冲击矿压机理研究方面取得的成果以及冲击矿压防治体系。第二章介绍了冲击矿压的影响因素及冲击矿压发生的机理。第三章介绍了煤岩在变形破坏过程中产生的声电效应规律,以及与冲击矿压之间的相互关系。第四章则从煤岩变形破坏的过程出发,提出了描述冲击矿压发生的煤岩体弹塑脆性模型,以及在煤岩体变形破坏过程中与声电耦合的机理,提出了冲击矿压危险性评价、预测预报的模型和技术。第五章介绍了冲击矿压灾害的危险性评价及预测预报方法,主要包括综合指数法、数值模型分析法、钻屑法、微震法、声发射法、电磁辐射法、振动法、重力法等。第六章介绍了冲击矿压对井下巷道,井下工作人员以及对地表建筑物等环境的影响。而第七、八章主要从战略性预防措施和主动解危措施方面介绍了冲击矿压治理的方法。全书组织了大量的素材,自成体系,并附有大量的图表来说明问题,易于理解和学习。

本书的编写,参阅了大量的国内外有关冲击矿压方向的专业文献,谨向文献的作者表示感谢。特别感谢第一作者的博士生导师西里西亚工业大学教授 Bernard Drzewla 院士,博士论文评阅人波兰煤矿研究总院冲击矿压研究所所长 Wladyslaw Konopko 教授,波兰煤矿研究总院科研院长 Jozef Dubinski 教授的指导和帮助。

作者衷心感谢岑传鸿教授对作者的关心和培养,感谢钱鸣高院士、周世宁院士的帮助和支持。作者感谢谷德钟老师、王恩元老

师、刘贞堂老师等的帮助和支持,感谢徐州矿务集团、三河尖煤矿、大屯孔庄煤矿、华丰煤矿、中国矿业大学岩控中心和中国矿业大学出版社等单位对本书出版给予的大力支持。最后,作者感谢马跃龙编辑、陈玉和编辑为本书的出版所付出的辛勤劳动。

本书中有许多关于冲击矿压理论与实践方面的新思想和新观念,其中某些有待于进行更深入细致的研究。由于作者水平有限,书中疏漏谬误之处在所难免,敬请读者不吝指正。

作者

2001 年 8 月 20 日

ABSTRACT

The rock burst is one of the phenomena in the coal mining. It is usually called dynamic catastrophe, which results in casualties and roadway destructions caused by elastic energy emitting in a sudden, rapid and violent way while the rock mechanic system comes to a certain degree, the explosive accidents, which happen in the roadway lead to vibration and destruction of the rock mass. The power casts the rock mass into the roadway, and at the same time produce the explosive sound. The rock burst can bring about the other accidents such as the gas explosion, the dust explosion, the fire and the flooding. The disturbance for the ventilation system and the violent rock burst can result in the destruction and the collapse of the building in the surface. The rock burst has become the most important problems of the rock mechanics.

The rock burst happened for the first time in Britain in 1738. It has experienced more than two hundred years up till now. The rock burst exists in the mining countries in the world such as German, Soviet Union, Poland, Canada, Japan, and America etc. These countries have made great concerns on the rock burst. The researchers centered their concerns on the three directions: the rock burst mechanism, the rock burst evaluation, determination and forecast technology of danger, the control measurements of that.

ABSTRACT

The rock burst mechanism is a complicated problem. The researchers hold the different views based on the experiments in the lab and the determination on the spot. For example, the hypothesis of strength, stiffness, energy liability to rock burst, three principles, and non-stability of deformation etc. The strength hypothesis put forth in 1950s holds that the support strata system comes to ultimate degree while rock burst produced; Stiffness hypothesis believes that necessity of rock burst lies in the condition that the stiffness of structure becomes larger than strata-supporting. Energy hypothesis views that the rock burst happens when the strata-supporting energy beyond its mechanic balance exceeds the consumed energy. The hypothesis of liability to rock burst points out that the liability to rock burst for the coal seam is not only the nature, but also the internal factor. Stability hypothesis indicates that the rock burst forms because the medium for both deformation and non-stability in the high area is in the state of non-stability, the dynamic falls beyond balance.

First of all, the rock burst evaluation, ranks, and its forecast can be made to control. Now the approaches analyzed mining can be widely used for the rock burst, evaluation and its forecast. They include not only these methods according to geological factors; method with geological and mining factors, method with model of numerical analogy, drillings, and classification of tendency of seam rock burst, but also geophysical methods such as seismological method, seism-acoustic method, electromagnetic method and gravitational method. By means of evaluation and forecast for rock burst, its areas, positions, strength as well as its extent of emitting energy can be made determination.

ABSTRACT

However, the defensive measures of rock burst have been improved primarily from the two aspects of strategic defense and active danger-breaking methods. The strategic and defensive measures refers to mine the free seam, that's to say, to choose the proper mining orders, methods and techniques, manage to wipe out the factors of rock burst. The active danger-breaking measures include these methods of relieving shot, seam infusion, unload with borehole, and directional pro-crack etc. With the application to these methods, the rock burst danger can be eliminated or wipe out.

"Theory and Technology of Rock Burst Prevention" can be regarded as the valuable product of taking previous achievements for reference in theory and application. It summarizes the rock burst factors, mechanism, danger evaluation, its forecast, precautions, and its corresponding theories and techniques. The book can be divided into eight chapters as follows: Chapter one introduces the rock burst danger home and abroad, and gives summary of achievements in the aspect of mechanism research and its system of precaution. Chapter two takes account of the impact factors and mechanism. Chapter three indicates the electromagnetic emission (EME) and seism-acoustic emission (AE) rules during the deformation and destruction of coal and rock and relation with the rock burst as well. Chapter four holds mechanism of AE and EME by description of the model of the elastic-plastic-brittle body, danger evaluation forecast and technology. Chapter five introduces methods of evaluating and forecasting rock burst danger as follows: method with geological and mining factors, method with model of numerical analog, drillings method, seismological method, seism

ABSTRACT

acoustic method, electromagnetic methods, seismic method as well as gravitational method. Chapter six narrates influence on environment including that of roadway, work face, miners and surface structures as well. Chapter seven and eight makes highlights the active measures of rock burst.

The book absorbs the special references from foreign specialists who are Pro. Bernard DRZEZLA, Pro. Wladyslaw KONOPKO, and Pro. Jozef DUBINSKI. I am forever in their debt. I have pleasure to acknowledge my debt to Pro. CEN Chuanhong, and sincerely thank Pro. QIAN Mingao, Pro. ZHOU Shining for their support in every aspect.



宾林名博士,男,汉族,中国矿业大学副教授。1963年2月出生于青海省平安县。1983年毕业于西安矿业学院,获学士学位;1986年毕业于中国矿业学院北京研究生部,获采矿工程硕士学位,同年留校本部任教,从事采矿工程、矿山压力科研与教学工作。1994年10月作为访问学者,赴波兰西里西亚工业大学进修。1995~1998年在波兰西里西亚工业大学攻读博士学位,1998年毕业,获波兰博士学位。1999~2001年在中国矿业大学矿业工程博士后流动站工作,负责国家自然科学基金项目、回国留学人员基金项目、博士后基金项目、波兰国家科学基金项目等多项科研课题。完成的课题获波兰采矿奖,煤炭部、江苏省等单位的科技进步奖多项;设计的产品获国家新型发明专利;在国内外各类期刊杂志和国际学术会议上发表论文50余篇。主要研究领域为矿业工程、矿山压力、安全工程、冲击矿压、采矿地球物理应用。



何学秋博士,男,汉族,中国矿业大学教授,博士生导师,国家有突出贡献中青年专家,国家安全生产专家。1961年8月出生于辽宁;1985年毕业于中国矿业学院北京研究生部,获安全技术及工程硕士学位;1990年毕业于中国矿业大学,获安全技术及工程博士学位。1993年晋升为副教授,1994年破格晋升为教授。曾获国家杰出青年基金、教育部优秀跨世纪人才计划基金,入选国家七部委“百千万人才工程”第一、二层次等。曾获国家自然科学基金、教育部科技进步奖、霍英东教育基金奖、煤炭科技进步奖、煤炭系统青年科技标兵等奖励。曾赴英、德、澳、波、俄、瑞、意等国家合作研究或参加学术会议。曾获国家发明、实用新型专利6项;出版专著三部,在国内外发表学术论文100余篇。主要研究领域为安全科学与工程,含孔隙流体煤岩混凝土灾害动力学等。

目 录

1	绪论	(1)
1.1	冲击矿压动力灾害	(1)
1.2	国内外冲击矿压概述	(2)
1.3	冲击矿压现象及特征	(6)
1.4	冲击矿压机理研究概述	(11)
1.5	冲击矿压防治体系	(15)
2	冲击矿压影响因素及机理	(18)
2.1	冲击矿压影响因素分析	(18)
2.2	自然条件	(19)
2.3	地质动力因素	(29)
2.4	开采及技术因素	(35)
2.5	冲击矿压发生机理	(40)
3	煤岩变形破坏声电效应测定	(46)
3.1	实验室测定	(46)
3.2	煤岩变形破坏过程中的电磁辐射规律	(54)
3.3	现场测试	(58)
3.4	测试结果及分析	(63)
3.5	煤岩变形破坏与电磁辐射耦合规律	(78)
4	煤岩冲击破坏与声电耦合机理	(80)
4.1	煤岩变形破坏过程	(81)

目 录

4.2	煤岩冲击破坏的电磁辐射及声发射特征·····	(83)
4.3	弹塑性体突变机理及煤岩破坏与声电耦合·····	(84)
4.4	煤岩冲击破坏危险及声电判据·····	(93)
4.5	电磁辐射能量计算·····	(95)
4.6	小结·····	(96)
5	冲击矿压灾害预测预报·····	(97)
5.1	矿山震动与冲击矿压·····	(97)
5.2	应力集中区域的确定及危险评价·····	(102)
5.3	冲击矿压危险性预测·····	(124)
5.4	冲击矿压预报的采矿地球物理法·····	(140)
6	矿山震动与冲击矿压对环境的影响·····	(213)
6.1	对井下巷道的影响·····	(213)
6.2	对矿工的影响·····	(216)
6.3	对地表建筑物的影响·····	(220)
7	冲击矿压煤层的设计原则·····	(224)
7.1	工作面参数的选择·····	(224)
7.2	冲击矿压煤层的布置原则·····	(228)
7.3	煤层的开采顺序及开采方向·····	(229)
7.4	高冲击危险区域·····	(231)
8	冲击矿压主动解危措施·····	(236)
8.1	卸压爆破·····	(236)
8.2	煤层注水·····	(248)
8.3	钻孔卸压·····	(253)
8.4	定向裂缝法·····	(255)
	参考文献·····	(259)

CONTENTS

1	Introduction	(1)
1.1	Dynamic catastrophe of rock burst	(1)
1.2	Review of rock burst in China and abroad	(2)
1.3	Phenomena and characteristics of rock burst	(6)
1.4	Review of mechanism of rock burst	(11)
1.5	System against rock burst	(15)
2	Impact factors and mechanism of rock burst	(18)
2.1	Analysis impact factors of rock burst	(18)
2.2	Natural conditions	(19)
2.3	Factors of geological dynamics	(29)
2.4	Factors of mining and technology	(35)
2.5	Mechanism of rock burst	(40)
3	Measuring AE and EME effect during the deformation and failure of coal and rock	(46)
3.1	Laboratory research	(46)
3.2	EME rules of during the deformation and failure of coal and rock	(54)
3.3	Site test	(58)
3.4	Measuring result and analysis	(63)
3.5	Coupling rules of EME during the deformation and failure of coal and rock	(78)

CONTENTS

4	Mechanism of AE and EME during the deformation and failure of coal and rock	(80)
4.1	Process of deformation and failure	(81)
4.2	AE and EME characters of deformation and failure	(83)
4.3	Rock burst mechanism of the elastic-plastic-brittle body and couple of EME and failure of coal & rock	(84)
4.4	EME Evaluating method of coal and rock burst failure	(93)
4.5	Calculating energy of electromagnetic emission	(95)
4.6	Summary	(96)
5	Forecast of rock burst	(97)
5.1	Seismic and rock burst	(97)
5.2	Evaluating danger and determining area of the abutment stress	(102)
5.3	Forecast danger of rock burst	(124)
5.4	Forecast danger of rock burst with geophysical methods	(140)
6	Inferences environment of mining seismic and rock burst	(213)
6.1	Inferences on roadway and work face of underground	(213)
6.2	Inferences on the miners	(216)
6.3	Inferences on the surface structures	(220)
7	Design principle of rock burst seam	(224)
7.1	Choosing parameters of working face	(224)