



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

化工设备

HUAGONG SHEBEI

主 编 彭 芳 张剑峰



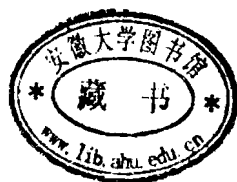
 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

化 工 设 备

主 编 彭 芳 张剑峰

参 编 陈晓娟 闫秀芳 王 林 曹晓锋



 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从生产实际出发,突出化工设备的工程应用和标准规范的使用,着重介绍了典型化工设备的类型和应用;压力容器的基本理论和工程计算、常用材料、标准规范和质量保证;典型化工工艺设备及其主要零部件的结构类型、选择、使用和维护;设备的安全运行及典型事故案例等内容。

本书可作为高等院校化工及机械专业的教材使用,也可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

化工设备/彭芳,张剑峰主编. —北京:北京理工大学出版社,2012.12
ISBN 978-7-5640-7077-9

I. ①化… II. ①彭… ②张… III. ①化工设备-高等学校-教材
IV. ①TQ05

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第286825号

出版发行/北京理工大学出版社
社 址/北京市海淀区中关村南大街5号
邮 编/100081
电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)
网 址/http://www.bitpress.com.cn
经 销/全国各地新华书店
印 刷/北京市通州富达印刷厂
开 本/710毫米×1000毫米 1/16
印 张/20
字 数/375千字
版 次/2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
定 价/56.00元

责任编辑/赖绳忠
陈莉华
责任校对/陈玉梅
责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换



前 言

本书本着“理论基础知识够用为度、复杂计算推导从简”的原则，着重突出了理论知识的实践应用和对学生创新能力的培养。与过去的同类教材相比，本书具有如下特点：

(1) 为了方便学生预习，在每章的开头以内容简介的形式，概括出本章的主要内容和学习的重点。

(2) 教材的内容上紧跟行业经济发展，强化了实践教学，使课程内容各部分衔接合理、连贯、实用性强。

(3) 在每章末编排了一定数量的思考题和习题。

本书的编排设计形成课前有预习、在内容上理论教学联系实践技能、课后有巩固练习和实践检验的立体化教材模式。

本书除供高等院校化工及机械专业作为使用教材外，还可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考，也可作为石油和化工企业员工的培训教材。

本书由彭芳、张剑峰担任主编。另外陈晓娟、闫秀芳、王林、曹晓锋参加编写。编写人员的具体分工为：彭芳编写第三章、第七章；张剑峰编写第二章；陈晓娟编写第四章、第五章；闫秀芳编写绪论、第一章；王林编写第九章、第十章；曹晓锋编写第六章、第八章。全书由彭芳、张剑峰统稿、审定。

在本书编写过程中，作者参阅了近几年出版的相近内容的教材、书目以及大量的标准规范，并将参考文献列于书后。在此对有关作者表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免疏漏和欠妥之处，恳请同行和广大读者批评指正。

编 者

2012 年 12 月



目 录

绪论	1
第一节 化工设备及其应用	1
第二节 化工生产对化工设备的基本要求	1
一、化工生产的特点	1
二、化工设备的特点	3
三、化工生产中对化工设备的要求	4
第三节 化工设备的发展趋势和研究方向	7
第一章 压力容器	8
本章内容提示	8
第一节 压力容器结构	8
一、压力容器基本组成	8
二、压力容器各部件间的焊接	10
第二节 压力容器的分类	16
第三节 压力容器常用材料	20
一、压力容器用钢基本要求	20
二、压力容器常用钢材简介	21
三、压力容器用钢的选用原则	25
第四节 压力容器规范标准	25
一、国外主要规范标准简介	25
二、国内主要规范标准简介	26
思考题与习题	29
第二章 化工设备强度计算基本知识	30
本章内容提示	30
第一节 回转薄壁壳体的几何特性	30
一、回转壳体的形成	30
二、回转壳体的几何特性	31
第二节 回转薄壁壳体应力分析	32
一、无力矩理论及应用	32
二、典型回转薄壁壳体应力分析	32

第三节 回转壳体的边缘应力	40
一、边缘应力的产生	40
二、边缘应力的特征	41
三、边缘应力的处理	42
思考题与习题	43
第三章 内压薄壁容器设计	44
本章内容提示	44
第一节 内压薄壁容器壳体强度计算	44
一、内压圆筒与球壳的强度计算	44
二、容器的最小壁厚	47
三、各类厚度间的相互关系	48
第二节 设计参数的确定	48
一、压力参数	48
二、设计温度 t	50
三、许用应力 $[\sigma]^t$	51
四、焊接接头系数 ϕ	61
五、厚度附加量 C	62
六、压力容器的公称直径、公称压力	64
第三节 内压封头结构和强度计算	65
一、封头的概述	65
二、凸形封头	66
三、锥形封头	70
四、平盖封头	76
第四节 压力试验	79
一、压力试验的目的	79
二、压力试验的方法和要求	79
思考题与习题	82
第四章 外压容器	84
本章内容提示	84
第一节 外压容器的稳定性	84
一、外压容器的失效形式	84
二、外压容器的失稳过程及临界压力的概念	85
三、临界压力的计算	86
四、外压圆筒类型的判定	88
第二节 外压薄壁容器的壁厚确定	88
一、外压容器设计参数的确定	88

二、外压薄壁容器不失稳的条件	90
三、圆筒壁厚确定的图算法	91
第三节 外压薄壁圆筒的加强圈	98
一、加强圈的作用、结构及要求	98
二、加强圈的间距	99
三、加强圈的图算法计算	100
第四节 外压封头壁厚确定	103
一、外压半球形封头	104
二、外压椭圆形封头	104
三、外压碟形封头	104
四、外压锥形封头	105
思考题与习题	106
第五章 厚壁容器	108
本章内容提示	108
第一节 厚壁容器的总体结构与选材要求	108
一、厚壁容器的总体结构及特点	108
二、厚壁容器的选材要求	110
第二节 厚壁容器筒体的主要结构形式	112
一、单层圆筒结构	112
二、多层组合式圆筒结构	114
三、新型超高压厚壁圆筒结构	120
第三节 厚壁圆筒的自增强	121
一、自增强技术原理	122
二、自增强筒体的特点	123
三、自增强处理的方法	123
第四节 厚壁容器的主要零部件	125
一、厚壁容器的封头	125
二、厚壁容器的筒体端部	128
三、厚壁容器的主要连接件	128
四、高压厚壁容器的开孔补强	130
思考题与习题	131
第六章 化工设备的主要零部件	132
本章内容提示	132
第一节 法兰连接	132
一、法兰连接的组成及应用	132
二、法兰的分类	133

三、法兰连接的密封	134
四、法兰的结构类型	135
五、标准法兰的选用	140
第二节 开孔与补强	149
一、开孔类型对容器的影响	149
二、对压力容器开孔的限制	149
三、补强结构	150
四、标准补强圈及其选用	152
五、人孔、手孔	155
第三节 设备的支座	159
一、支座的类型和应用	159
二、典型支座结构	160
三、其他类型支座	168
第四节 安全附件	175
一、视镜	175
二、安全阀	178
三、爆破片	181
思考题与习题	183
第七章 换热设备	185
本章内容提示	185
第一节 换热设备的应用	185
一、换热设备的应用	185
二、换热设备的基本要求	186
第二节 换热设备的分类	186
一、按工艺用途分类	186
二、按传热方式分类	186
第三节 管壳式换热器	192
一、管壳式换热器的结构	192
二、管壳式换热器的分类	192
三、管壳式换热器的性能	196
第四节 管壳式换热器的主要零部件结构	196
一、外壳结构	196
二、换热管	197
三、管板	199
四、折流挡板	201
五、其他零部件	202

第五节 换热设备操作与维护	204
一、换热器的基本操作	204
二、管壳式换热器的检修	205
三、管壳式换热器的试压	207
四、《管壳式换热器维护检修规程》主要技术要求和质量标准	209
五、换热器的维护和保养	209
六、换热器的清洗	211
思考题与习题	212
第八章 塔设备	213
本章内容提示	213
第一节 塔设备的应用	213
一、塔设备的特点	213
二、塔设备的分类和结构	214
第二节 板式塔	216
一、板式塔的分类	216
二、板式塔的结构	216
三、板式塔的塔盘结构	223
第三节 填料塔	234
一、填料塔的总体结构	234
二、填料的分类	235
三、填料塔的内件	238
第四节 塔设备的常见故障与处理	245
一、塔设备的检查	245
二、塔设备常见故障与处理方法	246
思考题与习题	249
第九章 反应设备	250
本章内容提示	250
第一节 反应设备概述	250
一、反应设备的应用及分类	250
二、常见反应设备的结构特点	251
第二节 机械搅拌反应器	254
一、机械搅拌反应器的结构	254
二、罐体尺寸的确定	255
第三节 搅拌装置	257
一、搅拌器的类型和选用	257
二、搅拌轴	263

第四节 密封装置	265
一、填料密封	265
二、机械密封	267
第五节 传动装置	270
一、传动装置的组成	270
二、传动装置中各部件的选用	270
第六节 传热结构与工艺接管	272
一、传热结构	272
二、工艺接管	275
思考题与习题	277
第十章 储存设备	278
本章内容提示	278
第一节 储存设备的类型及应用	278
一、储存设备的类型	278
二、储罐的容量	280
三、储存设备的应用	280
第二节 立式储罐	281
一、立式储罐的基本结构	281
二、立式储罐的主要附件	284
三、立式油罐的使用与维护	287
第三节 卧式储罐	290
一、卧式储罐的基本结构	290
二、卧式储罐的主要附件	292
三、卧式储罐的制造及检验	293
第四节 球形储罐	294
一、球形储罐的基本结构	294
二、球形储罐的主要附件	297
三、球形储罐的制造及检验	302
思考题与习题	307
参考文献	308

绪 论

第一节 化工设备及其应用

化工生产是以各种物质为原料进行化学或物理的处理，使其成为服务于人类衣、食、住、行的具有较高价值的产品。例如，以石油为原料制成的汽油、合成纤维、塑料制品；以原油或焦炭、空气和水为原料制成的合成氨、碳酸氢铵肥料；以食盐为主要原料制成的纯碱和烧碱等。然而要完成这些化工过程，就需要有相应的机械和设备来实现。化工机械就是用于完成各种化工生产所使用的各种机械设备的统称。

化工机械通常可分为两大类：一类叫化工机器（又称为动设备），主要指完成工作过程依靠自身部件运动的化工机械，如各种类型泵、压缩机、离心机、以及流体输送机械等；另一类叫化工设备（又称为静设备），主要指靠介质通过设备本身的特殊结构来完成工作过程的化工机械，如各种容器（槽、罐、釜等）以及用于精馏、解吸、吸收、萃取等工艺操作的塔设备，用于流体加热、冷却、液体汽化、蒸汽冷凝及废热回收的换热设备，用于石油化工中三大合成材料生产中的聚合、加氢、裂解、重整的反应设备和用于原料或成品半成品的储存、运输的储运设备等。其中第二类化工机械就是本书中所说的“化工设备”。据统计，化工生产企业中的机械设备 80% 左右都属于化工设备。

化工设备不仅应用于化工、石油和煤碳化工生产中，而且在轻工、医药、食品、冶金、能源、交通等工业部门也有着广泛的应用。由此可见，化工设备与我们的生活息息相关，对国民经济的发展起着非常重要的作用。

第二节 化工生产对化工设备的基本要求

一、化工生产的特点

化工生产是在一定条件下使化工原料（物料、介质）发生化学或物理变化，进而得到所需要的新物质（产品）的生产过程。广义的化工生产不仅包括化工、石油化工，而且包括轻工、制药、食品、环境、生物、能源、涂料、合成纤维以

及各种精细化工。化工生产的特点可归纳为以下几点。

1. 化工生产介质种类多、危害性大

化工生产中使用的原料、生产过程中的半成品和最终生产的产品，多是易燃、易爆、有毒和腐蚀性的物质。具体表现为：

① 化工生产涉及物料种类多、性质差异大，而且易燃易爆的物质多数以气体、液体状态存在，在高温、高压等苛刻的条件下极易发生泄漏或挥发，如果操作失误、违反操作规程，就会发生事故。

② 化工生产中许多原料本身就具有毒性，在生产过程中添加的一些化学物质也多数有毒性。它们在反应过程中可能又生成一些新的有毒物质，因此一旦泄漏就会污染环境以及危害工作人员的生命。

③ 化工生产中还会使用到一些具有腐蚀性的介质，如硫酸、硝酸、烧碱等。它们不但对人有强烈的化学灼伤作用，而且对金属设备也有很强的腐蚀作用。例如，原油中含有硫化物会腐蚀设备管道，乙烯原料储罐因硫化物腐蚀发生破裂。如果在设计时没有考虑到这些腐蚀介质对设备和管道的破坏，不但会使设备的使用寿命大大降低，还会使设备壁厚减薄、材质变脆，甚至承受不了设计压力而发生爆炸。

2. 化工生产过程复杂、工艺条件恶劣

化工生产从原料到产品，一般需要经过许多工序和复杂的加工单元，通过多次反应或分离才能完成。化工生产过程广泛采用高温、高压、深冷、真空等工艺，同时生产所需的介质大多是易燃、易爆、有毒和腐蚀性的物质。受压设备在温度、压力不断变化的作用下，常常具有潜在泄漏、爆炸等危险。例如，石油烃类裂解，裂解炉出口的温度高达 $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而裂解产物气的分离需要在 $-96\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下进行，因此要求裂解炉的材料既能够承受 $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温，又能耐 $-96\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温。如果出现选材不当、材料有缺陷、材质恶劣或有制造缺陷等情况，压力容器就会发生事故。又如，使用丙烯和空气直接氧化生产丙烯酸，物料配比在爆炸极限附近，且反应温度超过中间产物丙烯醛的自燃点，在这样恶劣的工艺条件下生产，一旦在安全控制上稍有失误就具有发生爆炸的危险。

3. 化工生产规模大型化、过程连续化

现代化工生产装置规模越来越大，以求降低成本，提高生产率，降低能耗。为此各国都把采用大型装置作为加快工业发展的重要手段。同时化工生产从原料输入到产品输出具有高度的连续性，前后单元息息相关，相互制约，某一环节发生故障都会影响到整个生产的正常进行。

4. 化工生产自动化程度高

由于化工生产装置大型化、连续化，工艺过程复杂和工艺参数要求苛刻，因而在现代化工生产过程中，人工操作已不能适应其需要，必须采取自动化程度较高的控制系统。近年来随着计算机技术的发展，化工生产中普遍采用了 DCS 集

散型控制系统,对生产过程的各种参数及开车实行监控、控制和管理,从而有效地提高了控制的可靠性。随着科学技术的不断发展和计算机技术的应用,逐渐使化工生产实现了远程自动化控制和操作系统的智能化。

二、化工设备的特点

从上述化工生产的特点得出一个结论:化工生产的特殊复杂性决定了化工设备的特殊复杂性。任何化工设备都是为满足一定生产工艺条件而提出的,从而促进了化工设备的新设计、新材料和新制造技术的发展及应用。因此,服务于这类生产工艺过程的设备,与通常产业的机械设备相比,有着以下显著特点。

1. 结构、原理多样化

“化工生产过程”是“化工设备”的前提。由此,化工生产过程的介质特性、工艺条件、操作方法以及生产能力的差异,也就决定了人们必须根据设备的功能、条件、使用寿命、安全质量以及环境保护等要求,采用不同的材料、结构和制造特征,这使得设备的类型比较繁多。不同化工产品生产技术需要有相应配套功能原理的设备。例如,换热设备的传热过程,根据工艺条件的要求不同,可以利用加热器或冷却器实现无相变传热,也可以采用冷凝器或重沸器实现有相变的传热。

2. 外部壳体多是压力容器

主要用于处理气体、液体和粉体等这样一些流体材料的化工设备,通常都是在一定温度和压力条件下工作的。尽管它们的服务对象不同,形式多样,功能原理和内外结构各异,但一般都是由限制其工作空间且能承受一定温度和压力载荷的外壳(筒体和端部)和必要的内件所组成。从强度和刚度分析,这个能够承受压力载荷的外壳体即压力容器。

压力容器及整个设备通常在高温、高压、高真空、低温、强腐蚀的条件下操作,相对于其他行业来讲,工艺条件更为苛刻和恶劣,如果在设计、选材、制造、检验和使用维护中稍有疏忽,一旦发生安全事故,其后果不堪设想。因此,国家劳动部门把这类设备作为受安全监察的一种特殊设备,并在技术上进行了严格、系统和强制性的管理。例如,制定了GB 150—2011《压力容器》、JB 4732—1995《钢制压力容器——分析设计标准》、GB 151—1999《管壳式换热器》、《压力容器安全技术监察规程》、《超高压容器安全监察规程》等一系列强制性或推荐性的规范标准和技术法规,对压力容器的设计、材料、制造、安装、检验、使用和维修提出了相应的要求。同时,为确保压力容器及设备的安全可靠,实施了持证设计、制造和检验制度。

3. 设备开孔多

化工设备与其他产业机械相比开孔较多,根据工艺要求,在设备的轴向和周

向的位置上, 有较多的开孔和工艺管口, 用于安装各种零部件和连接管道。如反应釜的上封头有人孔、视镜、回流管口、仪表口、进料口、搅拌口等各种开孔和工艺管口, 而壳体和零部件的连接大都采用焊接结构, 存在缺陷可能性较大。

4. 化工—机械—电气技术紧密结合

先进的化工工艺过程需要借助于优良的机械设备, 而要保证设备高效、安全、可靠的运行, 就需要对其运行状态进行实时监控, 并且对物料、压力、温度等参数实施精确可靠控制。为此, 生产过程中的成套设备都是将化工过程、机械设备及电气控制技术等三个方面紧密结合在一起, 实现“化工—机械—电气”技术的一体化, 对设备操作过程进行控制。这不仅是化工设备在应用上的一个突出特点, 也是设备不断提高应用水平的一个发展方向。例如, 氯碱生产中化盐槽的温度, 一般控制在 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右, 如果温度偏高或偏低, 计算机控制系统会在显示该区域处的流程图上闪动, 警示操作员温度不正常, 操作员通过改变载热体流量或调节工艺介质自身的流量, 最终保证工艺介质在化盐槽的温度控制在 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

5. 设备结构大型化

随着先进生产工艺的提出以及设计、制造和检测水平的不断提高, 许多行业对使用大型、高负荷化工设备的需求日趋增加。尤其是大规模专业化、成套化生产带来的经济效益, 使得设备结构大型化的特征更加明显。例如, 石油化工中的乙烯换热器的最大直径已经达到 2.4 m ; 石化炼油工业中使用的高压加氢反应器, 由于国外解决了抗氢材料及一系列制造技术问题, 现在可以制造直径 6 m 、壁厚 450 mm 、质量达 $1\,200\text{ t}$ 的大型热壁高压容器。中国目前设备最大壁厚也可以达到 200 mm , 质量达 560 t 。

三、化工生产中对化工设备的要求

化工产品的质量、产量和成本, 在很大程度上取决于化工设备的完善程度, 而对于化工设备本身而言, 必须满足在化工生产过程中经常会遇到的高温、高压、高真空、超低压、易燃、易爆以及强腐蚀性等特殊条件, 以及现代化工生产规模要求。因此这就要求在役的化工设备必须不仅具有长期连续、安全可靠的运转能力, 又要满足复杂的生产工艺要求, 同时还应该有较高的经济技术性以及易于操作和维护的特点。对化工设备的要求具体如下。

1. 安全可靠要求

化工生产的特点决定了化工设备必须安全可靠地运行, 这是化工生产对化工设备最基本的要求, 也就是说化工设备应该具有足够的能力来承受在使用寿命内可能遇到的各种外来载荷。为了保证其安全运行, 防止事故发生, 我们就应该在工作寿命的使用期限内保证化工设备安全可靠, 具体体现在强度、刚度 (稳定性)、密封性、耐蚀性等方面。

(1) 要有足够的强度。强度就是指化工设备及其零部件抵抗外力破坏的能力。化工设备应有足够的强度,否则容易造成事故。而化工设备是由不同的材料制造而成的,材料的强度与设备的安全可靠性密切相关。若设备的材料强度不足,会引起塑性变形、断裂甚至爆破,危害化工生产及现场工人的生命安全。在相同设计条件下,提高材料强度无疑可以保证设备具有较高的安全性。但满足强度要求并非选材的强度级别越高越好,无原则地选用高强度材料,只会导致材料和制造成本提高以及设备抗脆断能力降低。另外,设备各部件之间的连接大部分是焊接连接,这些部位受力复杂,应力集中现象严重,存在缺陷的可能性较大,在设计和制造上应给予足够的重视。

(2) 要保证其刚度。刚度是指容器及其零部件在外力作用下抵抗变形的能力。若设备在工作中,强度虽然满足要求,但在外载荷作用下发生较大变形,也不能保证其正常运转。因此承受压力的容器,必须保证有足够的稳定性,以防被压瘪或出现折皱。例如,压力低、壁薄的外压容器,在使用过程中特别容易发生“失稳”现象,这种现象不是由于容器强度不足,而是因为容器刚度不足,所以要注意保证这类容器的刚度。

(3) 要有良好的密封性。密封性是指设备阻止介质泄漏的能力。化工设备必须具备良好的密封性。对于化工生产中那些易燃、易爆、有毒的介质,若因密封失效而泄漏出来,不仅使生产和设备本身受到损失,而且威胁操作人员的安全,污染环境甚至燃烧或爆炸,造成极其严重的后果。因此,良好的密封性是化工设备安全操作的必要条件。

(4) 要有良好的耐蚀性。耐蚀性是指设备抗腐蚀的能力,它对保证化工生产能否安全运转十分重要。在化工生产中许多介质或多或少地具有一些腐蚀性,腐蚀会使整个设备或某些局部区域厚度减薄,致使设备的使用年限减短。在应力集中、两种材料或构件焊接处等区域,易造成更为严重的腐蚀,更有甚者有些腐蚀表面不易被发现,如氢腐蚀及奥氏体不锈钢的晶间腐蚀等一旦发生,会使设备局部减薄,还会引起突然的泄漏或爆破,危害更大。所以,选择合适的耐蚀材料或采用正确的防腐措施是提高设备耐蚀性的有效手段。

2. 工艺条件要求

化工设备是为工艺过程服务的,其工艺条件要求是为满足一定的生产需要而提出来的。如果工艺条件要求不能得到满足,将会影响整个过程的生产效率。同时,化工设备的主要结构与尺寸都是由工艺设计决定的,工艺人员通过计算,确定容器直径、容积等尺寸,并确定压力、温度、介质特性等生产条件。这些条件是产品生产的基础,任何一台设备都要严格按照工艺条件进行设计、制造、安装、使用,否则将影响产品的生产效率,更重要的是影响产品的质量。

3. 使用性能要求

(1) 制造工艺合理。化工设备的结构要紧凑,设计要合理。注意连接边缘处

要圆滑过渡，采取等厚连接；尽量使焊缝远离连接边缘，降低边缘应力；在焊缝区域要采取焊后热处理，以消除焊接热应力等。

(2) 运输方便。因为化工设备的制造厂与使用厂通常不是一个厂家，当设备制造完成后往往需要运输，所以设备的设计、制造需要考虑运输的问题。尤其是大型设备，应考虑运载工具的能力、空间大小，桥梁、码头承载能力及吊装设备的吨位等。如蒸发罐，因为体积比较大，通常做成分段可拆的法兰连接形式，以便运输。

(3) 便于安装。化工设备通常安装在地面上，但有一部分安装在楼板或楼顶上，还有一部分吊装在墙壁上。像高大的塔设备、蒸发器等工作时往往充满液体，液柱静压力比较大，要充分考虑地基、楼板的承载能力；吊装设备要考虑墙上安装孔和屋架的承载能力。

(4) 便于操作、维护、检修。在化工设备操作中，对于温度、压力的控制，液位和流量的调节是必须密切关注并严格执行的，所以化工设备上所设计的各种仪表接管、阀门、人孔、手孔，操作和检修用的平台，都要便于工作人员安装、操作、维护和检修。有些装有内件的化工设备还必须考虑内部结构便于装拆、检修、清洗等问题。化工设备通常是承压容器，需要定期检验其安全性，检验后对易损零件要维修、更换，对这些易损零部件，应设计成便于装拆、修理和更换的形式。

4. 经济性能要求

化工设备在保证安全运行和满足工艺要求的前提下，应尽量做到经济合理，主要是体现在化工设备成本降低，具体包括以下两方面内容。

(1) 降低设备的制造成本。设备在结构设计时，在安全、合理的前提下，应注意节约材料，尤其是节约昂贵的材料，以降低设备的材料成本。另外，在制造时，应优化加工工艺，采用简便、省时的加工方法，以降低设备的制造成本。

(2) 降低设备的使用成本。设备的使用成本一般用消耗定额来衡量。消耗定额是指生产一定的产品所需的燃料、蒸汽、电力的消耗量，设备运转费包括操作工时和维修费等费用总和。考虑降低设备的运转费用，可以选择采用先进的新设备，新设备的使用可以带来操作工时长，维修费用少，生产产品多、质量高、利润高诸多好处。

5. 环境保护和安全要求

由于化工设备工作时处于化工生产的高危环境中，生产过程中残留的无法清除的有害物质，系统中泄漏的易燃易爆、有毒有害物质、噪声振动等都会引起对环境的破坏，并有可能引发设备事故。因此，处于潜在危险环境中的设备，在结构上增设泄漏检测装置和环境监测报警装置都是有必要的。另外，有些高大的设备在露天环境下工作，还要采取防雷措施，安装避雷针和接地装置。

第三节 化工设备的发展趋势和研究方向

我国石油化工业飞速发展并成为国民经济的支柱产业之一，而现代化工工业的发展越来越依赖于高度机械化、自动化和智能化的装备，因此化工过程装备行业获得了迅猛的发展。在压力容器领域，最有代表性的是高压和超高压压力容器技术的发展。由于多种高强抗氢钢的开发成功和先进技术的发展，高压加氢反应器已由过去的冷壁技术发展到现在的大型热壁技术。鉴于过程装备尤其是大型石化装备大多数都处于高危环境下，压力容器的安全评定与延寿技术就显得十分重要。21 世纪石油和化工装备技术的发展主要表现在：单元设备进一步大型化；严密性要求提高，无检修运行周期 3 年以上；机、泵等大量采用个性化设计；传热和传质等过程需要高效、高精度和紧凑性单元操作配合。

（1）今后化工的新工艺开发方向

新工艺发展的重点是：积极参与石油和化工工艺新技术的研究与开发，以推出具有中国特色的专利设备；自主开发各类高效单元操作设备，以推动石油和化工装备的总体技术进步。新材料在过程装备中的应用，以及它带来的与信息技术、生物技术、先进制造技术并列的材料技术，被世界许多国家认为是当代以及今后相当长的历史时期内，影响人类社会全局的高技术。

（2）当代石油化工过程装备与控制工程领域的发展方向

使过程装备高效率、高自动化、安全可靠、数据参数自动监控、在线测量和预报、系统故障远程诊断与自愈调控。其主要的研究方向有：研究早期发现故障的征兆信息及故障产生规律；研究故障信号处理及识别特征；应用振动、红外、油液分析、涡流、绝缘、超声、声发射、X 射线、噪声等多种技术，诊断、预测工业装备故障；研究装备状态检测、诊断及控制一体化系统，主动控制系统，压力容器技术，装备密封技术，高效分子蒸馏技术，过程机械 CAE，高聚物加工技术及装备，过程智能检测与先进控制工程等专业或领域。