

地下崩矿中 深孔参数的选择

Д.М.布隆尼柯夫著

孙宇航译

中国工业出版社

03
17

地下崩矿中 深孔参数的选择

И.М.布隆尼柯夫著

孙宇航译

中国工业出版社

本书的内容包括：在地下采矿时，用各种方法钻凿深孔的技术，如何根据岩方法和被爆破矿体的性质合理选择深孔的直径。书中详细论述了选择孔网的基本原理，并对洞室药包崩矿与深孔药包崩矿以及各种深孔布置方案进行了分析比较。

本书的读者对象是采矿工业部门的生产技术人员、科学研究人员和设计工作者。本书也可以作为高等矿业学院学生的学习参考读物。

Д. М. БРОННИКОВ
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН
ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТБОЙКЕ РУД
ГОСГОРТЕХИЗДАТ
МОСКВА—1967

* * *
地下崩矿中深孔参数的选择

孙 宇 航 译

*
冶金工业部图书编辑室编辑(北京东大街78号)

中国工业出版社出版(北京东大街10号)

(北京市书刊出版业、印刷业、发行业登记证出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本850×1168 1/32·印张32/8·字数87,000
1963年3月北京第一版·1963年3月北京第一次印刷
印数001—130·定价(10-7)0.59元

*
统一书号：15165·2080(冶金-306)

前 言

随着金属矿床地下开采技术的发展，崩矿方法以及崩矿时所采用的设备与工具，在矿石回采中越来越具有更大意义。

在确定药包的布置方式时（例如在利用爆破深孔崩矿时），深孔的直径具有很大意义，后者直接影响凿岩方法，而凿岩方法的选择，至今还受到很大限制。

本书论述有关深孔钻凿的技术问题，并且讨论崩矿方法及其参数。

第一章介绍爆破深孔钻凿的工具与设备。

第二章介绍矿体自然破坏程度以及它对崩矿质量的影响问题。

第三章所论述的是关于研究深孔直径对凿岩和整个回采劳动量所产生的影响的结果，并提出了根据岩石裂隙发达程度和所用凿岩工具选择孔径的建议。

在第四章中介绍选择孔网的基本原则，并指出回采各个过程的意义。

在第五章中讨论的是，用集中洞室药包和深孔长柱药包崩矿时按劳动量标准进行比较的方法及实例计算，并介绍各种深孔布置方法的比较和凿岩工具的选择。

在讲述解决某些问题的方法时，作者尽量联系具体实例。

作者非常感谢苏联科学院通讯院士М.И. 阿果什阔夫对编写本书给予的指示。此外，书评家技术科学副博士Е.Г. 巴拉诺夫、技术科学副博士И.М. 马尔金，以及采矿工程师Л.С. 庫突佐夫，在编写本书初稿的过程中，提出了宝贵意见，特此一并致谢。

作者并不认为对这一问题已经论述得尽善尽美，因而非常感激地欢迎一切批评意见。通讯地址及收信人为：莫斯科市盘基大街А.А. 斯阔成斯基矿业研究所，Л.М. 布隆尼阔夫。

目 录

前言	
序言	1
第一章 深孔凿岩	3
§1 潜孔式凿岩机凿岩	3
§2 滚轮钻头凿岩	15
§3 钻粒凿岩	22
§4 金刚石凿岩、接杆凿岩和其他凿岩	25
第二章 崩矿质量的评价和矿体自然裂隙的作用	30
§1 爆破崩矿时矿石破碎质量的评价	30
§2 矿体自然裂隙对崩矿质量的影响	36
第三章 地下崩矿中深孔直径的选择	46
§1 决定深孔直径的方法	46
§2 回采工作劳动量与孔径的关系	52
§3 各种凿岩方法的孔径选择	58
第四章 选择孔网的基本原理	64
§1 总述	64
§2 回采矿石成本的方程式	65
§3 回采矿石成本方程式的分析	70
§4 孔网参数对矿石成本影响的研究	73
§5 按成本因素选择孔网尺寸	79
§6 孔网变化对劳动生产率、开采强度和含尘量的影响	81
第五章 崩矿方法的比较	85
§1 基本原理	85
§2 洞室药包和深孔药包崩矿的比较	87
§3 深孔崩矿方案的比较评价	92
§4 深孔凿岩方法的选择	96
结论	102
参考文献	104

序 言

地下开采厚金属矿床时的大量崩矿，是一个繁重而費用很高的过程，并且是回采的第一阶段，在很多情况下，它决定整个开采的进程和效率。

深孔凿岩和爆破的工具与方法，大家都很熟悉。但是这些崩矿参数（例如孔径、孔网的布置）和凿岩工具的选择以及洞室崩矿与深孔崩矿的选择，有时沒有十分可靠的根据。在这种情况下，往往是根据某一矿山的經驗决定的。

当然，选择所有这些彼此互相联系的崩矿因素，在方法上是很复杂的，并且是个綜合性問題。

地下开采时，崩矿的貨幣消耗和劳动消耗的主要部分是用于深孔的钻凿。凿岩技术完善的程度，凿岩工具适合凿岩条件的程度，以及怎样选取崩矿参数，所有这些都决定着工作效率。

以潛孔式风动凿岩机在坚硬矿石中钻凿深孔，是非常有利的。这种冲击迴轉式凿岩方法的特点是，钎子的重量恒定不变，并且具有較大的扭轉力矩，这样可以使凿岩速度随孔深增加而损失的数值最小。由于冲击器放在深孔内部，岩尘含量降低。

利用风动凿岩机进行的深孔接杆凿岩，在我国的許多矿山中，特别是克里沃罗格矿山中获得广泛应用。但是，由于所采用的凿岩机功率不足，制造钎杆的钎鋼与工作条件不相适应，钎杆的连接有时不可靠，并且钎头中硬质合金的鑲焊质量不高，因而使坚硬岩石，特别是极硬岩石的凿岩生产率和所钻凿的深度，受到一定限制。在这种情况下，采用大直径钎头，对接杆凿岩的效率有不良影响。

金刚石迴轉凿岩，在苏联开采金属矿石的实践中，至今实际上未采用。毫无疑问，如果雅庫特金刚石的生产发展以后，这种凿岩方法在我国矿山中是会占有一定地位的。

迴轉式凿岩之中，效果最好的是鑲以硬质合金钻齿的滾輪式

凿岩。但由于存在钻头构造特殊、钻机重量大、孔径大(150mm)等一系列尚未解决的问题，滚轮式凿岩的优越性，尚不能完全发挥出来。

在研究崩矿问题，特别是凿岩问题时，最重要的是对矿石物理机械性质的评定。在实际工作中，它通常作为一个综合性指标，按照M·M·普罗托基雅濶诺夫硬度系数和各种业务部门定出的岩石分级来确定。

决定硬度的缺点之一，是在许多情况下，各种矿物或岩石试样的硬度与整体岩石的硬度不一致，因为未考虑到它的自然裂隙程度。这一点可能影响深孔的钻凿速度，从而影响到崩矿的结果。

因此，在研究崩矿问题时，除了硬度系数之外，必须注意矿体的裂隙发达程度。

每一种凿岩方法，不仅以工具对孔底作用的特点来表示，而且也以破坏时岩石中产生的主要变形和荷载加入的方法来表示。虽然在长时期内许多作者都研究了岩石的破坏过程，但是到现在为止，对于破碎机理尚没有一致的观点和非常肯定的概念。这主要是因为这个问题非常复杂，而且岩石构造很不均匀。

如果许多专家关于凿岩时岩石破坏机理的着眼点只是相似（而不完全相同），或者根本不一致，则不能得出严格一致的观点。

非常重要，但是还研究得很少的地下开采坚硬矿石的问题，是选择合理的孔径，比较评定和确定各种凿岩方法的应用范围。如不研究孔网及其尺寸对开采效果的影响，而只研究孔径问题，是没有充分价值的，也是不完全的。

本书包括了：深孔钻凿技术的研究结果，和在这个基础上的凿岩参数（孔网、孔径）的研究结果，此外，还比较和评价了各种凿岩工具的使用范围。

由于这个问题是综合性的，并且不允许不考虑回采矿石的其他过程，而单独研究崩矿问题，作者在编著本书时，尽量使地下开采总的技术过程中的主要因素互相联系起来。

第一章 深孔 凿 岩

§ 1. 潜孔式凿岩机凿岩

近来，在矿山企业中采用大量崩落采矿法时，广泛采用潜孔式凿岩机。

这种方法是在1938年由克里沃罗格矿区采矿工程师 A.K. 西道連克首先采用的。

这种击冲迴轉式凿岩的特点是：传给凿岩工具（钎头）的能量是恒定的，并且扭轉力矩大，因此，潜孔凿岩法单位純凿岩時間的凿岩速度随深孔增加而减少的数值，比普通凿岩机小。由于潛入孔內的冲击器的噪音受到一定限制，可使冲击頻率增加，从而大大提高冲击器的能力。

現在在各企业中广泛应用数种潜孔式风动凿岩机。

图 1 所示为克里沃罗格“共产党人”矿山設备工厂生产的苏联科学院西伯利亚分院和庫茲涅茨克鋼鐵公司設計的 BA—100K 型潜孔式凿岩机的全貌。图 2 为 M—1900 型潜孔冲击器的构造。

这种凿岩机是在克里沃罗格矿区露莎·卢森堡矿、古布金矿及提尔內阿烏茲矿进行生产試驗的(钻凿的很坚硬岩石时)。在这里获得了良好效果。

苏联科学院西伯利亚分院矿业研究所与克里沃罗格“共产党人”工厂合作，制成了 HKP—100 型潜孔式凿岩机。从外型看，这种凿岩机与 BA—100 型差不多。HKP—100 型潜孔式凿岩机的主

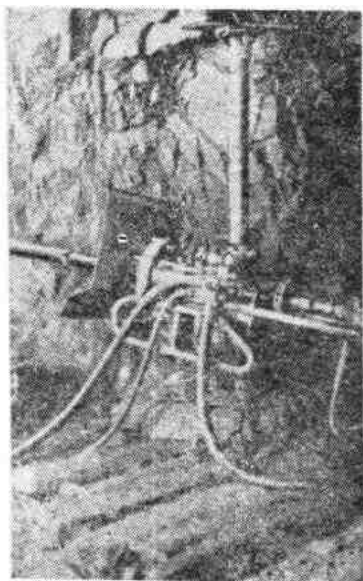


图 1 工作面中 BA—100 型
凿岩机全貌

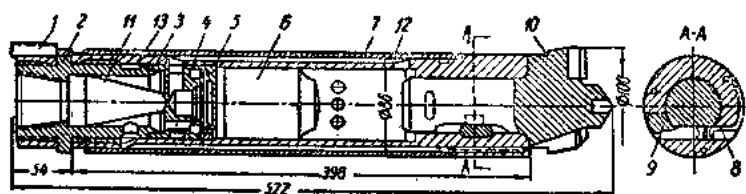


图 2 M—1900型潜孔式风动冲击器

- 1—定向器；2—異径接头；3—阀盒；4—阀；5—阀盖；6—冲击器；
7—冲击器外壳；8—制动爪；9—特型键；10—钎头；11—滤过网；
12—冲击器外套；13—橡胶圈

要特点是用风动卡盘自动替换钎杆，这样可以消除手工作业，而用卡盘安、卸和移动钎杆的时间很短。1960年在露莎·卢森堡矿进行了试验。钻凿的岩石硬度由中等到极硬，在这种条件下，此种新型凿岩机的工作质量很高。

HKP—100型潜孔式凿岩机〔3〕如图3, a所示。该凿岩机由固定在支架2上的机架1、带接头4的钎杆3、风动冲击器5和钎头组成。通过这种钎头，用风水混合物冲洗孔底。风水混合物的供给是通过接头4和钎杆由操纵盘控制。凿岩机与支架之间的固定，采用双铰接法，这样可以钻凿任意方向的深孔。用手动绞车6提升支架上的机架。

潜孔式凿岩机的机组通过操纵盘来控制。操纵盘上设有凿岩机的启动阀、推进机构的配气阀、水门及压力调节器。电动机用磁力启动器7启动。凿岩机、接头、风动推进器以及风动支持器的注油，采用自动注油器8。

这种凿岩机的机架(图3, 6所示)，是由固定套筒1、可动套筒2、操纵盘、两个气缸3、电动机4以及防止凿岩工受岩渣及水飞溅的挡板组成的。固定套筒1本身就是一个与风动推进器相連的减速器，其上安有电动机、气缸、操纵盘和保护挡板。

推进套筒的内部是与风动夹持器相連的一段减速器。风动推进器借助气筒的活塞杆沿导轨移动。

钎杆的自动推进如下进行：在工作行程时(调节压力进行凿

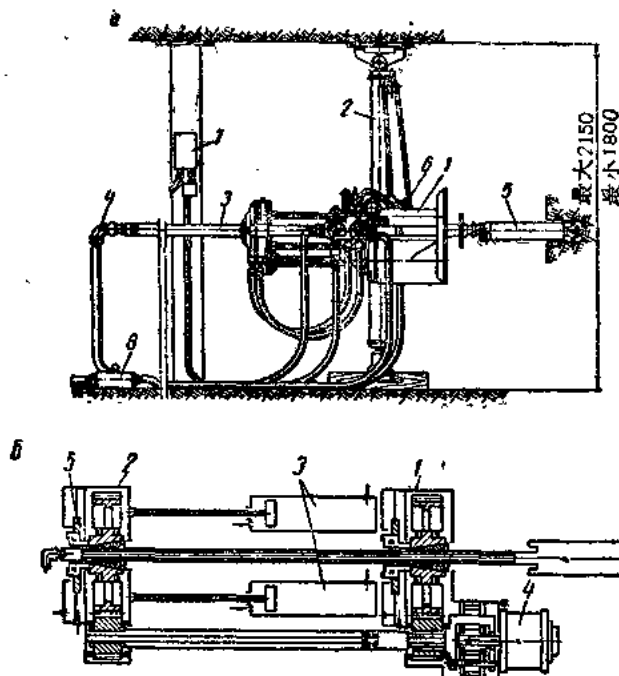


图 3 HSP-100型潜孔式凿岩机

a—全貌；b—机组的工作示意图

岩），压缩空气进入推进套筒的气室，向后移动活塞5，并借助卡盘卡紧钎杆。这时，压缩空气进入固定套筒，向前移动活塞，并松开卡盘。压缩空气由压力调节器通过气阀和气阀转换开关进入气缸，并且借助于活塞杆移动推进套筒和卡在其上的钎杆。推进的力量通过压力表来控制。在最前位置，推进套筒借助于拉杆和杠杆迴转气阀，因而压缩空气进入固定套筒，向后移动活塞，并借助于卡盘卡紧钎杆。压缩空气通过节气阀进入推进套筒，向前移动活塞，并松开卡盘，使钎杆解脱。然后压缩空气进入气缸，并在全压下移动推进气筒至最后位置。在此位置，借助拉杆和杠杆迴转气阀，使其恢复到最初位置，动作如此循环下去。

在将开关置于“提升钎头”的位置时，推进套筒向前移动。此时推进套筒的卡盘松开，而固定套筒卡住。推进套筒向后移动

时，卡在其上的钎杆随之而动，即将钎杆由孔中拉出。

以反力向下凿岩时，压缩空气通过压力调节器进入气筒的后腔，并且借此压力调节器调节反压力的大小。当下放钎杆时，压缩空气的流路与以调节压力进行凿岩时相同，只是空气不经过压力调节器进入气筒，而是全压进入。

BA—100K和HKP—100型潜孔凿岩机组的技术规格

钎头直径, mm	105	105
深孔深度, ① mm	50	80
压缩空气的工作压力, 大气压	5—6	5—6
空气消耗量 m ³ /分	6	9
水的工作压力, 大气压	8—10	10—12
水的消耗量, 升/分	8—12	16—20
冲击功, kg·m	7.8	8
每分钟的冲击数②	1900	2800
每分钟主轴廻轉数	83	76
最大的推进压力, kg	600	1200
推进方式	风动推进; 以人力轉換	风动推进; 連續自动化
推进行程, mm	400	365
不停歇的凿岩可能性, mm	400	1500
钎杆的工作长度, mm	1200	1500
钎杆的直径, mm	50	63.5
电动机功率, 千瓦	2.8	2.8
凿岩机的外形尺寸, mm:		
长	1670	1180
宽	400	835
高	590	575
凿岩机的总重, kg	270	250
潜孔冲击器的重量, kg	16	16
凿岩方向	任意	任意

① 孔深指的是：向下、水平和向上以20—25°角凿岩时；当向上凿岩时，在20—25mm下。

② 冲击数为2800次/分的M—26型冲击器正在准备生产。

苏联科学院西伯利亚分院矿业研究所制造的 M—80 型潜孔冲击器的钎头直径为 80mm [6]，重量为 9.5kg，冲击能为 4.6 kg·m，冲击次数为每分钟 1600 次（图 4）。该种冲击器在捷米尔-套矿山的试验证明效果很好。

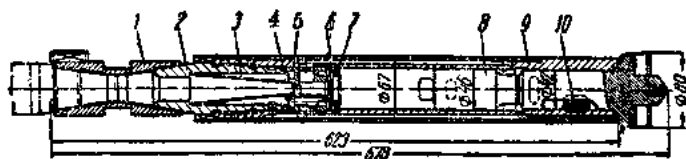


图 4 M—80 风动潜孔冲击器

- 1—镶有硬质合金片的定向器；2—异径接头；3—滤过网；4—止动环；
5—气隔盒；6—气阀；7—盖；8—冲击锤；9—外壳；10—钎

克里沃罗格“共产党人”工厂制造的 П—3 型冲击器，是这种结构的一种发展。此种冲击器的重量为 7.6kg，冲击能为 5kg·m，冲击数为每分钟 2100 次，钎头直径为 85mm。这种冲击器是 1960 年在露莎·卢森堡矿山的坚硬岩石中进行的。该试验证明，虽然在构造上存在一些缺点（下放冲击器有时发生困难）。但是有许多优点，并且比 M—1000 型冲击器有较大的凿岩速度。

列宁诺格尔斯克多金属联合企业的 С·П·尤什稠工程师创造了一种 П—75 型无气阀的潜孔冲击器，其冲击能为 2.5—3kg·m，冲击数为每分钟 2200—2400 次，压缩空气消耗量为 2.5m³/分，工作压力为 5—6 个大气压，钻凿的孔径为 75mm [13]。该联合企业又制成了一种结构类似的 П—55 型冲击器，钎头直径为 55mm。

哲兹卡兹干矿山的 А·М·特列恰诺夫工程师制成了一种可以钻凿 75mm 直径深孔的潜孔冲击器。

看来，欲制造小型的冲击器，从而减小冲击能，并保证有足够的功率，必须提高冲击频率。Б·В·舒得尼什尼稠夫 [16] 与其全组同志创造了一种带多室气筒的冲击器；这种冲击器有一种活塞—冲柱，可以加速冲击锤的弹跳，因而使冲击次数增加。由于在气筒中有两个以上的质量相同的冲击锤，以及由于造成了带风力缓冲器的冲击锤，当空程时冲击锤的动能用来在空气缓冲器中蓄积

能量(由于較高的末端压力),并使冲击錘在工作行程时快速弹跳。

在捷米尔-套鉄矿中,5A—100型潛孔式凿岩机組用来开采埋藏在花崗閃长岩类斯卡隆岩脉中的黄鉄矿化磁鉄矿(硬度系数 $f = 14-16$)。

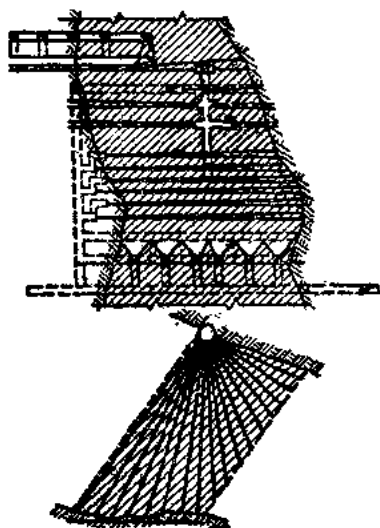


图 5 在捷米尔-套矿水平扇形深孔的布置图

采用的采矿方法为阶段强制崩落采矿法,阶段高度为60m,底柱高度为14m,頂柱厚为8m;矿块寬为26—40m,房間矿柱的寬度为10m,矿房寬度为16—30m。采用扇形水平深孔崩矿时(图5),由区角天井开出的洞室进行凿岩。最小抵抗綫的长度为3.4—3.7m,孔端距离为3.5—4.0m,1米深孔的平均出矿量为37吨,孔深的变化范围为15—55m之間。崩矿的炸药单位

消耗量約为0.14kg/t。

当采用由上部水平凿至矿房全高(至拉底水平)的下向深孔时(如图6所示),利用垂直分层崩矿,形成切割縫,而切割縫由切割天井掘进。孔深約为37m。利用下向深孔的采矿法方案,由于矿房随着回采逐渐进行拉底,使矿房投产時間比用水平扇形深孔崩矿时加快1—2倍。

5A—100型潛孔凿岩机組的每班劳动生产率約为10m,在用下向深孔时为8—9m,而凿岩工的劳动生产在第一种情况下为155t/班;在第二种情况下为127t/班。

下向深孔,总的來說效果是良好的,因为它的回采强度大,而准备与切割的工作量却較小。

房間矿柱与頂柱一起,都用扇形布置的下向深孔药包崩落(图7)。这种采矿方法的准备工作主要是掘进凿岩洞室。孔深

約为 38m, 1m 深孔
的出矿量为 42 T,
崩矿的炸药单位消
耗量为 70—80g/t。

6A—100(П—
1) 型凿岩机組,
在提尔內阿烏茲矿
山钻凿水平分层崩
矿的深孔时, 也广
泛应用(图 8)。

非常致密的、
富有韌性和研磨性

的厚矿床(含角砾 图 6 捷米尔-套矿山中下向深孔在矿房中的布置
岩类輝石-石榴石的斯卡隆岩石以及含輝石的角砾岩, 硬度系数
 $f=18-20$), 用随后崩落房間矿柱和頂柱的矿房式采矿法来开采。
阶段高度为 75m, 矿房的宽度为 24m, 矿房高度为 50m, 頂柱厚
度为 8m, 底柱高度为 17m, 矿柱的宽度为 12m。深孔的长度为
28—30m, 深孔从凿岩橫巷中钻凿。深孔根据凿岩橫巷的布置情

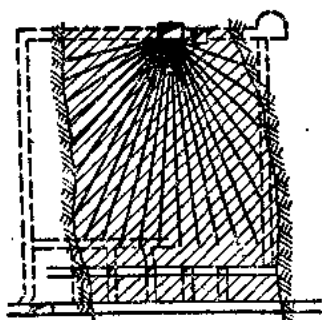
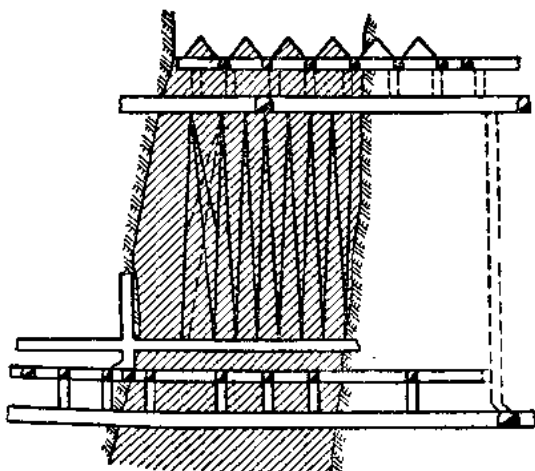


图 7 捷米尔-套矿垂直平面的扇
形深孔布置图(由房間矿柱崩矿)

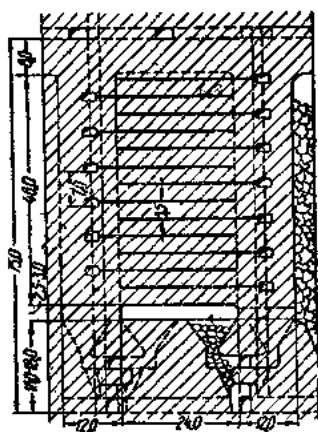


图 8 提尔內阿烏茲矿由房間矿柱
內钻凿的水平平行深孔的布置图

况，交错着布置。在垂直方向内，分层间的距离为3.5m（最小抵抗线长），每排的孔间距离为3.0—3.5m。1m深孔的出矿量为20—25吨。崩矿的硝酸铵消耗量为300g/t。

在库尔斯克磁力异常区的南谟洛布谟夫和古布金铁矿，开采矿石利用了借助5A—100型凿岩机组钻凿的深孔。

硬度系数 $f=16-18$ 的含铁石英岩，利用图9所示的垂直平行深孔进行崩矿。每排的孔间距离为3.3m。

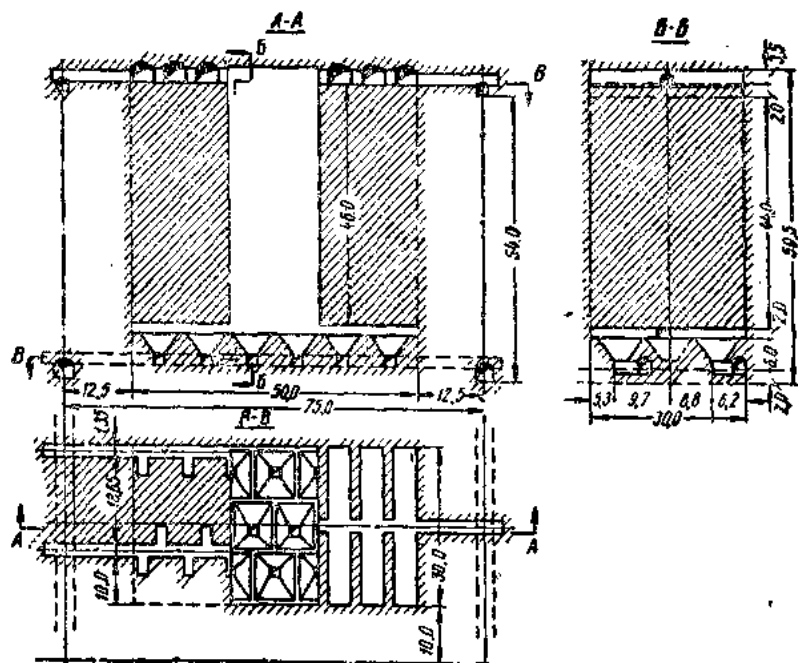


图9 南部谟洛布谟夫和古布金矿房中垂直平行深孔的布置图

为了避免房间矿柱被爆破损坏，孔端与矿壁之间的距离为1.5m，最小抵抗线为3.4m，孔深为45m，每1m深孔的出矿量为40吨，崩矿的硝酸铵消耗量为240g/t。

5A—100型潜孔凿岩机组在阿尔泰多金属矿、克里沃罗格矿区的各铁矿以及苏联的许多其他矿山企业中也获得了广泛应用。

在许多情况下，凿岩生产率尚感不足，这主要是由于钎头的

制作质量不高，以及未遵守M—1900型潛孔式冲击器的最优凿岩制度。

最近时期，HKP—100 型潛孔凿岩机組代替了BA—100 型潛孔凿岩机組，这样可以縮短輔助作业時間，从而提高了凿岩效率。

目前在英国、法国、美国和其他国家，很注意研究在坚硬岩石中采用冲击-迴轉式凿岩方法，并力企制造高冲击频率的凿岩机。

凿岩速度决定于凿岩工具破坏岩石的效率，但是有关上述冲击-迴轉式凿岩的岩石破坏机理資料还没有。关于这一問題有許多不同的观点。

用单独迴轉的潛孔风动凿岩机凿岩，属于冲击-迴轉式凿岩方法。采用此种凿岩方法时，岩石的破坏机理与普通凿岩方法可能略有不同。

有时把冲击迴轉式凿岩看成是一种联合方法，利用冲击与迴轉方法的优点。如果冲击凿岩时，岩石破坏只产生于冲击的一瞬间的話，則在迴轉凿岩时岩石的破坏是連續的，但是在坚硬岩石中这种方法需要大的軸向压力，从而使凿岩工具的坚固程度不能滿足要求。

由于冲击的結果，在孔底残留沟痕，然后，钎头在很大的軸向压力下剪切这沟間的凸出部分。图10所示即为这种破坏过程（根据彼得佐尔得的資料）〔24〕。

應該指出，这种图形，看来似乎表現出的是硬度不高的岩石的特性。观察坚硬岩石的孔底得知，只有冲击的痕迹，而无迴轉时剪切的跡象。

苏联科学院矿冶研究所利用BA—100型潛孔式凿岩机組在坚硬的含鉄石英岩中所进行的凿岩制度的研究，以及后来，在苏联及外国所进行的冲击-迴轉式凿岩的研究，都証明在用同种冲击器



图 10 岩石破坏作用的

示意图 a—迴轉凿岩；b—冲击迴轉凿岩；b—彼得佐尔得凿岩方法

及同种钎头的条件下, 决定单位純凿岩时间的凿岩速度的主要因素, 就是压缩空气压力、冲击次数、钎头迴轉速度以及軸向压力。

本书作者与Г·А·克拉文同志〔1〕所进行的БA—100、БЭС—2М、БМК—2Б及ЛПК型潛孔冲击器的凿岩制度研究, 以及其他研究工作者的研究資料, 都可以証明: 在压缩空气的工作压力由2—3到5—7大气压的范围内, 凿岩速度实际上与压缩空气的压力成正比。冲击能的增加也与压缩空气的压力成正比。冲击次数与压缩空气压力之间的正比关系不那么明显。

上述潛孔式冲击器的冲击功率的数值, 作为压缩空气的压力函数, 不致有很大誤差, 可繪成直綫形的綫图。

后来 В·И·切林切夫和 В·М·拉吉謝夫在研究用М—1900型潛孔式冲击器钻凿坚硬石英岩时压缩空气压力对功率、冲击次数和冲击功的影响时, 完全証实了这一点(图11)。

如果把凿岩速度曲綫繪在这个图上, 則得出潛孔式凿岩机在

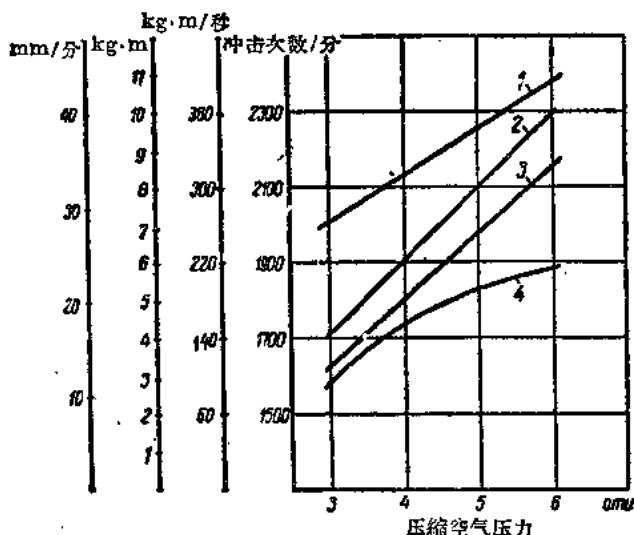


图 11 М—1900型潛孔式凿岩机钻凿坚硬石英岩的速度、冲击能、冲击器的冲击功以及冲击次数与压缩空气压力之间的关系
1—凿岩速度, mm/分; 2—冲击能, kg·m; 3—冲击器的冲击功率, kg·m/秒; 4—每分钟的冲击次数