

# 1 总则

## 1.1 适用范围

本导则适用于石油化工常用的各类容器法兰和接管法兰密封用垫片的选用，其最高设计温度为600℃，最高设计压力可到42.0MPa。

本导则不适用于直接火焰加热的、受辐射作用的及经常搬运的容器法兰和接管法兰密封用垫片的选用。

本导则不涉及双锥、C型环、卡扎里、三角垫、B形环、楔形环、O形环等密封垫片。

## 1.2 引用标准

### 1.2.1 压力容器法兰密封垫片标准

JB 4704—92 非金属软垫片

JB 4705—92 缠绕垫片

JB 4706—92 金属包垫片

### 1.2.2 换热器用密封垫片标准

JB/T 4718—92 管壳式换热器用金属包垫片

JB/T 4719—92 管壳式换热器用缠绕垫片

JB/T 4720—92 管壳式换热器用非金属垫片

### 1.2.3 管道法兰用密封垫片标准

GB 9126.1—88 平面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片

GB 9126.2—88 凸面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片

GB 9126.3—88 凹凸面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片

GB 9126.4—88 榫槽面型钢制管法兰用石棉橡胶垫片

GB 12387—90 凸面型球墨铸铁管法兰用石棉橡胶垫片

GB 4622.2—93 管法兰用缠绕式垫片尺寸系列

GB 9128.1—88 钢制管法兰连接用八角形金属环垫

GB 9128.2—88 钢制管法兰连接用椭圆形金属环垫

GB/T 13403—92 大直径碳钢管法兰用垫片

GB/T 13404—92 管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片

HGJ 69—91 钢制管法兰用石棉橡胶板垫片

HGJ 70—91 钢制管法兰用柔性石墨复合垫片

HGJ 71—91 钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片

HGJ 72—91 钢制管法兰用缠绕式垫片

HGJ 73—91 钢制管法兰用齿形组合垫片

HGJ 74—91 钢制管法兰用金属环垫

SH 3401—96 管法兰用石棉橡胶板垫片

SH 3402—96 管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片



力瑞管道公众号

- SH 3403—96 管法兰用金属环垫
- SH 3407—96 管法兰用缠绕式垫片
- JB/T 87—94 管路法兰用石棉橡胶垫片
- JB/T 88—94 管路法兰用金属齿形垫片
- JB/T 89—94 管路法兰用金属环垫
- JB/T 90—94 管路法兰用缠绕式垫片

#### 1.2.4 相关标准

- GB 9129—88 钢制管法兰用石棉橡胶垫片技术条件
- GB 4622.3—93 缠绕式垫片技术条件
- GB 4622.1—93 缠绕式垫片分类
- GB 9130—88 钢制管法兰连接用金属环垫技术条件
- GB 12385—90 管法兰用垫片密封性能试验方法
- GB/T 12621—90 管法兰垫片应力松弛试验方法
- GB/T 12622—90 管法兰垫片压缩率及回弹率试验方法
- HGJ 76—91 钢制管法兰、垫片、紧固件选配规定
- GB 3985 石棉橡胶板
- GB 539 耐油石棉橡胶板
- JC 203 400 石棉耐油橡胶板
- ZBJ 22019 金属缠绕垫用柔性石墨带技术条件
- ZBG 33005 螺纹密封用聚四氟乙烯生料带
- ZBG 33002 聚四氟乙烯板

## 2 垫片选用原则

2.0.1 选用垫片时，必须对垫片的密封性能、操作压力、操作温度、工作介质特性，以及法兰密封面的型式、结构的繁简、装卸的难易、经济性等诸因素进行全面分析。其中介质特性、操作温度和操作压力是影响密封的主要因素，是选用垫片的主要依据。

2.0.2 垫片的类型，一般情况下应根据被密封介质的操作温度、操作压力确定。对高温高压状况，多采用金属垫片；对常压、低压、中温状况，多采用非金属垫片；介于两者之间的，多采用半金属组合垫片；对于温度、压力波动频繁的场所，宜采用回弹性好的自紧式垫片。

2.0.3 选择垫片的影响因素很多，通常应在保证主要条件的前提下，尽量选用价格便宜、制造容易、市场易买到、安装和更换都比较简便的垫片。

2.0.4 垫片的厚度，视具体情况而定。一般来说，如果密封面加工良好，压力不太高时，宜选用薄垫片。但内压力较高的情况下，垫片太薄，对应于螺栓的伸长，垫片的回弹太小，不能达到必要的复原量易产生泄漏，故压力较高时，应选用较厚的垫片。

2.0.5 垫片系数  $m$  与其宽度无关，因此，垫片越窄越易夹紧。但其宽度下限有限制，通常宽度应大于 5mm。对金属垫片，为了不产生过大的螺栓力，取较小的宽度是一个重要遵循的准则。

2.0.6 由于垫片在工作时，与操作介质接触，直接受介质、压力、温度等因素的影响，因此选用垫片时，对制造垫片的材料应满足如下要求：

- (1) 应具有良好的弹性和复原性；

- (2) 应具有适当的柔软性，能够很好地与密封面吻合；
- (3) 应具有较大的抗裂强度等机械性能，且压缩变形适当；
- (4) 不污染被密封介质，不腐蚀密封表面，不会因受介质的影响而产生大的膨胀和大的收缩；
- (5) 应耐工作介质的腐蚀；
- (6) 应具有有良好的物理性能，即不因低温而硬化脆变，也不因高温而软化塑流；
- (7) 应具有较小的应力松弛现象；
- (8) 应具有有良好的加工性，而且除特殊用途外，垫片材料应采用成本低廉，市场上容易购买的。

考虑到任何材料都有其局限性，完全满足上述要求的材料几乎没有。因此当采用一种材料制作的垫片不能满足使用要求时，可以采用两种或两种以上材料组合使用，如缠绕式垫片、金属包垫片等。

2.0.7 尽量简化规格，减少品种。一台设备、一条管道、一个装置，乃至一个工厂，垫片规格和材料品种，越少越便于管理。所以选用垫片时，除应考虑满足使用要求外，还应尽量归并规格和材料，切忌不必要的多样化。

2.0.8 尽量发挥各种类型垫片的长处，即用其所长。如缠绕式垫片具有良好的压缩性和复原性，密封性能优良，多数场合都能达到良好的密封，但不能不管什么场合都采用它，有的场合用一般石棉橡胶垫片即可满足使用要求，就不要提高等级，盲目采用缠绕式垫片。但在有应力松弛，压力、温度波动的中低压场合则采用缠绕式垫片就很合适。

2.0.9 要照顾特殊要求，如某种介质不允许微量纤维混入，就不要选用石棉橡胶板和其它纤维性垫片。某些部位振动很大，就要选用抗振性强的垫片。对于很难检修的地方，应选用经久耐用的垫片。

2.0.10 当选用金属垫片时，应在完全退火状态下使用，尽可能选用较软的金属材料，垫片的硬度宜比法兰密封面的硬度低 HB 30~40。

2.0.11 在有腐蚀的条件下，选用垫片对法兰盘呈阳性的垫片材料，垫片受腐蚀，牺牲垫片保护法兰；选用法兰盘对垫片呈阳性的垫片材料，法兰盘受腐蚀，牺牲法兰盘。究竟采用哪一种要根据使用方法和垫片种类来决定。

2.0.12 剧毒、易爆、强腐蚀、污染性强的介质和有害气体，不允许使用石棉橡胶垫片。

2.0.13 使用金属环垫或金属齿形组合垫片时，应采用带颈对焊法兰和螺柱（双头或全螺纹）。

## 3 常用垫片选用说明

### 3.1 一般说明

#### 3.1.1 常用垫片形式

常用法兰垫片有非金属垫片、半金属垫片和金属垫片。非金属垫片亦称软垫片，一般以石棉为主体配以橡胶等材料制成，通常用于操作温度较低、操作压力不高的设备和管道上。半金属垫片由金属材料和非金属材料组合而成，常用的有缠绕式垫片和金属包垫片，它比非金属垫片所承受的温度、压力范围较广。金属垫片全部由金属制作，有波形、齿形、椭圆形、八角形和透镜垫等，这种垫片一般用在半金属垫片所不能承受的高温、高压管道法兰上。常用垫片形式见表 3.1.1。

#### 3.1.2 垫片性能参数

(1) 在选用垫片时, 为保证垫片的密封性能, 必要时应按垫片有关参数进行核算。

(2) 垫片系数  $m$  和垫片比压力  $y$  值系垫片本身特有的数值, 因垫片型式及材质不同而异, 即不同的垫片有不同的  $m$ 、 $y$  值。垫片性能参数见表 3.1.2-1。

表 3.1.1 常用垫片形式

垫片形式	垫片名称	说明	应用场合	推荐法兰面	材料	$m$	$y$ MPa
环状平垫片	非金属平垫片	纸布和橡胶	122℃以下	齿形槽 (俗称法兰水线)		0.5~1.75	0~7.8
		石棉橡胶板	在炼油厂、化工厂中最为广泛应用, 常用温度 350℃ 以下, 最适宜范围为 200℃ 以下	齿形槽	3mm 厚	2.0	11
					1.5mm 厚	2.75	25.5
	0.75mm 厚				3.50	44.8	
		石棉织物	适用于搪玻璃法兰, 205℃ 以下				
	金属平垫片	可用多种金属制作		齿形槽	铁或软钢	5.5	124.1
					不锈钢	6.5	179.3
齿形金属垫片	金属平垫片用机床加工切出同心槽	比平垫片所需的螺栓力小, 密封性能好, 在很多场合用于代替金属平垫片	光制	铁或软钢	3.75	53.5	
				蒙乃尔或 4%~6% 铬钢	3.75	63.3	
				不锈钢	4.25	71.1	
复合式	金属套	石棉板外包金属套	用于 815℃ 以下, 需要的螺栓力比平面金属垫片小, 特别适于高温高压场所	光制	铁或软钢	3.75	52.4
					不锈钢	3.75	62.1
	缠绕式、石墨复合垫	金属带夹石棉带缠绕制成 石墨夹金属骨架制成		光滑	碳钢	3.00	69
					不锈钢或蒙乃尔	3.00	69
波纹式	石棉填充	波形金属套, 石棉填充	适用于 815℃ 以下的高压管道, 如热油和化学品	光制	铁或软钢	3.0	31
	石棉嵌入	波形金属, 石棉嵌在波纹间	用于 815℃ 以下, 但压力不可超过 4.2MPa, 不适于热油管	光滑	蒙乃尔或 4%~6% 铬钢	3.25	38
					不锈钢	3.5	44.8
环状垫片	八角形、椭圆形	金属环, 一般用软铁、低碳钢、不锈钢、蒙乃尔合金、镍和铜制作	使用温度范围 800℃ 以下, 密封性能好, 随着内部压力增高, 垫片自密封性增强, 适用于恶劣的条件下工作, 常用八角形的	光制	铁或软钢	5.5	124.1
					蒙乃尔或 4%~6% 铬钢	6.0	150.3
					不锈钢	6.5	179.3

注: 各种垫片适用的温度范围, 本表数值仅供参考, 应根据标准规定或制造厂推荐数值选用。

表 3.1.2-1 垫片性能参数

尺寸 N (最小) mm	垫片材料		垫片系数 m	比压力 y MPa	简图	压紧面形状 (见表 3.1.2-2)	列号
10	自紧式垫片 O形环、金属、橡胶及其它自紧密封的垫片		0	0		1 (a, b, c, d)、4、5	1
	无织物或含少量石棉纤维的合成橡胶 <肖氏硬度 75 ≥肖氏硬度 75		0.50 1.00	0 1.4			
	具有适当加固物的石棉(石棉橡胶板)	厚度 3mm	2.00	11			
		厚度 1.5mm	2.75	25.5			
		厚度 0.75mm	3.50	44.8			
	内有棉纤维的橡胶		1.25	2.8			
	内有石棉纤维的橡胶, 具有金属加强丝或不具有金属加强丝	3层	2.25	15.2			
		2层	2.50	20			
		1层	2.75	25.5			
	植物纤维		1.75	7.6			
6	缠绕式金属垫片内填石棉	碳钢	2.50	69		1 (a, b)	1
		不锈钢或蒙乃尔	3.00	69			
	波纹状金属内填石棉或波纹状金属夹壳内填石棉	软铝	2.50	20			
		软铜或黄铜	2.75	26			
		铁或软钢	3.00	31			
		蒙乃尔或4%~6%铬钢	3.25	38			
	波纹状金属	软铝	2.75	25.5			
		软铜或黄铜	3.00	31			
		铁或软钢	3.25	38			
		蒙乃尔或4%~6%铬钢	3.50	44.8			
平金属夹壳填石棉垫片(金属包垫片)	软铝	3.25	38				
	软铜或黄铜	3.50	44.8				
	铁或软钢	3.75	52.4				
	蒙乃尔	3.50	55.2				
	4%~6%铬钢	3.75	62.1				
槽形金属	软铝	3.25	38				
	软铜或黄铜	3.50	44.8				
	铁或软钢	3.75	52.4				
	蒙乃尔或4%~6%铬钢	3.75	62.1				
	不锈钢	4.25	69.6				
实心金属平垫片	软铝	4.00	60.7				
	软铜或黄铜	4.75	89.6				
	铁或软钢	5.50	124.1				
	蒙乃尔或4%~6%铬钢	6.00	150.3				
	不锈钢	6.50	179.3				
圆环	铁或软钢	5.50	124.1				
	蒙乃尔或4%~6%铬钢	6.00	150.3				
	不锈钢	6.50	179.3				

注: 列号见表 3.1.2-2。 \* 垫片表面的折叠处不应放在法兰的密封面上。

表 3.1.2-2 垫片基本密封宽度

压紧面形状(简图)		垫片基本密封宽度 $b_0$	
		I	II
1a		$\frac{N}{2}$	$\frac{N}{2}$
1b			
1c		$\frac{w + \delta_g}{2}$	$\frac{w + \delta_g}{2}$
1d		$(\frac{w + N}{4} \text{ 最大})$	$(\frac{w + N}{4} \text{ 最大})$
2		$\frac{w + N}{4}$	$\frac{w + 3N}{8}$
3		$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
4*		$\frac{3N}{8}$	$\frac{7N}{16}$
5*		$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
6		$\frac{w}{8}$	

\* 当锯齿深度不超过 0.4mm, 齿距不超过 0.8mm 时, 应采用 1b 或 1d 的压紧面形状。

### 3.1.3 垫片有效密封宽度

当选定垫片尺寸后, 按表 3.1.2-2 确定垫片接触宽度  $N$  和基本密封宽度  $b_0$ , 尔后按以下规定

计算垫片有效密封宽度  $b$ :

当  $b_0 \leq 6.4\text{mm}$  时,  $b = b_0$ , mm;

当  $b_0 > 6.4\text{mm}$  时,  $b = 2.53 \sqrt{b_0}$ , mm。

### 3.1.4 垫片压紧力作用中心圆直径 $D_G$

按下述规定计算:

当  $b_0 \leq 6.4\text{mm}$  时,  $D_G =$  垫片接触面的平均直径;

当  $b_0 > 6.4\text{mm}$  时,  $D_G =$  垫片接触面外直径减  $2b$ 。

### 3.1.5 垫片宽度校核

垫片在预紧状态下受到最大螺栓载荷的作用, 可能因压紧过度而失去密封性能, 为此垫片须有足够的宽度  $N_{\min}$ , 其值按下式校核:

$$N_{\min} = \frac{A_b [\sigma]_b}{6.28 D_G y} < N \quad \text{mm}$$

式中  $A_b$ ——实际螺栓面积,  $\text{mm}^2$ , 按 GB150—89 计算;

$[\sigma]_b$ ——螺栓材料许用拉应力, MPa;

$D_G$ ——垫片压紧力作用中心圆直径, mm;

$y$ ——垫片比压力, MPa。

### 3.1.6 垫片压紧力

(1) 预紧状态下需要的最小垫片压紧力按下式计算:

$$F_G = 3.14 D_G b y \quad \text{N}$$

(2) 操作状态下需要的最小垫片压紧力按下式计算:

$$F_p = 6.28 D_G b m p \quad \text{N}$$

式中  $b$ ——垫片有效宽度, mm;

$m$ ——垫片系数;

$p$ ——操作压力, MPa。

## 3.2 石棉橡胶垫片

3.2.1 石棉橡胶垫片耐热性能尚好, 有适宜的弹性, 在大多数化学介质中有较好的耐蚀性, 且制造方便, 价格便宜, 是石油化工使用最广泛的非金属平垫。

3.2.2 石棉橡胶垫片的机械物理性能指标见表 3.2.2。

3.2.3 石棉橡胶垫片应满足以下使用条件:

(1) 对水、空气、氮气、蒸汽及不属于 A、B、C 级的工艺介质, 垫片的比压力  $y$  值应为 26~35MPa, 属于 B、C 级的工艺介质和其他可能危及操作人员人身安全的有毒介质, 或操作温度低于 0°C 的低温介质,  $y$  值不应低于 40MPa。

(2) 垫片使用寿命按 1.5~2 年考虑。

3.2.4 石棉橡胶垫片的推荐适用范围:

(1) 对水、空气、氮气、蒸汽及不属于 A、B、C 级的工艺介质管道宜选用厚度为 3mm 的垫片, 推荐使用条件见图 3.2.4 曲线 1。

(2) 属于 B、C 级的液体介质管道宜选用厚度为 1.5mm 的垫片, 推荐使用条件见图 3.2.4 曲

表 3.2-2 石棉橡胶垫片的机械物理性能指标

项 目		指 标
横向抗张强度, MPa		≥24.0
压缩率, %		12±5
回弹率, %		≥47
柔软性		不允许有纵、横向裂纹
烧失量, %		≤28
密度, g/cm <sup>3</sup>		1.7~2.0
耐油性*	压缩率, %	≤20
	回弹率, %	≥40
	厚度增加率, %	≤20
	重量增加率, %	≤15
应力松弛率, %		≤40
泄漏率, cm <sup>3</sup> /s	3 级	≤1.0×10 <sup>-3</sup>
	4 级	≤1.0×10 <sup>-2</sup>

注: 用于奥氏体不锈钢法兰时, 应规定垫片材料中氟离子含量不超过 100ppm。

\* 适用于耐油石棉橡胶垫片。

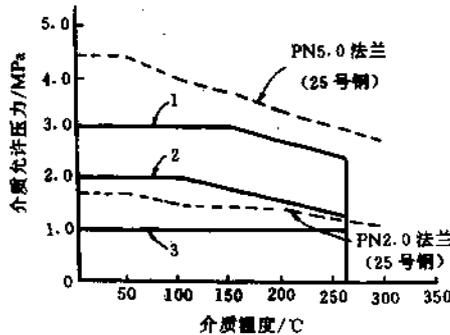


图 3.2.4 垫片推荐使用条件曲线

(3) 属于 B、C 级的气体介质及其他会危及操作人员人身安全的有毒气体介质管道应选用较薄的垫片并与 PN5.0 的法兰配套, 推荐使用条件见图 3.2.4 曲线 3。

3.2.5 石油化工管道用石棉橡胶垫片的厚度一般为 1.5~3mm, 薄垫片使用压力高, 但需要密封力大, 厚垫片的回弹性优于薄垫片, 比较容易密封,  $\gamma$  值亦较低, 但厚度超过 3mm, 对泄漏率变化不大, 且压力较高时易挤出。

### 3.3 柔性石墨复合垫片

3.3.1 柔性石墨复合垫片是由冲齿的金属芯板与膨胀石墨粒子复合的板材制成的一种石墨增强垫片, 可作为石棉橡胶垫片与金属缠绕垫片之间的一种过渡垫片, 在某些情况下可代替柔性石墨

缠绕垫，以减少螺栓力，又不改变密封效果，同时亦可作为无石棉平垫片使用。

3.3.2 柔性石墨复合垫片的最高工作压力为 6.3MPa，最高工作温度取决于金属芯板材料，对于低碳钢和不锈钢芯板分别为 450℃ 和 650℃（用于氧化性介质时为 450℃）。

3.3.3 柔性石墨复合垫片适用于以下介质：对液体有水、油品、溶剂、酸、碱、液态烃、低温液化气等；对气体有空气、氢气、油气、高温烟气、蒸汽、烃类及各种渗透性强的气体等。

3.3.4 石墨复合垫片的密封性能试验按 GB 12385 的规定，其允许泄漏率应小于  $1.0 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

3.3.5 复合板材的压缩率、回弹率测定按 ZBJ 22012 的规定，压缩率应大于等于 25%，回弹率应大于等于 20%。

### 3.4 聚四氟乙烯包覆垫

3.4.1 聚四氟乙烯包覆垫是一种适合强腐蚀介质和不允许物料有污染的医药、食品和石化行业中需洁净介质用的非金属软垫片，由于纯聚四氟乙烯具有冷流和热蠕变特点，所以使用压力一般不大于 4.0MPa，使用温度一般不超过 150℃。

3.4.2 聚四氟乙烯包覆垫片的型式：

(1) 国家标准 GB/T 13404—92 分为三种类型，剖切型、机加工型和折包型，分别以 S 型、M 型和 F 型表示；

(2) 化工行业标准 HGJ 71—91 分为机加工翅型，机加工矩型和折包型，分别以 PMF 型、PMS 型和 PFT 型表示；

(3) 石化行业标准 SH 3402—96 分为剖切型和折包型两种，分别以 GFS 型和 GFL 型表示。

3.4.3 垫片的压缩率要求大于 20%，回弹率大于 30%，应力松弛率小于 45%，允许泄漏率应不大于  $1.0 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

3.4.4 垫片的嵌入层为石棉橡胶板，当有特殊需要时，亦可采用其他合适材料，但应在订货时注明。

3.4.5 包覆层表面应平整、光滑、无翘曲变形，厚度均匀，且不允许有孔眼及夹渣等缺陷。

3.4.6 垫片厚度一般为 3mm，其中嵌入层为 2mm，纯聚四氟乙烯包覆层厚度为 0.5mm。

3.4.7 聚四氟乙烯包覆层的原材料应采用符合 GB 7136 PTFE SM031 的一级品规定。

### 3.5 缠绕式垫片

3.5.1 缠绕式垫片是半金属垫片中最理想的一种，垫片的主体由 V 型或 M 型金属带填加不同的软填料用缠绕机螺旋绕制而成。为加强垫片主体和准确定位，设有金属制内环和外环（定位环）。常用的金属带为不锈钢带，软填料为特殊石棉、柔性石墨、聚四氟乙烯等。除非另有规定，垫片的外环材料均为碳钢，内环材料一般与金属带材料相同，亦可根据要求确定，碳钢内外环应进行防锈处理。

3.5.2 缠绕式垫片的适用范围：

(1) 石化行业标准 SH 3407—96 规定的公称压力范围为 PN1.0~25.0MPa，温度范围为：不锈钢带和特制石棉带缠绕垫片—50~500℃；不锈钢带和柔性石墨带缠绕垫片—193~800℃（氧化性介质 ≤ 600℃）；不锈钢带和聚四氟乙烯带缠绕垫片为—193~200℃。

(2) 化工行业标准 HGJ 72—91 规定缠绕式垫片适用于公称压力 PN2.5~10.0MPa, 温度范围为: 不锈钢带和特制石棉带的最高工作温度为 500℃; 不锈钢带和柔性石墨带的最高工作温度为 650℃ (用于氧化性介质时≤450℃), 不锈钢带和聚四氟乙烯带的最高工作温度为 200℃。

### 3.5.3 缠绕式垫片的材料:

缠绕式垫片的金属带为 0.15~0.25mm 厚的 0Cr13、0Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti、0Cr17Ni12Mo2、00Cr19Ni10、00Cr17Ni14Mo2 及 0Cr25Ni20 等冷轧钢带, 除非另有规定, 不锈钢带硬度应为 HB140~160。另外当用于奥氏体不锈钢法兰密封时, 缠绕垫片的非金属填料中的氯离子含量应控制在 100ppm 之内。

### 3.5.4 缠绕式垫片的型式和材料代号:

(1) 石化行业标准 SH 3407—96 管法兰用缠绕式垫片规定的垫片型式和材料代号见表 3.5.4-1。

表 3.5.4-1 SH 3407—96 缠绕式垫片型式和材料代号

垫片型式		垫片材料			
型式	代号	金属带		非金属带	
		材料	代号	材料	代号
基本型	A	0Cr13	1	特制石棉带	1
带外环型	B	0Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti	2	柔性石墨带	2
带内环型	C	0Cr17Ni12Mo2	3	聚四氟乙烯带	3
带内、外环型	D	00Cr19Ni10、00Cr17Ni14Mo2	4		
		0Cr25Ni20	5		

(2) 化工行业标准 HGJ 72—92 钢制管法兰用缠绕式垫片标准规定的垫片型式和材料代号见表 3.5.4-2。

表 3.5.4-2 HGJ 72-92 缠绕式垫片型式和材料代号

垫片型式		垫片材料							
型式	代号	外环		金属带		非金属带		内环	
		材料	代号	材料	代号	材料	代号	材料	代号
基本型	A			0Cr19Ni9	2	特制石棉纸	1	无	0
带内环型	B	无	0	0Cr17Ni12Mo2	3	柔性石墨带	2	低碳钢	1
带外环型	C	低碳钢	1	00Cr17Ni14Mo2	4	聚四氟乙烯带	3	0Cr19Ni9	2
带内、外环型	D	0Cr19Ni9	2					0Cr17Ni12Mo2	3
								00Cr17Ni14Mo2	4

(3) 国家标准 GB 4622.1—93 规定的缠绕式垫片型式和材料代号见表 3.5.4-3。

(4) 机械行业标准 JB 4705—92 缠绕垫片规定的压力容器用缠绕式垫片型式和材料代号见表 3.5.4-4。

### 3.5.5 缠绕式垫片的标记方法:

(1) 石化行业标准 SH 3407—96 规定的缠绕式垫片标记由标准代号 SH、产品代号 GSW、公称压力、公称直径和垫片型式及材料代号组成。

表 3.5.4-3 GB 4622.1—93 缠绕式垫片型式和材料代号

垫片型式		垫片材料			
型式	代号	金属带		非金属带	
基本型	A	材 料	代号	材 料	代号
带外环型	B	08F	1	特制石棉带	1
带内环型	C	0Cr13	2	柔性石墨带	2
带内、外环型	D	0Cr18Ni9Ti	3	聚四氟乙烯带	3
		1Cr18Ni9Ti	4		
		00Cr18Ni10	5		
		0Cr18Ni12Mo2Ti	6		
		00Cr17Ni14Mo2	7		

表 3.5.4-4 JB 4705—92 缠绕式垫片型式和材料代号

垫片型式		垫片材料			
型式	代号	钢 带		填充带	
基本型	A	材 料	代号	材 料	代号
带内环型	B	0Cr13	1	石棉带	1
带外环型	C	0Cr19Ni9	2	柔性石墨带	2
带内、外环型	D	08F	3	聚四氟乙烯带	3

(2) 化工行业标准 HGJ 72—91 规定的缠绕式垫片标记由标准代号和标准号、型式代号、公称直径、公称压力和材料代号组成。

(3) 国家标准 GB 4622.1—93 规定的缠绕式垫片标记由垫片型式代号、金属带及非金属带材料代号、公称直径、公称压力和标准号组成。

3.5.6 缠绕式垫片的密封性能试验压力为 1.1PN，允许泄漏率应不大于  $1.0 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

3.5.7 加内外环对提高垫片的回弹力，便于安装定位和防止垫片压溃有作用，因此对于凸面法兰，推荐采用带内外环型垫片，且  $PN > 6.3 \text{MPa}$  时必须采用加内外环结构。

3.5.8 垫片厚度对于基本型和带内环型垫片来说因其置于槽面或凹面内，应不高出槽深，以便于安装，故一般取 3.2mm，余为 4.5mm。此外，按国外制造厂推荐，缠绕垫压缩后的厚度，对厚度 3.2mm 的垫片为  $2.4 \pm 0.13 \text{mm}$ ，对厚度 4.5mm 的垫片为  $3.3 \pm 0.13 \text{mm}$ ，因此，除基本型外，其它型式垫片安装时不允许压缩到触及内外环，此时内外环厚度取 2mm 或 3mm。

### 3.6 金属齿形组合垫片

3.6.1 齿形组合垫片是一种金属软垫片，密封效果优于金属平垫，主要应用于中、高压力和高温的压力容器和管道法兰的密封。

3.6.2 齿形组合垫片的带齿金属环上覆上石棉薄层或柔性石墨薄板,密封效果好,因为它分别利用软性覆盖层的密封性以及金属的强度、弹性好的优点,还兼有迷宫密封作用,故达到同样的密封效果,垫片压紧力较小。

3.6.3 化工行业标准 HGJ 73—91 齿形组合垫片适用于 PN6.3~16.0MPa 的凸面和凹凸面带颈对焊钢制管法兰。试验结果表明,对于覆盖柔性石墨垫片,在 48.5MPa 的压紧应力下,当介质压力为 6.3MPa (N<sub>2</sub>) 时,其泄漏率可达  $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

3.6.4 金属齿形组合垫片的最高工作温度由金属齿环和覆盖非金属层决定,见表 3.6.4。

表 3.6.4 齿形组合垫片的最高工作温度

金属齿形环材料*			覆盖层材料*			最高工作温度 ℃
名称	标准	代号	名称	标准	代号	
10 或 08	GB711	10 或 08	柔性石墨	ZBJ 22019	G	450
0Cr13	GB4237	410	柔性石墨			540**
0Cr19Ni9 或 0Cr17Ni12Mo2		304 或 316	柔性石墨			650**
			聚四氟乙烯	ZBG 33002	F4	200

\* 也可采用其他齿形环和覆盖层材料,但应在订货时说明。

\*\* 用于氧化性介质时 $\leq 450^\circ\text{C}$ 。

3.6.5 金属齿形环齿顶平面的表面粗糙度应不大于 Ra1.6 $\mu\text{m}$ ,金属齿形环应由整张钢板制成,不允许拼焊。

3.6.6 根据使用厂经验,安装时要使螺栓预紧到在金属齿形垫上的非金属材料保持有 0.10~0.15mm 的薄层,不露金属齿头,即可取得好的密封效果。

### 3.7 金属包垫片

3.7.1 金属包垫片是一种半金属垫片,这种垫片的金属夹套有软钢、铜材、不锈钢、铝板和特殊合金钢等,它兼有金属和非金属的特性,其密封性能良好,可制成形状复杂的垫片,广泛用于换热器各部位的密封。

3.7.2 金属包垫片的最高使用温度 450℃,最高设计压力 6.4MPa,其泄漏率为  $1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

3.7.3 包覆金属要求最大硬度值 HB 不超过下列数值: L2<40, 08 钢<90, 镀锡薄钢板<90, 0Cr13<183, 0Cr19Ni9, 0Cr18Ni11Ti, 00Cr17Ni14Mo2<187。

3.7.4 金属材料及填充料应符合相应标准的规定,金属材料的厚度一般为 0.25、0.3、0.4mm,填充料应采用同一厚度的材料充填,在整个截面厚度上应均匀一致。

3.7.5 金属材料一般用整张金属板制造,若受材料宽度限制需要拼接时,其接头数对 DN800~1200mm 为 2, DN1300~1500mm 为 3, DN1600~1800mm 为 4。对接切口应切割成 45°,采用氩弧焊,对接焊缝必须打磨与母材齐平,焊接接头应按 GB 232 的规定进行冷弯试验,其弯曲半径为 1.5mm,弯曲角度为 180°,冷弯试样的焊缝处及相邻母材不得出现裂纹。焊缝及热影响区的硬度应与母材硬度接近。

3.7.6 垫片应平整、光滑、表面不得有影响密封性能的径向贯通划伤、压痕及凹凸不平等缺陷。

密封面的平面度对于任何参考平面的最大偏差应不大于 0.3mm，且不得出现在小于 20°弧长的范围内。

### 3.8 金属环垫

3.8.1 金属环垫是以截面形状为八角形或椭圆形作为法兰连接的密封元件，主要用于高压、高温的设备和管道法兰上。国家标准和石化行业标准规定适用于公称压力 2.0~42.0MPa，化工行业标准规定适用于 2.5~16.0MPa，JB/T89—94 规定适用于 6.3、10、16、20MPa。

3.8.2 金属环垫的使用温度取决于所使用的金属材料，石化行业标准和国家标准规定的最高使用温度见表 3.8.2。

表 3.8.2 金属环垫的最高使用温度

材 料	代 号	最高使用温度,℃
软铁	O	450
08 或 10	S	450
0Cr13	410	540
00Cr17Ni14Mo2	316L	450
0Cr18Ni10Ti	321	600
0Cr17Ni12Mo2	316	600
0Cr18Ni9	304	600
00Cr19Ni10	304L	450

3.8.3 金属环垫材料的硬度值应比法兰密封面材料的硬度值低 HB30~40，其最大值不得超过表 3.8.3 的规定。

表 3.8.3 金属环垫材料的硬度值

金属环垫材料	最大硬度值 HB
软铁	90
08 或 10	120
0Cr13	140
00Cr17Ni14Mo2	150
0Cr18Ni10Ti	160
0Cr17Ni12Mo2	160
0Cr18Ni9	160
00Cr19Ni10	160

3.8.4 金属环垫的硬度应均匀，在整个圆周测定，对称四处，硬度的平均值应符合表 3.8.3 的规定。

3.8.5 金属环垫应采用锻件经适当热处理和机械精加工制成，锻件应符合 JB 4726 的 I 级要求，金属环垫不允许拼焊。

3.8.6 金属环垫要求制造精细、尺寸准确，其尺寸极限偏差按表 3.8.6 的规定。

表 3.8.6 金属环垫的尺寸极限偏差

尺寸名称	代号	极限偏差, mm
节径	$P$	$\pm 0.18$
环宽	$A$	$\pm 0.20$
环高	$H$ 或 $B$	$\pm 0.40^*$
环平面宽度	$C$	$\pm 0.20$
斜面角度, ( $^\circ$ )	$\alpha$	$\pm 0.5^\circ$
环垫圆角半径	$r$	$\pm 0.5$

\* 只要金属环垫的任意两点相对高度差不超过 0.4mm, 环高  $B$  或  $H$  的极限偏差可为  $+1.2\text{mm}$ 。

3.8.7 金属环垫的密封面(八角形垫斜面或椭圆形垫圆弧面), 不得有划痕、磕碰、裂纹和疵点, 表面粗糙度不大于  $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

3.8.8 采用 10 号钢或 08 号钢制成的金属环垫, 成品检验后表面应涂上防锈油。

### 3.9 垫片选用表

3.9.1 石油化工常用的压力容器法兰垫片有多种类型, 使用者也常根据自己的习惯选用, 现根据各类垫片的适用范围, 推荐一种较合理的选用配置, 见表 3.9.1。

3.9.2 石油化工常用的接管法兰垫片的选用则比较复杂, 由于石油化工介质种类繁多, 垫片的适用范围各有其局限性, 因此在实际生产中往往选用不当, 造成泄漏, 这里根据生产实践推荐管法兰垫片选用表, 见表 3.9.2。

3.9.3 密封结构是由法兰、垫片、螺栓组成的一个整体, 表 3.9.3-1 及表 3.9.3-2 推荐一种密封结构匹配表, 可供使用者参考。

表 3.9.1 石油化工常用压力容器法兰垫片选用表

介 质	法兰公称 压力 MPa	工作温度 ℃	法兰型式	密封面	型 式		材 料		备 注
					型 式	材 料			
	≤1.6	≤200	甲、乙型平焊	光(凹凸)	耐油垫、四氟垫	耐油橡胶石棉板、聚四氟乙烯板	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、铁皮(铝皮)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)	当介质为易燃、易爆、有毒、易挥发、腐蚀性介质时,应采用凹凸面法兰	
		201~250	长颈对焊	光(凹凸)	缠绕垫、金属包垫、柔性石墨复合垫	耐油橡胶石棉板 0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、铁皮(铝皮)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
2.5	≤200	乙型平焊	光(凹凸)	耐油垫、金属包垫、柔性石墨复合垫	耐油橡胶石棉板 0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、铁皮(铝皮)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)				
	201~450	长颈对焊	光(凹凸)	缠绕垫、金属包垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、铁皮(铝皮)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)				
	4.0	≤40	长颈对焊	凹凸	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
		41~450	长颈对焊	凹凸	缠绕垫、金属包垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+石墨带、铁皮(铝皮)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
	6.4	≤450	长颈对焊	凹凸	缠绕垫、金属包垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+石墨带、铁皮(0Cr13)+特制石棉			
			长颈对焊	梯形槽	金属环垫	0Cr13、0Cr19Ni9、10			
氢气、氯气与油气混合物	4.0	≤450	长颈对焊	凹凸	缠绕垫、金属包垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9、0Cr18Ni10Ti)钢带+石墨带、0Cr13(0Cr19Ni9)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
		6.4	长颈对焊	梯形槽	金属环垫	10、0Cr13、0Cr19Ni9、0Cr17Ni12Mo2			
氮	2.5	≤150	乙型平焊	凹凸	橡胶垫	中压橡胶石棉板			
		1.6	甲、乙型平焊	光滑	橡胶垫	中压橡胶石棉板			
压缩空气	1.6	≤150	甲、乙型平焊	光滑	橡胶垫	中压橡胶石棉板			
		≤150	甲、乙型平焊	凹凸	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
惰性气体	4.0	≤60	长颈对焊	凹凸	缠绕垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)			
		6.4	长颈对焊	凹凸	橡胶垫	中压橡胶石棉板			
0.3MPa	1.0	≤200	甲、乙型平焊	光滑	橡胶垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
		≤280	甲、乙型平焊	光滑	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
蒸汽	3.5MPa	≤450	长颈对焊	凹凸	缠绕垫、金属包垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、10(0Cr13、0Cr19Ni9)+特制石棉			
			长颈对焊	梯形槽	金属环垫	10、0Cr13、0Cr19Ni9			
弱酸、弱碱、酸渣、碱渣	≤1.6	≤300	甲、乙型平焊	光滑	橡胶垫	中压橡胶石棉板			
		≥2.5	长颈对焊	凹凸	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
水	≤1.6	≤300	甲、乙型平焊	光滑	橡胶垫	中压橡胶石棉板			
		≥1.6	长颈对焊	槽槽面	缠绕垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+石墨带			
剧毒介质	1.6	≤50	长颈对焊	光滑	耐油垫	耐油橡胶石棉板			
		2.5	长颈对焊	光滑	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			

注:柔性石墨复合垫可代替耐油垫。\* 包括一般化工介质,基本有机原料,氮肥工业及合成橡胶的大部分介质;溶剂是指丙烷、丙酮、苯、酚、糠醛、异丙醇和浓度小于30%的尿素。

表 3.9.2 石油化工常用接管法兰垫片选用表

介 质	法兰公称 压力 MPa	工作温度 ℃	法兰型式	型 式		片 材		备 注
				耐油垫	缠绕垫、柔性石墨复合垫	耐油橡胶石棉板	料	
油品、油气、溶剂*、石油化工原料及产品、一般化工介质	1.6	≤200	平焊(光)	耐油垫	耐油橡胶石棉板	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)		当介质为易燃、易爆、有毒或强渗透性时,采用凹凸面法兰
		201~250	对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫				
		≤200	平焊(光)	耐油垫	耐油橡胶石棉板	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、铁皮(铝皮等)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)		
		201~350	对焊(光)	缠绕垫、金属包垫、柔性石墨复合垫				
	2.5	351~450	对焊(光)	缠绕垫、金属包垫、柔性石墨复合垫		0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、铁皮(0Cr13等)+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)		
		451~550	对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫		0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)		
		≤40	对焊(凹凸)	耐油垫	耐油橡胶石棉板	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)、0Cr13(0Cr19Ni9、10)+特制石棉		
		41~350	对焊(凹凸)	缠绕垫、柔性石墨复合垫、金属包垫				
	4.0	351~450	对焊(凹凸)	缠绕垫、柔性石墨复合垫、金属齿形垫		0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+石墨带、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)、10、0Cr13、0Cr19Ni9	视情况可用0Cr17Ni12Mo2	
		451~550	对焊(凹凸)	缠绕垫、金属齿形垫		0Cr13(0Cr19Ni9等)钢带+石墨带、0Cr13、0Cr19Ni9、0Cr17Ni12Mo2		
		≤450	对焊(凹凸)	金属齿形垫		10、0Cr13、0Cr19Ni9		
		对焊(梯形槽)	金属环垫		10、0Cr13、0Cr19Ni9			
6.4 10.0	451~530	对焊(凹凸)	金属齿形垫		0Cr13、0Cr19Ni9、0Cr17Ni12Mo2			
		对焊(梯形槽)	金属环垫		0Cr13、0Cr19Ni9、0Cr17Ni12Mo2			
		对焊(光)	耐油垫、柔性石墨复合垫		耐油橡胶石棉板、石墨+金属骨架(10、0Cr13、0Cr19Ni9等)			
		平焊(光)	橡胶垫		中压橡胶石棉板			
4.0	≤60	对焊(光)	橡胶垫		中压橡胶石棉板			
		对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫		0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉、石墨+金属骨架(10、0Cr13等)			
		对焊(凹凸)	金属齿形垫		10、0Cr13			
		对焊(梯形槽)	金属环垫		10、0Cr13			
1.6 2.5	≤50	对焊(光)	耐油垫、柔性石墨复合垫		耐油橡胶石棉板、石墨+金属骨架(10、0Cr13等)			
		对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫		0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			
		对焊(光)	耐油垫、柔性石墨复合垫		耐油橡胶石棉板、石墨+金属骨架(10、0Cr13等)			
		对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫		0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9等)			

\* 溶剂包括丙烷、丙酮、苯、酚、糠醛、异丙醇和浓度小于80%的尿素。

续表 3.9.2

介 质	法兰公称 压力 MPa	工作温度 ℃	法兰型式	型 式	垫 片 材 料		备 注
					垫	材 料	
蒸汽	0.3MPa	≤200	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板		
	1.0MPa	≤280	对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9) 钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9)		
	2.5MPa	300	对焊(光) 对焊(凹凸)	缠绕垫、柔性石墨复合垫、紫铜垫	0Cr13(0Cr19Ni9) 钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9)、紫铜板		
	3.5MPa	400 450	对焊(凹凸) 对焊(梯形槽)	紫铜垫 金属环垫	紫铜板 0Cr13、0Cr19Ni9		
氨气、氨气与 油气混合物	4.0	≤250	对焊(凹凸)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9) 钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9等)		
		251~450	对焊(凹凸)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr19Ni9(0Cr17Ni2Mo2) 钢带+石墨带、石墨+金属骨架 (0Cr19Ni9等)		
		451~530	对焊(凹凸)	缠绕垫、金属齿形垫	0Cr19Ni9(0Cr17Ni2Mo2) 钢带+石墨带、石墨+金属骨架 (0Cr17Ni2Mo2等)		
		≤250	对焊(凹凸) 对焊(梯形槽)	金属齿形垫 金属环垫	0Cr19Ni9, 0Cr13, 10		
79%~98%硫酸 稀硝酸≤55% 浓硝酸≥53% 硝酸60%~93% 酸 渣 10%~40%碱渣	0.6	251~400	对焊(凹凸) 对焊(梯形槽)	金属齿形垫 金属环垫	0Cr19Ni9, 0Cr13		
		401~530	对焊(凹凸) 对焊(梯形槽)	金属齿形垫 金属环垫	0Cr19Ni9, 0Cr17Ni2Mo2		
		≤120	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板、耐酸碱橡胶板		
		≤50	扩口活套	聚四氟乙烯包覆垫	聚四氟乙烯+石棉橡胶板		
水 0.6MPa	0.6	≤86	铝管口翻边	聚四氟乙烯包覆垫	聚四氟乙烯+氟丁橡胶		
		<60	耐酸钢平焊	聚四氟乙烯垫、兰石棉垫	聚四氟乙烯、兰石棉板		
		≤120	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板		
		≤50	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板		
氮	2.5	≤150	平焊(凹凸)	橡胶垫	中压橡胶石棉板		
		对焊(凹凸)	柔性石墨复合垫	石墨+金属骨架(10、0Cr13)			
水 0.6MPa	0.6	≤100	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板		

续表 3.9.2

介 质	法兰公称 压力 MPa	工作温度 ℃	法兰型式	型 式		垫 片 材 料		备 注
				橡胶垫、塑料垫	金属垫、非金属垫	橡胶石棉板、软聚氯乙稀板	金属石棉板、软聚氯乙稀板、耐酸碳橡胶板	
聚苯乙烯、ABS树脂、 一般化工介质(指对碳钢 管无腐蚀者)、碳酸 钠、氯化钠、氯化钙溶液 等。半水煤气、天然气、中 二段转化气、净化系统、 温变空气、饱和氨水、氨 气、尾气、饱和氨水、干 氨气、液氨、尿素、一、二 段分馏塔出口尿液、塔 顶尿素、二段甲胺液、浓 氨水、氧乙稀原料	0.6	≤200	平焊(光)	橡胶垫、塑料垫	中压橡胶石棉板、软聚氯乙稀板	中压橡胶石棉板、软聚氯乙稀板		
	1.0	201~300	平焊(光)	橡胶垫、塑料垫	中压橡胶石棉板、软聚氯乙稀板	中压橡胶石棉板、软聚氯乙稀板		
		301~350	对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9等)	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9等)		
	1.6	201~300	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板	中压橡胶石棉板		
		301~350	对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9等)	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9等)		
	2.5	≤200	平焊(光)	橡胶垫	中压橡胶石棉板	中压橡胶石棉板		
		201~300	对焊(光)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9)	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9)		
	4.0	201~350	对焊(凹凸)	缠绕垫、柔性石墨复合垫	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9)	0Cr13(0Cr19Ni9)钢带+特制石棉(石墨)、石墨+金属骨架 (0Cr13、0Cr19Ni9)		
		-70~-41	对焊(凹凸)	金属包垫、柔性石墨复合垫	铝皮+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9)	铝皮+特制石棉、石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr19Ni9)		
	含溴醋酸	1.0	≤150	平焊(光)	塑料平垫	聚四氟乙烯、高压聚乙烯	聚四氟乙烯、高压聚乙烯	
聚甲基丙烯酸甲酯	1.6	-15~90	平焊(凹凸)	塑料平垫	聚四氟乙烯、高压聚乙烯	聚四氟乙烯、高压聚乙烯		
联苯、联苯醚	1.6	≤200	平焊(凹凸)	金属平垫	铝、紫铜	铝、紫铜	温度>200℃时 用对焊	
熔融碱 45%~95%	1.0	400~500	活套翻边	金属垫片	银δ=3	银δ=3		
混合二甲苯氧化液	≤4.0	60~230	对焊、松套 焊环活动	塑料平垫	聚四氟乙烯	聚四氟乙烯		
环氧乙烷	1.0	260	平焊	金属平垫	紫铜	紫铜		
氢氟酸	4.0	170	对焊(凹凸)	缠绕垫、金属平垫	蒙乃尔合金带+石墨带、蒙乃尔合金板	蒙乃尔合金带+石墨带、蒙乃尔合金板		
甲酚原料气	32.0	常温	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr13、20	0Cr13、20		
含甲酚气体		110	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr19Ni9	0Cr19Ni9		
循环气		常温	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr13、20	0Cr13、20		
纯氮气		常温	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr13、20	0Cr13、20		
粗甲醇		常温	高压螺旋纹	透垫垫(敏精)	0Cr13、20	0Cr13、20		
脂肪腈、丁醇溶液、丁 醇、丁醇溶液、正异丁 醇、正异丁醇溶液等		50	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr19Ni9	0Cr19Ni9		
氢氮气合成气	22.0	<200	高压螺旋纹	透垫垫	20、0Cr13	20、0Cr13		
	32.0	<200	高压螺旋纹	透垫垫	20、0Cr13	20、0Cr13		
	32.0	301~400	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr17Ni2Mo2	0Cr17Ni2Mo2		
	22.0	120~200	高压螺旋纹	透垫垫	0Cr17Ni2Mo2Ti	0Cr17Ni2Mo2Ti		
一段甲胺液	22.0	120~200	高压螺旋纹	透垫垫	Cr18Mn10Ni5Mo2N	Cr18Mn10Ni5Mo2N		
丙烯 90%、丙烷 10%、 丙烯、CO、H <sub>2</sub> 气	32.0	常温~140	高压螺旋纹	透垫垫	20、0Cr13	20、0Cr13		

表 3.9.3-1 法兰、垫片、螺柱、螺母材料匹配表 (供压力容器用)

法兰类型	垫 片		匹配	法兰材料	匹配	螺柱材料	匹 配		螺母材料
	种 类	温度限 -20℃至					温度限 -20℃至	螺母材料	
甲型法兰	非金属软垫片	GB 539 耐油 石棉橡胶板	200℃	任意	板材 GB 3274 Q235-A、B、C GB 6654 20R 16MnR	任意	GB 700	0℃~	Q235-A
		GB 3985 石棉橡胶板	350℃				Q235-A	300℃	
乙型法兰 与长颈法兰	非金属软垫片	GB 539 耐油 石棉橡胶板	200℃	任意	板材 GB 3274 Q235-A、B、C GB 6654 20R 16MnR	按 JB 4700 —92 表 3 选定螺柱 材料	35	300℃	Q235-A
		GB 3985 石棉橡胶板	350℃				40MnB	350℃	15
	缠绕垫	石棉或石墨 填充带	450℃	任意	板材 GB 6654 20R 16MnR 15CrMoR	按 JB 4700 —92 表 4 选定螺柱 材料	40MnB 40Cr 40MnVB	400℃	35 45 40Mn
		聚四氟乙烯 填充带	260℃		锻件 JB 755 20 16Mn 15CrMo 12Cr1MoV		GB 3077 35CrMoA		450℃
	金属包垫	铜、铝包覆 材料	400℃	任意	锻件 JB 755 12Cr2Mo1	按 JB 4700 —92 表 5 选定螺柱 材料	40MnVB	400℃	35、45 40Mn
							35CrMoA	400℃	45、40Mn
		低碳钢、不 锈钢包覆材 料	450℃		板材 GB 6654 15MnVR	按 JB4700 —92 表 5 选定螺柱 材料	35CrMoA	400℃	30CrMoA
							25Cr2MoVA	450℃	35CrMoA
	锻件 JB 755 20MnMo	PN≥2.5	25Cr2MoVA	450℃	30CrMoA 25Cr2MoVA				
						PN<2.5	35CrMoA		

注：“任意”系指“匹配”栏左列的各种材料与“匹配”栏右列的各种材料任意匹配使用。

表 3.9.3-2 法兰、垫片、紧固件选配表 (供管道法兰用)

公称压力 PN MPa	垫 片	螺栓、螺柱使用温度上限, °C							
		200	250	300	350	400	450	500	550
0.25, 0.6	石棉橡胶垫	4.6 级		35	1Cr5Mo				
	聚四氟乙烯包覆垫	4.6 级, 35							
	石墨复合垫			35					1Cr5Mo
1.0, 1.6	石棉橡胶垫			35	1Cr5Mo				
	聚四氟乙烯包覆垫	35							
	石墨复合垫			35					1Cr5Mo
2.5, 4.0	石棉橡胶垫			35	1Cr5Mo				
	聚四氟乙烯包覆垫	35							
	石墨复合垫			35					1Cr5Mo
	缠绕垫		8.8 级			40Cr		35CrMoA	25Cr2MoVA
6.3	金属环垫		8.8 级			40Cr		35CrMoA	25Cr2MoVA
	齿形组合垫			35		40Cr	35CrMoA	35CrMoA	25Cr2MoVA
	缠绕垫					40Cr		35CrMoA	25Cr2MoVA
	石墨复合垫					40Cr	35CrMoA	35CrMoA	25Cr2MoVA
10.0	缠绕垫							35CrMoA	25Cr2MoVA
	金属环垫						35CrMoA		25Cr2MoVA
	齿形组合垫						35CrMoA		25Cr2MoVA
16.0	金属环垫						35CrMoA		25Cr2MoVA
	齿形组合垫						35CrMoA		25Cr2MoVA

注: ①表列螺栓、螺柱材料可使用在比表列温度低的温度范围 (不低于 $-20^{\circ}\text{C}$ ), 但不宜使用在比表列温度高的温度范围。

②表列材料, 除 35CrMoA 外, 使用温度下限为 $-20^{\circ}\text{C}$ ; 35CrMoA 使用温度低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 时应进行低温夏比冲击试验。最低使用温度 $-100^{\circ}\text{C}$ 。

③在剧烈循环操作条件下, 不应使用 4.6 级紧固件。

④表列使用温度系指紧固件的金属温度。