

选矿丛书

浮选新设备及其应用

北京矿冶研究总院 韩寿林 编著

中国选矿科技情报网

一九八七年

选矿
浮选
PDG

编 者 的 话

《浮选新设备及其应用》是中国选矿科技情报网组织编辑出版的《选矿丛书》之一。

作者以廿年来国内外浮选设备最新资料为依据，在本书中重点介绍了性能较佳的多种浮选设备及其应用实例，旨在为从事这方面工作的工程技术人员提供较新的参考资料。

本书所载内容曾在中国有色金属工业总公司金川有色金属公司选矿技术干部知识更新班、和在北京矿冶研究总院选矿设备研究人员技术培训班上系统地讲授过。承蒙中国选矿科技情报网赵涌泉高级工程师等同志大力支持，又蒙李永蔚高级工程师精心审校提高质量，为此，深表谢意。

鉴于作者水平有限，书中错误难免，恳请读者及时赐教，以便早日改正。

韩寿林

目 录

绪言	(1)
第一章 大型浮选机	(4)
§ 1-1. 维姆科机械搅拌式浮选机	(5)
§ 1-2. 阿基泰尔充气机械搅拌式浮选机	(11)
§ 1-3. 丹佛D-R型充气机械搅拌式浮选机	(15)
§ 1-4. 奥托昆普OK型充气机械搅拌式浮选机	(23)
§ 1-5. 道尔—奥利弗充气机械搅拌式浮选机	(29)
§ 1-6. 布斯机械搅拌式浮选机	(31)
§ 1-7. 阿克充气机械搅拌式浮选机	(32)
§ 1-8. 马克斯威尔充气机械搅拌式浮选机	(33)
§ 1-9. 萨拉AS型充气机械搅拌式浮选机	(38)
第二章 中小型新浮选机	(42)
§ 2-1. 棒形浮选机	(42)
§ 2-2. 环射式浮选机	(45)
§ 2-3. LCH-X型浮选机	(46)
§ 2-4. BK ₁ 、BK ₂ 型组合式浮选机	(48)
第三章 粗粒矿物浮选机	(51)
§ 3-1. 沸腾层浮选机	(52)
§ 2-2. 泡沫分离浮选机	(55)
§ 3-3. 预先接触浮选机	(58)
§ 3-4. 米哈诺布尔泡沫分选机	(59)
§ 3-5. 闪速浮选用SK型浮选机	(60)
第四章 无搅拌压气式(浮选柱和达夫克拉浮选槽)浮选机	(61)
§ 4-1. 加拿大浮选柱	(62)
§ 4-2. 英国利兹浮选柱	(66)
§ 4-3. 苏联浮选柱	(69)
§ 4-4. 美国浮选柱	(75)
§ 4-5. 澳大利亚达夫克拉浮选槽	(76)
§ 4-6. 国内浮选柱	(81)
第五章 有关浮选设备的几个问题	(92)
附表 主要浮选机技术特性	(98)
主要参考文献	(103)

绪 言

考古学研究发现,人类远在原始时代就开始利用岩石和矿物,旧石器时代,已经懂得大约20种矿物,新石器时代,知道的矿物增加到接近40种,公元前5000年左右,时值石器时代晚期,人们除了懂得利用铜、金、银等自然金属,还能识别和有意识地去寻找上述金属矿物的富矿,并且,逐渐学会了开采这些矿石、和从中拣出富矿、炼出金属的本领。从而,使石器时代、通过金石并用时代逐渐过渡到铜器、青铜器以及铁器时代。到我国明代,已能利用铁、铜、铅、金、锌、汞等八种矿物资源。十八世纪末,欧洲的一些发达国家、随着资本主义的兴起、文化思想和科学技术都有了新的进展,在矿物研究方面,人们既习惯地注意矿物的物理特点,又进一步研究矿物的化学性质。十九世纪末,人类为了生存和发展,选矿工作者除了必须去加工以粗粒形式存在的简单矿物,还必须去处理以细粒形式存在的复杂矿物,和从大量重选废弃尾矿中回收有用矿物,这时,利用各种矿物表面物理化学性质不同而达到分选目的的浮选观念就开始萌芽。

在1906年,用机械搅拌引入空气的泡沫浮选法获得了专利权。1909年,又发现了松油的起泡作用。1910~1912年,正式生产机械式浮选机、并用它装备当时认为规模较大的浮选厂,从而,显示了浮选法的工业价值。1922年,又发现了氰化物的抑制作用,用以促进各种矿物的分离。1924年,进一步发现了黄药的捕收作用,用以强化各种矿物的回收。从而,促进了浮选理论和生产实践迅速向纵横发展。

目前,在选矿领域中,浮选已经成为选别矿物原料最重要的选矿方法。全世界90%以上的铜、铅、锌、钼、锑以及镍都是用浮选法回收的。美国蒂尔登选矿厂默萨比矿区氧化铁随岩选择性絮凝-脱泥-浮选法的投产使用,被誉为铁矿石选矿开始了一个新的阶段,换句话说,浮选技术又占领了一个新的高地。尽管在某些特殊情况下,已经出现化学法和细菌法选矿,但是在相当长的一段时间里,浮选法在矿物选别过程中仍然是主要方法,其原因是,随着世界性的资源枯竭,选矿处理矿物品位越来越低,矿物组成越来越复杂,可以肯定,当矿石磨到很细的时候,随着比表面积增加,矿物表面性质比其整体性质更占主导地位,也能预料,利用矿物表面物理化学性质差别的浮选方法,与利用矿物整体物理性质差别的其他选矿方法相比,更为有利。

此外,浮选法正在结合其他生产领域推广应用⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

(1) 结合冶炼过程。例如:从高炉渣或转炉渣中回收有价成份;从烟灰中回收有价金属;从电解残渣中回收有价金属;从锌蒸馏矿渣中回收焦炭;从铝冶炼渣中回收炭份;从铜电解阳极泥中回收金、银以及其他有价成份。

尤其是在国际镍公司所属的铜崖选矿厂里,把含有硫铁镍矿、磁硫铁矿、黄铁矿以及脉石的复杂混合精矿,用混合浮选法回收后,若立刻用优先浮选法进行分离则极为困难,只得先送到冶炼厂进行矿物处理,经过焙烧、反射炉、转炉等的处理,使它变为镍冰铜。并且通过慢慢冷却来进行粒度调整,以实现所谓人工矿物结晶的生成。这个结晶矿物是辉铜矿、针镍矿、铜镍合金,再把这些矿物粉碎到浮选允许的粒度,用磁选把铜镍合金分离后,再用优先

浮选法进行辉铜矿与针镍矿的分离，这样，就能得到含铜71.0%、镍6.5%的铜精矿、和含镍54.4%、铜17.3%的镍精矿。

适用于处理氧化铜矿的离析法，就是使金属铜先在炭粒上析出，然后用浮选法回收。

在金、银的氰化溶解法中，也能采用先把浸出在氰化液中的金吸附在木炭上，然后用浮选法回收。

(2) 结合食品工业。例如，用反浮选法可以把在大麦表面上生长了黑色菌的麦角和大麦分离开来，这是利用麦角表面比大麦表面更亲水的特性，其回收率达97%。麦角含有多种生物碱，可作药用。

此外，除去小麦和其他谷类中的外壳和杂质，例如，去掉小麦的表皮，就可用碳酸钠与某种油进行浮选。从马铃薯淀粉水中回收蛋白等物质都可采用浮选法。

一般来说，蛋白质、胶质、酶等都可用浮选法回收。

(3) 结合化学工业。例如：从无机物中浮选回收蜡、石蜡、萘以及染料等固态碳氢化合物，从食盐中分离氯化钾；从硫酸钠中分离食盐；从氯化铵中分离碳酸钠；以及从碳酸钠和硫酸钠中分离锂磷酸钠等，都可应用浮选法提纯。

(4) 结合造纸工业。例如：从纸浆废液中回收纤维、从抄纸过程排出的白水中分离纤维碎片、微细纤维、溶解物质、大量的颜料等浊物，采用离子浮选法，可除去硫酸盐制纸浆法造纸厂中重要的废弃物木质素。

(5) 结合三废处理。例如：从专烧重油的炉灰中（由于不完全燃烧而产生，或重油中原来就含有金属成份）回收有用成份；从照相的废胶片中回收银；用浮选法，使含高浓度脂质的霉菌富集在泡沫上而被分离；从肉类加工厂废水中回收脂肪质；从石油工业废水中，用浮选法回收残存的石油；用浮选法处理硫化染料、直接染料、阴丹士林染料、酸性染料等印染废水，可以得到极高的脱色率；此外，从废水中除去铜、锌、镉、汞、铬等重金属离子，都可应用浮选法。

(6) 在其他方面。例如：正在研究各种微生物（腊状芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、枯草杆菌以及粘质赛氏杆菌）的浮选；在大肠杆菌的浮选时，回收率可达99.99%。

还在研究核燃料再处理设施里排出的大量中能级和低能级的放射性废液中、溶存着的由于铀核分裂而产生的大量放射性核种、在这些放射性核种中的铯¹³⁷、锶⁹⁰、铪¹⁴⁴、钨¹⁰⁶以及锆⁹⁵应用浮选法回收。

根据上述情况可见，随着浮选法应用范围迅速扩大，也使它自身得到飞速发展。如今，它涉及的内容十分广泛，因此，需要人们对浮选的理论、方法、工艺、药剂、设备以及自动控制等方面分别进行研究。

通常所说的泡沫浮选法是当前用得最为广泛的浮选法，它是指矿石经破碎筛分、再加入适量的水进行磨矿分级，使之成为具有一定细度和浓度的矿浆，根据不同要求，再在其中加入一定数量和品种的浮选药剂，通过适当搅拌，使浮选药剂和矿石颗粒表面充分作用；这时，铜、铅、锌等金属矿粒其表面就呈现明显的疏水性（即不被水润湿），而石英等脉石颗粒其表面却呈现明显的亲水性（即易被水润湿）；把带有药剂的矿浆给入浮选设备中，该设备通过自吸或充入空气，就能在矿浆中产生大量微泡，同时，还能使矿粒保持悬浮状态；呈现疏水性表面的金属矿粒在运动过程中同微泡碰撞、并粘附其上，而使气泡矿化；矿化气泡因比重小于矿浆而上浮、直至浮选设备中矿液面的顶部，形成泡沫层；撇出表层泡沫，即获得

精矿；具有亲水性表面的脉石颗粒，无法粘附于气泡之上、下沉成为尾矿；如此就完成了矿物和脉石的分离过程，这就是所谓的正浮选法。反之，如果因添加另一种药剂等其他原因，使脉石颗粒表面呈现疏水性，这时，脉石颗粒也会粘附于气泡之上、并随之上升，撤出后成为尾矿；相反，而使金属矿粒表面呈现亲水性，被水润湿而下沉，排出获得精矿，这就是所谓的反浮选法。

普遍认为，从微观来讲，气泡矿化可通过两条途径来实现。一是气泡和矿粒接触法，另一是气泡在矿粒表面析出法。

接触法要经过下列步骤：

(1) 气泡和矿粒互相接近；

这主要是依靠浮选设备中矿浆运动造成的。当然，它还牵涉到空气耗量和气泡直径，空气耗量越大、气泡直径越小、产生的气泡数量就越多；矿浆浓度越大、单位体积矿浆中矿粒的数量就越多；这时，气泡和矿粒两者接近的几率也就越大。

(2) 气泡和矿粒间的液层破裂；

因矿粒表面呈现疏水性，它和气泡间的液层就容易破裂。相反，因脉石表面呈现亲水性，它和气泡间的液层就比较牢固，这时，如想进一步使液层变薄，其表面自由能则不断增大，会阻止液层变薄。

(3) 气泡和矿粒彼此接触、固着；

冲破液层、气泡和矿粒接触之后，矿粒还会在气泡表面滑动，一直滑至气泡下部。这时，如果粘附力不大，矿粒还会从气泡上脱落。浮选槽中强烈的搅动，矿粒也会从气泡上脱落。只有在粘附力较强的情况下，矿粒才能固着在气泡上。

气泡和矿粒除了接触固着之外，当降低矿浆压力时，溶解于矿浆中的空气就呈现过饱和状态。此时，微泡就在疏水性较强的矿粒表面析出。矿粒表面析出微泡，产生浮力，可将矿粒浮起。同时，该微泡也可使矿粒活化，使矿粒易于在大气泡上固着。

通常，对浮选设备有下列要求：

- (1) 能把自吸或充入的空气、在浮选槽中均匀分散成为大量微泡；
- (2) 要使浮选槽中的固体颗粒呈悬浮状态，避免出现按粒度分层现象；
- (3) 具有较大的矿浆通过能力。和迅速排出泡沫的本领，以便加大处理量和实现快速浮选。
- (4) 节省动力消耗；
- (5) 减轻机械磨损，延长零、部件的使用寿命；
- (6) 结构合理，维修方便；
- (7) 运转可靠，容易操作；
- (8) 便于实现自动控制；
- (9) 结构紧凑，减少占地面积，降低厂房高度；
- (10) 容易安装，便于布置，尽量不采用阶梯配置；
- (11) 不用或少用外加风机、泡沫泵等辅助设备。

这样，才能获得优异的选矿指标和经济效益。

浮选设备的种类，从历史上看、是十分繁多的，A·E·塔加尔特等人已经详细地进行了归纳和分类。然而，从近30年实际使用情况看、许多种浮选设备已被淘汰，剩下的泡沫浮选设备可简单地分为。

按自身是否存在搅拌机械分：

(1) 机械式浮选机——自身具有搅拌机构

其中包括机械搅拌式和充气机械搅拌式浮选机等；

(2) 压气式浮选机——自身无搅拌机构

其中包括浮选柱和达夫克拉浮选槽等。

按选别对象的粒度粗细分：

(1) 常用浮选设备——用来选别粒度15~100微米的矿粒

包括上述大多数机械式和压气式浮选机等；

(2) 粗粒矿物浮选设备——用来选别粒度上限大于100微米的矿粒

其中包括沸腾层和泡沫层分离浮选机等；

(3) 细粒矿物浮选设备——用来选别粒度下限小于10微米的矿粒

例如美国正在研究的喷气水力旋流器等。

最近20年中泡沫浮选设备的主要动向是：

(1) 各种大型机械式浮选机已被许多国家广泛地用于新建或扩建的大型选矿厂中；

(2) 各种式样的浮选柱也被许多国家接受、并陆续用于较多的选矿厂中；

(3) 多种原理的粗粒浮选设备已被苏联许多金属、非金属选矿厂采用；

(4) 细粒浮选设备已引起选矿研究人员的重视。

以下详细介绍这些浮选新设备及其应用。

第一章 大型浮选机

为了适应矿石品位逐年下降、能源供给日趋紧张、以及处理吨位不断增大的局面，从六十年代开始，在矿山建设中就出现了大型化趋向，目前，选矿厂建设规模正朝着更大的方向发展。〔4〕~〔9〕

大型选矿厂的特色是用大型设备组成工艺流程，因此，相对而言，它具有如下优点：

(1) 全厂系列数少，管理方便；

(2) 设备台数少，配置紧凑；

(3) 运输设备和辅助设施少；

(4) 基本建设投资费用低；

(5) 仪表化和自动化易于实现；

(6) 生产费用低；

(7) 动力得到充分利用；

(8) 磨矿介质消耗量低。

在大型选矿厂中，往往采用日处理能力很大的大型磨矿机，如 $\phi 16.5 \times 5.4$ 米干式自磨机、 $\phi 9.6 \times 1.2$ 米湿式自磨机、 $\phi 10.8 \times 4.5$ 米湿式自磨机、 $\phi 6.5 \times 9.65$ 米球磨机、以及 $\phi 5.5 \times 7.5$ 米球磨机等。与此相匹配的浮选机，若再采用六十年代以前的、单槽容积小于5~6米³的

标准型浮选机就显得很不相称，如以单机容积 2.8米^3 标准型浮选机（相当于M6A米哈诺布尔浮选机）计，有些选矿厂就需要配置1000~2000槽。与此相关的建设施工、生产管理、操作控制、以及维修保养等方面将会十分困难，因此，迫使人们研制大型浮选机。

使用大型浮选机的选矿厂，首先，要求它们能保证工艺性能不变，在选矿指标接近或赶上同一品种标准型浮选机的同时，还须带来如下优点：

- (1) 简化浮选系统配置；
- (2) 减少浮选设备台数、吨位；
- (3) 减少新建选厂占地面积，或增加现有选厂生产能力；
- (4) 降低处理每吨矿石电能消耗；
- (5) 节省处理每吨矿石投资费用；
- (6) 减少备件损耗、和设备维修；
- (7) 简化控制系统复杂性，便于改善浮选系统操作；
- (8) 减少操作人员和维修人员，提高劳动生产率；
- (9) 提高整个选厂经济效益。

对于应用最广的机械式浮选机，如今与六十年代相比，它的单机容积，国外已扩大了一个数量级（10倍左右），国内也增加了半个数量级（5倍左右）。现在，生产上应用最大规格的丹佛D-R型、阿基泰尔、维姆科、奥托昆普OK型、以及阿克等大型浮选机，单机容积已相应发展到36.1、42.5、28.3、38和 40米^3 。世界各地还在研究更大型浮选机，如奥托昆普OK-100 米^3 浮选机。

此外，1980年以来，苏、加、英等国，又掀起研究浮选柱的高潮，特别是苏联，各式各样的浮选柱投入生产。从浮选柱的特点看，应该说它更适合大型化。

现把国内外选矿厂中比较普遍应用的大型浮选机介绍如下：

§ 1-1 维姆科机械搅拌式浮选机^{[10]~[16]}

早在1930年，美国威廉·法格古伦发明了法格古伦浮选机。以后，随着销售权由辛纳明公司转让给维姆科公司，该机改称维姆科浮选机。

1967年，迫于大型化要求，该机在结构上作了两大改进：一是把多件组成的深型鼠笼式转子和定子，简化结构发展成为单件转子和单件定子（并取得美国专利权）。后者销售商标为“1+1”型，即所谓维姆科1+1星形转子和定子，即指一个转子加一个定子。改进前、后的转子和定子结构示于图1；另一是依靠结构改进，把浮选槽的尺寸由 1.7米^3 扩大到 8.5米^3 ，开始进入大型化阶段。目前，生产使用的NO.164型维姆科浮选机单槽容积为 28.3米^3 ，正在试验的NO.190型维姆科浮选机单槽容积为 42.5米^3 。

大型维姆科浮选机技术参数见表1。

大型维姆科浮选机结构如图2。

浮选槽内矿浆流动特性如图3。

维姆科浮选机属于自吸气机械搅拌式浮选机。槽内矿浆在转子下部实现大循环为其矿浆流动特色。

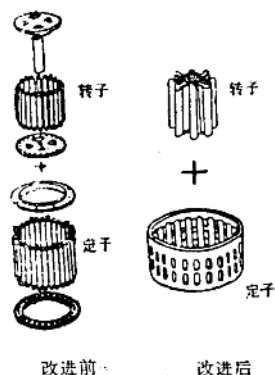


图1 维姆科浮选机的转子和定子

表1

大型维姆科浮选机技术参数

参 数	规 格		
	144*	164*	190*
槽子容积 (米 ³)	14.16	28.32	42.48
转子直径 (毫米)	660	762	940
槽子宽度 (毫米)	3658	4166	4826
槽子长度 (毫米)	2743	3023	3556
槽子深度 (毫米)	1600	2362	2667
转子速度 (转/分)	192	185	166
泡沫面积 (米 ²)	9.23	11.32	14.49
水试时空气吸入量(米 ³ /分)	7.079	12.176	16.990
水试时液体循环量(米 ³ /分)	27.609	45.732	87.782
水试时功耗 (千瓦)	19.91	34.68	63.38

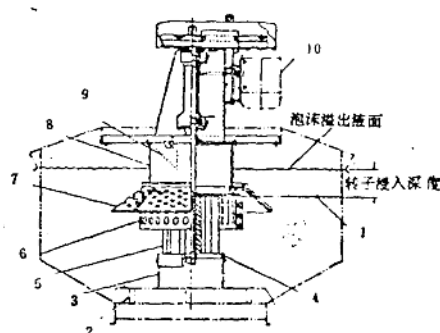


图2 维姆科浮选机

1. 槽体；2. 假底；3. 导流管；4. 调节环；5. 转子；
6. 定子；7. 分散罩；8. 竖筒；9. 轴承体；10. 电机。

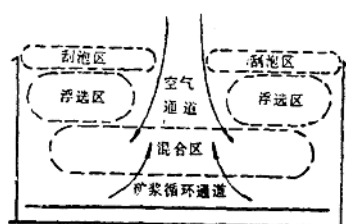


图3 浮选槽内矿浆流动特性

整机由槽体、假底、导流管、调节环、转子、定子、分散罩、竖筒、轴承体以及电机等零、部件组成。

工作时，由电机10通过三角皮带传动，使固定于主轴下端的转子5旋转。转子上有8个径向叶片。转子高度与直径之比为1:1。转子有三个作用：吸入空气，混合矿浆和空气，并使之成为细胞，造成矿浆循环，以免矿粒沉淀。当转子旋转时，在其中心部位叶片之间产生负压，使槽体液面上方的空气被吸，通过进气孔和竖筒向下进入转子中心；与此同时，槽底矿浆也被吸，通过导流管3向上进入转子中心，空气和矿浆两者在此相遇。该介质借转子旋转获得动能，在它离开转子叶片时，已具有较大的切向和径向速度。三相介质在转子和定子的径向间隙中强烈搅动，而后，进入定子。定子呈圆筒形，沿其圆周分布许多长孔、作为通道，当空气和矿浆的混合物通过该通道时，切向速度转变为径向速度，产生局部湍流，造成空气与矿浆更进一步混杂，和促使气泡细化。最后，带有细胞的矿浆离开转子和定子进入分离区。分离区和三相混合区的交界处装设了分散罩7。分散罩呈伞状，其表面均布许多小孔，分散罩的主要作用在于稳定液面，造成一个相对静止的分离区。矿物和脉石分离后，矿化气

泡上升到泡沫区,然后,被刮出。剩余的矿浆返回槽底再行循环。

假底2和导流管3固定在槽子底部,假底上开有矿浆循环孔,与槽底和槽壁形成矿浆通道,导流管上端的调节环与转子下端啮合。假底和导流管装置的作用在于促进转子下部矿浆大循环,以利固体悬浮,使可浮矿物能多次循环,反复进入转子区,与新鲜空气混合,增加选别机会。同时,有了假底和导流管装置,即使大容积浮选机槽体的深度较深,也可以允许转子有较小的浸没深度,以求吸入大量空气。

但是,该机不能自吸矿浆,作业和机组之间要采用阶梯配置,泡沫返回需要增设泡沫泵。

该种浮选机,就矿浆循环来说,它和其他因素有如下关系:

(1) 转子的圆周速度愈大(通过增加转子转速或加大转子直径来增大圆周速度),矿浆循环量愈多,但是,会增加电能消耗;

(2) 减小转子和槽底之间的距离,可以增加矿浆循环量,但是,也会增加电能消耗;

(3) 转子和导流管良好配合,能保证矿浆循环量,否则,会出现矿浆短路。

就吸气量而言,它和其他因素有如下关系:

(1) 转子的圆周速度愈大,吸气量愈大;

(2) 转子的浸没深度愈浅,吸气量愈大;

(3) 矿浆的比重和粘度愈低,吸气量愈大。

在设计新的规格时,它们的比例放大准则是要保持转子对于循环矿浆、弥散空气以及吸入空气的单位(比)能力不变,具体按以下办法进行:

(1) 根据槽宽(槽子前后距离)、按直线关系确定槽深。槽宽愈大,则槽子愈深。一般槽宽为槽深的2.29~1.77倍。

(2) 槽宽已定,槽长(两转子中心距离)等于70~100%槽宽。

(3) 槽宽已定,转子直径等于18%槽宽,转子高度和直径之比为1.14:1。

(4) 转子圆周速度一般为6.6米/秒,对于粗、重矿物要提高速度;

(5) 功率数 N_p 要保持不变。这和离心泵相似原理一致,功率 P 正比于转子转速 N 三次方和转子直径 D 五次方($P \propto N^3 D^5$)的乘积。见式(1)

$$N_p = \frac{P \cdot g}{L \cdot N^3 \cdot D^5} \quad (1)$$

式中: P 净功率消耗 呎·磅/秒
 g 重力加速度 32.185呎/秒²
 L 流体密度 磅/呎³
 N 转子转速 转/秒
 D 转子直径 呎

N_p 值介于3.269~4.477之间(平均3.7)。

(6) 空气流量数 N_{Q_1} 或 N_{Q_2} 应该不变,它是空气流速与转子圆周速度之比,见式(2)(3)

$$N_{Q_1} = \frac{Q_A}{D^2 \cdot (ND)} \quad (2)$$

式中: D_A 空气的体积流量 呎³/分
 N 转子转速 转/分
 D 转子直径 呎

如以空气的体积流量与转子直径平方之比 $\frac{Q_A}{D^2}$ 表示空气流速, N_{Q_1} 值介于 18.76~23.69 之间。

$$N_{Q_1} = \frac{Q_A}{A \cdot \pi N D} \quad (3)$$

式中: A 槽子横断面积 呎²

如以空气的体积流量与槽子横断面积之比 $\frac{D_A}{A}$ 表示空气流速, N_{Q_2} 值介于 2.672~3.260 之间。

大型维姆科浮选机已广泛用于世界各地, Na120型维姆科浮选机已有几千台、Na164型维姆科浮选机已有几百台用于生产。

例如:

(1) 美国巴格达铜选厂, 日处理量6000吨, 以两排4槽Na120浮选机代替42槽Na66浮选机, 该厂磨矿粒度较粗, -200目占45%、+65目占25%, 但矿浆悬浮得很好。

(2) 美国银铃铜选厂, 日处理量15000吨, 为了节省动力和占地面积, 以四排8槽Na120浮选机代替144台Na66浮选机, 其选别效果不低于小型浮选机, 而动力消耗节省36%。

(3) 美国亚利桑那铜公司, 日处理4000~6000吨, 以一排9台Na120浮选机生产。每台每日生产率达666吨。动力消耗平均为0.63千瓦小时/吨。

(4) 加拿大温哥华岛铜选厂, 日处理33000吨, 使用168槽Na120浮选机。

(5) Na190维姆科浮选机的样机已安装在菲尔普斯一道奇—阿乔选矿厂, 于1981年11月末开车。该机用作扫选, 从尾矿中回收铜。试验时, 给矿量从18.925~26.495米³/分, 浓度从30~35%, 每米³槽子容积日处理量接近320吨。

在1982年, 北京矿冶研究总院和武钢大冶铁矿研制成的类似设备JJF-20型机械搅拌式浮选机, 它的技术参数见表2。

该机和维姆科浮选机的水动力学特性比较列于表3。

首次试验是北京矿冶研究总院和大冶铁矿共同完成的。用4台JJF-20型浮选机与12台M7A浮选机平行对比试验。

大冶铁矿属于矽卡岩型多金属铁矿床。主要有用矿物是铁、铜、硫、钴等。主要脉石矿物是石英。

对比时流程如图4。

矿石经二段磨矿、成为浓度25%、细度-200目占75%左右的矿浆。该矿浆自流到泵池, 和一次精选尾矿、浮选药剂混合后, 送到分矿箱。根据试验要求、按比例分别给入JJF-20和M7A浮选机。选别后, 两者粗精泡沫合并, 送下一作业进行铜硫分离。中矿顺序向前一作业返回, 粗选尾矿送磁选选铁。

工业试验时, 控制矿量使JJF-20和M7A浮选机的浮选时间大致相等、再进行对比。对比结果: JJF-20比M7A浮选机, 粗精含铜低0.22% (为6.94%)、粗精含硫低0.55% (为25.47%)、粗选作业铜回收率高2.36% (为88.35%)、硫回收率高2.15% (为88.56%)。

表2

JJF型浮选机技术参数

参 数		单 位	设 备 规 格			
			JJF-4	JJF-8	JJF-16	JJF-20
槽子尺寸	长	毫米	1600	2200	2850	2850
	宽	毫米	2150	2900	3800	3800
	高	毫米	1250	1400	1700	2000
有效容积		米 ³	4	8	16	20
生产能力 (按矿浆体积计)		米 ³ /分	2—6	4—12	5—16	5—20
主轴电机	型号		JO ₂ -62-6	JO ₂ -72-6	JO ₂ -91-8	JO ₂ -91-8
	功率	千瓦	13	22	40	40
	转速	转/分	970	970	730	730
叶轮	直径	毫米	410	540	700	700
	高度	毫米	410	540	700	700
	转速	转/分	305	233	180	180
	圆周速度	米/秒	6.55	6.6	6.6	6.6
吸 气 量		米 ³ /米 ³ ·分			1.0	1.0
循 环 量		米 ³ /分			~40	~40
刮板电机	型号		JO ₂ -31-6	JO ₂ -31-6	JO ₂ -31-6	JO ₂ -31-6
	功率	千瓦	1.5	1.5	1.5	1.5
刮板转速		转/分	16	16	16	16
设备重量		吨	2.0	4.5	8.0	8.5

表3

JJF-20型和维姆科浮选机水动力学特性

机 型		JJF-20	120* 维姆科	144* 维姆科	164* 维姆科
项 目					
槽容	米 ³	20	8.49	14.25	28.3
槽面积	米 ²	10.83	7.05	10.03	12.59
空气流量 Q_a	米 ³ /分	11~12	6.23	9.9	12.17
循环量 Q_r (水)	米 ³ /分	~40	14.86	27.31	45.7
实用功率 P	千瓦	30.4	12.70	20.1	34.7
比空气流量 Q_a/V_c	米 ³ /米 ³ ·分	0.54	0.73	0.7	0.43
	米 ³ /米 ³ ·分	1.0~1.1	0.88	0.99	0.97
水循环强度 Q_r/V_c	米 ³ /米 ³ ·分	2	1.75	1.93	1.61
功率强度 P/V_c	千瓦/米 ³	1.52	1.50	1.42	1.23
流体 (水) 上升流速	米/秒	1.64		1.08	1.26
安装功率	千瓦	40	22.33	29.85	48.50

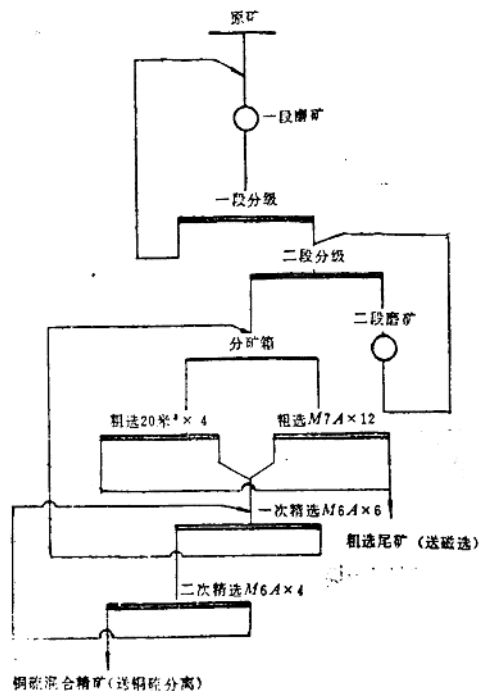


图4 试验流程

试验结束后，一直用于生产。生产考查表明，JJF-20比M7A浮选机，在粗精品位相近的情况下，铜作业回收率高0.95~3.76% (为84.05~92.65%)，硫作业回收率高2.19~2.11% (为82.93~90.19%)*，且电耗降低39.8%，备件消耗费用降低60.82%，易磨件使用周期延长三倍、占地面积减少42.76%。若大冶铁矿铜硫粗选作业都用JJF-20浮选机，每年可增100万元以上收益。

在1983年，北京矿冶研究总院和德兴铜矿研制成JJF-16机械搅拌式浮选机。

7台JJF-16浮选机安装在选厂负1号系统，用来处理斑岩铜矿，作为第一段铜硫混选浮选设备。其流程如图5。

83年10月投产之后，证实该设备运转可靠、液面稳定、操作方便，机械性能达到设计要求。

由于受到不能同时进行对比的条件限制，只能把用JJF-16浮选机的负1号系统、与用CHF-X14浮选机的0号、1~2号系统的生产统计指标进行考查对比。84年1~4月的生产统计指标见表4。

负1号系统的磨矿细度为-200目占61.18%。

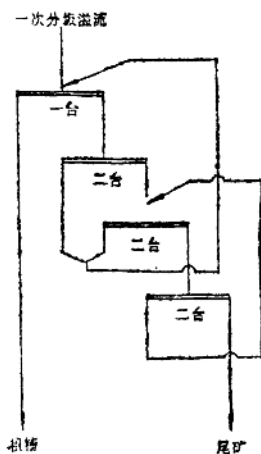


图5 德兴铜矿JJF-16浮选机使用配置情况

* 铜、硫作业回收率，前数字指处理混合矿、后指原生产。

表4

德兴铜矿JJF-16和CHF-X14浮选机生产指标

机 型	系 统	原矿品位 (%)	精矿品位 (%)	回收率 (%)
CHF-X14浮选机	1~2号	0.516	8.71	87.07
同上	0号	0.507	9.42	86.33
JJF-16浮选机	负1号	0.498	8.01	7.31

表4可见, JJF-16浮选机生产指标已经达到该厂当时生产水平, 因此, 已同其他浮选机和浮选柱一起用于生产。

功率消耗, 负1号系统用JJF-16浮选机平均总功耗要比0号系统用 CHF-X14 浮选机低20%左右 (0号系统包括充气功耗)。

JJF-16浮选机吸气量为 $0.8 \sim 0.9 \text{米}^3/\text{米}^2 \cdot \text{分}$ 。运转中矿浆悬浮情况比较理想。重负荷停车后再启动, 约需20分钟, 矿浆才能恢复到正常悬浮状态。

因此, 除以上7台外, 又安装了22台、并决定扩建时再采用42台JJF-16浮选机。

JJF-8浮选机 (2台)、JJF-4浮选机 (2台) 正分别在白银第三冶炼厂选矿铅锌粗选和铅锌分离作业中进行试验, 还有JJF-4浮选机 (11台) 正在云锡大屯选厂铜硫混选作业中、和JJF-4浮选机 (16台) 正在德兴铜矿选厂铜的再磨精选作业中进行试验。

沈阳矿山机器厂也研究了类似的设备XJQ-160机械搅拌式浮选机。

在1978年11月, 该厂同东鞍山烧结厂一起完成了1台XJQ-160和6台M6A浮选机的平行对比试验。

东鞍山铁矿石是“鞍山式”赤铁石英岩。主要有用矿物是赤铁矿和假象赤铁矿。主要脉石矿物是石英。

对比时, 用两种浮选机各自处理来自10* (用XJQ-160机) 和3*、5*、7* (用M6A机) 系统的二次分级溢流, 由于现场条件的限制, 无法作到试验和对比系统的工艺条件完全一致。选别指标是: 该机的精矿品位和6台M6A浮选机的接近 (M6A机是56.95%, XJQ-160机是56.59%), 而作业回收率却高6.1% (M6A机是23.68%, XJQ机是29.78%), 功耗低30%, 占地面积少40%。

目前, 东鞍山烧结厂正在用6台XJQ-160机和8台XJQ-40机组成一个系统进行扩大试验。

此外, 沈阳矿山机器厂、山东南墅石墨矿和第一非金属矿山设计研究院一起完成了1台XJQ-40和M6A浮选机的对比试验, 得到了相似效果。

XJQ型浮选机的技术参数见表5。

§ 1-2 阿基泰尔充气机械搅拌式浮选机 [17]~[20]

在1932年, 美国加利加公司研制成阿基泰尔浮选机, 1934年, 正式成批生产, 而后, 逐渐扩大。到1964年, 生产№120阿基泰尔浮选机, 该机容积为 8.4米^3 , 但带有四个传动机构, 实际上是一组标准型浮选机。到1968年, 生产№120A阿基泰尔浮选机, 该机容积也为 8.4米^3 , 然而, 只有一个传动机构, 可以说, 开始大型化了。

目前, 最大的№165A阿基泰尔浮选机, 单槽容积为 42.5米^3 。

大型阿基泰尔浮选机的技术参数见表6。

大型阿基泰尔浮选机的结构如图6。

它属于充气机械搅拌式浮选机。整个设备由槽体、稳定板、叶轮和传动装置四大部件构成。通过给矿箱、连接箱、排矿箱、泡沫溜槽以及空气管道等辅助设施连接成作业系统。

工作时，电动机通过皮带轮，带动装在空心轴下部的叶轮，使其旋转。传统的标准型叶表5

XJQ型浮选机技术参数

参 数		单 位	设 备 规 格	
			XJQ—40	XJQ—160
槽子尺寸	长	毫 米	1600	2800
	宽	毫 米	2100	3800
	高	毫 米	1350	1700
有效容积		米 ³	4	16
生产能力 (按矿浆体积计)		米 ³ /分	2~5	8~20
主轴电机	型 号	千 瓦 转/分		Z ₁ —82
	功 率			40
	转 速			1500
叶 轮	直 径	毫 米	400	700
	高 度	毫 米	400	700
	周 速	米/秒	6.1~6.6	5.5~6.5
吸气量		米 ³ /米 ² ·分	0.1~1.0	0.1~0.3 “选红矿”
循环量		米 ³ /分	13	43
刮板转速		转/分	16.25	18.5~21.2以下
设备重量		吨		9.66

表6

阿基泰尔浮选机的技术参数

型 号	槽子尺寸(毫米) 宽×长×深	槽子容积(米 ³)	叶轮(数 ×直径)	叶轮周速 (米/秒)	功率(千瓦)	空气(米 ³ /分)
90A×300	3048×2286×1321	8.4	1×1016	6.1~7.37	25	7.0
90A×400	3048×2438×1524	11.2	1		25	8.4
102A×500	3500×2590×1727	14.0	1		30	11.2
108A×600	3200×2743×1980	16.8	1		30	14.0
120×300	3048×3048×914	8.4	4×686	5.94	2×20	11.3~17.0
120×400	3048×3048×1220	11.2	4×686	5.94	2×20	11.3~17.0
120×800	6096×3048×1321	22.4	2×1016	6.1~7.37	2×25	11.3~17.0
120A×400	3048×3048×1321	11.2	1×1016	6.1~7.37	25	8.5
120A×500	3658×3048×1372	14.0	1×1016	6.1~7.37		8.5
120A×1000	6096×3048×1626	28.0	2			8.5
144×650	3658×3658×1372	18.2	4×686~762	5.94~6.45	2×25	19.8
144A×1000	3658×3658×2240	28.3	1×1016		45	17.0
165A×1500	3660×4210×2980	42.5	1×1140		55	21.3
168×1200	4267×4267×1830	33.6	4		2×30	23.0

◆一个电机带动双机

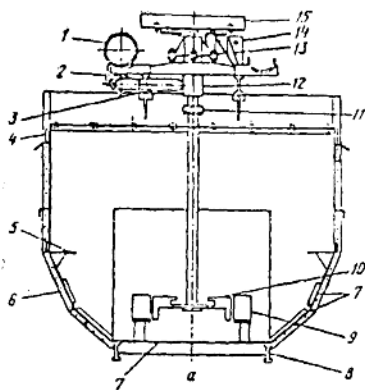


图6 阿基泰尔浮选机

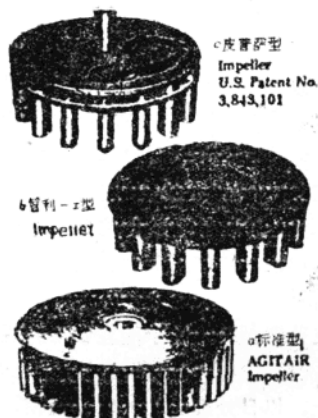


图7 阿基泰尔浮选机叶轮

轮是一个沿圆周带有向下垂直棒的平圆盘（棒的数目是16~32根），见图7a。叶轮棒之间的间隙，一般为20~30毫米。叶轮四周有稳定板。因叶轮旋转时所产生的负压甚小，叶轮吸入的空气量不能满足浮选机需要，因而，必须配以低压鼓风机（浮选槽需要的空气压力介于0.105~0.14公斤/厘米²之间，而空气量则根据浮选槽数量和每个槽所需的空气量而定，一般以每平方米槽子面积每分钟1~1.5米³空气来考虑）。浮选机运转时，低压鼓风机通过空气管和浮选机中空轴、把空气送入浮选机叶轮腔中。进入叶轮腔中的空气，被旋转叶轮的垂直棒打碎，并弥散在矿浆中形成气泡群。继而，这种带有大量气泡的矿浆借叶轮旋转力而被很快地抛向稳定板。稳定板主要作用是进一步使矿浆中的气泡细化及消除浮选槽中矿流的旋转运动。最后，在浮选槽内造成大量垂直上升的微泡，为浮选过程提供了必要条件。

为适应大型阿基泰尔浮选机发展需要，加利加公司在传统的标准型叶轮结构基础上，又研制成两种新型叶轮：即智利—X型和皮普萨型叶轮。

标准型叶轮：具有一般程度的矿浆循环和空气分散能力，主要装置在槽子容积等于或小于1.4米³的小型阿基泰尔浮选机上，适用于要求高选择性的精选作业中。

智利—X型叶轮（见图7b）：棒的断面呈卵形（内小外大），所以，也称“泪滴状”叶轮。根据加利加公司介绍，它有较好的矿浆循环和空气分散特性，目前使用较为广泛。

皮普萨型叶轮（见图7c和图8）：它是在智利—X型叶轮结构基础上发展起来的新品

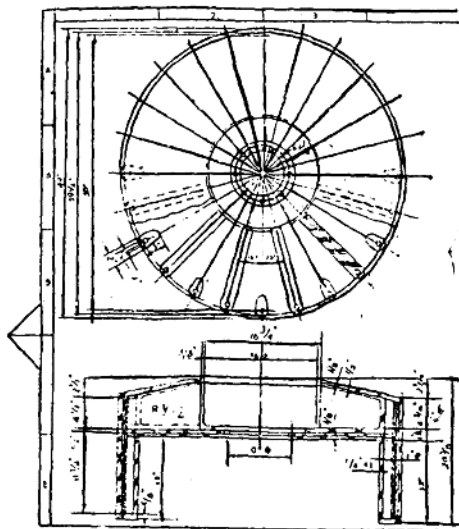


图8 皮普萨型叶轮

种。它的结构是在智利—X型叶轮上部、再附一个带有放射状直叶片的离心泵轮而组成皮普萨型叶轮。这种叶轮的特点是：它借助于在浮选槽中叶轮上部的离心泵轮，造成一股循环矿流，导致矿浆在槽内叶轮上部形成大循环运动，以消除浮选机中矿粒的分层和沉淀，同时强化气泡分散。因此，从流体运动情况来看，与丹佛D—R型浮选机槽内叶轮上部矿浆大循环的原理基本相同（图9）。

此外，加利加公司还进一步研制了“第二代”皮普萨型叶轮。它是由两个叶轮叠合起来，作成双合叶轮。两个叶轮之间的间隙为4毫米，空气由中空轴进入，沿双合叶轮的间隙向叶轮周边逸散，与矿浆混合。安装“第二代”皮普萨型叶轮的大型阿基泰尔浮选机矿流情况如图10所示。

皮普萨型叶轮由于能在较低的线速度下工作，节省电能消耗，因此，已广泛使用于生产实践。“第二代”皮普萨型叶轮也已装在肯耐克特铜矿120台、每槽容积为14米³的阿基泰尔浮选机上，以日处理干矿9000吨规模，在磨矿细度为+0.3毫米占28%的粗粒物料浮选过程中工作。

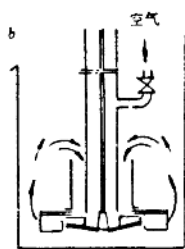
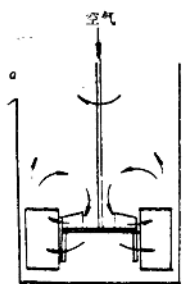


图9 a. 装有皮普萨型叶轮的大型阿基泰尔浮选机的矿流情况
b. 丹佛D-R浮选机的矿流情况

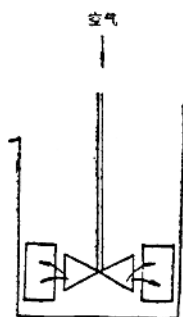


图10 安装第二代皮普萨型叶轮后矿流情况

标准型阿基泰尔浮选机采用方形稳定板，大型阿基泰尔浮选机则用圆形稳定板（图11）。为了搬运和装卸方便，往往作成二块或四块的组合件。所有稳定板，其效果均相同。

阿基泰尔浮选机上使用的三种叶轮和二种稳定板，都包以天然橡胶、合成橡胶或聚氨酯。选用何种材料，应该根据浮选给矿的细度、矿浆酸碱度以及油药添加情况而定。

在酸性矿浆中、和在用脂肪酸、煤油、燃料油等油类药剂的浮选过程中，可以用氯丁橡胶。在碱性、中性矿浆中，一般用天然橡胶。