

喷射旋流式浮选机

喷射旋流式浮选机

黑龙江鹤岗矿务局南山洗煤厂编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

喷射旋流式浮选机是借助于由喷射器和旋流器所组成的充气搅拌装置,实现气泡矿化的新型浮选机。本书简要叙述了这种浮选机的研制过程,对喷射旋流式浮选机的工作原理、特点、工作效果和操作体会都作了简明、具体的介绍。可作为选煤厂七·二一大学的参考教材,也可供选煤厂浮选工、技术人员、干部阅读。

喷射旋流式浮选机

黑龙江鹤岗矿务局南山洗煤厂编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $1\frac{1}{2}$

字数 29 千字 印数 1—3,000

1977年 8 月第 1 版 1977年 8 月第 1 次印刷

书号 15035·2128 定价 0.18 元

出版者的话

在毛主席革命路线指引下，在无产阶级文化大革命的推动下，鹤岗矿务局南山选煤厂广大职工，在厂党委领导下，高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，学大庆赶开滦，自力更生开展科学试验，研制成功了具有先进水平的喷射旋流式浮选机。

南山选煤厂的入洗原煤属“气煤”。洋条条规定：“气煤不宜浮选”。1964年毛主席发出了“工业学大庆”的伟大号召，这个厂的职工向厂党委提出了彻底打破洋框框，增设浮选工艺的革命倡议。同志们土打土闹，从废料堆里找材料，焊制了一个0.6立方米的浮选槽，开始了小型旋流浮选试验。经过半年多实践，得出了一些数据，证明气煤可以浮选，旋流浮选机的原理是可行的，并且取得了初步试验的成果。

1966年1月，在厂党委领导下成立了三结合浮选试验小组，在一台6立方米的样机上开始了半工业性试验。他们克服了重重困难，大胆革新，经过半年一百多次试验，取得了上千个数据，掌握了第一手材料。在此基础上，三结合小组提出了浮选机的设计方案，同年11月，新型浮选机正式投产。

十年来，随着生产和科学试验的向前发展，旋流浮选机不断得到改进。1967年5月，浮选机的充气方式改为喷射吸气式，使旋流浮选机发展为喷射旋流式浮选机。1973年以来，使用了新浮选油，对浮选机的结构也作了进一步的改进，安设了浮选机液面自动调整和入料浓度自动测定装置。

改进后的喷射旋流式浮选机比原来的旋流浮选机在工艺性能上起了质的飞跃。这个厂的职工在以阶级斗争为纲，大搞以浮选为中心的老厂挖潜，技术革新，技术革命的活动中，没有向国家要投资，自己动手建立了浮选车间。由于浮选车间的建立，大大促进了全厂选煤生产的发展。每年可回收二十万吨的优质煤泥，使洗精煤产量翻了一番，实现了一厂变两厂，为社会主义革命和社会主义建设贡献了力量。

1976年5月，他们派出代表参加了在澳大利亚召开的第七届国际选煤会议，宣读了喷射旋流式浮选机的专题论文，得到第三世界国家和友好人士的好评。1977年1月在煤炭部召开的“全国煤炭工业学大庆、赶开滦会议”上南山选煤厂被评为全国煤炭战线上的大庆式企业之一。这是毛主席**独立自主，自力更生**方针的一曲凯歌，这是开门办科研的胜利成果。

本书由吴大为同志执笔。

目 录

一、喷射旋流式浮选机的工作原理和特点·····	1
二、喷射旋流式浮选机的工作效果·····	7
三、喷射旋流式浮选机的操作体会·····	17
四、喷射旋流式浮选机液面自动控制和入料 浓度自动测定·····	30
五、喷射旋流式浮选机的配置和维护·····	37
参考资料·····	41

一、喷射旋流式

浮选机的工作原理和特点

(一) 工作原理

喷射旋流式浮选机由浮选槽、充气搅拌装置、刮泡器和循环泵等组成(图1)。浮选槽分为六个室,第一、二室,第三、四室,第五、六室分别组成三段,每段配一台循环泵,循环泵从各段抽出部分煤浆,再压入相应各室的充气搅拌装置。

喷射旋流式浮选机的“心脏”部分,是由喷射器和旋流器所组成的充气搅拌装置(图2)。它是综合利用喷射和离心力场的原理,即循环煤浆在瞬间连续完成喷射—吸气—旋流三个过程,从而实现充气搅拌和气泡矿化的。

喷射:循环煤浆经泵加压后,进入喷射器的锥形喷嘴2,以15~30米/秒左右的高速射流喷出,由于喷射流的压力急剧下降,溶解在煤浆中的空气以微泡形式析离出来。

吸气:在喷射室3中,由于喷射作用产生负压,形成“空吸”现象,空气由吸气管1进入。同时在高速射流的冲击和切割下,气泡和浮选油被粉碎和乳化。

旋流:煤浆与空气混合后,切线喷入旋流器4中,在离心力场作用下,气体—煤浆混合物从旋流器底口呈伞形状旋甩出,这时气泡必须穿透过这伞形网而上升。

在搅拌筒里配到合适浓度的浮选原料与浮选油经搅拌接触后,自流到浮选机里。自流的煤浆依次通过各室,经反复

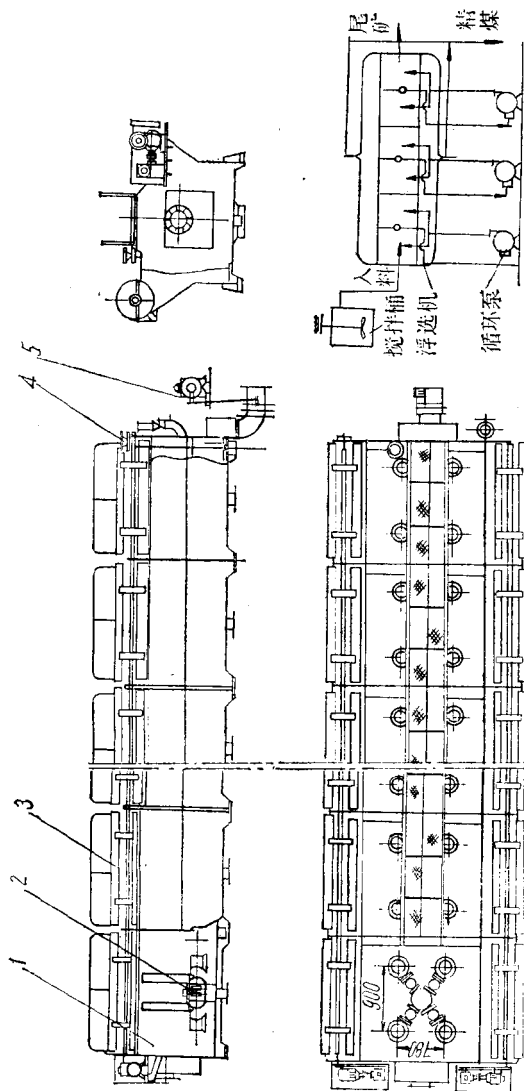


图 1 XPM-4型喷射旋流式浮选机结构示意图

1—浮选槽；2—充气搅拌装置；3—刮泡器；4—液位信号变送器；5—电动执行器

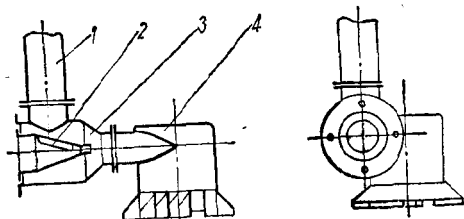


图 2 充气搅拌装置结构示意图

1—吸气管；2—喷嘴；3—喷射室；4—旋流器

的充气搅拌，当煤粒与气泡相碰撞时，在物理化学作用下，煤粒粘附于气泡上，从而完成气泡的矿化过程，矿化气泡上升成为泡沫产品，由刮泡器刮出，杂质从浮选槽末端的尾煤管排出。

（二）工作特点

浮选的过程也就是气泡矿化的物理化学作用的过程，在该过程中起决定因素的是气泡的表面能。气泡的总表面积越大，它的表面能也就越大，浮选机的生产能力就越高。

浮选机充气搅拌的“质量”，要比充气的数量更为重要。这里所说的充气搅拌的“质量”，就是指气泡生成的条件、它的直径大小和分布状况。改善充气搅拌的“质量”是增加浮选气泡表面能的关键，是提高浮选机生产能力和选分效果的重要途径，也是今后研制新型浮选机所要达到的目的。

喷射旋流式浮选机与其它类型浮选机比较，有它显著的特点。

1. 大量微泡析出

近年来，人们越来越重视利用从煤浆中析离出来的空气在煤粒表面上形成微小气泡来强化浮选过程，这种微泡直径

很小，分散度高，具有很大的气泡表面积，这是极好的浮选活化剂，为浮选创造了非常理想、非常优越的矿化条件，这些极其微小气泡是有选择性地在疏水性较强的煤粒表面上形成，它能够有效地促使大气泡（一般的浮选气泡）加速粘附于煤粒表面，并提高了粘附的牢固性，强化了煤泥浮选过程，这对粗粒级煤的浮选，具有更重要的意义。

循环煤浆经泵加压到一定压力，通过喷射器的喷嘴喷出后，压力急剧下降，根据“气体在液体中的溶解度与压力成正比”的定律，这时气体的溶解度也随之下降，溶解在煤浆中的气体呈过饱和状态，被析离出来。

根据一些喷射器的研究资料介绍：在良好的工艺条件下，从每立方米煤浆中析离出来的空气可达35升左右，气泡直径约为0.05毫米，空气析出量在喷嘴喷出口附近达到最大值，析出的气体一部分会重新溶解在水中，但大部分能以气泡形态保存下来。按此计算，在上述情况下，从每立方米煤浆中析离出来的微泡表面积可达400余平方米，相当于或大于存在于该煤浆中的煤粒所具有的表面积。

微泡形成的过程进行得如何，取决于以下三个条件：煤浆中初始的空气溶解程度，煤浆降压程度以及是否存在有形成微泡的“核”。

喷射旋流式浮选机较好的具备上述条件：煤浆中已预先加入起泡剂，加快了气体的溶解速度；经泵加压提高了气体的溶解度，从喷嘴喷出的煤浆降压幅度较大；存在有大量疏水性较强的煤粒，它们是形成微泡的“核”，析离出来的气体在煤粒表面形成微小气泡。因此在喷射旋流式浮选机中微泡析出，进行得很剧烈。

2. 气泡和浮选油被强烈乳化

充气搅拌装置的喷射器实质上是个大型乳化器，它能够将油类和气体分散成很微细的乳浊状颗粒。例如水喷射式浮选油乳化器在一定的条件下，经高速水流的撞击和切割，能将油类分散成直径仅为2~10微米的细粒。当然在同样的原理下，喷射旋流式浮选机的喷射器也必然将浮选油和吸入空气强烈乳化（这种气泡的特点是直径小、大小均匀），从而加快了浮选速度，降低了浮选油耗量。

3. 对气泡和煤粒有利的运动方式

目前在所有类型的浮选机中，气泡和煤粒的运动方式，总的来说可以分为三类：第一类是气泡和煤粒作顺向运动，例如ΦM-2.5型、XJM-4型等浮选机，煤浆是吸入式的；第二类是气泡和煤粒作逆向运动，例如浮选柱；第三类是煤粒和气泡作互成直角的运动，例如直流式给料的浮选机，喷射旋流式浮选机，这种运动方式增加了气泡与煤粒互相碰撞的机率。

在旋流器中，由于煤粒和气泡受到的离心力不同，使煤粒趋向于旋转水层的外层，气泡趋向于旋转水层的内层。充气的循环煤浆由旋流器底口呈伞状甩出后，气泡必须穿过由煤浆组成的伞形网而上升这也增加了气泡与煤粒碰撞的机率，也为气泡矿化创造了良好条件。

4. 气泡粉碎度较高

在喷射旋流式浮选机中，气泡具有更多的粉碎机会。主要原因是：循环泵叶轮的猛烈搅拌，喷射乳化、充气煤浆高速撞击在旋流器的器壁上。在喷射旋流式浮选机各环节的煤浆中三种气泡包括：微泡、乳化的小气泡、游离的大气泡。他们的变化如表1所示。

表 1 喷射旋流式浮选机各个环节中三种气泡的变化情况

环 节	气 泡 状 态	条 件
浮选槽到循环泵之间	溶解在煤浆中的空气量较少；空气被乳化成小气泡的量很少；存在一些直径较大的游离气泡。	煤浆处于0.3公斤/厘米 ² 的压力下，煤浆流速为3米/秒左右。
循环泵到喷嘴	溶解在煤浆中的空气量增加；空气被乳化成小气泡的量增加；直径较大的游离气泡被粉碎，并且数量减少。	泵轮剧烈搅拌，煤浆加压到2.0公斤/厘米 ² 左右煤浆流速3~10米/秒左右。
喷嘴出口到旋流器	大量空气被吸入，溶解于煤浆中的空气在煤粒表面呈微泡状态析出；空气被乳化成小气泡的数量剧增；直径较大的游离气泡进一步被粉碎，并且数量减小。	煤浆处于剧烈降压状态，煤浆喷出速度在10~30米/秒左右。
旋流器至浮选槽	溶解于煤浆中的空气继续析出；被乳化的气泡少量兼并；直径较大的游离气泡进一步被粉碎。	煤浆继续处于降压状态，充气煤浆猛烈碰击旋流器器壁，煤浆流速减小。
浮选槽内	完成气泡矿化过程，矿化气泡进行二次富集；气泡在上升过程中直径变大，并产生兼并；部分空气从浮选槽逸出，部分随泡沫产品刮出，少部分又溶解在煤浆中，少量气泡混入循环泵的吸水管。	煤浆成上升流，并且恢复常压。

在一般的机械搅拌式浮选机中，气泡被粉碎的过程就显得简单了。只有少量微泡析出，气泡的乳化和粉碎度也较差。

5. 浮选槽内紊流程度低

喷射旋流式浮选机充气后的煤浆从旋流器底口甩出后，碰到槽底消耗了部分动能，再折向液面，即呈W型运动方式，从而使液面较为平稳。

喷射旋流式浮选机采用煤浆槽外循环方式，槽内没有煤浆循环，因而减少了紊流，气泡兼并现象减少，并避免因强烈搅拌而使煤粒从气泡上挣脱下来，矿化泡沫平稳上升且分

布均匀。液面平稳，有助于泡沫的二次富集^①作用，有利分选过程。

6. 较好的给料方式

浮选机的给料方式，目前采用的是吸入式和直流式两种，只有极少数浮选机采用二者结合的方式。

喷射旋流式浮选机采用直流式给料，除了有利于气泡和煤粒接触碰撞外，还具有下列优点：

1) 有足够的断面可让煤浆迅速通过，为提高浮选机处理量，实现直接浮选^②，创造了良好的条件。

2) 没有中矿箱、入料管道，缩短了煤浆通过浮选机的时间。并节省了因吸入煤浆所消耗的能量。

3) 每个浮选分室之间没有中矿箱和控制闸门，有利于操作和实现自动控制。

二、喷射旋流式浮选机的工作效果

喷射旋流式浮选机的生产实践，初步达到了我们所预想的结果。经过生产实践的考验，越发显示出喷射旋流式浮选机的强大生命力。

在本书中，我们介绍在南山选煤厂使用喷射旋流式浮选

① 二次富集：浮选过程初步形成的泡沫层中带有一些高灰分细泥。其中一部分附着在气泡上，另一部分则是含于被气泡携带上来的水中。当泡沫间的水向下流动时（气泡间夹水层变薄），一部分高灰分细泥也随水带走，使上层泡沫质量提高，灰分降低，泡沫浓度增大，这就叫做二次富集。

② 直接浮选是国内外煤泥水处理的一个发展趋向。精煤筛筛下水经斗子捞坑或角锥池一次沉淀后，其溢流不经煤泥水浓缩设备，直接送去浮选。这种流程的优点是大幅度降低洗水浓度，提高精煤回收率和精煤质量，有利于实现洗水闭路循环。该流程要求浮选工艺环节需适应于处理低浓度、大流量的煤泥水。

机的生产情况。

经过不断完善和发展,南山选煤厂现有三组总容积为72米³的喷射旋流式浮选机。十年来,喷射旋流式浮选机的生产指标是逐年提高的,在此,我们仅介绍具有代表性的XPM-4型喷射旋流式浮选机样机的工作情况。该台设备是根据近年来的工业性和实验室试验所取得的成果,由三结合浮选试验小组设计的。

(一) 生产工艺流程

图3是南山选煤厂浮选生产系统流程图,精煤捞坑溢流到沉淀塔浓缩,塔溢流作为洗煤机循环水,塔底流送至浮选。过滤机滤液与塔底流汇合,重返搅拌筒。

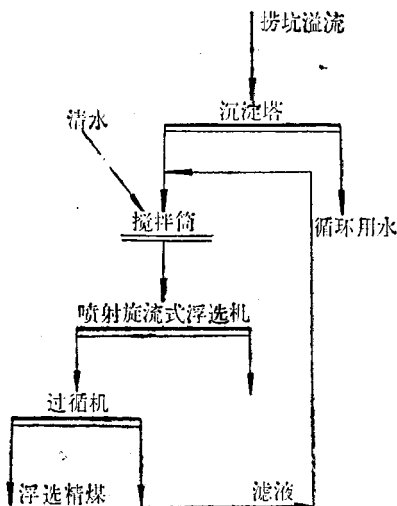


图3 南山选煤厂浮选生产系统流程图

南山选煤厂入选原煤属于气煤牌号。气煤与肥煤、焦煤相比较,它的变质程度低(煤化程度较年轻),煤粒表面裂隙多,水化层比较稳定,疏水性比较弱。

但我们认为影响煤泥可浮性的因素,除了

煤质牌号外,更为主要的是煤泥的筛分组成、比重组成和煤岩组分。

由于洗煤机的分选下限低,浮选入料中大于120网目粒级占34.00~50.00%,灰分仅为6.00~9.00%,小于120

网目粒级灰分为25.00~36.00%。从煤泥浮沉试验来看,小于1.6比重级浮煤产率接近83.00%,而灰分仅为6.60%,当要求精煤灰分为9.30%时,理论产率可达90.00%以上。煤岩分析结果表明,镜质与半镜质组分也接近90.00%,煤粒仅受矿物杂质轻度污染。所以可浮性好,采用了一次精选的浮选流程。

XPM-4型浮选机单独使用一台直径3米的搅拌筒(有效容积16米³,搅拌时间为3分钟左右),在搅拌筒中一次加入捕集剂和起泡剂(大庆轻柴油和C₆₋₈杂醇)。为更精确地标定,在搅拌筒的清水及煤泥水来料管上,分别安设LD-150型电磁流量计,对流量进行了自动检测。

(二) 生产标定指标

1975年10月15日至1976年1月2日生产标定平均技术指标如表2所示。

表 2 生产标定平均技术指标

处 理 量		单 位 处 理 量		入 料				
米³/时	吨/时	米³/米³时	吨/米³时	浓度克/升	灰分%			
348	48.1	15.3	2.12	138	17.87			
精 煤			尾 煤	油 耗		电耗		
泡沫浓度 %	泡沫灰分 %	泡沫产品 产率%	滤饼灰分 %①	灰分 %	产率 %	捕集剂 公斤/吨	起泡剂 公斤/吨	度/吨
33.44	9.75	86.59	9.02	70.28	13.41	0.70	0.17	2.18

①滤饼灰分是快速灰分检查的平均值。

尽管投产使用的时间不长,操作经验积累的不多,但生产实践表明,XPM-4型喷射旋流式浮选机的各项工艺指标

均达到了先进水平。

1. 产品质量合格。按现厂的生产条件, 要求浮选精煤灰分指标为 9.30%, 尾煤灰分指标为 65.00%。生产标定精煤平均灰分 9.02%, 尾煤平均灰分为 70.28%。按每个生产班灰分计, 精煤合格率为 87.78%, 尾煤合格率为 96.67%。

2. 处理量大。该机分选速度快, 能处理大量的煤浆, 实际最大煤浆流量可达 500 米³/时, 单位处理量平均为 2.12 吨(干煤泥)/米³时, 在进行标定的 90 个生产班中: 有 1 个班单位处理量达到 3 吨/米³时, 有 13 个班单位处理量在 3.0~2.5 吨/米³时, 有 41 个班单位处理量在 2.5~2.0 吨/米³时。

3. 油耗低。由于喷射器的反复乳化, 吨煤耗油量在 1 公斤以下。

4. 电耗较低。随着处理量的增大, 电耗相应降低, 仅在 2 度/吨煤水平。

(三) 试验分析

以 1975 年 10 月 24 日试验标定的数据如表 3、表 4、表 5 所示。对 XPM-4 型喷射旋流式浮选机的工艺特性进行了

表 3 XPM-4 型浮选机试验标定技术指标

处 理 量		单 位 处 理 量		入 料				
米³/时	吨/时	米³/米³时	吨/米³时	浓度克/升	灰分%			
37.5	49.9	16.5	2.20	133	8.23			
精 煤			尾 煤	油 耗	电耗			
泡沫浓度 %	泡沫灰分 %	泡沫产品 产率%	滤饼灰分 %	灰分 %	产率 %	捕集剂 公斤/吨	起泡剂 公斤/吨	度/吨
3086	10.09	86.89	9.32	72.16	13.11	0.76	0.21	2.1

表 4 试验标定各产品筛分组成

粒 级 网 目 (毫米)	入 料		混 合 泡 沫		尾 煤	
	产率%	灰分%	产率%	灰分%	产率%	灰分%
大于20(+0.92)	0.93	6.37	0.59	5.39	0.94	9.02
20~40(0.92~0.442)	9.87	4.96	10.64	4.61	1.26	15.08
40~60(0.44~0.272)	14.13	6.13	17.68	6.08	0.79	30.81
60~80(0.272~0.196)	7.20	8.94	11.47	7.93	0.79	54.34
80~100(0.196~0.152)	3.20	11.95	3.40	9.04	2.36	67.46
100~120(0.152~0.12)	2.53	12.60	5.03	8.95	0.94	71.16
小于120(-0.12)	62.14	24.89	51.19	13.33	92.92	74.21
计	100.00	18.23	100.00	10.09	100.00	72.16

表 5 各室泡沫产量、质量分配状况

指 标 \ 室 别		1	2	3	4	5	6	计
干燥量 吨/时		14.52	12.85	9.39	5.07	1.24	0.39	43.46
占入料%		29.03	25.69	18.78	10.13	2.48	0.78	86.89
占泡沫%		33.41	29.57	21.61	11.66	2.85	0.90	100.00
灰 分 %		8.81	9.13	10.09	13.80	16.85	19.55	10.09
浓 度 %		30.78	30.78	32.16	30.39	27.86	24.81	30.86
大于40目	占入料%	3.07	2.89	2.36	1.15	0.22	0.07	9.76
	灰 分 %	3.60	4.33	5.13	6.40	7.54	10.81	4.80
40~120目	占入料%	10.86	11.76	6.50	3.00	0.44	0.09	32.65
	灰 分 %	5.33	6.48	8.84	12.37	16.80	24.48	7.30
小于120目	占入料%	15.10	11.03	9.92	5.99	1.82	0.62	44.80
	灰 分 %	12.37	13.22	12.10	15.93	17.99	19.79	13.28

分析。

1. 浮选速度

根据XPM-4 型浮选机的槽体结构、煤浆流动方式，可