

# 中华人民共和国行业标准

P

SH 3098-2000

---

## 石油化工塔器设计规范

Specification for the design of petrochemical column

2000-06-30 发布

2000-10-01 实施

---

国家石油和化学工业局 发布

中华人民共和国行业标准

# 石油化工塔器设计规范

Specification for the design of petrochemical column

SH 3098-2000

主编单位：中国石化集团兰州设计院

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：国家石油和化学工业局

## 国家石油和化学工业局文件

国石化政发(2000) 239 号

### 关于批准《石油化工企业污水处理设计规范》 等 10 项石油化工行业标准的通知

中国石油化工集团公司:

你公司报批的《石油化工企业污水处理设计规范》等 10 项石油化工行业标准草案,业经我局批准,现予发布。标准名称、编号为:

**强制性标准:**

序号	标准编号	标 准 名 称
1.	SH 3095-2000	石油化工企业污水处理设计规范
2.	SH 3097-2000	石油化工静电接地设计规范
3.	SH 3098-2000	石油化工塔器设计规范 (代替 SYJ 1049-83)
4.	SH 3099-2000	石油化工给排水水质标准 (代替 SHJ 1080-91)
5.	SH 3100-2000	石油化工工程测量规范
6.	SH 3010-2000	石油化工设备和管道隔热技术规范 (代替 SHJ 10-90 和 SYJ 1022-83)
7.	SH 3502-2000	钛管道施工及验收规范 (代替 SHJ 502-82)
8.	SH 3513-2000	石油化工铝制料仓施工及验收规范 (代替 SHJ 513-90)
9.	SH 3518-2000	阀门检验与管理规程 (代替 SHJ 518-91)

**推荐性标准:**

序号	标准编号	标 准 名 称
1.	SH/T 3511-2000	乙烯装置裂解炉施工技术规程 (代替 SHJ 511-89)

以上标准自 2000 年 10 月 1 日起实施,被代替的标准同时废止。

国家石油和化学工业局  
二〇〇〇年六月三十日

## 前 言

本规范是根据中石化(1998) 建标字 159 号文的通知,由中国石化集团兰州设计院对《炼油厂塔器设计技术规定》SYJ1049-83 进行修订而成。

本规范共分六章和三个附录,修订的主要内容如下:

- 1 增加设计基础(设计压力、设计温度、腐蚀裕量和设计载荷等)的内容;
- 2 对塔体及裙座材料的内容予以修改和补充;
- 3 增加塔的风载荷和地震载荷计算若干问题的说明;
- 4 补充了塔的结构设计和制造检验等内容。

在修订的过程中,针对原规范中存在的问题,进行了广泛的调查研究,总结了近年来石油化工塔器设计的实践经验,并征求了有关设计、施工、生产等方面的意见,对其中的主要问题进行了多次认真的讨论,最后经审查定稿。

本规范在实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料提供我院,以便今后修订时参考。

主编单位地址:甘肃省兰州市西固区福利西路 1 号

邮 政 编 码: 730060

本规范的主编单位:中国石化集团兰州设计院

主 要 起 草 人: 郭益德 张耀 徐积源

# 目 次

1	总则	1
2	设计基础	2
2.1	设计压力	2
2.2	设计温度	2
2.3	设计载荷	3
2.4	厚度附加量	4
2.5	最小厚度	6
2.6	许用应力	6
3	材料	8
3.1	受压元件	8
3.2	非受压元件	8
3.3	裙座	8
3.4	地脚螺栓	10
3.5	焊接材料	10
4	设计计算	11
4.1	强度和稳定计算	11
4.2	风载荷和地震载荷计算	11
4.3	法兰当量设计压力计算	12
4.4	塔盘板及支承梁的计算	12
4.5	局部应力	14
5	结构设计	16
5.1	塔的主要元件及名称	16
5.2	塔体	16
5.3	裙座和地脚螺栓座	17
5.4	人孔和手孔	26
5.5	接管	28
5.6	塔盘	31
5.7	塔釜隔板	31
5.8	缓冲挡板	33
5.9	防涡流挡板	34
5.10	气体出口挡板和丝网除沫器	35
5.11	内部梯子	36
5.12	保温(保冷)支持圈和隔热箱	36
5.13	防火层固定件	41
5.14	塔顶吊柱	42
5.15	吊耳	42
6	制造、检验及验收	43
6.1	一般规定	43

6.2	外形尺寸偏差	43
6.3	裙座与塔体的焊接接头	44
6.4	整体热处理的塔器	45
6.5	现场组焊的塔器	45
附录 A	冬季空气调节室外计算温度	46
附录 B	主要石油化工企业所在城市（地区）的基本烈度	47
附录 C	塔顶挠度控制值	48
用词说明		49
附 条文说明		51

# 1 总 则

1.0.1 本规范是结合工程设计的实际情况,对现行《钢制塔式容器》JB4710-2000 的补充和具体化。

1.0.2 本规范适用于高度  $H$  大于 10m、且高度  $H$  与直径  $D$  之比大于 5 的裙座自支承的钢制塔式容器(以下简称塔器)的设计。

注:塔器直径  $D$  系指塔的公称直径,对不等直径的塔器取其加权平均值,见公式(1.0.2)。

$$D = D_1 \frac{h_1}{H} + D_2 \frac{h_2}{H} + \dots + D_i \frac{h_i}{H} \quad (1.0.2)$$

式中:  $D_1, D_2, \dots, D_i$  —— 各段塔体公称直径;

$h_1, h_2, \dots, h_i$  —— 各段塔体高度。

1.0.3 本规范不适用下列塔器的设计:

- 1 带有拉牵装置的塔器;
- 2 非金属衬里的塔器;
- 3 有色金属衬里的塔器。

1.0.4 本规范中的名词术语及定义,均与《钢制压力容器》GB150-1998 和《钢制塔式容器》JB4710-2000 的规定相同。

1.0.5 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本规范中引用而构成本规范的条文。本规范出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本规范者应注意使用下列标准最新版本的可能性。

GB150-1998	《钢制压力容器》
JB/T4735-97	《钢制焊接常压容器》
JB4710-2000	《钢制塔式容器》
GBJ17-88	《钢结构设计规范》
SH3074-95	《石油化工钢制压力容器》
SH3075-95	《石油化工钢制压力容器材料选用标准》
SH3524-1999	《石油化工钢制塔类容器现场组焊施工工艺标准》
SH3088-1998	《石油化工塔盘设计规范》
GB6654-1996	《压力容器用钢板》
GB3531-1996	《低温压力容器用低合金钢板》
GB3274-88	《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》
GB3280-92	《不锈钢冷轧钢板》
GB4237-92	《不锈钢热轧钢板》
GB4238-92	《耐热钢板》
GB/T8165-1997	《不锈钢复合钢板和钢带》
GB4733-1996	《压力容器用爆炸不锈钢复合钢板》
GB/T8163-1999	《输送流体用无缝钢管》
GB9948-88	《石油裂化用无缝钢管》
GB/T14976-94	《流体输送用不锈钢无缝钢管》
GB6479-86	《化肥设备用高压无缝钢管》

## 2 设计基础

### 2.1 设计压力

2.1.1 塔器设计压力的确定应符合现行《钢制压力容器》GB150和《石油化工钢制压力容器》SH3074的规定；当工程设计中另有规定时，其设计压力应按有关规定确定。

2.1.2 对最大工作压力小于0.1MPa的内压塔器，设计压力取0.1MPa。

2.1.3 对真空塔器按承受外压设计，当装有安全控制装置（如真空泄放阀）时，设计压力取1.25倍的最大内外压力差或0.1MPa两者中的较小值；当没有安全控制装置时，取0.1MPa。

### 2.2 设计温度

2.2.1 设计温度的确定应符合《钢制压力容器》GB150和《石油化工钢制压力容器》SH3074的规定；当工程设计中另有规定时，其设计温度应按有关规定确定。

2.2.2 塔器（不包括裙座）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。

1 塔器内壁与工作介质直接接触且有外保温（或保冷）层时，设计温度应按表2.2.2的确定。

表 2.2.2 塔器设计温度 (°C)

最高或最低工作温度 $T_0$	设计温度 $T$	
	炼 油	石 油 化 工
$T_0 \leq -20$	介质正常工作温度减 $0 \sim 10^\circ\text{C}$ 或取最低工作温度	
$-20 < T_0 \leq 15$	$T = T_0 - 5$ (但最低应高于 $-20^\circ\text{C}$ )	介质正常操作温度减 $5 \sim 10^\circ\text{C}$ 或取最低介质温度
$15 < T_0 \leq 350$	$T = T_0 + 20$	介质正常操作温度加 $15 \sim 30^\circ\text{C}$ 或取最高介质温度
$T_0 > 350$	$T = T_0 + (15 \sim 5)$	

2 当在正常操作状态下塔各部位的工作温度不同且相差较大时，可分别（或分段）确定每部分的设计温度。

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

2.2.3 裙座壳体设计温度的确定参见表2.2.3。

表 2.2.3 裙座壳体的设计温度 (°C)

有过渡段的裙座 (见图 3.2.5)		无过渡段裙座	
裙座本体	裙座过渡段	$T < -20^\circ\text{C}$ 或 $T \leq 200^\circ\text{C}$	$200^\circ\text{C} < T \leq 350^\circ\text{C}$
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裙座壳体的形式（裙座壳本体和过渡段）见图 3.3.2。



②环境温度取 GBJ19-88《采暖通风与空气调节设计规范》中的冬季空气调节室外计算温度, 见附录 A。

③T——塔釜的设计温度(或塔器的设计温度)。

## 2.3 设计载荷

### 2.3.1 塔器设计时应考虑的载荷

#### 1 压力载荷

a 设计压力;

b 液柱静压力(当液柱静压力小于 5%设计压力时可忽略不计);

c 试验压力。

#### 2 重力载荷

a 塔器空重: 包括塔器壳体(圆筒和封头)、裙座和附件(如接管、管嘴、人孔、法兰、支承圈、支座和不可拆的内件等)的重力载荷;

b 可拆卸内件重力载荷: 如填料(或催化剂)、可拆塔盘板、除沫器、催化剂等的重力载荷;

c 物料的重力载荷: 系指正常工作状态下物料的最大重量。对于固体物料(颗粒料或粉料), 应按堆积密度计算重力载荷;

d 试压(或试漏)液体的重力载荷;

e 隔热材料重力载荷: 如保温(保冷)层及其支持件的重力载荷;

f 其它附件的重力载荷: 如与塔器直接连接的钢平台、扶梯、工艺配管及管架等附件的重力载荷。

注: ①钢平台、扶梯及塔釜的重力载荷应根据工程设计的具体资料确定, 当无确切资料时可参照《钢制塔式容器》JB4710-2000 附录 E 进行估算;

②当要求设置塔整体吊装用的吊耳时, 应考虑塔吊耳处壳体承受的外载荷。

#### 3 风载荷和地震载荷;

#### 4 偏心载荷;

#### 5 管道外载荷(管道推力和力矩);

#### 6 由塔外部附件(如管架、支座或其它悬挂在塔器上的设备)引起的外载荷;

#### 7 由于热膨胀量或线胀系数的不同引起的作用力。

### 2.3.2 设计载荷的组合

塔器所承受的各种载荷, 对预期可能同时出现者, 应考虑最不利的组合。一般情况下, 载荷的组合可参照表 2.3.2 进行。

表 2.3.2 设计载荷的组合

塔器所处状态	设计载荷
正常工作状态	设计压力
	重力载荷(包括空塔、可拆内件、物料、隔热材料、平台、梯子及附件等重力)
	局部外载荷(管道推力、外部附件的作用力等); 偏心载荷
	风载荷
	地震载荷+25%风载荷
	取二者中的较大值
水压试验 (现场立置试压)	试验压力
	重力载荷(空塔、可拆内件、附件、试压液体等的重力)
	30% 风载荷
	局部载荷、偏心载荷

## 2.4 厚度附加量

## 2.4.1 厚度附加量按下式确定:

$$C = C_1 + C_2 \quad (2.4.1)$$

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)。

2.4.2 钢板和钢管的厚度负偏差 ( $C_1$ ) 应按有关钢材标准确定。当钢材的厚度负偏差不大于 0.25mm, 且不超过名义厚度的 6% 时, 负偏差可忽略不计。

1 常用钢板厚度负偏差见表 2.4.2-1~4。

表 2.4.2-1 钢板厚度负偏差 (一) (mm)

钢板标准号	GB3531-1996	GB6654-1996
钢板厚度	全部厚度	
负偏差 $C_1$	0.25	

表 2.4.2-2 钢板厚度负偏差 (二) (mm)

钢板标准	GB3274-88		GB3280-92		GB4237-92		GB4238-92	
钢板厚度	>5.5~7.5	>7.5~25	>25~30	>30~34	>34~40	>40~50	>50~60	>60~80
负偏差 $C_1$	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.8

注: ①本表数据摘自 GB709-88《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》的规定;

②表中钢板厚度小于 13mm 的负偏差值系按普通轧制精度的钢板, 且宽度为该厚度钢板在最大宽度时的数值。

表 2.4.2-3 钢板厚度负偏差 (三) (mm)

钢板标准	GB/T 8165-1997《不锈钢复合钢板和钢带》					
复层厚度负偏差		复合钢板、钢带总厚度允许负偏差 $C_1$				
I 级、II 级	III 级	复合钢板总厚度 mm		允许负偏差 %		
		钢带	钢板	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	4~8	—	8	9	
		—	≥8~15	7	8	
		—	16~25	6	7	
		—	26~30	5	6	
		—	31~60	4	5	
		—	>60	协商	协商	

表 2.4.2-4 钢板厚度负偏差 (四) (mm)

钢板标准	JB4733-1996《压力容器用爆炸不锈钢复合钢板》		
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	

2 常用无缝钢管厚度负偏差 ( $C_1$ ) 见表 2.4.2-5。

表 2.4.2-5 无缝钢管厚度负偏差(mm)

钢 管 标 准	种 类	壁 厚 mm	负偏差 $C_1$	
			普通级	较高级或高级
GB/T8163-1999《输送流体用无缝钢管》	冷拔	$>1.0$	10%	10%
	热轧	$\geq 2.5$	12.5%	
GB9948-88《石油裂化用无缝钢管》	冷拔	$>1.0$	10%	
	热轧	$\leq 20$	12.5%	
		$>20$	10%	
GB/T14976-94《流体输送用不锈钢无缝钢管》	冷拔	$>1\sim 3$	14%	10%
		$>3.0$	10%	10%
	热轧	$<15$	12.5%	12.5%
		$\geq 15$	15%	12.5%
GB6479-86《化肥设备用高压无缝钢管》	冷拔	$\geq 1.5$		10%
	热轧	$3\sim 20$		12.5%
		$>20$		10%

2.4.3 腐蚀裕量( $C_2$ )

## 1 考虑腐蚀裕量的原则

a 与工作介质接触的塔的圆筒体、封头、接管、人(手)孔及内部构件等,均应考虑腐蚀裕量。

b 下列情况可不考虑腐蚀裕量。

- 不锈钢, 不锈钢复合钢, 不锈钢衬里(介质对所接触的不锈钢不发生腐蚀);
- 法兰密封面;
- 可经常更换的非受力元件;
- 用涂漆可以有效防止环境腐蚀的塔体外表面及其外部构件(不包括裙座)。

## 2 腐蚀裕量的确定

a 腐蚀裕量应根据金属材料在介质中的腐蚀速率和塔器的设计寿命确定, 如下所示:

$$C_2 = N_F \cdot d_{c2} \quad (2.4.3)$$

式中  $C_2$ —— 腐蚀裕量(mm);

$N_F$ —— 设计寿命(年);

对炼油和石油化工塔类一般取  $N_F = 15 \sim 20$  年;

$d_{c2}$ —— 年腐蚀速率(mm/年)。

b 塔器主要元件腐蚀裕量( $C_2$ )的选取参见表 2.4.3。

表 2.4.3 腐蚀裕量  $C_2$  的选取(mm)

元 件 类 型	腐 蚀 裕 量 的 选 取				
筒 体 和 封 头	介质为压缩空气、水蒸汽或水时, 碳素钢或低合金钢制元件 $C_2$ 不小于 1mm; 其它情况, 按以下规定选取腐蚀裕量 $C_2$				
	炼油类	腐蚀速率(mm/年)	$<0.1$	$>0.1\sim 0.2$	$>0.2\sim 0.3$
		$C_2$	2	4	6
	石油类	腐蚀程度	不腐蚀	轻微腐蚀	腐蚀
	化工类	腐蚀速率(mm/年)	$<0.05$	$0.05\sim 0.13$	$>0.13\sim 0.25$
		$C_2$	0	1~2	2~3
注: ①腐蚀裕量不宜大于 6mm, 否则应更换成耐腐蚀材料或采取其它防腐措施; ②腐蚀速率可根据工程设计实践或查取有关腐蚀手册确定。					

续表 2.4.3

元 件 类 型	腐 蚀 裕 量 的 选 取		
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)	不可拆卸或无法从人孔取出的内件	受 力	取筒体腐蚀裕量
		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	0
不同部位的元件	当塔内各部分介质腐蚀速率不同时,不同部位的元件可取不同的腐蚀裕量		
裙 座 筒 体	2		
地 脚 螺 栓	3		
基础环、筋板、盖板	2		
塔盘(含塔板、支承件等)	可 拆 卸	$\geq 2$ (双面)	
	不可拆卸	$\geq 3$ (双面)	

注:两侧同时与介质接触的元件应根据两侧不同的工作介质选取不同的腐蚀裕量,两者叠加作为总的腐蚀裕量。

- c 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  $C_2$ 。

## 2.5 最 小 厚 度

2.5.1 塔器壳体的最小厚度(不包括腐蚀裕量)的确定应符合以下规定:

- 1 碳素钢和低合金钢制塔器为  $2/1000$  的塔器内直径,且不小于 4mm;
- 2 不锈钢制塔器为 3mm。

2.5.2 塔器的壁厚在满足本规范 2.5.1 条规定的前提下,为保证塔器在制造、运输及安装时的刚度,制造和施工单位应视具体情况确定是否采取临时加固措施,如在塔器的内部设置支撑装置等。

2.5.3 复合钢板复层的最小厚度应符合下列要求:

- 1 为保证工作介质干净(不被铁离子污染)而采用的复合板,其复层公称厚度不应小于 2mm;
- 2 为了防止工作介质的腐蚀采用的复合钢板,其复层公称厚度不宜小于 3mm。

2.5.4 不锈钢堆焊层在加工后的最小厚度为 3mm。

2.5.5 常用塔盘主要元件的最小厚度按表 2.5.5。

表 2.5.5 塔盘主要元件的最小厚度 (mm)

材 料	塔 盘 板		受液盘、液封盘、抽出盘		降 液 板	
	圆泡帽塔盘	浮阀、筛孔及舌形塔盘	可拆卸	固 定	可拆卸	固 定
碳 钢	6	4	4°	6°	4°	6°
不锈钢	4	2	2°	2°	2°	2°

注:①本表所列最小厚度均为各元件的名义厚度(包括表 2.4.3 规定的最小腐蚀裕量);

②当塔内径大于或等于 3000mm 时,带 ° 的数据可适当增加。

## 2.6 许 用 应 力

2.6.1 受压元件用钢(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现行《钢制压力

容器》GB150 的规定选取。

2.6.2 塔体的设计温度低于 20℃时，应取 20℃时的许用应力。

2.6.3 非受压元件材料的许用应力，除裙座壳、地脚螺栓座和地脚螺栓材料的许用应力按本规范第 3 章的规定外，其余可按现行《钢结构设计规范》GBJ17 的规定选取。

### 3 材 料

#### 3.1 受 压 元 件

3.1.1 受压元件用钢的选用原则、钢材标准、热处理状态等均应符合《钢制压力容器》GB150-1998 第 4 章“材料”、附录 A“材料的补充规定”、附录 F“钢材高温性能”及附录 H“材料的指导性规定”的规定。

3.1.2 受压元件的材料选用细则,应按现行《石油化工钢制压力容器》SH3074、《石油化工钢制压力容器材料选用标准》SH3075 和《加工高硫原油重点装置主要设备设计选材导则》SH/T3096-1999 的规定。

#### 3.2 非受压元件

3.2.1 非受压元件用钢必须是列入材料标准或纳入《钢结构设计规范》GBJ17 的钢材。

3.2.2 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受压元件性能改变的钢材;采用连接垫板(或加强板)时,垫板材料宜与塔体材料相同。

#### 3.3 裙 座

3.3.1 裙座选材时应考虑以下因素:

- 1 建塔地区环境温度的影响;
- 2 塔器或塔釜操作温度的影响;
- 3 裙座与塔体受压元件(封头或筒体)相焊后,对受压元件材料性能的影响;
- 4 安全、经济合理。

3.3.2 裙座壳体宜采用同一种材料;当裙座壳体因采用两种材料而分为上下两段时,上段裙座壳体称为过渡段;下段裙座壳体称裙座本体,见图 3.3.2。当满足下列条件之一时,应采用有过渡段的裙座。

- 1  $T \leq -20^{\circ}\text{C}$  或  $T > 350^{\circ}\text{C}$  ( $T$  为塔或塔釜的设计温度);
- 2 裙座壳体与塔釜封头相焊,将影响塔釜封头材料性能(如塔釜封头材料为低温用钢、不锈钢、铬钼钢)时。

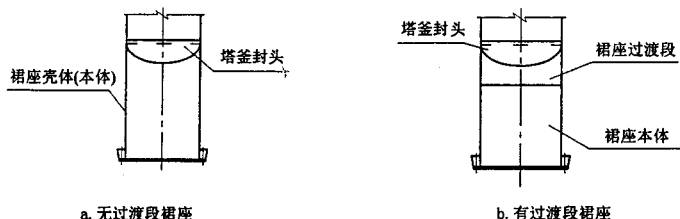


图 3.3.2 裙座结构示意图

3.3.3 对于符合本规范 3.3.2 条规定的设置过渡段条件但高度低于 2.5m 的裙座,可不设过渡段,此时裙座壳体的材料应与塔釜的封头材料相同或相近。

3.3.4 当塔或塔釜的设计温度( $T$ )在  $200 \sim 350^{\circ}\text{C}$  范围内时,裙座壳体亦可根据技术经济因素设置过渡段。

3.3.5 裙座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  $-20^{\circ}\text{C}$  或高于  $350^{\circ}\text{C}$  时, 过渡段长度应为保温层厚度的 4~6 倍, 且不小于 500mm;

3.3.6 裙座壳体的材料可按表 3.3.6 选取。

表 3.3.6 裙座壳体材料

裙座本体材料	钢 号	钢板和钢材标准
	Q235-A、Q235-B Q235-C、Q235-D	GB3274、GB700
	Q345-C、Q345-D、Q345-E (16Mn)	GB3274、GB/T1591
	符合 3.3.3 条时, 与塔封头材料相同或相近	
裙座过渡段材料	按受压元件选取, 一般应与塔釜封头材料相同或相近。	

3.3.7 当裙座本体 (包括无过渡段和有过渡段的裙座本体) 的设计温度等于或低于  $-20^{\circ}\text{C}$  时, 应对材料进行低温冲击试验, 冲击试验温度和冲击功应符合表 3.3.7 的规定。

表 3.3.7 冲击试验温度和冲击功

钢 号	夏比 (V 形缺口) 冲击试验温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	三个试样的冲击功平均值 $A_{kv}$ (J)
		10mm $\times$ 10mm $\times$ 55mm (纵向)
Q235-D	-20	27
Q345-D	-20	34
Q345-E、(16Mn)	-40	27

注: 表中数据摘自 GB700-88《碳素结构钢》和 GB/T1591-94《低合金高强度结构钢》。

3.3.8 当塔釜材料需进行冲击试验时, 与塔釜相焊接的裙座过渡段或本体 (即无过渡段时) 的材料, 也应进行冲击试验, 冲击试验温度和冲击功应与塔釜材料相同。

3.3.9 裙座壳体的许用应力应符合以下规定:

1 当裙座本体 (包括无过渡段和有过渡段的裙座) 设计温度等于或低于  $200^{\circ}\text{C}$  时, 材料的许用应力见表 3.3.9;

表 3.3.9 裙座本体的许用应力

钢 号	板 厚 (mm)	$[\sigma]_Q$ (MPa)
Q235-A、B、C	$\delta \leq 40$	140
Q345-A、Q345-B、Q345-C、 Q345-D、Q345-E、(16Mn)	$\delta \leq 16$	190
	$16 < \delta \leq 50$	175

2 当裙座本体设计温度在  $200\sim 350^{\circ}\text{C}$  范围时, 许用应力应为材料在设计温度下的抗拉强度  $\sigma_s$  除以安全系数  $n_s$  (推荐取 2.7);

3 当裙座壳体材料与塔釜相同时, 材料许用应力应与塔釜的许用应力相同。

3.3.10 裙座壳体上开孔补强元件 (如引出孔、检查孔等) 的材料宜与裙座壳体 (裙座本体或过渡段) 材料相同。

3.3.11 裙座的地脚螺栓座元件 (基础环、盖板和筋板) 的材料宜与裙座本体材料一致, 其许用应力可

按表 3.3.9 选取。

### 3.4 地脚螺栓

3.4.1 确定地脚螺栓材料时，应考虑建塔地区环境温度的影响。

3.4.2 地脚螺栓材料及许用应力可按表 3.4.2 确定。

表 3.4.2 地脚螺栓材料

环境温度 (°C)	地脚螺栓材料	许用应力 (MPa)
>-20	Q235-A	147
≤-20	Q345-E、16Mn	170

注：环境温度取冬季空气调节室外计算温度，见附录 A。

3.4.3 地脚螺栓的规格、数量、材料宜在设计图样中注明。

### 3.5 焊接材料

3.5.1 塔器焊接材料应符合现行的《钢制压力容器焊接规程》JB/T4709、《石油化工钢制压力容器材料选用标准》SH3075、《石油化工异种钢焊接规程》SH3526 和《石油化工低温钢焊接规程》SH3525 的有关规定。



## 4 设计计算

### 4.1 强度和稳定计算

4.1.1 塔的强度及稳定计算应符合现行《钢制塔式容器》JB4710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)计算应符合现行《钢制压力容器》GB150的规定。

### 4.2 风载荷和地震载荷计算

4.2.1 风载荷和地震载荷的计算应符合《钢制塔式容器》JB4710的规定。

4.2.2 各地区的基本风压值可根据《全国基本风压分布图》或当地气象部门资料确定。

4.2.3 设防烈度(即设计烈度)应根据《中国地震烈度区划图(1990)》(以下简称“90区划图”)确定,即按照装置(工厂)所在地区,在“90区划图”中查出相应的基本烈度作为设防烈度。

当设防要求高于“90区划图”所列地震基本烈度时,则应按经国家计划、建设和地方行政部门批准的设防烈度进行抗震设防。

全国主要石油化工企业所在城市(地区)的基本烈度参见附录B。

4.2.4 在进行地震载荷计算时,可按以下规定确定近震区和远震区:

- 1 根据当地建设行政主管部门公布或批准的资料;
- 2 根据《中国地震烈度区划图(1990)》,除下列地区属于远震区外,绝大部分地区属近震区。
  - a 八度远震区:独山子、泸定、石棉;
  - b 七度远震区:侯马、徐州、淮阴、蚌埠、德州、枣庄、乌鲁木齐、拉萨、五原、喀什、伊宁、渡口、高雄、连云港。

注:由于六度区的塔器不作抗震验算,故不在此列出。

4.2.5 场地土类型应根据有关部门提供的建筑场地的资料并按《钢制塔式容器》JB4710-2000附录A确定。

注:“场地土类型”系指塔器所在的建筑场地的土质类型。

4.2.6 塔的计算分段应符合以下规定:

- 1 计算自振周期和地震载荷时,塔的计算分段应符合下列原则:
  - a 对于不等截面塔(包括等直径不等壁厚或不等直径塔),在计算基本振型自振周期及地震载荷时,将其视为多质点体系,沿塔高度分为若干计算段,各段的质量作用在该段高度的二分之一处。
  - b 对于等直径、等厚度的塔,计算自振周期和地震载荷时可不分段;但对于较高的塔为了精确计算地震载荷,可分为若干计算段。
  - c 划分计算段时,应满足以下要求:
    - 每一段的几何形状没有突变,如直径相等的圆筒体、半顶角不变的锥壳;
    - 每一段壳体的厚度必须相等;
    - 每一段的质量分布没有突变,如装有填料的塔段应划为一计算段,对板式塔装有塔盘与无塔盘的塔段应分别划分计算段;
    - 每一段的材料必须相等。
- 2 计算风载荷时,塔的计算分段应符合下列原则:
  - a 对于等截面塔(等直径、等壁厚),宜将距地面高度10m以下作为第一计算段(也可将裙座作为

一计算段), 其它的计算段宜取每段小于或等于 10m;

b 对于不等截面的塔(不等直径或不等厚度), 宜根据截面变化情况分段(即相同直径、相同厚度为一段);

#### 4.2.7 塔的壁厚分段应符合以下规定:

1 当塔壁厚由压力载荷(内压或外压)控制, 且为同一直径、同一材料时, 塔壳(裙座除外)可取同一厚度。但对滴液操作的塔, 需考虑液柱静压力时, 应根据不同高度处的计算压力决定是否采用不同厚度段。

2 当塔壁厚是由风载荷或地震载荷控制时, 从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见本规范 5.2.2 条的规定。

#### 4.2.8 当计算确定风载荷时, 塔器平台构件的投影面积 $\Sigma A$ 可按下式计算:

$$\Sigma A \approx (0.35 \sim 0.40) \cdot 2W \cdot H \quad (4.2.8)$$

式中  $W$  —— 平台宽度;

$H$  —— 平台的栏杆高度。

#### 4.2.10 塔壳体需进行应力校核的截面(即危险截面)如下:

- 1 塔裙座基础环板处裙座壳体的横截面;
- 2 通过裙座开孔水平中心线的裙座壳体最小截面;
- 3 裙座与塔体封头对接接头截面;
- 4 不等直径塔变截面交界处塔壳横截面(一般取锥形变径段的小端截面);
- 5 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);
- 6 塔的下封头切线处;
- 7 裙座过渡段的底截面。

#### 4.2.11 塔顶挠度计算及挠度控制值应符合以下规定:

- 1 塔顶挠度计算应符合《钢制塔式容器》JB4710-2000 附录 D 的规定;
- 2 塔顶挠度控制值应根据工程设计的实际需要确定。本标准附录 C 给出了挠度控制参考值。

### 4.3 法兰当量设计压力计算

4.3.1 当塔体各段采用设备法兰连接时, 法兰除承受内压或外压外, 还需考虑重力、风载、地震载荷、偏心载荷或管道推力等引起的轴向力和力矩, 选用标准设备法兰的压力等级或非标准法兰的设计压力应不小于按下式计算的当量设计压力  $P_c$ 。

$$P_c = \frac{16M}{\pi D_G^3} + \frac{4F}{\pi D_G^2} + P \quad (4.3.1)$$

式中  $P_c$  —— 法兰当量设计压力 (MPa);

$D_G$  —— 垫片压紧力作用中心圆直径(按 GB150 第九章) (mm);

$F$  —— 轴向外载荷(拉力计入) (N);

$P$  —— 设计内压力 (MPa);

$M$  —— 外力矩, 包括法兰截面的最大力矩(由风、地震载荷、偏心载荷引起的)及管线推力在法兰连接面引起的力矩之和 (N·mm)。

### 4.4 塔盘板及支承梁的计算

#### 4.4.1 塔盘的设计载荷可按表 4.4.1 确定。

表 4.4.1 塔 盘 的 设 计 载 荷

名 称	设 计 载 荷	符 号	单 位
塔 盘 板	不小于 700N/m <sup>2</sup> 的均布载荷	取二者中的较大值	$q_1$
	溢流堰高+50mm 水柱的均布载荷		
	塔板质量载荷 (均布载荷)		$q_2$ N/m <sup>2</sup>
受 液 盘	3000N/m <sup>2</sup> 的均布载荷	取二者中的较大值	$q_1$
	相邻板间距一半高度的水柱 (降液管处) 均布载荷		
侧线出料盘 或液封盘	3000N/m <sup>2</sup> 的均布载荷	取二者中的较大值	$q_1$
	取全部盘深的水柱均布载荷		
支 承 梁	正 常 操 作	塔板质量作用到梁的均布载荷	$q_3$ N/m
		塔板上液体质量作用在梁上的均布载荷	$q_4$ N/m
		梁质量均布载荷	$q_5$ N/m
	安 装 和 检 修	塔板质量作用在梁上的均布载荷	$q_3$ N/m
		梁质量均布载荷	$q_5$ N/m
		集中载荷 $DN \leq 2m$ 时, 在梁中点处作用 1350N 载荷; $DN > 2m$ 时, 在距梁两端各 1/3 梁长度处分别作用 1000N 集中载荷	$P_1$ N $P_2$ N

注: ①塔板质量应包括塔板及附件 (如浮阀、卡子、紧固件等) 的质量;

②塔板和液体质量作用到支承梁的载荷, 应折算为梁单位长度的均布载荷; 当采用单梁支承塔盘时, 按塔盘及液体全部质量的 60%确定梁的均布载荷; 当采用双梁支承时, 按全部质量的 40%确定梁的均布载荷。

4.4.2 塔盘板、支承梁的应力和挠度可按表 4.4.2-1 的规定计算。

表 4.4.2-1 塔盘板、支承梁的应力和挠度计算

工作状态 计算项目	正 常 操 作		检修或安装时的支承梁	
	塔 盘 板	支 承 梁	$DN \leq 2m$	$DN > 2m$
均布载荷 $q$	$q_1 + q_2$	$q_3 + q_4 + q_5$	$q_3 + q_5$	$q_5 + q_5$
集中载荷 $P$	—	—	$P_1$	$P_2$
最大弯矩 $M_{\max}$ (N·m)	—	$\frac{qL^2}{8}$	$\frac{qL^2}{8} + \frac{P \cdot L}{4}$	$\frac{qL^2}{8} + \frac{P \cdot L}{3}$
弯曲应力 $\sigma_M$ (MPa)	$\beta \cdot \frac{6qb^2}{t^2} \times 10^{-6}$	$\frac{M_{\max}}{W} \times 10^{-6}$	$\frac{M_{\max}}{W} \times 10^{-6}$	
挠度 $y$ (m)	$\alpha \cdot \frac{qb^4}{E \cdot t^3} \times 10^6$	$\frac{5qL^4}{384E \cdot J} \times 10^6$	—	

注: ①应力和挠度计算的基本假设:

a 将塔盘板视为整个板面承受均布载荷, 四边简支的矩形板;

b 将支承梁视为承受均布载荷和集中载荷的简支梁。

②表中:  $q_1 \sim q_5$ 、 $P_{1-2}$  —— 符号意义及单位同表 4.4.1;

$L$  —— 梁的跨度 (m);

$W$  —— 梁的截面模数 ( $\text{m}^3$ );

$b$  —— 塔板宽度 (m);

$t$  —— 塔板有效厚度 (m);

$\alpha$ 、 $\beta$  —— 与塔板宽度  $b$  和长度  $a$  相关的系数, 按表 4.4.2-2 选取;

$J$  —— 梁截面轴惯性距 ( $\text{m}^4$ );

$E$  —— 材料的弹性模数 (MPa)。

表 4.4.2-2  $\alpha$ 、 $\beta$  系数

$a/b$	$\alpha$	$\beta$	$a/b$	$\alpha$	$\beta$
1.0	0.0443	0.0479	1.8	0.1017	0.0948
1.1	0.0530	0.0553	1.9	0.1064	0.0985
1.2	0.0616	0.0626	2.0	0.1106	0.1017
1.3	0.0697	0.0693	3.0	0.1336	0.1189
1.4	0.0770	0.0753	4.0	0.1400	0.1235
1.5	0.0843	0.0812	5.0	0.1416	0.1246
1.6	0.0906	0.0862	>5.0	0.1422	0.1250
1.7	0.0964	0.0908			

注:  $a$  —— 塔板长度 (m);

$b$  —— 塔板宽度 (m), 且  $a > b$ 。

4.4.3 支承梁的允许挠度值可按表 4.4.3 规定。

表 4.4.3 支承梁的允许挠度 (mm)

喷射形、浮阀形塔盘等		泡帽形塔盘	
塔径 $DN$	最大允许挠度	塔径 $DN$	最大允许挠度
$\leq 2400$	3	$\leq 1400$	1.5
$> 2400$	$L/720$ 且不大于 7	$> 1400$	3
		$\leq 2800$	
		$> 2800$	$L/900$ 且不大于 5

注: ①  $L$  —— 梁的跨度 (mm);

②喷射形塔盘系指舌形塔盘、筛孔塔盘。

4.4.4 作为梁使用的部件 (如双流塔盘的中间受液槽、中间降液板等) 或与塔板成为一体的自身梁, 其允许挠度也应符合表 4.4.3 要求。

4.4.5 塔盘板和支承梁的许用应力应符合现行《石油化工塔盘设计规范》SH3088 的规定。

4.4.6 当塔直径大于 7m 时, 宜采用桁架结构。

## 4.5 局部应力

4.5.1 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。

1 连接管道的推力 (力和力矩);

- 2 塔内外部附件(如支座、管架和吊耳等)的作用力。
- 4.5.2 塔的局部应力计算与校核可采用以下方法进行:
  - 1 有限元应力分析方法;
  - 2 美国焊接研究委员会的 WRC-107 公报规定的局部应力计算方法。

## 5 结构设计

### 5.1 塔的主要元件及名称

5.1.1 塔的主要元件及名称见图 5.1.1。

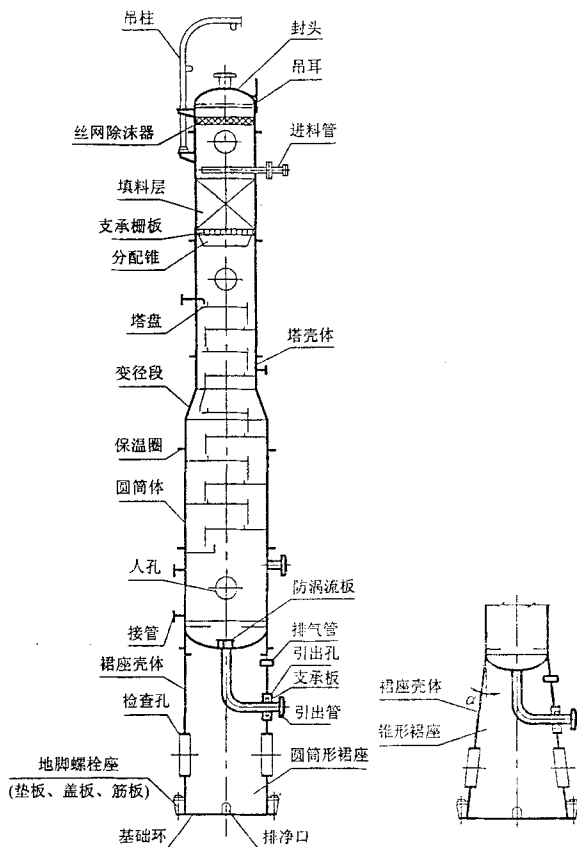


图 5.1.1 塔器主要元件及名称示意

### 5.2 塔 体

5.2.1 塔体各受压元件（包括筒体、封头、人孔、接管、法兰及紧固件等）的结构及焊接接头的设计应符合现行《钢制压力容器》GB150 和《石油化工钢制压力容器》SH3074 的规定。

5.2.2 根据塔强度和稳定计算结果,对不等壁厚塔壳不同壁厚段的划分应遵循以下原则:

- 1 从制造和经济合理性等因素考虑,不同壁厚段的段数不宜超过 5 个(不包括裙座壳体)。
- 2 相邻段的壁厚差不宜过大,碳钢和低合金钢塔体壁厚差一般为 2~4mm; 不锈钢为 2mm。
- 3 同一壁厚段的长度宜大于 4m,且尽量为钢板标准宽度的整数倍。

5.2.3 不等直径塔的变径段(锥壳)厚度不宜小于与其相连接的上下圆筒体的厚度。

5.2.4 当塔体由若干带法兰的简节组成(如内装整块式塔盘的塔等)时,其简节设备法兰的压力等级(或非标准法兰的设计压力)应符合本规范 4.3 节的规定。

### 5.3 裙座和地脚螺栓座

5.3.1 裙座可分为圆筒形和圆锥形两种形式,见图 5.1.1,宜采用圆筒形裙座。如遇下列情况之一时,可选用圆锥形裙座。

- 1 由于地脚螺栓数量多,且需保持一定的地脚螺栓间距;
- 2 需增加裙座筒体的截面惯性矩;
- 3 需降低混凝土基础顶面的压应力。

5.3.2 圆锥形裙座的半锥顶角  $\alpha$  不应超过  $15^\circ$ 。

5.3.3 裙座与塔体的连接宜采用对接型式,见图 5.3.3。下列情况宜选用图 5.3.3 (b) 的焊接接头型式:

- 1 可能由卡漫涡流引起横向振动的高塔 ( $H/D > 20$ );
- 2 塔釜为低温操作的塔器;
- 3 裙座与下封头焊缝处可能产生热疲劳的塔;
- 4 裙座筒体名义厚度  $\delta_{ns} \geq 8\text{mm}$ 。

5.3.4 当裙座与塔体为对接型式时,裙座筒体内径宜等于塔体下封头的内径;当裙座筒体与塔体下封头名义厚度之差等于或大于 8mm 时,裙座筒体的外径宜等于塔下封头的外径。

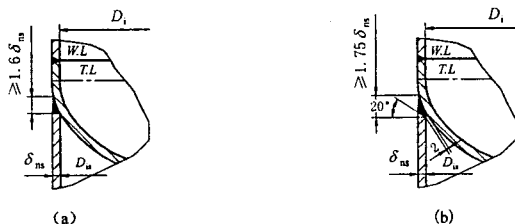


图 5.3.3 裙座与塔体的对接型式

5.3.5 裙座与塔体焊接接头应采用全焊透连接结构,并与塔底封头外表面圆滑过渡。

5.3.6 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 5.3.6 及表 5.3.6。

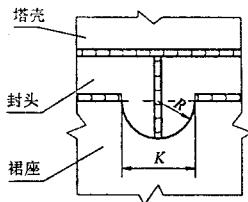


图 5.3.6 裙座筒体缺口结构

表 5.3.6 裙座筒体缺口尺寸 (mm)

封头厚度 $\delta_h$	6~8	10~18	20~26	28~32	34~36
宽 度 $K$	70	100	140	160	190
$R$	35	50	70	80	95

5.3.7 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  $h$  见图 5.3.7 和表 5.3.7。

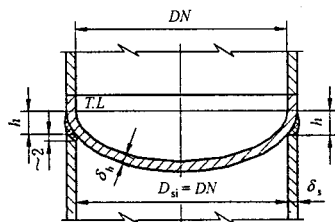


图 5.3.7 封头切线至裙座筒体上端的距离示意

表 5.3.7 封头切线至裙座筒体上端的距离 (mm)

$\delta_h$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
DN	$h$														
600	31	36	41	45	49	53	57	60	64	67	70	74	77	80	83
700	33	39	44	48	53	57	61	64	68	72	75	78	82	85	88
800	36	41	47	51	56	60	64	68	72	76	79	83	86	90	93
900	38	44	49	54	59	63	68	72	76	80	83	87	91	94	97
1000	40	46	52	57	62	67	71	75	79	83	87	91	95	98	102
1200	43	50	56	62	67	72	77	82	86	90	94	98	102	106	110
1400	46	54	61	67	72	78	83	88	92	97	101	105	109	114	117
1600	50	58	65	71	77	83	88	93	98	103	107	112	116	120	125
1800	53	61	68	75	81	87	93	98	104	108	113	118	122	127	131
2000	55	64	72	79	86	92	98	103	109	114	119	124	128	133	138
2200	58	67	75	83	90	96	102	108	114	119	124	129	134	139	144
2400	61	70	79	86	93	100	107	113	118	124	129	135	140	145	149
2600	63	73	82	90	97	104	111	117	123	129	134	140	145	150	155
2800	65	76	85	93	101	108	115	121	127	133	139	145	150	155	161
3000	68	79	88	96	104	112	119	125	132	138	144	149	155	160	166
3200	70	81	90	99	107	115	122	129	136	142	148	154	160	165	170



续表 5.3.7

$\delta_h$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
DN	h														
3400	72	83	93	102	111	118	126	133	140	146	152	159	164	170	176
3600	74	86	96	105	114	122	129	137	144	150	157	163	169	175	180
3800	76	88	98	108	117	125	133	140	147	154	161	167	173	179	185
4000	78	90	101	111	120	128	136	144	151	158	165	171	178	184	190
4200	80	92	103	113	123	131	139	147	155	162	169	175	182	188	194
4400	82	94	106	116	125	134	143	151	158	166	173	179	186	192	198
4600	83	96	108	119	128	137	146	154	162	169	176	183	190	196	203
4800	85	99	110	121	131	140	149	157	165	173	180	187	194	200	207
5000	87	101	113	124	134	143	152	160	168	176	183	191	198	204	211
5200	89	103	115	126	136	146	155	163	172	179	187	194	201	208	215
5400	90	104	117	128	139	148	158	166	175	183	190	198	205	212	219
5600	92	106	119	131	141	151	161	169	178	186	194	201	209	216	223
5800	94	108	121	133	144	154	163	172	181	189	197	205	212	219	226
6000	95	110	123	135	146	156	166	175	184	192	200	208	216	223	230

注：① 表中数据系按照  $D_N = D_{si}$  及标准椭圆封头外壁曲线的轨迹方程求得的，也可近似按式 5.3.7-1 计算。

② 当裙座壳体外径等于塔封头的外径时，封头切线至裙座壳体外端的距离  $h$  可按式 5.3.7-2 计算。

$$h = \frac{0.25D_N + \delta_h}{0.5D_N + \delta_h} \sqrt{D_N \cdot \delta_h + \delta_h^2} \quad (5.3.7-1)$$

$$h = (0.25D_N + \delta_h) \sqrt{1 - \left( \frac{0.5D_N + \delta_h - \delta_s}{0.5D_N + \delta_h} \right)^2} \quad (5.3.7-2)$$

5.3.8 裙座上部排气管和排气孔的位置、规格及数量见图 5.3.8-1~2 和表 5.3.8-1~2。

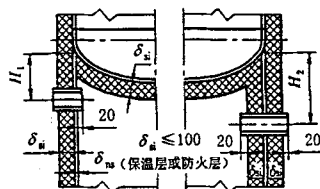
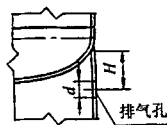


图 5.3.8-1 裙座排气孔结构

图 5.3.8-2 裙座排气管结构

表 5.3.8-1 排气管和排气孔的位置、规格及数量(mm)

塔内直径 $DN$	600~1200	1400~2400	>2400
排气孔/排气管规格	$\phi 80/\phi 89 \times 4$	$\phi 80/\phi 89 \times 4$	$\phi 100/\phi 108 \times 4$
排气孔(管)数量(个)	2	4	4~6
排气孔中心线至裙座顶端的距离 $H$ (图 5.3.8-1)	140	180	220
排气管中心线至裙座顶端的距离	$H_1$ (图 5.3.8-2, a)	$H_1 = b_1 + \delta_{s1}$	
	$H_2$ (图 5.3.8-2, b)	$H_2 = b_2 + \delta_{s1}$	

注: ①  $b_1, b_2$  —— 与封头有关的参数, 见表 5.3.8-2;

②  $\delta_{s1}$  —— 保温(或保冷、防火)层厚度(mm)。

表 5.3.8-2 参 数 (mm)

塔器内径 $D_i$	$b_1$	$b_2$	塔器内径 $D_i$	$b_1$	$b_2$
600~1000	165	220	>3500~4000	225	360
>1000~1500	175	245	>4000~4500	230	380
>1500~2000	185	270	>4500~5000	235	400
>2000~2500	200	290	>5000~5500	240	410
>2500~3000	205	320	>5500~6000	255	430
>3000~3500	215	340			

### 5.3.9 引出管及引出孔

1 塔底部接管(引出管)应通过裙座上的引出孔伸到裙座外部, 如图 5.3.9-1 所示, 引出孔的通道管(即加强管)规格可按表 5.3.9-1 确定。

2 一般情况下, 引出管在裙座外焊接管法兰; 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采用法兰连接, 如图 5.3.9-1 虚线所示。

3 当介质温度大于  $-20^\circ\text{C}$  时, 引出孔处的引出管上应焊支撑板, 支撑板与引出孔通道管的最小间隙  $C$  见表 5.3.9-2。

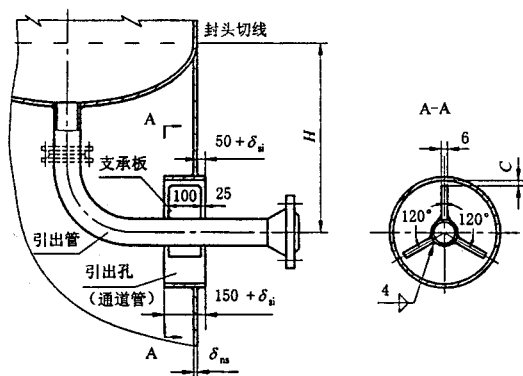


图 5.3.9-1 塔底接管及裙座引出孔结构

表 5.3.9-1 引出孔通道管规格 (mm)

引出管公称直径		20, 25	32, 40	50, 70	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		125, 150	200	250	300	350	400
通道管规格	无缝钢管	$\phi 325\times 8$	—	—	—	—	—
	卷焊管内径	$\phi 300$	$\phi 350$	$\phi 400$	$\phi 450$	$\phi 500$	$\phi 550$

注: ①引出管在裙座内用法兰连接时, 引出孔内径必须大于法兰外径;

②引出管保温 (冷) 后的外径加上 25mm 大于表中的引出孔内径时, 应当增大引出孔内径;

③卷焊管壁厚, 宜等于裙座筒体厚度, 但不宜大于 16mm。

表 5.3.9-2 支撑板与通道管的间隙 (mm)

$\Delta t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )  $H$ (mm)  材 质	30		80		130		180		230		280		330		380		430	
	间 隙 C																	
	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	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	4.5
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	6.5
1200	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	7.5
1500	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	8.5
1800	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
2000	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
2400	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	11.5
2700	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	12.5
3000	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	11.5	13.5

注: ① 间隙  $c \geq (\alpha \cdot \Delta t \cdot H) \times \cos 60^\circ + 1$ ;

式中:  $\alpha$  —— 介质工作温度与 20°C 之间的平均线膨胀系数;

$\Delta t$  —— 介质工作温度与 20°C 的温差;

②表中 I 类材料为碳素钢、铬钼钢、低铬钼钢 (Cr3Mo) 类, II 类指奥氏体不锈钢类。

3 当介质工作温度小于或等于 -20°C 时, 在引出孔处应采用木块支撑引出管, 见图 5.3.9-2。

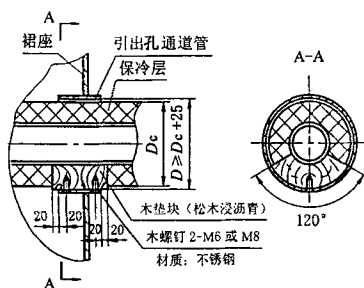


图 5.3.9-2 木块支撑引出管结构

5.3.10 裙座应设检查孔。检查孔一般为圆形孔（A 型），为避免过大的截面削弱，可设长圆孔（B 型）。人孔的结构、尺寸和数量见图 5.3.10-1、5.3.10-2 和表 5.3.10-1、5.3.10-2。

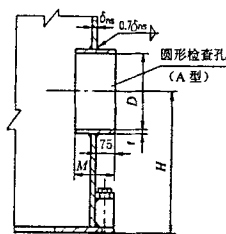


图 5.3.10-1 圆形检查孔结构

表 5.3.10-1 圆形检查孔数量、尺寸参数 (mm)				
检查孔型式 及尺寸	圆形检查孔 (A 型)			
	数量	D	M	H
裙座直径				
≤700	1	250	150	
800~1400	1	450	200	900
1600~2800	2	450	250	900
3000~4600	2	500	250	950
>4600	2	550	250	1000

注：检查孔的壁厚，宜等于裙座筒体厚度  $\delta_{ns}$ ，但不宜大于 16mm。

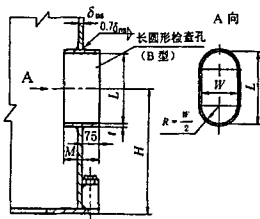


图 5.3.10-2 长圆形检查孔结构

表 5.3.10-2 长圆形检查孔数量、尺寸参数 (mm)					
人孔型式 及尺寸	长圆形检查孔 (B 型)				
	数量	W	M	L	H
裙座直径					
800~1600	1	400	180	700	950
1600~2800	2	400	180	900	1050
3000~4600	2	450	200	1200	1200
>4600	2	450	200	1200	1200

注：检查孔的壁厚，宜等于裙座筒体厚度  $\delta_{ns}$ ，但不宜大于 16mm。

5.3.11 当裙座设计温度低于或等于  $-20^{\circ}\text{C}$  时，引出孔和人孔的加强管与裙座壳体的焊接接头必须采用

全焊透结构。

5.3.12 裙座筒体底部宜对开两个排净孔, 见图 5.3.12。

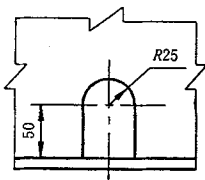


图 5.3.12 排净孔结构

5.3.13 常用地脚螺栓座结构及尺寸见图 5.3.13 和表 5.3.13。

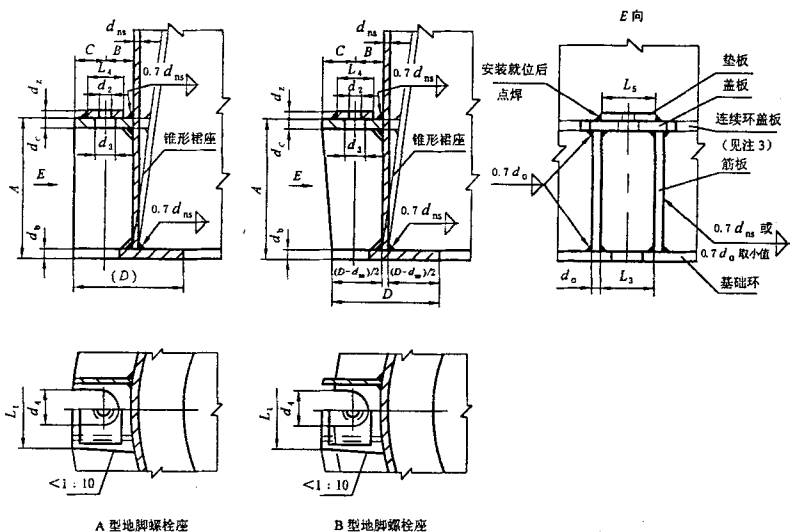


图 5.3.13 常用地脚螺栓座结构

表 5.3.13 常用地脚螺栓座结构尺寸 (mm)

螺栓规格	A	B	C	D (D)	L <sub>3</sub>	$\delta_G$	$\delta_C$	$\delta_Z$	L <sub>1</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	$\delta_b$
M24	200	55	45	160 (190)	70	12	16	12	130	100	50	27	40	50	见注 (1)
M27	200	60	50	170 (200)	75	12	18	12	140	110	60	30	43	50	

续表 5.3.13

螺栓规格	A	B	C	D (D)	$L_3$	$\delta_G$	$\delta_c$	$\delta_z$	$L_1$	$L_5$	$L_4$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$\delta_b$
M30	250	65	55	180 (210)	80	14	20	14	150	120	70	33	45	50	见 注 (1)
M36	250	70	60	200 (230)	85	16	22	16	160	130	80	39	50	50	
M42	300	75	65	210 (240)	90	18	24	18	170	140	90	45	60	60	
M48	300	80	70	220 (260)	100	20	26	20	190	150	100	51	65	70	
M56	350	85	75	240 (280)	110	22	30	22	210	170	110	59	75	80	
M64	350	90	80	260 (300)	120	22	32	24	220	180	120	67	85	90	
M72	400	95	85	280 (320)	130	24	36	26	240	190	130	75	95	100	
M76	400	100	90	290 (340)	135	24	40	26	250	200	140	79	100	110	
M80	450	105	95	310 (360)	140	26	40	28	270	220	150	83	110	120	
M90	450	115	105	330 (380)	150	28	46	30	280	230	160	93	120	130	

注：①基础环板厚  $\delta_b$  应按《钢制塔式容器》JB4710-2000 第 6 章计算确定，并圆整至钢板规格厚度，但不应小于 16mm；

②表中所列的盖板厚度  $\delta_c$  和筋板厚度  $\delta_G$  为参考值，尚应按 JB4710-2000 第 6 章的规定进行校核，并确定最终厚度；

③当地脚螺栓间距小于或等于 450mm 或  $3(L_3 + \delta_c)$  时，应采用连续圆环盖板；

④裙座人孔应位于地脚螺栓孔的跨中处。

### 5.3.14 单环板螺栓座结构及尺寸见图 5.3.14 和表 5.3.14。

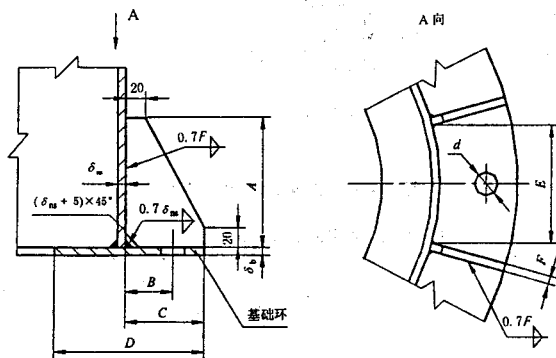


图 5.3.14 单环板螺栓座结构

表 5.3.14 单环板螺栓座结构尺寸 (mm)

螺 栓 规 格	$d$	$A$	$B$	$C$	$D$	$E$	$F$
$M24$	29	140	50	85	170	120	12
$M27$	32	160	55	95	180	140	12
$M30$	36	160	55	100	200	140	12

注: 基础环板厚度  $\delta_0$  应按 JB4710-2000 第 6 章计算确定, 并圆整至钢板规格厚度, 但不应小于 16mm。

### 5.3.15 地脚螺栓直径, 数量及间距, 应符合下列要求:

1 地脚螺栓的公称直径应大于或等于  $M24$  (单环板螺栓座除外), 其常用规格见表 5.3.15-1。

表 5.3.15-1 地脚螺栓常用规格 (mm)

公 称 直 径	$M24$	$M27$	$M30$	$M36$	$M42$	$M48$
螺 纹 小 径	20.752	23.752	26.211	31.67	37.129	42.587
公 称 直 径	$M56$	$M64$	$M72$	$M76$	$M80$	$M90$
螺 纹 小 径	50.046	57.505	65.5	69.505	73.505	83.505

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最少地脚螺栓数量可取 6 个。推荐的地脚螺栓数量见表 5.3.15-2。

当塔的基础为混凝土结构时, 地脚螺栓的间距不宜小于 400mm。

表 5.3.15-2 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											
1000											
1100											
1200											
1300											
1400											
1500											
1600											
1700											
1800											
1900											
2000											
2200											
2400											

续表 5.3.15-2

塔器 公称直径 (mm)	地脚螺栓 数量 (个)	6	8	12	16	20	24	28	32	36	40
2600											
2800											
3000											
3200											
3400											
3600											
3800											
4000											
4200											
4400											
4600											
4800											
5000											
5200											
5400											
5600											
5800											
6000											



—— 可选用数量



—— 优先选用数量

#### 5.4 人孔和手孔

5.4.1 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，每一人孔应居于两相邻塔盘之间。人孔所在处的塔盘间距应根据人孔的直径确定，不宜小于人孔公称直径加塔盘支撑梁高度加 50mm，且不小于 600mm。

5.4.2 人孔水平中心线至塔平台上表面的距离宜为 600~1000mm，且不超过 1200mm。

5.4.3 板式塔的人孔中心线与降液板垂直中心线的夹角宜 90°，且所有人孔宜在同一方位上。

5.4.4 当塔的公称直径小于 1m 且人孔(或手孔)的间距较小时，不宜将人孔(或手孔)开设在同一方位上，以免焊后塔壳体产生较大的弯曲变形。

5.4.5 当人孔所在处的塔内部没有供进入塔内人员落脚的地方时(如塔釜人孔处)，应在塔内设置出入人孔用的扶手和爬梯，其结构尺寸见图 5.11.2。必要时还可在塔内设置临时平台用的支耳或支架。

5.4.6 填料塔的人、手孔应设在每段填料层的上、下方，可同时兼作填料装卸孔用。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。

需要时，作为卸料用的人、手孔内可设置填料挡板，参见图 5.4.6。



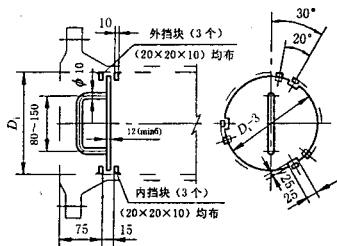


图 5.4.6 填料挡板结构

5.4.7 用于装卸填料的手孔允许斜置。

5.4.8 人、手孔的结构形式，应满足下列要求：

1 塔体人孔宜采用垂直吊盖人孔。当必须采用回转盖人孔时，应注意回转盖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。

2 符合下列情况之一者，宜选用带颈对焊法兰人、手孔。

- a 设计压力大于或等于 1.6MPa，且介质为易燃的塔器；
- b 设计压力大于 2.5MPa 的塔器；
- c 介质的毒性程度为极度和高度危害的内压塔器；
- d 设计温度大于或等于 350℃ 的内压塔器；
- e 低温内压塔器。

5.4.9 人、手孔法兰密封面型式及垫片和紧固件材料的确定，除按工程设计及相应人、手孔标准规定外，也可参照《石油化工钢制压力容器》SH3074-95 第 4.3 条及其附录 B 选用。

5.4.10 为防止由于局部过热或死区，导致介质在人、手孔筒节内积聚或结焦，宜采用内设挡板或非金属隔热层的带芯人、手孔（参见图 5.4.10）。

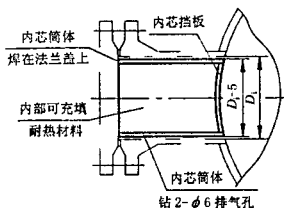


图 5.4.10 带芯人(手)孔结构

5.4.11 塔体人、手孔压力等级的选择，必须考虑水压试验压力的影响。

5.4.12 与标准人、手孔的公称压力级别对应的塔器设计温度下的最高无冲击工作压力不应低于塔器的设计压力（包括液柱静压力）。

5.4.13 真空操作塔器的人、手孔的公称压力应符合以下规定：

1 塔器的设计真空度小于或等于  $8 \times 10^{-2}$  MPa (600mmHg 柱) 时，标准人、手孔的公称压力不应低于 0.6MPa；

2 塔器的设计真空度大于  $8 \times 10^{-2}$  MPa (600mmHg 柱) 时，标准人(手)孔的公称压力不应低于 1.6MPa。

5.4.14 对易燃介质及毒性程度为中度或高度危害的介质，人、手孔的公称压力不应低于 1.0MPa。

5.4.15 毒性程度为极度危害或强渗透性介质，人、手孔的公称压力应不低于 1.6MPa。

5.4.16 常用人、手孔的公称直径见表 5.5.16。

表 5.5.16 人、手孔公称直径 (mm)

塔公称直径 $DN$	人 孔 $DN$	手 孔 $DN$
$<800$		$\geq 150$
800	400 或 450	—
$>800 \sim 1600$	450 或 500	—
$>1600 \sim 3000$	500	—
$>3000$	500 或 600	—

## 5.5 接 管

5.5.1 工艺接管的基本结构型式及尺寸 (包括连接方式、管法兰标准、密封面型式、公称尺寸等) 应符合工艺配管专业的技术要求。

5.5.2 自控检测计 (温度, 压力和液位检测等) 接管的结构型式及尺寸应符合自控专业的技术要求。

5.5.3 接管的结构设计, 除满足本规范第 5.5.1 和 5.5.2 条的要求外, 尚应符合以下现行标准规范的相应规定:

- 1 《钢制压力容器》GB150;
- 2 《压力容器安全技术监察规程》;
- 3 《石油化工钢制压力容器》SH3074。

5.5.4 当本规范第 5.5.3 条的内容与 5.5.1、5.5.2 条有冲突时, 应按较高的要求执行。

5.5.5 接管的结构设计应包括以下内容:

- 1 钢管标准、规格、材料;
- 2 管法兰的结构型式、密封面类型、压力等级、材料;
- 3 接管的内外部的支承形式;
- 4 接管与塔体的焊接接头型式及检验要求;
- 5 接管开口补强型式;
- 6 管法兰垫片及紧固件的选取。

5.5.6 内伸接管的支承结构及尺寸应符合下列规定:

- 1 径向内伸接管支承于塔内壁的支承结构及尺寸见图 5.5.6-1 和表 5.5.6-1。

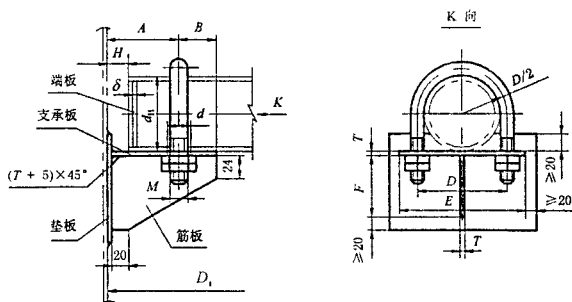


图 5.5.6-1 径向内伸接管的支承结构

表 5.5.6-1 径向内伸管支承结构尺寸 (mm)

接管公称 直径 $d_N$	U 形螺栓		T				A	B	D	E	F	$\delta$	H
	M	d	$C_2=0$	$C_2 \leq 1.5$	$1.5 < C_2 \leq 3$	$3 < C_2 \leq 6$							
$d_N \leq 80$	12	15	6	10	12	16	60	40	$d_H + M + 4$	D+60	60	$6+2C_2$	注 4
$80 < d_N \leq 200$	16	19	10	12	16	18	100	50			100		
$d_N > 200$	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, 厚度不大于 12mm;

②表中  $C_2$  为腐蚀裕量,  $d_H$  为铜管外径;

③未注焊缝均为连续角焊缝;

④  $H = 0.5D_1 - [(0.5D_1)^2 - (0.5d_H)^2]^{1/2} + 30$ .

2 切向内伸管支承于塔内壁的支承结构及尺寸见图 5.5.6-2 和表 5.5.6-2。

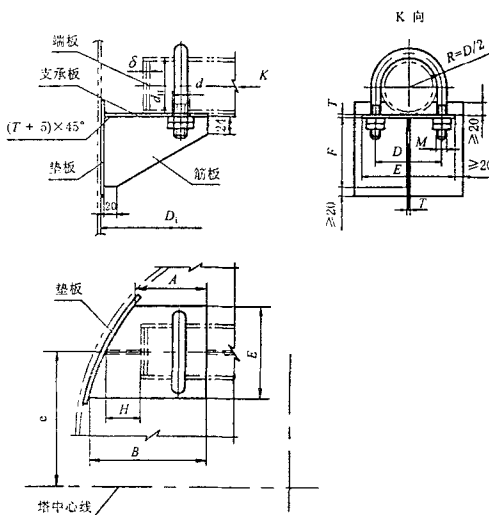


图 5.5.6-2 切向内伸管的支承结构

表 5.5.6-2 切向内伸管支撑结构尺寸 (mm)

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

注: ①设置垫板时, 垫板材质应与筒体相同, 其厚度不大于 12mm;

⑦表中  $C_1$  为腐蚀裕量,  $d_0$  为钢管外径;

⑧未注焊缝均为连续焊缝;

⑨  $H = [(0.5D_1)^2 - e^2]^{1/2} - [(0.5D_1)^2 - (e + 0.5d_0)^2]^{1/2} + 30$  .

### 3 小直径内伸接管与塔内壁的连接结构参见图 5.5.6-3。

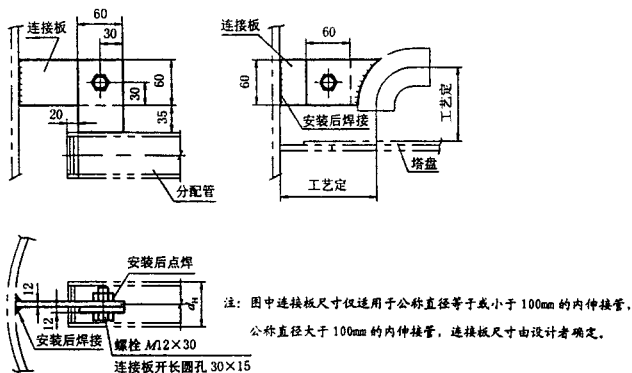


图 5.5.6-3 小直径内伸接管的连接结构

### 4 内伸接管支撑在塔盘上的支撑结构见图 5.5.6-4。

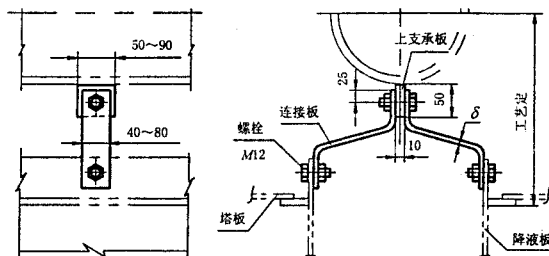


图 5.5.6-4 内伸接管在塔盘上的支撑结构

注: ①连接板的最小厚度: 碳钢和低合金钢为 6mm, 不锈钢为 4mm;

②内伸接管不宜支撑在塔盘板上。

## 5.6 塔 盘

5.6.1 公称直径小于或等于 700mm 的塔,应采用整块式塔盘。

5.6.2 采用整块式塔盘时,塔体应分段且采用法兰连接。塔体分段长度参见表 5.6.2。

表 5.6.2 塔体分段长度  $L$  (mm)

塔 盘 类 型	$L$	
	$DN300\sim500$	$DN600\sim700$
定距管式塔盘 ( $DN\leq 700$ )	800~1000	1200~1500
重迭式塔盘 ( $DN=700$ )	重迭式塔盘用于塔径 $DN700$ 场合, $L$ 不作限制	

5.6.3 塔的公称直径  $DN\geq 800$ mm 时,应采用分块式塔盘,塔盘的可拆构件应能从人孔进出。

5.6.4 分块式塔盘的结构设计,除满足工艺的要求外,尚应符合现行《石油化工塔盘设计规范》SH3088 的有关规定。

5.6.5 塔盘所用浮阀、泡帽及紧固件标准见表 5.6.5。

表 5.6.5 浮阀,泡帽及紧固件标准

标 准 号	标 准 名 称	标 准 号	标 准 名 称
JB1118	F1 型浮阀	JB/T 1212	圆 泡 帽
JB/T 1119	卡 子	JB/T 1120	双面可拆连接件
JB/T 2878.1	X1 型楔卡	JB/T 3166	S 型双面可卸卡子
JB/T 2878.2	X2 型楔卡	JB/T 1205	塔盘技术条件

注:表中所列标准均应采用现行版本。

## 5.7 塔 釜 隔 板

5.7.1 焊接式塔釜隔板结构见图 5.7.1。

5.7.2 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 5.7.2。

5.7.3 塔釜隔板结构尺寸及要求应符合表 5.7.3 的规定。

表 5.7.3 隔板结构尺寸及要求

焊接式隔板最小厚度 $\delta$ (mm)	$DN<800 \quad \delta=4.5;$ $DN800\sim2400 \quad \delta=6; \quad DN>2400 \quad \delta=8\sim10$
可拆式隔板厚度 $\delta$ (mm)	$\delta=6$
可拆隔板的连接板宽度和厚度 (mm)	宽度 60, 厚度 10~12
隔板高度 $H$ (mm)	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,可设圆形或方形人孔
隔板与底封头的连接	贴紧
紧固件的材料	1Cr13
垫片材料	石棉带、聚四氟等软质材料

注:①本表所列隔板和连接板厚度适用于碳钢和低合金钢材料,对不锈钢隔板或连接板厚度可适当减薄;

②对焊接式隔板和连接板,表中厚度系最小厚度,如介质腐蚀性较强可根据实际情况调整厚度。





$$h = 3d_H \quad h_1 = 2d_H$$

$$L_1 = \sqrt{R^2 - 120.2^2} - 49.5 - r - \delta \quad (5.8.3-4)$$

$$L_2 = \sqrt{R^2 - 120.2^2} + 50 - r - \delta \quad (5.8.3-5)$$

$$L_3 = \sqrt{R^2 - 49.5^2} + 120.2 - r - \delta \quad (5.8.3-6)$$

$$L_4 = \sqrt{R^2 - 50^2} + 120 - r - \delta \quad (5.8.3-7)$$

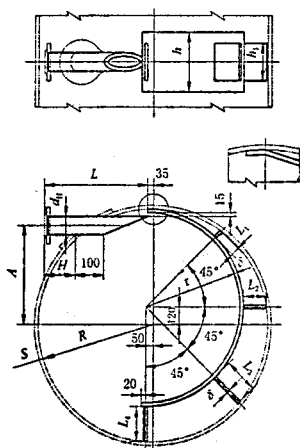


图 5.8.3 内置弧形挡板结构及尺寸

## 5.9 防涡流挡板

5.9.1 适用于清洁介质的防涡流挡板 (A 型), 见图 5.9.1.

5.9.2 适用于釜液有沉淀物的防涡流挡板 (B 型), 见图 5.9.2.

5.9.3 防涡流挡板 (包括支承扁钢) 最小厚度, 可按表 5.9.3 确定.

表 5.9.3 防涡流挡板最小厚度  $T$  (mm)

腐 蚀 裕 量 $C_2$	最 小 厚 度 $T$	
	碳 钢	不 锈 钢
0~1.5	6	4
2~3	8	
4~5	10	



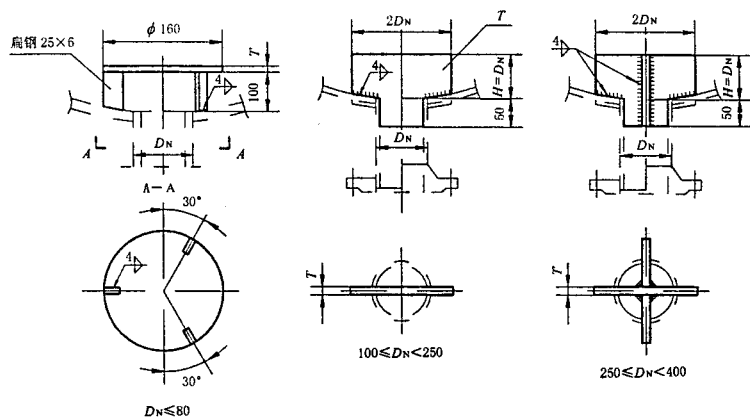


图 5.9.1 防涡流挡板结构 (A 型)

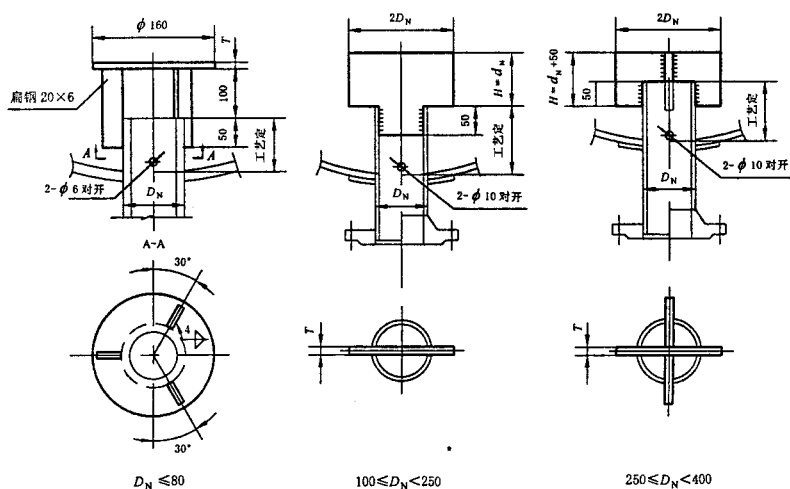


图 5.9.2 防涡流挡板结构 (B 型)

## 5.10 气体出口挡板和丝网除沫器

5.10.1 气体出口挡板型式及尺寸见图 5.10.1。

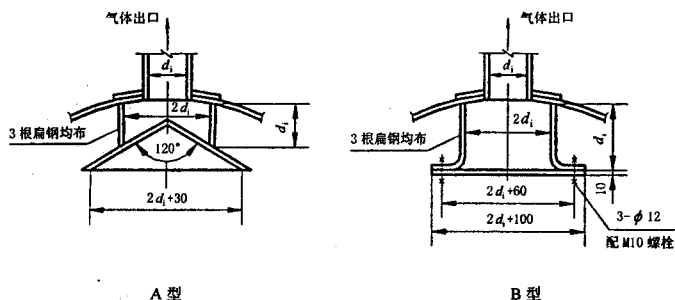


图 5.10.1 气体出口挡板型式及尺寸

### 5.10.2 丝网除沫器

除工程设计中另有规定外,丝网除沫器可按行业标准《丝网除沫器》HG/T21618-1998 标准系列选用。

### 5.11 内部梯子

5.11.1 除本规范第5.4.5条规定外,以下部位可根据需要设置内部梯子。

- 1 需要经常进行检修的裙座筒体内部;
- 2 装有填料或催化剂的塔器局部区域。

5.11.2 内部梯子结构及尺寸参见图 5.11.2。

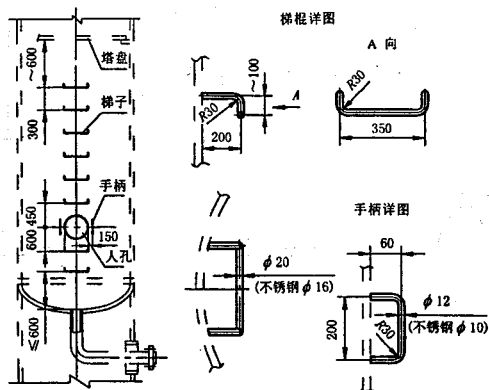


图 5.11.2 内部梯子结构及尺寸

### 5.12 保温(保冷)支持圈和隔热箱

5.12.1 保温(冷)支持圈的类型及位置见图 5.12.1 和表 5.12.1。

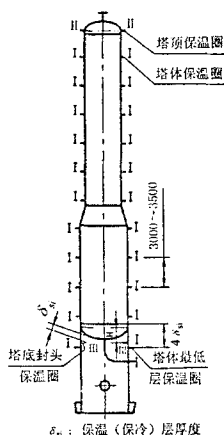


图 5.12.1 保温（冷）支持圈位置示意

表 5.12.1 保温（冷）支持圈位置和间距

保温（冷）支持圈的类型	位 置 和 间 距
塔顶保温（冷）支持圈（II型）	上封头切线处或上封头与筒体焊缝线以下不小于100mm处
塔体保温（冷）支持圈（I型）	间距3~3.5m
最低层保温（冷）支持圈（I型）	距裙座筒体与塔釜封头焊缝线以下四倍保温（冷）层厚度
塔底封头保温（冷）圈（III型）	离底封头切线距离 $H$ 可根据保温（冷）层厚度及塔体厚度计算得到，见表 5.12.2-2

注：对于深冷塔，为了减少冷损失，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。

### 5.12.2 与塔体相焊的保温（冷）支持圈

#### 1 塔顶封头保温支持圈（II型）结构及尺寸见图 5.12.2-1。

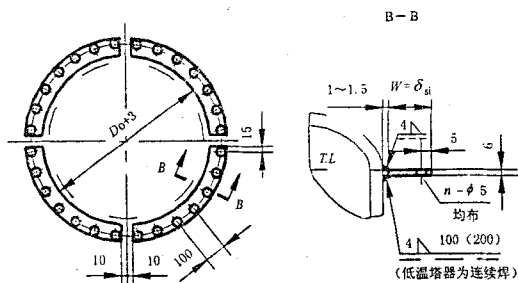


图 5.12.2-1 塔顶封头保温支持圈结构及尺寸

## 2 塔体保温支持圈 (I 型) 结构及尺寸见图 5.12.2-2 和表 5.12.2-1。

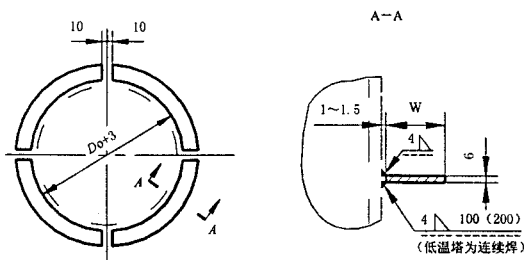


图 5.12.2-2 塔体保温支持圈结构及尺寸

表 5.12.2-1 保温支持圈宽度  $W$  (mm)

保温层厚度 $\delta_{si}$	保温支持圈宽度 $W$
40	30
50	40
60	50
70	55
80	60
100	70
120	90
150	120
>150	$\delta_{si}-50$

## 3 塔底封头保温 (冷) 支持圈 (III型) 结构及尺寸见图 5.12.2-3 和表 5.12.2-2。

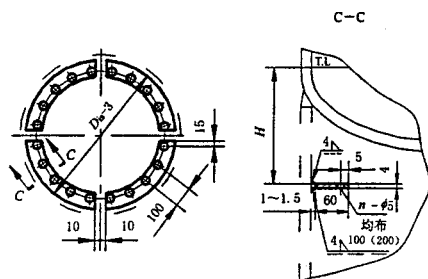


图 5.12.2-3 塔底封头保温 (冷) 支持圈结构及尺寸

## 4 根据塔的直径, 每层保温圈可由 4~8 块组成。

表 5.12.2-2 塔底封头保温(冷)支持圈位置尺寸 H (mm)

塔 径	塔釜封头保温层厚度 + 塔釜封头壁厚											
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	H											
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	256	248	259	270	281	292	302
900	187	199	211	223	234	246	258	269	280	291	303	314
1000	195	208	219	232	243	255	267	278	290	301	313	324
1200	211	223	236	248	260	273	284	296	308	319	331	343
1400	225	238	251	263	275	289	300	313	325	336	349	361
1600	238	251	265	278	291	303	316	329	342	353	366	377
1800	251	265	278	291	301	317	330	343	356	368	381	393
2000	263	277	291	304	318	331	344	358	370	383	396	409
2200	274	289	303	317	331	344	358	371	384	397	410	423
2400	285	300	315	329	343	357	371	385	398	411	425	438
2600	296	311	326	340	355	369	383	397	411	424	438	451
2800	306	322	336	351	367	381	395	409	423	437	451	464
3000	314	332	347	362	378	392	406	421	435	449	462	477
3200	325	341	357	373	388	403	418	432	447	461	475	489
3400	334	350	367	382	398	413	428	443	458	472	487	501
3600	343	360	377	392	408	424	439	454	469	483	499	513
3800	351	369	386	402	418	434	449	464	480	494	510	524
4000	360	378	395	412	428	444	460	475	491	505	521	536
4200	368	386	403	421	437	453	470	485	501	516	532	546
4400	377	395	413	429	446	463	479	495	511	526	542	557
4600	385	403	421	438	455	471	488	505	521	536	552	567
4800	392	411	429	447	464	481	498	514	530	546	562	578
5000	400	419	437	455	473	490	507	524	540	556	572	588
5200	408	427	445	463	481	498	515	532	550	565	582	597
5400	415	434	452	471	489	507	524	541	558	575	591	607
5600	422	441	460	480	498	516	533	550	567	584	601	617
5800	429	440	468	487	505	523	541	559	576	593	610	626
6000	436	456	475	495	514	532	550	568	585	602	619	636

5.12.3 当碳钢制保温(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(冷)支持圈,参见图 5.12.3 a、b。

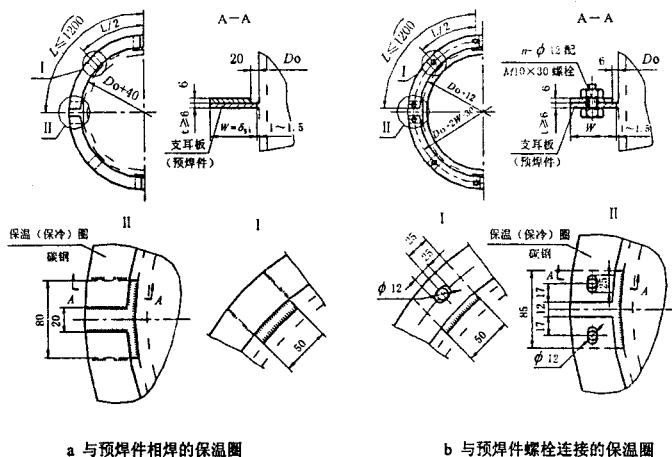


图 5.12.3 带预焊件的保温(冷)支持圈

5.12.4 当塔器的设计温度等于或大于  $350^{\circ}\text{C}$  时,应在裙座筒体上部,靠近封头处设置隔热箱,其结构和尺寸见图 5.12.4 和表 5.12.4。

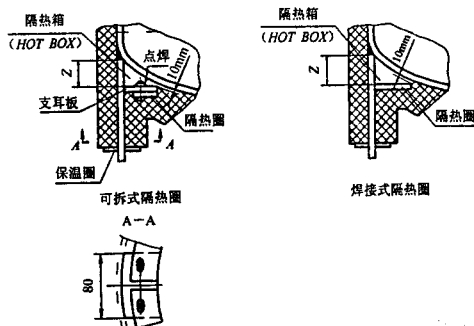


图 5.12.4 隔热箱结构

表 5.12.4 隔热箱尺寸 (mm)

塔 体 直 径	$Z_{\min}$
$D \leq 1000$	140
$1000 < D \leq 1500$	180
$1500 < D \leq 2000$	280
$2000 < D \leq 2700$	315
$D > 2700$	400

## 5.13 防火层固定件

5.13.1 需敷设防火层的塔, 可按图 5.13.1 配置防火层固定件。

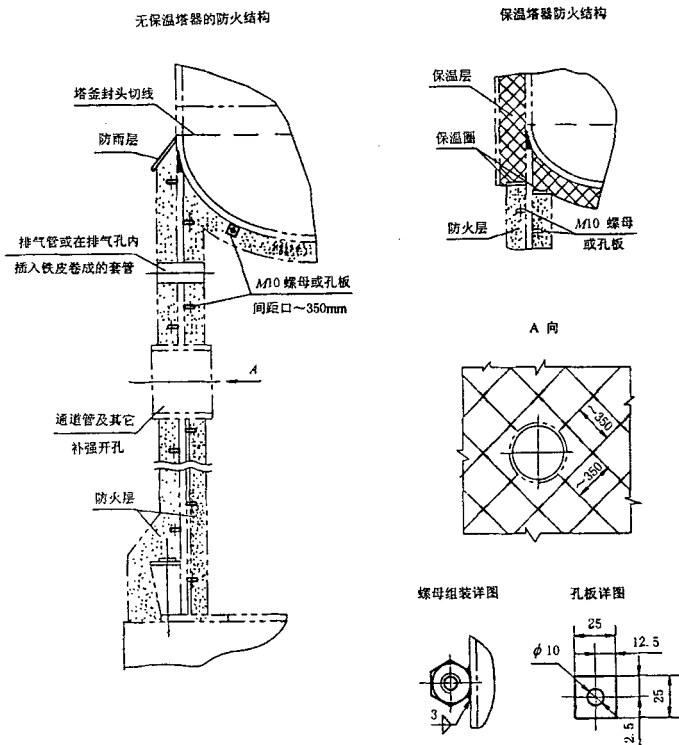


图 5.13.1 塔器防火结构示意图

## 5.14 塔顶吊柱

5.14.1 塔顶吊柱可按《塔顶吊柱》HG5-1373-80 标准选用。

5.14.2 吊柱安装位置(见图 5.14.2)应满足以下要求:

- 1 吊柱的索具环与塔顶的距离, 宜为 1500~2000mm;
- 2 吊柱手柄至平台上表面不宜大于 1800mm;
- 3 吊柱中心线与人孔中心线间应有合适的夹角  $\alpha$ , 以使索具环的垂直中心线可转到人孔附近, 以便内件装入或卸出。

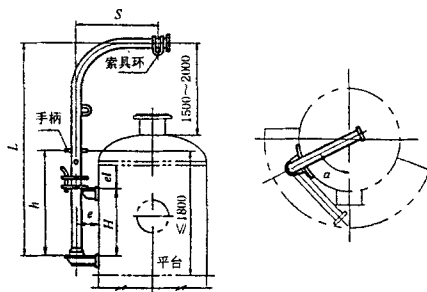


图 5.14.2 吊柱安装位置及尺寸示意

## 5.15 吊耳

5.15.1 当塔整体吊装需设置吊耳时, 应符合现行《大型设备吊装工程施工工艺标准》SHJ515 及《设备吊耳》HG/T21574 的有关规定。



## 6 制造、检验及验收

### 6.1 一般规定

6.1.1 塔器的制造、检验及验收应遵循以下现行标准:

- 1 《钢制压力容器》GB150;
- 2 《钢制塔式容器》JB4710;
- 3 《石油化工钢制塔类容器现场组焊施工工艺标准》SH3524.

6.1.2 塔器的制造、检验和验收除符合本规范第 6.1.1 条所列标准外,还应符合本规范及图样的要求。

### 6.2 外形尺寸偏差

6.2.1 外形尺寸偏差应符合图 6.2.1 和表 6.2.1~2 的规定。

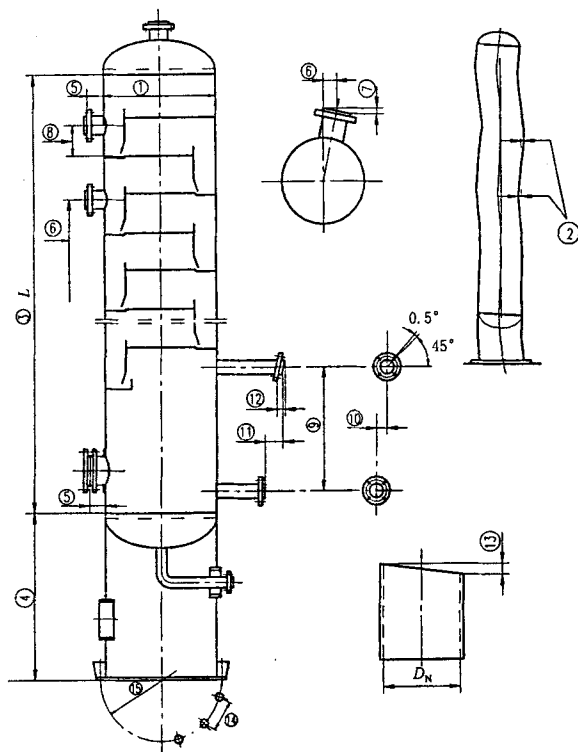


图 6.2.1 塔器外形尺寸偏差示意

表 6.2.1-1 塔器外形尺寸偏差

代号	检 验 项 目		允 许 偏 差
①	筒 体 圆 度		板式塔按表 6.2.1-2 其它塔型按 GB150 中的有关章节规定
②	筒 体 直 线 度		任意 3m 长度的筒体直线度偏差 $\leq 3\text{mm}$ 筒体长度 $L \leq 15\text{m}$ 时, 偏差 $\leq L/1000\text{mm}$ 筒体长度 $L > 15\text{m}$ 时, 偏差 $\leq 0.5 L/1000 + 8\text{mm}$
③	上下两封头焊缝之间的距离偏差		$\pm 1.3\text{mm/m}$ , 且当 $L \leq 30\text{m}$ 时, 不超过 $\pm 20\text{mm}$ ; $L > 30\text{m}$ 时, 不超过 $\pm 40\text{mm}$ 。
④	基础环底面至塔釜封头与塔壳 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 向位置偏差	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 度或平行度公差		$dN \leq 200\text{mm}$ 时, 为 $\pm 1.5\text{mm}$ ; $dN > 200$ 时, 为 $\pm 2.5\text{mm}$
⑧	接管中心线到塔盘面的距离		$\pm 3\text{mm}$ (人孔为 $\pm 6\text{mm}$ )
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公差		$\pm 1.5\text{mm}$
⑪	液面计对应接管外伸长度差		$\leq 1.5\text{mm}$
⑫	液面计法兰面垂直度公差		$\leq$ 法兰外径的 0.5%
⑬	塔壳分段处端面平行度偏差		$DN/1000$ , 且不大于 $2\text{mm}$
⑭	地脚螺栓孔中心圆直径允许偏差		$\pm 2\text{mm}$
⑮	相邻或任意两地脚螺栓孔弦长允许偏差		$\pm 2\text{mm}$

表 6.2.1-2 板式塔筒体圆度偏差(mm)

塔体直径 $DN$	$500 < DN \leq 1000$	$1000 < DN \leq 2000$	$2000 < DN \leq 4000$	$DN > 4000$
圆度允许偏差	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$	$\pm 20$

## 6.3 裙座与塔体的焊接接头

6.3.1 符合以下条件之一者, 应对裙座与塔体(封头或筒体)的焊接接头外表面进行磁粉或渗透检测。

- 1 塔体的 A 类和 B 类焊接接头要求进行 100% 射线或超声检测的塔器;
- 2 裙座筒体材料为 Q345-E 或 16Mn, 且名义厚度大于 30mm;
- 3 设计风速  $V_0$  大于产生一阶振动的临界风速  $V_1$  的塔器。

注: 设计风速  $V_0 = 40 \sqrt{q_0}$  m/s

产生一阶振动的临界风速为  $V_1=5D/T$  m/s

式中  $q_0$ ——基本风压值 ( $\text{kN/m}^2$ );

$D$ ——距塔顶 1/3 高度范围内塔的当量直径 (m);

$T$ ——塔的基本自振周期 (s)。

#### 6.4 整体热处理的塔器

6.4.1 需进行整体热处理的塔器, 在热处理后, 不得再在塔体上施焊。

#### 6.5 现场组焊的塔器

6.5.1 分段和分片到货现场组焊塔器的制造、试验和验收应符合 SH3524-1999《石油化工钢制塔类容器现场组焊施工工艺标准》中的有关规定。

6.5.2 分段和分片到货现场组焊的塔器除符合 6.5.1 条的规定外, 还应符合以下规定:

1 对于分段到货现场组焊的塔器, 制造厂应根据塔器的实际情况并考虑到现场组焊质量, 确定合理的分段位置;

2 为防止由于焊接变形而影响对口环焊缝的焊接, 在距分段端面一定长度范围内 (建议 1000~1500mm 或根据制造厂的经验确定) 不应有大开孔, 如人孔或大直径接管或焊接量大的内外部构件;

3 分段处相邻塔盘的支持圈和降液板应在制造厂点焊;

4 制造厂应对分段塔器进行预组装, 并在两段接口处作组焊方位标记;

5 对分片交货的塔器, 其分片的形状尺寸及精度应保证现场的顺利组装;

6 分段或分片现场组焊的对接接头坡口应由制造厂加工、检验、清理, 并在坡口表面及其内外边缘 50mm 范围内涂可焊性防锈涂料;

7 分片交货的塔器, 每片成型板上应作方位标记, 并按排版图进行组焊;

8 为防止分段筒体在运输中变形, 制造厂应采取支撑措施予以加固;

9 现场组装的焊接接头需热处理时, 应在设计图样中注明;

10 分段或分片的塔器, 在现场组焊后应按设计文件要求进行无损检测、试压和验收。

## 附录 A 冬季空气调节室外计算温度

A. 0.1 全国主要城市和地区冬季空气调节室外计算温度见下表 A:

表 A 冬季空气调节室外计算温度 (°C)

伊春	-33	通辽	-23	济南	-10
齐齐哈尔	-28	克拉玛依	-28	青岛	-9
哈尔滨	-29	乌鲁木齐	-27	西安	-8
佳木斯	-29	阿勒泰	-33	郑州	-7
牡丹江	-28	哈密	-23	洛阳	-7
长春	-26	北京	-12	上海	-4
吉林市	-28	天津	-11	金山	-3
延吉	-22	石家庄	-11	南京	-6
百城	-26	唐山	-12	徐州	-8
四平	-25	西宁	-15	连云港	-8
通化	-27	银川	-18	杭州	-4
沈阳	-22	兰州	-13	宁波	-3
抚顺	-24	酒泉	-19	合肥	-7
锦州	-17	玉门	-21	南昌	-3
丹东	-17	大同	-20	武汉	-5
营口	-18	太原	-15	长沙	-3
大连	-14	淄博	-12	贵阳	-3
呼和浩特	-22	岳阳	-4	拉萨	-8

注: 表中数据取自《采暖通风与空气调节设计规范》GBJ19-87。

## 附录 B 主要石油化工企业所在城市（地区）的基本烈度

B.0.1 主要石油化工企业所在城市（地区）的基本烈度见参表 B。

表 B 基本烈度表

地 区	地震基本烈度 (1990 年)	地 区	地震基本烈度 (1990 年)
北京燕山地区	7~8 待定	安庆市	6
湖南云溪	6~7	乌鲁木齐市	8
大庆市	6	前郭县	8
哈尔滨	6	淄博市	7
沈阳市	7	重庆市	6
大连市	7	南京扬子石化	7
北京市	8	上海高桥石化	7
天津市	7	上海金山卫	7
济南市	6	深圳	7
洛阳市	6	茂名市	7
铜陵	6	锦州市	6
枝江	6	锦西市	6
武汉市	6	九江市	6
兰州市	8	银川市	8
宁波市	6	沧州市	6
岳阳市	7	石家庄市	6

注：本表摘自《石油化工钢制压力容器》SH3074-95。

## 附录 C 塔顶挠度控制值

推荐的塔顶挠度控制值如下:

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

式中  $DN$  —— 塔的公称直径(mm), 对不等直径塔见 1.0.2 条;

$H$  —— 塔的总高度(包括裙座高度)(mm);

$Y_D$  —— 塔顶挠度值(mm)。

## 用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

（一）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”。

（二）表示严格，在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（三）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”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国行业标准

# 石油化工塔器设计规范

SH 3098-2000

条文说明

2000 北京



# 目 次

1	总则	55
2	设计基础	56
2.1	设计压力	56
2.2	设计温度	56
2.3	设计载荷	56
2.4	厚度附加量	57
2.5	最小厚度	57
2.6	许用应力	57
3	材料	58
3.3	裙座	58
3.4	地脚螺栓	60
4	设计计算	61
4.2	风载荷和地震载荷计算	61
4.4	塔盘板及支持梁的计算	61
4.5	局部应力	61
5	结构设计	62
5.3	裙座和地脚螺栓座	62
5.12	保温(保冷)支持圈和隔热箱	63
6	制造、检验及验收	64

## 1 总 则

1.0.3 本规范不适用非金属衬里及有色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。

## 2 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,设计者还应根据工程的特点和要求作出补充规定。

本章各条款的规定其主要依据是《钢制压力容器》GB150,《石油化工钢制压力容器》SH3074,《钢制塔式容器》JB4710的相应规定,同时参考了国外有关标准规范和工程设计标准的有关规定。

为了保持内容及文字的连贯性和完整性,本章某些规定重复了GB150,JB4710,SH3074的有关内容,并对其作了补充。

### 2.1 设计压力

2.1.1 《钢制压力容器》GB150、《钢制塔式容器》JB4710 除对设计压力作出定义外,并对确定设计压力时应考虑的问题予以说明和规定;《石油化工钢制压力容器》SH3074 是在GB150规定的基础上对设计压力的选取作出了更为详细的规定。

在工程设计中,经常会遇到对个别(或某一单元,工段或装置)塔器或容器的设计压力有特殊的要求或规定,并可能与GB150,JB4710和SH3074的规定不一致,这是允许的,但不应低于GB150、JB4710或SH3074的规定。

2.1.2 《钢制塔式容器》JB4710 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JB4710规范适用范围( $H > 10\text{m}$ 、 $H/D > 5$ )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(详见JB4710标准释义),为了强调其重要性,因此本条重复了JB4710的这一规定。

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,如缓冲罐、分离罐等,设计者可根据容器的实际操作工况确定设计压力,设计压力可以是常压。

### 2.2 设计温度

2.2.2 本条中所列的设计温度选用表基本上是引用SH3074-95中表3.2.4的内容,但对其中个别地方作了修改,即当最高或最低工作温度为 $-20 < T_0 \leq 15^\circ\text{C}$ 时,石油化工塔类,取介质正常操作温度加 $5\sim 10^\circ\text{C}$ ,改为减 $5\sim 10^\circ\text{C}$ 。

2.2.3 塔裙座的设计温度在《钢制塔式容器》JB4710中未作规定;原化工部《塔器设计技术规定》CD130A4-85标准规定“一般取建塔地区的环境温度(冬季空气调节室外计算温度)为裙座的设计温度”。我们认为由于裙座直接与压力容器焊成一体,裙座的工作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,造成选材不合理或裙座壳体计算偏厚(或偏薄)。本规范根据裙座壳体的结构型式(有过渡段和无过渡段裙座)、塔或塔下部设计温度范围及环境温度,规定了确定裙座设计温度的原则。

### 2.3 设计载荷

本节中的各条款内容是在对《钢制压力容器》GB150和《钢制塔式容器》JB4710关于载荷的有关规定基础上,对塔器设计时所应考虑载荷作出的较为详细的定义和规定。

## 2.4 厚度附加量

2.4.2 由于目前不同标准的钢板的厚度负偏差不完全一样, 因此为便于设计者查找, 本标准按不同的钢材标准给出了常用钢板、钢管厚度负偏差表。

### 2.4.3 腐蚀裕量

本节中的各项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。

- 1 《钢制压力容器》GB150;
- 2 《钢制化工容器设计基础规定》HG20580;
- 3 《石油化工钢制压力容器》SH3074;
- 4 国外某些工程公司的工程设计标准的规定;
- 5 塔的工程设计的实践经验。

## 2.5 最小厚度

2.5.1~2.5.4 条文的内容是在《钢制塔式容器》JB4710 对最小厚度规定的基础上作以补充和完善。

2.5.5 塔盘元件的最小厚度主要是引用《石油化工塔盘设计规范》SH3088 的规定。

## 2.6 许用应力

2.6.1~2.6.3 条文的内容基本上引用了 GB150 和 JB4710 的有关规定。

### 3 材 料

#### 3.3 裙 座

3.3.1 裙座不承受压力载荷（内、外压），也不与介质直接接触，因此属于非受压元件，但应考虑裙座的特殊性，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），故裙座的设计与选材应予以充分的重视。《钢制塔式容器》规定：裙座壳用钢应按受压元件用钢选取，但 JB4710 对如何按受压元件选取裙座材料未作详细规定和说明。本条文内容是考虑到裙座的特殊性、根据国内塔设计的多年实践经验并参考国内外的标准规范编写的。

3.3.2 本条规定了设置裙座过渡段的条件。

1 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恶劣，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。在《钢制压力容器》GB150 标准中规定：“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。

2 当塔釜设计温度  $T \geq 350^{\circ}\text{C}$  时，此时靠近塔釜的裙座上部温度将远高于环境温度，若将环境温度作为裙座的设计温度，很显然计算的裙座壳体厚度将是危险的；而若按塔釜温度（ $T \geq 350^{\circ}\text{C}$ ）确定许用应力，裙座壳体将会很厚，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裙座壳体的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的较好办法。

3 当裙座与塔釜相焊且可能影响塔釜材料性能时，需设过渡段原因如下：

- a 若塔的下封头为铬钼钢，裙座壳体为碳钢时，二者相焊有可能改变铬钼钢的金相组织和性能，且可能影响焊接接头处的质量。同时采用铬钼钢塔釜处于中、高温范围，裙座壳体上部的温度有可能超过碳钢材料使用温度上限。
- b 若塔的下封头为不锈钢，裙座壳体为碳钢时，将可能改变奥氏体不锈钢组织，有可能产生碳化铬，焊接接头处可能有马氏体存在，因而影响不锈钢的耐蚀性或抗晶间腐蚀性能。
- c 若塔的下封头为低温钢，裙座壳体为碳钢时，需设过渡段理由见上面 3.3.2 的说明 1。

4 一些国外的标准和工程设计标准中，也有关于设裙座过渡段的规定，如日本 JPI-7R-35-87《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。

3.3.3 本条的规定是考虑到对于矮裙座，即使壳体全部采用与塔下部封头相同的材料也不会造成材料的过大浪费，而且可减少材料的品种和规格，这在工程设计中是允许的。

3.3.4 根据 3.3.2 条的规定，塔釜设计温度在  $200 \sim 350^{\circ}\text{C}$  范围内时，可不设过渡段（符合 3.3.2 条 2 款除外），即裙座壳体自上而下为同一材料、同一厚度。但应注意对于某些材料在温度超过  $200^{\circ}\text{C}$  时，由于其许用应力下降幅度较大，裙座的计算厚度将偏大，如果设过渡段，则过渡段的设计温度取塔釜设计温度，裙座下部壳体（即本体）取环境温度为设计温度，这是一种较合理的处理办法。由于裙座设计须考虑的因素是多方面的，作为标准不可能一一作出规定，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。

### 3.3.6 本条给出了裙座壳体材料选取表,供设计参考。

如前所述,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。

在《炼油厂塔设计技术规定》SYJ1049-83和《塔器设计技术规定》CD130A4-85两个标准中均对塔裙座壳体的材料作出规定,主要内容见下表1:

表 1

《炼油厂塔设计技术规定》 SYJ1049-83	《塔器设计技术规定》 CD130A4-85	裙座壳体的材料
塔器设计温度	裙座设计温度	
$>-20\sim 400^{\circ}\text{C}; H>20\text{m}$	$>-20^{\circ}\text{C}$	A3
$>0\sim 250^{\circ}\text{C}; H\leq 20\text{m}$	$0\sim 250^{\circ}\text{C}; H/D<20; H<20\text{m}$	A3F
环境温度等于或低于 $-20^{\circ}\text{C}$		镇静钢
	$\leq -20^{\circ}\text{C}$	16Mn, 且按批作低温冲击试验
$>400^{\circ}\text{C}$		上部设 500mm 以上的过渡段
碳钢裙座与合金钢、不锈钢的塔底封头相焊时	封头与裙座材料不同时,且影响封头材料性能时	设 过 渡 段

由上表可以看出裙座材料在一定温度范围内,可选用碳素钢和低合金钢,在低温、高温或可能影响封头材料性能时,设过渡段。上述两个标准的规定经多年实践,尚未发现问题,说明规定是可行的。本规范参考上述两个标准及国内外有关塔的设计资料和工程规定,并依据新的材料标准,给出裙座壳体材料选取表 3.3.6,表中材料的适用温度参见下表 2。

表 2

裙 座 设 计 温 度	裙 座 材 料
$\geq 0\sim 350^{\circ}\text{C}$	Q235-A、Q235-B、Q235-C
$\geq -20\sim 0^{\circ}\text{C}$	Q235-D
$< -20^{\circ}\text{C}$	Q345-D、Q345-E (16Mn)

3.3.7 《钢制压力容器》GB150-1998 规定“碳素钢和低合金钢板使用温度低于或等于 $-20^{\circ}\text{C}$ 时,应作低温冲击试验;在《钢结构设计规范》GBJ17-88 中规定”当冬季计算温度等于或低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 时,对 3 号钢尚应具有 $-20^{\circ}\text{C}$ 冲击韧性保证值;对 16Mn 钢尚应具有 $-40^{\circ}\text{C}$ 冲击韧性保证值。从以上标准、规范可知在低温状态下,无论是受压元件还是钢结构件均应具有低温冲击韧性的保证值,因此作为与压力容器焊接一体的重要钢结构—裙座,在低温状态下( $-20^{\circ}\text{C}$ ),必须进行低温冲击试验,表 3.3.8 的低温冲击功值分别摘自 GB700 和 GB/T1591-94 标准。

3.3.9 我们认为尽管裙座与塔下封头(受压元件)相焊,但裙座毕竟是非受压元件,在选材和确定许用应力时,完全与受压元件等同对待不尽合理(过渡段除外)。在确定裙座(本体)许用应力时,我们是这样考虑的:由于裙座壳体比一般钢结构重要得多,若按 GBJ17-88 规定的钢材强度设计值作为裙座(本体)许用应力则显偏高,而如果完全按压力容器受压元件确定许用应力则过于保守,故本规范采用折中办法,取安全系数  $n_b=2.7$ ,在 85 年的《钢制压力容器设计规定》标准  $n_b=2.7$ ,

已有一定的使用经验，由此确定的许用应力低于 GBJ17-88 的规定值，又比 GB150 的许用应力稍高一些，因此是安全可靠、经济合理的。（SYJ1049-83 标准规定碳素钢的常温许用应力为  $1400\text{kg}/\text{cm}^2$ ）。

### 3.4 地脚螺栓

GBJ17-88 规定锚栓可采用 3 号钢或 16Mn 钢，本条款规定地脚螺栓的选材也应考虑环境温度的影响，当环境计算温度（即冬季空气调节室外计算温度高于  $-20^\circ\text{C}$  时选用 Q235-A，低于或等于  $-20^\circ\text{C}$  选用 16Mn。

## 4 设计计算

### 4.2 风载荷和地震载荷计算

关于塔的风载,地震载荷计算的理论基础可参阅《钢制塔式容器》JB4710的标准释义、化工设备设计全书《塔设备设计》第七章或有关资料。本节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,经常遇到的及应该注意的问题作出规定和说明。

4.2.3 根据《中国地震烈度区划图(1990)》(以下简称“90区划图”)的使用规定,大部分工程设计项目都可直接将“90区划图”中的地震基本烈度作为设防的依据,即根据装置(工厂)所在地区,在“90区划图”中查出相应的基本烈度作为设防烈度(即设计烈度)。

#### 4.2.11 塔挠度计算及挠度控制值

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,如果挠度控制值选择不当,其厚度可能增加到不合理的程度,这不仅使塔器制造成本提高,还会给制造、检验带来一系列问题。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。本标准将挠度控制的推荐数值作为提示性附录供设计者参考。

### 4.4 塔盘板及支承梁的计算

4.4.1 塔盘的设计载荷表是参照以下标准规范及有关文献资料确定的。

- 1 《石油化工塔盘设计规范》(SH3088-1998);
- 2 《塔器设计技术规定》(CD130A4-84);
- 3 国外工程公司设计标准及规定。

4.4.2 为便于设计者进行塔盘的应力及挠度计算,本标准给出了应力及挠度计算公式表,其计算公式来源可见如下资料:

- 1 《机械设计手册》第1卷第4篇,机械工业出版社91年版;
- 2 《化学工场》(日本)71年第6期。

4.4.3 支承梁的挠度控制值主要引用了《石油化工塔盘设计规范》SH3088-1998的规定。

### 4.5 局部应力

4.5.1 本条规定塔在某些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。



## 5 结构设计

由于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要求或专有技术,这些已超出了标准的范围,本标准根据国内多年的工程设计实践经验及有关标准,并参考了一些国外工程公司的设计标准,仅对塔器通用的内外构件(或附件)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。

### 5.3 裙座和地脚螺栓座

5.3.2 锥形裙座的半锥顶角不宜超过  $15^\circ$ ,原因是随着半顶角的增加,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角小于或等于  $15^\circ$ ,已能满足使用需要。

5.3.3 《钢制塔式容器》JB4710 给出了两种连接型式,即裙座与塔体的对接和搭接型式,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及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破坏。因此本标准推荐采用对接接头型式,若工程上需要采用搭接接头时,设计者应慎重处理。

5.3.4 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 BS5500 等规范)。国外一些工程公司的标准(如 KELLOGG、BP 公司)也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,所以本标准规定裙座上部筒体的内直径等于塔体内直径(或塔底封头直边段内径);仅当裙座上部筒体厚度与塔釜封头厚度之差大于等于 8mm 时取二者外径相同,这样可使两者焊接接头与塔釜封头外壁圆滑齐平过渡。

5.3.13 本条中所列的外螺栓座结构及主要尺寸参数与 JB4710-2000, CD130A4-85 的螺栓座尺寸基本上是一样的(螺栓座的高度尺寸标注与 JB4710 稍有不同,从工程设计角度本规范的规定是适宜的),它主要是参考日本东洋工程公司,三菱油化,三菱重工,法国德希尼布,斯贝西姆及国内工程设计标准(或规定)的地脚螺栓座结构及尺寸确定的,设计者可以参照表 5.3.13 所列参数,初步确定螺栓座的尺寸,并按 JB4710-2000 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。

#### 5.3.15 地脚螺栓直径、数量及间距

1 为便于设计者初步确定地脚螺栓数量,表 5.3.12-4 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 参考一些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 450mm 确定的,有个别数据出入较大,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 300~700mm 考虑的。
- d 螺栓间距系以裙座筒体底部内径加 150~200mm 为地脚螺栓中心圆直径计算的。

2 塔的基础是钢筋混凝土基础时,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400mm。

### 5.12 保温(保冷)支持圈和隔热箱

5.12.4 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超过某一些数值时,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。其内部无保温层,由于无保温层,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《钢制压力容器-分析设计标准》JB4732-95作疲劳分析。

## 6 制造、检验及验收

本章节中各条规定是在《钢制塔式容器》JB4710 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，裙座，分段和分片交货的塔器等项内容给予必要的补充与完善。