

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 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^涂层式，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

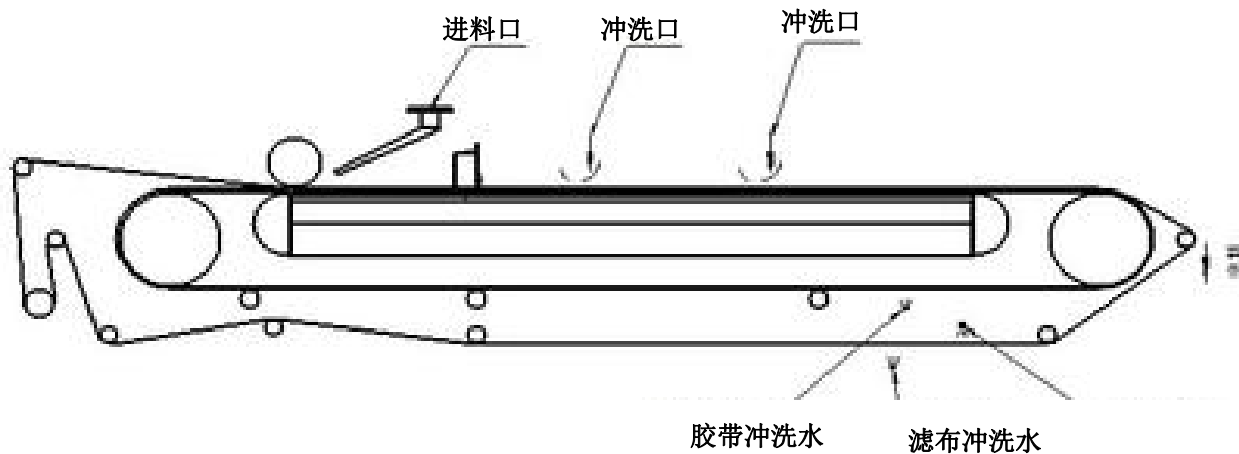


圆盘真空过滤机

6.5 液体过滤方法

6.5.1 真空过滤机

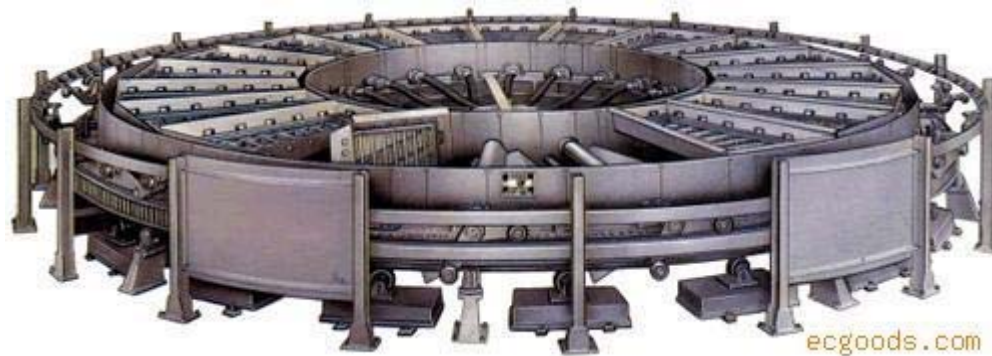
- 水平带式真空过滤机：
胶带式，无胶带式，
间断移动式，连续移盒式



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。

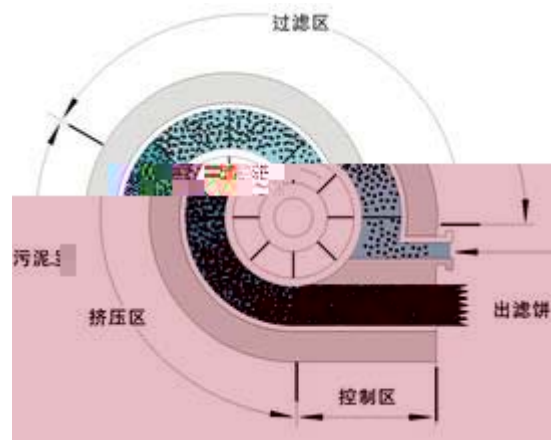


翻转式圆盘真空过滤机

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

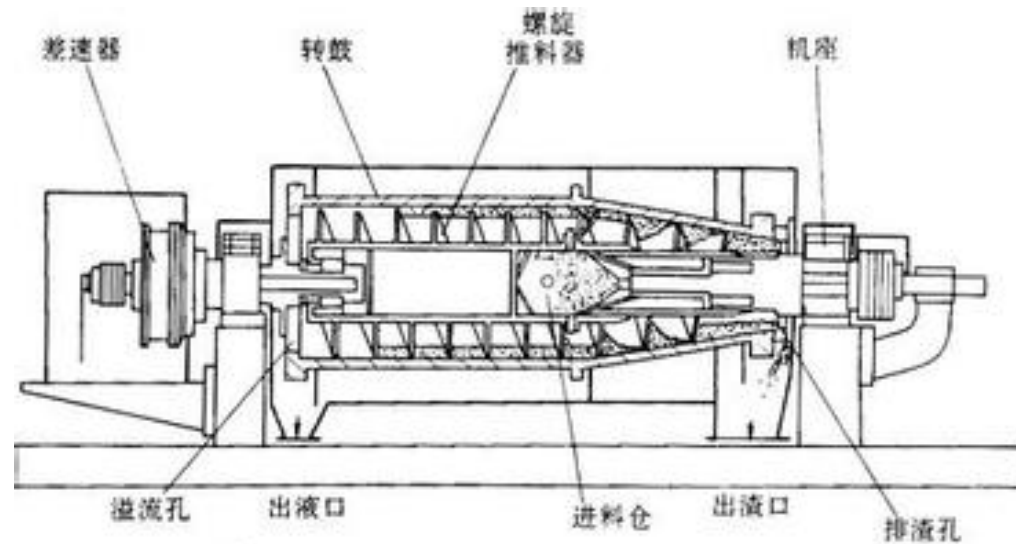
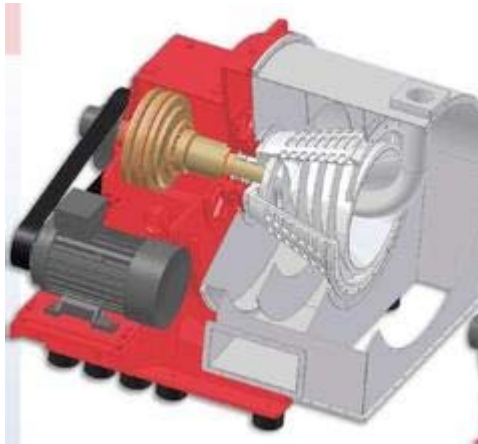


图 5-44 LW (WL) 型卧式螺旋卸料离心机基本结构图

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； ξ ——材料层孔隙率

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

α ——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 μm
- 过滤介质过滤效率（截留效率 β_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/ μm	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 μm** 、**1 μm** 、**3 μm** 、**5 μm** 、**10 μm** 、**20 μm** 、**50 μm** 到**100 μm** ，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) 1.1~1.2 (Teflon涂层) 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