

普朗铜矿一段磨矿分级的优化应用研究

郇超 赵吉堂* 普登有 张军 杨雄顺 蒋丛国 彭正光
云南迪庆有色金属有限责任公司
DOI:10.32629/gmsm.v8i6.2364

[摘要] 针对一段旋流分级过程中存在的分级效率低、沉砂夹细严重、沉砂嘴易堵塞等问题,本研究通过流程考察与设备运行分析,将原水力旋流器更换为海王旋流器,并相应优化其内部结构及沉砂内衬的材质。工业生产结果表明,采用海王旋流器后,分级效果显著改善,沉砂夹细(-0.074mm)得到有效控制,分级效率提升至58.72%,沉砂中-0.074mm含量降低至8.45%,溢流中-0.074 mm含量稳定在63%左右。该研究为类似矿山磨矿分级系统的提质增效与设备选型提供了实践参考。

[关键词] 水力旋流器; 分级效率; 沉砂夹细; 溢流细度; 普朗铜矿
中图分类号: TV652.1 文献标识码: A

Research on Optimization and Application of Primary Grinding Classification at Pulang Copper Mine

Chao Li Jitang Zhao* Dengyou Pu Jun Zhang Xiongshun Yang Congguo Jaing Zhengguan Peng
Yunnan Diqing Nonferrous Metals Co., Ltd.

[Abstract] In response to issues such as low classification efficiency, severe fine particle entrainment in the underflow, and frequent clogging of the spigot in the primary cyclone classification process, this study conducted process inspections and equipment operation analyses. The original hydraulic cyclone was replaced with a Haiwang cyclone, and its internal structure as well as the underflow lining material were optimized accordingly. Industrial production results indicate that after adopting the Haiwang cyclone, the classification performance improved significantly. The fine particle entrainment in the underflow (-0.074 mm) was effectively controlled, with the classification efficiency increasing to 58.72%. The content of -0.074 mm particles in the underflow decreased to 8.45%, while the content in the overflow stabilized at approximately 63%. This study provides practical reference for improving the efficiency and equipment selection of grinding classification systems in similar mining operations.

[Key words] Hydraulic Cyclone; Classification Efficiency; Underflow Fine Entrainment; Overflow Fineness; Pulang Copper Mine

普朗铜矿位于云南省西北部迪庆藏族自治州香格里拉县东北部,地处青藏高原东南缘,滇西北横断山脉东北部,临近“三江并流”世界遗产保护区。选矿厂设有两个生产系列,单系列设计日处理能力为19000t/d,选矿碎磨采用“半自磨机+球磨机+顽石破碎”的SABC碎磨工艺流程(工艺流程图详见图1)。粗矿堆矿石经重板给矿机配料给矿,经皮带运输到半自磨机进行初次磨矿;半自磨机产品通过振动筛筛分,振动筛筛上矿石经皮带运输到顽石破碎系统,破碎产品经皮带转运回到半自磨机中进行再磨矿;筛下产品进入泵池,经泵送进入旋流器组进行分级作业,旋流器溢流进入混合浮选工艺流程,旋流器沉砂进入球磨机进行磨矿;球磨机产品进入泵池,与半自磨筛下产品合并后,经泵送进入旋流器闭路分级系统;其中磨矿分级系统配置FX-660*10

水力旋流器机组与球磨机形成一段闭路磨矿,最终溢流细度控制为-0.074mm(-200目)占63%左右,日常生产中常以九用一备或八用一备模式运行^[1]。

近年来,因矿石性质的变化及工艺流程的调整^[1-2](如:振动筛筛孔尺寸由12×12mm优化至12×24mm)等因素,原一段水力旋流分级系统^[3-4]出现沉砂嘴磨损加剧、分级效率^[5]下降、沉砂夹细^[6](-0.074mm)含量升高等现象。为此,本研究通过设备二次选型与结构优化相结合的思路,旨在系统解决一段分级效率低下的问题,确保浮选流程具有最佳入选条件^[2]。

1 设备优化选型与结构分析^[7]

1.1 一段旋流分级设备优化选型

随着开采条件变化,原矿含泥量增加、矿石品位下降、嵌布

粒度变细、给矿粒度变粗、给矿量提升等条件的改变,导致原旋流器组分级效率降低,沉砂中-0.074mm细粒级占比增大,旋流内衬磨损加剧,沉砂嘴开始频繁出现堵塞现象,严重影响了后续浮选指标。为提升一段磨矿分级效果,对原旋流器进行了多次参数调整试验,从沉砂嘴的优化选型、给矿压力的调整等多方向进行优化,但改善效果有限。为此,研究转向设备二次选型,寻求更适应当前工艺流程的分级设备。经过广泛调研、实验室试验与工业分级试验对比,最终选定以海王旋流器FX-660-GT-B替代原一段旋流器^[3]。

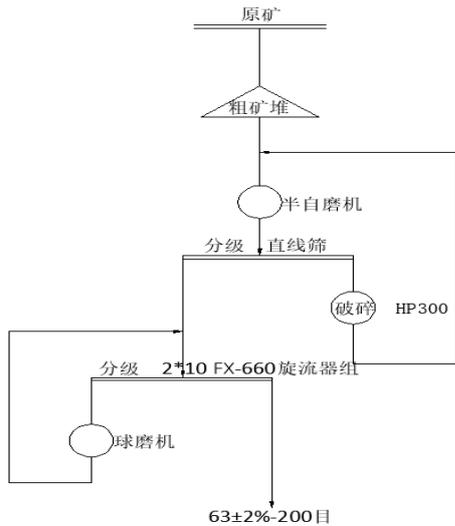


图1 SABC工艺流程图

1.2海王旋流器FX-660-GT-B技术结构特点

水力旋流器作为选矿工艺中连接磨矿与选别作业的关键分级设备,其分级性能直接关系到磨机处理能力和后续选别指标。为优化分级效果,海王旋流器FX-660-GT-B在结构设计上进行了系统改进,通过对进料体、锥体、溢流管、柱段及沉砂嘴等关键部件进行针对性设计,在保证溢流细度满足工艺要求的前提下,有效降低沉砂中细颗粒含量,减轻循环负荷,减少过磨现象,从而为提升磨机产能和改善选别指标创造有利条件^[4]。

多锥体组合结构^[8]:采用可调节锥角的多锥体设计,实现了大直径旋流器对细粒物料的高效分级。通过优化不同柱段的锥体角度组合,提升了分级精度与效率,降低了沉砂中合格粒级的夹带量,同时减少了设备运行能耗。

柱段长度优化:增加旋流器柱段长度,扩展了内部分离空间,延长了矿浆在设备内的停留时间,有利于颗粒的充分分级,从而提高分离效率。

沉砂嘴结构改进:采用大锥角沉砂嘴并结合加长直管段设计。大锥角结构增强了对沉砂的“淘洗”作用,促使细颗粒进入内旋流并通过溢流排出,显著降低沉砂夹细量;直管段长度的增加有助于减小空气柱直径,稳定其波动,进一步提升分级过程的稳定性与效率^[5]。

内衬模块化与耐磨设计:旋流器内衬采用分段式、可快速

更换的天然橡胶模压衬套。该设计不仅便于现场根据磨损情况进行局部更换,大幅降低检修难度与时间,同时天然橡胶材料具有良好的耐磨性,可耐受大颗粒物料的长期冲刷,有效延长设备使用寿命,降低选矿成本^[6]。

1.3工业应用

依据海王旋流器FX-660-GT-B的结构特点,尤其是其柱段高度调整后的安装需求,结合现场工艺布局,实施了针对性的系统改造。为确保旋流器组顺利安装并适应既有流程,如图2所示,改造主要包括新增一段旋流器给料总管以适配柱段长度增加,以及优化溢流弯管的曲率半径与高度,以适应新旋流器的均衡分料和溢流输送需求。该改造工程确保了新设备与原有系统的顺利衔接,为工业稳定运行提供了保障^[7]。

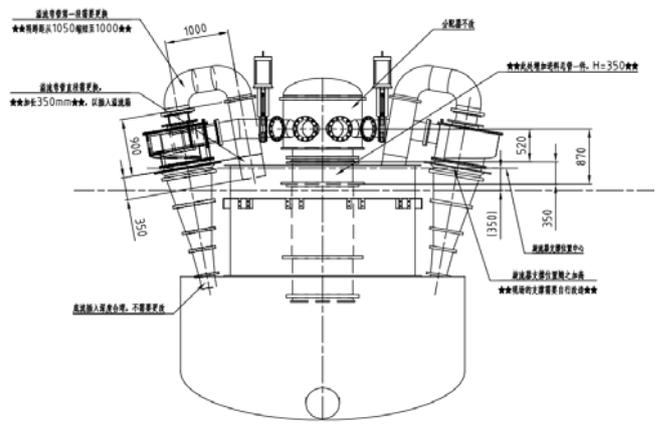


图2 改造安装示意图

2 水力旋流器主要技术指标

2.1原一段旋流器运行指标

原一段旋流器主要结构参数见表1。

表1 原一段旋流器结构参数

旋流器直径/mm	沉砂尺寸/mm	插入管深度/mm	溢流管尺寸/mm	进料口尺寸/mm	段数	柱段高度/mm
660	170	520	320	220	3	2272

为准确查找一段旋流分级系统存在的问题,经多次对分级系统进行流程考察,并对流程考察数据进行整理分析,整理后的数据见表2。

表2 原一段旋流器分级产品粒度组成与效率

产品	+150 μm/%	-150~+74 μm/%	-74~+10 μm/%	-10 μm/%	分级效率/%
给矿	38.27	43.14	12.21	6.37	34.73
溢流	11.42	28.71	35.36	24.51	
沉砂	51.74	35.7	8.9	3.66	

从表2可知:一段分级溢流细度(-0.074mm)仅为59.87%,低于磨矿工艺技术参数控制需求,沉砂夹细(-0.074mm)为12.56%,旋流分级效率为34.73%。从数据结果表明,一段分级效率较差,分级循环返砂比偏高,沉砂夹细偏高的问题^[8]。

2.2 海王旋流器FX-660-GT-B运行指标

海王旋流器FX-660-GT-B主要结构参数见表3。

表3 海王旋流器结构参数

旋流器直径/mm	沉砂尺寸/mm	插入管深度/mm	溢流管尺寸/mm	进料口尺寸/mm	段数	柱段高度/mm
660	170	480	320	220	5	2622

为考察海王旋流器FX-660-GT-B分级系统的运行现状,在生产运行正常的条件下,多次对其分级系统进行流程考察,并对流程考察数据进行整理分析,整理后数据见表4。

表4 海王旋流器分级产品粒度组成与效率

产品	+150 μm/%	-150~+74 μm/%	-74~+10 μm/%	-10 μm/%	分级效率/%
给矿	40.64	37.8	17.76	3.8	58.72
溢流	11.25	26.23	39.08	23.44	
沉砂	57.79	33.76	5.74	2.71	

从表4可知:海王旋流器FX-660-GT-B分级溢流细度(-0.074 mm)为62.52%,达到磨矿工艺技术参数控制要求,沉砂夹细(-0.074 mm)为8.45%,旋流分级效率为58.72%。从数据结果表明,海王旋流器分级效率较好,分级循环返砂比得到有效控制,沉砂夹细有效降低。

2.3 效果对比

从表2和表4数据可得,相较于原旋流器组,海王旋流器组的分级效率显著提高了23.99个百分点,分级溢流细度-0.074mm提高了2.65个百分点,沉砂夹细-0.074mm占比降低了4.11个百分点。此外,溢流中易浮粒级(-0.15~+0.01 mm)占比由64.07%提高至65.31%,增幅为1.24个百分点,进一步优化了浮选给矿条件。性能的显著提升主要归因于海王旋流器在多锥体结构、柱段长度及沉砂嘴等方面的优化设计,有效改善了内部分级动力学环境。

3 结论

(1)针对普朗铜矿一段磨矿分级系统存在的问题,通过选用并应用结构优化的海王FX-660CVX-GT-B旋流器,有效解决了原系统故障频发、分级效率低等问题,为后续浮选工艺的正常运行与指标提升提供了保障。(2)工业实践表明,海王旋流器运行平稳,分级效果显著改善,分级溢流细度-0.074mm占比62.52%,符合磨矿工艺细度控制要求,沉砂夹细(-0.074mm占比8.45%)显著降低,分级效率(58.72%)大幅提升23.99个百分点,不仅实现了分级效率的改善,同时提高了溢流产品细度与易浮粒级含量,整体技术经济指标改善显著。

[参考文献]

- [1]薛宏超,韩春阳,卢星岑,等.矿物加工半自磨流程低运行成本优化路径与实证研究[J].有色金属(选矿),2025(11):1-24.
- [2]沈远海,陈于海,李伟,等.水力旋流器在巴山选矿厂的生产实践及应用[J].现代矿业,2021,5(5):247-249.
- [3]汪勇,庄故章,周韶,尹海.给矿浓度和入口压力对水力旋流器分级效率的影响[J].矿冶,2012(3):83-86.
- [4]刘建平,高雪婷.水力旋流器优化某磨矿分级作业的工业应用[J].现代矿业,2015,2(2):64-67.
- [5]孟令丽.水力旋流器工作效率提高策略探究[J].黑龙江工业学院学报,2018(5):90-93.
- [6]刘强,徐寒冰,曾志飞.某铅锌矿尾砂回收工艺优化与实践[J].湖南有色金属,2025(8):13-16.
- [7]刘昱亮,林飞,张宝,等.水力旋流器内流场特性与性能分析研究进展[J].化工装备技术,2025(8):50-53.
- [8]李一帆,庞有智.三锥旋流器分选效果对比研究[J].机械管理开发,2023(2):38-39.

[作者简介]

郇超(1988—),男,汉族,湖南邵阳人,本科,学士学位,高级工程师,主要从事选矿生产技术管理、选矿设备应用管理等工作。