

# 第六章 液体过滤

**液体过滤：**是指液固两相体系中的液体以渗流方式穿过多孔介质的空隙，而固体颗粒被截留在过滤介质的一侧或被阻留在介质的空隙内，从而达到固体和液体的分类。

**过滤介质：**滤布、滤纸、金属丝网、滤芯、石英砂、无烟煤、非织造布、烧结多孔材料、微孔滤膜等。

**过滤机（器）：**过滤介质、过滤室、搅拌部件、卸料部件、运转部件、进出料管道。

**应用：**每个工业技术领域和人类日常生活

# 6.1 液体过滤分类及应用

液体过滤分类：

表层过滤和深层过滤

澄清过滤和成饼过滤

终端过滤和横流过滤

恒速过滤、恒压过滤和升恒压过滤

粗粒过滤、微滤、超滤、纳滤和反渗透

# 6.1 液体过滤分类及应用

液体过滤应用：

澄清——水纯净、环保、食品、蔬菜、医药制备、油净化分离、电镀溶液回收、纤维拉丝和膜拉伸

回收固体——过滤成饼

回收固体和液体——成饼过滤、滤饼洗涤

## 6.2 液体过滤效率

- 滤液浊度：每升滤液、悬浮液或液体中含固形物的质量，即  $\text{mg (g) / L}$
- 过滤精度或过滤级别：介质孔径、90%截留质量、透过最大球直径、过滤比  $\beta = \text{滤前} / \text{滤后}$
- 过滤机微米级别——名义微米级别和绝对微米级别
- 过滤效率和效率级别  $E = (\text{滤前} - \text{滤后}) / \text{滤前}$   
过滤比与过滤效率  $\beta = 1 / (1 - E)$   
过滤比多用于过滤机间的比较。
- 过滤机纳污能力

## 6.3 液体过滤理论基础

### 6.3.1 基本概念

- 多孔介质：属于多孔介质流体力学的一部分，是复杂网络体，可以分为固化和非固化、有序和随机，可以形成空洞、微孔、超微孔、粒间孔隙、粒间孔道，孔的性质分为贯通和非贯通、直与弯，材质分可压缩和不可压缩。
- 多孔介质参数：孔隙率、孔隙大小及分布、比表面积、含水率和饱和度、饱和多孔介质的压缩

## 6.3 液体过滤理论基础

### 6.3.2 液体流动理论

- 液体在多孔介质中的渗流：达西定律

$$Q=KA (h_1-h_2) /L$$

- 两相不溶流体的层流渗流
- 通过滤饼孔隙的多相流动
- 高粘性流体通过多孔介质的流动

## 6.3 液体过滤理论基础

### 6.3.3 界面现象

- 毛细现象：界面张力，润湿现象，毛细管力和毛细流动，毛细管力和饱和度，不互溶流体的驱替
- 吸附和附着：固体在溶液中吸附，溶液表面层吸附，表面活性物质在界面吸附，表面活性剂在溶液中的固体表面吸附，表面活性剂在固体表面吸附
- 界面电现象和双电层：固体颗粒表面荷电，双电层，动电现象

## 6.4 液体过滤原理

- 成饼过滤
- 动态过滤
- 深层过滤



# 6.5 液体过滤方法

## 6.5.1 真空过滤机

- 转鼓真空过滤机：外滤式，折带式，内滤式，预涂<sup>涂</sup>层式，磁力转鼓式
- 圆盘真空过滤机：用于浮选精煤及其他细粒物料。刚性扇面（玻璃钢纤维滤布）



外滤式



折带式

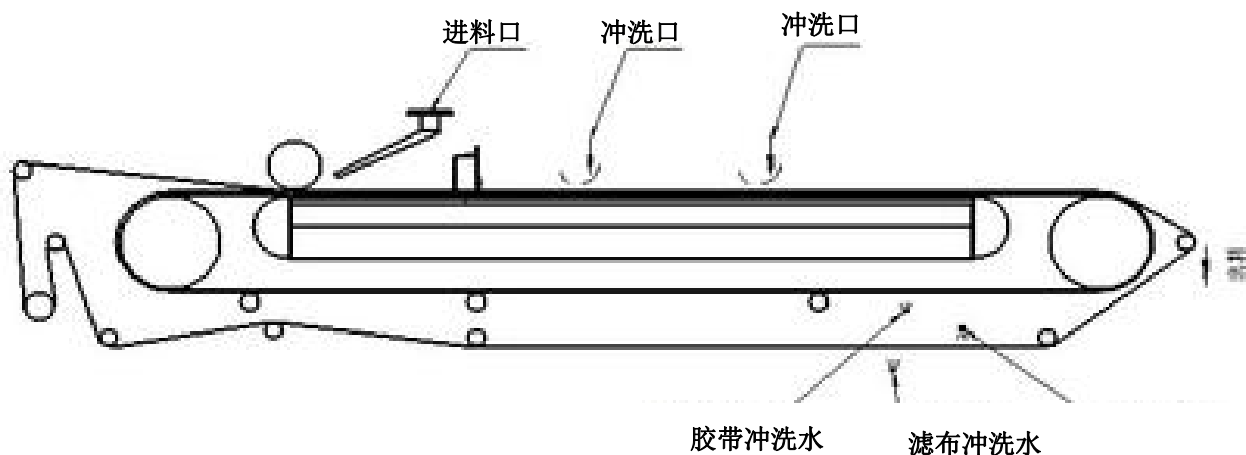


圆盘真空过滤机

# 6.5 液体过滤方法

## 6.5.1 真空过滤机

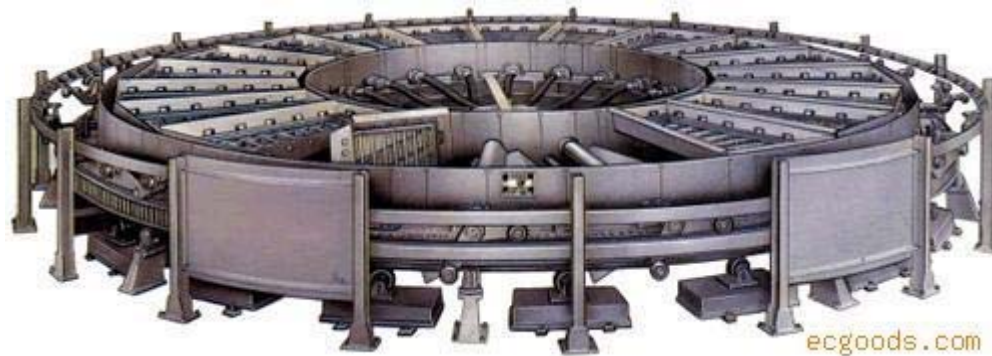
- 水平带式真空过滤机：  
胶带式，无胶带式，  
间断移动式，连续移盒式



# 6.5 液体过滤方法

## 6.5.1 真空过滤机

- 翻转式圆盘真空过滤机
- 圆台式圆盘真空过滤机：结构与翻转式圆盘真空过滤机相似，但盘片固定不动，中央设置分配区，由螺旋将滤饼推到盘边。

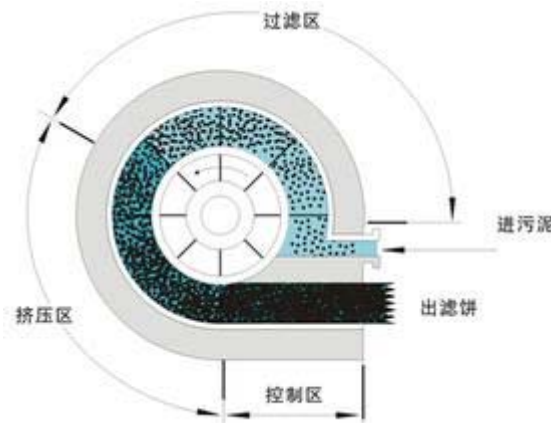


翻转式圆盘真空过滤机

# 6.5 液体过滤方法

## 6.5.2 压滤机

- 当需要特别干的滤饼、特别清的滤液、特别平整的滤饼或需要很大的过滤面积又受到条件限制时，需要采用压滤机。
- 分类：板框和箱式，带式，旋转压滤机，压榨脱水机，罐式压滤机



## 6.5 液体过滤方法

### 6.5.3 离心过滤机

- 过滤离心机
- 沉降离心机

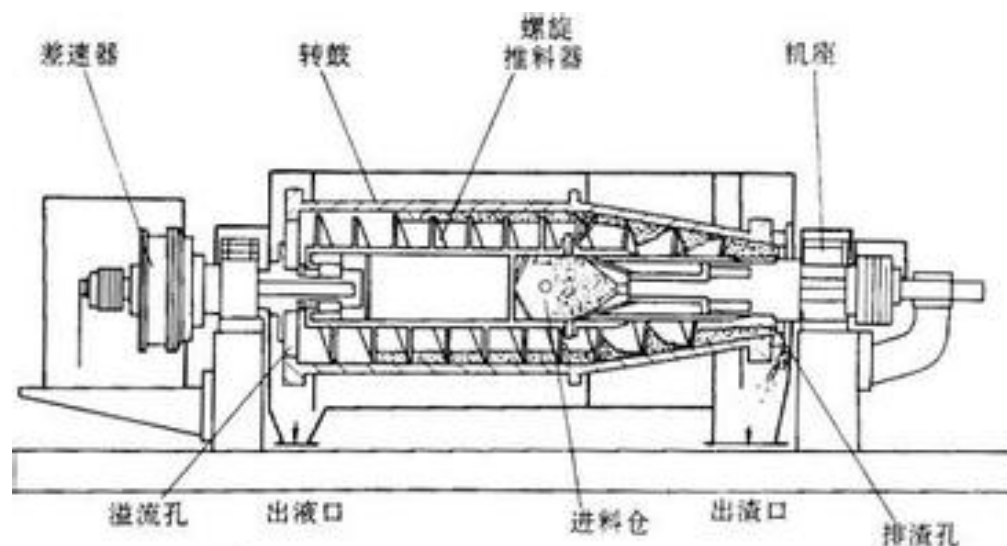
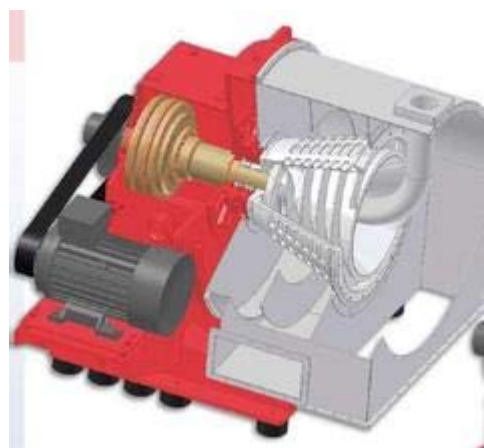


图 5-44 LW (WL) 型卧式螺旋卸料离心机基本结构图

# 6.5 液体过滤方法

## 6.5.4 聚合物过滤

- 过滤介质：不锈钢金属网，烧结金属粉末，陶瓷，
- 过滤设备：间断式，连续作业式
- 筛转移器：除去塑料熔体中的杂质和污染物



# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.1 过滤介质分类

- 按过滤过程分：表层过滤，深层嵌滤，深层过滤，成饼过滤
- 按介质性质分：滤芯，编织过滤介质，刚性过滤介质，非织造过滤介质，松散介质，膜

# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.2 过滤介质的基本性质

- 孔隙性质：透孔与不透孔，单一孔、分散孔与混合孔，二维孔与三维孔，规则孔与不规则孔，孔间关系
- 孔径大小
  - ✓ 名义孔径是指可通过**颗粒物**的直径
  - ✓ 当量孔径是指可通过的**流体**的孔的孔径
$$d=4\sigma\cos\theta/p$$
  - ✓ 最大孔径——泡点（气体）



# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.2 过滤介质的基本性质

### ➤ 孔径的测量与计算

非织造毡： $d_k = d_q \pi / [2 - (1 - \xi)]^{1/2} - 1$

$d_k$ ——平均孔径； $d_q$ ——纤维直径； $\xi$ ——材料层孔隙率

被压缩后的最小孔径： $d_k = [(1 - \alpha) / \alpha] d_q$

$\alpha$ ——堆积密度系数

➤ 过滤介质的孔隙率  $\xi = 100 - (\text{制品密度} \rho_z / \text{纤维密度} \rho_q)$

➤ 过滤介质的透气率和透水率

➤ 过滤介质的渗透率：指介质在一定压差下单位面积的体积流速或流率，它与孔隙率、孔径大小、分布及介质性质，尤其是内表面性质、厚度等相关。

# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.3 过滤介质截留最小颗粒粒度与过滤效率

- 过滤介质截留最小颗粒粒度一般为5~10 $\mu\text{m}$
- 过滤介质过滤效率（截留效率 $\beta_n$ ）

$$\beta_n = N_u / N_d$$

$N_u$ ——液体上流颗粒数

$N_d$ ——液体下流颗粒数

# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.4 过滤介质的发展方向

### ➤ 纤细纤维过滤介质

| 纤维类型 | 纤维尺寸/ $\mu\text{m}$ | 纤维表面积/ $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ |
|------|---------------------|---------------------------------------|
| 纳米纤维 | 0.05                | 80                                    |
| 融吹纤维 | 2.0                 | 2                                     |
| 黏纺纤维 | 20                  | 0.2                                   |

### ➤ 梯度过滤介质

分离等级可以从**0.5 $\mu\text{m}$** 、**1 $\mu\text{m}$** 、**3 $\mu\text{m}$** 、**5 $\mu\text{m}$** 、**10 $\mu\text{m}$** 、**20 $\mu\text{m}$** 、**50 $\mu\text{m}$** 到**100 $\mu\text{m}$** ，纳污能力可提高**2~3倍**。

# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.5 过滤介质的耐温、抗磨和抗腐蚀性及其相对成本

| 过滤介质材料 | 普通名称    | 最高温度/°C | 连续加温/°C | 抗磨损、抗弯曲 |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| 天然纤维   | 棉花      | 100     | 125     | 好       |
| 聚烯烃    | 聚烯烃     | 105     | 111     | 很好      |
| 聚丙烯    | 聚丙烯     | 111     | 125     | 很好      |
| 聚酰胺    | 尼龙      | 133     | 125     | 很好      |
| 丙烯酸    | Orton   | 152     | 144     | 好       |
| 聚酯     | 涤纶      | 222     | 180     | 很好      |
| 芳香聚酰胺  | Nomex   | 222     | 236     | 很好      |
| 苯基硫化物  | Ryton   | 222     | 236     | 很好      |
| 聚酰亚胺   | P-84    | 222     | 236     | 很好      |
| 玻璃纤维   | 玻璃纤维    | 278     | 305     | 差       |
| 氟化碳    | Teflon  | 222     | 178     | 尚可      |
| 不锈钢纤维  | 不锈钢     | 667     | 750     | 很好      |
| 蜂窝状陶瓷  | Ceramem | 555     | 555     |         |
| 陶瓷     | Nextel  | 1389    | 1389    | 尚可      |

# 6.6 液体过滤介质

## 6.6.5 过滤介质的耐温、抗磨和抗腐蚀性及其相对成本

| 过滤介质材料 | 普通名称    | 耐酸性 | 耐碱性 | 耐水解 | 相对成本   |
|--------|---------|-----|-----|-----|--|
| 天然纤维   | 棉花      | 差   |     |     | 0.2~0.3  |
| 聚烯烃    | 聚烯烃     | 很好  | 好   |     | 0.2~0.5  |
| 聚丙烯    | 聚丙烯     | 很好  | 很好  |     | 0.3~0.5  |
| 聚酰胺    | 尼龙      | 很好  | 很好  |     | 0.3~0.5  |
| 丙烯酸    | Orton   | 好   | 好   | 很好  | 0.3~0.5  |
| 聚酯     | 涤纶      | 好   | 好   |     | 0.3~0.5  |
| 芳香聚酰胺  | Nomex   | 尚可  | 好   | 尚可  | 0.7~0.9  |
| 苯基硫化物  | Ryton   | 好   | 很好  | 很好  | 0.7~0.9  |
| 聚酰亚胺   | P-84    | 好   | 尚可  | 好   | 0.7~0.9  |
| 玻璃纤维   | 玻璃纤维    | 尚可  | 尚可  | 很好  | 1.0 (硅-石墨涂层)<br>1.1~1.2 (Teflon涂层)<br>1.1~1.3 (抗酸涂层) |
| 氟化碳    | Teflon  | 很好  | 很好  | 很好  | 2.0~3.0  |
| 不锈钢纤维  | 不锈钢     | 好   | 很好  | 很好  | 2.0~5.0  |
| 蜂窝状陶瓷  | Ceramem | 很好  | 很好  |     |  |
| 陶瓷     | Nextel  | 很好  | 很好  |     | 2.0~6.0  |

## 6.6.6 非织造过滤介质

非织造过滤介质：滤纸、滤板、滤毡、针刺毡、  
聚合物过滤介质

过滤机理：深层过滤、滤饼过滤

加工方法：湿压法、化学黏合法、针刺法、变  
形丝/微细孔薄膜法、纺粘法、热粘法、熔喷法

## 6.6.6 非织造过滤介质

### (1) 滤纸

纤维素滤纸——分为实验室用、工业用和汽车用。

玻璃纤维滤纸——分为实验室用、工业用。

### (2) 滤板

石棉/纤维素滤板——高吸附率

无石棉滤板——由极细纤维、硅藻土及电荷载体制成

## 6.6.6 非织造过滤介质

### (3) 滤毡和针刺滤毡

滤毡——羊毛毡缩、化学粘合

针刺滤毡——纤维成网，针刺加固

### (4) 聚合物过滤介质

纺粘过滤介质——聚合物直接成网，热加固、针刺加固或水刺加固

熔喷过滤介质——聚合物直接成网，热加固、针刺加固或水刺加固