

1 主题内容与适用范围

本标准规定了缠绕式垫片的技术条件、试验方法及检验规则等。

本标准适用于管法兰及压力容器法兰用缠绕式垫片(以下简称垫片)。

2 引用标准

- GB 541 石棉橡胶板 抗张强度试验方法
 GB 912 碳素结构钢和低合金结构钢 热轧薄钢板及钢带
 GB 3280 不锈钢冷轧钢板
 GB 3986 石棉橡胶板烧量试验方法
 GB 4239 不锈钢冷轧钢带
 GB 4340 金属维氏硬度试验方法
 GB 6905.3 锅炉用水和冷却水分析方法 氯化物的测定 汞盐滴定法
 GB/T 14180 缠绕式垫片试验方法

3 材料

3.1 金属带

3.1.1 金属带材料采用厚度为 0.15~0.25 mm 的 08F, 0Cr13, 0Cr18Ni9Ti, 1Cr18Ni9Ti, 00Cr18Ni10, 0Cr18Ni12Mo2Ti, 00Cr17Ni14Mo2 冷轧钢带, 或由供需双方协商确定。

3.1.2 金属带表面应光滑、洁净, 不允许有粗糙不平、裂纹、划伤、凹坑及锈斑等缺陷。

3.1.3 除供需双方商定的材料另行规定其硬度要求外, 不锈钢带的硬度按 GB 4340 检验, 其硬度值 HV 应不大于 200。

3.2 非金属带

3.2.1 非金属填充材料为特制石棉带、柔性石墨带和聚四氟乙烯带, 或由供需双方协商确定。非金属带的厚度为 0.3~1.0 mm, 其化学成分和物理机械性能应符合有关标准或规范的规定, 其推荐适用温度范围见表 1。

表 1

填充带材料	适用温度, C
特制石棉	≤500
柔性石墨	≤600 (非氧化性介质≤800)
聚四氟乙烯	-200~260

3.2.2 特制石棉的烧失量按 GB 3986 检验,其烧失量应不大于 25%。

3.2.3 用于不锈钢法兰连接的缠绕式垫片,其非金属带的氯离子含量按 GB 6905.3 检验,应小于 100 ppm,或由供需双方协商确定。

3.3 加强环

除供需双方另有协议外,内加强环材料应与金属带材料相同;外加加强环材料采用 A3 钢,并经防锈处理。

4 工艺要求

4.1 垫片主体由“V”型金属带与非金属带相互重叠连续缠绕而成。金属带与非金属带应紧密贴合、层次均匀,无折皱、空隙等现象。

4.2 垫片主体初绕和终绕应有 2~4 圈金属带间不填入非金属带,公称直径大于 1 500 mm 的垫片其空圈数可适当增加。带外加加强环的垫片,在主体末端点焊后应继续绕金属带 2~4 圈。用以装配外环时调整间隙及定位,这几圈金属带不计入垫片外径。

4.3 垫片主体内、外侧焊点数应符合表 2 的规定,始末端焊点不少于 3 点,焊点间距不小于 10~15 mm。

表 2

公称直径 DN , mm	焊 点 数
≤ 80	3~4
100~300	4~6
350~600	6~8
≥ 650	> 8

4.4 内、外加加强环可由整块板材冲压、车制,或经拼焊、围焊后车制而成,环面应平整,其平面度允差应小于 1%;环槽与内外圆应同心,与两端面对称。

4.5 带内加强环的垫片,可直接在内环外圆上缠绕制成。亦可用专门机具将内环与垫片主体紧密固定。

4.6 外加加强环与垫片主体之间应有适当的装配间隙。

4.7 垫片主体缠制后,其密封面不允许再进行机械加工或预压处理。

5 尺寸偏差

垫片主体及定位环尺寸的极限偏差应符合表 3 及表 4 的规定。

表 3

mm

公称直径 DN	垫片主体		内、外加加强环	
	D_2	D_3	D_1	D_4
≤ 200	+0.5	-0.8	+0.5	-0.8
250~600	+0.8	-1.3	+0.8	-1.3
650~1 200	+1.5	-1.8	+1.5	-1.8
1 300~3 000	+2.0	-2.5	+2.0	-2.5

表 4

mm

垫片主体		加强环	
厚度 T	极限偏差	厚度 T_1	极限偏差
2.2~3.2	$+0.2$ -0	2	± 0.2
4.5~6.5	$+0.4$ -0	3~5	± 0.3

6 外观质量

- 6.1 垫片主体表面不允许有影响密封性能的伤痕、空隙、凹凸不平及锈斑等缺陷。
- 6.2 垫片主体表面非金属带应均匀,适当的高出金属带。层间纹理应清晰,但不可显露金属带。
- 6.3 焊点应在金属带“V”型截面的对称面上,焊点间距应均匀,不应有未熔合和过熔等缺陷。
- 6.4 加强环表面不应有毛刺、凸凹不平、锈斑等缺陷;垫片主体的上下密封面与加强环上下表面的距离应相等;内加强环与垫片主体间应紧密固定,不允许松动;外加强环与垫片主体间应保持定位并可适当松动。

7 性能

- 7.1 垫片压缩、回弹性能的试验条件和指标应符合表 5 的规定。

表 5

垫片主体	试样规格	压紧应力 MPa(bar)	加载、卸载速度 MPa/s(bar/s)	压缩率, %	回弹率, %
金属带+特制石棉带	DN80 mm 带内外环	70.0 \pm 1.0 (700 \pm 10)	0.5(5.0)	18~30	≥ 19
金属带+柔性石墨带					≥ 17
金属带+聚四氟乙烯带					≥ 15

- 7.2 垫片应力松弛性能的试验条件和指标应符合表 6 规定。

表 6

垫片主体	试样规格	试验条件			应力松弛率, %
		预紧应力, MPa(bar)	试验温度, C	试验时间, h	
金属带+特制石棉	DN32 mm 带内外环	70.0 \pm 1.0 (700 \pm 10)	300 \pm 5	16	≤ 23
金属带+柔性石墨					≤ 18
金属带+聚四氟乙烯			200 \pm 5		≤ 13

- 7.3 垫片氮气密封性能的试验条件和指标应符合表 7 规定。

表 7

试样规格	试验条件				允许泄漏率, cm ³ /s			
	试验温度 C	试验介质	预紧应力 MPa(bar)	试验压力 MPa(bar)	1级	2级	3级	4级
DN80 mm 带内、外环	20±5	99.9% 氮气	70.0±1.0 (700±10)	公称压力的 1.1倍	≤1.2×10 ⁻⁵	≤1.0×10 ⁻⁴	≤1.0×10 ⁻³	≤1.0×10 ⁻²

7.4 垫片水压密封性能的试验条件和指标应符合表 8 规定。

表 8

试样规格	试验条件					指 标
	试验温度, C	试验介质	预紧应力 MPa(bar)	试验压力 MPa(bar)	保压时间 min	
DN80 mm 带内、外环	20±5	水	70.0±1.0 (700±10)	公称压力 的 1.3 倍	10	试样外缘在保压 时间内无水珠出 现、无脱焊及明显 变形

7.5 垫片蒸汽密封性能的试验条件和指标应符合表 9 规定。

表 9

试样规格	试验条件					允许泄漏率, g/s
	试验温度, C	试验介质	预紧应力 MPa(bar)	试验压力 MPa(bar)	保压试验 min	
DN80 mm 带内、外环	300 ^{±10} (当公称压力大于 1.0 MPa 时) 500 ^{±20} (当公称压力大于 1.0 MPa 时)	水蒸气	70.0±1.0 (700±10)	公称压力 的 1.1 倍	40	1.0×10 ⁻⁴

注: 填充带为聚四氟乙烯的缠绕式垫片的试验温度为 200 C。

8 检验方法

8.1 外观质量

垫片外观质量由目测法检验。

8.2 尺寸偏差

垫片尺寸用游标卡尺测量。

8.2.1 垫片主体内、外径的测量应避开焊点, 各测量三处, 取其算术平均值(精确到 0.2 mm)。

8.2.2 加强环内、外径的测量应各取三处, 取其算术平均值(精确到 0.2 mm)。

8.2.3 垫片主体厚度应取任意三处测量, 取其算术平均值(精确到 0.1 mm)。

8.3 性能

8.3.1 垫片压缩、回弹性能的试验方法按附录 A 规定。

8.3.2 垫片应力松弛性能的试验方法按附录 B 规定。

- 8.3.3 垫片氮气密封性能的试验方法按附录 A 规定。
- 8.3.4 垫片水压密封性能的试验方法按 GB/T 14180 规定。
- 8.3.5 垫片蒸汽密封性能的试验方法按 GB/T 14180 规定。

9 检验规则

9.1 检验分类与检验项目

- 9.1.1 产品检验分出厂检验和型式检验。
- 9.1.2 出厂检验项目包括尺寸、外观质量、用户有要求时可进行水压密封性能试验或蒸汽密封性能试验。
- 9.1.3 型式检验包括以下项目：
 - a. 出厂检验的所有项目；
 - b. 垫片压缩、回弹性能；
 - c. 垫片应力松弛性能；
 - d. 垫片氮气密封性能。
- 9.1.4 有下列情况之一时，垫片应进行型式检验：
 - a. 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
 - b. 正式生产后，如垫片结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
 - c. 正常生产时，每半年应进行一次检验；
 - d. 停产三个月后，恢复生产时；
 - e. 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时；
 - f. 国家质量监督机构或用户提出进行型式检验要求时。

9.2 根据供需双方协商可以增加蒸汽密封性能试验，国家质量监督机构仲裁时，必须同时进行氮气密封性能试验和蒸汽密封性能试验。

9.3 抽样及判定规则

- 9.3.1 同一结构型式、同一材料组合垫片以 100 片为一批，每批任意抽取 5 片（不足 100 片取 3 片）对尺寸、外观质量进行检验。如有 1 片不符合本标准规定，则取加倍数量的垫片进行复检，如仍有 1 片不符合本标准规定，则该批产品需全检。不足抽样数量的产品需全检。
- 9.3.2 同一材料组合，同一公称压力等级的垫片亦以 100 片为一批，按表 5～表 10 规定的垫片规格和型式各抽取 3 片，没有试样规格的应按同一工艺制造足够数量的试样进行压缩、回弹性能、应力松弛性能、氮气密封性能、水压密封性能、蒸汽密封性能试验。任一项如有 1 片不符合本标准规定，则取加倍数量的垫片对该项进行复验，如仍有 1 片不符合本标准规定，则该批产品为不合格品。

10 标志、包装、贮存

10.1 标志

产品标志应包括如下内容：

- a. 产品标记；
- b. 生产厂名或商标；
- c. 生产日期或批号。

10.2 垫片的包装方式由生产厂确定，但装箱后的垫片必须有防潮及定位措施，包装箱内要附有检验员签署的产品合格证，保管员签署的装箱单，装箱单上应注明垫片标记、数量及装箱日期。

10.3 垫片在贮存期间应放置在常温及通风、干燥的仓库内，防止日光照射，避免靠近热源。

附录 A
缠绕式垫片压缩、回弹及密封性能试验方法
(补充件)

A1 试验装置

试验装置由垫片加载系统、介质给定系统、测漏系统、机架及试验法兰组成,如图 A1 所示。

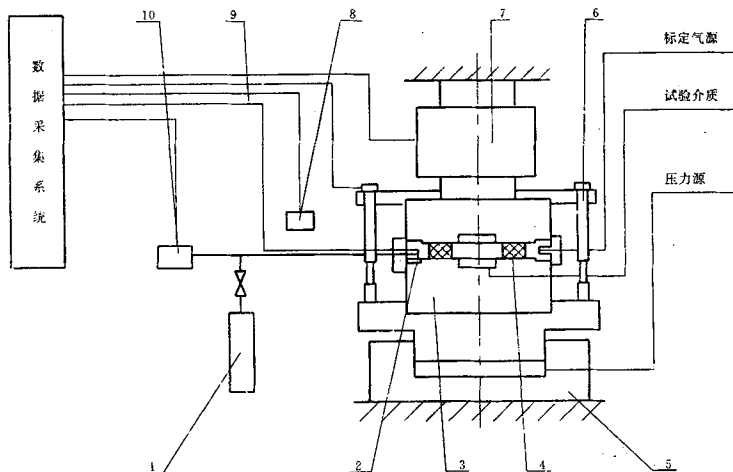


图 A1 试验装置

- 1—标准容器;2—测漏空腔;3—法兰;4—垫片;5—油缸与浮头;
6—位移传感器;7—拉压传感器;8—压强传感器;9—温度传感器;
10—微压传感器

A1.1 垫片加载系统应能提供规定的垫片预紧应力。试验过程中垫片载荷的波动应小于规定值的 1%，并能控制恒定的加载、卸载速度。

A1.2 试验介质给定系统应能提供规定的试验介质压力。试验过程中介质压力波动应小于规定值的 1%。

A1.3 测漏采用状态方程法,在垫片外侧、上下法兰面间设置一个密闭的环形测漏空腔。测漏空腔的初始容积 V_0 及容积变化修正系数 K 应经严格标定。测漏系统分辨率应不低于 10^{-5} cm^3 ,系统误差应不大于 0.5%。

A1.4 试验法兰采用刚性平面模拟法兰,法兰厚度与直径之比应不小于 1/3;法兰材料的极限强度 σ_b 应不小于 500 MPa;密封面硬度不小于 HRC40;密封面粗糙度 R_a 应在 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 之间(相当于 $\nabla 4$)。

A2 垫片压缩、回弹试验

A2.1 试样准备

试样选取后在 $100 \pm 2 \text{ C}$ 的热风烘箱内恒温干燥 1 h 后,置于室温干燥器中备用。

A2.2 试验条件

试验温度:15~25 C

垫片初载荷:1 MPa(10 bar)

垫片压紧应力:70 MPa(700 bar)

加载及卸载速度:0.5 MPa/s(5 bar/s)

A2.3 试验步骤

A2.3.1 用丙酮仔细清洗法兰密封面,垫片对中安装。

A2.3.2 对垫片施加初载荷至规定值,测量垫片的初始厚度 T_0 ,位移传感器调零。

A2.3.3 按规定的加载速度对垫片施加压紧应力至规定值,记录垫片压缩量 D_G 并按规定速度卸载,至初载荷数值时记录垫片的残余压缩量 D_G' 。

A2.4 结果计算

A2.4.1 垫片的压缩率 $X(\%)$ 、回弹率 $X_1(\%)$ 按式(A1)和式(A2)计算:

$$X = \frac{D_G}{T_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(A1)$$

$$X_1 = \frac{D_G - D_G'}{D_G} \times 100 \quad \dots\dots\dots(A2)$$

式中: T_0 ——垫片的初始厚度,mm;

D_G ——垫片压缩量,mm;

D_G' ——垫片残余压缩量,mm。

A2.4.2 计算结果取小数点后一位。

A3 垫片密封性能试验

A3.1 试样准备

试样选取后在 100 ± 2 C 的热风烘箱内恒温干燥 1 h 后,置于室温干燥器中备用。

A3.2 试验条件

试验温度:15~25 C

垫片预紧应力:70 MPa(700 bar)

试验介质:99.9%的工业氮气

试验介质压力:垫片公称压力的 1.1 倍

A3.3 试验步骤

A3.3.1 用丙酮仔细清洗法兰密封面,垫片对中安装。

A3.3.2 对垫片施加预紧应力,达到规定值后保持 15 min。

A3.3.3 标定测漏空腔的初始容积和容积变化修正系数。

A3.3.3.1 测漏空腔的初始容积按式(A3)标定:

$$V_C = V_0 \left(\frac{P_{2V} - P_B}{P_C - P_{2V}} \right) \quad \dots\dots\dots(A3)$$

式中: V_C ——测漏空腔的初始容积, cm^3 ;

V_0 ——标准容器的容积, cm^3 ;

P_0 ——标准容器的压力, Pa ;

P_c ——测漏空腔中给定的压力, Pa ;

P_{2V} ——标准容器与测漏空腔连通后的平衡压力, Pa 。

A3.3.3.2 容积变化修正系数按式(A4)标定:

$$K = \frac{V_c}{\Delta D_{GK}} \left(\frac{\Delta P_K}{P_K + P_r} - \frac{\Delta T_K}{T_K + T_r} \right) \dots\dots\dots (A4)$$

式中: K ——容积变化修正系数, cm^3/mm ;

ΔD_{GK} ——标定过程中垫片压缩量的增量, mm ;

ΔP_K ——标定过程中测漏空腔内的压力增量, Pa ;

P_K ——标定终了时测漏空腔内的压力与环境大气压力之差, Pa ;

P_r ——环境大气压力, Pa ;

ΔT_K ——标定过程中测漏空腔内温度增量, K ;

T_K ——标定终了时测漏空腔内的温度与环境大气温度之差, K ;

T_r ——环境大气温度, K 。

A3.3.4 通入试验介质,当介质压力达到规定值后,保持 10 min。

A3.3.5 记录测漏空腔内的压力 P_1 、温度 T_1 和垫片压缩量 D_{G1} 并开始计时, 2 min 后记录测漏空腔内的压力 P_2 、温度 T_2 和垫片压缩量 D_{G2} 。

A3.4 结果计算

A3.4.1 泄漏率按式(A5)计算:

$$L_R = \frac{T_M}{P_M} \times \frac{P + P_r}{T + T_r} \times \frac{V_c}{t} \left(- \frac{K \cdot \Delta D_G}{V_c} + \frac{\Delta P}{P + P_r} - \frac{\Delta T}{T + T_r} \right) \dots\dots\dots (A5)$$

式中: L_R ——泄漏率, cm^3/s ;

P_M ——标准状态下的大气压力, $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$;

T_M ——标准状态下的大气绝对温度, 273.16 K ;

P ——测漏空腔内的压力与环境大气压力差 ($P_2 - P_r$), Pa ;

ΔP ——测漏过程中测漏空腔内压力的变化量 ($P_2 - P_1$), Pa ;

T ——测漏空腔内温度与环境大气温度差 ($T_2 - T_1$), K ;

ΔT ——测漏过程中测漏空腔内温度的变化量 ($T_2 - T_1$), K ;

ΔD_G ——测漏过程中垫片压缩量的变化量 ($D_{G2} - D_{G1}$), mm ;

t ——测漏时间, 120 s 。

A3.4.2 计算结果取小数点后两位。

附录 B
缠绕式垫片应力松弛试验方法
(补充件)

B1 试验装置

试验装置由试验台、载荷测量系统和温度控制系统组成。

- B1.1 试验台由应变螺栓、试验法兰、定距块、加载螺母等组成,如图 B1 所示。
 B1.2 载荷测量系统由设置在应变螺栓上、下两端的千分表、调节螺钉及与之相连的中心顶杆所组成。
 B1.3 温度控制系统由电加热器、热电偶及温控仪组成。
 B1.4 应变螺栓材料为 35 CrMoA,并经调质处理。
 B1.5 应变螺栓在 20°C 及试验温度下的载荷-变形特性应经严格标定,并换算成以垫片应力及千分表读数为坐标的应力松弛计算图,如图 B2 所示。

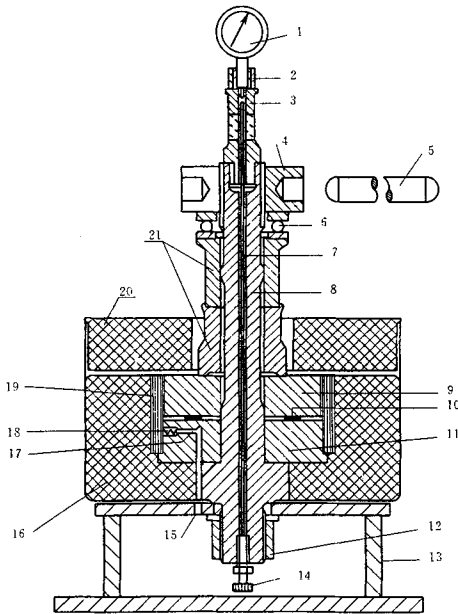


图 B1 试验台

- 1—千分表;2—锁紧套;3—千分表架;4—加载螺母;5—加力杆;6—滚珠轴承;7—中心顶杆;
 8—应变螺栓;9—试验法兰(上);10—试验垫片;11—试验法兰(下);12—紧固螺母;13—支
 架;14—调节螺钉;15—热电偶孔;16—保温套;17—销子;18—丝堵;19—电热丝(1 kW);
 20—保温盖板;21—定距块

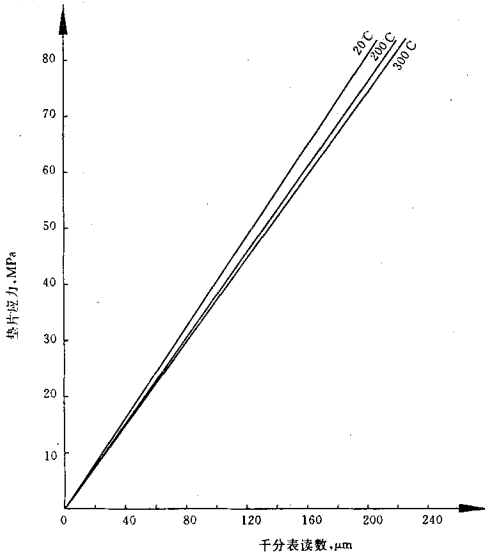


图 B2 垫片应力松弛计算图

B1.6 温度控制系统的控制精度应在 $\pm 1\text{C}$ 以内。

B2 试验准备

试样选取后放在 $100\pm 2\text{C}$ 的热风烘箱内恒温干燥1 h后,置于室温干燥器中备用。

B3 试验步骤

B3.1 将试验垫片同心放置于上、下法兰面间,通过应变螺栓底部的调节螺钉将千分表调零。

B3.2 用加力杆旋紧加载螺母,压紧试样使之达到规定的预紧应力。5 min 后若发现应力下降,再次旋紧到初始值,并记录千分表读数 A_1 。

B3.3 接通电加热器,1 h 升温至试验温度并调节温控仪,使温度波动小于1.5%。

B3.4 保持试验温度16 h,记录千分表读数 A_2 。

B3.5 在试验温度下,将螺栓卸载并记录卸载后的千分表读数 A_3 。

B4 试验结果处理

B4.1 由读数 A_1 及 $(A_2 - A_3)$ 值,分别从图 B2 中相应的 20C 及试验温度下的载荷-变形线上查得垫片残预紧应力 S_K 和垫片残余应力 S'_K 值。

B4.2 垫片应力松弛率 $Y(\%)$ 按式(B1)计算:

$$Y = \frac{S_K - S'_K}{S_K} \times 100 \quad \dots\dots\dots(B1)$$

式中： S_K ——垫片预紧应力，Pa；

S'_K ——垫片残余应力，Pa。

B4.3 计算结果取小数点后一位。

附加说明：

本标准由国家建筑材料工业局提出。

本标准由南京化工学院、烟台石棉制品总厂、机械电子工业部机械标准化研究所及中国石油化工总公司北京石化工程公司共同起草。

本标准主要起草人朱洪生、顾伯勤、张建国、李新华、张万英。