
石油煉廠設備之 計算和設計

上 冊

苏联 尤·勒·維赫曼 伊·弗·巴皮茨基 斯·伊·伏里福松著

石油工業出版社

石油煉廠設備之 計算和設計

苏联 尤·勒·維赫曼 伊·弗·巴皮茨基 斯·伊·伏里福松著

北京石油學院煉廠機械教研室譯



石油工業出版社

內 容 提 要

全書介紹石油煉廠主要設備之結構和強度計算，以及製造這些設備用的材料和防腐方法等。

全書共分三部分，前兩部分着重描述各種材料的性能和各種設備部件之計算及設計；後一部分主要介紹各個完整設備之計算及設計。

書中差不多收集了所有在計算和設計上所必要的公式和數據。

為了教學需要和使用方便，全書分兩冊出版。本書為上冊，包括前兩部分。

本書供石油煉廠的計算、設計和操作人員閱讀，此外化學工廠、食品工廠和其他工業部門設計人員以及各行業專業的高等學校學生都可以參考。

Ю. Л. ВИХМАН И. Ф. БАБИЦКИЙ С. И. ВОЛЬФОН
РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕФТЕЗАВОДСКОЙ АППАРАТУРЫ
根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社1965年列寧格勒版翻譯

書号 101

石油煉廠設備之計算和設計

北京石油學院煉廠機械教研室譯

石油工業出版社出版（地址：北京大柵欄石油工廠內）

北京市書刊出版登記證出字第083號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 19 $\frac{1}{2}$ 印張 * 423千字 * 定價(8) 3元0角4分

1956年2月北京第1版第1次印刷(1—1,400冊)

目 錄

第一篇 總論	1
緒 言	1
第 一 章 設備之分類	1
第 二 章 關於設備計算及設計方面的法規。設備的水壓和氣壓試驗	4
第 三 章 石油廠設備部件之腐蝕及防護方法	6
第 四 章 石油廠機器及設備的主要材料	30
第二篇 設備部件的計算與設計	83
第 一 章 內(表)壓薄壁圓筒的計算	83
第 二 章 受外(表)壓(真空作用)的鋼製圓筒的計算	87
第 三 章 內(表)壓厚壁圓筒的計算	98
第 四 章 石油廠設備的底蓋和頭蓋	105
第 五 章 高壓高溫的連接。高壓高溫的密封	141
第 六 章 法蘭，連接管，法蘭接合用的雙頭螺栓與螺絲，法蘭接合的計算，墊圈，可 拆卸和不可拆卸的管件，管箍，視孔，窺視管	152
第 七 章 器壁開口的加強	234
第 八 章 直立設備的穩定度計算	246
第 九 章 煙囪的計算	262
第 十 章 設備支座	277
第十一章 銲縫及其結構	300
第十二章 加熱爐迴彎頭	326

用橢圓形截面金屬墊圈的鑄造法蓋尺寸

表 59a

$p_y = 64, 100, 160, 250$ 及 400 kg/cm^2 採自試用標準* (圖109)

标称口径	标称压力 $p_y, \text{kg/cm}^2$									
	64		100		160		250		400	
	尺寸, mm									
D_y	s_1	b	s_1	b	s_1	b	s_1	b	s_1	b
25	18	24	18	24	18	34	18	40	25	56
32	18	30	18	30	18	34	20	46	26	66
40	20	30	20	30	20	42	24	48	26	68
50	20	30	22	34	28	48	28	58	40	86
70	22	36	24	40	30	54	30	64	42	86
80	23	36	26	42	32	58	38	64	46	102
100	26	38	30	48	34	58	46	78	52	115
125	30	44	32	52	38	72	48	96	62	134
150	32	50	36	60	42	86	54	110	67	134
200	36	56	42	68	50	100	60	126	—	—
250	38	64	48	74	60	108	74	142	—	—
300	42	70	54	88	—	—	—	—	—	—
350	46	70	58	92	—	—	—	—	—	—
400	50	78	—	—	—	—	—	—	—	—
450	52	88	—	—	—	—	—	—	—	—
500	58	98	—	—	—	—	—	—	—	—

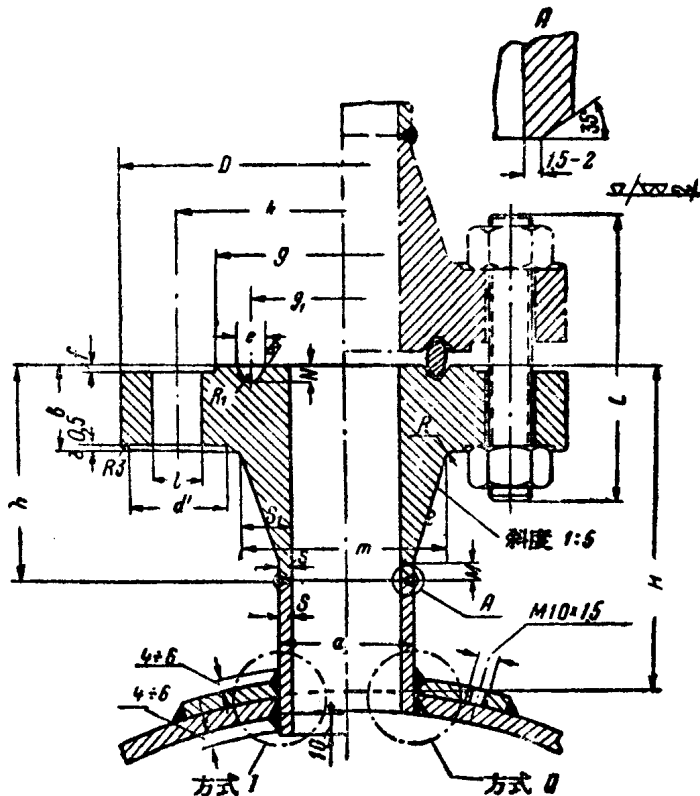


圖 109

* 阿塞拜疆國家石油設計院擬出。

$p_y = 10$ 及 16 kg/cm^2 的法藍接合，当介質溫度低於 200°C 時可以按照所列表中的尺寸採用螺栓。

在較高的溫度時宜用雙頭螺栓來固定法藍接合。此雙頭螺栓兩端都有螺母，螺栓上可以沿全部長度切削螺紋，也可以按螺紋的內徑在中間部分車光。這是很重要的，因為此種結構的雙頭螺栓所受的溫度應力比螺栓或比僅在端面有螺紋而中間部分不按螺紋內徑車光的雙頭螺栓的溫度應力要小。

這種現象可以近似的解釋如下：由於法藍與雙頭螺栓間的溫度差，在雙頭螺栓（螺栓）中產生了溫度應力。在同一个法藍的膨脹數值下，螺栓中所產生的力大於同样直徑的雙頭螺栓中所產生者，這是因為螺栓桿的橫截面積比雙頭螺栓桿——中間部分按螺紋的內徑車光——的橫截面積大。而同一直徑的雙頭螺栓及螺栓的危險斷面面積是相等的（見 184 頁）。

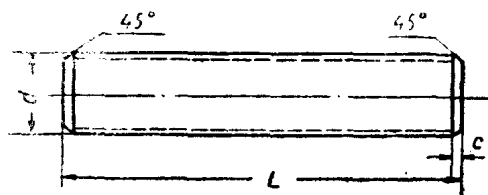


圖 110

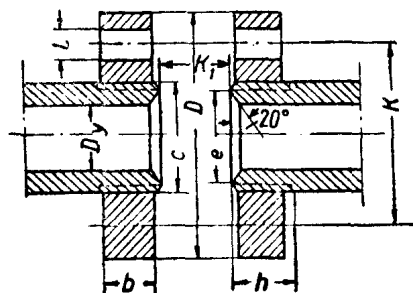


圖 111

a—有六角帽的螺栓； б—螺桿。

表 60 給出為表 55—58 中法藍用的雙頭螺栓的尺寸及重量（圖 110），數據取自石油人民委員會（Наркомнефти）部定標準。

表 60 中雙頭螺栓的螺紋係按 OCT/НКТП 32 的公制螺紋。

雙頭螺栓的標準材料：溫度 375°C 以下——Ст.30, 35 按 ГОСТ 1050-52；溫度高於 375°C ——30ХМА 及 35 ХМФ 鋼按 ГОСТ 4543-48。溫度在 375°C 以下亦可按 ГОСТ 4543-48 採用 35Х, 40ХН, 30ХГСА 或 30ХНЗ 號鋼。至於螺母溫度在 350° 以下用 Ст. 25，溫度在 $350—450^\circ$ 用 Ст. 35 按 ГОСТ 1050-52；溫度超過 450° 用鋼 30 ХМА。

法藍如果用 X18H9T (ЭЯ1Т) 鋼，雙頭螺栓按 ГОСТ 5632-51 應用 4X14H14B2M (ЭИ69) 鋼，因為要考慮到在高溫時雙頭螺栓與法藍的材料必須具有相同的直線膨脹係數。

緊固件材料及其他法藍接合零件的補充資料見表 83。

法藍接合用的双头螺栓, $p_y = 10, 16, 25$ 及 40 kg/cm^2 , 按部定标准 H447-45 (圖 110)

表 60

(尺寸, mm)

d	12	16	20	22	27	36	42
c	1.8	2	2.5	2.5	3.5	4.5	5
1000个螺母 的重量, kg	25.21	46.37	76.79	110.8	152.8	377.7	634.5

标 称 口 徑 D_y	$p_y = 10 \text{ kg/cm}^2$ 按表 5, 部定标准 H425-45				$p_y = 16 \text{ kg/cm}^2$ 按表 5, 部定标准 H427-45				$p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$ 按表 5, 部定标准 H431-45				$p_y = 25 \text{ kg/cm}^2$ 按表 5, 部定标准 H433-45				$p_y = 40 \text{ kg/cm}^2$ 按表 5, 部定标准 H435、H436				标 称 口 徑 D_y
	双头螺栓 尺寸	数	每 个 重 量	每 个 重 量	双头螺栓 尺寸	数	每 个 重 量	每 个 重 量	双头螺栓 尺寸	数	每 个 重 量	每 个 重 量	双头螺栓 尺寸	数	每 个 重 量	每 个 重 量	双头螺栓 尺寸	数	每 个 重 量	每 个 重 量	
25	M12	60	0.043	0.043	M12	60	0.043	0.043	M12	70	0.043	0.043	M12	70	0.052	0.052	M12	70	0.052	0.052	25
32	M16	70	0.095	0.095	M16	70	0.095	0.095	M16	80	0.095	0.095	M16	80	0.11	0.11	M16	80	0.11	0.11	32
40	M16	80	0.11	0.11	M16	70	0.095	0.105	M16	80	0.11	0.11	M16	80	0.11	0.11	M16	80	0.11	0.11	40
50	M16	80	0.11	0.11	M16	70	0.095	0.114	M16	80	0.11	0.11	M16	80	0.11	0.11	M16	80	0.11	0.11	50
70	M16	80	0.11	0.11	M16	80	0.11	0.124	M16	90	0.12	0.12	M16	90	0.12	0.12	M16	90	0.12	0.12	70
80	M16	90	0.12	0.12	M16	80	0.11	0.138	M16	90	0.12	0.12	M16	90	0.12	0.12	M16	90	0.12	0.12	80
100	M16	90	0.12	0.12	M16	80	0.11	0.138	M16	100	0.13	0.13	M16	100	0.13	0.13	M16	90	0.12	0.12	100
125	M16	90	0.12	0.12	M16	80	0.11	0.146	M16	100	0.13	0.13	M16	100	0.13	0.13	M16	100	0.13	0.13	125
150	M20	100	0.209	0.209	M20	100	0.209	0.223	M20	110	0.23	0.23	M20	110	0.23	0.23	M20	100	0.209	0.209	150
200	M20	100	0.209	0.209	M20	100	0.209	0.23	M20	110	0.23	0.23	M20	110	0.23	0.23	M20	110	0.23	0.23	200
250	M20	110	0.228	0.228	M20	110	0.228	0.25	M20	120	0.25	0.25	M20	120	0.25	0.25	M20	110	0.228	0.228	250
300	M20	110	0.228	0.228	M20	110	0.228	0.25	M20	120	0.25	0.25	M20	120	0.25	0.25	M20	120	0.25	0.25	300
350	M20	110	0.228	0.228	M20	110	0.228	0.25	M20	120	0.25	0.25	M20	120	0.25	0.25	M20	120	0.25	0.25	350
400	M22	120	0.308	0.308	M22	120	0.308	0.31	M22	130	0.31	0.31	M22	130	0.31	0.31	M22	120	0.308	0.308	400
450	M22	120	0.308	0.308	M22	120	0.308	0.31	M22	130	0.31	0.31	M22	130	0.31	0.31	M22	120	0.308	0.308	450

表 59 中短管的材料是 Cr.10, 当 $p_f = 64$ 、100 及 160 кг/см^2 , $p_y > 160 \text{ кг/см}^2$ 時, 按 ГОСТ 301-50 用無縫管; $p_y = 160 \text{ кг/см}^2$, $D_y > 100 \text{ мм}$ 和 $p_y < 160 \text{ кг/см}^2$ 時, 按 ГОСТ 1464-50 用厚壁無縫管。

圖 111 及表 61 中所表示的是压力为 700 mm 的帶有透鏡式金屬墊圈的法藍接合。

在某些情況下需要時常很快地開啓及關閉人孔等的頭蓋時, 可以採用所謂鉸鏈螺栓(圖 112)。

表 62 給出鉸鏈螺栓的尺寸, 環形頭的直徑从 10 到 48 мм^①。

管綫的法藍接合, $p_y = 700 \text{ кг/см}^2$ (圖 111)

表 61

(尺寸, мм)

標 稱 口 徑	螺 紋			墊 圈 表 面 直 徑	法 藍			螺栓或双头螺栓				透鏡式 墊 圈		管 端 間 距 离		
	管 子	管 件 部 分	長 度		直 徑	厚 度	螺周 栓 孔 直 孔 圓 徑	數 量	螺 紋	螺 栓 孔 直 徑	製 造 時 長 度 L	標 稱 直 徑	厚 度			
Dy	c			h	e	D	b	K	—	d	l	a	б	—	s	K ₁
6	1/4" 管	1/2" 管	28	10	95	20	60	3	5/8"	18	65	—	—	8.5	7	
10	5/8" 管	3/4" 管	28	18	95	20	60	3	5/8"	18	65	—	—	8.5	5.5	
16	1" 管		35	26	105	25	68	4	5/8"	18	75	—	—	9	5.5	
24	1 1/2" 管		35	35	135	25	95	4	3/4"	22	85	105	—	13	9	
34	2 1/4" 管		45	47	165	55	115	6	7/8"	25	110	130	—	15	10.5	
45	81 × 1/8" 89 × 1/8"		55	60	200	40	145	6	1"	28	125	150	—	18	12.5	
58	101 × 1/8"		65	76	225	50	170	6	1 1/8"	32	—	180	—	22	15.5	
70	125 × 1/8"		70	92	260	55	195	6	1 1/4"	35	—	200	—	25	17	
(90)			90	116		70					—	245	—	30	21	
	169 × 1/4"				330		255	8	1 1/2"	42						
100			95	130		78					—	260	—	32	21	
(120)			115	152		95					—	320	—	40	29.5	
	225 × 1/4"				400		315	8	1 3/4"	48						
135			125	172		105					—	340	—	42	28.5	
(150)				192							—	410	—	50	35	
	269 × 1/4"		150		480	130	380	10	2"	55						
160				200							—	410	—	52	37.5	

註: 1. 取自國家氣體燃料工業設計院 (Гипрогазотпрома) 部定標準手冊 М80-2 上的表。

2. 透鏡式墊圈見表 68。

3. 括弧內的標稱口徑在新的裝配中不應採用。

4. 表 61 中法藍接合零件的材料列於國家氣體燃料工業設計院 (Гипрогазотпрома) 標準 М106-23 及 М-145 中。

① 按機械及儀表製造工業部化工機械總局 (Главхиммаш Мич. маш. и приборостроения) 的部定標準, 列於化工機械及設備部定標準 (Нормали на химические аппараты и машины), 第三章 4.3——緊固零件, 1949。

鉸紋螺栓，按部定標準 HMT4-27-47MM和П (圖 112)
(尺寸, мм)

表 62

螺紋直徑 d		M10	M12	M15	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	(M42)	M48
內眼直徑 d_1	名义容許偏差	10 ± 0.1	12 ± 0.12	14 ± 0.12	15 ± 0.12	18 ± 0.12	22 ± 0.14	24 ± 0.14	26 ± 0.14	33 ± 0.17	36 ± 0.17	42 ± 0.17
	名义的	20	24	30	35	40	45	50	55	65	75	85
外眼直徑 D	名义容許偏差	12 ± 0.7	14 ± 0.7	18 ± 0.7	22 ± 0.8	25 ± 0.8	26 ± 0.8	30 ± 0.8	32 ± 1.0	38 ± 1.0	45 ± 1.0	52 ± 1.0
	名义的	7	8	10	13	15	16	17	20	23	25	30
轉角半徑 r		1.5	1.8	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
螺絲的尾部 e		1.5	1.8	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
長度 L		容許偏差	螺紋長度 l_0 ，包括退出螺紋									
43	± 1.5	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	± 1.5	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	± 1.5	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	± 1.5	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	± 1.5	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110	± 2.0	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
140	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260	± 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

註：括弧內的尺寸於可能不用。

鉸鏈螺栓之固定方法上
 應要消除它从所在位置滑出
 之可能性。圖 112 所示为普
 通用開口銷固定的环形头的
 鉸鏈螺栓。因为墊环放在埋
 头孔內，螺栓便沒有可能滑
 出。

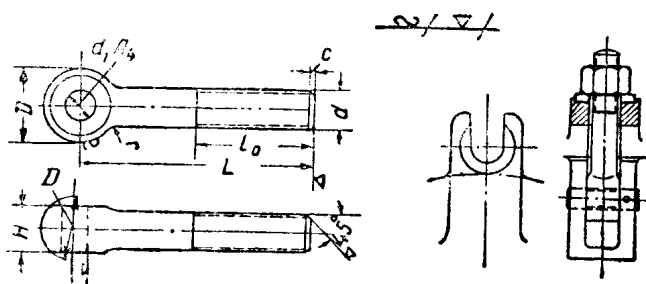


圖 112

B. 法藍接合計算

法藍接合計算包括螺栓及法藍的計算、压緊表面的形狀及墊圈的选择。

螺栓（或双头螺栓）的計算

在作螺栓計算時必須要定出其直徑与數量。ГОСТ 及部定標準中給出特定的全
 套用於各种标称压力及口徑時有關螺栓直徑及數量的數據，因此在設計新的而不包
 括在ГОСТ中的法藍接合時，首先应当从上述資料中选择一個近似的螺栓尺寸（由於
 在旋緊時可能被扭弯，直徑小於 12.5mm 的螺栓不應用於法藍接合）。

法藍直徑如果大於 ГОСТ 所給的，則法藍的厚度及螺栓的直徑不應小於 ГОСТ
 中所列的最大直徑法藍的數值。

然後，根据螺栓材料，許用应力以及按螺紋內徑 $d_0(cm)$ 計算的螺栓截面積來
 確定一個螺栓上的許可載荷， q_6 ，通常採用

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q_6}{\pi R_z}} + c, \quad (147)$$

式中 c ——結構的附加量， cm ，碳鋼的螺栓 $c=0.5cm$ ，
 合金鋼的螺栓 $c=0.2cm$ 。

由上式，一個螺栓上的許可載荷等於

$$q_6 = \frac{(d_0 - c)^2 \pi R_z}{4}. \quad (148)$$

由Ст.3, Ст.5号碳鋼以及 25, 30, 35, 35X, 30 XГСА 号鋼製的螺栓与双头螺栓，
 R_z 的數值在正常溫度下，取鋼的極限强度之六分之一（即安全係數 = 6）。这样定出
 的螺栓 R_z 的數值可在低於 200°C 時許可使用，亦即

$$R_z (< 200^\circ C) = \frac{\sigma_b(20^\circ C)}{6}. \quad (149)$$

溫度如果高於 200°C 但小於 300°C，許用应力的數值

$$R_z (201 \sim 300^\circ C) = 0.8 R_z (< 200^\circ C). \quad (150)$$

溫度高於 300°C 而低於 350°C 時，Ст.5 号鋼製的螺栓其許用应力，

$$R_z(301 \sim 350^\circ\text{C}) = 0.7 R_z(\leq 200^\circ\text{C})^* \quad (151)$$

如此 Cr.3 号鋼製的螺栓($\sigma_b \geq 3800 \text{ кг/см}^2$)的許用应力在 200°C 以下將等於:

$$R_z(\leq 200^\circ\text{C}) = \frac{\sigma_b}{6} = \frac{3800}{6} \approx 630 \text{ кг/см}^2$$

而相应地一个 Cr.3 号鋼螺栓上的許可載荷

$$q_6 = \frac{(d_0 - 0.5)^2 \cdot R_z}{4} = \frac{(d_0 - 0.5)^2 \cdot 630}{4} \approx 500(d_0 - 0.5)^2 \quad (152)$$

上述的螺栓在 350°C 操作時其許用应力將等於:

$$R_z(350^\circ\text{C}) = 0.7 R_z(\leq 200^\circ\text{C}) = 0.7 \times 630 = 440 \text{ кг/см}^2 \quad (153)$$

Cr.5 或 Cr.30 号鋼製的螺栓(双头螺栓)其許用应力

$$R_z(\leq 200^\circ\text{C}) \approx 820 \text{ кг/см}^2,$$

而

$$q_6 = \frac{(d_0 - 0.5)^2 \cdot R_z}{4} = \frac{(d_0 - 0.5)^2 \cdot 820}{4} \approx 650(d_0 - 0.5)^2 \quad (154)$$

表 62 中列出 Cr.3 与 Cr.5 号鋼製的螺栓在 350°C 以下的許可載荷, 按表 52^①。

法藍接合中螺栓 (双头螺栓) 的許可載荷: 螺栓螺紋

表 62

係公制螺紋, 按 OCT32

螺 栓 直 徑 d мм	各温度範圍 ($^\circ\text{C}$) 的許可載荷 q_6 , кг					
	0—200		201—300		301—350	
	Cr. 3	Cr. 5	Cr. 3	Cr. 5	Cr. 3	Cr. 5
M 12	105	138	85	111	74	97
M 16	337	438	270	352	237	306
M 20	665	863	532	690	466	606
M 22	915	1190	732	955	640	832
M 27	1590	2070	1272	1660	1030	1440
M 30	2020	2625	1618	2100	1415	1840
M 33	2680	3480	2150	2780	1830	2430
M 36	3230	4200	2580	3360	2260	2940
M 42	4640	6020	3710	4820	3240	4210
M 48	6330	8500	5220	6300	4590	5940

为了減輕螺紋的損蝕, 螺母与双头螺栓建議用不同号的鋼製造, 或在用同一号的鋼時——使具有不同的机械性質(即熱处理的情况不同), 而使螺母与双头螺栓具有不同的硬度。其中螺母的机械性質常低於双头螺栓。

合金鋼製的双头螺栓應經過熱处理(淬火及回火)。回火的温度至少应高於双头螺栓的操作温度 100°C 。

* 對於 25, 30, 35, 35 X 及 30 XICA 号鋼的双头螺栓, 式(151)適用於 375° 以下的温度。

① 緊固零件的許用应力还可參看第一篇。

已知一个螺栓(双头螺栓)上的許可載荷 q_6 ，可用下式決定螺栓的數量 n

$$n = \frac{Q_6}{q_6}, \quad (155)$$

式中 Q_6 ——法藍連接螺栓上的總載荷(螺栓載荷)。

載荷 Q_6 至少應該能够抗住由內部壓力作用在法藍接合上的載荷，並能壓緊墊圈以保證密封性。

在操作情況下螺栓上的載荷可按式決定

$$Q_6 = \frac{\pi \left(D_i + \frac{2}{3} b_x \right)^2 p}{4} + \pi D_c b_0 m p, \quad (156)$$

式中 D_i ——墊圈的內徑，cm；

b_x ——墊圈的寬度，cm，等於 b_1 或 b_2 (見表 63 6)；

D_c ——墊圈平均直徑，cm； $D_c = D_i + b$ ；

m ——墊圈上的比壓係數(墊圈係數)(見表 63a)。

係數 m 的數值 (用於式 153)

表 63a

墊 圈 材 料	墊 圈 係 數 m	墊圈上所必須的比壓力 $q_{\Pi}, \text{kg/cm}^2$	圖 形
硬橡皮片	0.75	50	 僅用於法藍的光滑表面
襯布的硬橡皮	1.00	70	
壓製的石棉或石棉組成物	2.5	315	
內墊石棉的波狀金屬墊圈	3	420	
同上的墊圈沒有填充物， 鏽-銅合金(70—30)，軟銅	3.25	500	 僅用於法藍的光滑表面
內填石棉的金屬墊圈，外 殼用鋁或銅	3.25	500	
同上的墊圈，外殼用 ЭИ 496(11—13%Cr)鋼	3.75	630	
整塊金屬墊圈： 軟鋁	4	700	
軟銅，海軍黃銅	4.75	1000	
軟銅，鏽-銅合金(70—30)	5.5	1250	
ЭИ496(11—13%Cr)	6	1500	

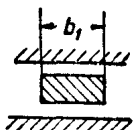
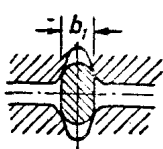
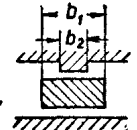
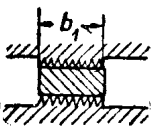
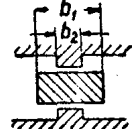
係數 m 表明，為了保證在操作情況下接合的密封性，墊圈上的比壓力應比內壓

力大若干倍^①。

b_0 ——垫圈的計算寬度——按結構決定；列於表 636 中。

当压力为 p 而法兰联接在較高的温度下（高於 200°C）操作，則通常計算螺栓及法兰可按式(156)、(157)、(159)以标称压力 p_y 來計算，此压力按表 52 及 54 決定。

压紧表面的形狀与垫圈計算寬度的關係(用公式(155)及(158)) 表 636

压紧表面的形狀	垫圈的計算寬度 b_0	压紧表面的形狀	垫圈的計算寬度 b_0
	$b_0 = b_1$		$b_0 = \frac{b_1}{4}$
	$b_0 = \frac{b_1 + b_2}{2}$		$b_0 = \frac{b_1}{2}$
	$b_0 = \frac{b_1}{2}$		

在內压出現前，起始压紧^②垫圈時螺栓上所受的載荷 Q'_6 也必須算出，

$$Q'_6 = \pi D_c b' q_n, \tag{157}$$

式中 b' ——垫圈的标称寬度，以垫圈与法兰压紧表面的有效接觸表面計，其數量可採用

$$b' = \frac{b_0}{2}; \tag{158}$$

q_n ——压紧到足以保證緊密性時，垫圈上的比压力， kg/cm^2 ，取自表 63a。

按式(155)計算螺栓數或按式(160)計算法兰載荷時，应採用 Q_6 或 Q'_6 中較大的數值。

顯然，在低压下按(157)式算出的 Q'_6 的數值，在一般情況下要比按(156)式算出

①對於計算高压容器的金屬垫圈時，在[23]中介紹有對我們有興趣的數據。
 ②公式(157)係用於按标称压力 p_y 計算的情況下。其他情況下，載荷 Q'_6 須由下式決定：

$$Q'_6 = \pi D_c b' q_n \psi, \tag{157a}$$

此處 $\psi = \frac{R_{z_t}}{R_z}$ ； R_{z_t} ——該操作温度時螺栓的許用应力； R_z ——常溫時螺栓的許用应力。

的 Q_6 的數值大, 尤其当墊圈材料要用很大的挤压載荷^①來產生緊密性時, 此點更為確實。

在決定螺栓的直徑與數量時要湊成必要的整數, 通常取較大的一面; 因此螺栓上的最大許可載荷 $Q_{6\text{ max}}$ 照例較按(156)式或(157)式所算出的載荷 Q_6 要大, 即:

$$Q_{6\text{ max}} = F_6 R_{zt}, \quad (159)$$

式中 F_6 ——法藍接合中所有螺栓的截面積, cm^2 , 按螺紋的內徑計算, R_{zt} 為該操作溫度時的許用應力。通常按標稱壓力 p_y 計算螺栓; 同時 $R_{zt} = R_z$, 即等於在正常溫度下的許用應力。

當按照以下的敘述來確定法藍強度時, 應注意計算載荷 $Q_{6\phi}$ 等於:

$$Q_{6\phi} = \frac{Q_6 + Q_{6\text{ max}}}{2}. \quad (160)$$

計算螺栓載荷也可用以下形式的公式計算

$$Q_6 = K p \frac{\pi}{4} \left(D_i + \frac{2}{3} b \right)^2 \kappa_z, \quad (161)$$

其中 K ——旋緊係數, 數值採用 1.5—2 之間。

按(161)式所算得的螺栓載荷常足以保證在內壓力 $p \kappa_z / \text{cm}^2$ 下螺栓的強度, 然而密閉性則祇有在使用較易變形的墊圈——例如橡皮或派路尼特 (паронит) 的墊圈等——時才能保證。如果法藍接合中採用金屬外殼或整塊金屬的墊圈時, 建議採用(156)式及(157)式計算。

用(161)式計算 Q_6 時, 通常是壓力 $p = p_y \geq 10 \kappa_z / \text{cm}^2$ ^②。螺栓數 n 通常選為 4 的倍數 (即 $n=4; 8; 12$ 等)。當決定了螺栓的數目以後, 再用下式核算在螺栓中心圓周 (圓周直徑為 D_6) 上的節距:

$$t = \frac{\pi D_6}{n}. \quad (162)$$

為得到可靠的嚴密性, 螺栓間的距离尽可能取得小一些。

通常圓周上螺栓的距离應取為 $t \leq 5d$, 其中 d ——螺栓的直徑。

在較高的壓力下 (高於 25 大氣壓) 螺栓間的距离必須小於 $3d$, 螺母用套筒板手旋緊。

表 64 中所列者為螺栓間的

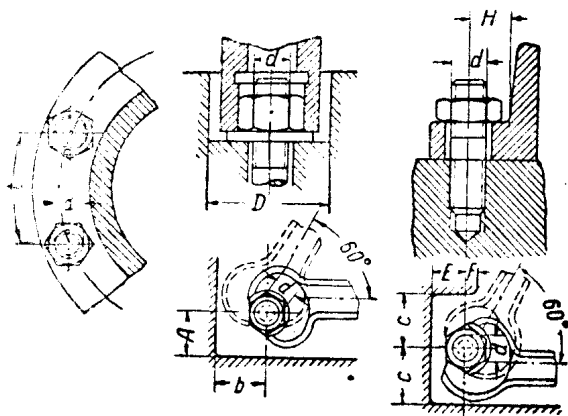


圖 113

①也可以看工程師 Е. И. Бомштейна 於“Химическое машиностроение”雜誌發表的論文 №5, 1935。工程師 С. Е. Захаренко 在“Химическое машиностроение”雜誌 №4—5, 1935 中有文述及用金屬墊圈時螺栓旋緊載荷的計算法。

②实际的壓力可以等於或低於 $p_y = 10 \kappa_z / \text{cm}^2$ 。

最小距离以便可能用标准平扳手或套筒螺母扳手旋紧或旋开螺母。再小的距离用标准平扳手及套筒螺母扳手就不许可了。

扳手的地位，按部定标准 MM 及 ПНМП 4-89-48 (圖 113)
(尺寸, мм)

表 64

螺栓直径 d	D	A	b	C	E	F	H	t
12	38	23	30	32	22	10	18	42
16	45	30	35	38	25	12	22	52
20	55	35	40	45	28	15	25	62
22	62	40	45	50	30	18	28	65
24	62	40	45	50	30	18	28	65
27	68	45	50	58	35	20	32	75
30	75	50	55	65	40	25	36	85
36	85	60	68	80	45	30	45	100
42	100	70	80	90	55	35	50	115
48	120	80	95	100	65	35	60	130

B. 法藍接合螺栓中的温度应力

法藍接合在受熱時，螺栓的温度照例要比法藍的温度低一些。这个現象可以这样來解釋，即傳遞給螺栓的熱主要是通过螺母螺栓头与法藍的接觸表面。螺栓孔通常比螺栓的直径要大 2—3 мм，因此螺栓柱与法藍間就有一層空气絕熱層 α (見圖 114)。

因此，如果設備(管綫)内介質的温度为 t_1 ，法藍的温度为 t_2 ，螺栓的温度差为 t_3 ，則顯然可見 $t_1 > t_2 > t_3$ 。

由於温度差 $t_2 - t_3$ 使螺栓內產生了温度应力。

設備(管綫)内介質的温度超过 250 °C 時通常要計算温度应力。

根据相似於在推導固定花板式熱交換器中温度应力計算公式時所作的討論 (見第三篇 第三章 A) 可得結論，由於螺栓的伸長及法藍受熱膨脹所產生的力，將等於①：

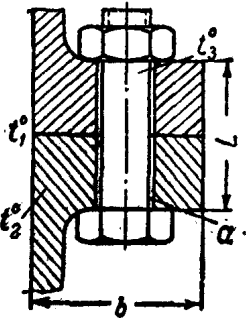


圖 114

$$Q_{6r} = \frac{\alpha(t_2 - t_3)EF_6F_\phi}{F_6 + F_\phi} \approx 2, \quad (162a)$$

式中 α ——綫熱脹係數；
 E ——彈性模數，按温度与材料而定；
 F_6 ——在長度 L 內(見圖 114)螺栓的橫截面積；
 F_ϕ ——法藍的橫截面積； 当螺栓間的距离 $t \leq 5d$ ，法藍的寬度 $b \leq 3d$ 時(其中 d ——螺栓的外徑)可採用 $F_\phi = bt$ 。

F_ϕ 与 F_6 相較起來要大得多，所以式(162a)可以改寫成

①計算中未計及薄的墊圈；假定螺栓与法藍的材料具有相同的直綫膨脹係數 α 及彈性模數 E 。
②L 机器製造 Машиностроение 手册大全，第 II 卷 181 頁。

下式而沒有顯著的誤差:

$$Q_{6r} = \alpha(t_2 - t_3)EF_6. \quad (1626)$$

如果用双头螺栓——中間部分按螺紋的內徑車光(見圖 115)來代替上述的螺栓, 則双头螺栓中由於溫度差所產生的力 $Q_{\text{ш}}$ 等於:

$$Q_{\text{ш}} = \alpha(t_2 - t_3)EF_{\text{ш}}, \quad (162B)$$

式中 $F_{\text{ш}} = \frac{\pi d_0^2}{4} c.m^2$; 此處 d_0 ——見圖 115。

將式(162B)除式(1626)得,

$$Q_{6r} = Q_{\text{ш}} \frac{F_6}{F_{\text{ш}}}.$$

$$\text{由於} \quad \frac{F_6}{F_{\text{ш}}} = \frac{d^2}{d_0^2} = \frac{(1.18 d_0)^2}{d_0^2} = 1.4,$$

故

$$Q_{6r} = 1.4 Q_{\text{ш}},$$

即在其餘條件相同時, 螺栓中因溫度差所產生的力是双头螺栓——中間部分按螺紋內徑車光者——1.4 倍。

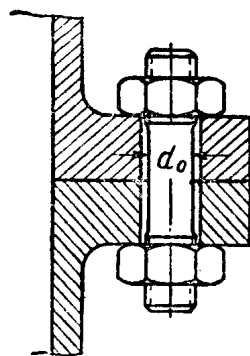


圖 115

由於同一外徑的螺栓及双头螺栓, 它們的計算截面, 即危險截面, 相等^①, 因此在其餘條件相同情況下, 螺栓中的溫度應力是比双头螺栓中的溫度應力的 1.4 倍左右。由於這個原因, 在熱的法藍接合中常採用双头螺栓, 其中間部分事先按螺紋內徑或沿桿的全部長度車成螺紋。

以上所述可用以下例題示明。

當 $(t_2 - t_3) = 1^\circ$, $E_{300^\circ} = 1.8 \times 10^6$ 時, 由式(162B)可得双头螺栓中的溫度應力 $\sigma_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{F_{\text{ш}}} = 21.6 \text{ кг/см}^2$, 而由式(1626)可得螺栓中之溫度應力

$$\sigma_{6r} = \frac{Q_{6r}}{F'_6} = 0.000012 \cdot 1 \times 1.8 \times 10^6 \times \frac{F_6}{F_{\text{ш}}} = 21.6 \frac{F_6}{F_{\text{ш}}} = 30 \text{ кг/см}^2.$$

當 $(t_2 - t_3) = 10^\circ$, 螺栓中的溫度應力將等於 $10 \times 30 = 300 \text{ кг/см}^2$ 。

以上的計算指出在簡化情況下溫度應力分佈的特性, 但它沒有考慮墊圈的變形或法藍的彎曲現象; 因此顯然實際作用的溫度應力要比按(1626)式及(162B)式所算出的小一些。

Г. 矩形或橢圓形法藍的螺栓計算

(見圖 116)

以下列符號表示:

r ——螺栓至受載荷表面重心的最短距離, $c.m$; t ——螺栓間的距離, $c.m$ 。

^①即螺栓的危險截面 $F'_6 = F_{\text{ш}}$ 。

^②見註 ①。

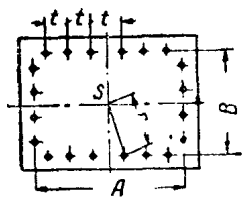


圖 116

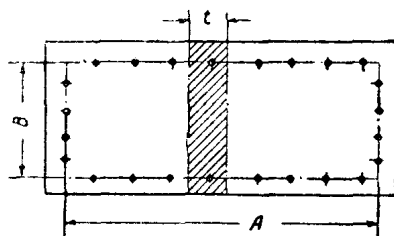
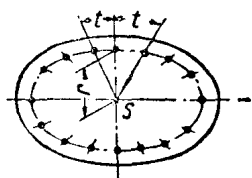


圖 117

螺栓所受載荷並不一致。

可以認為載荷最大的螺栓担负着由內压力所產生的載荷：

$$q_{6 \text{ макс}} = \frac{p \cdot A B t}{2 \cdot t r}, \quad (163)$$

式中 p ——压力, kg/cm^2 , 其他字母(以 cm 表示)的意义見圖 116。

式(163)祇能在 $\frac{A}{B} \leq 2$ 的情况下应用, 如果 $\frac{A}{B} > 2$ (圖 117), 螺栓上的載荷可以当作在寬度为 t , 長度为 B 的平板上所受載荷的一半, 即

$$q_6 = \frac{p B t}{2}. \quad (164)$$

考慮到載荷分佈的不均匀, 可以認為

$$q_{6 \text{ макс}} = 0.6 p B t. \quad (165)$$

由於內压力和为了緊密压紧墊圈所加於螺栓上(在矩形頂蓋上)總的載荷以及在預先压紧時加於螺栓上的載荷, 可以用類似於(156)及(157)的公式計算。在操作情況下, 一个螺栓上的載荷可由下式決定:

当 $\frac{A}{B} \leq 2$

$$q_6 = \frac{p A B t}{2 \pi r} + t b_0 m p, \quad (166)$$

当 $\frac{A}{B} > 2$

$$q_6 = 0.6 p B t + t b_0 m p. \quad (167)$$

在預先压紧墊圈時螺栓上的載荷

$$q'_6 = t b'_0 q_n. \quad (168)$$

計算時採用 q_6 及 q'_6 中較大的數值。

Д. 法藍計算

在以下要討論的計算方法中, 是認為法藍的結構及其基本尺寸。例如內外直徑, 螺栓中心則周直徑, 螺栓的數目与直徑, 螺栓孔的直徑, 承受墊圈的表面的尺寸以及墊圈本身的尺寸都是已預先規定了的。