

# 新型单槽磷酸反应器(RTCB) 的开发研究\*

张从良      李学孟      许秀成

(郑州工学院化工系)

**摘 要:** 本文旨在开发一种新型磷酸反应器——具有类似太极图曲线形隔板的单槽双区四桨反应器(RTCB反应器)。首先以自来水和磷石膏为搅拌介质进行冷模实验,冷模实验结果表明,RTCB反应器具有功耗低、悬浮、混合效果好、停留时间分布合理等优点。然后,采用同样的二水物流程工艺条件,选取道尔槽作参照物进行热模实验,热模实验结果表明,相同条件下与道尔槽相比,RTCB槽具有省功、磷石膏结晶环境优越、磷石膏洗涤率稍高等优点,但磷矿萃取率稍低,可望用于湿法磷酸的工业化生产。本文的研究工作将为该反应器的进一步开发应用提供依据。

**关键词:** 磷酸反应器,单槽

**中图分类号:** TQ126

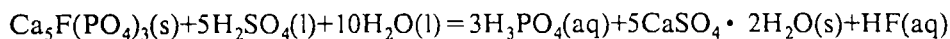
磷酸是一种重要的化工产品,对国民经济发展有很大的作用,其用途概括起来有两个主要方面:肥料生产和工业磷酸盐生产。磷酸的生产方法有两大类:一类是热法,即采用电炉法生产单质磷,尔后再氧化制成磷酸,该产品称为热法磷酸,热法磷酸主要用于工业磷酸盐生产;另一类是湿法,即采用强酸(通常是硫酸)分解磷矿石而制得磷酸,该产品称为湿法磷酸,湿法磷酸大部分用于肥料生产。一般来说,生产1吨单质磷约需耗电 $4.5 \sim 5.4 \times 10$  千焦<sup>[1]</sup>,如果没有廉价的电源,热法磷酸的生产成本必然很高,特别在电力紧张的我国,热法磷酸的发展就更加艰难。而硫酸法制磷酸在工业生产中已经有一个多世纪的发展历史,现在已成为一个完整的、现代化的磷酸生产体系,特别是近年来,湿法磷酸的净化工艺有了新的发展,经净化后的湿法磷酸质量可与热法磷酸相媲美,其生产成本远较后者为低。因此,湿法磷酸在工业磷酸盐领域大有取代热法磷酸的趋势,并在磷酸工业中展现出广阔的发展前景。

磷酸反应器是湿法磷酸生产的核心设备,反应器性能的优劣会直接影响磷矿的萃取、磷酸浓度、料浆过滤强度、磷石膏洗涤率和搅拌功耗等多种重要指标,因此,国外许多公

\* 收稿日期: 1994-06-08

司历来都把反应器的开发研究作为改进湿法磷酸生产工艺的关键。自 1870~1872 年间德国首次成批生产磷酸以来,曾相继出现过二水物流程、无水物流程、半水物流程和再结晶流程等,相应地,磷酸反应器也出现过多种多样的槽型和结构,概括起来可分为两类,即多槽式(如道尔流程磷酸反应器)和单槽式(如比利时 Prayon 反应器,英国 Fisons 反应器,前罗马尼亚 IIPIC 磷酸反应器,法国 R—P 槽和美国 Swenson 等温反应器)。多槽式反应器的优点是操作弹性大,对控制水平要求不高,但其缺点很多,如占地面积大、设备投资大、生产强度低、搅拌功耗大等。而单槽式磷酸反应器具有占地面积小、投资省、应用广泛等优点,因此多槽式将逐步被单槽式反应器所取代。目前已有许多单槽式磷酸反应器应用于磷酸生产。

硫酸法萃取磷酸的反应是一个复杂多相放热反应,对二水物流程而言,其总反应为:



$$\Delta H = -517.4 \text{ kJ/mol}$$

而固体悬浮在多相反应系统中占有举足轻重的地位,完全离底临界悬浮搅拌转速是衡量搅拌器悬浮特性的一个重要参数。前人已做了大量实验工作<sup>[2]</sup>,文献[3]系统地分析了各种参数对固体悬浮的影响,并指出大的桨叶直径和低的安装高度对降低完全离底临界悬浮搅拌转速有利。因此本文首先通过冷模实验来研究 RTCB 反应器的搅拌特性,主要以完全离底临界悬浮搅拌转速为目标函数,着重考察桨径、桨安装高度、小大桨转速比、桨旋转方向和固体含量对目标函数的影响,并优化出最佳的搅拌槽结构,以指导磷酸反应器的设计。然后,在新设计的 RTCB 槽中采用二水物流程做热模实验,并与等有效容积的道尔槽对搅拌功耗、磷矿萃取率和磷石膏洗涤率进行比较。

## 1 冷模实验

### 1.1 实验装置及实验方法

搅拌槽选用直径  $D=475\text{mm}$ , 高度为  $520\text{mm}$  平底圆形透明有机玻璃槽,液位高度取  $H=202\text{mm}$ , 即  $H/D=0.42$ 。隔板选用有机玻璃加工而成的类似太极图曲线<sup>[4]</sup>板,其高度为  $480\text{mm}$ ,搅拌桨采用四叶  $45^\circ$  斜桨,根据当量直径的概念两大搅拌桨选用三种( $d=114\text{mm}$ ,  $d=138\text{mm}$ ,  $d=168\text{mm}$ );根据搅拌槽的结构和文献[5]介绍的悬浮特性不理想,为了增强两搅拌区尾部的湍动程度,选用尽可能大的四叶  $45^\circ$  斜桨作为小搅拌桨( $d=80\text{mm}$ )。本实验采用转矩法即用 ZJ 型转速转矩传感器和 PylA 型转速转矩仪来测量完全离底临界悬浮搅拌转速和临界功耗,

$$\begin{aligned} P &= 2\pi N(M_w - M_o)g / 60 \\ &= 1.0273 N(M_w - M_o) \end{aligned}$$

转速测量误差不大于  $1\text{r/min}$ , 转矩测量相对误差不大于  $2\%$ 。

本实验采用电导率法测量混合时间,采用脉冲——响应技术测定其停留时间分布。

### 1.2 实验结果及分析

### 1.2.1 完全离底临界悬浮搅拌转速和临界功耗

本实验选定了槽型( $\Phi 475 \times 520$ )、类似太极图曲线形隔板(如图2所示)和悬浮体系(自来水和-60目~+100目磷石膏),并且选定了小桨直径 $d_o=80\text{mm}$ 和小桨安装高度 $h_o=40\text{mm}$ ,着重考察搅拌桨旋转方向、小大桨转速比 $n$ 、大桨直径 $d$ 、大桨安装高度 $h$ 和固体百分含量 $w$ 对完全离底临界悬浮搅拌转速 $N_c$ 和临界功耗 $P_c$ 的影响。

#### ① 搅拌桨正向(顺时针)旋转

首先,当 $h=60\text{mm}$ , $w=5\%$ 时,在不同的小大桨转速比( $n=1.25$ 、 $1.50$ 、 $1.60$ 、 $1.90$ )和不同的大桨直径( $d=114$ 、 $138$ 、 $168\text{mm}$ )条件下测定了 $N_c$ 和 $P_c$ 。结果表明 $d=114\text{mm}$ 时 $N_c$ 较高, $d=138\text{mm}$ 时 $N_c$ 次之,而 $d=168\text{mm}$ 时 $N_c$ 较低,且当 $n=1.60$ 时 $N_c$ 最低。同样, $d=138\text{mm}$ 时 $P_c$ 较高, $d=114\text{mm}$ 时 $P_c$ 次之(且其随 $n$ 的变化程度很小),而 $d=168\text{mm}$ 时 $P_c$ 较低,且当 $n=1.60$ 时 $P_c$ 最低。这是由于桨径的增大会使排液量和桨尖的线速度增大,从而使 $N_c$ 降低<sup>[6]</sup>,进而 $P_c$ 也相应降低的缘故。因此, $n=1.60$ 、 $d=168\text{mm}$ ,应是正向旋转的最佳操作条件。

其次,当 $n=1.60$ 、 $d=168\text{mm}$ , $w=5\%$ 时,在不同的大桨安装高度( $h=40$ 、 $60$ 、 $80$ 、 $100$ 、 $120\text{mm}$ )条件下测定了 $N_c$ 和 $P_c$ 。结果表明,大桨安装高度 $h$ 对 $N_c$ 和 $P_c$ 有影响,但影响程度不算太大,且当 $h=60\text{mm}$ 时 $N_c$ 最低, $P_c$ 最小,因此 $h=60\text{mm}$ 应是正向旋转的最佳操作条件。

然后,当 $n=1.60$ 、 $d=168\text{mm}$ , $h=60\text{mm}$ 时,在不同固体百分含量( $w=5\%$ 、 $10\%$ 、 $15\%$ 、 $20\%$ 、 $25\%$ )条件下测定了 $N_c$ 和 $P_c$ 。结果表明,随着固体百分含量的增大, $N_c$ 和 $P_c$ 都相应增大,但其增大程度越来越小。且当 $w=25\%$ 时, $N_c=215\text{r/min}$ , $P_c=25.2\text{W}$ 。这是因为随着固体百分含量的增加,一方面所需悬浮的颗粒量增加,能耗增加,进而要求转速增加;另一方面颗粒在密集状态下的沉降速度比单个颗粒的小,这有利于维持颗粒的悬浮状态,即固体百分含量对 $N_c$ 和 $P_c$ 影响是这两方面综合作用的结果。

最后,根据资料[7]的作法,将固体百分含量 $w$ 转换成固液体积比即

$$\frac{\Phi_v}{1-\Phi_v} = \frac{w/2.32}{1-w} = \frac{w}{2.32(1-w)}, \text{ 对实验数据进行回归处理,分别得到 } N_c \text{ 和 } P_c \text{ 的}$$

关联式:

$$N_c = 93.224n^{-0.335} \left(\frac{d}{De}\right)^{-1.762} \left(\frac{h}{De}\right)^{0.007} \left(\frac{\Phi_v}{1-\Phi_v}\right)^{0.111} \quad (1)$$

其相关系数 $r=0.9798$

$$P_c = 33.070n^{-0.409} \left(\frac{d}{De}\right)^{0.538} \left(\frac{h}{De}\right)^{-0.170} \left(\frac{\Phi_v}{1-\Phi_v}\right)^{0.352} \quad (2)$$

其相关系数 $r=0.8229$

通过计算可知,除个别数据外(1)式偏差均小于8%,(2)式偏差均小于15%。

由式(1)和(2)可以看出, $n$ 对 $N_c$ 和 $P_c$ 的影响程度较为接近, $h$ 对 $N_c$ 的影响程度较之 $P_c$ 小得多,而 $w$ 对 $P_c$ 的影响程度较之 $N_c$ 大得多。另外, $N_c \propto d^{-1.762}$ , $N_c$

随着  $d$  的增大而明显降低, 而  $P_c \propto d^{0.538}$ ,  $P_c$  会随  $d$  的增大而增大。

## ② 搅拌桨反向 (逆时针) 旋转

同理可得, 反向旋转时的最佳操作条件应为  $n = 1.60$ ,  $d = 168\text{mm}$ ,  $h = 80\text{mm}$ ,  $W = 25\%$ ,  $N_c = 184\text{r/min}$ ,  $P_c = 16.5\text{W}$ 。对实验数据进行回归处理, 可分别得到  $N_c$  和  $P_c$  的关联式:

$$N_c = 146.405n^{-0.452} \left(\frac{d}{De}\right)^{-1.265} \left(\frac{h}{De}\right)^{0.274} \left(\frac{\Phi_v}{1-\Phi_v}\right)^{0.035} \quad (3)$$

其相关系数  $r = 0.8707$

$$P_c = 105.853n^{-0.677} \left(\frac{d}{De}\right)^{1.036} \left(\frac{h}{De}\right)^{0.396} \left(\frac{\Phi_v}{1-\Phi_v}\right)^{0.168} \quad (4)$$

其相关系数  $r = 0.7367$

通过计算可知, 除个别数据外 (3) 式偏差均小于 9%, (4) 式偏差均小于 15%。

由式 (3) 和式 (4) 可以看出,  $n$  与  $h$  对  $N_c$  和  $P_c$  的影响程度较为接近;  $W$  对  $P_c$  的影响程度比  $N_c$  大得多。另外,  $N_c \propto d^{-1.256}$ , 而  $P_c \propto d^{1.036}$ , 这一点与大多数作者的结论相一致。

## 1.2.2 混合时间和停留时间分布 (R.T.D.)

为了考察该槽型的混合特性和流动特性, 仅在  $n = 1.60$ ,  $d = 168\text{mm}$ ,  $H = 202\text{mm}$  的均相体系中, 研究了搅拌转速和旋转方向 (正转时  $h = 60\text{mm}$ ; 反转时  $h = 80\text{mm}$ ) 对混合时间和停留时间分布的影响。结果表明, 该槽型反向旋转状态下的混合时间, 稍长于相应搅拌转速、正向旋转状态下的混合时间。这是因为该槽型内的类似太极图曲线形隔板具有一定的流线性导流作用, 可增强液体微团之间的对流扩散作用, 但其又具有一定的方向性, 当搅拌桨正向旋转时, 搅拌体系的区内循环量小, 区间循环量大, 混合时间相对短些; 而当搅拌桨反向旋转时搅拌体系的区内循环量大, 区间循环量小, 混合时间相对长些, 并且, 在充分湍动范围 ( $Re > 5 \times 10^4$ ) 内, 无因次混合时间  $N_\theta$  基本上是个常数, 即: 混合时间  $t_\theta \propto \frac{1}{N}$ 。

通过分析其停留时间分布曲线 (流量  $q_v = 300\text{l/h}$ ) 可以发现, 该槽型 R.T.D. 曲线峰形较宽, 说明其具有较为强烈的内循环, 并且存在一定程度的死区和极少量的沟流, 另外, 由于类似太极图曲线形隔板的引入, 整个反应物料在系统中的停留时间分布趋于均匀一致。

## 1.3 冷模实验小结

① 由于类似太极图曲线形隔板的存在, 使槽内湍动强烈, 流型趋于理想, 对液体的混合更为有利。

② 回归出了完全离底临界悬浮搅拌转速  $N_c$  和临界功耗  $P_c$  的关联式, 确定了最佳操作条件。

反向旋转时的  $N_c$  和  $P_c$  明显低于正向旋转的,  $N_c$  和  $P_c$  分别比正向旋转的降低了 14.42% 和 37.02%。因此反向旋转状态下的最佳悬浮操作条件优于正向旋转状态。

- ③ 在实验范围内, 该槽型具有较短的混合时间, 其混合时间远小于其平均停留时间的 0.1 倍<sup>[9]</sup>, 说明其具有较好的混合特性。
- ④ 该槽型停留时间分布趋于均匀, 死区、沟流成分较小, 对反应过程有利。

2 热模实验

本实验旨在开发一种新型单槽磷酸反应器, 为了提高其工业化设计的可靠性, 应该根据冷模实验结果设计加工一套新型热模装置。但为了衡量该套装置性能的好坏, 在郑州工学院磷复肥研究所已开发的两步二水法磷酸工艺基础上选取了典型道尔槽作参照物, 并使其在相同的生产流程、工艺条件和有效容积条件下运转, 以比较其性能的优劣, 即在维持其有效容积、反应温度、料浆液固比、液相中  $P_2O_5\%$  和  $SO_3\%$  一致的条件下, 比较其搅拌功耗、磷矿萃取率和磷石膏洗涤率高低、磷石膏结晶好坏以及过滤强度大小等。

2.1 实验装置

将实验室原有的道尔槽(有效容积 26 升, 如图 1 所示)加以完善, 以备。根据冷模实验优化结果:  $n=1.60$ ,  $d=168mm$ ,  $h=80mm$ ,  $N_c=184r/min$ ,  $d_o=80mm$ ,  $h_o=40mm$ ,  $D=475mm$ , 和道尔槽有效容积, 并考虑到生产磷酸时料浆的粘度大, 固体颗粒直径波动范围大等因素, 将冷模实验中的  $N_c$  扩大了 10%, 根据几何相似原理设计加工了新型的 RTCB 槽(如图 2 所示)。

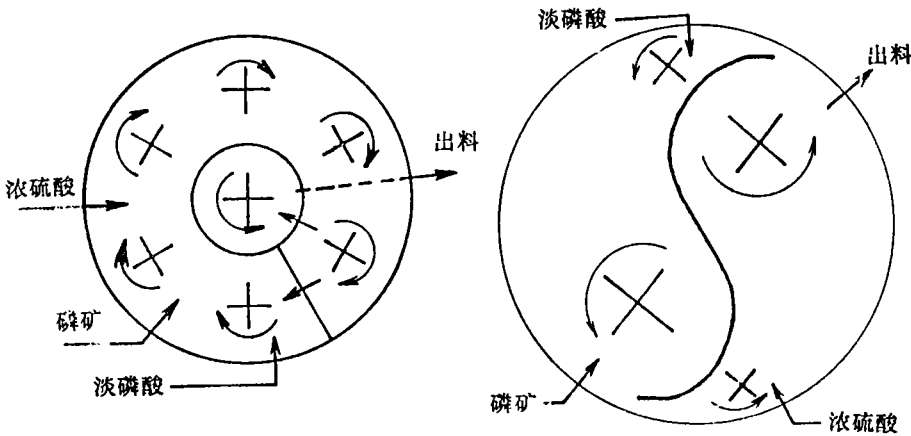


图 1 道尔槽主体示意图

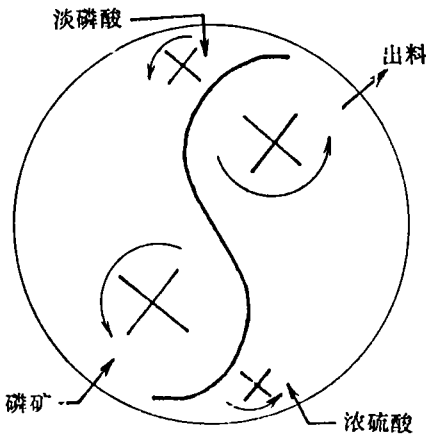


图 2 RTCB 槽主体示意图

2.2 生产流程及工艺条件

为便于比较这两种槽型性能的优劣, 选用了成熟的二水物生产流程(如图 3 所示)。根据资料[1]的论述和实验室积累的经验, 选取如下的工艺条件:

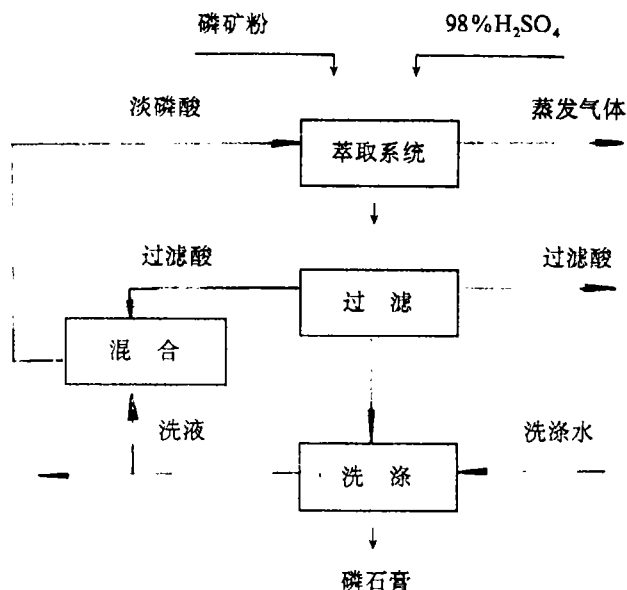


图 3 二水物法磷酸生产流程图

反应时间为 4 小时,

液相中  $\text{SO}_3$  浓度为  $8\% \pm 0.5\% \text{SO}_3$ ,

反应温度为  $70^\circ\text{C}$ ,

淡磷酸浓度为  $18\text{—}19\% \text{P}_2\text{O}_5$ ,

料浆液固比为  $2.5\sim 3.5:1$ ,

在此工艺条件下得到的磷酸浓度为  $25\% \pm 1.0\% \text{P}_2\text{O}_5$ 。

### 2.3 实验所用原料及实验方法

本实验选用的磷矿为  $100\% \sim 100$  目精选锦屏磷矿, 所用硫酸为市售  $98\% \text{H}_2\text{SO}_4$ 。

据资料[10]介绍, 可用电功率表测量电机的输入电功率, 然后校正在电机、轴承和传动机构中的各种损失以测得搅拌功耗。本实验采用电学方法测定搅拌功耗 (即  $P = P_w - P_o$ ), 利用 115 型单相电力表测量电机的输入电功率 (其相对误差不大于  $2\%$ )。采用日本手持式数字转速表 (VICTOR DT. 6234) 测量搅拌转速 (其测量误差不大于  $1\text{r/min}$ )。利用显微镜观察磷石膏外形, 双指示剂法滴定过滤酸中  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量和  $\text{SO}_3$  含量, 磷钼酸喹啉重量法测定可溶性  $\text{P}_2\text{O}_5$  和不溶性  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量。

$$\text{磷矿萃取率} = \left(1 - \frac{P_2O_{5\text{水溶}} \times \text{石膏值}}{[P_2O_5]}\right) \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{磷石膏洗涤率} = \left(1 - \frac{P_2O_{5\text{水溶}} \times \text{石膏值}}{\text{萃取率} \times [P_2O_5]}\right) \times 100\% \quad (6)$$

式中  $P_2O_{5\text{水溶}}$ —磷石膏中水不溶性  $P_2O_5$  百分含量;

$P_2O_{5\text{水溶}}$ —磷石膏中水溶性  $P_2O_5$  百分含量;

$[P_2O_5]$ —磷矿中  $P_2O_5$  百分含量。

$$\text{过滤强度} (kg \text{ 干饼} / m^2 \cdot h) = \frac{\text{滤饼重量}(g) \times (1 - \text{磷石膏中游离水}\%) }{\text{过滤时间}(\text{秒}) \times \text{过滤面积}(m^2)} \times 3.6 \quad (7)$$

## 2.4 实验结果与分析

### ① 搅拌功耗 P

结果表明, 道尔槽搅拌功耗  $P=33\text{W}$ , RTCB 槽搅拌功耗  $P=18\text{W}$ , 显然有效容积相同的 RTCB 槽比道尔槽省功, 其搅拌功耗是道尔槽的 54.5%, 比道尔槽降低了 45.5%。这主要是因为类似太极图曲线形隔板具有一定的导流作用, 加之搅拌桨设置合理, 转速和转速比适中, 使 RTCB 槽内流型合理, 悬浮特性良好而省功。

### ② 搅拌转速 N

结果表明, 道尔槽空转时的搅拌转速  $N=498\text{r/min}$ , 其负载时的平均搅拌转速  $N=495\text{r/min}$ , 而 RTCB 槽空转时的搅拌转速  $N=199\text{r/min}$ , 其负载时的平均搅拌转速  $N=195\text{r/min}$ 。由此可知, 这两套热模装置负载状态下的搅拌转速十分接近其各自的空转搅拌转速。

### ③ 液固比 s

结果表明, 这两套热模实验的液固比基本都维持在 2.5~3.5 之间, 且道尔槽的液固比平均为 3.28, 而 RTCB 槽的液固比平均为 3.23, 由此可见, 这两套热模实验的液固比是基本一致的。

### ④ 过滤酸中 $\text{P}_2\text{O}_5$ 和 $\text{SO}_3$ 含量

结果表明, 这两套热模实验的过滤酸中  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量基本维持在  $25\%\pm 1.0\%$  范围内, 其过滤酸中  $\text{SO}_3$  含量基本维持在  $8\%\pm 0.5\%$  范围内, 且道尔槽的过滤酸中平均  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量为 24.92%, 其平均  $\text{SO}_3$  含量为 8.20%, 而 RTCB 槽的过滤酸中平均  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量为 25.16%, 其平均  $\text{SO}_3$  含量为 7.67%, 由此可见, 这两套热模实验的过滤酸中  $\text{P}_2\text{O}_5$  和  $\text{SO}_3$  含量是基本一致的。

### ⑤ 磷矿萃取率和磷石膏洗涤率

本实验通过测定磷石膏中的可溶性  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量和不溶性  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量, 利用公式 (5) 和 (6) 可求得的磷矿萃取率和磷石膏洗涤率。结果表明, 道尔槽的磷矿萃取率平均为 96.56%, 其磷石膏洗涤率平均为 96.32%, 而 RTCB 槽的磷矿萃取率平均为 96.08%, 其磷石膏洗涤率平均为 96.67%。RTCB 槽的平均磷矿萃取率比道尔槽降低了 0.48%, 其平均磷石膏洗涤率比道尔槽提高了 0.35%, 这说明在相同的实验状态下, RTCB 槽与道尔槽对磷矿分解和磷石膏洗涤无显著差别。

### ⑥ 结晶外形观察

本实验通过生物显微镜观察发现, RTCB 槽实验时的磷石膏结晶稍优于道尔槽。道尔槽稳定后磷石膏呈长宽比 6~8 的棒状结晶, 而 RTCB 槽则呈长宽比 3~5 的板状结晶, 这说明 RTCB 槽的石膏结晶环境稍优于道尔槽。

### ⑦ 过滤强度

本实验通过测定过滤时间、过滤面积、滤饼重量和磷石膏中游离水百分含量, 利用公式 (7) 可求得过滤强度。结果表明, RTCB 槽实验时的过滤强度平均为  $395.9\text{kg干饼}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ , 而道尔槽实验时过滤强度平均为  $386.3\text{kg干饼}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ , 前者比后者提高了 2.5%, 这是因为前者磷石膏结晶比后者大且整齐、料浆比后者易过滤的缘故。

## 2.5 热模实验小结

① RTCB 槽比道尔槽省功, 其搅拌功耗比道尔槽降低了 45.5%。

② RTCB 槽的反应性能基本接近道尔槽, 其磷矿萃取率比道尔槽降低了 0.48%, 其磷石膏洗涤率比道尔槽提高了 0.35%。

③ RTCB 槽内的结晶环境稍优于道尔槽, 其磷石膏结晶稍好于道尔槽, 相应地, 其料浆过滤强度比道尔槽提高了 2.5%。

④ 由于热模实验耗时(需连续运转 72 小时)、耗原料, 本文仅介绍了我们所做的第一次热模实验, 通过操作条件的进一步优化, RTCB 槽将会取得更佳的效果。

### 3. 结论与展望

3.1 由冷模实验结果可知, 由于类似太极图曲线形隔板的存在, 使槽内湍动程度增强, 流型更趋合理, 有利于液体的混合。该槽型的最佳悬浮操作条件:  $n=1.60$ ,  $d=168\text{mm}$ ,  $h=80\text{mm}$ ,  $w=25\%$ ,  $N_c=184\text{r/min}$ ,  $P_c=16.5\text{W}$ , 显然反向旋转时的最佳悬浮操作条件优于正向旋转。并且该槽型具有混合时间短, 停留时间分布趋于均匀, 且死区和沟流成分较小, 对反应过程有利。

由热模实验结果可知, RTCB 槽与道尔槽相比, 具有省功、磷石膏结晶环境优越等优点, 反应性能接近道尔槽, 是一种很有发展前景的槽型。

#### 3.2 展望

开发新型单槽磷酸反应器的最终目的是应用, 本文仅对该槽型进行了冷模实验, 设计加工了热模装置, 并探索性地进行了热模实验。但与该槽型的工业化实施还相差甚远, 因而应该认真总结热模实验经验, 进一步改进, 优化该槽型, 积极组织中间试验, 尽早实现该槽型的工业化实施, 为我国的磷肥事业发挥其应有的潜力。

符号说明:

De—新型单槽磷酸反应器的当量直径 mm	Po—空转条件下的电机输入电功率 W
$g$ —重力加速度 $\text{m}/\text{S}^2$	Pw—负载条件下的电机输入电功率 W
Mo—空中转矩 $\text{Kg}\cdot\text{m}$	Re—搅拌雷诺数 $\text{Re}=\rho N d^2/\mu$
Mw—水中转矩 $\text{Kg}\cdot\text{m}$	S—液固比
N—搅拌转速 $\text{r}/\text{min}$	

### 参 考 文 献

- 1 吴佩芝编. 湿法磷酸. 化学工业出版社. 1987
- 2 Zweitering T.N., Chem. Eng. Sci., P244, No. 8. 1958.
- 3 Nienow A. W., Chem. Eng. Sci., P1453, No. 23 1968.
- 4 刘辰楼著. 太极科学—含深层化质量概念及统一化万有引力定律. 电子工业出版社. 1989.
- 5 范立明. 具有类似太极图形状曲线形隔板的反应器(RTCB反应器)的开发研究. 郑州工学院研究生论



- 文.1988.
- 6 [美]J.Y.欧舒编著.王英琛等译.液体混合技术.化学工业出版社.1991.
- 7 陈道芳.徐雷兴.陈甘棠.戎顺熙.化学反应工程与工艺.P48, No.1.1992.
- 8 [日]永田进治编.马继舜等译.混合原理与应用.化学工业出版社.1984.
- 9 丁绪淮.周理编著.混合原理.化学工业出版社.1984.
- 10 White A.M., Brenner E. and others. Studies in Agitation, N, Power Measurements. Tras. A. I. Ch. E., P570, No.30 1934

## Development and Research of a New Type of Phosphoric Acid Reactor with a single Tank

Zhang Congliang   Li Xueming   Xu Xiucheng  
(Zhengzhou Institute of Technology)

**Abstract:** A new type of phosphoric acid reactor, which has double-regions and four-agitators with Tagic Curvic baffle (briefly named RTCB), is studied in this paper. The cold model test is carried out with water and phosphogypsum crystals as agitated fluid. It shows that the advantages of RTCB are as follow: lower power consumption, lower critical stirring speed for complete suspension off the bottom, shorter mixing time and better R.T.D.. The hot model test is carried out under the condition similar to dihydrate process and Dorr vessel is selected for the reference system. It shows that the advantages of lower stirring power consumption, superior phosphogypsum crystallizing surroundings, a bit higher washing efficiency and a bit lower digest rate are available for the RTCB under the same conditions. It is predictable that this type of reactor could be used in wet process for industrial production of phosphoric acid. The absic datum will be provided for further research by this paper.

**Keywords:** phosphoric acid reactor, single tank