

中华人民共和国行业标准

HG

HG 20517-92

钢制低压湿式气柜

1992-07-27 发布

1992-12-01 实施

中华人民共和国化学工业部 发布

中华人民共和国行业标准

钢制低压湿式气柜

HG 20517-92

主编单位：化工部第三设计院

批准部门：化 学 工 业 部

化工部工程建设标准编辑中心

1992 北 京

修 订 说 明

根据化工部基建司(89)化基标字第 77 号文要求,由我站组织编制化工设备设计专业的设计标准和技术规定,作为指导设备设计和制造的部颁指令性技术文件。

《钢制低压湿式气柜》(HG20517-92)是在原化工部基建局颁发的《钢制低压湿式气柜设计技术规定》(CD130A6-86)的基础上进行修订,对气柜的有关参数、结构设计、计算、施工及检验等方面作了部分修正和补充。

本标准由化工部第三设计院范逸民主编、孔繁臣校核、徐颐征审核。

本标准在编制过程中进行了广泛的调查研究,总结了各设计单位多年来的设计和实践经验,并经过征求意见和中心站技术委员及顾问审查等阶段后定稿,由化工部设备设计技术中心站报部审批。自生效日期起,原 CD130A6-86 相应废除。

各单位在执行本标准过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料提供给化工部设备设计技术中心站,以便今后修订时参考。

化工部设备设计技术中心站

一九九一年九月

目 次

1 总 则	(1)
2 荷 载	(2)
3 材 料	(5)
4 许用应力、焊缝系数、许用长细比、壁厚附加量	(8)
5 一般规定	(11)
6 水槽底板设计	(18)
7 水槽壁设计	(20)
8 钟罩顶设计	(22)
9 活动塔节壁板设计	(34)
10 水封挂圈设计	(35)
11 活动塔节底环设计	(36)
12 导轨轮压计算与导轨设计	(37)
13 导轮设计	(51)
14 活动塔节的内立柱设计	(58)
15 气柜抗震设计	(60)
16 配重设计与计算	(66)
17 接管、人孔及开孔补强	(68)
18 水槽溢流装置	(69)
19 梯子、平台、栏杆	(70)
20 集水槽与齐平清扫孔	(71)
21 防腐设计	(73)
22 附属物设计要点	(74)
23 施工与验收要点	(78)
附录 A 我国部分地区冬季空气调节室外计算温度	(91)
附录 B 我国部分地区基本风压值	(92)
附录 C 我国部分地区基本雪压值	(93)
附录 D 钟罩顶边环边缘应力计算(参考件)	(94)
附录 E 我国若干城市暴雨强度公式	(103)
附录 F 气柜防腐涂料选用表(参考件)	(104)
附录 G 按风荷载表面分布体型系数计算活动塔节的壁厚(参考件)	(105)
附录 H 钟罩顶球形拱架总体稳定验算(参考件)	(107)
附录 I 受压构件的稳定系数	(109)
编制说明	(117)

1 总 则

1.1 适用范围

- 1.1.1 本标准适用于钢制焊接湿式储气罐(简称气柜)的设计。
- 1.1.2 本标准适用于设计压力为 4000Pa 以下的湿式气柜的设计。
- 1.1.3 本标准适用于公称容积为 $50\text{m}^3 \sim 100000\text{m}^3$ 气柜的设计。
- 1.1.4 本标准适用于化工、石油化工气体的储存、缓冲、稳压、混合等所用的气柜的设计。
- 1.1.5 本标准只适用于气柜本体及本标准所规定的附件的设计、制造、验收,不适用于采用非金属材料气柜部分的设计(如混凝土、砖石的地面、地下水槽)。

1.2 标准规范

1.2.1 本标准未规定的气柜设计、施工及验收的部分应遵守下列标准规范(以最新版本为准):

- 1.2.1.1 《钢结构设计规范》(GBJ17)。
- 1.2.1.2 《金属焊接结构湿式气柜施工及验收规范》(HGJ212)。
- 1.2.1.3 《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》(GBJ236)。
- 1.2.1.4 《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》(JB1152)。
- 1.2.1.5 《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB3323)。

当设计必须引用国外现行规范时,则各项参数的选用应遵守所引用规范中的有关规定,必要时应在设计文件中注明补充的要求。

1.3 分类和术语定义

1.3.1 按导轨形式分类

- 1.3.1.1 螺旋气柜:导轨为螺旋形的气柜。
- 1.3.1.2 外导架直升式气柜:导轨为带外导架的直导轨的气柜。
- 1.3.1.3 无外导架直升式气柜:导轨焊接于活动节塔壁上的直导轨气柜。

1.3.2 按活动塔节节数分类

气柜系由水槽与各活动塔节(或简称塔)所组成。

只有一个活动塔节的气柜称为单节气柜。

活动塔节为两个或两个以上的气柜称为多节气柜。

活动塔节的名称按升起的先后顺序,分别称为钟罩(或简称为一塔)、中节 I (或简称为二塔)、中节 II (或简称为三塔)等。

1.3.3 本标准中所指的板厚,除注明外均为名义厚度(包括板厚附加量)。

2 荷 载

2.1 设计压力

- 2.1.1 气柜的设计压力取气柜的工作压力。
- 2.1.2 气柜的工作压力等于气柜工作时的气体最高压力,即气柜活动节全升起至最大高度时的气体压力。
- 2.1.3 水槽的设计压力等于所计算处至水槽溢流面的液柱静压力。

2.2 风 荷 载

2.2.1 地区基本风压参照《建筑结构荷载规范》(GBJ9)中“全国基本风压分布图”或本标准附录 B,并在工程设计统一规定中确定。

2.2.2 计算风压按式(2-1)计算:

$$W = \beta K_z K W_0 \quad \text{N/m}^2 \quad (2-1)$$

式中: W_0 ——地区基本风压值, N/m^2 。

β ——风振系数,根据气柜自振周期 T 确定。实测自振周期 T 约为 $0.35 \sim 0.60\text{s}$,一般取 $T = 0.5\text{s}$,取风振系数 $\beta = 1.45$ 。

K_z ——风压高度系数,按表 2.2.2-1 选取,中间值可按内插法求取。

K ——体型系数,对塔体作整体计算时 $K = 0.7$;对塔体作局部计算时,可参见图 2.2.2-1 按表 2.2.2-2 选取 K 值。

高度变化系数 K_z										表 2.2.2-1
距地面高度 (m)	≤ 5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
K_z	0.80	1.0	1.14	1.25	1.42	1.56	1.67	1.77	1.86	1.95

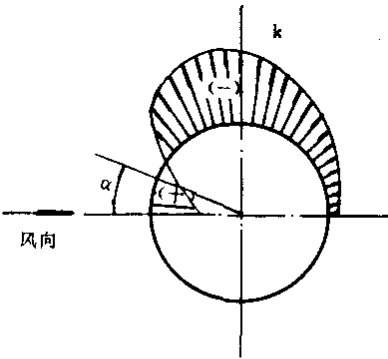


图 2.2.2-1 塔壁风载体型系数图形

表 面 风 压 分 布 系 数 K

表 2.2.2-2

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
K	+1.0	+0.8	+0.1	-0.7	-1.2	-1.5	-1.7
α	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
K	-1.2	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	

对钟罩顶板作局部计算 $f/d \leq \frac{1}{4}$ 时, $K = -\cos^2 \varphi$ (符号见图 2.2.2-2)。

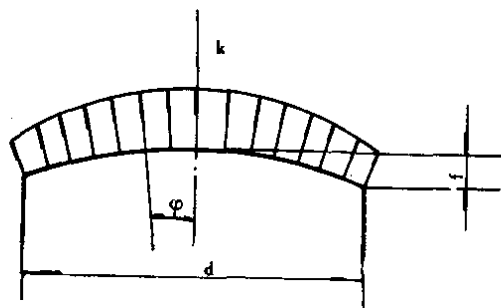


图 2.2.2-2 罩顶风载体型系数图形

2.3 雪荷载

2.3.1 地区基本雪压按《建筑结构荷载规范》(GBJ9)中“全国基本雪压分布图”或本标准附录 C,并在工程设计统一规定中确定。

2.3.2 钟罩顶水平投影面上的计算雪荷载按式(2-2)计算:

$$S = C \cdot S_0 \quad \text{N/m}^2 \quad (2-2)$$

式中: S_0 ——地区基本雪压, N/m^2 ;

C ——钟罩顶积雪分布系数,在积雪区取 $C=1$,按 $\frac{1}{2}$ 顶平面均布积雪计算,见图 2.3.2。

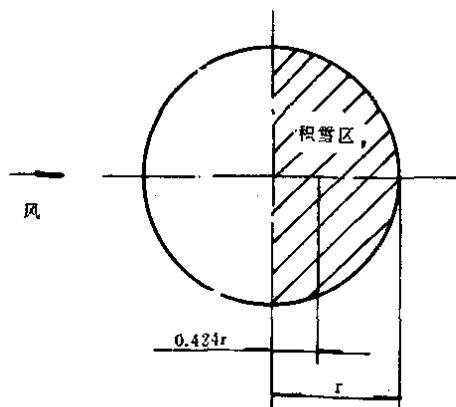


图 2.3.2 罩顶雪分布图形

2.4 活荷载

2.4.1 罩顶及其支承结构水平投影面上的施工荷载取 687N/m^2 。

- 2.4.2 平台、走道的均布活荷载一般不小于 2453N/m^2 。
- 2.4.3 扶梯每级踏步应能承受 1470N 的集中活荷载。
- 2.4.4 栏杆结构在扶手顶部的任意点应能承受任何方向的 883N 活荷载。

2.5 恒 载

- 2.5.1 恒载包括气柜本体自重、上部及下部配重块重、水封挂圈内水重、水槽内水的静压力。
- 2.5.2 作强度计算时,罩顶有关部分的重力,近似可取下列数值:

钟罩顶板:板厚 $\delta=3\text{mm}$ 时, $W_{s1}=235\text{N/m}^2$;

板厚 $\delta=4\text{mm}$ 时, $W_{s1}=314\text{N/m}^2$;

带肋壳(板厚 $\delta=4\text{mm}$) $W_{s1}=392\text{N/m}^2$ 。

钟罩顶拱架:钟罩直径 $D\leq 30\text{m}$ 时, $W_{s2}\approx 206\text{N/m}^2$;

$30<D\leq 45\text{m}$ 时, $W_{s2}\approx 294\text{N/m}^2$;

$45<D\leq 65\text{m}$ 时, $W_{s2}\approx 441\text{N/m}^2$ 。

铸铁配重块 71123N/m^3 ;

200# 混凝土配重块 21582N/m^3 。

2.6 地震荷载

- 2.6.1 地震设计烈度大于或等于 7 度时,必须计算地震荷载;地震设计烈度高于 9 度时,地震荷载的计算应进行专门的研究设计。
- 2.6.2 水平方向的地震荷载只需考虑一个主轴方向的地震荷载,且不必考虑竖向地震荷载。

2.7 荷载组合

2.7.1 不考虑抗震时荷载组合

- 2.7.1.1 风荷载+0.9 半面雪荷载:用于轮压计算。
- 2.7.1.2 设计压力(内压)+局部风荷载(风吸):用于壳壁板局部应力计算。
- 2.7.1.3 设计压力(内压)-自重+局部风荷载(风吸):用于罩顶板局部应力计算。
- 2.7.1.4 $\left. \begin{array}{l} \text{自重+雪荷载} \\ \text{自重+施工荷载} \end{array} \right\} \text{取较大值:用于罩顶及拱架计算。}$
- 2.7.1.5 自重+雪荷载+上部配重块重:用于立柱计算。
- 2.7.1.6 自重+活荷载:用于平台、扶梯等计算。

2.7.2 考虑抗震时荷载组合

- 2.7.2.1 水平方向地震荷载+静力设计荷载。
- 2.7.2.2 计算水平方向地震荷载时,应包括活动塔节自重、水封挂圈内的水重、配重块重、罩顶半面雪荷载的 50%。
- 2.7.2.3 在静力设计荷载中,雪荷载为罩顶半面雪荷载的 50%,风荷载为 25%。

3 材 料

3.1 一般规定

- 3.1.1 气柜用钢应符合所列的相应标准或技术条件。制造部门必须取得钢厂的合格证明书,如来料证明书不全或制造部门认为有必要时,应对钢材进行复验。
- 3.1.2 钢材应采用平炉、电炉或纯氧顶吹转炉炼制,不应采用酸性转炉钢。
- 3.1.3 气柜壳体金属材料的设计温度取内部介质的最低温度,或建柜地区冬季空气调节室外计算温度加 10℃ 的两者中较低值。地区冬季空气调节室外计算温度见附录 A。
- 3.1.4 气柜外部结构型钢的设计温度取建柜地区冬季空气调节室外计算温度。
- 3.1.5 本标准未能包括的特殊要求,应在设计文件中注明。

3.2 钢 板

用于建造气柜柜体的钢板其钢号、标准及许用最低温度应符合表 3.2 的规定。

钢 板 选 用 表

表 3.2

序 号	钢 号	钢材标准	材料许用最低 温度,℃	许用最大板厚 mm	备 注
1	Q235-A.F	GB912 GB3274	> -20	6	
			-10	12	
			0	16	
2	Q235-A	GB912 GB3274	> -20	12	
			-10	20	
			0	28	
3	20R	GB6654	> -20	36	
4	16MnR	GB6654	-40	34	
5	16Mn	GB1591	-20	12	
			-10	20	

注:①厚度大于 30mm 的 16MnR 钢板应正火状态交货。

②设计温度 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 时,厚度 $\geq 6\text{mm}$ 的 16MnR 钢板,应进行设计温度下的夏比(V 型缺口)冲击试验,冲击功 A_{KV} 值不得低于 20J。此值系 3 个试样的算术平均值,单个试样的冲击功值,应不小于平均值的 70%(试样尺寸 10mm $\times$ 10mm $\times$ 55mm 时),每批取两张钢板进行试验。

3.3 钢 管

- 3.3.1 气柜接管钢号、标准及许用最低温度应符合表 3.3.1 的规定。

钢 管 选 用 表

表 3.3.1

序 号	钢 号	钢管标准	许用最低温度,℃	说 明
1	10	GB8163	-40	
2	20	GB8163	-20	

3.3.2 梯子、平台栏杆用钢管应符合《焊接钢管》(GB3092)的规定。

3.4 型 钢

3.4.1 结构型钢的品种、规格应符合国家或冶金部的有关标准,其许用最低温度应符合表 3.4.1 的规定。

型 钢 选 用 表

表 3.4.1

序 号	钢 号	钢材标准	材料许用最低温度,℃	说 明
1	Q235-A、F	GB700	>-20	对非主要构件
2	Q235-A	GB700	>-20	或非焊接结构可用
3	16Mn	GB1591	-30	于 $>-30^{\circ}\text{C}$

3.4.2 螺旋导轨应选用 P 型轻轨。轻轨的规格应符合《轻轨品种》(YB222)的规定。

3.5 锻 件

锻件应符合《锻件通用技术条件》(Q/ZB71)的规定。

3.6 铸 件

铸铁件应符合《灰铸铁件分类及技术条件》(GB976、GB5675)的规定。铸钢件应符合《一般工程用铸造碳钢》(GB5676)的规定。

3.7 螺栓、螺母

螺栓、螺母用钢的标准应符合表 3.7 的规定。

螺栓、螺母性能等级选用表

表 3.7

序 号	螺 栓		螺 母		说 明
	性能等级	标 准	性能等级	标 准	
1	4.6	GB3098.1	4	GB3098.2	
			5		
2	5.6	GB3098.1	5	GB3098.2	用于主要受力构件

3.8 焊 条

焊条牌号及标准应符合表 3.8 的规定。

焊 条 选 用 表

表 3.8

序 号	钢 号	焊条型号	对应牌号示例
1	Q235-A. F	E4303	J422
2	Q235-A	E4303 E4315	J422 J427
3	20R	E4315 E4316	J427 J426
4	16Mn 16MnR	E5015 E5016	J507 J506
5	轻 轨 轻轨与垫板	E5015 E5016	J507 J506

4 许用应力、焊缝系数、许用长细比、壁厚附加量

4.1 许用应力

4.1.1 钢板的许用应力按表 4.1.1 选取。

钢 板 许 用 应 力 值

表 4.1.1

序 号	钢 号	板 厚 (mm)	常温机械性能		许用应力 MPa
			σ_b MPa	σ_s MPa	
1	Q235-A.F	≤ 16	375	235	157
2	Q235-A	≤ 16	375	235	157
		$>16 \sim 40$	375	225	150
3	20R	6~16	400	245	163
		17~25	400	235	157
		26~36	400	225	150
4	16Mn	≤ 16	510	345	230
		17~25	490	325	217
5	16MnR	6~16	510	345	230
		17~25	490	325	217
		26~36	490	305	203

4.1.2 结构型钢的许用应力按表 4.1.2-1 选取。

型 钢 许 用 应 力 值

表 4.1.2-1

序 号	钢 号	按尺寸分组	许用应力,MPa		
			抗拉、抗压、抗弯	抗 剪	端面承压 (磨平顶紧)
1	Q235-A.F	第 1 组	167	98	250
	Q235-A	第 2 组	152	93	226
2	16Mn	第 1 组	235	142	353
		第 2 组	226	137	339

注:尺寸分组见表 4.1.2-2。

钢 材 分 组 尺 寸 表

表 4.1.2-2

组 别	Q235-A.F	Q235-A	16Mn	
	钢板厚度 mm	型钢直径或厚度 mm	钢板厚度 mm	型钢直径或厚度 mm
1 组	≤20	≤15	≤16	≤16
2 组	>20~40	>15~20	>17~25	17~25
3 组	>40~50	>20	26~36	26~36

注:工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

4.1.3 导轮导轨的许用接触应力按表 4.1.3 选取。

许 用 接 触 应 力 值 (MPa)

表 4.1.3

序 号	导轮踏面硬度	$[\sigma_{\text{线}}]_{\text{max}}$	$[\sigma_{\text{点}}]_{\text{max}}$
1	HB320	942~1177	2354~2943
2	HB400	1177~1472	2943~3679
3	HB450	1324~1619	3287~4022
4	HB500	1472~1864	3679~4513

当导轮踏面硬度超出表 4.1.3 所列数值时,许用接触应力按式(4-1)、(4-2)计算:

$$\text{线接触时:} [\sigma_{\text{线}}]_{\text{max}} = (2.94 \sim 3.68) \text{HB} \quad \text{MPa} \quad (4-1)$$

$$\text{点接触时:} [\sigma_{\text{点}}]_{\text{max}} = 2.45 [\sigma_{\text{线}}]_{\text{max}} \quad \text{MPa} \quad (4-2)$$

4.1.4 螺栓的许用应力

管道、人孔法兰的连接螺栓,其许用拉应力按《钢制压力容器》(GB150)确定。

其它构件的连接螺栓的许用应力,按表 4.1.4 选用。

螺 栓 许 用 应 力 (MPa)

表 4.1.4

序 号	应力种类	螺栓钢号 Q235-A	连接构件钢号	
			Q235-F. A	16Mn
1	抗 拉	132		
2	抗 剪	98		
3	承 压		235	329

4.1.5 导轮轴的弯曲许用应力 $[\sigma_w]$ 按表 4.1.5 选用。许用剪切应力 $[\tau] = 0.6[\sigma_w]$ 。

导轮轴的许用弯曲应力值(MPa)

表 4.1.5

钢材强度限 σ_b	$[\sigma_w] \text{ I}$	$[\sigma_w] \text{ II}$	$[\sigma_w] \text{ III}$
392	127	69	39
491	167	74	44
589	196	93	54
687	245	118	69
785	275	127	74
981	324	147	88

随导轮转动的轴按 III 类荷载——对称循环计算。

不转动的轴一般属Ⅰ类荷载,为安全计按Ⅱ类荷载——脉动循环计算。

4.2 焊缝系数

焊缝系数按表 4.2 选取。

焊 缝 系 数			表 4.2
接 头 型 式	局 部 探 伤	不 探 伤	
双面对接焊缝	0.85	0.70	
带垫板单面对接焊缝	0.80	0.65	
无垫板单面对接焊缝	0.70	0.60	
双面填角焊缝		0.55	
单面填角焊缝		0.45	

4.3 构件的长细比

4.3.1 受压构件的许用长细比采用如下数值:

主要受力构件 $[\lambda] \leq 150$;

次要构件 $[\lambda] \leq 200$ 。

4.3.2 受拉构件的许用长细比 $[\lambda] \leq 350$ 。

4.4 壁厚附加量

壁厚附加量按式(4-3)确定 $C=C_1+C_2$ mm (4-3)

式中: C_1 ——钢板厚度负偏差,mm,按表 4.4 选取;

C_2 ——腐蚀裕度,mm,应在所需的最小尺寸上附加必要的腐蚀裕度,一般取 $C_2 \geq 1\text{mm}$ 。

钢 板 厚 度 负 偏 差 C_1 值 (mm)						表 4.4
钢板厚度	2.5	2.8~3.0	3.2~3.5	3.8~4.0	4.5~5.5	
负偏差 C_1	0.2	0.22	0.25	0.3	0.5	
钢板厚度	6~7	8~25	26~30	32~34	36~40	
负偏差 C_1	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	

5 一般规定

5.1 设计条件

5.1.1 气柜公称容积,为有效容积的近似值(圆整为1~2位有效数字)。

注:公称容积按总贮气量和气柜数确定,总容量的确定各行业不一致,下列数据供参考:

- ①合成氨工业一般取 $\geq 20\text{min}$ 的最大用气量为气柜总容量。
- ②城市煤气供应可参考表5.1.1数值。
- ③有机动气源或间断供气、用气时按具体情况确定气柜总容量。

表 5.1.1

工业用气量占日供气量(%)	民用用气量占日供气量(%)	气柜总容量占日供气量(%)
50	50	40~50
>60	<40	30~40
<40	>60	50~60

5.1.2 工作压力 气体的工作压力是由各活动节的重力作用在储存的气体上而形成的。当上述重力不足以形成所需的工作压力时,可在钟罩顶及钟罩内附加配重块。各活动节依次升起时对应的气体工作压力分别按式(5-1)计算:

$$P_i = \frac{4}{\pi D_i^2} \left[\sum W_{si} + \sum W_{wi} + W_a - \frac{W_s'}{7.85} - V(\gamma - \gamma_1) \right] \quad \text{Pa} \quad (5-1)$$

式中: 下标*i*为由上到下各活动节号,钟罩为1、中节Ⅰ为2、中节Ⅱ为3……;

D_i ——已升起的活动节中最下一节中的直径,m;

$\sum W_{si} = W_{s1} + W_{s2} + W_{s3} + \dots$,为已升起(指脱离底板垫梁)活动节的结构总重力,N;

$\sum W_{wi} = W_{w1} + W_{w2} + \dots$,为已脱离水槽液面的活动节,其水封挂圈内的水总重力,N;

W_a ——附加配重块总重力,N;

W_s' ——已升起(脱离底板垫梁)活动节浸在水中部分的结构重力,N;

V ——活动节升至计算位置的储气容积, m^3 ;

γ ——设计条件下的空气容重, N/m^3 ;一般地区按标准状态计算: $\gamma = 12.682\text{N}/\text{m}^3$;

γ_1 ——设计状态下所贮存气体的容重, N/m^3 。

最小工作压力 $P_{\min}$ 为钟罩刚刚脱离水槽底板上垫梁时气柜内压力,Pa;

最大工作压力 $P_{\max}$ 为各活动节升至最大高度时的气柜内压力,Pa。

5.1.3 储存介质及有关特性,包括重度、腐蚀性等。

5.1.4 气体最大流量或进出气管的尺寸和形式。

5.1.5 基本风压值。

5.1.6 基本雪压。

5.1.7 地震设计烈度。

5.1.8 地区冬季空气调节室外计算温度。

5.1.9 地基的工程地质条件。

5.1.10 必要时(当水槽内采用隔离液时)尚须了解地区降雨强度。

5.1.11 所有附件的大小、连接尺寸、数量、型式和安装位置。

5.2 选 型

导轨的形式通常由建设单位提出要求,或由建设单位委托设计单位选型。下述的确定原则,选型时可作参考。

5.2.1 螺旋导轨的特点

5.2.1.1 没有外导架,用钢量少,气柜愈大,省材愈多。

5.2.1.2 安装高度低,仅相当于水槽高度,安装方便、安全。

5.2.1.3 抗倾覆性能虽不及外导架直导轨,但升起后的稳定性仍较好。

5.2.1.4 导轨加工较困难,制造、安装精度要求较高。

5.2.1.5 广泛用于大、中、小型气柜。

5.2.2 外导架直导轨的特点

5.2.2.1 有外导架,抗倾覆(主要是风和地震力)性能好,尤其适用于高烈度地震区。

5.2.2.2 导轨制作、安装较容易。

5.2.2.3 外导架高度大,施工需高空作业,须采取必要的安全措施。

5.2.2.4 钢材消耗比螺旋气柜约多15%~25%。

5.2.2.5 适用于大、中、小型气柜。

5.2.3 无外导架直导轨的特点

5.2.3.1 结构简单,导轨制作容易。

5.2.3.2 钢材消耗比有外导架直导轨省,与螺旋导轨气柜相当。

5.2.3.3 安装高度低,仅相当于水槽高度,安装方便、安全。

5.2.3.4 抗倾覆性能较差,台风区、高烈度地震区不宜采用。

5.2.3.5 一般仅用于单节气柜。

5.3 基本参数的确定

5.3.1 径高比(水槽直径比柜体总高度) $D:H$

外导架直升式气柜,一般取 $D:H=0.8\sim 1.2$ 。

螺旋气柜和无外导架直升式气柜,一般取 $D:H=1.0\sim 1.65$ 。

对小型、单节气柜取较小值,大中型、多节气柜可取较大值;风荷载、地震荷载较大时,可取较大值。

确定径高比后,应根据最大进气速度或最大出气速度,校核活动节最大升降速度 $V_{\max}$ 。按气柜大小的不同设计可取 $V_{\max}$ 不大于 $0.9\sim 1.2\text{m}/\text{min}$ 。

5.3.2 气柜活动节节数 n

气柜活动节节数应根据气柜的容积和径高比来确定。各活动节的高度相等,数值上略小于水槽高度,水槽高度一般不大于10m,如地基承载力低,应适当降低水槽高度。按公称容积确定

活动节节数可取下列数值:

公称容积 $V_N \leq 2500\text{m}^3$ 时,取 $n=1$;

公称容积 $2500\text{m}^3 < V_N < 10000\text{m}^3$ 时,取 $n=2$;

公称容积 $10000\text{m}^3 \leq V_N < 50000\text{m}^3$ 时,取 $n=3$;

公称容积 $50000\text{m}^3 \leq V_N \leq 100000\text{m}^3$ 时,取 $n=4$ 。

5.3.3 塔节间隙 Δr :相邻两塔节内半径之差称塔节间隙。

直导轨气柜 取 $\Delta r=400\text{mm} \sim 450\text{mm}$,一般宜取 $\Delta r=450\text{mm}$;

螺旋气柜 取 $\Delta r=450\text{mm} \sim 500\text{mm}$,一般宜取 $\Delta r=500\text{mm}$ 。

5.3.4 水封挂圈

5.3.4.1 水封挂圈可采用图 5.3.4.1-1(适用于螺旋式气柜)和图 5.3.4.1-2(适用于外导架直升式气柜)所示的形式。

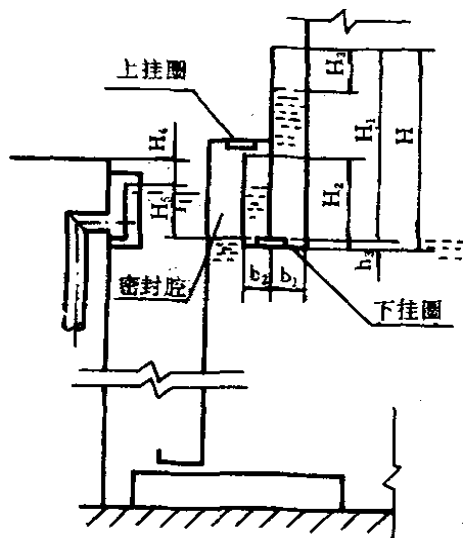


图 5.3.4.1-1 挂圈工作原理图

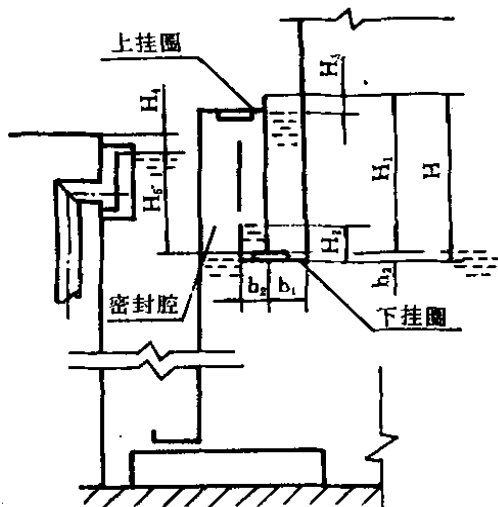


图 5.3.4.1-2 挂圈工作原理图

5.3.4.2 水封高度:水封内必须保持必要的水柱高度,以便在最大的工作压力下(包括合封加荷的瞬间状态)能封住柜内气体,不得泄漏。除此之外,水封内的水不应过多,以免水从上挂圈顶部溢出。水封总高度按式(5-2)计算:

$$H = \frac{P}{9.81} + H_2 + H_3 \quad \text{mmH}_2\text{O} \quad (5-2)$$

式中: P ——气柜的设计压力,Pa;

H_3 ——水封内最高水位至挂圈顶面距离预留量,取 $H_3=50\text{mm} \sim 80\text{mm}$;

H_2 ——下挂圈封板的有效高度,mm

$$H_2 \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad \text{mm} \quad (5-3)$$

式中: h_1 ——活动节全升起后,下挂圈外侧水柱下降的最大高度,mm

$$h_1 = \frac{b_1}{b_1 + b_2} \left(\frac{P}{9.81} - P_1 \right) \quad (5-4)$$

式中: b_1, b_2 ——分别为水封内被上挂圈封板分隔成两侧的间隙, mm;

P_1 ——钟罩(一塔)全升起后柜内气体压力, Pa;

h_2 ——考虑活动节发生倾斜的高度裕量, 通常取 $h_2 \geq 0.0025D$, D 为水槽直径, mm;

h_3 ——下挂圈垫板高度, 取 $h_3 = 25\text{mm} \sim 30\text{mm}$;

h_4 ——补偿挂圈内水的蒸发损失裕量, 取 $h_4 \geq 30\text{mm}$ 。

式中 $h_2 + h_3 + h_4$ 应不小于 150mm。当采用隔离液时, 则水封高度应另加隔离液层厚度, 一般可取 80mm~100mm。

5.3.4.3 上挂圈封板浸入水中的深度 H_5

活动节下降在垫梁上, 上挂圈立板下口至水槽溢流口的距离, 即为封板浸入水中的深度。此深度应保证挂圈能提取必要的而又不过量的水量, 如图 5.3.4.1-1 和图 5.3.4.1-2 所示。通常 $H_5 \leq P$, H_5 还与 H_2 有关, 除非经过详细计算, 否则应取 $H_5 > P_1$ 。

5.3.4.4 水槽液位

水槽溢流面至水槽平台顶面的距离 H_4 (见图 5.3.4.1-1~2), 应考虑到水槽的不均匀沉降。当采用隔离液时, 还应按地区降雨强度进行核算 (见 18.3 条), 一般取 $H_4 \geq 100\text{mm}$ 。

5.3.4.5 水封验算

按上述步骤确定了水封尺寸以后, 对于活动节较多的气柜(三节以上), 应根据工作条件详细验证水封挂圈在各种位置或情况下, 如: 合封前、合封未加荷、合封加荷、卸荷、脱封……全过程中, 水封尺寸能否满足柜内和水封内液位变化的需要, 计算时可忽略密封腔内气体体积的压缩量。

5.3.4.6 下挂圈溢流孔

为避免下水封带起的水量过多和水封高度太高, 以节省钢材, 可降低下挂圈封板的高度, 或在下挂圈封板上开溢流孔。如在下挂圈封板上开溢流孔, 则溢流孔下沿口的高度 H_2 应满足 5.3.4.2 的规定, 开孔示例如图 5.3.4.6。

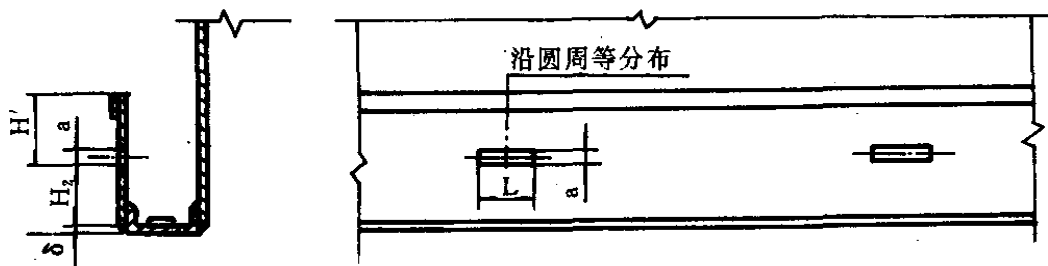


图 5.3.4.6 下挂圈溢流孔示例图

溢流孔的总面积 F 通常可根据操作时活动节最大升起速度 V 和挂圈横截面积 (环形面积) A 来选定, $F = A/K$

当 $V = 1.2\text{m/min}$ 时, $K \geq 40$;

$V = 1.0\text{m/min}$ 时, $K \geq 45$;

$V = 0.8\text{m/min}$ 时, $K \geq 50$;

$V = 0.6\text{m/min}$ 时, $K \geq 55$;

$V = 0.4\text{m/min}$ 时, $K \geq 65$;

$V=0.2\text{m}/\text{min}$ 时, $K\geq 80$ 。

5.3.5 安全罩帽插入水中深度

当进出气管上设有安全罩帽时(如图 5.3.5),其相对于水槽溢流面的插入深度

$$L_1 = \frac{P_1}{9.81} - \Delta h \quad \text{mm} \quad (5-5)$$

式中: P_1 ——钟罩开始升起时柜内气体压力, Pa;

Δh ——水封裕度, mm, Δh 不应小于 50mm。

5.3.6 活动节升起的极限高度

必须保证最后升起的一节活动节底面至水槽溢流堰顶面的距离。

$$L_2 = \frac{P}{9.81} + f \quad \text{mm} \quad (5-6)$$

式中: P ——设计压力, Pa;

f ——活动节底液位, 一般取 $f \geq 100\text{mm} \sim 150\text{mm}$ 。

当设有随活动节升降的放空管时, f 为放空管口下沿至活动节底的距离。见图 5.3.6。

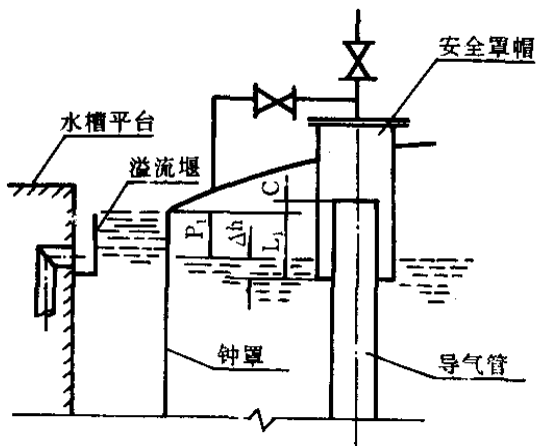


图 5.3.5 安全罩帽工作示意图

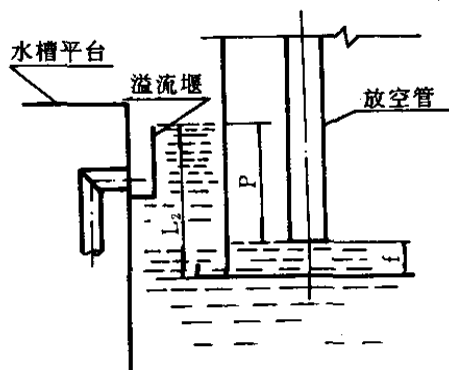


图 5.3.6 活动节在极限高度时活动节底液位

5.4 有效容积

有效容积计算见图 5.4, 并按式(5-7)计算:

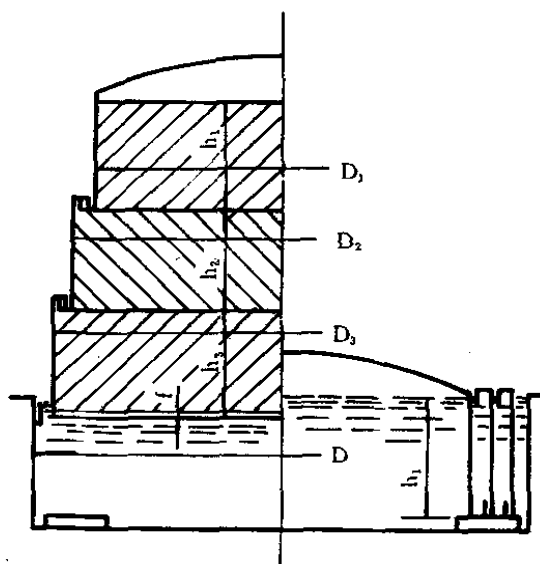


图 5.4 气柜有效容积计算简图

$$V = \frac{\pi}{4} [D_1^2(h_1 - L_1) + D_2^2h_2 + \dots + D_n^2(h_n - f)] \quad \text{m}^3 \quad (5-7)$$

式中: $D_1, D_2 \dots D_n$ ——分别为钟罩、中节 I、中节 II、……的内径, m;
 h_1 ——钟罩浸入水槽的深度, m;
 $h_2 \dots h_n$ ——分别为中节 I、中节 II、……全升起后的有效高度, m;
 L_1 ——安全罩帽插入深度, m(见 5.3.5), 当不设安全罩帽时, $L_1 = 0$;
 f ——最下一节活动节升至极限位置时, 活动节底的液位, m(见 5.3.6)。

5.5 导 气 管

5.5.1 导气管的设置

气柜仅用作气体的储存、缓冲时, 可仅设一根导气管(盲肠式)。当要求气体在柜内作适当混合匀质时, 应分别设置进、出气导气管, 并使两管保持尽可能远的距离。若气柜用于混合多种气体, 则应装设多根进气管。

5.5.2 导气管进入方式

导气管进入气柜的方式一般有下列两种:

5.5.2.1 导气管由地下室穿过水槽底板进入柜体(见图 5.5.2.1), 大型气柜导气管直径较大, 宜采用这种方式。

5.5.2.2 导气管由水槽壁进入(见图 5.5.2.2), 小型气柜及建柜地区地下水位高的宜采用这种方式。管径较大时, 为降低水槽高度, 水平管段通常设计矩形截面。

5.5.2.3 导气管的气速一般应小于等于 15m/s 设计, 导气管的截面积通常由工艺专业提出。

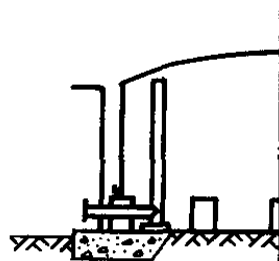
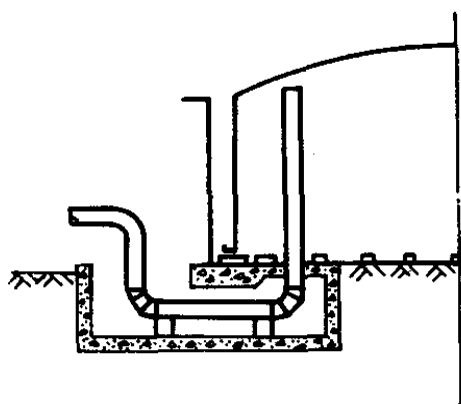


图 5.5.2.1 导气管底部进入示意图

图 5.5.2.2 导气管侧向进入示意图

5.5.3 导气管上端超出溢流水面的高度(图 5.3.5 中的 C)不应小于 100mm~150mm。

6 水槽底板设计

6.0.1 水槽内径大于或等于 12m 时,必须在中幅板的外圈设置厚度较厚的外圈板,外圈板可采用弓形板,见图 6.0.1-1(a);或采用扇形板,见图 6.0.1-1(b)。水槽内径小于 12m 时,也可采用等厚的底板(如图 6.0.1-2、图 6.0.1-3)。

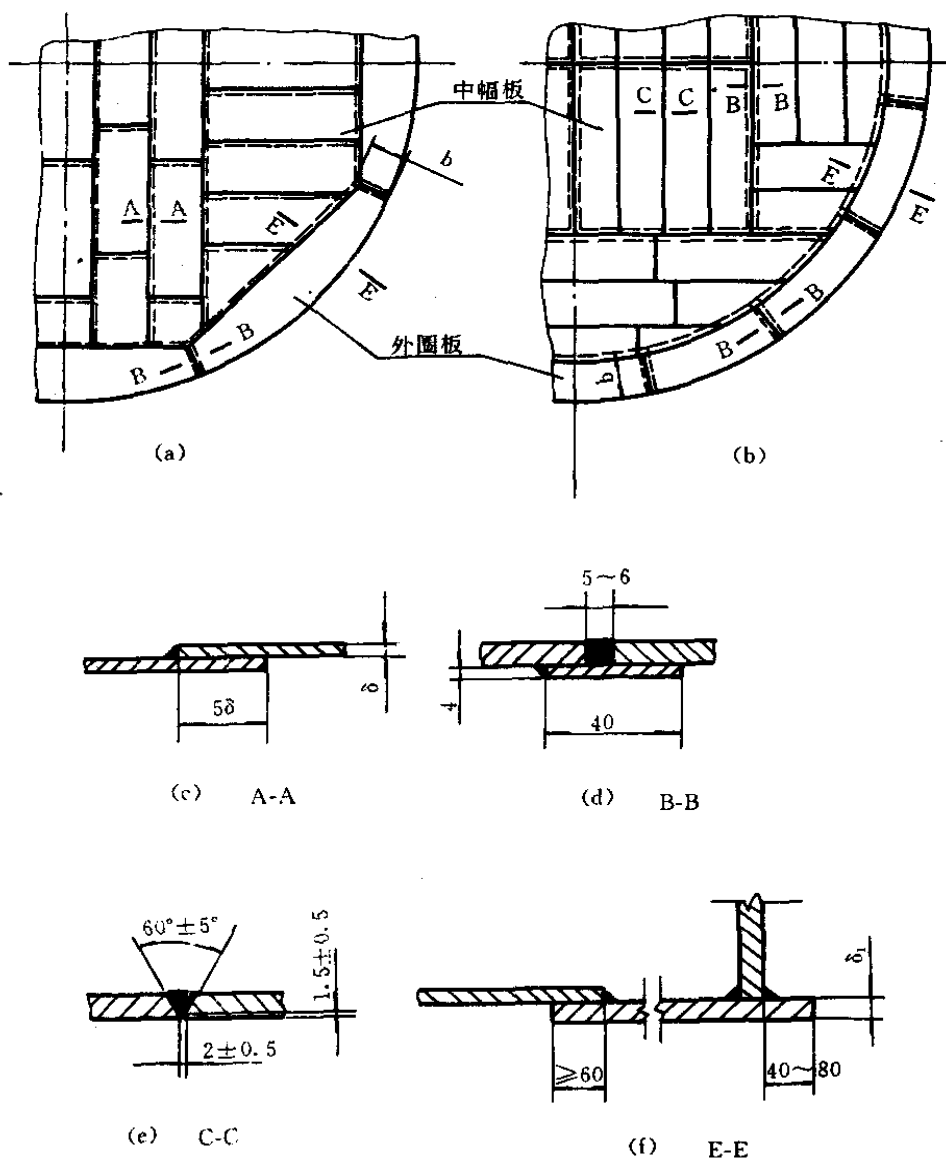


图 6.0.1-1 底板结构图

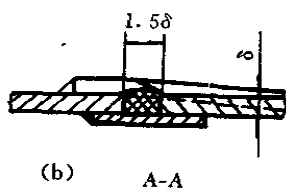
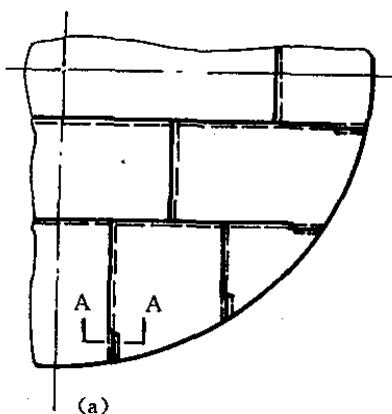


图 6.0.1-2 底板结构图

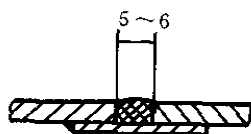
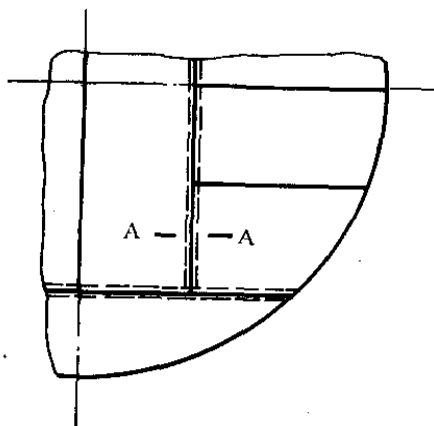


图 6.0.1-3 底板结构图

6.0.2 底板中幅板的厚度 δ

当水槽内径 $D < 16\text{m}$ 时, $\delta \geq 4.5\text{mm}$;

当水槽内径 $D \geq 16\text{m}$ 时, $\delta \geq 6\text{mm}$ 。

6.0.3 中幅板的焊接结构形式可采用对接焊,见图 6.0.1-1(b)。先用成张的钢板对焊成大块板,见图 6.0.1-1(e),大块板之间采用带垫板的对接焊,见图 6.0.1-1(d),焊缝采用丁字接头时,其接头之间的距离应不小于 100mm,中幅板也可采用搭接焊,见图 6.0.1-1(a),焊缝为单面连续满角焊,搭接的宽度最小为板厚的 5 倍,且不小于 25mm。在三层板搭接处,应将上层板向下打弯贴平后进行焊接,三块板重叠时节点之间的距离不应小于 300mm。

6.0.4 底板外圈板的厚度 δ_1

当水槽直径 $D < 16\text{m}$ 时, $\delta_1 \geq 6\text{mm}$;

当水槽直径 $16\text{m} \leq D \leq 46\text{m}$ 时, $\delta_1 \geq 8\text{mm}$;

当水槽直径 $D > 46\text{m}$ 时, $\delta_1 \geq 10\text{mm} \sim 12\text{mm}$ 。

外圈板的最小宽度 b 不得小于 600mm(见图 6.0.1-1),其材质应和底板相同。

6.0.5 底板外圈板伸出水槽壁外表面的距离取底板外圈板厚度的 6 倍左右,且不小于 40mm,不大于 80mm,与中幅板的搭接宽度不得小于 60mm。

6.0.6 底板外圈板块之间的焊接,应采用带垫板的对接焊。垫板的厚度取 4mm,宽度为 40mm。外圈板的厚度不大于 6mm 时,可不开坡口,焊缝间隙为 5mm~6mm,见图 6.0.1-1(d),厚度大于 6mm 的外圈板应开 V 型坡口。

6.0.7 水槽壁下圈板与底板外圈板的连接应采用两侧连续角焊,焊喉高度等于底板外圈板的厚度。下圈板竖焊缝与底板外圈板焊缝之间的距离应不小于 200mm。

7 水槽壁设计

7.1 壁板厚度计算

槽壁各圈板的厚度按式(7-1)计算:

$$\delta_1 = \frac{\gamma(h_1 - 0.3)D}{2000[\sigma]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (7-1)$$

式中: h_1 ——所计算的圈板底边至水槽溢流堰顶面(或水槽平台顶面)的垂直高度, m;

D ——水槽直径, m;

γ ——水的容重, 9810N/m^3 ;

$[\sigma]$ ——许用应力(表 4.1.1), MPa;

ϕ ——焊缝系数;

C ——壁厚附加量, mm。

壁板最小厚度不得小于表 7.1 的规定, 最下一圈壁板的厚度不应小于底板外圈板的厚度。

水槽壁板最小厚度

表 7.1

水槽内径 D m	壁板最小厚度 mm
$D < 12$	≥ 4
$12 \leq D < 16$	≥ 4.5
$D \geq 16$	≥ 6

7.2 壁板结构设计

7.2.1 壁板的纵焊缝一般应采用双面 V 型坡口对接焊缝。环焊缝当壁厚小于等于 10mm 时, 可采用单面单边 V 型坡口对接焊缝; 当壁厚大于 10mm 时, 一般应采用双面单边 V 型坡口对接焊缝。环缝上下两圈板内表面应对齐, 焊缝坡口开在上一圈壁板上。

7.2.2 相邻两圈壁板的纵焊缝不宜相遇, 错开的距离不应小于 250mm; 纵焊缝不应被导轨(或壁柱)所盖住, 距立柱边缘不应小于 50mm。

7.2.3 大型螺旋气柜(50000m³ 以上)水槽上部壁板较薄, 必要时可设置外壁柱以加强壁板。壁柱长度不小于水槽高度的三分之一, 导轮处应有壁柱, 以使导轮作用到水槽顶部的水平力和垂直力传递到壁板中、下部的壁板厚度较大的部位。

7.3 水槽平台设计

7.3.1 水槽顶部平台兼有操作平台、走道和加强环的功能。平台宽度 b 不宜小于 700mm, 并应设置栏杆。除满足本章要求外, 平台设计尚应满足第 19 章的规定。

7.3.2 平台型式

7.3.2.1 平台可以用花纹钢板和型钢组焊而成, 典型结构如图 7.3.2.1, 也可采用花纹钢

板弯制而成。钢板的厚度 t 取 $4.5\text{mm} \sim 6\text{mm}$, 当平台面上可能积液时, 应开适当的排液孔。

7.3.2.2 当加强环水平肢或腹板宽超过肢或腹板厚度的 16 倍时, 都应设置肋, 见图 7.3.2.1-(a), 或托架, 见图 7.3.2.1-(b)。这些加强构件应按平台上的垂直静荷载和活荷载的大小进行布置, 但其间距应不超过加强环外侧受压翼缘宽度的 24 倍。

7.3.2.3 加强环上一般不开扶梯孔。当必需开孔时, 槽壁及开孔四周应加强, 开孔处的断面模数应满足 7.3.3 的要求。

7.3.2.4 由于所处部位可能因潮湿集聚而受腐蚀或在槽壁上引起斑点锈蚀, 故加强环与壁的连接均为连续焊, 花纹钢板之间的径向焊缝也必须为连续焊, 可采用间断焊的焊缝, 见图 7.3.2.1, 其余未注明的焊缝宜为连续焊。

7.3.3 平台应能作为加强环保持水槽经受风载时的圆度, 其所需最小断面模数按式(7-2)决定。

$$Z = 0.058 D^2 H \frac{W_0}{687} \quad \text{cm}^3 \tag{7-2}$$

式中: D ——水槽内径, m , 当 $D > 60\text{m}$ 时, 按 60m 计算;

H ——水槽高度, m ;

W_0 ——地区基本风压值, N/m^2 。

加强环的断面模数 Z 应包括花纹钢板、角钢圈及加强环以下 16 倍槽壁钢板厚度的距离内之槽壁截面在内(见图 7.3.2.1)。

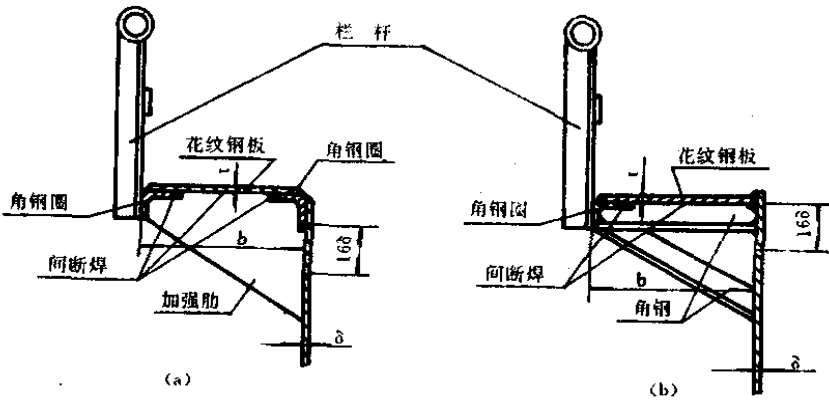


图 7.3.2.1 水槽壁顶部加强结构图

7.4 水槽壁开孔补强

7.4.1 水槽壁开孔补强, 可见本标准第 17 章。

8 钟罩顶设计

8.1 自支承圆拱罩顶设计

自支承圆拱罩顶是一种球形表面的罩顶,周边连接在包边角钢上,并由球壳本身支承罩顶载荷。

8.1.1 自支承罩顶仅用于小型气柜上,当钟罩直径 $D \leq 12\text{m}$ 时,可采用光亮圆拱罩顶;钟罩直径 $12 < D \leq 16\text{m}$ 时,宜采用带肋圆拱罩顶。

8.1.2 拱顶球面的曲率半径,一般可取钟罩内径的 1.2 倍,起拱角 $24^\circ 37' 28''$ 。

8.1.3 罩顶钢板在工作状态下应能承受内部气体压力的作用及腐蚀的要求,在泄压后应能承受外部荷载的作用。钢板的最小厚度应不小于 4mm。

8.1.4 光亮圆拱罩顶的强度和稳定性计算

8.1.4.1 按内压计算顶板的厚度:

$$\delta = \frac{PR}{2[\sigma]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (8-1)$$

式中: P ——设计压力,MPa;

R ——罩顶曲率半径,mm;

$[\sigma]$ ——顶板许用应力(表 4.1.1),MPa;

ϕ ——焊缝系数;

C ——板厚附加量(见 4.4),mm。

8.1.4.2 按外压验算罩顶的稳定性,应满足式(8-2):

$$P \leq [P_{cr}] \quad \text{MPa} \quad (8-2)$$

式中: P ——罩顶外压(按 2.7.1.4 确定),MPa;

许用外压力:

$$[P_{cr}] = 0.1E\left(\frac{\delta}{R}\right)^2 \quad \text{MPa} \quad (8-3)$$

式中: δ ——顶板厚度,mm;

R ——罩顶曲率半径,mm;

E ——顶板材料的弹性模数, $E = 2.06 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

8.1.5 带肋圆拱顶强度和稳定性计算

8.1.5.1 按内压计算顶板的厚度,不计肋的影响,按光亮确定顶板厚度,见式(8-1)。

8.1.5.2 按外压验算罩顶的稳定性,稳定条件按式(8-2)。

许用外压力:

$$[P_{cr}] = 0.1E\left(\frac{\delta_m}{R}\right)^2 \sqrt{\frac{\delta}{\delta_m}} \quad \text{MPa} \quad (8-4)$$

式中: δ 、 R 、 E 同式(8-3);

δ_m ——带肋顶板的当量厚度,mm

$$\delta_m = \sqrt[3]{\frac{3(D_1 + D_2 + 2D)}{E}} \quad (8-5)$$

式中: D ——顶板抗弯刚度, $N \cdot mm$;

$$D = \frac{E\delta^3}{12} \quad (8-6)$$

D_1 ——带肋顶板径向截面的平均抗弯刚度, $N \cdot mm$;

$$D_1 = E \left[\frac{b_1 h_1}{L_1} \left(\frac{h_1^2}{3} + \frac{h_1 \delta}{2} + \frac{\delta^2}{4} \right) + \frac{\delta^3}{12} - n_1 \delta e_1^2 \right] \quad (8-7)$$

D_2 ——带肋顶板环向截面的平均抗弯刚度, $N \cdot mm$;

$$D_2 = E \left[\frac{b_2 h_2}{L_2} \left(\frac{h_2^2}{3} + \frac{h_2 \delta}{2} + \frac{\delta^2}{4} \right) + \frac{\delta^3}{12} - n_2 \delta e_2^2 \right] \quad (8-8)$$

以上各式中:

E ——钢材的弹性模量, $2.06 \times 10^5 MPa$;

b_1, b_2 ——分别为环向肋和径向肋的厚度, mm ;

h_1, h_2 ——分别为环向肋和径向肋的高度, mm ;

L_1, L_2 ——分别为环向肋和径向肋的间距, mm ;

n_1, n_2 ——分别为径向截面和环向截面的面积折算系数;

$$n_1 = 1 + \frac{b_1 h_1}{\delta L_1} \quad (8-9a)$$

$$n_2 = 1 + \frac{b_2 h_2}{\delta L_2} \quad (8-9b)$$

e_1, e_2 ——分别为径向截面和环向截面上组合截面形心至顶板中面之距离(见图 8.1.5.2), mm 。

$$e_1 = \frac{b_1 h_1 (h_1 + \delta)}{2(L_1 \delta + b_1 h_1)} \quad (8-10a)$$

$$e_2 = \frac{b_2 h_2 (h_2 + \delta)}{2(L_2 \delta + b_2 h_2)} \quad (8-10b)$$

8.1.6 顶板的连接

8.1.6.1 罩顶板的拼接可采用对接和搭接。搭接时搭接宽度不得小于 5 倍板厚, 且不小于 25mm。外侧为连续焊, 内则可采用连续焊(防腐需要时), 也可采用间断焊。为防止搭接缝内积存凝结液, 应将处于低位置的板搭在高位置的板之上。

8.1.6.2 肋条的拼接可采用加垫板的对

焊连接, 且为全焊透熔合。也可采用搭接, 搭接长度不应小于肋条宽度的 2 倍, 且为双面满角焊。径向肋与纬向肋的接头, 应采用双面满角焊。

8.1.6.3 罩顶板与肋条之间应采用双面间断焊(防腐需要时也可采用连续焊), 焊喉高度等于顶板厚度。肋条不应与包边角钢及钟罩上带板焊接。

8.1.7 罩顶边缘板的设计

边缘板上部常设有配重块, 以及由于边缘应力的原因, 其厚度应较中心部分为厚。边缘板的设计除满足 8.1 的规定外, 尚应满足 8.4 的有关规定。

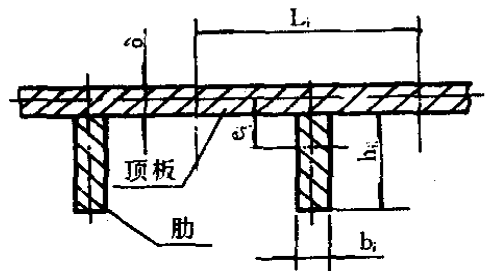


图 8.1.5.2 带肋顶板计算简图

8.2 球形拱架支承的罩顶板设计

8.2.1 拱架支承的罩顶结构适用于各种直径的钟罩,尤其当直径较大时应采用此种结构,也可采用其他型式的支承式罩顶结构。

8.2.2 罩顶拱高 f 与钟罩内径 D_1 之比一般取 $1/15$,即拱顶球面半径 R 等于 $1.908D_1$ 。钟罩直径较大时,也可适当减小 R 与 D_1 之比。

8.2.3 顶板厚度计算

罩顶钢板在工作状态下应能承受内部气体压力的作用及腐蚀的要求,泄压后所承受外部荷载则转递给球形拱架支承。钢板的最小厚度应不小于 3mm 。

按内压计算顶板厚度

$$\delta = \frac{[P - (W_s + 2\xi K_z W_0) \times 10^{-6}]R}{2[\sigma]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (8-11)$$

式中: W_s ——罩顶自重(见 2.5.2), N/m^2 ;

W_0 ——地区基本风压, N/m^2 ;

K_z ——罩顶升至最高位置的风压高度系数(见表 2.2.2-1);

ξ ——风吸引起的应力系数,按图 2.2.2-2 求得径向应力与周向应力的应力系数分别为:

$$\xi_1 = \frac{1 + \cos^2 \varphi}{4} \quad \xi_2 = \frac{3\cos^2 \varphi - 1}{4}$$

在顶点有 $\xi_{1\max} = \xi_{2\max} = 0.5$ 故取 $\xi = 0.5$

P 、 R 、 $[\sigma]$ 、 ϕ 、 C 的含义及单位同式(8-1)。

8.2.4 顶板的连接按 8.1.6.1 有关规定。

8.2.5 罩顶边缘板的设计见 8.4 有关规定。

8.3 球形拱架设计

8.3.1 球形拱架结构设计

顶架结构一般都采用径向与环向直交梁组成的穹顶空间网架,如图 8.3.1 所示。为了减少顶架跨度,节约材料,有时也可考虑设置永久性的中心支架。但在地基土质较差时,水槽中心部分沉陷量较大,不宜考虑设置永久性中心支架。当水槽为地下水槽或环形水槽时,罩顶可不设顶架,而在水槽内做支架来支承钟罩顶板。

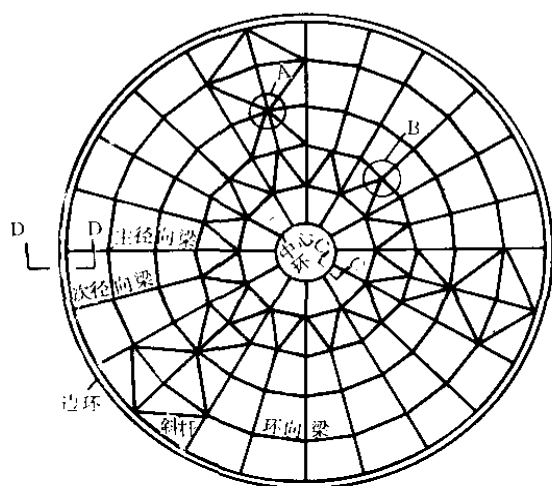


图 8.3.1 拱架简图

8.3.1.1 拱架结构设计步骤:

- (1) 确定结构形式;
- (2) 作结构简图;
- (3) 构件编号;

(4) 构件断面尺寸的初步选定,为考虑腐蚀,型钢的厚度一般不得小于 5mm。各构件节点间距 L ,当顶板厚度 $\delta=3\text{mm}$ 时, $L \leq 210\text{cm}$; $\delta=4\text{mm}$ 时, $L \leq 270\text{cm}$ 。

8.3.1.2 拱架各构件的连接一般应采用连接板,构件与连接板采用两面侧焊或三面围焊。组装时,先采用定位螺栓整体定位,然后焊接。节点示例如图 8.3.1.2-1~8.3.1.2-3。

8.3.1.3 拱架的主梁通过连接板支承在罩顶边环上或立柱上,先用定位螺栓定位,然后焊接,采用三面焊或四面围焊,示例如图 8.3.1.3。

8.3.1.4 拱架与顶板之间不得焊接。

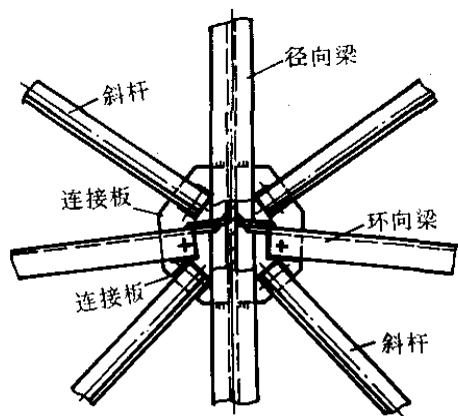


图 8.3.1.2-1 拱架节点放大图(A 放大)

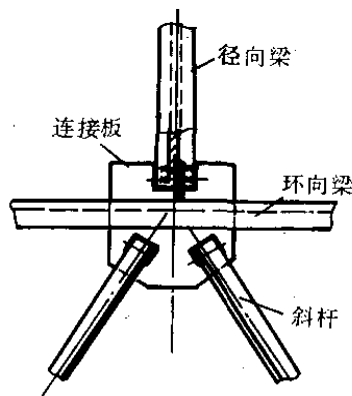


图 8.3.1.2-2 拱架节点放大图(B 放大)

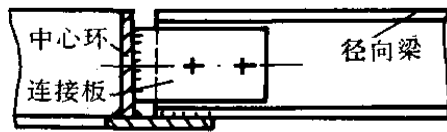


图 8.3.1.2-3 拱架节点放大图(C-C 视图)

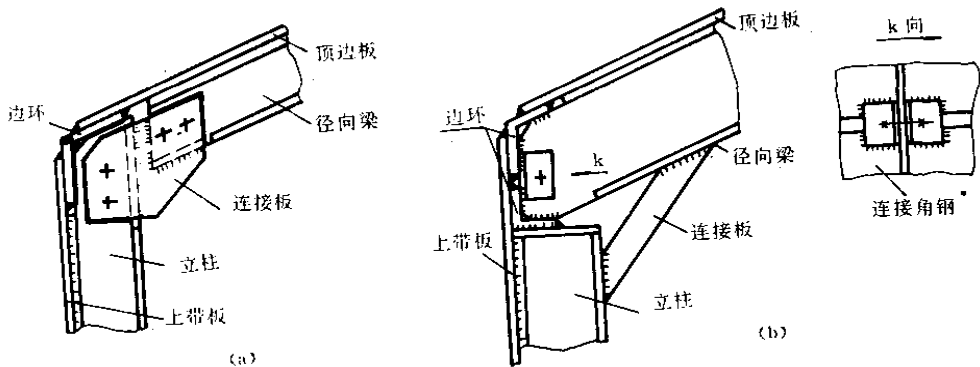


图 8.3.1.3 拱架节点放大图(D-D 视图)

8.3.2 拱架荷载

8.3.2.1 拱架计算荷载按 2.7.1 规定的荷载组合 2.7.1.4 确定,

$$\left. \begin{aligned} \text{即: } q &= \text{自重} + \text{施工荷载} \\ q &= \text{自重} + \text{雪荷载} \end{aligned} \right\} \text{N/m}^2$$

取两者中的较大值。其中自重包括:顶板和拱架自重,按 2.5.2 规定确定。

8.3.2.2 计算节点的负荷面积

按 8.3.1.1 初步确定拱架结构,并作出计算简图,如图 8.3.2.2,则荷载面积为:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= \pi r_1'^2 \frac{1}{n_1} \\ F_2 &= \pi (r_2'^2 - r_1'^2) \frac{1}{n_2} \\ F_3 &= \pi (r_i'^2 - r_{i-1}'^2) \frac{1}{n_i} \end{aligned} \right\} \text{m}^2 \quad (8-12)$$

式中: n_i ——主径向梁与次径向梁根数之和,当所计算的面积内无次径向梁时,计算时取主径向梁根数;

r_i' ——平均半径(见图 8.3.2.2),m。

8.3.2.3 节点荷载

$$Q_i = q F_i \quad \text{N} \quad (8-13)$$

式中: q ——拱架计算荷载,按 8.3.2.1 规定, N/m^2 。

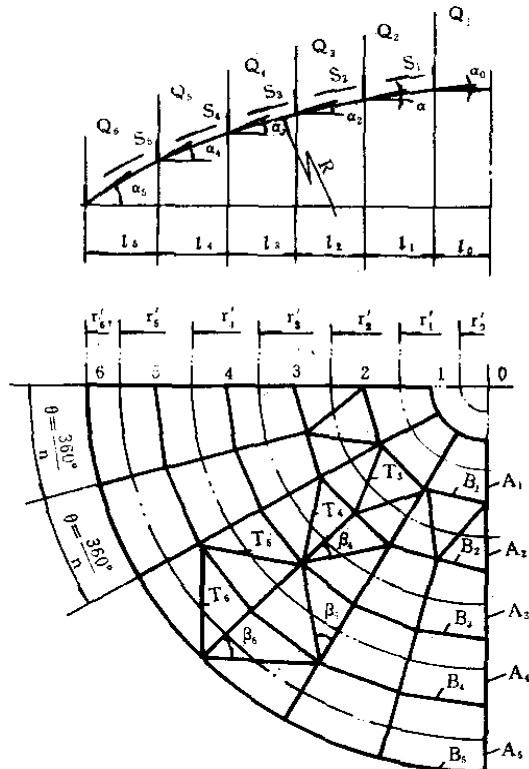


图 8.3.2.2 拱架计算简图

8.3.3 径向梁计算

8.3.3.1 径向梁段轴力(压力)

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= -\frac{Q_1}{\sin \alpha_1} \\ S_2 &= -\frac{Q_1 + Q_2}{\sin \alpha_2} \\ S_i &= -\frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i}{\sin \alpha_i} \end{aligned} \right\} N \quad (8-14)$$

式中: $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ ——径向梁各节点处切线与水平线之间夹角。

轴力 S 的负值表示压力。

8.3.3.2 径向梁段上轴力引起的偏心弯矩

$$M_{1i} = \frac{S_i l_i^2}{8R} \quad N \cdot mm \quad (8-15)$$

式中各符号的意义见图 8.3.2.2, 长度单位为 mm。

8.3.3.3 径向梁局部弯矩

径向梁段和环向梁段围成的面积上的外部荷载, 当径向梁段与环向梁段长度相近时, 其一半荷载被认为由径向梁段承担, 此荷载引起径向梁的局部弯矩。

荷载面积(如图 8.3.2.2):

$$\left. \begin{aligned} F_{D1} &= \frac{1}{2n_1} \pi [(l_0 + l_1)^2 - l_0^2] \\ F_{D2} &= \frac{1}{2n_2} \pi [(l_0 + l_1 + l_2)^2 - (l_0 + l_1)^2] \\ F_{Di} &= \frac{1}{2n_i} \pi [(l_0 + l_1 + l_2 + \dots + l_i)^2 - (l_0 + l_1 + \dots + l_{i-1})^2] \end{aligned} \right\} m^2 \quad (8-16)$$

局部荷载:

$$Q_{Di} = qF_{Di} \quad N \quad (8-17)$$

以上二式中 q 同式(8-13), n 同式(8-12)。

局部弯矩:

$$M_{Di} = \frac{Q_{Di}l_i}{6} \quad N \cdot mm \quad (8-18)$$

8.3.3.4 径向梁段计算弯矩

$$M_{Di} = M_{Di} - M_{li} \quad N \cdot mm \quad (8-19)$$

通常只需计算弯矩最大的一段梁。

8.3.3.5 径向梁段强度和稳定性校核

由于径向梁全长为同一截面的型钢,作强度和稳定性校核一般只需计算轴力、弯矩最大的一段,通常为拱架与顶边环连接处的一段。

$$(1) \text{强度校核: } \sigma = \frac{S_i}{A} \pm \frac{M_{Di}}{W_x} \leq [\sigma] \quad MPa \quad (8-20)$$

(2)弯矩作用平面内的稳定性校核:

计算偏心率:

$$\epsilon = \frac{M_{Di}}{S_i} \cdot \frac{A}{W_x} \quad (8-21)$$

当偏心率 $\epsilon \leq 30$ 时按下述公式计算:

梁弯矩作用平面内的长细比:

$$\lambda_x = \frac{l_i}{i_x}$$

稳定条件:

$$\sigma = \frac{S_i}{\phi_p A} \leq [\sigma] \quad MPa \quad (8-22)$$

以上各式中

A ——梁截面积, mm^2 ;

W_x ——梁弯矩作用平面内断面模数, mm^3 ;

l_i ——梁计算段的长度, mm ;

i_x ——在弯矩作用平面内梁截面的回转半径, mm ;

ϕ_p ——实腹式偏心受压构件在弯矩作用平面内的稳定系数,按长细比 λ_x 、偏心率 ϵ 、截面型式、偏心方向查得,见附录 I 表 I-2。

$[\sigma]$ ——构件许用应力,按表 4.1.2-1 查得, MPa ;

其余同前。

(3)弯矩作用平面外的稳定性校核:

梁在弯矩作用平面外的长细比:

$$\lambda_y = \frac{l_i}{i_y}$$

稳定条件:

$$\sigma = \frac{S_i}{\phi_1 A} \leq [\sigma] \quad MPa \quad (8-23)$$

式中: i_y ——弯矩作用平面外梁截面的截面回转半径, mm ;

ϕ_1 ——偏心受压构件在弯矩作用平面外的稳定系数,按长细比 λ_y 和偏心率 e 查得,见附录 I 表 I-3。

(4)当偏心率 $e > 30$ 时,仅作弯曲强度校核:

$$\sigma = \frac{M_D}{W_x} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-24)$$

(5)校核后选定的长细比应符合 4.3.1 的规定。

8.3.4 环向梁计算

8.3.4.1 环向梁段轴力

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= -\frac{Q_1 \text{ctga}_1}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \\ N_2 &= \frac{Q_1 \text{ctga}_1 - (Q_1 + Q_2) \text{ctga}_2}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \\ N_3 &= \frac{(Q_1 + Q_2) \text{ctga}_2 - (Q_1 + Q_2 + Q_3) \text{ctga}_3}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \\ N_{i-1} &= \frac{(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{i-2}) \text{ctga}_{i-2} - (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{i-1}) \text{ctga}_{i-1}}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \\ N_n &= \frac{(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{n-1}) \text{ctga}_{n-1}}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \end{aligned} \right\} N \quad (8-25)$$

式中: Q ——节点荷载,见图 8.3.2.2,按式(8-13)计算值;

α_i ——见图 8.3.2.2,同式(8-14);

n ——主次径向梁根数之和,所计算梁段若无次径向梁,则 n 取主径向梁根数。

轴力为负值时环向梁受压,为正值时环向梁受拉,最外圈环向梁段轴力为拉力。

8.3.4.2 环向梁段弯矩

荷载面积按所在节点的荷载面积一半计算:

$$F_n = \frac{1}{2} F_i \quad \text{m}^2 \quad (8-26)$$

式中: F_i ——所计算节点的荷载面积,按式(8-12)的计算值, m^2 。

计算荷载

$$Q_n = q F_n \quad \text{N} \quad (8-27)$$

计算弯矩

$$M_n = \frac{Q_n l_i}{6} \quad \text{N} \cdot \text{mm} \quad (8-28)$$

式中: l_i ——环向梁段的长度, mm 。

8.3.4.3 环向梁段强度和稳定性校核

校核时,一般只需计算轴力和弯矩最大的一段梁。

(1)强度校核

$$\sigma = \frac{N_i}{A} \pm \frac{M_i}{W_x} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-29)$$

(2)弯矩作用平面内的稳定性校核

计算偏心率:
$$\epsilon = \frac{M_{ri}}{N_i} \cdot \frac{A}{W_x} \quad (8-30)$$

当偏心率 $\epsilon \leq 30$ 时,按下述公式计算:

构件弯矩作用平面内的长细比

$$\lambda_x = \frac{l_i}{i_x}$$

稳定条件:

$$\sigma = \frac{N_i}{\phi_p A} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-31)$$

(3) 弯矩作用平面外的稳定性校核

梁弯矩作用平面外的长细比

$$\lambda_y = \frac{l_i}{i_y}$$

稳定条件:

$$\sigma = \frac{N_i}{\phi_1 A} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-32)$$

各式中符号 A 、 W_x 、 l_i 、 i_x 、 ϕ_p 、 i_y 、 ϕ_1 、 $[\sigma]$ 意义同 8.3.3.5。

(4) 当偏心率 $\epsilon > 30$ 时,仅作弯曲强度校核,即按式(8-24)以 M_{ri} 替代 M_{Di} 。

(5) 校核后选定的长细比,应符合 4.3.1 的规定。

8.3.5 斜杆计算

8.3.5.1 斜杆轴力

斜杆在罩顶布满均布荷载时不受力,只有在两个相邻节点不等荷载时才受力。斜杆轴力按式(8-33)求出:

$$T_i = \frac{\sum Q - \sum W_s}{2 \sin \alpha_i \cos \beta_i} \quad \text{N} \quad (8-33)$$

式中: $Q_1 \sim Q_i$ ——节点 i 以上各节点荷载,按式(8-13)求出, N;

$W_{s1} \sim W_{si}$ ——节点 i 以上各节点自重, N/m²

$$W_s = W_s \cdot F_i \quad \text{N} \quad (8-34)$$

W_s ——罩顶自重(包括顶板与拱架),按 2.5.2 确定, N/m²;

F_i ——节点荷载面积,按式(8-12), m²;

α_i ——见图 8.3.2.2;

β_i ——见图 8.3.2.2。

斜杆通常只算轴力最大的一根。

8.3.5.2 斜杆强度校核

$$\sigma = \frac{T_i}{A} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-35)$$

式中: A ——斜杆截面积, mm²;

$[\sigma]$ ——构件许用应力,按表 4.1.2-1 查得, MPa。

8.3.6 中心环计算

中心环直径较小,沿圆周径向梁分布较密,可近似认为是受均布外压的圆环,一般不必计算局部弯矩(见图 8.3.6)。

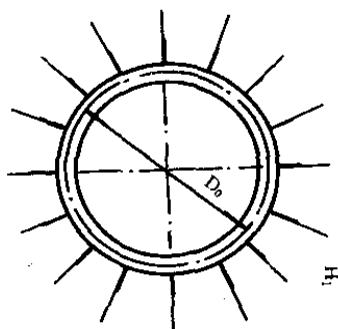


图 8.3.6 中心环计算简图

8.3.6.1 中心环的稳定性校核

环的单位长度上的分布荷载为:

$$q = \frac{nH_1}{\pi D_0} \quad \text{N/mm} \quad (8-36)$$

式中: n ——径向梁根数;

H_1 ——径向梁轴力的水平分力

$$H_1 = S_1 \cos \alpha_1 \approx S_1$$

S_1 ——径向梁的轴力,按式(8-14)计算所得,N;

D_0 ——梁中心环截面重心所在圆的直径,mm。

环的临界压力:

$$q_{cr} = \frac{3EJ}{(\frac{D_0}{2})^3} \quad \text{N/mm} \quad (8-37)$$

式中: J ——中心环截面 Y-Y 轴的惯性矩,mm⁴;

E ——弹性模数, 2.06×10^5 MPa。

稳定条件:

$$[q] = \frac{q_{cr}}{3} \geq q \quad (8-38)$$

8.3.6.2 中心环强度校核

环截面上的压应力应满足:

$$\sigma = \frac{qD_0}{2A} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-39)$$

式中: A ——中心环截面积,mm²;

$[\sigma]$ ——构件许用应力,按表 4.1.2-1 查得,MPa。

8.3.7 拱架的整体稳定计算参见附录 H。

8.3.8 拱架各构件的连接应遵照《钢结构设计规范》(GBJ17)的规定。

8.4 罩顶边环设计

8.4.1 罩顶边环结构设计

8.4.1.1 罩顶边环由罩顶边缘包边角钢与钟罩顶边板、钟罩壁上带板的一部分以及其他环形加强构件组成。环形加强构件的位置不得超出图 8.4.1.1 所示之 W_c 及 W_h 的范围。环形加强构件自身的拼接采用等强度连接。

8.4.1.2 包边角钢与钟罩壁上带板及罩顶边板的连接采用双面搭接(满焊),水平肢朝内。包边角钢自身的对接焊缝必须全焊透、全熔合。

8.4.1.3 边环的结构形式见图 8.4.1.1。为增加承压区截面积,大型气柜常采用图 8.4.1.1 中(d)所示之构造形式。环形加强构件可用角钢、槽钢或其他型钢拼接。

8.4.1.4 包边角钢的最小尺寸一般不应小于表 8.4.1.4 的推荐值。

包边角钢最小尺寸 表 8.4.1.4

钟 罩 内 径,m	角钢圈最小尺寸,mm
$D\leq 12$	70×70×7
$12<D\leq 20$	100×100×10
$20<D\leq 40$	125×125×12
$40<D$	160×160×14

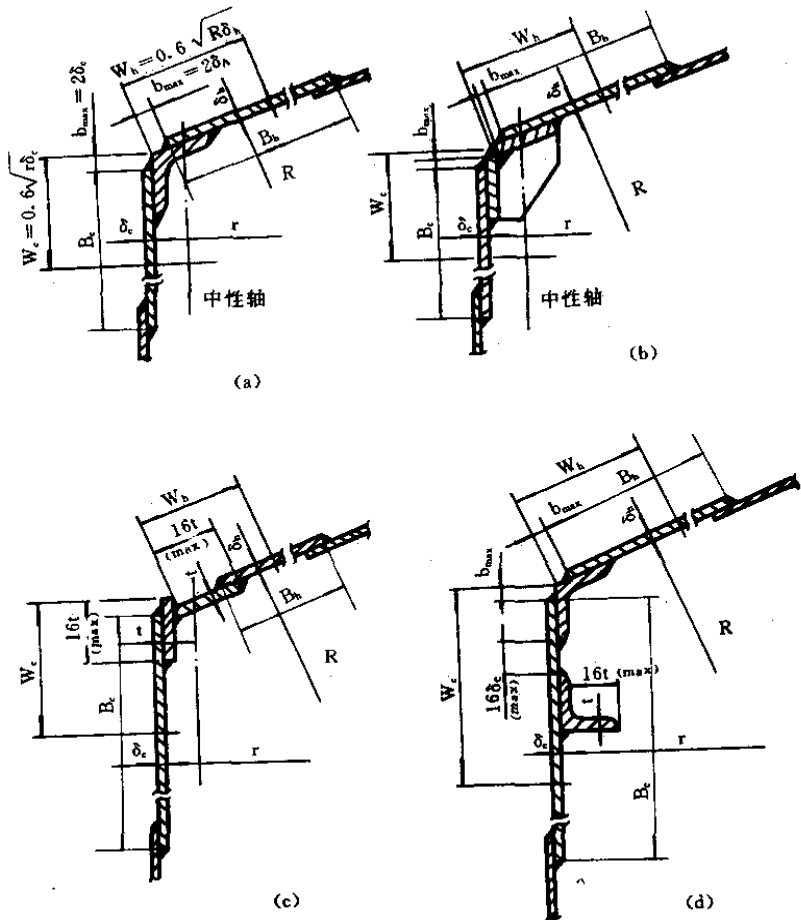


图 8.4.1.1 边环结构形式举例

8.4.1.5 边环与罩顶拱架、立柱的连接形式可参见图 8.4.1.5。

8.4.1.6 罩顶边板及钟罩上带板的一部分,与其他构件共同组成边环,其厚度按构造配置尚应满足 8.4.2 的要求,其宽度 B_h 及 B_c 应满足下述条件:

$$0.6 \sqrt{R\delta} < B \quad (8-40)$$

式中: R 、 δ ——分别为顶边板和钟罩上带板的半径和厚度。

由于构造上的需要,如顶边板上须设置配重块,则由于上带板与立柱的连接以及边环结构的需要,通常边板宽度不应小于 600mm。

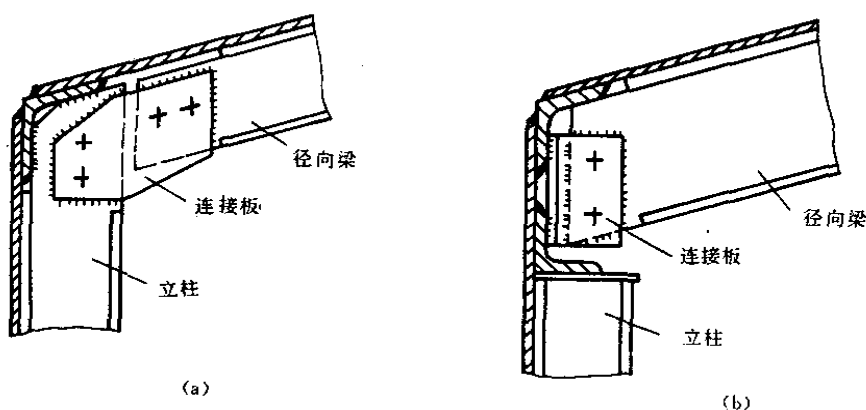


图 8.4.1.5 边环、拱架、立柱连接形式

8.4.2 罩顶边环结构计算

边环受力有两种状况,即(a)当所有活动塔节全升起后,内部气压最大,罩顶受内压作用,边环受压;(b)当钟罩下降至支墩上时(内部泄压),由于罩顶外部荷载的作用,边环受拉。

8.4.2.1 在内压作用下,应按整体受压校核边环强度

$$\sigma = \frac{(P - W_s \cdot 10^{-6}) D^2}{8A} \operatorname{ctg} \alpha \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-41)$$

式中: P ——内部气体压力,MPa;

W_s ——罩顶自重(见 2.5.2), N/m^2 ;

D ——钟罩内径,mm;

α ——罩顶与壁板连接处顶边与水平面夹角;

A ——承压区边环截面积,即图 8.4.1.1 中 W_c 、 W_b 环形截面积之和, mm^2 ;

$[\sigma]$ ——材料的许用压应力(见表 4.1.2-1),MPa。

8.4.2.2 在外部荷载的作用下,应按整体受拉校核边环强度

$$\sigma = \frac{q D^2 \cdot 10^{-6}}{8A} \operatorname{ctg} \alpha \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (8-42)$$

式中: q ——罩顶计算荷载,按 2.7.1.4 确定,其中自重包括顶板与拱架自重,按 2.5.2 选取, N/m^2 ;

$[\sigma]$ ——材料的许用拉应力(见表 4.1.2-1),MPa;

其余同式(8-41)。

8.4.2.3 必要时边环应按有矩理论进行验算,按有矩理论边环的应力分析见附录 D。

9 活动塔节壁板设计

9.1 塔节壁板的结构设计

9.1.1 活动塔节壁板由上、下带板和中间带板组成。上、下带板由于构造上的需要和边缘局部应力,通常比中间带板要厚。上、下带板的厚度及宽度应满足相应的边环、底环和水封挂圈的设计要求。上、下带板的自身拼接,通常采用对接。

9.1.2 中间带板的自身拼接,宜采用对接,也可采用搭接。搭接宽度不得小于板厚的 5 倍,且不小于 25mm。为满足防腐需要,内外侧均应采用连续焊。相邻两圈板的纵焊缝不得相遇,错开的距离不应小于 250mm。

9.1.3 中间带板一般应预制成大块矩形板(对直升式气柜),或大块菱形板(对螺旋导轨气柜),以减少工地焊缝,提高焊缝质量。

9.1.4 中间带板与上、下带板、导轨垫板的连接,应采用搭接双面连续焊缝,搭接长度应不小于 35mm。

9.2 塔节壁板(中间带板)的厚度计算

塔节壁板厚度按式(9-1)计算:

$$\delta = \frac{PD_i}{2[\sigma]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (9-1)$$

式中: P ——设计压力(见 2.1),MPa;

D_i ——所计算的活动塔节的内直径,mm;

$[\sigma]$ ——壁板许用应力(见表 4.1.1),MPa;

ϕ ——焊缝系数(见表 4.2);

C ——壁厚附加量(见 4.4),mm。

壁板的最小厚度不得小于 3mm。

对于特大型螺旋气柜,确定活动塔节壁板的厚度时,如需计入风压的影响,可按附录 G 进行验算。

10 水封挂圈设计

10.1 水封挂圈的结构设计

挂圈型式及水封高度的设计计算见 5.3.4 规定。

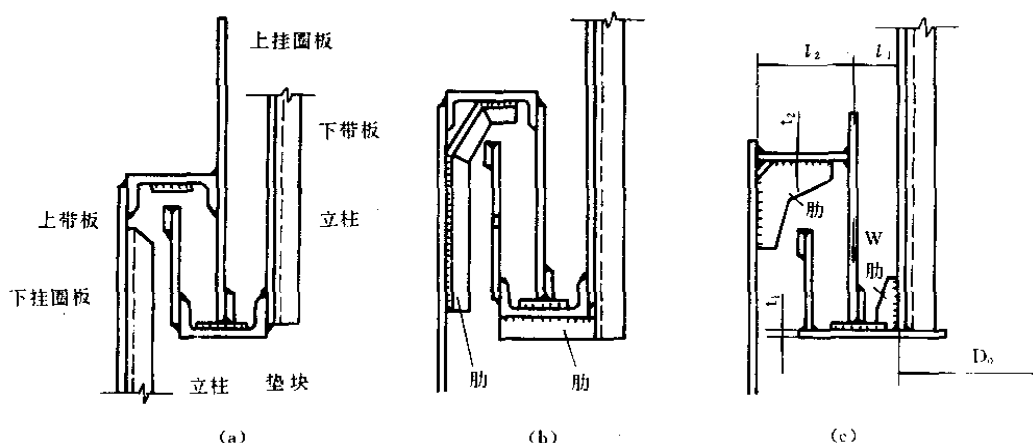


图 10.1 挂圈结构简图

水封挂圈的结构可采用图 10.1 中的(a)、(b)、(c)所示的结构。挂圈可以采用槽钢,如图 10.1(a)、(b)所示;也可采用钢板焊接结构,如图 10.1(c)所示。小型气柜水封挂圈可不加肋,大、中型气柜根据计算应适当加肋。图 10.1(a)所示之结构适用于外导架直升式气柜;图 10.1(b)、(c)所示之结构适用于螺旋气柜。

10.2 水封挂圈的强度计算

按式(10-1)验算下挂圈的水平板的弯曲强度:

$$\sigma = \frac{6Wl_1}{\pi D_0 t^2} \leq [\sigma] \text{ MPa} \quad (10-1)$$

式中: W ——吊挂重力,包括所吊挂的全部结构重力和挂圈内的水重, N ;

$[\sigma]$ ——许用应力(见表 4.1.2-1), MPa 。

其余见图 10.1(c),长度单位为 mm 。当设置加强肋时,应计入肋的承载能力。

上挂圈水平板的厚度一般与下挂圈水平板等厚。上下挂圈立板按气柜容积的大小和活动节数的多少,其厚度不得小于 $6mm$ 。

11 活动塔节底环设计

最下一节活动塔节的底环,除具有加强塔节刚性的作用外,有时(单节气柜)还用来放置下部配重块。

11.0.1 底环的结构如图 11.0.1 所示。一般多采用图 11.0.1(a)、(b)所示之结构;当不设置下部配重块时,也可采用图 11.0.1(c)所示之结构;小型气柜也可采用图 11.0.1(d)所示之结构。

11.0.2 底环由环形加强构件和包括与环形加强构件连接焊缝相距 16 倍壁厚的塔壁下带板组成,底环的自身对接焊缝必须全焊透、全熔合。

11.0.3 底环所需要的最小惯性矩不宜小于表 11.0.3 的推荐值。

底塔下部底环所需的最小惯性矩 表 11.0.3

最下一节活动塔节直径,m	底 环 惯 性 矩,cm ⁴
$D \leq 12$	600
$12 < D \leq 22$	1000
$22 < D \leq 28$	3000
$28 < D \leq 39$	4000
$39 < D \leq 45$	5000
$45 < D \leq 65$	7500

底环的惯性矩按图 11.0.1 所示之结构,包括加强环及距加强环焊缝 16 倍壁厚的下带板在内的面积对中性轴 x-x 的惯性矩。

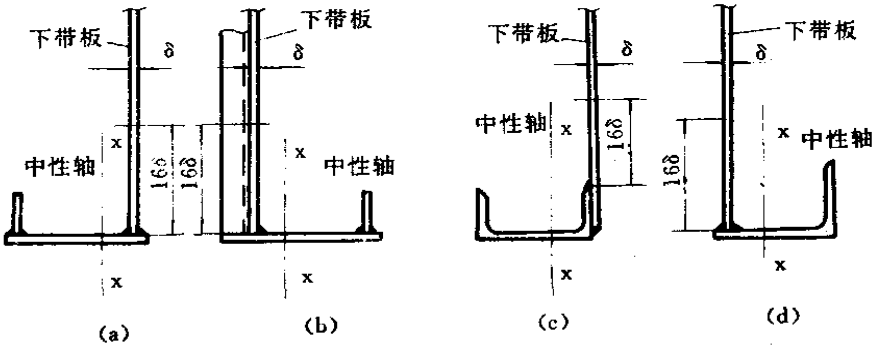


图 11.0.1 底环结构简图

12 导轨轮压计算与导轨设计

本章按常规设计,不考虑地震荷载。导轮的最大轮压按 2.7.1.1 规定,即:风荷载加半面雪荷载来计算。

12.1 螺旋气柜导轨受力计算——轮压计算

升起的活动节塔体上受到的最大外载为水平风荷载和罩顶上半面雪荷载(见图 12.1-1)。这些力还产生力偶,由此使导轮承受最大的法向压力 P 和水平拉力或压力 H (见图 12.1-2)。

假定平衡上述外荷载的导轮力在塔体支承平面(导轮所在平面)内沿塔体四周按余弦规律分布,则受力最大的是迎风侧及背风侧与风向夹角为零的导轮对。计算导轮轮压仅需计算这两对导轮的轮压,此二对导轮的反力大小相等,方向相反。

活动节全升起后,受力最大的是最下一节活动节的导轮。但由于各活动节上的导轨数不等,从上到下,导轨越来越多,各节导轨数一般应为 4 的倍数,所以导轮压力仍需从上到下,计算出各节导轮的最大轮压,再取其中的较大值作为导轮强度计算荷载。

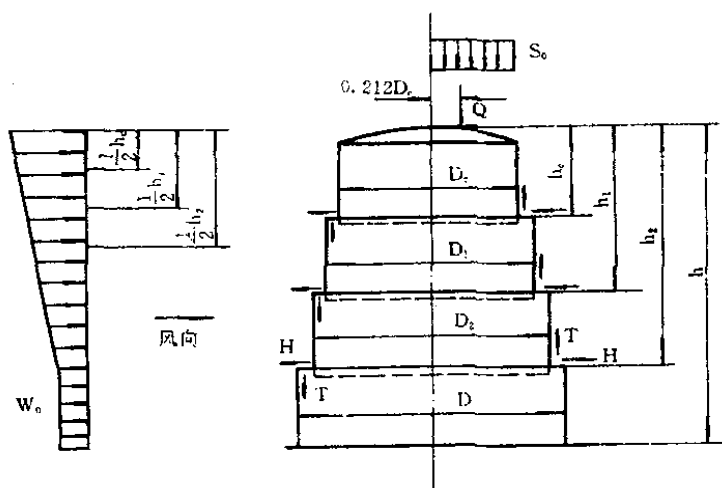


图 12.1-1 螺旋气柜在风载、雪载作用下受力简图

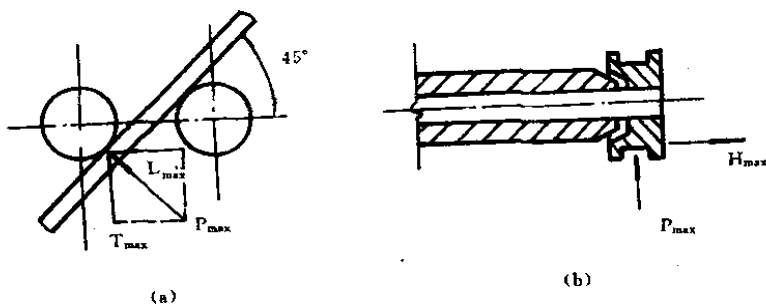


图 12.1-2 螺旋气柜导轮受力简图

12.1.1 雪荷载产生的轮压

倾覆力矩:

$$M_s = 0.212 D_c Q \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (12-1)$$

式中: D_c ——钟罩直径, m;

Q ——半面积雪总重, N;

$$Q = \frac{\pi}{8} D_c^2 \cdot S_0 \quad (12-2)$$

S_0 ——地区基本雪压, N/m^2 。

最大垂直轮压:

$$T_{s\max} = \frac{4M_s}{n_i D_i} \quad \text{N} \quad (12-3)$$

式中: D_i ——所计算的活动节直径, m;

n_i ——所计算的活动节导轨数。

最大水平轮压(导轮轴轴向推力) $H_{s\max} = 0$ 。

12.1.2 风荷载产生的轮压

总风压(水平推力)

$$P_{wi} = \beta K K_z h_i D_a W_0 \quad \text{N} \quad (12-4)$$

式中: β ——风振系数按式(2-1), 取 $\beta = 1.45$;

K ——体形系数, 作整体计算, 取 $K = 0.6$;

D_a ——所计算的活动节及其以上各活动节塔体直径的平均值, m;

h_i ——所计算的各节塔体露出的高度(见图 12.1-1), m;

K_z ——风压高度系数(见表 2.2.2-1), 按 h_i 的中点取值;

W_0 ——地区基本风压, N/m^2 。

倾覆力矩:

$$M_{wi} = \frac{1}{2} h_i P_{wi} \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (12-5)$$

最大垂直轮压:

$$T_{w\max} = \frac{4M_{wi}}{n_i D_i} \quad \text{N} \quad (12-6)$$

最大水平轮压(导轮轴轴向力):

$$H_{w\max} = \frac{2P_{wi}}{n_i} \quad \text{N} \quad (12-7)$$

12.1.3 总轮压

从上述各活动节轮压计算值中, 取一组最大值组合得:

最大水平轮压:

$$H_{\max} = H_{w\max} \quad \text{N} \quad (12-8)$$

最大垂直轮压:

$$T_{\max} = 0.9T_{s\max} + T_{w\max} \quad \text{N} \quad (12-9)$$

根据最大垂直轮压计算出导轮轮缘法向压力[见图 12.1-2(a)]:

$$P_{\max} = \sqrt{2} T_{\max} \quad \text{N} \quad (12-10)$$

12.2 外导架直升式气柜导轨受力计算——轮压计算

升起的活动节塔体受到的最大外荷载为水平风荷载和罩顶上半面雪荷载所产生的力偶的联合作用(见图 12.2)。背风侧上导轮(外导轮)承受最大水平压力,而迎风侧的上导轮则倾向于脱轨;背风侧下导轮则当雪荷载为零时在最大风荷载作用下,承受最大水平压力;迎风侧下导轮则当风荷载为零时,在半面雪荷载作用下承受最大水平压力。

假定平衡上述外荷载的导轮力,沿塔体四周按余弦规律分布,则导轮中受力最大的为背风侧与风向夹角为零的导轮。

当外导轮作用在外导轨支承点的跨中时,导轨产生最大弯曲应力,因此尚应计算导轮跨中时的轮压。

外导轨数量通常为 2 的倍数,而内导轨数一般多为外导轨数量的 2 倍。

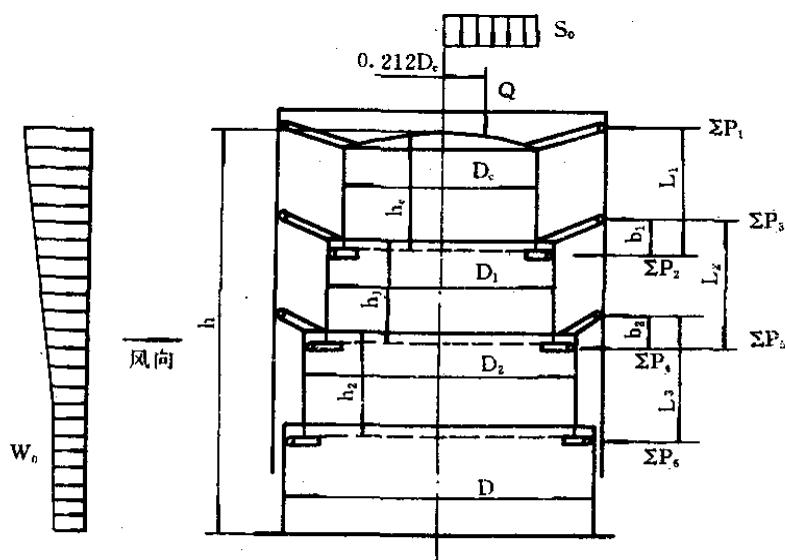


图 12.2 外导架直升气柜受力简图

12.2.1 雪荷载产生的轮压

雪荷载在钟罩背风侧上导轮的轮压合力(图 12.2)为:

$$\Sigma P_{s1} = \frac{0.212D_c Q}{l_1} \quad \text{N} \quad (12-11)$$

式中: l_1 ——钟罩上、下导轮的距离, m;

D_c, Q 同式(12-1)。

雪荷载在钟罩迎风侧下导轮上的轮压合力同 ΣP_{s1} 。

雪荷载在背风侧上导轮上产生的最大水平轮压:

$$H_{s1\max} = \frac{4\Sigma P_{s1}}{n} \quad \text{N} \quad (12-12a)$$

式中: n ——钟罩上导轮数量(即外导轨根数)。

雪荷载在钟罩迎风侧下导轮上产生的最大水平轮压:

$$H_{s2\max} = \frac{4\Sigma P_{s1}}{n'} \quad \text{N} \quad (12-12b)$$

式中： n' ——钟罩下导轮数量。

12.2.2 风荷载产生的轮压

在活动节全升起后,风荷载在活动节塔体产生的水平合力(见图 12.2),可近似按式(12-13a)~(12-13f)计算:

$$\Sigma P_{w1} = \frac{1}{2l_1} \beta K K_z W_0 D_c h_c^2 \quad N \quad (12-13a)$$

$$\Sigma P_{w2} = \Sigma P_{w1} \quad N \quad (12-13b)$$

$$\Sigma P_{w3} = \frac{1}{2l_2} \beta K K_z W_0 D_1 h_1^2 + \frac{1}{l_2} (l_2 - b_1) \Sigma P_{w2} \quad N \quad (12-13c)$$

$$\Sigma P_{w4} = \frac{1}{2l_2} \beta K K_z W_0 D_1 h_1^2 \quad N \quad (12-13d)$$

$$\Sigma P_{w5} = \frac{1}{2l_3} \beta K K_z W_0 D_2 h_2^2 + \frac{1}{l_3} (l_3 - b_2) \Sigma P_{w4} \quad N \quad (12-13e)$$

$$\Sigma P_{w6} = \frac{1}{2l_3} \beta K K_z W_0 D_2 h_2^2 \quad N \quad (12-13f)$$

式中： β ——风振系数,取 $\beta=1.45$;

K ——体形系数, $K=0.6$;

K_z ——风压高度系数,按各塔节露出部分的中点高度取值;

W_0 ——地区基本风压值, N/m^2 ;

其余各符号见图 12.2,长度单位均为 m。

对导轨而言,当导轮作用在导轨跨中位置时(导轨环向连接点的中点),见图 12.2.2,导轨立柱将产生最大弯曲应力。为此尚须计算在跨中位置的轮压。风荷载的水平合力的计算公式与式(12-13)完全一样,只是最下一节活动节未全部升起,故最下一节活动节塔体露出高度 h_2 与式(12-13)不同。另外,风压高度系数 K_z 按实际高度选取。

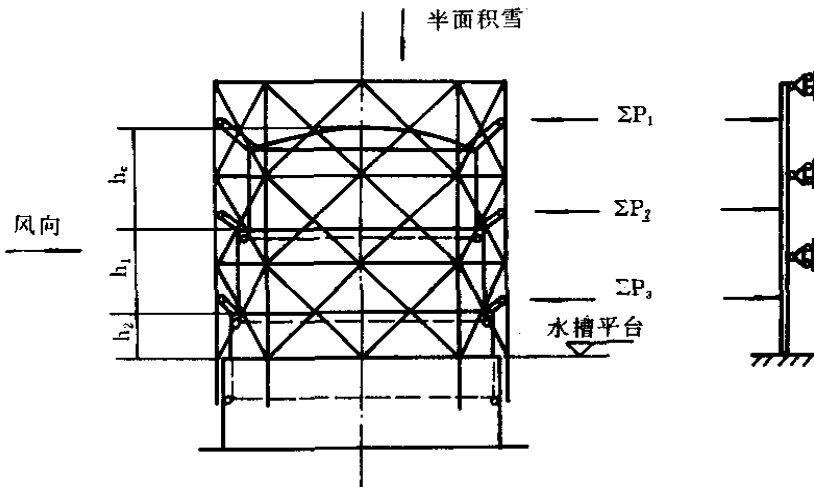


图 12.2.2 外导架导轨弯曲计算简图

风荷载产生的最大水平轮压:

$$H_{wmax} = \frac{4\Sigma P_w}{n} \quad N \quad (12-14)$$

式中： n ——导轮数(即导轨根数);

ΣP_w ——为风荷载的水平合力,分别以式(12-13a~f)的计算结果代入即得各活动节上、下导轮风荷载产生的最大水平轮压。计算导轮在导轨跨中位置时最大水平轮压亦同上。

12.2.3 总轮压

风荷载和雪荷载组合轮压。

导轮中最大的水平轮压按荷载组合,对钟罩上导轮为:

$$H_{1\max} = 0.9H_{s1\max} + H_{w1\max} \quad \text{N} \quad (12-15)$$

对钟罩下导轮及以下各节的上、下导轮,按最不利的荷载组合,即当雪荷载为零而有最大风荷载时,有最大水平轮压,即:

$$H_{\max} = H_{w\max} \quad \text{N} \quad (12-16)$$

塔体迎风侧的轮压一般不作计算。

12.3 无外导架直升式气柜导轨受力计算——轮压计算

升起的活动节塔体受到的最大外荷载为水平风荷载和半面雪荷载的联合作用(见图 12.3)。这些力产生力偶,使背风侧的上导轮和迎风侧的下导轮承受水平压力。

假定平衡上述外荷载的导轮力,沿塔体四周按余弦规律分布,则上、下导轮中受力最大的是与风向夹角为零的导轮。

导轮数(即导轨数)通常取 2 的倍数,下导轮数通常为上导轮数的 2 倍。上、下导轮的最大轮压应分别计算,以作下一步计算的依据。

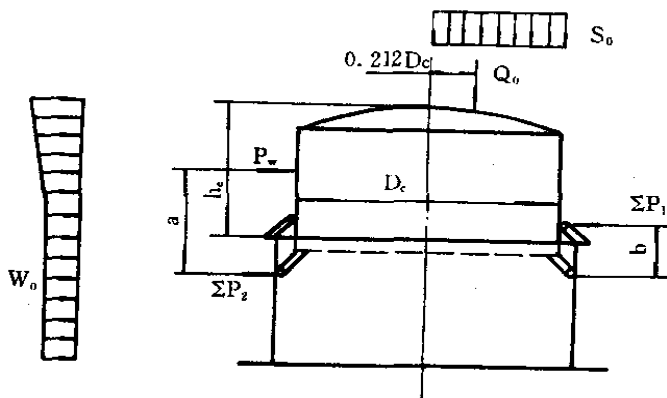


图 12.3 无外导架直升式气柜受力简图

12.3.1 雪荷载产生的轮压

倾覆力矩:

$$M_s = 0.212D_c Q \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (12-17)$$

式中 D_c 、 Q 均同式(12-1)。

雪荷载在背风侧上导轮上的轮压合力与迎风侧下导轮上的轮压合力相等,为:

$$\Sigma P_s = \frac{M_s}{b} \quad \text{N} \quad (12-18)$$

式中： b ——上、下导轮的最小距离，见图 12.3, m 。

雪荷载在背风侧上导轮上产生的最大水平轮压为：

$$H_{s1max} = \frac{4\Sigma P_s}{n} \quad N \quad (12-19a)$$

式中： n ——上导轮数。

雪荷载在迎风侧下导轮上产生的最大水平轮压为：

$$H_{s2max} = \frac{4\Sigma P_s}{n'} \quad N \quad (12-19b)$$

式中： n' ——下导轮数。

12.3.2 风荷载产生的轮压

总风压(水平推力)为：

$$P_w = \beta K K_z h_c D_c W_0 \quad N \quad (12-20)$$

式中： β ——风振系数，按式(2-1)，取 $\beta = 1.45$ ；

K ——体形系数，作整体计算，取 $K = 0.6$ ；

K_z ——风压高度系数，见表 2.2.2-1，按 h_c 中点取值；

h_c ——钟罩塔体露出高度，见图 12.3, m ；

D_c ——钟罩塔体直径，见图 12.3, m ；

W_0 ——地区基本风压值， N/m^2 。

风荷载在背风侧上导轮上的轮压合力为：

$$\Sigma P_{w1} = \frac{P_w a}{b} \quad N \quad (12-21)$$

式中： a, b 见图 12.3, m 。

风荷载在迎风侧下导轮上的轮压合力为：

$$\Sigma P_{w2} = \Sigma P_{w1} - P_w \quad N \quad (12-22)$$

风荷载在背风侧上导轮上产生的最大水平轮压为：

$$H_{w1max} = \frac{4\Sigma P_{w1}}{n} \quad N \quad (12-23)$$

风荷载在迎风侧下导轮上产生的最大水平轮压为：

$$H_{w2max} = \frac{4\Sigma P_{w2}}{n'} \quad N \quad (12-24)$$

12.3.3 总轮压

按风荷载和雪荷载组合，钟罩上、下导轮中最大水平轮压分别为：

$$H_{1max} = 0.9H_{s1max} + H_{w1max} \quad (12-25a)$$

$$H_{2max} = H_{s2max} + H_{w2max} \quad (12-25b)$$

12.4 螺旋气柜的导轨设计

12.4.1 导轨采用标准轻轨(P型)弯成螺旋形，敷设在塔节的壁板上与水平成 45° 倾角。上、下两相邻塔节上的导轨螺旋方向相反。

12.4.2 一个塔节的导轨数量最好取值等于 4 的倍数。两相邻导轨沿塔体周长的间距，最大应不超过 8m，且不宜超过一个塔节的高度。根据导轨的受力大小，最上一个塔节上的导轨数最少，依次向下递增。

12.4.3 导轨应与导轨垫板一起加工煨制成螺旋线。小型气柜的导轨可选用 15kg/m 或 18kg/m 的标准轻轨；大、中型气柜的导轨可选用 24kg/m 的标准轻轨；特大型气柜的导轨可选用 33kg/m 的标准轻轨。标准轻轨的规格应符合冶金部部颁标准(YB222)。

导轨垫板采用普通碳素结构钢板(同塔壁材料)，厚度为 6mm~8mm。

12.4.4 导轨与垫板的焊接采用两面交错间断焊，防止产生过大的变形。导轨允许拼接，接头采用全焊透结构，焊前要预热，焊后要保温。导轨与塔体组装时，导轨与上、下带板的连接可焊接，也可采用螺栓连接。导轨与立柱交叉处，导轨垫板与立柱也采用螺栓连接。螺栓拧紧后，螺钉头四周进行密封焊。导轨垫板与塔体壁板的连接采用双面搭接，搭接长度应不小于板厚的 5 倍，且不小于 35mm。导轨与壁板的连接见图 12.4.4。

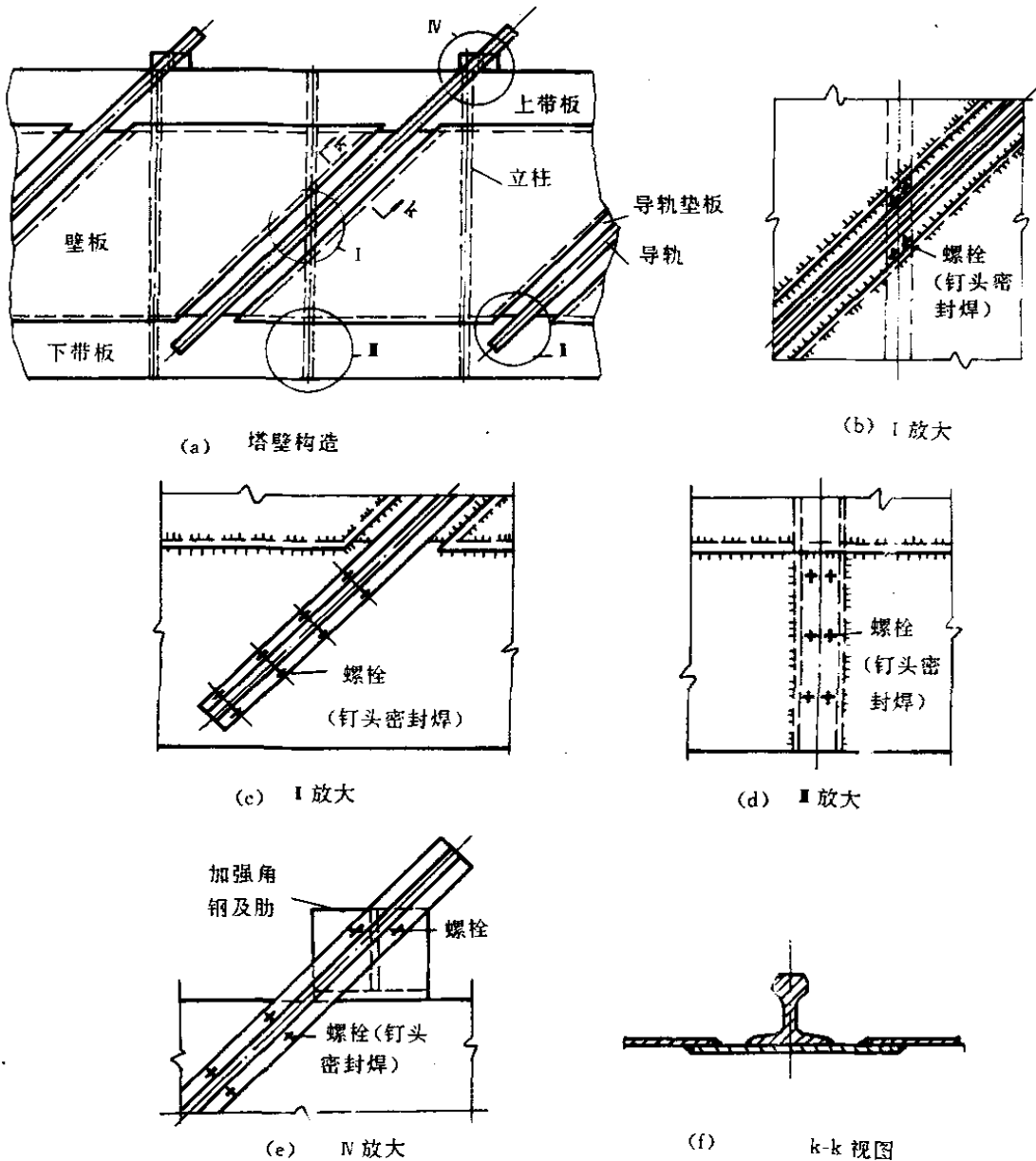


图 12.4.4 导轨、塔壁连接构造图

12.5 外导架直升式气柜的导轨设计

12.5.1 外导架结构设计

12.5.1.1 直升气柜的外导架是由沿水槽周边等间距排列的导架立柱、立柱间的一层或几层水平环梁及拉杆、交叉支撑等构件组成的空间结构。导架立柱同时作各活动塔节垂直升降的导轨,水平环梁同时兼作走道和工作平台(见图 12.5.1.1)。但是否需要同时设置水平环梁和拉杆应视操作需要和容积大小而定。

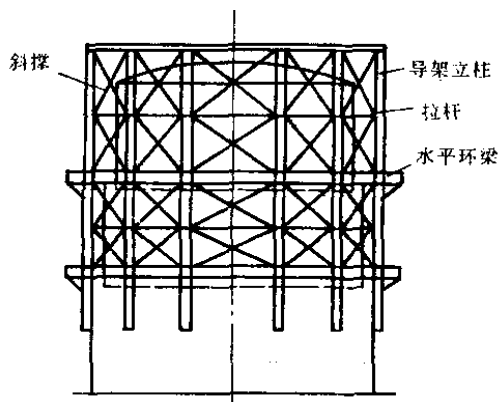


图 12.5.1.1 外导架简图

12.5.1.2 外导架立柱的根数随气柜直径的增加而增加。外导架立柱根数还应满足下列关系式,以保证环梁拉杆、斜撑等横向拉结构件不致妨碍塔节的升降。

$$\cos \frac{180^\circ}{n} > 1 - \frac{2K}{D} \quad (12-26)$$

式中: D ——水槽直径, m ;

K ——水槽壁与最外一个活动塔节壁板之间的间隙, m 。

当横向拉结构件连结于外导架立柱的外侧时,

式中 K 取图 12.5.1.2 中的 K' 值。

导轨根数应取 2 的倍数,导轨之间的间距不宜超过一个塔节的高度。 n 一般可按下述范围内确定:

水槽直径(m)	外导轨根数
$D \leq 10$	$n \geq 6$
$30 \geq D > 10$	$n = 8 \sim 14$
$50 \geq D > 30$	$n = 14 \sim 18$
$D > 50$	$n \geq 20$

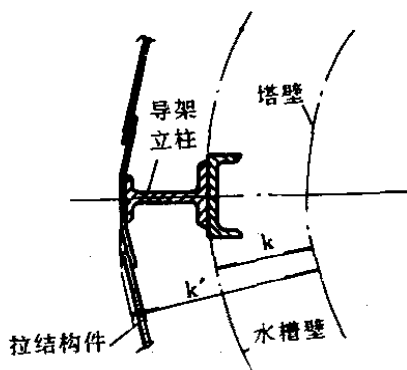


图 12.5.1.2 外导架立柱位置图

12.5.1.3 外导架水平环梁作走道和工作平台时,应与水槽外侧的独立的立梯或附设在外导架上的直爬梯相沟通,以便行走。水平环梁内侧栏杆应开有缺口,以便行人能进入水封挂圈上和钟罩顶部。各层环梁的高度应与各活动节全升起的高度相适应。

12.5.1.4 外导架立柱的材料选用应满足表 3.4.1 的规定,一般用工字钢制作。导轮布置多采用径向布置,立柱剖面见图 12.5.1.4-1。大型气柜外导架高度很大,为增强立柱的刚度,常采用格架式组合构件(如图 12.5.1.4-2)。

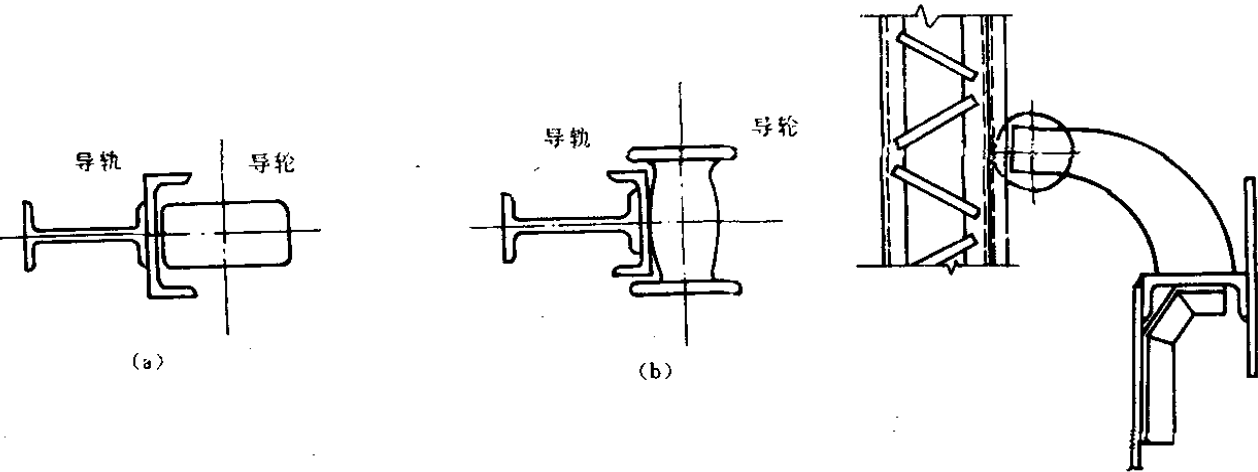


图 12.5.1.4-1 外导架导轨立柱剖面图

图 12.5.1.4-2 格架式外导架导轨立柱

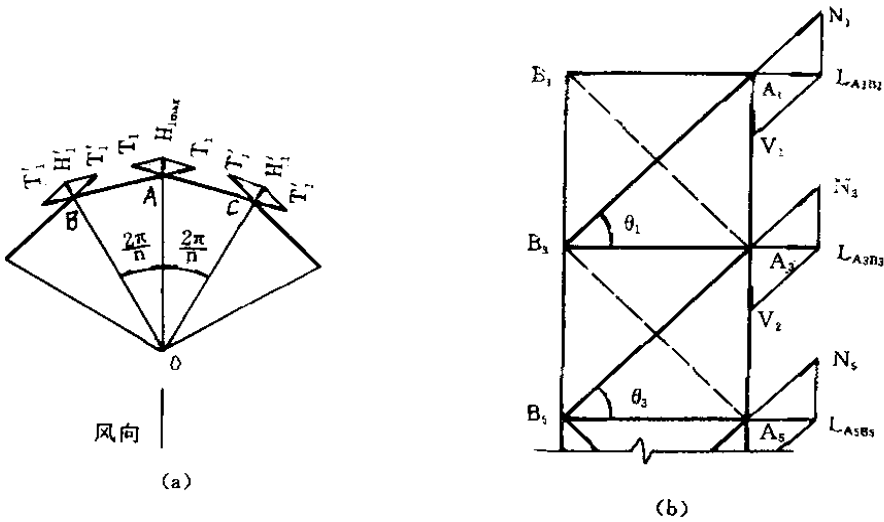
12.5.1.5 外导架立柱以间断焊(或用连接板)焊接在水槽外壁上,立柱伸入水槽平台以下的长度应大于水槽高度的三分之一。

12.5.1.6 外导向架各构件的连接设计应遵照《钢结构设计规范》(GBJ 17)的规定。

12.5.2 外导架结构计算

12.5.2.1 按活动塔节升至最高位置时的状况进行各构件的强度计算。

气柜各活动塔节升至最高位置时(见图 12.2),有最大风载。其轮压按 12.2 计算。根据式 (12-15)、(12-16)求出的最大水平轮压 H_{max} 后,继续进行下列计算。



定就在 $A_1(A_3, A_5)$ 点]有最大水平轮压 $H_{1\max}(H_{3\max}, H_{5\max})$, 而在相邻的 B、C 导轨上则有水平轮压 $H_1'(H_3', H_5')$, 按图 12.5.2.1(b) 求外导架各构件内力。

(1) 外导架水平环梁或拉杆的内力(拉力)[见图 12.5.2.1(a)]及强度校核, 内力为:

$$T_i = \frac{H_{i\max}}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \quad N \quad (12-27)$$

式中: $H_{i\max}(H_{1\max}, H_{3\max}, H_{5\max}, \dots)$ ——分别为钟罩、中节的外导轮的最大水平轮压, 按 12.2.3 求出, N ;

n ——外导轨数量。

水平环梁或拉杆强度校核:

$$\sigma = \frac{T_i}{F_i} \pm \frac{M}{W_x} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (12-28)$$

式中: F_i ——水平环梁或拉杆截面积, mm^2 ;

W_x ——水平环梁或拉杆弯矩作用平面内的断面模数, mm^3 ;

M ——水平环梁兼作平台时, 平台上活荷载产生的弯矩, $N \cdot \text{mm}$;

$[\sigma]$ ——构件许用应力(表 4.1.2-1), MPa 。

(2) 外导架斜撑内力及强度校核

为确定斜撑的内力, 将整个外导架空间体系划分为若干个平面体系。沿气柜一周各环节点上的力在 $0 \sim \max$ 范围内变化, 在两个相联接的环节点处产生不同的力(图 12.5.2.1), 其差为:

$$L_{A_1B_1} = T_1 - T_1' = \frac{H_{1\max} - H_1'}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \quad N \quad (12-29a)$$

$$L_{A_3B_3} = T_3 - T_3' = \frac{H_{3\max} - H_3'}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}} \quad N \quad (12-29b)$$

斜撑($A_1B_1, A_3B_3, \dots$)的内力(见图 12.5.2.1)为:

$$N_i = \frac{L_{A_iB_i}}{\cos \theta_i} \quad N \quad (12-30)$$

斜撑的强度校核:

$$\sigma = \frac{N_i}{F_i} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (12-31)$$

式(12-29~31)中的各符号意义:

$H_{1\max}, H_{3\max}, H_{5\max}$ ——分别为钟罩、中节 I、中节 II……的外导轮的最大水平轮压, 按 12.2.3 求出, N ;

H_1', H_3', H_5' ——分别为与有最大轮压 $H_{1\max}, H_{3\max}, H_{5\max}$ 的导轮相邻的导轮的轮压, N

$$H_i' = H_{i\max} \cos \frac{360^\circ}{n} \quad N$$

式中: n ——外导轨数量;

θ_i ——斜撑的水平夹角, 见图 12.5.2.1(b);

F_i ——斜撑截面面积, mm^2 ;

$[\sigma]$ ——构件许用应力(表 4.1.2-1), MPa 。

(3) 外导架立柱的内力及稳定性校核:

$$V_{A_1 A_3} = -N_1 \sin \theta_1 \quad N \quad (12-32a)$$

$$V_{A_3 A_5} = -N_1 \sin \theta_1 - N_3 \sin \theta_3 \quad N \quad (12-32b)$$

立柱的稳定性校核:

$$\sigma = \frac{V}{\phi F} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (12-33)$$

式中: V ——立柱轴向内力,由式(12-32)求得;

F ——立柱截面面积, mm^2 ;

ϕ ——根据立柱最大长细比决定的稳定系数,立柱与环梁、斜撑的联接按铰接考虑,见附录 I 中表 I-1;

$[\sigma]$ ——构件的许用应力,见表 4.1.2-1, MPa。

12.5.2.2 按导轮作用在导轨跨中位置时(如图 12.2.2 所示),根据 12.2 计算出导轮在跨中位置的最大轮压 $H_{1\max}$ 、 $H_{5\max}$ ……后,考虑到桁架构件在支点上的紧固及多跨梁的状况,采用下式计算立柱的跨中弯矩:

$$M = \frac{H_{1\max} l}{5} \quad N \cdot \text{mm} \quad (12-34)$$

式中: $H_{1\max}$ ——导轮在跨中位置的最大轮压, N ;

l ——相邻两环向节点间的立柱跨度, mm 。

按式(12-34)计算出弯矩后,考虑到轮压 $H_{1\max}$ (按 $\frac{1}{2}H_{1\max}$ 作用在环节点)还引起斜撑受拉、立柱受压[按式(12-29)、(12-30)、(12-32)计算],立柱在弯矩和轴向压力的联合作用下,按偏心受压进行校核。

12.6 无外导架直升式气柜的外导轨设计

12.6.1 外导轨的材料选用应满足表 3.4.4 的规定。一般采用工字钢或工字钢与槽钢组合构件,如图 12.6.1(a)、(b)。外导轨应布置在钟罩内立柱外侧,以增加导轨的强度与刚度。导轨允许拼接,接头应采用等强度连接。

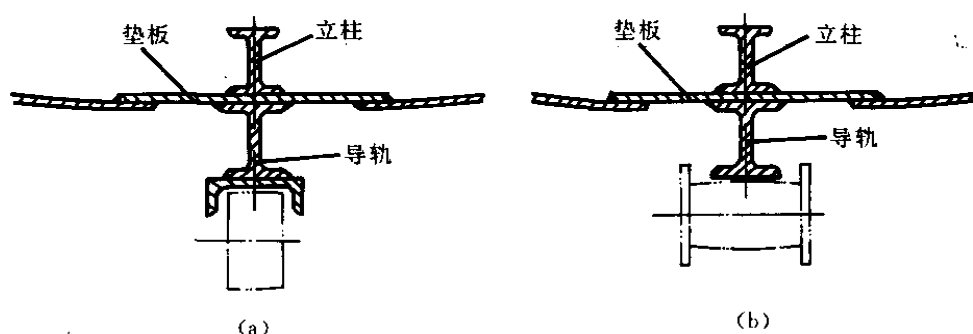


图 12.6.1 无外导架直升气柜导轨剖面图

12.6.2 一个塔节上的导轨数量应取 2 的倍数,相邻两导轨沿塔体周长的间距最大不应超过 5m~7m。

12.6.3 导轨垫板采用厚度为 5mm~6mm 的钢板。垫板与导轨、立柱的连接一般采用间断焊。导轨、立柱与上、下带板采用双面连续焊。垫板与塔体壁板采用双面搭接焊,搭接长度不应小于板厚的 5 倍,且不小于 35mm。导轨与塔壁的连接见图 12.6.3。

12.6.4 外导轨强度计算

按钟罩上升至最高位置时(如图 12.3),校核弯曲强度:

$$\sigma = \frac{H_{1max} \cdot b(l_c - b)}{l_c W} \leq [\sigma] \text{ MPa} \tag{12-35}$$

- 式中: H_{1max} ——钟罩上导轮最大水平轮压,按式(12-25a)计算,N;
 l_c ——导轨计算长度,将导轨视为上、下带板支承的简支梁,见图 12.6.4-1(a),当加有中间支承角钢圈时,按图 12.6.4-1(b),mm;
 b ——见图 12.6.4-1,mm;
 W ——外导轨与立柱包括每边 16 倍垫板厚度在内的壁板,所组合的截面断面模数(见图 12.6.4-2),mm³;
 $[\sigma]$ ——构件的许用弯曲应力(见表 4.1.2-1),MPa。

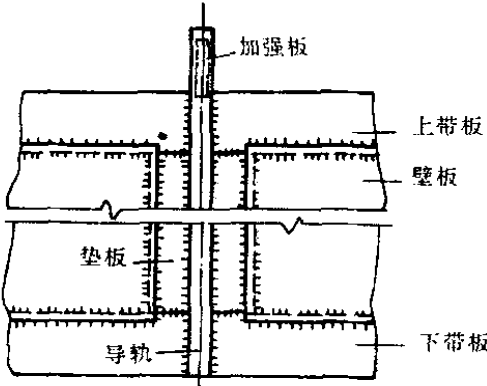


图 12.6.3 壁板构造

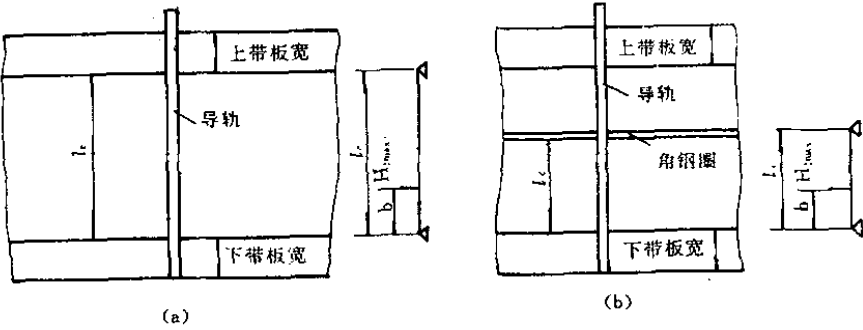
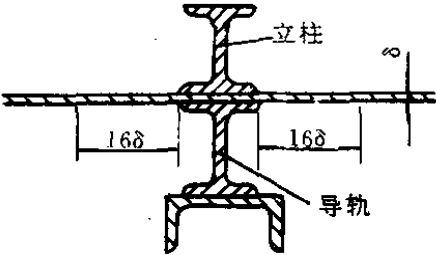


图 12.6.4-1 无外导架直导轨计算简图



12.6.4-2 导轨计算截面简图

12.7 直升式气柜的内导轨设计

外导架直升式气柜,其内导轨有两种型式,即活动塔节内侧的导轨和水槽壁内侧的导轨。而无外导架直升式气柜,由于这种型式的气柜仅推荐用于小型单节气柜,故只有水槽壁内侧的导轨一种型式,其结构设计 with 计算和外导架直升式气柜水槽内导轨一样。

12.7.1 水槽内导轨设计

12.7.1.1 水槽内导轨一般采用槽钢,以连接板固定在水槽壁上,连接形式见图 12.7.1.1(a)、(b)。内导轮上升的位置越高,水平轮压越大,故连接钢板间距(相当于梁的跨距)可取不等间距,上部间距小,下部间距可加大。

12.7.1.2 内导轨的数量取外导轨数量的 2 倍,以保证塔节升降的平稳性,导轨允许拼接,接头应采用等强度连接。

12.7.1.3 水槽内导轨强度计算

水槽内导轨为一多跨梁,作用有一个集中荷载,可视为两端嵌入梁校核弯曲强度:

$$\sigma = \frac{H_{\max} \cdot l_c}{8W} \leq [\sigma] \text{ MPa} \quad (12-36)$$

式中: $H_{\max}$ ——下导轮最大轮压, N, 对外导架直升气柜, 按式(12-16); 对无外导架直升气柜, 按式(12-25b)计算;

l_c ——导轨支点跨距, 见图 12.7.1.1, mm;

W ——导轨断面模数, mm^3 ;

$[\sigma]$ ——导轨许用弯曲应力(见 4.1.2), MPa。

12.7.2 活动塔节内导轨结构设计

12.7.2.1 活动塔节内导轨通常采用工字钢。用作导轨的型钢断面高度应有限制, 以免妨碍活动塔节的升降。导轨允许拼接, 接头应采用等强度连接或全焊透结构。

12.7.2.2 内导轨与塔壁上、下带板焊接, 而与塔壁的薄壁板不得焊接。导轨下部应伸出活动塔节底环一段距离, 以使导轮能向下滚动到最低位置。为了防止内导轨在中部出现扭转和失稳, 可在导轨型钢腹板、翼缘上焊加劲肋, 加劲肋不得焊在塔壁薄板上, 见图 12.7.2.2。

12.7.2.3 内导轨的数量取外导轨数量的 2 倍, 以保证塔节升降的平稳性。内导轨同时起塔节立柱的作用, 故应满足立柱的设计要求。

12.7.2.4 活动塔节内导轨强度核算:

$$\sigma = \frac{H_{\max} \cdot l_c}{5W} \leq [\sigma] \text{ MPa} \quad (12-37)$$

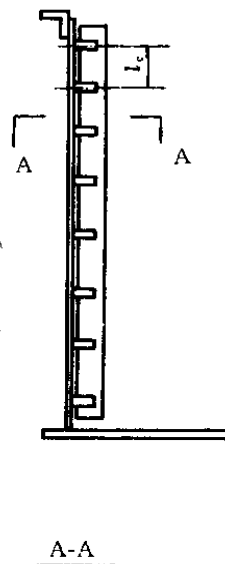


图 12.7.1.1 水槽内导轨简图

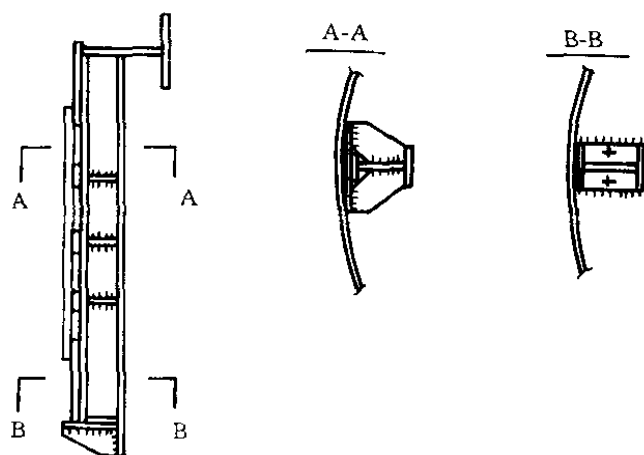


图 12.7.2.2 活动节内导轨简图

式中: $H_{\max}$ ——导轨在跨中位置时,下导轮最大轮压按式(12-16)求得,N;

l_c ——导轨跨距,mm,取上、下带板之间净距离。当导轨弯曲强度不足时,应增设角钢支承圈,以减小梁的跨度;

W ——导轨断面模数, mm^3 ;

$[\sigma]$ ——导轨许用弯曲应力(见 4.1.2),MPa。

当塔体降落在水槽垫梁上时,由于上部重量及塔体自重,尚承受垂直荷载,但此时无水平荷载作用,故垂直荷载与水平荷载不为同时作用。垂直荷载作用下内导轨的强度和稳定计算见立柱的计算。

13 导 轮 设 计

13.1 螺旋气柜的导轮组设计

13.1.1 导轮组的材料选用

13.1.1.1 导轮应具有较高的耐磨性和接触强度,经热处理后,达到索氏体组织。其表面硬度 $HB \geq 320$,并具有一定的深层硬度,距表面 15mm 处的硬度 HB 值应不低于 280。导轮材料一般采用普通优质碳素钢(GB 699)的 45 号钢,或碳素钢铸件(GB 5676)ZG 270-500、ZG 340-640。

13.1.1.2 轮轴材料应具有良好的综合机械性能,通常采用优质中碳钢 40 号钢和 45 号钢(GB 699)。经调质处理,对于小型气柜,也可采用普通碳素结构钢(GB 700)A3、A5。

13.1.1.3 导轮座一般采用铸件。小型气柜的导轮座可采用灰铸铁件(GB 5675)的 HT 200;大、中型气柜的导轮座应采用碳素钢铸件 ZG 230-450、ZG 270-500。

13.1.2 导轮组的数量与导轨数量相同,导轮沿塔体切向与导轨接触。导轮应设计成能同时承受来自导轮径向和轴向两个方向的外力。导轮与轴的连接应可靠,一般采用不可拆连接。如焊接,见图 13.1.2,或其他方式的连接。

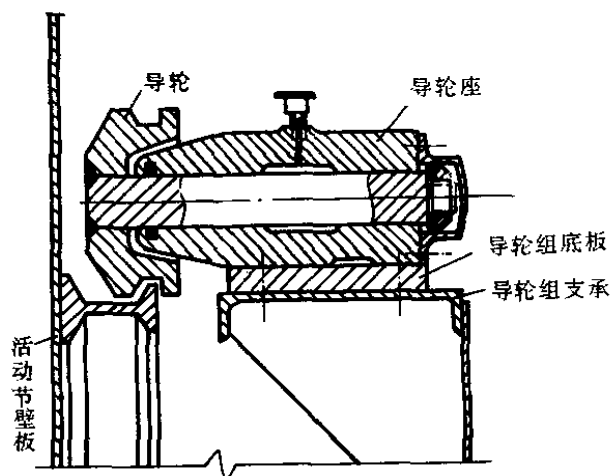


图 13.1.2 导轮组剖面图

13.1.3 导轮沿轴向(相对于导轮座)应有必要的串动量,最大串动量应不超过 30mm~40mm。安装时,导轮沿轴向应调整到两侧均有串动量的中间位置。

13.1.4 导轮缘凹槽宽度应大于导轨头部高度,两侧间隙各为 4mm~6mm,总间隙应不超过 8mm~12mm。

13.1.5 导轮结构应允许导轮座沿轮轴径向可以调整,径向调整的两向位移应不小于 30mm。安装时导轮与导轨接触面应有 5mm 的径向间隙。

13.1.6 导轮应设计有润滑措施,必要时可设计有轴衬结构,并有必要的油封及防尘结构,以

免轮轴锈蚀和大气中灰尘污染。

13.1.7 导轮组底板焊接在水槽平台或水封挂圈上,导轮座用螺栓与底板连接,为增加导轮座承受水平荷载的能力,可将导轮座底板或底板的顶面加工成细齿,以增加接触面的摩擦系数,如图 13.1.7 所示。

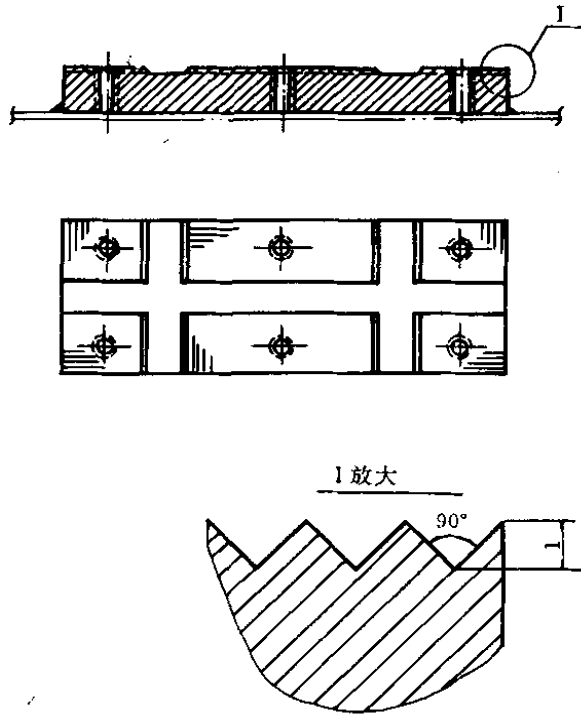


图 13.1.7 导轮底板图

13.1.8 导轮组安装处的水槽壁顶部或水封挂圈应进行必要的局部加强,如图 13.1.8-1、13.1.8-2(a)、(b)所示。

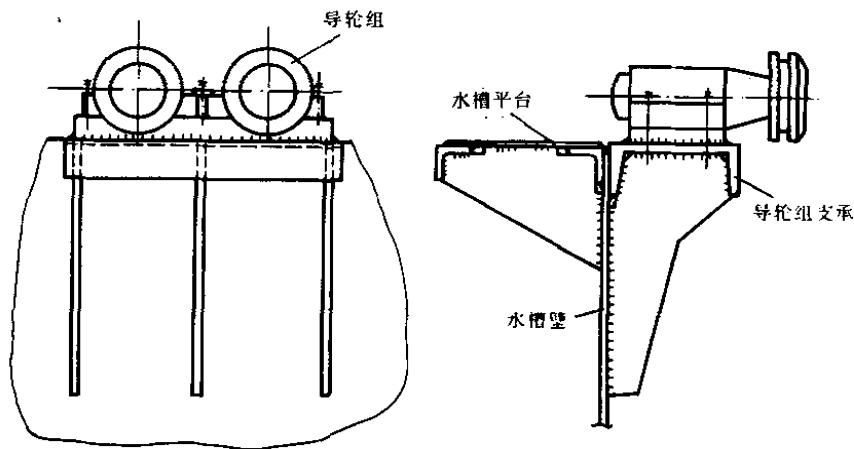


图 13.1.8-1 水槽顶部导轮组支承结构

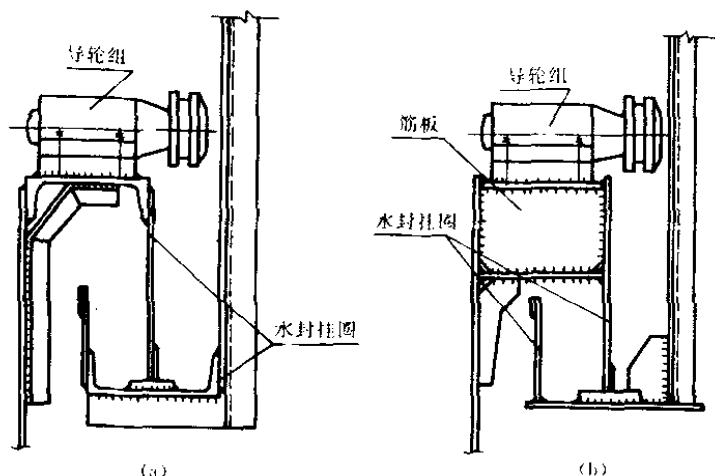


图 13.1.8-2 水封挂圈导轮组的支承结构

13.1.9 导轮组强度计算:按同一气柜上受力最大的导轮进行强度计算。

13.1.9.1 导轮轴计算

根据 13.1.1.2 确定了轴的材料后,按下述步骤计算:

(1)按弯曲强度确定轴径[参见图 13.1.9.1(1)]

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{a_1 P_{\max} + R H_{\max}}{0.1 [\sigma_w]}} \quad \text{mm} \quad (13-1)$$

式中: $P_{\max}$ ——按组合荷载计算的导轮最大法向压力,见式(12-10),N;

$H_{\max}$ ——导轮轴向最大水平轮压,见式(12-8),N;

a_1 、 R ——见图 13.1.9.1(1),mm;

$[\sigma_w]$ ——轮轴材料的许用弯曲应力,按表 4.1.5 确定。

(2)校核轴的剪切强度

$$\tau = \frac{P_{\max}}{0.785 d^2} \leq [\tau] \quad \text{MPa} \quad (13-2)$$

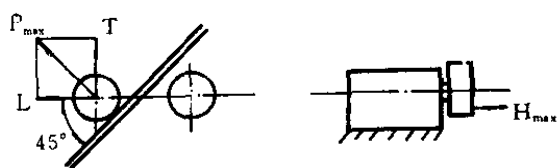
式中: $[\tau]$ ——轮轴材料的许用剪切应力,取 $[\tau] = 0.6 [\sigma_w]$ 。

13.1.9.2 根据导轮的轴向推力作端面承压计算:

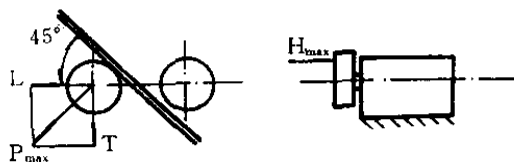
$$\left. \begin{aligned} \frac{H_{\max}}{0.785(d_1^2 - d^2)} &\leq [\sigma_{cd}] \\ \frac{H_{\max}}{0.785(d_2^2 - d^2)} &\leq [\sigma_{cd}] \end{aligned} \right\} \quad \text{MPa} \quad (13-3)$$

式中: d_1 、 d_2 ——见图 13.1.9.1(1),mm;

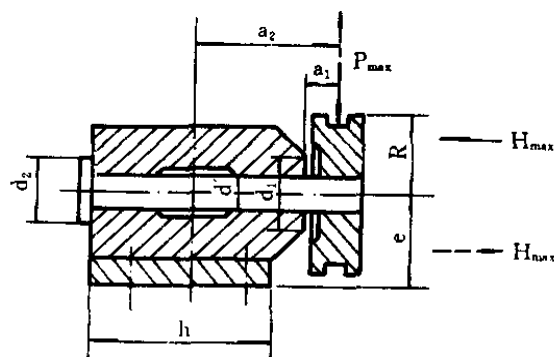
$[\sigma_{cd}]$ ——端面许用挤压应力,按表 4.1.2-1 选用,如材料在表 4.1.2-1 之外,则取两挤压面材料中挤压强度较低者的屈服限,即 $[\sigma_{cd}] = \sigma_s$ 。



(a) 迎风侧导轮



(b) 背风侧导轮



(c)

图 13.1.9.1(1) 螺旋导轮计算简图

13.1.9.3 导轮座螺栓计算

导轮座底面弯矩,按式(13-4)求出,取绝对值较大者。

$$\left. \begin{array}{l} \text{迎风侧: } M = a_2 P_{\max} - (e - 0.7R) H_{\max} \\ \text{背风侧: } M = a_2 P_{\max} - (e + 0.7R) H_{\max} \end{array} \right\} \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (13-4)$$

式中各值见图 13.1.9.1(1)

地脚螺栓根径按式(13-5)确定:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{24M}{\pi Z h [\sigma]}} + C \quad \text{mm} \quad (13-5)$$

式中: Z——螺栓个数;

h——导轮座底面宽度,见图 13.1.9.1(1),mm;

$[\sigma]$ ——螺栓许用拉应力,对低碳钢取 $[\sigma] = 147\text{MPa}$;

C——腐蚀裕度,一般取 3mm。

如底板无抗剪措施,尚须按式(13-6)进行抗滑动验算:

$$d_1^2 \geq \frac{5.6}{\pi Z f [\sigma]} \sqrt{(0.7 P_{\max})^2 + H_{\max}^2} \quad \text{mm}^2 \quad (13-6)$$

式中: f——导轮座底面与底板的摩擦系数;

钢对钢未加工表面 $f=0.3$;

钢对钢加工表面 $f=0.15$;

钢对铸铁 $f=0.3$ 。

13.1.10 导轮与导轨的接触应力验算

按式(13-7)验算接触正应力:

$$\sigma_c = 0.418 \sqrt{\frac{EP_{\max}}{br}} \leq [\sigma_{\text{线}}]_{\max} \quad \text{MPa} \quad (13-7)$$

式中: r ——导轮接触面曲率半径, mm;

b ——接触宽度, mm;

E ——折算弹性模数, MPa;

$$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}$$

E_1 ——导轮材料的弹性模数;

E_2 ——导轨材料的弹性模数;

$[\sigma_{\text{线}}]_{\max}$ ——许用接触正应力, 按表 4.1.3 查得。

13.2 直升气柜的导轮设计

13.2.1 导轮组的材料按下述规定选用

13.2.1.1 导轮和导轮轴材料选用见 13.1.1.1、13.1.1.2。

13.2.1.2 导轮座一般宜采用焊接件, 材料采用普通碳素结构钢。

13.2.2 导轮数量与导轨数量相同, 导轮设置一般采用沿塔体径向与导轨相接触, 导轮只承受来自轮轴径向的外力。有外导架的直升式气柜的上导轮, 应安装在钟罩顶边缘板上及水封上挂圈水平板上; 无外导架直升式气柜的上导轮应安装在水槽平台上(支承结构参见图 13.2.2); 下导轮安装在水封下挂圈水平板底面及底环的底面(下部结构的加强参见图 13.2.2)。

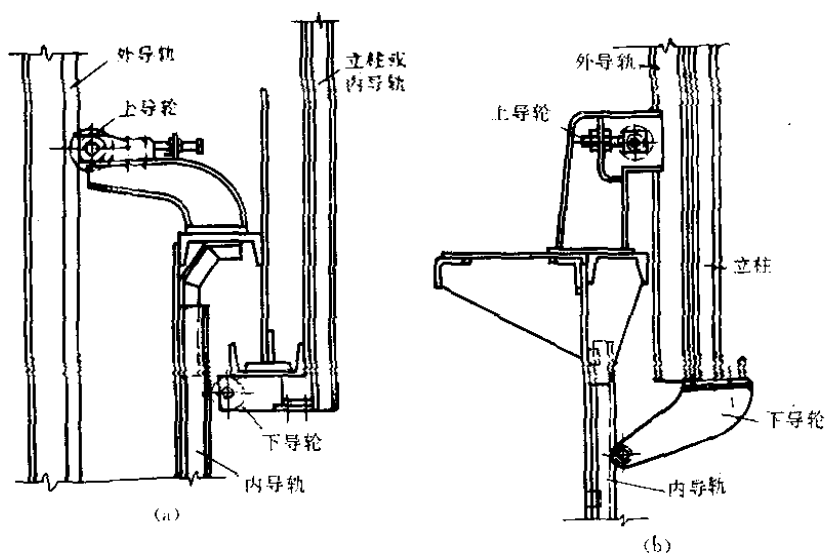


图 13.2.2 直升气柜上、下导轮及导轨的构造关系图

13.2.3 有外导架直升气柜上、下导轮及导轨的构造关系见图 13.2.2(a);无外导架直升式气柜上、下导轮及导轨的构造关系见图 13.2.2(b)。

有外导架的直升式气柜各塔节的上、下导轮之间的距离是固定的,而无外导架的直升式气柜钟罩上、下导轮之间的距离,随着塔体的升高而减小。为保持塔体的平稳,上、下导轮之间的最小距离不得小于 1300mm~1500mm。

13.2.4 上导轮沿塔体径向应可调节,径向调节位移应不小于 40mm。上导轮应有润滑措施,上、下导轮轴承应设有轴衬结构,以保证导轨与导轮之间的摩擦为滚动摩擦。

13.2.5 导轮轴计算

根据 13.2.1.1 确定了轴的材料后,按弯曲强度确定轴径(见图 13.2.5);

$$M = \frac{H_{\max} \cdot L}{8}$$

$$d = 2.17 \sqrt[3]{\frac{M}{[\sigma_w]}} \quad \text{mm} \tag{13-8}$$

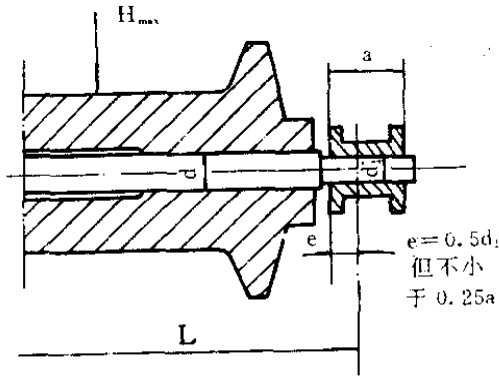


图 13.2.5 直导轨轮轴计算图

式中: $H_{\max}$ ——导轮上的总轮压,N;
 L ——导轮轴计算长度,mm,见图 13.2.5;
 $[\sigma_w]$ ——许用弯曲应力,查表 4.1.5,当轴随导轮转动则取 $[\sigma_w]$ Ⅲ,当轴不随导轮转动,则取 $[\sigma_w]$ Ⅱ。

校核剪切强度:

$$\tau = \frac{H_{\max}}{1.57d^2} \leq [\tau] \quad \text{MPa} \tag{13-9}$$

式中: $[\tau]$ ——轮轴材料的许用剪切应力,取 $[\tau] = 0.6[\sigma_w]$ 。

13.2.6 导轮座计算

导轮座应根据最大水平推力,按图 13.2.6 校核导轮座的弯曲强度:

$$\sigma = \frac{LH_{\max}}{W} \leq [\sigma_w] \quad \text{MPa} \tag{13-10}$$

式中: W ——导轮座底部抗弯断面模数,mm³;
 $[\sigma_w]$ ——弯曲许用应力,见表 4.1.2-1,MPa。

导轮座与水槽平台或塔节的连接计算:

当采用螺栓连接时,地脚螺栓根径按式(13-11)确定:

$$d \geq \sqrt{\frac{24LH_{\max}}{\pi Zh[\sigma]}} + C \quad \text{mm} \quad (13-11)$$

式中: L, h ——见图 13.2.6, mm;

$H_{\max}$ ——导轮上的总轮压, N;

Z ——螺栓个数;

$[\sigma]$ ——螺栓许用拉应力, 对低碳钢, 取 $[\sigma] = 147 \text{ MPa}$;

C ——腐蚀裕度, 取 3mm。

如底板无抗剪措施, 尚须按式(13-12)进行抗滑动验算:

$$d^2 \geq \frac{5.6}{\pi Z f [\sigma]} \cdot H_{\max} \quad \text{mm}^2 \quad (13-12)$$

式中 $H_{\max}$ 为总轮压, 其余各符号同式(13-6)。

当导轮座采用焊接连接时, 应验算底板与塔体的连接焊缝强度。

导轮底板厚度视导轮座(支架)形式, 按单边或多边固定支承的平板进行计算。

13.2.7 导轮与导轨的接触应力验算同 13.1.10。

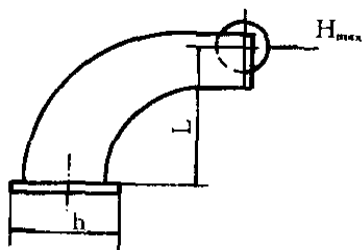


图 13.2.6 导轮座计算简图

14 活动塔节的内立柱设计

14.1 内立柱的结构设计

由于活动塔节的壁板较薄,不能支承上部荷重和塔体自重,塔节内壁应设有支柱——立柱。

14.1.1 内立柱数量应根据气柜的型式和活动塔节的实际需要来确定。

14.1.1.1 对于螺旋导轨的气柜,立柱除承受垂直负荷外,还有支承螺旋导轨的作用。立柱的数量应满足下述要求:

(1)相邻两立柱沿塔体圆弧的间距一般为 2m~4m。

(2)立柱的数量应为导轨的倍数(或相等)。

14.1.1.2 对有外导架的直升气柜,立柱的数量应满足下述要求:

(1)相邻两立柱沿塔体圆弧的间距一般为 3m~5m。

(2)对多节气柜,当立柱作为内导轨时,立柱的数量等于外导轨数量的 2 倍。

14.1.1.3 对于无外导架的直升气柜,立柱起着加强导轨的作用。立柱的数量应满足下述要求:

(1)相邻两立柱沿塔体圆弧的间距,一般为 2m~4m。

(2)立柱的数量应为导轨数量的倍数(或相等)。

14.1.1.4 钟罩内立柱的数量应与罩顶球形拱架主梁的数量相等。

14.1.2 立柱一般采用型钢。当立柱不兼作内导轨时,如钟罩立柱及螺旋气柜各活动塔节的立柱,可以采用工字钢、槽钢、角钢或管子来制作;当立柱兼作内导轨时,通常采用工字钢制作。采用工字钢作立柱其结构形式可参见 12.7.2.2 及图 12.7.2.2。采用管子作立柱时,通常在管子内腔填满捣实的混凝土,借以减少专门设置的配重块。

14.1.3 用作立柱的型钢,考虑到在介质内的双面腐蚀,型钢各部分厚度不应小于 5mm。

14.1.4 立柱与塔壁上、下带板焊接(直接连接或加连接板),而与塔壁的薄壁板不得焊接。立柱与导轨垫板的连接可以采用焊接也可采用螺栓连接,螺栓头周边应进行密封焊,以免泄漏。

14.1.5 兼作内导轨的立柱设计应遵照 12.7.2 的规定。

14.2 内立柱的计算

内立柱的受力分两种状况,即当活动塔节降落在水槽垫梁上时,由于上部荷重及塔节自重,立柱受压;当活动塔节升起后,立柱受拉,同时尚需考虑内外导轮压力所产生的弯曲应力。

14.2.1 当活动塔节降落在水槽垫梁上时,按轴心受压验算立柱稳定性。

$$\frac{Q}{\phi A_n} \leq [\sigma] \text{ MPa} \quad (14-1)$$

式中: Q ——立柱承重,N;对钟罩 Q 为钟罩全重+全部雪载+上部配重块重,对中节 Q 为中节全重;

n ——立柱根数；

A ——立柱截面积, mm^2 ；

ϕ ——根据立柱最大长细比决定的稳定系数, 见附录 I 中表 I-1。立柱计算长度 L_c , 当立柱无中间支承圈时按图 14.2.1(a), 有中间支承圈时按图 14.2.1(b)；

$[\sigma]$ ——立柱许用应力, 按表 4.1.2-1 查得, MPa 。

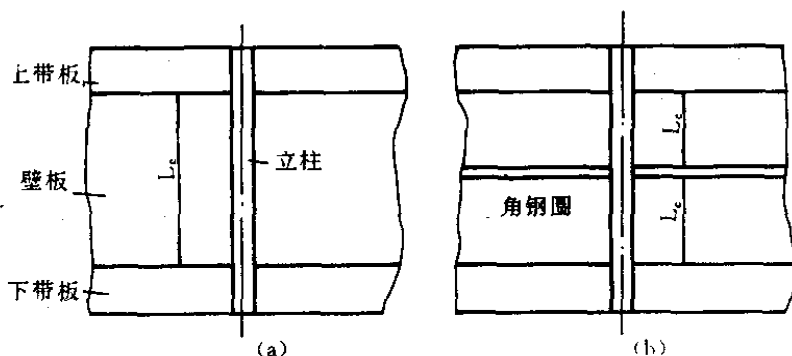


图 14.2.1 立柱计算长度示例

14.2.2 活动塔节升起后, 下部的悬拉重力, 使立柱受拉。由于壁板承载能力较大, 立柱的拉伸强度不作考虑。

14.2.3 螺旋气柜活动塔节升起后, 在导轮垂直轮压作用下, 立柱按轴心受压验算立柱稳定性。

$$\frac{T_{\max}}{\phi A} \leq [\sigma] \quad \text{MPa} \quad (14-2)$$

式中 $T_{\max}$ 为最大垂直轮压, N ；

其余同式(14-1)。

14.2.4 无外导架直升式气柜, 立柱和导轨共同承受导轮压力时, 应验算弯曲强度, 详见 12.6.4。

15 气柜抗震设计

15.1 一般规定

15.1.1 当建柜地区设计地震烈度大于或等于 7 度时,必须考虑抗震计算。设计烈度为 7~9 度时,按本章规定进行抗震设计。设计烈度高于 9 度时应进行专门研究设计。

15.1.2 气柜进行抗震强度验算,一般只考虑水平方向的地震荷载,并且仅需按一个主轴方向进行验算。

15.1.3 验算气柜抗震强度时,按 2.7.2 规定的荷载组合取计算荷载,轮压应乘以 1.2 的不均匀系数。

15.1.4 验算气柜抗震强度时,容许应力应取不考虑地震荷载时数值的 125%,即 $[\sigma]_e = 1.25 [\sigma]$ 。

15.2 水平地震力的计算

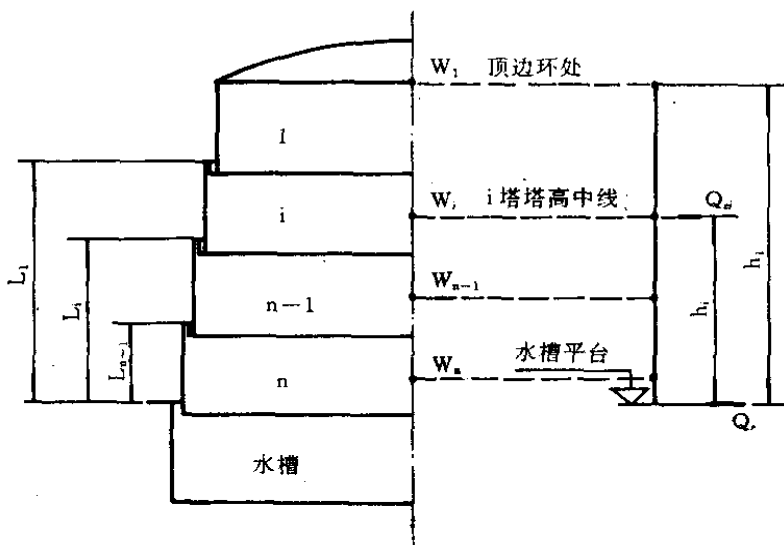


图 15.2-1 气柜抗震计算简图

将气柜的塔体结构简化为多质点体系,每一塔节简化为一质点,质点位置如图 15.2-1 所示。其总水平方向地震力(塔底剪力)可按式(15-1)计算:

$$Q_e = CK_h \beta_1 W_0 \quad N \quad (15-1)$$

式中: C ——结构影响系数,取 $C=0.4$;

K_h ——相应设计烈度的水平方向地震系数,本章中相应设计烈度的水平方向地震系数均应按表 15.2-1 采用。

β_1 ——相应于结构基本周期 T_1 的动力放大系数。当气柜容量小于 150000m^3 时,可近似地取 $T_1=0.5\text{s}$,相应的动力放大系数 β_1 应按表 15.2-2 采用。

水平方向地震系数 K_h

表 15.2-1

设计烈度	7 度	8 度	9 度
K_h	0.1	0.2	0.4

动力放大系数 β_1

表 15.2-2

土壤类	I 类土 ^①	II 类土 ^②	III 类土 ^③
β_1	0.9	1.35	2.25

注：①稳定岩石；

②除 I、III 类场地土外的一般稳定土；

③饱和松沙，软塑至流塑的轻亚粘土、淤泥和淤泥质土、冲填土以及其它松软的土壤土等。

当采用其他更可靠的方法确定气柜结构基本自振周期 T_1 时，应按图 15.2-2 确定动力放大系数 β_1 ；

β_1 等于图中的 β , $\beta_{\max} = 2.25$, $\beta_{\min} = 0.2\beta_{\max} = 0.45$

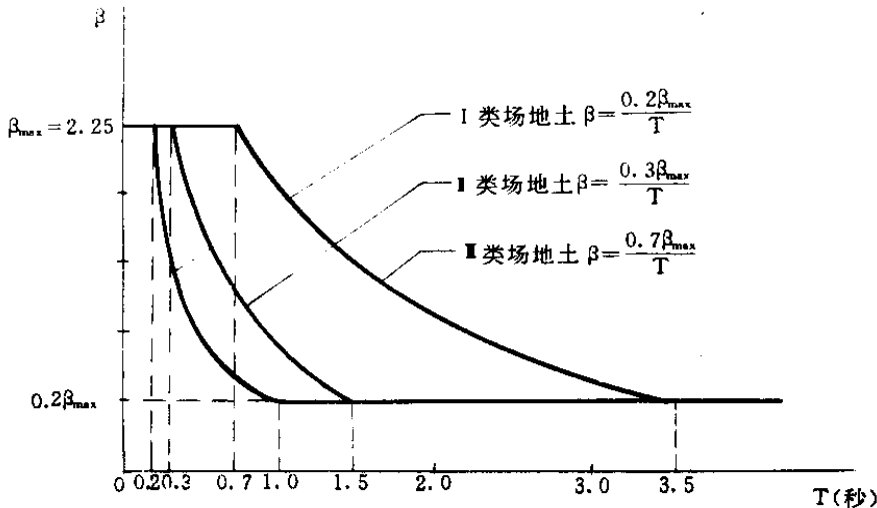


图 15.2-2 动力放大系数 β

W_0 ——各活动塔节总重力, N , 包括各塔体结构、水封环内贮水、导轮、附件的重力和配重块重力, 以及罩顶半边均布雪荷载的 50%。

沿塔体高度作用于各质点的水平方向地震力按式(15-2)求出：

$$Q_{ei} = \frac{W_i h_i}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} Q_e \quad i=1, 2, \dots, n \quad N \quad (15-2)$$

式中： W_i ——集中在质点 i 的重力, N , 包括 i 塔塔体结构、水封环内贮水、导轮、附件的重力和配重块重力, 钟罩尚应包括罩顶半边均布雪荷载的 50%；

h_i ——由水槽平台至相应集中质点 i 处的高度, m ；

下标 i 为所计算的塔体活动节序号, 由上到下顺序为 $1, 2, \dots, n$; n 为活动塔节的总节数。

15.3 螺旋导轨气柜的抗震强度验算

按 15.2 计算出水平地震力后,再按下述步骤进行抗震验算:

15.3.1 地震弯矩计算

水平地震力对任一塔节 i 下部(导轮所在平面)产生的倾覆力矩为:

$$M_{ei} = \sum_{j=1}^i Q_{ej}(h_j - L_j) \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (15-3)$$

式中: L_j ——为支承 i 塔的导轮所在平面至水槽平台的距离, m , 见图 15.2-1。

水平地震力对水槽平台产生的总倾覆力矩为:

$$M_e = \sum_{i=1}^n Q_{ei} h_i \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (15-4)$$

15.3.2 地震荷载作用下,导轮轮压的计算

在地震荷载作用下,各导轮的轮压与风荷载作用下的分布状况相同,即沿塔体四周按余弦规律分布,最大轮压出现在迎风侧与避风侧与风向夹角为零的导轮上,故任一塔节 i 的最大垂直轮压为:

$$T_{eimax} = 1.2 \frac{4M_{ei}}{D_i n_i} \quad \text{N} \quad (15-5)$$

最大水平轮压(沿导轮轴轴向)为:

$$H_{eimax} = 1.2 \frac{2 \sum_{i=1}^i Q_{ei}}{n_i} \quad \text{N} \quad (15-6)$$

上二式中: D_i ——所计算塔节的塔体直径, m ;

n_i ——所计算塔节的导轨根数。

15.3.3 按联合荷载确定抗震计算轮压

垂直方向计算轮压为:

$$T_{imax} = 0.5T_{simax} + 0.25T_{wimax} + T_{eimax} \quad \text{N} \quad (15-7)$$

水平方向计算轮压为:

$$H_{imax} = 0.25H_{wimax} + H_{eimax} \quad \text{N} \quad (15-8)$$

式中 T_{simax} 、 T_{wimax} 、 H_{eimax} 按 12.1.1 和 12.1.2 的计算结果。

轮缘法向计算轮压为:

$$P_{imax} = \sqrt{2} T_{imax} \quad \text{N} \quad (15-9)$$

15.3.4 强度验算

根据实际震害状况和破坏程度,本规定适用范围内的螺旋气柜,需分别按下列两种工况进行抗震验算。

15.3.4.1 各活动塔节升至最大高度时,验算各塔导轨、导轮的强度。在地震、雪载,风载联合作用下,导轮、导轨强度验算均按 13.1 和 12.4 进行,只需将计算轮压换为联合荷载作用下的抗震计算轮压,各许用应力取原值的 1.25 倍。

15.3.4.2 仅最下一节活动塔节未升起时,应验算该塔上部伸出挂圈的导轨与上挂圈之间

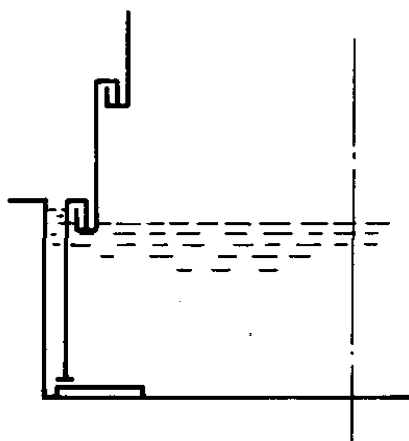


图 15.3.4.2 底塔未升起时简图

的连接强度。

当各塔节均已升起,仅底塔尚未升起或刚刚脱离水槽垫梁时(如图 15.3.4.2),水槽平台上的导轮接触底塔导轨的伸臂处,应以抗震计算轮压按悬臂梁计算导轨的悬臂部分及其与塔体上带板的连接强度。其余同 15.3.4.1,必要时应对悬臂段进行加强。

15.4 外导架直导轨气柜的抗震强度验算

按 15.2 计算出水平地震力后,再按下述步骤进行抗震验算(图 15.4)。

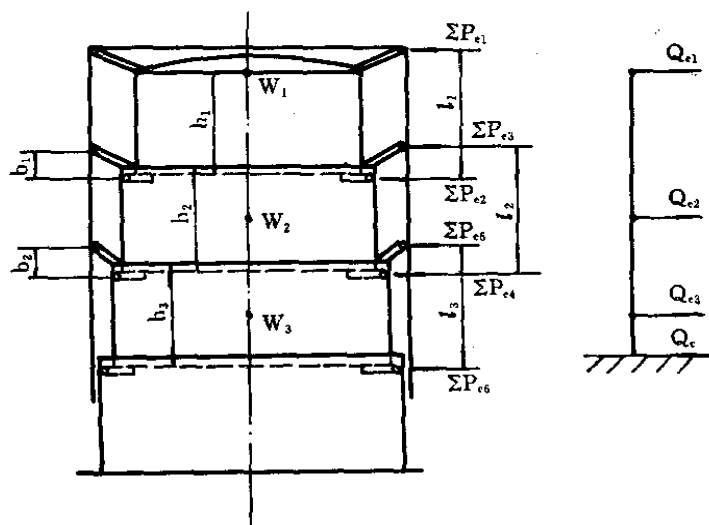


图 15.4 外导架直升气柜抗震计算简图

15.4.1 活动塔节全升起后,地震荷载在塔节一侧产生的水平压力的合力,可近似按式(15-10)计算:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma P_{e1} &= \frac{h_1}{l_1} Q_{e1} \\ \Sigma P_{e2} &= \left(1 - \frac{h_1}{l_1}\right) Q_{e1} \\ \Sigma P_{e3} &= \frac{h_2}{2l_2} Q_{e2} + \left(1 - \frac{b_1}{l_2}\right) \Sigma P_{e2} \\ \Sigma P_{e4} &= \left(1 - \frac{h_2}{2l_2}\right) Q_{e2} + \frac{b_1}{l_2} \Sigma P_{e2} \\ \Sigma P_{e5} &= \frac{h_3}{2l_3} Q_{e3} + \left(1 - \frac{b_2}{l_3}\right) \Sigma P_{e4} \\ \Sigma P_{e6} &= \left(1 - \frac{h_3}{2l_3}\right) Q_{e3} + \frac{b_2}{l_3} \Sigma P_{e4} \end{aligned} \right\} N \quad (15-10)$$

式中: $Q_{e1}, Q_{e2}, \dots$ ——各质点的水平方向地震力, N ;

其余各长度见图 15.4。

15.4.2 地震荷载作用下导轮的轮压计算

设在地震荷载作用下,各导轮的轮压与风荷载作用下的分布状况相同,即沿塔体半圆按余弦规律分布,最大轮压按最危险状况考虑,假定出现在背风侧与风向夹角为零的导轮上,故任一塔节*i*的导轮最大水平轮压为:

$$H_{ei\max}=1.2 \frac{4\sum P_{ei}}{n_i} \quad N \quad (15-11)$$

式中: n_i ——所计算塔节的导轨根数;

$\sum P_{ei}$ ——按式(15-10)所计算的水平轮压合力, N 。

15.4.3 按联合荷载确定抗震计算轮压

钟罩的上导轮水平计算轮压为:

$$H_{imax}=0.5H_{simax}+0.25H_{wimax}+H_{eimax} \quad (15-12)$$

其余各导轮(包括下导轮)水平计算轮压为:

$$H_{imax}=0.25H_{wimax}+H_{eimax} \quad (15-13)$$

式中 H_{simax} 、 H_{wimax} 、 H_{eimax} 按 12.2.1 和 12.2.2 计算的结果。

15.4.4 强度验算

根据实际震害状况和破坏程度,本规定适用范围内的外导架直升气柜,需分别按下列两种工况进行抗震验算:

15.4.4.1 各活动塔节升至最大高度时,验算各塔导轮、导轨的强度。在地震、雪载、风载联合作用下,导轮、导轨的强度验算均按 13.2 和 12.5 进行,只需将计算轮压换为联合荷载作用下的抗震计算轮压,各许用应力取原值的 1.25 倍。

15.4.4.2 当导轮作用在导轨跨中位置时(导轨环向连接点的中点),如图 12.2.2,导轨立柱将产生最大弯曲应力,此时需验算导轨强度。轮压的计算同前,只是最下一节活动节未全部升起,露出高度仅为塔节高度的一半,其余同 15.4.4.1。

15.5 无外导架直升式气柜的抗震强度验算

本规定适用的无外导架直升式气柜为单节,按式(15-1)计算得水平方向地震力后,再按下述步骤进行抗震验算:

15.5.1 水平方向地震力, $Q_d=Q_e$ 。

15.5.2 地震荷载作用下,导轮的轮压计算:

假定各导轮的轮压同风荷载作用下的分布状况,即沿塔体半圆按余弦规律分布,上、下导轮最大轮压按最危险状况考虑,出现在背风侧和迎风侧与风向夹角为零的导轮上。

背风侧上导轮轮压为:

$$H_{s1\max}=1.2 \frac{4Q_d a}{nb} \quad N \quad (15-14)$$

迎风侧下导轮轮压为:

$$H_{s2\max}=1.2 \frac{4Q_d (a-b)}{n'b} \quad N \quad (15-15)$$

上二式中: n ——外导轨数;

n' ——内导轨数;

其余见图 15.5.2。

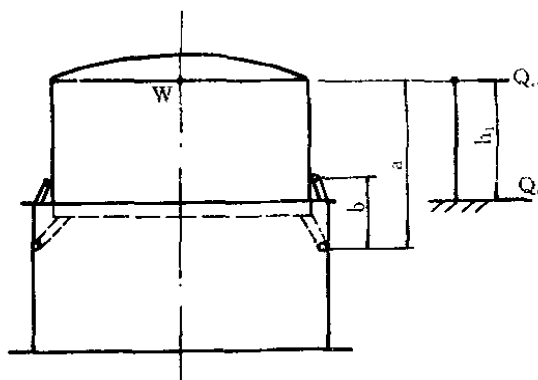


图 15.5.2 无外导架直升式气柜抗震计算简图

15.5.3 按联合荷载确定抗震计算轮压

背风侧上导轮抗震计算轮压为：

$$H_{1\max} = 0.5H_{s1\max} + 0.25H_{w1\max} + H_{c1\max} \quad (15-16)$$

迎风侧下导轮抗震计算轮压为：

$$H_{2\max} = 0.5H_{s2\max} + 0.25H_{w2\max} + H_{c2\max} \quad (15-17)$$

上二式中 $H_{s1\max}$ 、 $H_{w1\max}$ 、 $H_{s2\max}$ 、 $H_{w2\max}$ 按 12.3.1 和 12.3.2 计算。

15.5.4 强度验算

根据实际震害状况和破坏程度，本规定适用范围内的螺旋气柜仅需按下列工况进行抗震验算。

即钟罩全升起后验算导轮、导轨强度，分别按 13.2 和 12.6 进行，只需将计算轮压换为联合荷载作用下的抗震计算轮压，各许用应力取原值的 1.25 倍。

15.6 气柜抗震措施

15.6.1 设计烈度为 7 度、8 度且场地土为 II 类，或设计烈度为 9 度时，则螺旋气柜的高度和直径之比值不宜大于 1.2。

15.6.2 容量等于或大于 5000m³ 的气柜，导轨不宜采用小于 24kg/m 的钢轨。

15.6.3 当设计烈度为 7 度、8 度且场地土为 II 类，或设计烈度为 9 度时，则进出气管均应设置弯管补偿器或其他柔性连接。保温墙的基础应与水槽的基础整体浇筑。

15.6.4 在地震设防区，当水槽底板外圈板厚度大于或等于 10mm 时，内侧角焊缝应焊成具有圆弧过渡的不等边角焊，其喉高不应小于边缘板的厚度（见图 15.6.4）。

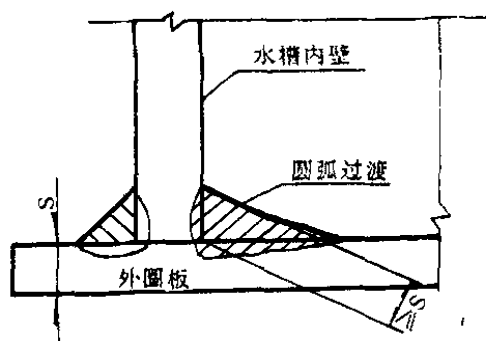


图 15.6.4 水槽壁板与底板焊接简图

16 配重设计与计算

仅仅靠活动塔节的自重,通常是不能使气体的压力达到工艺要求的数值,为此则须附加配重压块。同时为了平衡活动塔节上的扶梯的重量,也须在对应处附加配重压块。

16.1 所需配重块重量计算

不计配重块,钟罩升起后气体的最小压力为:

$$P_1 = \frac{4}{\pi D_1^2} [W_{s1} + W_{w1} - \frac{W_{s1}'}{7.85} - V_1(\gamma - \gamma_1)] \text{ Pa} \quad (16-1a)$$

不计配重块重力,第一个中节升起后气体的最小压力为:

$$P_2 = \frac{4}{\pi D_2^2} [W_{s1} + W_{s2} + W_{w1} + W_{w2} - \frac{W_{s2}'}{7.85} - V_2(\gamma - \gamma_1)] \text{ Pa} \quad (16-1b)$$

不计配重块重力,最下一个活动节升起后气体的最小压力为:

$$P_n = \frac{4}{\pi D_n^2} [\sum W_{sn} + \sum W_{wn} - \frac{W_{sn}'}{7.85} - V_n(\gamma - \gamma_1)] \text{ Pa} \quad (16-1n)$$

式中: $D_1, D_2, \dots, D_n$ ——分别为钟罩、中节 I、II……中节 n 的塔体内径, m;

$W_{s1}, \dots, W_{sn}$ ——分别为已升起的活动节的结构重力, N;

$W_{w1}, \dots, W_{wn}$ ——分别为已升起的活动节挂圈内的水重(N),当所计算的状况下,每一挂圈内的水尚未与水槽内的水完全隔离时,则此挂圈内的水重不计;

$W_{s1}', \dots, W_{sn}'$ ——分别为已升起(指脱离水槽垫梁)的活动节浸在水中部分的结构重力(N),若最后升起的活动节已全升起(虽然底圈尚未完全脱离水槽水面),此时可不必计 W_{sn}' ;

$V_1, \dots, V_n$ ——分别为所计算状态下,柜内气体容积, m^3 ;

γ ——标准状态下空气容重, $\gamma = 12.68 \text{ N/m}^3$;

γ_1 ——标准状态下所贮存的气体的容重, N/m^3 。

所需附加的配重块总质量为:

$$m = \frac{\pi D_n^2}{4} \frac{(P - P_n)}{9.81} \text{ kg} \quad (16-2)$$

式中: D_n ——最下一节活动节塔体内径, m;

P ——设计压力, Pa;

P_n ——按式(16-1n)计算的不计配重块重力,活动节全升起的气体压力, Pa。

16.2 配重块的设置

16.2.1 配重块分上配重块和下配重块。上配重块用混凝土制成,下配重块用铸铁制成。上、下配重块质量的分配可用如下比例:

单节气柜上部混凝土块与下部铸铁块质量比例为 1:1。

多节气柜上部混凝土块与下部铸铁块质量比例为 1:2。

16.2.2 上部配重块布设在罩顶边缘的配重架上,如图 16.2.2 沿圆周均布。通常以增减上配

重块的数量来调整柜内的气体压力。

混凝土配重块可采用 150#混凝土,单块质量一般为 50kg,最大不应超过 70kg。常用混凝土配重块尺寸为 450mm×200mm×250mm(长×宽×高)。

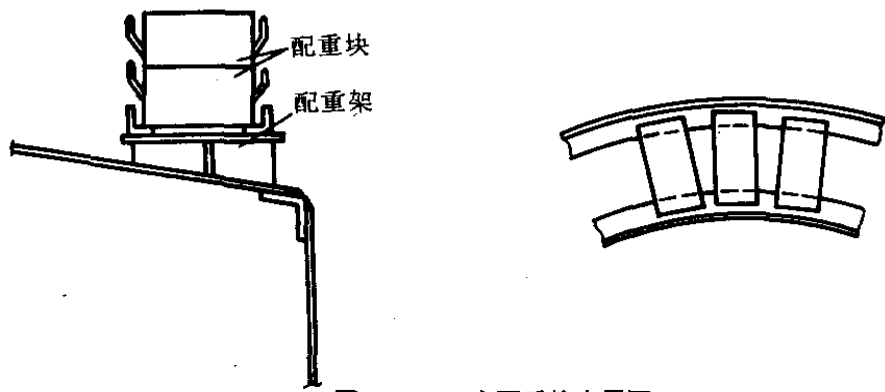


图 16.2.2 上配重块布置图

16.2.3 下配重块沿圆周均匀布设在钟罩底环内侧上如图 16.2.3 所示,以使柜内气体压力波动不致过大。下配重块应用径向隔板和环形角钢圈分隔支持,以免倾倒。环形角钢圈距底环的高度应超过铸铁配重块的重心高度。

铸铁配重块可采用 HT100 铸铁,单体质量最大不应超过 120kg,尺寸应能方便地通过塔壁人孔。

16.2.4 当塔节内立柱采用钢管,管内可充填混凝土,则此部分混凝土质量可计入塔体结构自重中。

16.2.5 用作平衡用的配重块,如平衡水封挂圈上的螺旋扶梯质量等,应布设在扶梯重量的对称位置,固定在对应的立柱上或水封上挂圈水平板上。此部分配重块质量可计入塔体结构自重中,通常以铸铁制成。

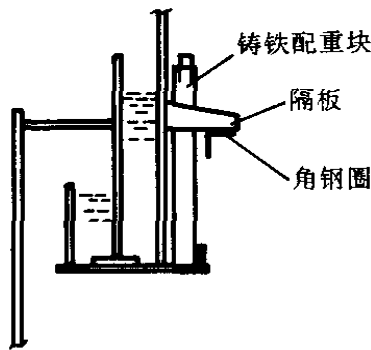


图 16.2.3 下配重块布置图

17 接管、人孔及开孔补强

17.0.1 壳壁上的接管(包括人孔)其开孔的补强计算,用等面积法进行。按《钢制压力容器》的有关规定,补强圈材质应与开口处的壁板相同。

17.0.2 补强应按《补强圈》(JB 1207)标准制造,并可采用多边补强板,见图 17.0.2,但其内切圆直径不得小于标准《补强圈》(JB 1207)的外径。

17.0.3 由水槽壁进出的矩形截面导气管,槽壁开孔处应进行特别的加强。与水槽底板齐平的矩形管,底板也应进行局部加强。矩形开孔应具有半径不小于矩形管高度的三分之一的圆角,对齐平型的接管,其开孔上部应具有半径不小于矩形管高度的三分之一的圆角。

17.0.4 水槽壁上的人孔一般应与各活动节上的人孔贯通,以便人员顺利地由外部进入各活动节的间隙内及钟罩内部。当水槽垫梁较高时,也可将水槽壁上的人孔限制在垫梁高度以下,而将各活动塔壁的人孔开在垫梁的高度之上,人员进出方向见图 17.0.4。

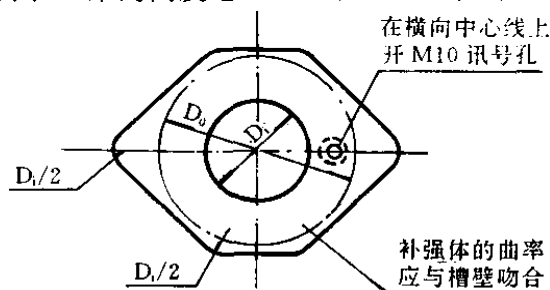


图 17.0.2 多边形补强板

为方便施工、维修和防腐,水槽壁上人孔直径应不小于 DN600,水槽高度不大于 100 时,可采用标准的“常压人孔”,人孔数量不少于 2 个,其位置应有利于通风。

17.0.5 活动节塔壁上的人孔宜进行整体补强,并限制人孔突出的尺寸,以免影响各活动塔节的升降,人孔结构参见图 17.0.5。

17.0.6 罩顶人孔直径应不小于 DN500,人孔数量为 1~2 个,可采用标准的“常压人孔”,人孔应避开罩顶拱架的梁。人孔也可开设在导气管的上方,以利用导气管作直扶梯上下。

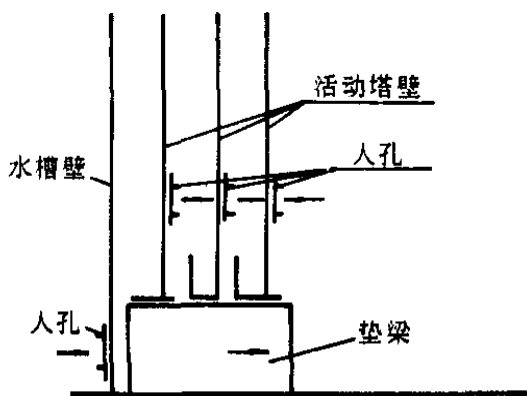
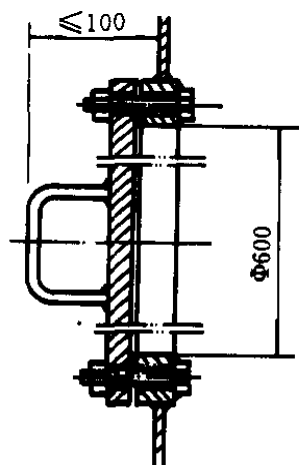


图 17.0.4 塔壁人孔的一种型式



17.0.5 活动塔壁人孔

18 水槽溢流装置

18.0.1 水槽溢流装置应保证水槽内过量的补充水、防冻蒸汽冷凝水、雨水及由于柜内压力增加而需排出的水能及时通过溢流口流出,而不致从水槽平台溢出,溢流口通过管道把溢流出的水排入下水系统。

18.0.2 溢流装置构造见图 18.0.2-1,水槽水面上加注防护液时,则应采用图 18.0.2-2 所示之结构。

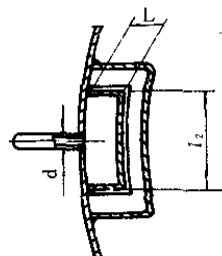
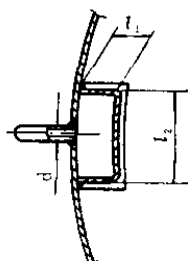
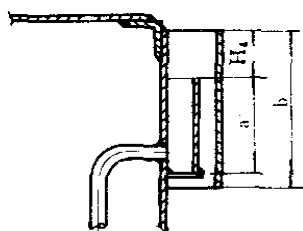
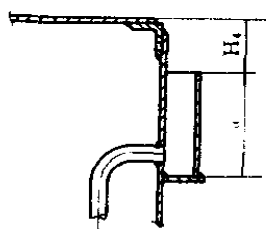


图 18.0.2-1 溢流装置之一

图 18.0.2-2 溢流装置之二

18.0.3 溢流堰口至水槽平台的高度 H_4 不得小于 100mm,并应满足下式的要求:

$$H_4 > 0.683 \sqrt[3]{\frac{Q^2}{L^2}} \quad \text{m} \quad (18-1)$$

式中: L ——溢流堰长, m, 按图 18.0.2-1、图 18.0.2-2, $L = l_2 + 2l_1$

Q ——最大计算流量, m^3/s

$$Q = 0.785 \times 10^{-7} q D^2 \quad (18-2)$$

q ——地区暴雨强度, 参见附录 E, $\text{l/s} \cdot \text{ha}$;

D ——水槽直径, m。

当式(18-1)不能满足时,可增加溢流堰长 L ,或增加溢流装置数量。

溢流堰板高 a 通常取 $a = 250\text{mm} \sim 300\text{mm}$ 。

挡板高 $b \geq a + 100\text{mm}$ 。

溢流管内径 d 可根据式(18-2)计算的流量 Q ,按流速 $V = 1.5 \sim 2.5\text{m/s}$ 来确定。

19 梯子、平台、栏杆

19.0.1 平台的净宽度不得小于 700mm,活动节水封挂圈上部水平板兼作走道时,其宽度同水平板的宽度。

19.0.2 盘梯、斜梯的升角宜取 45° ,宽度不小于 600mm。

19.0.3 扶梯踏步板的最小宽度为 200mm,踏步间距为 200mm~250mm,同一梯子的踏步间距必须相同。

19.0.4 焊接在水槽壁上三角架支承具有带内外侧板的盘梯、斜梯,其下端不应与基础面相接触,以免地基不均匀沉降而造成结构损坏。

19.0.5 独立于气柜外的钢梯,其与水槽平台或外导架环形平台连接处应留有间隙,以免地基不均匀沉降造成结构损坏。

19.0.6 焊接在活动节塔壁上的直爬梯,通常只能用在单节小型气柜上,最大高度不得超过 5m。直爬梯宽度一般为 500mm,踏步间距为 300mm。

19.0.7 竖立在水槽平台和水封挂圈上的三角螺旋扶梯宽度不应小于 300mm,当各活动塔均上升至最大高度时,各扶梯仍能首尾相接,以便行人上下。

19.0.8 梯子踏步与平台板均应采用花纹钢板等防滑板材制造。平台与梯子踏步的设计荷载按 2.4.2 和 2.4.3 的规定。

19.0.9 梯子与平台的栏杆(包括立柱、护腰及踢脚板),其本身的接头及栏杆立柱固定端均应采用等强度连接。

19.0.10 栏杆立柱的间距不应超过 1m,栏杆高度不应低于 1.05m。若盘梯设有内侧板,当内侧板与壁板之间的间隙超过 200mm 时,在盘梯内侧亦应装设栏杆(19.0.7 的盘梯除外)。兼作平台走道的钟罩顶、水封上挂圈外围亦应设置栏杆。

20 集水槽与齐平清扫孔

20.0.1 水槽底板上集水槽的结构和尺寸应符合图 20.0.1 和表 20.0.1 的规定。排水管中心高 h 根据水槽垫梁的高度确定,一般 h 不大于 300mm。集水槽中心至水槽壁的距离 L 的确定,应使集水槽不得与环形基础相碰,且集水槽外围与底板的焊缝距底板的外圈板与中幅板、中幅板与中幅板的焊缝距离均不小于 300mm。

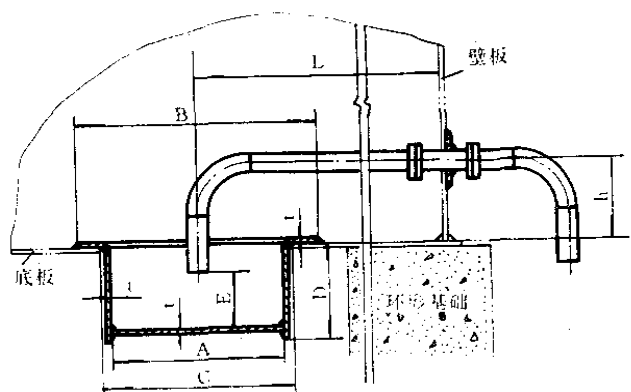


图 20.0.1 集水槽结构图(一)

集水槽尺寸 mm

表 20.0.1

排水管公称直径 DN	ϕA	ϕB	ϕC	D	E	t
50	600	880	636	300	100	8
80	900	1180	936	400	150	10
100	1200	1480	1236	600	180	10
150	1500	1780	1536	900	200	12

20.0.2 抗震设防地区的水槽、集水槽应符合图 20.0.2 的要求。

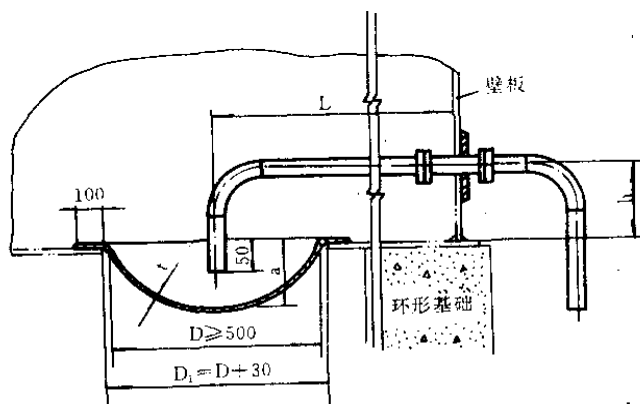


图 20.0.2 集水槽结构图(二)

20.0.2.1 集水槽板厚度 t 不应小于 8mm,槽深不应大于 150mm,且不小于 100mm。

20.0.2.2 集水槽中心距水槽壁板的距离 L 的确定,应满足 20.0.1 的规定。

20.0.2.3 集水槽外周与底板的焊缝的焊脚高度,应取相焊件中较薄的板厚,且尽量把焊脚延伸,焊成不等边角焊。

20.0.3 排水管外接下水系统,水出口处的高度应低于进口处的高度。

20.0.4 如因集水槽、排水管易堵,不易排净,可采用齐平清扫孔,即清扫口下沿与底板齐平。此时开孔处(包括壁板与底板)应进行特殊补强。

21 防 腐 设 计

21.1 一 般 规 定

21.1.1 气柜的位置应与散发腐蚀性气体的厂房保持适当距离,或设置在散发腐蚀性气体厂房的上风向,以防止外部气体腐蚀。

21.1.2 气柜本体外部所有易积水的部位,如钟罩顶部配重架、水封挂圈及其局部配重部位,均需留出足够的排放雨水的出口,以防止由于积存雨水造成腐蚀。

21.1.3 气柜贮存的气体,一般应在送入柜内之前进行必要的净化处理,以减小所贮存的气体腐蚀。

21.1.4 水槽要经常补充新鲜水或定时换水,以减少水内有机物及硫化氢的腐蚀。新鲜水可以在水槽一侧加入,而在另一侧通过溢流口排出陈腐水,也可采用杀菌剂以抑制水中细菌的生长。

21.1.5 水封挂圈应经常补充新鲜水或定期使挂圈脱封进入水槽换水,也可采用其他防腐措施如阴极保护等。

21.2 涂 料 防 腐

21.2.1 气柜的所有金属构件,在焊接完毕并经检查合格后,需喷刷涂料进行防腐。防腐应按照图纸规定进行。

21.2.2 喷刷涂料前应将金属表面的铁锈、油污、焊渣、尘土等清除干净。

21.2.3 气柜防腐涂料应根据所贮存的介质状况来选取,如无可靠的使用经验,可参考附录 F “气柜防腐涂料选用表”中推荐的涂料品种和方法进行防腐。

22 附属物设计要点

22.1 容积指示及控制设计要求

22.1.1 气柜应设置容积指示装置。容积指示可采用仪表指示或在柜体上标置刻度尺来指示。

22.1.2 当气柜活动塔节上升超过最大高度(贮量大于100%)时,应能自动切断进气或放空。不允许排入大气中的气体,应送至火炬燃烧。

22.1.3 对于单节小型气柜可在钟罩上设置自动放空管,如图22.1.3所示之结构(严寒地区应有隔水措施,以免放空管喷出大量水冻结成冰,影响气柜正常工作)。对于多节气柜应在进气管道上设置独立的放空管。

22.1.4 当气柜活动塔节上升至接近最大高度或下降接近最低位置时,应有信号装置,通知进气和抽气适当减量,以免塔节被顶翻或罩顶被抽瘪。高位信号通常在有效容积的85%左右,低位信号通常在有效容积的10%左右。

22.2 水槽及水封挂圈的加水设计要点

22.2.1 水槽总进水管及排水管的直径应根据水槽灌满水或排空水所规定的时间而计算确定的。

22.2.2 由于蒸发和压力波动,水槽内的水有所损失,应予补充。补充的方式可采用定期补充注水或连续进水。连续加水管径根据气柜大小取DN25mm~80mm,加水管应放置在溢流口的另一侧。

22.2.3 当气柜操作能保证水封挂圈每天有1~2次下降至水槽内补充及更换水时,可不考虑单独设置挂圈加水管,否则应设置水封挂圈加水管,每天定期向挂圈内补充水。进水管的安装可与蒸气加热相同,参见22.3.5。

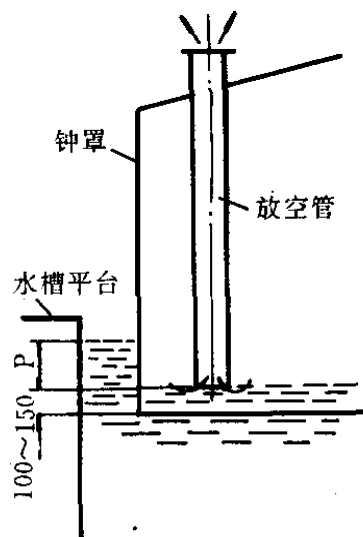


图 22.1.3 钟罩自动放空管示意图

22.3 防冻设计要点

22.3.1 当建柜地区冬季室外计算温度高于 -5°C 时,可以不考虑气柜的防冻问题。

22.3.2 当建柜地区冬季室外计算温度等于或低于 -5°C 时,应采取防冻措施。采用任何防冻措施都应使水槽及水封挂圈中的水温不得低于 5°C 。

22.3.3 当建柜地区冬季室外计算温度等于或低于 -20°C 时,为减少热量损失,应在水槽周围建造和水槽同样高度的砖质保温墙。保温墙厚度为370mm,保温墙与水槽壁的净距离为600mm~1000mm。

22.3.4 采用蒸汽加热时,蒸汽由喷射器射入水内,喷射器的数量按所需蒸汽量计算,蒸汽沿

塔体圆周以同一旋向射入,以使水槽或挂圈内的水连续流动。

蒸汽喷射器连接于蒸汽环管上,环管固定在平台栏杆上,安装方式可按图 22.3.4。喷射管插入深度 h :

对水槽 $h=500\text{mm}$;

对挂圈 $h=300\text{mm}$ 。

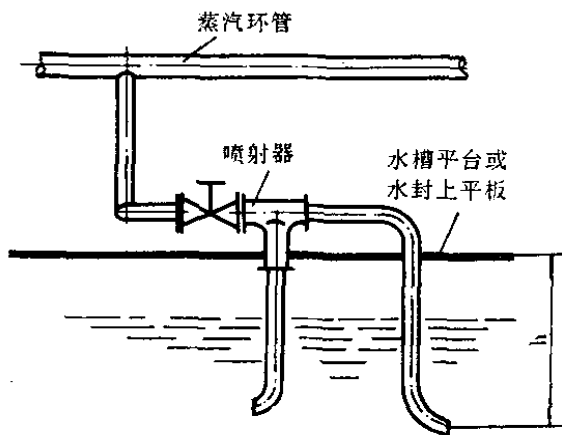


图 22.3.4 蒸汽加热装置

22.3.5 蒸汽总管的安装可顺水槽壁垂直引上,立管的高度为各塔节全升高度的一半,立管可附在斜梯上或外导架上,由立管上再接出一定长度的软管与各塔节环形管连接。

22.3.6 防冻所需热量的概略计算

气柜防冻需要的热量可近似按下式计算:

$$Q = K_1 F_1 \Delta t_1 + K_2 F_2 \Delta t_2 \pm (K_3 F_3 + K_4 F_4) \Delta t_3$$

当贮气温度高于 5°C 时,式中第三项为减号。

当贮气温度低于 5°C 时,式中第三项为加号。

式中: Δt_1 ——水温与水槽壁外侧环境温度的温差, $^\circ\text{C}$, 水槽水温可取为 $+5^\circ\text{C}$ 。当无保温墙时,环境温度取建柜地区冬季室外计算温度,见附录 A; 当有保温墙时,取冬季室外计算温度加 15°C 为环境计算温度;

K_1 ——水槽壁传热系数, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

K_1 与风速有关,当不能详细计算时取 $K_1 = 7 \sim 8 \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

F_1 ——水槽壁表面积, m^2 ;

Δt_2 ——水温与大气温度的温度差, $^\circ\text{C}$; 水封挂圈内水温可取为 $+5^\circ\text{C}$, 大气温度取建柜地区冬季室外计算温度,见附录 A;

K_2 ——水封圈与水槽内水面与大气接触面传热系数,取 $K_2 = 23 \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

F_2 ——水封圈与水槽内的水与大气接触表面的面积之和, m^2 ;

Δt_3 ——水温与贮气的温度差, $^\circ\text{C}$;

K_3 ——水封圈与贮气接触面传热系数,取 $K_3 = 6 \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

F_3 ——水封圈与贮气接触面积, m^2 ;

K_4 ——水槽内水与贮气接触面传热系数,取 $K_4 = 2 \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

F_4 ——水槽内水与贮气接触面积, m^2 。

22.4 防雷设计要求

22.4.1 气柜的防雷设计应符合我国现行的《工厂电力设计技术规范》。

22.4.2 气柜防雷应按第一类工业建筑物防雷要求进行设计。

22.4.3 气柜顶部的自动放空管、排放器或独立的放空管口上方 2m 应在避雷保护范围之内。

22.4.4 气柜钟罩顶板厚度大于或等于 4mm 时,方可作为接闪器。顶板厚度等于 3mm 时,必须另设避雷网,其网格不大于 5m~10m。避雷网材料的截面积应符合下述规定:

圆钢直径为 $\phi 8\text{mm}$;

扁钢截面积为 48mm^2 ,厚度不小于 4mm。

22.4.5 气柜的导轨与导轮的接触及水封挂圈内的水,使各塔节与水槽成为通路,故气柜本体可以作为引下线。

22.4.6 气柜的接地装置可以选用圆钢、扁钢、角钢或钢管,其最小断面为:

圆钢 $\phi 10, \text{mm}$;

扁钢 截面积 $\geq 100\text{mm}^2$,厚 4mm;

角钢 $< 50 \times 50 \times 5, \text{mm}$;

钢管 壁厚 $\geq 3.5\text{mm}$ 。

当遇到地下水及土壤有腐蚀性时,还应适当加大截面或镀锌。一般采用 14 根长度为 2.5m 的 $50 \times 50 \times 5$ 的角钢为地极。

安装完毕后要求实测接地总电阻符合 $3.5\Omega \sim 5\Omega$ 为合格。如接地总电阻超过 5Ω 时,则需再补打地极。

22.4.7 气柜的放空管或顶部排放管应有消除静电措施,必要时可装设阻火器。

22.5 导气管上的水封闸设计要求

22.5.1 进出气柜的导气管道上,一般应设置水封闸。水封闸的作用是当系统某一部分进行修理时,切断导气管。气柜正常工作时,水封闸起排除导气管中的冷凝水的作用。

22.5.2 水封闸中收集的冷凝水再通过集水槽连续排入下水系统。

22.5.3 当导气管道直径较小时,也可装设阀门以代替水封闸,此时仍需设置集水槽,以排除导气管中的冷凝水。

22.6 基础设计要求

22.6.1 气柜的基础设计应符合建筑设计的有关标准与规范。

22.6.2 进行气柜的基础设计以前必须首先了解建柜地区土壤的地质物性。对地质勘察的要求是沿槽基础圆周上勘探点至少有四个(均匀布置),基础中心有一个。如地下情况复杂,应适当增加勘探点。当土壤的承重能力低于设计规定值时,则需对薄弱的土壤进行加固。

22.6.3 气柜的基础应能可靠地防止地基的局部变形,当采用环形基础时,环形基础应具有足够的刚度。对于软土地基环形基础的宽度必须考虑使水槽壁及各活动塔节下降至垫梁上时,均

落在环形基础梁的承载范围内。

22.6.4 进出气管的闸门室应尽量对称布置,此部分的基础一般比气柜基础的埋置深度要深3m左右,以免气柜基础产生过大的不均匀沉降。

22.6.5 气柜基础局部倾斜的容许值为水槽直径的2.5%。

22.6.6 基础底板中心拱升高度一般为水槽直径的1%。

22.6.7 基础沉降稳定后,基础边缘上表面应高出周围地坪不小于300mm。在地坪以上应从基础垫层中穿越基础环梁或护坡引出罐底泄漏信号管,其周向间距不宜大于20m,且不少于4个,钢管直径为DN50~70。

22.6.8 当建柜地区为湿陷性土壤地区时,必须设有天然排水沟,以保证排除气柜周围的雨水,并需设置下水道,以保证最大降雨量时的排水。

22.6.9 底板下基础的面层推荐采用沥青砂并抹平。

23 施工与验收要点

23.1 一般规定

23.1.1 按本规定设计的气柜,其施工与验收,除应遵守本标准外,本标准未规定的部分应符合现行规范《金属焊接结构湿式气柜施工及验收规范》(HGJ 212)的规定。

23.1.2 气柜的施工方法由施工单位确定。本规定的要点侧重于大部件拼装施工方法,即将气柜各部分分成若干个大部件,在加工厂(场)预制,然后在现场进行总装。

23.1.3 气柜的焊接除应符合本规定的要求以外,其余要求应符合国家现行的《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》(GBJ 236)的规定。

23.1.4 气柜的焊接必须由考试合格的焊工承担,焊工的考试应按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》(GBJ 236)进行。

23.2 放样

23.2.1 水槽壁板、平台、罩顶边环及各活动塔节挂圈、底环、上下带板、斜梯等圆弧形部件,应根据加工部件制出弧形样板。被检部位的曲率半径小于或等于 12.5m 时,弦形样板的弦长不应小于 1.5m;曲率半径大于 12.5m 时,弓形样板的弦长不应小于 2m。所有部件的放样样板必须经过验收,其偏差不得超过 0.5mm。

23.2.2 所有直线样板的长度不应小于 1m,其偏差不得超过 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

23.2.3 螺旋导轨胎架制作

23.2.3.1 螺旋导轨呈螺旋形状,螺旋导角为 45° ,由于形状复杂、加工困难,一般应借助预先制成的导轨胎架进行加工。为便于安装,导轨应与垫板在胎架上连成一体,组成导轨组装部件。

23.2.3.2 螺旋导轨胎具放样步骤如下(见图 23.2.3.2 螺旋导轨胎具放样及其构造):

(1)在塔体水平截面上取圆弧 $\widehat{08}=h$,并将弦 $\overline{08}$ 等分(等分点越多,精度越高)得 1、2、3、4……各点。

(2)在圆弧 $\widehat{08}$ 上取 $\widehat{01'}=\widehat{01}=\widehat{1'2'}=\widehat{12}=\widehat{2'3'}=\widehat{23}\cdots$,得点 1'、2'、3'、……各点。

(3)以 h 为两直角边作三角形 ACD , AD 即为导轨展开长度。

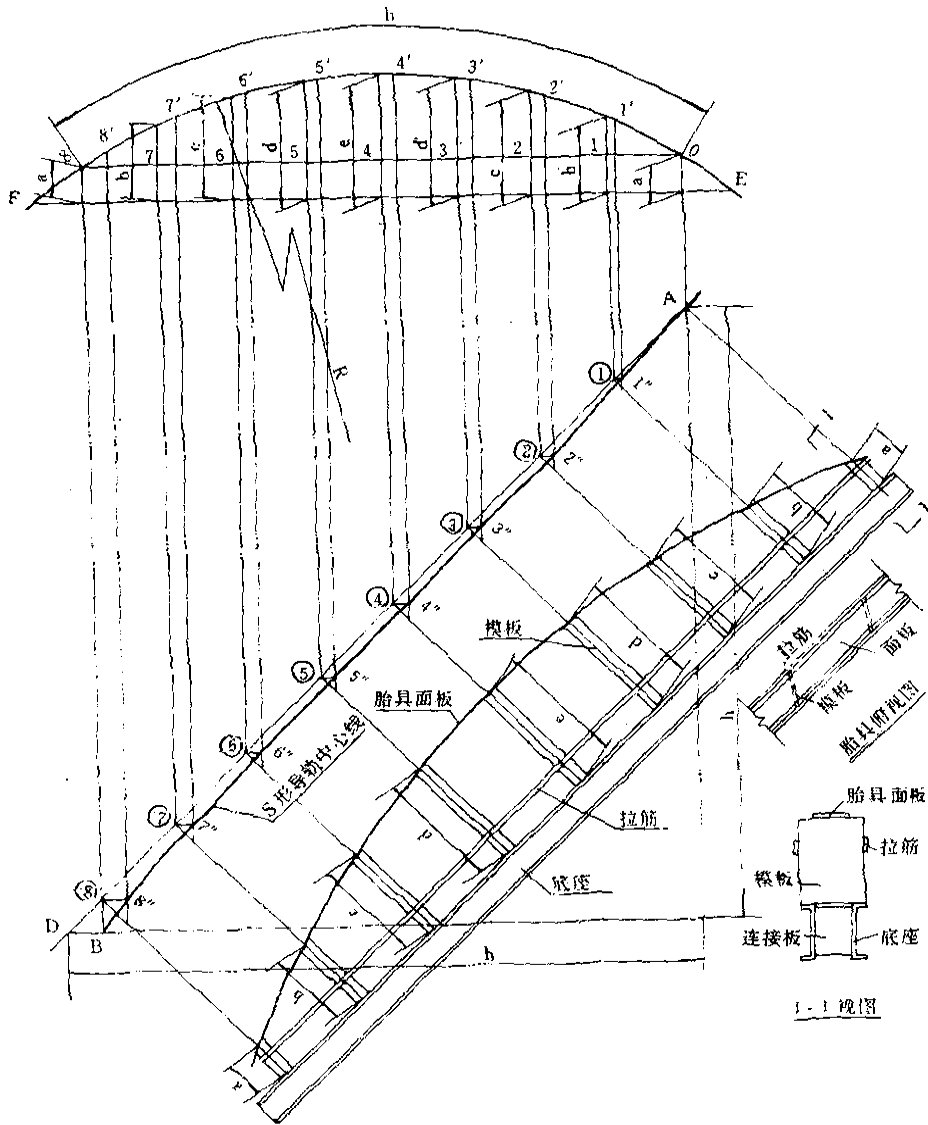
(4)将弦 $\overline{08}$ 上等分点 1、2、3……各点投影到 AD 线上得交点①、②、③……由交点引出水平线与圆弧 $\widehat{08}$ 上 1'、2'、3'……各点的投影线相交得 1"、2"、3"、4"……各点,连接各点得“S”形曲线,即为螺旋导轨的中心线。

(5)根据胎具高度的要求,任意作 $\overline{EF} \parallel \overline{08}$,则 a 、 b 、 c 、 d ……等即为胎具面板上①、②、③……各点位置的高度。

按图 23.2.3.2 所示之构造,制作螺旋导轨胎架。

23.2.3.3 胎具的尺寸、弧形曲线及胎具面板上的导轨中心线(“S”形曲线)与安装螺孔位

置,需经验收合格后才能加工导轨。



图中:R——塔体半径,h——导轨安装高度;螺旋角 45°。

图 23.2.3.2 螺旋导轨胎具放样及其构造

23.2.3.4 胎具放样时,必须注意相邻两塔节的螺旋方向相反,允许以第一、三两塔节的平均直径作一胎具两节共用,第二、四两塔节的平均直径作另一胎具两节共用。

23.2.3.5 胎具经检查验收后,其形状与位置公差应符合胎具模板水平线允许误差 ≤1mm;胎具中心线(S 形)允许误差为 ±2mm;胎具面板线型要求光顺、正确。

23.3 预 制

23.3.1 制造气柜的材料应符合相应的国标或部标,并应满足图纸上的有关规定。预制前必须

检查材料的出厂合格证明书,没有出厂合格证明书的材料,必须复验,检查合格的材料方可投料预制。

23.3.2 预制部件的划分及其大小应根据其加工、运输、吊装能力及要求确定。

23.3.3 钢板切割及焊缝坡口应采用机械加工或自动、半自动火焰切割加工,对于底板外圈板的外缘,可以采用手工火焰切割加工。

23.3.4 钢板边缘加工面平滑,无熔渣和氧化皮,且不得有分层、裂纹、夹渣等缺陷。当有疑问时应采用渗透探伤检查。对厚度大于 19mm 的钢板,其周边应全面进行磁粉探伤检查,检验按《钢制压力容器磁粉探伤》(JB 3965)的规定进行。

23.3.5 板件预制

23.3.5.1 水槽底板、活动塔节壁板(菱形板、矩形板)及钟罩顶板如采用先预制成大块板,再现场拼装,则大块板预制后,须经检查验收。钢板表面平整,外观无严重缺陷,外型符合图纸要求,焊缝外观检查按 GBJ 236 应合格,焊缝应涂煤油试验无渗漏现象。

23.3.5.2 钟罩顶板采用自支承罩顶时,顶瓜皮板在胎具上成型(如为带肋罩顶板,应在肋板焊接后脱胎)。用弧形样板检查,间隙不应大于 5mm。

23.3.5.3 水槽及塔节壁厚大于或等于 4mm 的弧形钢板尺寸的允许偏差(见图 23.3.5.3),应符合表 23.3.5.3 的规定。滚圆后用 1.5m 弧形样板检查,间隙不应大于 2mm,钢板宽度方向上用直线样板检查,间隙不应大于 1mm。对角线扭曲允差不应大于 3mm。

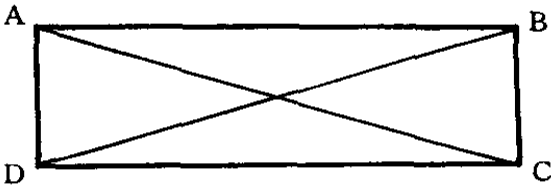


图 23.3.5.3 水槽壁板
壁板钢板尺寸允许偏差
mm

表 23.3.5.3

测 量 部 位	环缝对接时允许偏差	环缝搭接时允许偏差
板宽 (AD、BC)	±1	±2
板长 (AB、CD)	±1.5	±1.5
对角线之差 (AC、BD)	≤2	≤3
不直度 (AD、BC) (AB、CD)	≤1 ≤2	≤1 <2

23.3.6 水封挂圈预制

23.3.6.1 上、下水封环形板(或环形槽钢)以及与其连接的塔节上、下带板和侧立板可分段预制。带板、环形板、立板及其加强扁钢之间的接口应错开 200mm 以上,各段两端接口线的夹角要求准确。

23.3.6.2 环形板(或环形槽钢)圆度允许偏差用 1.5m 弧形样板检查,其间隙不得大于 2mm,平面度允许偏差不得大于 3mm。

23.3.6.3 水封挂圈预制时,构件位置应正确无误,搭接钢板间隙应小于 1mm。

23.3.6.4 焊好的水封预制件应进行检查,对其变形部分要进行修整。其环形板平面度允许偏差不得大于 3mm,水封槽口的宽度偏差不得大于图纸尺寸 10mm 和小于图纸尺寸 5mm。

23.3.6.5 水封预制件的焊缝外观检查应合格,所有连续焊缝必须涂煤油作渗漏试验。

23.3.7 立柱预制

23.3.7.1 各塔立柱下料后,应先初步矫形,然后组合焊接。焊接完工的组合件应进行二次矫形,其全长直线度不得超过 4mm,立柱的断面翘曲不得大于 2mm。

23.3.7.2 立柱的外形尺寸应符合图纸要求,安装螺孔位置应准确或符合样板要求。

23.3.8 顶架预制

23.3.8.1 钟罩顶架制作可按单构件如径向主梁、次梁、环向梁、斜杆等放样下料及煨弯,也可制作成若干棉组装件。组装的胎具圆弧尺寸、中心起拱高度必须符合设计图纸。安装用节点连接板位置、尺寸及安装螺孔的位置与尺寸应与设计图纸相符。

23.3.8.2 预制的构件长度偏差不应大于 5mm,径向主梁及次梁构件的圆弧弯曲度在每米长度上应小于或等于 1.5mm,全长弧度偏差应小于或等于 10mm。

23.3.9 导轨预制

23.3.9.1 螺旋导轨加工一般分两部进行,即初步加工:将导轨利用胎具采用热煨加工或利用辊床以 45° 角放入反复轧制,使其基本符合线型。然后进行第二步加工——矫形,即将初步加工后的导轨放在导轨胎架上进行局部矫形,直至符合导轨胎架线型要求。

23.3.9.2 螺旋导轨焊接包括导轨接头的焊接及导轨与垫板的焊接

(1) 导轨接头的焊接焊缝坡口见图 23.3.9.2(1),钢轨头部采用 U 型坡口,腹板采用 X 型坡口,底部采用 V 型坡口。接头部分(两侧各 150mm)焊前要预热,预热温度为 300°C ,焊后要保温,即加热至 $300\sim 400^\circ\text{C}$,缓慢冷却,焊条采用 J506 或 J507。

(2) 导轨与垫板的焊接需在导轨接头焊接完毕后进行,并且先焊接头较短的一侧,后焊接头较长的一侧。全部采用搭接焊缝,且为两面交错间断焊 6-100Z250,两端附近连续焊为 200mm,导轨接头附近连续焊为 300mm,采用跳焊法以避免热量集中,引起过大变形。导轨与垫板两端暂时不焊,安装定位后焊。

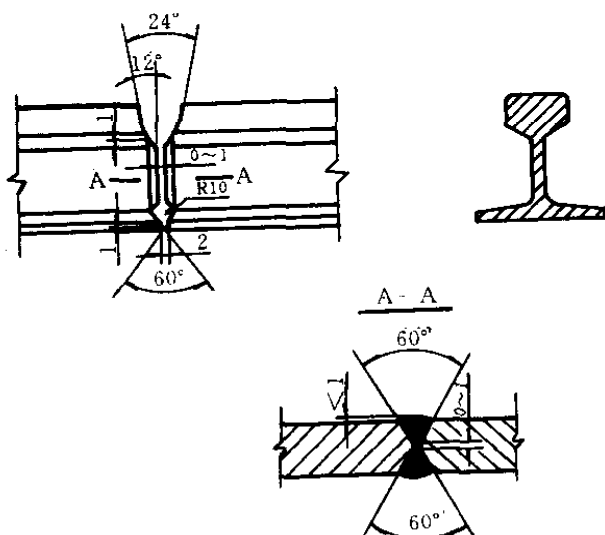


图 23.3.9.2(1) 导轨接头焊缝结构

23.3.9.3 螺旋导轨及垫板的钻孔,导轨两端与塔体上、下带板连接用的安装螺孔,要在导轨与垫板全部焊接完毕并经校正验收以后进行。为保证安装位置的准确,钻孔宜用样板进行。

23.3.9.4 螺旋导轨预制件验收应符合:

(1)导轨接头焊缝不允许有裂纹、弧坑、咬口和未焊透等缺陷。导轨与导轮接触面焊缝需磨平。

(2)导轨加工后不允许有过烧、裂缝等缺陷。

(3)导轨线型应光滑、正确,不得有急弯和不符合设计要求的扭曲现象。其表面锤击疤痕深度不得大于 1mm。

(4)导轨与胎架面板之间的间隙允差不得大于 2mm〔见图 23.3.9.4(4)〕。

(5)导轨腹板垂直度〔即图 23.3.9.4(5)中的(a-b)值〕允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

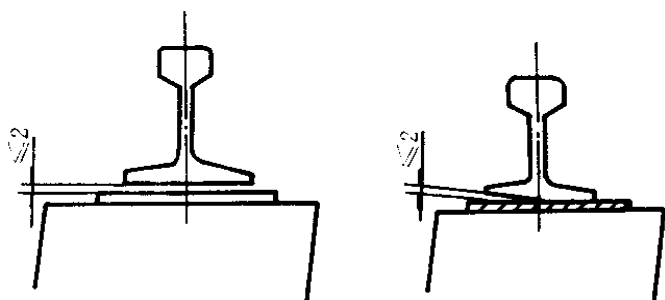


图 23.3.9.4(4) 导轨与胎具间隙

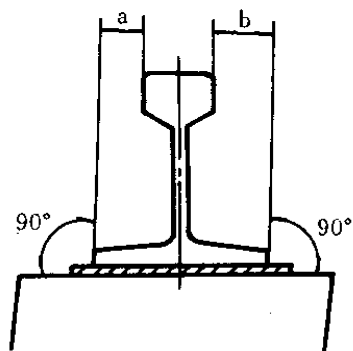


图 23.3.9.4(5) 导轨腹板垂直度

23.3.9.5 直升气柜内外导轨下料前应进行调直,预制后内导轨直线度 10m 内不得超过 3mm,全长不超过 5mm。断面翘曲不得大于 2mm。

23.3.9.6 直升气柜内外导轨接头的连接应采用等强度连接,导轨与导轮接触面焊缝需磨平,焊缝不允许有裂纹、弧坑、咬口等缺陷。

无外导架直升气柜的外导轨与垫板的焊接,全部采用搭接,且为两面交错间断焊 6-100Z200,两端附近为 200mm 连续焊,导轨接头附近连续焊为 300mm。

23.3.10 水槽平台、塔体底环、钟罩顶边环分段预制

23.3.10.1 水槽平台、塔体底环、钟罩顶边环等环形构件,圆度允许偏差用 1.5m 样板检查,其间隙不得大于 2mm,平面度允许偏差不得大于 5mm,不允许有严重的翘曲现象。

23.3.10.2 元件加工成型不得采用降低钢材质量的方法,热煨成形的型钢,其壁厚减薄量不得超过 1mm,表面疤痕深度应小于 1.5mm,且不得有过烧现象。

23.3.10.3 型钢的接口与壁板、梁、柱端部结点焊缝应错开 150mm 以上。

23.3.11 导气管预制

23.3.11.1 导气管预制长度符合图纸要求,焊缝外观检查应合格。

23.3.11.2 导气管焊缝应经涂煤油试漏,当无法涂煤油试漏时应进行水压试验,试验压力取 0.12MPa。

23.4 现场组装

23.4.1 底板的组装

23.4.1.1 水槽底板组装前,必须按图纸对基础进行验收,基础外形尺寸偏差应满足如下规定:

(1)基础中心坐标偏差不应大于 20mm,环形基础标高偏差不应超过 $\pm 10\text{mm}$,环形基础内基础斜度符合图纸要求。

(2)环形基础外径允许偏差为 $^{+50}_{-30}\text{mm}$,宽度允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

(3)环形基础上表面应平整,其表面平面度在抹灰找平后不应超过 $\pm 5\text{mm}$,可沿圆周每隔 2m 用水平仪进行检查。

(4)基础的防水层不得有裂缝,穿越环形基础的泄漏信号管应畅通。

(5)基础表面层铺黄砂时,要求黄砂干燥,砂的粒径应不超过 3mm。当基础面层为沥青绝缘防腐层时,基础表面任意方向上不应有突起的棱角。基础表面凹凸度从中心向周边拉线测量不应超过 25mm。

23.4.1.2 底板的吊装应首先吊装中心定位板(对预制成大块板组装)或中心条板(对小块板组装),然后依次向外或向两侧发展。底板焊接前应清理焊口,焊口不得有砂子、铁锈、油污及其他杂物。所有搭接缝两板均应贴紧,搭接缝间隙不得大于 1mm,双重搭接处其缝隙不得大于 2mm。

23.4.1.3 底板的焊接程序应符合焊接工艺,焊接应对称进行,采用小直径焊条、小电流、逐步退焊法,以尽量减少变形。水槽壁下的底板外圈板的对接焊缝,其上表面应铲平。现场焊接的对接焊缝应带有垫板,垫板截面 $4\times 40\text{mm}$ 。底板的角焊缝必须为连续满角焊,当板厚大于或等于 6mm 时,角焊缝应至少焊两遍。

23.4.1.4 底板焊接后,其局部凹凸变形不应大于变形长度的 2%,且不超过 50mm。

23.4.1.5 底板焊接结束经外观检查合格后,所有现场焊缝或未经煤油渗漏试验的焊缝,均须作抽真空试验,以检查焊缝的严密性(详见 23.5.6)。

23.4.1.6 底板安装验收合格后进行底板划线,包括底板中心线、水槽、各活动塔节壁的圆周线(以内径为基准),以及立柱、垫梁、导轨、导轮等位置线,并作出明显标志。

划圆周线时要考虑基础中心的起拱高度以及壁板焊接时的收缩量 Δ ,故圆周线的实际划线半径为:

$$R = \sqrt{r^2 + h^2} + \Delta \quad \text{mm} \quad (23-1)$$

式中: r ——壁板下带板内半径,mm;

h ——基础中心起拱高度,mm;

Δ ——焊接径向收缩量,mm。

23.4.2 水槽壁板组装

23.4.2.1 水槽壁板安装前需开好坡口,校正圆度,吊装时需有临时加强的撑架以防止变形。安装过程中还应防止被强风吹变形。

23.4.2.2 壁板吊装后应使每一带壁板上端略向外倾斜,倾斜度为 1%。焊接应先焊每一带

的竖向焊缝,然后再焊两带板之间的环缝,以使壁板能沿环向自由收缩。下带板与底板之间的环缝的焊接要待第二圈带板吊装结束后进行,依此类推,最上一圈带板与其下圈带板之间环缝的焊接,要待水池平台吊装结束之后进行。下料时,壁板周向应留有足够的余量。环缝焊接时应采用对称、分段、倒退法施焊。

23.4.2.3 组装后的水槽壁每带壁板垂直度偏差不应超过 2mm,水槽壁总高垂直度偏差不应超过总高 1%。

23.4.2.4 水槽最上带板和最下带板的直径允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

23.4.2.5 沿水槽壁的全周,测出在安装导轮处各点壁板上口的水平度,其允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

23.4.2.6 沿水平方向与垂直方向测量壁板内表面的局部凹凸度,用 1.5m 弧形样板检查均不应大于 13mm,局部形状偏差应沿所测长度逐渐变化,不允许有突然的凹凸。

23.4.2.7 水槽壁板对口错边量应满足下列要求:

(1)纵焊缝错边量:当板厚小于或等于 10mm 时,不应超过 1mm;当板厚大于 10mm 时,不应超过板厚的 10%,且不大于 1.5mm。

(2)环焊缝错边量:当上层壁板厚度小于 8mm 时,任何一点均不得超过 1mm;当上层壁板厚度大于或等于 8mm 时,任何一点均不得超过板厚的 20%,且不应大于 2mm。

23.4.2.8 水槽焊接结束并经检查合格后,应进行充水试验(小于或等于 1000m³ 的小型气柜经设计部门同意,充水试验可在气柜总体验收时进行),以检验底板的严密性;壁板的强度与严密性;地基基础的不均匀沉陷和沉降量。

(1)在整个试水过程中,水温不应低于 5℃。

(2)充水最大高度为水槽溢流堰高。

(3)充水试验必须始终在监视下进行,并应与土建专业密切配合。充水前沿水池侧壁周围立 6~8 个测点,灌水后至少每天早晚各测量一次。充水速度应根据土建基础的设计要求确定。如发现沉降量过大,应减缓充水速度,甚至暂停充水,待沉降稳定方可继续进行。

(4)充水试验过程中,若发现底板漏水应立即放水修补。

(5)充水到最高液位持压应不少于 48 h,槽壁无渗漏和异常变形,则认为槽壁的强度及严密性试验合格。

(6)放水管管口必须远离基础,不得使基础浸水。

(7)充水试验后,如因基础不均匀沉陷而造成水槽倾侧,应进行调整。

23.4.3 垫梁安装

垫梁在底板上就位后,应对全圆周上的垫梁上皮作水平测量,其高度允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$,如偏差过大,应在垫梁下垫薄钢板找平,然后方可焊接固定。

23.4.4 塔节安装

23.4.4.1 各活动塔节的安装顺序,一般由外向内依次进行,最后安装钟罩。

23.4.4.2 预制好的下挂圈的就位排放,应从基准线开始,全部在塔节位置线上就位后,用螺栓连接,使下挂圈成一整体,检查其半径偏差、垂直度及水平度偏差,并进行校正,符合要求后,将焊口点焊定位,然后沿全圆周对各接口对称施焊,以减少焊接变形。

23.4.4.3 下挂圈焊接结束后,应符合下列要求:

半径允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$;

垂直度偏差 $\leq 5\text{mm}$;

中心线偏差 $\leq 3\text{mm}$;

水平度偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。

下挂圈内充满水,所有焊缝不得渗漏。

23.4.4.4 检查下挂圈上内立柱安装位置无误后,方可吊装内立柱。考虑到上挂圈焊接后的收缩,立柱上端应沿径向略向外倾斜(不超过高度的1%)。组装后的立柱不垂直度,径向与周向均不得超过柱高的1%。立柱中心位置的周向偏差不得大于10mm,两立柱的弦长偏差不得大于5mm。

23.4.4.5 上挂圈的安装可在立柱安装后进行,亦可在导轨、壁板安装后进行。吊装后的上挂圈应进行校正,校正合格后焊接上挂圈组合件的接口,焊接应在全圆周对称进行。

23.4.4.6 上挂圈焊接结束后,应符合下列要求:

半径允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$;

垂直度偏差 $\leq 5\text{mm}$;

中心线偏差 $\leq 3\text{mm}$;

水平度偏差(挂圈水平板) $\leq 4\text{mm}$ 。

23.4.4.7 壁板的安装焊接按以下顺序进行:

导轨垫板上、下两端与挂圈(壁板的上、下带板)的对接焊缝→大块壁板与挂圈的搭接焊缝→大块壁板与导轨垫板的搭接焊缝。

焊接时焊工应沿四周均匀分布,并同时按同一方向移动,对称施焊。壁板组装后不应有大于30mm的鼓包。

23.4.4.8 活动塔节安装结束后,整体应符合下列要求:

塔体垂直度偏差(立柱处) $\leq 1\%$ 塔体总高;

塔体半径允许偏差(挂圈处)为 $\pm 5\text{mm}$;

中心线允许偏差(挂圈处)为 $\pm 3\text{mm}$;

上挂圈水平板水平度偏差 $\leq 5\text{mm}$ 。

安装螺栓孔密封焊用煤油渗漏,不允许有透漏现象。

23.4.5 导轨安装

23.4.5.1 螺旋导轨安装

(1)螺旋导轨安装前,需复查上、下挂圈处半径偏差,并根据设计位置在挂圈上准确地标出导轨的找正点。

(2)根据塔体的实际周长并以基线为准,准确定出各导轨位置,然后焊好定位角钢。各导轨螺旋线在塔体圆周线上的间距允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

(3)导轨就位后,应校正其位置,相邻两导轨间的平行度偏差不得超过6mm;径向偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$,每根导轨测点不少于3点,合格后方可焊接。

23.4.5.2 直升气柜外导架安装

(1)外导轨安装前必须检查其直线度,如不符合预制要求,应予矫正。导轨安装后的垂直度偏差不得大于高度的1%,且径向不超过10mm,切向不得超过15mm。

(2)两对称导轨位置的直径偏差不应超过 $\pm 10\text{mm}$,相邻两导轨间的弦长偏差不应大于5mm,导轨与导轮的接触面不应有大于2mm的凹凸不平处。

(3) 导轨位置校正后,即可焊连接板。

23.4.5.3 无外导架直升气柜外导轨安装

(1) 无外导架直升气柜外导轨的安装顺序和方法同螺旋导轨的安装相同。

(2) 各导轨在塔体圆周线上的间距允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。导轨的垂直度偏差不得超过其高度的1%,且径向不得超过6mm,切向不得超过10mm。导轨与导轮接触面不应有大于2mm的凹凸不平处。

(3) 导轨检查测点不少于3点,合格后方可焊接。

23.4.5.4 内导轨的安装

(1) 内导轨垂直度偏差不得超过其高度的1%,且径向不得超过6mm,切向不得超过10mm。

(2) 导轨与导轮接触面不应有大于2mm的凹凸不平处,导轨检查合格后方可焊接。

23.4.6 导轮安装

23.4.6.1 螺旋气柜的导轮安装

(1) 导轮安装必须依据下列数据来确定其位置,即:

塔体中心线偏差;

导轨径向偏差;

导轮安装处的水平度;

导轮位置处塔节之间的间距。

(2) 安装导轮时,应将各塔节之间的间距用螺栓加以固定,使之不能自由变化,待导轮就位并经复测符合要求后,即可将导轮底板焊死,此时方可拆除固定螺栓。

(3) 导轮安装时,轮轴应调整到两侧均有串量的中间位置,轮缘凹槽和导轨的接触面应有5mm的间隙,导轮的径向位置应满足导轨升降时任何一点均能顺利通过导轮的要求。

(4) 同一塔节上的全部导轮的安装就位及测量工作宜选择在气温变化较小的时间内进行。

23.4.6.2 直升气柜的导轮安装

(1) 导轮安装必须依据内外导轨的垂直度来确定其位置,当导轨上端向着导轮一侧倾斜时,导轮与导轨的接触面应留出与倾斜量相等的间隙;反之导轮应紧靠导轨安装。

(2) 导轮就位并经复测符合要求后,即可将导轮底板焊死。

23.4.7 罩顶拱架安装

23.4.7.1 拱架的安装,无论采用正装法还是倒装法均宜事先组装好罩顶边环的包边角钢。大型气柜拱架如采用倒装法,若包边角钢刚度不足,尚应事先安装好钟罩壁上带板及其环向加强构件,待边环的圆度及其位置与尺寸偏差调整到符合要求并焊接结束后,拱架的各安装焊缝方可施焊。

边环焊接结束后,应符合下列要求:

中心线偏差 $\leq 3\text{mm}$;

半径允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$;

垂直度偏差 $\leq 5\text{mm}$;

水平度偏差 $\leq 5\text{mm}$ 。

23.4.7.2 安装拱架用的中心支架,要有必要的刚度,以防变形。拱架中心环在支架上就位后,其顶面应根据拱架的直径大小比设计标高提高50mm~200mm,作为撤除施工支架后拱架

中心下垂余量。中心环的位置偏差应满足下述要求:

中心线允许偏差 $\leq 3\text{mm}$;

水平度允许偏差 $\leq 2\text{mm}$ 。

中心环位置符合要求后应加以固定,以防碰撞移位。

23.4.7.3 拱架构件的吊装顺序应先吊装主径向梁及环向梁的组装件(指两根主径向梁及其间的环向梁、次径向梁、斜杆等组成之组装件),再吊装两棉之间的环向梁与斜杆的组装件(三角架),最后吊装次径向梁及环向梁散件。组装件要对称地进行吊装并用螺栓固定,使之连成整体,待几何尺寸调整合格后再进行施焊。

23.4.7.4 拱架组装后各对称梁须成一直线,在中心环处偏差不得超过 10mm ,梁的弯曲弧度应保持预制后的要求。

23.4.8 顶板安装

23.4.8.1 拱架顶铺板安装

(1)顶铺板吊装顺序是先吊装顶边板,后由外向内吊装。

(2)顶铺板吊装结束后再进行焊接,焊接时应先焊径向焊缝,再焊环向焊缝,顺序是由内向外,最后焊边板,以减少焊接变形,中间薄板若为条形板则应先焊短边后焊长边,最后焊接与边板连接的环缝。

(3)顶板的搭接缝应贴严,搭接缝间隙不得超过 1mm ,接缝应和顺无突变。

23.4.8.2 自支承罩顶安装

(1)顶板安装之前应检查包边角钢的圆度及其位置与尺寸偏差(按 23.4.7.1 的规定),并根据排板图等分划线,然后点焊拱顶板的定位挡板。

(2)顶板应对称地进行吊装,为防止顶板下凹,应采用临时支撑措施。

(3)顶板焊接顺序是:先焊下面的间断焊缝,后焊上面的连续焊缝;连续焊缝应先焊环向短焊缝,再焊径向长焊缝。施焊应由中心向外,并采用分段退步法。

(4)顶板和包边角钢间的环缝,应由几名焊工对称均匀分布,沿同一方向用分段退步法施焊。

(5)罩顶应成型美观,其凹凸变形在组装焊接完毕后用样板测量,间隙不应大于 15mm 。

23.4.9 其他附件安装

23.4.9.1 气柜的平台、梯子、栏杆、配重架等的施工,应符合现行的《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ 205)的规定。

23.4.9.2 配重块应逐个称量、分组组合,将重量相等的两组对称分配布置。布置配重块时尚应考虑螺旋梯等不对称布置的构件重量的影响。

当设计要求重锤悬挂于立柱上时,不能有任何突出立柱以外的部位。

23.4.9.3 由底板下进入气柜的导气管处的底板应与基础表面层严密接触,否则应在底板上开孔充砂。

安装时应在地下闸门室内将立管垫高 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$,待弯管与立管焊完后,撤出临时垫块,使水槽底板随同管道一起下沉使底板紧贴基础表面层。

23.4.9.4 水槽内导气管立管的垂直度偏差不应超过全高的 2% 。钟罩顶上的安全罩帽在升降过程中不得与导气管相碰。

23.5 焊 缝 检 查

23.5.1 焊缝的表面质量除应满足本规定的要求外,还应满足现行的国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》(GBJ 236)中焊缝表面质量标准的Ⅲ级要求。

23.5.2 水槽壁对接焊缝无损探伤检查率应不低于表 23.5.2 中规定的值。

水槽壁无损探伤检查率

表 23.5.2

水槽壁板厚度 (mm)	纵 焊 缝 (%)	T 型 焊 缝 (%)	环 焊 缝 (%)
8~12	10	15	5
>12	20	30	5

注: ①检查率是对每一个焊工施焊的同一材质、同一厚度、同一焊接规范的焊缝检查率。

②T 型焊缝系指壁板环焊缝上、下两侧的纵焊缝与环焊缝相交处的丁字焊缝。

③T 型焊缝及环焊缝相应的壁板厚度系指环焊缝上侧的壁板厚度。

④厚度为 8mm 的壁板仅对公称容积等于或小于 10000m³ 的气柜才要求进行探伤检查。

23.5.3 厚度大于或等于 10mm 的底板外圈板,其每条对接焊缝的外端应进行 X 射线探伤,拍一张片子。

23.5.4 进行无损探伤的焊缝,其合格标准为:超声波探伤应达到现行的《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》(JB 1152)的Ⅲ级,射线探伤应达到现行的《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB 3323)的Ⅲ级。

23.5.5 探伤不合格的焊缝,应在缺陷的延伸方向加倍检查,如仍不合格,则对该焊工施焊的焊缝进行 100% 的检查。

23.5.6 底板未经煤油渗漏试验的焊缝,均采用真空试漏法进行严密性试验,焊缝表面刷肥皂水,当真空度达到 0.027MPa(200mm 汞柱)时,如未发现气泡由焊缝表面泄出即为合格。

23.5.7 经检查不合格的焊缝必须返修,返修后仍应按原定的方法进行检查。同一部位返修次数不宜超过 2 次,超过 2 次者必须取得技术总负责人的批准,并将返修情况记入交工资料。

23.6 防腐施工的一般要求

23.6.1 气柜的所有金属构件,在焊接结束并经检查合格后应进行防腐施工。防腐应按照设计图纸和本规定并参照有关的防腐规程进行。

23.6.2 喷刷防腐涂料之前应进行表面处理,以清除金属表面的污物、焊渣、铁锈,并采用喷砂或碗式风动钢丝刷清理。

预制构件如在组装前进行防腐,应将安装焊缝处留出暂不喷涂。

23.6.3 水槽底板上表面的防腐工作应在底板严密性试验合格后进行;下水封的里外表面防腐应在注水试验合格后进行;导气管的里外表面防腐应在安装前进行。如需脱脂亦应在安装前进行完毕。

水槽和各活动塔体里表面的防腐应在水槽注水试验前进行。外表面在安装期间只刷底漆

并留出焊缝不刷,待严密性试验合格后补刷焊缝并最后完成防腐工作。

23.6.4 气柜各构件中互相重叠的表面,其防腐工作应配合施工工序及时进行,以免事后无法喷涂。

23.7 总 体 验 收

23.7.1 气柜的总体验收应在各塔焊接工作结束,各单体验收合格,施工辅助构件基本拆清以后进行。

23.7.2 总体验收前应对气柜的防腐进行工程验收,除钟罩顶板外表面及塔壁板外表面待水槽注水后或塔节升起后可以喷涂涂料的部位之外,其余防腐工作均应进行完毕。

23.7.3 水槽注水

23.7.3.1 注水前需仔细检查下挂圈、底环等与垫梁是否有点固焊肉没有铲净;一切妨碍升降的因素均应予以清除;水槽内及下挂圈内所有杂物均需清理干净。

23.7.3.2 未予充水试压的小型气柜水槽应按 23.4.2.7 的规定进行检验。

23.7.4 气柜充气之前应做好下列准备工作

23.7.4.1 检查气柜和管道系统切断装置的严密性。

23.7.4.2 在罩顶人孔盖上接一 U 型管压力计。

23.7.4.3 准备好供气设备及管道。

23.7.5 充气后应使塔节徐徐上升。在上升和下降过程中应沿四周观察导轮与导轨接触情况和导轮运转情况并加以记录。凡导轨相互配合不好的地方,在第二次升降前均应加以调整。

23.7.6 在气柜充气过程中应经常注意压力计指示的数值及各塔上升的状况,如发现塔节在升降过程中压力突然升高,须立即停止充气并检查阻碍上升的原因,清除故障后才能继续试验。

23.7.7 在各活动塔节上升过程中,用肥皂水检查塔体壁板焊缝,如有泄漏应予补焊;当塔节全升起后,应用肥皂水检查顶板焊缝,如有泄漏应予补焊。

23.7.8 塔节全升起后,如压力计指示的压力和设计压力偏差过大,则应调整配重块。

23.7.9 气柜严密性试验合格后,应进行快速升降试验 1~2 次,升降速度每分钟应不低于 0.4m,亦不应超过 1.5m。大型气柜取较小值,小型气柜取较大值。无法实现快速上升时,可仅进行快速下降试验。

23.7.10 气柜总体验收时,符合下列要求即为合格:

23.7.10.1 塔体所有焊缝和各密封接口处均无泄漏。

23.7.10.2 导轮和导轨在升降过程中无卡轨现象。

23.7.10.3 各部分无严重变形。

23.7.10.4 安全限位装置准确可靠。

23.7.11 气柜制造检验完毕后,施工单位应向使用单位提交下列交工文件:

23.7.11.1 竣工图和设计变更通知单。

23.7.11.2 材料、配件的出厂合格证明及有关试验报告。

23.7.11.3 主体结构的组装记录。

23.7.11.4 焊缝检查报告及返修记录。

- 23.7.11.5 气柜总体试验记录。
- 23.7.11.6 气柜防腐记录。
- 23.7.11.7 基础沉陷观测记录。
- 23.7.11.8 气柜几何尺寸检查测量记录。
- 23.7.11.9 焊工考核及焊接方法考核试验报告或其抄件。

附录 A 我国部分地区冬季空气调节室外计算温度 T_s 。

表 A

地 名	齐 齐 哈 尔	哈 尔 滨	长 春	沈 阳	大 连	乌 鲁 木 齐	西 宁
$T_s, ^\circ\text{C}$	-29	-29	-26	-23	-14	-27	-15
地 名	兰 州	银 川	西 安	呼 和 浩 特	太 原	北 京	天 津
$T_s, ^\circ\text{C}$	-13	-18	-9	-22	-15	-12	-11
地 名	唐 山	石 家 庄	济 南	上 海	南 京	合 肥	杭 州
$T_s, ^\circ\text{C}$	-13	-11	-10	-4	-6	-7	-4
地 名	南 昌	郑 州	武 汉	长 沙	贵 阳	拉 萨	成 都
$T_s, ^\circ\text{C}$	-3	-8	-5	-3	-3	-8	1

附录 B 我国部分地区基本风压值(10m 高处) W_0

N/m^2

表 B

地 区	上 海	南 京	徐 州	扬 州	南 通	杭 州	宁 波
W_0	550	350	350	350	400	400	500
地 区	衢 县	温 州	福 州	广 州	茂 名	湛 江	北 京
W_0	400	550	600	450	600	700	350
地 区	天 津	保 定	石家庄	沈 阳	长 春	抚 顺	大 连
W_0	400	400	300	500	550	450	600
地 区	吉 林	四 平	哈尔滨	济 南	青 岛	郑 州	洛 阳
W_0	450	550	450	350	550	400	350
地 区	蚌 埠	合 肥	南 昌	武 汉	包 头	呼和浩特	太 原
W_0	350	300	400	300	500	500	300
地 区	大 同	兰 州	银 川	长 沙	株 州	南 宁	成 都
W_0	400	300	650	350	350	350	400
地 区	重 庆	贵 阳	西 安	延 安	昆 明	西 宁	拉 萨
W_0	300	300	350	300	250	350	350
地 区	乌鲁木齐	海 口	台 北	台 东			
W_0	600	700	1177	1472			

附录 C 我国部分地区基本雪压值 S_0

N/m^2

表 C

地 区	呼 玛	爱 辉	佳木斯	齐齐哈尔	哈尔滨	长 春	吉 林
S_0	650	300	700	300	400	350	750
地 区	沈 阳	大 连	呼和浩特	北 京	天 津	石家庄	张家口
S_0	400	400	300	300	250	250	300
地 区	大 同	太 原	阿勒泰	乌鲁木齐	西 宁	兰 州	西 安
S_0	250	200	1200	750	250	150	200
地 区	延 安	郑 州	济 南	青 岛	上 海	南 京	蚌 埠
S_0	200	250	200	250	200	400	450
地 区	合 肥	杭 州	宁 波	南 昌	武 汉	长 沙	拉 萨
S_0	500	400	250	350	400	350	150

附录 D 钟罩顶边环边缘应力计算 (参考件)

D.1 当需要对边环的边缘应力进行计算时,可采用本附录所提供的计算方法。使用本附录时,应首先按 8.4.2 进行计算。

D.2 设计时应该使复合应力的当量强度——应力强度不超过 $3[\sigma]$,钢板的许用应力 $[\sigma]$ 按表 4.1.1 的规定。

D.3 应力强度 $\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$ 。

式中 σ_1 、 σ_3 分别为边环计算区域的内、外壁任一点的最大与最小主应力(拉应力为正,压应力为负)。

对于钟罩壁, σ_1 为轴向应力; σ_3 为环向应力(径向应力 σ_2 不计)。

对于顶边板, σ_1 为经向应力; σ_3 为纬向应力(径向应力 σ_2 不计)。

D.4 边环边缘应力计算的力学模型

D.4.1 边环结构简化为只考虑环向加强构件的作用,而不计及罩顶拱架、肋板和塔壁纵向加强构件(立柱)的影响,并且环向加强构件仅以顶部边缘部分的壁厚的增加来考虑。

D.4.2 边环结构(如图 D.4.2-1)可视为一圆柱壳和一圆球壳相连接(如图 D.4.2-2),该圆柱壳和圆球壳都有两段不等厚的短壳段和另一厚度的长壳段所组成。

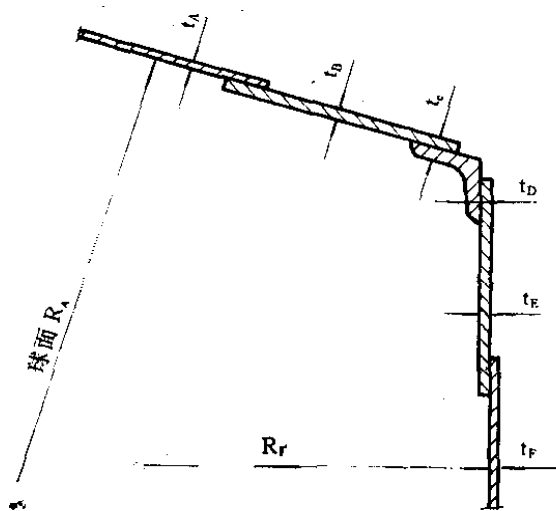


图 D.4.2-1

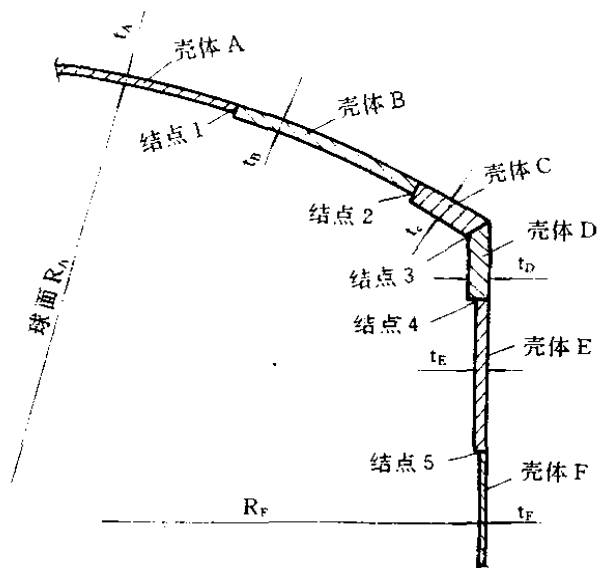


图 D. 4. 2-2

D. 4. 3 当气柜充气后,壳体承受内部气体压力的作用,除在壳体上产生薄膜应力之外,由于各段壳体变形的不连续性,各联结点同时产生弯矩 M 和切力 H ,如图 D. 4. 3 所示。

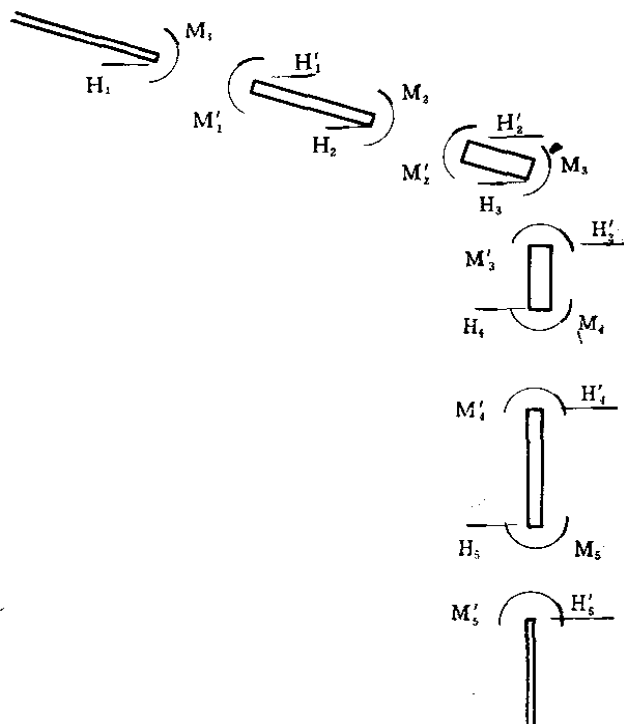


图 D. 4. 3

D. 5 壳体方程的建立

D. 5. 1 为了求解各边缘力矩和切力,首先应建立各段壳体的变形方程。除壳体 A 和 F 系半无

限长壳体外,其它各段均为短壳,对这些壳体应考虑两端的相互影响。因此各段壳体的矩阵表达式为:

$$\text{对壳体 A: } \begin{Bmatrix} \beta_1 \\ \delta_1 \end{Bmatrix} = \alpha_A \begin{Bmatrix} M_1 \\ H_1 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \beta_1^0 \\ \delta_1^0 \end{Bmatrix} \quad (\text{D-1})$$

$$\text{对壳体 B: } \begin{Bmatrix} \beta_1' \\ \delta_1' \\ \beta_2 \\ \delta_2 \end{Bmatrix} = \alpha_B \begin{Bmatrix} M_1' \\ H_1' \\ M_2 \\ H_2 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \beta_1^{0'} \\ \delta_1^{0'} \\ \beta_2^0 \\ \delta_2^0 \end{Bmatrix} \quad (\text{D-2})$$

$$\text{对壳体 C: } \begin{Bmatrix} \beta_2' \\ \delta_2' \\ \beta_3 \\ \delta_3 \end{Bmatrix} = \alpha_C \begin{Bmatrix} M_2' \\ H_2' \\ M_3 \\ H_3 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \beta_2^{0'} \\ \delta_2^{0'} \\ \beta_3^0 \\ \delta_3^0 \end{Bmatrix} \quad (\text{D-3})$$

$$\text{对壳体 D: } \begin{Bmatrix} \beta_3' \\ \delta_3' \\ \beta_4 \\ \delta_4 \end{Bmatrix} = \alpha_D \begin{Bmatrix} M_3' \\ H_3' \\ M_4 \\ H_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \beta_3^{0'} \\ \delta_3^{0'} \\ \beta_4^0 \\ \delta_4^0 \end{Bmatrix} \quad (\text{D-4})$$

$$\text{对壳体 E: } \begin{Bmatrix} \beta_4' \\ \delta_4' \\ \beta_5 \\ \delta_5 \end{Bmatrix} = \alpha_E \begin{Bmatrix} M_4' \\ H_4' \\ M_5 \\ H_5 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \beta_4^{0'} \\ \delta_4^{0'} \\ \beta_5^0 \\ \delta_5^0 \end{Bmatrix} \quad (\text{D-5})$$

$$\text{对壳体 F: } \begin{Bmatrix} \beta_5' \\ \delta_5' \end{Bmatrix} = \alpha_F \begin{Bmatrix} M_5' \\ H_5' \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \beta_5^{0'} \\ \delta_5^{0'} \end{Bmatrix} \quad (\text{D-6})$$

(D-1)~(D-6)式中的各刚度矩阵为:

$$\alpha_A = \begin{Bmatrix} \beta_1^M & \beta_1^H \\ \delta_1^M & \delta_1^H \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{4K_A^3}{ER_A T_A} & -\frac{2K_A^2}{ET_A} \sin \varphi_A \\ -\frac{2K_A^2}{ET_A} \sin \varphi_A & \frac{2R_A K_A}{ET_A} \sin^2 \varphi_A \end{Bmatrix} \quad (\text{D-7})$$

$$\alpha_B = \begin{Bmatrix} \beta_1^M & \beta_1^H & \beta_2^M & \beta_2^H \\ \delta_1^M & \delta_1^H & \delta_2^M & \delta_2^H \\ \beta_2^M & \beta_2^H & \beta_3^M & \beta_3^H \\ \delta_2^M & \delta_2^H & \delta_3^M & \delta_3^H \end{Bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{2K_B^3 \cdot 2F_3}{ET_B R_A F_1} & \frac{2K_B^2 \sin \varphi_A \cdot F_2}{ET_B F_1} & -\frac{2K_B^3 \cdot 2F_{10}}{ET_B R_A F_1} & \frac{2K_B^2 \sin \varphi_B \cdot 2F_8}{ET_B F_1} \\ \frac{2K_B^2 \sin \varphi_A F_2}{ET_B F_1} & \frac{2R_A K_B \sin^2 \varphi_A \cdot F_4}{ET_B F_1} & \frac{2K_B^2 \sin \varphi_A \cdot 2F_8}{ET_B F_1} & \frac{2R_A K_B \sin \varphi_A \sin \varphi_B F_9}{ET_B F_1} \\ \frac{2K_B^3 \cdot 2F_{10}}{ET_B R_A F_1} & \frac{2K_B^2 \sin \varphi_A \cdot 2F_8}{ET_B F_1} & -\frac{2K_B^3 \cdot 2F_3}{ET_B R_A F_1} & \frac{2K_B^2 \sin \varphi_B F_2}{ET_B F_1} \\ -\frac{2K_B^2 \sin \varphi_B \cdot 2F_8}{ET_B F_1} & -\frac{2R_A K_B \sin \varphi_A \sin \varphi_B \cdot F_9}{ET_B F_1} & \frac{2K_B^2 \sin \varphi_B \cdot F_2}{ET_B F_1} & -\frac{2R_A K_B \sin^2 \varphi_B F_4}{ET_B F_1} \end{bmatrix} \quad (\text{D-8})$$

壳体 C 的刚度矩阵 α_C 与壳体 B 的一致,但其中 T_B 、 K_B 应改为 T_C 、 K_C ; φ_A 、 φ_B 应改为 φ_B 、 φ_C ; 各 F 函数也相应地改为壳体 C 的各值。

对壳体 D 为:

$$\alpha_D = \begin{bmatrix} \beta_3^{M_3'} & \beta_3^{H_3'} & \beta_3^{M_4} & \beta_3^{H_4} \\ \delta_3^{M_3'} & \delta_3^{H_3'} & \delta_3^{M_4} & \delta_3^{H_4} \\ \beta_4^{M_3'} & \beta_4^{H_3'} & \beta_4^{M_4} & \beta_4^{H_4} \\ \delta_4^{M_3'} & \delta_4^{H_3'} & \delta_4^{M_4} & \delta_4^{H_4} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{2R_F^2 K_D^2 \cdot 2F_3}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D^2 F_2}{ET_D F_1} & -\frac{2R_F^2 K_D^3 \cdot 2F_{10}}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D^3 \cdot 2F_8}{ET_D F_1} \\ \frac{2R_F^2 K_D^2 F_2}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D F_4}{ET_D F_1} & -\frac{2R_F^2 K_D^2 \cdot 2F_8}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D F_9}{ET_D F_1} \\ \frac{2R_F^2 K_D^3 \cdot 2F_{10}}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D^2 \cdot 2F_8}{ET_D F_1} & -\frac{2R_F^2 K_D^3 \cdot 2F_3}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D^3 F_2}{ET_D F_1} \\ -\frac{2R_F^2 K_D^2 \cdot 2F_8}{ET_D F_1} & -\frac{2R_F^2 K_D F_9}{ET_D F_1} & \frac{2R_F^2 K_D^2 F_2}{ET_D F_1} & -\frac{2R_F^2 K_D F_4}{ET_D F_1} \end{bmatrix} \quad (D-9)$$

壳体 E 的刚度矩阵 α_E 与壳体 D 的一致,但其中 T_D, K_D 应改为 T_E, K_E ; F 函数也相应地同壳体 E 的各参数代入进行计算。

壳体 F 为:

$$\alpha_F = \begin{bmatrix} \beta_5^{M_5'} & \beta_5^{H_5'} \\ \delta_5^{M_5'} & \delta_5^{H_5'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{4K_F^3 R_F^2}{ET_F} & \frac{2K_F^2 R_F^2}{ET_F} \\ \frac{2K_F^3 R_F^2}{ET_F} & \frac{2R_F^2 K_F}{ET_F} \end{bmatrix} \quad (D-10)$$

在内压作用下,各段壳体在连接点的应变为:

$$\beta_0^0 = \beta_1^0 = \beta_2^0 = \beta_2^0 = \beta_3^0 = \beta_3^0 = \beta_4^0 = \beta_4^0 = \beta_5^0 = \beta_5^0 = 0 \quad (D-11)$$

$$\delta_1^0 = \frac{PR_A^2 \sin \varphi_A (1-\mu)}{2ET_A} \quad (D-12)$$

$$\delta_1^{0'} = \frac{PR_A^2 \sin \varphi_A (1-\mu)}{2ET_B} \quad (D-13)$$

$$\delta_2^0 = \frac{PR_A^2 \sin \varphi_B (1-\mu)}{2ET_B} \quad (D-14)$$

$$\delta_2^{0'} = \frac{PR_A^2 \sin \varphi_B (1-\mu)}{2ET_C} \quad (D-15)$$

$$\delta_3^0 = \frac{PR_A^2 \sin \varphi_C (1-\mu)}{2ET_C} \quad (D-16)$$

$$\delta_3^{0'} = \delta_4^0 = \frac{PR_F^2 (1-\mu/2)}{ET_D} \quad (D-17)$$

$$\delta_4^{0'} = \delta_5^0 = \frac{PR_F^2 (1-\mu/2)}{ET_E} \quad (D-18)$$

$$\delta_5^{0'} = \frac{PR_F^2 (1-\mu/2)}{ET_F} \quad (D-19)$$

D. 5. 2 为了求解以上方程组,还需建立各连接点的变形协调方程式:

对连接点(1)

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ H_1 \\ \beta_1 \\ \delta_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} M_1' \\ H_1' \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \beta_1' \\ \delta_1' \end{bmatrix} \quad (D-20)$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_1^0 - \delta_1^{0'} \\ 0 \\ \delta_2^0 - \delta_2^{0'} \\ 0 \\ \delta_3^0 - \delta_3^{0'} \\ 0 \\ \delta_4^0 - \delta_4^{0'} \\ 0 \\ \delta_5^0 - \delta_5^{0'} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \beta_{3'}^{H_3'} \\ \delta_{3'}^{H_3'} \\ \beta_{4'}^{H_3'} \\ \delta_{4'}^{H_3'} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \frac{PR_F}{2} \text{ctg} \varphi_c \quad (\text{D-25})$$

D. 6 各段壳体的应力计算

D. 6.1 壳体 A:

$$\sigma_{A+} = \frac{PR_A}{2T_A} + \frac{N_+}{T_A} \pm \frac{6M_+}{T_A^2} \quad (\text{D-26})$$

$$\sigma_{A0} = \frac{PR_A}{2R_A} + \frac{N_0}{T_A} \pm \frac{6M_0}{T_A^2} \quad (\text{D-27})$$

$$\text{式中: } N_+ = -\frac{2K_A}{R_A} M_1 F_{18}(\alpha) \text{ctg}(\varphi_A - \alpha) - \sin \varphi_A \text{ctg}(\varphi_A - \alpha) H_1 F_{20}(\alpha) \quad (\text{D-28})$$

$$N_0 = \frac{2K_A^2}{R_A} M_1 F_{20}(\alpha) - 2K_A \sin \varphi_A \cdot H_1 F_{17}(\alpha) \quad (\text{D-29})$$

$$M_+ = M_1 F_{19}(\alpha) - \frac{R_A}{K_A} \cdot \sin \varphi_A \cdot H_1 F_{18}(\alpha) \quad (\text{D-30})$$

$$M_0 = \frac{\text{ctg}(\varphi_A - \alpha)}{K_A} M_1 F_{17}(\alpha) - \frac{R_A \sin \varphi_A \cdot \text{ctg}(\varphi_A - \alpha)}{2K_A^2} H_1 F_{19}(\alpha) + \mu M_+ \quad (\text{D-31})$$

D. 6.2 壳体 B、C:

$$\sigma_{B+} = \frac{PR_A}{2T_B} + \frac{N_+}{T_B} \pm \frac{6M_+}{T_B^2} \quad (\text{D-32})$$

$$\sigma_{B0} = \frac{PR_A}{2T_B} + \frac{N_0}{T_B} \pm \frac{6M_0}{T_B^2} \quad (\text{D-33})$$

$$\begin{aligned} \text{式中: } N_+ = & M_1 \frac{2K_B \text{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{R_A} \left[\frac{F_8}{F_1} F_{10}(\alpha) - \frac{F_{10}}{F_1} F_8(\alpha) \right] + \\ & H_1 \sin \varphi_A \text{ctg}(\varphi_B - \alpha) \left[\frac{F_9}{F_1} F_{10}(\alpha) - \frac{2F_8}{F_1} F_8(\alpha) \right] - \\ & M_2 \frac{2K_B \text{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{R_A} \left[\frac{F_6}{F_1} F_{15}(\alpha) + \frac{F_5}{F_1} F_{16}(\alpha) - \frac{F_8}{F_1} F_8(\alpha) \right] - \\ & H_2 \sin \varphi_B \text{ctg}(\varphi_B - \alpha) \left[F_7(\alpha) - \frac{F_4}{F_1} F_{10}(\alpha) + \frac{F_2}{F_1} F_8(\alpha) \right] \end{aligned} \quad (\text{D-34})$$

$$\begin{aligned} N_0 = & M_1 \frac{2K_B^3}{R_A} \left[-\frac{2F_8}{F_1} F_7(\alpha) + \frac{F_{10}}{F_1} F_{10}(\alpha) \right] + \\ & H_1 \cdot 2K_B \sin \varphi_A \left[-\frac{F_9}{F_1} F_7(\alpha) + \frac{F_8}{F_1} F_{10}(\alpha) \right] + \\ & M_2 \frac{2K_B^3}{R_A} \left[\frac{F_6}{F_1} F_{14}(\alpha) + \frac{F_5}{F_1} F_{13}(\alpha) - \frac{F_3}{F_1} F_{10}(\alpha) \right] + \\ & H_2 K_B \sin \varphi_B \left[-F_9(\alpha) - 2 \frac{F_4}{F_1} F_7(\alpha) + \frac{F_2}{F_1} F_{10}(\alpha) \right] \end{aligned} \quad (\text{D-35})$$

$$\begin{aligned}
M_4 = & M_1 \left[\frac{2F_8}{F_1} F_8(\alpha) - \frac{F_{10}}{F_1} F_9(\alpha) \right] + \\
& H_1 \frac{R_A \sin \varphi_A}{K_B} \left[\frac{F_9}{F_1} F_8(\alpha) - \frac{F_8}{F_1} F_9(\alpha) \right] + \\
M_2 = & \left[\frac{F_6}{F_1} F_{13}(\alpha) - \frac{F_5}{F_1} F_{14}(\alpha) + \frac{F_3}{F_1} F_9(\alpha) \right] + \\
& H_2 \frac{R_A \sin \varphi_B}{2K_B} \left[-F_{10}(\alpha) + \frac{2F_4}{F_1} F_8(\alpha) - \frac{F_2}{F_1} F_9(\alpha) \right]
\end{aligned} \tag{D-36}$$

$$\begin{aligned}
M_\theta = & -M_1 \left\{ \frac{F_8}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_9(\alpha) - 2\mu F_8(\alpha) \right] + \right. \\
& \left. \frac{F_{10}}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_7(\alpha) + \mu F_9(\alpha) \right] \right\} + \\
& H_1 \frac{R_A \sin \varphi_A}{2K_B} \left\{ \frac{F_9}{F_1} \left[-\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_9(\alpha) + 2\mu F_8(\alpha) \right] - \right. \\
& \left. \frac{2F_8}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_7(\alpha) + \mu F_9(\alpha) \right] \right\} - \\
M_2 = & \left\{ \frac{F_6}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_{16}(\alpha) - \mu F_{13}(\alpha) \right] - \right. \\
& \frac{F_5}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_{15}(\alpha) - \mu F_{14}(\alpha) \right] - \\
& \left. \frac{F_3}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_7(\alpha) + \mu F_9(\alpha) \right] \right\} - \\
& H_2 \frac{R_A \sin \varphi_B}{2K_B} \left\{ -\left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_8(\alpha) - \mu F_{10}(\alpha) \right] + \right. \\
& \frac{F_4}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_9(\alpha) - 2\mu F_8(\alpha) \right] + \\
& \left. \frac{F_2}{F_1} \left[\frac{\operatorname{ctg}(\varphi_B - \alpha)}{K_B} F_7(\alpha) + \mu F_9(\alpha) \right] \right\}
\end{aligned} \tag{D-37}$$

壳体 C 与壳体 B 相同,但其中 $T_B, K_B, \varphi_A, \varphi_B$ 相应地改为 $T_C, K_C, \varphi_B, \varphi_C$; M_1, H_1, M_2, H_2 相应地改为 M_2, H_2, M_3, H_3 ; F 函数也相应改变。

D. 6.3 壳体 D、E:

$$\sigma_{DX} = \frac{PR_F}{2T_D} \pm 6 \frac{M_X}{T_D^2} \tag{D-38}$$

$$\sigma_{D\theta} = \frac{PR_F}{T_D} + \frac{N_\theta}{T_D} \pm \mu \frac{6M_X}{T_D^2} \tag{D-39}$$

$$\begin{aligned}
\text{式中: } M_X = & M_3 \left[\frac{2F_8}{F_1} F_8(\zeta) - \frac{F_{10}}{F_1} F_9(\zeta) \right] + \\
& H_3' \left[\frac{F_9}{F_1} F_8(\zeta) - \frac{F_8}{F_1} F_9(\zeta) \right] \frac{1}{K_D} - \\
M_4 = & \left[\frac{F_2}{F_1} F_8(\zeta) - \frac{F_3}{F_1} F_9(\zeta) - F_7(\zeta) \right] - \\
& \frac{H_4}{K_D} \left[-\frac{F_4}{F_1} F_8(\zeta) - \frac{F_5}{F_1} F_{16}(\zeta) + \frac{F_6}{F_1} F_{15}(\zeta) \right]
\end{aligned} \tag{D-40}$$

$$\begin{aligned}
N_\theta = & M_3 \cdot 2K_B^2 R_F \left[-\frac{2F_8}{F_1} F_7(\zeta) + \frac{F_{10}}{F_1} F_{10}(\zeta) \right] + \\
& H_3' \cdot 2K_D R_F \left[-\frac{F_9}{F_1} F_7(\zeta) + \frac{F_8}{F_1} F_{10}(\zeta) \right] -
\end{aligned}$$

$$M_4 \cdot 2K_D^2 R_F \left[-\frac{F_2^2}{F_1} F_7(\zeta) + \frac{F_3}{F_1} F_{10}(\zeta) - F_8(\zeta) - \right. \\ \left. H_4 \cdot 2K_D R_F \left[\frac{F_4}{F_1} F_7(\zeta) - \frac{F_5}{F_1} F_{15}(\zeta) - \frac{F_6}{F_1} F_{16}(\zeta) \right] \right] \quad (D-41)$$

壳体 E 与壳体 D 基本一致,但其中 T_D 、 K_D 相应地改变为 T_E 、 K_E ; M_3 、 H_3 、 M_4 、 H_4 相应地改变为 M_4 、 H_4 、 M_5 、 H_5 ; F 函数也相应改变。

D. 6. 4 壳体 F:

$$\sigma_{FX} = \frac{PR_F}{2T_F} \pm \frac{6M_X}{T_F^2} \quad (D-42)$$

$$\sigma_{F\theta} = \frac{PR_F}{T_F} + \frac{N_\theta}{T_F} \pm \mu \frac{6M_X}{T_F^2} \quad (D-43)$$

$$\text{式中: } M_X = M_5 F_{19}(\zeta) + \frac{H_5}{K_F} F_{18}(\zeta) \quad (D-44)$$

$$N_\theta = 2K_F^2 R_F M_5 F_{20}(\zeta) + 2K_F R_F H_5 F_{17}(\zeta) \quad (D-45)$$

以上各式中符号意义:

P——内压,MPa;

R_A ——顶部球壳曲率半径,mm;

R_F ——钟罩圆柱壳曲率半径,mm;

T——各段壳体壁厚,mm;

L——各段壳体长度,mm;

φ ——各段球壳的半中心角;

K——各段壳体常数

$$\text{对球壳为: } K = \sqrt[3]{3(1-\mu^2)} \sqrt{\frac{R}{T}}$$

$$\text{对圆柱壳为: } K = \sqrt[3]{3(1-\mu^2)} / \sqrt{RT}, 1/\text{mm}$$

α ——角度;

M——各段壳体边缘力矩,在壳体内壁纤维产生拉应力则为正, $N \cdot \text{mm}/\text{mm}$;

H——各段壳体边缘切力,它产生的变形,能使半径增大则为正, N/mm ;

β ——各段壳体连接点的转角,产生的变形为顺时针方向为正;

δ ——各段壳体连接点的位移,使半径增大的为正,mm;

$\alpha_A \sim \alpha_F$ ——各段壳体的刚度矩阵;

σ ——应力值,MPa;

E——材料的弹性模数,MPa;

μ ——材料的波桑比;

下标 A、B、C、D、E、F——各段壳体;

下标 1、2、3、4、5——各段壳体的连接点;

下标 ϕ 、 θ ——壳体中的经向与纬向;

下标 X、 θ ——圆柱壳的轴向与环向;

上标 0——在内压作用下的结果;

上标 M 或 H——在 M 或 H 作用下的结果。

F 函数:

$$F_1 = \text{Sh}^2 \text{KL} - \sin^2 \text{KL};$$

$$F_2 = \text{Sh}^2 \text{KL} + \sin^2 \text{KL};$$

$$F_3 = \text{ShKLChKL} + \sin \text{KL} \cos \text{KL};$$

$$F_4 = \text{ShKLChKL} - \sin \text{KL} \cos \text{KL};$$

$$F_5 = \sin^2 \text{KL};$$

$$F_6 = \text{Sh}^2 \text{KL};$$

$$F_7 = \text{ChKL} \cos \text{KL};$$

$$F_8 = \text{ShKL} \sin \text{KL};$$

$$F_9 = \text{ChKL} \sin \text{KL} - \text{ShKL} \cos \text{KL};$$

$$F_{10} = \text{ChKL} \sin \text{KL} + \text{ShKL} \cos \text{KL};$$

$$F_{11} = \sin \text{KL} \cos \text{KL};$$

$$F_{12} = \text{ShKLChKL};$$

$$F_{13} = \text{ChKL} \cos \text{KL} - \text{ShKL} \sin \text{KL};$$

$$F_{14} = \text{ChKL} \cos \text{KL} + \text{ShKL} \sin \text{KL};$$

$$F_{15} = \text{ChKL} \sin \text{KL};$$

$$F_{16} = \text{ShKL} \cos \text{KL};$$

$$F_{17} = e^{-\text{KL}} \cos \text{KL};$$

$$F_{18} = e^{-\text{KL}} \sin \text{KL};$$

$$F_{19} = e^{-\text{KL}} (\cos \text{KL} + \sin \text{KL});$$

$$F_{20} = e^{-\text{KL}} (\cos \text{KL} - \sin \text{KL});$$

对球壳的 KL 应为 $K_B(\varphi_B - \varphi_A)$ 或 $K_C(\varphi_C - \varphi_B)$;

$F_i(\alpha)$ 则 KL 应为 $K_A\alpha, K_B\alpha, K_C\alpha$ 等, 其中 α 为角度;

$F_i(\zeta)$ 则 KL 应为 $\text{KL}\zeta$, 其是 $\zeta = \frac{X}{L}$, X 为离壳体原点的距离。

附录 E 我国若干城市暴雨强度公式

表 E

地 名	暴雨强度公式(升/秒·公顷)	地 名	暴雨强度公式(升/秒·公顷)
北 京	$q = \frac{2111(1+0.85lgP)}{(t+8)^{0.70}}$	汕 头	$q = \frac{1042(1+0.56lgP)}{t^{0.488}}$
上 海	$q = \frac{5544(P^{0.3}-0.42)}{(t+10+7lgP)^{0.32+0.07lgP}}$	南 宁	$q = \frac{10500(1+0.707lgP)}{t+21.1P^{0.119}}$
天 津	$q = \frac{2334P^{0.52}}{(t+2+4.5P^{0.65})^{0.8}}$	柳 州	$q = \frac{2415P^{0.34}}{(t+8.24P^{0.327})^{0.725}}$
太 原	$q = \frac{817(1+0.755lgP)}{t^{0.667}}$	长 沙	$q = \frac{776(1+0.75lgP)}{t^{0.527}}$
齐齐哈尔	$q = \frac{684(1+1.13lgP)}{t^{0.636}}$	衡 阳	$q = \frac{892(1+0.67lgP)}{t^{0.57}}$
哈尔滨	$q = \frac{6500(1+0.34lgP)}{(t+15)^{1.05}}$	汉 口	$q = \frac{784(1+0.83lgP)}{t^{0.507}}$
长 春	$q = \frac{883(1+0.68lgP)}{t^{0.604}}$	郑 州	$q = \frac{767(1+1.04lgP)}{t^{0.522}}$
旅 大	$q = \frac{617(1+0.81lgP)}{t^{0.486}}$	洛 阳	$q = \frac{750(1+0.845lgP)}{t^{0.592}}$
济 南	$q = \frac{4700(1+0.753lgP)}{(t+17.5)^{0.898}}$	成 都	$q = \frac{2806(1+0.803lgP)}{(t+12.8P^{0.231})^{0.768}}$
南 京	$q = \frac{167(47.17+41.66lgP)}{t+33+9lg(P-0.4)}$	重 庆	$q = \frac{2822(1+0.775lgP)}{(t+12.8P^{0.076})^{0.77}}$
杭 州	$q = \frac{1008(1+0.73lgP)}{t^{0.541}}$	贵 阳	$q = \frac{1887(1+0.707lgP)}{(t+9.35P^{0.031})^{0.695}}$
南 昌	$q = \frac{1215(1+0.854lgP)}{t^{0.6}}$	昆 明	$q = \frac{700(1+0.775lgP)}{t^{0.496}}$
福 州	$q = \frac{934(1+0.55lgP)}{t^{0.542}}$	石河子	$q = \frac{198P^{1.318}}{t^{0.56}P^{0.306}}$
厦 门	$q = \frac{850(1+0.745lgP)}{t^{0.514}}$	宝 鸡	$q = \frac{342(1+0.95lgP)}{t^{0.46}}$
广 州	$q = \frac{1195(1+0.622lgP)}{t^{0.523}}$	银 川	$q = \frac{242(1+0.83lgP)}{t^{0.477}}$

注：①本表摘自《给水排水设计手册》第六册“室外排水与工业废水处理”中的表 1-31，如有新的版本或设计规范，应采用最新版本或规范。

②有几个主要城市还没有公式，有待补充；有些城市未纳入，可查阅有关资料。

③公式中：t——降雨历时(分钟)，气柜设计可取 t=5min；P——设计重现期(年)，气柜水槽溢流堰设计(采用防护液)可取 5 年。

附录 F 气柜防腐涂料选用表(参考件)

表 F

部 位	贮存气体	表面处理	底 漆	面 漆
水槽内壁活动 节内外壁、内件	半水煤气、焦炉气、变 换气、炼厂气、二氧化 碳气	表面喷砂后喷涂乙烯 磷化底漆(二道)或表 面人工除锈处理后涂 带锈底漆(二道)	铁红环氧底漆(二道) 或铁红醇酸底漆(二道) 或红丹酚醛防锈漆(二道)	环氧沥青漆(四道) 或沥青耐酸漆(二道) 或漆酚树脂漆(六道)
	氮气、氢气、氨气、乙炔 气、乙烯气		铁红环氧底漆(二道) 或铁红醇酸底漆(二道) 或红丹酚醛防锈漆(二道)	沥青耐酸漆(二道) 或环氧沥青漆(四道)
	氧 气		铁红环氧底漆(二道) 或过氯乙烯底漆(二道)	环氧树脂漆(四道) 或过氯乙烯漆(六道)
水槽底板(上、 下面)	同上述气体		红丹酚醛防锈漆(二道) 或铁红环氧底漆(二道)	沥青(一道)再泼热 沥青 8mm~10mm(底板下面无此层)
水槽外壁、钟罩 顶板外面、外部 构件,如扶梯等	—		红丹酚醛防锈漆(二道) 或铁红酚醛底漆(二道) 或环氧沥青底漆(二道)	酚醛耐酸漆(二道) 或环氧沥青漆(四道) 或氯磺化聚乙烯涂料(四~六道)

附录 G 按风荷载表面分布体型 系数计算活动塔节的壁厚(参考件)

对于特大型螺旋气柜,壁板厚度的计算如考虑风压的影响,可将塔身视为一个以水槽平台为固定支承端的伸臂梁,根据图 2.2.2-1 塔壁风载体型系数图形所示之风载表面分布体型系数,并计入内部气体压力,按下列公式确定壁厚:

按塔壁环向应力计算壁厚:

$$\delta = \frac{(-10^{-6}K_1\beta K_2W_0 + P)D_1}{2[\sigma]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (\text{G-1})$$

按塔壁纵向应力计算壁厚:

$$\delta = \frac{10^{-6}K_2\beta K_3W_0H_1^2}{D_1[\sigma]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (\text{G-2})$$

按塔壁剪应力计算壁厚:

$$\delta = \frac{-10^{-6}K_3\beta K_2W_0H_1}{[\tau]\phi} + C \quad \text{mm} \quad (\text{G-3})$$

按以上三式计算后, δ 取较大值。

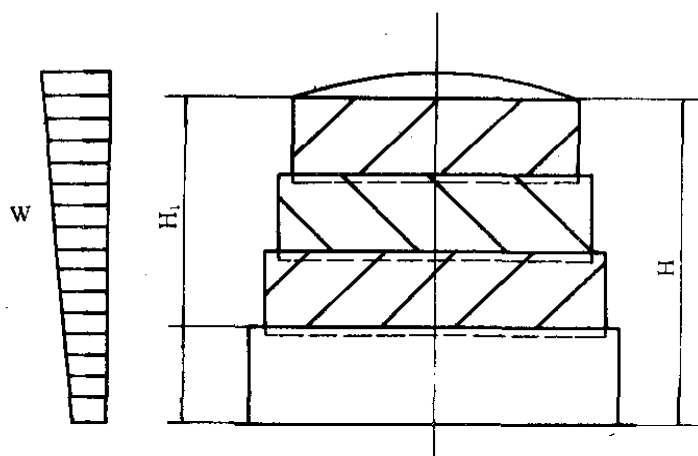


图 G.1 螺旋气柜塔体简图

式中: K_2 ——风压高度系数(见表 2.2.2-1)。对式(G-1)按图 G.1 所示之高度 H 取值,对式(G-2)、(G-3)按图 G.1 所示之高度 H_1 取值;

W_0 ——地区基本风压值, N/m^2 ;

H ——气柜活动节升起高度,见图 G.1, mm ;

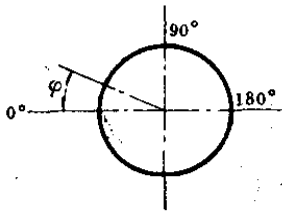
β ——风振系数,按气柜自振周期 T 查得。一般螺旋气柜可按 $T \approx 0.5\text{s}$, 则 $\beta = 1.45$;

K_1 、 K_2 、 K_3 ——塔壁按风载作局部计算的内力系数,见表 G.1。由于各活动塔节塔壁厚度相等故仅需取较大值的一点计算;

D_1 ——塔体直径,对于式(G-1)取钟罩直径,对由式(G-2)、(G-3)取最下一节活动塔体直径,mm;
 $[\sigma]$ ——壁板许用应力,见表 4.1.1,MPa;
 $[\tau]$ ——壁板许用剪应力,取 $[\tau]=0.8[\sigma]$,MPa;
 $P、\phi、C$ 同式(9-1)。

活动塔节塔壁内力系数表

表 G. 1



$$K_1=0.7\cos\varphi+\cos2\varphi-0.7$$

$$K_2=0.7\cos\varphi+4\cos2\varphi$$

$$K_3=0.7\sin\varphi+2\sin2\varphi$$

φ°	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
K_1	1.00	0.82	0.406	-0.205	-0.85	-1.386	-1.70	-1.747	-1.55	1.195	-0.806	-0.510	-0.40
K_2	4.7	4.14	7.909	0.496	-1.65	-3.282	-4.0	-3.645	-2.35	-0.496	1.394	2.788	3.3
K_3	0	1.181	2.082	2.495	2.338	1.676	0.700	-0.324	-1.126	-1.505	-1.382	-0.819	0

附录 H 钟罩顶球形拱架总体稳定验算(参考件)

H.1 总的要求

钟罩顶球形拱架当需要验算在外部荷载与自重作用下的总体稳定性时,可采用本附录所推荐的近似计算方法。在进行总体稳定验算之前,应先根据 8.3.1 规定的计算方法,确定拱架构件尺寸并计算构件强度和构件稳定性。

如果有比本附录方法更准确的方法,也可以使用。

H.2 假 设

H.2.1 拱架假设为按径向梁和环向梁构成的正交各向异性的浅球壳,并以此来进行总体稳定验算。

H.2.2 拱架在制造及安装过程中产生的初始挠度应不大于第 23 章施工验收规定的要求。

H.3 验算方法与步骤

H.3.1 有效折算薄膜厚度计算

径向梁有效薄膜厚度 δ_r 为:

$$\delta_r = \frac{A_r}{b} \quad \text{mm} \quad (\text{H-1})$$

环向梁折算薄膜厚度 δ_θ 为:

$$\delta_\theta = \frac{A_\theta}{d} \quad \text{mm} \quad (\text{H-2})$$

式中: A_r, A_θ ——分别为径向梁及环向梁断面积, mm^2 ;

b, d ——分别为径向梁及环向梁的径向及环向中线间距, mm 。

H.3.2 折算为壳体在单位宽度上的延伸刚度计算。

径向延伸刚度 B_r 为:

$$B_r = E\delta_r \quad \text{N/mm} \quad (\text{H-3})$$

环向延伸刚度 B_θ 为:

$$B_\theta = E\delta_\theta \quad \text{N/mm} \quad (\text{H-4})$$

式中: E ——材料的弹性模数, $2.06 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

H.3.3 折算为壳体在单位宽度上的弯曲刚度计算。

径向弯曲刚度 D_r 为:

$$D_r = E \left(\frac{I_r}{b} \right) \quad \text{N} \cdot \text{mm} \quad (\text{H-5})$$

环向弯曲刚度 D_θ 为:

$$D_\theta = E \left(\frac{I_\theta}{d} \right) \quad \text{N} \cdot \text{mm} \quad (\text{H-6})$$

式中: I_r, I_θ ——分别为径向梁和环向梁截面惯性矩, mm^4 。

H.3.4 简化为各向同性壳后,折算有效薄膜厚度 δ 及折算弹性模数 E' 分别为:

$$\delta = \sqrt{\frac{12D_r}{B_\theta}} \quad \text{mm} \quad (\text{H-7})$$

$$E' = \frac{B_\theta}{\delta} \quad \text{MPa} \quad (\text{H-8})$$

H. 3. 5 按承受均布外压计算罩顶拱架许用压力为:

$$[P_{cr}] = 0.1E' \left(\frac{\delta}{R} \right)^2 \geq W \quad \text{MPa} \quad (\text{H-9})$$

式中: δ ——拱架折算为壳的折算有效薄膜厚度, mm;

E' ——折算弹性模数, MPa;

R ——球型拱架的球面半径, mm;

W ——球型拱架的计算荷载, 包括顶板、拱架的自重与雪荷载或施工荷载组合的较大值, N/mm^2 。

附录 I 受压构件的稳定系数

轴心受压构件的稳定系数 ϕ 表

表 I-1

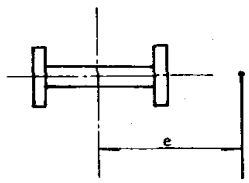
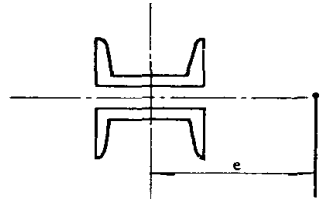
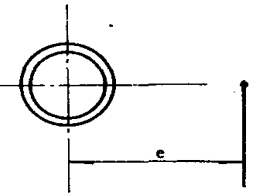
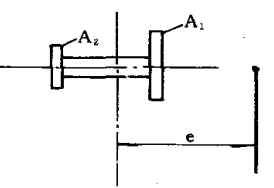
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q235										
0	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.998	0.997	0.996
10	0.995	0.994	0.993	0.992	0.991	0.989	0.988	0.987	0.985	0.983
20	0.981	0.979	0.977	0.975	0.973	0.971	0.969	0.966	0.963	0.961
30	0.958	0.956	0.953	0.950	0.947	0.944	0.941	0.937	0.934	0.931
40	0.927	0.923	0.920	0.916	0.912	0.908	0.904	0.900	0.896	0.892
50	0.888	0.884	0.879	0.875	0.870	0.866	0.861	0.856	0.851	0.847
60	0.842	0.837	0.832	0.826	0.821	0.816	0.811	0.805	0.800	0.795
70	0.789	0.784	0.778	0.772	0.767	0.761	0.755	0.749	0.743	0.737
80	0.731	0.725	0.719	0.713	0.707	0.701	0.695	0.688	0.682	0.676
90	0.669	0.663	0.657	0.650	0.644	0.637	0.631	0.624	0.617	0.611
100	0.604	0.597	0.591	0.584	0.577	0.570	0.563	0.557	0.550	0.543
110	0.536	0.529	0.522	0.515	0.508	0.501	0.494	0.487	0.480	0.473
120	0.466	0.459	0.452	0.445	0.439	0.432	0.426	0.420	0.413	0.407
130	0.401	0.396	0.390	0.384	0.379	0.374	0.369	0.364	0.359	0.354
140	0.349	0.344	0.340	0.335	0.331	0.327	0.322	0.318	0.314	0.310
150	0.306	0.303	0.299	0.295	0.292	0.288	0.285	0.281	0.278	0.275
160	0.272	0.268	0.265	0.262	0.259	0.256	0.254	0.251	0.248	0.245
170	0.243	0.240	0.237	0.235	0.232	0.230	0.227	0.225	0.223	0.220
180	0.218	0.216	0.214	0.212	0.210	0.207	0.205	0.203	0.201	0.199
190	0.197	0.196	0.194	0.192	0.190	0.188	0.187	0.185	0.183	0.181
200	0.180	0.178	0.176	0.175	0.173	0.172	0.170	0.169	0.167	0.166
210	0.164	0.163	0.162	0.160	0.159	0.158	0.156	0.155	0.154	0.152
220	0.151	0.150	0.149	0.147	0.146	0.145	0.144	0.143	0.142	0.141
230	0.139	0.138	0.137	0.136	0.135	0.134	0.133	0.132	0.131	0.130
240	0.129	0.128	0.127	0.126	0.125	0.125	0.124	0.123	0.122	0.121
250	0.120									

续表 I-1

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16Mn										
0	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.998	0.998	0.997	0.996	0.994
10	0.993	0.992	0.990	0.989	0.987	0.985	0.983	0.980	0.978	0.976
20	0.973	0.970	0.967	0.964	0.961	0.958	0.955	0.951	0.948	0.944
30	0.940	0.936	0.932	0.928	0.923	0.919	0.915	0.910	0.905	0.900
40	0.895	0.890	0.885	0.880	0.874	0.869	0.863	0.858	0.852	0.846
50	0.840	0.834	0.828	0.822	0.815	0.809	0.803	0.796	0.789	0.783
60	0.776	0.769	0.762	0.755	0.748	0.741	0.734	0.727	0.719	0.712
70	0.705	0.697	0.690	0.682	0.674	0.667	0.659	0.651	0.643	0.635
80	0.627	0.619	0.611	0.603	0.595	0.587	0.579	0.571	0.563	0.554
90	0.546	0.538	0.530	0.521	0.513	0.504	0.496	0.488	0.479	0.471
100	0.462	0.454	0.445	0.436	0.428	0.420	0.413	0.405	0.398	0.391
110	0.384	0.378	0.371	0.365	0.359	0.353	0.347	0.341	0.336	0.331
120	0.325	0.320	0.315	0.310	0.305	0.301	0.296	0.292	0.288	0.283
130	0.279	0.275	0.271	0.267	0.263	0.260	0.256	0.253	0.249	0.246
140	0.242	0.239	0.236	0.233	0.230	0.227	0.224	0.221	0.218	0.215
150	0.213	0.210	0.207	0.205	0.202	0.200	0.197	0.195	0.193	0.190
160	0.188	0.186	0.184	0.182	0.180	0.178	0.176	0.174	0.172	0.170
170	0.168	0.166	0.164	0.162	0.161	0.159	0.157	0.156	0.154	0.152
180	0.151	0.149	0.148	0.146	0.145	0.143	0.142	0.140	0.139	0.138
190	0.136	0.135	0.134	0.132	0.131	0.130	0.129	0.128	0.126	0.125
200	0.124	0.123	0.122	0.121	0.120	0.118	0.117	0.116	0.115	0.114
210	0.113	0.112	0.111	0.110	0.109	0.108	0.108	0.107	0.106	0.105
220	0.104	0.103	0.102	0.101	0.101	0.100	0.099	0.098	0.097	0.097
230	0.096	0.095	0.094	0.094	0.093	0.092	0.091	0.091	0.090	0.089
240	0.089	0.088	0.087	0.087	0.086	0.085	0.085	0.084	0.084	0.083
250	0.082									

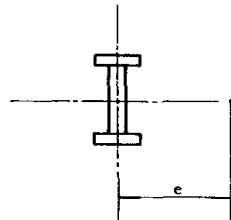
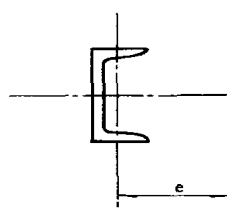
偏心受压构件在弯矩作用平面内的稳定系数 ϕ_x 表

表 1-2

λ	ϵ	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10	12	14	16	18	20	25	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
    $1.2 > \frac{A_2}{A_1} \geq 0.5$																																	0	1.000	0.865	0.763	0.682	0.616	0.563	0.517	0.479	0.446	0.417	0.391	0.340	0.300	0.267	0.240	0.218	0.199	0.183	0.170	0.157	0.147	0.130	0.116	0.105	0.088	0.076	0.066	0.059	0.053	0.042	0.035	10	0.995	0.848	0.743	0.666	0.601	0.548	0.503	0.467	0.434	0.406	0.382	0.332	0.294	0.263	0.237	0.215	0.196	0.181	0.168	0.156	0.146	0.129	0.115	0.104	0.087	0.075	0.066	0.059	0.053	0.042	0.035	20	0.981	0.831	0.725	0.645	0.582	0.529	0.488	0.452	0.419	0.391	0.368	0.322	0.285	0.255	0.231	0.211	0.193	0.178	0.165	0.153	0.143	0.127	0.114	0.103	0.086	0.074	0.065	0.058	0.052	0.041	0.035	30	0.958	0.812	0.705	0.623	0.560	0.509	0.469	0.433	0.402	0.377	0.355	0.311	0.275	0.247	0.224	0.205	0.189	0.174	0.162	0.150	0.140	0.125	0.112	0.101	0.085	0.074	0.065	0.058	0.052	0.041	0.034	40	0.927	0.788	0.679	0.598	0.537	0.487	0.448	0.414	0.385	0.361	0.342	0.299	0.265	0.238	0.216	0.199	0.183	0.170	0.158	0.147	0.138	0.122	0.110	0.100	0.084	0.073	0.064	0.057	0.052	0.041	0.034	50	0.888	0.760	0.650	0.571	0.512	0.465	0.426	0.395	0.367	0.345	0.327	0.287	0.255	0.229	0.208	0.192	0.177	0.165	0.154	0.144	0.135	0.120	0.108	0.098	0.083	0.072	0.063	0.056	0.051	0.040	0.033	60	0.842	0.730	0.619	0.543	0.486	0.442	0.406	0.375	0.349	0.328	0.312	0.275	0.245	0.221	0.201	0.185	0.171	0.159	0.149	0.140	0.132	0.117	0.106	0.096	0.081	0.071	0.062	0.056	0.050	0.040	0.033	70	0.789	0.693	0.586	0.513	0.461	0.419	0.385	0.356	0.332	0.312	0.297	0.263	0.235	0.212	0.193	0.178	0.165	0.154	0.144	0.136	0.128	0.114	0.103	0.094	0.080	0.070	0.061	0.055	0.049	0.039	0.033	80	0.731	0.651	0.553	0.485	0.434	0.396	0.363	0.338	0.316	0.297	0.283	0.252	0.225	0.203	0.186	0.171	0.159	0.148	0.139	0.131	0.124	0.111	0.101	0.092	0.078	0.068	0.060	0.054	0.049	0.039	0.033	90	0.669	0.602	0.515	0.455	0.409	0.373	0.344	0.320	0.299	0.282	0.267	0.240	0.215	0.195	0.178	0.164	0.153	0.143	0.134	0.127	0.120	0.108	0.099	0.090	0.077	0.067	0.059	0.053	0.048	0.038	0.032	100	0.604	0.549	0.474	0.423	0.383	0.350	0.325	0.302	0.283	0.267	0.256	0.229	0.205	0.186	0.171	0.158	0.147	0.138	0.130	0.122	0.116	0.105	0.096	0.088	0.075	0.066	0.058	0.053	0.048	0.038	0.032	110	0.536	0.494	0.434	0.390	0.356	0.328	0.306	0.285	0.268	0.253	0.243	0.218	0.196	0.178	0.164	0.152	0.142	0.133	0.125	0.118	0.112	0.102	0.093	0.086	0.074	0.065	0.057	0.052	0.047	0.037	0.031	120	0.466	0.443	0.394	0.358	0.329	0.306	0.286	0.268	0.252	0.240	0.230	0.208	0.187	0.170	0.157	0.146	0.136	0.128	0.120	0.114	0.108	0.098	0.090	0.083	0.072	0.063	0.056	0.051	0.046	0.037	0.031	130	0.401	0.397	0.358	0.328	0.303	0.284	0.266	0.251	0.237	0.226	0.219	0.199	0.179	0.163	0.152	0.140	0.131	0.123	0.116	0.110	0.104	0.095	0.088	0.081	0.070	0.062	0.055	0.050	0.045	0.037	0.030	140	0.349	0.354	0.321	0.299	0.279	0.262	0.248	0.234	0.222	0.212	0.206	0.189	0.171	0.156	0.145	0.135	0.126	0.118	0.112	0.106	0.101	0.092	0.085	0.079	0.069	0.061	0.054	0.049	0.045	0.036	0.030	150	0.306	0.306	0.294	0.274	0.257	0.242	0.229	0.218	0.208	0.200	0.194	0.179	0.163	0.150	0.139	0.130	0.121	0.114	0.108	0.102	0.097	0.089	0.082	0.076	0.067	0.059	0.053	0.048	0.044	0.036	0.030	160	0.272	0.272	0.267	0.250	0.236	0.225	0.213	0.203	0.195	0.187	0.181	0.169	0.155	0.143	0.134	0.125	0.116	0.110	0.104	0.099	0.094	0.086	0.079	0.074	0.065	0.058	0.052	0.047	0.043	0.035	0.029	170	0.243	0.243	0.243	0.229	0.217	0.207	0.197	0.189	0.182	0.177	0.172	0.160	0.147	0.136	0.128	0.120	0.112	0.106	0.100	0.095	0.091	0.084	0.077	0.071	0.063	0.056	0.051	0.046	0.043	0.035	0.029	180	0.218	0.218	0.218	0.209	0.200	0.192	0.184	0.177	0.170	0.166	0.162	0.151	0.139	0.129	0.122	0.115	0.108	0.102	0.097	0.092	0.088	0.081	0.075	0.069	0.061	0.055	0.050	0.045	0.042	0.034	0.028	190	0.197	0.197	0.197	0.193	0.184	0.177	0.170	0.164	0.158	0.156	0.152	0.142	0.132	0.123	0.116	0.110	0.104	0.098	0.094	0.089	0.085	0.078	0.072	0.067	0.060	0.054	0.049	0.044	0.041	0.034	0.028	200	0.180	0.180	0.180	0.178	0.171	0.164	0.158	0.153	0.148	0.145	0.142	0.134	0.125	0.117	0.110	0.105	0.099	0.094	0.090	0.086	0.083	0.076	0.070	0.065	0.058	0.052	0.048	0.043	0.040	0.033	0.028
0	1.000	0.865	0.763	0.682	0.616	0.563	0.517	0.479	0.446	0.417	0.391	0.340	0.300	0.267	0.240	0.218	0.199	0.183	0.170	0.157	0.147	0.130	0.116	0.105	0.088	0.076	0.066	0.059	0.053	0.042	0.035																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	0.995	0.848	0.743	0.666	0.601	0.548	0.503	0.467	0.434	0.406	0.382	0.332	0.294	0.263	0.237	0.215	0.196	0.181	0.168	0.156	0.146	0.129	0.115	0.104	0.087	0.075	0.066	0.059	0.053	0.042	0.035																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
20	0.981	0.831	0.725	0.645	0.582	0.529	0.488	0.452	0.419	0.391	0.368	0.322	0.285	0.255	0.231	0.211	0.193	0.178	0.165	0.153	0.143	0.127	0.114	0.103	0.086	0.074	0.065	0.058	0.052	0.041	0.035																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	0.958	0.812	0.705	0.623	0.560	0.509	0.469	0.433	0.402	0.377	0.355	0.311	0.275	0.247	0.224	0.205	0.189	0.174	0.162	0.150	0.140	0.125	0.112	0.101	0.085	0.074	0.065	0.058	0.052	0.041	0.034																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
40	0.927	0.788	0.679	0.598	0.537	0.487	0.448	0.414	0.385	0.361	0.342	0.299	0.265	0.238	0.216	0.199	0.183	0.170	0.158	0.147	0.138	0.122	0.110	0.100	0.084	0.073	0.064	0.057	0.052	0.041	0.034																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
50	0.888	0.760	0.650	0.571	0.512	0.465	0.426	0.395	0.367	0.345	0.327	0.287	0.255	0.229	0.208	0.192	0.177	0.165	0.154	0.144	0.135	0.120	0.108	0.098	0.083	0.072	0.063	0.056	0.051	0.040	0.033																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
60	0.842	0.730	0.619	0.543	0.486	0.442	0.406	0.375	0.349	0.328	0.312	0.275	0.245	0.221	0.201	0.185	0.171	0.159	0.149	0.140	0.132	0.117	0.106	0.096	0.081	0.071	0.062	0.056	0.050	0.040	0.033																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
70	0.789	0.693	0.586	0.513	0.461	0.419	0.385	0.356	0.332	0.312	0.297	0.263	0.235	0.212	0.193	0.178	0.165	0.154	0.144	0.136	0.128	0.114	0.103	0.094	0.080	0.070	0.061	0.055	0.049	0.039	0.033																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
80	0.731	0.651	0.553	0.485	0.434	0.396	0.363	0.338	0.316	0.297	0.283	0.252	0.225	0.203	0.186	0.171	0.159	0.148	0.139	0.131	0.124	0.111	0.101	0.092	0.078	0.068	0.060	0.054	0.049	0.039	0.033																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
90	0.669	0.602	0.515	0.455	0.409	0.373	0.344	0.320	0.299	0.282	0.267	0.240	0.215	0.195	0.178	0.164	0.153	0.143	0.134	0.127	0.120	0.108	0.099	0.090	0.077	0.067	0.059	0.053	0.048	0.038	0.032																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
100	0.604	0.549	0.474	0.423	0.383	0.350	0.325	0.302	0.283	0.267	0.256	0.229	0.205	0.186	0.171	0.158	0.147	0.138	0.130	0.122	0.116	0.105	0.096	0.088	0.075	0.066	0.058	0.053	0.048	0.038	0.032																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
110	0.536	0.494	0.434	0.390	0.356	0.328	0.306	0.285	0.268	0.253	0.243	0.218	0.196	0.178	0.164	0.152	0.142	0.133	0.125	0.118	0.112	0.102	0.093	0.086	0.074	0.065	0.057	0.052	0.047	0.037	0.031																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
120	0.466	0.443	0.394	0.358	0.329	0.306	0.286	0.268	0.252	0.240	0.230	0.208	0.187	0.170	0.157	0.146	0.136	0.128	0.120	0.114	0.108	0.098	0.090	0.083	0.072	0.063	0.056	0.051	0.046	0.037	0.031																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
130	0.401	0.397	0.358	0.328	0.303	0.284	0.266	0.251	0.237	0.226	0.219	0.199	0.179	0.163	0.152	0.140	0.131	0.123	0.116	0.110	0.104	0.095	0.088	0.081	0.070	0.062	0.055	0.050	0.045	0.037	0.030																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
140	0.349	0.354	0.321	0.299	0.279	0.262	0.248	0.234	0.222	0.212	0.206	0.189	0.171	0.156	0.145	0.135	0.126	0.118	0.112	0.106	0.101	0.092	0.085	0.079	0.069	0.061	0.054	0.049	0.045	0.036	0.030																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
150	0.306	0.306	0.294	0.274	0.257	0.242	0.229	0.218	0.208	0.200	0.194	0.179	0.163	0.150	0.139	0.130	0.121	0.114	0.108	0.102	0.097	0.089	0.082	0.076	0.067	0.059	0.053	0.048	0.044	0.036	0.030																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
160	0.272	0.272	0.267	0.250	0.236	0.225	0.213	0.203	0.195	0.187	0.181	0.169	0.155	0.143	0.134	0.125	0.116	0.110	0.104	0.099	0.094	0.086	0.079	0.074	0.065	0.058	0.052	0.047	0.043	0.035	0.029																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
170	0.243	0.243	0.243	0.229	0.217	0.207	0.197	0.189	0.182	0.177	0.172	0.160	0.147	0.136	0.128	0.120	0.112	0.106	0.100	0.095	0.091	0.084	0.077	0.071	0.063	0.056	0.051	0.046	0.043	0.035	0.029																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
180	0.218	0.218	0.218	0.209	0.200	0.192	0.184	0.177	0.170	0.166	0.162	0.151	0.139	0.129	0.122	0.115	0.108	0.102	0.097	0.092	0.088	0.081	0.075	0.069	0.061	0.055	0.050	0.045	0.042	0.034	0.028																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
190	0.197	0.197	0.197	0.193	0.184	0.177	0.170	0.164	0.158	0.156	0.152	0.142	0.132	0.123	0.116	0.110	0.104	0.098	0.094	0.089	0.085	0.078	0.072	0.067	0.060	0.054	0.049	0.044	0.041	0.034	0.028																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
200	0.180	0.180	0.180	0.178	0.171	0.164	0.158	0.153	0.148	0.145	0.142	0.134	0.125	0.117	0.110	0.105	0.099	0.094	0.090	0.086	0.083	0.076	0.070	0.065	0.058	0.052	0.048	0.043	0.040	0.033	0.028																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

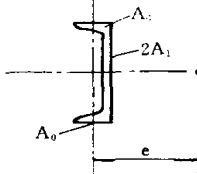
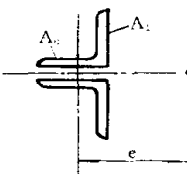
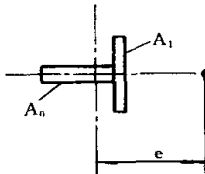
 注: 对 Q235 和 Q215 应取实际长细比 λ ; 对 16Mn 应取假定长细比 $\lambda \sqrt{\sigma_s/2400}$ 代替实际长细比 λ 。

续表 I-2

$\lambda \backslash \epsilon$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10	12	14	16	18	20	25	30	
 																																
0	1.000	0.930	0.875	0.819	0.766	0.720	0.675	0.630	0.596	0.562	0.534	0.468	0.414	0.370	0.333	0.303	0.277	0.256	0.235	0.220	0.205	0.182	0.162	0.147	0.123	0.106	0.094	0.084	0.075	0.060	0.050	
10	0.995	0.920	0.855	0.795	0.742	0.695	0.648	0.610	0.575	0.546	0.518	0.455	0.404	0.362	0.325	0.298	0.271	0.251	0.231	0.217	0.201	0.179	0.160	0.145	0.122	0.105	0.093	0.083	0.074	0.060	0.050	
20	0.981	0.900	0.826	0.766	0.710	0.662	0.620	0.583	0.550	0.520	0.495	0.439	0.390	0.349	0.315	0.288	0.263	0.243	0.225	0.210	0.196	0.174	0.157	0.141	0.120	0.102	0.090	0.080	0.072	0.059	0.049	
30	0.958	0.875	0.795	0.730	0.680	0.630	0.591	0.555	0.525	0.496	0.473	0.420	0.373	0.335	0.303	0.277	0.254	0.234	0.218	0.203	0.191	0.169	0.152	0.138	0.117	0.100	0.087	0.078	0.071	0.058	0.048	
40	0.927	0.830	0.753	0.688	0.635	0.597	0.560	0.526	0.494	0.469	0.449	0.399	0.355	0.320	0.290	0.265	0.243	0.226	0.210	0.196	0.184	0.164	0.148	0.135	0.114	0.098	0.086	0.077	0.070	0.057	0.047	
50	0.888	0.788	0.712	0.647	0.598	0.558	0.524	0.492	0.462	0.436	0.420	0.377	0.338	0.304	0.277	0.253	0.234	0.216	0.201	0.189	0.177	0.159	0.143	0.130	0.111	0.096	0.085	0.075	0.069	0.056	0.046	
60	0.842	0.736	0.668	0.606	0.560	0.523	0.491	0.459	0.433	0.412	0.395	0.355	0.319	0.289	0.263	0.241	0.224	0.207	0.193	0.182	0.171	0.153	0.138	0.126	0.107	0.094	0.084	0.074	0.068	0.055	0.045	
70	0.789	0.676	0.618	0.559	0.518	0.482	0.453	0.428	0.403	0.381	0.370	0.334	0.301	0.273	0.249	0.230	0.213	0.198	0.185	0.174	0.164	0.147	0.134	0.122	0.104	0.091	0.082	0.073	0.066	0.054	0.044	
80	0.731	0.630	0.572	0.521	0.480	0.446	0.417	0.393	0.370	0.358	0.344	0.314	0.283	0.258	0.236	0.218	0.203	0.189	0.177	0.167	0.157	0.142	0.129	0.118	0.101	0.089	0.080	0.072	0.065	0.053	0.043	
90	0.669	0.571	0.521	0.477	0.440	0.411	0.388	0.364	0.347	0.333	0.322	0.294	0.266	0.243	0.224	0.207	0.192	0.180	0.169	0.160	0.151	0.136	0.124	0.114	0.098	0.087	0.078	0.070	0.063	0.052	0.042	
100	0.604	0.530	0.478	0.441	0.408	0.379	0.357	0.336	0.317	0.303	0.292	0.275	0.250	0.229	0.211	0.197	0.183	0.172	0.161	0.153	0.144	0.131	0.120	0.110	0.095	0.084	0.075	0.068	0.062	0.051	0.042	
110	0.536	0.470	0.435	0.403	0.373	0.352	0.330	0.310	0.294	0.283	0.272	0.257	0.234	0.216	0.200	0.186	0.173	0.163	0.154	0.146	0.138	0.126	0.115	0.106	0.092	0.081	0.073	0.066	0.060	0.050	0.041	
120	0.466	0.431	0.396	0.365	0.341	0.320	0.301	0.288	0.273	0.264	0.252	0.239	0.221	0.203	0.189	0.176	0.165	0.155	0.147	0.138	0.132	0.120	0.110	0.102	0.089	0.079	0.071	0.065	0.059	0.049	0.041	
130	0.401	0.388	0.355	0.330	0.310	0.293	0.278	0.264	0.251	0.243	0.234	0.224	0.206	0.191	0.178	0.166	0.156	0.147	0.139	0.132	0.126	0.115	0.106	0.098	0.086	0.076	0.068	0.062	0.057	0.048	0.040	
140	0.349	0.348	0.323	0.304	0.285	0.271	0.256	0.247	0.235	0.227	0.219	0.209	0.193	0.180	0.168	0.158	0.149	0.140	0.133	0.126	0.121	0.110	0.102	0.095	0.084	0.074	0.066	0.060	0.055	0.047	0.040	
150	0.306	0.306	0.290	0.274	0.260	0.247	0.237	0.227	0.217	0.208	0.205	0.193	0.182	0.169	0.158	0.149	0.141	0.133	0.126	0.120	0.115	0.106	0.099	0.091	0.080	0.071	0.064	0.059	0.054	0.046	0.039	
160	0.272	0.272	0.263	0.248	0.235	0.227	0.218	0.207	0.200	0.194	0.190	0.180	0.170	0.159	0.149	0.141	0.134	0.127	0.120	0.115	0.110	0.101	0.094	0.087	0.077	0.069	0.063	0.058	0.053	0.045	0.038	
170	0.243	0.243	0.240	0.228	0.218	0.209	0.201	0.193	0.187	0.182	0.177	0.168	0.159	0.150	0.141	0.134	0.127	0.120	0.114	0.110	0.105	0.097	0.090	0.084	0.074	0.067	0.061	0.057	0.052	0.044	0.038	
180	0.218	0.218	0.217	0.208	0.200	0.191	0.185	0.178	0.173	0.169	0.165	0.158	0.149	0.141	0.136	0.126	0.120	0.114	0.109	0.104	0.100	0.093	0.086	0.080	0.072	0.065	0.059	0.055	0.051	0.043	0.037	
190	0.197	0.197	0.197	0.191	0.184	0.176	0.171	0.165	0.160	0.156	0.152	0.148	0.141	0.133	0.126	0.120	0.114	0.109	0.104	0.099	0.096	0.090	0.083	0.078	0.070	0.063	0.057	0.053	0.049	0.042	0.036	
200	0.180	0.180	0.180	0.176	0.170	0.165	0.160	0.155	0.150	0.146	0.142	0.137	0.132	0.125	0.119	0.113	0.107	0.103	0.099	0.095	0.092	0.086	0.079	0.075	0.068	0.061	0.055	0.052	0.048	0.041	0.035	

注:对 Q235 和 Q215 应取实际长细比 λ ;对 16Mn 应取假定长细比 $\lambda \sqrt{\sigma_s/2400}$ 代替实际长细比 λ 。

续表 I-2

$\lambda \backslash e$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10	12	14	16	18	20	25	30	
   $A_0/A_1 \geq 1$																																
0	1.000	0.893	0.795	0.707	0.629	0.560	0.500	0.448	0.404	0.365	0.333	0.271	0.225	0.192	0.167	0.148	0.133	0.119	0.109	0.100	0.092	0.080	0.071	0.064	0.054	0.047	0.041	0.035	0.031	0.024	0.020	
10	0.995	0.872	0.773	0.685	0.610	0.546	0.487	0.438	0.393	0.357	0.324	0.265	0.217	0.188	0.165	0.146	0.130	0.118	0.108	0.099	0.092	0.079	0.070	0.062	0.053	0.046	0.040	0.035	0.031	0.024	0.020	
20	0.981	0.851	0.747	0.662	0.590	0.525	0.468	0.422	0.380	0.347	0.318	0.258	0.216	0.184	0.161	0.144	0.128	0.117	0.106	0.098	0.090	0.078	0.069	0.061	0.052	0.045	0.039	0.034	0.030	0.024	0.020	
30	0.958	0.825	0.720	0.637	0.566	0.501	0.450	0.404	0.365	0.333	0.307	0.250	0.209	0.179	0.156	0.140	0.125	0.113	0.103	0.095	0.088	0.076	0.067	0.060	0.051	0.044	0.038	0.033	0.030	0.024	0.020	
40	0.927	0.799	0.691	0.608	0.540	0.478	0.426	0.386	0.350	0.319	0.293	0.241	0.202	0.174	0.152	0.135	0.121	0.109	0.100	0.092	0.086	0.075	0.066	0.059	0.050	0.043	0.038	0.033	0.029	0.023	0.019	
50	0.888	0.768	0.657	0.577	0.513	0.456	0.408	0.365	0.330	0.303	0.280	0.231	0.194	0.167	0.146	0.131	0.117	0.106	0.097	0.089	0.082	0.073	0.065	0.058	0.049	0.042	0.037	0.032	0.029	0.023	0.019	
60	0.842	0.733	0.626	0.547	0.486	0.432	0.387	0.350	0.315	0.290	0.268	0.220	0.183	0.159	0.139	0.125	0.112	0.102	0.094	0.087	0.080	0.071	0.063	0.057	0.048	0.041	0.036	0.032	0.028	0.022	0.018	
70	0.789	0.699	0.590	0.518	0.458	0.408	0.366	0.329	0.297	0.272	0.251	0.207	0.173	0.151	0.133	0.120	0.108	0.099	0.090	0.083	0.078	0.069	0.062	0.055	0.047	0.041	0.036	0.031	0.028	0.022	0.018	
80	0.731	0.655	0.557	0.483	0.430	0.380	0.340	0.305	0.275	0.251	0.231	0.193	0.163	0.144	0.127	0.115	0.103	0.095	0.088	0.081	0.075	0.067	0.060	0.054	0.046	0.040	0.035	0.031	0.027	0.022	0.018	
90	0.669	0.608	0.520	0.451	0.397	0.348	0.311	0.278	0.253	0.232	0.213	0.182	0.154	0.137	0.121	0.109	0.100	0.091	0.085	0.079	0.073	0.065	0.058	0.053	0.045	0.039	0.034	0.030	0.027	0.021	0.017	
100	0.604	0.555	0.473	0.408	0.359	0.315	0.283	0.254	0.230	0.211	0.196	0.171	0.147	0.130	0.116	0.106	0.094	0.088	0.082	0.075	0.071	0.063	0.057	0.052	0.044	0.038	0.033	0.030	0.026	0.021	0.017	
110	0.536	0.501	0.426	0.367	0.323	0.286	0.256	0.232	0.214	0.198	0.191	0.161	0.140	0.123	0.110	0.102	0.092	0.085	0.078	0.073	0.069	0.061	0.055	0.050	0.043	0.037	0.033	0.029	0.026	0.021	0.017	
120	0.466	0.436	0.378	0.330	0.288	0.255	0.230	0.212	0.197	0.185	0.179	0.151	0.132	0.118	0.106	0.097	0.088	0.082	0.075	0.071	0.066	0.059	0.053	0.049	0.042	0.037	0.032	0.028	0.025	0.020	0.017	
130	0.401	0.383	0.332	0.293	0.260	0.235	0.214	0.200	0.183	0.175	0.167	0.141	0.125	0.112	0.102	0.093	0.085	0.078	0.073	0.068	0.063	0.057	0.052	0.048	0.041	0.036	0.032	0.028	0.025	0.020	0.017	
140	0.349	0.330	0.291	0.260	0.235	0.216	0.200	0.185	0.173	0.162	0.156	0.135	0.120	0.107	0.096	0.088	0.081	0.075	0.069	0.065	0.061	0.055	0.050	0.046	0.040	0.035	0.031	0.027	0.024	0.020	0.017	
150	0.306	0.302	0.265	0.239	0.218	0.199	0.184	0.170	0.158	0.149	0.146	0.127	0.113	0.101	0.092	0.085	0.078	0.073	0.068	0.063	0.059	0.053	0.049	0.045	0.039	0.034	0.030	0.027	0.024	0.019	0.016	
160	0.272	0.270	0.241	0.218	0.200	0.184	0.170	0.158	0.148	0.140	0.138	0.120	0.106	0.096	0.088	0.082	0.075	0.070	0.066	0.061	0.058	0.052	0.048	0.044	0.038	0.033	0.029	0.026	0.023	0.019	0.016	
170	0.243	0.241	0.217	0.198	0.182	0.168	0.157	0.147	0.138	0.131	0.129	0.113	0.102	0.092	0.083	0.078	0.072	0.067	0.063	0.059	0.056	0.050	0.046	0.043	0.037	0.033	0.029	0.026	0.023	0.019	0.016	
180	0.218	0.217	0.197	0.181	0.167	0.156	0.145	0.137	0.130	0.124	0.121	0.107	0.096	0.088	0.080	0.075	0.069	0.065	0.062	0.058	0.055	0.049	0.045	0.042	0.036	0.032	0.028	0.025	0.022	0.019	0.016	
190	0.197	0.197	0.181	0.166	0.155	0.145	0.135	0.129	0.122	0.115	0.115	0.100	0.092	0.084	0.077	0.072	0.067	0.062	0.058	0.055	0.052	0.047	0.044	0.041	0.035	0.031	0.028	0.024	0.022	0.018	0.016	
200	0.180	0.179	0.166	0.154	0.144	0.135	0.127	0.120	0.114	0.109	0.108	0.096	0.088	0.080	0.074	0.069	0.065	0.060	0.057	0.054	0.051	0.046	0.042	0.039	0.034	0.030	0.027	0.023	0.021	0.017	0.015	

注: ① 对 Q235 和 Q215, 应取实际长细比 λ ; 对 16Mn 应取假定长细比 $\lambda \sqrt{\sigma_s/2400}$ 代替实际长细比 λ 。

② $A_0/A_1 < 1$ 时, ϕ_p 应按表中的数值乘以下列折减系数:

当 $e=0$ 时, 1.0; 当 $e=1$ 时, 0.8; 当 $e=2$ 时, 0.75; 当 $e \geq 5$ 时, 0.70。对于 e 为中间数值时, 折减系数按直线插入。

③ 等肢角钢组成的截面, ϕ_p 不乘折减系数。

偏心受压构件在弯矩作用平面外的稳定系数 ϕ_1

表 I-3

$\lambda \backslash e$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10	12	14	16	18	20	25	30	
Q235																																
0	1.000	0.838	0.720	0.632	0.563	0.508	0.462	0.424	0.392	0.364	0.340	0.292	0.256	0.228	0.205	0.186	0.171	0.158	0.147	0.137	0.128	0.114	0.103	0.093	0.079	0.069	0.061	0.054	0.049	0.040	0.033	
10	0.995	0.830	0.713	0.626	0.557	0.503	0.457	0.420	0.388	0.361	0.337	0.289	0.253	0.226	0.203	0.184	0.169	0.156	0.146	0.136	0.127	0.113	0.102	0.092	0.078	0.068	0.060	0.053	0.049	0.039	0.033	
20	0.981	0.821	0.706	0.619	0.552	0.498	0.453	0.416	0.384	0.357	0.333	0.286	0.251	0.223	0.201	0.182	0.168	0.155	0.144	0.134	0.125	0.112	0.101	0.091	0.077	0.068	0.060	0.053	0.048	0.039	0.033	
30	0.958	0.813	0.698	0.613	0.546	0.493	0.448	0.411	0.380	0.353	0.330	0.283	0.248	0.221	0.198	0.180	0.166	0.153	0.143	0.133	0.124	0.111	0.100	0.090	0.077	0.067	0.059	0.052	0.048	0.038	0.032	
40	0.927	0.804	0.691	0.607	0.540	0.488	0.444	0.407	0.376	0.349	0.326	0.280	0.246	0.219	0.197	0.179	0.164	0.152	0.141	0.132	0.123	0.109	0.099	0.089	0.076	0.066	0.059	0.052	0.047	0.038	0.032	
50	0.888	0.786	0.684	0.600	0.535	0.483	0.439	0.403	0.372	0.340	0.323	0.277	0.243	0.217	0.195	0.177	0.162	0.150	0.140	0.130	0.122	0.108	0.098	0.089	0.075	0.066	0.058	0.051	0.047	0.038	0.032	
60	0.842	0.749	0.657	0.578	0.515	0.465	0.424	0.388	0.359	0.334	0.312	0.268	0.234	0.209	0.188	0.171	0.157	0.145	0.135	0.126	0.118	0.105	0.094	0.086	0.073	0.063	0.056	0.050	0.045	0.036	0.031	
70	0.789	0.709	0.630	0.555	0.495	0.446	0.407	0.374	0.346	0.322	0.300	0.258	0.226	0.202	0.181	0.165	0.151	0.140	0.130	0.121	0.114	0.101	0.091	0.083	0.070	0.061	0.054	0.048	0.044	0.035	0.029	
80	0.731	0.665	0.598	0.531	0.474	0.428	0.390	0.359	0.332	0.308	0.288	0.248	0.218	0.194	0.174	0.159	0.146	0.135	0.125	0.117	0.110	0.097	0.088	0.080	0.068	0.059	0.052	0.046	0.042	0.034	0.028	
90	0.669	0.615	0.561	0.507	0.454	0.410	0.374	0.344	0.318	0.296	0.276	0.238	0.208	0.186	0.167	0.152	0.140	0.129	0.120	0.112	0.105	0.094	0.084	0.077	0.065	0.056	0.050	0.044	0.040	0.033	0.027	
100	0.604	0.561	0.518	0.475	0.432	0.391	0.357	0.328	0.304	0.282	0.264	0.228	0.200	0.178	0.160	0.146	0.134	0.124	0.115	0.108	0.101	0.090	0.081	0.074	0.062	0.054	0.048	0.043	0.039	0.031	0.026	
110	0.536	0.505	0.474	0.442	0.411	0.372	0.340	0.312	0.289	0.270	0.252	0.217	0.190	0.170	0.153	0.140	0.128	0.118	0.110	0.103	0.096	0.086	0.077	0.070	0.060	0.052	0.046	0.041	0.037	0.030	0.025	
120	0.466	0.443	0.421	0.398	0.376	0.353	0.322	0.296	0.275	0.256	0.240	0.206	0.181	0.162	0.146	0.133	0.122	0.113	0.105	0.098	0.092	0.082	0.074	0.067	0.057	0.049	0.044	0.039	0.035	0.029	0.024	
130	0.401	0.384	0.367	0.350	0.333	0.316	0.299	0.276	0.256	0.239	0.224	0.194	0.171	0.153	0.138	0.126	0.115	0.107	0.099	0.093	0.087	0.078	0.070	0.064	0.054	0.047	0.042	0.037	0.034	0.027	0.023	
140	0.349	0.336	0.322	0.309	0.295	0.282	0.268	0.254	0.236	0.221	0.207	0.180	0.159	0.142	0.129	0.118	0.108	0.100	0.093	0.087	0.082	0.073	0.066	0.060	0.051	0.044	0.039	0.035	0.032	0.026	0.022	
150	0.306	0.295	0.284	0.273	0.262	0.251	0.240	0.229	0.214	0.200	0.189	0.164	0.146	0.131	0.119	0.109	0.100	0.093	0.086	0.081	0.076	0.068	0.062	0.056	0.048	0.042	0.037	0.033	0.030	0.024	0.020	
160	0.272	0.263	0.253	0.244	0.235	0.225	0.216	0.206	0.197	0.185	0.174	0.152	0.134	0.121	0.109	0.100	0.092	0.086	0.080	0.075	0.070	0.063	0.057	0.052	0.044	0.038	0.034	0.031	0.028	0.022	0.019	
170	0.243	0.235	0.227	0.219	0.211	0.203	0.195	0.187	0.179	0.168	0.158	0.138	0.123	0.110	0.100	0.092	0.084	0.078	0.073	0.068	0.064	0.057	0.052	0.047	0.040	0.035	0.031	0.028	0.025	0.021	0.017	
180	0.218	0.211	0.204	0.197	0.190	0.183	0.176	0.169	0.162	0.152	0.143	0.125	0.111	0.100	0.090	0.083	0.076	0.071	0.065	0.062	0.058	0.052	0.047	0.043	0.037	0.032	0.028	0.025	0.023	0.019	0.016	
190	0.197	0.190	0.183	0.177	0.170	0.164	0.157	0.150	0.143	0.135	0.127	0.111	0.099	0.089	0.081	0.074	0.068	0.063	0.059	0.055	0.052	0.047	0.042	0.038	0.033	0.028	0.025	0.023	0.021	0.017	0.014	
200	0.180	0.173	0.166	0.159	0.153	0.146	0.139	0.132	0.125	0.118	0.111	0.097	0.086	0.078	0.071	0.065	0.060	0.056	0.052	0.048	0.046	0.041	0.037	0.034	0.029	0.025	0.022	0.020	0.018	0.015	0.012	

注:对工字形或T形截面构件,应按表中的 ϕ_1 值取用;对闭合箱形截面构件,表中的 ϕ_1 值应乘以下列增大系数:

当 $\epsilon \geq 1$ 时, 1.3;

当 $\epsilon < 1$ 时, $1 + 0.3\epsilon$ 。

增大后的 ϕ_1 值,不应大于轴心受压时的稳定系数 ϕ_1 (即本表 $\epsilon = 0$ 一栏的数值)。

续表 I-3

$\lambda \backslash \epsilon$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10	12	14	16	18	20	25	30	
16Mn																																
0	1.000	0.833	0.714	0.625	0.556	0.500	0.455	0.417	0.385	0.357	0.333	0.286	0.250	0.222	0.200	0.182	0.167	0.154	0.143	0.133	0.125	0.111	0.100	0.091	0.077	0.067	0.059	0.053	0.048	0.038	0.032	
10	0.993	0.823	0.705	0.617	0.549	0.494	0.449	0.412	0.381	0.353	0.330	0.283	0.247	0.220	0.198	0.180	0.165	0.152	0.141	0.132	0.124	0.110	0.099	0.090	0.076	0.066	0.058	0.052	0.047	0.038	0.032	
20	0.973	0.812	0.697	0.610	0.543	0.488	0.444	0.407	0.376	0.350	0.326	0.280	0.245	0.218	0.196	0.178	0.163	0.151	0.140	0.131	0.123	0.109	0.098	0.089	0.076	0.065	0.058	0.052	0.047	0.038	0.032	
30	0.940	0.800	0.687	0.602	0.536	0.483	0.439	0.404	0.372	0.346	0.323	0.277	0.242	0.216	0.194	0.176	0.162	0.149	0.139	0.129	0.121	0.108	0.097	0.088	0.075	0.065	0.057	0.051	0.046	0.037	0.031	
40	0.895	0.787	0.678	0.595	0.530	0.477	0.434	0.398	0.368	0.342	0.319	0.274	0.240	0.214	0.192	0.175	0.160	0.148	0.137	0.128	0.120	0.107	0.096	0.087	0.074	0.064	0.057	0.051	0.046	0.037	0.031	
50	0.840	0.755	0.670	0.586	0.523	0.471	0.429	0.393	0.364	0.338	0.315	0.271	0.237	0.211	0.190	0.173	0.158	0.146	0.136	0.127	0.119	0.106	0.095	0.087	0.073	0.063	0.056	0.050	0.045	0.037	0.031	
60	0.776	0.702	0.629	0.556	0.496	0.447	0.406	0.374	0.345	0.321	0.300	0.257	0.225	0.200	0.181	0.164	0.151	0.139	0.129	0.121	0.113	0.101	0.090	0.082	0.070	0.060	0.053	0.048	0.043	0.035	0.030	
70	0.705	0.646	0.586	0.526	0.469	0.423	0.385	0.353	0.326	0.304	0.284	0.244	0.213	0.190	0.171	0.156	0.143	0.132	0.122	0.114	0.107	0.095	0.086	0.078	0.066	0.057	0.051	0.045	0.041	0.033	0.028	
80	0.627	0.581	0.535	0.488	0.441	0.398	0.363	0.333	0.308	0.286	0.268	0.230	0.201	0.179	0.161	0.147	0.135	0.124	0.115	0.108	0.101	0.090	0.081	0.074	0.062	0.054	0.048	0.043	0.039	0.031	0.027	
90	0.546	0.512	0.477	0.443	0.408	0.374	0.340	0.313	0.289	0.269	0.251	0.216	0.189	0.168	0.152	0.138	0.127	0.117	0.109	0.101	0.095	0.084	0.076	0.069	0.059	0.051	0.045	0.040	0.036	0.029	0.025	
100	0.462	0.438	0.414	0.390	0.366	0.342	0.318	0.291	0.270	0.251	0.235	0.202	0.177	0.157	0.142	0.129	0.118	0.109	0.102	0.095	0.089	0.079	0.071	0.065	0.055	0.048	0.042	0.038	0.034	0.027	0.023	
110	0.384	0.368	0.351	0.334	0.318	0.301	0.284	0.267	0.247	0.230	0.215	0.185	0.162	0.145	0.131	0.119	0.109	0.101	0.094	0.087	0.082	0.073	0.066	0.060	0.051	0.044	0.039	0.035	0.031	0.025	0.021	
120	0.325	0.313	0.301	0.289	0.276	0.264	0.252	0.240	0.223	0.208	0.194	0.168	0.147	0.131	0.119	0.108	0.099	0.092	0.085	0.080	0.075	0.067	0.060	0.055	0.046	0.040	0.035	0.032	0.029	0.023	0.019	
130	0.279	0.269	0.259	0.249	0.239	0.228	0.218	0.208	0.198	0.185	0.173	0.149	0.131	0.117	0.106	0.097	0.089	0.082	0.076	0.071	0.067	0.060	0.054	0.049	0.041	0.036	0.032	0.029	0.026	0.021	0.017	
140	0.242	0.233	0.224	0.216	0.207	0.198	0.190	0.181	0.172	0.160	0.151	0.130	0.115	0.102	0.093	0.084	0.078	0.072	0.067	0.063	0.059	0.052	0.047	0.043	0.037	0.032	0.028	0.025	0.023	0.018	0.015	
150	0.213	0.204	0.196	0.187	0.179	0.170	0.162	0.153	0.145	0.135	0.127	0.110	0.097	0.087	0.079	0.072	0.066	0.061	0.057	0.053	0.050	0.045	0.040	0.037	0.031	0.027	0.024	0.021	0.019	0.016	0.013	
160	0.188	0.181	0.174	0.168	0.161	0.154	0.148	0.141	0.134	0.126	0.118	0.102	0.091	0.081	0.074	0.067	0.062	0.057	0.053	0.050	0.047	0.042	0.038	0.035	0.029	0.025	0.023	0.020	0.018	0.015	0.012	
170	0.168	0.162	0.157	0.151	0.146	0.140	0.135	0.129	0.124	0.116	0.109	0.095	0.084	0.075	0.068	0.062	0.057	0.053	0.050	0.046	0.044	0.039	0.035	0.032	0.027	0.024	0.021	0.019	0.017	0.014	0.012	
180	0.151	0.146	0.141	0.136	0.131	0.127	0.122	0.117	0.112	0.105	0.099	0.086	0.077	0.069	0.063	0.057	0.053	0.049	0.046	0.043	0.040	0.036	0.033	0.030	0.025	0.022	0.019	0.017	0.016	0.013	0.011	
190	0.136	0.131	0.127	0.122	0.118	0.114	0.109	0.105	0.101	0.094	0.089	0.078	0.069	0.062	0.057	0.052	0.048	0.044	0.042	0.039	0.036	0.033	0.030	0.027	0.023	0.020	0.018	0.016	0.014	0.012	0.010	
200	0.124	0.119	0.115	0.110	0.106	0.101	0.097	0.092	0.088	0.083	0.078	0.069	0.061	0.055	0.050	0.046	0.042	0.039	0.037	0.034	0.032	0.029	0.026	0.024	0.020	0.018	0.016	0.014	0.013	0.010	0.009	

注:对工字形或 T 形截面构件应按表中的 ϕ_1 值取用;对闭合箱形截面构件,表中的 ϕ_1 值应乘以下列增大系数:

当 $\epsilon \geq 1$ 时, 1.3;

当 $\epsilon < 1$ 时, $1 + 0.3\epsilon$ 。

增大后的 ϕ_1 值,不应大于轴心受压时的稳定 ϕ_1 (即本表 $\epsilon = 0$ 一栏的数值)。

附加说明 本标准提出单位、主编单位 和主要起草人

提出单位：化工部设备设计技术中心站

主编单位：化工部第三设计院

主要起草人：

编制人：范逸民

校核人：孔繁臣

审核人：徐颐征

钢制低压湿式气柜

HG20517-93

编制说明

1. 适用范围

容积范围:根据我国化学工业实际应用现状,气柜容积多在 $50\text{m}^3 \sim 10000\text{m}^3$ 范围之内。近年来由于装置大型化及城市煤气工程的需要,有必要使本标准适用的容积范围适当扩大。原 CD 标准定为 $50\text{m}^3 \sim 150000\text{m}^3$, 由于 150000m^3 及其以上的超大型气柜,实际建造的极少,为降低气柜的总高度,其水槽往往采用地下、半地下或环形水槽且多为钢筋混凝土结构。这已超出本标准范围,根据一些单位意见,本标准适用范围定为 $50\text{m}^3 \sim 100000\text{m}^3$ 。

2. 荷载

(1)设计压力:取气柜最高工作压力。对化工企业,绝大多数气柜的设计压力为 4kPa 以下,城市煤气气柜设计压力一般均不超过 3kPa ,故本标准的设计压力范围为 4kPa 以下。对于工作压力超过 4kPa 的气柜,本标准中的计算方法及结构设计规定并非完全不适用,但其经验数据的选用应慎重。

(2)风荷载的计算风压: $W = \beta K_s K W$ 。

大型气柜其绝对高度并不算低,其高径比($H:D$)都是矮胖构筑物($H/D \approx 1$)。由于气柜的各塔节及水槽之间的连接是活动的,整体性差,目前尚无其自振周期的恰当计算方法。计算风压是否应乘以 β ? β 值如何取? 是一个尚待研究的课题。本标准仍按《室外给水排水和煤气热力工程抗震规范》(试行)(TJ32-78)的规定,计算风压考虑风振系数 β 。根据部分大型螺旋气柜的实测数据,气柜的基本自振周期取 $T = 0.5\text{s}$, $\beta = 1.45$ 。

我们已设计的气柜及所看到的国内、国外(日、英、苏)所有气柜的计算资料,均未考虑风振系数 β 。考虑了风振系数必使轮压大大增加,从而提高了耗钢量。

3. 金属材料的设计温度

气柜壳体金属材料的设计温度取内部介质的最低温度与建柜地区最低环境温度加 10°C 两者的最低值;而外部结构型钢的设计温度取地区最低环境温度。本标准规定环境温度按我国《钢结构设计规范》(GBJ17),采用《采暖通风和空气调节设计规范》中的冬季空气调节室外计算温度。水槽如采用保温墙或其他保温措施,则另行考虑。

壳体钢板的最低许用温度是根据国内气柜和油罐的设计经验而定的,外部型钢最低许用温度是参考《钢结构设计规范》确定的。国内气柜用材主要是 Q235-A、F,考虑到大型和特大型气柜及低温地区的设计需要,标准中列出了 20R、16MnR、16Mn 三种材料。

4. 构件计算及材料的许用应力

湿式气柜属特种结构,既不同于普通钢结构,也不同于压力容器。本标准的编制参考了钢结构和压力容器的规范,根据国内气柜和油罐的设计经验、计算方法及许用应力自成系统。

(1)壳体壁板的许用应力取钢板材料屈服限的三分之二。

(2)型钢结构件的强度和刚度校核,原 CD 标准按原《钢结构设计规范》(TJ17-74),许用应力采用总安全系数法确定。新的《钢结构设计规范》(GBJ17-88)采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,用分项系数的设计表达式进行计算,这种方法能较好地反映结构可靠度的实质,但计算较烦。型钢结构件计算采用新方法不仅修订工作量大,篇幅增加过多而且又与其他

部分如:壳体、导轮、零件等,计算原则不一致,气柜结构件多数在微腐蚀性介质环境中操作,考虑双面腐蚀裕量计算结果,要留有必要的裕量,所以更精确的计算意义不大,因此本标准仍按许用应力总安全系数法进行计算。并将原(TJ17)中的稳定系数在附录 I 中列出,以便查用。

5. 水封挂圈尺寸

标准中 5.3.4 所推荐的公式,系考虑到气柜操作过程在任何情况下,应能满足下述要求,即:(a)下挂圈应能提起必要且不过量的水量(包括连续多次升降);(b)水封内必须保持必要的水封高度,能封住柜内的气体不致外逸;(c)水封内的水不应积存过多(包括防冻蒸气冷凝水外部添加水、雨雪水),否则水将从上挂圈顶部溢出,在寒冷地区将形成冰瘤,影响气柜的正常运行。

上述条件对非寒冷地区虽非完全必要,但水封上挂圈经常溢水亦属不雅,故标准中未作区分。

当水封内采用防护液时,则水封应设计成内流式。由于多节气柜采用防护液的情况中很少,故标准中未列入此种水封的设计方法。

6. 钟罩顶设计

鉴于近年来在小型气柜设计中引入了自支承圆拱罩顶,包括光亮和带肋壳[如:《气柜通用图系列》(YHS4-60-77)],本标准对这两种罩顶的设计都作了规定,此部分的内容与油罐设计的相应部分基本相同。

对于球形拱架支承的罩顶,其球形拱架的计算按国内外气柜设计的通常方法,标准的正文部分只计算拱架的构件强度和稳定性,而对拱架的整体稳定性,由于没有成熟的计算规范和方法可供借鉴,故在附录 H 中推荐了一种参考的计算方法,即简化成各向同性,折算成有效厚度 δ 的浅球壳,按计算临界荷载的经典公式: $P_{cr}=1.21E'(\frac{\delta}{R})^2$

取安全因素为 12,以确定许用压力,即得标准式(H-9)。

7. 罩顶边环设计

罩顶边环的计算,标准的正文部分规定了在内压和外压作用下边环整体受拉和受压计算方法。边环的局部应力分析(按有力矩理论)一般不作计算,故此部分内容列入附录 D 中。用附录 D 推荐的计算方法我们计算了十一种气柜($50\text{m}^3\sim 50000\text{m}^3$),其结果是令人满意的。附录 D 的计算程序化工部第三设计院已编出。

由于拱架的存在,因拱架与边环变形的不协调,边环环向存在弯曲应力,实际计算表明此环向弯曲应力很小,完全可忽略不计,故标准中未计入此部分的计算值。

8. 活动节塔壁设计

标准的附录 G 中,对特大型气柜活动塔节壁板的计算,引入了在风载和内压联合作用下按风载表面分布体型系数作局部膜应力计算的公式。应该指出,对一般大、中、小型气柜,这一计算实际意义不大,不影响壁厚的取值,考虑到气柜的容积越来越大,标准中推荐了这一方法,公式(G-1~3)导出如下:

按结构荷载规范(TJ9-74),当高径比 $\frac{h}{d}=1$, $W_0 d^2 > 2$,圆柱形截面构筑物表面分布体型系数[见(图 2.2.2-1)及(表 2.2.2-2)],可以近似地建立曲线函数表达式:

$$K=0.7\cos\varphi+\cos 2\varphi-0.7$$

从活动塔节壁上任取一微元体,其上作用的风力为: $q=KW$,则微元体的平衡方程为:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial N_x}{\partial X} + \frac{1}{r} \frac{N_{x\phi}}{\partial \phi} &= 0 \\ \frac{\partial N_{x\phi}}{\partial X} + \frac{1}{r} \frac{\partial N_\phi}{\partial \phi} &= 0 \\ N_\phi + qr &= 0 \end{aligned} \right\}$$

式中 N_ϕ 、 N_x 、 $N_{x\phi}$ 分别为微元体的环向内力、纵向内力和剪力。

解方程、并将塔身视作支承在水槽平台上的悬臂梁,塔身最高点为坐标原点,其边界条件为 $X=0$, $N_{x\phi}=0$, $N_x=0$, 代入则得:

$$N_\phi = -qrK_1 = -qr(0.7\cos\varphi + \cos 2\varphi - 0.7)$$

$$N_x = \frac{qX^2}{2r} K_2 = \frac{qX^2}{2r} (0.7\cos\varphi + 4\cos 2\varphi)$$

$$N_{x\phi} = -qXK_3 = -qX(0.7\sin\varphi + 2\sin 2\varphi)$$

考虑到风压的高度系数 K_z 、风振系数 β , 则 $q = \beta K_z W$, 并计入气体内压 P 产生的应力, 则得标准中式(G-1~3)。内力系数 $K_1 \sim K_3$ 见表 G. 1。

9. 活动塔节底环设计

活动塔节上的水封挂圈, 对塔节起着环向加强圈的作用。从已运行的气柜来看, 这一加强是足够了, 而最下一节活动节的底部则无挂圈, 为此需适当加强。此底环的设计目前多根据经验确定截面尺寸, 本标准编制时统计了部分气柜的底环尺寸, 在表 11-1 中推荐了底环的最小惯性矩, 以作限制。

标准编制者根据双铰圆拱受均布外压的稳定公式导得底环所需之断面惯性矩为:

$$J = \frac{r^3}{10.4E} \left(\frac{2b}{rl} \Sigma Q - n/P \sin \frac{180}{n} \right) \quad \text{mm}^4$$

式中: E ——材料的弹性模量, MPa;

r ——最下一节活动节的半径, mm;

ΣQ ——各活动节升至极限高度时, 导轮所在平面上的导轮总水平推力, N;

l ——最下一节活动节的高度, mm;

b ——极限位置时, 导轮中心至最下一节活动节顶部的高度, mm;

n ——导轨根数。对螺旋气柜为最下一节活动节上的导轨数; 对直导轨气柜为水槽内导轨数;

P ——柜内气体压力, MPa。

当计算得 $J < 0$ 时, 即底环无需考虑承压稳定问题, 仅需按构造要求适当配置。

底环组合截面对其中性轴的惯性矩 J , 其组合截面包括环形加强构件及下带板的一部分, 此部分的宽度为:

$$L = 0.55 \sqrt{D\delta} \quad \text{mm}$$

式中: D ——活动节直径, mm;

δ ——活动节下带板的厚度, mm。

本标准编制时, 考虑到上述公式尚未经过大量验证, 故未编入标准中, 但可配合表 11.0.3 进行验算。

10. 螺旋导轨的强度计算

螺旋导轨的计算是个比较复杂的问题, 至今仍未妥善解决, 标准编制过程中曾作过一些探

讨,但作为标准还很不成熟,故仍沿用原 CD 标准,推荐一些经验数据。

11. 气柜的抗震设计

本标准规定气柜的抗震设计基本上采用《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》(TJ32-78)规定的内容。根据我国主要几次地震,如唐山地震、海城地震等震区的实际调查,气柜的地震破坏主要是导轮、导轨的损坏,而按常规设计的钢制水槽没有发生损坏。地震时动水压力产生的问题并不严重,因为水槽是敞口的,地震时槽内的水可能溢出,地震荷载为偶然性荷载,其允许应力应取常规允许应力的 1.25 倍。本标准对水槽的抗震计算,按《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》(TJ32-78)第 27 条注 1:“钢水槽可不作抗震强度验算”的说明,未作规定。

12. 关于附属物设计要点的说明

本标准的第 22 章附属物设计要点,主要是作从事气柜设计的主导专业对气柜附属物设计提出条件的依据,保存这部分内容对设计人员是有一定的指导作用的。从事附属设计时,尚应遵守各有关专业的相应规范。

13. 施工与验收要点

关于气柜的施工及验收规范,作为正式标准目前只有化工部部标准《金属焊接结构湿式气柜施工及验收规范》(HGJ212-83),该规范仅适用于 22000m^3 以下,且不包括无外导架直升式气柜,为满足工程设计需要,在本规定中编入了施工及验收要点,见 23 章。

编制本章的目的,主要是为了弥补现行的施工与验收规范的不足,从设计的角度提出施工与验收的要求并力求全面。而有关气柜的具体施工方法与过程则较少涉及。当本规定与《金属焊接结构湿式气柜施工及验收规范》(HGJ212-83)的规定有矛盾时,应按本标准执行,并在设计图纸上注明。