第一章　总论

过滤(filtration)与分离(separation)统称为固液分离(solid-liquid separation)，它是一种重要的单元操作。人们之所以对它产生浓厚的兴趣，主要是因为，第一，固液分离装置已成为一种量大面广的通用设备，广泛地应用于国民经济的各个方面；第二，固液分离的适用领域到目前为止仍在不断扩大并显示出巨大的经济效益和社会效益。

固液分离技术的国际性活动也非常活跃，继首次世界过滤会议1974年在巴黎召开之后，1979年又在伦敦举行了第二届会议。由英国过滤学会主办的过滤技术会议和大型展览会也规定每逢奇数年举行。起初这些会议所讨论的内容范围很窄，涉及面不广；以后则面貌一新，开始涉及到适应时代发展而不断获得进步的固液分离新技术、新设备和新工艺，以及节能、资源的有效利用以及环保等社会呼声很高的课题。为适应社会上不断高涨的降低能耗的要求，目前迫切需要开发高分离速度、高脱水度、高分离精度的高性能固液分离技术。

作为总论，本章首先介绍固液分离概况以及离心机和过滤机的分类和应用，在以后诸章将对它们进行比较深入的专论。

1-1　离心分离过程的分类

借助离心机所产生的离心力场来分离非均相物系，是一种极为有效的方法，并称之为离心分离，它是许多新的工业过程的基础。离心分离方法可以相当精确和迅速地分离极不相同的非均相液态物系，例如原油和聚氯乙烯树脂悬浮液、润滑油和铵盐、煤泥和淀粉悬浮液、变压器油和酵母悬浮液。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

一般来说，工业悬浮液和矿浆可以用两种方法进行离心分离：第一种方法是采用分散相的体积力（离心惯性力）进行分离；第二种方法则是利用分散介质和部分分散相的体积力进行分离。第一种情况所使用的设备为无孔转鼓离心机，而第二种则采用有孔转鼓离心机。

尽管离心力场的特性决定了这些过程间存在着重大差异，但仍可将无孔转鼓的分离与重力场中的澄清过程相比，有孔转鼓的离心分离可与矿浆等的过滤或压滤过程进行类比。

采用无孔转鼓离心分离悬浮液和矿浆的过程又可以分为离心澄清和离心沉降。前者是指借助于离心机来有效地清除液体中含有为数不多(小于 5%）杂质的过程。这一过程可以视为在离心力场作用下液体中固相颗粒的自由沉降。例如，从清漆和润滑油中清除污垢和杂质，以便使清漆和润滑油再生；从丁醇中离析氧化钛以及从液体中分离出细菌等均可称作离心澄清。

离心沉降则是分离含有大量固相的悬浮液的过程，例如从煤泥中分离出水分，从污水中离析出固相等都属于离心沉降过程。离心沉降一般分为三个过程：(1) 固相沉降；(2）沉渣压实；(3)从沉渣孔隙中部分清除液体。

采用有孔转鼓离心分离悬浮液和矿浆的过程称为离心过滤。它是靠离心惯性力场的作用而实现固液分离的。在一般情况下，它可分为下列三个过程：(1) 过滤和形成滤渣，即在液体通过离心机转鼓多孔壁时将悬浮于液体的颗粒分离出来；(2)从所形成的滤渣中压出液体；(3）从滤渣中排除由分子力所保留的那部分残余液体。

形成滤渣的离心过滤与普通过滤极为相似，过滤后即能从滤渣中压出液体并同时将滤渣压实，然后再排除颗粒各接触处以及颗粒表面所剩余的液体。例如，从洗涤液中分离间硫氮杂茚硫醇和从母液中分离亚硝基酚就是经过上述三个过程的离心过滤的实例。

由挤压与离心分离薄膜液体和毛细管液体所组成的过程称作离心挤压，例如硫酸铵的离心分离过程。只进行排除薄膜液体和毛细管液体的过程则称作离心干燥。在此情况，除薄膜液体和毛细管液体被排除外，液体也会因蒸气被流经转鼓壁的空气流带走而蒸发。

通常将乳浊液的离心分离称为乳浊液分离，其目的在于分离乳浊液或者将其浓缩。这一过程是在无孔转鼓中进行的，相当于在重力场中澄清乳浊液。从润滑油中将水分分离掉就是这种过程的一个典型实例。

上述离心分离过程的分类，可通过图 1－1 进行演示。

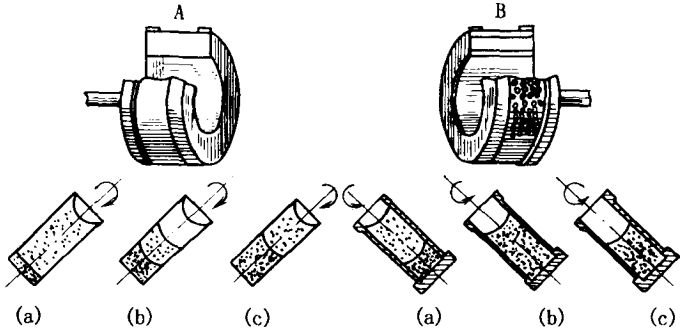


图 1－1　离心分离过程分类示意

A—无孔转鼓的离心分离（a)澄清；(b)和(c）离心沉降（固相沉降和压实沉渣）

B—有孔转鼓的离心分离（离心过滤）(a)形成滤渣；(b)压实滤渣；(c）排除薄膜液体和毛细管液体

与其他工艺过程的分类一样，离心分离过程也可以分为间歇式、连续式和混合式三种。

对于间歇式，其各个阶段或工序是在一台设备或机器上，但在不同时间中实现的。间歇离心分离时，从装料到卸料的时间间隔中，液相不断地从旋转着的转鼓中排出。间歇过程的某些参数（例如过滤速度、废液的固相浓度等）随时在变化。

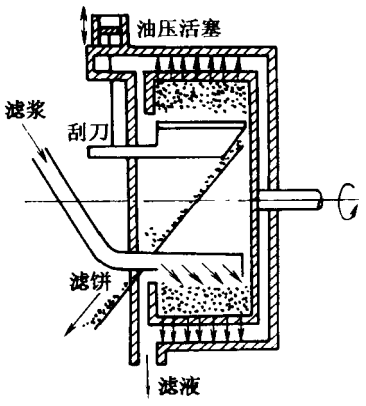


图 1－2　卧式刮刀卸料离心机

采用卧式刮刀卸料离心机（图 1－2）分离浓缩过的悬浮液，就是一个典型的间歇式离心分离过程。在缓慢旋转时，将物料装入离心机转鼓，然后使转鼓的转速达到最大值。当转鼓作等速旋转时，实现离心分离和洗涤产品。最后，制动转鼓，利用刮刀或刮板将滤渣从鼓壁上刮下。然后再重新重复这一生产循环。

对于连续式，其特点是所有各阶段同时进行，状态稳定和连续地卸出最终产品。在理想情况下，由于物料在转鼓任何一点或任何截面上状态都是稳定的，所以在过程进行的全部时间里有关参数或物理量始终保持不变，此时转鼓的转速是恒定不变的。离心机连续和断续地卸出由分离所得的产品，而且其生产能力和过程速度一直保持不变。例如，用螺旋卸料沉降离心机处理悬浮液，用碟片式分离机和管式高速离心机分离乳浊液就都是这种连续离心分离过程的典型代表。

用间歇地从周边将聚集于转鼓的沉渣卸出的碟式分离机连续澄清液体，可视为混合离心分离过程的例子。还可以将采用管式高速离心机澄清液体看作是混合离心分离过程，它在很长时间中连续地澄清液体而在间歇停车时卸出沉渣。

1－2　离心机的分类及应用

按传统的分类方法，可将离心机分为过滤式和沉降式两大类，这两类又可按其出料方式或结构特征分为不同类型，如表 1－1和表 1－2所示。

表 1-1 过滤式离心机类型

用途 \ 型式		刮刀卸料		活塞推料		螺旋卸料	离心力卸料	振动卸料
		立式	卧式	单级	多级			
适用范围	分级	×	×	×	×	×	×	×
	浓缩	×	×	×	×	×	×	×
	澄清	×	×	×	×	×	×	×
	脱水	○	○	○	○	○	○	○
	滤并洗涤	○	○	△	○	△	△	△
	结晶破碎	○	△	○	○	△	○	○
	固-液分离	×	×	×	×	×	×	×
	固-液-液分离	×	×	×	×	×	×	×
分离因数		<1500	<1500	<700	<1000	<1500	<2000	<100
主要用途		砂糖、葡萄糖分离、一般化学、食品工业脱水分离	石膏脱水、淀粉分离、一般化学、食品工业脱水分离	尿素、食盐、硫铵等的脱水	尿素、食盐、硫铵等的脱水 洗糖的脱水	硫铵、芒硝、食盐、尿素的脱水	葡萄糖、砂糖分离 硫化铁、石膏脱水	煤粉分离

表 1-2 沉降式离心机类型

用途 \ 型式		碟式			管式	撇液式	螺旋卸料	
		人工排渣	活塞排渣	喷嘴排渣			圆锥形	圆柱形
适用范围	分级	△	△	△	△	△	△	△
	浓缩	△	○	△	○	△	△	△
	澄清	○	○	○	○	△	△	○
	脱水	×	×	×	×	△	○	○
	滤并洗涤	×	×	×	×	△	△	△
	结晶破碎	×	×	×	×	△	△	△
	液-液分离	○	○	○	○	×	×	×
	固-液-液分离	△	○	○	△	△	×	×
分离因数		6000~8000	6000~8000	3000~8000	<15000	<1000	<4000	<4000
主要用途		动植物油的精制，矿物油的精制，奶油分离		菌体分离，淀粉乳浓缩	动植物油、矿物油的精制，果汁澄清	淀粉乳精制，废弃物分离	合成树脂脱水，煤粉分离	下水污泥脱水，废水污泥脱水

注：（）：最适用　△：可适用　×：不适用

需要全本请访问 www.ertongbook.com

除表 1－2所列的沉降离心机外，旋液分离器也属离心沉降的一种装置，近年来它已广泛应用于化工、冶金、医药及食品等工业领域，而且结构简单、价格便宜，本书将在第六章作简要介绍。

离心机所产生的离心力场的加速度 $\omega^2 r$ 很能代表离心机的特点，但在实践中便于探讨的却不是这个值，而是它与重力加速度 g 的无因次比

$$F_r = \omega^2 r / g$$

即所谓离心机的分离因数。

加大角速度 ω （被迫缩小转鼓半径 r 时）在实践中可以取得分离因数的最大值。当然， ω 和 r 取决于离心机的结构特性。增大分离因数就必然会对与强度条件和稳定性条件等有密切关联的结构提出特殊要求。

在工程上常习惯于用诺模图（图 1－3）来计算分离因数 F_r。图中 D 表示转鼓直径，单位取米； n 表示转速，单位为每分钟转数； $v = \pi rn/30$ 表示环向速度，单位取米／秒。例如，若已知转鼓直径 $D = 800\text{mm}$ ，转速 $n = 1100\text{min}^{-1}$，则从图 1－3 立即可查找得此离心机的分离因数 $F_r \approx 540$，环向线速度 $v \approx 46\text{m/s}$，故使用起来非常方便。

由于分离因数 F_r 的大小常常决定着离心机的结构特点，故按此也可有条件地将离心机分成两类：常速离心机（$F_r < 3500$）和高速离心机（$F_r > 3500$）。

在所有固液分离设备中，连续操作的离心机堪称最佳技术和最经济的选择。因为它们可以从大量物料中脱去水分，使最终的湿含量尽量降低，且只需要较小的占地空间、能源和时间。选择合适的离心机可以显著地降低干燥费用，甚至于不通过干燥就能达到或超过用户所要求的湿含量。

本书在下文所介绍和讨论的各种离心机，可为读者正确选型提供合理化建议，以期获得最大的社会效益和经济效益。

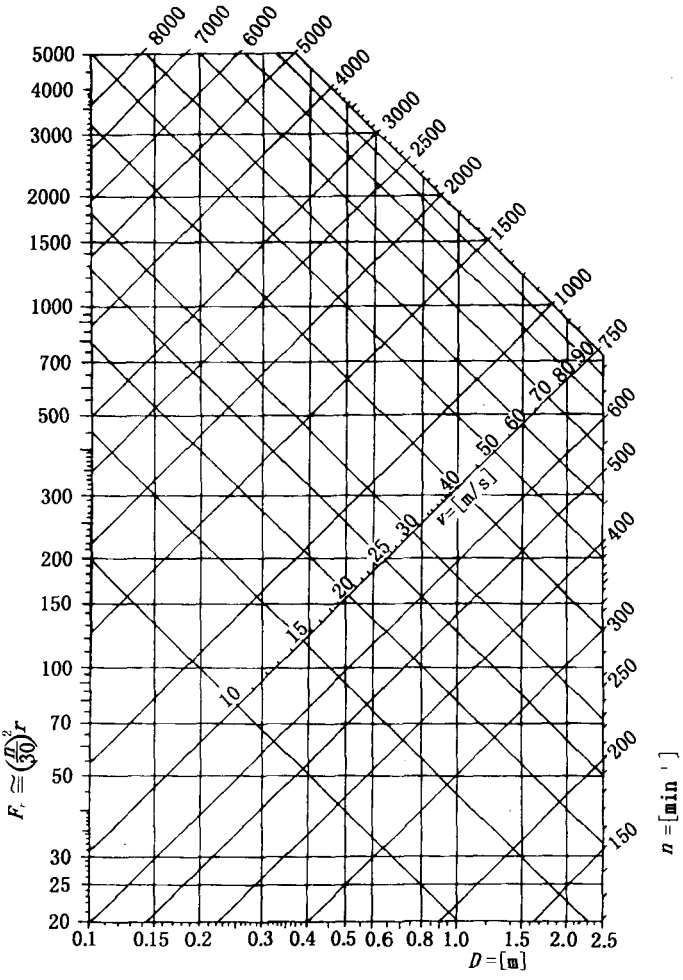


图 1－3　计算分离因数 F_r 的诺模图

(1)过滤式螺旋卸料离心机

在所有的连续操作离心机中，用途最广泛的莫过于过滤式螺旋卸料离心机(Worm/Screen Centrifuge)。在这种离心机内，截留在筛网上的物料，在转鼓的倾斜角和具有很小差转速的螺旋作用

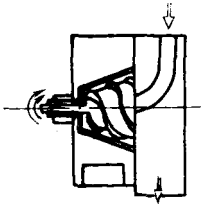


图 1-4 过滤式螺旋卸料离心机

下，从小直径端被传送至大直径端而卸料。对于不同的物料应取不同的转鼓倾角，这样就可以成功地对各种不同的母液进行固液分离（图 1-4），如短纤维棉毛、冷凝的冰晶体或塑料颗粒，还特别适用于不同密度的盐晶体，如果需要可进行水冲洗，根据不同的操作条件，可在转鼓上设置槽网或孔板。

(2 双级活塞推料离心机(Pusher Centrifuge)

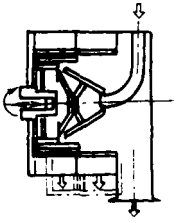


图 1-5 双级活塞推料离心机

活塞推料式离心机是一种非常坚固耐用的连续操作离心机，它为双级操作（图 1-5)故具有很高的操作可靠性。固相物料被楔型金属丝网的转鼓以饼状形式截留，轴向的推动运动将滤饼传送至排液口。在允许物料磨损较大、滤液中可有极少量的固体损失，以及具有较好的冲洗条件的情况下，使用该机型最为合适。迄今为止，活塞离心机不仅应用于粗颗粒产品的分离，在某些条件下还能分离颗粒直径小于 30μm 的物料。此外，目前已发展了一种能处理像甜菜和蔗糖等高粘度糖浆的专用大直径活塞推料离心机。

(3)阶梯转鼓离心力卸料离心机

这种离心机特别适用于粒径大于 0.5mm、粒径分布比较均匀的固体物料的脱水。物料在这种多级台阶型筛篮（图 1-6）上移动时，将会出现松散和再分配的过程，因而要比无阶梯转鼓的出料湿含量低得多，所带来的经济效益是十分可观的。

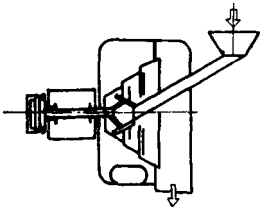


图 1-6 多级台阶型转鼓结构

与转鼓一起旋转的挡板可以防止物料越级跳动。尽管每个粒子在离心机中的停留时间非常短，但最终的湿含量有的可降低至 0.01%.

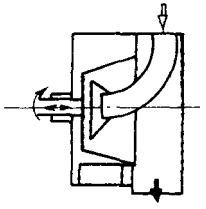


图 1－7 振动卸料离心机

(4)振动卸料离心机

这种离心机（包括轴振式和扭振式）具有很高的处理能力，可达 350t/h。被截留在筛网上的物料，在大于旋转运动的轴向振动作用下，从小直径端传送至大直径端而卸出（图 1－7)。由于这种传输方式在离心力较大时失效，故轴振式离心机最适合于处理容易脱水达到预期湿含量的物料。处理物料的粒度一般大于 0.2mm，筛网缝隙约为 0.25～0.4mm，主电机功率为 7～28kW，最大可达 55kW。所以，按其功耗看，该机单位产量的能耗还是比较低的。

(5)沉降式螺旋卸料离心机

沉降式螺旋卸料离心机（图 1－8）主要应用于从较小密度的液体中分离出精细固体粒子的情况。固体粒子在液体中形成沉淀，而不是像有筛网的离心机那样被筛网截留。

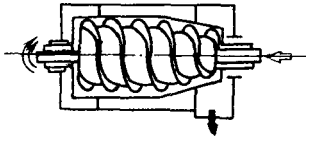


图 1－8 沉降式螺旋卸料离心机

添加絮凝剂可以提高沉降速度，在转鼓的锥形段，沉淀的物料由螺旋传至小直径端排出，而澄清的液体则在转鼓的圆筒形段流经可调节的挡板排出。螺旋沉降离心机可视为沉降式和筛网式离心机的组合，它有一筛网部分，用以进一步脱水，通过筛网的物料可以进入进料口循环操作。

由于离心机的分离因数 F_r 可从几十至几万的量级，故其能分离的物料越来越多，用途越来越广。例如，从能源开发到环境保护，从各种加工工业到人们日常生活的各行各业中都能找到它的应用。为了方便读者，可按其工艺上的一些通用性能，概括成表 1－3 和表 1－4供选用者参考。

表 1－3　过滤式离心机的应用范围

悬浮液性质	连续卸料			间歇卸料			
	离心力卸料	振动卸料	螺旋卸料	活塞推料	刮刀卸料		人工卸料
					卧式	立式	
固相粒度/μm 最小值 最大值	250 10000	500 10000	150 500	40 5000	20 2000	20 1000	10 1000
固相浓度(以重量%计)	40～80	40～80	25～75	15～75	10～50	5～20	2～10
形成一厘米厚滤饼需要的时间/(s/cm)	0～3	0～3	1～5	1～10	3～20	10～30	20～60
每小时固相的生产能力/(t/h)	5～40	5～150	1～150	0.5～50	0.25～20	0.1～5	0.1～1
洗涤性能	中	劣	中	良	良	优	优
卸出滤饼情况	干粒状	干粒状	干粒状	干粒状	干粒状	干硬粒	膏状
滤液的澄清度	中	中	劣	良	良	优	优

表 1－4　沉降式离心机的应用范围

悬浮液性质	连续卸料		间歇卸料			
	卧螺	喷嘴排渣碟式分离机	人工排渣碟式分离机	活塞排渣碟式分离机	其它形式沉降离心机	管式
固相粒度/μm 最小值 最大值	2 20000	5 500	5 500	5 500	5 20000	1 100
固相浓度(以重量%计)	5～50	6～25	≤1	1～10	1～5	<1
生产能力(最大物料通过量)/(m^3/h)	60	200	75	60	15	3
排渣容积/L	–	0.4～16	0.2～16	0.4～16	70以上	2～5.25
洗涤可能性	有限	有限	不能	不能	不能	不能
卸出滤渣状况	半流态	流态	密实	流态	密实	密实

1－3　过滤过程的分类

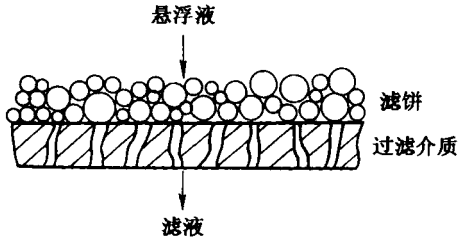
由于过滤操作属于流动过程，因此按物理学的观点看，它可作为复相流体通过多孔介质的流动过程。这个过程的显著特点是：①这种流动属于极慢运动或称滞流运动，影响这种流动的因素可归纳为宏观的流体力学因素（诸如过滤介质特性、滤饼结构、压力降以及滤液粘度等）和微观物化因素（如电动现象、毛细现象以及絮凝现象等）两大类；②由于悬浮液中的固相粒子要连续不断地沉积在介质内部孔隙中或介质表面，故沉积在介质表面的滤饼将会不断受到压缩，并随着过滤过程的进行而不断增加流动阻力。

工业上，通常将过滤过程分为两大类：滤饼过滤和深层过滤。图 1－9演示了这两种不同的过滤方式：(a)滤饼过滤（又称表面过滤）——滤浆通过过滤介质后，固相粒子被介质截留并在介质表面形成一层厚度仅有几毫米的滤饼，它对流动所产生的阻力远大于过滤介质的阻力；(b)深层过滤——在介质表面不形成滤饼，固相粒子被截留于介质内部的孔隙。深层过滤通常应用于料浆浓度极稀（体积浓度低于 0.1%）、固体粒子粒径极细的场合，如空气的净制、饮用水净化以及从电力、钢铁、轻工、食品、石油化工等行业的废液中除去极细固相粒子均属于此类过滤。

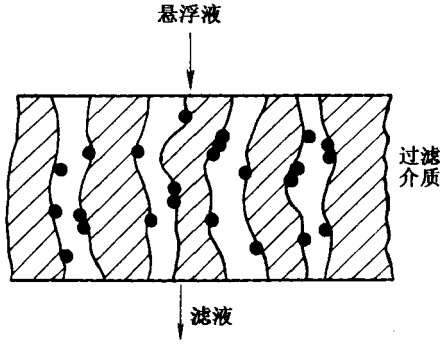
目前所使用的深层过滤器，大多采用 0.4～2.5mm 的粒状滤料，主要有石英砂、破碎的无烟煤、石榴石、平板石、活性炭；最近又有聚苯乙烯发泡塑料珠、玻璃珠、核桃壳和陶粒等。这些过滤器按滤料分类有单层和多层过滤器；按流动方式分类有下流式、上流式、平流式及双向流式过滤器；按操作及反洗方式分有虹吸过滤器、无阀压力（多阀）过滤器和移动床（连续）过滤器等。

最早的单层过滤器只用单一粒径的滤料来进行过滤，这样过滤器滤料的下层就不能很好地发挥作用。后来又采用了级配粒径，即使水流从粗颗粒流向细颗粒，这样不仅使滤层充分发挥作

需要全本请访问 www.ertongbook.com



(a)滤饼过滤



(b)深层过滤

图 1-9 两种不同的过滤方式

用，还可提高滤液质量，但反洗时易反混。

多层过滤器是将粒径大而密度小的滤粒铺于上层，而把粒径小比重大的滤粒放在下层，这样反冲洗时就不易反混，过滤时整个滤层都能发挥作用，减少了过滤阻力。例如，美国 Serckbaker 公司的 HRD-396-DA 型双层滤料过滤器，处理后悬浮固体含量为 1mg/L，悬浮物颗粒直径在 1μm 以下，过滤器的底层是垫料为 8~12 目的石榴石，中间的工作滤料为 30~40 目的石榴石，相对密度为 4.5，顶部的工作滤料为无烟煤，相对密度为 1.6。它的主要技术参数为：过滤面积 69.4m^2，单罐设计流量 70m^3/h(最大流量 104.3m^3/h)，最大工作压力 826kPa，额定压力损失 172kPa，显示了优良的过滤效果。

富有弹性的纤维材料作为过滤介质，在深层过滤的应用上给

传统的深层过滤技术注入了新鲜血液，使之焕发出勃勃生机，这就是近年来出现的纤维球过滤器和纤维束过滤器，例如英国 HW 型碳纤维过滤器以及我国的 LLY 高效过滤器就是这方面的杰出代表。关于这方面的专题论述，详见第八章和第九章。

1－4　过滤机的分类

用于过滤操作的设备，为适应生产中工艺流程的不同要求，通常有多种形式的过滤机可供选择。尽管过滤机的分类方法有多种，但一般还是习惯于按照过滤推动力的不同类别，而将过滤机分为以下三大类(表 1－5)。其中最为通用的几种过滤设备先在下文作一简要说明。

(1)板框压滤机

这是一种间歇式加压过滤设备（图 1－10)，它由多块带棱槽的滤板和滤框交替排列组装而成。在滤板和滤框的四角开有圆孔，可作为供滤浆、滤液和洗涤液进出的通道。在板框之间夹置滤布，滤液穿过两侧滤布后经滤板导出，而滤饼则留在框内。这种设备结构简单，过滤面积大，并可采用较高压差，因而能适应各种物料和处理量的要求。其缺点是板框拆装和清除滤饼的劳动强度较大。

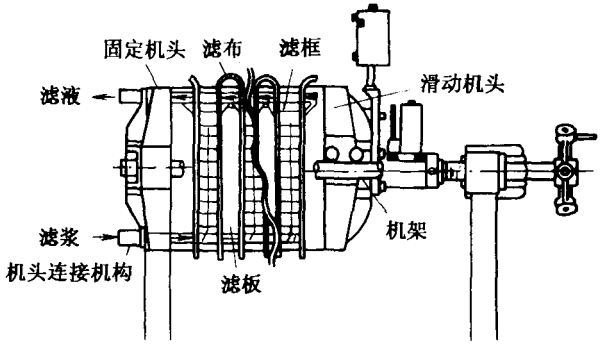


图 1－10　板框压滤机

表 1-5　过滤机的分类

过滤推动力	操作	过滤面结构类型			卸料方式
真空	连续	转鼓型	外滤面	有格式	刮刀,绳索,绕带,辊子
				无格式	
			内滤面		
			顶部加料		
			预敷层		
		圆盘型			
		平台型			
		转盘翻斗型			
		水平输送带型	真空盒固定式		
			真空盒移动式		
			卸料辊平移式		
	间歇	滤叶型	水平,立式		
加压	连续	转鼓型			
		圆盘型			
		滤叶型			
	间歇	板框型			
		厢室型	包括带有挤压膜的凹板型		
		滤叶型	水平,立式		
		圆管型	包括多孔管,微孔滤膜等		
	具有机械压榨设施的： 辊带型 V形盘型 螺旋型				
重力	砂滤层				

(2)转鼓真空过滤机

这是一种采用真空吸滤的连续式过滤机。它的主要工作部件是一个水平安装的空心转鼓（图 1-11），其内分成若干扇格，而滤布则覆在转鼓表面，转鼓的下半部浸于滤浆槽中。当转鼓以 0.1～3r/min 的速度旋转时，就会使各扇格依次进行过滤、洗涤、脱水和卸渣等操作。因整个操作过程自动连续，故很适用于处理量大、浓度高且易于过滤的滤浆，其典型生产流程如图 1-12 所示。

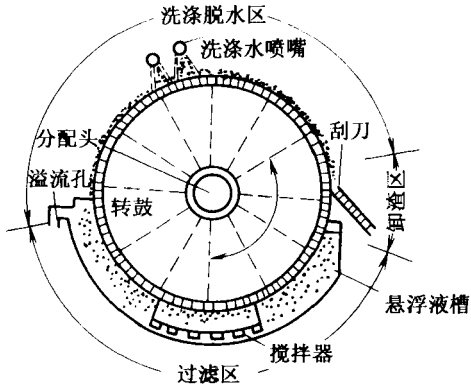


图 1－11　转鼓真空过滤机的工作部件

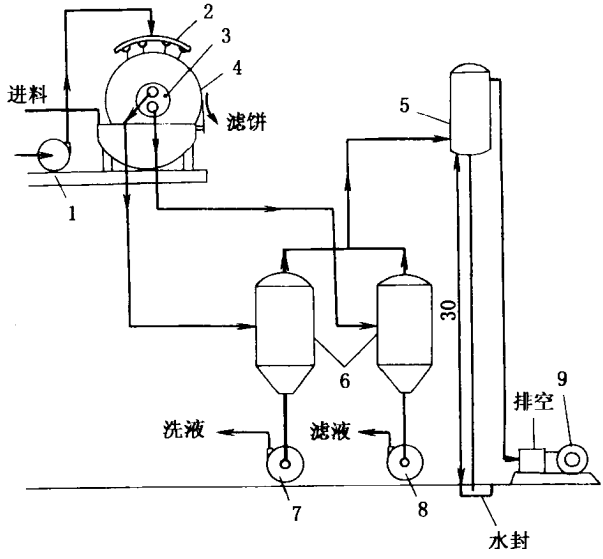


图 1－12　转鼓真空过滤机的流程

1—洗涤泵；2—洗涤喷头；3—空气接口；4—过滤机；5—除雾器；6—贮罐；7—洗液泵；8—滤液泵；9—真空泵

(3)转台真空过滤机

这是一种上加料式的连续真空过滤机，工作部件是一缓慢旋转的水平滤台，滤布覆于台面，四周设置橡胶带。同样，滤台内也分成若干扇格。当滤台缓慢旋转时，各扇格就能依次进行过滤、洗涤、脱水和卸渣等操作。这种设备适宜于处理固体浓度高、粒径较大的滤浆。其缺点是占地面积大，设备费用较高。

(4)水平带式真空过滤机

它由橡胶排水带、滤布带和吸气盒等组成，如图 1－13所示。排水带由主动辊带动，并同时带动由它支承着的滤布一起移动，排水带下方与一组吸气盒相接，分别引出滤液和洗涤液。将滤浆加到滤布带上，依次进行过滤、洗涤和脱水，最后卸下滤饼。为了解决排水带磨损严重的问题，又发展了一些其他类型的带式真空过滤机，如具有上述吸气盒作用的真空滤盘和滤带一起移动的移动盘式带式过滤机等。

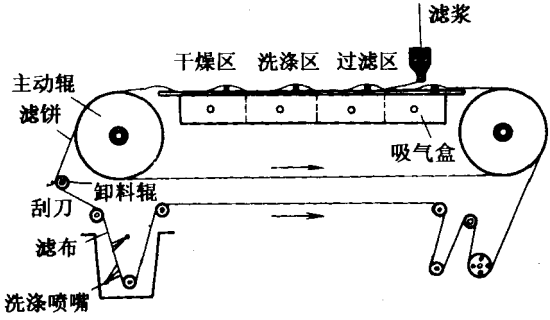


图 1－13　水平带式真空过滤机

(5)袋滤机

这种设备一般用于气固分离的过程，它由若干细长的滤袋组成。含尘气体从袋内流向袋外，或从袋外流向袋内时，粉尘被滤

袋截留。粉尘的积累使气体流动阻力增大，故每隔一定时间就得用机械震打、气流反吹或脉冲喷吹等方法除尘。

(6)加压叶滤机

这是连续加压过滤机中的一种形式，虽有多种类型，但均由滤叶组、耐压筒和驱动装置组成。滤叶本体由薄板冲成，外部再覆丝网和滤布。滤叶置于耐压筒，各滤叶内侧与空心轴相通，滤浆加入耐压筒，而滤液则透过滤叶经空心轴引出。与真空过滤机相比，加压叶滤机具有的显著优点是：过滤精密；能过滤难滤性液体；过滤量大；能过滤挥发性或有毒性液体等。具有这些优点的各种压滤机现已广泛应用于食品加工和工业水处理等方面。而且，随着化学工业的不断发展，过去加压叶滤机所存在的有关滤饼卸除和过滤机的自动化问题也已逐渐获得了解决。

1－5　工业水处理

从本质上讲，工业水处理也应属于固液分离的范畴。但因近年来环保技术（特别是工业污水的处理及回用）的飞速发展，工业水处理已独立地发展成为一门新兴的学科，本书辟专章重点介绍有关的理论及其应用。

水的过滤是一种古老的单元操作过程。过滤就是原水通过多孔材料滤层去除水中的悬浮物。深层床过滤是人类改善水质技术历史上出现的一种重要方法。 1746 年法国巴黎批准了世界上第一个深层床过滤技术专利， 1829 年英国建造成世界上第一个慢砂滤池，标志着深层过滤用于现代水处理的开始。

所谓深层过滤，即是在过滤介质的深层进行的澄清过滤，处理自来水用的砂滤操作就是一种典型的深层过滤。与表面过滤相比，它不希望过滤介质沉积在介质表面，而是沉积在整个床层之中。

在传统的深层床过滤中，石英砂滤料应用最早，也最广泛，但也存在着明显的弱点。石英砂滤层在反冲洗后由于水力筛分作

需要全本请访问 www.ertongbook.com