

HUAGONG CAOZUOGONG BIDU

化工操作工

必读

向丹波 陈性永 编



化学工业出版社

HUAGONG CAOZUOGONG BIDU

化工操作工 必读

向丹波 陈性永 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以化工总控工国家职业标准为依据,以一线化工操作工岗位技能要求为目标编写,融合了作者和企业生产技术人员长期从事的工作经验。

本书首先介绍了现代化工操作工的职业技能要求,以此要求为纲,系统介绍了化工操作工应知应会的化学基础知识、化工装置基础知识、化工装置操作技术、化工单元操作技术以及化工安全生产知识。

本书突出实际生产技能,与化工企业工作实践紧密结合,知识深浅适中,采取少而精的原则,通俗易懂,深入浅出,实用性强,可作为化工企业工艺操作岗位的岗前培训、岗位培训、转岗培训、职业技能鉴定培训教材,也可作为高职、中职化工类职业学校化工工艺专业学生“工学结合”学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工操作工必读/向丹波,陈性永编. —北京:

化学工业出版社, 2011.11

ISBN 978-7-122-12317-6

I. 化… II. ①向…②陈… III. 化工单元
操作-基本知识 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 188532 号

责任编辑:傅聪智

装帧设计:王 晓 宇

责任校对:陶燕华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张8 $\frac{3}{4}$ 字数235千字

2011年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:19.80 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国化学工业生产方式向大型化、自动化发展，由此对操作工人技能的要求也在发生着本质上的深刻变化。例如，一个大型化工装置的总控操作工，不仅要掌握全装置工艺过程的原理、操作及事故分析与处理，还要对相关的机械设备、电气仪表、公用工程、DCS 控制、联锁保护、安全环保等各方面知识有相当程度的了解。

本书面向化工操作工岗前培训、在岗学习及化工类职业院校技能培训等，以化工总控工国家职业标准为依据，以一线化工操作工岗位技能要求为目标编写，融合了作者和企业生产技术人员长期从事的工作经验。本书的特点是：突出实际生产操作技能，内容与岗位操作紧密结合，采取少而精的原则，力图通俗易懂，深入浅出。

本书共分五章，第一章介绍现代化工生产现状，分析了化工企业对操作工人的技能要求，让员工清楚了解自己应具备的岗位职业技能；第二章介绍化工生产常用的一些化学基础知识；第三章详细介绍了化工操作工应具备的化工通用基础知识，如化工识图、化工管路、化工仪表及自动化、公用工程系统的知识，并分别列举了与工艺相关的系统故障原因、现象及处理原则；第四章列举了化工生产主要单元操作（如流体输送、传热、精馏、吸收单元）的基本原理，开停车操作与运行维护，事故分析及处理，试车操作等；第五章介绍了化工安全生产的基本原则及措施，防尘防毒、防火防爆、人身安全防护的基本知识和措施，化工安全操作技术等。

本书是在陈性永老师 1997 年编写的《化工工人必读——操作工》一书基础上修订而成的，过去十多年间，该书被众多的企

业和机构选作操作工的培训教材，受到读者的欢迎。受化学工业出版社的委托，四川化工职业技术学院向丹波根据现代化工操作工的职业技能要求对原书进行了较大幅度的增删，并更名为《化工操作工必读》。

本书编写过程中得到有关化工企业技术人员的帮助，提出了宝贵意见，对此，表示衷心的感谢。由于化工操作工职业技能涉及多专业、多工种的知识，受书稿篇幅及作者知识面所限，难以在这里作全面详细阐述，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，并深表谢意。

编者

2011 年 8 月

目 录

第一章 现代化工企业对操作工人的要求	1
第一节 化工生产概述	1
一、化工生产基本概念	1
二、化工生产常用指标	3
三、化工单元操作的分类	6
四、化工过程的特点及基本规律	7
第二节 现代化工生产操作岗位	10
一、现代化工企业生产方式的变化	10
二、操作岗位及工作任务	11
三、操作规程和岗位操作法	12
第三节 现代化工操作工职业能力要求	13
一、现代化工操作工职业能力分析	13
二、化工总控工国家职业标准	14
第二章 化学基础知识	22
第一节 化学反应的基本类型和氧化-还原反应	22
一、化学反应的基本类型	22
二、氧化-还原反应	23
第二节 常见元素及其重要化合物	25
一、非金属元素及其重要化合物	26
二、几种重要的金属及其化合物	40
第三节 有机化合物概述	47
一、有机化合物的特点	47
二、有机化合物的结构	48
三、有机化合物的分类	48
四、有机化学中的术语和一些基本概念	50
五、有机化合物的命名	53
第四节 重要的有机化合物	62

一、烃	62
二、烃的衍生物	75
三、合成有机高分子化合物	86
第三章 化工装置基础知识	91
第一节 化工识图	91
一、化工设备图	91
二、化工工艺图	101
第二节 化工管路	128
一、化工管路的标准化	128
二、管子及管件	130
三、阀门	138
四、化工管路的保温与涂色	145
第三节 化工仪表及自动化	146
一、化工仪表的分类	146
二、控制系统	151
三、信号报警、联锁保护系统	154
四、仪表的工艺校验和故障处理	157
第四节 公用工程系统	158
一、供电系统	159
二、供水系统	163
三、供风系统	166
四、供汽系统	167
五、供氮系统	169
第四章 化工生产基本操作技术	171
第一节 流体输送机械操作技术	171
一、流体输送机械的种类和工作原理	171
二、化工机械的单机试车	175
三、离心泵的操作技术	178
四、压缩机的操作技术	182
第二节 传热装置的操作技术	199
一、传热的基本方式	200
二、换热器中的传热	202
三、影响传热速率的因素	206

四、换热器的试压及气密性试验	207
五、传热系统的开、停车操作及事故处理方法	208
第三节 泡罩塔精馏操作技术	209
一、塔操作的基本概念	209
二、影响精馏操作的因素	212
三、精馏塔的操作技术	214
第四节 填料塔吸收操作技术	224
一、吸收的基本概念	224
二、吸收原理	225
三、影响吸收操作的因素	225
四、填料吸收塔操作技能	227
第五章 化工安全生产技术	232
第一节 安全生产的基本原则及安全生产的措施	232
一、安全生产——专门的效益	232
二、安全生产的基本原则	232
三、实现安全生产的措施	234
第二节 人身安全防护	238
一、个人防护器具	238
二、运转机器旁的安全防护	240
第三节 防火防爆	241
一、燃烧	241
二、爆炸	242
三、防止火灾爆炸的安全措施	245
四、灭火器材的种类及使用方法	248
第四节 防尘防毒	253
一、尘毒物质的来源及分类	253
二、毒物对人体的危害	254
三、防止和减少尘毒物质的主要措施	257
四、尘毒防护器具及使用方法	258
第五节 化工生产安全操作技术	264
一、化工生产安全操作管理	264
二、化工生产安全操作	265
参考文献	270

第一章 现代化工企业对 操作工人的要求

第一节 化工生产概述

一、化工生产基本概念

化学工业是国民经济的支柱产业之一，与国民经济各领域及人民生活息息相关，对推动农业、轻工、冶金、建筑、建材、能源、医药、航天、国防等其他工业部门的发展起着十分重要的作用，对吸纳就业、增加收入、繁荣市场、满足民众多样性需求具有十分重要的意义。

1. 化工过程

化工生产过程简称化工过程。化工过程是指从原料开始到制成目的产物，要经过一系列物理和化学的加工处理步骤，这一系列加工处理步骤，总称为化工过程。例如，合成氨生产，以煤、石油或天然气等为原料，经过一系列的物理和化学加工处理后制成氨，不仅使物质形态发生了变化，而且物质结构也发生了变化，生成了新的物质。

化工生产过程一般可概括为以下三个主要步骤：

(1) 原料预处理 为了使原料符合进行化学反应所需要的状态和规格，根据不同的原料需要经过净化、提浓、混合、乳化或粉碎等多种不同的预处理。

(2) 化学反应 这是化工生产的关键步骤。经过预处理的原料，在一定的温度、压力、停留时间及催化剂等条件下进行反应，以达到所要求的反应转化率和收率。反应类型是多样的，可以是氧

化、还原、复分解、聚合、裂解等。通过化学反应，获得目的产物或其混合物。

(3) 产品精制 将化学反应得到的混合物进行分离，制成符合质量要求的产品，同时将未反应的原料、副产物或杂质回收处理。

这三个步骤，又分别由若干个单元操作和单元反应构成。原料预处理和产品精制主要由单元操作构成，有时也有一些化学反应；化学反应步骤主要是由单元反应构成的，有时伴有物理过程，如有的反应器附有搅拌。

这三个基本步骤是化工生产过程的主要物料流程。学习一套化工生产装置，首先应掌握这三个基本步骤的原理和要求，弄清主流程的来龙去脉，再进一步学习各步骤中的单元操作和单元反应，这样才能将复杂生产过程进行分解学习。

2. 单元操作和单元反应

化工生产的门类众多，如酸、碱、化肥、橡胶、染料、制药等行业。不仅原料来源广泛，产品种类繁多，且加工生产过程也各不相同。但在复杂多样的加工过程中，除化学反应外，其余步骤可归纳为一些基本加工过程，如流体的输送与压缩、沉降、过滤、传热、蒸发、结晶、干燥、蒸馏、吸收、萃取、冷冻、粉碎等。以物理为主的基本加工过程称为化工单元操作。若干单元操作串联起来就构成了一个化工产品的生产过程。

不同生产过程中的同一种化工单元操作，它们所遵循的原理相同，使用的设备相似。例如，石油工业中石油气中烃类的分离与氯碱工业中聚氯乙烯单体氯乙烯的提纯，都是通过精馏这一单元操作实现的，且都遵循相同的传质原理，使用相似的设备精馏塔。

化工生产过程中以化学反应为主的基本加工过程称为单元反应，如氧化过程、加氢过程等。

3. 化工装置

化工装置是由化工机械设备、管道、电气、仪表及公用工程组合起来的化工加工过程。例如，甲醇合成装置是由转化炉、废热锅炉、换热器、合成塔、精馏塔等设备，压缩机、离心泵等机械和电

气,热电偶、孔板流量计、压力计、调节阀等仪表和自控器,循环水、锅炉水、仪表空气、水蒸气等公用系统适当组合起来的。

4. 化学工艺

化学工艺即化学生产技术,指将原料物主要经过化学反应转变为产品的方法和过程,包括实现这一转变的全部措施。

化学工艺通常是对一定的产品或原料提出的,如氯乙烯生产工艺、甲醇合成工艺等。因此,它具有产品生产的特殊性。但各种生产工艺,一般都包括原料和生产方法,流程组织,所用设备的作用、结构和操作,催化剂及其他物料的影响,操作条件,生产控制,产品规格及副产品的分离和利用,以及安全环保和技术经济等问题。

5. 化工工艺流程

化工工艺流程原料经化学加工制取产品的过程,是由化工单元反应和化工单元操作组合而成的。化工工艺流程图就是按物料加工的先后顺序,将这些单元表达出来。

化工工艺流程图是用来表达化工生产工艺流程的设计文件。工艺流程图根据所处阶段和作用不同,主要包括方案流程图、物料流程图(简称PFD)、工艺管道及仪表流程图(简称PID)。

方案流程图,是在产品工艺路线选定后,进行概念性设计时完成,不编入设计文件。它的作用是表达物料从原料到成品或半成品的工艺过程,及所使用的设备和主要管线的设置情况。

物料流程图(PFD),是在工艺流程初步设计阶段,完成物料衡算时绘制。它的作用是在方案流程图的基础上,用图形与表格相结合的形式,反映设计中物料衡算和热量衡算结果的图样。

工艺管道及仪表流程图(PID),是在方案流程图的基础上绘制的内容较为详尽的一种工艺流程图。它的作用是设计、绘制设备布置图和管道布置图的基础,又是施工安装、生产操作和检修时的主要参考依据。

二、化工生产常用指标

为了了解生产中化学反应进行的情况,掌握原料的变化和消耗

情况，需要引用一些常用指标，进行工艺生产分析和指导。

1. 生产能力

化工装置在单位时间内，生产的产品量或处理的原料量，称为生产能力，其单位为 kg/h，t/d，kt/a，Mt/a 等。化工装置在最佳条件下可以达到的最大生产能力称为设计能力。

2. 转化率

转化率是原料中某一反应物转化掉的量（摩尔）与初始反应物的量（摩尔）的比值，它是化学反应进行程度的一种标志。转化率越大，说明参加反应的原料越多，转化程度越高。由于进入反应器的原料一般不会全部参加反应，所以转化率的数值小于 1。

工业生产中有单程转化率和总转化率，其表达式为：

（1）单程转化率 以一次进入反应器的原料量计的转化率，称为单程转化率。原料量的单位为 kg（千克）或 kmol（千摩）。

$$\begin{aligned}\text{单程转化率} &= \frac{\text{参加反应的反应物量}}{\text{进入反应器的反应物量}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{进入反应器的反应物量} - \text{反应后剩余的反应物量}}{\text{进入反应器的反应物量}} \times 100\%\end{aligned}$$

（2）总转化率 对于有循环和旁路的生产过程，常用总转化率。

$$\text{总转化率} = \frac{\text{过程中参加反应的反应物量}}{\text{进入到过程的反应物总量}} \times 100\%$$

（3）产率（或选择性） 产率表示了参加主反应的原料量与参加反应的原料量之间的数量关系。即参加反应的原料有一部分被副反应消耗掉了，而没有生成目的产物。产率越高，说明参加反应的原料生成的目的产物越多。原料量的单位为 kg（千克）或 kmol（千摩）。

$$\text{产率} = \frac{\text{生成目的产物所消耗的原料量}}{\text{参加反应的原料量}} \times 100\%$$

（4）收率 表示进入反应器的原料量与生产目的产物所消耗的原料量之间的数量关系。收率越高说明进入反应器的原料中，消耗在生产目的产物上的数量越多。

转化率和产率是从不同角度来表示某一反应的进行情况。转化率仅表示进入的原料量在反应过程中的转化程度，它不表明这些生成物是目的产物，还是副产物。有时转化率很高，但得到的目的产物并不多，所消耗的原料大部分转化成了副产物。产率只说明被转化的原料中生成目的产物的程度，但不说明有多少原料参加了反应。有时某反应的产率很高，但原料的转化率很低，目的产物生成量很少，这表明进入反应器的原料，只有很少的量参加了反应，但参加反应的原料几乎都转变成了目的产物，仅有少量变为副产物。在实际生产中，我们总希望在获得高转化率的同时，也要获得较高的产率。为了描述这两方面的关系，采用了收率这个概念。

某产物的收率 = 原料的转化率 $\times$ 目的产物的产率 $\times 100\%$

或 单程收率 = $\frac{\text{生成目的产物所消耗的原料量}}{\text{进入反应器的原料量}} \times 100\%$

总收率 = $\frac{\text{生成目的产物所消耗的原料量}}{\text{新鲜原料量}} \times 100\%$

(5) 消耗定额 消耗定额是指生产单位产品所消耗的原料量，即每生产 1 吨 100% 的产品所需要的原料量。

消耗定额 = $\frac{\text{原料量}}{\text{产品量}}$

工厂里消耗定额包括原料、辅助材料及动力等项。消耗定额的高低，说明生产工艺水平的高低及操作水平的好坏。安全、稳定、长周期、满负荷、优化操作，才能降低成本。

(6) 催化剂及其活性、选择性和使用寿命 在化学反应系统中，如果加入某种物质，改变了反应速度而其本身在反应前后的量和化学性质均不发生变化，则该物质称为催化剂（或触媒），而这种作用称为催化作用。凡催化作用加快反应速度的，称为正催化作用；降低反应速度的，称为负催化作用（或阻化作用）。

在化工生产中，有 80%~90% 的产品是在不同类型的催化剂作用下生产的。使用催化剂，可以使反应定向进行，并能加速反应，减少副反应，还能使反应条件变得缓和，降低对设备的要求，从而使生产成本降低。

固体催化剂的使用要求，要具有活性好、稳定性强、选择性强、寿命长、耐热、耐毒、机械强度高、有合理的流体流动性，并且原料易得，制造方便，无毒性等特点。几个表示催化剂性能的概念如下。

① 活性 催化剂活性是指催化剂改变反应速度的能力。催化剂能增大反应的速度，是因为催化剂可以降低反应的活化能，改变反应的机理，使它按活化能较小的反应历程进行。

催化剂活性的大小，通常用原料的转化率来间接表示。转化率高，表示催化剂活性好，反之，则活性差。在生产中，有时也用空时得率来衡量催化剂的生产能力。空时得率是指单位时间内，在单位催化剂（单位容积或单位质量）上所得的产品量。常表示为目的产物千克/（米³·小时）[kg/（m³·h）]。

$$\text{空时得率} = \frac{\text{目的产品量}}{\text{催化剂容积(或质量)} \times \text{时间}} \times 100\%$$

② 选择性 在化学反应中，同一催化剂对不同的化学反应往往表现出不同的活性，同样的反应物在不同的催化剂作用下，结果也会得到不同的产物。这说明催化剂对化学反应具有选择性，所表现出的选择性就是催化剂促进化学反应向目的产物方向进行的能力。因此，常用产率表示催化剂的选择性。

$$\text{催化剂选择性} = \frac{\text{生成目的产物所消耗的原料量}}{\text{参加反应的原料量}} \times 100\%$$

③ 使用寿命 催化剂的使用期限，就是它的寿命。它指的是催化剂从开始使用，直到经过再生也不能恢复其活性，达不到生产规定的转化率和产率的指标时为止的这段时间。催化剂的使用寿命常用时间“月”为单位。催化剂都有它自己的“寿命”，寿命的长短与生产运行时间及生产操作等因素有关。

三、化工单元操作的分类

化工单元操作和单元反应为数并不多，加起来不过几十种，但它们能组合成各种各样的化工生产过程。常用的单元操作有 18 种，按其性质、原理可归纳为以下五种操作类型。

(1) 流体动力学过程的单元操作 遵循流体动力学规律进行的操作过程,如液体输送、气体输送、气体压缩、过滤、沉降等。

(2) 热量传递过程的单元操作 遵循热量传递规律进行的操作过程,也叫传热过程,如传热、蒸发等。

(3) 质量传递过程的单元操作 遵循物质的质量从一个相传递到另一个相传质理论的单元操作过程,也叫传质过程,如蒸馏、吸收、萃取等。

(4) 热力学过程的单元操作 遵循热力学原理的单元操作,如冷冻等。

(5) 机械过程的单元操作 遵循机械力学的单元操作,如粉碎、固体输送等。

四、化工过程的特点及基本规律

1. 化工生产过程的特点

(1) 生产过程连续性和间接性 化工生产是通过一定的工艺流程来实现的,工艺流程是指以反应设备为核心,由系列单元设备通过管路串联组成的系统装置。

化工生产的连续性,体现在空间和时间两个方面。空间的连续性,指生产流程各个工序紧密衔接,相互关联,无论哪个工序失调,都会导致整个生产线不能正常运转;时间的连续性,指生产长期运行,昼夜不停,如果上一个班发生故障,会直接影响下一个班的正常运行。

化工生产的间接性,则体现在操作者一般不和物料直接接触,生产过程在密闭的设备内进行,操作人员依靠仪表和分析化验了解生产情况,通过 DCS 控制系统或现场操作来控制生产运行。

(2) 生产技术的复杂性和严密性 化工工艺流程多数比较复杂,而且发展趋势是复杂程度越来越高。当今的基础化学工业正朝着大型化和高度自动化发展;而应用化学工业正朝着精细化、专业化、高性能和深加工发展。

严密性是指化工生产操作要求非常严格,每种产品都有一套严

密的工艺规程，必须严格执行，否则不仅制造不出合格产品，还可能造成安全事故。

(3) 原料、产品和工艺的多样性 目前我国化学工业具有 40 多个子行业，生产 6 万多种产品。化工生产可以用不同原料制造同一种产品，也可用同一原料制造不同产品。化工产品一般都有两种以上的生产工艺。即使用同样原料制造同一产品，也常有几种不同的工艺流程。

(4) 安全生产的极端重要性 化工生产中，有些单元反应或单元操作要在高温、高压、真空、深冷等条件下进行，许多物料具有易燃、易爆、有毒、腐蚀性等性质，这些特点决定了化工生产中安全极其重要。化工企业的新员工，必须首先进行公司、车间、班组三级安全教育后，再学习装置生产技术，达到规定的安全生产和操作知识技能后，才能上岗操作。

化工操作是指在一定的工序、岗位对化工生产过程进行操纵控制的工作。对于化工这种依靠设备作业的流程型生产，其工艺控制参数、设备运行情况必须时刻处于严密的监控之下，完全按工艺操作规程运行，才能制造出人们需要的产品。大量实践说明，先进的工艺、设备只有通过良好的操作才能转化为生产能力。在设备问题解决之后，操作水平的高低对实现优质、高产、低耗起关键作用。

2. 化工生产过程中的物质转换与能量转换规律

所有化工生产过程都是物料转换与能量转换的“两种转换”过程，遵循质量守恒定律和能量守恒定律，这是化工生产的一个重要规律。

单元操作进行的物理过程都和能量转换紧密联系，如液体输送要消耗电能，粉碎要消耗大量机械能，蒸馏、蒸发要消耗大量热能。单元反应进行的化学过程也都伴随着能量转换，有的化学反应要输出能量。如电解反应要输入大量电能；有的硫磺制硫酸工艺过程安装了余热发电装置，以使反应放出的热量得到有效利用。

在学习和生产中，要运用“两种转换”规律来作指导。抓住“了解”与“控制”两个环节，从以下三个方面入手。

(1) 了解物料运行的状况 物料运行通常有下列三种表现形式。

① 物料的输入和输出 输入的材料有原料和辅助材料；输出的物料有产品、中间产品、副产品和“废料”。

② 物料的变化 物料在装置中发生的化学变化和物理变化。

③ 物料的循环 有些反应过程，反应物不可能完全转化成产物，因此，要将那些没有转化的反应物循环使用。

在学习中，要了解装置物料的输入和输出有哪些，每个设备和管道中是什么物料，在设备中物料发生了什么化学和物理变化，对物料有哪些生产要求。

(2) 了解能量运行的情况 能量的运行也包括输入、转化和输出三种表现形式。能量的输入一般包括随物料带走的能量和外加能量，而外加能量指公用工程装置供给水、电、汽、气、冷五种动力资源。

① 水 指用于换热的水，如加热与冷却用的水。

② 电 包括用电力驱动生产设备，将电能转换为机械能；用电直接参与化学反应过程，如电解。

③ 汽 指水蒸气。

④ 气 指用于动力的压缩空气和仪表空气。

⑤ 冷 指低温操作所需的冷量。

这五种动力资源一般由工厂公用工程部门负责供给，即水厂、循环水、脱盐水、配电站、锅炉、空分、制冷站等。

在学习中，要了解生产装置哪些设备使用了这五种动力资源，掌握它们的正常指标，以及它们的波动和断供对生产的影响，掌握故障时的应对措施。

(3) 控制物料、能量的运行 严格控制工艺指标，经常对各项工艺指标进行综合分析，判断物料运行状况和能耗情况；尤其要严格控制反应物转化为生成物的转化程度，才能将整个工况稳定在最佳状态。

综合来看，化工生产过程种类繁多，很难完全掌握，但各种生