

蒙古乌兰矿 945m 以下矿体采矿方法优选研究

王卫生 高 威 张 明 顾明昊 闫钟文

铜陵有色金属集团铜冠矿山建设股份有限公司, 安徽 铜陵 244000

[摘要]蒙古乌兰矿在 1970 年由前苏联首次开采, 2010 年被中铁某局收购并组织生产, 由于矿山前期一直采用空场法开采, 存在顶板大面积垮塌的隐患, 安全起见, 该矿已经实施强制崩落采空区顶板的方法, 使采空区与地表贯通, 后期矿山逐步过渡到崩落法开采, 围绕矿山面临的采空区安全、技术经济指标差、三级矿量失衡等问题, 文章对该矿 945m 以下矿体崩落法转为充填法的采矿方案进行综合分析、研究, 提出 945~885m 矿体采用大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法, 885~765m 矿体采用双中段(120m)大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法。对国内外其他类似矿山开采起到借鉴意义。

[关键词]采空区; 崩落法; 充填法; 大直径深孔; 双中段

DOI: 10.33142/ec.v3i4.1792

中图分类号: TD862.1

文献标识码: A

Study on Optimization of Mining Methods for Orebody Below 945m in Wulan Mine of Mongolia

WANG Weisheng, GAO Wei, ZHANG Ming, GU Minghao, YAN Zhongwen

Tongguan Mine Construction Co., Ltd., Tongling, Anhui, 244000, China

Abstract: The Wulan mine in Mongolia was first mined by the Soviet Union in 1970, and was purchased and organized for production by a certain Bureau of China Railway in 2010. Due to the open stope mining method has been used in the early stage of the mine, there is a hidden danger of large-scale roof collapse. For the sake of safety, the method of forced caving of the roof of the goaf has been implemented in this mine to connect the goaf and the surface, and in the later stage, the mine gradually transitioned to caving mining. Based on the problems of goaf safety, poor technical and economic index and imbalance of three-level ore volume, this paper makes a comprehensive analysis and research on the mining scheme of converting the caving method of ore body below 945m to the filling method. It puts forward that 945 ~ 885m ore body adopts large diameter deep hole stage open stoping followed by filling mining method, and 885 ~ 765m ore body adopts double middle (120m) large diameter deep hole stage open stoping followed by filling mining method. It can be used for reference to other similar mines at home and abroad.

Keywords: goaf; caving method; filling method; large diameter deep hole; double middle section

引言

乌兰矿位于蒙古国东方省境内的草原腹地, 矿床的成因类型为岩浆期后汽水—热液型矿床, 矿床的工业类型为产于砂卡岩化断裂带中的铅、锌、银多金属硫化物矿床。在矿区范围内, 矿化现象从地表延续到地下 700m 的深度, 走向长度 100~500m, 倾角 70°~90°, 厚度 1.5~70m 不等, 属急倾斜中厚至厚大矿体。目前设有 1005m、945m、885m 三个中段, 其中 1005m 中段采用平硐开拓方式, 945m、885m 中段采用斜坡道开拓方式。主要开采的矿体为 1#、9#矿体。近地表的 1005m 中段采用分段凿岩阶段矿房法, 中段高度 60m, 分段高度 11m。2010 年该矿被中铁某局收购, 投入了大量人力、物力、财力于 2016 年恢复了生产, 由于矿山已开采多年, 随着采

出矿量越来越多, 空区也随之扩大, 其中 1#、9#矿体采空区顶板与表土厚度约为 15m, 且都发生了局部冒落, 存在大量冒落、产生强烈空气冲击波破坏的可能, 安全风险极大。为了消除安全隐患, 在采场间柱内对应地表位置分别布置上向和下向扇形中深孔, 以地表和井下采空区为爆破补偿空间, 对 1#、9#矿体采空区顶板实施一次强制崩落, 强制性破顶, 与地表冒通形成泄压通道, 从根本上保证了采场作业安全^[1-2]。后期矿山转入 945m 中段开采, 由于 945m 中段与 1005m 中段之间没有留设隔离矿柱, 采空区已经与地表贯通, 故 945m 中段采矿过程中采场内不再预留保安矿柱, 945m 中段随即转入分段凿岩阶段崩落法开采。

该矿目前为崩落法开采, 待 945m 中段回采结束后, 将形成约 $100 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右与地表贯通的采空区。主要存在以下问题:

(1) 受目前的采矿方法所限, 该矿产能约 60~70 万吨/年, 随着生产的进行, 面临产能无法达产的问题, 为实现达产达标的目标 945m 以下矿体采用何种采矿方法显得尤其重要, 945m 以下矿体的合理化开采具有紧迫性和必要性。

(2) 由于该矿矿岩稳固性好, 采用崩落法开采时矿体爆落后, 上部围岩不能自然崩落, 没有形成覆盖层, 945m 水平至地表落差约 120m 的陡峭高端壁不处理, 将会对后续采矿造成较大的安全隐患。如继续沿用崩落法开采, 因上覆岩层不能自然崩落, 还需投入资金对采空区强制崩落处理。

(3) 矿山已有部分地表工程位于移动范围之内, 包括化验室、试验室、机电修理间、选矿厂部分、采矿工业场地、东风井、西风井、运矿巷道等。同时, 由于铀矿体的存在, 若深部矿体继续采用崩落法开采将会破坏铀矿体, 造成放射性污染。

(4) 矿山尾矿库预计约 6 年将达到设计库容。而蒙古国对尾矿库审批要求严格, 矿山即将面临现有尾矿库库容较小、未来尾矿无处排放的难题。

(5) 由于矿山所处位置夏季多雨冬季严寒, 空区与采场贯通, 夏季雨水直接进入采场, 增加了排水作业量, 冬季冷空气直接灌入井下作业面, 造成风水管上冻, 增加了辅助工程作业量。

面对 945m 中段崩落法采矿带来的重大难题, 为确保矿山能够可持续生产, 945m 水平以下矿体开采势必需要改变矿山现有的采矿方法, 从本质上解决矿山上述问题。

1 采矿方法选择

1.1 技术思路

(1) 充填法在回采的同时处理了采空区, 消除了空区的安全隐患, 确保地表塌陷区不扩大; 有利于保护铀矿体不受到扰动, 和地表建构筑物不受采空区影响, 有利于保护环境, 减轻复垦任务; 前期大量尾矿可充入采空区, 可延长尾矿库服务年限, 一定程度上缓解了堆存和建设投资压力; 同时可以改善井下作业面的环境。

(2) 结合国内外开采同类矿体的经验与发展趋势, 以安全高效、技术先进、工艺可靠、经济合理为准则来选择乌兰矿 945m 以下矿体的采矿方法。实现从现在的崩落法顺利过渡到充填法, 初步拟定以下几种采矿方法: 方案一: 大直径深孔阶段空场嗣后充填法 (VCR 法); 方案二: 双中段大直径深孔阶段空场嗣后充填法; 方案三: 分段凿岩阶段空场嗣后充填法^[3-5]。

1.2 945m 以下充填采矿方法分析

根据 945m 以下矿体的赋存特点, 属于中厚至厚大、急倾斜矿体, 矿岩稳固性较好。设计阶段高度 60m 并参照类似矿山技术指标, 得出三种方案具体指标, 并对这三种方案做出技术经济综合比较, 见表 1。

表 1 开采方案技术经济综合比较

序号	指标名称	单位	方案 1 大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法 (VCR 法)	方案 2 双中段大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法	方案 3 分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿法	备注
1	矿块采出矿石量	t	91342	213322.5	85802	
2	采切比	m ³ /kt	52.16	35.79	71.19	
3	矿石损失率	%	4	5	5	
4	矿石贫化率	%	5	5	8	
5	矿块生产能力	t/d	650	673	403	不计充填时间
6	延米崩矿量	t/m	21	21	5	
7	炸药单耗	kg/t	0.3	0.3	0.4	
8	采矿直接成本	元/t	82.56	75.25	104.42	

(续表)

序号	指标名称	单位	方案1 大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法 (VCR 法)	方案2 双中段大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法	方案3 分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿法	备注
9	适用条件		适宜开采急倾斜厚大矿体, 要求矿岩稳固, 矿体品位比较高。	适宜开采急倾斜厚大矿体或各类极厚矿体, 要求矿岩稳固, 矿体品位比较高。	适用范围较广, 要求矿岩稳固, 矿体品位比较高。	
10	优缺点		优点: 凿岩、爆破、出矿等作业在进路或凿岩硐室中进行, 作业安全性好; 机械化程度高, 工人劳动强度低; 作业效率高, 生产能力大; 前期基建工程量较小, 基建期短, 可以与上中段顺利形成产能衔接; 采矿成本低。	优点: 凿岩、爆破、出矿等作业在进路或凿岩硐室中进行, 作业安全性好; 机械化程度高, 工人劳动强度低; 双中段同时开采, 共用一个底部结构, 生产能力也大幅提高; 生产能力匹配自由, 有一定的扩产可能; 可减少1个中段留设隔离矿柱后续回采问题, 采矿成本进一步下降。	优点: 凿岩、爆破、出矿等作业在进路或凿岩硐室中进行, 作业安全性好; 分段采矿, 灵活性强, 能较好地适应矿体形态变化; 分段采场充填水泥消耗量降低, 充填成本较低。	
			缺点: 需留设中段间隔的矿柱, 后续回采增加部分采切工程量; 上下中段开采, 需在平面上错位开采, 扩产可能性较小; 自下而上开采时, 下一阶段回采完后接顶困难, 下阶段顶部凿岩硐室作为上阶段底部结构, 堑沟底部结构很难形成, 必须借助遥控铲运机出矿, 生产能力大幅下降。 ^[6]	缺点: 前期基建工程量较大, 基建期长, 产能接续时间滞后; 基建投资较大, 开拓工程需一次性直达下中段底部, 基建期通风难度较大; 采空区较大直径深孔阶段空场嗣后充填法更大, 对充填体要求更高。	缺点: 分段工程多, 施工组织较复杂, 生产周期长; 采矿成本较高。	

1.3 采矿方法优选

乌兰矿矿体主要赋存在 765m 水平以上, 以 60m 一个中段划分, 945m~765m 可以分为 3 个中段。以开采 885m 中段矿体为契机, 在 885m 中段与 945m 中段之间留设 15m 顶柱作为临时安全隔离层, 确保围岩稳定性。由于该矿三级矿量极不平衡, 945m 以下需尽快形成备采储量, 保障矿量的有序衔接, 故把 885m 中段作为过渡中段, 选择前期基建时间短、生产能力大的采矿方法, 因而采用方案 1 大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法 (VCR 法), 基于 885m 中段选择方案 1 开采, 矿量需求可以从 945m 中段顺利过渡到 885m 中段, 故 885m 以下可以选择采切比更小、采矿成本更低、生产能力更大的方案 2 双中段 (120m) 大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法, 即 885~765m 采用双中段 (120m) 方案二开采。由于方案三分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿法的生产能力较其他两种方法小, 其工序复杂程度、生产成本低, 不太适合矿山规模化开采的要求, 故不选择。

2 采矿方法最终确定

2.1 945m~885m 大直径深阶段空场孔嗣后充填采矿法 (VCR 法)

如图 1 所示, 采场垂直矿体走向布置, 矿块划分为矿房采场和矿柱, 宽均为 15m, 长为矿体厚度, 高为阶段高度 60m, 采场之间不留间柱, 不留底柱, 预留 15m 顶柱 (945~930m 标高) 作为与上中段的隔离层。15m 厚隔离层回收工作在上下中段均充填完成后进行。采场采用“隔三采一”的回采方式, 回采分两步进行, 第一

步回采矿房，第二步回采矿柱。采用堑沟底部结构出矿，单侧进路出矿。矿石通过 3m³ 铲运机直接铲至卡车通过中段运输巷道运出。选用高风压潜孔凿岩台车（T150）凿岩，从凿岩硐室向下凿大直径深孔至下部受矿硐室顶板。选用“VCR”拉槽一侧向崩矿回采工艺。首先进行“VCR”法拉槽分层爆破，待切割槽达到一定高度后，进行破顶爆破，切割槽空区形成后，即可进行全孔侧向爆破，采用非电环形起爆系统。采用普通铲运机经过装矿进路将崩落的矿石运到主运输巷卡车里，再用矿车将矿石运出到地表。

矿房（矿柱）开采完成之后，砌筑充填挡墙封堵采场空区各出口，进行充填，充填管路从上一中段的凿岩硐室联络巷放至采场空区，进行采场充填。采场充填采用分期分层充填，在采场的不同区间、不同位置，其充填体强度与配比不同。在矿房和矿柱采场的底部高 8m 和顶板接顶 4m 采用高强度的充填体，充填料灰砂比 1:4~1:6，充填体强度达到 4~5MPa。在采场中间可适当降低充填体强度，一步骤矿房充填料灰砂比 1:8~1:10 之间，充填体强度要求达到 1~1.5MPa；二步骤矿柱充填料灰砂比 1:15~1:20，充填体强度要求达到 0.5MPa 即可。不同配比的充填比例大约：高灰砂比占 20%、中灰砂比占 40%、低灰砂比占 40%；具体采用精确灰砂比需要根据实际生产或工业试验来确定。

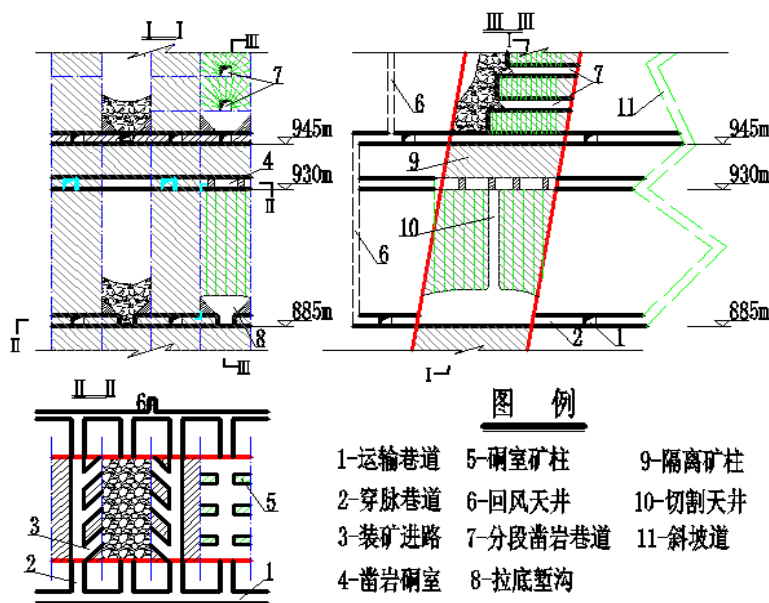


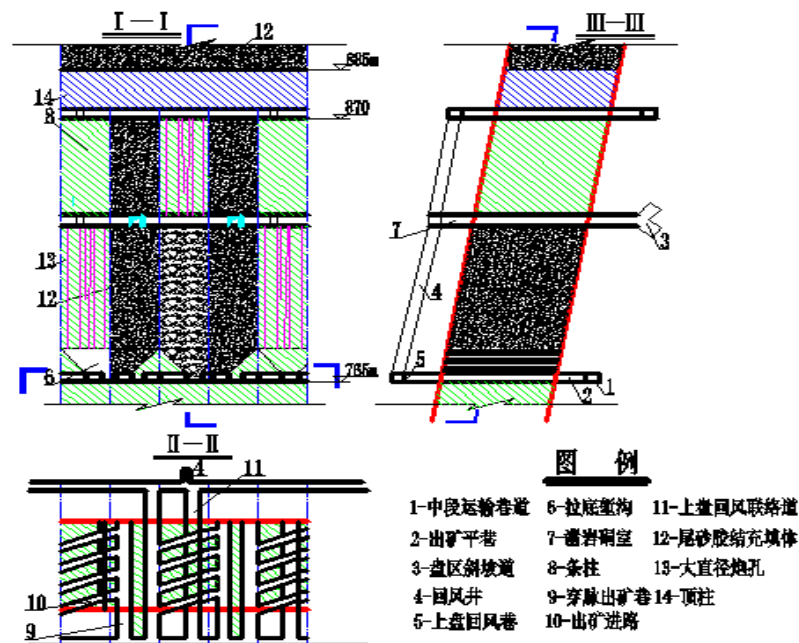
图 1 大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法

2.2 885m~765m 双中段大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法

如图 2 所示，采场垂直矿体走向布置，矿块划分为矿房和矿柱，矿房、矿柱宽度均为 15m。采场长度为矿体厚度，双阶段高度 120m，设置 2 个凿岩硐室，1 个出矿硐室，2 个采场共用 1 个底部结构^[7]，采场之间不留间柱，不留底柱，预留 15m 顶柱（885~870m 标高）作为与上中段的隔离层。15m 厚隔离层回收工作在上下中段均充填完成后进行。765m 中段采场底部采用堑沟结构落矿，相邻采场施工出矿联络巷及出矿进路。矿石通过 3m³ 铲运机直接铲至卡车通过中段运输巷道运出。采场采用“隔三采一”的回采方式，回采分两步进行，第一步回采矿房，第二步回采矿柱。选用高风压潜孔凿岩台车（T150）凿岩，从凿岩硐室向下凿大直径深孔至下部受矿硐室顶板。具体的采场凿岩布孔参数应通过爆破漏斗小型工业试验来确定，以获得最优的爆破效果。选用“VCR”拉槽一侧向崩矿回采工艺。首先进行“VCR”法拉槽分层爆破，待切割槽达到一定高度后，进行破顶爆破，切割槽空区形成后，即可进行全孔侧向爆破，采用非电环形起爆系统。采用普通铲运机经过装矿进路将崩落的矿石运到主运输巷卡车里，再用矿车将矿石运出到地表。

采场开采完毕后对采空区及时充填，防止采场回采结束后采空区大面积垮落。砌筑充填挡墙封堵采场空区各出口，进行充填，充填管路从上一中段的凿岩硐室联络巷放至采场空区，进行采场充填。采场充填采用分期分层充填，在采场的不同区间、不同位置，其充填体强度与配比不同。在矿房和矿柱采场的底部高 8m 和顶板接顶 4m 采用高强度的充填体，充填料灰砂比 1:4~1:6，充填体强度达到 4~5MPa。在采场中间可适当降低充填体强度，一步骤矿房充填料灰砂比 1:8~1:10 之间，充填体强度要求达到 1~1.5MPa；二步骤矿柱充填料灰砂比 1:15~1:20，充填体强度要求达到

0.5MPa 即可。不同配比的充填比例大约：高灰砂比占 20%、中灰砂比占 40%、低灰砂比占 40%；具体采用精确灰砂比需要根据实际生产或工业试验来确定。



3 结论

依据蒙古乌兰矿生产实际需求及矿山 945m 以下矿体赋存的特点得出如下结论。

- (1) 945m 以下矿体选择充填采矿法开采。
- (2) 把 885m 中段作为过渡中段, 选择前期基建时间短、生产能力大的大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法(VCR 法)。
- (3) 885~765m 选择采切比更小、采矿成本更低、生产能力更大的双中段(120m)大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法。

[参考文献]

- [1] 冯盼学, 陈何, 解联库, 等. 某铅锌矿采空区崩落处理与安全保障技术研究[J]. 中国矿业(增刊 1), 2017, 1(6): 372-377.
 - [2] 陈何, 孙忠铭. 束状孔大量高效采矿技术的开发与应用[J]. 金属矿山, 2010(11): 1-4.
 - [3] 董凯程, 崔松. 厚大第四系下低品位破碎矿体采矿方法研究[J]. 中国矿业科技文汇, 2014, 3(12): 132-134.
 - [4] 崔松, 鲁忠华, 董凯程, 等. 复杂第四系条件下急倾斜厚大破碎矿体采矿方法研究[J]. 有色金属(矿山部分), 2014, 66(1): 10-13.
 - [5] 李瑞祥, 武宏歧. 大直径深孔阶段矿房采矿法在紫金山金铜矿的应用[J]. 黄金, 2010, 31(7): 30-35.
 - [6] 冯盼学, 陈何, 解联库, 等. 急倾斜中厚—厚大矿体空场嗣后充填采矿方案优选研究[J]. 中国矿业(采选技术), 2017, 26(7): 96-100.
 - [7] 崔松, 董凯程. 高阶大直径深孔嗣后充填采矿法在某铁矿的应用研究[J]. 有色金属工程, 2015, 1(5): 32-35.
- 作者简介: 王卫生(1970-), 男, 安徽潜山市人, 汉族, 硕士研究生学历, 高级工程师, 研究方向为采矿工艺、井建工程、工程管理等。高威(1992-), 男, 河南商丘人, 汉族, 大学本科学历, 助理工程师, 研究方向为采矿工艺、爆破工程、工程管理等。