

# 塔矿项目无底柱分段崩落法损失及贫化率控制

辜禹峰, 彭磊

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

**摘要:** 无底柱分段崩落法在爆破、出矿过程中存在贫化与损失, 而采矿损失及其贫化率控制是矿山生产的重要环节之一, 其直接影响到矿山的经济效益和服务年限。根据项目实际施工参数及生产放矿结果, 从矿山生产探矿程度、采场结构参数、采场采出矿管理等三个方面系统地分析了影响无底柱分段崩落法损失及贫化率的影响因素, 提出了采取加密地质钻探、优化采场结构参数以及提高现场管理水平等措施并予以实施, 达到了降低损失及贫化率的目的。

**关键词:** 塔矿项目; 无底柱分段崩落法; 损失; 贫化

**中图分类号:** TD8; TD2; [TD-9]

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2023)04-0067-05

## Loss and Dilution Rate Control of the Sublevel Caving Method without Sill Pillar Method in Tajikistan Mining Project

GU Yufeng, PENG Lei

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

**Abstract:** There are dilution and losses in the process of blasting and mining using the sublevel caving method without sill pillar method, and the dilution and loss rate control is the main link of mine production, which directly affects the mines economic benefits and service life. According to the actual construction parameters of the project and the results of production ore drawing, the paper systematically analyzes the factors that affect the loss and dilution rate of the method, which can be divided in three aspects: mine production prospecting degree, stope structural parameters, and stope mining management. Measures such as intensified geological drilling, optimization of stope structure parameters and improvement of field management level are put forward and implemented to reduce the loss and dilution rate.

**Key words:** Tajikistan mining project; Sublevel caving without sill pillar; Loss; Dilution

### 1 概述

塔中矿业井巷工程项目(简称塔矿项目)位于塔吉克斯坦卡拉库姆市阿尔登-托普坎塔中矿业公司铅锌矿区, 距离塔国首都杜尚别约 400 km, 距离塔国第二大城市胡占德(苦盏)约 100 km。矿区是前苏联时期塔吉克斯坦的一座大型铅锌矿, 拥有派布拉克、阿尔登-托普坎、北阿尔登-托普坎、恰拉塔等 4 个铅锌多金属矿采矿权, 以及巴雅尔别克、别列瓦尔、乌茨卡特雷 3 个铅锌多金属矿探矿权, 保有矿石资源储量约 1.1 亿 t。矿区于 2006 年由塔中矿业开始恢复生产, 对阿尔登-托普坎、派布拉克、北阿尔登-托普坎 3 个铅锌矿区进行开采, 其采选能力已达 400 万 t/a, 至今

已采出矿石超 3 000 万 t。

项目施工的阿尔登-托普坎铅锌矿区Ⅶ中段 1 220 分层以上的中厚、急倾斜矿体主要采用无底柱分段崩落法回采, 其中Ⅵ中段 1 295 分层至 1 351 分层已采矿完毕, Ⅶ中段 1 220 分层至 1 276 分层矿体正在采矿。Ⅵ中段 1 295 分层回采的实际情况表明: 现有无底柱分段崩落采矿法的矿石损失率约为 23%、贫化率约为 24%, 造成项目出矿品位低、采矿运输成本高等问题。笔者主要从阿尔登-托普坎矿区Ⅵ中段 1 295 分层Ⅷ-1 矿体回采过程中的生产探矿程度、采场结构参数、采场回采施工以及出矿管理等方面出发系统地分析了造成损失、贫化的影响因素, 并采取了各种类别的方式方法、优化采场结构参数等措施<sup>[1]</sup>将其损

收稿日期: 2023-05-10

失及贫化率得到了一定程度的控制,提高了项目生产效益。

## 2 地质情况及生产探矿现状

### 2.1 地质情况

阿尔登-托普坎矿区工程地质条件复杂,矿体以中厚、急倾斜矿体为主,赋存于中-上泥盆统碳酸盐岩沉积物地层内,属矽卡岩型铅锌矿床,接触带构造以似层状和透镜状矿体为主,产状与围岩层理基本一致,矿体上、下盘围岩及含矿岩石一般属中等稳固岩石,在局部构造带上岩石的稳固性较差;同时,受矿山地压影响,Ⅵ中段1 295 分层至1 351 分层内巷道和空区坍塌、冒顶、片帮及变形严重,对Ⅶ中段1 220 分层至1 276 分层的施工安全、施工进度、损失及贫化

控制存在较大影响。

### 2.2 探矿现状

阿尔登-托普坎矿床从系统勘探到补充勘探均以Ⅲ勘探类型布置工作,以30 m×30 m网度探求了B级储量,以60 m×60 m网度探求了C1级储量。采用以上网度控制的矿体形态及产状变化特征大,容易造成采场结构参数缺陷,对探矿、采切巷道的布置影响较大。

Ⅵ中段1 295 分层至1 351 分层Ⅷ矿带位于Ⅵ矿带的东部,与其呈雁行分布,靠近主矿带下盘和东侧的中央部分,沿走向长1 200~1 400 m,厚度为几十米到130 m之间,沿倾向长650 m。矿石储量占矿床整体储量的25.23%,约为729.4万t。Ⅷ矿带矿体主要信息一览表见表1。

表1 Ⅷ矿带矿体主要信息一览表

矿体编号	长度/m		厚度范围		平均品位/%			资源量	
	沿走向	沿倾向	/m		铅	锌	矿石/kt	铅/t	锌/t
1	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
Ⅷ-1	640.00	650.00	1.00	55.50	1.84	2.28	5 465.74	100 734.00	124 842.00
Ⅷ-3	105.00	110.00	1.30	3.50	1.81	1.76	268.95	4 857.00	4 743.00
Ⅷ-5	45.00	55.00	1.20	3.00	2.16	2.05	332.50	7 170.00	6 806.00
Ⅷ-6	65.00	145.00	4.25	5.40	2.56	2.42	348.43	8 914.00	8 438.00
Ⅷ-7	140.00	600.00	1.19	26.95	2.12	1.92	37.43	795.00	718.00
Ⅷ-8	210.00	410.00	1.00	12.97	2.01	2.05	791.21	15 913.00	16 181.00
Ⅷ-27	95.00	75.00	1.00	2.37	1.64	1.55	50.00	820.00	775.00

## 3 项目开采现状分析

### 3.1 现状采矿方法

根据矿区地质构造、开发状况、开拓方式等条件,Ⅵ中段1 295 分层至1 351 分层主要采用无底柱分段崩落法采矿<sup>[2]</sup>。2022年,项目施工的Ⅵ中

段1 295 分层通过采取强制放顶的方式形成了现有采空区高度不小于40 m、覆盖层厚度不小于20 m,因空区、覆盖层厚度大而导致放矿过程中出现矿石损失、贫化率高的情况。2022年采场损失、贫化率统计情况见表2。

表2 2022年采场损失、贫化率统计表

采场名称	采矿方法	设计爆破量/t	实际出矿量/t	分出废石量/t	损失率/%	贫化率/%
1 295-3 601	无底柱分段崩落法	9 783.00	5 800.00	1 674.00	23.60	22.40
1 295-3 402	无底柱分段崩落法	22 539.00	17 397.00	4 107.00	22.81	23.61

### 3.2 采场结构参数

无底柱分段崩落法的采场结构参数主要包括分层高度、出矿进路间距与爆破排距,三者相互影响、相互制约且各自受到不同因素和条件的限制。采场结构参数决定着开采强度并影响到损失贫化指标<sup>[3]</sup>。而且当采场结构参数确定后,再次进行

调整比较困难,同时,亦会对回采指标造成影响。这一点在Ⅵ中段1 295 分层回采过程中表现的比较明显:在分层高度大于20 m、出矿进路间距大于10 m时严重影响到采场边角矿石的回收,导致损失率增高;落矿时因崩落矿石涌入凿岩巷道将临近排面炮孔损坏、不能正常崩矿,导致必须增

大爆破排距,这也是增大矿石损失贫化的原因之一。

#### 4 采矿损失及贫化率影响因素分析

##### 4.1 地质勘探

(1)以 30 m×30 m 的网度探求矿体的 B 级储量,以 60 m×60 m 的网度探求矿体的 C1 级储量,导致对矿体的圈定不够精准、采切巷道布置的不合理,从根本上造成了矿石的损失及贫化<sup>[4]</sup>;

(2)地质人员对矿体平剖面的更新不及时,现场二次圈定矿体时存在偏差。

##### 4.2 采矿设计

(1)所设计的矿块长度为 60~70 m,导致空区收缩严重,矿体回收不完全;

(2)所设计的出矿进路间距为 10~15 m 因其间距过大,导致进路之间的矿石无法回收;

(3)所设计的切割井布置于围岩中,其中深孔排面或炮孔设计超过矿体边界区域,导致围岩混入,贫化率增大;

(4)所设计的上向扇形孔布置参数不合理,边孔角度设置为 10°~30°,导致采场边缘矿石无法自流;

(5)单段爆破震动大,极易引起上盘围岩崩落,临近排面炮孔损坏。

##### 4.3 现场实际情况

(1)放矿生产管理局限于对每天放矿总量和整体指标的管理,对多个分层总体回采指标的变化关系缺乏系统的管理;

(2)中深孔施工偏斜率大,施工质量差,岩粉取样、编录不及时,进而影响到爆破效果<sup>[5]</sup>。

##### 4.4 其他因素

(1)装药炮孔受空区地压、爆破震动等因素影响导致炮孔变形,出现炸药装不进去的情况而造成炮孔出现无药段,导致单次爆破后出矿口大块较多、爆破效果差;

(2)上分层空区处理不及时,导致覆盖岩混入矿石等。

综上所述,以上各方面因素导致无底柱分段崩落法的应用存在大块率高、采场空区收缩严重、爆破中的各项单耗指标较高、爆破后出矿进路的安全无法得到保证、采场出矿能力下降、生产成本提高、出矿品味低、采矿贫化率和损失率高等问题。

#### 5 降低采矿损失及贫化率采取的措施

##### 5.1 增加地质勘探的密度

(1)对主矿带实施 15 m×15 m 网度加密钻探,对钻探、采切工程掘进成果及时进行现场取样编录,根据化验品位结果及时更新矿体平面和剖面图,对矿体实施精确二次圈定,为项目编制进度计划、采矿单体设计、计算损失贫化率提供精准、可靠的地质资料<sup>[6]</sup>。

##### 5.2 优化采矿设计

(1)将矿块长度调整为 50 m,分层高度调整为 15 m;

(2)将出矿进路布置于矿体下盘,间距调整为 8~10 m,根据围岩情况及时进行支护;

(3)将切割天井布置于矿体厚度大的地方或矿房两端,切割井角度采用 90°;

(4)上向扇形孔采取小抵抗线、大孔底距孔网参数和排、孔之间微差起爆的措施以控制爆破效果,将边孔角度调整为 35°~45°<sup>[7]</sup>;

(5)将上向扇形孔的垂直排位调整为倾斜排位,即将矿房排位向切割槽方向倾斜 5°;

(6)将装药系数控制在 85%~90% 范围内并降低大块率;

(7)爆破设计中的单段炸药量不大于 280 kg,以减小爆破震动。

##### 5.3 加强现场管理的力度

(1)加强对副产矿石的管理。探矿巷道根据见矿情况及时划定矿岩界限,回收副产矿石;

(2)中深孔凿岩作业前,要求测量技术员在凿岩巷道两帮及顶板上标出凿岩机的中心位置及排面倾斜方位;

(3)中深孔凿岩作业过程中,查看钻进炮孔的返水情况,对岩粉实施隔段取样,以此判断矿岩界限;

(4)中深孔凿岩结束后,对炮孔方位、倾角、孔深进行验收,对于达不到设计要求的钻孔需补充凿岩作业<sup>[8]</sup>;

(5)提高出矿作业效率,对覆盖层岩石及时地进行分出,同时避免长时间搁置而导致空区围岩垮塌。

#### 6 结语

阿尔登-托普坎矿区 VI 中段 1 295 分层 VIII-1 矿体经采取加密地质钻探、优化采矿设计、调整爆

破参数以及改善现场管理等措施,在2023年施工过程中,1 295-3 202采场的损失及贫化率得到了

一定程度的控制,达到了设计指标要求。2023年采场损失、贫化率统计情况见表3。

表3 2023年采场损失、贫化率统计表

采场名称	采矿方法	设计爆破量 /t	实际出矿量 /t	分出废石量 /t	损失率 /%	贫化率 %
1 295-3 202	无底柱分段崩落法	14 455.00	10 550.00	2 019.00	13.05	16.06

参考文献:

[1] 李胜辉,程中平,何荣兴.无底柱分段崩落法损失贫化研究现状及改进措施探讨[J].采矿技术,2023,23(3):18-21.  
 [2] 张明峰,姜仁义,苏建军.阿尔登-拓普坎铅锌矿采矿方法的选择[J].金属矿山,2012,41(11):49-51,55.  
 [3] 张志贵,刘兴国,宋克志,等.无底柱分段崩落法低贫化放矿的工业试验[J].金属矿山,1997,27(3):8-11.  
 [4] 李鑫.浅谈矿石损失贫化的原因及改进措施[J].有色矿冶,2021,37(6):7-10,22.  
 [5] 杨闯,惠光进.无底柱分段崩落采矿法矿石的损失与贫化[J].矿业工程,2012,10(3):17-19.

[6] 李胜辉,秦利斌,孙光华.采场结构参数对矿石损失贫化的影响分析[J].矿业工程,2009,7(2):20-22.  
 [7] 李楠,常帅,常贯峰,等.无底柱分段崩落法回采参数优化[J].矿业研究与开发,2019,39(5):1-5.  
 [8] 朱先艳.降低分段空场嗣后充填采矿法损失贫化率的管理措施[J].世界有色金属,2019,34(10):65,67.

作者简介:

辜禹峰(1980-),男,四川仁寿人,项目经理,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工  
 作;  
 彭磊(1995-),男,四川巴中人,助理工程师,学士,从事矿山工程施工技术与管理工  
 作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第26页)

的卸车就位方法,当主变压器本体运输重量较重时,其无法很好地满足施工工况并极易发生安全事故而造成生命财产的损失。使用大型起重机械设备吊装卸车就位主变压器,其对就位场地的地质环境条件和当地起重机械设备的吊装能力是一个极大的考验,且很多地区没有大型起重机械设备可用,而从其他地区调用大型起重机械设备将使成本和时间的支出增加许多,不符合节约成本和满足工期的要求。

(2)滚轮滑车平台就位工艺。利用滚轮滑车平台及地锚拉索卸车就位主变压器不会受到上述条件限制。首先,该工艺需要的场地不大,直接利用主变压器卸车就位的场地即可;其次,其承载能力可以根据主变压器本体的运输重量制作,完全不受主变压器本体运输重量限制,且其整个工作的完成所需要的工作时间短,从而可以节省很大一部分施工时间以满足施工进度要求。滚轮滑车平台及地锚拉索卸车就位主变压器能够适用于多种环境和多类设备重量,与传统施工方法相比,其优势巨大。

4 结 语

滚轮滑车平台及地锚拉索平稳卸车就位工艺的研究和应用在阿曼 IBRI 500 MW 光伏项目取得了良好的成效,特别是在卸车就位受到设备重量大、场地条件差、当地吊装机械设备能力限制而

造成现场设备卸车就位施工难度大、安全隐患高等问题困扰时,与传统主变压器卸车就位方法相比,其在施工进度、安全保障、质量控制和成本方面具有较为明显的优势。随着更多的中国企业走出国门参与到世界能源、运输、工业等项目的投资建设运营中,采用滚轮滑车平台及地锚拉索技术进行平稳卸车就位主变压器的施工工艺方法所适用的范围和作用越来越大,所取得的经验可为更多类似工程的施工借鉴和参考。

参考文献:

[1] 刘志杰.地下变电站主变压器压器扩容典型吊装方案研究[J].工程技术研究,2019,42(23):253-254.  
 [2] 范贵隆,等.响水涧抽水蓄能电站主变压器压器就位技术改进及经济性分析[J].水利水电技术,2015,56(5):117-120.  
 [3] 路长松.大型油浸式变压器卸车安装技术研究及在印度首台800 MW 超超临界机组中的应用[J].中国设备工程,2022,38(22):209-211.  
 [4] 范舟,等.220 kV 变电站主变压器安装质量控制及关键点管理分析[J].电工技术,2019,40(9):110-111.  
 [5] 电气装置安装工程质量检验及评定规程,DL/T5161.1-2018[S].

作者简介:

王仕平(1995-),男,重庆城口人,项目总工程师,技术员,从事建设工程施工技术与管理工  
 作;  
 陈海峰(1986-),男,重庆垫江人,项目经理,助理工程师,从事建设工程施工技术与管理工  
 作。(责任编辑:李燕辉)