

第6章 搅拌设备

主要内容

- 搅拌设备的用途及分类
- 机械搅拌设备结构及其工作原理
- 水处理工艺中常用的机械搅拌设备

6.1 搅拌设备的用途及分类

1、搅拌设备的用途

在水处理工艺中，搅拌设备主要用于药剂的溶解、稀释、混合反应和投加混凝剂或助凝剂。



6.1 搅拌设备的用途及分类

2、搅拌设备的分类

按搅拌功能分

- 混合搅拌设备
- 搅动设备
- 悬浮搅拌设备
- 分散搅拌设备

按搅拌方式分

- 机械搅拌设备
- 水力搅拌设备
- 气体搅拌设备
- 磁力搅拌设备

6.1 搅拌设备的用途及分类

按搅拌目的分

- 溶药搅拌设备
- 混合搅拌设备
- 絮凝搅拌设备
- 澄清搅拌设备
- 消化池搅拌设备
- 水下搅拌设备

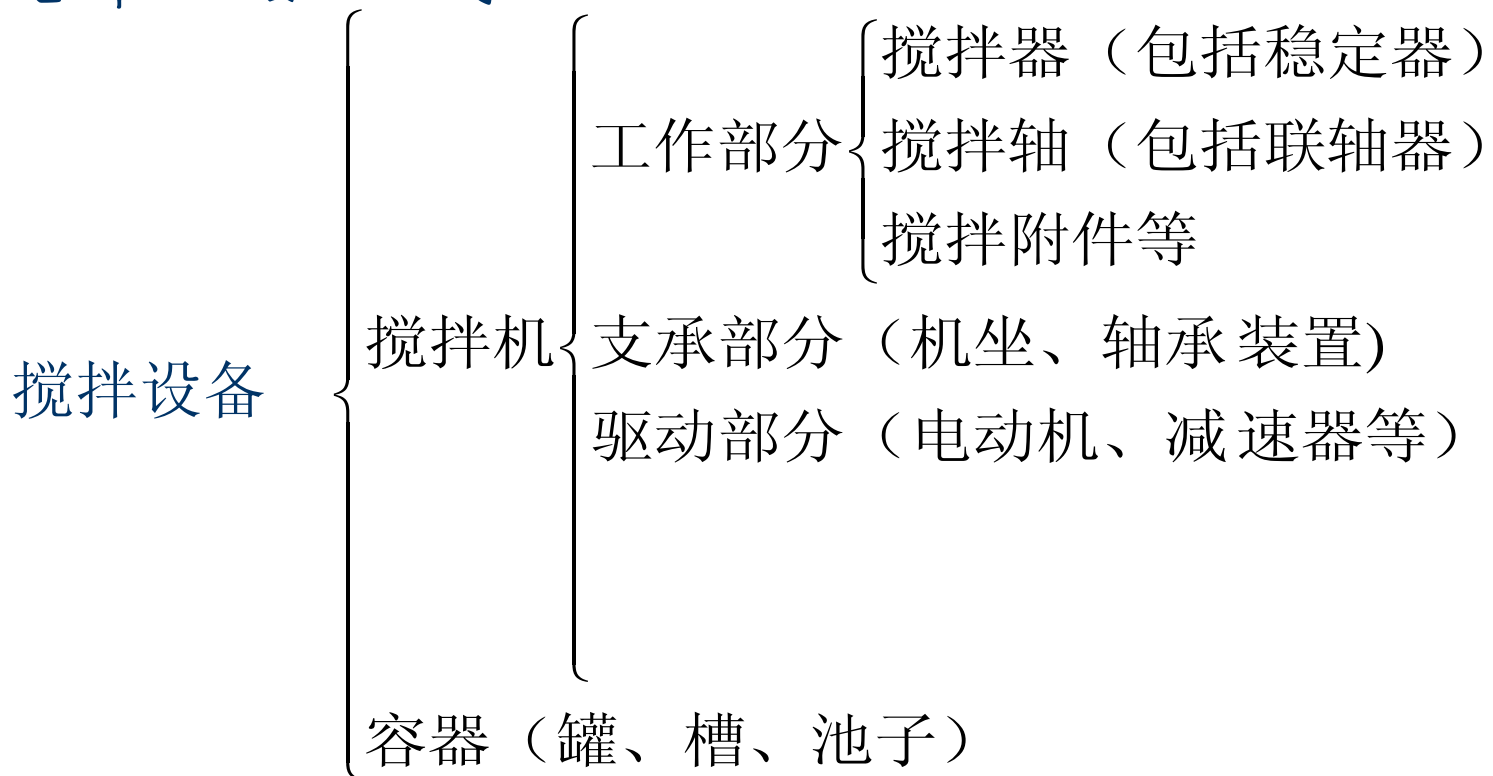




6.2 机械搅拌设备结构及其工作原理

6.2.1 机械搅拌设备组成与其工作原理

1、搅拌设备组成



6.2.1 机械搅拌设备组成与其工作原理

2、 搅拌设备工作原理

混合：通过搅拌作用，使与水的比重、粘度不同的物质在水中混合均匀；

搅动：通过搅拌使混合液强烈流动，以提高传热、传质的速率；

悬浮：通过搅拌作用，使原来静止在水体中可沉降的固体颗粒或液滴悬浮在水体中；

分散：通过搅拌作用，使气体、液体或固体分散在水体中，增大不同物相的接触面积，加快传热和传质过程。

实现搅拌的目的是通过能量的传递。

6.2.1 机械搅拌设备组成与其工作原理

3、机械搅拌设备工作原理

在搅拌器附近区域的流体造成高端流的充分混合；
产生一股高速射流推动全部液体沿一定途径循环流动。

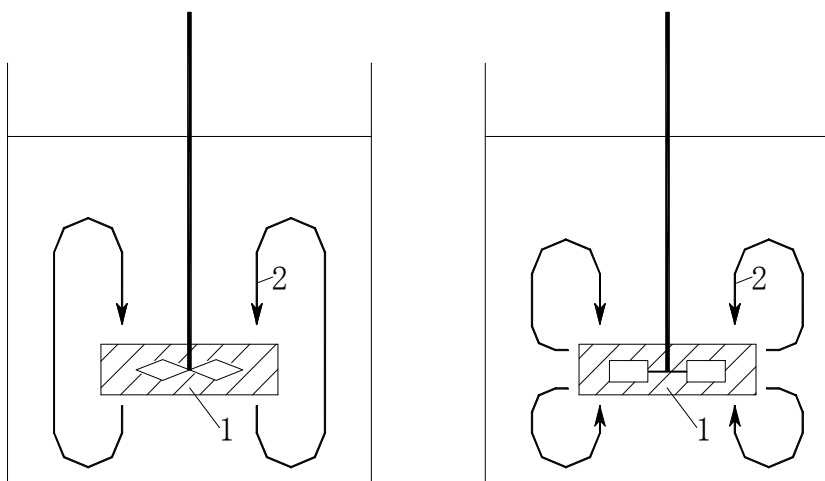
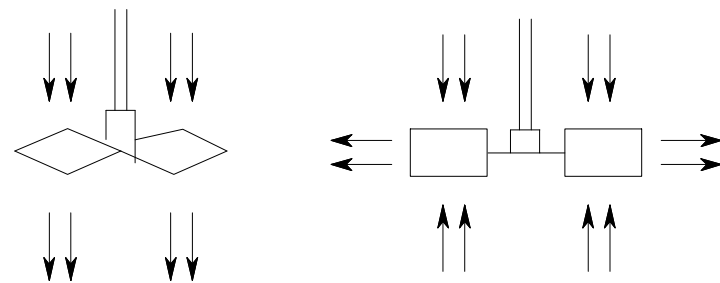


图6.1 搅拌设备中的宏观混合模型
1—充分混合区；2—很少混合的缓慢流动



(a) 轴向流

(b) 径向流

图6.2 轴向流与径向流示意图

6.2.2 机械搅拌的形式与结构

1、 搅拌器分类

按循环流态分：轴向流、径向流、混合流搅拌器。

按搅拌器结构分：平直叶、折叶、螺旋面叶搅拌器；桨式、涡轮式、锚式桨叶都有平叶、折叶，推进式的桨叶为螺旋面叶。

水工艺中常见的搅拌器有：桨式搅拌器、推进式搅拌器、涡轮式搅拌器、锚式搅拌器。

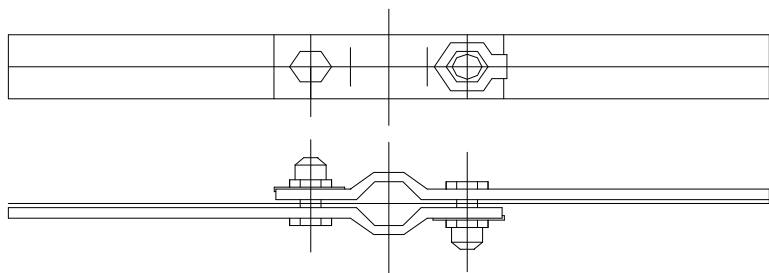
6.2.2 机械搅拌的形式与结构

2、桨式搅拌器

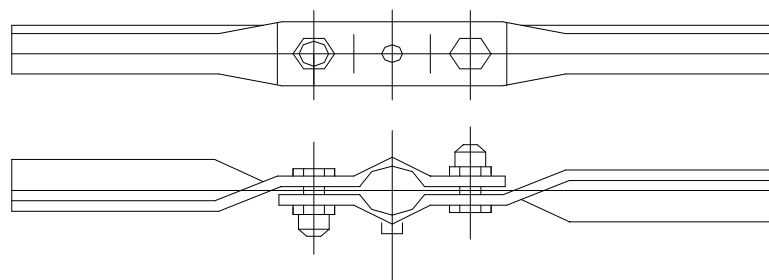
类型：平直叶桨式搅拌器和折叶桨式搅拌器。

特点：转速低（1~100r/min）；对粘度（最高为2Pa·s）较敏感；径向流； $d/D=0.35\sim 0.8$ ， $b/d=0.1\sim 0.25$ ；叶片为2片； $\theta=45^\circ$ 或 60° （折叶）；流速为1.0~5m/s。

应用：用于介质粘度低的液体。主要用于药剂溶解和混合。



平桨



折叶桨

桨式搅拌机



折叶桨式搅拌机



三宽叶旋桨式搅拌机



斜叶桨式搅拌机



四叶旋桨式搅拌机

6.2.2 机械搅拌的形式与结构

2、推进式搅拌器

特点： $d/D=0.2\sim 0.5$ ，一般取0.33； $s/d=1$ 或2，叶片为2、3、4，常取3；转速为100~500r/min；流速为3~15m/s；最大粘度为3Pa·s；轴向流。

应用：药剂溶解和悬浮操作。

一般用铸铁、铸钢整体铸造而成，有时也采用焊接

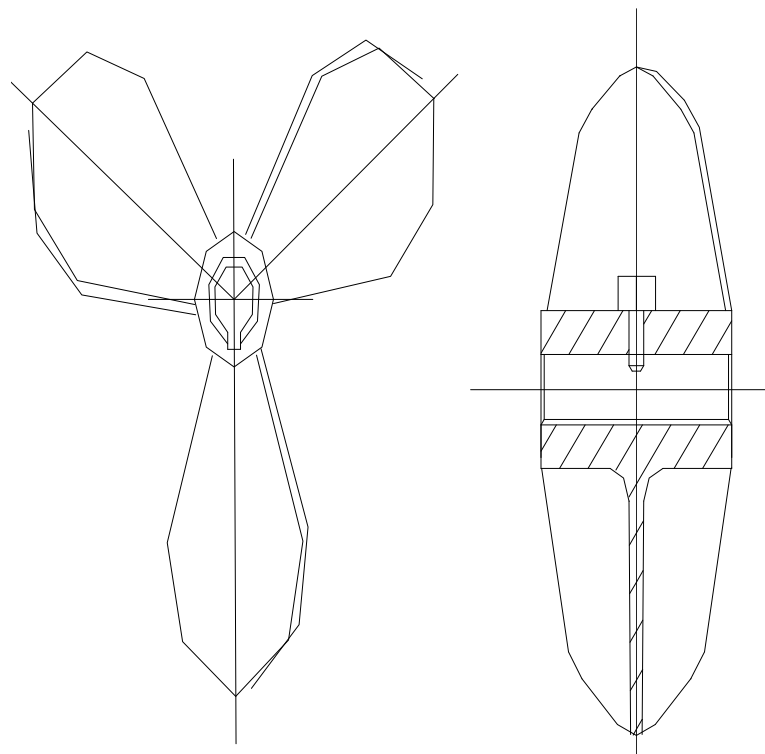
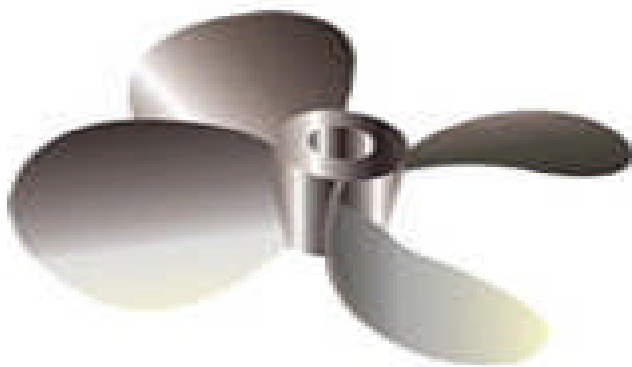


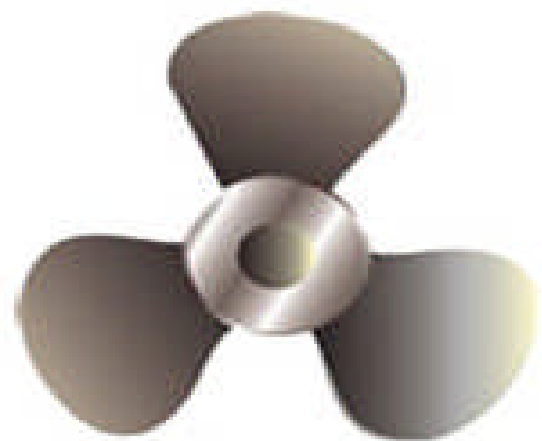
图6.4 推进式搅拌器结构



推进式搅拌机



四叶推进式搅拌机



三叶推进式搅拌机



6.2.2 机械搅拌的形式与结构

3、涡轮式搅拌器

类型：开启式和圆盘式两类；桨叶有平直叶、弯叶和折叶。

特点：径向流； $d:L:b=20:5:4$ ， $d/D=0.2\sim 0.5$ ，常取0.33；片数为4、6、8；转速为10~300r/min；流速为4~10m/s；介质粘度最大为50 Pa·s。

应用：搅拌器广泛用于快速溶解和进行乳化操作

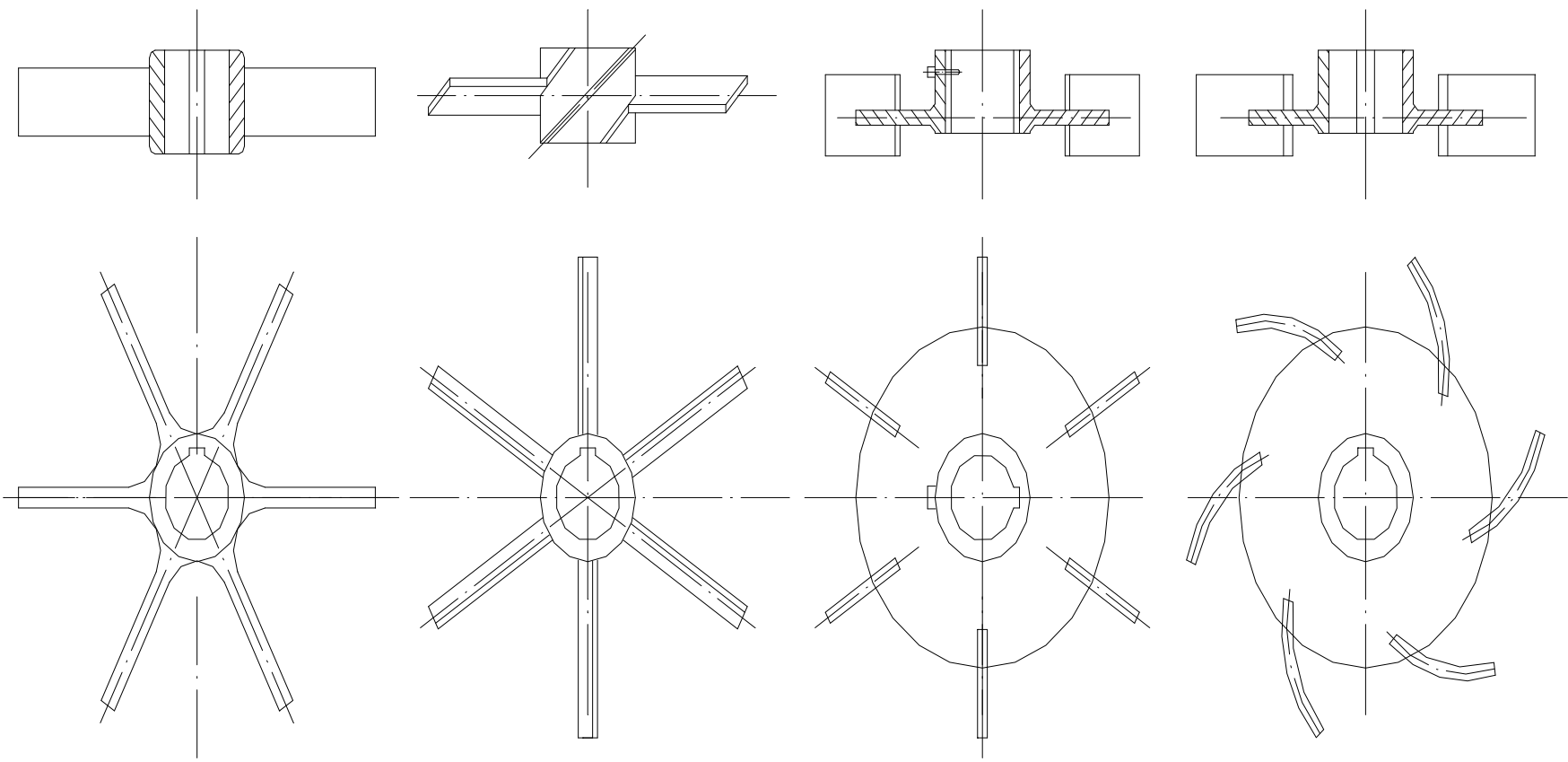


图6.5 涡轮式搅拌器结构

(a) 平叶开启式； (b) 折叶开启式； (c) 直叶圆盘式； (d) 弯叶圆盘式



涡轮式搅拌机



六叶开启涡轮式搅拌机



六斜叶开启涡轮式搅拌机



齿形圆盘涡轮式搅拌机

涡轮式搅拌机



四叶开启涡轮式搅拌机



三叶开启涡轮式搅拌机

涡轮式搅拌机

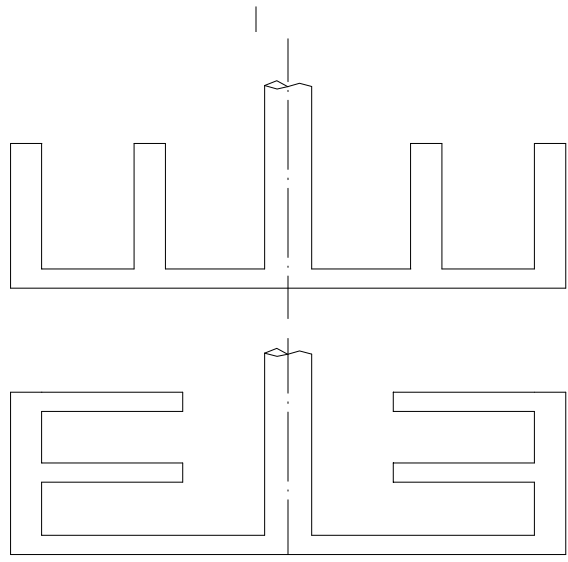


常用圆盘涡轮式搅拌机



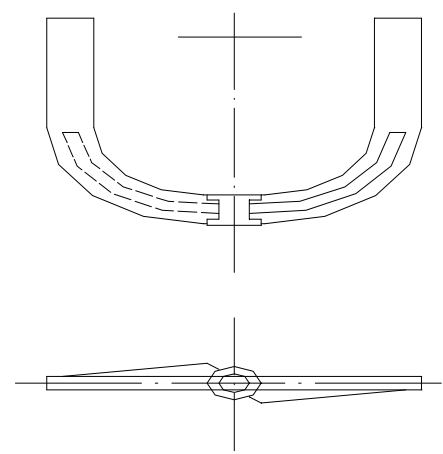
异形叶圆盘涡轮式搅拌机

4. 其它型式搅拌机



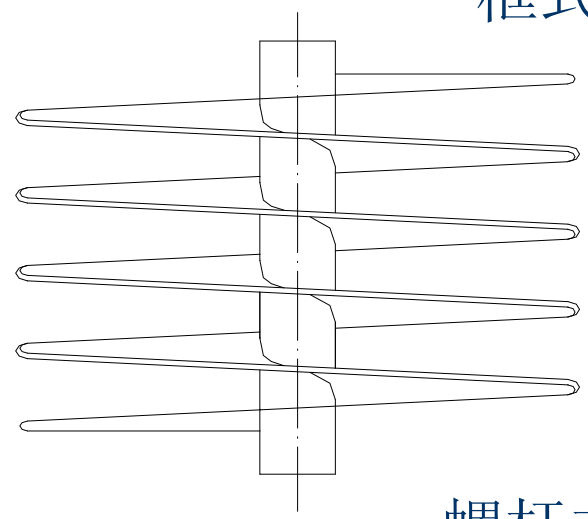
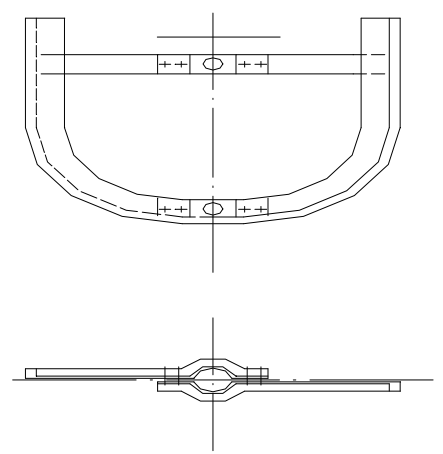
(a) 框式

框式



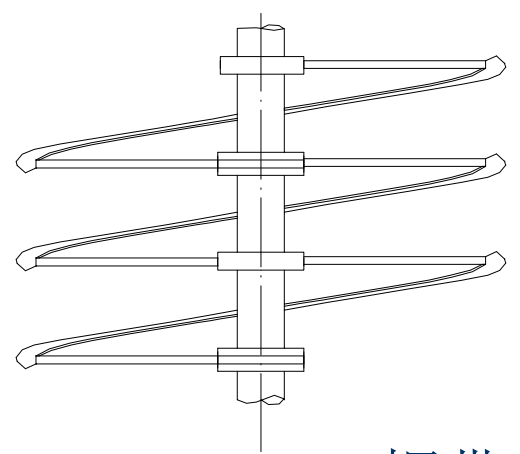
(b) 锚式

锚式



(c) 螺杆式

螺杆式



(d) 螺带式

螺带式





杆式搅拌机



螺杆式搅拌机



螺带螺杆式搅拌机





锚、框式搅拌机



锚、框式搅拌机

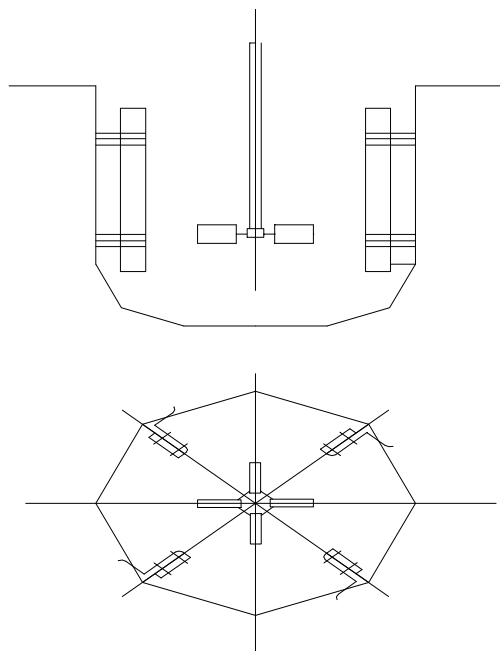


特殊框式搅拌机



6.2.3 搅拌器附件

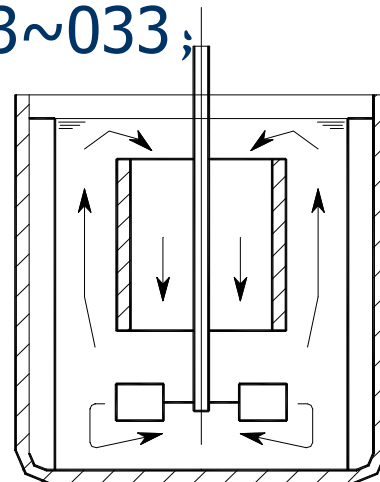
▶ 挡板宽度为容器直径的 $1/12 \sim 1/10$ ，一般有4块。



挡板

▶ 对于涡式或桨式搅拌器，导流筒至于桨叶上方；对于推进式搅拌器，导流筒套在桨叶外面。

▶ $d/D=0.3 \sim 0.33$;



导流筒
用于涡流式搅拌器

6.2.4 传动装置

- 1、作用：提供能量。
- 2、组成：主要由电动机、减速机和机架组成。

电动机

减速机：主要有三角皮带减速机、两级齿轮减速机、摆线针轮减速机和谐波减速机四种。

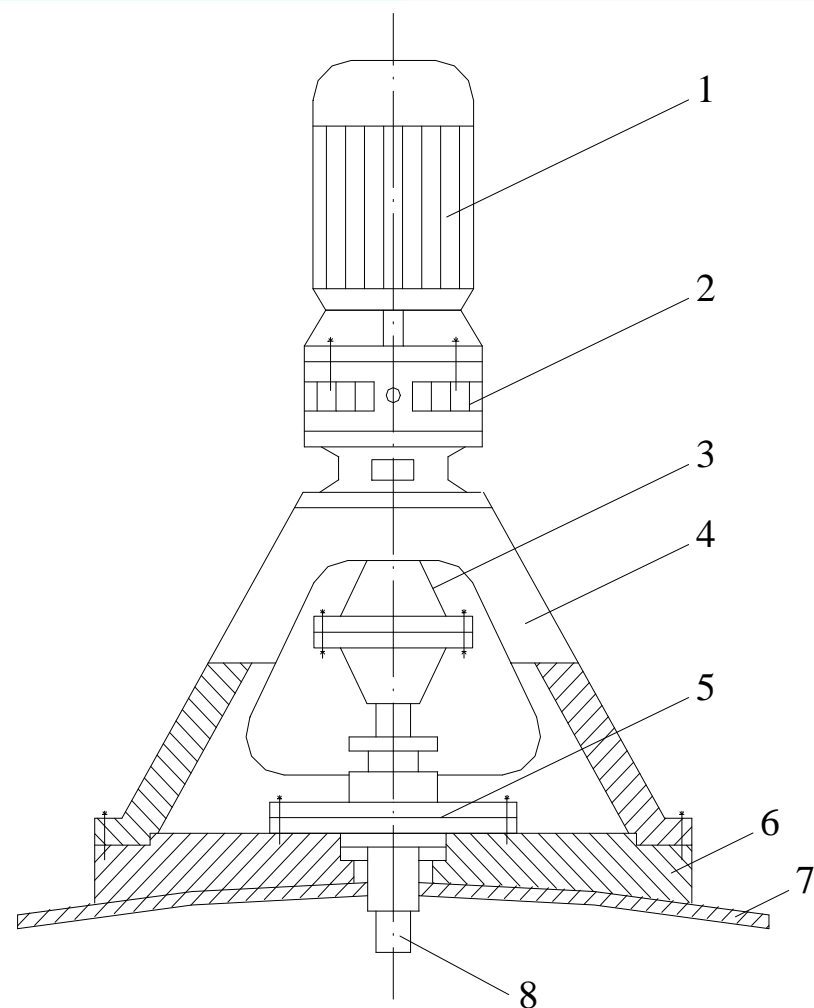


图6.9 传动装置

1—电动机；2—减速机；3—联轴器；4—机架
5—轴封装置；6—底座；7—封头；8—搅拌轴

减速机



LC型两级圆柱齿
轮减速机



M型立式圆柱蜗杆
减速机



FP带传动减速机

减速机



24 P型普通V带、窄V带、同步带减速机



YP型带传动减速机



BLE型摆线针轮行星减速机



机架



25 JXLD型机架(74标)



JXLD、JBLD型
号机架(新标)



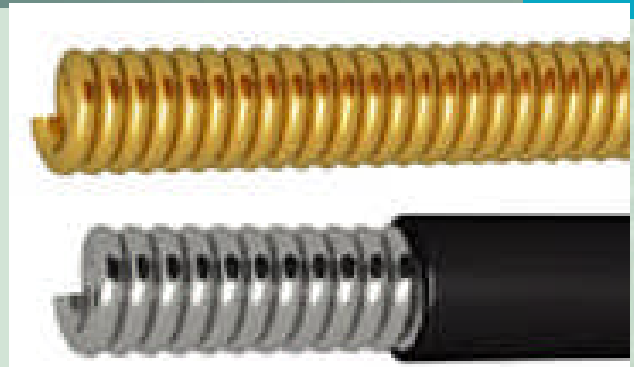
FZ型双支点
方底板机架



6.2.5 搅拌轴

常见轴承

- 1、功能：固定搅拌器，并从减速装置的输出轴取得动力，在带动搅拌器转动的同时，将功率传递给搅拌器以克服其旋转时遇到的阻力偶矩而对流体做功。
- 2、组成：
 - 轴颈：支承部分；
 - 轴头：安装部件；
 - 轴身：杆件部分。
- 3、轴端结构：凸缘联轴器轴端结构、夹壳式联轴器轴端结构、推进式搅拌器的轴端结构。



挠性钢丝轴

2008-5-10

对于配有凸缘联轴器的轴端，由轴肩和锁紧螺母实现轴向固定，用键来实现周向固定，所以轴端必须车制出轴肩、相应的螺纹及退刀槽和键槽等，

对于装在夹壳式联轴器中的轴端结构，轴端车出一环形槽，将两根需要相连的轴的端部对接在一起，利用它们的环形槽和一个可拆式的悬吊环，将两根轴轴向定位，再借助夹壳式联轴器将悬吊环紧紧地扣压在两根轴的轴端环形槽内，从而实现两根轴的连接

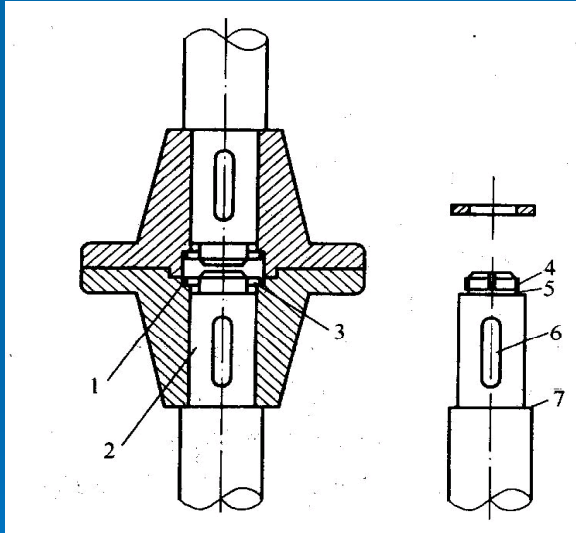
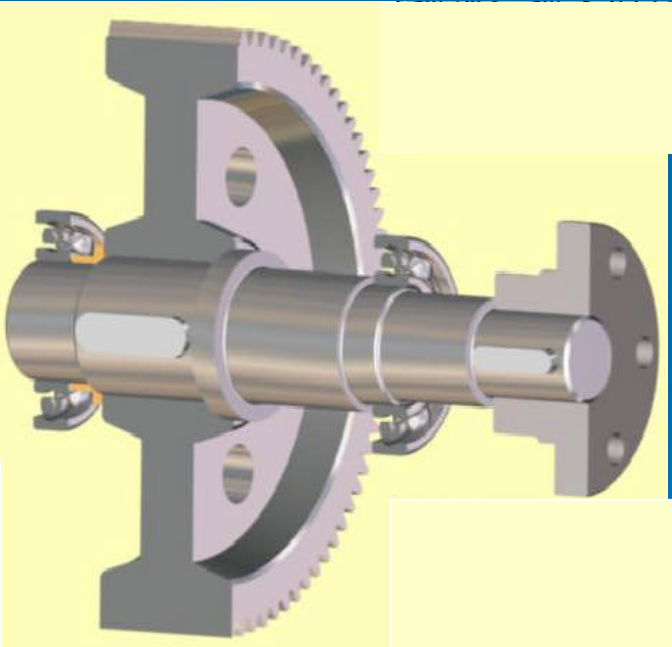


图 6.10 凸缘联轴器的轴端结构
1—凸缘联轴器；2—轴；3—锁紧螺母；4—螺纹；
5—退刀槽；6—键槽；7—轴肩

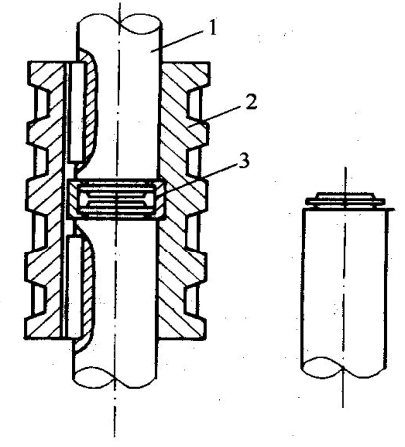


图 6.11 夹壳式联轴器的轴端结构
1—轴；2—夹壳式联轴器；3—悬吊环

搅拌轴的下端与搅拌器相连，根据搅拌器的形式及安装位置的不同，搅拌器安装在搅拌轴上的方法也不同。

对于桨式和框式搅拌器的轴头，只需用对夹螺栓夹紧搅拌器，再加紧定螺钉或穿螺栓定位，因而轴头用光轴打孔即可。

对于安装推进式搅拌器的轴头，需加工出轴肩、键槽、螺紋、退刀槽和穿孔。用固定螺母压紧搅拌器后，以销钉防止固定螺母松开，并用防锈螺帽保护轴端螺紋，

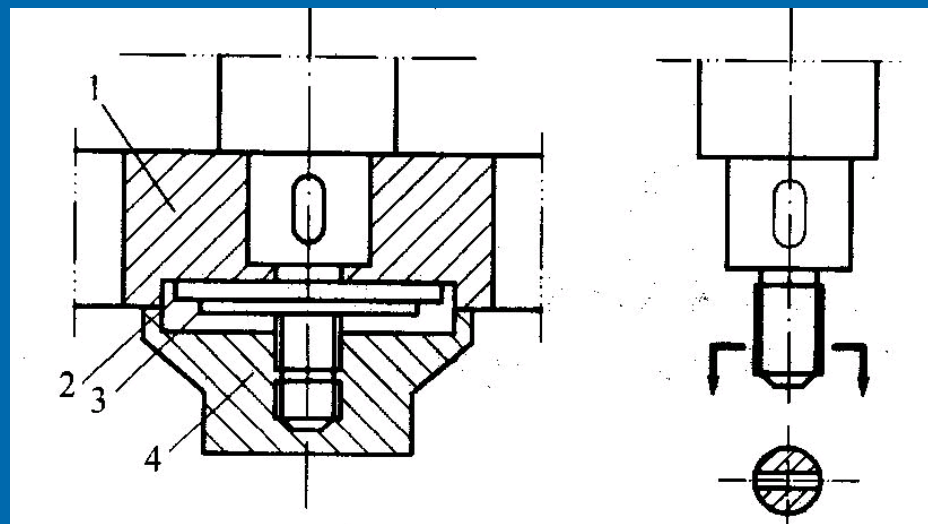


图 6.12 推进式搅拌器在轴上的固定结构
1—搅拌器；2—固定螺母；3—销钉；4—防锈螺帽

搅拌轴的计算选用

在搅拌过程中，搅拌轴除了承受扭转作用外，还承受弯曲作用。由于扭转在搅拌过程中起主导作用，工程上假定搅拌轴只承受扭转作用，用增加安全系数降低材料的许用应力的方法弥补因忽略弯曲作用所引起的误差。

搅拌轴受扭转作用时的强度条件是：

$$\tau_{\max} = \frac{M}{W} \leq [\tau]$$

式中 τ_{\max} ——截面上最大剪应力，MPa；

M ——轴传递的扭矩，N·mm；

W ——抗扭截面模量，mm³；

$[\tau]$ ——降低后的扭转许用剪应力，MPa。其数值可查相关材料手册。

其中

$$M = 9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}$$

对于实心轴

$$W = \frac{\pi d^3}{16}$$

故搅拌轴的直径：

$$d = \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 P}{0.2n[\tau]}}$$

式中 d ——搅拌轴的直径，mm；

P ——电动机的功率，kW；

n ——搅拌轴的转速，r/min。

$$\theta = \frac{M}{GJ} \times 10^3 \times \frac{180}{\pi} \leq [\theta]$$

式中 θ ——轴扭转变形的扭转角，°/m；

G ——剪切弹性模量，MPa；

J ——轴截面的极惯性矩，mm⁴；

$[\theta]$ ——许用扭转角，在一般的转动中取 (0.5°~1°) /m。

除了对搅拌轴进行强度计算外，还必须对搅拌轴进行刚度校核。为了防止转轴在旋转过程中产生过大的扭曲变形，避免在运转过程中产生振动而引起轴封的泄漏，工程上以单位长度的扭转角 θ 不得超过许用扭转角 $[\theta]$ 作为扭转的刚度条件。

搅拌轴材质的选用

搅拌轴工作时，主要受扭转、弯曲和冲击力作用，因此轴的材质应有足够的强度、刚度和韧性。

为了便于加工制造，还需要有优良的切削加工性能

所以常采用45号优质钢制造。

对于要求较低的搅拌轴，可采用Q235—A或35号钢。

当搅拌轴有耐腐蚀要求时，应根据腐蚀介质的性质和温度条件来选取合适的材料，一般采用不锈钢或对碳钢轴加防腐措施。

为了防止搅拌轴弯曲对轴封的影响，加工时对搅拌轴的直线度有一定的要求

轴的直线度与转速有关，转速高，对直线度的要求也高。搅拌轴的配合面的配合公差和表面粗糙度可按所配零部件(如搅拌器、联轴器、轴承等)标准的要求选取。

转速、压力、温度以及填料材质使得轴会很快磨损的场合需考虑表面硬度问题

可以对轴进行调质处理和喷涂硬铬，提高其耐磨性能。



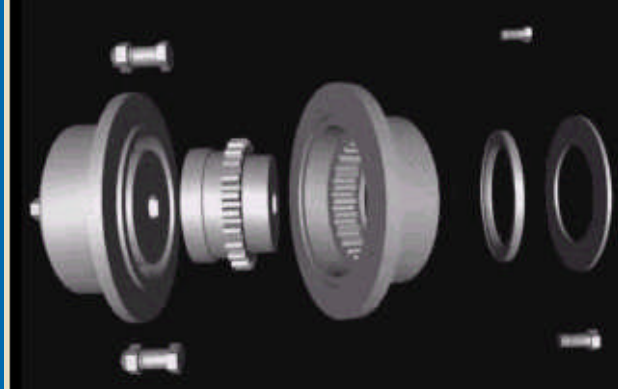
6.2.6 联轴器

- 1、作用：将两个独立的轴牢固地连在一起，以进行传递旋转运动和功率。
- 2、基本要求：最主要的是应确保两根联接轴的同心，有时还应具有一定的减少震动缓和冲击的能力。
- 3、结构形式：凸缘联轴器、夹壳联轴器、套筒联轴器、弹性圈柱销联轴器。





弹性套柱销
联轴器



齿轮联轴器



梅花形弹性联轴器



夹壳式联轴器



凸缘联轴器
西安建筑科技大学

凸缘联轴器

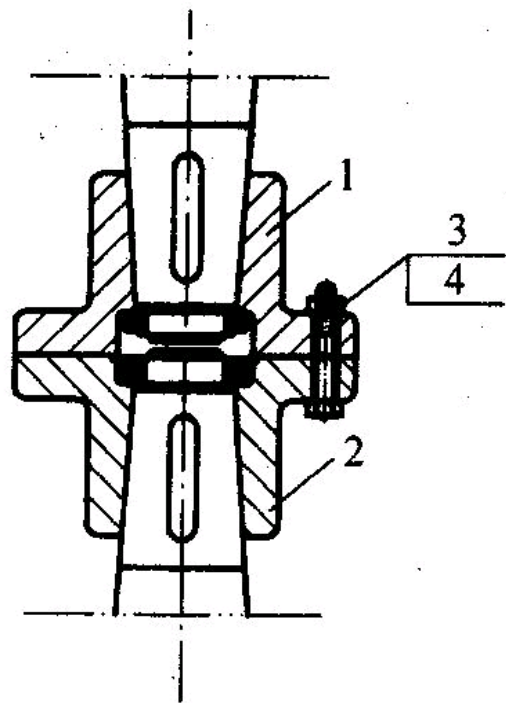


图 6.13 凸缘联轴器

1—上半联轴器；2—下半联轴器；

3—铰制孔螺栓；4—螺母

凸缘联轴器是由两个带凸缘的圆盘组成，圆盘称半联轴器，半联轴器与轴通过键进行周向固定，而由轴上的轴肩和锁紧螺母实现二者的轴向固定。

通常一个半联轴器的端面上开有凹槽，另一个半联轴器则具有凸肩，两者嵌合对中，然后再用螺栓将两个半联轴器连接在一起。

夹壳联轴器

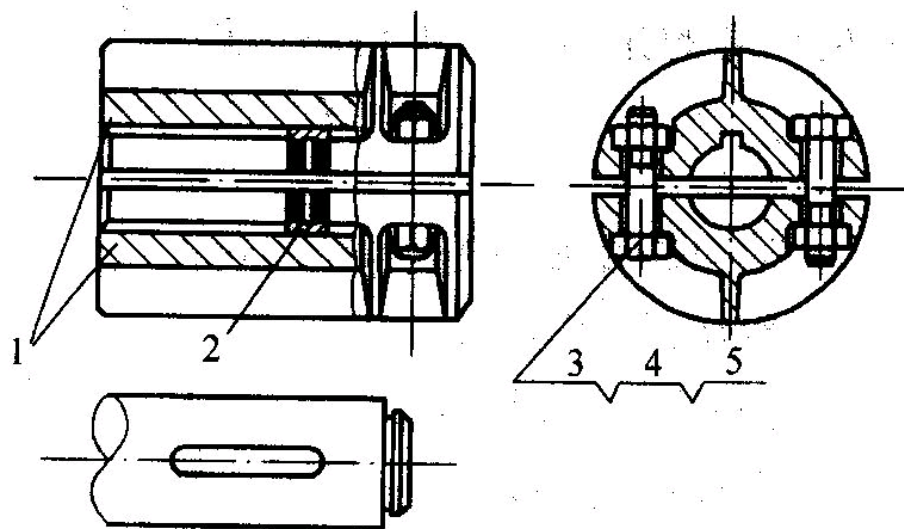
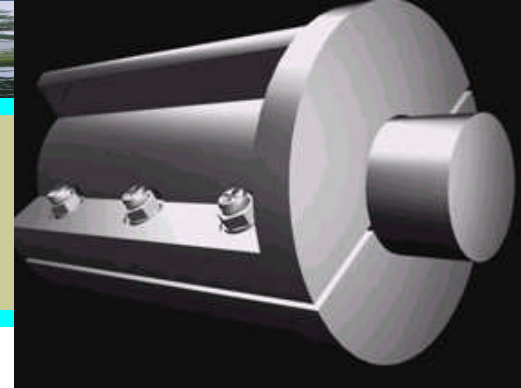


图 6.14 夹壳联轴器

- 1—左（右）半联轴器；2—吊环；
3—螺栓；4—螺母；5—垫圈

夹壳联轴器是由两个半圆筒形
的夹壳组成，夹壳的材料为灰
铸铁HT200，
用一组螺栓锁紧，夹壳的凸缘
间留有一定的空隙，当螺母锁
紧后，轴与夹壳接触，表面间
产生压力。轴转动时产生摩擦
力并靠摩擦力传递扭矩。
为了联结可靠，常加平键。夹
壳中间有一组悬吊环，它由两
个半环组成，用吊环固定轴的

套筒联轴器

套筒联轴器较为简单，是由键或销钉将套筒与轴联结起来组成

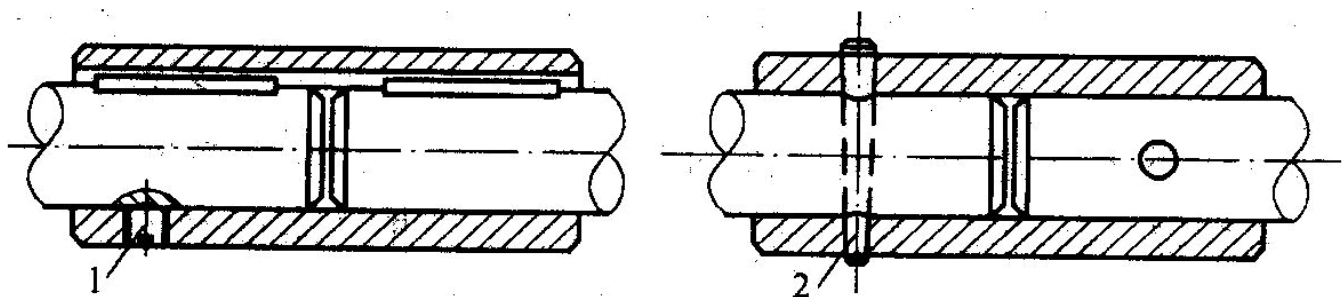


图 6.15 套筒联轴器

1—键；2—销钉

弹性圈柱销联轴器

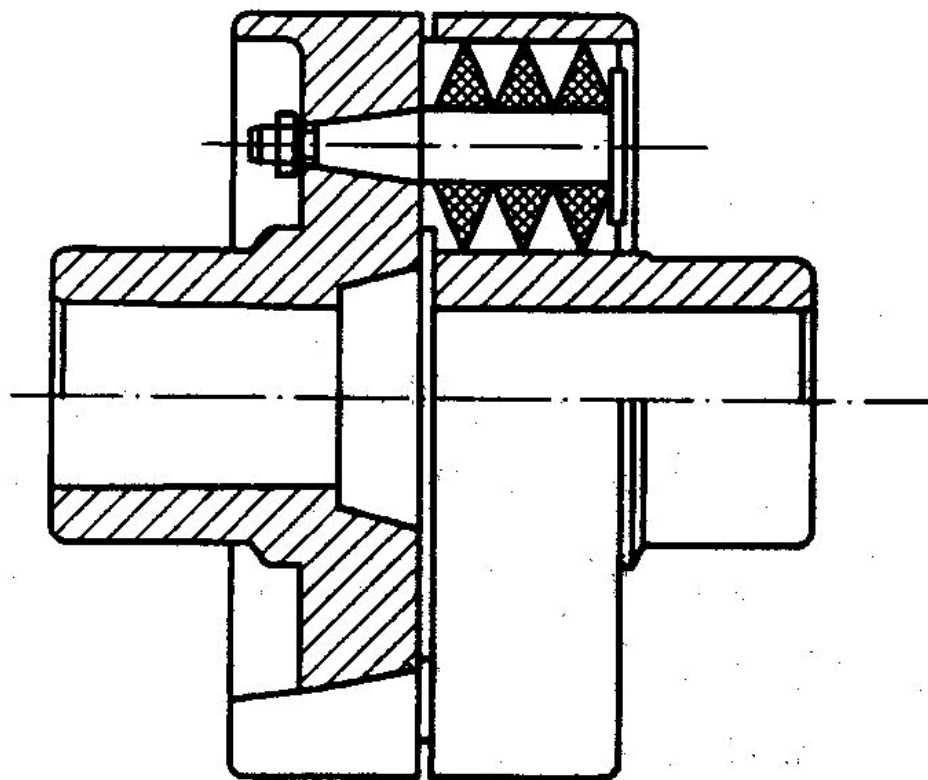


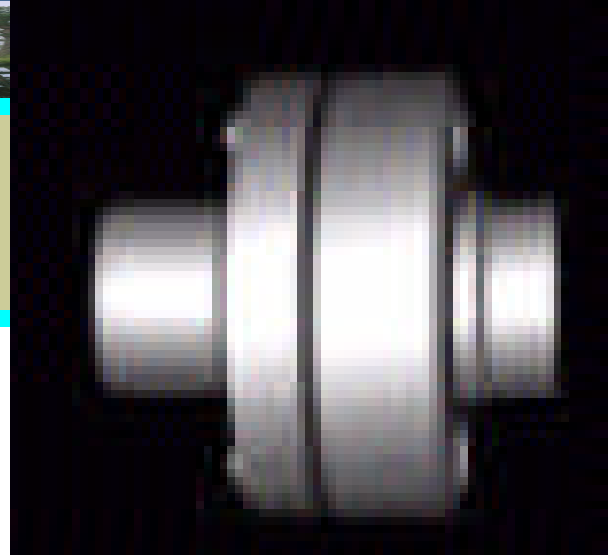
图 6.16 弹性圈柱销联轴器

弹性圈柱销联轴器的结构与凸缘联轴器相类似

用一个套有弹性圈的柱销代替联结螺栓，通过弹性柱销将两个半联轴器联结起来。

常用的联轴器的材料多为灰铸铁HT200和铸钢ZG270—500。

柱销的材料不低于45号钢，而弹性圈材料为橡胶和皮革等。为了提高弹性圈的吸振能力，多将它做成梯形。



几种联轴器的基本特点

几种联轴器的基本特点

表 6.1

联轴器类型	许用扭矩范围 (N·m)	轴径范围 (mm)	最大转速范围 (r/min)	主要特点	适用条件
刚性凸缘 联轴器	10~20000	10~180	1400~13000	优点是结构简单、制造方便、成本低、并能传递较大扭矩。缺点是无减振性能，不能消除因两轴不同心所引起的振动。	适用于低速、振动小和刚性大的轴
弹性圈柱 销联轴器	6.3~16000	9~170	800~8800	靠弹性圈变形而储蓄能量，从而使联轴器具有吸振与缓冲的能力，并允许有不大的径向位移和轴向位移	适用于正反转变化多、起动频繁、高速转动的搅拌机设备中
刚性夹壳 联轴器	85~9000	30~110	380~900	拆卸方便，拆装时不需做轴向移动	一般适用于低速、直径小于 200mm 的轴，不适用于有冲击的情况

6.2.7 轴承

1、作用：为搅拌轴设置的支承。

2、分类：
按承载方向

{ 向心轴承（主要承载径向荷载）
推力轴承（主要承载轴向荷载）
向心推力轴承（径向、轴向荷载）

按轴承工作时的摩擦性质

{	滑动轴承	{	向心滑动轴承	{	整体式
				剖分式	调心式
		{	推力滑动轴承		
{	滚动轴承	{	球轴承		
		{	滚子轴承		

搅拌装置



传动轴，搅拌轴



中间轴承



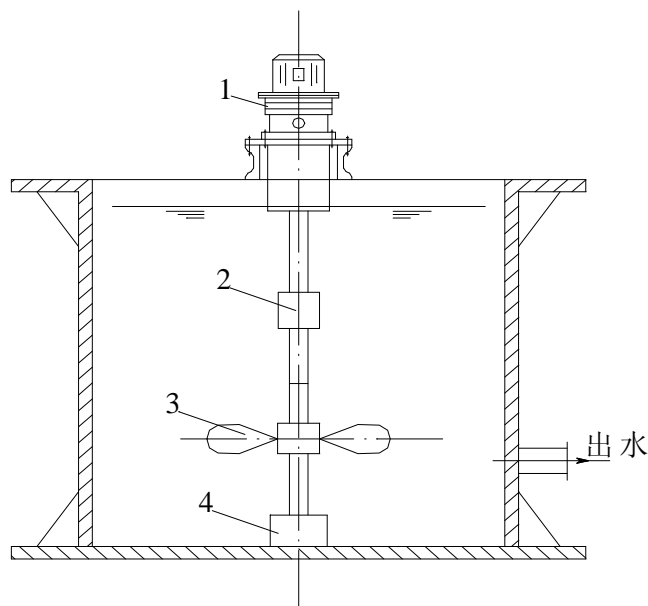
安装底盖与凸缘法兰



底轴承

6.3 水处理工艺中常用的机械搅拌设备

1. 溶液搅拌设备



41 图6.22 JBT型推进式搅拌机结构示意图

1—传动装置；2—联轴器；

3—搅拌器；4—水下轴承

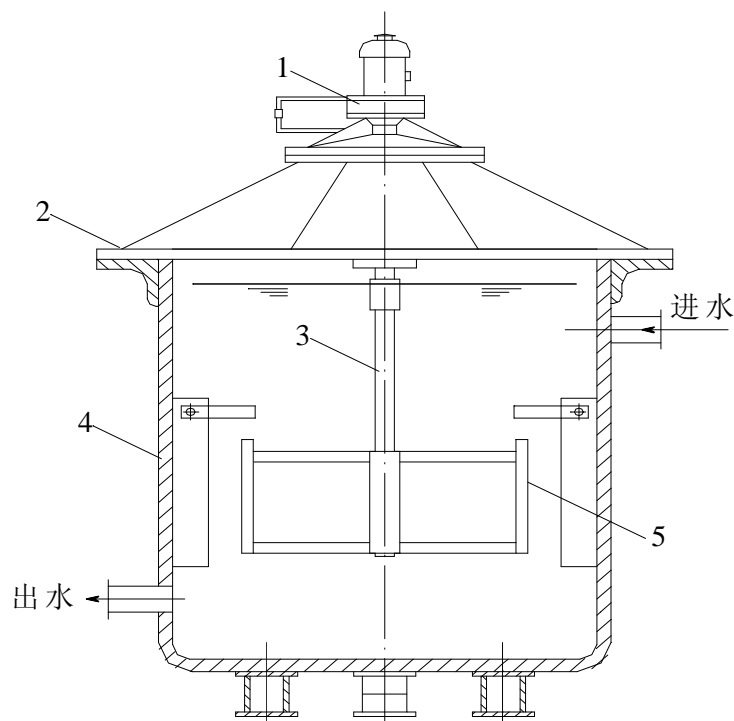


图6.23 SJ型代罐框架式搅拌机结构示意图

1—传动装置；2—支座；3—主轴；

4—罐西安建筑科技大学



2、混合搅拌设备

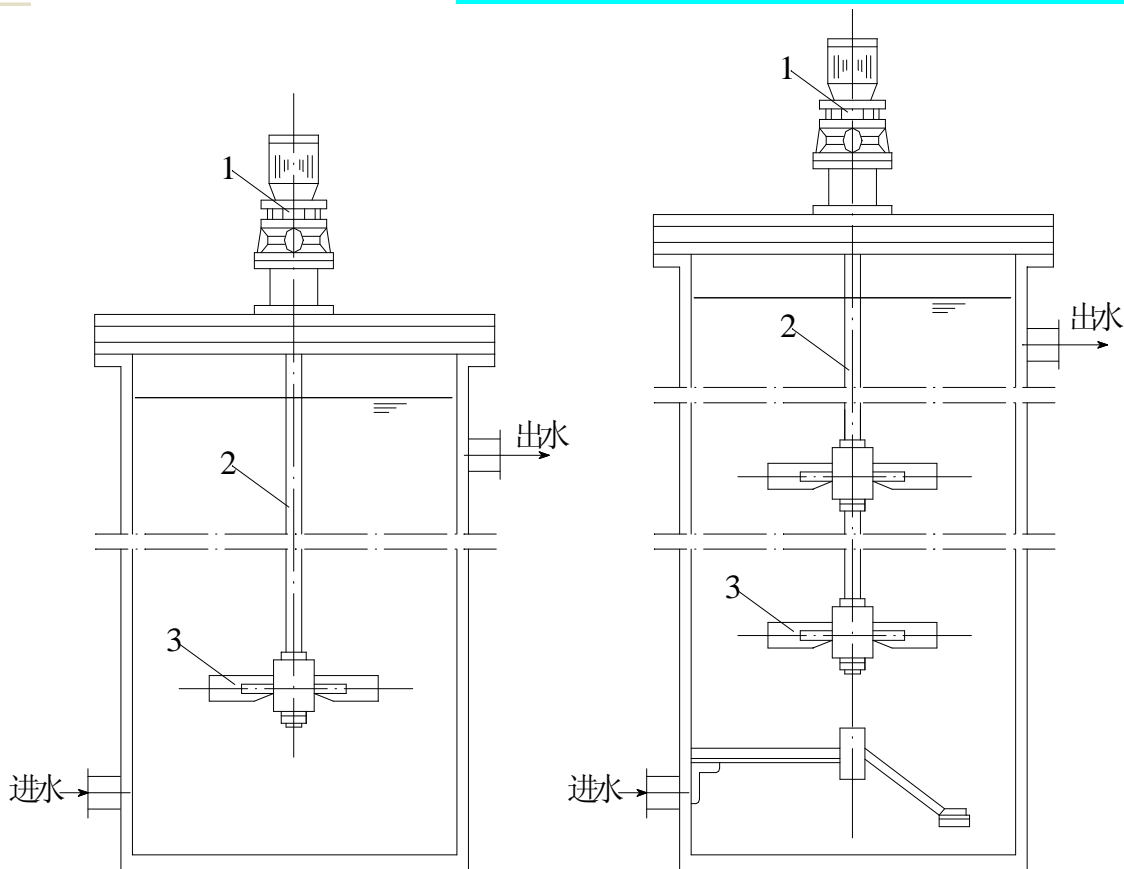


图6.24 WHJ型机械混合搅拌机结构示意图

1—转动装置；2—主轴；3—搅拌器

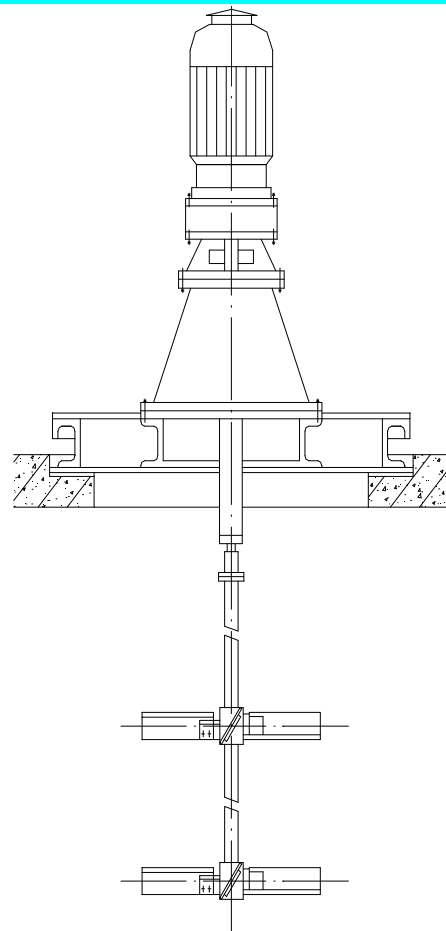


图6.25 JBJ型折桨式混合

院西安建筑科技大学



3、絮凝搅拌设备

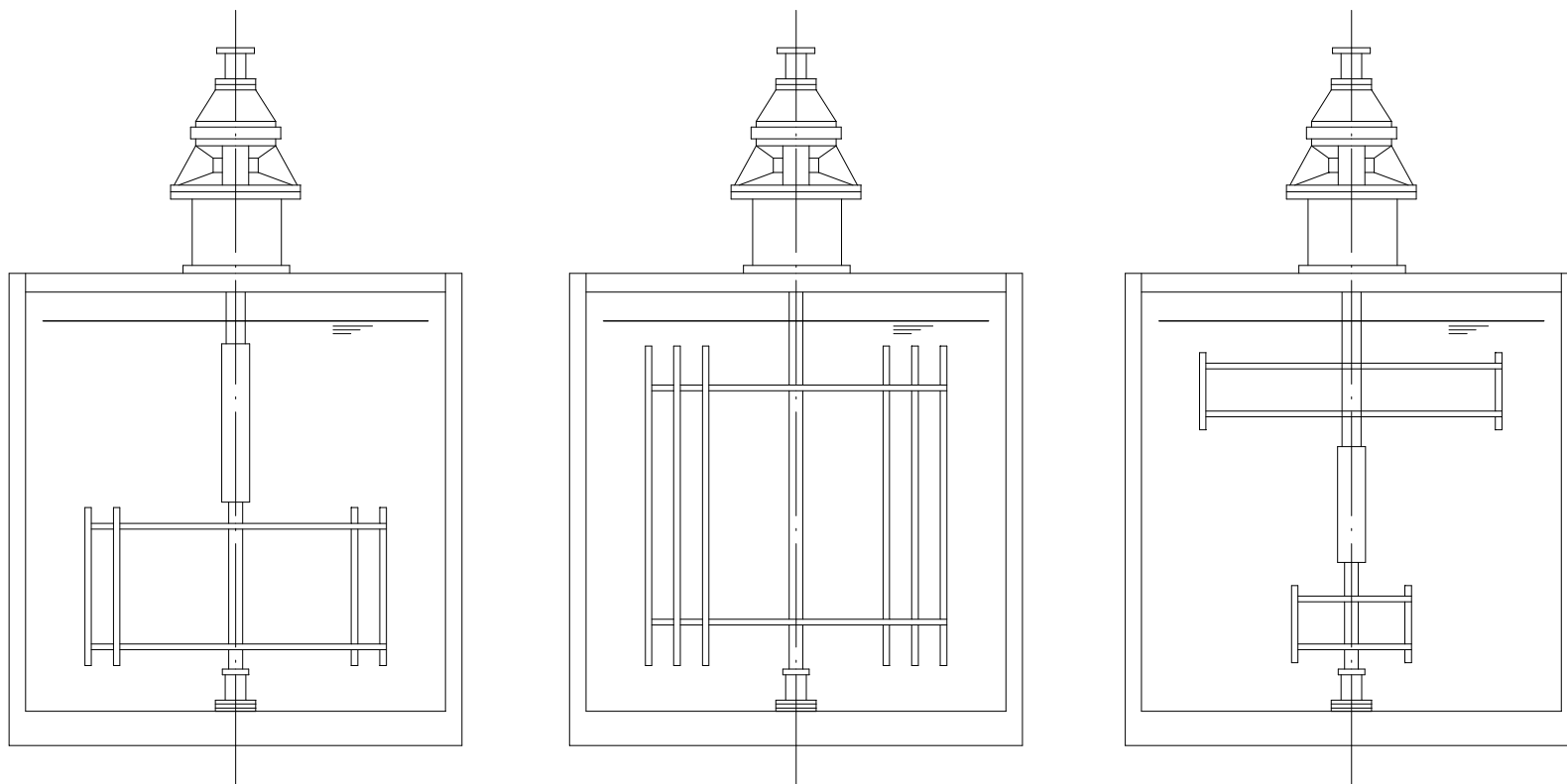


图6.26 LJF型立轴式絮凝搅拌机结构示意图

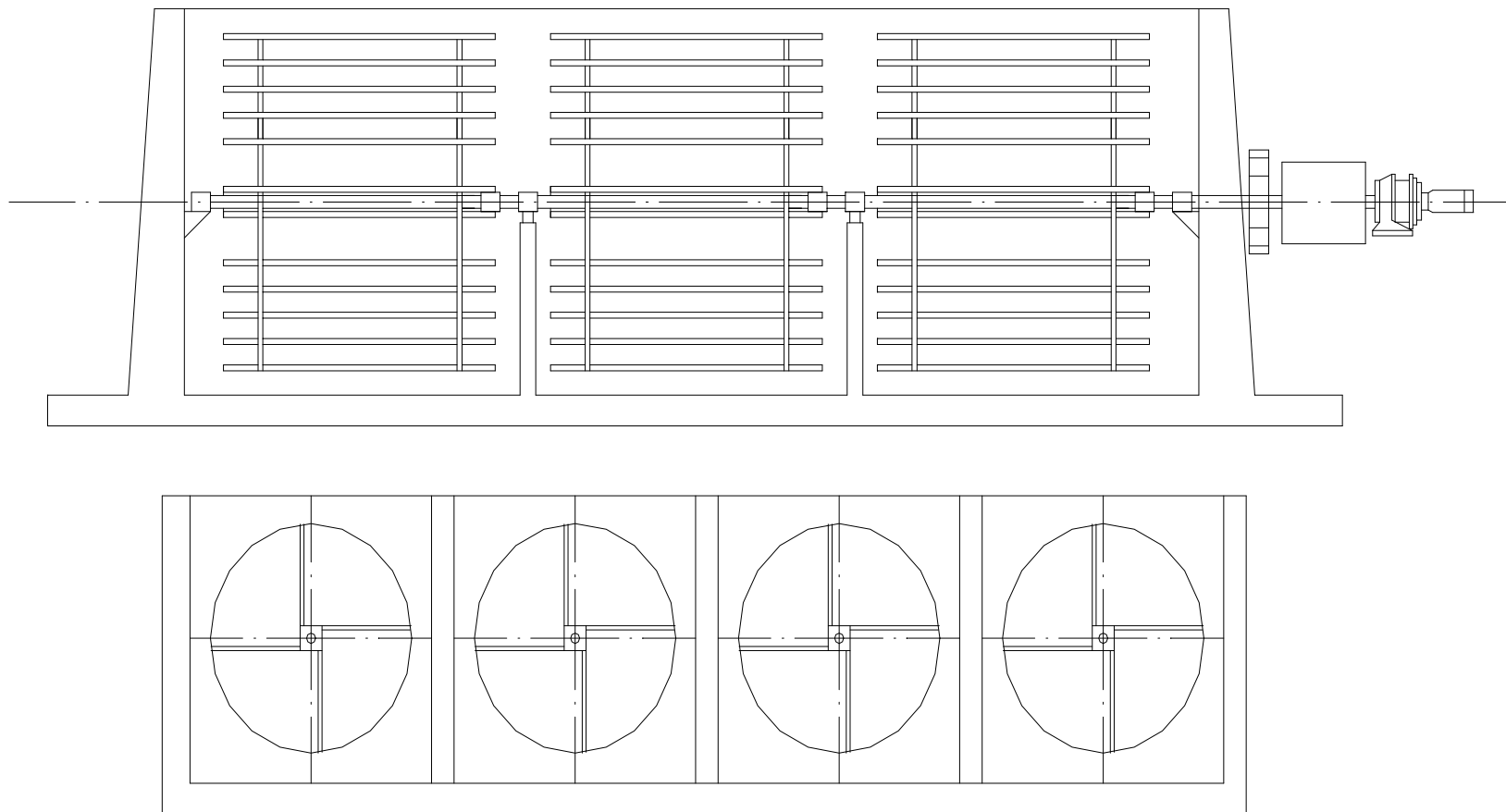


图6.27 WJF型卧轴式搅拌机结构示意图



2008-5-10

6.4 搅拌器的选用

搅拌器选型一般从3个方面考虑：搅拌的目的、物料粘度和搅拌器容积的大小。

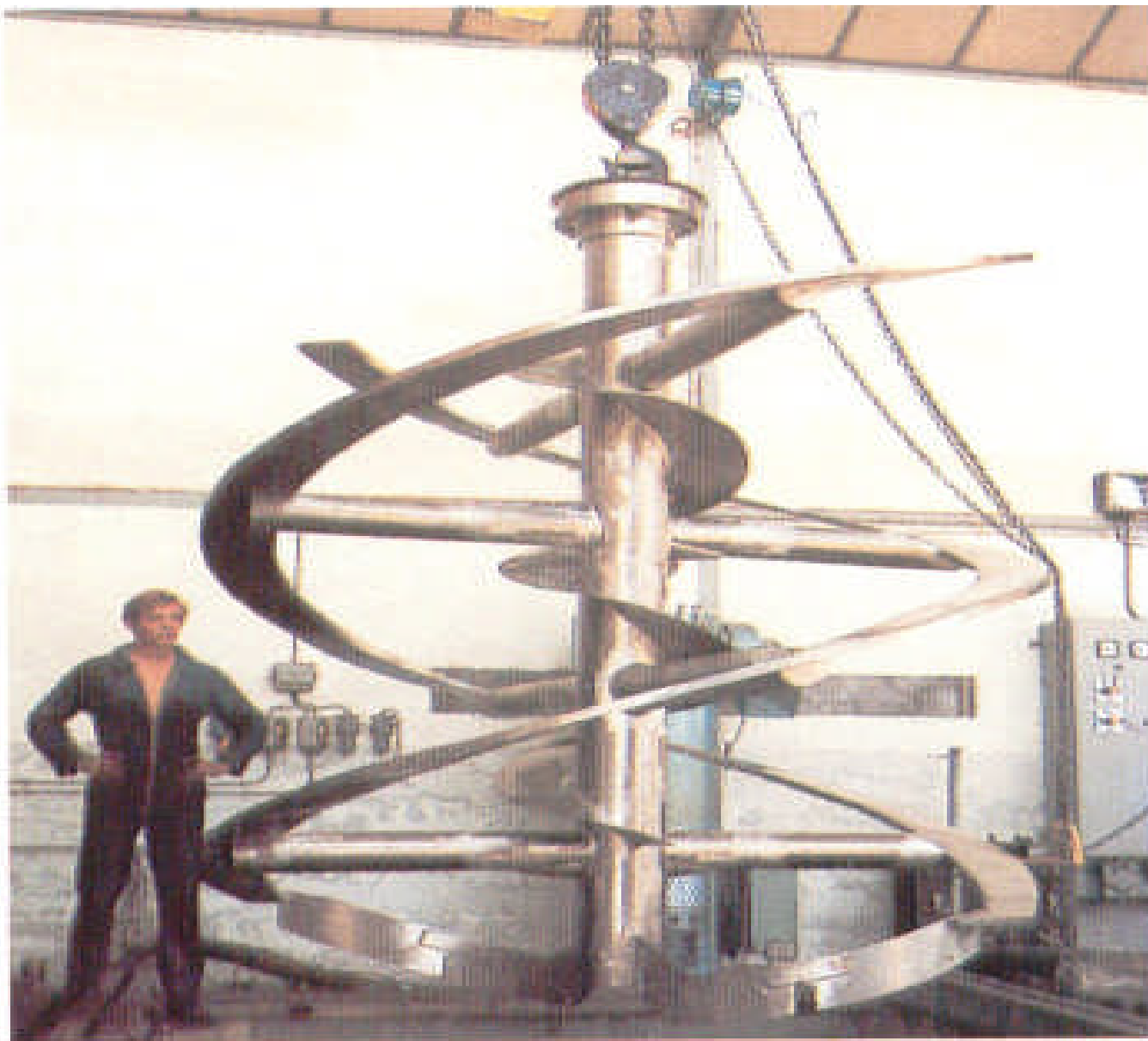
选用时除满足工艺要求外，还用考虑功耗、操作费用，以及制造、维护和检修等因素。

6.4 搅拌器的选用

搅拌器型式和适用条件

项目		桨型		
		桨式	涡轮式	推进式
流动状态	对流循环	+	+	+
	湍流循环	+	+	+
	剪切流	+	+	—
搅拌过程	混合（低粘度）	+	+	+
	溶解	+	++	++
	固体悬浮	++（折叶桨式）	+	+
	传热	+	+	++
容器容积范围（m ³ ）		1~200	1~100	1~1000
转速范围（r/min）		1~100	10~300	100~500
粘度范围（Pa·s）		<2	<50	<3
流速范围（m/s）		1~5	4~10	3~15

注：+表示适用；++表示适用且常用；—表示不使用。



应用于聚合化反应过程的双螺旋搅拌机，功率375kW



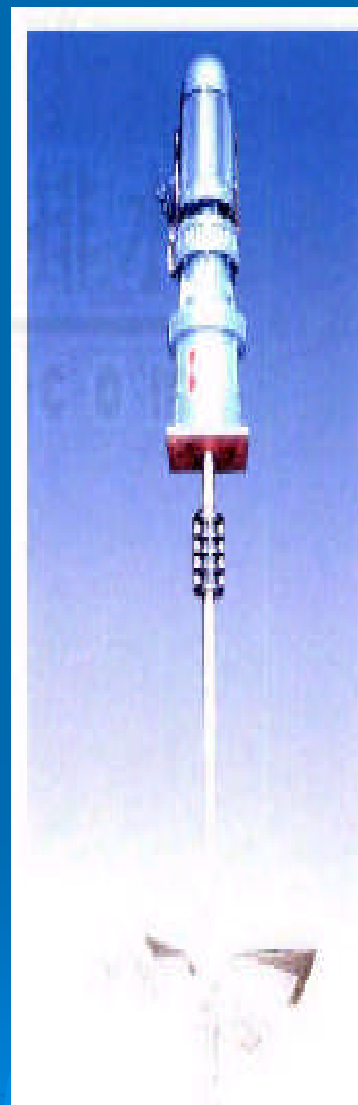
S774 加速澄清池搅拌机

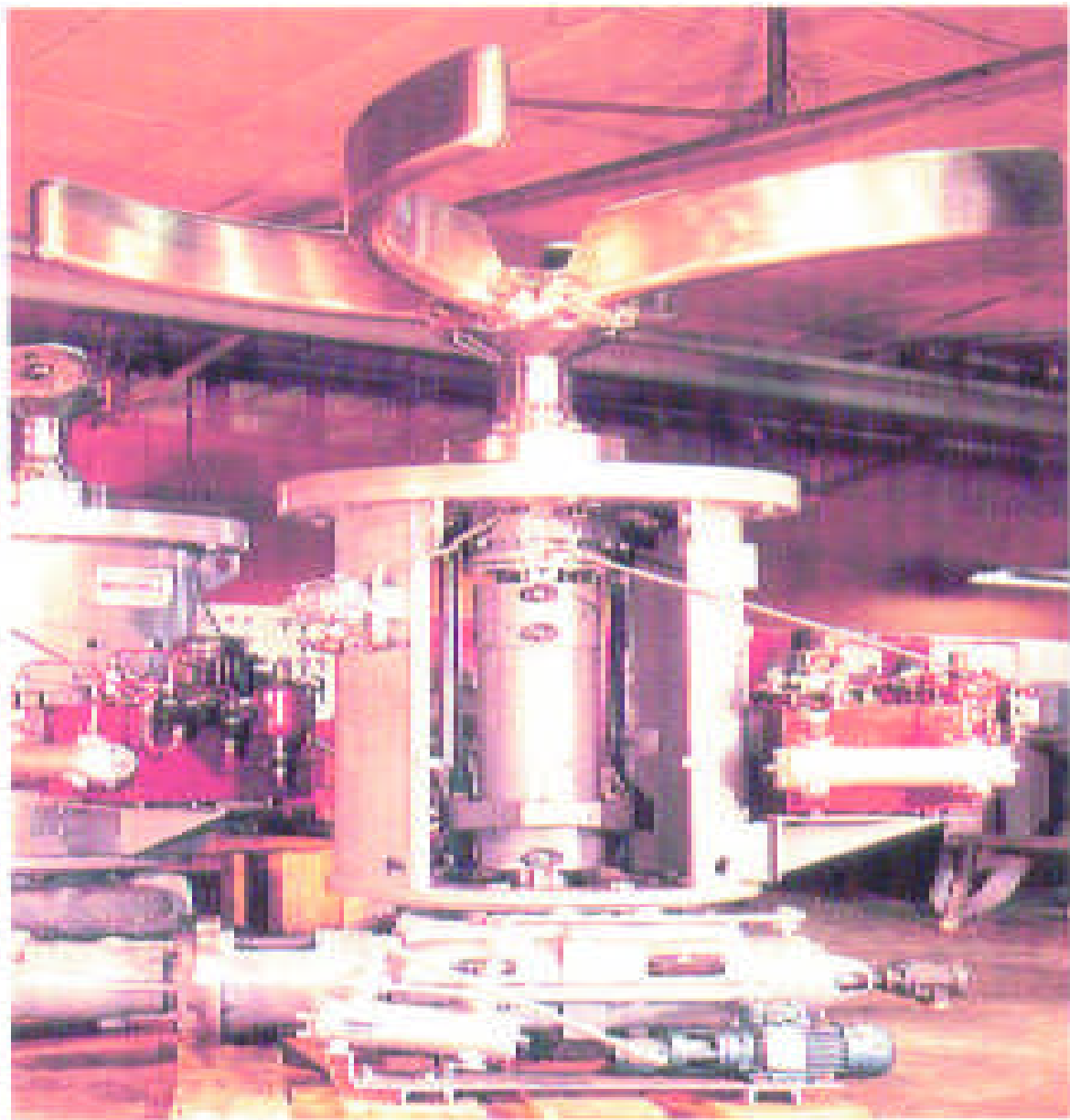
S774 Mechanical Accelerating Clarify Tank Agitator



加药搅拌罐

Chemical Dosing Agitating Tank





液部安装试验系统，功率250kW，通过液压马达进行变频控制，特别滑油和冷却装置的双机械密封

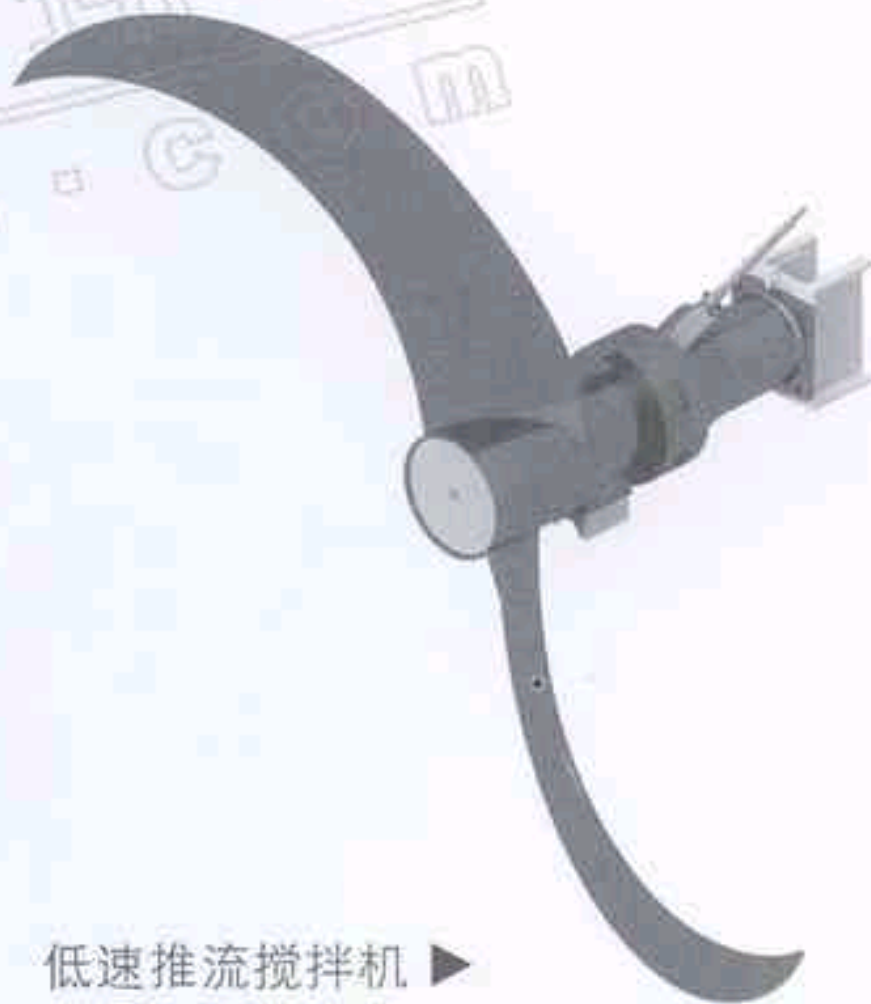


▲ 铸件式搅拌机



▲ 冲压式搅拌机

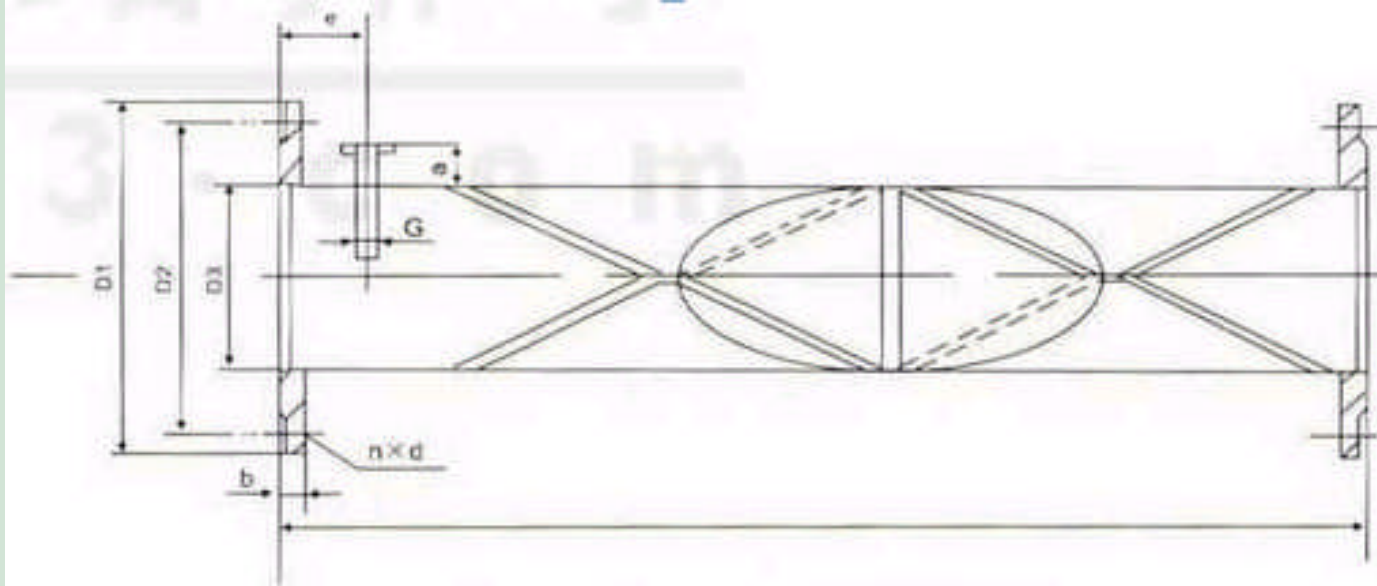
◎ 混合搅拌系列搅拌机适用于污水处理厂和工业流程中搅拌含有悬浮物的液体。



低速推流搅拌机 ▶

◎ 低速推流系列搅拌机适用于工业和城市污水处理厂曝气池和厌氧池，其产生低切向流的强力水流，可用于池中水循环及硝化、脱氮和除磷阶段创建水流等。

管式静态混合器



GJH型管式静态混合器结构示意图

