

备案号：

中华人民共和国化工行业标准 **HG**

HG/T 20580—20XX

代替 HG/T 20580—2011

钢制化工容器设计基础规范

Code for design base of steel chemical vessels

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国化工行业标准

钢制化工容器设计基础规范

Code for design base of steel chemical vessels

HG/T 20580—20XX

主编单位：中石化宁波工程有限公司

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

实施日期：20XX年XX月XX日

XX出版社

·北京·

中华人民共和国工业和信息化部
公告

前 言

本规范是根据中华人民共和国工业和信息化部（工信厅科[2017]XX 号文）和中国石油和化学工业协会（中石化协质发[XXXX]XXX 号文）的要求，由中国石油和化工勘察设计协会组织全国化工设备设计技术中心站编制。

本规范自实施之日起代替《钢制化工容器设计基础规定》HG/T 20580-2011。

本规范是在原标准《钢制化工容器设计基础规定》HG/T 20580-2011 的基础上，编制组经广泛调查研究，认真总结多年实施取得的经验，参照国外设计标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本规范。

本规范共分为 10 个章节和 7 个附录。

本规范与 HG/T 20580-2011 相比，主要变化如下：

- 1、本规范按照《工程建设标准编制指南》给出的规则起草；
- 2、增加了符号章节；
- 3、增加了基本规定章节；
- 4、增加了附录 E 金属材料的高温氧化速率；
- 5、增加了附录 F 塔顶挠度控制值；
- 6、增加了附录 G 压力容器的失效模式；
- 7、删除了原附图 1 全国基本风压分布图；
- 8、删除了原附图 2 全国基本雪压分布图。

本规范由中国石油和化学工业联合会提出并归口。

本规范的技术内容由全国化工设备设计技术中心站负责解释。本规范执行过程中如有意见或建议，请寄送全国化工设备设计技术中心站[地址：上海市延安西路 376 弄 22 号（永兴商务楼）10 楼，邮政编码：200040，电话：021-32140342]。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：中石化宁波工程有限公司

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总 则.....	1
2	术语和符号.....	2
3	基本规定.....	6
4	设计压力的确定.....	8
5	设计温度的确定.....	10
6	设计载荷.....	12
7	厚度附加量.....	14
8	设计寿命.....	16
9	最小厚度.....	17
10	许用应力.....	18
	附录 A 常用钢材厚度负偏差.....	20
	附录 B 平台、直梯及塔盘重量的估算表.....	22
	附录 C 常用填料堆积密度.....	23
	附录 D 几种介质的饱和蒸汽压和常压下的沸点.....	24
	附录 E 金属材料的高温氧化速率.....	25
	附录 F 塔顶挠度控制值.....	26
	附录 G 压力容器的失效模式.....	27
	本规范用词说明.....	29
	引用标准名录.....	30
	附：条文说明.....	31

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
3	Basic requirement.....	(6)
4	Determination of design pressure.....	(7)
5	Determination of design temperature.....	(9)
6	Design loads	(11)
7	Addition to thickness.....	(13)
8	Design life.....	(15)
9	Minimum thickness.....	(16)
10	Allowable stresses.....	(17)
	Appendix A Negative tolerance of thickness for commonly used steel.....	(19)
	Appendix B Estimated mass table for platform, ladder and trays.....	(21)
	Appendix C Piling density of commonly used packing.....	(22)
	Appendix D Saturation pressure and boiling temperature of several substances .	(23)
	Appendix E High temperature oxidation rate of metal materials.....	(24)
	Appendix F Control value of tower top deflection.....	(25)
	Appendix G Failure modes for pressure vessels	(26)
	Explanation of wording in this code.....	(28)
	Normative standards.....	(29)
	Addition:Explanation of the provisions.....	(30)

1 总 则

- 1.0.1** 为了在钢制化工容器设计中贯彻执行国家法规，合理确定容器的设计参数，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，特制定本规范。
- 1.0.2** 本规范的适用范围和不适用范围同《压力容器》GB/T150 中钢制压力容器部分。
- 1.0.3** 钢制化工容器设计基础的确定，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 压力容器 pressure vessel

盛装流体介质承载一定压力的密闭容器。

2.1.2 固定式压力容器 stationary pressure vessel

安装在固定位置使用的压力容器。

2.1.3 内压力容器 vessel under internal pressure

正常操作时，其内部压力高于外部压力的容器。

2.1.4 外压力容器 vessel under external pressure

正常操作时，其外部压力高于内部压力的容器。

2.1.5 真空容器 vacuum vessel

容器内部介质静压力（绝对压力）小于环境大气压，即在真空状态下工作的容器。真空容器是外压力容器的特例。

2.1.6 元件 part, component

组成容器的基本单元零件，如各种形状壳体、封头、法兰、垫板、支承圈等。

2.1.7 受压元件 pressure part

直接承受压力载荷（包括内压或外压）的容器零部件。

2.1.8 非受压元件 non-pressure part

为满足使用要求与容器直接或间接连接而不承受（或不考虑）压力载荷的零部件。

2.1.9 绝对压力 absolute pressure

绝对压力是以绝对真空时零压力为基准计量的压力。在压力单位后加字母 A 或 a 表示。

2.1.10 表压力 gauge pressure

表压力是指压力容器内部压力与环境大气压力的差值。在压力单位后加字母 G 或 g 表示。在压力容器设计文件中，如无特别说明，涉及的压力即指表压力。

2.1.11 工作压力 operating pressure ; working pressure

在正常工作情况下，容器顶部可能达到的最高压力。

2.1.12 设计压力 design pressure

设定的容器顶部的最高压力，与相应的设计温度一起作为容器的基本设计条件，其值不低于工作压力。

2.1.13 计算压力 calculation pressure

在相应设计温度下，用以确定容器各部分元件厚度的压力，应考虑液柱静压力等附加载荷。

2.1.14 最高允许工作压力 maximum allowable working pressure

在指定的相应温度下，容器顶部所允许承受的最大压力。该压力是根据容器各受压元件的有效厚度，考虑了各元件承受的所有载荷而计算得到的，且取其中的最小值。

2.1.15 超压泄放装置的动作压力 set pressure

本规范中指安全阀的整定压力或爆破片的设计爆破压力。

2.1.16 整定压力 opening pressure

安全阀在运行条件下开始开启的设定压力，是在阀门进口处测量的表压力。在该压力下，

在规定的运行条件下由介质产生的使阀门开启的力同使阀瓣保持在阀座上的力相互平衡。

2.1.17 设计爆破压力 design bursting pressure

根据容器的工作条件和相应的安全技术规范设定的，在设计爆破温度下爆破片的爆破压力值。

2.1.18 试验压力 test pressure

指在进行耐压试验或泄漏实验时，容器顶部的压力。

2.1.19 工作温度 operating temperature; working temperature

在规定的正常工作情况下，容器内物料的温度。

2.1.20 金属温度 metal temperature

容器使用过程中，沿容器元件金属截面的温度平均值。

对于管壳式换热器，壳程圆筒金属温度和换热管的金属温度（即壁温）是指其沿轴向长度的金属温度平均值。

2.1.21 设计温度 design temperature

容器在正常工作情况下，设定的元件金属温度。

2.1.22 最低设计金属温度 minimum design metal temperature

在压力容器设计中，预期该容器在运行过程中各种可能条件下的金属温度的最低值。

2.1.23 试验温度 test temperature

在进行耐压试验或泄漏试验时容器壳体的金属温度。

2.1.24 环境温度 ambient temperature

环境温度系指容器所在周围的媒质温度，通常为容器周围的大气温度。

2.1.25 月平均最低气温 mean monthly minimum temperature

指当月各天的最低气温值相加后除以当月的天数。

2.1.26 计算厚度 required thickness

根据计算压力，按标准规定的计算方法计算得到不包括厚度附加量的厚度。对于外压元件，系指满足稳定性要求的最小厚度。

2.1.27 设计厚度 design thickness

计算厚度与腐蚀裕量之和。

2.1.28 名义厚度 nominal thickness

设计厚度加上钢材厚度负偏差后向上圆整至钢材规格厚度。一般为标注在设计图样的厚度（即图样厚度）。

2.1.29 有效厚度 effective thickness

名义厚度减去腐蚀裕量和材料厚度负偏差。

2.1.30 最小成形厚度 minimum required fabrication thickness

受压元件成形后保证设计要求的最小厚度。

2.1.31 钢材厚度 thickness of steel material

直接构成容器的钢板、钢管或锻件等元件厚度。

2.1.32 容积 volume

是指容器的几何容积，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

应扣除永久连接在容器内部的内件体积。

2.1.33 基本风压 reference wind pressure

风载荷的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上 10m 高度处 10min 平均的风速观测数据，经概率统计得出 50 年一遇（重现期）最大值确定的风速，作为当地的基本风速，再考虑相应的空气密度，按贝努利公式[见式（3.0.7）]确定的风压。

2.1.34 基本雪压 reference snow pressure

雪载荷的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上积雪自重的观测数据，经概率统计得出 50 年一遇（重现期）的最大值确定。

2.1.35 抗震设防烈度 seismic precautionary intensity

按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般情况，取 50 年内超越概率 10% 的地震烈度。

2.1.36 设计基本地震加速度 design basic acceleration of ground motion

50 年设计基准期，超越概率为 10% 的地震加速度的设计取值。

2.1.37 场地 site

具有相似的反应谱特征的工程群体所在地。其范围相当于厂区、居民小区和自然村或不小于 1.0km² 的平面面积。

2.1.38 地面粗糙度 terrain roughness

风在到达结构物以前吹越过 2km 范围内的地面时，描述该地面上不规则障碍物分布状况的等级。

地面粗糙度可分为 A、B、C、D 四类：

A 类指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；

B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇；

C 类指有密集建筑群的城市市区；

D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

2.1.39 抗震设计 seismic design

对需要抗震设防的设备进行一种专业设计，包括抗震计算和抗震构造措施。

2.1.40 抗震构造措施 details of seismic design

一般不需要计算而对结构和非结构各部分必须采取的各种细部要求。

2.1.41 载荷组合 load combination

为保证容器的可靠性而对同时出现的各种载荷设计值的规定。

2.2 符 号

t_d —设计温度, °C;

t_w —工作温度, °C;

δ —计算厚度, mm;

δ_d —设计厚度, mm;

δ_e —有效厚度, mm;

δ_{\min} —最小成形厚度, mm;

δ_n —名义厚度, mm;

δ_s —钢材厚度, mm;

$[\sigma]_p$ —接管本身的许用应力, MPa;

$[\sigma]_v$ —焊接接头计算截面处母材的许用应力, MPa。

3 基本规定

3.0.1 在设计阶段应考虑容器在使用过程中可能出现的风险及失效模式，压力容器常见的失效模式见附录 G。

3.0.2 抗震设防烈度为 6 度或设计基本地震动加速度为 0.05g 及以上地区的化工容器，必须进行抗震设计。当抗震设防烈度为 6 度或设计基本地震加速度小于或等于 0.05g 时，可不进行设备的地震作用计算，但应满足抗震措施要求。

3.0.3 装有超压泄放装置的压力容器，超压泄放装置的动作压力不得高于容器的设计压力。对于图样中注明最高允许工作压力的压力容器，超压泄放装置的动作压力不得高于该压力容器的最高允许工作压力。

3.0.4 容器的最高允许工作压力宜由容器的壳体元件（如筒体或封头）决定。带有安全阀、爆破片等超压泄放装置的压力容器，如果设计时提出气密性试验要求，则设计者应在设计图样中给出该容器的最高允许工作压力。

3.0.5 容器上的管口除应能够承受设计温度下的设计压力外，还应能够承受外部管道的推力和弯矩。除另有规定外，开口接管及管法兰所能够承受的外载荷应符合《石油化工钢制压力容器》SH/T3074 附录 D 的规定。

3.0.6 塔式容器应控制各种可能工况下的塔顶挠度。塔顶挠度应按《塔式容器》NB/T47041 附录 C 计算。塔顶挠度控制值应根据工程设计实际需要确定，也可按本规范附录 F 确定。

3.0.7 基本风压 (q_0) 应根据基本风速按本规范公式 (3.0.7) 计算。

$$q_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2 \quad (3.0.7)$$

式中： q_0 —基本风压 (N/m^2)；

v_0 —基本风速，按 2.1.33 确定 (m/s)；

ρ —空气密度 (kg/m^3)。

3.0.8 各项厚度之间的相互关系应符合本规范（图 3.0.8）的规定。

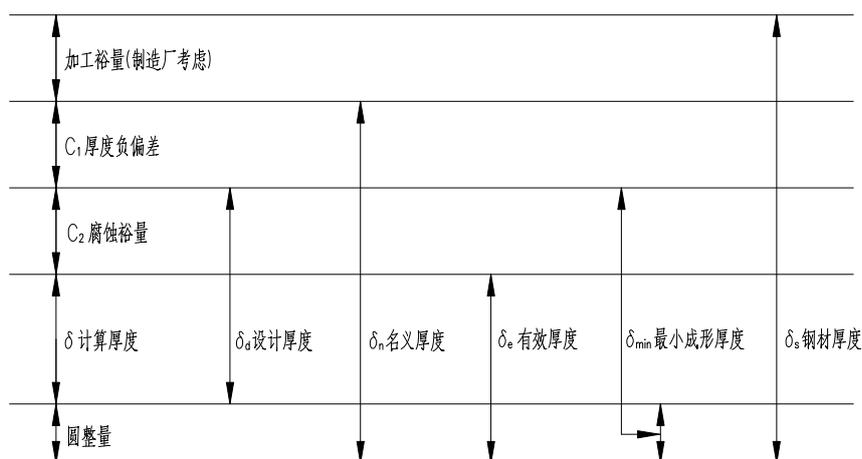


图 3.0.8 各项厚度之间的相互关系图

注：加工裕量包括以下内容：

- 1) 制造厂设定的加工成形减薄量（如封头等）；
- 2) 机械加工裕量（如管板、金属件的机加工裕量）等。

4 设计压力的确定

4.0.1 设计压力的确定应符合以下规定。

1 当工艺系统专业或工程设计文件对容器的设计压力有专门规定时，其设计压力应按规定确定，但不应低于表 4.0.1 的规定。

2 设计压力必须与相应的设计温度一起作为设计载荷条件，且应注意到容器在运行中可能出现各种工况，并以最苛刻的工作压力与相应温度的组合工况，确定容器的设计压力。

3 盛装液化气和液化石油气的容器的设计压力应按以下规定确定：

- 1) 无安全泄放装置时，设计压力不应低于 1.05 倍的工作压力；
- 2) 装有安全阀时，设计压力不应低于安全阀的整定压力（整定压力取 1.05~1.10 倍的工作压力）；
- 3) 工作压力系指盛装液化气或液化石油气的容器可能达到的最高工作温度下的饱和蒸汽压。常温储存液化气或混合液化石油气压力容器的工作压力按《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21 确定。几种液化气和液化石油气的饱和蒸汽压和常压下的沸点可按本规范附录 D 的规定取值。

4 符合 NB/T47041 规定的塔式容器，当工作压力小于 0.1Mpa 内压时，设计压力取不小于 0.1Mpa。

4.0.2 设计压力的确定原则除符合本规范 4.0.1 条的规定之外，还应符合本规范表 4.0.2 的规定。

表 4.0.2 确定设计压力的原则

类 型		原 则	
内 压 容 器	无安全泄放装置	不低于 1.0~1.1 倍工作压力	
	装有安全阀	不低于安全阀整定压力（整定压力取 1.05~1.10 倍工作压力）	
	装有爆破片	不低于爆破片设计爆破压力加制造范围上限	
	出口管线上装有安全阀	不低于安全阀的整定压力加上流体从容器流至安全阀处的压力降	
	容器位于泵进口侧，且无安全泄放装置时	不低于 1.0~1.1 倍工作压力，且以 -0.1MPa 外压进行校核	
	容器位于泵出口侧，且无安全泄放装置时	不低于下面三者中的大值： 1) 泵的正常入口压力加 1.2 倍泵的正常工作扬程； 2) 泵的最大入口压力加泵的正常工作扬程； 3) 泵的正常入口压力加关闭扬程（即泵出口全关闭时的扬程）	
	容器位于压缩机进口侧，且无安全泄放装置时	不低于 1.0~1.1 倍工作压力，且以 -0.1MPa 外压进行校核	
	容器位于压缩机出口侧，且无安全泄放装置时	不低于压缩机出口压力	
真 空 容 器	无夹套的 真空容器	有安全泄放装置	设计外压取 1.25 倍最大内外压力差或 -0.1MPa 两者中的小值
		无安全泄放装置	设计外压取 -0.1MPa
	带夹套的 真空容器	容器（真空）	设计外压按无夹套真空容器选；其计算外压力按 4.0.3 条的规定
		夹套	设计内压按内压容器选取

由两个或两个以上压力室组成的容器

根据各自的工作压力确定各自腔的设计压力

4.0.3 对带夹套的真空容器，其容器壳体的计算外压力应等于设计外压加夹套内的设计内压力，且应校核在夹套试验压力（外压）下容器壳体的稳定性。

5 设计温度的确定

5.0.1 设计温度的确定应符合以下规定。

- 1 当工艺系统专业或工程设计文件对容器的设计温度有专门规定时,设计温度按规定执行。
- 2 设计温度不得低于元件金属在工作状态下可能达到的最高温度。
- 3 对于 0℃以下的金属温度,设计温度不得高于元件金属所能达到的最低温度。
- 4 外压容器的设计温度不得超过 GB/T150.3 外压曲线图上的最高温度。
- 5 当容器各部分在工作条件下的金属温度不同时,可分别设定各部分的设计温度。
- 6 对具有不同工况的容器,应按最苛刻的工况设计,并应在设计文件或设计图样中注明各工况下的设计压力和设计温度值。

5.0.2 当金属温度无法用传热计算或实测结果确定时,设计温度应按以下规定:

- 1 容器内壁与介质直接接触,且有外保温(或保冷)时,其容器的设计温度应按本规范表 5.0.2-1 的规定选取。

表 5.0.2-1 容器的设计温度选取 (°C)

最高或最低工作温度 t_w	容器的设计温度 t_d
$t_w < -20$	介质正常工作温度减 0~10 或取最低工作温度
$-20 \leq t_w \leq 15$	介质正常工作温度减 5~10 或取最低工作温度
$15 < t_w \leq 350$	介质正常工作温度加 15~30 或取最高工作温度
$t_w > 350$	$t_d = t_w + (5 \sim 15)$

注:当最高(或最低)工作温度接近所选材料的允许使用温度界限时(或材料跳档时),应慎重选取设计温度的裕量,以免材料浪费或降低安全性。

2 容器内的介质是用蒸汽直接加热或被内置加热元件(如加热盘管、电热元件等)间接加热时,设计温度可取介质的最高工作温度。

3 容器的受压元件两侧与不同温度介质直接接触时,应以较苛刻一侧的工作温度(如高温或低温)为基准确定该元件的设计温度。

4 安装在室外无保温的容器,当最低设计温度受地区环境温度控制时,可按以下规定选取:

- 1) 盛装压缩气体的储罐,最低设计温度取月平均最低气温的最低值减 3℃;
- 2) 盛装液体体积占容器容积 1/4 以上的储罐,最低设计温度取月平均最低气温的最低值;
- 5 对于室外塔式容器的裙座,其设计温度应按本规范表 5.0.2-2 的规定选取。

表 5.0.2-2 裙座壳体的设计温度选取 (°C)

不带过渡段的裙座		带有过渡段的裙座	
裙座壳体		裙座壳体	裙座过渡段
$-20 \leq t_d$ 或 $t_d \leq 200$	$200 < t_d \leq 340$	设计温度应取使用地区历年来月平均最低气温的最低值加 20℃	设计温度取塔(或塔釜)的设计温度
设计温度应取使用地区历年来月平均最低气温的最低值加 20℃	设计温度取塔(或塔釜)的设计温度		

注: t_d 为塔器(或塔釜)的设计温度。

6 对于容器内壁有隔热材料的容器应符合以下要求：

- 1) 整个容器的设计温度按本规范表 5.0.2-1 的规定选取；
- 2) 容器金属壳（受压元件）的金属温度，宜通过传热计算求得，并加一定裕量作为容器金属壳（受压元件）的设计温度。

5.0.3 管壳式换热器的设计温度应符合以下要求：

- 1 管程设计温度是指管箱的设计温度（不是换热管的设计温度）。
- 2 壳程设计温度是指壳程壳体的设计温度。
- 3 管板和换热管的设计温度应符合本规范 5.0.2 条第 3 款的规定。

5.0.4 螺栓的设计温度应符合以下规定：

- 1 法兰及配套螺栓外部有保温（或保冷）层时，螺栓设计温度宜取容器的设计温度。
- 2 法兰及配套螺栓外部无保温（或保冷）层时，工作温度小于 65℃时，螺栓设计温度宜取容器的设计温度；工作温度大于或等于 65℃时，螺栓设计温度不应低于容器工作温度的 80%。
- 3 法兰内壁有隔热材料时，螺栓的设计温度应符合本规范 5.0.2 条第 6 款的规定。

6 设计载荷

6.0.1 设计容器时应考虑下列载荷。

1 压力，包括下列压力：

- 1) 内压、外压或最大压差；
- 2) 液柱静压力；
- 3) 试验压力。

2 重力载荷，包括下列载荷：

- 1) 容器空重：容器壳体及内外部固定件（如接管、人孔、法兰、支承圈、支座及内部元件等）的质量；
- 2) 可拆内件的重力载荷：容器内部可拆卸构件（如填料、填料格栅、支承梁、除沫器、催化剂及可拆塔盘板等）的质量；
塔盘的重力载荷应根据具体工程设计资料计算，当无确切资料时可按本规范附录 B 进行估算；
- 3) 介质的重力载荷：正常工作状态下容器内介质的最大质量；
对固体物料或填料，其质量应按堆积密度计算。常用散装填料及规整填料的堆积密度可按本规范附录 C 的规定取值。
- 4) 隔热材料的重力载荷：如保温（或保冷）层及其支持件、内部隔热材料等的质量；
- 5) 附件的重力载荷：与容器直接连接的平台、扶梯、工艺配管及管架、附属设备等附件的质量；
钢平台及扶梯的重力载荷应根据具体工程设计资料计算，当无确切资料时可按本规范附录 B 的规定取值；
- 6) 耐压试验时，容器内试验液体的质量。

3 风载荷，按下述要求确定：

- 1) 风载荷应根据容器类型（如塔器、球形容器等），按相应标准的规定进行计算；
- 2) 基本风压值应根据当地气象部门的资料确定，但不应低于《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定，且不小于 300 N/m^2 。
- 3) 地面粗糙度应根据当地的地形地貌条件确定。

4 地震载荷，按下述要求确定：

- 1) 地震载荷应根据容器类型（如塔器、卧式容器、球形容器等），按相应标准的规定进行计算；
- 2) 抗震设防烈度、设计地震分组、设计基本地震加速度应根据提供的工程地质资料确定，但不应低于《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。装置的场地类别应根据提供的工程地质资料确定；
- 3) 安装在构架（包括构筑物）上的卧式设备、支腿式直立设备，应计入设备所在构架的地震放大作用。构架上设备的水平地震作用可按《石油化工钢制设备抗震设计规范》GB 50761 的规定进行计算。
- 4) 抗震设防烈度为 8 度、9 度时，对于高度与直径之比大于 5 且高度大于 20m 的直立容器，

应计算竖向地震作用并进行抗震验算。

5 雪载荷。除工程项目另有规定之外，雪载荷应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的规定确定。

6 偏心载荷。由于内件或外部附件（或设备）的重心偏离容器壳体中心线而引起的载荷。

7 局部载荷。容器壳体局部区域上作用的载荷（如支座、底座圈、支耳、吊耳及其它型式支撑件对壳体的反作用力、管道推力等）。

8 冲击载荷。由于容器受工作介质的冲击或压力急剧波动以及运输、吊装时产生的附加载荷。

9 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力。

10 循环载荷。对某些特定操作条件的容器，承受压力循环载荷及热应力循环作用。

6.0.2 容器所承受的各项载荷应考虑在安装、耐压试验及正常工作状态下可能出现的最不利的组合。一般情况下，载荷组合可按本规范表 6.0.2 的规定确定。

表 6.0.2 载荷组合的确定

容器所处状态		设计载荷
安 装		容器空重 冲击载荷 附件的重力载荷 可拆内件的重力载荷 隔热材料的重力载荷 局部载荷（如吊耳的作用力）
		} 当采用整体吊装时考虑
耐压试验	车间试验	试验压力 液柱静压力 容器空重 试验时，试验液体的重量 局部载荷（如支座对壳体的作用力）
	现场试验	试验压力 液柱静压力 容器空重 附件的重力载荷 可拆内件的重力载荷 试验时，试验液体的重量 风载荷（30%） 局部载荷 偏心载荷
正常工作		内压、外压或最大压差 液柱静压力 容器空重、附件的重力载荷、隔热材料的重力载荷、介质的重力载荷、可拆内件的重力载荷 局部载荷、偏心载荷、冲击载荷、雪载荷 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力
		风载荷 地震载荷+25%风载荷
		} 取二者中的较大值
非正常工作		取正常工作时的载荷，加开停车或工作中断时可能产生的某一种类型载荷的超载

注：设计者可根据容器所处状态时的具体情况，对表中的组合进行增减。

7 厚度附加量

7.1 厚度附加量 C 的确定

7.1.1 厚度附加量 C 按式 (7.1.1) 确定:

$$C=C_1+C_2 \quad (7.1.1)$$

式中: C—厚度附加量 (mm);

C_1 —钢材厚度负偏差 (mm);

C_2 —腐蚀裕量 (mm)。

7.2 钢材厚度负偏差 (C_1)

7.2.1 钢材厚度负偏差 C_1 应按有关钢材标准确定。常用钢材的厚度负偏差可按本规范附录 A 的规定取值。

7.2.2 对多层包扎圆筒和套合圆筒只考虑内筒的钢材厚度负偏差。

7.3 腐蚀裕量 (C_2)

7.3.1 容器的腐蚀裕量按下列原则考虑:

- 1 除本条第 6 款规定外, 与工作介质接触的筒体、封头、接管、人(手)孔及内部元件等均应考虑腐蚀裕量。
- 2 工艺系统专业或工程设计文件中对容器的腐蚀裕量有专门规定或已有实际使用经验时, 腐蚀裕量按规定或经验选取。
- 3 对有均匀腐蚀的容器, 当有可靠数据时, 腐蚀裕量 C_2 按本规范公式 (7.3.1) 计算:

$$C_2=N_F d_{c2} \quad (7.3.1)$$

式中: d_{c2} —年腐蚀速率 (mm/年);

N_F —设计寿命, 年, 按第 8 章确定。

- 4 设计时, 尚应考虑介质对容器壳体或元件的冲蚀、磨损及局部腐蚀的影响。
- 5 两侧同时与介质接触的元件, 应根据两侧不同的操作介质选取不同的腐蚀裕量, 两者叠加后作为该元件的总腐蚀裕量。
- 6 下列情况一般不考虑腐蚀裕量:
 - 1) 介质对不锈钢(不锈钢、不锈钢复合板、不锈钢堆焊层的元件)无腐蚀作用时;
 - 2) 有可靠耐腐蚀衬里(如衬铅、衬橡胶、衬塑料等)的基体材料;
 - 3) 法兰的密封表面;
 - 4) 管壳式换热器的换热管、钩圈、浮头螺栓、纵向隔板、拉杆、定距管、折流板、支持板;
 - 5) 用涂漆可以有效防止环境腐蚀的容器外表面及其外部构件(如支座、支腿、托架、塔顶吊柱等, 但不包括裙座);

6) 可拆塔盘板、填料等。

7.3.2 除工艺系统专业或工程设计文件中另有规定外，容器的腐蚀裕量可按下列规定确定。

1 容器筒体、封头的腐蚀裕量。

- 1) 介质为压缩空气、水蒸气或水的碳钢或低合金钢制容器，其腐蚀裕量不小于 1.0mm；
- 2) 除本款第 1 项以外的其他情况，一般可分别按炼油设备和石油化工设备分类选取，按本规范表 7.3.2-1 和 7.3.2-2 的规定取值；
- 3) 如果腐蚀裕量超过 6mm，应采用更耐腐蚀的材料，如复合钢板、堆焊层或衬里层等；
- 4) 腐蚀速率可根据工程设计实践或查取有关腐蚀手册确定。
- 5) 金属材料的高温氧化速率可按本规范附录 E 的规定取值。

表 7.3.2-1 炼油设备的腐蚀裕量 C_2 (mm)

腐蚀速率 d_{c2} (mm/年)	腐蚀裕量 C_2				
	塔、反应器	高压换热器壳体	一般容器	换热器壳体(管箱)	隔热衬里容器
≤ 0.1	2	2	1.5	1.5	2
$> 0.1 \sim 0.2$	4	4	3	3	2
$> 0.2 \sim 0.3$	6	6	4.5	4.5	2

表 7.3.2-2 石油化工设备的腐蚀裕量 C_2 (mm)

腐蚀程度	极轻微腐蚀	轻微腐蚀	腐蚀	重腐蚀
腐蚀速率 d_{c2} (mm/年)	< 0.05	$0.05 \sim 0.13$	$> 0.13 \sim 0.25$	> 0.25
腐蚀裕量 C_2	$0 \sim 1$	$> 1 \sim 3$	$> 3 \sim 5$	≥ 6

2 其它元件的腐蚀裕量按表 7.3.2-3 的规定取值。

表 7.3.2-3 其它元件腐蚀裕量 C_2

元件类型	腐蚀裕量 C_2	
接管 (包括人、手孔等)	除工程设计另有规定外，应取筒体的腐蚀裕量	
不可拆卸或无法 从人孔取出的内件	受力	内件单面取筒体的腐蚀裕量
	不受力	内件单面取筒体腐蚀裕量的 1/2
可拆卸并可从 人孔取出的内件	受力	内件单面取筒体腐蚀裕量的 1/4
	不受力	内件单面腐蚀裕量可取零
不同部位的元件	当容器内各部分介质的腐蚀速率不同时，不同部位的元件可取不同的腐蚀速率	
裙座筒体	碳钢或低合金钢的裙座壳体取不小于 2mm	
地脚螺栓、基础环板	不小于 3mm	
地脚螺栓座的筋板、盖板	除工程设计另有要求外，一般可不考虑腐蚀裕量	

8 设计寿命

8.0.1 设计寿命系指容器预期达到的使用寿命。压力容器的设计寿命应在设计图样中注明。

8.0.2 设计寿命是设计者根据容器预期的使用条件及重要性而给出的估计，其目的是提醒使用者，当超过压力容器的设计寿命时，应采用必要的措施（如测量厚度或缩短检测周期等）。压力容器的设计寿命不等同于实际使用寿命。

8.0.3 当容器的操作条件发生变化时，应根据实际测量数据，重新估算腐蚀速率，确定容器新的使用寿命。

8.0.4 确定容器的设计寿命时一般应当考虑以下因素：

- 1 选择适宜的材料及结构设计；
- 2 合理的腐蚀裕量；
- 3 合适的制造、检验要求；
- 4 限制蠕变（高温工况）或疲劳的可能性；
- 5 容器建造的费用；
- 6 装置的更换周期等。

8.0.5 容器的设计寿命宜符合下列规定：

- 1 重要的反应容器（如厚壁加氢反应器、氨合成塔等）：不少于 30 年；
- 2 球形储罐：不少于 25 年；
- 3 重要的塔器、一般反应器、高压换热器壳体、厚壁（名义厚度 $\geq 50\text{mm}$ ）容器：不少于 20 年；
- 4 一般塔器、容器、换热器壳体及管箱：不少于 10 年；
- 5 高合金钢换热器管束：不少于 10 年；
- 6 可更换的碳钢、低合金钢换热器管束：不少于 3 年，且不低于一个操作周期。

8.0.6 对于操作温度或操作压力有周期性变化的设备，应在设计图样中注明设计寿命期间内温度或压力变化的循环次数。

9 最小厚度

9.0.1 容器壳体加工成形后，不包括腐蚀裕量的最小厚度应符合以下规定：

- 1 碳钢和低合金钢制容器，其最小厚度不小于 3mm。
- 1 高合金钢制容器，其最小厚度不小于 2mm。
- 2 碳素钢和低合金钢制塔式容器，其最小厚度为塔器内直径的 2/1000，且不小于 3mm；对不锈钢制塔式容器，其最小厚度不小于 2mm。
- 4 多层包扎（包括多层筒节包扎和多层整体包扎）容器，各层的最小厚度均不应小于 3mm。
- 5 管壳式换热器壳体的最小厚度应符合《热交换器》GB/T 151 的规定。

9.0.2 对于壳体名义厚度取决于最小厚度且公称直径较大、厚度较薄的容器，为防止在制造、运输或安装时产生过大的变形，应根据具体情况采取临时的加固措施（如在容器的内部设置临时支撑元件等）。

9.0.3 复合钢板复层的最小厚度应符合以下规定：

- 1 为保证工作介质干净（不被铁离子污染），复合钢板复层的厚度不应小于 2mm。
- 2 为防止工作介质的腐蚀，复合钢板复层的厚度不应小于 3mm。

9.0.4 容器壳体内表面的不锈钢堆焊层厚度不应小于 3mm。设计者应根据工作介质的特点，确定是否堆焊过渡层和面层，其厚度视具体情况确定。

9.0.5 法兰、平盖及管板等元件的不锈钢堆焊层，在机加工后的面层最小厚度不应小于 3mm。

9.0.6 防腐蚀衬里的碳钢或低合金钢制容器，衬里钢壳的最小厚度应符合《衬里钢壳设计技术规定》HG/T 20678 的规定。

9.0.7 管壳式换热器折流板、支持板的最小厚度不应小于壳程腐蚀裕量的 2 倍。

10 许用应力

10.0.1 作为受压元件用的钢板、钢管、锻件和螺栓材料在不同温度下的许用应力，应按《压力容器》GB/T150 的规定选取。

10.0.2 容器设计温度低于 20℃时，取材料 20℃的许用应力。

10.0.3 抗腐蚀或抗磨蚀衬里层厚度不应包括在压力容器的计算壁厚中，基层材料的许用应力按《压力容器》GB/T150 的规定选取。

10.0.4 复合钢板或堆焊层容器的许用应力，应按以下原则确定：

1 在进行复合钢板或堆焊层容器的强度计算时，一般只计入基层材料的强度，其基材的许用应力按《压力容器》GB/T 150 的规定选取。

2 在同时满足下列 1)~3) 条件时，复合钢板或堆焊层的强度计算可计入复层厚度，其设计温度下的许用应力按本规范式 (10.0.4) 确定：

$$[\sigma]^r = \frac{[\sigma]_1^r \delta_1 + [\sigma]_2^r \delta_2}{\delta_1 + \delta_2} \quad (10.0.4)$$

式中： δ_1 —基层材料的名义厚度 (mm)；

δ_2 —覆层材料的厚度，不计入腐蚀裕量 (mm)；

$[\sigma]^r$ —设计温度下复合钢板的许用应力 (MPa)；

$[\sigma]_1^r$ —设计温度下基层材料的许用应力 (MPa)；

$[\sigma]_2^r$ —设计温度下覆层材料的许用应力 (MPa)。

当覆层材料的许用应力大于基层材料的许用应力时，应以基层材料的许用应力作为整体复合板的许用应力。

- 1) 复合钢板的结合质量应达到其钢板标准(《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165-2008、《压力容器用爆炸焊接复合板 第一部分：不锈钢-钢复合板》NB/T 47002.1-2009)规定的各项指标，未结合率 $\leq 2\%$ ，且每块复合板均应进行剪切试验，其剪切强度不小于 210MPa(堆焊复合板可不满足此条件)。
- 2) 对接焊接接头处的复合材料应是耐腐蚀的熔敷金属，且完全熔融。
- 3) 覆层(或堆焊层)材料的许用应力值至少是基层材料许用应力值的 70%。

10.0.5 当地震载荷或风载荷与本规范 6.0.1 条中其他载荷组合时，容器壳体的一次总体薄膜应力不得超过许用应力的 1.2 倍。

10.0.6 设计温度低于钢材蠕变温度时，钢材许用剪切应力应取许用拉伸应力的 0.8 倍，但开口接管的许用剪切应力应符合本规范 10.0.7 条的规定。

10.0.7 当需校核接管、补强圈与壳体的焊缝强度时，其焊接接头的许用应力可按本规范表 10.0.7 的规定取值。

表 10.0.7 接管、补强圈焊缝的许用应力 (MPa)

位 置	焊接接头形式	许用应力类型	许用应力
图 10.0.7 ㉑	填角焊缝 (剪切)	许用剪应力	$0.49[\sigma]_v$
图 10.0.7 ㉒	接 管	许用剪应力	$0.70[\sigma]_p$
图 10.0.7 ㉓	坡口焊缝 (拉伸)	许用拉应力	$0.74[\sigma]_v$
	坡口焊缝 (剪切)	许用剪应力	$0.60[\sigma]_v$
图 10.0.7 ㉔	坡口焊缝 (拉伸)	许用拉应力	$0.74[\sigma]_v$
	坡口焊缝 (剪切)	许用剪应力	$0.60[\sigma]_v$
图 10.0.7 ㉕	填角焊缝 (剪切)	许用剪应力	$0.49[\sigma]_v$

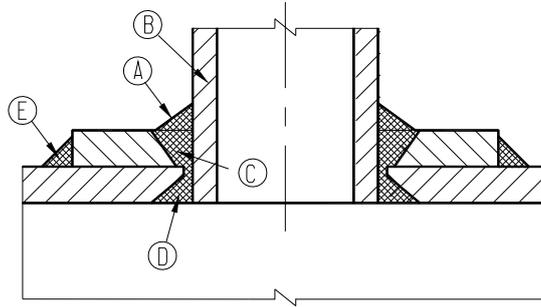


图 10.0.7

附录 A 常用钢材厚度负偏差

表 A-1 压力容器用碳钢和低合金钢板厚度负偏差 (mm)

钢板标准	《锅炉和压力容器用钢板》GB/T 713—2014、《低温压力容器用钢板》GB/T 3531—2014、《压力容器用调质高强度钢板》GB/T 19189-2011
钢板厚度	全部厚度
负偏差 C ₁	0.30

表 A-2 承压设备用不锈钢钢板厚度负偏差 (mm)

钢板标准	《承压设备用不锈钢和耐热钢板和钢带》GB/T 24511-2017		
产品类别	热轧厚钢板	热轧钢板及钢带	冷轧钢板和钢带
钢板厚度	6.00~100	2.00~14.0	1.50~8.00
负偏差 C ₁	0.3 ^a	按钢板标准表 3	按钢板标准表 4

注：a)厚度大于 80.0mm 到 100mm 的热轧厚钢板厚度允许偏差由供需双方协商确定。

表 A-3 不锈钢复合钢板厚度负偏差

钢板标准		《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165—2008		
复层厚度允许负偏差		复合钢板、钢带总厚度允许负偏差 C ₁		
I 级、II 级	III 级	复合中厚板总公称厚度 (mm)	允许负偏差 (%)	
			I 级、II 级	III 级
不大于覆层公称尺寸的 9%，且不大于 1mm	不大于覆层公称尺寸的 10%，且不大于 1mm	6~7	8	9
		>7~15	7	8
		>15~25	6	7
		>25~30	5	6
		>30~60	4	5
		>60	协商	协商

表 A-4 爆炸不锈钢复合钢板厚度负偏差

钢板标准	《压力容器用爆炸焊接复合板 第一部分：不锈钢——钢复合板》NB/T 47002.1-2009	
覆材厚度允许负偏差	基材厚度允许负偏差	总厚度允许负偏差
覆材公称厚度的 10%，且不大 1.0mm	基材标准负偏差之数值减 0.5mm	覆材允许负偏差+基材允许负偏差

A-5 无缝钢管厚度负偏差 (mm)

钢管标准	钢管种类	钢管公称外径 (D)	钢管公称壁厚 (S)	壁厚/钢管外径 (S/D)	负偏差 C ₁		
					普通级	高级	
《输送流体用无缝钢管》 GB/T 8163-2008	热轧	≤102	—	—	12.5%S 或 0.40, 取其大者		
		>102	—	≤0.05	15%S 或 0.40, 取其大者		
	>0.05~0.10			12.5%S 或 0.40, 取其大者			
	冷拔	—	≤3	—	10%S 或 0.15, 取其大者		
—		>3	—	10%S			
《高压化肥设备用无缝钢管》 GB/T 6479-2013	热轧	≤159	—	—	10%S 或 0.4, 取其大者		
		>159	—	≤0.05	10%S		
				>0.05~0.10	10%S		
	>0.10			10%S			
冷拔	—	≤2.0	—	10%S	10%S		
	—	>2.0	—	10%S	7.5%S		
《奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管》 GB/T 21833-2008	热轧	—	≤4.0	—	0.45	0.35	
			>4.0~20	—	10%S	10%S	
		<219	>20	—	10%S	7.5%S	
	冷拔	—	≥219	>20	—	10%S	10%S
			≤3	—	14%S	10%S	
—	>3	—	10%S	10%S			

表 A-6 无缝钢管厚度负偏差 (mm)

钢管标准	交货状态	钢管种类	钢管公称壁厚 (S)	钢管公称外径 (D)	负偏差 C ₁	
					普通级	高级
《石油裂化用无缝钢管》 GB/T 9948-2013	公称壁厚 (S)	热轧	≤20	—	10%S	10%S
			>20	—	10%S	10%S
	冷拔	≤3.0	—	0.3	0.2	
		>3.0	—	10%S	7.5%S	
最小壁厚 (S _{min})	热轧	所有	—	0	0	
	冷拔	所有	—	0	0	
《流体输送用不锈钢无缝钢管》 GB/T 14976-2012	公称壁厚 (S)	热轧	<15	—	12.5%S	12.5%S
			≥15	—	15%S	12.5%S
	冷拔	≤3	—	12%S	10%S	
		>3	—	10%S	10%S	
最小壁厚 (S _{min})	热轧	所有	—	0	0	
	冷拔	所有	—	0	0	
《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》 GB/T 13296-2013	公称壁厚 (S)	热轧	≤4.0	—	0.45	
			>4.0	—	10%S	
	冷拔	—	≤38	—	10%S	
		—	>38	—	11%S	
最小壁厚 (S _{min})	热轧	所有	—	0		
	冷拔	—	所有	0		

附录 B 平台、直梯及塔盘重量的估算表

表 B 平台、直梯及塔盘的重量估算

名 称	笼式直梯	开式直梯	钢 平 台	圆泡帽塔盘	条形泡帽塔盘
重 量	400 N/m	150~240 N/m	1500 N/m ²	1500 N/m ²	1500 N/m ²
名 称	舌形塔盘	筛板塔盘	浮阀塔盘	塔盘充液重	
重 量	750 N/m ²	650 N/m ²	750 N/m ²	700 N/m ²	

附录 C 常用填料堆积密度

表 C-1 鲍尔环填料堆积密度

碳钢鲍尔环			不锈钢鲍尔环		
直径 D (mm)	直径×高×壁厚 $D \times H \times \delta$ (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)	直径 D (mm)	直径×高×壁厚 $D \times H \times \delta$ (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)
25	25×25×0.6	471	25	25×25×0.5	393
38	38×38×0.8	424	38	38×38×0.6	318
50	50×50×1.0	393	50	50×50×0.8	314
76	76×76×1.5	384	76	76×76×1.2	308

表 C-2 阶梯环填料堆积密度

碳钢阶梯环			不锈钢阶梯环		
直径 D (mm)	直径×高×壁厚 $D \times H \times \delta$ (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)	直径 D (mm)	直径×高×壁厚 $D \times H \times \delta$ (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)
25	25×12.5×0.6	459	25	25×12.5×0.5	383
38	38×19×0.8	433	38	38×19×0.6	325
50	50×25×1.0	385	50	50×25×0.8	308
76	76×38×1.5	385	76	76×38×1.2	306

表 C-3 矩鞍环填料堆积密度

碳钢矩鞍环			不锈钢矩鞍环		
类型	填料尺寸 (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)	类型	填料尺寸 (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)
25	25×15×0.5	314	25	25×15×0.3	188
38	38×16.5×0.6	267	38	38×16.5×0.4	181
50	50×29×0.8	228	50	50×29×0.5	141
70	70×35.5×1.0	197	70	70×35.5×0.6	118

表 C-4 不锈钢网孔板波纹（规整）填料

型号	名义比表面积 α (m ² /m ³)	峰高 h (mm)	波距 $2B$ (mm)	板片厚 δ (mm)	堆积密度 γ_p (kg/m ³)
SPC450 型	450	6.5±0.1	12.0±0.1	0.100±0.005	106×(1±0.04)
				0.120±0.005	127.2×(1±0.04)
SPC550 型	550	5.5±0.1	10.0±0.1	0.100±0.005	127×(1±0.04)
				0.120±0.005	153.0×(1±0.04)
SPC650 型	650	4.5±0.1	8.4±0.1	0.100±0.005	152×(1±0.04)
				0.120±0.005	182.5×(1±0.04)
SPC750 型	750	4.0±0.1	7.2±0.1	0.100±0.005	175×(1±0.04)
				0.120±0.005	209.1×(1±0.04)

附录 D 几种介质的饱和蒸汽压和常压下的沸点

表 D 几种介质的饱和蒸汽压和常压下的沸点

介质名称	温度 (°C)	饱和蒸汽压 [MPa(A)]	常压下的沸点 (°C)
氨 (NH ₃)	50	2.03	-33.5
氯 (Cl ₂)	50	1.43	-34.0
异丁烷 (i-C ₄ H ₁₀)	50	0.69	-11.7
丙烷 (C ₃ H ₈)	50	1.71	-42.1
丙烯 (C ₃ H ₆)	50	2.05	-47.7
乙烯 (C ₂ H ₄)	-30	1.94	-103.7
	-40	1.45	
	-50	1.06	
	-60	0.75	

附录 E 金属材料的高温氧化速率

表 E 金属材料的高温氧化速率 (mm/年)

公称成分	最高金属温度 (°C)																								
	496	524	552	579	607	635	663	691	718	746	774	802	829	857	885	913	941	968	996	1024	1052	1079	1107	1135	
碳钢	0.05	0.1	0.15	0.23	0.36	0.56	0.84	1.22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.25Cr	0.05	0.08	0.1	0.18	0.3	0.46	0.76	1.17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.25Cr	0.03	0.03	0.05	0.1	0.23	0.36	0.61	1.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5Cr	0.03	0.03	0.03	0.05	0.1	0.15	0.38	0.89	1.65	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.15	0.43	0.94	1.52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.13	0.28	0.58	1.02	1.52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.2	0.38	0.76	1.27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18Cr-8Ni	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.1	0.15	0.23	0.33	0.46	0.64	0.89	1.22	--	--	--	--	--	--
23Cr-12Ni	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25	0.33	0.41	0.51	0.76	1.02	1.27	--	--	--
25Cr-20Ni	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.1	0.13	0.18	0.2	0.25	0.33	0.38	0.48	0.58	0.69	0.79	
21Cr-33Ni	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25	0.33	0.43	0.53	0.69	0.84	1.04	1.27	

附录 F 塔顶挠度控制值

F.0.1 内有塔盘的塔顶挠度控制值如下：

- 1) 当 $DN \leq 1000$ mm 时, $Y_D \leq H/100$;
- 2) 当 $1000\text{mm} < DN \leq 2000\text{mm}$ 时, $Y_D = 10 \times \left(\frac{H}{DN} \right)$;
- 3) 当 $DN > 2000\text{mm}$ 时, $Y_D \leq H/200$ 。

式中: DN —— 塔的公称直径, 对不等直径塔器, 按式 (F.0.1-1) 计算 (mm);

$$DN = DN_1 \frac{h_1}{H} + DN_2 \frac{h_2}{H} + \cdots + DN_i \frac{h_i}{H} \quad (\text{F.0.1-1})$$

H —— 塔的总高度 (包括裙座高度) (mm);

Y_D —— 塔顶挠度值 (mm);

DN_1 、 DN_2 、...、 DN_i —— 各段塔体公称直径 (mm);

h_1 、 h_2 、...、 h_i —— 各段塔体高度 (mm)。

F.0.2 内有填料的塔顶挠度控制值可适当放宽。

附录 G 压力容器的失效模式

G.0.1 压力容器的失效模式分为短期失效模式、长期失效模式和循环失效模式。

- 1 短期失效模式是指压力容器在非循环载荷作用下突然发生的失效，包括以下模式：
 - 1) 脆性断裂：这种失效模式是指容器在应力作用下发生突然的快速断裂，发生脆性断裂的材料一般没有明显的塑性变形。为防止此类型失效的发生，可采取提出材料的断裂韧性要求、提出材料焊接后进行充分的热处理要求、规定水压试验的最低温度等措施。
 - 2) 韧性断裂：这种失效模式是指容器在使用过程中超压或受到均匀性腐蚀使容器壁厚减薄，材料应力超过了其屈服极限和强度极限，从而产生较大的塑性变形直至断裂。这种失效模式包括超量局部应变引起的裂纹形成或韧性撕裂，即容器某一局部区域应变过大而引起裂纹或断裂。为防止此类型失效的发生，可采取对材料的屈服强度和拉伸强度规定安全系数等措施。
 - 3) 超量变形引起的接头泄漏：这种失效模式是指在内压或外载荷作用下容器接头部位发生过量变形，导致容器内部介质泄漏而使容器丧失使用功能。为防止此类型失效的发生，可采取选用合适的密封垫片、限制接头变形量等措施。
 - 4) 弹性或弹塑性失稳（垮塌）：这种失效模式是指容器在压应力作用下引起的弹性或弹塑性失稳。为防止此类型失效的发生，可采取对结构的临界载荷规定安全系数、限制容器的几何偏差等措施。
- 2 长期失效模式是指压力容器在非循环载荷作用下较长时间后发生的失效，包括以下模式：
 - 1) 蠕变断裂：在低于屈服应力的载荷作用下，高温容器或容器高温部分金属材料随时间推移缓慢发生塑性变形的过程称为蠕变。这种失效模式是指由蠕变变形导致构件实际承载截面收缩，应力升高，最终发生断裂。为防止此类型失效的发生，可采取选用合适的材料、控制应力水平等措施。
 - 2) 蠕变-在机械连接处的超量变形或导致不允许的载荷传递：这种失效模式是指由蠕变变形导致连接接头泄漏等。为防止此类型失效的发生，可采取选用合适的材料、控制应力水平等措施。
 - 3) 蠕变失稳：这种失效模式是指高温容器在压应力作用下由于蠕变变形引起的失稳。为防止此类型失效的发生，可采取选用合适的材料、对结构的临界载荷规定安全系数等措施。
 - 4) 冲蚀、腐蚀：这种失效模式是指在介质冲刷、腐蚀作用下金属材料发生损失造成壁厚减薄，使容器承载能力下降或局部穿孔引起泄漏。为防止此类型失效的发生，可采取选用与介质相适应的材料、预先考虑腐蚀/磨蚀裕量等措施。
 - 5) 环境助长开裂：这种失效模式是指在腐蚀性介质作用下材料发生的开裂，例如：应力腐蚀开裂、氢致开裂等。为防止此类型失效的发生，可采取选用与介质相适应的材料、采用合适的制造方法、添加缓释剂等措施。
- 3 循环失效模式是指压力容器在循环载荷作用下较长时间后发生的失效，包括以下模式：
 - 1) 渐增性塑性变形：这种失效模式是指容器承受组合载荷，某些载荷恒定，而另一些载荷交变，这些重复变化的载荷引起变形累积而导致的失效。这种失效模式最常见的情况是热应力棘轮现象。为防止此类型失效的发生，可采取按相应规范中的评定准则进行评定等措施。
 - 2) 交替塑性：这种失效模式是指容器在反复加载、卸载过程中，在局部结构不连续处出现塑性变形积累，使容器在较少的载荷循环次数下发生破坏失效。为防止此类型失效的发生，

可采取按相应规范中的评定准则进行评定等措施。

- 3) 弹性应变疲劳（中周和高周疲劳）或弹塑性应变疲劳（低周疲劳）：这种失效模式是指在交变载荷的作用下，结构的同一部位相继产生方向相反的变形，从而导致裂纹萌生、扩展直至贯穿整个断面而导致的失效。为防止此类型失效的发生，可采取按相应规范进行疲劳分析、采用减少应力集中的结构、降低容器制造过程中产生的残余应力等措施。
- 4) 环境助长疲劳：这种失效模式是指容器在循环载荷和腐蚀介质联合作用下发生的开裂破坏。为防止此类型失效的发生，可采取选用与介质相适应的材料、采用减少应力集中的结构、降低容器制造过程中产生的残余应力等措施。

G. 0. 2 在压力容器设计时，并不要求考虑G. 0. 1中的所有失效模式，但必须考虑下述失效模式：

- 1) 脆性断裂；
- 2) 韧性断裂（包括超量局部应变引起的裂纹形成或韧性撕裂）；
- 3) 超量变形引起的接头泄漏；
- 4) 弹性或弹塑性失稳（垮塌）。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范条文中指明应按其他有关标准规范执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- [1] 压力容器 GB/T 150
- [2] 热交换器 GB/T 151
- [3] 锅炉和压力容器用钢板 GB/T 713-2014
- [4] 低温压力容器用钢板 GB/T 3531-2014
- [5] 高压化肥设备用无缝钢管 GB/T 6479-2013
- [6] 输送流体用无缝钢管 GB/T 8163-2008
- [7] 不锈钢复合钢板和钢带 GB/T 8165-2008
- [8] 石油裂化用无缝钢管 GB/T 9948-2013
- [9] 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管 GB/T 13296-2013
- [10] 流体输送用不锈钢无缝钢管 GB/T 14976-2012
- [11] 压力容器用调质高强度钢板 GB/T 19189-2011
- [12] 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 GB/T 21833-2008
- [13] 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带 GB/T 24511-2017
- [14] 建筑结构荷载规范 GB 50009-2012
- [15] 建筑抗震设计规范 GB 50011-2010（2016年版）
- [16] 石油化工钢制设备抗震设计规范 GB 50761-2012
- [17] 衬里钢壳设计技术规定 HG/T 20678-2000
- [18] 石油化工钢制压力容器 SH/T3074
- [19] 压力容器用爆炸焊接复合板 第一部分：不锈钢—钢复合钢板 NB/T 47002.1-2009
- [20] 塔式容器 NB/T 47041
- [21] 固定式压力容器安全技术监察规程 TSG 21-2016

中华人民共和国化工行业标准

钢制化工容器设计基础规范

HG /T20580— 20XX

条文说明

目 次

修订说明.....	33
1 总 则.....	34
2 术语和符号.....	34
3 基本规定.....	36
4 设计压力的确定.....	36
5 设计温度的确定.....	37
6 设计载荷.....	37
7 厚度附加量.....	37
8 设计寿命.....	38
9 最小厚度.....	38
10 许用应力.....	38
附录	38

修订说明

《钢制化工容器设计基础规定》（HG/T20580—20XX），经工业和信息化部XXXX年XX月XX日以第XX号公告批准发布。

本规范是在《钢制化工容器设计基础规定》（HG/T20580—2011）的基础上修订而成，上一版的主编单位是中国石化集团宁波工程有限公司，主要起草人员是郭益德、赵斌义、阮黎祥、丁伯民、秦叔经、王非、陈朝晖、陈泽溥、杨振奎、叶国平、徐才福。

本规范修订过程中，编制组进行了调查研究，总结了我国工程建设化工设备设计、使用过程中的实践经验，同时参考了国外先进标准。

为便于广大设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《钢制化工容器设计基础规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

本规范历次版本发布情况为：

——HG/T 20580—2011

——HG 20580—1998（2004）

——HG 20580—1998

——HGJ 14—1989

1 总 则

1.0.1~1.0.3 总则部分为本次修订新增内容，主要明确了制定本规范的目的、适用范围和执行相关标准规范的要求。本规范是在《压力容器》GB/T150 的基础上，结合工程设计的实际，对钢制化工容器的设计基础内容作出补充和规定。在具体工程设计时，设计者还应根据具体工程的特点和要求作出补充规定。

2 术语和符号

本章对原 2011 版的内容按《工程建设标准编制指南》的编写格式重新安排、补充，取消了部分本规范中未引用的术语，使相关的术语在文字表述上尽可能准确、规范、统一和严谨。新增符号一节。

2.1.2 固定式压力容器

我国《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG21-2016 规定，对于为了某一特定用途、仅在装置或场区内部搬动、使用的压力容器，以及可移动式空气压缩机的储气罐等按照固定式压力容器进行监督管理。

2.1.4 外压力容器

(1) 典型的外压力容器有：真空容器、液下容器、埋地容器等。

(2) 在工程设计中，常见的夹套容器，如壳体的大部分被相邻压力腔包围的夹套容器，通常也可看作是外压力容器，但它并非严格意义上的外压力容器，因此在设计时，仅对承受外压的部分元件进行稳定性校核。

2.1.7 受压元件

是指保存、封闭压力介质的容器壳体元件和其他密闭元件、开孔补强圈、外压加强圈等。

2.1.8 非受压元件

通常是承载（非压力载荷）元件，如支座（或吊耳）及其垫板、保温圈、塔盘支持圈等。

2.1.11 工作压力

(1) 工作压力有时亦称操作压力。

(2) 本条中的“正常工作情况”是指在连续正常操作的生产过程中，该容器能够在其规定的设计条件（环境、物料、温度、压力等）范围内正常、安全运行的状态。

2.1.13 计算压力

对于由两个或两个以上压力室组成的容器（如带夹套的容器、带有中间封头的多腔塔式容器等），在确定计算压力时，应考虑相邻室之间的最大压力差。

2.1.14 最高允许工作压力

(1) 最高允许工作压力的作用是设定容器超压限度的起始压力，充分利用容器的圆整厚度，尽量拉大工作压力与安全阀或爆破片泄放压力的压力差，使压力容器的工作更为平稳。

(2) 本条中指定的相应温度，一般是指某一操作工况条件时的设计温度，也可以是根据需要规定的其他温度，如最低设计金属温度时所对应的最高允许工作压力。

(3) 承受外压的压力容器，最高允许工作压力系指在指定的相应温度下，容器所能承受的最大内外压差。

2.1.18 试验压力

(1) 试验压力的确定按《压力容器》GB/T150 的规定。

(2) 按照《压力容器》GB/T150 的规定，耐压试验值超过 GB/T150 所规定的最低值时，应对容器各受压元件进行耐压试验前的应力校核，所取的壁厚应是有效厚度；必要时，对于液压试验所取的压力应计入液柱静压力。

(3) 压力试验的主要目的：

- a) 考核容器的整体强度、刚度；
- b) 考核容器的建造质量、元件的强度和稳定性；
- c) 检查焊接接头和法兰连接面的密封性；
- d) 降低焊接残余应力、局部不连续的峰值应力；
- e) 对微裂纹产生闭合效应，钝化微裂纹尖端。

2.1.19 工作温度

(1) 工作温度有时亦称操作温度。

(2) 在国内外压力容器行业的技术文件中，“工作温度”均指物料的温度。

(3) 一台容器内不同部位的物料温度可能不同，必要时应分别指出各部位工作温度。

2.1.20 金属温度

(1) 本条中管壳式换热器的金属温度是指管板计算时的金属温度（壁温）。

(2) 容器元件的金属温度可按以下方法确定：

- a) 通过传热计算确定；
- b) 在已使用的同类容器上测定；
- c) 按内部介质温度确定（当元件金属温度接近介质温度时）；
- d) 必要时，尚应考虑环境温度的影响。

2.1.21 设计温度

(1) 设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

(2) 容器各部位在正常工作状态下的金属温度不同时，可分别设定每部分的设计温度。

2.1.22 最低设计金属温度

(1) 本条中“各种可能条件”不但包括正常工作情况，还应考虑可能出现的最低工作温度、工作中的不正常、自动制冷、大气环境温度以及其他制冷因素。

(2) 最低设计金属温度是设计选材依据之一，材料的选用除应满足容器各设计工况条件下的使用要求外，还应确保在最低设计金属温度下对材料及其焊接接头的冲击吸收能量的要求。

2.1.23 试验温度

(1) 在工程实际中，试验温度通常取试验介质的温度。

(2) 为确保容器在耐压试验或泄漏试验时不致发生低应力脆性断裂，试验时的容器壳体金属温度应保持在某一规定温度之上。见《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21 的规定。

(3) 按质检特函〔2016〕46 号规定常见压力容器器壁金属无延性转变温度可参考《〈压力容器〉标准释义》GB/T150.4 中 11.4.9 附表选取，未列出的金属无延性转变温度可参考相关金属材料手册。

2.1.24 环境温度

(1) 在《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21、《压力容器》GB/T 150、《钢制球形储罐》GB/T 12337、《塔式容器》NB/T 47041 标准中，其环境温度取为“历年来月平均最低气温的最低值”；

(2) 在《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341 标准中，其环境温度取为“日平均最低气温”。

2.1.26~2.1.31

(1) 计算厚度是保证容器强度、刚度或稳定性所必须的元件厚度。

(2) 设计厚度是在确保容器强度、刚度或稳定性要求的同时，保证预期的设计寿命的厚度。

(3) 最小成形厚度可以是【设计厚度】至【有效厚度加腐蚀裕量】之间的范围内任意数值，根据元件的实际情况由设计者确定。

(4) 钢材厚度是确定容器制造技术要求（如热处理、无损检测）的厚度。

(5) 各项厚度之间的关系示意图放入第 3 章。

2.1.32 容积

对于容器或容器腔（室），容积是指在其对外连接的第一个密封面或第一道焊缝坡口面范围内的内部体积，且应扣除不可拆内件的体积。但对于管壳式换热器，壳程的容积应当扣除换热器管束的体积，管程的容积应为管箱空间容积与所有换热管内容积之和。

2.1.33~2.1.38

(1) 增加了“设计基本地震加速度”、“地面粗糙度”的术语。

(2) 在进行压力容器（如塔式容器、球形容器、卧式容器等）的风载荷、地震载荷等计算时，“基本风压”、“基本雪压”、“抗震设防烈度”、“设计基本地震加速度”、“场地”、“地面粗糙度”、是必不可少的设计基础数据。为此本规范引用了《建筑抗震设计规范》GB50011 和《建筑结构荷载规范》GB50009 中以上专有名词术语。

2.1.39~2.1.40 新增“抗震设计”、“抗震构造措施”术语，引用于《石油化工钢制设备抗震设计规范》GB50761。

3 基本规定

本章为新增内容，主要规定了压力容器设计过程中风险识别、抗震设计、管口外载荷、塔式容器塔顶挠度控制、最高允许工作压力的确定。同时将原标准中的基本风压计算公式、各项厚度之间的关系图移至本章。

3.0.2 本条内容引自《石油化工钢制设备抗震设计规范》GB50761。

3.0.6 本条中的“各种可能工况”不但包括正常工作情况，还应考虑安装工况（裸塔工况）、检修工况（空塔工况）、低负荷工作工况以及极端天气（台风）等工况。

3.0.8 调整各项厚度之间相互关系图的表达形式；相互关系图中增加“最小成形厚度”。

4 设计压力的确定

4.0.1

4. 新增条款。内容引自《塔式容器》NB/T 47041。

5 设计温度的确定

本章增加了外压容器设计温度上限值、螺栓设计温度的确定原则，裙座设计温度的确定原则修改为表格形式表达，取消了立式圆筒形储罐设计温度的确定原则。

5.0.1

4 本条参考了 ASME VIII-1 UG 20 的内容。

5.0.2

5 (1) 由于塔式容器的裙座直接与作为受压元件的塔体焊成一体，因此，裙座的设计温度不仅要考虑环境温度的影响，而且还应注意塔器操作温度（尤其是高温或低温塔器）的影响，否则会因为设计温度确定不当，造成选材不合理。

(2) 塔式容器裙座设置过渡段的条件见《石油化工塔器设计规范》SH/T3098 的规定。

5.0.4 本条内容参考 ASME B31.3 中 301.3 的部分内容。

6 设计载荷

本章增加了考虑构架上设备的地震放大作用、竖向地震作用，将载荷组合中压力试验分为车间试验和现场试验两种情况。本规范尚未考虑爆炸、水锤、覆冰载荷，设计者可以根据实际情况适当考虑这些载荷。

6.0.1

4 3) ~4) 此两条部分内容引自《石油化工钢制设备抗震设计规范》GB50761。

6.0.2

表 6.0.2

(1) 对压力试验时的载荷组合分为车间试验和现场试验两种情况，参照 EN13445-3。车间试验是指容器装配完成后的首次耐压试验，此工况耐压试验校核各受压元件强度时不考虑腐蚀裕量；现场试验是指现场组装容器的首次耐压试验或在役容器的耐压试验。

(2) 车间试验工况中的液柱静压力指设备直径较大时，液压试验时考虑容器直径方向的液柱静压力。

7 厚度附加量

本章增加了多层圆筒考虑厚度负偏差的原则，增加了裙座基础环板考虑腐蚀裕量的要求，明确内件的腐蚀裕量是单面侧的数值，取消了换热管不考虑负偏差的要求。

7.3.1 压力容器的腐蚀有多种形式，如化学侵蚀、冲蚀、磨蚀、高温氧化、大气环境的锈蚀等。

7.3.2

(1) 表 7.3.2-1 取自《石油化工钢制压力容器》SH/T3074。

(2) 表 7.3.2-2 是参考了日本《压力容器（基础标准）》JIS B8270 的说明，给出了筒体、封

头的腐蚀速率与腐蚀裕量对照表。

8 设计寿命

根据《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG21 的规定，在设计总图上应注明压力容器的设计寿命。本规范规定了确定容器设计寿命时应考虑的因素，同时给出压力容器设计寿命的推荐值。设计者尚应根据设计容器的实际情况，给出合理的设计寿命预期值。压力容器设计寿命并不等于实际使用寿命，它仅仅是设计者根据容器预期的使用条件而给出的估计。

8.0.3 新增条款。在实际生产过程中，由于操作条件经常发生变化，使得压力容器的腐蚀情况也会随之变化，因此使用者需要根据压力容器的实际服役情况重新确定新的使用寿命。

8.0.4 本规范中推荐的容器设计寿命主要是根据容器造价和重要性给出的推荐值。

9 最小厚度

本章增加了多层包扎容器内筒板、层板的最小厚度的规定；增加了换热器折流板、支持板最小厚度的要求。

9.0.1

4 本条文参考 ASMEⅧ-1 ULW-16。

10 许用应力

本章增加了钢材许用剪切应力的确定原则；对接管、补强元件的焊接接头的许用应力取值进行补充。

10.0.6 本条文引自 ASMEⅧ-1 和《压力容器基础标准》JIS B8270 的相关内容。

10.0.7 本条文引自 ASMEⅧ-1 和《压力容器开孔补强》JIS B8272 的相关内容。

附录

- (1) 取消原附图 1《全国基本风压分布图》和原附图 2《全国基本雪压分布图》。
- (2) 附录 A《常用钢材厚度负偏差》中的数据是本规范所指定年号版本中的数据。
- (3) 附录 B《平台、直梯及塔盘的质量估算表》引自《石油化工塔器设计规范》SH/T3098。
- (4) 附录 C《常用填料堆积密度》中的数据摘自《碳钢矩鞍环填料》HG/T 21554.1-1995、《不锈钢矩鞍环填料》HG/T 21554.2-1995、《碳钢鲍尔环填料》HG/T 21556.1-1995、《不锈钢鲍尔环填料》HG/T 21556.2-1995、《碳钢阶梯环填料》HG/T 21557.1-1995、《不锈钢阶梯环填料》HG/T 21557.2-1995 和《不锈钢网孔板波纹填料工程技术规范》HG/T 21559.1-2013。
- (5) 新增附录 E《金属材料的高温氧化速率》取自 API RP581-2016 表 2.B.9.2.M~表 2.B.9.3.M。
- (6) 新增附录 F《塔顶挠度控制值》引自《石油化工塔器设计规范》SH/T3098。
- (7) 新增附录 G《压力容器的失效模式》参考 ISO 16528-1-2007 第 6 章和附录 A。