

# 50M<sup>3</sup> 搅拌罐的搅拌器改型

王功琼

(四川会理铅锌股份公司, 四川 会理 615100)

**摘要:**通过浸出工序使用的折叶型桨叶搅拌器和试验使用的螺旋面型桨叶配挡板的搅拌器的计算分析对比,得出螺旋面型桨叶配挡板的搅拌器不仅浸出作业效果良好,而且消耗功率更少。

**关键词:**搅拌器;折叶型桨叶;螺旋型桨叶;挡板;搅拌器改型

**中图分类号:**TF351.5<sup>+</sup>2

**文献标志码:**A

众所周知,在湿法冶炼过程中,搅拌设备占有举足轻重的地位,它不仅能使物料快速混合均匀,而且能强化相间传质,加快各物质反应速率,提高作业功效<sup>[1]</sup>。

在四川西昌锌业公司电锌分厂的浸出工序,搅拌设备消耗的动力占整个工序的约 48%,在净化工序,该类设备占本工序动力消耗的 37%。经过实践证明,在相同的操作条件下,相同的物料参数下,不同构型的搅拌器要达到相同的搅拌效果,其几何参数、动力的消耗存在很大的差别。因而搅拌机的构型的选择适当与否,直接关系到产品加工成本是否能降到最低的主要因素之一。

## 1 现役搅拌器概况

在公司始建之初,采用的是现役设备 BLD16B-11-22 型减速机搅拌器,其设计是依据宁大勿小原则,电机选用过大,造成负荷率很低的不合理现象,形成浪费。因此,公司决定对设备进行改型,在中浸 3<sup>#</sup>、净化三段 3<sup>#</sup> 试用匹配 5.5 kW 电机的莱宁搅拌机。并在搅拌罐中设置 3 块条形挡板,在相同的作业时间内,能与匹配 22 kW 电机的现役搅拌器达到相同的功效。下面就对两种不同构型搅拌器的进行比较。

## 2 两类搅拌器功效的比较

搅拌器的搅拌作用是由运动着的桨叶所产生的,因

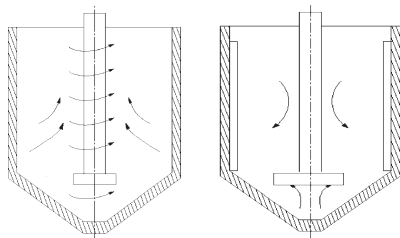
此桨叶的形状、尺寸、数量以及转速都影响搅拌器的功能<sup>[2-3]</sup>。

冶炼过程中的搅拌,主要是固-液相的混合。要达到混合的目的,首先应当避免在罐内形成死区,使罐内的液体都产生对流运动进行循环,并且为了快速混合,缩短混合时间,要求搅拌作用下的液体对流循环速度快,循环时间短<sup>[4-5]</sup>。这就要求搅拌器造成的循环流量要大。而搅拌器造成的循环流量受湍流强度影响,主要因素是搅拌器叶片直径大小与搅拌器的转速高低,但影响并不一致,在功率一定的情况下,两者还有相反的变化。固-液相的搅拌不仅是流体流动过程,而且还要发生传质。搅拌的主要作用是全部固体颗粒悬浮,靠增大固-液相间的传质面来增高传质效率,所以当固体颗粒全部悬浮之后,再增加搅拌强度只是消耗动力,对过程并不十分有效。

从搅拌器的功能可以知道,桨叶的大小不是任意决定的,它可以影响桨叶的排出流量,它可以影响动力消耗,也就是可以影响液体中输出能量的大小,这说明桨叶的大小直接影响搅拌过程的运行<sup>[9]</sup>。如果桨叶的大小选择合理,就能够供给搅拌过程所需的动力,还可提供良好的流动状态,完成预期的操作目的。桨叶的形状与运转情况更是决定罐内流动状态的最基本因素。

2.1 不同浆型和有无挡板条件的流态比较

原浸出搅拌机的浆叶为折叶,浆面与运动方向成 45°倾角,浆径  $d_j = 900$  mm,浆叶数  $Z = 3$ 。该浆叶运动时,除有水平环向流外,还有部份轴向流。由于浆径较小,只有增大浆叶转速才能增大径向流。另外,因罐内未设置纵向挡板,不能将径向流转化为上下循环的轴向流(图 1(a))。莱宁搅拌机采用螺旋面形式的浆叶,浆叶根部倾角为 24°,浆叶端部化解为 12°(图 2),它可以看成由许多折叶组合而成,这些折叶的角度逐渐变化,所以该浆片的流向有水平环向流、径向流、轴向流(图 1(b))。其中,轴向流量最大。又因在罐内沿罐壁纵向设置有 3 块条形挡板,阻碍液体环流,可以削弱罐内水平环流,于是除开浆叶附近的水平环流外,其他各处都可以削减,也就可以消除几乎和浆轴以同样角速回转的“圆柱回转区”。该浆叶端部排出的强大排出流携带周围的液体在罐内挡板的帮助下,形成上下循环流,它变成搅拌罐内的主流,既具有很强的对流循环作用,又有很强的湍流扩散能力,从而达到良好的搅拌流型。



(a) 折叶 (无挡板) (b)螺旋面 (有挡板)

图 1 搅拌器内轴向流态

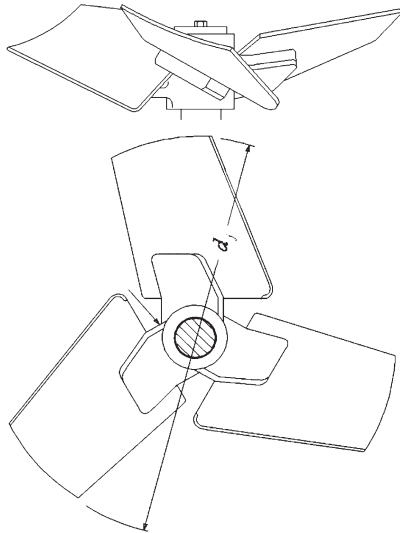


图 2 莱宁搅拌机浆叶

2.2 不同浆径和不同转速条件下液体循环量的比较

搅拌罐体的尺寸为: $D = 4800$  mm, $H = 4760$  mm。原搅拌机折叶浆叶的浆径为  $d_j = 900$  mm,轴转速为  $n = 86$  r/min。而莱宁搅拌机螺旋面浆叶的浆径为  $d_j = 1500$  mm,轴转速为  $n = 54.3$  r/min。主要参数对比如下:

(1) 排出流量数  $N_q$

折叶型:

$$N_q = 0.654 \times (d_j/D)^{0.16} = 0.654 \times (900/4800)^{0.16} = 0.50$$

螺旋面型:

$$N_q = 0.654 \times (d_j/D)^{0.16} = 0.654 \times (1500/4800)^{0.16} = 0.55$$

(2) 排出循环量  $Q$

折叶型:

$$Q = N_q \times n / d_j^{3/2.1} = 0.5 \times 86 / 0.9^{3/2.1} = 37 \text{ 加仑/分钟}$$

螺旋面型:

$$Q = N_q \times n / d_j^{3/2.1} = 0.55 \times 54.3 / 1.55^{3/2.1} = 56 \text{ 加仑/分钟}$$

通过计算可以看出,由于两类搅拌器的浆径、浆叶不同,对转速的提高,并未增大液体的循环量。而浆叶的型式、浆叶的大小对循环量才起决定作用。

2.3 不同转速和材料的浆轴比较

莱宁搅拌器的轴转速为  $n = 54.3$  r/min,搅拌器轴所使用的材料为 00Cr17Ni12Mo2,即 316L,直径为 70 mm。

原搅拌机折叶型的轴转速为  $n = 86$  r/min,搅拌器轴所使用的材料是直径为 120 mm 的 45 号钢棒套  $\Phi 133$  mm 不锈钢管而制成。棒轴长均为 4500 mm。

316L 棒材价格 30.00 元/公斤,45 棒材 4.50 元/公斤,不锈钢管 39.00 元/公斤。

用 316L 的材料制作搅拌器轴的成本: $C = (\pi/4) \times 0.07^2 \times 4.5 \times 7.85 \times 10^3 \times 30 = 4078$  元/根。

用 45 号钢棒外套不锈钢管的材料制作搅拌器轴的成本: $C = (\pi/4) \times 0.13^2 \times 4.5 \times 7.85 \times 10^3 \times 4.5 + 17.29 \times 3.1 \times 39 = 4200$  元/根。

通过上述对轴材料的分析可知,采用 316L 的轴材料成本与采用 45 号钢棒外衬不锈钢管的材料成本几乎是相等的。但 45 号钢棒外套不锈钢管的材料制作搅拌器轴的制作成本比用 316L 的材料制作的搅拌器轴要大。而 316L 具有很好的耐酸腐蚀、耐氯腐蚀、耐磨的优良性能<sup>[6]</sup>,使用寿命大于外衬不锈钢管的搅

拌轴,这样既降低搅拌轴的更换数量,又进一步降低材料成本。

#### 2.4 两类搅拌器电机实际消耗功率及成本

现中浸3<sup>#</sup>搅拌机即莱宁搅拌机配电机型号 Y132M<sub>2</sub>-6,功率为5.5 kW(螺旋面型浆叶)。原中浸3<sup>#</sup>搅拌机配电机型号 Y200L<sub>2</sub>-6,功率为22kW(折叶浆叶)。

(1) 检测装5.5kW电机的搅拌罐作15罐中浸过程中各相平均电流见表1。

表1 5.5 kW 电机各相电流变化

作业时间 (分钟)	IA(A)	IB(A)	IC(A)
5	8.4	8	7.8
20	8.7	8.4	8.3
30	8.6	8.5	8.4
40	8.7	8.5	8.4

三相平均电流  $I = 8.4$  A,电压  $U = 400$  V,功率因素  $\cos\Phi = 0.78, \eta = 85.3\%$ ,则电机实际输出功率  $P_{N1}$ :

$$P_{N1} = \sqrt{3}U \times I \times \cos\varphi \times \eta = \sqrt{3} \times 400 \times 8.4 \times 0.78 \times 85.3\% = 3.9 \text{ kW}$$

而电网实际输入电机功率  $P_1$  为:

$$P_1 = \sqrt{3}U \times I \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 8.4 \times 0.78 = 4.5 \text{ kW}$$

(2) 检测匹配22kW电机搅拌器的搅拌罐作15罐中浸过程中各相平均电流(见表2)为:

表2 22 KW 电机各相电流变化

作业时间 (分钟)	IA(A)	IB(A)	IC(A)
5	25	24	23
20	24	23	23
30	25	24	23
40	26	25	25

三相平均电流  $I = 24.3$  A,电压  $U = 400$  V,功率因素  $\cos\Phi = 0.83, \eta = 90.2\%$ ,则电机实际输出功率  $P_{N2}$ :

$$P_{N2} = \sqrt{3}U \times I \times \cos\varphi \times \eta = \sqrt{3} \times 400 \times 24.3 \times 0.83 \times 90.2\% = 12.6 \text{ kW}$$

而电网输入电机功率  $P_2$ :

$$P_2 = \sqrt{3}U \times I \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 24.3 \times 0.83 = 14.0 \text{ kW}$$

(3) 两类搅拌器完成每罐作业所耗功率之差为:

$$P = P_1 - P_2 = 14.0 - 4.5 = 9.5 \text{ kW}$$

(4) 两类搅拌器电机利用率  $\eta$  比较:

莱宁螺旋面型浆叶的搅拌器电机:

$$\eta_1 = (3.9/5.5) \times 100\% = 71\%$$

折叶型浆叶的搅拌器电机:

$$\eta_2 = (12.6/22) \times 100\% = 57\%$$

一年以365天计算,电费以0.365元/度(不含税价)计算,每天总共搅拌时间173.06小时(见表3)。采用两类搅拌器的电机一年消耗电费差额总值为:

$$9.5 \times 173.06 \times 365 \times 0.365 = 219\,031 \text{ 元}$$

表3 锌厂每天作业罐数据(均为22 kW 电机的反应罐)

工 序	作业 罐数	平均作业时间 (小时/罐)	总时间 (小时)
中浸	22	2/3	14.7
低浸	16	1.5	24
高浸	8	4	32
沉矾	16	3.5	56
净化一段	17.3	2/3	11.53
净化二段	17.3	1	17.3
净化三段	17.3	2/3	11.53
铜镉渣	1	6	6
合 计	114.9		173.06

也就是电耗一项,采用配5.5 kW的螺旋面型浆叶再加纵向挡板的莱宁搅拌器,一年可为分厂节约近22万元。

但莱宁减速器是进口设备,价格比较昂贵,一套搅拌器的价格在6-7万元。我们可以采用国产的摆针轮减速器代替莱宁的齿轮减速器,以达到相同的效果。

现役的搅拌器减速器 BLD16B-11-22 为1.4万元/台,装配功率22 kW电机;可选摆针轮减速器 BLD-13-17-7.5 为0.5万元/台,装配电机功率为7.5 kW,而莱宁搅拌器减速器为3.5~4万元/台,装配电机功率为5.5 kW。

很显然,用 BLD13-11-7.5 代替 BLD16B-11-22 而不用莱宁减速器,而搅拌器的轴、浆叶采用316L的情况下,每台搅拌器可以节约3~3.5万元。

### 3 结束语

通过前面的计算、分析、比较可以知道,搅拌器构型适当的选择,不仅可以满足生产工艺的要求,而且又能节能降耗,降低材料成本、产品成本,进一步提高企业效益。

随着公司进一步扩产,采用现已被实践证明具有良好的搅拌功能的螺旋面浆叶,并在罐内设置纵向挡板的搅拌器,不仅能满足生产工艺要求,又能为公司更进一

步节能降耗、降低成本。

#### 参 考 文 献:

- [1] 林海波,游春桃,谢志岭.饲料级磷酸氢钙二段中和槽的设计[J].四川理工学院学报:自然科学版,2004,18(z1):69-74.
- [2] 陈志希,谢明辉,周国忠,等.24 种搅拌器的功率曲线[J].化工学报,2010,38(3):38-43.
- [3] 贾海洋,唐克伦,颜馨.基于 VB 调用 ANSYS 和 FLUENT 及其在搅拌器参数化中的应用[J].四川理工学院学报:自然科学版,2011,24(6):82-85.
- [4] 唐克伦,张应迁,梁智权.多相流搅拌器流场数值模拟软件[J].计算机辅助工程,2011,2(3):35-37.
- [5] 陈乙崇.搅拌设备设计[M].上海:上海科技出版社,1985.
- [6] 王焕庭,李茅华,徐善国.机械工程材料[M].大连:大连理工大学出版社,1991.

## Stirrer Modification in 50 M<sup>3</sup> Mixing Tank

WANG Gong-qiong

(Huili Lead and Zinc Co., Ltd., Huili 615100, China)

**Abstract:** Calculation and analysis are done between the pitched-blade stirrer currently used in Leaching process and the spiral blade stirrer with baffle used in experiment. It can be concluded that the spiral blade stirrer with baffle not only has a better leaching job but also consumes less power.

**Key words:** stirrer; pitched-blade; spiral blade; baffle; stirrer modification