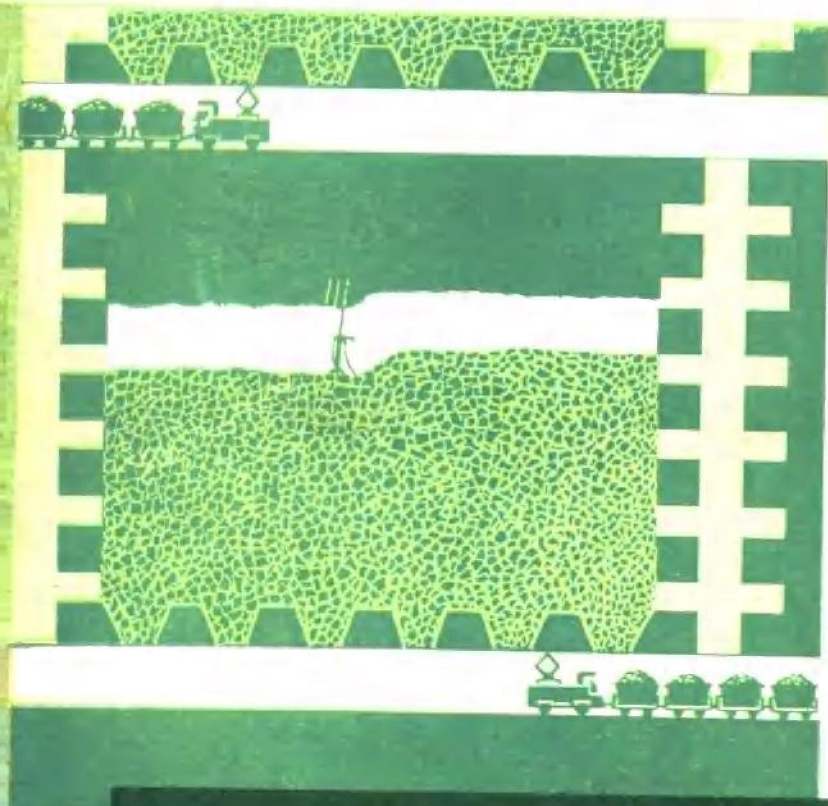


《留矿采矿法》编写组



留矿采矿法

冶金工业出版社

53.33

本书较系统地总结了我国冶金矿山采用浅眼留矿采矿法的经验。

全书共分十章。书中叙述了一般地质条件及复杂地质条件下的留矿采矿法的主要方案；采场的底部结构和切割方法；采区的主要结构参数和回采工艺；矿柱回采；空场处理；留矿采矿法的技术管理以及对留矿法的评价。

本书主要供从事冶金矿山生产和管理工作的职工及有关大专院校采矿专业师生参考。

留 矿 采 矿 法

《留矿采矿法》编写组

(限国内发行)

*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 7 1/4 字数 189 千字

1977 年 11 月第一版 1977 年 11 月第一次印刷

印数 00,001~3,750 册

统一书号：15062·3300 定价（科三）0.70元

前 言

留矿采矿法是我国使用最早、应用范围很广的采矿方法之一。根据一九七四年的统计材料，在冶金部所属的有色和稀有金属矿山中，采用该法采出的矿石量，达到全国有色和稀有金属地下开采矿山矿石总产量的36%，这还不包括深孔崩矿留矿法采出的矿石量在内。如果只就脉状矿床而言，采出矿石量所占百分比就更大了。在脉状矿床较多的江西省，用留矿采矿法采出的矿石量约占该省脉状矿床矿山的矿石总产量的86%；在冶金部所属的脉状矿床矿山中，采出的矿石量也占冶金部属脉状矿床矿山的矿石总产量的81%。近几年来，虽然由于采掘机械的进步和深孔凿岩技术的发展，在原来使用留矿采矿法开采的厚和中厚矿床的矿山中，有逐渐被其他高效采矿方法所取代的趋势，但对脉状矿床开采而言，目前还很难找到一种效率更高的采矿方法来代替。此外，在化工系统和黑色金属系统所属的矿山中，特别是在许多县社经营的小型矿山中，也有不少矿山使用留矿采矿法。

遵照伟大领袖毛主席关于“**开发矿业**”和“**要认真总结经验**”的教导，为适应冶金工业迅速发展的需要，更好地大打矿山之仗，我们对我国采用留矿采矿法所积累的经验进行比较系统的总结，编写了《留矿采矿法》。

本书由中南矿冶学院采矿教研室、江西冶金研究所、华铜铜矿、西安冶金建筑学院采矿教研室主编。参加编写的单位有：盘古山钨矿、小龙钨矿、铁山垄钨矿、银山铅锌矿等单位。所依据的资料，除华铜铜矿、天宝山铅锌矿、铁山垄钨矿、大吉山钨矿、西华山钨矿、湘东钨矿、小龙钨矿等单位提供了系统的生产技术总结资料以外，还搜集了一些国内有关留矿采矿法书籍和文章。此外，还有五龙金矿、大厂长坡锡矿、瑶岗仙钨矿、下垄钨

矿等单位也提供了一些可贵的资料。本书初稿编出以后，又请鞍山黑色金属矿山设计院、江西省冶金局、广西冶金设计院、广东矿冶学院采矿教研室、昆明工学院采矿教研室、下垵钨矿等单位审阅，提供了宝贵的修改意见。编者在此特向以上各提供资料和修改意见的单位表示谢意。

编写本书时，编写者一致认为：深孔崩矿留矿法无论就回采工艺或采区结构而言，都与历来对留矿采矿法所规定的定义不符，与深孔空场采矿法在实质上无多大差别，因此，没有纳入本书的编写范围。

由于编写者路线觉悟不高，政治和业务水平有限，加之原始资料积累不足，书中难免有不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章	留矿采矿法的基本概念	1
第二章	留矿采矿法主要方案	5
第一节	无间柱的留矿采矿法	5
第二节	有间柱的留矿采矿法	25
第三章	复杂地质条件下的留矿法方案	48
第一节	留矿全面采矿法	48
第二节	横撑支柱留矿法	53
第三节	斜电耙道留矿法	57
第四节	低中段留矿法	60
第五节	用留矿法开采分枝复合矿脉的技术措施	62
第四章	底部结构和切割方法	70
第一节	人工假底结构和人工假底采场的切割方法	70
第二节	留底柱普通漏斗底部结构及其采场的切割方法	78
第三节	无漏斗口平底式底部结构及其采场的切割方法	81
第四节	有二次破碎坑道的底部结构及其采场的切割方法	85
第五章	采区的主要结构参数	88
第一节	中段高度	88
第二节	采区长度	93
第三节	矿柱尺寸	97
第六章	回采工艺	101
第一节	凿岩	101
第二节	爆破	103
第三节	通风和防尘	111
第四节	回采工作面准备	113
第五节	顺路天井	119
第六节	回采作业循环和劳动组织	120

第七节	空洞处理	121
第七章	矿柱回采	124
第一节	概述	124
第二节	薄矿脉矿柱回采	125
第三节	中厚以上矿体的矿柱回采	129
第四节	矿柱回采实例	138
第八章	空场处理	150
第一节	地压活动及其显现现象	150
第二节	影响地压活动的主要因素	153
第三节	地压活动观测	158
第四节	地压活动预防措施	160
第五节	采空区处理方法	163
第九章	留矿法生产技术管理的几个问题	168
第一节	回采顺序	168
第二节	留矿采矿法作业线的配备和布置	171
第三节	留矿法矿山的合理采矿生产能力	177
第四节	生产矿量	192
第五节	最终放矿	199
第六节	矿石的损失与贫化	203
第七节	采场单体设计	213
第十章	留矿法评价	216
第一节	留矿法在地下开采矿山中的地位及其优缺点	216
第二节	留矿法的使用范围	218
第三节	留矿法的改进途径	220

第一章 留矿采矿法的基本概念

留矿采矿法是房式采矿法的一种，在采矿技术文献中通常简称留矿法，它的特点是：在采场中从下而上逐层回采；每次崩下的矿石暂时只放出35~40%，其余的存留于采空场中用以支护两盘岩石和便于工人站在其上继续进行回采作业；存留的矿石在采场回采作业结束后再放出。

留矿法主要用来开采矿石和围岩都比较稳固，矿石无自燃性，破碎后不容易自然再结成块的急倾斜矿床。在薄矿脉和中厚以下的矿体中，使用很广泛。

为了叙述方便，有关的基本概念，将以留顶、底柱和间柱、木漏斗底部结构留矿法方案的生产全过程来说明。这种留矿法方案现在使用的矿山已不太多了。习惯上叫做标准留矿法方案，采区的结构如图1—1所示。

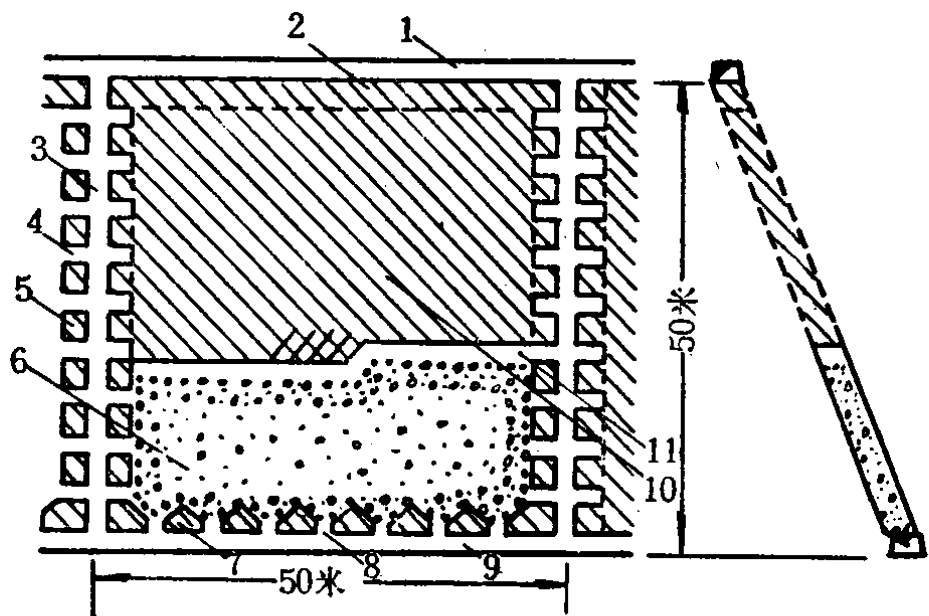


图 1—1 留顶底柱和间柱木漏斗底部结构留矿法

1—回风平巷；2—顶柱；3—天井；4—联络道；5—间柱；6—存留矿石；7—底柱；8—漏斗；9—运输平巷；10—未采矿石；11—回采空间

所谓采区，就是上下为平巷，左右为天井所圈定的开采单元。它包括矿房和矿柱两部分。上部回风平巷 1 以下的矿柱 2 叫做顶柱。下部运输平巷 9 以上的矿柱 7 叫做底柱。天井 3 两侧的矿柱 5 叫做房间矿柱或间柱。但是，并不是所有留矿法方案的采区都具有这三种矿柱。例如，大多数开采薄矿脉的留矿法方案是不留间柱的，有些甚至顶底柱也不留。

采区内的回采施工场所叫做采场或矿房。矿房不包括矿柱在内。矿石已采完并已放完的矿房叫做采空场或空场。连成一片的采空场，在矿柱采完以后或者矿柱不再回采时，叫做采空区或空区；也有一些矿山叫做空场。

采区开采的全过程分五个步骤。

1. 采准

包括掘进天井、平巷和联络道。

天井的主要作用是通风、行人和运输材料设备。

上部平巷的主要作用是回风，因此叫做回风平巷。但也有一些矿山和采矿技术文献叫做通风平巷。

下部平巷的主要作用是运输矿石、行人、通风、运输材料设备等，因此叫做运输平巷。

在薄和极薄矿脉中，天井和平巷一般沿矿脉掘进，将矿脉摆在坑道断面的中央，以便顺便探矿。在中厚以上的矿体中，一般沿下盘接触线在矿体内掘进。如果矿体的产状很稳定，或者可以采取其他勘探手段代替生产时期的坑道探矿，为了便于坑道维护和将来回采矿柱，运输平巷可以布置在矿体下盘接触线以外10~20米处的岩石中；天井则布置于间柱水平断面的中央。

天井中的联络道是在天井掘进的同时掘进的。在垂直线上一般每隔4~5米掘进一条。它的主要作用是使天井和矿房联通，以便人员、设备、材料、风水管和通风风流等从天井进入采场。

2. 切割

包括掘进漏斗和拉底。它的作用主要的有两方面：

- 1) 为出矿工作创造方便的通路；

2) 为回采作业创造必要的空间。

拉底高度一般为2~2.2米；在中厚以上的矿体中，宽度与矿房宽度相等。在薄和极薄矿脉中，为了放矿顺利，拉底宽度一般不应小于1.2米。

漏斗的间距，在薄和极薄矿脉中一般为4~5米。在中厚以上的矿体中，每个漏斗的负担面积一般为25~36米²，最大不应超过50米²。漏斗负担面积过大，回采时平场工作量和平场的困难程度显著增加，放矿效率显著降低。

3. 回采

回采就是把矿房范围内的矿石采掘出来。工艺过程包括：打眼、崩矿、通风、局部放矿、平场撬顶和破碎大块，有时还包括采场和天井支护等。顺序完成这些作业一次，叫做一个回采循环。

回采循环一个接着一个重复进行。当回采工作面推进到设计规定的顶柱边界时，停止回采，进行大量放矿。

1) 打眼。一般用01-43或01-45型上向凿岩机打上向炮眼，也有一些矿山采用YT-25或YG-30型凿岩机打与水平呈微倾斜的炮眼。上向炮眼的深度一般为1.3~1.8米，太深，会使大块率增加；在薄和极薄矿脉中还会使炮眼利用系数降低和影响采幅控制，使贫化率增大。水平炮眼的深度一般为2.0~3.5米。

2) 崩矿。一般采用铵油炸药或硝铵炸药爆破，用导火线点燃火雷管起爆。

在留矿法采场中，特别是在薄和极薄矿脉留矿法采场中，电雷管起爆使用不大广泛，因为用导火线可以一次点火顺序起爆多个火雷管，作业方便，安全，如果采用电雷管起爆，不但分段和联线复杂，而且每次爆破前都要检查杂散电流。

3) 通风。崩矿后，需要经过一段时间的通风，将炮烟排除，才能进入采场作业；进行回采作业时，也需要不断地进行通风，供给作业人员新鲜空气和排除作业中所产生的粉尘。

通风风流一般从运输平巷沿天井上升，穿过采场，再由回风天井上升到上部回风平巷排出。

4) 局部放矿。矿石崩落后，其体积因破碎而发生膨胀。如果每次崩矿后不立即放出一部分，则回采空间被堵塞而不能继续进行作业。破碎膨胀系数一般为1.5~1.6，也就是矿石崩落后的体积为原来体积的1.5~1.6倍。因此，每次崩矿后应立即放出崩下矿石的35~40%，这就叫做局部放矿。其余的矿石暂时贮存于采场中，一方面便于工人站立其上继续进行回采作业，另一方面也可以对围岩起一定的支护作用。这一点，是留矿法区别于其他采矿方法的主要特征。

5) 平场、撬顶和二次破碎。为了便于工人在留矿堆上进行凿岩爆破等作业，局部放矿后应将留矿堆的表面整平，这叫做平场。在平场的同时，应将顶板和两帮已松动而未落下的矿石或岩石撬落，以保证后续作业的安全，这叫做撬顶。崩矿和撬顶时落下的大块，应在平场时破碎，以免放矿时卡塞漏斗，这叫做二次破碎。二次破碎是用爆破方法和人工锤击方法配合进行。

4. 最终放矿

最终放矿也叫做大量放矿。就是在矿房的回采工作结束后，放出存留在采场中的全部矿石。

5. 矿柱回采和空场处理

在最终放矿后或最终放矿过程中把采区内的矿柱采掉，这叫做矿柱回采。把矿柱回采后所留下的空场进行充填，崩落或隔绝，以解除地压活动的危害，这叫做采空区处理或空场处理。矿柱回采与空场处理一般是同时进行的；也有些是先采矿柱、后处理空场。

一个中段的采空区处理完毕以后，中段报废，这个中段的采矿工作结束。

第二章 留矿采矿法主要方案

第一节 无间柱的留矿采矿法

这一类方案主要适用于开采矿石和围岩稳固、产状比较稳定的急倾斜薄矿脉和极薄矿脉。在江西、湖南、广东、广西等地的钨锡脉状矿床中，使用非常普遍。由于不留间柱，相邻采区之间只用顺路天井隔开，相对于解放初期普遍采用的那种留间柱的留矿法方案来说，天井掘进量小，又不需要掘进联络道，这就大大地降低了采准工作量，缩短了采区的采准时间，矿石回采率也有所提高。在我国实际应用的留矿采矿法中，这一类方案占有非常重要的地位。但是，根据已产生地压活动的矿山所出现的情况来看，如果回采顺序不够合理，当中段中出现地压活动时，不留间柱，特别是不留顶柱和底柱，显然是不利的。

中段高度，大多数矿山采用40~50米。在矿石和围岩很稳固，矿脉埋藏要素很稳定的条件下，也有采用50~60米的；如果围岩不太稳固，或者矿脉产状有突变现象，最好是采用30~35米。

留顶柱和底柱时，顶柱高为2~3米，底柱高为2.5~3.0米。

漏斗间距一般为3.0~5.0米。

采区长度根据天井的布置方式而定，较多矿山采用50~60米，也有一些矿山采用100~120米。在围岩不太稳固的条件下，也有采用25~30米的。

天井布置方式有两种：

- 1) 中央先进天井，两端各一个顺路天井。采区长度为80~100~120米。
- 2) 一端先进天井，一端顺路天井。采区长度为25~50~60米。

有些矿山，在矿脉产状很稳定的条件下，往往在一条矿脉中只掘一个先进天井，最先回采的一个采区，一端一个先进天井，另一端一个顺路天井，其他的采区利用相邻已采采区的顺路天井为先进天井，另外再布置一个顺路天井。

回采时，一般是每循环有1~2台凿岩机工作，打前倾 75° ~ 80° 的上向炮眼，眼深1.3~1.6米。先进天井在中央，则利用先进天井为崩矿自由面，否则，在采区中央拉槽作为崩矿自由面。

通风风流由运输平巷经顺路天井进入采场，贯穿采场后，由先进天井上升到上部回风平巷排出。

中央先进天井方案的优点是：1) 先进天井两翼的工作面中各有独立的通风、行人和风水管路线，从通风防尘和安全条件考虑，在一翼中凿岩，同时在另一翼中进行平场、撬松石等准备工作是允许的；2) 可以利用中央先进天井为崩矿自由面，不需要掏槽。缺点是：中央先进天井口顶板管理困难，崩矿时容易产生大块，并且常有支柱材料掉下而埋入矿石中，对放矿效率和安全有不利影响。

一端先进天井，一端顺路天井方案的优点是：在产状比较稳定的矿脉中，可以只在首先回采的采区中掘一个先进天井，后续采区可以利用前一采区的顺路天井为先进天井，因而可以减少天井掘进量。缺点是：在采场中，凿岩和准备工作只能顺序进行，否则污风串连，同时也不安全；此外，崩矿时，需要在采区中央掏槽。

根据是否留顶柱或底柱，主要方案有七个。

1. 不留间柱，留顶柱和底柱方案

这一方案适用于开采矿石和围岩比较稳固，产状稳定或不太稳定的急倾斜矿脉。特点是采区留顶柱和底柱，不留间柱。×××钨矿多年来一直采用这种方案。采区结构如图2—1和图2—2所示。

×××钨矿属高中温热液裂隙充填石英大脉型黑钨矿床，围岩主要为变质砂岩、砂质板岩和石英质砂岩互层，质地坚韧，硬度系数 $f=10\sim12$ 。含钨石英脉性硬而脆，倾角为 $75^{\circ}\sim90^{\circ}$ ，平

均厚度0.35米。围岩无矿化现象，与矿脉接触明显。矿石和围岩无胶结性和自燃性。由于成矿裂隙不够完整，加上成矿后受大地构造运动的影响，矿脉形态比较复杂。

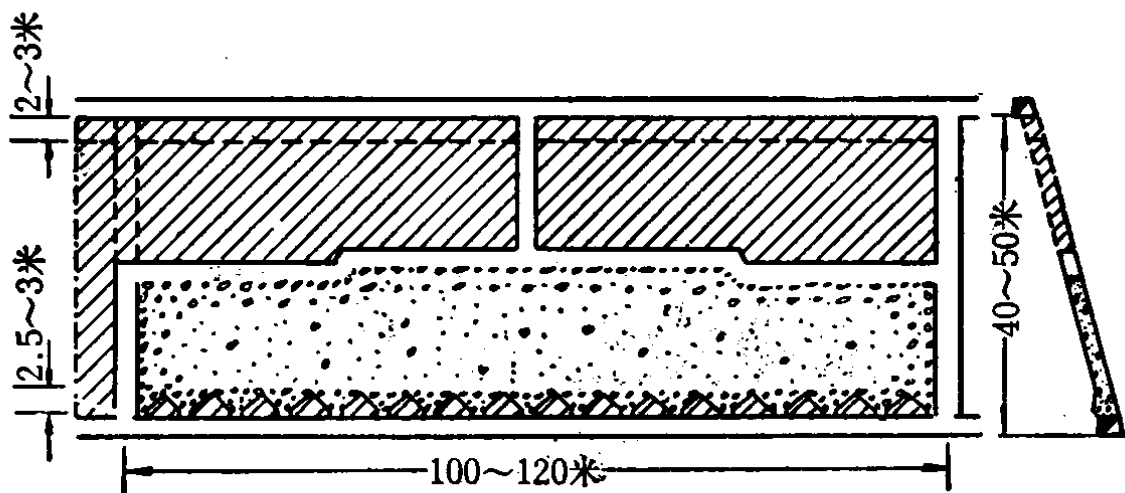


图 2—1 不留间柱，留顶柱和底柱，中央先进天井留矿法方案

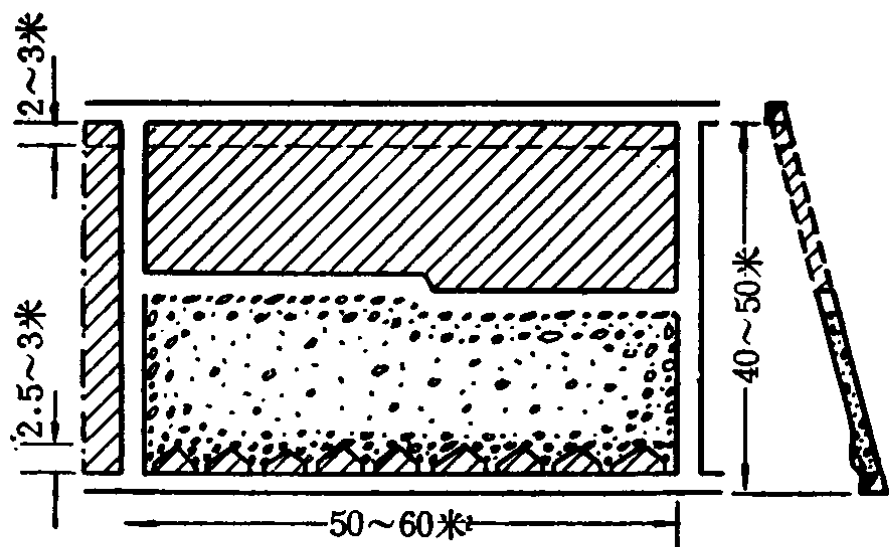


图 2—2 不留间柱，留顶柱和底柱，一端先进天井一端顺路天井留矿法方案

矿柱很少回收。矿房回采所取得的技术经济指标如下：

矿房矿石回采率	85~90%；
矿房回采贫化率	75~80%；
回采台班效率	47吨；
回采工班效率	8吨；
炸药消耗量	0.67公斤/吨；

坑木消耗量	0.003米 ³ /吨;
千吨采准掘进量	20.7米/千吨;
回采成本	4.62元/吨。

这一方案在江西、湖南等地的钨矿床中，使用日益广泛，与留顶、底柱和间柱的留矿法方案比较，优点是：

1) 使用顺路天井代替先进天井，大大减少了天井和联络道的掘进工作量，缩短了采矿准备工作时间，采矿成本也因此有所降低。

2) 不留间柱，矿房矿量所占比例较高。

3) 顺路天井能灵活跟踪矿脉的变化。

与不留顶、底柱和间柱的留矿法方案比较，虽然采区矿石回采率稍低，拉底工作较为复杂，但对地压管理和巷道维护比较有利。近年来，江西、湖南等地开采历史较久的矿山，有不少出现了较剧烈的地压活动，采空区需要处理。留有顶柱和底柱，既便于用充填法处理采空区，也便于巷道维护。根据经验，留顶柱和底柱的平巷，在地压剧烈活动之后，虽然有所破坏、收缩或变形，但有些依然可以进入或设法恢复。不留顶、底柱的平巷，在地压影响的范围内，一般均彻底毁坏，很少有可能恢复。

留顶柱和底柱，坑木消耗量大大减少，因此也可以减少井下火灾的可能性；此外，巷道维护费显著降低。

2. 留顶柱、不留底柱和间柱方案

这一方案常用来开采矿石和围岩稳固，厚度小于2.5米，倾角65°以上的高品位矿脉。特点是：采区只留2~3米高的顶柱，不留间柱，也不留底柱。切割工作自平巷顶板开始，向上挑顶2~3分层，出矿后架设假巷和漏斗，然后逐层向上回采。有些矿山，在假巷上铺设一层茅柴或碎矿石，以防止第一分层回采时崩坏假巷。顶柱一般不回收。

图2—3所示的是我国××锡矿实际应用的采区结构。

××锡矿为高中温裂隙充填交代脉状矿床，以充填为主，交代现象不显著，局部地段围岩矿化数厘米。矿脉为稳固的含锡石

英方解石脉， $f = 8 \sim 9$ ，厚度为几厘米到80厘米左右，倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$ 。围岩主要为具有斑状或条带状花纹、稳固性很好的灰岩， $f = 10 \sim 14$ ；也有一些矿脉，围岩为页岩，稳固性稍差。 $f = 5$ ，但页岩层面以较缓的倾角与矿脉斜交，因而仍可用留矿法顺利地进行回采，采幅宽度则比灰岩中的矿脉稍难控制。

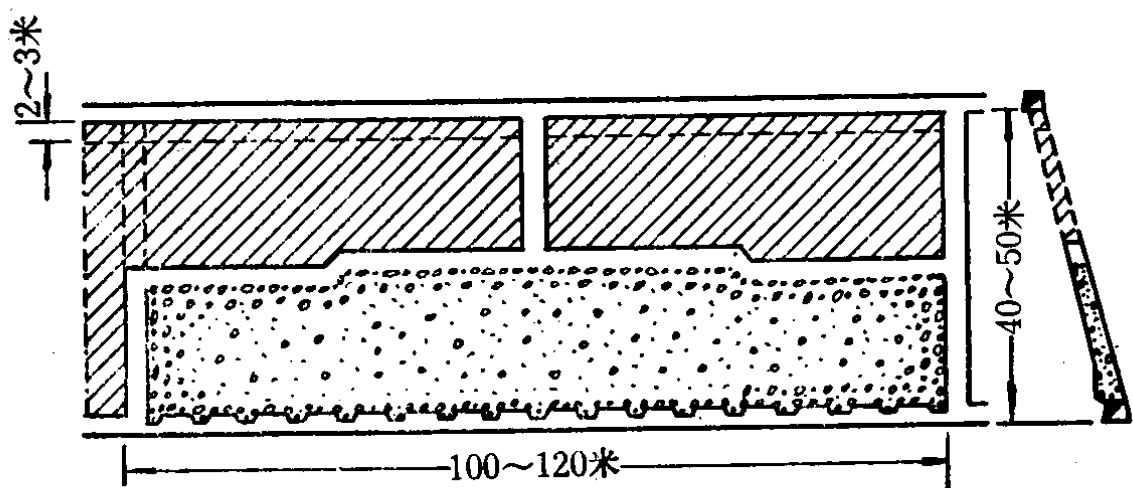


图 2—3 留顶柱、不留底柱和间柱留矿法方案

现用的中段高度为40米，在3~4中段，曾经采用过50米。由于有垂直高度不大的盲脉，50米高的中段往往不能控制，矿脉的上下部边界常位于中段中间，回采时需要开掘副中段平巷，不但采准工作量增大，而且增加了采准工作的困难性和复杂性。经验证明，采用40米高的中段，对盲脉控制较好，副中段的掘进量大大减少。因此，3~4中段以下改用40米。

采区长度为75~120米。先进天井布置在采区中央。

拉底工作自平巷顶板开始，向上挑顶两分层。拉底宽度为1.2米。

采用平底抬梁式坑木假底，每隔3米架设一个漏斗，结构如图2—4所示。包括装设漏斗口，每3米假巷的坑木消耗量为1米³。

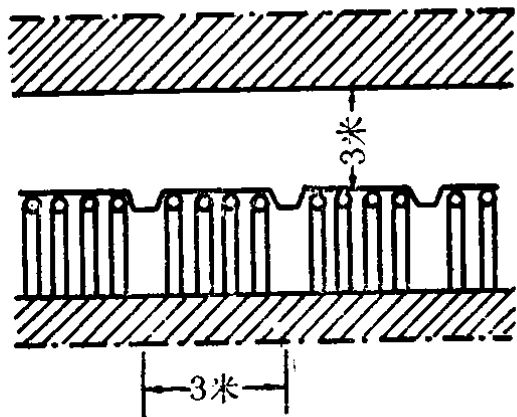


图 2—4 平底抬梁式假巷

采幅宽度一般为1~1.2米。采幅太小，放矿不顺利，容易在留矿堆中形成空硐而造成安全事故。该矿有几个采幅宽度在0.8米以下的采区，由于放矿不顺利，矿石严重结块，至今尚未放出。

由于采区长度很大，一般每循环用4~6台凿岩机打眼，三天上采两分层。为了避免风、水绳过长和混乱，先进天井和顺路天井中均安装了风水管。

崩矿时，一般采用火雷管起爆，用点火筒点火。近年来，试验了不掏槽，用即发雷管或同段微差雷管一次起爆，引爆雷管采用380伏交流电源。经验证明，这种起爆方法，比分段起爆的爆破效果还好，矿石破碎均匀，不合格的大块显著减少。

用即发雷管或同段微差雷管起爆时，除密切注意预防杂散电流外，还应注意电爆网路的合理性。开始试验时，曾采用图2—5所示的阶梯形并联网路。这种网路的缺点是：并联的雷管数太多，往往因电压降过大而使最后几个雷管拒爆。地表模拟试验证明：并联的雷管数达到20~25个时，最后一个雷管比最先一个雷管的桥线滞后10~20毫秒才烧红，这就是说，最先几串雷管爆破后，已将电源线路切断，有可能使最后几个雷管因桥线尚未烧红而拒爆。因此，后来改用了图2—6所示的并并联网路和图2—7所示的串并联网路，在实际工作中，未发生拒爆现象。

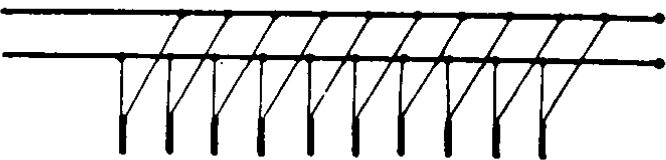


图 2—5 阶梯形并联电爆网路

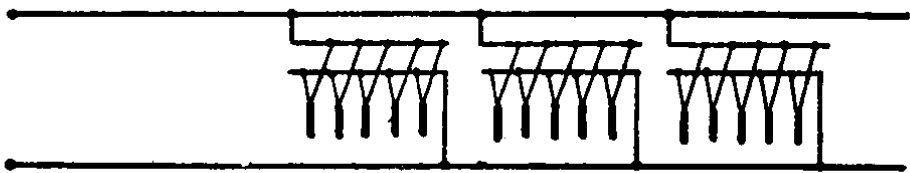


图 2—6 并并联电爆网路

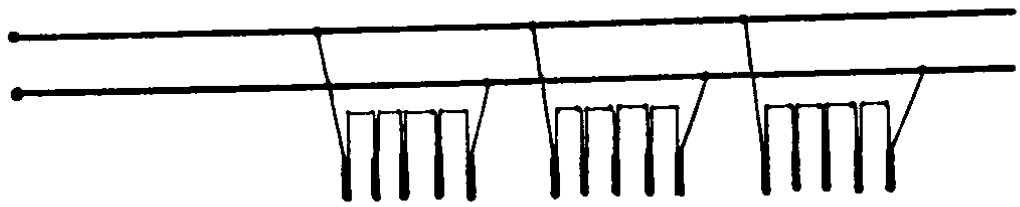


图 2—7 串并联电爆网路

矿石的爆破性很好，但容易结块。结块后的矿石，性质与强度近似硬粘土。结块的原因，主要是由于打眼时喷出的矿浆水中含有粘结性很强的方解石泥质，一旦与矿石混合，经过一定时间，便可使矿石粘结成块。

预防矿石结块的办法有以下四点：

1) 平场后，在贮存矿石的表面撒一层厚约 10 厘米的锯木屑，使凿岩机中喷出的矿浆水在锯木屑中过滤。经验证明，这种办法效果很好。

2) 如果不撒锯木屑，应在凿岩后即用地钎将凿岩地段的贮存矿石的表层松动，并在其下部每个漏斗中放矿 1~2 车，使贮存的矿石松动后再放炮。

3) 保持采幅宽度不小于 1.0 米。

4) 使漏斗间距不超过 3 米，以免放矿时在漏斗之间形成不动的矿石死带。

由于矿石有结块性，最终放矿时，常在采区中残留部分矿石不易放出。常用的处理方法有两种，即：

1) 用顶端装有滑轮的竹杆送上炸药爆破。炸药通过滑轮的麻绳向上拉。竹杆 2~3 根套接，上送高度可达 8~10 米。

2) 用简易水枪冲刷。这一方法效果很好，不但可以处理残积矿石，而且可以清洗粘附在两帮岩石上的粉矿。

简易水枪为一锥形钢管，长 400~500 毫米，尖端出口孔径约 5~10 毫米，大端外径与 2 吋胶皮管配合，内腔刻有来复线。很轻巧，便于一人手持使用。当水压为 8~15 公斤/厘米² 时，有效喷射距离可达 16~17 米。加压水泵设于下部平巷中。围岩很稳固，