

地下大直径深孔 柱状和球状药包爆破采矿法

(译文集)

长沙矿山研究院
北京矿冶研究总院
凡口铅锌矿

一九八三年九月

前 言

本文集收录了加拿大、美国、澳大利亚、西班牙等国有关大直径深孔采矿和VCR法文献25篇。在选题过程中，编者力图全面系统地反映国外大直径深孔采矿法，特别是VCR法的发展历史和现状，理论分析及试验研究成果和矿山使用经验，但限于篇幅不能一一选用。在入选的译文中基本反映了上述各点，同时也介绍了VCR法与大直径深孔法、VCR法与分层充填法的联合方案，VCR法在围岩不稳固矿体中的应用，以及用VCR法和大直径深孔分段法掘进天井的经验，还介绍了遥控铲运机出矿和硫化矿中爆破安全等方面的经验。

地下大直径深孔柱状和球状药包爆破采矿法在国外已有10余年的历史了，它的出现和迅速推广使得地下采矿方法发生了很大的变革，引起了国内外采矿界的巨大反响。为在我国有条件的矿山试验和推广这种高效率的安全的采矿技术，借鉴国外的成功经验，通过充分协商和合作，我们共同编辑出版了这个集子，以飨读者。在选题、译校和编辑出版过程中，承各单位领导的大力支持深表谢意。由于我们水平所限，错误和不当之处在所难免，敬希读者指正。

露天矿概念提高了加拿大 国际金属公司井下的生产能力

Lane White

钻凿直径为6英寸、深200英尺钻孔的潜孔钻机,是加拿大国际金属公司在安大略省萨德伯里区各矿山的一种重要的新型回采工具。1973年3月首先在铜崖北矿井下进行试验,此后,在萨德伯里区国际金属公司的十二个正在生产的地下矿中获得了各种有效的应用。在井下开始试验潜孔钻机的两年内,国际金属公司有18台潜孔钻机投入井下作业。1975年在铜崖北矿8500吨的产量中,有25%是由两台潜孔钻生产的,铜崖北矿矿长Grant Bertrim在“工程与采矿杂志”访问该矿时说,随着回采深度的增加,潜孔钻机的落矿量可能要占矿山产量的80%。

国际金属公司的各个矿山在急倾斜矿体,缓倾斜矿体和矿柱中都用潜孔钻机钻孔。采矿人员预计,潜孔钻机除了可钻凿至今已占优势的垂直向下孔和倾斜向下孔外,最终将用来钻凿水平孔和上向孔。(这种钻机的多向钻孔的性能是国际金属公司称此种钻机为“潜孔”钻机而不叫“下向孔”钻机的原因)。

国际金属公司认为,工艺上的主要突破是在矿体中成功地应用了6英寸直径的潜孔钻。1973年以前,多半使用镶碳化物硬质合金钻头的2英寸直径的深孔旋转冲击式钻机钻孔。据报道,使用潜孔钻的直接好处是生产每吨矿石的成本降低了。(铜崖北矿1974年采用潜孔钻落矿时采场生产一吨矿石的成本比1970年用普通深孔落矿时采场生产一吨矿石的成本低,尽管在这四年期间,劳动力和设备费用迅速提高)。间接好处虽然不容易估计,但仍然是很重要的,例如,安全性大大改善,工作环境也较好。其它优点还有:炮孔布置较简单,工程时间缩短到原来用普通深孔凿岩时的 $\frac{1}{3}$;破碎块度较好,二次爆破量减少,提高了出矿效率;甚至在有错位或破碎的岩层中,炮孔清理量也比用2英寸直径的钻孔时少;潜孔钻机结构紧凑,可以用罐笼从一个中段转移至另一中段,这就避免了在某些情况下要掘进斜坡道来运搬体积庞大的深孔台车。

对于这种方法,Bertrim说,“要确定管理人员和工人热情的重要性是不可能的”,“你不可能脱离劳动力的关系来谈安全,或者脱离工作环境来谈效率”。就安全性来说,铜崖北矿的工伤率从1970年的624次/百万工时,降到1974年用潜孔钻钻孔落矿采场的163次/百万工时。更确切地说,铜崖北矿在使用潜孔钻的头两年内,与此有关的事故只发生过一次。那次事故是一名工人由于后退失足而扭伤了背。

国际金属公司的凿岩工很喜欢潜孔钻周围的工作环境,因为环境比较安静,水雾、油雾和粉尘量也大大降低。操作潜孔钻机所需的体力比操作普通深孔钻机所需的体力少,这是凿岩工欣赏潜孔钻的另一因素。钻孔时,凿岩工在作业地点有较大的自由度,可来回走动,以便

进行其它作业，如清理和检查钻杆，进行钻孔记录和对钻架进行一般的检查和维修。

潜孔钻的凿岩费用，包括劳动力，钻头维修、和材料等费用，平均约为3美元/英尺，每英尺炮孔平均崩矿量为15吨，因此可得每吨矿石的凿岩费用为20美分。国际金属公司用镶有硬质合金钻头的深孔凿岩的相应指标分别为1美元/英尺，2吨/英尺和50美分/吨。

潜孔凿岩的单位炸药消耗量为0.65磅/吨，比用普通深孔落矿的单位炸药消耗量0.33磅/吨高，但由于潜孔凿岩的破碎块度较好，而且提高了出矿效率，因此部分地得到了补偿。国际金属公司认为，由于潜孔作业有其它许多优点，不仅补偿了较高的炸药费用，而且还可能有余。

(一) 推动潜孔回采的新设备

自从提高地下矿山机械化的初期以来，国际金属公司的工程师们试验了各种大直径凿岩设备，企图将高效的露天矿采矿原理应用到地下作业中去。至今，其限制因素是采用较老的大直径凿岩设备，一般来说不太经济。

1974年4月在蒙特利尔加拿大矿冶学会的年会上，铜崖矿的地区经理Norm Creet和国际金属公司的凿岩负责人Bill Taylor联合发表了一篇文章，报导了井下大直径钻孔早期试验的结果：

“1962年，用4英寸冲击器的潜孔凿岩设备试验未成功。失败原因主要是由于遇到钻孔偏斜和钻头设计不合理等问题。当时柱齿式钻头买不到，而普通镶硬质合金的十字形钎头，又存在每修磨一次使用的寿命很短且直径减少过快等问题。”

“三年前，国际金属公司在井下将小直径炮孔改为使用大直径钻孔的试验首次成功，采用回转式钻机和镶硬质合金的牙轮钻头来钻凿直径为6英寸到11英寸的大孔。这些作业的成功，预示着要对可供选用的凿岩技术重新进行研究，以进一步降低凿爆费用，提高凿爆效率”。

1972年末，在国际金属公司的Clarabelle露天矿试验了为露天作业设计的两台潜孔钻机。试验结果令人鼓舞，后来对其中的一台进行了修改，以适合于地下作业——主要的修改是：为了在12英尺的顶板高度下作业，将钻架缩短了，为与使用较短的钻架相配合，钻杆也缩短了。不久，新钻机的许多优点都显示出来了，因此，在国际金属公司的许多矿山中，除了大量较老的采矿方法以外，潜孔回采法也占了一席之地。

现在国际金属公司各矿山在使用的第二代潜孔钻比初期样机窄一些，由Atlas Copco, Joy和Ingersoll-Rand三家公司生产。潜孔钻的外形尺寸：宽约4英尺，长11英尺，钻架升起时的高度11英尺、钻架落下时的高度5英尺（井下运输或装卸时）。

钻机是风动的，由矿山压气机房供风，风压约为85磅/平方英寸。通过传动箱和钻杆将除尘用水和钻机润滑油送到冲击器内。冲击器在孔内直接位于钻头后面，直径为4英寸，冲程为5英寸，冲击次数为600次/分，回转速度约为20转/分。这种方法的主要优点是活塞直接冲击钎尾；和普通深孔冲击式凿岩不一样，通过钻杆传递冲击功时没有能量损失，特别是穿孔速度不随孔深增大而下降。钻杆长5英尺，直径为4英寸，重约80磅。

Creet和Taylor的论文指出，“为使作业成功，钻杆的维修和保养非常重要。每次使用前，必须对钻杆接头仔细进行清洗，检查和润滑。在接钻杆时，作为一项额外措施，要先接好上部接头，然后在孔内钻杆的接头上放一个保护帽，在下部接头连接以前，通过钻杆吹吹风。这样可以避免任何外来物弄脏冲击器”。

镶有数量不多、直径为 $\frac{5}{8}$ 英寸的硬质合金柱的平端式钻头,在国际金属公司井下使用效果最好。平均穿孔速度约为10英尺/小时。深度在200英尺以内的偏斜率不大于1%,但超过200英尺,偏斜率就要增加。所以国际金属公司把采场高度限制在200英尺以内,以保持钻孔偏斜率在允许范围内。但Bertrim又说,如果钻机的凿岩精度可以达到的话,采场的合理高度可增加到400英尺。

通常在打完一个孔之后进行一次钻头修磨工作,以保持其总的钻孔效率最高,修磨硬质合金柱使用的是手持式磨机。

用工业铵油炸药爆破,装药方式与露天矿相似(图2)。

(二) 铜崖北矿的炮孔布置

铜崖北矿现在正在用潜孔钻钻孔的回采法开采一个长300英尺、宽60英尺的垂直矿块。矿体几乎是垂直的,因此无法确定上下盘的接触面。矿石和脉石接触带就在60英尺宽的矿块的两侧,此矿块位于该矿1900和2200英尺水平之间。

在1900水平和2000水平上,矿块的整个长度方向和宽度方向上都掘进了采准巷道,在与这些平巷长轴平行的稍稍偏离中心的地方留了一个宽约12英尺的保安矿柱。在该矿块的一端,从1900水平到2200水平拉了一个切割槽——开始时,用天井钻机钻了一个直径为5英尺的切割天井。在1900和2000水平上用潜孔钻机钻孔,孔间距为12英尺,最小抵抗线为12英尺(保安矿柱位于两排孔之间,在炮孔爆破时一起崩掉)。

正如维持生产所要求的那样,矿石崩入切割槽内,在2200水平上用4立方码和8立方码的铲运机出矿。垂直矿体内用潜孔钻钻孔落矿的采场综合示意图说明了该采矿方法的主要步骤(图1)。

在铜崖北矿,头两个开拓中段之间的距离控制在100英尺,以便使用矿石转运到2200水平上已建成的破碎站。将来,除非钻机能保证在增加炮孔深度的同时,使炮孔偏斜率在允许的范围以内,否则矿山管理部门就准备将中段高度维持在200英尺。

铜崖北矿用Traylor型42×60英寸颚式破碎机将矿石破碎至6英寸,然后送到1500吨容量的破碎矿仓。用两台Dorr-Oliver-Long15吨箕斗将矿石从2425水平的装载仓提升到地表。箕斗提升机是16英尺6英寸(滚筒直径)×70英寸(滚筒面)双浓筒型的,用5800马力,700伏的直流电机驱动。最大提升速度为3300英尺/分。

铜崖北矿的六隔间竖井的断面为18英尺×11英尺6英寸,深4134英尺。罐笼最大容量为44人,用Nordberg双卷筒提升机提升,提升机由2000马力,650伏直流电机驱动。

除了潜孔钻回采以外,铜崖北矿的其它采矿特点有:1974年3月进行了一次回收矿柱的大爆破(崩矿量为1660000吨),以及采用Grangesberg底卸式矿车运输系统。

这次矿柱爆破得出了令人印象深刻的统计资料。12936个深孔中约装了264吨炸药,钻孔总长度为611360英尺。这次爆破的钻孔工作从1972年4月开始,到1974年3月结束,约花了两年时间。矿柱爆下的矿石留在800英尺×800英尺×70英尺(宽)的矿块内,这矿块已用留矿法采出200万吨矿石了。爆破下来的矿石正从1050水平上的17个出矿口出矿,预计还可再出两年矿。

Grangesberg底卸式矿车运输系统,由于在卸载仓周围产生的粉尘量较少,受到国际金属公司工作人员的赞扬。这种矿车的容积为300立方英尺,最大载重量为18吨,用一台23吨Clayton架线式电机车牵引10节矿车。设置这套系统共花了1945196美元。

(三) 潜孔钻机有多种用途

潜孔钻机适用于国际金属公司矿山的各种回采条件。铜崖南矿用这种钻机回采了用留矿法回采的矿房之间的矿柱。第一个矿柱，总矿量为110000吨，共钻凿34个孔，炮孔长度5700英尺，1974年2月爆破，爆破效果良好。从这以后，该矿就用潜孔钻机来回采其它矿柱。

Creighton 3号矿将使用潜孔钻钻孔的落矿法来回采长1000英尺、倾角 50° 左右的厚矿体。矿房沿走向布置，宽80英尺。在凿岩水平上将留两个保安矿柱（而铜崖北矿在60英尺宽的矿房内留一个矿柱）。1000英尺长的矿块将分成三个300英尺的小矿块来回采，小矿块之间留有50英尺宽的间柱。沿矿体倾斜方向向下，在用潜孔钻钻孔崩矿的采场之间留60英尺宽的矿柱，并对另外一个沿走向布置的、宽为80英尺的采场进行采准。从矿块的任意一端掘进运输平巷，以便将爆破下来的矿运出。

除了用于回采工作外，国际金属公司还用潜孔钻凿水砂充填孔，排水孔和电缆孔。

许多参观者，包括许多采矿工作者，访问了国际金属公司的各个矿山，观看了该公司潜孔回采作业的效果。Bertrim说，参观者通常都对这么简单的一种回采方法的价值持怀疑态度而来，但一旦他们观看了采场以后，就确信了它的价值。随着结构紧凑的潜孔钻机的利用率愈来愈高，国际金属公司采矿部门的职员预料这种设备将为其它公司的各矿山利用来廉价地回采矿石。

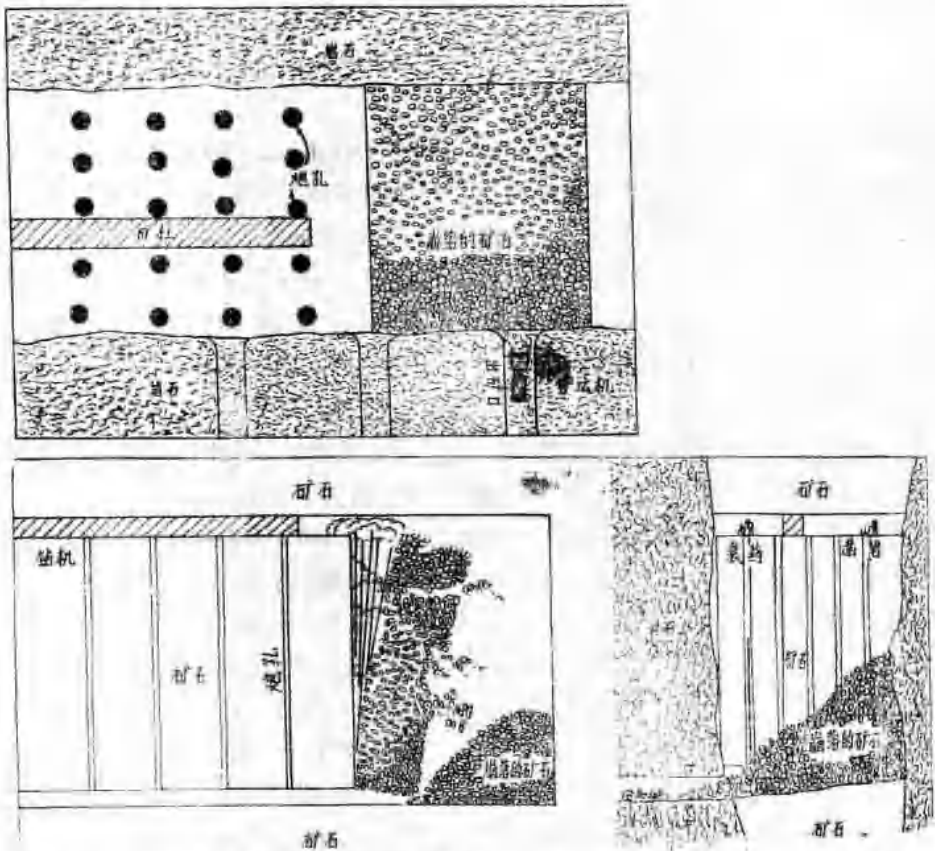


图1 一垂直矿体中用潜孔钻钻孔落矿的采场顶视图、侧视图和端视图，着重表示这种方法的简单性。

希思-斯蒂尔矿山公司的潜孔凿岩

E. A. Ladner

摘要 希思-斯蒂尔矿在地下开采中于 1975 年 2 月试用大直径深孔。主要是在深孔落矿的空场法中, 钻凿了 6 英寸直径深孔 9 万英尺, 崩矿 140 万吨, 占地下产量的 37%。

本文回顾了希思-斯蒂尔矿一直在使用的普通中深孔冲击式凿岩工艺, 讨论了过渡到使用大直径深孔的适应性。这些讨论包括, 2 英寸直径深孔的采场布置, 6 英寸直径深孔的采场布置, 潜孔法回采矿房的试验情况, 凿岩工艺及其他。

使用 2 英寸直径深孔在采准和凿岩爆破工艺上都比较复杂, 而潜孔法回采则较为简单; 这就使得深孔落矿的空场法更为经济有效。可望本公司的潜孔凿岩将会增加。由于正在进行的调查研究注意到深孔可降低采准成本, 所以准备一个 VCR 法采场以待试验。

前 言

AMAX 公司和国际金属公司共有的希思-斯蒂尔矿山公司位于新不伦瑞克省北部的巴瑟斯特——纽卡斯尔地区, 在纽卡斯尔西北 35 英里。所产矿石全部采自 “B” 矿带, 由 5 号竖

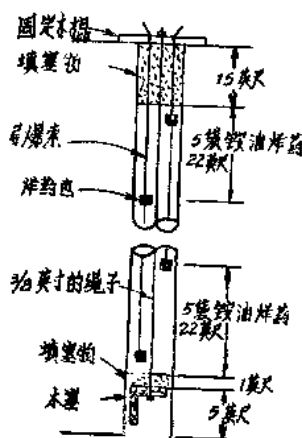


图 2 表示在 6 英寸直径的炮孔中装工业铵油炸药的详细情况。

译自《E/MJ》1975, Vol 176 №5 101—104

朱 焜译 宗海祥校

井运出，年产量120万吨。

矿体为块状硫化物的层状矿床，产在石英长石斑岩和绿泥石凝灰岩的互层岩系内。在相同的硫化物特征区段有两类矿石：铜矿石（富含铜的磁黄铁矿）、铅锌矿石（主要是富含铅锌的黄铁矿）、还有一些铜和银）。这两种矿石很难分采，因此通常作为混合矿石来开采。

希思-斯蒂尔使用的采矿方法是深孔落矿的空场法。自1975年2月开始采用大直径深孔以来，恰好两年做完了一个阶段的采准，目前有约50%的产量是该法生产的。在此之前，使用普通的冲击式凿岩机钻凿2½英寸直径的扇形和环形炮孔。当其他矿山的经验证明潜孔凿岩确能大幅度降低成本，又可改善破碎效果，才决定在我矿试验大直径深孔。自那时以来，已钻凿了9万英尺深孔，合140万吨矿石，占地下产量的37%。

采用大直径深孔的理由

1. 以前采用的中深孔凿岩

以前用的普通中深孔采矿，如图1所示，是用2½英寸的孔径，从采场边界的凿岩平巷向上，下盘可采界限内辐射状钻凿炮孔。由于70英尺以上的炮孔将产生过分的偏斜，所以要采干净一个矿块就得把凿岩水平的间距布置得比较小。其孔底距8英尺，最小抵抗线5英尺，从凿岩平巷钻凿的环形炮孔在各凿岩水平和每一水平内各凿岩平巷之间要重叠5英尺。这是为了增加孔底装药量，使炸药分布更均匀，防止残留矿体。

立面上的环形炮孔平行于切割槽钻凿，而拉底的环形炮孔则向着切割槽与立面成20°角。

这些炮孔用一台装药器装填1¼×12英寸的加铝粉的浆状炸药药卷，于孔底起爆。扇形炮孔落矿的特点是每吨矿石的装药量随着自孔口至孔底距离的增大而减小。加之，矿石的单轴抗压强度在短距离内又有明显变化，故造成破碎块度很不稳定的后果。

2. 大直径深孔的优点

在露天矿和最近在地下矿，已证实大直径深孔的经济效益高，一般而论炮孔是“越大越好”。然而，炮孔直径要受地下作业空间尺寸和设备配套的限制。象大直径深孔这类技术在经济上的体现是，尽管每英尺炮孔的成本随直径的加大而增加，但每英尺炮孔崩矿量的增加却要大得多。这一点本文在后面还会谈到。

国际金属公司曾经指出，由于改用潜孔凿岩，其凿岩成本下降了60%。我们据此作了调查，决定购置一台潜孔钻机，以试验大直径深孔凿岩。预计凿岩台班生产率会比较高，故工资费用将会下降；由于冲击器潜入孔内作业，工作面噪音和粉尘也都会降低，从而改善工作环境；并且由于钻孔偏斜减少改善了爆破效果，也简化了装药。

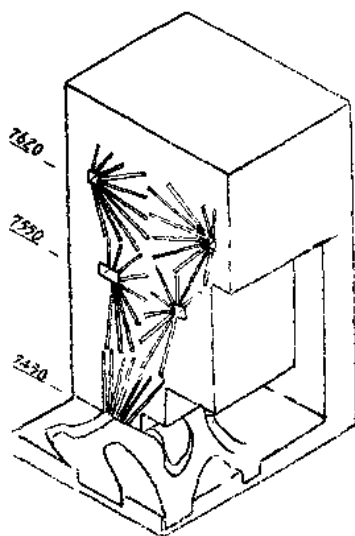


图1 普通中深孔采场示意图

使用大直径炮孔还可获得较好的破碎块度。因为6英寸直径炮孔的炸药单耗为0.6磅/吨，而2英寸直径炮孔的则为0.4磅/吨。此外大孔可使用不太贵的干粉状炸药，且药量分布较好，大孔爆破的爆速也提高了，对岩石的震裂作用好，而破碎良好。

还有，潜孔凿岩采场的采准工作在成本上也降低了5%。目前估计其成本为每吨0.79美元，而普通中深孔采准则为0.83美元。

开采准备工程

1. 标准采场

原来环形中深孔空场法定下来的高度是100到150英尺。在下盘距硫化矿接触带100英尺掘进脉外平巷，作初始进路和金刚石钻探用。随后在永久的房间矿柱内，每隔200英尺开切割横巷到上盘围岩。

目前的情况是，无轨运输主平巷（7700水平）正处在六个已做完采准的采场底柱内，矿房140英尺长，280英尺高，底柱70英尺高，间柱60英尺长。这样，矿房的一次采出矿量是56%。矿体厚度从20英尺变化到200英尺。计划采出全部矿量，包括10%的贫化率在内。

2. 潜孔凿岩采场的采准与切割

图2为一个典型的潜孔凿岩采场。对比图1，可以看出两种采矿方案的无轨出矿平巷和拉底平巷都是一样的。在采场最下部50英尺高度内，2英寸直径的炮孔只用于开槽和拉底。

这一层之上的180英尺矿房，则用潜孔钻机钻凿6½英寸直径的深孔，凿岩巷道是在采场上部以房柱法进行准备的。

采场最高一层50英尺的准备方式是开一切割槽和钻凿2英寸平行的垂直环形孔。由于矿体在采场高度上不规则，潜孔凿岩又以200英尺为经济合理之限，故虽一般保持住采场顶柱几何形状不变，但这部分仍有一些变动。

当钻架扬起时，要求凿岩巷道有11英尺的净高。凿岩巷道上角处还要留出2英尺的活动余隙。业已发现用履带式底盘钻凿倾斜炮孔能更准确地控制在一条直线上。凡此种都影响凿岩巷道的设计。对巷道底板的坡度要求则不严，因为可通过贯通后的炮孔排水，但按照标准作业，底板坡度应为+1%。为钻进切割天井，掘进了一个切割区，在此区内凿岩，距矿柱边线至少保持20英尺的距离，这样灵活性更大。

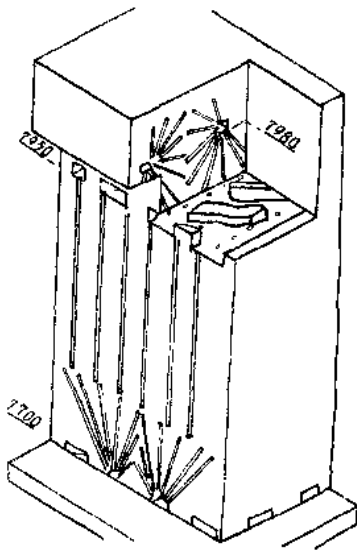


图2 潜孔凿岩采场示意图

现今提出了四种顶柱层内凿岩巷道的房柱式布置方案，想从中确定一个在成本上破碎效果上都好的深孔排列方式。

方案1（图3）：掘进两组平行的8×8英尺的平巷，取中心距18英尺，两两以90°相

交，按 12×12 英尺孔网布置深孔。巷道掘进用普通气腿式凿岩机凿岩，用带起落架的卡车刷顶和扩帮，再用 Cavo 或 Eimco912 铲运机出碴。

方案2（图3）：采用 8×8 英尺平巷的加宽结构，仍按前法刷大，但留少量不规则的矿柱，以便试验炮孔排列方式。在整个生产中这些凿岩巷道一直保持完好。

方案3（图4）：开始也用平行的 8×8 英尺的平巷，刷大后巷道中心距为27英尺，对每一个炮孔而言，平巷两帮刷出约5英尺深的三角带，以便按照现在的 16×11 英尺标准错开排列方式布置炮孔。当然，这种方案的巷道外形控制和采准工程进度缓慢都是问题。

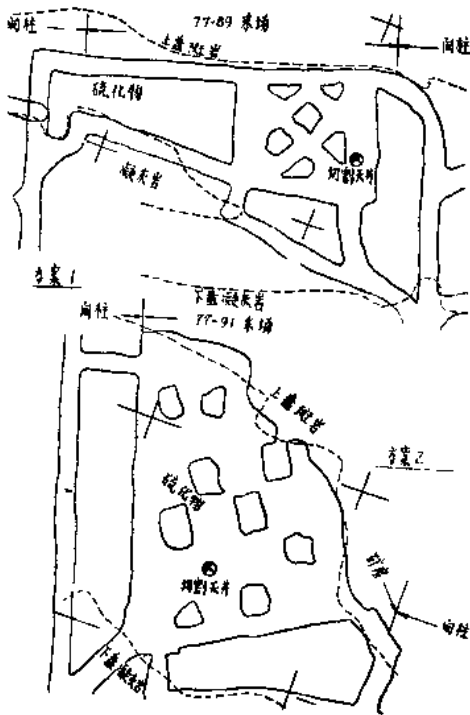


图3 凿岩巷道的房柱法准备设计
(方案1和方案2)

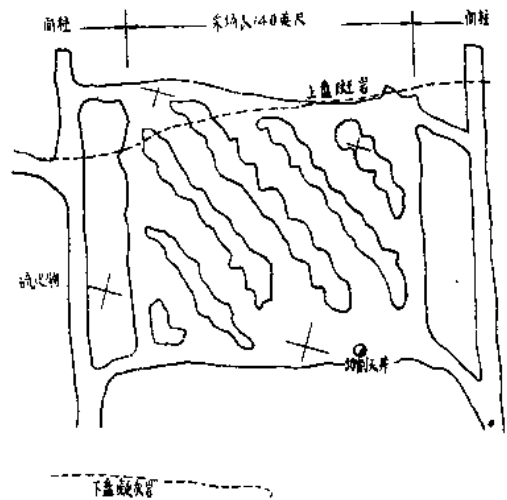


图4 73—93采场的凿岩巷道准备方式（方案3）

最后，采用了方案4（图5）：按照 17×11 英尺的规格全断面掘进，中心距取26英尺，留9英尺宽的中间矿柱，炮孔孔网仍然用 16×11 英尺。采用 Maclean Warkentin 型双机长推进器凿岩台车配 GDFL93—3— $\frac{1}{2}$ 型凿岩机，调位两次即可钻完整个工作面的炮孔。最长的钎杆是9英尺，用 $1\frac{1}{4}$ 英寸钻头。每周五个工作日，三人作业组，包括安装锚杆在内可完成7~8个循环，另由采矿作业组用 Eimco915 型铲运机出碴。今后还准备使用 Paramatic 三机凿岩台车和12英尺钎杆。

在整个潜孔凿岩和采准的试验过程中，凿岩巷道一直保持稳定。只需安装少量 $5\frac{1}{2}$ 英尺长的标准锚杆。在岩层条件很差的地段则安装部分8英尺长带木垫板的锚杆。

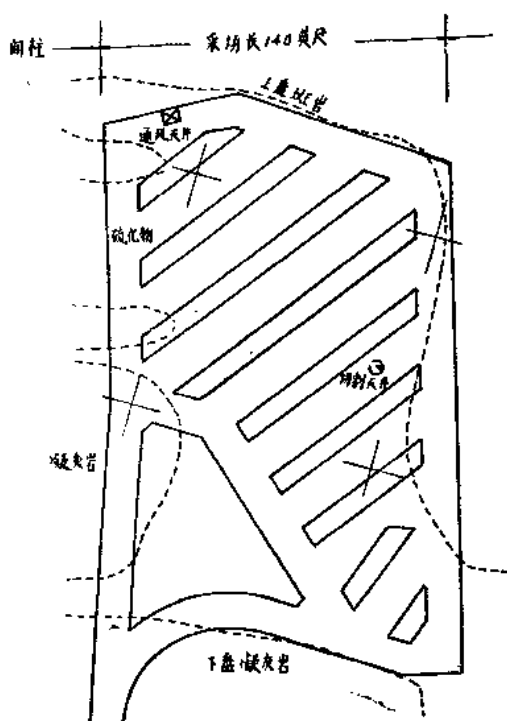


图5 74—79采场凿岩巷道布置方式(方案4)

3. 潜孔凿岩设计

在希思—斯蒂尔矿地下开采中试用大直径深孔是1975年2月开始的。至今已经钻凿了9万英尺, 主要用在一步骤回采, 最近才用于矿柱回收。

根据多次凿岩试验, 现在确定了一个孔网标准, 即排距为11英尺, 孔距为16英尺。靠近矿体上下盘围岩的炮孔, 距矿岩接触带6~7英尺, 这样可使由于超爆造

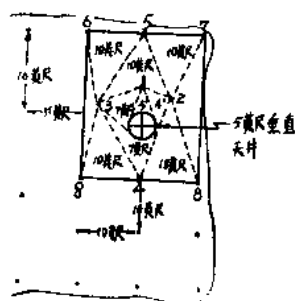


图6 用6英寸炮孔开切割槽的爆破顺序图

成的贫化最小。一般从炮孔精度和钻机性能来说, 采用170英尺的垂直炮孔深度是合适的。用这种布孔方式时, 每英尺炮孔的崩矿量是20吨, 而普通2英寸直径炮孔只有2.3吨。

同普通中深孔采矿一样, 大直径深孔采场也是从垂直切割天井向采场进路作后退式回采。切割天井实际上是一个5英尺直径的大孔, 起着自由面的作用, 设计的头排炮孔即向它崩落。图6就是此切割槽的爆破顺序平面图。

再用一个简单的公式确定6½英寸直径的炮孔到自由面的距离:

$$h = \frac{2x}{b} \times 1.50$$

式中: h ——炮孔到自由面的距离; x ——原岩体面积; b ——自由面的宽度; 1.5——碎胀系数。

最近我们进一步研究其效果, 计划采用大直径深孔球状药包后退式采矿方案来进一步降低成本。因为这种VCR法可以省去切割天井, 也可省去切割槽的凿岩爆破, 还有可能获得更好的爆破块度。

潜孔钻机

我们使用的潜孔钻机是一人操作的履带式钻机, 可在一个有限的空间里作潜孔凿岩, 是

专为在竖井和地下巷道中可整机运输而设计的。因此，钻机机动灵活，除了作采场的梯段回采外，还有许多其他用途，比如排水孔、天井掘进钻机，以及各种各样要求方位精度较高的联络孔等等。

潜孔冲击器是一种随钻进而潜入孔内的一种冲击机构。它以压气为动力，通过接在冲击器后部的空心钻杆供给压风。由于冲击器是在孔底做功，所以冲击力不由钻杆传递而直接由冲击器活塞传递给钻头。冲击器和钻具的旋转靠钻架上的旋转头完成，每分钟10~15转。如转速太高，会加快钻头边齿的磨损。如转速太低，会造成卡钻和不规则旋转，从而减小排粉间隙和降低凿岩速度。应该根据岩层情况调节转速，通常岩石越硬转速应越低。

我矿所用的冲击器直径是5 $\frac{3}{4}$ 英寸，长56 $\frac{3}{4}$ 英寸，重192磅。活塞直径4 $\frac{1}{4}$ 英寸，冲程6英寸。

所用的钻头直径至少要比冲击器直径大 $\frac{1}{4}$ 英寸，以便提供炮孔排粉间隙。孔内的持续排粉靠冲击器从钻头排出的废气，在钻杆与孔壁之间的环状空间形成一个向上的抽出速度来实现。这个抽出速度取决于三个因素：1) 炮孔直径，2) 钻杆直径，3) 有效风量。炮孔中排粉良好的最低抽出速度是3000英尺/分(914米/分)。由图7所示的抽出速度曲线可知，公司采用6 $\frac{3}{4}$ 英寸孔径和4 $\frac{1}{2}$ 英寸杆径，当风量为450英尺³/分时，抽出速度为4000英尺/分。在高风压钻机上有这样的风量是可行的，但用普通的90磅/英寸²压风凿岩时却达不到这样的风量，而只有250英尺³/分。因此，必须额外补充风量以达到清孔所必须的抽出速度。为此，可调节冲击器的风量计量塞的尺寸，这是所有潜孔冲击器的一个特点。必要时，把孔内钻头提起6英寸，即可自动停止冲击器的活塞运动，这样就增加了孔底的压气供给量，以实行辅助清孔。

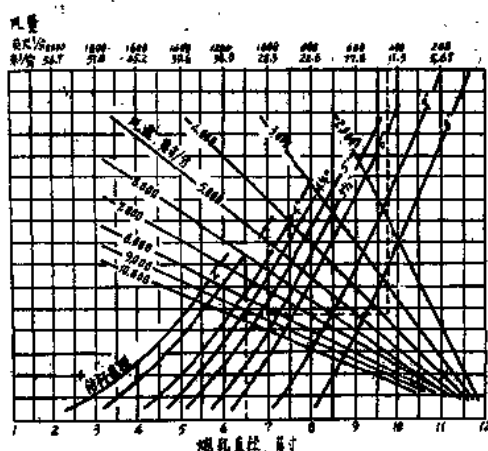


图7 排粉风速的确定

1. 空压机

潜孔凿岩从一开始就是成功的，所以准备扩大使用。1976年初，曾有人建议把高风压空压机安装在井下，直接与潜孔钻机相联，而提高冲击器的效率。这样，用高风压冲击器估计会提高凿岩速度，从而也会增加台班进尺。就可提高工班效率，有效地降低作业成本。

公司购置了一台螺杆式空压机，其最大排风压力为250磅/英寸²，额定排风能力900英尺³/分，电机功率300马力。这台空压机4 $\frac{1}{2}$ 英尺宽、12英尺长、5 $\frac{1}{2}$ 英尺高。同时还购置了一台卧式风包，其额定压力为

250磅/英寸²。这套永久性设备安装在7950水平，用4英寸管接到指定的凿岩区。

使用高风压凿岩的结果是肯定的。自1977年初安装以来，钻机台班效率提高了1倍。目前生产中使用的钻机有两台是高风压潜孔钻机，一台则用矿山常规压风。据标定，用高风压时平均凿岩速度是128英尺/班，而用低压时则为63英尺/班。

将凿岩速度与风压、风量关联起来，绘出如图 8 的关系曲线。如凿岩速度在高压下是 16 英尺/小时，则低压时是 7.8 英尺/小时，其中未扣除换钻杆、钻头和操作影响的时间，但扣除了移动钻机和维护修理的时间。

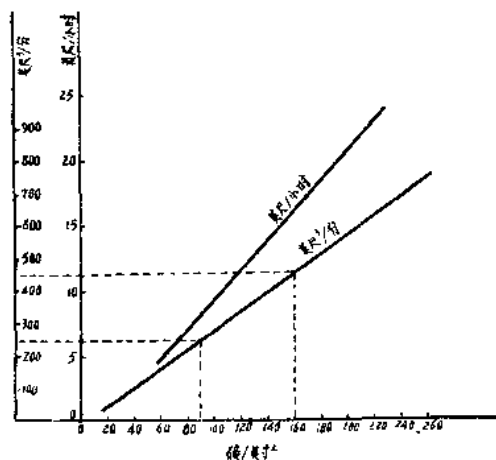


图 8 6 1/2 英寸深孔的潜孔凿岩性能

2. 钻杆

据矿山采准巷道的标准规格，使用外径为 4 1/2 英寸长 4 英尺的钻杆。接头处的阴阳螺纹规格是 3 1/2 英寸 (ARI 标准)，每个接头上有四个平面板口。每根钻杆重 84 磅。

钻杆用“D”级杆材，壁厚 0.337 英寸，其屈服强度为 55000 磅/英寸²，抗拉强度为 120000 磅/英寸²。钻杆接头与杆体用惰性气体保护焊接法焊接，这样对中好、寿命长。

在凿岩操作中注意爱护钻杆会大大延长它的使用寿命。每台钻机都有一个钻杆架。以便放置不使用的钻杆。为保证所有的钻杆承担相同的进尺数，钻杆的

排列要使前一炮孔的第一根钻杆正好是后一个炮孔的最后一根钻杆。这样就可以预防因某个接头使用过多造成的钻杆损坏，以至钻杆或冲击器、钻头掉在孔内。在使用之前，每根钻杆都要用压气吹过，再联接钻具，这可防止异物堵住冲击器。储存和运送钻杆时还要用阴、阳螺纹保护套以保护钻杆螺纹。

3. 钻头

就凿岩的经济效果来说，钻头的选择十分重要。选择前，应考虑各种参数，如销售价格、凿岩速度、修磨周期和钻头寿命。由于可以重新修磨，选用了柱齿钻头，而未用刀片钻头。前者的修磨周期一般比后者长 3 ~ 5 倍，这一点对钻凿深孔特别重要。

希思-斯蒂尔矿从一开始就使用柱齿钻头，并且试验过多种类型和结构。用过的基本型式有凹心式、半凹心式、凸面式、平面式几种，并配用了不同级别的碳化钨合金柱齿。在本矿岩层条件下，以使用 5/8 英寸直径合金柱齿的平面式钻头为最好。虽然其凿岩速度比凹心式稍低一些，但钻头寿命比其他型式的都要高两倍。凿岩速度的变化幅度是：在 90 磅/英寸² 风压下为 7.8 英尺/小时，在 160 磅/英寸² 下为 16 英尺/小时，孔斜率小于 1 %。

装药和爆破工艺

对比常用的 2 1/8 英寸直径的中深孔，6 英寸大直径深孔装药比较简单，装药总耗时也较少，而采场孔网又设计为所有炮孔都一直打通到铲运机生产水平的拉底层，这在实质上就省去了装药前的清孔和排除积水的工作。

如图9所示,所有的炮孔都采用分段延期爆破,目的在于使岩层震动限制在最小程度。否则,震动可能造成采场两帮、顶板、放矿点、以至爆破点附近永久性构筑物的破坏。以峰值质点速度(每秒英寸数)衡量震动效应。表1列出了与峰值质点速度有关的破坏。在超过10英寸/秒之后,可出现较大的破坏,如未衬砌巷道里的岩石冒落,原岩出现新的裂缝等。因此,地震监测已成为爆破工艺的组成部分。曾进行过峰值质点速度的测定试验,并绘制出地震效应测定值与实测距离的关系曲线,可用美国矿业局已公布的一个简单公式,即 $D/W^{1/2}$ 来表示这种关系,式中D为距离,(英尺);W为每段延期的装药量。根据这些试验数据画出一条“最坏情况”的回归曲线,按此可以计算和控制爆破震动。

为适应这些要求,工程部拟定了每一个炮孔的装药和爆破程序,按孔的深度和位置规定了装药段数和孔口要求。图9为炮孔装药示意图,炮孔距底部5英尺处用一木塞堵住,木塞有一根 $\frac{3}{8}$ 英寸(10毫米)粗的尼龙绳吊在孔口桩上,再把粗麻布和砂子倒在木塞上以封严孔底。每一层都装填干炸药,两个起爆药包,用Toedet延期装置起爆,导爆索一直通到孔口。两层炸药之间铺以6英尺高的砂子隔开,孔口最后的6英尺则用石灰填塞。Toedet延期装置由微差电雷管起爆,或者在孔口用继爆管起爆导爆索干线。

爆破效果一直良好,后冲也很小。过去已觉察到太靠近孔口装药会造成过爆和使相邻炮孔装药困难。同时,在装矿点留一层碎矿作缓冲可减小飞石引起的破坏。

生产中使用6 $\frac{1}{2}$ 英寸和6英寸两种直径的钻头,这是平均寿命为800英尺的钻头的最小规格。每钻进180英尺炮孔平均更换三次钻头,故须注意新换钻头直径要等于或小于炮孔底部的直径,否则会卡住或堵死。按经验,当柱齿上出现 $\frac{1}{4}$ 英寸宽的磨损平面时,凿岩速度就要降低,岩屑也变细。这时需要重新修磨钻头。边齿往往磨损严重,这有助于确定钻头的寿命。虽然面齿磨损较慢,但也用同样的周期进行修磨。排粉槽对钻头来说也很重要,要不断清洗,即使因磨损而扩大也仍然保持快的排粉速度。可采用手持式修磨机以20000~25000转/分的速度修磨钻头。

更换钻头时,6 $\frac{1}{2}$ 、6 $\frac{3}{4}$ 、6 $\frac{1}{4}$ 、6 $\frac{1}{2}$ 、6英寸直径的规格均可使用,但边齿有50%已损坏或脱落,裤体发生疲劳或钻头直径小于6英寸者应予以报废。

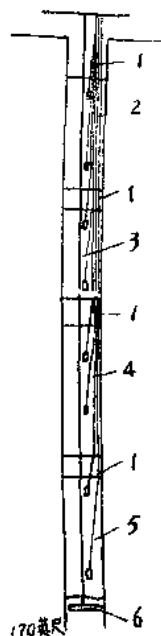


图9 深孔装药结构示意图:

- 1—填塞物; 2—8袋铵油炸药, 2个14号Toedet延期起爆装置和起爆药包; 3—8袋铵油炸药, 2个13号Toedet延期起爆装置和起爆药包; 4—8袋铵油炸药, 2个14号Toedet延期起爆装置和起爆药包; 5—8袋铵油炸药, 2个11号Toedet延期起爆装置和起爆药包; 6—木塞。

构 筑 物 类 型	损 坏 形 式	开始破坏时峰值质点速度的临界值 (英寸/秒)	
安装在刚性结构上的水银开关	跳 闸	0.5	
房 屋	墙 粉 裂 开	2	设破坏的初始限度的
新房屋的混凝土块	混凝土块开裂	8	最大值为 5 英寸/秒
套 管 钻 孔	水 平 错 动	15	超过10英寸/秒时发生大的破坏
各种机械设备: 水泵、空压机	轴 错 位	40	
整体钢筋混凝土构筑物	基础开裂构筑物扭曲变形	60	

维护和检修

为使破坏耽误的时间最少, 维护和修理费用最低, 及发挥最大的机械效能, 必须对每台钻机建立维修制度。维护首先从操作工人做起, 因为他们每天都要检查钻机并注油润滑。要责成他们及时报告机器的任何一个故障, 并在日报中填写具体细节。

维修部专有一名机械师负责保持钻机的完好及正常工作状态。他也要每天检查机器, 进行必要的小修, 还要每周一次全面检查钻机, 以指导维修的细节工作。

炮孔布置与凿岩工艺

凿岩爆破技术人员要根据采矿工程师的意见做出凿岩设计。在每个采场的凿岩巷道里将炮孔布置成网格格式, 每个孔都标以排号和孔号。在每孔的上方安一个有眼锚桩, 附以识别标记。

安置钻机要使钻头对准有眼锚桩的正下方。设计兰图要给操作工人提供适宜的方位和孔深以便确定冲击器的倾角和钻架的倾斜度。精确的定位是保证正确的抵抗线和孔距的基础。因此, 在每一炮孔的钻进过程中要多次检查钻机的定位。

当炮孔钻到 2 ~ 3 英尺深以后, 提起冲击器, 把一节 18 英寸长的 8 英寸直径的 ABC 塑料套管下在孔口段内, 然后把冲击器通过套管放下继续钻凿到要求的深度。钻完后, 提出钻具, 从套管里放入一木塞, 以防外物掉下去。最后, 让冲击器仍留的旋转头装置内, 而将整个钻机移到下一个炮孔位置上, 重新开始凿岩。

潜孔凿岩和爆破成本

正如本文所提到的潜孔凿岩所带来的许多好处已经在本矿生产中得到证实。另一个将被证实的优点是该法可直接降低凿岩和爆破成本。

表 2 和表 3 对比了前后两种凿岩方法每英尺炮孔的凿岩成本和每吨矿石的爆破成本。应

当指出，中深孔凿岩是另签合同的，所以只能列出凿岩总成本。正如对比表中数据可知，6½英寸炮孔的凿岩爆破总成本是0.55美元/吨，而2½英寸炮孔的则为1.39美元/吨。虽然大孔每英尺的成本相当高，但由于每英尺的崩矿量大，所以总成本还是降低了60%。

潜孔凿岩很有前途

大直径深孔在希思-斯蒂尔矿山公司很快获得了认可，从而希望将来减少常规的中深孔凿岩。由于可减少切采工程量，故VCR法采场正在准备之中。关于回收顶柱采用中深孔凿岩的问题已进行过调查研究。总之，潜孔凿岩操作简单、精度高、爆破效果好而成本低。这些优点业已证实，看来在今后一段时间内还将保持下去。

6½英寸和2½英寸深孔的凿岩成本比较 表2

每英尺成本, 美元	潜孔 (6½英寸)	中深孔 (2½英寸)
操作工人工资	2.56	—
钻头	0.75	—
维修工人工资	0.55	—
维修消耗	2.03	—
小 计	5.89	1.73
吨/英尺	20	2.3
元/吨	0.29	0.75

6½英寸和2½英寸深孔的爆破成本比较 表3

每英尺成本, 美元	潜孔 (6½英寸)	中深孔 (2½英寸)
工 人 工 资	1.08	0.63
材 料	4.06	0.85
小 计	5.14	1.48
吨/英尺	20	2.3
元/吨	0.26	0.64

译自《CIM Bulletin》，1979，10月，59—65

施大德译 吴子振校

大直径深孔空场采矿法

赞比亚穆富利矿在这种新型采矿方法中使用了大直径的上向和下向炮孔，其初步结果表明成本降低约30%。

罗安联合矿业有限公司穆富利拉矿，最近介绍了该矿自己提出的一种至今尚未广泛应用的大直径深孔空场采矿法方案。迄今已用这种方法以每月约8万吨矿石的规模采出了100多万吨矿石。穆富利拉矿采用这种新型采矿法已获得显著成功。显然，这种方法的实际凿岩成本比一般方法高，但是，由于采准费用减少40%，这不仅足以抵销所增加的凿岩费用，而且还能使成本降低30%左右。这种采矿方法的优点除了所取得的成本降低和具有进一步降低成本的潜力外，其最明显的优点是由于采准工作量减少而大大加快采矿准备工作。

由于没有分段平巷，因而减少了对通风的要求，并且具有在主要生产水平集中通风的优点。把生产凿岩工作集中在一个水平进行，有利于加强对凿岩作业的管理，使作业更加安全有效。

穆富利拉矿靠近扎伊尔的边境，在赞比亚铜矿带基特韦地区以北约20英里。它是非洲最大的地下矿山之一。1977—1978财政年度内，生产了635.2万吨铜矿石，大大超过了赞比亚任一地下矿山的最大产量。以高生产率著称的穆富利拉矿素来就有采纳现代采矿技术的传统，在这方面与这个地区的其它矿山相比是首屈一指的。可见，采用这种新采矿方法是与不断革新和实行机械化的方针相一致的。

大直径深孔空场采矿法

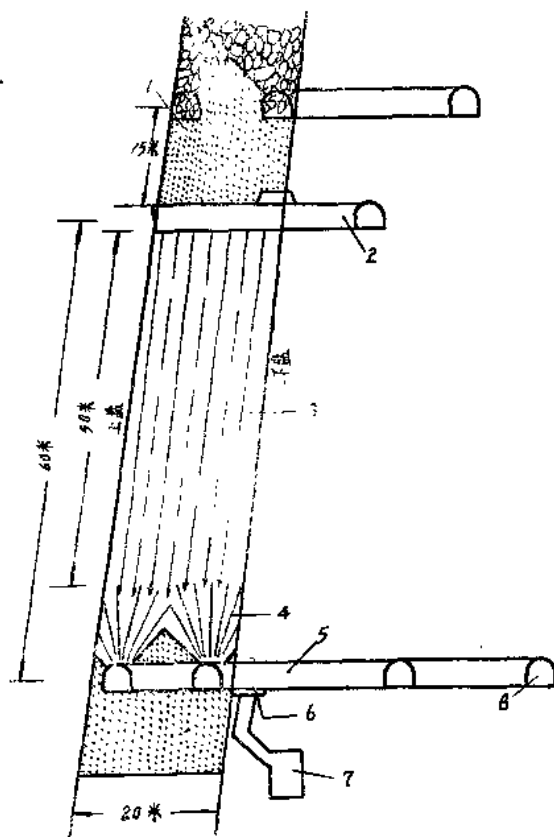


图1 典型采矿示意图

- 1—顶柱；2—凿岩水平；3—165毫米炮孔；
4—55毫米炮孔；5—集矿水平；6—格筛；
7—重力放矿；8—回风道。