



高等职业教育“十二五”规划教材



过程装备及维护

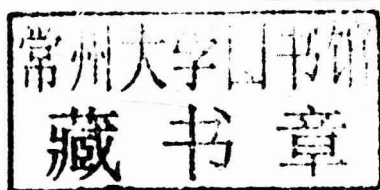
孙爱萍 许彦春 主编



高等职业教育“十二五”规划教材

过程装备及维护

孙爱萍 许彦春 主编



 中国轻工业出版社 www.clip.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

过程装备及维护/孙爱萍、许彦春主编. —北京:中国轻工业出版社,2014.2

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5019-9584-4

I. ①过… II. ①孙… ②许… III. ①化工过程化工装备—维修—高等职业教育—教材 IV. ①TQ051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 007878 号

责任编辑:江娟 王朗 策划编辑:江娟 责任终审:孟寿萱
封面设计:锋尚设计 版式设计:宋振全 责任监印:张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京君升印刷有限公司

经销:各地新华书店

版次:2014年2月第1版第1次印刷

开本:720×1000 1/16 印张:14.25

字数:286千字

书号:ISBN 978-7-5019-9584-4 定价:30.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

131335J2X101ZBW

本书编写人员

主 编	孙爱萍	许彦春	
副主编	马永鹏	陈瑞珍	张殿利
参 编	刘国付	姜敬军	钱奇超
	杜彩坤	于春芬	
	范喜频	王灵果	
	严永江	庞春虎	
	解利芹	赵博龙	
主 审	孙建国	王凤咏	

前 言

过程装备是流程工业企业用于生产的机器或装置以及为生产服务的主要设施的总称。包括具有传动装置的流体机械,用于化学反应和质量、能量传递的压力容器及设备,用于计量、检测、化验的仪表装置等。

流程工业即过程工业,是通过化学和物理的方法达到改变物料性能的加工业,涵盖了化学、化工、石油、食品、制药甚至冶金等众多行业部门。过程工业所涉及的对象是流程性物料,从原料到产品需经过复杂的工艺过程,因而整个过程需要由为数众多的单元构成,而每一个单元均需要由能实现这一功能的设备来完成,将这些单元设备连在一起便构成过程装备。

流程工业生产具有生产技术的多样性、复杂性、综合性的特点,产品品种多,多数生产是高温、高压、深冷、真空、长周期、连续、联动运行,接触的介质往往是易燃、易爆、有毒和强腐蚀性的。过程装备是为生产过程服务的,其运行状况的好坏,直接影响产品的产量和质量以及生产的连续性、稳定性和安全性。

以石油、化工行业为例,其工艺过程中包含了大量典型的过程装备,很多又是通用机械。例如,各种压力容器、换热器、反应装置、塔器、储罐、各种炉类等,它们广泛应用于传热、传质、化学反应和物料储存等方面,属于静设备;又如,各种化工机器,如活塞式压缩机、离心式压缩机、螺杆式压缩机、风机、离心机、工业用泵和汽轮机等,它们广泛应用于流体的输送、加压或作为原动机,是工艺过程的心脏,属于动设备。

本教材在内容上分为设备和机器两部分,设备部分重点学习压力容器、换热器、塔器和反应设备等的使用与维护;机器部分重点学习离心泵、活塞式压缩机、离心式压缩机、螺杆式压缩机等典型机器的运行与维护。通过学习与训练,使学生掌握典型过程装备的结构特征、工作原理及运行操作方法,初步具有正确使用、维护、选型和技术改造的能力,以及标准规范和有关资料的查阅、运用能力,为将来从事设备的安装、运行、操作、维护和技术改造等打下基础,且触类旁通,对其他设备也有所了解。

本教材由企业、行业技术人员及高等院校专业教师共同编写。教材编写中遵循“坚持标准,结合实际,体现特点,突出技能”的指导思想,由简到难,由浅入深,递进式安排学习内容和工作任务,注重实用性。每个项目后面配有职业技能训练、职业素质拓展等,以适应不同层次人员学习的需要。

本教材是高等职业教育设备安装技术专业、安装工程造价专业适用教材,也可供有机化工、石油化工等化工工艺专业学习使用,并可作为石油、化工企业及工程

建设从业人员的培训用书。

在教材编写的过程中,得到了中石化工程建设有限公司、河北工业职业技术学院、秦皇岛紫竹药业有限公司、广东省惠州市质量计量监督检测所、河北省特种设备学会、河北省安装工程有限公司等施工单位及企业的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。同时,对本书编写中所参阅的书籍和资料的作者表示感谢。

由于时间仓促,编者水平所限,书中错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2014年1月

目 录

项目一 压力容器	1
任务一 过程生产的特点及对设备的基本要求	1
任务二 压力容器的构成及分类	3
任务三 压力容器的常用材料	6
任务四 压力容器的强度计算及校核	11
任务五 压力容器的附件	21
任务六 压力容器的安全使用与维护	32
技能训练	35
素质拓展	35
项目二 换热设备	39
任务一 换热设备的应用及类型	39
任务二 固定管板式换热器的结构及维护	45
任务三 板式换热器及维护	61
技能训练	64
素质拓展	65
项目三 塔设备	68
任务一 塔设备在生产中的应用	68
任务二 板式塔的运行及维护	70
任务三 填料塔的运行及维护	92
技能训练	98
素质拓展	100
项目四 反应设备	102
任务一 搅拌反应釜的基本构成	102
任务二 搅拌反应釜的运行及维护	124
技能训练	126
素质拓展	127

项目五 离心泵	135
任务一 泵在生产中的应用及分类	135
任务二 离心泵的工作原理、主要性能参数及型号表示	137
任务三 离心泵的结构及主要零部件	144
任务四 离心泵的选用	151
任务五 离心泵的运行及维护	152
技能训练	155
素质拓展	156
项目六 活塞式压缩机	159
任务一 活塞式压缩机的工作原理及分类	159
任务二 活塞式压缩机的结构及主要零部件	165
任务三 活塞式压缩机的辅助装置	174
任务四 活塞式压缩机的常见故障及维护	175
技能训练	176
素质拓展	177
项目七 离心式压缩机	181
任务一 离心式压缩机的工作原理及分类	181
任务二 离心式压缩机的结构及主要零部件	183
任务三 离心式压缩机的运行及性能调节	192
任务四 离心式压缩机的维护	196
技能训练	201
素质拓展	201
项目八 螺杆式压缩机	206
任务一 螺杆式压缩机的工作原理及分类	206
任务二 螺杆式压缩机的结构及主要零部件	208
任务三 螺杆式压缩机的运行及维护	214
技能训练	216
素质拓展	217
参考文献	219

项目一 压力容器

任务一 过程生产的特点及对设备的基本要求

一、过程生产的特点

许多典型的过程生产,尤其在石油、化工行业,常伴随很多危险因素。以石油、化工生产为例,从安全角度讲,其生产过程有如下显著特点:

(1)易燃易爆 在石油、化工生产中,原料、半成品、成品及各种中间介质,绝大多数属易燃易爆的气体或液体,如果操作违规、失误或管理不善,则发生燃烧爆炸的可能性和破坏性极大。

(2)有毒有害 化工生产中有毒有害物质普遍存在,其中有些具有一般毒性,有些具有高毒、剧毒性。一旦泄漏并超过临界量,极易引起严重的中毒死亡事故,并污染环境。

(3)高温高压 大多数化工、石油生产过程工艺复杂、操作条件苛刻。普遍存在高温、超低温、高压、高真空度、大流量、高转速等工况。这些承受高温高压的过程装备中的介质又多为有毒有害易燃易爆的物质,一旦发生破坏,其造成的危害将比常温、常压下的设备与机器大百倍甚至千倍。

(4)严重的腐蚀性 化工生产过程中的物料或介质,大多具有腐蚀性,很多又具有强腐蚀性。而腐蚀是造成很多过程装备失效、破坏从而引发事故的原因。

(5)连续性强 目前,很多石油、化工工艺具有大型化、自动化、高转速、大容量、高负荷、连续运转的特点,过程装备的稳定运行异常重要,过程装备一旦发生故障或事故,将造成整个工艺生产系统停顿、停止,对企业造成巨大的经济损失。因此,设备的安全运行与企业经济效益关系重大。

二、过程装备的特点

(1)功能原理多样化 过程装备的用途、介质特性、操作条件、安装位置和生产能力千差万别,往往要根据过程或用户的要求,单独设计,采用不同的工作原理、材料和结构,设计计算时所考虑的侧重点也各不相同,因而过程装备属于单件或小批量生产的非标设备。

(2)外壳一般为压力容器 过程装备通常是在一定温度和压力下工作的,虽

然形式繁多,但是一般都由限制其工作空间且能承受一定压力的外壳和各种各样的内件组成。这种能承受压力的外壳就是压力容器。

(3)操作条件复杂 随着过程装备的大型化、高参数化和多功能化,越来越多的过程装备在高温、低温、高压、高真空、强腐蚀等复杂条件下工作。

(4)失效危害严重 选材不当、材料误用、材料缺陷、材质劣化、介质腐蚀、制造缺陷、设计失误、缺陷漏检、操作不当、意外操作条件、难以控制的环境因素等原因,都有可能导致过程装备失效。

三、过程生产对设备的基本要求

1. 安全性能要求

为保证过程装备安全可靠地运行,过程装备应具有足够的能力来承受设计寿命内可能遇到的各种载荷。强度、刚度、韧性和密封性是影响过程装备安全可靠性的主要因素。

(1)足够的强度 要确保过程装备长期、稳定、安全地运行,最根本的,必须保证设备整体及其零部件有足够的强度。一方面,设计、制造、检验应严加管理,保证质量,消除隐患;另一方面,安装、运行、维护、检查,更要严格管理,遵守操作规程,严禁违章操作,严禁超温、超压、过负荷运行,加强维护管理和定期检查,发现问题并消除隐患。

(2)足够的刚度和抗失稳能力 刚度不足是设备过度变形、失稳和泄漏的主要原因之一。例如,螺栓、法兰和垫片组成的连接结构,若法兰因刚度不足而发生过度变形,将导致密封失效而泄漏;在真空下工作和承受外压的过程装备,若壳体刚度不够,将引起失稳破坏。因此,过程装备应有足够的刚度。

(3)良好的韧性 由于原材料、制造(特别是焊接)和使用(如腐蚀疲劳、应力腐蚀)等方面的原因,设备常带有各种各样的缺陷,如裂纹、气孔、夹渣等。当缺陷尺寸达到某一临界尺寸时,会发生快速扩展而导致过程装备破坏。材料韧性越好,临界尺寸越大,过程装备对缺陷就越不敏感。

(4)可靠的密封性 密封性是过程装备防止介质泄漏的能力。由于生产中所处理的物料大多是易燃、易爆、有毒、有害的介质,如果密封不严而引起泄漏,会导致燃烧、爆炸、中毒、污染等严重事故的发生,因此,密封的可靠性是设备安装运行的必要条件。

(5)良好的耐腐蚀性 耐蚀性也是保证设备安全运行的一个基本要求。由于化工生产中的介质具有不同程度的腐蚀性,可能使设备的厚度减薄,缩短使用寿命,同时还会在应力集中及两种材料焊缝处造成严重的腐蚀,引起泄漏或爆炸,因此,材料必须有一定的耐腐蚀性。

2. 工艺性能要求

设备是为一定的工艺过程服务的,都有一定的工艺指标要求,如果功能要求不

能满足,将会影响整个过程的生产效率。工艺性能要求通常包括反应设备的反应速度、换热设备的传热量、塔设备的传质效率、储存设备的储存量等。

3. 使用性能要求

(1)结构合理、制造简单 设备的结构要紧凑合理,材料利用率高,制造方法有利于实现机械化,有利于标准化生产,以降低成本。

(2)运输和安装方便 设备由制造厂生产,运至使用单位安装的过程中,对于大型设备应考虑运输的可行性,对于特大型设备或有特殊要求的设备,应考虑采用现场组装的方法。

(3)操作、控制、维护简便 设备的操作程序和方法要简单,易于控制和维护。例如,设置阀门、人(手)孔、梯子平台时,位置要合适;结构设计上应考虑易损件的可维护性和可修理性等。

4. 经济性能要求

在满足工艺要求和安全可靠运行的前提下,要尽量做到经济合理,减少设备的前期投资费用和日常操作、维护费用,以获得较好的经济效益。

5. 环境保护要求

随着工艺条件要求的提高和人们环境保护意识的增强,如有害物质泄漏到环境中、生产过程残留无法清除的有害物质及噪声等,在设计中应考虑到这些因素的影响,以满足环境保护的要求。

任务二 压力容器的构成及分类

一、压力容器

在《特种设备安全监察条例》中压力容器界定为:盛装气体或者液体,承载一定压力的密闭设备,其范围规定为最高工作压力大于或者等于0.1MPa(表压),且压力与容积的乘积大于或者等于 $2.5\text{MPa}\cdot\text{L}$ 的气体、液化气体和最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体的固定式容器和移动式容器;盛装公称工作压力大于或者等于0.2MPa(表压),且压力与容积的乘积大于或者等于 $1.0\text{MPa}\cdot\text{L}$ 的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于 60°C 液体的气瓶;氧舱等。

一般地说,压力容器是指同时具备以下条件的容器:工作压力大于等于0.1MPa;工作压力与容积的乘积大于或者等于 $2.5\text{MPa}\cdot\text{L}$;盛装介质为气体、液化气体以及介质最高工作温度高于或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,在过程生产中用来完成反应、储存、换热、分离等作用。大多数情况下,需承受高温、超高压、高压、超低温等恶劣工况,且工艺介质多为易燃易爆、有毒有害物质,工作条件复杂、苛刻,属于具有高度危险性的特种设备,一旦发生爆炸事故,不仅容器本身遭到毁坏,而且会造成人员

伤亡、环境污染、重大财产损失等。

二、压力容器的类别划分

压力容器的分类方法很多,按照不同的方法可以有不同的分类。从使用、制造和监检的角度分类,有以下几种。

(1)按承压性质可分为内压容器和外压容器两类,容器的内部介质压力大于外界压力时为内压容器,反之为外压容器,真空容器是指内部压力小于一个绝对大气压(0.1MPa)的外压容器。

(2)按压力等级将内压容器分类,见表1-1。

表1-1

内压容器分类

容器分类	设计压力/MPa
低压容器 L	$0.1 \leq p < 1.6$
中压容器 M	$1.6 \leq p < 10$
高压容器 H	$10 \leq p < 100$
超高压容器 U	$p \geq 100$

(3)按设计温度可分为低温容器(小于 -20°C)、常温容器($-20 \sim 200^{\circ}\text{C}$)、中温容器(在常温与高温之间)、高温容器(达到材料蠕变温度,碳素钢或低合金钢温度超过 420°C ,合金钢超过 450°C ,奥氏体不锈钢超过 550°C)。

(4)按制造方法可分为单层、锻焊、多层包扎、绕带、绕板、热套、无缝容器等。

(5)按制造材料分为钢制容器(低碳钢、普通低合金钢、不锈钢等)、有色金属容器(钛、铝等)和非金属容器。

(6)按压力容器在生产工艺过程中的作用原理分为反应压力容器(代号R)、换热压力容器(代号E)、分离压力容器(代号S)和储存压力容器(代号C,其中球罐代号B)四大类。

(7)从安全监察角度考虑,按照介质危害性,根据设计压力 p (单位MPa)和容积 V (单位L),《固定式压力容器安全技术监察规程》将压力容器分为I、II、III类压力容器,其中III类容器最为重要,要求也最为严格。

压力容器类别应当按照介质特性选择类别划分,第一组介质压力容器类别划分见图1-1、第二组介质压力容器类别划分见图1-2,再根据设计压力和容积,标出坐标点,确定压力容器类别。

第一组介质,毒性程度为极度危害、高度危害的化学介质,易爆介质,液化气体;第二组介质为除第一组介质以外的介质。

具体分类方法参见《固定式压力容器安全技术监察规程》中的附件A。

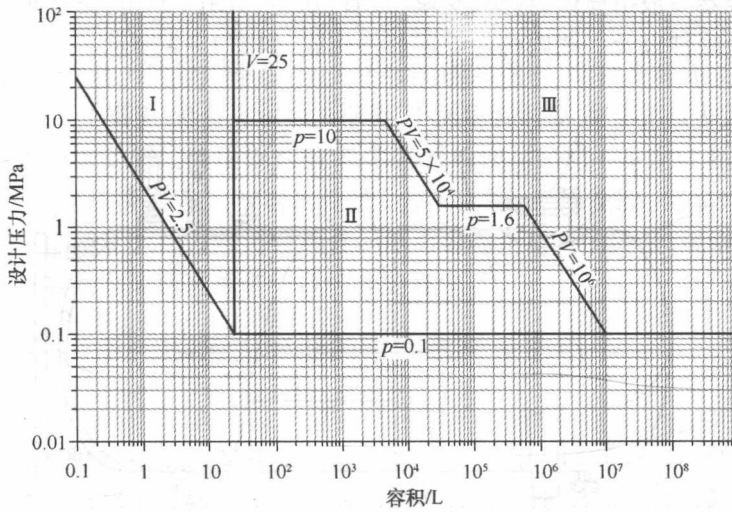


图 1-1 压力容器类别划分图——第一组介质

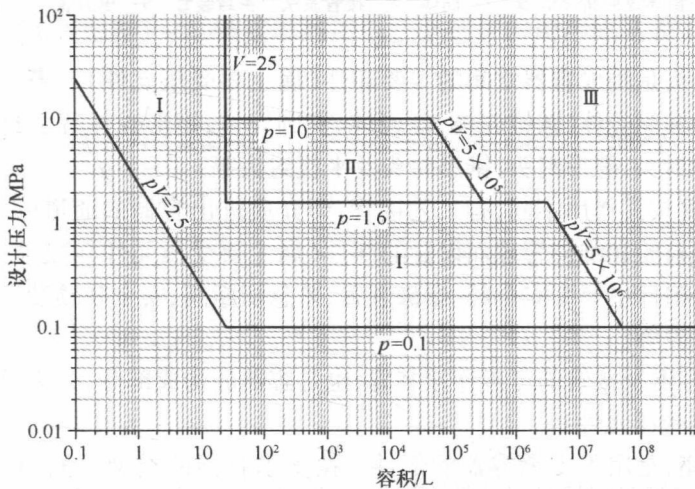


图 1-2 压力容器类别划分图——第二组介质

三、容器的基本结构

压力容器的结构形式是多种多样的,它是根据容器的作用、工艺要求、加工设备和制造方法等因素确定的,最常见的是圆筒形容器和球形容器。容器的结构是由承受压力的壳体、连接体、密封元件和支座等主要部件组成。此外,作为一种生产工艺设备,有些压力容器,如用于化学反应、传热、分离等工艺过程的压力容器,其壳体内部还装有工艺所要求的内件。

压力容器一般由筒体、封头、支座、接管、法兰、人孔、手孔、安全阀、温度计、液面计等安全附件以及一些内构件等零部件构成,如图 1-3 所示。

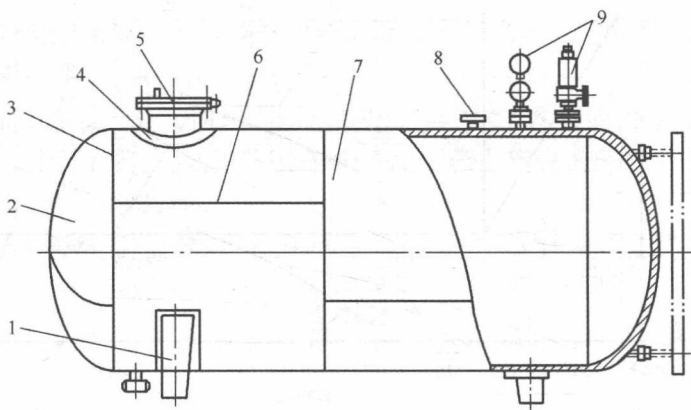


图 1-3 容器的基本结构

- 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

筒体、封头是构成容器空间的主要部件(属主要受压元件)。壳体按形状的不同,可以分为圆筒壳体、圆锥壳体、球壳体、椭圆壳体、矩形壳体等。封头有椭圆形封头、半球形封头、碟形封头、锥形封头及平板封头等。

容器接管按其作用不同,有工艺接管,即介质进出容器的通道;人孔、手孔,是为便于制造、检验和维护管理而设置的部件(属主要受压元件);仪器、仪表及安全附件等,安全附件主要有安全阀、爆破装置、紧急切断阀、安全连锁装置、压力表、液面计、测温仪表等。

法兰是容器及接管的可拆连接装置,也是容器的构成部分,分为设备法兰和管法兰(属主要受压元件)。

容器支座,是用于支承容器的部件。按支承容器的类型不同,有卧式容器支座、立式容器支座、球罐容器支座等。

任务三 压力容器的常用材料

一、压力容器的用钢及要求

压力容器产品大部分为非标设备,根据其使用参数(温度、压力、介质、尺寸等)单独进行设计。压力容器的结构型式有单层卷焊容器、多层包扎容器、整体多层夹紧容器、热套容器、球形容器、锻焊容器、锻造容器等,不同的结构型式制造工

艺不同,对钢材的技术要求也不同。

压力容器用钢包括钢板、钢管、钢锻件、钢棒及钢焊材。在上述五类钢材中,钢板的使用量最大。在压力容器用钢板中,又可分为碳素钢板、低合金高强度钢板、低温用钢板、中温抗氢用钢板、低合金耐蚀用钢板、不锈钢耐酸钢板、耐热钢板和复合钢板。

选择压力容器受压元件用钢时应考虑容器的使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等)、材料的性能(力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能)、容器的制造工艺以及经济合理性。压力容器用材料的质量、规格与标志,应当符合相应材料的国家标准或者行业标准的规定。

二、压力容器的常用材料及选用

1. 壳体

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。根据不同的工艺条件,压力容器壳体可选用碳素钢、低合金钢和不锈钢等。

GB 150—2011 规定了材料的使用范围及使用性能。压力容器用碳素钢和低合金钢板使用性能见表 1-2,低温容器用低合金钢板使用性能见表 1-3,不锈钢板使用性能见表 1-4。

表 1-2 压力容器用碳素钢和低合金钢板使用性能(GB 713—2008)

钢号	厚度/mm	使用状态	使用温度/℃	说 明
Q245R	3~150	热轧,控轧,正火	-20~475	用于制造单层卷焊容器、多层包扎容器、整体多层夹紧容器、热套容器和球形容器。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,钢中 $P \leq 0.025\%$, $S \leq 0.015\%$,与 Q345R、Q370R 的 P、S 含量一致
Q345R	3~200	热轧,控轧,正火	-20~475	Q345R 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 Q245R 钢相比,含碳量相仿,但加入适量的 Mn 元素后,使 Q345R 的强度显著提高,具有良好的综合力学性能和工艺性能。是目前用途最广、用量最大的压力容器专用钢板
Q370R	10~60	正火	-20~350	该钢板的焊接性能和抗 H_2S 应力腐蚀性能与 Q345R 钢板相近,而强度,特别是韧性指标明显优于 Q345R。Q370R 钢板除广泛用于球罐外,还用于大型塔式容器和热套容器。其强度、塑性、韧性以及可焊性均较好

续表

钢号	厚度/mm	使用状态	使用温度/℃	说 明
18MnMoNbR	30 ~ 100	正火加回火	-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。它不仅具有强度高的特点,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,故一般均在正火加回火状态下使用,是单层厚壁容器钢板
13MnNiMoR	30 ~ 150	正火加回火	-20 ~ 400	13MnNiMoR 是强度级别较高的一种钢材,该钢板在我国单层卷焊厚壁压力容器中得到推广应用。新标准 GB 713—2008 对化学成分的要求,特别是 P、S 含量提高了,钢中 C ≤ 0.15%, P ≤ 0.02%, S ≤ 0.01%
15CrMoR	6 ~ 150	正火加回火	-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
14Cr1MoR	6 ~ 150	正火加回火	-20 ~ 550	14Cr1MoR 是石油化工装置中常用的钢种之一,并在径化工设备中得到广泛的应用,具有较高的强度,良好的韧性、塑性和抗回火性能
12Cr2Mo1R	6 ~ 150	正火加回火	-20 ~ 575	12Cr2Mo1R 是国际上通用的热强钢,强度高、韧性和抗氢性能好,适用制造在高温条件下工作的热壁重整、加氢精制反应器及大型化工设备
12Cr1MoVR	6 ~ 100	正火加回火	-20 ~ 575	12Cr1MoVR 是一种压力容器专用 Cr - Mo 钢,具有良好的韧性和焊接性。在 500℃ 以下时,具有较高的持久强度

表 1-3 低温压力容器用低合金钢钢板 (GB 3531—2008)

钢号	使用状态	厚度/mm	使用温度/℃	最低冲击试验温度/℃
16MnDR	正火,正火加回火	6 ~ 36	-40 ~ 350	-40
		36 ~ 100	-30 ~ 350	-30
15MnNiDR	正火,正火加回火	6 ~ 60	-45 ~ 200	-45
15MnNiNbDR	正火,正火加回火	10 ~ 60	-50 ~ 200	-50
09MnNiDR	正火,正火加回火	6 ~ 60	-70 ~ 350	-70
07MnNiMoDR	调质	10 ~ 50	-40 ~ 350	-40

表 1-4 不锈钢钢板(GB 24511—2009)

钢号	新牌号	旧牌号	美国 ASTM	使用状态	厚度/mm	使用温度/℃
S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	304	固溶热处理	1.5~80	-196~700
S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	304L	固溶热处理		-196~450
S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	316	固溶热处理		-196~725
S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	316L	固溶热处理		-196~450
S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	321	固溶热处理		-196~700
S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2		固溶热处理		-20~300
S11348	06Cr13Al	0Cr13Al	405	退火	1.5~25	0~400

注:奥氏体型钢材的使用温度高于或是等于-196℃时,可免做冲击试验,低于-253~-196℃,由设计文件规定冲击试验要求。

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—2011中的几类钢管使用情况见表1-5。

表 1-5 常用钢管使用情况

钢管材料类型	标准	钢号	厚度/mm	使用状态	使用说明
碳素钢和低合金钢管	GB/T 8163—2008	10,20	≤10	热轧	无缝管,适用于流体输送。不得用于换热管,设计压力不大于4MPa,使用温度下限分别为-10℃、0℃,不得用于毒性程度为极度或高度危害的介质
	GB 9948—2006	10,20	≤16	正火	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。换热管应选冷拔或冷轧钢管,尺寸精度选用高级精度,使用温度下限分别为-10℃、0℃