

承压设备设计 典型问题精解

戴季煌 陈泽溥 朱秋尔 等编

CHENGYA
SHEBEI
SHEJI
DIANXING
WENTI
JINGJIE



化学工业出版社

承压设备设计 典型问题精解

戴季煌 陈泽溥 朱秋尔 等编

CHENGYA
SHEBEI
SHEJI
DIANXING
WENTI
JINGJIE

TH480.2
D1/2



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：48.00元

元 00.80 份 宝

本书汇集了近些年编者在压力容器设计单位国家监督检查、压力容器设计单位鉴定评审和压力容器设计审批员考核答辩中发现的典型设计问题,以及在压力容器设计鉴定评审员培训考核班、压力容器设计人员培训班、压力容器设计鉴定评审员继续教育班、压力容器设计审批员继续教育班答疑中遇到的典型设计问题百余例。

全书按设计文件的内容分为设计数据、材料选用、设计计算、结构设计和技术要求等。问题的解答既涉及基础理论知识,亦涉及有关标准规范,准确、清晰,对于提高承压容器的设计质量与设计水平具有指导意义。

本书可供从事压力容器设计、制造与监察管理的技术人员及高等院校相关专业的师生,尤其是报考执业资格的技术人员参考使用,亦可用作压力容器设计单位技术培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

承压设备设计典型问题精解/戴季煌等编. —北京:
化学工业出版社, 2010. 1
ISBN 978-7-122-07177-4

I. 承… II. 戴… III. 压力容器-设计 IV. TH490.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 215910 号

责任编辑: 辛 田
责任校对: 战河红

文字编辑: 陈 喆
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 16 字数 400 千字 2010 年 3 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

前 言

承压容器广泛应用于工业生产及日常生活的诸多领域。其中许多承压容器的操作工况具有高温、低温、高压，介质为有毒、易燃易爆和易腐蚀等特点。承压容器一旦发生事故，往往造成装置停产、环境污染、火灾爆炸、人身伤亡等严重后果。这就对承压容器的设计、制造、检验、安装、管理等环节提出了越来越高的要求，而提高设计质量则是其中的首要环节。

为此，国家对压力容器设计单位的行政许可和压力容器设计审批员、压力容器设计鉴定评审员的执业资格，实行了严格的管理。相应的培训考核制度日趋完善。

我们在历次压力容器设计单位国家监督检查、压力容器设计审批员考核答辩和多年压力容器设计单位鉴定评审中，以及在多种培训班的答疑中收集了设计问题百余例，并取其中具有共性者在压力容器设计鉴定评审员继续教育班、压力容器设计审批员继续教育班及压力容器设计人员培训班中以讲座的形式进行了解答，引起业内的关注。为此，从其中挑选了较为典型的百余个问题汇集成册，供业内读者参考使用。

本书按设计文件的内容分为设计数据、材料选用、设计计算、结构设计和技术要求等。解答既涉及基础理论知识，亦涉及有关标准规范，准确、清晰和深入浅出。

本书由戴季煌、陈泽溥、朱秋尔等编，原全国化工设备设计技术中心站站长洪德晓教授级高级工程师进行了全面审阅并予以指正。

希望本书能对读者的工作有所帮助，并希望读者对书中的不足之处提出宝贵意见。

编者

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

续表

书 名	定价/元	书 号
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
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
AutoCAD2005 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
管道柔性简化计算手册	36.00	ISBN 978-7-122-01885-4
石油化工设备设计选用手册(共9种)		
承压容器	66.00	ISBN 978-7-122-02236-3
干燥器	68.00	ISBN 978-7-122-02435-0
除尘器	66.00	ISBN 978-7-122-02437-4
石化设备用钢	38.00	ISBN 978-7-122-02705-4
换热器	62.00	ISBN 978-7-122-03800-5
有色金属制容器	72.00	ISBN 978-7-122-03671-1
机泵选用	45.00	ISBN 978-7-122-04211-8
储存容器	39.00	ISBN 978-7-122-04490-7
搪玻璃容器	48.00	ISBN 978-7-122-06249-9
化工设备技术问答丛书(共6种)		
废热锅炉技术问答	25.00	ISBN 978-7-122-02960-7
工业汽轮机技术问答	25.00	ISBN 978-7-122-03255-3
化工容器技术问答	32.00	ISBN 978-7-122-03447-2
塔设备技术问答	22.00	ISBN 978-7-122-03276-8
换热器技术问答	25.00	ISBN 978-7-122-03789-3
泵技术问答	28.00	ISBN 978-7-122-04003-9

重点推荐

《石油化工设备设计选用手册》系列

《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,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。本《手册》为我社已出版的《化工设备设计全书》的更新版,在内容及分册选择上都有了改进和调整。

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,确定了编写要求,组织全国知名专家参与撰写,并由编委会负责审稿及协调工作。

《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。

《手册》共12个分册,已出版的4种分别是《干燥器》、《除尘器》、《石化设备用钢》、《承压容器》。即将出版的8种分别是《换热器》、《反应器》、《塔器》、《工业炉》、《机泵选用》、《储存容器》、《有色金属制容器》、《搪玻璃容器》。



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科技图书。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(机械·电气出版分社机械工程图书编辑部)

E-mail: xintian@cip.com.cn

目 录

第 1 章 设计数据	1
1. 介质毒性危害的程度分类	1
2. 介质的“易燃、易爆”	2
3. 设计压力与计算压力的区别	2
4. 盛装液化气体的固定式压力容器设计压力的确定	3
5. 最大允许工作压力	3
6. 设计温度	3
7. 受环境低温影响的压力容器设计温度的确定	4
8. 工作温度与设计温度	4
9. 管壳式换热器管、壳程沿长度的平均温度与管、壳程设计温度	4
10. 设计中应考虑载荷	5
11. 腐蚀裕量	5
12. 应力腐蚀的控制	6
13. 圆筒和封头焊接接头系数 ϕ	7
14. 焊接接头系数的选取及焊接接头的视图表达	7
15. 装量系数	8
16. 压力试验和气密性试验	8
17. 真空容器进行内压试验的目的	10
18. 压力容器设计使用寿命	10
19. 搅拌设备电机的功率核定及选型	11
20. 《容规》与 GB 150 的适用范围关于压力、介质限定的差异	11
21. 盛装最高工作温度低于标准沸点的液体而未完全充满的压力容器如何划类	12
22. 球罐容积的限制	12
23. 低温低应力工况	12
24. 设计文件中压力容器类别的表达	13
25. 《简单压力容器安全技术监察规程》适用的简单压力容器	14
26. 《简单压力容器安全技术监察规程》规定的“推荐使用寿命”	15
27. 简单压力容器中介质对含有少量油、干灰和细尘的规定	15
28. 简单压力容器的设计方法及相关规定	15
29. 简单压力容器“同一型号”的确定	15
30. 简单压力容器的组批	16
31. 简单压力容器爆破试验	16
32. 超过推荐使用寿命的简单压力容器的使用	17
33. 固定式压力容器安全技术监察规程（以下简称“新容规”）与压力容器安全技术监察规程 （以下简称“旧容规”）适用范围的主要区别	17
34. “新容规”与“旧容规”类别划分的差别	17
35. “新容规”与“旧容规”对产品焊接试件的要求	17

36. “新容规”与“旧容规”对多腔的容积的规定	18
37. “新容规”对设计单位选用境外牌号材料的规定	18
第2章 材料选用	19
1. 钢板选用	19
2. 压力容器用钢板的新标准	20
3. 应力腐蚀的特征及其防止	22
4. 易引起应力腐蚀的介质	22
5. 不锈钢晶间腐蚀及其防止	23
6. 易引起铬镍不锈钢发生晶间腐蚀的介质	23
7. GB/T 4334.1~5—2000 中不锈钢晶间腐蚀试验的五种方法及其适用条件	24
8. 双相不锈钢的特点	24
9. 双相不锈钢耐晶间腐蚀性能强于奥氏体不锈钢的原因	24
10. 10 钢无缝管用于-20℃以下时应选用的钢管标准	25
11. 高压设备用无缝钢管	25
12. 管法兰锻件级别的选用	26
13. 奥氏体不锈钢焊条的选用	26
14. 《简单压力容器安全技术监察规程》规定的碳素钢材料	28
15. 材料代用	29
16. 设备选材基本原则	29
第3章 设计计算	38
1. 设计温度与设计压力的组合	38
2. 成形封头许用应力的选取	38
3. 成形封头注明允许最小厚度后开孔补强的计算	38
4. 圆形平盖受力分析	38
5. GB 150 规定采用中径公式进行厚壁圆筒强度计算的原因	39
6. 开孔补强方法	40
7. 开孔补强计算中开孔直径的选取	41
8. 等面积补强法对开孔直径的限制	41
9. 等面积补强计算对开孔长短轴之比的限制	42
10. 等面积补强计算中的有效补强范围	42
11. 在相同直径、相同厚度、相同开孔直径条件下容器受外压时的开孔补强面积是受 内压时的开孔补强面积的一半	43
12. 人孔盖开孔问题	43
13. 留意接管的强度计算	44
14. GB 150 法兰设计: 针对不同的应力选取不同的强度校核应力	44
15. 容器附件引起的局部应力	45
16. 鞍式支座允许载荷的确定	45
17. 埋地卧罐的设计计算	45
18. 裙座筒体危险截面的选取	47
19. 螺栓安全系数的选用	47
20. 地脚螺栓与法兰螺栓的不同许用应力	48
21. 计算地震载荷和风载荷作用下塔体和裙座筒体的组合拉、压应力时许用应力值的确定	48

22. 球壳的有关计算	48
23. 外压容器设计中“长圆筒”、“短圆筒”的概念及 GB 150 的计算中不区分长、短圆筒的原因	60
24. 外压圆筒加强圈设计的有关计算	63
25. 管板隔板槽面积的计算	64
26. 固定管板应力计算不合格的调整	66
27. U 形管换热器中管壁厚度的确定	66
28. 双管板换热器管板间距的确定	66
29. 夹套容器内筒体的计算压力	68
30. 夹套容器中, 穿过夹套并与夹套焊接的短管处开孔, 不需补强计算	68
31. 装有螺旋导流板的夹套容器, 在内筒外压计算时, 按加强圈设计的条件	69
32. 夹套是否采用膨胀节的判定	69
33. 疲劳分析	71
34. 装设安全阀、爆破片的压力容器, 其计算书中应包括安全装置选用的有关内容	71
35. 填料支承板栅条的强度校核	72
第 4 章 结构设计	73
4.1 压力容器零部件	73
1. 压力容器焊接接头的设计	73
2. 不等厚筒节或筒体与球壳间连接结构的设计	74
3. 接管与壳体焊接应考虑的因素	75
4. 压力容器补强元件的选用	75
5. 采用补强圈结构的利弊	76
6. 补强圈和加强垫板上的螺孔设计	76
7. 加强圈结构设计的有关问题	76
8. 螺栓法兰连接的密封设计	77
9. 标准容器法兰的选用	80
10. 板式平焊法兰的适用场合	80
11. 垫片的选用	80
12. 商品级紧固件的选用	81
13. 标准管法兰的选用	84
14. 标准管法兰压力等级的确定	85
15. 管法兰用商品级紧固件的选用	86
16. 人孔、手孔的选用	86
17. 长筒体卧式容器的人孔设置	87
18. 易燃、易爆液体介质入口管结构	87
19. 容器缓冲挡板的结构	87
20. 液面计的选用	90
21. 玻璃板液面计两接管应配装截止阀的问题	90
22. 卧式容器鞍座位置的确定及选型	90
23. 公称直径 $DN \leq 900$ 的容器必须设置加强垫板的条件	91
24. 安全装置设计	91
25. 超压泄放装置应用的有关问题	101
26. 泄放装置出口的设计	102

27. 设备的静电接地设计	102
4.2 塔式容器	102
1. 塔体的轴向膨胀量	102
2. 塔器人、手孔设计	103
3. 塔器裙座设计	103
4. 塔内除沫器对气速的要求	105
5. 塔器的防振措施	105
6. 塔釜（或其他容器）隔板的设计	106
7. 塔器吊柱设计	110
8. 塔器吊耳设计	110
9. 塔器地脚螺栓的选材	112
4.3 球形储罐	113
1. 球壳结构设计应考虑的因素	113
2. 球壳选材的基本原则	114
3. 球壳焊接坡口的合理设计	116
4. 球罐的支柱设计	117
5. 球罐的人孔结构	117
6. 喷淋装置的设计	118
4.4 高压容器	119
1. 高压容器设计的基本要求	119
2. 高压容器筒体结构的分类、特点及应用	120
3. 多层式高压容器壳体对接接头的设计	120
4. 多层包扎式高压容器的结构特点	124
5. 高压容器密封结构的分类、特点及应用	129
6. 高压容器金属平垫密封面水线的使用	136
7. 平垫密封能否用于温度、压力频繁变化的高压容器	136
8. 透镜式密封的设计	137
9. 高压焊接三通的设计	139
4.5 管壳式换热器	140
1. 换热器的分程	140
2. 管箱深度设计	141
3. 管板的最小厚度	141
4. 管板厚度的确定	142
5. 管板的结构设计	143
6. 换热管与管板的连接结构	143
7. 换热管与管板连接方式中的强度焊、密封焊、贴胀	147
8. 换热管与管板采用强度胀时管孔的结构设计	147
9. 换热管的排列形式	148
10. 换热管中心距	149
11. 管板布管限定圆	149
12. 折流板布置	149
13. 管板分程隔板槽	150
14. 管壳式换热器设置管、壳程防冲板的条件	151
15. 换热器设计中对接管的要求	151

16.	固定管板换热器中需考虑设置膨胀节的情况	151
17.	按 GB 16749—1997 选用膨胀节时应注意的问题	152
18.	膨胀节设置内衬套的条件	152
19.	立式固定管板换热器的结构	153
20.	卧式固定管板冷凝器的壳程通过冷凝介质时支持板的结构	153
21.	浮头式换热器的主要结构与特点	153
22.	U 形管式换热器的主要结构与特点	154
23.	盘管(蛇管)换热器	154
24.	波纹换热管	156
25.	换热器吊耳、顶丝及管板防松螺柱的设置	158
26.	重叠式换热器的支座结构	161
4.6.	其他	161
1.	埋地卧罐结构设计应考虑的问题	161
2.	夹套容器的结构设计	162
3.	夹套与内筒体材质不同时两者间的连接结构设计	173
4.	搅拌设备中搅拌轴的选择	174
5.	搅拌设备联轴器的选用	174
6.	搅拌设备中间轴承和底轴承的选用	175
7.	搅拌设备机架的选择	175
8.	搅拌设备轴封的选择	175
9.	搅拌设备中挡板的设置	180
10.	衬里压力容器最小壁厚的选取	181
11.	衬里压力容器的人孔设置	181
12.	低温压力容器的结构设计	182
第 5 章	技术要求	183
1.	压力容器设计文件中技术要求的表达	183
2.	压力容器设计技术条件专家系统(PVDS)	184
5.1	容器	186
1.	《固定式压力容器安全技术监察规程》规定容器焊接接头必须采用全焊透结构的情况	186
2.	采用火焰切割加工的高强度钢坡口表面应进行磁粉或渗透检测	186
3.	压力容器焊接接头的表面不允许存在咬边	186
4.	压力实验的免除	186
5.	焊后消氢处理	187
6.	奥氏体不锈钢制压力容器的酸洗、钝化处理	187
7.	检验周期	188
8.	TSGR 7001—2004《压力容器定期检验规则》中关于压力容器全面检验的规定	188
9.	TSGR 7001—2004《压力容器定期检验规则》中关于全面检验周期可适当延长的规定	188
10.	压力容器全面检验中需进行确定校核的情况和强度校核的原则	189
11.	液化石油气储存容器的主要技术要求	189
5.2	塔式容器	190
1.	塔体安装后的垂直度、弯曲度和操作时的允许挠度	190
2.	裙座的补充技术要求	190
3.	分段交货的技术要求	191

5.3 球形储罐	191
1. 球罐上、下极板及与支柱连接之赤道板用钢板的超声检测	191
2. 钢制球罐制造时不得采用机械方法强力组焊	191
3. 球罐零部件的组焊	192
4. GB 12337—1998 要求焊缝必须在焊后立即进行后热消氢处理的情况	192
5. 特殊球罐的技术要求	192
5.4 管壳式换热器	193
1. 对管板孔桥宽度的要求	193
2. 固定管板换热器的试压	193
5.5 其他	193
1. 搅拌容器与搅拌机的一般补充技术要求	193
2. 搅拌机的平衡要求	194
3. 快开门的安全联锁设计	195
第6章 钛制压力容器	196
1. 钛-钢复合钢板的复层材料的强度不能计入基层的强度	196
2. 钛衬里压力容器需要设置检漏系统	196
3. 钛在干氯气中会产生崩溃性的破坏	196
4. 钛制压力容器要作铁污染检验	196
5. 工业纯钛中的杂质元素对钛的性能的影响	197
6. 钛制设备处理发烟硝酸会产生爆炸	198
7. 钛制设备中氢的来源	198
8. 防止石油化工工业中钛制设备发生氢脆破裂的措施	198
9. 钛的热导率较碳钢低,但在许多钛制换热器中,其传热面积不比钢制的小	199
10. 钛衬里层厚度的确定	199
11. 钛管需同时采用涡流探伤和超声波探伤	199
12. 钛制容器的焊缝坡口形式和尺寸的选择	199
13. 钛制容器的结构设计中钛和铁的连接方法	200
14. 钛制压力容器需要进行酸洗、钝化处理	200
15. 钛制压力容器的焊缝系数比钢制的低	200
附表	201
附表1 新旧钢号对照	201
附表2 爆炸危险介质	203
附表3 毒性介质危害程度分级	210
附表4 全国主要地区基本风压、雪压	213
附表5 设备常用标准	229
参考文献	241

第1章

设计数据

1. 介质毒性危害的程度分类

压力容器中介质毒性危害的程度分类可以用于压力容器类别的确定和有关压力容器致密性、密封性技术要求的确定。有些化学介质毒性危害的程度分类，在用于确定压力容器致密性、密封性技术要求时与用于确定压力容器类别时并不一致。如氯乙烯的毒性程度分类在用于确定容器类别和确定容器致密性、密封性技术要求时就分别属于中度危害和极度危害。对于这种情况，假如没有注意，就会造成设计上的失误。

为什么会出现“一种介质、两种分类”的情况呢？

《容规》（附件一）要求“压力容器中介质毒性程度和易燃介质的划分参照 HG 20660《压力容器中介质毒性危害和爆炸危险程度分类》的规定”。HG 20660 中化学介质的毒性危害程度又是“以 GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》所规定的六项分级指标为基础进行分类的”。六项分级指标是指：急性毒性、急性中毒发病情况、慢性中毒患病情况、慢性中毒后果、致癌性和最高容许浓度。

由于《容规》中所有涉及介质毒性和易燃性的条款，都是以防止突发事故，导致介质一次性大量泄出而引起对人体健康和爆炸可能等二次危害而提出的，因此 HG 20660 的毒性类别用于确定压力容器分类时，以“六项分级指标”中“急性毒性”和“最高容许浓度”两项指标为主，再综合考虑其他四项指标后确定。

然而，毒性类别用于确定压力容器的致密性、密封性技术要求时，不仅要考虑事故性大量泄出而造成的危害，更要考虑经常性少量泄漏引起的慢性危害。为此，以“六项分级指标”中“急性毒性”、“最高容许浓度”和“致癌性”三项指标为主，再综合考虑其他三项指标后确定。对于某些特殊毒性介质，则应当按其某一突出的危害程度（如致癌性）进行分类。

如氯乙烯、苯、四氯化碳等介质，在没有把“致癌性”作为分级的主要指标时，仅确定为“中度危害”，而这几种介质都是已经确认的人体致癌物或可疑致癌物。所以，当它们用于确定压力容器致密性、密封性技术分类要求时，即主要考虑的分级指标包括“致癌性”时，应升级为“极度危害”或“高度危害”。

如果压力容器中的介质是混合物，应当依照《容规》规定，按介质的组分，并按毒性程度的划分原则，由设计单位的工艺设计部门或使用单位的生产技术部门提供介质毒性程度的依据。当不能提供可靠依据时，应当按其中毒性危害程度最高的介质确定。

对于混合物介质毒性危害程度的分类，GB 5044 的规定是：“接触多种毒物时，以产生危害程度最大的毒物的级别为准”，HG 20660 沿用这一规定。两份技术标准（国家标准和

行业标准)的要求高于作为安全技术规范《容规》的相应规定,也是合理的。

2. 介质的“易燃、易爆”

当可燃性物质加温受热,并经点燃后,所放出的热量能使该物质挥发出足够的可燃蒸气来维持燃烧的继续。此时加温该物质所需的最低温度,即为该物质的燃点,也称着火点。

对于可燃液体,当其挥发出来的蒸气与空气形成混合物,遇火源能发生闪燃的最低温度称为闪点。闪点与燃点不同,闪点略低于燃点。

易燃与可燃液体的区别是液体闪点不同,当闪点低于 28°C 或不小于 28°C 而不大于 45°C 时就称为易燃液体;当闪点大于 45°C 而不大于 120°C 及大于 120°C 时称为可燃液体。

可燃气体、可燃液体的蒸气或可燃粉尘和空气混合达到一定浓度时,遇到火源就会发生爆炸。达到爆炸的空气混合物的浓度范围称为爆炸极限。爆炸极限通常以可燃气体、蒸气或粉尘在空气中的体积百分数来表示。最低浓度称为“爆炸下限”,最高浓度称为“爆炸上限”。当浓度低于爆炸下限或高于爆炸上限时,都不会发生爆炸,但高于爆炸上限的接触空气能燃烧。可燃粉尘具有不同的粒径和沉降性,通常很难达到爆炸上限浓度,在防火防爆的实际工作中,重点控制的是可燃粉尘的爆炸下限。

易爆介质是指爆炸下限小于10%,或爆炸上限与下限的差值大于、等于20%的介质。易爆介质在“压力容器安全技术监察规程”中称为易燃介质。

3. 设计压力与计算压力的区别

GB 150—1998《钢制压力容器》增加了“计算压力”这个新的概念。目的是区分设计压力与计算压力。

因为GB 150—1989规定,设计压力是确定容器壳体壁厚的压力,也是容器铭牌上设计压力栏标注的压力;当元件承受的液柱静压力达到设计压力的5%时,应取设计压力与液柱静压力之和进行元件的厚度计算。这可能会误导设计人员把设计压力与液柱静压力之和,即确定容器壳体壁厚的压力作为铭牌上标注的设计压力。GB 150—1998把设计压力与计算压力区分开,就可以避免这样的错误。

设计压力与计算压力的区别有以下几点。

① 定义不同。GB 150—1998中设计压力定义是:设定的容器顶部的最高压力,而与相应的设计温度一起作为设计载荷条件,其值不低于工作压力。而计算压力定义是:在相应设计温度下,用以确定元件厚度的压力,其中包括液柱静压力;当元件所承受的液柱静压力小于5%设计压力时,可以忽略不计。

② 性质不同。设计压力是整台设备的载荷条件;而计算压力是具体受压元件的计算参数。设计压力虽然是反映容器受压状况的重要指标,但不能全部、准确地反映容器各部位的实际受力状况。设计压力与计算压力在具体数值上可能一致或不一致。

③ 取值依据不同。设计压力是依据容器的工作压力,即在正常工作情况下,容器顶部可能达到的最高压力,并考虑一定的安全裕度或考虑设置的安全泄放装置等因素确定的。而受压元件的计算压力则是依据容器的设计压力并考虑液柱静压力等因素确定的。

④ 用途不同。一台设备或一个腔体的设计压力只有一个,是容器材料选择、结构设计、类别划分以及各受压元件计算压力,容器液压、气压试验压力,气密性试验压力确定的依据。而计算压力仅用于元件的强度计算。受压元件的计算压力在一台容器(腔体)的不同部位可能随它内、外受压情况的变化有所不同。

⑤ 对于矩形等非圆形截面的压力容器,计算压力应取其水压试验压力,即检验和使用过程中的最大承载压力。此时,计算压力的取法不同于圆筒形或球形压力容器(与设计压力没有直接关系)。

⑥ 设计压力出现在压力容器总图或装配图的技术特性表和压力容器产品铭牌上,而计算压力只出现在压力容器的计算书中。

4. 盛装液化气体的固定式压力容器设计压力的确定

盛装临界温度大于或等于 50°C 的液化气体的压力容器,如无保冷设施,其设计压力不低于该液化气体在 50°C 时的饱和蒸气压力;如设计有可靠的保冷设施,其设计压力应不低于所盛装液化气体在可能达到的最高工作温度下的饱和蒸气压力。

盛装临界温度小于 50°C 的液化气体的压力容器,如无可靠保冷设施或虽有可靠保冷设施而无试验实测,最高工作温度时其设计压力不低于所装液化气体在设计规定的最大充装量、温度为 50°C 时的气体压力;如设计有可靠的保冷设施,并有试验实测最高工作温度且能保证低于临界温度储存的,其设计压力不低于试验实测最高温度下的饱和蒸气压力。

5. 最大允许工作压力

GB 150—1998(附录B)关于最大允许工作压力的定义为:“在设计温度下,容器顶部所允许承受的最大表压力。该压力是根据容器各部分壳体的有效厚度计算所得,且取最小值。”根据定义分析可知,由于充分利用了元件设计厚度向上圆整为名义厚度时所增加的厚度裕量,所以容器的最大允许工作压力在数值上大于或等于容器的设计压力。采用容器最大允许工作压力作为容器超压的起始压力可以在相同材料、相同厚度的条件下,取得较高的甚至高于设计压力的泄放装置的动作压力。即最大限度地增加了工作压力与安全阀或爆破片动作压力之间的压力差——操作空间,从而使压力容器的潜力得到发挥,操作更为平稳。

美国ASME压力容器规范中统一采用容器的最大允许工作压力(MAWP)作为容器超压的起始压力。我国压力容器规范也提出,在需要时——如为了保持操作稳定,要求尽可能提高泄放装置的动作压力,但增加容器厚度有难度的情况下使用容器最大允许工作压力作为确定泄放装置动作压力的依据。不过必须由设计人员严格按照有关定义计算最大允许工作压力。采用最大允许工作压力时,应对容器的水压试验压力、气压试验压力和气密试验压力取1.25倍、1.15倍和1.00倍的最大允许工作压力值,而且在图样和铭牌上加以说明。计算最大允许工作压力还有一个意义,就是可以采用测厚仪测出在役容器的壁厚,从而计算出容器的最大允许工作压力,确保容器的安全使用。

6. 设计温度

GB 150—1998《钢制压力容器》及HG 20580—1998《钢制化工容器设计基础规定》等关于设计温度的表述包括以下方面。

① 设计温度指容器在正常工作的情况下,设定的受压元件的金属温度(沿元件金属截面的温度平均值)。它与设计压力一起作为设计载荷条件。不过,有别于设计压力是整台容器的载荷条件;设计温度是具体受压元件的载荷条件。同时,设计温度也是具体受压元件的温度(计算)参数,就像计算压力是具体受压元件的压力(计算)参数。这里所说的受压元件包括壳体元件和非壳体元件。也就是说,当容器各个元件在工作状态下的金属温度不同时,可以分别设定每个元件的设计温度。如夹套容器带有夹套的壳体元件与不带夹套的壳体

元件可取不同的设计温度。氨合成塔外筒与主螺栓可取不同的设计温度等。

② 总图或装配图的技术特性表及产品铭牌上标示的设计温度是壳体设计温度的最高值或最低值,相当于整台容器的设计温度,可以视为与设计压力对应的整台容器的设计载荷条件。

从设计压力与设计温度的定义来看,之所以出现设计压力对应于整台容器,而设计温度原则上对应于具体元件的情况,是因为同一容器(压力腔)各个部分(元件)的受压情况理论上相等,实际上也只差不同的液柱静压力;而同一容器各个部分的金属温度可能因为反应热的生成、换热面的存在等情况产生很大差异。

压力容器设计者在压力容器设计中对于有关设计温度的问题应予以注意。

7. 受环境低温影响的压力容器设计温度的确定

受环境低温影响的压力容器指在寒冷地区露天安装或放置于无采暖厂房内的压力容器。此时应计及环境温度对容器壁温的影响并依据容器的正常运行状态,而不是事故状态(为事故停车特设的容器除外)的意外降温或停车后的自然降温来确定设计温度。当容器设计温度受环境温度控制时,其设计温度按以下原则确定。

① 盛装压缩气体且无保温措施的储存容器,设计温度取最低环境温度减 3°C 。最低环境温度是指容器使用地区历年来“月平均最低气温”的最低值。“月平均最低气温”是按当月各天的最低气温相加后除以当月的天数得到的。

② 盛装液体且其体积占容器容积 $1/4$ 以上的无保温储存容器,设计温度取最低环境温度。

③ 有保温或物料经常处于流动状态的容器,设计温度应根据物料的温度、流量、容器体积及散热情况等综合考虑其壁温,通过分析计算或参考实例确定。

8. 工作温度与设计温度

工作温度、设计温度分别为介质温度和设定的元件金属温度。应当以具体数值标示。如果以“常温”字样表示,是不确切的。因为对“常温”的界定,有着多种“版本”。

① 20°C ——金属力学性能中以某种材料 20°C 时的力学性能作为它的常温性能或室温性能。对金属温度而言,常以 20°C 为其常温温度。相应地把设备安装时的温度也设定在 20°C 。在容器和管道的热力分析中,亦常以 20°C 为常温。

② 25°C ——物化数据中以 25°C (298K)时各种化学物料的性质作为其常温下的性质。对容器承装介质的工作温度而言,可采用 25°C 为常温。

③ $\leq 50^{\circ}\text{C}$ ——考虑到境内环境温度可能达到的最高值,在设计条件中,常以 $\leq 50^{\circ}\text{C}$ 为常温。

所以标注“常温”可能引起歧义,甚至会影响正常设计。如容器盛装一种高度危险介质,标准沸点是 27°C 。若在工作温度、设计温度栏中填写“常温”,则容器的划类就难以进行。

9. 管壳式换热器管、壳程沿长度的平均温度与管、壳程设计温度

管、壳程沿长度的平均温度,分别是传热过程中的换热管与壳程圆筒金属的沿长度方向的平均值,它与换热管两侧流体的流速、物性、换热方式等有关。可按GB 151—1999附录F进行计算,也可由工程实际经验确定。该温度用于计算壳程圆筒与换热管之间的热膨胀差