

# 第三篇

## 现代矿山空场采矿技术

# 第一章 现代矿山全面采矿技术

全面采矿法回采单元的划分比较灵活。对水平和微倾斜矿体(倾角小于 $30^\circ$ ),将井田划分为盘区后,可按盘区全宽作工作面沿其长轴方向全面推进。此时盘区的宽度,可按所采用的设备来定:用自行设备运搬,取 $200 \sim 300\text{m}$ ;用电耙设备运搬,取 $80 \sim 150\text{m}$ 。盘区间保留 $10 \sim 15$ 至 $30 \sim 40\text{m}$ 的矿柱。缓倾斜矿体的井田划为阶段后再划分规则矿块,有时甚至再将矿块沿倾向划作分段,或沿走向划分小区间。

现以划分规则矿块,使用浅孔落矿、电耙运搬的普通全面法作为典型方案进行介绍。

## 第一节 普通全面法方案

此方案目前我国一些呈层状、似层状、扁平透镜状体态的铜矿、锡金矿、磷矿等矿山应用较为普遍。

### 一、结构和参数

缓倾斜矿体按 $15 \sim 30\text{m}$ 垂高划分阶段,阶段斜长保持 $40 \sim 60\text{m}$ ,阶段之间保留 $2 \sim 3\text{m}$ 厚的顶柱和底柱,其结构如图3-1-1所示。

沿走向每隔 $50 \sim 60\text{m}$ 划分矿块,留矿块间柱。采场承受面积一般可达 $1000 \sim 2000\text{m}^2$ ;当承受面积超时应留不规则矿柱。

如果矿体底板起伏较大,或由于矿体内品位不匀,不宜按承受面积划分矿块,则可再在矿块内划分区间。区间可沿矿块长度上划分,也可沿矿块长度和倾斜方向同时划分,

在区间周围留设矿柱。

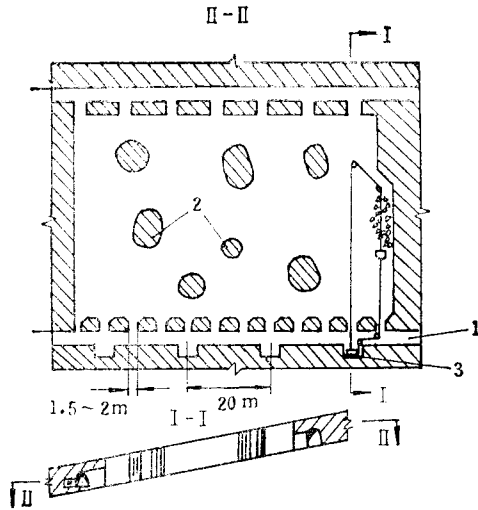


图 3-1-1 全面采矿法  
1—运输巷道 2—支撑矿柱 3—电耙绞车

## 二、采切工作

全面采矿法的采准切割工作 ,可分脉外与脉内两种形式。阶段回采作业点多 ,取用脉外布置 ,作业点少或利用原有探巷 ,或则布置在脉内。采准和切割工作的内容包括 :掘进阶段运输平巷、切割上山、切割平巷 ,矿石溜子、电耙绞车硐室及行人联络道等。

阶段运输巷道布在脉外时 ,要加开放矿溜井 ,与切割平巷连通。放矿溜井的间距 ,用移动式电耙出矿取 10 ~ 12m ;用固定式电耙绞车 ,取 50 ~ 60m。阶段运输巷道布在脉内时 ,沿底柱每隔 5 ~ 10m 布置一个矿石溜子 ,溜子上部刷大成切割平巷 ,作为回采的自由面。对应溜井或矿石溜子在运巷的另一侧开掘电耙绞车硐室。

切割上山开在矿块的边界 ,从切割平巷掘至上部回风平巷 ,以此作为上下阶段的联络道及回采起始工作面。间或也可利用探矿天井作切割天井 ,开在矿块中央。在间柱内自下向上每隔 10 ~ 15m 开掘行人联络道 ,随工作面推进 ,顶柱内隔一定距离也开联络道 ,以提供回采时的通风和人员安全出口。

当用前进式回采顺序时 ,阶段运输巷道的采准工作应超前于回采工作面 50 ~ 60m。

## 三、回采工作

矿块的回采顺序可采用前进式或后退式。阶段之间 ,从限制地压的发展出发 ,宜将上下阶段的采场作错开布置。矿块内以切割上山作分界可以向一侧或两侧展开。每一

侧工作面可以布成直线长工作面,或沿阶段斜长布成 2~3 个梯段工作面,布成梯段工作面时,下部梯段应超前于上部梯段 3~5m,这样各梯段工作面平行作业时,工作可互不干扰。

根据矿体顶板的稳固程度以及矿石的节理方向,工作面推进方向可以由沿走向改成逆倾斜或顺倾斜,后者常成扇形工作面推移。

全面采矿法一般作单层回采,采 3m 以下厚的矿体:当厚度超小时,宜改作正台阶分层回采,分层高度取 2~3m,上分层比下分层超前 3~4.5m,以利于必要时进行锚杆护顶(图 3-1-2)。

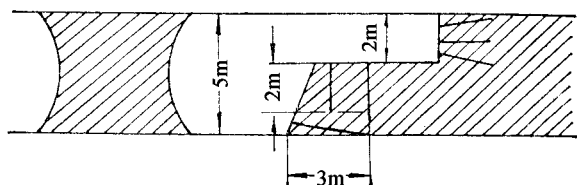


图 3-1-2 下向台阶工作面回采

落矿采用浅孔凿岩爆破,孔深 1.2~2m。要注意防止炮孔穿破顶底板,以保证回采工作面的安全和减少矿石贫化。

矿石运搬方式由矿体的厚度与倾角大小来决定。当矿体厚度较小,倾角较大时,一般用一段电耙运搬。电耙绞车安在阶段运输平巷的一侧,也可安在切割平巷或间柱的联络道内。当矿体的厚度较大,倾角很小时,可改用无轨自行设备运搬,甚至采用装矿机和自卸汽车配套运行。

采场的顶板管理,视顶板围岩的稳固情况而定。可在采场内留设形状不规则的夹石柱或贫矿柱,必要时也可留设矿柱。留柱的位置既要保持单独的支撑面积,又要尽量让电耙运行不受阻拦。矿柱的尺寸取决于顶底板的岩石性质、矿石性质、矿体厚度及赋存深度等因素。一般圆形矿柱的直径为 3~5m,间距取 8~20m。除上述方法外,还可以采用以下的人工措施:

1. 砌筑混凝土垛或废石垛,混凝土垛由预制混凝土块砌成,回采时根据需要砌成方形或圆形,回采结束后争取回收一部分。废石垛选采下的废石围砌,成本低,但费工。
2. 使用锚杆。可用 1.8~2.5m 长的楔缝式锚杆或砂浆锚杆,网度保持  $0.8 \times 0.8 \sim 1.5 \times 1.5 \text{m}^2$ 。安装锚杆的工作量比砌筑混凝土垛或废石垛的工作量少,且有利于采场的矿石运搬。

为加强顶板管理,在回采过程中必须切实做好顶板的安全检查工作,并确定专人经常检查处理顶板及两帮的松石,发现顶板有漏水等异常现象,应先打探眼,探明情况采取

措施后 ,方可继续作业。

全面法空场面积较大 ,为使新鲜风流比较集中的进入工作面 ,离工作面较远的联络道 ,应及时加以封闭。

第二节 留矿全面法方案

一些矿山 根据普通全面法存在的空间幅面大、顶板有松石冒落危险、工作面落矿与运搬干扰、以及矿石爆堆分散难以清理等特点 ,研究使用了留矿全面法。这种方法实质上是全面法与留矿法的结合型式 ,如图 3-1-3。

矿块纵向作逆倾向布置 ,其长度即阶段斜长取 30~60m( 阶段高度 20~30m )。工作面平行向上推进 ,采下矿石部分原地留矿 ,多余部分由安在矿房下部端界处的电耙运走 (电耙超出有效运距后 ,电耙绞车相应上移 ) ,随着工作面向上推移 ,留不规则矿柱支撑顶板 ,等矿房全部采完后电耙即可大量出矿。

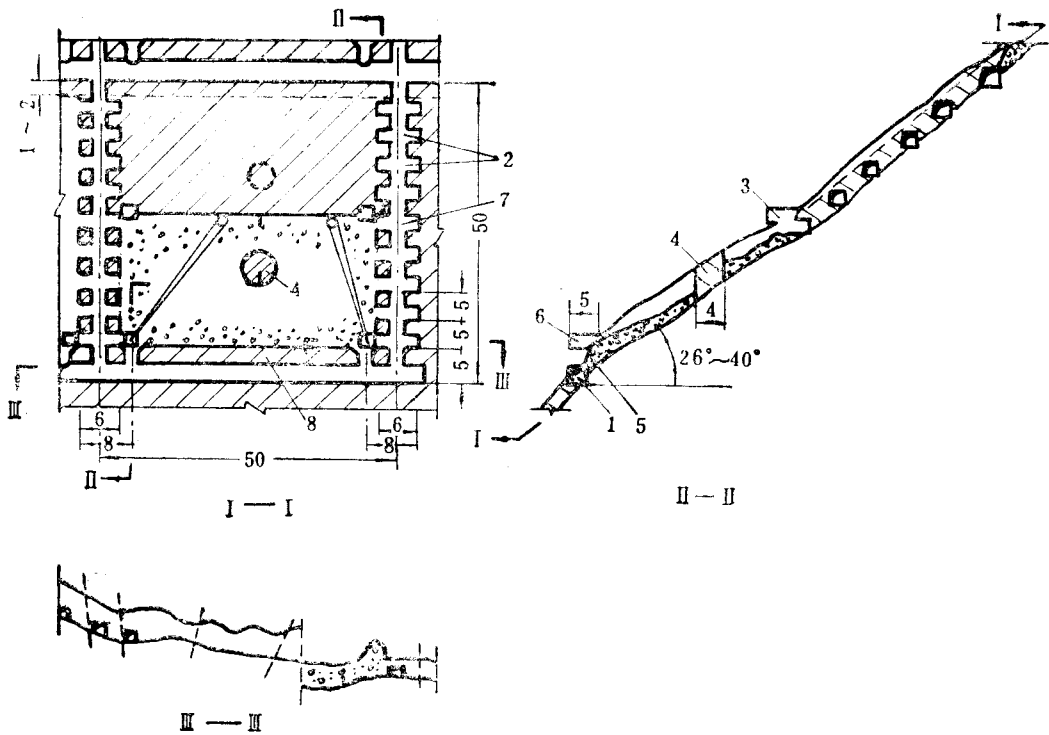


图 3-1-3 新冶铜矿留矿全面法

1—运输平巷 2—联络巷 3—电耙绞车硐室 4—矿柱 5—矿石溜子 6—电耙绞车 7—天井 8—底柱

### 第三节 评 价

全面采矿法是一种结构简单、工作面宽敞、采场支护灵活的空场采矿法,在地下采矿方法中目前产量比重约占 2.5%。

#### 一、优点

1. 回采工艺简单,适应性强,随工作条件变化,可相应改变矿块结构参数;
2. 采准和切割工作量小;
3. 在严格通风管理的条件下通风良好;
4. 生产率较高,采矿成本较低;
5. 废石可以选别利用,贫化不大。

#### 二、缺点

1. 需留矿石矿柱且又不回采时,矿石损失较大(最大可达 10~15%以上);
2. 采场顶板暴露面较大,要求严格进行管理,否则不利安全;
3. 采场工作面大、爆堆难以集中,影响电耙的耙运效率。

从发展意义上考虑,全面采矿法有赖于改用无轨采装运设备,并应对留矿全面法电耙出矿的底部结构进行简化,采贵重、高价矿石时,则应寻求用机械化施工的人工支撑法来取代留矿石矿柱。

### 第四节 适用条件与主要技术经济指标

#### 一、适用条件

1. 顶板围岩必须稳固,最小允许暴露面积应在  $200 \sim 500\text{m}^2$  以上,矿石和底板围岩也要求在中稳以上;
2. 矿体为水平或缓倾斜,倾角一般  $\leq 30^\circ$ ;

3. 矿体厚度在 5 ~ 7m 以下 ,最好是开采 1.5 ~ 3m 厚的矿体 ;
4. 矿体产状要求比较稳定 ;
5. 允许采矿石品位分布不匀或带有废石夹层的矿体。

二、主要技术经济指标

我国部分使用全面采矿法的矿山所达到的主要技术经济指标 ,如表 3 - 1 - 1 所示。

表 3 - 1 - 1  全面采矿法主要技术经济指标

指标项目		普通全面法			留矿全面法		
		矿山名称					
		松树脚矿	车江铜矿	巴里锡矿	新冶铜矿	彭县铜矿	香花岭锡矿
矿块生产能力( t/d )		50 ~ 90	60 ~ 80	50 ~ 80		30 ~ 40	80
采掘比( m/kt )		6 ~ 18	13	30	21.4	23.9	17
损失率( % )		14 ~ 20	4 ~ 6	8 ~ 13	6 ~ 9	19.23	11 ~ 24
贫化率( % )		8 ~ 17	18 ~ 20	< 15	19.28	7.29	14 ~ 30
掌子面工班效率( t )		3.5 ~ 7.0	9 ~ 10	10 ~ 13	10.52		12.0
每 t 矿 石 材 料 消 耗	炸药( kg )	0.47	0.29 ~ 0.54	0.51 ~ 0.63	0.37	0.51	0.4 ~ 0.6
	雷管( 个 )	0.32 ~ 0.67	0.59 ~ 0.83	0.41 ~ 0.56	0.50	0.83	0.5 ~ 0.7
	导火线( m )	0.3 ~ 0.69	0.90 ~ 1.62	0.92 ~ 1.07	1.4		0.9 ~ 1.2
	钎子钢( kg )	0.017 ~ 0.032	0.09	0.06 ~ 0.08	0.04		0.02 ~ 0.027
	合金片( g )	0.014 ~ 0.024	0.62 ~ 1.53	0.07 ~ 0.09	1.58	2.30	0.9 ~ 1.1
	( 个 )			( 个 )			
坑木( m <sup>3</sup> )		0.0011 ~ 0.0057	0.00049 ~ 0.00059	0.0029 ~ 0.0074	0.00027	0.00079	0.00016

## 第二章 现代矿山房柱采矿技术

房柱采矿法也是用来开采水平和缓倾斜矿体,但它的适用范围比全面采矿法广泛。房柱采矿法在划分回采单元的基础上,将矿房与矿柱作规则交替布置。第一步先采矿房,留下规则的连续条带矿柱或不连续矿柱维护采空区顶板。这些矿柱一般不予回收,仅当矿石贵重或品位较高,为提高回采单元的综合技术经济指标,才可考虑在后阶段进行部分或全部回收。回收矿柱一定要结合采空区处理一起进行。

房柱采矿法的可采厚度可以达到厚与极厚。由于矿房敞空、空间范围大,为采用大型设备作业提供了条件。它是一种劳动生产率比较高的采矿方法,在国内外金属和化工矿山都占有相当大的比重。

根据目前我国多数金属矿山的生产条件,采缓倾斜矿体的运搬方式主要仍用电耙。所以依据落矿方式及运搬方法,房柱采矿法可以分为浅孔落矿和中深孔落矿两种方案。当矿体厚大,有条件采用大型设备作业时,也可采用无轨刀采方案。无轨开采方案在国外应用很广,反映了房柱法今后的发展方向。

### 第一节 浅孔落矿房柱法方案

此方案目前我国一些似层状或透镜状的锑矿、汞矿、铁矿、磷矿等矿山应用较多(图3-2-1)。

#### 一、采区布置与结构参数

缓倾斜矿体的井田划分阶段后,再在阶段内沿走向划分采区。采区是独立的回采单



元,具有单独的运输和通风系统。采区范围较大,采区内又沿走向划分成5~7个矿块(多时可达8~10个,少时也有3~4个),以矿块作回采工作面。每个矿块都具有单独的矿房和相应的矿柱。在采区之间留设连续条带矿柱。水平或微倾斜矿体的井田划分盘区后,再由盘区划分采区,此时盘区宽度可取15~20至150m(法国洛林矿区)。

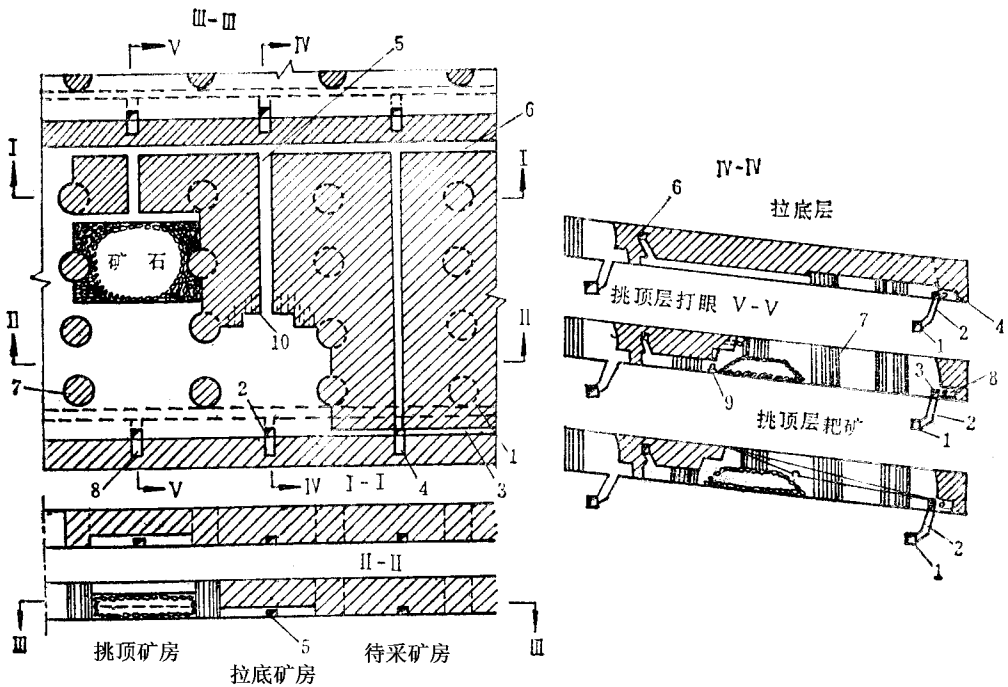


图 3-2-1 浅孔房柱采矿法

1—运输巷道 2—放矿溜井 3—切割平巷 4—电耙硐室 5—上山;  
6—联络平巷 7—矿柱 8—电耙绞车 9—凿岩机 10—炮孔

矿块内矿房的长轴有可能依据运搬方式和矿体的倾角布成沿矿体走向、沿倾斜或沿伪倾斜方向。我国大多数金属矿山的矿房长轴都沿倾斜布置。矿房长度也即为阶段斜长。

根据上述布置,本方案应确定的主要结构参数为:阶段高度(或阶段斜长),采区长度、矿房宽度、矿柱宽度、阶段间矿柱厚度以及采区间条带矿柱宽度。

阶段斜长依电耙有效耙运距离,取40~60m,矿体倾角大时取大值,采区长度依据采区间条带矿柱(隔离矿柱)的安全跨度及采区的生产能力,取80~150m,每个采区内应考虑有不少于2~4个回采矿房和2个以上正在采准与切割的矿房。

矿房宽度主要取决于顶板围岩的允许暴露跨度,并与矿体的厚度、倾角以及回采设备所需的工作空间大小有关,一般取8~20m。当留下的矿柱以后不回采时,应尽可能按

顶板围岩允许暴露的最大跨度来考虑。

矿房间规则矿柱的直径或宽度,取决于矿柱本身的强度及作用在矿柱上的载荷大小,并与其以后是否回采有关。目前多数矿山仍沿用经验法来设计,即参考类似矿山的经验值,通过生产验证,确定出符合实际条件的最优值。一般矿柱宽度取 $3\sim 7\text{m}$ ,间距取 $5\sim 8\text{m}$ 。薄矿体顶板稳固性好时,矿柱的边长或直径取 $3\sim 5\text{m}$ ,间距取 $10\sim 20\text{m}$ 。

阶段间矿柱厚度常取 $3\text{m}$ 。采区间连续条带矿柱宽度一般取 $4\sim 6\text{m}$ ,薄矿体时取 $3\sim 4\text{m}$ ,并随开采深度加大取大值。

## 二、采切工作

房柱采矿法采区采出矿量大,阶段运输巷道常布在下盘脉外。脉外布置采准,对于保持运输巷道平直、提高运输能力、加强采区的通风管理以及简化后阶段矿柱回采都是十分有利的。

本方案的采准和切割工作有:在下盘脉外掘进阶段运输平巷1,由其一侧向每个矿房的中心线位置掘进放矿溜井2,对应放矿溜井在矿房下部阶段矿柱内开掘电耙绞车硐室4,沿矿房中心线并紧贴底板掘进上山5,作为行人、通风及运搬设备材料的通道,回采时就此作为自由面,上山末端用联络平巷6联通,此联络平巷又作为回风平巷使用,当矿体厚度较大时开向靠近顶板,与上山之间采用短天井连接,在矿房下部边界处掘进切割平巷3,作为矿房下部起采自由面及相邻矿房间的通道。

## 三、回采工作

矿房的回采方式,随矿体的厚度不同而不同。矿体厚度小于 $2.5\sim 3\text{m}$ 时,整层回采,一次采完全厚,厚度大于 $2.5\sim 3\text{m}$ 时,以 $2.5\text{m}$ 高为一分层,分层回采。最下一层为拉底层,以上逐个分层挑顶。用浅孔挑顶的房柱法回采最大厚度不宜超过 $10\text{m}$ ,且要求顶板围岩很稳固。否则,采空区高度过大,顶板不易检查,松石也不便处理。

拉底从切割平巷与上山交口处开始,自下而上逆倾斜推进。拉底层高度取 $2.5\sim 3\text{m}$ 。拉底工作面布成直线形或阶梯形,孔深 $2.4\sim 3\text{m}$ 。随拉底工作面向上推进,按规定尺寸和间距切出矿房两侧的规则矿柱。整个矿房底面应一次拉完。

挑顶是在拉底工作全部完成后开始,其顺序也是从下向上。矿体厚度在 $5\text{m}$ 以内,采用YSP-45型凿岩机向上一次挑完,孔深 $2\text{m}$ 左右,做到不损顶板;当矿体厚度为 $5\sim 10\text{m}$ 时,改用向上梯段工作面分层挑顶,每分层高 $2.5\text{m}$ ,工人须站在留矿堆上作业。留矿堆前端作为凿岩工作台,后端配合用电耙出矿。

为使挑顶工作接近顶板时,不破坏顶板的完整性,又不丢损矿石,对靠近顶板的炮

孔,应尽量取与顶板平行,并切实做好爆后的松石清理。

爆破之后,一般需进行半个小时左右的通风。新鲜风流由运输平巷,经超前掘进尚未存矿的放矿溜井进入切割平巷,冲洗工作面后,污风从回风平巷返回至回风井。

崩下的矿石选用 14 或 30kW 的双卷筒或三卷筒电耙绞车,将矿石耙至放矿溜井,取用的耙斗容积为  $0.2 \sim 0.4\text{m}^3$ 。三卷筒绞车可以在不移头轮的情况下,在较大范围内耙运(图 3-2-2)。

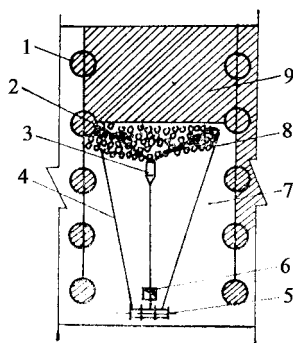


图 3-2-2 三卷筒电耙绞车耙运矿石

1—矿柱 2—滑轮 3—耙斗 4—钢丝绳 5—电耙绞车;

6—放矿溜井 7—已采矿房 8—采下矿石 9—待采矿石

矿房的顶板,在正确取定矿房跨度的情况下,只检查处理松石,不支护,跨度大,可适当使顶板形状保持拱形,以减少与矿柱转角处的应力集中,局部不稳固处可留矿柱护顶层,当顶板整体不稳固时,原则上是不宜采用房柱采矿法,但在特殊条件下可以使用锚杆或锚杆加金属网支护。

#### 四、实例

图 3-2-3 为我国锡矿山锑矿在开采顶板不够稳固矿体时应用浅孔房柱法的实例。锡矿山锑矿是我国多年应用房柱法开采的老矿山。该矿的开采技术条件是:矿体呈似层状,厚度一般为  $2 \sim 3\text{m}$ ,部分地段达  $4 \sim 5\text{m}$ ,倾角  $10^\circ \sim 20^\circ$ ,最大达  $38^\circ$ ;矿石稳固,坚固性系数  $f = 8 \sim 10$ ,直接顶板为一层  $1.5 \sim 2\text{m}$  厚的页岩,节理发育,不够稳固,坚固性系数  $f$  为  $3 \sim 5$ ,底板为灰岩,稳固,坚固性系数  $10 \sim 18$ 。

该矿在以往生产时,曾采用过在直接顶板下留  $1\text{m}$  厚的矿石作护顶层,以保护矿房回采时的安全。但因接近顶板处矿石品位高,留护顶层后使矿石的回收率明显下降。遂后采取了以下的技术措施:

1. 减少矿房跨度,增加矿柱的密度或尺寸;

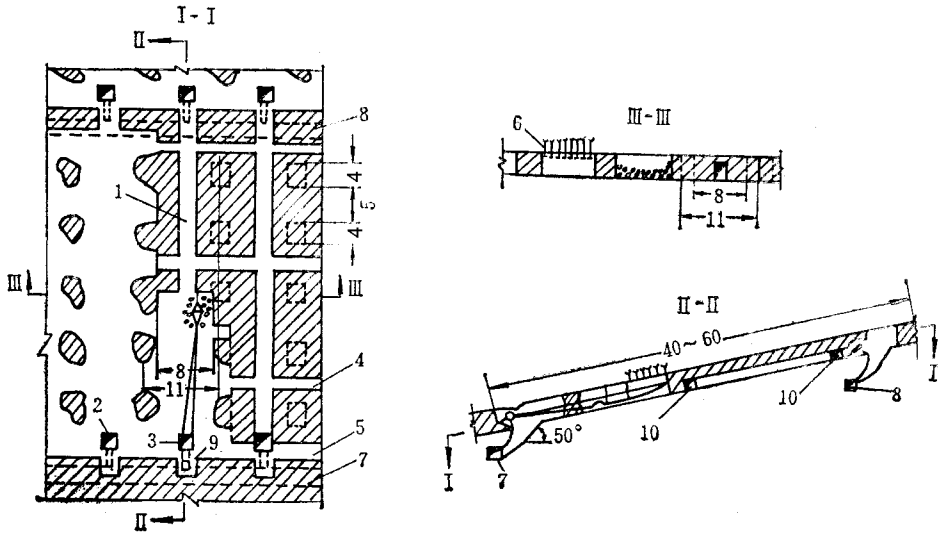


图 3-2-3 锚杆护顶的浅孔房柱法

1—切割上山 2、3—放矿溜井 4—联络平巷 5—切割平巷；

6—锚杆 7—主要运输平巷 8—回风平巷 9—电耙绞车硐室 10—联络巷道

2. 使用锚杆护顶；
3. 提高回采强度，缩短顶板的暴露时间。

采用以上措施后，该矿将矿房跨度缩减至 8m 左右，矿柱尺寸取  $3 \times 4\text{m}^2$ ，间距 5m，个别地段顶板很差时，改单个矿柱为连续长条矿柱。并在矿房顶板锚固金属楔缝式锚杆。锚杆长度 2.3m，直径 25mm，排距 1m，间距 0.8m。锚杆穿过页岩层直接锚入到老顶岩层内。

根据该矿实际测试，这种锚杆在位移量为 40mm 时，可承受拉力 13t，而锚杆实际承受载荷仅为 8.4~11.9t，锚杆的强度是足够的。锚装时要锚杆受到大约 2.5~3t 的预拉力。顶板岩石中节理和断层较为发育地段，要加长和加密锚杆，必要时在锚杆外端再衬托槽钢或金属网。

该矿使用锚杆加固经改进结果，页岩顶板的允许暴露面，可由不稳固时的  $20\text{m}^2$  增大到  $400 \sim 500\text{m}^2$ ，保证了作业安全，提高了矿石回收率。

矿块的采准、切割布置，回采方式及回采工艺如同典型方案。

## 第二节 中深孔落矿房柱法方案

随着中深孔落矿技术和锚杆护顶技术的发展运用,房柱采矿法的适用范围进一步扩大。目前,国内外已对中深孔房柱法的使用,作了较大的改进。根据国内矿山的应用,基本方案是崩矿人员不进入采场的电耙出矿房柱法。它有切顶中深孔和不切顶中深孔两种。图 3-2-4 所示为荆襄磷矿王集矿使用的不切顶中深孔房柱采矿法。

该矿开采 8~10m 厚的矿体,倾角  $35^{\circ} \sim 39^{\circ}$ ,取阶段高度为 30m,阶段间留 6~10m 厚的矿柱。阶段内每隔 100m 划分采区,采区内分成 5 个规则矿房和成列房间矿柱。矿房的长轴和矿体倾向一致。矿房跨度为 15m,矿柱宽度为 5m。每个矿房内,沿矿房两侧靠底板(常切入底板 0.8~1.1m)同时布置两条上山,利用上山进行上下联络并向矿房钻凿上向扇形中深孔。工作面系逆倾斜推进,随工作面的推进,将成列的房间矿柱分割成  $5 \times 8\text{m}^2$  的单个小矿柱,作永久损失。

回采爆落的矿石,用电耙耙向矿房下部的矿石溜井。为保证作业安全,崩矿人员限在上山范围内作业。

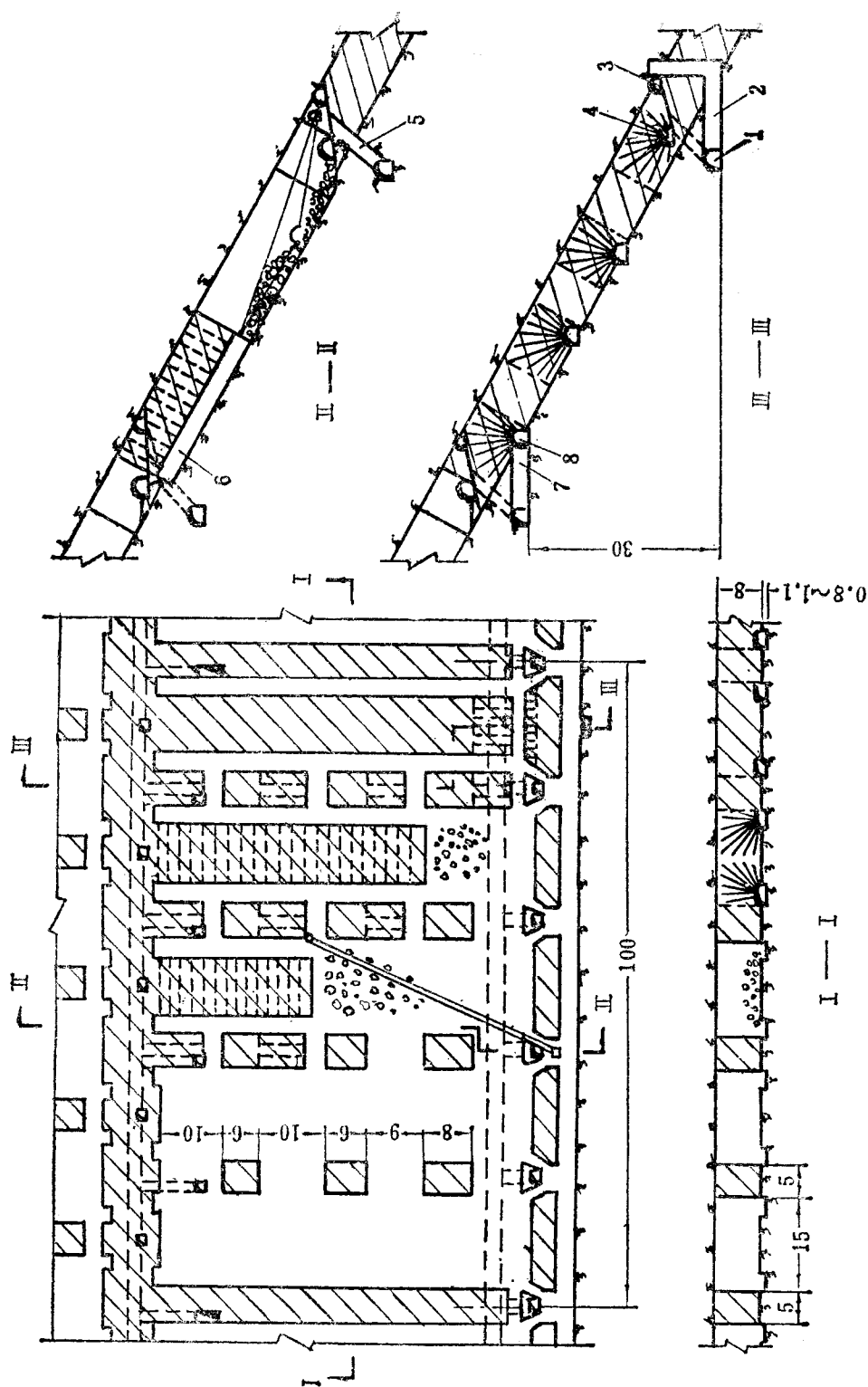


图 3-2-4 荆襄磷矿王集矿不切顶中深孔房柱采矿法

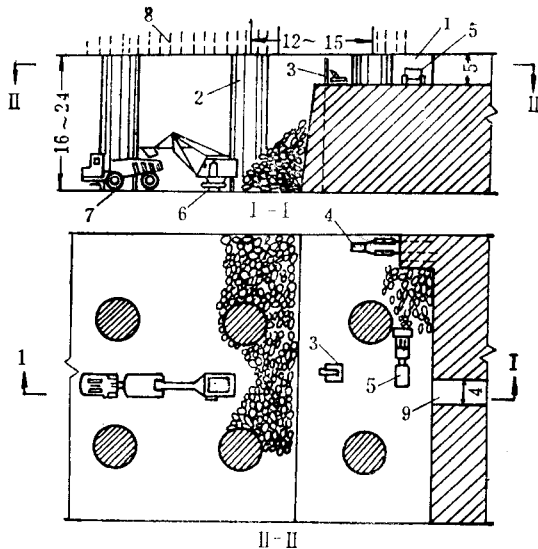
1-运输平巷; 2-联络巷; 3-联络平巷; 4-切割平巷;

5-放矿小井; 6-凿岩上山; 7-人行平巷; 8-凿岩平巷

第三节 无轨开采方案简介

目前,国外金属矿山,特别是法国洛林铁矿区等已广泛使用无轨开采的房柱采矿法,开采厚度可达 16~24m,效率很高。

矿体倾角近于水平,矿石与顶底板围岩均稳固(图 3-2-5)。



车从切顶层往下钻凿平行深孔。爆破后矿石用  $1\text{m}^3$  的短臂电铲铲入自卸卡车运走。采场尚配有安装在卡车上的液压升降台,供检查顶板及处理松石用。

采用这种方案,矿房的矿石回收率可以达到  $82 \sim 84\%$ 。

## 第四节 评 价

房柱采矿法是开采水平和缓倾斜矿体最有成效的采矿方法之一。由于它的适用范围广泛,不仅在我国相应条件的矿山获得广泛应用,在采矿发达的资本主义国家,像美国、加拿大、西德、法国等也都采用得很广,法国地下开采几乎以房柱法领先。

### 一、优点

1. 采切工作量小,如锡矿山锑矿的采切比仅为  $50 \sim 150\text{m}/\text{万 t}$ ;
2. 回采工序与工作组织简单;
3. 适于采用大型无轨设备,可实现机械化开采;
4. 矿房生产能力和劳动生产率都比较高,采用无轨自行设备作业,采矿工效可达  $30 \sim 50\text{t}/\text{工班}$ ;
5. 工作面通风良好,作业较为安全;
6. 坑木消耗少,采矿直接成本也比较低。

### 二、缺点

矿柱所占的矿量比重较大。(单个矿柱占  $15 \sim 20\%$ ,连续矿柱占  $40\%$ ),且一般不予回收,矿石损失率高。

### 三、发展方向

1. 尽量减少矿柱的矿量损失。包括(1)加强顶板维护,适当增大矿房尺寸,相对减少矿柱的矿量比重;(2)将连续矿柱改为间断矿柱,或在回采矿房时酌量回收部分矿柱;(3)采用人工混凝土柱代替自然矿柱;(4)提高开采强度,缩短顶板暴露时间,做到少留贮柱等。

2. 改进矿柱和锚杆的使用。矿柱除了尺寸需要合理选用外,如何保全其完整性至关重要。国外一些矿山注意对矿柱边缘采用边界爆破技术,对留下的矿柱采用钢丝绳或保



护网缠绕 ,用锚杆加固或喷射混凝土 ,对于提高矿柱自身的强度有一定的作用。锚杆采用整体锚固的水泥砂浆胶结锚杆和树脂胶结锚杆 ,比金属楔缝式锚杆 ,锚固力要大。

3. 采用高效率的采装运设备及与之相适应的工作面形式和作业方式。这是扩大房柱采矿法的适用范围和提高矿房生产能力及回采强度的基础。在我国现实条件下 ,宜大力发展多种型式的中深孔房柱采矿法。

第五节 适用条件与主要技术经济指标

一、适用条件

- 1. 顶板围岩和矿石必须稳固 ;
- 2. 矿体倾角一般小于 30° ~ 35° ;
- 3. 当采用浅孔落矿时 ,厚度一般不大于 8 ~ 10m ;用深孔或无轨自行设备开采 ,可采 10m 以上的厚矿体 ,厚度越大 ,对顶板围岩的稳固性要求越高 ;
- 4. 采低价矿石或贫矿石 ,改变矿柱结构以后也可用来采高价矿石。

二、主要技术经济指标

我国部分金属矿山使用房柱采矿法所达到的主要技术经济指标 ,如表 3 - 2 - 1 所示。

表 3 - 2 - 1 房柱采矿法主要技术经济指标

指标项目	浅孔房柱法				中深孔房柱法	
	矿山名称					
	锡矿山锑矿	福山铜矿	泗顶铅锌矿	湘西金矿	王集磷矿	牟定铜矿
矿块生产能力( t/d )	60 ~ 100	90 ~ 120	136	70		
采切比( m/kt )	5 ~ 15	33	6.5	13.5		
损失率( % )	20 ~ 30	13	11.5	13.8 ~ 17.4		
贫化率( % )	5 ~ 10	15	17.2	5 ~ 10		
掌子面工班效率( t )	10 ~ 14	10	14.25	7 ~ 8		

指标项目		浅孔房柱法				中深孔房柱法	
		矿山名称					
		锡矿山锑矿	福山铜矿	泗顶铅锌矿	湘西金矿	王集磷矿	牟定铜矿
每 t 矿 石 材 料 消 耗	炸药( kg )		0.35	0.396	0.275	0.42	0.719
	雷管( 个 )		0.50	0.416	0.280	0.1	0.365
	导火线( m )		0.80	0.934	0.62	0.02	0.487
	导爆线( m )					0.274	0.69
	钎子钢( kg )		0.03	0.016	0.015	0.133	0.60
	合金片( g )		1.2	1.03	0.17	6.2	0.12( 个 )
	木材( m³ )			0.0024	0.0002		

## 第三章 现代矿山留矿采矿技术

留矿采矿法的特点是,工人直接在矿房暴露面下的留矿堆上作业,自下而上分层回采,每次采下的矿石靠自重放出三分之一左右(有时达 35% ~ 40%),其余暂留在矿房中作为继续上采的工作台。矿房全部回采完毕后,暂留在矿房中的矿石再行大量放出,叫做最终放矿或大量放矿。

在回采矿房过程中,暂留的矿石经常移动,不能作为地压管理的主要手段。当围岩不稳固时,大量放矿期间,围岩因暴露面积增加,容易大量片落而增大矿石贫化。崩落的大块岩石常常堵塞漏斗造成放矿困难,并增大矿石损失。

根据以上特点,留矿法适用于开采矿石和围岩稳固,矿石无自燃性,破碎后不易再行结块的急倾斜矿床,在薄和中厚以下的脉状矿床中使用很广泛。

### 第一节 结构和参数

矿块结构如图 3-3-1 所示,其主要参数包括阶段高度、矿块长度、矿柱尺寸及底部结构等。

阶段高度应根据矿床的勘探程度、围岩稳固情况、矿体倾角等确定。我国应用留矿法的经验是,开采薄矿脉或中厚矿体并属于第四勘探类型的矿床,段高宜采用 30 ~ 50m。

矿块长度主要考虑矿石和围岩的稳固性,一般为 40 ~ 60m。

开采薄矿脉时,间柱宽 2 ~ 6m,顶柱厚 2 ~ 3m,底柱高 4 ~ 6m;中厚以上矿体,间柱宽 8 ~ 12m,顶柱厚 3 ~ 6m,底柱高 8 ~ 10m。

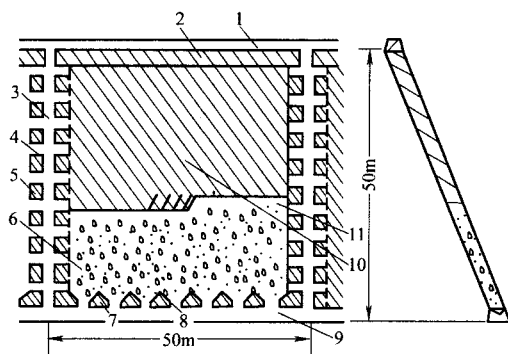


图 3-3-1 留间柱和顶底柱的留矿法

1—回风巷道 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—阶段运输巷道 10—未采矿石 11—回采空间

开采极薄矿脉时,由于矿房宽度很小,一般不留间柱,只留顶柱和底柱,矿块之间靠天井的横撑支柱隔开。横撑对围岩还起支护作用。图 3-3-2 表示在矿块一侧掘先进天井、另一侧设顺路天井的留矿法结构。图 3-3-3 表示在矿块中央掘先进天井、两侧设顺路天井的留矿法结构。

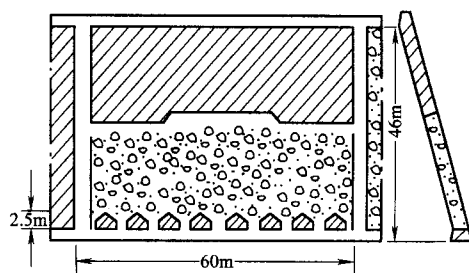


图 3-3-2 在矿块一侧掘先进天井,另一侧设顺路天井的留矿法

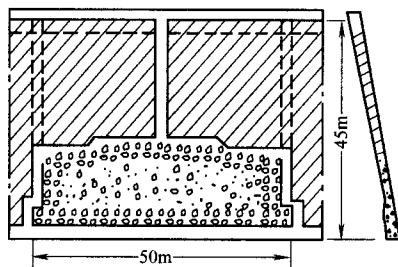


图 3-3-3 在矿块中央掘先进天井,两侧设顺路天井的留矿法

## 第二节 采准工作

采准工作主要是掘进阶段运输巷道、先进天井(作为行人、通风之用)、联络道、拉底巷道和漏斗颈等。如阻 3-3-1 所示,先进天井布置在间柱中,在垂直方向上每隔 4~5m 掘联络道,与两侧矿房贯通。

在矿房中每隔 5~7m 设一个漏斗。为了减少平场工作量,漏斗应尽量靠近下盘。由于采用浅孔落矿,一般不设二次破碎水平,少量大块直接在采场工作面进行破碎。

## 第三节 切割工作

切割工作比较简单,以拉底巷道为自由面,形成拉底空间并完成辟漏。它的作用是为回采工作开辟自由面,并为爆破创造有利条件。

拉底高度一般为 2~2.5m,拉底宽度等于矿体厚度,但在薄和极薄矿脉中,为保证放矿顺利,其宽度不应小于 1.2m。

拉底和辟漏的施工,按矿体厚度不同,采用下列三种方法。

### 一、不留底柱的切割方法

湖南、广西等矿山的钨锡矿脉,广泛使用无底柱(人工假底)的底部结构,其切割步骤(见图 3-3-4)如下:

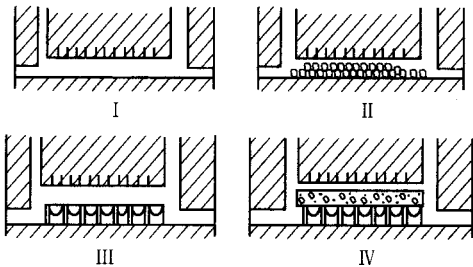


图 3-3-4 无底柱留矿法拉底步骤



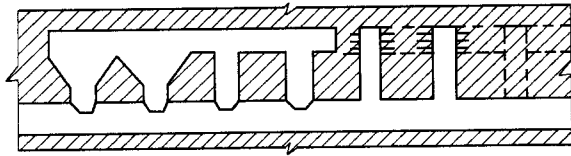


图 3-3-6 有底柱掘拉底平巷的切割方法

第四节 回采工作

留矿法的回采工作包括 凿岩、爆破、通风、局部放矿、撬顶平场、大量放矿等。

回采工作自下而上分层进行 ,分层高度一般为 2 ~ 3m。在开采极薄矿脉时 ,为了作业方便和取得较好的经济效果 ,采场的最小工作宽度应为 0.9 ~ 1m。

一、凿岩

当矿石较稳固时 ,采用上向炮孔 ,矿石稳固性较差时 ,可采用水平炮孔。打上向炮孔时 ,可采用梯段工作面或不分梯段整层一次打完。梯段工作面长度为 10 ~ 15m。长梯段或不分梯段的工作面 ,可减少撬顶和平场的时间 ,并便于回采工作组织 ,目前使用比较广泛。打水平炮孔时 ,梯段工作面长度为 2 ~ 4m ,高度为 1.5 ~ 2m ,炮孔间距 0.8 ~ 1m。

炮孔排列形式根据矿脉厚度和矿岩分离的难易程度确定 ,目前常用的排列形式有下列几种 :

1. 一字形排列。这种排列方式适用于矿石爆破性较好 ,矿石与围岩容易分离 ,矿脉厚度不大于 0.7m 的情况( 图 3-3-7a )。

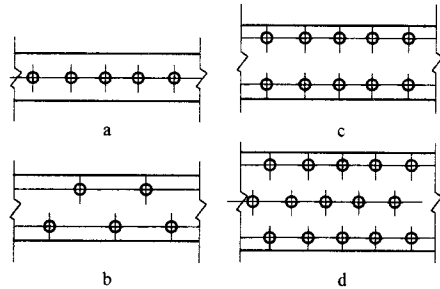


图 3-3-7 炮孔排列形式

a—一字形 b—之字形 c—平行排列 d—交错排列

2. 之字形排列。适用于矿石爆破性较好,矿脉厚度为  $0.7 \sim 1.2\text{m}$  的情况。这种炮孔布置,能较好地控制采幅的宽度(图 3-3-7b)。

3. 平行排列。适用于矿石坚硬,矿体与围岩接触界线不明显或难于分离的厚度较大的矿脉(图 3-3-7c)。

4. 交错布置。用于矿石坚硬,厚度大的矿体。用这种布置方法崩下的矿石块度均匀,在生产中使用非常广泛(图 3-3-7d)。

## 二、爆破

一般采用铵油炸药爆破,用导火线点燃火雷管起爆,而电雷管应用的不普遍。但近年来推广非电导爆管系统,效果良好。

## 三、通风

由于我国常用留矿法开采充填型或砂卡岩型矿床,凿岩爆破作业产生的粉尘中游离二氧化硅粒子含量很高,对工人的健康危害很大。因此,工作面通风的风量应保证满足排尘和排除炮烟的需要。在采掘工作面上,空气的含氧量不得小于  $20\%$ ,风速不得低于  $0.15\text{m/s}$ 。矿房的通风系统一般是从上风流方向的天井进入新鲜空气,通过矿房工作面后,由下风流方向的天井排到上部回风巷道。电耙巷道的通风应形成独立的系统,防止污风窜入矿房或运输巷道中。

## 四、局部放矿

在局部放矿时,一般采用重力放矿。放矿工应与平场工密切联系,按规定的漏斗放出所要求的矿量,以减少平场工作量和防止在留矿堆中形成空硐。如果发现已形成空硐,应及时采取措施处理。其处理方法有:

1. 爆破振动消除法。在空硐的上部,用较大的药包爆破,将悬空的矿石振落;
2. 高压水冲洗法。在漏斗中向上或在空硐上部矿堆面向下,用高压水冲刷。此法对于处理粉矿结块形成的空硐,效果良好。
3. 采用土火箭爆破法消除空硐。
4. 从空硐两侧漏斗放矿,使悬空的矿石垮落。

除自重出矿外,近十余年来,国内外矿山对留矿法的出矿方法作了许多改进,其中较为成功的有以下几种:

(1) 电耙出矿。如图 3-3-8 所示,在矿房下部阶段运输巷道 1 之上  $3 \sim 4\text{m}$  处,沿矿房长轴方向掘电耙巷道 2,在厚度小于  $7\text{m}$  的矿体中沿电耙道一侧,在厚度大于  $7\text{m}$  的矿



体中沿电耙道两侧,掘进斗穿和漏斗3通达矿房底部。电耙道与阶段运输巷道之间掘放矿溜井4联通。放矿时,矿石沿漏斗进入电耙道,用电耙扒入放矿溜井,经漏口闸门溜放到阶段运输巷道中的矿车内。

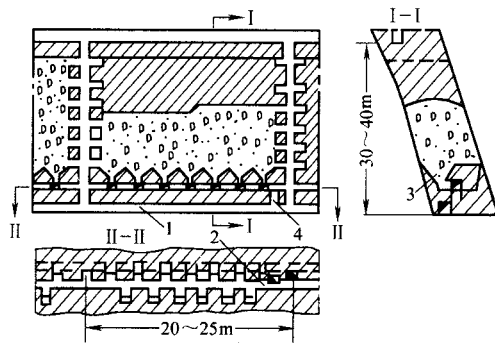


图 3-3-8 留矿法底部电耙出矿

1—阶段运输巷道 2—电耙道 3—漏斗 4—出矿小井

当开采极薄矿脉时,使用电耙出矿的无底柱结构如图 3-3-9 所示。将沿脉运输巷道上盘扩帮加宽,然后由沿脉巷道一侧直接向上回采。在沿脉巷道出矿一侧架设栅栏,以控制矿流。在沿脉巷道内安设电耙,将流放到巷道中的矿石耙入转运天井(即下阶段的采准天井),溜放到下一阶段装车运出。此时矿房底部沿脉运输巷道用做电耙巷道,不再通行电机车,故在阶段上只能采用后退式开采。这种底部结构不留底柱,不设漏斗,采准切割工作量很少。

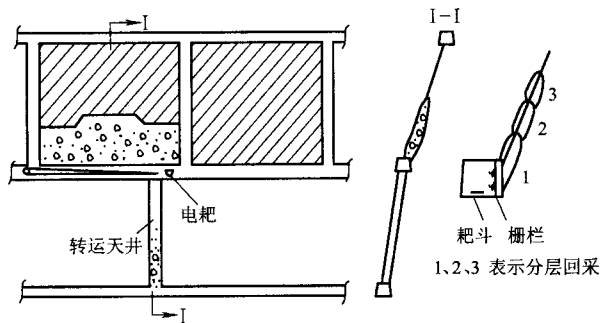


图 3-3-9 留矿法底部电耙出矿耙入转运天井

当矿体倾角小于  $55^{\circ} \sim 45^{\circ}$  时,矿石不能自重溜放,国内某些矿山创造了在矿房内使用电耙耙运出矿的方法。如图 3-3-10 所示,采用上向倾斜工作面(倾角约  $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ )分层崩矿,每次崩下的矿石,由安装在矿房的电耙耙至矿房底柱中预先掘好的短溜井,然后经阶段运输巷道装车运走。

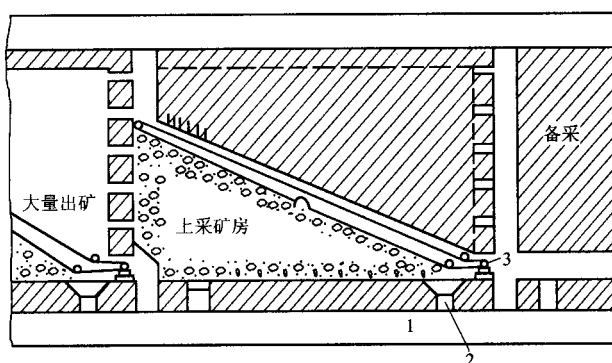


图 3-3-10 留矿法矿房用电耙耙运矿石

1—阶段运输巷道 2—放矿短溜井 3—电耙绞车

由于矿房为倾斜工作面且使用电耙耙运出矿,故平场工作量很小。

大量出矿时,电耙在空区耙运,矿房暴露空间逐渐增大,应及时检查上盘围岩的稳定情况。如有浮石应及时处理,必要时可对局部欠稳固地段采用锚杆支护。

(2)装岩机出矿。如图 3-3-11 所示,距脉内沿脉巷道侧帮 5~6m 掘下盘沿脉巷道,沿此巷道每隔 5~6m 掘装载巷道横穿脉内沿脉巷道。脉内沿脉巷道作为拉底层,可直接向上回采。采下的矿石自重溜放到装车巷道内,用装岩机装入下盘沿脉平巷的列车内。随着装岩机不断装载,矿房内留存的矿石随之籍自重溜放。

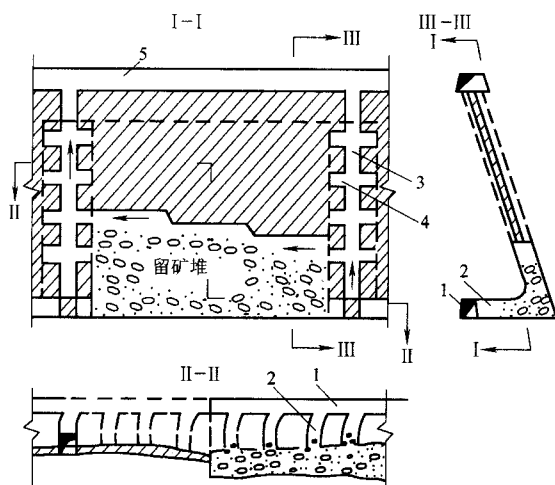


图 3-3-11 留矿法底部装岩机出矿

1—下盘沿脉巷道 2—装载巷道 3—进风天井 4—联络道 5—上阶段脉内回风巷道

这种底部结构不留底柱,放矿口断面大,矿石不易堵塞,底部结构尤为简化。

(3) 铲运机出矿。现今国外矿山使用的留矿法中,采用铲运机出矿的极为广泛。图 3-3-12 表示加拿大克利格律矿采用铲运机出矿的留矿法实例。下盘沿脉运输巷道距矿体 11.5m,由此掘进装运巷道通达矿体,其间距为 11.5m。巷道断面按使用的铲运机型号确定:当用 ST-4 型铲运机时为  $4.6\text{m} \times 4.1\text{m}$ 。用 ST-2 型铲运机时为  $3.8 \times 3.6\text{m}$ 。该断面有足够的空间安装通风管。如果装运巷道内不安装通风管,巷道断面可小些,用 ST-4 型铲运机时为  $3.9\text{m} \times 2.9\text{m}$ ,用 ST-2 型铲运机时为  $3.8\text{m} \times 2.9\text{m}$ 。

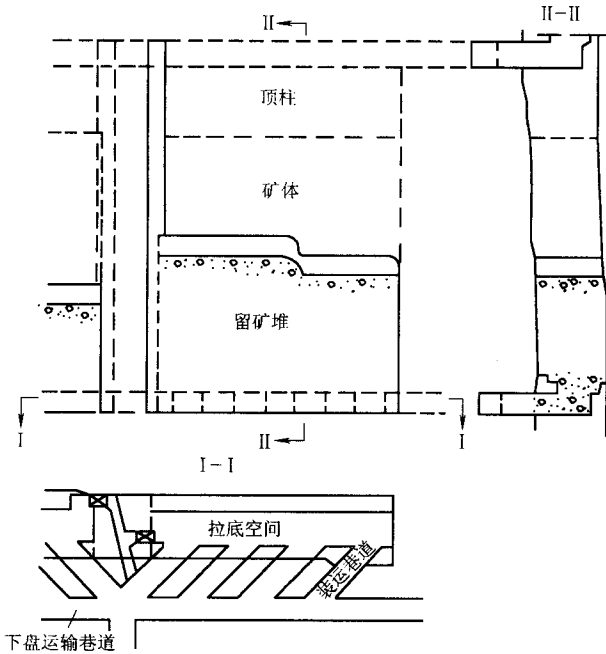


图 3-3-12 留矿法用铲运机出矿

穿脉巷道布置在间柱中,它是由沿脉运输巷道向矿体掘进的。由穿脉巷道侧面向上掘矿房先进天井。

(4) 振动放矿机出矿。急倾斜薄和极薄矿脉使用矿法时,近年来多在矿房底部漏斗内安装振动放矿机取代木漏斗,由重力自溜放矿变为强制振动放矿,从而改善了矿石的流动性,取得了良好的经济效益。在矿房底部漏斗内安装振动放矿机的结构如图 3-3-13 所示。

我国多采用湖北横店冶金机修厂生产的 ZDJ-1.5-4 型振动放矿机,振源为 1.5kW 电动机,激振力为  $4903.33 \sim 9806.65\text{N}$ ,振动频率为  $1400\text{次}/\text{min}$ 。为了降低振动放矿机的成本,便于安装和拆迁,目前已研制出轻型振动放矿机。

由于振动放矿机的部分台面埋设在漏斗口内的碎矿堆中,并由振动台面产生简谐运

动,故矿石在振激力和重力的共同作用下,可形成连续的强制矿流,并且振动波可在松散矿石中一定范围内传播,有利于改善矿石的流动性,使之不易形成平衡拱。此外,由于振动作用,出矿口可获得比重力放矿大的有效流通高度,并可使大块矿石改变流动方向,因而可提高大块通过能力和减少平场工作量。

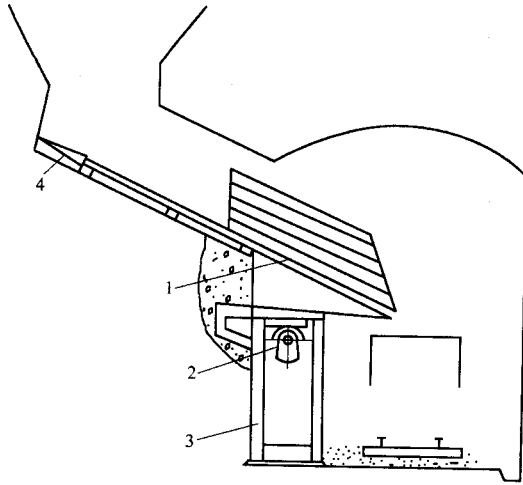


图 3-3-13 振动放矿机(矩形机架)

1—振动台面 2—振动器 3—机架 4—固定用钢绳

生产实践证明,当极薄矿脉倾角小于  $55^{\circ} \sim 60^{\circ}$  时,单靠重力放矿会造成放矿堵塞。如用振动放矿机配合重力放矿,则矿房存留矿石可全部放出。

## 五、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作业,局部放矿后应将留矿堆表面整平,这一工作叫平场。平场时,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,这一工作叫撬顶。崩矿和撬顶落下的大块,应在平场时破碎,以免卡塞漏斗,这一工作叫二次破碎。

## 六、最终放矿及矿房残留矿石的回收

矿房采完后,应及时组织最终放矿(也叫大量放矿),即放出存留在矿房内的全部矿石。

放矿时,应避免存留矿石中产生空洞或悬拱现象。在放矿时如漏斗堵塞,应及时处理,以提高放矿强度,防止围岩片落,减少二次贫化。

由于矿房底板粗糙不平,特别是底板倾角变缓之处,常积存一部分散体矿石不能放

净。采用水力冲洗法可把残留在矿房底板的散体矿石和粉矿冲洗下来。水力冲洗的工艺系统如图 3-3-14 所示。利用水泵产生的高压水通过水管输送,供给高压水枪(北票矿务局生产的 77A 型水枪,喷嘴口径为 18mm),产生高压射流,并借散体矿石和粉矿自重,使之从矿房冲运出来。水力冲洗顺序是先从矿房两侧天井用水枪由下而上分层向下冲洗,最后在矿房顶柱中预先掘好的冲洗小井向矿房强力冲洗。

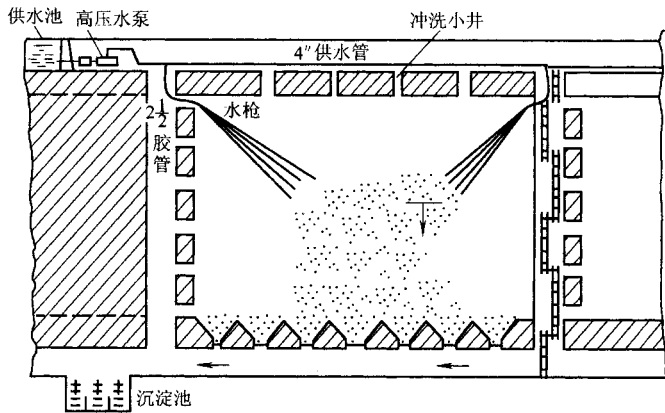


图 3-3-14 水力冲洗工艺系统示意图

采用高压水冲洗之前,应在矿房底部出矿口或受矿结构设置脱水设施,以免粉矿流失。此外,在阶段巷道的适当位置设沉淀池,以回收矿泥,净化水质。

采用高压水冲洗矿房时,应高度重视安全工作。首先应检查天井中的支护情况,必要时予以加固,并采取安全技术措施,注意保证操作工人的安全。

## 第五节 评 价

### 一、适用条件

1. 围岩和矿石均稳固。即要求围岩无大的断层破碎带,在放矿过程中,围岩不会自行崩落。围岩不稳固或有断层破碎带,在回采和放矿过程中将发生片帮,不但造成矿石贫化,而且片落的大块常造成矿房或漏口堵塞,使放矿发生困难。同时,顶板矿石必须足够稳固,保证在回采过程中不会自行冒落,这样才能确保人身安全和顺利地进行回采工作。

2. 矿体厚度以薄和极薄矿脉为宜。中厚以上的矿体,若采用留矿法,因顶板暴露面

积大 ,回采安全性较差 ,撬顶、平场及二次破碎等工作量增大 ,因而效果不好。

3. 矿脉倾角以急倾斜为宜。用留矿法开采极薄矿脉 ,矿脉倾角应在 65°以上 ,倾角 60°~ 65°的矿脉 ,采高超过 25 ~ 30m 时 ,放矿即发生困难。倾角小于 60°的矿脉 ,一般应采取辅助放矿措施 ,如近年来国内某些矿山在矿房底部安装振动放矿机进行放矿 ,对倾角为 55°~ 60°的矿脉 ,采下的矿石基本能全部放出。当倾角为 45°~ 55°时 ,国内有的矿山用电耙在采场内运搬矿石 ,收到了良好的效果。

4. 矿石无结块和自燃性。矿石中不应含有胶结性强的泥质 ,含硫量也不能太高 ,以防止矿石结块和自燃。

二、优缺点

留矿法具有结构及生产工艺简单 ,管理方便 ,可利用矿石自重放矿 ,采准工程量小等优点。但是若用留矿法开采中厚以上矿体 ,矿柱矿量损失贫化大 ;工人在较大暴露面下作业 ,安全性差 ;平场工作繁重 ,难于实现机械化 ,积压大量矿石 ,影响资金周转。因此在中厚以上矿体中 ,现今多不采用留矿法。

三、主要技术经济指标

留矿法的主要技术经济指标列于表 3 - 3 - 1 中。

表 3 - 3 - 1 留矿法主要技术经济指标表

指标	矿山				参考指标
	西华山	华铜	五龙	铁山垄	
采场生产能力( t/d )	108	150	—	60	100 ~ 150
工作面工效( t/工班 )	12	38 ~ 42	8	6	12 ~ 25
矿石损失率%	10	5 ~ 8	15	6	12 ~ 25
矿石贫化率%	18	6 ~ 8	22	8.7	8 ~ 10
炸药消耗( kg/t )	0.73	0.45 ~ 0.5	0.6	0.58	
坑木消耗( m <sup>3</sup> /t )	59	1.7 ~ 3.0	18.6	41	

四、发展方向

我国中小型矿山用留矿法开采薄和极薄矿脉 ,至今仍极为广泛。但下列问题有待研究解决 :

1. 研制轻型液压凿岩机 ,寻求合理的凿岩爆破参数 ,研究控制采幅的有效技术措施 ,降低废石混入率。

2. 矿脉倾角在 60°~ 55°时 ,研制轻型振动放矿机配合矿石自重出矿 ,可望提高出矿

效率和矿石回采率。

3. 对于薄矿脉至矿脉厚度小于 6.5m ,应改进底部出矿结构 ,推广电耙出矿 ,或研制小型轮胎式铲运机出矿 ,可不留底柱 ,简化底部结构 ,提高出矿效率。

4. 对于极薄矿脉 ,应研究混采和分采(选别回采)的合理界线 ,以提高采、选的综合经济效益。

5. 研究采场地压管理。我国采用留矿法的矿山 ,开采深度已达 200 ~ 300m 至 500 ~ 600m。由于用留矿法回采所形成的采空区未作处理 ,剧烈的地压活动已先后在许多矿山出现。急需运用岩石力学理论研究采空区的地压活动规律 ;对于已形成的采空区 ,应采用经济而有效的办法进行处理 ;新设计矿山或开采深部矿床时 ,对划分阶段、矿块及其结构参数、回采顺序和未来采空区的处理方法等 ,应进行全面系统的研究。

## 第四章 现代矿山分段采矿技术

分段采矿法属分段空场法的类型之一,适宜于采倾斜至急倾斜、薄至中厚的矿体。它分分段凿岩、阶段出矿和分段凿岩、分段出矿两种型式。前者在我国主要地下金属矿山应用非常广泛,其所占比重也仅次于留矿采矿法;而后者是近十多年来由于无轨设备的推广应用,而出现的分段空场法的新方案,具有生产能力高、采矿强度大、灵活性好、回采时间短等特点,它开拓了分段空场法的适用范围。

### 第一节 分段凿岩、阶段出矿的分段采矿法

这种方法的典型结构图示如图 3-4-1。它的特点是矿块内部分成若干分段,各分段间保持垂直的回采工作面,分段凿岩、阶段落矿,崩落的矿石借自重落到矿房底部放出。随工作面推进,采空区不断扩大,留下的矿柱用其它方法进行第二步采。

#### 一、矿块布置和结构参数

依矿体厚度的不同矿房长轴可以布成沿走向或垂直走向。一般当厚度小于 15m 时,作沿走向布置,超过 20m 后,改成垂直走向布置,但使用较少。

矿块结构参数包括:阶段高度、矿房长度和宽度、间柱宽度、顶底柱高度及分段高度等。



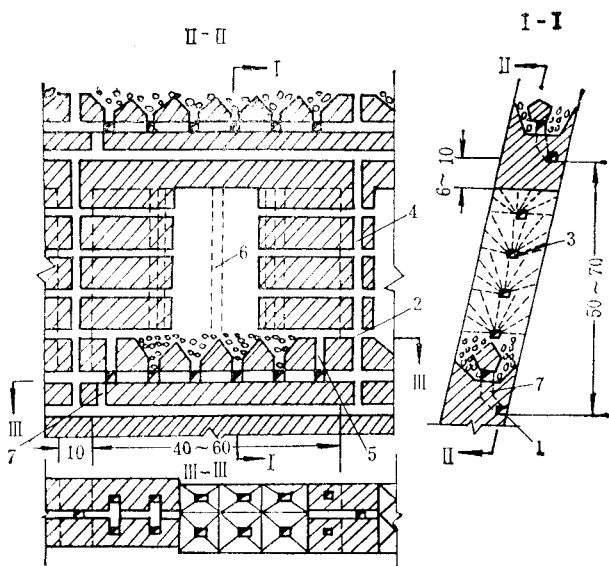


图 3-4-1 分段凿岩阶段出矿分段采矿法

1—阶段运输巷道 2—拉底巷道 3—分段凿岩巷道；  
4—通风行人天井 5—漏斗 6—切割天井 7—溜井

阶段高度取决于围岩的允许暴露面积及矿岩的稳固性条件。一般均质矿岩的允许暴露面积 ,可参照表 3-4-1 的范围选取。

表 3-4-1 矿岩允许暴露面积范围

名称	矿石与围岩均稳固	矿石极稳固、围岩稳固	矿石与围岩均极稳固
上盘围岩允许暴露面( m <sup>2</sup> )	1250 ~ 2000	2000 ~ 2500	2500 ~ 3000
顶柱矿石允许暴露面积( m <sup>2</sup> )	≤ 800	800 ~ 1000	1500 ~ 1800

这种采矿方法矿房采空区是逐渐暴露的 ,达最大暴露面积的时间不长 ,故阶段高度可适当取大 ,一般取 50 ~ 70m。国外有些矿山取到 120 ~ 150m。取大阶段高度 ,有利于增大矿房矿量比重 ,减少矿柱矿量和开拓及采准工程量 ,从而改善采矿方法的技术经济指标。

矿房的长度和宽度要联系阶段高度和矿体厚度来决定 ,其暴露面积不超过最大的允许值。长度一般取 40 ~ 60m ,适合电耙的有效运距。但当上盘倾角变缓时 ,长度应适当取小。宽度对沿走向布置的矿房取为矿体的水平厚度 ;对垂直走向布置的矿房 ,则应根据矿岩的允许暴露面积、凿岩设备的钻凿能力等取 15 ~ 20m。

间柱宽度 取决于间柱本身的强度及作用在间柱上的载荷大小 ,并与其以后的回采方法有关。一般沿走向布置矿房取  $8 \sim 12\text{m}$  ,垂直走向布置矿房取  $10 \sim 14\text{m}$ 。

顶柱高度 ,一般为  $6 \sim 10\text{m}$  ;底柱高度  $7 \sim 13\text{m}$  ( 含电耙道底部结构 )。本法采底柱时矿损贫化较大 ,设计时尽量取用较小尺寸。

分段高度根据凿岩设备的能力 ,用中深孔时为  $8 \sim 10\text{m}$  ,用深孔时为  $10 \sim 15\text{m}$ 。

## 二、采切工作

采准工作包括掘进阶段运输巷道、通风行人天井 ,电耙巷道 ,放矿溜井、漏斗颈、拉底巷道、分段凿岩巷道及切割天井等。

阶段运输巷道一般沿矿体下盘接触线布置。通风行人天井则布在间柱的中央 ,贯通上下两个运输水平 ,并由此掘进电耙巷道和分段凿岩巷道。电耙巷道按下底柱高度开掘 ,在平面位置上应考虑布在两排漏斗颈的中间。沿电耙道每隔  $5 \sim 7\text{m}$  距离开双侧横向斗穿 ,并由斗穿往上掘漏斗颈及拉底巷道。电耙巷道与阶段运输巷道之间在矿房一端开掘放矿溜井。分段巷道按确定的分段高度逐个分段开掘 ,分段巷道的平面位置要取决于矿体的倾角 ,倾角陡 ,多半布在矿体厚度的中央 ;倾角变缓时 ,为缩小炮孔长度的差异 ,可将分段巷道布在靠近下盘。

切割天井一般布在矿房的中央或矿体的最厚部位 ,以此开切成最宽立槽向两翼展开。

切割工作包括 :拉底、辟漏及开切割立槽。拉底是从拉底巷道向两侧用浅孔扩帮 ,按拉底层高度逐段将整个矿房底部拉开 ,可以结合辟漏一起进行。由于本方法回采工作是以立面作业逐渐向两翼展开 ,故一般拉底和辟漏工作的速度 ,只要求能超前于回采立面  $1 \sim 2$  排漏斗的距离 ,无需过早全部拉开。

开切割槽可以与拉底同时进行。切割槽开掘的质量 ,直接关系到落矿自由面的形成 ,并影响落矿效果以及回采时的贫化损失。开切割槽可以有以下三种方法 :

1. 浅孔拉槽法。此法是把宽为  $2.5 \sim 3\text{m}$  的切割槽作为一个小矿房 ,用留矿法自下而上逐层上采 ,经切割天井同上阶段联系 ,以解决行人、上下设备及通风问题 ,矿石从下部漏斗放入电耙巷道。此法易于保证切割槽的质量 ,但效率低 ,劳动强度大。

2. 垂直中深孔拉槽法。如图 3-4-2 所示 ,在每个分段水平 ,于切割天井下侧先开切割巷道 3 ,由切割巷道围绕切割天井开环形进路 4 ,并逐渐扩帮到整个槽宽。再从切宽的环形进路上向上打平行中深孔 5 ,对着切割天井进行多排同次爆破 ,爆破后形成立槽。

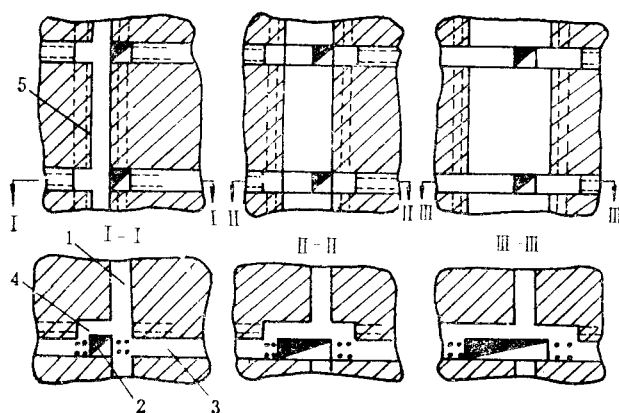


图 3-4-2 垂直中深孔拉槽法

1—分段巷道 2—切割天井 3—切割巷道 4—环形进路 5—中深孔

3. 水平深孔拉槽法。如图 3-4-3, 拉槽前先将槽底切开, 形成出矿条件。然后以切割天井作凿岩天井, 架工作台从下向上逐层打水平扇形深孔, 并分次爆破, 爆下的矿石放出后便形成切割槽。此法拉出的槽宽较大(5~8m), 爆破夹制性小, 能保证拉槽质量, 且效率较高。

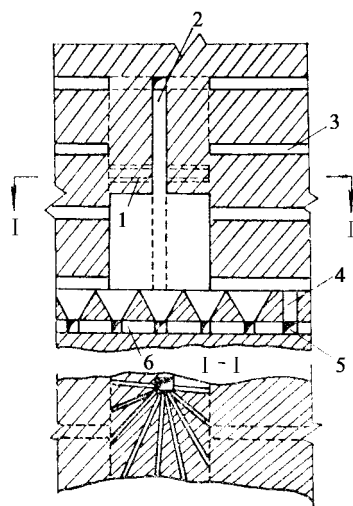


图 3-4-3 水平深孔拉槽法

1—中深孔(或深孔) 2—切割天井 3—分段凿岩巷道 4—漏斗颈 5—斗穿 6—电耙巷道

### 三、回采工作

矿房回采是以切割槽作自由面,在各分段凿岩巷道中同时用导轨式凿岩机向上打扇

形中深孔,孔径 50~65mm,最小抵抗线 1.5~1.8m。等全部炮孔打完后,以 3~5 排孔为一组进行分段爆破。每次爆破前都要将槽内矿石基本放尽。爆破后保持上下分段工作面成一立面,或者上分段超前于下分段一排炮孔,但不允许下部分段超前于上部分段。

回采时的通风,必须使主要作业地点,即分段凿岩巷道和电耙巷道都有新鲜风流畅通。图 3-4-4 是矿房单侧回采和双侧回采时的通风系统示意图。图中在电耙巷道内,新风流动方向与电耙的耙运方向是相反的。

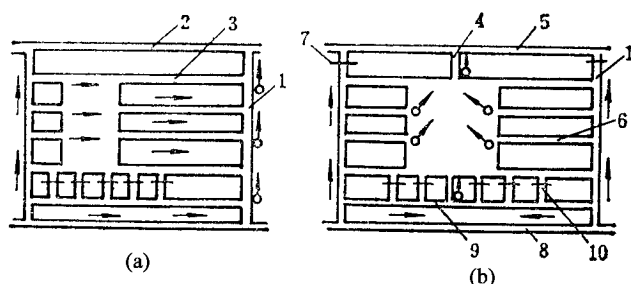


图 3-4-4 分段凿岩阶段出矿分段采矿法通风系统示意图

(a) 单侧回采 (b) 双侧回采

1—天井 2、5—回风巷道 3—检查巷道 4—回风小井 6—分段凿岩巷道；

7—风门 8—阶段运输巷道 9—电耙巷道 10—漏斗颈

为了避免各分段间上下风流混淆,常采用集中凿岩、分次爆破的回采顺序,全部炮孔作一次打完,爆破后及出矿时的污风均按单向风路控制流动。

崩下的矿石随自重落到矿房底部,经漏斗溜入电耙巷道。电耙巷道内安有容量为 30 或 55kW、斗容为 0.3~0.5m<sup>3</sup> 的电耙装置,将矿石耙到放矿溜井。产出的大块在电耙巷道内破碎。

当用本法开采厚度较大的急倾斜矿体时,矿房的长轴改成垂直走向布置。其时采准和切割工作仍与沿走向布置方案相似,但切割槽开在靠上盘的接触面位置,并由上盘退向下盘方向回采。

#### 四、实例

甘肃辉铜山铜矿以下列条件采用分段凿岩、阶段出矿的分段采矿法。该矿为典型的矽卡岩型铜矿床,矿体呈似层状、透镜状产出,矿岩边界不明显,矿体倾角 80°~90°,平均 85°;上部矿厚 10~20m,下部矿厚 4~8m,平均 8~10m;矿石稳固, $f=10\sim12$ ;上盘为大理岩、蛇纹岩, $f=5\sim6$ ,不稳固;下盘为大理岩、矽卡岩, $f=10\sim12$  稳固。

该矿采用的设计方案如图 3-4-5。

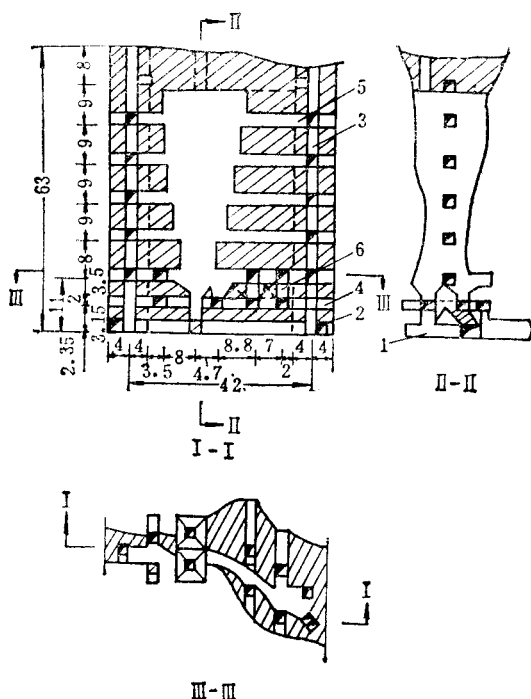


图 3-4-5 辉铜山铜矿分段采矿法

1—运输平巷 2—穿脉平巷 3—天井 4—电耙巷道 5—分段平巷 6—出矿漏斗

阶段高度取 60m ,矿块长度取 45 ~ 50m ,分段高 9 ~ 11m ,底柱高 11m ,顶柱高 6m ,间柱宽 8m。

阶段水平采用下盘双巷采准。天井用吊罐法开凿。在天井中依次开掘二次破碎巷道、拉底巷道及分段巷道,然后掘进中央切割天井及切割巷道。

回采用 YG-80 型凿岩机,在分段凿岩巷道中打上向扇形孔。最小抵抗线为 1.5m,孔底距为 1.5~1.8m,孔深小于 15m。每次爆破 4 排炮孔,用微差电雷管爆破,每 m 炮孔崩矿量为 4.5~5t。采下矿石经格筛二次破碎,用振动放矿机出矿。随回采用中深孔回收矿柱。为安全起见,底柱以上留 20m 厚的松散矿石层作安全垫层。采后的空场由于地表允许崩落,让其自然冒落消除采空区。

2. 苏联新近使用的分段落矿阶段出矿分段法的设计方案 如图 3-4-6 所示。

该法的特点是 (1) 采用平底装矿, 每一装矿巷道上设置一对大漏斗, 各装矿巷道间距离扩大 (2) 阶段水平运输巷道改用脉外大巷 (9m<sup>2</sup>) (3) 矿房采用单侧回采, 切割天井布在矿房一侧 (4) 各分段打下向扇形中深孔, 分段巷道的断面为 10.24m<sup>2</sup> (5) 采用整体机械化作业。掘进运输平巷用 CBKH-2Π 型凿岩台车; 掘行人通风天井用 KHB-1 型爬罐; 掘漏斗颈用 ΠТ-36 型上向凿岩机; 掘回风平巷用 ΠΠ-3 型铲运机; 分段巷道凿岩

采用辛巴-2型钻机,该机台班生产能力为120m,深孔 $\phi=75\text{mm}$ ,配装药机装药,底部出矿用ММН-2Г型装矿机,台班生产能力为300t。

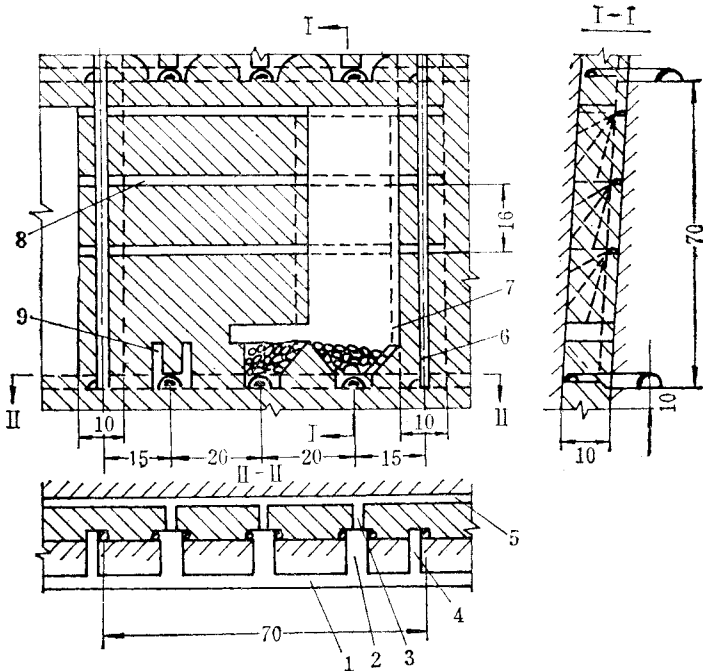


图 3-4-6 分段落矿阶段出矿分段采矿法

1—运输平巷 2—装矿巷道 3—回风横巷 4—行人天井联络道；

5—回风平巷 6—行人天井 7—切割天切 8—分段平巷 9—矿石溜井

采取以上综合措施后,该方法矿房的日平均生产能力可达1300t左右。

## 五、评价

### 1. 优点。

- (1) 回采强度大。矿房内能同时作业的工作面多,且落矿又能和矿石运搬平行作业；
- (2) 劳动生产率高。分段落矿自由面多,同次爆破炮孔排数多；
- (3) 坑木及炸药消耗量少,采矿成本低；
- (4) 工人都在巷道内工作,不进入暴露空间,作业安全。

### 2. 缺点。

- (1) 采准工作量大,准备时间长；
- (2) 矿柱矿量所占比重大,达35~60%,回采矿柱条件又差,故矿损与贫化指标偏高；
- (3) 掘分段巷道时机械化程度不高,作业较为困难。

目前国内主要用本法开采矿岩稳固,中厚至厚的急倾斜矿体,改变矿块布置方式,可

以采极厚的矿体 ;当改变炮孔深度也可用来采极薄的急倾斜矿脉。

本法的发展途径主要是 :根据矿床的赋存条件 ,正确选择矿块的构成要素 ,尽可能增加矿房矿量所占比重 ,减少矿柱矿量比重 ,并且完善矿柱的回采工艺 ,改善分段巷道的掘进条件。

## 第二节 分段凿岩、分段出矿的分段采矿法

本法在一些书上简称分段矿房采矿法 ,其特点是 ,阶段划分为分段后 ,以分段作为回采单元独立出矿。分段内又分分段矿房与分段矿柱(分段顶柱及分段间柱)。分段矿房用中深孔凿岩 ,并在分段空场下出矿。分段矿房回采完毕 ,立即将分段顶柱及分段间柱一起爆下 ,并同时处理好采空区。

这种方法由于灵活性大 ,适用于采倾斜至急倾斜、中厚到厚的矿体 ,同时由于围岩暴露面积小、暴露时间短 ,对矿岩稳固性亦可适当降低要求。

图 3-4-7 是沿走向布置分段出矿分段采矿法的典型方案。

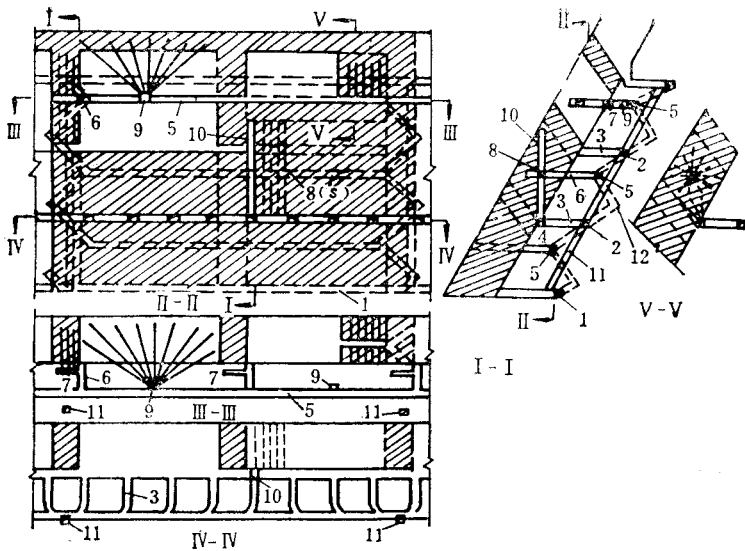


图 3-4-7 沿走向布置的分段出矿分段采矿法

- 1—阶段运输平巷 2—分段运输平巷 3—装矿横巷 4—堑沟拉底平巷 ;  
5—矿柱回采平巷 6—切割横巷 7—间柱凿岩巷道 8—凿岩平巷 ;  
9—顶柱凿岩硐室 10—切割天井 11—溜矿井 12—斜坡道

## 一、结构和参数

本法的主要结构参数为阶段高度、分段高度、分段矿房长度、分段间柱宽度、分段顶柱高度。一般,阶段高度取 40~60m,分三个分段,分段高 15~20m。分段矿房长度为 35~40m,间柱宽 6~8m,分段顶柱高按真厚度取 5~6m,用此间柱和顶柱支撑围岩,并与相邻的已采采场隔开。

## 二、采切工作

采准包括掘进阶段运输平巷、分段斜坡道、分段运输平巷、溜矿井、装矿横巷、堑沟拉底平巷、凿岩平巷、矿柱回采平巷、切割横巷、间柱凿岩巷道、顶柱凿岩硐室及切割天井。

阶段运输平巷 1 开在下盘围岩内,由此掘斜坡道 12 联通到各个分段的分段运输平巷 2,以形成行驶无轨设备的通路。为形成放矿通路在各分段运输平巷与阶段运输平巷之间沿走向每隔 100m 掘溜矿井 11。

在每个分段水平上(图中Ⅳ-Ⅳ),沿分段运输平巷每隔 10~12m 掘进装矿横巷 3,使其通到紧靠矿体下盘的堑沟拉底平巷 4,由此展开矿房拉底。

为在矿房落矿后能随即回采矿柱,在每个分段距上分段水平 7~10m 处(图中Ⅲ-Ⅲ)掘下盘矿柱回采平巷 5(连通斜坡道),沿矿柱回采平巷正对矿房中央掘进采斜顶柱的凿岩硐室 9,同时又在矿房一侧紧靠间柱掘进切割横巷 6,由切割横巷对间柱下方掘进间柱凿岩巷道 7。

切割横巷要延伸到靠近矿体上盘,并在靠近上盘处再开凿岩平巷 8。

切割工作从矿房一侧开始,先从堑沟拉底平巷垂直上掘切割天井 10,掘到分段矿房的最高点,天井与切割横巷交会。利用切割天井作自由面,从切割横巷打上向平行孔,并从堑沟平巷打上向扇形孔,分别爆破后即能形成切割槽。

## 三、回采工作

矿房回采从开有切割槽的一侧开始,由凿岩平巷 8 钻凿环形深孔配合从堑沟平巷 4 钻凿扇形炮孔联合崩矿,崩下的矿石落到堑沟平巷内,由铲运机装运至分段运输平巷最近的溜矿井。

矿房回采结束,就立即采靠已采区一侧的间柱和斜顶柱。采间柱是从间柱凿岩巷道 7 分排钻凿扇形深孔(图中Ⅲ-Ⅲ),回采斜顶柱是从顶柱凿岩硐室钻凿束状深孔。让间柱先爆,爆下矿石运走后,再爆斜顶柱。由于爆力抛掷作用,大部分矿石都能溜落到堑沟平巷内。



采后的空区由上部分段崩落的围岩和上盘围岩陷落充填。如上盘围岩采后不能自行崩落,则应采用其它方法来处理采空区。

## 四、评述

### 1. 本法优点。

(1)作业集中,回采强度高,生产能力大。若按沿走向每隔 200m 划分区段,区段内有 2~3 个分段同时作业,保持每个分段有切割,矿房回采及矿柱回采工作面,则用铲运机出矿,矿房平均日产量达 800t,区段的月产能力达 4.5~6 万 t。

(2)分段矿房暴露面小、灵活性大,有利于控制顶板地压及扩大方法的适用条件。

(3)采柱及时,又能结合处理空区,使矿石总回收率达 80% 以上,贫化率也不高。

### 2. 缺点。

(1)采准工作量大,每个分段的矿房矿柱都要掘进采切巷道;

(2)矿柱矿量比重较大,但由于能及时回收,总的损失贫化率还是不大。

### 3. 适用条件。

(1)矿体厚度由中厚至厚(6~30m);

(2)倾斜至急倾斜( $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$ );

(3)矿岩中稳以上;

(4)具有高效的无轨设备。

随着矿体厚度、倾角和矿岩稳固程度的变化,本法也可取消分段之间的矿柱,只保留阶段顶柱,或取消矿房之间的间柱,改整个分段为连续回采。

## 第三节 爆力运矿采矿法

爆力运矿是凭借炸药爆破时的能量,把矿石抛离矿体一段距离,并借助抛离时的动能和势能使崩落矿石在采场底板上滑行、滚动,以解决不开掘底盘漏斗出矿及工人不进入暴露顶板下采场作业问题。

爆力运矿采矿法在我国都是结合分段或阶段空场法进行设计应用的。它的特点是:分段矿房的回采都是从凿岩天井打垂直于矿体倾斜的扇形中深孔崩矿,借助爆力将矿石抛掷到采场下部的堑沟漏斗或普通漏斗,由下盘电耙道出矿。每个步距崩下的矿石要出完,腾出堑沟容积再进行下一步距崩矿。步距大小视堑沟容积而定。除最后一个步距崩

下的矿石是在覆盖岩石下放矿外,其它各个步距崩矿都是在空场下放出纯矿石。

根据矿体倾角大小和围岩的稳固程度,此方法可分为高分段爆力运矿和低分段爆力运矿两种方案。高分段方案是将阶段划分为两个分段,分段高为 15m 左右;低分段方案阶段划分为三个以上分段,分段高为 6~10m。

图 3-4-8 为我国青城子铅矿应用的高分段爆力运矿采矿法实例。

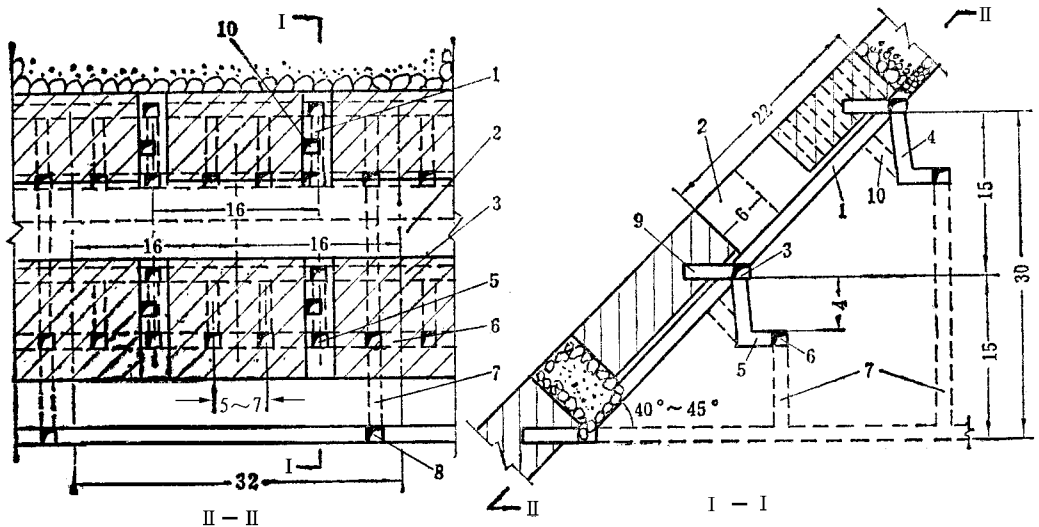


图 3-4-8 青城子铅矿高分段爆力运矿采矿法

- 1—凿岩天井 2—切槽堑沟 3—切割平巷 4—出矿溜子 5—漏斗;  
6—电耙道 7—溜井 8—运输平巷 9—绞车硐室 10—行人道

## 一、结构与参数

阶段高度依据矿岩稳固程度、抛掷距离和划分分段数目取 20~35m,分段高度 15m 左右。矿房长度根据采场允许的暴露面积及凿岩设备的工作能力,深孔时取 50m,中深孔取 40m。分段爆力运矿一般不留顶底柱,也不留间柱。

## 二、采切工作

矿体下盘开阶段运输平巷及分段电耙道。电耙道开在分段水平以下 4m。沿电耙道每隔 5~7m 开斗穿及漏斗,电耙道端部有放矿溜井通到阶段水平。在每个分段水平,靠矿体底盘开切割平巷,并从切割平巷按天井间距上掘凿岩天井。对应凿岩天井在分段水平掘进绞车硐室。凿岩天井与电耙道之间有行人道相通。

切割槽从切割平巷起切,切宽 6m。

三、回采工作

分段间回采从上向下 ,分段内则由下向上。于凿岩天井内打倾斜扇形中深孔 ,分次爆破。每次爆破步距为 5 排( 斜长 7.5m )。一般爆力运矿回采的炸药消耗量应比正常回采炸药消耗多 0.5 ~ 1 倍。实际炸药消耗量要随运距增大、倾角变缓、厚度变薄而相应增加。

爆力运矿的关键主要是确定爆力运距和重力运距。这两种运距都要受矿体倾角、厚度、矿岩性质、底枝光滑程度、采场结构、炸药性能及爆破技术等影响。根据青城子矿的实际测试 ,当底板上基本无残留矿石时为 18 ~ 22m。

四、评述

优点 ( 1 )底盘的矿石损失减少 ( 2 )千吨采切比也比开底盘漏斗减少 ( 3 )生产效率高、成本低。缺点 ( 1 )在平台上工作 ,作业安全性差 ( 3 )爆力运矿效果不好时 ,矿石损失增大 ( 3 )凿岩天井施工难度大。

本方案一般适用于倾斜矿体的中限 ,即倾角 35° ~ 45° ,厚度 8 ~ 15m ,要求顶板稳固 ,矿石中等稳固以上 ,底板平整光滑。低分段爆力运矿 ,可适当降低对稳固性的要求。

第四节 主要技术经济指标

我国部分使用分段采矿法的矿山所达到的主要技术经济指标 ,列如表 3 - 4 - 2。

表 3 - 4 - 2 分段采矿法主要技术经济指标

指标项目	分段凿岩阶段出矿方案		分段凿岩分段出矿方案		爆力运矿方案	
	矿山名称					
	辉铜山铜矿	金岭铁矿	胡家峪矿	开阳磷矿	青城子铅矿	龙烟铁矿
矿块生产能力( t/d )	300 ~ 370	300 ~ 400	303	143		355.3
采切比( m/kt )	7.69	8.4	20.3	10.97	22.1	25.4
损失率( % )	6.3	6.5	10.85	49.2	5.47	16.1
贫化率( % )	9.49	13.5	16.7	20.5	10.73	12.9
掌子面工班效率( t )	15.8	20.7		5.3		10.5
凿岩机台班效率( m )					10 ~ 12	32.6
运搬台班效率( t )					55 ~ 60	70 ~ 150

指标项目		分段凿岩阶段出矿方案		分段凿岩分段出矿方案		爆力运矿方案	
		矿山名称					
		辉铜山铜矿	金岭铁矿	胡家峪矿	开阳磷矿	青城子铅矿	龙烟铁矿
每t矿石主要材料消耗	炸药( kg )	0.46	0.454	0.461	0.22		
	雷管( 个 )		0.198	0.031			
	导火线( m )		0.3				
	导爆线( m )		0.251	0.234			
	钎了钢( kg )		0.04				
	合金片( g )	1.407	1.654				
	木材( m <sup>3</sup> )	0.0007	0.0002		0.0021		

## 第五章 现代矿山阶段矿房采矿技术

阶段矿房法是用深孔回采矿房的空场采矿法。根据落矿方式不同,阶段矿房法可分为水平深孔阶段矿房法和垂直深孔阶段矿房法。前者要求在矿房底部进行拉底,后者除拉底外,尚需在矿房的全高开出垂直切割槽。近年来,又出现垂直深孔球状药包落矿的阶段矿房法。深孔崩落的矿石借自重可全部溜到矿块底部放出。

### 第一节 水平深孔落矿阶段矿房法

水平深孔落矿阶段矿房法,是在凿岩硐室中钻水平扇形深孔,向矿房底部拉底空间崩矿(图 3-5-1)。

#### 一、结构和参数

阶段高度为 40~60m,沿走向布置的矿房长度为 20~40m,垂直走向布置的矿房宽度为 10~30m,间柱宽度为 10~15m,顶柱厚度 6~8m;底柱高度:漏斗底部结构为 8~13m;平底结构为 5~8m。

#### 二、采准工作

如图 3-5-1 所示,阶段运输巷道一般布置在脉外;在厚矿体中布置上、下盘脉外沿脉运输巷道,构成环形运输系统。在脉外运输巷道间柱中心线位置掘穿脉巷道(采用环形运输系统时,此穿脉巷道与上、下盘运输巷道贯通),在阶段运输水平之上 4~5m 处掘电耙巷道。由于应用深孔落矿,二次破碎工作量较大,一般电耙巷道应设专用回风系统。

在穿脉巷道一侧(间柱中心位置)掘凿岩天井,在天井垂直方向按水平深孔排距(一般为3m)掘凿岩联络平巷通达矿房,然后再将其前端扩大为凿岩硐室(平面直径3.5~4m,高为3m)。

### 三、切割工作

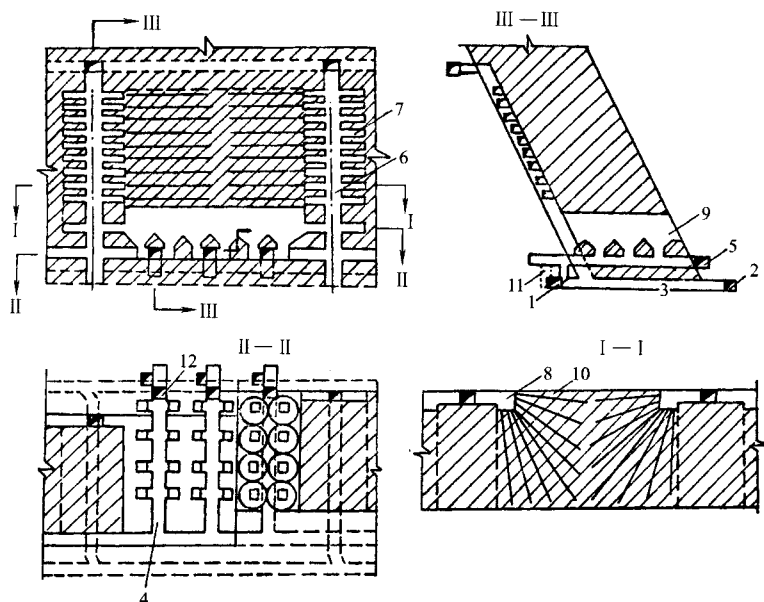


图 3-5-1 水平深孔落矿阶段矿房法

1—下盘沿脉运输巷道 2—上盘沿脉运输巷道 3—穿脉巷道 4—电耙巷道 5—回风巷道;  
6—凿岩天井 7—凿岩联络平巷 8—凿岩硐室 9—拉底空间 10—炮孔 11—行人天井 12—溜井

主要是开凿拉底空间和辟漏。浅孔拉底和辟漏方法和留矿法相似,一般常用中深孔和深孔方法形成拉底空间。如图 3-5-2 所示,先在矿房底部一侧,用留矿法采出切割槽,然后在凿岩巷道中,钻上向扇形中深孔或深孔,爆破后形成拉底空间。随着扇形孔逐排爆破,超前向下辟漏,以便矿石流入电耙道,由电耙耙运至溜井。

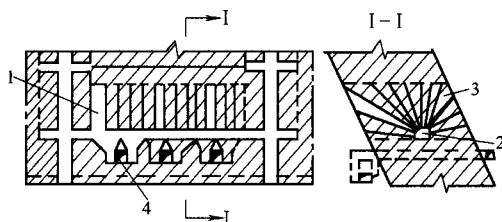


图 3-5-2 中深孔(深孔)拉底方法

1—切割槽 2—凿岩巷道 3—扇形炮孔 4—电耙巷道

深孔拉底方法具有效率高、作业安全等优点,但对底柱的破坏性较大,矿石和围岩很稳固时可以采用。中深孔拉底对底柱的影响较小,一般应用较多。

## 四、回采工作

切割工作完成以后,在凿岩硐室中钻水平扇形深孔(图 3-5-1),最小抵抗线为 2.5~3m。一般先爆 1~2 排(层)深孔,以后逐渐增大爆破排数。每次崩下的矿石可全部放出,亦可暂留一部分在矿房中,但不能作为维护围岩的手段,只起调节出矿作用。

深孔落矿的大块率较高,达 20%~30%,因此,必须在二次破碎巷道中进行二次破碎,再由溜井放出。二次破碎水平中,应设有专用回风道,保证二次破碎后,能很快排出炮烟,并带走粉尘。

## 第二节 垂直深孔落矿阶段矿房法

根据所选取的凿岩设备,这种方法可分为分段凿岩和阶段凿岩两种方式。目前国内地下金属矿山多使用分段凿岩。

本法的特点是:回采工作面是垂直的,回采工作开始之前,除在矿房底部拉底、辟漏外,必须开凿垂直切割槽,并以此为自由面进行落矿,崩落的矿石借自重落到矿房底部放出。随着工作面的推进,采空区不断扩大。矿房回采结束后,再用其他方法回采矿柱。

### 一、矿块布置和结构参数

根据矿体厚度,矿房长轴可沿走向或垂直走向布置。一般当矿体厚度小于 15m 时,矿房沿走向布置;在矿石和围岩极稳固的条件下,这个界线可增大至 20m。

阶段高度取决于围岩的允许暴露面积。因为这种采矿方法回采矿房的采空区是逐渐暴露出来的,因此阶段高度可取较大的数值,一般为 50~70m。国外一些矿山应用本采矿法的阶段高度有增加的趋势。增加阶段高度,可增加矿房矿量比重和减少采准工程量。分段高度决定于凿岩设备能力,用中深孔时为 8~10m,用深孔时为 10~15m。

矿房长度根据围岩的稳固性和矿石允许暴露面积确定,一般为 40~60m。矿房宽度沿走向布置时,即为矿体的水平厚度;垂直走向布置时,应根据矿岩的稳固性确定,一般为 15~20m。

间柱宽度沿走向布置时为 8~12m,垂直走向布置时为 10~14m。顶柱厚度根据矿

石稳固性确定,一般为 $6 \sim 10\text{m}$ ;底柱高度(采用电耙底部结构时)为 $7 \sim 13\text{m}$ 。

## 二、采准工作

如图3-5-3所示,采准巷道有:阶段运输巷道、通风人行天井、分段凿岩巷道、电耙巷道、溜井、漏斗颈和拉底巷道等。

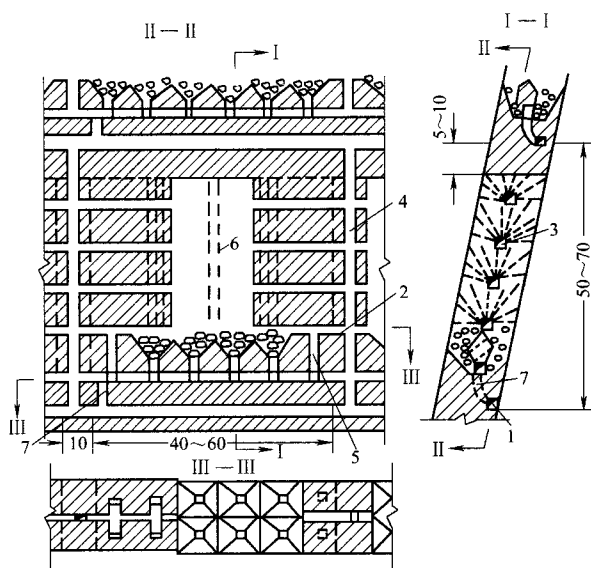


图3-5-3 沿走向布置的分段凿岩阶段矿房法

1—阶段运输巷道 2—拉底巷道 3—分段凿岩巷道;

4—通风人行天井 5—漏斗颈 6—切割天井 7—溜井

阶段运输巷道一般沿矿体下盘接触线布置,分段凿岩巷道靠近下盘,以使炮孔深度相差不大,从而提高凿岩效率。对于急倾斜矿体,分段凿岩巷道则布置在矿体中间。

## 三、切割工作

切割工作包括拉底、辟漏及开切割槽等。切割槽可布置在矿房中央或一侧。

由于回采工作是垂直的,矿房下部的拉底和辟漏工程不需在回采之前全部完成,可随工作面推进逐次进行。一般拉底和辟漏超前工作面 $1 \sim 2$ 排漏斗的距离。拉底一般用浅孔从拉底巷道向两侧开帮。辟漏可从拉底空间向下或从斗颈中向上开掘。

切割槽的质量直接影响矿房的落矿效果和矿石损失、贫化的大小。开掘切割槽的方法如下:

1. 栈孔拉槽法。在拉槽部位用留矿法上采,切割天井作为通风人行天井,采下矿石从漏斗溜到电耙巷道,大量放矿后便形成切割槽。切割槽宽度为 $2.5 \sim 3\text{m}$ 。此法易于保



证切割槽的规格 ,但效率低 ,劳动强度大。

2. 垂直深孔拉槽法。如图 3-5-4 所示 ,拉槽时先掘切割巷道 ,在切割巷道中打上向平行中深孔 ,以切割天井为自由面 ,爆破后形成立槽。切割槽炮孔可以逐排爆破、多排同次爆破或全部炮孔一次爆破。为简化拉槽工序 ,目前多采用多排同次爆破。

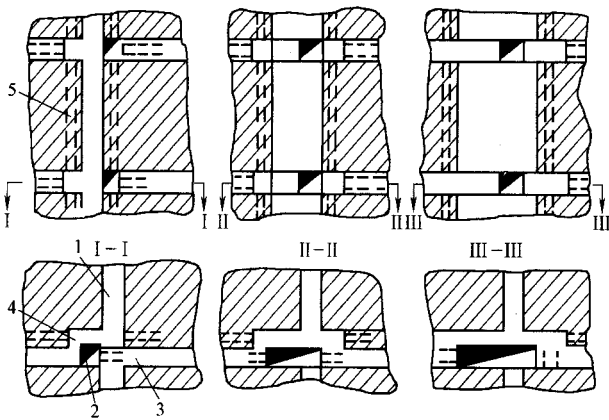


图 3-5-4 垂直深孔拉槽法

1—分段巷道 2—切割天井 3—切割巷道 4—环形进路 5—中深孔

3. 水平深孔拉槽法。如图 3-5-5 所示 ,拉底后在切割天井中打水平扇形中深孔 (或深孔) ,分层爆破后形成切割槽 ,其宽度为 8~10m。这种拉槽方法 ,由于拉槽宽度较大 ,爆破夹制性较小 ,容易保证拉槽质量。此外 ,用深孔落矿效率较高 ,作业条件较好。

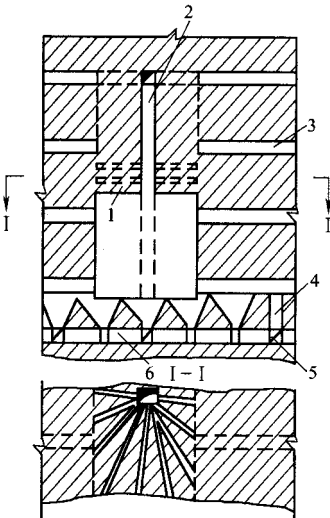


图 3-5-5 水平深孔拉槽法

1—中深孔(或深孔) 2—切割天井 3—分段凿岩巷道 4—漏斗颈 5—斗穿 6—电耙巷道

## 四、回采工作

在分段巷道中打上向中深孔(最小抵抗线为  $1.5 \sim 1.8\text{m}$ )或深孔(最小抵抗线为  $3\text{m}$ )。全部炮孔打完后,每次爆破  $3 \sim 5$  排孔,用秒差或微差雷管或导爆管分段爆破,上下分段保持垂直工作面或上分段超前一排炮孔,以保证上分段爆破作业的安全。

崩落的矿石借重力落到矿房底部,经斗穿流到电耙道。电耙绞车能力为  $30\text{kW}$  或  $55\text{kW}$ ,耙斗容积为  $0.3\text{m}^3$  或  $0.5\text{m}^3$ 。

矿房回采时的通风必须保证分段凿岩巷道和电耙巷道风流畅通。当切割槽位于矿房一侧时,矿房通风系统如图 3-5-6a 所示;当工作面从矿房中央向两翼推进时,通风系统如图 3-5-6b 所示。为了避免上下风流混淆,多采用分段集中凿岩(打完全部炮孔),分次爆破,使出矿时的污风不至于影响凿岩工作。

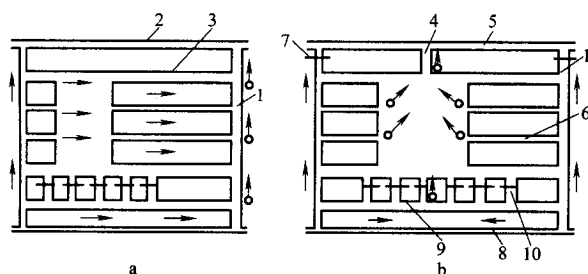


图 3-5-6 分段凿岩阶段矿房法通风系统

a—切割槽在矿房一侧;b—切割槽在矿房中央

1—天井 2、5—回风巷道 3—检查巷道 4—回风小井 6—分段凿岩巷道;

7—风门 8—阶段运输巷道 9—电耙巷道 10—漏斗颈

当开采厚和极厚急倾斜矿体时,矿房长轴垂直走向布置,如图 3-5-7 所示。此时的矿房长度即为矿体水平厚度,矿房宽度根据矿石和围岩稳固程度而定,一般为  $8 \sim 20\text{m}$ 。

采准和切割工作与沿走向布置的方案类似。切割槽沿上盘接触面布置,向上盘方向崩矿。

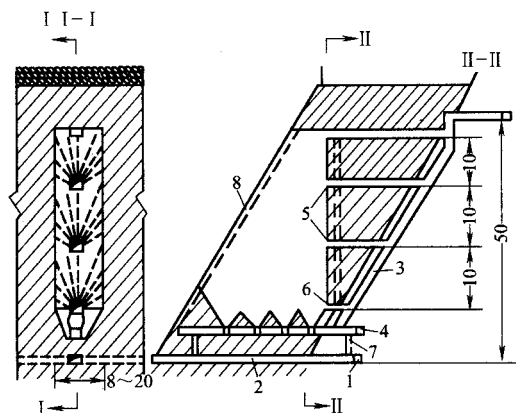


图 3-5-7 矿房垂直走向布置分段凿岩阶段矿房法

1—阶段运输巷道 2—穿脉运输巷道 3—通风行人天井；  
4—电耙巷道 5—分段凿岩巷道 6—拉底巷道 7—放矿溜井 8—切割天井

### 第三节 垂直深孔球状药包落矿阶段矿房法

垂直深孔球状药包落矿阶段矿房法( VCR 法 ) ,是球状装药技术在采矿工程中的具体应用 ,是一种较新的地下采矿方法。

美国 C. W. 利文斯顿对球状药包爆破机理进行了长期的试验研究 ,提出了球状药包漏斗爆破理论。加拿大采矿工作者应用该理论 ,试验成功了垂直深孔球状药包落矿阶段矿房法。该法的特点是 ,在矿房上部水平开掘凿岩硐室或凿岩巷道 ,采用大直径潜孔钻机( 或牙轮钻机 )钻凿下向深孔 ,直至矿块的拉底水平 ,然后从炮孔的下端开始 ,自下而上用球状药包逐层向矿房下部预先开掘好的拉底空间崩矿 ,崩落的矿石由矿房底部装运巷道运出。

该法在我国凡口铅锌矿等得了实际应用。

### 第四节 阶段矿房法评价

#### 一、适用条件

水平深孔落矿阶段矿房法和垂直深孔分段凿岩阶段矿房法 ,是我国目前开采矿岩稳

固的厚和极厚极倾斜矿体时应用比较广泛的采矿方法 ,急倾斜平行极薄矿脉组成的细矿带 ,也采用这种方法合采。垂直深孔球状药包落矿阶段矿房法在矿、岩接触面规整的急倾斜厚大矿体或中矿体比较适用。三种方法都要求围岩稳固 ,矿石中稳以上。

二、优缺点

水平深孔落矿阶段矿房法和垂直深孔分段凿岩阶段矿房法具有回采强度大、劳动生产率高、采矿成本低、坑木消耗少、回采作业安全等优点。但也存在一些严重缺点 ,如矿柱矿量比重较大( 达 35% ~ 60% ) ,回采矿柱的损失贫化大( 用大爆破回采矿柱 ,其损失率达 40% ~ 60% ) ,水平深孔落矿阶段矿房法崩矿时对底部结构具有一定的破坏性 ,垂直深孔分段凿岩阶段矿房法采准工程量大等。

三、主要技术经济指标

国内某些采用阶段矿房法的矿山的主要技术经济指标见表 3 - 5 - 1 与表 3 - 5 - 2。

表 3 - 5 - 1 水平深孔落矿的阶段矿房法主要技术经济指标

指标	矿山			参考指标
	河北铜矿	大吉山钨矿	红透山铜矿	
矿块生产能力( t/d )	300 ~ 400	50 ~ 120	300 ~ 400	200 ~ 300
工作面工效( t/工班 )	51 ~ 88	30 ~ 60	50 ~ 62	40 ~ 60
矿石损失率/%	6.85 ~ 19.1	—	20 ~ 25	10 ~ 20
矿石贫化率/%	12.1 ~ 19.1	76 ~ 87	18 ~ 20	10 ~ 15
炸药消耗量( kg/t )	0.23 ~ 0.34	0.39	0.26 ~ 0.49	
坑木消耗量( m <sup>3</sup> /万 t )	5.26 ~ 24.6	6.5 ~ 12	0.4 ~ 3.5	

表 3 - 5 - 2 垂直深孔落矿分段凿岩阶段矿房法主要技术经济指标

指标	矿山			参考指标
	金岭铁矿	大庙铁矿	河北铜矿	
矿块生产能力( t/d )	140 ~ 180	105 ~ 130	150 ~ 200	140 ~ 180
工作面工效( t/工班 )	15 ~ 18	21.6	31 ~ 44	20 ~ 30
矿石损失率/%	25	20.7	18.5	10 ~ 15
矿石贫化率/%	15 ~ 20	14.5	12.3	7 ~ 15
炸药消耗量( kg/t )	0.3 ~ 0.4	0.29 ~ 0.31	0.32 ~ 0.47	
坑木消耗量( m <sup>3</sup> /万 t )	10	9	2 ~ 5	