

“XCF+KYP” 浮选机回收钛铁矿优化研究

徐峰

(攀钢集团矿业有限公司选钛厂 四川 攀枝花 617000)

摘要：攀西地区某选厂粗粒级钛铁矿生产线通过“XCF+KYP”组合浮选机选别获得粗粒级钛精矿。生产实践表明：“XCF+KYP”浮选机槽体偏深、粗颗粒悬浮能力差、药剂单耗较高、吸浆槽空气分散效果差、浮选槽矿浆分层严重等问题。本文针对浮选工艺存在的相关问题，通过在线研究和实验室研究相结合，提出了解决问题的方案。

关键词：浮选机；回收；粗粒级钛铁矿；优化

0 引言

攀西地区某选厂粗粒级钛铁矿于 2009 年扩能改造建成后，采用“强磁→磨矿分级→强磁→浮选”流程。该生产线现已具备年产 360kt/a 钛精矿的生产能力，比设计超出 62kt/a。目前粗粒级钛铁矿浮选生产线在运行中暴露出的问题有：“XCF+KYP”浮选机槽体偏深、粗颗粒悬浮能力差、药剂单耗较高、吸浆槽空气分散效果差、浮选槽矿浆分层严重等。针对相关问题，提出了“XCF+KYP”浮选机回收粗粒级钛铁矿的优化方案。

1 粗粒级钛铁矿浮选流程现状

1.1 粗粒级钛铁矿浮选流程简介

粗粒级钛铁矿浮选流程由脱硫流程和浮钛流程两部分组成：脱硫流程由一级搅拌调浆和一次粗选三次扫选流程组成；浮钛流程由二级搅拌调浆一段粗选二段扫选二段精选流程组成。浮选机采用 XCF+KYP 型充气式浮选机。产品质量要求：钛精矿含 $TiO_2 \geq 47\%$ ，含 $S \leq 0.18\%$ 。

1.2 流程存在的问题及原因分析

粗粒级浮钛生产线是由 XCF-16m³ 和 KYP-16m³ 两种充气式浮选机组合而成，吸浆槽是 XCF 浮选机，直溜槽采用 KYP 浮选机。此两种浮选机槽体的长、宽、高外形尺寸均为 2800mm×2800mm×2400mm，属于深槽式浮选机。在浮选作业过程中，表现出浮选机槽体偏深、粗颗粒悬浮能力差、药剂单耗较高、吸浆槽空气分散效果差、浮选槽矿浆分层严重等问题。研究表明，随着给矿粒径的增加，浮选机槽底的沉积现象加重。

1.2.1 矿浆相的泡沫负载率分析

浮选机的气泡负载率 (L) 是指矿浆相中单位体积

气泡携带的矿物颗粒的质量。气泡负载率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泡沫矿化过程的作用，另一方面可以揭示浮选机内流体动力学环境对泡沫矿化的影响。

选取浮钛粗选第 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交接面。在浮选槽体溢流堰下 1000mm、700mm、350mm、200mm，共取 4 个样品，对泡沫取样结果进行粒度筛析，计算泡沫负载率，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 1 所示。矿化气泡从距溢流堰深度 1000mm 上升到 200mm 的过程中，携带的矿物品位几乎不变，除去 700mm 深度的气泡负载率数据，其他三个深度的气泡负载率也相当。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 1000mm 比较稳定，矿物颗粒粘附在气泡上较难脱落；1000 ~ 200mm 的过程品位变化不大，有用矿物的再次富集不明显。通过测试，该选厂粗粒钛浮选工艺的浮选机不需要过大的分离区，有用矿物在被气泡粘附后比较稳定，不易脱落，应尽可能提高运输的高度。一方面可以提高槽子上部的浓度，另一方面可缩短分离区的高度，使矿化气泡更早回收，槽体容积利用效率更高。

表 1 气泡负载率分布

距溢流堰深度 /mm	品位 /%	气泡负载率 /(g/L)
1000	47.18	62
700	47.35	102
350	47.84	60
200	47.98	55

矿浆中 4 个深度取样气泡携带矿物的品位、产率分布和给矿中品位、产率分布相差不大,因此,粗选第 1 槽对于各粒级的回收能力相当。气泡和颗粒粘附效果较好,即使 +0.18mm 粒级矿物不同深度的产率也没有明显变化,说明粗粒级矿物没有出现大量脱附。各粒级产率和金属分布率在距溢流堰深度 1000 ~ 200mm 范围内,有小幅变化,但最终在 200mm 处和给矿特性相差不大,各粒级品位在距溢流堰深度 1000 ~ 200mm 范围内,提升幅度都不大。

1.2.2 矿浆悬浮能力测试

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和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。选取浮选粗选第 1、第 4 槽浮选机,利用虹吸的原理对 6 个深度的矿浆层面深槽取样,并对矿样分析浓度和筛分化验。深槽取样的 6 个深度时距溢流堰下方 200mm、500mm、1000mm、1500mm、2000mm、2200mm。

粗选第 1、4 槽浮选机内矿浆浓度分布见表 2。两槽均存在较为明显的分层现象,即距溢流堰 1500mm 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。粗选第 1 槽浮选机距溢流堰 1000 ~ 2200mm 范围品位相差不大,与给矿品位相当。距溢流堰 500mm 和 200mm 矿浆中矿物品位就可达到 47% 以上。粗选第 4 槽规律与第 1 槽相同,只是由于第 4 槽给矿品位较低,所以整体品位相对较低一些。

1.2.3 浮选槽体过深对现有浮选流程的影响

由于是采用深槽式浮选机,槽体内的矿浆在 pH 值较大的情况下,由于矿浆中的 OH^- 较多,矿粒表面吸附大量的 OH^- 会使矿粒表面亲水性增大并阻碍捕收剂阴离子的吸附;因此,加入了饱和的硫酸,降低 pH 值,减少矿物表面吸附的 OH^- 离子,增大矿粒表面的疏水性;加入过饱和的钛捕收剂和中性油,增加矿粒表面的疏水膜,提高矿粒与泡沫的附着力。当矿粒的疏水性越强,与泡沫的附着力越大,同等条件下,上浮的矿化泡沫中所含粗粒级矿粒越多,粗粒级浮选选别的粒级范围越宽,浮选选别段的收率越高。但由于使用过饱和的药剂操作,导致最终药剂单耗偏高。

从表 1 的数据分析来看,距溢流堰深度 1000mm 处,矿浆 TiO_2 的品位就已经达到 47.18%,泡沫的负载率为 62g/L;当矿浆到达距溢流堰深度 200mm 时, TiO_2 品位 47.98%,泡沫的负载率为 55g/L, TiO_2 品位有所富集,但泡沫的负载率最低;而浮选机的叶轮形状和转速不变的情况下,浮选槽体内的搅拌混合区和输送区高度不

变,要尽早回收的精矿而停留在槽体内,只有提高分离区;在分离区内,为了不使矿化泡沫上已经合格的矿粒脱落,就通过加入过饱和的药剂来提高矿粒表面的疏水性,提高附着在泡沫上矿粒的附着力,在保证浮选精矿品位的情况下,尽量减少矿化泡沫的二次富集。

2 解决措施

2.1 采用新型弧面叶轮替代标准叶轮

在现有的浮选工艺不变的情况下,不改变浮选机槽体和不增加浮选机电机功率,直接采用新型弧面叶轮替代标准叶轮,提升浮选槽内矿浆的输送高度,减少矿化泡沫的二次富集时间,提高粗粒钛的回收率,同时降低浮选药剂消耗。

2.1.1 弧面叶轮与标准叶轮的形状

叶轮射流角定义叶轮的上端板所在平面与水平面的夹角如图 1 所示。标准的 KYF 型叶轮射流角为 0° 。

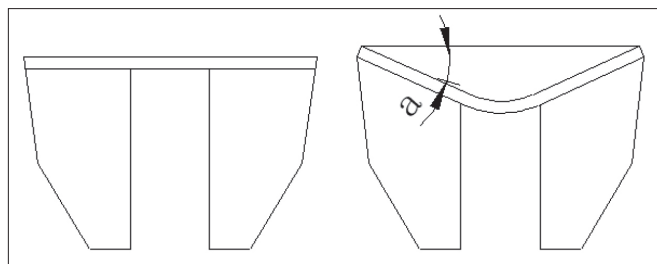


图 1 标准叶轮与弧面叶轮

2.1.2 弧面叶轮与标准叶轮实验室仿真模型

基于大多数学者所采用的仿真模型,本文在实验室内,以 KYF-0.2 浮选机为物理模型,在 315rpm 转速条件下,设定 4 个射流角 (0° 、 10° 、 15° 、 20°) 叶轮,建立单相流仿真模型,研究运输区的结构特征及动力学性能变化,如图 2 所示。

由图 2 可以看出,随着叶轮射流角的增大,从叶轮泵送出矿浆斜向上方角度增大。从图中提取数据,可以看出运输区的下边界和上边界都有所增加,因此改变叶轮的射流角是提高运输区的一个方向。

2.1.3 弧面叶轮与标准叶轮生产现场对比实验

在生产过程中,选取浮选粗选第 2 槽浮选机,利用虹吸的原理对 6 个深度的矿浆层面深槽取样,并对矿样分析浓度和筛分化验。深槽取样的 6 个深度是距溢流堰下方 200mm、500mm、1000mm、1500mm、2000mm、2200mm,距溢流堰深度 200mm 处,因矿浆中含气率过高,无法使用虹吸法取样。在弧面叶轮浮选作业给矿浓度比标准叶轮给矿浓度高 10 个百分点的前提下,浮选机内距溢流堰 1500mm 和 2000mm 的浓度差异

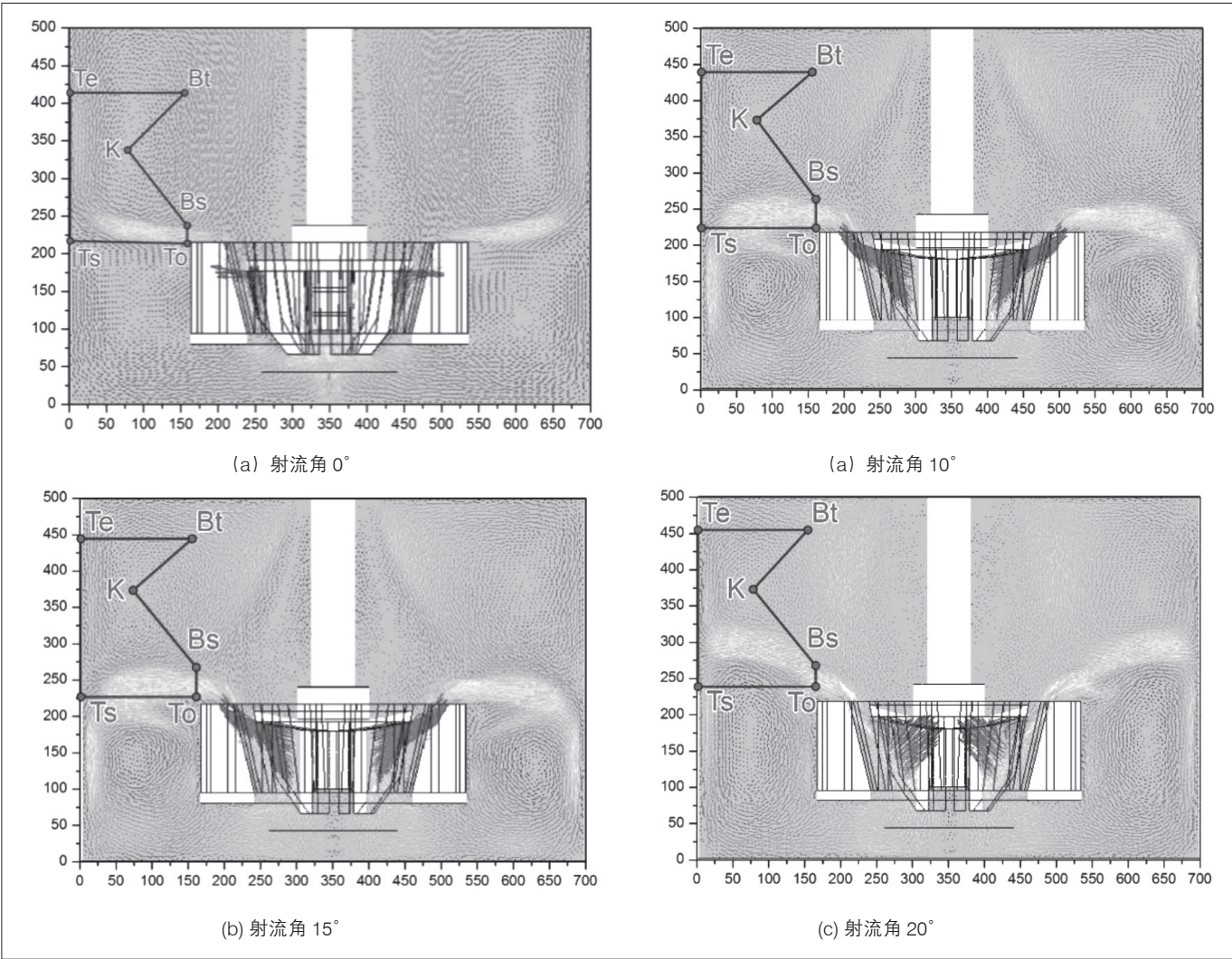


图 2 五种射流角叶轮运输区流场特征

(0.28%) 明显比标准叶轮的矿浆浓度差异 (2.27%) 小, 达到了提高浮选机内叶轮甩出矿浆的高度的目的。

考察应用弧面叶轮和应用标准叶轮的粗选作业后的浮选指标, 经过多次考察指标对比, 应用弧面叶轮粗选作业品位相当的前提下, 回收率提高了 1.1 个百分点。

表 2 浮选机内浓度分布

离溢流堰深度 /mm	粗选第 1 槽 (XCF-16)		粗选第 4 槽 (KYF-16)	
	浓度 /%	品位 /%	浓度 /%	品位 /%
200	27.00	47.88	12.15	46.28
500	21.13	47.63	12.39	45.77
1000	53.01	20.06	22.94	16.45
1500	57.09	19.38	39.79	10.30
2000	55.69	18.65	42.06	9.46
2200	54.79	18.25	42.88	9.47

2.2 “浅槽化 + 宽槽化” 技术提升粗粒级回收率与减少捕收剂消耗的研究

选取浮钨粗选第 1 槽在矿浆相中取样研究泡沫负载特性, 从检测的 4 个点位来看, 泡沫负载率最高的是距溢流堰深度 700mm 处, TiO_2 品位 47.35%, 负载率高

达 102g/L (表 1); 因此, 从给入原矿浓度 61%、 TiO_2 品位为 18.20% (表 2) 的原矿条件进入粗选第一槽来看, 在不改变现有浮选生产条件下, 浮选机槽体的深度应该选择 2400mm-700mm=1700mm, 在此深度的浮选槽选别时, 既能满足浮选精矿的品位, 又能保证浮选精矿产率最大化, 同时也能降低浮选药剂成本。

3 结语

不同的叶轮结构和叶轮离底高度决定着浮选机动力学各区域分区的变化。通过在线测试认为, 对于该选厂粗粒钛浮选工艺, 浮选机不需要过大的分离区, 有用矿物在被气泡粘附后比较稳定, 不易脱落。应尽可能提高运输的高度, 一方面可以提高槽子上部的浓度, 另一方面可缩短分离区的高度, 使矿化泡沫更早回收, 槽体容积利用效率更高。

针对该选厂粗粒级浮选回收生产线浮选工艺存在的问题, 可以采取以下措施:

(1) 采用弧面叶轮和新型空气分配器技术, 提高运输区高度和减少分离区高度, 提升粗颗粒矿物的悬浮高度;

(2) 采用高效空气分配器, 在不增加功耗的情况下, 提高浮选槽体内空气分散效果, 增大矿粒与气泡接触的机率。

(3) 在现有原矿条件和浮选机参数不变的情况下, 降低浮选槽体深度, 采用“浅槽化+宽槽化”浮选机进行选别, 可提高升粗粒级回收率和减少捕收剂消耗。

参考文献:

- [1] 张明, 沈政昌, 史帅星, 等. 基于数值计算的浮选机内颗粒流动行为研究 [J]. 有色金属 (选矿部分), 2021(04): 111-115+137.
- [2] 刘国蓉, 刘承帅, 孟玮, 等. 工业浮选过程测试新进展 [J]. 铜业工程, 2019(02): 50-53+63.
- [3] 沈政昌, 卢世杰, 史帅星, 等. KYF 型浮选机三相流仿真研究初探——KYF 浮选机流场测试与仿真研究 (六) [J]. 有色金属 (选矿部分), 2013(06): 67-72.

作者简介: 徐峰 (1975.09-), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 研究方向: 有色稀有金属采选。

(上接第 58 页)

(5) 离去角一般推荐值为 $2^\circ \sim 5^\circ$, 接近角一般推荐值为 $1^\circ \sim 3^\circ$;

(6) 为了减小接地比压值, 可适当选取较小的接近角数值。

2.4 借助 Pro/E 装配模块布置履带链

切换到装配模块, 利用装配工具将履带板组件约束到运动轨迹线上, 该过程需要注意以下几点:

(1) 固定第一块履带板组件的装配位置, 比如将第一块履带板组件约束到图 3 所示位置, 履带板关于引导轮中心线上下对称;

(2) 要注意曲线衔接处, 一个履带板组件可能同时位于两段曲线上;

(3) 根据第一块和最后一块履带板中心孔间距调整中心距, 或者上下直线的位置, 使所有履带板能完全啮合。

3 结语

履带的设计是掘进机行走机构设计过程中比较重要的环节。本文对履带布置方式, 以及在设计过程中需

要注意的问题进行了经验总结。该方法目前已经成功运用于掘进机行走机构的设计中, 经实践证明该方法确实可提高设计效率。同时提出了履带链轨迹曲线化思想, 可广泛推广至各类矿用履带式行走机构的履带设计布局中。

参考文献:

- [1] 刘海燕. 履带行走机构的计算与选型设计 [J]. 采矿技术, 2013(04): 90-94.
- [2] 吴兆成, 吕伟祥, 韩立华. 驱动轮引导轮布置设计及其轮距的确定 [J]. 工程机械, 2011, 42(04): 40-43.
- [3] 廉浩. EBH360 掘进机行走机构设计 [J]. 中国新技术新产品, 2014(02): 154.
- [4] 李玉波. EBZ 系列掘进机行走部的的设计 [J]. 煤矿机械, 2016, 37(05): 6-8.

作者简介: 全静 (1988-), 女, 汉族, 山东郓城人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 矿山设备制造。