

国家示范性 高职院校建设规划教材

化工设备

马秉骞 主编
王绍良 主审



化学工业出版社



国家示范性高职院校建设规划教材

化 工 设 备

	马秉骞	主 编
王灵果	向寓华	副主编
	王绍良	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以教育部关于示范性高职院校建设的精神为指导,以培养生产一线的高级应用型技术人才为目标,根据本专业学生的就业方向 and 行业特点,从生产实际出发,突出工程应用和标准规范的使用,着重介绍了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。

本书除供高职高专院校化工设备维修技术专业作为教材使用外,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。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工设备/马秉骞主编. —北京:化学工业出版社,
2009.7

国家示范性高职院校建设规划教材
ISBN 978-7-122-05807-2

I. 化… II. 马… III. 化工设备-高等学校:技术学院-
教材 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 089542 号

责任编辑:王金生

装帧设计:尹琳琳

责任校对:李 林

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 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张17 字数428千字 2009年7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:28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化工设备维修技术专业是教育部确定的国家首批示范性高等职业院校中由中央财政支持建设的重点专业。根据建设方案所确定的课程体系,“化工设备”课是本专业的核心课程。为了加快示范性院校建设的步伐,落实建设方案所提出的目标,在全国化工教学指导委员会的组织下,于2007年11月在兰州召开了“全国石油化工业高职高专院校课程体系及教材建设研讨会”。有关高职高专院校、科研院所及化学工业出版社等共计23个单位的83名代表参加了会议,与会代表就示范性院校建设中相关专业的课程体系、教材建设等课题进行了充分的研讨和广泛的交流。会议确定,《化工设备》教材由兰州石化职业技术学院、河北化工医药职业技术学院、湖南化工职业技术学院、辽宁石化职业技术学院、徐州工业职业技术学院和天津渤海职业技术学院联合编写。

本书以教育部关于示范性高等职业院校建设的精神为指导,以培养生产一线的高级应用型人才为目标,总结吸收了示范性院校建设的相关成果和有关院校教学改革的成功经验;根据本专业学生的就业方向 and 行业特点,从生产实际出发,突出工程应用和标准规范的使用,着重介绍了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。

为了方便教学,本书在每章的开头以“本章学习指导”的形式提出了学习本章要达到的能力目标、需要掌握的知识点以及教和学两个方面的要求;在每章末以方框图的形式给出“本章小结”,并编排了一定数量的习题和思考题。本书除供高等职业院校化工设备维修技术专业作为教材使用外,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。

本书由兰州石化职业技术学院马秉骞教授担任主编,河北化工医药职业技术学院王灵果副教授、湖南化工职业技术学院向寓华副教授担任副主编。马秉骞编写绪论、第一章、第八章、第九章;王灵果编写第四章、第七章;向寓华编写第二章;第五章由辽宁石化职业技术学院郭宏伟编写;第六章由徐州工业职业技术学院王敏编写;第三章由天津渤海职业技术学院杨虹编写。全书统稿工作由马秉骞完成。

本书承蒙湖南化工职业技术学院王绍良教授主审。王教授对本书的初稿进行了详细的审阅,提出了很好的修改意见。另外,辽宁石化职业技术学院李晓东教授、南京化工职业技术

学院朱方鸣副教授、河北化工医药职业技术学院庞春虎副教授、湖南化工职业技术学院王松竹副教授、酒泉职业技术学院李波副教授、天华化工机械及自动化研究设计院廖东太工程师等同志，参加了本书编写提纲的审定工作，也提出了诸多宝贵意见。在此对王绍良教授、全体审稿人员以及所有对本书的出版给予支持和帮助的同志，表示衷心的感谢！

本书编写过程中参阅了近几年出版的相近内容的教材和书目以及大量的标准规范，主要参考文献列于书后。在此对有关作者一并表示感谢！

由于编者水平所限，书中疏漏和欠妥之处在所难免，请同行专家及广大读者批评指正。

编 者

2009 年 2 月 兰州

目 录

绪论	1
第一章 化工设备概述	3
第一节 化工设备的应用、类型及基本要求	3
一、化工设备的应用	3
二、化工设备的特点	4
三、化工设备的基本要求	4
四、化工设备的类型	5
第二节 化工设备常用材料	6
一、对压力容器用钢的基本要求	6
二、常用钢材介绍	7
三、压力容器用钢的选用原则	10
第三节 压力容器的质量保证	11
一、压力容器的分类	11
二、压力容器规范介绍	13
三、压力容器的质量保证体系	14
本章小结	17
思考与练习	17
第二章 中低压容器设计	19
第一节 旋转壳体的应力分析	19
一、旋转壳体的基本概念	19
二、无力矩理论及应用	21
三、旋转薄壳的边缘问题	26
第二节 内压薄壁容器的设计计算	28
一、容器的设计计算	28
二、容器的校核计算	29
三、容器厚度的确定	29
第三节 设计参数的确定	31
一、设计压力	31
二、设计温度	32
三、许用应力	33
四、焊接接头系数	33
五、厚度附加量	38
第四节 内压封头的结构及强度计算	41
一、封头概述	41

二、半球形封头	41
三、椭圆形封头	42
四、碟形封头	43
五、锥形封头	44
六、圆形平板封头	49
第五节 容器的压力试验	52
一、压力试验的目的	52
二、压力试验的对象	52
三、压力试验的方法及要求	52
本章小结	56
思考与练习	56
第三章 外压容器设计	58
第一节 外压容器的稳定性	58
一、外压容器的失效型式	58
二、外压容器的失稳过程及临界压力的概念	59
三、临界压力的计算	59
四、外压圆筒类型的判定	60
第二节 外压薄壁容器的壁厚确定	62
一、外压容器设计参数的确定	62
二、外压薄壁容器不失稳的条件	62
三、圆筒壁厚确定的解析法	63
四、圆筒壁厚确定的图算法	63
五、外压封头壁厚确定的图算法	67
第三节 外压薄壁圆筒加强圈的设计	70
一、加强圈的作用、结构及要求	70
二、加强圈的间距	72
三、加强圈的图算法计算	73
本章小结	76
思考与练习	76
第四章 化工设备的主要零部件	78
第一节 法兰连接	78
一、法兰连接的组成及应用	78
二、法兰连接的密封	80
三、法兰的结构类型	81
四、标准法兰的选用	86
第二节 开孔与补强	98
一、开孔类型及对容器的影响	98
二、对压力容器开孔的限制	98
三、补强结构	98
四、等面积补强计算	100
五、标准补强圈及其选用	103
六、人孔、手孔和接管	105

第三节 设备的支座	113
一、支座的类型及应用	113
二、鞍式支座	114
三、裙式支座	118
四、其他类型支座	121
本章小结	128
思考与练习	129
第五章 换热设备	131
第一节 换热设备的应用及类型	131
一、换热设备的应用	131
二、换热设备的类型	132
三、换热器的性能对比及选择	134
第二节 管壳式换热器	135
一、管壳式换热器的类型及特点	135
二、管壳式换热器结构	137
三、管壳式换热器的标准	146
四、管壳式换热器制造与检验主要技术要求	149
第三节 其他类型换热设备简介	150
一、板面式换热器	150
二、空冷器	154
三、套管式换热器	156
第四节 换热设备的使用与维护	157
一、换热器的日常维护	157
二、管壳式换热器的检修	160
三、换热器的清洗	164
本章小结	165
思考与练习	166
第六章 塔设备	167
第一节 塔设备的应用及类型	167
一、塔设备的应用	167
二、塔设备的一般要求	168
三、塔设备的类型及总体结构	168
第二节 板式塔	169
一、板式塔塔盘的型式及特点	169
二、板式塔的主要内部构件	174
三、塔设备制造与检验主要技术要求	183
第三节 填料塔	184
一、填料及支承结构	184
二、液体分布装置	186
三、板式塔与填料塔的比较	190
第四节 塔设备的载荷分析	191
一、塔设备的使用工况	191

二、塔设备的主要危险截面	191
三、不同截面上的载荷分析	192
本章小结	193
思考与练习	194
第七章 反应设备	195
第一节 反应设备的应用及类型	195
一、反应设备的应用	195
二、对反应设备的要求	196
三、反应设备的类型	196
第二节 釜式搅拌反应器的构造	198
一、总体结构	198
二、搅拌器	199
三、传动装置	203
四、轴封	206
五、搅拌反应器制造与检验主要技术要求	208
第三节 搅拌反应器的罐体	209
一、罐体尺寸确定	210
二、传热装置	211
三、工艺接管	214
本章小结	215
思考与练习	216
第八章 储存设备	218
第一节 储存设备的类型及应用	218
一、储存设备的类型	218
二、储罐的容量	218
三、储存设备的应用	219
第二节 立式储罐	220
一、立式油罐的总体构造	220
二、立式油罐的主要附件	223
三、立式油罐的使用与维护	226
第三节 卧式容器	229
一、卧式储罐的基本构造	229
二、卧式容器的受力分析	229
三、卧式容器的校核计算	231
本章小结	239
思考与练习	240
第九章 化工设备的安全运行	241
第一节 设备的安全附件	241
一、压力容器的超压及泄漏	241
二、压力容器的安全防护装置	243
第二节 压力容器的安全使用	248
一、压力容器的使用登记与技术档案	248

二、压力容器的安全操作	250
三、压力容器的紧急停运	252
第三节 典型化工设备常见事故及案例	253
一、锅炉、压力容器及压力管道常见事故及案例	253
二、塔、槽、釜类设备常见事故及案例	256
三、换热设备常见事故及案例	258
本章小结	259
思考与练习	260
参考文献	261

绪 论

化工生产所用的机械设备种类繁多、性能各异,在这些设备中,有的是依靠自身某些零件的运转进行工作的,如各种类型的泵、压缩机、风机等,习惯上把这类设备称为转动设备或化工机器;有的工作时其本身零部件之间没有或很少有相对运动,这类设备是依靠自身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,如各种塔类设备、换热设备、反应设备等,习惯上也称为工艺设备或静设备。

本课程名称“化工设备”,就是指以上所说的静设备。

“化工设备”课是“化工设备维修技术”专业的核心专业课,在整个专业教学计划和课程体系中,占据相当重要的位置。它是在“工程材料”、“化工制图”、“工程力学”、“化工原理及工艺”等课程的基础上进行学习,是对这些课程的综合应用,同时也为进一步学习“化工设备制造技术”、“化工机械安装修理”、“化工设备技术管理”、“毕业设计”等课程奠定基础 and 提供支持。

本课程学习的主要内容有:压力容器基础知识、基本理论,常用材料及应用;中低压容器、外压力容器设计计算,相关标准规范的应用;换热设备、塔设备、反应设备、储存设备等典型化工设备,以及法兰、人孔、支座、开孔补强等设备的主要零部件结构类型、使用与维护等。

本课程的教学目的是:培养学生应用所学的基础理论,结合有关标准和技术规范解决工程实际问题的能力。通过本课程的学习使学生了解化工设备的类型、特点及应用,掌握石油化工设备常用材料及性能,熟悉有关标准和技术规范,掌握中低压容器设计的基本理论和方法,掌握典型设备及主要零部件的结构、特点和使用方法。为化工设备的设计、制造、安装、使用、维护、检修等打下比较扎实的理论基础。并且通过实训现场教学、下厂实习及课程设计,起到由学生向生产一线的工程技术人员过渡的桥梁作用。

本课程是以“知识和技术”为主的专业课,不同于以“技能”为主的课程。学习的目标是工程应用,但解决工程实际问题需要一定的理论支持,也需要熟悉国家和行业的相关标准规范。所以,本课程理论与实践并重,动脑略多于动手。

本课程的理论部分,对工程材料,尤其是各类钢材,工程力学方面的知识,以及分析和计算的能力有一定的要求;典型化工设备及主要零部件的结构特点、选型、使用和维护等内容,要求有较高的“识图”能力,且要熟悉有关标准规范。

本课程要求授课者有较宽的知识面和一定的实践经历。对压力容器基础知识、基本理论,常用材料及应用等内容,可通过多媒体教学方式完成;对中低压容器、外压力容器设计计算,相关标准规范的应用,学生工程思想的培养等,在理论学习的基础上,主要是通过课程设计来完成(作中小型卧式容器的机械设计);对于换热设备、塔设备、反应设备、储存设备等典型化工设备,以及法兰、人孔、支座、开孔补强等主要零部件的结构类型及使用方法等内容,在多媒体教学的基础上,在化工装备技术实训基地、企业的设备检修和制造现场,

对照设备的实物以“工学结合”的方式进行教学，使学生边工作边学习。

学习本课程应注意以下几点：

(1) 抓基本概念，掌握基本理论，学习基本方法。基本概念、基本理论、基本方法都是贯穿在整个课程之中的，只有认真学好每一节课，才能逐步掌握。

(2) 注意各相关学科的联系及综合应用，特别是与“工程材料”、“化工制图”、“工程力学”、“化工原理及工艺”等课程的联系。

(3) 密切结合生产实际。对典型化工设备及主要零部件的结构等内容，可通过多媒体课件进行学习，最好在过程装备技术实训基地或生产装置对照设备实物进行讲解和学习。

(4) 牢记解决实际问题，不仅要有理论依据，而且还要遵循国家、行业所制定的各种标准规范。



本章学习指导

要达到的能力目标：

- 能比较熟练地应用有关标准规范，根据工艺要求对不同用途的设备合理选用材质。

需要掌握的知识点：

- 了解化工设备的类型及在化工生产中的应用；
- 掌握化工设备常用钢材的性能及应用；
- 了解压力容器相关标准规范。

教学方法及要求：

- 本章内容以叙述为主，学生应主要阅读教材并按教材的介绍查阅相关标准规范。教师应向学生展示相关标准规范的样本并结合教材进行讲解。有条件的可带学生到相关实习、实训现场进行认识实习。

化工生产所用的工艺设备种类繁多、用途各异，有的用于给工作介质提供热量、有的用于热量交换、有的用于传质和分离、有的用于完成化学和物理反应、有的则用于储存物料，但无论哪种设备就其外形而言大多属于压力容器的范畴，有一些共性的问题。本章主要介绍化工生产中，所用工艺设备的类型、结构特点，对化工设备的基本要求；设备常用钢材的种类、性能及选用；压力容器的类型和用途，国内外尤其是国内化工设备方面的标准和技术规范等。

第一节 化工设备的应用、类型及基本要求

一、化工设备的应用

化工生产企业的各种装置都是由不同类型的设备所构成的。石油、化工产品也都是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。典型炼油、化工生产装置所需的化工设备见表 1-1。

表 1-1 典型炼油、化工生产装置所需的化工设备

序号	生产装置名称	所需的主要设备
1	常减压	加热炉、分馏塔、换热器、空气冷却器、各种油泵
2	催化裂化	加热炉、反应器、沉降器、再生器、旋风分离器、分馏塔、空气冷却器、离心式鼓风机、各种油泵、各类容器
3	催化重整	加热炉、分馏塔、反应器、抽提塔、各种换热器、各种油泵

续表

序号	生产装置名称	所需的主要设备
4	润滑油脱蜡	加热炉、各类塔器、转鼓式真空过滤器、套管结晶器、离心式空气压缩机、各种泵
5	合成氨	加热炉、反应器、分馏塔、压缩机、换热设备、各种泵
6	丁烯氧化脱氢生产丁二烯	反应器、各种塔器、蒸发器、空气压缩机、混合器、废热锅炉、各种泵

从表 1-1 可见, 化工生产离不开化工设备, 化工设备是化工生产必不可少的物质技术基础, 是生产力的主要因素之一, 是化工产品质量保证体系的重要组成部分。不同的化工工艺对化工设备提出了不同的要求, 而设计合理、质量优良的新型高效化工设备又会促使产品质量和产量的提高及消耗的降低, 甚至使原来难以实现的生产工艺成为现实, 生产出许多新的产品。例如, 大型压缩机和超高压容器的研制成功, 使人造金刚石的梦想变为现实, 使高压聚合反应得以实现。化工设备不仅用于化工和炼油生产中, 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。

二、化工设备的特点

(1) 功能原理多样化。由于化工工艺过程是多样性的, 如工作压力、温度、介质特性及生产要求是各不相同的, 所以与其配套的设备虽然量比较大, 但很难形成批量生产的定型产品, 而只能按照不同的工艺条件和使用要求, 逐个进行设计和制造。这就使得工业生产中使用的化工设备功能原理、结构特征是多种多样的。

(2) 外壳多为压力容器。虽然不同类型的设备服务对象不同, 形式多样, 功能原理及内部构造也不同。但就其总体结构而言都是承受压力的容器, 有共同之处。所以凡有关设备所共有的问题都将在“压力容器”的名称下予以介绍。但是压力容器是一种特殊的设备, 往往是在高温、高压或高真空、低温下工作, 且工作介质大多易燃、易爆、有毒和强腐蚀等, 这种设备一旦发生安全事故其后果是不堪设想的, 所以国家劳动部门对其进行严格、系统和强制性的管理, 制定了相应的标准和技术规范, 并且实施了设计、制造、检验、安装、操作等持证上岗制度。

(3) 化工、机械、电气一体化。先进的化工工艺过程需要借助于性能优良的机械设备得以实现, 而要保证设备高效、安全、可靠地运行, 就需要对其运行状态进行适时监控, 并且对物料、压力、温度等参数也实施精确可靠控制。因此生产过程中的成套设备都是将化工过程、机械设备、控制技术三方面紧密结合在一起, 实现化工、机械、电气一体化, 以达到对设备操作过程进行控制的目的。这不仅是化工设备在应用上的一个突出特点, 也是设备应用水平不断提高的一个发展方向。

(4) 设备结构大型化。随着先进生产工艺的提出和设备设计、制造以及检测水平的不断提高, 对大型、高负荷化工设备的需求日趋增加。如目前使用的乙烯换热器最大直径可达 2.4m, 高压加氢反应器直径可达 6m、壁厚 450mm、质量达千吨以上。设备结构的大型化, 增加了材料应用、设计制造、安装检修、使用维护等方面的难度, 也对相关人员提出了更高的要求。

三、化工设备的基本要求

化工生产过程复杂、工艺条件苛刻, 介质大多易燃、易爆、有毒、腐蚀性强, 加之生产装置大型化、生产过程具有连续性和自动化程度高等特点。因此要求化工设备既能满足工艺过程的要求, 又要能安全可靠地运行, 同时还应具有较高的技术经济指标及便于操作和维护的特点。

1. 工艺性能要求

化工设备是为化工工艺服务的,所以设备从结构型式和性能特点上应能在指定的生产条件下完成指定的生产任务,如压力、温度、介质特性等要求。首先应达到工艺指标,如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;其次还应具有较高的生产效率和较低的资源消耗,化工设备的生产效率是用单位时间内单位体积所完成的生产任务来衡量的,如换热设备在单位时间内单位传热面积上的传热量;反应设备在单位时间单位容积内的产品数量等。资源消耗是指生产单位质量或体积产品所需的原料、燃料、电能等。

2. 安全性能要求

化工生产的特点要求化工设备必须要有足够的安全性。国内外生产实践表明,化工设备发生事故相当频繁,而且事故的危害性极大。为了保证其安全可靠地运行,防止事故的发生,化工设备必须具有足够的强度和刚度(稳定性)、良好的韧性、耐腐蚀性和可靠的密封性。

化工设备及其零部件要有足够的强度,以保证安全运行。设备是由一定的材料构成的,其安全性与材料的性能密切相关,在相同条件下,提高材料的强度可以减小尺寸、减轻重量、降低成本。但是如果过分追求高强度材料,不仅使材料和制造成本增加,而且高强度钢一般韧性都较差,由于制造时的焊接等原因,不可避免地存在如裂纹、夹渣、气孔等缺陷,加之使用中产生的疲劳及应力腐蚀等,这就要求制造设备的材料要有良好的韧性。所以选材时要注意材料的综合性能。

设备的刚度(稳定性)与其结构及尺寸有关,与金属材料的种类关系不大,强度足够的设备刚度不一定满足要求。刚度不足也是化工设备失效的主要型式之一,如在法兰连接中,若法兰刚度不足而发生过度的变形,将会导致密封失效而泄露;承受外压的容器如稳定性不足,将会失去原有的形状而丧失工作能力。

化工设备必须要有可靠的密封性,否则易燃、易爆、有毒介质泄露出来,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,甚至引起爆炸,造成极其严重的后果。

耐腐蚀性也是保证化工设备安全运行的一个基本要求,化工生产中的酸、碱、盐腐蚀性很强,其他许多介质也都有程度不同的腐蚀性,腐蚀不仅使设备壁厚减薄,而且有可能改变材料的组织和性能,所以要选择合适的耐腐蚀材料或采取相应的防腐蚀措施,以提高设备的使用寿命和运行的安全性。

3. 使用和经济性能要求

在满足工艺要求和安全可靠运行的前提下,要尽量做到适用和经济合理。要求设备结构合理、制造简单、成本低廉,运输与安装方便,操作、控制及维护简便。基本建设投资和日常维护、操作费用低,以获得较好的综合经济效益。

四、化工设备的类型

化工生产条件苛刻、技术含量高,生产原理多样性,所用设备种类多。各种工艺装置的任务不同,所采用的设备也不尽相同。按化工设备在生产中的作用可将其归纳为加热设备、换热设备、传质设备、反应设备及储存设备等几种类型。

1. 加热设备

加热设备是将原料加热到一定的温度,使其汽化或为其进行反应提供足够的热量。在石油、化工生产中常用的加热设备是管式加热炉,它是一种火力加热设备,按其结构特征有圆筒炉、立式炉及斜顶炉等,其中应用较多的是圆筒炉。管式加热炉是乙烯生产、氢气和合成

氨等工艺过程中,进行裂解或转化反应的关键设备,它支配着整个工厂或装置的产品质量、收率、能耗及操作周期等。

2. 换热设备

换热设备的作用是将热量从高温流体传给低温流体,以达到加热、冷凝、冷却的目的,并从中回收热量、节约燃料。换热设备的种类很多,按其使用目的有加热器、换热器、冷凝器、冷却器及再沸器等,按换热方式可分为直接混合式、蓄热式和间壁式。在石油、化工生产中,应用最多的是各种间壁式换热设备。换热设备的投资也是很大的,在化工厂的建设中,换热设备约占总费用的10%~20%,在炼油厂中换热设备约占全部工艺设备总投资的35%~40%。换热设备在动力、原子能、冶金、轻工、制药、食品、交通及家电等工业部门也有着广泛的应用。

3. 传质设备

传质设备是利用物料之间某些物理性质,如沸点、密度、溶解度等的不同,将处于混合状态的物质(气态或液态)中的某些组分分离出来。在进行分离的过程中物料之间发生的主要是质量的传递,故称其为传质设备。这类设备就其外形而言,大多都为细而高的塔状,所以通常也叫塔设备。如精馏塔、吸收塔、解吸塔、萃取塔等。按结构组成塔设备可分为板式塔和填料塔,其中板式塔应用较多。在炼油、化工生产装置中,塔设备的投资费用占整个工艺设备费用的25%~30%。需要说明一点,有些设备外形呈塔状,但工作原理是反应或换热,如合成氨生产的合成塔及化工厂常见的凉水塔等。

4. 反应设备

反应设备的作用是完成一定的化学和物理反应,其中化学反应是起主导和决定作用的,物理过程是辅助的或伴生的。反应设备在石油、化工生产中应用也是很多的,如苯乙烯、乙烯、高压聚乙烯、聚丙烯、合成橡胶、合成氨、苯胺染料和油漆颜料等工艺过程,都要用到反应设备;在炼油生产中,如催化裂化、催化重整、加氢裂化、加氢精制等装置,都采用不同类型的反应设备。反应设备的种类很多,有的已标准化,如夹套式搅拌反应器。

5. 储存设备

储存设备是用来盛装生产用的原料气、液体、液化气等物料的设备。这类设备属于结构相对比较简单容器类设备,所以又称为储存容器或储罐,按其结构特征有立式储罐、卧式储罐及球形储罐等。球形储罐用于储存石油气及各种液化气,大型卧式储罐用于储存压力不太高的液化气和液体,小型的卧式和立式储罐主要作为中间产品罐和各种计量、冷凝罐用。

第二节 化工设备常用材料

材料是构成化工设备的物质基础,化工生产工艺的复杂性决定了化工设备用材的广泛性,但使用量最多的还是各种钢材。要确保化工设备安全可靠地运行就必须对其所用的钢材有较为全面、综合的认识,不仅要熟悉钢材的常规性能,也要了解设备在特殊条件下,如高温、低温、特殊介质下长周期运行,对材料的特殊要求,以便合理地选用材料。

化工设备的主体是一个承受压力的容器,压力容器是一种特殊的设备,所以材料选用主要是针对压力容器而言的。

一、对压力容器用钢的基本要求

根据化工工艺对化工设备的基本要求,对压力容器用钢的基本要求是:较高的强度,良好的塑性、韧性,良好的焊接性和耐腐蚀性等。

钢材的性能是通过控制钢中的化学成分及实施不同热处理方法来获得并由钢材的力学性能来体现的,所以对压力容器用钢的出厂、交接货都有非常严格的要求。作为钢厂出厂时必须检项目是:化学成分、抗拉强度 b_b 、屈服点 b_s 、断后伸长率 σ_5 、180°冷弯、冲击功 A_{KV} 。制造厂接受钢材来货时必须检查钢厂的质量保证书,对制造重要容器的钢材甚至还要进行抽样复验,甚至逐张进行超声波 100% 面积检验以确定其轧制质量。

二、常用钢材介绍

(一) 钢板

1. 碳素结构钢板

在压力容器中共可供选用的牌号有 Q235-A·F、Q235-A、Q235-B、Q235-C。这属于一般用途的碳素结构钢,而并非压力容器专用钢,但由于其轧制技术成熟,质量稳定,价格较低,在限定的条件下使用是可靠的,所以在规定的条件下可用于压力容器。

其中 Q235-B 和 Q235-C 在限定条件下可用其制作压力容器的壳体。Q235-B 的使用温度为 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,容器的设计压力不得超过 2.5MPa。

2. 压力容器用碳素钢和低合金钢板

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。GB 6654—1996《压力容器用钢板》提供了多个钢板品种,如 20R、16MnR、15MnVR、15MnVNR、18MnMoNbR、13MnNiMoNbR、15CrMoR 等。另外,随着引进装置的大量增加,在 GB 150—1998《钢制压力容器》中,还规定并允许采用除 GB 6654—1996 标准之外的其他钢材,如 07MnCrMoVR、07MnCrMoVDR、14Cr1MoR 等低合金钢板。压力容器用碳素钢和低合金钢板使用性能见表 1-2。

表 1-2 压力容器用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、韧性以及焊接性均较好
15MnVNR		6~60	-20~400	15MnVNR 是在 15MnVR 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和高温强度
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+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