

# 第八章 通气发酵设备

---

- ❖ 8.1 机械搅拌通风发酵罐
- ❖ 8.2 气升式发酵罐
- ❖ 8.3 自吸式发酵罐
- ❖ 8.4 通风固相发酵设备
- ❖ 8.5 其他类型的通风发酵设备



# 8.1 机械搅拌通风发酵罐

- 一、机械搅拌通风发酵罐的结构
- 二、机械搅拌通风发酵罐的通风与溶氧
- 三、机械搅拌通风发酵罐的搅拌与流变特性
- 四、机械搅拌通风发酵罐的热量传递
- 五、机械搅拌通风发酵罐的几何尺寸及体积
- 六、机械搅拌通风发酵罐的放大设计举例



## ●通风发酵设备概述

需氧生物化学反应及设备的核心应具有的特点：

良好的传质和传热性能；

结构严密，防杂菌污染性好；

流体流动与混合性能良好；

易进行参数检测与控制；

设备较简单；

方便维修，能耗抵。



## ●机械搅拌通风发酵罐

在发酵工业中占据主导地位；

占发酵罐总数的70%-80%；

又称为通用发酵罐；

我国最大的发酵罐630m<sup>3</sup>，谷氨酸发酵；



# 一、机械搅拌通风发酵罐的结构

## 主要部件：

罐体、搅拌器、挡板、轴封、空气分布器、传动装置、冷却管（或夹套）、消泡器、人（或手）孔、视镜；

## 结构示意图

### 1、罐体

圆柱体和椭圆形或碟形封头；

以不锈钢为材料；

耐受130℃**温度**和 0.25MPa（表压）压力；

罐壁厚度：罐直径、材料及耐受的压强；

●受内压，壁厚由下式计算：

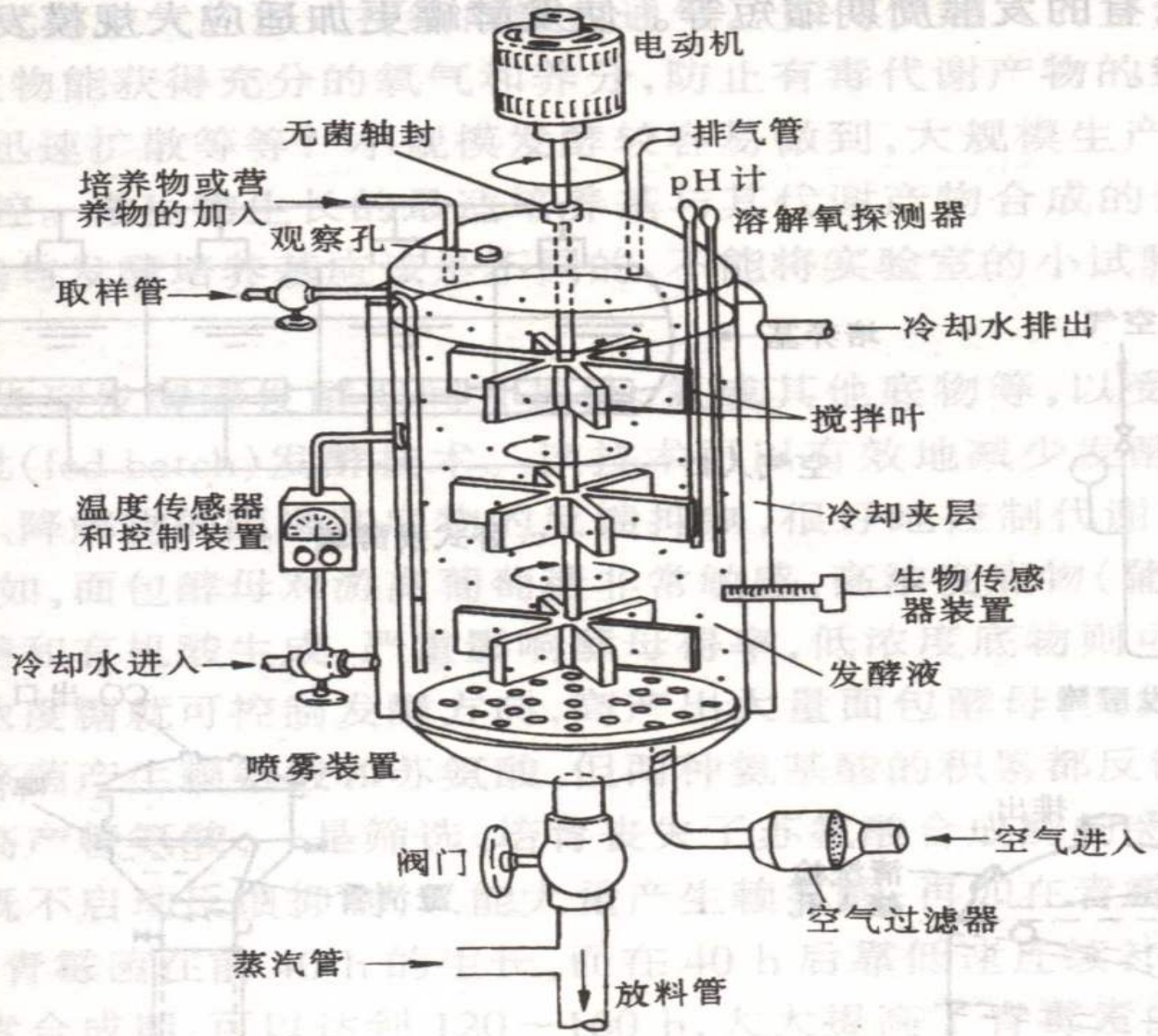


图 15-6 大型发酵罐示意图

$$\delta_1 = \frac{pD}{230[\sigma]\phi - p} + C(\text{mm})$$

式中

$p$ : 耐受的压强, MPa, 表压;

$D$ : 罐直径, mm;

$\phi$ : 焊缝系数, 双面对焊为0.8, 无焊缝为1.0;

$C$ : 腐蚀裕度,  $\delta - C < 10\text{mm}$ , 为3mm;

$[\sigma]$ : 许用应力。



●封头壁厚按碟形封头，由下式计算：

式中

$y$ ：开孔系数，可取2.3（发酵罐）；

$$\delta_2 = \frac{pDy}{200[\sigma]\varphi} + C(mm)$$

●受外压，壁厚由下式计算：

$$\delta_3 = \frac{pD}{2400} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{\alpha H}{p(D+H)}} \right) + C(mm)$$



式中

$p$ : 外受压力, Pa;

$\alpha$ : 系数, 直立圆筒取45, 有焊缝取50;

$H$ : 圆筒高度, mm。

●对小型发酵罐

罐顶和罐体用法兰连接;

上开手孔;

●对中大型发酵罐

装设人孔,

罐顶装设视镜及光照灯孔,

进料管、排气管、接种管、压力表;

排气管尽可能靠近罐顶中心位置;



- 罐体上

  - 设冷却水进出管、

  - 进气管、

  - 温度、pH、溶氧等检测装置接口；

  - 取样管可设在罐顶或罐侧；

- 注意点

  - 罐体上的接口和管路越少越好；

  - 如进料、补料和接种可共用一个接口。



## 2、搅拌器和挡板

### (1) 搅拌器

- 主要作用：

混合和传质；保证一定的溶氧浓度；强化传热；

- 要求：

足够的径向流动和适当的轴向流动；

- 搅拌桨叶

多采用**蜗轮式搅拌桨叶**，常用的有：

平（直）叶、弯叶或箭叶搅拌桨叶；

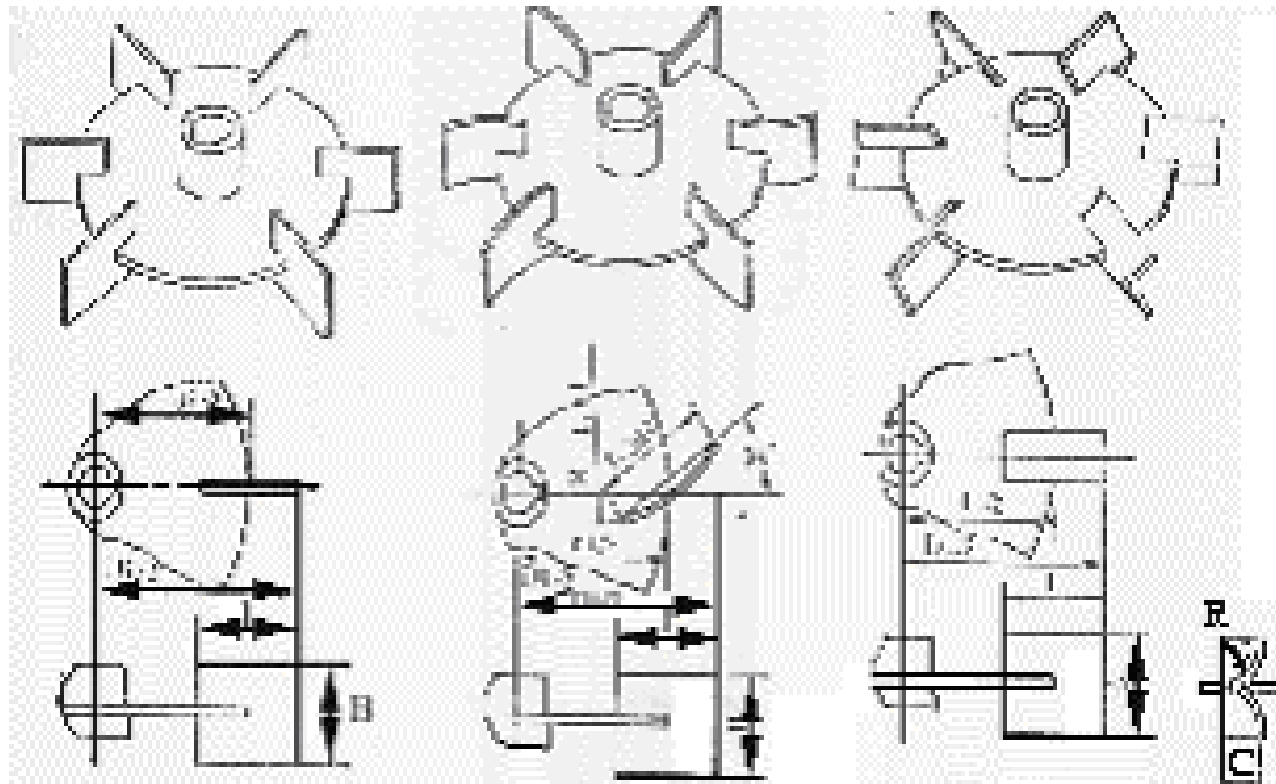
其他类型有：推进式、Lightnin式搅拌桨叶；

叶片数：3~8个，**常用6个**；

搅拌桨叶结构示意图如下图。

国外多用平叶，我国多用弯叶。





圆盘平直叶涡轮

圆盘弯叶涡轮

圆盘箭叶涡轮

平（直）叶、弯叶或箭叶搅拌桨叶结构



六直叶平叶涡轮



推进式



Lightnin A-315式

### 发酵罐搅拌叶轮构造类型

东方仿真COPYRIGHT

平（直）叶、推进式和Lightnin式搅拌桨叶结构

## ●各种搅拌桨叶的特点

### ■平叶

混合和传质性能较好；

在同样雷诺准数时，溶氧速率较高；

但功率消耗较大；

剪切力大；

### ■箭叶

混合效果较好，

但 $K_L a$ 较小，溶氧速率较低，

适合于菌丝体发酵液；

### ■弯叶

剪切力小，

效果介于平叶和箭叶二者之间。



## ■蜗轮式搅拌桨叶特点

优点：

结构简单、传递能量高、溶氧速率高；

缺点：

轴向混合差，

其搅拌强度随着与搅拌轴距离增大而减弱，

发酵液较粘稠时，搅拌与混合的效果大大下降。

强化轴向混合：

同时采用蜗轮式和推进式桨叶；

小型：做成一个总体；

大型：做成两半型，便于装卸；

配置的搅拌桨叶数量：

多个，根据液位高度、发酵液特性和搅拌器直径而定。

## (2) 挡板

### ●作用

改变液流的方向，由径向流改为轴向流，  
防止液面中央形成旋涡，  
增强液体的湍动和氧传递；

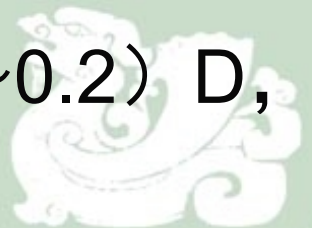
### ●全挡板条件

#### ■全挡板条件的定义

是指搅拌器在一定转数下，再增加罐内附件而轴功率仍保持不变；

#### ■如何达到全挡板条件

通常设4-6块挡板，其宽度一般为  $(0.1 \sim 0.2) D$ ，  
即可达到全挡板条件；





■全挡板条件必须满足下述条件：

$$\left(\frac{W}{D}\right)^z = \frac{(0.1 \sim 0.2)D}{D} z = 0.5$$

$D$ —罐直径（ $mm$ ）

$z$ —挡板数

$W$ —挡板宽度（ $mm$ ）

挡板高度：

由罐底至设计液面，

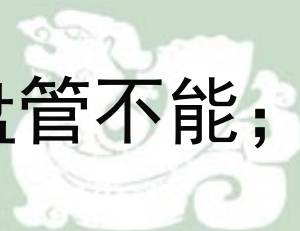
挡板与罐壁间的空隙：

必须留有一定空隙，一般为（ $1/5-1/8$ ） $D$ ；

■其他可起挡板作用的部件

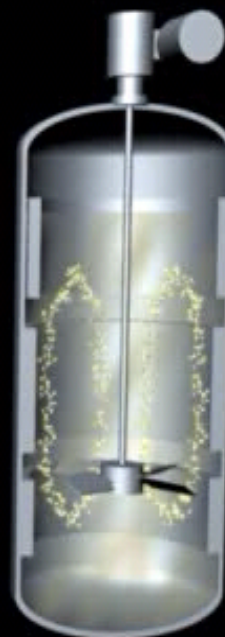
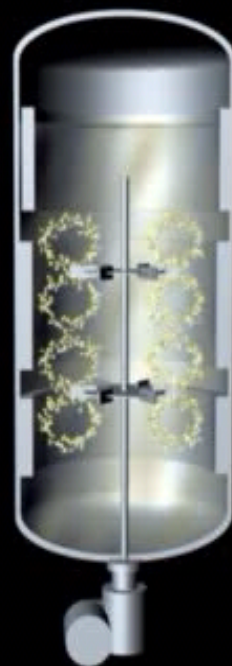
热交换用的列管、排管、蛇管等；但盘管不能；

■全挡板条件下的流型：如下图所示





六直叶轮



推进式叶轮

全挡板条件下搅拌流型

东方仿真COPYRIGHT

全挡板条件下的流型

### 3、轴封

- 轴封作用

防止发酵罐的泄漏和染菌，

- 轴封的类型：

填料函式轴封；

双端面机械的轴封（常用）；

- 填料函式轴封（结构如下图）

优点：结构简单；

主要缺点是：

- ①死角多，很难彻底灭菌，易渗漏和染菌
- ②轴的磨损较严重
- ③填料压紧后摩擦功率消耗大
- ④寿命短



- 1-转轴 2-填料压盖  
3-压紧螺栓 4-填料箱体  
5-铜环 6-填料

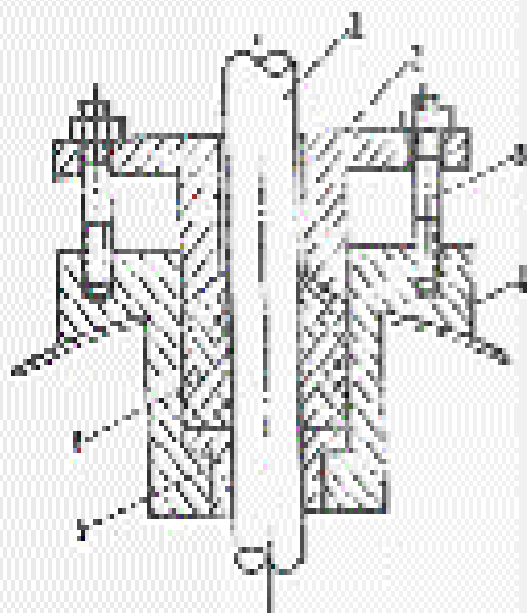


图 5-4 填料函

- 1-弹簧 2-动环  
3-堆焊硬质合金  
4-静环 5-O形圈

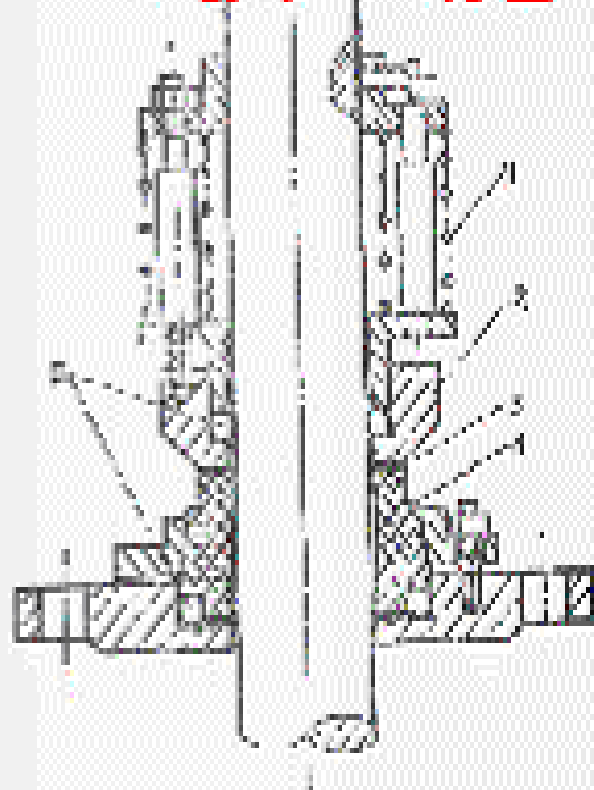


图 5-5 机械密封

## 填料函式轴封的结构

## ■双端面机械的轴封

又称机械轴封；为大型发酵罐常用；

优点：

①清洁

②密封可靠，长时间使用期，不会或很少泄漏

③无死角，可以防止杂菌污染

④使用寿命长，质量好的可用2~5年不需维修

⑤摩擦功率耗损小，一般为填料函式的10~50%

⑥轴或轴套不受磨损

⑦对轴精度和光洁度的要求没有填料函那么严格，

对轴的震动敏感性小

其结构见下图。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/127010011163006105>