

中等职业学校化工类专业课程改革试验教材

化工设备基础

聂延敏 主编



化学工业出版社
PDG



高等教育出版社
Higher Education Press

高等教育出版社
中等职业学校化工类专业课程改革试验教材

化工类专业系列教材

① 化工制图 (第二版)	韩玉秀
① 化工制图习题集 (第二版)	韩玉秀
① 有机化学	边静玮
① 无机化学	陈雪校
① 化学实验技术	石贞芹
① 化工单元操作	李祥新
① 化工设备基础	聂延敏
① 无机化工生产工艺	张连瑞
① 有机化工生产工艺	吕晓莉
① 化工分析	田海洲
① 化工仪表及自动化	纪绍青
① 化工工艺试验工技能培训与考核 (中级)	王 艳
① 化学检验工技能培训与考核 (中级)	王如全
① 化工分析与实验技术	孙东林
① 精细化工工艺与设备	李祥新

增值服务

网址: sv.hep.com.cn

下载图书相关信息及资源

防伪查询号码: 106695881280

免费查询/甄别盗版/赢取大奖

使用说明详见书内“郑重声明”页

明码 7119 0516 8544 4771

密码

ISBN 978-7-04-025976-6



9 787040 259766 >

定价 14.40 元

中等职业学校化工类专业课程改革试验教材

化工设备基础

聂延敏 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部颁发的中等职业学校现行化工类相关专业教学指导方案,结合中等职业学校化工类专业课程改革,并参照化工行业相关技能鉴定标准编写的。

本书主要内容有:化工设备的外壳、塔设备、换热器、搅拌反应釜、离心泵和压缩机、化工管路系统等内容,共六个模块,每一模块都有相应的技能训练。

本书采用出版物短信防伪系统,使用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并有机会赢得大奖。登录 <http://sv.hep.com.cn>,可获得图书相关信息及资源。

本书可作为中等职业学校化工类相关专业教学用书,也可作为化工行业相关从业人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备基础/聂延敏主编. —北京:高等教育出版社,
2009.6

ISBN 978-7-04-025976-6

I. 化… II. 聂… III. 化工设备-专业学校-教材
IV. TQ05

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第049347号

策划编辑 李新宇 责任编辑 李京平 封面设计 张楠
版式设计 张岚 责任校对 杨雪莲 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	肥城新华印刷有限公司		http://www.landrace.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	850×1168 1/16	版 次	2009年6月第1版
印 张	7.75	印 次	2009年6月第1次印刷
字 数	190 000	定 价	14.40元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25976-00

前 言

本书是根据教育部颁发的中等职业学校现行化工类相关专业教学指导方案，结合中等职业学校化工类专业课程改革，并参照化工行业相关技能鉴定标准编写的。

本书从中等职业学校的学生认知水平出发，以服务为宗旨，突破理论知识体系的完整性，突出能力体系的完整性，满足学生未来职业就业的要求及发展，适应社会经济发展的需要。

本书的主要特点有：

1. 根据专业特点，采用模块结构，把每一模块内容细分为项目，每一项目下设有知识点，通过学习这些知识点内容，了解和掌握化工设备的组成、结构特点以及工作原理。
2. 本课程重在学生能力的培养，以常见的典型化工设备为主要讨论对象，不按机械专业理论体系安排学习内容。
3. 技能训练内容适合中等职业学校的设备配置，有利于学生的实际操作。
4. 采用图文并茂的表达方式，适合中等职业学校学生的学习特点。

本书由河北省鹿泉市职业教育中心聂延敏主编，鹿泉市职业教育中心刘凯、张秀芬参编，其中张秀芬编写模块一、模块二，刘凯编写模块三、模块五，聂延敏编写模块四、模块六，全书由聂延敏统稿。

河北化工医药职业技术学院王灵果认真审阅了本书，并提出了许多宝贵的修改意见，为提高本书的质量起到很好的作用，在此表示衷心的感谢。

本书采用出版物短信防伪系统，使用封底下方的防伪码，按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作，可查询图书真伪并有机会赢得大奖。登录 <http://sv.hep.com.cn>，可获得图书相关信息及资源。

由于编者学识和水平有限，错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2008年1月

目 录

绪论	1
----	---

模块一 化工设备外壳

项目一 初识压力容器	5	项目六 支座	17
项目二 内压薄壁容器	9	项目七 压力容器的安全附件	19
项目三 内压容器封头	10	项目八 压力试验	21
项目四 外压容器	12	技能训练	23
项目五 法兰连接	13	想一想 练一练	24

模块二 塔 设 备

项目一 初识塔设备	29	技能训练	46
项目二 板式塔	31	想一想 练一练	49
项目三 填料塔	39		

模块三 换 热 器

项目一 管式换热器	53	技能训练	57
项目二 板式换热器	56	想一想 练一练	60

模块四 搅拌反应釜

项目一 釜体	65	项目五 轴封装置	71
项目二 传热装置	66	技能训练	74
项目三 搅拌装置	67	想一想 练一练	75
项目四 传动装置	69		

模块五 离心泵和压缩机

项目一 离心泵	79	项目三 离心式压缩机	85
项目二 其他类型泵	83	技能训练	88

想一想 练一练 93

模块六 化工管路系统

项目一 认识管子.....	97	项目四 管路的连接	107
项目二 了解管件	100	技能训练	110
项目三 阀门	102	想一想 练一练	112
参考文献.....			114

绪 论

在日常生产、生活中，经常用到各种各样的化工产品，如洗涤用品、各种药物、塑料制品、机动车燃料等。这些产品都是在一定条件下，使化工原料发生化学变化和物理变化，进而得到所需的新物质，即产品，这就是化工生产。不管化工生产过程简单或复杂，都需要在一定的化工设备中或由设备组成的装置中进行，就像化学实验要在烧杯、烧瓶、试管等玻璃器皿中进行，或在玻璃器皿组成的实验装置进行一样。化工生产离不开各种各样的化工设备，化工设备是为化工生产服务的。依靠自身的运转进行工作的设备称为动设备，如泵、压缩机等（图 0-1、图 0-2）；工作时不运动，依靠特定的设备结构条件，让物料通过设备内部“自动”完成工作任务，这类设备称为静设备，如储罐、塔设备（图 0-3）、换热器（图 0-4）、反应釜等。



图 0-1 工厂中的泵

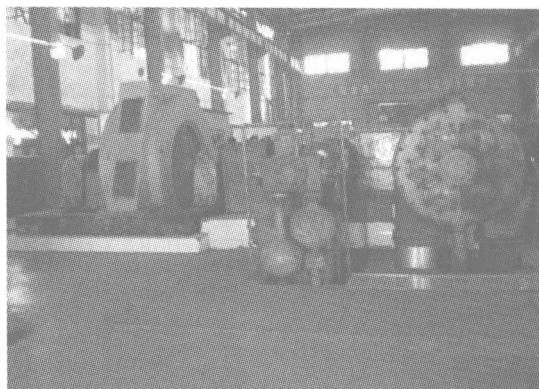


图 0-2 化肥厂的压缩机

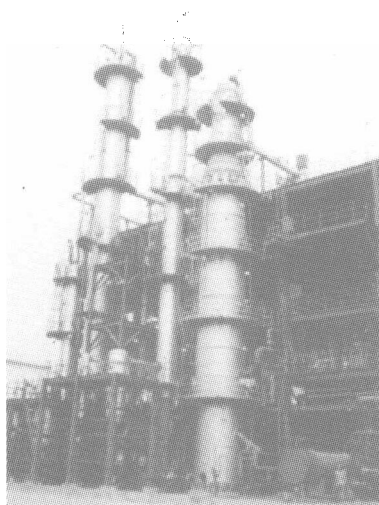


图 0-3 工厂中的塔设备

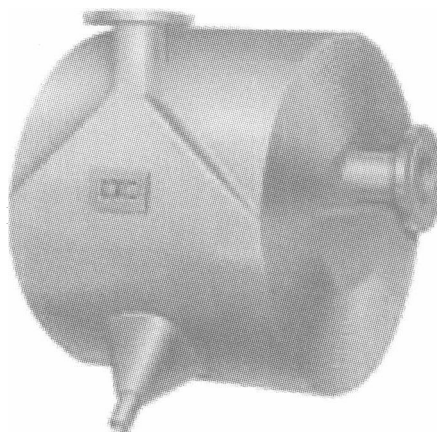


图 0-4 换热器

化工生产中的这些设备之间是通过化工管路连接在一起的，组成了一个封闭的化工生产装置。即化工物料（流体）通过管道从一台设备流向另一台设备，在不同的设备中完成各种各样的物理变化和化学变化，从而得到化工产品。为了化工生产的需要，在管道上装有各种各样的阀门和管件。管道、阀门、管件组成了整个管路系统。

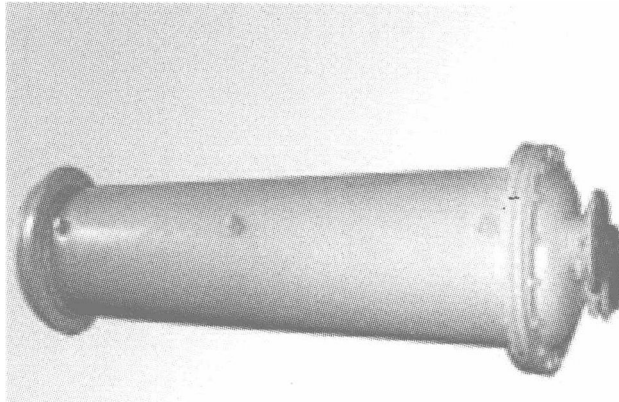
现代化工生产追求安全、稳定、长周期、满负荷运行，并优化生产组合和产品结构，因此化工工艺与化工设备是密不可分的，化工生产操作的好坏与化工设备的状态密切相关，要求化工工艺操作人员了解设备的结构和工作原理，做好设备的日常维护和管理，确保化工生产的“安、稳、长、满、优”。



模块一

化工设备外壳

在化工类工厂有许多设备，例如精馏塔、换热器、反应器等，它们的作用、结构各不相同，但它们有一个共同的特点，都有一个外壳。化工生产中把所用化工设备的外壳统称为容器。承受一定的介质压力且与外界隔离的密闭容器称为压力容器。化工生产中的容器通常为压力容器。



列管式换热器的外壳

项目一 初识压力容器



化工容器大多是化工设备的外壳，生产中的介质通常具有较高的压力，故化工容器多为压力容器，虽然它们的形状各异，尺寸千差万别，但是它们的主要部件是相同的。为便于化工设备的设计、安装和维修，有些零部件已经标准化。本项目通过学习以下知识点，要求掌握压力容器的基本结构、类型以及失效形式，对压力容器有一个总体的认识 and 了解。

知识点一 压力容器的基本结构

压力容器一般由筒体、封头、法兰、支座、开孔接管、安全附件等组成，如图 1-1 所示。

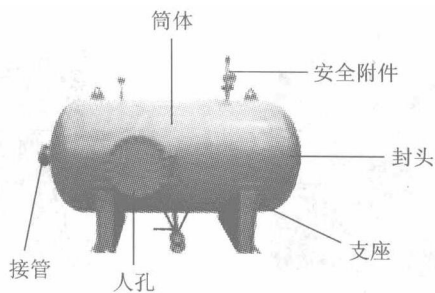


图 1-1 压力容器的结构

知识点二 压力容器的分类

一、按承压性质分类

- (1) 内压力容器 内部介质压力大于外部介质压力的容器。
- (2) 外压力容器 外部介质压力大于内部介质压力的容器。

二、按压力等级分类

化工厂中内压力容器应用广泛，种类繁多，内压力容器又可按其承受压力（表压）的大小分为四个等级。

- (1) 低压容器 (L) $0.1 \text{ MPa} \leq p < 1.6 \text{ MPa}$
- (2) 中压力容器 (M) $1.6 \text{ MPa} \leq p < 10.0 \text{ MPa}$
- (3) 高压容器 (H) $10 \text{ MPa} \leq p < 100 \text{ MPa}$

(4) 超高压容器 (U) $p \geq 100 \text{ MPa}$

三、按安全技术监察规程分类

《压力容器安全技术监察规程》按容器的压力等级、容积的大小、介质的危害程度及在生产过程中的作用综合考虑,将压力容器分为:

- (1) 第一类压力容器。
- (2) 第二类压力容器。
- (3) 第三类压力容器。

其中第三类压力容器最为重要,要求也最严格。

四、按工艺用途分类

1. 反应容器 (R)

反应容器主要用于完成介质的化学反应,例如反应釜、合成塔等,如图 1-2 所示。

2. 换热器 (E)

换热器主要用于完成介质的热量交换,例如冷却塔、换热器等,如图 1-3 所示。



图 1-2 塔设备的外壳

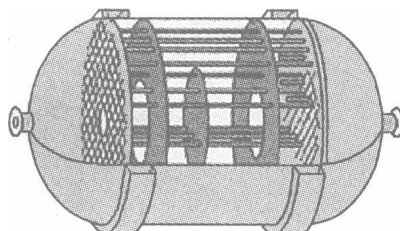


图 1-3 换热器的外壳

3. 分离容器 (S)

分离容器主要用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等,例如分离器、缓冲罐等,如图 1-4 所示。

4. 储存容器 (C 或 B)

储存容器主要用于盛装生产用的原料、半成品、成品等。例如球罐 (代号为 B) 等,如图 1-5 所示。

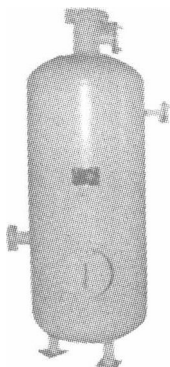


图 1-4 缓冲罐

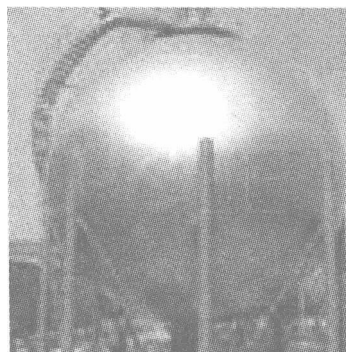


图 1-5 球罐

除上述常见的分类外，还可按壁厚、工作温度、材料等分类。

知识点三 压力容器零部件的标准化

为了便于设备的设计、生产、安装、维修，提高制造质量，降低成本，提高劳动生产率，压力容器零部件大多已经标准化。压力容器零部件标准化的基本参数是公称直径和公称压力。

一、公称直径

公称直径是将压力容器的直径标准化后的标准直径，用“DN”表示。筒体和封头的公称直径是它们的内径；但无缝钢管做筒体时，筒体和封头的公称直径指钢管的外径；管子的公称直径既不是管子的外径，也不是管子的内径，而是小于外径的一个值。只要管子的公称直径一定，管子的外径就确定了，管子的内径因壁厚的不同而不同；法兰和支座的公称直径指与之相配合的筒体或管子的公称直径。

二、公称压力

公称压力是为了设计、制造和使用方便而人为规定的一个标准压力，它分为若干标准压力等级，用“PN”表示。目前我国规定的中、低压的公称压力等级为：0.25 MPa、0.6 MPa、1.0 MPa、1.6 MPa、2.5 MPa、4.0 MPa、6.4 MPa。

知识点四 压力容器的失效形式

压力容器或零部件的失效，是指容器或其零部件在使用过程中，其尺寸、形状或材料性能发生改变而完全失去或不能良好地实现原定功能的现象。

常见的失效形式有：

一、变形失效

1. 弹性变形失效

弹性变形失效是指当压力容器所承受的工作载荷或工作温度使容器或其零部件产生可恢复的变形大到足以妨碍其正常工作的现象。例如在风力的作用下，塔顶挠度超过许用值的现象。

2. 塑性变形失效

塑性变形失效是指压力容器在一定条件下，发生过大的不可恢复的变形，从而导致不能继续工作的现象。例如容器内压力异常升高，导致筒身膨胀的现象。

3. 失稳

失稳是指容器在外压的作用下，突然出现的筒体失去原形，发生压瘪的现象，如图 1-6 所示。

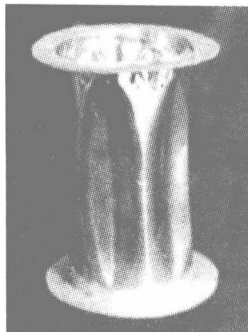


图 1-6 失稳后的容器

二、断裂失效

1. 脆性断裂

脆性断裂是指容器或其零部件在外加载荷的作用下，没有明显的塑性变形而突然断裂的现象，如图 1-7 所示。

2. 疲劳断裂

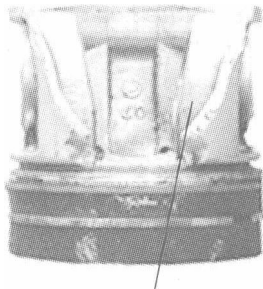
疲劳断裂是指容器在交变循环载荷的作用下，经过一定周期后发生断裂的现象。这是压力容器最常见的失效形式之一。

3. 蠕变断裂

蠕变断裂是指压力容器或其零部件在高温和应力的共同作用下，经过一段时间，其塑性变形不断增大，直至断裂的现象。

三、腐蚀失效

腐蚀失效是指压力容器由于接触化学介质而发生化学或电化学反应，从而引起容器壁厚减薄、局部腐蚀变质，使得容器不能正常工作，甚至发生破裂的现象，如图 1-8 所示。



断裂的活塞裙部

图 1-7 脆性断裂失效

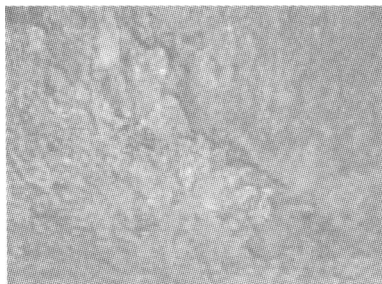


图 1-8 设备腐蚀的局部

项目二 内压薄壁容器



化工设备的筒体一般由钢板卷焊而成，当筒体的外径与内径之比小于或等于1.2时，称为薄壁容器。化工厂中内压容器多为内压薄壁容器。为什么内压容器筒体上的纵向焊缝比环向焊缝易开？为什么有的筒体为圆柱形，有的为球形？本项目通过学习以下知识点，可以解开这些谜底。

知识点一 内压薄壁圆筒

一、受力分析

内压薄壁圆筒的器壁受力如图1-9所示，在内部压力的作用下，会产生轴向应力（垂直于筒体轴线的横截面上的均匀应力 σ_1 ）和环向应力（在筒体器壁的纵截面内存在的均匀应力 σ_2 ），而且环向应力是轴向应力的两倍。

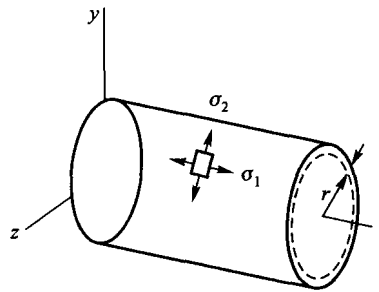


图1-9 内压薄壁圆筒

二、应用

实践证明，圆筒形内压容器往往从强度薄弱的纵向破裂。

要求：

- (1) 在焊接或检验容器时，纵向焊缝的质量必须重点保证。
- (2) 在圆筒上开设椭圆形人孔时，应使其短轴与筒体的纵向一致。

知识点二 内压薄壁球壳

在内部压力的作用下，内压薄壁球壳的器壁上只存在均匀的拉应力。拉应力约为相同条件下内压薄壁圆筒环向应力的一半。球壳还有以下特点：

- (1) 当条件相同时，球壳的壁厚约为圆筒壁厚的一半。
- (2) 在相同容积下，球体的表面积比圆柱体的表面积小，因而防护用剂和保温等费用也较少。

所以，许多大容量储罐都采用球形容器。

项目三 内压容器封头



封头与筒体构成了容器的主体，内压容器封头按其形状不同可分为三类：凸形封头、锥形封头和平板形封头。各类封头形状不同，特点各异。通过本项目的学习，要求掌握各类封头的特点以及应用场合，以便合理选用。

知识点一 凸形封头

一、半球形封头

半球形封头即半个球壳，如图 1-10 所示。其受力情况最好，但制造较困难，尤其直径较小时。因此，半球形封头多用于压力较高、直径较大的场合。

二、椭圆形封头

椭圆形封头由半个椭圆和一段直边组成。设置直边的目的是使椭圆壳和圆筒的连接边缘与封头和筒体的焊接接头错开，避免边缘应力和热应力叠加，改善封头的受力情况，如图 1-11 所示。

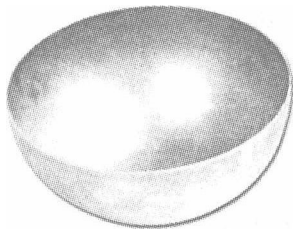


图 1-10 半球形封头

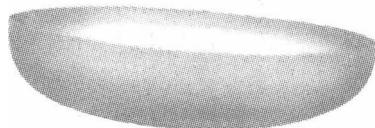


图 1-11 椭圆形封头

椭圆形封头的长、短轴之比不同，封头的形状也不同，当其长短轴之比等于 2 时，封头的应力分布均匀，且壁厚和与之相连的筒体壁厚大致相等，便于焊接，经济合理，因此将此定为标准椭圆形封头，应用广泛。

三、碟形封头

碟形封头又称带折边的球面形封头，它由部分球面、直边和连接两部分的过渡圆弧三部分组成。封头浅，过渡部分形状有突变，如图 1-12 所示。

碟形封头制造比较容易，但受力较差，目前已较少应用。

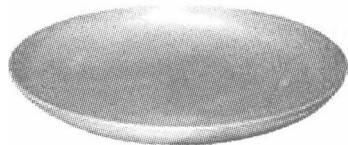


图 1-12 碟形封头