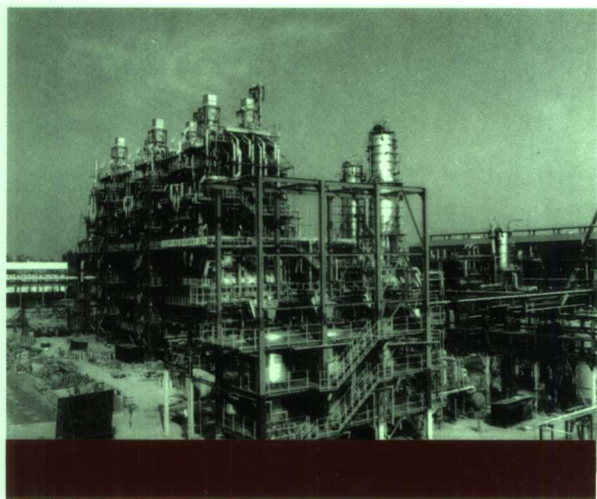


化工工人岗位培训读本

# 乙烯生产工

刘玉东 主编



Chemical Industry Press

1.21



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

化工工人岗位培训读本

# 乙 烯 生 产 工

刘玉东 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

# (京) 新登字 039 号

## 图书在版编目 (CIP) 数据

乙烯生产工/刘玉东主编. —北京: 化学工业出版社,  
2005. 2  
(化工工人岗位培训读本)  
ISBN 7-5025-6661-9

I. 乙… II. 刘… III. 乙烯-生产工艺-技术培训-  
教材 IV. TQ221. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 011176 号

---

化工工人岗位培训读本

乙烯生产工

刘玉东 主编

责任编辑: 周国庆 刘哲 赵丽霞

责任校对: 郑捷

封面设计: 于兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

\*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 195 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6661-9/TQ·2157

定 价: 18.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 前 言

随着国内化学工业技术的迅速发展，行业规模不断扩大，高技术能、复合型人才的就业岗位比重不断增加，但与此相对应的是人才短缺，具有高技能的技术工人明显供不应求。为了满足化工企业技术工人岗位培训及职业技能鉴定的需要，全面系统地开展员工的技术培训工作，提高技术工人的基本素质，增强其在市场经济体制下的竞争能力，有效解决知识更新和人员更替问题，为企业发展提供可靠保障，化学工业出版社组织吉林化学工业公司、南京化学工业公司、燕山石油化工有限公司等单位编写了一套《化工工人岗位培训读本》丛书。

本套丛书的编写人员均为生产一线的具有较丰富实际工作经验的工程技术人员，本着精练、实用的原则，紧密联系化工生产实际，着眼于提高操作人员的实际操作技能和对异常情况的应变处理能力。对与生产过程相关的化学基础、化工基础、化工设备进行简要介绍，对生产工艺技术及其中各单元的操作、控制分析项目等进行较详细的讨论。因此，本套丛书可作为化工行业职业技能鉴定的培训教材。

本书为《乙烯生产工》分册。乙烯装置可以说是石油化工生产的核心，其生产能力可以反映一个国家的石油化工生产水平；具有流程长、设备数量多且复杂、危险性大、控制难度大等特点。随着生产规模的不断扩大，自控程度的提高，对乙烯生产操作人员的综合技术素质要求越来越高。一名合格的乙烯生产操作工应是石油化工行业操作人员中的佼佼者，在保证装置长期、高效、安全、稳定、优化运行中发挥重要作用。

本书简单介绍了与乙烯生产相关的有机化学、化工生产设备和化工基础理论等知识；结合乙烯生产工艺实际，有针对性地对乙烯生产中裂解、压缩、深冷分离、净化和加氢单元的工艺操作及生产设备进行较为全面的阐述；并对生产管理以及安全环保等知识做了简要介绍。第1章由赵福瑞、李红梅、宋爱文编写，第2章由刘玉东、翟辉、池亮、姜丽巍编写，第3章由冯力、张殿波、常恕安、林彦海、饶东臣编写，第4章由刘子荣、刘邢艳、王玉红编写。

本书是2003年化学工业出版社出版的技术工人岗位培训题库中《乙烯生产操作工》一书的配套用书，可作为我国乙烯行业职业技能鉴定学习教材，同时可作为乙烯装置操作工和技术人员平时自我学习提高的资料。

由于编写时间短，编写人员水平和经验有限，书中难免出现疏漏和不妥之处，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2005年1月

# 目 录

<b>第 1 章 化学化工基础知识</b> .....	1
1.1 单位及单位换算 .....	1
1.2 摩尔 .....	3
1.3 化学反应速率和化学平衡 .....	4
1.4 溶液 .....	5
1.5 有机化学基础 .....	8
1.5.1 概述 .....	8
1.5.2 烷烃 .....	10
1.5.3 烯烃 .....	13
1.5.4 炔烃 .....	19
1.6 流体力学基础 .....	24
1.6.1 流体静力学 .....	25
1.6.2 流体动力学 .....	31
1.7 传热 .....	34
1.7.1 基本概念 .....	35
1.7.2 强化传热的几种途径 .....	37
1.8 精馏 .....	39
1.8.1 精馏原理及流程 .....	39
1.8.2 精馏塔理论板计算方法 .....	41
1.8.3 回流比的概念及其对精馏的影响 .....	43
1.8.4 特殊精馏方法 .....	44
1.8.5 影响精馏操作的主要因素及过程控制 .....	47
1.9 冷冻 .....	49
1.9.1 压缩蒸汽冷冻机的工作过程 .....	50
1.9.2 多级压缩蒸汽冷冻机 .....	51

1.9.3	冷冻剂性质及常用的冷冻剂 .....	51
1.9.4	压缩蒸汽冷冻机的主要设备 .....	53
1.9.5	深冷过程概述 .....	54
<b>第2章</b>	<b>化工设备知识 .....</b>	<b>56</b>
2.1	设备常用材料 .....	56
2.1.1	材料的性能 .....	56
2.1.2	化工常用金属材料 .....	58
2.2	润滑 .....	65
2.2.1	磨损与润滑机理 .....	65
2.2.2	润滑油的主要质量指标 .....	67
2.2.3	润滑脂的主要质量指标 .....	70
2.3	设备管线的静密封 .....	72
2.3.1	概述 .....	72
2.3.2	静密封结构和材料选用 .....	76
2.3.3	常用中低压垫片类型 .....	78
2.4	压力容器 .....	79
2.4.1	化工压力容器概述 .....	79
2.4.2	压力容器的基本结构 .....	83
2.4.3	安全附件 .....	86
2.4.4	压力容器的使用、维护及检查项目 .....	90
2.5	换热设备 .....	93
2.5.1	基本概念 .....	93
2.5.2	换热设备的种类 .....	94
2.6	离心泵 .....	98
2.6.1	离心泵的分类及工作原理 .....	98
2.6.2	离心泵的主要部件 .....	100
2.6.3	离心泵的特性 .....	100
2.6.4	离心泵的汽蚀和型号说明 .....	103
2.7	压缩机 .....	104

2.7.1	离心式压缩机	104
2.7.2	汽轮机	110
<b>第3章 乙烯生产原理与技术</b> 113		
3.1	概述	113
3.1.1	石油化工及其地位	113
3.1.2	乙烯与石油化工	115
3.1.3	乙烯生产技术的发展	119
3.2	管式裂解炉的操作及控制	121
3.2.1	管式裂解炉的特性和操作指标	121
3.2.2	结焦的后果及其对炉管运转周期的影响	124
3.2.3	裂解炉的不安全因素和对策	126
3.3	裂解气的净化与压缩	127
3.3.1	脱除酸性气体	128
3.3.2	脱水(深度干燥)	131
3.3.3	脱炔	132
3.3.4	脱除CO	139
3.3.5	裂解气的压缩	140
3.4	深冷分离法	145
3.4.1	深冷分离流程组织	145
3.4.2	脱甲烷过程	149
3.4.3	乙烯塔和丙烯塔	154
3.4.4	深冷分离中的制冷系统	156
3.4.5	热泵精馏系统	157
3.5	裂解汽油加氢精制	158
3.5.1	加氢过程的化学反应	159
3.5.2	加氢催化剂	161
3.5.3	影响加氢过程的主要因素	166
3.5.4	加氢反应器	169
3.6	乙烯装置的操作与管理	174



3.6.1	裂解系统操作与管理 .....	174
3.6.2	急冷系统的操作与管理 .....	191
3.6.3	压缩与制冷系统的操作与管理 .....	196
3.6.4	分离精制系统的操作与管理 .....	210
3.6.5	装置系统操作 .....	219
<b>第4章</b>	<b>化工生产安全 .....</b>	<b>231</b>
4.1	劳动安全卫生管理 .....	231
4.1.1	安全生产的重大意义 .....	231
4.1.2	化工生产的危险性 .....	232
4.1.3	化工劳动安全卫生规章 .....	233
4.2	燃烧和爆炸 .....	236
4.2.1	燃烧 .....	236
4.2.2	爆炸 .....	237
4.3	乙烯生产中的防火防爆基本措施 .....	237

# 第 1 章 化学化工基础知识

## 1.1 单位及单位换算

在我国，国际制（SI）单位虽已开始推行，但工程制单位在生产、设计中的使用仍很普遍，而且化学工程中常用的一些物理、化学数据有许多仍以物理制（cgs）单位表示。因此，有必要了解一些常用的单位制度以及它们之间的换算关系。

(1) 单位制度 单位制度的不同，在于所采用的基本单位的不同以及对基本单位大小的规定不一。物理制的基本单位是：长度单位，厘米（cm）；质量单位，克（g）；时间单位，秒（s）。国际制的基本单位共有 7 个，但化工中常用的只有下面 5 个：长度单位，米（m）；质量单位，千克（kg）；时间单位，秒（s）；温度单位，开尔文（K）；物质的量单位，摩尔（mol）。这两种单位制都以质量为基本单位，属于绝对单位制系统。工程制的基本单位是：长度单位，米（m）；力或重力单位，千克力（kgf）；时间单位，秒（s）。这种制度的特点是以力而不以质量作基本单位，属于重力单位制系统。

(2) 单位换算 从各种来源得到的数据，其单位不一定符合要求，必须进行单位换算，此项工作若在运算当中临时进行极易发生错漏，以预先做好为宜。表 1-1 所示为 cgs 制、SI 制和工程制之间的换算关系。

表 1-1 cgs 制、SI 制和工程制单位之间的换算表

量	cgs 制	SI 制	工程制
长度	cm(厘米)	m(米)	m(米)
	1	$10^{-2}$	$10^{-2}$
	100	1	1

续表

量	cgs 制	SI 制	工程制
面积	$\text{cm}^2(\text{厘米}^2)$	$\text{m}^2(\text{米}^2)$	$\text{m}^2(\text{米}^2)$
	1	$10^{-4}$	$10^{-4}$
	$10^4$	1	1
体积	$\text{cm}^3(\text{厘米}^3)$	$\text{m}^3(\text{米}^3)$	$\text{m}^3(\text{米}^3)$
	1	$10^{-6}$	$10^{-6}$
	$10^6$	1	1
质量	g(克)	kg(千克)	$\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$ (千克力·秒 <sup>2</sup> /米)
	1	$10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-4}$
	1000	1	0.102
	9807	9.807	1
压力	bar(巴)	Pa(帕斯卡)	$\text{kgf}/\text{m}^2$ (千克力/米 <sup>2</sup> )
	1	$10^5$	10200
	$10^{-5}$	1	0.102
	$9.807 \times 10^{-5}$	9.807	1
能量、热、功	erg(尔格)	J(焦耳)	$\text{kgf} \cdot \text{m}$ (千克力·米)
	1	$10^{-7}$	$1.02 \times 10^{-6}$
	$10^7$	1	0.102
	$9.807 \times 10^7$	9.807	1
功率、传热效率	erg/s(尔格/秒)	kW(千瓦)	$\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{s}$ (千克力·米/秒)
	1	$10^{-10}$	$1.02 \times 10^{-8}$
	$10^{10}$	1	102
	$9.807 \times 10^7$	0.009807	1
黏度	P(泊)	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ [千克/(米·秒)]	$\text{kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ [千克力·秒/米 <sup>2</sup> ]
	1	0.1	0.0102
	10	1	0.102
	98.07	9.807	1

## 1.2 摩尔

物质的量的单位是摩尔 (mol)，它是国际单位制的一种基本单位。在化学中，使用摩尔这个单位能够把物质的微粒数与物质的质量、气体的体积、溶液的浓度等联系起来，还能给化学计算带来很大的方便。

① 摩尔。摩尔是表示物质的量的单位。某物质如果所包含的微粒数和 0.012kg 碳-12 的原子数目相等，这种物质的量就是 1mol。物质的微粒可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子，或是这些粒子的特定组合。如果质量以克计，1mol 各种原子的质量在数值上就等于该种原子的原子量，单位为 g/mol，1mol 双原子分子或多原子分子构成的各种物质的质量，在数值上就等于该物质的分子量，单位为 g/mol。1mol 物质的质量称为摩尔质量。

物质的质量和摩尔质量之间的关系可用下式表示：

$$\text{物质的量 (mol)} = \frac{\text{物质的质量 (g)}}{\text{摩尔质量 (g/mol)}}$$

② 物质的量的计算。

例 1-1 8g 氧原子是多少摩尔？8g 氧气是多少摩尔？

解 氧原子的相对原子质量是 16，它的摩尔质量是 16g/mol。

$$\frac{8\text{g}}{16(\text{g/mol})} = 0.5\text{mol}$$

氧气的相对分子质量是 32，它的摩尔质量是 32g/mol。

$$\frac{8\text{g}}{32(\text{g/mol})} = 0.25\text{mol}$$

答 8g 氧原子相当于 0.5mol 氧原子，8g 氧气相当于 0.25mol 氧气。

③ 气体摩尔体积。在标准状况下，1mol 气体所占的体积为 22.4L，这个体积叫做气体的摩尔体积。

**例 1-2** 在标准状况下，4mol 与 4g 氧气各占多大体积？

**解** ① 求 4mol 氧气在标准状况下所占的体积。

$$4\text{mol 氧气的体积} = 22.4(\text{L/mol}) \times 4\text{mol} = 89.6\text{L}$$

② 求 4g 氧气所占有的体积。

1mol 氧气的质量是 32g，它在标准状况下为 22.4L，设 4g 氧气所占有的体积为  $x(\text{L})$ 。可得：

$$32\text{g} : 4\text{g} = 22.4\text{L} : x$$

$$x = 2.8\text{L}$$

**答** 在标准状况下，4mol 氧气占有的体积是 89.6L，4g 氧气占有的体积是 2.8L。

### 1.3 化学反应速率和化学平衡

一切化学反应都涉及到两个重要的理论问题：一个问题是关于反应在一定条件下进行的快慢，即化学反应的速率；另一个问题是关于反应在一定条件下进行的方向与限度，即化学平衡。

#### (1) 化学反应速率

① 化学反应速率的概念。在单位时间内反应物或生成物浓度的变化量就叫做化学反应速率。通常用单位时间反应物浓度的减少或生成物浓度的增加来表示。

#### ② 影响化学反应速率的因素。

a. 浓度对化学反应速率的影响。当其他条件不变时，增加反应物浓度，可以增大反应的速率。

b. 压强对化学反应速率的影响。当气态物质参加反应时，增大压强，能增大反应速率。对没有气态物质参加的反应，压强的变化不会影响其反应速率。

c. 温度对化学反应速率的影响。当其他条件不变时，升高温度，化学反应速率增大。

d. 催化剂对反应速率的影响。一般来说，催化剂的作用都是

指它能加快反应速率的作用，但是也有的催化剂能起着减慢反应速率的作用。例如化肥的稳定剂、金属的缓蚀剂、橡胶的防老剂等。

## (2) 化学平衡

① 化学平衡的概念。在一定的条件下进行的可逆反应中，正反应和逆反应的速率相等，反应物和生成物的浓度不随时间而变化。这时反应物和生成物的混合物就处于化学平衡状态。

### ② 影响化学平衡移动的因素。

a. 浓度对化学平衡的影响。在其他条件不变时，增大反应物浓度或减小生成物浓度，可以使化学平衡向着正反应方向移动（向右移动）；增大生成物的浓度或减小反应物的浓度，可以使化学平衡向着逆反应方向移动（向左移动）。

b. 压强对化学平衡的影响。在其他条件不变时，增大压强能使化学平衡向着气体体积缩小（气体分子数减小）的方向移动；减小压强，能使平衡向着气体体积增大（气体分子数增加）的方向移动。

c. 温度对化学平衡的影响。在其他条件不变时，升高温度，能使化学平衡向着吸热反应方向移动；降低温度，能使化学平衡向着放热反应的方向移动。

综合上述结论，可以得出一个更为普遍的规律，这就是勒沙特列原理（也叫做平衡移动原理）：如果改变影响平衡的一个条件（如浓度、压强或温度等），平衡就向能够减弱这种改变的方向移动。

## 1.4 溶液

### (1) 溶液的定义及分类

① 溶液的定义。自然界中纯净物质极少，绝大多数物质都是混合物，而混合物中最重要的一种是溶液。一种（或几种）物质分散到另一种物质里，形成均匀的、稳定的混合物叫做溶液。被溶解的物质叫做溶质。能溶解其他物质的物质叫溶剂。

## ② 溶液的分类。

a. 按物质的聚集状态可把溶液分为三类，即气态溶液（气体混合物）、液态溶液和固态溶液（如合金）。

b. 按液态溶液的导电性能可把液态溶液分为两类，即电解质溶液和非电解质溶液。

c. 按液态溶液的形成过程又可分为三类，即固体溶于液体中的溶液，气体溶于液体中的溶液和液体溶于液体中的溶液。

## (2) 电解质溶液

### ① 基本概念。

a. 强电解质：在水溶液中能完全电离的电解质称为强电解质。

b. 弱电解质：在水溶液中仅能部分电离的电解质称为弱电解质。弱电解质在水溶液中的电离是一种可逆过程。

c. 电离平衡：在一定的条件下，当弱电解质的分子电离成离子的速率与离子结合成分子的速率相等时，电离过程就达到了平衡状态，叫做电离平衡。

d. 电离度：电离度就是电离平衡时，已电离的弱电解质分子数和电离前它的分子总数之比。电离度的大小，可以表示弱电解质的相对强弱。

### ② 溶液的酸碱性。

a.  $[H^+]$ 、pH 值和溶液的酸碱性之间的关系。

当溶液中  $[H^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  时，即  $\text{pH} = 7$  时，溶液显中性；

当溶液中  $[H^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  时，即  $\text{pH} < 7$  时，溶液显酸性；

当溶液中  $[H^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  时，即  $\text{pH} > 7$  时，溶液显碱性。

b. 酸碱指示剂。

在生产和科研工作中，常常需要测定溶液的 pH 值。测定溶液

pH 值的方法很多，通常可用酸碱指示剂、pH 试纸或酸度计。

酸碱指示剂通常是染料一类的有机弱酸或弱碱，在溶液 pH 值改变时，由于它们结构上的变化而引起颜色的改变。因此，指示剂在不同的 pH 值范围内就能显示出不同的颜色。这个使指示剂发生颜色变化的 pH 值范围就成为指示剂的变色范围。从表 1-2 可以看到常用指示剂的变色范围。

pH 试纸是由多种指示剂的混合溶液浸透试纸后，经晾干而制成的。使用 pH 试纸测定溶液的酸碱度时，将待测的溶液滴在 pH 试纸上，试纸显示出的颜色与标准比色板相比较，就可知道该溶液的 pH 值。

表 1-2 常用指示剂的变色范围

指示剂名称	变色范围(pH 值)				
甲基橙	<3.1	红色	3.1~4.4	橙色	>4.4 黄色
石蕊	<5.0	红色	5.0~8.0	紫色	>8.0 蓝色
酚酞	<8.0	无色	8.1~10.0	粉色	>10.0 玫瑰红色

(3) 溶液浓度的计算 在化工生产中，为了准确掌握溶质、溶剂和溶液之间量的关系，把一定量的溶液里所含溶质的量叫做溶液的浓度。

① 质量分数。溶质的质量占全部溶液质量的百分比叫做质量分数，以 % 表示。

$$\begin{aligned}\text{溶液的质量分数}(\%) &= \frac{\text{溶质质量}}{\text{溶液质量}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{溶质质量}}{\text{溶质质量} + \text{溶剂质量}} \times 100\%\end{aligned}$$

例 1-3 把 40g NaOH 溶解在 120g 水中，问所得溶液的质量分数是多少？

解 溶质 NaOH 的质量 = 40g，溶剂水的质量 = 120g，溶液的质量 = 40g + 120g = 160g



$$\text{所以溶液的质量分数}(\%) = \frac{40}{160} \times 100\% = 25\%$$

答 所得溶液的质量分数是 25%。

② 摩尔浓度。以 1L 溶液中含有多少摩尔溶质来表示溶液的浓度，叫做摩尔浓度。摩尔浓度通常用符号  $M$  表示。

$$\text{摩尔浓度} = \frac{\text{物质的量}(\text{mol})}{\text{溶液的体积}(\text{L})}$$

**例 1-4** 称取 2.0g 氢氧化钠，溶于水制成  $100\text{cm}^3$  溶液，计算此溶液的摩尔浓度。

**解** 氢氧化钠的相对分子质量是 40，它的摩尔质量是  $40\text{g/mol}$ 。2.0g NaOH 等于：

$$\frac{2\text{g}}{40\text{g/mol}} = 0.05\text{mol}$$

溶液的体积是  $100\text{cm}^3 = 0.1\text{L}$ 。此溶液的浓度是：

$$0.05\text{mol}/0.1\text{L} = 0.5\text{mol/L}$$

答 这种氢氧化钠溶液的摩尔浓度是  $0.5\text{mol/L}$ 。

## 1.5 有机化学基础

### 1.5.1 概述

(1) 有机化合物的概念及特性 有机化合物与无机化合物相比具有一些不同的特性。

① 容易燃烧。一般有机化合物在较高温度下不稳定，容易分解，也容易燃烧。因而可以用燃烧的方法来判别某一物质是否是有机化合物。

② 熔点低、挥发性大。常温下常以气体、液体或低熔点固体形态存在。

③ 难溶于水。大多数有机物很难溶于极性强的水中。

④ 反应速度慢。在一般情况下，有机物反应进行较慢，又常有副反应发生，反应比较复杂。所以在有机反应中，常用催化剂、