

·采 选·

平果岩溶堆积型铝土矿反铲开采工艺的优化与应用

姚 骥, 罗显峰

(中国铝业公司广西分公司, 广西 平果 531400)

摘 要:介绍了反铲采矿工艺在平果岩溶堆积型铝土矿采矿中的应用,并根据平果溶堆积型铝土矿的特点,对反铲开采工艺进行了优化研究,实践证明反铲采矿工艺适应性强,可减少矿石开采过程中的贫化和损失,提高采矿效率、减少难洗矿的产出,在灰岩类底板以及灰岩-粘土混合类底板矿体回采过程中具有不可替代的作用。

关键词:岩溶堆积型铝土矿;反铲开采工艺;优化与应用

中图分类号:TD422.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5540(2005)04-0001-05

平果铝土矿属于岩溶堆积型铝土矿,是一种特殊的矿床,分布于广西平果县境内 1 750 km² 的范围内,分为那豆、太平、教美、新安、果化五个矿区,总储量 1.8 × 10⁸ t,目前正式获得采矿权的有那豆和太平矿区。矿石按其组分来分,属于中铝、高铁、低硅的一水硬铝矿石,在国内外尚无开发先例,采用露天开采。1994 年开采以来迄今,通过不断的摸索,总结、改进,克服了生产中碰到的诸多工艺技术难题,不但实现了达产达标的目标,而且年年超额完成生产任务。

1 平果铝土矿独特的矿床地质特点及开采特征

平果岩溶堆积型铝土矿床,是由原生沉积铝土矿在岩溶发育过程中,经风化淋滤、崩解、重力搬运后在各种地貌单元重新堆积而成。矿床类型独特,矿体主要分布于原生沉积铝土矿附近的岩溶峰丛谷地及丘陵缓坡地形上,分布点多面广,极为分散,规模大小不一;呈似层状、扁豆状及透镜体状产出;倾向与坡向一致,高差可达 10 ~ 20 m,坡度可达 10° ~ 20°;矿体多为单层矿,厚度为 0.53 ~ 10.59 m,平均厚度 4.48 m;伴生矿泥平均塑性指数达 22.8,中下层矿体矿泥塑性指数平均达 27.4(属难洗矿)。矿体底板多为灰岩类和灰岩-粘土混合类底板,变化复杂,高低起伏可达 10 m 左右;某些矿体还存在有大厚度的漏斗矿分布或石牙直接出露地表的现;矿层主要由铝土矿和粘土组成,含泥量为 50% ~ 60%。

矿床的开采特征主要表现在:(1)矿体平均厚度

薄,开采推进为平面拓展型,占地速率高;(2)矿体分布分散,采矿运输量大;(3)矿石 A/S(铝硅比)和 Al₂O₃ 的含量变化大,配矿工作复杂;(4)矿床埋藏浅,剥离容易而复垦困难;(5)矿石开采无需爆破而含泥量大不易处理。

2 其他(替代)采矿工艺及常规反铲采矿方法的局限性

2.1 其他(替代)采矿工艺的局限性

平果铝土矿采用的采矿工艺有:铲运机、前装机、正铲及反铲工艺,四种工艺有选择地组合,采取不同的回采方向及装车方法,形成 13 种采矿方法。由于平果铝土矿矿床赋存于独特的喀斯特岩溶地区,石牙丛生,变化复杂,矿体底板或边界往往有石牙出露,使得采用铲运机、正铲或前装机工艺时极易受到限制而不能顺利地进行正常回采工作,并难以有效避开无矿夹层和无矿天窗,导致无矿带混入,并可能造成矿石的大量损失及贫化。

2.2 常规反铲回采方法及其局限性

在平果铝土矿常规采矿工艺设计时,通常将反铲工作平台与运矿汽车倒车平台合并以减少采准工程量,整个倒车铲装作业平台宽度设计为 25 m × 25 m,如图 1 所示。在狭窄地带作业时,需将这两个平台分开设置,通过 6 ~ 8 m 宽的倒车联络道连接。而液压反铲的回采都是先形成反铲平台,然后反铲在平台上挖掘平台以下的矿石并在同一平台上装车,铲装效率极低。而且目前平果铝土矿所采用的运矿车辆 VOLVO(A35D)厢体较高(3.112 m),液压反铲操

作人员的铲装视角高度仅 2.8 m 左右,同一水平铲装作业时反铲势必形成“仰装”姿势,在车厢前部形成局部视角盲区,增加操作者铲装作业的难度,更造成 A35D 无法满载。另外,常规的反铲作业平台设计不能根据地形与固定公路的实际情况灵活布置以适应雨季作业的需要。这样必然导致铲装效率降低并给雨季作业带来很大的局限性。



图 1 倒车铲装作业

2.3 常规反铲回采方法对洗矿效率的影响

常规反铲回采方法作业布置中:当矿体较厚(大于 5 m)时必须采用分层多阶段回采,由于平果铝土矿床独特的地质特征,含泥铝土矿伴生矿泥平均塑性指数达 22.8,其中底层矿体矿泥塑性指数平均达 27.4。采到次层矿体时矿石的塑性指数明显增大,同时亦增加了矿石的难洗程度,这在回采大厚度矿体时表现得尤其明显:中底层矿石可洗性很差,洗矿效率很低,洗后矿含泥率易超标,洗矿成本大幅增加。这也是长期困扰现场的技术难题之一。

3 反铲开采工艺的优化研究

针对其他(替代)采矿工艺及常规反铲回采方法的种种局限性,经过平果铝采矿技术人员多年来采矿实践及不断摸索、优化,近年来提出反铲“正-负向采矿法”,并在生产过程中应用。该采矿方法回采过程中可将工作平台与装车平台分离,回采过程中更容易实现一次性回采至矿体底板,从而有效地提高了液压反铲的铲装效率并减少难洗矿的产出。

反铲工艺“正-负向采矿法”就是利用液压反铲在平台上作业,根据现场需要既可回采平台以上的矿石(正向回采),也可回采平台以下的矿石(负向回采),条件许可时反铲可同时回采上、下部矿石。而且装车高效、灵活,既可以在反铲工作平台上装车,也可在反铲工作平台下部装车,从而实现反铲工作平台与装车平台的分离,极大地提高了采矿方法的灵活性。

3.1 广泛的回采适用条件

反铲工艺“正-负向采矿法”适用于矿体厚度小

于 10 m,倾角不限,各种类型底板的矿体。由于作业参数布置灵活多变,适应性强,该采矿方法较之反铲工艺常规回采更适用于矿体厚度较大(5~8 m),顶、底板较陡($\geq 15\%$)的或变化较为复杂的矿体以及工作面布置较为困难的矿体或采掘带。

3.2 灵活的作业参数布置

平果铝土矿现所装备使用的液压反铲为 CAT(350ME)和 KOMATSU(PC400-6)型,运矿汽车为 VOLVO(A35D)铰接式自卸汽车,设备技术参数列于表 1。

表 1 采运设备技术参数表

设备名称	技 术 参 数			
	车(厢)高 /m	斗容 /m ³	有效挖掘高 (深)度/m	最小回转 (转弯)半径/m
CAT(350 ME) 液压反铲	2.826	2	10.72(7.92)	3.8
KOMATSU (PC400-6) 液压反铲	2.715	2.1	10.92(7.76)	3.5
VOLVO(A35D) 铰接式自卸汽车	3.112	22	—	7.8

根据所装备采矿设备的有效挖掘高度、深度、回转(转弯)半径等参数,进行反铲作业平台的最小设计宽度应为 10 m×10 m,反铲作业台阶的高度为 4~5 m。同时,结合 A35D 自卸汽车的特点,A35D 倒车平台最小设计宽度需 20 m×20 m($8 \times 2 + 4 = 20$),式中 8 为 VOLVO 汽车的最小转弯半径 8 m,4 为 VOLVO 汽车的单车道路宽度。

反铲正向回采:就是反铲回采作业平台以上部分矿石,如图 2 所示,相当于液压正铲功能。其工作面高度是以反铲能安全作业为限,要求小于或等于 5 m,一般 3~4 m 效率最高,工作面大于 5 m 时由于上部的浮石不易清理,工作面易于坍塌等原因,回采时较危险。由于反铲上挖掘回采可以代替正铲回采,同时由于反铲工艺固有的灵活性,使得反铲的适用范围大大增加,这也是反铲工艺在平果铝土矿生产中占绝对主体采矿工艺地位的原因。

反铲负向回采:就是反铲回采作业平台以下部



图 2 反铲正向回采作业

分矿石,如图3所示,由于向下挖掘可以根据需要调整回采深度,因此反铲工艺可以灵活地处理起伏不平的底板及灰岩底板,更好地控制采矿损失及贫化。反铲负向回采的工作面高度是以确保反铲的作业效率确定的,一般控制在2~5m之间,超过这一范围,反铲的作业效率急剧下降,因此,在回采过程中,必须根据矿体的厚度,合理选择台阶高度。



图3 反铲负向回采作业

3.3 优化采准工作及布置

反铲采矿工艺的优化关键在于采准的设置上,在采准工作的思路中可以显示反铲对堆积型铝土矿的适应性。同时,采准工艺设置既包含了反铲本身具有的立足于上部提高装运标高的特点,又包含了通过调整降低装运标高的优点,这在相当大的程度上解决雨季采矿的问题。

采场准备工作包括:修筑采场临时公路、反铲及装车平台的形成、铲装工作面的填坑削坎、采场防排水措施及采矿过程中的日常场地平整等。采准工作始终贯穿于整个采场回采过程中。

3.3.1 采场临时公路的形成

采场临时公路是连接铲装工作平台和固定公路的通道,分采场内临时公路和采场外临时公路两部分,一般采用环形单车道、双车道或单车道+会车点的形式。采场临时公路设计宽度要求6~8m,公路最大纵坡18%。

采场临时公路的布置的原则:(1)不影响下一步的回采作业;(2)路线短、坡度缓;(3)充分考虑雨天作业防排水问题。公路维护需要加固路面或雨季防滑时,采场外的部分用碎石铺垫,采场内的部分用洗后矿铺垫,目的是为了减少矿石的贫化,控制产品质量。

3.3.2 初始铲装工作平台的形成

平装式回采工作面的准备与布置:用推土机将铲装初始工作平台形成并进行平整,确保平台的宽度符合25m×25m的要求,实际铲装过程中为保证良好的装车视角,反铲可将自身工作平台略垫高0.5m左右。采矿作业时,反铲可向上部或下部台阶挖

掘,倒车、装车在同一平台上完成,采用后退式或平面推进式回采,如图4所示。



图4 平装式回采作业

下装式回采工作面的准备与布置:根据采场(采掘带)地形、地势条件,在采掘带的初端用推土机或反铲挖掘、平整形成最小宽度10m×10m的反铲工作平台,根据矿体厚度情况在该平台标高以下2~5m的地方用推土机平整出20m×20m左右的运矿汽车初始装车平台。采矿作业时,反铲可向上部或下部台阶挖掘并向下部平台上的运矿汽车装矿,采用后退式回采。上、下部分矿体同时回采时(此时必须在矿体中部形成反铲初始平台)要求上部矿体回采超前于下部矿体5~6m,如图5所示,保证反铲有足够的回转宽度。



图5 下装式回采作业

3.3.3 采场防排水系统布置

采场防排水理念贯穿于采场单体设计至矿体回采、复垦的整个实施过程。从采场的开拓、剥离、采准抓起,结合反铲开采工艺的技术特点,统筹设计布置采场的防排水工程。

采场防排水设施主要有:截水沟(0.5m×0.5m)、排水沟(0.5m×0.5m)(对地表径流强度大的地方,截水沟及排水沟的规格应适当加大)、积水坑及拦水坝。

3.4 灵活、高效的装车方式

反铲的装车方式有平装车和下装车两种:平装车就是反铲的作业平台和装车平台同在一水平面,这种装车方式的优点是可以灵活调整回采深度,适合于处理薄矿体及厚大矿体时采场最后一个分层的回采;缺点是需要较大的初始工作面,对作业场地的

要求较高,而且装车效率较低。下装车就是反铲的作业平台与装车平台分离,反铲的作业平台在上一水平,装车平台在下一水平,这种装车方式的优点是反铲可同时回采两个台阶的矿石,而且对作业场地的要求低,同时装车效率极高,对厚大矿体可一次采至底板,减少难洗矿产出;缺点是对底板起伏较大或石牙底板的回采易受到限制。在采矿过程中,必须根据矿体厚度及底板的变化情况,灵活运用和及时调整回采方案,以期获得最佳的采矿效率和更好地控制采矿损失贫化。

3.4.1 平装式回采作业

平装式回采作业分后装车、侧装车两种作业方式。

后装车:反铲作业平台与装车平台不分离,铲装过程中要求反铲将自身工作平台垫高 0.5 m 左右(随着工作面的推进持续进行),保证良好的装车视线。A35D 倒车至反铲后部待反铲装车,反铲挖掘后回转调整在车厢正上方进行装车,后部装车时,反铲回转装车角度在 180° 左右,如图 6 所示。



图 6 平装式回采后装车作业

侧装车:要求运矿车倒车至反铲的侧面与反铲并排,距离反铲 3 m 左右待反铲装车,反铲挖掘装车与后装车类似,亦需将反铲作业平台抬高 0.5 m 左右(随着工作面的推进持续进行),保证良好的装车视线。侧面装车时,反铲回转装车角度需 $\geq 90^{\circ}$,如图 7 所示。



图 7 平装式回采侧装车作业

3.4.2 下装式回采作业

下装车:由于反铲工作平台和装车平台分离,下装车时,液压反铲向位于下一台阶的运矿车辆进行下装车作业。要求运矿车倒车到坡底线待装车,反

铲回转调整在车厢正上方进行装车。采用下装车时,反铲回转装车角度 $\leq 90^{\circ}$ 。由于回转装车角度较后、侧装车时小,而且反铲作业时,铲、装视角俱佳,效率较高,A35D 装满时间将大大缩短(见表 2)。在回采过程中如条件许可,要求铲、装平台分离,尽量采用下装车方式作业,如图 8 所示。



图 8 下装车作业

表 2 不同装车方式 A35D 满载时间表

测试项目	平装车		下装车
	后装车	侧装车	
装满所需时间	4'52"	4'08"	3'35"

3.5 严格回采过程控制

每个采场回采前都明确规定了回采顺序,但采场的回采顺序并不是一成不变的,矿体的上部回采与下部回采有不同的要求,回采过程中出现异常情况(如出现夹层或石牙异常出露等),需要根据实际情况对回采顺序进行调整。采场回采顺序的控制主要内容是控制好各个采掘带的动用次序以及每个采掘带回采推进方向的控制,以能充分回收矿产资源,降低回采贫化,而且有利于下步回采作业及行车安全为原则。

回采布局在顺序上应遵循“先易后难,由远及近”的原则,从矿体边界形成初始作业平台采用后退式或平面推进式回采。回采过程中要求始终保持反铲作业平台及装车作业平台的最小宽度并保持作业面的平整度。如采场(采掘带)厚度变化不大且比较平坦,整个采掘带或整个采场应始终只有一个铲装工作平台,反铲从初始平台开始平面推进或后退式回采,直至采场边界,要求一次性回采至底板。如不能一次采到底,则要求保持下一台阶的平整,最大限度地减少工作面的积水,提高采场的抗雨能力,以便雨天出矿或雨后迅速恢复生产。

当矿体厚度 ≤ 5 m,根据底板类型情况灵活安排铲、装平台的布置方式,如条件允许,尽量采用下装车方式,回采时一次性回采至底板,杜绝二次回采。挖掘偏差控制在 0.2 m 之内,不漏采、不超挖,以减

少矿石的损失率和贫化率。

矿体厚度 5 ~ 10 m 且为粘土类底板时,此时可考虑在矿体中部形成反铲初始平台,如图 9 所示,回采时上、下部矿石均可同时兼顾回采,回采时沿矿体走向条带式后退,回采宽度控制在 5 m 左右,并保持上部矿体回采超前,挖掘时要求一次性回采至底板,并基本保持下部装车平台平整(如果底板起伏过大,可采用推土机进行平整),平整度亦要求控制在 0.2 m 之内;当矿体厚度 4 ~ 8 m 且为灰岩类底板或灰岩-粘土混和类底板时,根据灰岩出露情况,一次性回采到底或分两阶段回采,两阶段回采时要求保持下一台阶的平整,尽量减少下一台阶的采准工作量。



图 9 矿体中部反铲作业

4 反铲“正-负向采矿法”的应用效果与前景

由于反铲工艺矿量逐年增长(目前每年担负平果铝土矿 65% 以上含泥铝土矿的回采任务。见表 3),探求各种更高效、更优化的采矿方法才能满足平果铝土矿的生产发展需要。经过平果铝土矿采矿技术人员的不断摸索、尝试,近年来,在一期 9 区 31# ~ 32#、34# ~ 37#、40# ~ 43#、48#、50# ~ 54# 等采场的回采过程中,提出并实践运用了反铲工艺“正-负向

采矿法”,实践和探索过程中,该采矿方法充分体现了其应用的优势:灵活多变、高效连续、适应性强的特点,特别是在提高铲装效率及减少难洗矿的产出方面具有不可比拟的优势经过不断的总结与优化,该采矿方法日趋成熟,近年来在平果岩溶堆积型铝土矿生产中得到广泛的推广与应用,并取得良好的效果。

表 3 平果铝土矿历年反铲工艺矿量表

年 度	工艺矿量/t	工艺矿量比/%
1999 年	418 026	22.5
2000 年	875 318	46.48
2001 年	846 603	43.48
2002 年	1 022 745	51.77
2003 年	1 371 588	66.28
2004 年	1 366 247	68.82

5 结 语

1. 反铲工艺“正-负向回采法”具有灵活多变、高效连续、适应性强的特点,在平果铝土矿的应用表明,该采矿方法是非常成功的。

2. 反铲工艺是平果堆积型铝土矿不可替代的采矿工艺,而“正-负向回采法”是近年我们提出并努力推广采用的先进采矿方法,在运用先进采矿工艺技术的同时,我们采矿技术人员仍要不断地摸索与总结,推进采矿工艺技术的更优化。

3. 本文仅对反铲“正-负向回采法”进行初步浅显的应用探讨,对于该采矿方法优化与推广应用前景,还有待更进一步的深入研究。

收稿日期:2005-05-15

Optimization Study and Application of Backacter Mining Technology of Rock Dissolve Deposit Bauxite in Pingguo Mine

YAO Ji, LUO Xian-feng

(Guangxi Branch of China Aluminium Corporation, Pingguo 531400, China)

Abstract: The paper introduced the backacter mining technology's application in Pingguo Mine. The optimization study have been done based on the characteristic of rock-dissolve deposit bauxite in Pingguo Mine. The practice proved that the backacter mining technology is adapatble and can raduce dilution and lost mine in crease mining efficiency and lessen the output of hard washing mine.

Key words: rock-dissolve depossit bauxite; backacter mining technology; optimization and application