

THEORY OF BURST START-UP AND
COMPLETE TECHNOLOGY FOR ROCKBURST

冲击地压启动理论 与成套技术

潘俊锋 毛德兵 等著



中国矿业大学出版社

国家自然科学基金项目(51204097、U12261211)

国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAK09B01)

国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2010CB226806)

天地科技股份有限公司科技发展基金项目

冲击地压启动理论 与成套技术

潘俊锋 毛德兵 等 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

冲击地压是国际岩石力学界疑难问题之一,本书所述内容建立在对冲击地压概念及其机理重新认识基础上,强调理论与成套技术的结合,系统介绍了冲击地压启动理论及其成套应用技术。具体内容包括了冲击地压概念重新认识及“三阶段”物理演化过程解析;冲击地压的冲击启动理论及其分类、能量判据;冲击地压的冲击危险性预评价技术;冲击启动载荷源分源实时监测预警技术及分源权重综合预警系统;诱发冲击启动载荷源区域疏导、局部分源治理技术;基于冲击启动理论的冲击地压分类、系统防治应用实例;最后介绍了一脉相承的冲击地压防治理论与成套技术体系。

本书既有深入、系统的理论新认识,又有理论应用的成套实用技术及新技术,近 10 年的实践验证,彰显了我国冲击地压防治理论与技术的新进展以及灾害防治效果上了一个新台阶。

本书可供采矿工程、安全工程、岩石力学领域的科研、教学、设计及生产单位的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

冲击地压启动理论与成套技术/潘俊锋等著. —徐州:中国矿业大学出版社,2016.5

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3045 - 4

I. ①冲… II. ①潘… III. ①矿山压力—冲击地压—地压控制
IV. ①TD324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 045044 号

书 名 冲击地压启动理论与成套技术

著 者 潘俊锋 毛德兵 等

责任编辑 李 敬

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 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 493 千字

版次印次 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

定 价 68.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

长期以来,煤炭在我国一次能源消费总量中约占了 70%,为国民经济持续较快发展,尤其是在“十一五”、“十二五”期间做出了巨大贡献。目前全球经济整体缓慢弱势复苏,我国则面临着经济增长和环境保护的双重任务。在可再生能源没有形成规模以前煤炭在我国一次能源构成中仍将占主体地位。即使到 2050 年形成能源的多元结构,煤炭仍然要在中国能源结构中占主要份额。为此,实现安全、高效、绿色和可持续发展的科学采矿理念成为我国未来煤炭开采技术发展的方向。

在科学采矿中安全开采技术一直是保障矿井顺利供应煤炭的基础,近年来,我国煤炭百万吨死亡率降至 0.157,取得不少成绩,但是与国际水平还有很大差距。我国煤炭资源按深度分布的储量,埋深超过 1 000 m 的煤炭储量有 2.5 万亿 t,约占总储量的 53%,并且我国煤矿大多建于 20 世纪五六十年代,目前进入深部开采高峰期,煤矿冲击地压灾害发生频度、强度及区域都在逐年剧增。从历史上来看,冲击地压本身造成的死亡事故有限,但是冲击地压是瞬间发生,可能诱发煤与瓦斯突出、煤层自然发火、冒顶等群死群伤的次生灾害,造成灾害升级的风险时刻存在。因此,在矿井安全开采技术中冲击地压灾害防治工作具有重要的意义。

本书作者认为冲击地压防治可以从以下三个层次进行。第一层次为井田区域防范性工作,包括合理开拓布置、开采保护层等;第二层次为采掘空间局部解危性工作,包括煤体卸压爆破、顶底板预裂爆破、大孔径卸压等;第三层次为个体防护性工作,包括采掘空间强力支护、人员防护服的穿戴等。过去人们认为进入深部开采才会有冲击地压,近几年来一些浅部开采、褐煤开采、突出软煤开采以及矿井建设期发生冲击地压都刷新了我们过去的传统认识,因而体现了冲击地压的复杂性。

近 30 多年来,为了解决冲击地压煤层的安全开采问题,科研院所、大专院校及煤炭企业在冲击地压防治技术方面做了大量的研究与实践工作,分别在机理、预评价、预测与防治方面取得了长足的发展,使得行业对冲击地压发生及防治思路逐步明朗。但是,应该指出,我国冲击地压发生理论、分类尚未统一;现场监测、防治等工程性活动需要与冲击地压发生原理紧密结合。

《冲击地压启动理论与成套技术》的作者继承了原煤炭科学研究总院北京开采研究所在冲击地压研究方面的工作,并进行了深入发展。通过其在生产一线近十年来的防冲实践与思考,汇集多项国家和煤炭行业科技新成果,历经十多个冲击地压矿区的实践得失,编写了这本书。这本书通过对冲击地压物理演化过程的剖析,提出“冲击启动”这一理论认识,提出了在冲击启动类型确定基础上,以载荷源为中心,分源监测、分源防治的思想,从另一新视角建立了冲击地压理论与成套技术。全书系统介绍了冲击地压概念新认识及“三阶段”物理演化过程;冲击地压的冲击启动理论与分类、能量判据;冲击地压的冲击危险性预评价技术;冲

击启动载荷源分源实时监测预警技术及分源权重综合预警系统;诱发冲击启动载荷源区域疏导、局部分源治理技术;基于冲击启动理论的冲击地压分类、系统防治应用实例;最后介绍了冲击地压防治理论与成套技术体系。

本书的特点是以冲击地压物理过程分解为视角,从概念认识起步,直至建立理论与成套技术体系;强调了理论与成套技术结合;强调了冲击地压防治工作的层次性、系统性,技术的成套性。书中对冲击地压防治的每一环节都进行了翔实介绍,并给出了分类防治范例,具有较强的实用性。

这本书的出版,将对煤矿企业冲击地压灾害防治起到积极作用,对从事煤矿冲击地压理论与技术研究的科技工作者也具有较大的参考价值。

中国工程院院士



2016年4月27日于北京

前言

冲击地压是发生在煤矿井工开采过程中的典型动力灾害之一,冲击地压更为严重的后果是可以诱发煤与瓦斯突出、煤层自然发火、冒顶等群死群伤的次生灾害。国外,从1738年英国的南史塔福煤田发生并第一次记载冲击地压以来,已有278年的历史,其间在世界上发生冲击地压的国家除我国外,还有英国、波兰、法国、德国、俄罗斯、乌克兰、南非、美国、日本、澳大利亚等23个国家和地区。目前国外发达国家因灾害及能源结构调整原因,冲击地压矿井陆续关闭,我国成为冲击地压灾害防治研究大国。我国最早记录的冲击地压发生在1933年抚顺矿区的胜利煤矿,当时造成80余人死亡。随后,北京、开滦、枣庄、新汶、兖州、义马、鹤岗、双鸭山、辽源等矿区都发生过重大冲击地压灾害。目前,我国冲击地压矿井数量已从1985年的32个发展到现在的170多个,分布于20多个省(市、自治区)。据不完全统计,就2000~2012年期间,全国煤矿共发生冲击地压事故304起,伤亡人数达509人,造成了巨大的经济损失,形成了不良的社会影响。

冲击地压发生次数随煤层开采深度增加,呈现非线性增长关系,而我国煤炭资源按深度分布的储量,埋深超过1000 m的煤炭储量有2.5万亿t,约占总储量的53%,并且我国煤矿大多建于20世纪五六十年代,目前进入深部开采高峰期,煤矿冲击地压发生频度、强度及区域都在逐年增加。同时,随着井田、采区的充分采动,坚硬顶板下采空面积的不断加大,以及大功率、长运距、高可靠性综采与综放装备的应用,煤矿井下推进速度、开采强度不断加大,近几年浅部开采发生冲击地压的矿井也接连出现。

因此,加大冲击地压灾害防治研究,是保障占总储量53%以上的深部煤炭资源及浅部坚硬顶板条件下煤炭安全开采,保障我国经济持续快速发展和社会进步及人民生命、财产安全刻不容缓的重要任务。

冲击地压发生机理的研究是其有效防治的基础,近30多年来,人们一直尝试着去认识冲击地压,期间形成了“强度理论”、“刚度理论”、“能量理论”、“冲击倾向性理论”以及后来的“失稳理论”和“三因素机理”等等观点。这些理论都从不同侧面揭示了冲击地压发生条件与原理,对于冲击地压研究起到了应有的推进作用。

尽管如此,目前冲击地压监测、防治技术运用还是与机理有所脱节,缺乏从某一理论认识出发,进行后期监测、防治方法取舍、方案设计及技术开发,往往表现为多种同类型的监测设备平行使用或者监测没有空间、时间概念存在盲区,多种监测结果出现矛盾;防治措施缺乏针对性,设计错误或者破坏了围岩支护结构或者促进了冲击地压发生,尤其是对于新出现冲击地压的矿井,面对众多的不确定影响因素和层出不穷的监测与防治方法望而却步,难以决策;冲击地压灾害严重矿井,一般是只要发生一次灾害就全矿井、全煤层尽可能多地上手段,结果往往造成人力、物力以及经济上的疲惫,无法坚持,或者是顾此失彼,无的放矢。一些技术成熟的矿井也是经历了漫长的教训吸取与经验积累过程。为此,一部全面、系统介绍

冲击地压防治理论与成套应用技术体系的著作急需面世,以便为全国冲击地压矿区、矿井灾害防治起到积极促进作用。

本书在国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目、国家自然科学基金项目、国家科技支撑计划项目、国家重点研发计划项目等基金资助下,以煤炭科学研究总院开采研究分院(天地科技股份有限公司开采设计事业部)近 10 年来,尤其是“十二五”期间在冲击地压领域所取得的 80 余项科研成果为基础,以对冲击地压概念及其机理重新认识为切入点,系统介绍了冲击地压启动理论及其成套应用技术。

冲击地压研究一般分为机理、预评价、监测预警、防治四环节,考虑到本书从重新认识冲击地压概念出发,从源头系统地对每一环节都进行了翔实的分解与介绍,因此,本书采用了篇、章、节形式编排,全书大结构通过八个篇幅来体现,每篇又按所涉及的理论、技术归类等设置若干章节。第一篇为绪论,对冲击地压进行总体概述及国内外研究现状介绍。第二篇为冲击地压物理演化过程剖析,介绍了冲击地压发生的影响因素及“三阶段”物理演化过程。第三篇为冲击地压的冲击启动理论,介绍了冲击地压的冲击启动理论及其分类、能量判据。第四篇为冲击地压的冲击危险性预评价技术,介绍了冲击危险性的宏观评判、计算机仿真及基于集中静载荷探测的地震 CT 原位评价技术。第五篇为冲击启动载荷源分源实时监测预警技术,介绍了监测预警冲击地压的理论基础;大范围集中动载荷微震监测技术;局部区域集中动载荷地音监测技术;集中静载荷在线监测技术;冲击地压分源权重综合监测预警系统。第六篇为诱发冲击启动载荷源综合治理技术,介绍了区域防范冲击地压的理论与技术;局部防治的采动围岩近场集中静载荷卸压;局部防治的采动围岩远场集中动载荷源消源;局部防治的采掘空间强力支护防冲降灾方法。第七篇为基于冲击启动理论的冲击地压防治实践,介绍了局部防治冲击地压的理论与技术体系;集中静载荷型冲击地压防治实践;集中动载荷型冲击地压防治实践。第八篇为冲击地压防治理论与成套技术体系建立,介绍了冲击地压科学防治理论与技术体系;冲击地压研究展望。

全书的整体构思、统稿和审定由潘俊锋负责。各章编写分工:第一章,潘俊锋;第二章,潘俊锋、毛德兵;第三、四、六章,潘俊锋;第五章,潘俊锋、王书文、杨磊、刘少虹;第七章,秦子晗;第八章,潘俊锋、秦子晗;第九章,王书文、毛德兵;第十章,潘俊锋、毛德兵;第十一章,夏永学、王传朋、陈法兵、李岩;第十二章,夏永学、冯美华、王传朋;第十三章,潘俊锋、王书文、毛德兵;第十四章,潘俊锋、秦子晗、冯美华、夏永学;第十五章,潘俊锋;第十六章,潘俊锋、王书文、蓝航;第十七章,潘俊锋、雷毅、杜涛涛;第十九章,潘俊锋;第二十章,潘俊锋、刘少虹、冯美华、王书文;第二十一章,潘俊锋、王书文;第二十二章,潘俊锋、毛德兵;第二十三章,潘俊锋。此外,第三章引用了潘立友教授文献;第十八章分别引用了康红普院士、潘一山教授文献。此外,采矿技术研究所冲击地压研究室的其他人员也参加了部分小节的编写与图件修改。

本书的特点是系统地从源头、从基础起步,强调理论与成套技术的结合,全书一个理论贯穿到所有冲击地压技术中,并进行了大量实践验证。另外,本书展示出了很多新观点、新认识、新思考、新技术、新知识,有些为尚未公开发表的科研成果及学术理论。本书所涉及的很多研究成果是与煤炭企业合作完成的。山东新汶、淄博、济宁、兖州,内蒙古平庄、上海庙,河南义马,陕西彬长、麟游,黑龙江鹤岗、七台河、双鸭山,吉林龙家堡,甘肃华亭,山西潞安,新疆等矿区矿井给予了大力支持与帮助。特别感谢钱鸣高院士的殷切指导,钱院士对本书

的题目确定及今后冲击地压如何研究给予了宝贵建议。在本书的编写过程中,煤炭科学研究总院开采研究分院及采矿技术研究所的领导给予了大力支持。在此一并表示衷心的感谢,同时感谢所有引用及疏漏文献的作者。

由于作者水平有限,书中难免会出现错误或不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

2016年4月15日

目 录

第一篇 绪 论

第一章 冲击地压概述.....	3
1.1 冲击地压的基本术语	3
1.2 冲击地压发生的特点	3
1.3 冲击地压的传统分类	5
1.4 冲击地压防治基本程序	6
第二章 国内外研究现状.....	8
2.1 冲击地压发生物理过程与机理研究	8
2.2 冲击地压危险性预评价技术.....	10
2.3 冲击地压实时监测预警技术.....	11
2.4 冲击地压防治技术.....	13
2.5 冲击地压机理向防治延伸的要求.....	15

第二篇 冲击地压物理演化过程剖析

第三章 冲击地压发生的影响因素	19
3.1 冲击地压发生的宏观条件.....	19
3.2 地质赋存因素.....	19
3.3 开采技术因素.....	27
第四章 冲击地压“三阶段”物理演化过程	33
4.1 冲击地压的黑箱研究方法.....	33
4.2 冲击地压显现.....	34
4.3 冲击启动.....	34
4.4 冲击能量传递.....	35
4.5 冲击地压黑箱的演化过程.....	36
4.6 相关术语重新界定.....	38

第三篇 冲击地压的冲击启动理论

第五章 冲击启动的材料-结构动力失稳机理	41
5.1 工程结构体冲击启动区	41
5.2 一维承载煤样材料失稳声发射试验	54
5.3 考虑动载荷的一维承载煤样材料失稳过程特性	58
5.4 工程结构体的变载荷类建筑结构模型	64
5.5 类建筑结构主承载体极限平衡方程	66
5.6 类建筑结构主承载体地基极限平衡方程	69
5.7 弹脆性材料失稳催生结构失稳诱发冲击启动机理	71
第六章 冲击启动的类型与能量判据	73
6.1 冲击地压的冲击启动类型	73
6.2 两类冲击启动动力学模型及判据	74
6.3 两类冲击地压启动工程案例揭示	76
6.4 防止巷道冲击启动的模型与原理	81
6.5 冲击地压的冲击启动理论提出	88

第四篇 冲击地压的冲击危险性预评价技术

第七章 冲击危险性的宏观评判	93
7.1 经验类比法	93
7.2 综合指数法	93
7.3 动态权重法	97
第八章 冲击危险区域与危险时段计算机动态仿真	106
8.1 冲击地压危险区域预评价	107
8.2 冲击地压危险时段预评价	109
第九章 基于集中静载荷探测的地震 CT 原位评价技术	112
9.1 地震初至波走时 CT 获取围岩波速结构	112
9.2 受载煤样纵波波速与应力关系的试验研究	128
9.3 围岩波速结构评价冲击危险性方法	130
9.4 应用案例	134

第五篇 冲击启动载荷源分源实时监测预警技术

第十章 监测预警冲击地压的理论基础	141
10.1 冲击危险源层次化辨识方法	141

10.2	诱发冲击启动载荷源分源监测预警基本原理	143
第十一章	大范围集中动载荷微震监测技术	144
11.1	ARAMIS M/E 微震监测系统与布置	144
11.2	微震监测系统布置方案优化	151
11.3	开采活动与微震事件	161
11.4	微震评价指标的确定	168
11.5	评价指标计算	169
第十二章	局部区域集中动载荷地音监测技术	179
12.1	地音、微震、冲击地压三者的关系	179
12.2	地音评价冲击危险性的理论基础	179
12.3	ARES-5/E 地音监测系统及布置	180
12.4	冲击地压前兆地音信息识别	184
12.5	地音评价方法和指标	186
第十三章	集中静载荷在线监测技术	190
13.1	煤岩体集中静载荷监测方法	190
13.2	煤岩体应力监测方法	190
13.3	KJ21 冲击地压应力在线监测系统	193
第十四章	冲击地压分源权重综合监测预警系统	196
14.1	冲击地压分源综合预警指标体系及分级	196
14.2	冲击地压分源权重综合预警模型	198
14.3	冲击地压危险性综合评价及预警系统	202
14.4	煤矿冲击地压危险性综合评价及预警系统应用	206
 第六篇 诱发冲击启动载荷源综合治理技术		
第十五章	区域防范冲击地压的理论与技术	211
15.1	区域大范围防范冲击地压的理论基础	211
15.2	集中静载荷(高集中应力)可干扰性及影响规律	213
15.3	基于集中静载荷疏导的冲击地压区域防范技术体系	218
第十六章	局部防治的采动围岩近场集中静载荷卸压	219
16.1	煤层爆破疏压技术	219
16.2	煤层大直径钻孔卸压技术	226
16.3	煤层注水疏压技术	232
第十七章	局部防治的采动围岩远场集中动载荷源消源	240
17.1	煤层顶板深孔预裂爆破技术	240

17.2 煤层致密顶板水力定向压裂技术·····	244
第十八章 局部防治的采掘空间强力支护防冲降灾方法·····	250
18.1 冲击地压巷道围岩锚杆支护·····	250
18.2 防冲吸能巷道液压支架支护·····	251

第七篇 基于冲击启动理论的冲击地压防治实践

第十九章 局部防治冲击地压的理论与技术体系·····	255
第二十章 集中静载荷型冲击地压防治实践·····	257
20.1 工程背景·····	257
20.2 岩浆岩下伏短壁综放面冲击启动原理·····	258
20.3 冲击载荷源分源监测与防治·····	261
20.4 冲击地压防治应用效果分析·····	265
第二十一章 集中动载荷型冲击地压防治实践·····	267
21.1 工程背景·····	267
21.2 冲击地压的冲击启动原理·····	268
21.3 冲击启动载荷源分源监测·····	273
21.4 基于冲击启动载荷源分源防治·····	278
21.5 基于冲击启动载荷源分源防治效果·····	283

第八篇 冲击地压防治理论与成套技术体系建立

第二十二章 冲击地压科学防治理论与技术体系·····	287
22.1 科学防冲理念·····	287
22.2 科学防冲的理论与成套技术体系·····	288
第二十三章 冲击地压研究展望·····	290
参考文献·····	292

第一篇 绪 论

第一章 冲击地压概述

1.1 冲击地压的基本术语

冲击地压是煤炭开采过程中出现的典型动力灾害之一,也是一种特殊的矿山压力显现形式。冲击地压研究中存在许多非常专业的基本术语,本书开篇进行简要介绍。

(1) 冲击地压

根据学者李玉生所述“冲击地压”这一名词最早出现在我国,是在 1959 年煤炭工业出版社出版的一本俄文专著中译出,而他本人认为采用“矿山冲击”更为确切,刘听成则认为应当称为“冲击矿压”。目前在煤炭开采界“冲击地压”、“冲击矿压”都在沿用,多数场合采用“冲击地压”,也有学者认为“冲击地压”、“岩爆”、“矿震”、“岩石突出”等为同一概念,齐庆新等对各自概念进行了澄清。

冲击地压通常被定义为:储存在矿山井巷和采场周围煤岩体变形能的剧烈释放,并伴随煤岩体突然、急剧、猛烈破坏为特征的现象。

(2) 冲击倾向性

产生冲击地压的煤岩体具有一定的物理力学特征,其中反映煤岩材料固有属性的产生冲击破坏的能力称之为冲击倾向,也称冲击倾向性。煤岩冲击倾向性可用冲击倾向度来度量。冲击倾向度可用一个或一组指标确定,即产生冲击地压的冲击倾向条件是:煤岩介质实际的冲击倾向度应大于某一极限值。2011 年 2 月发布的国家标准 GB/T 25217.2—2010 规定了煤的冲击倾向性分类及指数的测定方法。

(3) 冲击危险性

冲击危险性是指煤矿井下工作区域在具体生产、地质、管理条件下有发生冲击地压的可能性。它根据煤层、岩层条件及生产、地质条件综合评估得到。

(4) 冲击地压煤层

冲击地压煤层是指在矿井井田范围内发生过冲击地压的煤层,或经测定煤层或其顶、底板岩层具有冲击倾向性,且评价具有冲击危险性的煤层。

(5) 冲击地压矿井

冲击地压矿井是指在矿井的开拓、生产过程中有冲击地压煤层的矿井。

1.2 冲击地压发生的特点

1.2.1 一般性特点

(1) 局部性特征

冲击地压发生的首要特征,就是具有局部性特征,即相对整个矿井或井田来说,同一次冲击地压事件总是发生在很局部的一个点,表现为采场的某一段或巷道的某一段,而不是矿井所有井巷或所有采区都同时发生冲击破坏。

(2) 无明显前兆,瞬间发生

就某一次冲击地压发生而言,在其发生之前是没有任何明显前兆的,人们常常观察到的采场、巷道围岩变形,甚至是骤变,都难以预测冲击地压是否要发生,因为,我们很难区分这是常规的矿压显现还是冲击地压前兆,有时发现围岩变形很剧烈时,冲击地压其实已经演化到第二或第三阶段,因为冲击地压发生经历三个过程仅仅需要几秒钟,甚至更少的时间,所以我们必须要认识到采取防治措施主要是针对冲击地压发生的第一阶段,即阻止其启动。

(3) 外围影响因素复杂多变

影响冲击地压发生的因素很多,但主要分为三种:一是地质赋存因素,即煤岩层的冲击倾向性、存在构造等;二是开采技术因素,即孤岛开采、悬顶开采等;三是管理因素,即在劳动组织上集中放炮、多头扩修等。其实每一种因素又有很多,所以导致煤矿冲击地压发生原因极其复杂,多年来,作者所在研究团队从事冲击地压灾害防治,实际上也是每到一矿井每遇一新问题,从来没有可以简单照搬照用的方案。但是不管是地质、开采技术还是管理因素,作者认为这些都是外围条件,我们需要认清的是这么多外围条件最终都是为冲击启动提供了载荷源。

(4) 发生频度、强度呈增长趋势

随着井田、采区的充分采动,采空区面积的不断加大,以及大功率、长运距、高可靠性综采、综放装备的应用,煤矿井下推进速度、开采强度不断加大,我国煤矿冲击地压发生频度、强度快速增加。冲击地压矿井数量已从 1985 年的 32 个发展到 2012 年的 142 个,分布于 20 多个省(市、自治区)(据 2012 年国家煤矿安全监察局的调研报告)。为此,冲击地压灾害防治仍然是采矿业、岩石力学界众多学者研究的焦点。

1.2.2 我国煤矿冲击地压发生新特点

(1) 冲击地压发生的临界开采深度越来越浅

传统的认识是冲击地压存在一个临界开采深度,一般为开采深度达到或超过 500~600 m,冲击地压便频繁出现,否则是零星出现,因此有关冲击地压的课题研究总以深部动力灾害冠名,基本认为深部开采发生冲击地压。实际上,冲击地压发生与是否浅部还是深部关系密切程度,远不如与采掘围岩中应力与能量的局部集中程度及其对外界动载的响应敏感度更为密切,例如近几年新疆、华亭、平庄等矿区赋存深度 150~300 m 左右同样可以发生冲击地压。通常我们所说的冲击地压多发生在深部开采,不光因为地应力增加,更重要的是浅部时的随意采掘,进入深部开采随着井田的充分采动,覆岩载荷逐渐集中,冲击地压、矿震等动力灾害凸现。总而言之,无论浅部还是深部,只要采掘空间围岩承受载荷局部化,并且足够大,冲击地压都会发生。

(2) 高瓦斯软煤层开采冲击地压发生

过去我们认为冲击地压一般发生在硬顶、硬煤、硬底“三硬”条件下,至少煤层比较硬。潞安矿区为典型的高瓦斯软煤层开采区,多为突出危险矿井,然而煤层单轴抗压强度为 6.8 MPa 的长治某矿在 2013 年 11 月和 2014 年 1 月各发生一次强烈冲击地压显现,邻近某煤矿也出现底板动力显现。

(3) 褐煤种发生冲击地压

在以往的冲击地压书籍中都表示除褐煤以外的各种煤种都记录到冲击现象,也就是说当时的认识是除了褐煤,其他煤种都会发生冲击地压,2012年10月赤峰地区的平庄矿区古山煤矿发生强烈冲击地压显现,开采的煤层就是褐煤。

(4) 新矿井建设期间开拓大巷冲击地压发生

原有的认识认为只有充分采动或进入深部的生产矿井才会发生冲击地压。最近几年本课题组在陕西、内蒙古一些矿区开展的冲击地压防治研究基本都是针对建设矿井的开拓巷道,有的矿井几条开拓大巷普遍存在冲击地压显现,主要表现为巷道底板瞬间鼓起。

1.3 冲击地压的传统分类

冲击地压是一种复杂的矿山动力现象,其生成环境、发生地点、宏观和微观上的显现形态多种多样,以及它的显现强度和所造成的破坏程度相差很大,客观上不同矿井的冲击地压成因和特征也不同。即使同一矿井,由于地质构造、开采条件和开采方法的差异,也使得冲击地压的成因、性质、特征、震源部位和破坏程度不同。

冲击地压存在不同种类,不能用单一方法或措施去预测和防治冲击地压,因此要对冲击地压进行分类,并且出现了多种分类方法。目前主要的、最有价值的分类方法有以下几种。

(1) 根据冲击地压的能量特征,按冲击时释放的地震能大小分类,分为五个等级,如表1-1所列。

表 1-1 按能量特征分类表

冲击地压级别	地震能/J	震中的地震烈度/级
微冲击(射落、微震)	<10	<1
弱冲击	$10 \sim 10^2$	1~2
中等冲击	$10^2 \sim 10^4$	2~3.5
强烈冲击	$10^4 \sim 10^7$	3.5~5
灾害性冲击	$>10^7$	>5

① 微冲击。表现为小范围岩石抛出和矿体微震动,包括射落和微震。射落是表面的局部破坏,表现为单个煤(岩)块弹出,并伴有射击的声响。微震是母体深部不产生粉碎和抛出的局部破坏,常伴有声响和岩体微震动。

② 弱冲击。少量煤(岩)抛出的局部破坏,伴有明显的声响和地震效应,但不造成严重损害。

③ 中等冲击。急剧的脆性破坏,抛出大量岩石,形成气浪,造成几米长的巷道支架损坏和垮落,推移或损坏机电设备。

④ 强烈冲击。使长达几十米的巷道支架破坏的垮落,损坏机电设备,需要大量的修复工作。

⑤ 灾害性冲击。使整个采区或一个水平内的巷道发生垮落。个别情况下波及全矿,造成整个矿井报废。