

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47065.2—2018
代替 JB/T 4712.2—2007

容 器 支 座 第 2 部分：腿式支座

Vessel support—
Part 2: Leg support

2018-04-03 发布

2018-07-01 实施

国 家 能 源 局 发 布

目 次

前言 50

1 范围 51

2 规范性引用文件 51

3 符号说明 51

4 型式特征 52

5 系列参数及尺寸 53

6 设计 64

7 标记 66

8 制造 66

9 选用方法 66

附录 A（资料性附录） 腿式支座计算方法 69

编制说明 75

前 言

NB/T 47065—2018《容器支座》分为以下 5 个部分：

- 第 1 部分：鞍式支座（NB/T 47065.1—2018）；
- 第 2 部分：腿式支座（NB/T 47065.2—2018）；
- 第 3 部分：耳式支座（NB/T 47065.3—2018）；
- 第 4 部分：支承式支座（NB/T 47065.4—2018）；
- 第 5 部分：刚性环支座（NB/T 47065.5—2018）。

本部分是 NB/T 47065—2018 的第 2 部分：腿式支座。

本部分按 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分代替 JB/T 4712.2—2007《容器支座 第 2 部分：腿式支座》，与 JB/T 4712.2—2007 相比，主要技术变化如下：

- 对引用文件进行了更新；
- 对腿式支座的适用范围及壳体最大切线距、规格、材料和制造技术要求进行了增减及修订；
- 增加了“设计”章节，给出了设计温度、腐蚀裕量、材料、许用应力、工况及载荷组合的要求；
- 修改了其他相关技术要求；
- 将附录 A（资料性附录）腿式支座计算方法参照 GB/T 50761《石油化工钢制设备抗震设计规范》进行了修订。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会设计分会组织起草。

本部分起草单位：中国石化集团洛阳工程有限公司、洛阳卓达石化设备有限公司。

本部分主要起草人：赵建新、胡庆均、许超洋、李占国。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）负责解释。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB/T 4712—1992；
- JB/T 4712.2—2007。

容器支座 第2部分：腿式支座

1 范围

- 1.1 本部分规定了钢制立式容器（以下简称“容器”）腿式支座（以下简称“支腿”）的结构型式、系列参数尺寸、允许载荷、材料、制造技术要求及选用方法。
- 1.2 本部分适用于直接安装在刚性地基上，公称直径为 DN300mm~DN2000mm 的容器。
- 1.3 本部分不适用于有脉动疲劳失效的场合。
- 1.4 本部分未考虑外部管线或其他设备所产生的附加弯矩。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 706	热轧型钢
GB/T 985.1	气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
GB/T 1591	低合金高强度结构钢
GB/T 1804—2000	一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差
GB/T 8162	结构用无缝钢管
GB/T 50761	石油化工钢制设备抗震设计规范
NB/T 47015	压力容器焊接规程
NB/T 47018	承压设备用焊接材料订货技术条件
YB/T 3301	焊接 H 型钢

3 符号说明

- A_{ϕ} ——垫板宽度，mm；
- A_x ——垫板长度，mm；
- B ——支柱底板边长，mm；
- D ——地脚螺栓孔中心圆参数，mm；
- D_b ——地脚螺栓孔中心圆直径（见图1），mm；
- DN ——壳体公称直径，mm；
- H ——容器总高度（见图1），mm；
- H_0 ——支承高度（见图1），mm；
- H_{0max} ——最大支承高度，mm；
- H_1 ——支柱底板下表面至支柱顶端距离（见图2），mm；
- K_L ——载荷组合系数，取 1.25；
- L ——壳体切线距（见图1），mm；

- L_0 ——支柱地脚螺栓孔孔距, mm;
 L_H ——支柱长度, mm;
 L_{\max} ——壳体最大切线距, mm;
 Q_0 ——单根支腿所允许的最大载荷(在 $H_{0\max}$ 高度下), kN;
 $R_{\text{el}}^t (R_{p0.2}^t, R_{p1.0}^t)$ ——材料在设计温度下的屈服强度(或 0.2%、1.0%非比例延伸强度), MPa;
 W ——H 型钢支柱高度或宽度, mm;
 b ——角钢边长, mm;
 d_0 ——钢管支柱外径, mm;
 d_b ——地脚螺栓孔孔径, mm;
 h_f ——焊缝长度, mm;
 l ——盖板边长, mm;
 l_1 ——盖板边长, mm;
 l_2 ——盖板宽度, mm;
 n_s ——确定材料许用应力的安全系数, $n_s \geq 1.5$;
 q_0 ——设计基本风压值, Pa;
 t ——支腿设计温度, °C;
 t_1 ——H 型钢支柱腹板厚度, mm;
 t_2 ——H 型钢支柱翼板厚度, mm;
 δ_1 ——角钢厚度, mm;
 δ_2 ——钢管厚度, mm;
 δ_a ——垫板厚度, mm;
 δ_b ——底板厚度, mm;
 δ_c ——支腿连接处的圆筒有效厚度, mm;
 δ_{\min} ——支腿连接处的圆筒不设置垫板所需的最小厚度, mm;
 δ_n ——容器名义厚度, mm;
 $[\sigma]_c^t$ ——支腿设计温度下其材料的许用应力, MPa;
 $[\sigma]_{bt}^t$ ——地脚螺栓设计温度下其材料的许用拉应力, MPa;
 $[\tau]^t$ ——支腿设计温度下其焊缝的许用剪切应力, MPa;
 $[\tau]_{bt}^t$ ——地脚螺栓设计温度下其材料的许用剪切应力, MPa。

4 型式特征

腿式支座的型式特征见表 1。

表 1 型式特征

型 式		支座号	垫板	适用容器公称直径 <i>DN</i> /mm	支 座 尺 寸
角钢支柱	AN	1~6	无	300~1 300	见表2、图2、图3
	A		有		
钢管支柱	BN	1~6	无	600~1 600	见表3、图4、图5
	B		有		
H型钢支柱	CN	1~6	无	1 000~2 000	见表4、图6、图7
	C		有		

5 系列参数及尺寸

容器结构简图及支腿布置见图 1。

AN 型、A 型腿式支座的结构尺寸按图 2、图 3 和表 2 的规定。

BN 型、B 型腿式支座的结构尺寸按图 4、图 5 和表 3 的规定。

CN 型、C 型腿式支座的结构尺寸按图 6、图 7 和表 4 的规定。

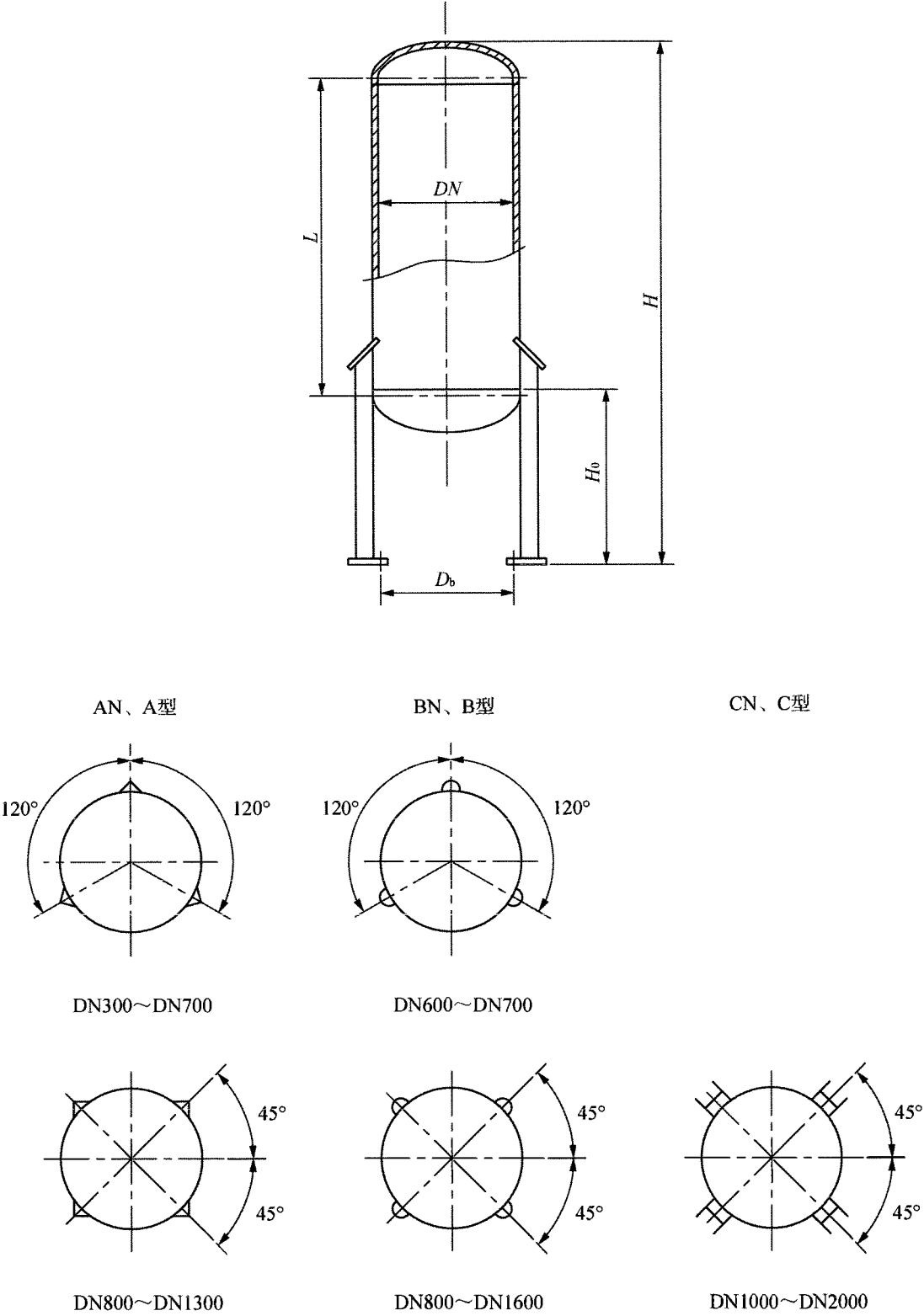


图 1 支腿布置

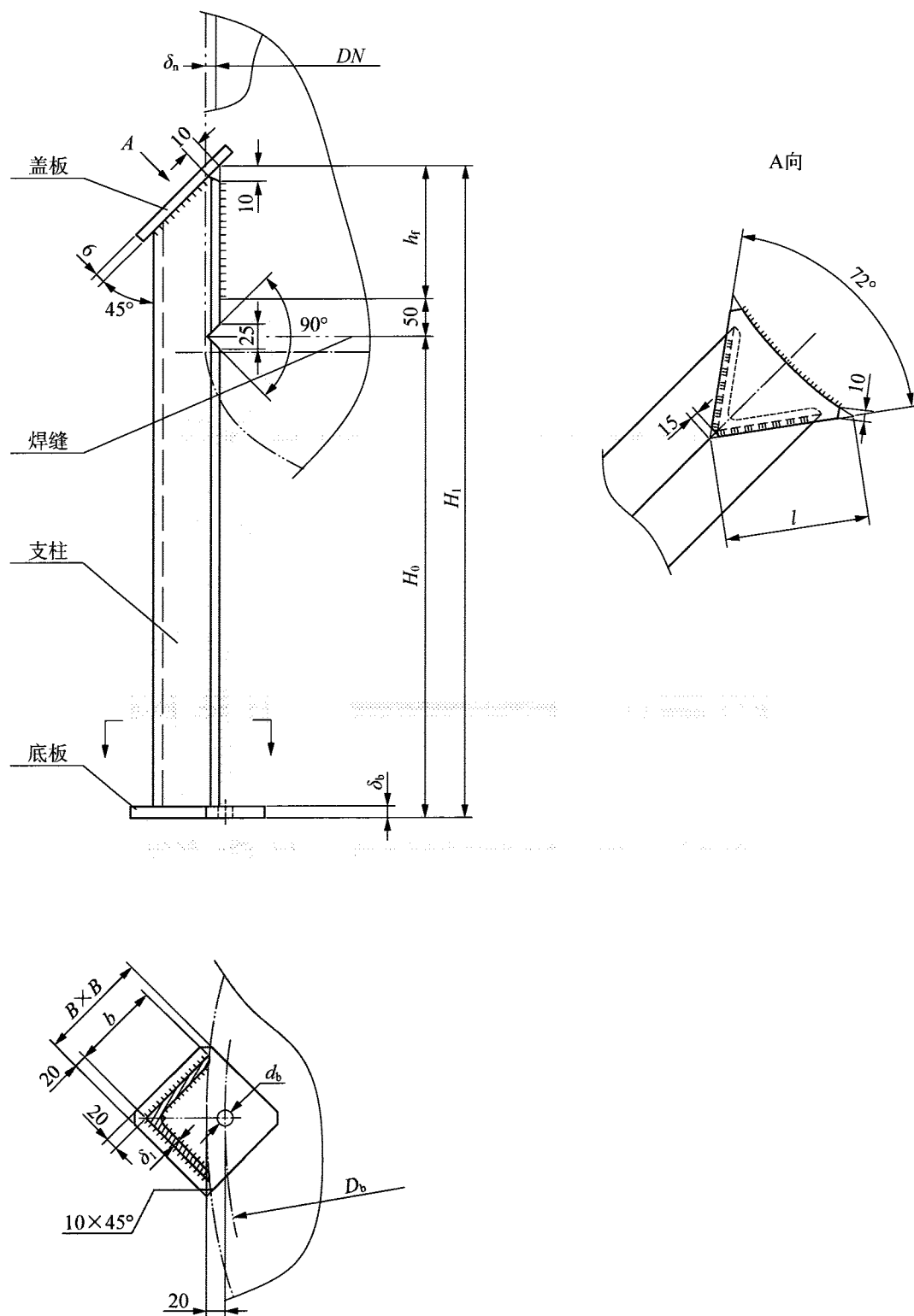


图2 AN型腿式支座

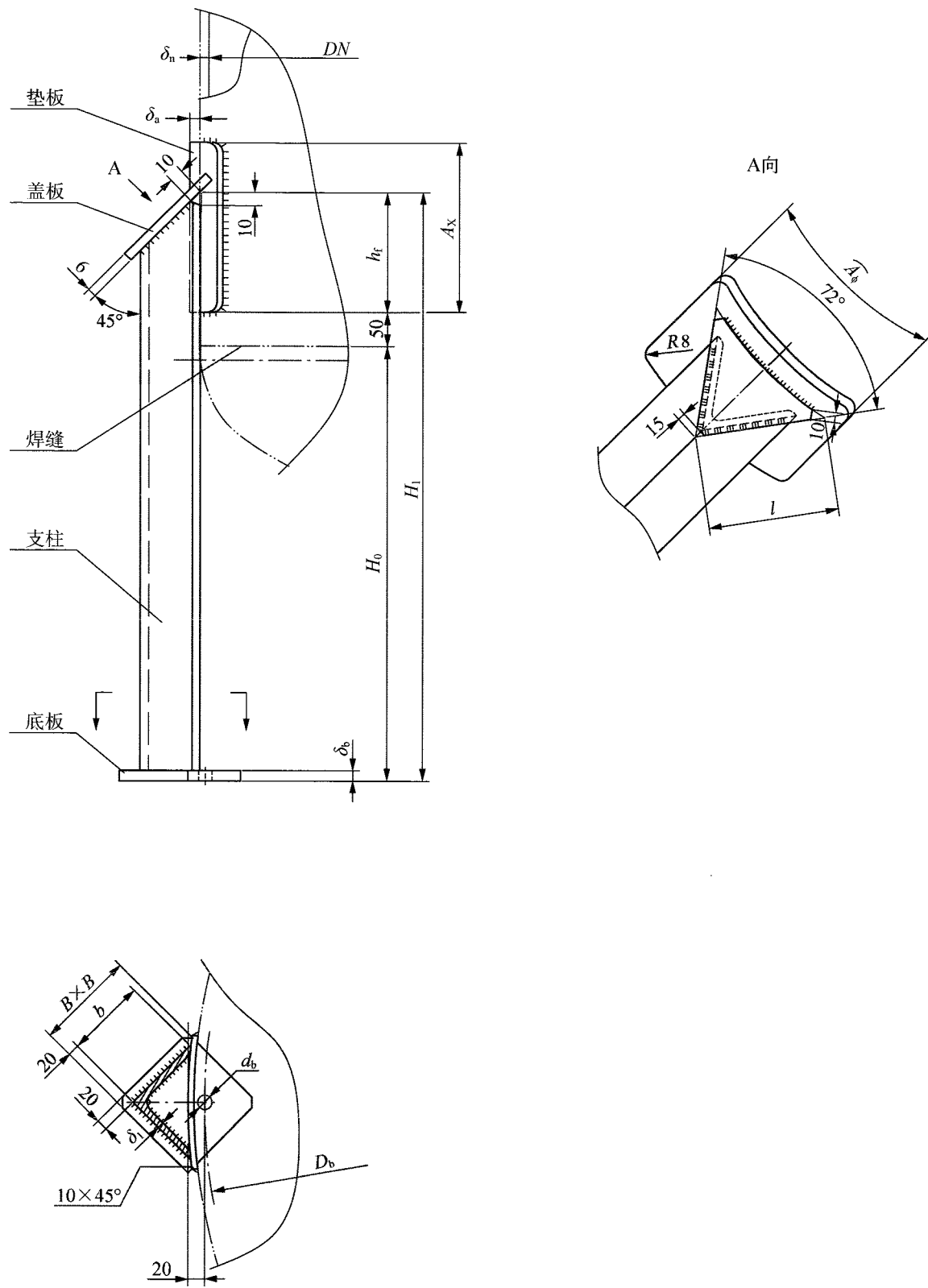


图3 A型腿式支座

表 2 AN、A 型腿式支座系列参数

支 座 号	单根支腿 所允许的 最大载荷 ($H_{0\max}$ 高 度下) Q_0 kN	适用公 称直径 DN mm	支腿 数量	壳体最 大切线 距 L_{\max} mm	最大支 承高度 $H_{0\max}$ mm	尺寸/mm										单根支腿质量 ^b kg					
						角钢支柱		H_1^b	焊缝 长度 h_f	底板		盖板	垫板		地脚螺栓		支柱	底 板	盖 板	总质量 (不含 垫板)	
						规格 $b \times b \times d$	长度 ^b L_H			边 长 B	厚 度 δ_b		边 长 l	宽 度 A_s	长 度 A_x	厚 度 δ_a					孔 径 d_b
1	4	300	3	1 500	600	50×50×5	708	720	70	90	12	130	190	105	20	M16	260	2.7	0.8	0.4	3.9
2	5	400		63×63×8	924	90	103	16	160	220	140	一般取与圆筒厚度相等	24	362	6.9	1.3	0.6	8.8			
	6	500												463							
3	8	600	80×80×10	945	965	115	120	20	190	260	180			563	11	2.3	0.8	14.3			
	9	700									665										
4	10	800	90×90×10	1160	1 180	130	130	20	200	280	200			764	16	2.7	0.9	19.2			
	11	900									864										
5	15	1 000	100×100×12	1 173	1 195	145	140	22	220	300	220			966	21.0	3.4	1.0	25.4			
	17	1 100									1 067										
6	23	1 200	110×110×12	1 288	1 310	160	150	22	230	320	240			1 166	26	3.9	1.2	30.6			
	26	1 300									1 266										

^a 不带垫板时, δ 取圆筒或封头名义厚度二者中的较大值; 带垫板时, δ 取圆筒与垫板名义厚度之和。
^b 支柱长度 $L_H = H_1 - \delta_b$, 该数值是按最大支撑高度 ($H_{0\max}$) 所计算, 其他支撑高度下的值应进行相应调整。

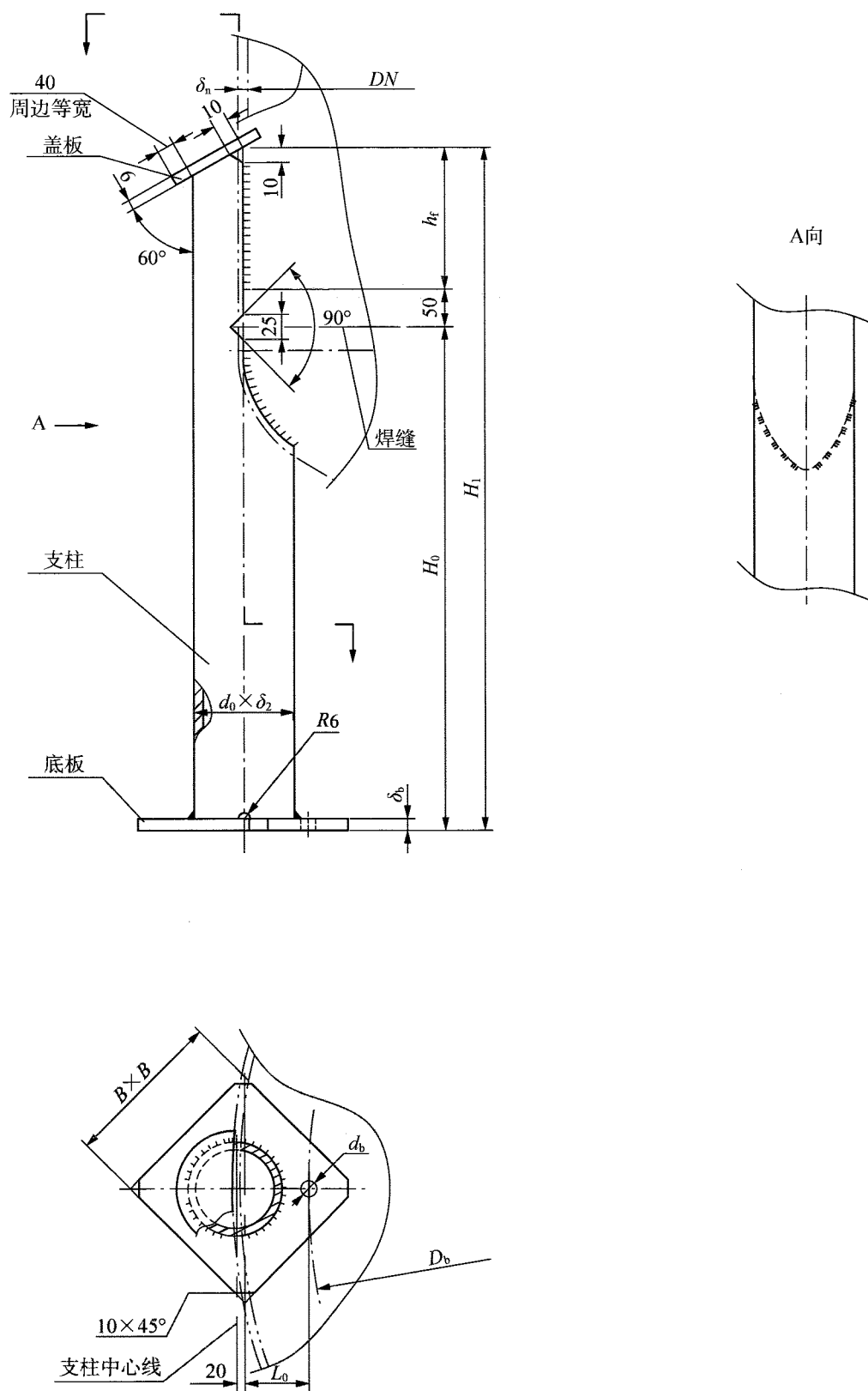


图 4 BN 型腿式支座

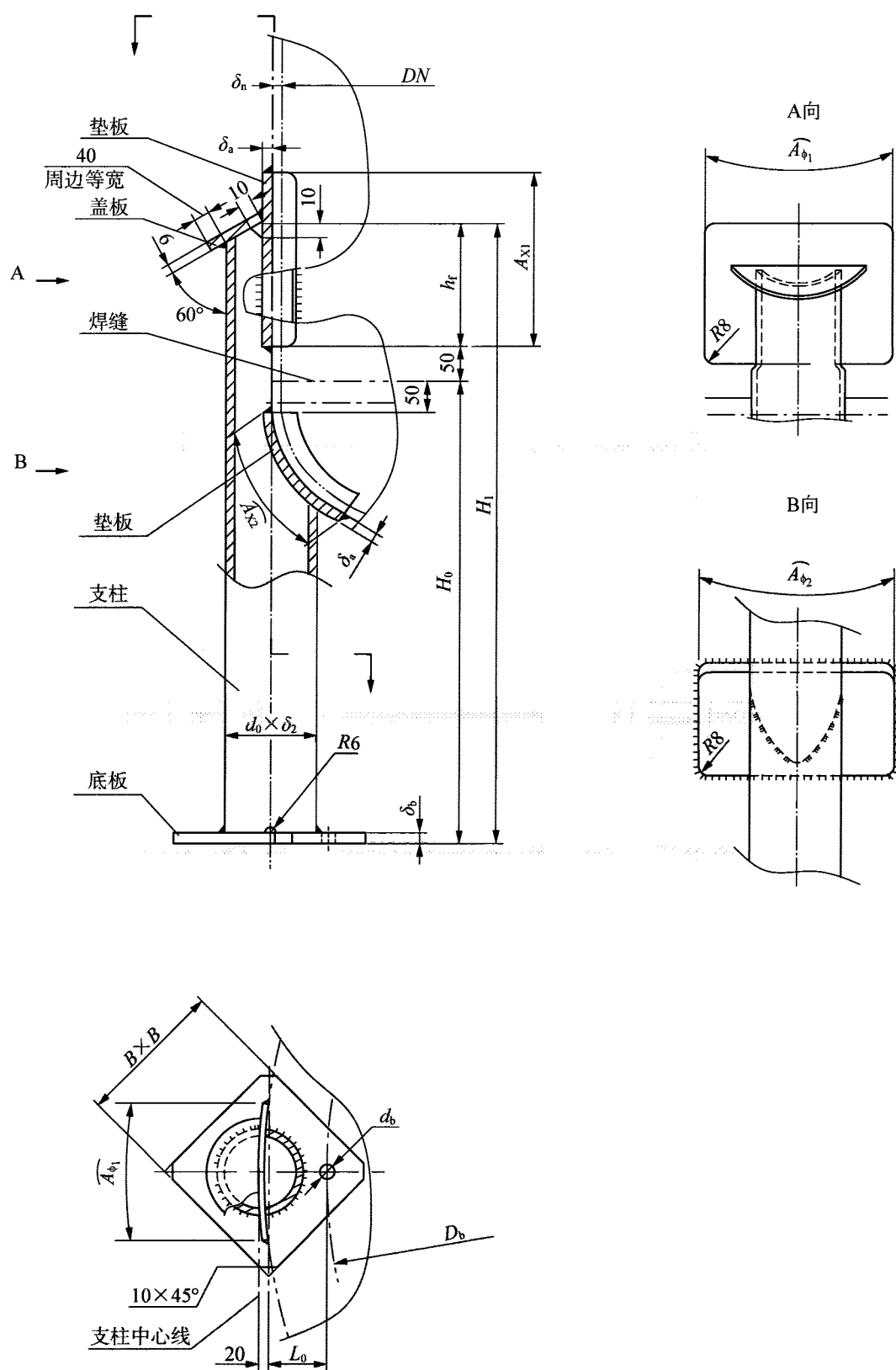


图 5 B 型腿式支座

表 3 BN、B 型腿式支座系列参数

尺寸/mm																			单根支腿质量 ^a kg					
支 座 号	单根支腿 所允许的 最大载荷 (在 $H_{0\max}$ 高度下) Q_0 kN	适用 公称 直径 DN mm	支 腿 数 量	壳 体 最 大 切 线 距 L_{\max} mm	最大 支 承 高 度 $H_{0\max}$ mm	钢管支柱		H_1^a	焊 缝 长 度 h_f	底 板			垫 板				地脚螺栓		支 柱	底 板	盖 板	总质量 (不 含垫 板)		
						规格 $d_0 \times \delta$	长度 ^a L_H			边 长 B	厚 度 δ_b	孔 距 L_0	宽 度 $A_{\phi 1}$	长 度 $A_{\phi 1}$	宽 度 $A_{\phi 2}$	长 度 $A_{\phi 2}$	厚 度 δ_a	孔 径 d_b					规 格	螺 栓 中 心 圆 直 径 D_b
1	9	600	3	2 500	1 000	76×7	1 103	1 125	75	150	22	50	140	120	140	150	一 般 取 与 圆 筒 厚 度 相 等	24	$D_b=DN+2\delta_b-2L_0-40$	13	3.8	0.5	17.3	
	11	1 114					1 140	90	160	26	55	150	140	150	180	16				5.2	0.6	21.5		
2	11	800	89×7	1 114		1 140	160	26	55	170	28	65	170	160	170	200		26		M22	20	6.3	0.7	26.7
	12	1 132		1 160		110	170	190	70	180	170	180	220	23	7.9	0.8					31.5			
3	15	1 000	108×7	1 132	1 160	170	28	65	170	190	70	180	170	180	220	26	M22	29	9.4		1.0	39.3		
	19	1 132		1 160	110	170	190	70	180	170	180	220	31	41.6										
4	23	1 200	114×7	1 237	1 265	190	28	65	170	190	70	180	170	180	220	26		M22	39	12	1.3	51.8		
	26	1 237		1 265	115	190	70	180	170	180	220	31	41.6											
5	33	1 400	140×7	1 260	1 290	200	30	85	200	210	200	210	200	260	26	M22	39		12	1.3	51.8			
	37	1 360		1 390	140	200	210	200	210	200	260	31	41.6											
6	42	1 600	168×7	1 388	1 420	170	32	100	230	250	230	300	300	300	300		300	300	39	12	1.3	51.8		

^a 支柱长度 $L_H=H_1-$ 底板厚度 δ_b , 该数值最大支撑高度 ($H_{0\max}$) 所计算, 其他支撑高度下的值应进行相应调整。

^b 不带垫板时, δ 取圆筒或封头名义厚度二者中的较大值; 带垫板时, δ 取圆筒与垫板名义厚度之和。

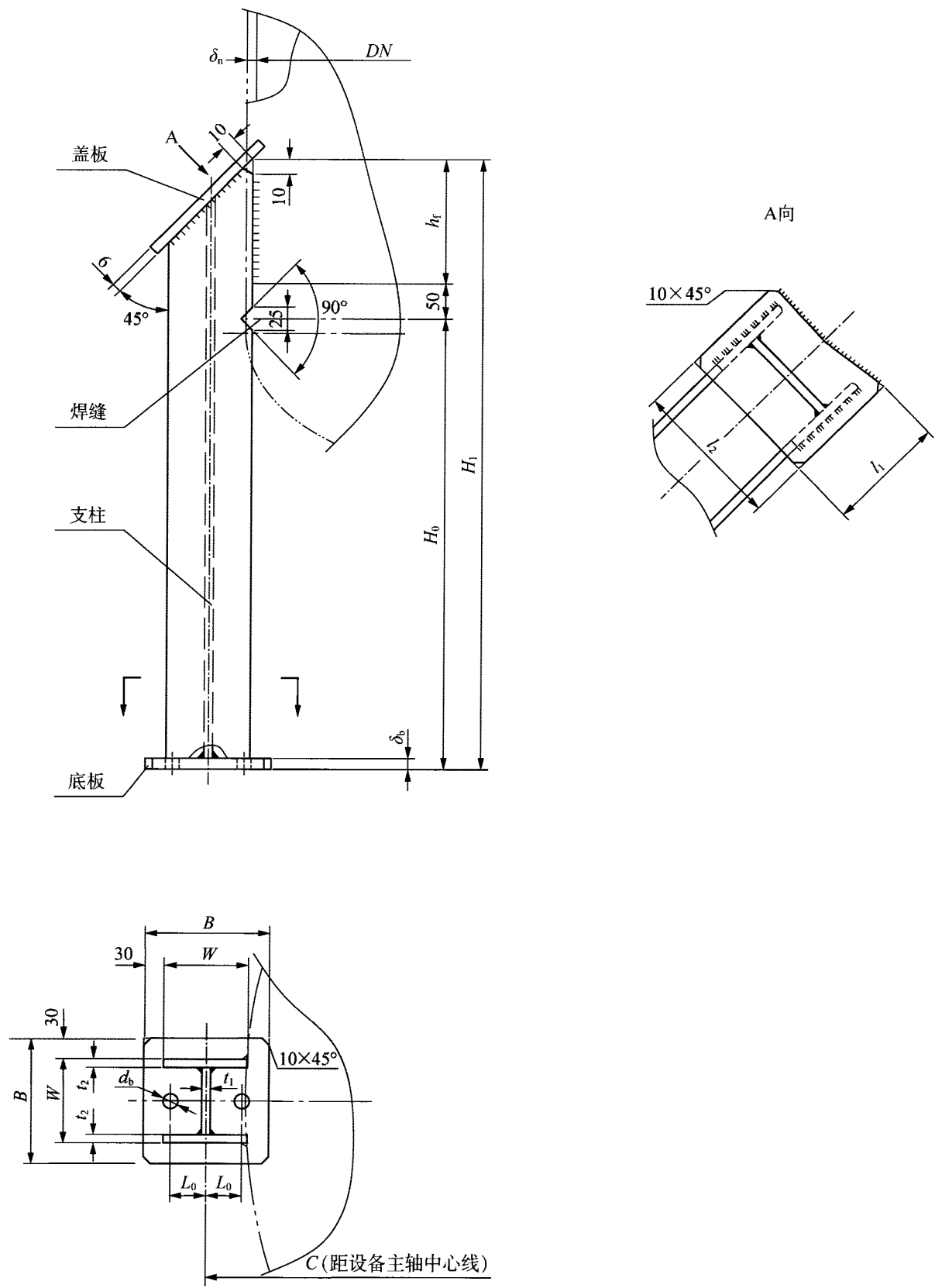


图 6 CN 型腿式支座

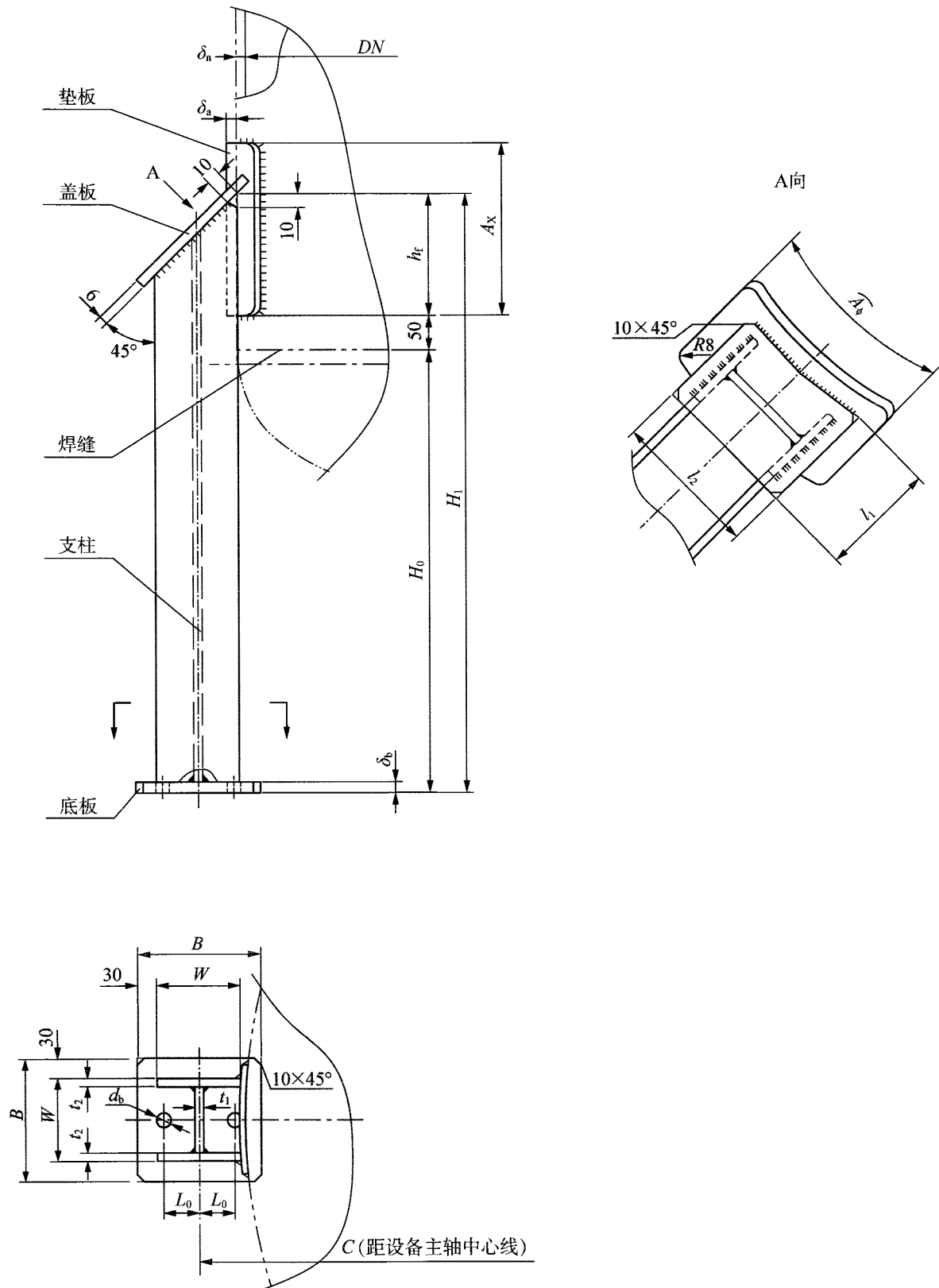


图 7 C 型腿式支座

表 4 CN、C 型腿式支座系列参数

支 座 号	单根支腿 所允许的 最大载荷 (在 $H_{0\max}$ 高度下) Q_0 kN	通用 公称 直径 DN mm	支 腿 数 量	壳体 最大 切线 距 L_{\max} mm	最大支 承高度 $H_{0\max}$ mm	H 型钢支柱										尺寸/mm										每根支腿质量 ^a kg				
						规格 $W \times W \times t_1/t_2$	腹板 厚度 t_1	翼板 厚度 t_2	长度 ^a L_H	H_1^a	焊缝 长度 h_c	底板		盖板			垫 板		地 脚 螺 栓		支柱	底板	盖板	总质量 (不含 垫板)						
												边长 B	厚度 δ_b	边长 l_1	板宽 l_2	宽度 A_ϕ	长度 A_x	厚度 δ_a	孔 距 L_0	孔径 d_b					规格					
1	16	1 000	3	3 000	1 200	150×150×8/10	10	1 528	1 550	300	210	22	270	220	260	350	一 般	55	28	M24	46.1	52.6	59.8	74.2	74.1	93	116.3	134.3	191.1	
2	20	1 100	3	3 500	1 400	150×150×8/12	12	1 728	1 750	360	240	24	310	250	290	410	取 与 圆 筒 厚 度 相 等	60	34	M30	74.2	9.9	10.8	3.7	87.8	88.6	108.4	134.3	191.1	
	1 788	1 810																												
3	27	1 300	4	4 000	1 600	180×180×8/12	8	1 786	1 810	360	240	24	310	250	290	410	取 与 圆 筒 厚 度 相 等	60	34	M30	74.1	10.8	11.7	3.7	87.8	88.6	108.4	134.3	191.1	
	33	1 400																												
4	38	1 500	4	4 000	1 600	180×180×8/14	8	1 984	2 010	360	240	24	310	250	290	410	取 与 圆 筒 厚 度 相 等	60	34	M30	93	11.7	11.7	3.7	87.8	88.6	108.4	134.3	191.1	
	42	1 600																												
5	48	1 700	4	4 000	1 800	200×200×8/14	8	2 224	2 250	400	260	26	340	270	310	450	取 与 圆 筒 厚 度 相 等	65	34	M30	116.3	13.7	4.3	6.2	87.8	88.6	108.4	134.3	191.1	
	57	1 800																												
6	65	1 900	4	4 500	2 000	250×250×8/14	8	2 524	2 550	500	310	26	410	320	360	550	取 与 圆 筒 厚 度 相 等	80	34	M30	165.3	19.6	6.2	6.2	87.8	88.6	108.4	134.3	191.1	
	71	2 000																												

注：H 型钢支柱中心距设备主轴中心线的距离 $C = \frac{W}{2} + \sqrt{\left(\frac{DN}{2} + \delta\right)^2 - \left(\frac{W - 2t_2}{2}\right)^2}$ ，式中 δ 取值如下：

不带垫板时， δ 取圆筒或封头名义厚度二者中的较大值；带垫板时， δ 取圆筒与垫板名义厚度之和。

^a 支柱长度 $L_H = H_1 - \text{底板厚度 } \delta_b$ ，该数值是按最大支撑高度 ($H_{0\max}$) 所计算，其他支撑高度下的值应进行相应调整。

6 设计

6.1 设计温度

支腿元件设计温度应根据容器的操作温度、绝热情况和环境温度综合考虑确定。

6.2 腐蚀裕量

支腿元件的腐蚀裕量应满足下列要求：

- a) 地脚螺栓的腐蚀裕量取 3mm；
- b) 底板的腐蚀裕量取 2mm；
- c) 其他元件的腐蚀裕量取 0。

6.3 材料

支柱、盖板、底板、垫板等支腿元件材料应采用列入相应材料标准且焊接性能优良的钢材。材料选用应符合下列规定：

- a) 与设备壳体直接相焊的支柱或垫板，应采用与壳体相同或相匹配的材料；
- b) 地脚螺栓宜选用符合 GB/T 700 规定的 Q235 或符合 GB/T 1591 的 Q345；
- c) 支腿用钢板材料应符合 GB/T 700 的规定，支腿用钢管应符合 GB/T 8162 的规定；
- d) 支腿用角钢应符合 GB/T 706 的规定，支腿用 H 型钢可参照 YB/T 3301 执行；
- e) 焊接材料应符合 NB/T 47015、NB/T 47018 的规定；
- f) 支柱、盖板、底板等支腿元件材料宜根据支腿元件设计温度按表 5 选取，亦可根据需要选取其他材料，但其力学性能不得低于表 5 对应的材料；
- g) 当支腿元件设计温度不在表 5 范围时，用户可根据实际设计温度选取合适的材料。

表 5 支腿材料选择表

支腿元件设计温度 $t/^\circ\text{C}$	支 腿 材 料	地脚螺栓材料
$-20 \leq t < 0$	Q235D, Q345D	Q235C, Q345C
$0 \leq t < 20$	Q235C, Q345C	Q235B, Q345B
$20 \leq t < 200$	Q235B, Q345B	Q235A, Q345A

6.4 许用应力

6.4.1 支腿元件材料的许用应力按式 (1) 确定：

$$[\sigma]_c^t = \frac{R_{eL}^t (R_{p0.2}^t, R_{p1.0}^t)}{n_s} \dots\dots\dots (1)$$

其中， n_s 确定支腿元件材料许用应力的最小安全系数，一般取 $n_s=1.5$ 。

6.4.2 支腿（不包括垫板和地脚螺栓）常用材料的许用应力可按表 6 取值。

表 6 支腿常用材料的许用应力

支腿材料	板厚/mm	支腿元件设计温度 $t/^{\circ}\text{C}$				
		$-20 \leq t < 0$	$0 \leq t < 20$	100	150	200
Q235B、Q235C	≤ 16	—	156	132	126	116
	$> 16 \sim 40$	—	150	126	120	110
Q235D	≤ 16	157	156	132	126	116
	$> 16 \sim 40$	150	150	126	120	110
Q345B、Q345C、 Q345D	≤ 16	230	230	210	196	183
	$> 16 \sim 36$	216	216	196	183	170

6.4.3 地脚螺栓许用应力

地脚螺栓许用应力应符合下列规定：

- a) 室温下，Q235 的许用应力 $[\sigma]_{bt}^{20} = 147\text{MPa}$ ，Q345 的许用应力 $[\sigma]_{bt}^{20} = 170\text{MPa}$ ；
- b) 若地脚螺栓的设计温度高于室温，或采用其他材料时，按 6.4.1 确定许用应力，其中 n_s 按以下要求选取：采用碳素钢制地脚螺栓时，取 $n_s \geq 1.6$ ；采用其他低合金钢制地脚螺栓时，则取 $n_s \geq 2.0$ 。

6.4.4 许用剪切应力

许用剪切应力应符合下列规定：

- a) 支腿与设备连接处焊缝的许用剪切应力，可按式（2）计算：

$$[\tau]_w^t = 0.8[\sigma]_w^t \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$[\tau]_w^t$ ——支腿与设备连接处焊缝的许用剪切应力，MPa；
 $[\sigma]_w^t$ ——取设计温度下支柱材料的许用应力 $[\sigma]_e^t$ 和容器或垫板材料的许用应力较小值，MPa。

- b) 地脚螺栓材料许用剪应力可按式（3）计算：

$$[\tau]_{bt}^t = 0.8[\sigma]_{bt}^t \dots\dots\dots (3)$$

6.5 工况及载荷组合

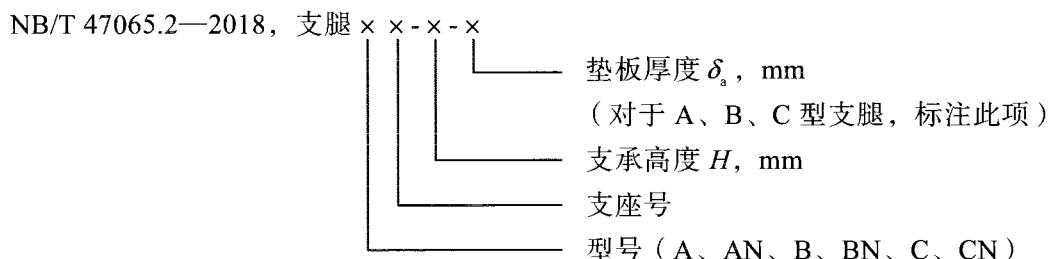
支腿计算时宜考虑的工况及相应载荷组合见表 7。

表 7 工况及载荷组合

工 况		重 力 载 荷			压 力 载 荷		地 震 载 荷	风 载 荷		备 注
		操作重量 ^a	试验重量 ^b	安装重量 ^c	试验 压力	设计 压力		33%	100%	
压力试验	工况1		√		√			√		现场
安装	工况2			√					√	
操作	工况3	√				√	√			
	工况4	√				√			√	
<p>^a 正常操作时操作重量包括设备自重，内部、外部附件重量以及操作介质重量。 ^b 在用户现场的压力试验重量包括设备自重，内部、外部附件和试验介质重量（当气压试验时可忽略）。 ^c 安装时重量为设备自重。</p>										

7 标记

7.1 标记方法



7.2 标记示例

示例 1: 容器公称直径 DN 为 800mm, 角钢支柱支腿, 不带垫板, 支承高度 H 为 900mm, 其标记为:

NB/T 47065.2—2018, 支腿 AN4-900

示例 2: 容器公称直径 DN 为 1 200mm, 钢管支柱支腿, 带垫板, 垫板厚度 δ_s 为 10mm, 支承高度 H 为 1 000mm, 其标记为:

NB/T 47065.2—2018, 支腿 B4-1000-10

示例 3: 容器公称直径 DN 为 1 600mm, H 型钢支柱支腿, 不带垫板, 支承高度 H 为 2 000mm, 其标记为:

NB/T 47065.2—2018, 支腿 CN4-2000

8 制造

8.1 焊接采用电弧焊, 焊材型号应根据支座材料参照有关标准选用。焊接接头型式和尺寸应符合 GB/T 985.1 的规定。

8.2 支柱应平直, 且无凹坑和损伤等明显缺陷。支柱直线度允差应不大于 $H_0/1\,000$ 。

8.3 盖板与圆筒 (或垫板) 外壁的连接弧线应按样板切割, 钢管支柱与封头 (或垫板) 连接部分应与封头外壁相吻合。零件加工边缘的表面粗糙度不得大于 $Ra50\mu\text{m}$, 地脚螺栓孔加工后表面粗糙度应为 $Ra25\mu\text{m}$ 。垫板与容器壳体应紧密贴合, 最大组装间隙不得大于 1mm。

8.4 除另有规定外, 尺寸的极限偏差应符合 GB/T 1804—2000 表 1、表 2 及表 3 中公差等级 C 级的规定。

8.5 焊接应采用连续焊。所有角焊缝其焊脚高度应不小于较薄件厚度。焊缝表面不得有未焊满、咬边、裂纹、气孔、弧坑和夹渣等缺陷, 焊渣和飞溅物应清理干净, 焊缝与母材应圆滑过渡。

8.6 支柱 (或垫板) 与容器壳体的组焊应符合容器设计、制造的有关规定。凡被其覆盖的壳体焊缝均应打磨至与壳体母材齐平, 经检验合格后方可进行支柱 (或垫板) 与容器壳体组焊。有焊后热处理要求的容器, 支柱 (或垫板) 与容器壳体的焊接应在容器焊后热处理前进行。垫板与容器壳体的焊接应在垫板最低处留 10mm 不焊。

8.7 底板地脚螺栓孔直径允差为 $^{+1}_0\text{mm}$, 螺栓孔中心圆直径的允差为 $\pm 2\text{mm}$ 。支腿应均匀布置, 任意两底板地脚螺栓孔弦长的允差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

8.8 各支腿底板底面应位于同一水平面上, 其最高与最低相差不得超过 3mm。

8.9 支腿与容器焊接后, 应与容器中心轴线平行, 其平行度应小于 $H_0/500$, 且不得大于 2mm。

9 选用方法

9.1 当设计条件满足以下条件时, 可直接按本部分进行容器支腿的选取:

- a) 支腿设计温度高于 -20°C 且不高于 200°C ;
 - b) 设计基本风压值不大于 800Pa ;
 - c) 地面粗糙度类别为 A 类;
 - d) 设计抗震设防烈度为 8 度, 场地土类别为 II 类, 设计基本地震加速度为 $0.2g$, 设计地震分组为第三组;
 - e) 单根支腿所允许的最大重力载荷在表 2~表 4 所示范围内。
- 9.2 对超出 9.1 范围的支腿, 可参考本部分附录 A 腿式支座计算方法进行设计。
- 9.3 具备下列情况之一者, 宜选用带垫板的支腿:
- a) 合金钢制容器;
 - b) 有焊后热处理要求的容器;
 - c) 与支腿连接处的圆筒有效厚度 δ_e 小于表 8 给出的最小厚度 δ_{\min} 。
- 9.4 支承高度 H_0 及垫板厚度 δ_a 可根据需要确定, δ_a 宜与筒体厚度相同。

表 8 支腿连接处的圆筒不设置垫板所需的最小厚度 δ_{\min}

容器公称直径 DN/mm		300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
圆筒材料	设计压力/MPa	δ_{\min}/mm																	
Q235A	0	3	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	4.5	5	5.5	5.5	5.5	6
	> 0~0.2	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	5	5.5	5.5	6	6.5	6.5	7	7
	> 0.2~0.4	3	3	3	3	4	4	4	4.5	5	5.5	6	6	6	7	7.5	7.5	8	8
	> 0.4~0.6	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7	7.5	8	8.5	9	9
Q235B	> 0.6~0.8	3	3.5	3.5	4	4.5	5	5	5.5	6.5	7	7.5	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
Q235C	> 0.8~1.0	3.5	3.5	4	4	5	5	5.5	6.5	7	7.5	8	8.5	8.5	9.5				
	> 1.0~1.2	3.5	3.5	4	4.5	5.5	5.5	6	6.5	7	8	8.5							
	> 1.2~1.4	3.5	3.5	4.5	4.5	5.5													
	> 1.4~1.6	3.5	3.5	4.5	可不设置垫板														
	> 1.6	3.5																	
Q245R	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4.5	5	5	5	5.5
	> 0~0.2	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	5	5	5.5	6	6	6	6.5
	> 0.2~0.4	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4.5	5	5.5	5.5	5.5	6	6.5	6.5	7	7.5
	> 0.4~0.6	3	3	3	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5.5	6.5	6.5	6.5	7	7.5	8	8	8.5
	> 0.6~0.8	3	3	3	3.5	4	4.5	5	5	5.5	6	7	7	7	7.5	8	8.5	9	9.5
	> 0.8~1.0	3	3	3.5	3.5	4.5	4.5	5.5	5.5	6	6.5	7.5	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
	> 1.0~1.2	3	3	3.5	4	4.5	5	6	6	6.5	7	8	8	8	8.5	9	9.5	10.5	11
	> 1.2~1.4	3	3.5	4	4	5	5	6	6	6.5	7	8	8						
	> 1.4~1.6	3.5	3.5	4	4	5													
	> 1.6~1.8	3.5	3.5	可不设置垫板															
	> 1.8	3.5																	
Q345R	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	4.5	5	
	> 0~0.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4.5	5	5	5	5.5
	> 0.2~0.4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4.5	4.5	5	5.5	5.5	5.5	6
	> 0.4~0.6	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5	5	5.5	6	6	6	6.5
	> 0.6~0.8	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	5	5.5	5.5	6	6.5	7	7	7.5
	> 0.8~1.0	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	5	5.5	5.5	6	6	7	7.5	8	8.5	8.5
	> 1.0~1.2	3	3	3	3	3.5	4	4.5	4.5	5.5	5.5	6	6.5	6.5	7.5	8	8.5	9	9
	> 1.2~1.4	3	3	3	3.5	4	4	4.5	4.5	5.5	6	6	6.5	6.5	7.5	8	8.5	9	9.5
	> 1.4~1.6	3	3	3.5	3.5	4	4	4.5	4.5	5.5	6								
	> 1.6~1.8	3	3	3.5	3.5	4													
	> 1.8~2.0	3	3	3.5	可不设置垫板														
	> 2.0	3																	

附 录 A
(资料性附录)
腿式支座计算方法

A.1 适用范围

本附录适用于容器总高 H 与公称直径 DN 之比小于或等于 5 的钢制焊接立式圆筒形容器的腿式支座计算。

A.2 支腿计算

A.2.1 水平风载荷

$$p_w = 1.2 f_i q_0 D_o H_2 \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

p_w ——水平风载荷，N；

f_i ——风压高度变化系数，按设备质心所处高度取值，本部分取 $f_i = 1.0$ ；

D_o ——容器外径，有保温层时取保温层外径（见图 A.1），mm；

H_2 ——容器壳体总长度，mm。

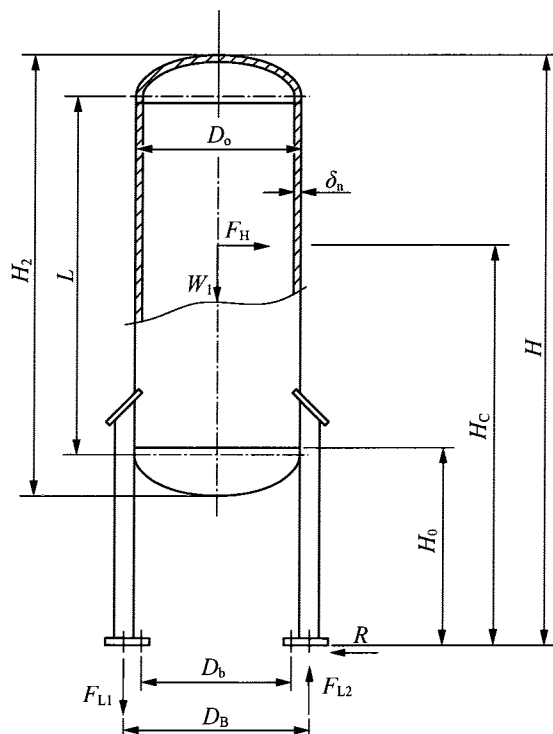


图 A.1

A.2.2 地震载荷

地震载荷计算方法详见 GB/T 50761。

A.2.3 支腿水平反力

单根支腿的水平反力按式 (A.2) 计算:

$$R = \frac{F_H}{N} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

R ——单根支腿的水平反力, N;

F_H ——作用于容器上的水平载荷, 按 6.5 中不同工况下的载荷组合分别计算, N;

N ——支腿的个数。

A.2.4 支腿垂直反力

单根支腿的垂直反力按式 (A.3) 计算:

$$F_L = \pm \frac{4F_H \cdot H_C}{ND_B} - \frac{W_1}{N} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

F_L ——单根支腿的垂直反力, N;

H_C ——基础顶面至设备质心的高度, mm。按式 (A.4) 计算:

$$H_C = H_0 - h + \frac{L}{2} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

h ——封头直边高度, mm。

D_B ——底板中心圆直径, mm。按式 (A.5)、式 (A.6)、式 (A.7) 计算:

a) A、AN 型支腿:

$$D_B = D_o + 2\delta_a \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

b) B、BN 型支腿:

$$D_B = D_o + 2\delta_a - 40 \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

c) C、CN 型支腿:

$$D_B = W + 2\sqrt{\left(\frac{D_o}{2} + \delta_a\right)^2 - \left(\frac{W - 2t_2}{2}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

D_o ——壳体外直径, mm。

W_1 ——重力载荷, 按 6.5 中不同工况下的载荷组合分别计算, N。

A.2.5 支腿强度及稳定计算

A.2.5.1 支腿的弯曲应力

单根支腿的最大弯曲压应力按式 (A.8)、式 (A.9)、式 (A.10) 计算:

a) A、AN 型支腿:

$$\sigma_b = \frac{RL_1 + F_L e}{Z} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

b) B、BN 型支腿:

$$\sigma_b = \frac{RL_1 + 20F_L}{Z} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

c) C、CN 型支腿:

$$\sigma_b = \frac{RL_1}{Z} \quad \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

式中:

σ_b ——单根支腿的最大弯曲压应力, MPa;

L_1 ——基础板下表面至支腿装配焊缝中心的距离长度, mm;

$$L_1 = H_0 + \frac{h_f}{2} + 50 \quad \dots\dots\dots (\text{A.11})$$

e ——底板形心至支柱横截面形心的距离 (见图 A.2), mm;

Z ——单根支腿的抗弯截面模量, mm^3 。

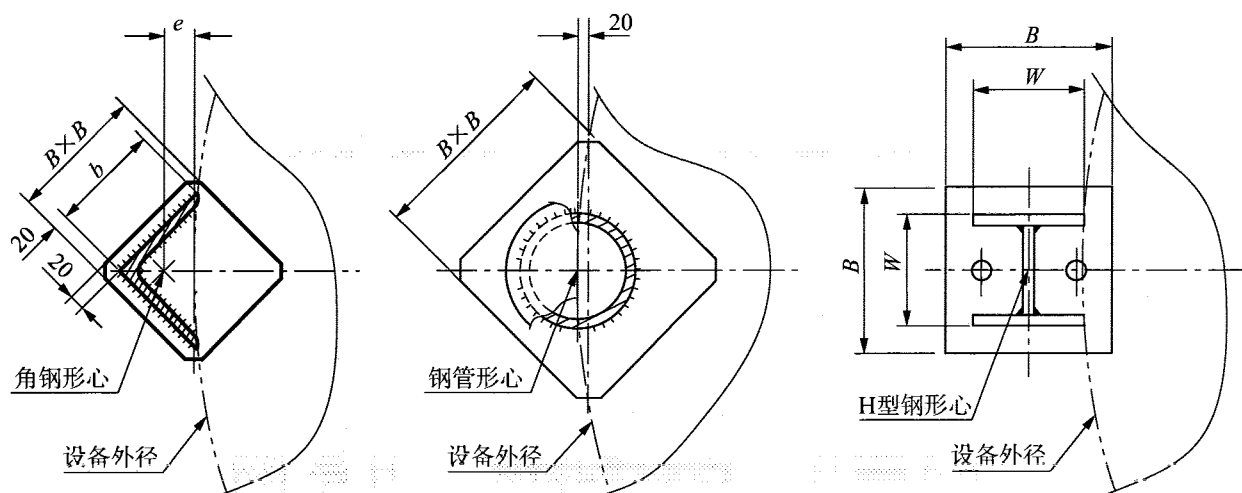


图 A.2

A.2.5.2 支腿的轴向应力

单根支腿的轴向压缩应力按式 (A.12) 计算:

$$\sigma_c = \frac{F_L}{A} \quad \dots\dots\dots (\text{A.12})$$

式中:

σ_c ——单根支腿的轴向应力, MPa;

A ——支腿的横截面积, mm^2 。

A.2.5.3 支腿的许用临界压应力

支腿的有效长细比按式 (A.13) 计算:

$$\lambda = \frac{0.7L_2}{i} \quad \dots\dots\dots (\text{A.13})$$

支腿的临界长细比按式 (A.14) 计算:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\pi^2 E^t}{0.6[\sigma]^t}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.14})$$

式中:

λ ——支腿的有效长细比;

$\bar{\lambda}$ ——支腿的临界长细比;

E^t ——支腿设计温度下的支腿材料的纵向弹性模量, MPa;

i ——支腿截面的最小回转半径, mm;

L_2 ——支腿长度 ($L_2 = H_0 + 50$), mm。

支腿的许用临界压应力:

a) 当 $\lambda \leq \bar{\lambda}$ 时, 可按式 (A.15)、式 (A.16) 计算:

$$[\sigma]_{cr}^t = \frac{\left[1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}\right)^2\right] [\sigma]_e^t}{\nu} \dots\dots\dots (A.15)$$

$$\nu = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}\right)^2 \dots\dots\dots (A.16)$$

b) 当 $\lambda > \bar{\lambda}$ 时, 可按式 (A.17) 计算:

$$[\sigma]_{cr}^t = \frac{0.277 [\sigma]_e^t}{\left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}\right)^2} \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

$[\sigma]_{cr}^t$ ——支腿设计温度下的许用临界压应力, MPa。

A.2.5.4 支腿截面组合验算

支腿截面组合验算应满足式 (A.18) 的要求:

$$\left| \frac{\sigma_c}{[\sigma]_{cr}^t} \right| + \left| \frac{\sigma_b}{[\sigma]_e^t} \right| \leq 1 \dots\dots\dots (A.18)$$

A.2.6 支腿与筒体连接处焊缝的强度计算

a) 焊缝处的剪切应力可按式 (A.19)、式 (A.20) 计算:

$$\tau = \frac{F_L}{A_f} \dots\dots\dots (A.19)$$

$$\tau \leq \phi [\tau]_w^t \dots\dots\dots (A.20)$$

式中:

τ ——连接焊缝处的剪切应力, MPa;

A_f ——连接焊缝的抗剪面积, mm²;

$$A_f = \frac{2h_f \delta_w}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (A.21)$$

δ_w ——连接焊缝的焊脚高度, mm;

ϕ ——焊接接头系数, 取 $\phi=0.6$;

$[\tau]_w^t$ ——支腿与设备连接处焊缝的许用剪切应力, MPa。其值按式 (2) 确定。

b) 焊缝的弯曲应力可按式 (A.22)、式 (A.23) 计算:

$$\sigma = \frac{RL_1}{Z_f} \dots\dots\dots (A.22)$$

$$\sigma \leq K_L \phi [\sigma]_w^t \dots\dots\dots (A.23)$$

式中:

σ ——连接焊缝处的弯曲应力, MPa;

Z_f ——焊缝的抗弯截面模量, mm^3 ;

$$Z_f = 2 \times \frac{h_f^2}{6} \times \frac{\delta_w}{\sqrt{2}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.24})$$

$[\sigma]_w^t$ ——取设计温度下支柱材料的许用应力 $[\sigma]_e^t$ 和容器或垫板材料的许用应力较小值, MPa。

A.2.7 地脚螺栓的强度计算

a) 当 $F_L > 0$ 时, 地脚螺栓的拉应力应按式 (A.25)、式 (A.26) 计算:

$$\sigma_{bt} = \frac{F_L}{n_b A_{bt}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.25})$$

$$\sigma_{bt} \leq [\sigma]_{bt} \quad \dots\dots\dots (\text{A.26})$$

式中:

σ_{bt} ——单个地脚螺栓的拉应力, MPa;

n_b ——单个支腿的地脚螺栓数量;

A_{bt} ——单个地脚螺栓的有效截面积, mm^2 。

b) 地脚螺栓的剪切应力可按式 (A.27)、式 (A.28) 计算:

$$\tau_{bt} = \frac{R}{n_b A_{bt}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.27})$$

$$\tau_{bt} \leq [\tau]_{bt} \quad \dots\dots\dots (\text{A.28})$$

式中:

τ_{bt} ——单个地脚螺栓的剪应力, MPa。

A.2.8 支腿底板的强度计算

a) 支腿底板的压应力可按式 (A.29)、式 (A.30) 计算:

$$\sigma_{cb} = \frac{F_L}{B^2} \quad \dots\dots\dots (\text{A.29})$$

$$\sigma_{cb} = [\sigma]_{cb} \quad \dots\dots\dots (\text{A.30})$$

式中:

σ_{cb} ——支腿底板的压应力, MPa;

$[\sigma]_{cb}$ ——支腿底板的许用压应力, MPa。其值取混凝土基础载荷的许用压应力。

b) 支腿底板的厚度可按式 (A.31) 计算:

$$\delta_b = B_1 \sqrt{\frac{3\sigma_{cb}}{K_L [\sigma]_e^t}} + C_1 + C_2 \quad \dots\dots\dots (\text{A.31})$$

式中:

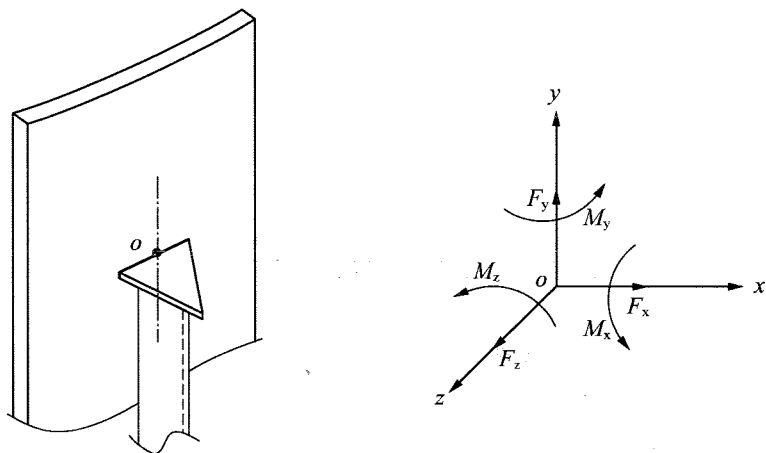
B_1 ——支腿到底板边缘的最大距离, mm;

C_1 ——支腿底板负偏差, mm;

C_2 ——支腿底板腐蚀裕度, mm。

A.3 支腿连接处的筒体局部应力计算

与支腿相连接的筒体处, 由于支腿反力作用, 会产生力 F_x 、 F_y 、 F_z 及力矩 M_x 、 M_y 、 M_z (见图 A.3), 应根据具体支腿布置位置, 对支腿连接处的筒体进行局部应力计算。



说明:

$$F_x = R, \quad M_x = 0;$$

$$F_y = F_L, \quad M_y = 0;$$

$$F_z = 0, \quad M_z = RL_1;$$

F_x 、 F_y 、 F_z ——与支腿相连接的筒体处，因支腿反力引起的力，N；

M_x 、 M_y 、 M_z ——与支腿相连接的筒体处，因支腿反力引起的力矩，N·mm。

图 A. 3

注：在局部应力评价时，应考虑以上载荷与容器内压的共同作用。

NB/T 47065.2—2018《容器支座 第2部分：腿式支座》 编制说明

1 范围

1.3 本部分不适用于有脉动疲劳失效的场合。

原标准：本部分不适用于通过管线直接与产生脉动载荷的机器设备刚性连接的容器。

容器支腿产生脉动疲劳失效不一定是通过管线直接与产生脉动载荷的机器设备刚性连接，有可能通过其他刚性构件连接，或是与产生脉动载荷的机器设备距离较近且安装在同一刚性平台，或是内部安装有产生脉动载荷部件的搅拌容器等。

1.4 本部分未考虑外部管线或其他设备所产生的附加弯矩。

本部分编制中无法定性、定量确定外部管线或其他设备所产生的附加弯矩，在实际工程中若存在，应予以考虑。

3 符号说明

按照标准编制要求，增加了符号说明。

4 型式特征

腿式支座的型式特征见表1。

表1 型式特征

型 式		支座号	垫板	适用容器公称直径 DN/mm	支 座 尺 寸
角钢支柱	AN	1~6	无	300~1 300	见表2、图2、图3
	A		有		
钢管支柱	BN	1~6	无	600~1 600	见表3、图4、图5
	B		有		
H型钢支柱	CN	1~6	无	1 000~2 000	见表4、图6、图7
	C		有		

依据腿式支座标准实施以来的实际应用经验，本次修订将原腿式支座所适用的容器公称直径DN400~DN1600根据角钢支柱、钢管支柱、H型钢支柱的实际应用进行了修改；为了便于选取，统一将支座号划定为1~6（见表1）。

- a) 角钢支柱增加了DN300规格，取消了DN1400、DN1500、DN1600规格，容器总高小于或等于5m；
- b) 钢管支柱取消了DN400、DN500规格，容器总高小于或等于5.6m；
- c) H型钢支柱取消了DN400~DN900规格，增加了DN1700、DN1800、DN1900、DN2000

规格，容器总高小于或等于7m。

高度及直径比较小的立式容器，通常采用腿式支座。具有结构简单、易于制造、价格便宜，并可使容器下部留有较大的开放空间，便于连接管线及进行防腐、绝热、防火等工程施工。经工程广泛实际应用，本支腿标准规格系列基本满足要求，对于本部分设计条件及规格系列以外的容器支腿的选用，可按照本标准附录A进行设计计算。

5 系列参数及尺寸

5.1 腿式支座的结构图中，对符号进行了修改，对盖板进行了倒角加工，防止划伤人员。

5.2 考虑到石油化工装置中生产或储存的介质多为易燃、易爆及有毒介质，根据GB 50160—2008《石油化工企业设计防火规范》中5.6，装置区内地面安装的腿式支座容器，其腿式支座的支柱、底板及地脚螺栓一般需设置耐火层。本次修订按照30mm厚耐火层要求，加大了盖板尺寸。对于厚度大于30mm耐火层或无耐火层的腿式支座，盖板尺寸应予以相应增减。

5.3 为了便于设计人员选取腿式支座，本次修订将原腿式支座系列参数表中“允许载荷 Q_0 ”扣除了地震、风的影响，按照支撑高度 $H_{0\max}$ 下的设备最大质量计算出单根支腿所允许的最大重力载荷。

6 设计

6.1 本次修订增加了腿式支座设计温度、腐蚀裕量、材料、许用应力、工况及载荷组合等要求。

腿式支座的温度受容器壳体壁温、绝热层、耐火层所选用的材料和厚度以及环境温度等影响，并且沿支柱高度方向发生变化。腿式支座的设计温度一般可按下述工况确定：

- a) 压力试验工况：腿式支座各元件的设计温度可取压力试验条件下试验介质温度。
- b) 停工、安装工况：腿式支座各元件的设计温度按使用地区历年来月平均最低气温的最低值加20℃（以下简称“环境温度”）考虑。
- c) 操作工况：
 - 1) 地脚螺栓和支腿底板的设计温度可按环境温度考虑；
 - 2) 盖板、垫板及支柱，当有可靠的绝热措施时，设计温度可取容器设计温度；当没有可靠的绝热措施且容器内部介质为气体时，设计温度可取容器介质温度与环境温度的算术平均值；当没有可靠的绝热措施且容器内部介质为液体时，设计温度可取容器内部介质温度。

6.3 为了应用方便，表5给出了常用支腿材料的选择表。当腿式支座设计温度低于-20℃时，可按设计温度的取值相应选用Q235E、Q345R、Q345DR、09MnNiDR、S30408等材料。

6.4 许用应力

表6给出了腿式支座设计温度 $-20^{\circ}\text{C} \leq t \leq 200^{\circ}\text{C}$ 支腿常用材料的许用应力。支腿计算时宜考虑压力试验、安装及操作工况，其中压力试验工况和安装工况，支腿应选取20℃的许用应力值；当操作工况腿式支座设计温度大于200℃或采用其他材料时，按6.4.1确定许用应力。

地脚螺栓许用应力：

- a) 室温下，Q235的许用应力 $[\sigma]_{\text{B}}^{20} = 147 \text{ MPa}$ ，Q345的许用应力 $[\sigma]_{\text{B}}^{20} = 170 \text{ MPa}$ ；
- b) 若地脚螺栓的设计温度高于室温，或采用其他材料时，按6.4.1确定许用应力，其中 n_s 按以下要求选取：采用碳素钢制地脚螺栓时，取 $n_s \geq 1.6$ ；采用其他低合金钢制地脚螺栓时，则取 $n_s \geq 2.0$ 。

8 制造

8.1 焊接采用电弧焊，焊材型号应根据支座材料参照有关标准选用。焊接接头型式和尺寸应符合 GB/T 985.1 的规定。

考虑到 H 型钢支柱在实际制造过程中因用量少难以采购，制造商一般采用钢板焊制，其焊接可参照 YB/T 3301—2005《焊接 H 型钢》的要求进行。对于本部分以外的 H 型钢支柱，也可选用 GB/T 11263—2017《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》。

9 选用方法

9.2 对超出 9.1 范围的支腿，可参考本部分附录 A 腿式支座计算方法进行设计。

在实际工程中若存在外部管线或其他附件所产生的附加载荷，有可能造成支腿所允许的最大载荷超限，设计中应予以考虑。

附录 A

A.2.8 支腿底板的强度计算

支腿底板的许用压应力 $[\sigma]_{cb}$ 应根据实际所采用的混凝土基础的强度等级，按照 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》4.1.4 中表 4.1.4-1 选取。

表 4.1.4-1 混凝土轴心抗压强度设计值

强度	在下列强度等级下的 f_c / (N/mm ²)													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9

本部分表 2、表 3 及表 4 支腿底板的许用压应力 $[\sigma]_{cb}$ 是按照混凝土强度等级 C25 选取的。