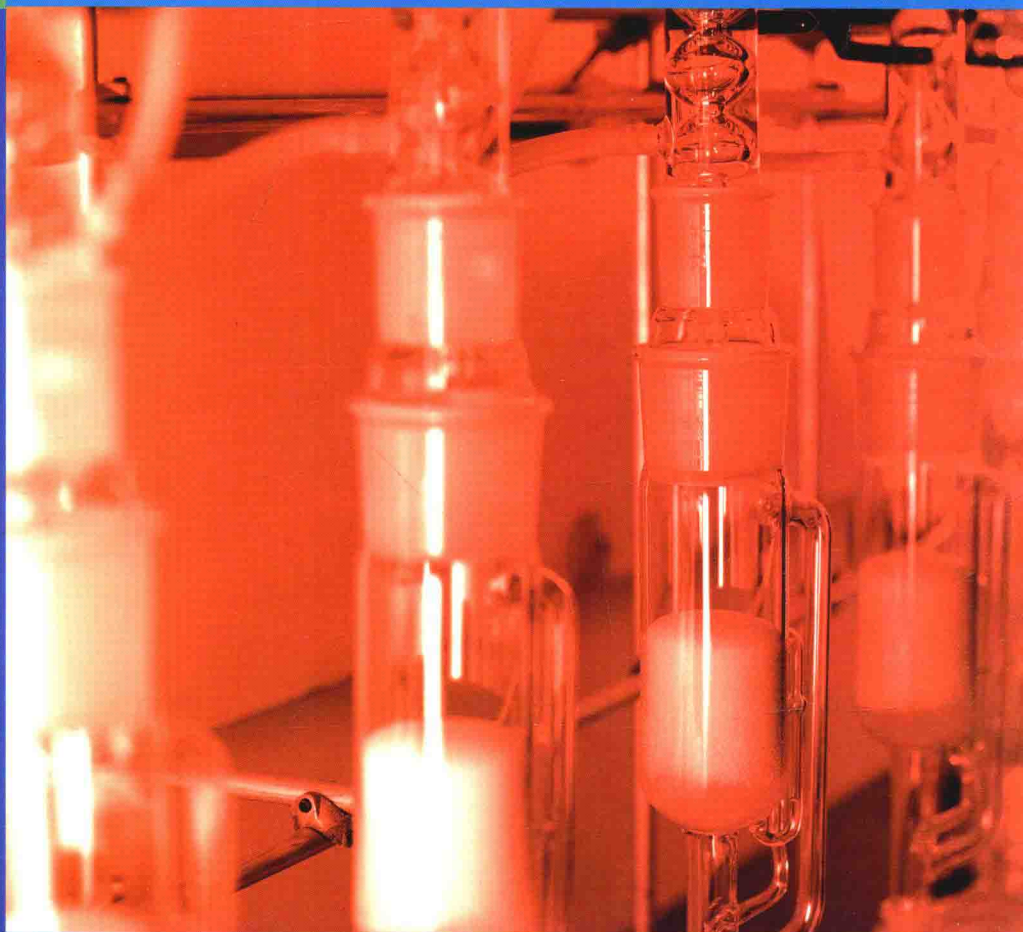




化工分离 技术

© 康彦芳 主编



中央广播电视大学出版社

化工分离技术

康彦芳 主编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

化工分离技术/康彦芳主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2014. 1
ISBN 978 - 7 - 304 - 05788 - 6

I. ①化… II. ①康… III. ①化工过程—分离
IV. ①TQ028

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 008734 号

版权所有, 翻印必究。

化工分离技术

HUAGONG FENLI JISHU
康彦芳 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社
电话: 营销中心 010 - 58840200 总编室 010 - 68182524
网址: <http://www.crtvup.com.cn>
地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039
经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 李永强	责任校对: 王 亚
责任编辑: 邹伯夏	责任印制: 赵联生
印刷: 北京博图彩色印刷有限公司	印数: 0001 ~ 2000
版本: 2014 年 1 月第 1 版	2014 年 1 月第 1 次印刷
开本: 787 × 1092 1/16	印张: 12.5 字数: 279 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 05788 - 6
定价: 22.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前言

“分离”是研究物质分离、富集和纯化的一门学科，与化工领域相关的学科都离不开分离技术，许多学科的发展在不同程度上也依赖于分离技术的进步。随着我国经济与科学技术的快速发展，分离技术也得到了飞速的发展，其在科学研究和工农业生产中扮演的角色越来越重要。

本书共6章。第1章主要介绍了化工分离技术的发展历史及应用领域、分离科学的内涵、研究内容及其重要性、分离方法的分类、评价指标、分离技术发展的新特点等。第2章讲述了结晶技术，包括结晶的原理、操作、设备等。第3章讲述了液液萃取(溶剂萃取)、浸取、胶团萃取、双水相萃取、超临界流体萃取、固相萃取、溶剂微胶囊萃取等多种萃取技术。第4章讲述了膜分离技术，包括反渗透、超滤、纳滤、电渗析、气体膜分离、液膜分离、膜蒸馏等。第5章介绍了色谱分离技术，包括薄层色谱、柱色谱、气相色谱和超临界流体色谱。第6章介绍了其他分离技术，包括吸附分离、离子交换分离、生物分离技术等，还讲述了工业生产中如何选择分离过程。

本书由天津渤海职业技术学院康彦芳副教授(高级工程师)主编，参加编写的还有天津渤海职业技术学院李响讲师和孙娜讲师。其中第1章由孙娜编写，第2章至第5章由康彦芳编写，第6章由李响编写，实践环节由李响和孙娜共同编写。本书由天津渤海职业技术学院于淑萍教授统一审稿核定。

本书可作为化工专业专科生使用的教材，也可作为从事化工工作的科技人员的参考用书。

在本书的编写过程中，国家开放大学、天津广播电视大学、天津渤海职业技术学院以及天津渤海职业技术学院生物工程系、广播电视大学办公室的各位领导都给予了极大的支持和帮助，还有给了我们极大帮助的几本参考用书的作者，在此向各位表示衷心的感谢！

由于时间仓促、编者水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，衷心希望广大同仁提出宝贵意见，批评指正。

编者

2013年10月

1 绪 论	1
1.1 化工分离技术的发展历史及应用领域	1
1.1.1 化工分离技术的发展历史	1
1.1.2 化工分离技术的应用领域	2
1.2 分离科学的内涵	3
1.2.1 分离的形式	3
1.2.2 与分离相关的概念	4
1.2.3 分离的目的	5
1.2.4 分离技术的特点	6
1.3 分离科学的研究内容及其重要性	6
1.3.1 分离科学的研究内容	6
1.3.2 分离科学的重要性	7
1.4 分离方法的分类	8
1.4.1 按待分离物质的性质来分类	8
1.4.2 按分离过程的原理分类	9
1.5 分离方法的评价指标	12
1.6 分离技术发展的新特点	13
本章小结	14
思考与练习	15
2 结晶技术	16
2.1 结晶过程及分类	16
2.1.1 结晶过程	16
2.1.2 结晶过程的分类	17
2.2 结晶的原理	20
2.2.1 结晶的基本理论	20



2.2.2	结晶过程的相平衡	21
2.2.3	结晶动力学	24
2.2.4	晶习及产品处理	27
2.3	结晶操作控制	28
2.4	工业结晶设备	31
2.4.1	不移除溶剂的结晶设备(冷却结晶器)	31
2.4.2	移除部分溶剂的结晶设备	32
2.5	结晶过程的物料衡算与热量衡算	34
2.5.1	结晶过程的物料衡算	34
2.5.2	物料衡算式的应用以及热量衡算	35
2.6	其他结晶方法简介	36
2.6.1	熔融结晶	36
2.6.2	沉淀结晶	37
2.6.3	升华结晶	37
	本章小结	37
	思考与练习	38
3	萃取技术	39
3.1	液液萃取技术(溶剂萃取)	40
3.1.1	液液萃取的原理	41
3.1.2	液液萃取的相平衡	42
3.1.3	液液萃取操作	44
3.1.4	液液萃取操作的工艺流程	45
3.1.5	萃取操作对萃取剂的基本要求	46
3.1.6	萃取体系的分类	47
3.1.7	影响液液萃取的因素	50
3.1.8	液液萃取新技术	52
3.2	浸取技术	55
3.2.1	浸取的原理	55
3.2.2	影响浸取的主要因素	55
3.3	胶团萃取技术	56
3.3.1	胶团形成过程	56
3.3.2	胶团萃取的基本原理	57
3.3.3	影响反胶团萃取的主要因素	58

3.4	双水相萃取技术	60
3.4.1	双水相体系及其萃取原理	60
3.4.2	影响双水相萃取的主要因素	63
3.4.3	双水相萃取技术的优势	64
3.4.4	双水相萃取技术在工业上的应用	65
3.5	超临界流体萃取	66
3.5.1	超临界流体萃取的基本原理	66
3.5.2	超临界流体萃取的工艺流程与设备	68
3.5.3	影响超临界流体萃取的因素	70
3.5.4	超临界流体萃取技术的工业应用	71
3.5.5	超临界流体萃取与其他分离联用技术	73
3.6	固相萃取技术	74
3.6.1	固相萃取的基本原理与分类	74
3.6.2	固相萃取技术的应用领域	75
3.6.3	固相微萃取	75
3.7	溶剂微胶囊萃取技术	76
3.7.1	溶剂微胶囊的制备方法	76
3.7.2	溶剂微胶囊萃取技术的优点及应用	77
	本章小结	78
	思考与练习	78
4	膜分离技术	80
4.1	膜分离的基本知识	80
4.1.1	膜分离技术的特点	81
4.1.2	几种主要的膜分离过程	81
4.1.3	膜及膜组件	83
4.1.4	膜分离的操作参数	87
4.1.5	影响膜分离的主要因素	88
4.1.6	膜分离技术的发展方向	88
4.2	反渗透	91
4.2.1	反渗透技术的原理	91
4.2.2	反渗透膜的分类	93
4.2.3	反渗透的工艺流程	93
4.2.4	反渗透技术的特点及应用领域	94



4.3	超滤	98
4.3.1	超滤技术的原理	98
4.3.2	超滤膜及其性能	99
4.3.3	超滤操作的工艺流程	100
4.3.4	超滤技术的特点及应用领域	101
4.4	纳滤	103
4.4.1	纳滤分离的原理	103
4.4.2	影响纳滤分离的主要因素	104
4.4.3	纳滤的特点及应用领域	105
4.5	电渗析	106
4.5.1	电渗析技术的原理	106
4.5.2	电渗析的基本性能和操作流程	110
4.5.3	电渗析技术的特点及应用领域	111
4.6	气体膜分离	113
4.6.1	气体膜分离的原理	114
4.6.2	气体膜分离的工艺流程	115
4.6.3	气体膜分离技术的应用领域	115
4.7	液膜分离技术	118
4.7.1	液膜分离的原理	118
4.7.2	液膜分离的装置及操作流程	121
4.7.3	液膜分离技术的应用领域	121
4.8	膜蒸馏技术	122
4.8.1	膜蒸馏的原理	122
4.8.2	影响膜蒸馏的主要因素	123
4.8.3	膜蒸馏技术的优点及应用领域	123
	本章小结	124
	思考与练习	125
5	色谱分离技术	127
5.1	色谱分离的基本知识	127
5.1.1	色谱分离法的分类	128
5.1.2	色谱分离技术的原理	128
5.2	薄层色谱技术	129
5.2.1	薄层色谱的原理	129



5.2.2	薄层色谱的操作技术	131
5.3	柱色谱技术	134
5.3.1	柱色谱的原理	134
5.3.2	柱色谱的操作技术	140
5.4	气相色谱技术	141
5.4.1	气相色谱的仪器装置	142
5.4.2	气相色谱的原理	142
5.4.3	气相色谱的操作技术	144
5.4.4	气相色谱分析	146
5.5	超临界流体色谱法	147
5.5.1	超临界流体	147
5.5.2	超临界流体色谱法的原理	148
5.5.3	超临界流体色谱法的设备	149
5.5.4	超临界流体色谱法的优点及应用领域	149
本章小结		150
思考与练习		150
6	其他分离技术和分离过程的选择	152
6.1	吸附分离技术	152
6.1.1	吸附原理和吸附剂	153
6.1.2	吸附平衡和吸附速率	155
6.1.3	吸附分离的工艺流程及设备	157
6.1.4	吸附分离的工业应用领域	158
6.2	离子交换分离技术	159
6.2.1	离子交换的基本原理	160
6.2.2	离子交换动力学	163
6.2.3	离子交换分离过程	164
6.2.4	离子交换的设备	165
6.2.5	离子交换分离技术的特点及应用领域	166
6.3	生物分离技术	168
6.3.1	生物产品的分类及特点	169
6.3.2	生物分离的一般步骤和单元操作	169
6.3.3	新型的生物分离工艺	170
6.3.4	生物分离技术的应用领域	171



6.4 工业生产中分离过程的选择	172
6.4.1 理论及技术上的可行性	173
6.4.2 分离过程类型的选择	174
6.4.3 依据生产能力来确定分离方法	175
6.4.4 分离过程设计的可靠性	175
6.4.5 分离过程的独立操作性	177
本章小结	178
思考与练习	179
 实践环节	 181
实验1 苯甲酸的重结晶	181
实验2 粗食盐的提纯	183
实验3 从茶叶中提取咖啡因	185
实验4 液液萃取操作练习	186
实验5 去离子水的制备	188
 参考文献	 190

1 绪 论

学习目标

掌握：分离的形式、分离的目的、分离方法的分类。

理解：分离科学的研究内容、重要性以及分离方法的评价指标。

了解：化工分离技术的发展历史、应用领域以及分离技术发展的新特点。

学习要求

分离科学及化工分离技术的基本知识。

1.1 化工分离技术的发展历史及应用领域

从我国古代的金属冶炼到现代的基因工程技术，从居里夫妇发现放射性元素镭到人类发现富勒烯(球碳)，都需要从一个复杂的混合物样品中将所感兴趣的物质分离出来。化学领域中的每一个重要进展都离不开分离技术的贡献，而几乎自然科学研究和工农业生产的所有领域都离不开化学。因此可以说，物质的分离技术是科学研究的关键步骤之一，是一门涉及多学科知识，反过来又推动其他学科发展的重要科学技术。分离技术是科技工作者，尤其是从事与化学相关领域研究和生产的科技人员必须掌握和灵活运用的一门重要科学技术。

1.1.1 化工分离技术的发展历史

化学工业是国民经济的重要基础产业，人们的衣、食、住、行等各个方面都离不开化工产品。化工行业的生产产值是衡量一个国家国民经济发展水平的重要标志之一。用化学方法将原料加工成产品的生产过程统称为化工生产过程，其显著的特点是：所用原料广泛，生产工艺不同，产品品种繁杂、性质各异。但归纳起来，各个化工生产过程的生产工艺都是遵循相同规律的，即“原料预处理”—“化学反应”—“产品精制”，而通常所说的“三传一反”也概



括了化工生产过程的全部特征。其中，“三传”为动量传递、热量传递和质量传递，“一反”为化学反应过程。

质量传递是自然界和工程技术领域普遍存在的现象。糖块在水中溶解、用吸收方法脱除烟气中的 SO_2 、从植物中提取药物等都是常见的质量传递过程。在近代化学工业的发展中，传质分离过程起到了特别重要的作用。几乎没有一个化工生产过程中，不包含对原料或反应产物的分离提纯操作，如从原油中分离出各种燃料油、润滑油和石油化工原料及各种无机、有机、精细化学品，都离不开对混合物的分离。

化工分离技术是随着化学工业发展而逐渐形成和发展起来的。现代化学工业起始于 18 世纪产业革命以后的欧洲。当时，硫酸、纯碱等无机化学工业成为现代化学工业的开端。19 世纪，以煤为基础原料的有机化工在欧洲也发展起来。当时的煤化学工业的规模还不十分巨大，主要是苯、甲苯、酚等各种化学产品的开发。在这些化工生产中，应用了吸收、蒸馏、过滤、干燥等操作。19 世纪末 20 世纪初，大规模的石油炼制业促进了化工分离技术的成熟与完善。20 世纪 50 年代中期，人们提出了传递过程原理，把单元操作进一步解析为 3 种基本传递过程，即前文所说的动量传递、热量传递和质量传递以及三者之间的联系。进入 20 世纪 70 年代以后，化工分离技术向更为高级的方向发展，其应用也更加广泛。与此同时，化工分离技术与其他科学技术相互交叉、渗透，产生了一些新的边缘分离技术，如生物分离技术、膜分离技术、环境化学分离技术、超临界流体分离技术等。21 世纪，化工分离技术面临着一系列新的挑战，其中最主要的挑战来自于能源、原料和环境保护三大方面。此外，化工分离技术还将在农业、食品、城市交通和建设以及医药保健方面做出贡献。

中国是世界文明古国之一，在科学技术和化学工艺方面有着不少的发明创造，现代许多化工生产都是在古代化学工艺的基础上发展起来的。近年来，科技人员在提升分离过程的效率及设备的强化、分离技术研究和过程模拟、分离新技术开发等几个主要方面，做了大量的研究工作，取得了一系列成果；在萃取、蒸发、离子交换、吸附、膜分离等过程中，也做了大量有意义的研究和开发工作。这些研究成果的工业应用，改进和强化了现有生产工艺过程和设备，在降低能耗、提高效率、开发新技术和设备、实现生产控制和工业设计最优化等方面发挥了巨大的作用，同时也促进了化学工业的进一步发展。

当代工业的三大支柱是材料、能源和信息。这三大产业的发展都离不开新的分离技术。人类生活水平的进一步提高也有赖于新的分离技术。未来几十年，分离技术必将日新月异，再创辉煌。

1.1.2 化工分离技术的应用领域

化学工业主要涉及医药、石化、建筑、生化、环保、冶金、食品和原子能等各个领域，涉及的范围非常广泛。

以石油、天然气为原料的化学工业包括石油加工、基本有机化工、无机化工、高分子合成、精细化学品合成等。而任何一个化工生产过程，都包含分离技术的应用。事实上，无论



是在基础建设阶段,还是在化工产品正常生产过程中,分离设备和过程的成本往往都占据了化工生产过程的主要部分。

以石油化工为例,它以地下原油为原料,来生产汽油、柴油、润滑油和基础化工产品。从原油的初馏、催化裂化、加氢裂化、催化重整到润滑油的生产,所有工艺过程都离不开分离操作,而这些化工生产过程中使用的常压塔、减压塔、吸收塔、汽提塔、芳香烃蒸馏塔等设备都是典型的分离设备。而在某些化工生产过程中,分离操作就是主体部分,如石油裂解气的深冷分离、碳四馏分分离生产丁二烯,以及芳烃分离等,分离过程直接决定了石油化工产品质量的优劣以及产量的高低,并且分离过程成本占据了石油化工产品成本中相当大的比重,由此可见分离过程在整个石油化工产品生产过程中的重要性。

分离技术也被广泛应用于冶金、医药、食品、生化、环保和原子能等工业中。例如,从矿产中提取和精选金属、食品的脱水、合成药物的精制、天然产物的提取分离、三废的治理、同位素的分离和重水的制备等都要使用分离技术。

随着现代工业生产趋向大型化,所排放的大量废气、废水、废渣更加集中,造成我们赖以生存的地球环境被严重污染,生态失去平衡,环保的压力与日俱增。一方面,近年来,大气受到严重污染,华北地区,长三角、珠三角地区的雾霾天气的频繁出现,使我们深受其害。三废治理、环境污染的整治迫在眉睫,这一切都离不开分离技术。另一方面,近年来,由于能源紧张,石油提价,对分离过程的能耗要求越来越苛刻。随之,企业对设备性能的要求也越来越高,分离技术的应用也越来越得到人们的重视。

上述种种原因都促使我们要对常规的分离过程,如精馏、吸收、吸附、萃取、结晶、蒸发等进行不断的改进和发展。同时,也促使新的分离技术与方法(如固膜与液膜分离、超临界流体萃取、色层分离等)不断出现和应用。

1.2 分离科学的内涵

分离是利用混合物中各组分在物理性质或化学性质上的差异,通过适当的装置或方法,使各组分分配至不同的空间区域或者在不同的时间依次分配至同一空间区域的过程。通俗地讲,分离就是将某种或某类物质从复杂的混合物中分离出来,使之与其他物质分开,以相对纯净的形式存在。当然,在实际应用中,分离只是一个相对的概念,人们不可能将一种物质从混合物中百分之百地分离出来,如电子工业中所使用的高纯硅,即使它的纯度达到了99.999 9%,也仍然含有0.000 1%的其他物质。

1.2.1 分离的形式

分离的形式主要有两种:一种叫组分离;另一种叫单一分离。

1. 组分离

组分离也被称为族分离,它是指将性质相近的一类组分从复杂的混合物体系中分离出



来。例如,传统的中药,其中起某种药效作用的往往是某一类物质,将这类成分一起分离出来就有可能开发出先进的中药制剂。又如,石油炼制中的轻油和重油的分离也属于组分离。对于多数的单一分离,往往也是先采用比较简单、快速的方法进行组分离,然后再在同一组分的物质内进行单一分离,得到某一组分的纯物质。

2. 单一分离

单一分离是指将某种化合物以纯物质的形式从化合物中分离出来。例如,工业化学标准品的制备、工业上纯物质的制备、药物对映异构体的分离等都属于单一分离。

单一分离又包括特定组分分离、多组分相互分离和部分分离3种主要形式。

(1) 特定组分分离

特定组分分离是将人们感兴趣的某一种物质从混合物中分离出来,其余物质仍然混合在一起的分离方法。从一个复杂的混合物体系中选择性地分离出某一种物质往往是难以做到的,可能需要采用多种分离方法分几步才能实现,也可能需要采用同一分离方法分多次才能达到要求的纯度。例如,首先将大部分或大量其他组分与特定组分分开,此时的目标组分中还含有多种特定组分之外的其他组分,还需要采用后面将提到的各种分离纯化操作,才能最终得到相对纯净的某种物质。

(2) 多组分相互分离

多组分相互分离是使混合物中所有组分都得到相互分离,全部成为纯组分。在实际分离中,往往要使用多种分离技术,经过反复多次的分离操作,才可能使一个混合物体系实现多组分相互分离。例如,对于一个复杂的天然产物提取物,可以先采用液液萃取的方法使某类物质实现组分离,然后再用制备液相色谱、离子交换等方法使该组化合物相互分离。

(3) 部分分离

部分分离是指每种物质都存在于被分开的几部分中,对每一部分而言,是以某种物质为主,还含有少量其他组分。

1.2.2 与分离相关的概念

分离的目的除了获得纯的欲分离组分外,还要求提高欲分离组分的浓度,依据欲分离组分在原始溶液中浓度的不同,用富集、浓缩、纯化3个概念以示区别。

1. 富集(对摩尔分数小于0.1组分的分离)

富集是指在分离过程中使目标化合物在某空间区域的浓度增加。例如,从大量基体物质中将欲测量的组分集中到一较小体积的溶液中,从而提高检测灵敏度。富集与分离的目的不同,它只是分离的目的之一。富集需要借助分离的手段,且往往是与分离同时实现的。

2. 浓缩(对摩尔分数处于0.1~0.9范围内组分的分离)

浓缩是指将溶液中的一部分溶剂蒸发掉,使溶液中存在的所有溶质的浓度都同等程度提高的过程。浓缩过程也是一个分离过程,是溶剂与溶质的相互分离,不同溶质之间并不分离,它们在溶液中的相对含量(摩尔分数)不变。而富集则涉及目标溶质与其他溶质的部分



分离。不过,富集往往伴随着浓缩,这是因为以富集为目的的分离最终都会设法使溶液体积减小。

3. 纯化(对摩尔分数大于 0.9 组分的分离)

纯化是通过分离操作使目标产物的纯度提高的过程,是进一步从目标产物中除去杂质的分离操作。纯化操作可以是同一分离方法反复使用,如重结晶就是最常用的纯化无机化合物的方法;也可以是多种分离方法的合理组合,如进行天然产物标准品(或对照品)的制备时,可以先采用液液萃取的方法将含有目标物质的溶剂从总提取物中分离出来,然后采用其他液液萃取方法或制备液相色谱进行纯化。

富集用于对摩尔分数小于 0.1 的组分进行分离,特别是对痕量组分的分离,如对海水中的贵金属就需要使用富集的方法。这时海水中的主要溶质是常见的无机阴、阳离子,经过富集后,产物中贵金属的相对含量会有所提高。浓缩用于对摩尔分数在 0.1~0.9 范围内的组分进行分离,这时的目标组分是溶液中的主要组分之一,但它们在溶液中的浓度都处于很低的水平,如万分之一以下。纯化用于对摩尔分数大于 0.9 的组分进行分离,这时,样品中的主要组分已经是目标物质,纯化只是为了使目标组分的摩尔分数进一步提高。

4. 纯度

纯度是用来表示纯化产物主组分含量高低或所含杂质多少的一个概念。纯是相对的,不纯是绝对的。纯度越高,则纯化操作的成本越高。物质的用途不同,对纯度的要求也并不相同。对于一般的无机定量分析,纯度为 99.9% 或含有 0.1% 杂质就可以满足要求了。但是对于高纯物质,如高纯硅对纯度的要求就高得多,要达到 99.99% 甚至更高。

分离科学就是研究从混合物中富集、浓缩或纯化某些组分以获得相对较为纯净的物质的规律及其应用的一门学科。

1.2.3 分离的目的

分离的目的主要有以下几方面:

1. 分析操作的样品前处理

对于组成复杂的样品,所选用的分析方法的选择性或灵敏性可能不够,很难直接进行分析。因此,在进行分析操作前,需要先消除对目标分析物质有干扰的共存物质,提高分析方法的准确性和可靠性;或者是对被测样品进行浓缩或富集,以适应分析方法的检测灵敏度。

2. 确认目标物质的结构

只有先通过分离纯化,得到较为纯净的目标物质后,根据该物质的物理特性值或经过进一步的结构鉴定,才能最终确认该物质的种类及其化学结构。例如,有机合成中目标产物的鉴定,就需要先将目标产物与副产物和残留原料进行分离,然后才能通过色谱、核磁共振、红外和质谱等方法进行目标产物的结构分析。

3. 获取单一纯物质作特定的用途

如获得某物质的纯品,用作科学实验的标准品或用作化学试剂等。



4. 获得某一纯物质作为产品，满足生产和生活的需要

工业生产中，通过各种分离方法，得到各种纯物质，来满足生产和生活的需要。如工业生产得到的纯碱产品，可以作为生产玻璃的原料，也可以作为生活品。

5. 除掉有害或有毒物质

现代工业生产产生的大量废气、废水、废渣，如果直接排放，会对环境造成严重的污染。所以在排放之前，需要通过各种分离方法，除掉有害或有毒物质，再排放。如矿山和一些工厂污水中含有高浓度的有害重金属，在排放之前，需要采用选择性吸附或沉淀分离等技术除去有害的重金属元素，避免对环境造成污染。

1.2.4 分离技术的特点

分离技术具有以下几方面的特点：

1. 分离的目的各不相同

分离的目的各不相同，但多数情况下，分离是为了后续的分析 and 得到相对纯净的物质以作它用。

2. 分离对象物质种类繁多

分离对象物质种类繁多，几乎所有天然的和合成的化学物质都可以经过适当的分离技术从混合物样品中分离出来。

3. 分离的规模差别很大

分离的规模差别很大，它囊括了从以结构鉴定为目的的微克级物质的分离制备到工业生产中吨级以上的大规模分离纯化。

4. 分离技术形形色色

根据样品的特性、待分离物质的物理和化学性质、后续用途的要求，仅常用的分离技术就有数十种之多。而对于同一样品也可以采用几种不同的分离技术。因此，在进行分离时，需要根据具体情况，综合考虑后再选择最佳的分离方法。

5. 应用领域极为广泛

几乎所有的学科、所有的工农业生产领域都离不开分离技术。分离技术的进步往往是推动其他学科发展的动力。

1.3 分离科学的研究内容及其重要性

1.3.1 分离科学的研究内容

分离科学研究的内容有两方面。

一方面是研究分离过程的共同规律，主要包括用热力学原理讨论分离体系的功、能量和热的转换关系，以及物质运输的方向和限度；用动力学原理研究各种分离过程的速度与效



率；研究分离体系的化学平衡、相平衡和分配平衡。

另一方面是研究基于不同分离原理的分离方法、分离设备及其应用。

理论上讲，人们对分离的原则性要求是：分离因子尽可能高，所需分离剂或能量尽可能少，产品纯度尽可能高，设备尽可能便宜，操作尽可能简单，分离速度尽可能快。在实际分离操作中，则需根据具体情况选择最合适的方法。

1.3.2 分离科学的重要性

分离科学的重要性主要体现在以下几方面：

1. 分离是认识物质世界的必经之路

人们在从自然界中发现或在实验室中合成一种新的物质时，都必须通过分离得到它的纯品，才有可能进一步研究该物质的物理和化学性质，认识它的作用，从而丰富人们对物质世界的认识。例如，元素周期表中每一种元素的发现，无论是在自然界中已经存在的，还是人造的，都必须先分离制备出它们的纯物质，然后再进行物质结构鉴定、理化性质测试，最终才能为人们所承认，才能为人们进一步认识物质世界打下基础。

2. 分离是各种分析技术的前提

随着科学的发展，人们研究的对象越来越复杂，研究的内容也越来越细致和深入。有时需要进行分析的对象往往处于一个复杂的样品基体中，或因为目标物质在样品中的含量极微或分布不均匀，或没有合适的标准参考物质，或样品的物理、化学状态不适于直接测定，或样品本身有剧毒，或具有强放射性等，都会造成样品无法直接测定的问题。因此，需要在分析之前采用适当的分离技术对样品进行处理。

3. 富集和浓缩延伸了分析方法的检出下限

尽管现代分析技术的检测灵敏度越来越高，但随着人们对微量或痕量物质的分析需求，还会经常遇到分析方法检测灵敏度达不到要求的情况，这时就需要对样品进行富集或浓缩。富集或浓缩都能使各种分析方法的检测下限降低几个数量级，即检测灵敏度提高几个数量级。

4. 分离科学是其他学科发展的基础

无论是诸如物理和化学这样的基础研究，还是环境、医药、生物、材料、化工、食品和石油工程等应用研究，它们的每一个发展的里程碑都离不开分离科学的贡献。有时，正是因为分离科学的发展才使得其他学科获得了进步的机会。例如，没有现代色谱分离技术的发展，人们就难以从天然产物中分离出各种用于药物、保健品和食品的活性成分。

5. 分离科学大大提高了人类的生活品质

现代人的生活离不开分离科学，纯净水、天然的保健品和化妆品、脱盐酱油、精盐、各种服用方便的药剂等都是经过各种精细的分离工艺才生产出来的产品，这些产品的出现大大提高了人类的生活品质。