

北京图书馆藏

36511

2

中文资料

阶段崩落采矿法译文集

中南矿冶学院采矿教研室

武钢矿山研究所情报室

一九七九年九月

803

目 录

一、阶段崩落放矿法

- (一) 阶段崩落采矿法的发展现状..... (1)
- (二) 阶段崩落采矿法概论..... (5)
- (三) 矿块崩落法——深部矿体经济开采的途径..... (11)
- (四) 克利迈克斯矿体的崩落特性..... (16)
- (五) 阶段崩落采矿法的设计和控制中的岩石力学..... (25)
- (六) 采用自行式装运设备的采矿方法的工业试验..... (33)
- (七) 苏联黑色冶金部地下矿山提高劳动生产率的途径..... (38)
- (八) 完善采矿方法的主要方向..... (42)

二、连续回采工艺

- (九) 什列格西斯矿井回采工艺的完善..... (46)
- (十) 振动放矿连续回采盘区崩落阶段强制崩落采矿法凿岩爆破工作的完善..... (50)
- (十一) 捷克里依斯克采用矿石连续回采工艺的结果..... (55)
- (十二) 矿块中连续出矿工艺, 在矿石堆中工作的大型振动放矿机的应用..... (59)

三、底部结构与放矿

- (十三) 戈尔诺依·萨里矿大量崩落采矿法矿块底部的合理结构..... (62)
- (十四) 古布金井的放矿工作的完善..... (67)
- (十五) “钼”矿采用振动放矿机——自卸汽车机组..... (69)
- (十六) 乌拉尔黄铜矿矿山的放矿机械化..... (73)

四、崩矿参数和其他

- (十七) 在挤压条件下磷钙矿石的崩矿方法的效果..... (78)
- (十八) 爆破参数的研究和应用相邻深孔药包重要作用的展望..... (82)
- (十九) 大量崩矿时矿块矿柱和矿房柱的重量对矿石破碎质量的影响..... (86)
- (廿) 阿尔廷——托波甘斯克矿使用振动放矿机的矿柱回采..... (91)
- (廿一) 计算自行式运输机班生产率的诺模图..... (95)
- (廿二) 矿块中掘进切槽槽的完善的方法..... (97)



A793194

Bu 57 76

(一)阶段崩落采矿法的发展现状

中南矿冶学院采矿教研组 黄存绍

目前所用的机械化地下开采的采矿方法中，在采矿成本和劳动生产率上，能与露天机械化开采相竞争的，只有阶段崩落采矿法（参阅表1—1和表1—2）。因此它是目前所用的高效采矿方法之一，而且近几年来各国采矿工作者对它的改进也进行了大量的试验和研究工作。而且有人预计，在未来的地下机械化开采中，阶段崩落法将占有相当重要的地位。

美国内各部矿业局调查的矿井全员的劳动生产率 表1—1

采矿方法	房柱法	阶段崩落	分段空场	分段崩落	分层充填法
劳动生产率 吨/人一班 ^①	10—150	10—50	15—30	<25	<10
^① 包括井下工人和担负井下工作的地面工人					

为了与我国采矿工作者交换意见，促进我国采矿事业的发展，对阶段崩落法采矿法的几个问题，给予简略的介绍。由于我们的水平有限，对阶段崩落的试验研究工作做得很少，错误和不妥之处，一定不少，敬希读者批评指正。

采矿方法方案 众所周知，阶段崩落法根据崩落方法的不同，分为自然崩落和强制（或称诱导）崩落两大类。前者由于对矿石的崩落法要求很严格，在世界使用的矿山极少。后者又根据回采区域的划分，又分为块矿崩落、盘区崩落和大量崩落三种。块矿崩落为两个步骤回采，在第二个步骤回采矿块矿柱时，往往矿石的损失和贫化都比较大，其效果不如盘区崩落法。

盘区崩落法，按崩落方式又可分为药室崩矿，垂直和水平深孔崩矿，药室和深孔联合崩矿，以及有空深孔的深孔崩矿等四种方案。药室崩矿由于矿石破碎质量不好已经少采用。按崩矿条件而又分为向补偿嗣室崩矿和挤压崩矿两种。前者的矿石破碎质量较好。

致于大量崩落的方案是介于块矿崩落和盘区崩落之间的一种方案，也可以说是两者的一种变型方案。

根据以上所述，就方案而言，今后的发展趋势可能是一个步骤，连续盘区回采，用深孔向补偿嗣室崩矿的方案。

构成要素 阶段崩落的构成要素中，最重要的两个是水平尺寸和放矿层的高度。水平尺寸主要取决于矿石的物理机械性质，块矿崩落的水平尺寸一般为50×50米左右，盘区的水平尺寸为：沿走向的宽度是20米左右，长度等于矿体的厚度。放矿层的高度一般是向增加的方

向发展，其原因是，较大的放矿层高度可以降低采准费用，在放矿适宜时，矿石的损失和贫化也比较小。但是，覆盖岩层破碎的块度比矿石的块度小得很多时，放矿层的高度增加，由于废石掺入的作用，矿石损失和贫化也会增加。目前常用的放矿层高度为100米左右，最大的有200米以上的。

阶段崩落法的成本，效果和生产数（根据C.L.Pillar的资料）

费用为美元

表1—2

项 目	最大 值	最 小 值
矿床：		
储 量（短吨）	1,000,000,000 ^{以上}	13,000,000
铜当量品位 1 %	1.8 %	0.42 %
水平尺寸	宽2500呎 长4000呎	宽465呎 长1200呎
矿床的厚度 呎	2000	300
覆盖岩层厚度 呎	3000	零
拉底层到地表深度 呎	5000(计划的)	500
矿井日产量 吨/日	60,000	5000
矿井全员效率 吨/人一班	60	15
回采成本 美元/吨	1.4	0.45
采准成本 " "	0.52	0.30
直接采矿总成本（不包括开拓） 美元/吨	1.92	0.75
矿量回收率 %	95	88
计算的金属回收率 %	103	92
矿石贫化率 %	17	8
品位回收率 %	95	87
每千吨日产量所需的实际的采准面积 呎 ²	17500	5750
每平方呎采区的采准总费用，美元	10.50	6.25
每千吨日产量所需的生产放矿点数	50	16
漏斗（放矿点）间距 呎	34 × 34	15 × 15
最大的放矿层高度 呎	1000	150
每天的平均放矿下降速度 吋	30	9
放出一吨矿石消耗的强度为60%的炸药，磅	1.1	0.085
每千吨日产量每分钟输出的新鲜风量，呎 ³	24000	12500
每千吨日产量所需功率，千瓦一时	12000	6400

底部结构 按受矿水平的形式而分，有漏斗状的、铎沟式的和平底式的三种。从减少采准的劳动消耗量和便于采准工作机械化，以及有利于底柱的维护三方面考虑，以采用平底式的为好。

按放矿方法而分有：用分枝溜矿道通过格筛的重力放矿，重力格筛放矿电耙运搬，铲运

机放矿和运搬；振动放矿机放矿用电耙、机车或皮带运输机运搬等四种方案。前者，在美国和加拿大使用较多，它的缺点是底柱高度大（高达30米），采准工作困难，技术水平要求很高。它的优点是：有利于均匀放矿，降低矿石损失和贫化。在苏联有朝平底式振动放矿方向发展的趋势，它的优点是：底柱高度小（最小达到3—5米左右），几个水平层合并为一，有利于采准工作机械化和劳动生产率的提高，以及底柱的维护工作。

近几年来出现了大放矿口（5×7米）用铲运机放矿的方案，也取得了很好的效果。矿石的回收率为80%，贫化率为10%。矿岩的稳固性能否维护大断面的放矿巷道，是采用此方案的关键。

拉底和割帮 拉底有分区拉底和连续拉底之分。拉底方法只有留临时矿柱的，铗沟式的和深孔平底式的三种。出现后两种拉底方法，目的是减少浅眼工作量，提高拉底的劳动生产率。

是否能实现设计所要求的拉底规格，保证拉底质量，对矿石破碎质量有很大的影响。

割帮都是采用深孔控制崩落范围，用留矿法进行割帮的情况，在阶段强制崩落中比较少用了。

放矿水平层的维护 在设计时总是希望将采准巷道布置在地压比较低的地区，减少维护费用。

采用连续均匀放矿，降低崩落岩层的静压力，使地压不要集中，提高放矿强度，在放矿巷道垮落之前结束放矿工作。

维护放矿水平层最有效的支护型式是带金属网杆柱和喷射混凝土的联合支架。有试验报导，采用此种联合支架，在放出全部矿石之前，放矿水平层基本上处于安全状态，巷道的维护费用最小。

放矿巷道垮落之后进行恢复是一次既费时又费钱的工作，往往巷道的修复费用比第一次支护费用的要大5倍以上。而且放矿巷道维护不好，就不可能实行合理的放矿制度，矿石的损失和贫化就一定很高。

崩矿 现在主要采用深孔崩矿。对水平深孔和垂直深孔，爆破时的冲击压力对底柱的影响，有试验报导，如果底柱上有5米以上的碎石层，冲击压力的作用不大，从底柱的稳固性考虑，垂直深孔是有利的。

挤压崩矿的矿石破碎质量比向补偿洞室崩矿的差。

深孔直径一般都是采用100毫米左右，有试验报导采用小直径深孔（60毫米以上），崩矿时矿石的破碎较均匀。

都是采用装药机装药。有人试验了深孔药包中留一空心柱，可以改善矿石的破碎质量。延缓时间的长短，对破碎质量有影响，有试验证明认为采用20—50毫秒的延缓时间为好。

有试验报导，矿柱吸收的爆破能量，是随矿柱重量之比的不同而不同，对矿石的破碎质量也有影响。为了解决这一问题需要采用不同的爆破参数。

提高崩矿的单位炸药消耗量并不是总对改善破碎质量有利的，相反，单位炸药消耗量过大，由于引起矿柱过早的崩落等原因，不合格大块的产出率，反而会增加。

苏联的深孔凿岩设备，孔深不能超过30米。达到30米和以上时，不仅凿岩速度变低，而且偏差大（3—5米）。

不合格大块的产出率是影响放矿生产率的一项重要因素。因此，为了解决这一问题，一方面是研究合理的爆破参数，改善破碎质量，另一方面是提高合格大块的尺寸（例如采用1000毫米为合格矿石块的尺寸），消除不合格的大块。

放矿 室内模拟试验和工业试验证明采用多点、小批量、短间隔均匀放矿的制度，可以获得较好的效果，矿石损失和贫化都比较小。

疏干 为了防止地表泥土流入崩落矿石中，产生贫化和跑矿，发生安全事故，有矿山采取了剥离部分表土，使地面水沿下盘岩石的裂缝流入井下巷道，不进入采区，保证崩落矿石的湿度比较小和泥土不混入矿石中。

覆盖岩层的崩落 覆盖岩层的崩落质量对矿石的损失和贫化影响很大。希望覆盖岩层崩落时破碎成比较大的块度，不能产生因废石通过崩落矿石之间的缝隙而渗透，引起过早贫化。有报导，由于覆盖岩层破碎成很细小的粉矿，发生大量的猛烈的废石渗透，使放出矿石的品位迅速降低到边界品位之下，整个采区报废，造成重大的经济损失。

露天开采转为地下开采，使用崩落法时，为了保证工作的安全和回采工作的正常进行，往往用废石块回填露天矿场。回填的厚度以保证能消除突然滑坡的冲击地压为原则。

模拟试验 用模拟试验来指导设计和生产管理，有不少矿山报导，取得了很好的效果。

除了使用大家熟悉的物现模拟放矿试验，研究合理的放矿顺序和构成要素；爆破模拟试验，研究合理的爆破参数外，在近几年来，使用效果最好和作用最大的分析技术是电脑化的有限单元法。本法的实质是：用逐步移走单元代表巷道，用不同的变形模数代表矿岩的物理机械性质和破碎程度。它可以模拟很复杂的采矿地质条件。得出的结果准确而迅速。有报导在设计和指导生产上采用此法，能获得很好的效果。

结束语 用模拟试验研究采矿法的构成要素和生产过程，对指导设计和管理生产都有重要作用；连续回采盘区深孔的崩矿阶段强制崩落法有一定的优越性；振动放矿可使采区生产能力和放矿的劳动生产率，大幅度提高；覆盖岩层和矿石的破碎质量对矿石损失和贫化影响极大；用带金属网的杆柱和喷射混凝土联合支架支护放矿水平层是目前比较有效的支护方法。

(二)阶段崩落采矿法概论

一、本法的实质、优缺点和方案

使用得当，阶段崩落采矿法每吨矿石的采矿成本，比任何其它的地下采矿方法都较低。初期的开拓采准工作，需要相当大的投资，工作规模都是很大的。它的各种方案可以应用于各种形状的矿体和各种强度的矿石，但是，有严格的要求和限制。如果矿体不适合，或者指导不适当，矿石损失比任何其他的采矿方法都高。有规律地工作，细致的管理和准确的判断，都是使用本法获得成功，必不可少的条件。

除所有的崩落采矿法一般所要求的适宜的矿体的要求之外，它还要求有可以自由崩落的足够的水平面积，以及侧边废石不会产生大量的贫化。大型的块状矿体可以满足这些条件。脉状矿床必须厚度比较大和倾斜比较陡急。理想的条件是：有坚固的边壁，矿石容易与围岩分离。如果损失的矿石的价值刚好等于它的采矿成本，那么在隔绝的孤立的采区或采场，可以使用让矿石遗留在岩壁下。

在平坦的矿层中，如果它的厚度大到足以抵偿采准费用，也可以采用阶段崩落采矿法。通常最小的厚度是100呎（即30.48米），但是，最终是取决于能回收的产品与成本的对比。

阶段崩落采矿法是不能选别回采的，在地下不能进行选别作业。所以矿石中的有用成分要求均匀分布。矿体外形的轮廓线应该相当规则。伸入岩壁中的小矿体不能回收，矿体中的低品位的夹层不能遗留不采。在阶段崩落采矿法中有一定的矿石损失和贫化，这是不可避免的。矿石损失和贫化的大小影响使用阶段崩落采矿法的矿石的最小和最大的经济品位。矿石的物理性质，要求在矿块崩落时能破碎成小块，但是，没有确切的规定。然而，最近完成的一些著作，对不同矿体崩落性指标，有较为确切的规定。用阶段崩落采矿法成功地开采的矿石中，包含有大量的条带状裂隙或其它的弱面。用试验确定某一指定矿石的特征。

阶段崩落采矿法适用于相当软或相当硬。但是通常不是非常软或非常坚韧的矿石。裂隙构造的特征通常是决定性的因素。覆盖岩层在其下的矿石放出时，必须崩落。覆盖岩层的重量对帮助矿石破碎是有利的。最有利的覆盖岩层是能成大块破碎。软弱的或脆的覆盖岩层会降低矿石回收率，因为它破碎成很小的岩块，渗透到矿石中，或者形成通向放矿点（即漏斗）的通道。在外观上覆盖岩层与矿石可以区别，这是希望有的，在放矿作业结束时，在放矿点可以迅速鉴别。

阶段崩落采矿法的优点：(a)安全；(b)采矿成本低，因为除了每吨矿石所要完成的凿岩、爆破和支护工作量小之外，每吨矿石的采准工作量也是相当小的；(c)生产集中，能实行有效的管理；(d)与其他的崩落采矿法相比，有良好的自然通风。

阶段崩落采矿法的缺点是：(a)矿块预备崩落需要时间和很大的费用；(b)放矿水平层的

平巷维护费用可能很高，而且此项工作妨碍生产；(c)改变生产率满足生产要求的变化是困难的；在受到重力集中区域的采准巷道完全损坏时，在相当长的时间内会停止放矿；(d)如果没有实现好的放矿管理，经常有损失大量矿石的危险，而且有时矿石的回收率是低的；(e)采矿方法不灵活，开始之后，要改变为另外一种地下开采的采矿法是困难的。

阶段崩落采矿法不同方案的选择 一个矿体是分矿块，盘区或大量崩落进行回采，主要是取决于矿岩的性能。矿石软弱或构造裂隙发达，破碎得很小，而且有很高的放矿速度的条件下，采用矿块崩落法可能是最好的。在此类矿石中，如果矿块的尺寸过大，过大的地压，对巷道是危险的。在裂隙构造比较稀疏和矿体比较坚强时，或者矿块的发展在一个方向有限制时，例如急倾斜的矿脉，盘区崩落法可能是比较合适的。根据岩石的强度（在其中掘进了主要的巷道）以及用废石加固之后可以回收矿柱，那么在盘区之间需要留矿柱。如果矿体是大型块状的，而且支撑性能又相当好，构造裂隙的间距又相当大，因而大量崩落的采矿法可能是最适宜的。在此种矿体中，开始崩落之前，需要拉底的水平面积是相当大的，一些割帮也是需要的。其他企业的经验可以指导初期的工作，但是，大规模的阶段崩落采矿法的作业的决定性的计划，通常是在当地条件下，长期试验的结果。

阶段崩落采矿法和分段崩落采矿法的比较 阶段崩落采矿法比分段崩落采矿法优越之处是：采矿成本较便宜，在一定的面积中能得到较大的日产量；每吨矿石所需的采准工量作较少，以及通风较好。分段崩落采矿法可以用于软弱的矿石中，和较小的矿体中，除此之外，由于构造裂隙稀少，重力崩落成问题，或者大块多，二次破碎成本高的地方，也可以考虑采用分段崩落法。

二、原理 和 实 践

岩体有数量充足的构造裂隙，软弱面或泥质层面（例如某些磁铁矿中的），因此，如果在一个尺寸足够大的面积上，用一些拉底方法去掉了支撑，岩体就会破碎时，可以采用阶段崩落采矿法。岩体从矿块底部开始崩落。放出崩落的矿岩，岩体继续向上崩落，贯穿整个矿体。崩落的进行速度是有限制的。它与被崩落的物料的构造有关系。如果放出的速度比崩落的速度快，就会产生空峒，出现危险的状况。没有崩落的部分，或者没有崩落的大部分，成一个整块陷落，会产生一个通过放出巷道的摧毁性的空气爆破。如果岩体相当稳固，也可能形成稳定的拱，因此，要控制继续崩落是困难的。另一方面，崩落的矿岩应当尽快地放出，避免在拉底区中产生压实的现象，要使崩落继续向上发展，贯穿整个岩体。放出速度在 $\frac{1}{2}$ 呎/天到 4 呎/天的范围的变化。

在每次拉底爆破之后，必须把最近爆破的拉底矿放空，保证不留下小部分的矿柱，作为顶板和拉底层的底板之间的支撑。如果在拉底期间没有将它去掉，它可能支撑柱底空间的顶板，并对适当的崩落有妨碍，或者将危险地压传递给柱底水平层之下的放矿巷道。矿石由于它本身的重量，发生崩落，并破碎成适合运搬的、尺寸适宜的块子。不合格的大块，必须爆破才能通过漏斗，通常崩落的发展通过覆盖岩层达到地表，随着下面矿石的放走，覆盖层下沉。放矿继续到漏斗中放出物料的矿石价值降低到预先规定的限度为止。用分析和目力检查

可以决定放矿的截止点。

适宜的矿体 矿石均匀的宽矿脉、厚矿层或者块状的矿床，以及母岩的覆盖层，都容易崩落，构成适宜的矿体。矿石必须是，在矿块进行采准和拉底时能够支撑的，在崩落时又容易破碎的。有些使用范围是：含铜的斑岩，分散的辉钼矿，苏必力尔湖铁矿区的赤铁矿，以及南非的某些金钢石矿。

阶段崩落采矿法的方案 有三种不同的方案：(a)将矿体的水平面积划分为规则的或者接近规则的矿块，常常是近似的正方形，在整个平面上均匀地放矿，使破碎的矿石和崩落的覆盖岩层之间的接触，维持近似水平的平面；(b)矿体在横向或纵向的方向，把矿体的水平面积划分盘区，用控制拉底面积的方法，自盘区的一端向另一端后退，而且破碎的矿石和崩落的覆盖层之间的接触，维持一倾斜的平面（如果有“盘区崩落”的名称）。在盘区之间可以留或者不留矿柱；(c)矿体的水平面积不划分为一定的矿块或盘区。拉底是从矿体的边壁到边壁，回采是从矿体的一端向另一端后退。破碎的矿石与崩落的覆盖岩层之间的接触，维持一个倾斜的平面。总的有效的崩落面积为块矿的尺寸和要求的总产量所决定，而矿块的尺寸不能使下面的巷道产生过大的应力。本方案，在一些矿山，也认为是属于盘区崩落法。在本书的分类中，称之为“大量”崩落法。

采准工作 采准工作必须与矿体的特征和矿块崩落所用的方式相适应。采准时期相当长。因而在实现生产之前，需要大量的投资。

矿块的尺寸 高矿石柱的矿块（即阶段高度大——译注）是所希望的，因为它可以降低每吨矿石的采准费用，而且，如果放矿适宜，可以降低覆盖岩层混入崩落矿石中的贫化率。如果覆盖岩层破碎得较矿石小得多，对于高的矿块，此种贫化量可能是较大的，这是由于放矿时，崩落的覆盖岩层掺入和与矿石混合。如果覆盖岩层的块度很大，这一问题就会大大地减轻。最大的实际的高度，取决于矿床的厚度，矿体的倾角，以及矿石与覆盖岩层的特征。别处相类似条件的经验是最好的指导（参阅表2—1）。

在阶段崩落采矿法的含铜斑岩矿中，矿块的高度已增加，从以前的限度100呎，到超过300呎，达到600呎和更高，总的矿石和覆盖层的岩柱高度是1500呎。在圣曼纽尔矿的未来的开采区域中，总的岩柱高度将是3500呎。科罗拉多州的新亨得逊矿，开始崩落的矿石高度达到500呎，而总的岩柱达到4000呎。要限制水平面积的目的是：希望在24小时的一天中，能够放出几呎的垂直的实体；同时也希望放矿有较大的灵活性，而且运输水平层所需的修理最小。矿块面积要大到使母岩比较容易产生崩落为止，而小呢要小到放矿巷道上不会有过大的地压时为止。

放矿点的间距 此种间距是放出孔希望的放出物尺寸的函数。一个放出孔的影响范围为放出物的尺寸所决定。一个放出孔的影响范围要与邻近的一个放出孔所影响范围，有一些重叠，使得拉底时，不会留下放不走的矿柱。矿岩破碎得愈细碎，放矿点的间距应密集些。大块的矿岩，要有较大的放矿点间距。实际的限度是如何的呢？为了破碎拉底区域中大块和疏松压实的矿岩，必须保持足够的通道。此一间距也许不应超过50呎。表2—2表示了一些典型的间距值。

放矿点的间距，最好是用其它矿山的经验和个别矿山的试验来决定。大多数矿山，在生产一段时间之后，不断地改变放矿点的间距。

阶段崩落采矿法的矿块尺寸

表2-1

矿	山	矿采的类型	矿块尺寸 呎	高度 呎
石棉有限公司, 西特伏得矿		石棉火成岩的网状矿脉	160×160	400和更小
田纳西财团, 迈阿米铜公司		含铜斑岩	100×160	600
柯力、萨尔瓦多公司、依耳 日萨尔瓦多		铜含斑矿	94×120到 157×243	160-700
国际镍公司、克利通		浸染的苏长岩	大量崩落	500
克利弗兰、克力夫铁矿公 司、马泽		赤铁矿	90×90	200-250
马格马铜矿公司圣曼纽尔矿		浸染分散黄铜矿, 变形花岗岩	盘区崩落	600以上
格雷丝, 比泽利亨钢铁公司 康沃耳No33和4		大型块状磁铁矿	150×150	矿体高度 为112呎
比泽利亨钢铁公司		磁铁矿	盘区崩落	100-200
克利马克斯、美国金属, 克 利马克斯矿		浸染分散辉钼矿	大量崩落	300
克利马克斯、美国金属、乌 拉得矿		同 上	大量崩落	300
比尔矿山有限公司		斑岩的火山岩株	盘区崩落	400-600
依尔、特尼特		块状的硫化铜矿	60×90米	100-180米

放矿点的间距

表2-2

矿	山	各类矿石块尺寸和所占%, 呎				放矿点间 距 呎
		+ 5	2 - 3	1 - 2	1	
克利通(Creighton)		30	30	40	—	30×40
西特伏得(Thetford)		20	25	25	30	25×25
马泽(Mather)		5	10	15	70	13×28
迈阿米(Miami)铜矿		—	—	—	—	16 2/3×18 3/4
依耳、萨尔瓦多(El Salvador)			变化的			480—1600*
圣曼纽尔(San Manuel)			细粉矿			15×17.5
克利马克斯(Climax)		7	24	23	46	33 1/3×34
格雷丝(Grace)		50	20	20	10	20×30
沃耳(Cornwall)		10	20	20	50	25×40
乌拉得(Urad)		40	15	15	30	30×30
亨得逊(Henderson)		—	—	—	—	40×40+
比尔(De Beers)		—	—	—	—	15×22.5

*480呎²粉矿用, 1600呎²大块矿石用。

+ 尚未投产的新矿, 希望是大块的矿石。

矿石贫化的控制 要使矿石的贫化最小，一个连续的良好控制放矿，是很重要的。产生贫化的岩层破碎成与矿石同样大的块子，或者更大一些，对于矿石贫化最小，是最好的。如果废石比矿石小，除了用良好的放矿作业进行控制外，矿石的贫化量也果较大的。

矿石的回收率和矿石贫化的数量，是崩落法成功上的一个重要因素，但是还没有可以预先决定最终结果的方法。其他矿山的经验是最好的指导。表2—3表示了一些典型的结果。

矿石的回收率和贫化率表

2—3

矿 山	矿石回收率 %	贫化率 %
康沃耳	100	17
格雷斯	85	20
马 译	67	10
西特伏得	100	20
克利通	95	15
克力马克斯	92.5	15
圣曼纽耳	101.5*	12.2
乌拉得	101*	15
比 尔	100	20
依尔、特尼特	90.95	10—20

* 计算矿石的实际的回收率。

记住史特普·洛克铁矿的依利汤矿的阶段崩落采矿法，因矿石回收率很低，而被放弃，是有意义的。“均匀崩落速度进行崩落使矿石破碎，产生了矿石贫化。例如，在矿石软弱的区域，或有色岩石的夹层中，发生崩落比周围的矿石块，放矿时，出现了自上面填充的废石管状体。此种贫化使矿石的品位降低，不能作为商品矿石，需要选矿的附加费用”。

一般的考察 当矿石运走，形成空峒时，没有崩落的覆盖层的重量，传递到没有崩落矿石的周边上。很大的应力可能传到指状溜井（分枝溜矿道——译注）上，产生很大的危害。保护指状溜井的最好的措施是：布置在高应力区之外（预先决定是困难的，而且往往不能实现）。崩落区中的隔绝的（孤立的）矿块，可能是沉降矿石的支撑体，因而，将危险的地压传递到下面的巷道。保持稳定和均匀的放矿，以及把能起矿柱作用的巨块矿石块运走，是避免正在崩落区中的地压的最好措施。生产采区的面积只维持所需产量的足够的面积，是此种控制管理方式的重要的特点。所需的生产面积是学习经验的最好的根据。应考虑的一些因素是：

1. 所希望的每天的垂直的放矿速度。

2. 决定二次破碎工作量的，到达放矿点的，矿石块的最大尺寸。

3. 放矿点的利用程度，必须考虑一些修理时间。

4. 矿石运输设备的装载时间。如果装载点有适当的间距，可以成倍地进行装载。

5. 保证产量要求所需的运输道的数量。

6. 所需的总产量。

阶段崩落采矿法的评价。阶段崩落采矿法可能是费用最低的地下开采采矿法，但是某些分段崩落采矿法的支持者，认为两种方法是可以竞争的。阶段崩落采矿法的一个缺点是：在由生产回收投资之前，矿块的准备要用大量的资金，如果需要扩大生产，为了准备新的区域需要相当长的超前时间。此法对生产能力大的矿山最适合。不同矿山的有代表性的日产量列入表 2—4 中。

矿 山 的 日 产 量

表 2—4

矿 山	日 产 量 吨
康沃耳 № 3	2000
康沃耳 № 4	4000
格雷斯	7000
马译	7655
圣曼纽尔	43500
克利通	14000
西特伏得	4000
依尔·萨尔瓦多	26000
克利马克斯	43000
乌拉得	6300
比 尔	2550
依尔·特尼特	40,000

最近的发展趋势 很多矿山正在转为或者准备转为采用无轨自行（通常是柴油机的）的采准和生产的设备这一事实，反映了有意义的发展。一些理由是：（1）设备的灵活性较大，（2）效率增加，（3）需要人力较少，（4）人的工作较容易。此类设备通常是受下列两方面的限制：岩石——与通常的有关的崩落法的矿山相比，要维护较大的巷道，通风——与标准的空气相比，需要更多的通风，或者电气运转设备。使用此种设备的矿山有：克利通、格雷斯和克利马克斯。亨得逊矿山没有投产。但是，在计划中，将无轨自行设备作为独一无二的设备来使用。

黄存绍译自“美国采矿工程手册”第一卷，12—162至12—167页。

(三)矿 块 崩 落 法

——深部矿体经济开采的途径

绪

言

今天矿块崩落法仍不失为一项地下开采技术。该采矿法是利用地层应力，使矿体按人们的愿望崩落和破碎成适合于用高度机械化方法放矿和搬运的块度。

当前，矿块崩落法一般用于开采赋存较深，如用露天开采剥采比过高的矿体。目前，露天开采的金属矿石约占全世界金属矿石产量的三分之二。由于露天开采劳动生产率高，作业条件好，利润大，且用人少，费用低，所以在不久的将来，露天开采还将有所发展。

将来低品位矿石从现在的露天大量开采必然会转向地下。地下开采的最终经济效果也必然会优于露天开采。这个转变过程，将随着全世界对金属和固体燃料需求量的不断增加和露天开采矿物量的日趋减少和加快。

现在在人们可到达的地球表面，很少有尚未进行初步矿物资源调查的地方。对于大型浅藏矿体的认识，通常比较容易，其中许多已用最先进的地球物理勘探技术查明。但是浅藏矿体的日益减少，矿物勘探只得逐步向地壳深部发展。这不仅意味着要找到深部矿体，而且还要求发展经济地大量开采这些矿体的方法，既要成本低，又要切实可行。今天，经济地开采大型低品位深部矿体的研究对于科技人员，经营者来说是一个广泛的课题，通过他们的共同努力，一定能够使采矿理论和成功的生产实践相结合。

存 在 的 限 用 条 件

在现代采矿工业中，矿块崩落法并未认为在经济上可与露天开采相竞争。然而有迹象表明在不久的将来矿块崩落法对于矿山投资有很大的经济上优越性，尤其是对大型低品位矿床而言，如斑岩铜矿床。具体使用条件如下：

1. 矿体上部已经用露天开采，下部由于受到露天开采，剥采比的限制，而转入地下开采，
2. 整个矿体均埋藏较深，如用露天开采则剥采比大于现时标准10：1，
3. 为了使矿体埋藏地区受开采引起的破坏最小，满足最低的环境保护和经济要求，
4. 由于地形起伏不平，从经济角度限制了露天开采，
5. 恶劣的气候条件限制或阻碍了大规模的露天开采。

现在矿块崩落法的使用已经证明单个矿体的日产量可达六万吨以上。各种生产规模的崩落法矿山，包括开拓和采准费用，总的开采直接成本为0.75~1.92美元/吨。各个矿山成本

之间的差异主要是由劳动生产率、工资、地层支护、通风和排水费用的不同所造成的。如果只考虑直接成本，它大致为剥采比5 : 1~12 : 1的露天开采成本。

适用矿块崩落法开采的矿床类型

矿块崩落法通常限于水平面积大，覆盖岩层易于成大块崩落的大型矿体，然而也有在小型矿体或大型矿体的一部分成功使用的例子。用这种采矿方法开采的矿体，还要求有足够的厚度，以便在拉底切割后发生崩落，并且采准费用适当。

一个能成功使用矿块崩落法的矿体，矿石应具有抗拉、抗碎、抗剪强度低的特性；整个矿体应均匀一致的松软；或具有因剪切，断层，破碎或节理作用而形成的相互交叉重叠，间距紧凑的弱面；矿石能成小块崩落，其尺寸应有利于放矿和运输；而且，围岩和覆盖层也应具有足够的弱面，使之产生结构破坏并随着矿石的放出而沉陷。当矿石破碎块度小和覆盖块呈大块崩落时，对于取得最小的矿石贫化指标是极为有利的。

该采矿法可在开挖足够的拉底切割空间后，使矿石和覆盖层自然崩落，也可以钻凿各种炮孔进行强制崩落。

矿体的可崩性

矿山布置与设计的成功与否取决于对矿体可崩性的正确估价。根据钻探岩心及其它具有代表性的试样来搜集有关所研究的岩石的物理性质数据，就可以基本确定该矿体的可崩性。从这些试样中，能够掌握节理破碎程度，裂隙类型。岩石的抗拉、抗压、抗剪强度等资料。如果有可能，应在实验室内用试样作各种试验，包括矿体内部固有的弱面与试样尺寸的比例关系，或对矿体的一部分作出评价。

这些数据经有经验的人全面鉴定后，就可以以一个合理的可靠程度估计出矿体的岩性指标或可崩性的指数。每个矿体及大型矿体的每个开采单元在确定可崩性时，应根据各自所得的资料，分别考虑确定。而不能单凭某个单元的可崩性指数就代表整个矿体，或者认为某个未开采矿体的可崩性是与其它已知可崩性矿体是一样的，如果这样来确定可崩性，未免太轻率了还要考虑到矿体构造中的局部应力状态，主要断层作用和不整合性以及相邻岩层的影响等因素。也应估计到由开采作业所引起的地层破坏影响。

在仅有金刚石钻探岩心资料和矿岩试样的情况下，正确估计和得到的各种资料对于获得矿块崩落法最佳效果的矿山开拓、具体开采方法和所需设备的设计是极其有用的。

地层沉陷和地压

开采过程中将遇到不同程度的地层沉陷和地压，这与矿体的埋藏深度、岩性指标以及相邻岩层有很大关系。地层沉陷和地压对开采巷道的不利影响一直是采用矿块崩落法矿山的主要问题之一。同时，也是矿块崩落法经济效果的主要影响因素。

通常，拉底切割层距地面越深，开采所需要的拉底切割有效面积越大，则认为开采巷道所承受的地压和地层载荷越大。作者认为，至今还没有计算出深部崩落法矿山开拓巷道承受的实际地层应力和地压的可能性。如今经营者们限于通过实验和校正误差的办法来确定。产生误差的原因主要是由于岩层的不均性质所致。

处理因矿块崩落法开采产生的地层沉降的有效方法是确定拉底切割面积的最优尺寸，确定拉底层与崩落地点的相对位置，合理开凿拉底切割空间和控制放矿的顺序。对每个单独的开采区域的确定需要有一定的试验和校正误差的经验才行。如果确定了拉底切割和放矿的合理方案，效果就可能非常良好。

在松软岩层中，采用加快放矿速度的方法通常能够降低放矿区域及其周围的地层应力。如果能够保持各放矿点上方的崩落矿石成一水平面下降，加快放矿速度也不致于增大贫化指标。开采强度高意味着采场单位面积上每日放出的矿石多。对于存在地层沉降和矿石松软并具有良好的迅速崩落特性的矿体，高强度出矿便充分利用了矿块崩落法的全部经济上的优点。编制明智而又有远见的设计（包括为保证预期生产所需要的拉底切割面积，与崩落区的相对位置，掘进出矿的顺序和时间），是获得最佳经济效益的必要条件。

多数矿山经营商根据他们自己矿山的经验，认为单个矿块回采的棋盘区崩落法与盘区崩落法或连续崩落法相比在经济上是不利的。连续崩落法就是在矿体的全宽上按交错对角后退式开采。这种开采方法在时间和空间上对地层应力予以分配，并且其开拓工程提供了通往回采区最大数量的通道和均衡出矿的更大灵活性；同时矿石贫化指标也是低的。虽然连续崩落法的开拓费用较高，但是其开拓方案的规律性在回采率低中得到了极好的效果，在经济上肯定优于那种开拓费用低，但矿石和品位回采率低的开采方法。

合 理 的 矿 块 高 度

矿块高度——即拉底层和崩落层总的高度——是一个矿块崩落法矿山设计中最重要经济因素之一。矿块高度越大，显然每吨矿石所摊的采准和总的开采费用越低，但这是以采准开拓节省的费用大于因矿石贫化损失增大，巷道维护工程量增加而产生的附加费用为前提的。矿块高度不仅影响采准费用，而且还将确定主运输水平的数量及其辅助分段巷道，井底车场，装载矿仓和开采所需的辅助设备的多少。矿块高度的选择对于初期开拓投资有时会出现几百万美元的差异，因此通常在得到有关矿石崩落特性的可靠原始资料之前，就应开始谨慎地考虑。在这些情况下，准确地预计和评价设计的正确与否是极其重要的。

现在，矿山经营者已经成功地应用了150呎~1000呎的矿块高度。对于比较松软，易快速崩落的矿体，高矿块取得了回收率高，贫化率低的良好效果，而且开采巷道破坏程度较小。当矿石呈碎块状或砾状崩落而覆盖层又能呈大块下落时，则是获得最优矿块高度的基本例子。

矿块高度大，由于开采时间长，所以就必须对开采巷道进行行之有效的支护和衬砌。将来在地层条件允许的地方趋向于加大矿块高度，并加强开采巷道的支护和衬砌。在崩落缓慢且成粗大块度崩落的稳固，坚韧的矿体中，由于二次爆破量较大，所以矿块高度可适当降低。

矿 石 的 选 别 回 采

矿块崩落法用于开采品位分布均匀的矿体效果最好,对于需要选别回采的矿体,则效果不佳。因为这种采矿方法不具备象露天矿那种对品位分布不规则的矿体灵活地进行选别回采的能力。崩落力学研究认为:矿石是垂直地破坏冒落的,因此放出的矿石不会超出拉底切割的垂直边界就是以很陡的角度向外扩展也是不可能的。只有当与拉底切割层直接相邻的是急倾斜的松软构造带时,才有可能放出拉底切割垂直边界以外的矿石。但这种现象只是极个别的,决不能把它当作普遍规律。存在于拉底层和大于工业品位矿石之间的低品位矿石,应该将它们首先采出,有利于降低贫化。也可以将它们放出后作为废石单独运到地表,或者在局部区域上方开挖一个专用的辅助拉底层来处理这些低品位矿石。无论采用哪一种方式都将导致生产成本的增加。对于倾斜矿体现在较实用的方法是将拉底切割层布置成一系列的水平台阶来回采。必要时,沿着倾斜矿体边界以梯状布置分段巷道进行辅助作业。

排 水

矿块崩落法的使用不仅限于矿体水平面积大,厚度足够,品位分布均匀,矿石和覆盖层有自动具崩落的物理性质等条件,而且同样受到其它因素的影响。矿体在拉底切割和崩落以前,其所处的范围必须具有比较干燥的条件或者应有良好的排水系统。如果在崩落的地层内或地层上部含有大量的水,崩落时就会产生无法控制的危险局面。一旦有足够的水量使崩落的粉矿变成泥浆状流动,放矿便失去控制。在这种情况下所影响到的范围内,作业人员和巷道都有遭受危害的可能。如果矿体和复盖层呈大块崩落,粉矿含量很少,崩落时就能排除一部分地下水,那么就无碍于这一区域的放矿管理。崩落矿石含4~7%的水份是比较理想的,此时可保持放矿时的粉尘量最小。

环 境

为了保证干燥矿石大面积放矿时,使矿井内空气中的粉尘量在安全规定以下,应配有相应的通风系统。通风系统不仅为了控制粉尘的含量,还应使井下空气的温度和湿度达到作业标准。要达到这一目的,必须有充足的新鲜空气在井下巷道内流动,同时要将空气调节到合适的温度和湿度。但是在多数情况下,只要计算的风量足够,就勿须再对温度和湿度进行调节。由于政府对环境标准的要求更加严格,地下柴油设备的更多使用,开采深度、规模增大和劳动人员对环境条件的更高要求,使得保证工作地点的空气达到安全标准这一问题的成为大型地下矿山设计中一个越来越重要的因素。温度和湿度的控制随着开采深度的增加也成为越来越有影响的问题。

设 备

地下开采的各项作业现在均缺乏露天矿所具备的那些高效率设备,其原因是由于没有足

够的市场来推销高效率的生产设备，因而限制了研制这类设备的费用。在矿块崩落法矿山中，高效率的设备应是尺寸小，能在小断面巷道中作业，具有非常灵活、高速的性能，并且提供较高的生产效率。将来，根据崩落法破碎矿石原理的深部开采，在巷道掘进、矿山装载和运输等方面必然会更多地使用高效率的机械设备，并能保持良好的工作环境。

人 员

矿块崩落法最适合开采日产量达1万~10万吨的大型矿体。根据这一特性，其使用的成功与否最重要的是应有大批有经验的，受过良好培训的计划、指挥、管理人员。在正常情况下，技术管理人员和生产人员的比例大致为1:10。新开发的矿山，将面临着补充和培训大批生产人员和技术管理人员的问题。在培训过程中，应有一定的时间在本矿进行。对于刚投产的矿山，为了使矿山尽快达到设计产量并稳定、顺利地发展，应给予时间和流动资金对在矿人员进行培训。

成 本 和 效 率

到目前为止，矿块崩落法已成功地使用于储量几百万吨至十亿吨以上的矿体。这些矿体的垂直厚度从300呎到2000呎不等，复盖层的厚度有几百呎到3000呎的。各个矿山的日产量从几千吨至六万吨，全员劳动生产率15~60吨/工班，采矿直接成本0.75~1.92美元/吨。在设计损失为5~13%的条件下，可采矿石的回收率为88~95%。当贫化为8~17%时，计算的金属回收率可达92~103%。

矿块崩落法具有利用地球引力来破碎矿石的优点，但有时为了高效率地出矿和运输，要采用爆破方法使其强制崩落来得到良好的破碎效果。它还具有大量储存崩落矿石的能力有利于随时出矿。如果合理地进行开采，其矿石的回收率和贫化率指标可达到其它地下采矿方法的水平甚至更好。它属成本最低，劳动生产率最高的地下采矿方法之一，在产量大的矿山更是如此。

原文附照片三张，参考文献14条。

杨建译自《西部矿工》1973.3.第30—36页

刘元莘校