

## 膜 组 件

在前一节中论述的非对称膜和薄皮复合膜的聚合物材料适用于图 14.4(a)、(b)和(c)所示的三种形式中的一种或多种,薄片的典型尺寸是  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ,厚度是  $200\mu\text{m}$ ,其中致密表皮层或致密薄皮层厚度为  $500 \sim 5\,000\text{ \AA}$ ;管状膜的典型尺寸是直径  $0.5 \sim 5.0\text{ cm}$ 和长度达  $6\text{ m}$ ,致密薄层可以在内壁,如图 14.4(b)所示,也可以在外壁,管子的多孔支撑部分是玻璃纤维、多孔金属或其他合适的多孔材料。20 世纪 60 年代 Mahon[11,12]首先报道了直径非常细的中空纤维,典型的尺寸是:内径  $42\mu\text{m}$ ,外径  $85\mu\text{m}$ ,长  $0.8\text{ m}$ ,致密层厚度  $0.1 \sim 1.0\mu\text{m}$ ,示于图 14.4(c)的中空纤维提供了单位体积大的膜表面积。无机氧化物膜的蜂窝状集成单元示于图 14.4(d),六角形和圆形横截面的单元都有[14],圆形流道的典型尺寸是:直径  $0.3 \sim 0.6\text{ cm}$ ,膜层厚度  $20 \sim 40\text{ mm}$ ,在图 14.4(d)的六角形单元中有 19 根  $0.85\text{ m}$  长的流道,支撑主体和薄膜层均是多孔的,但后者的孔径可以非常细,直至小到  $40\text{ \AA}$ 。基于超细技术的膜尚处于研究阶段。

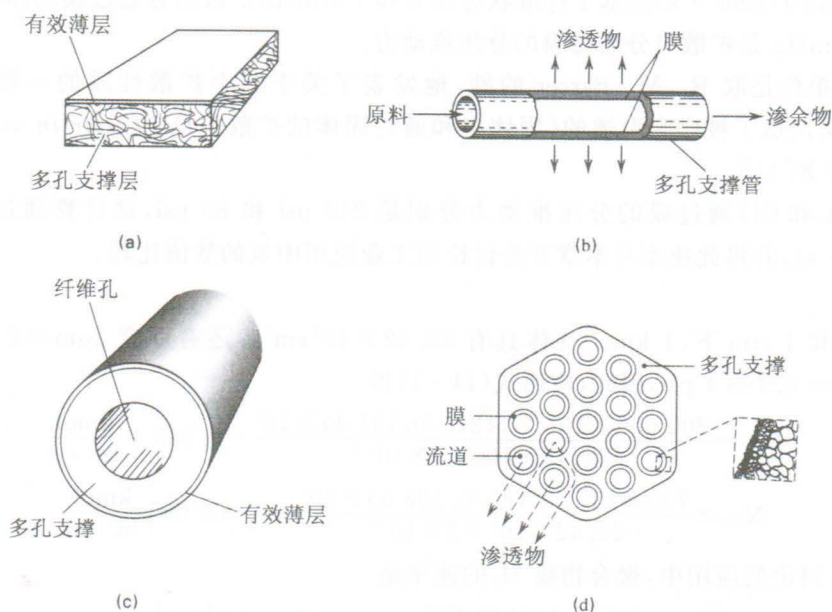


图 14.4 常用的膜形式

(a) 非对称型或薄皮复合膜片;(b) 管型;(c) 中空纤维;(d) 膜的集成单元

图 14.4 所示的各种形状的膜被组装成为既紧凑又经济的组件,如图 14.5 所示。用于板框结构的膜片可以是圆形、正方形或矩形的,膜片用支撑板隔开并构成渗透物流道,在图 14.5(a)中,原料咸水流过一叠膜片中的每一片表面,纯水是渗透物产品,渗余物是浓缩了的盐水。膜片可以加工成图 14.5(b)所示的螺旋卷组件,它由被隔板隔开的两层膜片分别构成原料和渗透物流道的构件绕中心打有孔的收集管盘绕形成组件,再装入压力容器中制成。

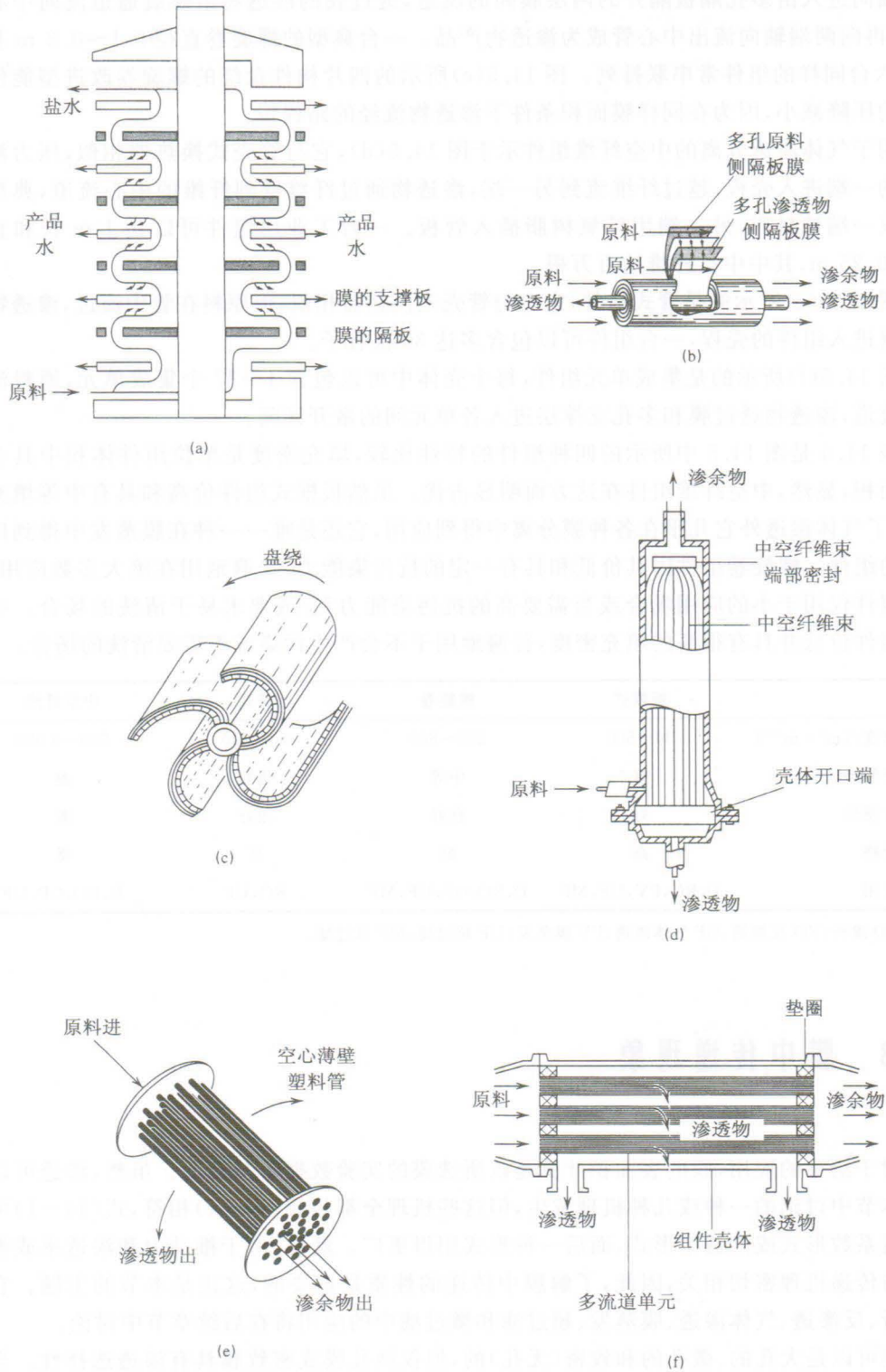


图 14.5 常用的膜组件

(a) 板框式; (b) 螺旋卷; (c) 四片螺旋卷; (d) 中空纤维; (e) 管式; (f) 集成单元

原料轴向进入由多孔隔板隔开的两层膜间的流道,透过膜的渗透物沿螺旋通道流向中心收集管,再向两端轴向流出中心管成为渗透物产品。一台典型的螺旋卷直径 0.1~0.3 m 和长 3 m,六台同样的组件常串联排列。图 14.5(c)所示的四片构件盘绕的螺旋卷改进型能使渗透物的压降减小,因为在同样膜面积条件下渗透物流经的路程短。

用于气体渗透分离的中空纤维组件示于图 14.5(d),它与管壳式换热器相似,压力液体从壳的一端进入壳程,越过纤维流到另一端,渗透物通过纤维壁到纤维的中心流道,典型的纤维束一端被封死,另一端用环氧树脂插入管板。一台工业用组件可以是 1 m 长和直径 0.1~0.25 m,其中中空纤维达百万根。

图 14.5(e)所示的是管式组件,它也与管壳式换热器相似,但原料在管中流过,渗透物透过管壁进入组件的壳程,一台组件可以包含多达 30 根管子。

图 14.5(f)所示的是集成单元组件,每个壳体中可以包含 1~37 个集成单元,原料流经圆形流道,渗透物透过膜和多孔支撑层进入各单元间的敞开区间。

表 14.4 是图 14.5 中所示的四种组件的特性比较,填充密度是单位组件体积中具有 的膜表面积,显然,中空纤维组件在这方面明显占优。虽然板框式组件价高和具有中等填充密度,除了气体渗透外它几乎在各种膜分离中得到应用,它还是唯一一种在膜蒸发中得到广泛应用的组件。螺旋卷组件因其价低和具有一定的抗污染能力,普遍地用在绝大多数应用中。管式组件仅用于小的应用场合或当需要高的抗污染能力和/或要求易于清洗的场合。中空纤维组件价低并具有很高的填充密度,普遍地用于不会产生污染或不需要清洗的场合。

	板框式	螺旋卷	管式	中空纤维
填充密度/(m <sup>2</sup> ·m <sup>-3</sup> )	30~500	200~800	30~200	500~9 000
抗污染能力	好	中等	很好	差
清洗方便性	好	良好	很好	差
相对价格	高	低	高	低
主要应用	D,RO,PV,UF,MF	D,RO,GP,UF,MF	RO,UF	D,RO,GP,UF

注:D 渗析;RO 反渗透;GP 气体渗透;PV 膜蒸发;UF 超过滤;MF 微过滤。