

国家级 骨干高职院校建设 规划教材

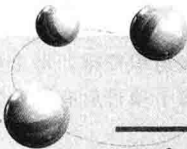
化工设备与维修

■ 王灵果 姜凤华 主编
■ 张红光 主审

HUAGONG SHEBEI YU
WEIXIU



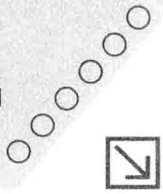
化学工业出版社



国家级 骨干高职院校建设 规划教材

化工设备与维修

■ 王灵果 姜凤华 主编
■ 张红光 主审



HUAGONG SHEBEI YU
WEIXIU



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材是根据专业人才培养方案,以本专业毕业生主要从事的设备维修、管理、制造、检验、安装、调试等岗位典型工作任务为载体,精心选取了储罐类容器的安全使用、换热器及其维修、塔器及其维修、反应釜及其维修四个项目。每个项目按照由易到难,由简单到复杂的顺序来组织安排,每个项目又分解为几个子项目,子项目下分为具体的任务,每个子项目后都有项目训练,每个项目后有职业素质拓展和项目思考题,方便学生巩固学习。

本教材可作为高等职业技术学院的化工设备与机械及相关专业教材,也可作为企业工程技术人员和检修工人的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备与维修/王灵果,姜风华主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 9

国家级骨干高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-18117-6

I. ①化… II. ①王…②姜… III. ①化工设备-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TQ050. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 177469 号

责任编辑:高钰李娜
责任校对:陶燕华

装帧设计:尹琳琳

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

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数309千字 2013年10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: 30.00 元

版权所有 违者必究

配合国家骨干高职院校建设,推进教育教学改革,重构教学内容,改进教学方法,在多年课程改革的基础上,河北化工医药职业技术学院组织教师和行业技术人员共同编写了与之配套的校本教材,经过3年的试用与修改,在化学工业出版社的支持下,终于正式编印出版发行,在此,对参与本套教材的编审人员、化学工业出版社及提供帮助的企业表示衷心感谢。

教材是学生学习的一扇窗口,也是教师教学的工具之一。好的教材能够提纲挈领,举一反三,授人以渔,而差的教材则洋洋洒洒,照搬照抄,不知所云。囿于现阶段教材仍然是教师教学和学生学习的不可或缺的载体,教材的优劣对教与学的质量都具有重要影响。

基于上述认识,本套教材尝试打破学科体系,在内容取舍上摒弃求全、求系统的传统,在结构序化上,从分析典型工作任务入手,由易到难创设学习情境,寓知识、能力、情感培养于学生的学习过程中,并注重学生职业能力的生成而非知识的堆砌,力求为教学组织与实施提供一种可以借鉴的模式。

本套教材涉及生化制药技术、精细化学品生产技术、化工设备与机械和工业分析与检验4个专业群共24门课程。其中22门专业核心课程配套教材基于工作过程系统化或CDIO教学模式编写,2门专业基础课程亦从编排模式上做了较大改进,以实验现象或问题引入,力图抓住学生学习兴趣。

教材编写对编者是一种考验。限于专业的类型、课程的性质、教学条件以及编者的经验与能力,本套教材不妥之处在所难免,欢迎各位专家、同仁提出宝贵意见。

河北化工医药职业技术学院 院长 柴锡庆
2013年4月

前言

F O R E W O R D

化工设备与维修课程是化工设备与机械专业的一门核心专业课，主要培养学生对典型化工设备维护保养、检修、安装调试及相关标准规范应用等岗位能力，拓展学生对典型设备进行初步设计的职业能力。

本教材是按照教育部关于示范性高等职业院校建设的精神，以化工设备与机械专业职业能力培养为主线，校企合作编写的国家级骨干高职院校建设重点建设课程的配套教材。

本教材贯彻工作过程系统化理念，根据专业人才培养方案，以本专业毕业生主要从事的设备维修、管理、制造、检验、安装、调试等岗位典型工作任务为载体，精心选取了储罐类容器的安全使用、换热器及其维修、塔器及其维修、反应釜及其维修四个项目。每个项目按照由易到难，由简单到复杂的顺序来组织安排，并将最新国家标准、行业企业规范及职业技能标准融入其中，同时适当体现本行业的新材料、新技术、新工艺。

在教学中建议以学生为主体，采用教学做一体化方式，通过本课程的学习，培养学生安全操作、维护、检修、检验典型化工设备的能力，正确使用相关标准、规范的能力，并具有创新和可持续发展的能力，使学生能够胜任企业常见静设备维护、检修、检验与管理等工作。

本教材由河北化工医药职业技术学院的王灵果、石家庄焦化有限公司设备厂长姜凤华主编，由张红光教授主审，解利芹任副主编，严永江、许彦春、赵博龙等老师参加编写，董振珂教授对本书提出了很好的意见，编写过程中还得到了石家庄工大化工设备有限公司张继军教授、河北省安装工程公司的总工牛义宾高级工程师、石家庄天俱时集团的生产副总顾山高级工程师、河北金牛化工股份有限公司的设备主任冯素霞高级工程师、河北双联化工有限公司的设备主任王辉高级工程师等大力支持，在典型任务载体的选取与现场教学材料的提供等方面给予了无私、热情的帮助，在此对各位老师和专家表示衷心的感谢！

限于编者的水平，疏漏与不妥之处在所难免，恳请广大师生和同行专家批评指正。

编者

2013年7月

目录

C O N T E N T S

项目一 储罐类容器的安全使用	1
子项目一 对储罐进行维护与保养	1
任务一 认识储罐类容器	1
任务二 确定储罐类容器的结构	9
任务三 进行储罐的安全运行与维护保养	37
项目训练	44
子项目二 对储罐进行质量检验	46
任务一 重新启用旧储罐	46
任务二 对新储罐进行质量检验	53
项目训练	53
子项目三 设计常低压储罐	55
任务 设计净化风罐	55
项目训练	56
职业素质拓展	58
项目思考题	59
项目二 换热器及其维修	60
子项目一 对换热器进行维护与保养	60
任务一 认识各种换热器	61
任务二 确定固定管板换热器的结构	68
任务三 对管壳换热器进行维护保养	83
项目训练	85
子项目二 检修换热器	87
任务一 对固定管板换热器进行泄漏检查与密封元件更换	87
任务二 对浮头式换热器进行清洗与水压试验检验	91
任务三 制定换热器维修方案	95
任务四 对板式换热器进行泄漏判断与处理	98
项目训练	105
职业素质拓展	106
拓展任务一 制定管壳换热器维护检修规程	106
拓展任务二 根据工艺条件进行换热器选型、标注	107
项目思考题	109
项目三 塔器及其维修	110
子项目一 对塔设备进行维护与保养	110

任务一 认识塔设备	110
任务二 进行塔设备的维护与保养	128
项目训练	130
子项目二 检修塔设备	132
任务一 进行塔体检测	132
任务二 检修塔内件	138
项目训练	142
职业素质拓展	144
项目思考题	144
项目四 反应釜及其维修	145
子项目一 对搅拌反应釜进行维护保养	145
任务一 认识搅拌反应釜	145
任务二 确定搅拌反应釜的结构	147
任务三 进行搅拌反应釜维护与保养	170
子项目二 检修反应釜	173
任务一 进行反应釜釜体的质量检验与缺陷修复	173
任务二 进行反应釜搅拌系统的检修与试车	177
项目训练	186
职业素质拓展	188
项目思考题	188
附录	189
参考文献	193

项目一 储罐类容器的安全使用

项目学习指导

[能力目标]

- 认识储罐类容器，能按规程对容器进行安全使用、正确维护与保养。
- 会使用常见检测工具和仪器对容器进行质量检验与验收，能依据《固定式压力容器安全技术监察规程》等相关国家标准规范进行压力试验检验，并准确填写试验报告单及检验记录。
- 能根据工艺要求，借助 GB 150 等相关手册、标准、规范确定常低压容器的结构，并进行简单设计计算。

[知识目标]

- 容器及主要零部件的结构类型、常用材料、标准与选用等，压力容器的概念、分类；容器筒体与封头的壁厚计算、强度校核。
- 容器日常维护和保养内容与方法；容器质量检验的内容、常见缺陷检测方法和检测工具的使用；压力试验检验方法。
- GB 150 等相关国家标准、规范及应用；容器维护检修规程内容。

[项目分解]

子项目 1 对储罐进行维护与保养；子项目 2 对储罐进行质量检验；子项目 3 设计常低压储罐。

子项目一 对储罐进行维护与保养

[教学目标] 能说出储罐类容器及主要零部件的结构类型、常用材料、标准与选用等，熟悉压力容器的概念、分类；能根据工艺条件进行筒体与封头的壁厚计算、强度校核，并能借助标准、规范正确确定储罐的基本结构，能看懂图纸；能按规程对储罐进行正确维护与保养。

[相关资料] 实训车间储罐实物、储罐图纸、各类储罐现场照片、GB 150《钢制压力容器》、《固定式压力容器安全技术监察规程》、压力容器维护规程及相关零部件标准及课程网络资源等。

[任务分解] 该子项目分解为认识储罐类容器、确定储罐类容器的结构、进行储罐的安全运行与维护保养三个任务。

◆任务一 认识储罐类容器

任务描述

能够说出储罐的结构类型、主要零部件名称及其常用材料、标准。

任务实施

一、初识企业生产中的各种储罐及其类型

在化工制药生产中储罐是最常见、结构最简单的一种设备，也称作储罐类容器。从形状上看，有圆筒形、球形和矩形三种。其中矩形容器由平板组焊而成，但承压能力较差，多用作常压储槽。球形容器制造较复杂，通常用于具有一定压力的大中型储罐。而圆筒形储罐，由于制造容易、安装内件较方便、承压能力较强，故生产中应用最为广泛。根据生产工艺需要，又分为立式储罐和卧式储罐。

图 1-1 给出了卧式圆筒形储罐、立式圆筒形储罐与球形储罐。

二、认识圆筒形储罐基本结构及主要零部件的材质

以卧式储罐为例认识圆筒形储罐的基本结构组成，如图 1-2 所示，其中 (a) 为液氨储罐现场图片。圆筒形储罐由筒体、封头、密封装置、人孔、接管、支座、压力表和安全附件等部件组成。其中，筒体和封头构成了整个容器实现化学反应或存储物料的空间，是容器的主要受压元件。

生产中容器及其零部件的材料取决于它的生产工艺条件。以液氨储罐为例，其介质液氨，常温储存，根据其特性表查其相应的饱和温度和饱和压力可得到设计温度 50°C ，设计压力 2.2MPa ，液氨具有一定腐蚀性。由以上工艺条件确定该储罐筒体和封头材料取 Q345R，接管法兰材料取 16Mn III，各接管材料取 20 号钢，补强圈取 Q345R，鞍座取 Q235-A/Q345R，螺栓取 8.8 级强度螺栓等。

对于容器各零部件常用材料见【知识链接】。

三、初识压力容器

上述提到的液氨储罐就是常见的一种压力容器，依据我国《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定，它属于二类压力容器。

企业生产中的静设备，结构类型多样、操作条件各不相同，但大多都有一个能承压并达到一定容积值的密闭容器，按我国《固定式压力容器安全技术监察规程》规定，通常压力容器须同时具备以下条件。

(1) 工作压力大于或等于 0.1MPa [注：工作压力是指压力容器在正常工作情况下，其顶部可能达到的最高压力（表压力）]；

(2) 工作压力与容积的乘积大于或者等于 $2.5\text{MPa} \cdot \text{L}$ [容积是指压力容器的几何容积，即由设计图样标注的尺寸计算（不考虑制造公差），并且圆整，一般应当扣除永久连接在压力容器内部的内件的体积]。

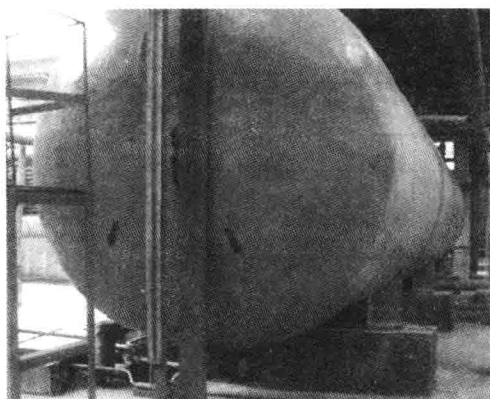
(3) 盛装介质为气体、液化气体以及介质最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体。

压力容器是一种具有爆炸危险的特种设备，一旦发生事故后果非常严重，必须由专门的机构实施安全监督，制订专门的法规和标准予以管理，从事压力容器设计、制造、安装、维修、改造等生产活动的单位应当具备规定的条件，并取得相关部门颁发的相应等级的许可证。

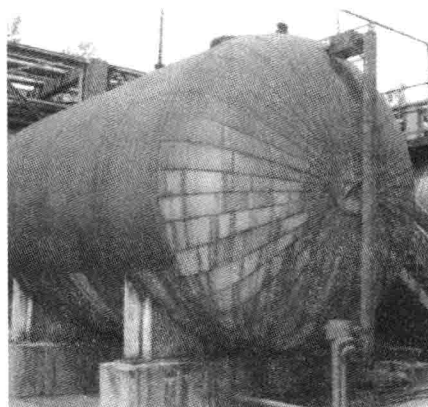
知识链接

一、认识化工设备和容器

化工制药生产企业的各种装置都是由不同类型的设备组成的，化工制药产品也都是



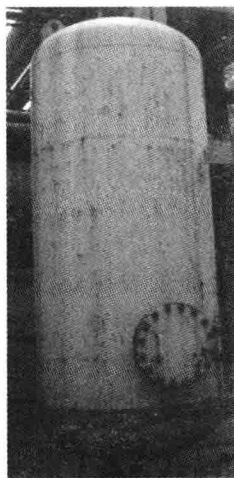
(a) 液氨储罐



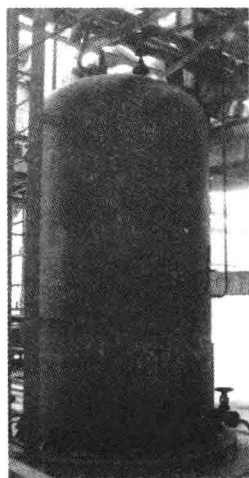
(b) 粗苯中间罐



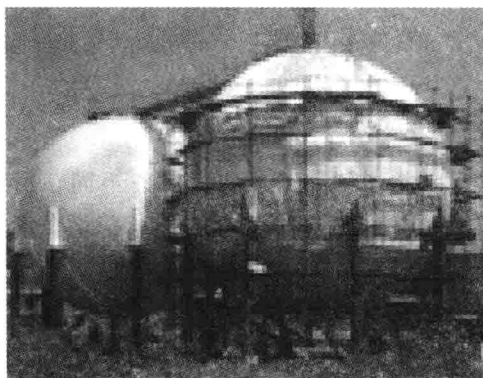
(c) 低压储罐



(d) 分离罐

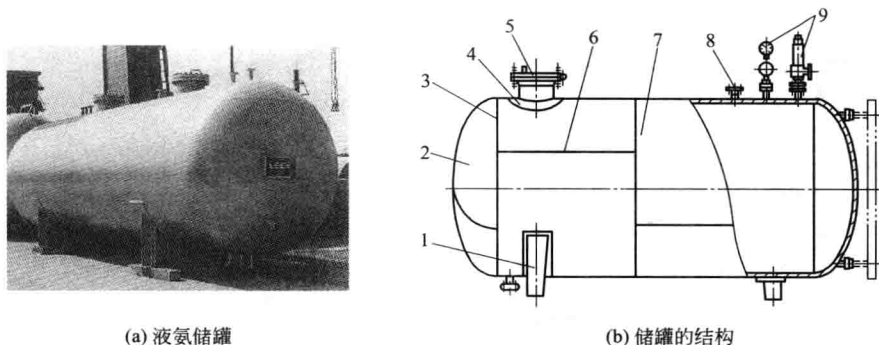


(e) 氢气缓冲罐



(f) 球形储罐

图 1-1 企业生产常见的各种储罐类容器



(a) 液氨储罐 (b) 储罐的结构

图 1-2 圆筒形储罐的基本结构

1—鞍式支座；2—封头；3—封头拼接焊缝；4—补强圈；5—人孔；6—筒体纵向拼接焊缝；
7—筒体；8—接管及法兰密封装置；9—压力表、安全阀

按照一定的工艺过程，利用与之相配套的化工设备生产出来的。例如，合成氨生产装置由加热炉、反应器、分馏塔、压缩机、换热设备、各种泵等主要设备组成；焦化厂负压下操作的焦炉煤气处理系统，由分离器、换热设备、各种塔器、风机、储罐等组成，如图 1-3 所示。

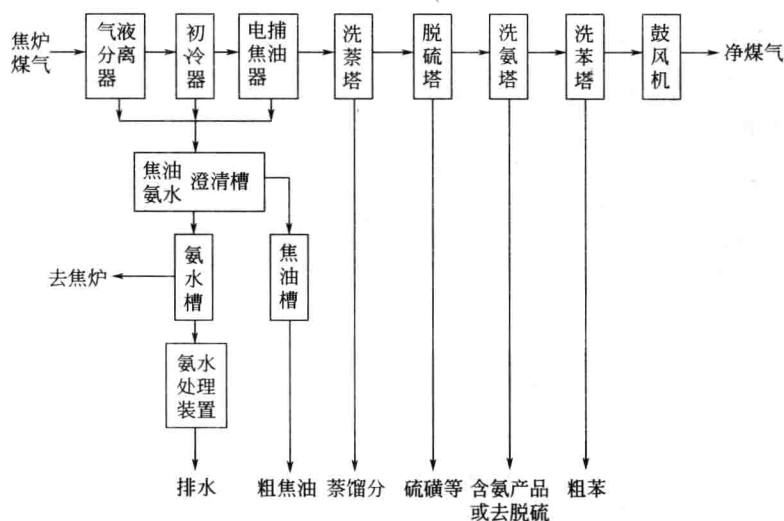


图 1-3 负压下操作的焦炉煤气处理系统

因此，各种工艺装置任务不同，所需主要设备及其使用、维护和检修的要求也不尽相同。在上述各种设备中，有些设备是依靠自身的运转进行工作的，如：各种泵、压缩机、风机等，称为化工机器，也叫动设备；有些设备工作时不转动，而是依靠特定的机械结构及工艺条件，让物料通过设备时“自动”完成工作任务，如各种塔器、换热设备、反应设备、储存设备等，称为化工设备，也叫静设备。本教材所说化工设备指的是静设备。

二、压力容器常用标准、规范

压力容器的设计计算、使用、制造、检验必须遵循相应的规范和标准。国外最具有代表

性的压力容器规范是美国的《ASME 锅炉及压力容器规范》，简称 ASME 规范，内容包括锅炉、压力容器、核动力装置、焊接、材料、无损检测以及锅炉和压力容器质量保证等。该规范每三年更新一次版本，每两年进行一次增补，它是目前世界上公认的技术内容最为完整、应用最为广泛、最具权威性的压力容器规范。另外，还有英国的《BS 5500 非直接火焊接压力容器规范》、德国《AD 压力容器标准》等。

我国压力容器规范有 GB 150—2011《钢制压力容器》，规定了钢制压力容器设计、制造、检验和验收要求。另外还制定了一些列相关标准，如 GB 12337—1999《钢制球形储罐》，JB 4710—2005《钢制塔式容器》，JB 4731—2000《钢制卧式容器》，JB 4746—2001《钢制压力容器用封头》等。为了保证压力容器安全可靠运行，在安全管理和监督方面必须遵循《特种设备安全技术规范》TSG R 0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》，另行规定《移动式压力容器安全技术监察规程》，内容包括压力容器安全技术管理的一般规定，材料使用及设计方面的要求，制造、安装、无损检测有关规定和要求，容器使用管理、修理改造和定期检验等。

三、压力容器的分类

压力容器可按不同方法进行分类。从容器用途、制造和监检角度有以下几种。

（一）按用途分类

按容器工艺用途可分为反应容器（R）、换热容器（H）、分离容器（S）和储运容器（C，其中球形储罐代号 B）。

（1）反应容器主要用于完成介质化学和物理反应过程。如反应釜、分解塔、聚合釜、合成塔、煤气发生炉等。

（2）换热容器主要用于完成介质的热量交换过程。如热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、冷却塔等。

（3）分离容器主要用于完成流体的压力平衡和气体净化分离等过程。如分离器、过滤器、洗涤器、干燥塔、汽提塔、乙烯精馏塔等。

（4）储存容器主要用于盛装气体、液体、液化气体等介质。如液化气储罐、液氨储罐、球罐、槽车等。

（二）按承压方式和设计压力分类

按照承压方式容器有内压容器和外压容器。当容器内壁所承受的压力高于其外壁所承受的压力时称为内压容器，反之为外压容器，真空容器是指内部压力小于 0.1MPa（绝压）的外压容器。内压容器按设计压力的高低又可分为四个压力等级。

（1）低压容器 $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$ 。

（2）中压容器 $1.6\text{MPa} \leq p < 10.0\text{MPa}$ 。

（3）高压容器 $10.0\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$ 。

（4）超高压容器 $p \geq 100\text{MPa}$ 。

其中高压容器根据制造方法不同又分为单层锻焊、多层包扎、绕带式、绕板、热套、无缝钢管等容器。

（三）按容器的设计温度分类

低温容器 设计温度 $\leq -20^\circ\text{C}$ ；常温容器 设计温度为 $-20 \sim 200^\circ\text{C}$ ；中温容器 设计温度为 $-200 \sim 450^\circ\text{C}$ ；高温容器 设计温度 $> 450^\circ\text{C}$ 。

注意容器在低温下要考虑材料的冷脆性，中温下要考虑氢腐蚀及材料的抗回火脆性，高

温下要考虑材料的蠕变性、石墨化及抗氧化性等。

(四) 按安全技术监察规程的要求分类

由于化工生产常常具有一定温度和压力,介质的易燃易爆和毒性程度不同,设计压力和容积数值不同,则在生产中具有不同程度的危险性,因此,为了在技术管理和监督上区别对待不同安全要求的压力容器,TSG R 0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》中,按照容器的压力等级、容积大小、介质的危害程度及在生产过程中的作用将压力容器划分为一、二、三类容器,以利于进行分类监督管理,其中第三类压力容器危险性最大,要求最严格。压力容器类别划分方法见 TSG R 0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》中附件 A。

四、压力容器常用材料相关知识

(一) 对压力容器用钢的基本要求

根据生产工艺对设备的要求,压力容器用钢基本要求是:较高的强度,良好的塑性、韧性,良好的焊接性和耐腐蚀性。

故对压力容器用钢的出厂、交接货要求非常严格。作为钢厂出厂时必检项目是:化学成分、抗拉强度、屈服点、断后伸长率、180°冷弯、冲击功。制造厂接受钢材来货时必须检查钢厂的质量合格证明书,对制造用于盛装高度危害介质的钢材还要进行抽样复验,以至逐张进行超声波 100%面积检验以确定其轧制质量。

(二) 常用钢材

1. 壳体常用材料

圆筒形压力容器的筒体大多是由钢板冷(热)卷焊而成,封头或球形壳体则是用钢板加热成型或热加工后再拼焊而成。因此压力容器壳体材料要具有良好的塑性、焊接性能和良好的热加工性能。根据不同工艺条件,压力容器壳体可选用碳素钢、低合金钢和不锈钢等。

(1) 碳素钢钢板 可供选用牌号有 Q235-B、Q235-C。这属于一般用途碳素结构钢而非压力容器专用钢,但因其轧制技术成熟,质量稳定,价格较低,在限定条件下使用是可靠的,所以在规定条件下可用于压力容器壳体。GB 150 规定了材料的使用范围。

Q235-B 使用温度为 0~350℃,用作压力容器壳体时厚度不超过 20mm、容器的设计压力也不得超过 1.6MPa,不得用于毒性程度为高度或极度危害介质的压力容器;Q235-C 的使用温度为 0~400℃,用作压力容器壳体时厚度不超过 30mm、容器的设计压力也不得超过 2.5MPa。

(2) 压力容器用碳素钢和低合金钢钢板 这类材料属于一般压力容器专用钢板。其中,低合金钢是在普通结构钢的基础上加入了少量或微量的合金元素,如 Mn、Si、Mo、V、Ni、Cr 等,从而使钢材的强度和综合力学性能得到明显改善。在 GB 6654—1996《压力容器用钢材》给出了常用钢号:20R、16MnR、15MnVR、15CrMoR、07MnCrMoVR 等,GB 150 中给出了常用材料使用性能。压力容器用碳素钢和低合金钢钢板使用性能见表 1-1。

(3) 低温容器用低合金钢板 按中国设计规范规定,设计温度小于等于-20℃者为低温容器。低温用钢是一种专用钢种,该类钢更要求具有足够的韧性,以防压力容器的低温脆断,GB 3531—1996《低温压力容器用低合金钢钢板》和 GB 150—1998《钢制压力容器》提供了用于制造低温压力容器壳体的专用钢板,常用钢号:16MnDR、15MnNiDR、09MnNiDR 等,低温容器用低合金钢钢板使用性能见表 1-2。

表 1-1 压力容器用部分碳素钢和低合金钢板使用性能

钢 号	钢板标准	厚度范围 /mm	使用温度 /℃	说 明
20R	GB 6654—1996	6~100	-20~475	20R 是 GB 6654—1996 标准中唯一的碳素钢类压力容器用钢,属低碳钢中的优质钢。它按压力容器专用钢要求进行冶炼和检验,严于一般的碳素结构钢
16MnR		6~120	-20~475	16MnR 是在低碳钢的基础上加入合金元素 Mn 而得到的低合金钢。与 20R 钢相比,含碳量相仿,但加入适量的 Mn 元素后,使 16MnR 的强度显著提高
15MnVR		6~60	-20~400	15MnVR 是在 16MnR 钢采用 Mn 元素进行强化的基础上再加入 0.04%~0.12% 的 V 元素而得到的强度级别为 400MPa 的低合金钢。一般在热轧状态下使用。其强度、塑性、韧性以及可焊性均较好
15MnVNR		6~60	-20~400	15MnVNR 是在 16MnR 和 16MnR 的基础上再添加 N 元素。在高温时,显著降低钢的过热敏感性,并大大提高钢的常温 and 高温强度
18MnMoNbR		30~100	-20~475	18MnMoNbR 是在采用 Mn 元素的基础上再添加 Mo-Nb 合金元素进行复合强化后的一种高强度钢。它不仅具有强度高特点,而且也可作为中温和抗氢容器用钢。热轧状态下,其塑性和韧性值偏低,故一般均在正火+回火状态下使用,是制造石油、化工压力容器和锅炉气包的一种有前途的钢种
15CrMoR		6~100	-20~550	15CrMoR 是一种耐热低合金钢。由于钢中加入了 Cr、Mo 元素,除具有良好的常温力学性能和工艺性能外,还具有较好的热强性、热稳定性和高温抗氧化性
14Cr1MnR	—	16~120	-20~550	已列入 GB 150—1998 附录但尚未列入材料标准(国家标准或行业标准)的钢材
07MnCrMoVR	—	16~50	-20~350	已列入 GB 150—1998 附录但尚未列入材料标准(国家标准或行业标准)的钢材

表 1-2 低温压力容器用低合金钢板使用性能 (GB 3531)

钢 号	使用状态	厚度/mm	使用温度/℃	最低冲击试验温度/℃
16MnDR	正火	6~36	-40~350	-40
		36~100	-30~350	-30
15MnNiDR	正火,正火加回火	6~60	-45~100	-45
09Mn2VDR	正火,正火加回火	6~36	-50~100	-50
09MnNiDR	正火,正火加回火	6~60	-70~350	-70
07MnNiCrMoVDR	调质	16~50	-40~350	-40

(4) 不锈钢钢板 化工生产介质大多都是有腐蚀的,为确保容器安全运行,从选材角度考虑需要选用耐蚀的不锈钢。但腐蚀介质的性质千差万别,而且腐蚀性很大程度是受介质浓度及温度的影响,因而为适应不同介质和操作条件的要求,不锈钢的牌号也很多,其中主要是按 GB 4237—92 《不锈钢热轧钢板》生产的各类热轧钢板。常用钢号: 0Cr18Ni9、0Cr18Ni10Ti、0Cr17Ni12Mo2、00Cr19Ni10、0Cr13 等。但就某一个钢号而言其应用有一定的局限性,例如,处理浓度低于 50% 的稀硝酸,在室温下可采用 0Cr13 钢,但在沸腾温度下则需要采用 0Cr18Ni19 钢。因此需根据介质的种类、浓度和温度等条件综合考虑选择材料。不锈钢钢板使用性能见表 1-3。

表 1-3 不锈钢钢板使用性能

钢 号	钢板标准	使用状态	厚度/mm	使用温度/℃	其他要求	
0Cr13	GB 4237—92	退 火	2~60	—20~600	按 GB 4237—92 的规定	
0Cr18Ni19		固溶		—196~700		
0Cr18Ni10Ti		固溶、稳定化				
0Cr17Ni12Mo2Ti		固溶				—196~500
0Cr18Ni12Mo2Ti				—196~700		
0Cr19Ni13Mo3				—196~425		
00Cr19Ni10						

2. 接管

容器壳体上各种接管等，要求使用无缝钢管，另外大直径的无缝钢管还可直接用来制作容器的壳体。常用钢管有碳素钢、低合金钢、低合金耐热钢和高合金钢。纳入 GB 150 中的几类钢管使用情况见表 1-4。

表 1-4 常用钢管使用情况

钢管材料类型	标 准	钢 号	厚度/mm	使用 说明
碳素钢和低合金钢管	GB 8163	10, 20	≤10	无缝管,适用于流体输送,可与 Q235、20R、16MnR 等材料配合使用,是应用最广泛的一类无缝管
	GB 9948	10, 20	≤16	无缝管,主要用于管式加热炉辐射室炉管,以及高温条件下换热器和热油管
	GB 6479	10, 20G, 16Mn, 15Mv	≤40	化肥设备用高压无缝管,适用温度 -40~400℃,适用压力 10~32MPa,可与多种容器壳体用钢板配合使用
低温钢管	未列入冶金产品标准	09Mn2VD, 09MnD		无缝管
中温抗氢钢管	GB 9948	12CrMo, 15CrMo	≤16	无缝管,用于石油加工中管式加热炉辐射室护管,以及高温条件下换热管和热油管等
	GB 6479	12CrMo, 15CrMo, 10MoWVNb, 12Cr2Mo, 1Cr5Mo	≤40	化肥设备用高压无缝管
高合金钢管	GB/T 14796	0Cr13, 0Cr18Ni9, 0Cr18Ni10Ti 0Cr17Ni12Mo2, 0Cr18Ni12Mo2Ti 0Cr19Ni13Mo3, 00Cr19Ni10 00Cr17Ni14Mo2	≤16	热轧和冷拔无缝管,适用于腐蚀介质、高温或低温的设备
高合金钢管	GB 13296	0Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti 0Cr18Ni10Ti, 00Cr19Ni10 0Cr17Ni12Mo2, 0Cr18Ni12Mo2Ti 00Cr19Ni13Mo3	≤13	锅炉、换热器用无缝管,适用于腐蚀介质、高温或低温的设备

3. 法兰材料

法兰为典型的受力元件，通常由钢板或锻件经切削、钻孔后制成，然后与壳体组焊而成，因此法兰材料应具有良好的可锻性、切削性、加工性和可焊性。法兰常用的板材有 Q235-B、Q235-C、16Mn、15MnVR，锻件有 20 锻、20MnMo、15CrMo 等。

4. 支座及其他附件常用材料

支座承受整个容器的重量，但不受截止压力和温度作用，一般选刚性较好的材料，常用的有 Q235-B 等。

容器中的连接螺栓要承受较大的负荷，因此，螺栓与螺母一般采用机械强度高的材料制造，同时也要求材料具有良好的塑性、韧性以及良好的机械加工性能。对高温和高强度螺栓用钢，还必须具有良好的抗松弛性、良好的耐热性以及较低的缺口敏感性。螺栓与螺母需要配套使用，通常螺栓的强度和硬度应略高于螺母。螺栓、螺母用钢使用条件见表 1-5。

表 1-5 螺栓、螺母用钢使用条件

螺栓用钢	标准	使用温度/℃	螺母用钢	使用条件
Q235-A	GB 700	0~300	Q215-A, Q235-A	适用于 $p < 2.5 \text{ MPa}$ 的压力容器
35, 40, 40MnB 40MnV, 40Cr	GB 699 GB 3077	≤ 350	Q235-A, 20, 25 35, 45, 40Mn	适用于 $p \leq 10 \text{ MPa}$ 的压力容器及密封要求较高时, 使用温度应 $\leq 200^\circ\text{C}$
35CrMoA, 35CrMoVA	GB 3077	≤ 500	45, 40Mn 30CrMoA 35CrMoA	适用于 $p \geq 2.5 \text{ MPa}$ 的压力容器及密封要求较高时, 使用温度应 $\leq 400^\circ\text{C}$
1Cr5Mo	GB 1221	≤ 600	1Cr5Mo	适用于高温密封
2Cr5Mo	GB 1220	≤ 500	2Cr13, 1Cr13	适用于高温及有一定耐蚀要求的密封
0Cr19Ni19	GB 1220	≤ 700	1Cr13 0Cr19Ni19	冷作硬化状态的使用温度上限为 100°C

总之选材时应综合考虑设备的操作条件、材料的焊接和冷（热）加工性能及制造工艺、材料来源及经济合理性等，应符合相应国标或行业标准规定，特别是有使用限制的材料，要认真考虑其使用条件。

◆任务二 确定储罐类容器的结构

【任务描述】

已知储罐设计温度 t 、设计压力 p 、介质，确定圆筒形储罐筒体与封头壁厚，并确定接管法兰和支座型式。

【任务实施】

一、确定储罐筒体壁厚

首先根据给定条件，按 GB150 规定的计算式确定储罐筒体的壁厚。

$$\delta = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \varphi - p_c}$$

$$\delta_d = \delta + C_2 = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \varphi - p_c} + C_2 \quad (p_c \leq 0.4[\sigma]^t \varphi) \quad (1-1)$$

式中 δ ——圆筒计算厚度，mm；

δ_d ——圆筒设计厚度，mm；

p_c ——计算压力，MPa；

$p_c = p + p_{\text{液}}$ ，当液柱静压力小于 5% 设计压力时，可忽略；

D_i ——圆筒的内直径, mm;

$[\sigma]^t$ ——设计温度 t 下, 圆筒体材料的许用应力, MPa, 可查表;

φ ——焊接接头系数, $\varphi \leq 1.0$;

C_2 ——腐蚀裕量, mm。

对于低压或常压容器, 按照强度公式计算出来的厚度往往很薄, 常因刚度不足, 在制造、运输和安装过程中易发生变形。根据 GB 150 考虑容器最小壁厚, 同时容器的厚度应既满足强度和刚度的要求, 又满足腐蚀裕量及钢板规格的要求, 因此根据 $\delta_d + C_1$ 向上圆整为名义厚度 δ_n 。 C_1 为钢板厚度负偏差。

二、封头型式和壁厚确定

该储罐为标准椭圆封头, 按 GB 150 规定, 椭圆封头计算式为

$$\delta = \frac{K p_c D_i}{2[\sigma]^t \varphi - 0.5 p_c}$$

式中 K ——椭圆形封头形状系数, 标准椭圆封头, 取 $K=1$ 。

封头设计参数的确定方法与圆筒体确定方法相同。

三、确定接管法兰

(一) 类型

常用管法兰有板式平焊法兰、带颈平焊法兰和带颈对焊法兰。以液氨储罐接管 $\phi 108 \times 6$ 为例, 公称直径 100mm, 公称压力 2.5MPa, 配用公制管的凹面带颈对焊法兰, 法兰材料为 16Mn, 钢管壁厚为 6mm, 标记为:

HG 20595—1997 法兰 WN100-2.5 FM $S=6\text{mm}$ 16Mn

(二) 选用

- (1) 确定管法兰公称直径, 即与管法兰相连接管公称尺寸。
- (2) 根据介质特性、设计温度、管道材料确定管法兰材质。
- (3) 根据法兰材质和 T , 按设计压力不得高于对应工作温度下最高无冲击工作压力, 确定管法兰的公称压力等级。

(4) 根据公称压力和公称直径确定法兰类型密封面型式。

(5) 根据 T 、 DN 、 PN 和法兰类型确定垫片类型、材料、螺栓、螺柱材料。

(6) 查标准 HG 20592~20635—1997, 确定法兰结构尺寸。

四、确定鞍座

(一) 鞍座型号与标注

本储罐选用鞍式支座。

以液氨储罐为例, $DN325\text{mm}$, 120° 包角, 重型不带垫板的标准尺寸的弯制固定式鞍座, 鞍座材料为 Q235-A, 标记为: JB/T 4712.1—2007, 鞍座 BV325-F

材料栏内注: Q235-A

(二) 选用

1. 鞍座型式的选定

根据设备的公称直径及鞍座实际承载的大小确定选用轻型或重型鞍座。

按容器圆筒强度的需要确定选用 120° 包角或 150° 包角的鞍座。

2. 确定鞍座的允许载荷 (Q)

按照鞍座实际承受的最大载荷 $Q_{\max}$ 必须小于等于鞍座的允许载荷 (Q) 的原则, 查表确