

# CFD 数值模拟技术在矿物浮选调浆过程中的应用研究进展

李超<sup>1,2</sup>

(1. 矿冶科技集团有限公司, 北京 100160; 2. 北矿化学科技(沧州)有限公司, 河北 沧州 061108)

**[摘要]** 调浆搅拌是矿物浮选前重要的前处理工艺,可以清洗矿物颗粒表面,创造良好的颗粒悬浮条件,使矿物颗粒与浮选药剂充分混合接触,从而起到节约药剂用量、提高浮选指标的作用。研究表明,调浆搅拌槽内合适的流场环境、工艺参数对调浆效果有重要作用。为了更好地研究搅拌槽内流体的运动规律以及药剂与矿物颗粒的作用机理,使用计算流体力学(CFD)对调浆过程进行数值模拟,并与试验方法相结合,研究人员已经做了大量的科研工作。本文对调浆搅拌过程涉及到的固液混合数值模拟技术做了简述,对前人使用 CFD 技术在浮选调浆领域进行的研究以及获得的成果做了综述,并对 CFD 技术在浮选调浆过程中的研究方向做了展望。

**[关键词]** 矿物浮选; 调浆; 固液搅拌; CFD

**[中图分类号]** TD923

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1003-8884(2023)06-0006-06

**DOI:**10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.06.002

## 1 调浆过程对矿物浮选的重要意义

贫、细、杂是我国矿产资源的一个显著特点,随着资源的不断开采,要获得高品位的精矿产品,通常都需要把矿石磨到很细的粒度才能达到目的。矿物被细磨后,其比表面增大、棱角增多,而棱角处未补偿键力的不饱和程度高,往往是矿物表面吸附其他物质的“活性中心”,即矿物磨得越细,活性也越强<sup>[1]</sup>。小颗粒矿物随矿浆进入搅拌槽后容易发生聚集,形成小规模的颗粒团,脉石矿物易夹杂其中。此外,如果调浆搅拌槽工艺参数设置不合理,易导致部分矿物颗粒沉槽,或者搅拌使得内部流场周向速度过大,矿浆直接溢出搅拌槽<sup>[2]</sup>,适宜的搅拌强度能够提高药剂在矿物表面的吸附<sup>[3-6]</sup>,但搅拌速度过高,也会使矿物颗粒和已吸附的药剂脱附<sup>[7]</sup>,这些都不利于矿物颗粒和浮选药剂充分接触混合,严

重影响调浆搅拌操作的质量,进而给后续浮选工艺带来负面影响。调浆效果应当以矿浆颗粒达到所要求的均质度和药剂在矿物表面上的吸附程度来评判<sup>[8]</sup>。

诸多研究结果表明,调浆效果对后续浮选流程具有重要作用,这些作用主要表现在几个方面:一是合适的搅拌力度和时间产生剪切作用,通过搅拌槽内流场的作用,清洗掉覆盖在矿物表面的矿泥及其他影响矿物可浮性的物质,改善目的矿物的可浮性。董英择等<sup>[9]</sup>研究了强调浆搅拌条件下,表面氧化的磁黄铁矿可浮性显著改善,且磁黄铁矿的浮选回收率和搅拌槽流场强度呈正相关,通过实验测试,验证了磁黄铁矿表面氧化物被强搅拌作用清洗的设想。Yu 等<sup>[10]</sup>的研究证实了高强度搅拌调浆有利于矿物表面清洗,能够显著提升浮选指标。二是通过搅拌调浆作用,增大矿物疏水聚团的粒度,提升浮选速率。冯程等<sup>[11]</sup>的研究内容发现了浮选前的搅拌调浆能够增大硫化矿物疏水聚团的粒度,提高了浮选速率的同时回收率也得到了提升。达娃卓玛等<sup>[12]</sup>通过在西藏甲玛某选厂应用调浆搅拌设备-改质机,使得 Cu、Au、Ag、Mo 等金属回收率均有不同程度的提升,从生产实际证明了调浆对矿物浮选效果的促进作用。三是通过搅拌调浆作用可以消除部分矿物颗粒的异向团聚作用,减小小颗粒脉石矿物夹

**[收稿日期]** 2023-10-26

**[第一作者]** 李超(1986—),男,河北唐山人,高级工程师,硕士,主要从事选矿工艺技术、绿色选矿药剂研发及产业化工作,现任矿冶科技集团有限公司北矿化学科技(沧州)有限公司市场部副主任。

**[引用格式]** 李超. CFD 数值模拟技术在矿物浮选调浆过程中的应用研究进展[J]. 有色设备,2023,37(6):6-11.

杂在目的矿物中进而非选择性上浮破坏浮选指标。虞力等<sup>[13]</sup>利用扫描电镜及浮选试验证明了强搅拌调浆可以改善钛辉石和钛铁矿颗粒之间的异相团聚现象,使得 TiO<sub>2</sub>精矿品位大幅提升。Eric 等<sup>[14]</sup>的研究通过高剪切搅拌调浆手段显著增加了铜浮选回收率和浮选速率,证明了高剪切调浆手段可以增加疏水颗粒的碰撞概率。张福亚等<sup>[15]</sup>采用高强度剪切调浆进行微细粒磷灰石浮选前处理,相比常规调浆手段,磷灰石浮选回收率提高了 10%。上述研究均可证明搅拌调浆对矿物浮选的重要性。

## 2 CFD 数值模拟技术在调浆搅拌槽研究中的应用

调浆搅拌对矿物浮选具有重要作用,因此对于调浆搅拌槽,设置合适的工艺参数对调浆效果至关重要。调浆效果与搅拌槽内部流场作用关联密切,搅拌槽内部流场除了受到搅拌槽本身结构的影响之外,还主要与搅拌转速和搅拌时间影响,而搅拌的强度和时、药剂在矿浆中的分散、溶解的难易程度以及浮选药剂与矿粒作用速度等因素相关<sup>[16]</sup>。调浆过程所涉及一般是固液两相体系,目前围绕搅拌槽的固液悬浮研究内容主要有两个方面:一是悬浮临界转速、搅拌功耗、颗粒浓度及尺寸分布、颗粒停留时间分布及悬浮高度的试验测试、理论分析和数值研究。二是如何提高悬浮性能,即保证搅拌槽内的固体颗粒在一段时间内维持较高的分布均匀程度,并尽可能的降低功耗<sup>[17]</sup>。

传统的试验研究方法虽然能够定性地反应容器内流场的宏观变化,但难以给出定量的结果,同时,因为试验用设备必须为透明容器,且受搅拌槽尺寸的限制,工业级别的搅拌槽很难用试验的方法进行定量的测量,即使部分参数可以进行测量,但所付出的成本也经常难以承受。因此,CFD 数值模拟技术在搅拌槽固液两相搅拌问题研究中的应用具有重要意义。

### 2.1 调浆搅拌过程中常用的数值模拟方法

固液两相流 CFD 数值模拟建模方法主要有欧拉法和拉格朗日法两种。在远小于颗粒的尺度上直接数值求解流体力学方程组的直接数值模拟(Direct Numerical Simulation, DNS)是最严格可靠的 CFD 方法,但对工业过程的时空尺度而言,其计算量在可预见的未来都是不可承受的。因此目前工程模拟均采

用将小尺度作时空平均的粗网格(coarse-grid)方法。目前常用的粗网格方法大致基于欧拉-欧拉(Eulerian-Eulerian, E-E)和欧拉-拉格朗日(Eulerian-Lagrangian, E-L)两类描述。其模拟均只有颗粒尺度以上的分辨率,需要子模型来描述流体与颗粒的小尺度行为及其相间作用<sup>[18]</sup>。在欧拉-欧拉方法中,不同的相被处理成被互相贯穿的连续介质,由一种相占据的体积无法再被其他相占有,引入相体积率的概念。体积率是时间和空间的连续函数,各相的体积率之和等于 1。从各相的守恒方程可以推导出—组方程,这些方程对所有的相都具有类似的形式。从试验得到的数据可以建立一些特定的关系,从而能够使上述方程组封闭,对于小颗粒流,可以使用分子运动理论使方程封闭。在欧拉-拉格朗日方法中,流体相被处理为连续相,直接求解时均纳维-斯托克斯方程,而离散相是通过计算流场中大量的粒子,气泡或是液滴的运动得到的。离散相和流体相之间可以有动量、质量和能量的交换。该模型的一个基本假设是,作为离散的相的体积比率应很低,即便如此,较大的质量加载率仍能满足。粒子或液滴运行轨迹的计算是独立的,它们被安排在流相计算的指定的间隙完成。对于固含率通常在 10% 以上的调浆过程,欧拉-欧拉模型更为适用。

为了更加精确描述桨叶附近流体的运动规律,对于该区域需要进行特殊处理。通常,桨叶区域的处理方法有滑移网格法(Slide grid, SG)、多重参考系法(Multiple reference frame, MRF)、浸入边界法(Immersed boundary method, IB)等<sup>[19]</sup>。滑移网格法是一种非定常算法,可以获得流场各个时刻的瞬态值。这种方法将桨叶区分为静区域和动区域,桨叶附近的网格随离散时间步长绕搅拌轴旋转,其他区域网格静止不动,两部分网格在交界面有相对滑移,通过交界面传递交换数据。这种计算方法能够比较真实的反应流场内流体的真实运动,但缺点是计算量较大。多重参考系法是一种稳态方法,区域划分和滑移网格方法一致,区别在于,动区域采用旋转坐标系,静区域采用静态坐标系,计算量相比滑移网格法小。上述两种方法在搅拌调浆数值模拟中较为常见。

流场中流体的运动规律与流场中的湍流形态息息相关,因此,要使用 CFD 技术精确计算流场中的物理量,选择合理的湍流模型至关重要。常用的固

液搅拌数值模拟湍流模型有雷诺时均模型 (RANS) (包括标准  $k-\varepsilon$  模型、relizable  $k-\varepsilon$  模型、RNG  $k-\varepsilon$  模型、雷诺应力模型等)、大涡模拟 (LES) 以及直接数值模拟 (DNS)。此外,符合真实情况的相间作用力模型也是必要的,相间作用力通常包含曳力、升力、质量附加力、basset 力、湍流扩散力,其中以曳力最为重要,其他力相比曳力,在大部分情况下为了数值计算的可行性和便捷性可以忽略不计。曳力模型通常为理论推导结合试验总结出的经验模型,有 Schiller - Naumann 模型、Morsi - Alexander 模型、Grace 模型、Ishii - Zuber 模型、Gibilaro 模型、Gidaspow 模型、Brucato 模型、Huilin - Gidaspow 模型、Wen 和 Yu 模型等,其中以 Gidaspow 模型和 Brucato 模型应用最为广泛。Tamburini 等<sup>[20]</sup>评估了曳力和湍流模型在预测搅拌槽中固相物料的悬浮颗粒百分比、沉积高度及颗粒分布特性中的适用性,Gidaspow 模型比 Brucato 模型精确度更高,更可靠。上述两个曳力模型在搅拌调浆过程中应用更多。

## 2.2 调浆搅拌数值模拟

CFD 技术在矿物浮选调浆搅拌过程的应用主要在以下几个方面:调浆搅拌槽设备结构的设计优化;在满足工艺要求的前提下,优化工艺参数,降低能耗;研究不同的调浆搅拌参数与浮选指标间的对应关系;描述调浆过程中设备内部的流场,研究矿浆、颗粒在流场中的运动规律,通过机理研究探寻有利于特定矿物调浆搅拌效果的流场形式,通过构建设备、工艺参数等为矿物调浆创造有利的流场环境等。

### 2.2.1 进行搅拌槽设备结构优化设计

搅拌槽结构对调浆过程中的内部流场具有重要影响。合理的设备结构有助于矿浆与药剂的充分接触,减少流场中的“死区”。科研人员利用 CFD 技术通过对不同结构设备内部的流场进行模拟及实验研究,来设计更适合矿物调浆过程的设备结构。

陈强等<sup>[21]</sup>利用 CFD 数值模拟技术研究对比了常规直筒型导流筒调浆搅拌槽和具备特殊形式导流筒的 CK 系列和 BK 系列调浆搅拌槽的内部流场,证明 CK、BK 系列搅拌槽结构既能够加强轴向流动,又具有循环量大、混合时间短,上升行程长等优点,还可以防止沉槽,具有更加合理设备结构。此外,还使用 CFD 技术对三组不同类型的双叶轮调浆搅拌槽流场进行了数值模拟,分析比较了搅拌槽内流场特

性以及相应的功耗,对搅拌槽的结构进行了优化设计<sup>[22]</sup>。CK、BK 搅拌槽结构示意图分别见图 1、图 2。

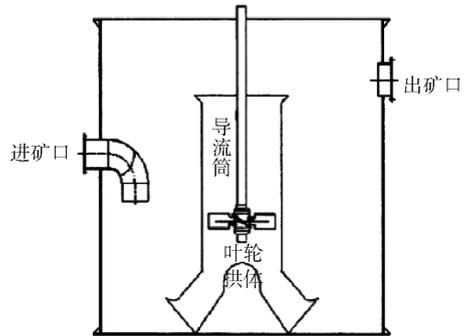


图 1 CK 搅拌槽结构图

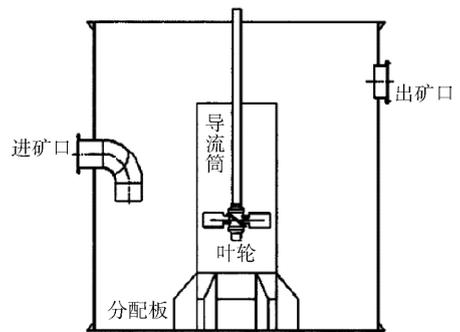


图 2 BK 搅拌槽结构图

YANG 等<sup>[23]</sup>利用 CFD 数值模拟技术开发了一种新型分形叶轮用于浮选调浆设备,发现在强湍流和高剪切环境下矿物颗粒的接触角增大,即矿物颗粒更加易于与药剂发生吸附,从而提升调浆效果。

Hoseini 等<sup>[24]</sup>利用 CFD 流固耦合分析优化了搅拌槽叶轮,相比标准 Rushton 叶轮,新型叶轮效率提升了 48%,同时搅拌轴应力更低,优化了设备结构。

### 2.2.2 提高设备效率,降低能耗

能耗与工业企业经济效益息息相关,在满足生产工艺要求的前提下,降低设备能耗意义重大。使用 CFD 技术对搅拌调浆过程进行模拟,研究最佳工艺参数,研究人员也做了大量的工作,并取得了研究成果。

Ameur 等<sup>[25]</sup>对搅拌反应器内四种不同型式叶轮诱导的流体能量效率进行了对比研究。

刘丽艳等<sup>[26]</sup>利用 CFD 数值模拟技术研究了粉煤灰预处理浆液槽的流场分析和搅拌参数优化。使用欧拉-欧拉多相流模型,采用多重参考系法,RNG  $k-\varepsilon$  湍流模型以及 Gidaspow 相间曳力模型对搅拌槽内的流场进行了数值模拟。得到了颗粒粒径与最

优搅拌转速的关系,在满足产品质量的前提下,通过优化搅拌参数,降低了 30% 能耗。

Mule 等<sup>[27]</sup>研究了分形叶轮结构对功率消耗、混合时间和流体型式等的影响,功率消耗随着叶片数量的增加而升高,而单位功率消耗的混合效率基本相同。

苟炳中等<sup>[28]</sup>使用一种带三层错位 45° 齿型叶轮的搅拌槽(图 3),使用 CFD 数值模拟技术研究了矿物颗粒粒径、转速对搅拌功率的影响。结果表明,颗粒粒径越大、转速越高,搅拌功率越高,能耗越大,且转速对搅拌功率的影响更大。

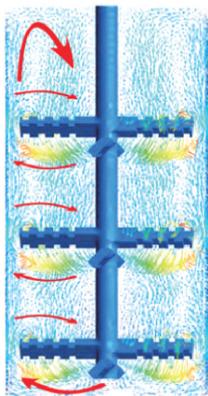


图 3 三层错位齿型搅拌槽内颗粒运动速度矢量图

### 2.2.3 研究搅拌调浆工艺参数对浮选指标的影响

众多研究表明,无论是有色金属矿浮选还是煤的浮选,搅拌调浆过程对后续浮选流程均有明显益处,很多研究人员通过后续流程的浮选指标来判定搅拌调浆过程的效果。

张峰<sup>[29]</sup>利用 CFD 数值模拟技术,对煤泥浮选动力学进行研究,对调浆搅拌槽进行了数值模拟,研究了搅拌过程中湍流耗散率、单位体积搅拌功率、剪切速率等对精煤产率、灰分及浮选速度的影响。结果表明存在一个最优参数使精煤的产率和浮选速度最大。

令狐志强<sup>[30]</sup>使用 CFD 技术对双向推流搅拌桶内部不同结构下的流场进行了模拟,探寻了不同流场条件与煤泥浮选指标间的关系,确定了最佳的调浆搅拌参数和设备结构参数。

### 2.2.4 调浆过程机理研究

矿物调浆是复杂的固液混合过程,过程机理的理论研究单纯依靠试验并不可行,CFD 数值模拟技术给人们提供了一种便利有效的手段,研究人员采

用试验与数值模拟相结合的方法,对调浆过程机理做了需要研究工作,借助机理研究的

杨露<sup>[31]</sup>研究了基于湍流场特性的调浆过程强化机理。使用欧拉-欧拉两相流模型研究了湍流场条件下不同粒径固相颗粒体积分数的分布特性,分析了不同湍流场型式下固相颗粒对流场内湍流涡耗散微尺度的影响行为。此外还研究了搅拌槽内固相颗粒悬浮分散性能与湍流涡耗散微尺度及湍流强度间的作用关系,即湍流涡耗散微尺度对不同粒径颗粒离底悬浮的作用程度不同。叶轮尾涡示意图如图 4。

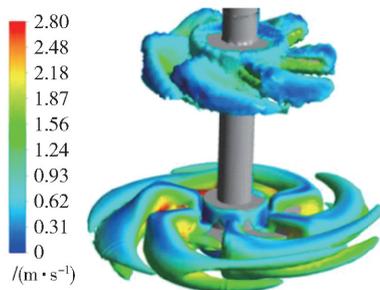


图 4 叶轮尾涡示意图

YAN 等<sup>[32]</sup>在一种无叶轮调浆装置中通过流场数值模拟研究了湍流对固体颗粒分散以及药剂吸附的影响,强湍流作用能够显著增加颗粒的疏水化,以及矿物颗粒与药剂的吸附作用,但同时也发现湍流作用达到一定程度后也会导致已与矿物颗粒吸附的药剂解吸。许宁<sup>[33]</sup>、张峻彦等<sup>[34]</sup>对煤泥浮选的试验研究也证实了上述结论。湍流对颗粒分散以及药剂在矿物颗粒表面的吸附存在适配区,创造合适的湍流环境对调浆效果至关重要。

张海军等<sup>[35]</sup>研究了煤泥调浆强化作用机理,对调浆搅拌过程进行了数值模拟,得到了调浆搅拌槽内湍流耗散率分布规律以及叶轮转速与最小涡尺度的关系。通过测定颗粒包覆角,观测不同流场环境下药剂与颗粒的吸附情况(图 5)。利用最小涡尺度、叶轮转速、湍流耗散率与精煤浮选产率之间的关系,开发了高效煤泥搅拌调浆设备。

## 3 展望

利用 CFD 技术进行调浆搅拌过程机理研究,目前主要还是集中在煤泥浮选领域,因为煤泥浮选工艺流程通常较短,浮选药剂相对单一,浮选指标对调浆搅拌效果的反馈具有较强的敏感性,业内公认调

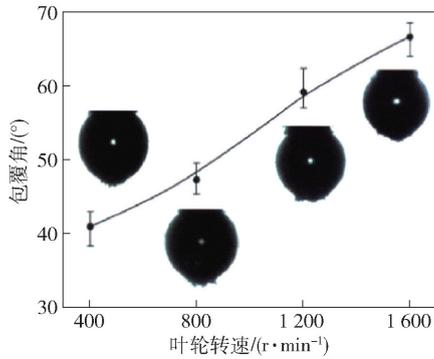


图5 不同叶轮转速时颗粒包覆角

浆搅拌过程对煤泥浮选影响至关重要。即使如此,对煤泥浮选调浆过程中搅拌参数与浮选药剂吸附量之间的机理研究仍然较少<sup>[35]</sup>,需要进一步的探索和研究。与此同时,有色金属矿物因其矿物类型、浮选药剂种类繁多,浮选工艺流程通常较长,传统的重点主要集中在浮选工艺流程设计、针对特定矿物的特效浮选药剂的研发,对于调浆过程重视程度不足。相关研究已经表明,浮选调浆对有色金属浮选同样具有重要意义,但目前选矿厂在实际生产过程中仍然没有对与调浆环节进行精细化的调控,导致调浆质量不高、能耗不经济,影响浮选指标进而影响选矿厂经济效益。因此,对有色金属矿物浮选前的调浆进行科学深入的研究具有十分重要的意义,例如从药剂分散程度、矿浆和药剂的混合程度或者药剂吸附的状态等方面对调浆搅拌槽的效果提出更直接的判断。不同的矿石需要的搅拌条件不同,需进行有针对性的改进,具有十分广泛的应用前景<sup>[37]</sup>。

#### [参考文献]

[1] 顾幅华,李青柯,巫鑫东,等.微细粒矿物浮选技术在磨矿-调浆-分选体系的研究进展[J].矿冶工程,2023,43(2):40-43.

[2] 董干国,王青芬,陈强,等.调浆搅拌槽研究与应用[J].有色金属(选矿部分),2013(Z):230-235.

[3] 宋国阳,严思勤,刘杰,等.搅拌强度变化对煤泥浮选中药剂吸附的影响[J].煤炭技术,2018,37(12):338-340.

[4] 田立新.调浆强度对浮选效果的影响试验研究[J].山西焦煤科技,2020(7):19-24.

[5] 王凯敏.高剪切调浆技术对煤泥浮选效果的影响研究[J].山东煤炭科技,2020(10):195-197.

[6] 徐中金,陶秀祥,胡忠波.开滦地区煤泥浮选的搅拌调浆实验研究[J].煤炭工程,2011(7):92-94.

[7] 曾红久.调浆对低阶煤浮选的影响及其机理研究[J].煤

炭工程,2023,55(7):165-170.

[8] T. 内格里.浮选矿浆调浆强度的测定和按比例放大[J].国外金属矿选矿,2007(4):22-25.

[9] 董英择,卢毅屏,马忠鑫,等.调浆强度对磁黄铁矿表面组分的影响[J].中南大学学报(自然科学版),2017,48(2):277-281.

[10] Yu Y, Ma L, Wu L, et al. The role of surface cleaning in high intensity conditioning [J]. Powder Technology, 2017, 319: 26-33.

[11] 冯程,卢毅屏,冯其明,等.强搅拌调浆对硫化镍矿浮选的作用[J].中南大学学报(自然科学版),2016,47(11):3621-3626.

[12] 达娃卓玛,刘子龙,解钊,等.强化调浆技术及设备在西藏甲玛某选矿厂的应用[J].矿产综合利用,2023(2):41-51.

[13] 虞力,孟庆有,袁志涛,等.基于高强度调浆的钛铁矿浮选研究[J].东北大学学报(自然科学版),2023,44(4):573-580.

[14] Tabosa E, Rubio J. Flotation of copper sulphides assisted by high intensity conditioning (HIC) and concentrate recirculation [J]. Minerals Engineering, 2010, 23 (15): 1198-1206.

[15] 张福亚,张明,侯孝安,等.高强度调浆对微细粒磷灰石浮选效果的影响[J].矿冶,2022,31(4):139-145.

[16] 陈有文,朱凯,朱剑,等.高效调浆搅拌槽流场的数值模拟[J].矿冶工程,2016(36):215-217.

[17] 杨峰苓,周慎杰.搅拌固液悬浮研究进展[J].化工学报,2017,68(6):2233-2248.

[18] 常麒.基于直接数值模拟的液固两相流动与传热研究[D].天津:天津大学,2021.

[19] 王超,李园,李志鹏,等.固液搅拌反应器数值模拟研究进展[J].北京化工大学学报(自然科学版),2016,43(1):1-12.

[20] Tamburini A, Cipollina A, Micale G, et al. Influence of drag and turbulence modelling on CFD predictions of solid liquid suspensions in stirred vessels [J]. Chemical Engineering Research and Design, 2014, 92: 1045-1063.

[21] 陈强,张建辉,董干国,等.不同导流筒结构的调浆搅拌槽流场分析[J].有色金属(选矿部分),2014(6):75-79.

[22] 陈强,张建辉,张明,等.双叶轮调浆搅拌槽流场特性分析[J].矿冶工程,2016,8(36):218-222.

[23] YANG S C, MA W M, CHAI W C, et al. Hydrodynamics intensification and interface control in the flotation conditioning process using fractal impellers [J]. Separation and Purification Technology, 2024, 1(328): 1-9.

- [24] S. S. Hoserni, B. Ghobadian, A. H. Akbarzadeh. Impeller shape-optimization of stirred-tank reactor: CFD and fluid structure interaction analyses[J]. *Chemical Engineer Journal*, 413 (2021):127497.
- [25] Ameer H. Energy efficiency of different impellers in stirred tank reactors [J]. *Energy*, 2015, 93: 1980 – 1988.
- [26] 刘丽艳,李晨辰,朱国瑞,等. 粉煤灰预处理浆液槽流场分析与搅拌参数优化[J]. *天津大学学报(自然科学与工程技术版)*, 2017, 50(1): 77 – 83.
- [27] Mule G, Lohia R, Kulkarni A. Effect of number of branches on the performance of fractal impeller in a stirred tank: mixing and hydrodynamics[J]. *Chemical Engineering Research and Design*, 2016, 108: 64 – 175.
- [28] 苟炳中,孙春宝,寇珏. 强力搅拌机搅拌调浆固液混合数值模拟[J]. *矿业研究与开发*, 2022, 42(3): 134 – 139.
- [29] 张峰. 高剪切调浆煤泥浮选动力学研究[D]. 太原:太原理工大学, 2016.
- [30] 令狐志强. 双向推流搅拌桶的数值模拟和试验研究[D]. 太原:太原理工大学, 2011.
- [31] 杨露. 基于湍流场特性的调浆过程强化机理研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 2020.
- [32] YAN X K, WANG W J, ZHANG H J, et al. Enhancement of liquid-solid mixing and particle hydrophobization by an impeller-less flotation pulp conditioning device[J]. *Mineral Engineering*, 2022, 190: 1 – 10.
- [33] 许宁. 调浆搅拌条件对煤泥浮选效果的影响[J]. *广州化工*, 2018, 46(5): 56 – 57.
- [34] 张峻彦. 高剪切调浆对煤泥浮选效果的影响研究[J]. *选煤技术*, 2018(6): 51 – 59.
- [35] 张海军,王海楠,陈瑞丰,等. 煤泥调浆湍流强化作用机理与新型涡流强化调浆过程[J]. *煤炭学报*, 2022, 47(2): 934 – 944.
- [36] 扬帆,朱宏政,张勇,等. 煤泥浮选调浆过程能量输入优化研究[J]. *煤炭工程*, 2022, 54(7): 164 – 169.
- [37] 张福亚. 矿浆预处理设备的研究进展[J]. *金属矿山*, 2019(1): 1 – 6.

## Research progress on the application of CFD numerical simulation technology in mineral flotation slurry mixing process

LI Chao

**Abstract:** Mixing and stirring is an important pre-treatment process before mineral flotation, which can clean the surface of mineral particles, create good particle suspension conditions, fully mix and contact mineral particles with flotation reagents, thereby saving reagent dosage and improving flotation indicators. Research has shown that the appropriate flow field environment and process parameters in the mixing tank play an important role in the mixing effect. In order to better study the motion law of fluid in the stirred tank and the mechanism of action between reagents and mineral particles, computational fluid dynamics (CFD) was used to numerically simulate the mixing process, and combined with experimental methods, researchers have already done a lot of scientific research work. This article provides a brief introduction to the numerical simulation technology of solid-liquid mixing involved in the slurry mixing process, reviews the research and achievements of previous researchers using CFD technology in the field of flotation slurry mixing, and prospects the research direction of CFD technology in the flotation slurry mixing process.

**Key words:** mineral flotation; slurry mixing; solid-liquid stirring; CFD

