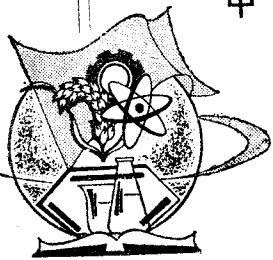


中等专业学校试用教材



# 化工原理

下 册

兰州化学工业公司化工学校等合编

张 弓 主编

化学工业出版社

本书为试用教材，供化工中等专业学校有机化工、无机化工、化工机械和化工仪表等专业使用。

本书分为上、下两册。上册为一至六章，内容包括流体力学、液体输送机械、气体压缩和输送机械、流体与粒子间相对运动的过程、传热基本原理和换热器、蒸发等。下册为七至十一章，内容包括蒸馏、吸收、塔设备、干燥、冷冻等。每章均有练习题。每册末均有附录，供解题时查数据使用。

中等专业学校试用教材

化 工 原 理

下 册

兰州化学工业公司化工学校等 合编

张 弓 主编

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092^{1/32}$  印张 $13^{5/8}$  插页1 字数312千字 印数1—45,000

1981年10月北京第1版1981年10月北京第1次印刷

统一书号15063·3320 (K-258) 定价1.10元

## 前 言

本书系根据1978年6月在兰州召开的全国中等专业学校有机化工专业教材会议所通过的编写大纲和会议精神编写的。

本书在体系上以化工单元操作为基础,着重讲清楚成熟的基础理论,努力反映本学科的现代特点。书中对传统的内容进行了精选,以流体力学、传热基本原理、蒸馏和吸收作为重点。

为了适应四个现代化的需要,本书采用了国际单位制(SI)。由于传统的化工数据和机械性能都不是国际制的,书中引用的技术资料不可避免地会出现工程制单位或习用单位。又由于我国各部门广泛采用工程制或其它单位制,为了联系我国实际,学习国际单位制时,应了解SI与其它单位制的关系。为此,本书附录中除选编SI数据外,并列出了SI与其它单位制的换算关系。

本书全部内容讲课时数约为180学时。各专业可按需要选讲其中内容。

本书的绪论、第一章、第二章和第三章由兰州化学工业公司化工学校张弓编写;第四章、第十章和第十一章由北京化工学校程祖球编写;第五章和第六章由石家庄化工学校金德仁编写;第七章、第八章和第九章由兰州化学工业公司化工学校顾辉编写;全书由张弓主编。

由于时间仓促及编者水平有限,书中必有不少不妥或错误之处,希望读者予以批评指出。对本书的意见请寄兰州化学工业公司化工学校。

编者

1979年5月

---

## 下 册 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第七章 蒸馏                      | 1  |
| 第一节 气-液相平衡关系                | 2  |
| 7-1 相组成表示法                  | 2  |
| 7-2 理想溶液和非理想溶液气-液平衡关系       | 10 |
| 7-3 相平衡数据 $y-x$ 的求取         | 21 |
| 第二节 简单蒸馏与精馏原理               | 28 |
| 7-4 简单蒸馏原理和流程               | 28 |
| 7-5 精馏的理论基础                 | 30 |
| 7-6 精馏流程                    | 35 |
| 第三节 精馏塔的物料衡算——操作线方程式        | 37 |
| 7-7 全塔物料衡算                  | 38 |
| 7-8 精馏段的物料衡算——精馏段操作线方程式     | 41 |
| 7-9 提馏段的物料衡算——提馏段操作线方程式     | 44 |
| 7-10 进料状况对操作线的影响——操作线交点轨迹方程 | 45 |
| 7-11 操作线在 $y-x$ 图上的作法       | 54 |
| 第四节 精馏过程的计算                 | 55 |
| 7-12 板式精馏塔塔板数的计算            | 55 |
| 7-13 填料精馏塔填料层高度的计算          | 68 |
| 第五节 回流比                     | 70 |
| 7-14 回流比对精馏塔理论塔板数的影响        | 70 |
| 7-15 全回流和最小塔板数              | 71 |
| 7-16 最小回流比                  | 72 |
| 7-17 操作回流比的确定               | 75 |
| 第六节 简捷法计算理论塔板数              | 78 |
| 7-18 简捷法求理论塔板数              | 78 |
| 第七节 连续精馏的热量衡算               | 81 |
| 7-19 全塔热量衡算式                | 81 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 7 - 20 塔釜加热蒸汽和塔顶冷却水消耗量····· | 83         |
| 第八节 特殊蒸馏·····               | 86         |
| 7 - 21 水蒸汽蒸馏·····           | 87         |
| 7 - 22 恒沸蒸馏·····            | 90         |
| 7 - 23 萃取蒸馏·····            | 92         |
| 第九节 多组分溶液的精馏·····           | 94         |
| 7 - 24 基本概念·····            | 94         |
| 7 - 25 多组分溶液相平衡·····        | 99         |
| 7 - 26 多组分精馏计算——简捷法·····    | 107        |
| 练习题·····                    | 131        |
| <b>第八章 吸收</b> ·····         | <b>138</b> |
| 第一节 吸收的物理基础·····            | 140        |
| 8 - 1 气液相平衡·····            | 140        |
| 8 - 2 传质的基本方式·····          | 156        |
| 8 - 3 吸收机理——双膜理论·····       | 157        |
| 第二节 吸收速率方程式·····            | 159        |
| 8 - 4 吸收速率方程式·····          | 159        |
| 8 - 5 吸收总系数·····            | 163        |
| 第三节 吸收过程的计算·····            | 172        |
| 8 - 6 填料的类型和特性·····         | 172        |
| 8 - 7 全塔物料衡算——操作线方程·····    | 177        |
| 8 - 8 吸收剂消耗量·····           | 180        |
| 8 - 9 填料吸收塔填料层高度·····       | 186        |
| 8 - 10 板式吸收塔理论塔板数·····      | 210        |
| 第四节 解吸和吸收流程·····            | 215        |
| 8 - 11 解吸方法·····            | 215        |
| 8 - 12 吸收流程·····            | 216        |
| 练习题·····                    | 220        |
| <b>第九章 塔设备</b> ·····        | <b>225</b> |
| 第一节 板式塔·····                | 226        |
| 9 - 1 板式塔类型和特点·····         | 226        |
| 9 - 2 浮阀塔设计·····            | 238        |
| 第二节 填料塔·····                | 276        |

|             |                 |            |
|-------------|-----------------|------------|
| 9 - 3       | 液体分布装置          | 276        |
| 9 - 4       | 填料塔的流体力学        | 280        |
| 9 - 5       | 填料塔的设计          | 288        |
| 第三节         | 其它类型传质设备及各种塔型比较 | 297        |
| 9 - 6       | 其它类型传质设备        | 297        |
| 9 - 7       | 各种塔型的比较         | 300        |
| 练习题         |                 | 303        |
| <b>第十章</b>  | <b>干燥</b>       | <b>305</b> |
| 第一节         | 湿空气的性质和湿度图      | 309        |
| 10 - 1      | 湿空气的性质          | 309        |
| 10 - 2      | 湿空气的湿度图及其应用     | 325        |
| 第二节         | 干燥器的物料和热量衡算     | 334        |
| 10 - 3      | 空气干燥器的操作过程      | 334        |
| 10 - 4      | 物料衡算            | 335        |
| 10 - 5      | 热量衡算            | 340        |
| 10 - 6      | 干燥器出口空气状态的确定    | 343        |
| 10 - 7      | 干燥器的热效率和干燥效率    | 345        |
| 第三节         | 干燥速率和干燥时间       | 349        |
| 10 - 8      | 物料中所含水分的性质      | 350        |
| 10 - 9      | 干燥速率及其影响因素      | 354        |
| 10 - 10     | 恒定干燥情况下干燥时间的计算  | 359        |
| 第四节         | 干燥器             | 364        |
| 10 - 11     | 干燥器的结构和特点       | 365        |
| 10 - 12     | 干燥器的比较和选择       | 377        |
| 10 - 13     | 气流干燥器的计算        | 379        |
| 练习题         |                 | 387        |
| <b>第十一章</b> | <b>冷冻</b>       | <b>390</b> |
| 第一节         | 压缩蒸气冷冻机         | 391        |
| 11 - 1      | 压缩蒸气冷冻机的工作过程    | 391        |
| 11 - 2      | 温熵图             | 392        |
| 11 - 3      | 压缩蒸气冷冻机的计算      | 396        |
| 11 - 4      | 多级压缩蒸气冷冻机       | 404        |
| 第二节         | 冷冻剂和冷冻盐水        | 408        |

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| 11 - 5 冷冻剂                                          | 408        |
| 11 - 6 冷冻盐水                                         | 410        |
| 第三节 压缩蒸气冷冻机的主要设备                                    | 412        |
| 11 - 7 压缩机、冷凝器、蒸发器和膨胀阀                              | 412        |
| 练习题                                                 | 415        |
| <b>附录</b>                                           | <b>417</b> |
| 一、某些双组分混合物在101.3k N/m <sup>2</sup> (绝压)<br>下的气液平衡数据 | 417        |
| 二、饱和水蒸汽在253~373K时的压力                                | 419        |
| 三、几种冷冻剂的物理性质                                        | 421        |
| 四、几种冷冻剂的沸点和饱和蒸气压的关系                                 | 422        |
| 五、氟利昂-12的物理性质                                       | 422        |
| 六、氯化钠溶液的物理性质                                        | 423        |
| 七、氯化钙溶液的物理性质                                        | 424        |
| 八、氯化钠溶液和氯化钙溶液的比热                                    | 425        |
| 九、氨的热力性质                                            | 426        |
| 十、氨的T-S图                                            |            |

## 第七章 蒸 馏

化学工业中所处理的液体物料（原料、中间产物或粗产品），大都是由若干个组分所组成的液体混合物。例如，石油就是由多种碳氢化合物组成的混合液体。在生产过程中，为了适应使用情况或进一步加工的需要，常常要求把液体混合物分成比较纯净的或接近纯净的物质。例如，在石油化工生产中，先将石油原油分成汽油、煤油、柴油和重油等，然后进一步利用或进一步加工。这就是说，化工生产中的液体物料，在许多情况下不符合实际要求。为了获得加工过程所需要的比较纯净或接近纯净的物质，生产中常常采用分离操作。

蒸馏就是利用互溶液体混合物中各组分沸点（亦即饱和蒸气压）的不同，而分离成为较纯组分的操作。它是重要的分离操作之一，广泛应用于化学与石油工业中。

最简单形式的蒸馏，是将液体混合物加热，使部分气化而分离。在形式上，简单蒸馏与蒸发操作几乎没有区别，但此两种操作却有本质上的不同。进行蒸发的溶液中的溶质是不挥发的，经蒸发后，仅除去一部分溶剂而增加溶质的浓度。被增浓的溶液即是蒸发操作的产品。但借蒸馏以分离的溶液，溶质与溶剂皆具有挥发性，在蒸馏过程中两者同时变成蒸气。蒸气冷凝液和残留溶液可能都是蒸馏产品。

通常，蒸馏操作所以能够分离互溶的液体混合物，是由于溶液中各组分的沸点不同，即在同温度下各自的饱和蒸气压不同。饱和蒸气压较大的液体，其沸点较低，反之，其沸点较高。

沸点低的组分容易气化，称为易挥发组分；而沸点高的组分不易气化，称为难挥发组分。因此，蒸馏所得的蒸气中，与其冷凝后形成的液体（简称馏出液）中，低沸点组分的浓度增大；而残留的液体（简称残液）中，高沸点组分的浓度增大。这样，便把液体混合物分离为不同组分的两部分。例如，在 $101.3\text{kN m}^{-2}$ 下，苯的沸点为 $353.2\text{K}$ ，甲苯的沸点为 $383.4\text{K}$ 。若将苯和甲苯的混合液（在该混合液中，苯为易挥发组分，甲苯为难挥发组分）用蒸馏方法处理，就可以得到纯态的苯（馏出液）和甲苯（残液）。

显然，液体混合物中，各组分的沸点相差越大，越容易进行分离。应当指出，混合液中各组分在同一温度下的蒸气压相同时，不能用一般的蒸馏方法进行分离。

蒸馏方法有简单蒸馏、精馏、特殊方法蒸馏（水蒸汽蒸馏、恒沸蒸馏和萃取蒸馏）等多种，其中以精馏应用得最为广泛。被精馏的混合液中，组分数目是两个的称为二组分精馏，多于两个的称为多组分精馏。本章主要讨论二组分溶液的连续精馏问题。对特殊蒸馏和多组分溶液的精馏只作一般介绍。

## 第一节 气-液相平衡关系

### 7-1 相组成表示法

在传质操作中，发生相与相之间的质量传递，组分在各相中的浓度大小因而发生变化。各组分在相中的浓度表示方法很多，常用的有以下几种：

#### 一、质量分率和摩尔分率

1. 质量分率 混合物中某组分的质量与混合物总质量的比值称为该组分的质量分率。若混合物的总质量为 $G\text{kg}$ ，而其

中所含组分A、B、C……的质量分别为 $G_A$ 、 $G_B$ 、 $G_C$ ……kg, 则各组分的质量分率为:

$$X_{W,A} = \frac{G_A}{G}; \quad X_{W,B} = \frac{G_B}{G}; \quad X_{W,C} = \frac{G_C}{G} \dots\dots (7-1)$$

式中  $X_{W,A}$ 、 $X_{W,B}$ 、 $X_{W,C}$ ……——组分A、B、C……的质量分率。

显然, 任一组分的质量分率都小于1。而各质量分率之和等于1, 即

$$X_{W,A} + X_{W,B} + X_{W,C} + \dots\dots = 1$$

质量分率乘以100%即得质量百分率。

2. 摩尔分率 混合物中某组分的摩尔数与混合物总摩尔数的比值称为该组分的摩尔分率。若混合物的总千摩尔数为 $n$  kmol, 而其中所含组分A、B、C……的千摩尔数分别为 $n_A$ 、 $n_B$ 、 $n_C$ ……kmol, 则各组分的摩尔分率为:

$$x_A = \frac{n_A}{n}; \quad x_B = \frac{n_B}{n}; \quad x_C = \frac{n_C}{n} \dots\dots (7-2)$$

式中  $x_A$ 、 $x_B$ 、 $x_C$ ……——组分A、B、C……的摩尔分率。

显然, 任一组分的摩尔分率都小于1, 而各摩尔分率之和等于1, 即

$$x_A + x_B + x_C + \dots\dots = 1$$

摩尔分率乘以100%即得摩尔百分率。

### 3. 质量分率与摩尔分率之间的相互换算

(1) 由质量分率换算成摩尔分率 设混合物中各组分的质量分率分别为 $X_{W,A}$ 、 $X_{W,B}$ 、 $X_{W,C}$ ……, 各组分的分子量分别为 $M_A$ 、 $M_B$ 、 $M_C$ ……, 今以混合物的总质量 $G = 1$  kg为计算基准, 则混合物中各组分的质量分别为

$$G_A = G \cdot X_{W,A} = X_{W,A}$$

$$G_B = G \cdot X_{W,B} = X_{W,B}$$

$$G_C = G \cdot X_{W,C} = X_{W,C}$$

.....

即各组分的质量的kg数分别等于其质量分数。

因此，混合物中各组分的千摩尔数分别为

$$n_A = \frac{G_A}{M_A} = \frac{X_{W,A}}{M_A}$$

$$n_B = \frac{G_B}{M_B} = \frac{X_{W,B}}{M_B}$$

$$n_C = \frac{G_C}{M_C} = \frac{X_{W,C}}{M_C}$$

.....

而 1 kg混合物总的千摩尔数为

$$\begin{aligned} n &= n_A + n_B + n_C + \dots \\ &= \frac{X_{W,A}}{M_A} + \frac{X_{W,B}}{M_B} + \frac{X_{W,C}}{M_C} + \dots \\ &= \sum \frac{X_{W,i}}{M_i} \end{aligned}$$

根据式 (7 - 2) 得

$$\begin{aligned} x_A &= \frac{n_A}{n} = \frac{\frac{X_{W,A}}{M_A}}{\sum \frac{X_{W,i}}{M_i}} \\ x_B &= \frac{n_B}{n} = \frac{\frac{X_{W,B}}{M_B}}{\sum \frac{X_{W,i}}{M_i}} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} x_A \\ x_B \end{aligned}} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} x_c &= \frac{n_c}{n} = \frac{\frac{X_{w,c}}{M_c}}{\sum \frac{X_{w,i}}{M_i}} \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (7-3)$$

(2) 由摩尔分率换算成质量分率 设混合物各组分的摩尔分率分别为 $x_A$ 、 $x_B$ 、 $x_C$ ……, 各组分的分子量分别为 $M_A$ 、 $M_B$ 、 $M_C$ ……, 今以混合物总摩尔数  $n = 1 \text{ kmol}$  为计算基准, 则混合物中各组分的千摩尔数分别为

$$\begin{aligned} n_A &= n \cdot x_A = x_A \\ n_B &= n \cdot x_B = x_B \\ n_C &= n \cdot x_C = x_C \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

因此, 混合物中各组分的质量分别为

$$\begin{aligned} G_A &= M_A \cdot n_A = M_A \cdot x_A \\ G_B &= M_B \cdot n_B = M_B \cdot x_B \\ G_C &= M_C \cdot n_C = M_C \cdot x_C \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

而  $1 \text{ kmol}$  混合物的总质量为

$$\begin{aligned} G &= G_A + G_B + G_C + \dots\dots\dots \\ &= M_A \cdot x_A + M_B \cdot x_B + M_C \cdot x_C + \dots\dots\dots \\ &= \sum M_i \cdot x_i \end{aligned}$$

根据式 (7-1) 得

$$\left. \begin{aligned} X_{w,A} &= \frac{G_A}{G} = \frac{M_A \cdot x_A}{M_A \cdot x_A + M_B \cdot x_B + M_C \cdot x_C + \dots\dots\dots} = \frac{M_A \cdot x_A}{\sum M_i \cdot x_i} \\ X_{w,B} &= \frac{G_B}{G} = \frac{M_B \cdot x_B}{M_A \cdot x_A + M_B \cdot x_B + M_C \cdot x_C + \dots\dots\dots} = \frac{M_B \cdot x_B}{\sum M_i \cdot x_i} \end{aligned} \right\}$$

$$X_{w,C} = \frac{G_C}{G} = \frac{M_C \cdot X_C}{M_A \cdot X_A + M_B \cdot X_B + M_C \cdot X_C + \dots} = \frac{M_C \cdot X_C}{\sum M_i \cdot X_i} \quad (7-4)$$

式 (7-4) 的分母为 1 kmol 混合物的质量, 称为混合物的平均分子量, 即

$$M_{\text{均}} = M_A \cdot X_A + M_B \cdot X_B + M_C \cdot X_C + \dots = \sum M_i \cdot X_i \quad (7-5)$$

在二组分混合物中用一个组分的含量就可以完全表示其组成。设某一组分的质量分率和摩尔分率各为  $X_w$  和  $x$ , 则另一组分的质量分率和摩尔分率则为  $(1 - X_w)$  和  $(1 - x)$ 。

在传质计算中, 为了区分液相和气相组成, 习惯上以  $x$  (或  $X$ ) 表示液相组成, 而以  $y$  (或  $Y$ ) 表示气相组成。

例7-1 在酒精和水的混合液中, 酒精的质量为 15kg, 水为 25kg, 求酒精和水在混合液中的质量分率、摩尔分率和该混合液的平均分子量

解 1. 质量分率

按题意  $G_{\text{酒精}} = 15\text{kg}$        $G_{\text{水}} = 25\text{kg}$

由式 (7-1)

酒精的质量分率:

$$X_{w,\text{酒精}} = \frac{G_{\text{酒精}}}{G} = \frac{15}{15 + 25} = \frac{15}{40} = 0.375 \quad \text{或} 37.5\%$$

则水的质量分率:

$$X_{w,\text{水}} = 1 - X_{w,\text{酒精}} = 1 - 0.375 = 0.625 \quad \text{或} 62.5\%$$

2. 摩尔分率

由式 (7-2)

酒精的摩尔分率:

$$X_{\text{酒精}} = \frac{n_{\text{酒精}}}{n} = \frac{n_{\text{酒精}}}{n_{\text{酒精}} + n_{\text{水}}}$$

$$= \frac{\frac{15}{46}}{\frac{15}{46} + \frac{25}{18}} = \frac{0.326}{0.326 + 1.39} = 0.190 \quad \text{或} 19\%$$

或用式 (7-3) 计算, 得

$$x_{\text{酒精}} = \frac{\frac{X_{w, \text{酒精}}}{M_{\text{酒精}}}}{\frac{X_{w, \text{酒精}}}{M_{\text{酒精}}} + \frac{X_{w, \text{水}}}{M_{\text{水}}}} = \frac{\frac{37.5}{46}}{\frac{37.5}{46} + \frac{62.5}{18}} = 0.19 \quad \text{或} 19\%$$

水的摩尔分率:

$$x_{\text{水}} = 1 - x_{\text{酒精}} = 1 - 0.19 = 0.81 \quad \text{或} 81\%$$

### 3. 混合液的平均分子量

由式 (7-5)

$$\begin{aligned} M_{\text{均}} &= M_{\text{酒精}} \cdot x_{\text{酒精}} + M_{\text{水}} \cdot x_{\text{水}} \\ &= 46 \times 0.19 + 18 \times 0.81 \\ &= 8.74 + 14.58 = 23.32 \end{aligned}$$

**二、气体混合物的组成** 气体混合物中各组分的组成 (浓度) 除了可以用上述各种方法表示外, 还可以用某组分的压力分率  $x_p$  或体积分率  $x_v$  来表示。

#### 1. 压力分率

设:

$P$  —— 混合气体的总压,  $N \cdot m^2$ ;

$p_A, p_B$  —— 混合气体中组分 A 和 B 的分压,  $N/m^2$ ;

$V_A, V_B$  —— 混合气体中组分 A 和 B 的分体积,  $m^3$ ;

$y_A, y_B$  —— 混合气体中组分 A 和 B 的摩尔分率。

根据道尔顿分压定律,

$$P = p_A + p_B$$

又根据理想气体状态方程式, 对每一组分有:

$$p_A = \frac{n_A R T}{V} \qquad p_B = \frac{n_B R T}{V}$$

而 
$$P = \frac{n R T}{V}$$

所以 
$$\frac{p_A}{P} = \frac{\frac{n_A R T}{V}}{\frac{n R T}{V}} = \frac{n_A}{n} = y_A$$

同理 
$$\frac{p_B}{P} = \frac{\frac{n_B R T}{V}}{\frac{n R T}{V}} = \frac{n_B}{n} = y_B$$

(7-6)

式 (7-6) 表示理想气体混合物中某组分的摩尔分率等于该组分的分压与总压之比。若将此比值记作  $x_p$ , 则式 (7-6) 改写成百分数的形式便为

$$x_p \% = y \% \qquad (7-7)$$

## 2. 体积分率

从理想气体状态方程式出发, 还可导出摩尔分率与体积分率之间的关系。

根据理想气体状态方程式, 各组分的分体积为:

$$V_A = \frac{n_A R T}{P} \qquad V_B = \frac{n_B R T}{P}$$

而 
$$V = \frac{n R T}{P}$$

所以 
$$\frac{V_A}{V} = \frac{\frac{n_A R T}{P}}{\frac{n R T}{P}} = \frac{n_A}{n} = y_A$$

$$\text{同理} \quad \frac{V_B}{V} = \frac{\frac{n_B R T}{P}}{\frac{n R T}{P}} = \frac{n_B}{n} = y_B \quad (7-8)$$

式 (7-8) 表明, 理想气体混合物中某一组分的摩尔分率等于该组分的分体积与总体积之比。若将此比值记作  $X_v$ , 则式 (7-8) 改写成百分数的形式便为

$$X_v \% = y \% \quad (7-9)$$

由式 (7-7) 和式 (7-9) 可知, 理想气体混合物中某一组分的摩尔分率等于该组分的分压与混合气体总压之比, 亦等于该组分的分体积与混合气体总体积之比, 即该组分在混合气体中的体积分率。即

$$y \% = X_p \% = X_v \% \quad (7-10)$$

以上气体混合物的摩尔分率用分压或分体积的表示法是按理想气体导出的, 但也可用于总压在  $1013 \text{ kN/m}^2$  以下的各种混合气体。

例7-2 已知空气中  $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  的质量百分率分别为  $76.7\%$  和  $23.3\%$ , 且总压为  $101.3 \text{ kN/m}^2$ , 求它们的摩尔分率、体积分率和分压。

解 1. 摩尔分率  $y$

按题意  $X_{w, \text{N}_2} = 76.7\%$   $X_{w, \text{O}_2} = 23.3\%$

由式 (7-3)

$$y_{\text{N}_2} = \frac{\frac{X_{w, \text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}}}{\frac{X_{w, \text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}} + \frac{X_{w, \text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}}} = \frac{\frac{76.7}{28}}{\frac{76.7}{28} + \frac{23.3}{32}} = 0.79$$

故  $y_{O_2} = 1 - y_{N_2} = 1 - 0.79 = 0.21$

## 2. 体积分率 $X_v$

由式 (7-10)

$$X_{v,0} = y_{0}$$

故  $X_{v,N_2} = 0.79$

$$X_{v,O_2} = 1 - 0.79 = 0.21$$

## 3. 分压

由式 (7-7)

$$N_2 \text{ 的分压 } p_{N_2} = P \cdot y_{N_2} = 101.3 \times 0.79 = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$O_2 \text{ 的分压 } p_{O_2} = P \cdot y_{O_2} = 101.3 \times 0.21 = 21.3 \text{ kN/m}^2$$

## 7-2 理想溶液和非理想溶液气-液平衡关系

蒸馏操作是利用同一温度下组分的蒸气压不同，亦即沸点的差异而使液体混合物分离的气、液两相间的传质过程。当气、液两相接触，互相扩散，两者达到平衡时，传质过程就不再继续进行。气、液两相达到平衡状态下的浓度关系，称为气、液平衡关系。在一定压力下，溶液的浓度、沸点与其上方的饱和蒸气浓度的关系，即气、液平衡关系均可由实验测出。它是分析蒸馏操作及进行设计计算的基础。

在溶液中，有组分部分互溶的溶液及组分完全互溶的溶液，而后者在蒸馏操作中最常遇到。本章只讨论二组分完全互溶的气、液平衡关系。

完全互溶的二组分溶液，就是指纯的 A、B 两组分可以任何浓度相互混合形成溶液。溶液中两组分彼此对蒸气压的影响，视相同分子间的吸引力及相异分子间的吸引力的大小而定。据此，又可将完全互溶的二组分溶液分为理想溶液和非理想溶液二个系统。下面，着重以三个相平衡图，即  $P-x$  图、 $t-x-y$  图