

化工工人技术理论培训教材



萃 取

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

TQ028
19

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

萃取/化学工业部人事教育司,化学工业部教育培训中心组织编写.-北京:化学工业出版社,1997

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1754-5

I. 萃… I. ①化… ②化… III. 化合物-分离-萃取-技术培训-教材 N. TQ028

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12745 号

萃 取

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑:刘俊之

责任校对:顾淑云

封面设计:于 兵

化学工业出版社出版发行

(北京朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市通县京华印刷厂印刷

北京市通县京华装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 1% 字数 43 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数:1—4000

ISBN 7-5025-1754-5/G · 442

定 价:3.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划 and 教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》

和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册:《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应(一)》、《有机化学反应(二)》、《有机化学反应(三)》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册:《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表(一)》、《化工分析仪表(二)》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册:《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册:《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册:《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机

应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心
1996年3月

内 容 提 要

本书系化学工业部人事教育司、化学工业部教育培训中心组织编写的《化工工人技术理论培训教材》中的萃取部分,主要包括三个单元。1. 萃取溶剂的选择,介绍液-液萃取的基本概念和溶剂的选择;2. 萃取流程和计算,主要介绍三角形相图、单级萃取流程的计算以及多级萃取流程的计算概述;3. 常用的萃取操作方法,介绍了萃取操作步骤和常用的萃取设备。适合化工行业的工人和技术人员阅读。

目 录

萃取溶剂的选择 (有 009)	1
第一节 液-液萃取的基本概念	2
第二节 溶剂的选择	3
萃取流程和计算 (有 010)	6
第一节 常见的萃取操作流程	7
第二节 三角形相图	10
第三节 单级萃取流程的计算	17
第四节 多级萃取流程的计算概述	23
常用的萃取操作方法 (有 011)	32
第一节 萃取操作步骤介绍	33
第二节 常用的萃取设备	34

萃取溶剂的选择 (有 009)

上海氯碱化工公司教育培训中心 王健康编

第一节 液-液萃取的基本概念

液-液萃取是分离液体混合物的单元操作之一。它是将选定的溶剂加到混合液中,因混合液各组分在溶剂中的溶解度各不相同,从而达到混合物分离的目的。例如,在煤气厂和某些化工厂的废水中,含有苯酚需要回收,这样,一方面可以回收有用的化工原料——苯酚,更重要的是防止苯酚对环境的污染。为此,我们可以采取萃取的方法将适当的溶剂,如苯加入到废水中,使它们充分地混合接触,由于苯酚在苯中的溶解度比在水中大,大部分苯酚就从水相转移到苯相中,再将水相和苯相分离,并进一步回收溶剂苯,这样就达到了回收苯酚的目的。这种利用溶剂对欲分离的组分具有较大的溶解能力,溶质通过扩散作用转移到溶剂中,从而达到分离的目的过程属物理过程,称为物理萃取。假如是由于化学作用,溶剂选择地与溶质化合或络合,从而帮助溶质重新分配,达到分离目的的过程则称为化学萃取。化学萃取主要用于金属分离,而物理萃取则在化工生产尤其是在石油化工中具有广泛的应用。以下讨论的是物理萃取。

在萃取操作中,通常混合液中被萃取的物质称为溶质(如上例中的苯酚),其余部分称为原溶剂(如上例中的水),而加入的第三组分(如苯)称为溶剂或萃取剂。所取萃取剂的基本条件应对混合物中的溶质有尽可能大的溶解度而与原溶剂则互不相溶或部分互溶。因此,当溶剂和混合液混合后成为两相,其中一个以萃取剂为主(溶有溶质)的称为萃取相,另一个以原溶剂为主(有少量萃取剂和溶质的)称为萃余相,设法(如用蒸馏等方法)除去萃取相中的溶剂后得到的液体称为萃取液或溶质,同样,除去溶剂后的萃余相称为萃余液。

萃取操作的进行,取决于混合物中溶质向溶剂的传递,故属于传质操作。液-液萃取的基本依据是溶质在萃取相和萃余相中的不同分配,平衡时的分配是分析萃取过程的基础。

当溶剂加入混合物中,可能出现如下三个系统:①溶剂和原溶剂互不相溶,与溶质完全互溶,产生一对部分互溶的液相;②溶剂和原溶剂部分互溶,与溶质完全互溶,产生一对部分互溶的液相;③溶剂的加入

导致生成两对或三对部分互溶的液相。类型①和②在萃取中更为重要。

由于溶剂的加入,产生新的液相,溶质重新在两相中分配,今以 A 表示溶质,为易溶组分,B 表示原溶剂,为难溶组分,在萃取相中 A、B 两组分浓度之比 y_A/y_B 必大于萃余相内 A、B 两组分的浓度之比,即:

$$y_A/y_B > x_A/x_B$$

通过萃取的操作,可使原混合物中 A、B 两组分得到某种程度的增浓或分离。所谓液-液萃取就是利用液体混合物各组分在溶剂中溶解度的差异而实现分离的方法。

第二节 溶剂的选择

萃取溶剂的选择是萃取操作的关键,它直接影响到萃取操作能否进行,对萃取产品的产量、质量和过程的经济性也有重要的影响。因此,当准备采用萃取操作时,首要的问题,就是萃取溶剂的选择。一个溶剂要能用于萃取操作,首要的条件是它与料液混合后,要能分成两个液相,但要选择一个经济有效的溶剂,还必须从以下几个方面作分析、比较。

一、溶剂的选择性系数

为了更好地说明一个溶剂的萃取分离特征,就要综合考虑溶剂对溶质和原溶剂的溶解度,比较通用的参数叫做溶剂的选择性系数 β ,表示为:

$$\beta = \frac{(y_{AE}/y_{BE})}{(y_{AG}/y_{BG})} = \frac{k_A}{k_B}$$

式中 y_{AE}/y_{BE} ——是萃取相 E 中溶质(A)和原溶剂(B)的浓度比;

y_{AG}/y_{BG} ——是萃余相 G 中溶质(A)和原溶剂(B)的浓度比;

k_A ——溶质(A)的分配系数;

k_B ——原溶剂(B)的分配系数。

选择性系数 β 是溶质(A)和原溶剂(B)分别在萃取相 E 和萃余相 G 中的分配系数的比值。

当 $\beta > 1$, 即 $k_A > k_B$, 萃取操作能够实现, β 越大, 分离操作越容易。

当 $\beta < 1$, 即 $k_B > k_A$, 萃取操作也能够实现, 只是萃取分离出来的是

原溶剂(B),而不是溶质(A)。

若 $\beta=1$, 即 $k_A=k_B$, 即萃取相和萃余相脱去溶剂后, 得到的萃取液和萃余液有相同的组成, 并和原溶液一样, 也就不可能进行萃取分离。

从溶剂的选择性系数考虑, 要选择 β 值较大的溶剂, 使萃取操作容易实现。

二、溶解度

对于只形成一对部分互溶的液相系统(上节类型②), 溶剂 S 与原溶剂 B 的溶解度小, 可以达到高的选择性。对于形成两对部分互溶液相的系统(上节类型③), 此时 S 与 B 的溶解度仍越小越有利。而溶质 A 与原溶剂 B 的溶解度需要适当。虽然它们的溶解度小对分离有利, 但溶解度小就是单位重量溶剂能溶解的溶质量小, 因此需要的溶剂量就要大, 不利于萃取操作。在选择性与溶剂耗用量之间必须进行分析比较, 定出适当量。例如石油工业中重整油用含水的二乙二醇醚作为溶剂萃取芳烃时, 在二乙二醇醚中加入适量的水可以增大选择性, 但它对芳烃的溶解度有些影响, 所以必须选择一个恰当的含水量(通常 5%~8%), 使选择性有较大的提高, 而溶解度减少较少, 溶剂用量增加不多, 以达到最经济、有效的萃取分离。此外还可以通过改变温度来达到上述的效果。

三、影响两液相分层的性质

溶剂和料液要有较大的密度差, 以有利于两液相的分层; 此外萃取设备还可达到较大的生产能力。

有恰当的相界面张力 σ , 一般 σ 大, 可以防止生成很难分层的稳定乳化液, 加速分层。但 σ 过大, 会使两相接触变差, 有碍传质。在确保两相能分层的前提下, σ 适当小些是可行的。有人建议, 将溶剂和料液加入分液漏斗中, 经充分剧烈摇动后, 两液相最多在 5min 以内要能分层, 以此作为溶剂界面张力 σ 适当与否的大致判别标准。

四、影响溶剂回收的性质

溶剂在萃取过程中循环使用, 所以在生产中要考虑溶剂的回收。通常多用蒸馏、蒸发等方法回收。如用蒸馏回收, 溶剂与产品的沸点差较大时, 溶剂的回收就较容易, 但溶剂的沸点过高, 回收成本高; 溶剂沸点

过低,则回收需在高压下进行,也导致回收成本高,所以溶剂和产品的沸点差要选择适当。

若汽化的是溶剂,还要求汽化潜热和比热容要小。

五、萃取剂的化学性能

溶剂应有较高的化学稳定性和较低的腐蚀性、无毒、不易燃、粘度小、热稳定性高等。

另外,溶剂的来源应充分,而且价格较低,否则尽管具备其他良好的性能也往往不能选用。

一般来说,一种萃取剂要满足上述所有的要求是不大可能的,选择时要结合生产实际情况,抓住主要矛盾,合理地予以解决。

萃取流程和计算

(有 010)

上海氯碱化工公司教育培训中心 王健康编

第一节 常见的萃取操作流程

根据料液和溶剂的接触情况,萃取操作流程可分为单级接触过程、多级错流接触过程、多级逆流接触过程,以及有回流的逆流接触过程等,现简介如下。

一、单级接触过程

使料液和全部溶剂在一级萃取中进行接触分离,如图 1-1 所示。它可以按连续方式操作,也可以按间歇方式操作。

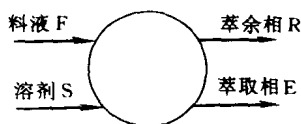


图 1-1 单级萃取过程

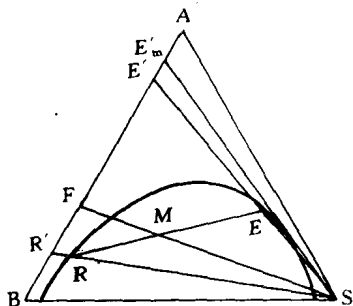


图 1-2 三角形相图

单级接触过程可以清楚地三角形相图(详见下节内容,见图1-2)中表明:料液(图中用 F 点表示)与溶剂(S)混合得到混合液 M ,按照杠杆规则, M 点必在 FS 直线上并且满足:

$$\frac{FM}{MS} = \frac{S}{F}$$

式中 S ——溶剂的量,kg;

F ——料液的量,kg。

因 M 位于两相区中,必然要分离成两相,若接触十分充分,分离又很完善,分离得到的两相处于平衡状态,这样的萃取级我们称为平衡级。分离得到的萃取相 E 和萃余相 R 是一对平衡共存相,位于经过 M 点的连结线两端点 E 和 R ,此两相的量也可按杠杆规则求得,即:

$$\frac{RM}{ME} = \frac{E}{R}$$

式中 E ——萃取相的量, kg;

R ——萃余相的量, kg。

$$R + E = F + S$$

为回收溶剂得到产品, 需要将萃取相和萃余相分别分离溶剂, 得到的萃取液(E')和萃余液(R')。 E' 和 R' 的位置是 $\overline{SE}$ 和 $\overline{SR}$ 的延长与 AB 的交点确定的。两液量也可按杠杆规则求取:

$$\frac{\overline{R'F}}{\overline{FE'}} = \frac{E'}{R'}$$

式中 E' ——萃取液的量, kg;

R' ——萃余液的量, kg。

$$E' + R' = F$$

单级萃取过程最简单, 但达不到高的分离程度, 最大的萃取液浓度也只能达到 E'_m (由 S 点作溶解度曲线的切线的延长线交于 $\overline{AB}$ 边而得)。萃取剂的相对用量也大, 工业上较少采用。

二、多级错流接触流程

由单级接触式萃取器中所得到的萃余相中, 往往还含有较多的溶质, 为了进一步萃取, 即将若干个单级接触萃取器串联使用, 并在每一级中加入新鲜的萃取剂。图 1-3 所示为 n 级错流接触萃取流程示意。在操作时, 原料液 F 由第一级引入, 每一级均加入新鲜的萃取剂 S , 由第一级所得的萃余相 R_1 引入到第二级萃取器中, 在萃取器 2 中第一级的萃余相 R_1 与新鲜的萃取剂 S 相接触, 再次进行萃取, 由第二级萃取器所得的萃余相 R_2 , 可再引入第三级萃取器继续与新鲜的萃取剂相接触, 继续进行萃取, 如此直到所需的第 n 级萃取器, 使最后一级引出的萃余相中所含溶质的浓度降低到预定的生产要求。

由图 1-3 看出萃余相 $R_1, R_2 \cdots R_n$ 是逐次通过各级直到 n 级排出, 必要时可将 R_n 送入溶剂回收设备回收溶剂。而由各级所得的萃取相 $E_1, E_2, \cdots E_n$ 则分别排出, 萃取相含有大量萃取剂, 故可将各级所排出的萃取相 E 汇集在一起, 送入回收设备, 以回收萃取剂。

在这种多级错流接触式萃取中, 由于各级均加入新鲜的萃取剂, 一方面有利于降低最后萃余相中溶质的浓度, 而得到高级的萃取效果, 但

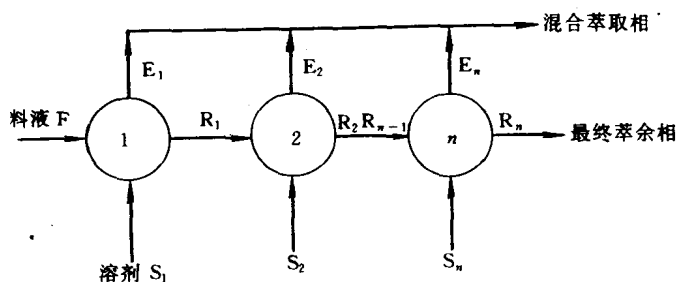


图 1-3 多级错流接触过程示意图

另一方面萃取剂需用量增多,使其回收和输送消耗能量大,故这一流程在工业的应用上受到限制。只有当物系的分配系数甚大,或萃取剂为水而无需回收等情况下较为适用。

三、多级逆流接触萃取

多级逆流接触式萃取,是指被萃取的原料液 F 和所用的萃取剂 S 以相反方向流过各级,如图 1-4 所示。原料液由第一级加入萃取器,逐

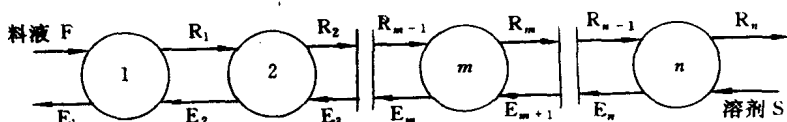


图 1-4 多级逆流接触过程

次通过第二、第三……各级,最后萃余相 R_n 由末级 n 排出。而萃取剂 S 则开始先送入第 n 级,由该级所产生的萃取相 E_n 与原料液以相反的流向,流经第 $n-1$ 、……第三、第二、第一各级,最后由第一级排出。在进入第 n 级的萃余相 R_{n-1} 中的溶质 A 的浓度已很低,但由于与新萃取剂接触,仍具有一定的推动力,故可继续进行萃取以使萃余相 R_{n-1} 中溶

质 A 的含量进一步降低。同时进入第一级的萃取相 E_2 。虽然其中所含溶质 A 浓度已较高,但在第一级中与溶质 A 最高的原料液 F 相接触,所以萃取相中溶质 A 的浓度在第一级中还可以进一步提高。这种多级逆流接触式的操作效果好,具有消耗萃取剂量并不多的优点,在工业上应用最为广泛。

第二节 三角形相图

在萃取过程中至少要涉及到三个组分,即溶质 A、原溶剂 B 和萃取剂 S,对于这种较为简单的三元物系,若所选择的萃取剂和原溶剂两相互不相溶或基本上不溶,则萃取相和萃余相中都只含有两个组分,其平衡关系就类似于吸收操作中的溶解度曲线,可在直角坐标上标绘。但若萃取剂和原溶剂部分互溶,于是萃取相和萃余相中都含有三个组分。此时,为了既可以表示出被萃取组分在两相间的平衡分配关系,又可以表示出萃取剂和原溶剂两相的相对数量关系和互溶状况,通常采用三角形坐标图表示其平衡关系,即三角形相图。

一、三角形相图

三角形相图可分为正三角形和直角三角形两种。溶液的组成通常用质量分率或质量百分率表示。三元物系组成,如图 2-1 所示,在三角形相图中,三个顶点分别为三个纯组分。习惯上将溶质 A 置于正三角形的顶点,原溶剂 B 置于左下角,溶剂则置于右下角。三角形边等分 100 格,边上任意一点代表二元混合物的组成,如图 2-1(a)中 E 点含 A 为 50%,B 为 50%;在三角形相图中任何一点代表由 A、B、S 三组分组成的混合液,如图 2-1 中 M 点,分别作三条边的平行线 DE、FK 和 GH,因与 BS 平行的 DE 上所有的点组成均为含 40%A,同理,在 FK 线上含 20%S;在 HG 线上均含 40%B,故 M 的组成为

$$x_{w,A} = \overline{BE} = 40\%$$

$$x_{w,B} = \overline{SG} = 40\%$$

$$x_{w,S} = \overline{AK} = 20\%$$

$$x_{w,A} + x_{w,B} + x_{w,S} = 0.4 + 0.4 + 0.2 = 1.0$$