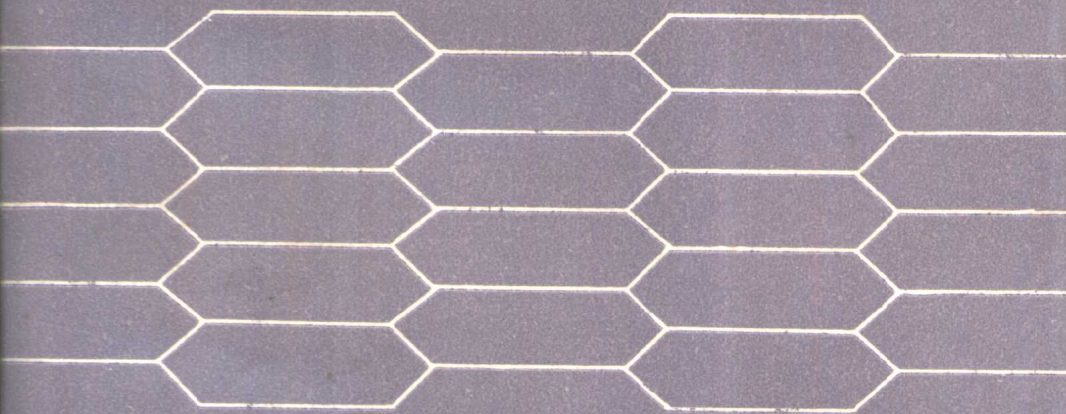


冲击地压及其防治

赵本钧 主编



煤炭工业出版社

冲击地压及其防治

主编 赵本钧

编著 赵本钧 滕学军

(本书出版由煤炭科学基金委员会提供部分经费资助)

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

图书在版编目(CIP)数据

冲击地压及其防治/赵本钧编著. —北京:煤炭工业出版社, 1994. 10

ISBN 7-5020-1037-8

I. 冲… I. 赵… II. 冲击地压 煤层-研究-中国 IV. TD823.86

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第10628号

冲击地压及其防治

主编 赵本钧

编著 赵本钧

责任编辑: 黄朝阳

煤炭工业出版社出版

(北京安定门外和平里北街11号)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本850×1168mm^{1/32} 印张18^{1/2} 插页2

字数489千字 印数1—440

1995年6月第1版 1995年6月第1次印刷

书号 3805 G0307 定价 19.00元

内 容 提 要

本书对冲击地压作了全面叙述,列举了许多实例。着重介绍了十多年来,在煤炭部领导下所进行的冲击地压研究工作的主要成果。这些研究揭示了冲击地压的实质,制定和推广应用了适合我国煤矿各种地质条件和开采技术条件下的预测和防治冲击地压的一系列措施。同时有针对性地简要介绍了国外的研究成果。全书包括基本理论、预测方法和防治措施三个部分。较详细地介绍了预测方法和防治措施在理论、实践上的依据和实施要点。对冲击地压防治、减少冲击地压事故有指导作用。

本书可供煤矿现场、设计和科研单位的工程技术人员以及大专院校师生阅读参考。

加强冲采地压研究
确保煤矿安全生产

煤炭部总工程师

陈昭和

一九九〇年十月二十日

序

《冲击地压及其防治》一书是第一部总结我国煤矿冲击地压问题的专著。它的问世，标志着我国在这一领域单纯从引进和借鉴国外技术经验时代的结束，在理论研究和应用技术方面达到了一个新水平。

冲击地压是影响煤矿安全生产的恶性灾害事故之一，也是世界各主要采矿国家面临的共同难题。我国现有冲击地压的矿井40多对，随着开采范围的扩大和采深的增加，发生冲击地压的矿井还会越来越多，发生的频度和强度亦将愈来愈大。60年代至70年代初，我国这一问题的研究尚处于朦胧的探索阶段，进入80年代以来，经过广大科技人员对“六五”、“七五”一批科研项目的攻关，以及大量的现场和实验室的研究分析工作，在冲击地压发生的机理、灾害防治和测试技术方面，取得了令人瞩目的成就，跻身于世界先进行列。

《冲击地压及其防治》一书，集作者和我国科研工作者多年研究成果。其内容比较系统全面，包括了冲击地压的分类及危害，冲击地压发生的条件和机理，以及预测方法和防治措施，既有基础理论，又有实践经验；既总结了我国的科学技术成果，也有针对性地介绍了国外先进技术。可以相信，该书的编写出版，必将对我国冲击地压的防治工作起到推动作用。愿这部书对广大科研工作者、工程技术人员及矿业院校师生有所裨益。

煤炭部安全司司长 李学诚

一九九四年十月

433/04

目 录

序

第一章 冲击地压概述	1
第一节 矿山动力现象	1
第二节 国内外冲击地压发生情况	10
第三节 冲击地压分类	51
第四节 冲击地压的危害和研究现状	54
第二章 冲击地压的发生条件和机理	63
第一节 煤岩的基本特性	63
第二节 岩石力学有关问题	130
第三节 冲击地压发生的影响因素	216
第四节 冲击地压发生理论	304
第三章 冲击地压预测方法	340
第一节 基本原则	340
第二节 经验类比法	343
第三节 钻屑法	345
第四节 地音与微震系统监测法	374
第五节 流动地音检测法	405
第六节 煤层围岩压力-变形观测法	428
第七节 煤层含水量变化观测法	436
第八节 岩芯“饼化”观测法	437
第九节 其它冲击地压预测方法	441
第十节 综合预测方法	457
第四章 冲击地压防治方法	460
第一节 冲击地压防范措施	460
第二节 冲击地压解危措施	540
第三节 冲击地压综合防治	576
编后语	579
主要参考文献	580

第一章 冲击地压概述

第一节 矿山动力现象

在具体矿山地质条件下，矿井的开拓准备方式、开采方法及其工艺参数一经确定，也就基本确定了采场和巷道支架上的载荷特征和数值。随着采掘工作的展开，采场和巷道附近岩石中可能发生不同形式的变形和破坏过程，导致一系列矿山压力现象的发生。这些过程的组合、范围和强度可能各不相同，采掘巷道会表现出不同的状态。有的巷道可以保存很长时间，而有的巷道掘出后很快就失去稳定性。采场和巷道围岩的破坏规模和延续时间的差异是很大的，规模上可以是围岩产生破裂直至波及地表的大范围岩层移动；延时时可以是几周、数月或几年的缓慢破坏，直至突然发生冲击式破坏。破坏过程也是随着岩石的力学性质、地质因素和开采技术条件的不同而变化的。因此，研究采场和巷道围岩物理现象的实质，对定量分析矿山压力具有重要意义。为了计算矿山压力，国内外学者提出了很多假说，其中主要有拱、梁和板假说，裂隙体、松散体、弹性介质、弹塑性介质假说等。

一般的矿山压力现象及其显现规律，诸如顶底板闭合、支架折损、冒顶、片帮和底鼓、围岩应力分布规律等，都带有一定的普遍性。在某些特定条件下发生的特殊的矿山压力现象，例如，冲击地压、顶板大面积垮落、煤和瓦斯突出、矿震等矿山四大动力现象，对生产及矿工安全都具有很大威胁。这些现象具有突然发生的特点，呈现明显的动力特征，它们之间既有区别又有联系。其区别主要是发生机理各异，其联系主要表现在它们可以互为诱发因素，都具有动力特征，并且存在介于两种动力现象之间的“中间型”动力现象。目前，上述动力现象等有关术语的运用已

渐趋统一。冲击地压的同义词有岩爆、煤爆、矿山冲击、岩石突出等。英文的冲击地压为“Rock Burst”、“Rock Bump”，俄文为“горные удары”，而德文为“Gebirgsschlag”。对于矿震（tremor）、煤和瓦斯突出（coal and gas bump）、顶板大面积坍塌（roof caving of big area）等动力现象，也有相应的上述各种文字的词名，避免了概念上的误解。

冲击地压是矿山压力的一种特殊显现形式，可以定义为：矿山井巷和采场周围煤岩体，由于变形能的释放而产生的以突然、急剧、猛烈的破坏为特征的动力现象。简单地讲，冲击地压就是煤（岩）体的突然破坏现象。如同装在煤岩里的大量炸药爆炸一样，煤和岩石突然被抛出，造成支架折损、片帮冒顶、巷道堵塞（图1-1、1-2）、伤及人员，并伴有巨大声响和岩体震动；监测到的震动频率 $1\text{Hz}\sim 1\times 10^4\text{Hz}$ 以上，最大震级3.8级以上，有时在几公里范围内的地面都能感觉到，形成大量煤尘和强烈的空气波。在瓦斯煤层，往往还伴有大量瓦斯涌出。冲击地压发生前一般没有明显的宏观前兆。相当多的冲击地压是由爆破触发的，发生过程短暂，持续震动时间不超过几十秒，在某些情况下，冲击的同时还发生底鼓和煤岩压入巷道中等现象。发生在岩巷、金属矿和地下隧洞中的冲击地压称岩爆。一般表现为岩巷或隧道周壁岩石成片状破裂，岩片向坑道内弹射，伴有“劈裂”声，顶板掉块、底板拱起，洞壁严重变形破坏、甚至大量岩石崩落。

1981年12月1日，在抚顺龙凤矿-635m水平602西下段采区发生的冲击地压，冲击前无明显前兆，突然一声巨响后连续小的爆裂声，岩体剧烈震荡，煤尘飞扬，连续5min，对面不见人，有强烈的冲击波，人被弹起，帽子被冲掉，采区变电所大铁门被冲开，造成大范围破坏，周围6个工作面受到影响；造成冒顶、底鼓、溜槽错位、损坏支架45架，抛出煤炭100多吨，地面有明显震感，2名工人受伤。测得的里氏震级2级。

1976年四川天池煤矿一井1605工作面掘进时发生冲击地压，突然爆发，伴随巨大声响，产生强烈震动和冲击波，冲出煤炭5t



图 1-1 巷道支架被冲垮

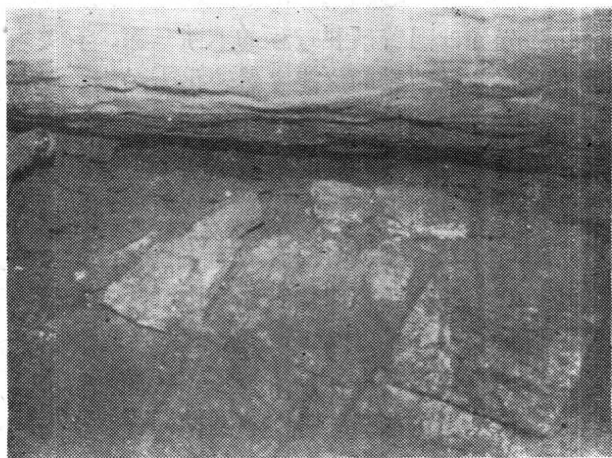


图 1-2 煤层上部离层、下部被压出

多，底板爆裂的石块被抛出8m多远，造成一名矿工全身粉碎性骨折，全身被冲烂，肠子被冲出，当场死亡。

实例表明，冲击地压是最危险的矿山动力现象。它一般无明显宏观前兆而突然发生，冲击过程急剧而短暂，伴随巨大声响和强烈震动，对矿工安全有很大威胁，给生产往往造成严重破坏。

顶板大面积垮落原则上属于岩层的重力型破坏，主要是由于坚硬顶板悬空面积超过极限值而引起的大面积冒落所造成的动力现象。岩层在一开始的缓慢破裂过程中，伴随着破裂声响、支架变形等现象，当这种破裂扩展达到一定程度或者悬空面积达到极限值后，以一次突然破坏而告终。来压时顶板大范围垮落，产生暴风。岩体震动、地面有明显震感，危害极大。例如，1975年大同矿务局马背梁矿2号煤层402盘区，采空面积达到15万 m^2 时发生顶板大面积来压，顶板坍塌时造成岩层强烈震动，地面地震台测得震级3.2级，烈度4~5度，地面有明显震感。同时发生暴风，估计风速达100m/s，吹开三座2m厚的密闭墙，44型溜槽被吹出16m远。垮顶后地面形成一个面积约7万 m^2 的塌陷坑，裂缝宽达3m，最大落差0.7m。一般地讲，顶板大面积来压总是以部分岩层缓慢的破裂为先导，随着破裂过程的不断延深，有关岩体最终从母体脱落下来，使已破裂的位能突然转化为动能。它与冲击地压的显著区别在于冲击地压主要是弹性能的瞬间释放，产生剧烈的弹性震动，但发生时顶板一般并不破坏或冒落（表1-1），而且破坏波及范围一般比较大。在震相图上冲击地压的震相曲线振幅衰减缓慢（图1-3a），持续时间有的长达120s。而大冒顶所造成的弹性震动相对小些，震相曲线衰减较快（图1-3b），总的持续时间也短，仅为10~20s。对比图1-3中的两者震相曲线，区别明显，图中由微震仪记录的一次冲击地压和一次大冒顶，分别相当于1.6级和1.4级地震的能量。但必须强调，顶板大面积垮落有可能诱发冲击地压，而那种以弹性能突然释放为特征，符合冲击地压能量释放规律的顶板突然破坏，实质上应归属顶板冲击地压。

表 1-1 冲击地压与顶板大面积来压区别

类别 显现	顶板大面积来压	冲击地压
显现特征	有顶板来压、下沉、离层掉块等前兆现象,伴有较大断裂声响和强烈的冲击波	无明显宏观前兆现象,瞬间发生,伴有强烈声响和冲击波
弹性震动	微震仪能记录到,但振动不明显,持续时间短,弹性波传播不远	微震仪能记录到,强烈弹性振动、煤体冲击且持续时间长
煤体移动	无明显移动、顶板无擦痕	煤体移动明显,顶板有擦痕
顶板下沉和底板鼓裂	剧烈、大面积垮落	顶板显著下沉,但很少垮落,一般顶板无破坏
煤壁抛出或坍落	煤壁坍落	煤壁抛出、坍落深度0.5~2m
破坏波及范围	仅冒顶处受损害	一个或多个巷道或采场同时受损害

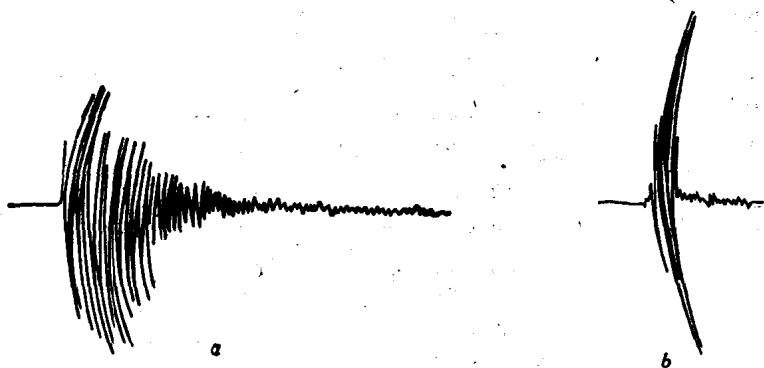


图 1-3 冲击地压和大冒顶的震相曲线

a—冲击地压震相曲线; b—冒顶震相曲线

煤(岩)和瓦斯突出也属矿山压力动力显现形式。它主要是由于矿山压力与煤岩层内吸附的瓦斯共同作用的结果。在大量瓦斯涌出的同时,煤(岩)突然从工作面分离出来和突然破碎,形成粉末并被抛入巷道,在母体中形成舌形或口袋形空洞(参阅有关专著)。煤(岩)和瓦斯突出与冲击地压在表现上有类似性,都出现煤体的破碎,有时二者同时出现,难以区分。但世界上大多数意见认为,二者还是有区别的,国际用语的称谓也不同。其主要区别在于前者是瓦斯的动力作用起主导作用,后者是弹性能的突然释放起主导作用。冲击地压发生时由于矿山压力的作用,煤体被破裂成较大的块体而突然压出,虽然有时也可能解吸出瓦斯,但煤块的压出并非由于瓦斯的动力作用。煤和瓦斯突出则不然,不仅矿山压力起作用,更主要的是赋存在煤层中的大量承压瓦斯的动力作用。简而言之,对于冲击地压,弹性能的释放是第一位因素,由已破裂的煤体中释放出的瓦斯是次要的,冲击后大部分煤体仍保持完整性。对于煤和瓦斯突出,瓦斯释放是第一位因素,煤和岩石的抛出是第二位的。突出后大部分煤体被破碎成粉碎状。矿震也属采矿过程中出现的一种动力现象,是由矿山开采活动引起的岩层震动。因为,随着开采活动的延深和开采范围的扩大,破坏了原岩应力场的平衡,在重新平衡过程中,在断裂带或断裂交叉复合部位造成应力集中和变形能的积蓄,当变形能超过并克服断裂弱面上的摩擦力和粘结力时,将产生震动并推移岩体向采空区移动形成矿震。矿震一般不出现大量煤体抛出,但有明显震动。在地面上有与地震相同的感觉,小的矿震在一声巨响之后即恢复平静,仅造成一次弹性震动;大的矿震不仅轰隆巨响,岩体震动、上下颠簸,而且能损坏巷道,颠翻设备,震倒人员,如图1-4所示。被监测到的最大震级3.8级,最高烈度7度,震源深度1km左右。井下越接近破裂断层,破坏越严重;断层两盘相对位移10~40mm以上,并见断层泥有明显擦痕;铁轨被扭弯成“S”形;被断层切割的不同开采深度的巷道均遭到不同程度的破坏,并有阶状裂缝,最大缝宽20mm以上。极震区地

面建筑物遭破坏，墙体开裂，烟囱震断。

矿震多发生在开采深度大，岩性坚硬难冒，地质构造复杂的条件下。多数矿震是由于开采活动引起的岩层沉降运动造成的。矿震发生前岩爆的频度和强度增加，发生后瓦斯浓度无明显增加。矿震与冲击地压的共同点都是瞬间释放变形能，每次冲击地压都将引起一次矿震，但绝非矿震都由冲击地压引起的。矿震的能量释放中心往往与破坏中心不一致，震中距开采活动区较远。对开采活动的影响主要是震动和断裂构造“复活”造成的破坏。

一般讲矿震有以下特征：

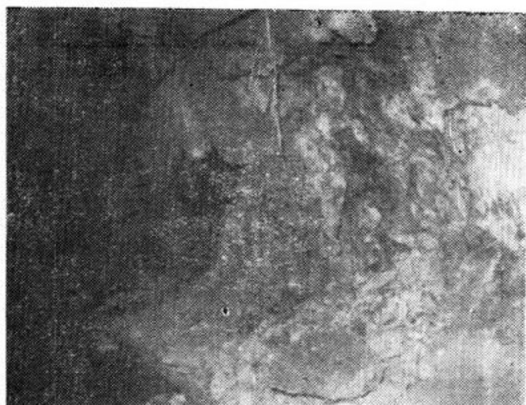
(1) 震源浅，烈度高。震源深度一般1km左右，多数与开采深度相当。震级 $M_L = 1$ 级时，地面有震感； $M_L \geq 2$ 级时，井上下均有不同程度破坏。井下烈度高于地面烈度，且烈度随开采深度增加而增加。

(2) 区域构造应力场对矿震活动有牵动触发作用，但主要由于开采活动引发。开采-变形-矿震三者在某程度上是相互联系的。变形的总趋势是指向采空区。随着采场的迁移，矿震的破坏位置也在相应的迁移。震前断层上、下盘相对变形积累方向相同，且指向采空区，震后断层上、下盘的移动方式有所不同，一般是上盘相对上升，且向采空区方向错动（图1-4）。

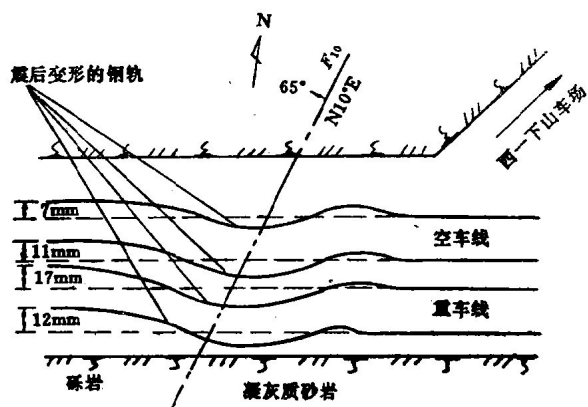
(3) 矿震与同等距离的非矿区地震相比，震相的周期大、衰减快、面波发育、初动比较固定（图1-5）。由于天然地震多为构造地震，震源深、距离远，所以震相图上的纵波与横波的走时差是很明显的。纵波先到数秒后，横波才到达，振幅显著增大，曲线衰减慢。另外矿震相对震源较浅，发震条件、受力状况和介质状态都是在大致相同的情况下发生的。

(4) 矿震无明显的前震和余震序列。震级 $M_L = 2$ 级矿震的前震与余震极少、且与主震震级相差甚大，大小矿震不成比例，具有孤立单发的特点。

(5) 矿震对井巷工程的破坏多集中于底板和硐室穿过断层处。



a



b

图 1-4 典型矿震显现特征

a—岩石巷道被震垮（北票局资料）；b—断层发生错动（北票局资料）

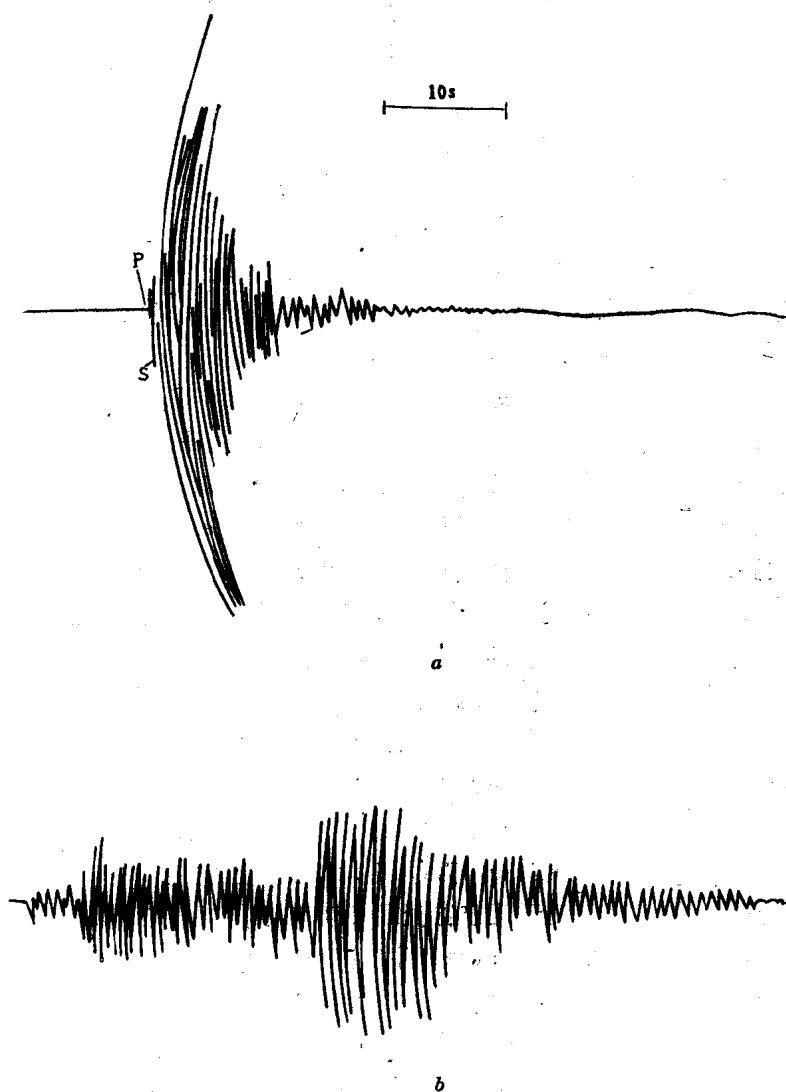


图 1-5 矿震与天然地震震相图

a—矿震震相图 (取自北票局), M_s 2.0, *b*—一个天然地震的震相图 (取自枣庄局)

第二节 国内外冲击地压发生情况

我国最早有记录的冲击地压发生于1933年抚顺矿务局的胜利矿。以后,随着开采深度的增加和采掘范围的扩大,北京矿务局的门头沟、城子、房山等六个矿井和坑口,抚顺矿务局龙凤矿和老虎台矿,枣庄矿务局陶庄矿、八一矿,开滦矿务局的唐山矿,阜新矿务局高德矿、五龙矿以及四川天池煤矿等局矿都发生了冲击地压。截至1985年的不完全统计,我国有冲击地压问题的煤矿达到32个,其中统配煤矿27个,隶属于14个矿务局,地方矿5个。已发生的破坏性冲击地压1800多次,震级从里氏震级0.5级至3.8级,造成严重的危害,伤亡几百人,破坏巷道约13km,停产1300多天(表1-2)。1985年以后,新汶、义马、松藻等局矿也相继出现冲击地压现象。同时我国一些金属矿山(如锡矿山矿、杨家杖子矿、青城子矿等)、水电和铁路隧道工程(如成昆铁路北段关村坝隧道、天生桥二级水电站引水隧道等)也出现了冲击地压(岩爆)现象,甚至在露天矿或采石场也发生了岩爆。

为了说明冲击地压的本质和特征,必须叙述一下生产和科研工作中所积累的有关冲击地压的资料。

首先介绍抚顺矿务局。它是我国冲击地压危害最早的矿区。该局三个地下开采的矿井都受到冲击地压危害。仅1977~1981年的不完全统计,5年间共发生0.5级以上冲击地压达1000多次,而这期间共采出煤炭近3000万t,平均冲击地压发生率每百万吨40多次。抚顺煤田位于辽宁省抚顺市区南部,走向东西,全长18km,南北宽约2.0~2.5km。井田区域为浑河河流的冲积平原,海拔70~100m。河谷南北为长白山余脉,山峦起伏绵延。煤田位于内蒙地轴的东延部分。其地层由远古代前震旦纪中生代白垩纪、新生代第三纪及第四纪层系所构成。煤田地质构造呈带状向斜构造,近东西方向延伸。煤田西端向斜封闭,轴部升起。煤田东部被13号断层切割。煤层最大潜伏深度1130m。倾角变化在 $0^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之间。煤田内有30条大断层(图1-6)。煤田深部构造复