

乳化液膜分离技术及其 在烃类分离中的应用

郭存悦¹⁾ 米 杰²⁾ 王志忠³⁾

摘 要 乳化液膜技术是一种新型的分离技术,在许多领域中有着广阔的应用前景。综述了乳化液膜分离技术的过程、原理、数学模型、影响乳化液膜分离的各种因素及其在液体烃类分离中的应用,总结了这种分离技术的优缺点,分析了其在煤焦油产品的分离和精制中应用的可行性。

关键词 液膜分离,乳化液膜,液体烃类分离,煤焦油产品加工

中图分类号 TQ028.8, TQ536.9

0 引 言

液膜分离技术是一种快速、高效和节能的新型分离技术,从本世纪 60 年代问世以来^[1],引起了许多学者的极大兴趣,相继开展了广泛深入的研究工作,有些成果已经或正在应用于工业化过程。^[2]

液膜分离过程和液膜萃取过程相似,也是由萃取和反萃取两个过程构成的,但在液膜分离过程中,萃取和反萃取是同时进行一步完成的。由于液膜本身的促进传输作用,使分离过程的传递效率明显提高,甚至可以使溶质从低浓度向高浓度扩散,从而减少了分离过程所需级数,节省了萃取溶剂的消耗量。目前,液膜分离技术正在石油化工^[3]、湿法冶金^[4]、环境保护、气体分离^[5]、产品的精制和生物医学等领域中显示出广阔的应用前景。

液膜分离技术的研究和开发历史至今只有 20 多年,其大概情况示于表 1(见第 41 页)。

液膜分离技术按其构型和操作方式的不同可分为四种类型:含浸型^[21]、流动型^[22]、接触型和乳化型^[23],见第 41 页图 1 所示。含浸型(图 1a)是以多孔固体作为支撑体,膜相溶液靠毛细管力浸入并被牢固地吸附在多孔支撑体的微孔之中而构成支撑膜,膜的两侧分别是原料相和接收相。流动型(图 1b)是使膜相溶液在两个具有极小间隔的支撑膜间流过,外侧为原料相,流动的液膜溶液即是接收相。接触型(图 1c)是膜相溶液靠机械搅拌在原料相和接收相之间循环

1) 硕士生; 2) 副教授; 3) 教授、博士生导师,太原工业大学,030024 太原

收稿日期:1997-03-26

而达到溶质传输的目的。乳化型(图1d)是膜相溶液与原料相或接收相构成复杂的乳状液,外部相为接收相或原料相,这种乳状液的液滴可以是水包油型(O/W),也可以是油包水型(W/O)。

表1 液膜分离法的研究与开发简况

年代	研究者	主要研究内容
1968	N. N. Li ^[1]	用乳化液膜对烃类进行分离
1971	Cussler ^[6]	利用液膜促进 Na ⁺ 的传递
1976	Kitagawa 等 ^[7]	利用乳化液膜从磷酸湿法生产过程中回收铀
1977	Baker 等 ^[8]	采用真空纤维组件浓缩铀
1983	Marr 等 ^[9]	利用液膜从粘胶废液中回收汞
1983	Teramoto 等 ^[10]	用乳化液膜分离苯酚和甲酚
1984	Goswami 等 ^[11]	烃类对乳化液膜的渗透及液晶结构的形成
1986	加藤觉等 ^[12]	利用乳化液膜分离石脑油中的芳香烃
1987	Kato 等 ^[13]	在乳化液膜中加入极性物质促进烃类渗透
1989	O'Brien 等 ^[14]	利用乳化液膜回收低分子量有机酸
1990	Gupta 等 ^[15]	液膜法分离烃类过程中的传质研究
1990	Teramoto 等 ^[16]	AgNO ₃ 载体在乳化液膜分离中对苯的促进传递
1992	Gadekar 等 ^[17]	用乳化液膜法回收水溶液中的硝基苯酚
1995	Egashira 等 ^[18]	提高用乳化液膜法分离烃类选择性的研究
1995	江头龟一 ^[19]	在连续逆流填料塔中用 O/W/O 型液膜分离烃类
1995	米杰等 ^[20]	用乳化液膜法对工业萘进行精制

由于乳状液滴非常小,其有效透过面积就大大增加,其透过速度约为其它三种型式液膜的 100~1 000 倍。^[23]

乳化液膜分离技术(Liquid Surfactant Membrane)是由美国埃克森研究与工程公司的 N. N. Li 于 1968 年首先发明的(见表 1),他用乳化液膜对液体烃类进行了成功的分离。由于乳化液膜所需设备简单、工艺流程短、易操作、分离成本相对较低、分离效果好,因而世界各国对此表现出极大的兴趣。到 90 年代初,已有 160 多个研究单位对其作了进一步的研究与开发^[24],其应用领域已扩展到液体烃类的分离、废水处理、金属离子的回收、化工产品的提纯与精制和医药工业等。

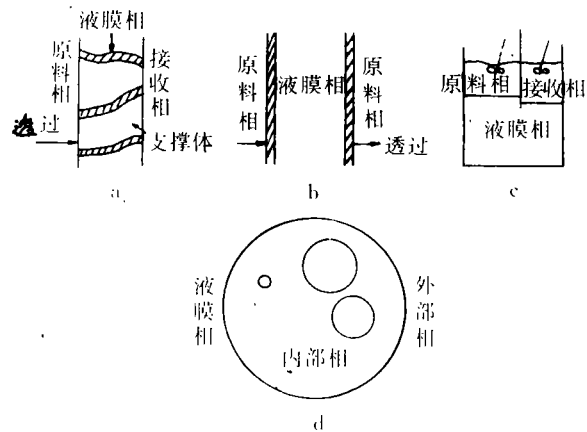


图1 液膜分离的几种型式

a——含浸型;b——流动型;c——接触型;d——乳化型

1 乳化液膜分离的过程及原理

乳化液膜实际上可以看成一种“水-油-水”型(W/O/W)或“油-水-油”型(O/W/O)的双重乳状液高分散体系。将两个互不相溶的液相通过高速搅拌或超声波处理制成乳状液,然后将其分散到第三相中,就形成了乳化液膜体系。这种体系包括内部相、液膜相和外部相。为了维持乳状液一定的稳定性及选择性,要在膜相中加入表面活性剂和添加剂。由于乳化液膜是一个高分散体系,因而能够提供很大的传质比表面积,待分离物质通过膜相在内部相和外部相之间进行传输。在传质过程结束后,将内外相分离开并采取适当的方法对乳化液进行破乳以回收膜相,并对内外相进行适当处理,以回收被浓缩的物质。

乳化液膜分离的过程从总体上说可以分为三步:乳化液膜的制备、液膜渗透和破乳。液膜体系的选型是由待处理物料的特性决定,下面以 O/W/O 型乳化液膜为例来说明这三个步骤。

1.1 乳化液膜的制备

图 2 示出了一种制备 O/W/O 型乳化液膜的方法。原料油相与含有关水性表面活性剂和膜强化剂的液膜水溶液在高速搅拌下进行混合,得 O/W 型乳状液(一次乳化),然后把该乳状液加入接收油相中,在搅拌下进行分散,得到复合乳状液(二次乳化),即我们所需要的 O/W/O 型乳化液膜。

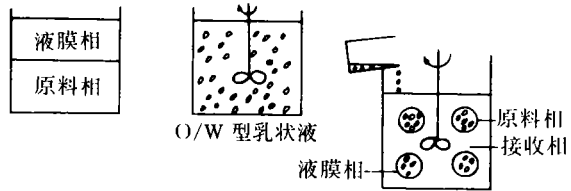


图 2 乳化液膜的一种制备方法

制备乳化液膜所用搅拌装置除普通搅拌槽外,还有均化器和高速均化器;搅拌方式除机械搅拌外,还有超声波搅拌等。

1.2 液膜渗透

在二次乳化的同时,由于原料油相中各组分在膜相中的溶解度及扩散系数各异,就会产生某种组分通过液膜的选择性渗透,从而使接收相中该组分的浓度远高于其它组分的浓度,达到把该组分分离出来的目的。

1.3 破乳

将经过液膜渗透以后的乳化液膜体系静置分层,使 O/W 乳状液与接收相分开。接收相经进一步处理后回收被浓缩了的物质。O/W 乳状液被破坏,将膜组分和内部油相分离开,膜相返回去重新用于制备乳状液,内相进行回收处理。常用的破乳方法有化学法、加热法、离心过滤法、静电法和超声波法。图 3 表示一种连续破乳的过程。^[25]

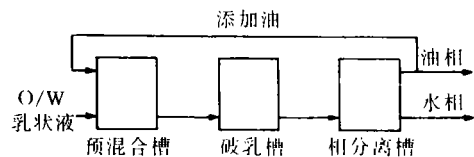


图 3 连续破乳过程示意图

图 4(第 43 页)表示了无流动载体情况下

乳化液膜分离的几种机理。原料相中不同的组分由于其在膜相中的溶解度和渗透速率不同而发生选择性渗透(图 4(a)),图中 A 组分的渗透速率大于 B,故物质 A 将更多地渗透到外相,B 则留在内相而得以分离。当膜两侧 A 的浓度相等时,A 的渗透即达到动态平衡,A 通过膜到达外相的净通量为零,传质结束。图 4(b)所示为滴内化学反应,原料中的组分 C 渗透通过膜相,在膜内侧与滴内所含试剂 R 发生化学反应生成不溶于膜相的物质 P,从而达到从料液中将 C 组分分离出来的目的。图 4(c)所示为化学反应发生在膜内,原料中的 D 组分渗透进入膜相,与膜内所含试剂 R₁ 发生可逆正向反应生成中间产物 P₁,P₁ 扩散到膜内侧后与内相中所含试剂 R₂ 反应生成不溶于膜相的 P₂,并使 R₁ 重新还原释放而留在膜相。R₁ 在传输过程中仅仅起一种载体作用。图 4(d)所示为原料中的悬浮物被膜相吸附,或有机物被膜相萃取,从而达到分离的目的。

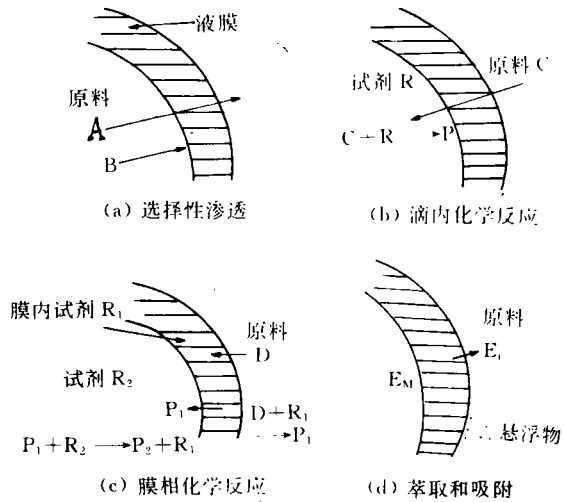


图 4 无流动载体情况下乳化液膜分离的几种机理^[26]

2 影响乳化液膜分离的因素

影响乳化液膜分离效果的因素很多,其中液膜相的组成和各种操作条件对液膜的稳定性和分离过程的选择性、传质速率有着最为直接的影响。

2.1 液膜相组成的影响

液膜相通常由膜溶剂、表面活性剂及必要的添加剂组成,其适宜比例一般要靠实验来确定。膜溶剂是构成液膜的主要成分,在分离烃类时常选用水作膜溶剂,分离水溶液中的金属离子时选用中性油或烃类作膜溶剂。粘度是选择膜溶剂的重要物性参数,其大小直接影响到膜的稳定性、膜的厚度和膜相的传质系数,从而直接影响分离效果。

表面活性剂不仅对形成液膜、提高液膜的稳定性起决定作用,而且对渗透物通过液膜的扩散速率及选择性也有显著影响。通常配制水包油型乳状液选用 HLB 值(亲水亲油平衡值)为 8~18 的水溶性表面活性剂,而配制油包水型乳状液则选用 HLB 值为 3.5~6 的油溶性表面活性剂。表面活性剂的浓度存在一适宜值,太低时,起不到应起的作用;太高时,会使膜厚增加太多,粘度变大,从而影响膜相传质系数,也不利于分离后的破乳。

液膜能否在实际中应用的关键在于膜的稳定性,最理想的情况是:进行分离操作时乳状液保持稳定,分离结束后又容易破乳。添加剂的使用可以将这两个矛盾的因素协调起来,对 O/W/O 型乳状液常用的添加剂是甘油,而对于 W/O/W 型乳状液常用的添加剂是石蜡油和其它矿物油。

2.2 各种操作条件的影响

2.2.1 乳化方法、搅拌速度与接触时间

制备乳化液膜的方法常用的是搅拌槽法和均化器法。用均化器制备 O/W 型乳状液可以防止外相到内相的机械扰动,且有较大的透过速率,但分离因数较小;用搅拌槽制备的乳状液对机械扰动不稳定,透过速率较小,而分离因数较大。^[28]

搅拌速度包括一次乳化(即制备 O/W 型或 W/O 型乳状液)时的搅拌速度和二次乳化(即 O/W/O 型或 W/O/W 型乳状液的制备)时的搅拌速度。一次乳化时搅拌速度越大,形成的乳状液滴的直径就越小,有利于下一步的分离操作,一般到 2 000 r/min 的搅拌速度就足够了。二次乳化时搅拌速度有一最佳值,太快了液膜容易破裂,太慢了则二次乳化困难。

接触时间是指在适当的搅拌速度下,接收相与 O/W 乳状液互相混合接触的时间(即二次乳化的时间)。鉴于液膜体系的特性是两相接触界面大、液膜薄、渗透快等,两相往往在较短的接触时间内即能达到分离要求,若延长接触时间,反而会导致液膜破裂,分离效果反而下降。

2.2.2 原料相、液膜相与接收相之间的体积比

实验证明,在形成 O/W 型乳状液时,液膜溶液所占的体积分数太低,会使膜变薄而容易被破坏,但太高时,则会降低产品收率和选择性。在形成 O/W/O 型复合乳状液时,乳状液(O/W 型)所占的体积分数越大,分离效果越差,产品收率越低。而该体积分数太小时,分离的产量则太低。^[29]

2.2.3 原料液的浓度和酸度

乳化液膜分离特别适用于低浓度物质的分离与提取。原则上讲, 1×10^{-6} 乃至更低浓度的原料液都可以采用乳化液膜分离,但浓度超过 1%~2% 时,一级处理达不到要求,需采取多级处理。

溶液酸度即 pH 值对乳化液膜分离的影响是不可忽略的。有一些分离过程必须在一定的 pH 值条件下进行,待分离物质与膜相中的载体形成稳定的络合物而进入液膜相,达到明显的分离效果。然而 pH 值不能满足时,分离过程则难以进行。

2.2.4 操作温度

乳化液膜分离操作一般是在常温或原料液温度下进行的。但对于升温液化的物系(如一些固体烃类混合物)或欲提高传质速率也可适当提高操作温度,但伴随而来的不良影响是液膜粘度降低,膜相挥发性增加,表面活性剂水解,从而降低了膜的稳定性和分离效果。

总之,影响乳化液膜分离过程的因素很多,且彼此之间又互相牵制,只有加强实验,多方面探讨,综合分析,才能确定各种最佳的工艺条件,为形成一个经济高效的分离工艺提供基础条件。

2.3 乳化液膜分离的数学模型

为指导乳化液膜分离过程的设计和放大,许多研究者在试验研究和机理分析的基础上提出了适用于不同情况的数学模型。

2.3.1 双膜模型^[25]

双膜模型是描述渗透机理的简单模型,它反映出液膜的渗透速率与膜两侧渗透物质的浓度差成正比。其形式为

$$\text{渗透速率} = -\frac{dC}{dt} = \frac{D_m \cdot A \cdot D}{\sigma} \cdot \Delta C$$

2.3.2 有效膜厚模型^[25]

有效膜厚模型的提出基于如下假设:

- 1) 连续相与乳状液充分混合, 分离过程取决于液膜相内的传质过程;
- 2) 每一个包含许多反应试剂微滴的乳状液滴, 近似看作一个大液滴;
- 3) 乳状液一旦形成便一直保持其完整性。

根据上述假设可建立渗透速率、渗透物质浓度和乳状液滴半径之间的关系为

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_m \cdot \left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right)$$

2.3.3 渐进模型^[25]

渐进模型基于如下假设:

- 1) 乳化液滴内包含的反应试剂微滴呈均匀分布;
- 2) 外相渗透物质透过液膜后, 立即与内相中反应试剂发生瞬间不可逆反应, 内相微滴由外向内逐渐饱和;
- 3) 饱和区和新鲜区之间有明显界限;
- 4) 膜外相传质阻力可以忽略不计;
- 5) 膜一旦生成, 便保持稳定。

根据上述假设, 可得到物质浓度的方程为

$$\begin{aligned} \text{液滴内} \quad & \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_m}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right) \\ \text{外相中} \quad & -V_e \cdot \frac{dC_e}{dt} = \frac{3}{R} \cdot (V_m + V_i) \cdot D_e \cdot \frac{\partial C_e}{\partial r} \end{aligned}$$

2.3.4 恒定膜厚模型^[15]

该模型假定乳化液滴存在一个恒定厚度的膜, 并认为总的渗透过程包括两个并行步骤:

- 1) 通过膜的选择性扩散;
- 2) 由于膜的泄漏而产生的溶质向接收相的非选择性主体传递。

根据该模型, 溶质传递速度可写为

$$N_1 = K_{OE} \cdot \rho^E \cdot (X_1^E - X_{1B}^E)$$

上述 4 种数学模型中各个数学符号所代表的意义这里不一一列出, 有兴趣的读者可参阅有关文献。

另外, 还有考虑整个乳状液滴的扩散阻力与讨论内包相反应平衡的“分配阻力模型”。^[27] 考虑两相中介质的 Jefferson-Witzell-Sibbit 模型和把分散相考虑成与连续相同样都看作立方体而非球体的 Russell 模型。

数学模型的研究正在深入, 研究方向大都是以已经提出的某一类模型为基础, 进一步考虑搅拌带来的乳状液膜破裂, 乳状液的外相渗析造成的溶胀等问题对液膜体系正常操作带来的不良影响而作进一步修正。

2.4 乳化液膜分离技术在液体烃类分离中的应用

自从 N. N. Li 发明乳化液膜分离技术以来, 许多研究者将这种技术应用于液体烃类混合

物的分离中,在理论和实践上都取得了很大进展。已经研究过的液体烃类混合物体系有苯-正己烷、甲苯-庚烷、己烷-庚烷、正己烷-苯-甲苯、正己烷-环己烷等许多。^[30~32] 研究表明,象苯-正己烷这类体系,采用乳化液膜分离时分离系数可达106,象正己烷-正己烷这样的体系分离系数只有2.9,因此,对分离系数低的体系还需要进一步考虑某种促进传递的方法。研究还发现,表面活性剂的浓度变化并不能改变膜的选择性。

进入80年代以来,将乳化液膜技术应用于液体烃类分离的研究更为活跃,特别是在煤焦油加工产品分离中的应用以发展炼焦工业更具有深远意义。

1983年,印度的Goswami等^[11]对苯和正庚烷的混合物进行了分离实验。原料中苯和正庚烷的重量比为1:1。表面活性剂采用羟乙基烷基苯酚,浓度为0.2%(wt)。用煤油作接收相,在400 r/min的搅拌速度下分离因数为4.1,苯的收率为61.5%(wt)。研究表明,提高搅拌速度和在煤焦油中加入低分子量醇可以提高苯的分离选择性和收率。

1986年日本东京工业大学的加藤觉等^[12]进行了各种操作因素对石脑油中芳香烃分离的影响的研究。原料石脑油中含芳香烃12.4%(wt)、直链烷烃66%(wt)、环烷烃21.6%(wt),液膜相由皂草甙、甘油和水组成,以异辛烷为溶剂。表面活性剂Span的浓度为 $0.5 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ 膜溶液。研究表明,在25℃时,用2000 r/min的均化器进行分离时,所得乳状液中内部油滴的平均直径小,机械扰动影响小,以直链烃为基准的芳烃分离系数为10。在对模拟石脑油的五组分液体烃类混合物进行分离时(混合物组成为苯6.3%、甲苯21.5%、间二甲苯30.6%、正乙烷40.5%、正壬烷1.1%(wt)),在对一种六组分液体烃类混合物(其组成为苯14.4%、甲苯14.7%、间二甲苯14.8%、正己烷38.5%、1,3-戊二烯14.8%、正壬烷为2.8%(wt))进行分离时^[13],在膜溶液中加入环丁砜,使BTX(苯+甲苯+二甲苯)的渗透速率提高了3.6倍,收率可达73%。

1990年印度的Gupta等^[15]也对重量比为1:1的苯和正庚烷混合物进行了分离研究,表面活性剂采用一种非离子型的烷基苯酚聚氧乙烯醚,浓度为0.2%(wt),以煤油为接收相,通过实验提出了一个乳化液膜分离的恒定膜厚数学模型,在理论上对该技术的进一步发展作出了新的贡献。

1994年日本东京工业大学的江头龟一等对芳烃-非芳烃两组分模型化合物进行了逆流式连续分离。实验设备如图5所示,膜相采用皂草甙水溶液。实验得出了如下结论:①乳状液流速大,其相对于料液流速的速率就大;②乳状液流速越大,总体积渗透系数就大;③乳状液流速大,分离选择性就低;④使用能为乳状液润湿的填料时可以抑制膜破坏,提高分离选择性。该研究是用乳化液膜法进行连续分离操作的一次新尝试。

1994年,太原工业大学米杰等^[20]对乳化液膜法在煤焦油精细分离方面的应用进行了一系列研究。表面活性剂采用阴离子BS-12,浓度为1%(wt),对工业萘中的杂质硫茛进行了分离,使萘含量从95.6%提高到99.5%,达到国家一

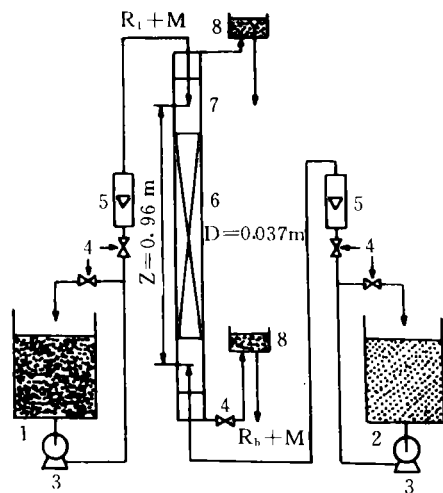


图5 渗透实验设备

1——乳化液槽;2——溶剂槽;3——泵;4——截止阀;5——转子流量计;6——填料塔;7——派热克斯玻璃部件;8——调平器

级精萘标准。研究中详细考察了乳化剂种类、用量、升降温速率、辅助剂用量、工业萘/水重量比等对精萘质量和产率的影响。采用同样的体系也对从萘油制工业萘、精萘等进行了研究,均取得满意的结果。

3 结束语

乳化液膜分离是一种新型的分离技术,与其它类型工艺相比有其独特的优点:膜比表面积大;膜面不生针孔;膜很薄,且可再生利用;无支撑体,不需清洗,没有维修和使用期限问题;渗透速度快,选择性高;灵活,可根据需要合理选择体系。基于上述优点,这种技术的开发和应用在很短的时间内取得了很大进展,一些应用项目如奥地利的从粘胶厂废水中回收锌,我国的从废水中脱除苯酚,从工业萘制取精萘等已经形成工业规模。

然而,这种技术也有不足之处,主要在于膜易被破坏,机械扰动容易引起内外相之间的泄漏,容易发生液膜的膨胀、包藏、渗透等降低分离效果的过程。此外,破乳仍是一个需解决的关键问题。工艺设备的结构和放大的研究也有待进一步深入。

乳化液膜分离技术在液体烃类的分离方面有着广阔的应用前景,但一些问题仍有待解决,如膜相组成的最佳配方、各组分浓度比较接近的原料液中组分的分离工艺、表面活性剂应用种类范围的扩大、操作条件的最佳化等。化工分离工作者正在和仍需在有关领域的基础研究和应用开发方面进行不懈的努力。

参 考 文 献

- 1 USA Patent, 3410794
- 2 Li N N, Frankenfeld J W. In: J J Mcketta ed. *Encycl Chem Process Des.* 1988. 28
- 3 Li N N. *Ch A I E J1*, 1974, 17(2): 459
- 4 Cahn R P, Li N N. *Separation Sci*, 1974, 9
- 5 Li N N. *Br Pat.* 1303494 (to Esso Research and Engineering Co)
- 6 Cussler E L. *Ch A I E J1*, 1971, 17: 1300
- 7 Kitagawa T, Nishikawa Y, Frankenteld J W *et al.* *Environ Sci Technol.* 1977, 11: 602
- 8 Bakev R W, USA Patent, 808138
- 9 Marr R, Protsch M, Draxet J *et al.* *Ger Chem Eng*, 1983, 6: 365
- 10 Teramoto M, Takihawa H, Shibusani M *et al.* *Sep Sci Technol*, 1983, 18(5): 397
- 11 Goswami A N, Rawat B S. *J Membrane Sci*, 1984, 20: 261
- 12 加藤覺,川崎順二郎. *化學工學論文集*, 1987, 13(1): 93
- 13 Kato S, Kawasaki J. *J Chem Eng Japan*, 1987, 20(6): 585
- 14 O'Brien D J, Senske G E. *Sep Sci Technol*, 1989, 24(9~10): 617
- 15 Gupta T C, Goswami A N, Rawat B S. *J Membrane Sci*, 1990, 54: 119
- 16 Teramoto M, Matsuyama H, Yonehara T. *J Membrane Sci*, 1990, 50: 209
- 17 Gadekar P T, Mukkolath A V, Tiwari K K. *Sep Sci Technol*, 1992, 27(4): 427
- 18 Egashila R, Tanno H, Kato S *et al.* *J Chem Eng Japan*, 1995, 28(1): 38
- 19 江頭龜一,杉本高弘,川崎順二郎. *化學工學論文集*, 1995, 21(2): 349
- 20 米 杰,王志忠,崔林燕. *煤炭转化*, 1995, 18(2): 68

- 21 片崗健. 液膜による分離濃縮技術の開発研究. 昭和 62 年度科学研究費補助金研究報告書. 1988
- 22 寺本正明, 松山秀人. 液膜による分離濃縮技術の開発研究. 昭和 62 年度科学研究費補助金研究報告書. 1988
- 23 加藤覚. 表面, 1989, 27(7):582
- 24 Boyadzhiev L. Sep Sci Technol, 1990, 25(3):187
- 25 Kato S, Kawasaki J. J Chem Eng Japan, 1988, 25(3):187
- 26 蒋维钧. 新型传质分离技术. 北京: 化学工业出版社, 1992. 54
- 27 Hatton T A, Lightfoot E N, Cahn R P *et al.* Ind Eng Chem Fundam, 1983, 22:27
- 28 Shah N D, Owens T C. Ind Eng Chem Fundam, 1972, 11:58
- 29 Shah N D, Owens T C. Ind Eng Chem Fundam, 1985, 24:145
- 30 Li N N. Chem Abstr, 1973, 78:9963
- 31 Shah N D, Owens T C. Ind Eng Chem Prod Res Develop, 1972, 11(1):58
- 32 Edwards V H. In: Recent Progress in Separation Science. Cleveland, 1972

LIQUID EMULSION MEMBRANE TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION IN THE SEPERATION OF LIQUID HYDROCARBONS

Guo Cunyue Mi Jie and Wang Zhizhong

(*Taiyuan University of Technology, 030024 Taiyuan*)

ABSTRACT Liquid emulsion membrane (LEM) technology is a separation technology of state of the art with broader application prospects in many fields. This paper summarizes the principle, mathematical models and affecting factors of LEM process. Both the advantages and disadvantages of this separation technology and its application feasibility in the separation and refinement of coal tar products are summed up and analyzed.

KEY WORDS liquid membrane separation, liquid emulsion membrane, separation of liquid hydrocarbons, process of coal tar products