



金矿采矿理论与实践

姚志远

东北工学院出版社

J
I
N
K
U
A
N
G
C
A
I
K
U
A
N
G
L
I
L
U
N
Y
U
S
H
I
J
I
A
N

金矿采矿理论与实践

姚志远

东北工学院出版社

内 容 提 要

本书主要介绍黄金矿山地下开采方法的理论与在矿山生产实践中的应用。

全书共分三个部分,即论文部分、出国考察报告部分及译文部分。主要内容包括:留矿法及多种变形方案;充填法及多种变形方案;VCR法等;上述各种采矿方法的采准、切割、凿岩、爆破、落矿、通风、出矿、充填等技术工艺。另外,出国考察报告部分还介绍了矿山管理、机构设置、安全、经济、选矿、冶炼等技术经验。

本书可供从事地下金矿及其他地下矿床开采的工程技术人员及有关同行参考。

金矿采矿理论与实践

姚志远

东北工学院出版社出版

东北工学院出版社发行

(沈阳市·南湖)

长沙矿山研究院印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 7.7 字数: 204千字

1990年5月第1版

1990年5月第1次印刷

印数: 1~1500

责任编辑: 刘宗玉

责任校对: 徐树岚

封面设计: 徐永

ISBN 7-81006-213-1/TD·10 定价: 4.00元

4.50

前 言

我国金矿资源比较丰富，分布于全国二十几个省市自治区。近几年来，通过地质普查与勘探，又发现几处储量大、品位高、开采技术条件好的大型金矿床，为我国黄金事业的发展和腾飞提供了良好的前景。但是，多数金矿床的矿体属于分枝复合、尖灭再现、矿化极不均匀的脉群，储量小，采矿条件差。因此，我国黄金矿山多属于中、小型矿山。近几年来，由于国家对黄金需求量的增加，颁布了一系列促进黄金事业发展的优惠政策和不断地从国外以及国内有色金属矿山引进一些新的采矿工艺及设备，促进了黄金开采技术水平和装备水平的提高。地下开采矿山的采矿方法也产生了相应的变化。

黄金矿床的开采，同其他贵金属一样，对于脉状矿床的开采来说，多用浅孔回采的充填法、留矿法和全面法。根据多年的实践，借鉴国内外的一些经验，作了些理论上的探讨。还结合本地区脉状矿床埋藏条件及矿山的具体情况，作了一些试验研究工作，提出了无凿井工艺充填法、斜坡道采准人工出矿尾砂充填法、脉内倾斜通道浅孔留矿法、竖向耙矿留矿全面法、水平耙矿留矿全面法等十几种充填法和留矿法的变形方案，有的已经得到了验证，且是可行的。

另外，还有些出国考察报告及译文，其中涉及到矿山的管理、机构设置、安全、环保、采矿、选矿及冶炼等各个方面，其中有的已为我所用。

全书共分论文、出国考察报告和译文三个部分，17个题目，其中大部分已在有关刊物及会议论文集上与大家见面，现将其汇集成册。旨在进行学术和技术上的交流。由于作者水平有限，不足之处，在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

一 论文部分

无井采矿工艺研究与实践·····	(1)
简易箕斗斜井开拓方法的生产实践·····	(16)
脉内斜坡道设计探讨·····	(24)
脉内倾斜通道浅孔留矿法实践·····	(36)
薄矿脉采矿方法的选择·····	(42)
倾斜房式充填采矿法·····	(51)
金属入道井的设计与应用·····	(60)
招远西部地区厚大矿体采矿方法探讨·····	(68)
我国黄金矿山采矿方法综述·····	(78)
VCR采矿法 ·····	(93)

二 出国考察报告部分

赴加拿大柯明克·康矿实习报告·····	(105)
加拿大黄金矿山考察报告	
——柯明克公司康矿尾砂充填采矿法介绍·····	(160)
菲律宾黄金矿山考察报告·····	(172)

三 译文部分

深部薄矿脉黄金采矿技术的发展·····	(199)
深部顶板无支护采矿法·····	(214)
钢丝绳长锚索支护技术·····	(222)
世界银矿的开采成本·····	(228)

无井采矿工艺研究与实践*

近几年来,在不同类型的矿山中,研究并实践了一种无井工艺的采矿方法。这种方法在管理、安全和经济效益等方面都取得了较好的效果。所谓无井工艺,是指在采准过程中尽量少打、甚至不打天井工程。下面根据研究和实践的情况,谈点粗浅看法。

一、用钻探代替坑探

这里说的钻探是指采用小型金刚石钻机,钻凿上向式倾斜孔取岩蕊化验品位,代替打沿脉天井刻槽取样化验品位的一种方法。

蚀变型矿体,一般情况下矿体都比较连续,空间形态比较稳定,品位变化范围不太大。在这种情况下用上下两个水平沿脉巷道控制就可以了,不需要在中段之间掘凿探矿天井了。而裂隙充填型矿体,则必须加密探矿网度。中段水平之间每隔40米掘凿一个沿脉探矿天井,天井当中再设计一条水平沿脉探矿巷道。达到这样程度才能提交C₁级储量,供采矿专业设计矿房用。类似的矿体组织生产中,天井掘进是一大难题。为此,可采用钻探代替坑探来解决。具体方法如图1所示。按设计施工下盘脉外巷道及钻机峒室。为了尽量减少巷道及峒室工程,巷道断面及峒室断面应尽量减小,以安装钻机需要的最小断面为准。如果使用国产红旗—100型金刚石钻机,则巷道断面可设计成1.5米×1.8米(宽×高);钻机峒室可设计为2.5米×2.5米×2.5米(长×宽×高)。钻孔设计的原则应尽量在上下中段之间的中间部位,其钻孔密度

* 本文原载《山东黄金》1987年第1期。

应适当加大。因为靠近上下水平沿脉巷道附近矿体空间形态及品位变化情况已比较清楚。井下多采用金刚石钻机，采取的岩蕊直径都比较小。相对而言，其品位误差也较小。

化验品位代替地质品位的可

靠性稍差些。为了可靠起见，

沿矿体走向应适当加密

钻孔网度。

采用坑内金刚石钻机探

矿，首先应解决好钻机防水

问题，特别是电机部位。通

常采用的办法是在原来的防

水板前，再加一层圆形胶盘

固定在连接杆上。

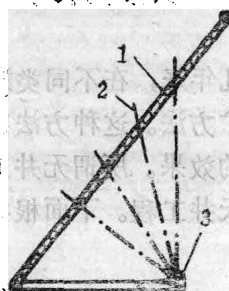


图1 钻探代替天井探矿示意图

二、金属人道井留矿法

采用金属人道井留矿法回采薄矿脉或极薄矿脉，最突出的优点是采矿效率高，成本低，工艺简单。金属人道井直径900~1000毫米，每节高600毫米，采用厚度为2毫米的卷板加工制成，其

结构如图2所示。为了方便

运输、提升和安装，每节圆

筒可加工成三块，节与节之

间及块与块之间采用螺栓现

场直接安装。这样既省事又

方便。根据安全需要，每隔

2.4~5米，在筒内安装一层

安全平台，安全平台上下两

层必须错开。

圆筒直径不宜过大，在

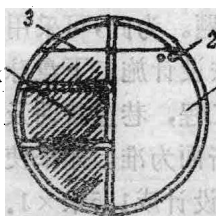


图2 金属人道井结构示意图

1—出口；2—风水管道；

3—梯子撑；4—安全平台

满足生产需要的前提下，应尽量缩小人道井直径。直径过大不仅消耗材料多，运输安装不方便，而且随着直径的加大，其抗侧压能力也必然降低。

金属人道井浅孔留矿法采场结构及金属人道井的安装位置如图 3 所示。为了保证安装工作能顺利进行，安装之前必须弄清矿

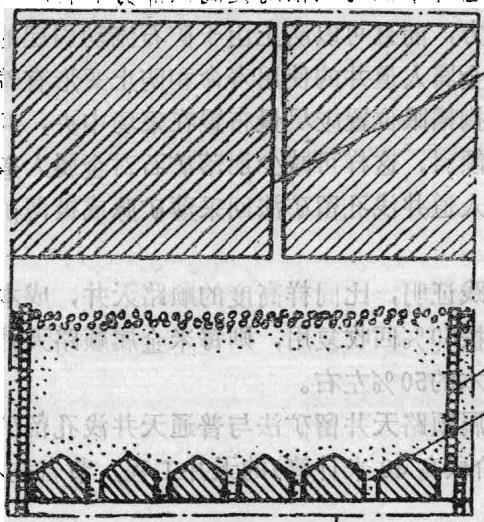


图 3 金属人道井留矿法

1—回风井；2—金属人行井；3—放矿漏斗

体产状，特别是要搞清顺路天井附近的矿体产状。在金属人道井的加高过程中，应随时注意矿体倾角的变化，及时调节圆筒倾角使其与矿体倾角一致。可采用两种办法来调节金属人道井的倾角——当矿体倾角变化不大时，可调节圆筒节与节之间的间隙来改变其倾角；当回采高度较大时，金属人道井的下部应尽量不采用此法改变其倾角，防止因联接不严密，在侧压力的作用下引起金属人道井变形。另一种办法是加工一种“楔形”金属圆筒来改变金属人道井的倾角。“楔形”金属圆筒的加工方

法与普通金属圆筒加工方法基本一样，只是圆筒的高度两侧不一样。

金属人道井浅孔留矿法，在采场作业时，应尽量使金属人道井四周充满矿石，否则将由于人道井四周受力不均而造成金属人道井变形或错位。另外，采场应尽量不放或少放靠近金属人道井附近的矿石。这样不仅可以相对提高该部分矿石的稳定性，降低人道井的侧压力，而且可以防止由于矿石流动引起的突然冲击力。这对提高金属人道井的使用寿命和防止变形有着重要意义。

落矿时，掏槽眼位置应尽量布置在采场中央，并且使炮孔朝采场中央方向倾斜，这样可减少崩落矿石对金属人道井的破坏。

采用金属人道井浅孔留矿法回采薄矿脉或极薄矿脉，主要有以下优点：

(1) 实践证明，比同样高度的顺路天井，成本降低20%。如果金属圆筒按50%回收复用，则每米金属顺路天井的成本仅是木顺路天井成本的50%左右。

(2) 金属顺路天井留矿法与普通天井浅孔留矿法相比，可减少掘80米(按阶段高40米计算)的天井工程，节省坑木约30立方米。

(3) 金属顺路天井比木质顺路天井安全可靠，不会发生断撑、隔板破裂等事故。越是矿岩破碎的地方，使用金属顺路天井的优越性越突出。

(4) 金属人道井安装速度快，劳动强度低，作业条件好，不需要挖柱高，可减少硅尘危害。

三、倾斜通道顺路浅孔留矿法

金翅岭十里铺银矿，为裂隙充填型石英脉银矿。矿体比较稳定，矿化连续，矿体(工业矿体)沿走向长度超过200米。矿体平均厚度2.5米左右，倾角80°左右，矿体与围岩稳固性一般。原设计

的采矿方法是浅孔留矿法。采场与采场之间留有5~6米宽的矿房间柱。每个矿柱里都设计有超前天井与上水平贯通。通过每五米一层的水平联络道与采场连通。作为采场回采时的安全出口。该法的采场结构如图4所示。采场长40米、高40米(即阶段高),采场

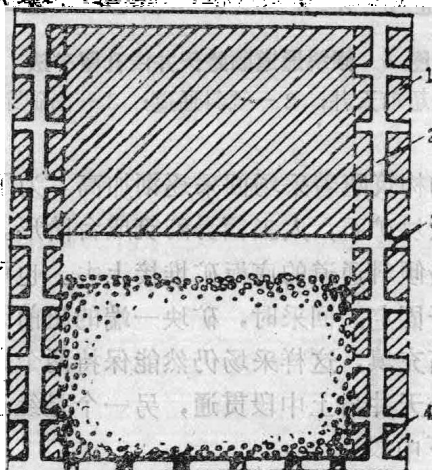


图4 超前天井浅孔留矿法

1—矿房间柱；2—超前天井；

3—联络道；4—底部装矿横巷

底部是平底结构，装岩机脉外穿脉装矿。该采矿方法的主要缺点是采准工程量大，特别是垂直天井工程量大。其次是矿柱回收率低，矿量损失大。根据矿体的赋存特点，后来采用倾斜通道顺路天井浅孔留矿法回采(见图5)。其具体作法是首先在待回采矿块的一端掘凿沿脉采准天井，天井与上中段贯通。然后将根据中段高度和选用的倾斜通道坡度来确定采场的坡度。如果倾斜通道只是作为作业人员的安全出口，架设风水管路和通风用，则坡度可控制在 25° ~ 28° 之间。坡度过大容易造成滚石伤人，且下行人不方便；过小则采场回采时收缩过快，不便于管理和提高生产能

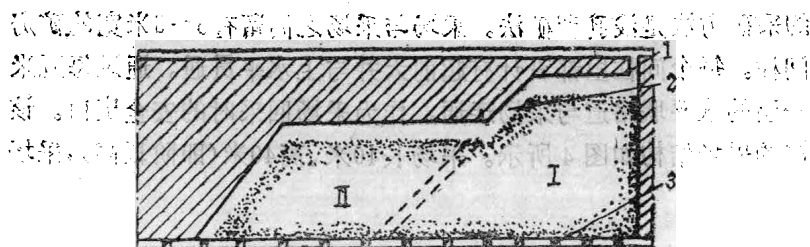


图 3 倾斜通道顺路浅孔留矿法

1—超前天井；2—倾斜通道；3—出矿穿脉。

力。倾斜通道的构筑随着采场回采逐渐加高。为了方便行人，可将崩落下来的大块矿石，人工简易砌筑成台阶形。进入采场的风水管路可直接沿倾斜通道的底板矿堆接上去。也可在倾斜通道的顶板上采用锚杆固定。回采时，矿块一端的超前天井逐渐报废，并由采下的矿石充填。这样采场仍然能保持两个完整的安全出口——一个是超前天井与上中段贯通，另一个是经过倾斜通道可直接进入采场和下中段。

当第一个采场回采完毕或回采到一定高度时，第二个采场即可回采。两个采场之间不留矿房间柱。随着第二个采场回采工作的不断进行，第一个采场的倾斜通道便被逐渐报废、充填。

回采采场的个数，应根据每个采场的长度及通入采场的风水管路的长度来确定。一般情况下以两个采场连续回采为好。如果进风采场的风水管路不受长度限制，则同时回采的采场个数也不受限制。回采时，可采用Y55型或Y55型45型凿岩机打向倾斜炮孔，用Y55型45型凿岩机打向上向和左向炮孔。这样在回采时，炮孔深度一般不超过采幅的0.5倍。炮孔过深不仅爆破率低，而且容易造成矿体下盘破坏，增大贫化。在山东金岭镇十里铺银矿，自1955年开始，至1980年，首先后在3号矿体的3#6号矿房，采用倾斜通道顺路浅孔留矿法回采6万

多吨矿石,取得了一定的效果。在沿矿体走向近200米的长度上,不留房间矿柱,只是在局部地段,由于上下盘比较破碎、矿石品位较低留了几个不规则矿柱,维护上下盘。到去年10月底,这4个采场已全部回采结束。根据实践,倾斜通道顺路浅孔留矿法,有以下优点:

(1) 减少采准工程,特别是减少了垂直天井中的水平工程。当矿体比较连续,采用坑内金刚石钻机代替天井探矿,只要在矿块的一端掘一个超前采准天井与上中段贯通即可,不需要在两个中段之间再作任何采准工程了。

(2) 大大加快了生产矿量的升级,便于组织生产,减少了采准矿量及备采矿量的保有量。

(3) 由于垂直天井中的水平工程大大减少,炮烟中毒及其他安全事故,都大大下降。垂直天井工程及天井当中的水平工程是施工难度最大、安全条件最差、作业成本最高的工程。因此想方设法不打或少打垂直天井工程,有着极为重要的意义。

(4) 如果中段高度按40米计算,采用倾斜通道顺路井留矿法与超前天井留矿法相比,每个采场能节约木材20立方米,每吨矿石可节约坑木0.003立方米。每吨矿石采矿成本能降低1元左右。

(5) 由于矿房之间不留任何矿柱,矿石的损失率大大降低,这对贵金属矿山来说,更具有重要意义。原来超前天井留矿法矿房之间的矿柱也进行回采,但难度大、消耗高,回采率不足50%。

但是倾斜通道顺路井浅孔留矿法尚存在以下几个问题:

(1) 由于采场没有超前天井与上中段贯通,每个采场的水管路只能由倾斜通道进入采场,造成管路长,生产管理不方便。

(2) 矿房与矿房之间不留矿柱,当多个采场连续回采时,上面暴露面积过大。如果矿体倾角较缓,上盘又比较破碎时,则

容易造成大量片帮，引起矿石二次贫化。为了解决这个问题，可采取以下两种办法解决：一是在品位较低或无矿地段，留不规则矿柱来维护采场的上下盘；二是采场采取留矿充填法进行回采。所谓留矿充填法就是回采时多余的三分之一的松散体，通过架设的溜矿井放出，而不是通过漏斗在采场里直接放出。这样就能保证采下的矿石在采场里处于静止状态，可以起到支撑上下盘的作用。大量放矿时可采取等速均匀放矿的形式，保持采矿堆顶部基本处于同一水平面。这样，即使两帮脱落也可减少混入矿石引起贫化。

采用倾斜通道顺路天井的方法，也适用于同一类型矿体的干式充填法。如果是采用铲运机出矿，可把倾斜通道的坡度适当减小，并在斜坡道表面，浇注一层混凝土，保证铲运机正常出入采场。

四、无凿井工艺充填法

招远西部地区矿体大都属于蚀变岩型。矿体厚度大，矿体在空间的赋存状态也比较稳定，连续性好。目前大多数矿山采用同一种采矿方法——上向水平分层废石充填采矿法。采准方式大同小异，如图6所示。矿房垂直于矿体走向布置，矿房宽7~8米，长为矿体的水平厚度，平均长20~30米。每个采场有一个通往上水平的充填井。几个采场共用一个下盘脉外天井，并且从天井开始向两翼每隔5米高掘进一条水平脉外巷道，然后再由脉外巷道向矿房打联络穿脉。这些工程大部分是作为将来采场回采时的安全出口及行人。采场里同时架设两个金属井，一个是溜矿井，另一个是人行井。

为了解决上述采矿方法采准工程量大、采场生产能力低等问题，现提出无凿井工艺充填法的两个不同方案，供参考；

（一）无凿井工艺高分层耙矿充填采矿法

该采矿方法的主要特点是，可提高采矿强度，解决了充填工

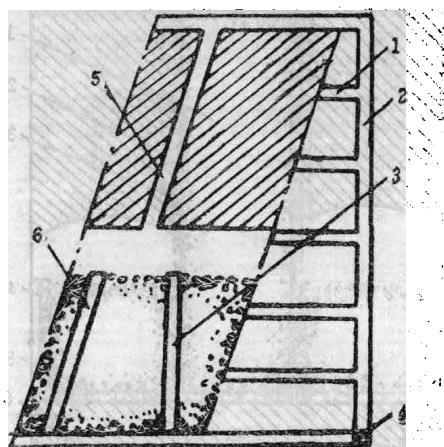


图 6 上向水平分层石充填法

- 1—联络穿脉；2—脉外天井；3—金属溜矿井；
4—脉外运输平巷；5—充填井；6—金属人行井

艺。原来采用的干式充填采矿法难以实现机械化，充填效率低，劳动强度大。为了改变这一状况，设计新的采矿方法为湿式尾砂充填法。地表建立一定容积的砂仓，并建立相应的充填系统。为了最大限度地减少采准工程，新的采矿方法几乎不需要掘凿任何天井工程(包括天井中的水平工程)。为了提高采场顶板的稳固性，减少立柱，可将上向倾斜炮孔落矿改为水平炮孔控制爆破方法落矿。根据矿体稳固程度，如果需要，可采用长锚索维护采场顶板；为了提高采场的出矿能力，采用电耙耙矿，为了减少因耙矿引起的损失贫化，可采用矿石垫底高分层耙矿工艺。该采矿方法的几个要点分述如下：

(1) 采场结构 当矿体厚度大于10~15米时，垂直矿体走向布置矿房，如图7所示。矿房宽5~8米，视矿体的稳固性而定。该采矿方法必须有一个或数个超前采场首先与上水平采透，形成完整的行人及充

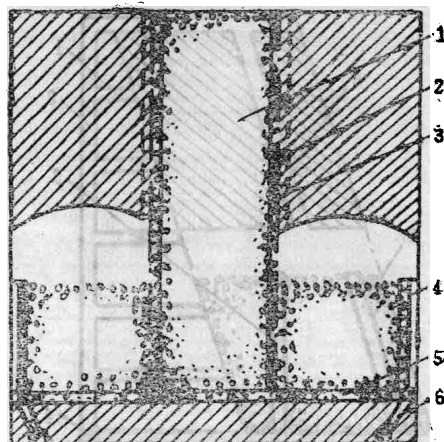


图 7 无雷井工艺高分层耙矿充填法

- 1—超前采场；2—充填井；3—混凝土墙；
4—溜矿井；5—人工底柱；6—放矿漏斗

填天井后，方可进行两翼采场的正常回采。超前采场个数可用下式来确定：

$$n = (A - A \times \frac{P}{100}) \div (C \times 2)$$

式中：n——超前采场个数；A——选矿日处理量；P——副产矿石由总出矿量的比重；C——采场生产能力。

两翼采场的底部采准工程及切割工程结束后，就可以开始上采。

上采过程中不断加高，为下一个采场准备了充填井和人行井，其方法如图 8 所示。充填井及人行井必须布置在充填体与未采矿体的交界处。

回采时位于构筑充填及人行井的部位，应适当向侧翼矿体里超挖，人为地形成一个半圆形。在矿房充填前的砌壁过程

中，应先在人行井处砌壁，然后向侧翼矿体里超挖，最后再在充填井处砌壁。

在人行井处砌壁时，应先在人行井处砌壁，然后向侧翼矿体里超挖，最后再在充填井处砌壁。

在充填井处砌壁时，应先在充填井处砌壁，然后向侧翼矿体里超挖，最后再在人行井处砌壁。

在人行井处砌壁时，应先在人行井处砌壁，然后向侧翼矿体里超挖，最后再在充填井处砌壁。

在充填井处砌壁时，应先在充填井处砌壁，然后向侧翼矿体里超挖，最后再在人行井处砌壁。

在人行井处砌壁时，应先在人行井处砌壁，然后向侧翼矿体里超挖，最后再在充填井处砌壁。

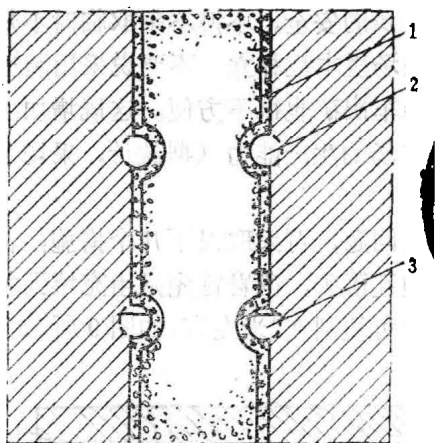


图 8 无凿井工艺示意图

1—混凝土墙；2—溜矿井；3—人行井

中，应按设计要求构筑半圆形的混凝土壁，形成一个圆形的天井。为了施工方便，可预先加工一套半圆形的模具，在现场组装浇注。混凝土的强度及厚度，根据天井用途而定。当该井作为干式充填井时，其强度和厚度可适当增加。当采场用尾砂充填时，该井在构筑时顺便把 $\phi 12$ 毫米的圆钢或废旧钢钎固定在井壁上，作为将来行人的梯子横撑，并按设计安装锚杆，以便将来固定充填管路。

如果能实现上述采矿工艺，则该采矿方法可减少大量的采准工程，特别是减少大量的垂直天井工程。根据已往的资料统计，原有的采矿方法其采准天井（包括天井当中的水平工程）工程量平均每个采场为100~130米，掘凿天井费用1.5~2.0万元，消耗木材15~20米³。由于天井工程的减少，可大大加快采准矿量和备采矿量的升级速度，大大减少了资金积压。

（1）凿岩爆破及顶板维护

采用7655型凿岩机打上向 45° 左右倾斜炮孔，爆破后，顶板

往往凹凸不平，人为地增加了采场顶板的不稳固性，给出矿带来不便。为了作业人员的安全，不得不采取临时不规则的木立柱来维护顶板，造成采场里木柱林立。不要说采用装运机或电耙出矿，就是人工手推车出矿也很不方便。这既增加了辅助工作量，又大大降低了采矿场的生产能力（据统计，采场平均生产能力只有25~30吨/日）。

为了解决上述问题，可采取以下几个措施：首先是以水平炮孔代替上向倾斜炮孔落矿，凿岩首先是由充填天井向两翼推进，每分层的落矿高度可控制在2米左右，如图9所示。每循环落矿量

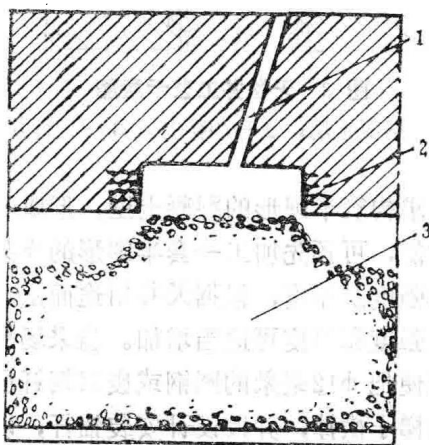


图9 凿岩爆破方法示意图

1—充填井；2—炮孔；3—矿堆

为200多吨。为了使采场顶板爆破后能获得较平整的拱形，可采取光面爆破技术。光面爆破技术的要点有三个：一是要保证顶板眼 $E \leq 0.8V$ （ E 代表眼距、 V 代表抵抗线）；二是要保证采场顶板眼要即发爆破，可用导爆索或毫秒雷管起爆）；三是顶板眼的装药量要比其它炮眼装药量适当减少。采用小直径或间隔装药的方法来减少炮眼中的药量。根据国外的经验，当炮眼直径为44毫米，