

UDC

SH

中华人民共和国行业标准

P

SH 3046-1992

石油化工立式圆筒形钢制 焊接储罐设计规范

Petro-chemical design specification
for vertical cylindrical steel
welded storage tanks

1992 — 06 — 06 发布

1993 — 01 — 01 实施

中国石油化工总公司 发布

中华人民共和国行业标准

石油化工立式圆筒形钢制 焊接储罐设计规范

Petro-chemical design specification
for vertical cylindrical steel
welded storage tanks

SH 3046-1992

主编单位：中国石油化工总公司北京设计院

批准部门：中国石油化工总公司

中国石油化工总公司文件

中石化（1992）建字29号

关于发布行业标准《石油化工立式圆筒形钢制焊接储罐设计规范》的通知

各有关单位：

根据总公司中石化（88）建字19号文的要求，由石化总公司北京设计院主编的《石油化工立式圆筒形钢制焊接储罐设计规范》已经审查和定稿。现批准《石油化工立式圆筒形钢制焊接储罐设计规范》SH3046-1992为石油化工行业标准，自一九九三年一月一日起实施。原《立式圆筒形钢制焊接油罐设计技术规定》SYJ 1016-82于一九九四年一月一日废止。

本规范的具体解释工作由北京设计院负责。

中国石油化工总公司

一九九二年六月五日

编制说明

本规范是根据中国石油化工总公司中石化（88）建字19号文通知由我院主编的。

在编制过程中，进行了比较广泛的调查研究，总结了多年来石油化工企业圆筒形钢制焊接储罐设计的经验，并征求了有关设计，生产等方面的意见，对其中的主要问题，进行了多次讨论，最后经审查定稿。

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

中国石油化工总公司北京设计院

一九九一年十一月

目 录

第一章 总则	1
第二章 一般规定	2
第三章 材料	4
第一节 一般要求	4
第二节 钢板	6
第三节 钢管	11
第四节 锻件	12
第五节 螺栓、螺母	13
第六节 型钢	15
第七节 焊接材料	15
第八节 国外钢材	16
第四章 罐底设计	17
第一节 罐底板尺寸	17
第二节 罐底结构	18
第五章 罐壁设计	24
第一节 罐壁的排板和连接	24
第二节 罐壁包边角钢	25
第三节 罐壁厚度	27
第四节 浮顶罐罐壁抗风圈	28
第五节 罐壁加强圈	31
第六节 罐壁的抗震设计	34

第六章 固定顶设计	35
第一节 一般要求	35
第二节 固定顶设计压力	37
第三节 柱支承锥顶	37
第四节 自支承锥顶	39
第五节 自支承拱顶	39
第七章 浮顶	41
第一节 一般要求	41
第二节 浮顶的结构与连接	42
第三节 浮顶支柱	42
第四节 排水装置	43
第五节 事故排液口	44
第六节 转动扶梯	44
第七节 自动通气阀	44
第八节 防转和导向装置	45
第九节 密封及静电导出装置	45
第十节 浮顶人孔	45
第八章 内浮顶	47
第一节 一般要求	47
第二节 密封	48
第三节 单盘式、隔仓式、双盘式内浮顶	49
第四节 在浮筒上的金属顶	49
第五节 通气孔	50
第六节 溢流孔	50
第七节 人孔	50
第九章 附件	52

第一节	一般要求	52
第二节	罐壁开口、接管及开口补强	52
第三节	人孔	55
第四节	排水槽	57
第五节	清扫孔	59
第六节	盘梯与平台	60
第七节	栏杆	60
第八节	其他	61
第十章	预制、组焊及检验	62
第十一章	操作说明	68
附录一	立式圆筒形钢制焊接储罐对基础的基本要求	69
附录二	高温储罐的附加要求	71
附录三	低压储罐	72
附录四	带肋球壳	79
附录五	气象台站及数据摘要	82
附录六	用词说明	84
附加说明	85

主 要 符 号

- A —— 罐顶和罐壁连接处的有效面积;
 B —— 通气孔总面积;
 C —— 厚度附加量;
 C_1 —— 钢板厚度负偏差;
 C_2 —— 腐蚀裕量;
 D —— 储罐内直径;
 E^t —— 设计温度下钢材的弹性模量;
 G_K —— 罐顶自重单位投影面积上的荷载值;
 g —— 重力加速度;
 H —— 所计算的罐壁板底边至罐壁顶端 (当设有溢流口时, 应至溢流口下沿) 的垂直距离;
 H_E —— 罐壁的总当量高度;
 H_{ei} —— 第 i 圈罐壁板的当量高度;
 h_i —— 第 i 圈罐壁的实际高度;
 n —— 数量;
 P —— 压力;
 P_{cr} —— 罐壁筒体临界压力;
 P_t —— 破坏压力;
 P_0 —— 设计外压;
 Q —— 罐壁、罐顶以及他们支撑的构件总质量 (包括顶板质量);

- Q_1 ——罐壁和由罐壁—罐顶支撑的构件总质量（不包括顶板的质量）；
 Q_k ——均布活荷载；
 q ——呼吸阀负压设定压力的1.2倍；
 R ——球壳曲率半径；
 S ——荷载设计值；
 t ——设计厚度；
 t_e ——有效厚度
 t_m ——带肋顶板的折算厚度；
 t_{\min} ——最薄罐壁板的规格厚度；
 W_z ——截面模数；
 w_0 ——基本风压值；
 θ ——罐顶起始角度；
 μ_z ——风压高度变化系数；
 ρ ——储液密度；
 σ_b ——常温下钢材的最低抗拉强度；
 σ_s ——常温下钢材的屈服点；
 $[\sigma]$ 、 $[\sigma]^t$ ——常温下或设计温度下钢材的许用应力；
 φ ——焊缝系数。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 本规范适用于立式圆筒形钢制固定顶、浮顶和内浮顶焊接储罐的罐体及本规范所规定的附件的设计。

按本规范设计的储罐适用于储存非人工致冷、非剧毒的石油、化工等液体介质。

第 1.0.2 条 执行本规范时，尚应符合现行有关标准规范的要求。

第二章 一般规定

第 2.0.1 条 储罐设计条件不得少于以下内容:

- 一、地震设防烈度、风载、雪载、气温条件及地质条件;
- 二、储罐的操作温度及操作压力 (正、负压力);
- 三、介质的种类及其密度;
- 四、腐蚀裕量;
- 五、储罐的直径、高度或容积;
- 六、罐顶形式;
- 七、开口接管尺寸、形式、数量、法兰规格;
- 八、附件的安装位置。

注: 附件仅指用焊接方法固定于罐体上的固定件。

第 2.0.2 条 设计压力应取储罐气相空间的最大表压力。固定顶储罐的设计压力范围为 -490Pa 至 6000Pa 。

第 2.0.3 条 金属温度应取储罐罐体沿截面厚度的平均温度。

第 2.0.4 条 设计温度应取储罐在正常操作时, 罐体金属可能达到的最高或最低温度。设计温度的取值范围应符合以下规定:

- 一、固定顶储罐的设计温度不高于 250°C ;
- 二、浮顶及内浮顶储罐的设计温度不高于 90°C ;
- 三、储罐的最低设计温度大于 -20°C ;

四、在寒冷地区，对无加热也无保温的储罐，设计温度应取建罐地区的最低日平均温度加13℃。

第 2.0.5 条 储罐设计应考虑罐内介质的腐蚀作用以及周围环境腐蚀的影响。

第 2.0.6 条 厚度附加量应按下式确定：

$$C = C_1 + C_2 \quad (2.0.6)$$

式中 C ——厚度附加量 (mm)；

C_1 ——钢板或钢管的厚度负偏差 (mm)，按相应钢板或钢管标准选取；

C_2 ——腐蚀裕量 (mm)。

第 2.0.7 条 储罐罐底板应与基础全面接触。储罐的基础应符合附录一的要求。有特殊要求者应另行考虑。

第三章 材 料

第一节 一 般 要 求

第 3.1.1 条 储罐用的钢材应符合本规范引用的现行标准的规定。采用国内其他标准的钢材，其性能不得低于本规范引用标准的规定。

第 3.1.2 条 选择储罐用钢必须考虑储罐的使用条件、材料的焊接性能、加工制造以及经济合理性。

第 3.1.3 条 本章所列钢材及相应焊接材料的标准如下：

GB 700 《碳素结构钢》；

GB 1591 《低合金结构钢》；

GB 3274 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》；

GB 6654 《压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板》；

GB 709 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 708 《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 3280 《不锈钢冷轧钢板》；

GB 3281 《不锈钢耐酸及耐热钢厚钢板技术条件》；

GB 4237 《不锈钢热轧钢板》；

GB 8163 《输送流体用无缝钢管》；

GB 2270 《不锈钢无缝钢管》；

J B 755 《压力容器锻件技术条件》；

GB 702 《热轧圆钢和方钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 704 《热轧扁钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 706 《热轧普通工字钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 707 《热轧普通槽钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 9787 《热轧等边角钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 9788 《热轧不等边角钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；

GB 5117 《碳钢焊条》；

GB 5118 《低合金钢焊条》；

GB 983 《不锈钢焊条》；

GB 1300 《焊接用钢丝》；

GB 4242 《焊接用不锈钢丝》；

GB 5293 《碳素钢埋弧焊用焊剂》。

第 3.1.4 条 在不同温度下，钢材的弹性模量应按表 3.1.4 取值。

钢材的弹性模量

表 3.1.4

材 料	在下列温度 (°C) 的弹性模量 (10^3 MPa)					
	-20	20	100	150	200	250
碳素钢	194	192	191	189	186	183
奥氏体不锈钢	199	195	191	187	184	181

注：中间温度时的弹性模量可用内差法求得。

第 3.1.5 条 对钢材有特殊要求时，应在图样或相应技术文件中注明。

第二节 钢 板

第 3.2.1 条 储罐用钢板的使用范围应符合表 3.2.1 的规定。

第 3.2.2 条 钢板在不同温度下的许用应力值应按表 3.2.2 选用。

钢板使用范围

表 3.2.1

序 号	钢 号	钢材 标准	使 用 范 围		机械性能 检 查 项 目	注
			许用温度 (°C)	许用最大板厚 (mm)		
1	Q 235—A·F	GB 700	> -20	8	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	①
		GB 3274	> 0	12		
2	Q 235—A	GB 700	> -20	16	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	
		GB 3274	> 0	34		
3	20R	GB 6654	> -20	34	σ_b 、 σ_s 、 δ_5 A_{kv} 、冷弯	
4	16Mn	GB 1591	> -20	12	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	
		GB 3274	> -10	20	冷弯	
5	16Mn R	GB 6654	> -20	34	σ_b 、 σ_s 、 δ_5 A_{kv} 冷弯	② ③
6	0Cr19Ni9	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	

续表 3.2.1

序号	钢 号	钢材 标准	使 用 范 围		机械性能 检 查 项 目	注
			许用温度 (℃)	许用最 大板厚 (mm)		
7	0Cr18Ni11Ti	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	
8	00Cr19Ni11	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	
9	0Cr17Ni12Mo2	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	
10	00Cr17Ni14Mo2	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	
11	0Cr19Ni13Mo3	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	
12	00Cr19Ni13Mo3	GB 4237			σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5	

注: ①许用温度范围在 0℃ ~ -20℃ 时, 仅用于储罐的固定顶。

②厚度大于 30mm 的 16MnR 钢板应正火状态交货。

③厚度大于 30mm 的 16MnR 钢板应逐张进行超声波探伤检查, 达到 ZBJ 74003—88《压力容器用钢板超声波探伤》的Ⅲ级质量要求为合格。

钢 板 许 用 应 力 值

表 3.2.2

序 号	钢 号	板厚 (mm)	常温强度指标		下列温度 (°C) 下的许用应力 (MPa)			
			σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	大气温 至90	150	200	250
1	Q 235—A F	≤16	375	235	157	137	130	121
2	Q 235—A	≤16	375	235	157	137	130	121
		17~40	375	225	150	130	124	114
3	20R	6~16	400	245	163	140	130	117
		17~25	400	235	157	134	124	111
		26~36	400	225	150	127	117	108
4	16Mn	≤16	510	345	230	196	183	167
		17~25	490	325	217	183	170	157
5	16MnR	6~16	510	345	230	196	183	167
		17~25	490	325	217	183	170	157
		26~36	490	305	203	173	160	147
		38~60	470	285	190	163	150	140

续表 3.2.2

序 号	钢 号	板厚 (mm)	常温强度指标		下列温度 (°C) 下的许用应力 (MPa)			
			σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	大气温 至90	150	200	250
6	0Cr19Ni9	2~60			137	137	130	122
7	0Cr18Ni11Ti	2~60			137	137	130	122
8	00Cr19Ni11	2~60			118	118	110	103
9	0Cr17Ni12Mo2	2~60			137	137	134	125
10	00Cr17Ni14Mo2	2~60			118	117	108	100
11	0Cr19Ni13Mo3	2~60			137	137	134	125
12	00Cr19Ni13Mo3	2~60			118	118	118	118

注: ①中间温度时的许用应力值, 可用内插法求得。

②表中碳素钢的许用应力是按材料屈服强度的 2/3 确定的。

第三节 钢 管

第 3.3.1 条 无缝钢管的使用范围应符合表 3.3.1 的规定。

无缝钢管使用范围

表 3.3.1

序号	钢 号		钢管标准	使 用 范 围	
				许用温度(℃)	许用厚度(mm)
1	10	热轧或退火	GB 8163	> -20	< 16
2	20	热轧或退火	GB 8163	> -20	≤ 10
		正火		> -20	< 16
3	16Mn	热轧	GB 8163	> -20	< 16
4	0Cr18Ni9Ti		GB 2270		
5	0Cr18Ni12Mo2Ti		GB 2270		
6	00Cr17Ni14Mo3		GB 2270		

第 3.3.2 条 无缝钢管在不同温度下的许用应力值应按表 3.3.2 选用。

无缝钢管许用应力

表 3.3.2

序 号	钢 号	常温强度指标		下列温度 (°C) 下的 许用应力 (MPa)			
		σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	大气温 至90	150	200	250
1	10	335	205	112	108	101	92
2	20	390	245	130	130	123	110
3	16Mn	490	325	163	163	159	147
4	0Cr18Ni19Ti			137	137	130	122
5	0Cr18Ni12Mo2Ti			137	137	134	125
6	00Cr17Ni14Mo3			118	118	118	118

注：中间温度时的许用应力值可用内插法求得。

第四节 锻 件

第 3.4.1 条 储罐用锻件应符合 JB 755《压力容器锻件技术条件》的要求。

第 3.4.2 条 锻件在不同温度下的许用应力应按表

3.4.2 选用。

锻件许用应力值

表 3.4.2

序号	钢号	截面尺寸 (mm)	常温强度指标		下列温度下 (°C) 的许用应力 (MPa)			
			σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	大气温 至90	150	200	250
1	20	≤ 100	370	215	119	113	104	95
		$> 100/300$	370	195	110	104	98	89
2	16Mn		450	275	150	147	135	129
3	1Cr18Ni9Ti				131	131	128	121

注：中间温度时的许用应力值可采用内插法求得。

第五节 螺栓、螺母

第 3.5.1 条 螺栓、螺母的用钢标准及许用温度应符合表 3.5.1 的规定。

螺栓螺母材料许用温度

表 3.5.1

序号	钢 号	钢材标准	许用温度 (°C)
1	Q 235—A	GB 700	> -20
2	35	GB 699	> -20
3	35CrMoA	GB 3077	> -100
4	0Cr19Ni9	GB 1220	-196
5	0Cr17Ni12Mo2	GB 1220	-196

第 3.5.2 条 螺栓在不同温度下的许用应力应按表 3.5.2 选用。

螺 栓 许 用 应 力 值

表 3.5.2

序 号	钢 号	钢材使 用状态	螺栓规格	常温强度指标		下列温度 (°C) 下的许用应力 (MPa)			
				σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	大气温 至90	150	200	250
1	Q 235--A	热轧	<M24	370	235	78	74	69	62
			M24~M36	370	235	84	80	74	67
2	35	正火	<M24	530	315	105	98	91	82
			M24~M48	510	295	106	100	92	84
3	35CrMoA	调质	<M24	835	735	190	185	179	176
			M24~M48	805	685	206	199	196	193
4	0Cr19Ni9		<M24	520	206	107	97	90	84
			M24~M48	520	206	114	103	96	90
5	0Cr17Ni12Mo2Ti		<M24	520	206	109	101	93	87
			M24~M48	520	206	117	107	99	93

注：中间温度时的许用应力值可用内插法求得。

第六节 型 钢

第 3.6.1 条 碳素结构型钢的强度设计值应符合《钢结构设计规范》(GBJ 17—88) 的要求。奥氏体不锈钢型钢的强度设计值可参照《钢结构设计规范》确定。

第 3.6.2 条 设计温度大于 90℃ 时, 碳素结构型钢的强度设计值应乘以表 3.6.2 中的折减系数。

强度设计值的折减系数

表 3.6.2

设计温度 (℃)	折 减 系 数	
	碳 素 钢	奥氏体不锈钢
大气温至 90	1	1
150	0.88	0.75
200	0.83	0.70
250	0.77	0.65

注: 中间温度时的折减系数, 可用内插法求得。

第七节 焊 接 材 料

第 3.7.1 条 焊接储罐用的手工电弧焊焊条应符合现行标准的要求。

第 3.7.2 条 焊接材料应按表 3.7.2 选用。

第 3.7.3 条 不锈钢制储罐上焊接碳素钢构件所用的焊条由设计者决定；不同品种碳素钢的焊接通常选用与强度较低的钢材相对应的、抗裂性较好的焊接材料。

第八节 国外钢材

第 3.8.1 条 储罐用的国外钢材，应是国外相应钢制焊接储罐最新规范允许使用的钢材，其使用范围不应超出该规范的规定。

第 3.8.2 条 国外钢材的化学成分、力学性能应不低于本规范中相类似的钢材的要求。

第 3.8.3 条 钢板的许用应力应等于钢板屈服强度的 $2/3$ ，且不大于 260 MPa。

焊 接 材 料

表 3.7.2

序 号	钢 号	手 工 电 焊 弧 焊 条 牌 号	二氧化碳气体 保护焊焊丝	埋 弧 自 动 焊	
				焊 丝	焊 剂
1	Q 235—A F	E 43	H 0 8 Mo 2 Si A	H 08A	H J 300
2	Q 235—A	E 43	H 0 8 Mn 2 Si A	H 0 8 A Mn A	H J 300
3	20R	E 4315 E 4316	H 0 8 Mn 2 Si A	H 0 8 A Mn A	H J 300
4	16Mn 16Mn R	E 5015 E 5016 E 5018	H 0 8 Mn 2 Si A	H 10Mn Si H 10Mn 2	H J 500 H J 501
5	0 C r 18 N i 9 T i	E 0 - 19 - 10 N b		H 0 C r 19 N i 9 T i	
6	0 C r 18 N i 12 M o 2 T i	E 0 - 19 - 10 M o 2		H 0 C r 19 N i 12 M o 2	
7	0 0 C r 17 N i 14 M o 3	E 0 - 19 - 10 M o 2		H 0 0 C r 19 N i 12 M o 2	
8	0 C r 19 N i 9	E 0 - 19 - 10 N b - 15			
9	0 C r 18 N i 11 T i	E 0 - 19 - 10 N b - 15			
10	0 0 C r 19 N i 11	E 0 0 - 19 - 10 - 15			
11	0 C r 17 N i 12 M o 2	E 0 - 18 - 12 M o 2 - 15			
12	0 0 C r 17 N i 14 M o 2	E 0 0 - 18 - 12 M o 2 - 15			
13	0 C r 19 N i 13 M o 3	E 0 - 19 - 13 M o 3 - 15			
14	0 0 C r 19 N i 13 M o 3	E 0 0 - 19 - 13 M o 3 - 15			

第四章 罐 底 设 计

第一节 罐底板尺寸

第 4.1.1 条 不包括腐蚀裕量的罐底中幅板的钢板规格厚度应不小于表 4.1.1 的规定。

中幅板钢板规格厚度

表 4.1.1

储 罐 内 径 (m)	中幅板钢板规格厚度 (mm)	
	碳 素 钢	不 锈 钢
$D < 10$	5	4
$D \leq 20$	6	4
$D > 20$	6	4.5

注：规格厚度系指钢材标准中的厚度。

第 4.1.2 条 不包括腐蚀裕量的罐底边缘板钢板规格厚度应不小于表 4.1.2 的规定，其材质应与底圈罐壁板相同。

边缘板钢板规格厚度

表 4.1.2

底圈罐壁板厚度 (mm)	边缘板钢板规格厚度 (mm)	
	碳 素 钢	不 锈 钢
≤ 6	6	同底圈壁板厚度
7 ~ 10	6	6
11 ~ 20	8	7
21 ~ 25	10	—
> 25	12	—

第 4.1.3 条 罐底边缘板沿罐半径方向的尺寸应不小于 700 mm (图 4.2.1 和图 4.2.2)。对于软弱地基, 边缘板的径向尺寸可适当加大。

第二节 罐 底 结 构

第 4.2.1 条 罐内径小于 12.5m 时, 罐底宜采用条形排板 (图 4.2.1)。

第 4.2.2 条 罐内径大于或等于 12.5m 时, 罐底宜采用弓形边缘板 (图 4.2.2)。

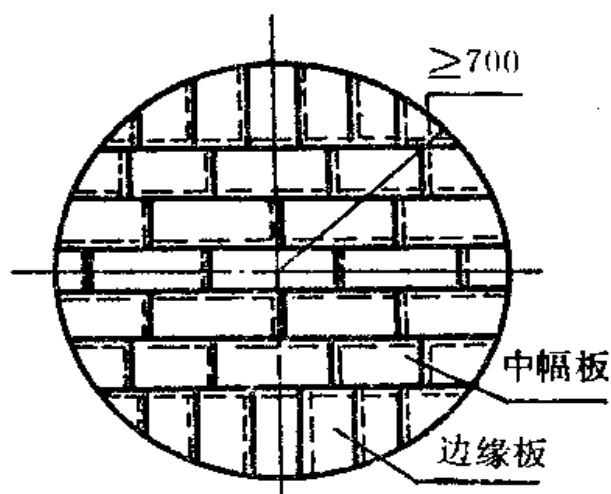


图 4.2.1 条形排板罐底

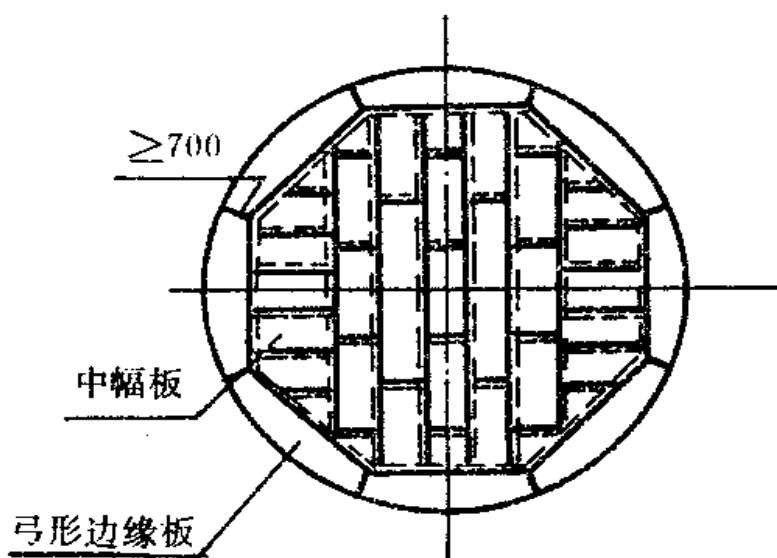


图 4.2.2 弓形边缘板罐底

第 4.2.3 条 罐底边缘板伸出罐壁外表面的宽度不应小于 50 mm。

第 4.2.4 条 罐底板的接头可采用搭接、对接或搭接与对接组合（罐底板搭接的接头见图 4.2.4—1；罐底板对接的接头见图 4.2.4—2）。

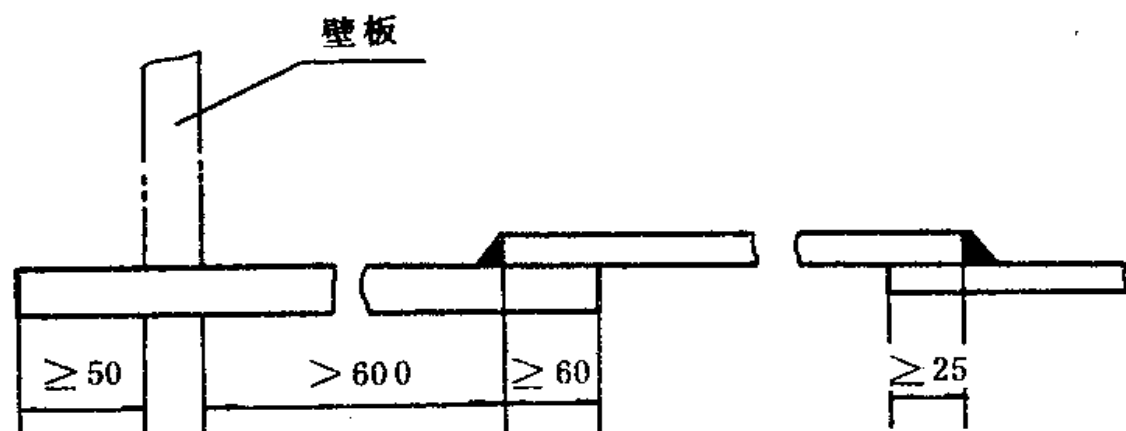


图4.2.4—1 罐底板的搭接接头

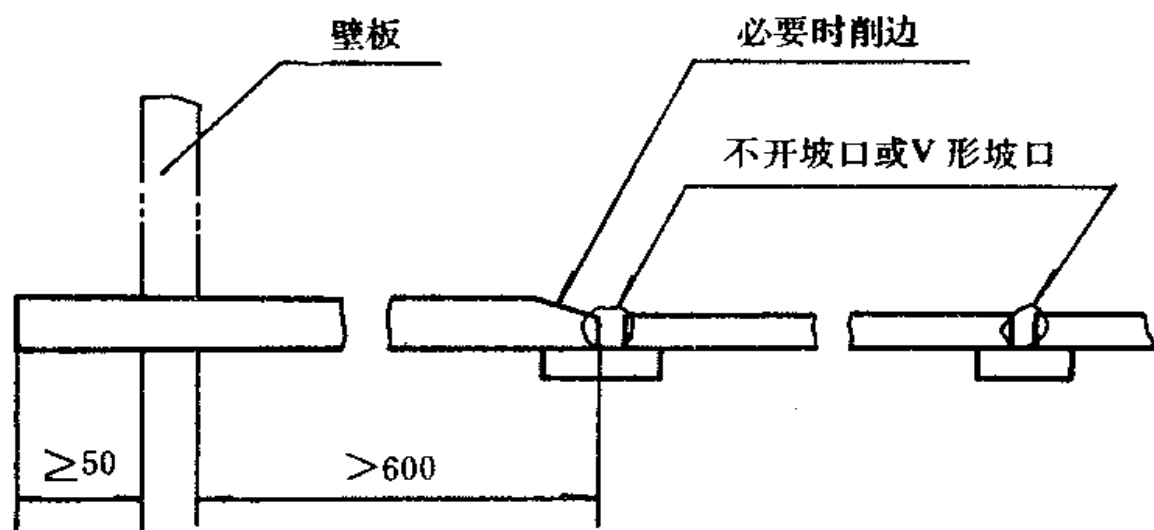


图4.2.4—2 罐底板的对接接头

第4.2.5条 边缘板与罐壁相焊接的部位应做成平滑支承面(图4.2.5), 边缘板对接焊缝下面应采用厚度不小于4 mm的垫板。垫板必须与边缘板贴紧。厚度不大于6 mm的边缘板可不开坡口, 但焊缝间隙应大于6 mm(图4.2.5—1)。厚度大于6 mm的边缘板应采用V型坡口(图4.2.5—2)。

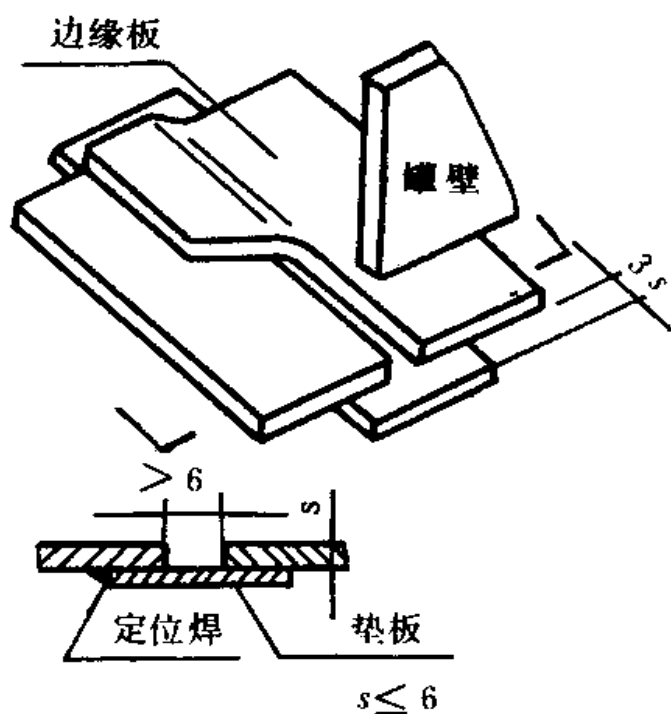


图 4.2.5—1 搭接的罐底边缘板

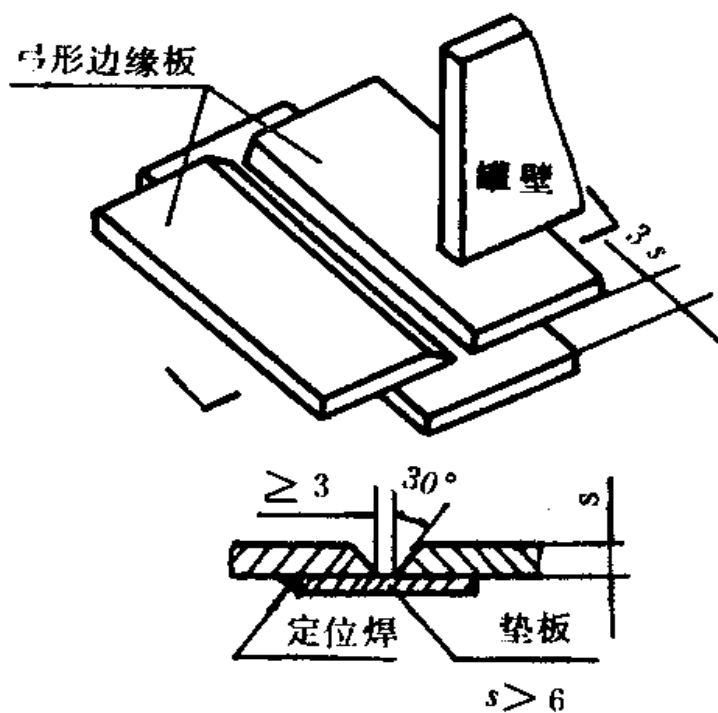


图 4.2.5—2 对接的罐底边缘板

第 4.2.6 条 条形排板的罐底中幅板和边缘板自身的搭接焊缝以及边缘板与中幅板之间的搭接焊缝应采用单面连续角焊，焊脚高度等于较薄板件的厚度。当采用弓形边缘板时中幅板应搭在弓形边缘板的上面（图4.2.2），实际搭接宽度不应小于60mm。中幅板之间及采用搭接的边缘板之间，实际搭接宽度不应小于5倍板厚，且不得小于25mm。

第 4.2.7 条 在三层底板重叠处，应将上层底板切角（图4.2.7）。

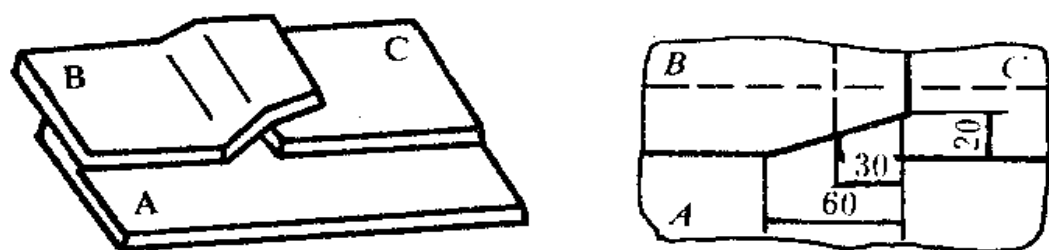


图4.2.7 罐底三层底板重叠处的切角

第 4.2.8 条 罐底板任意相邻两个焊接接头之间的距离以及边缘板焊接接头距底圈罐壁纵焊缝的距离均不应小于300mm。

第 4.2.9 条 底圈罐壁板与边缘板之间的连接，应采用两侧连续角焊，焊脚高度等于二者中较薄件的厚度，且焊脚高度不应大于13mm。在设防烈度大于7度的地区，罐底圈罐壁板与罐底边缘板之间的连接应采用如图4.2.9的焊接形式，角焊缝应有圆滑过渡。

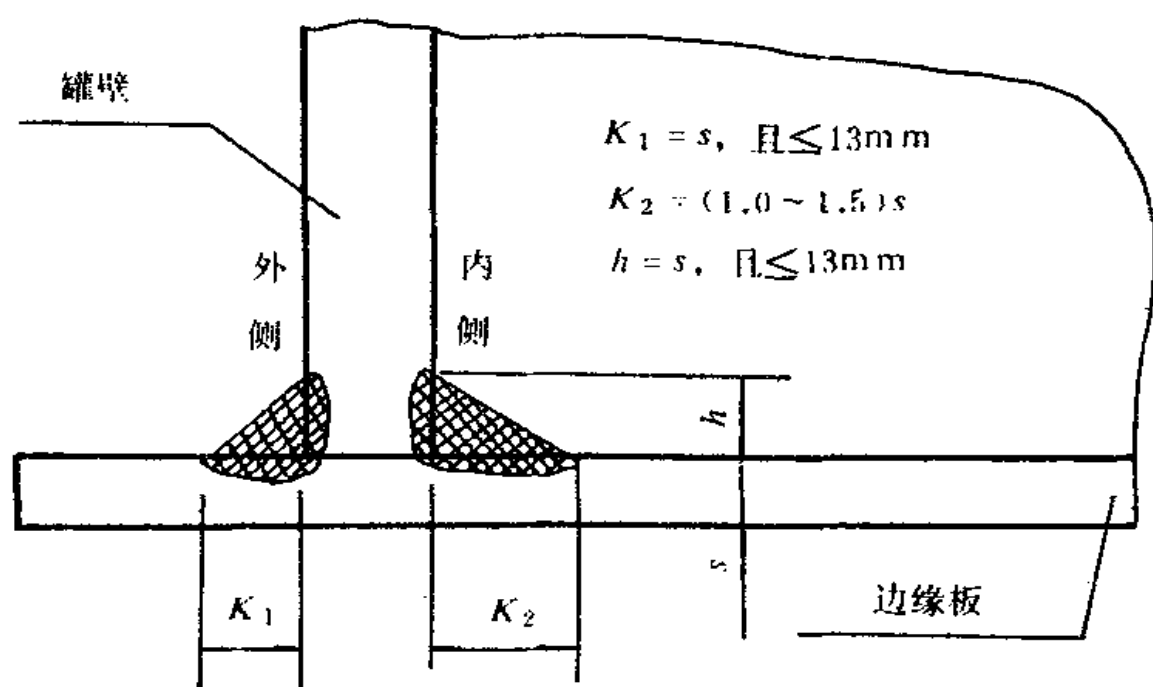


图4.2.9 底圈罐壁与边缘板之间的接头

第五章 罐壁设计

第一节 罐壁的排板和连接

第 5.1.1 条 上层壁板的厚度不得大于下层壁板的厚度。相邻两层壁板的纵向接头应相互错开，错开的最小距离应大于下层壁板厚度的 5 倍，且不得小于 100mm。

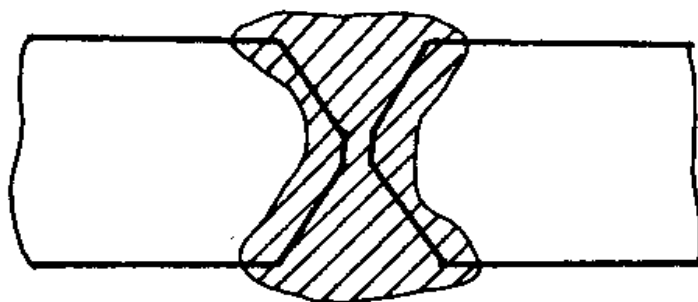
第 5.1.2 条 罐壁纵向接头应采用全熔透的对接形式（图 5.1.2）。



不开坡口的对接接头



V 型坡口对接接头



X 型坡口对接接头

图 5.1.2 罐壁的纵向接头

第 5.1.3 条 罐壁环向接头均应采用全溶透的对接形式（图 5.1.3）。顶部包边角钢与最上一圈罐壁板之间可采用搭接接头连接。

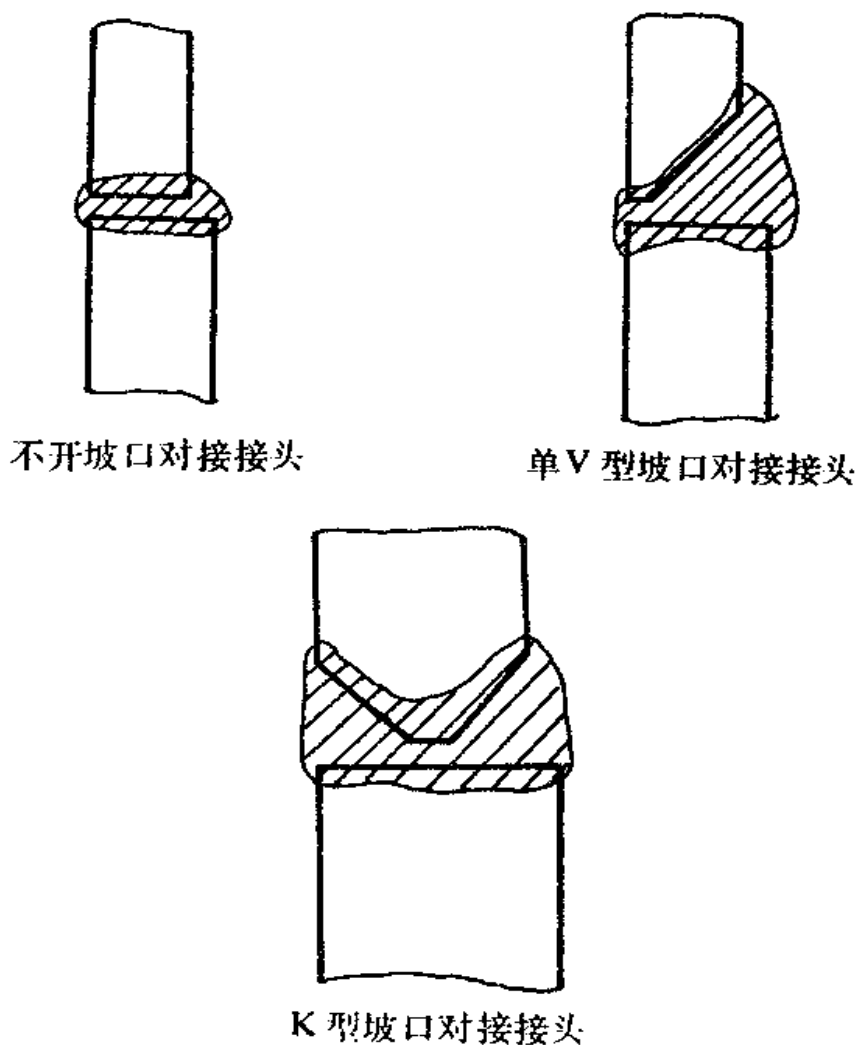


图5.1.3 罐壁的环向接头

第二节 罐壁包边角钢

第 5.2.1 条 固定顶罐及内浮顶罐的罐壁上端，应设置包边角钢。包边角钢的断面尺寸应符合本规范第 6.1.3 条的强度条件和表 5.2.1 的包边角钢最小尺寸要求。

固定顶罐及内浮顶罐的包边角钢最小尺寸

表 5.2.1

储罐内径 D (m)	包边角钢最小尺寸 (mm)
$D \leq 5$	$\angle 50 \times 5$
$5 < D \leq 10$	$\angle 63 \times 6$
$10 < D \leq 20$	$\angle 75 \times 8$
$20 < D \leq 60$	$\angle 90 \times 9$
$D > 60$	$\angle 100 \times 12$

第 5.2.2 条 浮顶罐罐壁上端包边角钢的最小尺寸应按表 5.2.2 选取。

浮顶罐的包边角钢最小尺寸

表 5.2.2

储罐内径 D (m)	包边角钢最小尺寸 (mm)
$D \leq 20$	$\angle 75 \times 8$
$20 < D \leq 60$	$\angle 90 \times 9$
$D > 60$	$\angle 120 \times 12$

第 5.2.3 条 包边角钢自身的对接焊缝必须全焊透、全熔合,包边角钢与罐壁上端的连接可以采用对接或搭接。对于浮顶罐,角钢的水平肢必须朝外。对于固定顶罐和内浮顶罐,角钢的水平肢可朝外或朝内(图 5.2.3)。

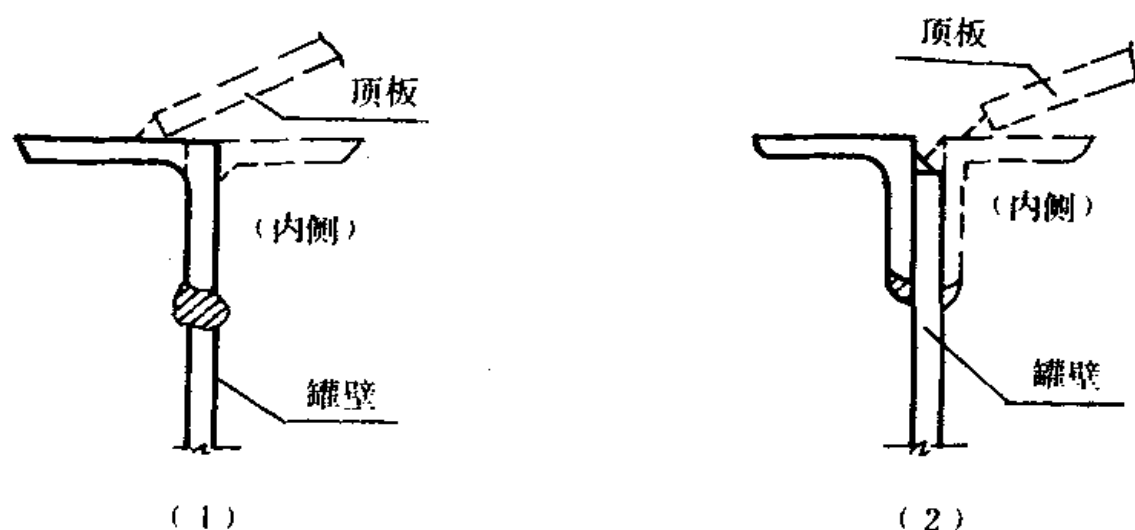


图 5.2.3 包边角钢的位置

第三节 罐 壁 厚 度

第 5.3.1 条 罐壁设计厚度应按下列公式计算,且取其中的较大值。

$$t_1 = 0.0049 \frac{\rho (H - 0.3) D}{[\sigma] \varphi} + C_1 + C_2 \quad (5.3.1-1)$$

$$t_2 = 4.9 \frac{(H - 0.3) D}{[\sigma] \varphi} + C_1 \quad (5.3.1-2)$$

式中 t_1 ——储存介质时的设计厚度 (mm) ;

t_2 ——储存水时的设计厚度 (mm) ;

ρ ——储液密度 (kg/m^3) ;

H ——计算的罐壁板底边至罐壁顶端（当设有溢流口时，应至溢流口下沿）的垂直距离（m）；

D ——储罐内直径（m）；

$[\sigma]^t$ ——设计温度下罐壁钢板的许用应力（MPa），按表3.2.2选取；

$[\sigma]$ ——常温下罐壁钢板的许用应力（MPa），按表3.2.2选取；

φ ——焊缝系数，取0.9。

第5.3.2条 罐壁的设计厚度应向上圆整至钢板的规格厚度，且应不小于表5.3.2的规定。

罐壁钢板最小规格厚度

表 5.3.2

储罐内径D (m)	钢板最小规格厚度 (mm)	
	碳 素 钢	不 锈 钢
$D \leq 16$	5	4
$16 < D \leq 35$	6	5
$35 < D \leq 60$	8	
$60 < D \leq 75$	10	
$D > 75$	12	

第四节 浮顶罐罐壁抗风圈

第5.4.1条 敞口的浮顶罐，罐壁外侧必须设置抗风

圈。抗风圈至罐壁上端的距离宜取 1 m。

第 5.4.2 条 抗风圈的最小截面模数应按下列式计算:

$$W_z = 0.082 D^2 H w_0 \quad (5.4.2)$$

式中 W_z — 抗风圈所需的最小截面模数 (mm^3);

w_0 —— 基本风压值 (Pa)。

第 5.4.3 条 实际采用的抗风圈截面模数不得小于式 (5.4.2) 的计算值。计算抗风圈的实际截面模数时, 应计入抗风圈上、下两侧各 16 倍罐壁厚度范围内的罐壁截面积 (当罐壁加有腐蚀裕量时, 计算中应扣除)。

第 5.4.4 条 抗风圈的外周边可以是圆形或多边形。抗风圈可以采用型钢或型钢与钢板的组合件制成, 钢板的最小厚度为 5 mm, 角钢的最小尺寸为 63 mm \times 6 mm。

第 5.4.5 条 抗风圈兼作走台时, 其最小宽度为 600 mm, 并应在外侧设置栏杆。抗风圈上表面不应有影响行走的障碍物。

第 5.4.6 条 当抗风圈有可能积存液体时, 应开设适当数量的排液孔。

第 5.4.7 条 当盘梯穿过抗风圈时, 抗风圈上的盘梯洞口外侧各部位的截面模数均应大于第 5.4.2 条的要求 (图 5.4.7 中 A—A、B—B、C—C 截面)。洞口处的罐壁应采用角钢加强, 角钢两端伸出洞的长度应不小于抗风圈的最小宽度。抗风圈腹板开洞边缘应采用垂直安放的扁钢加强。以上任一加强件的横截面积均不应小于 32 倍罐壁厚度范围内的罐壁截面积, 扁钢两端与罐壁之间应采用双面满角焊, 并与罐壁加强件焊接成整体。

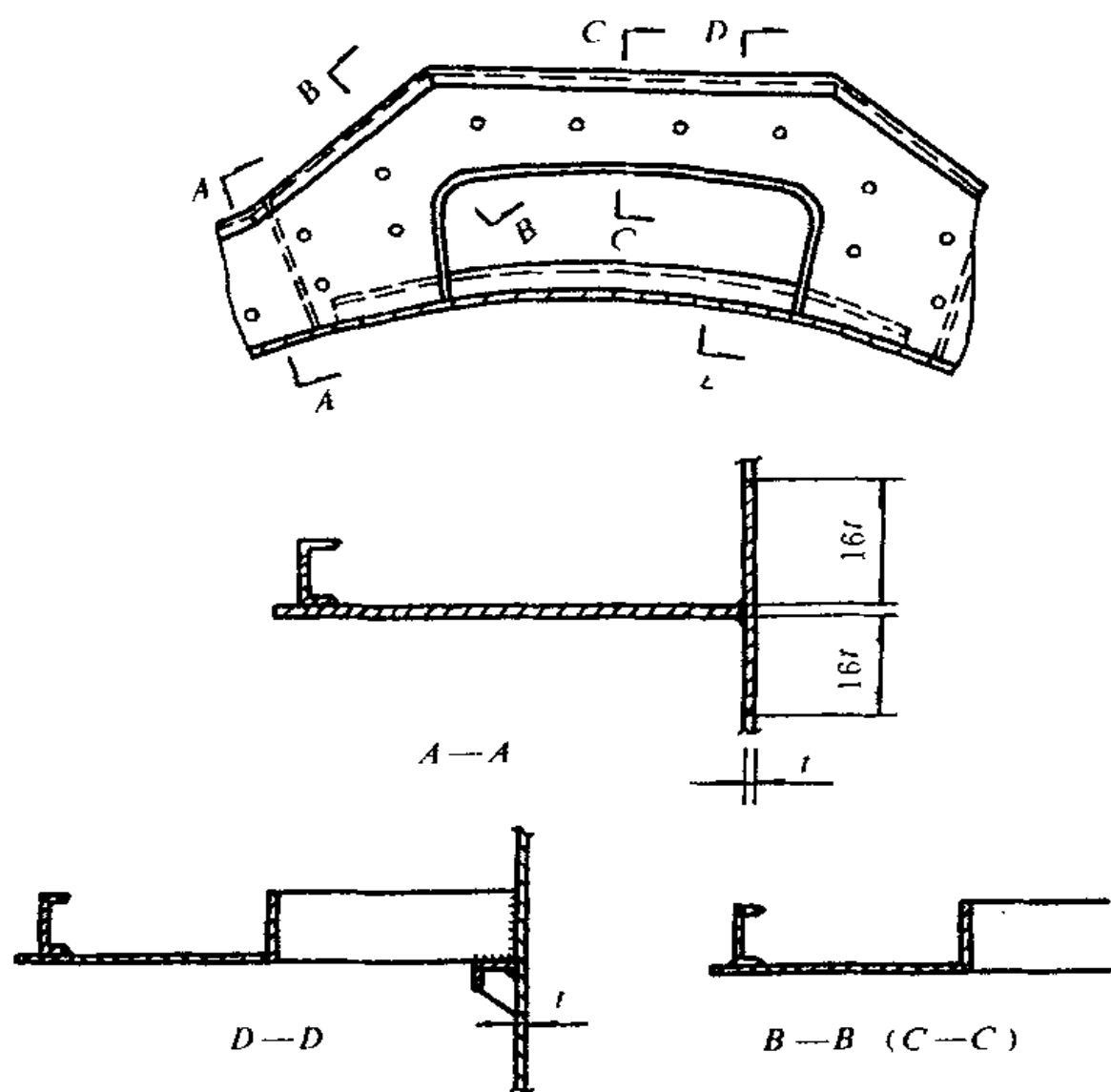


图5.4.7 抗风圈盘梯洞口

第 5.4.8 条 抗风圈本身的对接接头应全熔透、（必要时应加垫板）。抗风圈与罐壁的连接在上侧应采用连续满角焊，下侧可采用间断焊。

第 5.4.9 条 用型钢或型钢与钢板的组合件制造的抗风圈，当型钢的水平肢或腹板的宽度超过其自身厚度的16倍时，均应在抗风圈下面设支承构件。支承构件的间距不应超过型钢垂直肢或抗风圈边缘构件竖向尺寸的24倍，且必须与抗风圈和罐壁焊接牢固，其焊缝强度应能承受抗风圈自重等垂直荷载。

第五节 罐壁加强圈

第 5.5.1 条 在风荷载作用下，罐壁筒体应进行稳定性校核。

第 5.5.2 条 罐壁筒体的临界压力应按下式计算：

$$P_{cr} = 16000 \frac{D}{H_E} \left(\frac{t_{min}}{D} \right)^{2.5} \quad (5.5.2-1)$$

$$H_E = \sum H_{ei} \quad (5.5.2-2)$$

$$H_{ei} = h_i \left(\frac{t_{min}}{t_i} \right)^{2.5} \quad (5.5.2-3)$$

式中 P_{cr} ——罐壁筒体的临界压力（Pa）；

t_{min} ——顶层罐壁板的规格厚度（mm）；

H_E ——罐壁筒体的当量高度（m），

对于浮顶罐， H_E 为抗风圈以下罐壁筒体的当量高度；

对于内浮顶和固定顶储罐， H_E 为罐壁筒体的当量高度；

H_{ei} ——第*i*圈罐壁板的当量高度 (m)，对于浮顶罐，顶圈罐壁只计入抗风圈以下的部分；

h_i ——第*i*圈罐壁板的实际高度 (m)，对于浮顶罐，顶圈罐壁只计入抗风圈以下的部分；

t_i ——第*i*圈罐壁钢板的规格厚度 (mm)。

第 5.5.3 条 浮顶罐罐壁筒体的设计外压应按下式计算：

$$P_0 = 3.375 \mu_z w_0 \quad (5.5.3)$$

式中 P_0 ——罐壁筒体的设计外压 (Pa)；

μ_z ——风压高度变化系数，

对于近海海面、海岛、湖岸及沙漠地区，取 1.38；

对于田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的中、小城镇和大城市郊区，取 1.00；

对于有密集建筑群的大城市市区，取 0.71。

第 5.5.4 条 内浮顶罐罐壁筒体的设计外压应按下式计算：

$$P_0 = 2.25 \mu_z w_0 \quad (5.5.4)$$

第 5.5.5 条 固定顶罐罐壁筒体的设计外压应按下式计算：

$$P_0 = 2.25 \mu_z w_0 + q \quad (5.5.5)$$

式中 q ——储罐顶部呼吸阀负压设定压力的 1.2 倍 (Pa)。

第 5.5.6 条 当罐壁筒体的临界压力满足式 (5.5.6—1) 要求时，罐壁筒体上可不设置加强圈；当不能满足式 (5.5.6—1) 的要求时，罐壁筒体上应设置加强圈。加强圈的数量应按式 (5.5.6—2) 计算。

$$P_{cr} \geq P_0 \quad (5.5.6-1)$$

$$n = INT(P_0/P_{cr}) \quad (5.5.6-2)$$

式中 n ——加强圈的数量 (取整数)。

第 5.5.7 条 设有加强圈的罐壁, 沿高度方向被分割成 $(n + 1)$ 段。每一段罐壁的高度应按下式计算:

$$L_e = H_E / (n + 1) \quad (5.5.7)$$

式中 L_e ——设置加强圈后, 每段筒体的当量高度 (m)。

第 5.5.8 条 当加强圈位于最薄的罐壁板上时, 加强圈至抗风圈 (对于浮顶罐) 或包边角钢 (对于固定顶罐和内浮顶罐) 的实际距离应等于式 (5.5.7) 的计算值。

第 5.5.9 条 当加强圈不在最薄罐壁板上时, 加强圈至抗风圈 (对于浮顶罐) 或包边角钢 (对于固定顶罐或内浮顶罐) 的实际距离应进行换算。

第 5.5.10 条 加强圈的最小截面尺寸应符合表 5.5.10 的规定。

加强圈最小截面尺寸 表 5.5.10

储 罐 内 径 (m)	加强圈最小截面尺寸 (可采用截面模数相同的型钢或组合件) (mm)
$D \leq 20$	$\angle 100 \times 63 \times 8$
$20 < D \leq 36$	$\angle 125 \times 80 \times 8$
$36 < D \leq 48$	$\angle 160 \times 100 \times 10$
$D > 48$	$\angle 200 \times 125 \times 12$

第 5.5.11 条 加强圈离罐壁环焊缝的距离不应小于 150mm。

第5.5.12条 加强圈与罐壁的连接应使角钢的长肢保持水平，短肢朝下，长肢端与罐壁相焊。上面采用连续角焊，下面可采用间断焊，加强圈本身的接头应全熔透。

第六节 罐壁的抗震设计

第5.6.1条 地震设防地区，储罐的设计尚应符合有关规范的要求。

第六章 固定顶设计

第一节 一般要求

第 6.1.1 条 常用的固定顶（包括内浮顶罐上的固定顶），按其支承形式可分为自支承拱顶、自支承锥顶和柱支承锥顶。

第 6.1.2 条 顶板的规格厚度（不包括腐蚀裕量）和支承构件的规格厚度（不包括腐蚀裕量）应不小于4.5mm。

第 6.1.3 条 罐顶与罐壁连接处的有效面积（包边角钢截面积加上与其相连的罐壁和罐顶板各16倍板厚范围内的截面积之和）应满足下式要求：

$$A \geq 0.001PD^2/\lg\theta \quad (6.1.3)$$

式中 A —— 罐顶与罐壁连接处（图6.1.3）的有效面积（ mm^2 ）；

P —— 罐顶的设计压力（Pa），取设计内压及设计外压中较大者；

θ —— 罐顶起始角（°），对于拱顶，为罐顶与包边角钢连接处顶板经向切线与其水平投影线之间的夹角；对于锥顶，为圆锥母线与其水平投影线的夹角。

第 6.1.4 条 按第 5.2.1 条的规定选取的包边角钢不符合式（6.1.3）的要求时，应加大包边角钢的截面尺寸，或在距包边角钢16倍罐壁厚度范围内的罐壁上增加环形加

强构件（图 6.1.3）。环形加强构件自身的拼接缝应全熔透。

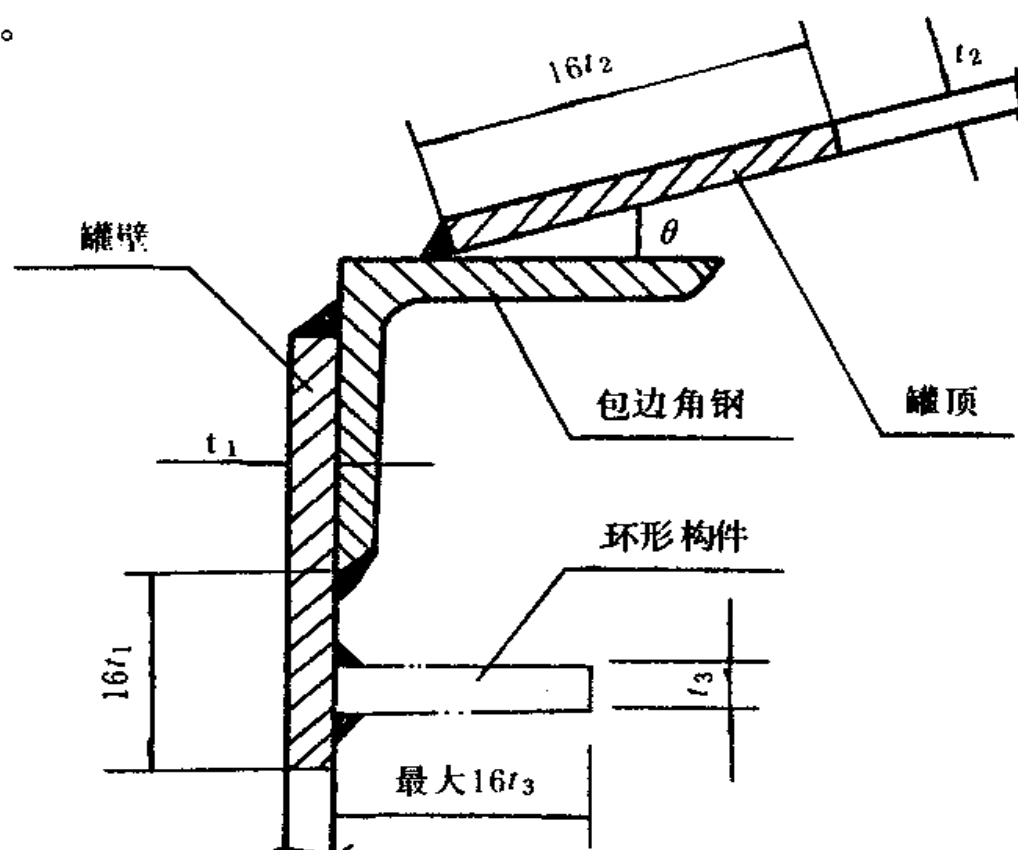


图 6.1.3 罐顶与罐壁连接处的有效面积

第 6.1.5 条 罐顶板与包边角钢之间的连接应采用薄弱连接，外侧采用连续焊，焊脚高度不应大于顶板厚度的 $3/4$ ，且不得大于 4 mm ，内侧不得焊接（图 6.1.3）。

第 6.1.6 条 顶板的连接应符合以下规定：

- 一、顶板本身的拼接可以采用对接或搭接；
- 二、搭接顶板的搭接宽度不得小于 5 倍的板厚，且不小于 25 mm ，罐顶板外表面的搭接缝应采用连续焊、内表面侧用间断焊。低位置处的板应搭在高位置板的上面。

第 6.1.7 条 当内压产生的升力大于罐顶加罐壁的重力（包括罐壁上的固定件的重力）时，储罐应设置地脚螺栓。

第二节 固定顶设计压力

第 6.2.1 条 固定顶的设计内压应取 1.2 倍呼吸阀的排放开启压力与罐顶单位面积的重力之差。

第 6.2.2 条 固定顶的设计外压应包括以下荷载：

一、罐顶结构自重（当有隔热层时，尚需计入隔热层的重力）；

二、附加荷载：水平投影面积上取 1200 Pa（当雪荷载超过 600 Pa 时，尚应加上所超过的荷载）。

第三节 柱支承锥顶

第 6.3.1 条 柱支承锥顶的最小坡度应为 1/16。

第 6.3.2 条 顶板不得与支承顶板的檩条相固定。

第 6.3.3 条 柱支承锥顶的荷载设计值按下式计算：

$$S = 1.1 \times (1.2G_K + 1.4Q_K) \quad (6.3.3)$$

式中 S ——荷载设计值 (Pa)；

G_K ——罐顶自重单位投影面积上的荷载值 (Pa)；

Q_K ——附加荷载 (Pa)，按本规范第 6.2.2 条的有关规定取值。

第 6.3.4 条 支承构件的强度和稳定性应符合《钢结构设计规范》(GBJ 17—88) 的要求。

第 6.3.5 条 顶板直接接触的檩条，当满足下列条件时，可不另设侧向支撑。

一、檩条不是由桁架或轻型腹板梁构成；

二、檩条的高度不大于 380 mm；

三、罐顶的坡度小于 1/6。

第6.3.6条 相邻檩条中心的间距（按外圆弧计算），最外排不得大于2.0m，其余各排不得大于1.7m。

第6.3.7条 柱子的长细比不应大于150，斜撑及次要构件的长细比不应大于200。

第6.3.8条 檩条之间设置的交叉支撑应符合下列规定（图6.3.8）：

一、直径大于15m的罐，外排檩条中沿圆周均布的交叉支撑应不少于4组；

二、直径大于25m的罐还应在第二排檩条中均匀地设置4组交叉支撑；

三、在地震设防地区，直径大于15m的罐外排檩条的每个跨间均应设置交叉支撑；

四、交叉支撑的拉杆应采用直径不小于18mm的圆钢，或具有同等强度的杆件；

五、最外排檩条为工字钢时，可不设交叉支撑。

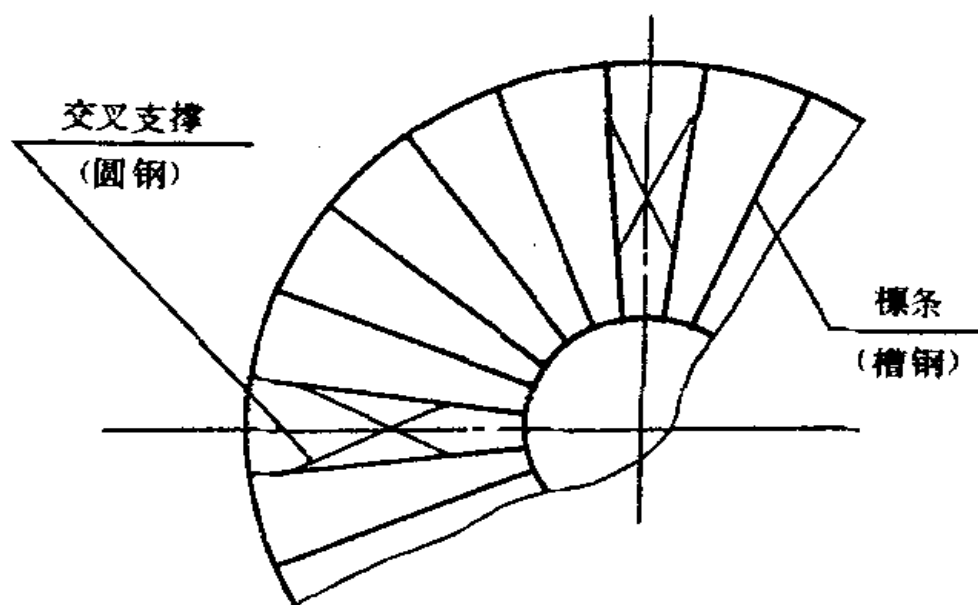


图6.3.8 罐顶交叉支撑示意图

第6.3.9条 柱子可采用钢管或型钢制造。当采用钢管制造时，可制成封闭式，也可设置放空孔和排气孔。柱子下端应插入导座内，柱子与导座不得相焊，导座应焊接在罐底上。

第6.3.10条 设计温度大于90℃时，构件的强度及稳定性还应符合第3.6.2条的要求。

第四节 自支承锥顶

第6.4.1条 自支承锥顶的坡度不应小于1/6，且不大于3/4。

第6.4.2条 自支承锥顶罐的直径不宜大于5m。

第6.4.3条 自支承锥顶的设计厚度按下式计算，但不得小于本规范第6.1.2条的规定。

$$t = \frac{2.24D}{\sin\theta} \left(\frac{P_0}{E^t} \right)^{1/2} + C \quad (6.4.3)$$

式中 t ——顶板设计厚度（mm）；

P_0 ——罐顶设计外压，按第6.2.2条确定（Pa）；

E^t ——设计温度下钢材的弹性模量（MPa）。

第五节 自支承拱顶

第6.5.1条 自支承拱顶的球面曲率半径宜取储罐内径的0.8~1.2倍。

第6.5.2条 光面球壳的设计厚度按下式计算，但不得小于第6.1.2条的规定。

$$t = R \left(\frac{10P_0}{E^t} \right)^{1/2} + C \quad (6.5.2)$$

式中 R ——球壳曲率半径 (m)。

第 6.5.3 条 带肋球壳作为拱顶时，带肋球壳板的计算及连接要求见附录四《带肋球壳》。

第 6.5.4 条 拱形架作罐顶钢板的承载结构时，拱形架的周边杆端应与包边角钢焊成整体，但顶板与拱形架的杆件之间不得焊接。

第 6.5.5 条 自支承拱顶的许用压力应大于拱顶的设计外压。

第七章 浮 顶

第一节 一 般 要 求

第 7.1.1 条 本章仅适用于漂浮在敞口罐液面上的单盘式浮顶或双盘式浮顶的设计。

第 7.1.2 条 浮顶在设计最高位置和最低位置之间浮动时, 储罐的任何部件、零件(如浮顶、罐壁、量油导向管和浮顶支柱等)均不得受到损伤。

第 7.1.3 条 浮顶的浮舱均不得渗漏。

第 7.1.4 条 浮顶处于漂浮状态时, 下表面应与储液全面接触。

第 7.1.5 条 浮顶支撑在罐底上时, 应能承受 1200 Pa 的附加荷载和浮顶自重。

第 7.1.6 条 单盘式浮顶漂浮在密度为 700 kg/m^3 的液体上时, 浮顶应符合下列要求:

一、 250 mm 的雨水积存在单盘上时, 浮顶应能漂浮在液面上不沉没。

二、单盘板和任意两个浮舱泄漏时, 浮顶应能漂浮在液面上不沉没。

三、在上述两种情况下, 浮顶不发生强度或稳定性破坏。

第 7.1.7 条 双盘式浮顶漂浮在密度为 700 kg/m^3 的液体上, 任意两个浮舱泄漏时, 浮顶应能漂浮在液面上不

沉没，且浮顶不发生强度或稳定性破坏。

第7.1.8条 浮顶罐中，任何有相对运动的元件（如自动通气阀、量油管、导向管、密封装置等）均不得导致起火或影响浮顶的升降。

第二节 浮顶的结构与连接

第7.2.1条 单盘式浮顶的浮舱顶板和双盘式浮顶的顶板的规格厚度不应小于4mm，顶板的分块及焊缝设计应尽量减少焊工在舱内的焊接工作量。浮舱顶板应具有15%的向心最小排水坡度。

第7.2.2条 单盘式浮顶的浮舱底板、单盘板和双盘式浮顶底板的规格厚度均不得小于4.5mm，其搭接宽度不应小于25mm；上表面的全部焊缝必须采用连续满角焊，下表面可采用间断焊。支柱或其他刚性较大的构件周围300mm范围内应采用连续满角焊。在搭接缝与环形板相交处应将搭接改成加垫板的对接。

第7.2.3条 浮舱隔板四边的焊缝，应在同一侧采用连续满角焊，另一侧采用间断焊。

第7.2.4条 环形板本身的拼接应采用全熔透的对接焊缝。边缘环板与浮舱之板之间的T型接头，宜在内侧采用连续满角焊，另一侧采用间断焊。环形板下端与浮舱隔板相交处，环形板与浮舱底板之间应全熔透。

第三节 浮顶支柱

第7.3.1条 浮顶支柱应能承受浮顶自重和1200Pa的附加荷载。浮顶支柱的强度及稳定性应符合《钢结构设计

规范》(GBJ 17—88)的要求。

第7.3.2条 浮顶支柱的荷载设计值应按公式(6.3.3)计算。

第7.3.3条 可调支柱的支撑高度应能在浮顶处于漂浮状态下,在浮顶上调节。检修、清扫时,浮顶的支撑高度应不低于1.8 m。浮顶处于低位置时,浮顶不得与罐内附件(内部管线、清扫器等)相碰。

第7.3.4条 支柱套管伸出浮顶上表面的高度,应保证(如浮顶上积存允许最大降雨量的雨水时)油品不溢流到浮顶上面。

第7.3.5条 罐底板与浮顶支柱接触的部位应设置垫板。垫板直径不应小于500 mm,厚度应不小于5 mm,其周边应与罐底板连续焊。

第7.3.6条 浮顶支柱应采用钢管制作。支柱下端可设排液口,也可采用封闭式结构。支柱与套管的间隙应有密封措施。

第四节 排水装置

第7.4.1条 罐内径小于等于40 m时,宜装设两套DN 80 mm的排水装置;罐内径大于40 m,但小于80 m时,宜装设2套DN 100 mm的排水装置;罐内径大于或等于80 m时,宜装设三套DN 100 mm的排水装置。

第7.4.2条 排水管应能在浮顶全行程内正常工作。排水管上端必须装设单向阀。

第7.4.3条 浮顶集水坑(槽)的盖子及突缘上应开孔,孔的大小及数量应能保证排水通畅。

第7.4.4条 排水管的出口处必须装设闸阀。在可能结冰的地区，不得采用铸铁阀。

第五节 事故排液口

第7.5.1条 在靠近双盘式浮顶的中部应安装一个DN 100 mm的事故排水管。事故排水管的下端插入储液内的深度不宜小于250 mm。

第7.5.2条 单盘式浮顶上应设置防止雨水超量聚积的措施。

第六节 转动扶梯

第7.6.1条 罐壁盘梯顶平台与浮顶之间应设置转动扶梯。

第7.6.2条 当浮顶由最低支撑位置上升到最高位置过程中，转动扶梯不应与浮顶上的任何附件相碰。

第7.6.3条 浮顶处于最低支撑位置时，转动扶梯的仰角不应大于60度。

第7.6.4条 在浮顶升降过程中转动扶梯的踏步板应能自动保持水平。踏步板不得用圆钢或钢管代替。

第7.6.5条 转动扶梯下端的滚轮应始终处于轨道上。

第7.6.6条 转动扶梯处于任意位置时，在5000 N的中点集中力或最大风力作用下，应具有足够的刚度和强度。转动扶梯两侧应设有扶手。

第七节 自动通气阀

第7.7.1条 浮顶上应装设通气阀，其开口截面积应

按收发物料时的最大流量确定。当浮顶支撑在罐底上时，通气阀应能自动开启，当浮顶处于漂浮状态时通气阀应自行关闭。

第7.7.2条 自动通气阀的阀盖支撑高度应与浮顶的支撑高度相适应，并应符合第7.7.1条的要求。

第7.7.3条 罐内储液排空后，阀杆内不得积存液体。

第八节 防转和导向装置

第7.8.1条 浮顶上应装设防转和导向装置。导向装置可与检尺或取样装置结合使用。

第九节 密封及静电导出装置

第7.9.1条 浮顶与罐壁之间的间隙内应装设有效的密封装置。当采用钢滑板的机械式密封时，钢滑板应采用1.5~2mm的镀锌薄钢板制造，钢滑板与浮顶之间应采用截面积不小于10mm²的软铜复绞线连接，在圆周方向上软铜复绞线的间距不应大于3m。当采用非金属材料制成的软密封时，至少采用两条截面积不小于16mm²的软铜复绞线连接浮顶与罐壁。导线与铁件之间的导电性能必须良好，宜采用铜焊。

第7.9.2条 密封装置应采用经久耐用、不污染油品的橡胶及塑料制品。

第十节 浮顶人孔

第7.10.1条 浮顶应设置不少于一个DN 600mm的人孔，并应备有密封垫片和螺栓紧固的人孔盖。人孔的开

孔处应采取补强措施。

第7.10.2条 浮顶的每个密封舱应设置不少于一个DN 500mm或DN 600mm的人孔，人孔上面应安装不会被大风刮开的轻型防雨盖，人孔接管上口的高度应高于浮顶的允许积水高度。

第八章 内 浮 顶

第一节 一 般 要 求

第 8.1.1 条 本章适用于下列形式的内浮顶:

- 一、单盘式内浮顶;
- 二、隔舱式单盘顶;
- 三、双盘式内浮顶;
- 四、在浮筒上的金属顶。

第 8.1.2 条 内浮顶在设计的全行程中运行时,罐体、内浮顶或附件均不得被损伤。

第 8.1.3 条 在内浮顶上,直接与储液蒸气或液体连通的所有缝隙均应密封(可采用焊接、螺栓连接的、螺钉连接的、夹紧或密封等措施),并经气密性检查。接头的密封件应与储存的产品和连接材料相适应。

第 8.1.4 条 内浮顶的边缘板和浮顶上所有开孔的接管(包括方孔接管)均应高出液面,且不小于150mm。

第 8.1.5 条 内浮顶上所有导电部分必须用导线相互连接,并与罐的外部结构相连。在密封区采用静电导出设施时,最少应设置4组,沿圆周均布。当采用挠性电缆,从固定顶连接到内浮顶时,最少设置2组,且应均匀分布。静电导线应考虑强度、耐腐蚀性、电阻、连接的可靠性、挠性和工作寿命。

第 8.1.6 条 内浮顶应能承受的集中活荷载不得小于

2000 N。

第 8.1.7 条 元件的厚度应符合以下规定:

一、碳钢板为 4 mm

二、不锈钢

浮动元件为 1.2 mm；面层为 0.5 mm

三、铝

浮动元件 1.2 mm；面层 0.5 mm。

第 8.1.8 条 内浮顶支柱应符合以下规定:

一、内浮顶支柱可采用固定式支柱或可调式支柱。当浮顶降到最低操作位置时，内浮顶不得与罐内的附属设施（如混合器、内部管线、进料管等）相碰。

二、内浮顶支柱应能承受内浮顶自重和 600 Pa 均布活荷载。罐底板上支撑支柱的部位宜设置周边满角焊的垫板（ $\phi 400$ mm 圆板）。支柱的下端应开排液槽。

三、内浮顶支柱的荷载设计值应按公式（6.3.3）计算。

四、内浮顶支柱的强度和稳定性应符合《钢结构设计规范》（GBJ 17—88）的要求。

第 8.1.9 条 内浮顶应有防止转动及归中的设施。

第 8.1.10 条 固定顶和内浮顶上应设置计量和取样装置。

第二节 密 封

第 8.2.1 条 内浮顶外缘与罐壁之间的间隙应设有密封装置，密封装置应具有良好的密封性能。

第 8.2.2 条 内浮顶的密封装置在内浮顶浮动的全程

上，应保证密封，且不妨碍浮顶随液面升降。

第 8.2.3 条 密封材料的选择应考虑环境温度、储液性质、设计温度、耐磨性、变色、老化、脆性、可燃性和其他有关因素。

第 8.2.4 条 密封宜采用以下形式：

一、聚氨酯软泡沫塑料（或类似的材料）外包不漏液的环向包带的软填料密封。

二、用弹性材料制成的舌型密封。

三、充液型密封。

第三节 单盘式、隔仓式、双盘式内浮顶

第 8.3.1 条 内浮顶的浮力不应小于两倍自重。隔舱式或双盘式浮顶在任意两隔舱泄漏以后，仍能漂浮在液面上，而不产生附加的危害；单盘式浮顶当任意两个舱及单盘泄漏以后，也应漂浮在液面上，而不产生附加危害。

第 8.3.2 条 浮舱顶部应设人孔。人孔接管应高出浮舱顶板。

第 8.3.3 条 所有内部隔板，应在一侧连续满角焊，另一侧采用间断焊。

第四节 在浮筒上的金属顶

第 8.4.1 条 内浮顶的盘可以用浮筒支撑在液面上。

第 8.4.2 条 浮筒的浮力应不小于浮顶自重的两倍，且在任意两个浮筒泄漏以后，内浮顶仍能漂浮在液面上，而不产生附加的危害。

第 8.4.3 条 浮顶的外边缘板浸入储液的深度不应小

于 100 mm。除排气孔以外，通过盘的开孔应设气密性的边缘板。边缘板浸入储液中的深度不得小于 100 mm。

第五节 通 气 孔

第 8.5.1 条 内浮顶上应安装自动通气阀。

第 8.5.2 条 内浮顶储罐固定顶上的最高部位处应设直径不小于 DN 200 mm 的通气孔。

第 8.5.3 条 内浮顶储罐应设置环向通气孔。环向通气孔应设在满罐时内浮顶密封以上的罐壁或固定顶上。通气孔应沿圆周均匀分布，其间距不得大于 10 m，且不得少于 4 个。通气孔的总面积应符合下式要求：

$$B \geq 0.06 D \quad (8.5.3)$$

式中 B ——通气孔总面积 (m^2)。

第 8.5.4 条 通气孔和环向通气孔应设置防雪罩和 3 ~ 4 目的粗钢丝网。

第六节 溢 流 孔

第 8.6.1 条 当采用长型溢流孔时，溢流孔的尺寸和位置应按进油速度确定。

第 8.6.2 条 浮顶的密封必须不干扰液面指示器或溢流孔的操作。

第七节 人 孔

第 8.7.1 条 内浮顶储罐的固定顶上应设不少于一个 DN 500 mm 或 DN 600 mm 的人孔。

第 8.7.2 条 内浮顶上应设不少于一个 DN 600 mm

的人孔。

第 8.7.3 条 在内浮顶支撑高度以上及以下的罐壁上宜各设不少于一个 D N 600 m m 的人孔。

第九章 附 件

第一节 一 般 要 求

第9.1.1条 本章适用于储罐开口接管与补强圈、罐壁人孔、罐顶人孔、排水槽、清扫孔、梯子平台及栏杆的设计。

第9.1.2条 罐壁开口接管用的钢制法兰的公称压力等级不宜低于0.6 MPa。罐顶开口接管用的钢制法兰的公称压力等级不应低于0.2 MPa。

第9.1.3条 储罐用钢制法兰的规格及压力等级应符合现行国家标准和行业标准的有关要求。

第9.1.4条 补强圈的材质及厚度应与开口处的罐体相同。

第9.1.5条 不锈钢罐体与支架连接处应设置垫板。

第9.1.6条 罐壁上的开孔，其边缘距罐壁板对接焊缝的距离应大于8倍的壁板厚度，且不小于250 mm。

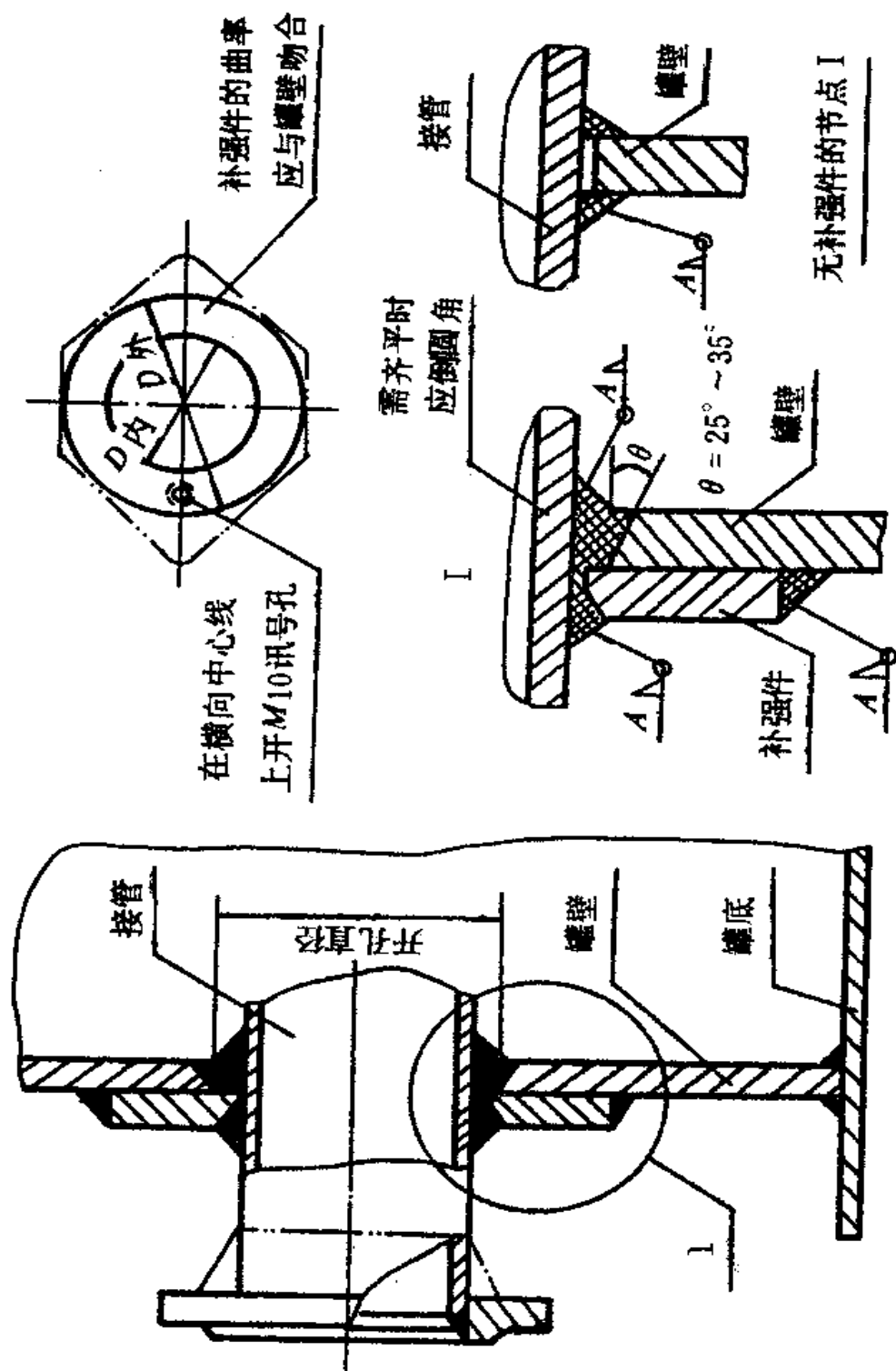
第9.1.7条 储罐上的人孔、开口接管用的法兰垫片应与储存介质相适应。

第二节 罐壁开口接管及开口补强

第9.2.1条 各种公称直径的开口接管及补强圈规格应符合表9.2.1的规定。

第9.2.2条 补强圈应按行业标准《补强圈》(JB 1207)

制造，亦可采用多边形补强板（图 9.2.2），但其内切圆直径不得小于表 9.2.1 中补强圈的外径。



注 A 为两相焊件中较薄件的厚度

图 9.2.2 罐壁开孔及补强

罐壁开口接管及补强圈规格

表 9.2.1

序号	公称直径 DN (mm)	接管外径 × 壁厚 (mm)	补强圈尺寸 D _外 / D _内 (mm)
1	25	φ32 × 5	
		φ34 × 5 *	
2	40	φ45 × 5	
		φ48 × 5 *	
3	50	φ57 × 5	
		φ60 × 5.5 *	
4	80	φ89 × 7.5 (6)	φ180/φ93
5	100	φ108 × 8.5 (6)	φ200/φ112
		φ114 × 8.5 * (6)	φ200/φ118
6	150	φ159 × 10 (7)	φ300/φ163
		φ168 × 11 * (7)	φ300/φ172

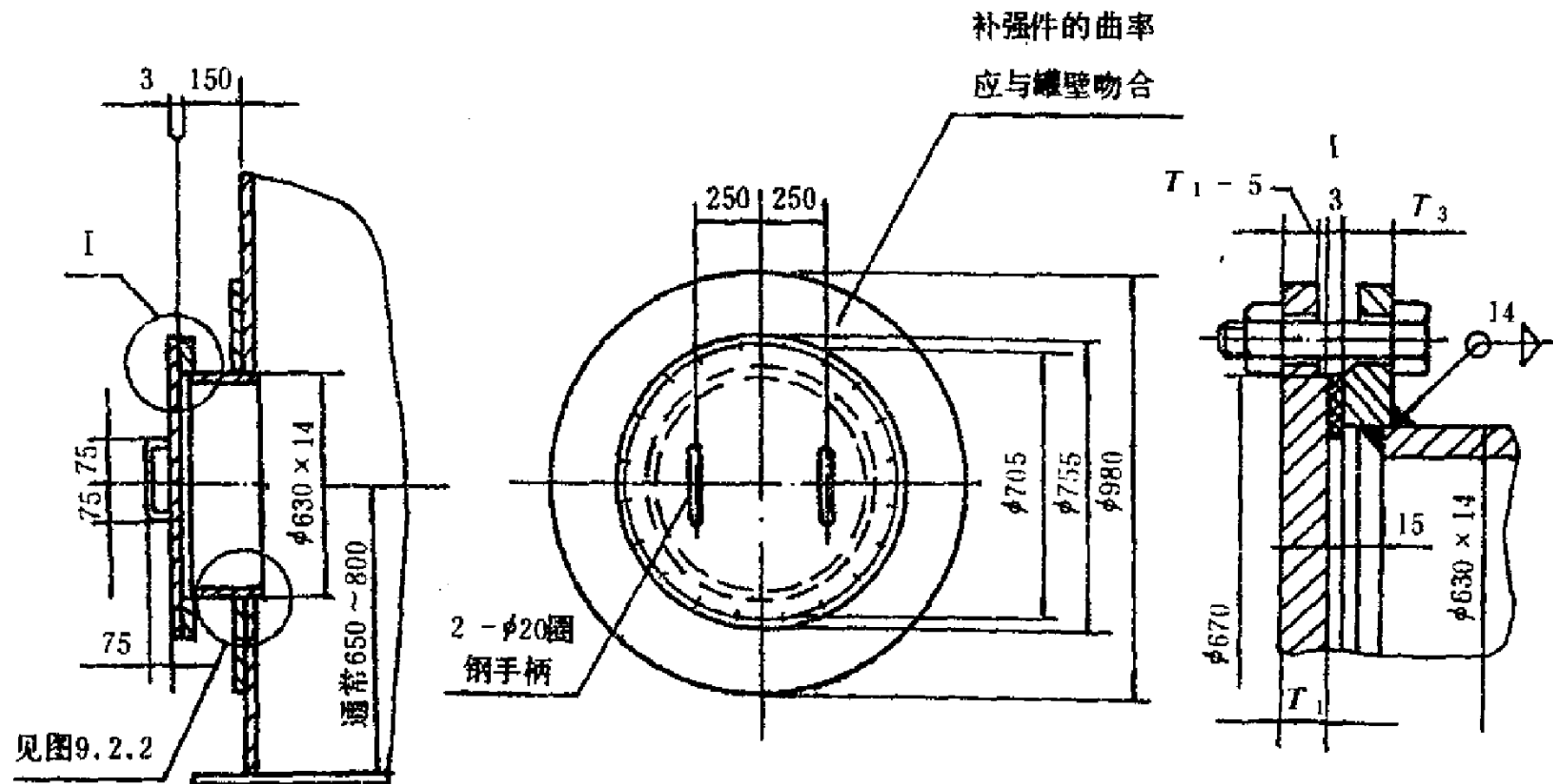
续表 9.2.1

序号	公称直径 DN (mm)	接管外径 × 壁厚 (mm)	补强圈尺寸 $D_{\text{外}}/D_{\text{内}}$ (mm)
7	200	$\phi 219 \times 13$ (8)	$\phi 400/\phi 223$
8	250	$\phi 273 \times 13$ (8)	$\phi 480/\phi 277$
9	300	$\phi 325 \times 13$ (10)	$\phi 550/\phi 329$
10	350	$\phi 377 \times 13$ (11)	$\phi 620/\phi 381$
11	400	$\phi 426 \times 13$ (12)	$\phi 680/\phi 430$
12	450	$\phi 480 \times 13$	$\phi 760/\phi 484$
13	500	$\phi 530 \times 13$	$\phi 840/\phi 534$
14	600	$\phi 630 \times 13$	$980/\phi 634$

注：* 表示大外径接管；括号内的数值为最小壁厚。

第三节 人 孔

第 9.3.1 条 碳素钢罐壁人孔的结构及尺寸应符合图 9.3.1 的要求。人孔接管和补强圈与罐壁之间的连接应符合图 9.2.2 和表 9.3.1 的要求。



注：浮顶罐与内浮顶罐人孔接管应与罐内表齐平

图9.3.1 罐 壁 人 孔

ND 600 罐壁人孔元件尺寸及规格 表 9.3.1

罐壁高度H	人孔盖厚度	法兰厚度	螺 栓	
(m)	T_1 (mm)	T_2 (mm)	规 格	数 量
$H \leq 7$	≥ 14	≥ 16	M16×50	20个
$7 < H \leq 20$	≥ 20	≥ 22	M20×65	20个
$20 < H \leq 25$	≥ 24	≥ 26	M22×80	20个

第 9.3.2 条 不锈钢储罐的人孔,宜采用不锈钢制作,其公称直径不得小于DN 500。

第 9.3.3 条 罐壁人孔的公称压力不宜小于Pg6。罐顶人孔可以采用常压人孔。

第四节 排 水 槽

第 9.4.1 条 罐底排水槽的结构和尺寸应符合图9.4.1或图9.4.2和表9.4.1的规定。

排水槽尺寸 (mm) 表 9.4.1

接管公称 直径DN	L	ϕB	ϕC	ϕD	E	F
50	1000	880	600	636	300	100
80	1400	1180	900	936	400	150
100	1800	1480	1200	1236	600	180
150	2400	1780	1500	1536	900	200

第9.4.2条 地震设防地区的储罐排水槽应符合以下规定和图9.4.2的要求:

一、凹槽板厚不应小于8 mm, 槽深宜取为100~150 mm。

二、当罐底边缘板与中幅板厚度不同时, 吸水口中心线至罐内壁的距离应使边缘板与中幅板之间的焊缝距凹槽边缘不小于300 mm。

三、凹槽外围焊缝的焊脚高度应取相焊件中较薄件的厚度, 且尽量延伸焊脚, 焊成不等边角焊。

四、吸水口中心至罐内壁的距离应符合本条第二款的要求。

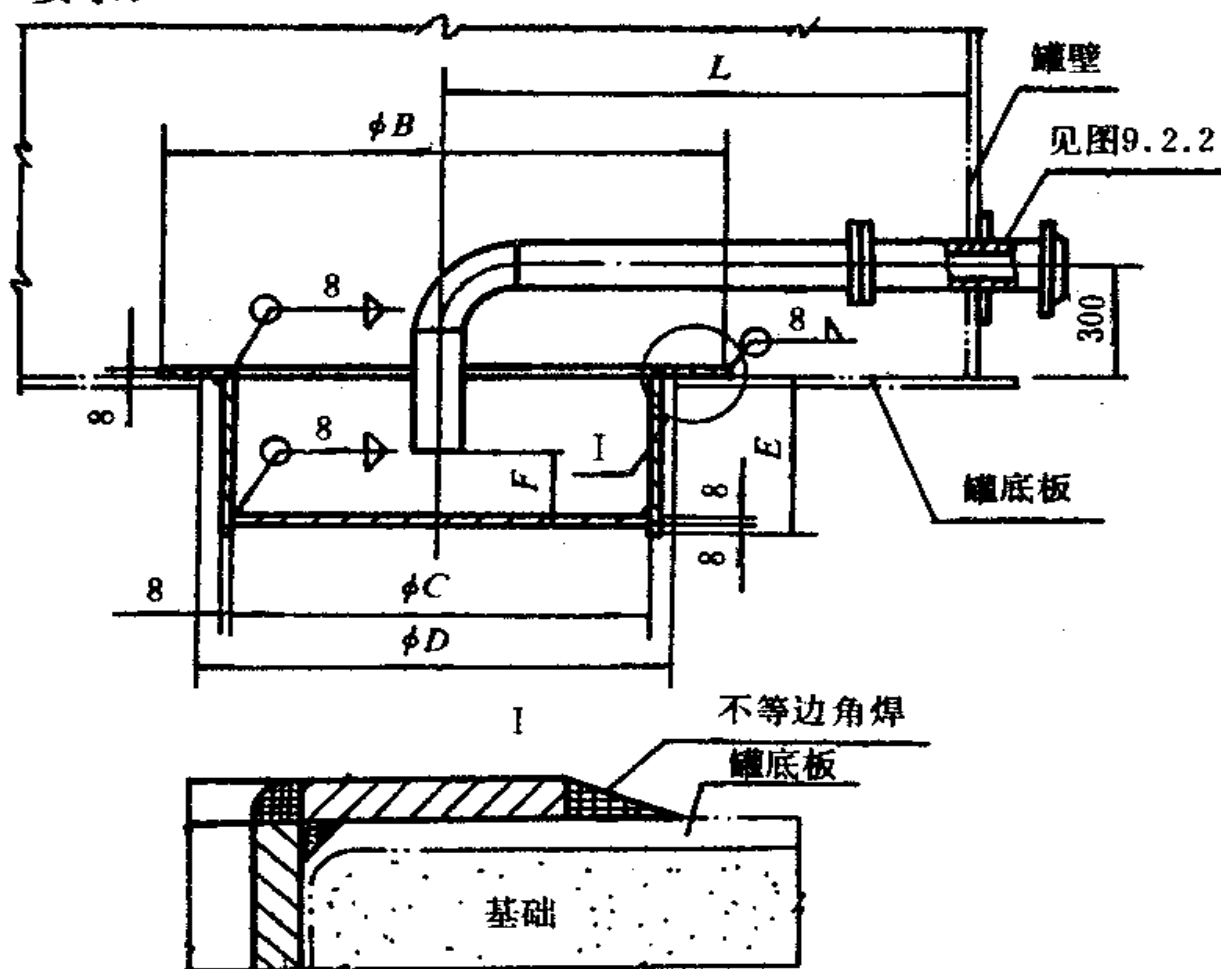


图9.4.1 排水槽 (一)

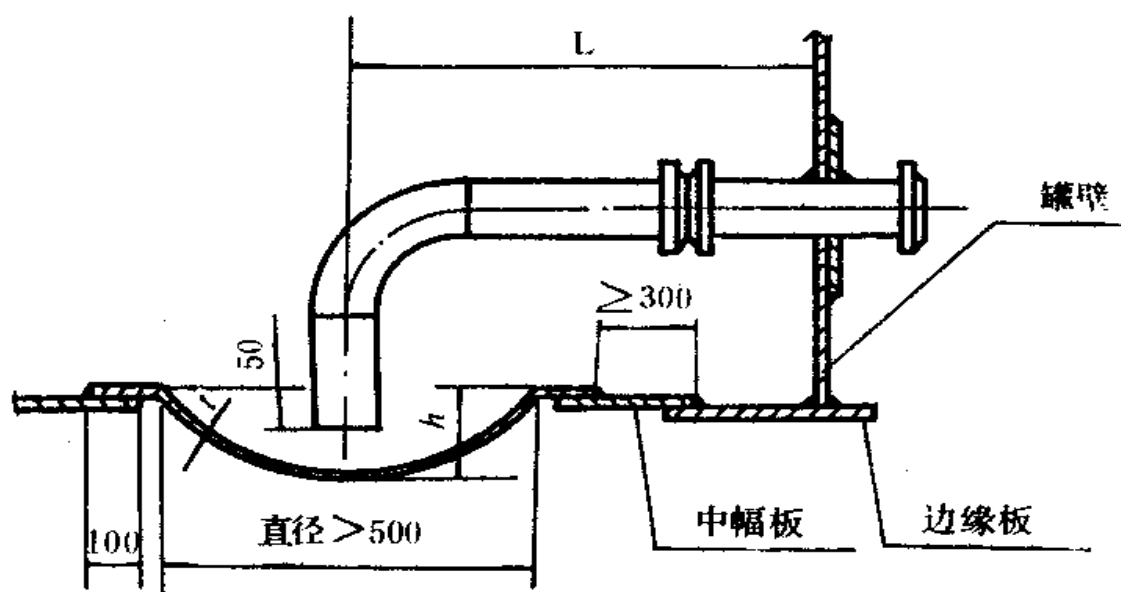


图9.4.2 排水槽 (二)

第五节 清 扫 孔

第9.5.1条 清扫孔应包括下列元件:

- 一、法兰、法兰盖、螺栓、螺母及垫片等;
- 二、孔颈;
- 三、加强底板;
- 四、补强板;
- 五、与清扫孔相焊接的罐壁板。

第9.5.2条 清扫孔的加强底板上表面应与罐底板齐平。

第9.5.3条 设计清扫孔时, 应采用能降低应力集中和焊接应力的结构。

第9.5.4条 清扫孔组焊后应考虑消除焊接应力。

第9.5.5条 储罐上设有清扫孔时, 储罐的基础尚应符合清扫孔的要求。

第六节 盘梯与平台

第9.6.1条 盘梯的净宽度不得小于600 mm。通行平台宽度不得小于700 mm。

第9.6.2条 盘梯的升角不宜大于 45° , 同一罐区内的盘梯宜取相同的升角。

第9.6.3条 盘梯踏步板的最小宽度为200 mm, 踏步高度为200~250 mm, 同一个梯子的踏步间距必须相同。

第9.6.4条 盘梯的下端不应与基础面接触。相邻两台罐之间的连接平台(或通道)以及一端搁在罐上面另一端搁在地面上的平台或梯子, 其支承处, 应留有适当的自由位移量。

第9.6.5条 通行平台应能承受2000 Pa的等效均布荷载。检修平台宜按4000 Pa的等效荷载设计。梯间平台应按3500 Pa的等效荷载设计。

第9.6.6条 梯子整体应能承受5000 N的集中活荷载。梯子的每级踏步应能承受1500 N的集中活荷载。

第9.6.7条 梯子的踏步板和平台板均应采用花纹钢板或类似的防滑板材制造。

第七节 栏杆

第9.7.1条 平台及梯子的栏杆(包括立柱、扶手、护腰及踢脚板), 其本身的接头及立柱下部固定端均应采用等强度连接。

第9.7.2条 罐顶栏杆立柱的间距不应超过1.5 m，栏杆高度不应低于1.05 m，若盘梯设有内侧板，当内侧板与罐体之间的间隙大于200 mm时，在盘梯内侧也应装设栏杆。

第9.7.3条 当需要到固定顶上操作时，应在固定顶上设置栏杆、踏步板（或防滑条）。

第9.7.4条 栏杆结构应能承受作用在顶部任意点、任何方向上1000 N的集中荷载。

第八节 其 他

第9.8.1条 凡采用焊接方法附加到储罐上的设施（如消防喷淋设施的支架、管线支架、保温设施和防静电设施等），其结构、选材及焊接工艺应与储罐的连接部分相适应。

第十章 预制、组焊及检验

第10.0.1条 储罐的预制、组焊及检验应符合《立式圆筒形钢制焊接油罐施工及验收规范》(GBJ 128—90)和图样上的有关要求。

第10.0.2条 储罐的材料应符合相应的国家标准或行业标准和满足图样上的有关要求。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。

第10.0.3条 罐壁底部壁板的规格厚度大于30mm的低合金钢板,应逐张进行超声波探伤检查。检查结果应达到ZBJ 74003—88《压力容器用钢板超声波探伤》的Ⅲ级质量要求。

第10.0.4条 规格厚度大于等于20mm的底部两圈罐壁板周边100mm范围内应进行超声波探伤检查。

第10.0.5条 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。对于罐顶的外缘周边及罐底边缘板的外缘可以采用手工火焰切割加工。奥氏体不锈钢钢板的切割及焊缝坡口应采用机械加工或等离子切割。

第10.0.6条 奥氏体不锈钢钢板在滚圆加工时,其表面不应产生局部伤痕、刻槽等影响腐蚀性能的缺陷。

第10.0.7条 奥氏体不锈钢制的环形构件不宜采用热煨成型。如果采用热煨成型,则对要求做晶间腐蚀试验的储罐必须进行固溶化处理,热处理后,表面应进行酸洗钝

化或抛光处理。

第10.0.8条 奥氏体不锈钢板, 在施工过程中产生的表面局部伤痕、刻槽等影响耐蚀性能的缺陷, 必须修复打磨, 打磨深度不得超过钢板的负偏差。

第10.0.9条 要求做焊缝晶间腐蚀性能试验的储罐, 应按GB 1223《不锈钢耐酸钢的晶间腐蚀倾向试验方法》的规定进行。

第10.0.10条 盛装腐蚀介质的奥氏体不锈钢制储罐的内表面, 应进行酸洗钝化处理。

第10.0.11条 利用储罐的部件进行罐壁安装时, 部件不应被损伤, 且不得有明显的残余变形。在安装过程中, 应防止罐壁被强风吹变形。

第10.0.12条 柱支承锥顶的立柱, 其垂直偏差不应大于柱高的1‰。

第10.0.13条 密封装置和刮蜡机构, 安装前应进行检验。

第10.0.14条 与罐壁相焊的保温构件和所有配件及附属设备的开口、接管(内浮顶罐的罐壁和罐顶通气孔除外)应在储罐试水前安装完毕。

第10.0.15条 储罐的梯子、平台、抗风圈、加强圈等的安装与焊接应符合国家现行的《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ 205)的规定和图样要求。

第10.0.16条 焊缝的表面质量应达到国家现行的《现场设备、工艺管线焊接工程施工及验收规范》(GBJ 236)中焊缝表面质量标准的Ⅱ级。

第10.0.17条 罐壁纵焊缝的射线检查应按以下要求

检验:

一、当板厚等于或小于10mm时, 每一名焊工焊接的每一种板厚、每一种接头型式的焊缝, 在最初3m内取一个射线检查点。然后对同一种板厚, 同一种接头型式的焊缝不管是由几名焊工完成的, 每增加30m应增加一个射线检查点, 最后余下的零头亦取一个射线检查点。选定的射线检查点至少应有25%位于纵缝和环缝的T型接头处, 每台罐最少应取两个这样的接合点。除上述要求外, 在底层罐壁的每一条纵焊缝上应任意取一个射线检查点(图10.0.17)。

二、当板厚大于10mm, 小于或等于25mm时, 除应按第10.0.17条一项取射线检查点外, 还应对上述厚度范围内的全部T型接头进行射线探伤。每一张照片在交点的每一侧应清晰地显示不小于50mm的焊缝长度。底层罐壁的每条纵缝应取2个射线检查点, 一点应尽量靠近罐底, 另一点可以任意选取(见图10.0.17);

三、当板厚大于25mm时, 纵焊缝应100%进行射线检查。在上述厚度范围内的全部T型接头应进行射线探伤, 每张照片在交点的每侧应有清晰地显示50mm长的环焊缝(图10.0.17)。

第 10.0.18 条 罐壁环焊缝的射线检查除T型焊缝外, 每种板厚(以相焊件较薄件的板厚为准), 每种接头型式, 在最初焊接的3m焊缝内任取一个射线检查点(不考虑焊工人数), 然后对每种板厚、每种接头型式的焊缝每60m长及其余数内各取一个射线检查点(图10.0.17)。

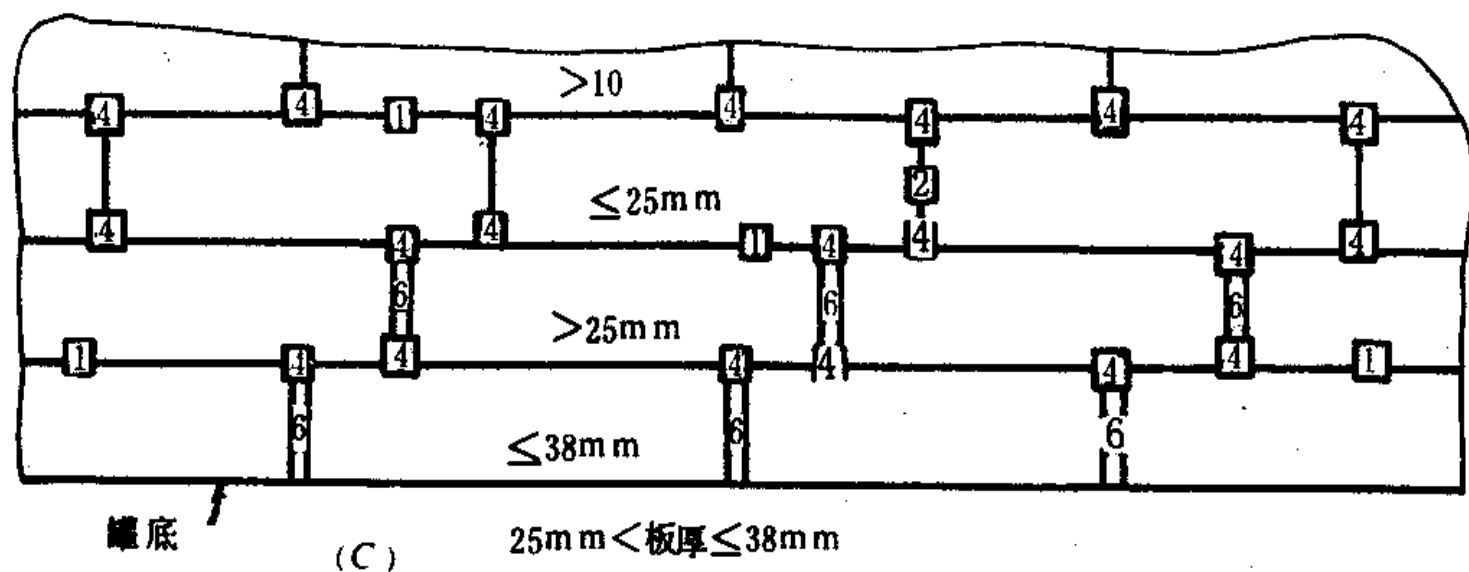


图10.0.17 罐壁焊缝射线照相要求

注：1. 环焊缝的射线检查点。

2. 纵焊缝的射线检查点。 ($t \leq 10\text{mm}$)

3. 底层罐壁上纵焊缝的射线检查点, ($t \leq 25\text{mm}$)。

4. 板厚大于 10mm 的所有T型接头上的射线检查点。

5. 最底层壁板厚度大于 10mm 的每条纵焊缝底部的射线检查点。

6. 板厚大于 25mm 的所有纵焊缝要求100%射线探伤。

第 10.0.19 条 罐壁上开口接管焊缝应按以下要求检查:

一、罐壁厚度超过25mm的开口接管焊缝(包括补强件焊缝)应在第一层焊完后进行渗透探伤试验,在最后一层焊完,经过一天后进行磁粉探伤或渗透探伤试验。

二、补强圈应在罐体试水前通入0.1~0.2MPa的压缩空气进行焊缝检漏。

三、罐壁与整体补强件之间的对接焊缝应100%进行射线或超声波探伤检查。

第 10.0.20 条 充水试验应采用无腐蚀性清洁水,罐体材质为碳素钢和16Mn钢时,水温不应低于5℃。对于不锈钢储罐,水中氯离子含量不得超过25PPm。铝浮顶试验用水不应对铝有腐蚀作用。

第十一章 操作说明

第11.0.1条 必要时，设计文件中应包括操作使用说明书。

第11.0.2条 调节浮顶支撑高度时，必须将浮顶自动通气阀的阀杆连同所有浮顶支柱一起调节，不得遗漏。

第11.0.3条 浮顶排水管出口处有可能结冰时，应在出口处采取保温或伴热措施。并应在气温骤降以前将排水管中的积水放净。

第11.0.4条 储罐正常操作情况下浮顶排水管保持关闭状态时，在浮顶上积水相当于75mm降雨量之前应打出口阀；储罐正常操作情况下排水管保持开启状态时，应经常检查，防止介质泄漏。

第11.0.5条 应定期检查浮顶有无渗漏、静电导线的接头有无松动或脱落、密封有无破损；对于内浮顶罐还应定期检查罐顶和罐壁通气孔，保持畅通；对于浮顶罐的浮顶应定期清扫浮顶和浮顶集水坑（槽）内的污物。

第11.0.6条 人员进罐前，应对罐内有害气体含量和含氧量进行检测。

附录一 立式圆筒形钢制焊接储罐对 基础的基本要求

(一) 基础中心座标偏差不应大于20mm；标高偏差不应大于20mm。

(二) 罐壁处基础顶面的水平度:当为环墙式基础时,环墙上表面任意10m弧长上应不超过 $\pm 3.5\text{mm}$,在整个圆周上,从平均的标高计算不超过 $\pm 6.5\text{mm}$;当为护坡式基础时,任意3m弧长上不应超过 $\pm 3\text{mm}$,从平均的标高计算不超过 $\pm 12\text{mm}$ 。

(三) 基础面层为绝缘防腐层。基础表面任意方向上不应有突起的棱角。从中心向周边拉线测量基础表面凹凸度应不超过25mm。

(四) 基础锥面坡度:一般地基为15‰;软弱地基应不大于35‰。基础沉降基本稳定后的锥面坡度不小于8‰。

(五) 储罐基础直径方向上的沉降差不应超过附表1所列的沉降差许可值。沿罐壁圆周方向任意10m弧长内的沉降差应不大于25mm。支承罐壁的基础部分与其内侧的基础之间不应发生沉降突变。

(六) 基础沉降稳定后,基础边缘上表面应高出地坪不小于300mm。在地坪以上的基础中应设置罐底泄漏信号管,其周向间距不宜大于20m,每台罐最少设4个,钢管直径不宜小于DN50,亦不宜大于DN70。

儲罐基礎沉降差許可值

附表 1

浮頂罐與內浮頂罐		固 定 頂 罐	
罐 內 徑 D (m)	任意直徑方向最 終沉降差許可值	罐 內 徑 D (m)	任意直徑方向最 終沉降差許可值
$D \leq 22$	$0.007 D$	$D \leq 22$	$0.015 D$
$22 < D \leq 30$	$0.006 D$	$22 < D \leq 40$	$0.010 D$
$30 < D \leq 40$	$0.005 D$	$40 < D \leq 60$	$0.008 D$
$40 < D \leq 60$	$0.004 D$		

(七) 當儲罐的設計溫度大於 95°C 時，儲罐的基礎應適應儲罐在高溫下工作的要求。

(八) 儲罐設有清掃孔時，基礎的設計尚應符合清掃孔的要求。

附录二 高温储罐的附加要求

(一) 适用范围

1. 本附录适用于设计温度为 $95 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 的储罐。
2. 储罐在内压下操作时, 尚应满足附录三的要求。

(二) 热影响

1. 有温差的部件之间, 应考虑热影响。例如, 罐壁至罐顶的梯子、罐顶与罐顶支柱之间以及保温不连续处等。

2. 储液凝固产生的影响。例如, 凝固的液体会堵塞排气设施。

3. 罐底与罐壁下部之间的温差影响。例如, 加厚罐底环形边缘板的厚度、增加管线的挠性等措施, 可减轻热影响。

4. 应有合理的操作工艺, 以减轻热应力。例如, 物料应分段进入储罐, 逐步提高罐体温度。

(三) 许用应力

1. 设计零、部件时, 尚应考虑设计温度的影响。

2. 不同温度条件下的许用应力以及温度修正的折减系数应符合本规范的有关规定。

附录三 低 压 储 罐

(一) 范围

1. 本附录适用于储存非致冷的液体储罐，内压不得大于6000 Pa。

2. 当罐内的升力（内压乘以罐的横截面积）不超过罐壁、罐顶和由罐壁或罐顶支撑的构件等金属的重力时，设计应符合本附录第（二）至第（四）款的要求。

3. 当罐内的升力超过罐壁、罐顶和由罐壁或罐顶支撑的构件等金属的重力，但不超过6000 Pa 时，尚应符合本附录第（五）款的要求。

4. 按本附录设计的储罐尚应遵守本规范的有关规定。当设计压力超过2000 Pa时，罐壁的设计厚度应按式（附3.4）计算。

(二) 排气装置

1. 罐顶应设置排气装置，其大小和调定的压力，应保证储罐内的压力，不超过设计压力。

2. 当罐顶板与罐壁（或包边角钢）的连接焊缝尺寸小于4.5mm；罐顶的坡度小于1:5；罐顶与罐壁连接处的横截面积满足下式的要求时，可以不附设紧急排气装置。

$$A \leq 0.0071 Q_1 / r g \theta \quad (\text{附 3.1})$$

式中 A ——罐顶与罐壁连接处的有效面积（mm²），见附图3.1；

Q_1 ——罐壁质量、罐壁支撑的构件质量及罐顶支撑构件质量（不包括罐顶板）三者之和（kg）。

3. 不符合本款 1、2 项要求时，应在罐顶设置紧急排气装置。

4. 紧急排气装置的调定压力应小于式（附 3.3）的计算值的 0.8 倍。

（三）罐顶与罐壁的连接结构

1. 罐顶与罐壁的连接结构应符合附图 3.1 的要求（图中的剖面线表示了有效的抗压面积）。

2. 罐壁底部不被抬起的最大允许内压，按下式计算：

$$P_{\max} = 12.5 \frac{Q}{D^2} \quad (\text{附 3.2})$$

式中 P_{\max} ——罐底不抬起的最大允许内压（Pa）；

Q ——罐壁、罐顶以及他们支撑的构件（包括顶板）质量（kg）。

3. 罐顶与罐壁连接处需要的抗压面积，应满足本规范式（6.1.3）的要求。

四、计算的破坏压力

1. 使抗压环截面的应力达到钢材屈服点时的内压，定义为破坏压力。破坏压力应按下式计算：

$$P_t = \frac{8 \sigma_s A t g \theta}{D^2} + 7.85 g t \quad (\text{附 3.3})$$

式中 P_t ——破坏压力（Pa）；

g ——重力加速度（m/s²）；

t ——罐顶板厚度（mm）。

（五）设置锚栓的储罐

1. 由内压产生的升力大于罐顶、罐壁，以及由他们支撑的构件的重力时，储罐应设置锚栓。

2. 当有腐蚀时，锚栓等附件应考虑腐蚀裕量。如采用地脚螺栓时，其腐蚀裕量为 3 mm；地脚螺栓的公称直径不宜小于 24 mm。

3. 锚栓的许用应力按下表选用：

锚栓的许用应力

附表 3

荷 载 状 况	许 用 应 力
罐的设计压力	$0.5\sigma_s$
罐的设计压力加风荷载或地震作用	$0.66\sigma_s$
试验压力	$0.85\sigma_s$
1.5倍破坏压力	$1.0\sigma_s$

注： σ_s 为锚栓材料的屈服强度（MPa）。

4. 锚栓不得直接附设在罐底板上，锚栓座应与罐壁可靠连接。锚栓之间的距离不宜大于 3 m。推荐的地脚螺栓形式见附图 3.2。

5. 所有螺栓应均匀上紧，松紧适度。锚固用钢带或扁钢应在罐内充满水，且水面以上未加压之前焊于罐壁上。

6. 锚栓的抗拉能力，应同时大于以下工况中产生的升力：

(1) 空罐时, 1.5 倍的设计压力与设计风压产生的升力之和。

(2) 空罐时, 1.25 倍试验压力产生的升力。

(3) 罐内充满规定的储液时, 1.5 倍的计算破坏压力 (见式附 3.3) 产生的升力。

7. 试验

(1) 充水到设计液位高度, 检查罐壁罐底的严密性, 以及锚栓松紧程度。

(2) 罐内液面上用空气加压, 压力为 1.25 倍设计压力。持压 15 分钟, 然后降至设计压力, 检查全部焊缝的严密性。高于液面的所有焊缝, 应做气密性检查。

(3) 罐内的水放空后, 维持常压, 检查锚栓的紧固性。然后罐内用空气, 在设计压力下检查罐及锚栓情况。

(六) 罐壁设计厚度

当设计压力超过 2000 Pa 时, 罐壁的设计厚度按下式计算:

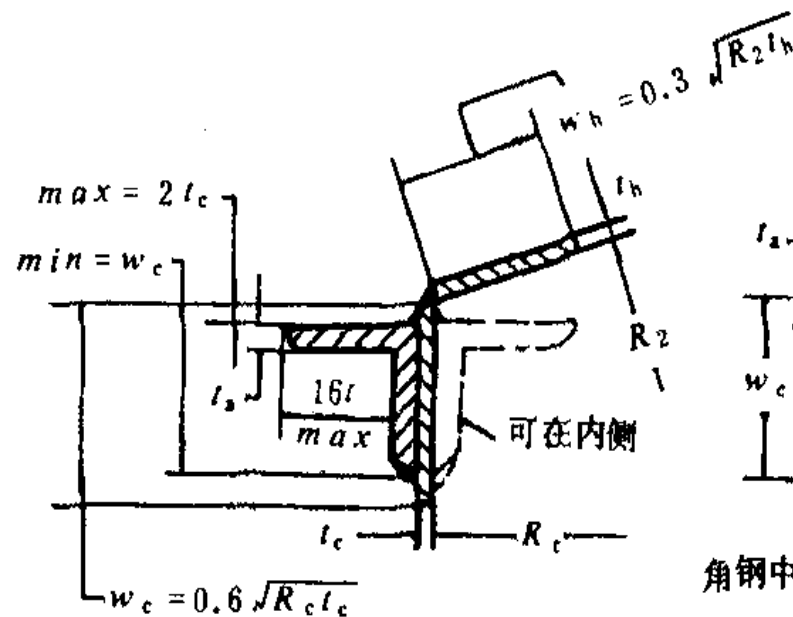
$$t_i = t_j + t_p \quad (\text{附 3.4})$$

$$t_p = 0.0005 \frac{PD}{[\sigma]^t \varphi} \quad (\text{附 3.5})$$

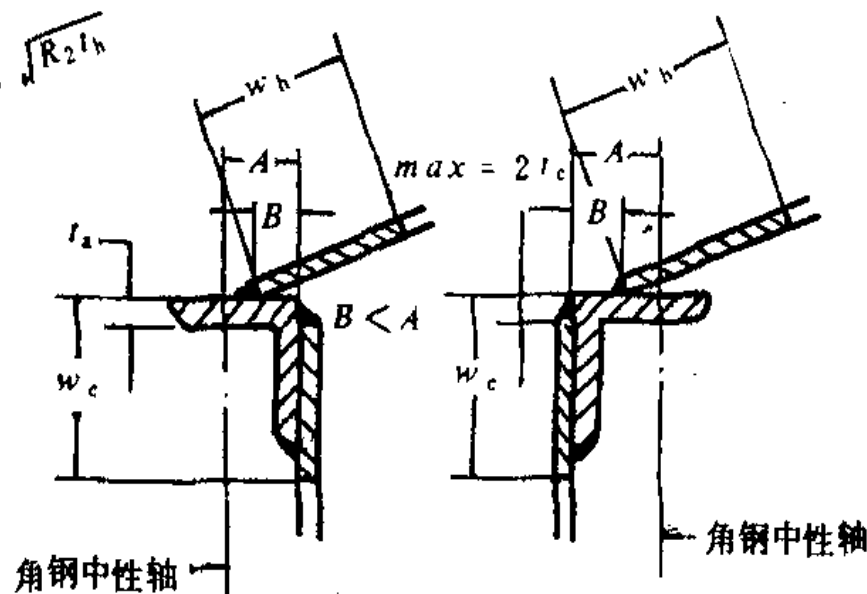
式中 t_i ——第 i 层罐壁的设计厚度 (mm);

t_j ——为本规范第 3.3.1 条中 t_1 、 t_2 中的较大者 (mm);

t_p ——由气相压力确定计算壁厚 (mm)。

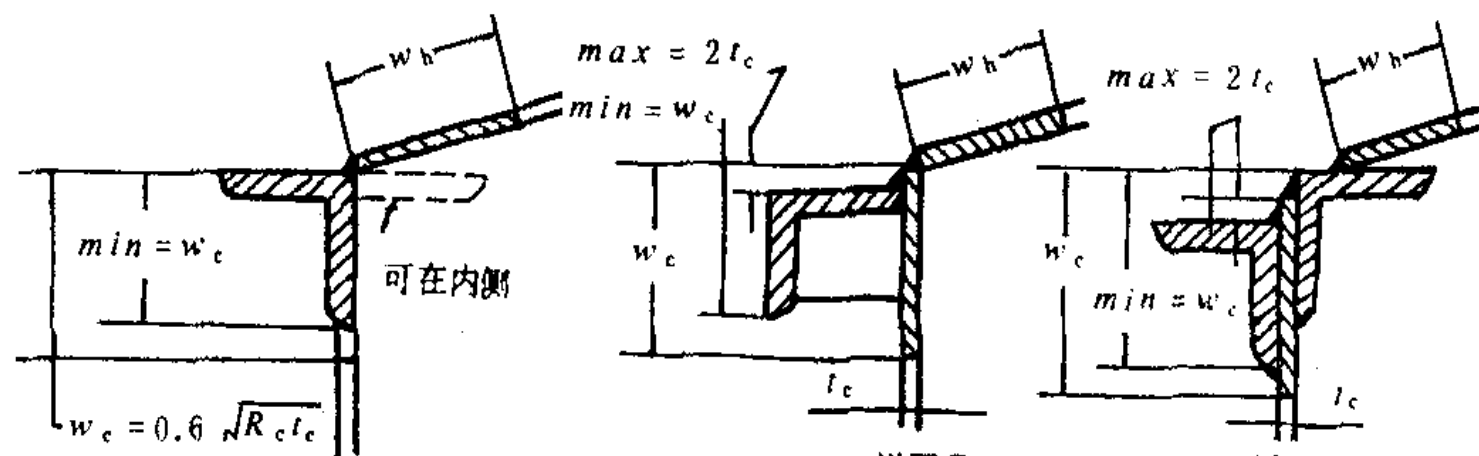


详图A



详图B

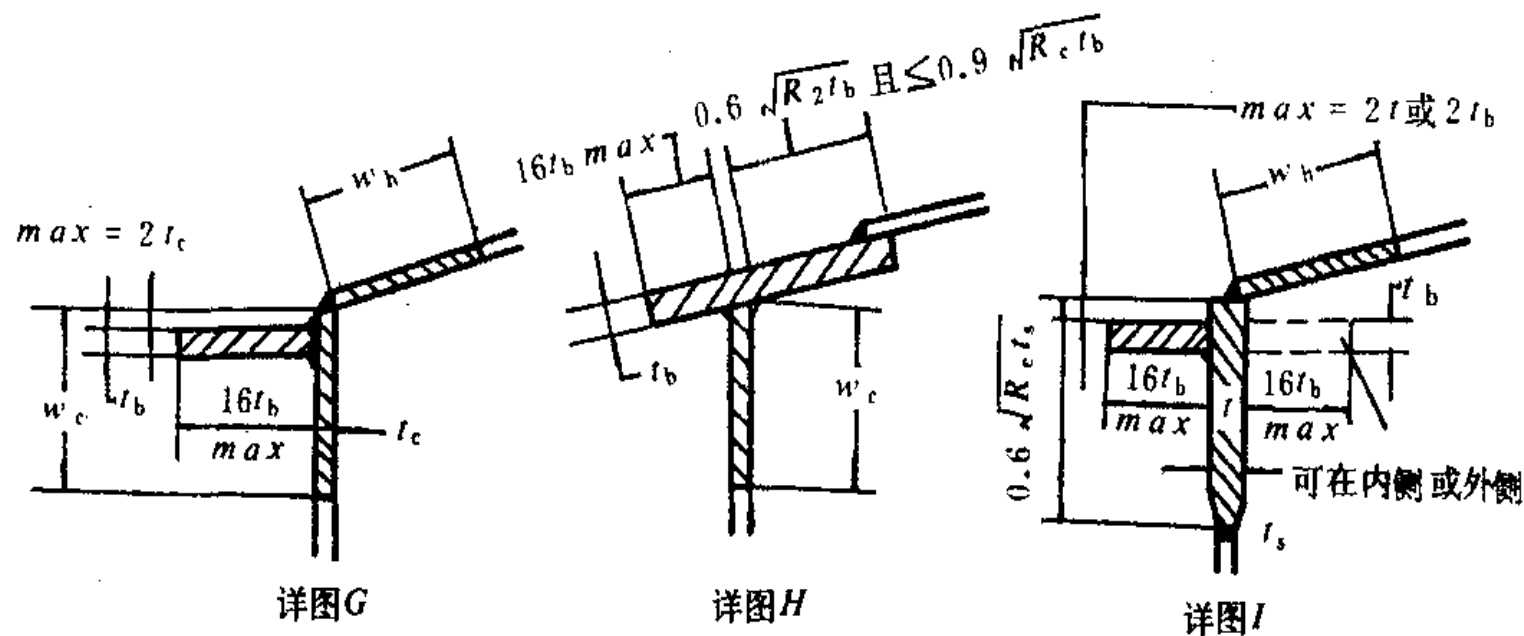
详图C



详图D

详图E

详图F



附图3.1 罐顶与罐壁连接处的有效面积

注: t_s —— 角钢厚度

t_b —— 扁钢厚度

t_c —— 罐壁厚度

t_h —— 罐顶板厚度

t_s —— 罐壁中加厚板的厚度

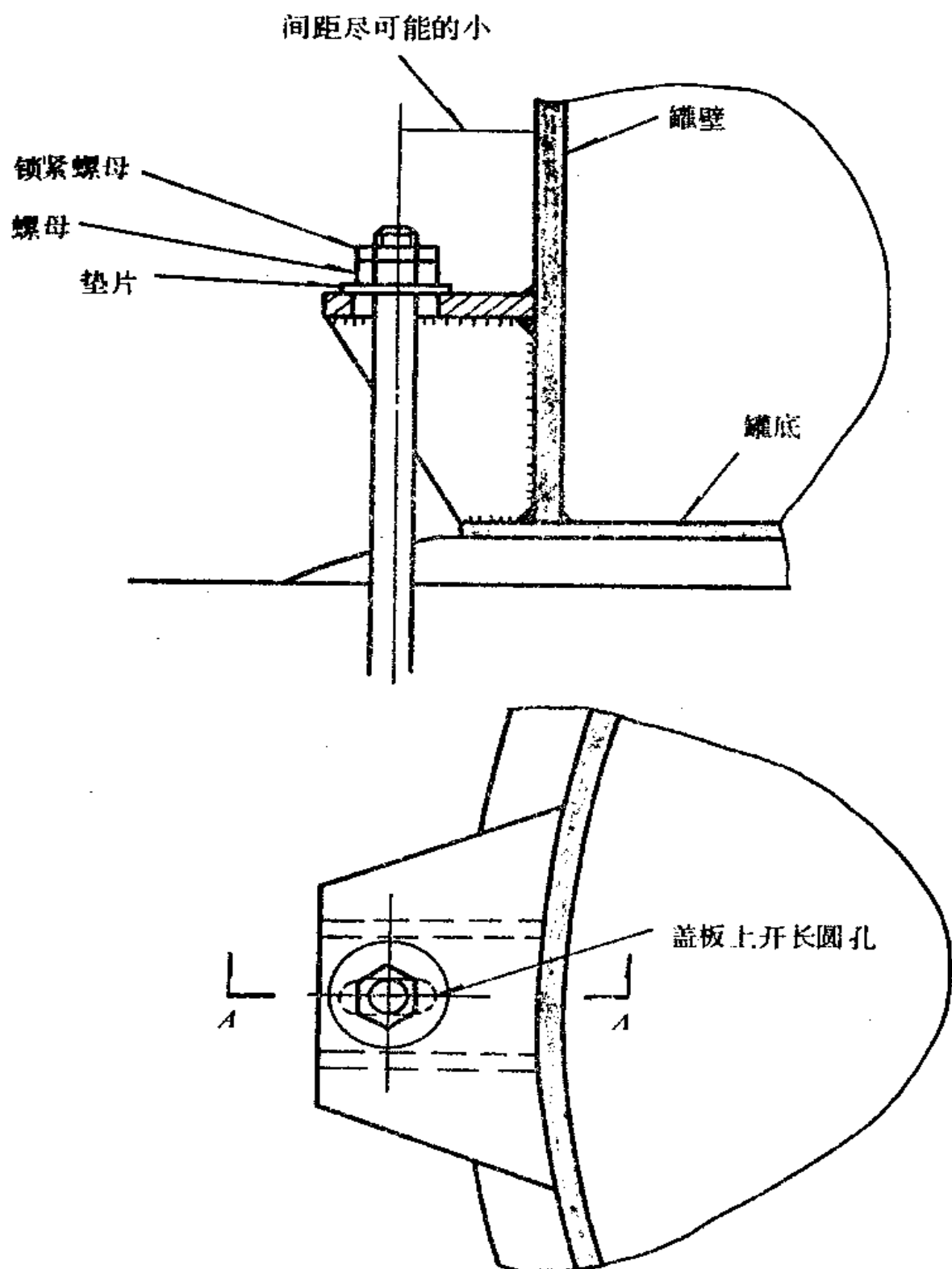
w_c —— 罐壁剖面线部分的最大宽度

w_h —— 罐顶板剖面线部分的最大宽度

R_c —— 罐壁内半径

R_2 —— 从罐的垂直中心线测量

$R_2 = R_c / \sin \theta$



附图3.2 典型的储罐锚栓详图

附录四 带肋球壳

(一) 适用范围

1. 储罐直径不宜大于32m。
2. 肋条间距不得大于1.5m。

(二) 许用外压

1. 带肋球壳的许用外压应按式计算:

$$[P] = 0.1E \left(\frac{t_m}{R} \right)^2 \left(\frac{t_e}{t_m} \right)^{1/2} \quad (\text{附 4.1})$$

式中 $[P]$ ——带肋球壳的许用外压 (Pa);

E ——钢材的弹性模量 (MPa);

R ——球壳的曲率半径 (m);

t_e ——球壳顶板的有效厚度 (mm), 取钢板规格厚度减去厚度附加量;

t_m ——带肋球壳的折算厚度 (mm)。

带肋球壳的折算厚度按式(附4.2)~式(附4.6)计算。

$$t_m = \sqrt[3]{\frac{t_{1m}^3 + 2t_e^3 + t_{2m}^3}{4}} \quad (\text{附 4.2})$$

$$t_{1m}^3 = 12 \left[\frac{h_1 b_1}{L_1} \left(\frac{h_1^2}{3} + \frac{h_1 t_e}{2} + \frac{t_e^2}{4} \right) + \frac{t_e^3}{12} - n_1 t_e e_1^2 \right] \quad (\text{附 4.3})$$

$$t_{2m}^3 = 12 \left[\frac{h_2 b_2}{L_2} \left(\frac{h_2^2}{3} + \frac{h_2 t_e}{2} + \frac{t_e^2}{4} \right) + \frac{t_e^2}{12} - n_2 t_e e_2^2 \right] \quad (\text{附 4.4})$$

$$n_1 = 1 + \frac{b_1 h_1}{t_e L_1} \quad (\text{附 4.5})$$

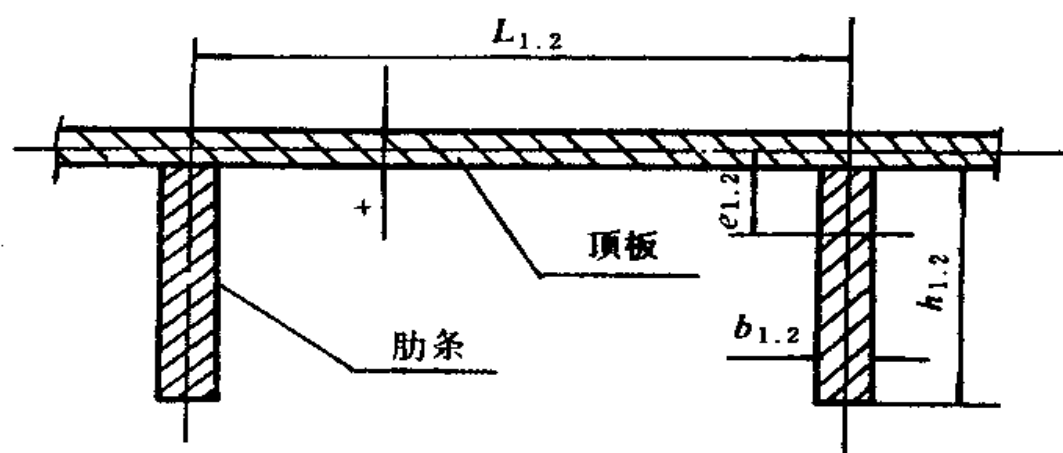
$$n_2 = 1 + \frac{b_2 h_2}{t_e L_2} \quad (\text{附 4.6})$$

式中 t_{1m} ——纬向肋与球壳的折算厚度 (mm) ;
 h_1 ——纬向肋宽度 (mm) ;
 b_1 ——纬向肋厚度 (mm) ;
 L_1 ——纬向肋在经向的间距 (mm) ;
 n_1 ——纬向肋与顶板在经向的面积折算系数;
 e_1 ——纬向肋与顶板在经向的组合截面形心(0点)到顶板中面的距离 (mm) ;
 t_{2m} ——经向肋与球壳的折算厚度 (mm) ;
 h_2 ——经向肋宽度 (mm) ;
 b_2 ——经向肋厚度 (mm) ;
 L_2 ——经向肋在纬向的间距 (mm) ;
 n_2 ——经向肋与顶板在纬向的面积折算系数;
 e_2 ——经向肋与顶板在纬向的组合截面形心(0点)到顶板中面的距离 (mm)。

2. 带肋球壳板如附图 4 所示。

3. 带肋球壳的稳定性应按式 (附 4.7) 验算。

$$P_0 < [P] \quad (\text{附 4.7})$$



附图 4 带肋球壳板

(三) 带肋球壳的连接要求

1. 带肋球壳顶板的连接应符合本规范第 6.1.6 条的要求。
2. 肋条的长度方向可采用拼接。采用对接时，焊缝应全熔透。采用搭接时，搭接长度不应小于肋条宽度的 2 倍，且应采用双面满角焊。
3. 经向肋与纬向肋之间的 T 型接头应采用双面满角焊。
4. 顶板与肋条之间应采用双面间断焊，焊脚高度等于顶板厚度。
5. 肋条不得与包边角钢或罐壁相焊。

附录五 气象台站及数据摘要

国内最低日平均温度低于 -30°C 的气象台站及数据摘要见附表 5。

气象台站及数据

附表 5

地 名	气象台站位置		最低日平均 温度 $^{\circ}\text{C}$
	北 纬 ($^{\circ}$ 、 $'$)	东 经 ($^{\circ}$ 、 $'$)	
黑龙江			
爱 辉	50 15	127 27	- 36.1
伊 春	47 43	128 54	- 37.0
齐齐哈尔	47 23	123 55	- 32.0
鹤 岗	47 22	130 20	- 30.0
佳木斯	46 49	130 17	- 33.7
安 达	46 23	125 19	- 33.7
哈尔滨	45 41	126 37	- 33.0
牡丹江	44 34	129 36	- 31.0
吉 林			
吉 林	43 57	126 58	- 33.8

续附表 5

地 名	气象台站位置		最低日平均 温度℃
	北 纬 (°、′)	东 经 (°、′)	
新 疆			
阿勒泰	47 44	88 05	- 39.1
克拉玛依	45 36	84 51	- 32.8
伊 宁	43 57	81 20	- 34.0
乌鲁木齐	43 47	87 37	- 33.3
内 蒙 古			
海拉尔	49 13	119 45	- 42.5
锡林浩特	43 57	116 04	- 32.5
二连浩特	43 39	112 00	- 34.5
西 藏			
那 曲	31 29	92 04	- 33.3

附录六 用词说明

本规范条文中要求严格程度的用词，在执行时按下述说明区别对待。

（一）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

（二）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（三）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

附加说明 **本规范主编单位和
主要起草人名单**

主 编 单 位：中国石油化工总公司北京设计院
主要起草人：斯新中 黄才良 于济民

中华人民共和国行业标准

石油化工立式圆筒形钢制 焊接储罐设计规范

SH 3046-1992

条文说明

1991 北京

目 次

第二章 一般规定	1
第三章 材 料	3
第二节 钢 板	3
第四章 罐底设计	4
第一节 罐底板尺寸	4
第五章 罐壁设计	5
第三节 罐壁厚度	5
第四节 浮顶罐罐壁抗风圈	5
第五节 罐壁加强圈	6
第六章 固定顶设计	11
第一节 一般要求	11
第二节 固定顶的设计压力	13
第三节 柱支承锥顶	13
第四节 自支承锥顶	13
第五节 自支承拱顶	14
第七章 浮 顶	16
第八章 内浮顶	17
第九章 附 件	18
第六节 盘梯及平台	18
附录四 带肋球壳	19
附录五 气象台站及数据摘要	22
参考资料	23

第二章 一般规定

第 2.0.2 条 国内以前设计的储罐，设计压力大多数在 $200 \text{ mm H}_2\text{O}$ 以内。为了适应一些储罐工艺操作压力提高的要求，考虑到储罐的使用经验，本规范规定的设计压力范围为 -490Pa 至 6000Pa 。

为了便于比较，明表 2.0.2 给出了一些国外标准对于固定顶罐设计压力的规定。

固定顶罐的设计压力

明表 2.0.2

标准名称		压力范围
API 650—1988 《钢制焊接油罐》	正文	接近常压
	附录F	罐顶板单位面积重量 (约 $40 \text{ mm H}_2\text{O}$) 至 $1750 \text{ mm H}_2\text{O}$
JIS B 8501—1985 《钢制焊接油罐结构》	正文	内压相当于罐顶单位面积重量 — $36 \text{ mm H}_2\text{O}$ 至 $40 \text{ mm H}_2\text{O}$
BS 2654—1984 《石油工业用对焊罐壁 立式钢制储罐》	无压罐	— $25 \text{ mm H}_2\text{O}$ 至 $75 \text{ mm H}_2\text{O}$ (柱支承顶正压为 $40 \text{ mm H}_2\text{O}$)
	低压罐	— $60 \text{ mm H}_2\text{O}$ 至 $200 \text{ mm H}_2\text{O}$
	高压罐	— $60 \text{ mm H}_2\text{O}$ 至 $560 \text{ mm H}_2\text{O}$
本规范		— 490Pa 至 6000Pa (— $50 \text{ mm H}_2\text{O}$ 至 $600 \text{ mm H}_2\text{O}$)

第 2.0.5 条 由于储液性质不同及建罐地区环境条件变化很大，罐体不同部位腐蚀程度的差别明显不同，因此本规范对储罐的腐蚀裕量未作具体的定量规定。

第三章 材 料

第二节 钢 板

第 3.2.1 条 本规范中包括的碳钢板和不锈钢板，具有良好的焊接性能，并在国内石油化工等行业中广泛使用，积累了丰富的经验和数据。

在储罐上很少使用的一些钢材（如，15MnVR 等），尚需进一步积累使用经验，暂未列入本规范。

第 3.2.2 条 钢板的许用应力是按设计温度下材料屈服点的 $2/3$ 确定的。

第四章 罐 底 设 计

第一节 罐 底 板 尺 寸

第 4.1.3 条 罐底边缘板径向最小尺寸主要是根据边缘板的应力分布情况确定的。在静水压载荷的条件下，应力应变测试结果表明〔4〕〔5〕：高应力区一般位于罐内600 mm 的范围内，考虑到地基等情况的影响并留有一定的安全裕度，本规范确定为700 mm。

第五章 罐 壁 设 计

第三节 罐 壁 厚 度

第 5.3.1 条 式 (5.3.1 — 1) , 考虑了储存介质的腐蚀作用, 以及介质密度的影响。

式 (5.3.1 — 2) , 是充水条件下的计算厚度, 未计入腐蚀裕量。

第四节 浮顶罐罐壁抗风圈

第 5.4.2 条 式 (5.4.2) 是根据中国科学院力学研究所的研究成果 [6] , 并作以下假定后得到的。

一、作用于罐壁迎风面的风压按正弦曲线分布。

二、风压分布范围内的抗风圈为两端铰支的圆拱, 所对应的圆心角为 60° 。

三、罐壁上半部分迎风面的风压由 60° 圆心角 ($\pi/3$) 所对应的抗风圈承担。

根据强度要求, 抗风圈所需的最小截面数由下式确定:

$$W_z = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} \quad (\text{明} 5.4.2 - 1)$$

式中 W_z ——抗风圈截面模数 (m^3) ;

$[\sigma]$ ——抗风圈材料的许用应力, 由于最大风压不是经常存在的, 而且抗风圈中的

应力主要是弯曲应力；

因此取 $[\sigma] = 0.9\sigma_s = 211.5\text{MPa}$ ；

M_{\max} ——圆拱的最大弯矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)。

$$M_{\max} = \frac{P_1 \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{\left(\frac{\pi}{\theta}\right)^2 - 1}$$

P_1 ——罐壁驻点线上单位弧长上的压力 (N/m)。

以研究成果〔6〕为基础，取 $\theta = \pi/3$ ；风荷载体形系数 $\mu_s = 1.5$ ；风压高度变化系数 $\mu_z = 1.15$ 。将 $[\sigma]$ 及以上数值代入式 (明5.4.2 — 1)，并经简化后可得：

$$W_z = 0.082 H D^2 \omega_0 \quad (\text{明5.4.2})$$

式中 W_z ——抗风圈截面模数 (mm^3)；

H ——罐壁高度 (m)；

D ——储罐直径 (m)；

ω_0 ——基本风压 (Pa)。

有关储罐风力稳定问题更详细的介绍，可以参见资料〔6〕〔7〕。

第五节 罐壁加强圈

第 5.5.2 条 式 (5.5.2 — 1) 是根据薄壁短圆筒在均匀外压下的临界压力公式得到的。

短圆筒的临界压力按下式〔9〕计算：

$$P_{cr} = 2.59E \left(\frac{D}{L}\right) \cdot \left(\frac{\delta}{D}\right)^{2.5} \quad (\text{明5.5.2 — 1})$$

式中 P_{cr} ——临界压力 (Pa)；

E ——钢制圆筒的弹性模量，取 $192 \times 10^9 \text{ pa}$ ；

δ ——圆筒的壁厚 (m)；

D ——圆筒的直径 (m)；

L ——圆筒的长度 (m)。

薄壁圆筒的风洞试验〔6〕表明：风压达到两倍临界压力值时，筒壁表面的屈曲波形仍是弹性的，在风压等于零时，立刻回弹且不留痕迹。

考虑到以上试验结果，将式（明5.5.2 — 1）中的壁厚 δ 用 t_{\min} 表示，单位为 mm， L 用罐壁筒体的当量高度 H_E 表示，并经整理、圆整后，即可得到：

$$P_{cr} = 16000 \frac{D}{H_E} \left(\frac{t_{\min}}{D} \right)^{2.5} \quad (\text{明5.5.2 — 2})$$

第 5.5.3 条 罐壁的设计外压可以用下式表示：

$$P_0 = 2.25 \mu_s \cdot \mu_z \cdot \omega_0 + q \quad (\text{明5.5.3 — 1})$$

式中 P_0 ——罐壁设计外压 (Pa)；

μ_s ——风荷载体形系数；

μ_z ——风压高度变化系数；

ω_0 ——基本风压 (Pa)；

q ——罐内负压 (Pa)。

公式（明5.5.3 — 1）中的系数，（2.25）是瞬时风压与基本风压值之间的换算系数。在国内，瞬时风速与 10min 平均风速的比值，一般情况下为 1.3 至 1.7〔8〕。本规范取 1.5，由于基本风压与风速的平方成正比，故转换系数为 2.25。

对于浮顶油罐，由资料〔6〕的试验结果 $\mu_s = 1.5$ ，

$q = 0$ ，则罐壁的设计外压按下式计算：

$$P_o = 2.25 \times 1.5 \mu_z \cdot \omega_o = 3.375 \mu_z \omega_o \quad (\text{明}5.5.3 - 3)$$

本规范中的 μ_z 值，是按《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87)的规定，取10m高度处的值。

第5.5.4条 对于内浮顶储罐，在式(明5.5.3—1)中取 $\mu_s = 1.0$ ， $q = 0$ ，则罐壁的设计外压按下式计算：

$$P_o = 2.25 \mu_z \omega_o \quad (\text{明}5.5.4 - 1)$$

第5.5.5条 对于固定顶储罐，在式(明5.5.3—1)中，取 $\mu_s = 1.0$ ，则罐壁的设计外压按下式计算：

$$P_o = 2.25 \mu_z \cdot \omega_o + q \quad (\text{明}5.5.5 - 1)$$

第5.5.10条 根据中国科学院力学研究所的研究结果〔6〕罐壁加强圈的惯性矩可按下式计算：

$$I_y = 100 t^3 (Rt)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{明}5.5.8)$$

式中 I_y ——罐壁加强圈的惯性矩 (mm^4)

R ——油罐半径 (mm)；

t ——罐壁厚度 (mm)。

本规范采用的加强圈最小尺寸，就是接近似等于上式要求确定的。

计算加强圈的例题。

一台浮顶油罐，内径60m，高度18m，罐壁由九圈2m宽的钢板组成。抗风圈设在距罐壁顶端1m处，罐壁板自底圈到顶圈的厚度分别为23、20、18、16、14、12、10、10、10mm。建罐地区的基本风压为700Pa，地面粗糙度为A类，要求确定加强圈的个数及位置。

1. 设计外压 P ；

$$P_o = 3.375 \mu_z \omega_o = 3.375 \times 1.38 \times 700 = 3260 \quad (\text{Pa})$$

2. 许用压力 $[P]$:

$$[P] = 16000 \left(\frac{D}{H_E} \right) \left(\frac{t_{min}}{D} \right)^{2.5}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm}$$

$$D = 60 \text{ m}$$

$$Hei = h \left(\frac{t_{min}}{t_i} \right)^{2.5}$$

罐壁层次	h (m)	t_i (mm)	Hei (m)
9 (顶层)	1	10	1.000
8	2	10	2.000
7	2	10	2.000
6	2	12	1.268
5	2	14	0.862
4	2	16	0.618
3	2	18	0.460
2	2	20	0.354
1 (底层)	2	23	0.249

$$H_E = \sum Hei = 8.811 \text{ m}$$

$$[P] = 16000 \cdot \left(\frac{60}{8.811} \right) \cdot \left(\frac{10}{60} \right)^{2.5} = 1235.6 \text{ Pa}$$

3. 加强圈的数量 n :

$$n = INT \left(\frac{P_0}{[P]} \right) = INT \left(\frac{3260}{1235.6} \right) = 2.0$$

4. 加强圈的位置:

设置 2 个加强圈, 将当量筒体高度 H_E 分成为相等的三段。

第一个加强圈在当量筒体上, 距抗风圈 $H_E/3 = 2.937$ m 处。由于它位于最薄的罐壁板上, 故距离抗风圈的实际距离就是 2.937 m。

第二个加强圈设在当量筒体上, 距抗风圈 $2H_E/3 = 5.874$ m 处。由于抗风圈以下的最薄罐壁段的高度为 5 m, 所以第二个加强圈不在最薄的罐壁段内。 $5.874 - 5 = 0.874$ m, 小于 1.268 (厚度为 12 mm 那圈罐壁板的当量高度)。第二个加强圈应设在厚度为 12 mm 的壁板上, 距该圈板上部焊缝的距离为当量高度的 0.874 m。折算成实际罐壁的距离为 $2 \times 0.874 / 1.268 = 1.379$ m。第二个加强圈到抗风圈的距离为: $1.379 + 5 = 6.379$ m。

5. 设二个加强圈, 将当量筒体高度 H_E 分成为三段抗风能力相等的部分, 此时罐壁可以承受的基本风压值按下式计算:

$$W_0 = \frac{3 [P]}{3.375 \mu_z} = \frac{3 \times 1235.6}{3.375 \times 1.38} = 795 \text{ Pa}$$

第六章 固定顶设计

第一节 一般要求

第 6.1.3 条 罐顶与罐壁连接处的有效面积的公式
(6.1.3) 的来源如下:

罐顶垂直荷载 W

$$W = \frac{\pi D^2}{4} P \quad (\text{明6.1.3 — 1})$$

式中 P ——设计压力;

D ——直径。

边缘构件 (面积 A 所包括的部分) 在单位圆周长度上的垂直荷载 q_1 , 按下式计算:

$$q_1 = \frac{W}{\pi D} = \frac{1}{2} PR \quad (\text{明6.1.3 — 2})$$

边缘构件在单位圆周长度上的水平荷载 q_2 , 按下式计算:

$$q_2 = \frac{q_1}{\tan \theta} = \frac{PR}{2 \tan \theta} \quad (\text{明6.1.3 — 3})$$

式中 θ ——罐顶起始角;

R ——储罐内半径。

边缘构件中的环向应力 σ ，按下式计算：

$$\sigma = \frac{Dq_2}{2A} = \frac{PR^2}{2Atg\theta} = \frac{PD^2}{8Atg\theta} \quad (\text{明6.1.3—4})$$

式中 A ——包边角钢截面积加与包边角钢相连接的罐顶及罐壁各16倍板厚范围内的截面积之和。

边缘构件中的环向应力应小于其对接焊缝的许用应力，

即

$$\sigma \leq \varphi [\sigma] \quad (\text{明6.1.3—5})$$

式中 φ ——焊缝系数；

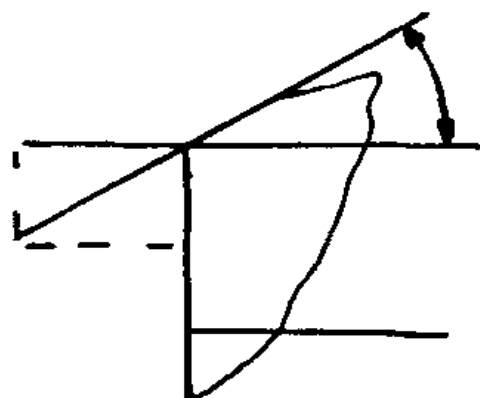
$[\sigma]$ ——材料的许用应力。

取 $\varphi [\sigma] = 125 \times 10^6 \text{ Pa}$ 代入式 (明6.1.3—4)

后可得：

$$A \geq 0.001PD^2 / tg\theta \quad (\text{明6.1.3—6})$$

式中 A ——罐顶与罐壁连接处的有效面积 (mm^2)；



P ——设计压力 (Pa) ;

D ——储罐直径 (mm)。

第 6.1.5 条 罐顶板与包边角钢之间的连接采用薄弱连接, 其目的是一旦操作失误, 因罐内压力过大而使用罐爆破时, 使该处顶板首先被掀开, 从而避免因罐壁或底板破裂而带来更大的损失。

第二节 固定顶设计压力

第 6.2.2 条 本条中规定固定顶储罐的罐顶附加荷载的最低值为1200Pa, 其中包括荷载700Pa和操作负压500Pa。活荷载是安装检修人员并携带工具的重量或积雪重量。

第三节 柱支承锥顶

第 6.3.3 条 根据《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87) 的规定, 柱支承锥顶的荷载设计值包括以下系数: 结构重要性系数, 取1.1; 永久性荷载分项系数, 取1.2; 可变荷载分项系数, 取1.4。

第四节 自支承锥顶

第 6.4.3 条 锥顶在均匀内压或外压作用下所产生的环向应力 σ , 按下式计算:

$$\sigma = \frac{P_0 D}{2 t \cdot \sin \theta} \quad (\text{明} 6.4.3 - 1)$$

式中 P_0 ——作用于锥顶的内压或外压;

D ——储罐内直径;

t ——顶板厚度；

θ ——锥顶圆锥母线与其水平投影线的夹角。

等厚度锥体在均匀外压下的临界应力〔10〕， σ_{Cr} ，按下式计算：

$$\sigma_{Cr} = 0.6 E \frac{t}{R_1} \quad (\text{明6.4.3—2})$$

式中 R_1 ——罐顶与罐壁相交处的曲率半径。

$$R_1 = \frac{D}{2 \sin \theta}$$

E ——顶板材料的弹性模量。

取许用应力〔 σ 〕等于临界应力的1/12，则：

$$[\sigma] = \sigma_{Cr} / 12 = 0.1 \frac{E t}{D} \sin \theta \quad (\text{明6.4.3—3})$$

在式（明6.4.3—1）中，令 $\sigma = [\sigma]$ ，则顶板的最小厚度：

$$t = \frac{D}{\sin \theta} \left(\frac{P_0}{0.2 E} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{明6.4.3—4})$$

第五节 自支承拱顶

第6.5.2条 光面球壳在均布外压作用下经典临界压力公式为〔11〕：

$$P_{Cr} = \frac{2}{\sqrt{3(1-\mu^2)}} E \left(\frac{t}{R} \right)^2 \quad (\text{明6.5.2—1})$$

对钢材，取泊桑系数 $\mu = 0.3$ ，代入上式得：

$$P_{cr} = 1.2E \left(\frac{t}{R} \right)^2 \quad (\text{明6.5.2 — 2})$$

球壳临界压力的试验值比上式计算的理论值约小 2 ~ 2.5 倍，工程上的拱顶是用钢板拼焊而成，与试验模型相比，球面几何形状又有相当大的差距。除以上因素外再考虑一定的安全储备，取许用压力为临界压力的 1/12，则：

$$[P] = 0.1 E \left(\frac{t}{R} \right)^2 \quad (\text{明6.5.2 — 3})$$

以设计压力代替许用压力，按稳定条件确定的球壳计算厚度应按下式计算：

$$t = R \left(\frac{10P_0}{E} \right)^{0.5} \quad (\text{明6.5.2 — 3})$$

第七章 浮 顶

单盘式浮顶的计算方法，参阅《浮顶油罐的强度和稳定性》〔6〕和《单盘式浮顶的设计》〔12〕。

第八章 内 浮 顶

内浮顶是在固定顶罐内部设置的随液面升降而上下浮动的顶，从而有效地减少了储液的蒸发损失和大气污染。内浮顶罐比拱顶罐可减少蒸发损失85%以上。与敞口浮顶罐相比，内浮顶罐可防止雨雪、灰尘等污染储存介质。与双盘式浮顶罐相比，内浮顶罐在钢材消耗及建造费用方面都有显著的节省。内浮顶罐是储存汽油以及挥发性石油化工产品的理想设备。

目前国内使用的内浮顶罐，浅钢盘式、隔仓式、单盘式均有使用。浅钢盘式内浮顶在国内使用最早，但是，由于抗沉性能差，国内已多次发生沉顶事故，除目前正在使用者外，新建罐不宜再继续使用浅钢盘式内浮顶。

为了提高浮顶工作的可靠性，国内已发展了铝浮筒式浮顶。由于具有工作可靠，抗沉性强及在基本不动火的情况下即可完成浮顶的安装工作等优点，已在国内大量使用。有关铝浮顶的介绍可参见资料〔13〕、〔14〕、〔15〕。

第九章 附 件

第六节 盘梯及平台

第 9.6.5 条 明表 9.6.5 列出了一些标准规定的荷载与本规定的荷载。

本规范的平台荷载值取自 GB 4053.4—83 《固定式工业平台》。

明表 9.6.5

标 准	平 台	梯 子
API 650—1984	1000磅集中活载荷	同左
JISB8501—1985	5.0kN 集中活载荷	同左
SYJ 1016—1982	2.5 kN/m ² 均布活载荷	踏步承受1.5kN 集中力
BS2654—1984	2.4kN/m ² 的附加载荷加风载	
本规范	通行平台2000Pa 检修平台4000Pa 梯间平台3500Pa	踏步承受1500N 集中活荷载 梯子整体承受 5000N 集中活荷载

附录四 带肋球壳

带肋球壳的许用压力，是以建筑科学研究院的研究论文《带肋薄壳计算方法》〔16〕提供的理论为基础，取许用应力等于临界应力的 $1/12$ 得到的。

多年来，直径小于32m的储罐，广泛采用带肋球壳作为储罐的自支承拱顶。大量的工程实践证明，储罐直径小于32m时，带肋球壳的设计方法是安全可靠的。

附录四中的公式（附4.2）、（附4.3）和（附4.4）是由文献〔16〕中的公式，经简化以后得到的。其过程如下：

在文献〔16〕中、带肋壳的折算厚度按下式计算：

$$t_m = \sqrt[3]{\frac{3(D_1 + D_2 + 2D_3)}{E}} \quad (\text{明附4.1})$$

式中 t_m ——带肋壳的折算厚度 (mm)；

D_3 ——板的抗弯刚度， $D_3 = \frac{Et^3}{12}$ ；

D_1 ——一纬向肋与壳的平均抗弯刚度，令

$$D_1 = \frac{Et_1^3 m}{12}；$$

D_2 ——经向肋与壳的平均抗弯刚度，令

$$D_2 = \frac{E t_{2m}^3}{12};$$

将 D_1 、 D_2 、 D 带代式 (明附4.1) 中, 则

$$t_m = \sqrt[3]{\frac{t_{1m}^3 + 2t^3 + t_{2m}^3}{4}} \quad (\text{明附4.2})$$

式中 t —— 壳的厚度;

t_{1m} —— 纬向肋与球壳的折算厚度;

t_{2m} —— 经向肋与球壳的折算厚度。

在文献 [16] 中,

$$D_i = E \left[\frac{b_i h_i}{L_i} \left(\frac{h_i^2}{3} + \frac{h_i t}{2} + \frac{t^2}{4} \right) + \frac{t^3}{12} - n_i t e_i^2 \right] \quad (\text{明附4.3})$$

又因 $D_i = \frac{E t_{im}^3}{12}$, 消去 D_i 后可得到:

$$t_{im}^3 = 12 \left[\frac{b_i h_i}{L_i} \left(\frac{h_i^2}{3} + \frac{h_i t}{2} + \frac{t^2}{4} \right) + \frac{t^3}{12} - n_i t e_i^2 \right] \quad (\text{明附4.4})$$

式中 $i = 1, 2$ 分别对应于纬向和径向;

b_i —— 肋的宽度;

h_i —— 肋的高度;

t —— 壳的厚度;

L_i —— 肋的间距;

n_i —— 带肋壳的截面折算系数,

$$n_i = 1 + \frac{b_i h_i}{t L_i}$$

e_i ——组合截面形心到顶板中面的距离。

附录五 气象台站及数据摘要

本附录的数据摘自GBJ19—87《采暖通风调节设计规范》。

参 考 资 料

1. API 650—1988

美国石油学会标准《钢制焊接油罐》（中译本）

2. BS 2654—1984

《Manufacture of vertical steel welded storage tanks with butt-welded shells for the petroleum industry》

3. JIS B 8501—1985

日本工业标准《钢制焊接油罐结构》（中译本）

4. 《五万立方米浮顶油罐应力应变测试报告》

中国科学院北京力学研究所、石油部北京设计院
1975

5. 《 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 浮顶罐的应力实测与分析》

陈涤非、李学彤《油气储运》第7卷第6期。
1988年12

6. 《浮顶油罐的强度和稳定性》

中国科学院北京力学研究所 1975

7. 《立式圆筒形钢油罐的风力稳定》

金维昂《炼油设备设计》1980年第2期
1979年中国石油学会学术报告会论文

8. 《风压计算的研究》

朱瑞兆 1976年科学出版社

9. GBI 50 《钢制压力容器（三）标准释义》
10. 《柔韧板与柔韧壳》
A. C. 沃耳密尔 科学出版社 1963
11. 《弹性稳定理论》
S. P. 铁木辛柯、J. M. 盖莱 张福范译
科学出版社 1965
12. 《单盘式浮顶的设计》
斯新中 《炼油设备设计》1980年第4期。
1979年 中国石油学会学术报告论文
13. 《用于固定顶储罐的装配式铝制内浮顶》
黄才良 《炼油设备设计》1984年第6期
14. 《装配式铝制内浮顶油罐》
黄才良 《石油化工设备技术》1988年第1期
15. 《组装式铝合金内浮顶设计》
洪锡彬 《炼油设计》1988年第2期
16. 《带肋薄壳计算方法》
魏琰 胡绍隆等 1963