

浮选设备研究与应用

FUXUAN SHEBEI YANJIU YU YINGYONG

沈政昌 史帅星 陈东 张跃军 等著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

浮选设备研究与应用

沈政昌 史帅星 陈东 张跃军 等著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2017

内 容 提 要

本书是作者及其研究团队多年发表论文的汇编。本论文集以浮选设备历史发展为主线,总结了我国浮选设备的重要研究成果,内容共分四个方面,分别介绍了自吸气浮选机、外充气浮选机、专用浮选机及浮选柱的研究与应用等。本书明确了浮选设备的发展方向,意在与技术人员分享我国现有浮选技术理论及成功应用经验,促进浮选设备发展和走在世界前列,以为其相关应用领域创造更大的价值。

本书技术内容丰富,可供相关专业的科技工作者与高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

浮选设备研究与应用/沈政昌等著. —北京:冶金工业出版社,
2017.7

ISBN 978-7-5024-7528-4

I. ①浮… II. ①沈… III. ①浮选设备—研究 IV. ①TD456

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017) 第 120128 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 徐银河 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7528-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2017 年 7 月第 1 版,2017 年 7 月第 1 次印刷

169mm×239mm;24.75 印张;4 彩页;494 千字;390 页

96.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)





刘振春教授近照



刘振春教授指导浮选机试验



刘振春教授讲解粗颗粒矿物浮选动力学理论



刘振春教授指导浮选机流场 PIV 测试



刘振春教授指导浮选机叶轮设计



刘振春教授指导浮选机内两相流测试



刘振春教授在吉林珲春留影



KYF-160 浮选机



KYF-200 浮选机



KYF-320 浮选机



江西铜业德兴铜矿泗洲选厂 KYZ-4315/3612/3009 浮选柱使用现场



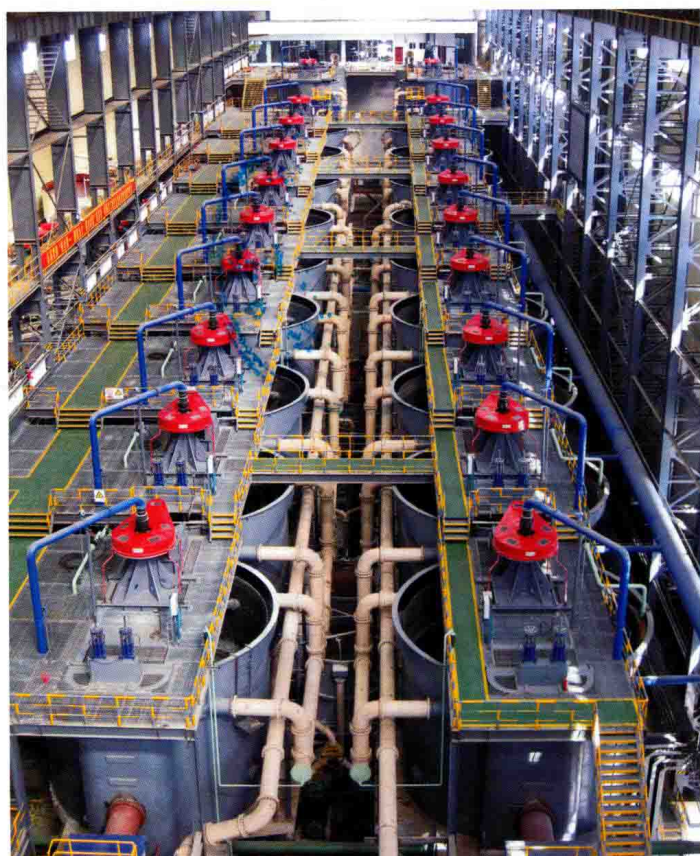
中国黄金乌努格吐山铜钼矿项目 KYF-160 浮选机使用现场



昆钢大红山铁矿项目 KYF-200 浮选机使用现场



中铝秘鲁 TOROMOCHO 项目 KYZ-4314 浮选柱使用现场



中铁资源伊春鹿鸣项目 KYF-320 浮选机使用现场

前 言

我国从20世纪60年代才开始对浮选装备理论、技术和应用进行研究,半个多世纪以来,在几代科研人员的努力下,自吸气浮选机、外充气浮选机、专用浮选机和浮选柱的研究和应用取得了显著的进步,设备综合性能及技术经济指标均达到国际领先水平,使我国成为世界上掌握大型浮选机关键技术的三个国家之一。这些成就的取得是几代科研人员共同努力和拼搏的结果。在第一代科研人员中,刘振春、谢百之、邱广泰、张鸿甲、韩寿林、邹介斧等作出了卓越的贡献,他们不仅为浮选装备的发展奠定了基础、指明了方向,为我国在该领域取得领先地位打下了坚实基础,并带出了一支敢于拼搏、勇于创新的浮选装备研究团队。

为了感谢以刘振春教授为代表的第一代科研人员为我国浮选装备研究所作出的贡献,在刘振春教授从事科技工作60周年之际,本书作者将研究团队30多年来在国内外发表的论文进行了归纳与梳理,精选出40余篇优秀论文正式出版,意在与相关科技人员分享我国现有浮选装备研究的成果,促使浮选装备及其相关领域更加健康地发展。

在此,对浮选装备研究团队为本书的出版作出的努力表示衷心的感谢,特别要感谢刘振春、邹介斧、谢百之、张鸿甲、邱广泰、韩寿林、蒋承基、刘桂芝、夏晓鸥、刘惠林、卢世杰、赖茂河、董干国、杨丽君、韩登峰、周宏喜、刘承帅、杨文旺、武涛、谭明、张明、吴峰、陈强、韩志彬、樊学赛等对本书出版的贡献。

由于各论文发表时间跨度大,随着科技的发展,早期某些论文的观点不尽正确,加之作者水平所限,不妥之处,恳请读者及同行不吝指教。

作 者

2017年5月

目 录

浮选设备历史、现状及发展趋势	沈政昌 史帅星 陈 东 张跃军	1
JJF 型浮选机的设计及工业实践	刘振春 沈政昌	44
SF II 型浮选机的研制	刘桂芝	54
SF 和 JJF 型浮选机联合机组	张鸿甲 谢百之 刘桂芝	62
GF 型机械搅拌式浮选机研究	卢世杰 沈政昌 宋晓明	68
大型浮选机的发展概况及评述	谢百之 刘振春 邹介斧	75
JJF-130 大型机械搅拌式浮选机研究与设计	沈政昌 卢世杰 陈 东 杨丽君 史帅星	84
KYF-16 浮选机	刘振春 邹介斧 谢百之	90
KYF-38 浮选机	邹介斧 刘振春 沈政昌	100
XCF 自吸浆充气机械搅拌式浮选机	沈政昌 刘振春	109
大型 XCF/KYF-24 充气机械搅拌式浮选机联合机组的研制	刘惠林 刘振春	117
CHF-X3.5 充气机械搅拌式浮选机工业试验		123
CHF-X14 充气机械搅拌式浮选机工业试验		133
LCH-X5 浮选机的研制	邱广泰 沈政昌	148
XJZ 系列机械搅拌式浮选机的研制与应用	韩寿林	159
KYF-50 充气机械搅拌式浮选机研制 ...	沈政昌 刘振春 卢世杰 张晓智	163
160m ³ 浮选机浮选动力学研究	沈政昌	172
200m ³ 超大型充气机械搅拌式浮选机设计与研究	沈政昌	178
320m ³ 充气机械搅拌式浮选机研究	杨丽君 陈 东 沈政昌	185
Experimental and Computational Analysis of the Impeller Angle in a Flotation Cell by PIV and CFD	Shi Shuaxing Zhang Ming Fan Xuesai Chen Dong	194
Flow Field Test and Analysis of KYF Flotation Cell by PIV	Zhang Yuejun Tan Ming Wu Tao Feng Tianran	210
Analysis of Flow Field in the KYF Flotation Cell by CFD	Dong Ganguo Zhang Ming Yang Lijun Wu Feng	217
闪速浮选的理论与实践	夏晓鸥	225

CLF 粗粒浮选机的研制	刘振春 沈政昌 刘惠林	242
粗粒浮选机设计原则	沈政昌 刘振春 吴亦瑞	252
适用于粗颗粒选别的浮选机叶轮动力学研究	史帅星 赖茂河 冯天然 周宏喜	260
Recover Phosphorite from Coarse Particle Magnetic Ore by Flotation	Shi Shuaixing Zhang Ming Tan Ming Lai Maohe	268
冶炼炉渣及粗颗粒浮选机的工业试验及应用研究	陈 东 杨丽君 赖茂河 张跃军	282
Study on Flotation Technique to Recycle Copper from Tailings	Chen Dong Yu Yue	289
CLF 浮选机对粗颗粒钛铁浮选工艺适应性研究	张跃军 韩登峰 冯天然 陈 东	298
Numerical Simulation of Flotation Circuit for Kakoxene Ore Processing	Zhang Yuejun Tan Ming Wu Tao Feng Tianran	305
浮选柱的研究	蒋承基 韩寿林 刘振春 邱广泰 邹介斧	312
浮选柱旋流式充气器工业试验	韩寿林 曾永华 张鸿甲	324
水气喷射充气器的研究及应用	张鸿甲	331
KYZ-B 浮选柱气液两相流数值模拟与试验研究	沈政昌 卢世杰 张跃军	337
KYZ-B 型浮选柱系统的设计研究	沈政昌 史帅星 卢世杰	344
KYZ4380B 型浮选柱系统研究与应用	卢世杰 史帅星 周宏喜 刘承帅	353
KYZE 型浮选柱的发展和应用	赖茂河 史帅星 武 涛 周宏喜 付和生	361
超声波对浮选柱选钼过程中细粒尾矿再选的试验研究	杨丽君 梁殿印 韩登峰 沈政昌	368
基于给矿速率的 KYZ-B 型浮选柱试验选型数学模型的建立与分析	韩登峰	378
后记		385

浮选设备历史、现状及发展趋势

沈政昌 史帅星 陈 东 张跃军

(北京矿冶研究总院, 北京, 100160)

摘 要: 本文在总结国内外文献的基础上, 从设备研究和应用两个主要方面阐述了浮选机和浮选柱的发展历史、现状及趋势。

关键词: 浮选机; 浮选柱; 研究与应用; 发展历史及趋势

Flotation Equipment History, Current Situation and Development Trend

Shen Zhengchang Shi Shuaixing Chen Dong Zhang Yuejun

(Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing, 100160)

Abstract: On the basis of summarizing the domestic and foreign literatures, flotation equipment history, current situation and development trend is demonstrated in this paper from two aspects of research and application.

Keywords: flotation cell; flotation column; research and application; history and development trend

浮选是一种根据矿物颗粒表面物理化学性质的不同, 从矿石中分离有用矿物的选矿方法。世界上有 90% 的有色金属和 50% 以上的黑色金属采用浮选法处理。早在我国古代, 浮选法就已经被用于金银淘洗加工过程中, 直到 19 世纪末, 浮选法才被正式提出。从 1904 年浮选设备在澳大利亚首次获得工业应用^[1] 至今已有 100 多年的历史, 浮选设备在多样化、大型化和自动化方面取得了显著的技术进步, 目前已广泛应用于冶金、造纸、农业、食品、医药、微生物、环保等领域。

1 浮选机历史及现状

1.1 历史概述

1.1.1 古代浮选

早在我国明朝, 浮选就被应用于医药和冶金行业。在医药方面, 利用矿物表

面的天然疏水性来净化朱砂、滑石等矿质药物,使矿物细粉漂浮于水面之上,而与下沉的脉石分开^[2]。在冶金方面,在金银淘洗加工过程中,利用金粉的天然疏水性及亲油性,将鹅毛蘸上油去刮取浮在水面的金粉,使其与尘土等亲水性的杂质分离。18世纪人们已知道气体黏附固体粒子上升至水面的现象;19世纪时人们就曾用气化或加酸与碳酸盐矿物反应产生的气泡浮选石墨。当时并没有专门的浮选设备。

1.1.2 近代浮选

19世纪末期,由于对金属的需求量不断增加,能用重选处理的粗粒铅、锌、铜硫化矿的资源逐渐减少,为了选别细粒矿石,浮选作为一种选矿方法被明确提出。1903年埃尔默提出混合油浮选法,该法被认为是现代浮选的起点。随后,浮选工艺取得了快速的发展,浮选设备的研制工作也相继展开。1909年,Goover T制造了用于泡沫浮选的第一台多槽叶轮搅拌装置。1913年,John Callow发明充气式浮选机,Robert Towne和Frederick Flinn发明了充气式浮选柱。1914年,Callow G获得从槽子多孔假底喷入空气的浮选设备专利。1915年,Durrel制造出喷射式浮选机的样机^[3]。20世纪20年代,为了满足当时蓬勃发展的电力行业用铜的需求,国外制造商开发出各类型机械搅拌式浮选机和充气式机械搅拌浮选机。从1930年开始,随着市场对铜金属的需求一落千丈,新型浮选机研制一度停滞。到1945年二战结束时,虽然充气式浮选机还在使用,但机械搅拌式浮选机已经成为当时运用最广泛的浮选机类型。当时,一个大型选矿厂要采用数百台的 2m^3 左右的浮选槽,建设、管理和运行成本很高。

根据浮选设备的发展历史,本文以1960年浮选机再度繁荣为界,分两个阶段来叙述国内外浮选机的特点。

1.1.3 1960年以前

从1903年浮选概念的提出到1960年,各种浮选设备不断涌现,由于当时对浮选工艺和浮选设备的认识还不够深入,很多浮选设备很快被市场淘汰。该时期的浮选设备多为小型机械搅拌式浮选机和充气式浮选机,当时使用最广泛的浮选机是Minerals Separation浮选机、Callow浮选机、Fahrenwald Denver浮选机、Fagergren Wemco浮选机、Agitair浮选机和米哈诺布尔浮选机等。

(1) Minerals Separation浮选机。Minerals Separation公司是最早的浮选设备制造商,1910年,该公司已成为浮选行业的技术引领者。Minerals Separation公司生产了三种浮选机^[4]分别是:基于由1913年Hebbard申请专利的最早的浮选机(见图1);1926年由Wilkinson和Littleford申请了专利的Sub-A型浮选机(见图2),该浮选机槽体的设计成为此后浮选机槽体的设计标准;由Taggart发

明的 countercurrent 浮选机（见图 3），该浮选机设计与丹佛浮选机大致类似，不同之处在于泡沫槽之间由上部敞口的挡板间隔开，这易于矿浆在该点实现对流，顺流矿浆能通过假底上的豁口实现循环。Minerals Separation 浮选机直到 19 世纪 60 年代依然应用于各大矿山，如 1963 年 Bancroft Mines' Konkola 选矿厂用于除硫^[5]，1966 年在北爱德华州的 Silver Summit 选矿厂用于精选^[6]。这足以证明该浮选机在当时的优越性。

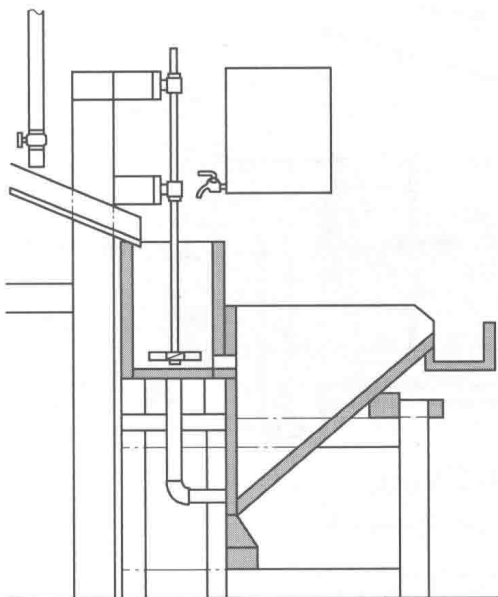


图 1 Minerals Separation 公司标准式浮选机
Fig. 1 Minerals Separation standard flotation cell

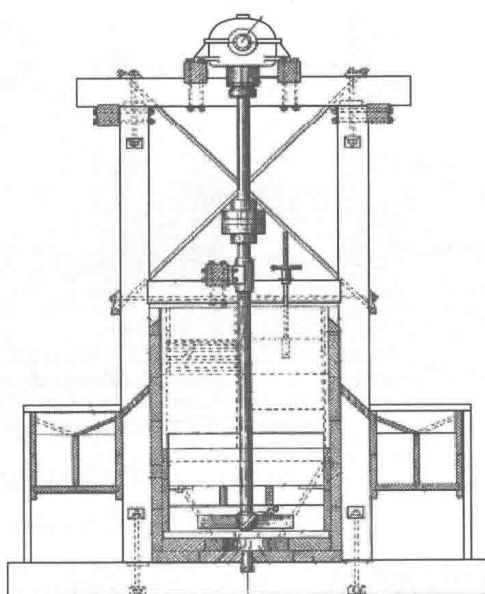


图 2 Minerals Separation Sub-A 浮选机
Fig. 2 Minerals Separation Sub-A flotation cell

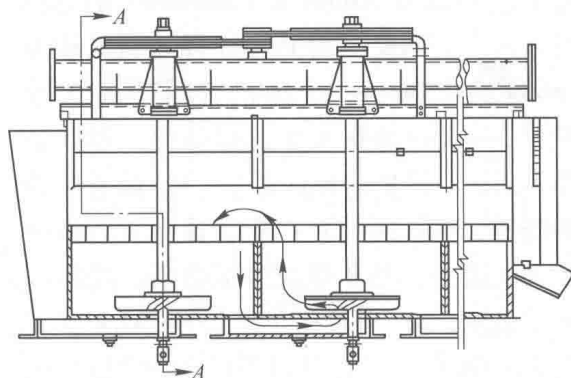
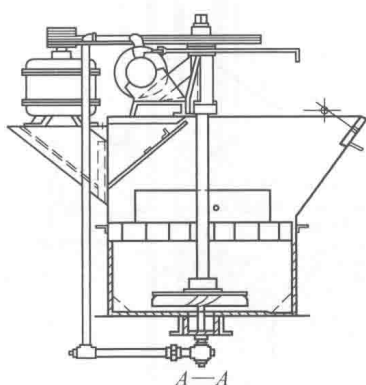


图 3 Minerals Separation 对流式浮选机
Fig. 3 Minerals Separation countercurrent flotation cell

(2) Callow 浮选机。Callow 浮选机是由 John Callow 发明的一种充气式浮选