

# 对自然崩落法出矿口卡斗问题的探讨

黄正高

云南迪庆有色金属有限责任公司，云南迪庆藏族自治州，674400；

**摘要：**自然崩落法凭借其生产能力大、高效、低成本的优势，在许多厚大型矿体开采中得到广泛应用。自然崩落法采矿中放矿作业是保障矿体持续稳定崩落的核心驱动力，是衔接矿体崩落与矿石回收的关键工序，贯穿采矿全过程，其操作合理性直接决定自然崩落法的采矿效率、资源回收率、生产成本及矿山安全稳定性。然而，出矿口卡斗问题始终对自然崩落法开采成效、矿山的安全生产、经济效益等多方面造成负面影响。经对某矿自然崩落法开采实践为研究背景，通过分析出矿口卡斗的类型与特征，阐述出矿口卡斗对开采生产的具体影响，并针对性地提出预防与处理卡斗问题的技术措施和管理建议，旨在为解决自然崩落法出矿口卡斗问题提供理论参考与实践借鉴，提升矿山开采的安全性与经济性。

**关键词：**自然崩落法；出矿口；卡斗；成因；对策

**DOI：** 10.69979/3041-0673.26.03.110

采用自然崩落法开采的矿山，大块率问题普遍比较突出，是导致出矿口卡斗的主要因素。其次，聚矿槽内矿石流动性随聚矿槽压实体的增大而逐渐减弱，进一步加剧了卡斗事件发生。同时，卡斗易导致应力集中破坏底部结构及出矿口眉线梁，影响出矿的均匀性持续性，造成矿石损失贫化增大等。处理卡斗又给矿山生产增加了生产成本和作业风险，并降低了开采效率。因此，出矿口卡斗问题影响着自然崩落法矿山开采的安全性与经济性。本文结合某矿山自然崩落法开采实际为基础，深入研究矿山出矿口卡斗类型特征、卡斗成因及影响等，进一步探讨解决卡斗问题对策，对于保障矿山安全生产、

提高开采效率、降低生产成本具有重要的现实意义。

## 1 采矿底部结构参数

矿山矿体厚大，倾角近乎垂直，矿体节理裂隙发育，矿岩易崩落，采用自然崩落法开采。矿山设计出矿水平的出矿穿脉间距 30m，出矿进路间距 15m，并采用分支鲐骨式布置。聚矿槽长 13m，高 16m，下宽 4.2m，上宽 10m，采用中间拉槽、中深孔劈漏爆破而成。拉底水平位于出矿水平之上 16m，拉底采用中深孔拉底方式，在两条出矿穿脉之间上方布置两条平行的拉底巷道，拉底巷道间距为 13m、17m，拉底高度为 15m。如图 1 所示。

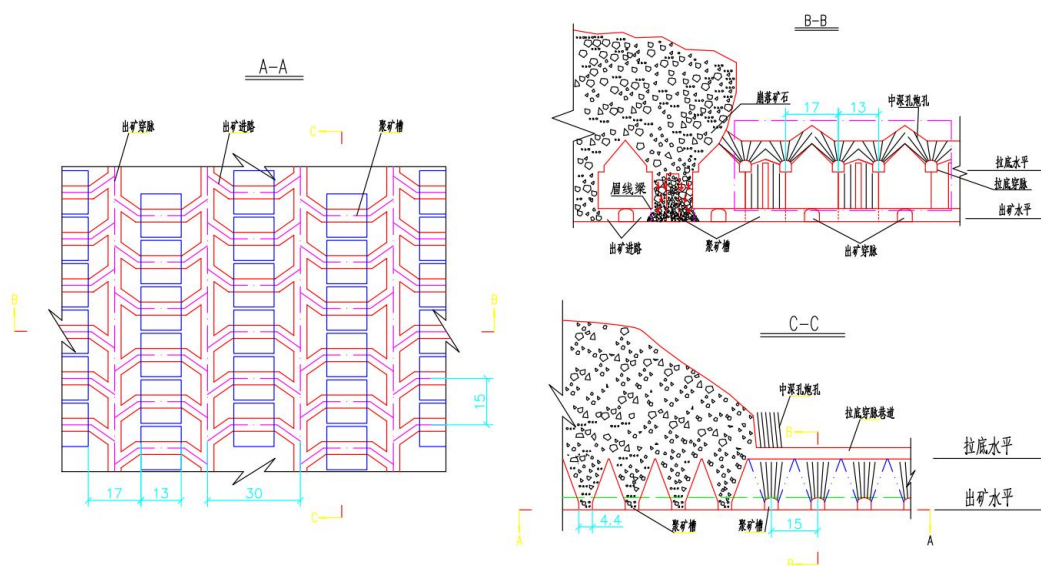


图 1 自然崩落法采矿示意图

## 2 出矿口卡斗的类型与特征

经矿山统计,近50%出矿口长期受反复卡斗事件影响。通过对卡斗事件的实地调研与分析,可将出矿口卡斗问题分为以下两种主要类型,不同类型的卡斗具有各自独特的特征。

### 2.1 块状矿石卡斗

块状矿石卡斗即由于自然崩落过程中矿石块度大小不一,在放矿过程中单个大块或多个大块组拱堵住出矿口,造成出矿口出空或不能正常出矿。此类卡斗是出



图2 出矿口高位卡斗照片

(2)出矿口低位卡斗是指单个超大块矿石或多个大块矿石组拱,矿石堵塞在出矿口眉线梁下部,造成出矿口悬顶的情况,矿石的悬顶位置距离巷道底板4米以内,



图3 出矿口低位卡斗照片

### 2.2 压实型黏结卡斗

指出矿口内矿体受矿泥压实胶结等综合作用后形成压实矿体,经出矿后上部矿石不发生流动形成的出矿口悬顶卡斗,如图4所示。该卡斗类型主要出现在泥石流影响区域及地压治理区域,崩落产生的粉矿被地下水

矿口最常见的类型,占卡斗出矿口的80%,其中按其卡斗的位置,又分为高位卡斗、低位卡斗。

(1)出矿口高位卡斗是指单个超大块矿石或多个大块矿石组拱,矿石堵塞在出矿口眉线梁上部,造成出矿口悬顶的情况,矿石的卡斗位置距离巷道底板4米以上,如图2所示。该卡斗特征是在出矿口眉线梁上部形成“拱架”悬顶结构,卡斗位置高,处理难度大风险高,通常难以直接进行打眼爆破,常以简单的振动或冲击方式处理,且处理过程中存在大块矿石突然掉落引发冲击荷载的安全风险。

如图3所示。该卡斗特征是在出矿口眉线梁下部形成“桥塞”卡阻结构,卡斗位置低,堵塞结构较稳定,处理通常以浅孔爆破方式处理,风险基本可控。

混合后形成黏结性较强的矿泥,因出矿口长期不出矿,在泥水及矿石重力等作用下,出现矿泥填充胶结矿块间隙并压实所致。其主要特征是因黏结力作用,整体稳固性好,时间越久处理难度越大。通常难以直接进行打眼爆破处理,振动或冲击方式处理效果不佳,且处理过程中存在矿体突然掉落引发冲击荷载的安全风险。



图4 出矿口压实型黏结卡斗照片

### 3 出矿口卡斗问题的主要成因分析

自然崩落法出矿口卡斗问题的产生并非单一因素导致，经现场对卡斗成因的研究分析，大致可归纳为大块率升高、聚矿槽矿石流动性减弱、出矿停滞等三类主要影响因素所致，其主要成因与矿（岩）体地质条件、采矿工艺、生产管理等多方面因素共同作用密不可分。

#### 3.1 大块率升高

大块率升高是直接导致出矿口卡斗问题频繁的主要因素，在实际生产中，日常对  $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$  的大块进行二次破碎处理，经统计月度出矿口处理大块占比最高达 30% 以上，一般在 15% 左右，然而大块率的形成主要有客观条件及人为因素所致。

客观条件主要是采区矿（岩）体地质情况。根据矿山研究成果，采区总体上属于 III 类可崩性岩体，理论测算小于  $2\text{m}^3$  的崩落矿体块度可达 99.09%。但采区地质构造复杂，局部多期次断层交错发育，构造区与非构造区矿石物理力学性质不一样，对矿体崩落速度及崩落块度的影响存在较大差异。崩落区内的断层（破碎带）附近岩石质量及稳固性差，在崩落过程中，该区域岩体容易超前崩落，使得其上覆岩体构造面未得到充分发育的情

况下就发生崩落，导致大块率升高。

人为因素是拉底、放矿、崩落等采矿过程工艺参数选择不合理，生产中控制不好拉底、崩落、放矿三者参数之间的协调关系，出现拉底速度过快、崩矿步距过大等情况，造成矿块提前崩落，崩落块度大，大块率增加。

#### 3.2 聚矿槽中部压实体增大，形成出矿口卡斗

矿山出矿穿脉间距 30m，出口方向聚矿槽长 13m，其中槽内底部有 9m 长的矿石基本不受出矿扰动，推测逐渐会形成压实体，且压实体矿块间隙在水和粉矿的胶结充填后，压实体会变得更稳固，并逐渐变大和降低聚矿槽两侧矿石的流动性，矿石流动空间随之减小，大块易在该部位形成卡斗。如图 5 (a) 所示，铲运车正常出矿时，出矿的部位主要为眉线梁以外；当出现卡斗时，铲运车出矿部位逐渐向眉线梁以内转移，但最远至眉线梁以内 2m 位置，且安全风险大。如图 5 (b)，当聚矿槽形成卡斗后，卡斗矿块与压实体之间形成一个“圆弧拱”，给卡斗处理增加了难度和安全风险，特别是高位卡斗。

因此，聚矿槽中部压实体的存在是导致卡斗的关键因素。

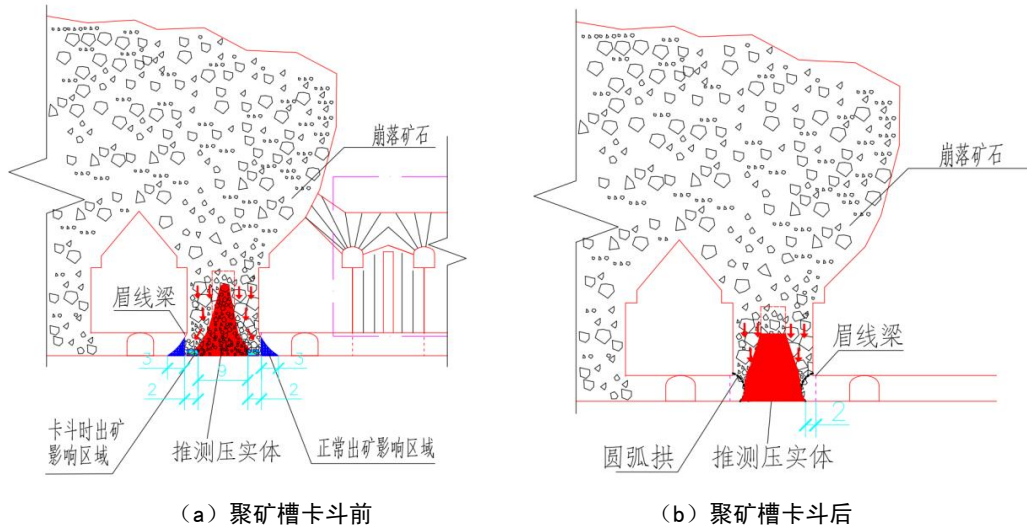


图5 聚矿槽卡斗形成机理

### 3.3 出矿停滞

出矿停滞主要集中在地压变形区。采区内构造交错发育区，普遍岩体破碎，软弱构造面发育，形成破碎带，稳固性差。在生产过程中，因渗水、暴露面积大、应力集中等条件影响下，底部结构岩体原应力极易发生弱化，导致巷道垮塌、沉降变形等，局部表现为出矿穿脉及出矿进路巷道变形、支护压坏现象，有的地段巷道修复后又反复出现巷道变形、支护压坏现象。因此，长期的变形区治理导致这些地压变形区出矿口长期存在出矿停滞情况。经支护结束后，聚矿槽内矿石因压实黏结形成压实型黏结卡斗。

## 4 卡斗问题对矿山开采生产的影响

### 4.1 直接影响：扰乱矿山生产节奏，降低采矿指标及效率，增加采矿成本

(1) 卡斗直接阻断出矿口矿石开采，若多个卡斗经常同时发生，会导致矿山整体出矿能力骤降，同时会抑制上部矿体持续崩落，出现“崩落—放矿”失衡，扰乱矿山生产计划节奏。

(2) 放矿计划执行率低，出矿量、出矿品位、出矿顺序无法按计划执行，导致围岩过早混入或矿石“压死”等，贫化率、损失率上升，影响采矿技术指标。

(3) 处理卡斗耗时从几十分钟到数天不等，有效出矿时间被严重挤占，影响台班效率、月/年产量。

(4) 卡斗处理常以打眼爆破、破碎台车机械破碎为主，增加采矿人工、设备、材料等直接及间接成本。

### 4.2 安全影响：地压破坏风险及卡斗处理高风险

(1) 地压破坏风险：卡斗导致应力集中，破坏底部工程，局部可能引发大规模地压活动、片帮、底部结构整体失稳。

(2) 卡斗处理高风险：处理卡斗需要人员、设备在卡斗下方作业，其上方为悬空的矿堆，处理过程中，有大块坠石及悬空矿堆突然垮塌的安全风险，对作业的设备、人员造成事故伤害。

## 5 卡斗预防及处理对策

### 5.1 卡斗预防

(1) 深入研究崩落区断层（破碎带）对矿体崩落的影响，合理调整拉底及出矿速度。

断层（破碎带）区域崩落较快，对采区崩落速度的影响较大。拉底过断层（破碎带）后，应放缓该区域后续拉底速度，能降低构造区崩落速度及其对上覆岩体崩落的影响，使得上覆岩体结构更充分发育，形成自然崩落，降低大块率。同时，对大块率高及应力显现区域，加快放矿速度，及时处理卡斗。

(2) 增加措施提升放矿流动速度及保障流动通道。

根据聚矿槽卡斗形成机理分析，中部压实体的存在并持续增大是导致卡斗的关键因素。因此，在聚矿槽内距离眉线梁 2m 的位置，浇筑一个斜面 45° 角的一个三角体（图 6），三角体的斜面对出矿口矿石的流动性具有促进作用，对压实体的稳固性及增大趋势有破坏作用，进一步保障了矿石流动通道，并确保大块容易流动至聚矿槽底部，不容易形成高位卡斗。即使出现卡斗，基本

以低位卡斗为主，易处理且风险降低。

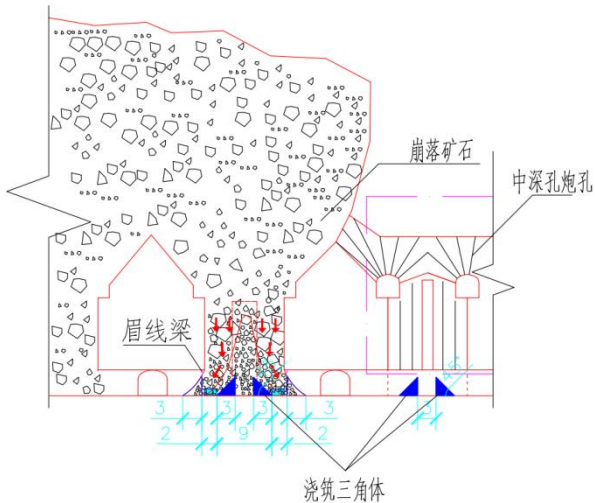


图6 聚矿槽内增设浇筑体示意图

(3) 加强出矿口管理，完善监管机制。

首先，建立健全出矿口管理制度，开展出矿口出矿量、矿石堆积情况、大块率等情况进行日常监测统计和分析，建立卡斗风险预警机制，及时发出预警预报。其次，加强对现场出矿管理技术人员的卡斗相关理论及案例培训，提升管理技术人员对区域性卡斗形态规律和卡斗机理的研判能力，能更好的落实卡斗防控。

## 5.2 处理对策

(1) 升级设备无人化技术，减少人员接触卡斗风险点。

目前，许多矿山已实现了工程设备的远程遥控作业，采用远程遥控铲运机、远程遥控破碎台车以及撑杆输送机（FLG-15）等设备，实现远程操控设备完成出矿、出矿口巡查、大块破碎、凿岩、输送炸药包等作业，减少人员接触卡斗风险点，大大降低卡斗对人员的伤害性风险事件。

(2) 制定科学的卡斗处理方案，提高卡斗处理效率。

认真开展出矿口卡斗类型、结构关系、风险评价等研判工作，针对不同类型的卡斗问题，制定科学、合理的处理方案，可提高卡斗处理的效率和安全性。对矿块（大块）矿石卡斗，可采用炮震、破碎锤、浅孔爆破等方式进行处理。对于压实型黏结卡斗，可采用浅孔爆破、高压水冲洗等方式。

## 6 结论与展望

出矿口卡斗问题是自然崩落法矿山开采过程中面临的主要生产技术难题之一，其产生涉及崩落岩体地质条件复杂、开采（拉底、崩落、放矿等）工艺参数不协调、出矿口矿石流动通道弱化、地压问题停滞出矿等多方面因素共同作用的结果。卡斗不仅会扰乱矿山生产节奏，降低采矿指标及效率，增加采矿成本，还会加剧地压破坏工程风险及卡斗处理对作业的设备、人员造成伤害事故高风险。针对以上问题，应从崩落区断层（破碎带）对矿体崩落的影响研究、增加措施提升放矿流动速度及保障流动通道、加强出矿口管理，完善监管机制等进行卡斗预防。同时，开展升级设备无人化技术、制定科学卡斗处理方案等提高卡斗处理效率，有效降低处理风险。

未来，随着矿业技术的不断发展，矿业开发技术将由机械化、自动化逐步向智能化、智慧化发展，将进一步提高卡斗问题预防和处理的智能化水平；同时，加强与科研院校的合作，开展针对自然崩落法出矿口卡斗问题的专项研究，开发更加高效、安全的预防和处技术，为矿山的长期稳定发展提供技术支撑。相信通过不断的科技创新和管理优化，自然崩落法采矿出矿口卡斗问题将得到有效控制，矿山的开采效率和安全性将得到显著提升。

## 参考文献

- [1] 马帅，刘文连，钟志勇，等. 放矿过程中某铜矿冰碛物细颗粒运移特性研究. 地下空间与工程学报. 2024, 20(S2).
- [2] 李启月，周科平，高峰. 自然崩落法出矿口堵塞机理及防治技术[J]. 矿业研究与开发, 2020, 40(5): 45-49.
- [3] 彭张，刘强，魏银鸿，等. 自然崩落法放矿量与底部结构应力分布关系研究 [J]. 有色金属：矿山部分, 2020, 72(2).
- [4] 黄明清，申逸凌，郭晓强，等. 上覆采空区群诱发硬岩矿体时空异质性自然崩落特性的研究. 有色金属, 2025, 77(06).
- [5] 王新民，肖卫国，张钦礼. 矿山安全工程[M]. 长沙：中南大学出版社, 2022.