

(苏) B·P·伊缅尼托夫 著
张 玉 清 译

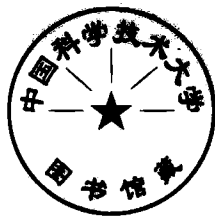
坚硬矿石的高效率采矿法

中国工业出版社

坚硬矿石的高效率采矿法

[苏] B·P·伊緬尼托夫 著

張 玉 清 譯



中国工业出版社

В · Р · Именитов
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
РАЗРАБОТКИ КРЕПКИХ РУД
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ
МОСКВА—1961

* * *
坚硬矿石的高效率采矿法
张 玉 清 译

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯
(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可證出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店經售

*
开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $13\frac{1}{8}$ · 字数356,000
1964年9月北京第一版 · 1964年9月北京第一次印刷
印数0001—1,245 · 定价(科六) 2.00元

*
統一书号: 15165 · 2980 (冶金-496)

序

苏联最近几年内所进行的普查和地质勘探工作，大大地扩大了黑色金属和有色金属矿石的储量。在这个时期内，在庫爾斯克和別尔戈罗德地区、庫斯坦奈省及其它地区，发现了巨大的铁矿石矿床。也发现了許多有色金属矿石的大型矿床。

所发现的矿床大多数是坚硬矿石的厚矿层。目前，用地下方法开采的矿石开采量，大約有一半是从坚硬矿石厚矿床中采出的。

正确地使用（在現有的矿山地质条件下）高效率采矿法，对于加速采矿技术的进步，具有重要的意义。采矿方法决定着矿石的开采过程、矿山的采准工作量、采矿工作的机械化条件、整个矿山劳动生产率的水平和矿石开采成本。

战后年代里，苏联的地下开采的矿山，广泛地用大量崩落的高效率采矿法开采厚矿体。

摆在采矿工业面前的任务是更广泛地应用这些采矿方法，同时，利用高效率的机器和机械来提高这些采矿方法的效果。

在某些矿山所进行的改进大量崩落采矿法、采用能率大的新型采矿机器以及改善全部生产組織等工作，大大地提高了劳动生产率，并且改善了技术经济指标。

大力推广先进企业的經驗，有利于完成高速度发展采矿工业和提高劳动生产率的任务。

所謂大量崩落，是崩落（同时崩落或依次崩落）大量的矿石而不充填和支护采空区，并且紧跟着就崩落围岩，因而是在崩落的复盖岩石下面进行大量放矿。

按照本书所采用的分类（第一章第二节），大量崩落矿石的采矿法，以及空场采矿法和留矿采矿法，叫做大量崩落采矿法。

由厚度大于10~20米的矿体組成的矿床叫做厚矿床。在急

傾斜的矿体中，垂直走向布置矿房，而在緩傾斜的和傾斜的矿体中，在苏联当前的实际生产中，甚至在岩石稳定的条件下，一般也不留永久的支撐矿柱。

厚度很大的矿床（矿体厚度大于50~70米），在厚度方向上划分为采区、盘区，或者在緩傾斜的矿层中划分为阶段。

本书中所闡述的选取采矿法构成要素的實驗室研究和技术經濟計算，是在莫斯科И.В.斯大林矿业学院金属矿床开采教研室由著者指导完成的，参加这项工作的有И.А.科瓦列夫、В.С.烏拉洛夫和В.Т.索罗金（他曾是凿岩爆破教研室的研究生）。

列宁諾戈尔斯克多金属联合企业各矿山的个别实例是由著者和Д.С.庫图佐夫共同編写的，《北极圈內》矿山的实例是著者和Д.И.菲比申科共同編写的，外国矿山的实例是著者和М.Л.日加洛夫共同編写的。

在編著本书的过程中，参考了苏联和其他国家的文献資料。

著者向評閱者苏联科学院通訊院士М.И.阿果什科夫、技术科学碩士И.М.馬尔金、技术科学碩士З.Б.阿尔博罗夫、采矿工程师А.Н.布勃利斯和科学編輯А.И.布宁表示深切的謝意。

目 录

序

第一篇 苏联和其他国家矿山采用大量 崩落采矿法的经验

第一章 采矿方法分类及大量落矿的原理	1
第一节 采矿方法对于提高劳动生产率的影响	1
第二节 大量崩落采矿法的分类	4
第三节 没有或者有小补偿空间的大量落矿	8
第二章 大量崩落矿柱的矿房采矿法	18
第一节 矿房回采	18
第二节 阶段崩落矿柱的矿房采矿法	39
第三节 分段崩落矿房间柱的矿房采矿法	46
第四节 大量崩落矿柱的矿房采矿法的应用实例	49
第三章 阶段强制崩落采矿法	82
第一节 带补偿峒室的阶段强制崩落采矿法	82
第二节 全面回采的阶段强制崩落采矿法	86
第三节 阶段强制崩落采矿法的应用实例	90
第四章 分段崩落采矿法	125
第一节 适用条件	125
第二节 开采坚硬矿石的分段崩落采矿法的应用实例	126
第五章 采区底柱的准备方法	130
第一节 扩大漏斗	130
第二节 凿沟拉底	135
第三节 倾斜的矿石底柱	147
第四节 耙矿水平	148
第五节 二次破碎巷道的支护	155
第六章 无底柱的采矿法	160

第一节	现有的大量强制崩落采矿法的缺点	160
第二节	无底柱的阶段强制崩落采矿法	161
第三节	无底柱和阶段放矿的矿房采矿法	175
第七章	开采缓倾斜矿层的特点	178
第一节	开采缓倾斜矿层的一些采矿法方案	178
第二节	崩落复盖岩石	185
第八章	在矿房已充填的条件下用大量崩落法回采矿柱	199
第一节	总論	199
第二节	矿柱的回采方法	200
第三节	在矿房已充填的条件下用大量 崩落法回采矿柱的实例	201
第九章	大量崩落采矿法在矿山的应用情况	213
第一节	苏联的铁矿矿山	213
第二节	苏联有色金属矿山和化学原料矿山	215
第三节	外国矿山	220
第十章	大量崩落采矿法的适用范围	226
第一节	采矿技术条件	226
第二节	用大量崩落采矿法回采的矿石价值	238
第十一章	大量崩落采矿法的改进	241
第一节	基本方向	241
第二节	缩减切割工作量	243
第三节	落矿	247
第四节	放矿和运矿	258
第五节	运输机运输矿石的矿山工作方式	265

第二篇 落矿和放矿的实验室研究

第十二章	爆破作用的模型实验	276
第一节	崩落矿柱时矿石的分布情况	276
第二节	相似材料的爆破作用模型实验的原理和相似条件	277
第三节	所采用的崩落矿柱模型实验方法的基本原理和所研究的 条件	282
第四节	爆破作用模型实验的相似条件的理论根据	283

第五节	对所研究条件的模型計算	293
第六节	相似条件的实验檢驗, 模型中的矿石相似材料 和装药直径的选择	296
第七节	矿柱的外形及模型中的装药布置方式	306
第八节	模型中的爆破技术	308
第九节	实验結果的整理	310
第十三章	大量崩落矿柱的模型实验	312
第一节	实验結果的整理	312
第二节	崩落矿柱的模型实验	314
第十四章	重力場內的放矿模型实验	331
第一节	相似条件	331
第二节	矿石流动参数随矿石块度变化的性质	337
第十五章	矿层傾角不夠陡的情况下 在崩落的复盖岩石下面的放矿	341
第一节	采取的条件及模型实验方法	341
第二节	在上盘和下盘側壁平行的条件下 通过水平底柱的漏斗放矿	344
第三节	有下盘补充漏斗时的放矿	354
第四节	采区側壁不平行时的放矿	358
第五节	矿柱的崩落矿石的放矿	361
第六节	实验的精确度	366

第三篇 大量崩落采矿法构成要素的分析和根据

采矿可能性确定矿山生产率

第十六章	选择采矿法构成要素的方法	379
第一节	可能的采矿法方案	379
第二节	采矿法方案的经济评价原則	382
第十七章	在兹夏諾夫斯克矿床的条件下选择阶段強 制崩落采矿法的构成要素	390
第一节	采矿技术条件	390
第二节	采用的指标	392
第三节	选择最有效的采矿法方案的計算結果	394

第十八章	在高效率采矿法的条件下按采矿可能性	
	确定矿山生产率	402
第一节	在急倾斜矿床条件下按采矿可能性	
	确定矿山生产率	402
第二节	按回采工作发展条件确定矿山生产率的几个系数	404
第三节	在缓倾斜和倾斜矿层条件下按采矿可能性	
	确定矿山生产率	406
参考文献		410

第一篇 苏联和其他国家矿山采用 大量崩落采矿法的經驗

第一章 采矿方法分类及大量落矿的原理

第一节 采矿方法对于提高劳动生产率的影响

在采掘工业中，工资及其附加額占产品成本的 50~60%。經驗証明，矿山的劳动生产率越高，通常矿石的成本越低，采区的生产率越高，工作的机械化程度越高，劳动条件越好。因此，可以把劳动生产率当作矿山工作的主要指标（它仅仅不反映矿石的损失和貧化）。

在苏联矿山，采矿时工作面占用的劳动力只有 20~40%（采矿工人的工资占 40~50%），60~80% 的劳动力用于运输、提升、通风、支护和清理巷道、敷設軌道、管路和电纜、运送材料和設備等等。大部分工人（大約 25~50%），从事于机械化程度較低的輔助作业。为了提高劳动生产率，必須首先縮減輔助工人的人数。

为了提高劳动生产率，除了改善劳动組織和实行輔助作业机械化以外，改进采矿方法，具有巨大的意义。

要縮減与生产工作面数目成正比的輔助作业工作量，首先就得集中采矿工作。

当生产工作面分散时，生产机械化和自动化的效果将大大地降低。例如，在克里沃罗格矿区“巨人”矿井的 220 米水平，采用自重 14 吨的电机車和載重量 10 吨的矿車运矿，并带有信集閉設備和高頻通信設備，1958 年电机車运输队的生产率为 300~350 吨/班；电机車在一个工作班內大約进行 4 个往返行程。由于作业地点分散

和漏口工作状况不良，有 75% 以上的時間用于装車和調車。

在同一年中，在列宁諾戈尔斯克联合企业“箕斗”矿井的第11水平，运输距离比“巨人”矿井大很多，列車由載重量 5 吨的矿車組成，自重 10 吨的电机車（帶有信集閉設備）的生产率超过了 500 吨/班，因为列車是从少数的装备有良好漏口的矿漏装矿点进行装載。

除了采准和回采的劳动量以外，采矿方法还决定着采矿工作的集中程度、矿床的开采强度和地压的大小，而这些又决定着生产巷道的支护长度和支护方法、风管、水管和电气綫路的长度、回采区段的数目、运输距离和运输組織、阶段內的工人人数，并且最終决定着輔助作业的工作量。因此，改善采矿方法，对于减少輔助作业的工作量，具有决定性的意义。

在絕大多数的情况下，要提高采区的生产率，就得提高采矿工的劳动生产率，而采矿工的劳动生产率首先决定于（就采矿方法技术特征來說）在回采工作中是否采用充填或支护。

当充填或者支护（包括用普通支柱临时支护巷道，例如，在分层崩落采矿法中）采场时，很大一部分人力和物力直接用来完成这些作业，以及用来采掘与运输充填材料或准备与运送支柱。此外，回采的其它生产过程的生产率也会降低，因为在支架采矿法和充填采矿法中，多数不能进行大量落矿，在采场中不能靠自重运矿，也不能用大能率的装备运矿，这样一来，就会使全部矿山設施显得庞杂。

不充填和不支护采场，不仅能获得直接的益处，而且得到同样重大的間接益处，虽然在这样情况下，常常会增加采准切割工作量和提高矿石的貧化率。实际經驗証明，在同样的采矿技术条件和技术組織条件下，充填采矿法或支架采矿法的生产率要比其它采矿法低很多。

但是，在某些使用充填采矿法或者支架采矿法的矿山，劳动生产率并不低于使用其它采矿法的矿山。例如，在左洛图申斯克矿山，当用分层崩落采矿法双进路方案回采矿石时，采矿工的劳动生

产率达到 $2.3 \text{ 米}^3/\text{班}$ ^①；在列宁諾戈尔斯克联合企业和茲良諾夫斯克联合企业的矿山，当用阶段强制崩落采矿法时，在同一时期内，采矿工的劳动生产率等于 $2.2 \sim 3 \text{ 米}^3/\text{吨}$ 。

在这种场合，两种采矿法的指标彼此不能相比，因为采矿法的使用条件不同。在左洛图申斯克矿山，矿石的硬度小，因而在分层崩落采矿法的最好的方案中，得到比较高的劳动生产率。而在列宁諾戈尔斯克联合企业和茲良諾夫斯克联合企业的矿山，矿石很硬，而且矿体的产状不规则，因而降低了阶段强制崩落采矿法的效果。

当开采厚矿床时，可以采取与围岩一起崩落采区的很大一部分矿石的办法（这是在大量崩落采矿法中），或者采取留永久矿柱的办法，来避免进行充填或支护。

在采矿工业中，主要是在厚度小于 $15 \sim 20$ 米的緩傾斜和傾斜矿层中留永久矿柱，在这样的矿层中，矿柱内的矿石损失率不超过 $15 \sim 20\%$ 。在比較厚的矿层中，以及在急傾斜的情况下，仅在特殊情况下，以及采掘建筑材料和低价的化学原料时，才允許留永久矿柱。

战后，在苏联，当开采鉄矿石、多金属矿石、稀有金属矿石、銅矿石和磷灰石矿石时，大量崩落采矿法得到极为广泛的应用，这保证了劳动生产率大大地增长和矿石开采量显著地增加。

例如，列宁諾戈尔斯克多金属联合企业的矿山，在基本上改用大量崩落采矿法以后，在不增加工人人数的情况下，矿石开采量几乎增加了 3 倍以上。苏联矿山的人身事故的統計資料表明，从工作安全的观点出发，当用深孔落矿时，大量崩落采矿法是所有采矿法中最好的^②。

依靠結構上的改善，利用高效率的机器和机械，以及改进回采工艺过程，可以提高大量崩落采矿法的效果。

① B.B.季申科。左洛图申斯克矿山分层崩落采矿法的改进，《采矿杂志》，1959 年，第二期。

② B.Г.斯拉斯图諾夫。提高矿山工作安全和預防矿山人身事故的途径，《采矿杂志》，1961 年，第三期。

第二节 大量崩落采矿法的分类

很大一部分矿石和围岩一起崩落的采矿法，叫做大量崩落采矿法。

所有的不需充填与支护采场^①以及不留永久矿柱的厚矿层采矿法，都属于这一类采矿法。

大量崩落采矿法具有以下特征：

1) 用深孔柱状装药、集中装药进行落矿，或者矿石自然崩落；

2) 在采场中借重力作用进行放矿；

3) 在采区（分段、盘区、分间）范围内的矿石完全崩落以后，在崩落的复盖岩石下面进行放矿。

大量崩落采矿法的特点是劳动生产率比较高，因而矿石的开采成本比较低、矿床的开采强度比较大。同时，这些采矿法的矿石损失和贫化率都较大。

在现用的各种采矿法分类中，仅有一部分大量崩落采矿法归纳在一个类别中（分段崩落采矿法和阶段崩落采矿法）。大量崩落矿柱的矿房采矿法，根据矿房的回采方法的不同，分别列入不同的类别中。但是，矿房的回采不能完全代表厚矿层采矿法的特征，因为约有一半的矿石储量、而且有时是更多的储量留在矿柱中，在一些情况下，这些矿柱用效率最高的具有较大的矿石数量和质量损失的方法来回采，在另一些情况下，这些矿柱用最繁重的具有最低的矿石损失的方法来回采。

大量崩落采矿法极重要的结构上的（因而也是技术经济上的）特征，使得最好把它们归纳在一个大类里。

大量崩落采矿法的分类列在表1内。

根据采区的回采顺序，把大量崩落采矿法划分为类别。

大量崩落矿柱的矿房采矿法基本上符合于公认的两个步骤回采

① 此处所指的支护，也包括回采矿石以后崩坏或者回收支柱（例如在分层崩落采矿法中）情况下的支护。

表 1 大量崩落采矿法分类表

类	别	组	别
I. 大量崩落矿柱的矿房采矿法 (在厚矿层的条件下)		1. 在空的矿房情况下阶段崩落矿柱的矿房采矿法 2. 分段崩落矿房间柱的矿房采矿法 3. 在留矿中崩落矿柱的矿房采矿法	
II. 阶段崩落采矿法		1. 阶段自然崩落采矿法 2. 带补偿嗣室的阶段强制崩落采矿法 3. 全面回采的阶段强制崩落采矿法	
III. 不带假顶的分段崩落采矿法		1. 用接杆钻孔落矿并通过漏斗顶放矿的分段崩落采矿法 2. 用深孔 (在专用巷道中钻出的) 落矿的分段崩落采矿法 3. 分段自然崩落采矿法 4. 在分段横巷 (平巷) 中落矿的分段崩落采矿法	

的概念。

这类采矿法应用于各种不同厚度的矿层中,但是,仅在厚矿层的条件下,当矿柱中留下一半及更多的矿石储量时,才能属于大量崩落采矿法。

当矿层厚度减小时,大量崩落的矿石体积将大大缩小,因此,整个采区的采矿方法将逐渐接近空场采矿法或留矿采矿法。不可能规定出矿体厚度的绝对界限,低于这个界限,大量崩落的矿石体积就算是很小的了。在厚度为15~30米的矿层中,矿柱中的矿石储量仍然达到40%。根据回采矿柱时矿房所处的状况,把这一类采矿法划分成组别。

阶段崩落矿柱的矿房采矿法。采区的一部分储量用空场的矿房或留矿的矿房来回采。在空的矿房情况下,一下子在阶段的整个高度上,在一个采区或者同时在几个采区中崩落矿柱。在崩落的复盖岩石下面放出矿柱中的矿石。

分段崩落矿房间柱的矿房采矿法主要用于急倾斜的厚矿床。矿房用空场采矿法回采,或者用留矿采矿法回采。在回采矿房以后,上部采区的底柱有时用不带假顶的分段崩落采矿法回采;但是,经常是和顶柱一起崩落底柱,以便加速回采工作。

向頂柱鉆孔井進行爆破；上部階段的岩石隨着礦石自動地流入礦房內。放出崩落的礦石以後，用不帶鋪板的分段崩落采礦法回采礦房間柱，礦房間柱的兩側是崩落的岩石。

在留礦中崩落礦柱的礦房采礦法是在礦房中留礦，然後崩落礦柱。在崩落礦柱的過程中，或者在礦柱完全崩落以後，進行大量放礦。

階段崩落采礦法中，用一個步驟回采采區；有時只用礦房采出補償空間。

階段強制崩落采礦法具有以下特征：

- 1) 階段放礦；
- 2) 強制地進行大量落礦；
- 3) 整個采區充滿崩落礦石（和階段崩落礦柱的礦房采礦法不同處）；
- 4) 隨着大量放礦，采區充滿崩落的圍岩（和留礦采礦法不同處）；

根據崩落礦石的方法和順序劃分組別。

帶補償峒室的階段強制崩落采礦法。在這組采礦方法中，用空場采礦法或者留礦采礦法，在采區內回采補償峒室。

當礦石不夠穩定時，在個別情況下，開掘分段巷道來形成補償空間。然後，一次強制地崩落采區中其餘的礦石部分，並在崩落的復蓋岩石下面進行大量放礦。

這樣的采礦法方案，可以稱為帶補償平巷的階段強制崩落采礦法。

全面回采的階段強制崩落采礦法，在這組采礦方法中，按着分間在長度方向上依次地回采階段（盤區、采掘帶）。分間是依次地或者一次崩落。在前一種情況下，從下面開始，用分段或者水平的（微傾斜的）分層來崩落分間。在每次爆破之後，放出多餘的礦石，以便為下次崩落造成補償空間。在崩落的復蓋岩石下面進行大量放礦。

在後一種情況下，一下子在整個高度上崩落分間，分段巷道和

拉底的总容积共計占采区容积的10~15%，因此，矿石在崩落时增大的体积，一部分是依靠压实相邻分間已崩落的岩石来容纳。

不带假顶的分段崩落采矿法，这类采矿法根据落矿方法和向放矿漏斗（漏斗頸）崩落矿石，还是向分段巷道底板上崩落矿石，来划分成組別；在后一种情况下，直接在分段横巷（平巷）中钻崩落矿石的炮孔。

在前三組采矿法中，包括着克里沃罗格矿区各矿山所創造的从放矿漏斗頸放矿的分段崩落采矿法方案。

按照落矿方法，把各組采矿法彼此区分开。

用接杆炮孔落矿和通过漏斗頸放矿的分段崩落采矿法，主要是包括克里沃罗格矿区叫做“封閉扇形”的方案和“封閉矿房”的方案。用高度10~20米的分段自上而下回采采区。在寬度方向上，把各个分段划分为盘区，用分間按后退方向崩落盘区。在分間內，預先开掘放矿漏斗頸和拉底巷道，从下向上向分間上面部分钻接杆炮孔。一次崩落分間（《封閉扇形》方案），或者在采完分間以內的矿房以后崩落分間（《封閉矿房》方案）。向电耙横巷（平巷）放矿。在崩落分間以后，在崩落的复盖岩石下面放矿。

深孔（在专用巷道钻）落矿的分段崩落采矿法，用高度为20~30米及更大的分段自上而下回采采区。在崩落的复盖岩石下面向电耙横巷（平巷）放矿。在每个分段上开掘放矿漏斗頸和放矿漏斗。用深孔崩落矿石。在这个采矿法应用最广的方案中，用接杆炮孔在分段下部进行3~6米的拉底，作为补偿空間，用水平扇形深孔組崩落上面部分的原矿体。

分段自然崩落采矿法与阶段自然崩落采矿法不同之处，是把采区划分为2~3个分段，按下行順序依次地回采这些分段。在每个分段上开掘放矿水平的巷道，并进行上面部分的原矿体的拉底，借此来引起原矿体自然崩落。

在分段横巷（平巷）內落矿的分段崩落采矿法，在这組采矿法中，用分段按下行順序回采采区。分段划分为盘区，盘区在长度方向上以后退方式依次崩落。在分段横巷（平巷）內钻爆破深孔或浅

孔，向分段的底板上崩落矿石。

在回采工作中应用自行装备（凿岩台車、装载机、梭式矿車）的这个采矿法的方案是最有效的。

克里沃罗格矿区的个别方案（例如，所謂《敞口矿房》方案）也属于这組采矿法，但是，这些方案的效果比較差，而且只有在特殊情况下才使用。

大量崩落矿柱时用来回采矿房的采矿法。在大量崩落矿柱的矿房采矿法中，以及在带补偿峒室的阶段强制崩落采矿法中，采区的一部分是用空场采矿法或者留矿采矿法来回采。

在現有的按照采场维护方法所做的采矿法分类中，留矿采矿法和空场采矿法是分开的，因为，留下的崩落矿石有时用于支撑围岩。但是，在十分稳定的围岩中应用留矿采矿法的实例，却是很多的。

在某些情况下，留矿只是为了給凿岩工造成工作地点。通常是在专用巷道中用集中装药和深孔进行落矿，因此，留矿就与落矿作业沒有关系了。

当用深孔或者集中装药落矿时，采场可以是空的或者充滿崩落的矿石。根据对矿石的日常需要，可以把矿石立刻放出，或者留在采区中。当用药室落矿或者多排深孔爆破时，矿房中就定期地有很多矿石，因为一下子就崩落大量的矿石。

留矿采矿法和空场采矿法很相似：回采工作仅仅是落矿和运矿；在頂柱的掩护下回收崩落的矿石。

在現有的采矿方法分类中，未很好地反映出最有效的和广泛应用的深孔柱状装药落矿和集中装药落矿的采矿法。

在本书中，提出了采矿法分类，在大量崩落采区的其余部分的情况下，这些采矿法使用于或者可以使用于回采矿房（表2）。

第三节 没有或者有小补偿空间的大量落矿

根据浅孔落矿长期經驗所規定的关于装药有效工作的某些作法，对于用深孔和集中装药落矿的条件，不一定完全适合。