

中国化工学会 1978年年会论文集

中国化工学会秘书处 编

化学工业出版社

中国化工学会 1978年年会论文集

中国化工学会秘书处 编

化学工业出版社

内 容 提 要

中国化工学会 1978 年年会论文集为该年会中由高等院校、科研单位及生产企业所作的综合报告与专业论文。其内容包括化学工程与化学工艺等方面。各论文都具有一定的学术水平，可供研究、设计与生产人员参考。

中国化工学会 1978 年年会论文集

中国化工学会秘书处 编

*

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

北京大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $33^{3/4}$ 字数 858 千字印数 1—5,150

1979 年 11 月北京第 1 版 1979 年 11 月北京第 1 次印刷

书号 15063 · 3127 定价 5.15 元

限 国 内 发 行

前 言

中国化工学会于1978年11月在长沙举行了年会。根据与会代表的要求，我们将在大会上所做的八篇综合报告及在专业小组会上宣读的四十八篇论文，予以收集出版，作为学术交流的文献。

由于出版力量所限，不得不对一部分报告及论文予以删节或仅刊登其摘要。对此我们深以为憾。谨此申明。有错误之处，请批评指正。

中国化工学会秘书处

1979年3月

目 录

综合报告 (以报告先后为序)

- 液-液接触技术在化工类型生产中应用的展望.....苏元复 (3)
- 罗马尼亚化学工业在高速度发展.....吴金城 (20)
- 现代石油化工技术开发.....区灿棋 (23)
- 关于化工技术开发的几个问题(摘要).....肖成基 (39)
- 2000年的化学工业(题纲).....刘永晖 (43)
- 化工中的能量节约问题.....彭秉璞 (52)
- 近代科学技术的继承与发展(摘要).....杨沛霆 (65)
- 农业与化肥工业发展的关系.....孙为敏 (79)

专题论文 (以宣读先后为序)

- 降膜式分子蒸馏设备基本理论的探讨.....樊丽秋 余国琮 (89)
- 导向筛板的流体力学性能
-周亚夫 史季芬 汪星明 叶咏恒 曹仲海 杨若兰 (109)
- 径向反应器流体均布设计的研究.....张成芳 徐懋生 朱子彬 朱炳辰 (123)
- 斜孔塔板的研究与工业应用.....段占庭 应世良 刘翠琴 周荣琪 蒋维钧等 (150)
- 丝网波纹填料在轻同位素分离中的研究.....袁维新 钟授富 朱慧芬 胡南玲 (162)
- 化工大系统的分解——基本原理和方法.....虞和锡 (169)
- 水平脉冲气力输送的压力降和料栓速度.....曹耀先 陈维祖 (174)
- 气力输送管的压降——密相和稀相垂直气力输送管恒速段压降的通用关
- 联式.....秦霁光 屠之龙 方慈芬 王志洁 (181)
- 关于提升管催化裂化放大的几个问题.....李松年 施文元 徐亦方 (188)
- 乙烯氧氯化制二氯乙烷动力学实验与导热系数的测定(摘要).....杜芳林等 (193)
- 计算机在线规划实验法——序贯法 (I) 模型的参数估算
-刘德明 赵志良 黄自兴 吴锡军 (199)
- 化工模拟系统——氨合成工艺流程模拟的实现.....麻德贤 (213)
- 流化床中塔型立构件的研究.....金涌 沈静珠 俞芷青 张礼 (258)
- 含碘化物系统汽液平衡的研究.....胡英 英徐根 张鸿喆 (264)
- 气控式多层流态化床及其在净化工厂释放气中的应用
-刘大陆 李希光 迟淑兰 (275)
- 乙苯、丙烯共氧化中环氧化反应的动力学模型
-陆乃宸 李光福 陆云质 赵绪检 (288)
- 流路分析法 (管壳式换热器壳程流体流动及压强降计算方法).....黄鸿鼎 (301)
- 新型纵槽管冷凝器.....华南工学院化学工程研究所化工热过程研究室 (319)
- 板翅式换热器传热数学模型的建立
-化学工业部第六设计院 浙江省科委设计院 北京石化总厂设计院 (323)
- 用吸附等温线算孔径分布的布洛霍夫方程.....纪柱 程耀华 李汉 赵巧珍 (331)

- 矿浆连续逆流离子交换塔研究.....北京铀选冶研究所(336)
- 低压聚乙烯高效催化剂的研究
-陈德安 曾金龙 许翩翩 万惠霖 陈慧玲 徐庆立 曹守镜 林瑞霞 叶文珠(342)
- 乙烯高效催化聚合.....中山大学高分子研究所第一研究室聚乙烯组
- 广州塑料厂 广州老化研究所聚乙烯组(351)
- 稀土异戊橡胶催化体系提高活性的研究.....吉林化工研究院(360)
- 聚丙烯络合型催化剂.....毛炳权(364)
- 聚胺-酰亚胺树脂的合成及其溶液的应用(摘要)
-蔡兴贤 江璐霞 谢美丽 蒋启泰 田增圻 张泽山 周伯宗 程兆修(369)
- 合纤及其混纺纤维用染料的研究 I. 用于锦纶染色的含 β -羟乙基砒硫酸酯基
- 活性分散染料.....大连工学院染料研究室(375)
- 三氟氯乙烯本体辐射聚合的研究(摘要).....刘钰铭 姜林宗(388)
- 减轻氯乙烯悬浮聚合过程中粘釜的研究(摘要)
-代湘波 黎书樨 陈武杨 张永宾 司业光(391)
- 聚合物溶液凝聚过程机理的探讨及应用(摘要).....虞乐舜(395)
- 羰基碘铈络合物与甲醇羰基化反应.....叶达恩等(399)
- 利用 ^{14}C 标记物对烯醛一步法合成异戊二烯反应的初步研究(摘要)
-张维轩 蔡运 李镇文 顾其顺(408)
- 大孔 γ -氧化铝制备和转鼓变压浸渍法的研究.....蒲仲英(414)
- 任丘减压柴油管式炉裂解制烯烃.....北京化工研究院一室(426)
- KBaY型分子筛——吸附分离与结晶动力学 研究.....施其宏(446)
- 邻二甲苯氧化制苯酚新型表面涂层催化剂
-北京化工研究院苯酚组 上海染化七厂(453)
- 轻烃混合裂解反应转化率产物分布等预计问题的探讨(摘要).....邹仁璧(466)
- D₈小球和新型分子筛甲苯歧化催化剂的研究(摘要)
-大连工学院基本有机化工教研室(468)
- 氨合成塔径向触媒层气流均匀分布的研究.....李有润 沈静珠(472)
- ZA-1型氨合成催化剂的研制(摘要).....浙江化工学院触媒组(484)
- 合成尿素新工艺——中压变换气气提联尿(摘要).....上海化工研究院(487)
- 栲胶法脱硫.....陈第绅等(489)
- 中温变换JP-2催化剂动力学研究
-吉林化肥厂触媒车间实验小组 吉林大学物化专业毕业实践小组(504)
- 氮肥增效剂——脒基硫脒合成的研究(摘要).....江西轻化所脒基硫脒专题组(514)
- 硝酸磷肥生产过程的研究(摘要).....陈靖宇 陈明磊(518)
- 金属阳极研究报告.....锦西化工研究院(522)
- 金属阳极电解槽在氯碱工业中应用.....刘信修等(529)
- 化学瓷基体二氧化铅电极的研制和应用.....天津化工研究院电极组(532)

综 合 报 告

(以报告先后为序)

液-液接触技术在化工类型生产中应用的展望

苏元复

(上海化工学院)

本题将讨论的液-液接触技术,其内容主要是在两种不完全互溶的液相之间所进行传质、传热和化学反应的过程。这里不讨论乳化和破乳等等,虽然液-液接触和把两液相再分离的技术与原理,也是可以应用到这类过程的。

由于这种技术和原理的发展历史,首先是从液-液萃取开始的,所以大量的科学研究和生产实践,首先针对着物质分离过程;但由于液-液萃取技术和理论的进展,很自然地逐渐应用到传热和化学反应过程。这是认识自然,改造自然的客观规律。本文讨论的虽然实际上就是萃取技术,但以液-液接触技术命题,可能更符合发展方向和前景。

(一) 液-液接触技术和设备

一、由于两种液体是不完全互溶的,可以分为两相,而这两相又必须有比重的差别,所以一定有分界面,静止时,轻相在上,重相在下。要使某种物质从一相传递到另一相,或者要使热量从一相传到另一相,或者要使两相中物质进行化学反应,一般必须通过下列三个步骤:

1. 把一相分散到另一相中,造成尽可能大的接触界面和湍流程度,以强化传递过程;
2. 把生成的混和体或分散体 (Dispersion) 维持一定时间,让传质、传热或化学反应进行,达到人们所希望的程度;
3. 让这个分散体尽快重新分离为两相,而且要尽量少相互夹带,以便回收产物和溶剂,或再重复进行下一次的接触,以提高效率。

这是当前最主要的方法,后面也要讨论一下不通过这样分散方法的接触技术。

为实现以上三个步骤的技术和设备,在表1中列举一些例子。所有这些设备,都是先把两相混和,让分散体维持一定时间,再把两相分离的不同方式。表1中还附带说明七十年代某些设备所具有的最大生产能力、直径和级数。

单靠重力差的设备效率不高,因为液-液两相的比重差不大,远远不及气液两相的比重差,这点就与蒸馏和气体吸收设备中的情况不同。所以要增进液-液两相的接触效果,往往需要外加能量,造成尽可能大的接触界面和湍流程度。因此,用机械或气力搅拌,以及应用比重力高达上万倍的离心力设备,用得日益广泛。此外,可以用电场、超声、激光等,以增进传递过程的效率,但它们的作用原理还远远没有搞清楚,加以实践经验又很不足。因而实际应用还得靠研究工作的深入开展。

单靠重力作用把一相分散在另一相中的最简单设备见图1中的喷淋塔,重相(例如为水溶液)从顶部喷洒在轻的油相中,经过塔的操作段后,水滴在底部凝聚,澄清的水相从塔底排出。油相从塔顶排出。这种设备一般仅适用于只需一级左右的接触过程,例如用于直接传热或不可逆的化学反应过程是合适的。因为这种设备,返混很严重,而且返混程度随塔径增大而增加。填充塔在蒸馏和吸收中是常用的,也是比较简单的液-液接触设备。正如上面说

表1 工业上液-液接触设备的类别^[1]

造成分散体的动力	微 分 接 触	逐 级 接 触
重 力 差	喷淋塔	筛板塔
机 械 搅 拌	填充塔	混和-澄清器 ($1600\text{m}^3\text{h}^{-1}$)
	转盘塔 ($200\text{m}^3\text{h}^{-1}$)	Lürgi塔 ($550\text{m}^3\text{h}^{-1}$)
	Oldshue-Rushton塔 ($136\text{m}^3\text{h}^{-1}$)	24~30级
	Graesser 接触器 ($22\text{m}^3\text{h}^{-1}$)	直径3~8m
往 复 脉 动 (液动或气动)	脉动筛板塔 ($125\text{m}^3\text{h}^{-1}$)	脉动混和澄清器
离 心 力	脉动填充塔	
	Podbielniak机 ($200\text{m}^3\text{h}^{-1}$)	Westfalia机
	3~10级	
	DeLaval 机 ($22\text{m}^3\text{h}^{-1}$)	Robatel机 ($6\text{m}^3\text{h}^{-1}$)

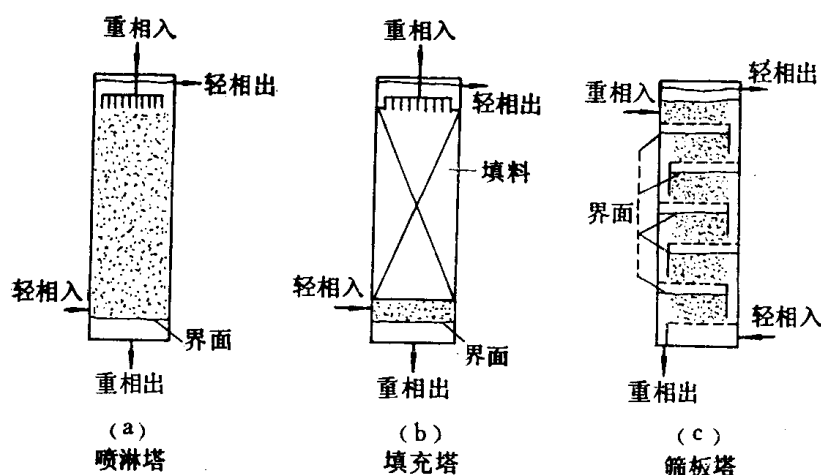


图1 单靠重力差使一相分散的液-液接触设备

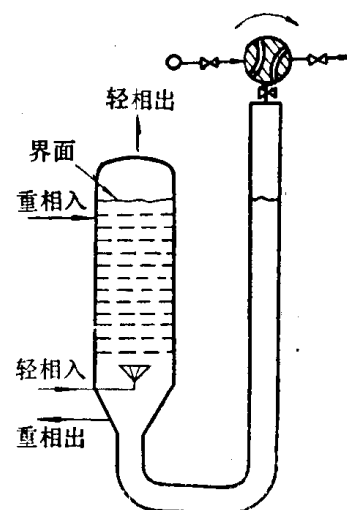


图2 靠压缩气体的脉动筛板塔

过的，两液相之间比重差比气液之间小得多，它的效率是不高的，一般可用于需要级数不多的萃取过程。简单的筛板塔属于逆流逐级接触式设备，在每一级中一相进行分散和凝聚。但也由于单靠重力作用，级效率一般是很小的。

为提高接触效率，施加能量于液-液分散体，使液体往复脉动，造成湍流流动，同时把液滴分散得更细，增大传递系数和相界面积。例如图2的脉动筛板塔是效率较高的接触设备。使液体脉动的方法有多种，例如，应用除去进出口阀的往复泵、用波纹风箱式往复运动装置等。图2所示是利用旋转阀使压缩气体压入和排出，造成自然频率的脉冲动作。这种设计可以减少能量的消耗。

图3示两种逆流微分接触的机械搅拌塔，这类逆流微分接触设备的沉降室（即澄清室）是在塔顶还是在塔底，主要由轻相还是重相为分散相而定。操作比较机动，放大也较有把握，所以往往用于大规模的生产中。搅拌应当适度，过甚的搅拌，不但多消耗了能量，而且会

造成太细的液滴，既影响了液滴的沉降速度，也不利于传递过程；尤其严重的是增加了返混程度，降低了塔的总效率。

图4是机械搅拌的混和-澄清器，由一混和器和一沉降器（又称澄清槽）组成一级。可设计为包括许多级的箱式设备，也可设计成圆筒形的大混和器和沉降池等等。现在，从铜矿浸取液中萃取铜的这类设备，可能是液-液接触设备中规模最大的。Lürigi塔是垂直式的多级混和-澄清器，大规模地用于芳烃等的萃取。

图5是Podbielniak离心接触设备。离心萃取机的特点是：两相在机内停留时间极短（< 1分钟），适宜于处理容易分解的物质的分离等；同时有机溶剂在机内的存量很小，例如处理 $>100\text{m}^3\text{h}^{-1}$ 总液相的设备，机内存量仅 1m^3 左右^[2]。

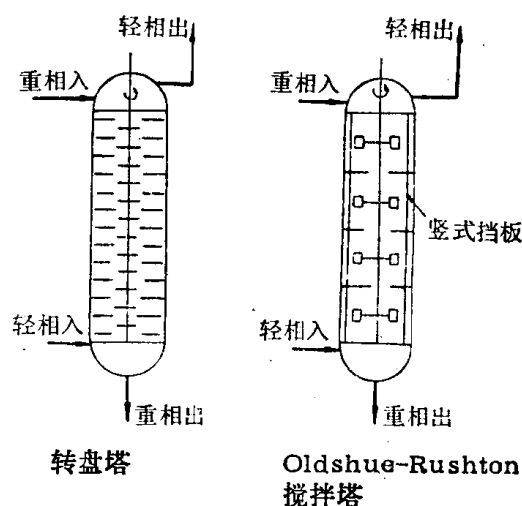


图3 机械搅拌塔

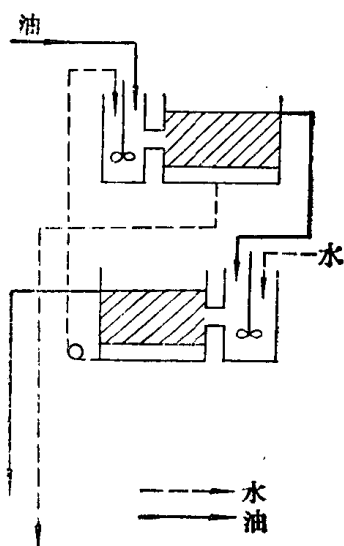


图4 机械搅拌的混和-澄清槽的示意图

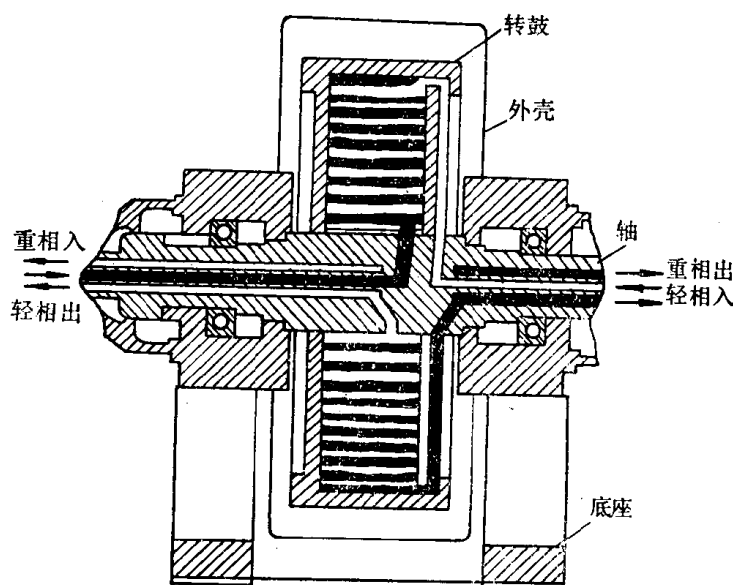


图5 Podbielniak离心萃取机

图6为Graesser接触器，应用较温和的分散方式。这种设备分成若干室；每室有许多翻斗装在横轴上，转动时，翻斗轮流把一相分散于另一相中。由于温和的分散方式，特别适用于易于乳化的体系，也可用于矿浆的萃取。

以上列举的设备的例子，不过是许多不同设计中一些有代表性的，一般可以处理大量的或较大的物料，而且比较常用的。这些设备都牵涉到前面所说的三个步骤：即分散，保持分散体停留一定时间进行传递过程，以及两相的分离和澄清。

表2示流动系统的操作变量对传递效率、澄清速率和两相互相夹带的影响。以混和-澄清器中进行质量传递为例，在恒定的流动状态下，进入系统的两相之比为O/A（即油相/水相的体积比），等于离开同一系统的O/A比。但有时为了提高效率，可以把在澄清器中已经

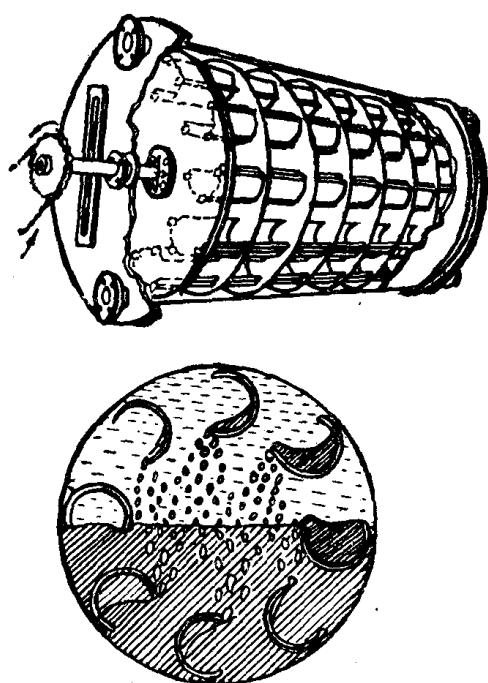
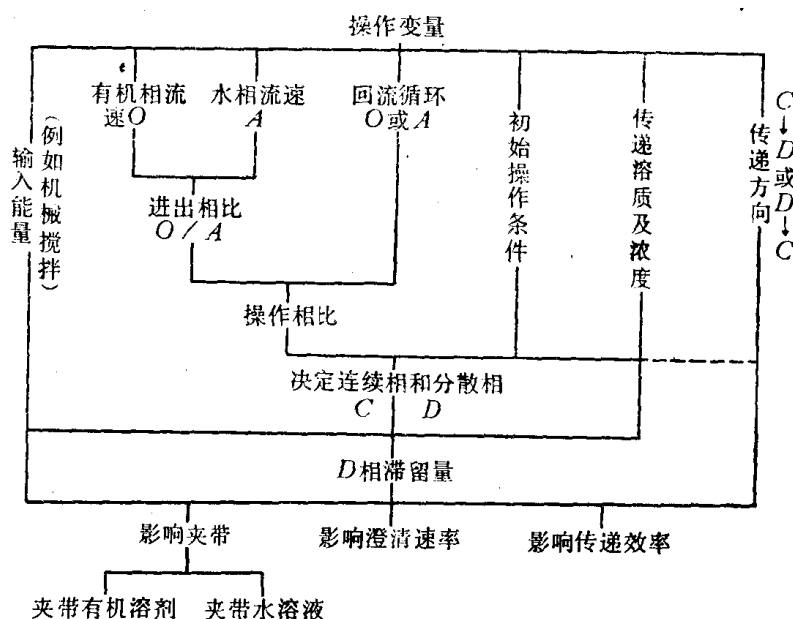


图6 Graesser接触器

澄清了的某一相再循环到混和器中,以改变操作时的相比。一般说来,操作时的O/A比很大时,油相(O)总是连续相;O/A比很小时,水相(A)总是连续相。但在一定的O/A比值的范围内,改变启动搅拌器的初始操作条件或方式,可以自由选择哪一相为连续相。同时,传递溶质的浓度,以及传递方向($C \rightarrow D$ 指溶质从连续相传到分散相, $D \rightarrow C$ 则相反),在一定范围内也对哪一相为连续相起决定作用。哪一相为连续相有时明显地影响传质速率,而且对以后两相分离或澄清的难易以及夹带有关。左面第一项是搅拌器输入能量的大小,一方面影响分散相的分散程度,即输入较大能量可以把分散相打成较细的液滴,增加了相界面积,也增加了分散相的滞留量(藏量);另一方面,过份强烈的搅拌会造成过细的液滴甚至乳化,反而降低了传质效率和澄清速率,并且增加了夹带。最右一项,即传递方向也往往影响传质速率和澄清的难易。总的说

来,通过多年来的实验研究和生产实践,液-液系统的操作变量对总的传递效率的影响是错综复杂的。因此,要解决其间的定量关系,还有待于深入研究。

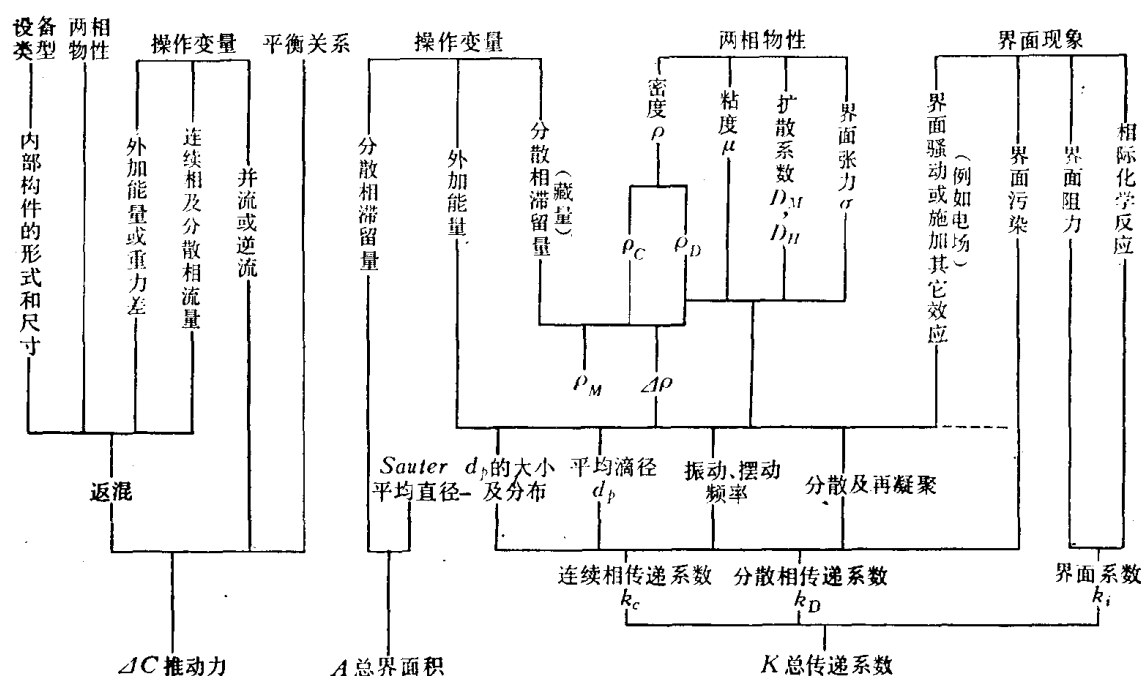
表2 流动系统的操作变量对传递和澄清速率以及两相夹带的影响



相际传质或传热速率,一般以下列三项的乘积表示:传质或传热系数(K 或 U) $\times$ 相界面积(A) $\times$ 推动力(ΔC 或 ΔT)。

表3罗列影响上述三项的各个主要因素。以传质为例加以讨论如次:操作变量、两相物性、界面现象都对分散成液滴的大小和行为起作用。从液滴大小分布的数据,可以求得Sauter平均直径(即表面积平均直径),再与分散相的滞留量(又称藏量)可计算单位体积分散

表 3 影响液-液接触设备中传递系数、相界面积和推动力的因素



体 (Dispersion) 的总界面积 A 。

与单靠重力作用相比, 外加能量 (例如搅拌) 可以把分散相分成更细的滴, 增加了界面面积, 也增进了湍流, 不但提高了 A , 又提高了 k_c 和 k_D 。但过分的搅拌, 会形成过细的液滴, 液滴行为就可能起质的变化。即本来由于两相的相对运动所产生的曳力, 液滴发生内循环, 但液滴过细就会没有内循环, 它的行为与刚性球体相似, 抑制了涡流扩散, 使传质只凭较慢的分子扩散进行。因此反而降低了分散相传递系数 k_D 。界面污染也足以抑制滴内环流, 改变相际流体力学现象, 也影响传递系数。图 7 示两种液-液系统, 分别有两种液滴大小分布曲线。左面的大多数液滴, 比有内环流的最小液滴还小, 所以大多数象刚性的球, k_D 就小; 而右面的平均直径虽然大得不多, 但大多数的液滴都有内循环, 因而 k_D 就较大。

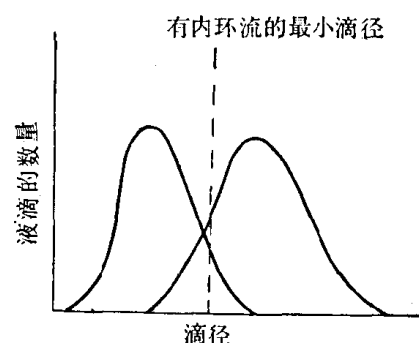


图 7 两种液滴直径大小分布曲线

液体物性、液滴大小和流动情况会使液滴作振动或摆动, 都会增进 k_D 和 k_c 。传递方向 (见表 2 的讨论中) 会影响滴与滴之间的凝聚或合并的频率。但界面污染有时会抑制液滴的振动和摆动, 也可能影响凝并与再分散频率。

相界面溶质浓度或温度的差异 (更正确地说, 是相界面的浓度或温度梯度), 产生界面的张力 σ 的局部变化, 因而引起界面骚动或界面湍流, 不但增进了传递系数 k_c 和 k_D , 也改变了界面面积。在相际间施加电场也会发生类似效应。

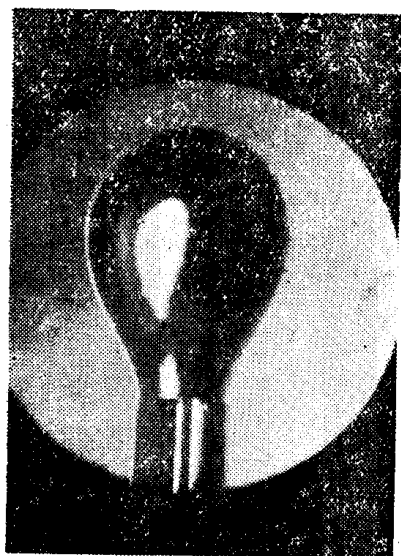
图 8 a 中液滴是煤油 + 0.037N 的苯甲酸, 刚从玻璃毛细管缓慢涌出, 周围是纯水。苯甲酸从油相传到水相, 液滴表面是光滑的, 周围可以看到浓度变化的边界层, 显然是分子扩散起主要作用的传质过程。

图 8 b 示缩醛液滴从管中出来的情况 (缩醛在水中的溶解度 (25°) 约 $4.6\text{g}(100\text{g 水})^{-1}$),

界面发生激烈的骚动，周围水的流型和浓度变化是紊乱的，表面也变得粗糙了。

图 8 c 示含 5 % 正丁醇的四氯化碳液滴从毛细管进入水相时，间歇地产生瞬时的进发现象。

图 8 d 示脱离了毛细管的液滴，仍然在其下降运动中有界面湍动或骚动。这三帧相片说明：不论在液滴从毛细管口形成以及脱离了管口在连续相中下降（或上升）的运动过程中都可能出现界面骚动现象，在液滴周围（甚至还在液滴内部）产生湍流增加了涡流扩散的作用，因而增大了 k_c 甚至还增加了 k_D 的值。这类相界面骚动现象在无污染系统中是相当普遍的（在吸收过程中气液界面也有同样现象）。



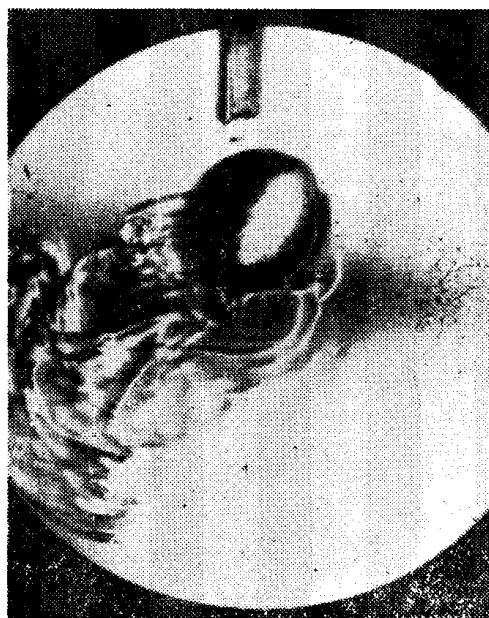
(a)



(b)



(c)



(d)

图 8 从毛细管口生成的液滴所发生的界面骚动现象

界面阻力有时由污染物质, 尤其吸附在相界面的高分子薄膜 (例如, 蛋白质薄层) 所造成; 也可以是界面附近进行较慢的化学反应的表现。界面阻力的倒数为 k_i , 即界面系数。 k_c 、 k_D 、 k_i 按串联阻力叠加原理综合为连续相总系数 K_c 即 (下式中 m 为分配系数)

$$K_c = \frac{1}{\frac{1}{k_c} + \frac{1}{mk_D} + \frac{1}{k_i}}$$

传质的推动力 ΔC , 不是简单的两相之间的浓度差, 而是两相间溶质浓度偏离平衡的程度。操作上, 逆流比并流的推动力要大。两相逆流且呈活塞流运动时最大, 相当于理想情况。设备中的平均推动力, 一般用进出口的 ΔC 的对数平均值计算。但在逐级设备中 ΔC 的变化肯定是阶梯式的, 若级与级之间没有严重夹带, 除级效率的影响外, 偏离理想的程度不大。在微分接触设备中, 逆流流动的两相, 由于返混的原因, 偏离理想的活塞流流动往往是很大的。返混使推动力显著下降, 设备的功能变坏。在大型塔器中, 设计或操作不当, 甚至有塔高的90%会由于返混而归于无效。影响返混程度的因素大致如表3中左面的几项。关于返混问题, 在最近二十年内已引起人们的重视而做了很多的工作, 但对逆流微分接触设备的放大方面, 有用的资料仍感不足。

从表3中的关系看来, 可知各种因素对 K 、 A 、 ΔC 三项的影响是相互影响而错综复杂的, 要准确预测传递系数(K 或 U)、相界面积和真实的推动力(ΔC 或 ΔT), 目前还不可能。然而, 从以上所介绍的实验和理论工作结果, 可以增加我们对这些问题的认识, 比较了解有关各因素的相对重要性, 以指导如何提高效率。最后还得提出一点, 即为了使传递速率达到最大值, 不应单独考虑三项中某一项的大小, 而应综合考虑三项的乘积为最大的问题。

二、除了前面把一种液体分散在另一种液体中的接触技术外, 近来有人提出另一类液-液接触技术, 就是两相都成连续相, 以并流或逆流方式在平面或曲面上作相对流动, 主要已有三种形式:

1. 在方形或圆形截面的塔中, 装有垂直的亲油平板和亲水平板, 交替排列, 距离尽量接近。塔顶和塔底分别作为重相 (例如水相) 和轻相 (例如油或其他有机溶剂) 的分布室, 同时也作为分离室。水溶液沿亲水的板面下降, 油类液体沿亲油的板面上升。因此, 这是连续的两相逆流流动的薄膜相互接触, 称为逆流平面接触器 (Transurface Contactor)^[3]。据说通量较其他单靠比重差的塔器为大 (约 $180 \sim 300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$), 设备放大也较简单, 不需大的澄清部分, 可以避免两相的相互夹带。

2. 在实验室的玻璃小塔中, 有人^[4]用棉纱和人造丝的纤维束作填充物。因为这种纤维是亲水的, 可以优先为水所润湿。因此, 水溶液进入塔内, 就围绕着纤维周边下降; 若油类溶剂是轻相, 则在纤维之间的空隙上升。这样的液-液接触方式, 没有分散相, 而有很大的接触面积, 液膜都很薄, 传递效率是很高的。例如, 用实验室的小塔作为萃取设备, 在乙酸乙酯-溶质-水系统分离咖啡因与菸酰胺, HETS (一个理论级的高度) $\approx 3 \text{ cm}$ 。用这个设备可以完全没有乳化问题, 而且操作时可以无须加以照顾。

3. 并流无分散相的接触技术^[5]: 用很多长纤维的纤维束 (例如 0.05 mm 的钢丝、玻璃丝、有机高分子纤维等), 装入圆管或圆筒中, 装得紧密些, 以避免沟流。圆管或圆筒可以横放或竖立。由于一个液相能优先润湿纤维表面, 同时还由于界面张力的作用, 能够紧贴在纤维的曲面上。另一液相被强制流过纤维间的微细空隙, 由于它的曳力, 把紧贴在纤维表面的液相跟它一起流动, 因而经常引起表面更新。

因为纤维与纤维之间距离极小，界面积很大，而且液体不断有表面更新，传递效率就很大。因为没有一种液体是分散的，澄清槽可以设计得很小，仍可避免相互夹带或乳化。

这种设备不但可用于液-液接触，也可用于气-液接触。传统的液-液接触设备，可以处理的相比，至多是5~20，而这种新的形式可以达到10~500（气液系统的相比可以高达100~5000）。

据报道^[5]这种设备已在工业上应用。例如图9，用NaOH水溶液洗涤裂化轻油，以除去其中的有机酸和硫醇等杂质，单个设备可达到12,500桶/日的处理量。分离后，轻油中夹带的NaOH溶液，可从原来的40~80ppm降低到<1ppm。此外，此法还可用于NaOH处理粗汽油（例如脱酚），以及用酸（如用 H_2SO_4 ）萃取甲苯中的二乙胺；也可应用这种接触设备进行其他化学反应，例如，用90%以上的 H_2SO_4 使饱和及不饱和脂肪烃的混合物进行烷基化反应，即在约7.5mm ϕ 的不锈钢管中装入约160,000根约300mm长的玻璃纤维，98%浓度的 H_2SO_4 附着纤维表面，以12比1的异戊烷和异戊烯的混合物在纤维间的空隙中流动，由于发生反应热，不锈钢管外壁用0℃的冷却剂冷却，使反应管中烷基化的温度保持在11℃左右，烷烃和烯烃的混合物带动附着在纤维表面的硫酸向前流动，按流速的大小，转化率可从50%到98%左右。在烷基化过程中，烯烃和烷烃大概先扩散通过界面传入浓硫酸中，发生化学反应，产品再扩散回到油相。

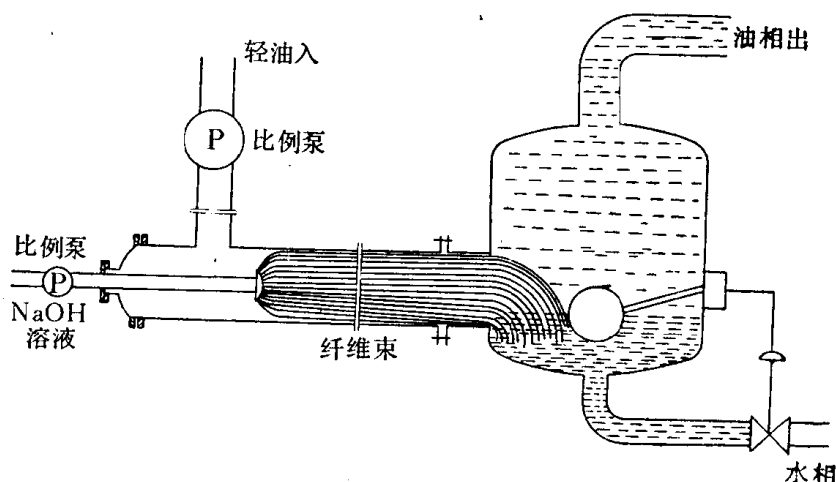


图9 纤维束液-液接触设备
(U.S. Pat. 3,758,404)

此技术的其他应用，可能为用 SO_3 以进行芳烃的磺化；也可以用含有螯合剂的有机溶液从排放的水中除去微量金属等等。

（二）液-液接触技术在物质分离方面的应用

一、液-液萃取现在已成为一类重要分离过程，应用的广泛程度，可能仅次于蒸馏和吸收

1. 液-液萃取首先大规模用于石油工业，各种石油馏分和产品，有许多均用液-液萃取除去一些有害物质，以提高各类产品的质量，或者把一种馏分分离为几种产品。例如，用糠醛或酚精制润滑油，以得到优良的润滑性能，生产规模很大，单个设备（如转盘塔）每年可达数十万吨的生产能力。

石油馏分的催化重整，可以适应苯、甲苯、二甲苯等的不断增长的需要；但在重整以

后,必需把芳烃与烷烃等分离开来,再按挥发度的不同分离为高纯度的苯、甲苯、二甲苯等。自从早期用二甘醇的Udex萃取过程成功以来,进而应用比二甘醇更好的溶剂,如三甘醇、四甘醇、N-吡咯烷酮、二甲亚砷、N-甲酰吗啉、1,1-二氧四氢化噻吩、氨基甲酸甲酯等。这些溶剂对芳烃的选择性和载容量、化学稳定性等,是衡量它们的优劣准则^[6]。由于各种芳烃在工业上的重要性,萃取规模很大,例如西德使用的Lürgi塔直径可达8m。萃取在石油和石油化学工业中的应用极为广泛,以上仅是两个例子而已。

2. 在原子能工业中应用萃取技术,是从四十年代发展起来的。首先是从含铀、钍矿物的浸取液中提取铀、钍化合物,但要作为核燃料还需用萃取法加以纯化。由于富矿逐渐稀少,处理的矿石和浸取液是大量的。嗣后又发展到废核燃料的“后处理”,以回收未裂变的铀和生成的钚,以及分离裂变产物。放射性同位素的分离、提纯也是萃取的应用领域。

3. 在湿法冶金中,萃取的应用代替了很繁复的分级结晶法以分离钽和铌、锆和铪,及性质极为相似的稀土元素;现在并已推广到过渡金属Ni、CO、Fe,以及W、Mo、Cr等和贵金属,甚至B、Be、Mg、Zn、Cu和Li、Cs、Rb等等。工业上和实验室中可以有效地用萃取法分离的元素,在一百多种元素中已有九十余种之多^[7]。随着萃取剂的设计和合成,发展前途很难预料。目前富矿逐渐用尽,可利用的金属矿的成分愈来愈低,因此必须用更有效的手段进行提炼,萃取和离子交换等方法,将会日益得到广泛应用。目前从铜矿的浸取液(不论酸性或碱性的)中用萃取法提取金属,所用的混和-澄清器,可能是工业上最大的。

4. 当前石油和天然气的使用,几乎已达到顶点,把煤再加工作为更好的燃料就成为迫切要求,在多方探索更先进的技术中,溶剂提炼法(Solvent Refining Coal)也有其发展前景。

5. 一般有机化学工业及医药工业中,例如醋酸的提浓及回收,从煤焦油或石油焦油中分离各种有用组分,从植物油中分离高度不饱和甘油酯或脂肪酸等等;在医药工业中,往往需要从大量稀溶液中提取有用组分,例如从麻黄草浸取液中用芳烃一类溶剂提取麻黄素,从大量发酵液中提取青霉素,从鱼肝中提取维生素A和D等等;萃取法都是很有效的手段。

6. 无机工业中萃取的应用也逐渐发展。例如,从电炉法制造黄磷,经氧化、吸收制取高纯度磷酸的工厂,几乎都已改成湿法,即先用硫酸、盐酸或硝酸分解磷矿石,继用溶剂萃取加以精制。氢氟酸的浓缩、从不锈钢酸洗液中回收硝酸和氢氟酸、过氧化氢的提浓等,也都成功地应用了萃取过程。

7. 海水淡化。在六十年代中叶有人报导^[8]:利用叔胺($\text{CH}_3\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 和 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 的混合物)在不同温度下溶解水量的差异,可在20°C及52°C时分别进行萃取和反萃取,使水中总固体含量从5000ppm下降到300ppm;应用多级萃取设备及废汽加热,曾建立日产2000英加仑(约10m³)的中间厂。又在七十年代初,P.Barton等报导^[9],用含C₁₁~C₁₂的烷烃为溶剂,在340°C及177大气压下与海水接触一次,就能把海水分为饱和卤水及饮用水(其中所含的烷烃仅12ppm,若需进一步纯化,可使通过活性炭层除去之)。

8. 废水处理。萃取分离过程,可以从极稀的水溶液中提取或除去少量的阳离子或阴离子,也可以除去有害的有机杂质。因此,是一种处理工业废水(如电镀厂或有机合成工厂所排放的)的有效方法。例如,英国河流局对工业废水的管理条例,使排放污水的企业单位只有二条路线可循:一是改进生产过程,不再放出废水;但若不能做到时,往往可用溶剂萃取法以除去有害物质^[10]。

二、用液化气体作萃取溶剂的分离过程 以上所叙述的许多萃取系统,两相在常温下大