第五章 分离机械与设备

定义： 食品生产的分离操作是将不同物理、化学等属性的物质，根据其颗粒大小、相、密度、溶解性、沸点等表现出的不同特点而将物质分开的一种操作过程。

混合物包括均相和非均相两大类，非均相混合物是由具有分界界面的两相所组成，而均相混合物则没有明显的界面。

发酵的产品经常要经过分离或净化才能进入下一程序；淀粉、结晶或杂质等固形物料从原料液中的分离；纯净水的制备；蛋白质的提纯以及提取天然有效成份等。要运用一定的物理或化学方法，采用适当的分离机械与设备来加以操作，并在此过程中消耗一定的物料和能量。

第五章 分离机械与设备

不同物性物质的分离方法不同，分离一般采用过滤、蒸馏、重结晶、萃取、离心及吸附等方法。

食品生产中的分离主要包括以下几类。

（1）固—固分离　固—固分离是根据不同固体颗粒的大小和密度等性质来分离，如筛分，又可纳入分级的范畴；

（2）固—液分离　固—液分离常利用过滤机等机械

（3）固—气分离　固—气分离常利用旋风分离器等将乳粉颗粒从热风中的分离；

（4）液—液分离　液—液的分离可利用离心机等机械

第五章 分离机械与设备

从分离的原理上，可将食品的分离设备分为两大类。

1．利用机械力和分离介质来进行分离的操作，包括了①利用离心力分离的分离设备；②利用离心力和流体力学性质中的惯性力来进行物料分离的旋液分离器；③利用机械力，在物料传递过程中通过过滤介质进行分离、以及用在20世纪60年代后发展起来的膜分离技术。

2．超临界流体萃取技术，该技术利用某些溶剂在临界值上所具有的特性来提取混合物中可溶性组分的一门新的分离技术。其他还有一些利用物理、化学或表面性质的方法使分散相与分散介质发生物性变化。

第五章 分离机械与设备

- 第一节 离心分离原理及设备分类
- 第二节 卧式螺旋离心机
- 第三节 旋液离心分离机械与设备
- 第四节 过滤机械与设备
- 第五节 膜分离设备
- 第六节 超临界萃取设备
- 第七节 分子蒸馏设备

第一节 离心分离原理及设备分类

- （一）离心分离的原理

在食品的生产中，经常需要将固—固、固—液、液—液、固—液—液的混合物料中的组分加以分离，其中，固—液、液—液、固—液—液混合物料的分离操作，可称之为非均相系分离操作。

离心分离设备是利用分离筒的高速旋转，使物料中具有不同比重的分散介质、分散相或其它杂质在离心力场中获得不同的离心力，达到分离的目的。

以牛乳的重力沉降来加以说明：

牛乳主要部份：水分87.0%，乳固体13.0%，(中非脂乳固体9.0%,脂肪4.0),还有少量的腺体细胞和杂质等。

脂肪球的直径约为100～10 000nm，比重0.93、脱脂乳的比重为1.035，将新鲜乳静置放在普通沉降槽内，脂肪球将徐徐上浮，数小时后，可分成三个较明显的组分，上层稀奶油、中层脱脂乳、下层固体杂质。稀奶油的上浮速度可用斯托克斯公式来表示：

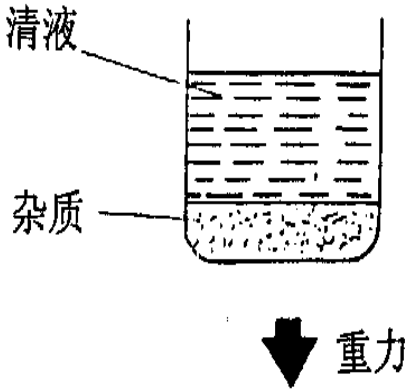
$$v = \frac{2gr^2(p_h - p_a)}{9\eta}$$

v ——上浮速度（沉降速度），cm/s；
g ——重力加速度，cm/s^2；
r ——脂肪球的半径，cm；
p_a——脂肪球的密度（颗粒密度）,g/cm^3；
p_b——脱脂乳的密度（分散介质的密度），g/cm^3；
η——脱脂乳的粒度（介质粘度），η=0.1ps。

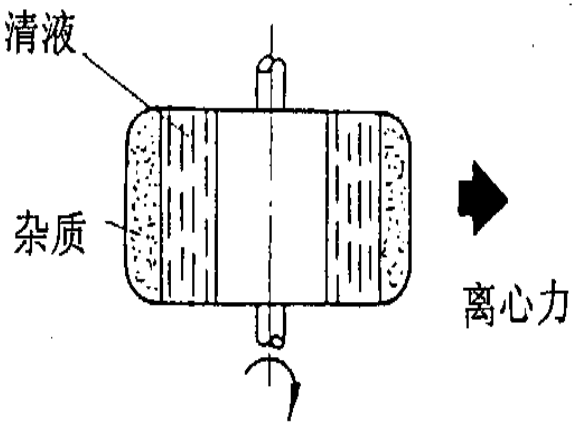
$$v = \frac{2gr^2(p_h - p_a)}{9\eta}$$

脂肪球上浮速度与g、p_a、p_b、r、η有关，与脂肪球半径的平方成正比，由于$S=vt$，沉降槽越深(路程s)，分层所需的时间t越长。

重力沉降及离心沉降都是利用物料内清液和杂质的比重差来实现分离的，不同的是所用的分离力的形式不同，前者是重力，后者是离心力。



重力沉降



离心沉降

以离心沉降的情况来说，因为有重力的数百倍到数万倍的离心力的作用，其分离速度远比重力沉降大，分离的效果也高得多。

分离因数是用来表示离心机分离性能的主要指标，其定义是物料所受的离心力与重力之比值，也等于离心加速度与重力加速度之比值：

$$\alpha = R\omega^2 / g$$

α——分离因数；

ω——转鼓回转角速度；

R——转鼓半径，cm；

g——重力加速度，cm/s^2。

增大转鼓半径、增加转速，有利于提高分离因数，尤其是增大转速，但从设备强度因素方面考虑，两者的增加都有限度。

离心机转速很高，分离因数可高达3000以上，对于在重力场中极为稳定的悬浮液和乳浊液的分离尤其适用,分离因数的选取取决于被分离的物料性质和要求。

对悬浮液、乳浊液（及气溶胶）分离操作的目的。

（1）生产的产品 从淀粉乳浆中制取淀粉；制取奶油和脱脂奶；将晶体与母液分离，制取纯净晶体食品等；

（2）提高制品纯度 如牛奶净化除去微粒固体等；

（3）回收有价值的物质 如从含微粒固体的气溶胶中分离出奶粉；

（4）安全生产 分离生产中产生的酸雾、烟等有害物质，保证人身和设备的安全；

（5）分离浓缩 如反渗透法利用于牛乳、乳浆、饮料、咖啡、啤酒、蛋白质等的浓缩。

（二）离心机分类

1．按离心机的离心分离因数大小来分类

（1）常速离心机 $\alpha<3\ 000$，主要用于分离颗粒不大的悬浮液和物料的脱水。

（2）高速离心机 $3\ 000<\alpha<50\ 000$，主要用于分离乳状和细粒悬浮液。

（3）超高速离心机 $\alpha>50\ 000$，主要用于分离相不易分离的超微细粒的悬浮系统和高分子的胶体悬浮液。

2．按操作原理的不同分类

（1）过滤式离心机 这是鼓壁上有孔，借离心力实现过滤分离的离心机。

（2）沉降式离心机 这是一种鼓壁上无孔，借离心力实现沉降分离的离心机。

（3）分离式离心机 这是一种鼓壁上无孔，具有极大的转速，一般在4 000r/min以上，分离因数在3 000以上的离心机。

3．按操作方式的不同分类

（1）间歇式离心机 是指转鼓对所承载的被分离而截留的物料有一定质量限度的离心机。可根据需要延长或缩短过滤时间，主要用以固—液悬浮混合液的分离。

（2）连续式离心机 整个设备的操作均在连续化状态下，用于固—液悬浮液和液—液乳浊液的分离。

4．按卸料方式分类

（1）人工卸料离心机 （2）重力卸料离心机

（3）刮刀卸料离心机 （4）活塞推料离心机

（5）螺旋卸料离心机 （6）离心卸料离心机

（7）振动卸料离心机 （8）进动卸料离心机

5．按转鼓主轴位置分类

（1）卧式离心机 （2）立式离心机

第二节　卧式螺旋离心机

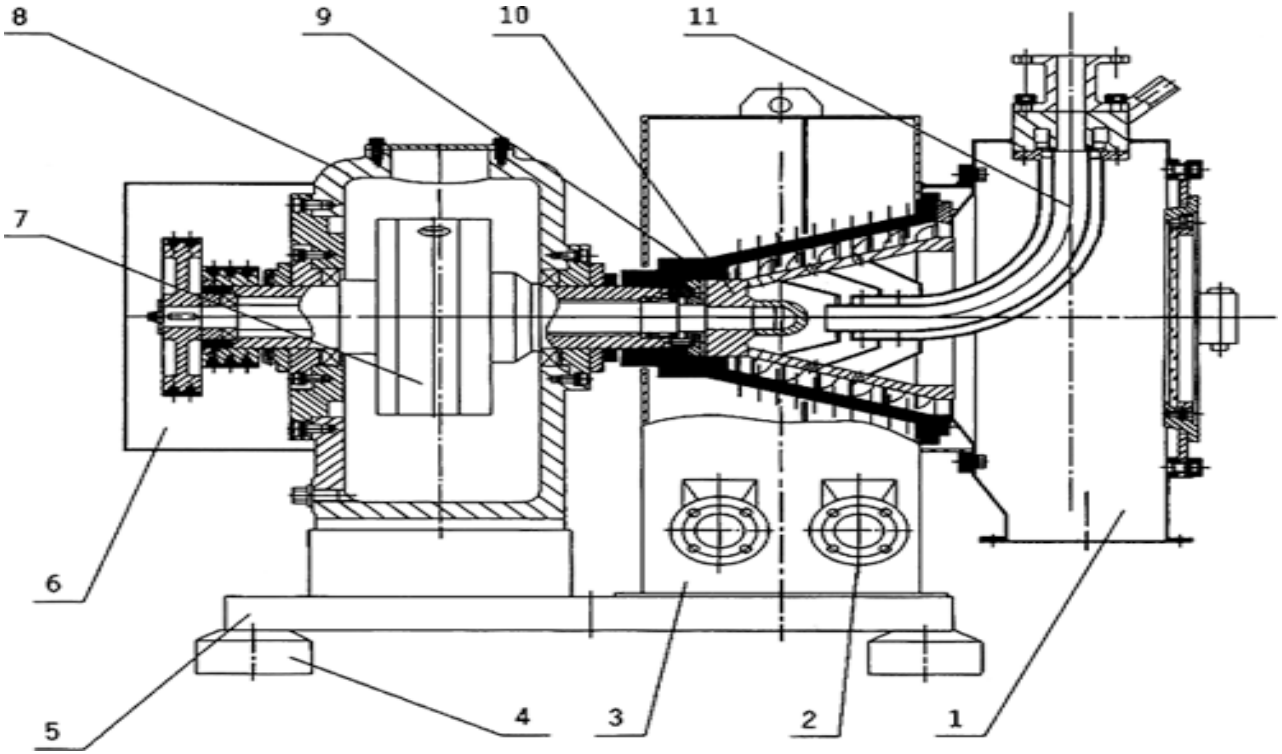


图6-11 卧式螺旋卸料过滤离心机

1.出料斗　2.排液口　3.壳体 4.防振垫 5.机座（底座） 6.防护罩 7.差速器 8.箱体 9.圆锥转鼓 10.螺旋推料器 11.洗涤进料管

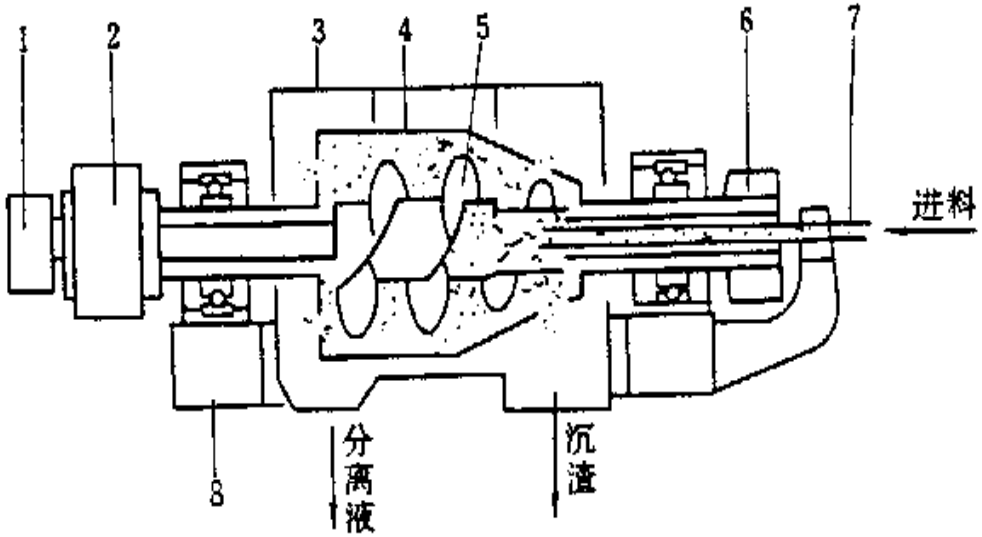
一、卧式螺旋离心机的基本结构和工作原理

1．卧式螺旋离心机的基本结构

由三个部分组成：转筒部分、螺旋推料器和驱动装置。

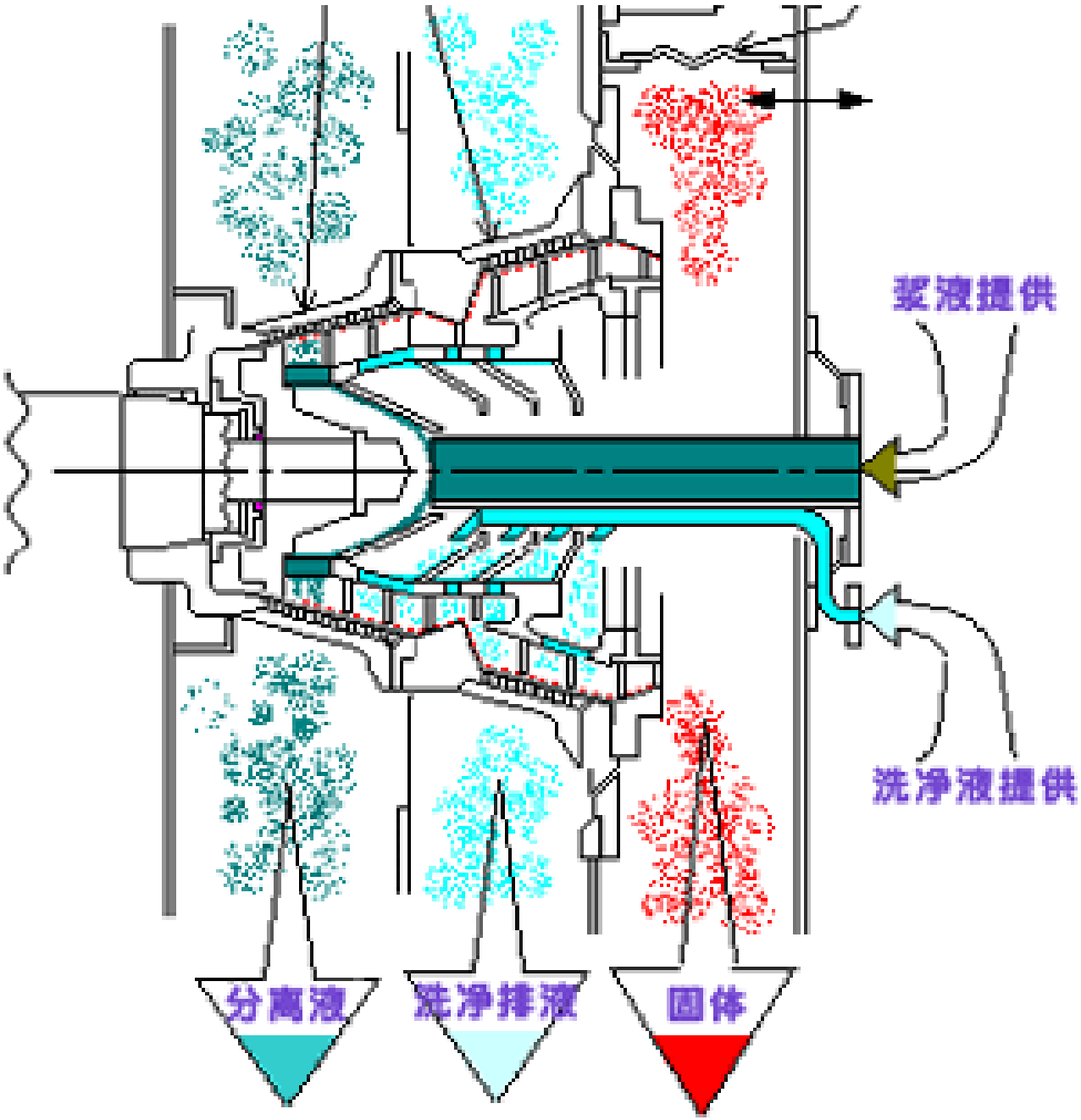
2．卧式螺旋离心机的工作原理

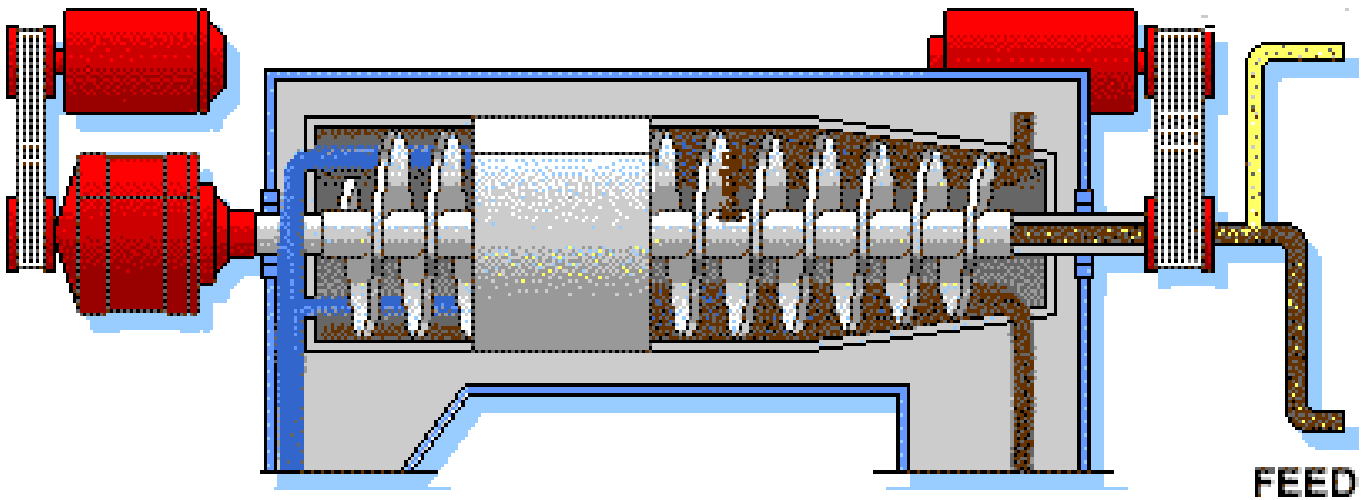
　　工作原理如图所示。整个设备由固定部分和运转部分两大部分组成。

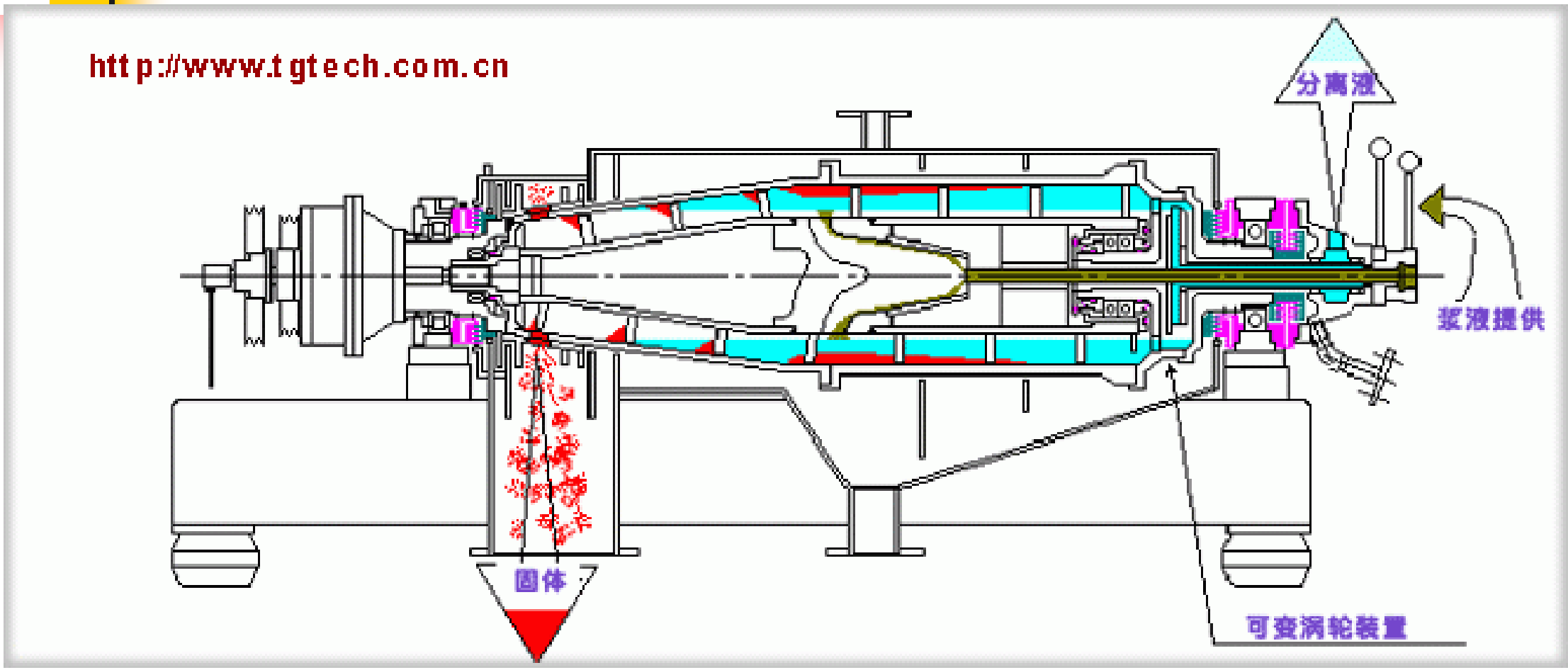


卧式螺旋离心机工作原理图

1-皮带轮　2-差速器　3-机壳　4-转鼓　5-螺旋输送器 6-主皮带轮 7-进料管 8-机座


浆液提供
洗净液提供
分离液
洗净排液
固体


FEED


http://www.tgtech.com.cn
分离液
浆液提供
固体
可变涡轮装置

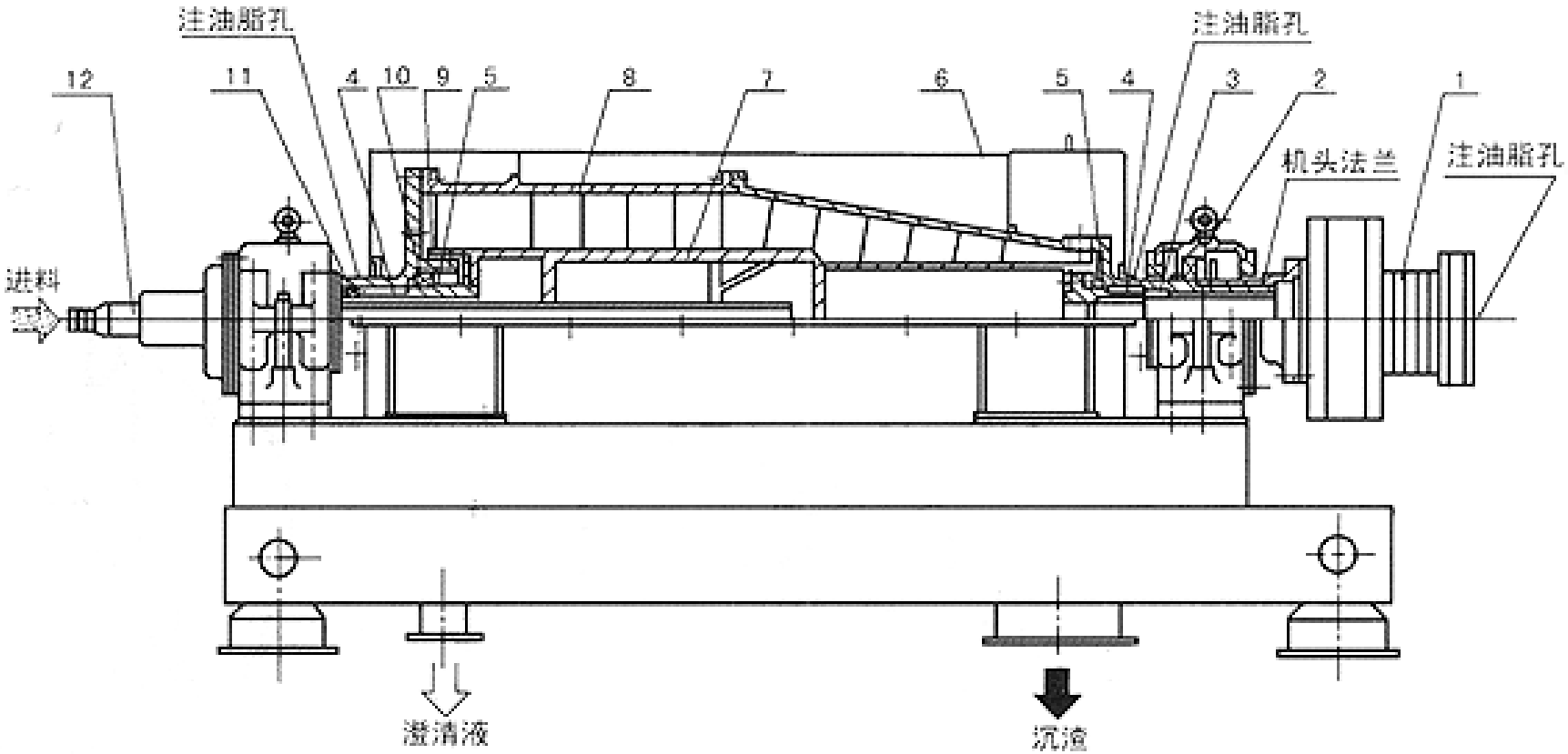


图6-12　卧式螺旋卸料沉降离心机

1.差速器　2.主轴承　3.油封1　4.左右铜轴瓦　5.油封2　6.外壳　7.螺旋　8.转鼓　9.油封310.转承　11.油封4　12.进料管

3．卧式螺旋离心机的主要部件

卧式螺旋离心机的主要部件有：（1）转鼓　（2）螺旋　（3）差速器

二、卧式螺旋离心机的使用

主要有脱水用卧式螺旋离心机和澄清用卧式螺旋离心机，前者较后者转速低，螺径大，螺距大。

1．螺旋离心机的主要应用

应用化工、轻工、食品和环保行业，适用对悬浮液的液体澄清、固体脱水及粒度分级和废水处理等，并进行有效的沉渣输送。具有可连续分离操作，对物料的适应性强。在选用时考虑的几个方面。

（1）对于易分离物料的固相脱水，可以得到含液量较低的固体。

（2）对于细粒级难分离的悬浮液,采用高分离因数，大长径比的螺旋离心机来完成。

（3）对于固相浓度大的液—液—固三相悬浮液可采用特殊结构的螺旋离心机来完成。

（4）对固相颗粒粒度分级，适当的分离因数和合理的结构来实现。

三、立式离心机

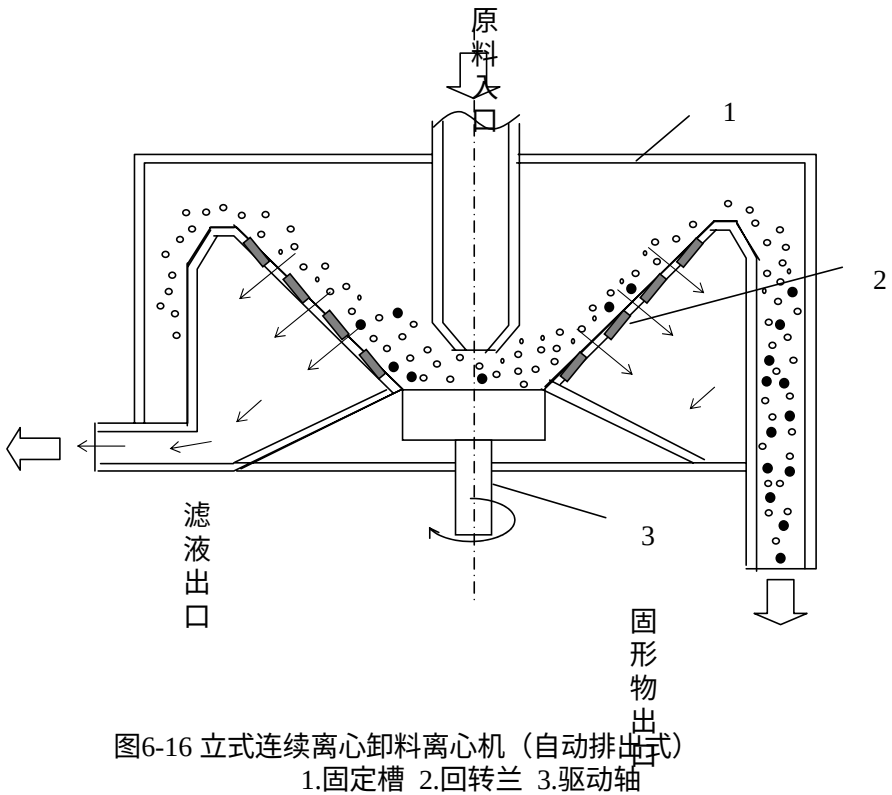


图6-16 立式连续离心卸料离心机（自动排出式）
1.固定槽 2.回转兰 3.驱动轴

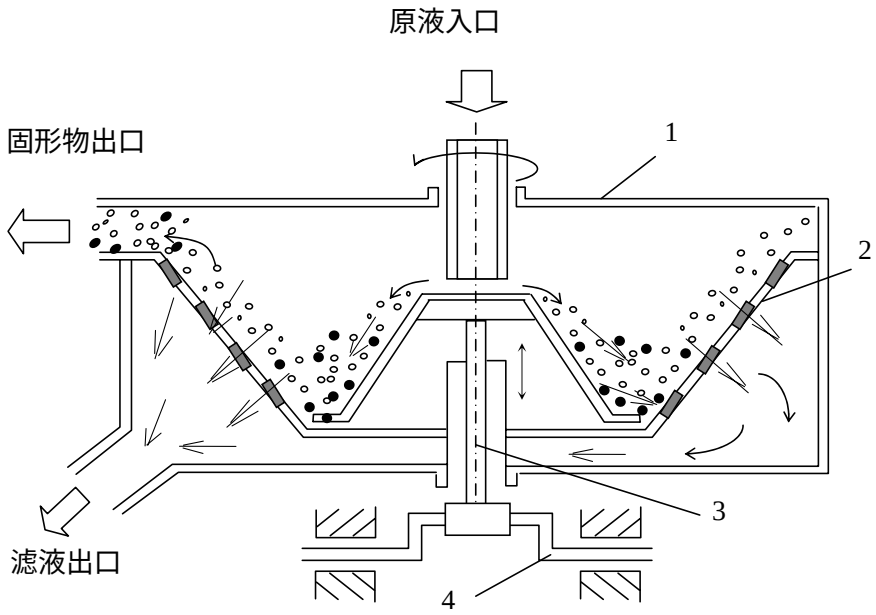
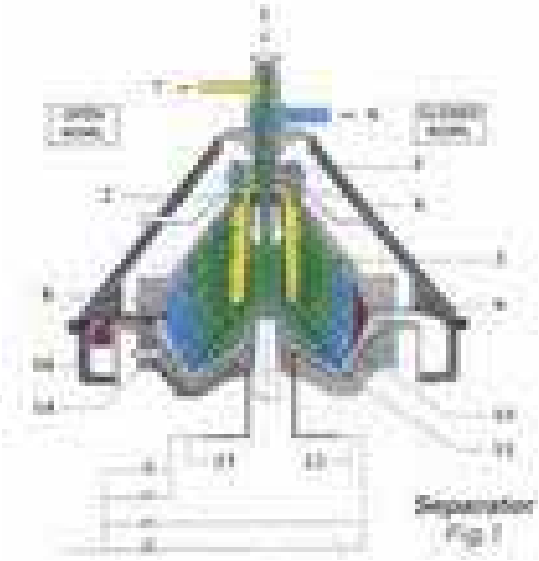


图6-17 立式连续离心卸料离心机（振动式）
1.固定槽 2.回转兰 3.驱动轴 4.曲柄轴



四、碟式离心机分离设备结构与应用

以叠加在一起的锥形碟片在高速旋转过程中对物料进行分离的设备，主要用于液—液乳浊液分离和固—液悬浮液的分离，应用于乳品加工、淀粉提取等生产领域。

（一）碟式离心机的工作原理与结构

1．工作原理

分离机高速旋转形成一个强大的离心力场，料液在强大的离心力场的作用下，由于物料的密度差的存在，重组分受到了较大的离心力沿着锥形碟片下表面滑移出沉降区，进入混流过渡区并汇聚喷嘴排出机外；而轻组分因受到的离心力较小，汇聚向心泵室后排出机外，完成整个过程。

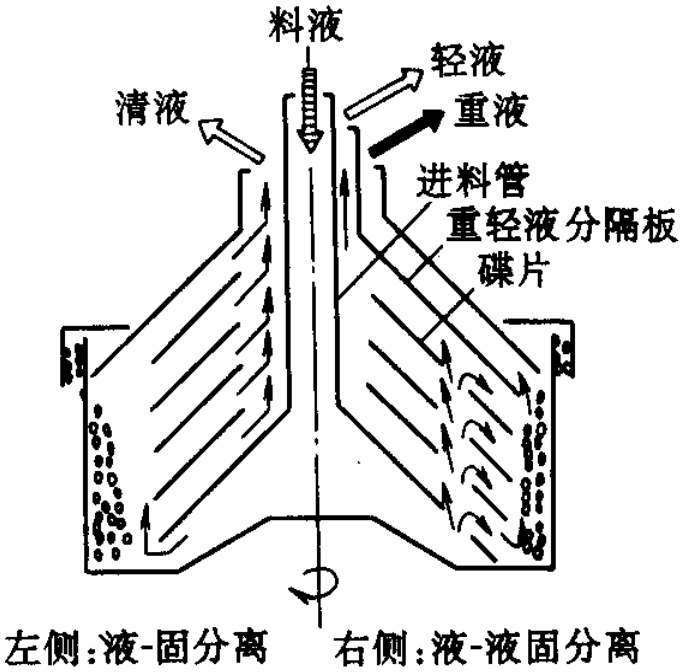


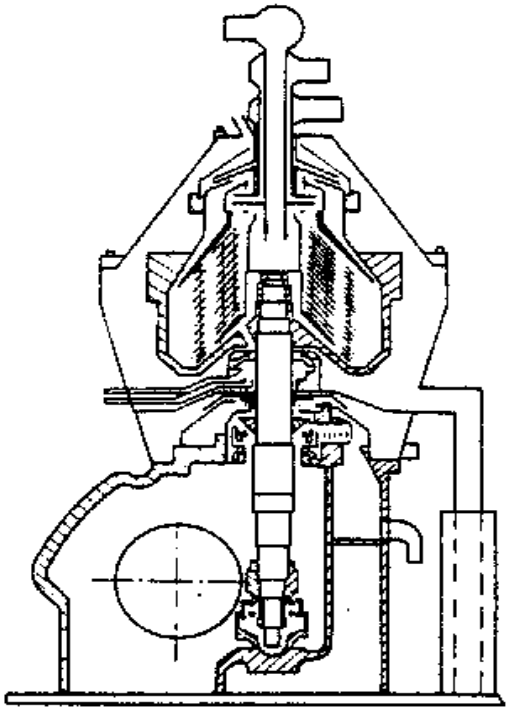
图6-23 液固分离和液液固分离的工作原理工作原理

四、碟式离心机分离设备结构与应用

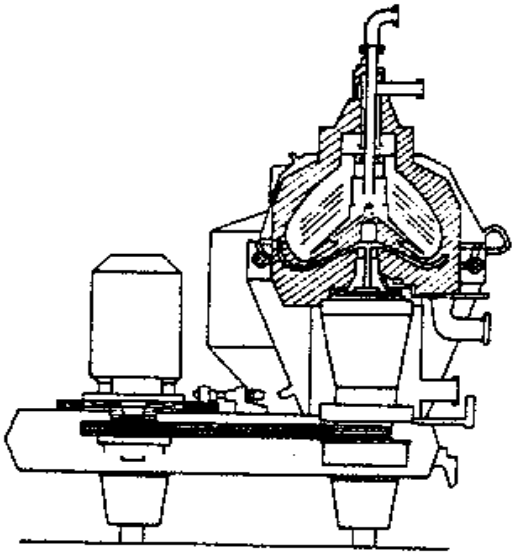
2．碟式离心机的主要结构

转鼓、机壳、传动系统、控制系统和机座组成。

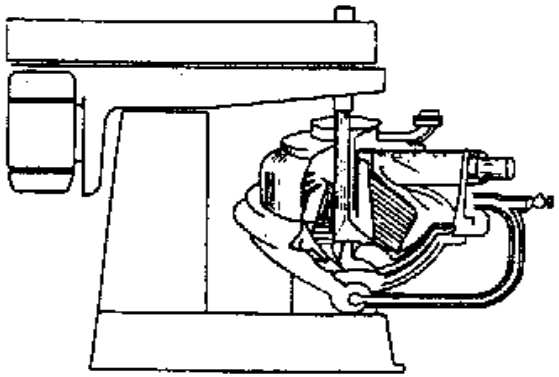
转鼓是碟式机的主要部件，由转鼓体、分配器、碟片、转鼓盖、锁环等组成。碟片呈倒锥形，锥顶角60°～100°，间距在0.3～10mm



(a) 立轴式



(b) 皮带式



(c) 悬挂式

四、碟式离心机分离设备结构与应用

2．碟式离心机的主要结构

碟式离心机的驱动结构使离心机转子高速旋转，是离心机设计中的核心技术之一，应保证离心机可靠地运行，具有较高的分离效率、高质量的分离效果。

离心机的驱动结构应具有如下的基本要求：①工作转速范围内振动小，运行稳定可靠；②转速精度高；③升降速快；④噪音低；⑤体积小，结构简单。

碟式离心机的驱动结构从人力驱动开始，经历了油透平驱动、空气透平驱动，发展到至今采用了高速电机——增速机构和电机直接驱动的过程。

四、碟式离心机分离设备结构与应用

3．碟式离心机的操作

碟式离心机是高速旋转的分离机，回转离心力极大，操作中，要注意安全。

开机前，分离机必须按规定进行细致的清洗和正确的装配，以达到动平衡状态，并且在每次开机前认真检查转鼓的转动是否灵活，各机件是否锁紧，刹车是否处在松开状态，察看机座的油箱油面是否处于玻璃刻度位上，要防止虚油面的产生。

若停机12h以上，开机前应将排油螺栓旋松几圈，排出可能沉降的水分。

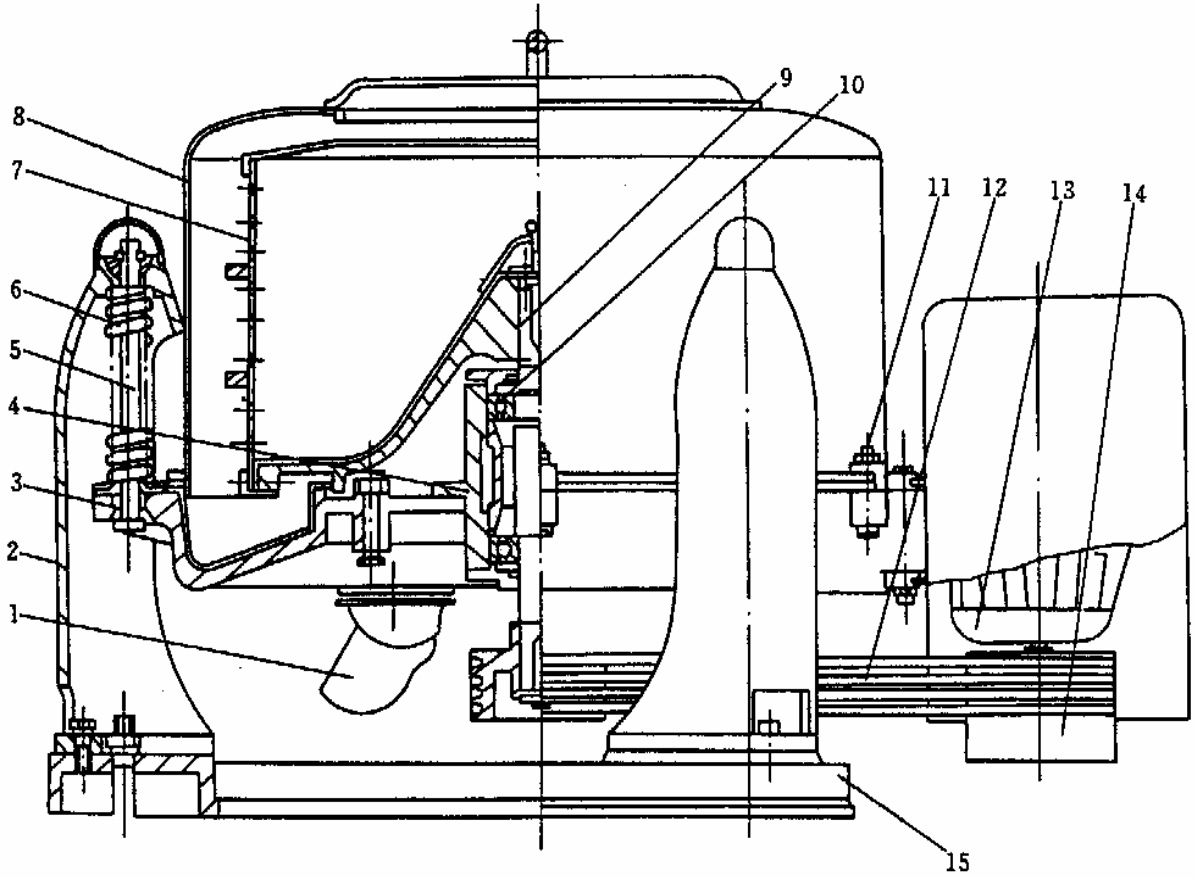
五、三足式离心机设备结构与应用

1．三足式离心机的工作原理

三足式离心机是一种过滤式离心机，鼓壁上开孔，覆以滤布，将待处理浆料注入其中随鼓壁一同旋转，液体受离心力后穿过滤布及壁上的小孔排出，而直径大于滤布孔隙的固体颗粒则被截留在滤布上形成滤层。

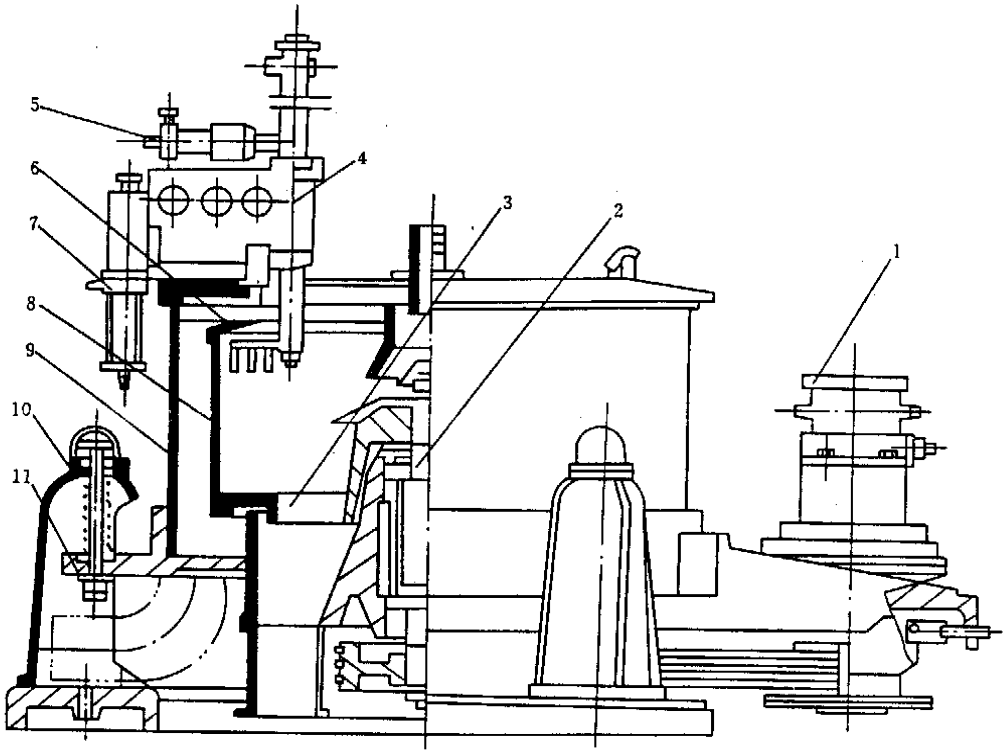
2．三足式离心机的结构

由转鼓、机壳、支柱、制动器、电动机组成，是间歇操作的转鼓式离心机中最简单的一种。转鼓又称滤筐，直立，开口向上，从底部被带动，转鼓和机壳上端向内收敛。由不锈钢制成的鼓壁上开有呈正方形（或其它形式）排列的滤孔。由于该设备的外壳、转鼓和传动装置都悬在三个支柱上，所以称作三足式离心机。



人工卸料三足离心机

1-出液管；2-支柱；3-底盘；4-轴承座；5-摆杆；6-弹簧；7-转鼓；8-外壳；9-主轴；10-轴承；11-压紧螺栓；12-三角带；13-电机；14-离心离合器；15-机座



三足式液压自动卸料离心过滤机

1-油马达；2-主轴；3-转鼓底；4-刮刀装置；5-旋转油缸；6-挡液板；7-升降油缸；8-转鼓；9-外机壳；10-弹性悬挂支承装置；11-底座

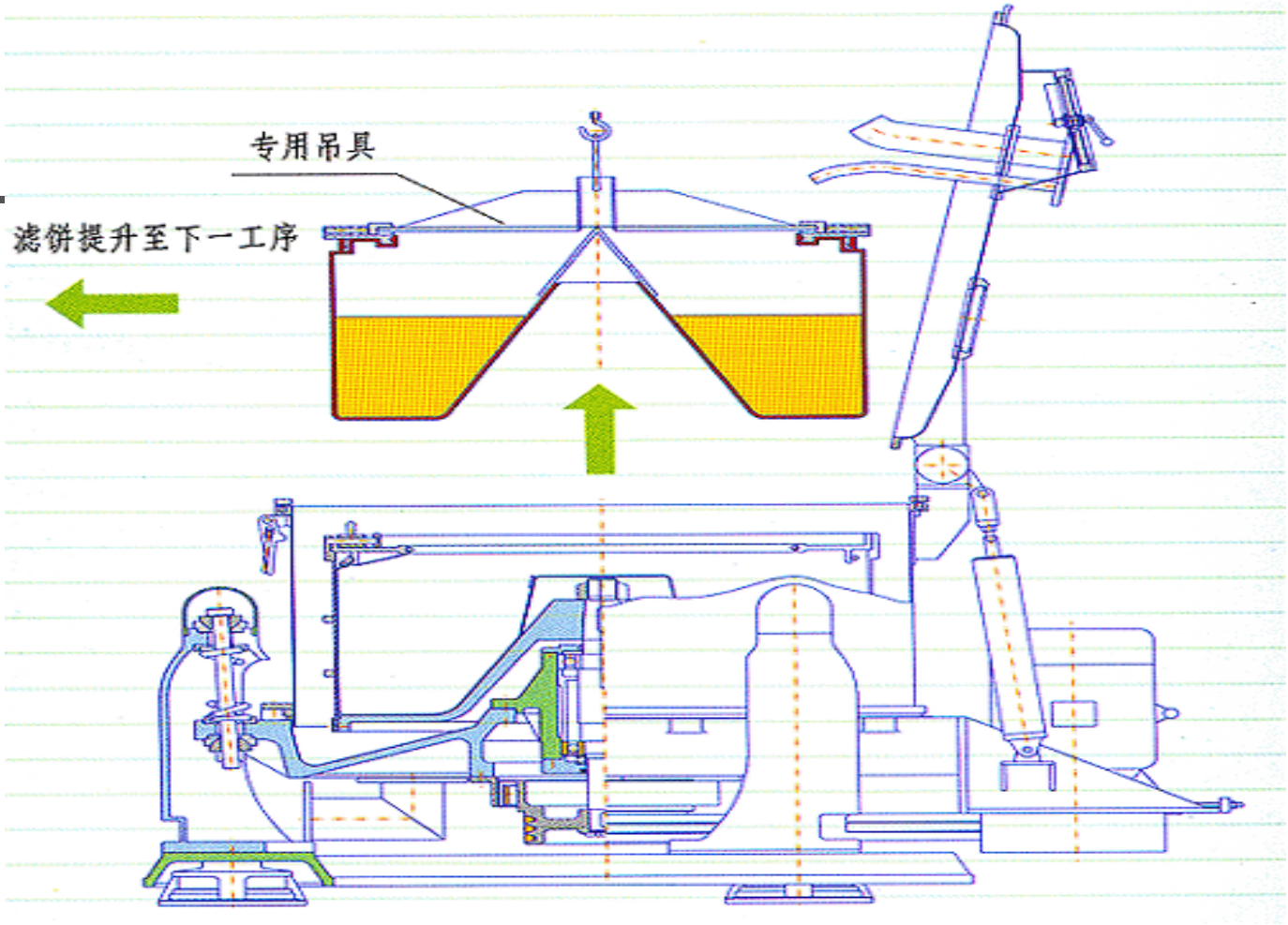
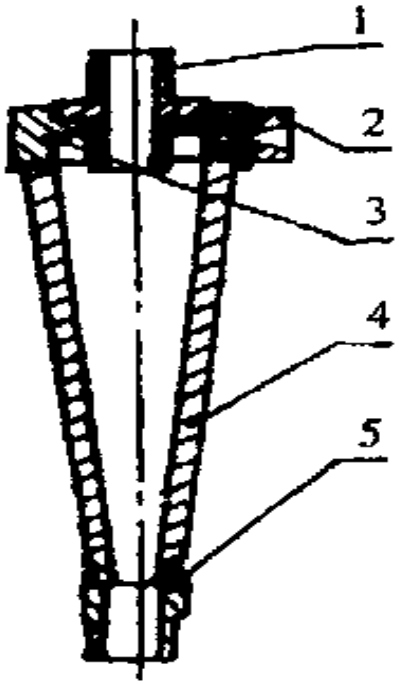


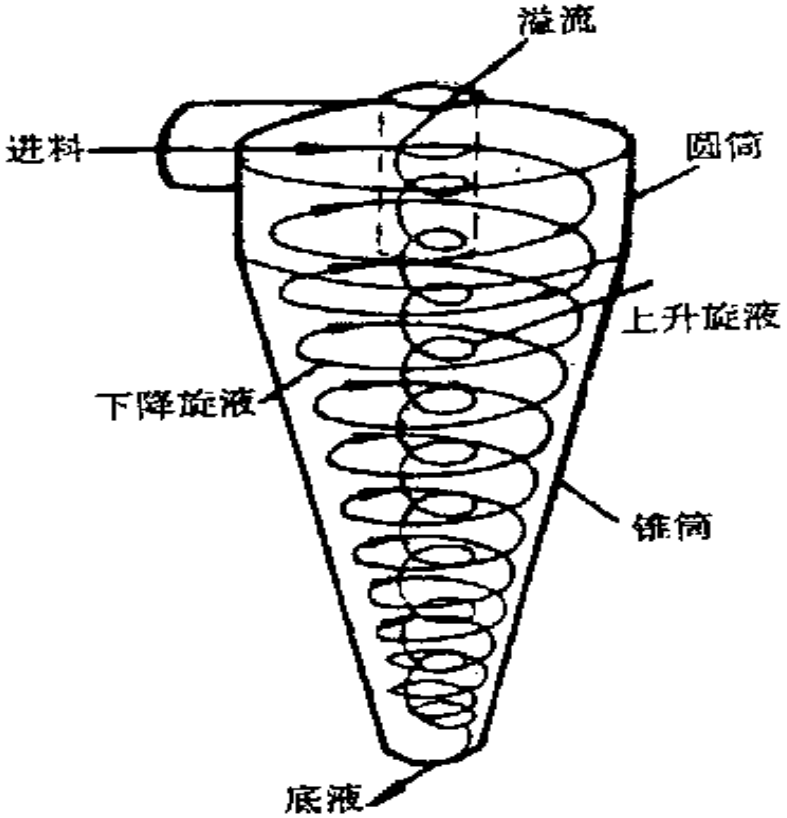
图6-19 三足式吊袋上卸料离心机工作原理图

第三节 旋液离心分离机械与设备

旋液离心分离器又称旋液分离管、水力旋流器。广泛应用于食品、医药、化工行业等领域，如在淀粉的分离和提纯工艺中被普遍使用。它不仅可用于悬浮液的分离、增浓，而且可用于产品的分级，此外，还可用于不互溶液体的分离、气液分离以及传热、传质和雾化的操作中。



旋液分离器结构简图



旋液分离器（内流型）原理图

1-尾水管；2、喷嘴；3、圆柱体；4-圆锥体；5-底流嘴

1．旋液离心分离机械与设备的原理和结构

其结构如图所示，也是一种离心沉降式分离器，其结构紧凑，操作维修方便，可实现连续操作，造价低廉，使用寿命长。

按照分离介质不同可分为：固—液分离（除砂器）、固体筛选、液—液分离（油水分离）、气—液分离、气—固分离（旋风除尘器）、气—液—固三相分离等；

按结构形式一般可分为静态旋液分离器和动态旋液分离器两种。

2．旋液离心分离机械与设备的特点与应用

结构特点是直径小而圆锥部分长，所以又被称之为旋液分离管。

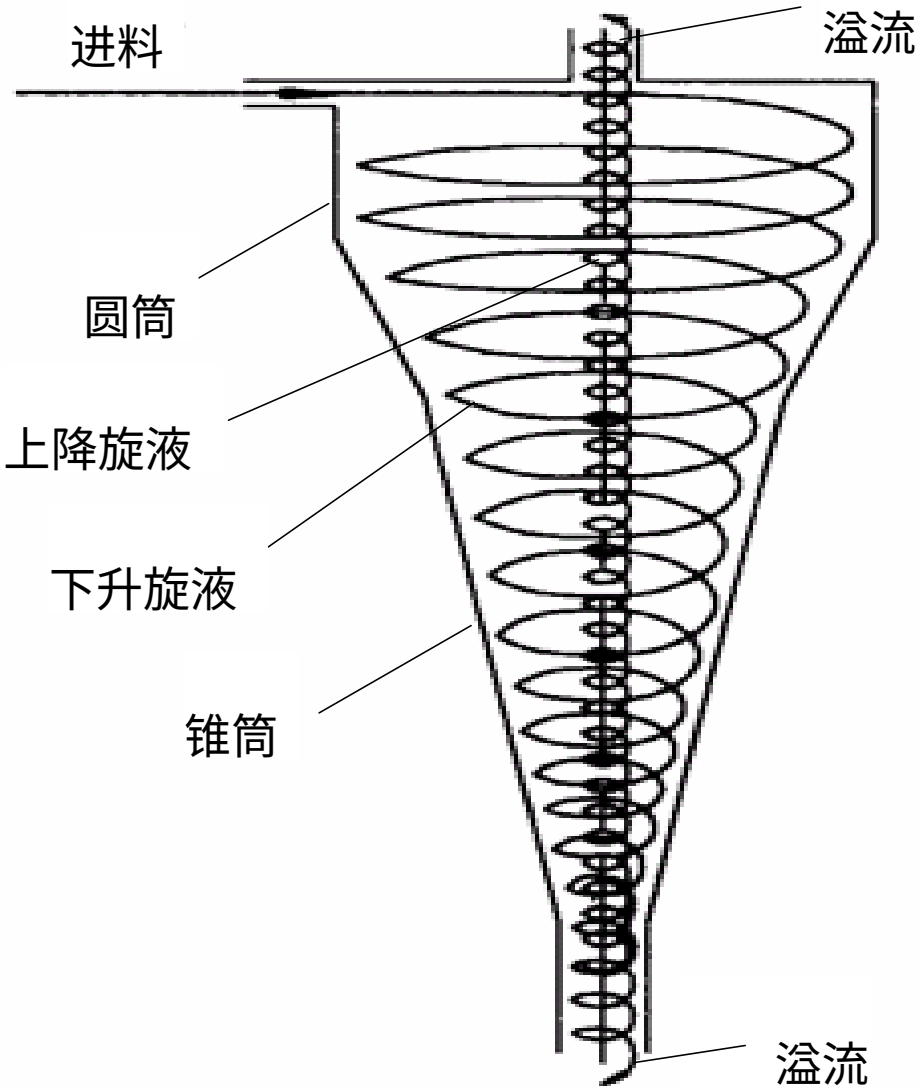


图6-24 旋流器内流型示意图

在旋液分离器的设计和选择中，根据物料性质、处理或分级要求以及给定的压力降，先初步确定结构的尺寸比例，再确定*Dc*。

在操作中带压浆料在进入旋液分离器后，会产生较大的压降，旋液分离器的压力应略高于整个系统的压损（不大于0.3MPa）。不同的加工环节对压力的要求不一同，对用于除泥砂、粗分环节的旋液分离器，0.6MPa左右，用于淀粉洗涤或者回收蛋白质的旋液分离器，其工作压力还要高一些。

在旋液分离器的应用中，固体物质的体积分数与操作效果也有密切的关系。比如，淀粉乳的密度对分离效果有较大的影响，淀粉乳的密度过小（淀粉含量少），形成的淀粉沉积层在锥管下部不能封住底流口，影响分离质量；淀粉乳的密度过大，分离的淀粉沉积层过厚，来不及从底流口排出，表层部分会被旋流着的成分重新搅起，从溢流口中排出，也会影响分离效果。

第四节 过滤机械与设备

过滤操作的基本原理是利用一种能将悬浮液中的固体微粒截留而使液体物料自由通过的多孔介质，从而达到将悬浮液中固—液分离的目的。

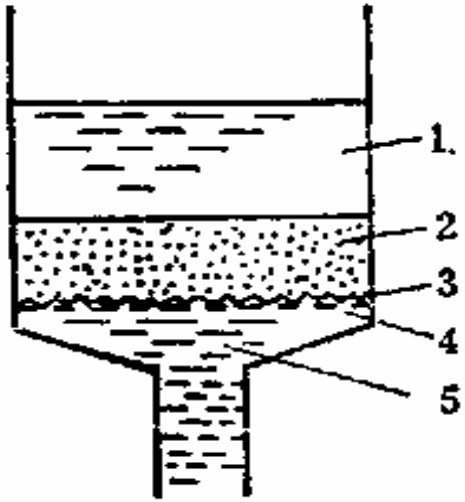
在过滤的操作过程中，一般将被过滤处理的悬浮液称为滤浆，滤浆中被截留下来的固体微粒称为滤渣，而积聚在过滤介质上的滤渣层则被称为滤饼，透过滤饼和过滤介质的液体称为滤液。

一、过滤机械与设备的原理和特点

（一）过滤原理

1．过滤阻力和推动力

过滤的过程实际上是过滤的推动力克服过滤阻力的过程。在过滤的起始，过滤阻力只来自于过滤介质和支承物，随着过滤的进行，滤渣被截留形成滤渣层（滤饼），过滤阻力则由过滤介质阻力和滤饼阻力组成。过滤的推动力则是由滤饼和过滤介质所形成的过滤层两侧的压力差。



过滤操作示意图
1-滤浆；2-滤饼；3-滤布；4-支承物；5-滤液

工业过滤压力差的来源有四种：

（1）本身的液柱压力差　一般不超过$5\times10^4 N/m^2$；

（2）在悬浮液表面加压　一般不超过$5\times10^5 N/m^2$；

（3）在过滤介质下方抽真空　通常不超过$8.5\times10^4 N/m^2$；　（4）利用离心力。

一、过滤机械与设备的原理和特点

根据过滤推动力,可分别称为重力、加压、真空和离心过滤。

2．过滤操作的程序和分类

过滤操作分为过滤、滤饼洗涤、滤饼干燥、滤饼卸除四个阶段。

（1）过滤阶段　过滤有两种方式，恒速和恒压过滤。

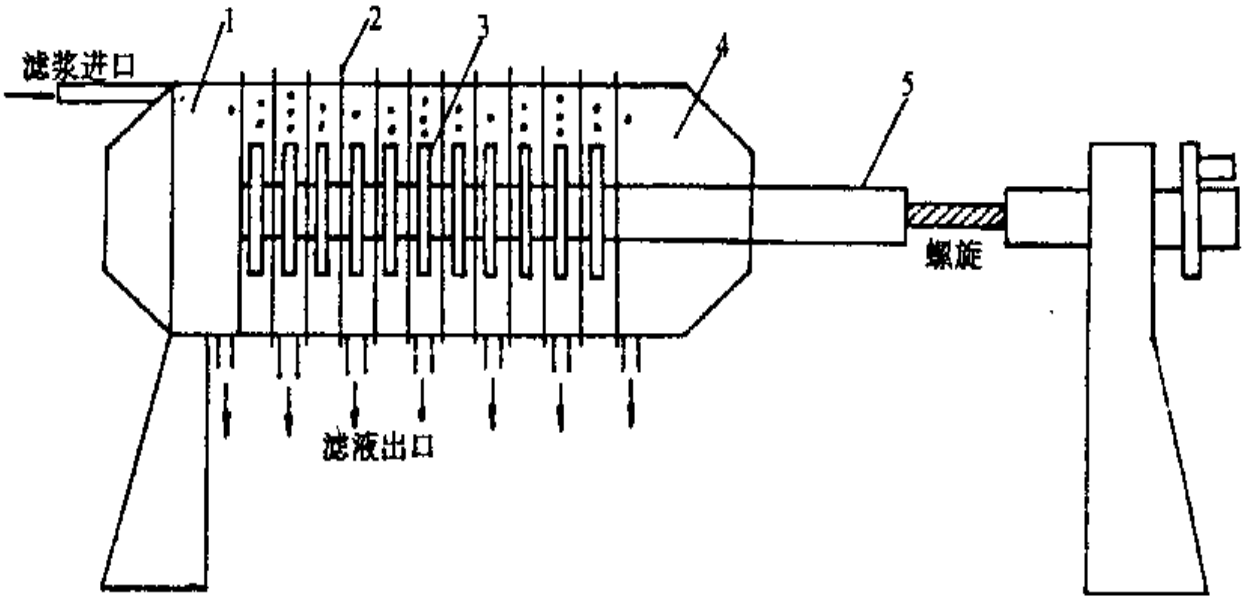
（2）滤饼洗涤　其的在于回收有价值的滤液或纯的滤饼。

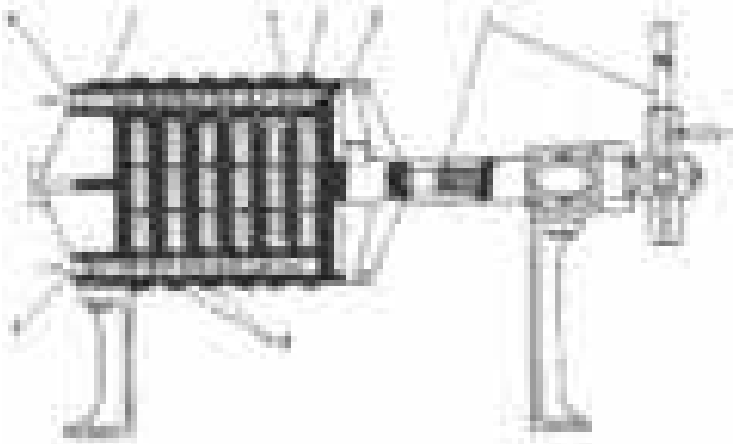
（3）滤饼干燥　通过机械挤压、压缩空气挤压或通入热空气，以尽量排除滤饼中残留的洗液。

（4）滤饼卸除　将滤饼从滤布上卸下。

大多数间歇式过滤机都是在加压下操作，而几乎所有的连续过滤机都是真空过滤机。

二、过滤机械与设备的结构与应用　（一）板框压滤机





板框压滤机简图

1-固定端板 2-滤布 3-板框支座 4-可动端板 5-支承横梁；

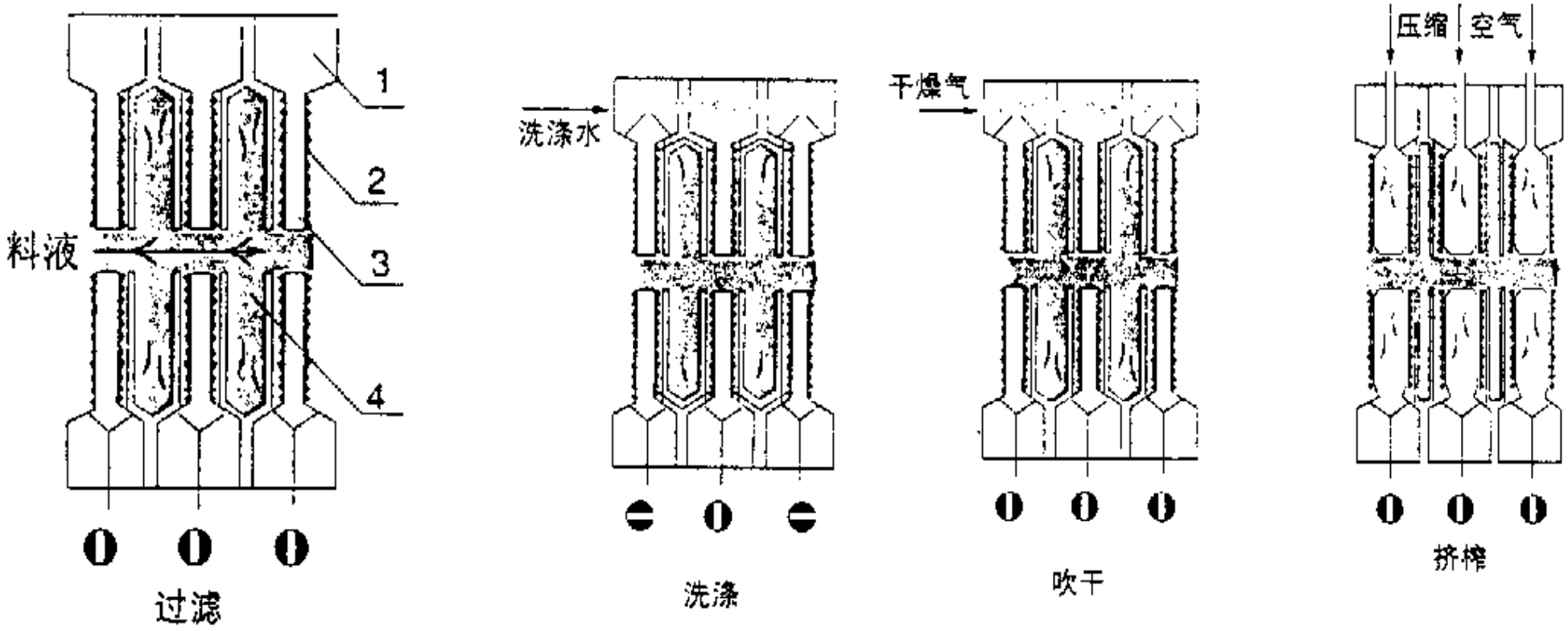
·过滤板　：滤框　　洗涤板

1．结构与工作原理

由端板、滤板、滤框、滤布、支撑横梁、螺旋压紧装置组成。许多交替排列的滤板和滤框构成主要工作部件，板和框架都被支承在一对横梁上。

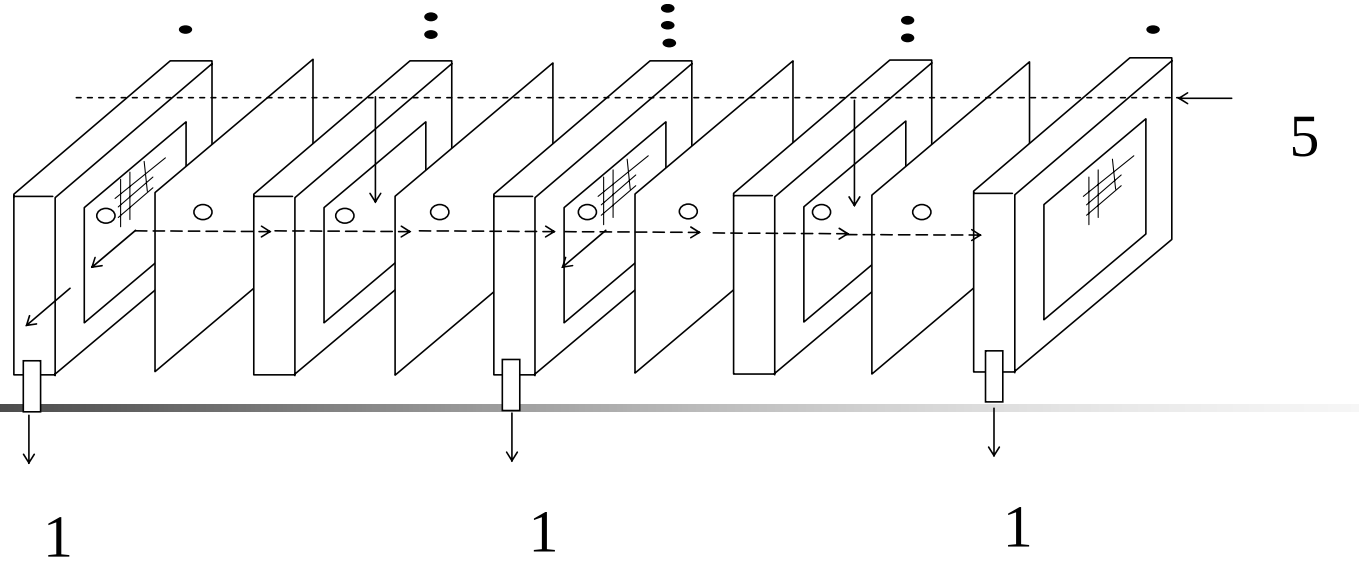
二、过滤机械与设备的结构与应用　　板框压滤机

（2）板框压滤机的工作原理及过程

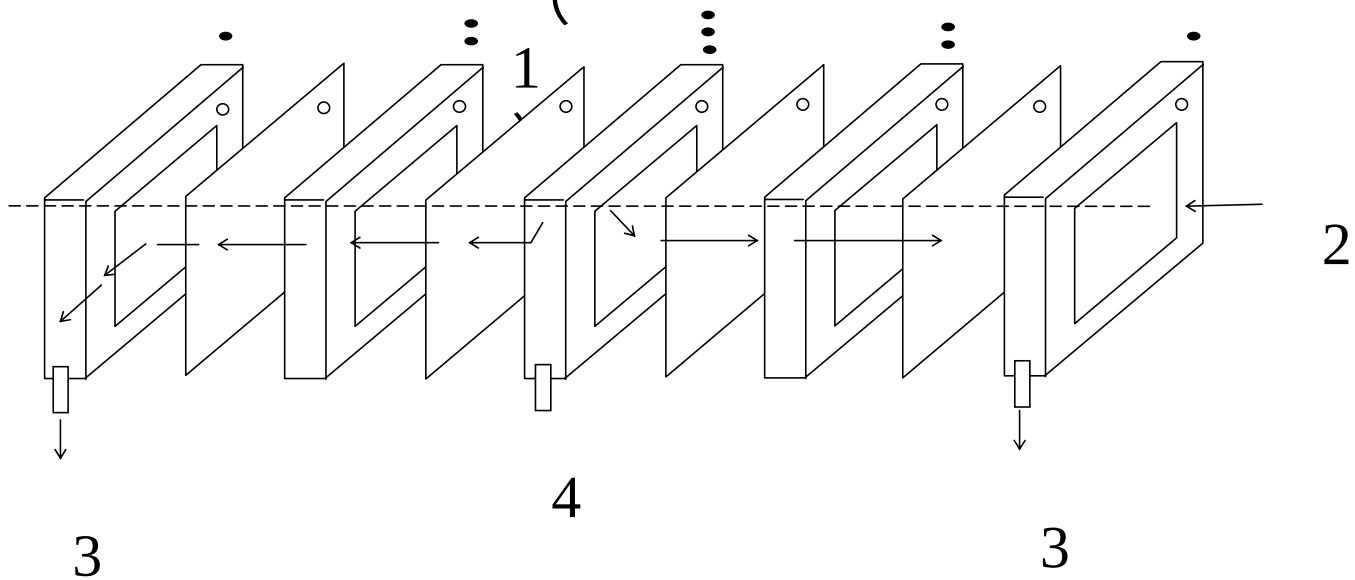


板框压滤机工作过程图

1—框边；2—橡胶隔膜；3—气室；4—滤室



(1)



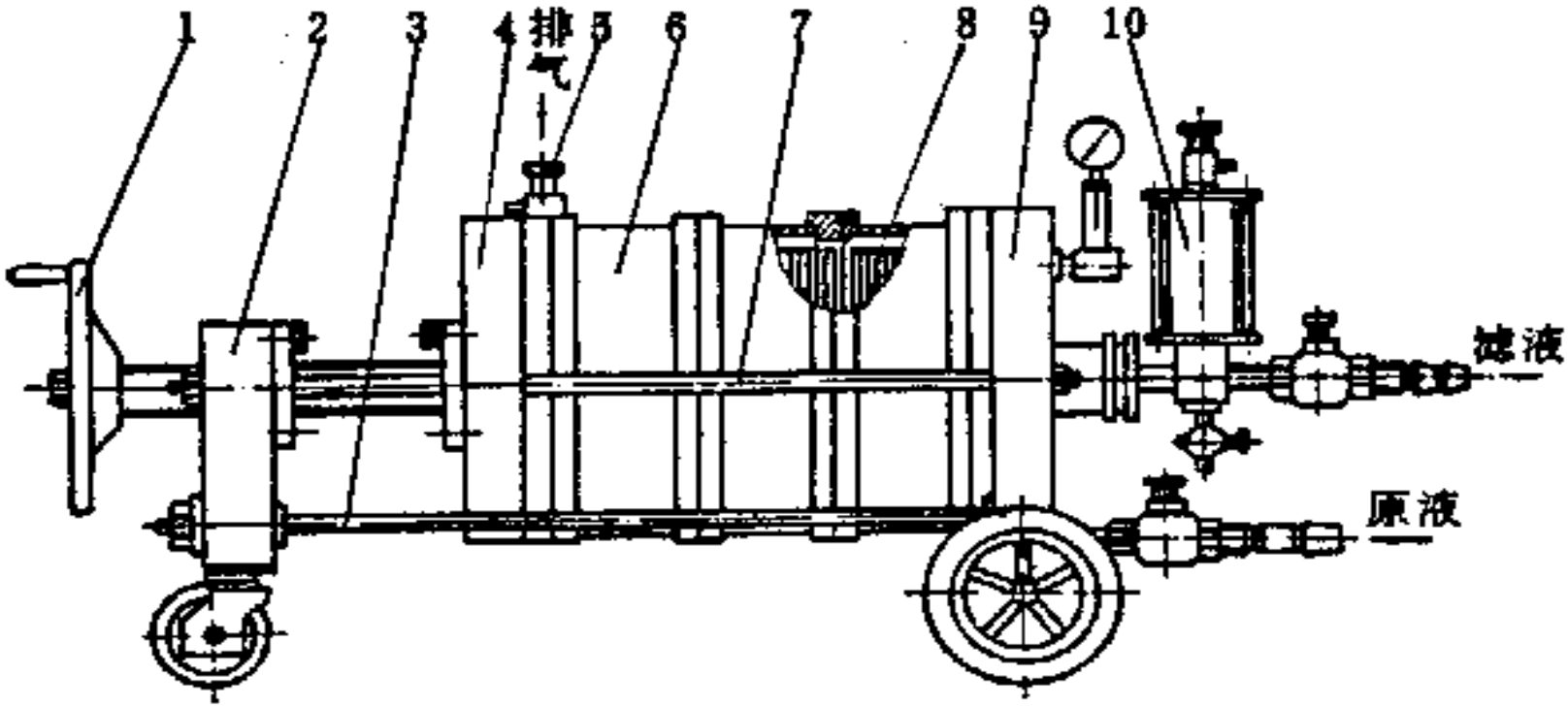
(2)

图6

二、过滤机械与设备的结构与应用　　硅藻土压力过滤机

硅藻土过滤机是以硅藻土为助滤剂的压力式过滤机，先将2.5～3.0kg的硅藻土加入150～200kg澄清良好的液体中，通过流体泵输入过滤机中，随着过滤的进行，助滤剂硅藻土将在滤盘上涂布形成滤饼层，至预涂液达到澄清要求后，结束预涂，泵入添加硅藻土的待滤液，进行正常的过滤操作。该设备有很多优点，如性能稳定，适应性强，能用于很多液体的过滤，过滤效率高，可获得很高的滤速和理想的澄清度，甚至很混浊的液体也能过滤，设备简单，且在操作良好的情况下，还具有除菌的效果。

二、过滤机械与设备的结构与应用　　硅藻土压力过滤机

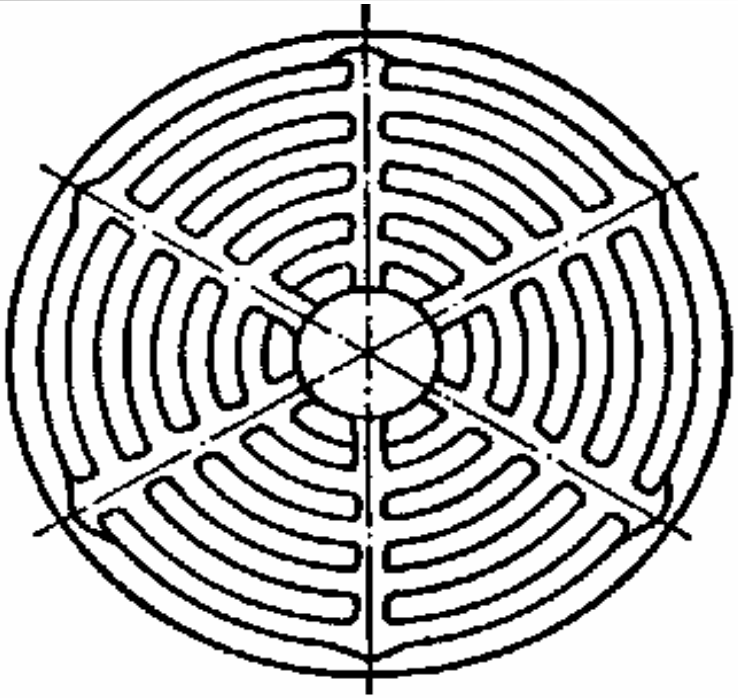


移动式硅藻土过滤机

1—手轮；2—后支座；3—拉紧螺杆；4—压紧板；5—排气阀；6—壳体；7—导向杆；8—滤盘；9—前支座；10—玻璃筒

二、过滤机械与设备的结构与应用　　硅藻土压力过滤机

滤盘8是主要过滤部件，数量较多，可达几十个，由所需的生产能力而定，主要由波形板、滤网、压边圈、滤布所组成。材质为不锈钢，圆形，上面压制有许多呈同心圆分布的凹凸槽，一则增加波形板的强度，二则凹槽也是液体的通道。



波形板

第五节 膜分离设备

膜分离是近20年来在迅速崛起的高新技术，利用天然或人工合成的高分子半透膜分离的方法，利用膜两侧的压力差或电位差为动力，使流体中的某些分子或离子透过半透膜或被半透膜截留下来，以获得或去除流体中某些成分的一种分离技术。

如果通过半透膜的不只是溶剂，而是有条件选择性地让某些溶质组分通过，因而溶液中不同溶质组分得到分离，该过程称为膜分离。

膜分离技术的核心是膜，膜的选择性是分离的关键，膜分离技术所包含的方法有多种，较常使用的有：

(1) 超滤（ultrafiltration），简称UF法；

(2) 反渗透（reverse-osmosis），简称RO法；

(3) 电渗析（electrodialysis），简称ED法；

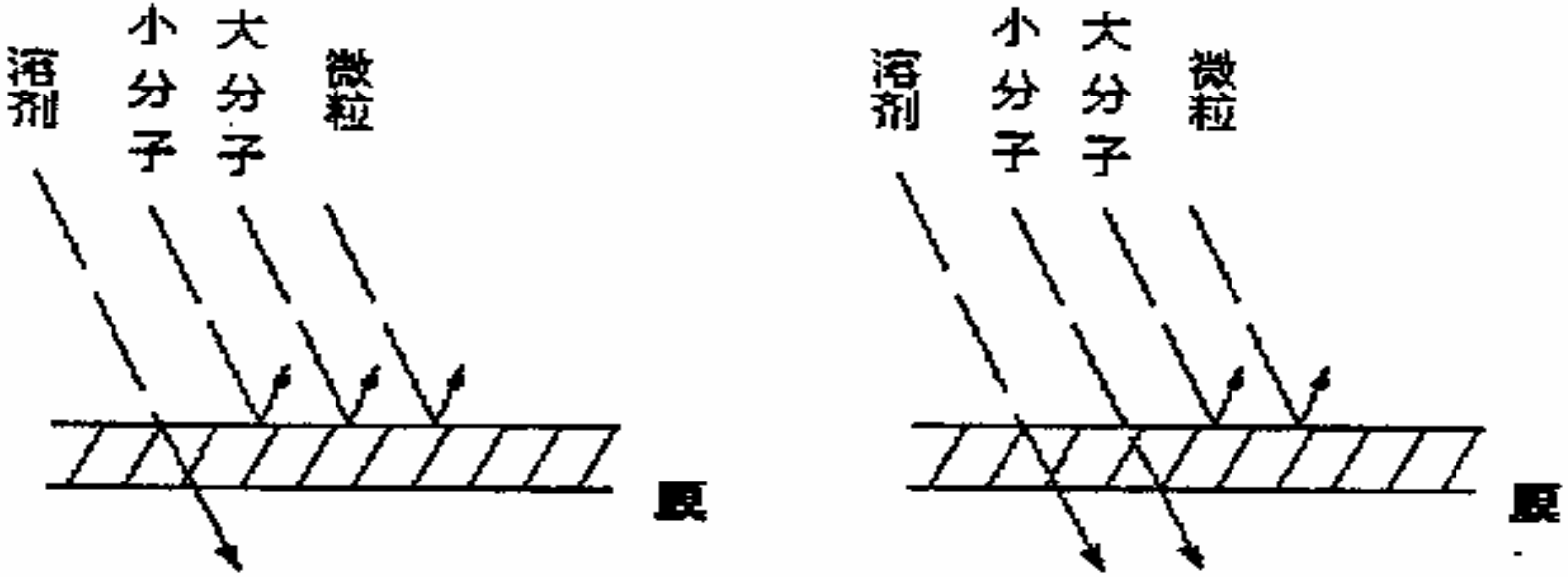
(4) 微孔过滤（microfiltration），简称MF法。

一、膜分离设备的原理和特点

1．膜分离的原理

反渗透和超滤是以压力差为推动力的膜分离技术。水溶液与具有微孔的薄膜互相接触，由于膜的化学性质使它对水溶液中的溶质具有排斥作用，结果，靠近膜表面的浓度梯度急剧下降，在溶液——膜的界面上形成一层被吸附的纯水层。反渗透就是在压力存在下使水不断通过膜上的毛细孔渗出，溶质则被膜截留。

而“筛分”理论是把膜表面看成具有无数微孔，利用这些不同孔径的孔眼像筛子一样截留住分子直径相应大于它们的溶质和颗粒，从而达到了分离的目的。



反渗透（RO）　　超滤（UF）

膜过滤原理示意图

通常对超滤机理的阐述有下述两种模型：

（1）毛细流动模型　溶质的脱除靠流过过滤或筛滤作用，半透膜阻止了大分子的通过，按这一模型建立的流动是毛细孔中的层流流动；

（2）溶解扩散模型　假定扩散质的分子，先溶解于膜的结构材料中，后经载体的扩散而传递。因为分子不同，溶解度和扩散度也就不同。

2．膜分离的应用范围

根据膜分离技术过程推动力的不同，大体上可分为两类：以压力为推动力的超滤和反渗透，以电力为推动力的电渗析，电渗析使用的是被称为离子交换膜的特殊半透膜。

膜分离技术目前已经被广泛地应用于海水、苦咸水淡化，超纯水制备，废水处理过程以及食品工业中的牛奶、乳清蛋白、茶叶的浓缩和其他食品的精制、提纯与浓缩。此外，在染料工业、化学工程和生物工程、航天技术上亦被得到广泛的应用。比如反渗透和超滤在医疗行业方面用于血过滤、人工血液的制造、人参蜂王浆处理、中草药制剂的精制、病菌、酶、病毒、核酸、蛋白质等生理活性物质的浓缩、分离、精制以及激素的精制等。

3. 膜性能

膜是反渗透和超滤的主要材料，也是电渗析的主要材料，是膜分离技术的中心，膜分离技术的提高，关键取决于膜性能的改进。

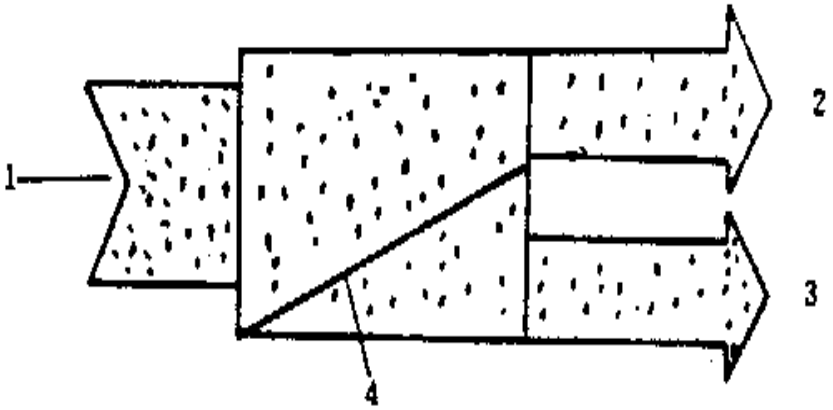
（1）膜分离技术对膜性能的要求　膜性能主要是指膜的物理和化学性能以及膜的分离透过性。

（2）膜材料　膜的材料及其材质在很大程度上决定了膜的功能。膜材料的发展经历了3个阶段。第1阶段是醋酸纤维素膜，也称CA膜，价格便宜，性能也好，PH值3.5～9.5，且使用的温度较低，抗污染性差，在强酸和弱碱作用下会水解；第2代膜材料是高性能的合成材料，如聚砜、聚丙烯腈以及改性纤维等，可经受强酸强碱，在高压下抵抗破坏能力强，耐氧化、耐腐蚀、抗污染性好，是目前应用最为广泛的膜材料；第3代膜材料以无机膜为代表，如多孔性陶瓷、多孔性玻璃以及多孔性金属等，耐温达400℃。

4. 膜分离设备的原理

（1）超滤设备的工作原理　在超滤中，如果颗粒小到亚微细粒的程度，半透膜孔的大小也要趋近于能阻止溶液中大分子的通过，这种利用半透膜的微孔过滤以截留溶液中大溶质分子的操作称为超滤，而这样的半透膜则被称之为超滤膜，超滤的驱动力是压差，通常高达1.0MPa，在溶液侧加压，使溶剂和小分子透过膜而得到分离。

图6-36 单一膜组件系统的过滤示意图



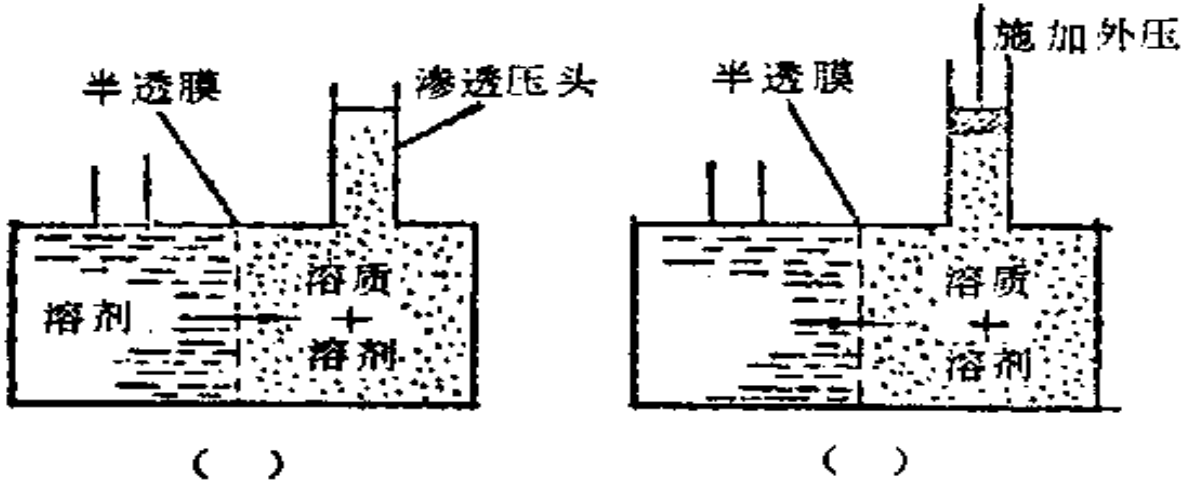
超滤原理示意图

1-进料 2-浓缩液 3-清液 4-超滤膜

4．膜分离设备的原理

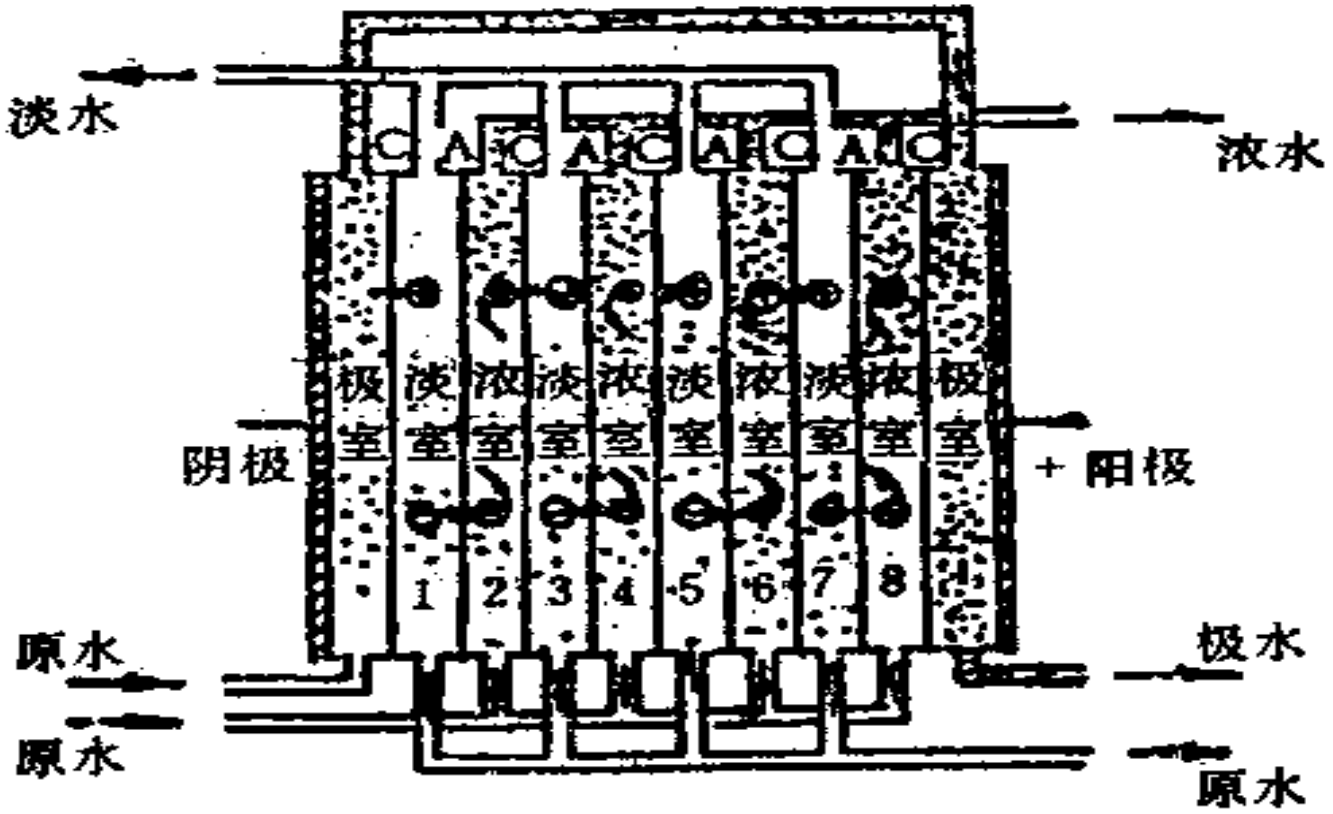
（2）反渗透的工作原理

（a）图所示为在半透膜两侧的溶剂和由溶质与溶剂组成的溶液。在没有外力的作用下，左侧溶剂分子会自动穿过半透膜流向右侧溶液。因溶剂的流动，在高浓度溶液区域形成一个渗透压头，达到渗透的平衡。如果在溶液的一侧（膜的右侧）加上一个大于渗透压的压力，则高浓度溶液区域的溶剂（水）会穿过半透膜流向低浓度溶液（或溶剂）的一侧，这种现象称之为反渗透。反渗透的动力也是压力。



反渗透原理

（a）渗透；（b）反渗透



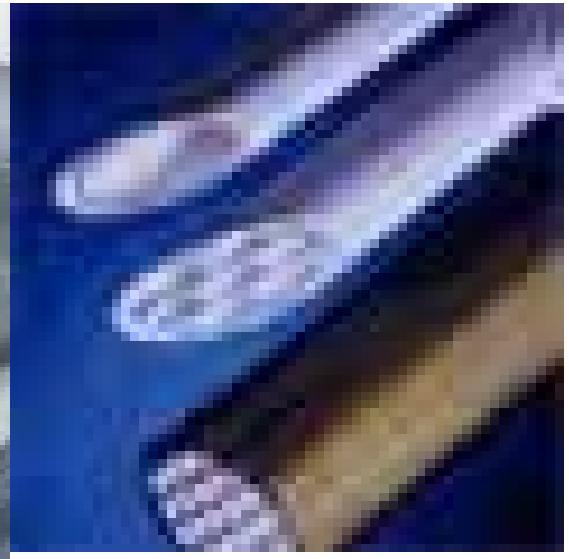
电渗析脱盐示意图

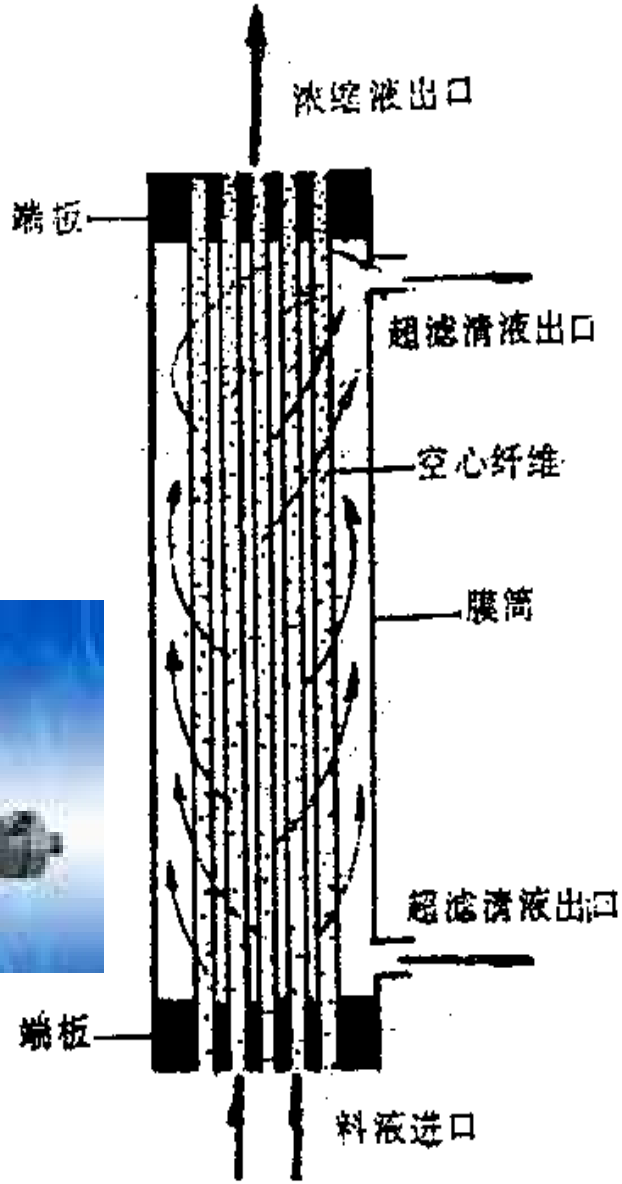
4．膜分离设备的原理

（3）电渗析的工作原理　如图所示，进入第1、3、5、7室的水中离子，在直流电场作用下作定向移动，阳离子向阴极移动，透过阳膜进入极水室以及2、4、6室，阴离子则向阳极移动，透过阴膜进入2、4、6、8室。

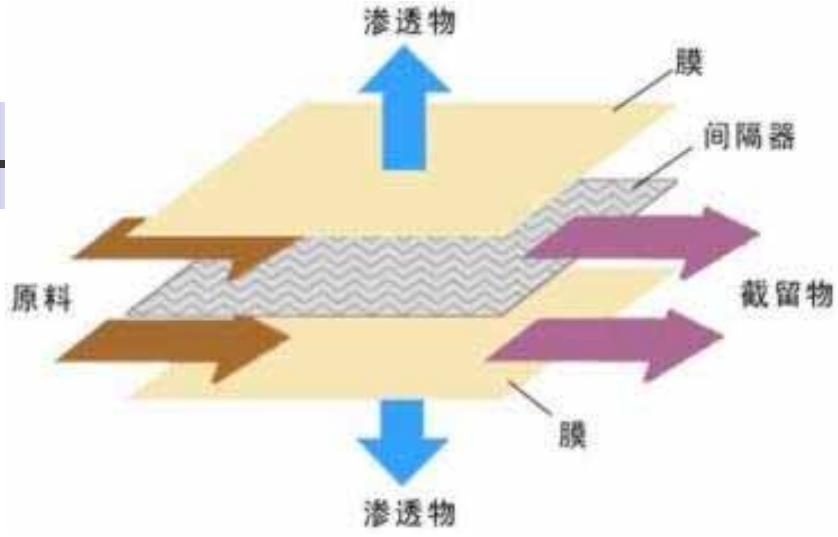
二、膜分离设备的结构与应用

（一）超滤与反渗透设备的结构与应用





中心纤维超滤膜筒图



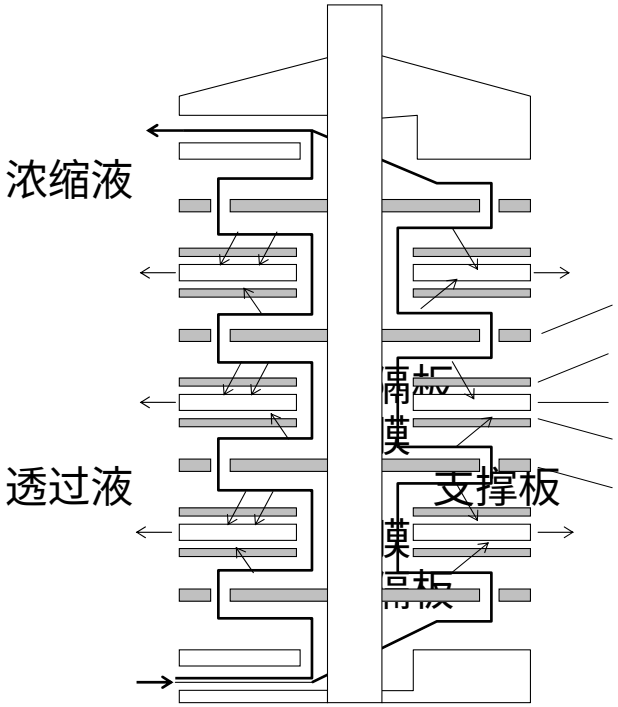


图6-38 平板膜分离装置结构原理图

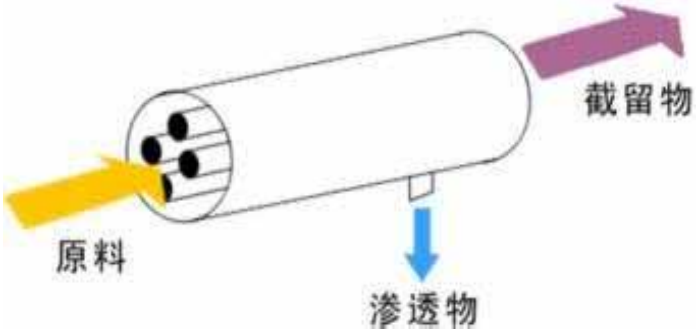


图6-39 管式膜组件示意图

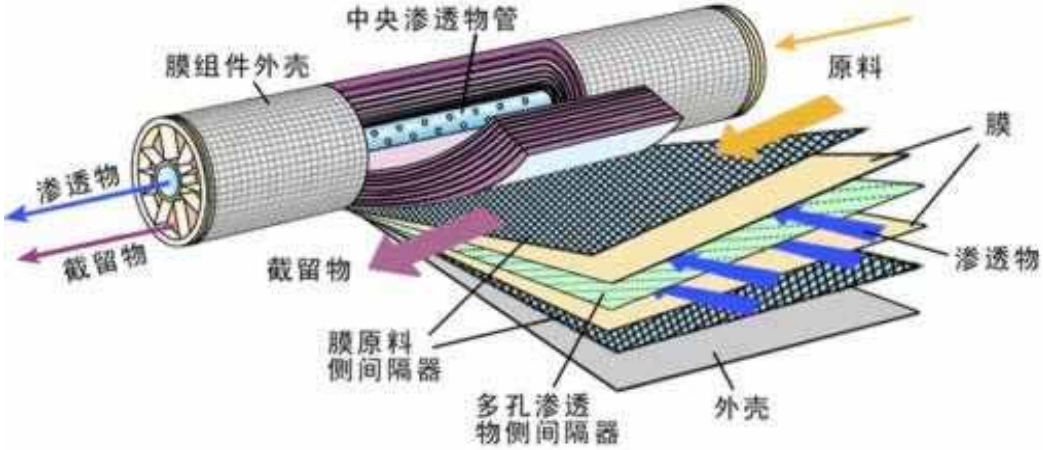
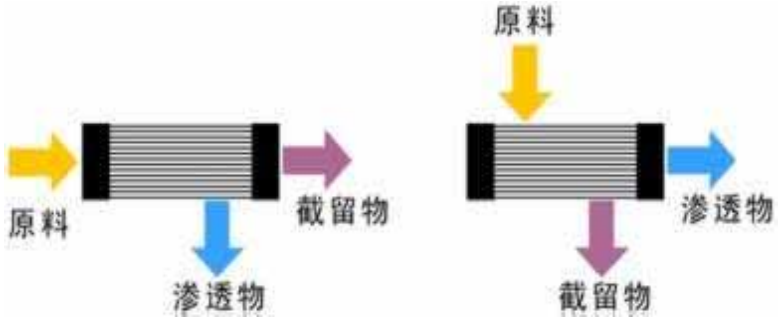


图6-40 卷式膜组件示意图

（一）超滤与反渗透设备的结构与应用



[从内向外流动式] [从外向内流动式]

图6-41 中空纤维膜组件示意图

超滤设备的应用

利用超滤进行食品的浓缩和提纯可充分保留食品原有风味和香味成分，因为没有物料相态的变化，对料液的物化结构没有破坏。

（1）纯水和超纯水的制备　工业用水的初级纯化，污水和苦咸、海水淡化的处理。

（2）生物制药　酶、病毒、毒素、噬菌体及各种蛋白质稀溶液的浓缩、脱盐和提纯；医用水处理；血液及生物制品的浓缩精制；

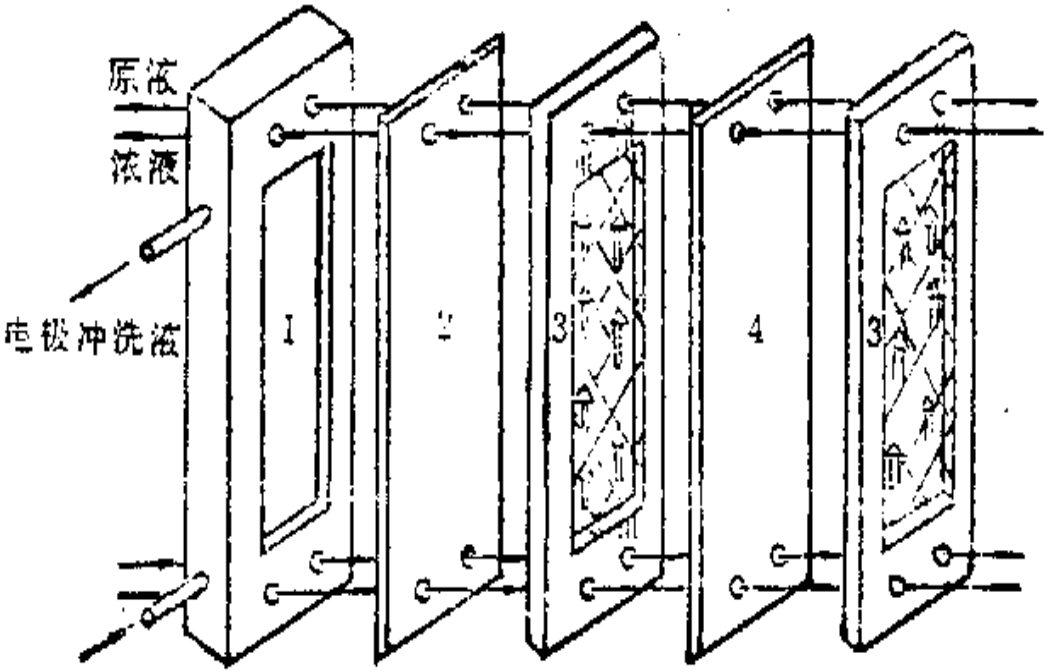
（3）食品工业　饮料、饮用水的除菌净化，矿泉水的澄清制备，豆制品及乳品加工，有价值物质的回收。超滤用于脱脂乳的浓缩，可制取含蛋白质达50～80%的脱脂浓乳，是在乳清中浓缩和回收蛋白质的有效方法；应用于低度酒、果酒及饮料的澄清。

（二）电渗析设备的结构与应用

1．电渗析设备的结构

由浓淡室水隔板、离子交换膜、电极、极水隔板、锁紧装置等部件构成，外形与片式热交换器相似，见示意图。

板框和隔板支承和隔开离子交换膜，构成阴极室和阳极室，并形成水流通道。能透过阳离子的半透膜称为阳离子交换膜；能透过阴离子的半透膜称为阴离子交换膜。



电渗析设备结构示意图

1-电极 2-阳离子交换膜 3-隔板 4-阴离子交换膜

2．电渗析设备的应用

电渗析法可应用于下列场合中：

（1）海水的浓缩、淡化；

（2）加工厂废水、废液的脱盐，有价值物的回收；

（3）有机物和无机盐类的分离；

（4）有机酸的精制、浓缩及回收；

（5）脱盐饮料水的制备；

（6）牛乳、乳清、糖蜜的脱盐；

（7）低盐酱油的制造；

（8）果汁类中柠檬酸、酒石酸的去除。

第六节 超临界萃取设备

物质的分离，一般采用的是过滤、蒸馏、离心、吸附、重结晶以及萃取等。

萃取就是利用溶剂对对象物的选择性溶解或溶解能力的差异从而达到物质分离的目的，超临界萃取则是利用处于临界压力和临界温度以上的流体具有特异增加的溶解能力而发展起来的一项提取混合物中可溶性组分的分离新技术，具有溶剂萃取法和蒸馏法双方的特点，可显著提高产品回收率和纯度，对人体无害，操作稳定安全，自20世纪80年代以来在食品、医药、化工等领域得到了广泛的应用。

超临界萃取设备的原理和特点

1．超临界流体

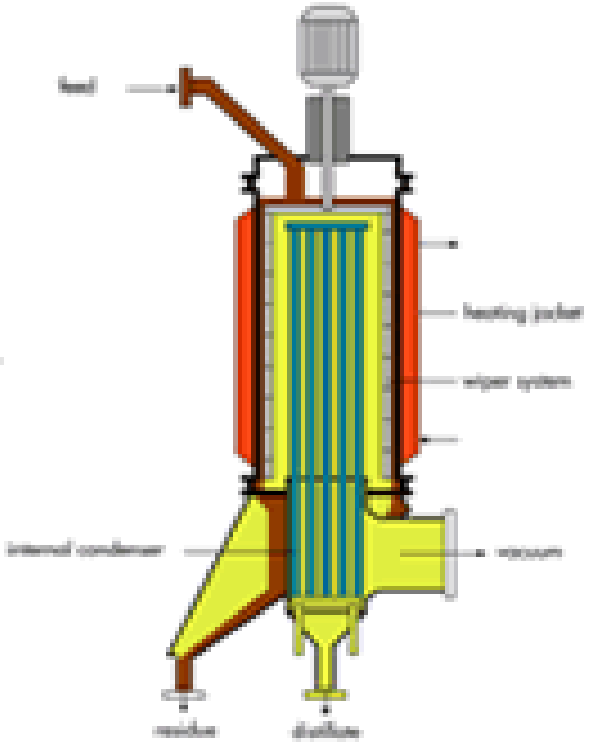
物质是以气、液和固3种形式存在，在不同的压力和温度下可以相的转换。在温度高于某一数值时，任何大的压力均不能使该纯物质由气相转化为液相，此时的温度即被称之为临界温度*Tc*；而在临界温度下，气体能被液化的最低压力称为临界压力*Pc*。当物质所处的温度高于临界温度，压力大于临界压力时，该物质处于超临界状态。在压温图中，CO_2的相图如图所示。高于临界温度和临界压力的区域就称为超临界区，如果流体被加热或被压缩至其临界温度（*Tc*）和临界压力（*Pc*）以上状态时，向该状态气体加压，气体不会液化，只是密度增大，具有类似液体性质，同时还保留有气体性能，这种状态的流体称为超临界流体。

超临界萃取设备的原理和特点

2．超临界萃取原理

从表中可以知道气体、液体和超临界流体的性质，在临界点附近，压力和温度的微小变化都会引起气体密度的很大变化，超临界流体的密度相当于气体的数百倍，而其流动性和粘度仍接近于气体，扩散系数虽约为气体的1%，但却是液体扩散系数的数百倍，因而，在萃取过程中，具有类似气体的高的扩散性，又有类似于液体的溶解能力。在临界区域附近，操作压力和温度的微小变化，都会引起流体密度的大幅度变化，因而也将影响其溶解能力，超临界流体萃取技术正是利用这个特性来溶解提取和分离物质。

第七节 分子蒸馏设备



一、分子蒸馏的原理和特点

（一）分子蒸馏的原理

分子蒸馏则是一种特殊的液—液分离技术，其原理则是利用分子运动平均自由程的差别，在远低于沸点的情况下将物质分离。可以克服一般蒸馏技术在分离物质过程中所存在的弊端，而且大大提高了分离效率。是在0.133～1.33Pa的高真空条件下进行的非平衡蒸馏。

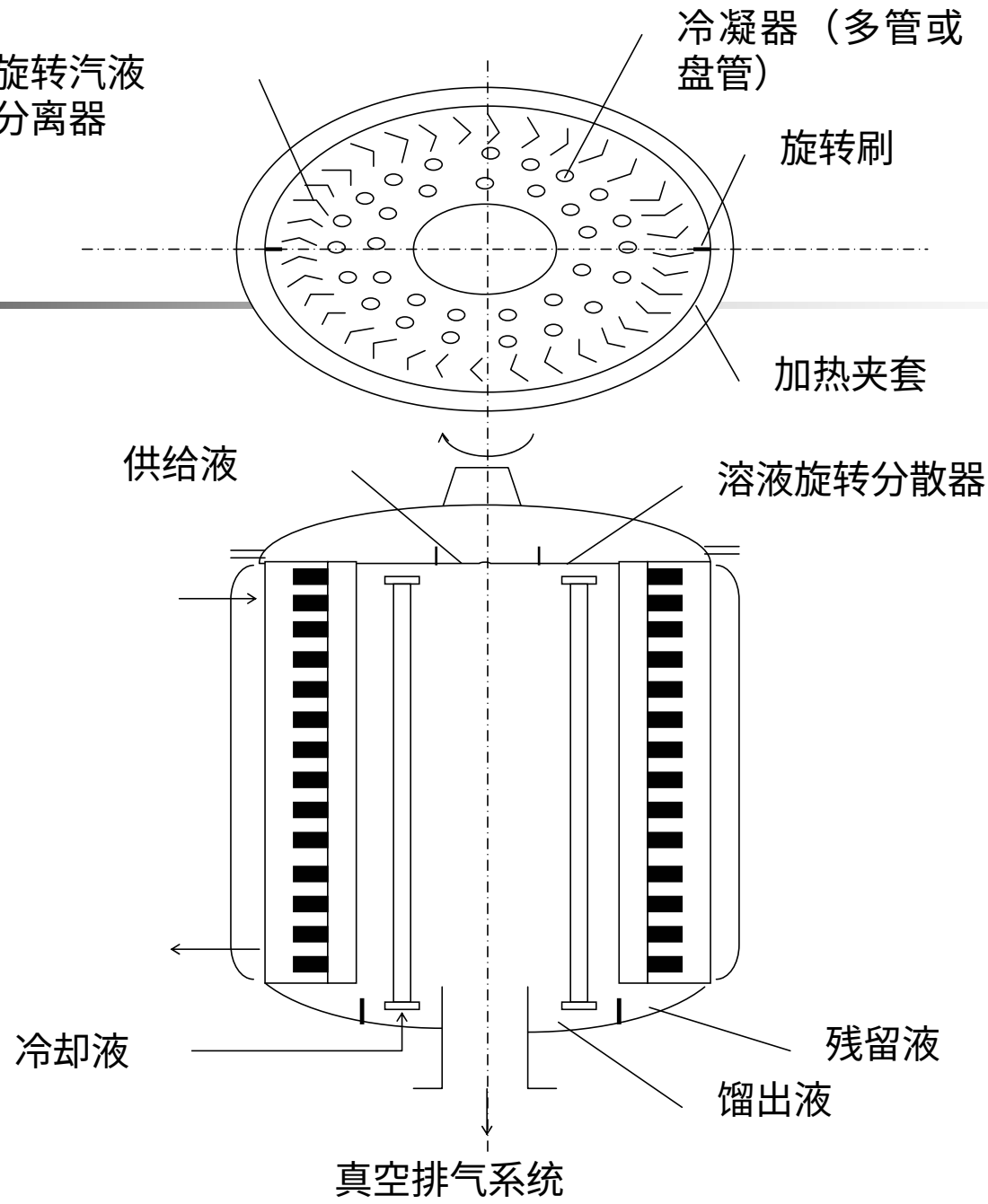


图6-51 降膜式分子蒸馏器的结构

（二）分子蒸馏的特点

分子蒸馏的原理和装置的结构决定了其有如下特点。

1．分子蒸馏的操作温度远低于物料的沸点

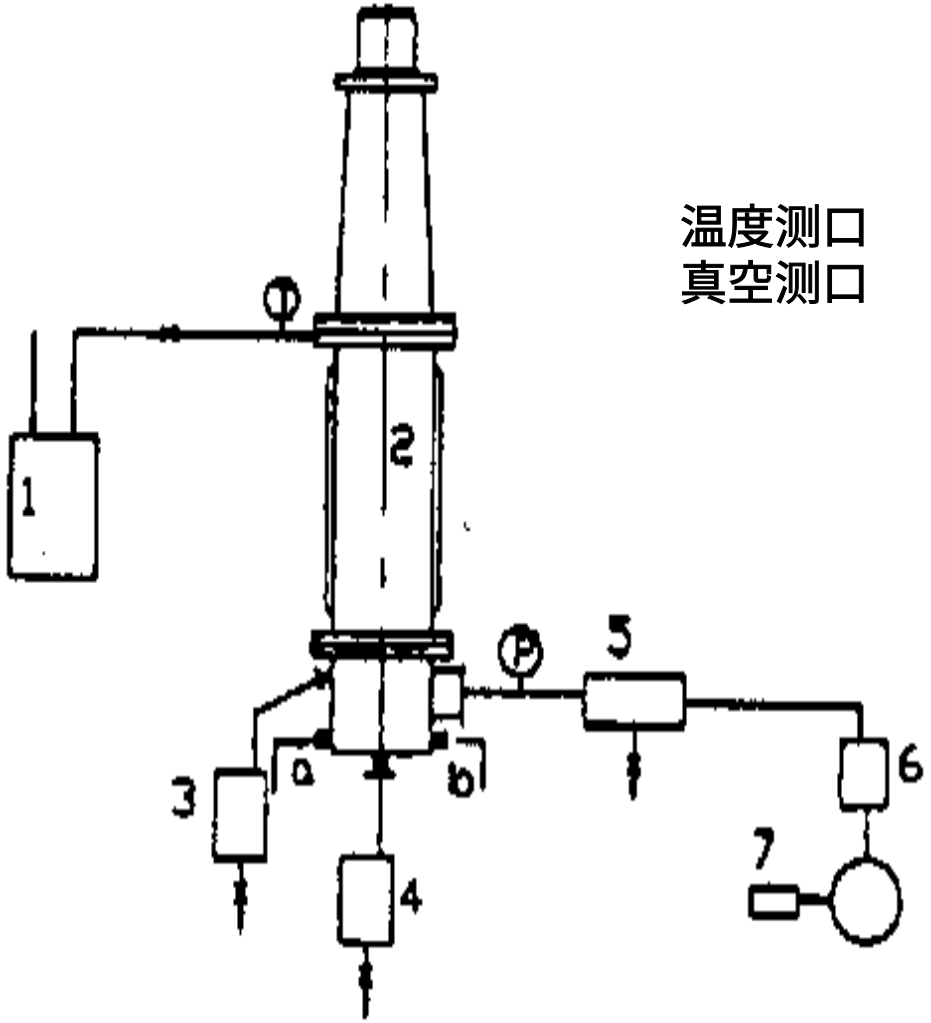
2．蒸馏压强低

3．受热时间短

4．分子蒸馏比常规蒸馏分离程度更高，能分离常规蒸馏不易分开的物质。

二、分子蒸馏设备的结构和应用

由原料罐、分子蒸馏器、残留物受器、馏出物受器、冷阱和油扩散泵、旋片泵组成。



分子蒸馏装置工艺流程简图
1-原料罐 2-分子蒸馏器 3-残留物受器 4-馏出物受器 5-冷阱 6-油扩散泵 7-旋片式真空汞 a.冷却水进口 b.冷却水出口

二、分子蒸馏设备的结构和应用

（二）分子蒸馏技术的应用

分子蒸馏具有独特的技术优势，可广泛地应用于国民经济的各个方面，特别适用于高沸点、热敏性及易氧化物料的分离。在食品中，利用于分离混合油脂，可获纯度达到90%以上的单甘油酯；可从动植物中提取天然产物如鱼油、米糠油、小麦胚芽油等；还可用于提取脂肪酸及其衍生物、小麦胚芽油等；在香料生产，可用于处理天然精油，脱臭、脱色、提高纯度，使天然香料的品位大大提高。

1．利用分子蒸馏技术对低沸点、热敏性物料分离的生产工艺

2．利用分子蒸馏技术对高沸点、热敏性物料的分离

3．对于主产品为不挥发物，馏出物为少量低沸点组分物料的分离。

4．常温下呈固态或粘性很大的物质的分离