

高等学校全国优秀博士学位论文作者专项资金资助(2010044)

校优势学科建设工程资助项目(SZBF2011-6-B35)

新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-10-0769)

“333高层次人才培养工程”资助(BRA2011183)

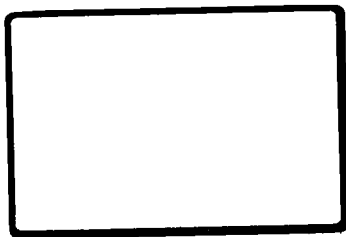
煤矿冲击矿压强度的 弱化控制原理

陆莱平 窦林名 著

Meikuang Chongjikuangya Qiangdu De
Ruohua Kongzhi Yuanli

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



博士学位论文作者专项资金资助(2010044)
江苏高校优势学科建设工程资助项目(SZBF2011-6-B35)
教育部新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-10-0769)
江苏省“333 高层次人才培养工程”资助(BRA2011183)

煤矿冲击矿压强度的 弱化控制原理

陆菜平 窦林名 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书总结了组合煤岩体变形破裂以及冲击破坏过程中的动力效应、声电信号效应的规律,分析了煤岩组合试样的冲击效应与声发射、电磁辐射以及微震的特征参数之间的关系,模拟并分析了影响采动煤岩体冲击效应的关键因素及其机理,提出了组合煤岩体的强度弱化减冲原理和冲击矿压治理效果的综合评价方法。本书可供从事矿山开采、冲击矿压等研究的科技工作者、工程技术人员、学生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿冲击矿压强度的弱化控制原理 / 陆菜平, 窦林名著. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2012. 6

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1484 - 3

I. ①煤… II. ①陆… ②窦… III. ①煤矿—矿山压力—冲击地压 IV. ①TD324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 100237 号

书 名 煤矿冲击矿压强度的弱化控制原理

著 者 陆菜平 窦林名

责任编辑 于世连 郭 玉

责任校对 张海平

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 880×1230 1/32 印张 7.75 字数 201 千字

版次印次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

近几年,随着煤矿开采深度的逐年增加、开采工艺的不断革新,超强锚网索联合支护技术、沿空留巷技术以及高强高阻液压支架等的推广与应用,大范围、强开采、强扰动的采煤工作面有可能形成。但是,大规模、高强度的采动效应以及不合理的开拓、开采布置等,造成了煤岩体局部的高应力异常集中。煤层上覆坚硬厚层顶板的静载荷以及其破坏产生的动载荷将形成强烈矿震,甚至诱发冲击矿压灾害。

冲击矿压以其突然、急剧、猛烈的破坏特征严重威胁着矿山的安全生产,并给我国煤矿造成了巨大的经济损失和人员伤亡。冲击矿压还有可能诱发煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸以及顶板突水等重特大恶性事故,尤其在高瓦斯矿井,冲击矿压的危害就更显突出。目前煤矿冲击矿压的发生条件、类型以及机理呈现出新的特征。例如,在“三软煤层”中也开始出现动力现象。另外,我国西部浅埋煤层也相继发生了强烈的冲击矿压灾害。

《煤矿冲击矿压强度的弱化控制原理》一书是在广泛参阅前人研究成果并根据作者几年来在冲击矿压方面的理论研究与工程实践的基础上完成的。本书内容主要包括:第一章介绍了国内外冲击矿压的研究概况,总结了前人在冲击矿压机理、监测与预警以及治理解危等方面取得的成果和存在的不足;第二章介绍了组合煤岩体的冲击破坏以及声发射、电磁辐射效应规律的试验研究;第三章介绍了组合煤岩体冲击破坏过程的微震效应规律的试验研究;第四章主要介绍了组合煤岩体冲击效应的关键影响因素及其力学

分析;第五章介绍了组合煤岩体冲击效应的机理;第六章提出了组合煤岩体的强度弱化减冲原理及其力学模型;第七章以徐州三河尖煤矿的高冲击危险工作面为现场基地,进行了冲击矿压灾害强度的弱化控制原理的工业性试验。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,易于读者理解和学习。

本书是在第一作者博士学位论文的基础上深化完成的。本书中有许多关于冲击矿压防治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。

本书编写过程中,作者参阅了大量的国内外有关冲击矿压方面的专业文献,谨向文献的作者表示感谢。特别感谢本人博士论文评阅人中国矿业大学侯朝炯教授,中国矿业大学(北京)王家臣教授,北京科技大学姜福兴教授、纪洪广教授,中国矿业大学许家林教授的帮助和支持。衷心感谢岑传鸿教授、屠世浩教授、张农教授和张东升教授的帮助和支持。感谢曹胜根教授、柏建彪教授、万志军教授、谢耀社教授、刘海顺教授、牟宗龙副教授、曹安业讲师等的帮助和支持。感谢参与部分研究工作的研究生刘彪、贺虎、孙兴林、刘辉、杜斌斌、王晓楠。感谢徐州矿务集团有限公司三河尖煤矿,兖州煤业股份有限公司济三煤矿,淮北矿业(集团)有限责任公司海孜煤矿,山东天安矿业有限公司星村煤矿,甘肃华亭煤业集团有限责任公司华亭煤矿、砚北煤矿,中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室等单位对本书出版给予的大力支持。

作 者

2012年1月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 冲击矿压的研究现状	4
1.3 组合煤岩体冲击效应强度及其控制的研究进展.....	17
1.4 主要研究内容.....	20
第 2 章 组合煤岩体冲击效应的试验研究	23
2.1 试验研究背景.....	23
2.2 试验目的、内容及方案	24
2.3 煤岩组合试样冲击倾向性测定.....	26
2.4 煤岩组合试样冲击倾向性的演化规律.....	38
2.5 煤岩组合试样冲击倾向性与声电耦合规律.....	41
2.6 煤岩组合试样冲击破坏的声电效应规律.....	47
2.7 小结.....	50
第 3 章 组合煤岩体冲击破坏过程的微震效应	53
3.1 试验研究背景.....	53
3.2 试验目的、内容及方案	57
3.3 煤岩组合试样冲击破坏微震信号的采集.....	58
3.4 微震信号分析.....	64
3.5 工作面采动过程中的微震效应规律.....	82
3.6 小结.....	97

第 4 章 组合煤岩体冲击效应的影响因素分析	99
4.1 前言	99
4.2 组合煤岩体冲击效应的数值模拟	101
4.3 煤岩弱结构对冲击震动波的传播与衰减规律	130
4.4 震动波在煤岩介质中传播与衰减的原位试验	140
4.5 小结	149
第 5 章 组合煤岩体冲击效应的机理分析	151
5.1 煤岩体冲击破坏的机理研究	151
5.2 组合煤岩体冲击破坏的机理模型	153
5.3 组合煤岩体冲击破坏的能量分析	158
5.4 组合煤岩体冲击破坏的声电效应机理	170
5.5 小结	174
第 6 章 组合煤岩体的强度弱化减冲原理	176
6.1 组合煤岩体冲击破坏的能量判据	176
6.2 组合煤岩体冲击强度的影响因素	179
6.3 组合煤岩体的强度弱化减冲原理及其模型	182
6.4 组合煤岩体冲击破坏的弱化控制技术	189
6.5 小结	204
第 7 章 冲击矿压强度的弱化控制实践	206
7.1 引言	206
7.2 三河尖煤矿 9202 工作面 冲击矿压强度弱化控制	207
7.3 小结	226
参考文献	227

第1章 概 述

1.1 引 言

能源是现代文明的动力,从整个人类文明发展的历史长河来看,文明的积累和提升,人类社会的可持续发展,无不以能源利用为基础。因此,能源工业是我国的基础产业。在我国的能源工业中,煤炭占我国一次性能源生产和消费结构的 67% 左右,预计 2050 年将占 50% 以上。因此,煤炭在相当长的时期内仍将是我国的主要能源。2001 年全国煤炭总产量为 11.0 亿 t,2002 年达到了 13.9 亿 t,2003 年为 16.0 亿 t,2004 年为 19.6 亿 t,2006 年为 23.25 亿 t,2009 年全国煤炭总产量尽管达到了 29.1 亿 t,但仍不能满足需求。当前,我国经济的快速增长,对煤炭工业的发展提出了更高的要求。因此,必须确保煤炭工业持续、稳定、健康地发展。

煤炭是我国能源的主体。在国家《能源中长期发展规划纲要(2004~2020 年)》中已经确定,中国将坚持“以煤炭为主体、电力为中心、油气和新能源全面发展的战略”。显然,煤炭工业是我国的基础产业,其健康、稳定、持续地发展是关系到国家能源安全的重大问题。因此,煤炭在相当长的一段时期内将一直是我国居支配地位的主要能源。

国民经济的快速发展对煤炭的需求日益增加。2004 年全国原煤产量 19.56 亿 t,比上年增长了 13.2%,对保证全国 GDP 实现 9.5% 的增长起到了决定性的作用。“十一五”期间国民经济以 8% 左右的增长速度发展,煤炭产量也需要以较高的速度增加,才

能保证国民经济对煤炭的需求。

随着近几年的经济快速发展对煤炭需求的迅速膨胀,矿井开采深度以每年 8~20 m 的速度向深部延伸,随着矿井开采规模扩大、深度的增加和机械化水平的提高,以冲击矿压、岩爆、突水、顶板大面积垮落为代表的深部开采诱发的灾害事故更具突发性,表现出明显的非线性动力失稳特征。与浅层岩体相比,深部岩体更能够突显出漫长的地质历史背景、建造和改造的历史遗留痕迹,并具有复杂的地质力学特点。

其中,冲击矿压以其突然、急剧、猛烈的破坏特征严重威胁着矿山的安全生产,并给我煤矿造成了巨大的经济损失和人员伤亡。冲击矿压灾害现场如图 1-1 所示。许多原来没有发生过冲击矿压的矿井,现在也开始发生;原来发生过冲击矿压的矿井,现在冲击矿压致灾的强度越来越大,频率越来越高。而且冲击矿压(矿

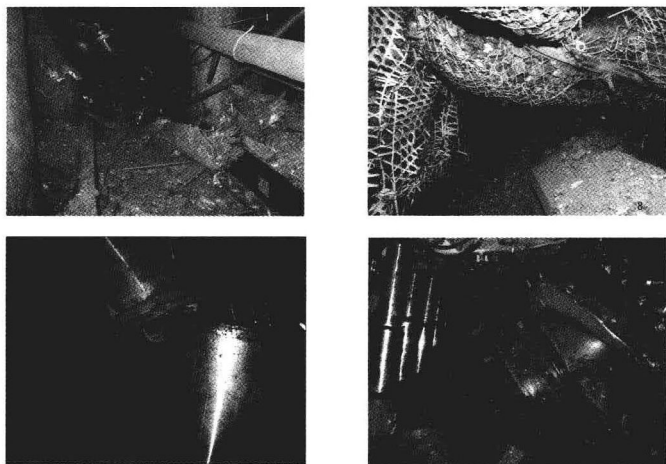


图 1-1 冲击矿压灾害现场

震)还有可能诱发煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸以及顶板突水等重特大

恶性事故,尤其在低瓦斯矿井,冲击矿压的危害就更显突出。例如,2003年5月13日,淮北某煤矿冲击矿压事故因顶板冲击引起采空区瓦斯喷出导致瓦斯爆炸,造成84名矿工死亡。2005年2月14日,辽宁某煤矿发生冲击矿压—瓦斯爆炸事故,这次事故的矿震震级 M_L 达2.5,造成214名矿工死亡。在低瓦斯矿井,冲击矿压的危害也日趋严重。2000年4月17日,徐州某煤矿发生冲击矿压事故,使7204工作面材料道和降低材料道超前90 m范围受到破坏,巷道基本堵实,地面有明显震感,矿震震级 M_L 达3.0,死亡4人。2005年1月3日,兖州某煤矿发生冲击矿压事故,矿震震级 M_L 达2.2,工作面三处断面几乎全部堵塞,堵塞长度18.1 m,造成多人伤亡。2004年6月27日,北京某煤矿三段32队耙装面发生强烈冲击矿压,破坏巷道530多米,并造成了多名矿工伤亡。在我国非煤矿山,冲击性灾害事故也时有发生。例如,2005年11月6日,河北某石膏矿发生特别重大采空区坍塌事故,共造成37人死亡,38人受伤。

目前煤矿冲击动力显现的特点、类型以及机理呈现出新的特征。例如,在我国淮南矿区“三软煤层”中也开始出现动力现象,2009年4月19日19时,淮南某煤矿一掘进工作面发生煤岩动力现象,10多名工人感觉到有“气流”冲出,随即被弹出的煤炭和矸石掩埋,造成3人死亡,10多人受伤。2010年3月18日,淮南某煤矿南区1414(1)工作面运输平巷底板巷准备封31组钻场8#穿层瓦斯抽采钻孔时,发生了一起孔内岩石动力喷出事故,导致1人死亡、1人受伤。另外,我国西部浅埋煤层也相继发生了冲击矿压事故。例如,神华新疆能源有限责任公司某煤矿于2010年10月8日9时在W1143综采工作面(埋深317 m)发生冲击矿压,造成4人死亡,1人重伤。深部“三软煤层”以及西部浅埋复杂开采地质条件下冲击矿压的防治将是今后冲击矿压研究领域的重要方向之一。

据统计,2007年我国煤矿百万吨死亡率为2.04,是世界先进采煤国家美国的40倍左右,波兰、南非、印度的4倍左右。严峻的安全生产形势不仅严重威胁着人民群众生命安全和健康,也影响到社会安定与和谐。“十二五”时期,我国经济将继续保持平稳较快发展势头,煤矿安全生产科技面临重大挑战。随着煤炭资源开发逐步过渡到深部开采,水压、地压、地温、瓦斯压力都相应增加,冲击矿压以及煤与瓦斯突出等灾害的复杂性和治理的难度将进一步加大。

当前,我国存在冲击矿压威胁的矿井在治理冲击矿压灾害方面,主要采取以卸压、转移高应力为主的解危措施,如钻孔卸压、煤层与顶板高压注水以及煤层与顶板卸压爆破等。但如何利用这些解危措施弱化冲击矿压灾害发生强度和频次需要进一步从实验研究以及理论的角度来揭示其本质。指导现场如何针对性确定强度弱化的载体以及关键技术参数,以及如何检验弱化治理的效果则是动态防治冲击矿压的核心,同时也是阻断冲击性灾害向其他动力型灾害转变的关键。

1.2 冲击矿压的研究现状

1.2.1 冲击矿压概述

Obert和Duvall将冲击矿压定义为岩石在其围岩体中发生突然、剧烈的爆炸。其原因是应力超过岩石的强度。冲击矿压表现为储存于煤岩体和地质构造中的弹性能突然、剧烈的释放。冲击矿压现已成为矿井安全的一个持续的威胁,会对矿井开采造成灾难性的破坏,使矿井生产处于瘫痪状态,对井下工人造成了严重的安全威胁。

有关冲击矿压本质的首次具有重大意义的解释是1959年Cook利用在矿井建立的地下微震网络采集的数据来说明的。

Cook 等人对冲击矿压机理解释最重大的贡献是意识到真正的能量源来源于重力或者构造的弹性应变能,当加载系统的刚度小于岩体中破裂部分的刚度时,能量就会释放从而形成冲击矿压。随着大量精密微震监测系统的不断应用,断层滑移或者煤岩体中断裂面滑移是采矿过程中诱发微震的主要机理已被人们所接受。

(1) 冲击矿压与矿震。

冲击矿压作为采矿活动诱发的矿震,与大地地震相比,虽然其震级不大,但由于它的震中距地表近,属浅表层地震,其危险性非常大。因此冲击矿压从本质上应该属于灾害性的矿震。冲击矿压的致灾强度主要取决于矿震的震级、震中距工作面的距离以及其间煤岩介质的物理力学特性(如应力状态、抗压强度以及松散程度等)。

矿震是煤岩介质发生破坏,诱发积聚的弹性应变能以弹性波的形式释放的现象,如“煤炮”、“板炮”以及其他形式所诱发的震动(包括冲击矿压)。矿震发生时往往伴随有巨大声响,有时产生煤尘以及诱发瓦斯异常涌出等。震级较小,释放能量较低的称为微震。

因此,冲击矿压灾害发生之前一定会产生前兆信息的矿震,严格来说通常是指微震,故可以利用各种监测手段识别微震所产生的各种物理效应(如声发射,电磁辐射以及红外热辐射等)来监测预警冲击矿压。

(2) 冲击矿压的分类。

根据原岩体应力状态的不同,冲击矿压可分为:

① 重力型冲击矿压:主要受重力作用,没有或只有极少构造应力影响的条件下引起的冲击矿压。通常它与矿井的开采深度密切相关;

② 构造应力型冲击矿压:主要受构造应力的作用引起的冲击矿压,常见的地质构造为断层、褶曲等。这种类型的冲击矿压与开

采深度关系不大,通常临界深度较浅。

③ 重力—构造型冲击矿压:受重力和构造应力共同作用引起的冲击矿压。

根据诱发冲击的能量来源的不同,可将冲击矿压分为:

① 煤体(煤柱)型冲击矿压:这种类型的冲击矿压主要是由于高应力状态的煤体或煤柱中所积聚的大量弹性应变能受到采掘扰动而突然释放,往往表现为煤体的突出、片帮等。

② 顶板型冲击矿压:主要因较硬煤层上方存在一层较厚甚至巨厚且极其坚硬的砂岩顶板(俗称关键层),当坚硬顶板初次或周期性破断时,将会释放大量弯曲弹性能,能量在完整性岩层以及硬煤层中传播时,衰减较小,很容易诱发冲击矿压,造成煤体突出,破坏巷道。当煤层底板的坚硬岩层发生折断时,也会产生反弹,形成冲击震动波激发处于极限状态的高应力煤体发生冲击矿压。

根据震级强度和抛出的煤量的不同,可将冲击矿压分为:

① 轻微冲击(I级):抛出煤量在 10 t 以下,震级在 1 级以下的冲击矿压。

② 中等冲击(Ⅱ级):抛出煤量在 10~50 t,震级在 1~2 级的冲击矿压。

③ 强烈冲击(Ⅲ级):抛出煤量在 50 t 以上,震级在 2 级以上的冲击矿压。

(3) 冲击矿压的危害和特征。

冲击矿压灾害始于 1738 年的英国南史塔夫煤矿,从那时起到现在,包括我国在内的世界各采矿国家,如德国、南非、波兰、美国等 20 多个国家和地区的煤矿均不同程度地受到冲击矿压威胁。例如,1989 年 3 月 13 日在靠近德国 Merker 市发生一起冲击矿压事故,震级 M_L 达 5.4,导致 3 人伤亡,大量房屋损坏。下面是我国煤矿近年来所发生的几起冲击矿压事故。

① 徐州某煤矿自 1991 年 5 月首次在 7110 工作面材料道发

生冲击矿压以来,到2004年12月底,仅在矿井西翼坚硬顶板区域发生冲击矿压就达17次,给矿井的安全生产带来了极大的威胁。2000年3月11日,9112工作面发生冲击矿压,运输道超前33 m范围上帮棚腿向下帮位移0.8 m,顶板下沉0.5 m,压住转载机,巷道行人侧高度为0.5 m,超前33~45 m段上帮棚腿向下帮位移0.5 m左右,上帮底臃致使胶带侧向竖起,上帮片帮的煤炭压住胶带,超前支护单体支柱向上帮倾斜,顶板下沉0.3 m,巷道行人侧高度为1.2 m,超前45~80 m段上帮部分棚腿发生轻微变形,上帮底臃0.2 m,造成2人轻伤。

② 2004年11月30日,兖州某煤矿6303综放工作面在工作面辅助平巷距煤壁前方66~96 m范围内发生冲击矿压,实体煤侧煤体瞬间突出,冲击波将工作面移动变电站的7个车盘掀翻,造成工作面停产,煤体向巷道内冲出1.5~2.5 m,煤体与顶板离层100~200 mm,深入煤体5 m左右,锚网支护全部失效,铺设的轨道也全部扭曲变形。2005年2月14日中午,6303工作面辅助平巷超前段再次发生冲击矿压,煤壁前12.6~48 m段实体煤帮突出300~1 000 mm不等,顶板下沉600 mm,底臃200~700 mm,损坏单体支柱28棵、十字顶梁16个。

③ 2005年1月3日,兖州某煤矿在4305切眼导硐夜班开始截割右帮时发生冲击矿压,震级 M_L 达2.2,迎头后28~68 m范围内巷道发生3处冒顶,几乎全部堵塞,堵塞长度18.1 m,损坏切眼风筒193 m,折断单体支柱55棵,倒柱115棵,拉断锚杆366根、锚索39根,造成多人伤亡。

④ 2005年1月10日,临沂某煤矿2106综放工作面在轨道平巷距工作面4~38 m范围内发生冲击矿压,工作面实体煤侧24棵支柱折断,中间排13棵支柱折断,煤柱侧7棵支柱折断,下端头1棵支柱折断,推进距310 m处最大煤帮移近量1.1 m,液压支架28~60架安全阀开启,第45~55架下沉0.2 m左右,胶带输送机被

掀起。

⑤ 2010年8月11日下午,义马某煤矿25110工作面下巷发生冲击地压,震级 M_L 达2.7,冲击造成工作面下巷第500 m至切眼长度约为340 m的巷道严重受损,破坏了25110工作面下巷的“锚网索+O形棚+门式支架”三级让压防冲支护系统。

从上面的冲击矿压灾害来看,这些矿井都具有相似的典型特征:① 矿井的开采深度较大,一般达到700 m以上;② 煤层具有强冲击倾向性,且抗压强度大于16 MPa;③ 煤层上覆近距离内存在一层较厚的坚硬顶板岩层,厚度从数十米到数百米不等,抗压强度通常接近或大于100 MPa;④ 冲击煤体内存在弱面结构(如断层、褶曲、裂隙等),受采动以及构造应力的影响,煤岩体内储存的弹性能就会被诱发因素(如坚硬顶底板的破断、滑移、放顶、爆破等)通过弱面结构释放而形成冲击矿压。

1.2.2 冲击矿压的机理

各国学者在实验室研究和现场调查的基础上,从不同的角度先后提出了一系列重要的理论,主要有:强度理论、刚度理论、能量理论、冲击倾向性理论、三准则理论和变形系统的失稳理论等。

(1) 强度理论的实质就是Brauner提出的煤体夹持理论,具有简单、直观和便于应用的特点。但强度理论只能判断煤岩体是否破坏,不能回答破坏的形式——是静态破坏还是动态破坏。它是冲击矿压发生的必要条件,而不是充分条件。

(2) 刚度理论用于判别煤柱稳定性具有简单、直观的特点,但这一理论没有正确反映煤体本身在煤体—围岩系统中不但能积蓄能量,而且还可以释放能量这一基本事实。

(3) 能量理论从能量转化的角度解释冲击矿压的成因,是冲击矿压理论研究的一大进步。但能量理论没有说明矿体—围岩系统平衡状态的性质及其破坏条件,特别是围岩释放能量的条件,因此冲击矿压的能量理论判据尚缺乏必要条件。

(4) 冲击倾向性理论评价煤岩体本身的冲击危险具有实际意义,然而冲击矿压的发生与采掘和地质环境有关,而且实际的煤岩物理力学性质随地质开采条件的不同而有很大的差异,实验室的测定结果往往不能代表各种环境下的煤岩性质,这也给冲击倾向性理论的应用带来了局限性。

(5) “三准则机理”模型相对来说是比较完善的,但这只是一个原则性的表达式,特别是强度准则和能量准则,由于影响因素众多,各参数几乎无法确定,因此该模型的实际应用难度很大。

(6) 稳定性理论认为煤岩介质受采动影响而在采场周围形成应力集中,煤岩体内高应力区局部形成应变软化介质与尚未形成应变软化(包括弹性和应变硬化)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。

目前,冲击矿压的失稳理论发展较快,并且围岩近表面裂纹的扩展规律、能量耗散和局部围岩稳定性的研究已取得了一定的进展。Vardoulakis 研究指出,近自由表面的裂纹一旦开始扩展,将失去稳定,导致表面局部屈曲,临界屈曲应力随自由表面与裂纹间距的减小而急剧减小。Dyskin 对壁面附近裂纹扩展方式及裂纹贯穿后的壁面稳定性进行了分析,认为压应力集中造成初始裂纹以稳定的方式平行于最大压应力方向扩展,这种扩展与自由表面相互作用加速了裂纹的增长并最终导致其失稳扩展,裂纹面出现分离,分离层屈曲破坏形成冲击矿压。缪协兴、张晓春、冯涛等分别建立了煤矿片帮型冲击矿压和岩爆的层裂板结构失稳破坏模型,认为采场或巷道壁面的局部失稳是由高应力集中区形成的层裂板结构区的稳定性控制的;冲击矿压或岩爆是煤壁形成的层裂板结构区的局部压曲。齐庆新等在煤与岩以及煤层之间摩擦滑动实验研究的基础上,提出了煤矿冲击矿压的黏滑失稳机制。

最近,Barker 和 Fournery 等人在研究岩爆时提出了成核破岩机理(Nuclei Theory),将岩石破碎归因于爆炸应力波与缺陷的共

同作用结果。

宁波大学的爆炸冲击专家王礼立教授提出了衡量介质冲击的临界速度。

$$v_c = - \int_0^{\sigma_b} \frac{d\sigma}{\rho_0 c} \quad (1-1)$$

式中 σ_b ——介质的强度极限；

ρ_0 ——介质的密度；

c ——系数， $c = \sqrt{\frac{1}{\rho_0} \frac{d\sigma}{d\varepsilon}}$ 。

以谢和平教授为首席专家的国家自然科学基金创新研究群体将冲击矿压机理分为三类：第一类是岩爆型冲击矿压，指在高地应力作用下，煤柱和岩石发生爆炸式破坏；第二类是顶板垮落型冲击矿压，指矿层上覆的厚而坚硬的老顶岩层悬伸在矿柱上，先是夹紧矿柱并对它加载，当达到一定跨度时发生折断和垮落，同时产生压力波，造成处于极限应力状态的矿柱发生瞬时破坏；第三类为构造型冲击矿压，主要指在构造应力作用下，煤岩体发生的突然失稳冲击，并将机理归结为三条定律。

目前，动静载组合诱冲的机理已经得到初步的发展，特别在我国一些深部开采的矿区，由于上覆岩层存在坚硬的巨厚硬岩层，顶板的断裂（特别是“初次见方”、“二次见方”、“三次见方”等）产生的动载震动波将会激发处于高静载应力的煤层发生冲击矿压。在一些西部浅埋近距离煤层群开采过程中，坚硬顶、底板的二次断裂扰动极易诱发另一含有夹矸的煤层工作面的冲击矿压。

1.2.3 冲击矿压的监测预报

目前常用的监测方法主要有以下三类：第一类是以钻屑法为主的岩石力学方法；第二类是以声发射、微震和电磁辐射监测为主的地球物理方法；第三类是以综合指数法为主的经验类比分析方法。