

- 871:41

深井冲击地压及其防治

潘立友 钟亚平 著

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

深井冲击地压及其防治/潘立友, 钟亚平著. -北京:
煤炭工业出版社, 1997. 7

ISBN 7-5020-1496-9

I. 深… II. ①潘…②钟… III. 深井-冲击地压-防
治 IV. TD324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 13043 号

深井冲击地压及其防治

潘立友, 钟亚平 著

责任编辑: 辛广龙

煤炭工业出版社 出版发行

(北京安定门外和平里北街 21 号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $4 \frac{3}{4}$

字数 100 千字 印数 1—365

1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

书号 4265 定价 9.50 元

内 容 提 要

本书系统地介绍了作者近年来在深井冲击地压与防治方面的研究成果和一些新的观点,较详尽地论述了以深部地质条件的评价、开采判定及局部探测为主要内容的深井冲击地压预测方法,建立在浅部已揭露冲击地压显现规律基础上的深井冲击地压煤层的开采安全性评价的理论、方法及工程实践。在深井冲击地压防治方面,论述了以围岩应力控制为核心的冲击地压矿井的深部开采设计、开采保护层、放顶煤开采时对冲击地压的控制及局部解危措施等内容。

本书可供煤矿生产、设计、科研系统的有关技术人员和矿业院校师生阅读和参考。

序

冲击地压是影响煤矿安全生产的恶性事故之一，也是世界各主要采矿国面临的共同难题。随着我国矿井开采深度的增加，更多的矿区将不同程度地受到冲击地压的危害，这已成为制约深部开采矿井生产的重要因素之一，研究深井冲击地压发生的力学机制及防治对策是当务之急。

冲击地压是矿山压力的一种特殊显现形式，是一种力学过程十分复杂的动力现象。随着矿井开采深度的增加，其发生的频率更高、强度更大、危害程度更加严重。因此，对冲击地压的研究应建立在采场始终处在动态变化的基础上，进行矿井地质条件、煤岩结构力学机制、采动应力的分布、压力传递过程、冲击危害程度等的综合分析，提出区域性评价及防治对策。

《深井冲击地压及其防治》一书是作者多年潜心研究成果的总结，书中的很多内容，如地质区划、开采判定方法及深井冲击地压煤层的开采安全性评价理论等，是作者开拓性的研究成果，具有较强的理论性和实践性，相信本书必将对我国冲击地压的防治起到推动作用。愿这部书对科研工作者、工程技术人员及矿业院校师生有所帮助。

中国科学院院士、教授



1997年6月16日

前 言

冲击地压是矿井具有破坏性后果的突发灾害，是一种力学过程十分复杂的动力现象，是影响煤矿安全生产的灾害事故之一，也是世界范围内地下开采煤矿普遍遇到的共同难题。随着煤矿开采深度的不断增加，冲击地压问题日趋严重，已成为我国矿山亟待解决的问题。

我国属于世界上冲击地压严重的国家之一，现有冲击地压的矿井超过40对。随着开采深度的增加，发生冲击地压的矿井越来越多，冲击地压发生的频度和强度亦随之愈来愈大。通过长期的生产实践、试验研究和借鉴国外先进技术和经验，在冲击地压的机理、显现规律、预测方法和防治措施等的研究方面取得了明显进展，现场防治工作亦获得显著成效。然而，就我国目前煤矿冲击地压事故防治的实际情况而言，由于冲击地压发生的原因和条件的复杂性和多样性，特别是深部开采高应力导致的地压显现大和冲击危险性加剧的特点，目前的研究和防治工作要完全控制这一灾害还有相当距离，冲击地压仍是矿井（特别是深井）的主要灾害之一，一些理论和实践问题亟待进一步解决。一些深井开采的共同特点是，受构造影响，深部矿压显现和冲击地压现象十分严重，开展对深井多种灾害和构造型冲击地压的预测和防治研究已成当务之急。

近几年来，我们在深井冲击地压预测、有冲击地压煤层的安全开采性评价以及防治等方面作了大量的研究和工程实

践工作，并取得了一些研究成果，现整理成书，期望它对我国深井冲击地压预测、预报与防治有所帮助。

本书的编写出版，得到了许多专家、学者及现场技术人员的支持。中国科学院院士宋振骥教授多年来从研究思想上给予启迪；山东矿业学院矿压所高延法教授对本书编写给予指导，并提出宝贵意见；开滦矿务局赵各庄矿、唐山矿等单位提供了大量实测资料；山东矿业学院矿压所为这些成果的取得创造了良好的研究条件，在此向他们一并表示感谢。

书中不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

一九九七年二月

目 录

第一章 引言	1
第一节 我国煤矿采深状况	1
第二节 深井冲击地压问题	3
第三节 冲击地压研究现状	7
第二章 深井冲击地压预测方法	10
第一节 地质区划方法	11
第二节 开采判定方法	20
第三节 钻屑法	23
第四节 地音与微震系统监测法	34
第五节 流动地音监测	47
第六节 围岩动态法监测预报	49
第七节 综合预测法	55
第三章 深井冲击地压煤层的开采安全性评价	57
第一节 冲击地压分类	57
第二节 深井冲击地压危险性评价理论	62
第三节 深井冲击地压危险性评价方法	73
第四节 深井冲击地压危险性评价实例及分析	74
第四章 深井冲击地压防治	100
第一节 深井开采设计	101
第二节 开采保护层	115
第三节 煤层预注水	119
第四节 冲击地压解危措施	127
第五节 放顶煤开采对冲击地压的控制	135
参考文献	141

第一章 引言

第一节 我国煤矿采深状况

随着煤层开采深度的增加和开采范围的扩大,采场高应力所导致的冲击地压及其它地压动力现象(例如煤、岩突出及顶板大面积冒落等)对生产的威胁日趋严重。因此,了解我国煤矿生产矿井的采深状况,对于制定煤矿深部开采规划、实施矿压控制和安全技术措施,进一步开发利用深部煤炭资源具有重要意义。

在我国预测的煤炭总储量中,有73%左右的储量埋深在600m以下。随着煤炭资源的不断开发,越来越多的矿井进入了深部开采。我国煤矿总体数量大,进入深部开采的矿井数目较多,1994年,我国对78个矿务局362对生产矿井进行的调查统计结果表明,煤矿平均采深为402m,其中,采深超过800m的矿井19对、采深在600~800m的矿井49对,采深超过600m的矿井占统计矿井总数的18.8%,而且在这些矿井中,有相当一部分老矿井和大型骨干矿井(如开滦、新汶、淮南等)。主要进行深部开采的矿井,如开滦矿务局赵各庄矿开采深度1154m、年延深率约11m/年;唐山矿开采深度826m、年延深率约5m/年;林西矿开采深度759m、年延深率约10m/年;新汶矿务局华丰矿采深942m、年延深率15m/年左右;北票矿务局台吉矿开采深度872m;冠山矿及长广七矿开采深度达700m。其它深井煤矿采深见表1-1。

表 1-1 我国部分深井煤矿采深统计表

序号	矿务局名	矿 井 名	开采深度 (m)	序号	矿务局名	矿 井 名	开采深度 (m)
1	开 滦	赵各庄矿	1154	25	章 煤	大占矿	750
2		唐山矿	826	26	北 京	门头沟矿	700
3		林西矿	759	27		房山矿	800
4		马家沟矿	835	28		九龙口矿	717
5		钱家营矿	620	29	峰 峰	方军矿	714
6		吕家坨矿	628	30		通三矿	815
7	新 汶	孙村矿	975	31	抚 顺	龙凤矿	737
8		华丰矿	942	32		老虎台矿	830
9	淮 南	新庄孜矿	836	33	阜 新	王家营矿	820
10		谢李深部井	812	34		传河门矿	634
11		王村二矿	688	35		五龙矿	773
12		潘三矿	672	36	丰 城	坪湖矿	700
13		李一矿	694	37		建新矿	700
14		谢家集矿	690	38		曲江矿	900
15	北 票	台吉矿	872	39	华蓼山	李子亚矿	828
16		冠山矿	990	40	汾 西	水浴矿	821
17	长 广	七 矿	920	41	鸡 西	二道河子矿	667
18	沈 阳	彩屯矿	1197	42		城子河矿	606
19		红阳二矿	741	43		城子河西矿	600
20		红阳四矿	818	44		滴道矿	708
21		旗山矿	615	45		东海矿	684
22	徐 州	权台矿	632	46	淮 北	卢岭矿	615
23		夹河矿	643	47	兖 州	东滩矿	710
24		三河尖矿	737	48	大 屯	姚桥矿	686

续表

序号	矿务局名	矿井名	开采深度 (m)	序号	矿务局名	矿井名	开采深度 (m)
49	邢 台	东庞矿	700	59	平顶山	四 矿	650
50	下花园	王带矿	618	60		六 矿	680
51	义 马	跃进矿	628	61		八 矿	660
52	达 竹	滴道二矿	626	62		十 矿	650
53	资 兴	周元山矿	790	63		十一矿	660
54	舒 信	九台立矿	790	64	双鸭山	宝山矿	688
55	南 桐	鱼东合并	670	65	南 票	三家子矿	705
56	临 沂	褚墩矿	600	66		大窑沟矿	612
57	连 邵	井头矿	755	67	肥 城	陶阳矿	690
58	铁 法	大兴矿	673	68	鹤 壁	八 矿	600

第二节 深井冲击地压问题

一、冲击地压发生的临界深度

开采深度愈大，煤岩体应力愈高，高应力所导致的矿压显现和冲击地压等现象就愈严重。一定的煤层开采技术条件下，具有冲击危险的煤层都存在一个冲击地压发生的临界深度。我国部分矿井发生冲击地压的始发深度和国外几个主要采煤国家的冲击地压始发深度见表1—2。由表中数据可知，冲击地压的始发深度一般为200~400m，少数矿井达到500~600m以上。

实际矿井冲击地压发生的临界深度因煤层性质和地质条件的不同而有所区别。影响冲击地压临界深度的因素很多，

表 1-2 冲击地压始发深度统计表

我国部分矿井冲击地压始发深度				国外部分国家始发深度	
矿 名 称	始发深度 H_0 (m)	矿 名 称	始发深度 H_0 (m)	国家名称	始发深度 H_0 (m)
天 池 矿	240	龙 凤 矿	300	南 非	300
门头沟矿	200	唐 山 矿	540	加 拿 大	180
城 子 矿	370	硯石台矿	235	前苏联	200
房 山 矿	520	忻州窑矿	240	波 兰	240
胜 利 矿	250	台 吉 矿	550	德 国	300
陶 庄 矿	480	西 安 矿	340	英 国	600

主要有煤层地质构造、构造应力场、顶底板岩层性质及结构、煤体强度、煤层的冲击倾向性、煤层的自然含水率及开采技术条件等。如开滦矿务局唐山矿在采深为-530m 以上时未发生冲击地压，在-530~-600m 时，在“孤岛”、“半孤岛”煤柱开采工作面发生冲击地压，当采深达到-630m 后，在正常开采的工作面中也发生冲击地压。

二、冲击地压与开采深度的关系

我国煤矿发生冲击地压的始发深度为 200~600m，随着开采深度的增加和开采范围的扩大，发生冲击地压的矿井逐渐增多。50 年代之前只有 2 个矿井发生过冲击地压，50 年代增加到 7 个，60 年代为 12 个，70 年代为 22 个，进入 80 年代以后，增加到 50 多个。随着矿井向深部延深，冲击地压发生的频率、强度和危害程度随深度的增加日趋严重。我国几个典型的冲击地压矿井（门头沟矿、龙凤矿、胜利矿）的冲击地压发生的频度（强度）与采深的关系如图 1-1 所示。

胜利矿在开采-600m 水平（采深 700m）时，冲击地压发生次数在 10 次以上，而龙凤矿在开采-630m 水平（采深

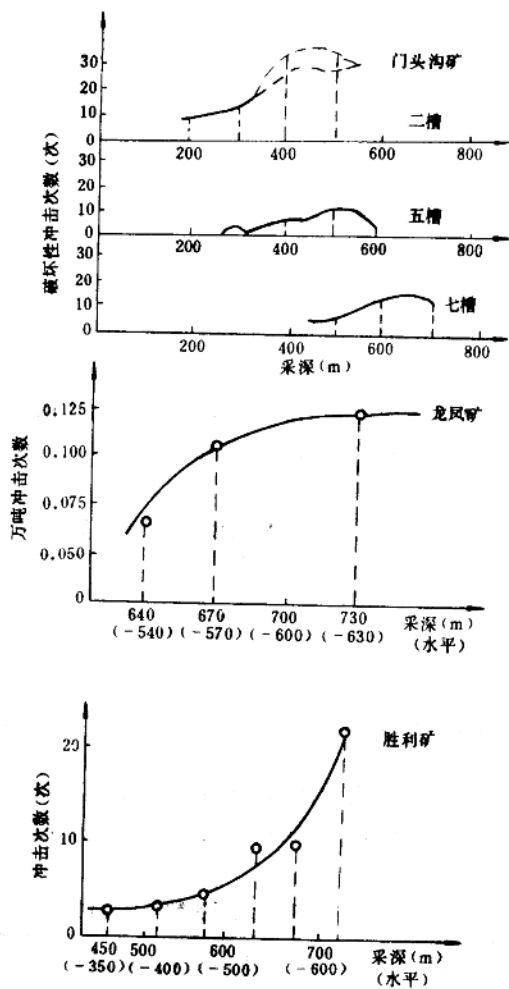


图 1-1 冲击地压次数与采深的关系

730m) 时的万吨冲击次数为 0.125 次。门头沟矿冲击地压有以构造应力为主的构造型冲击地压和以开采附加应力为主的压力型冲击地压两大类, 其中, 压力型冲击地压有不可忽视的位置; 就冲击次数和强度而言, 二槽煤层最为严重 (占总发生次数的 57% 左右), 随着采深的增加, 冲击次数明显增加。重庆天池煤矿统计的 28 次较大煤炮中, 在采深 200~400m 时仅发生 4 次, 每次平均冲击煤量 5.8t, 随着开采深度增到 400~500m、500~600m 时, 冲击地压的次数均达到 9 次, 冲击煤量分别为 180t 和 1000t 以上, 见表 1-3。有冲击危险的矿井中, 采深达到和超过 700m 的有北票矿务局的台吉矿、新汶矿务局的华丰矿、开滦矿务局的唐山矿、沈阳矿务局彩屯矿、抚顺矿务局龙凤矿和胜利矿等。

表 1-3 冲击地压次数与开采深度关系

冲击地压发生次数和强度	开采深度 (m)			
	200~400	400~500	500~600	600~700
发生次数	4	9	9	6
发生率 (%)	14	32	32	22
发生强度 (平均煤量, t)	5.8	180	1000	

开采深度对冲击地压的影响在波兰和前苏联也有明显的反映。表 1-4 为波兰冲击地压发生次数与开采深度的关系,

表 1-4 波兰冲击地压次数与采深的关系

开采深度 (m)	100	238	292	332	386	445	553
百万吨煤冲击次数		4	12	23	39	83	142

统计表明,冲击地压发生的次数随采深的增加具有明显的上升趋势。

第三节 冲击地压研究现状

我国冲击地压方面的研究工作始于1978年重庆大学和天池煤矿所进行的煤层注水试验;随后,国内开展了若干个部委级重点科研项目研究,积累了一定经验;80年代中期引进了监测系统和一批仪器,为提高研究水平奠定了先进的技术基础。近年来通过吸收国外的先进防治技术和科研思想,我国冲击地压的研究和防治工作取得了突破性进展,取得如下主要研究成果。

一、冲击地压机理研究

在冲击地压机理研究方面,已从冲击地压表面现象的观察描述上升到物理过程的揭示,从一般的理性认识发展到对本构关系的论证,提出了若干种机理假说,如强度理论、刚度理论及失稳理论等;其中冲击地压三准则机理模型和变形系统失稳模型具有一定的价值和特色。目前已经能够利用相关理论解释冲击地压现象,为预测和防治工作提供一定的理论依据。

二、煤层冲击倾向性评价

煤岩冲击倾向特性是产生冲击地压的内在条件,冲击倾向试验是冲击地压预测的前提条件之一。对煤层的冲击倾向特性主要开展了2项研究:一是为了将对煤的冲击倾向特性的研究推向实用阶段,研制了由点载荷仪、动态应变仪和记忆示波器组成的不规则试件测试系统,证实了在一定尺寸范围内(20~75mm)煤样尺寸以及加载方向与层面的夹角对动态破坏时间影响可以忽略不计,从而为在勘探阶段鉴定煤的

冲击倾向提供了可能。二是为了科学地反映煤冲击倾向性,采用了模糊综合评判方法,煤的动态破坏时间、弹性能量指数和冲击能量指数分别从3个不同侧面反映了煤的冲击倾向特性,利用统计方法确定了3种指标的权数,较客观地反映了3个指标在综合评判中的作用;采用以每个试件为元素,计算其隶属度,然后统计每个等级内隶属度的综合评判法,较好地解决了煤样试验数据少,离散度大的问题,提高了评判结果的精确性和可靠性。弹性能指数、冲击能指数和煤体动态破坏时间等3项指标已列入《冲击地压煤层安全开采暂行规定》。

三、钻屑法的研究

通过实验室试验、现场实测和数值分析,对钻屑法的机理、钻屑量的组成、极限应力、钻孔扩容等问题进行了研究,并确定了我国几个主要冲击地压矿井的冲击危险指标,研制了专门的配套机具。钻屑法已在全国推广应用,是我国目前普遍采用的主要预测方法之一。

四、地音、微震系统的研制和应用

70年代研制的便携式流动地音仪已推广应用。80年代从波兰引进的SAK地音系统和SYLOK微震系统已在门头沟、陶庄等矿安装使用。此外还开发了MAE地音装置。

五、实验室研究

进行了煤粉钻孔法模拟试验,注水模拟试验,煤岩物理力学试验,煤田的冲击倾向试验及微观分析等。

六、数值分析

开展了煤层注水、水采方法、特厚煤层及单一煤层的数值计算分析。

七、新技术的开发应用

开发应用了声发射、应力测量、电子计算机数据采集及处理、数据通讯及数值分析、电镜分析等技术。

必须指出，由于冲击地压发生的原因和条件的复杂性和多样性，由于科技发展水平和我们认识与实践活动范围的局限性，目前的研究和防治工作要完全控制这一灾害还有相当的距离，还需对下列问题进行深入研究：

1) 对冲击地压机理的研究还有待加强。目前还没有完全掌握冲击地压的规律，预测预报工作与生产实践的要求仍有一定差距，防治工作不能完全满足生产实际需要。

2) 大力开展区域性、战略性防范措施的试验研究工作。在勘探阶段开展冲击倾向鉴定工作，在设计阶段采取必要的战略性防范措施，研究根治冲击地压的可解性。目前是应急措施多，根治措施少。开采解放层及合理进行开采设计、选择开采方法、安排开采顺序是根治冲击地压手段，但很少得到研究和采用，往往是已经形成孤岛煤柱，造成冲击危险，再去下很大力量搞解危，效果欠佳。

3) 开展深井多种灾害和构造型冲击地压的预测和防治研究已成为当务之急。台吉矿、房山矿、陶庄矿的共同特点是深井、受强烈的构造影响，深部矿压显现和冲击地压现象十分严重，急需解决防治问题。

第二章 深井冲击地压预测方法

冲击地压预测是防治工作的重要组成部分，准确的预测对及时采取区域性防范措施和局部性解危措施十分重要。冲击地压预测预报的任务是预测它的发生时间、地点和规模。完整的预测工作包括鉴别煤层的冲击倾向和预测冲击危险程度2部分。冲击倾向是指发生冲击地压的条件和可能，冲击危险程度是发生冲击地压条件的完备程度。冲击危险预测是在已知煤层有冲击倾向的条件下，利用各种手段，具体预报冲击地压的时间、地点和规模。

完整的冲击地压预测可分阶段进行，在煤田地质勘探阶段，利用勘探孔岩芯或煤样，进行实验室力学试验，鉴别煤岩的冲击倾向性，把鉴定结果编入地质报告，作为矿井规划和设计的依据，并利用详查和精查勘探中的资料评价影响冲击地压的主要地质因素，包括埋深、地质构造、顶底板岩性，尤其是老顶的岩性及厚度、煤岩力学特性等；在矿井开拓阶段，有关煤层和岩层被揭露后，进一步进行现场和实验室煤岩冲击倾向鉴定，补充修正地质报告，为采区生产准备提供依据，选择合理的开采方法和相应的防范措施；对于生产矿井，开采到一定深度（始发深度）后进行冲击危险预测，以便及时采取治理措施，避免冲击地压造成灾害性事故。

深井冲击地压的预测是在矿井浅部开采已揭露冲击显现基础上进行的，应依据矿井深部开采的地质、开采技术条件，对深部煤层的冲击特性进行以地质区划、开采判定和局部探