

## 第八章 发酵工程制药

### 8.3 发酵设备

#### 一、课程目标

##### 1) 知识学习目标

- ①了解通用发酵罐的结构特点，以及罐内罐外配置。
- ②了解机械搅拌系统，熟悉不同桨叶形式对供氧的影响。

##### 2) 思政育人

通过无菌技术必要性的讲解，引申出“良好的开始是成功的一半”，任何事都要提前做好准备工作；操作过程不能急于求成，做事情要循序渐进，细节决定成败；实验结束，要做好清理工作，强调做事有始有终。

#### 二、思政案例

**课程思政教学实例：追求真理、实事求是的科学精神**

#### 三、课程组织

导入：同学们，大家好!咱们今天一起学习咱们人类，去哪工作就得先买房安家，要想侍候好微生物，得让微生物住好吃好，得先安个家，那就得有符合条件的发酵罐。工业生产，微生物的生长代谢都是在发酵罐内进行的，给微生物提供一个理想的生物合成环境，要求发酵罐：**首先具有良好的密闭性，防止杂菌污染。**

**思政融入：**发酵工程产业中的灭菌技术是高细胞浓度培养前的关键步骤，灭菌要彻底是发酵过程中不染菌的前提，引申出“良好的开始是成功的一半”，任何事都要提前做好准备工作；操作过程不能急于求成，做事情要循序渐进，细节决定成败；实验结束，要做好清理工作，强调做事有始有终。

**第二是良好的液体混合性能**，让菌种在一个温度、pH 值、营养成份、溶氧水平相对匀一的环境中生长。**第三要求发酵罐配置有灵敏的检测和控制仪表**，例如一些参数：温度、压力、pH、DO、搅拌转速等，都可以直接检测显示，便于调控。

**知识点讲解：发酵罐的结构特点**

大家看一下这些生产车间的发酵罐，目前普遍采用 304 不锈钢材质，且要求罐壁有一定厚度，比如：50L 发酵罐壁厚在 3-5mm，50m 发酵罐壁厚在 10-12mm，厚多了，以确保罐

体强度、耐受一定压力；另外，发酵罐通常两两并排，有利于管路布置；罐顶周围还可以看到补料系统、无菌空气、冷却水等管道。一台标准的发酵罐，机械搅拌系统的选择很重要，反映设备供氧能力的参数  $KLa$  (也就是液相体积氧传递系数)，供氧效果跟搅拌桨叶直径的三次方成正比，跟搅拌转速的平方成正比，因此，搅拌形式的选择直接决定了发酵罐的供氧能力。目前搅拌桨叶选用轴向、径向复合流的型号，已成行业共识，有利于增加溶氧，目前行业已普遍采用  $KSX$  型搅拌桨叶，提供高效供氧。对于发酵罐搅拌系统，国内做得出色的厂家是温州的浙江长城搅拌设备股份有限公司，价格比国内同行高 20% 左右，其市场占有率最高。另外，发酵罐的设计，要求有合适的高径比，一般在 2.5-2.8: 1，瘦长型，空气气泡在上升过程中，有更多时间跟培养液接触，溶氧效果更佳。

**发酵罐内布置：**一般有 4 块档板，宽度是罐直径的 1/10，主要是防止搅拌时产生涡流。

很多在搅拌轴接近罐顶一二米的地方装有消泡桨，象一把梳头发的梳子，一般略高于液面，通过机械破碎气泡。

**看看罐体表面各种装置：**

中大型发酵罐的顶部有人孔，可以进入罐内维修、清洗。罐顶装有视镜和孔灯，可以看到罐内液面翻腾情况。罐顶接了很多管道，有补料管、排气管、接种管、压力表接管，罐身有冷却水进出管、空气进气管。

**发酵辅助设备：**

重点讲一下无菌空气系统：空气压缩机出来的空气，一般经过三冷三分，除水除油，再经总空气过滤器、预过滤、精过滤三级除菌。现在都采用膜过滤滤芯，其中预过滤要求拦截 0.5 $\mu m$  大小的颗粒，达到 95-99.9%，精过滤效率是 0.01 $\mu m$  达到 99.9999%，也就是万分之一的失败概率。

总结：1、了解通用发酵罐的结构特点，以及罐内罐外配置。

2、了解机械搅拌系统，熟悉不同桨叶形式对供氧的影响。