



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3098—2011

代替 SH 3098—2000

石油化工塔器设计规范

Specification for design of column in petrochemical engineering



2011-05-18 发布

2011-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 设计基础	2
4.1 设计压力	2
4.2 设计温度	3
4.3 设计载荷	4
4.4 厚度附加量	4
4.5 最小厚度	5
4.6 许用应力	6
5 材料	6
5.1 选材的一般原则	6
5.2 受压元件	6
5.3 非受压元件	6
5.4 裙座	7
5.5 地脚螺栓	7
5.6 焊接材料	8
6 设计计算	8
6.1 塔的强度和稳定计算	8
6.2 塔的风载荷、地震载荷计算	8
6.3 塔的法兰当量设计压力计算	9
6.4 塔盘板和支承梁的强度计算	9
6.5 填料栅板和支承梁的强度计算	9
6.6 塔壳的局部应力	12
7 结构设计	12
7.1 塔的主要元件和名称	12
7.2 塔体	13
7.3 裙座和地脚螺栓座	13
7.4 人孔和手孔	24
7.5 接管	26
7.6 开孔补强结构	29
7.7 塔盘	29
7.8 填料、填料支承件和限位器	29
7.9 塔釜隔板	30
7.10 缓冲挡板	32
7.11 防涡流挡板	33
7.12 气体出口挡板和丝网除沫器	35

7.13	内部梯子	35
7.14	保温(保冷)支持圈	35
7.15	裙座的防火层	40
7.16	塔顶吊柱	41
7.17	吊耳	41
7.18	静电接地板	41
7.19	塔的平台和梯子	41
7.20	铭牌和铭牌座	41
8	制造、检验和验收	42
8.1	一般规定	42
8.2	外形尺寸偏差	42
8.3	塔体安装垂直度	43
8.4	塔盘的位置和尺寸偏差	43
8.5	填料支持圈安装平面度	44
8.6	无损检测	44
8.7	焊后消除应力热处理	44
8.8	分段、分片现场组焊的塔器	44
附录 A	(规范性附录) 常用钢材厚度负偏差	46
附录 B	(资料性附录) 平台、直梯及塔盘的质量估算	48
附录 C	(资料性附录) 常用填料堆积密度	49
附录 D	(资料性附录) 塔顶挠度控制值	51
附录 E	(资料性附录) 填料支持圈和支持块	52
附录 F	(资料性附录) 塔式容器由于横风向共振失效的防范措施	53
	用词说明	54
	附: 条文说明	55

SH/T 3098 - 2011《石油化工塔器设计规范》勘误表

页	行、条文号	误	正
1	倒 10 行	固定式压力容器	压力容器
2	15 行	石油化工塔盘设计规范	石油化工塔盘
5	表 4 a 条文	a 蚀裕量……	a 腐蚀裕量……
6	4.6.2 a)	……按本规范 5.4.3 和 5.4.4 条的规定。	……按 GB150 的规定选取。
17	表 13 H_1 公式	$H_1 = H - h + 0.5d_0 + 0.5$	$H_1 = H - h + 0.5d_0 + 50$
	表 13 H_2 公式	$H_2 = Z + \delta_{si} + 0.5d_0 + 0.5$	$H_2 = Z + \delta_{si} + 0.5d_0 + 50$
21	表 18 最后两行	W=600	W 均应等于 500
35	图 30 左图	根扁钢均布	3 根扁钢均布
36	表 29	塔顶保温（保冷）支持圈（I 型）	塔体保温（保冷）支持圈（I 型）
44	表 35	>600~4000	>1600~4000
53	F.2.3 条	……JB4708……	……NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》……
62	5 行	6.2.10b)	6.2.12b)

编制：郭益德 2011.11.30

前 言

根据国家发展和改革委员会办公厅《2006 年行业标准项目计划》(发改办工业[2006]1093 号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订本规范。

本规范共分 8 章和 6 个附录。

本规范的主要技术内容是:塔器的设计基础、选材原则、设计计算、结构设计及其设计对制造、检验和验收的要求。

本规范是在 SH 3098—2000《石油化工塔器设计规范》的基础上修订而成,修订的主要技术内容是:

- 按照 JB/T 4710—2005《钢制塔式容器》,对本规范进行相应补充和修订;
- 对原“设计基础”、“材料”、“设计计算”三章的内容作了补充和修改;
- 增加了厚壁塔器的裙座与球形封头的连接结构;
- 对裙座上部的排气管(孔)位置和结构作了修改;
- 对裙座相关表格内的数据作了补充和修改;
- 对原裙座地脚螺栓座的结构图和表格内的符号作了修正;
- 补充了接管和管法兰的设计内容;
- 增加填料格栅和填料支承梁的强度计算;
- 增加填料支承梁与塔壳体的连接结构简图;
- 增加防涡流挡板的结构类型;
- 增加静电接地板、塔平台和梯子、铭牌和铭牌座的内容;
- 对原第 6 章“制造、检验及验收”内容作了相应的补充;
- 对原附录的内容作了相应的变化。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理,由中国石油化工集团公司设备设计技术中心站负责日常管理,由中国石化集团宁波工程有限公司负责解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送日常管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位:中国石油化工集团公司设备设计技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

电 话:010-84877587

传 真:010-84878856

本规范主编单位:中国石化集团宁波工程有限公司

通讯地址:浙江省宁波市高新区院士路660号

邮政编码:315103

本规范主要起草人员:赵斌义 郭益德 张 耀

本规范主要审查人员:张迎恺 周家祥 段 瑞 仇恩沧 苟家福 栗根喜 林 衡 杨盛启
谢 东 勾士文 张国信 胡庆均 韩玉梅 何智灵 杨一凡 薛玉生
陈奎显

本规范 2000 年首次发布,本次为第 1 次修订。

石油化工塔器设计规范

1 范围

本规范规定了石油化工钢制塔式容器（以下简称塔器）的选材、设计以及设计对制造、检验和验收等方面的要求。

本规范适用于设计压力不大于 35MPa，高度大于 10m、且高度与直径之比大于 5 的以裙座自支承的塔器的设计。

注：塔器直径系指塔的公称直径，对不等直径的塔器取其加权平均值，见式（1）。

$$D = D_1 \frac{h_1}{H} + D_2 \frac{h_2}{H} + \cdots + D_i \frac{h_i}{H} \quad \cdots \cdots (1)$$

式中：

D —— 塔体直径；

H —— 塔器高度；

$D_1, D_2, \cdots, D_i$ —— 各段塔体公称直径；

$h_1, h_2, \cdots, h_i$ —— 各段塔体高度。

本规范不适用于以下塔器的设计：

- a) 带有拉牵装置的塔器；
- b) 非金属衬里的塔器；
- c) 由操作平台联成一体的排塔和塔群；
- d) 带夹套的塔器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版适用于本规范。

GB 150 固定式压力容器

GB 713—2008 锅炉和压力容器用钢板

GB 3531—2008 低温压力容器用低合金钢钢板

GB 24511—2009 承压设备用不锈钢钢板和钢带

GB 6479—2000 高压化肥设备用无缝钢管

GB/T 8163—2008 输送流体用无缝钢管

GB/T 8165—2008 不锈钢复合钢板和钢带

GB 9948—2006 石油裂化用无缝钢管

GB/T 14976—2002 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50011 建筑抗震设计规范
 GB 50017 钢结构设计规范
 GB 50160—2008 石油化工企业设计防火规范
 HG/T 21512—1995 梁型气体喷射式填料支承板
 HG/T 21574 化工设备吊耳及工程技术要求
 HG/T 21618—1998 丝网除沫器
 HG/T 21639 塔顶吊柱
 JB/T 4710 钢制塔式容器
 JB 4732 钢制压力容器——分析设计标准
 NB/T 47015—2011 压力容器焊接规程
 NB/T 47018—2011 承压设备用焊接材料订货技术条件
 NB/T 47002.1—2009 压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分
 SH/T 3074 石油化工钢制压力容器
 SH/T 3075 石油化工钢制压力容器材料选用规范
 SH/T 3088 石油化工塔盘设计规范
 SH/T 3096 加工高硫原油重点装置主要设备设计选材导则
 SH/T 3515 大型设备吊装工程施工工艺标准
 SH/T 3524 石油化工静设备现场组焊技术规程
 SH/T 3525 石油化工低温钢焊接规程
 SH/T 3526 石油化工异种钢焊接规程
 SH/T 3527 石油化工不锈钢复合钢焊接规程
 TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

GB 150和JB/T 4710界定的术语和定义适用于本规范。

4 设计基础

4.1 设计压力

4.1.1 工艺系统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4.1.2条和4.1.3条的规定。

4.1.2 设计压力的确定原则应符合表1的规定。

表1 确定设计压力的原则

类 型		原 则
内 压 容 器	无安全泄放装置	取1.0倍~1.1倍工作压力
	装有安全阀	不低于(等于或稍大于)安全阀的开启压力(安全阀开启压力取1.05倍~1.10倍工作压力)

表 1 (续) 确定设计压力的原则

类 型	原 则
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	不低于安全阀的开启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	取 1.0 倍~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	不低于下面三者中最大值: (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	取 1.0 倍~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
工作压力小于 0.1MPa 的内压塔器	不低于 0.1MPa
真空塔器	设计压力的取值为 0.1MPa

4.1.5 有两个或两个以上压力室组成的塔器 (如双叠塔、复型塔等) 应根据各自的工作压力确定各压力室的设计压力, 并应考虑各室相互之间的最大压差。

4.2 设计温度

4.2.1 工艺系统或工程设计文件对塔器的设计温度有专门规定时, 其设计温度应按规定确定。

4.2.2 塔器 (不包括裙座) 的设计温度系指塔器在正常工作情况下设定的元件的金属温度; 当元件的金属温度无法用传热计算或实测确定时, 设计温度应按以下规定选取:

- a) 塔器内壁与工作介质直接接触且有外保温 (或保冷) 层时, 设计温度可按内部介质温度确定, 见表 2。

表 2 塔器设计温度

单位: $^{\circ}\text{C}$

最高或最低工作温度 t_0	设计温度 t
$t_0 \leq -20$	介质正常工作温度减 0~10 或取最低工作温度
$-20 < t_0 \leq 15$	介质正常工作温度减 5~10 或取最低工作温度
$15 < t_0 \leq 350$	介质正常工作温度加 15~30 或取最高工作温度
$t_0 > 350$	$t = t_0 + (15 \sim 5)$

- b) 当塔器各段的工作温度不同且相差较大时, 各段可取不同的设计温度; 此时塔器的整体设计温度取其最苛刻的温度;

- c) 对具有不同工况的塔器, 应按最苛刻的工况设计, 并在设计图样中注明各工况下的设计压力 and 设计温度;

- d) 当塔器元件(筒体或封头等)两侧与不同温度的介质直接接触时,应以较高一侧的工作温度为基准确定设计温度。

4.2.3 裙座壳体的设计温度可按表 3 确定。

表 3 裙座壳体的设计温度

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
$-20^{\circ}\text{C} < T$ 或 $T \leq 200^{\circ}\text{C}$	$200^{\circ}\text{C} < T \leq 340^{\circ}\text{C}$	设计温度应考虑建塔地区环境温度的影响	设计温度取塔（或塔釜）的设计温度
设计温度应考虑建塔地区环境温度的影响	设计温度取塔（或塔釜）的设计温度		
注 1：环境温度取塔所在地区月平均最低气温的最低值。 注 2：T 为塔器（或塔釜）的设计温度。			

4.2.4 地脚螺栓的设计温度应考虑建塔地区环境温度的影响。

4.3 设计载荷

设计载荷应包括以下内容:

- a) 内压或外压;
- b) 液柱静压力;
- c) 塔式容器自重(包括内件和填料等)以及正常操作时、试验时内装物料的载荷;
- d) 附属设备及隔热材料、衬里、管道、扶梯、平台等的重力载荷;
- e) 风载荷和地震载荷。

需要时,还应考虑下列载荷:

- a) 连接管道和其他部件引起的作用力;
- b) 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力;
- c) 包括压力急剧波动的冲击载荷;
- d) 冲击反力,如由流体冲击引起的反力等;
- e) 吊装时的作用力。

4.4 厚度附加量

4.4.1 厚度附加量应按式(2)确定:

$$C=C_1+C_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

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。

4.4.2 钢板和钢管厚度负偏差 C_1 应按有关钢材标准的规定。常用钢材的厚度负偏差见附录 A。

4.4.3 腐蚀裕量 C_2 的确定原则:

- a) 当实际工程设计中另有规定或已有实际使用经验时,可根据具体的工程规定或经验确定腐蚀裕量 C_2 ;
- b) 对于均匀腐蚀,当有可靠数据时,塔器的腐蚀裕量应根据塔预期的设计寿命及金属材料的腐蚀速率确定,见式(3);设计寿命系指在预定的腐蚀裕量情况下,容器预期达到的使用寿命,一般应在图样中注明;

$$C_2=N_F d_{C2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

N_F ——预期设计寿命, a。对于一般精馏塔类, 不超过 20a; 对于厚壁的或重要的塔式容器 (如厚壁加氢反应器、变换炉等), 不超过 30a;

d_{c2} ——年腐蚀速率, mm/a;

c) 筒体和封头的腐蚀裕量 C_2 见表 4;

表 4 筒体和封头腐蚀裕量 C_2

单位: mm

炼 油 类	腐 蚀 速 率 ^b mm/a	≤0.1	>0.1~0.2	>0.2~0.3	
	C ₂	2	4	6 ^a	
石 油 化 工 类	腐 蚀 程 度	极轻微腐蚀	轻微腐蚀	中度腐蚀	重腐蚀
	腐 蚀 速 率 ^b mm/a	<0.05	0.05~0.13	>0.13~0.25	>0.25
	C ₂	0~1 ^c	>1~3	>3~5	6 ^a

^a 蚀裕量如果超过 6mm, 应采用更耐腐蚀的材料, 如复合钢板、堆焊层或衬里层等。

^b 腐蚀速率可根据工程设计实践或查取有关腐蚀手册确定。

^c 介质为压缩空气、水蒸气或水时, 碳钢或低合金钢的腐蚀裕量不小于 1mm。

d) 其他元件的腐蚀裕量 (C_2) 见表 5 的规定。两侧同时与介质接触的元件, 应根据两侧的工作介质选取相应的腐蚀裕量; 两者叠加作为该元件总的腐蚀裕量。

表 5 其他元件的腐蚀裕量 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		
塔内件 (不包括塔盘板)	不可拆卸或无法从人孔取出的内件	受力	取筒体的腐蚀裕量
		不受力	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	取筒体腐蚀裕量的 1/4
		不受力	腐蚀裕量可取零
裙座筒体	碳钢或低合金钢的裙座筒体不小于 2mm		
地脚螺栓	不小于 3mm		
地脚螺栓座的 基础环、筋板、盖板	除工程设计另有要求外, 一般可不考虑腐蚀裕量		
可拆塔盘板、降液板、 受液盘、填料	除有特殊要求外, 一般不考虑腐蚀裕量		
不同部位的元件	当塔内各部分腐蚀程度不同时, 各部位的元件可取不同的腐蚀裕量		

4.5 最小厚度

4.5.1 塔器壳体加工成形后不包括腐蚀裕量的最小厚度应按下列规定:

- 对碳钢和低合金钢制塔器壳体为 $2D/1000$, 且不小于 3mm;
- 对高合金钢制塔器壳体, 不小于 2mm。

4.5.2 复合钢板复层的最小厚度, 应符合下列要求:

- a) 为保证工作介质干净(不被铁离子污染)而采用的复合钢板,其复层厚度不应小于 2mm;
 - b) 为防止工作介质腐蚀采用的复合钢板,其复层厚度(包括厚度负偏差)不应小于 3mm。
- 4.5.3 塔壳体内表面的不锈钢堆焊层不应小于 3mm。
- 4.5.4 法兰、平盖等元件的不锈钢堆焊层在加工后的面层最小厚度为 2mm。
- 4.6 许用应力
- 4.6.1 受压元件用钢(包括钢板、钢管、锻件等)和螺栓材料在不同温度下的许用应力应按 GB 150 的规定选取。设计温度低于 20℃时,取 20℃时的许用应力。
- 4.6.2 非受压元件材料的许用应力应符合以下规定:
- a) 裙座壳体及其过渡段材料的许用应力按本规范 5.4.3 和 5.4.4 条的规定;
 - b) 裙座的地脚螺栓座(含基础环、盖板及筋板)的许用应力,对于碳素钢为 147MPa,低合金钢为 170MPa;
 - c) 地脚螺栓的许用应力 $[\sigma]_{bt}$ 应符合以下规定:
 - 1) 碳钢 Q235 取 147MPa,低合金钢 Q345 取 170MPa;
 - 2) 其他牌号钢材的许用应力可用安全系数(碳钢 $n_s \geq 1.6$, 低合金钢 $n_s \geq 2.0$)计算得出;
 - d) 塔盘板及其支承件在设计温度下的许用应力,可按 GB 150 的规定选取;
 - e) 塔的其他钢构件的许用应力,可根据相应的设计温度参照 GB 150 的规定选取。
- 4.6.3 对于用不锈钢复合钢板(或堆焊层)制造的塔式容器,在设计计算时,一般不计入复层材料的强度,其基层材料的许用应力按 GB 150 的规定。

5 材料

5.1 选材的一般原则

- 5.1.1 塔器用钢应考虑容器的操作条件、材料的焊接性能、冷热加工性能、热处理以及容器的结构等。
- 5.1.2 在满足 5.1.1 条的前提下,尚应考虑选材的经济合理性。一般情况下应符合下列规定:
- a) 所需钢板名义厚度小于 8mm 时,宜选用碳钢板,如 Q235B、Q235C、Q245R 等;
 - b) 当以刚度或结构设计为主时,宜选用碳素钢板;
 - c) 当以强度设计为主时,应根据设计压力、设计温度、介质等使用特性,依次选用 Q235C、Q245R、Q345R 等钢板;
 - d) 当所需不锈钢壳体厚度大于 12mm 时,宜采用复合、堆焊或衬里等结构形式;
 - e) 不锈钢可作为介质腐蚀性较强、防止铁离子污染用钢,以及设计温度大于 500℃的耐热用钢或低于 -100℃的低温用钢;
 - f) 不锈钢不宜用作设计温度低于或等于 500℃的耐热用钢;
 - g) 铬钼低合金钢可作为设计温度 450℃~550℃的耐热钢或大于 200℃的抗氢用钢。

5.2 受压元件

- 5.2.1 受压元件用钢应符合 GB 150、JB 4732 和 TSG R0004 的相关规定。
- 5.2.2 受压元件选材的细则应按 SH/T 3075 的规定。
- 5.2.3 对于高硫原油装置的主要受压元件选材,应符合 SH/T 3096 的规定。

5.3 非受压元件

- 5.3.1 非受压元件用钢应是列入材料标准的钢材或纳入 GB 50017 的钢材。
- 5.3.2 与塔的受压元件相焊的非受压元件用钢,除能满足操作条件(物料、载荷等)要求外,应是可焊性能良好且不会导致改变受压元件性能的钢材;设置连接垫板(或加强板)时,垫板材料宜与塔体材料相同或相近。
- 5.3.3 塔内件连接用的紧固件,除另有规定外,其材料不应低于 0Cr13。

5.4 裙座

5.4.1 裙座选材应考虑以下因素:

- 建塔地区环境温度;
- 塔器的设计温度;
- 裙座与塔体(受压元件)相焊后,对受压元件材料性能的影响,即裙座壳体材料与塔体相焊应具有良好的焊接性能;
- 安全可靠、经济合理。

5.4.2 除工程设计文件另有规定外,常用裙座壳体材料(不包括过渡段)见表6。

表6 裙座壳体用钢			
裙座设计温度 t_s	钢 号		说 明
$t_s \geq 0^\circ\text{C}$	Q235B、Q235C、Q245R 或 Q345R		
$-20^\circ\text{C} \leq t_s < 0^\circ\text{C}$	Q245R、Q345R		
$t_s < -20^\circ\text{C}$	Q245R、Q345R		低温冲击试验,三个标准冲击试样的冲击功平均值 $KV_2 \geq 27\text{J}$

5.4.3 裙座过渡段的材料应与塔体(或塔下封头)材料相同。

5.4.4 裙座过渡段的设计应满足以下要求:

- 在满足以下条件之一时,应采用有过渡段的裙座(见图1):
 - 塔(或塔釜)的设计温度高于 350°C 或低于等于 -20°C ;
 - 裙座壳体与塔体相焊,可能影响塔体(封头)材料性能(如塔釜封头材料为低温钢、铬钼钢或不锈钢等)。

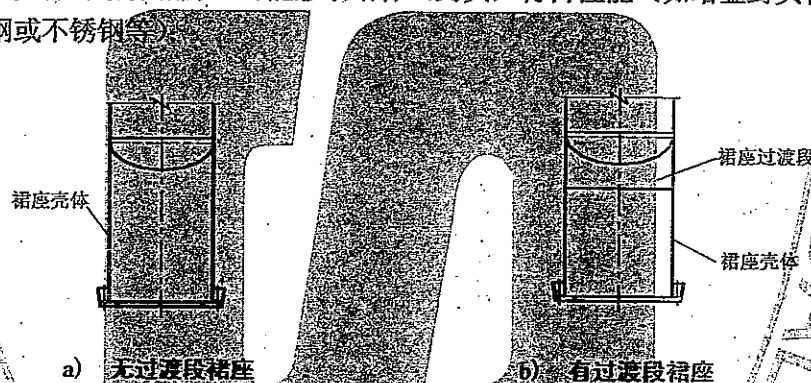


图1 裙座结构示意图

- 裙座过渡段的材料应与塔体(或塔下封头)材料相同;
- 过渡段的设计温度和许用应力应与塔体(或塔下封头)相同;
- 过渡段的长度不应小于 300mm;但当塔(或塔釜)设计温度等于或低于 -20°C 、高于 340°C 时,过渡段长度应是外保温厚度的 4 倍~6 倍,且不小于 500mm;
- 当塔釜设计温度在 $200^\circ\text{C} \sim 340^\circ\text{C}$ 范围内时,设计者可根据技术经济等因素确定是否设过渡段。

5.4.5 裙座壳体上开孔补强元件(如通道管、检查孔等)的材料宜与裙座材料相同或相近。

5.5 地脚螺栓

5.5.1 确定地脚螺栓材料时,应考虑建塔地区环境温度的影响。

5.5.2 地脚螺栓材料可按表7的规定选取。

表 7 地脚螺栓材料

地脚螺栓设计温度, °C	地脚螺栓材料
> -20	Q235B, Q235C
≤ -20	Q345D, Q345E

5.6 焊接材料

塔器焊接材料应符合 NB/T 47015、NB/T 47018、SH/T 3075、SH/T 3525、SH/T 3526 和 SH/T 3527 标准的相应规定。

6 设计计算

6.1 塔的强度和稳定计算

塔的强度及稳定计算应按 JB/T 4710 的规定, 其中各受压元件(包括圆筒、封头、锥壳、开孔补强和法兰等)计算应按 GB 150 相应章节的规定。

6.2 塔的风载荷、地震载荷计算

6.2.1 风载荷和地震载荷的计算应按 JB/T 4710 的规定。

6.2.2 基本风压应根据业主提供的建设场地资料确定, 但不应低于 GB 50009 的规定, 且不小于 300N/m^2 。

注: 全国各城市 50 年一遇(重现期)的基本风压值见 GB 50009 的附录 D。

6.2.3 抗震设防烈度应根据业主提供的建设场地资料确定, 但不应低于 GB 50011 的规定。

注: 我国主要城镇抗震设防烈度、地震加速度和设计地震分组见 GB 50011 的附录 A。

6.2.4 场地土的类型应根据业主提供的建设场地资料确定, 但不应低于 GB 50011 的规定。

6.2.5 在进行塔的自振周期、风载荷和地震载荷计算时, 应将塔体和裙座分成若干计算段。分段原则如下:

- 每个计算段的几何形状没有突变, 不得存在直径和厚度的变化;
- 圆锥形壳体(或中间变径段)宜单独作为一段(或若干段);
- 每一计算段的质量分布没有突变, 如装有填料(或催化剂)的部分应划为一计算段, 对于板式塔的装有塔盘和无塔盘部分, 应分别划分计算段;
- 每一计算段的壳体应是同一种材料。

6.2.6 当计算平台当量宽度 K_4 时, 其平台构件的投影面积 $\sum A$ (即不计空档投影面积)可近似按下式取值:

$$\sum A \approx (0.35 \sim 0.40) \times 2WH \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\sum A$ —— 平台和栏杆构成的投影面积, mm^2 ;

W —— 平台宽度, mm ;

H —— 平台的栏杆高度, mm 。

6.2.7 塔的平台、梯子、塔盘、填料(或催化剂)的载荷可依据设计的实际确定, 也可参照附录 B 和附录 C 给出的数据估算。

6.2.8 塔壳体(含裙座)需进行应力校核的危险截面如下:

- a) 塔裙座基础环板上表面的裙座壳体横截面;
- b) 裙座最大开孔处的壳体截面;
- c) 裙座与塔体焊接接头截面;
- d) 不等直径塔变截面交界处塔壳横截面;
- e) 等直径塔变壁厚交界处塔壳横截面 (即同一厚度段的底部横截面);
- f) 塔的下封头切线所在截面;
- g) 裙座过渡段的底截面。

6.2.9 当塔的壁厚由压力载荷 (内压或外压) 控制, 且为同一设计温度、同一直径、同一材料时, 塔壳 (裙座除外) 可取同一厚度。当考虑液柱静压力时, 应根据不同高度处的计算压力决定采用不同厚度的壳体分段。

6.2.10 对于壁厚是由风载荷或地震载荷控制的塔器 (如细高塔), 由于风载荷或地震载荷引起的弯矩随高度变化, 按等强度及结构设计的合理性考虑, 应将塔壳体厚度自上而下逐段递增, 不同厚度段的划分原则如下:

- a) 从制造和经济合理性等因素考虑, 不同壁厚段不宜超过 5 段 (不包括裙座壳体);
- b) 相邻段的壁厚差不宜过大, 碳钢和低合金钢塔体壁厚差宜为 2mm~4mm; 不锈钢为 2mm;
- c) 同一壁厚段的长度不宜小于 4m, 且宜为钢板标准宽度的整数倍。

6.2.11 对于高径比 $H/D > 15$, 且 $H > 30\text{m}$ 的塔式容器, 应按 JB/T 4710—2005 附录 A 的规定进行塔的横风向共振判别和校核计算。塔由于横风向共振失效的防范措施参见本规范附录 F。

6.2.12 塔顶挠度计算及挠度控制值应符合以下规定:

- a) 塔顶挠度应按 JB/T 4710—2005 的附录 C 计算;
- b) 塔顶挠度控制值应根据工程设计实际需要确定, 也可参照本规范附录 D 的推荐值确定。

6.3 塔的法兰当量设计压力计算

6.3.1 当塔体各段采用法兰连接时, 应同时考虑内压、外力矩和轴向力的作用, 法兰的设计压力 (或标准法兰的公称压力) 应不小于按式 (5) 计算的当量设计压力 p_c 。

$$p_c = \frac{16M}{\pi D_G^3} + \frac{4F}{\pi D_G^2} + p \quad \text{..... (5)}$$

式中:

p_c ——法兰当量设计压力, MPa;

M ——外力矩, 包括法兰连接面处的最大力矩 (即由风载荷或地震载荷、偏心载荷等引起的力矩及管道推力在该连接面处引起的力矩之和), N·mm;

D_G ——垫片压紧力作用中心圆直径 (按 GB 150), mm;

F ——轴向外载荷 (拉力计入), N;

p ——设计内压力, 必要时, 应计入液体静压力, MPa。

6.4 塔盘板和支承梁的强度计算

塔盘板及支承梁的计算应按 SH/T 3088 的规定。

6.5 填料栅板和支承梁的强度计算

6.5.1 填料栅板的计算

在确定填料栅板 (扁钢条) 尺寸时, 应对较长的扁钢条进行强度校核。计算时将扁钢条作为一承受均布载荷的两端简支梁 (见图 2), 且略去填料对塔壁的摩擦阻力, 强度校核如下:

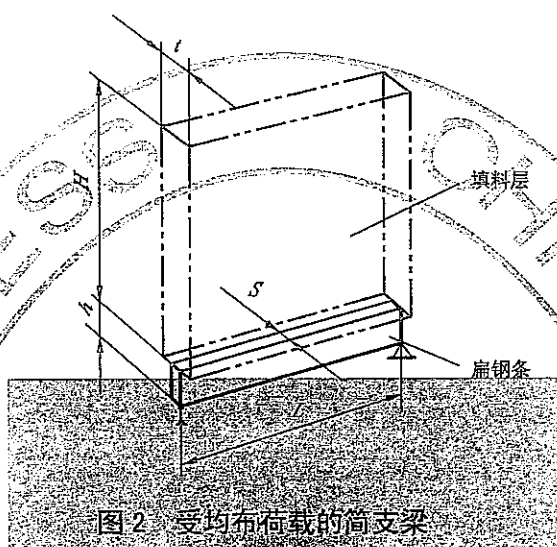


图2 受均布荷载的简支梁

a) 作用在扁钢条上的均布荷载 q :

$$q = \frac{(m_p + m_L) \times 9.81}{L} \quad (6)$$

$$m_L = (FH\gamma_L) \times 10$$

除另有规定外, m_L 可近似按下式计算:

对于散装填料 $m_L = 0.35FH\gamma_L \times 10$

对于波网填料 $m_L = 0.05FH\gamma_L \times 10$

式中:

- q —— 作用在扁钢条上的均布荷载, N/cm;
- m_L —— 填料层静持液质量, kg;
- m_p —— 填料质量, kg;
- H —— 填料高度, m;
- L —— 扁钢条长度, cm;
- t —— 扁钢条间距, cm;
- γ —— 填料的堆积密度, 除另有规定外, 可参照本规范附录C选取, kg/m³;
- γ_L —— 液体密度, kg/m³;

b) 均布荷载的简支梁最大弯矩应为 $M = qL^2/8$, 单位为 N·cm, 但格栅上的负荷分布是不均匀的, 且湿填料重量将有所增加, 因此简支梁最大弯矩取为:

$$M \approx qL^2/6 \quad (7)$$

c) 弯曲应力:

$$\sigma = M/W \quad (8)$$

$$W = \frac{1}{6}(S - C) \times (h - C)^2$$

式中:

- W —— 截面系数, cm³;
- S —— 扁钢厚度, cm;
- C —— 腐蚀裕量, cm;
- h —— 扁钢高度, cm。

故

$$\sigma = \frac{qL^2 \times 10^{-2}}{(s-c) \times (h-c)^2} \dots\dots\dots (9)$$

d) 应力校核:

$$\sigma \leq [\sigma]^t$$

式中:

$[\sigma]^t$ ——格栅板(扁钢条)设计温度下的许用应力, MPa, 按 GB 150 选取。

6.5.2 填料支承梁的计算

当大直径填料塔需设填料支承梁时, 应进行支承梁的强度和稳定性校核。

6.5.2.1 支承梁的强度计算

a) 除工程项目中另有规定外, 填料支承梁的设计载荷应按表 8 的规定。对带有支持圈的填料层, 其填料、格栅和持液质量作用在支承梁的载荷, 应按以下方法折算为梁单位长度上的均布载荷:

- 1) 采用单梁支承时, 按填料、持液和格栅总质量的 65% 确定梁的均布载荷;
- 2) 采用双梁支承时, 按填料、持液和格栅总质量的 45% 确定梁的均布载荷;

表 8 填料支承梁的设计载荷

设计载荷		符 号	单 位
正常操作	填料(或催化剂)质量作用在梁上的均布载荷	q_1	N/m
	填料持液量作用在梁上的均布载荷	q_2	N/m
	填料格栅质量作用在梁上的均布载荷	q_3	N/m
	梁的质量(均布载荷)	q_4	N/m
安装和检修	填料格栅质量作用在梁上的均布载荷	q_5	N/m
	梁的质量(均布载荷)	q_6	N/m
	集中载荷 F : 梁的跨度 $L \leq 2\text{m}$ 时, 在梁的中点处作用 1350N 的载荷; 梁的跨度 $L > 2\text{m}$ 时, 在距梁两端各 1/3 长度处分别作用 1000N 的集中载荷。	$F_1=1350$ $F_2=1000$	N N

b) 填料支承梁的应力和挠度计算应按表 9 的规定;

表 9 填料支承梁的应力和挠度计算

计算项目	正常操作的支承梁	检修或安装的支承梁	
		$L \leq 2\text{m}$	$L > 2\text{m}$
均布载荷 q , N/m	$q_1+q_2+q_3+q_4$	q_5+q_6	q_5+q_6
集中载荷 F , N	—	F_1	F_2
最大弯矩 $M_{\max}$, N·m	$\frac{qL^2}{8}$	$\frac{qL^2}{8} + \frac{F_1L}{4}$	$\frac{qL^2}{8} + \frac{F_2L}{3}$
弯曲应力 σ_M , MPa	$\frac{M_{\max}}{W} \times 10^{-6} \leq [\sigma]^t$	$\frac{M_{\max}}{W} \times 10^{-6} \leq [\sigma]$	

表 9 (续) 填料支承梁的应力和挠度计算

计 算 项 目	正常操作的支承梁	检修或安装的支承梁	
		$L \leq 2\text{m}$	$L > 2\text{m}$
挠度 y , mm	$\frac{5qL^4}{384EJ} \times 10^{-3} \leq [y]$	—	

注 1: 支承梁的应力和挠度计算的基本假设为承受均布载荷和集中载荷的简支梁。

注 2: 表中 $q_1 \sim q_6$ 、 F_1 、 F_2 符号的意义及单位见表 8, 其他见以下说明:

L —— 梁的跨度, m;

W —— 梁的抗弯截面模数 (不包括腐蚀裕量), m^3 ;

$[\sigma]^t$ —— 梁设计温度下许用应力, 可按 GB 150 的规定选取, 或取设计温度下屈服强度的 65%;

$[\sigma]$ —— 梁常温下许用应力, 可按 GB 150 或 GB 50017—2003 的规定选取;

E —— 材料设计温度下的弹性模量, MPa;

$[y]$ —— 梁的允许挠度, 见表 10, mm;

J —— 梁截面轴惯性矩 (不包括腐蚀裕量), m^4 。

c) 支承梁的允许挠度值按表 10 的规定。

表 10 梁的允许挠度

梁的跨度 L m	允许挠度 mm
$L \leq 3$	3
$3 < L \leq 6$	5
$L > 6$	6

6.5.2.2 支承梁的整体稳定性校核

当根据 GB 50017—2003 的 4.2.1 条规定, 需要进行支承梁 (如工字型钢、H 型钢或槽钢等) 的整体稳定性校核时, 应按下式进行计算:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{\phi_b W} \leq [\sigma]^t \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- ϕ_b —— 梁的整体稳定性系数, 查 GB 50017—2003 的附录 B;
- $[\sigma]^t$ —— 设计温度下支承梁的许用应力, 见表 9 的注 2。

6.6 塔壳的局部应力

- 6.6.1 当塔体上作用以下外载荷时, 应进行塔的局部应力计算和校核:
 - a) 连接管道的推力 (力和力矩);
 - b) 塔内外部附件 (如支座、吊耳、管架等) 的作用力。
- 6.6.2 塔的局部应力计算与校核可采用应力分析计算方法。

7 结构设计

7.1 塔的主要元件和名称

塔的主要元件及名称见图 3。

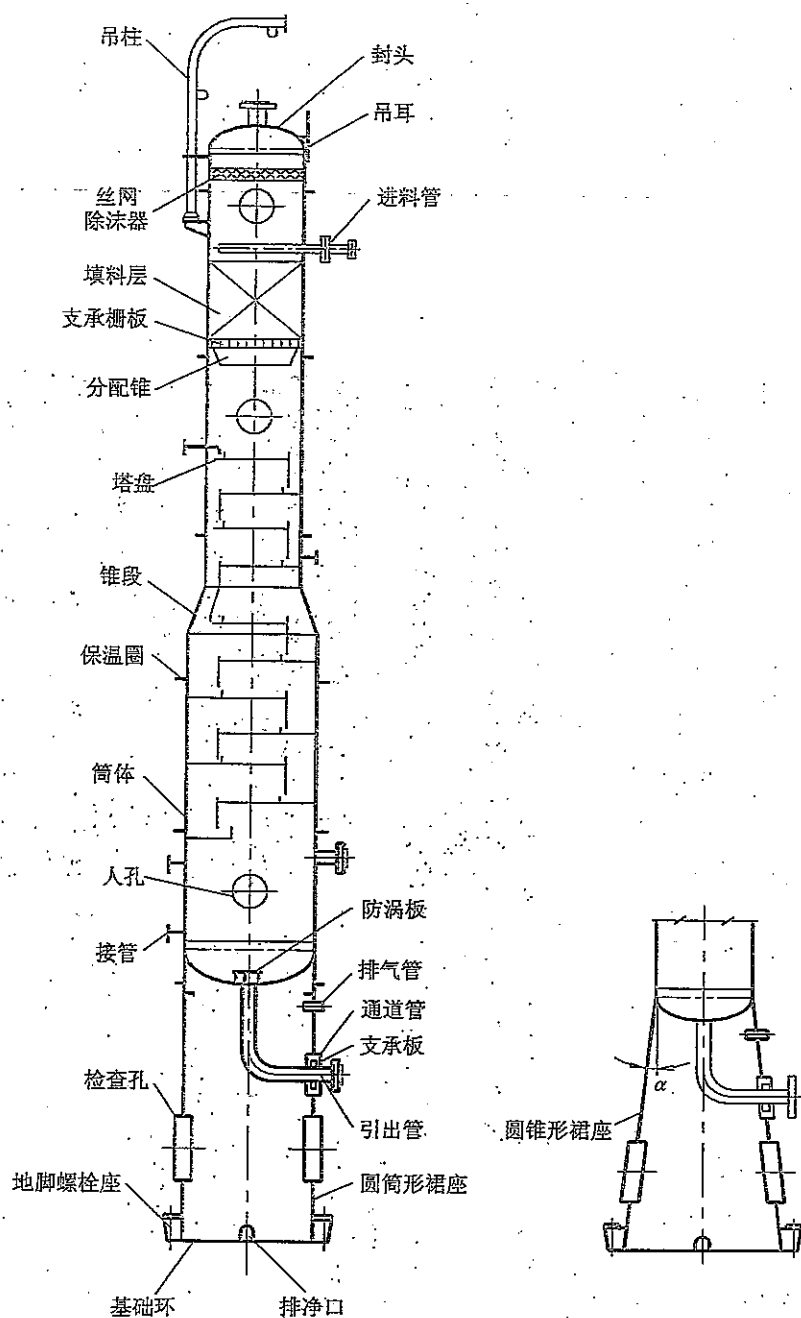


图3 塔的主要元件及名称

7.2 塔体

7.2.1 塔体各受压元件（包括筒体、封头、人孔、接管等）的设计应符合 GB 150 和 SH/T 3074 的规定。

7.2.2 塔壳不同壁厚段划分原则应符合本规范 6.2.9 条的规定。

7.2.3 不等直径塔的锥壳（即变径段）厚度不宜小于与其相连的上下圆筒体的厚度。

7.3 裙座和地脚螺栓座

7.3.1 裙座宜采用圆筒形裙座，符合下列情况之一时，应采用圆锥形裙座：

- a) 地脚螺栓数量较多，采用圆筒型裙座螺栓布置有困难时；

- b) 需增加裙座筒体的截面惯性矩时;
 c) 需降低混凝土基础顶面的压应力时。
- 7.3.2 圆锥形裙座的半锥顶角 α 不宜超过 15° 。
- 7.3.3 裙座与塔体的连接宜采用对接形式, 见图 4。

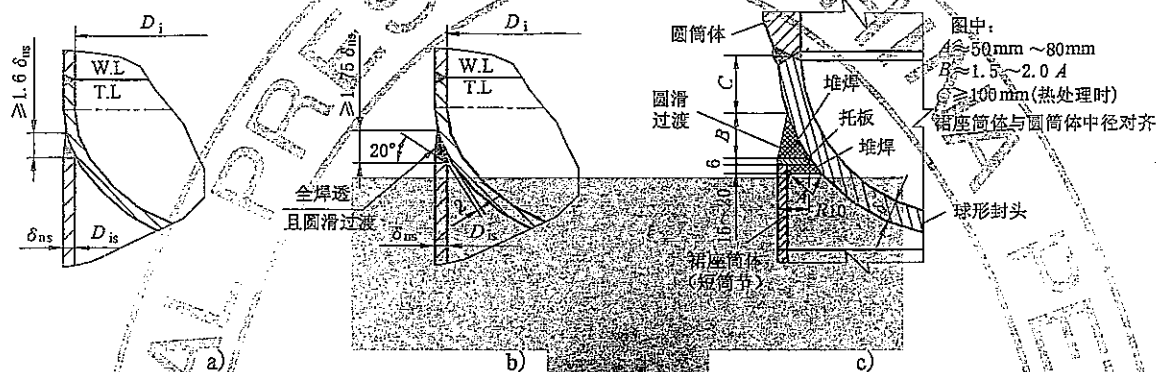


图 4 裙座与塔体的连接形式

7.3.3.1 符合下列场合之一时, 宜采用图 4b) 的焊接接头形式:

- a) $H \geq 30\text{m}$, 且 $H/D > 15$ 的塔器;
 b) 低温操作的塔器, 或塔体材料是 Cr-Mo 钢的塔器;
 c) 裙座与下封头焊缝处可能产生热疲劳的塔器;
 d) 裙座筒体名义厚度 $\delta_{ms} \geq 16\text{mm}$ 。

7.3.3.2 对于厚壁塔器 (如带球形封头的厚壁塔器), 根据需要可采用图 4c) 的焊接接头形式。图中的托板先点焊在裙座筒体和封头上, 待下部堆焊完成后, 将托板修平, 然后再堆焊上部, 要求全焊透, 焊肉饱满、表面光滑平整; 焊接 (堆焊) 接头应进行表面质量检测, 焊后消除应力热处理。

7.3.4 裙座直径应符合 7.3.4.1 和 7.3.4.2 的规定。

7.3.4.1 当裙座与塔体为图 4a) (图 4b)) 的对接形式时, 裙座筒体的直径应符合以下规定:

- a) 当裙座筒体与塔体下封头厚度差小于 8mm 时, 裙座筒体内径宜等于塔体下封头的内径;
 b) 当裙座与下封头厚度差大于或等于 8mm 时, 裙座筒体的外径宜等于塔下封头的外径;
 c) 当塔体下封头厚度大于或等于 60mm 时, 宜采用裙座与下封头壳体中径对齐的结构。

7.3.4.2 当裙座与塔体为图 4c) 的连接形式时, 裙座筒体的中径应等于塔的圆筒体的中径。

7.3.5 塔釜封头拼接接头处的裙座筒体应切缺口, 缺口形式及尺寸见图 5 及表 11。

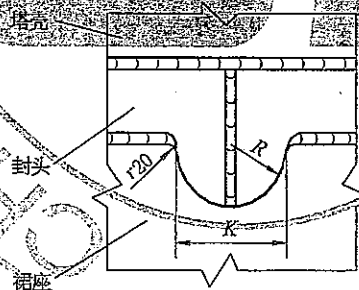


图 5 封头拼接处的裙座筒体缺口

表 11 裙座筒体缺口尺寸

单位: mm

封头厚度 δ_h	6~8	10~18	20~26	28~32	34~36	>36
缺口宽度 K	70	100	140	160	190	$6\delta_h$
缺口半径 R	35	50	70	80	95	$3\delta_h$

 7.3.6 塔底封头为标准椭圆形封头时, 封头切线至裙座筒体上端的距离 h 可按下列方法确定:

- a) 裙座壳体内径等于塔体内径 (即 $D_{is}=D_i$) 时, h 可由图 6 和表 12 查得。也可按下式近似计算:

$$h = \frac{0.25D_i + \delta_h}{0.5D_i + \delta_h} \sqrt{D_i \delta_h + \delta_h^2} \quad (11)$$

- b) 裙座壳体外径等于塔体封头的外径时, h 可按下式计算:

$$h = (0.25D_i + \delta_h) \sqrt{\frac{(0.5D_i + \delta_h + \delta_{ns})^2}{0.5D_i + \delta_h}} \quad (12)$$

上列式中:

见图 6;

 D_i 塔内径;

 δ_h 封头名义厚度;

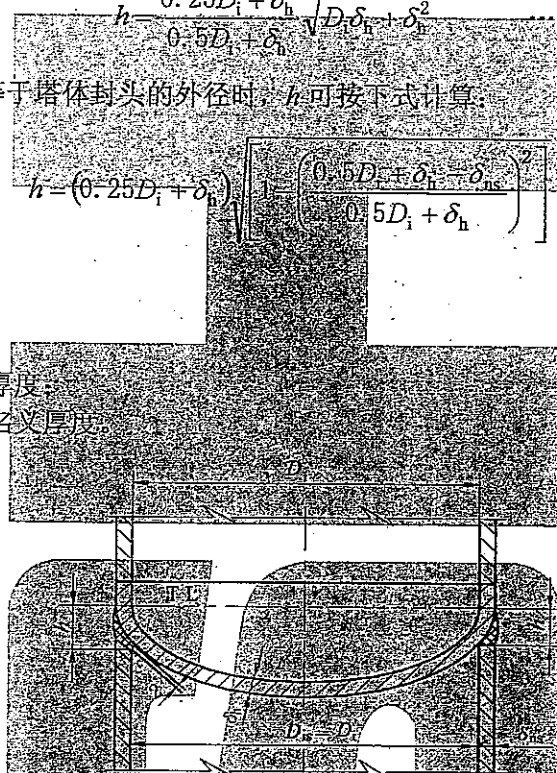
 δ_{ns} 裙座壳体名义厚度。

 图 6 封头切线至裙座筒体上端的距离 h

 表 12 封头切线至裙座筒体上端的距离 h

单位: mm

塔体内径 D_i	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
600	31	36	41	45	49	53	57	60	64	67	70	74	77	80	83	86
700	33	39	44	48	53	57	61	64	68	72	75	78	82	85	88	91
800	36	41	47	51	56	60	64	68	72	76	79	83	86	90	93	95
900	38	44	49	54	59	63	68	72	76	80	83	87	91	94	97	101
1 000	40	46	52	57	62	67	71	75	79	83	87	91	95	98	102	105
1 100	41	48	54	60	65	70	74	79	80	87	91	95	99	102	106	109
1 200	43	50	56	62	67	72	77	82	86	90	94	98	102	106	110	113

表 12 (续) 封头切线至裙座筒体上端的距离 h

单位: mm

塔体内径 D_i	δ_h															
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1 300	45	52	58	64	70	75	80	85	89	94	98	102	106	110	114	118
1 400	46	54	61	67	72	78	83	88	92	97	101	105	109	114	117	122
1 500	48	56	63	69	75	80	85	90	95	100	104	109	113	117	121	125
1 600	50	58	65	71	77	83	88	93	98	103	107	112	116	120	125	129
1 700	51	59	66	73	79	85	91	96	101	106	110	115	119	124	128	132
1 800	53	61	68	75	81	87	93	98	104	108	113	118	122	127	131	136
1 900	54	62	70	77	84	90	95	101	106	111	116	121	126	130	134	139
2 000	55	64	72	79	86	92	98	103	109	114	119	124	128	133	138	143
2 100	57	65	74	81	88	94	100	106	111	116	122	126	131	136	141	145
2 200	58	67	75	83	90	96	102	108	114	119	124	129	134	139	144	150
2 300	59	69	77	84	92	98	104	110	116	122	127	132	137	142	147	151
2 400	61	70	79	86	93	100	107	113	118	124	129	135	140	145	149	156
2 500	62	71	80	88	95	102	109	115	121	126	132	137	142	147	152	159
2 600	63	73	82	90	97	104	111	117	123	129	134	140	145	150	155	162
2 800	65	76	85	93	101	108	115	121	127	133	139	145	150	155	161	168
3 000	68	79	88	96	104	112	119	125	132	138	144	149	155	160	166	172
3 200	70	81	90	99	107	115	122	129	136	142	148	154	160	165	170	179
3 400	72	83	93	102	111	118	126	133	140	146	152	159	164	170	176	185
3 600	74	86	96	105	114	122	129	137	144	150	157	163	169	175	180	189
3 800	76	88	98	108	117	125	133	140	147	154	161	167	173	179	185	195
4 000	78	90	101	111	120	128	136	144	151	158	165	171	178	184	190	199
4 200	80	92	103	113	123	131	139	147	155	162	169	175	182	188	194	204
4 400	82	94	106	116	125	134	143	151	158	166	173	179	186	192	198	208
4 600	83	96	108	119	128	137	146	154	162	169	176	183	190	196	203	213
4 800	85	99	110	121	131	140	149	157	165	173	180	187	194	200	207	217
5 000	87	101	113	124	134	143	152	160	168	176	183	191	198	204	211	222
5 200	89	103	115	126	136	146	155	163	172	179	187	194	201	208	215	226
5 400	90	104	117	128	139	148	158	166	175	183	190	198	205	212	219	230
5 600	92	106	119	131	141	151	161	169	178	186	194	201	209	216	223	234
5 800	94	108	121	133	144	154	163	172	181	189	197	205	212	219	226	238
6 000	95	110	123	135	146	156	166	175	184	192	200	208	216	223	230	242

7.3.7 排气管和排气孔应符合 7.3.7.1 和 7.3.7.2 条的规定。

7.3.7.1 有保温（或保冷、防火）层的裙座上部应设排气管；无保温（或保冷、防火）层的裙座上部应设排气孔，其位置见图 7。

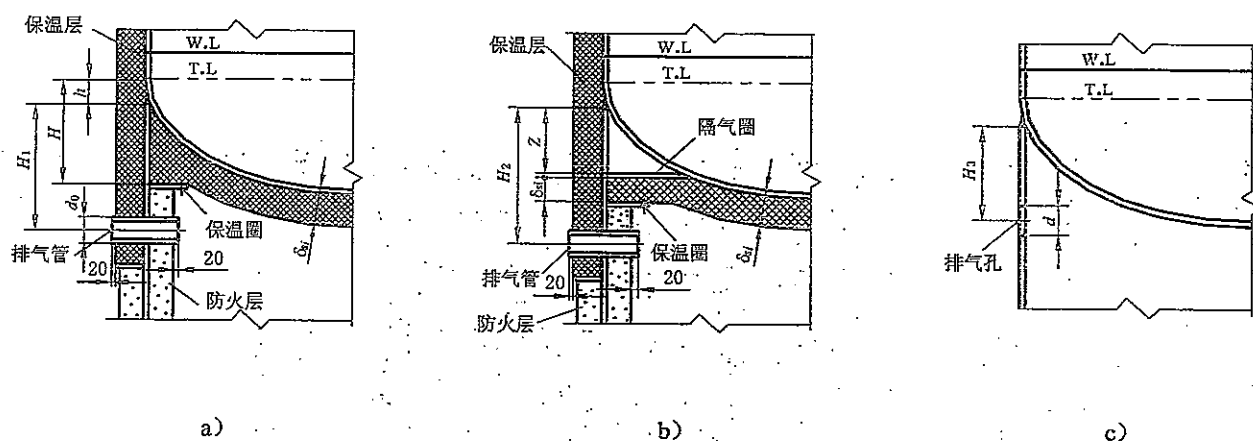


图 7 排气管（孔）设置的位置

7.3.7.2 排气管（或孔）的规格、数量及位置参数见表 13。

表 13 排气管和排气孔的规格、数量及位置参数

单位：mm

裙座壳顶部内直径 D_{is}		600~1 200	1 400~2 400	>2 400
排气管/排气孔规格		$\phi 89 \times 4 / \phi 80$	$\phi 89 \times 4 / \phi 80$	$\phi 114 \times 5 / \phi 100$
排气管（孔）数量，个		2	4	4~6
排气管中心线至裙座顶端的距离	H_1 [图 7a)]	$H_1 = H - h + 0.5d_0 + 0.5 \times 50$		
	H_2 [图 7b)]	$H_2 = Z + \delta_{si} + 0.5d_0 + 0.5 \times 50$		
排气孔中心线至裙座顶端的距离 H_3 [图 7c)]		140	180	220
注 1：H——按本规范表 31 选取，mm； h——按本规范表 12 查取，mm； d_0——排气管外径，mm； Z——按本规范表 14 查取； δ_{si}——封头保温层厚度，mm。 注 2：保温圈的设置按本规范 7.14 条的规定。				

7.3.8 隔气圈应符合 7.3.8.1 和 7.3.8.2 条的规定。

7.3.8.1 当塔器或塔釜的设计温度等于或大于 350℃ 时，应在裙座筒体上部，靠近封头处设置隔气圈，见图 8。

7.3.8.2 隔气圈位置尺寸 (Z) 可按表 14 选取，但均不得小于 $\sqrt{(0.5D_{is} + \delta_{ns})\delta_{ns}}$ ，(D_{is} 为裙座壳顶部内直径； δ_{ns} 为裙座壳体厚度)。

表 14 隔气圈位置尺寸 单位: mm

裙座壳顶部内直径 D_{is}	Z
$D_{is} \leq 1\,000$	140
$1\,000 < D_{is} \leq 1\,500$	180
$1\,500 < D_{is} \leq 2\,000$	280
$2\,000 < D_{is} \leq 2\,700$	315
$D_{is} > 2\,700$	400

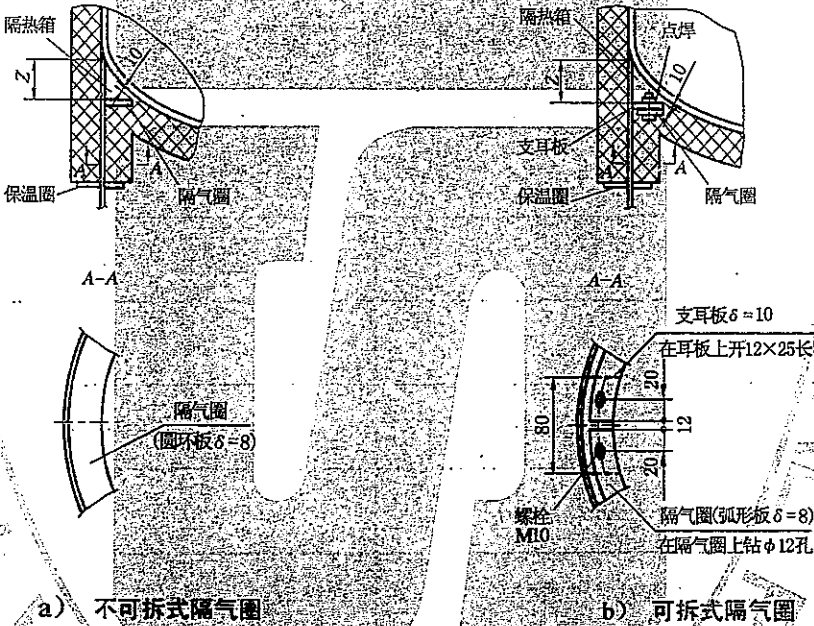


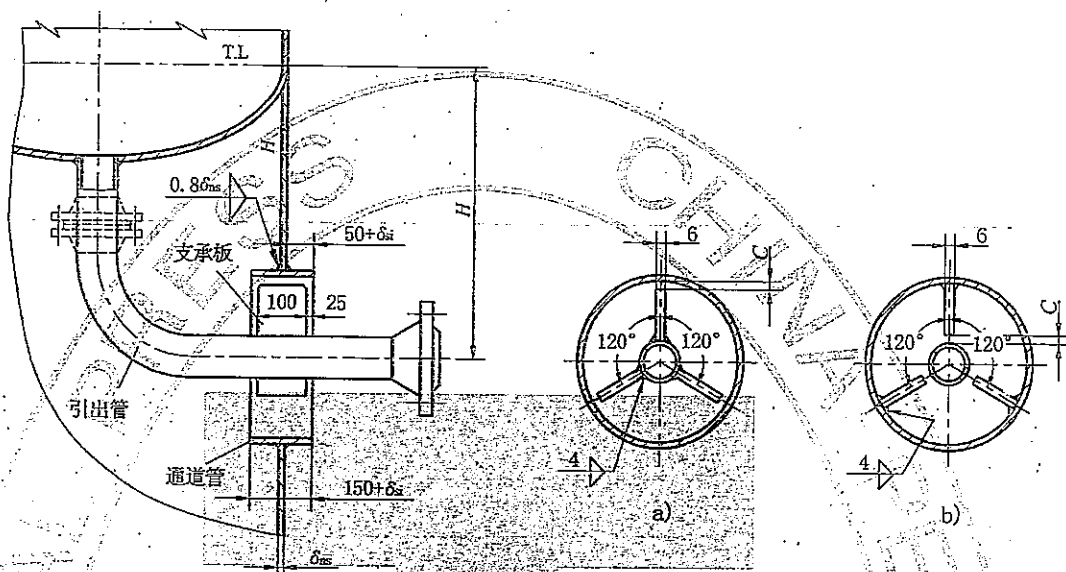
图 8 隔气圈的设置

7.3.9 塔底部弯管及通道管应按 7.3.9.1 至 7.3.9.2 条的规定设置。

7.3.9.1 塔底部弯管(即引出管)应通过裙座上的通道管伸到裙座外部，如图 9 所示，通道管(即加强管)的规格可按表 15 确定，并满足组合应力校核的要求。

7.3.9.2 一般情况下，引出管在裙座壳体内不应设置管法兰。当引出管内的物料易产生积聚、结焦须清理或更换引出管时，在裙座内的引出管可设一对法兰，如图 9 虚线所示。

7.3.9.3 在通道管处的引出管上应焊三块均布的支承板，见图 9a)；如设计需要，支承板也可焊在通道管上，见图 9b)。支承板与通道管(或引出管)的最小间隙 C 应符合表 16 的规定。



注: δ_{si} 为保温 (保冷) 层或防火层厚度。

图 9 引出管、通道管及支承板结构示意图

表 15 通道管的规格

单位: mm

引出管公称直径 DN		20, 25	32, 40	50, 65	80, 100		
通道管规格	无缝钢管	$\phi 133 \times 4$	$\phi 159 \times 4.5$	$\phi 219 \times 8$	$\phi 273 \times 8$		
	卷焊管内径			$\phi 200$	$\phi 250$		
引出管公称直径 DN		125, 150	200	250	300	350	≥ 400
通道管规格	无缝钢管	$\phi 325 \times 8$	$\phi 377 \times 8$	$\phi 426 \times 10$	$\phi 480 \times 10$	$\phi 530 \times 10$	—
	卷焊管内径	$\phi 300$	$\phi 350$	$\phi 400$	$\phi 450$	$\phi 500$	$d_0 + 150$

注 1: d_0 ——引出管外径, mm。
注 2: 引出管保温 (冷) 后的外径加上 25mm 大于表中的通道管内径时, 通道管内径 D 应等于 $D_c + 25\text{mm}$, 见图 10。
注 3: 当引出管在裙座内设管法兰时, 其通道管内径应等于管法兰外径加 30mm。
注 4: 卷焊管壁厚宜等于裙座筒体厚度, 但不宜大于 16mm。

表 16 支承板与通道管的间隙 C

单位: mm

H mm	$\Delta t, ^\circ\text{C}$																	
	30		80		130		180		230		280		330		380		480	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
300	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2	1.5	2	2	2	2.5	3	2.5	3		
600	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	2	2.5	2.5	3	2.5	3	3	3.5	3	4	3.1	4.0
900	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3	3	3.5	3	3.5	3.5	4.5	4	5	4.5	6.0

表 16 (续) 支承板与通道管的间隙 C

单位: mm

H mm	$\Delta t, ^\circ\text{C}$																	
	30		80		130		180		230		280		330		380		480	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1 200	1.0	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3	3.5	3.5	4	3.5	4	4	5.5	5	6.5	5.5	6.5
1 500	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4	3.5	4.5	4	5	5	6.5	6	7.5	6.5	8.0
1 800	1.5	1.5	2.5	3	3	3.5	3.5	4.5	4	5.0	4.5	6	5.5	7	7	8.5	7.5	9.5
2 000	1.5	2.0	3	3	3.5	4.0	4	5	4.5	5.5	5	7	6	8	7.5	9.5	8.5	10.5
2 400	1.5	2.0	3	3.5	3.5	4.5	4.5	5.5	5	6.5	5.5	7.5	7	8.5	8	10.5	9.5	12.0
2 700	1.5	2.0	3.5	4	4	5	5	6	5.5	7	6	8	7.5	9.5	8.5	11.5	10.5	13.5
3 000	2.0	2.5	4	4.5	4.5	5.5	5.5	6.5	6.5	8	7	9	8	10.5	9.5	12.5	12.0	15.0

注 1: 表中数据是根据以下近似公式计算, 并经圆整后得出。

$$C \geq (\alpha \Delta t H) \cos 60^\circ + 1$$

式中:

α ——介质工作温度与 20℃ 之间的平均线膨胀系数;

Δt ——介质工作温度与 20℃ 的温差;

H ——见图 9。

注 2: 表中符号 I 表示引出管材料为碳素钢、低合金钢, 符号 II 表示引出管材料为奥氏体不锈钢。

7.3.9.4 当设计温度低于或等于 -20℃ 时, 在通道管处宜采用木块支撑引出管, 见图 10。

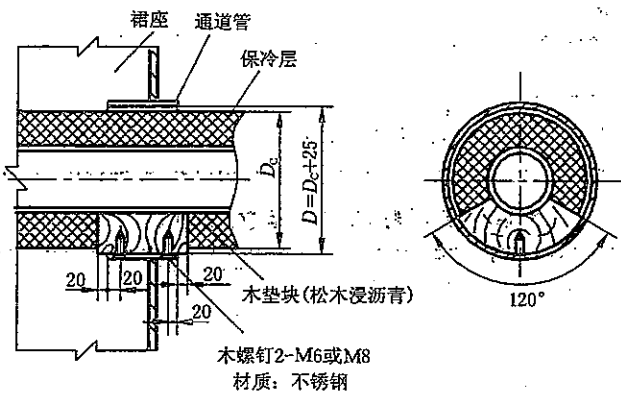


图 10 木块支撑引出管的结构示意

7.3.10 裙座应设检查孔 (即人孔), 一般为圆形孔 (A 型), 为避免过大的截面削弱, 可设长圆孔 (B 型)。检查孔 (即人孔) 的结构、尺寸和数量见图 11, 图 12 和表 17、表 18。检查孔壁厚 t 宜等于裙座筒体厚度, 且满足组合应力校核的要求。

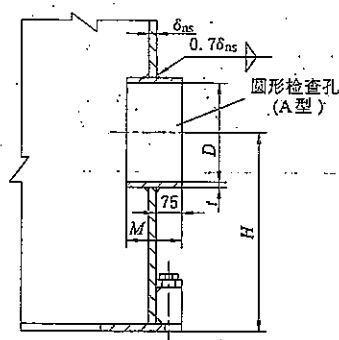


图 11 圆形 (A 型) 检查孔结构示意图

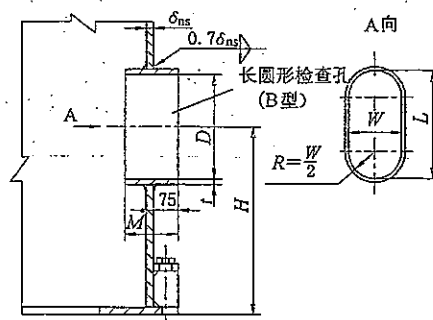


图 12 长圆形 (B 型) 检查孔结构示意图

表 17 圆形检查孔数量、尺寸参数

单位: mm

裙座直径 D_1	圆形检查孔 (A 型)			
	数 量	D	M	H
≤ 700	1	300	150	~ 900
800~1 500	1	450、500	200	~ 950
1 600~2 800	2	500、600	250	~ 950
3 000~4 600	2	600	250	$\sim 1\,000$
$> 4\,600$	2	600	250	$\sim 1\,050$

表 18 长圆形检查孔数量、尺寸参数

单位: mm

裙座直径 D_1	长圆形检查孔 (B 型)				
	数 量	W	M	L	H
800~1 500	1	400	180	800	1 050
1 600~2 800	2	500	180	1 000	1 150
3 000~4 600	2	600	200	1 200	1 250
$> 4\,600$	2	600	200	1 200	1 250

7.3.11 当裙座的设计温度低于或等于 -20°C 时,通道管和检查孔的加强管与裙座壳体的连接宜采用全焊透结构。

7.3.12 裙座筒体底部应对开两个排净孔,见图 13。

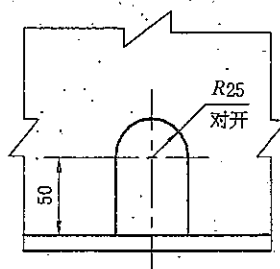


图 13 排净孔结构示意图

7.3.13 地脚螺栓座宜采用外螺栓座或单环板螺栓座结构形式:

a) 外螺栓座 (A 型和 B 型) 的结构及尺寸见图 14 和表 19;

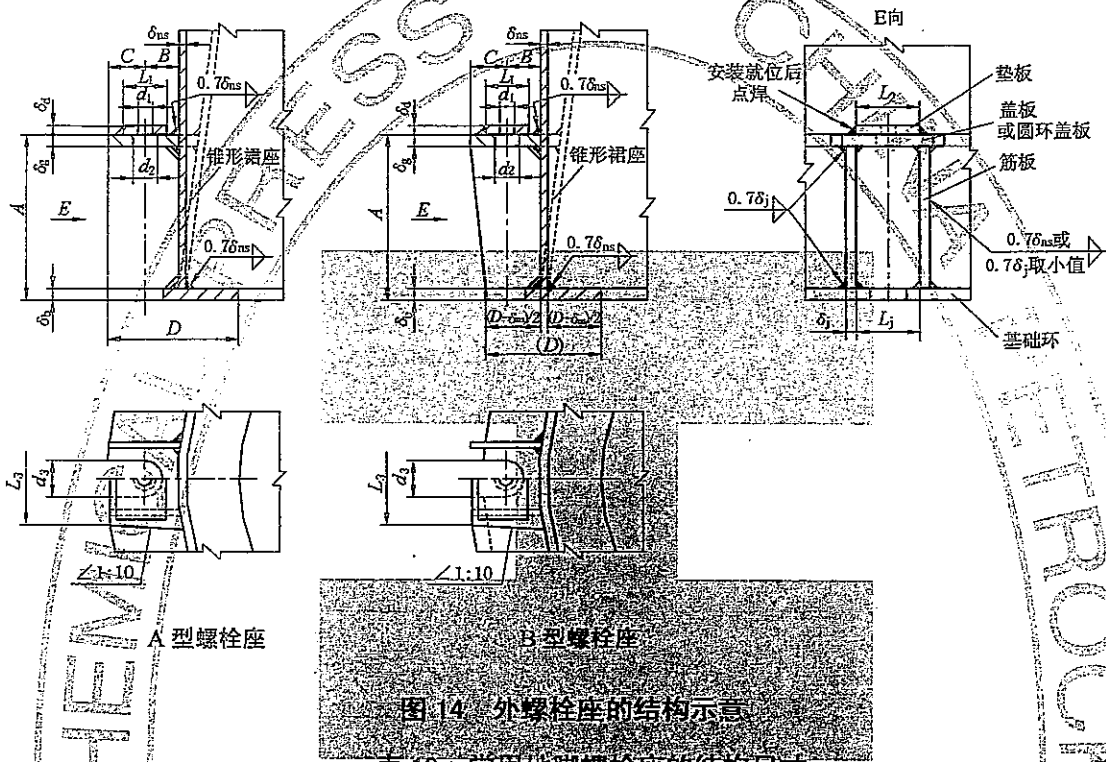


图 14 外螺栓座的结构示意

表 19 常用地脚螺栓座的结构尺寸

单位: mm

螺栓规格	A	B	C	D/(D ₁)	L ₁	δ _j	δ ₂	δ ₃	L ₂	L ₃	d ₁	d ₂	d ₃	δ ₆	
M24	200	55	45	190 (160)	70	12	16	12	50	100	130	27	40	50	见注 1
M27	200	60	50	200 (170)	75	12	18	12	60	110	140	30	43	50	
M30	250	65	55	210 (180)	80	14	20	14	70	120	150	33	45	50	
M36	250	70	60	230 (200)	85	16	22	16	80	130	160	39	50	50	
M42	300	75	65	240 (210)	90	18	24	18	90	140	170	45	60	60	
M48	300	80	70	260 (220)	100	20	26	20	100	150	190	51	65	70	
M56	350	85	75	280 (240)	110	22	30	22	110	170	210	59	75	80	
M64	350	90	80	300 (260)	120	22	32	24	120	180	220	67	85	90	
M72	400	95	85	320 (280)	130	24	36	26	130	190	240	75	95	100	
M76	400	100	90	340 (290)	135	24	40	26	140	200	250	79	100	110	
M80	450	105	95	360 (310)	140	26	40	28	150	220	270	83	110	120	
M90	450	115	105	380 (330)	150	28	46	30	160	230	280	93	120	130	

注 1: 基础环板厚 δ_6 应按 JB/T 4710 计算确定, 并圆整至钢板规格厚度, 但不应小于 16mm。

注 2: 表中所列的盖板厚度 δ_g 和筋板厚度 δ_j 为参考值, 尚应按 JB/T 4710 的规定进行校核, 并确定最终厚度。

注 3: 当地脚螺栓间距小于或等于 400mm 或 $3(L_3+\delta_j)$ 时, 应采用圆环盖板。

注 4: 盖板厚度 δ_g 不宜小于基础环板厚度 δ_6 。

注 5: 地脚螺栓孔应跨中于裙座入孔。

b) 单环板螺栓座结构及尺寸参见图 15 和表 20。

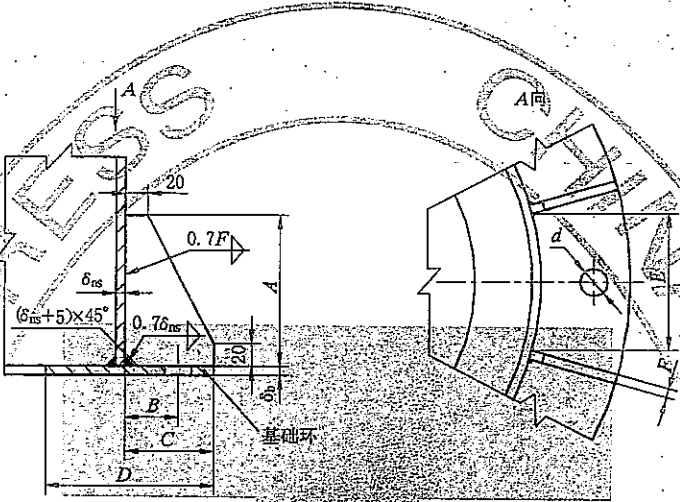


图 15 单环板螺栓座的结构示意

表 20 单环板螺栓座尺寸

单位: mm

螺栓规格:	d	A	B	C	D	E	F	δ_b
M24	29	140	50	85	170	120	12	见注
M27	32	160	55	95	180	140	12	
M30	36	160	55	100	200	140	12	
注: 基础环板厚度 δ_b 应按 JB/T 4710 计算确定, 并圆整至钢板规格厚度, 但不应小于 16mm。								

7.3.14 地脚螺栓公称直径、数量及间距应符合 7.3.14.1 至 7.3.14.4 条的规定。

7.3.14.1 地脚螺栓公称直径应大于或等于 M24, 其常用规格见表 21。

表 21 地脚螺栓常用规格

单位: mm

公称直径	M24	M27	M30	M36	M42	M48
螺纹小径 d_0	20.752	23.752	26.211	31.67	37.129	42.588
公称直径	M56	M64	M72	M76	M80	M90
螺纹小径 d_0	50.046	57.505	65.5	69.505	73.505	83.505

7.3.14.2 地脚螺栓数量一般是 4 的倍数, 且不少于 8 个, 对于小直径且高度较低的塔式容器地脚螺栓数量最少可取 6 个。推荐的地脚螺栓数量见表 22。

7.3.14.3 塔的基础为混凝土基础时, 地脚螺栓的间距不宜小于 360mm。

表 22 推荐的地脚螺栓数量

塔器公称直径 mm	地脚螺栓数量, 个									
	6	8	12	16	20	24	28	32	36	40
600										
700										
800										
900										
1 000										
1 100										
1 200										
1 300										
1 400										
1 500										
1 600										
1 700										
1 800										
1 900										
2 000										
2 200										
2 400										
2 600										
2 800										
3 000										
3 200										
3 400										
3 600										
3 800										
4 000										
4 200										
4 400										
4 600										
4 800										
5 000										
5 200										
5 400										
5 600										
5 800										
6 000										

注:  —— 优先选用数量;  —— 可选用数量。

7.3.14.4 地脚螺栓的规格、数量及材料应在设计图样中注明。

7.4 人孔和手孔

7.4.1 板式塔的人孔

7.4.1.1 对于板式塔，每隔 10 层塔盘宜设置一个人孔，即相邻人孔的距离宜为 5m 左右，人孔应位于两相邻塔盘之间。人孔所在处的塔盘间距应根据人孔的直径确定，应大于人孔公称直径+塔盘支撑梁高度+50mm 之和，且不小于 600mm。

7.4.1.2 人孔中心线至塔平台上表面的距离宜为 600mm~1 000mm，且不超过 1 200mm。

7.4.1.3 板式塔的人孔应避开降液板等内件。

7.4.1.4 当塔的公称直径小于 1m 且人孔的间距较小或数量较多时，不宜将人孔开设在同一方位上，以免焊后塔壳体产生较大的弯曲变形。

7.4.1.5 必要时，应在塔内设置出入人孔用的手柄和梯棍，其结构尺寸见 7.13.2 条和图 31。

7.4.2 填料塔的人孔和手孔

7.4.2.1 填料塔的人孔和手孔应设在每段填料层的上、下方，可同时兼作检修和填料装卸孔用。当填料塔直径大于或等于 800mm 时，应设人孔；直径小于 800mm 时，宜设手孔。

7.4.2.2 需要时，人孔和手孔内可设置填料挡板，见图 16。

7.4.2.3 根据需要用于装卸填料的手孔可向下倾斜设置。

7.4.3 带芯人孔和手孔

由于局部过热或滞留，导致介质在人孔和手孔筒节内积聚或结焦时，宜采用内设挡板和非金属隔热层的带芯（或称带堵头）人孔和手孔，见图 17。

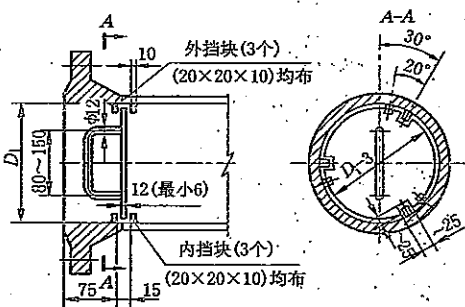


图 16 填料挡板结构示意图

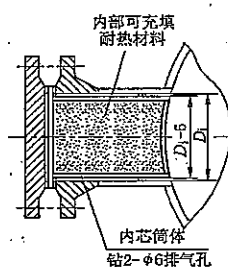


图 17 带芯人孔和手孔结构示意图

7.4.4 人孔和手孔的结构形式

7.4.4.1 塔体人孔宜采用垂直吊盖人孔。当采用回转盖人孔时，应注意在回转盖的开启方向上是否存在障碍物（如工艺配管，外部附件等）或打开后是否妨碍检修人员的出入。

7.4.4.2 符合下列情况之一者，宜选用带颈对焊法兰人孔和手孔：

- 设计压力大于或等于 1.6MPa，且是易燃介质；
- 设计压力大于 2.5MPa；
- 介质的毒性程度为极度和高度危害；
- 设计温度大于或等于 350℃；
- 设计温度低于或等于 -20℃。

7.4.5 除按工程规定及相应人孔和手孔标准外，人孔和手孔法兰密封面形式及垫片、紧固件材料可按照 SH/T 3074 的规定选取。

7.4.6 人孔和手孔的压力等级

7.4.6.1 人孔和手孔压力等级的选择，应考虑水压试验压力的影响。

7.4.6.2 采用标准人孔和手孔时,所选人孔和手孔的工作温度不应低于使用条件下的设计温度。其最高无冲击工作压力应不小于该人孔和手孔使用条件下的计算压力(如设计压力+液柱静压力等)。

7.4.6.3 真空操作塔的人孔和手孔的公称压力应符合以下规定:

- a) 塔器的真空度小于 0.08MPa 时,人孔和手孔的公称压力不应低于 0.6MPa;
- b) 塔器的真空度为 0.08MPa~0.10MPa 时,人孔和手孔的公称压力不应低于 1.0MPa。

7.4.6.4 对易燃介质或毒性程度为中度危害的介质,人孔和手孔的公称压力不应低于 1.0MPa。

7.4.6.5 对高度、极度危害的介质或强渗透性介质,人孔和手孔的公称压力应不低于 1.6MPa。

7.4.7 人孔和手孔的公称直径

7.4.7.1 常用人孔和手孔的公称直径见表 23。

表 23 人孔和手孔公称直径

单位: mm

塔器内径 D_i	人 孔	手 孔
≤ 800		不小于 150
800	400~450	—
$> 800 \sim 1\,600$	450~500	—
$> 1\,600 \sim 3\,000$	500~600	—
$> 3\,000$	500~600	—

7.4.7.2 真空或工作介质为高度、极度危害的塔器,不宜采用大直径人孔。

7.5 接管

7.5.1 接管的形式及规格(包括连接方式、管法兰标准、密封面形式、公称直径等)应符合工艺配管 and 自控的要求。

7.5.2 接管和管法兰的设计应包括以下内容:

- a) 钢管标准、规格、材料;
- b) 管法兰的结构形式、密封面形式、公称压力、公称直径、材料;
- c) 管法兰垫片及紧固件的选取;
- d) 接管与塔体的焊接接头形式及检验要求;
- e) 开孔补强形式。

7.5.3 公称直径为 15mm~50mm 的薄壁接管不宜采用筋板支撑结构,宜采用厚壁管或锻管。

7.5.4 接管的外载荷。

7.5.4.1 除人孔和手孔和仪表接管外,外接管道的管口除承受压力载荷外,还应能承受一定的管线外载荷(推力和力矩)。

一般情况下,开口接管应能承受的管线外载荷,见 SH/T 3074—2007 附录 D 的规定。

7.5.4.2 必要时,对于承受较大外载荷的接管和管法兰,应进行以下计算和校核:

- a) 按式(5)计算管法兰当量设计压力;
- b) 标准管法兰的公称压力对应工作温度下的最高无冲击工作压力应大于法兰当量设计压力;非标准管法兰的设计压力应等于法兰当量设计压力;
- c) 接管与塔壳体连接部位的局部应力校核。

7.5.5 内伸接管的支承结构。

7.5.5.1 径向内伸式接管支承于塔内壁的典型支承结构及尺寸见图 18 和表 24。

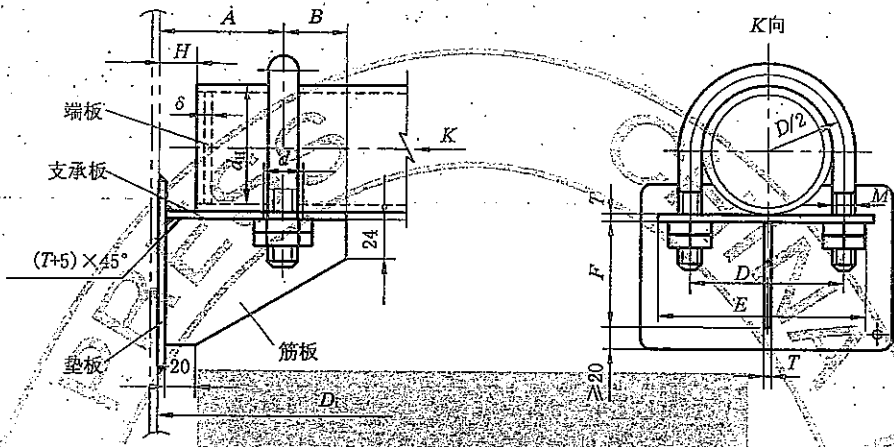


图 18 径向内伸式接管支承结构示意图

表 24 径向内伸式接管支承结构尺寸

单位: mm

接管公称 直径 DN	U 形螺栓		T				A	B	D	E	F	δ	H
	M	d	C ₂ =0	C ₂ ≤1.5	1.5<C ₂ ≤3	3<C ₂ ≤6							
≤80	12	15	6	10	12	16	60	40			60		
>80~200	16	19	10	12	16	18	100	50	d_H+M+4	$D+60$	$100-6+2C_2$		注 4
>200	20	23	12	16	18	22	150	100			150		

注 1: 设垫板时, 垫板材料应与筒体相同, 厚度不宜大于 12mm。
注 2: 表中 C₂ 为腐蚀裕量, d_H 为钢管外径。
注 3: 未注焊缝均为连续角焊缝。
注 4: H 系由公式 $0.5D_1 - [(0.5D_1) - (0.5d_H)^2] + 30$ 计算得出。

7.5.5.2 切向内伸式接管支承于塔内壁的典型支承结构及尺寸见图 19 和表 25。

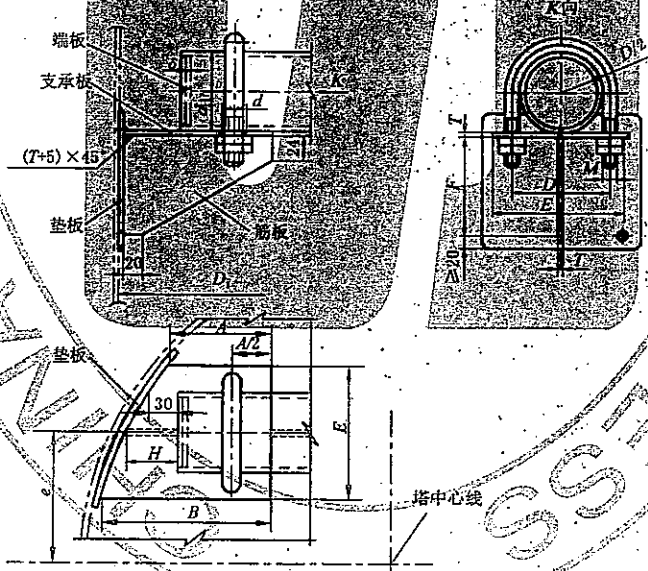


图 19 切向内伸式接管支承结构示意图

表 25 切向内伸式接管支撑结构尺寸

单位: mm

接管公称 直径 DN	U 形螺栓		T				A	B	D	E	F	δ	H
	M	d	$C_2=0$	$C_2 \leq 1.5$	$1.5 < C_2 \leq 3$	$3 < C_2 \leq 6$							
≤ 80	12	15	6	10	12	16	最小 100	设计 定	$d_H + M + 4$	$D + 60$	60	$6 + 2C_2$	注 4
$> 80 \sim 200$	16	19	10	12	16	18					100		
> 200	20	23	12	16	18	22					150		

注 1: 设垫板时, 垫板材料应与筒体相同, 厚度不宜大于 12mm。
 注 2: 表中 C_2 为腐蚀裕量, d_H 为钢管外径。
 注 3: 未注焊缝均为连续角焊缝。
 注 4: H 系由公式 $[(0.5D)^2 - e^2]^{1/2} - [(0.5D)^2 - (e + 0.5d_H)^2]^{1/2} + 30$ 计算得出。

7.5.5.3 小直径内伸式接管与塔内壁的连接结构见图 20 和图 21。

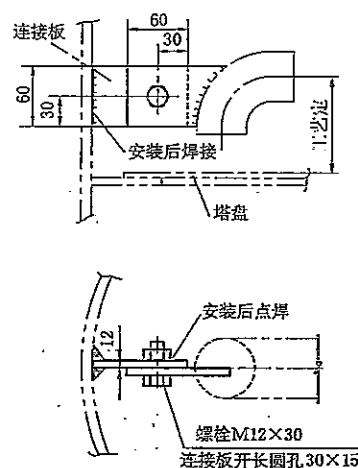
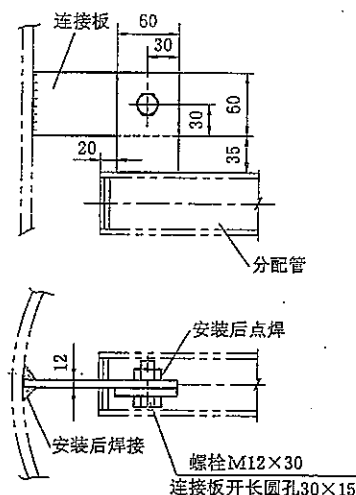


图 20 小直径内伸式接管支承结构 (A)

图 21 小直径内伸式接管支承结构 (B)

7.5.5.4 中间进料接管支承在双溢流塔盘降液板时, 其支承结构见图 22, 具体要求如下:

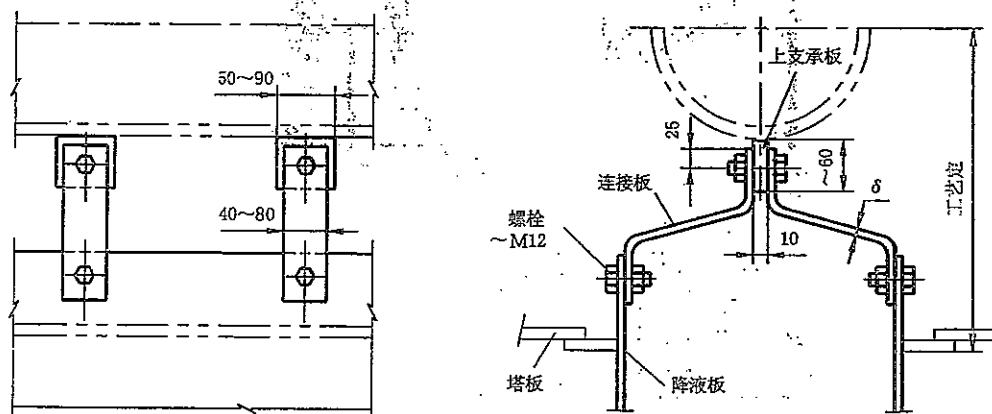


图 22 中间进料接管支承结构

- a) 连接板的最小厚度, 碳钢和低合金钢宜为 6mm; 不锈钢宜为 4mm;
- b) 中间进料接管不宜支承在塔盘板上。

7.6 开孔补强结构

7.6.1 开孔的局部补强结构可采用补强圈补强, 必要时可采用补强圈和厚壁管双重补强结构。

7.6.2 遇下列情况之一时, 受压元件的开孔应采用整体补强 (即增加筒体或封头的壁厚、整体补强锻件或厚壁管结构):

- a) 高强度钢 ($R_m > 540\text{MPa}$) 和 Cr-Mo 钢制造的塔器;
- b) 补强圈的厚度超过被补强壳体壁厚的 1.5 倍;
- c) 设计压力 $p \geq 5.0\text{MPa}$;
- d) 容器壳体名义厚度大于 38mm;
- e) 介质毒性程度为极度、高度危害介质的塔器;
- f) 低温塔或承受疲劳载荷的塔器。

7.7 塔盘

塔盘的结构设计应按 SH/T 3088 的规定。

7.8 填料、填料支承件和限位器

7.8.1 填料的类型、规格及材料应符合设计条件表、规格书或其他设计文件的规定。

7.8.2 填料支承结构的设计应满足以下基本条件:

- a) 具有足够大的自由通道截面积, 尽量减小气液相的流动阻力;
- b) 具有足够的强度和稳定性, 以承受填料重量 (含持液量)、压力波动和机械振动等因素;
- c) 有一定的耐腐蚀性能;
- d) 便于安装和拆卸。

7.8.3 填料支承栅板的结构应符合 7.8.3.1 至 7.8.3.4 的规定。

7.8.3.1 塔内径小于或等于 600mm 的填料支承栅板, 应采用可从设备法兰处装卸的整块式栅板。

7.8.3.2 塔内径大于 600mm 的栅板应作成分块式, 根据塔人孔内径确定每块栅板的宽度, 且每块栅板的重量不宜超过 600N; 必要时, 格栅块之间可采用螺栓连接。

7.8.3.3 支承散装填料的格栅条 (扁钢) 间距应为填料外径的 0.6 倍~0.8 倍; 支承规整填料的格栅条最大间距为 100mm。

7.8.3.4 当塔直径较大时, 为增加栅板的刚性, 应在支承栅板的上、下两侧焊接连接板; 但用于支承规整填料时, 为保持栅板上端面的平整, 不设上侧连接板。

7.8.4 填料支承梁应符合 7.8.4.1 至 7.8.4.4 的规定。

7.8.4.1 当在填料栅板下部设支承梁时, 为不影响气液相的流动, 除工程另有规定外, 支承梁的最大宽度为 100mm。

7.8.4.2 填料支承梁的强度和稳定性计算按 6.5.2 条的规定。

7.8.4.3 常用的支承梁与塔壳体的连接结构, 参见图 23。

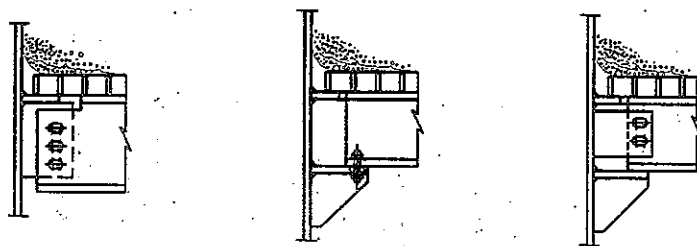


图 23 支承梁与塔壳体的连接结构示意图

7.8.4.4 对于复合钢板制的塔器,其重型支承梁的支持件(板、座)不宜直接与复层相焊,而应与基层相焊。支持件与基层焊接前,沿焊缝方向距离焊脚边缘至少10mm宽的复层应彻底清除。支持件与基层焊接并按图样规定进行检测合格后,再进行局部复层的焊接(一般采用双层堆焊)。

7.8.5 对要求气相流通自由截面积大、压力降小的场合,可采用气体喷射式填料支承板结构。标准的气体喷射式填料支承板见HG/T 21512—1995。

7.8.6 用于搁置填料支承栅板的支持圈或支持块焊在塔体上,支持圈和支持块的规格可参见本规范附录E。

7.8.7 当塔直径大于6m时,填料的支承宜采用桁架结构。

7.8.8 填料层的顶部应设置填料压板或床层限制板,填料压板仅用在陶瓷和碳素填料层上;当使用金属或塑料制填料时,应设置床层限制板。

7.8.8.1 填料压板的结构可采用下列两种类型:

- a) 栅条形填料压板;
- b) 栅条和丝网组合填料压板。

栅条形填料压板结构和尺寸与填料支承栅板基本相同。压板靠自重限制填料的移动,可不固定在塔壁上,但压板的重量要适当(既不能压碎填料,又要能限制填料移动),设计重量宜控制在 $800\text{N/m}^2 \sim 1000\text{N/m}^2$,其通道截面积不宜低于塔截面积的70%。

7.8.8.2 床层限制板与填料压板结构类似,但重量比压板轻。床层限制板应采用可拆卸的连接结构固定在塔壁上(如螺栓座等)。当塔直径小于或等于 $\phi 200\text{mm}$ 时,床层限制板的外径小于塔内径10mm~15mm;当塔直径大于 $\phi 200\text{mm}$ 时,床层限制板的外径小于塔内径25mm~30mm。

7.9 塔釜隔板

7.9.1 焊接式塔釜隔板结构见图24。

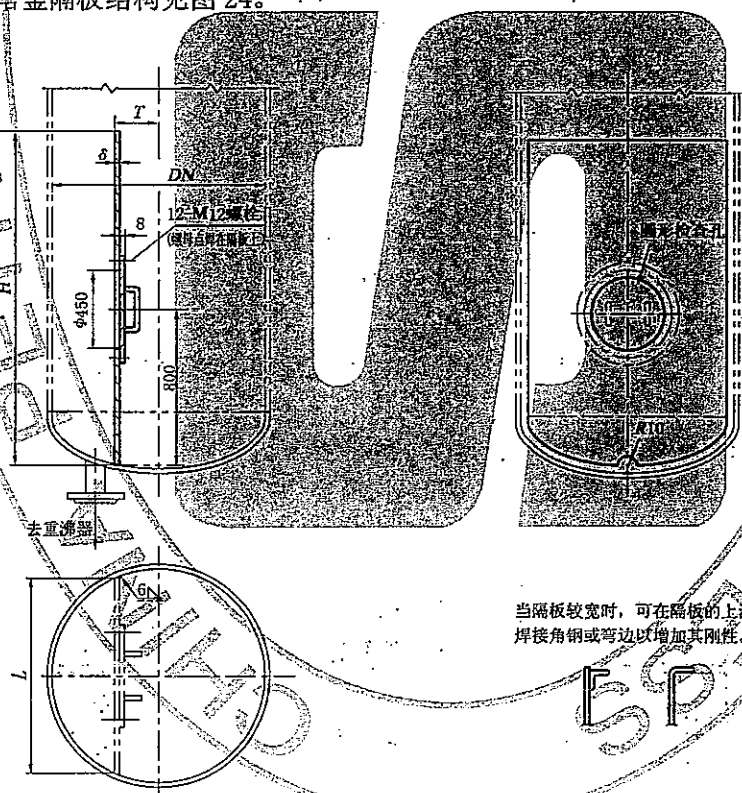


图24 焊接式塔釜隔板结构示意图

7.9.2 可拆式塔釜隔板结构（用于物料易结焦、自聚或结垢的场合）见图 25。

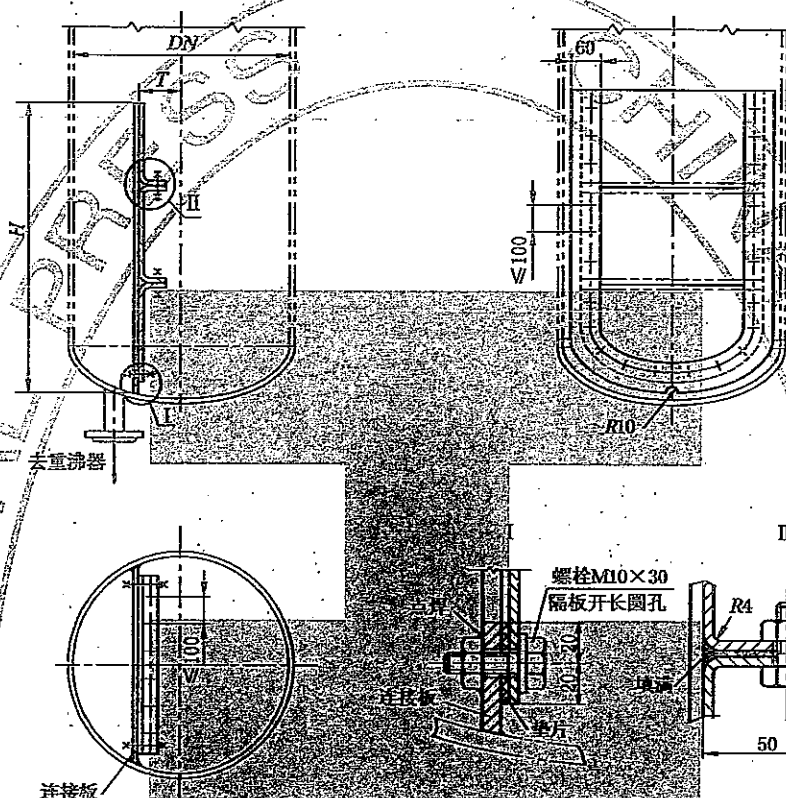


图 25 可拆式塔釜隔板结构示意图

7.9.3 塔釜隔板结构尺寸及要求应符合表 26 的规定。

表 26 隔板结构尺寸及要求

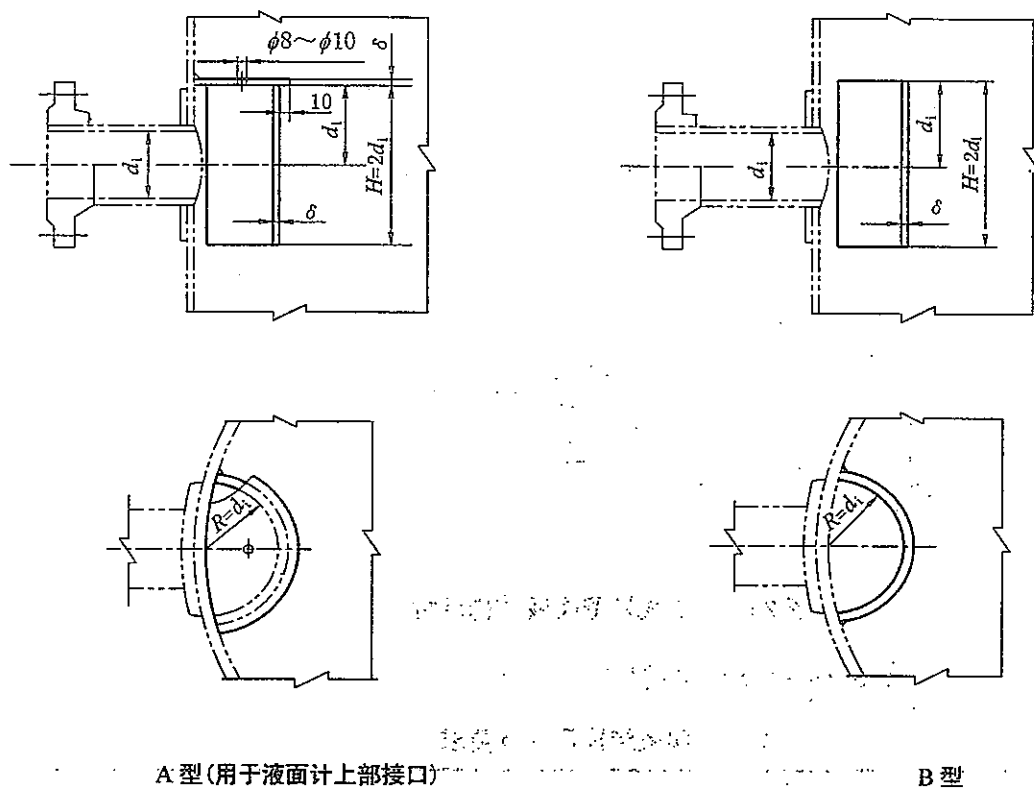
焊接式隔板最小厚度 δ	$DN < 800\text{mm}$, $\delta = 4.5\text{mm}$; $800\text{mm} \leq DN \leq 2400\text{mm}$, $\delta = 6\text{mm}$; $DN > 2400\text{mm}$, $\delta = 8\text{mm}$
可拆式隔板最小厚度 δ	$\delta = 6\text{mm}$
可拆隔板的连接板宽度和厚度	宽度 60mm; 最小厚度 10mm
隔板高度 H	由工艺专业确定
隔板位置 T	由工艺专业确定
辅助检查孔	有检修要求时, 设圆形或方形人孔
隔板（或连接板）与底封头的连接	贴紧（不焊）
紧固件的材料	0Cr13、1Cr13 等
垫片材料	聚四氟乙烯、金属丝加强的石墨带等
注 1: 本表所列隔板和连接板的最小厚度系指不包括腐蚀裕量的厚度。 注 2: 当塔釜隔板较大时, 为防止变形, 应在隔板上焊接若干纵、横向的加强筋板。	

7.10 缓冲挡板

7.10.1 当符合下列情况之一时,应在进口接管处设置缓冲挡板:

- a) 介质具有腐蚀性或磨损性,且 $\rho V^2 > 740$ (ρ 为介质密度, kg/m^3 ; V 为介质流速, m/s);
- b) 介质无腐蚀性或磨损性, $\rho V^2 > 2\,355$, 并直接对器壁或内件有冲刷;
- c) 防止进料产生料峰,保证塔器稳定操作;
- d) 工程设计文件的规定。

7.10.2 缓冲挡板的结构见图 26。



A 型 (用于液面计上部接口)

B 型

注: 半管可用钢板弯制,也可由钢管切制,半管的弯曲半径 $R \approx d_1$,但最小弯曲半径 $R_{\min} = 100\text{mm}$ 。

图 26 缓冲挡板结构示意图

7.10.3 缓冲挡板的最小厚度见表 27。

表 27 缓冲挡板最小厚度

单位: mm

腐蚀裕量	最小厚度 $\delta_{\min}$	
	碳钢或低合金钢	不锈钢
0~1.5	6	4~5
2.0~3.0	8	—
4.0~6.0	10	—

7.10.4 切向进料内置弧形挡板, 结构及尺寸见图 27。

7.10.5 内置弧形挡板的尺寸参数可按式(13)~式(20)计算。

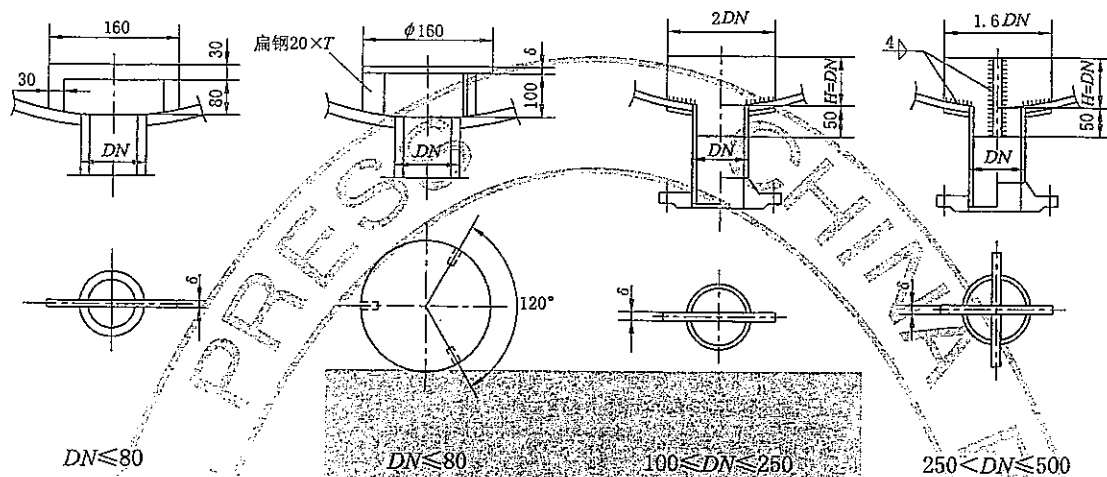


图 28 用于清洁介质的防涡流挡板

b) 适用于釜液有沉淀物的防涡流挡板, 见图 29

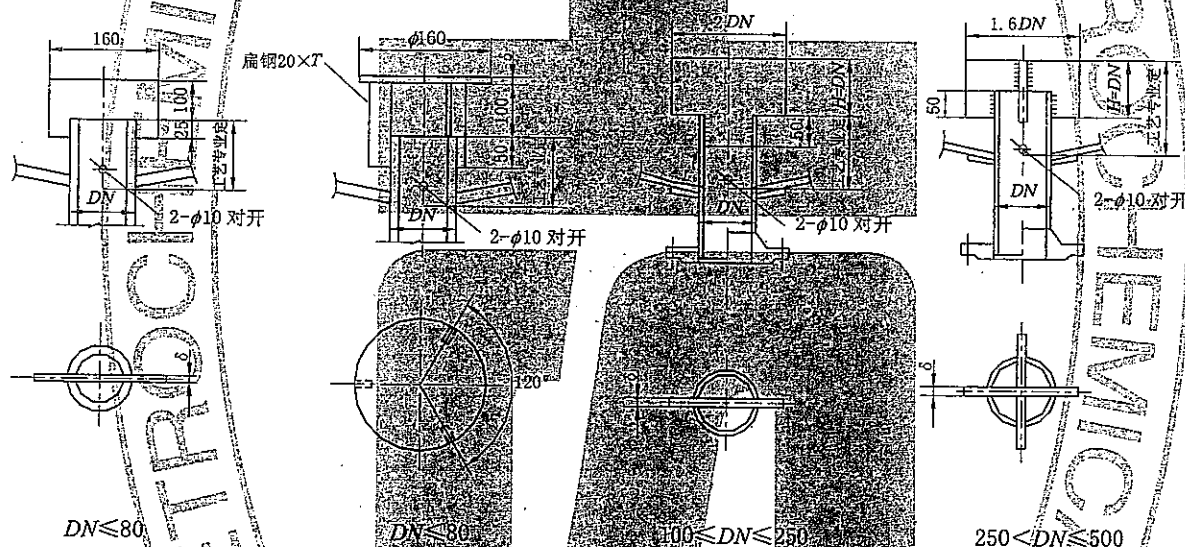


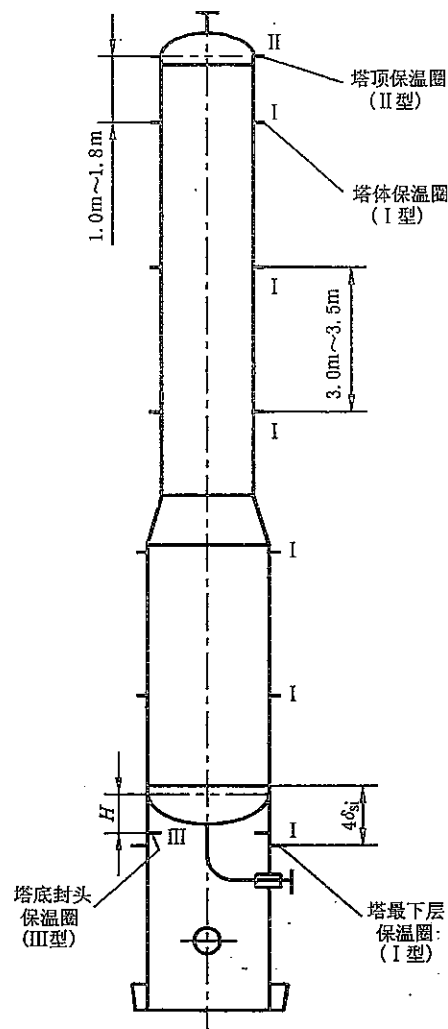
图 29 用于有沉淀物的防涡流挡板

c) 防涡流挡板(包括支承扁钢)最小厚度可按表 28 确定

表 28 防涡流挡板最小厚度

单位: mm

腐蚀裕量 C_2	最小厚度 $\delta_{\min}$	
	碳钢	不锈钢
0~1.5	6	4~5
2.0~3.0	8	—
4.0~6.0	10	—



注： δ_{si} ——保温（保冷）层厚度。

图 32 保温（保冷）支持圈的位置

表 29 保温（保冷）支持圈的位置和间距

保温（保冷）支持圈的类型	位置和间距
塔顶保温（保冷）支持圈（II型）	上封头切线处或距封头焊缝线以下~80mm处
塔体最上层保温（保冷）支持圈（I型）	距塔顶保温圈 1.0m~1.8m
塔顶保温（保冷）支持圈（I型）	保温 3.0m~3.5m；保冷 4.5m~5.0m
塔最下层保温（保冷）支持圈（I型）	距塔筒体与塔釜封头焊缝线以下 4 倍保温（保冷）层厚度
塔底封头保温（保冷）圈（III型）	至下封头切线距离 H ，见表 31

7.14.2 对于深冷塔，为了减少冷损失和结霜，塔体部分一般不设置保冷支持圈，只在塔的顶部和底部设保冷支持圈。

7.14.3 与塔体相焊的保温（保冷）支持圈：

a) 塔顶封头保温（保冷）支持圈（Ⅱ型）结构及尺寸见图 33；

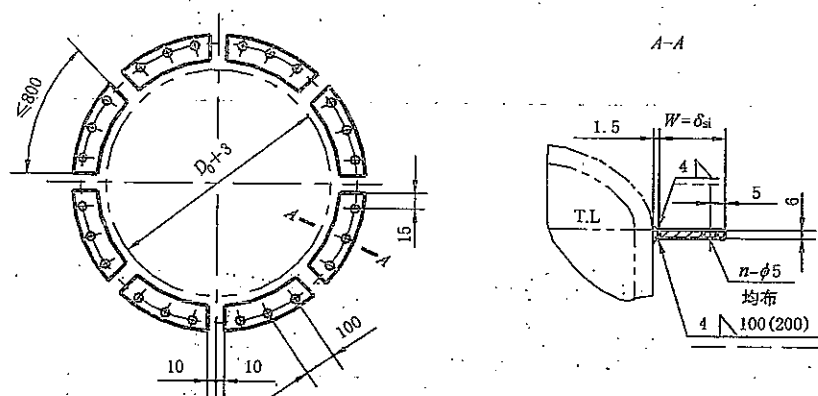


图 33 塔顶封头保温（保冷）支持圈（Ⅱ型）结构及尺寸

b) 塔体保温（保冷）支持圈（Ⅰ型）结构及尺寸见图 34 和表 30；

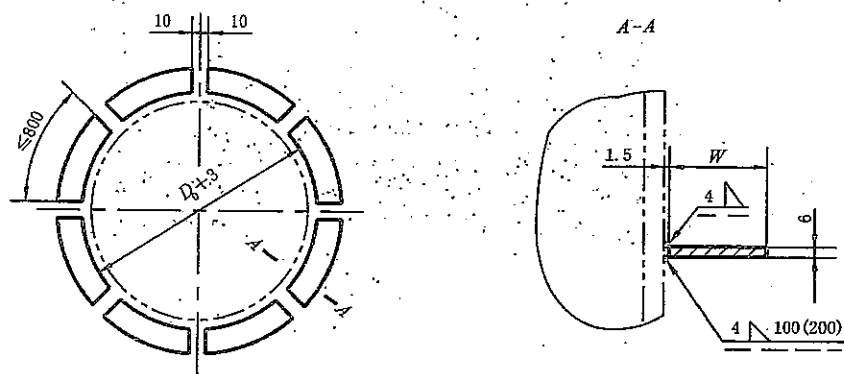


图 34 塔体保温（保冷）支持圈（Ⅰ型）结构及尺寸

表 30 保温（保冷）支持圈宽度

单位：mm

保温层厚度 δ_{si}	保温支持圈宽度 W
40	30
50	40
60	50
70	60
80	70
90	70
100	80
110	80
120	90
130	100
150	120
>150	$\delta_{si}-50$

c) 塔底封头保温(保冷)支持圈(Ⅲ型)结构及尺寸见图 35 和表 31;

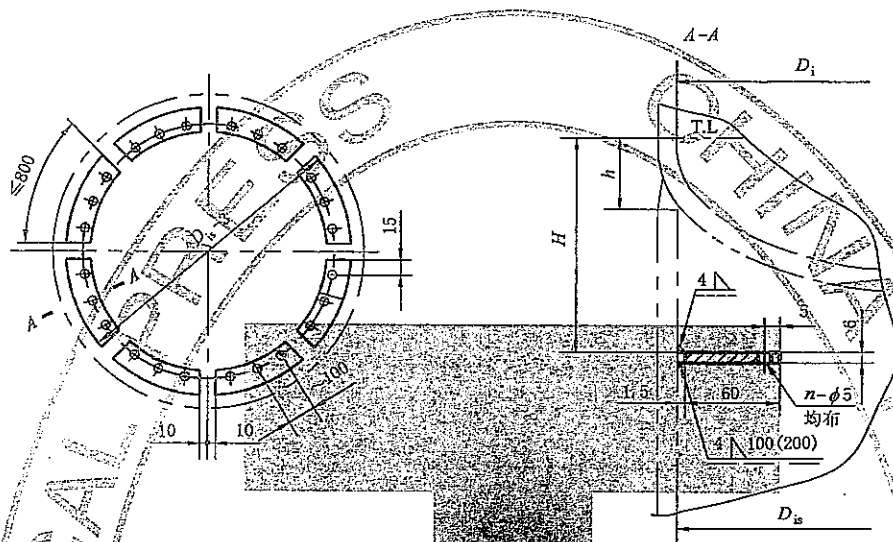


图 35 塔底封头保温(保冷)支持圈(Ⅲ型)结构及尺寸

表 31 塔底封头保温(保冷)支持圈位置尺寸 \$H\$

单位: mm

塔内径 D_{is}	塔底封头保温层厚度 δ / 塔底封头厚度 δ_0											
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
600	159	171	181	193	205	215	225	236	247	258	269	279
700	169	181	191	203	215	226	237	248	259	270	281	291
800	179	190	201	213	225	236	248	259	270	281	292	302
900	187	199	211	223	234	246	258	269	280	291	303	314
1 000	195	208	219	232	243	255	267	278	290	301	313	324
1 200	211	223	236	248	260	273	284	296	308	319	331	343
1 400	225	238	251	263	275	289	300	313	325	336	349	361
1 600	238	251	265	278	291	303	316	329	342	355	366	377
1 800	251	265	278	291	301	317	330	343	356	368	381	393
2 000	263	277	291	304	318	331	344	358	370	383	396	409
2 200	274	289	303	317	331	344	358	371	384	397	410	423
2 400	285	300	315	329	343	357	371	385	398	411	425	438
2 600	296	311	326	340	355	369	383	397	411	424	438	451
2 800	306	322	336	351	367	381	395	409	423	437	451	464
3 000	314	332	347	362	378	392	406	421	435	449	462	477
3 200	325	341	357	373	388	403	418	432	447	461	475	489
3 400	334	350	367	382	398	413	428	443	458	472	487	501
3 600	343	360	377	392	408	424	439	454	469	483	499	513
3 800	351	369	386	402	418	434	449	464	480	494	510	524

表 31 (续) 塔底封头保温 (保冷) 支持圈位置尺寸 H

单位: mm

塔内径 D_{is}	塔釜封头保温层厚度 δ_{is} + 塔釜封头壁厚 δ_h											
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	H											
4 000	360	378	395	412	428	444	460	475	491	505	521	536
4 200	368	386	403	421	437	453	470	485	501	516	532	546
4 400	377	395	413	429	446	463	479	495	511	526	542	557
4 600	385	403	421	438	455	471	488	505	521	536	552	567
4 800	392	411	429	447	464	481	498	514	530	546	562	578
5 000	400	419	437	455	473	490	507	524	540	556	572	588
5 200	408	427	445	463	481	498	515	532	550	565	582	597
5 400	415	434	452	471	489	507	524	541	558	575	591	607
5 600	422	441	460	480	498	516	533	550	567	584	601	617
5 800	429	440	468	487	505	523	541	559	576	593	610	626
6 000	436	456	475	495	514	532	550	568	585	602	619	636

注 1: 本表数据按 $D_i = D_{is}$ 及标准椭圆封头参数确定的, 也可以近似按下式确定:

$$H \approx \frac{0.25D_i + \delta_i + \delta_h}{0.5D_i + \delta_i + \delta_h} \sqrt{(0.5D_i + \delta_i + \delta_h)^2 - (0.5D_i - 60)^2}$$

注 2: 当裙座上部设有隔气圈时, 底封头的保温圈上表面至裙座筒体上缘的距离等于 $Z + 8 + \delta_{si}$ [见图 7b)]。

d) 根据塔的直径, 每层保温圈可由若干块组成, 每块板的弧长不宜大于 800mm。

7.14.4 当碳钢制保温 (保冷) 支持圈不宜直接焊在塔体上 (如不锈钢、铬钼钢、低温钢制或需要热处理的塔器) 时, 应采用带有预焊件的保温 (保冷) 支持圈, 见图 36。预焊件的材料与塔体相同。

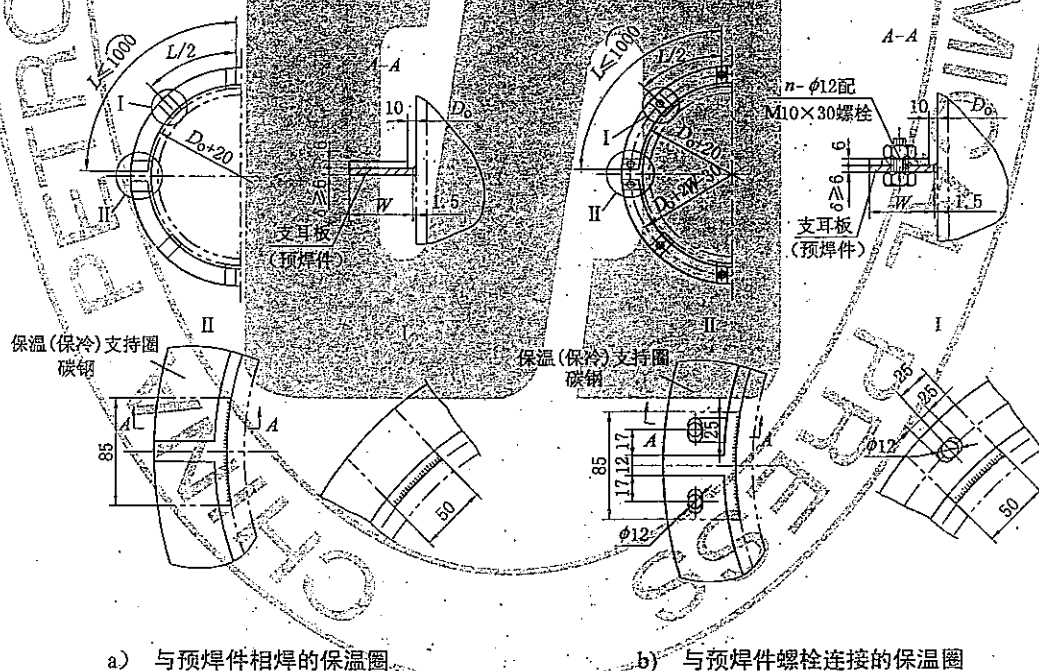


图 36 带预焊件的保温 (保冷) 支持圈

7.15 裙座的防火层

7.15.1 塔裙座防火层的设置,应符合 GB 50160 及工程设计的规定。

7.15.2 当防火层采用防火涂料时,应采用厚型无机且适用于烃类火灾的防火涂料,其耐火极限应不小于 $1.5h$ 。

7.15.3 裙座内直径小于 $1\,200\text{mm}$ 时,仅在裙座外侧设置防火层。

7.15.4 裙座内直径大于或等于 $1\,200\text{mm}$ 时,应在裙座内、外两侧设置防火层。

7.15.5 防火层的结构见图 37。

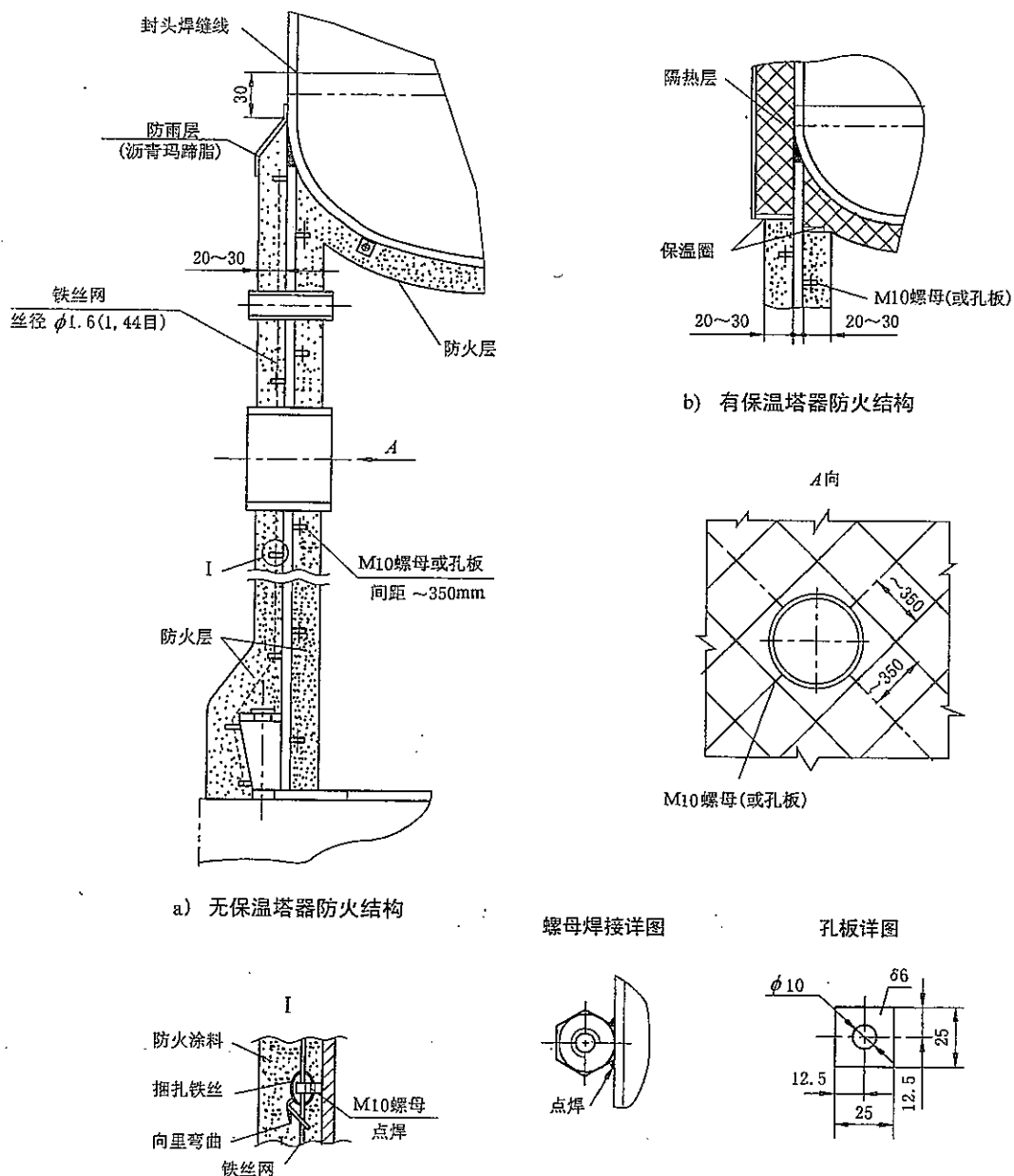


图 37 塔裙座防火层的结构示意图

7.16 塔顶吊柱

7.16.1 有可拆卸内件（如塔盘、填料等）的塔器应设置塔顶吊柱。

7.16.2 塔顶吊柱可按 HG/T 21639 标准选用。

7.16.3 吊柱安装位置（见图 38）应满足以下要求：

- 吊柱的吊钩至塔顶的距离，宜为 2 000mm 左右；
- 吊柱手柄至平台上表面的距离（ h ）不宜大于 1 600mm；
- 吊柱中心线与人孔中心线间应有合适的夹角 α ，以使吊钩的铅垂线可转到人孔附近，以便于内件的装卸；
- 确定吊柱悬臂长度（ S ）时，应考虑吊物空间的距离。

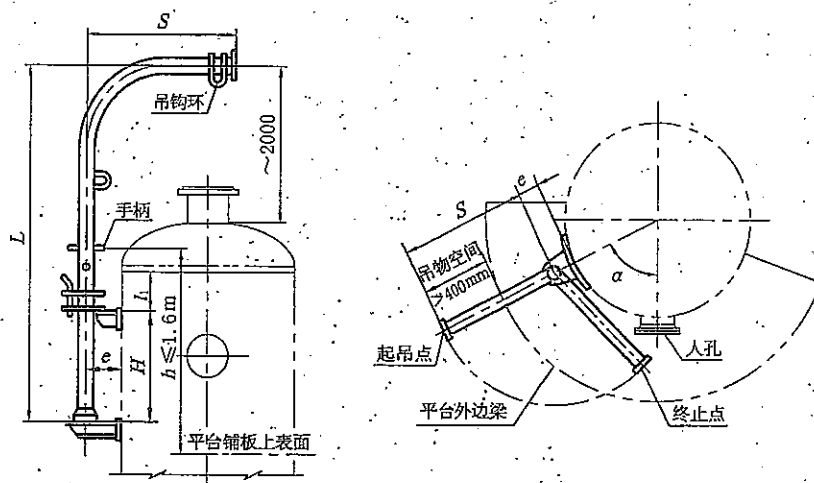


图 38 吊柱的安装位置

7.17 吊耳

7.17.1 塔设备吊耳的设置（包括吊耳的选型、位置及其加固措施等），应按照 SH/T 3515 和 HG/T 21574 的规定，并根据具体的吊装方案由吊装单位负责完成。

7.17.2 由于塔需整体焊后热处理、特种材料、工程项目的要求等原因，吊耳的设置可由设计单位完成，但应在吊装单位确认后，才可在现场吊装时采用。

7.18 静电接地板

7.18.1 塔器应设静电接地板（至少两块），接地板宜焊在裙座地脚螺栓座的筋板处。

7.18.2 接地板应选用导电性良好、且耐大气腐蚀的材料。

7.19 塔的平台和梯子

7.19.1 塔体平台的设置及层数除按数据表或设计文件的规定外，还应根据塔体上的人孔位置确定平台的标高，宜在每一个入孔中心线以下 800mm 设置一层平台。

7.19.2 在裙座顶部和塔器顶部宜各设一层平台。

7.19.3 平台宽度不宜小于 1 200mm。

7.19.4 每两层平台之间可按设置一个直梯（或笼式直梯）考虑，当两层平台高差大于或等于 2.5m 时，应设置笼式直梯。

7.20 铭牌和铭牌座

7.20.1 铭牌和铭牌座应设置在距地面约 1.5m 高度的塔裙座处。

7.20.2 铭牌座的方位宜选在塔器面临走道的一侧。

7.20.3 铭牌座的高度应使铭牌露出防火（或保温）层约 20mm 以上。

7.20.4 铭牌应采用铝、铜或不锈钢制作。

8 制造、检验和验收

8.1 一般规定

塔器的制造、检验及验收应执行本规范及以下标准和规定：

- a) GB 150;
- b) JB/T 4710;
- c) SH/T 3074;
- d) 图样及其他设计文件规定。

8.2 外形尺寸偏差

8.2.1 外形尺寸偏差应符合图 39 和表 32 的规定。

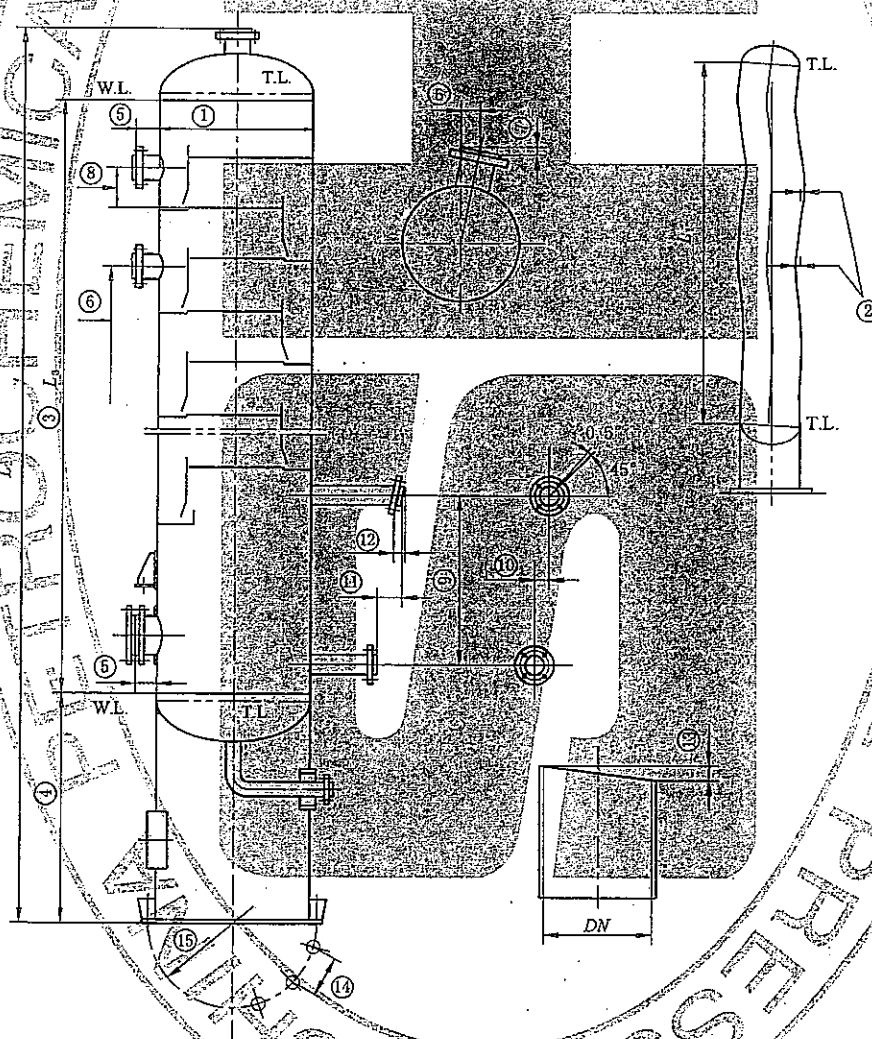


图 39 塔器外形尺寸偏差示意

表 32 外形尺寸偏差

符 号	检 验 项 目	允 许 偏 差
①	筒体圆度	承受内压或外压的无塔盘的塔体(段): 按 GB 150 的规定 有塔盘的塔体(段): 见表 33
②	筒体直线度(两封头切线之间)	任意 3m 长度的筒体直线度偏差 $\leq 3\text{mm}$; 筒体长度 $L_1 \leq 15\,000\text{mm}$ 时, 偏差 $\leq L_1/1\,000\text{mm}$; 筒体长度 $L_1 > 15\,000\text{mm}$ 时, 偏差 $\leq 0.5L_1/1\,000 + 8\text{mm}$
③	两封头焊缝线之间的距离	$\pm 1.3\text{mm/m}$, 且当 $L_2 \leq 30\text{m}$ 时, 不超过 $\pm 20\text{mm}$; $L_2 > 30\text{m}$ 时, 不超过 $\pm 40\text{mm}$
④	裙座高度(基础环底面至封头与塔壳连接焊缝的距离)	$\pm 2.5\text{mm/m}$, 且不超过 $\pm 6\text{mm}$
⑤	接管法兰面至塔体外壁距离	$\pm 3\text{mm}$ (人孔为 $\pm 6\text{mm}$)
⑥	设备开口中心标高及周向位置	接管 $\pm 5\text{mm}$
	人孔	$\pm 10\text{mm}$
	液面计接口	$\pm 3\text{mm}$
⑦	与外部管线连接的法兰面垂直度或平行度	$DN \leq 200\text{mm}$, $\pm 1.5\text{mm}$ $DN > 200\text{mm}$, $\pm 2.5\text{mm}$
⑧	接管中心线与塔盘支持圈(或受液盘)上表面的距离	$+3\text{mm}$
⑨	液面计对应接口间的距离	$\pm 1.5\text{mm}$
⑩	液面计对应接口周向位置	$\pm 1.5\text{mm}$
⑪	液面计对应接管外伸长度偏差	$\leq 1.5\text{mm}$
⑫	液面计法兰面垂直度	$\leq$ 法兰外径的 0.5%
⑬	塔壳分段处端面平行度	$DN/4\,000$, 且不大于 2mm
⑭	相邻或任意两地脚螺栓孔弦长	$\pm 2\text{mm}$
⑮	地脚螺栓孔中心圆直径允许偏差	$\pm 2\text{mm}$

表 33 带有塔盘的塔体(段)的圆度

塔体(段)内径 D_i , mm	$\leq 2\,000$	$> 2\,000 \sim 3\,000$	$> 3\,000 \sim 4\,000$	$> 4\,000$
圆 度	$0.5\% D_i$	$0.4\% D_i$	$0.3\% D_i$	$0.25\% D_i$

8.3 塔体安装垂直度

塔体安装垂直度允许偏差为塔器总高度(L_2)的 0.1%, 且不超过 30mm。

8.4 塔盘的位置和尺寸偏差

8.4.1 相邻两层塔盘支持圈的间距偏差为 $\pm 3\text{mm}$, 任意两层支持圈的间距偏差在 20 层内为 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.4.2 塔盘支持圈上表面的平面度应符合表 34 的规定。

表 34 塔盘支持圈平面度

单位: mm

塔公称直径 DN	$\leq 1\,600$	$>1\,600\sim 4\,000$	$>4\,000\sim 6\,000$	$>6\,000\sim 8\,000$	$>8\,000\sim 10\,000$	$>10\,000$
平面度	3	5	6	8	10	12

8.4.3 塔盘安装后,塔盘在整个面上的平面度应符合表 35 的规定。

表 35 塔盘平面度

单位: mm

塔公称直径 DN	$\leq 1\,600$	$>1\,600\sim 4\,000$	$>4\,000\sim 6\,000$	$>6\,000\sim 8\,000$	$>8\,000\sim 10\,000$	$>10\,000\sim 12\,000$
平面度	4	6	8	9	10	12

8.4.4 降液板底端与受液盘上表面垂直距离 (F) 的偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

8.4.5 降液板与凹型受液盘或进口堰立边水平距离 (W) 的偏差为 $^{+5}_{-3}\text{mm}$ 。

8.4.6 塔盘的其他零部件尺寸公差按 SH/T 3088 的规定。

8.5 填料支持圈安装平面度

填料支持圈安装平面度为 $2D_i/1\,000$, 且不大于 4mm 。

8.6 无损检测

8.6.1 塔器的无损检测应按 GB 150 和图样的规定。

8.6.2 当塔壳体对接接头的无损检测采用射线检测时,其技术等级应不低于 AB 级;采用超声检测时,其技术等级宜采用 B 级或 C 级。

8.6.3 先拼焊后成形的封头,在成形后其拼接焊缝应进行 100%射线检测,合格级别按图样要求。

8.6.4 符合下列条件之一者,裙座与塔壳的焊接接头应进行 100%磁粉检测或渗透检测,合格级别为 I 级:

- 塔体材料标准抗拉强度下限 $R_m \geq 540\text{MPa}$ 、Cr-Mo 钢的塔器;
- 设计温度低于或等于 -20°C 的塔器;
- 承受循环载荷的塔器;
- 塔器处于横风共振区时;
- 塔的高径比 H/D 大于 20 时。

8.6.5 吊耳与塔壳的焊接接头,应进行磁粉或渗透检测,合格级别为 I 级。

8.6.6 其他连接件与塔壳之间需做局部应力校核的焊缝(如管架,承受较大外载荷的接管等),应进行磁粉或渗透检测,合格级别为 I 级。

8.6.7 必要时,裙座筒体的纵、环焊缝应进行局部射线检测。

8.7 焊后消除应力热处理

需作焊后消除应力热处理的塔器,应在热处理之前完成塔体上所有焊接附件(如操作平台连接件、保温支承预焊件,吊耳垫板等)的焊接工作;热处理后,塔体上不得再施焊。

8.8 分段、分片现场组焊的塔器

8.8.1 分段现场组焊的塔器

8.8.1.1 对于须分段交货现场组焊的塔器,制造单位应根据塔器的实际情况,并考虑现场组焊的质量,宜按下列原则确定合理的分段位置:

- 分段处的位置,应为同一材料、同一厚度且无开口的内件之间的部位;
- 在封头或塔的变径段上至少带一筒节,分段处不应设在筒体与封头或变径段的接缝处;
- 距分段处端部一定长度范围内不应有大的开孔(如人孔、大直径接管)及焊接量大的内部构件。

- 8.8.1.2 两段接口处均应作组装母线方位标记。
- 8.8.1.3 为防止分段筒体在运输中变形，制造厂应采取支撑加固措施。
- 8.8.1.4 分段塔器在工地组装施焊后，应按图样要求进行无损检测和压力试验。
- 8.8.2 分片现场组焊的塔器
 - 8.8.2.1 分片交货的塔器，其分片的形状尺寸及精度应保证现场顺利组焊。
 - 8.8.2.2 每一成形的板片应作标记，其标记号应与排版图一致。
 - 8.8.2.3 分片组焊的塔器在工地按排版图组装施焊后，应按图样要求进行无损检测和压力试验。
- 8.8.3 现场组焊塔器的焊接
 - 8.8.3.1 分段、分片的焊接坡口应由制造厂加工、检验和清理，并在坡口表面及内外边缘 50mm 范围内涂以不影响焊接质量的可焊性防锈涂料。
 - 8.8.3.2 现场焊接应由具有相应资格的焊工担任，且应按照经评定后的焊接工艺进行焊接。
 - 8.8.3.3 现场组焊的塔器还应符合 SH/T 3524 的规定。
- 8.8.4 需作焊后热处理的塔器应符合 8.7 条的规定。

附录 A
(规范性附录)
常用钢材厚度负偏差

A.1 压力容器用碳钢、低合金钢板和不锈钢热轧厚钢板厚度负偏差见表 A.1。

表 A.1 压力容器用钢板厚度负偏差

单位: mm

钢板标准	GB 713—2008 GB 3531—2008	GB 24511—2009
钢板厚度	全部厚度	5.0~80
负偏差 C_1	0~30	

A.2 不锈钢复合钢板厚度负偏差见表 A.2。

表 A.2 不锈钢复合钢板厚度负偏差

钢板标准		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	I 级、II 级	III 级
不大于复层公称尺寸的 9%，且不大于 1mm	不大于复层公称尺寸的 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

A.3 爆炸不锈钢复合钢板厚度负偏差见表 A.3。

表 A.3 爆炸不锈钢复合钢板厚度负偏差

钢板标准	NB/T 47002.4—2009		
复层厚度负偏差	基层厚度负偏差	总厚度负偏差	
复层公称厚度的 10%，且不大于 1.0mm	基层厚度标准负偏差减 0.5mm	基层负偏差 + 复层负偏差	

A.4 无缝钢管厚度负偏差见表 A.4 和表 A.5。

表 A.4 无缝钢管厚度负偏差 (一)

单位: mm

钢管标准	钢管种类	钢管公称外径	壁厚/钢管外径 (S/D)	负偏差 C_1
GB/T 8163—2008	热轧	≤ 102	—	12.5% S 或 0.40, 取其大者
			≤ 0.05	15% S 或 0.40, 取其大者
		> 102	$> 0.05 \sim 0.10$	12.5% S 或 0.40, 取其大者
			> 0.10	10% S
	冷拔	≤ 3	—	10% S
		> 3	—	10% S

表 A.5 无缝钢管厚度负偏差 (二)

单位: mm

钢管标准	钢管种类	壁 厚	负 偏 差 C_1	
			普 通 级	高 级
GB 9948—2006	热轧	全部	10%	
	冷拔	≤ 3	10%	
		> 3	10%	7.5%
GB/T 14976—2002	热轧	< 15	12.5%	12.5%
		≥ 15	15%	12.5%
	冷拔	≤ 3	14%	10%
		> 3	10%	10%
GB 6479—2000	热轧	全部	10%	10%
	冷拔	≤ 3	10%	10%
		> 3	10%	7.5%

附录 B

(资料性附录)

平台、直梯及塔盘的质量估算

平台、直梯及塔盘的质量估算见表 B.1。

表 B.1 平台、直梯及塔盘的质量估算

名 称	笼式直梯	开式直梯	钢平台	圆泡帽塔盘	条形泡帽塔盘
质 量	40kg/m	15kg/m~24kg/m	150kg/m ²	150kg/m ²	150kg/m ²
名 称	舌形塔盘	筛板塔盘	浮阀塔盘	塔盘充液重	
质 量	75kg/m ²	65kg/m ²	75kg/m ²	70kg/m ²	

附录 C

(资料性附录)

常用填料堆积密度

常用填料堆积密度见表 C.1 至表 C.4。

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

注：本表数据摘自 HG/T 21556.1—95《碳钢鲍尔环填料》和 HG/T 21556.2—95《不锈钢鲍尔环填料》。

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

注：本表数据摘自 HG/T 21557.1—95《碳钢阶梯环填料》和 HG/T 21557.2—95《不锈钢阶梯环填料》。

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

注：本表数据摘自 HG/T 21554.1—95《碳钢矩鞍环填料》和 HG/T 21554.2—95《不锈钢矩鞍环填料》。

表 C.4 不锈钢网孔板波纹（规整）填料

规 格	I 型	II 型
峰高 h , mm	4.5 ± 0.1	6.5 ± 0.1
波距 $2B$, mm	8.4 ± 0.1	12.0 ± 0.1
板片厚 δ , mm	0.1	0.1
堆积密度 γ_p , kg/m ³	165	110
注：本表数据摘自 HG/T 21559.1—95《不锈钢网孔板波纹填料》		

附录 D
(资料性附录)
塔顶挠度控制值

D.1 内有塔盘的塔顶挠度控制值如下:

- a) 当 $DN \leq 1000\text{mm}$ 时, $Y_D \leq H/100$;
 b) 当 $1000\text{mm} < DN \leq 2000\text{mm}$ 时, $Y_D = 10 \times \left(\frac{H}{DN} \right)$;
 c) 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, 见本规范公式 (1) 计算, mm;

H —— 塔的总高度 (包括裙座高度), mm;

Y_D —— 塔顶挠度值, mm。

D.2 内有填料的塔顶挠度控制值可适当放宽。

附 录 E
(资料性附录)
填料支持圈和支持块

E.1 除工程设计另有规定外,推荐的填料支持圈的规格见表 E.1。

表 E.1 推荐的填料支持圈规格

单位: mm

塔 内 径 D_i	支持圈的最小宽度×厚度	
	碳钢、低合金钢	不 锈 钢
$\geq 600 \sim 800$	40×10	40×6
$> 800 \sim 1\,400$	40×10	40×6
$> 1\,400 \sim 1\,600$	50×10	50×8
$> 1\,600 \sim 3\,000$	65×10	65×8
$> 3\,000 \sim 3\,500$	75×12	75×10
$> 3\,500 \sim 5\,000$	90×12	90×10
$> 5\,000 \sim 6\,000$	100×12	100×10
注 1: 表中碳钢、低合金钢支持圈的数据已包括腐蚀裕量 C_2 (按 2mm 考虑)。 注 2: 塔内径大于 1.4m 的填料支持圈下面应焊接支承筋板, 支承筋板的间距约 650mm~1 000mm。		

E.2 当塔内径小于 600mm 时,宜采用支持块支承整块式填料栅板,其规格见表 E.2。

表 E.2 推荐的支持块规格

单位: mm

塔 内 径 D_i	支承块 数量	支持块规格 (弧长×宽度×厚度)	
		碳钢、低合金钢	不 锈 钢
400~450	4	70×30×10	70×30×6
500~550	4	75×40×10	75×40×6
注: 表中碳钢、低合金钢支持块的数据已包括腐蚀裕量 C_2 (按 2mm 考虑)。			

E.3 焊接在塔体上的支持圈和支持块,应采用双面连续角焊缝。

附录 F (资料性附录)

塔式容器由于横风向共振失效的防范措施

F.1 增加裸塔的横风向共振计算和应力校核

根据 JB/T 4710—2005 附录 A 计算,显示塔在正常操作工况须考虑横风向共振时,建议在进行风力和风弯矩校核计算后,再增加裸塔(即无保温、无平台梯子、无管道连接、无介质的塔器)的横风向共振计算校核,且此时一阶振型的阻尼比取值不应高于正常操作工况时的阻尼比。

F.2 结构设计、焊接及无损检测要求

F.2.1 当塔下封头名义厚度小于 50mm 时,裙座外径宜等于下封头外径(即外径对齐)。

F.2.2 裙座筒体与下封头焊接接头应尽量焊透,焊缝表面应光滑,并与下封头外表面圆滑过渡;建议采用本规范的图 4b) 或图 4c) 结构。

F.2.3 对于裙座筒体及其与下封头的连接焊缝,均应按受压元件的焊缝要求施焊;焊前的焊接工艺评定应按 JB 4708 进行,且应由考核合格的焊接压力容器的焊工施焊。

F.2.4 裙座筒体与下封头的焊接接头,应进行 100% 表面无损检测(MT 或 PT) I 级合格,及 20% 超声检测(UT) II 级合格。

F.2.5 塔体上的变径段宜采用带折边锥壳结构,并对其与圆筒体的焊接接头进行 100% 射线检测(RT) 或 100% 超声检测(UT)。

F.3 设置扰流器的形式

当设置扰流器时,应采用 JB/T 4710—2005 标准释义中的图 4-23 (b) 螺旋形翅片式扰流器。

F.4 调整塔的直径和高径比

在可能的情况下,与工艺专业(或主导专业)协商,增加塔的直径或降低塔高,即降低高径比(H/D)。

F.5 群塔的布置

建议相关专业(工艺专业等)在群塔的布置时,对框架外的细高塔,不宜布置在一条直线上。

F.6 塔上部平台

在塔高二分之一以上部位不宜设置与其它直径较小塔器连接的联合平台(不包括相连接的斜梯),应为单独的塔平台。

F.7 塔的安装、就位

F.7.1 建议塔平台、梯子及与塔相连接的主要管线应与塔体同期吊装就位。若由于现场位置或其它原因无法同期吊装就位,则应在塔体安装就位后,及时安装塔平台、梯子及主要的工艺管线。

F.7.2 塔在安装就位后,不允许裸塔长时间竖立。

用词说明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的助动词，说明如下：

（一）表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”（must）；

（二）表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。

（三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）

中华人民共和国石油化工有限公司标准

石油化工塔器设计规范

SH/T 3098—2011

条文说明

2011 北 京

目 次

1 范围	59
4 设计基础	59
4.1 设计压力	59
4.2 设计温度	59
4.3 设计载荷	60
4.4 厚度附加量	60
4.5 最小厚度	60
4.6 许用应力	60
5 材料	60
5.4 裙座	60
6 设计计算	61
6.2 塔的风载荷、地震载荷计算	61
6.4 塔盘板和支承梁的强度计算	62
6.5 填料栅板和支承梁的强度计算	62
6.6 塔壳的局部应力	62
7 结构设计	62
7.6 开孔补强结构	63
7.7 塔盘	63
7.8 填料、填料支承件和限位器	63
7.11 防涡流挡板	63
7.15 裙座的防火层	63
7.17 吊耳	63
7.18 静电接地板	64
7.19 塔的平台和梯子	64
7.20 铭牌和铭牌座	64
8 制造、检验和验收	64
附录 F (资料性附录) 塔式容器由于横风向共振失效的防范措施	64

石油化工塔器设计规范

1 范围

JB/T 4710 是对塔式容器设计、计算、制造及验收等方面的规定，它仅是保证塔式容器质量的最基本要求，而不包括塔器工程设计的全部内容，本规范是根据工程设计的实际需要，在 JB/T 4710 的基础上对塔式容器的设计内容作了详细的规定。

本规范不适用于非金属衬里的塔器设计。由于带有衬里的塔器设计不仅涉及到衬里塔壳的设计，而且还有衬里材料的选择、衬里结构的设计、衬里的施工和检验等诸多内容，这些已超出本规范的编制范围。对于带有衬里的塔器，可按有关衬里塔器的设计标准、工程设计规定或有关资料并参照本规范的有关内容进行设计。

4 设计基础

本章对塔器设计的常用基本参数（如设计压力、设计温度、设计载荷、厚度附加量、最小厚度、许用应力等）的选取作出规定。在不同的工程项目设计中，设计单位（设计者）还应根据工程的特点和要求作出补充规定。

本章各条款规定的主要依据是：

- a) GB 150;
- b) SH/T 3074;
- c) JB/T 4710 的相应规定;
- d) Q/SH 0700—2008《中国石化炼化工程建设标准》;
- e) 参考国内外工程公司和设计单位的有关工程设计标准及工程设计经验。

为了保持内容及文字的连贯性和完整性，本章的某些规定重复了 GB 150, JB/T 4710, SH/T 3074 的有关内容，并对其作了必要的补充。

4.1 设计压力

4.1.2 将原标准的条文改为设计压力的确定原则，并以表的形式表述。

JB/T 4710 规定，对最高工作压力小于 0.1MPa 的内压塔器，设计压力取 0.1MPa，即在 JB/T 4710 标准中规定的适用范围 ($H > 10\text{m}$ 、 $H/D > 5$) 的塔器一律按压力容器对待，这是考虑到塔器是重要的工艺设备，对它的要求是为保证装置的安全运行。

在工程设计中经常会遇到高度低于 10m 或 $H/D < 5$ 的以裙座支撑的常压操作的容器，设计者可根据容器的实际操作工况（如不密闭或与大气相通）确定设计压力为常压。

4.2 设计温度

4.2.2 塔器的设计温度选用表（见表 2）的内容在 2000 年版的基础上稍作修改。

4.2.3 由于裙座直接与压力容器焊成一体，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，否则会由于设计温度确定不当，造成选材不合理。JB/T 4710—2005 规定塔裙座壳体的设计温度取塔所在地区的月平均最低气温的最低值加 20℃，但对于靠近封头的裙座上部壳体应考虑塔釜操作温度的影响，设计温度不宜一律取环境温度加 20℃。

表 4 是根据裙座壳体的结构形式（即带有过渡段和无过渡段裙座）、塔器（或塔釜）的设计温度范围、以及环境温度的影响，规定了确定裙座设计温度方法。

对表中“……裙座壳体的设计温度应考虑环境温度的影响。”的解释如下：即设计者可根据塔器的

设计实际工况，且从安全、经济、合理角度，选择下面两种方法之一确定裙座的设计温度：

- 1) 按 JB/T 4710—2005 的规定，取环境温度加 20℃ 作为裙座的设计温度；
- 2) 裙座的设计温度等于环境温度（即月平均最低气温的最低值）。

4.2.4 对于“地脚螺栓的设计温度应考虑建塔地区环境温度的影响”，即设计者从安全、经济、合理角度，选择下面两种方法之一确定地脚螺栓的设计温度：

- 1) 按 JB/T 4710—2005 的规定，取环境温度加 20℃ 作为地脚螺栓的设计温度；
- 2) 地脚螺栓的设计温度等于环境温度。

4.3 设计载荷

本条删除了原 2000 年版条文中的设计载荷组合表。

4.4 厚度附加量

将常用钢板、钢管厚度负偏差表移到附录 A 中。

4.4.3 本条中的各条文规定及塔器各主要元件的腐蚀裕量选取表的内容是综合以下标准、规范和规定编写的。

- a) GB 150；
- b) JB/T 4710；
- c) HG 20580；
- d) SH/T 3074；
- e) JIS B 8270；
- f) 工程设计的实践经验。

4.5 最小厚度

4.5.1 本条根据国内工程设计经验对塔的最小厚度做了修订。

4.5.3 取消了原 2000 年版塔盘主要元件的最小厚度表，改为塔壳内表面的不锈钢堆焊层最小厚度。塔盘主要元件的最小厚度详见 SH/T 3088。

4.6 许用应力

根据 GB 150 和 JB/T 4710 的相应规定，对原条文的内容做了修改和补充。

由于 GB 6654 已被新标准 GB 713《锅炉和压力容器用钢板》代替，原 20R、16MnR 钢号已分别改为 Q245R、Q345R，但其许用应力数值在新的 GB 150 出台之前，建议仍按 GB 150—1998 的规定。

5 材料

5.1~5.3 补充了塔器选材的一般原则，以及规定了受压元件材料的选用细则应符合 SH/T 3075、SH/T 3096 的规定。按 GB 713 的规定，将原条文中的 20R、16MnR 钢号分别改为 Q245R、Q345R。

5.4 裙座

裙座不承受压力载荷（内、外压），也不与介质直接接触，因此属于承载（非压力载荷）的非受压元件，考虑裙座的特殊性，由于它与压力容器焊成一体且承受容器的重力载荷及外载荷（风载荷、地震载荷等），裙座的失效（或破坏）不仅影响塔器的正常运行，而且将造成极大的危害，因此应将其视为重要的受力元件（或重要的钢结构元件），在 ASME VIII-1 分册 UG-4 中指出“用于非受压件（如裙座、支座、……等）的材料，不需要符合与相连材料材料标准……，但用焊接方法连接到容器上的材料，应具有良好的焊接性”；在日本 JPI-7R-35《带裙座塔类的强度计算》中规定：“将直接焊接在塔受压部位的裙座最上面一段作为受压部件，其余为支撑构件”，因此本规范根据以上理由和原则并考虑到国内塔设计的多年实践经验，对裙座的选材作了规定。

5.4.2 本条给出了常用裙座壳体（不包括过渡段）材料表。

裙座作为直接与塔的受压元件相焊的非受压的重要钢结构件，在确定裙座用材时应注意塔釜工作温度、环境温度及对受压元件性能的影响等因素。

当裙座设计温度 t_s 大于或等于 0°C 时, 本规范表 6 给出 4 个钢号, 除设计需要或工程设计文件另有规定外, 应尽量采用 Q235B 或 Q235C。

当裙座设计温度 t_s 低于 -20°C 且选用 Q245R 或 Q345R 时, 应进行裙座设计温度下的低温冲击试验。

5.4.4 本条规定了设置裙座过渡段的条件, 其理由如下:

- a) 当塔釜设计温度 $t \leq -20^\circ\text{C}$, 塔釜材料一般采用具有一定低温冲击韧性的低温钢, 若采用碳钢裙座与其相焊, 在裙座壳与塔下封头的焊接接头处附近区域的工作温度将可能达到低温状态, 此时碳钢裙座壳的冲击韧性将会降低, 同时焊接接头处及附近区域的受力状态本来就比较复杂, 加之碳钢材料的韧性下降, 将使焊接接头处及附近区域工况更加恶劣; GB 150 标准规定: “承受较大载荷需作强度计算的非受压元件用钢, 应具有与受压元件相当的韧性”, 因此对塔釜设计温度 $t \leq -20^\circ\text{C}$, 从材料使用的合理考虑, 应设一与塔釜材料相同的过渡段为宜;
- b) 当塔(或塔釜)设计温度 $T \geq 340^\circ\text{C}$ 时, 此时靠近塔釜的裙座上部温度将远高于环境温度, 以环境温度 $+20^\circ\text{C}$ 作为裙座的设计温度来确定裙座壳体厚度显然是不合理的; 而若按 $T \geq 340^\circ\text{C}$ 确定许用应力, 裙座的壳体将会很厚, 尤其当裙座较高时, 将造成材料的浪费, 因为远离塔釜的裙座下部的壳体温度接近或等于环境温度; 故裙座的设计在考虑塔釜温度影响的同时还应注意其经济合理性, 设置过渡段是解决这一问题较为合理的办法;
- c) 当裙座与塔釜相焊且可能影响塔釜材料性能时, 需设过渡段的理由如下:
 - 1) 当塔的下封头为铬钼钢, 裙座壳体为碳钢时, 考虑到铬钼钢的焊接淬硬性和氢致裂纹敏感性以及裙座壳与封头连接处的受力状态, 且可能影响焊接接头处的质量; 此外铬钼钢的塔下部封头处在高温区域, 裙座壳体上部的温度将可能超过碳钢材料使用温度的上限;
 - 2) 当塔的下封头为不锈钢(特别是薄壁封头), 如果采用碳钢的裙座壳与其相焊, 有可能改变奥氏体不锈钢的金相组织, 如碳迁移和贫铬, 焊接接头处还可能有马氏体存在, 因而可能会影响不锈钢的耐蚀性或抗晶间腐蚀性能;
 - 3) 若塔的下封头为低温钢, 裙座壳体为碳钢时, 设过渡段的理由见本条文说明 5.4.4 a);
 - 4) 一些国外的标准和工程公司的设计标准中, 也有关于设裙座过渡段的规定, 如日本 JPI-7R-35《带裙座塔类的强度计算》标准中规定: “将直接焊接在塔受压部位的裙座最上面一段作为受压部件, 其余为支撑构件”, 这里的“最上面一段”即是过渡段;
- d) 根据本规范送审稿审查会意见取消了原关于低于 2.5m 裙座是否设置过渡段条文的内容; 即当遇到裙座高度较低而又符合设置过渡段条件的场合时, 设计者可以采用与塔下部封头相同的材料作为裙座壳体材料, 这样既可以减少材料的品种和规格, 也不会造成材料的过大浪费, 这在工程设计中是允许的;
- e) 本规范正文 5.4.4 a) 1) 款规定, 在塔(或塔釜)的设计温度高于 340°C , 低于或等于 -20°C 时, 需设裙座过渡段。因此, 在 $-20^\circ\text{C} \sim 340^\circ\text{C}$ 范围内, 可不设过渡段(符合 5.4.4 a) 2) 款的规定除外); 即裙座壳体自上而下为同一材料, 其设计温度按本规范表 4 的规定, 但应注意对于一些材料在设计温度超过 200°C 时, 其许用应力下降幅度较大, 裙座壳体的计算厚度将偏大, 设计者应从安全、经济及工程设计实际情况等方面权衡利弊决定是否设置过渡段, 尤其是对较高的裙座(如 $H \geq 6\text{m}$)。

6 设计计算

6.2 塔的风载荷、地震载荷计算

在 JB/T 4710 标准中详细规定了塔的强度、风载荷和地震载荷计算方法, 本规范根据工程设计的实际情况, 就设计者在进行塔的风载荷、地震载荷计算时应该注意的问题作出规定和说明。

6.2.2~6.2.4 根据本规范送审稿审查会专家的意见和 JB/T 4710、GB 50011 和 GB 50009 的规定,

重新修改了原条文的内容。即基本风压、抗震设防烈度和场地土类型的数据应由业主提供,但其不应低于 GB 50009、GB 50011 的规定。

6.2.9 为避免前后脱节,将壁厚分段的条文移至 6.2 条内,使设计者理解计算分段与壁厚分段的不同意义。

6.2.10 b) 控制塔顶部挠度的目的是为保证塔板效率以及工艺操作的稳定性,同时也应考虑挠度引起的附加弯矩及检修人员的安全感。但塔顶挠度如何控制是个棘手的问题,从大量计算结果来看,大直径低矮的塔器,其挠度控制容易满足,而小直径或细高的塔器要满足一定挠度控制值,往往要在原计算壁厚的基础上再增加它的厚度,如果挠度控制偏严,其厚度可能增加到不合理的程度。从所收集到的一些国内外工程公司和设计单位的资料看,塔的挠度控制值并不一致,因此确定一个统一的、合理的控制值,还须作进一步的工作。本规范将挠度控制的推荐数值作为资料性附录供设计者参考。

6.4 塔盘板和支承梁的强度计算

由于在 SH/T 3088 中已规定了塔盘板及支承梁强度计算的内容,本规范不再重复相关内容。

6.5 填料栅板和支承梁的强度计算

本条文是新增加的内容。

根据国内工程设计经验给出了支承梁的挠度控制值。

6.6 塔壳的局部应力

6.6.1 本条规定塔在外载荷作用下应进行塔的局部应力计算和校核,如管线推力、塔附件的作用力等。除此之外,还应注意进行整体吊装时塔承受的作用力,目前利用焊接在塔体上的吊耳进行整体吊装的方法已相当普遍。由于工程的需要,有可能要求设计单位在进行塔设计时设置吊耳(尤其是需要热处理的塔,须在热处理之前将吊耳焊在塔体上),因此对吊耳本身的强度及吊耳处塔壳局部的强度和稳定性进行验算是必要的。

7 结构设计

塔器是石油化学工艺性很强的设备,同时由于所生产产品的不同,塔的内构件形式是多种多样的,甚至一些塔的内件还有其特殊的要求或者是专有技术,这些已超出了标准的范围,本规范根据中国石化炼化工程建设标准的相关内容、国内多年的工程设计实践经验,并参考了一些国外工程公司的设计标准,对塔器通用的内外构件的结构设计作出规定;对塔的非通用内外部构件,设计者应根据具体工程设计要求或文献资料进行设计。

7.3.2 圆锥形裙座的半锥顶角不宜超过 15° ,原因是随着半顶角的增加,圆锥形裙座在轴向力作用下临界许用应力降低,筒体厚度将增大,同时塔的基础尺寸也将相应加大,从工程使用实践证明半锥顶角最大至 15° ,已能满足使用需要。

7.3.3 JB/T 4710 给出了两种连接形式,即裙座与塔体的对接和搭接形式,考虑到石油化工行业中高温操作的塔器较多,若采用搭接结构,将使搭接接头处的受力状态变得恶劣(既有内压产生的薄膜应力又有不连续应力及温差应力等),若在设计或制造上处理不当,很容易发生搭接焊缝处的失效或断裂。因此本规范推荐采用对接接头形式,若工程上需要采用搭接接头时,设计者应慎重处理。

7.3.3.1 本条给出图 4b) 的适用场合,这种结构是在焊缝的根部留有适当的间隙(2mm),目的是为了保证焊缝根部能焊透。

7.3.3.2 本节增加了厚壁封头(如球形封头)与裙座的连接结构图 4c),这种结构在国内炼油装置的厚壁容器上已普遍采用,但是对于大型重要的反应容器(如厚壁加氢反应器等),采用锻焊对接结构将更为合理。

7.3.4 当裙座与塔体对接时,裙座上部筒体中径与塔釜封头直边段中径越接近,其连接处的附加弯矩越小(见 AD 及 PS5500 等规范)。国外一些工程公司的标准(如 KELLOGG、BP 公司)规定裙座筒体

的中径应等于塔壳体的中径。

考虑到国内容器的圆筒体, 封头是以内径为基准, 同时石油化工的塔器以薄壁居多, 高压厚壁塔器较少, 所以本规范规定裙座上筒体的内直径等于塔体内直径(或塔底封头直边段内径); 仅当裙座上筒体厚度与塔釜封头厚度之差大于等于 8mm 时, 取二者外径相等, 这样可使两者焊接接头与塔釜封头外壁圆滑齐平过渡。对于重型厚壁的塔器应以中径对齐为宜。

7.3.7 本条对 2000 年版原条文排气管和排气孔的图形和表格内容作了修改和补充, 以更符合实际情况。

7.3.8 为减小裙座与塔釜封头连接部位的温差应力, 国外工程公司的工程设计标准中规定, 当塔釜工作温度达到某一些数值时, 需要在裙座顶部设置热盒空间 (HOT BOX 或 AIR POCKET), 它是由裙座、封头和弧形板(也称隔气圈)构成的近似三角形空间, 即隔热箱。由于隔热箱的区域内无保温层, 塔釜封头的热量可以通过对流和辐射方式传到裙座筒体上, 改善该部位的传热条件, 从而可降低温度梯度和温差应力。

应该指出的是, 对于工作温度很高, 且温度变动频繁的塔器, 还应注意裙座与壳体连接处的热疲劳问题。建议采用有限元应力分析方法进行温度场和热应力的分析计算, 并按 JB 4732《钢制压力容器—分析设计标准》作疲劳分析。

表 14 隔气圈的位置尺寸是参考了国外工程公司的设计标准确定的。

7.3.13 本条中所列的外螺栓座结构尺寸基本上与原化工部 CD130A4—85《塔器设计技术规定》标准的螺栓座尺寸是一致的(螺栓座的高度尺寸标注与 JB/T 4710 稍有不同, 从多年的使用实践及工程设计合理角度看本规范是适宜的), CD130A4—85 的地脚螺栓座结构尺寸主要是参考了一些国外工程公司设计标准和国内塔器设计的实践经验确定的。设计者可以按照本规范表 19 所列的参数, 初步确定螺栓座的尺寸, 并按 JB/T 4710 的规定, 计算或校核基础环板、筋板及盖板的厚度, 经调整后最终确定外螺栓座的结构尺寸参数。

7.3.14.2 为便于设计者初步确定地脚螺栓数量, 表 22 给出了地脚螺栓数量的推荐值。确定表中数据的依据和原则如下:

- a) 参考国外工程公司的设计标准; 对引进装置中塔器地脚螺栓间距的数据统计与整理;
- b) 表中“优先选用数量”, 主要是按螺栓间距为 450mm 确定的, 有个别的数据出入较大, 主要依据是《压力容器手册》(美) E. F. MEGYSY;
- c) “可选用数量”是按间距 300mm~700mm 考虑的;
- d) 螺栓间距系以裙座筒体底部内径加 150mm~200mm 为地脚螺栓中心圆直径计算的。

7.3.14.3 塔的基础是钢筋混凝土时, 地脚螺栓间距过小(即螺栓过密), 将不能充分发挥混凝土的强度或减少混凝土的承载截面, 因此一般地脚螺栓的间距应不小于 360mm。

7.6 开孔补强结构

开孔补强结构是新增加的内容。

7.7 塔盘

在修订的 SH/T 3088 中已对塔盘设计作了详细的规定, 故本规范不再重复。

7.8 填料、填料支承件和限位器

填料、填料支承件和限位器是新增加的内容。

7.11 防涡流挡板

在 2000 年版原条文内容的基础上, 补充了防涡流挡板的结构类型。

7.15 裙座的防火层

裙座的防火层补充了防火层采用防火涂料的规定。

7.17 吊耳

7.17.1 塔吊耳的设置是与施工(吊装)单位有直接关系的, 即与施工单位的吊装设备、吊装方案密切

相关,因此,吊耳的选型、吊点位置及其加强结构的设计宜由施工(吊装)单位负责完成。

7.18 静电接地板

静电接地板是新增加的内容。

7.19 塔的平台和梯子

塔的平台和梯子是新增加的内容。

7.20 铭牌和铭牌座

铭牌和铭牌座是新增加的内容。

8 制造、检验和验收

本章中各条的规定是在 JB/T 4710 有关制造检验及验收内容的基础上予以补充和完善,如对外形尺寸允许偏差、塔盘的位置和尺寸偏差、无损检测、分段和分片交货现场组焊的塔器等项内容给予必要的补充与完善。

附 录 F

(资料性附录)

塔式容器由于横风向共振失效的防范措施

尽管按 JB/T 4710 附录 A 的理论计算,塔会发生横风向共振,但在安装就位后只要外部风的条件不具备,塔不一定发生共振;而在外部风的条件适当时(尽管风力不大),共振就有可能发生,且无法避免。所以本附录所列的内容只是提示性和建议性的防范措施,设计者可酌情进行选择,以减缓由于横风向共振造成塔器的局部损伤甚至失效。