



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学化学工程系列教材

化工原理

(第3版) 下册

蒋维钧 雷良恒 刘茂林 戴猷元 余立新 编著

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学化学工程系列教材

化工原理

(第3版) 下册

蒋维钧 雷良恒 刘茂林 戴猷元 余立新 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为清华大学精品课程“化工原理”的教材,在清华大学多个系所使用多年。全书分上、下两册。上册包括流体流动、流体输送机械、流体流过颗粒和颗粒层的流动、非均相混合物的分离、传热和蒸发等6章,书末有26个附录;下册包括传质分离过程概论、吸收、蒸馏、气液传质设备、液液萃取、干燥、吸附分离、膜分离和其他分离方法等9章。

本书可供高等院校化工、生物化工、环境、食品、轻工、制药和材料等专业的师生作教材使用,也可作为从事上述专业的设计、开发和运行的工程技术人员的学习参考书。

本书可与《化工原理习题解析(上、下册)》配套使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

化工原理.下册/蒋维钧,雷良恒,刘茂林等编著.--3版.--北京:清华大学出版社,2010.8

(清华大学化学工程系列教材)

ISBN 978-7-302-22685-7

I. ①化… II. ①蒋… ②雷… ③刘… III. ①化工原理—高等学校—教材
IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 085959 号

责任编辑:柳 萍 洪 英

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170×230 印 张:28 字 数:533 千字

版 次:2010 年 8 月第 3 版 印 次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:42.00 元

产品编号:023827-01

第 3 版前言

由清华大学出版社出版的《化工原理》(1992)及《化工原理》第 2 版(2002)已由清华大学多个院系及十余所兄弟院校使用多年,反映良好。1997 年,《化工原理》被评为全国优秀教材二等奖(化工类)。2005 年,《化工原理》第 2 版被评为北京市精品教材。根据化学工程与工艺的学科发展需要及“化工原理”课程讲授的要求,第 3 版对部分内容做了进一步修订。

《化工原理》是化工类及相关专业的重要技术基础课程教材,其主要内容是讲授化工单元操作的基本原理、典型设备的结构、操作性能和设计计算。《化工原理》遵循“掌握基本原理、突出过程强化、激发交叉兴趣、增强创新能力”的讲授逻辑,内容体现掌握基本理论与激发创新意识并重,既突出基本理论,又重视联系实际、丰富工程性内容,以启发学生的创新思维和意识,引导学生从掌握基本原理出发,注重培养创新能力。

《化工原理》将化工单元操作按照过程共性归类。以动量传递为基础,阐述流体流动、流体输送机械、流体流过颗粒和颗粒层的流动、非均相混合物的分离;以热量传递为基础,阐述传热及蒸发操作;以质量传递为基础,阐述吸收、精馏、萃取、干燥、吸附、膜分离和其他分离方法等单元操作。《化工原理》除了强调流动、传热、传质等概论方面的描述外,还注意引入过程强化和新型分离技术的研究现状等内容,并通过思考题或讨论题,培养学生综合能力和分析解决问题能力。教材可读性强,易于自学。

《化工原理》分上、下两册。上册包括流体流动、流体输送机械、流体流过颗粒和颗粒层的流动、非均相混合物的分离、传热和蒸发等 6 章,书末有 26 个附录;下册包括传质分离过程概论、吸收、蒸馏、气液传质设备、液液萃取、干燥、吸附分离、膜分离和其他分离方法等 9 章。本书可作为高等院校化工类及相关专业学生的“化工原理”、“化学工程基础”等课程的教材,也可作为从事化工、生物化工、环境、食品加工、轻工、制药和材料等行业的工程技术人员的学习参考书。

《化工原理》第 1 版各章分别由蒋维钧(绪论,第 3、4、6、7、9 章)、戴猷元(第 1、2 章)、顾惠君(第 5 章)、雷良恒(第 10、11 章)和刘茂林(第 8、12、13 章)编写,最后由蒋维钧修改,统一定稿。

《化工原理》第 2 版对第 1 版进行了修订,并新增了膜分离、其他分离方法两章,更新了部分附录。修订工作由戴猷元和余立新负责完成。膜分离由戴猷元

和余立新编写,其他分离方法由蒋维钧和余立新编写。

《化工原理》第3版的修订工作由戴猷元和余立新负责完成。除了对第2版的部分内容做了修订外,主要章节新增了“讨论题及题解”等内容。

由于编者自身的学术水平和教学及研究实践的限制,书中难免存在不足之处,希望专家、同行、广大学生和读者批评指正。

编者

2010年7月

目 录

7 传质分离过程概论	1
7.1 传质分离过程	1
7.2 混合物组成的表示方法	2
7.2.1 质量浓度与物质的量浓度	2
7.2.2 质量分数与摩尔分数	3
7.2.3 质量比与摩尔比	3
7.2.4 气体的总压与组分的分压	4
7.3 传质分离过程的热力学基础——组分在两相间的平衡	5
7.4 传质分离过程的两种基本类型	7
7.5 传质分离过程的基本操作方法	8
7.5.1 单级接触操作和理论级的概念	8
7.5.2 并流接触操作	9
7.5.3 逆流接触操作	10
7.5.4 错流接触操作	12
7.6 分析、处理传质分离过程的两种方法和两类设备	13
7.6.1 分级接触式设备	13
7.6.2 微分接触式设备	14
7.7 传质分离过程的动力学	14
7.7.1 单相中物质的传递	14
7.7.2 两相间的传质	30
习题	32
符号说明	32
8 吸收	34
8.1 吸收过程的气液平衡关系	35
8.1.1 气液平衡关系	35
8.1.2 亨利定律	36
8.1.3 用气液平衡关系分析吸收过程	38
8.1.4 吸收剂的选择	41
8.2 吸收过程机理和吸收速率方程	42
8.2.1 双膜理论	42
8.2.2 吸收速率方程	44

8.3	吸收塔的设计与计算	49
8.3.1	吸收塔的物料衡算与操作线方程	50
8.3.2	吸收剂用量的确定	52
8.3.3	塔径的确定	56
8.3.4	填料层高度的计算	56
8.3.5	理论级数与塔高的计算	67
8.3.6	吸收的操作型计算	72
8.4	吸收系数和传质单元高度	74
8.4.1	吸收系数与传质单元高度的实验测定	74
8.4.2	经验公式	76
8.4.3	特征数关联式	77
8.5	其他类型的吸收	80
8.5.1	高浓度气体吸收	80
8.5.2	化学吸收	91
	习题	92
	思考题	98
	符号说明	98
	参考文献	100
9	蒸馏	101
9.1	气液平衡	103
9.1.1	混合物气、液两相平衡的条件和诸参数的关系	103
9.1.2	气、液两相平衡关系的确定	105
9.1.3	气液平衡关系的表示方法	110
9.2	平衡蒸馏与简单蒸馏	113
9.2.1	平衡蒸馏	113
9.2.2	简单蒸馏	116
9.3	精馏	118
9.3.1	精馏过程原理	118
9.3.2	两组分体系连续精馏的计算	123
9.3.3	加料状态的影响与加料位置	130
9.3.4	回流比的影响和选择	134
9.3.5	简捷法求理论板数	139
9.3.6	连续逆流精馏塔的计算	141
9.3.7	两组分精馏的操作型计算与操作	142
9.3.8	两组分精馏过程的几种特殊情况	147
9.3.9	精馏塔、冷凝器和再沸器的工艺设计	149

9.3.10 间歇精馏	154
9.4 多组分精馏	160
9.4.1 多组分物系的气液平衡	160
9.4.2 多组分精馏的工艺流程	164
9.4.3 多组分精馏的计算	165
9.5 特殊蒸馏	170
9.5.1 恒沸精馏	170
9.5.2 萃取精馏	172
9.5.3 加盐精馏和加盐萃取精馏	174
9.5.4 水蒸气蒸馏	175
习题	176
思考题	182
符号说明	182
参考文献	184
10 气液传质设备	185
10.1 板式塔	185
10.1.1 概述	185
10.1.2 塔板上的流体力学现象分析	186
10.1.3 气体通过塔板的流体力学计算	190
10.1.4 塔板结构及对塔板的要求	201
10.1.5 筛板塔的设计	206
10.1.6 板式塔的传质与塔板效率	213
10.1.7 各种塔板简介与比较	218
10.2 填料塔	223
10.2.1 填料塔与填料	223
10.2.2 填料塔的流体力学特性	228
10.2.3 填料塔的传质与塔高的计算	231
10.2.4 填料塔的主要附件	234
10.2.5 板式塔与填料塔的比较	237
习题	238
符号说明	240
参考文献	241
11 液液萃取	242
11.1 液液相平衡	244
11.1.1 三角形相图	245

11.1.2	液液平衡关系在三角形相图上的表示法	248
11.1.3	液液相平衡在直角坐标上的表示法——分配曲线	250
11.1.4	萃取过程在三角形相图上的表示法	252
11.2	萃取的分离效果与萃取剂	253
11.2.1	萃取的分离效果	253
11.2.2	萃取剂的选择	253
11.3	萃取过程的流程和计算	255
11.3.1	单级萃取的流程与计算	256
11.3.2	多级错流萃取的流程与计算	259
11.3.3	多级逆流萃取的流程与计算	264
11.3.4	多级逆流萃取的最小萃取剂用量	270
11.3.5	连续逆流萃取的流程与计算	273
11.3.6	回流萃取——两组分的萃取分离	275
11.4	液液萃取设备	276
11.4.1	液液萃取设备的基本条件与分类	276
11.4.2	混合澄清器	277
11.4.3	塔式萃取设备	279
11.4.4	离心式萃取设备	283
11.5	萃取设备的流动和传质特性与设计	285
11.5.1	萃取塔的液泛与泛点速度的计算	286
11.5.2	液滴的形成与聚结及其传质特性	287
11.5.3	萃取塔内液相的轴向混合	288
11.5.4	萃取塔高的确定	289
11.5.5	萃取设备的选择	290
11.6	液膜分离和膜萃取	290
11.6.1	液膜分离	290
11.6.2	膜萃取	294
	习题	295
	符号说明	299
	参考文献	299
12	干燥	301
12.1	湿空气的性质及湿焓图	303
12.1.1	湿空气的性质及其状态参数	303
12.1.2	湿含量的测定方法	306
12.1.3	湿空气的湿度图($T-H$ 图)	309
12.1.4	湿空气的湿焓图($H-I$ 图)	311

12.1.5	$H-I$ 图的应用	314
12.2	干燥平衡关系	315
12.2.1	物料含水量的表示方法	315
12.2.2	干燥平衡及干燥平衡曲线	316
12.2.3	影响平衡水分的因素	317
12.2.4	平衡曲线的应用	318
12.3	干燥曲线和干燥速度	320
12.3.1	影响干燥速度的因素	320
12.3.2	干燥实验和干燥曲线以及干燥速度曲线	320
12.3.3	干燥过程分析及干燥速度关系式	321
12.4	干燥设备的设计计算	326
12.4.1	干燥流程设计	326
12.4.2	干燥过程的物料衡算	327
12.4.3	干燥过程热量衡算及干燥器的热效率	329
12.4.4	干燥时间计算	332
12.4.5	干燥介质和物料在干燥系统内状态变化的分析及干燥操作参数的确定	336
12.5	干燥器	343
12.5.1	工业上常用的干燥器	343
12.5.2	干燥器的选择	352
12.6	干燥器的设计计算	356
	习题	361
	符号说明	365
	参考文献	366
13	吸附分离	367
13.1	吸附剂及其特性	368
13.1.1	吸附剂的种类及用途	368
13.1.2	吸附剂的选择	370
13.2	吸附平衡	371
13.2.1	吸附等温线的类型	371
13.2.2	等温吸附公式	372
13.3	吸附动力学	377
13.3.1	外扩散	377
13.3.2	内扩散	378
13.3.3	总传质速率方程	379
13.4	吸附操作及设备计算	379

13.4.1	液体接触过滤操作及计算	380
13.4.2	固定床吸附器	385
习题		397
符号说明		399
参考文献		400
14	膜分离	401
14.1	微滤	402
14.2	超滤	403
14.3	纳滤和反渗透	404
14.4	气体分离	405
14.5	渗透汽化	407
14.6	电渗析	409
14.7	膜器	410
习题		411
符号说明		412
参考文献		412
15	其他分离方法	413
15.1	其他分离方法介绍	413
15.1.1	溶液结晶	414
15.1.2	熔液结晶	417
15.1.3	浸取	419
15.1.4	气体扩散分离	421
15.1.5	色谱分离	424
15.1.6	利用生物反应的分离	425
15.1.7	反应精馏	427
15.1.8	离子交换	428
15.1.9	气体离心分离	430
15.2	分离方法的选择	433
15.2.1	总的选择原则	433
15.2.2	选择分离方法时需要考虑的因素	433
习题		437
符号说明		437
参考文献		438

7 传质分离过程概论

7.1 传质分离过程

混合物分离是化工类生产中的重要过程。混合物可以分为均相混合物和非均相混合物两类。非均相混合物的分离主要依靠力学原理,即质点运动与流体力学的原理进行分离,已在第4章中进行了讨论。本章以及以后的几章讨论的主要是均相混合物的分离,这些分离过程的特点是依靠物质的传递(分子传递和涡流传递)来实现混合物中各组分的分离,因此统称为传质分离过程。某些非均相混合物也是依靠物质传递达到分离的目的,例如湿固体物料中的水分依靠使水分传递到气相来实现物料的干燥,这些非均相混合物的分离方法(如干燥、浸取)也列入传质分离过程。

传质分离过程可分为两大类:

(1) 平衡分离过程:根据混合物中诸组分在两相间的平衡分配不同来实现混合物的分离,这类分离方法称为平衡分离过程。如蒸馏、吸收、萃取、吸附和干燥等。

(2) 速率分离过程:根据混合物中各组分在某种场的作用下扩散速度不同的性质来实现它们的分离,这类分离方法称为速率分离过程,例如气体扩散、电泳等。

在一般化工生产中主要应用平衡分离过程,所以本课程主要讨论平衡分离过程。后面讲到的传质分离过程主要为平衡分离过程。

化工生产中遇到的混合物是多种多样的。它们可以是气体、液体或固体;它们可以是均相的,也可以是非均相的(例如某些固体混合物);其中各组分的物理化学性质可以相差很大,也可以十分相似;各组分的含量可以相差很大,也可以处于同样数量级。另一方面,分离混合物的目的也各不相同,一般说可以分为以下4种情况:

(1) 分离:将混合物中各组分完全分开,得到各个纯组分或若干种产品。例如,将空气分离而得氧、氮和多种稀有气体,将原油分离成汽油、煤油、柴油等若干产物。

(2) 提取和回收:从混合物中提取出某种或某几种有用的组分。例如从矿石中提取某种有用的金属,从工厂排放的废料中回收有价值的物质或除去污染

环境的有害物质。

(3) 纯化: 除去混合物中所含的少量杂质。例如合成氨生产中除去原料气中的 CO_2 和 CO 等有害气体, 以制取纯净的 N_2 、 H_2 混合气体。

(4) 浓缩: 将含组分很少的稀溶液浓缩。

因此, 为了有效地进行混合物的分离, 必须根据具体情况, 采用不同的方法。

应用平衡分离原理实现混合物分离的方法很多, 每种方法均有其本身的特点。但是, 分析各种常用的分离方法可以发现, 尽管各种分离方法的具体情况各不相同, 它们的基本原理、所用的分析与处理问题的方法和设备很多是相同的或相似的。掌握这些平衡分离过程的基本原理和方法, 对于更好地理解与掌握各种具体的分离方法无疑是有益的。

本章讨论平衡分离过程的共同的基本原理、分离的基本方法, 以及分离设备的基本类型和设计方法。

平衡分离过程的共同基础是混合物中各组分在两相间平衡时的分配(即相对组成)不同, 所以作为讨论问题的基础, 首先要说明混合物中组成的表示方法。

7.2 混合物组成的表示方法

为了分析问题与设计计算的方便, 对于各种传质分离过程, 常常采用不同的组成表示方法, 化工计算中常用的组成表示方法有以下 4 种。

7.2.1 质量浓度与物质的量浓度

单位体积混合物中某物质(组分)的质量称为该物质(组分)的质量浓度, 其定义式为

$$G_A = \frac{m_A}{V} \quad (7-1)$$

式中: G_A ——组分 A 的质量浓度, kg/m^3 ;

m_A ——混合物中组分 A 的质量, kg ;

V ——混合物的体积, m^3 。

单位体积混合物中某组分的物质的量称为该组分的物质的量浓度(也称浓度), 其定义式为

$$c_A = \frac{n_A}{V} \quad (7-2)$$

式中: c_A ——组分 A 的浓度, kmol/m^3 ;

n_A ——混合物中组分 A 的物质的量, kmol 。

组分 A 的质量浓度与物质的量浓度的关系为

$$c_A = \frac{G_A}{M_A} \quad (7-3)$$

式中： M_A ——组分 A 的摩尔质量。

7.2.2 质量分数与摩尔分数

混合物中某组分 A 的质量 m_A 占混合物总质量 m 的比例称为组分 A 的质量分数 a_A ：

$$a_A = \frac{m_A}{m} \quad (7-4)$$

显然，混合物中所有组分(A,B,…)的质量分数之和等于 1，即

$$a_A + a_B + \cdots = 1 \quad (7-5)$$

混合物中某组分 A 的物质的量 n_A 占混合物总物质的量 n 的比例称为组分 A 的摩尔分数 x_A ：

$$x_A = \frac{n_A}{n} \quad (7-6)$$

同上，混合物中所有组分的摩尔分数之和等于 1，即

$$x_A + x_B + \cdots = 1 \quad (7-7)$$

一般用 x, y 分别表示两个不同相中组分的摩尔分数，对于气液体系， y 表示气相中的摩尔分数， x 表示液相中的摩尔分数。

组分 A 的质量分数与摩尔分数的关系为

$$x_A = \frac{a_A}{M_A} / \left(\frac{a_A}{M_A} + \frac{a_B}{M_B} + \cdots \right) \quad (7-8)$$

或

$$x_A = \frac{a_A}{M_A} / \frac{1}{\bar{M}} \quad (7-9)$$

式中： $a_A, a_B, \cdots$ ——组分 A, B, …的质量分数；

$M_A, M_B, \cdots$ ——组分 A, B, …的摩尔质量；

$\bar{M}$ ——混合物的平均摩尔质量。

7.2.3 质量比与摩尔比

混合物中单位质量惰性物质(指传质分离过程中不在相间传递的物质)所含某组分的质量称为该组分的质量比，其定义式为

$$\bar{X}_A = \frac{m_A}{m - m_A} \quad (7-10)$$

式中： $\bar{X}_A$ ——组分 A 的质量比。

质量比与质量分数的关系为

$$\bar{X}_A = \frac{a_A}{1 - a_A} \quad (7-11)$$

混合物中 1 mol 惰性物质所含某组分的物质的量称为该组分的摩尔比。在传质分离过程中用 X 和 Y 分别表示两相中的摩尔比,对于气液体系,通常用 X 表示液相中的摩尔比,用 Y 表示气相中的摩尔比。摩尔比的定义式为

$$X_A = \frac{n_A}{n - n_A} \quad (7-12)$$

式中: X_A ——组分 A 的摩尔比。

摩尔比与摩尔分数的关系为

$$X_A = \frac{x_A}{1 - x_A} \quad (7-13)$$

7.2.4 气体的总压与组分的分压

对于气体混合物,其组成还常常用总压和分压间接表示。总压、组分分压与组分的摩尔分数和摩尔比的关系为

$$x_A = \frac{p_A}{p} \quad (7-14)$$

$$X_A = \frac{p_A}{p - p_A} \quad (7-15)$$

式中: p ——气体的总压;

p_A ——组分 A 的分压。

实际上应用哪种方法表示混合物的组成,需根据过程计算时使用上的方便而定。因此需要掌握各种组成表示方法之间的换算。进行各种组成表示方法相互换算的要点是取一定量的混合物作为基准,然后根据组成定义再作换算。

例 7-1 已知氨水的质量浓度为 240 kg/m^3 ,此溶液的密度为 910 kg/m^3 。求氨在溶液中的质量分数、质量比、摩尔分数和摩尔比。

解:取 1 m^3 溶液作为基准。

氨水的质量分数 a_{NH_3} :

$$a_{\text{NH}_3} = \frac{240}{910} = 0.264$$

氨水的质量比 $\bar{X}_{\text{NH}_3}$:

$$\bar{X}_{\text{NH}_3} = \frac{240}{910 - 240} = \frac{240}{670} = 0.358$$

氨水的摩尔分数 x_{NH_3} :

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{\frac{240}{17}}{\frac{240}{17} + \frac{670}{18}} = \frac{14.1}{14.1 + 37.2} = 0.275$$

氨水的摩尔比 X_{NH_3} :

$$X_{\text{NH}_3} = \frac{\frac{240}{17}}{\frac{670}{18}} = \frac{14.1}{37.2} = 0.379$$

7.3 传质分离过程的热力学基础——组分在两相间的平衡

平衡分离过程分离混合物的基本方法是根据混合物中诸组分在两相间平衡时分配不同的性质,通过人为地加入另一个相,或者变更条件产生一个新相从而形成一个两相体系,利用待分离的组分在此两相间的分配不同,某些组分在某一相中富集,从而实现其分离。所以组分在两相间的平衡是传质分离过程的热力学基础。

一个混合物与另一相接触时,其中的组分就会在两相间传递,最后达到平衡,此时两相中各组分的组成不再发生变化。平衡时组分在两相中的组成关系称为组分在两相间的平衡关系,利用各组分在两相间平衡关系的不同,可以实现混合物的分离。例如在 20℃ 下含氨(NH_3)空气与水接触时, NH_3 在水、气两相间的平衡关系如图 7-1 中的曲线所示,此曲线叫做平衡线。当气相中 NH_3 的含量(以其分压表示)一定时,平衡时水中含 NH_3 量亦为一定值。例如,当气相中 NH_3 的分压为 4.23 kPa 时,水中 NH_3 的平衡组成为 0.05(质量比)。当气、液两相中 NH_3 的组成为此值时, NH_3 在两相间达平衡, NH_3 在两相间不会再发生净的传递。空气中的 O_2 和 N_2 在水中的溶解度很小,可以看成它们在水中的质量浓度为零。

设想使 NH_3 分压为 4.23 kPa 的含 NH_3 空气与氨组成为 0.02(质量比)的氨水接触, NH_3 在两相间不呈平衡。水中氨的组成低于分压为 4.23 kPa 的含氨空气的平衡组成 0.05(质量比),因此氨就向水中传递(被水吸收),使它在水中的含量提高。因为空气几乎不溶于水,也就是说它与 NH_3 在水、气两相间的分配不同,所以加水可以使 NH_3 与空气分离,这个过程称为吸收过程。过程的推动力为实际体系离开平衡状态的距离,可以用含氨空气与氨水组成的两相体系的状态点 a 与平衡线的水平距离表示:

$$\Delta \bar{X} = 0.05 - 0.02 \quad (7-16)$$

也可以用 a 点与平衡线的垂直距离表示：

$$\Delta p = 4.23 - 1.6 \quad (7-17)$$

式中：1.6 kPa——与组成为 0.02 的氨水呈平衡的气体中氨的分压。

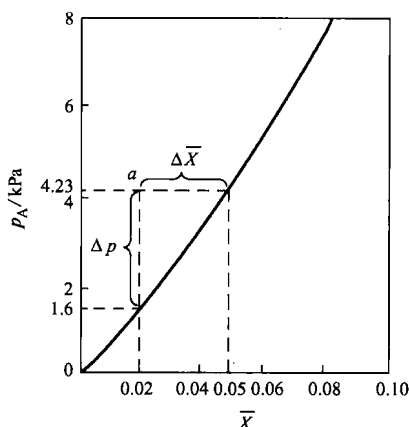


图 7-1 NH_3 在空气与水两相间的平衡关系

再如，苯与甲苯的混合物在 101.3 kPa 的压力下气、液两相平衡时的组成关系(平衡线)如图 7-2 所示。图中横坐标表示液相中苯的摩尔分数 x ，纵坐标表示气相中苯的摩尔分数 y 。由图可知，当液相中苯的组成为 0.5 时，气相中苯的平衡组成为 0.7。设想使苯的摩尔分数为 0.5 的苯-甲苯混合液与苯的摩尔分数为 0.5 的苯-甲苯混合气接触，苯与甲苯在两相间呈不平衡，与含苯 0.5 的苯-甲苯混合液呈平衡的气相中苯的摩尔分数应为 0.7，比实际混合气中苯的摩尔分数高，所以苯要从液相向气相传递。相反地，甲苯要从气相向液相传递。上述过程是苯-甲苯精馏过程中发生的传递过程，这个过程的推动力也是实际体系与平衡状态间的距离，可以用相互接触的气、液两相状态点 a 与平衡线之间的垂直距离表示：

$$\Delta y = 0.7 - 0.5 \quad (7-18)$$

或者用 a 点与平衡线之间的水平距离表示：

$$\Delta x = 0.5 - 0.29 \quad (7-19)$$

由上面两个例子可知，混合物中诸组分在两相间平衡时的分配不同为它们的分离提供了可能性。