

第8章 分离设备

本章主要内容

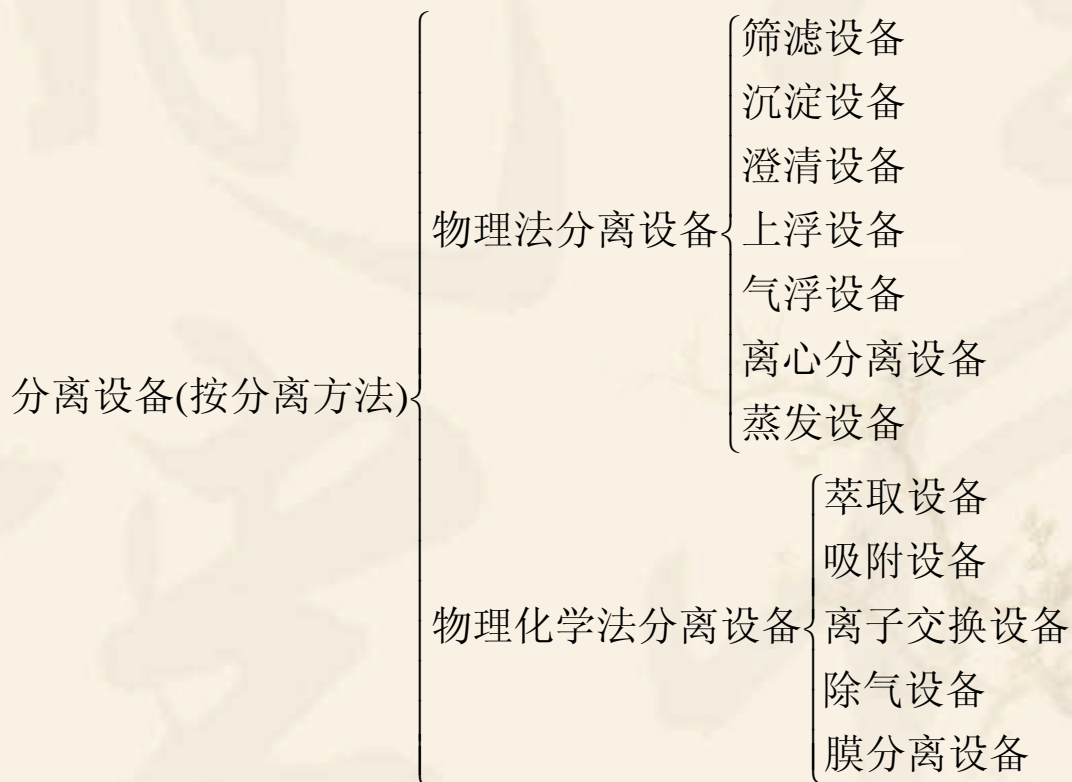
- 1、分离设备的用途及分类
- 2、气浮分离设备
- 3、筛滤设备
- 4、砂滤设备
- 5、膜分离设备

§ 8.1 分离设备的用途及分类

一、 分离设备的用途

混合物中的各个组分在物理性质和化学性质上总有一些差别，有时需要采用一定的技术方法和手段将他们分离开来。分离就是利用其中的某项差别，通过一定的分离设备进行物质的迁移，从而实现组分的分离。

二、 分离设备的分类



§ 8.2 气浮分离设备

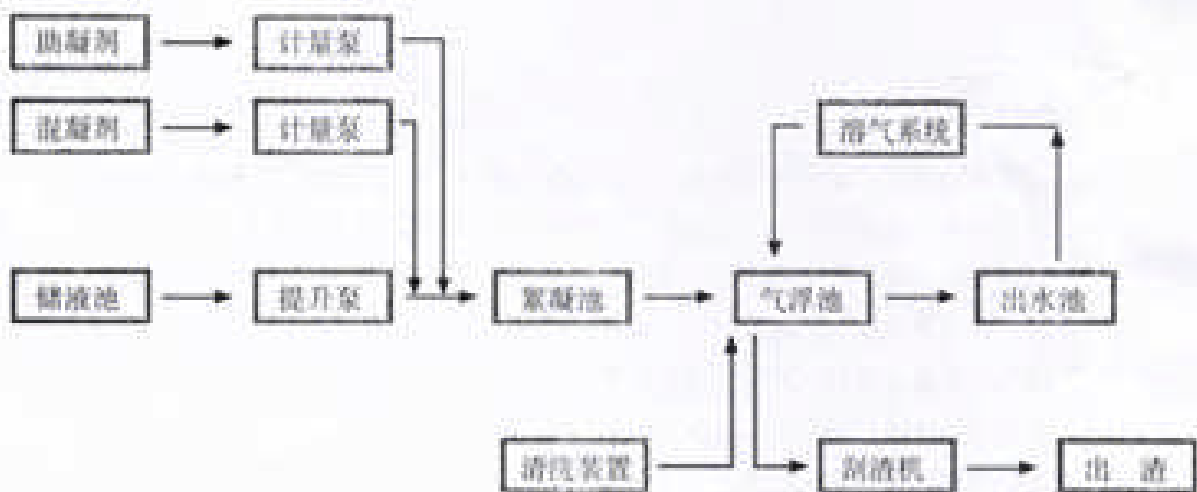
一、气浮分离设备的功能与种类

1、功能

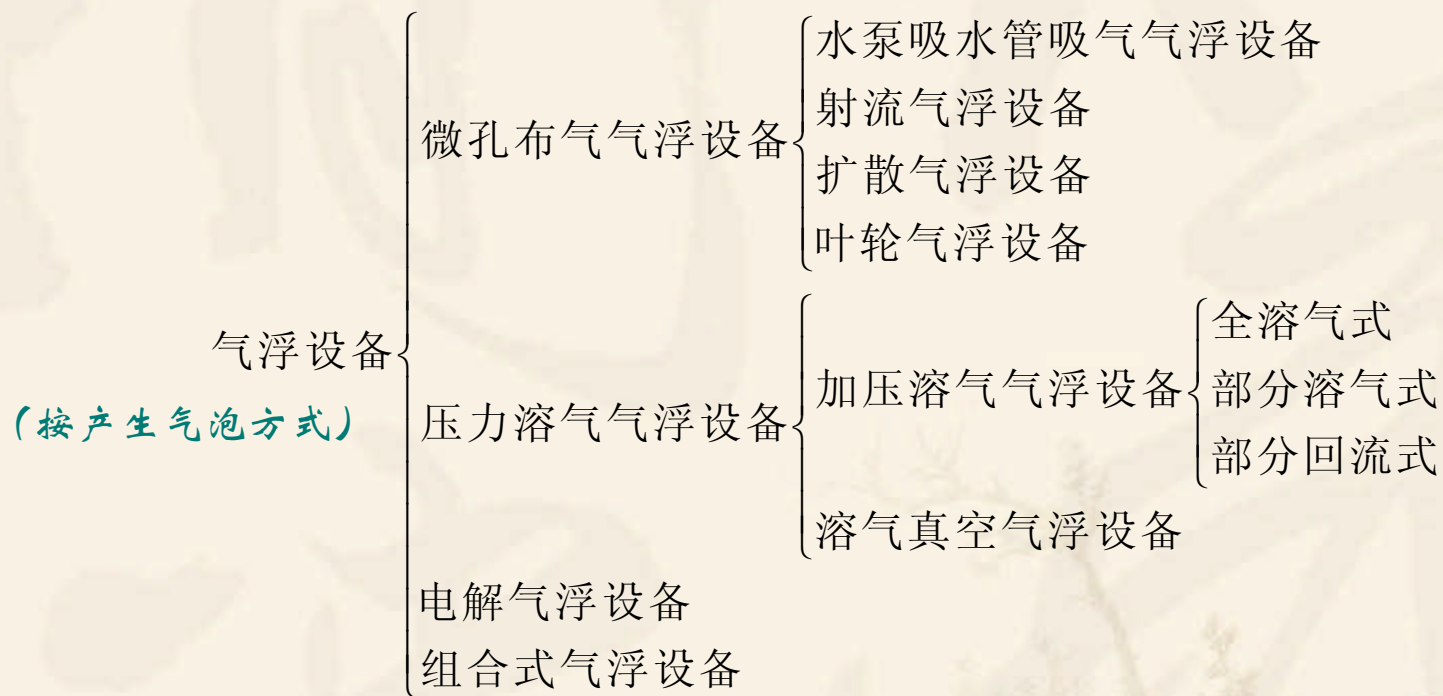
当水中固体密度非常接近水的密度时，利用上述沉淀与上浮分离设备无法取得满意的去除效果，此时，可利用气浮分离设备进行处理。

气浮是设法在水中通入或产生大量的微细气泡，使其粘附于杂质絮粒上，造成整体比重小于水的状态，并依靠浮力使其上浮至水面，从而获得固液分离的一种净水法。

一般工艺如下：



2. 分类



二、微孔布气气浮设备

微孔布气气浮设备是利用机械剪切力，将混合于水中的空气粉碎成微细气泡，从而进行气浮的设备。

1、水泵吸水管吸气气浮设备

在水泵吸水管上开一孔，接一根吸气管，在吸气管上安装进气量调节阀和计量仪表。

2、叶轮气浮设备

叶轮气浮设备主要由气浮池（罐）、叶轮、盖板、进气管、进水槽和出水槽构成。

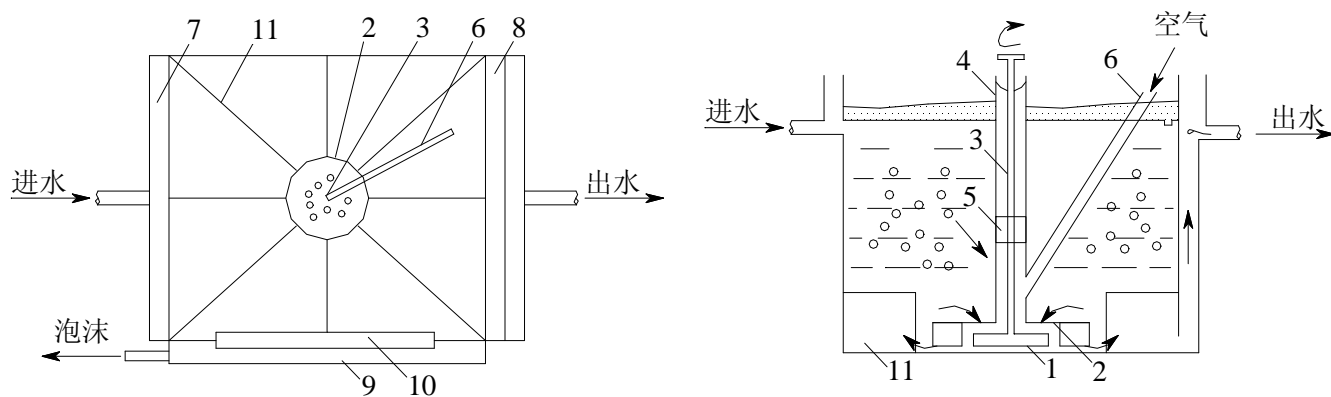
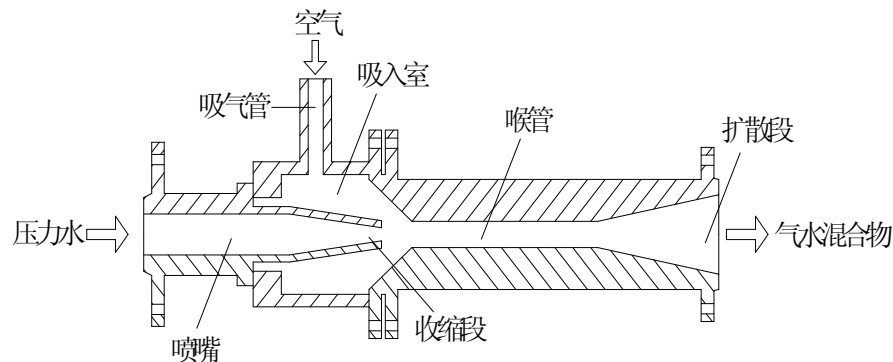


图8.2 叶轮气浮示意图

1—叶轮；2—固定盖板；3—转轴；4—轴套；5—轴承；6—进气管
7—进水槽；8—出水槽；9—泡沫槽；10—刮沫板；11—整流板

3、射流气浮设备

射流气浮设备主要包括射流器和气浮池（或气浮罐）（简单）



4、扩散气浮设备

扩散气浮设备主要由气浮池（罐）、空气压缩机、扩散板或微孔板组成。（略）

三、加压溶气气浮设备

1、加压溶气气浮设备的基本工作原理

首先在一定压力（通常为 $3\sim 4\times 10^5\text{Pa}$ ）下，将空气溶入欲处理的水中达到饱和值，然后将饱和液突然降至常压，这时溶解在水中的空气即以微小气泡（气泡直径约为 $20\sim 100\mu\text{m}$ ）释放出来，这些数量众多的微小气泡与水中呈悬浮状态的颗粒互相粘附，产生上浮作用。

2、加压溶气气浮设备的组成

加压溶气气浮设备主要由加压溶气装置、溶气释放装置和固-液或液-液分离装置三部分组成。

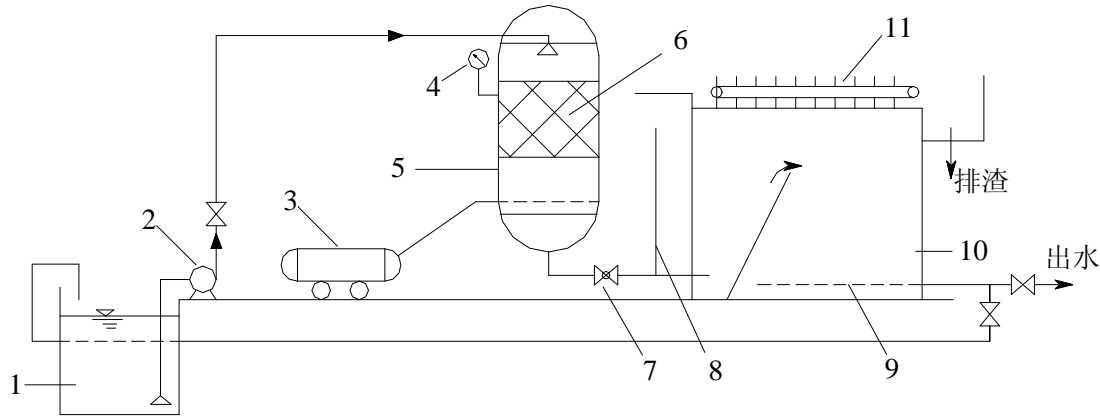


图8.4 水泵—空压机溶气系统

- 1—吸水井；2—水泵；3—空压机；4—压力表；5—压力溶气罐；6—填料层
7—减压阀；8—原水进水管；9—集水系统；10—气浮池；11—刮渣机

(1) 加压溶气装置也称加压空气饱和装置。它包括水泵、空压机（或射流器）、压力溶气罐以及其他附属设备，其中溶气罐是影响溶气效果的关键设备。溶气罐的作用是在一定的压力下，保证空气能充分地溶于水中，并使气水充分混合。

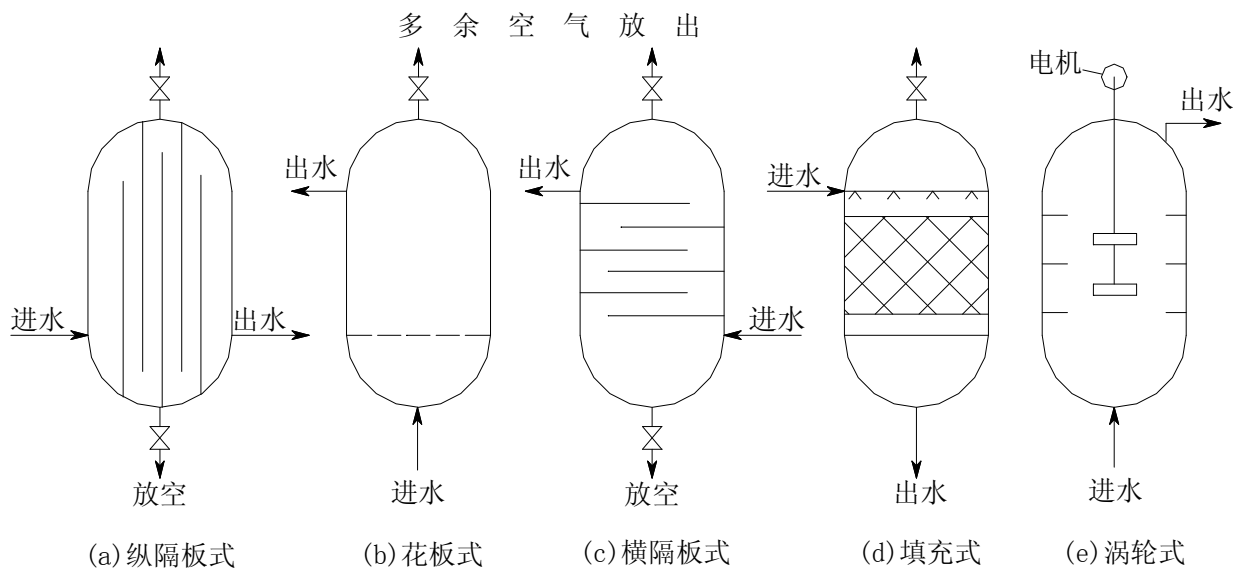


图8.5 溶气罐型式

(2) 溶气释放装置一般由释放器（或穿孔管、减压阀）与溶气管路组成。释放器作用释放出来空气，并能迅速而均匀地与水中的杂质相粘附。减压阀一方面可以保持溶气罐出口处的压力恒定，控制出罐后气泡的粒径和数量，另一方面流经减压阀的溶气水由于形成强烈的搅动和涡流，便产生微细气泡。

(3) 分离装置即气浮池，是一个敞口的水池，有一定的容积与池表面积。其作用是使微气泡群与水中杂质充分混合、接触、粘附，并使其与清水分离。一般可分为三种类型：平流式、竖流式以及综合式。

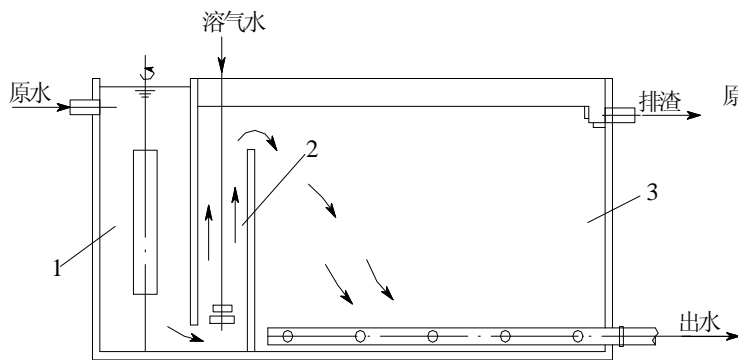


图8.7 平流式气浮分离系统
1—反应池；2—接触室；3—分离室

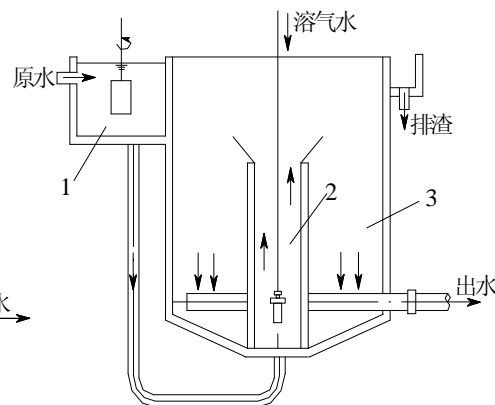


图8.8 竖流式气浮分离系统
1—反应池；2—接触室；3—分离室

ZQF型浅池气浮装置



CQF型高效浅层气浮装置



ZGP型微孔管式曝气机



四、溶气真空气浮设备

溶气真空气浮设备是使空气在常压或加压条件下溶入水中，在负压条件下析出的气浮设备。

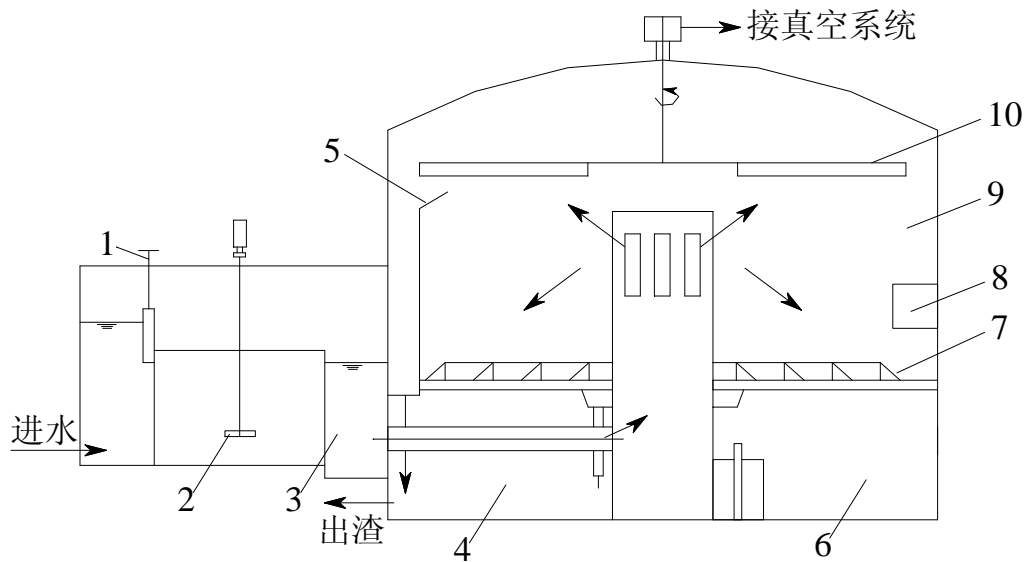


图8.9 溶气真空气浮装置

- 1—入流调节器；2—曝气器；3—消气井；4—出渣室；5—集渣室
6—操作室；7—池底刮泥板；8—环形出水槽；9—分离区；10—刮渣板

五、电解气浮设备

用不溶性电极直接电解液体，靠电解产生的微小气泡将已絮凝的悬浮颗粒载浮至水面，达到分离的目的。

电解气浮设备产生的气泡尺寸比微孔布气气浮设备和压力溶气设备产生的气泡都小得多，上浮过程中不产生紊流。电解气浮设备可去除水中多种污染物，可降低有机废水的BOD、氧化、脱色和杀菌，这种设备对废水负荷变化的适应性强，生成污泥量少，占地少，不产生噪音。电能消耗、极板消耗量大以及操作运行管理要求高。

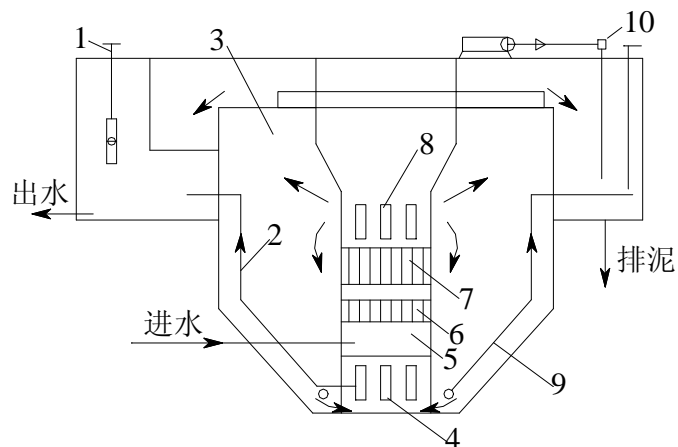
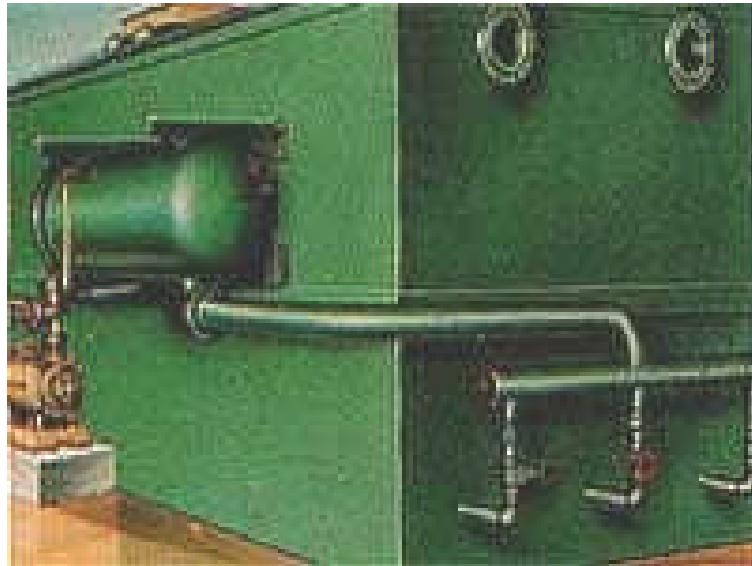


图8.10 电解气浮装置

- 1—水位调节器；2—出水管；3—分离室；4—集水孔；5—入流室
6—整流栅；7—电极组；8—出流孔；9—排泥管；10—刮渣机

六、一元化气浮设备

QF一元化气浮适用于电镀、印染、食品屠宰、炼油废水的油脂、化工、造纸废水及生活饮用水方面，一元化气浮将汽浮池、投药设备、溶汽罐、溶汽水泵和空压机有机地组合一体，这样的集成可缩短安装时间、减小工作量，占地面积小操作方便，无需做基础。一元化气浮设备用户单位只要接上调节好PH值的污水到进水等管口，一经调试好，正常运行，不需专人管理，运行基本达到自动化无人管理状态。



§ 8.3 筛滤设备

一、定义：筛滤设备是采用有孔眼的材料截留液体中悬浮物的设备。

二、作用：一般用于清除雨水和污水泵站以及水处理厂（站）进水中含有的较大悬浮物或飘浮物，以保持后续处理设施正常运行，减少后续处理设施的处理负荷，并起到保护水泵、管道和仪表等。

三、筛滤设备

1、格栅

(1) 人工清理格栅

(2) 机械格栅

下面主要讲述机械格栅

◆ 链条回转式机械格栅

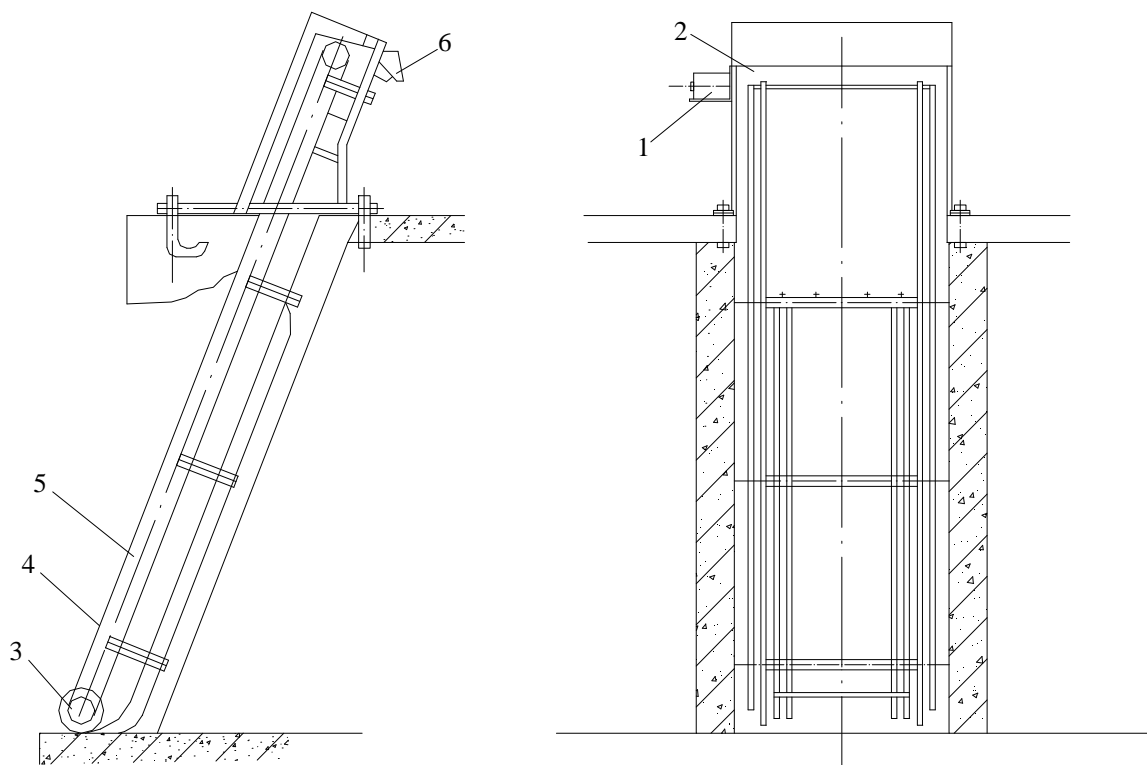


图8.12 链条回转式机械格栅

1—驱动机构；2—主传动链轮轴；3—从动链轮轴；4—齿耙；5—机架；6—卸料溜板

HF型回转式固液分离机

GB型背耙式格栅除污机



HF型回转式固液分离机是由一种独特的耙齿装配成一组回转格栅链。在电机减速器的驱动下，耙齿链进行逆水流方向回转运动。

GZ型高链式格栅除污机

高链式格栅除污机的传动部件均在水面以上，有效防止水中污物的侵入及卡阻，安装维修方便，使用寿命长



◆ 钢丝绳格栅除污机

适用于雨水、污水提升泵站，雨污合流泵站、污水厂进口泵站等垃圾复杂的地方



◆ 自清式格栅

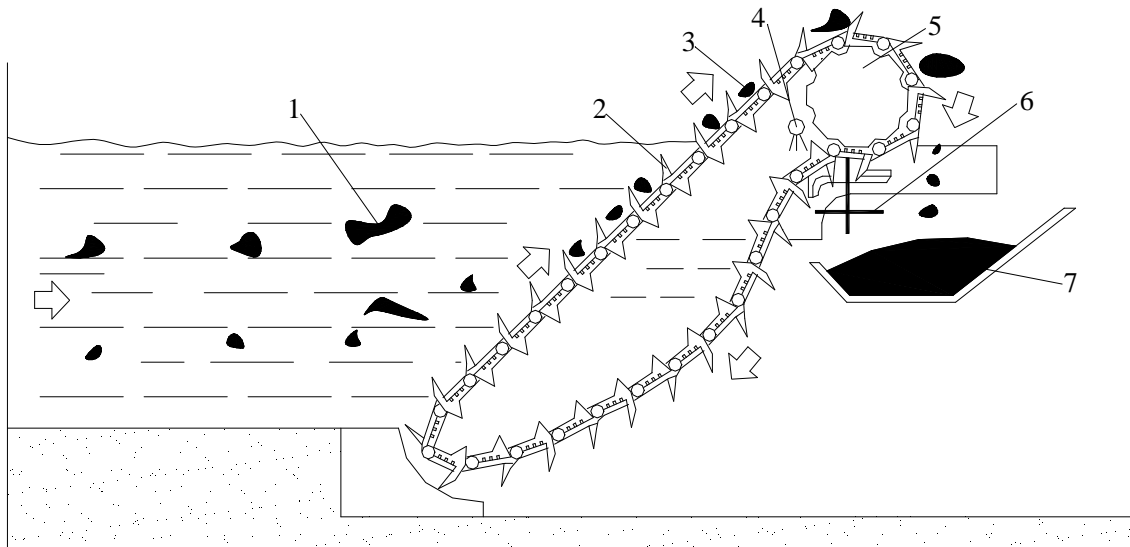


图8.13 自清式格栅运行示意图

1—飘浮物；2—犁形耙齿；3—栅渣；4—压力喷淋管；5—链轮；6—橡胶刷；7—污物盛器

◆ 旋臂式格栅

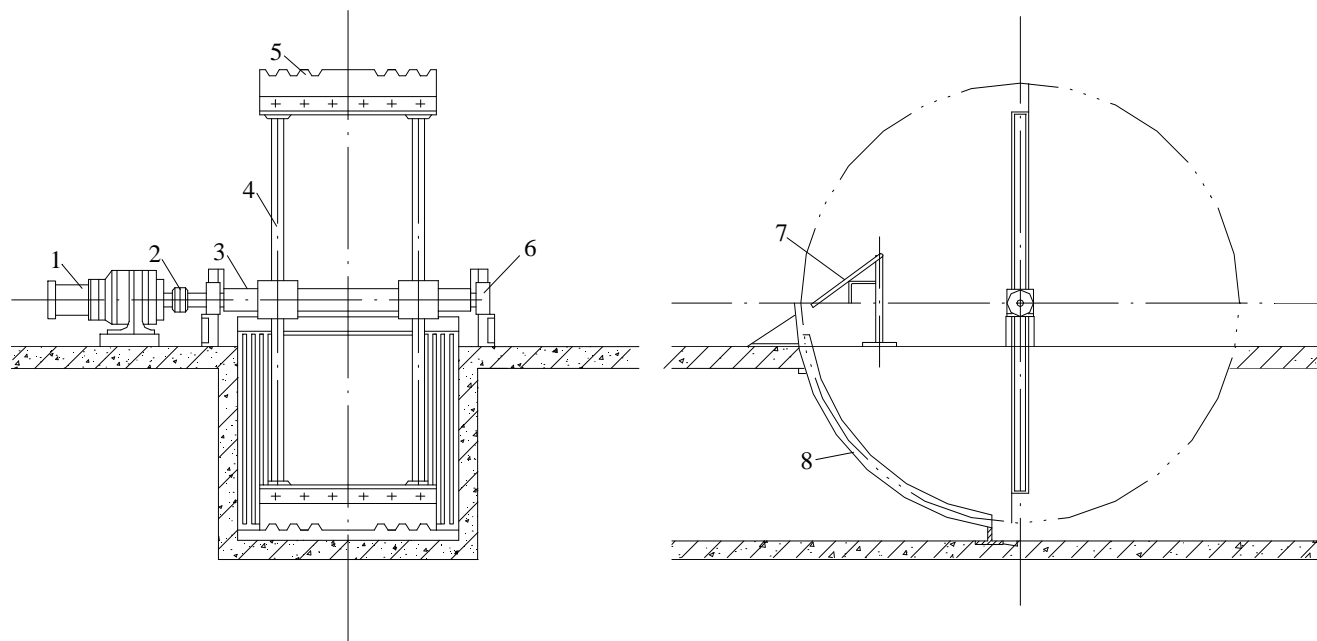


图8.14 旋臂式格栅结构示意图

1—带电机减速机；2—联轴器；3—传动轴；4—旋臂；5—耙齿
6—轴承座；7—除污器；8—弧形格栅条

◆ 摆臂式格栅

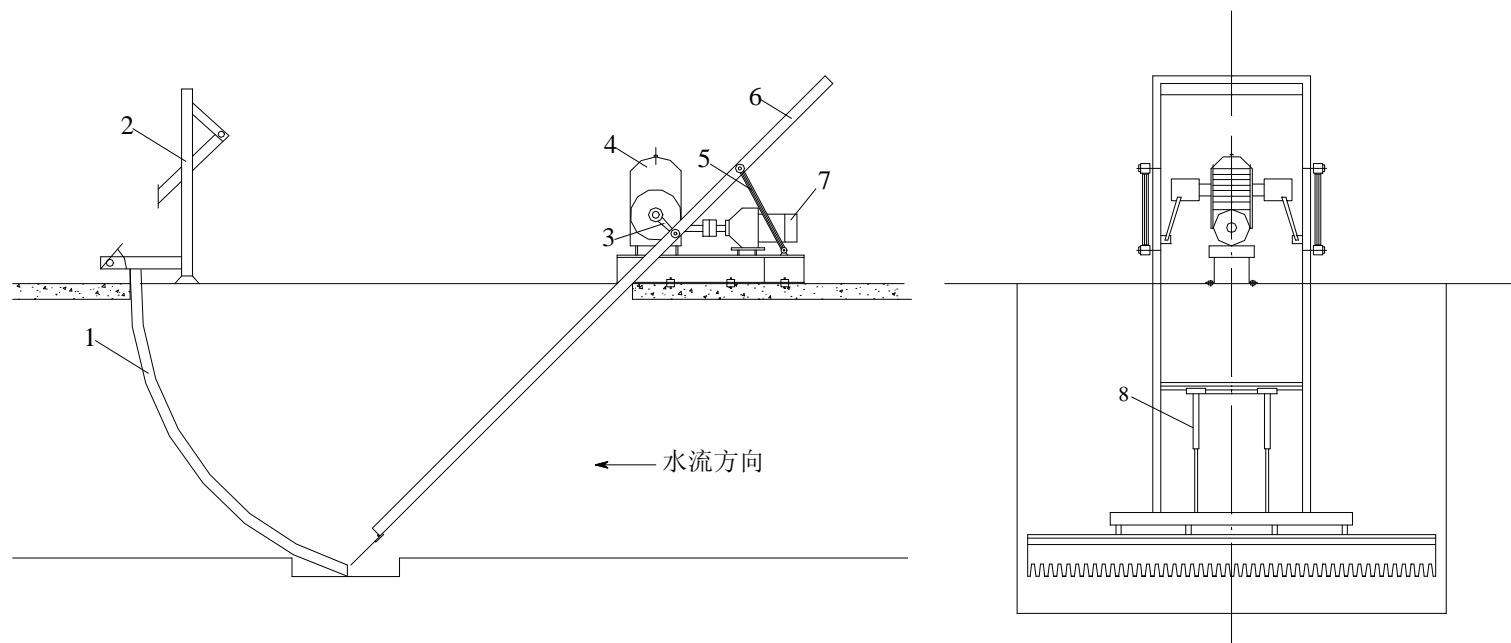


图8.15 摆臂式格栅结构示意图

- 1—弧形格栅条；2—刮渣板架；3—曲柄；4—双出轴减速箱；5—摇杆
6—摇臂及齿耙；7—带电机的减速机；8—齿耙缓冲器

◆ 液压传动伸缩耙式弧形格栅

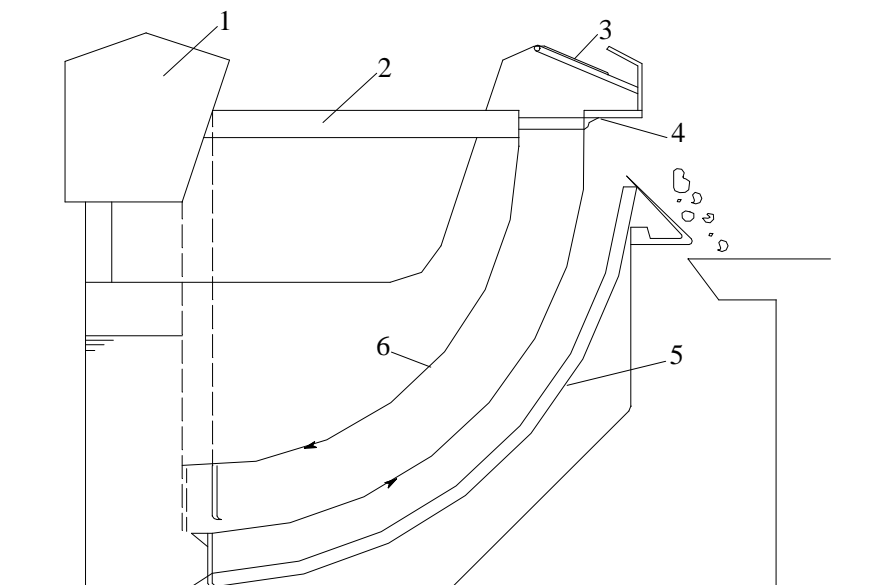


图8.16 液压传动伸缩耙式弧形格栅

1—电动液压驱动机构；2—耙臂；3—除污器；4—齿耙；5—格栅架；6—齿耙移动路径

2、滤网

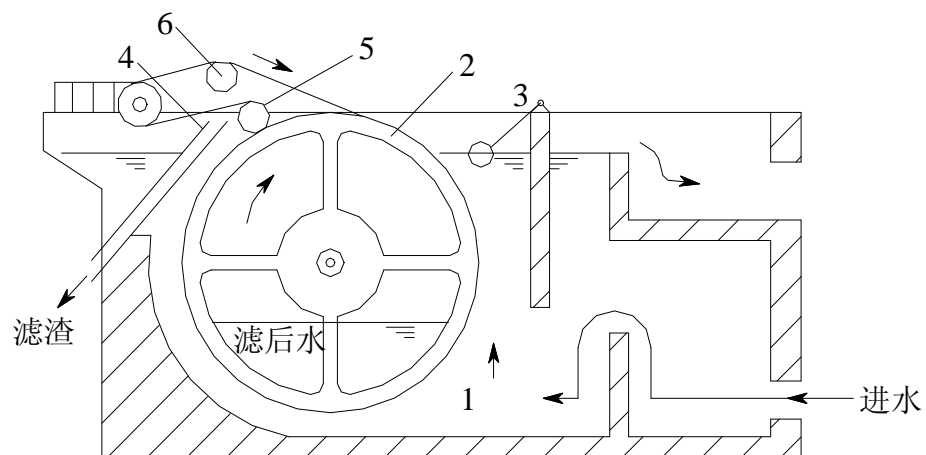


图8.17 转鼓式旋转滤网

- 1—转鼓池；2—转鼓；3—水位浮球
4—刮刀；5—滤渣挤压机；6—调整轮

§ 8.4 砂滤设备

典型砂滤设备：压力过滤器，是一个承压的密闭过滤装置，通常采用的压力过滤器是立式的，直径不大于3m。

外部主要由罐体、滤料层进水管、出水管、冲洗水管、冲洗排水管等管道及附件组成；内部主要是由滤层、垫层以及配水系统组成。

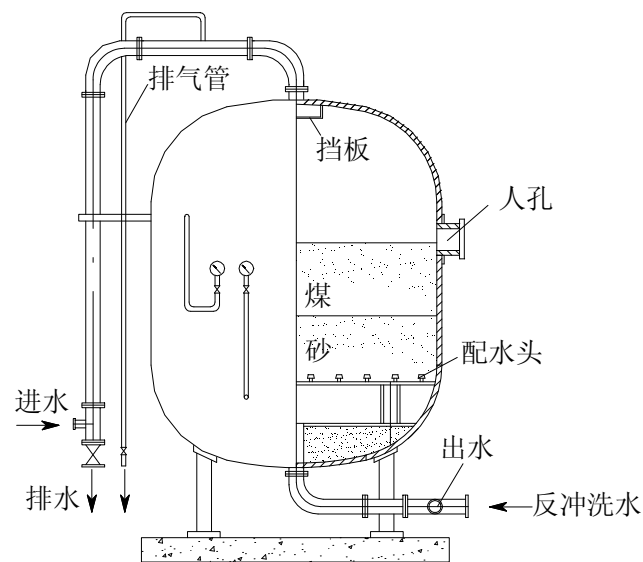


图8.18 立式压力过滤器

膜分离设备

一、概述

◆ 1、膜的概念

膜是一种物料薄层，具有半透性（对透过的物质有选择性，或膜对不同物质具有不同的透过速率）。

区别于生物膜，生物膜或称固定膜（fixed film）；这里说的膜（membrane）

◆ 2、膜分离设备

膜分离设备是利用膜的选择透过性进行分离以及浓缩水中离子或分子的设备。通过膜分离设备可实现混合物的组分分离。

条件：膜；组分存在差别。

二、膜分离设备分类

膜分离设备 {

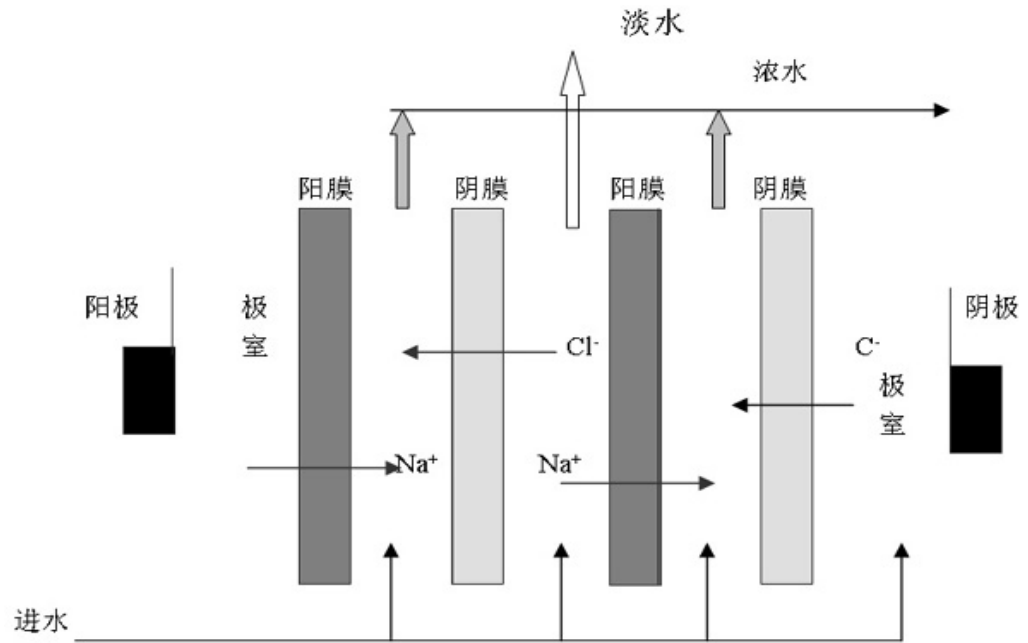
- 渗析设备 (Dialysis)
- 电渗析设备(Electrodialysis)
- 反渗透设备(Reverse Osmosis)
- 纳滤设备(Nanofiltration)
- 超滤设备(Ultrafiltration)
- 微滤设备(Microfiltration)
- 气体分离设备(Gas Permeation)
- 渗透汽化设备(Pervaporation)
- 液膜分离设备 (Liquid Membrane)

- ◆ 下面主要讲几种常用分离设备的分离原理

三、常用膜分离设备分离原理

◆ 1、电渗析设备：

是利用阴、阳离子交换膜对溶液中阴、阳离子的选择性，在直流电场的作用下，使溶液中的阴、阳离子在隔室内发生离子迁移，分别通过阴、阳离子交换膜从而达到除盐或浓缩的目的。



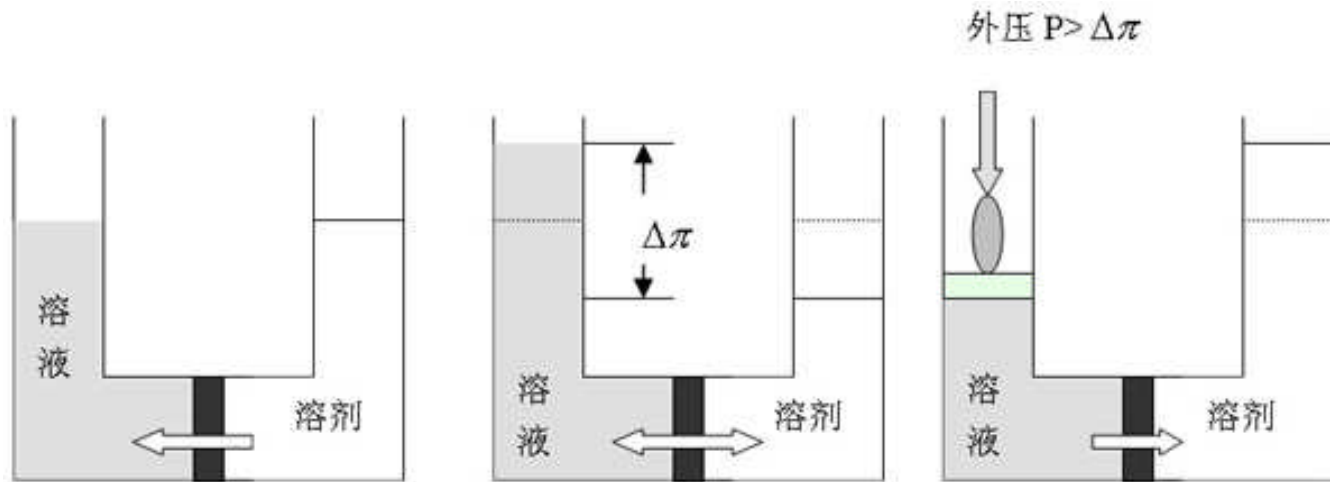
电渗析基本排布方式原理图

三、常用膜分离设备分离原理

◆ 2、反渗透设备

利用反渗透原理进行工作的。

任何溶液都具有相应的渗透压，但要有半透膜才能表现出来。渗透压与溶液的性质、浓度和温度有关，而与膜无关。反渗透不是自发进行的，只有当外部压力大于溶液的渗透压时，反渗透才能进行。



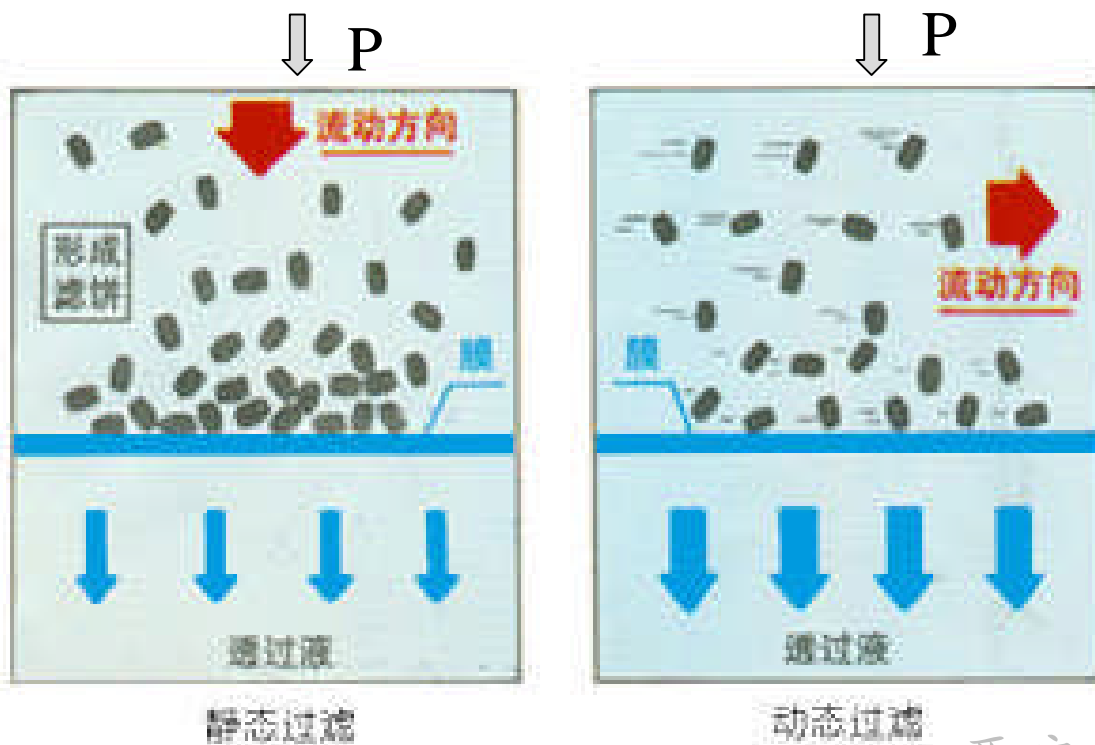
a. 渗透

b. 渗透平衡

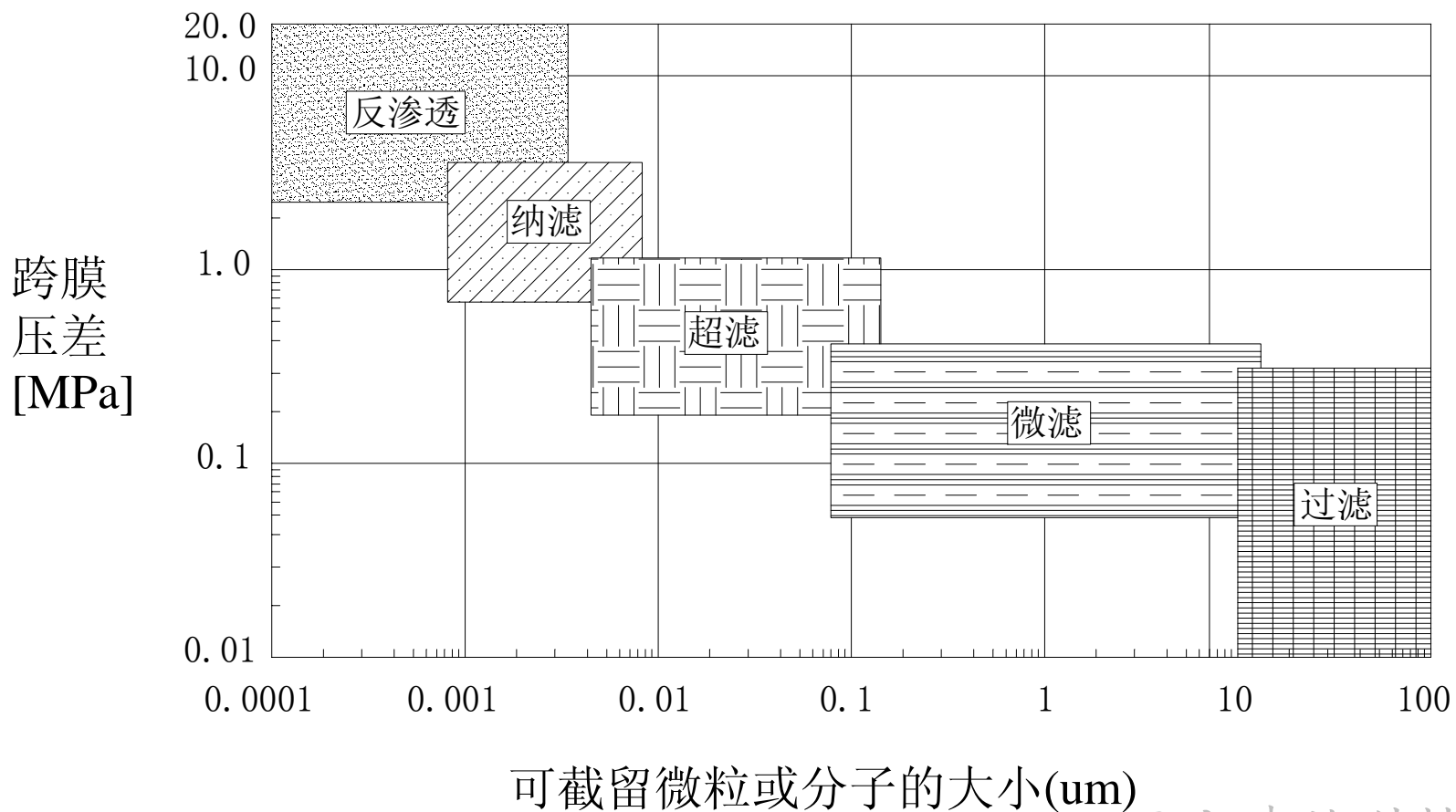
三、常用膜分离设备分离原理

- 3、超滤、微滤和纳滤设备

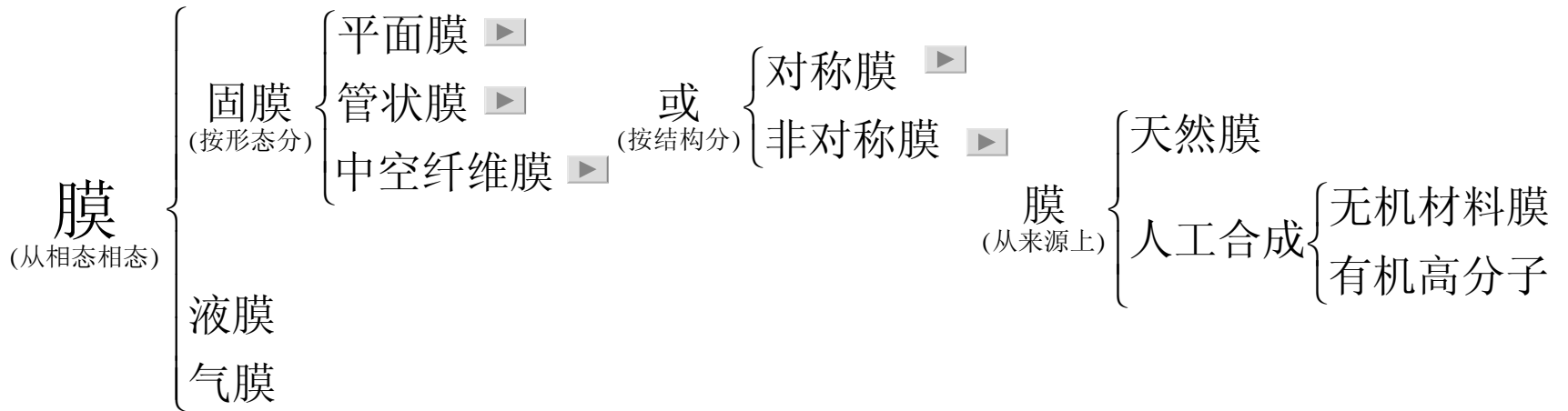
主要利用膜孔对溶液中悬浮微粒的筛分作用，在压力作用下，小于孔径的小分子溶质随溶液一起透过膜上的微孔，大于孔径的大分子溶质则被截留。



三、常用膜分离设备分离原理



四、膜分类



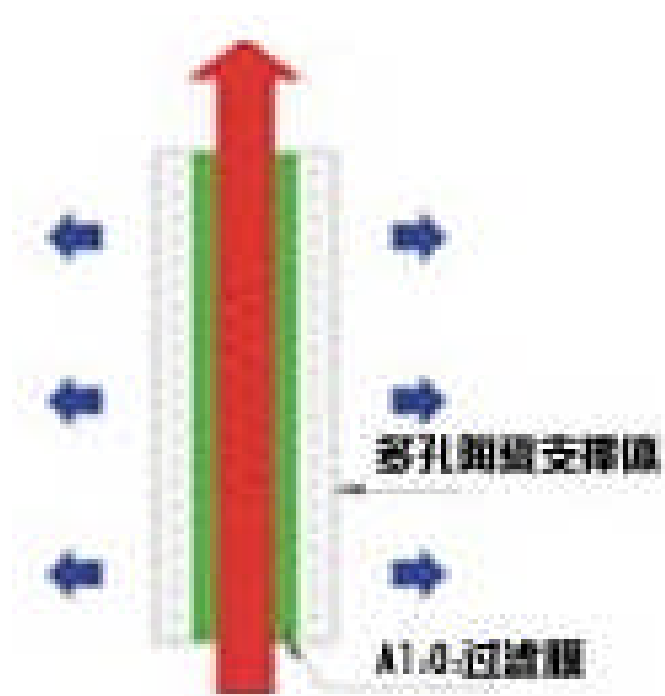
四、膜分类



平面膜



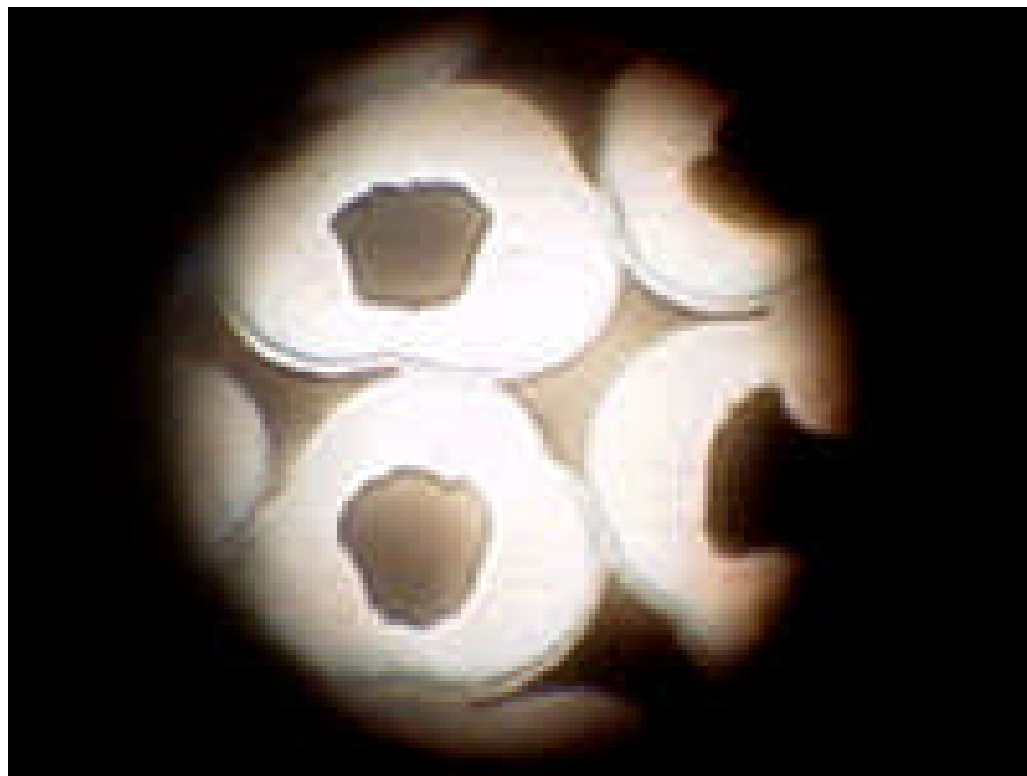
四、膜分类



管状膜



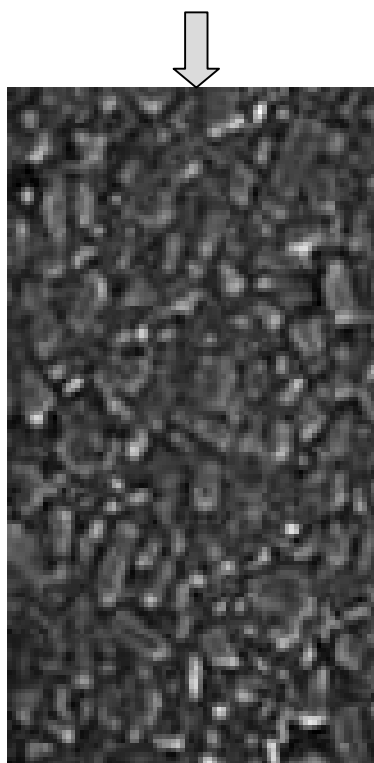
四、膜分类



中空纤维膜



四、膜分类



对称膜



分离层 (致密表皮层)

过渡层 (细孔表皮层)

支持层 (多孔支撑层)

非对称膜

五、几种常用膜介绍

1、离子交换膜

- 离子交换膜用于电渗析，带电荷的膜，不同电荷的离子在膜内的迁移速度有很大的差别，这就是离子交换膜对离子透过的选择性。
- 离子交换膜构成：由聚电解质制成的，离子交换膜的基体是空间的网状结构，
- 离子交换膜的基本性能：
 - 交换容量，指每克干膜所含交换基团的毫克当量数。交换容量不随外界条件而改变。
 - 含水率，指在工作状态下每克干膜的含水克数。膜的含水率随外液浓度的提高而下降。

五、几种常用膜介绍

2、反渗透膜

- 反渗透膜的透过机理是选择性吸附与毛细管流，即界面现象和在压力下流体通过毛细管的综合结果。
- 反渗透膜构成：一种多孔性膜，具有良好的化学性质。
- 反渗透膜为一种半透膜，只能通过溶液中某种组分，不具有离子交换性质，属中性膜。

五、几种常用膜介绍

3、纳滤膜

- ◆ 纳滤膜与反渗透膜结构相类似，绝大多数是多层结构。它具有离子选择性。
- ◆ 纳滤膜具有离子选择性是由于膜上或膜中有负的带电基团，它们通过静电相互作用，阻碍多价阴离子的渗透

4、超滤膜和微滤膜

- ◆ 超滤和微滤过程使用的膜都是微孔膜。微粒是否被截留，除了与操作条件有关外，主要还取决于微粒的大小和结构以及膜微孔的大小和结构。

五、几种常用膜介绍

几种常用膜的简单对照

膜类型	结构	常用材质	荷电性	应用
离子交换膜	空间网状	聚电解质（如离子交换树脂）	带电荷	渗析、电渗析
反渗透膜	多孔结构	醋酸纤维素、芳香聚酰胺等	中性膜	反渗透
纳滤膜	多孔多层	醋酸纤维素、聚砷等	带电荷	纳滤
超滤膜	微孔膜	醋酸纤维素、聚砷、聚酰胺等	中性膜	超滤
微滤膜	微孔膜	聚丙烯、聚砷、聚酰胺等	中性膜	微滤

六、膜分离装置



在水处理的过程，因不同场合处理水量和水质的不同，我们采用的膜分离设备的组装形式也存在差别，用膜直接构成符合各种要求的单件的膜分离装置是很困难的，主要原因是制造技术和装备的限制。为了适应不同的场合的需要，通常的做法是由专业制造厂提供几种规格化的部件或小型的单元设备，即膜组件。

膜组件可分为板式膜组件、管式膜组件、螺卷式膜组件和中空纤维式膜组件。此外还有毛细管式膜组件。



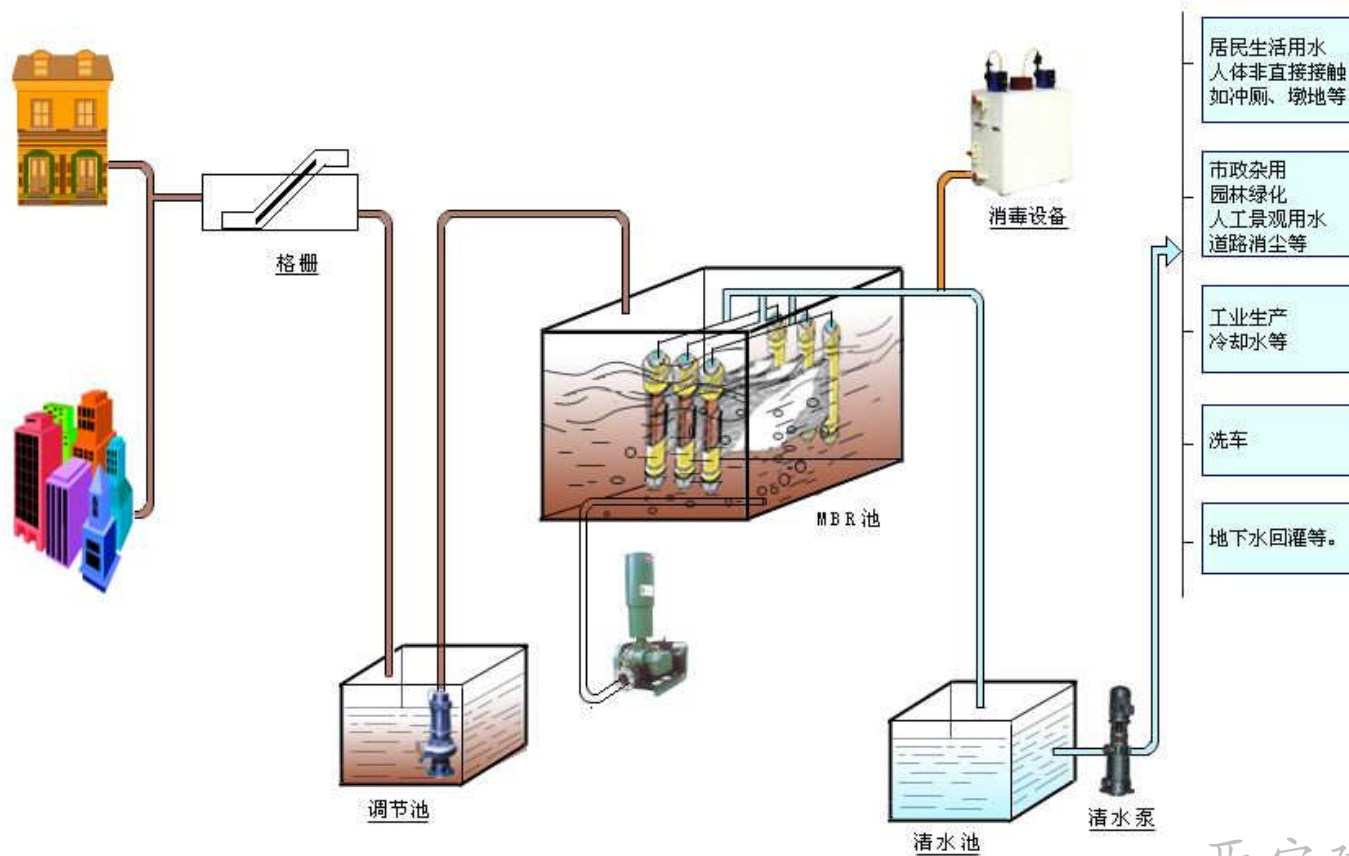
六、膜分离装置



六、膜分离装置



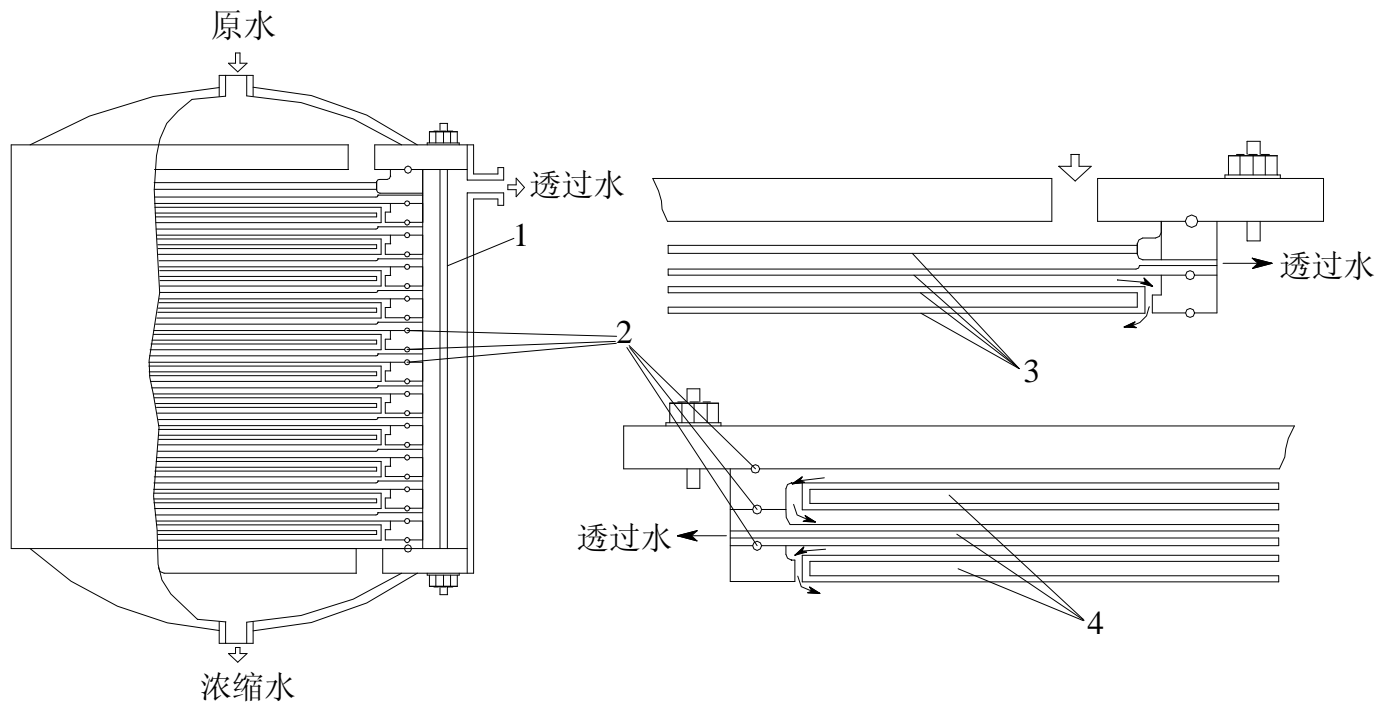
六、膜分离装置



六、膜分离装置

- ◆ 1、板框式膜分离装置
- ◆ 板框式膜分离装置的构造与板框式压滤机相类似，由若干板式膜组件重叠起来组成。
- ◆ 板式膜组件组成：由板体、多孔薄板和膜三部分组成。
- ◆ 特点：板式膜装置结构简单，容易制造，体积比管式的小，其缺点是装卸比较麻烦，单位体积膜的表面积小。

六、膜分离装置

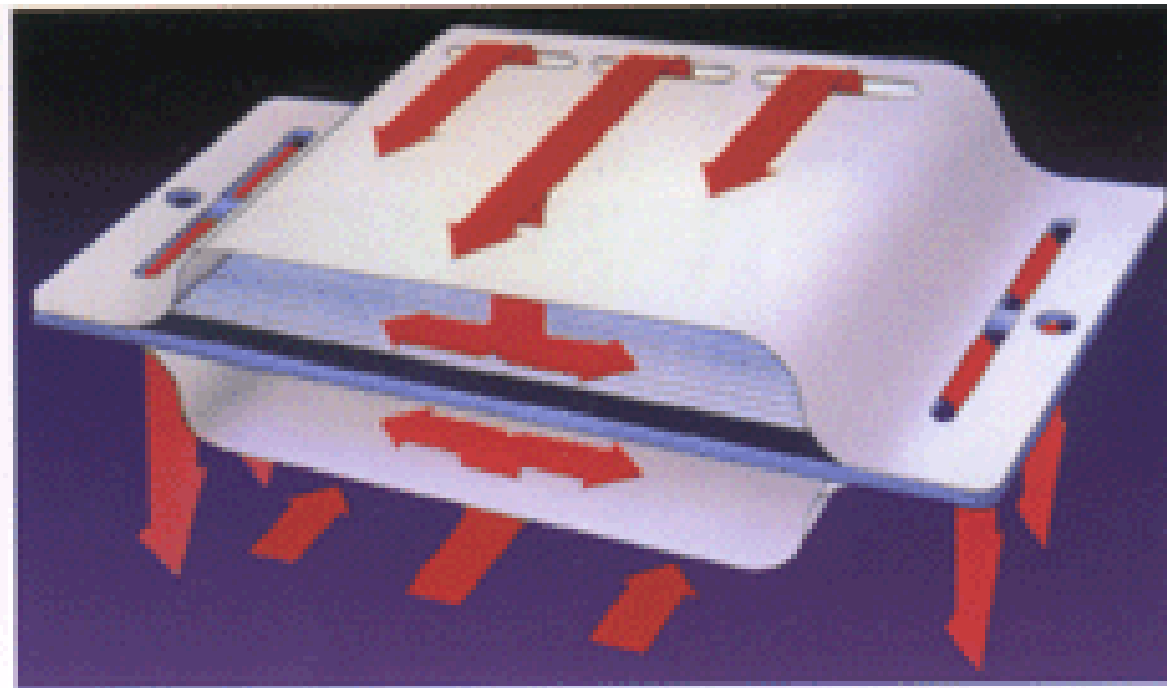


板框式膜装置

1—双头螺栓；2—橡胶密封圈；3—膜；4—多孔性板

六、膜分离装置

- ◆ 板式膜组件



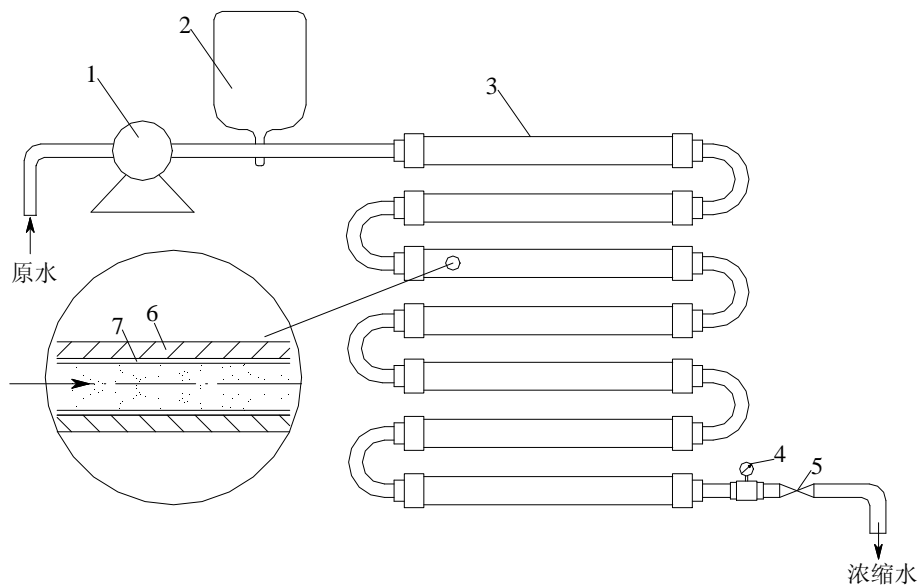
原水

淡水 西安建筑科技大学

六、膜分离装置

2、管式膜分离装置

- ◆ 管式膜分离装置与多管式热交换器相类似。它是将若干根直径为10~20mm，长1~3m的反渗透管状膜组件装入多孔高压管中构成。
- ◆ 特点：结构简单，制造容易，安装、维修方便；且水力条件好，不容易堵塞，清洗方便；能耐高压，可以处理高粘度的原液。但管式膜分离装置体积大，单位体积内膜的面积最小，而且两头需要较多的联结部件，现在使用并不广泛。

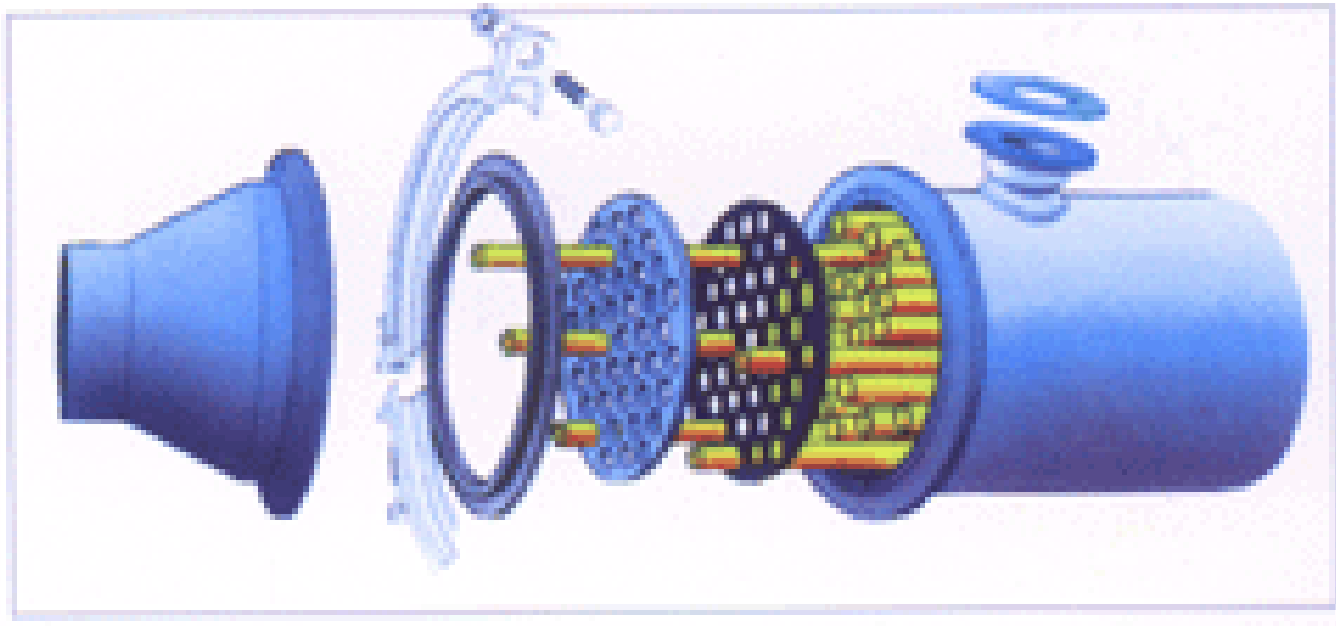


管式膜装置

1—高压水泵；2—缓冲器；3—管式组件；4—压力表；5—阀门；6—玻璃钢管；7—膜

六、膜分离装置

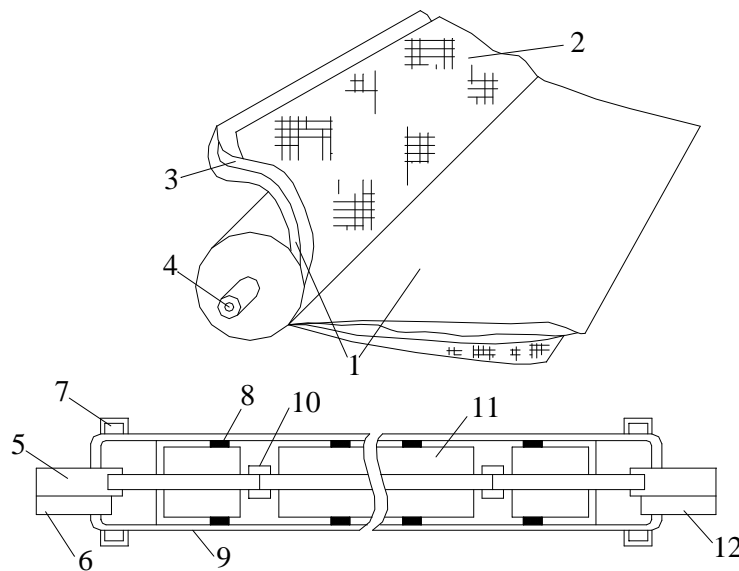
管式膜组件



六、膜分离装置

3、螺卷式膜分离装置

- ◆ 螺卷式膜分离装置主要由耐压套管、膜组件、穿孔管组成。
- ◆ 膜组件由平膜、导水垫层、格网组成。
- ◆ 螺卷式膜分离装置的特点：优点是结构紧凑，单位体积的膜表面积大，操作方便。缺点是容易堵塞，不能拆洗，浓水难于循环，，压力损失大。

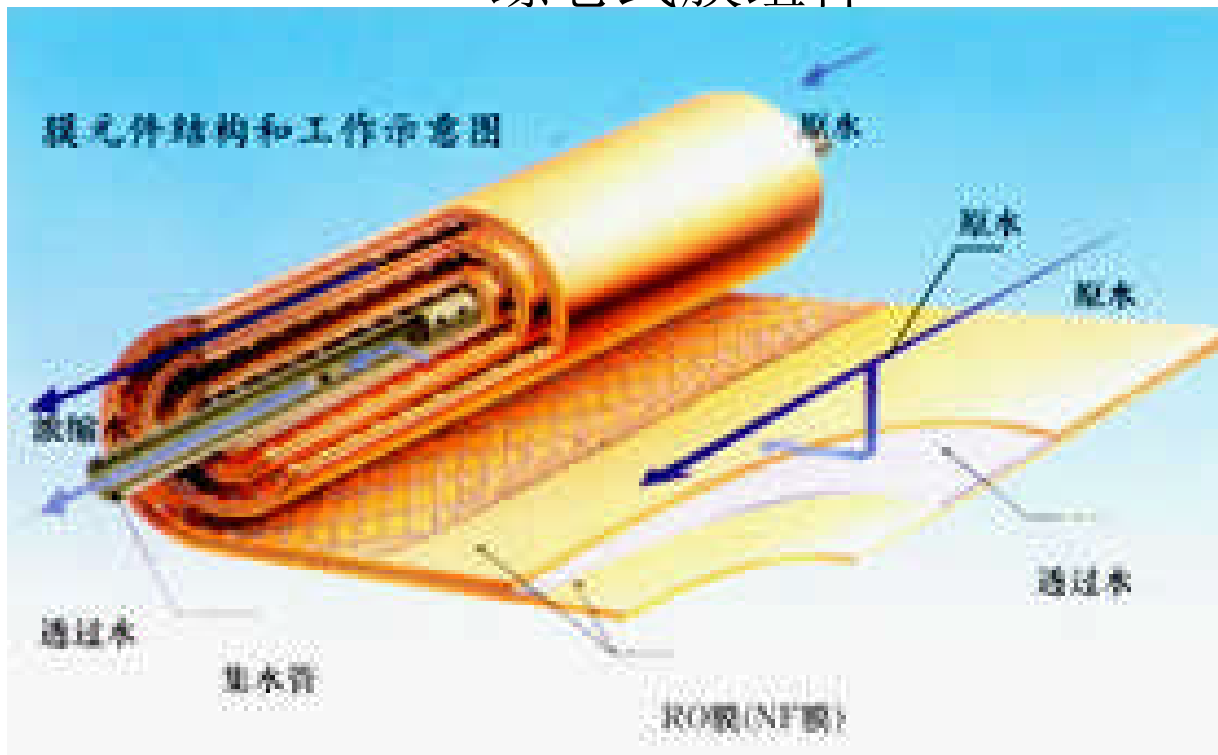


螺卷式膜装置

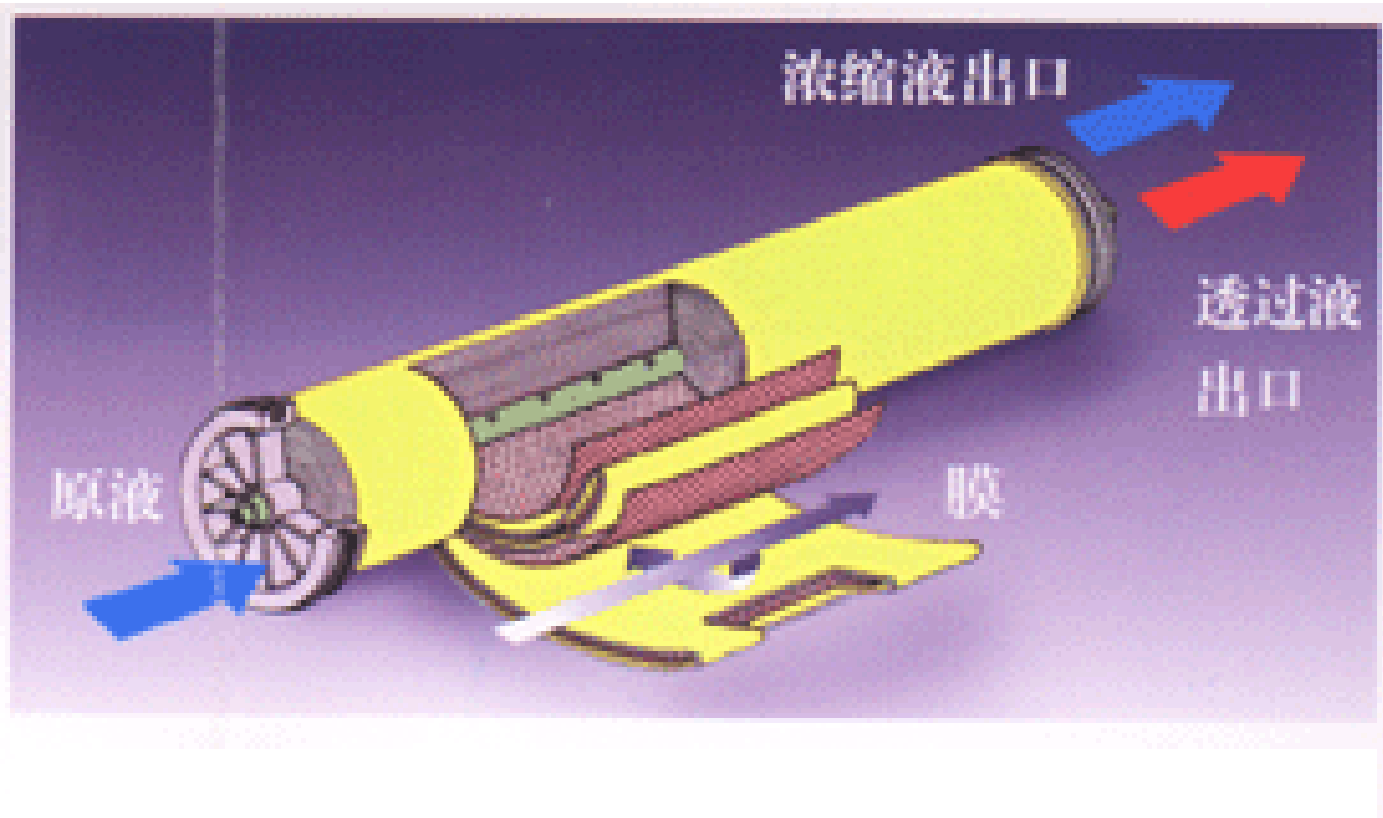
1—膜；2—格网；3—淡水垫层；4—中心集水管；5—透过水出口；6—原水入口
7—盖帽；8—密封圈；9—耐压套管；10—接头；11—膜组件；12—浓缩液出口

六、膜分离装置

螺旋式膜组件



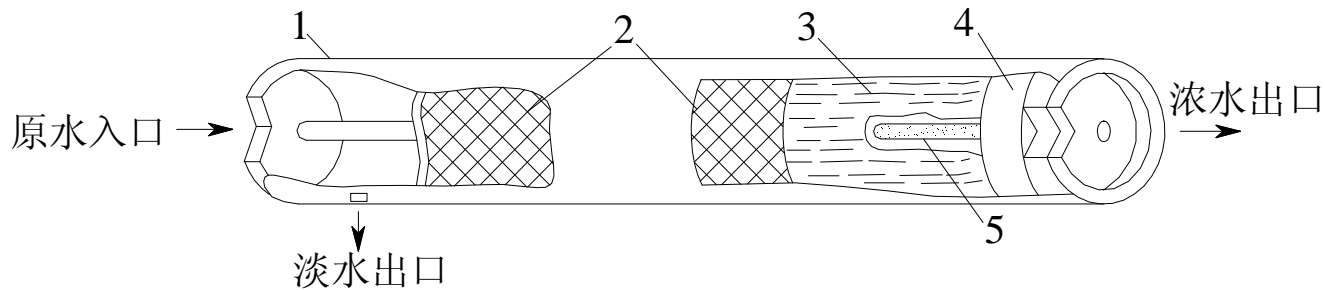
六、膜分离装置



六、膜分离装置

4、中空纤维式膜分离装置

- ◆ 中空纤维膜分离装置类似于单管程管壳式换热器的结构。
- ◆ 膜组件用细径的中空纤维膜组装而成。
- ◆ 结构简单、单位体积膜的表面积最大，液流流程短，分布均匀。缺点是不能用于处理含有悬浮物的废水，必须预先经过过滤处理，另外难以发现损坏的膜，维护管理不便。

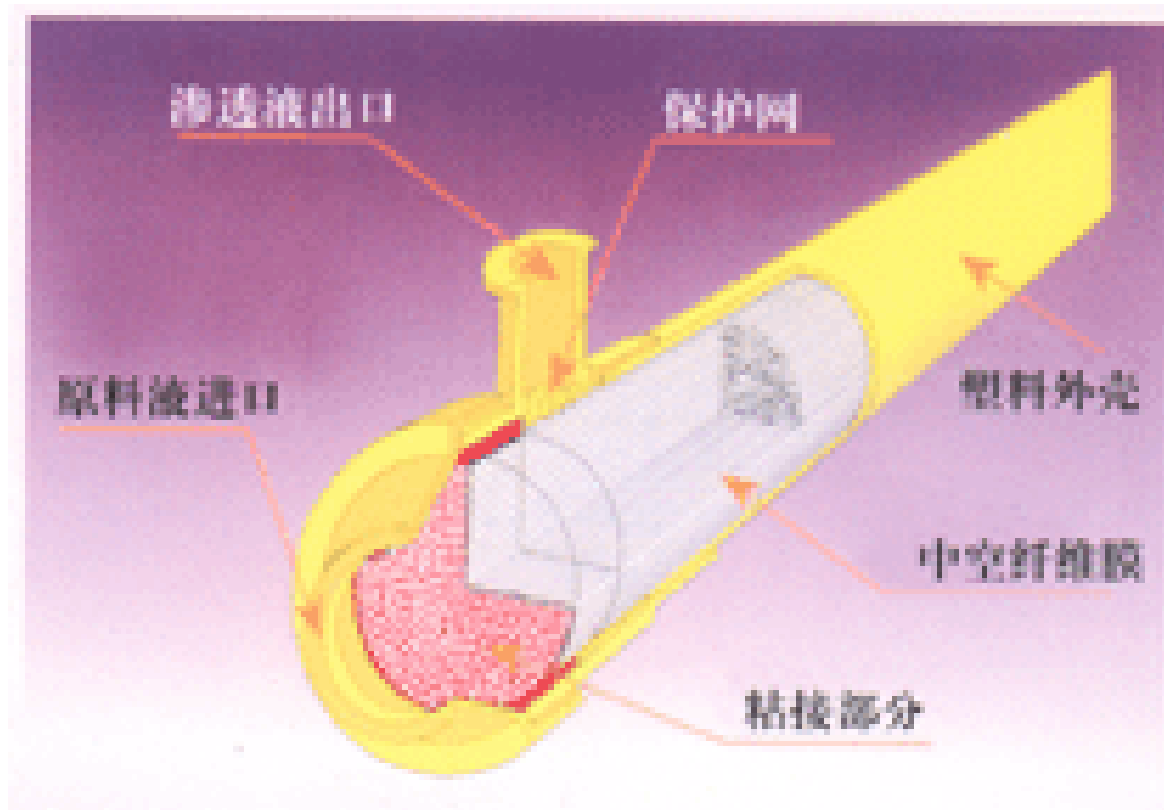


中空纤维膜装置

1—耐压容器；2—格网；3—中空纤维；4—环氧树脂管板；5—原水分布多孔管

六、膜分离装置

中空纤维膜组件



六、膜分离装置



六、膜分离装置



六、膜分离装置

- ◆ 课后作业：
- ◆ 1、生物膜法中的膜与我们这里所讲的膜有什么区别？（课后查相关资料）
- ◆ 2、查膜的生产工艺方面的相关资料，写一段总结。
- ◆ 3、列出目前网上有关膜的一些相关链接。