

搅拌机功率的计算

石油部第二炼油设计研究院 张宝珍

由于石油工业和化学工业的不断发展,目前我国工业上使用的带搅拌的反应器最大的已经超过200立方米。在机械搅拌的设计中,由于受各种因素的影响,要正确确定搅拌机的功率是比较困难的。本文仅就搅拌机功率的确定谈谈自己的看法。

一、搅拌机的运转功率与启动功率

在正常运转的情况下,搅拌机在介质中回转,需要消耗的能量,应大于液体对桨叶的摩擦力,亦即大于介质的阻力。而在启动时,液体由静止状态变为运动状态,搅拌机所需要的能量,不但要大于液体的摩擦力,还须大于液体的惯性力。

近些年来,关于启动功率的看法有着很大的分歧,国外就有三种不同的意见:

1. B. B. 卡法罗夫^[1]认为:假定搅拌机在一秒钟内由静止状态达到正常的运转,这段时间内,它要克服液体的惯性力和摩擦力,因而启动阶段消耗的功率为运转功率与克服液体惯性所消耗的功率之和。也就是说启动阶段消耗的功率比运转时所消耗的功率大得多。

2. 日本京都大学永田进治^[2]认为:

启动功率的数值等于全挡板条件下的运转功率,且启动功率的数值约为无挡板条件下运转功率的15倍。

3. 坎列斯吉舒^[3]认为:启动转矩的高峰是在启动过程的中间出现,过程时间的长短由电动机的大小和运转需要的功率大小来决定,而不需要过大功率的电动机。

由于上述的不同观点,给搅拌机的设计带来了很大的困难。在设计选用电动机时,究竟是以启动功率为依据,还是以运转功率为依据,是一个值得探讨的问题。北京化工学院曾做过测试,其特性曲线见图1。

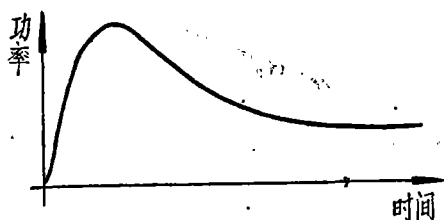


图1

在启动的最初阶段,由于液体的摩擦阻力矩很小,搅拌轴的转矩主要是用于克服受桨叶直接推动的液体的惯性力和克服搅拌机的惯性。因此,选择电动机时,不

参考文献

- [1] 王晓敏等译, 高压水射流技术译文集, 煤炭工业出版社, 1982年2月。
- [2] 大庆石油化工总厂编, 延迟焦化, 石油化

学工业出版社, 1977年5月。

- [3] 北京矿业学院编著, 采矿机械, 中国工业出版社, 1963年5月。
- [4] 朱吕通编著, 消防给水, 中国建筑工业出版社, 1980年9月。

必计算启动功率，只要以运转功率为依据选用电动机，便能保证电动机的正常运转。

根据我们的经验，计算搅拌机功率只按运转功率计算是满足不了需要的。如：我院给长岭催化剂制造厂设计的搅拌机是按运转功率计算的，在试运时发现，绝大部份搅拌机都启动不起来。所以我们认为：计算搅拌机功率时，按启动功率进行计算较为合理。

二、搅拌机功率的计算

根据作者的设计计算以及生产实践的验证，选用下列公式计算搅拌机所需要的功率较为合适：

1. 启动功率的计算^[1]

启动时所需要的功率由两部分组成，一部分是克服液体从静止状态到运动时的惯性力所消耗的功率 N_1 （包括搅拌机和其它回转零件部的惯性力）；另一部分是克服液体介质之间的摩擦力所需的功率，即运转功率 N_2 。其计算公式为：

$$N_{\text{启}} = N_1 + N_2$$

$$N_1 = 3.87hd^4n^3\rho$$

$$\text{设：} h/d = k$$

$$3.87k = a$$

$$\therefore a = 3.87 \frac{h}{d}$$

$$\text{则 } N_1 = ad^5n^3\rho \quad \text{公斤} \cdot \text{米/秒}$$

$$N_2 = p = \xi d^5n^3\rho \quad \text{公斤} \cdot \text{米/秒}$$

$$\xi = \frac{p}{d^5n^3\rho}$$

总的启动功率为：

$$N_{\text{启}} = N_1 + N_2 = (a + \xi) d^5n^3\rho \quad \text{公斤} \cdot \text{米/秒}$$

式中 h ——桨叶宽度，米；

d ——桨叶直径，米；

n ——桨叶转速，转/秒；

ρ ——液体密度，公斤·秒²/米⁴；

p ——整个桨叶克服摩擦力的能量消耗，公斤·米/秒；

ξ ——阻力系数，根据雷诺准数

$$Re = \frac{nd^2\rho}{\mu} \text{和搅拌机型式}$$

查文献[1]中图26可得阻力系数 ξ 。

在一般情况下，启动功率也可按运转功率的2~3倍来计算，即： $N_{\text{启}} = (2 \sim 3) N_2$ 。

运转功率 N_2 的计算，除前述的方法外，还有：

(1) 根据“计算图”求得所需要的功率，见文献[4]第28~31页，文献[2]第70页。

(2) 在事先不能求出雷诺准数时，应用推导出来的方程式进行计算，也就是根据已确定的搅拌机型式和已知液体运转条件下的常数 c 和 m 值进行计算，其计算公式为：

$$N_2 = cd^{6-2m}n^{3-m}\rho^{1-m}\mu^m \text{公斤} \cdot \text{米/秒}$$

式中 c, m ——常数值（根据不同的结构型式，查文献[1]表1）；

μ ——介质粘度（厘泊/9810），公斤·秒/米²。

在计算运转功率时，要考虑到搅拌机在运转过程中的各种影响因素。

当搅拌机不符合几何相似条件时，用前述几种方法计算的运转功率 N_2 应乘以校正系数 K （ K 值与容器内液面高度，容器直径，桨叶直径，桨叶宽度有关）， K 值的计算见文献[1]第43页。

如果需要考虑设备内的附加装置及桨叶与设备内壁的粗糙度时， N_2 还应乘以 $(1+e)$ ， e 值为附加系数（见文献[1]）

图26和图30)。

2. 电机功率的计算

在设计计算搅拌机功率时, 选用电动机的功率应按启动功率计算, 其计算公式为:

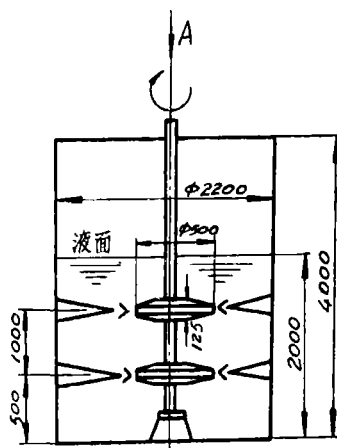
$$N_{\text{电}} = \frac{N_{\text{启}}}{102\eta_{\text{总}}} \quad \text{千瓦}$$

式中 $\eta_{\text{总}}$ ——传动部份总效率。

因为影响搅拌机功率的因素很多, 所以在选用电动机时, 还要考虑1.2~1.5倍的安全系数。

三、设计计算中的体会

在石油、化工等单位, 经常碰到一些



作为:

搅拌介质: 白土和油混合

介质粘度: $\mu = 3 \text{ 厘泊} = 0.306 \times 10^{-3} \text{ 公斤} \cdot \text{秒} / \text{米}^2$

介质比重: $\gamma = 0.75 \text{ 克} / \text{厘米}^3$ (白土占地蜡油比重的5~15%)
 $= 750 \text{ 千克} / \text{米}^3$

介质密度: $\rho = \gamma / g = 750 / 9.81 = 76.5 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4$

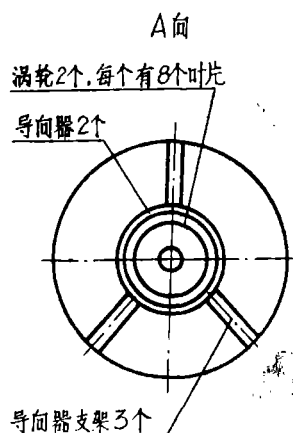
介质温度: $t = 170^\circ\text{C}$

搅拌轴转速: $n = 120 \text{ 转} / \text{分} = 2.15 \text{ 转} / \text{秒}$

搅拌操作。为减少搅拌机的能量消耗, 在设计中必须正确确定搅拌操作中的主要控制因素。如果在某一搅拌过程中, 同时有液体的混合、颗粒的均匀悬浮、介质的传热等等因素, 则可以对各种因素分别计算后进行比较, 然后再来确定其中哪一种因素是主要因素。根据主要因素并顾及到其它的一些因素要求, 来选择最适合于该过程的搅拌桨叶的类型、桨叶直径和出轴转速等主要参数, 计算出所需要的功率。

四、应用例题

南阳炼油厂白土精制及蜡成型联合装置用地、石蜡涡轮混合搅拌机, 其设计条



桨叶型式: 八叶涡轮式搅拌器

液层高度: $H = 2000 \text{ 毫米}$

罐直径: $D = \phi 2200 \text{ 毫米}$

桨叶直径: $d = \phi 500 \text{ 毫米}$

桨叶宽度: $h = 125 \text{ 毫米}$

1. 启动功率的计算

$$N_{\text{启}} = N_1 + N_2$$

$$N_1 = 3.87hd^4n^3\rho$$

$$= 3.87 \times 0.125 \times 0.5^4 \times 2.15^3 \times 76.5 = 23.18 \text{ 公斤} \cdot \text{米} / \text{秒}$$

$$N_2 = K_2 d^6 n^3 \rho$$

旋桨式和涡轮式搅拌器的校正系数 K_2

值按下式计算:

$$K = \left(\frac{D}{3d} \right)^{0.93} \left(\frac{H}{D} \right)^{0.6}$$
$$= \left(\frac{2.2}{3 \times 0.5} \right)^{0.93} \times \left(\frac{2}{2.2} \right)^{0.6}$$
$$= 1.43 \times 0.95 = 1.36$$

雷诺数的计算:

$$Re = \frac{n d^2 \rho}{\mu} = \frac{2.15 \times 0.5^2 \times 76.5}{0.306 \times 10^{-3}}$$
$$= 1.34 \times 10^5$$

根据已求出来的雷诺数和八叶涡轮式搅拌机为 15a 型, 查特性曲线坐标图, 得阻力系数 $\zeta = 1.8$

$$\text{则 } N_2 = 1.36 \times 1.8 \times 0.5^5 \times 2.15^3 \times 76.5$$
$$= 55.85 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}$$

启动功率为:

$$N_{\text{启}} = 23.18 + 55.85 = 79.03 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}$$

2. 电动机功率的计算

$$N_{\text{电}} = \frac{N_{\text{启}}}{102 \eta_{\text{总}}}$$
$$= \frac{79.03}{102 \times 0.75} = 1.03 \text{ 千瓦}$$

考虑诸因素对功率的影响

1. 筒体粗糙度, 进出料口的影响, 增加功率 50%

2. 两组涡轮桨叶的影响, 增加功率 45%;

3. 导向器支架共有三组, 功率增加 25%;

$$N_{\text{电}} = 1.03 \times 1.5 \times 1.45 \times 1.25$$
$$= 2.8 \text{ 千瓦}$$

在选用电动机时, 由于估计不到的各种因素则要考虑 1.2~1.5 倍的安全系数。

当取 1.2 倍系数 $1.2 \times 2.8 = 3.36$ 千瓦

当取 1.5 倍系数 $1.5 \times 2.8 = 4.2$ 千瓦

故在设计时选用的电机为 JCH671, 功率 $N = 4.2$ 千瓦, 转速 $n = 129$ 转/分。

该设备已使用两年多, 从现场测得的轴功率 $N_{\text{测}} = 3.78$ 千瓦。

五、搅拌机功率的计算值

与实际值比较 (见表 1)

从搅拌机功率的测定值与计算值比较表中不难看出, 选用〔苏〕B.B. 卡法罗夫著《液体搅拌》一书中的有关公式计算时, 其计算值与实测值还是比较接近的。所以根据我们的计算经验认为: 选用《液体搅拌》一书中的有关公式计算运转功率较为合适。但表中尚存在一些误差, 其主要原因有三方面:

1. 在测定电流中, 用钳式电流表测得的电流, 功率因数均按 85% 考虑。功率根据下式进行计算:

$$N = \sqrt{3} IV \cos \varphi \eta$$

式中 N ——实测运转功率, 千瓦;

I ——钳式电流表测得的电流, 安培;

V ——电压表显示的电压, 伏特;

$\cos \varphi$ ——功率因数, 均按 85% 考虑的;

η ——传动效率, 一般取 $\eta = 70 \sim 80\%$ 。

上式所得实测运转功率值, 然后又增加了 20%, 所以实测值均偏大。

2. 在介质的粘度确定中, 有的缺乏准确的测定数据, 是采用估算粘度进行计算。

3. 有的搅拌机结构尺寸和安装尺寸与书中规定的不符, 因而在计算公式选用上, 采用近似选定法进行了计算。

表 1 搅拌机功率测定值与计算值比较表

序号	搅 拌 机			电 动 机		介 质 比 重	介 质 粘 度 厘 沱	计 算 运 转 功 率 千 瓦			实 测 运 转 功 率 千 瓦
	型 式	规 格 毫 米	转 速 转/分	功 率 千 瓦	转 速 转/分			液 体 搅 拌 B.B.卡 法 罗 夫 著	搅 拌 器 计 算 原 理 坎 托 罗 维 奇 著	搅 拌 器 设 计 化 工 设 备 技 术 中 心 站	
1	上中桨：矩形框式 下桨：半圆形框式	R 800 R 800	31	30	730	0.95	30	12	3.27		12.8
2	上桨：矩形框式 下桨：半圆形框式	R 700 R 700	36	14	1460	0.95	30	4.25		3.46	6.4
3	闭式涡轮搅拌桨共 4 组	φ 640	125	5.5	950	0.86	80	4.25		3.46	4.7
4	闭式涡轮搅拌桨共 3 组	φ 500	145	8	725	0.86	80	4.45		4.45	6.7
5	卧式框式搅拌桨	φ 1200	70			0.86	16	6.86	6.87		6.72
6	卧式框式搅拌桨	φ 1200	102	11	975	0.86	16	4.9	21.3		7.4
7	45°双桨式	φ 500	80	1.1	1500	1	1.31	1.595			1.96
8	伞形框式搅拌桨	φ 2400 ~φ 1200	12.4	2.2	1500	1	1.78	1.3			0.85
9	倒伞形框式搅拌桨	φ 2400 ~φ 1200	5.19	1.5	1500	1	1.78	0.12			0.2

参 考 文 献

[1] B.B.卡法罗夫著，液体搅拌，重工业出版社，1955年。
[2] [日]京都大学永田进治，搅拌机的所要动

力，新化学工学讲座Ⅶ—2。
[3] [苏]坎列斯吉舒，通用机械快报，63年，16期。
[4] 化工部化工设备设计专业技术中心站，搅拌器设计，1969年。

“英特洛克斯” 填料用于天然气净化

四川威远脱硫一厂在工程改造时，净化天然气的吸收塔采用了“英特洛克斯”新型填料。处理量为100000标米³/日，操作压力为35公斤/厘米²（绝）。天然气中含有硫化氢和二氧化碳，用乙醇胺溶液进行吸收。塔径500毫米；填料分三段，充填高度共计5米，填料材质为08A1。操作

时气液比在220左右，即能满足净化气的质量要求。
这是我国第一次在净化天然气工程中采用“英特洛克斯”填料，改造投产后，再次证实该填料具有传质效率高、处理量大和压力降小等优点。
（四川石油设计院陈虞芳 罗菊仙供稿）