

攀西某选厂选钛浮选动力学特性研究

谭世国¹, 樊学赛^{2*}, 蒋仁东¹, 罗荣飞¹

(1. 攀钢集团矿业有限公司, 四川 攀枝花 617112; 2. 北矿机电科技有限责任公司, 北京 100160)

摘要: 针对攀西某选厂粗粒浮选流程, 研究了选钛浮选机的动力学特性。利用排水取气法对不同作业的浮选机的充气量和空气分散度进行了测试。结果表明: 钛粗扫选充气量 $0.16 \sim 0.51 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。直流槽浮选机空气分散度明显优于吸浆槽浮选机。浮选机内矿化气泡从距溢流堰深度 1000 mm 运动到 200 mm 的过程中, 携带的矿物品位几乎不变, 气泡负载基本相当, 说明粗选矿化气泡运动至距溢流堰深度 1 000 mm 后比较稳定, 矿物颗粒粘附在气泡上较难脱落。浮选机内存在较为明显的分层现象, 即距溢流堰 1 500 mm 以下矿浆浓度相差不大, 随着距溢流堰深度减小, 浓度明显下降。

关键词: 钛铁矿; 浮选; 空气分散度; 气泡负载; 浓度分布

中图分类号: TD95, TF823

文献标志码: A

文章编号: 1004-7638(2022)02-0021-04

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2022.02.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



听语音
聊科研
与作者互动

Titanium flotation dynamics study for a beneficiation plant in Panxi

Tan Shiguo¹, Fan Xuesai^{2*}, Jiang Rendong¹, Luo Rongfei¹

(1. Pangang Group Mining Co., Ltd., Panzhihua 617112, Sichuan, China; 2. BGRIMM Machinery & Automation Technology Co., Ltd., Beijing 100160, China)

Abstract: The paper studies the dynamics characteristics of flotation cells for a beneficiation plant in Panxi. Based on the method of collecting air via draining water, the air flowrate is $0.16 \sim 0.51 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ for rougher and scavenger. The air dispersion of direct flow cell is better than that of the pumping cell. During mineralized bubbles transporting from 1 000 mm towards 200 mm distance from the lip, the grade of mineral and bubble loading is almost same. It demonstrates that mineralized bubbles are stable after the mineralized bubbles transporting to 1 000 mm and minerals are difficult to detach from the bubbles. The solid concentration exists layering in flotation cell. Deeper than 1 500 mm from the lip, the solid concentration remains similar. With the distance decreasing, the solid concentration decreases sharply.

Key words: titanium, flotation, air dispersion, bubble loading, concentration distribution

0 引言

钒钛磁铁矿是支撑钒钛产业发展的重要资源, 我国已探明钒钛磁铁矿资源储量超过 100 亿 t^[1], 其中攀西地区钛资源储量(以 TiO_2 计)6.01 亿 t, 占全

国总储量的 90.54%^[2]。攀西地区的钛资源主要以钛铁矿(FeTiO_3)形式存在, 钛铁矿中的 TiO_2 理论含量为 52.63%, 是提取钛和二氧化钛的主要矿物^[3]。近年来, 随着钒钛磁铁矿选矿技术的发展, 形成了钒钛磁铁矿铁、钛金属分步回收的原则流程, 首先应用

收稿日期: 2021-06-30

作者简介: 谭世国(1987—), 男, 四川宜宾人, 本科, 工程师, 主要从事选矿工艺技术工作, E-mail: 418860436@qq.com;

*通讯作者: 樊学赛(1989—), 男, 河北石家庄人, 硕士, 高级工程师, 主要从事选矿设备设计及研究工作, E-mail: fanxuesai@bgrimm.com。

磁选的方法,阶磨阶选回收强磁性的铁,再利用浮选或重选的方法回收选铁尾矿中具有弱磁性的钛铁矿,由于重选方法的局限性,浮选法回收钛铁矿已在攀钢密地选钛厂、攀钢白马选钛厂、龙鳞选矿厂、太和铁矿等攀西地区主要矿山应用多年。强磁-浮选流程逐渐成为攀西地区钒钛磁铁矿选钛的最佳工艺流程^[3-4],该流程结构简单,钛铁矿的回收指标更易保证。

然而,长期以来,有关钛铁矿浮选装备的研究比较欠缺,常规浮选装备对钛铁矿浮选表现出诸多不适应性。钛铁矿浮选流程具有粒度粗、比重大、浓度高、产率大、中矿返回量大等特点,同时,对于钛铁矿浮选工艺及专用装备的基础理论研究不足,导致常规浮选机容易出现沉槽、流程不畅、粗颗粒回收率低和捕收剂消耗量大的问题。

针对攀西某选厂粗粒浮选系统钛铁矿浮选过程,笔者通过浮选机的充气量、悬浮能力、气泡负载能

力测试,研究了钛铁矿浮选机动力学特性,为钛铁矿浮选过程的优化设计提供支撑。

1 浮选动力学关键参数和考察方法

攀西某选厂粗粒浮选系统中浮选设备为容积 16 m^3 的充气机械搅拌式浮选机(包括吸浆槽和直流槽),浮选流程包括一次粗选、两次扫选和两次精选。入浮干矿量 120 t/h ,浮选浓度:约为 60% ,给矿粒度: -0.074 mm 粒级占 30% ,入浮钛(TiO_2)品位:约 18% ,精矿(TiO_2)品位:约 46.7% 。

充气量 J_g 是指每平方米浮选机液面上每分钟逸出的空气体积,它是表征浮选机充气能力的量度,会直接影响浮选速率,它是工业生产中最常用的浮选机动力学参数之一。浮选机充气量测试方法为排水取气法^[5],如图1所示。对粗扫选每台浮选机考察充气量,选择充气量测试选择浮选机横截面6个测试点,测试位置如图2所示。

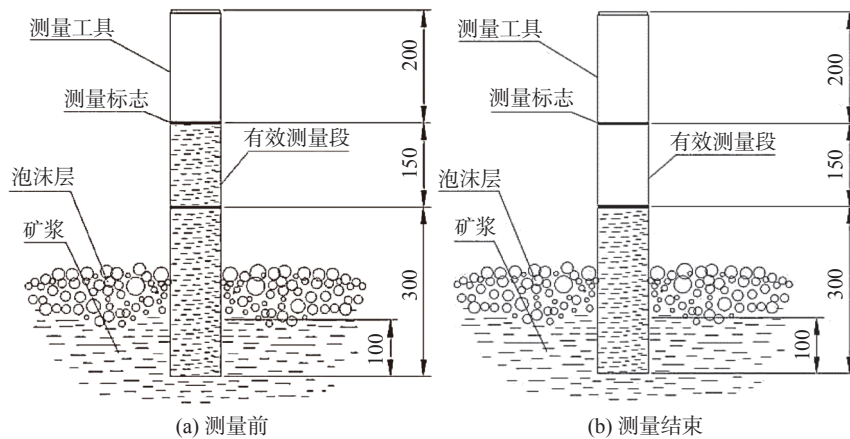


图1 排水取气法
Fig. 1 Collecting air by draining water

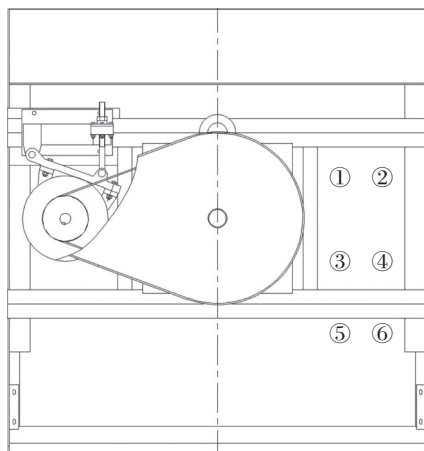


图2 充气量测试点示意
Fig. 2 Measurement position of air flowrate in horizontal plane

浮选机的气泡负载(L)是指矿浆相中单位体积气泡携带的矿物颗粒的质量^[6],即气泡携带矿物的总质量 m 和气泡的总体积 V 的比值, $L=m/V$ 。气泡负载主要用来表征矿浆相中气泡对矿物颗粒的负载能力,它一方面可以反映药剂对矿化过程的作用,另一方面可以揭示浮选机内流体动力学环境对矿化的影响。通过特制的气泡负载取样器,测试前取样器内充满水,并在水中滴加与浮选同等比例的起泡剂,矿化气泡从取样器底部开口处进入取样器内,上升至取样器上部的圆柱体容器后破碎矿物颗粒脱落,同时,圆柱形容器外接真空泵,抽吸容器内的空气并计量空气的体积流量。测试完成后,称重取样器内取出的矿物质量。气泡负载测试在浮选机内不同深度进行,如图3所示。

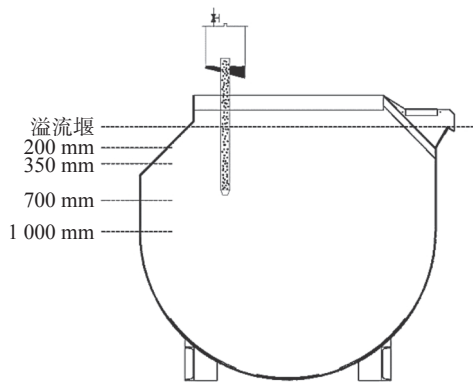


图 3 气泡负载率测试示意
Fig. 3 Diagram of bubble loading measurement

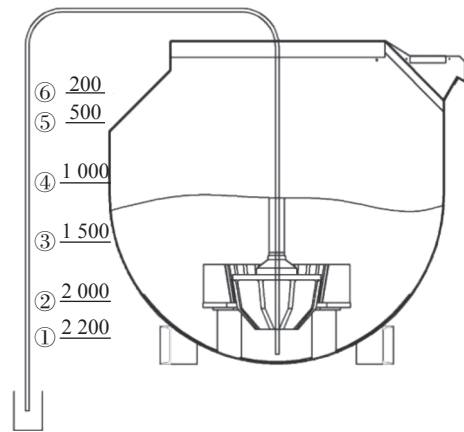


图 4 深槽取样示意
Fig. 4 Diagram of deep sampling

矿浆悬浮是指矿浆中的矿物颗粒所达到的悬浮状态,它直接影响矿物颗粒与药剂的混合效果,颗粒与气泡的碰撞概率,浮选机内充分的矿物悬浮是获得良好浮选指标的前提条件。通常,可以使用虹吸法从浮选机中不同深度取样^[7],分析浓度分布和粒度组成,表征浮选机内颗粒的悬浮能力。浮选机深槽取样共有 6 个深度的取样点,如图 4 所示。

2 钛浮选动力学特性分析

2.1 浮选机的充气量和空气分散度

利用排水取气法对不同作业的浮选机的充气量和空气分散度进行了测试^[6]。结果表明,钛粗选充气量 $0.16 \sim 0.23 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$,钛扫选一作业充气量 $0.41 \sim 0.51 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$,精选作业充气量 $0.32 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。

空气分散度 η 是表征浮选机内空气分散均匀程度的参数,是浮选机叶轮定子气体分散功能的重要评价参数。浮选机内均匀的空气分布有利于气泡与矿物颗粒更充分的接触,有效增加气泡-颗粒碰撞概率,从而提高浮选效率。

空气分散度 $\eta = \frac{J_{g\max} - J_{g\min}}{J_{g\text{ave}}}$, 其中 $J_{g\text{ave}}$ 为平均充气量, $J_{g\max}$ 为充气量最大值, $J_{g\min}$ 为充气量最小值。由表 1 可以看出扫一第 3 槽(直流槽)空气分散度明显大于扫二第 1 槽(吸浆槽),攀钢密地选钛厂因为矿浆浓度比较高、粒度比较粗,所以直流槽对空气分散效果更好。为了提升浮选流程的整体效果,提高浮选机对空气的利用效率,流程配置中应视流程需要尽量减少吸浆槽的使用。

表 1 充气量和空气分散度测试结果
Table 1 Test data for air flowrate and air dispersion

作业位置	充气量 $J_g / [\text{m}^3 \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{min})^{-1}]$						空气分散度
	1	2	3	4	5	6	
扫一第3槽	0.35	0.33	0.35	0.31	0.33	0.28	4.64
扫二第1槽	0.43	0.42	0.33	0.31	0.24	0.30	1.79

2.2 矿浆相泡沫负载能力分析

选取粗选第 1 槽在矿浆相中取样研究泡沫负载特性,获取粘附到气泡上颗粒的粒度组成和品位分布,评估粗粒矿物能否粘附并被气泡带到矿浆界面。溢流堰下 1 000、700、350、200 mm,共取 4 个深度,对泡沫取样结果进行粒度筛析,计算泡沫负载,考察矿物矿化效果,矿浆中 4 个深度取样的品位和气泡负载率数据如表 2 所示。结果表明,矿化气泡从距溢流堰深度 1 000 mm 运动到 200 mm 的过程中,携带的矿物品位几乎不变,除去 700 mm 深度的

气泡负载数据,其它三个深度的气泡负载也相当。因此,可初步说明粗选第一槽矿化气泡运动至距溢流堰深度 1 000 mm 比较稳定,矿物颗粒粘附在气泡上较难脱落,1 000 ~ 200 mm 的过程品位基本不变,有用矿物没有出现明显的再次富集。

2.3 浮选机矿浆悬浮能力测试

粗选第 1、4 槽浮选机内矿浆浓度分布见表 3,两槽均存在较为明显的分层现象,即距溢流堰 1 500 mm 以下矿浆浓度相差不大,随着距溢流堰深度减小,浓度明显下降。粗一第 1 槽浮选机距溢流

堰 1 000 ~ 2 200 mm 范围品位相差不大, 在 15% 左右, 与给矿品位相当。距溢流堰 500 和 200 mm 矿浆中矿物品位就可达到 33%。粗一第 4 槽规律与第 1 槽相同, 只是由于第 4 槽给矿品位较低, 整体品位都很低。

表 2 气泡负载分布

Table 2 Data for bubble loading distribution

距溢流堰深度/mm	TiO ₂ 品位/%	气泡负载/(g·L ⁻¹)
1 000	49.18	62
700	49.35	102
350	49.84	60
200	49.98	55

表 3 浮选机内浓度分布

Table 3 Data of concentration distribution in flotation cell

离溢流堰深度/mm	粗一第1槽(XCF-16)		粗一第4槽(KYF-16)	
	浓度/%	TiO ₂ 品位/%	浓度/%	TiO ₂ 品位/%
200	27.00	33.42	12.15	9.42
500	21.13	33.00	12.39	8.00
1 000	53.01	15.06	22.94	4.45
1 500	57.09	15.38	39.79	3.30
2 000	55.69	14.65	42.06	5.46
2 200	54.79	14.57	42.88	3.47

3 结论

1) 利用排水取气法对不同作业的浮选机的充气量和空气分散度进行了测试。钛粗选充气量

0.16 ~ 0.23 m³/(m²·min), 钛扫选—作业充气量 0.41 ~ 0.51 m³/(m²·min), 精选作业充气量 0.32 m³/(m²·min)。直流槽浮选机空气分散度明显优于吸浆槽浮选机。因此, 为提高浮选过程对空气的利用效率, 钛铁矿浮选流程应在满足流程需求的前提下, 尽可能降低吸浆槽的使用数量。

2) 矿化气泡从距溢流堰深度 1 000 mm 运动到 200 mm 的过程中, 携带的矿物品位几乎不变, 气泡负载基本相当。因此, 可初步说明粗选第一槽矿化气泡运动至距溢流堰深度 1 000 mm 比较稳定, 矿物颗粒粘附在气泡上较难脱落, 1 000 ~ 200 mm 的过程品位基本不变, 有用矿物没有出现明显的再次富集, 目的矿物在距溢流堰 1 000 mm 范围内主要由气泡携带回收, 矿化气泡携带矿物的 TiO₂ 品位远高于矿浆中 TiO₂ 品位。

3) 浮选机内悬浮能力考查表明存在较为明显的浓度分层现象, 即距溢流堰 1 500 mm 以下矿浆浓度相差不大, 随着距溢流堰深度减小, 浓度明显下降。高浓度粗粒级钛铁矿浮选过程, 浮选机内矿浆浓度难以实现均匀悬浮。适当改善浮选机内浓度分布, 即提高上部槽体区域的浓度, 将矿物颗粒输送至槽体内更高的区域, 有望提高矿物回收率。

参考文献

- [1] Tan Qiyou, Chen Bo, Zhang Yushu, *et al.* Characteristics and current situation of comprehensive utilization of vanadium titanomagnetite resources in Panxi region[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2011, (6): 6-10.
(谭其尤, 陈波, 张裕书, 等. 攀西地区钒钛磁铁矿资源特点与综合回收利用现状[J]. *矿产综合利用*, 2011, (6): 6-10.)
- [2] Xiao Liangchu. Improvement research on titanium concentration technology for Panxi vanadium-titanium magnetite[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2012, (2): 57-60.
(肖良初. 攀西钒钛磁铁矿选钛工艺改进研究[J]. *矿产综合利用*, 2012, (2): 57-60.)
- [3] Yang Renxin. Investigation on beneficiation process of Hongge vanadium and titanium magnetite with application of high pressure roller mill[J]. *Metal Mine*, 2011, 416(2): 47-50.
(杨任新. 应用高压辊磨机的红格钒钛磁铁矿选矿工艺研究[J]. *金属矿山*, 2011, 416(2): 47-50.)
- [4] Xiao LiuJun. Characteristics of Panzhihua vanadium titanium magnetite ore resource and its mineral magnetism[J]. *Metal Mine*, 2001, 295(1): 28-30.
(肖六均. 攀枝花钒钛磁铁矿资源及矿物磁性特征[J]. *金属矿山*, 2001, 295(1): 28-30.)
- [5] Shen Zhengchang, Lu Shijie. Industrial trial research of large-scale flotation machine KYF-160[J]. *Nonferrous Metals(Mineral Processing Section)*, 2006, (3): 37-41.
(沈政昌, 卢世杰. KYF-160型浮选机工业试验研究[J]. *有色金属(选矿部分)*, 2006, (3): 37-41.)
- [6] Han Dengfeng, Shi Shuaxing, Wu Feng, *et al.* Comparison and analysis of bubble load characteristics in the process of flotation[J]. *Nonferrous Metals(Mineral Processing Section)*, 2017, (B11): 114-117.
(韩登峰, 史帅星, 吴峰, 等. 浮选过程差异性的气泡负载特性对比分析[J]. *有色金属(选矿部分)*, 2017, (B11): 114-117.)
- [7] Shen Zhengchang. Research and design of 200 m³ air forced flotation machine[J]. *Nonferrous Metals Engineering*, 2009, 61(2): 100-103.
(沈政昌. 200 m³超大型充气机械搅拌式浮选机设计与研究[J]. *有色金属工程*, 2009, 61(2): 100-103.)