

200m³ 超大型充气机械搅拌式浮选机工业试验研究

史帅星¹, 罗时军², 杨丽君¹, 陈 东¹, 赖茂河¹, 张跃军¹

(1.北京矿冶研究总院, 北京 100044; 2.江西铜业集团公司, 江西 德兴 334224)

摘 要: 叙述目前国内单槽容积最大的浮选机—200m³ 超大型充气机械搅拌式浮选机的带矿性能和工业应用效果, 测定了浮选机的矿浆悬浮能力、对不同粒级矿物的分选效果、浮选机功耗、带矿条件下的充气量。试验结果表明 200m³ 充气机械搅拌式浮选机矿浆悬浮能力好, 槽内矿浆粒度分布均匀, 没有粗、细颗粒分层现象, 液面稳定。工业试验累计指标与对比流程指标相比: 在给矿铜品位低 0.001% 的情况下, 精矿铜品位低 0.39%, 尾矿铜品位低 0.034%, 铜回收率 高 6.77%, 浮选效率高 6.95%, 系统回收率高 0.92%, 证明超大型浮选机浮选效果好。

关键词: 大型浮选机; 工业试验; 悬浮能力; 粒级

中图分类号: TD456; TD952.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-9492(2009)03-0034-04

大型浮选设备可显著提高选矿处理能力和技术指标, 降低能耗, 获得更高的经济效益, 增强企业的竞争能力。近 20 年, 国内外在大型浮选设备研究方面取得了重大的进展, 技术趋于成熟^[1-3]。200m³ 超大型充气机械搅拌式浮选机是我国继 160m³ 浮选机研制成功^[4] 之后, 目前国内单槽容积最大的浮选设备, 本文对 200m³ 超大型充气机械搅拌式浮选机进行了工业试验研究。

200m³ 超大型充气机械搅拌式浮选机槽体为圆筒形, 槽体截面为圆形, 矿浆分散均匀, 每槽内设有两个圆形泡沫槽和一个泡沫锥, 内泡沫槽兼有推泡作用, 缩短了泡沫输送距离, 加速泡沫的回收^[5], 高比转速后倾叶片叶轮和低阻尼直悬式定子设计, 创造了良好的分选条件, 有利于提高粗粒和细粒矿物回收率。

200m³ 充气机械搅拌式浮选机容积大、工业试验费用高, 为了简化工业对比试验, 在工业试验前进行浮选机的动力学研究, 验证设计合理性, 找出合理的工艺参数, 减少工业试验过程中对浮选机本身参数测定的工作量, 降低试验费用, 节省试验时间。通过动力学研究得出^[6], 当转速为 109r/min, 200m³ 充气机械搅拌式浮选机在各个充气量水平下, 空气分散度均在 2.6 以上, 空气分散度效果比较理想, 与设计相符。因此, 200m³ 充气机械搅拌式浮选机采用转速为 109 r/min 进行工业试验。

本次试验在江西铜业集团公司德兴铜矿大山选

矿厂进行^[6], 200m³ 充气机械搅拌式浮选机工业试验的考核重点为浮选机的选矿效率、机械性能、矿浆悬浮、气泡矿化、液面控制的稳定性等方面。因此本次矿浆试验的主要内容包括选别工艺指标的对比、原精尾矿的粒度分布及金属量分布测定、矿浆悬浮能力测定、矿浆条件下的空气分散度的测定等。

1 工业试验条件

1.1 试验流程

用 2 台北京矿冶研究总院研究设计、制造、安装的 200m³ 充气机械搅拌式浮选机替代后三万一段粗选一作业 2×4 台 39m³ 浮选机, 磨矿细度、药剂制度等选别条件均不改变, 试验结果与前三万系统进行比较。原流程及试验流程见图 1。

1.2 矿浆试验采样方法

为了考核 2 台 200m³ 充气机械搅拌式浮选机的选别性能, 试验期间, 对试验系统和对比系统的原、精、尾矿进行采样和化验, 化验元素均为铜、硫。每半小时取样一次, 每班班样化验一次。

2 工业试验

2.1 选别工艺指标对比

为了对本次试验的 2 台 200m³ 充气机械搅拌式浮选机矿浆工艺指标及选别性能进行考察和对比, 试验期间, 对用作后三万一次粗选作业的 2 台 200m³ 充气机械搅拌式浮选机和前三万一次粗选作业

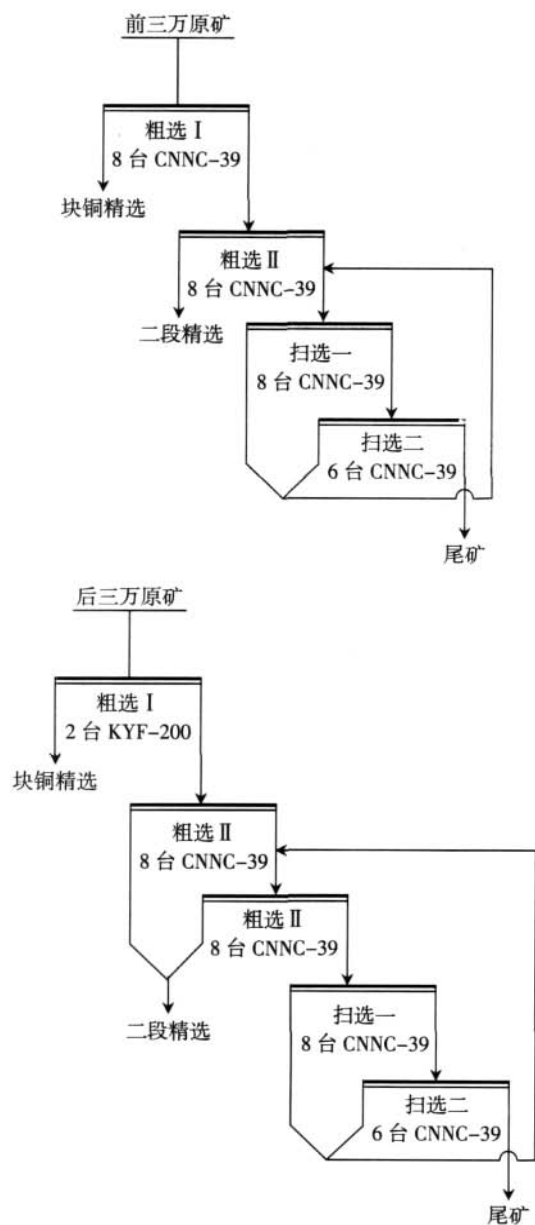


图 1 工业试验流程

Fig. 1 The flowsheet of industrial test

的原矿、精矿和尾矿进行采样和化验。试验期间，200m³ 充气机械搅拌式浮选机的药剂调整由岗位工人根据生产需要及浮选现象进行操作。矿浆试验生产阶段累计指标见表 1。

表 1 指标对比							
Table 1 Contrast of concentration data							
项目	原矿品位	精矿品位	尾矿品位	粗一作业回收率	浮选效率	系统回收率	%
试验流程指标	0.518	10.88	0.168	0.168	65.94	85.43	
对比流程指标	0.519	11.27	0.202	0.202	58.99	84.51	
差值	-0.001	-0.39	-0.034	-0.034	6.95	0.92	

由表 1 可以看出，试验流程作业指标与对比流程指标相比，在给矿铜品位低 0.001% 的情况下，

精矿铜品位低 0.39%，尾矿铜品位低 0.034%，铜回收率高 6.77%，浮选效率高 6.95%，系统回收率高 0.92%。反映出试验流程作业回收率高于对比流程，本次工业试验指标优于预期结果，试验结果反映出 200m³ 充气机械搅拌式浮选机的工艺性能达到了大型浮选机的先进水平。

2.2 浮选机原精尾矿粒度及金属量分布测定及对比
为考察 200m³ 充气机械搅拌式浮选机对入选矿物各粒级尤其是粗粒级矿物的选别情况，试验期间对该浮选机及前三万粗选 I 浮选机的原矿、精矿及尾矿产品进行水析，考察了各粒级产品的粒度分布及金属量分布。如表 2 所示。

表 2 粒度及金属量分布试验数据									
Table 2 Distribution of grade and metal									
粒级/ μm	200m ³ 浮选机				前三万粗选 I				回收率对比 %
	原矿	精矿	尾矿	回收率	原矿	精矿	尾矿	回收率	
+125	0.222	7.440	0.163	27.17	0.210	5.870	0.176	16.69	10.48
-125+74	0.428	9.910	0.167	62.03	0.372	10.100	0.165	56.57	5.46
-74+45	0.809	12.250	0.174	79.62	0.678	12.880	0.197	72.05	7.57
-45	0.773	11.140	0.173	78.84	0.711	10.650	0.201	73.11	5.73
累计	0.638	11.151	0.170	74.47	0.571	10.843	0.189	68.10	6.37

从水析结果对比来看，试验流程对各个粒级的回收率均高于前三万系统。特别是在 +125 μm 粒级，试验流程比对比流程回收率高 10.48%，说明 200m³ 充气机械搅拌式浮选机对于粗颗粒的回收要优于对比流程 2 $\times$ 4 台 CNNC-39 浮选机，有利于后续作业。

2.3 矿浆悬浮能力查定
为考察矿浆悬浮能力，测定了浮选机内不同深度矿粒分布的情况，即在距溢流堰下方 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5m 深处 8 个矿浆层面采样，并进行了水析及品位分析，结果见表 3。检测分析结果表明，200m³ 充气机械搅拌式浮选机槽内矿浆粒度分布均匀，没有粗、细颗粒分层现象，说明该浮选机矿粒悬浮能力好，达到了设计要求。

2.4 浮选机功耗测定
浮选机功耗是考察浮选机性能的一个重要指标。在试验过程中，当矿浆浓度为 30% 时，测量了不同充气量情况下的 200m³ 充气机械搅拌式浮选机的主电机功率，数据见表 4。

200m³ 充气机械搅拌式浮选机充气量与功率之间的关系为：

$$y = 129.6 + \frac{59.5}{1 + e^{\frac{(x-0.91)}{0.266}}}$$

(1)

表3 矿浆悬浮能力测试结果

Table 3 The data of suspending ability test %										
距溢流堰深度		1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	
/μm		矿浆浓度								
+250	产率	0.94	1.49	1.53	1.26	1.98	1.67	1.42	1.67	
	铜品位	0.1660	0.1610	0.1780	0.1660	0.1740	0.1680	0.1730	0.165	
	硫品位	0.4230	0.4450	0.4190	0.3830	0.4200	0.4040	0.4600	0.419	
	铜金属分布率	0.95	1.51	1.58	1.27	1.85	1.42	1.48	1.77	
-250+180	产率	1.95	2.56	2.6	2.29	3.30	3.02	2.55	2.80	
	铜品位	0.1500	0.1410	0.1550	0.1450	0.1520	0.1520	0.1520	0.155	
	硫品位	0.3690	0.3790	0.3750	0.3160	0.3720	0.3880	0.3870	0.367	
	铜金属分布率	1.77	2.28	2.35	2.01	2.70	2.32	2.34	2.78	
-180+125	产率	9.93	11.77	11.68	10.86	14.67	11.98	11.78	12.21	
	铜品位	0.1550	0.1380	0.1350	0.1460	0.1450	0.1500	0.1370	0.143	
	硫品位	0.5830	0.6000	0.5450	0.4350	0.4500	0.5420	0.6280	0.566	
	铜金属分布率	9.30	10.26	9.14	9.62	11.43	9.10	9.74	11.18	
-125+95	产率	6.47	6.97	0.072	6.43	8.56	7.16	7.17%	7.16%	
	铜品位	0.1570	0.1320	0.1360	0.1340	0.1460	0.1500	0.1380	0.129	
	硫品位	1.100	1.370	1.1600	0.958	1.090	1.2600	0.984	1.290	
	铜金属分布率	6.14	5.81	5.71	5.23	6.72	5.43	5.97	5.91	
-95+75	产率	11.79	12.890	11.8	12.76	15.99	11.67	11.90	12.28	
	铜品位	0.1650	0.1320	0.1420	0.1360	0.1600	0.1600	0.1470	0.140	
	硫品位	3.290	3.040	3.060	2.640	2.790	3.070	3.000	3.290	
	铜金属分布率	11.76	10.74	9.75	10.53	13.75	9.45	10.56	11.01	
-75+53	产率	8.57	8.28	8.50	8.83	11.61	8.48	9.56	8.01	
	铜品位	0.1680	0.1450	0.1550	0.1590	0.1960	0.1800	0.1500	0.133	
	硫品位	4.670	4.760	4.120	4.600	4.600	4.350	4.700	4.530	
	铜金属分布率	8.70	7.58	7.64	8.52	12.24	7.73	8.66	6.82	
-53+43	产率	2.76	2.19	2.35	2.02	2.56	2.10	1.75	2.23	
	铜品位	0.1700	0.1540	0.1800	0.1640	0.1840	0.2010	0.1800	0.152	
	硫品位	4.690	4.870	5.400	4.380	4.670	5.260	5.480	5.400	
	铜金属分布率	2.84	2.13	2.46	2.02	2.53	2.13	1.90	2.17	
-43+38	产率	5.91	7.38	6.28	5.81	6.69	6.01	5.74	5.94	
	铜品位	0.1600	0.1480	0.1750	0.1580	0.1910	0.2010	0.1700	0.161	
	硫品位	4.330	3.900	4.740	4.190	4.180	4.330	4.570	5.020	
	铜金属分布率	5.71	6.90	6.37	5.57	6.87	6.11	5.90	6.12	
-38	产率	51.69	46.46	47.94	49.74	34.65	47.93	48.12	47.71	
	铜品位	0.1690	0.1800	0.1980	0.1830	0.2250	0.2320	0.1840	0.171	
	硫品位	1.910	1.930	1.840	1.870	1.830	1.950	1.880	1.780	
	铜金属分布率	52.82	52.79	55.01	55.23	41.91	56.30	53.45	52.24	
累计	产率	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	铜品位	0.1650	0.1580	0.1730	0.1650	0.19	0.20	0.17	0.16	
	硫品位	2.301	2.260	2.184	2.126	2.19	2.21	2.23	2.21	
	铜金属分布率	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

表4 充气量与功率间的关系

Table 4 The relationship of power and air flow %										
充气量/(m ³ ·m ⁻² ·min ⁻¹)	0.70	0.85	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.48	
功率/kW	170.00	162.3	154.2	144.00	140.21	135.25	130.53	124.57	120.09	

其中：y- 电机功率

x- 充气量

由于在整个试验过程中，矿浆浓度控制在30%±2%，充气量一般在1.0~1.2之间调节，因此单台主机功耗在140~150kW，两台浮选机充气功耗共约为110kW左右，两台200m³充气机械搅拌

式浮选机总功耗在390~410kW。

2.5 矿浆条件下充气量测定

先后在矿浆中对200m³充气机械搅拌式浮选机和CNNC-39两种浮选机的充气量进行了对比测量，从数据可以看出，200m³充气机械搅拌式浮选机空气分散度大于2.2，CNNC-39的空气分散度只有1.34，前者明显优于后者，满足生产的要求。

表5 200m³充气机械搅拌式浮选机矿浆条件下充气量测定

Table 5 The air flow in pulp of 200 m ³ flotation cell %						
记录点	第一次/s	充气量/(m ³ ·m ⁻² ·min ⁻¹)	第二次/s	充气量/(m ³ ·m ⁻² ·min ⁻¹)	平均	
1	10.00	1.60	8.30	1.93	1.764	
3	7.80	2.05	9.20	1.74	1.895	
5	9.70	1.65	8.10	1.98	1.812	
6	9.00	1.78	7.90	2.03	1.902	
8	9.30	1.72	9.80	1.63	1.677	
11	10.90	1.47	11.90	1.34	1.406	
12	9.30	1.72	9.80	1.63	1.677	
13	11.00	1.45	10.70	1.50	1.475	
15	10.30	1.55	9.80	1.63	1.593	
16	11.90	1.34	9.70	1.65	1.497	
18	10.30	1.55	8.40	1.90	1.729	
19	10.70	1.50	8.70	1.84	1.667	
28	10.90	1.47	10.20	1.57	1.518	
30	9.80	1.63	10.90	1.47	1.550	
31	13.20	1.21	13.70	1.17	1.190	
总平均值					1.623	
空气分散度			2.28			

表6 CNNC-39浮选机矿浆条件下充气量测定

Table 6 The air flow in pulp of CNNC-39 %			
记录点	第一次/s	充气量/(m ³ ·m ⁻² ·min ⁻¹)	
1	15.56	1.03	
2	23.34	0.69	
3	11.12	1.44	
4	15.12	1.06	
5	17.32	0.92	
6	14.16	1.13	
7	10.56	1.52	
总平均值		1.11	
空气分散度		1.34	

2.6 带负荷启动试验

为了减少由于采用超大型浮选机不能满负荷停车给选矿厂带来的经济损失，超大型浮选机必须实现满负荷停车。在试验期间通过几次试验停车可以看出，200m³充气机械搅拌式浮选机可以满负荷正常启动。

2.7 液位自动控制和充气量自动控制系统

200m³浮选机配备了液位自动控制和充气量自动控制系统试验，减轻工人的劳动强度，增加了控制精度。

200m³ 浮选机液位控制采用直径为 300mm 的双气缸控制, 为了确保液位控制系统能稳定运行, 在试验中, 进行了气缸线性度、气缸灵敏度、系统开环响应时间等一系列系统性能测试, 并进行了系统开环试验、全手动液位控制、单气缸液位自动控制和双气缸液位自动控制试验。结果表明, 双气缸自动控制系统灵敏可靠、调节时间短、超调量小, 能满足工业生产要求。

200m³ 浮选机充气量自动控制系统由热式流量计、控制器和蝶阀组成。在试验中进行了充气量手动控制和充气量自动控制试验, 结果表明充气量自动控制系统控制稳定, 波动小, 完全可以满足浮选设备对气量的要求。

3 工业试验评价

通过对 200m³ 充气机械搅拌式浮选机工业试验得出如下结论:

1) 200m³ 充气机械搅拌式浮选机在试验过程中, 设备运行良好未出现任何故障, 设计、制造达到生产要求; 浮选机运行平稳, 泡沫层稳定, 没有翻花现象; 搅拌力强, 矿浆流向稳定; 槽内矿粒分布均匀, 无分层现象; 槽内没有死区, 无矿浆沉积现象的发生; 在满负荷停车后能正常启动。浮选机液位自动控制系统和充气量自动控制系统可靠, 浮选机泡沫层厚度和充气量大小可根据需要任意调节, 控制精度满足工艺要求。

2) 两台 200m³ 充气机械搅拌式浮选机在江西铜业公司德兴铜矿大山选矿厂的工艺指标与对比流程指标相比, 在给矿铜品位低 0.001% 的情况下, 精矿铜品位低 0.39%, 尾矿铜品位低 0.034%, 铜回收率高 6.77%, 浮选效率高 6.95%, 系统回收率高 0.92%。试验结果反映出 200m³ 浮选机的工艺性能达到了大型浮选机的先进水平。

200m³ 充气机械搅拌式浮选机选别性能与综合技术指标达到了国际同类设备的先进水平, 可广泛用于选别有色、黑色及非金属矿物, 有助于提升我国矿山企业的装备水平, 有力地促进矿山大型化、现代化建设进程。

参考文献

- [1] 沈政昌. 大型充气机械搅拌式浮选机研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2007.
- [2] X. 奥拉瓦伊年. 芬兰奥托昆普公司浮选机的研究与开发[J]. 国外金属矿选矿, 2002 (4): 32-34.
- [3] A.J. 乔奈蒂斯. 奥托昆普公司 100m³ TankCell 型浮选机的设计、开发、应用和操作优越性[J]. 国外金属矿选矿, 2001 (5): 30-34.
- [4] 沈政昌. 160m³ 浮选机动力学研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2005 (5): 33-35.
- [5] D. Lelinski, J. Allen, L. Redden, A. Weber. Analysis of the residence time distribution in large flotation machines, 2000, (15): 499-505.
- [6] 杨丽君. 200 m³ 充气机械搅拌式浮选机动力学研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2009 (2): 29-31.

RESEARCH ON KYF-200 AIR-FORCED MACHINE THROUGH COMMERCIAL TEST

SHI Shuaixing¹, LUO Shijun², YANG Lijun¹, CHEN Dong¹, LAI Maohe¹, ZHANG Yuejun¹

(1. Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing 100044, China;

2. Jiangxi Copper Group Corporation, Dexing Jiangxi 334224, China)

ABSTRACT

KYF-200 air-forced flotation machine is the largest flotation machine in China. The working performance of KYF-200 flotation machine in pulp is studied in this paper.

The suspending ability, separation ability to different grade particle, power consumption and air superficial flow rate in pulp are also studied. The results show that the mineral particles suspend well in the cell, non-exsiting rough and fine layered phenomenon and the surface is smooth also. Comparing the average data of test with another correlation mineral flotation series, the results are the following: copper grade of feed is 0.001% lower, copper grade of concentrate is 0.39% lower, copper grade of tailing is 0.034% lower, the recovery of copper is 6.77% higher, the flotation efficiency is 6.95% higher and the copper recovery of plant is 0.92% higher. The above indicates that the KYF-200 performance is good.

Key words: large flotation machine; commercial test; grade