

〔苏〕И.М. 佩图霍夫 著 王佑安 译

煤矿冲击地压

煤炭工业出版社

324

MEIKUANG CHONGJI DIYA

煤矿冲击地压

〔苏〕И.М.佩图霍夫著

王佑安译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了1951到1971年间在全苏矿山测量研究所领导下所进行的有关冲击地压的研究工作的主要成果。这些研究工作揭示了冲击地压的实质、制定和推广应用于适合于苏联煤田各种地质条件和开采条件的防治冲击地压的一系列措施，这就使冲击地压的次数大为减少。

书中确定了进一步解决苏联煤矿和金属矿冲击地压问题的主要任务。

本书可供矿山、设计和科研单位的技术人员阅读。

И.М.ПЕТУХОВ
ГОРНЫЕ УДАРЫ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ
Москва Издательство «Недра» 1972

*

煤 矿 冲 击 地 压

王佑安译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16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850×1168¹/₃₂ 印张 5¹/₄
字数136千字 印数1—3,100
1980年4月第1版 1980年4月第1次印刷
书号15035·2301 定价0.70元

译者的话

冲击地压是煤矿井下复杂的动力现象之一。随着开采深度的增加，冲击地压对生产的威胁日趋严重。研究冲击地压发生的机理，制定预测和防止冲击地压的方法，对矿井安全生产具有重要意义。

全苏矿山测量科学研究所是苏联冲击地压的研究中心。И.М.佩图霍夫所著《煤矿冲击地压》一书，系该研究所二十多年来研究冲击地压的总结。书中简要介绍了苏联煤矿冲击地压概况，提出了它的分类方法，较深入地分析了冲击地压发生的机理，论述了各种预测方法和防范措施。苏联发生冲击地压的各主要煤田，广泛采用了书中所介绍的预测方法和防范措施，使煤矿井下近年来发生冲击地压的次数显著减少。

本书论述了冲击地压的分类、机理、预测、措施等各个方面，内容较丰富，理论分析较深入。书中不足之处是在理论分析中未充分考虑地质构造应力在冲击地压发生过程中的作用，测定仪表和方法介绍得不够详细，实测资料较少。

国内近年来开展了煤矿冲击地压的研究工作，本书中所提出的对冲击地压的分类和机理方面的认识，特别是书中所建议的预测和防止冲击地压的方法，对我国从事这方面工作的科研人员和在有冲击地压危险矿井中工作的同志，有一定的参考意义。

目 录

第一章 冲击地压显现的条件和特征	1
第一节 概述	1
第二节 冲击地压分类	4
第二章 岩体应力-变形状态	12
第一节 回采工作面对矿山压力再分布的影响	12
第二节 回采工作面上层和下层先采时岩体和煤体力学性质的变化	21
第三节 支撑压力带煤层中应力分布	30
第四节 几个支撑压力带共同影响时煤层中应力分布	45
第五节 上层被先采岩体中的应力分布	53
第六节 开采煤层上面岩体中应力的分布	65
第七节 开掘巷道时岩体中的弹性能	67
第三章 冲击地压的本质、机理和能量	77
第一节 煤层边缘区向极限应力状态转化的条件和特点	77
第二节 冲击地压的机理	91
第三节 冲击地压的能量	104
第四节 冲击地压和煤与瓦斯突出发展过程的共同点和差别	111
第四章 冲击地压预测	117
第一节 一般原则	117
第二节 煤层冲击危险性的确定	117
第三节 预测冲击地压可能发生的地点	119
第四节 预测冲击地压发生的地点和时间	129
第五章 进行安全采矿工作的基本原则	135
第一节 总则	135
第二节 煤矿冲击地压预测及防治效果管理	136
第三节 减低煤层上的矿压	137

· 第四节	减低暴露面附近煤层蓄积潜能的能力·····	142
· 第五节	冲击地压危险显现的防护·····	146
· 第六节	煤层脆性破碎的控制·····	146
· 第七节	防止冲击地压综合措施的井下应用·····	151
结束语	·····	156
参考文献	·····	160

第一章 冲击地压显现的条件和特征

第一节 概 述

在我国的煤田和矿区中出现了大量有冲击地压潜在危险的煤层（表1）。随着预测工作的进一步开展，潜在危险煤层的名单将继续补充。

1970年有32个冲击地压危险的和34个威胁的矿层在开采。

冲击地压开始发生在采深180~400米处。表2给出了自1947年（冲击地压开始出现）至1971年苏联煤矿中发生的冲击地压次数的资料。

由表看出，近年来由于采取措施，吉谢罗夫矿区和苏昌煤田冲击地压次数减少了，但因开采深度的增加，开始发生冲击地压的矿区和矿田数目增加了。

可以把煤矿中发生冲击地压的多种多样条件，大致归并为以下几种类型：

开采缓倾斜、倾斜和急倾斜薄及中厚煤层时的冲击地压（吉谢罗夫和顿涅茨矿区，苏昌和巴林茨布尔格煤田）；

缓倾斜和倾斜厚煤层开采时的冲击地压（舒拉布、基兹尔基、沃尔古塔和特克布尔煤田，库兹巴斯的克麦罗沃区）；

急倾斜含瓦斯厚煤层开采时的冲击地压（库兹巴斯）。

自采深300~700米起，我国许多金属矿田，例如，特尔内阿乌兹、米尔格里母萨依、惹兹卡兹勘、沙里卡姆、喀达母给特、沙东诸金属矿田和戈里内寿里矿田，出现岩射形式的冲击地压征兆。

采矿工作的实践表明，冲击地压不是立刻发生的。在冲击危险矿田最初出现的仅是其个别的征兆，表现为抛射和煤炮，随着

表 1

矿区、煤田或区域	冲击地压潜在危险煤层
吉谢罗夫矿区	
区 域	
吉谢罗夫	13、11、9
古巴欣	13、11、9、5
格列木亚钦	13
科斯帕什	13、11
库兹涅茨矿区	
区 域	
普罗科皮耶夫斯克-基谢列夫	里Ⅳ层、里Ⅲ层、里Ⅱ层、“燃烧层”、 鲁吐金层、“厚煤层”
克麦罗夫	克麦罗夫层、沃尔科夫层
奥新尼科夫	<i>E</i> ₀
巴台耶夫	26a
列 宁	布列耶夫层、波雷沙耶夫层、“卫星层”
托姆-乌辛	Ⅱ、6、7
安惹尔	安得列耶夫、科克索维
滨海煤田	
苏 昌	克得罗夫-B层、克得罗夫-H层、“南 方层”、“矿体层”、“新煤层”、巴尔苏克层、 “双重层”“薄煤层”、 <i>C</i> ₄ 、 <i>D</i> ₄ 、 <i>D</i> ₁₃ 、 <i>D</i> ₀
马依欣	Ⅳ
里波维茨	“工作层”
塔夫里强	“污染层”
中亚细亚煤田	
舒拉布	<i>B</i> 、 <i>K</i> ₂
苏留克金	<i>F</i>
基兹尔基	基兹尔基层
特克布尔煤田	Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、7/4
萨哈林煤田	6、29、Ⅰ、Ⅳ
顿涅茨煤田	
区 域	
东部区	<i>h</i> ₅ ¹ 、 <i>l</i> ₁ 、 <i>l</i> ₂ ¹ 、 <i>l</i> ₄ 、 <i>l</i> ₇
中央区	<i>l</i> ₆ 、 <i>m</i> ₄
沃尔古塔煤田	“厚煤层”、“四重层”、“三重层”
巴林茨布尔格煤田	下层、上层
(阿尔克齐克矿务局)	

表 2

矿区, 煤田	冲击地压逐年次数																											
	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971			
吉谢罗夫	1	4	4	6	22	12	16	60	70	12	17	5	12	8	13	27	29	18	10	10	3	6	4	4	2			
舒拉布				2		3	6	6	8	4	4		3	6	4	9	9	6	9	2	1		2	8	1			
库兹涅茨						11	5				7		5	2		1	12	12	9	6	2	1		2	2			
苏 昌								3	5				3	3	5	5	3	2	1	4	3	1			1			
沃尔古塔																		2		2	5	6	8	5	3			
特克布尔																				1	1	2	3	2				
巴林茨布尔德格 (阿尔克齐克矿务局)																												
总计	1	4	4	8	22	26	27	69	83	16	28	5	23	19	22	42	41	40	29	25	15	21	25	26	10			

注: 在吉谢罗夫矿区诸矿中未计入在巷道中发生地点不清的44次冲击地压。计入它们后全国共发生675次冲击。

开采深度和范围的发展，这些征兆转化为严重的冲击地压。

因此，确定苏联煤、金属和非金属矿田的潜在突出危险性，研究冲击地压显现的形式，有重大的意义。进行这些研究，可在设计和建设新煤矿和金属矿，以及现有生产矿井设计和建设深水平时，预见到采用防止冲击地压的综合措施。

第二节 冲击地压分类

苏联在不同时期，根据下述因素之一，曾提出过几种冲击地压分类法：冲击显现地点〔19、20、21〕，冲击源距暴露面远近〔1〕，震动能量大小〔34〕，煤层力学性质〔5〕。

上述分类法中不论哪一个都未揭示出冲击地压显现的全部的多种多样的条件和特征。我们认为必需在上述所有的方向发展冲击地压分类法。这样可以更全面地来揭示冲击地压的机理，并研究防止冲击地压发生的措施。

在冲击地压本质和机理以及在冲击危险层安全作业措施知识的现有水平上，为直接应用起见，建议下述两种分类法是适宜的〔22〕：

按冲击地压显现的强度和它对煤和岩层、支护、机械、设备等的破坏程度进行分类。这样的分类法可以更全面地阐明冲击地压显现的本质和机理，而且有条理地来统计矿井中的冲击地压；

按它们显现的地点来区分冲击地压，这样可以判断支撑压力对煤层和岩石的加载条件，并确定煤层破碎与煤柱和煤体边缘区外形的关系。按显现地点对冲击进行分类完全符合制定防止冲击措施的目的。

视显现强度大小，冲击地压分为四类：1) 抛射，2) 煤(岩)炮，3) 微冲击，4) 真正的冲击地压。

抛射 表现为单个煤(岩)块从应力紧张的煤(岩)体上跳落，并伴随有强烈的声响。

煤(岩)炮 (内部作用的冲击地压，深部的冲击地压) 表现为煤(岩)体深部煤层和岩石的破碎，而煤、岩不向巷道抛出，在

外观上,煤(岩)炮伴随有响声、岩体震动、出现粉尘,煤(岩)从巷道壁散落。

微冲击 表现为小范围的破碎和煤向巷道抛出,但对支护、机械和设备无损害。它伴随有强烈的声响,造成粉尘和煤体震动,而在瓦斯煤层中,则瓦斯涌出量增加。

真正的冲击地压 是煤柱或部分煤(岩)体的快速破碎,表现为大量的煤(岩)向井下巷道抛出,并使支架破坏,机械、设备、装置等移动(也可能破坏)。冲击伴随有强烈的声响,形成大量的粉尘、空气波和岩体震动。这种震动在地面直径5~10公里范围内一般能感觉到,在距冲击源数十甚至数百公里距离,拾震仪记录到震动。

在这里我们不讨论所给出的分类中冲击地压个别类型的更详细的特征,而仅指出,实践中记录的是最后的,即第四类的冲击。抛射、煤炮和微冲击这些事例,主要由于它们的次数特别多,不可能完全记录下来。此外,它们对矿工,对维护巷道、机械、装置等不具有直接的危害。

按显现地点分类法可把真正的冲击地压分为以下七类:

- I ——在连续煤柱中(图1,a);
- II ——在被巷道切割的煤柱中(图1,b);
- III ——在被巷道从煤体分离的煤柱中(图1,B);
- IV ——在煤层边缘部分(图1,F);
- V ——在煤体掘进的巷道中(图1,д);
- VI ——在有底或顶板破坏的巷道中(图1,e);
- VII ——在岩石掘进的巷道中。

上述各类冲击地压发生时加载方式的描述和它们显现的特点在已出版的文章中已介绍过,因此在这里省略。我们仅指出,揭示在有顶或底板破坏的巷道中发生的冲击地压特征,今后必需给予更大的注意。假如研究回采工作面围岩个别分层突然折断的机理,当该回采工作面的宽度和位于煤层顶板的坚硬岩石分层厚度之比达临界值时,则可以得出结论,致密岩石突然急剧的垮塌在很多情

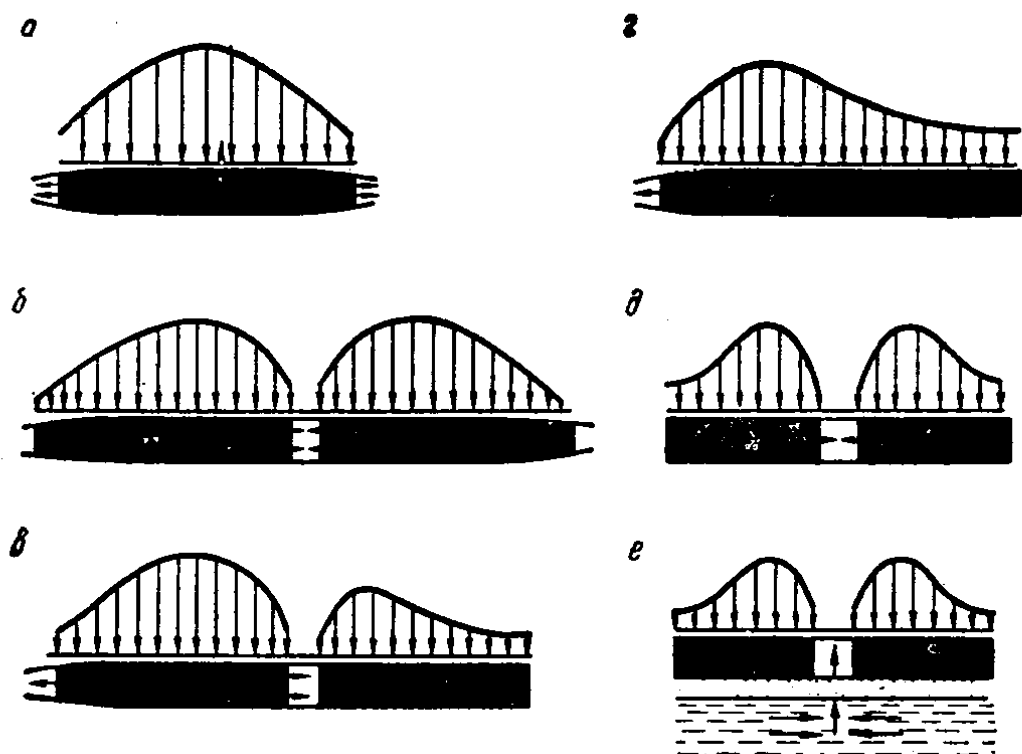


图 1 根据煤层区域的加载方式按显现地点冲击地压的分类
况下可分类为冲击地压。

给出的分类法中各类冲击地压显现的特征如图 2 所示。

连续煤柱中的冲击地压 在吉谢罗夫和其它矿田的煤矿中发现，其发生的条件是：开采范围不大的煤柱，该煤柱的 2~4 个边是采空区。

所分析的这一类冲击的特点是：

巨大的破坏力，它引起煤的破碎，并形成大量细粉尘分布于同围岩接触处；

冲击时围岩大幅度靠拢，靠拢量有时为数十厘米；

在遭受冲击地压的煤柱上局部或全部形成裂隙；

岩体震动，在距冲击点 5~10 公里范围内显现为强度 3~5 级的地震。

这些冲击的巨大力量是由以下条件所决定的：第一，当煤柱被顶底板岩石压缩和夹紧时，它对地压有高的抵抗力，因此，在煤柱中心和在与其相接近的岩体中，存在着高的潜能储备。第二，在破碎开始之前，或在破碎过程中，煤柱一般转化为极限应力状态。

在其它条件相同时，这一类型最强烈的冲击发生在所有方向皆为采空区所包围的煤柱中。

被巷道切割的煤柱中的冲击地压 是非常多的。在这种冲击地压下，煤柱的破坏主要发生在煤柱所保护的巷道的一侧，而在向采空区的一侧几乎没有煤的抛出。在这种情况下，煤层边缘区的破碎由巷道壁开始，向煤柱深部延伸，直至巷道全（或基本上全）断面填满破碎和抛出的煤为止。冲击的进一步发展被制止了。

围岩靠拢量不大，通常不超过几厘米。

在该类冲击中，同样产生大量的粉尘和岩石震动，特别是在个别情况下，当沿巷道蔓延150~235米的大型冲击地压出现时，还在煤层近顶板处形成裂缝，延伸至煤体深部。围岩一般不发生严重破坏。

在被巷道由煤体中分离的煤柱里发生的冲击地压 其特点是煤层破碎局限在煤柱范围，一般不向煤体深部扩展。同时在采空区方向一侧，发生强烈的煤的破碎和抛出，且通常使将煤柱从煤体分离的巷道完全冒落。当回采工作面接近超前巷道时，煤柱中发生的冲击最多。冲击地压危险煤层采用走向长壁式采煤法的主要危险就在这里。

煤体边缘区的冲击地压 经常发生在回采过程中。

在其它条件相同，阶段下行顺序开采时，长壁回采工作面中最危险的地点是：

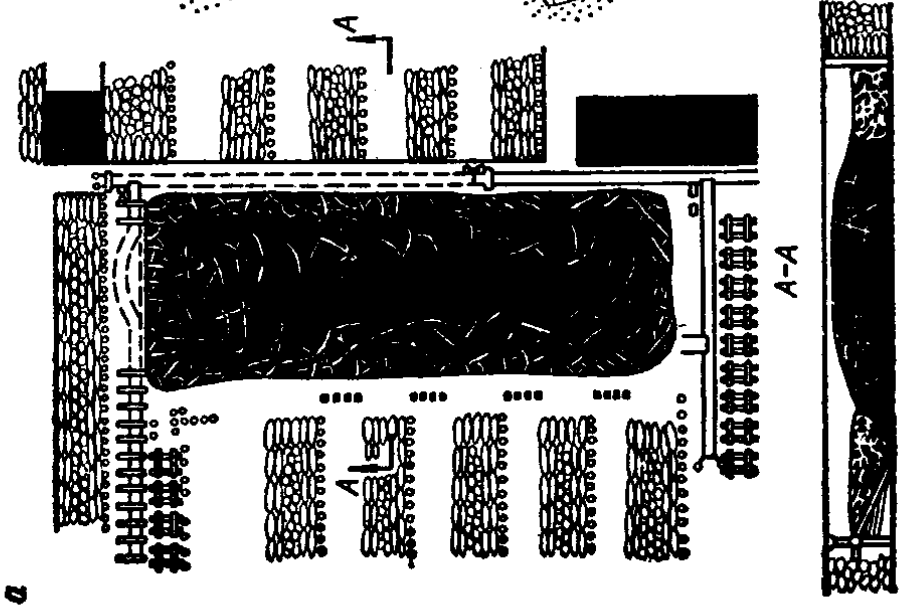
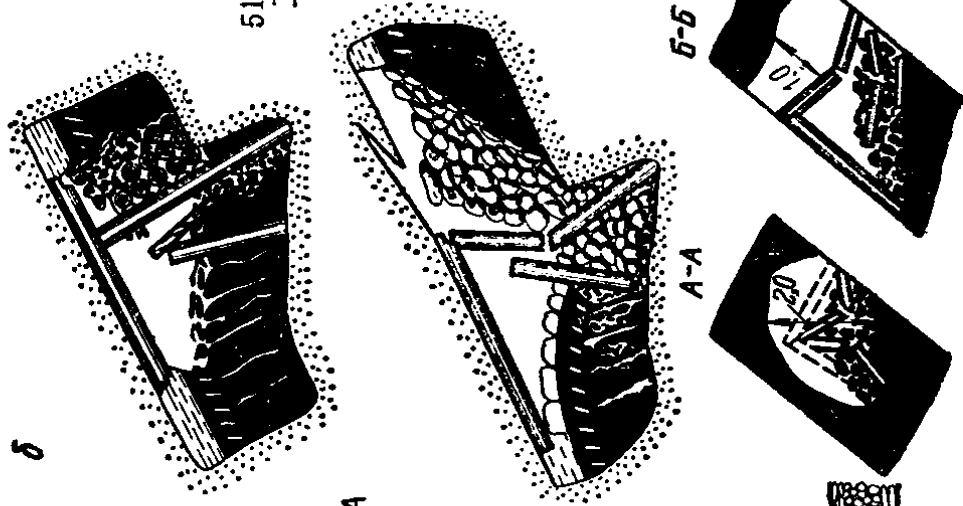
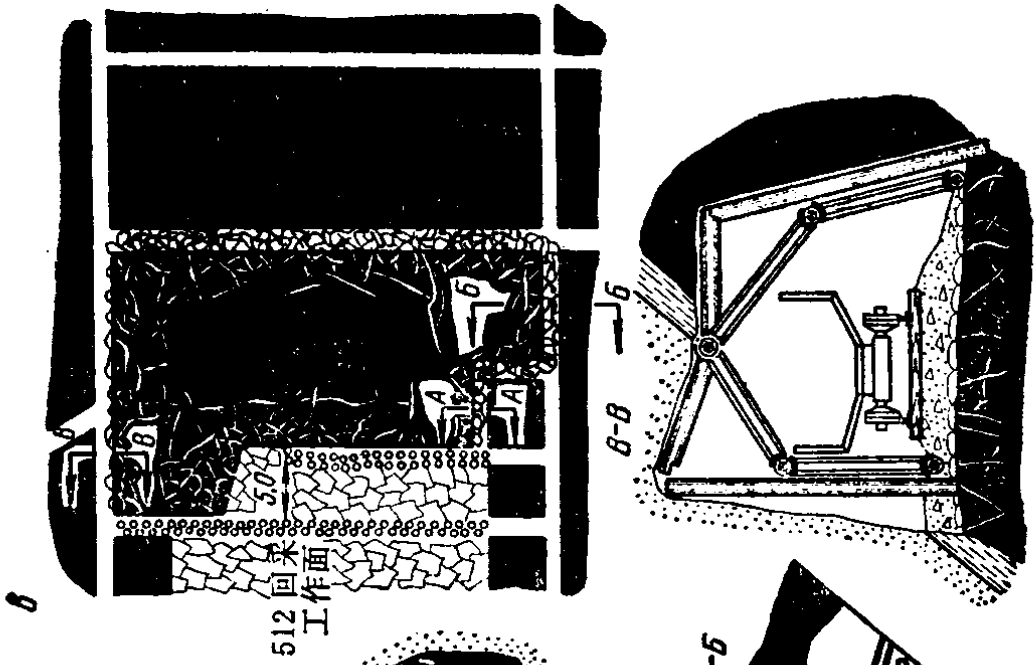
长壁回采工作面中部，如在回风水平留有煤柱进行回采时；

长壁回采工作面上部，当不留煤柱进行回采时；

长壁回采工作面上部或下部，如有超前沿煤掘进的平巷。

该类冲击地压的90%以上发生在回采面落煤时。同时，截煤机、采煤机、钢丝绳锯的截深越大，或在打眼爆破落煤时一次起爆的炮眼深度和数目越大，则落煤时冲击地压显现的可能性和力量就越大。

在煤体中掘进巷道的冲击地压 只有在极复杂的加载条件下



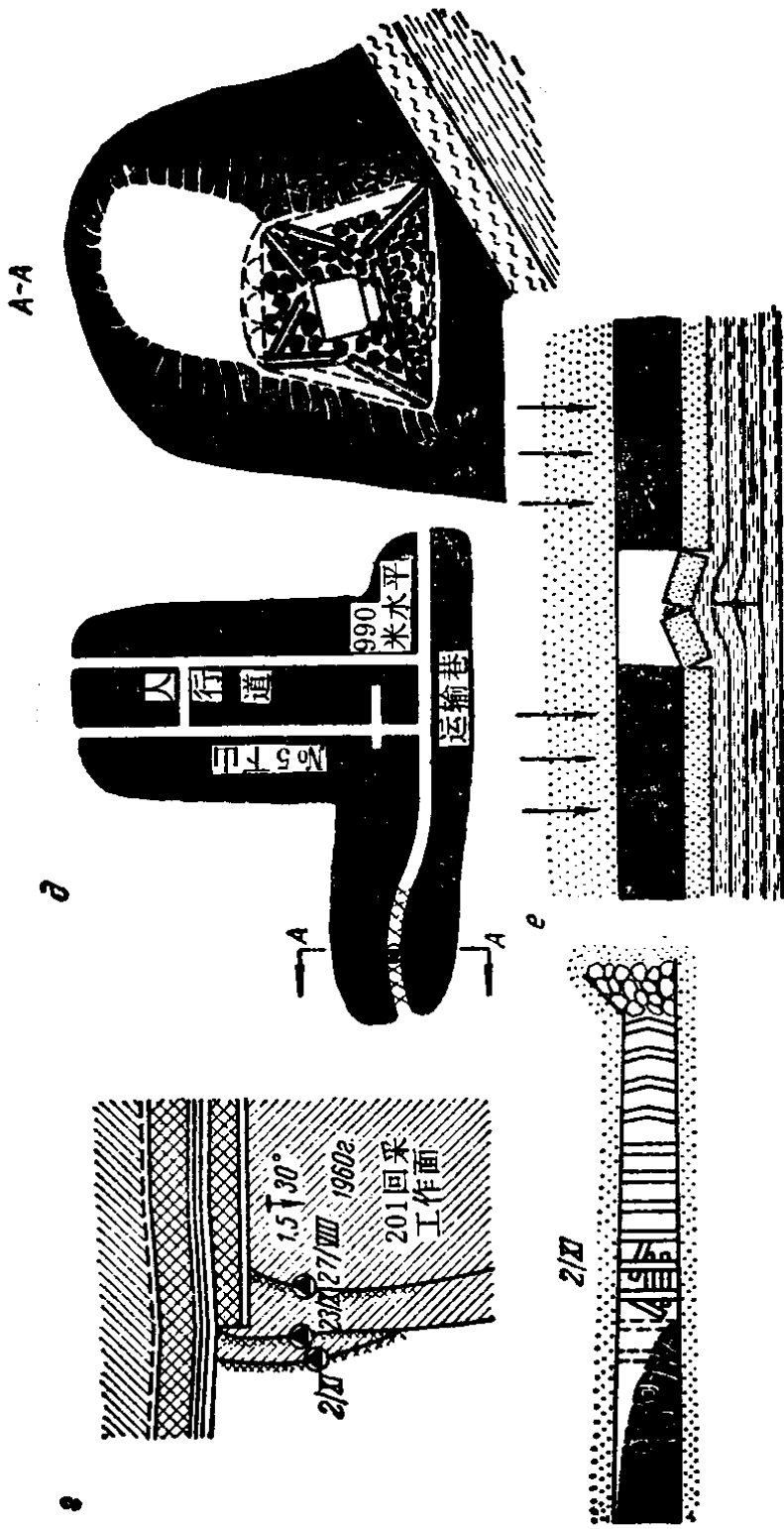


图 2 冲击地压显现的特征

a—在连续煤柱中（吉谢罗夫矿区加里宁矿）；b—在被巷道切割的煤柱中（吉谢罗夫矿区乌里茨基矿）；r—在被巷道从煤体分离的煤柱中（基谢罗夫矿区卡皮达尔矿）；r—在煤体边缘部分（吉谢罗夫矿区乌里茨基矿）；n—在煤体掘进的巷道中（舒拉布煤田, № 8 矿）；e—有煤层底板破坏的巷道中（卡皮达尔, № 2 矿）

才发生，例如，当巷道向采空区推进；在邻近层煤柱或煤体边缘区影响范围的下面或上面区域中掘进等。同时，在所有情况下，巷道掘进时，事实上都有很多煤炮，而且常常甚至是微冲击的显现。但是，由于它们通常和炮眼中炸药爆炸时间一致，所以这些煤炮和微冲击没有危险性，并且有时发现不了。在个别情况下，矿工们记录到的仅是提高了爆破效果，这时炮眼有效利用率常常大于一。

在吉谢罗夫和苏昌煤田，深达 600~1000 米时，这一类型的冲击地压几乎没有遇到。但在舒拉布、苏留克金和特克布尔煤田开采厚煤层，特别是煤的强度不大时，沿煤层掘进单一巷道，冲击地压发生得相当经常。

在库兹涅茨矿区和沃尔古塔煤田，巷道沿某几个煤层掘进时的冲击地压，由于高的瓦斯涌出量而复杂化了，甚至转化为煤与瓦斯突出。

我们指出沿厚煤层掘进巷道时冲击地压几个一般的特征：

绝大多数冲击地压发生在炮眼中炸药爆破时，或在开机窝、硐室和重新翻修巷道时；

破碎发展的方向取决于巷道对具有不同力学性质的围岩和个别煤层的位置。在其它条件相同时，破碎一般是向上发展；

支护对限制冲击地压和对它的发展方向有重要的影响，因为巷道底部没有支护，所以一般在该方向巷道发生破坏；

冲击地压最常发生在巷道的工作面。这对有瓦斯参加的冲击地压是最富有特征性的。

有围岩破坏的巷道中的冲击地压 在吉谢罗夫矿区和苏昌煤田各矿中，开采深部达 700~1000 米时出现。沿煤层掘进的巷道中围岩突然折断属于这样的冲击。

与坚硬的厚达 2.5~3.5 米的砂岩板破碎有关的冲击地压，在所有情况下，这一砂岩板都位于强度较小的岩幅下面，该岩幅为总厚约 3~4 米的页岩或煤层。当开采深度大时，由于巷道附近岩石应力很高，页岩或煤层开始向巷道方向挤压，并向同一方向

弯曲，在它们移动的途径上遇到砂岩硬板。当巷道达某一宽度时，砂岩板处于带有挠曲的复杂压缩应力状态，破碎了。因为石英砂岩能够蓄积相当大的弹性变形能，并倾向于脆性破碎，所以板的折断是瞬间发生的，周围岩石强烈震动，并有强烈的声波效应。

对吉谢罗夫矿区诸矿发生的冲击地压的分析表明：冲击型破碎的砂岩分层的厚度一般约为巷道宽度之半。当砂岩分层厚度远小于巷道半宽度时，则为其向巷道方向平缓弯曲提供了条件，而无危险应力的聚积。

沿砂岩掘进时的冲击地压 在大多数情况下，表现为巷道壁的突然破裂。

在吉谢罗夫矿区，沿瞬间抗压强度达 1500~2500 公斤力/厘米²的石英砂岩掘进围岩平巷时，出现了个别小冲击地压的事例。这样的冲击在列宁、中央、卡皮达尔诸矿也有过。