

《无底柱分段崩落采矿法文集》编写组



无底柱分段崩落采矿法文集

冶金工业出版社

2011 中国公路学会年会暨学术研讨会论文集



工程地质与地质工程

中国地质大学出版社

无底柱分段崩落 采矿法文集

《无底柱分段崩落采矿法文集》编写组

冶金工业出版社

內 容 簡 介

本文集共分四部分。

第一部分为无底柱分段崩落采矿法綜述，綜合介紹了国内外应用这种采矿方法的一般情况，并讲述了有关覆盖围岩下放矿的基本理論。

第二部分为无底柱分段崩落采矿法在国内的应用，包括六个实例，介紹了大庙鉄矿等六个矿山应用这种采矿方法的主要經驗和体会。

第三部分为无底柱分段崩落采矿法設備的使用与維修，介紹了国内矿山使用 CZZ-700 型凿岩台車、FZY-1 型和 WZ-100 型装药器、ZYQ-14 型联合装运机的使用与維修以及提高重型凿岩机钎尾寿命的經驗。

第四部分为国外参考資料，包括无底柱分段崩落采矿法在国外的应用情况介紹和三个矿山实例。

无底柱分段崩落采矿法文集 《无底柱分段崩落采矿法文集》编写组 (只限国内发行)

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

开本大32 印张 8 3/16 插頁 1 字数 211 千字
1973年 12 月第一版 1973年12 月第一次印刷
印数0,001~4,500册
統一书号: 15062·3089 定价(科三) 0.80 元

說 明

无底柱分段崩落采矿法是一种技术上较先进、生产上较安全、经济上较合理的高效率采矿方法。它与有底部结构的采矿方法相比，具有采矿强度大、劳动生产率高、易于实现机械化、工艺简单、作业集中、管理方便、可实现分采分运及采矿成本低廉等优点。六十年代以来，其在国内外得到了较为广泛的应用。我国从1965年开始试验和应用这种采矿方法。通过几年来的实践，特别是在无产阶级文化大革命和批林整风运动的推动下，我国冶金矿山在掌握这种采矿方法的开采技术方面取得了较好的成绩，积累了一定的经验。目前，无底柱分段崩落采矿法，已被国内许多矿山所应用或准备应用，这种采矿方法在大打矿山之仗中占有重要地位。

为了认真落实伟大领袖毛主席关于“**开发矿业**”的指示，进一步大打矿山之仗，冶金部、一机部于1972年在承德市联合召开了“无底柱分段崩落采矿法经验交流会”。根据冶金部指示精神，我们编写了《无底柱分段崩落采矿法文集》，目的在于总结、交流国内各有关矿山应用无底柱分段崩落采矿法的经验和体会，同时，有选择地介绍了国外有关参考资料，以促进进一步掌握这种采矿方法的各种技术问题。

为本文集提供资料的除大庙铁矿、程潮铁矿、板石沟铁矿、弓长岭铁矿、中条山有色金属公司、篦子沟铜矿、马鞍山矿山研究院和北京钢铁学院外，燃化系统的向山硫铁矿也提供了他们的经验。所提供的资料，由大庙铁矿、马鞍山矿山研究院和北京钢铁学院采矿系的有关同志负责整理编写。由于水平所限，加上时间仓促，文集中可能存在一些缺点和错误，希望广大读者批评指正。特别是对国外参考资料，要结合我国实际，批判地吸取其中有益的东西。我们还希望从事无底柱分段崩落采矿法生产、科研和设计工作的同志，在实践中进一步总结经验，为不断完善这种采矿方法作出贡献。

《无底柱分段崩落采矿法文集》编写组

一九七三年六月

毛主席语录

开发矿业

鼓足干劲，力争上游，多快好省地
建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

要认真总结经验。

中国人民有志气，有能力，一定要
在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

说 明

第一部分 综合论述

无底柱分段崩落采矿法综述……北京钢铁学院采矿教研组 (1)

第二部分 无底柱分段崩落采矿法在国内的应用

无底柱分段崩落采矿法在大庙铁矿的应用……大庙铁矿 (49)

无底柱分段崩落采矿法在武钢程潮铁矿的实践…程潮铁矿 (86)

向山硫铁矿使用的无底柱分段崩落采矿法……………

向山硫铁矿 (111)

板石沟铁矿无底柱分段崩落采矿法的初步总结……………

板石沟铁矿 (121)

无底柱分段崩落采矿法在鞍钢弓长岭铁矿的应用情况……

弓长岭铁矿 (133)

篦子沟铜矿无底柱分段崩落采矿法的工业试验情况……………

篦子沟铜矿 (139)

第三部分 无底柱分段崩落采矿法设备的使用与维修

CZZ-700型深孔凿岩台车的使用和维修……………大庙铁矿 (145)

装药器的试验和使用……………大庙铁矿 (161)

WZ-100型卧式深孔压气装药器……中条山有色金属公司 (176)

ZYQ-14型联合装运机的使用和维修……………大庙铁矿 (180)

提高重型凿岩机钎尾寿命的研究……………

大庙铁矿、北京钢铁学院钎尾研究组 (195)

第四部分 国外参考资料

无底柱分段崩落采矿法在国外应用情况介绍……………

马鞍山矿山研究院 (205)

国外无底柱分段崩落采矿法应用实例…马鞍山矿山研究院 (226)

瑞典基鲁纳铁矿的地下开采…………… (226)

赞比亚穆富利拉铜矿的无底柱分段崩落采矿法…………… (233)

加拿大克莱蒙铜矿的无底柱分段崩落采矿法…………… (240)

第 一 部 分

综 合 论 述

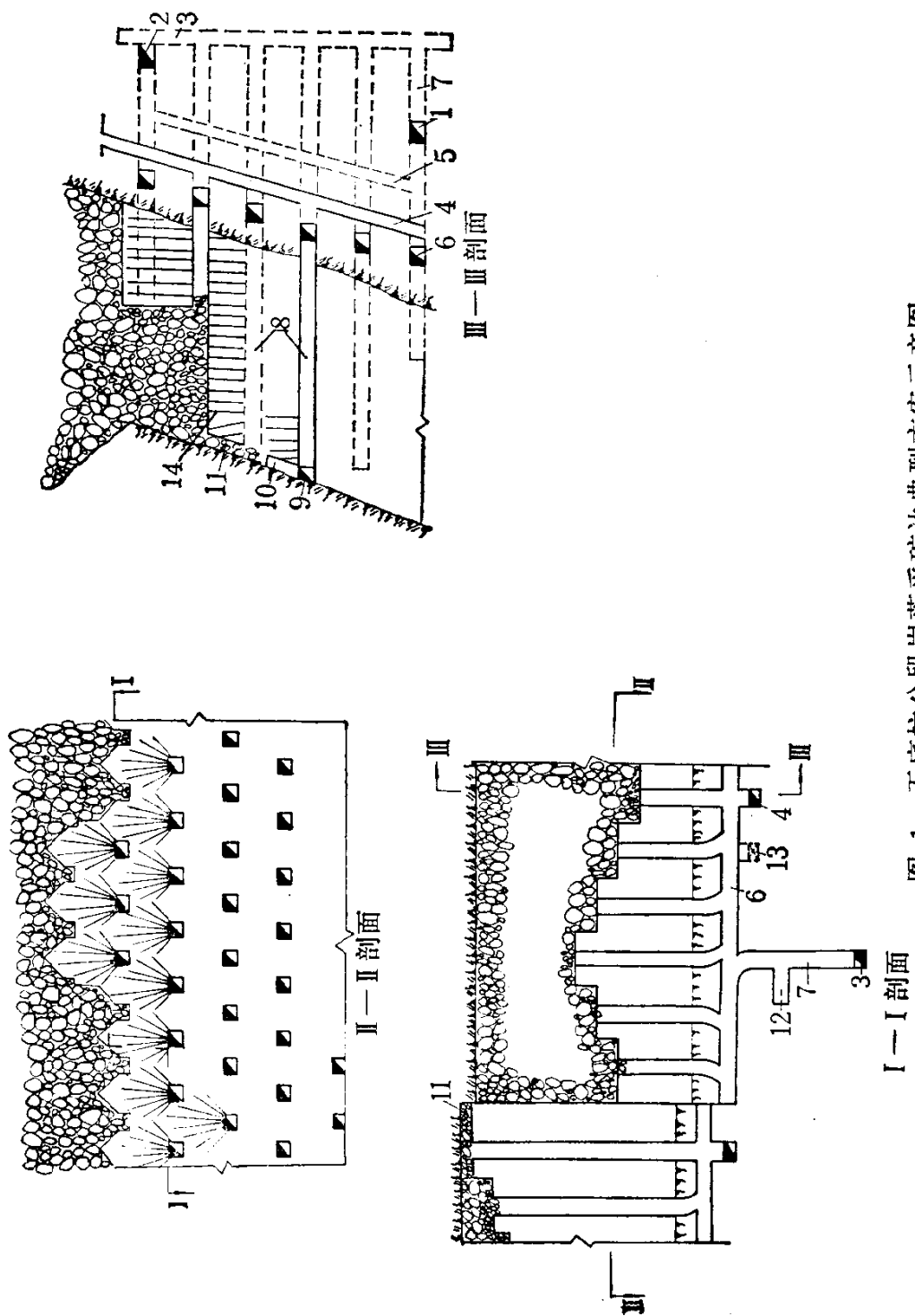


图 1 无底柱分段崩落采矿法典型方案示意图

段巷道将阶段划分为分段后，自上而下的进行分段的回采工作。随分段回采崩落围岩填充采空区，矿石在覆盖岩石下放出。它的特点是分段下部没有用漏斗放矿的底柱，在分段回采巷道内凿上向扇形炮孔以小的崩矿步距向充满废石的崩落区崩矿，崩落的矿石自该巷道端部直接用各种机械化的装运设备装运至溜矿井。这样就简化了采矿方法的结构，给使用大型机械化自行设备创造了条件，并保证工人在安全的条件下作业。

无底柱分段崩落采矿法还有其它变形方案：

1. 空房式无底柱分段崩落法 当矿石和围岩松软、有粘结性，能在分段上部形成再生假顶时，使用它最理想。该方案在巷道端部用扇形深孔逐排崩矿，利用上部留下的很薄的顶柱或再生假顶形成一个小矿房。工人在回采巷道中用长线操纵的华-1型装岩机进入小矿房装矿。当小矿房的暴露面积达到一定时，便自行崩落。然后，回采新的小矿房。向山硫铁矿应用的就是这种变形方案。

2. 双巷留矿无底柱分段崩落法 它是在高度较大的分段中布置上、下两层回采巷道。上层的回采巷道间距大，上部矿层较高，主要用来凿深孔崩矿。下层分段巷道间距小，其上部仅留3~5米高的矿层，主要用来装运崩落的矿石。上层回采巷道一次崩落若干排深孔，崩落的矿石暂时留在上部。下层回采巷道以小步距崩落其上的矿层，与上层暂留矿石一块装运至溜矿井。其主要特点是，落矿和运矿在上、下两层巷道中进行和采用高分段。这种方案在苏联的金属矿山中得到应用。苏联采用这种方案与使用大直径深孔凿岩设备、振动运矿机及运输机等出矿设备以及倾向使用高分段、大步距的放矿方法有关。

二、无底柱分段崩落法放矿时崩落

矿岩的运动规律

无底柱分段崩落法是在废石覆盖下自巷道端部放出崩落矿石，每次爆破1~2排扇形孔，崩矿量少，废石接触面多，如果选

取的结构参数及回采工艺不合理，不符合放矿时崩落矿岩的运动规律，则将产生较高的矿石损失和贫化，使其效果低于其它采矿方法。反之，却能得到贫化率小（15~20%），回收率高（85~90%）的较好指标，使其效果胜过其它高效率的大规模崩落采矿法。为了能得到更好的效果，应充分了解和研究放矿时崩落矿岩的运动规律。因此，在论述采矿法结构参数和回采工艺之前，将目前国内外生产实践、试验室放矿模型试验及现场生产放矿实验研究中，认识到的在废石覆盖下放矿时，崩落矿岩的运动规律做一介绍。

自下部放出口放出崩落矿石时，放出的矿石是自放出口上部类似旋转椭球体的体积内放出来的。通常把这个类似旋转椭球体的放出矿石体积叫做放出椭球体（图2）或放出体。放出椭球体内的矿石自放出口放出后，它原来所占据的空间，被其上部及侧部未放出的矿石及废石因发生二次松散而产生的体积胀大所填满。由于发生二次松胀而产生运动的矿石和废石的轮廓也类似旋转椭球体，叫做松动椭球体。松动椭球体在放出椭球体外部，两个椭球体长轴在同一轴线上。通常用旋转椭球的偏心率表示放出椭球体和松动椭球体几何形状。偏心率 ε 用下式表示：

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad (1)$$

式中 a ——旋转椭球的长半轴；

b ——旋转椭球的短半轴。

由上式可知短半轴和长半轴之比：

$$\frac{b}{a} = \sqrt{1 - \varepsilon^2} \quad (2)$$

放出椭球体的偏心率 ε 愈大，椭球体愈瘦长； ε 愈小，椭球体愈肥短。

放矿时，松动椭球体以外的崩落矿岩不发生移动。根据试验室试验资料，放出松散物料时，松动椭球体体积比放出椭球体约大15倍，高度约大2.5倍。放矿时，愈靠近椭球体的长轴和在长

轴方向上愈靠近放出口的矿岩运动速度愈大。随矿石的放出，崩落矿石与崩落废石的接触面发生弯曲成漏斗状，叫做放出废石漏斗。它对称于放出椭球体的长轴。它的上口边界与松动椭球体边界重合（图2）。

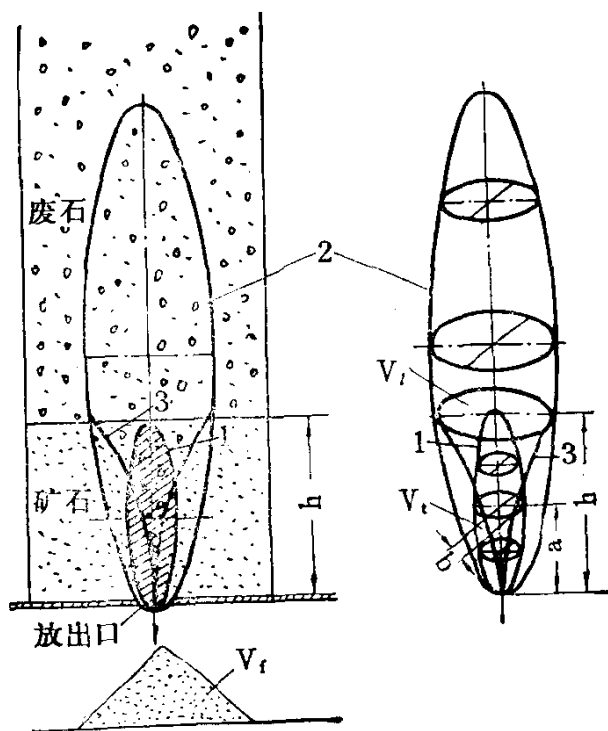


图2 放出椭球体、松动椭球体及放出废石漏斗关系图

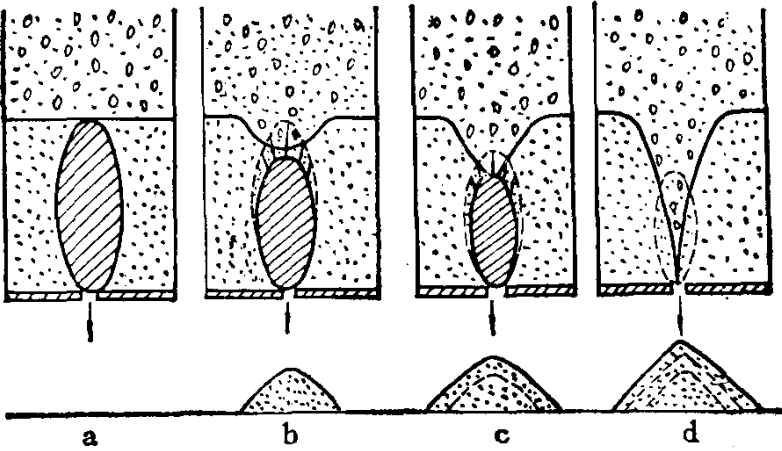
1—放出椭球体；2—松动椭球体；3—放出废石漏斗； V_t —放出椭球体体积； V_f —放出矿石体积； V_l —放出废石漏斗体积；

$$V_t \approx V_l \approx V_f$$

放矿时，随着下部矿石的放出，崩落矿石自所在的椭球体表面逐渐收缩。同一放出椭球体表面的矿石大致同时到达放出口。就是说，放出崩落矿石时，随着矿石的放出，等于崩落矿石层高度的椭球体逐渐收缩成较小的椭球体（图3）。与此同时，接触面以上的废石以废石漏斗的形状来补充放出矿石的体积。相应的放出废石漏斗的体积、放出椭球体的体积和放出矿石的体积接近相等（因放矿时崩落矿石和废石发生二次松胀）。

当长轴等于矿层高度的放出椭球体内的矿石全部放出后，放出废石漏斗的尖底到达放矿口。若再继续放出矿石，则放出椭球

体伸展到废石中去，与此同时放出废石漏斗尖底伸展到放出口外部，废石与矿石开始混合放出，贫化开始（图 4a）。同理，当放出椭球体伸入侧部崩落废石中时，也将发生贫化（图 4b）。放出椭球体轮廓内的废石量与矿石量加废石量的比（以百分数表示），



a、b、c、d—放出顺序

图 3 随矿石放出，放出椭球体变化情况。图中虚线部分的矿石移至内部小椭球体内

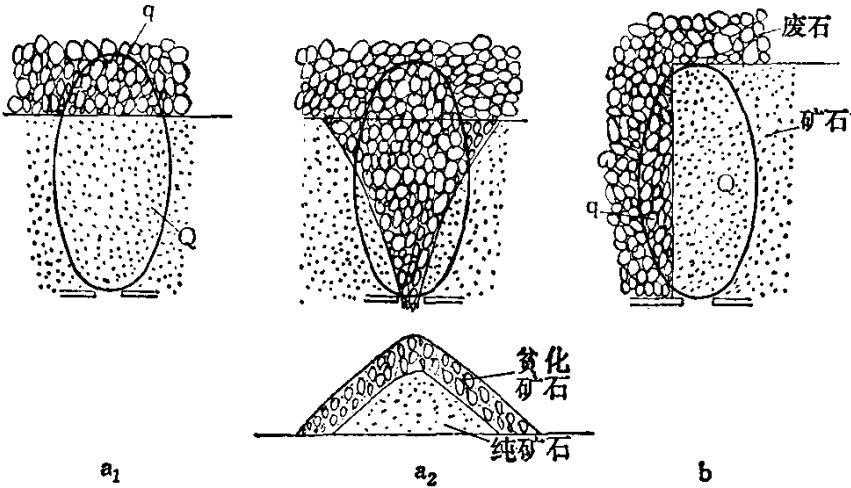


图 4 放出椭球体伸入崩落废石引起矿石贫化示意图

q—放出椭球体内废石量；Q—放出椭球体内矿石量；

$$\text{实际贫化率} = \frac{q}{q+Q}$$

就是放出总矿石量的实际贫化率或废石混入率。

贫化开始前放出的矿石是纯矿石。放出的纯矿石与该放出口担负的应放出矿石量的比（以百分数表示），叫做纯矿石回收率，这是一个非常重要的指标。纯矿石回收率愈高，放矿的总回收率亦愈高，放出矿石总的贫化率愈低。

当产生矿石贫化后继续放矿时，放出椭球体伸入废石部分愈来愈多，放出废石漏斗下部扩展愈来愈大，放出矿石的贫化率愈来愈高，放出矿石品位也相应愈来愈低。当最后放出的矿石品位达到截止品位时，放矿停止。此时的放出废石漏斗叫做极限放出废石漏斗，它的倾角一般都大于 70° 。就是说放出口周边 70° 以下的崩落矿石在该放出口放不出来。相邻几个放出口放矿完毕后，在放出口周边便留下一部分尖脊状的崩落矿石（图5）。这部分放不出的崩落矿石称为脊部损失。

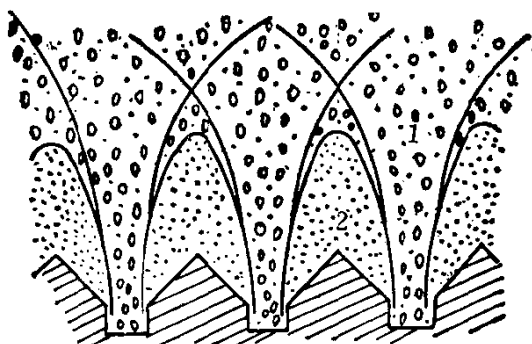


图5 回采巷道两侧脊部损失

1—放出废石漏斗；2—相邻回采巷道放矿后的脊部损失

无底柱分段崩落法中，崩落矿石自巷道端部放出，巷道放出口上部未采的矿石壁阻碍放出椭球体的发育。不同矿石壁倾角的放出椭球体形状，如图6所示。在与回采巷道垂直的剖面上，放出椭球体的形状没有什么变化。在沿回采巷道方向上的剖面内，当矿壁前倾时，椭球体除截切外还发生歪曲；当矿壁垂直时，除截切外，椭球体长轴稍向崩落矿石方向倾斜与矿壁斜交成一个不大的角度；当矿壁后倾时，椭球体截切部分逐渐减少。松动椭球体与放出废石漏斗也随之有相应的变化。

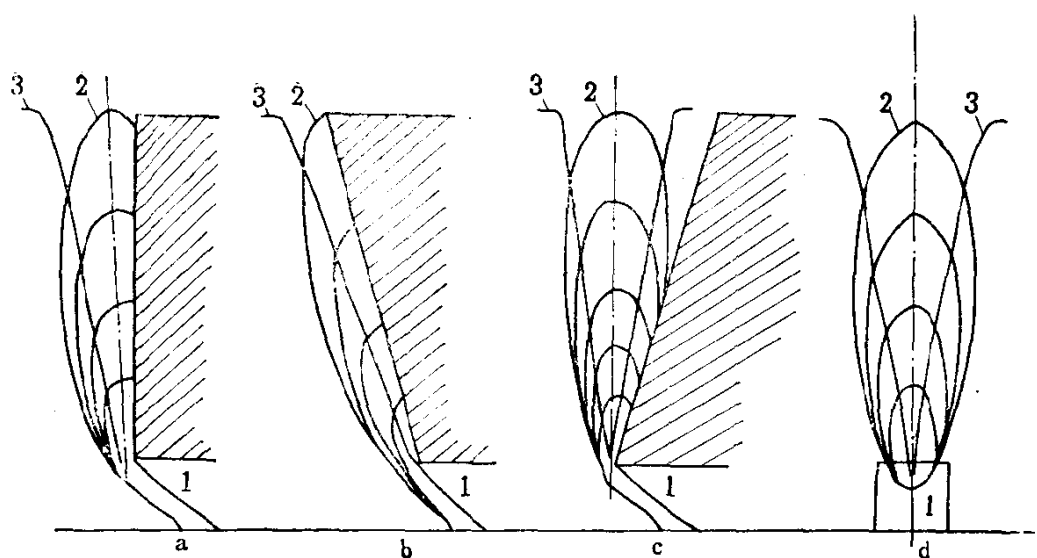


图 6 端部放矿时，放出椭球体与放出废石漏斗发展示意图

a—端壁倾角 90° ；b—端壁倾角 70° ；c—端壁倾角 105° ；d—

a、b、c 三种端壁倾角垂直回采巷道剖面图形；

1—回采巷道；2—放出椭球体；3—放出废石漏斗

端部放矿时，在进路两侧脊部损失仍如图 5 所示。而在回采巷道的正面因装运设备铲取深度的限制，除巷道以上的脊部损失外，在已崩落的巷道中，还留下与正面脊部损失相连的一斜条崩落矿石 1 在该回采巷道放不出来，这两部分矿石总称为正面脊部损失，见图 7。

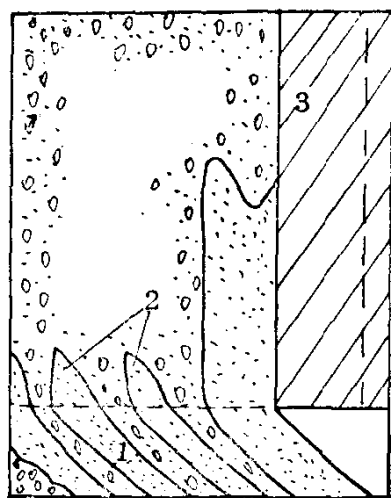


图 7 回采巷道正面脊部损失

1—巷道以下的矿石损失；2—巷道以上的脊部损失；3—矿壁

放矿时，放出椭球体的瘦长或肥短（偏心率或长短轴比值的大小），受下述因素影响。

放出矿层高度与放出口尺寸的比值愈小，放出椭球体愈肥短；反之，则瘦长（当此比值大于30以上时，椭球体参数基本不变）。如放出矿石层高度不变，放出口尺寸愈大，椭球体愈肥短。如放出口尺寸不变，放出矿层高度愈小椭球体愈肥短。影响放出椭球体的因素很多，在下述情况下形成图8a：（1）块度大；（2）松散；（3）放出口尺寸大；（4）矿层低。在下述情况下形成图8b：（1）块度细碎；（2）湿度大，粘结；（3）放出口尺寸小；（4）矿层高。

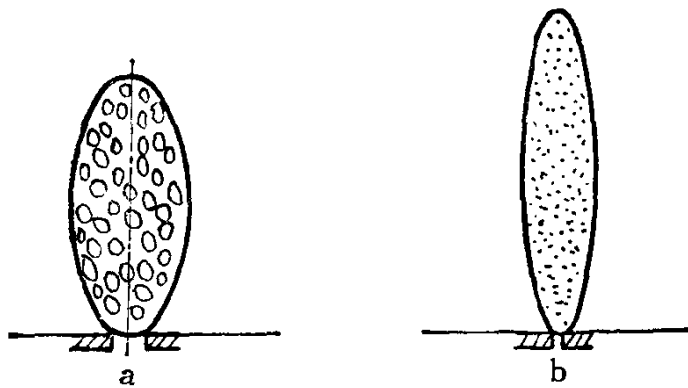


图8 影响放出椭球体参数因素示意图

崩落矿石块度大而松散时，放出椭球体肥短。块度细碎、湿度大、含粉矿和有粘结性时，放出椭球体瘦长。

同一种崩落矿石，当其碎胀系数小或端部放矿爆破挤压较紧时，放出椭球体可能瘦长一些。装矿强度大、矿石很快发生二次松胀、放出椭球体可能要肥短一些。

放出矿石中有特大块时，将使放出椭球体偏斜。

如覆盖岩石为细碎小块或黄土而矿石的块度很大时，细碎岩石及黄土将通过矿石块间隙渗下，使放出矿石过早贫化。为了防止由上述原因造成的贫化应尽量使崩落岩石的块度大于矿石的块度。此外，还常在深孔底部增加装药量，爆破后形成一层粉碎矿石带，以阻止细碎废石渗下。

从上述放出崩落矿石的规律中，可见无底柱分段崩落法放矿时，产生矿石贫化的原因有：

（1）放出椭球体提前伸入正面崩落废石，将产生大量正面废石混入。同时，上部的矿石可能被岩石隔断无法放出而造成矿石损失。崩矿步距过小时，将发生这种情况（图 9 a）；

（2）放出椭球体提前伸入上部崩落废石中，将产生大量上部废石混入，同时使正面脊部损失增加。崩矿步距过大将发生这种情况（图 9 b）；

（3）放出椭球体伸入两侧崩落废石中将产生两侧废石混入。回采巷道中心距过小，将发生这种情况。

生产中矿石贫化主要是由前两种原因所引起的。

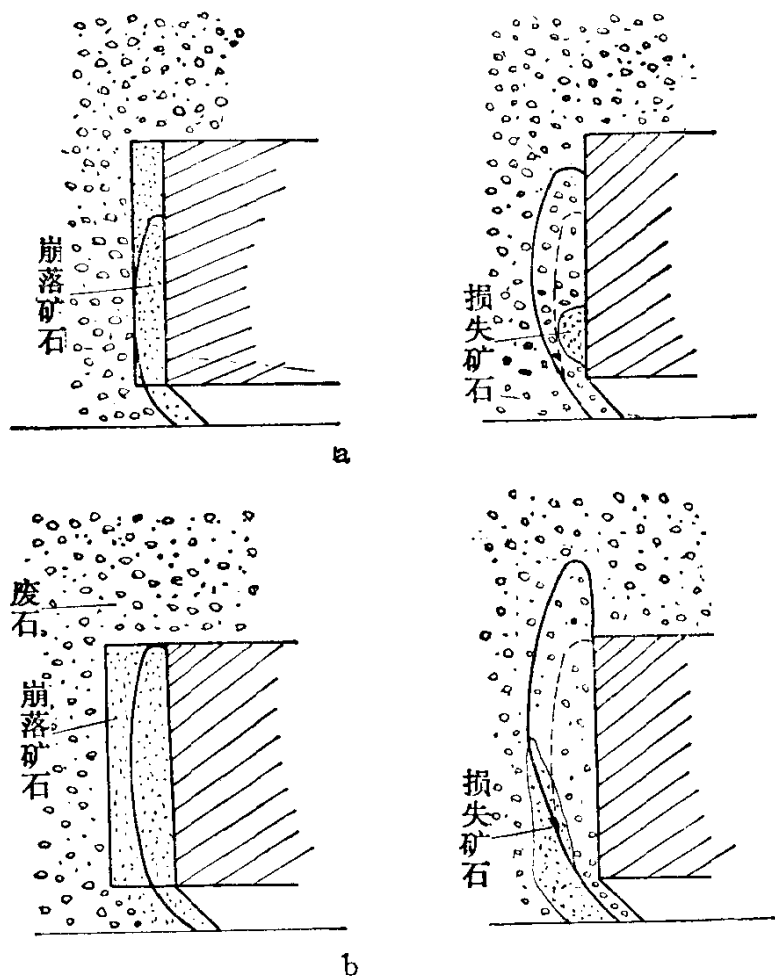


图 9 端部放矿时，矿石损失及贫化示意图

a—崩矿步距过小；b—崩矿步距过大