



石油化工设备设计选用手册

CHENGYA
RONGQI

承压容器

中国石化集团上海工程有限公司 组织编写

丁伯民 曹文辉 等编



化学工业出版社



石油化工设备设计选用手册



CHENGYA
RONGQI

承压容器

中国石化集团上海工程有限公司 组织编写

丁伯民 曹文辉 等编



化学工业出版社

·北京·

由中国石化集团上海工程有限公司组织编写的《石油化工设备设计选用手册》包括：《石化设备用钢》、《承压容器》、《储存容器》、《有色金属制容器》、《搪玻璃容器》、《工业炉》、《干燥器》、《除尘器》、《反应器》、《塔器》、《换热器》和《机泵选用》共 12 个分册。

本书为《承压容器》分册，主要包括各类高、中、低承压容器的设计、制造、检验原理和应用。简要列出了超高压容器设计的特殊问题，以及有关元件计算软件的应用；对容器设计有关应力计算的基础理论，省略系统推导而从使用上加以阐述；对元件的设计公式，从强（刚）度原理出发予以分析；对制造、检验，不是简单罗列有关规定而是说明其依据；涉及有关技术标准时则兼收并蓄，但主要依据国内标准，也包括了对国外如 ASME、EN、JIS 等有关标准的分析和对照。

本书对理解和掌握各国“压力容器规范”有指导意义，可供从事压力容器设计、研究、制造、使用的工程技术人员及研究人员参考使用，也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

承压容器/中国石化集团上海工程有限公司组织编写, 丁伯民, 曹文辉等编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 3
(石油化工设备设计选用手册)
ISBN 978-7-122-02236-3

I. 承… II. ①中…②丁…③曹… III. 石油化工-化工设备-压力容器-设计-技术手册 IV. TQ051.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 027904 号

责任编辑: 辛 田

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 李 林

装帧设计: 张 辉

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 28½ 字数 702 千字 2008 年 8 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: 66.00 元

版权所有 违者必究

《石油化工设备设计选用手册》编委会

主任委员 叶文邦

副主任委员 华 峰

编 委 (按姓氏笔画排序)

叶文邦 华 峰 汪 扬 陈 伟

林 衡 周慧萍 洪德晓 秦叔经

钱小燕 黄正林 虞 军

秘 书 潘肖杰

前 言

《石油化工设备设计选用手册》(以下简称《手册》)由中国石化集团上海工程有限公司组织编写。《手册》着眼于工程,强调设计、选用,目的是使工程公司、生产企业中的工艺、设备技术人员能据此设计、选用到最佳设备。本《手册》突出工程性、工艺性、实用性。

为保证《手册》的工程实用性,中国石化集团上海工程有限公司成立了编委会,确定了《手册》的编写要求,组织全国知名专家参与撰写,并由编委会负责《手册》的审稿及协调工作。

《手册》对每一类设备的作用、适用场合、分类与形式、选用要求进行阐述,主要介绍该类设备选用的工艺计算、结构设计、强度计算,以及本类设备的制造检验特殊要求,同时也涉及该类设备的标准及零部件标准(重点在于如何应用)以及相关应用软件。

本《手册》包括工艺型设备,如《换热器》、《反应器》、《塔器》、《干燥器》、《除尘器》、《工业炉》、《机泵选用》等;材料结构型设备,如《石化设备用钢》、《承压容器》、《储存容器》、《有色金属制容器》、《搪玻璃容器》等,共12个分册。

本书为《承压容器》分册,包括各类高、中、低承压容器的设计、制造、检验原理和应用。简要列出了超高压容器设计的特殊问题,以及有关元件计算软件的应用;对容器设计有关应力计算的基础理论,省略系统推导而从使用上加以阐述;对元件的设计公式,从强(刚)度原理出发予以分析;对制造、检验,不是简单罗列有关规定而是说明其依据;涉及有关技术标准时则兼收并蓄,但主要依据国内标准,也包括了对国外如ASME、EN、JIS等有关标准的分析和对照。本书对理解和掌握各国“压力容器规范”有指导意义,可供从事压力容器设计、研究、制造、使用的工程技术人员及研究人员参考使用,也可供高等院校相关专业的师生参考。

本书第1章~第13章由丁伯民编写;第14章中焊接部分由吴祖乾编写,热处理部分由华天定编写,制造、检验和试验的有关问题由丁伯民编写;第15章由曹文辉及林杰编写。全书由叶文邦审核定稿。

希望《手册》对读者的工作能起到促进作用,据此设计、选用到高效、节能、环保的工程设备,为我国的工程建设添砖加瓦,也深切希望读者对本《手册》不足之处提出宝贵意见,以便再版时修正。

叶文邦

2008年3月

欢迎订阅化工机械专业图书

书 名	定价/元	书 号
化工设备设计全书(共 15 种)		
除尘设备	60.00	ISBN 7-5025-3824-0
废热锅炉	58.00	ISBN 7-5025-3825-9
石墨制化工设备	38.00	ISBN 7-5025-4013-X
高压容器	35.00	ISBN 7-5025-4072-5
搅拌设备	38.00	ISBN 7-5025-4401-1
塔设备	54.00	ISBN 7-5025-4906-4
球罐和大型储罐	52.00	ISBN 7-5025-6245-1
钢架	38.00	ISBN 7-5025-5374-6
铝制化工设备	45.00	ISBN 7-5025-3827-5
干燥设备	65.00	ISBN 7-5025-3829-1
化工设备用钢	78.00	ISBN 7-5025-4944-7
钛制化工设备	35.00	ISBN 7-5025-3826-7
超高压容器	38.00	ISBN 7-5025-3860-7
换热器	56.00	ISBN 7-5025-4146-2
化工容器	48.00	ISBN 7-5025-3959-X
压力容器实用技术丛书(共 5 种)		
压力容器设计知识	78.00	ISBN 7-5025-7493-X
压力容器用材料及热处理	90.00	ISBN 7-5025-6231-1
压力容器制造和修理	90.00	ISBN 7-5025-5639-7
压力容器检验及无损检测	38.00	ISBN 7-5025-8391-2
压力容器安全监察与管理	30.00	ISBN 7-5025-7577-4
其他化工机械图书		
化工机械维修手册(上)	98.00	ISBN 7-5025-5063-1
化工机械维修手册(中)	123.00	ISBN 7-5025-5190-5
化工机械维修手册(下)	128.00	ISBN 7-5025-5311-8
化工机械工程手册(下卷)	160.00	ISBN 7-5025-4094-6
工业泵选用手册	45.00	ISBN 7-5025-1980-7
透平式压缩机	39.00	ISBN 7-5025-5661-3
旋风分离器——原理、设计和工程应用	40.00	ISBN 7-5025-5871-3
液压阀原理、使用与维护	76.00	ISBN 7-5025-6889-1
化工设备设计基础	39.50	ISBN 7-5025-1603-4
通风除尘设备设计手册	38.00	ISBN 7-5025-4629-4
换热器设计手册	70.00	ISBN 7-5025-3828-3

书 名	定价/元	书 号
石油化工管道设计	70.00	ISBN 7-5025-1237-3
管式换热器强化传热技术	29.00	ISBN 7-5025-3445-8
搅拌与混合设备设计选用手册	76.00	ISBN 7-5025-5377-0
化工工艺算图手册	118.00	ISBN 7-5025-3862-3
化工设备算图手册	136.00	ISBN 7-5025-3256-0
化工工艺管道安装工程预算编制与校审	32.00	ISBN 7-5025-4041-5
热泵技术及其应用	38.00	ISBN 7-5025-8133-2
AutoCAD 2005 压力容器设计	49.00	ISBN 7-5025-7939-7
管路附件设计选用手册	150.00	ISBN 7-5025-5365-7
除尘装置系统及设备设计选用手册	96.00	ISBN 7-5025-4728-2
离心通风机	39.00	ISBN 7-5025-9809-9
气瓶充装与安全	25.00	ISBN 978-7-122-00774-2

化学工业出版社出版机械、电气、化学、化工、环境、安全、生物、医药、材料工程、腐蚀和表面技术等专业技术图书。如要邮购图书请与发行部联系。如要出版新著，请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录，或要更多的科技图书信息，请登录 www.cip.com.cn。

地址：(100011) 北京市东城区青年湖南街13号 化学工业出版社

邮购：010-64518888 (传真：010-64519686)

编辑：010-64519277, 64519270 (机电分社机械编辑部)

Email：xintian@cip.com.cn

目 录

第 1 章 承压容器设计概述	1
1.1 承压容器在化工、石油化工生产中的应用	1
1.2 对承压容器设计、制造、检验工作加强监察管理的重要性及容器分类	2
1.3 承压容器设计中应予考虑的主要因素	4
1.3.1 承压容器的选型	4
1.3.2 承压容器的选材	4
1.3.3 容器设计的规范化	6
1.4 承压容器的失效准则、设计准则和破坏方式	6
1.4.1 容器的失效准则和设计准则	6
1.4.2 容器的破坏方式	9
1.4.3 运行功能的丧失或破坏	10
1.5 压力容器设计规范简介	11
参考文献	12
第 2 章 应力分析在承压容器设计中的应用	13
2.1 概述	13
2.2 有关的应力分析方法、假设条件和适用性	13
2.2.1 材料力学	13
2.2.2 板壳理论	13
2.2.3 弹性力学	19
2.2.4 有限元法	20
2.2.5 实验应力分析	21
2.2.6 断裂力学	21
2.3 由应力分析所引起在容器选型、结构、选材等方面的启示	21
参考文献	23
第 3 章 承压容器设计中的一般问题	24
3.1 承压容器设计的总体思路	24
3.2 应力分类	25
3.2.1 一次应力	27
3.2.2 二次应力	28
3.2.3 峰值应力	29
3.3 焊接接头分类和焊接接头系数	30
3.3.1 ASME VIII-1 的焊接接头分类	31
3.3.2 GB 150 的焊接接头分类	33
3.3.3 焊接接头系数	35

3.4	设计参数的确定	36
3.5	由容器设计总体思路和设计参数选用等对容器设计的启示和讨论	41
	参考文献	42
第4章	内压圆筒和封头设计	43
4.1	单层圆筒设计	43
4.1.1	薄壁圆筒设计	43
4.1.2	厚壁圆筒设计	45
4.1.3	厚壁圆筒的塑性自增强	51
4.2	单层球壳设计	53
4.3	多层圆筒设计	54
4.3.1	多层缩套容器	55
4.3.2	多层包扎容器	59
4.3.3	多层缠绕容器	60
4.4	多层球壳设计	62
4.5	薄壁封头设计	62
4.5.1	椭圆形封头	62
4.5.2	碟形封头	65
4.5.3	无折边球形封头	67
4.5.4	锥形封头	68
4.5.5	平封头	77
4.5.6	锻制紧缩口	88
4.6	由对内压圆筒和封头设计的分析所引起的启示和讨论	89
	参考文献	91
第5章	外压圆筒和封头设计	93
5.1	外压圆筒的受载和失效方式	93
5.2	外压圆筒设计	93
5.2.1	外压圆筒的周向稳定性设计	93
5.2.2	圆筒的轴向稳定性设计	102
5.2.3	圆筒上的加强圈设计	103
5.3	外压封头设计	107
5.3.1	凸形封头(包括半球形、椭圆形、碟形和无折边球形封头)设计	107
5.3.2	锥形封头设计	108
5.4	外压圆筒和封头稳定性设计有关问题的汇总	116
5.5	由外压圆筒和封头稳定性设计所引起的启示和讨论	117
	参考文献	121
第6章	开孔及其补强	122
6.1	开孔及其补强的理论基础	122
6.1.1	开孔对承载截面积的削弱	122

6.1.2	孔边的应力集中	123
6.1.3	接管对孔边附近引起的附加应力	124
6.2	开孔补强的设计准则	125
6.3	开孔补强结构	127
6.4	等面积补强设计	128
6.4.1	等面积补强法的限制条件	128
6.4.2	单个开孔的补强设计	130
6.4.3	多个开孔的补强设计	133
6.5	开孔补强设计的另一方法——弹塑性失效补强设计	134
6.5.1	弹塑性失效补强法的限制条件	135
6.5.2	弹塑性失效补强计算	135
6.6	压力面积法补强设计	137
6.6.1	压力面积补强法的限制条件	137
6.6.2	压力面积法的开孔补强计算	138
6.7	圆筒上的大开孔设计	143
6.8	多层容器的开孔接管补强及其结构	145
6.9	超高压容器的开孔	147
6.10	对开孔及其补强设计的启示和讨论	148
	参考文献	150
第7章	密封结构及其设计	151
7.1	密封形式、垫片和密封面类型	151
7.2	密封设计计算	157
7.2.1	法兰垫片密封系统的设计计算	158
7.2.2	卡扎里密封的设计计算	161
7.2.3	自紧式和半自紧式密封的设计计算	164
7.3	法兰设计计算	172
7.3.1	法兰类型	172
7.3.2	法兰标准简介	174
7.3.3	法兰强度设计计算	175
7.4	反向法兰和平盖上的大开孔设计	189
7.4.1	反向法兰设计	189
7.4.2	中央开有单个大圆孔的整体平盖设计	192
7.4.3	中央开有单个大圆孔的整体平盖和反向法兰之间的相互联系	195
7.5	带法兰的凸形封头设计	196
7.5.1	类型 (a)	197
7.5.2	类型 (b)	197
7.5.3	类型 (c)	198
7.5.4	类型 (d)	201
7.6	筒体端部法兰的设计计算	203
7.6.1	受轴向偏心载荷产生弯矩作用的锻造筒体端部法兰的设计计算	204

7.6.2	N. E. C. 式密封的筒体端部法兰设计计算	209
7.6.3	卡扎里密封的筒体端部设计计算	210
7.6.4	卡箍连接的筒体端部设计计算	213
7.7	高压密封紧固元件的设计计算	215
7.7.1	主螺栓、螺母的设计计算	215
7.7.2	卡扎里密封中螺纹套筒的设计计算	216
7.7.3	卡箍的设计计算	219
7.7.4	卡扎里密封的压环设计计算	222
7.7.5	N. E. C. 密封的压环设计计算	222
7.8	ASME 规范的卡箍连接件设计规程介绍	222
7.8.1	卡箍连接件的受载分析	223
7.8.2	高颈法兰的应力分析	227
7.8.3	卡箍的应力分析	228
7.8.4	高颈和卡箍的应力校核条件	230
7.9	日本压力容器标准的快开封头设计规程介绍	230
7.9.1	整体齿啮式卡箍设计	231
7.9.2	和圆筒壳体连成整体的齿啮式卡箍设计	238
7.9.3	和圆筒连接成整体并带有分块式啮合环的卡箍设计	245
7.10	对密封结构及其设计的启示和讨论	249
	参考文献	250

第 8 章	卧式容器及鞍座设计	251
8.1	结构分析	251
8.2	载荷分析	252
8.2.1	弯矩分析	252
8.2.2	剪力分析	253
8.3	各处应力计算及强度校核	254
8.3.1	圆筒上的轴向应力	254
8.3.2	支座截面处圆筒或封头上的切向剪切应力和封头上的附加拉伸应力	256
8.3.3	支座截面处圆筒上的周向应力	259
8.3.4	鞍座应力校核	265
8.4	用座圈支承的卧式容器	267
8.4.1	切向剪切应力	268
8.4.2	周向组合应力	268
8.5	双鞍座卧式容器上各项应力的汇总	268
8.6	特殊情况下的卧式容器设计	271
8.6.1	多鞍座支承的卧式容器设计	271
8.6.2	卧式容器上作用有附加载荷时的设计	271
8.7	对卧式容器及鞍座设计有关问题的讨论	272
	参考文献	273

第 9 章 吊耳、支座及有关附件的设计和选用	274
9.1 吊耳	274
9.1.1 吊耳结构及设计	274
9.1.2 容器在吊装过程中的局部应力和吊装应力分析	278
9.2 支座	279
9.2.1 耳式支座	279
9.2.2 腿式支座	283
9.2.3 支承式支座	283
9.2.4 高压容器用裙式支座	284
9.3 有关附件的选用	287
参考文献	287
第 10 章 异形容器设计	288
10.1 非圆形截面容器的结构分析	288
10.1.1 结构类型	288
10.1.2 焊缝	288
10.1.3 开孔和对开孔后引起削弱的考虑	291
10.1.4 载荷	291
10.2 非圆形截面容器的设计原理	291
10.2.1 两端封头对侧板的加强作用	292
10.2.2 设置加强件的有关问题	293
10.2.3 应力校核条件	297
10.2.4 焊缝系数 ϕ 和开孔削弱系数 η	297
10.3 非圆形截面容器设计公式的择要分析	298
10.3.1 无过渡圆弧、无加强件和拉撑的对称矩形截面容器	298
10.3.2 无过渡圆弧、有外加强件的对称矩形截面容器	301
10.4 受外压的非圆形截面容器设计要点	303
10.5 半管式夹套容器设计简介	304
10.5.1 半管式夹套容器的设计原理分析	304
10.5.2 半管式夹套容器的设计方法和步骤	307
10.5.3 半圆管夹套容器设计中的注意点	307
10.6 对异形容器设计的讨论	307
参考文献	309
第 11 章 低温容器设计	310
11.1 低温容器设计的特殊要求	310
11.2 各有关规范的防脆断措施分析和比较	310
11.2.1 我国容器标准的防脆断措施	311
11.2.2 ASME 规范的防脆断措施	312
11.2.3 EN 13445 的防脆断措施	318
11.3 由材料低温性能所引起的启示	320

参考文献	321
第 12 章 壳体局部应力计算原理及其应用	322
12.1 WRC 107 公报分析	323
12.1.1 球壳上局部应力的计算	323
12.1.2 圆柱壳上局部应力的计算	329
12.2 WRC 297 公报分析	333
12.2.1 应力分析、计算、汇总及组合	334
12.2.2 圆筒、附件的结构参数和应用时的限制条件	336
12.3 PD 5500 对壳体局部应力计算的简要分析	338
12.3.1 PD 5500 关于圆柱壳上的局部应力分析	338
12.3.2 PD 5500 关于球壳上的局部应力分析	340
12.4 局部应力计算在容器设计中的应用	342
12.5 由局部应力计算引起的启示	342
参考文献	343
第 13 章 承压容器的分析设计和疲劳评定	344
13.1 承压容器设计方法的进展过程	344
13.2 分析设计规范的主要特点	345
13.3 应力分类及其评定	346
13.3.1 应力分类	346
13.3.2 应力强度限制条件	349
13.3.3 一些特殊的应力强度限制条件	352
13.4 规范设计公式简介	353
13.4.1 分析设计原理和规范设计公式的关系	353
13.4.2 规范设计公式简介	354
13.5 承压容器的低循环疲劳设计	358
13.5.1 影响低循环疲劳性能的因素及其在设计中的考虑	359
13.5.2 要不要进行疲劳分析的判断	361
13.5.3 低循环疲劳设计的主要思路	362
13.6 塑性分析和极限载荷分析	370
13.7 EN 13445 (2002) 和 ASME VIII-2 (2007) 分析设计法介绍	370
13.7.1 基于应力分类法分析设计所面临的问题	370
13.7.2 分析设计方法的现状和进展	372
13.7.3 EN 13445 基于应力分类的分析设计方法简介	373
13.7.4 ASME VIII-2 (2007) 压力容器建造另一规则简介	375
参考文献	376
第 14 章 制造、检验和试验的有关问题	377
14.1 低合金钢承压容器焊接	377
14.1.1 承压容器焊接方法简介	377

14.1.2	承压容器用低合金钢的焊接性	379
14.1.3	承压容器用低合金钢焊接材料	380
14.1.4	低合金钢承压容器焊接工艺	381
14.1.5	焊接工艺评定	382
14.2	承压容器制造中的热处理	385
14.2.1	热处理对钢材性能的影响	385
14.2.2	承压容器制造中常用热处理的种类	387
14.2.3	焊后热处理	388
14.2.4	消氢处理	392
14.2.5	恢复或达到规定力学性能的热处理	393
14.2.6	奥氏体不锈钢的固溶处理与稳定化处理	395
14.2.7	热处理试件	395
14.3	制造、检验和试验的有关问题	396
14.3.1	制造要求及某些结构规定	396
14.3.2	壳体、封头制造中的允许误差	400
14.3.3	容器的压力试验要求	407
	参考文献	415

第 15 章	承压容器设计软件及计算机辅助设计	416
15.1	概述	416
15.1.1	承压容器设计计算软件	417
15.1.2	绘制化工设备施工图的软件	419
15.2	过程设备强度计算软件包 (SW6-1998)	420
15.2.1	卧式容器设计	421
15.2.2	立式容器 (带夹套) 设计	421
15.2.3	固定管板式换热器设计	422
15.2.4	浮头式换热器设计	422
15.2.5	填函式换热器设计	422
15.2.6	U 形管式换热器设计	423
15.2.7	高压容器设计	423
15.2.8	塔设备设计	423
15.2.9	球形储罐设计	424
15.2.10	非圆形容器设计	424
15.2.11	基本受压元件及零部件计算	424
15.2.12	用户材料数据库管理系统	428
15.3	化工设备 CAD 施工图软件包 (PVCAD)	429
15.3.1	卧式容器	430
15.3.2	立式容器	430
15.3.3	带夹套搅拌反应器	430
15.3.4	塔式容器 (填料塔、筛板塔和浮阀塔)	431
15.3.5	固定管板式换热器 (立式、卧式)	431

15.3.6	U形管式换热器（立式、卧式）	432
15.3.7	浮头式换热器	432
15.3.8	球形储罐	432
15.3.9	在设备总图中插入零部件	433
15.4	压力容器设计技术条件专家系统（PVDS）	433
15.4.1	带夹套立式容器	433
15.4.2	立式容器	434
15.4.3	卧式容器	435
15.4.4	塔式容器	435
15.4.5	球罐	436
15.4.6	换热器	436
	参考文献	436

第 1 章

承压容器设计概述

1.1 承压容器在化工、石油化工生产中的应用

化学工业、石油化学工业都是以自然界的各种物质为原料，对其进行化学处理并辅以物理处理，以制成更有价值产品的工业。它和农业、能源、轻工、食品、机械、电子、交通运输乃至国防等各方面都有密切关系。国民经济各部门的发展，人民生活水平的提高，能源的综合利用等都离不开化学和石油化学工业。

化学、石油化学工业的发展除和化学、石油化学工业工艺过程的水平有关外，在很大程度上还取决于化工机械和设备的发展。常用的化工设备有反应器、换热器、塔器、各种分离设备以及储槽等。这些设备在化学、石油化学工艺中所起的作用及其内外结构各异，但从强度、刚度的角度分析，除个别外都是受压力载荷的回转壳体或平板，都属于承压容器范畴。

众所周知，化学反应速率和收得率除和参与反应的物料性质有关外，还和反应所处的压力、温度以及催化剂等条件有关。特别是对于气相反应，提高反应压力能大大提高反应速率和收得率。

1888 年法国学者 Le Chatelier 第一个提出利用加压这一因素来促进氢、氮气的反应，使氢、氮气在 10MPa 以上的高压、500℃ 的高温、并有催化剂存在的条件下直接合成氨。继而德国化学家 Haber 和 Carlbosch 等人继续进行这方面的研究，并从反应设备上解决了实际生产问题，于 1910 年建立了一个中间工厂，第一次在 20MPa 操作压力下获得了氨的工业产品。几乎在同一时代，采用了高压技术后成功地使煤炭得以液化。

随着化学工业的迅速发展，高压容器获得越来越广泛的应用。如合成氨工业中高压设备的压力为 15~60MPa；合成甲醇工业中高压设备的压力为 15~30MPa；合成尿素工业中高压设备的压力为 20MPa；石油加氢工业中高压设备的压力为 8~70MPa；乙烯气体在超过 100MPa 的超高压条件下进行聚合反应等，都是利用高压条件下化学平衡向有利于合成产品的方向进行这一原理，它可以提高化学反应速率和收得率，并大大地减小了反应设备的容积。从各方面的技术应用中表明，高压容器在现代工业中的应用必不可少，而且是得到迅速发展一个领域^[1]。

1933 年起，英国 I. C. I. 公司又提出了在乙烯聚合物中采用低密度超高压技术，以提高聚乙烯的品质；不久德国又解决了 100MPa 以上超高压容器的材料、设计、制造与操作控制以后，在 1939 年建立了第一个操作压力为 150MPa 的超高压聚乙烯工厂，从此开拓了在化学、石油化学工业中采用超高压容器（100MPa 以上）的领域。20 世纪 60 年代以来，德国、美国、日本、英国等都相继建立起了 150~250MPa 的超高压聚乙烯工厂，之后又取得了更快的发展，把超高压聚乙烯的压力提高到 350~400MPa。

超高压技术不仅用在化学反应中，而且用在等静压处理技术上，通过改变物质结构以改善其物理性质。20 世纪 70 年代开始，英国 H. L. I. D. Pugh, F. J. Fuchs 等把处理压力提高

到 2000MPa 以上, 出现了超高静液压处理技术, 这种新技术能使一些物质的物理性能发生根本的变化。例如, 白磷在 1200MPa 的液压挤压下, 由不导电、无金属光泽变为能导电、有金属光泽的黑磷。一些金属, 经超高压静液压挤压, 其导电、导热、屈服强度、弹性模量等物理及力学性能都有所改变。人造金刚石便是用石墨与叶蜡矿石以及一些助熔剂, 在 5000MPa、1000℃ 以上温度下合成的。进行上述化学反应或物理挤压都离不开 100MPa 以上的超高压容器^[2]。

此外, 地球物理、地质力学、岩石实验的研究也需要模拟地球深处高温高压条件的设备。如岩石实验的三轴仪便是一台操作压力 1000MPa、温度 1500℃ 的内热式超高压容器。

因此, 超高压容器已成为化学、石油化学工业、人造水晶、合成金刚石、等静压处理、超高压静压挤压、粉末冶金、金属成型以及地球物理、地质力学研究等领域十分重要的、不可缺少的工具^[2]。

尽管高压、超高压容器在某些领域中有其不可取代的作用, 但是, 在化学、石油化学工业中, 常用的、占绝大多数的容器还是 10MPa 以下的中压、低压甚至是常压容器。

1.2 对承压容器设计、制造、检验工作加强监察管理的重要性及容器分类

化工、石油化工容器的操作条件是一般承压容器中最为复杂、多变、严峻的, 其所受压力可以从负压的整体处于真空以及部分部件处于外压, 直至正压的数十至数百兆帕; 所处温度可以从低温的零下数十至上百摄氏度直至高温的数百摄氏度; 其介质可以是常见的水或空气, 也可能是剧毒或强腐蚀性的流体; 其容量可以从几百升直至数千、上万立方米; 其载荷可以是在整个正常运行期间保持恒定直至几分钟交变一次; 其所用材料可以是各种钢材、有色金属或非金属材料; 其结构类型可以是单层、多层或复合层, 以及套箍式等。所以化工、石油化工容器的选材、设计、制造、检验等工作是压力容器建造中最为复杂的。

由于化工、石油化工容器操作的特殊性, 如果在选材、设计、制造、检验、试验中稍有疏忽, 一旦发生安全事故, 其后果不堪设想。所以包括我国在内的各有关国家都对压力容器的设计、制造、检验工作通过各种途径采用取证管理及监察工作, 必须持证设计、制造和检验。我国已把包括锅炉压力容器、压力管道和电梯等在内的设备列入特种设备, 国家已制定了特种设备安全监察条例进行监察。各国对压力容器的取证管理及监察工作在原则上都是为了保证使用的安全性, 都是根据容器一旦发生事故所可能造成的危害性划分等级或类别, 但在具体划分上则有所不同。《压力容器安全技术监察规程》^[3] (“容规”) 根据设计压力的高低、在运行中可能发生危险的程度、所储介质的毒性和易燃等级等把压力容器划分成一、二、三类三个类别。其要点如下。

按设计压力的高低, 划分为低压、中压、高压、超高压四个压力等级。

低压: $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$;

中压: $1.6\text{MPa} \leq p < 10\text{MPa}$;

高压: $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$;

超高压: $p \geq 100\text{MPa}$ 。

显然, 压力越高, 一旦发生事故而可能造成的危害越大, 容器的类别越高。

按容器在生产工艺过程中的功能, 分为反应容器、换热容器、分离容器、储存容器四种