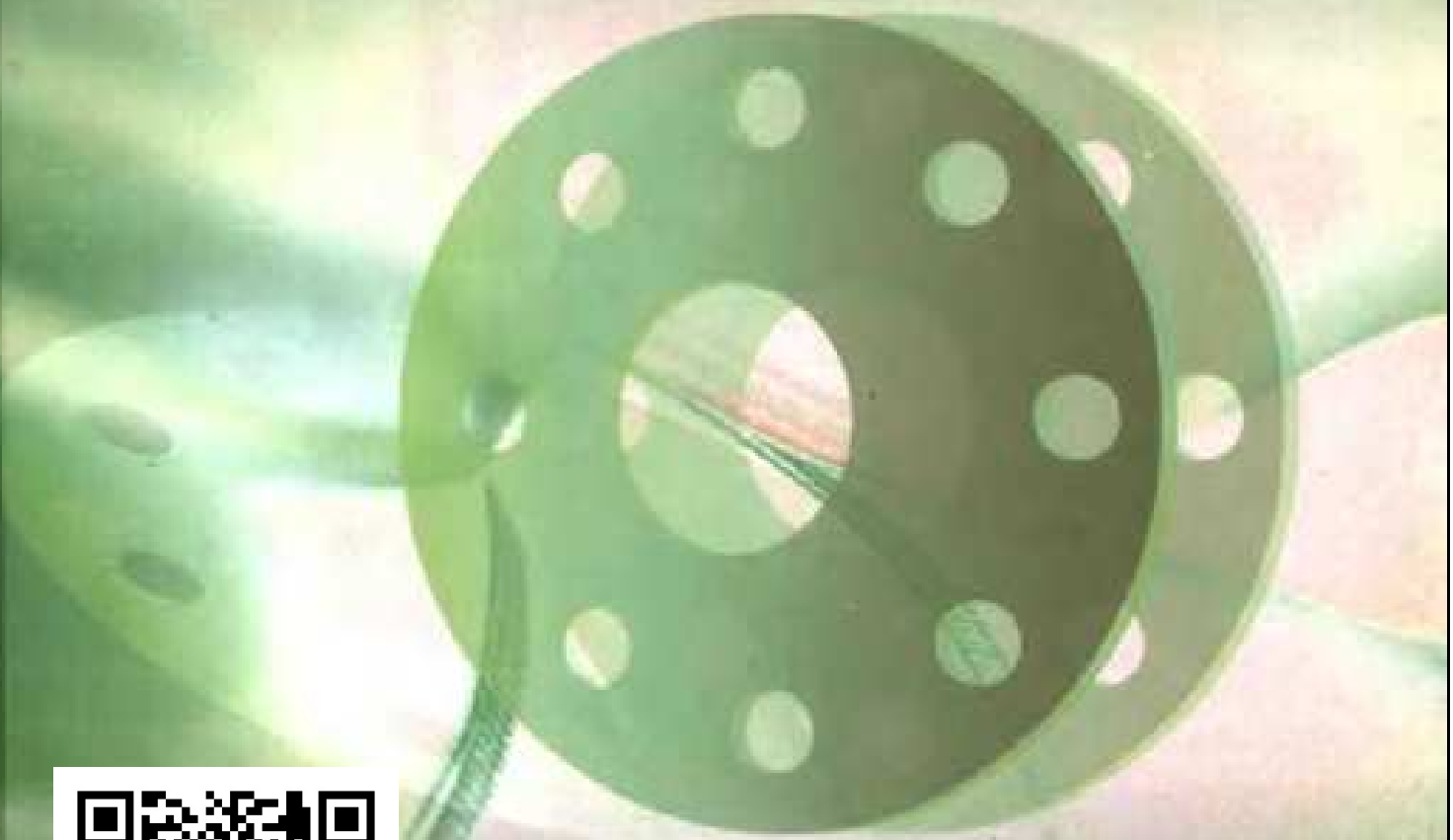
法兰用密封垫片实用手册

《法兰用密封垫片实用手册》编委会 编



中国标准出版社

企业微信订阅号

责任编辑：黄　栩
封面设计：李冬梅
版式设计：张利华
责任校对：周　雅
责任印制：邓成友

ISBN 7-5066-3650-6
9 787506 636506 >

ISBN 7-5066-3650-6/TH·356
定价：56.00 元

法兰用密封垫片
实 用 手 册

《法兰用密封垫片实用手册》编委会 编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

法兰用密封垫片实用手册/《法兰用密封垫片实用手册》编委会编. - 北京:中国标准出版社,2004
ISBN 7-5066-3650-6

Ⅰ.法… Ⅱ.法… Ⅲ.机械密封—垫圈 技术手册 Ⅳ.TH136-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 127971 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045
网址 www.bzcbs.com
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 335 千字
2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月第一次印刷
*
定价 56.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

《法兰用密封垫片实用手册》

编写委员会

主　编　李新华

副主编　刘战歌　唐书华

主　审　顾伯勤

编写人　李新华　顾伯勤　李道纯

田　争　叶宝龙　黄　栩

刘战歌　唐书华

前言

法兰是机械、石油、化工、石油化工、水利、电力、轻工、纺织、船舶、制药及核工业等部门管道系统和装置中应用最广泛的一种管道配件，它和垫片、螺栓共同组成一个密封接头体，起着连接管子、泵、阀、压力容器及各种承压设备的重要作用。据统计，在石油化工领域，仅一个大型炼油厂的法兰密封接头就达到20万个以上。

垫片是法兰连接组合密封接头的主要密封元件，它是借助连接螺栓穿过法兰螺栓孔，在螺栓预紧力的作用下对法兰密封面施加压紧力，从而填塞住法兰密封面间凹凸不平的微观几何间隙来实现密封目的的。由于法兰密封接头预紧工况和工作（受压）工况都是靠密封垫片建立初始密封力和工作密封力为前提条件，因而从法兰设计计算的观点出发，应该自始至终将连接法兰的螺栓与起密封作用的垫片相互联系起来进行整体考虑，其中最要考虑的是密封垫片。

法兰接头的密封失效主要表现为泄漏。密封失效轻则造成能源、原材料的大量浪费，重则导致设备报废、停工停产、人员伤亡和严重的环境污染。近年来，随着现代化工、石油、原子能、航天及深海技术的迅速发展，对装置、管道的密封提出了更严格的要求。

在垫片密封中，泄漏是无法避免的。垫片密封的可靠性与连接结构型式、介质特性、工况条件等诸多因素有关；而且最主要的是与所采用的密封垫片材料和其结构有关。影响垫片密封的因素很多，且至今还是一个尚未能定量的问题。

本手册由垫片基础、垫片结构特点及标准、垫片试验方法及国外（含国际）典型垫片标准推荐四篇组成，共分15章，包括垫片密封的基本概念、垫片的结构型式和种类、垫片的性能和参数、非金属平垫片、金属复合垫片、金属垫片、垫片尺寸选用、垫片压缩率及回弹率试验方法、垫片应力松弛试验方法、垫片密封性能试验方法、垫片水压密封及蒸汽密封性能试验方法、国际垫片标准、美国垫片标准、欧共体垫片标准及德国垫片标准。

本手册由《法兰用密封垫片实用手册》编写委员会编。限于水平所限，手册中缺点和错误难免，恳请读者批评指正。

－编　者－

2004.12

目　录

第一篇　垫片基础

第 1 章　垫片密封的基本概念 …… 3

1　垫片密封机理 …… 3

2　垫片密封的泄漏形式 …… 5

3　垫片的微观密封过程 …… 5

4　影响垫片密封连接，导致泄漏的主要因素 …… 7

第 2 章　垫片的结构型式和种类 …… 9

1　垫片的结构型式 …… 9

2　垫片的种类 …… 10

第 3 章　垫片的性能和参数 …… 11

1　垫片的主要性能 …… 11

2　垫片参数 …… 17

第二篇　垫片结构特点及标准

第 4 章　非金属平垫片 …… 25

1　非金属软垫片 …… 25

2　聚四氟乙烯包覆垫片 …… 40

第5章 金属复合垫片 …… 45
1 金属缠绕式垫片 …… 45
2 金属包覆垫片 …… 59
3 金属冲齿板柔性石墨复合垫片 …… 65
4 金属波齿复合垫片 …… 72
第6章 金属垫片 …… 83
1 金属环形垫片 …… 83
2 金属齿形垫片 …… 88
3 法兰用R型(八角形、椭圆形)、RX型及BX型自紧密封金属环垫 …… 90
4 金属透镜垫 …… 97
第7章 垫片尺寸选用 …… 100
1 选用垫片的基本原则 …… 100
2 标准垫片的选用 …… 100
3 垫片压力级的标注 …… 102

第三篇 垫片试验方法

第8章 垫片压缩率及回弹率试验方法 …… 105
1 试验方法A …… 105
2 试验方法B …… 106
第9章 垫片应力松弛试验方法 …… 109
1 试验方法A …… 109
2 试验方法B …… 110
3 应力松弛试验方法A的应力螺栓标定 …… 112
4 应力松弛试验方法B的试验装置标定及其计算示例 …… 113
第10章 垫片密封性能试验方法 …… 117
1 试验方法A …… 117
2 试验方法B …… 119

第 11 章　垫片水压密封及蒸汽密封性能试验方法 …… 124

1　水压密封性能试验方法 …… 124
2　蒸汽密封性能试验方法 …… 125

第四篇　国外典型垫片标准推荐

第 12 章　国际垫片标准 …… 131

1　一般要求 …… 131
2　非金属扁平垫片 …… 133
3　螺旋缠绕式垫片 …… 144
4　金属环连接垫片 …… 150
5　非金属包覆垫片 …… 156
6　波纹形、扁平形或齿形金属垫片及带填料的金属垫片 … 158
7　标准的参考附录 …… 160

第 13 章　美国垫片标准 …… 162

1　管法兰用非金属平垫片 …… 162
2　管法兰用环连接式、螺旋缠绕式及夹套式金属垫片 …… 168

第 14 章　欧共体垫片标准 …… 201

1　增强及未增强的非金属平垫片 …… 201
2　钢制法兰用缠绕式垫片 …… 212
3　聚四氟乙烯包覆垫片 …… 214
4　钢制法兰用金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片 …… 216

第 15 章　德国垫片标准 …… 219

1　适用范围 …… 219
2　引用标准 …… 219
3　尺寸计算 …… 220
4　标记 …… 222
5　要求 …… 222

第一篇

垫片基础

垫片基础主要包括垫片密封的基本概念、垫片的结构型式和种类、垫片的性能和参数等三个部分。本篇着重介绍垫片基础知识。

第1章　垫片密封的基本概念

垫片密封是工业装置中压力容器、工艺设备、动力机器和连接管道等可拆连接处最主要的密封型式，通常由法兰、螺栓、螺母和垫片组成，称为螺栓法兰连接，见图1-1。它们所处的工况条件十分复杂，被密封的流体介质种类繁多，防止液体或气体通过垫片密封连接处泄漏出来是工厂面对的最重要也是最困难的任务。虽然垫片密封与回转机械的轴密封、往复机械的轴密封、阀门的阀杆密封相比，其泄漏率并不是很大，但垫片密封量大面广，因此它们成为工业装备泄漏的主要来源。泄漏轻则造成能源、原材料的大量浪费，重则导致设备报废、停工停产、人员伤亡和严重的环境污染。

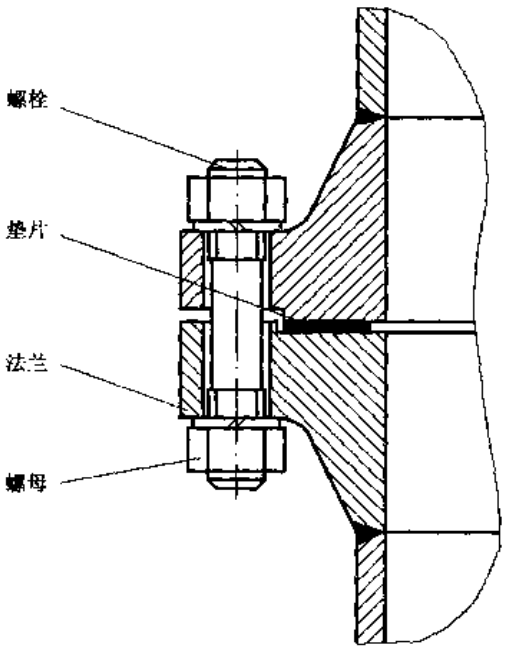


图1-1　螺栓法兰连接

本章重点介绍垫片密封机理、泄漏形式、影响泄漏的主要因素及常用垫片的结构等。

1　垫片密封机理

泄漏即介质从有限空间内部流到外部，或从外部进入有限空间内部的人们不希望发生的现象。介质流动通过内外空间的交界面即密封面发生泄漏。造成泄漏的根本原因是由于接触面上存在间隙，而接触面两侧的压力差、浓度差则是泄漏的推动力。由于密封面的形式及加工精度等因素的影响，密封面上存在间隙在所难免，这就会造成密封面不完全吻合，从而发生泄漏。要减少泄漏，就必须使接触面最大程度地嵌合，即减小泄漏通道的截面积、增加泄漏阻力，并使之大于泄漏推动力。对密封面施加压紧载荷，以产生压紧应力，可提高密封面的接触程度，当应力增大到足以引起表面产生明显的塑性变形时，就可填补密封面的间隙，堵塞泄漏通道。使用垫片的目的就是利用垫片材料在压紧载荷的作用下较容易产生塑性变形的特性，使之填平法兰密封面的微小凹凸不平，从而实现密封。

在螺栓-法兰-垫片连接中，压紧垫片的力使垫片材料产生变形从而填满法兰密封面间的微间隙。垫片预紧应力的大小取决于螺栓的数量、拧紧螺栓的转矩、螺栓系统的润滑状态和垫片的压缩面积，即

$$M = kFd \tag{1-1}$$

或

$$F = \frac{M}{kd}$$

$$\sigma_{gi} = \frac{nF}{A_g} \tag{1-2}$$

式中：M—— 转矩，N·m；

d——螺栓的公称直径，m；

k——系数；

σ_{gi}——垫片预紧应力，MPa；

n——螺栓数量；

A_g——垫片压缩面积，m^2。

系数 k 的变化范围很大，与螺栓系统的润滑状态有关，设计时一般取 $k=0.16\sim0.20$，前者用于润滑良好的螺纹，后者用于润滑较差的螺纹。

上述垫片预紧应力是否能够实现初始密封，与所使用的垫片材料密切相关，不同的垫片材料在相同的压缩量下，垫片的应力是不同的，即在同样的密封要求下所能密封的介质压力也不一样，或者说在相同的介质压力下，得到的连接密封性能亦不一样。

当初始垫片应力加在垫片上之后，必须在装置的设计寿命内保持足够的垫片工作应力，以维持必要的密封能力。因为连接受到流体压力作用时，密封面被迫发生分离，此时要求垫片能释放出足够的弹性变形能，以补偿这一分离量，并且留下足以保持密封所需的垫片工作应力。此外，这一弹性应变能还要补偿装置长期运行过程中可能发生的连接结构的松弛，如垫片材料在高温和长期应力作用下引起的垫片应力的降低，连接件与紧固件材料不同所引起的热膨胀量不同，从而导致垫片的应力降低或升高，高温下紧固件蠕变引起的垫片应力下降等。

上述关系可用下式表示：

$$\sigma_{go} = \frac{\eta(\sigma_{gi}A_g - pB)}{A_g} \tag{1-3}$$

式中：σ_{go}——垫片工作应力，MPa；

p——密封介质压力，MPa；

η——应力衰减系数，$\eta<1$；

B——介质静压力作用面积，mm^2。

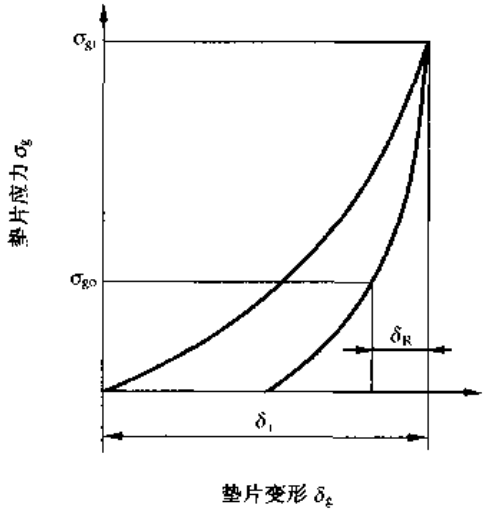


图 1-2 垫片应力与变形的关系

图 1-2 中的曲线表示上述两个过程中垫片的应力与变形的关系，图中 δ_i 和 δ_R 分别对应于垫片预紧至 σ_{gi} 时的压缩量和工作时 σ_{go} 下的回弹量。可见，任何形式的垫片密封，首先要在被连接件的密封面与垫片表面之间产生一定的垫片预紧应力，其大小与装配垫片时的预压缩量以及垫片的变形特性有关，而其分布状况与垫片截面的几何形状以及法兰的变形有关。从理论上讲，垫片预紧应力越大，垫片中贮存的

弹性应变能也越大，因而补偿法兰面分离和连接松弛的能力也越强。但就实际使用而言，垫片预紧应力的合理取值与密封材料和结构、密封要求、环境因素、使用寿命以及经济性等有关。

2　垫片密封的泄漏形式

螺栓-法兰-垫片连接中，垫片是最主要的密封元件。对于非金属垫片来说，连接的密封是通过拧紧螺栓，造成法兰与垫片接触表面及垫片内部较大的压紧应力，从而一方面使垫片表面与法兰表面紧密贴合、填满法兰表面的微间隙，另一方面减小垫片材料的孔隙率，亦即减小被密封流体的泄漏通道。由于任何制造或加工方法都不可能形成绝对光滑的理想表面，也不可能实现密封面间的完全嵌合以及密封件本身孔隙的完全阻塞，所以在相互接触的密封面间和密封件的内部总是存在着微小的间隙或通道。因而，对垫片密封来说，泄漏总是不可避免的。当介质以一定的压力通过螺栓-法兰连接时，总会在密封点处出现泄漏，分析这种现象可以发现：它是以两种形式出现的，即“界面泄漏”和“渗透泄漏”，见图 1-3。

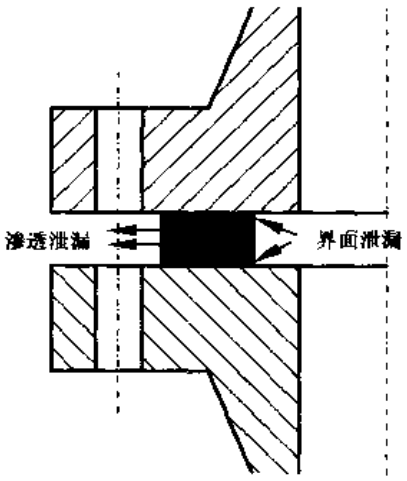


图 1-3　“界面泄漏”与“渗透泄漏”

2.1　界面泄漏

垫片压紧应力不足、法兰密封面粗糙、管道的热变形、机械变形以及振动等都会造成垫片与法兰密封面之间贴合不严密，从而发生泄漏。此外，螺栓-法兰连接在操作工况下，由于温度、压力的作用，螺栓变形伸长，垫片蠕变松弛、回弹能力下降，垫片材料的老化、变质等亦会造成垫片与法兰密封面之间的泄漏。这种发生在垫片与法兰密封面之间的泄漏称为“界面泄漏”。

2.2　渗透泄漏

非金属垫片通常由植物纤维、动物纤维、矿物纤维或化学纤维与橡胶粘结压制而成，或由柔性石墨等多孔材料制作而成。由于其组织疏松，致密性差，纤维与纤维之间存在无数微小间隙，很容易被介质浸透，特别是在压力作用下，介质会通过材料内部的孔隙渗透出来。这种发生在垫片材料内部的泄漏称为“渗透泄漏”。

3　垫片的微观密封过程

在加载过程中，泄漏率随垫片的压缩变形量而变化。当轴向压紧载荷小于一定的值时，尽管垫片已产生了一定的压缩变形量，但泄漏仍很严重，基本上没有密封能力；继续增加压紧载荷，垫片的压缩变形量随之增大，泄漏率逐渐减小；但当轴向压紧载荷大到一定程度时，泄漏率几乎不变。在卸载过程中，垫片的压缩变形量随压紧载荷的减小而减小，相应的泄漏率随之而增大，但在同一轴向载荷下，卸载时的泄漏率远较加载时所对应垫片

应力下的泄漏率小。当轴向载荷减小到一定程度时，尽管垫片的弹性变形尚未完全消失，仍具有一定的回弹能力，但泄漏率已急剧增大。

加载和卸载时泄漏率的变化情况可通过分析密封面的微观结构来解释。密封面微观结构见图 1-4。初始表面由以下几部分组成，其中：

A——法兰面的最大不平度；

B——法兰面的缺陷（裂纹、划伤等）；

a——垫片表面的最大不平度；

b——垫片表面缺陷；

c——密封面间的杂质、毛刺等。

3.1 加载过程

在加载过程中，泄漏率随垫片的压缩变形而变化。配合面间首先接触的是表面最突出部分，如毛刺、颗粒状杂质等，见图 1-4 a)。在加载过程的初期，因局部载荷很大，这些凸出部分很快被压平或嵌入凹陷部分直至图 1-4 b)状态，此时尽管垫片已产生了一定的压缩变形，但泄漏仍很严重。在此阶段中，配合表面大部分呈自由状态，间隙很大，基本上没有密封能力，尚不能形成初始密封。由图 1-4 b)状态继续加载，配合面间波峰、波谷相互穿插、嵌合，微间隙逐渐减小直至配合面吻合，见图 1-4 c)。在该阶段中，流道截面随压紧力增加而减小，流道阻力随之增大，泄漏率相应减小，即增加压紧载荷可以有效地控制泄漏，故通常称该阶段为正常密封阶段。从图 1-4 c)可以看出，当配合面基本吻合后，若继续增加压紧载荷，垫片的压缩变形增加甚微，泄漏率则几乎不变。此时由初始表面的不平度所形成的微间隙基本上已被堵死，配合面大部分已嵌合，泄漏通道主要由表面缺陷如裂纹、划伤等组成，而要进一步消除这部分间隙则十分困难。

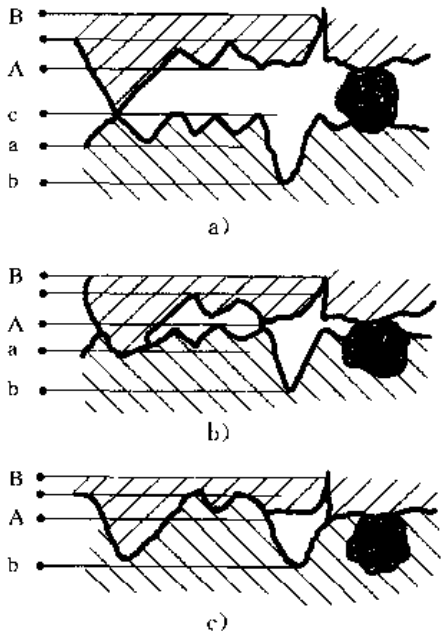


图 1-4 密封面微观结构图

3.2　卸载过程

在卸载过程中，密封面上由于相互嵌合而产生的塑性变形不因卸载而恢复，此时，只要垫片未被完全压实，垫片的回弹量足以补偿由于介质压力所引起的密封面间的互相分离，连接总是具有一定的密封能力。

上述即是在同一压紧载荷下，卸载时的泄漏率远小于加载时的泄漏率的原因。但是，由于初始表面的不平度，密封面上应力分布是很不均匀的，嵌合过程中并非垫片的整个表面都形成了与法兰面相吻合的塑性变形，其中一部分受力较小的波谷处仍处于弹性状态。这部分弹性变形将随压紧载荷的减小而恢复，于是卸载过程中一部分微间隙又重新出现，泄漏率又随压紧载荷的减小而渐渐增大。

4　影响垫片密封连接，导致泄漏的主要因素

对垫片密封来说，其泄漏状况与被密封介质的物理性能、工况条件、法兰密封面的粗糙度、压紧应力以及垫片的基本特性、尺寸、加载卸载历程等诸多因素有关。

4.1　被密封介质物理性能的影响

采用同样的密封连接形式，在同样的工况条件下，气体的泄漏率大于液体的泄漏率，氢气的泄漏率大于氮气的泄漏率。这主要是由于被密封介质的物理性能参数不同造成的。在被密封介质的物理性质中，黏性的影响最大。黏度是流体内摩擦力的量度，对于黏度大的介质，其泄漏阻力大，泄漏率就小；对于黏度小的介质，其泄漏阻力小，泄漏率就大。

4.2　工况的影响

垫片密封的工况条件包括介质的压力、温度等。不同的压力、温度下，其泄漏率的大小不同。密封面两侧的压力差是泄漏的主要推动力，压力差越大，介质就越易克服泄漏通道的阻力，泄漏就越容易。温度对连接结构的密封性能有很大的影响。研究表明，垫片的弹、塑性变形量均随温度升高而增大，而回弹性能随温度升高而下降，蠕变量则随温度的升高而增大。且随着温度的升高，垫片的老化、失重、蠕变、松弛现象就会越来越严重。此外，温度对介质的黏度也有很大的影响，随着温度的升高，液体的黏度降低，而气体的黏度增加。温度越高，泄漏越容易发生。

4.3　法兰表面粗糙度的影响

相同的垫片预紧应力下，法兰表面粗糙度不同，泄漏率亦不一样。通常，表面粗糙度越小，泄漏量越小。研磨过的法兰密封面的密封效果要比未研磨的法兰密封面的密封效果好。这主要是由于粗糙度小的密封表面，其凹凸不平易被填平，从而使得界面泄漏大为减少。

4.4　垫片压紧应力的影响

垫片上的压紧应力越大，其变形量就越大。垫片的变形一方面有效地填补了法兰表面的不平度，使得界面泄漏大为减少；另一方面使得垫片本身内部毛细孔被压缩，泄漏通道的截面减小，泄漏阻力增加，从而泄漏率大大减小。但如果垫片的压紧应力过大，则易将垫片压溃，从而失去回弹能力，无法补偿由于温度、压力引起的法兰面的分离，导致泄漏率急剧增大。因此要维持良好的密封，必须使垫片的压紧应力保持在一定的范围内。

4.5　垫片几何尺寸的影响

4.5.1　垫片厚度的影响

在同样的压紧载荷、同样的介质压力作用下，泄漏率随垫片厚度的增加而减小。这是

由于在同样的轴向载荷作用下，厚垫片具有较大的压缩回弹量，在初始密封条件已经达到的情况下，弹性储备较大的厚垫片比薄垫片更能补偿由于介质压力引起的密封面间的相对分离，并使垫片表面保留较大的残余压紧应力，从而使泄漏率减少。但不能说垫片越厚，其密封性能越好。这是因为，垫片厚度不同，建立初始密封的条件也不同，由于端面上摩擦力的影响，垫片表面呈三向受压的应力状态，材料的变形抗力较大；而垫片中部，受端部的影响较小，其变形抗力也较小。在同样的预紧载荷下，垫片中部较垫片表面更易产生塑性变形，此时，建立初始密封也越困难，故当垫片厚度达到一定数值以后，密封性能并无改变，甚至恶化。此外，垫片越厚，渗透泄漏的截面积越大，渗透泄漏率也就越大。

4.5.2 垫片宽度的影响

在一定的范围内，随着垫片宽度的增加，泄漏率呈线性递减。这是因为，在垫片有效宽度内介质泄漏阻力与泄漏通道的长度（正比于垫片宽度）成正比。但不能说垫片越宽越好，因为垫片越宽，垫片的表面积就越大，这样要在垫片上产生同样的压紧应力，宽垫片的螺栓力就要比窄垫片大得多。

第2章　垫片的结构型式和种类

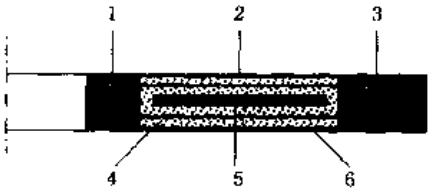
1　垫片的结构型式

工业上使用的平垫片一般由密封元件及内、外加强环组成，但有的垫片并无加强环。密封元件或称垫片本体是阻止泄漏的关键部分。其常用的材料有非金属材料，如柔性石墨、聚四氟乙烯、纤维增强橡胶基复合板等。此外，密封元件材料也可以是刚性或柔性的金属，通常用于压力和温度较高的场合。对于非金属材料制造的密封元件，通常插入金属材料予以增强，同时也方便了如石墨等易破碎材料密封元件的制造加工。增强材料可以是金属薄板或丝网，金属薄板常常采用冲刺孔的方式以提高增强效果和增加弹性，并通过粘结剂和辊压将它们贴合在一起。密封元件也可设一表面层或抗粘结处理层来增加密封效果和防止与法兰密封面粘结。表面层材料可以是聚四氟乙烯(PTFE)或屈服强度低的金属材料(如金、黄铜、软钢、镍、蒙乃尔等)，也可以是表面镀层：如铅、锡、金、银、PTFE等。密封元件还可以用PTFE或金属保护套包覆，其作用是使内芯材料免受化学侵蚀，同时又保留了内芯材料的弹性。

外加强环或外环材料均为实体金属，其作用是：帮助密封元件安装时对中；防止密封元件过分压缩而破坏；防止垫片吹出和减少法兰转动等。外加强环不与密封介质接触，因此不要求耐介质腐蚀，故常常由碳钢材料制成。外加强环还可以与密封元件制成一体，例如金属齿形垫片、波齿复合垫片等。

内加强环或内环接触流体，其材料应能抵御密封介质的腐蚀。内加强环的作用是：防止密封元件本体因刚性不足发生向内屈曲；填补密封件与容器或管道法兰面之间的空隙，以避免此空隙干扰流体的流动以及由此引起的流体对垫片的冲蚀。

典型平垫片的一般结构型式见图2-1。



1—内环；2—密封件本体；3—外环；
4—表面层；5—增强层；6—抗粘结处理层

图2-1　垫片的一般结构型式

2 垫片的种类

法兰用密封垫片的种类繁多，按其密封元件本体材料和其结构特征一般可分为非金属平垫片、金属复合垫片（或半金属垫片）及金属垫片三大类，各类又可细分成若干种，见图 2-2。

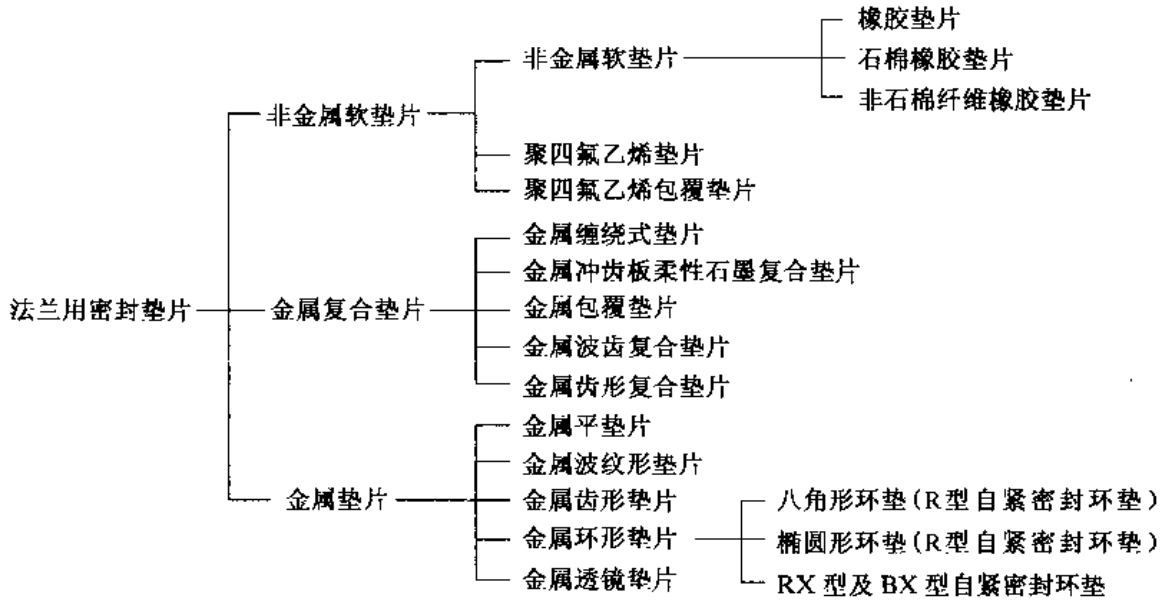


图 2-2 法兰用密封垫片的分类

第3章　垫片的性能和参数

垫片的主要性能包括常温条件下测定的性能及高温条件下测定的性能两种，但通常评定垫片性能时以常温条件为主。垫片的常温性能主要包括：压缩及回弹性能、应力松弛性能和密封性能。垫片的高温性能主要包括：高温压缩及回弹性能、蠕变性能和高温密封性能。

表征垫片特性的参数主要为垫片有效密封宽度、垫片性能参数(即垫片预紧比压及垫片系数)。垫片的配套参数主要包括垫片公称通径及公称压力。

1　垫片的主要性能

1.1　垫片的常温性能

1.1.1　压缩及回弹性能

垫片压缩及回弹性能为垫片的力学性能，它反映了垫片的轴向载荷与变形的关系。垫片的压缩性指压缩后垫片厚度的变化量，它表征垫片刚性的大小。垫片的回弹性指压缩载荷卸除后垫片厚度的回复量，它对操作情况下因介质压力或其他原因引起的垫片与密封面分离进行了补偿，以保持法兰接头的密封能力。垫片压缩性与回弹性分别以压缩率及回弹率表示。

不同材料和结构型式的垫片，其压缩率和回弹率各不相同，试验标准中通常按照规定的垫片厚度和垫片应力在室温条件下进行测试获得。对垫片的压缩及回弹性，除了评价其数值大小外，还应从不同形状的压缩-回弹曲线，特别是卸载部分回弹曲线的斜率观察，斜率越小，垫片的弹性补偿能力越大，垫片应力的损失越小，即越容易适应载荷的循环作用。在评价垫片的压缩性和回弹性时，不但要求合适的压缩率和最大的回弹率，还要求有最佳形状的压缩-回弹曲线。

以垫片压缩变形量为横坐标，以垫片全面积计算的残余压紧应力为纵坐标，如果垫片在加载与卸载时，变形量与压紧应力的关系曲线即压缩-回弹曲线重复，如图 3-1 所示，则认为垫片是理想的完全弹性体。但是，无论哪种结构型式的垫片都有一定的塑性，即在压缩过程中，当垫片的载荷超过一定限度，垫片除产生弹性变形外，还会产生部分塑性变形或永久变形。即使是弹性最好的橡胶垫片也会产生大于 5%～10%的塑性变形，因此无法恢复到压缩前的厚度，将会产生如图 3-2 所示的实际压缩曲线，加载时垫片压紧应力沿 OA 线上升；卸载时则沿 AB 线下降。在图 3-2 中，h_1 为塑性变形量，h_2 为回弹量，h_1+h_2 为总的压缩量。

螺栓-法兰-垫片连接的密封，本质上是通过垫片变形，减小法兰与垫片之间及垫片本体的毛细孔截面积，增加流体泄漏阻力来实现密封的。因而，在预紧条件下，垫片的压缩性能部分地反映了垫片表面与法兰密封面嵌合程度，形成初始密封能力。在操作条件下，

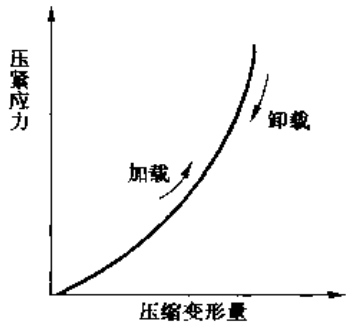


图 3-1 理想的压缩-回弹曲线

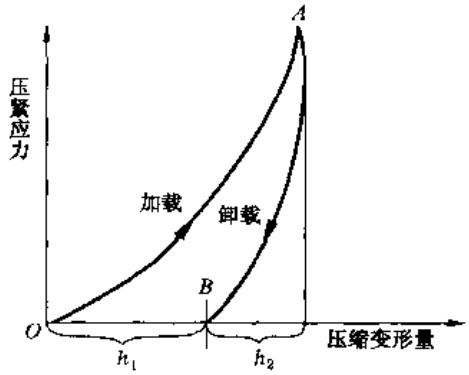


图 3-2 实际垫片的压缩-回弹曲线

由于螺栓的伸长和法兰的变形，使法兰密封面和垫片间产生相对分离，垫片压紧应力减小，这时连接的紧密性很大程度上取决于垫片的回弹能力。可见，垫片的压缩及回弹性能对连接的紧密性影响很大。

1.1.2 应力松弛性能

对螺栓-法兰-垫片密封连接施加螺栓载荷时，作用在垫片上的压紧应力会使垫片变薄，经运转一段时间后，垫片厚度将继续减小，垫片上的应力也会逐渐减小，这种应力减小的现象被称为应力松弛。垫片应力随时间的变化规律就是应力松弛特性。实际上垫片的应力松弛是应力松弛和蠕变两个因素的联合作用。应力松弛是恒应变下垫片应力的改变，以初始载荷下垫片应力改变量的百分率表示；蠕变是恒应力下的应变的改变，通常以初始载荷下垫片厚度改变量的百分率表示。对螺栓-法兰-垫片连接这样的预应力静不定系统，垫片应力是由螺栓伸长转换成垫片应力的，因而垫片蠕变不发生在恒应力下，垫片厚度的任何改变都会引起螺栓伸长的变化，同时也改变了垫片应力，这种垫片与螺栓的相互作用被称为垫片的“蠕变松弛”。螺栓伸长的大小受螺栓刚度的影响，进而影响垫片应力的松弛程度。垫片的蠕变松弛性能是影响法兰接头密封性能的一项十分重要的力学性能，它能导致垫片应力的下降，使接头最终趋向泄漏。

按不同的试验标准，表征垫片应力松弛或蠕变松弛性能的方法有两种，一是根据螺栓伸长改变量（相当于改变螺栓载荷）表示垫片应力的变化，以蠕变松弛率来表示应力松弛特性；二是直接测量蠕变前后垫片应力的变化，以应力松弛率来表示垫片应力松弛特性。

1.1.3 密封性能

垫片密封性能是指在某一特定的操作条件下，垫片密封所能达到的泄漏率低于某一规定的指标泄漏率；或在某一规定的泄漏率指标下，垫片密封所能承受特定的操作条件，如温度、压力等。所谓泄漏率是指标准试验条件下，介质流体每秒钟通过垫片的泄漏量。

垫片泄漏率是评定垫片密封性能的一个综合性指标，通常用标准垫片试样在室温或高温条件下进行测试，可获得在一定垫片应力和试验介质压力下垫片的泄漏率。这一泄漏率的大小表征了垫片对介质流体的密封能力。

各种垫片的泄漏率可通过密封性能试验得到。试验通常可在专用垫片综合试验机上进行。测试结果可获得泄漏率与垫片预紧应力和介质压力关系，其一般规律为：泄漏率和介质压力基本成线性关系（即介质压力越高，泄漏率越大）；泄漏率和残余预紧应力成负指

数关系(即残余预紧应力越大,泄漏率越小)。

1.2　垫片的高温性能

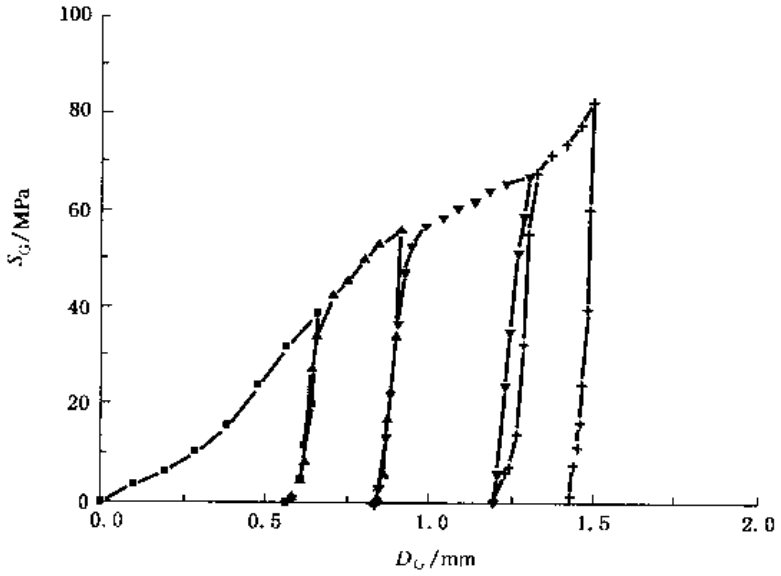
高温工况下,密封元件材料的物理性能和力学性能都将发生变化,如高温会降低垫片的回弹能力;高温下垫片发生蠕变松弛导致垫片应力下降;高温下垫片材质发生老化。因而,与常温密封相比,高温密封要困难得多。

要保证高温下所用垫片的长期密封性能,仅靠常温试验数据是不够的,建立能模拟实际工况的高温试验装置,进而对垫片热态力学性能和高温工况条件下的密封性能进行长期、系统试验研究就显得十分必要。

1.2.1　高温压缩及回弹性能

和常温条件一样,垫片高温压缩及回弹性能通过试验测定,以不锈钢柔性石墨缠绕垫片的试验为例,选定五个温度等级分别为15、150、300、400、500℃,在恒定的试验温度下,垫片应力由较低到高逐级加载,选定的垫片应力等级分别为40、55、70、85 MPa,可以得到不同温度等级下垫片应力和变形量之间的关系。

图3-3所示为试验温度为500℃时垫片的压缩-回弹曲线。



材质:1Cr18Ni9Ti+柔性石墨

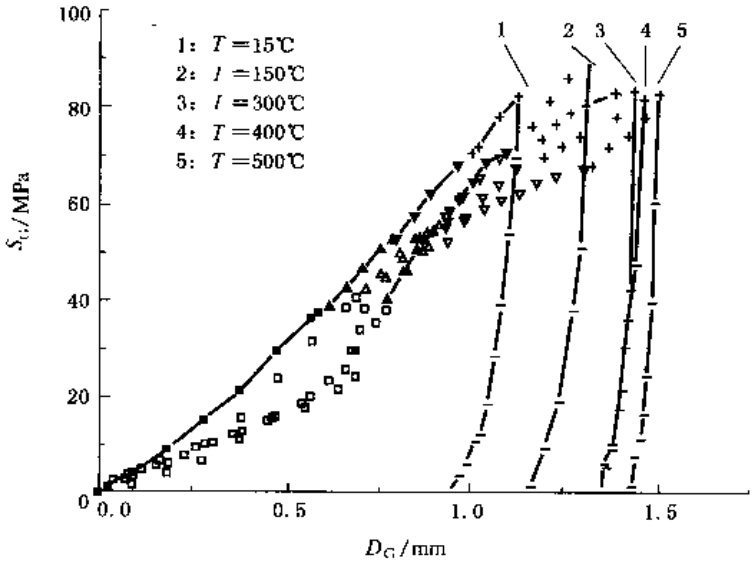
垫片本体规格:ϕ121 mm×ϕ95 mm×4.5 mm

图3-3　500℃下缠绕垫片(带内外环型)的压缩-回弹曲线

图中显示出垫片的塑性变形量 D_G 随压紧应力 S_G 的增大而增大,压缩曲线和回弹曲线均非直线且不重合,具有非线性和非保守性。各应力等级下的压缩曲线形状较为相似,并且比较靠近,回弹曲线近似平行。

图3-4所示为垫片应力等级为85 MPa时,不同温度下的压缩-回弹曲线。同一温度不同应力等级下的压缩曲线采用分段截取的方法组合而成,回弹曲线则为最高应力等级

下的曲线。由图可知：温度越高，回弹曲线越陡，这说明随着温度的升高，垫片回弹能力会逐渐下降。



材质：1Cr18Ni9Ti+柔性石墨

垫片本体规格：ϕ121 mm×ϕ95 mm×4.5 mm

图 3-4 不同温度下缠绕垫片(带内外环型)的压缩-回弹曲线

从图 3-3 及图 3-4 可以看出，垫片压紧应力 S_G 和温度 T 是影响垫片压缩回弹性能的重要因素。垫片压紧应力越大，则垫片的变形量越大；不同温度下压缩和回弹时的弹性模量不同，温度上升，其回弹量减小。高温下材料的屈服限降低、塑性变形量增大、蠕变加剧，回弹性能下降。实际工况下，如果垫片回弹量小到不足以补偿介质压力、温度和法兰附加载荷引起的密封面的分离时，可能导致泄漏率的增大，甚至不能保证连接系统的紧密性要求，这也是高温工况下连接容易泄漏的重要原因之一。

1.2.2 蠕变性能

室温下，多数垫片材料没有大的蠕变，但随着温度的升高(超过 100℃)，除了大多数金属垫片外，蠕变变得严重。例如在相同的载荷下，石棉橡胶垫片 200℃的蠕变达到室温下的 3.5 倍。由于高温工况下垫片蠕变引起连接系统中各受力元件的应力松弛，从而导致连接系统密封失效。高温蠕变松弛特性可通过试验获得其变化规律。图 3-5 所示为不锈钢柔性石墨缠绕垫片蠕变性能试验曲线(垫片应力为 70 MPa、试验温度分别为 10、150、300、400、500℃)。由图可知，温度越高，蠕变量越大。试验刚开始时，蠕变变形量较大，经过 10～20 min，变化趋于缓慢。蠕变量随时间的变化规律可由公式(3-1)表示：

$$\frac{D_G}{D_{G0}} = A_R + N_R \ln t \qquad (3\text{-}1)$$

式中：D_G——垫片变形量，mm；

D_{G0}——10 s 时垫片位移值，mm；

t——时间，s；

A_R 及 N_R——回归系数，其值见表 3-1。

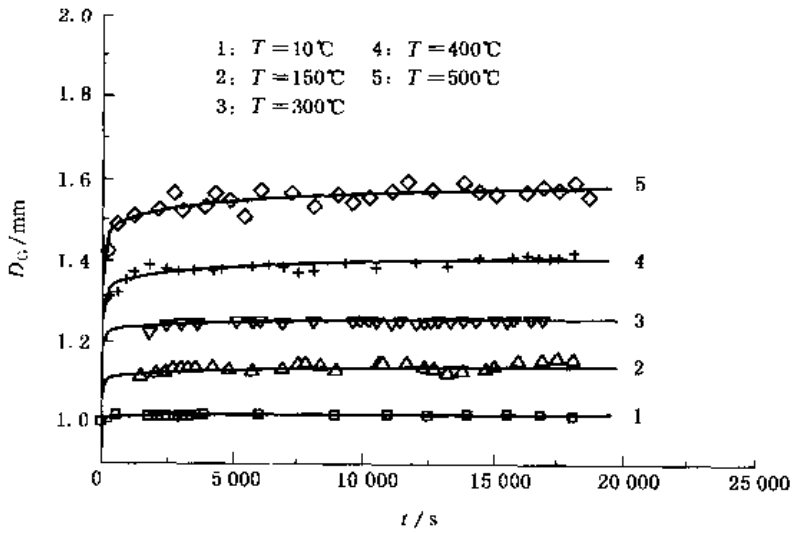


图 3 5　预紧应力 70 MPa、不同温度下蠕变量随时间的变化

表 3-1　蠕变性能曲线回归结果

温度等级/℃	D_{G0}/mm	近似蠕变量/mm	回归系数		相关系数
			A_R	N_R	R
15	1.0	0.015	1.00	1.87×10^{-3}	0.94
150	1.09	0.035	1.00	4.45×10^{-3}	0.96
300	1.2	0.050	1.00	5.09×10^{-3}	0.92
400	1.3	0.090	1.00	7.15×10^{-3}	0.94
500	1.4	0.130	1.00	1.08×10^{-2}	0.95

由表 3 1 可知，A_R 为 1.0、N_R 随温度的增加而增加，其变化规律可用下式表示：

$$N_R = 1.38\times10^{-3} + 2\times10^{-5}T \tag{3-2}$$

式中：T——温度，℃。

上式可做成计算图，见图 3-6，由该图可查得任一温度下的 N_R 值，再可根据公式(3-1)得到该温度下的蠕变特性曲线。

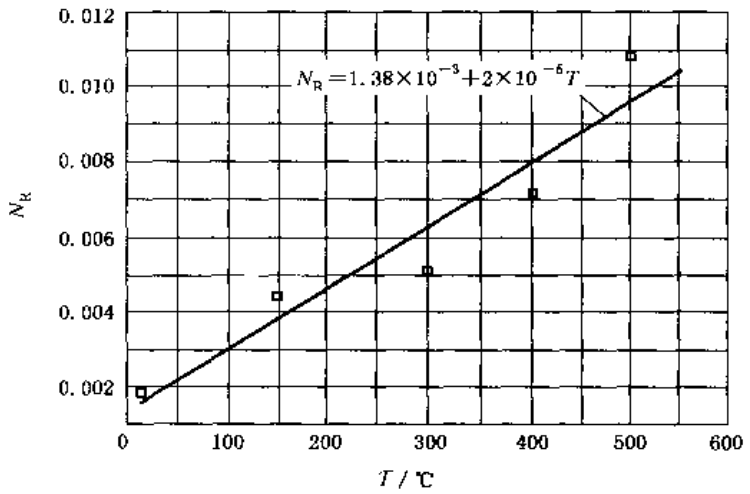


图 3-6 N_R-T 关系曲线

1.2.3 高温密封性能

高温密封性能包括两个方面：一是不同温度、不同垫片应力等级下介质压力改变对泄漏率的影响；二是在恒定温度、恒定垫片应力时泄漏率随时间的变化情况。

泄漏率与温度、垫片残余压紧应力及介质压力的关系如下：

选定五个温度等级：15、150、300、400、500℃，四个垫片应力等级：40、55、70、85 MPa，四个介质压力等级：0.5、2.0、3.5、5.0 MPa。测定不同温度、不同垫片应力、不同介质压力下的泄漏率。试验时在恒定的温度和选定的垫片应力等级下，介质压力由低到高逐级加载，得到同一试验温度、同一垫片应力等级、不同介质压力下的泄漏率。改变温度和垫片应力等级，重复上述试验。通过对不锈钢石墨缠绕垫片所做的氮气密封试验可发现泄漏率是介质应力、垫片残余压紧应力和温度的函数，其关系式可用公式(3-3)表示：

$$L = A_L P T^{M_L} S_G^{N_L} \tag{3-3}$$

式中： L——泄漏率，cm^3/s；

P——介质压力，MPa；

T——温度，℃；

S_G——垫片残余压紧应力，MPa；

A_L、M_L、N_L——回归系数。

回归系数由试验数据进行回归分析求得：$A_L=1.20\times10^{-3}$、$M_L=4.0\times10^{-1}$、$N_L=6.7\times10^{-1}$。

图 3-7 所示为试验温度 400℃时泄漏率与介质压力和垫片残余压紧应力的关系曲线。由图可知，在恒定温度下，泄漏率随介质压力的增大而增大，随垫片预紧应力的增大而减小。图 3-8 所示为垫片预紧应力 70 MPa 时泄漏率与介质压力和温度的关系曲线。由图可见，泄漏率随温度的升高而增大。

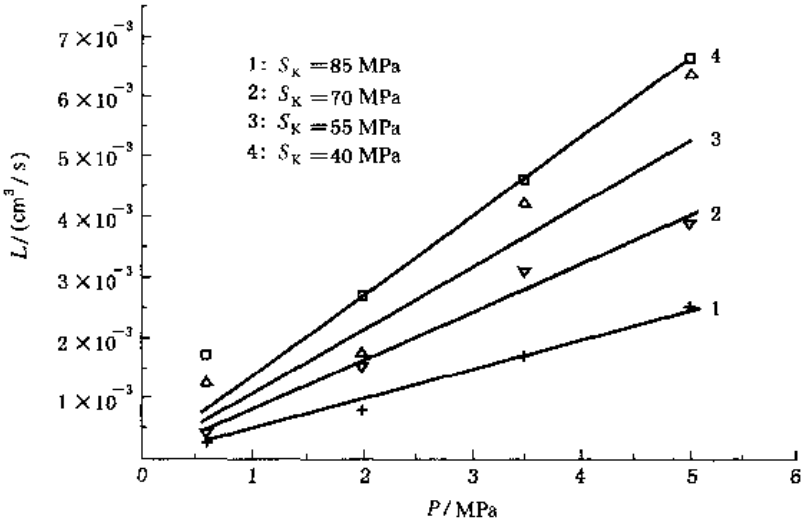


图 3-7　400℃时泄漏率与垫片预紧应力和介质压力的关系

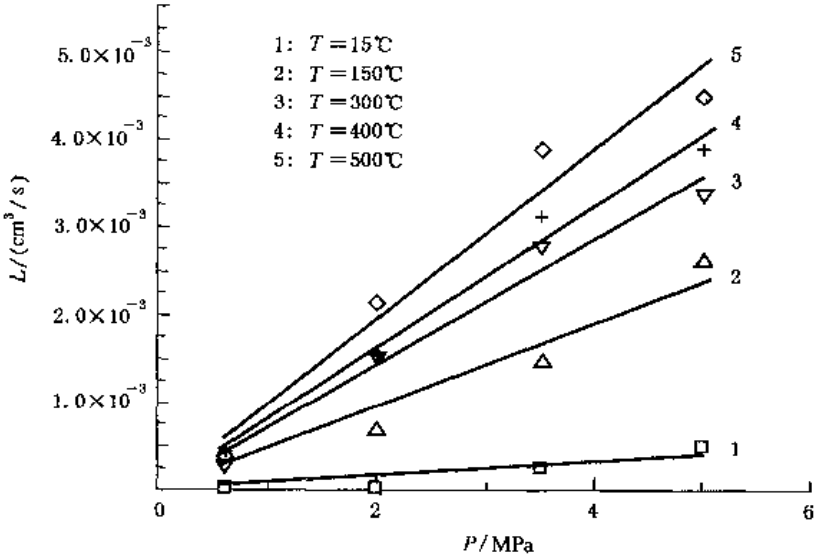


图 3-8　垫片应力 70 MPa 时不同温度等级下泄漏率随介质压力的变化

试验表明，泄漏率和介质压力基本成线性关系，具有黏性流体层流的一般特性；泄漏率和垫片残余压紧应力成负指数关系，残余压紧应力越大，泄漏率越小；泄漏率随温度的升高而增大，两者成指数关系。

2　垫片参数

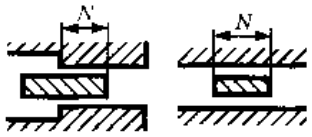
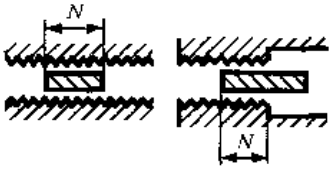
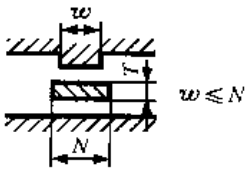
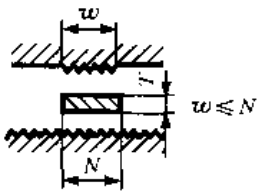
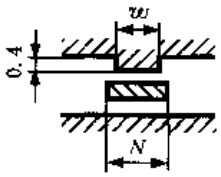
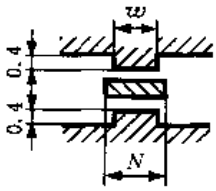
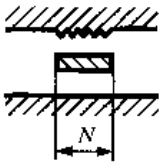
2.1　垫片的有效密封宽度

在螺栓-法兰-垫片密封连接中，垫片的有效密封宽度是计算螺栓载荷必不可少的一个特性参数，通常以符号 b 表示，其单位以 mm 计。垫片的有效密封宽度与垫片基本密封宽度（符号为 b_0；单位为 mm）有关。当选定垫片尺寸后，可按表 3-2 确定垫片接触面宽度 N（单位为 mm）和垫片基本密封宽度 b_0，然后按以下规定确定垫片有效密封宽度 b：

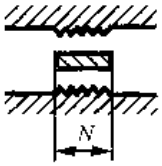
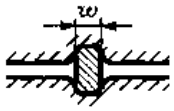
当 $b_0 \leqslant 6.4$ mm 时，$b=b_0$；

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

表 3-2 垫片基本密封宽度(GB/T 17186—1997) mm

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	 $w \leqslant N$	$\frac{w+T}{2}$ $\left(\frac{w+N}{4}\text{最大}\right)$	$\frac{w+T}{2}$ $\left(\frac{w+N}{4}\text{最大}\right)$
1d	 $w \leqslant N$		
2	 $w \leqslant \frac{N}{2}$	$\frac{w+N}{4}$	$\frac{w+3N}{8}$
3	 $w \leqslant \frac{N}{2}$	$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
4[1]		$\frac{3N}{8}$	$\frac{7N}{16}$

续表 3-2　　mm

压紧面形状(简图)	垫片基本密封宽度 b_0	
	Ⅰ	Ⅱ
5[1] 	$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
6 	$\frac{w}{8}$	-

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

2.2　垫片的性能参数

国内外最有影响的有关螺栓法兰连接的规范设计方法,即 ASME《锅炉和压力容器规范》第八篇第一分篇中所规定的方法,其所推荐的"具有环形垫片的螺栓法兰连接计算规程"规定,一个紧密的螺栓-法兰-垫片连接,必须在安装时将垫片预紧到一定的载荷,操作时垫片上必须保持足够的最低载荷。这些预紧和操作要求的载荷都是基于规范推荐的两个垫片密封系数"y"及"m"。对于每种类型和材质的垫片,有一个或一组这样的简单系数。系数与密封介质性质、压力、温度等无关。因此,按此规范方法计算,如果垫片在安装时被螺栓载荷 $L_a=3.14D_G by$(式中 D_G 为垫片压紧力作用中心直径;b 为垫片有效密封宽度;y 为垫片比压力)预紧,则在操作状态下(即有内压时)保持紧密连接所需的螺栓载荷为 $L_p=0.785\ D_G^2 p+6.28D_G\ bmp$(式中 p 为介质内压;m 为垫片系数)。显然"y"代表最小预紧垫片应力或垫片比压力,而"m"代表最低操作垫片应力是介质压力的 m 倍,藉此增加螺栓载荷,不致出现由于流体静压在容器端部引起的载荷将密封面分离,从而导致连接泄漏。需要的螺栓大小和数量取决于 $L_a/[\sigma]_b$ 和 $L_p/[\sigma]_b^t$(式中$[\sigma]_b$ 为常温下螺栓材料的许用应力;$[\sigma]_b^t$ 为设计温度下螺栓材料的许用应力)中的较大值。据此,按照"y"和"m"代表的概念,规范考虑连接主要是"不漏"或是"漏",即考虑所设计的螺栓-法兰-垫片连接在结构上能否保证安全。

垫片的特性参数就是指规范设计法中所涉及到的"y"及"m"两个密封系数。

2.2.1　垫片比压力

螺栓-法兰-垫片连接中,压紧垫片所需的最小应力被称为垫片比压力,以符号 y 表示。垫片比压力系指在安装中没有内压情况下,要求提供密封连接的垫片接触面积上的压力,其表达式为:

$$y=\frac{L_a}{A_g} \tag{3-4}$$

式中:y — 垫片比压力,MPa;

L_a——螺栓预紧载荷,N;

A_g——垫片受压面积,m^2。

2.2.2 垫片系数

压紧垫片时，螺栓伸长，当介质压力作用后，螺栓由于承受介质压力作用产生的载荷而更加伸长，致使两密封法兰面之间的间隙增大，使垫片的应力降低，产生泄漏。

为了保证在工作状态下的密封性能，垫片上应有一定的比压，即工作状态下的压紧比压，或称残余压紧应力，以符号 y_1 表示。垫片系数定义为工作状态下垫片上的残余压紧应力与介质压力之比值，其表达式为：

$$m = \frac{y_1}{p} \tag{3-5}$$

式中：m——垫片系数；

y_1——残余压紧应力，MPa；

p——介质压力，MPa。

垫片比压力和垫片系数由实验确定，它们是仅与垫片材料及法兰密封面型式有关的特性参数。规范垫片特性参数 m 及 y 值见表 3-3。

表 3-3 垫片性能参数(GB/T 17186—1997)

垫片材料		垫片系数 m	比压力 y/MPa	垫片形状(简图)	压紧面形状(见表 3-2)	垫片基本密封宽度列号(见表 3-2)
自紧式垫片(O形环，金属的，合成橡胶及其他被认为是自紧密封的垫片)		0	0	—	—	—
无织物或无高含量石棉纤维的合成橡胶					1a、1b 1c、1d 4,5	Ⅱ
<肖氏硬度 75		0.50	0			
≥肖氏硬度 75		1.00	1.4			
具有适当粘结剂的石棉(石棉橡胶板)	厚度 3 mm	2.00	11.2			
	厚度 1.5 mm	2.75	26.0			
	厚度 0.75 mm	3.50	45.7			
含有棉纤维的橡胶		1.25	2.8			
含有石棉纤维的橡胶(带有或没有金属加强丝)	3 层	2.25	15.5			
	2 层	2.50	20.4			
	1 层	2.75	26.0			
植物纤维		1.75	7.7			
缠绕式垫片(内填石棉)	碳钢	2.50	70.0		1a、1b	
	不锈钢或蒙乃尔合金	3.00	70.0			

续表 3-3

垫片材料		垫片系数 m	比压力 y/MPa	垫片形状（简图）	压紧面形状（见表 3-2）	垫片基本密封宽度列号（见表 3-2）
内填石棉的波纹状金属或充填夹层石棉的波纹状金属	软铝	2.50	20.4			
	软铜或黄铜	2.75	26.0			
	铁或软钢	3.00	31.6		1a、1b	
	蒙乃尔合金或 4%～6%铬钢	3.25	38.7			
	不锈钢	3.50	45.7			
金属波纹形垫片	软铝	2.75	26.0			
	软铜或黄铜	3.00	31.6			
	铁或软钢	3.25	38.7		1a、1b	
	蒙乃尔合金或 4%～6%铬钢	3.50	45.7		1c、1d	
	不锈钢	3.75	53.4			
平金属夹壳填石棉垫片（金属包覆垫片）	软铝	3.25	38.7			Ⅱ
	软铜或黄铜	3.50	45.7			
	铁或软钢	3.75	53.4		1a、1b	
	蒙乃尔合金	3.50	56.2		1c[1]、1d[1]	
	4%～6%铬钢	3.75	63.3		2[1]	
	不锈钢	3.75	63.3			
槽形金属垫片	软铝	3.25	38.7			
	软铜或黄铜	3.50	45.7			
	铁或软钢	3.75	53.4		1a、1b	
	蒙乃尔合金或 4%～6%铬钢	3.75	63.3		1c、1d	
	不锈钢	4.25	71.0		2,3	
实心金属平垫片	软铝	4.00	61.9			
	软铜或黄铜	4.75	91.4		1a、1b	
	铁或软钢	5.50	126.6		1c、1d	
	蒙乃尔合金或 4%～6%铬钢	6.00	153.3		2,3	
	不锈钢	6.50	182.8		4,5	Ⅰ
环连接垫片	铁或软钢	5.50	126.6			
	蒙乃尔合金或 4%～6%铬钢	6.00	153.3		6	
	不锈钢	6.50	182.8			

1）垫片表面的折叠处不应放在法兰的密封面上。

2.3 垫片公称通径及公称压力

垫片公称通径及公称压力是配套参数。公称通径(GB/T 1047)是管路附件的一个基本参数,它并不是某一个实际结构尺寸,而仅仅是与制造尺寸密切相关的经过圆整后的一个名义尺寸,其标记方法是在代号"DN"后紧跟一个适当的数字。垫片公称通径与法兰所规定的相同。公称压力(GB/T 1048)是指与管道元件(如法兰、管件等)机械强度有关的设计给定压力,是一个经过圆整后的名义值,其标记方法是在代号"PN"后紧跟一个适当的数字。垫片公称压力亦与法兰所规定的相同。

第二篇

垫片结构特点及标准

本篇主要介绍目前已经标准化的非金属平垫片、金属复合垫片及金属垫片等三大类法兰用密封垫片的结构和标准，以及垫片的选用。非金属平垫片主要包括非金属软垫片、聚四氟乙烯包覆垫片；金属复合垫片主要包括金属缠绕式垫片、金属包覆垫片、金属冲齿板柔性石墨复合垫片、金属波齿复合垫片；金属垫片主要包括金属环形（R 型、RX 型及 BX 型）垫片、金属齿形垫片及金属透镜垫等。

第4章　非金属平垫片

非金属材料制成的平垫片，在垫片品种中占有很大的地位。按照构成非金属垫片材料的基本组分（基质）可分为以下七类：

a. 植物质：如纸、棉、软木等；

b. 动物质：如皮革、羊毛毡等；

c. 矿物质：如石棉、玻璃、陶瓷等纤维；

d. 橡胶质：如天然橡胶（NR）及各种合成橡胶，诸如丁腈橡胶、氯丁橡胶、丁苯橡胶、氟橡胶、硅橡胶等；

e. 合成树脂质：如纯聚四氟乙烯（PTFE）、膨胀聚四氟乙烯、填充聚四氟乙烯等；

f. 石墨质：如柔性石墨、碳纤维和石墨纤维等；

g. 短纤维增强弹性体（橡胶、塑料）：如石棉、矿棉等无机纤维、有机纤维、碳或石墨纤维增强弹性体等。

按照目前工业上常用的垫片（板材）品种，可分为以下六种：

a. 橡胶垫片（弹性体板）；

b. 石棉橡胶垫片；

c. 非石棉纤维橡胶垫片；

d. 聚四氟乙烯垫片：包括纯聚四氟乙烯、填充聚四氟乙烯或膨胀聚四氟乙烯垫片等；

e. 聚四氟乙烯包覆垫片：包括聚四氟乙烯包覆的橡胶或石棉橡胶或非石棉纤维橡胶垫片；

f. 纯柔性石墨垫片。

本章主要介绍标准非金属软垫片及聚四氟乙烯包覆石棉橡胶垫片。

1　非金属软垫片

非金属软垫片是指用非金属密封材料加工制作的垫片。非金属材料中有石棉橡胶密封板、聚四氟乙烯、橡胶等。近几年来又出现了非石棉纤维橡胶密封板作为垫片的材料。就管法兰用非金属软垫片而言，石棉橡胶板垫片的用量占大多数。石棉橡胶密封板，简称CAF（Compressed asbestos fibre）。由于其主要成分石棉纤维对人体有危害，并且在生产使用过程中的石棉粉尘也会对环境造成污染导致对人体的毒害，因此国外发达国家从20世纪80年代就已禁止石棉制品的生产和使用。随着我国经济建设的发展与进步，对环境保护以及人民生命安全的重视，石棉制品生产和使用被严加控制。

聚四氟乙烯垫片一般用在腐蚀性介质条件下；而橡胶做的管法兰垫片则适用于法兰螺栓预紧力较小的场合，例如：玻璃管道法兰或其他低强度管道法兰，使其在较小螺栓预紧力下，垫片仍可产生较大的压缩变形以紧贴法兰。橡胶垫片只能在较低的介质压力和温度不太高的条件下使用。

石棉橡胶密封板以石棉纤维为骨架材料，以橡胶为粘结剂，辅以无机硅酸盐填充物制成。如果不用石棉纤维而用其他纤维代替石棉生产的密封材料即构成非石棉橡胶密封板。代替石棉的纤维有有机纤维和无机纤维两大类，有机纤维中应用最多、且性能最好的首推芳纶(Kevlar)纤维，其他还有碳纤维、聚丙烯腈纤维、酚醛纤维等。无机纤维则有硅酸铝纤维、陶瓷纤维、玻璃纤维、岩棉等。

非石棉橡胶密封垫片的开发和应用为时不长，因此国内外现今没有统一的国家标准和行业标准。非石棉橡胶密封板在我国少数密封材料生产企业已经批量生产，可用于裁制管法兰用垫片。另外除了CAF生产工艺的材料外，我国还有一种用造纸法生产的非石棉胶乳抄取板，也部分地用于管法兰垫片。

1.1 结构型式与尺寸

1.1.1 PN0.25、PN0.6、PN1.0、PN1.6和PN2.0 MPa的全平面密封面(代号为FF)管法兰用非金属平垫片的型式见图4-1，尺寸见表4-1。

1.1.2 PN0.25、PN0.6、PN1.0、PN1.6、PN2.0、PN4.0和PN5.0 MPa的突面密封面(代号为RF)管法兰用非金属平垫片的型式见图4-2，Ⅰ型垫片的尺寸见表4-2；Ⅱ型垫片的尺寸见表4-3。

注：Ⅰ型垫片适用于通用型法兰密封面；

Ⅱ型垫片适用于窄型法兰密封面。

1.1.3 PN1.6、PN2.5、PN4.0和PN5.0 MPa的凹凸密封面(代号为MF)管法兰用非金属平垫片的型式见图4-2，尺寸见表4-4。

1.1.4 PN1.6、PN2.5、PN4.0和PN5.0 MPa的榫槽密封面(代号为TG)管法兰用非金属平垫片的型式见图4-2，尺寸见表4-5。

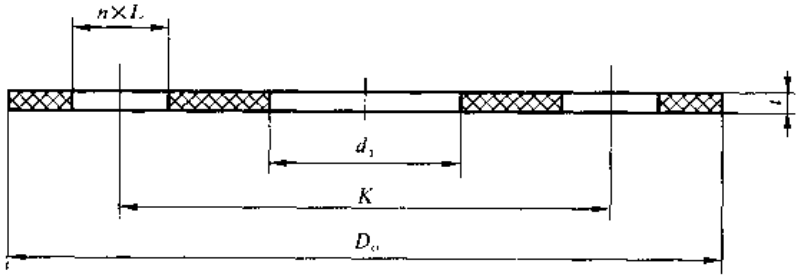


图4-1 FF型全平面密封面法兰用垫片

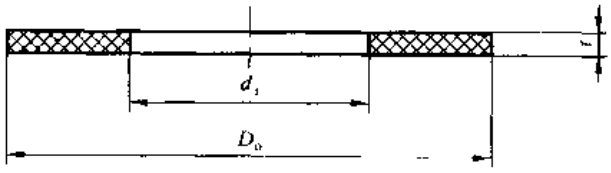


图4-2 RF型、MF型及TG型密封面法兰用垫片

表 4-1　平面管法兰用非金属平垫片尺寸(GB/T 9126—2003)　mm

公称通径DN	垫片内径 d_i	公称压力 PN/MPa(bar)																				垫片厚度 t
		0.25(2.5)				0.6(6)				1.0(10)				1.6(16)				2.0(20)				
		垫片外径 D_o	螺栓孔心圆直径 K	螺栓孔径 L	螺栓孔数 n	垫片外径 D_o	螺栓孔心圆直径 K	螺栓孔径 L	螺栓孔数 n	垫片外径 D_o	螺栓孔心圆直径 K	螺栓孔径 L	螺栓孔数 n	垫片外径 D_o	螺栓孔心圆直径 K	螺栓孔径 L	螺栓孔数 n	垫片外径 D_o	螺栓孔心圆直径 K	螺栓孔径 L	螺栓孔数 n	
10	18	使用PN0.6 MPa的尺寸				75	50	11	4	使用PN1.6 MPa的尺寸				90	60	14	4	—				1.5～3
15	22					80	55	11	4					95	65	14	4	90	60.5	16	4	
20	27					90	65	11	4					105	75	14	4	100	70.0	16	4	
25	34					100	75	11	4					115	85	14	4	110	79.5	16	4	
32	43					120	90	14	4					140	100	18	4	120	89.0	16	4	
40	49					130	100	14	4					150	110	18	4	130	98.0	16	4	
50	61					140	110	14	4					165	125	18	4	150	120.5	18	4	
65	77[1]					160	130	14	4					185	145	18	8	180	139.5	18	4	
80	89					190	150	18	4					200	160	18	8	190	152.5	18	4	
100	115					210	170	18	4					220	180	18	8	230	190.5	18	8	
125	141					240	200	18	8					250	210	18	8	255	216.0	22	8	
150	169					265	225	18	8					285	240	22	8	280	241.5	22	8	
200	220					320	280	18	8	340	295	22	8	340	295	22	12	345	298.5	22	8	
250	273					375	335	18	12	395	350	22	12	405	355	26	12	405	362.0	26	12	
300	324					440	395	22	12	445	400	22	12	460	410	26	12	485	432.0	26	12	
350	356					490	445	22	12	505	460	22	16	520	470	26	16	535	476.0	29.5	12	
400	407					540	495	22	16	565	515	26	16	580	525	30	16	600	540.0	29.5	16	
450	458					595	550	22	16	615	565	26	20	640	585	30	20	635	578.0	32.5	16	
500	508					645	600	22	20	670	620	26	20	715	650	33	20	700	635.0	32.5	20	
600	610	—				—				780	725	30	22	840	770	36	20	815	749.5	35.5	20	
700	712									895	840	30	24	910	840	36	24	—				
800	813									1015	950	33	24	1025	950	39	24					
900	915									1115	1050	33	28	1125	1050	39	28					
1000	1016									1230	1160	36	28	1255	1170	42	28					
1200	1220									1455	1380	39	32	1485	1390	48	32					
1400	1420									1675	1590	42	36	1685	1590	48	36					
1600	1620									1915	1820	48	40	1930	1820	55	40					
1800	1820									2115	2020	48	44	2130	2020	55	44					
2000	2020									2325	2230	48	48	2345	2230	60	48					

1)　当 PN 为 2.0 MPa、DN 为 65 mm 时，垫片内径 d_i 为 73 mm。

表 4-2 Ⅰ型突面管法兰用非金属平垫片尺寸(GB/T 9126—2003) mm

公称通径 DN	垫片内径 d_i	公称压力 PN/MPa(bar) 0.25(2.5)	0.6(6)	1.0(10)	1.6(16)	2.0(20)	2.5(25)	4.0(40)	5.0(50)	垫片厚度 t
		垫片外径 D_o								
10	18	使用PN0.6 MPa的尺寸	39	使用PN4.0 MPa的尺寸	使用PN4.0 MPa的尺寸		使用PN4.0 MPa的尺寸	46	—	1.5～3
15	22		44			46.5		51	52.5	
20	27		34			56.0		61	64.5	
25	34		64			65.5		71	71.0	
32	43		76			75.0		82	80.5	
40	49		86			84.5		92	94.5	
50	61		96			102.5		107	109.0	
65	77[1]		116			121.5		127	129.0	
80	89		132			134.5		142	148.5	
100	115		152	162	162	172.5		168	180.0	
125	141		182	192	192	196.0		194	215.0	
150	169		207	218	218	221.5		224	250.0	
200	220		262	273	273	278.5	284	290	306.0	
250	273		317	328	329	338.0	340	352	360.5	
300	324		373	378	384	408.0	400	417	421.0	
350	356		423	438	444	449.0	457	474	484.5	
400	407		473	489	495	513.0	514	546	538.5	
450	458		528	539	555	548.0	564	571	595.5	
500	508		578	594	617	605.0	624	628	653.0	
600	610		679	695	734	716.5	731	774	774.0	
700	712		784	810	804	—	833	—		
800	813		890	917	911		942			
900	915		990	1 017	1 011		1 042			
1 000	1 016		1 090	1 124	1 128		1 154			
1 200	1 220	1 290	1 307	1 341	1 342		1 365			
1 400	1 420	1 490	1 524	1 548	1 542		1 580			
1 600	1 620	1 700	1 724	1 772	1 765		1 800			
1 800	1 820	1 900	1 931	1 972	1 965		2 002			
2 000	2 020	2 100	2 138	2 182	2 170		2 232			

1) 当 PN 为 2.0 和 5.0 MPa、DN 为 65 mm 时，垫片内径 d_i 为 73 mm。

表 4-3　Ⅱ型突面管法兰用非金属平垫片尺寸(GB/T 9126－2003)　mm

公称通径 DN	垫片内径 d_i	公称压力 PN/ MPa(bar)		垫片厚度 t
		2.0(20)	5.0(50)	
		垫片外径 D_e		
15	25	45.5	51.5	0.8
20	33	55.0	63.0	
25	38	64.5	70.0	
32	48	74.0	79.0	
10	54	83.0	93.0	
50	73	101	107	
65	86	120	127	
80	108	133	147	
100	132	171	178	
125	160	194	213	
150	190	220	248	
200	238	276	304	
250	286	336	358	
300	343	406	419	
350	375	446	482	
400	425	511	536	
450	489	546	593	
500	533	603	651	
600	641	713	771	

表 4-4 凹凸面管法兰用非金属平垫片尺寸(GB/T 9126—2003) mm

公称通径 DN	垫片内径 d_i	公称压力 PN/MPa(bar)				垫片厚度 t
		1.6(16)	2.5(25)	4.0(40)	5.0(50)	
		垫片外径 D_e				
10	18	使用 PN4.0MPa 的尺寸	使用 PN4.0MPa 的尺寸	34	—	0.8～3
15	22			39	35.0	
20	27			50	43.0	
25	34			57	51.0	
32	43			65	63.5	
40	49			75	73.0	
50	61			87	92.0	
65	77[1]			109	105.0	
80	89			120	127.0	
100	115			149	157.0	
125	141			175	186.0	
150	169			203	216.0	
200	220			259	270.0	
250	273			312	324.0	
300	324			363	381.0	
350	356			421	413.0	
400	407			473	470.0	
450	458			523	533.0	
500	508			575	584.0	
600	610			675	692.0	
700	712	使用 PN2.5MPa 的尺寸	777			1.5～3
800	813		882			
900	915		987			
1 000	1 016		1 092			

1) 当 PN 为 5.0MPa、DN 为 65 mm 时，垫片内径 d_i 为 73 mm。

表 4-5　榫槽面管法兰用非金属平垫片尺寸(GB/T 9126—2003)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)								垫片厚度 t
	1.6(16)	2.5(25)	4.0(40)	5.0(50)	1.6(16)	2.5(25)	4.0(40)	5.0(50)	
	垫片内径 d_i				垫片外径 D_o				
10	24			-	使用 PN4.0 MPa 的尺寸	使用 PN4.0 MPa 的尺寸	34	—	0.8～3
15	29			25.5			39	35.0	
20	36			33.5			50	43.0	
25	43			38.0			57	51.0	
32	51			47.5			65	63.5	
40	61			54.0			75	73.0	
50	73			73.0			87	92.0	
65	95			85.5			109	105.0	
80	106			108.0			120	127.0	
100	129			132.0			149	157.0	
125	155			160.5			175	186.0	
150	183			190.5			203	216.0	
200	239			238.0			259	270.0	
250	292			286.0			312	324.0	
300	343			343.0			363	381.0	
350	395			374.5			421	413.0	
400	447			425.5			473	470.0	
450	497			489.0			523	533.0	
500	549			533.5			575	584.0	
600	649			641.3			675	692.0	
700	751			—	使用 PN2.5 MPa 的尺寸	777	—	—	1.5～3
800	856					882			
900	961					987			
1 000	1 061					1 092			

1.1.5　平密封面、凹凸密封面、衬环平密封面和衬环凹凸密封面压力容器法兰用非金属软垫片型式见图 4-3，尺寸见表 4-6。

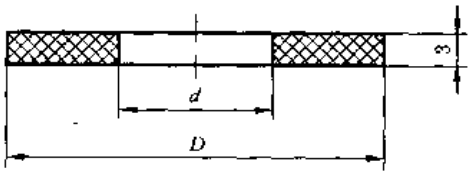


图 4-3　平密封面、凹凸密封面、衬环平密封面和衬环凹凸密封面法兰用垫片

表 4-6 平密封面、凹凸密封面、衬环平密封面和衬环凹凸密封面法兰用非金属软垫片尺寸(JB/T 4704—2000)

mm

公称直径 DN	公称压力 PN/MPa											
	0.25		0.6		1.0		1.6		2.5		4.0	
	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d
300	按 PN=1.00				339/354	303/310	344/354	304/310	354	310	365	315
350					389/404	353/360	394/404	354/360	404	360	415	365
400					439/454	403/410	444/454	404/410	454	410	465	415
450	按 PN=1.00		489	453	489/504	453/460	494/504	454/460	504	460	515	465
500			539	503	544/554	504/510	544/554	504/510	565	515	565	515
550			589	553	594/604	554/560	594/604	554/560	615	565	615	565
600			639	603	644/654	604/610	644/654	604/610	665	615	665	615
650			689	653	694/704	654/660	694/704	654/660	715	665	737	687
700	739	703	741	704	744/754	704/710	765	715	765	715	787	737
800	839	803	844	804	844/854	804/810	865	815	865	815	887	837
900	939	903	944	904	944/954	904/910	965	915	987	937	999	939
1 000	1 044	1 004	1 044	1 004	1 054	1 010	1 065	1 015	1 087	1 037	1 099	1 039
1 100	1 140	1 100	1 140	1 100	1 155	1 105	1 155	1 105	1 177	1 127	1 208	1 148
1 200	1 240	1 200	1 240	1 200	1 255	1 205	1 255	1 205	1 277	1 227	1 308	1 248
1 300	1 340	1 300	1 355	1 305	1 355	1 305	1 355	1 305	1 377	1 327	1 408	1 348
1 400	1 440	1 400	1 455	1 405	1 455	1 405	1 455	1 405	1 477	1 427	1 508	1 448
1 500	1 540	1 500	1 555	1 505	1 555	1 505	1 577	1 527	1 589	1 529	1 608	1 548
1 600	1 640	1 600	1 655	1 605	1 655	1 605	1 677	1 627	1 689	1 629	1 708	1 648
1 700	1 740	1 700	1 755	1 705	1 755	1 705	1 777	1 727	1 808	1 748		
1 800	1 840	1 800	1 855	1 805	1 855	1 805	1 877	1 827	1 908	1 848		
1 900	1 940	1 900	1 955	1 905	1 977	1 927	1 989	1 929	2 008	1 948		
2 000	2 040	2 000	2 055	2 005	2 077	2 027	2 089	2 029	2 108	2 048		
2 200	2 255	2 205	2 255	2 205								
2 400	2 455	2 405	2 455	2 405								
2 600	2 655	2 605			—		—		—			
2 800	2 855	2 805										
3 000	3 055	3 005										

注：表中粗实线范围内的数据(分母部分除外)为甲型平焊法兰用软垫片尺寸，分母部分为长颈对焊法兰用软垫片尺寸。

1.2　材料及性能要求

1.2.1　材料

非金属软垫片材料可为石棉橡胶板、聚四氟乙烯、非石棉纤维橡胶板和橡胶。但生产和使用石棉材料的板材时，应采取措施，以确保不会对健康造成损害。

1.2.1.1　石棉橡胶板

由石棉橡胶板裁制的垫片，其材料性能及适用范围随石棉橡胶板材而定。国产石棉橡胶板使用范围和性能见表4-7。

表4-7　国产石棉橡胶板使用范围和性能

名　称	牌　号	表面颜色	横向抗拉强度/MPa	适用条件		标　准
				压力 p/MPa	温度 t/℃	
石棉橡胶板	XB450	紫色	≥19.0	≤6.0	≤450	GB/T 3985－1995
	XB350	红色	≥12.0	≤4.0	≤350	
	XB200	灰色	≥6.0	≤1.5	≤200	
耐油石棉橡胶板	NY400	石墨色	≥26.0	≤4.0	≤400	GB/T 539－1995
	NY250	浅蓝色	≥9.0	≤2.5	≤250	
	NY150	灰白色	≥8.0	≤1.5	≤150	

1.2.1.2　非石棉纤维橡胶板

非石棉密封材料在我国起步较晚，目前尚无国家标准和行业标准，国内生产厂家不多，应用也未普及，但部分厂家能用辊压法工艺，即生产CAF(Compressed asbestos fibre)材料的生产工艺制作非石棉橡胶密封板和用抄取法工艺制作非石棉橡胶密封板。用这两种生产工艺制作的非石棉橡胶密封板，都可以被用来裁制管法兰用非金属软垫片。抄取法工艺制作的非石棉橡胶板材作为管法兰垫片使用为数不多，但材料具有较大的压缩率(一般在12%～18%之间)，同时还能保持较大的回弹率(一般在45%以上)。由于其具有较大压缩率的性能特点，所以法兰预紧力较小。

a. 250无石棉密封衬垫板

250无石棉密封衬垫板适用于以优质合成纤维和优质无机纤维为主要材料制成的、以特种橡胶为粘合剂，压力为3 MPa，温度在250℃以下的水、水蒸气、制冷液、弱碱液、化学试剂、热油为介质的法兰、阀门等连接处的密封。企业标准规定250无石棉密封衬垫板的物理性能见表4-8。

表 4-8 250 无石棉密封衬垫板物理性能

项目			指标
横向拉伸强度/MPa			≥13.5
密度/(g/cm³)			1.6±0.2
压缩率/%			17±5
回弹率/%			≥50
柔软性			无裂纹
应力松弛率/%			≤30
油密封性(温度 15℃～30℃,压力为 10 MPa,介质为 3 号喷气燃料,时间为 30 min)			完全密封
腐蚀性(恒温箱 60℃,蒸馏水,对硬铝板、低碳钢板,24 h)			无腐蚀
耐油性	温度 150℃±2℃,介质为 20 号航空润滑油,时间为 5 h	浸油拉伸强度减少率/%	≤30
		吸油率/%	≤20
		浸油增厚率/%	5～30
	温度 15℃～30℃,在 3 号喷气燃料中浸泡 5 h 后取出,放置 5 min	吸油率/%	≤20
		浸油增厚率/%	≤20

注:1. 厚度大于 3.0 mm 不做拉伸强度试验。
2. 厚度大于等于 2.5 mm 不做柔软性试验。

b. 发动机用无石棉密封衬垫板

发动机用无石棉密封衬垫板适用于以芳纶纤维、NR(天然橡胶)、NBR(丁腈橡胶)或SBR(丁苯橡胶)粘合剂为主体材料制成的不含石棉纤维的道依茨发动机进气歧管盖板、出水管、机油冷却器盖板、气缸盖罩盖等部位的密封,也可用于法兰密封。按企业标准规定,密封衬垫板的用途见表 4-9;密封衬垫板的物理性能指标见表 4-10。

表 4-9 发动机用无石棉密封衬垫板用途

型号	适用条件	适用范围
FW31	水、油、柴油、干燥的热空气,最高温度:空气 175℃,油 160℃	做出水管平垫
FW32	水、油、柴油、干燥的热空气,最高温度:空气 200℃,油 160℃	做增压器回油管、气缸盖罩盖、齿轮室盖板、机油收集器的密封平垫片
FW40	水、油、柴油、干燥的热空气,最高温度:空气 150℃,油 130℃	做进气歧管盖板密封平垫
FW50	水、油、柴油、干燥的热空气,最高温度:空气 150℃,油 130℃	做机油冷却器盖板密封平垫

表 4-10　发动机用无石棉密封衬垫板物理性能指标

项目			指标			
			FW31	FW32	FW40	FW50
横向拉伸强度/MPa			≥9	≥12	≥6	≥8
压缩率/%			4～15	5～12	10～20	6～14
回弹率/%			≥40	≥45	≥40	≥40
密度/(g/cm³)			1.8±0.15	1.8±0.15	1.9±0.15	1.9±0.15
烧失量/%			≤45	≤45	≤45	≤45
耐油性	温度 150℃±2℃，20号航空润滑油或ASTM 2号油，5 h	抗拉强度(横向拉伸强度)/MPa	≥9	≥12	≥6	≥5
		厚度增加(浸油增厚率)/%	≤8	≤8	≤5	10～30
		质量增加(吸油率)/%	≤20	≤10	≤20	10～35
	70℃±2℃，0号柴油或DIN EN 590柴油，5 h	抗拉强度(横向拉伸强度)/MPa	≥5	≥8	≥6	≥5
		厚度增加(浸油增厚率)/%	≤8	≤8	≤15	15～20
		质量增加(吸油率)/%	≤13	≤15	≤20	15～30
耐水和防冻液性	温度 100℃±2℃，水与防冻液混合物(体积百分比含量为50∶50)，5 h	抗拉强度(横向拉伸强度)/MPa	≥5	≥7	≥4	≥6
		厚度增加/%	≤6	≤8	≤10	≤5
		质量增加/%	≤20	≤15	≤25	≤10
油密封性		15℃～30℃，压力 15 MPa，3号喷气燃料，30 min	完全密封	完全密封	完全密封	完全密封

c. 无石棉橡胶板及无石棉耐油橡胶板

无石棉橡胶板及无石棉耐油橡胶板主要适用于各类内燃机和化工管道法兰、阀门、泵的各类油、水、汽介质密封。这两种无石棉橡胶板的主要材料是以芳纶纤维为主体掺用其他有机或无机纤维以代替石棉纤维，而合成橡胶、填充料及生产工艺与石棉橡胶板的完全一致。无石棉橡胶板和无石棉耐油橡胶板的物理性能指标见表 4-11及表 4-12。

表 4-11 无石棉橡胶板物理性能指标

项目	指标	
	WXB200	WXB300
拉伸强度/MPa	≥6.0	≥9.0
老化系数	≥0.9	
密度/(g/cm³)	1.6～1.9	
压缩率/%	12±5	
回弹率/%	40	45
柔软性	无裂纹	
应力松弛率/%	≤45	

表 4-12 无石棉耐油橡胶板物理性能指标

项目		指标
密度/(g/cm³)		1.6～1.9
横向抗拉强度/MPa		≥10
压缩率/%		13±3
回弹率/%		≥50
浸 20# 油	横向抗拉强度/MPa	≥6.5
	增厚率/%	≤10
	吸油率/%	≤15
浸 75# 油	横向抗拉强度/MPa	≥6.0
	吸油率/%	≤15
	增厚率/%	≤10

d. CXW-200 无石棉抄取密封板

CXW-200 无石棉抄取密封板是以化学合成纤维、合成胶乳、部分纳米级硅酸盐矿物填料为主要原料，采用湿法抄取工艺生产，解决了干法生产和使用过程中的溶剂污染，是一种新型高科技环保产品。主要适用于发动机部件，介质为水、油、柴油、干燥的暖空气密封平垫；亦可适用于管法兰用密封垫片。

CXW-200 无石棉抄取密封板只能在 200℃以下的油、水介质条件下使用，其物理性能指标见表 4-13。

表 4-13　CXW-200 无石棉抄取密封板物理性能指标

项目			指标		
			CXW-200-1	CXW-200-2	CXW-200-3
横向拉伸强度/MPa			≥12	≥12	≥12
密度/(g/cm³)			1.25±0.05	1.25±0.05	1.25±0.05
压缩率/%			20±5	20±5	20±5
回弹率/%			≥45	≥45	≥45
耐液性	浸 3# 油	拉伸强度/MPa	≥6.0	≥7.0	≥7.5
		浸油增厚率/%	30～50	≤15	≤12
		吸油增重率/%	≤45	≤30	≤20
	浸 20# 油	拉伸强度/MPa	≥9.0	≥9.5	≥10.0
		浸油增厚率/%	≥9	≤8	≤6
		吸油增重率/%	≤30	≤25	≤20
	浸 75# 油	拉伸强度/MPa	≥7.0	≥8.0	≥8.5
		浸液增厚率/%	≥15	≤15	≤12
		吸液增重率/%	≤35	≤25	≤20
	浸乙二醇一水	拉伸强度/MPa	≥2.0	≥2.5	≥2.5
		浸液增厚率/%	≤40	≤25	≤30
		吸液增重率/%	≤55	≤30	≤45

e. 无石棉高温纤维复合型垫片

无石棉高温纤维复合型垫片采用抄取工艺生产，这种材料制作的垫片主要用于中小功率内燃机的气缸密封；亦可用于管道法兰的密封，企业标准规定的垫片物理性能指标见表 4-14。

表 4-14　无石棉高温纤维复合型垫片物理性能

项目		指标
密度/(g/cm³)		1.0～1.20
压缩率/%		15～25
回弹率/%		≥30
横向抗拉强度/MPa		≥9.0
耐油性	浸 AST M3# 油时厚度增加率/%	≤15
	浸 ASTM B 种燃料油时厚度增加率/%	≤20

1.2.2　性能

1.2.2.1　石棉橡胶垫片化学成分和物理、力学性能按 GB/T 3985--1995《石棉橡胶板》

和GB/T 539—1995《耐油石棉橡胶板》的规定；纯聚四氟乙烯垫片和橡胶垫片的化学成分和物理、力学性能应按有关材料标准的规定；非石棉纤维橡胶垫片的物理、力学性能见表4-15。

1.2.2.2 垫片压缩率和回弹率的试验条件和指标见表4-16。

1.2.2.3 垫片应力松弛率的试验条件和指标见表4-17。

1.2.2.4 垫片泄漏率的试验条件和指标见表4-18。

表4-15 非石棉纤维橡胶垫片的物理、力学性能(GB/T 9129—2003)

项目		指标
横向抗拉强度/MPa		≥7.0
柔软性		不允许有纵横向裂纹
密度/(g/cm³)		1.7±0.2
耐油性	厚度增加率/%	≤15
	质量增加率/%	≤15

表4-16 垫片压缩率和回弹率的试验条件和指标(GB/T 9129—2003)

垫片类型	试验条件		指标	
	试样规格/mm	预紧比压/MPa	压缩率/%	回弹率/%
石棉橡胶垫片	φ109×φ61×1.6	35.0	12±5	≥47
聚四氟乙烯垫片		35.0	20±5	≥15
非石棉纤维橡胶垫片		35.0	12±5	≥45
橡胶垫片		7.0	25±10	≥18

表4-17 垫片应力松弛率的试验条件和指标(GB/T 9129—2003)

垫片类型	试验条件		指标	
	试样规格/mm	预紧比压/MPa	试验温度/℃	应力松弛率/%
石棉橡胶垫片	φ75×φ55×1.6	40.8	300±5	≤40
非石棉纤维橡胶垫片				≤35

表4-18 垫片泄漏率的试验条件和指标(GB/T 9129—2003)

垫片类型	试验条件				指标
	试样规格/mm	试验介质	预紧比压/MPa	试验压力/MPa	泄漏率/(cm³/s)
石棉橡胶垫片	φ109×φ61×1.6	99.9%氮气	48.5	4.0	$\leq 8.0\times10^{-3}$
聚四氟乙烯垫片			35.0	4.0	$\leq 1.0\times10^{-3}$
非石棉纤维橡胶垫片			35.0	4.0	$\leq 1.0\times10^{-3}$
橡胶垫片			7.0	1.0	$\leq 5.0\times10^{-3}$

1.2.3　非金属软垫片尺寸的极限偏差

1.2.3.1　平面和突面管法兰用垫片尺寸的极限偏差见表 4 19。

1.2.3.2　凹凸面和榫槽面管法兰用垫片尺寸的极限偏差见表 4-20。

表 4 19　平面和突面管法兰用垫片尺寸的极限偏差(GB/T 9129—2003)　mm

<table>
<tr><th rowspan="2">公称通径
DN</th><th colspan="5">极　限　偏　差</th></tr>
<tr><th>垫片内径
d_i</th><th>垫片外径
D_o</th><th>垫片厚度
t</th><th>螺栓孔径
L</th><th>螺栓孔中心圆直径
K</th></tr>
<tr><td>10</td><td rowspan="4">±0.5</td><td rowspan="4">±0.8</td><td rowspan="19">±0.2</td><td rowspan="19">$^{+0.5}_{0}$</td><td rowspan="12">±0.8</td></tr>
<tr><td>15</td></tr>
<tr><td>20</td></tr>
<tr><td>25</td></tr>
<tr><td>32</td><td rowspan="4">±0.8</td><td rowspan="8">±1.2</td></tr>
<tr><td>40</td></tr>
<tr><td>50</td></tr>
<tr><td>65</td></tr>
<tr><td>80</td><td rowspan="4">±1.2</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td>125</td></tr>
<tr><td>150</td></tr>
<tr><td>200</td><td rowspan="8">±2.0</td><td rowspan="8">±2.0</td></tr>
<tr><td>250</td></tr>
<tr><td>300</td></tr>
<tr><td>350</td></tr>
<tr><td>400</td><td rowspan="4">±2.0</td><td rowspan="7">±1.6</td></tr>
<tr><td>450</td></tr>
<tr><td>500</td></tr>
<tr><td>600</td><td rowspan="4">±3.0</td></tr>
<tr><td>700</td><td rowspan="4">±3.0</td></tr>
<tr><td>800</td></tr>
<tr><td>900</td></tr>
<tr><td>1 000</td><td rowspan="3">±4.0</td><td rowspan="3">±4.0</td></tr>
<tr><td>1 200</td></tr>
<tr><td>1 400</td></tr>
<tr><td>1 600</td><td rowspan="3">±5.0</td><td rowspan="3">±5.0</td><td rowspan="3">±2.0</td></tr>
<tr><td>1 800</td></tr>
<tr><td>2 000</td></tr>
</table>

表 4-20 凹凸面和榫槽面管法兰用垫片尺寸的极限偏差(GB/T 9129 -2003) mm

公称压力 PN MPa	极限偏差		
	垫片内径 d_i	垫片外径 D_o	垫片厚度 t
≤4.0	$^{+1.0}_{0}$	$^{0}_{-1.0}$	±0.2
5.0	$^{+1.5}_{0}$	$^{0}_{1.5}$	±0.2

2 聚四氟乙烯包覆垫片

聚四氟乙烯包覆垫片是一种非金属复合型软垫片，一般由包封皮及嵌入物两部分组成。包封皮主要起抗腐蚀作用，通常由聚四氟乙烯材料制成，嵌入物(填料)为带或不带金属加强筋的非金属材料，通常由石棉橡胶板制成。在石油、化工、制药及食品工业中，为保证物料的清洁而不得不使用不锈钢法兰、阀门及法兰管件时，常常采用聚四氟乙烯包覆垫片进行密封。

聚四氟乙烯包覆垫片主要适用于全平面型及突面型钢制管法兰连接，适用公称压力 PN 为 0.6～5.0 MPa、工作温度为 0～150℃的腐蚀介质或对清洁度有较高要求的介质。

2.1 结构型式与尺寸

2.1.1 结构型式

管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片按制造方法可分为三种型式：

2.1.1.1 剖切型(S 型)，见图 4-4。

2.1.1.2 机加工型(M 型)，见图 4-5。

2.1.1.3 折包型(F 型)，见图 4-6。

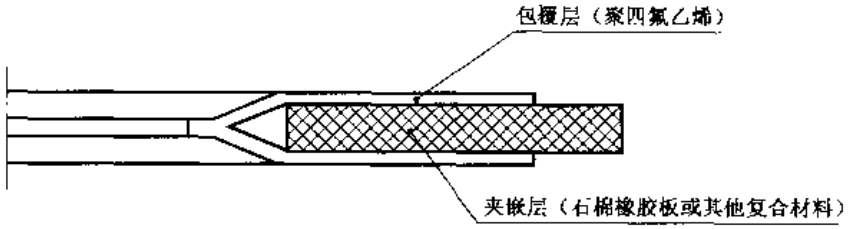


图 4-4 剖切型聚四氟乙烯包覆垫片结构

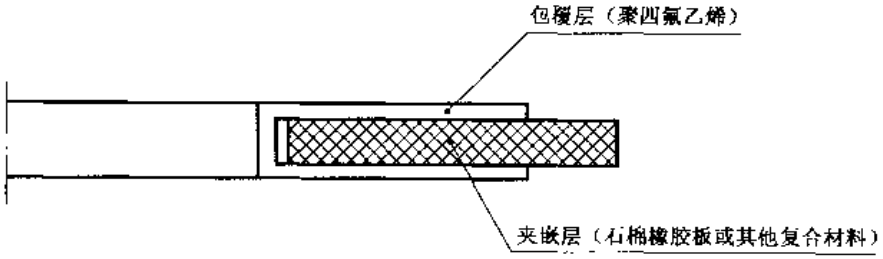


图 4-5 机加工型聚四氟乙烯包覆垫片结构

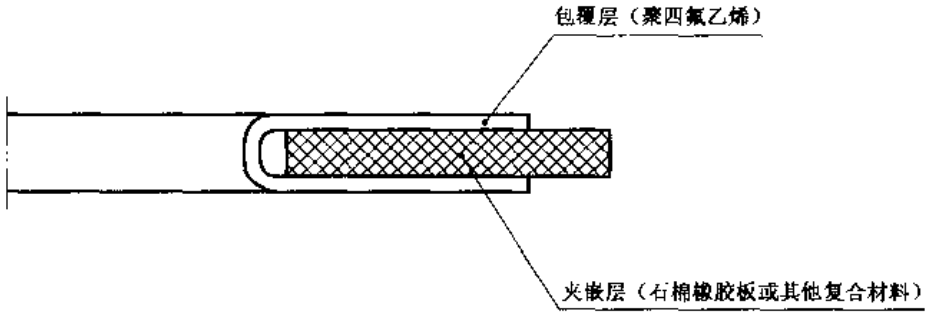


图 4-6　折包型聚四氟乙烯包覆垫片结构

剖切型包覆垫片是采用聚四氟乙烯筒料车削成 0.8～1 mm 厚的环状薄片，从外侧厚度的中心切开，在切口中放入芯材。切口开至距内孔处约 1.5～2 mm。对于机加工型包覆垫片，其包封层内径可与法兰内径一致，以防止流体在法兰处产生涡流。由于机加工成矩形断面，芯材放入后的间隙比剖切型断面的小，故内部空气膨胀量也小，密封性能较好。对于折包型包覆垫片，它是由厚度为 0.4～0.8 mm 的带状聚四氟乙烯薄膜，用热密封方法将两端热合后包在环状的芯材外面呈 U 形状，制造简便，适用于尺寸较大的法兰密封。

2.1.2　结构尺寸

2.1.2.1　剖切型包覆垫片的结构尺寸见图 4-7 及表 4-21。

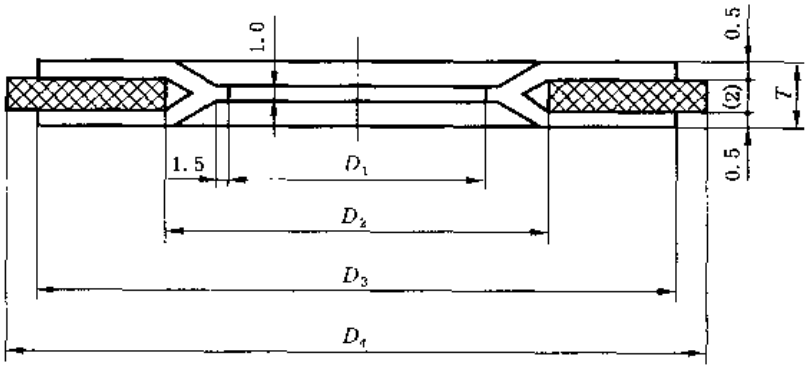


图 4-7　剖切型聚四氟乙烯包覆垫片

标记示例

公称通径 50 mm、公称压力 1.0 MPa 的剖切型聚四氟乙烯包覆垫片：

S-50 1.0　GB/T 13404—1992

表 4-21 剖切型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸(GB/T 13404-1992) mm

公称通径 DN	包覆层内径 D_1	嵌入层内径 D_2	包覆层外径 D_{2max}	公称压力 PN/MPa							垫片厚度 T
				0.6	1.0	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	
				垫片外径 D_4							
10	17	26	36	39	46	46	—	46	46		3
15	21	30	40	44	51	51	46.5	51	51	52.5	
20	27	36	50	54	61	61	56.0	61	61	66.5	
25	34	43	60	64	71	71	65.5	71	71	73.0	
32	43	52	70	76	82	82	75.0	82	82	82.5	
40	48	57	80	86	92	92	84.5	92	92	94.5	
50	60	69	92	96	107	107	104.5	107	107	111.0	
65	76	85	110	116	127	127	123.5	127	127	129.0	
80	89	98	126	132	142	142	136.5	142	142	148.5	
100	114	123	151	152	162	162	174.5	168	168	180.0	
125	140	149	178	182	192	192	196.0	194	194	215.0	
150	168	177	206	207	218	218	221.5	224	224	250.0	
200	219	228	260	262	273	273	278.5	284	290	306.0	
250	273	282	314	317	328	329	338.0	340	352	360.0	
300	324	333	365	373	378	384	408.0	400	417	421.0	
350	356	365	412	423	438	444	449.0	457	474	484.5	

2.1.2.2 机加工型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸见图 4-8 及表 4-22。

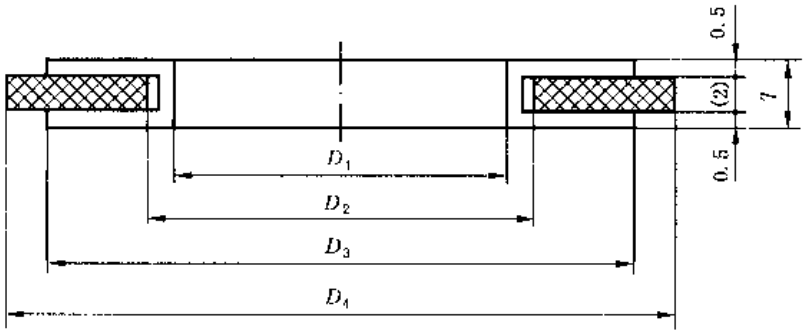


图 4-8 机加工型聚四氟乙烯包覆垫片

标记示例

公称通径 50 mm、公称压力 1.0 MPa 的机加工型聚四氟乙烯包覆垫片：

M-50-1.0 GB/T 13404--1992

表 4-22　机加工型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸(GB/T 13403—1992)　mm

公称通径 DN	包覆层内径 D_1	嵌入层内径 D_2	包覆层外径 D_{3max}	公称压力 PN/MPa							垫片厚度 T
				0.6	1.0	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	
				垫片外径 D_4							
10	17	20	36	39	46	46	—	46	46	—	3
15	21	24	40	44	51	51	46.5	51	51	52.5	
20	27	30	50	54	61	61	56.0	61	61	66.5	
25	34	37	60	64	71	71	65.5	71	71	73.0	
32	43	46	70	76	82	82	75.0	82	82	82.5	
40	48	51	80	86	92	92	84.5	92	92	94.5	
50	60	63	92	96	107	107	104.5	107	107	111.0	
65	76	79	110	116	127	127	123.5	127	127	129.0	
80	89	92	126	132	142	142	136.5	142	142	148.5	
100	114	117	151	152	162	162	174.5	168	168	180.0	
125	140	143	178	182	192	192	196.0	194	194	215.0	
150	168	171	206	207	218	218	221.5	224	224	250.0	
200	219	222	260	262	273	273	278.5	284	290	306.0	
250	273	276	314	317	328	329	338.0	340	352	360.0	
300	324	327	365	373	378	384	408.0	400	417	421.0	
350	356	359	412	423	438	444	449.0	457	474	484.5	

2.1.2.3　折包型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸见图 4-9 及表 4-23。

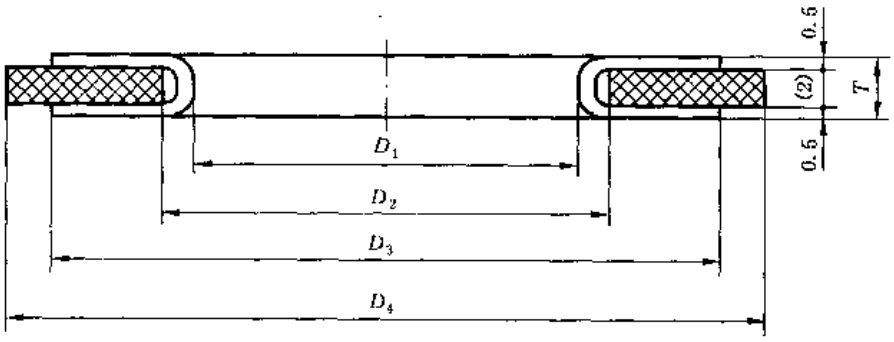


图 4-9　折包型聚四氟乙烯包覆垫片

标记示例

公称通径 50 mm、公称压力 1.0 MPa 的折包型聚四氟乙烯包覆垫片：

F-50-1.0　GB/T 13404 -1992

表 4-23 折包型聚四氟乙烯包覆垫片尺寸(GB/T 13404 -1992) mm

公称通径 DN	包复层内径 D_1	嵌入层内径 D_2	包复层外径 $D_{1\pm0.0}$	公称压力 PN/ MPa							垫片厚度 T
				0.6	1.0	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	
				垫片外径 D_4							
200	219	223	260	262	273	273	278.5	284	290	306.0	3
250	273	277	314	317	328	329	338.0	340	352	360.5	
300	324	328	365	373	378	384	408.0	400	417	421.0	
350	356	360	412	423	438	444	449.0	457	474	484.5	
400	407	411	469	473	489	495	513.0	514	546	538.5	
450	457	461	528	528	539	555	548.0	564	571	595.5	
500	508	512	578	578	594	617	605.0	624	628	653.0	
600	610	614	679	679	695	731	716.5	731	747	774.0	

2.2 材料及性能要求

2.2.1 材料

聚四氟乙烯包覆层材料为 PTFE SM 031,其技术指标应符合 HG/T 2902- 1997《模塑用聚四氟乙烯树脂》对一等品的规定。夹嵌材料为石棉橡胶板或其他复合材料。

2.2.2 外观

聚四氟乙烯包覆层表面应光滑,厚度均匀,且不得有孔眼及夹渣等缺陷。

2.2.3 性能

聚四氟乙烯包覆垫片的各项力学性能及密封性能指标见表 4-24。

表 4-24 聚四氟乙烯包覆垫片性能指标

项目	试验条件	指标
压缩率/%	试验尺寸(外径×内径×厚度)/mm:73×34×3 预紧应力:35 MPa 试验温度:25℃	≥20
回弹率/%		≥30
应力松弛率/%	试验尺寸(外径×内径×厚度)/mm:73×34×3 预紧应力:35 MPa 试验温度:150℃ 试验时间:16 h	≤45
允许泄漏率/(cm³/s)	试验尺寸(外径×内径×厚度)/mm:73×34×3 预紧应力:35 MPa 介质压力:1.1 倍的公称压力 试验介质:99.9%的氮气 试验温度:25℃	1×10^{-4}

第5章　金属复合垫片

非金属材料制成的垫片虽具有很好的柔软性、压缩性和螺栓载荷低等优点，但耐高温、高压性能均不如金属垫片，所以结合金属材料强度高、回弹性好、能承受高温的特点，制成具有两者组合结构的垫片，即金属复合垫片或半金属垫片。金属复合垫片用途较广，其品种多种多样。典型金属复合垫片包括金属缠绕式垫片、金属包覆垫片、金属冲齿板柔性石墨复合垫片及金属波齿复合垫片等四类。

1　金属缠绕式垫片

金属缠绕式垫片是由金属带和非金属带螺旋复合绕制而成的一种半金属平垫片。其特性是：压缩、回弹性能好；具有多道密封和一定的自紧功能；对于法兰压紧面的表面缺陷不太敏感，不粘结法兰密封表面，容易对中，因而拆装便捷；可部分消除压力、温度变化和机械振动的影响；能在高温、低温、高真空、冲击振动等循环交变的各种苛刻条件下，保持其优良的密封性能。金属缠绕式垫片广泛应用于石油炼制、石油化工、化工、热电、燃气、核能、航天、纺织、医药等诸多行业的设备、工艺管路静密封部位。

1.1　结构型式、代号和标记

1.1.1　结构型式

缠绕式垫片按其结构的不同可分为四种型式。

1.1.1.1　基本型（又称密封元件），见图5-1。

1.1.1.2　带内环型（带有内环和密封元件的组合），见图5-2。

1.1.1.3　带定位环型（带有定位环（外环）和密封元件的组合），见图5-3。

1.1.1.4　带内环和定位环型（带有内环、定位环和密封元件的组合），见图5-4。

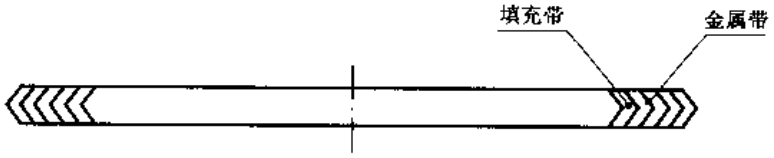


图5-1　基本型

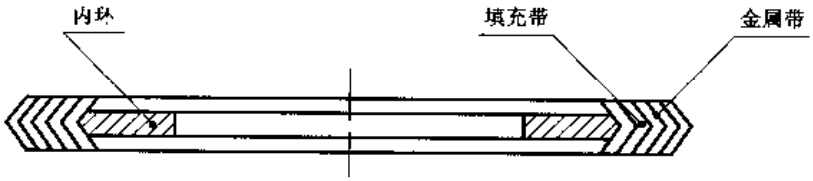


图5-2　带内环型

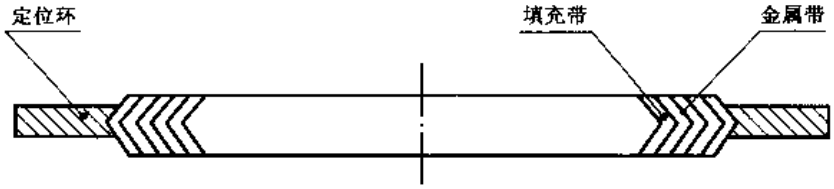


图 5-3 带定位环型

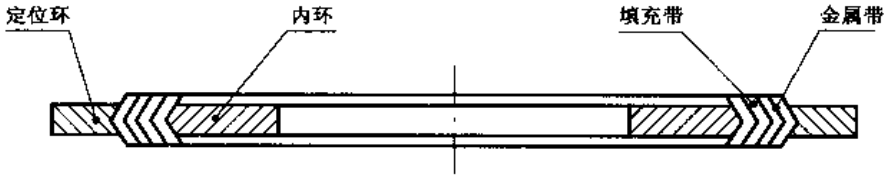


图 5-4 带内环和定位环型

1.1.2 代号

1.1.2.1 垫片型式代号见表 5-1。

表 5-1 垫片型式代号(GB/T 4622.1 2003)

垫片型式	代号	适用的法兰密封面形式
基本型	A	榫槽面
带内环型	B	凹凸面
带定位环型	C	平面
带内环和定位环型	D	突面

1.1.2.2 垫片材料代号见表 5-2。

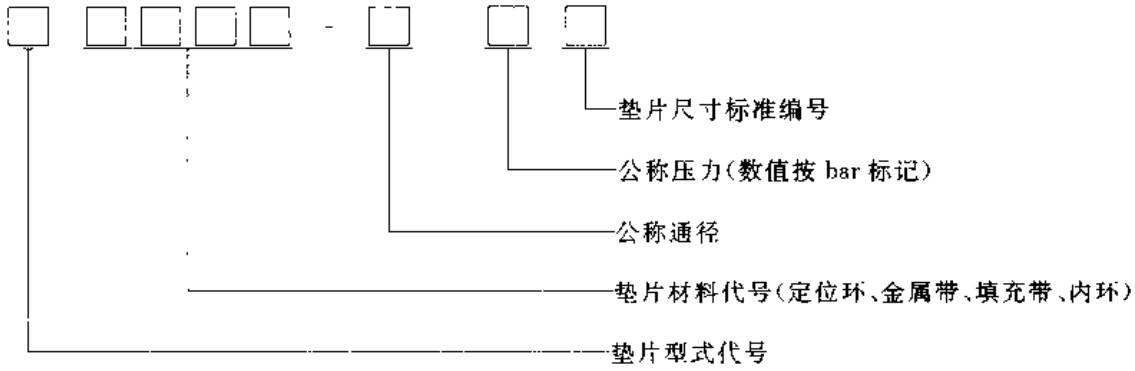
表 5 2 垫片材料代号(GB/T 4622.1- 2003)

定位环材料		金属带材料		填充带材料		内环	
名称	代号	名称	代号	名称	代号	名称	代号
无定位环	0	0Cr13	1	石棉	1	无内环	0
低碳钢	1	0Cr18Ni9	2	柔性石墨	2	低碳钢	1
0Cr18Ni9	2	0Cr17Ni12Mo2	3	聚四氟乙烯	3	0Cr18Ni9	2
		00Cr17Ni14Mo2	4	非石棉纤维	4	0Cr17Ni12Mo2Ti	3
		0Cr25Ni20	5	热陶瓷纤维	5	00Cr17Ni14Mo2	4
		0Cr18Ni10Ti	6			0Cr25Ni20	5
		0Cr18Ni12Mo2Ti	7			0Cr18Ni10Ti	6
		00Cr19Ni10	8			0Cr18Ni12Mo2Ti	7
						00Cr19Ni10	8
其他	9	其他	9	其他	9	其他	9

注：其余材料可由用户指定代号。

1.1.3　标记

1.1.3.1　标记方法



1.1.3.2　标记示例

管法兰用缠绕式垫片：

垫片型式：带内环和定位环型；垫片材料：定位环材料为低碳钢、金属带材料为0Cr18Ni9、填充带材料为柔性石墨、内环材料为0Cr18Ni9；公称通径150 mm；公称压力4.0 MPa(40 bar)；垫片尺寸标准：GB/T 4622.2—2003；其标记为：

缠绕垫　D　1222-DN150-PN40　GB/T 4622.2

垫片型式：基本型；垫片材料：金属带材料为0Cr18Ni9、填充带材料为柔性石墨；公称通径：150 mm；公称压力：4.0 MPa(40 bar)；垫片尺寸标准：GB/T 4622.2—2003；其标记为：

缠绕垫　A　0220 DN150-PN40　GB/T 4622.2

1.2　结构尺寸

1.2.1　基本型缠绕式垫片的尺寸见图5-5和表5-3。

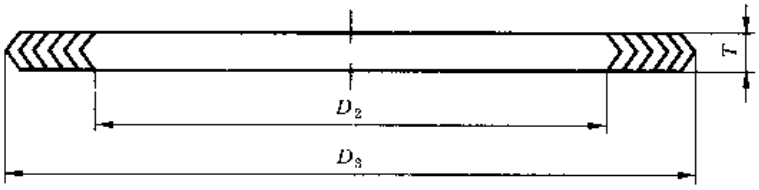


图5-5　基本型缠绕式垫片

表5-3　榫槽面法兰用基本型垫片尺寸(GB/T 4622.2—2003)　mm

公称通径DN	公称压力PN/MPa(bar)					
	1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		
	D_{2min}	D_{3max}	T	D_{2min}	D_{3max}	T
10	23.5	34.5	2.5	—	—	3.2
15	28.5	39.5	或	24.5	36	或
20	35.5	50.5	3.2	32.5	44	4.5

续表 5-3

mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar) 1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		
	D_{2min}	D_{3max}	T	D_{2min}	D_{3max}	T
25	42.5	57.5	2.5 或 3.2	37	52	3.2 或 4.5
32	50.5	65.5		46.5	64.5	
40	60.5	75.5		53	74	
50	72.5	87.5		72	93	
65	94.5	109.5		84.5	106	
80	105.5	120.5		107	128	
100	128.5	149.5	3.2 或 4.5	131	158.5	
125	154.5	175.5		159.5	187	
150	182.5	203.5		189.5	217	
200	238.5	259.5		237	271	
250	291.5	312.5		285	325	
300	342.5	363.5		342	382	
350	394.5	421.5		373.5	414	
400	446.5	473.5		424.5	471	
450	496.5	523.5		488	534.5	
500	548.5	575.5		532.5	585.5	
600	648.5	675.5		640.5	693.5	
700	750.5	777.5	4.5 或 6.5			
800	855.5	882.5				
900	960.5	987.5				
1 000	1 060.5	1 093.5				

1.2.2 带内环型缠绕式垫片的尺寸见图 5-6 和表 5-4。

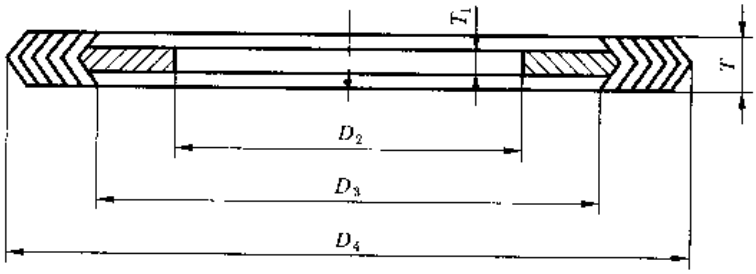


图 5-6 带内环型缠绕式垫片

表 5-4　凹凸面法兰用带内环型垫片尺寸(GB/T 4622.2—2003)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar) 1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)			T_1	T
	D_{1min}	D_{2min}	D_{3max}	D_{1min}	D_{2min}	D_{3max}		
10	15	23.6	33.4	·	—	—	2.0 或 3.0	3.2 或 4.5
15	19	27.6	38.4	14.3	18.7	32.4		
20	24	33.6	47.4	20.6	25	40.1		
25	30	40.6	55.4	27	31.4	48		
32	39	49.6	63.4	31.9	44.1	60.9		
40	45	55.6	72.4	41.3	50.4	70.4		
50	56	67.6	86.4	52.4	66.3	86.1		
65	72	83.6	103.4	63.5	79	98.9		
80	84	96.6	117.4	77.8	94.9	121.1		
100	108	122.6	144.4	103	120.3	149.6		
125	133	147.6	170.4	128.5	147.2	178.4		
150	160	176.6	200.4	154	174.2	210		
200	209	228.6	255.4	203.2	225	263.9	3.0 或 4.0	4.5 或 6.5
250	262	282.6	310.4	254	280.6	317.9		
300	311	331.6	360.4	303.2	333	375.1		
350	355	374.6	405.4	342.9	364.7	406.8		
400	406	425.6	458.4	393.7	415.5	464		
450	452	476.6	512.4	444.5	469.5	527.5		
500	508	527.6	566.4	495.3	520.3	578.3		
600	610	634.6	673.4	596.9	625.1	686.2		
700	710	734	773.5					
800	811	835	879.5					
900	909	933	980.5					

1.2.3　带定位环型缠绕式垫片的尺寸见图 5 7 和表 5-5～表 5 6。

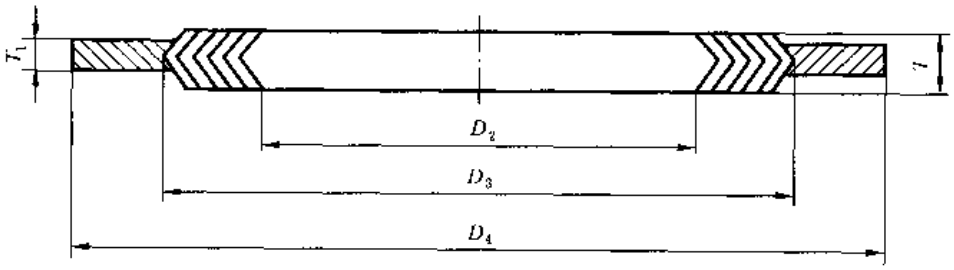


图 5 7　带定位环型缠绕式垫片

表 5-5 平面和突面法兰用带定位环型垫片尺寸(GB/T 4622.2—2003) mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)									T_1	T
	1.0(10),1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)		1.0(10)	1.6(16)	2.5(25)	4.0(40)	6.3(63)	10.0(100)	16.0(160)		
	D_{2min}	D_{2max}	D_4								
10	23.6	33.4	48	48	48	48	58	58	58	2.0 或 3.0	3.2 或 4.5
15	27.6	38.4	53	53	53	53	63	63	63		
20	33.6	47.4	63	63	63	63	74	74	74		
25	40.6	55.4	73	73	73	73	84	84	84		
32	49.6	63.4	84	84	84	84	90	90	90		
40	55.6	72.4	94	94	94	94	105	105	105		
50	67.6	86.4	109	109	109	109	115	121	121		
65	83.6	103.4	129	129	129	129	140	146	146		
80	96.6	117.4	144	144	144	144	150	156	156		
100	122.6	144.4	164	164	170	170	176	183	183		
125	147.6	170.4	194	194	196	196	213	220	220		
150	176.6	200.4	220	220	226	226	250	260	260		
200	228.6	255.4	275	275	286	293	312	327	327		
250	282.6	310.4	330	331	343	355	367	394	391		
300	331.6	360.4	380	386	403	420	427	461	461		
350	374.6	405.4	440	446	460	477	489	515		3.0 或 4.0	4.5 或 6.5
400	425.6	458.4	491	498	517	549	546	575			
450	476.6	512.4	541	558	567	574					
500	527.6	566.4	596	620	627	631					
600	634.6	673.4	698	737	734	750					
700	734	773.5	813	807	836						
800	835	879.5	920	914	945						
900	933	980.5	1020	1014	1045						

注：定位环 D_4 的外径公差：公称通径 DN600 以下(包括 DN600)为 $^{0}_{0.8}$；公称通径 DN600 以上为 $^{0}_{-1.5}$。

表 5-6　平面和突面法兰用带定位环型垫片尺寸(GB/T 4622.2—2003)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar) 2.0 (20)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)	5.0 (50)		11.0 (110)		15.0 (150)		26.0 (260)		T_1	T
	D_{2min}	D_{3max}	D_4	D_{2min}	D_{3max}	D_4	D_{3max}	D_4	D_{3max}	D_4	D_{3max}	D_1		
10	—	—	—	—	—	—								
15	18.7	32.4	46.5	18.7	32.4	52.5	32.4	52.5	32.4	62.5	32.4	62.5		
20	26.6	40.1	56	25	40.1	66.5	40.1	64.5	40.1	69	40.1	69		
25	32.9	48	65.5	31.4	48	73	48	73	48	77.5	48	77.5		
32	45.6	60.9	75	44.1	60.9	82.5	60.9	82.5	60.9	87	60.9	87		
40	53.6	70.4	84.5	50.4	70.4	94.5	70.4	94.5	70.4	97	70.4	97		
50	69.5	86.1	104.5	66.3	86.1	111	86.1	111	86.1	141	86.1	141		
65	82.2	98.9	123.5	79	98.9	129	98.9	129	98.9	163.5	98.9	163.5	2.0 或 3.0	3.2 或 4.5
80	101.2	121.1	136.5	94.9	121.1	148.5	121.1	148.5	121.1	166.5	121.1	173		
100	126.6	149.6	174.5	120.3	149.6	180	149.6	192	149.6	205	149.6	208.5		
125	153.6	178.4	196	147.2	178.4	215	178.4	240	178.4	246.5	178.4	253		
150	180.6	210	221.5	174.2	210	250	210	265	210	287.5	210	281.5		
200	231.4	263.9	278.5	225	263.9	306	263.9	319	263.9	357.5	263.9	351.5		
250	286.9	317.9	338	280.6	317.9	360.5	317.9	399	317.9	434	317.9	434.5		
300	339.3	375.1	408	333	375.1	421	375.1	456	375.1	497.5	375.1	519.5		
350	371.1	406.8	449	364.7	406.8	484.5	406.8	491	406.8	520	406.8	579		
400	421.9	464	513	415.5	464	538.5	464	564	464	574	464	641		
450	475.9	527.5	548	469.5	527.5	595.5	527.5	612	527.5	638	527.5	702.5		
500	526.7	578.3	605	520.3	578.3	653	578.3	682	578.3	697.5	578.3	756		
600	631.4	686.2	716.5	625.1	686.2	774	686.2	790	686.2	837.5	686.2	900.5		
650	660	737.3	773	660	737.3	834	737.3	866	737.3	880				
700	711	788.3	830	711	788.3	898	788.3	913	788.3	946				
750	762	845.3	881	762	845.3	952	845.3	970	845.3	1040				
800	813	896.3	939	813	896.3	1006	896.3	1024	902.5	1076				
850	864	946.8	990	864	946.3	1057	946.3	1074	953.3	1136				
900	914	997.8	1047	914	997.8	1136	1004.3	1130	1010.5	1199			3.0 或 4.0	4.5 或 6.5
950	965	1018	1111	965	1018	1053	1042.6	1106	1087.1	1199				
1000	1016	1071.1	1161	1016	1071.1	1114	1098.5	1157	1150.6	1230				
1050	1067	1131.5	1218	1067	1131.5	1164	1156.9	1219	1201.4	1301				
1100	1118	1182.3	1275	1118	1182.3	1219	1214.1	1270	1258.5	1369				
1150	1168	1229	1326	1168	1229	1273	1264.9	1327	1322	1437				
1200	1219	1287.1	1383	1219	1287.1	1324	1322	1388	1372.8	1488				
1250	1270	1349.4	1435	1270	1347.4	1377	1372.8	1448						
1300	1321	1398.2	1492	1321	1398.2	1428	1423.6	1499						
1350	1371	1455.4	1549	1371	1455.4	1493	1480.8	1556						
1400	1422	1506.2	1606	1422	1506.2	1544	1531.6	1615						
1450	1475	1563.3	1663	1475	1563.3	1595	1588.7	1666						
1500	1524	1614.1	1714	1524	1614.1	1706	1645.9	1732						

注：定位环 D_4 的外径公差：公称通径 DN600 以下(包括 DN600)为 $^{0}_{-0.8}$；公称通径 DN600 以上为 $^{0}_{1.5}$。

1.2.4 带内环和定位环型缠绕式垫片尺寸见图 5-8 和表 5-7～表 5-10。

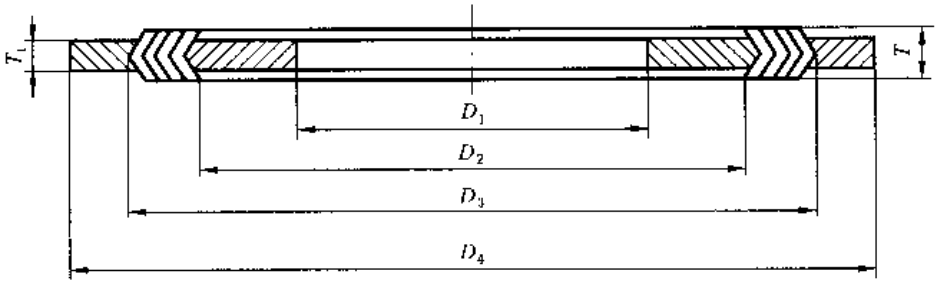


图 5-8 带内环和定位环型缠绕式垫片

表 5-7 平面和突面法兰用带内环和定位环型垫片尺寸(GB/T 1622.2—2003) mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)										T_1	T
	1.0(10),1.6(16),2.5(25),4.0(10),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			1.0(10)	1.6(16)	2.5(25)	4.0(40)	6.3(63)	10.0(100)	16.0(160)		
	D_{1min}	D_{2min}	D_{3max}	D_4								
10	15	23.6	33.4	48	48	48	48	58	58	58	2.0 或 3.0	3.2 或 4.5
15	19	27.6	38.4	53	53	53	53	63	63	63		
20	24	33.6	47.4	63	63	63	63	74	74	74		
25	30	40.6	55.4	73	73	73	73	84	84	84		
32	39	49.6	64.4	84	84	84	84	90	90	90		
40	45	55.6	72.4	91	94	94	94	105	105	105		
50	56	67.6	86.4	109	109	109	109	115	121	121		
65	72	83.6	103.4	129	129	129	129	140	146	146		
80	81	96.6	117.1	144	144	144	144	150	156	156		
100	108	122.6	144.4	164	164	170	170	176	183	183		
125	133	147.6	170.4	194	194	196	196	213	220	220		
150	160	176.6	200.4	220	220	226	226	250	260	260		
200	209	228.6	255.4	275	275	286	293	312	327	327		
250	262	282.6	310.4	330	331	343	355	367	394	391		
300	311	331.6	360.4	380	386	403	420	427	461	461		
350	355	374.6	405.4	440	446	460	477	489	515			
400	406	425.6	458.4	491	498	517	549	546	575			
450	452	476.6	512.4	511	558	567	574				3.0 或 4.0	4.5 或 6.5
500	508	527.6	566.4	596	620	627	631					
600	610	634.6	673.4	698	737	734	750					
700	710	734	773.5	813	807	836						
800	811	835	879.5	920	914	945						
900	909	933	980.5	1020	1014	1045						

注：定位环 D_4 的外径公差：公称通径 DN 600 以下(包括 DN 600)为 $^{0}_{-0.8}$；公称通径 DN 600 以上为 $^{0}_{-1.5}$。

表 5-8　平面和突面法兰用带内环和定位环型垫片尺寸(GB/T 4622.2—2003)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)										T_1	T
	2.0(20)，5.0(50)，11.0(110)，15.0(150)，26.0(260)	2.0(20)			5.0(50)，11.0(110)，15.0(150)，26.0(260)		5.0(50)	11.0(110)	15.0(150)	26.0(260)		
	D_{1min}	D_{2min}	D_{3max}	D_4	D_{2min}	D_{3max}	D_4					
10				—	—	—			—	—	2.0 或 3.0	3.2 或 4.5
15	14.3	18.7	32.4	46.5	18.7	32.4	52.5	52.5	62.5	62.5		
20	20.6	26.6	40.1	56	25	40.1	66.5	64.5	69	69		
25	27	32.9	48	65.5	31.4	48	73	73	77.5	77.5		
32	34.9	45.6	60.9	75	44.1	60.9	82.5	82.5	87	87		
10	41.3	53.6	70.4	84.5	50.4	70.4	94.5	94.5	97	97		
50	52.4	69.5	86.1	104.5	66.3	86.1	111	111	141	141		
65	63.5	82.2	98.9	123.5	79	98.9	129	129	163.5	163.5		
80	77.8	101.2	121.1	136.5	94.9	121.1	148.5	148.5	166.5	173		
100	103	126.6	149.6	174.5	120.3	149.6	180	192	205	208.5		
125	128.5	153.6	178.4	196	147.2	178.4	215	240	246.5	253		
150	154	180.6	210	221.5	174.2	210	250	265	287.5	281.5		
200	203.2	231.4	263.9	278.5	225	263.9	306	319	357.5	351.5		
250	254	286.9	317.9	338	280.6	317.9	360.5	399	434	434.5		
300	303.2	339.3	375.1	408	333	375.1	421	456	497.5	519.5		
350	342.9	371.1	406.8	449	364.7	406.8	484.5	491	520	579		
400	393.7	421.9	464	513	415.5	464	538.5	564	574	641	3.0 或 5.0	4.5 或 6.5
450	444.5	475.9	527.5	548	469.5	527.5	595.5	612	638	702.5		
500	495.3	526.7	578.3	605	520.3	578.3	653	682	697.5	756		
600	596.9	631.4	686.2	716.5	625.1	686.2	774	790	837.5	900.5		

注：定位环 D_4 的外径公差：公称通径 DN 600 以下(包括 DN 600)为 $^{0}_{-0.8}$。

表 5-9　带内环和定位环型缠绕式垫片尺寸(GB/T 13403—1992)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa				T	T_1
	15.0					
	D_1	D_2	D_3	D_4		
650	673	692	749	837	4.5 及 6.5	3.0 及 4.5
700	721	743	800	901		
750	787	806	857	959		
800	838	864	914	1 016		

续表 5-9

mm

公称通径 DN	公称压力 PN MPa 15.0 D_1	D_2	D_3	D_4	T	T_1
850	895	921	972	1073	4.5 及 6.5	3.0 及 4.5
900	927	946	997	1124		
950	1010	1035	1086	1199		
1000	1060	1099	1149	1250		
1050	1111	1149	1200	1300		
1100	1156	1206	1257	1368		
1150	1219	1270	1321	1436		
1 200	1270	1321	1372	1487		

表 5-10 压力容器法兰用带内环和定位环型缠绕式垫片尺寸(JB/T 4705—2000) mm

公称直径 DN	公称压力 PN/MPa 1.0 D_4	D_3	D_2	D_1	1.6 D_4	D_3	D_2	D_1	2.5 D_4	D_3	D_2	D_1	4.0 D_4	D_3	D_2	D_1	6.4 D_4	D_3	D_2	D_1	T	T_1
300	380	354	322	302	380	354	322	302	380	354	322	302	391	365	325	305	391	365	325	305	4.5	3.0
350	430	404	372	352	430	404	372	352	430	404	372	352	441	415	375	355	441	415	375	355		
400	480	454	422	402	480	454	422	402	480	454	422	402	491	465	425	405	491	465	425	405		
450	530	504	472	452	530	504	472	452	530	504	472	452	541	515	475	455	563	537	497	461		
500	580	554	522	502	580	554	522	502	591	565	525	505	591	565	525	505	613	587	547	511		
550	630	604	572	552	630	604	572	552	641	615	575	555	641	615	575	555	663	637	597	561		
600	680	654	622	602	680	654	622	602	691	665	625	605	691	665	625	605	725	699	649	613		
650	730	704	672	652	730	704	672	652	741	715	675	655	763	737	697	661	775	749	699	663		
700	780	754	722	702	791	765	725	705	791	765	725	705	813	787	747	711	844	818	768	732		
800	880	854	822	802	891	865	825	805	891	865	825	805	913	887	847	811	944	918	868	832		
900	980	954	922	902	991	965	925	905	1013	987	947	911	1025	999	949	913						
1 000	1080	1054	1022	1002	1091	1065	1025	1005	1113	1087	1047	1011	1125	1099	1049	1013						
1 100	1191	1155	1115	1100	1191	1155	1115	1100	1213	1177	1137	1101	1244	1208	1158	1122						
1 200	1291	1255	1215	1200	1291	1255	1215	1200	1313	1277	1237	1201	1344	1308	1258	1222						
1 300	1391	1355	1315	1300	1391	1355	1315	1300	1413	1377	1337	1301	1444	1408	1358	1322						
1 400	1491	1455	1415	1400	1491	1455	1415	1400	1513	1477	1437	1401	1544	1508	1458	1422						
1 500	1591	1555	1515	1500	1613	1577	1537	1501	1625	1589	1539	1503	1644	1608	1558	1522						
1 600	1691	1655	1615	1600	1713	1677	1637	1601	1725	1689	1639	1603	1744	1708	1658	1622						
1 700	1791	1755	1715	1700	1813	1777	1737	1701	1844	1808	1758	1722										
1 800	1891	1855	1815	1800	1913	1877	1837	1801	1944	1908	1858	1822										
1 900	2013	1977	1937	1901	2025	1989	1939	1903	2044	2008	1958	1922										
2 000	2113	2077	2037	2001	2125	2089	2039	2003	2144	2108	2058	2022										

1.3　材料和性能要求

1.3.1　材料

1.3.1.1　金属带

a. 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。

b. 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。

c. 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/T 4340.1《金属维氏硬度试验　第 1 部分：试验方法》检验，其硬度值 HV 应不大于 200。

1.3.1.2　非金属带

a. 非金属带材料为特制石棉带、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 5-11。

b. 特制石棉的烧失量按 GB/T 541《石棉橡胶板　试验方法》检验，其烧失量应不大于 25%。

c. 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/T 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》检验，应小于 100×10^{-6}，或由供需双方协商确定。

表 5-11　非金属带适用温度范围

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

1.3.1.3　加强环

加强环除供需双方另有协议外，内环材料应与金属带材料相同；定位环材料采用 A3 钢，需经防锈处理。

1.3.2　工艺要求

1.3.2.1　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。

1.3.2.2　垫片主体初绕和终绕应有 3～4 圈金属带间不填入非金属带，公称通径大于 1 500 mm的垫片，其空圈数可适当增加。带定位环的垫片，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。

1.3.2.3　垫片主体内、外侧焊点数应符合表 5-12 的规定，始末端焊点不少于 3 点，焊点间距不小于 10～15 mm。

表 5-12　垫片主体的焊点数

公称通径 DN/mm	焊点数	公称通径 DN/mm	焊点数
≤80	3～4	350～600	6～8
100～300	4～6	≥650	>8

1.3.2.4　内环、定位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；环槽与内外圆应同心，与两端面应对称。

1.3.2.5 带内环的垫片，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。

1.3.2.6 定位环与垫片主体间应有适当的装配间隙。

1.3.2.7 垫片主体缠制后，其密封面不允许再进行机加工或预压处理。

1.3.3 性能要求

缠绕式垫片的各项力学性能及密封性能指标见表 5-13

表 5-13 缠绕式垫片性能指标(GB/T 4622.3—1993)

项目	试验条件	垫片品种	指标
压缩率/%	试样：DN80 带内环和定位环 压紧应力：(70±1)MPa 加载卸载速度：0.5 MPa/s	金属带＋特制石棉带	18～30
		金属带＋柔性石墨带	18～30
		金属带＋聚四氟乙烯带	18～30
回弹率/%	试样：DN80 带内环和定位环 压紧应力：(70±1)MPa 加载卸载速度：0.5 MPa/s	金属带＋特制石棉带	≥19
		金属带＋柔性石墨带	≥17
		金属带＋聚四氟乙烯带	≥15
应力松弛率/%	试样：DN32 带内环和定位环 压紧应力：(70±1)MPa 试验温度：(300±5)℃ 试验时间：16 h	金属带＋特制石棉带	≤28
		金属带＋柔性石墨带	≤18
	试样：DN32 带内环和定位环 压紧应力：(70±1)MPa 试验温度：(200±5)℃ 试验时间：16 h	金属带＋聚四氟乙烯	≤13
允许泄漏率/(cm³/s)	试样：DN80 带内环 试验温度：(20±5)℃ 试验介质：99.9%氮气 预紧应力：(70±1)MPa 试验压力：1.1×公称压力/MPa	所有垫片	$\leq 1.2\times10^{-5}$ (1 级)
			$\leq 1.0\times10^{-4}$ (2 级)
			$\leq 1.0\times10^{-3}$ (3 级)
			$\leq 1.0\times10^{-2}$ (4 级)
水压密封性	试样：DN80 带内环和定位环 试验温度：(20±5)℃ 试验介质：水 预紧应力：(70±1)MPa 试验压力：1.3×公称压力/MPa 保压时间：10 min	所有垫片	试样外缘在保压时间内无水珠出现
允许泄漏率/(g/s)	试样：DN80 带内环和定位环 试验温度[1]： 300 $^{+12}_{0}$℃(当公称压力不大于 1.0 MPa 时) 500 $^{+20}_{0}$℃(当公称压力大于 1.0 MPa 时) 试验介质：水蒸气 预紧应力：(70±1)MPa 试验压力：1.1×公称压力/MPa 保压时间：40 min	所有垫片	1.0×10^{-4}

1) 填充带为聚四氟乙烯的缠绕式垫片的试验温度为 200℃。

1.4　缠绕式垫片的选择及使用方法

1.4.1　垫片的选择

垫片结构型式与法兰密封面型式的匹配：

a. 基本型垫片适用于榫槽面法兰，见图 5-9。

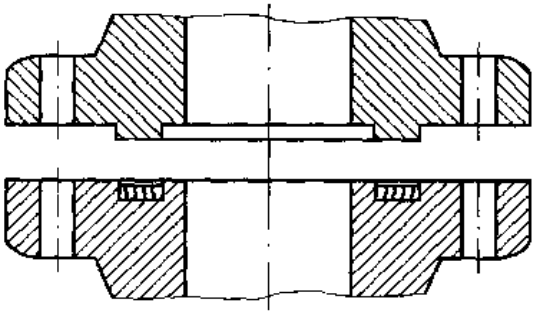


图 5-9　榫槽面法兰用垫片

b. 内环型垫片适用于凹凸面法兰，见图 5-10。

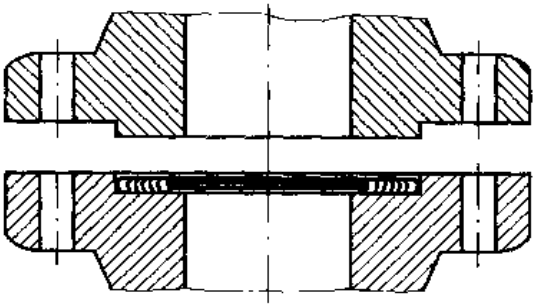


图 5-10　凹凸面法兰用垫片

c. 定位环型垫片适用于平面和突面法兰，见图 5-11。

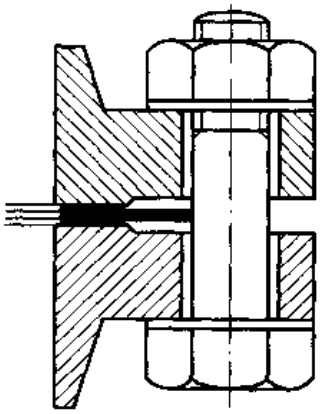


图 5-11　平面和突面法兰用垫片

d. 内环和定位环型垫片适用于平面和突面法兰，见图 5-12。

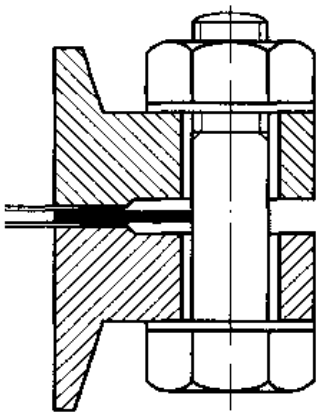


图 5-12 平面和突面法兰用垫片

1.4.2 使用方法

1.4.2.1 注意事项

a. 缠绕式垫片的密封元件（即垫片本体或基本型垫片）宽度应比非金属软垫片的宽度小。在制作用于凹凸面、平面和突面法兰的缠绕垫片时，不能随便用非金属软垫片的宽度尺寸来代替缠绕式垫片密封元件的宽度尺寸。因为缠绕式垫片是半金属垫片，标准规格垫片的压紧应力在 70 MPa 左右时才达到合理的压缩变形，从而产生良好的密封效果；如果随意加大垫片本体密封面宽度，势必造成压紧力降低，垫片肯定不能达到标准的压缩变形量，因而不能产生良好的密封；如果超范围地加大压紧力，又必然会产生法兰和螺栓的大量变形，结果会导致泄漏。

b. 基本型垫片最好不要用于凹凸面法兰上。这是因为基本型垫片在法兰轴向压紧力的作用下，垫片内圈焊点容易开焊，这样不但会引起泄漏，而且垫片软填料散落会污染物料和堵塞管道。

c. 在高温、深冷或冷热频繁交变、振动较大、强腐蚀介质等恶劣工况条件下，用于平面和突面法兰的垫片最好加装合理材料的内环。

d. 绝不能用低材质垫片取代高材质垫片。比如，大型石油化工裂解装置的废热锅炉入口，有的操作温度达到 798℃，因而垫片的金属带和内环必须选用不低于 0Cr25Ni20 的材料，而不能用 0Cr18Ni10Ti 替代，定位环材料可用 0Cr18Ni10Ti，但不可用 0Cr18Ni9，因为可能产生高温蠕变。

1.4.2.2 使用方法

a. 拧紧螺栓时，要使垫片均匀受力，对称把紧。

b. 选择合理的垫片压缩量，一般为 0.6～1.2 mm 为宜。过大压缩量，会降低垫片的回弹率，因而失去垫片像弹簧似的容易吸收振动的特性。

c. DN 500 以上的管道垫片安装，可采取短管法兰平面装配，而后再对接管道的方法。

d. 螺栓拧紧顺序见图 5-13。

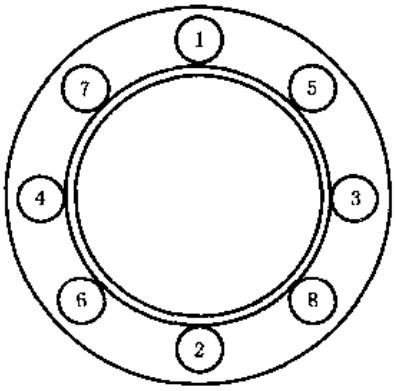


图 5-13　螺栓拧紧顺序

2　金属包覆垫片

金属包覆垫片是以非金属材料为芯材，切成所需的形状，外面包以厚度为0.25～0.5 mm的金属薄板组成的一种复合垫片。根据包覆状态，一般分为平面型包覆和波纹型包覆两种，见图 5-14。

1　垫片外壳；2　垫片盖；3　填料

图 5-14　金属包覆垫片

金属薄板可根据材料的弹塑性、耐热性和耐腐蚀性选取，其材料主要有黄铜、铝、软钢、不锈钢、钛和蒙乃尔合金等；作为包覆垫片中的芯材，一般有石棉板或石棉橡胶板、聚四氟乙烯、柔性石墨板材以及碳纤维或陶瓷纤维等。

金属包覆垫片的主要特点是：具有与包覆金属相同的耐腐蚀性和相近的耐热性，非金属柔性填充材料使垫片能在较低的压紧力下达到较好的密封效果。此外，这种垫片还能制成各种形式的异形垫片，例如椭圆形、方形、带筋形或更复杂的形状以满足各种热交换器管箱和非圆形压力容器密封的需要。与非金属软垫片相比，这种垫片在经常拆卸的条件下不易损坏、不沾污、不腐蚀法兰密封面，而且具有较高的强度。

2.1　结构型式、代号和标记

2.1.1　结构型式

2.1.1.1　管法兰用金属包覆垫片结构型式分为平面型(F 型)及波纹型(C 型)两种。

2.1.1.2　压力容器法兰用金属包覆垫片结构型式为平面型一种。

2.1.2 代号

金属包覆垫片外壳用金属板材的标准和代号见表 5-14

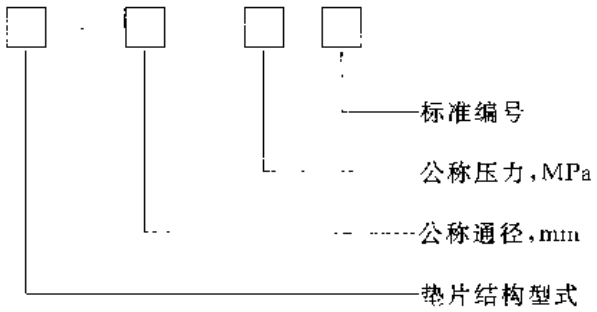
表 5-14 金属板材标准和代号(JB/T 4706--2000)

金属板材	材料标准	代号
镀锡薄钢板	GB/T 2520	A
镀锌薄钢板	GB/T 2518	B
08F	GB/T 710	C
铜 T2	GB/T 2040	D
1060(铝 L2)	GB/T 3880	E
0Cr13	GB/T 3280	F
0Cr18Ni9	GB/T 3280	G

2.1.3 标记

2.1.3.1 管法兰用金属包覆垫片的标记包括垫片结构型式、公称通径、公称压力及标准号。

a. 标记方法



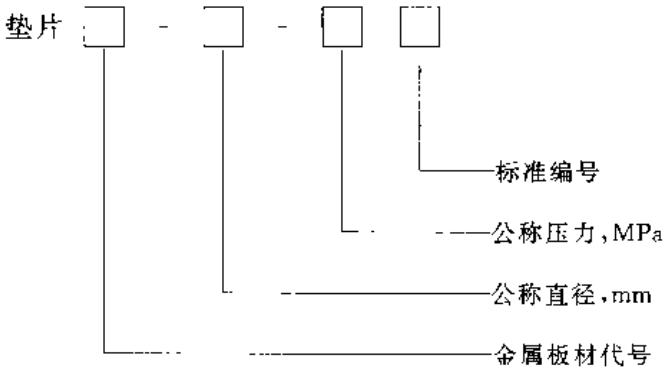
b. 标记示例

公称通径 50 mm,公称压力 2.0 MPa 的波纹型金属包覆垫片:

C - 50 - 2.0 GB/T 15601

2.1.3.2 压力容器法兰用金属包覆垫片的标记及示例按如下规定:

a. 标记方法



b. 标记示例

公称直径 1 000 mm,公称压力 2.50 MPa,金属板材为 0Cr18Ni9 的包覆垫片:

垫片 G 1000 - 2.50 JB/T 4706—2000

2.2　结构尺寸

2.2.1　平面型

平面型金属包覆垫片的尺寸见图 5-15 和表 5-15～表 5-16。

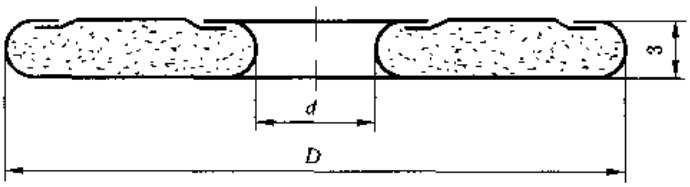


图 5-15　平面型金属包覆垫片

表 5-15　平面型金属包覆垫片尺寸(GB/T 15601　1995)　mm

公称通径 DN	垫片内径 d	公称压力 PN/MPa			
		1.0	1.6	2.5	4.0
		垫片外径 D			
10	18	48	48	48	48
15	22	53	53	53	53
20	27	63	63	63	63
25	34	73	73	73	73
32	43	84	84	84	84
40	49	94	94	94	94
50	61	109	109	109	109
65	77	129	129	129	129
80	89	144	144	144	144
100	115	164	164	170	170
125	141	194	194	196	196
150	169	220	220	226	226
200	220	275	275	286	293
250	273	330	331	343	355
300	324	380	386	403	420
350	356	440	446	460	477
400	407	491	498	517	549
450	458	541	558	567	574
500	508	596	620	627	631
600	610	698	737	734	750
700	712	813	807	836	—
800	813	920	914	945	—
900	915	1 020	1 014	1 045	—

表 5-16 压力容器法兰用平面型金属包覆垫片尺寸(JB/T 4706—2000) mm

公称直径 DN	公称压力 PN/MPa													
	0.25		0.6		1.0		1.6		2.5		4.0		6.4	
	d	D	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d
300					354	322	354	322	354	322	365	325	365	325
350					404	372	404	372	404	372	415	375	415	375
400					454	422	454	422	454	422	465	425	465	425
450					504	472	504	472	504	472	515	475	537	497
500					554	522	554	522	565	525	565	525	587	547
550					604	572	604	572	615	575	615	575	637	597
600					654	622	654	622	665	625	665	625	699	649
650					704	672	704	672	715	675	737	697	749	699
700					754	722	765	725	765	725	787	747	818	768
800					854	822	865	825	865	825	887	847	918	868
900					954	922	965	925	987	947	999	949		
1 000					1 054	1 022	1 065	1 025	1 087	1 047	1 099	1 049		
1 100					1 155	1 115	1 155	1 115	1 177	1 137	1 208	1 158		
1 200					1 255	1 215	1 255	1 215	1 277	1 237	1 308	1 258		
1 300			1 355	1 315	1 355	1 315	1 355	1 315	1 377	1 337	1 408	1 358		
1 400			1 455	1 415	1 455	1 415	1 455	1 415	1 477	1 437	1 508	1 458		
1 500			1 555	1 515	1 555	1 515	1 577	1 537	1 589	1 539	1 608	1 558		
1 600			1 655	1 615	1 655	1 615	1 677	1 637	1 689	1 639	1 708	1 658		
1 700			1 755	1 715	1 755	1 715	1 777	1 737	1 808	1 758			—	
1 800			1 855	1 815	1 855	1 815	1 877	1 837	1 908	1 858				
1 900			1 955	1 915	1 977	1 937	1 989	1 939	2 008	1 958				
2 000			2 055	2 015	2 077	2 037	2 089	2 039	2 108	2 058				
2 200	2 255	2 215	2 255	2 215										
2 400	2 455	2 415	2 455	2 415										
2 600	2 655	2 615			—				—					
2 800	2 855	2 815	—											
3 000	3 055	3 015												

2.2.2　波纹型

波纹型金属包覆垫片的尺寸见图 5-16 和表 5-17。

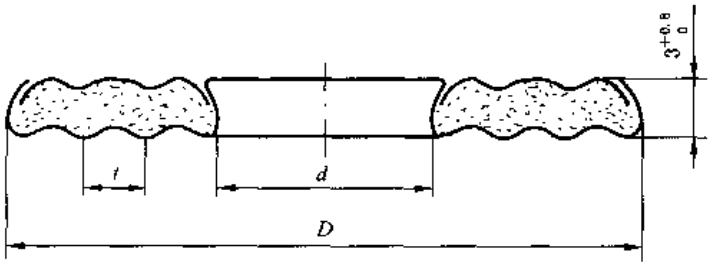


图 5-16　波纹型金属包覆垫片

表 5-17　波纹型金属包覆垫片尺寸(GB/T 15601—1995)　mm

公称通径 DN	垫片内径 d	公称压力 PN/MPa					节距 t
		2.0	5.0	11.0	15.0	26.0	
		垫片外径 D					
15	22	44.5	51.0	51.0	60.5	60.5	≤4
20	28	54.0	63.5	63.5	67.0	67.0	
25	38	63.5	70.0	70.0	76.0	76.0	
32	47	73.0	79.5	79.5	86.0	86.0	
40	54	82.5	92.0	92.0	95.0	95.0	
50	73	101.5	107.0	108.0	137.5	137.5	
65	85	120.5	127.0	127.0	162.0	162.0	
80	107	133.5	146.0	146.0	165.0	171.5	
100	131	171.5	178.0	190.5	203.0	206.5	
125	152	194.0	213	238.0	244.5	251	
150	190	219.0	247.5	263.5	285.5	279.5	
200	238	276.5	305.0	317.5	355.5	349.0	3.2～6.4
250	285	336.5	359.0	397.0	432.0	432.0	
300	342	406.5	419.0	454.0	495.5	517.5	
350	374	448.0	482.5	489.0	517.5	575.0	
400	425	511.5	536.5	562.0	571.5	638.5	
450	488	546.0	594.0	609.5	635.0	702.0	
500	533	603.0	651.0	679.5	695.5	752.5	
600	641	714.5	771.5	787.5	835.0	898.5	

2.3 材料及技术要求

2.3.1 材料

2.3.1.1 包覆层金属材料一般为镀锡薄钢板、镀锌薄钢板、08F、铜 T2 或 T3、铝 L2 或 L3、0Cr13、0Cr18Ni9 或 0Cr19Ni9、00Cr19Ni11 和 00Cr17Ni14Mo2 等，材料的机械性能及化学成分应符合相应标准的规定。

2.3.1.2 包覆层金属材料及其硬度要求见表 5-18。

表 5-18 包覆层金属材料及硬度

包覆层金属材料	硬度 HB_{max}
镀锡薄钢板	90
镀锌薄钢板	90
08F	90
T3	60
L3	40
0Cr19Ni9 00Cr19Ni11 00Cr17Ni14Mo2	187

2.3.1.3 包覆层金属材料的厚度：

平面型不得小于 0.25 mm；

波纹型不得小于 0.3 mm。

2.3.1.4 填充材料可为石棉，柔性石墨或其他非金属材料。

2.3.2 平面型金属包覆垫片的反包宽度 L 见图 5-17 及表 5-19。

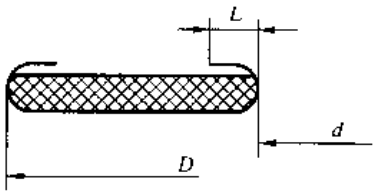


图 5-17 垫片反包宽度

表 5-19 垫片反包宽度 mm

公称通径 DN	反包宽度 L
≤1 200	3～4
>1 200	5

2.3.3 包覆层金属表面不允许有影响密封性能的伤痕、锈斑等缺陷。

2.3.4 制作垫片时应尽量采用整张金属板。若因直径大、板宽度不够时允许拼接，其拼接头数一般以 2～3 个为宜。对接切口应切割成 45°，采用氩弧焊或气焊。对接焊缝必须打磨与母材平齐，焊接接头应按 GB/T 232 的规定进行冷弯试验，其弯曲半径为 1.5 mm，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；金属板材表面不得有经向贯通刻痕。

2.3.5 填充材料在整个截面上厚度应均匀一致。

2.3.6 性能

金属包覆垫片的各项力学性能及密封性能指标见表 5-20。

表 5-20　金属包覆垫片的性能指标

项　目	试　验　条　件	指　标
压缩率/%	试件尺寸:DN100 预紧应力:63.3MPa 加卸载速度:0.5MPa/s	26～30
回弹率/%		≥15
应力松弛率/%	试件尺寸:DN100 预紧应力:63.3 MPa 试验温度:(300±5)℃ 试验时间:16 h	≤20
允许泄漏率/(mL/s)	试件尺寸:DN100 预紧应力:63.3 MPa 试验温度:20℃ 试验介质:99.9%的氮气 试验压力:1.1×公称压力/MPa	$\leqslant 1\times10^{-3}$

3　金属冲齿板柔性石墨复合垫片

这种垫片又称柔性石墨金属增强复合垫片，它是由冲齿的金属齿板或冲孔金属芯板与柔性石墨粒子复合压成的一种密封垫片，它通常由柔性石墨复合增强板裁制而成。典型柔性石墨金属增强复合垫片结构见图 5-18。

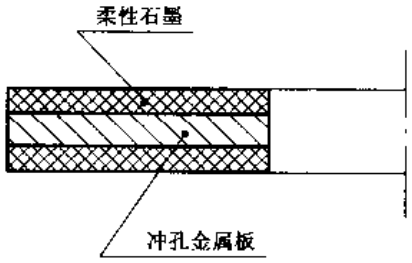


图 5-18　柔性石墨金属增强复合垫片

根据需要，柔性石墨金属增强复合垫片可制成带不锈钢或碳钢内包边或内外包边。这种垫片的主要特点是：有良好的耐高、低温，耐腐蚀，耐辐射等性能，强度较高，能在高压工况下使用。所需的预紧力比使用金属垫片或金属缠绕式垫片的小。由于柔性石墨具有可塑性和良好的充填性，使用这种垫片时对相配法兰密封面不需要进行精密加工，对法兰密封面上制有“水线”沟槽也能适应，相对来说比较经济。

柔性石墨金属增强复合垫片主要用于各种管道、阀门、泵、压力容器、热交换器等法兰连接处的密封部位，可取代石棉橡胶垫片、铁包垫片。这种垫片使用温度范围在-200～800℃；最高压力 11 MPa；最小预紧比压 $y=30$ MPa；垫片系数 $m=2$。

3.1　结构型式与尺寸

柔性石墨金属增强复合垫片型式分为 RF 型、MFM 型和 TG 型，分别适用于突面、凹凸面和榫槽面法兰。根据需要，RF 型垫片可带不锈钢或碳钢内包边，即为 RF-E 型。

3.1.1　RF 型和 RF-E 型

RF 型和 RF-E 型柔性石墨复合垫片的结构型式见图 5-19 和图 5-20，尺寸见

表5-21～表 5-23。

3.1.2 MFM 型

MFM 型柔性石墨金属增强复合垫片的结构型式见图 5-19，尺寸见表 5-24～表5-25。

3.1.3 TG 型

TG 型柔性石墨金属增强复合垫片的结构型式见图 5-19，尺寸见表 5-26～表 5-27。

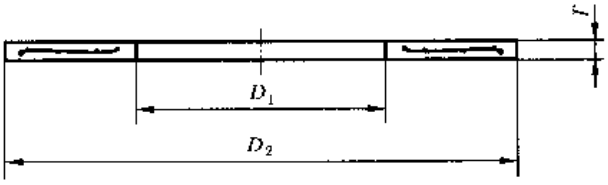


图 5-19 RF 型、MFM 型及 TG 型柔性石墨金属增强复合垫片

标记示例

公称通径 100 mm、公称压力 2.5 MPa、芯板材料为低碳钢的榫槽面法兰用柔性石墨金属增强复合垫片：

HG/T 20608 石墨复合垫 TG 100-2.5 St

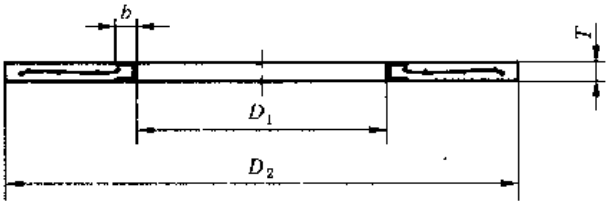


图 5-20 RF-E 型柔性石墨金属增强复合垫片

标记示例

公称通径 200 mm、公称压力 4.0 MPa、芯板材料为 0Cr18Ni9 的突面法兰用内包边柔性石墨金属增强复合垫片：

HG/T 20608 石墨复合垫 RF-E 200-4.0 304

表 5-21 突面法兰用 RF 和 RF-E 型垫片尺寸(HG/T 20608 1997) mm

公称通径 DN	垫片内径 D_{1max}	公称压力 PN/MPa					垫片厚度 T	包边宽度 b
		1.0	1.6	2.5	4.0	6.3		
		垫片外径 D_2						
10	18	46	46	46	46	56	1.5	3
15	22	51	51	51	51	61		
20	27	61	61	61	61	72		
25	34	71	71	71	71	82		
32	43	82	82	82	82	88		
40	49	92	92	92	92	103		

续表 5-21

mm

公称通径 DN	垫片内径 D_{1max}	公称压力 PN/MPa					垫片厚度 T	包边宽度 b
		1.0	1.6	2.5	4.0	6.3		
		垫片外径 D_2						
50	61	107	107	107	107	113	1.5	3
65	77	127	127	127	127	138		
80	89	142	142	142	142	148		
100	115	162	162	168	168	174		
125	141	192	192	194	194	210		
150	169	218	218	224	224	247		
200	220	273	273	284	290	309		
250	273	328	329	340	352	364		
300	325	378	384	400	417	424		
350	377	438	444	457	474	486	3	
400	426	489	495	514	546	543		
450	480	539	555	564	571			
500	530	594	617	624	628			
600	630	695	734	731	747			
700	720	810	804	833				4
800	820	917	911	942				
900	920	1 017	1 011	1 042				
1 000	1 020	1 124	1 128	1 155				
1 200	1 220	1 341	1 342	1 365				5
1 400	1 422	1 548	1 542					
1 600	1 626	1 772	1 765					
1 800	1 829	1 972	1 965					
2 000	2 032	2 182	2 170					

表 5-22 DN≤600 mm 突面法兰用 RF 和 RF-E 型垫片尺寸(HG/T 20629—1997) mm

公称通径 NPS in	公称通径 DN	垫片内径 D_1	公称压力 PN/MPa(Class) 2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	垫片厚度 T	包边宽度 b
			垫片外径 D_2				
1/2	15	22	46.5	52.5	52.5	1.5	3
3/4	20	27	56	66.5	66.5		
1	25	34	65.5	73	73		
1¼	32	43	75	82.5	82.5		
1½	40	49	84.5	91.5	94.5		
2	50	61	104.5	111	111		
2½	65	77	123.5	129	129		
3	80	89	136.5	148.5	148.5		
4	100	115	174.5	180	192		
5	125	140	196	215	240		
6	150	169	221.5	250	265		
8	200	220	278.5	306	319		
10	250	273	338	360.5	399		
12	300	324	408	421	456		
14	350	356	449	484.5	491		
16	400	407	513	538.5	564	3	
18	450	458	548	595.5	612		
20	500	508	605	653	682		
22	550	559	659	704	733		
24	600	610	716.5	774	790		

表 5-23 DN>600 mm 突面大直径法兰用 RF 和 RF-E 型垫片尺寸(HG/T 20629—1997) mm

公称通径 NPS in	公称通径 DN	垫片内径 D_1	公称压力 PN/MPa(Class) 2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	垫片厚度 T	包边宽度 b
			垫片外径 D_2				
26	650	660	725	770	764	3	4
28	700	711	775	821	819		
30	750	762	826	885	879		
32	800	813	880	939	932		
34	850	864	933	993	998		
36	900	914	984	1 047	1 049		
38	950	965	1 043	1 098			
40	1 000	1 016	1 094	1 149			

续表 5-23 mm

公称通径		垫片内径 D_1	公称压力 PN/MPa(Class)			垫片厚度 T	包边宽度 b
NPS in	DN		2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)		
			垫片外径 D_2				
42	1 050	1 067	1 145	1 200		3	5
44	1 100	1 118	1 192	1 250			
46	1 150	1 168	1 254	1 317			
48	1 200	1 219	1 305	1 368			
50	1 250	1 270	1 356	1 419			
52	1 300	1 321	1 407	1 470			
54	1 350	1 372	1 462	1 530			
56	1 400	1 422	1 513	1 595			
58	1 450	1 473	1 578	1 657			
60	1 500	1 524	1 629	1 708			

表 5-24 凹凸面法兰用 MFM 型垫片尺寸(HG/T 20608—1997) mm

公称通径 DN	垫片内径 D_{1max}	垫片外径 D_2	垫片厚度 T
10	18	34	1.5
15	22	39	
20	27	50	
25	34	57	
32	43	65	
40	49	75	
50	61	87	
65	77	109	
80	89	120	
100	115	149	
125	141	175	
150	169	203	
200	220	259	
250	273	312	
300	325	363	
350	377	421	3
400	426	473	
450	480	523	
500	530	575	
600	630	675	

表 5-25 凹凸面法兰用 MFM 型垫片尺寸(HG/T 20629 1997) mm

公称通径 NPS in	公称通径 DN	垫片内径 D_1	垫片外径 D_2	垫片厚度 T
1/2	15	22	35	1.5
3/4	20	27	43	
1	25	34	51	
1¼	32	43	64	
1½	40	49	73	
2	50	61	92	
2½	65	77	105	
3	80	89	127	
4	100	115	157	
5	125	140	186	
6	150	169	216	
8	200	220	270	
10	250	273	324	
12	300	324	381	
14	350	356	413	3
16	400	407	470	
18	450	458	535	
20	500	508	585	
24	600	610	690	

表 5-26 榫槽面法兰用 TG 型垫片尺寸(HG/T 20608 1997) mm

公称通径 DN	垫片内径 D_1	垫片外径 D_2	垫片厚度 T
10	24	34	1.5
15	29	39	
20	36	50	
25	43	57	
32	51	65	
40	61	75	
50	73	87	
65	95	109	
80	106	120	
100	129	149	
125	155	175	
150	183	203	
200	239	259	
250	292	312	
300	343	363	

续表 5-26　mm

公称通径 DN	垫片内径 D_1	垫片外径 D_2	垫片厚度 T
350	395	421	3
400	447	473	
450	497	523	
500	549	575	
600	649	675	

表 5-27　榫槽面法兰用 TG 型垫片尺寸(HG/T 20629—1997)　mm

公称通径		垫片内径 D_1	垫片外径 D_2	垫片厚度 T
NPS in	DN			
1/2	15	25	35	1.5
3/4	20	33	43	
1	25	38	51	
1¼	32	48	64	
1½	40	54	73	
2	50	73	92	
2½	65	86	105	
3	80	108	127	
4	100	132	157	
5	125	160	186	
6	150	190	216	
8	200	238	270	
10	250	286	324	
12	300	343	381	
14	350	375	413	3
16	400	425	470	
18	450	489	535	
20	500	535	585	
24	600	640	690	

3.2 材料及性能要求

3.2.1 材料

柔性石墨金属增强复合垫片材料及其最高工作温度见表 5-28。

表 5-28 垫片材料及最高工作温度(HG/T 20608—1997 及 HG/T 20629—1997)

芯板及包边材料名称[1](代号)	标 准	最高工作温度/℃
低碳钢(St)	GB/T 2520	450
0Cr18Ni9(304)	GB/T 3280	650[2]
1) 也可采用其他芯板材料,但应在订货时说明。 2) 用于氧化性介质时≤450℃。		

3.2.2 性能

柔性石墨金属增强复合垫片的性能随 JB/T 6628《柔性石墨复合增强(板)垫》而定。

3.2.2.1 复合板材的柔性石墨层的各项物理机械性能见表 5-29。

表 5-29 石墨层物理机械性能

密度 (g/cm³)	抗拉强度/MPa	灰分/%	热失量/%	
			450℃	400℃
≥1.0	≥3.5	≤5.0	1.0	2.0

3.2.2.2 复合板材的压缩率、回弹率测定按 JB/T 9141.4—1999《柔性石墨板材 压缩率、回弹率测定方法》的规定,其压缩回弹性能指标见表 5-30。

表 5-30 复合板材压缩回弹性能指标

项 目	试验条件	指 标
压缩率/%	压头直径:(6.1±0.025)mm 总负荷:1112 N	≥25
回弹率/%		≥20

4 金属波齿复合垫片

由柔性石墨做成的金属波齿复合垫片是在机械加工成波齿状的金属板两面覆上柔性石墨的一种复合垫片,这种垫片既有金属的强度,又有波纹弹性的特点,最高温度 650℃;最高压力可达 26.0 MPa,适用于公称压力 26.0 MPa 以下的突面、凹凸面及榫槽面带颈对焊钢制管法兰、压力容器法兰、阀门及换热器等管道和设备的密封。

4.1 结构型式、代号和标记

4.1.1 结构型式

柔性石墨金属波齿复合垫片按其结构的不同可分为三种型式:

4.1.1.1 基本型,见图 5-21。

4.1.1.2 带定位环型,见图 5-22。

4.1.1.3 带隔条型,见图 5-23。

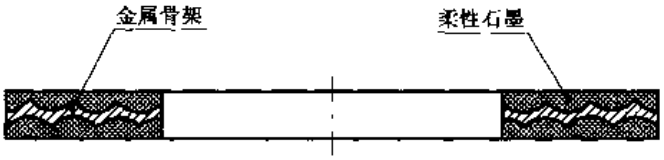


图 5 21　基本型

图 5-22　带定位环型

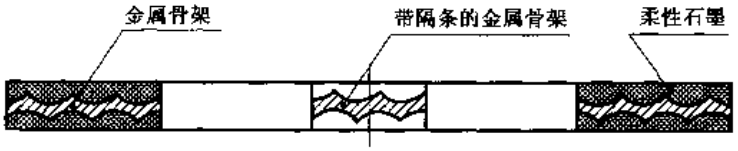


图 5 23　带隔条型

4.1.2　代号

4.1.2.1　垫片的型式代号见表 5-31。

表 5-31　垫片型式代号(GB/T 19066.1 -2003)

垫片型式	代　号
基本型	A
带定位环型	B
带隔条型	C

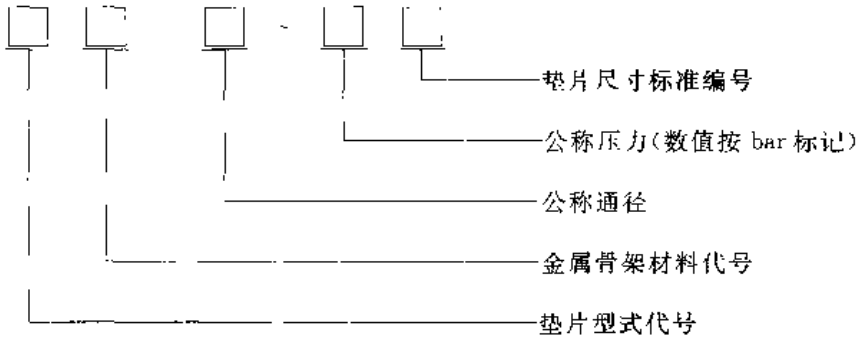
4.1.2.2　金属骨架的材料代号见表 5-32。

表 5-32　金属骨架材料代号(GB/T 19066.1　2003)

金属骨架材料	代　号
08、10 或类似低碳钢	1
0Cr13、1Cr13	2
0Cr18Ni9 或类似奥氏体不锈钢	3
蒙乃尔合金或其他特殊材料	9

4.1.3 标记

4.1.3.1 标记方法



4.1.3.2 标记示例

管法兰用波齿复合垫片：

垫片型式：带定位环型；金属骨架材料：0Cr18Ni9；公称通径：150 mm；公称压力：4.0 MPa(40 bar)；垫片尺寸标准：GB/T 19066.2；其标记为：

波齿垫 B3-DN150-PN40 GB/T 19066.2

4.2 结构尺寸

4.2.1 基本型柔性石墨金属波齿复合垫片尺寸见图 5-24 和表 5-33～表 5-34。

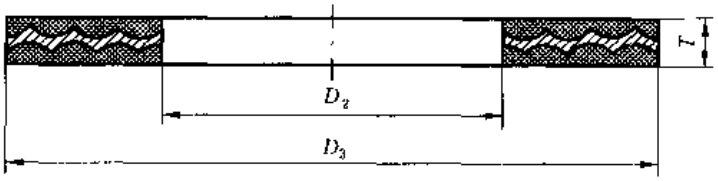


图 5-24 基本型

表 5-33 榫槽面法兰用基本型垫片尺寸(GB/T 19066.2—2003) mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)					
	1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		
	D_{2min}	D_{2max}	T	D_{2min}	D_{2max}	T
10	23.5	34.5	2.5	—		3.0
15	28.5	39.5		24.5	36	
20	35.5	50.5		32.5	44	
25	42.5	57.5		37	52	
32	50.5	65.5		46.5	64.5	
40	60.5	75.5		53	74	
50	72.5	87.5	3.0	72	93	
65	94.5	109.5		84.5	106	
80	105.5	120.5		107	128	
100	128.5	149.5		131	158.5	
125	154.5	175.5		159.5	187	
150	182.5	203.5		189.5	217	

续表 5-33　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)					
	1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		
	D_{2min}	D_{3max}	T	D_{2min}	D_{3max}	T
200	238.5	259.5	4.0	237	271	4.0
250	291.5	312.5		285	325	
300	342.5	363.5		342	382	
350	394.5	421.5		373.5	414	
400	446.5	473.5		424.5	471	
450	496.5	523.5		488	534.5	
500	548.5	575.5		532.5	585.5	
600	648.5	675.5		640.5	693.5	
700	750.5	777.5				
800	855.5	882.5				
900	960.5	987.5				
1 000	1 061	1 093	4.5			
1 200	1 261	1 293				
1 400	1 461	1 493				
1 600	1 661	1 693				
1 800	1 861	1 893				
2 000	2 061	2 093				

表 5-34　凹凸面法兰用基本型垫片尺寸(GB/T 19066.2—2003)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)					
	1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		
	D_{2min}	D_{3max}	T	D_{2min}	D_{3max}	T
10	15	34.5	2.5	—	—	3.0
15	19	39.5		14.3	36	
20	24	50.5		20.6	44	
25	30	57.5		27	52	
32	39	65.5		34.9	64.5	
40	45	75.5		41.3	74	
50	56	87.5	3.0	52.4	93	
65	72	109.5		63.5	106	
80	84	120.5		77.8	128	
100	108	149.5		103	158.5	
125	133	175.5		128.5	187	
150	160	203.5		154	217	

续表 5-34

mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)					
	1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)			5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		
	D_{2min}	D_{dmax}	T	D_{2min}	D_{dmax}	T
200	209	259.5		203.2	271	
250	262	312.5		254	325	
300	311	363.5		303.2	382	
350	355	421.5		342.9	414	
400	406	473.5		393.7	471	
450	457	523.5	4.0	444.5	534.5	
500	508	575.5		495.3	585.5	
600	610	675.5		596.9	693.5	
700	711	777.5				4.0
800	813	882.5				
900	914	987.5				
1 000	1 016	1 093				
1 200	1 220	1 293				
1 400	1 420	1 493	1.5			
1 600	1 620	1 693				
1 800	1 820	1 893				
2 000	2 020	2 093				

4.2.2 带定位环型柔性石墨金属波齿复合垫片尺寸见图 5-25 和表 5-35～表 5-36。

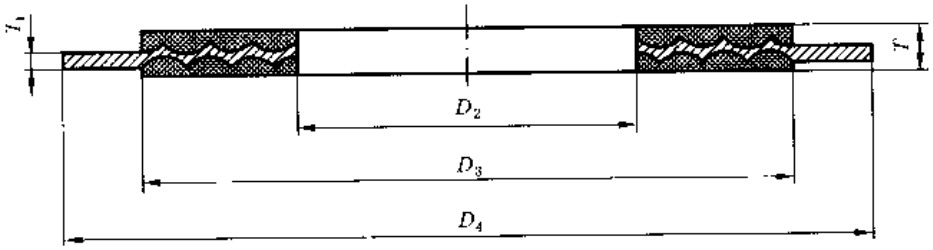


图 5 25 带定位环型

表 5-35　平面、突面法兰用带定位环型垫片尺寸(GB/T 19066.2—2003)　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)										T	T_1
	0.6(6),1.0(10),1.6(16),2.5(25),4.0(40),6.3(63),10.0(100),16.0(160)		0.6(6)	1.0(10)	1.6(16)	2.5(25)	4.0(40)	6.3(63)	10.0(100)	16.0(160)		
	D_{2min}	D_{3max} 1)	D_4									
10	15	34.5	40	48	48	48	48	58	58	58	2.5	$\leqslant t^{2)}-0.5$
15	19	39.5	45	53	53	53	53	63	63	63		
20	24	50.5	55	63	63	63	63	74	74	74		
25	30	57.5	65	73	73	73	73	84	84	84		
32	39	65.5	78	84	84	84	84	90	90	90		
40	45	75.5	88	94	94	94	94	105	105	105		
50	56	87.5	98	109	109	109	109	115	121	121	3.0	
65	72	109.5	118	129	129	129	129	140	146	146		
80	84	120.5	134	144	144	144	144	150	156	156		
100	108	149.5	158	164	164	170	170	176	183	183		
125	133	175.5	188	194	194	196	196	213	220	220		
150	160	203.5	209	220	220	226	226	250	260	260		
200	209	259.5	264	275	275	286	293	312	327	327	4.0	
250	262	312.5	309	330	331	343	355	367	394	391		
300	311	363.5	375	380	386	403	420	427	461	461		
350	355	421.5	425	440	446	460	477	489	515			
400	406	473.5	475	491	498	517	549	546	575			
450	452	523.5	530	541	558	567	574					
500	508	575.5	580	596	620	627	631					
600	610	675.5	681	698	737	734	750					
700	711	777.5	786	813	807	836						
800	813	882.5	893	920	914	945						
900	914	987.5	993	1 020	1 014	1 045						
1 000	1 016	1 093	1 093	1 127	1 131	1 158					4.5	
1 200	1 220	1 293	1 310	1 344	1 345							
1 400	1 420	1 493	1 527	1 551	1 545							
1 600	1 620	1 693	1 727	1 775	1 768							
1 800	1 820	1 893	1 934	1 975	1 968							
2 000	2 020	2 093	2 141	2 185	2 174							
2 200	2 220		2 351									
2 400	2 420	--	2 561									
2 600	2 620		2 765									
2 800	2 820		2 975									
3 000	3 020	--	3 175									

注：定位环 D_4 的外径公差：公称通径 DN 600 以下(包括 DN600)为 $^{0}_{-0.8}$；公称通径 DN 600 以上为 $^{0}_{-1.5}$。

1) D_3 尺寸不适用 PN0.6 MPa 带定位环型波齿复合垫片，D_4 尺寸由制造商根据制造工艺自行确定。允许 PN0.6 MPa 垫片按 D_2 和 D_4 尺寸制作成基本型。

2) t 为金属骨架厚度。

表 5-36 平面、突面法兰用带定位环型垫片尺寸(GB/T 19066.2—2003) mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)							T	T_1
	2.0(20),5.0(50),11.0(110),15.0(150),26.0(260)		2.0 (20)	5.0 (50)	11.0 (110)	15.0 (150)	26.0 (260)		
	D_{9min}	D_{dmax}[1]	D_4						
15	14.3	36	46.5	52.5	52.5	62.5	62.5	2.5	$\leqslant t^{1)}-0.5$
20	20.6	44	56	66.5	64.5	69	69		
25	27	52	65.5	73	73	77.5	77.5		
32	34.9	64.5	75	82.5	82.5	87	87		
40	41.3	74	84.5	94.5	94.5	97	97		
50	52.4	93	104.5	111	111	141	141	3.0	
65	63.5	106	123.5	129	129	163.5	163.5		
80	77.8	128	136.5	148.5	148.5	166.5	173		
100	103	158.5	174.5	180	192	205	208.5		
125	128.5	187	196	215	240	246.5	253		
150	154	217	221.5	250	265	287.5	281.5		
200	203.2	271	278.5	306	319	357.5	351.5	4.0	
250	254	325	338	360.5	399	434	434.5		
300	303.2	382	408	421	456	497.5	519.5		
350	342.9	414	449	484.5	491	520	579		
400	393.7	471	513	538.5	564	574	641		
450	444.5	534.5	548	595.5	612	638	702.5		
500	495.3	585.5	605	653	682	697.5	756		
600	596.9	693.5	716.5	774	790	837.5	900.5		

续表 5-36　　mm

公称通径 DN	公称压力 PN/MPa(bar)										T	T_1
	2.0 (20)			5.0(50), 11.0(110), 15.0(150), 26.0(260)	5.0 (50)		11.0 (110)		15.0 (150)			
	D_{2min}	D_{3max}	D_1	D_{2min}	D_{4max}	D_4	D_{3max}	D_1	D_{3max}	D_1		
650	660	737.3	773	660	737.3	834	737.3	866	737.3	880	4.0	$\leqslant t^{1)}-0.5$
700	711	788.3	830	711	788.3	898	788.3	913	788.3	946		
750	762	845.3	881	762	845.3	952	845.3	970	845.3	1040		
800	813	896.3	939	813	896.3	1006	896.3	1024	902.5	1076		
850	864	946.3	990	864	946.3	1057	946.8	1130	953.3	1136		
900	914	997.8	1047	914	997.8	1136	1004.3	1074	1010.5	1199		
950	965	1018	1111	965	1018	1053	1042.6	1106	1087.1	1199	4.5	
1 000	1 016	1071.1	1161	1016	1071.1	1114	1098.5	1157	1150.6	1250		
1 050	1 067	1131.5	1218	1067	1131.5	1164	1156.9	1219	1201.4	1301		
1 100	1 118	1182.3	1275	1118	1182.3	1219	1214.1	1270	1258.5	1369		
1 150	1 168	1229	1326	1168	1229	1273	1264.9	1327	1322	1437		
1 200	1 219	1287.1	1383	1219	1287.1	1324	1322	1388	1372.8	1488		
1 250	1 270	1349.4	1435	1270	1347.4	1377	1372.8	1448				
1 300	1 321	1398.2	1492	1321	1398.2	1428	1423.6	1499				
1 350	1 371	1455.4	1519	1371	1455.4	1493	1480.8	1556				
1 400	1 422	1506.2	1606	1422	1506.2	1544	1531.6	1615				
1 450	1 473	1563.3	1663	1473	1563.3	1595	1588.7	1666				
1 500	1 524	1614.1	1714	1524	1614.1	1706	1645.9	1732				

注：定位环 D_4 的外径公差：公称通径 DN 600 以下(包括 DN600)为 $^{0}_{-0.8}$；公称通径 DN 600 以上为 $^{0}_{-1.5}$。

1) t 为金属骨架厚度。

4.3 技术要求及性能要求

4.3.1 技术要求

4.3.1.1 金属骨架

a. 金属骨架材料及硬度要求见表 5-37。材料的机械性能和化学成分应符合相应标准的规定。

表 5-37 金属骨架材料及硬度

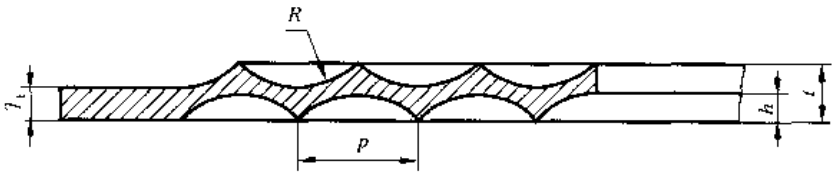
金属骨架材料	硬度 HB(不大于)
08、10 或类似低碳钢	137
0Cr13	200
1Cr13	183
1Cr18Ni9Ti 或类似奥氏体不锈钢	187

b. 金属骨架一般使用整张金属板制作，若受材料宽度限制需拼接时，其拼接接头的数量应有所限制。拼接接头的数量见表 5-38。对接切口应采用氩弧焊或电焊，对接焊缝必须打磨与母材齐平，焊缝处不应出现夹渣、气孔等影响焊接接头质量的缺陷。

表 5-38 金属骨架拼接接头数 mm

公称通径 DN	接头个数
800～1 200	3～4
1 300～2 000	4～6

c. 金属骨架的结构见图 5-26，其结构尺寸和参数由制造厂(商)设计确定，并确保金属骨架两侧面波峰与波谷应错开 1/2 齿距，波齿距一致，波齿圆弧半径相等，所有齿尖应在一个平面内，骨架无明显翘曲变形。成形后的金属骨架任意两点厚度偏差在制作骨架的板材厚度偏差范围之内。



T_1—定位环厚度；p—波齿距；h—波齿深度；

t—金属骨架厚度；R—波齿圆弧半径

图 5-26 金属骨架结构(GB/T 19066.3—2003)

d. 定位环(包括定位耳环)厚度 T_1 通常为 $T_1 \leqslant t-0.5$，定位环可直接与波齿部分一起加工成一整体。定位环采用碳钢材料时，其表面应进行防锈处理。

e. 金属骨架尺寸的极限偏差见表 5-39。

表 5 39　金属骨架尺寸的极限偏差　mm

垫片外径 D_1		密封元件宽度(D_3-D_2)	
尺　寸	极限偏差	尺　寸	极限偏差
≤260	$^{0}_{-0.5}$	≤16	±0.3
>260～600	$^{0}_{-0.8}$	>16～30	±0.5
>600～1 200	$^{0}_{-1.5}$	>30	±0.8
>1 200～2 000	$^{0}_{-2.0}$		
>2 000	$^{0}_{-2.5}$		

f. 当垫片单边宽度较狭窄时，宜采用较小的波齿距，并使单边不得少于 3 个齿尖，以保证密封性能。

4.3.1.2　垫片的复合

a. 垫片用粘合剂应按有关标准规定，柔性石墨应符合 JB/T 7758.2《柔性石墨板技术条件》的规定。

b. 垫片复合后的截面图见图 5-27。垫片的公称厚度 T 一般为 2.5、3.0、4.0 和 4.5 mm 四种，特殊厚度的垫片可根据用户要求制作。

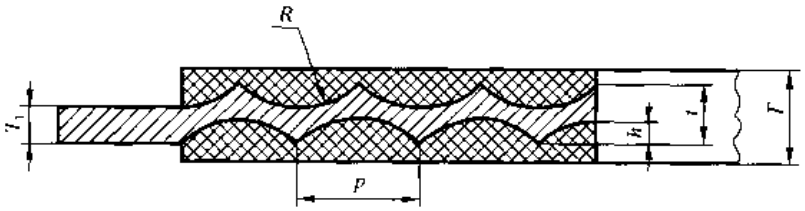


图 5-27　垫片复合截面图(GB/T 19066.3—2003)

c. 复合后的垫片外径和密封元件宽度的极限偏差与金属骨架相同，垫片厚度的极限偏差见表 5-40；波齿距、波齿深度以及波齿圆弧半径的尺寸及极限偏差由制造厂(商)自行确定。

表 5 40　垫片厚度公差　mm

垫片厚度 T	极限偏差	垫片厚度 T	极限偏差
2.5	$^{+0.20}_{0}$	4.0	$^{+0.30}_{0}$
3.0	$^{+0.25}_{0}$	4.5	$^{+0.40}_{0}$

d. 柔性石墨与金属骨架复合后应不脱胶，附着牢固，粘合无多余飞边。垫片厚度均匀一致，表面光滑平整，不允许有影响密封性能的径向贯通划伤、压痕及凹凸不平等缺陷。

e. 大规格垫片(DN≥300 mm)石墨允许搭接，搭接部分的宽度为 1～3 mm，应采用斜口搭接，上下层搭接部分不能重叠，搭接处应光滑过渡。

4.3.2 性能要求

柔性石墨金属波齿复合垫片各项力学性能及密封性能指标见表 5-41。

表 5-41 柔性石墨金属波齿复合垫片性能指标(GB/T 19066.3-2003)

项目	试验条件	指标	备注
压缩率/%	试样规格/mm：ϕ120.5×ϕ84×3.0 压缩应力/MPa：45±1.0	35±10	金属骨架材料为奥氏体不锈钢
回弹率/%	加卸载速度/(MPa/s)：0.5	≥15	
应力松弛率/%	试样规格/mm：ϕ65.5×ϕ50.2×2.5 压缩应力/MPa：45±1.0 试验温度/℃：300±5 试验时间/h：16	≤25	
允许泄漏率/(mL/s)	试样规格/mm：ϕ120.5×ϕ84×3.0 压缩应力/MPa：45±1.0 试验温度/℃：20±5 试验压力/MPa：1.1 倍公称压力	1 级 ≤1.0×10^{-4}	
		2 级 ≤1.0×10^{-4}	

第6章 金属垫片

基于金属材料的特点，在高温、高压及载荷变化频繁等苛刻操作条件下，可以首选金属材料制成密封垫片。标准金属垫片主要包括金属环形垫片、金属齿形垫片及金属透镜垫片。金属环形垫片又可细分为八角形环垫和椭圆形环垫以及 RX 型和 BX 型自紧环垫等。

1 金属环形垫片

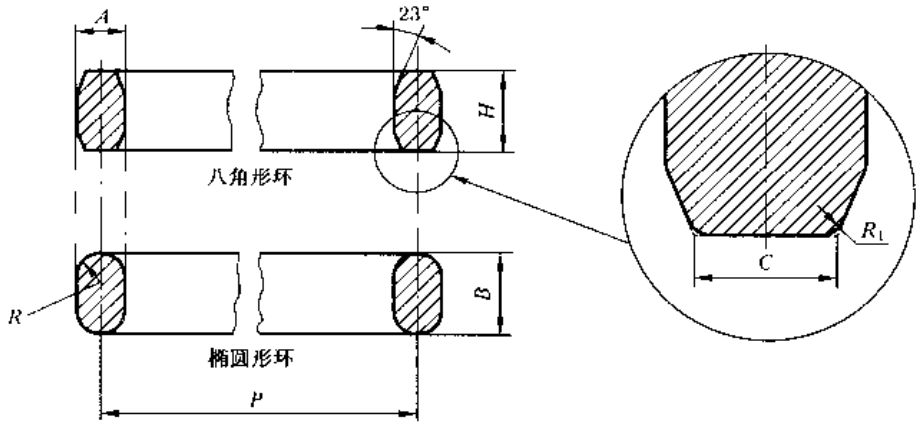
金属环形垫片是用金属材料加工成截面形状为八角形或椭圆形的实体金属垫片，具有径向自紧密封作用。故金属环形垫片是靠垫片与法兰梯形槽的内外侧面(主要是外侧面)接触，并通过压紧而形成密封的。

八角形环垫与法兰槽相配，主要表现为面接触。同椭圆形环垫相比，虽然不易与法兰槽达到密合，但却能再次使用，并且因截面是由直线构成，容易加工。椭圆形环垫与法兰槽是线接触，密封性较好，但加工精度要求高，因而增加了制造成本，同时椭圆形环垫不能重复使用。

金属环垫最早来源于美国，在 20 世纪 20 年代首次使用在锅炉领域，用于人孔盖、高压釜及其他容器的密封，以后在石油生产和炼油工业中格外受到重视，随着蒸汽动力装置的温度和压力增加，金属环垫的用途就越来越广泛。金属环垫适用的公称压力为2.0～42.0 MPa。

1.1 结构型式与尺寸

金属环形垫片按截面形状分为八角形和椭圆形两种结构，见图 6-1，尺寸见表 6-1。



$R=A/2$；R_1 1.6 mm($A\leqslant22.3$ mm)；$R_1=2.4$ mm($A>22.3$ mm)。

图 6-1 金属环形垫片

标记示例

环号为 20，材料为 0Cr19Ni9 的八角形金属环垫片，其标记为：

八角垫 R20 0Cr19Ni9 GB/T 9128

表 6-1 金属环形垫片尺寸(GB/T 9128—2003) mm

公称通径 DN					环号	平均节径 P	环宽 A	环高		八角形环的平面宽度 C
PN20	PN50 及 PN110	PN150	PN260	PN420				椭圆形 B	八角形 H	
—	15	—	—	—	R.11	34.13	6.35	11.11	9.53	4.32
		15	15		R.12	39.69	7.94	14.29	12.70	5.23
—	20	—	—	15	R.13	42.86	7.94	14.29	12.70	5.23
—	—	20	20	—	R.14	44.45	7.94	14.29	12.70	5.23
25				—	R.15	47.63	7.94	14.29	12.70	5.23
	25	25	25	20	R.16	50.80	7.94	14.29	12.70	5.23
32			—	—	R.17	57.15	7.94	14.29	12.70	5.23
	32	32	32	25	R.18	60.33	7.94	14.29	12.70	5.23
40	—	—	—	—	R.19	65.09	7.94	14.29	12.70	5.23
	40	40	40	—	R.20	68.26	7.94	14.29	12.70	5.23
				32	R.21	72.24	11.11	17.46	15.88	7.75
50	—	—	—		R.22	82.55	7.94	14.29	12.70	5.23
—	50	—		40	R.23	82.55	11.11	17.46	15.88	7.75
—	—	50	50		R.24	95.25	11.11	17.46	15.88	7.75
65		—	—	—	R.25	101.60	7.94	14.29	12.70	5.23
	65		—	50	R.26	101.60	11.11	17.46	15.88	7.75
	—	65	65		R.27	107.95	11.11	17.46	15.88	7.75
—	—			65	R.28	111.13	12.70	19.05	17.47	8.66
80	—			—	R.29	114.30	7.94	14.29	12.70	5.23
—	80[1]	—			R.30	117.48	11.11	17.46	15.88	7.75
	80[2]	80	—	—	R.31	123.83	11.11	17.46	15.88	7.75
	—	—		80	R.32	127.00	12.70	19.05	17.46	8.66
—	—		80	—	R.35	136.53	11.11	17.46	15.88	7.75

续表 6-1

mm

公称通径 DN					环号	平均节径 P	环宽 A	环高		八角形环的平面宽度 C
PN20	PN50 及 PN110	PN150	PN260	PN420				椭圆形 B	八角形 H	
100		-	—	-	R. 36	149.23	7.94	14.29	12.70	5.23
	100	100	—		R. 37	149.23	11.11	17.46	15.88	7.75
-			—	100	R. 38	157.16	15.88	22.23	20.64	10.49
--	—	—	100	—	R. 39	161.93	11.11	17.46	15.88	7.75
125		-	—	—	R. 40	171.45	7.94	14.29	12.70	5.23
	125	125	--	--	R. 41	180.98	11.11	17.46	15.88	7.75
			-	125	R. 42	190.50	19.05	25.40	23.81	12.32
150				--	R. 43	193.68	7.94	14.29	12.70	5.23
--	-	-	125		R. 44	193.68	11.11	17.46	15.88	7.75
---	150	150	-		R. 45	211.14	11.11	17.46	15.88	7.75
		-	150		R. 46	211.14	12.70	19.05	17.46	8.66
-	--	—	--	150	R. 47	228.60	19.05	25.40	23.81	12.32
200			-	-	R. 48	247.65	7.94	14.29	12.70	5.23
-	200	200			R. 49	269.88	11.11	17.46	15.88	7.75
—	--	—	200	—	R. 50	269.88	15.88	22.23	20.64	10.49
				200	R. 51	279.40	22.23	28.58	26.99	14.81
250					R. 52	304.80	7.94	14.29	12.70	5.23
	250	250	-	--	R. 53	323.85	11.11	17.46	15.88	7.75
			250		R. 54	323.85	15.88	22.23	20.64	10.49
				250	R. 55	342.90	28.58	36.51	34.93	19.81
300					R. 56	381.00	7.94	14.29	12.70	5.23
—	300	300	—	-	R. 57	381.00	11.11	17.46	15.88	7.75
--			300		R. 58	381.00	22.23	28.58	26.99	14.81
350			—	--	R. 59	396.88	7.94	14.29	12.70	5.23
			-	300	R. 60	406.40	31.75	39.69	38.10	22.33
	350			--	R. 61	419.10	11.11	17.46	15.88	7.75
--		350			R. 62	419.10	15.88	22.23	20.64	10.49
—	--	--	350		R. 63	419.10	25.40	33.34	31.75	17.30
400	--				R. 64	454.03	7.94	14.29	12.70	5.23

续表 6-1

mm

公称通径 DN					环号	平均节径 P	环宽 A	环高		八角形环的平面宽度 C
PN20	PN50 及 PN110	PN150	PN260	PN420				椭圆形 B	八角形 H	
—	400	—			R.65	469.90	11.11	17.46	15.88	7.75
	—	400	—	—	R.66	469.90	15.88	22.23	20.64	10.49
	—	—	400	—	R.67	469.90	28.58	36.51	34.93	19.81
450		—			R.68	517.53	7.94	14.29	12.70	5.23
	450	—	—	—	R.69	533.40	11.11	17.46	15.88	7.75
—		450	—		R.70	533.40	19.05	25.40	23.81	12.32
	—	—	450		R.71	533.40	28.58	36.51	34.93	19.81
500	—	—	—	—	R.72	558.80	7.94	14.29	12.70	5.23
	500		—		R.73	584.20	12.70	19.05	17.46	8.66
—		500		—	R.74	584.20	19.05	25.40	23.81	12.32
—			500	—	R.75	584.20	31.75	36.69	38.10	22.33
—	550	—		—	R.81	635.00	14.29	—	19.10	9.60
—	650	—	—	—	R.93	749.30	19.10		23.80	12.30
	700	—			R.94	800.10	19.10	—	23.80	12.30
—	750		—	—	R.95	857.25	19.10	—	23.80	12.30
	800	—	—		R.96	914.40	22.20	—	27.00	14.80
	850	—		—	R.97	965.20	22.20		27.00	14.80
	900	—		—	R.98	1022.35	22.20		27.00	14.80
		—	—		R.100	719.30	28.60		34.90	19.80
	—	650		—	R.101	800.10	31.70	—	38.10	22.30
	—	700		—	R.102	857.25	31.70	—	38.10	22.30
	—	750		—	R.103	914.40	31.70		38.10	22.30
		800		—	R.104	965.20	34.90		41.30	24.80
	—	850		—	R.105	1022.35	34.90	—	41.30	24.80
600	—	900		—	R.76	673.10	7.94	14.29	12.70	5.23
—	600	—		—	R.77	692.15	15.88	22.23	20.64	10.49
—	—	600		—	R.78	692.15	25.40	33.34	31.75	17.30
		—	600		R.79	692.15	34.93	44.45	41.28	24.82

1）仅适用于环连接密封面对焊环带颈松套钢法兰。

2）用于除对焊环带颈松套钢法兰以外的其他法兰。

1.2 材料及技术要求

1.2.1 材料

八角形及椭圆形金属环形垫片的材料及适用温度范围见表 6-2。

表 6-2 环形垫片材料及适用温度(GB/T 9130—1988)

材料牌号	最高使用温度/℃
软铁	450
08 或 10	450
0Cr13	540
00Cr17Ni14Mo2	450
0Cr19Ni9	600
注:软铁的化学成分(%)见表 6-3。	

表 6-3 软铁的化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S
≤0.05	≤0.40	≤0.60	≤0.035	≤0.04

1.2.2 主要技术要求

1.2.2.1 硬度

金属环形垫片材料的硬度值应比法兰材料的硬度值低 30HB～40HB,其最大硬度值见表 6-4。

表 6-4 金属环垫材料硬度

环垫材料	最大硬度值/HB
软铁	90
08 或 10	120
0Cr13	160
00Cr17Ni14Mo2	150
0Cr19Ni9	160

1.2.2.2 环形垫片尺寸公差及表面粗糙度

a. 金属环形垫片尺寸的极限偏差见表 6-5。

b. 金属环形垫片密封面(八角形垫的斜面、椭圆形垫圆弧面)不得有划痕、磕痕、裂纹和疵点,表面粗糙度不大于 Ra 1.6 μm。

表 6-5 金属环形垫片尺寸的极限偏差(GB/T 9130—1988) mm

尺寸名称	代 号	极限偏差
垫的节径	P	±0.18
垫的宽度	A	±0.2
垫的高度	H	±0.4[1]
八角形垫的底面宽度	C	±0.2
角度 23°		±0.5°
垫的圆角半径	R	±0.4
1) 只要环形垫片的任意两点之高度差不超过 0.4 mm,环形垫片高度(H)的极限偏差可为 ±1.2 mm。		

2 金属齿形垫片

金属齿形垫片也是一种实体金属垫片，垫片的剖切面呈锯齿形，齿距 $t=1.5\sim2$ mm，齿高 $h=0.65\sim0.85$ mm，齿顶宽度 $C=0.2\sim0.3$ mm。在密封面上车削若干个同心圆，其齿数为 7～16，视垫片的规格大小而定。金属齿形垫片的结构型式有基本型、带外环型、带内环型及带内外环型四种，比较常见的结构为基本型。由于金属齿形垫片密封表面接触区的 V 形筋形成许多具有压差的空间线接触，所以密封可靠，使用周期长。和一般金属垫片相比，这种垫片需要的压紧力较小。金属齿形垫片的缺点是，在每次更换垫片时，都要对两法兰密封面进行加工，因而费时费力。另外，垫片使用后容易在法兰密封面上留下压痕，故一般用于较少拆卸的部位。金属齿形垫片适用的公称压力为1.6～25.0 MPa。

2.1 结构型式与尺寸

2.1.1 公称压力 PN 为 4.0、6.3、10.0 及 16.0 MPa 的凹凸面管法兰用金属齿形垫片的结构型式见图 6-2，尺寸见表 6-6。

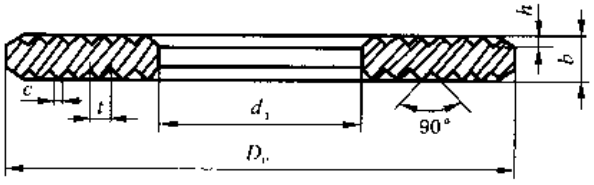


图 6-2 金属齿形垫片

标记示例

公称通径 100 mm、公称压力 6.3 MPa、材料为 0Cr19Ni9 的凹凸面管法兰用金属齿形垫片：

齿形垫 100-63 0Cr19Ni9 JB/T 88—1994

表 6-6 凹凸面法兰用 I 金属齿形垫片尺寸(JB/T 88 1994) mm

公称通径 DN	公称压力 PN/(4.0、6.3、10.0、16.0)MPa						
	垫片外径 D_0	垫片内径 d	齿距 t	齿顶宽度 c	垫片厚度 b	齿高 h	齿数 n
10	34	13	1.5	0.2	3	0.65	7
15	39	18	1.5	0.2	3	0.65	7
20	50	23	1.5	0.2	3	0.65	9
25	57	27	1.5	0.2	3	0.65	10
32	65	35	1.5	0.2	3	0.65	10
40	75	45	1.5	0.2	3	0.65	10

续表 6-6 mm

公称通径 DN	公称压力 PN/(4.0、6.3、10.0、16.0)MPa						
	垫片外径 D_o	垫片内径 d_i	齿距 t	齿顶宽度 c	垫片厚度 b	齿高 h	齿数 n
50	87	57	1.5	0.2	3	0.65	10
65	109	76	1.5	0.2	3	0.65	11
80	120	87	1.5	0.2	3	0.65	11
100	149	105	2	0.3	4	0.85	11
125	175	131	2	0.3	4	0.85	11
150	203	155	2	0.3	4	0.85	12
175	233	185	2	0.3	4	0.85	12
200	259	211	2	0.3	4	0.85	12
225	286	234	2	0.3	4	0.85	13
250	312	260	2	0.3	4	0.85	13
300	363	311	2	0.3	4	0.85	13
350	421	361	2	0.3	4	0.85	15
400	473	413	2	0.3	4	0.85	15
450	523	463	2	0.3	4	0.85	15
500	575	515	2	0.3	5	0.85	15
600	675/677	613	2	0.3	5	0.85	16
700	777/767	703	2	0.3	5	0.85	16
800	882/875	811	2	0.3	5	0.85	16

2.1.2 公称压力为 20.0 MPa 的凹凸面管法兰用金属齿形垫片的结构型式见图 6-2，尺寸见表 6-7。

表 6-7 凹凸面法兰用Ⅱ金属齿形垫片尺寸(JB/T 88—1994) mm

公称通径 DN	公称压力 PN/(20.0)MPa						
	垫片外径 D_o	垫片内径 d	齿距 t	齿顶宽度 c	垫片厚度 b	齿高 h	齿数 n
15	27	15	1.5	0.2	3	0.65	4
20	34	22	1.5	0.2	3	0.65	4
25	41	26	1.5	0.2	3	0.65	5
32	49	34	1.5	0.2	3	0.65	5
40	55	40	1.5	0.2	3	0.65	5
50	69	51	1.5	0.2	3	0.65	6
65	96	72	1.5	0.2	3	0.65	8
80	115	88	1.5	0.2	3	0.65	9
100	137	105	2	0.3	4	0.85	8
125	169	133	2	0.3	4	0.85	9
150	189	153	2	0.3	4	0.85	9
175	213	177	2	0.3	4	0.85	9
200	244	204	2	0.3	4	0.85	10
225	267	227	2	0.3	4	0.85	10
250	318	258	2	0.3	4	0.85	15

2.2 材料及技术要求

2.2.1 材料

金属齿形垫片材料及适用的温度范围见表 6-8，材料的其他技术要求应符合相应标准的规定。

表 6-8 金属齿形垫片材料及适用温度

垫片材料	最高工作温度/℃
08 或 10	450
0Cr13	540
0Cr19Ni9	600
00Cr17Ni12Mo2	450

2.2.2 技术要求

2.2.2.1 尺寸公差

a. 金属齿形垫片尺寸极限偏差见表 6-9。

表 6-9 金属齿形垫片尺寸极限偏差 mm

尺寸名称	极限偏差
垫片内径 d_1	$^{-1.0}_{0}$
垫片外径 D_0	$^{0}_{-1.0}$
垫片厚度 b	$^{-0.25}_{0}$

b. 金属齿形垫片两端面平行度极限偏差为每 100 mm 直径长度不大于 0.1 mm。

2.2.2.2 表面粗糙度

金属齿形垫片齿顶平面的表面粗糙度不大于 Ra 1.6 μm。

3 法兰用 R 型(八角形、椭圆形)、RX 型及 BX 型自紧密封金属环垫

在我国石油天然气工业中，井口装置和采油树(采油树系指装于油管头最上部的阀门和附件的组合装置，用于控制井的生产)采用美国石油学会标准 API 6B 型、6BX 型和扇形法兰，法兰额定工作压力一共分六级：13.8、20.7、34.5、69.0、103.4 及 138.0MPa。6B 型法兰为整体法兰、螺纹法兰及对焊法兰，法兰密封垫片为 R 型八角形或椭圆形金属环垫或 RX 型压力自紧金属环垫；6BX 型法兰为整体法兰、对焊法兰及盲板法兰，法兰密封垫片为 BX 型压力自紧金属环垫；扇形法兰用密封垫片为 RX 型压力自紧金属环垫。

API 6B 型、6BX 型和扇形法兰用金属密封环垫已被等同纳入我国石油行业标准 SY/T 5127 2002《井口装置和采油树规范》。

3.1 结构型式与尺寸

3.1.1 R 型

R 型密封环垫及环槽的结构型式见图 6-3，尺寸见表 6-10。

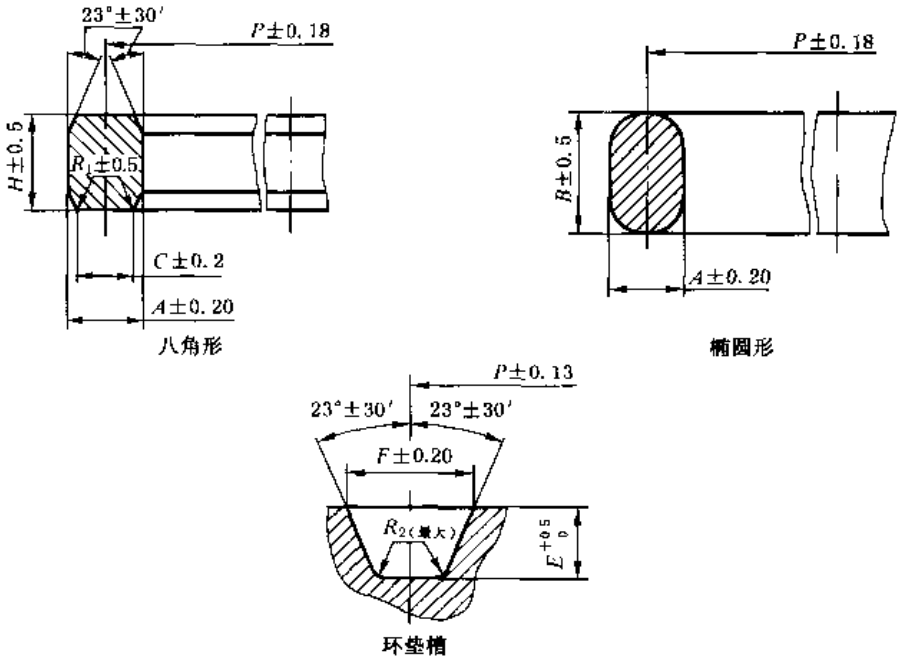


图 6-3 R 型密封环垫及环槽(SY/T 5127—2002)

表 6-10 R 型密封环垫尺寸(SY/T 5127—2002) mm

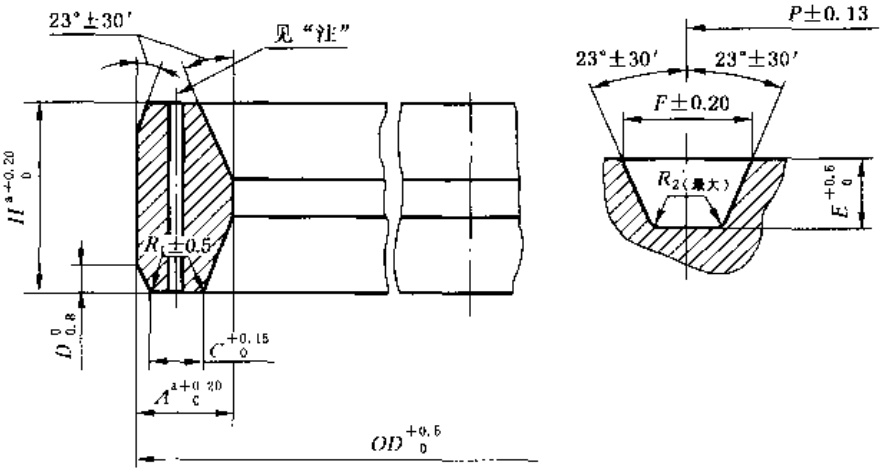
环垫号	环和槽的中径 P	环宽 A	环高 椭圆形 B	环高 八角形 H	八角环面宽 C	八角环内圆角半径 R_1	槽深 E	槽宽 F	槽内圆角半径 R_2	装配后法兰近似间距 S
R20	68.28	7.95	14.3	12.7	5.23		6.3	8.74		4.1
R23	82.55									
R24	95.25									
R26	101.60									
R27	107.95									
R31	123.83									
R35	136.53	11.11	17.5	15.9	7.75		7.9	11.91	0.8	4.8
R37	149.23									
R39	161.93									
R41	180.98					1.5				
R44	193.68									
R45	211.14									
R46		12.70	19.1	17.5	8.66		9.7	13.49	1.5	
R47	228.60	19.05	25.4	23.9	12.32		12.7	19.84		4.1
R49	269.88	11.13	17.5	15.9	7.75		7.9	11.91	0.8	4.8
R50		15.88	22.4	20.6	10.49		11.2	16.66	1.5	4.1
R53	323.85	11.13	17.5	15.9	7.75		7.9	11.91	0.8	4.8
R54		15.88	22.4	20.6	10.49		11.2	16.66	1.5	4.1
R57	381.00	11.13	17.5	15.9	7.79		7.9	11.91	0.8	4.8
R63	419.10	25.40	33.3	31.8	17.30	2.3	15.7	27.00	2.3	5.6

续表 6-10 mm

环垫号	环和槽的中径 P	环宽 A	环高		八角环面宽 C	八角环内圆角半径 R_1	槽深 E	槽宽 F	槽内圆角半径 R_2	装配后法兰近似间距 S
			椭圆形 B	八角形 H						
R65	469.90	11.13	17.5	15.9	7.75		7.9	11.91	0.8	4.8
R66		15.88	22.4	20.6	10.49		11.2	16.66	1.5	4.1
R69	533.40	11.13	17.5	15.9	7.75		7.9	11.91	0.8	4.8
R70		19.05	25.4	23.9	12.32		12.7	19.84		
R73	584.20	12.70	19.1	17.5	8.66		9.7	13.49	1.5	3.3
R74		19.05	25.4	23.9	12.32		12.7	19.84		4.8
R82	57.14	11.13		15.9	7.75	1.5	7.9	11.91	0.8	
R84	63.50									
R85	79.38	12.70		17.5	8.66		9.7	13.49		3.3
R86	90.50	15.88		20.6	10.49		11.2	16.66		4.1
R87	100.03								1.5	
R88	123.83	19.05		23.9	12.32		12.7	19.84		4.8
R89	114.30									
R90	155.58	22.23		26.9	14.81		14.2	23.01		
R91	260.35	31.75		38.1	22.23	2.3	17.5	33.34	2.3	4.1
R99	234.95	11.13		15.9	7.75	1.5	7.9	11.91	0.8	4.8

3.1.2 RX 型

RX 型压力自紧环垫及环槽的结构型式见图 6-4，尺寸见表 6-11。



注：仅 RX82～RX91 在环截面上有压力通孔，孔中心线位于尺寸 C 的中点，RX82～RX85 的孔径为 1.5 mm，RX86 和 RX87 的孔径为 2.3 mm，RX88～RX91 的孔径为 3.0 mm。

[a] 如果任何环垫在整个圆周上的环宽或环高的尺寸变化量不超过 0.10 mm，则环宽 A 和环高 H 才允许有 0.20 mm 的正偏差。

图 6-4 RX 型压力自紧环垫及环槽(SY/T 5127—2002)

表 6-11 RX 型压力自紧密封环垫尺寸(SY/T 5127—2002)

mm

环垫号	环和槽的中径 P	环垫外径 OD	环宽 A	半面宽 C	外侧斜面环高 D	八角环高 H	八角环内圆角半径 R_1	槽深 E	槽宽 F	槽内圆角半径 R_2	装后法兰近似间距 S
RX20	68.26	76.2	8.73	4.62	3.18	19.05	1.5	6.35	8.73	0.8	9.7
RX23	82.55	93.27	11.91	6.45	4.24	25.40		7.87	11.91		11.9
RX24	95.25	105.97									
RX25	101.60	109.54	8.73	4.62	3.18	19.05		6.35	8.73		
RX26		111.92	11.91	6.45	4.24	25.40		7.87	11.91		
RX27	107.95	118.27									
RX31	123.83	134.54									
RX35	136.53	147.24									
RX37	149.23	159.94									
RX39	161.93	172.64									
RX41	180.98	191.69									
RX44	193.68	204.39									
RX45	211.14	221.85									
RX46		222.25	13.49	6.68	4.78	28.58		9.65	13.49	1.5	
RX47	228.60	245.27	19.84	10.34	6.88	41.28	2.3	12.70	19.84		23.1
RX49	269.88	280.59	11.91	6.45	4.24	25.40	1.5	7.87	11.91	0.8	11.9
RX50		283.37	16.67	8.51	5.28	31.75		11.18	16.67	1.5	
RX53	323.85	334.57	11.91	6.45	4.24	25.40		7.87	11.91	0.8	
RX54		337.34	16.67	8.51	5.28	31.75		11.18	16.67	1.5	
RX57	381.00	391.72	11.91	6.45	4.24	25.40		7.87	11.91	0.8	
RX63	419.10	441.72	26.99	14.78	8.46	50.80	2.3	16.00	26.99	2.3	21.3
RX65	469.90	480.62	11.91	6.45	4.24	25.40	1.5	7.87	11.91	0.8	11.9
RX66		483.39	16.67	8.51	5.28	31.75		11.18	16.67	1.5	
RX69	533.40	544.12	11.91	6.45	4.24	25.40		7.87	11.91	0.8	
RX70		550.07	19.84	10.34	6.88	41.28	2.3	12.70	19.84	1.5	18.3
RX73	584.20	596.11	13.49	6.68	5.28	31.75	1.5	9.65	13.49	1.5	15.0
RX74		600.87	19.84	10.34	6.88	41.28	2.3	12.70	19.84		18.3
RX82	57.15	67.87	11.91	6.45	4.24	25.40	1.5	7.87	11.91	0.8	11.9
RX84	63.50	74.22									
RX85	79.38	90.09	13.49	6.68				9.65	13.49	1.5	9.7
RX86	90.49	103.58	15.08	8.51	4.78	28.58		11.18	16.67		
RX87	100.01	113.11									

续表 6-11

mm

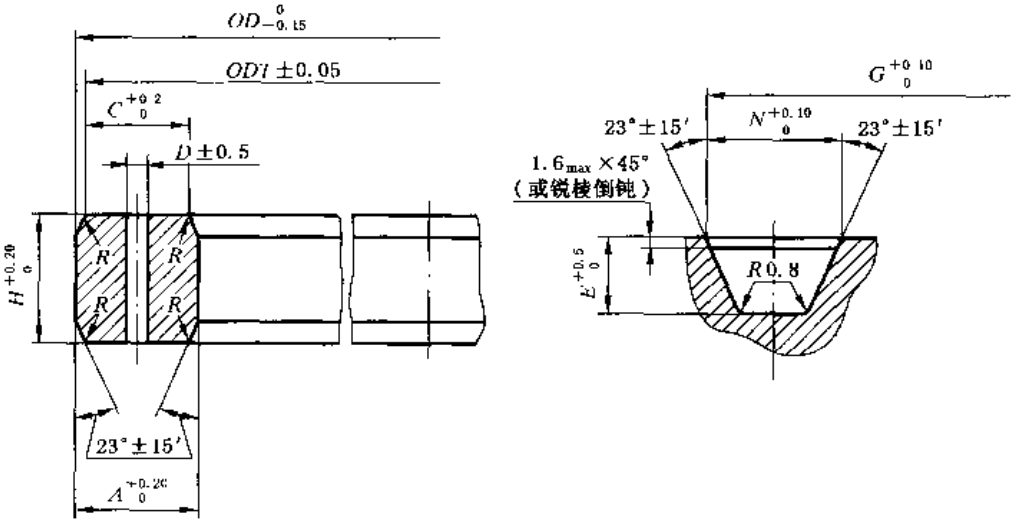
环垫号	环和槽的中径 P	环垫外径 OD	环宽 A	平面宽 C	外侧斜面环高 D	八角环高 H	八角环内圆角半径 R_1	槽深 E	槽宽 F	槽内圆角半径 R_2	装后法兰近似间距 S
RX88	123.83	139.30	17.46	10.34	5.28	31.75	1.5	12.70	19.84	1.5	9.7
RX89	114.30	129.78	18.26								
RX90	155.58	174.63	19.84	12.17	7.42	44.45	2.3	14.22	23.02		18.3
RX91	260.35	286.94	30.16	19.81	7.54	45.24		17.53	33.34	2.3	19.1
RX99	234.95	245.67	11.91	6.45	4.24	25.40	1.5	7.87	11.91	0.8	11.9
RX201	46.04	51.46	5.74	3.20	1.45[1]	11.30	0.5[2]	4.06	5.56		—
RX205	57.15	62.31	5.56	3.05	1.83[1]	11.10				0.5	
RX210	88.90	97.63	9.53	5.41	3.18[1]	19.05	0.8[2]	6.35	9.53	0.8	
RX215	130.18	140.89	11.91	5.33	4.24[1]	25.40	1.5[2]	7.87	11.91		

1) 这些尺寸的公差是($^{0}_{-0.38}$)mm。

2) 这些尺寸的公差是($^{+0.5}_{0}$)mm。

3.1.3 BX 型

BX 型压力自紧环垫及环槽的结构型式见图 6-5，尺寸见表 6-12。



注：圆角半径 R 应是环高 H 的 8%～12%。

图 6-5 BX 型压力自紧环垫及环槽(SY/T 5127—2002)

表 6-12 BX 型压力自紧密封环垫尺寸(SY/T 5127—2002) mm

环垫号	标称直径	环垫外径 OD	环高 H	环宽 A	平面直径 ODT	平面宽 C	孔径 D	槽深 E	槽外径 G	槽宽 N
BX150	43	72.19	9.30	9.30	70.87	7.89	1.59	5.56	73.48	11.43
BX151	46	76.40	9.63	9.63	75.03	8.26			77.79	11.84
BX152	52	84.68	10.24	10.24	83.24	8.79		5.95	86.23	12.65
BX153	65	100.94	11.38	11.38	99.31	9.78		6.75	102.77	14.07
BX154	78	116.84	12.40	12.40	115.09	10.64		7.54	119.00	15.39
BX155	103	147.96	14.22	14.22	145.95	12.22		8.33	150.62	17.73
BX156	179	237.92	18.62	18.62	235.28	15.98	3.18	11.11	241.83	23.39
BX157	228	294.46	20.98	20.98	291.49	18.01		12.70	299.06	26.39
BX158	279	352.04	23.14	23.14	348.77	19.86		14.29	357.23	29.18
BX159	346	426.72	25.70	25.70	423.09	22.07		15.88	432.64	32.49
BX160		402.59	23.83	13.74	399.21	10.36		14.29	408.00	19.96
BX161	425	491.41	28.07	16.21	487.45	12.24		17.07	497.94	23.62
BX162		475.49	14.22	14.22	472.48	12.22	1.59	8.33	478.33	17.91
BX163	476	556.16	30.10	17.37	551.89	13.11	3.18	18.26	563.50	25.55
BX164		570.56		24.59	566.29	20.32			577.90	32.77
BX165	540	624.71	32.03	18.49	620.19	13.97		19.05	632.56	27.20
BX166		640.03		26.14	635.51	21.62			647.88	34.87
BX167	680	759.36	35.87	13.11	754.28	8.03	1.59	21.43	768.33	22.91
BX168		765.25		16.05	760.17	10.97			774.22	25.86
BX169	130	173.51	15.85	12.93	171.27	10.69		9.53	176.66	16.92
BX170	228	218.03	14.22	14.22	216.03	12.22		8.33	220.88	17.91
BX171	279	267.44			265.43				270.28	
BX172	346	333.07			331.06				335.92	
BX303	762	852.75	37.95	16.97	847.37	11.61		22.62	862.30	27.38

3.2 技术要求

3.2.1 金属密封环垫外形

3.2.1.1 密封环垫必须平整，平面度公差为环外径的 0.2%，且最大不超过 0.38 mm。

3.2.1.2 表面粗糙度

a. R 型和 RX 型环垫上所有 23°角的平面，其表面粗糙度应不大于 1.6 μm；

b. BX 型环垫上所有 23°角的平面，其表面粗糙度应不大于 0.8 μm。

3.2.1.3 压力通孔

a. RX 压力通孔

某些尺寸的 RX 环垫应有如图 6-4 所示的贯通环截面的压力通孔。

b. BX 压力通孔

每个 BX 环垫应有一个如图 6-5 所示的贯通环截面的压力通孔。

3.2.2 环垫的重复使用

在法兰环槽内形成密封关系的有过盈限制的密封环垫不应重复使用。

3.2.3 材料

3.2.3.1 环垫用材料

a. 密封环垫的材料应符合制造厂书面规范；

b. 硬度要求

最大硬度应符合表 6-13 的要求。

表 6-13 硬度要求

材 料	硬 度
软铁	≤56HRB
碳钢和低合金钢	≤68HRB
不锈钢	≤83HRB
抗腐蚀合金(CRA)	硬度应符合制造厂的书面规范

3.2.3.2 涂层和镀层

使用涂层和镀层有助于密封接合，同时减少粘连并延长使用寿命。涂层和镀层的厚度最大为 0.013 mm。

3.2.4 标志

3.2.4.1 环垫标志

环形环垫应按表 6-14 的规定作标志。

表 6-14 环垫标志

标 志	位 置
制造日期	环垫外径
制造厂名称或厂标	环垫外径
环垫型式和号码	环垫外径
材料	环垫外径

3.2.4.2 环形环垫材料标志

环形环垫所用材料应采用表 6-15 的标志。

表 6-15 环形环垫材料标志

材 料	标 志
软铁	D-4
低碳钢	S-4
304 不锈钢	S304-4
316 不锈钢	S316-4

4 金属透镜垫

在高压管道连接中，广泛使用透镜垫密封结构。透镜垫的密封面均为球面，与管道的锥形密封面相接触，初始状态为一环线。在预紧力作用下，透镜垫在接触处产生塑性变形，环线状变成环带状，密封性能较好。由于接触面是由球面和斜面自然形成，垫片易对中。透镜垫片密封属于强制密封，密封面为球面与锥面相接触，易出现压痕，零件的互换性较差。此外，垫片制造成本较高，加工也较困难。

我国通用机械行业现行角式高压阀门端法兰，采用透镜垫密封，其适用公称压力为16.0～32.0 MPa；公称通径为3～200 mm；使用温度为－30～200℃。

4.1 结构型式与尺寸

透镜垫的结构型式见图6-6，尺寸见表6-16。

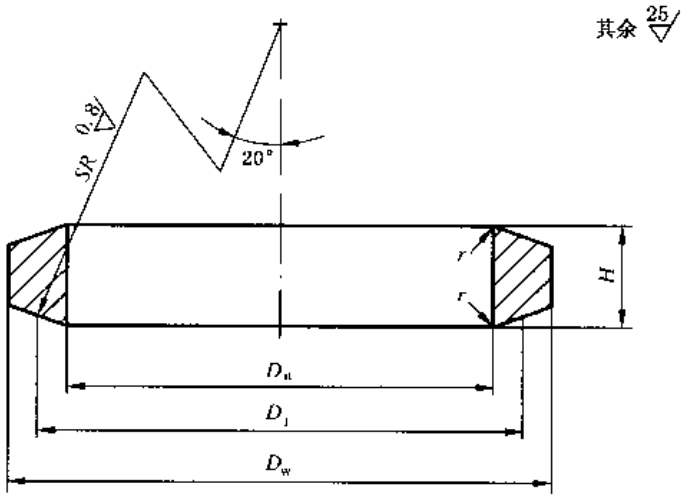


图6-6 透镜垫的结构型式(JB/T 2776—1992)

标记示例

外径50 mm，内径39 mm的透镜垫的标记为：

透镜垫 50×39 JB/T 2776

表6-16 透镜垫的尺寸(JB/T 2776—1992) mm

公称压力 PN/MPa	公称通径 DN	D_w	D_n	SR	D_1	H	r	质量/kg
16.0 22.0	3	14	3	12±0.2	8.2	8.5	0.3	0.008
	6	14	6	12±0.2	8.2			0.007
	10	20	11	22±0.2	15.1		0.4	0.012
	15	24	15	27±0.3	18.5	8		0.014

续表 6-16

mm

公称压力 PN/MPa	公称通径 DN	D_w	D_o	SR	D_j	H	r	质量/kg
16.0 22.0	25	32	23	38±0.3	26	8	0.5	0.019
	32	40	29	50±0.3	34.2	9	0.6	0.032
	40	50	39	65±0.4	44.5	10		0.048
	50	64	50	84±0.4	57.5	12	0.8	0.093
	65	80	65	104±0.4	71	14		0.112
	80	100	80	130±0.5	89	16	1	0.273
	100	120	99	158±0.5	108	18		0.400
	125	150	123	198±0.5	135.5	20		0.679
	150	170	142	226±0.6	154.6	22	1.25	0.906
25.0 32.0	3	14	3	12±0.2	8.2	8.5	0.3	0.007
	6	14	6	12±0.2	8.2			0.007
	10	20	11	22±0.2	15.1		0.4	0.012
	15	30	17	35±0.3	23.9	9		0.024
	25	38	23	43±0.3	29.4	10	0.5	0.040
	32	45	29	52.5±0.3	35.9	11	0.6	0.58
	40	62	42	73±0.4	49.9	12		0.104
	50	75	53	90±0.4	61.6	14	0.8	0.170
	65	95	68	116±0.4	79.4	16		0.294
	80	120	85	145±0.5	99.3	20	1	0.588
	100	150	103	170±0.5	116.3	24		1.096
	125	170	120	200±0.5	136.8	28		1.650
	150	205	149	240±0.6	164	32	1.25	2.600
	200	263	193	320±0.6	218.9	40		5.330

4.2 技术要求

4.2.1 透镜垫的材料可按表 6-17 选用。

表 6-17 透镜垫材料

钢 号	标准号
20	GB/T 699
1Cr18Ni9Ti	GB/T 1220
1Cr18Ni12Mo2Ti	
0Cr17Mn13Mo2N	
00Cr17Ni14Mo2	
TA3、TC4	GB/T 3620

4.2.2 透镜垫材料经热加工后应进行热处理，热处理的硬度按表 6-18 的规定。

表 6-18 透镜垫材料热处理硬度

钢 号	HB ≤
20	156
1Cr18Ni9Ti	170
1Cr18Ni12Mo2Ti	185
0Cr17Mn13Mo2N	250
00Cr17Ni14Mo2	187
TA3、TC4	-

第7章 垫片尺寸选用

1 选用垫片的基本原则

1）选用或订购垫片时应了解以下数据：

a. 相配法兰的密封面型式和尺寸；

b. 法兰及垫片公称通径；

c. 法兰及垫片公称压力；

d. 流体介质的温度；

e. 流体介质的性质。

2）选用垫片时还应考虑以下因素：

a. 有良好的压缩及回弹性能，能适应温度和压力的波动；

b. 有良好的可塑性，能与法兰密封面很好地贴合；

c. 对有应力腐蚀开裂倾向的某些金属（如奥氏体不锈耐酸钢）法兰，应保证垫片材料不含会引起各种腐蚀的超量杂质，如控制垫片氯离子含量以防对法兰腐蚀；

d. 不污染介质（指密封介质是饮用水、血浆、药品、食品、啤酒等）；

e. 对密封高度毒性的化学品，要求垫片应具有更大的安全性；对于输送易燃液体的管道系统，要求垫片用于法兰上的最高使用压力和最高使用温度在限制范围内；

f. 低温时不易硬化，收缩量小，高温时不易软化，抗蠕变性能好；

g. 加工性能好，安装及压紧方便；

h. 不粘结法兰密封面，拆卸容易。

2 标准垫片的选用

常用标准垫片的选用规定见表7-1。

表7-1 标准垫片的选用

垫片型式		垫片材料	使用条件		适用密封面型式	用途
			PN/MPa	t/℃		
非金属平垫片	石棉橡胶垫片	XB 200	≤1.5	≤200	全平面 突面 凹凸面 榫槽面	用于水、蒸汽、空气、氨（气态或液态）及惰性气体
		XB 350	≤4.0	≤350		
		XB 450	≤6.0	≤450		

续表 7-1

垫片型式		垫片材料		使用条件 PN/MPa	使用条件 t/℃	适用密封面型式	用途
非金属平垫片	耐油石棉橡胶垫片	NY 150		≤1.5	≤150	全平面 突面 凹凸面 榫槽面	用于油品、液化石油气、溶剂、石油化工、原料等介质。对于汽油及航空汽油不适用
		NY 250		≤2.5	≤250		
		NY 400		≤4.0	≤400		
	非石棉纤维橡胶垫片	有机纤维增强		≤14	370 (连续 205)	全平面 突面 凹凸面 榫槽面	视粘结剂(SBR、NBR、CR 及 EPDM 等)而定
		无机纤维增强		≤14	425 (连续 290)		
	聚四氟乙烯包覆垫片	包覆层： 聚四氟乙烯 嵌入层： 石棉橡胶板		≤5.0	≤150	全平面 突面	用于各种腐蚀性介质及有清洁要求的介质
金属复合垫片	缠绕式垫片	填充带材料	特制石棉	≤26.0	≤500	突面 凹凸面 榫槽面	用于各种液体及气体介质。若用于氢氟酸介质、应采用石墨带配蒙乃尔合金钢带材料
			聚四氟乙烯		−200～260		
			柔性石墨		≤600 (对于非氧化性介质 ≤800)		
	金属冲齿板柔性石墨复合垫片	芯板材料	低碳钢	≤6.3	≤450	突面 凹凸面 榫槽面	用于蒸汽及各种腐蚀性介质，不适于有洁净要求的管线
			0Cr19Ni9		≤650		
	金属包覆垫片	包覆层材料	纯铝板 L3	≤11.0	≤200	突面	用于蒸汽、煤气、油品、汽油、溶剂及一般工艺介质
			纯铜板 T3		≤300		
			低碳钢		≤400		
			不锈钢		≤500		
	金属波齿复合垫片	齿形环和覆盖层材料	10 和 08/柔性石墨	≤26.0	≤450	突面 凹凸面 榫槽面	用于中、高压管道
			0Cr13/柔性石墨		≤540		
			0Cr19Ni9/柔性石墨		≤650		

续表 7-1

垫片型式		垫片材料	使用条件		适用密封面型式	用途
			PN/MPa	t/℃		
金属垫片	环形垫片	08 或 10	≤42.0	≤450	环连接面	用于高温、高压管道
		0Cr13		≤540		
		0Cr19Ni9		≤600		
		00Cr17Ni14Mo2		≤600		
	齿形垫片	08 或 10	≤16.0	≤450	突面 凹凸面	用于高温、高压管道
		0Cr13		≤540		
		0Cr19Ni9		≤600		
		0Cr17Ni12Mo2		≤600		
	透镜垫	20	≤32.0	−50～200	锥形面	用于高压及含氢含酸介质的密封
		18Cr3MoWVA		≤400		
		1Cr18Ni9Ti		−50～200（含酸介质）		

3 垫片压力级的标注

在垫片尺寸的标记示例中，关于垫片公称压力的标注有用 bar 或用 MPa 为单位两种方法，这是由于标准不统一造成的，选用垫片时应注意到这一点，换算关系为 $1\text{bar}=1\times10^{-1}\text{MPa}$。在国际标准 ISO 7483:1991 中，垫片公称压力级的标注是采用以 bar 为单位的标注方法。

第三篇
垫片试验方法

垫片质量的好坏，通过垫片在工作中的密封能力来评定。垫片的密封能力与其物理性能、力学性能及密封性能（综合性能）有关。所有性能指标的确定，都与试验方法有着密切的联系。本篇所涉及的垫片试验方法主要为压缩率及回弹率试验方法；应力松弛试验方法及密封性能试验方法。这是三种基本的试验方法，普遍适用于各种品种、规格的垫片。此外，在密封性能试验方法中，还涉及缠绕式垫片的水压密封及蒸汽密封性能试验方法。

第8章　垫片压缩率及回弹率试验方法

垫片的压缩率及回弹率是评定垫片质量优劣的力学性能指标。垫片在加载过程中的变形特性，是形成初始密封能力的重要条件，这与压缩率有很大关系，而一旦形成初始密封条件，在介质内压下，垫片的密封能力又主要取决于垫片的回弹能力或回弹率。

在 GB/T 12622—1990 标准中规定了管法兰用垫片压缩率及回弹率的 A、B 两种试验方法。试验方法 A 主要适用于石棉橡胶垫片、纸垫及橡胶软木垫，聚四氟乙烯包覆垫片亦可参考使用。试验方法 B 主要适用于聚四氟乙烯包覆垫片、金属包覆垫片及缠绕式垫片等软质垫片及复合垫片，石棉橡胶垫片也可适用。

1　试验方法 A

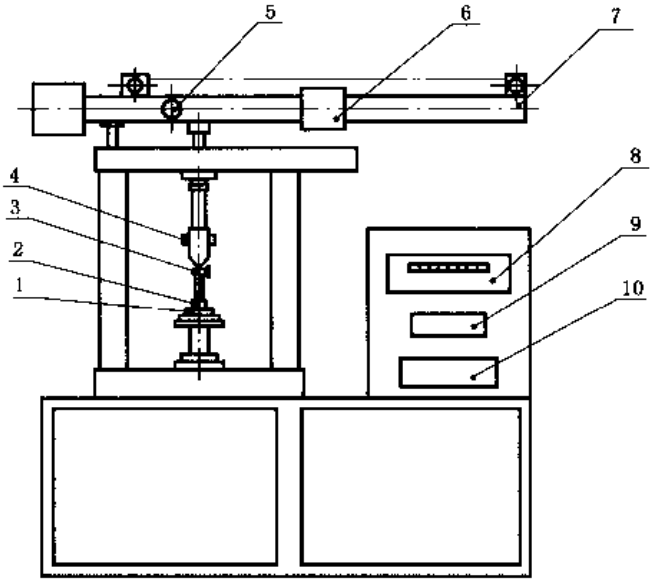
1.1　试验装置

试验在专用的压缩性能试验装置上进行，试验装置示意图见图 8-1。对试验装置要求如下：

a. 测台最小直径为 31.7 mm，表面须经硬化及研磨处理；

b. 压头为一规定直径的钢筒，直径可按测试垫片材料的种类定，直径偏差为 ±0.025 mm，钢筒的末端须经硬化和研磨处理；

c. 显示板应能显示出试样在试验时的厚度，读数的判断应精确到 0.002 mm。



1　测台；2　压头；3　传感器；4　预荷重铊；5—平衡支点；6—游铊；
7　杠杆；8　操作盘；9　显示板；10　打印机

图 8-1　垫片压缩性能试验装置
（适用于试验方法 A）

1.2 试样

1.2.1 试样准备

除橡胶软木垫片外，试样选取后应置于100℃±2℃的烘干箱内恒温干燥1 h后取出，放入干燥器中冷却待用。

1.2.2 试样尺寸

试样面积为6.25 cm^2 的圆形或方形。试样厚度：对于石棉橡胶垫片及纸垫片为1.5 mm(包含单层或多层叠合厚度)；对于聚四氟乙烯包覆垫片为2.5 mm；对于橡胶软木垫片为3.2 mm。

1.3 试验条件

试验载荷见表8-1；试验温度为15～25℃。

表8-1 试验载荷

垫片种类	压头直径/mm	预载荷/N	主载荷/N	总载荷(主载荷与预载荷之和)/	
				N	MPa
石棉橡胶垫片及聚四氟乙烯包覆垫片	6.4	22.2	1 090	1 112	34.5
纸垫片	6.4	4.4	218	222	6.89
橡胶软木垫片	12.8	4.4	351	356	2.76

1.4 操作程序

a. 将经过处理后的试样放置在测台上，施加预载荷并保持15 s，然后记下试样的厚度 T_1；

b. 缓慢移动游铊施加主载荷，使之在10 s内达到总载荷值，保持60 s后记下试样的厚度 T_2；

c. 去掉主载荷(游铊复原值)，并在60 s后记下预载荷下的试样厚度(即回弹厚度)T_3。

1.5 计算

垫片的压缩率及回弹率按以下两公式计算：

$$压缩率(\%) = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 \quad (8\text{-}1)$$

$$回弹率(\%) = \frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_2} \times 100 \quad (8\text{-}2)$$

式中：T_1 ——试样在预载荷时的厚度，mm；

T_2——试样在总载荷时的厚度，mm；

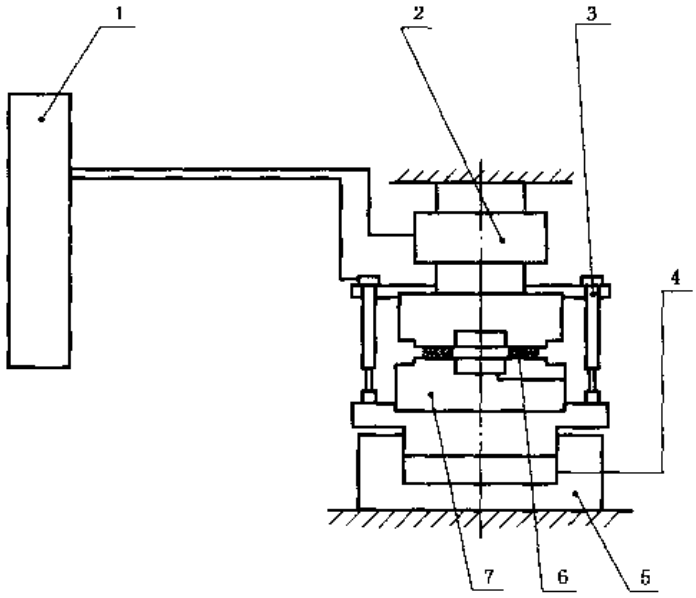
T_3 试样在回弹至预载荷时的厚度，mm。

2 试验方法B

2.1 试验装置

试验在专用的压缩、回弹试验装置上进行，试验装置由液压加载系统、数据采集系统

及试验法兰等部分组成，试验装置示意图见图 8-2。对试验装置要求如下：



1— 数据采集系统；2—拉压传感器；3—位移传感器；
4—压力源；5 —油缸与浮头；6—垫片；7—法兰

图 8-2　垫片压缩、回弹试验装置
（适用于试验方法 B）

a. 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 5%，并能控制恒定的加载、卸载速度；

b. 试验法兰采用刚性模拟平面法兰，法兰厚度 t_f 与法兰直径 D_f 之比为 $t_f/D_f \geqslant 1/3$；法兰材料的强度 $\sigma_b \geqslant 500$ MPa；密封面硬度不小于 HRC40；密封面粗糙度 Ra 应在 5～10 μm之间（相当$\overset{6.3}{\nabla}$）。

2.2　试样准备及试验条件

试样的准备及试验条件见表 8-2。

表 8-2　试样准备及试验条件

试样的准备	试验条件
试样选取后在 100℃±2℃的热风烘箱中恒温 1 h 后，置于室温干燥器中备用	垫片初始载荷： 对于软垫片为 0.7 MPa 对于复合垫片为 1 MPa 加载及卸载速度：0.5 MPa/s 试验温度：15～25℃

2.3　操作程序

a. 用丙酮仔细清理法兰密封面，垫片对中安装；

b. 对垫片施加初始载荷至规定值，测量垫片的初始厚度 T_i，位移传感器调至零位；

c. 按规定的加载速度对垫片施加总载荷至规定值，记录垫片压缩量 D_G 并按规定的速度卸载至初始载荷数值时，记录垫片的残余压缩量 D_G'。

2.4 计算

垫片的压缩率及回弹率按以下两公式进行计算：

$$压缩率(\%) = \frac{D_G}{T_1} \times 100 \quad (8\text{-}3)$$

$$回弹率(\%) = \frac{D_G - D_G'}{D_G} \times 100 \quad (8\text{-}4)$$

式中：T_1——垫片试样在初始载荷下的厚度，mm；

D_G—— 垫片试样在总载荷下的压缩量，mm；

D_G'——垫片试样的残余压缩量，mm。

第9章　垫片应力松弛试验方法

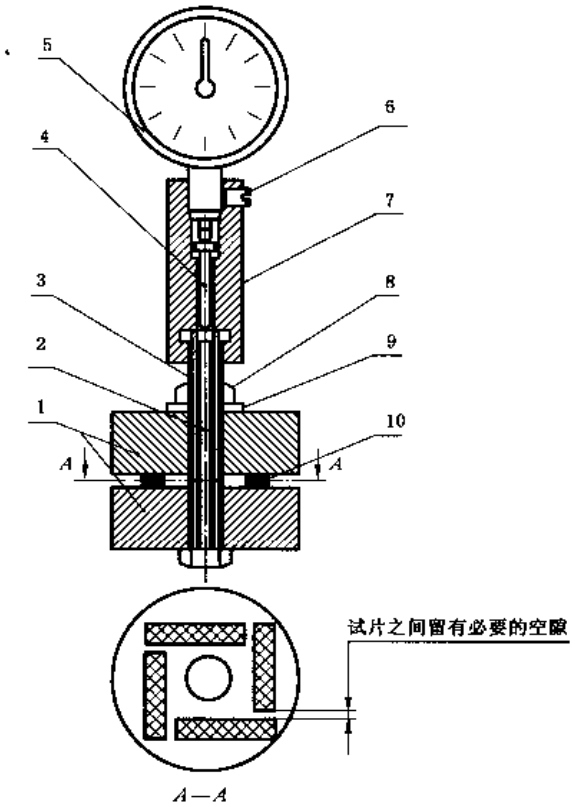
垫片的应力松弛率也是评定垫片质量优劣的另一项力学性能指标，它反映垫片材料在热负荷条件下垫片的变形情况。

在 GB/T 12621—1990 标准中规定了管法兰用垫片应力松弛的 A、B 两种试验方法。试验方法 A 主要适用于石棉橡胶垫片、聚四氟乙烯包覆垫片及纸垫片，橡胶软木垫片也可参考使用。试验方法 B 主要适用于聚四氟乙烯包覆垫片、金属包覆垫片及缠绕式垫片等软质垫片及复合垫片，石棉橡胶垫片也可适用。

1　试验方法 A

1.1　试验装置

试验在专用的应力松弛试验装置上进行，装置主要由上、下平圆板、应变螺栓、推杆、垫圈、螺母及千分表等组成，试验装置示意图见图 9-1。



1　平圆板；2—推杆；3—应变螺栓；4—传感元件；5—千分表；6　固定螺钉；
7　连接套筒；8—紧固螺母；9—垫圈；10—试样

图 9-1　应力松弛试验装置
（适用于试验方法 A）

1.2 试样及试验条件

试样要求及试验条件见表 9-1。

表 9-1 试样要求及试验条件

试样要求	试验条件
试样尺寸为宽 10 mm、长 32 mm、厚 1.5 mm。每次试验用 4 片	预紧力:26.7 kN(2 724 kgf) 试验温度:100℃±2℃ 试验时间:22 h

1.3 操作程序

a. 检查试验装置的各部件,擦净压板表面并用油润滑螺栓、螺纹及垫圈;

b. 按图 9-1 所示,将试样放置在下圆板上成井字状,轻扣上上圆板;

c. 装上应变螺栓、垫圈及螺母,用手把螺母拧紧;

d. 装上连接套筒及千分表,并把指针调整到零位;

e. 用扳手连续均匀地拧紧螺母,拧紧至与试验所要求的载荷相应的千分表读数 D_o 值(mm);连续地施加应力,加载时间不超过 3 s;当压紧力为 26.7 kN 时,螺栓的典型伸长为 0.122~0.127 mm;

f. 取下千分表及连接套筒,将装有试样的试验装置放入温度为 100℃±2℃ 的烘干箱内,保持 22 h 后取出,放入干燥器内冷却至室温;

g. 再次装上连接套筒及千分表,并将千分表指针调到刻度为零的位置;

h. 在不震动千分表的条件下松开螺母,记下千分表读数 D_f 数值(mm)。

1.4 计算

垫片的应力松弛率按以下公式计算:

$$应力松弛率(\%) = \frac{D_o - D_f}{D_o} \times 100 \qquad (9\text{-}1)$$

式中:D_o—— 热处理前螺栓的伸长量,mm;

D_f——热处理冷却后螺栓的伸长量,mm。

每次取三组试样进行试验。

2 试验方法 B

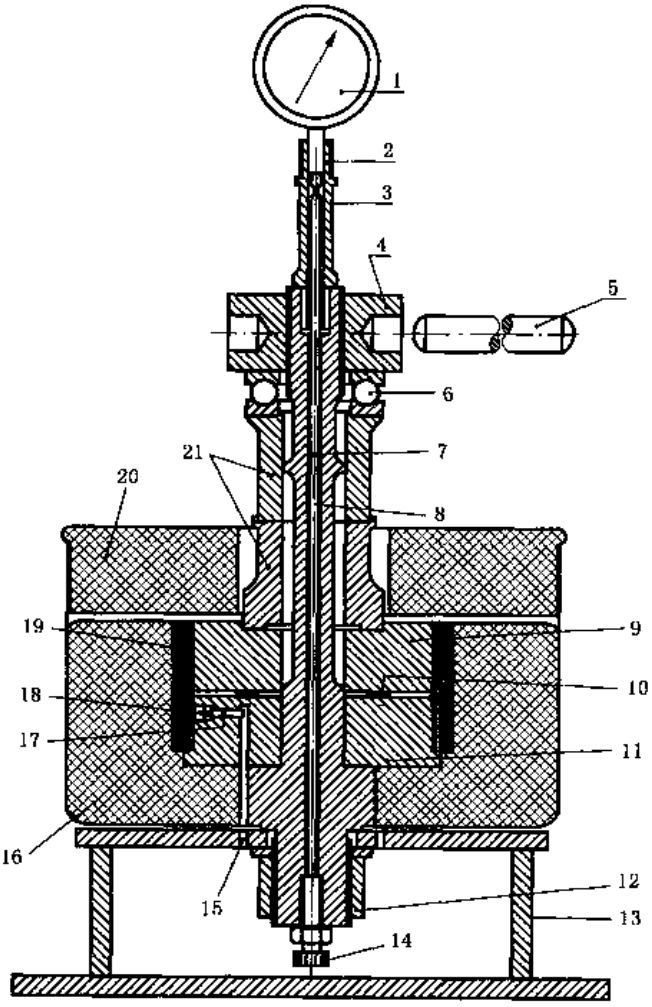
2.1 试验装置

试验在专用的垫片应力松弛试验台上进行,试验台由应变螺栓、试验法兰、定距块及加载螺母等零件组成。其中,载荷测量系统由设置在应变螺栓上部的千分表、下部的调节螺钉及与之相连的中心顶杆所组成。温度控制系统由电加热器、热电偶及温控仪组成。试验装置示意图见图 9-2。对试验装置要求如下:

a. 应变螺栓材料采用 35CrMoA 制作,并经调质处理;

b. 应变螺栓在 20℃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,标定方法参见本章第 4 节;

c. 温度控制系统的控制精度应在±1℃以内。



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—试样；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 9-2　垫片应力松弛试验装置

(适用于试验方法 B)

2.2　试验条件

试验条件见表 9-2。

表 9-2　试验条件

垫片种类	试样尺寸(外径×内径×厚度)/mm	预紧应力/MPa	试验温度/℃	试验时间/h
石棉橡胶垫片	75×55×1.5	40.8	300	16
聚四氟乙烯包覆垫片	75×55×3		200	
金属包覆垫片	65×45×3	63.3	300	
缠绕式垫片	60.9×44.1×4.5	70		

2.3 试样准备

试样尺寸按表 9-2 中所规定的选取后，放入 100℃±2℃的热风烘箱内恒温干燥 1 h 后，置于室温干燥器中备用。

2.4 操作程序

a. 将试验垫片同心地放置于上、下法兰面间，通过应变螺栓底部的调节螺钉将千分表调至零位；

b. 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(μm)；

c. 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%；

d. 保持试验温度 16 h，记录千分表读数 A_2(μm)；

e. 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(μm)。

2.5 试验结果处理

a. 由读数 A_1 及 A_2 与 A_3 的差值，从垫片应力松弛计算图(参见图 9-6)中相应的 20℃及试验温度下的载荷-变形线上分别查得垫片预紧应力 S_k 和垫片残余应力 S_k'值。

b. 垫片的应力松弛率按下式计算：

$$应力松弛率(\%) = \frac{S_k - S_k'}{S_k} \times 100 \qquad (9\text{-}2)$$

3 应力松弛试验方法 A 的应力螺栓标定

3.1 标定装置

标定装置包括以下三个部分：

a. 试验装置(使用图 9-1 应力松弛试验装置中的应变螺栓、套筒、垫圈及千分表)；

b. 拉力试验机[要求加载 26.7 kN(2 724 kgf)时，该机的允许误差应小于总载荷的 0.5%]；

c. 标定夹具，见图 9-3。

3.2 标定方法

a. 把去除两个平圆板的应力松弛试验装置安装在夹具上，调整间距为两个平圆板厚度及试样厚度 1.5 mm 之和；

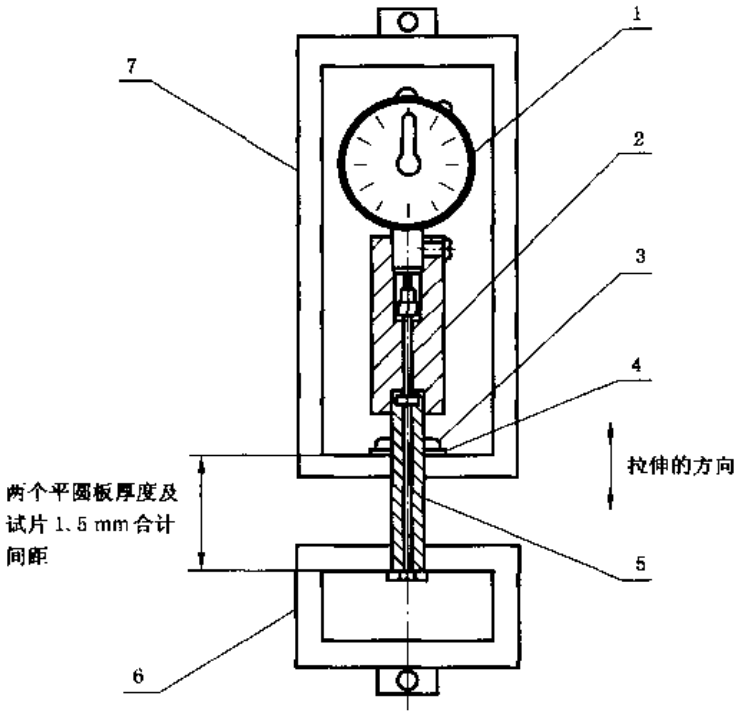
b. 将试验装置安装在拉力机上，不加载荷时，调整千分表指针在零位；

c. 依靠拉力机施加拉伸力，使其达到 4.45 kN(454 kgf)，保持此载荷，用千分表测定并记录螺栓伸长量。连续增加此载荷，记录每 4.45 kN 增量时的螺栓伸长量，直至达到 26.7 kN(2 724 kgf)的总载荷为止；

d. 去掉螺栓的载荷，记下载荷为零时的千分表读数；

e. 按上述 b 项至 d 项的内容操作重复三次，确认各载荷时千分表读数偏差在±2 μm 之内；

f. 作出 0～26.7 kN 的载荷与螺栓伸长的关系图，该关系图必须成直线。依据此关系图进行应力松弛试验。当载荷与螺栓伸长关系图不成直线时，说明应力螺栓已经疲劳，不能继续使用，应力松弛装置必须换新的应力螺栓。



1—千分表；2—连接套筒；3—紧固螺母；4—垫圈；
5—应力螺栓；6—下夹具；7—上夹具

图 9-3　应力螺栓标定夹具

4　应力松弛试验方法 B 的试验装置标定及其计算示例

4.1　设备

a. 带有千分表和加载环的盘式测力计；

b. 能提供足够载荷的压力机。

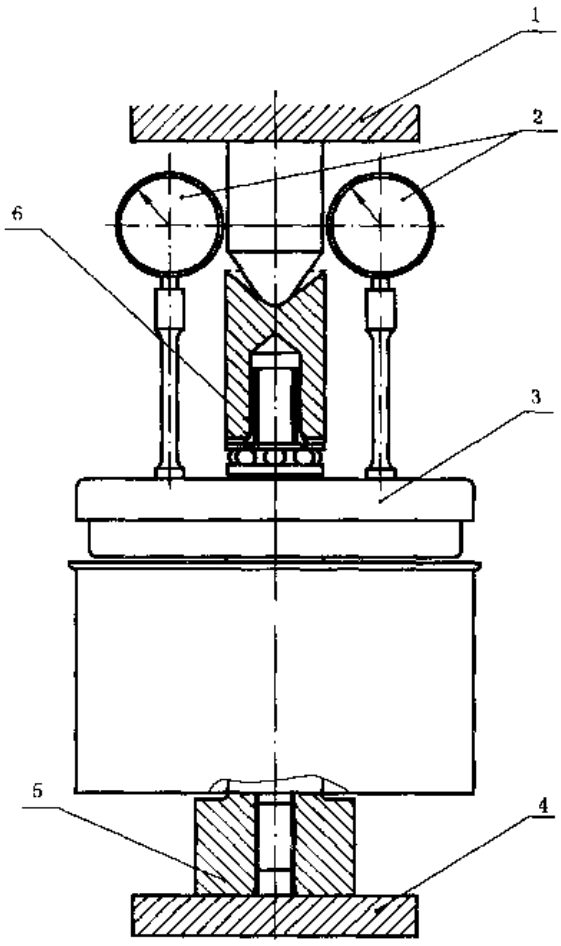
4.2　盘式测力计的标定

a. 将盘式测力计(代替上定距块)安装在应力松弛试验装置上，用加载环代替加载螺母和紧固螺母，见图 9-4；

b. 安装完毕后将该装置安装到压力机上；

c. 室温下，以适当的载荷增量加载，直至最大载荷达到 103 kN，记录载荷与千分表读数；

d. 将装置升温至试验温度，保持该温度 1 h，以适当的载荷增量加载，直至最大载荷达到 103 kN，记录载荷与千分表读数。



1 压力机压头(上);2—千分表;3—盘式测力计;4 -压力机压头(下);
5 加载环(下);6—加载环(上)

图 9-4 盘式测力计标定示意图

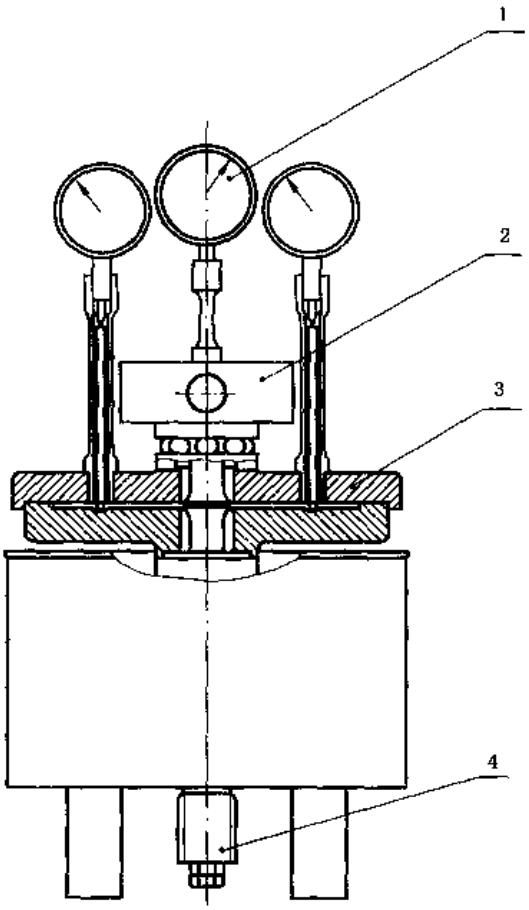
4.3 应力松弛试验装置的标定

a. 重新安装应力松弛试验装置,装置中装入盘式测力计、加载螺母、紧固螺母、中心顶杆和千分表等,见图 9-5。

b. 室温下,用加载螺母加载,使盘式测力计的千分表读数与 4.2 条 c 项所得的数值相一致,记录载荷和与中心顶杆相连的千分表的读数;

c. 将该装置升温至试验温度,保持该温度 1 h;用加载螺母加载,使盘式测力计的千分表读数与 4.2 条 d 项所得的数值相一致,记录载荷和与中心顶杆相连的千分表的读数;

d. 将 4.3 条 b 项和 c 项所得的数据标绘成以垫片应力和千分表读数表示的应力松弛计算图,见图 9-6。



1—千分表(与中心顶杆相连);2—加载螺母;3—盘式测力计;4—紧固螺母

图 9-5　应力松弛装置标定示意图

4.4　计算示例

a. 试样为柔性石墨带填充的缠绕式垫片,试样尺寸为外径 60.9 mm,内径 44.1 mm;

b. 应变螺栓在 20℃及 300℃下的载荷-变形特性经标定并换算成垫片应力与千分表读数为坐标的应力松弛计算图(见图 9-6);

c. 按 2.4 条的操作程序,分别记录千分表读数 A_1、A_2 和 A_3 的数值为 188.13 μm、138.8 μm 和 −16 μm;

d. 由读数 A_1、A_2 与 A_3 的差值,从图 9-6 中相应的 20℃及 300℃下垫片应力-千分表读数线上分别查得垫片预紧应力 $S_k=70$ MPa 和垫片残余应力 $S_k'=53.79$ MPa;

e. 按下式计算垫片应力松弛率数值。

$$\text{应力松弛率}(\%)=\frac{S_k-S_k'}{S_k}\times 100$$

$$=\frac{70-53.79}{70}\times 100$$

$$=23.16$$

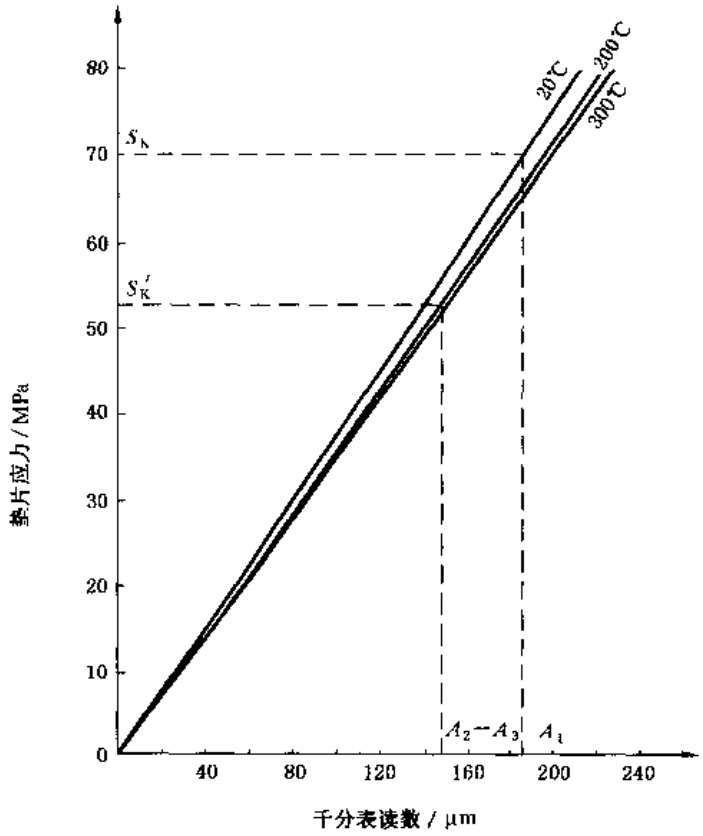


图 9-6 垫片应力松弛计算图

第10章　垫片密封性能试验方法

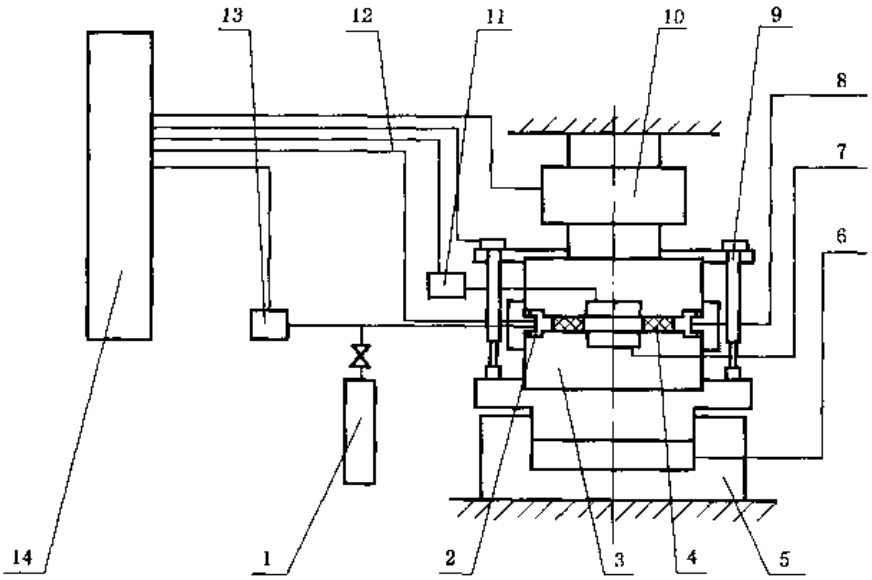
以氮气或水作为密封介质，测定垫片的泄漏率，以此来评定垫片的密封性能，是目前工业界普遍使用的一种测试方法。垫片泄漏率能直接反映垫片密封性能，它是一项最基本的综合性指标；也是最能评定垫片质量优劣的主要依据。

在GB/T 12385—1990标准中规定了管法兰用垫片密封性能的A、B两种试验方法。两种试验方法均适用于石棉橡胶垫片、聚四氟乙烯包覆垫片、金属包覆垫片、缠绕式垫片及金属垫片。使用者可根据不同的工况要求选择其中的任意一种试验方法。

1　试验方法A

1.1　试验装置

试验在专用的垫片综合试验装置上进行，试验装置主要由垫片加载系统、介质给定系统、测漏系统、机架及试验法兰组成，试验装置示意图见图10-1。对试验装置的要求如下：



1—标准容器；2—测漏空腔；3—法兰；4　垫片；5—油缸与浮头；6　压力源；7—试验介质；8　标定气源；9—位移传感器；10—拉压传感器；11　压力传感器；12—温度传感器；13—微压传感器；14—数据采集系统

图10-1　垫片密封性能试验装置

（适用于试验方法A）

a. 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5%，并能控制恒定的加载、卸载速度；

b. 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0.5%；

c. 测漏系统的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_c 及容积变化修正系数 K_1 应经严格标定，测漏系统分辨率应不低于 10^{-6} cm^3，系统误差应不大于0.5%；

d. 试验采用刚性模拟平面法兰，法兰厚度 t_f 与法兰直径 D_f 之比为 $t_f/D_f \geqslant 1/3$，法兰材料的强度 $\sigma_b \geqslant 500$ MPa(50.98 kgf/mm²)；密封面硬度不小于HRC40；密封面表面粗糙度 Ra 应在5～10 μm之间(相当于6.3)。

1.2 试验条件

试验条件见表10-1。

表10-1 试验条件

试验温度	15～25℃
垫片预紧应力	根据垫片的种类选择确定
试验介质	99.9%的氮气
试验介质压力	取公称压力的1.1倍

1.3 操作程序

a. 用丙酮仔细清理法兰密封面，垫片对中安装。

b. 按1.2条(试验条件)规定，对垫片施加预紧应力，达到规定值后保持15 min。

c. 标定测漏空腔的初始容积及容积变化修正系数。

标定测漏空腔的初始容积公式如下：

$$V_C = V_B\left(\frac{p_{2V} - p_B}{p_C - p_{2V}}\right) \tag{10-1}$$

式中：V_C——测漏空腔的初始容积，cm^3；

V_B——标准容器的容积，cm^3；

p_B——标准容器的压力，Pa(mmH_2O)；

p_C——测漏空腔中给定的压力，Pa(mmH_2O)；

p_{2V}——标准容器与测漏空腔连通后的平衡压力，Pa(mmH_2O)。

标定容积变化修正系数的公式如下：

$$K_1 = \frac{V_C}{\Delta D_{Gk}}\left(\frac{\Delta p_k}{p_k + p_r} - \frac{\Delta T_k}{T_k + T_r}\right) \tag{10-2}$$

式中：K_1——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(mmH_2O)；

p_k——标定终了时测漏空腔内的压力与环境大气压之差，Pa(mmH$_2$O)；

p_r——环境大气压力，Pa(mmH$_2$O)；

ΔT_k——标定过程中测漏空腔内的温度增量，K；

T_k　标定终了时测漏空腔内的温度与环境温度差，K；

T_r　环境大气绝对温度，K。

d. 按 1.2 条(试验条件)要求，通入试验介质，当介质压力达到规定值后保持 10 min。

e. 记录测漏开始时测漏空腔内的压力 p_1、垫片的压缩量 D_{G1} 及测漏空腔的温度 T_1 并开始记时，2 min 后记录测量结束时测漏空腔内的压力 p_2、垫片的压缩量 D_{G2} 及测漏空腔的温度 T_2。

1.4　泄漏率计算

泄漏率按下式计算：

$$L_R = \frac{T_{st}}{p_{st}} \cdot \frac{p + p_r}{T + T_r} \cdot \frac{V_C}{t}\left(-\frac{K_1 \cdot \Delta D_G}{V_C} + \frac{\Delta p}{p + p_r} - \frac{\Delta T}{T + T_r}\right) \qquad (10\text{-}3)$$

式中：L_R——泄漏率，cm^3/s；

p_{st}——标准大气压，1.013 25×10^5 Pa (10 333 mmH$_2$O)；

T_{st}——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(mmH$_2$O)；

T　测漏空腔内温度与环境温度差($T_2 - T_r$)，K；

V_C——测漏空腔的初始容积，cm^3；

t——测漏时间，120 s；

K_1——容积变化修正系数，cm^3/mm；

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

Δp——测漏过程中，测漏空腔内压力的变化量($p_2 - p_1$)，Pa(mmH$_2$O)；

ΔT　测漏过程中，测漏空腔内温度的变化量($T_2 - T_1$)，K。

2　试验方法 B

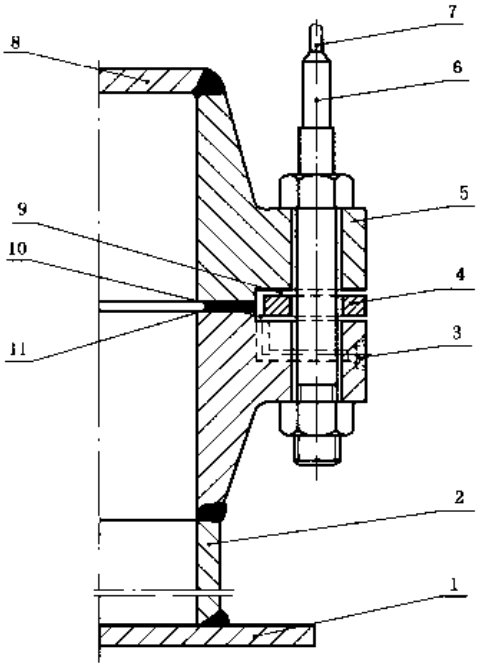
2.1　试验装置

试验装置主要由试验容器及试验测漏系统两大部分组成。

试验容器剖面图见图 10-2；试验系统示意图见图 10-3。

a. 试验容器由两个符合 GB/T 9115.1 规定的 PN 11.0 MPa 及 DN 100 mm 的钢制对焊法兰及螺栓、上下封板等零件组成(见图 10-2)，容器的顶部装有一个排气阀和一个与压力表相连接的介质输入接口(见图 10-3)；

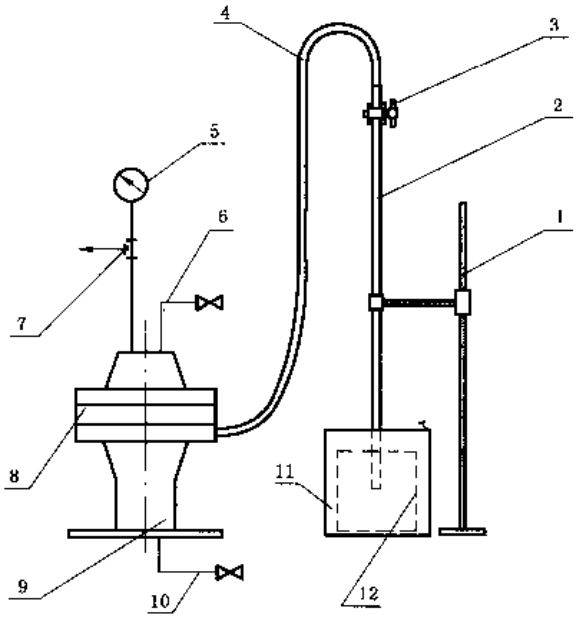
b. 测漏系统包括：在垫片外侧、上下法兰间装有一块金属密封板和两个橡胶"O"形环，形成一个环形的测漏空腔以及一个带支架的能容纳 50 mL 液体的玻璃量管；两个分别为 150 mL 和 200 mL 的圆形盛液桶及一段内径为 6.4 mm 的塑料管。



1 底板;2 钢管;3 环形测漏空腔接口;4 金属密封板;5 对焊法兰;6—应变螺栓;7—接读数装置;8—封板;9—"O"形密封环;10—环形测漏空腔;11—试验垫片

图 10-2 试验容器剖面图

(适用于试验方法 B)



1—支架;2—玻璃量管;3 阀门;4—塑料管;5—压力表;6—卸载管;7 接压力源接头;8—金属密封板;9 试验容器;10—排放管;11—盛液桶Ⅱ;12 盛液桶Ⅰ

图 10-3 试验系统示意图

(适用于试验方法 B)

2.2　试样

a. 试样的公称通径应为 DN 100 mm；

b. 对于确定 Y 值与泄漏率关系的试验，其试验垫片应不少于 6 个。

2.3　试验前的准备

a. 测量量管的刻度长度，以 mm 计。以量管中每立方厘米水所占有的标准高度来校正水柱的实际高度，并制定一个换算表。例如，若 570 mm 长度的刻度表示量管中有水 50 cm^3，则实际测量的水柱高度(h_1、h_2 和 h_3)需乘以系数 570/50。

b. 用虹吸法将水吸入量管，然后关闭阀门。

c. 将盛液桶 I 充满水直至溢出。

d. 量管的零位设置在盛液桶 I 的液面水平上。

e. 将量管与测漏空腔相连接。

2.4　垫片载荷校正

a. 测定橡胶"O"形圈载荷-变形量的关系；

b. 试验时根据垫片的压缩量确定"O"形圈所承受的载荷，垫片上所承受的实际载荷应为螺栓总载荷中减去"O"形圈所承受的载荷。

2.5　测定垫片泄漏率的操作程序

a. 测量并记录垫片试样初始厚度，以 mm 为单位。

b. 用丙酮仔细清洗法兰密封面，把垫片对中安装。

c. 预紧螺栓，使垫片预紧应力达到某一规定值。

d. 开启测量空腔和玻璃量管间的阀门，记录下量管中的水柱高度。

e. 将试验介质水或氮气通入试验容器，介质压力波动应小于 5%。

f. 记录水柱高度和容积(V_1、V_2 和 V_3)，测量温度精确到 0.1℃。这些测量应在试验开始时进行一次，以后每隔 5 min 进行一次，试验结束时再进行一次。

注：V_1——测量系统的容积，cm^3；

V_2——开阀后的容积，cm^3；

V_3——试验结束时的容积，cm^3。

g. 试验进行 30 min 或当玻璃管中水柱达到 10 cm^3 时结束。

h. 计算泄漏率 L_R。

泄漏率计算公式如下：

$$L_R = \frac{1}{t}\left\{\left[\frac{(p_r - K_2 h_2)(C_1 + C_2)}{K_1 h_1}\right] p_r\left(\frac{1}{p_2} - \frac{1}{p_3}\right) + (C_2 - C_1)\right\} \times \frac{p_s T_s}{p_a T_r} \quad (10\text{-}4)$$

式中：L_R——标准状态下的泄漏率，cm^3/s；

t——试验时间，s；

p_r——环境大气压力，kPa；

p_2——玻璃量管中水高度为 h_2 时的压力，kPa；

p_3——玻璃量管中水高度为 h_3 时的压力，kPa；

p_s——标准压力，101.3 kPa；

h_1——在 p_r 压力下玻璃量管中水的高度，mm；

h_2 开阀后玻璃量管中水的高度，mm；

C_1——试验开始时玻璃量管上的刻度值，cm^3；

C_2 开阀后玻璃量管上的刻度值，cm^3；

C_3——试验结束时玻璃量管上的刻度值，cm^3；

K_2——压力换算系数，$0.00142\times\frac{101.3}{14.7}$ kPa/mmH_2O；

T_s——标准温度，273.15 K；

T_r——环境大气绝对温度，K；

且上式中：$p_2=p_r-K_2h_2$；

$p_3=p_r-K_2h_3$；

h_3 试验结束时玻璃量管中水的高度，mm。

i. 垫片的泄漏率取试验进行 30 min 或玻璃量管中水柱达到 10 cm^3 时所测数据的平均值。

2.6 测定垫片预紧应力 Y 的操作程序

a. 按 2.5 条 a 项内容；

b. 按 2.5 条 b 项内容；

c. 根据 GB 150《钢制压力容器》法兰设计一章中关于垫片性能参数表中所规定的垫片比压力值，预紧螺栓，使垫片预紧载荷达到 90%的比压力值；

d. 按 2.5 条 d 项内容；

e. 将试验介质水或氮气通入试验容器，介质压力保持在(13.8±0.6) kPa 范围内；

f. 按 2.5 条 f 项内容；

g. 按 2.5 条 g 项内容；

h. 重新注满量管，并与测量空腔相连；

i. 重复 2.6 条的 c 项至 g 项过程；试验中每个螺栓载荷增量为 8.9 kN，一直试验至螺栓总载荷为 427.0 kN；

j. 按 2.5 条 h 项所规定的公式计算泄漏率；

k. 按 2.5 条 i 项内容；

l. 计算垫片预紧应力；

垫片预紧应力计算公式如下：

$$Y=\frac{W}{A_G} \tag{10-5}$$

式中：Y——垫片预紧应力，MPa；

W——螺栓总载荷，N；

A_G——垫片面积，cm^2。

m. 在双对数坐标纸上绘出泄漏率 L_R 和垫片预紧应力 Y 的关系曲线；

n. 测量并记录垫片最终厚度。

2.7 测定垫片系数 m 的操作程序

a. 按 2.5 条 a 项内容；

b. 按 2.5 条 b 项内容；

c. 拧紧螺栓，使螺栓总载荷达到 427.0 kN；

d. 按 2.5 条 d 项内容；

e. 将试验介质水或氮气通入试验容器，介质压力保持在(2.1±0.1) MPa 范围内；

f. 按 2.5 条 f 项内容；

g. 按 2.5 条 g 项内容；

h. 按 2.6 条 h 项内容；

i. 重复 2.7 条的 c 项至 g 项过程；试验中每个螺栓载荷以 8.9 kN 为一级逐渐减小；

j. 按 2.5 条 h 项所规定的公式计算泄漏率；

k. 按 2.5 条 i 项内容；

l. 计算垫片系数；

垫片系数计算公式如下：

$$m = \frac{W - A_p \cdot p}{A_G \cdot p} \tag{10-6}$$

式中：m——垫片系数；

W——螺栓总载荷，N；

A_p——垫片内面积，cm^2；

p——试验压力，MPa；

A_G——垫片面积，cm^2。

m. 在双对数坐标纸上绘出泄漏率 L_R 和垫片系数的关系曲线；

n. 测量并记录垫片的最终厚度；

o. 测量并记录法兰表面粗糙度。

第11章 垫片水压密封及蒸汽密封性能试验方法

这两种检漏方法最早用于检测缠绕式垫片，1993年修订为GB/T 14180—1993《缠绕式垫片试验方法》。该标准规定了缠绕式垫片水压及蒸汽密封性能试验的试验机、试样和试验步骤等内容。

1 水压密封性能试验方法

1.1 试验机

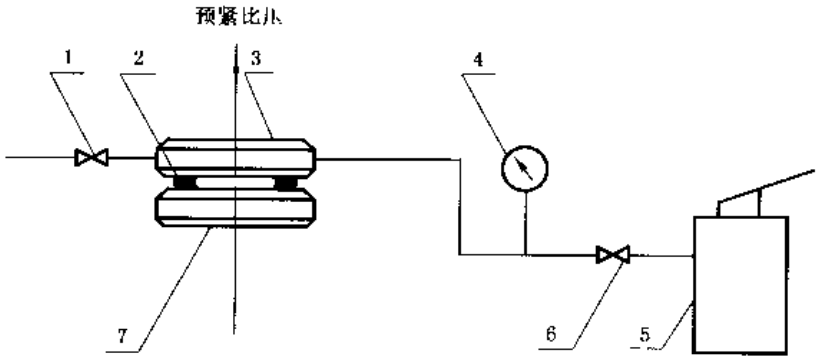
试验机由加载装置、法兰、水压负荷装置和相应的指示仪表组成，试验机示意图见图11-1。对试验机要求如下：

a. 加载采用液压方式，也可采用螺栓连接，以提供足够的预紧比压并能保持试验所规定的时间；

b. 法兰用于安装试片，采用突面式法兰，密封面表面粗糙度为3.2，材料为20号钢；

c. 水压负荷装置要保证供给规定的压力，并能使该压力保持规定的时间；

d. 压力表精度为1.5级。



1 阀门K_1；2—试片；3 上法兰；4 压力表；
5—水泵；6 阀门K_2；7—下法兰

图11-1 水压密封性能试验机

1.2 试样及试验条件

试样的规格及试验条件见表11-1。

表 11-1　试样及试验条件

试样规格/mm	公称压力 PN/MPa	试验压力/MPa	试验水温/℃	保压时间/min	预紧比压/MPa
DN80	5.0 10.0 15.0 25.0	公称压力的1.3倍±2%	20	10	70±1
DN100	2.5 4.0				

1.3　试验步骤

a. 将试片放在洁净的下法兰面上，施加规定的预紧比压；

b. 打开排气阀 K_1，然后起动水压负荷装置，把水注入法兰内腔，待排除系统内空气后关闭阀门 K_1，再起动水压负荷装置加压，达到规定的压力后，关闭阀门 K_2 保压至规定时间；

c. 试验完毕打开阀门 K_2，排除法兰内腔水，解除预紧比压取出试片。

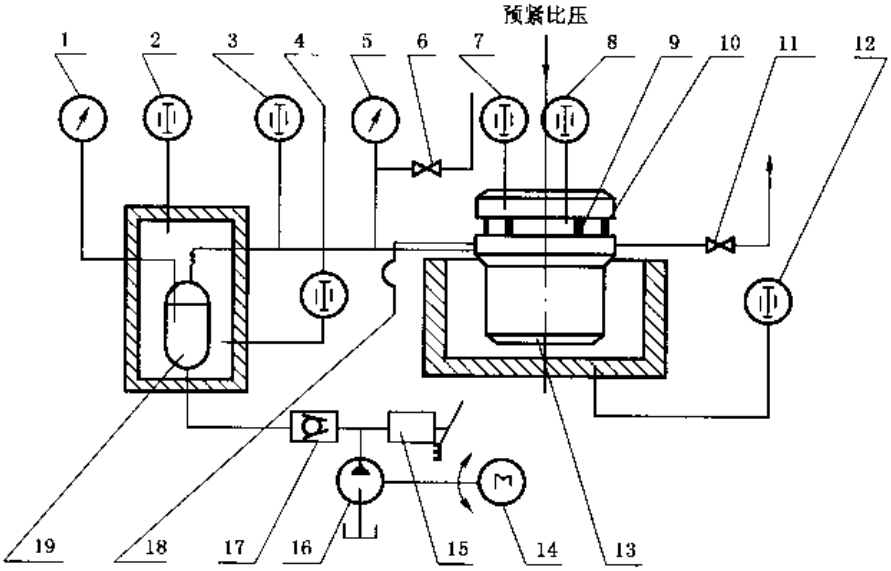
1.4　试验结果鉴定

用肉眼观察试片外缘在保压时间内有无水珠，试验完毕的试片有无脱焊及明显变形。

2　蒸汽密封性能试验方法

2.1　试验机

试验机由加载装置、高压釜、水压负荷装置等部分组成，试验机示意图见图 11-2。对试验机要求如下：



1,5—压力表；2,3,4,7,8,12—温度毫伏计；6,11—阀门；9—试片；10—密封圈；13—高压釜；14—电机；15—手压泵；16—水泵；17—逆止阀；18—引漏管；19—蒸汽发生器

图 11-2　蒸汽密封性能试验机

a. 加载装置采用液压方式或螺栓连接，要有足够的预紧比压将试片平稳地压紧在高压釜上，并能使该预紧比压保持规定的时间；

b. 安装试片用高压釜采用突面式法兰密封面，表面粗糙度为 $\sqrt{3.2}$，材料为 1Cr18Ni9Ti；

c. 水压负荷装置要保证供给足够的水和压力，并能保持规定的时间；

d. 蒸汽发生器要具有从常温开始在 2 h 内产生规定的蒸汽、温度和压力的能力。

2.2 仪器和仪表

仪器和仪表要求见表 11-2。

表 11-2 试验仪器仪表

名　称	要　求
仪　器	天平感量为 0.000 1 g；玻璃容器容量为 10～20 mL
仪　表	温度指示仪表精度为 1 级；压力指示仪表精度为 1.5 级

2.3 试样及试验条件

试样的规格及试验条件见表 11-3。

表 11-3 试样及试验条件

试样规格/mm	公称压力 PN/MPa	试验压力/MPa	试验水温/℃	保压时间/min	预紧比压/MPa
DN80	5.0 10.0 15.0 25.0	公称压力的 1.1 倍 $^{+10}_{0}$%	300～520	40	70±1.0
DN100	2.5 4.0				
注：聚四氟乙烯缠绕带的垫片试验温度为 200℃。					

2.4 试验步骤

a. 将试样及密封圈正确地放在洁净的高压釜密封面上，施加规定的预紧比压；

b. 起动水压负荷装置，将水注入高压釜内；

c. 起动蒸汽发生器装置开始升温，达到规定的温度和压力后，保持规定的时间；

d. 将玻璃容器注入一定冷水后用天平称量，记取读数 G；

e. 待温度和压力达到规定值，将称量后的玻璃容器放入检漏管下，并将检漏管浸入水中；

f. 试验完毕将压力降至零，温度降至常温 20℃，然后取出玻璃容器用天平称量，记取读数 G_1。

2.5　试验结果计算

试验结果按下式计算：

$$\varepsilon = \frac{G_1 - G}{t}$$

式中：ε——泄漏速率(保留五位小数)，g/s；

G　—试验前玻璃容器质量，g；

G_1—　试验后玻璃容器质量，g；

t ——保温保压时间，s。

第四篇

国外典型垫片标准推荐

本篇对国外(包括国际)垫片标准的推荐主要包括以下四个部分:国际垫片标准;美国垫片标准;欧共体垫片标准及德国垫片标准。

国际垫片标准内容比较完善,它包括了国际上两个法兰体系所配用的各类垫片的尺寸及要求;美国垫片标准包括美洲法兰体系所配用的各类垫片的尺寸及要求;欧共体垫片标准包括欧洲法兰体系所配用的非金属平垫片、钢制法兰用缠绕式垫片、钢制法兰用金属包覆垫片、波纹垫片、平垫片、齿形垫片及其金属-非金属组合垫片的尺寸及要求;德国垫片标准包括德国 40 MPa 以下各级透镜密封面法兰所配用的透镜式垫片的尺寸、要求及透镜垫的尺寸计算等。

第12章　国际垫片标准

国际标准化组织ISO/TC 5黑色金属管及配件技术委员会中的SC 10金属法兰和法兰连接分技术委员会，近来制定了ISO 7483--1991《ISO 7005法兰标准中使用的垫片尺寸》标准。该标准共包括7个部分的内容，分别为：一般要求；非金属平垫片；螺旋缠绕式垫片；金属环连接垫片；非金属包覆垫片及波纹形、扁平形或齿形金属垫片和带填料的金属垫片；标准的参考附录（即附录1：与垫片相适应的法兰密封面型式和附录2：由用户提供的信息资料）

ISO 7483垫片标准是一个在尺寸上为金属法兰配套的统一国际标准，对垫片使用的材料及其技术要求均未作具体规定。

1　一般要求

1.1　适用范围

ISO 7483标准规定了用于ISO 7005-1《金属法兰　第1部分：钢法兰》、ISO 7005-2《金属法兰　第2部分：铸铁法兰》和ISO 7005-3《金属法兰　第3部分：铜合金及复合材料法兰》中相配合的下列垫片尺寸：

a. 非金属扁平垫片；

b. 螺旋缠绕式垫片；

c. 金属环连接垫片；

d. 非金属包覆垫片；

e. 波纹形、扁平形或齿形金属垫片及带填料的金属垫片。

对于每一类垫片相适应的公称通径（DN）和公称压力（PN）的范围在第2～第6节中作了规定。

1.2　引用标准

ISO 468：1982　表面粗糙度　参数、参数值及给定要求的通则

ISO 6708：1980　管道元件　公称通径定义

ISO 7005-1：1991　金属法兰　第1部分：钢法兰

ISO 7005-2：1988　金属法兰　第2部分：铸铁法兰

ISO 7005-3：1988　金属法兰　第3部分：铜合金及复合材料法兰

ISO 7268：1983　管道元件　公称压力定义

ASTM A 182/A 182 M-87a　高温工作的锻制或轧制合金钢管法兰、锻制管件及阀门与部件

1.3　定义

ISO 7483标准中使用了ISO 6708中规定的公称通径（DN）定义和ISO 7268中规定的公称压力（PN）定义。

1.4 垫片类型

ISO 7483 标准中规定的垫片类型见表 12-1。

表 12-1 垫片类型

垫 片	简 图	见章节	垫 片	简 图	见章节
无织物橡胶		2	八角形环垫		4
带织物嵌入物的橡胶			椭圆形环垫		
带织物嵌入物的或带加强丝的橡胶			包覆垫片		5
塑料					
带或不带嵌入物的膨胀石墨					
用于操作条件下，含有适当粘结剂的压制纤维(见注 1)					
植物纤维			带填料的波纹状金属垫片或带填料的夹套波纹状金属垫片		6
软木基			波纹状金属垫片		
带定心环和内环的缠绕式垫片		3	带或不带附加垫片材料层的槽状金属垫片		
带定心环的缠绕式垫片			带填料的夹套金属平垫片		
带内环的缠绕式垫片					
仅是缠绕的密封元件			实心金属平垫片		

警告：含石棉的材料应受到法律制约，法律要求提请注意，当处理这种材料时，应确保这些材料不会构成对人身健康的危害。

注：1. 法兰密封面型式按 ISO 7005-1、ISO 7005-2 及 ISO 7005-3 规定。标准附录 A 中给出的密封面仅供参考。

2. 订购垫片时用户提供的资料，在标准附录 B 中规定。

2　非金属扁平垫片

2.1　垫片设计

垫片应由以下任一类别的板材制成：

a. 单层扁平片材；或

b. 叠片组成的层板。

注：垫片常用材料的示例见表 12-1。

按该标准压制的纤维垫片可以含有石棉。含石棉的材料应受法律制约，法律要求在处理石棉时，要确保它们不会构成对人身健康的危害。

2.2　垫片型式

垫片应为下列型式之一：

a. 适用于 A 型（全平面）或 B 型（突平面）法兰密封面的全平面垫片，见图 12-1 和图 12-5a）；

b. 适用于 A 型（全平面）或 B 型（突平面）法兰密封面的 IBC（螺栓中心圆内侧）垫片，见图 12-2 和图 12-5b）；

c. 适用于 C/D 型法兰密封面的榫槽式垫片，见图 12-3 和图 12-5b）；

d. 适用于 E/F 型法兰密封面的凹凸式垫片，见图 12-4 和图 12-5b）；

e. 拼合式垫片（见下面的注）。

注：在上述 a、b、c 中所规定的垫片型式，若垫片外径大于 1 500 mm 时，仅适宜于采用拼合方式制造。就制造大规格的垫片而言，用户应与垫片制造商或供应商协商决定。

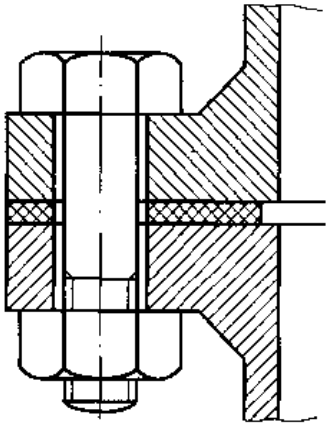
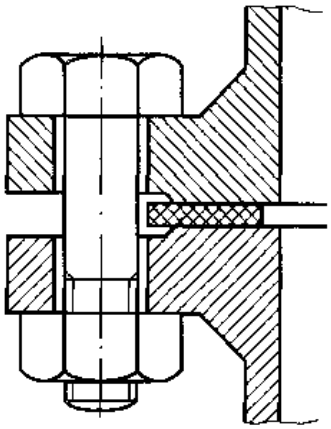


图 12-1　装有全平面垫片的 A 型法兰密封面



注：对于 PN20、PN50、PN110 及 PN150bar 的 IBC 垫片延伸至与螺栓相切。

图 12-2　装有 IBC 垫片的 B 型法兰密封面

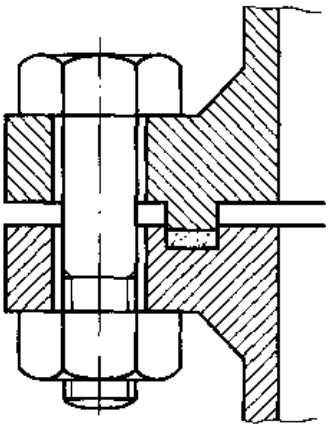


图 12-3 装有榫槽式垫片的 C/D 型法兰密封面

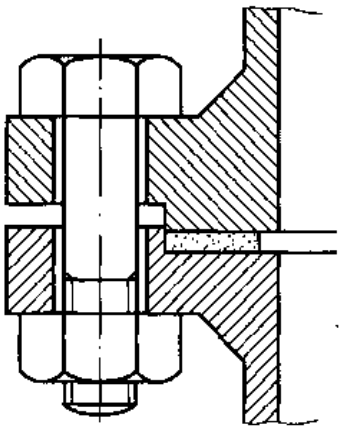
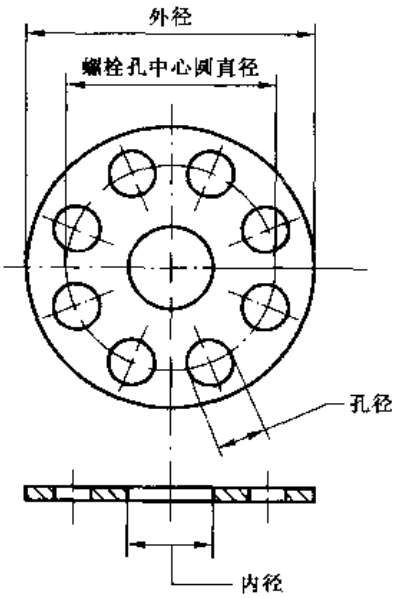
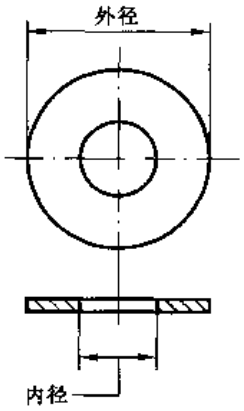


图 12-4 装有凹凸式垫片的 E/F 型法兰密封面



a) 全平面垫片



b) IBC 垫片(榫槽面及凹凸面垫片)

注：此图为示意图，螺栓孔数不一定是实际准确数。实际螺栓孔数参见有关表格。

图 12-5 垫片的平面图尺寸

2.3 垫片规格范围

对于不同型式的垫片，其适用法兰公称通径(DN)和公称压力(PN)的垫片规格范围见表 12 2。

表 12-2 垫片规格范围

法兰公称压力 PN/bar	查阅尺寸的表号	垫片型式							
		全平面		IBC 面		榫槽面		凹凸面	
		公称通径范围 DN							
		从	到	从	到	从	到	从	到
2.5	12-4	10	600	10	4 000				
6	12-5	10	600	10	3 600				
10	12-6	10	2 000	10	3 000	10	1 000	10	1 000
16	12-7	10	2 000	10	2 000	10	1 000	10	1 000
20	12-8	15	600	15	1 500				
25	12-9	10	2 000	10	2 000	10	1 000	10	1 000
40	12-10	10	600	10	600	10	600	10	600
50	12-11			15	1 500	15	600	15	600
110	12-11			15	1 500	15	600	15	600
150	12-11			15	1 200	15	600	15	600

2.4 垫片尺寸

2.4.1 厚度

对于表 12-1 垫片类型中所规定的非金属垫片材料，其垫片厚度见表 12-3。

表 12-3 垫片厚度

mm

垫片材料	厚度									
	0.25	0.4	0.5	0.8	1	1.5	2	3	5	6.4
无织物橡胶						×	×	×	×	
带织物嵌入物的橡胶						×		×	×	
带织物嵌入物的或带加强丝的橡胶								×	×	
塑料					×	×	×	×		
不带嵌入物的膨胀石墨				×	×	×	×			
带嵌入物的膨胀石墨					×	×	×			
含有粘结剂的压制纤维			×	×	×	×	×	×		
植物纤维	×	×	×	×	×		×			
软木基						×		×	×	×

注：× —优先选用。

2.4.2 直径

垫片直径尺寸见表 12-4～表 12-11，垫片平面图尺寸见图 12-5。

表 12-4 PN2.5 法兰用垫片尺寸

mm

公称通径 DN	垫片内径	IBC 垫片外径	全平面垫片尺寸
10	使用 PN 6 的尺寸	使用 PN6 的尺寸	使用 PN6 的尺寸
15			
20			
25			
32			
40			
50			
65			
80			
100			
125			
150			
200			
250			
300			
350			
400			
450			
500			
600			
700			
800			
900			
1 000			
1 200	1 220	1 290	
1 400	1 420	1 490	
1 600	1 620	1 700	
1 800	1 820	1 900	
2 000	2 020	2 100	
2 200	2 220	2 307	
2 400	2 420	2 507	
2 600	2 620	2 707	
2 800	2 820	2 924	
3 000	3 020	3 124	
3 200	3 220	3 324	
3 400	3 420	3 524	
3 600	3 620	3 734	
3 800	3 820	3 931	
4 000	4 020	4 131	

表 12-5　PN 6 法兰用垫片尺寸　mm

公称通径 DN	垫片内径	IBC 垫片外径	全平面垫片			
			外径	孔数	孔径	螺栓中心圆直径
10	18	39	75	4	11	50
15	22	44	80	4	11	55
20	27	54	90	4	11	65
25	34	64	100	4	11	75
32	43	76	120	4	14	90
40	49	86	130	4	14	100
50	61	96	140	4	14	110
65	77	116	160	4	14	130
80	89	132	190	4	18	150
100	115	152	210	4	18	170
125	141	182	240	8	18	200
150	169	207	265	8	18	225
200	220	262	320	8	18	280
250	273	317	375	12	18	335
300	324	373	440	12	22	395
350	356	423	490	12	22	445
400	407	473	540	16	22	495
450	458	528	595	16	22	550
500	508	578	645	20	22	600
600	610	679	755	20	26	705
700	712	784				
800	813	890				
900	915	990				
1 000	1 016	1 090				
1 200	1 220	1 307				
1 400	1 420	1 524				
1 600	1 620	1 724				
1 800	1 820	1 931				
2 000	2 020	2 138				
2 200	2 220	2 348				
2 400	2 420	2 558				
2 600	2 620	2 762				
2 800	2 820	2 972				
3 000	3 020	3 172				
3 200	3 220	3 382				
3 400	3 420	3 592				
3 600	3 620	3 805				

表 12-6 PN 10 法兰用垫片尺寸

mm

公称通径 DN	垫片内径[1]	IBC 垫片外径	全平面垫片 外径	孔数	孔径	螺栓中心圆直径	凹凸面外径	榫槽面 内径	外径
10	使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸				使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸	
15									
20									
25									
32									
40									
50									
65[2]									
80									
100	使用 PN16 的尺寸	使用 PN16 的尺寸	使用 PN16 的尺寸						
125									
150									
200			340	8	22	295			
250	273	328	395	12	22	350			
300	324	378	445	12	22	400			
350	356	438	505	16	22	460			
400	407	489	565	16	26	515			
450	458	539	615	20	26	565			
500	508	594	670	20	26	620			
600	610	695	780	20	30	725			
700	712	810	895	24	30	840	使用 PN25 的尺寸	使用 PN25 的尺寸	
800	813	917	1 015	24	33	950			
900	915	1 017	1 115	28	33	1 050			
1 000	1 016	1 124	1 230	28	36	1 160			
1 200	1 220	1 341	1 455	32	39	1 380			
1 400	1 420	1 548	1 675	36	42	1 590			
1 600	1 620	1 772	1 915	40	48	1 820			
1 800	1 820	1 972	2 115	44	48	2 020			
2 000	2 020	2 182	2 325	48	48	2 230			
2 200	2 220	2 385							
2 400	2 420	2 595							
2 600	2 620	2 795							
2 800	2 820	3 015							
3 000	3 020	3 230							

1) 榫槽面垫片除外。

2) 此种垫片也适用于具有 4 个螺栓孔的法兰。

表 12-7　PN16 法兰用垫片尺寸

mm

公称通径 DN	垫片内径[1]	IEC 垫片外径	全平面垫片 外径	孔数	孔径	螺栓中心圆直径	凹凸面外径	榫槽面 内径	外径
10	使用 PN10 的尺寸	使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸				使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸	
15									
20									
25									
32									
40									
50									
65[2]									
80									
100	115	162	220	8	18	180			
125	141	192	250	8	18	210			
150	169	218	285	8	22	240			
200	220	273	340	12	22	295			
250	273	329	405	12	26	355			
300	324	384	460	12	26	410			
350	356	444	520	16	26	470			
400	407	495	580	16	30	525			
450	458	555	640	20	30	585			
500	508	617	715	20	33	650			
600	610	734	840	20	36	770			
700	712	804	910	24	36	840	使用 PN25 的尺寸	使用 PN25 的尺寸	
800	813	911	1 025	24	39	950			
900	915	1 011	1 125	28	39	1 050			
1 000	1 016	1 128	1 255	28	42	1 170			
1 200	1 220	1 342	1 485	32	48	1 390			
1 400	1 420	1 542	1 685	36	48	1 590			
1 600	1 620	1 765	1 930	40	55	1 820			
1 800	1 820	1 965	2 130	44	55	2 020			
2 000	2 020	2 170	2 345	48	60	2 230			

1）榫槽面垫片除外。

2）此种垫片也适用于具有 4 个螺栓孔的法兰。

表 12-8 PN20 法兰用垫片尺寸

mm

公称通径 DN	垫片内径	IBC 垫片外径	全平面垫片			
			外径	孔数	孔径	螺栓中心圆直径
15	22	46.5	90	4	16	60.5
20	27	56	100	4	16	70
25	34	65.5	110	4	16	79.5
32	43	75	120	4	16	89
40	49	81.5	130	4	16	98.5
50	61	102.5	150	4	20	120.5
65	73	121.5	180	4	20	139.5
80	89	134.5	190	4	20	152.5
100	115	172.5	230	8	20	190.5
125	141	196	255	8	22	216
150	169	221.5	280	8	22	241.5
200	220	278.5	345	8	22	298.5
250	273	338	405	12	26	362
300	324	408	485	12	26	432
350	356	449	535	12	29.5	476
400	407	513	600	16	29.5	540
450	458	548	635	16	32.5	578
500	508	605	700	20	32.5	635
600	610	716.5	815	20	35.5	749.5
650	660	773				
700	711	830				
750	762	881				
800	813	939				
850	864	990				
900	914	1 047				
950	965	1 111				
1 000	1 016	1 161				
1 050	1 067	1 218				
1 100	1 118	1 275				
1 150	1 168	1 326				
1 200	1 219	1 383				
1 250	1 270	1 435				
1 300	1 321	1 492				
1 350	1 372	1 549				
1 400	1 422	1 606				
1 450	1 473	1 663				
1 500	1 524	1 714				

表 12-9　PN25 法兰用垫片尺寸

mm

公称通径 DN	垫片内径[1]	IBC 垫片外径	全平面垫片 外径	全平面垫片 孔数	全平面垫片 孔径	全平面垫片 螺栓中心圆直径	凹凸面 外径	榫槽面 内径	榫槽面 外径
10	使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸				使用 PN40 的尺寸	使用 PN40 的尺寸	
15									
20									
25									
32									
40									
50									
65									
80									
100									
125									
150									
200	220	284	360	12	26	310			
250	273	340	425	12	30	370			
300	324	400	485	16	30	430			
350	356	457	555	16	33	490			
400	407	514	620	16	36	550			
450	458	564	670	20	36	600			
500	508	624	730	20	36	660			
600	610	731	845	20	39	770			
700	712	833	960	24	42	875	777	751	777
800	813	942	1 085	24	48	990	882	856	882
900	915	1 042	1 185	28	48	1 090	987	961	987
1 000	1 016	1 151	1 320	28	55	1 210	1 092	1 062	1 092
1 200	1 220	1 365	1 530	32	55	1 420			
1 400	1 420	1 580	1 755	36	60	1 640			
1 600	1 620	1 800	1 975	40	60	1 860			
1 800	1 820	2 002	2 195	44	68	2 070			
2 000	2 020	2 232	2 425	48	68	2 300			

1) 榫槽面垫片除外。

表 12-10 PN40 法兰用垫片尺寸

mm

公称通径 DN	垫片内径[1]	IBC 垫片外径	全平面垫片				凹凸面外径	榫槽面	
			外径	孔数	孔径	螺栓中心圆直径		内径	外径
10	18	46	90	4	14	60	34	24	34
15	22	51	95	4	14	65	39	29	39
20	27	61	105	4	14	75	50	36	50
25	34	71	115	4	14	85	57	43	57
32	43	82	140	4	18	100	65	51	65
40	49	92	150	4	18	110	75	61	75
50	61	107	165	4	18	125	87	73	87
65	77	127	185	8	18	145	109	95	109
80	89	142	200	8	18	160	120	106	120
100	115	168	235	8	22	190	149	129	149
125	141	194	270	8	26	220	175	155	175
150	169	224	300	8	26	250	203	183	203
200	220	290	375	12	30	320	259	239	259
250	273	352	450	12	33	385	312	292	312
300	324	417	515	16	33	450	363	343	363
350	356	474	580	16	36	510	421	395	421
400	407	546	660	16	39	585	473	447	473
450	458	571	685	20	39	610	523	497	523
500	508	628	755	20	42	670	575	549	575
600	610	747	890	20	48	795	675	649	675

1）榫槽面垫片除外。

表 12-11　PN50、PN110 及 PN150 法兰用垫片尺寸　mm

公称通径 DN	垫片内径[1]	IBC 垫片外径 PN50	IBC 垫片外径 PN110	IBC 垫片外径 PN150	凹凸面外径	榫槽面内径	榫槽面外径
15	22	52.5	52.5	62.5	35	25.5	35
20	27	64.5	64.5	69	43	33.5	43
25	34	71	71	77.5	51	38	51
32	43	80.5	80.5	87	63.5	47.5	63.5
40	49	94.5	94.5	97	73	54	73
50	61	109	109	141	92	73	92
65	73	129	129	163.5	105	85.5	105
80	89	148.5	148.5	166.5	127	108	127
100	115	180	192	205	157	132	157
125	141	215	240	246.5	186	160.5	186
150	169	250	265	287.5	216	190.5	216
200	220	306	319	357.5	270	238	270
250	273	360.5	399	434	324	286	324
300	324	421	456	497.5	381	343	381
350	356	484.5	491	520	413	374.5	413
400	407	538.5	564	574	470	425.5	470
450	458	595.5	612	638	533	489	533
500	508	653	682	697.5	584	533.5	584
600	610	774	790	837.5	692	641.5	692
650	660	834	866	880			
700	711	898	913	946			
750	762	952	970	1 040			
800	813	1 006	1 024	1 076			
850	864	1 057	1 074	1 136			
900	914	1 116	1 130	1 199			
950	965	1 053	1 106	1 199			
1 000	1 016	1 114	1 157	1 250			
1 050	1 067	1 164	1 219	1 301			
1 100	1 118	1 219	1 270	1 369			
1 150	1 168	1 273	1 327	1 437			
1 200	1 219	1 324	1 388	1 488			
1 250	1 270	1 377	1 448	—			
1 300	1 321	1 428	1 499	—			
1 350	1 372	1 493	1 556	—			
1 400	1 422	1 544	1 615	—			
1 450	1 473	1 595	1 666	—			
1 500	1 524	1 706	1 732	—			

1）榫槽面垫片除外。

3 螺旋缠绕式垫片

3.1 垫片类型

螺旋缠绕式垫片应为下列类型之一：

a. 装有定位环和内环的密封元件；

b. 只装有定位环的密封元件；

c. 只装有内环的密封元件；

d. 只有密封元件。

注：类型图见表 12-1。

按 ISO 7483 标准制作的螺旋缠绕式垫片可以含石棉。含石棉的材料应受法律制约，法律要求处理石棉时，要确保它们不会构成对人身健康的危害。

螺旋缠绕式垫片的典型结构见图 12-6。为了适用于 A 型或 B 型法兰密封面，密封元件应设计成能装入按表 12-12 所规定的相应的定位环。密封元件与定位环之间的间隙应使密封元件在正常操作时不会从环中掉出来。

注：1. 密封元件的金属缠绕带形状由制造厂（商）选择。

2. 垫片材料由制造厂（商）选择以适应操作条件。因此，用户有责任在询价或订货单中详细说明工作条件。

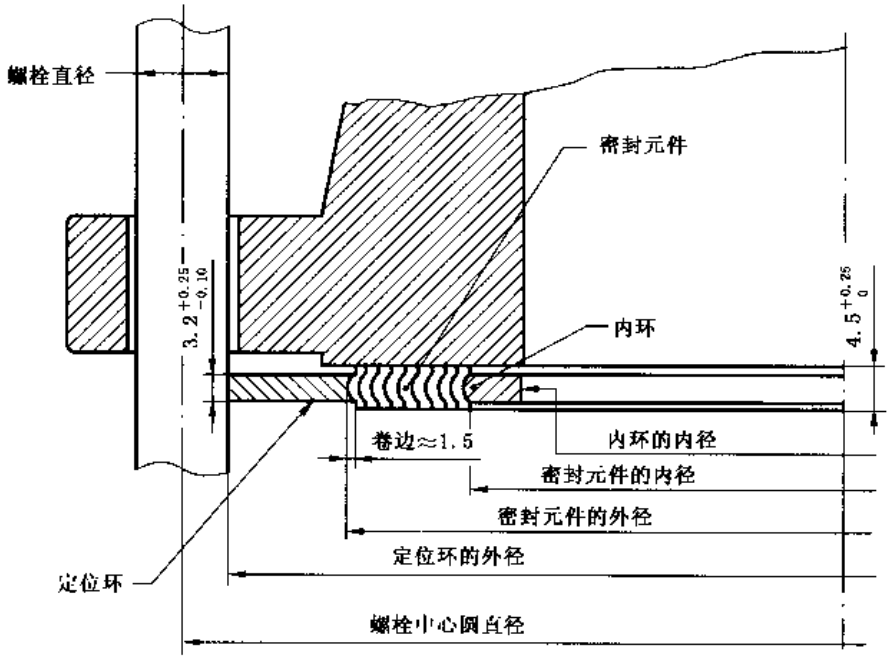


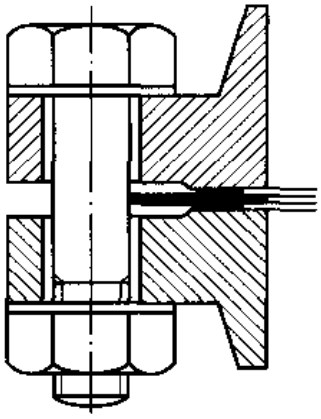
图 12-6 装有定位环及内环的螺旋缠绕式垫片的典型结构
（适用于 DN 1 000 及其以下规格的 B 型法兰密封面）

3.2　与法兰密封面相配的垫片类型

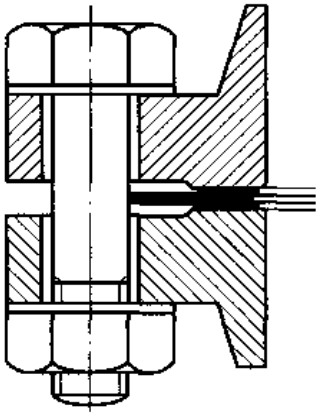
3.2.1　对于 A 型(全平面)或 B 型(突平面)法兰密封面

所有垫片应装有定位环，PN150、PN260 和 PN420bar 的垫片以及所有含聚四氟乙烯(PTFE)的垫片应装有内环。标准推荐 PN20、PN25、PN40、PN50 和 PN110 bar 的垫片使用内环；对于 PN10 和 PN16 bar 法兰用垫片也可以配备内环。对于 PN10、PN16、PN20、PN25、PN40、PN50 或 PN110 bar 的垫片，如果需要带内环，用户应在订货单或询价单中详细说明。

与 A 型和 B 型法兰密封面配合使用的两种垫片型式见图 12-7。



a) 装有定位环和内环的密封元件(推荐型)



b) 装有定位环的密封元件

图 12-7　用于 A 型或 B 型法兰密封面的垫片

3.2.2　对于 C/D 型(榫面和槽面)法兰密封面

只能使用密封元件。与 C/D 型法兰密封面配合使用的垫片型式见图 12-8。

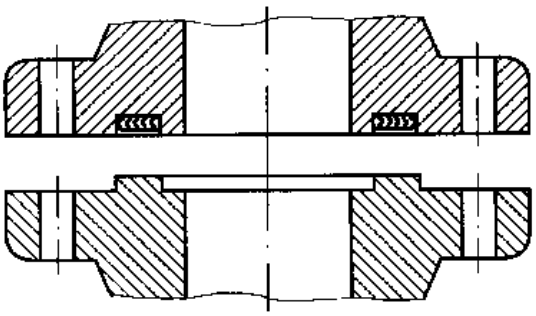
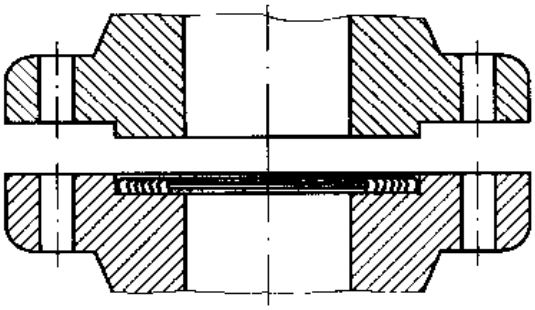


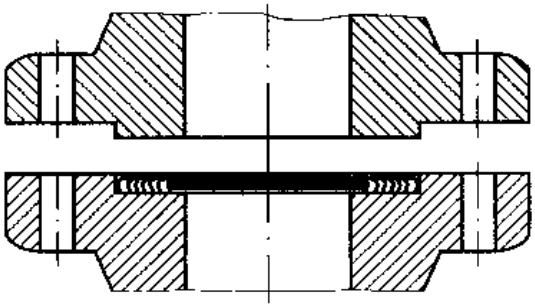
图 12-8 用于 C/D 型法兰密封面的垫片

3.2.3 对于 E/F 型(凹面和凸面)法兰密封面

只能使用密封元件或使用装有内环的密封元件。如果要求装内环,用户应在定货单或询价单中进行说明。E/F 型法兰密封面用垫片型式见图 12-9。



a) 仅装有密封元件



b) 装有密封元件及内环

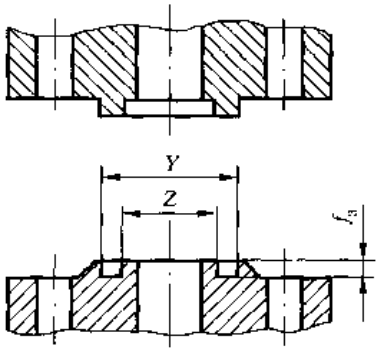
图 12-9 用于 E/F 型法兰密封面的垫片

3.3 垫片尺寸

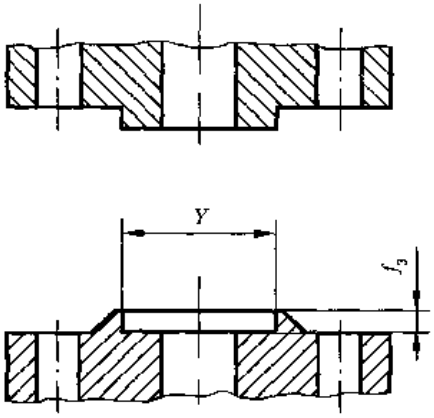
3.3.1 用于 A 型及 B 型法兰密封面的垫片尺寸见表 12-12。垫片的总厚度(含填充料)应按图 12-6 的规定。对于垫片规格小于及等于 DN1000 者,其总厚度应不超过 5.2 mm;对于垫片规格大于 DN1000 者,其总厚度应不超过 7.5 mm。对于图 12-6 中所规定的垫片的厚度是适用于垫片规格小于和等于 DN1000 的优先尺寸。

3.3.2　用于 C/D 型及 E/F 型法兰密封面的垫片，其相配法兰密封面的结构型式见图 12-10，法兰密封面尺寸见表 12-13。

3.3.3　用于 E/F 型法兰密封面的装有内环的垫片（见图 12-9b），其内环的最小内径见表 12-12。



a）榫槽面



b）凹凸面

图 12-10　法兰密封面：榫槽面（C/D 型）及凹凸面（E/F 型）

表 12-12 缠绕式

公称通径 DN	定位环外径[1),2)]									
	PN10	PN16	PN20	PN25	PN40	PN50	PN110	PN150	PN260	PN420
10	48	48	—	48	48					
15	53	53	46.5	53	53	52.5	52.5	62.5	62.5	69
20	63	63	56	63	63	66.5	66.5	69	69	75
25	73	73	65.5	73	73	73	73	77.5	77.5	84
32	84	84	75	84	84	82.5	82.5	87	87	103
40	94	94	84.5	94	94	94.5	94.5	97	97	116
50	109	109	104.5	109	109	111	111	141	141	144.5
65	129	129	123.5	129	129	129	129	163.5	163.5	167
80	144	144	136.5	144	144	148.5	148.5	166.5	173	195.5
100	164	164	174.5	170	170	180	192	205	208.5	234
125	194	194	196	196	196	215	240	246.5	253	279
150	220	220	221.5	226	226	250	265	287.5	281.5	316.5
200	275	275	278.5	286	293	306	319	357.5	351.5	386
250	330	331	338	343	355	360.5	399	434	434.5	475.5
300	380	386	408	403	420	421	456	497.5	519.5	547
350	440	446	449	460	477	484.5	491	520	579	
400	491	498	513	517	549	538.5	564	574	641	
450	541	558	548	567	574	595.5	612	638	702.5	
500	596	620	605	627	631	653	682	697.5	756	
600	698	737	716.5	734	750	774	790	837.5	900.5	
650		—	773			834	866	880		
700	813	807	830	836		898	913	946		
750		—	881			952	970	1 040		
800	920	914	939	945		1 006	1 024	1 076		
850	—		990	—		1 057	1 074	1 136		
900	1 020	1 014	1 047	1 045		1 136	1 130	1 199		
950			1 111			1 053	1 106	1 199		
1 000			1 161			1 114	1 157	1 250		
1 050			1 218			1 164	1 219	1 301		
1 100			1 275			1 219	1 270	1 369		
1 150			1 326			1 273	1 327	1 437		
1 200			1 383			1 324	1 388	1 488		
1 250			1 435			1 377	1 448			
1 300			1 492			1 428	1 499			
1 350			1 549			1 493	1 556			
1 400			1 606			1 544	1 615			
1 450			1 663			1 595	1 666			
1 500			1 714			1 706	1 732			

1) 适用于 ISO 7005-1、ISO 7005-2 及 ISO 7005-3 的米制螺栓。

2) 对于公称通径 DN 小于等于 600，外径公差为 $^{0}_{0.8}$；对于公称通径 DN 大于 600，外径公差为 $^{0}_{-1.5}$。

垫片尺寸

mm

密封元件外径 max						带内环垫片用密封元件内径 min					内环内径 min
											PN 20 PN 50
	PN 10 PN 16 PN 25				PN 260		PN 10 PN 16 PN 25	PN 50 PN 110 PN 150		PN 10 PN 16 PN 25	PN 110 PN 150 PN 260
PN20	PN 40	PN 50	PN 110	PN 150	PN 420	PN 20	PN 40	PN 260	PN 420	PN 40	PN 420
—	36.4		—	—	—		23.6	—	-	15	—
32.4	40.4	32.4	32.4	32.4	32.4	18.7	27.6	18.7	18.7	19	14.3
40.1	47.4	40.1	40.1	40.1	40.1	26.6	33.6	25	25	24	20.6
48	55.4	48	48	48	48	32.9	40.6	31.4	31.4	30	27
60.9	66.4	60.9	60.9	60.9	60.9	45.6	49.6	44.1	39.3	39	34.9
70.4	72.4	70.4	70.4	70.4	70.4	53.6	55.6	50.4	47.2	45	41.3
86.1	86.4	86.1	86.1	86.1	86.1	69.5	67.6	66.3	58.3	56	52.4
98.9	103.4	98.9	98.9	98.9	98.9	82.2	83.6	79	69.5	72	63.5
121.1	117.4	121.1	121.1	121.1	121.1	101.2	96.6	94.9	91.7	84	77.8
149.6	144.4	149.6	149.6	149.6	149.6	126.6	122.6	120.3	117.1	108	103
178.4	170.4	178.4	178.4	178.4	178.4	153.6	147.6	147.2	142.5	133	128.5
210	200.4	210	210	210	210	180.6	176.6	174.2	171.1	160	154
263.9	255.4	263.9	263.9	263.9	263.9	231.4	228.6	225	215.5	209	203.2
317.9	310.4	317.9	317.9	317.9	317.9	286.9	282.6	280.6	269.5	262	254
375.1	360.4	375.1	375.1	375.1	375.1	339.3	331.6	333	323.5	311	303.2
406.8	405.4	406.8	406.8	406.8	406.8	371.1	374.6	364.7	—	355	342.9
464	458.4	464	464	464	464	421.9	425.6	415.5		406	393.7
527.5	512.4	527.5	527.5	527.5	527.5	475.9	476.6	469.5	—	452	444.5
578.3	566.4	578.3	578.3	578.3	578.3	526.7	527.6	520.3	—	508	495.3
686.2	675.4	686.2	686.2	686.2	686.2	631.4	634.6	625.1		610	596.9
737.3	—	737.3	737.3	737.3		660	—	660		—	660
788.3	778.5	788.3	788.3	788.3		711	734	711		710	711
845.3	—	845.3	845.3	845.3		762		762			762
896.3	879.5	896.3	896.3	902.5		813	835	813		811	813
946.8	—	946.8	946.8	953.3		864		864		—	864
997.8	980.5	997.8	1 004.3	1 010.5		914	933	914		909	914
1 018		1 018	1 042.6	1 087.1		965		965			965
1 071.1		1 071.1	1 098.5	1 150.6		1 016		1 016			1 016
1 131.5		1 131.5	1 156.9	1 201.4		1 067		1 067			1 067
1 182.3		1 182.3	1 214.1	1 258.5		1 118		1 118			1 118
1 229		1 229	1 264.9	1 322		1 168		1 168			1 168
1 287.1		1 287.1	1 322	1 372.8		1 219		1 219			1 219
1 349.4		1 347.4	1 372.8			1 270		1 270			1 270
1 398.2		1 398.2	1 423.6			1 321		1 321			1 321
1 455.4		1 455.4	1 480.8			1 371		1 371			1 371
1 506.2		1 506.2	1 531.6			1 422		1 422			1 422
1 563.3		1 563.3	1 588.7			1 475		1 473			1 473
1 614.1		1 614.1	1 645.9			1 524		1 524			1 524

表 12-13 榫槽面(C/D 型)及凹凸面(E/F 型)法兰密封面尺寸 mm

公称通径 DN	法兰面尺寸					
	Y	Z	f_3	Y	Z	f_3
	PN10,PN16,PN25,PN40			PN20, PN50, PN110,PN150, PN260,PN420		
10	35	23	3	—	—	—
15	40	28	3	36.5	24	5
20	51	35	3	44.5	32	5
25	58	42	3	52.5	36.5	5
32	66	50	3	65	46	5
40	76	60	3	74.5	52.5	5
50	88	72	3	93.5	71.5	5
65	110	94	3	106.5	84	5
80	121	105	3	128.5	106.5	5
100	150	128	3.5	159	130.5	5
125	176	154	3.5	187.5	159	5
150	204	182	3.5	217.5	189	5
200	260	238	3.5	271.5	236.5	5
250	313	291	3.5	325.5	284.5	5
300	364	342	3.5	382.5	341.5	5
350	422	394	4	414.5	373	5
400	474	446	4	471.5	424	5
450	524	496	4	535	487.5	5
500	574	548	4	586	532	5
600	676	648	4	694	640	5
700	778	750	4			
800	883	853	4			
900	988	960	4			
1 000	1 094	1 060	5			

注：1. Y 为槽外径；Z 为槽内径；f_3 为槽深度。

2. 适应这些槽尺寸的垫片内、外径取决于各个制造厂的垫片特性。

4 金属环连接垫片

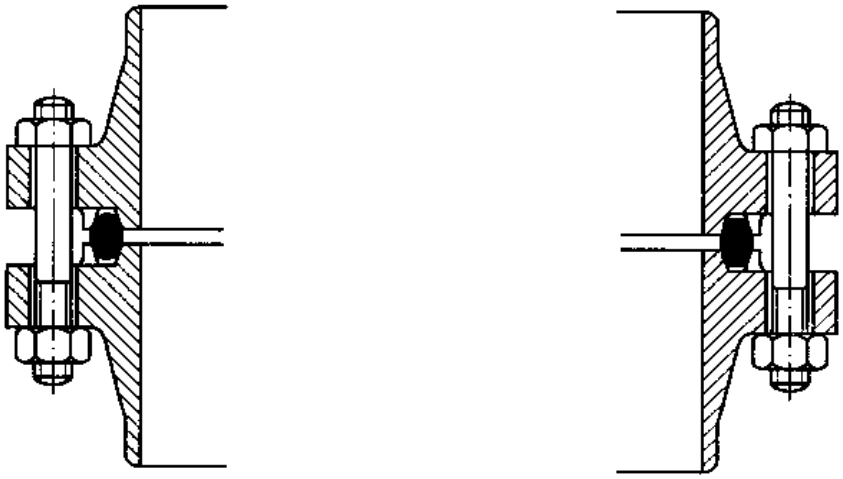
4.1 垫片类型

与 J 型(环连接)法兰密封面配合使用的金属垫片的横截面形状(见图 12-11)为：

a. 八角形；或

b. 椭圆形。

图 12-11 所示的法兰连接表明了八角形和椭圆形环连接垫片。如果用户需要特殊截面形状的环连接垫片时，应在询价和/或订货单中说明。



a) 椭圆形　　b) 八角形

图 12-11　装入后的金属环连接垫片详图

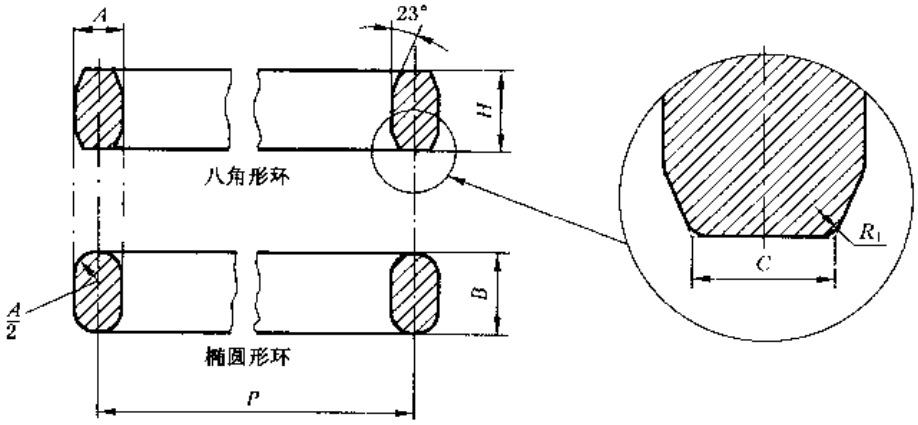
4.2　垫片尺寸和公差

4.2.1　垫片尺寸

金属环连接垫片尺寸见图 12-12 和表 12-14。法兰槽和垫片的尺寸应为：当连接装配在一起时，两法兰便分开。对于每一公称压力(PN)标记的法兰，其分开的大致距离在 ISO 7005-1 的相应表格中给出。

4.2.2　垫片尺寸公差

环连接垫片的尺寸公差见图 12-12 和表 12-15。当出现小的锻造飞边时，如它所处的位置不妨碍环在槽内的正常密封，则是允许的。



R_1 = 1.6 mm(环宽 $A \leqslant 22.3$ mm)；

R_1 = 2.4 mm(环宽 $A > 22.3$ mm)。

图 12-12　金属环连接垫片尺寸

表 12-14 金属环连接垫片标志号及尺寸

mm

公称通径 DN					环标志号	平均节径 P	环宽 A	环高		八角形环的平面宽度 C
PN20	PN50 及 PN110	PN150	PN260	PN420				椭圆形 B	八角形 H	
	15	--		--	R.11	34.13	6.35	11.11	9.53	4.32
		15	15		R.12	39.69	7.94	14.29	12.7	5.23
	32			15	R.13	42.34	7.94	14.29	12.7	5.23
		20	20		R.14	44.45	7.94	14.29	12.7	5.23
25			-		R.15	47.63	7.94	14.29	12.7	5.23
	25	25	25	20	R.16	50.8	7.94	14.29	12.7	5.23
32			--		R.17	57.15	7.94	14.29	12.7	5.23
	32	32	32	25	R.18	60.33	7.94	14.29	12.7	5.23
40			--		R.19	65.09	7.94	14.29	12.7	5.23
	40	40	40		R.20	68.26	7.94	14.29	12.7	5.23
			--	32	R.21	72.24	11.11	17.46	15.88	7.75
50				-	R.22	82.55	7.94	14.29	12.7	5.23
	50	--		40	R.23	82.55	11.11	17.46	15.88	7.75
		50	50	--	R.24	95.25	11.11	17.46	15.88	7.75
65			--		R.25	101.6	7.94	14.29	12.7	5.23
	65			50	R.26	101.6	11.11	17.46	15.88	7.75
		65	65		R.27	107.95	11.11	17.46	15.88	7.75
				65	R.28	111.13	12.7	19.05	17.46	8.66
80		--		-	R.29	114.3	7.94	14.29	12.7	5.23
	80	-			R.30	117.48	11.11	17.46	15.88	7.75
	80	80		-	R.31	123.83	11.11	17.46	15.88	7.75
				80	R.32	127	12.7	19.05	17.46	8.66
			80		R.35	136.53	11.11	17.46	15.88	7.75
100					R.36	149.23	7.94	14.29	12.7	5.23
	100	100			R.37	149.23	11.11	17.49	15.88	7.75
				100	R.38	157.16	15.88	22.23	20.64	10.49
			100	--	R.39	161.93	11.11	17.46	15.88	7.75
125			-	-	R.40	171.45	7.94	14.29	12.7	5.23

续表 12-14　　mm

公称通径 DN					环标志号	平均节径 P	环宽 A	环高		八角形环的平面宽度 C
PN20	PN50 及 PN110	PN150	PN260	PN420				椭圆形 B	八角形 H	
—	125	125			R.41	180.98	11.11	17.46	15.88	7.75
			—	125	R.42	190.5	19.05	25.4	23.81	12.32
150			—	—	R.43	193.68	7.94	14.29	12.7	5.23
		—	125		R.44	193.68	11.11	17.46	15.88	7.55
	150	150	—		R.45	211.14	11.11	17.46	15.88	7.75
—	—	—	150		R.46	211.14	12.7	19.05	17.46	8.66
		—	—	150	R.47	228.6	19.05	25.1	23.81	12.32
200	—	—	—		R.48	247.65	7.91	14.29	12.7	5.23
—	200	200	—		R.49	269.88	11.11	17.46	15.88	7.75
—	—		200	—	R.50	269.88	15.88	22.23	20.64	10.49
—	—	—		200	R.51	279.4	22.23	28.58	26.99	14.81
250		—	—		R.52	304.8	7.94	14.29	12.7	5.23
—	250	250	—		R.53	323.85	11.11	17.16	15.88	7.75
		—	250		R.54	323.85	15.88	22.23	20.64	10.49
		—	—	250	R.55	342.9	28.58	36.51	34.93	19.81
300		—	—		R.56	381	7.94	14.29	12.7	5.23
—	300	300	—		R.57	381	11.11	17.46	15.88	7.75
—		—	300		R.58	381	22.23	28.58	26.99	14.81
350			—		R.59	396.88	7.94	14.29	12.7	5.23
	—			300	R.60	406.4	31.75	39.69	38.1	22.33
	350	—		—	R.61	419.1	11.11	17.46	15.88	7.75
—		350	—		R.62	419.1	15.88	22.23	20.64	10.49
—		—	350		R.63	419.1	25.4	33.34	31.75	17.3
400		—		—	R.64	454.03	7.94	14.29	12.7	5.23
	400		—	—	R.65	469.9	11.11	17.46	15.88	7.75
	—	400		—	R.66	469.9	15.88	22.23	20.64	10.49
—			400		R.67	469.9	28.58	36.51	34.93	19.81
450	—		—		R.68	517.53	7.94	14.29	12.7	5.23

续表 12-14

mm

公称通径 DN					环标志号	平均节径 P	环宽 A	环高		八角形环的平面宽度 C
PN20	PN50 及 PN110	PN150	PN260	PN420				椭圆形 B	八角形 H	
	450			—	R.69	533.4	11.11	17.46	15.88	7.75
—	—	450	—	—	R.70	533.4	19.05	25.4	23.81	12.32
			450		R.71	533.4	28.58	36.51	34.93	19.81
500		—	—	—	R.72	558.8	7.94	14.29	12.7	5.23
	500	—	—	—	R.73	584.2	12.7	19.05	17.46	8.66
—	—	500	—		R.74	584.2	19.05	25.4	23.81	12.32
—	—		500		R.75	584.2	31.75	39.69	38.1	22.33
—	550	—	—		R.81	635	14.29		19.1	9.6
—	650	—	—		R.93	749.3	19.1		23.8	12.3
	700	—			R.94	800.1	19.1		23.8	12.3
—	750			—	R.95	857.25	19.1		23.8	12.3
	800	—	—	—	R.96	914.4	22.2		27	14.8
	850	—	—		R.97	965.2	22.2		27	14.8
	900	—			R.98	1 022.35	22.2		27	14.8
	—	650			R.100	749.3	28.6		34.9	19.8
	—	700		—	R.101	800.1	31.7		38.1	22.3
—		750	—	—	R.102	857.25	31.7		38.1	22.3
		800	—		R.103	914.4	31.7		38.1	22.3
		850	—	—	R.104	965.2	34.9		41.3	24.8
	—	900		—	R.105	1 022.35	34.9		41.3	24.8
600		—	—		R.76	673.1	7.94	14.29	12.7	5.23
—	600		—	—	R.77	692.15	15.88	22.23	20.54	10.49
	—	600	—	—	R.78	692.15	25.4	33.34	31.75	17.3
	—		600	—	R.79	692.15	34.93	44.45	41.28	24.82

1）仅适用于搭接管端的松套带颈法兰的环连接（15 型法兰）；

2）适用于搭接管端的松套带颈法兰以外的法兰。

表 12-15 环垫尺寸公差

符 号	名 称	极限偏差
P	环的平均节径	±0.8 mm
A	环的高度	±0.2 mm
B 及 H	环的高度[1]	±0.4 mm
C	八角形环的平面宽度 角度 23°	±0.2 mm ±30′
R_1	环的半径	±0.4 mm

1) 只要任意给定环的高度的偏差在其整个圆周范围内不超过 0.4 mm，垫片高度（B 或 H）的极限偏差可为 −1.2 mm。

4.3 垫片表面特征

当用标准粗糙度比较样块通过视觉或触觉比较测定时，八角形垫片的 23°表面及椭圆形垫片接触表面的表面粗糙度值见表 12-16。

表 12-16 环面的表面粗糙度 μm

Ra	Rz
≤1.6	≤6.3

注：Ra 及 Rz 按 ISO 468 的规定。

4.4 标识号

对于表 12-14 中所规定的金属环连接垫片，应该标有 R 字母的数字标识号。

4.5 标志

每个环垫的外表面应做以下内容的标志：

a. 制造厂名或商标；

b. 前面有 R 字母的垫片标识号；

c. 材料标志。

当使用 4.6 条中所列的材料时，应采用所规定的材料标志代号。做标志不应损害接触表面或使垫片产生有害变形。

4.6 金属环连接垫片的典型材料

金属环连接垫片的典型材料及其推荐的最大硬度值见表 12-17。当使用所列的材料时，也应使用所给定的相应标志代号（见上面的 4.5 条）。

垫片材料的硬度值应低于法兰材料的硬度值，以确保紧密连接。然而，对某些合金钢，金属环连接垫片的硬度值不大可能低于法兰材料的硬度值。例如，不锈钢合金法兰，热处理后若具有最佳耐腐蚀性，就应与用同一材料制成的垫片具有相同的硬度等级，并退火至最低硬度。

表 12-17 环连接垫片的硬度值及材料标志代号

金属环连接垫片材料	推荐最大硬度		标志代号
	布氏[1] HB	洛氏[2] HRB	
软铁	90	56	D
低碳钢	120	68	S
含 4%至 6%铬/0.5%钼钢	130	72	F5[3]
410 号钢	170	86	S410
304 号钢	160	83	S304
316 号钢	160	83	S316
321 号钢	160	83	S321
347 号钢	160	83	S347
316Ti 号钢	160	83	S316Ti

1) 布氏硬度用 3 000 kg 载荷测量，软铁除外(软铁用 500 kg 载荷测量)。

2) 洛氏硬度用 100 kg 载荷及用直径为 1.59 mm 的钢球测量。

3) F5 标志仅仅表示 ASTM A182/A182M 87a 化学成分要求。

5 非金属包覆垫片

5.1 垫片类型

非金属包覆垫片类型见图 12-13。

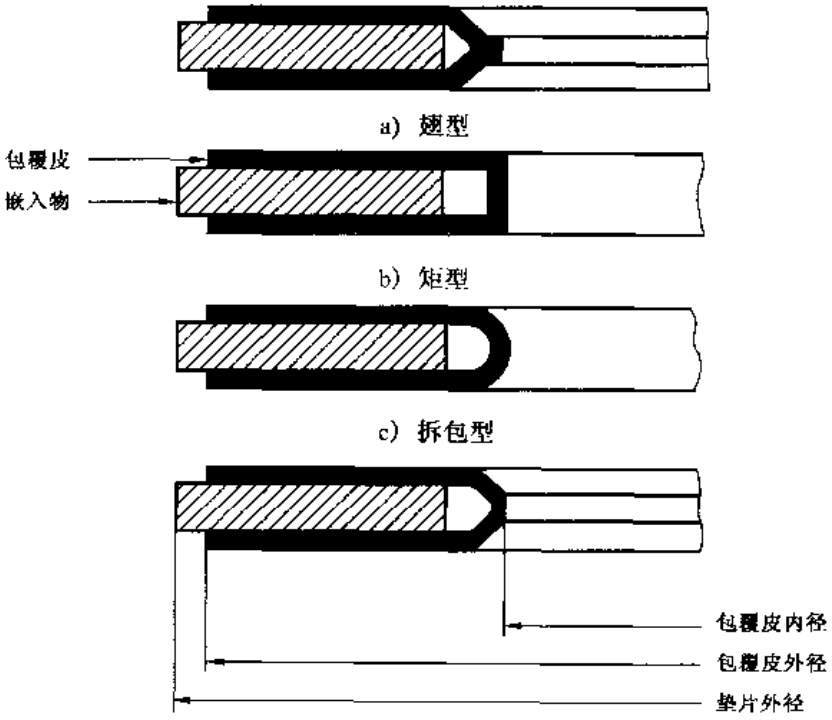


图 12-13 非金属包覆垫片

垫片包覆皮通常用PTFE制成，而嵌入物通常用压缩纤维结合板（包括石棉）加工而成，也可使用适合于特殊用途的其他材料制成。对于每一种类型的垫片，只适用于一定公称通径（DN）及公称压力（PN）的法兰，并取决于制造条件。

对于含石棉的材料，应受到法律制约，法律要求提请注意，在处理这种材料时，应确保这些材料不会构成对人身健康的危害。

5.2　垫片应用

垫片应适用于A型（全平面）或B型（突面）法兰密封面。

5.3　垫片尺寸

非金属包覆垫片的尺寸见表12-18。

表12-18　非金属包覆垫片尺寸　mm

公称通径 DN	包覆皮内径 min	包覆皮外径 min	垫片外径						
			PN6	PN10	PN16	PN20	PN25	PN40	PN50
10	18	36	39	46	46	-	46	46	--
15	22	40	44	51	51	46.5	51	51	52.5
20	27	50	54	61	61	56	61	61	66.5
25	34	60	64	71	71	65.5	71	71	73
32	43	70	76	82	82	73	82	82	82.5
40	49	80	86	92	92	84.5	92	92	94.5
50	61	92	96	107	107	104.5	107	107	111
65	77	110	116	127	127	123.5	127	127	129
80	89	126	132	142	142	136.5	142	142	148.5
100	115	151	152	162	162	174.5	168	168	180
125	141	178	182	192	192	196	194	194	215
150	169	206	207	218	218	221.5	224	224	250
200	220	260	262	273	273	278.5	284	290	306
250	273	314	317	328	329	338	340	352	360.5
300	324	365	373	378	384	408	400	417	421
350	356	412	423	438	444	449	457	474	484.5
400	407	469	473	489	495	513	514	546	538.5
450	458	528	528	539	555	548	564	571	595.5
500	508	578	578	594	617	605	621	628	653
600	610	679	679	695	734	716.5	731	747	774

6 波纹形、扁平形或齿形金属垫片及带填料的金属垫片

6.1 垫片类型

垫片应为下列类型之一：

a. 带填料的波纹形金属垫片或带填料的波纹形包覆金属垫片；

b. 波纹形金属垫片；

c. 带或不带附加垫片材料层的齿形金属垫片；

d. 带填料的扁平包覆金属垫片；

e. 实体扁平金属垫片。

带填料的波纹形金属垫片或带填料的波纹形金属包覆垫片，带或不带附加垫片材料层的齿形金属垫片和带填料的扁平金属包覆垫片可以含有石棉。含石棉材料应受法律制约，法律要求在处理它们时应保证它们不造成对健康的危害。

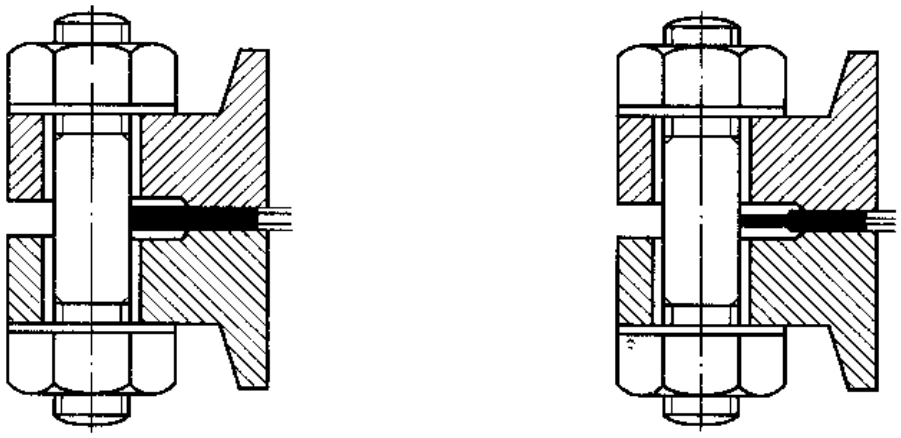
垫片材料可由制造厂选择以适应操作条件。因此，用户有责任在询价单及/或订单中规定操作条件。

6.2 垫片型式

垫片应适用于 A 型(全平面)或 B 型(突面)法兰(见图 12-14)，并应为下列型式中的任一种：

a. 自动定位的；

b. 装有一个定位环的。



a) 自动定位垫片　　b) 装有一个定位环的垫片

注：图形所示为 B 型突面密封面法兰。

图 12-14 A 型或 B 型法兰密封面用垫片

6.3 垫片尺寸

波纹形、扁平形或齿形金属垫片及带填料的金属垫片的尺寸见表 12-19。

表 12-19　波纹形、扁平形或齿形金属垫片及带填料的金属垫片尺寸　mm

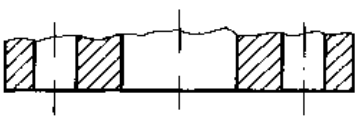
公称通径 DN	垫片内径 min		垫片外径[1]									
	PN10 PN16 PN25 PN10	PN20 PN50 PN110 PN150 PN260 PN420	PN10	PN16	PN20	PN25	PN40	PN50	PN110	PN150	PN260	PN420
10	18	—	48	48		48	48		—	—	—	—
15	22	22	53	53	46.5	53	53	52.5	52.5	62.5	62.5	69
20	27	27	63	63	56	63	63	66.5	66.5	69	69	75
25	34	34	73	73	65.5	73	73	73	73	77.5	77.5	84
32	43	43	84	84	75	84	84	82.5	82.5	87	87	103
40	49	49	94	94	84.5	94	94	94.5	94.5	97	97	116
50	61	61	109	109	104.5	109	109	111	111	111	141	144.5
65	77	73	129	129	123.5	129	129	129	129	163.5	163.5	167
80	89	89	144	144	136.5	144	144	148.5	148.5	166.5	173	195.5
100	115	115	164	164	174.5	170	170	180	192	205	208.5	234
125	141	141	194	194	196	196	196	215	240	246.5	253	279
150	169	169	220	220	221.5	226	226	250	265	287.5	281.5	316.5
200	220	220	275	275	278.5	286	293	306	319	357.5	351.5	386
250	273	273	330	331	338	343	355	360.5	399	434	434.5	475.5
300	324	324	380	386	408	403	420	421	456	497.5	519.5	547
350	356	356	440	446	449	460	477	484.5	491	520	579	—
400	407	407	491	498	513	517	549	538.5	564	574	641	—
450	458	458	541	558	548	567	574	595.5	612	638	702.5	—
500	508	508	596	620	605	627	631	653	682	697.5	756	—
600	610	610	698	737	716.5	734	750	774	790	837.5	900.5	—
700	712	—	813	807	—	836		—	—	—	—	—
800	813	—	920	914	—	945	—				—	—
900	915		1 020	1 014		1 045	—			—	—	—

1) 垫片外径等于螺栓中心圆直径减去螺栓直径。

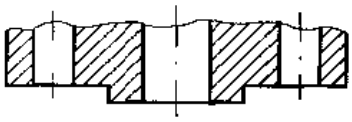
7 标准的参考附录

7.1 与垫片相适应的法兰密封面型式

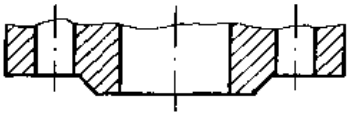
按 ISO 7005-1、ISO 7005-2 和 ISO 7005-3 所规定的法兰密封面型式见图 12-15。



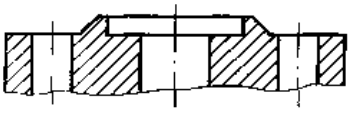
A 型：全平面



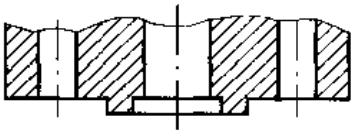
E 型：凸插面



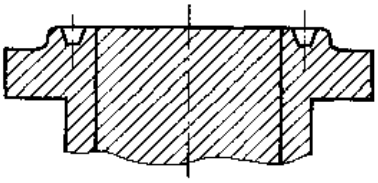
B 型：突平面



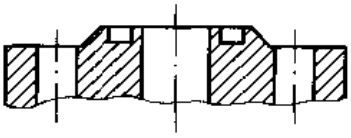
F 型：凹槽面



C 型：榫面



J 型：环连接面



D 型：槽面

图 12-15 按 ISO 7005-1、ISO 7005-2 和 ISO 7005-3 所规定的法兰密封面型式

7.2 由用户提供的信息资料

当按此国际标准订购垫片时，用户应提供下列资料：

7.2.1 通用资料

a. 本国际标准号，即 ISO 7483；

b. 垫片类型(见第 2～6 节)；

c. 公称通径，例如 DN 100；

d. 公称压力，例如 PN25；

e. 预期工作条件。

7.2.2 对于非金属平垫片

除上述 7.2.1 条规定的通用资料外，还应提供以下资料：

a. 垫片型式(见 2.2 条)；

b. 厚度(见表 12-3)；

c. 材料。

7.2.3　对于螺旋缠绕式垫片

除上述7.2.1条规定的通用资料外，还应提供以下资料：

a. 垫片类型(见3.1条)；

b. 对于A型或B型法兰密封面用PN10、PN16、PN20、PN25、PN40、PN50或PN110垫片，是否需要带内环(见3.2.1条)；

c. 对于E/F型法兰密封面垫片，是否需要带内环(见3.2.3条)。

7.2.4　对于金属环连接垫片

除上述7.2.1条规定的通用资料外，还应提供以下资料：

a. 是需要八角形还是需要椭圆形垫片(见4.1条)；

b. 环的标志号(见表12 14)；

c. 材料(见4.6条)。

7.2.5　对于非金属包覆垫片

除上述7.2.1条规定的通用资料外，还应提供以下资料：

a. 垫片类型(见5.1条)；

b. 材料。

7.2.6　对于波纹形、扁平形或齿形金属垫片及带填料的金属垫片

除上述7.2.1条规定的通用资料外，还应提供以下资料：

a. 垫片类型(见6.1条)；

b. 垫片型式(见6.2条)。

第13章 美国垫片标准

美国管道法兰用垫片标准有两个：一个是管法兰用非金属平垫片标准；另一个是管法兰用环连接式、螺旋缠绕式及夹套式金属垫片标准。两个标准均为美国国家标准，由美国ASME(美国机械工程师学会)对标准技术性负责解释。

1 管法兰用非金属平垫片(ASME B 16.21—1992)

ASME B 16.21—1992《管法兰用非金属平垫》标准是ANSI B 16.21—1978的修订版，它是美国国家标准学会(ANSI)于1992年3月16日批准为美国国家标准的最新标准。

1.1 适用范围

垫片标准系指管道中螺栓法兰连接用非金属平垫片，包括：

a. 型式和规格；

b. 材料；

c. 尺寸和允许公差。

1.2 型式

垫片及适用于法兰密封面的型式为：

a. 全平面型垫片：适用于全平面密封面法兰；

b. 平环型垫片：适用于突面密封面法兰。

1.3 规格

表中给定尺寸的法兰规格包括在1.5.3条所列各标准中。这些规格按ANSI/ASME B 36.10 M《焊接和无缝轧制钢管》的规定，以公称管径(NPS)表示。

1.4 材料

1.4.1 成分

垫片应由有弹性的或柔韧性的材料制作。可以采用金属作为加强材料或填充材料。

1.4.2 使用要求

对于特定的使用条件，选择合适的材料是用户的责任。用户应根据有关标准(见1.5.3条)的要求和有关实用规范或政府法规的要求来进行。所选材料应与流体介质以及压力/温度条件相适应。

1.5 垫片尺寸

1.5.1 厚度

垫片厚度的选择由用户负责，应考虑到垫片材料的性能及给定的使用条件。

1.5.2　直径

表列的直径按以下原则确定：

a. 平环垫片的外径等于螺栓中心圆直径减去螺栓直径，以使垫片能以法兰螺栓定中心；

b. 全平面垫片的外径等于法兰外径；

c. 所有的垫片，其内径等于 ANSI/ASME B 36.10 M 所规定的管子外径。

1.5.3　尺寸表

下列各个引用法兰标准都给出了所用垫片尺寸表。

1.5.3.1　ASME/ANSI B 16.1《铸铁法兰及法兰管件》

a. 表 13-1(25 磅级)和表 13-2(125 磅级)给出了平环垫片和全平面垫片的尺寸；

b. 表 13-3 给出了 250 磅级的平环垫片尺寸。

1.5.3.2　ASME/ANSI B 16.5《管法兰及法兰管件》

a. 表 13-4 给出了 150 磅级平环垫片及全平面垫片的尺寸；

b. 表 13-5 给出了 300、400、600 和 900 磅级平环垫片的尺寸；

c. 表 13-4 及表 13-5 的尺寸也适用于法兰连接的阀门(ASME/ANSI B 16.34《阀门——法兰连接，螺纹连接和焊接连接端部》)。

1.5.3.3　ASME B 16.24《铸铜合金管法兰及法兰管件》

表 13-6 给出了 150 和 300 磅级全平面垫片尺寸。

1.5.3.4　ASME B 16.47《大直径钢法兰》

a. 表 13-7 给出了 150、300、400 和 600 磅级 A 系列(以前的 MSS SP-44《钢制管线法兰》)法兰的平环垫片尺寸；

b. 表 13-8 给出了 75、150、300、400 和 600 磅级 B 系列(以前的 API 605《大直径碳钢法兰》)法兰用平环垫片尺寸。

1.5.3.5　MSS SP-51《150 磅级 LW 耐腐蚀铸造法兰和法兰管件》

a. 表 13-9 给出了全平面垫片的尺寸；

b. 表 13-9 也适用于 MSS SP-12《150 磅级法兰连接的耐腐蚀闸阀、环阀、角阀及止回阀》。

1.6　公差

1.6.1　外径公差

对于 NPS12 和小于 NPS12：$^{0}_{-0.06}$in。

对于 NPS14 和大于 NPS14：$^{0}_{-0.12}$in。

1.6.2　内径公差

对于 NPS12 和小于 NPS12：±0.06in。

对于 NPS14 和大于 NPS14：±0.12in。

1.6.3　螺栓孔中心圆直径偏差为±0.06in.；相邻两螺栓孔中心距偏差为±0.03in.。

表 13-1 25 磅级铸铁管法兰及法兰管件用垫片尺寸(ASME/ANSI B 16.1) in.

公称管径	垫片内径	平环垫片外径	全平面垫片			
			外径	孔数	孔直径	螺栓圆直径
4	4.50	6.88	9.00	8	0.75	7.50
5	5.56	7.88	10.00	8	0.75	8.50
6	6.62	8.88	11.00	8	0.75	9.50
8	8.62	11.12	13.50	8	0.75	11.75
10	10.75	13.62	16.00	12	0.75	14.25
12	12.75	16.38	19.00	12	0.75	17.00
14	14.00	18.00	21.00	12	0.88	18.75
16	16.00	20.50	23.50	16	0.88	21.25
18	18.00	22.00	25.00	16	0.88	22.75
20	20.00	24.25	27.50	20	0.88	25.00
24	24.00	28.75	32.00	20	0.88	29.50
30	30.00	35.12	38.75	28	1.00	36.00
36	36.00	41.88	46.00	32	1.00	42.75
42	42.00	48.50	53.00	36	1.12	49.50
48	48.00	55.00	59.50	44	1.12	56.00
54	54.00	61.75	66.25	44	1.12	62.75
60	60.00	68.12	73.00	52	1.25	69.25
72	72.00	81.38	86.50	60	1.25	82.50
84	84.00	94.25	99.75	64	1.38	95.50
96	96.00	107.25	113.25	68	1.38	108.50

表 13-2 125 磅级铸铁管法兰及法兰管件用垫片尺寸(ASME/ANSI B 16.1) in.

公称管径	垫片内径	平环垫片外径	全平面垫片			
			外径	孔数	孔直径	螺栓圆直径
1	1.31	2.62	4.25	4	0.62	3.12
1¼	1.66	3.00	4.62	4	0.62	3.50
1½	1.91	3.38	5.00	4	0.62	3.88
2	2.38	4.12	6.00	4	0.75	4.75
2½	2.88	4.88	7.00	4	0.75	5.50
3	3.50	5.38	7.50	4	0.75	6.00
3½	4.00	6.38	8.50	8	0.75	7.00
4	4.50	6.88	9.00	8	0.75	7.50
5	5.56	7.75	10.00	8	0.88	8.50
6	6.62	8.75	11.00	8	0.88	9.50
8	8.62	11.00	13.50	8	0.88	11.75
10	10.75	13.88	16.00	12	1.00	14.25
12	12.75	16.12	19.00	12	1.00	17.00
14	14.00	17.75	21.00	12	1.12	18.75
16	16.00	20.25	23.50	16	1.12	21.25
18	18.00	21.62	25.00	16	1.25	22.75
20	20.00	23.88	27.50	20	1.25	25.00
24	24.00	28.25	32.00	20	1.38	29.50
30	30.00	34.75	38.75	28	1.38	36.00
36	36.00	41.25	46.00	32	1.62	42.75
42	42.00	48.00	53.00	36	1.62	49.50
48	48.00	54.50	59.50	44	1.62	56.00

表 13-3　250 磅级铸铁管法兰及法兰管件用平环垫片尺寸(ASME/ANSI B 16.1)　in.

公称管径	垫片内径	平环垫片外径	公称管径	垫片内径	平环垫片外径
1	1.31	2.88	12	12.75	16.62
1¼	1.66	3.25	14	14.00	19.12
1½	1.91	3.75	16	16.00	21.25
2	2.38	4.38	18	18.00	23.50
2½	2.88	5.12	20	20.00	25.75
3	3.50	5.88	24	24.00	30.50
3½	4.00	6.50	30	30.00	37.50
4	4.50	7.12	36	36.00	44.00
5	5.56	8.50	42	42.00	50.75
6	6.62	9.88	48	48.00	58.75
8	8.62	12.12			
10	10.75	14.25			

表 13-4　150 磅级管法兰及法兰管件用垫片尺寸(ASME/ANSI B 16.5)　in.

公称管径	垫片内径	平环垫片外径	全平面垫片			
			外径	孔数	孔直径	螺栓圆直径
1/2	0.84	1.88	3.50	4	0.62	2.38
3/4	1.06	2.25	3.88	4	0.62	2.75
1	1.31	2.62	4.25	4	0.62	3.12
1¼	1.66	3.00	4.63	4	0.62	3.50
1½	1.91	3.38	5.00	4	0.62	3.88
2	2.38	4.12	6.00	4	0.75	4.75
2½	2.88	4.88	7.00	4	0.75	5.50
3	3.50	5.38	7.50	4	0.75	6.00
3½	4.00	6.38	8.50	8	0.75	7.00
4	4.50	6.88	9.00	8	0.75	7.50
5	5.56	7.75	10.00	8	0.88	8.50
6	6.62	8.75	11.00	8	0.88	9.50
8	8.62	11.00	13.50	8	0.88	11.75
10	10.75	13.38	16.00	12	1.00	14.25
12	12.75	16.13	19.00	12	1.00	17.00
14	14.00	17.75	21.00	12	1.12	18.75
16	16.00	20.25	23.50	16	1.12	21.25
18	18.00	21.62	25.00	16	1.25	22.75
20	20.00	23.88	27.50	20	1.25	25.00
24	24.00	28.25	32.00	20	1.38	29.50

表 13-5 管法兰及法兰管件(300、400、600 及 900 磅级)

用平环垫片尺寸(ASME/ANSI B 16.5)

in.

公称管径	垫片内径	垫片外径			
		300 级	400 级	600 级	900 级
1/2	0.84	2.12	2.12	2.12	2.50
3/4	1.06	2.62	2.62	2.62	2.75
1	1.31	2.88	2.88	2.88	3.12
1¼	1.66	3.25	3.25	3.25	3.50
1½	1.91	3.75	3.75	3.75	3.88
2	2.38	4.38	4.38	4.38	5.62
2½	2.88	5.12	5.12	5.12	6.50
3	3.50	5.88	5.88	5.88	6.62
3½	4.00	6.50	6.38	6.38	
4	4.50	7.12	7.00	7.62	8.12
5	5.56	8.50	8.38	9.50	9.75
6	6.62	9.88	9.75	10.50	11.38
8	8.62	12.12	12.00	12.62	14.12
10	10.75	14.25	14.12	15.75	17.12
12	12.75	16.62	16.50	18.00	19.62
14	14.00	19.12	19.00	19.38	20.50
16	16.00	21.25	21.12	22.25	22.62
18	18.00	23.50	23.38	24.12	25.12
20	20.00	25.75	25.50	26.88	27.50
24	24.00	30.50	30.25	31.12	33.00

表 13-6 铸铜合金管法兰及法兰管件(150 及 300 磅级)

用全平面垫片尺寸(ASME B 16.24)

in.

公称管径	垫片内径	150 级垫片				300 级垫片			
		外径	孔数	孔直径	螺栓圆直径	外径	孔数	孔直径	螺栓圆直径
1/2	0.84	3.50	4	0.62	2.38	3.75	4	0.62	2.62
3/4	1.06	3.88	4	0.62	2.75	4.62	4	0.75	3.25
1	1.31	4.25	4	0.62	3.12	4.88	4	0.75	3.50
1¼	1.66	4.62	4	0.62	3.50	5.25	4	0.75	3.88
1½	1.91	5.00	4	0.62	3.88	6.12	4	0.88	4.50
2	2.38	6.00	4	0.75	4.75	6.50	8	0.75	5.00
2½	2.88	7.00	4	0.75	5.50	7.50	8	0.88	5.88
3	3.50	7.50	4	0.75	6.00	8.25	8	0.88	6.62
3½	4.00	8.50	8	0.75	7.00	9.00	8	0.88	7.25
4	4.50	9.00	8	0.75	7.50	10.00	8	0.88	7.88
5	5.56	10.00	8	0.88	8.50	11.00	8	0.88	9.25
6	6.62	11.00	8	0.88	9.50	12.50	12	0.88	10.63
8	8.62	13.50	8	0.88	11.75	15.00	12	1.00	13.00
10	10.75	16.00	12	1.00	14.25				
12	12.75	19.00	12	1.00	17.00			—	—

表 13-7　系列 A 大直径钢法兰(150、300、400 及 600 磅级)用平环垫片尺寸(ASME B 16.47)

in.

公称管径	垫片内径	垫片外径			
		150 级	300 级	400 级	600 级
22[1]	22.00	26.00	27.75	27.63	28.88
26	26.00	30.50	32.88	32.75	34.12
28	28.00	32.75	35.38	35.12	36.00
30	30.00	34.75	37.50	37.25	38.25
32	32.00	37.00	39.62	39.50	40.25
34	34.00	39.00	41.62	41.50	42.25
36	36.00	41.25	44.00	44.00	44.50
38	38.00	43.75	41.50	42.26	43.50
40	40.00	45.75	43.88	44.58	45.50
42	42.00	48.00	45.88	46.38	48.00
44	44.00	50.25	48.00	48.50	50.00
46	46.00	52.25	50.12	50.75	52.26
48	48.00	54.50	52.12	53.00	54.75
50	50.00	56.50	54.25	55.25	57.00
52	52.00	58.75	56.25	57.26	59.00
54	54.00	61.00	58.75	59.75	61.25
56	56.00	63.25	60.75	61.75	63.50
58	58.00	65.50	62.75	63.75	65.50
60	60.00	67.50	64.75	66.25	67.75

1) NPS 22 仅作为参考，在 ASME B 16.47 中未列入该规格。

表 13-8　系列 B 大直径钢法兰(75、150、300、400 及 600 磅级)用平环垫片尺寸(ASME B 16.47)

in.

公称管径	垫片内径	垫片外径				
		75 级	150 级	300 级	400 级	600 级
26	26.00	27.88	28.56	30.38	29.38	30.12
28	28.00	29.88	30.56	32.50	31.50	32.25
30	30.00	31.88	32.56	34.88	33.75	34.62
32	32.00	33.88	34.69	37.00	35.88	36.75
34	34.00	35.88	36.81	39.12	37.88	39.25
36	36.00	38.31	38.88	41.25	40.25	41.25
38	38.00	40.31	41.12	43.25	—	—
40	40.00	42.31	43.12	45.25		—
42	42.00	44.31	45.12	47.25	—	—
44	44.00	46.50	47.12	49.25		—
46	46.00	48.50	49.44	51.88	—	—
48	48.00	50.50	51.44	53.88		—
50	50.00	52.50	53.44	55.88		—
52	52.00	54.62	55.44	57.88		—
54	54.00	56.62	57.62	61.25	—	—
56	56.00	58.88	59.62	62.75	—	—
58	58.00	60.88	62.19	65.19		—
60	60.00	62.88	64.19	67.12	—	—

表 13-9 150LW 磅级耐腐蚀铸造法兰及法兰管件用全平面垫片尺寸(MSS SP-51) in.

公称管径	垫片内径	垫片外径	孔数	孔径	螺栓圆直径
1/8	0.56	2.50	4	0.44	1.69
1/4	0.69	2.50	4	0.44	1.69
1/2	0.84	3.50	4	0.62	2.38
3/4	1.06	3.88	4	0.62	2.75
1	1.31	4.25	4	0.62	3.12
1¼	1.66	4.62	4	0.62	3.50
1½	1.91	5.00	4	0.62	3.88
2	2.38	6.00	4	0.75	4.75
2½	2.88	7.00	4	0.75	5.50
3	3.50	7.50	4	0.75	6.00
4	4.50	9.00	8	0.75	7.50
5	5.56	10.00	8	0.88	8.50
6	6.62	11.00	8	0.88	9.50
8	8.62	13.60	8	0.88	11.75
10	10.75	16.00	12	1.00	14.25
12	12.75	19.00	12	1.00	17.00
14	14.00	21.00	12	1.12	18.75
16	16.00	23.50	16	1.12	21.25
18	18.00	25.00	16	1.25	22.75
20	20.00	27.50	20	1.25	25.00
24	24.00	32.00	20	1.38	29.50

2 管法兰用环连接式、螺旋缠绕式及夹套式金属垫片(ASME B 16.20a)

ASME B 16.20a—2000《管法兰用环连接式、螺旋缠绕式及夹套式金属垫片》标准是ASME B 16.20—1998 的增补版,它是美国国家标准学会(ANSI)于 2000 年 5 月 3 日批准为美国国家标准的最新标准。

2.1 适用范围

2.1.1 总则

本标准涉及金属环连接垫片、螺旋缠绕式垫片、金属夹套式垫片及填充物的材料、尺寸、公差和标记。这些垫片的尺寸适用于 ASME B 16.5、ASME B 16.47 和 API 6A 标准中所包括的法兰。本标准还包括突台式密封面和平面密封面法兰用螺旋缠绕式垫片和金

属夹套式垫片。

2.1.2　质量体系

按本标准生产的产品应按质量体系程序进行，该程序应遵循 ISO 9000 系列的某一适合的标准的原则制定。对于制造厂的质量体系是否需要一个独立的组织机构进行注册和/或产品认证应是制造厂的责任。采购者在制造厂的场所应能得到演示程序符合性的详细文件。应采购者的请求，还应能提供由生产制造厂所在使用的该质量体系程序的书面摘要。

所谓生产制造厂是指按照本标准标志或识别要求的在产品上示出的完整厂名或商标。

2.1.3　引用标准

API 标准 6A　第 17 版本—1996　阀门及井台设备规范

ASME B 16.5—1996　管法兰及法兰管件

ASME B 16.47　1996　大直径钢法兰

ASME B 36.10M－1996　焊接和无缝轧制钢管

ASME B 36.19M—1985(1994 年重新确认)　不锈钢管

ISO 9000-1:1994　质量管理及质量保证标准——第 1 部分:选择和使用指南

ISO 9000-2:1997　质量管理及质量保证标准——第 2 部分:ISO 9001,ISO 9002 和 ISO 9003 应用指南

ISO 9000 3:1997　质量管理和质量保证标准　第 3 部分:ISO 9001 －1994 计算机软件的开发、供应、安装和维护应用指南

ISO 9001:1994　质量系统 ——设计研制、生产、装配和维修的质量认证规范

ISO 9002:1994　质量系统　生产、装配和服务的质量认证规范

ISO 9003:1994　质量系统——最终检验与试验的质量认证规范

2.2　环连接式垫片

2.2.1　型式

环连接垫片的横截面应为八角形或椭圆形。

2.2.2　规格

环连接垫片应以 R、RX 或 BX 加数字加以识别。该识别号与法兰规格(NPS)、压力等级和相应法兰标准(ASME B 16.5、ASME B 16.47 或 API 标准 6A)有关。

2.2.3　材料

2.2.3.1　总则　环连接垫片的材料应由用户根据适宜的工作条件进行选择。环连接垫片用的一些推荐选用材料及垫片的最大硬度值见表 13-10。建议环连接垫片的硬度低于相配法兰的硬度。

2.2.3.2　硬度　表 13 10 所列材料的环连接垫片，其硬度应等于或小于表 13-10 中所示的值。

表 13-10 环连接垫片的最大硬度

环形垫片材料	最大硬度	
	布氏	洛氏"B"级
软铁	90	56
低碳钢	120	68
4%～6%铬、0.5%钼钢	130	72
410 型钢	170	86
304 型钢	160	83
316 型钢	160	83
347 型钢	160	83

在推荐选用的环形垫片材料中，软铁可以是低碳钢，但其硬度应不得超过布氏硬度 90、洛氏"B"硬度 56。

2.2.4 标记

每个垫片的外表面应标注制造厂名称或商标，垫片号前冠以字母 R、RX 或 BX，再加标垫片材料识别号。材料识别号见表 13 11。垫片上还应有 ASME B 16.20 标记。制作标记时不应使垫片产生有害变形或损害密封的完整性。

2.2.5 尺寸与公差

环连接垫片的尺寸及公差见表 13-12～表 13-17。

2.2.6 表面粗糙度

R 及 RX 型垫片表面的表面粗糙度应不超过 63μin.。BX 型垫片表面的表面粗糙度应不超过 32μin.。表面粗糙度应适于垫片密封表面的要求。

2.2.7 识别号

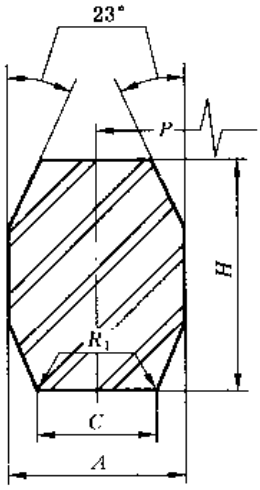
环连接垫片识别号应有尺寸代号，识别号或环号，见表 13-12～表 13-17。

表 13-11 环形垫片标记

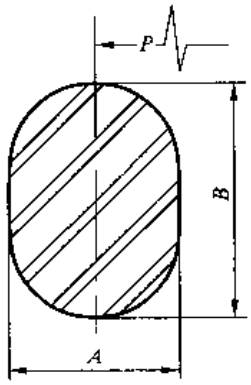
环形垫片材料	识别号	标记示例[2]
软铁	D	R51D
低碳钢	S	R51S
4%～6%铬，0.5%钼钢	F5[1]	R51F5
410 型钢	S410	R51S410
301 型钢	S304	R51S304
316 型钢	S316	R51S316
347 型钢	S347	R51S347

1) F5 识别号仅表示 ASTM 技术规范 A182 72 所要求的化学成分。

2) 此代号应放在制造厂名称或识别商标位置之后。



八角形



椭圆形

表 13-12　R 型环垫尺寸及公差　　in.

环　号	环的节径 P	环的宽度 A	环的高度		八角形环的平面宽度 C	八角形环的圆角半径 R_1
			椭圆形 B	八角形 H		
R-11	1.344	0.250	0.44	0.38	0.170	0.06
R-12	1.563	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-13	1.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-14	1.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-15	1.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-16	2.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-17	2.250	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-18	2.375	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-19	2.563	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-20	2.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-21	2.844	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-22	3.250	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-23	3.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R 24	3.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-25	4.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-26	4.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-27	4.250	0.438	0.75	0.63	0.305	0.06
R-28	4.375	0.500	0.56	0.69	0.341	0.06
R-29	4.500	0.313	0.69	0.50	0.206	0.06
R-30	4.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06

续表 13-12

in.

环 号	环的节径 P	环的宽度 A	环的高度		八角形环的平面宽度 C	八角形环的圆角半径 R_1
			椭圆形 B	八角形 H		
R-31	4.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-32	5.000	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-33	5.188	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-34	5.188	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-35	5.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-36	5.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-37	5.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-38	6.188	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-39	6.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-40	6.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-41	7.125	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-42	7.500	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-43	7.625	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-44	7.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-45	8.313	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-46	8.313	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-47	9.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-48	9.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R 49	10.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-50	10.625	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-51	11.000	0.875	1.13	1.06	0.583	0.06
R-52	12.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-53	12.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R 54	12.750	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R 55	13.500	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R 56	15.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-57	15.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-58	15.000	0.875	1.13	1.06	0.583	0.06
R-59	15.625	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-60	16.000	1.250	1.56	1.50	0.879	0.09
R-61	16.500	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-62	16.500	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-63	16.500	1.000	1.31	1.25	0.681	0.09
R-64	17.875	0.313	0.56	0.50	0.205	0.06
R-65	18.500	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-66	18.500	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-67	18.500	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-68	20.375	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-69	21.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-70	21.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06

续表 13-12 in.

环 号	环的节径 P	环的宽度 A	环的高度		八角形环的平面宽度 C	八角形环的圆角半径 R_1
			椭圆形 B	八角形 H		
R-71	21.000	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-72	22.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-73	23.000	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-74	23.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-75	23.000	1.250	1.56	1.50	0.879	0.09
R-76	26.500	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-77	27.250	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-78	27.250	1.000	1.31	1.25	0.681	0.09
R-79	27.250	1.375	1.75	1.63	0.977	0.09
R-80	24.250	0.313		0.50	0.206	0.06
R-81	25.000	0.563		0.75	0.377	0.06
R-82	2.250	0.438		0.63	0.305	0.06
R-84	2.500	0.438	—	0.63	0.305	0.03
R-85	3.125	0.500		0.69	0.341	0.06
R-86	3.563	0.625		0.81	0.413	0.06
R-87	3.938	0.625	—	0.81	0.413	0.06
R-88	4.875	0.750	—	0.94	0.485	0.06
R-89	4.500	0.750	—	0.94	0.485	0.06
R-90	6.125	0.875	—	1.06	0.583	0.06
R 91	10.250	1.250	·	1.50	0.879	0.09
R-92	9.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.03
R-93	29.500	0.750	—	0.94	0.485	0.06
R-94	31.500	0.750	—	0.94	0.485	0.06
R-95	33.750	0.750		0.94	0.485	0.06
R-96	36.000	0.875	--	1.06	0.583	0.06
R-97	38.000	0.875	—	1.06	0.583	0.06
R 98	40.250	0.875	—	1.06	0.583	0.06
R 99	9.250	0.438	—	0.63	0.305	0.03
R 100	29.500	1.125	—	1.38	0.780	0.09
R-101	31.500	1.250		1.50	0.879	0.09
R-102	33.750	1.250		1.50	0.879	0.09
R-103	36.000	1.250		1.50	0.879	0.09
R-104	38.000	1.375		1.63	0.977	0.09
R-105	40.250	1.375		1.63	0.977	0.09

公差：

P(环的平均节径)： ±0.007 in.

A(环的宽度)： ±0.008 in.

B、H(环的高度)： $^{+0.05}_{-0.02}$ in.

在此公差范围内，任意给定环在整个圆周上的高度偏差不应超过 0.02 in.。

C(八角形环的平面宽度)： ±0.008 in.

R_1(环的半径)： ±0.02 in.

23°(角度)： ±30′

表 13-13 适用于引用标准中的 R 型环垫用管子规格[1)]

环号	压力磅级											
	ASME/ANSI B 16.5					API 6B				ASME B 16.47 系列 A		
	150	300～600	900	1 500	2 500	720～960[2)]	2 000	3 000	5 000	150	300～600	900
R-11		1/2										
R-12			1/2	1/2								
R-13		3/4			1/2							
R 14			3/4	3/4								
R 15	1											
R-16		1	1	1	3/4	1	1	1	1			
R-17	1¼											
R-18		1¼	1¼	1¼	1	1¼	1¼	1¼	1¼			
R 19	1½											
R-20		1½	1½	1½		1½	1½	1½	1½			
R-21					1¼							
R-22	2											
R-23		2			1½	2	2					
R-24			2	2				2	2			
R 25	2½											
R-26		2½			2	2½	2½					
R-27			2½	2½				2½	2½			
R-28					2½							
R-29	3											
R-30[3)]		3										
R 31		3	3			3	3	3				
R-32					3							
R-33	3½											
R-34		3½										
R-35				3					3			
R 36	4											
R 37		4	4			4	4	4	3½			
R-38					4							
R-39				4					4			
R-40	5											
R-41		5	5			5	5	5				
R-42					5							
R-43	6											
R-44				5					5			
R-45		6	6			6	6	6				

续表 13-13

环　号	压力磅级											
	ASME/ANSI B 16.5					API 6B				ASME B 16.47 系列 A		
	150	300～600	900	1 500	2 500	720～960[2]	2 000	3 000	5 000	150	300～600	900
R 46				6					6			
R-47					6							
R 48	8											
R-49		8	8			8	8	8				
R-50				8					8			
R-51					8							
R-52	10											
R-53		10	10			10	10	10				
R-54				10					10			
R-55					10							
R-56	12											
R 57		12	12			12	12	12			12	12
R-58				12								
R-59	14											
R 60					12							
R-61		14				14	14	14			14	
R-62			14									14
R-63				14								
R-64	16											
R-65		16				16	16				16	
R-66			16					16				16
R 67				16								
R-68	18											
R-69		18				18	18				18	
R-70			18					18				18
R-71				18								
R 72	20											
R-73		20				20	20				20	
R-74			20					20				20
R-75				20								
R-76	24											
R-77		24									24	
R-78			24									24
R-79				24								

续表 13-13

环号	压力磅级											
	ASME/ANSI B 16.5					API 6B				ASME B 16.47 系列 A		
	150	300～600	900	1 500	2 500	720～960[2]	2 000	3 000	5 000	150	300～600	900
R-80										22		
R-81											22	
R-82									1			
R-84									1½			
R-85									2			
R-86									2½			
R-87									3			
R-88									4			
R-89									3½			
R-90									5			
R-91									10			
R-92												
R-93											26	
R-94											28	
R-95											30	
R-96											32	
R-97											34	
R-98											36	
R-99							8	8				
R-100												26
R-101												28
R-102												30
R-103												32
R-104												34
R-105												36

1) 对于 API 6D 和 API 600 磅级的端法兰，使用相当于在 ASME B 16.5 或 ASME B 16.47 系列 A 中的管子规格的垫片

2) 对于 API 6B 的 720 和 960 磅级法兰已作废，给出的数据仅作为参考。

3) R-30 仅用于搭接的连接。

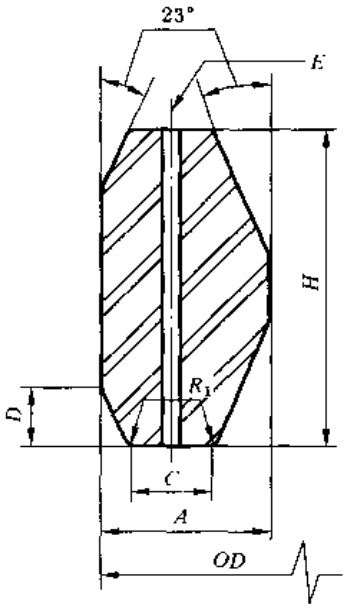


表 13-14　RX 型环垫尺寸及公差　　in.

环　号	环的外径 OD	环的宽度 A	平面宽度 C	外倒角高度 D	环的高度 H	环的半径 R_1	孔径 E[1]
RX-20	3.000	0.344	0.182	0.125	0.750	0.06	—
RX-23	3.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX-24	4.172	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-25	4.313	0.344	0.182	0.125	0.750	0.06	—
RX-26	4.406	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX-27	4.656	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX-31	5.297	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-35	5.797	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-37	6.297	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-39	6.797	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-41	7.547	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX-44	8.047	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-45	8.734	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-46	8.750	0.531	0.263	0.188	1.125	0.06	—
RX-47	9.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	
RX-49	11.047	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-50	11.156	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	
RX-53	13.172	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-54	13.281	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	—
RX-57	15.422	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX-63	17.391	1.063	0.582	0.333	2.000	0.09	—
RX-65	18.922	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	—
RX-66	18.031	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	

续表 13-14 in.

环 号	环的外径 OD	环的宽度 A	平面宽度 C	外倒角高度 D	环的高度 H	环的半径 R_1	孔径 E[1]
RX-69	21.422	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX 70	21.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	—
RX-73	23.469	0.531	0.263	0.208	1.250	0.06	—
RX-74	23.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	—
RX 82	2.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-84	2.922	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-85	3.547	0.531	0.263	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-86	4.078	0.594	0.335	0.188	1.125	0.06	0.09
RX 87	1.453	0.594	0.335	0.188	1.125	0.06	0.09
RX-88	5.484	0.688	0.407	0.208	1.250	0.06	0.12
RX-89	5.109	0.719	0.407	0.208	1.250	0.06	0.12
RX-90	6.875	0.781	0.479	0.292	1.750	0.09	0.12
RX-91	11.297	1.188	0.780	0.297	1.781	0.09	0.12
RX-99	9.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	
RX-201	2.026	0.226	0.126	0.057	0.445	0.02[3]	—
RX-205	2.453	0.219	0.120	0.072[2]	0.437	0.02[3]	
RX-210	3.844	0.375	0.213	0.125[2]	0.750	0.03[3]	—
RX-215	5.547	0.469	0.210	0.167[2]	1.000	0.06[3]	

1) 只有 RX-82 至 RX-91 型环才要求按图说明的制作压力通孔，孔中心线应位于尺寸 C 的中间。

2) 这些尺寸的公差为：$^{0}_{-0.015}$ in.。

3) 这些尺寸的公差为：$^{-0.02}_{0}$ in.。

公差：

OD(环的外径)： $^{-0.020}_{0}$ in.

A(环的宽度)： $^{+0.008}_{0}$ in.

任意给定环在整个圆周上的宽度偏差应不超过 0.004 in.，并在这些公差范围内。

C(平面宽度)： $^{-0.006}_{0}$ in.

D(倒角高度)： $^{0}_{-0.03}$ in.

H(环的高度)： $^{+0.008}_{0}$ in.

在此公差范围内，任意给定环在整个圆周上的高度偏差应不超过 0.004 in.。

R_1(环的半径)： ±0.02 in.

23°(角度)： ±30′

E(孔径)： ±0.02 in.

表 13-15　适用于引用标准中的 RX 型环垫用管子规格

环　号	压力磅级 API 6B			
	720～960 2000[1]	2900[1]	3000	5000
RX 20	1½		1½	1½
RX-23	2			
RX-24			2	2
RX-25				3⅛
RX-26	2½			
RX-27			2½	2½
RX-31	3		3	
RX 35				3
RX-37	4		4	
RX-39				4
RX-41	5		5	
RX-44				5
RX-45	6		6	
RX-46				6
RX-47				8[2]
RX-49	8		8	
RX-50				8
RX-53	10		10	
RX-54				10
RX-57	12		12	
RX-63				14
RX-65	16			
RX-66			16	
RX-69	18			
RX 70			18	
RX-73	20			
RX 74			20	
RX-82		1		
RX-84		1½		
RX-85		2		
RX-86		2½		
RX 87		3		
RX-88		4		
RX 89		3½		
RX-90		5		
RX-91		10		
RX-99	8[2]		8[2]	
RX 201				1⅜
RX 205				1 13/16
RX-210				2 9/16
RX-215				4 1/16

1) API 6B 中的 720、960 及 2900 磅级法兰已作废，给出的数据仅作为参考。

2) 剖分式法兰连接。

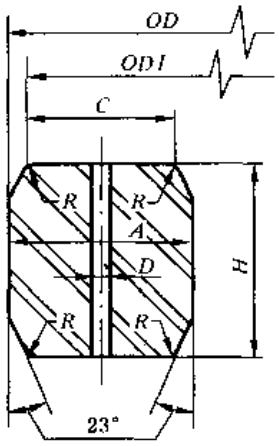


表 13-16 BX 型环垫尺寸及公差 in.

环 号	公称规格	环的外径 OD	环的高度 H	环的宽度 A	平面直径 ODT	平面宽度 C	孔径 D[1]
BX-150	1 11/16	2.842	0.366	0.366	2.790	0.314	0.06
BX-151	1 13/16	3.008	0.379	0.379	2.954	0.325	0.06
BX 152	2 1/16	3.334	0.403	0.403	3.277	0.346	0.06
BX-153	2 9/16	3.974	0.448	0.448	3.910	0.385	0.06
BX-154	3 1/16	4.600	0.488	0.488	4.531	0.419	0.06
BX-155	4 1/16	5.825	0.560	0.560	5.746	0.481	0.06
BX-156	7 1/16	9.367	0.733	0.733	9.263	0.629	0.12
BX-157	9	11.593	0.826	0.826	11.476	0.709	0.12
BX-158	11	13.860	0.911	0.911	13.731	0.782	0.12
BX-159	13 5/8	16.800	1.012	1.012	16.657	0.869	0.12
BX-160	13 5/8	15.850	0.938	0.541	15.717	0.408	0.12
BX-161	16 5/8	19.347	1.105	0.638	19.191	0.482	0.12
BX-162	16 5/8	18.720	0.560	0.560	18.641	0.481	0.06
BX-163	18 3/4	21.896	1.185	0.684	21.728	0.516	0.12
BX-164	18 3/4	22.463	1.185	0.968	22.295	0.800	0.12
BX-165	21 1/4	24.595	1.261	0.728	24.417	0.550	0.12
BX-166	21 1/4	25.198	1.261	1.029	25.020	0.851	0.12
BX 167	26 3/4	29.896	1.412	0.516	29.696	0.316	0.06
BX-168	26 3/4	30.128	1.412	0.632	29.928	0.432	0.06
BX-169	5 1/8	6.831	0.624	0.509	6.743	0.421	0.06
BX-170	6 5/8	8.584	0.560	0.560	8.505	0.481	0.06
BX-171	8 9/16	10.529	0.560	0.560	10.450	0.481	0.06
BX-172	11 5/32	13.113	0.560	0.560	13.034	0.481	0.06
BX-303	30	33.573	1.494	0.668	33.361	0.457	0.06

注：半径 R 应为垫片高度 H 的 8%~12%。

1）每个垫片要求按图所示制作一个压力通孔。孔的中心线应位于尺寸 C 的中间。

公差：

OD(环的外径)：　$^{0}_{-0.005}$ in.

H(环的高度)：　$^{+0.008}_{0}$ in.

任意给定环在整个圆周上的高度偏差应不超过 0.004 in.，并在这些公差范围内。

A(环的宽度)：　$^{+0.008}_{0}$ in.

任意给定环在整个圆周上的宽度偏差应不超过 0.004 in.，并在这些公差范围内。

ODT(平面的外径)：　±0.002 in.

C(平面的宽度)：　±0.006 in.

D(孔径)：　±0.02 in.

R(环的半径)：　见注

23°(角度)：　±15′

表 13-17　适用于引用标准中的 BX 型环垫用管子规格

环　号	压　力　磅　级					
	API 6BX					
	2000	3000	5000	10000	15000	20000
BX-150				1 11/16	1 11/16	
BX-151				1 13/16	1 13/16	1 13/16
BX-152				2 1/16	2 1/16	2 1/16
BX-153				2 9/16	2 9/16	2 9/16
BX-154				3 1/16	3 1/16	3 1/16
BX-155				4 1/16	4 1/16	4 1/16
BX-156				7 1/16	7 1/16	7 1/16
BX-157				9	9	9
BX-158				11	11	11
BX-159				13 5/8	13 5/8	13 5/8
BX-160			13 5/8			
BX-161			16 3/4			
BX-162			16 3/4	16 3/4	16 3/4	
BX-163			18 3/4			
BX-164				18 3/4	18 3/4	
BX-165			21 1/4			
BX-166				21 1/4		
BX-167	26 3/4					
BX-168		26 3/4				
BX-169				5 1/8		
BX-170				6 5/8	6 5/8	
BX-171				8 9/16	8 9/16	
BX-172				11 7/32	11 7/32	
BX-303	30	30				

2.3 螺旋缠绕式垫片

2.3.1 规格及压力等级

装有定位环及内环(见 2.3.2.4 及 2.3.2.5 条)的螺旋缠绕式垫片,均用法兰规格(NPS)、压力等级和适用的法兰标准(ASME B 16.5 或 ASME B 16.47)加以标识。

2.3.2 尺寸与公差

2.3.2.1 总则 装有定位环和内环的螺旋缠绕式垫片尺寸与公差见表 13-18～表 13-20。

2.3.2.2 结构 螺旋缠绕式垫片由预成型的金属绕带和扁平填料带相互交错重叠螺旋缠绕压紧而成(按圈数计数环绕层)。对制成的垫片,在垫片两个接触表面上,填充物与金属带应基本齐平,但不能低于缠绕金属。金属缠绕带的厚度应为 0.006～0.009 in.。填充材料厚度由制造厂确定。

2.3.2.3 金属带连接 垫片本体内侧至少应有三层没有填充物的预制金属带。初始的两个空圈应进行点焊,沿圆周的焊点数至少为 3 点,最大间距为 3 in.。外缠绕带层亦最少应有三层没有填充物的预制金属带,并进行点焊,沿圆周的焊点数至少为 3 点,最后一个焊点在末端。

最先一个焊点至最末一个焊点的间距不应大于 1.5in.。在末端的焊点处应继续再绕 4 圈松弛的预制金属缠绕带,用来将垫片卡在定位环中。

2.3.2.4 定位环 所有的螺旋缠绕式垫片都应装有定位环。定位环的厚度应为 0.117～0.131 in.。其内侧应有合适的凹槽以卡住垫片本体。

2.3.2.5 内环 所有采用 PTFE(聚四氟乙烯)填充物的螺旋缠绕式垫片均应装有内环。建议:对柔性石墨和其他填充材料,由用户指定内环(如果对所有法兰和内孔规格合适)。对于 900 磅级中的等于或大于 NPS 24 的法兰,1 500 磅级中的等于或大于 NPS 12 的法兰和 2500 磅级中的等于或大于 NPS 4 的法兰,所用的螺旋缠绕式垫片均应有内环。有内环的垫片只宜用于承插焊法兰、搭接法兰、对焊法兰及整体法兰。

内环厚度应为 0.117～0.131 in.。缠绕式垫片内环的内径尺寸见表 13-21～表 13-23。内环的内径至少应比法兰内径大 0.06 in.。对使用带内环的垫片的最小管壁厚度,见表 13-24。对使用不带内环的垫片的最大允许内孔,见表 13-25～表 13-27。

2.3.2.6 垫片压缩性能 对于 150、300 和 600 磅级的 NPS ½、NPS ¾ 和 NPS 1 的螺旋缠绕式垫片,应设计为:以螺栓螺纹根部直径为基础,在 25 000 psi 均匀螺栓应力下,垫片厚度将压缩到(0.130±0.005)in.。所有其他规格和压力磅级的垫片应设计为:在 30 000 psi均匀螺栓应力下,垫片厚度将压缩到(0.130±0.005)in.。

2.3.3 材料

金属缠绕带和填充物材料见表 13-28。内环材料的抗腐蚀性能应等于或优于金属缠绕带。定位环可以采用有涂料的、金属镀层的或其他涂层的碳钢板,以防大气腐蚀。

2.3.4 标记

2.3.4.1 总则 每个螺旋缠绕式垫片的定位环上应做出永久性标记。标记应包括以下内容:

a. 制造厂名或商标;

b. 法兰规格(NPS);

c. 压力等级;

d. 缠绕带金属材料的缩写(见表 13-28),当采用 304 不锈钢时,其缩写可省略;

e. 填充物材料的缩写(见表 13-28);

f. 定位环和内环金属材料的缩写(见表 13-28),当定位环采用碳钢,内环采用 304 不锈钢时,缩写可省略;

g. 法兰标识(用于 ASME B 16.47 法兰的垫片应按相应的标准标以ASME B 16.47A或ASME B 16.47B。用于 ASME B 16.5 法兰的垫片则不需要如此标识。标记实例见表 13-29);

h. 标准号 ASME B 16.20。

2.3.4.2 压力等级 适用于多种压力等级的垫片,应标明全部可用的压力等级(见表 13-29)。

2.3.4.3 颜色标记 螺旋缠绕式垫片应标以可识别缠绕金属带和填充物材料的颜色代码。定位环的外周边上的连续颜色应作为识别缠绕金属带。填充物材料的鉴别颜色应标记在定位环的外边缘上,对于 NPS 1½及更大规格的垫片,应有四条间隔约为 90°的色带,更小规格的垫片,应至少有两条间隔约 180°的色带。颜色标记见表 13-28。

2.4 夹套式垫片

2.4.1 规格和压力等级

夹套式垫片以法兰规格、压力等级和相应的法兰标准(ASME B 16.5 或 ASME B 16.47)标识。

2.4.2 结构

2.4.2.1 总则 夹套式垫片应由金属夹套所包封的填充材料制成。

2.4.2.2 夹套厚度 夹套金属最小厚度应为 0.015 in.。

2.4.2.3 填充材料厚度 填充材料层厚度最小应为 0.06 in.。

2.4.2.4 其他 其他的结构细节,包括填充物密度,应由垫片制造厂负责确定。

2.4.3 尺寸及公差

垫片的尺寸和公差见表 13-30～表 13-32。

2.4.4 材料

金属夹套材料和填充材料应按表 13-33 选取。对于与 ASME B 16.5 法兰配合使用的夹套式垫片限制条件见 ASME B 16.5 的附录 E。

2.4.5 标记

2.4.5.1 适用标记 夹套式垫片应使用防水墨汁或同等物进行标记,如垫片规格限制不允许作标记时,应采用加标签的标记。标记应包括下列内容:

a. 制造厂名或商标;

b. 法兰规格(NPS);

c. 压力等级;

d. 夹套材料的缩写(见表 13-33);当使用低碳钢时,缩写可以省略;

e. 填充物材料缩写(见表 13-33);

f. 法兰标识(用于 ASME B 16.47 法兰的垫片应按相应的标准标以ASME B 16.47A 或ASME B 16.47B。用于 ASME B 16.5 法兰的垫片则不需要如此标识。标记实例见表 13-34);

g. 标准号 ASME B 16.20。

2.4.5.2 压力等级 适用于多种压力等级的垫片,应标记全部适用的压力等级。

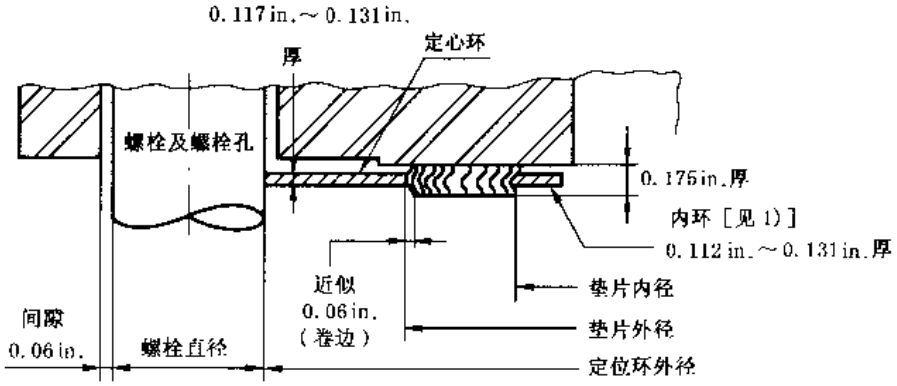


表 13-18 与 ANSI B 16.5 法兰一起使用的螺旋缠绕式垫片尺寸

in.

法兰规格(NPS)	垫片外径[2]		垫片内径(按磅级)[3]							定位环外径(按磅级)[4]						
	磅级 150,300,400,600	磅级 900,1 500 2 500	150	300	400[5]	600	900[1),5)]	1 500[1)]	2 500[1),5)]	150	300	400[5]	600	900[5]	1 500	2 500[5]
1/2	1.25	1.25	0.75	0.75	—	0.75	—	0.75	0.75	1.88	2.13	—	2.13	—	2.50	2.75
3/4	1.56	1.56	1.00	1.00	—	1.00	—	1.00	1.00	2.25	2.63	—	2.63	—	2.75	3.00
1	1.88	1.88	1.25	1.25	—	1.25	—	1.25	1.25	2.63	2.88	—	2.88	—	3.13	3.38
1¼	2.38	2.38	1.88	1.88	-	1.88	—	1.56	1.56	3.00	3.25	—	3.25	—	3.50	4.13
1½	2.75	2.75	2.13	2.13	—	2.13	—	1.88	1.88	3.38	3.75	—	3.75	—	3.88	4.63
2	3.38	3.38	2.75	2.75	—	2.75	—	2.31	2.31	4.13	4.38	—	4.38	—	5.63	5.75
2½	3.88	3.88	3.25	3.25	—	3.25	—	2.75	2.75	4.88	5.13	—	5.13	—	6.50	6.63
3	4.75	4.75	4.00	4.00	—	4.00	3.75	3.63	3.63	5.38	5.88	—	5.88	6.63	6.88	7.75
4	5.88	5.88	5.00	5.00	4.75	4.75	4.75	4.63	4.63	6.88	7.13	7.00	7.63	8.13	8.25	9.25
5	7.00	7.00	6.13	6.13	5.81	5.81	5.81	5.63	5.63	7.75	8.50	8.38	9.50	9.75	10.00	11.00

续表 13-18

in.

法兰规格(NPS)	垫片外径[2]		垫片内径(按磅级)[3]							定位环外径(按磅级)[4]						
	磅级 150,300,400,600	磅级 900,1 500 2 500	150	300	400[5]	600	900[1),5)]	1 500[1)]	2 500[1),5)]	150	300	400[5]	600	900[5]	1 500	2 500[5]
6	8.25	8.25	7.19	7.19	6.88	6.88	6.88	6.75	6.75	8.75	9.88	9.75	10.50	11.38	11.13	12.50
8	10.38	10.13	9.19	9.19	8.88	8.88	8.75	8.50	8.50	11.00	12.13	12.00	12.63	14.13	13.88	15.25
10	12.50	12.25	11.31	11.31	10.81	10.81	10.88	10.50	10.63	13.38	14.25	14.13	15.75	17.13	17.13	18.75
12	14.75	14.50	13.38	13.38	12.88	12.88	12.75	12.75[1)]	12.50	16.13	16.63	16.50	18.00	19.63	20.50	21.63
14	16.00	15.75	14.63	14.63	14.25	14.25	14.00	14.25[1)]	—	17.75	19.13	19.00	19.38	20.50	22.75	—
16	18.25	18.00	16.63	16.63	16.25	16.25	16.25	16.00[1)]	—	20.25	21.25	21.13	22.25	22.63	25.25	—
18	20.75	20.50	18.69	18.69	18.50	18.50	18.25	18.25[1)]	—	21.63	23.50	23.38	24.13	25.13	27.75	—
20	22.75	22.50	20.69	20.69	20.50	20.50	20.50[1)]	20.25	—	23.88	25.75	25.50	26.88	27.50	29.75	—
24	27.00	26.75	24.75	24.75	24.75	24.75	24.75[1)]	24.25[1)]	—	28.25	30.50	30.25	31.13	33.00	35.50	—

注：1. 垫片厚度公差±0.005 in.，系通过垫片金属带部分测量，不计入填料带。填料带厚度可以稍微高出金属带厚度。

2. 对于这些螺旋缠绕垫使用的法兰最大内径的限制条件见表 13-25。

1) 对于所有使用填充 PTFE 材料带的垫片，和对于 900 磅级的 NPS 24、1 500 磅级的 NPS 12～NPS 24 以及 2 500 磅级的 NPS 4～NPS 12 的垫片，均要求装有内环(见 2.3.2.5 条和表 13-21)。

2) 垫片外径公差：对于 NPS ½～NPS 8 为±0.03 in.；对于 NPS 10～NPS 24 为 $^{+0.06}_{-0.03}$ in.。

3) 垫片内径公差：对于 NPS ½～NPS 8 为±0.016 in.；对于 NPS 10～NPS 24 为±0.03 in.。

4) 定位环外径公差为±0.03 in.。

5) 对于 NPS ½～NPS 3 的 400 磅级法兰，没有对垫片尺寸作规定，而是使用 600 磅级的；对于 NPS ½～NPS 2½ 的 900 磅级法兰，也没有对垫片的尺寸作规定，而是使用 1 500 磅级的；而对于 2 500 磅级中法兰规格为 NPS 14 和大于 NPS 14 的法兰，则没有规定与之相配的垫片尺寸。

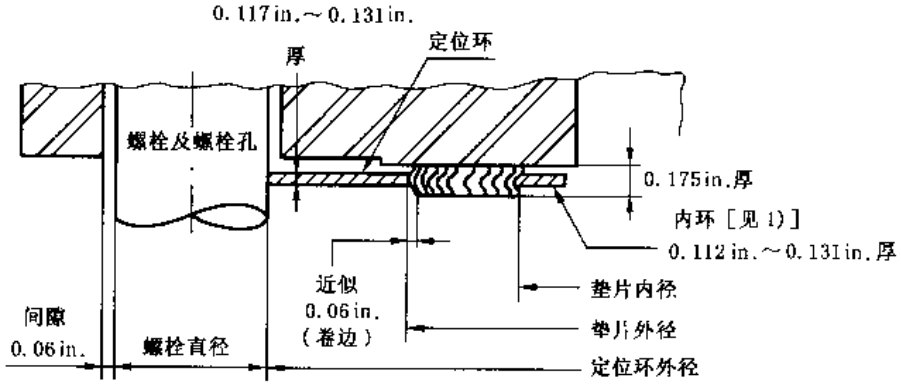


表 13-19 与 ASME B 16.47 法兰系列 A 一起使用的螺旋缠绕式垫片尺寸

in.

法兰规格(NPS)	150 磅级			300 磅级			400 磅级			600 磅级			900 磅级[1]		
	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4,5]
	内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2,5]	外径[3,5]	
26	26.50	27.75	30.50	27.00	29.00	32.88	27.00	29.00	32.75	27.00	29.00	34.13	27.00	29.00	34.75
28	28.50	29.75	32.75	29.00	31.00	35.38	29.00	31.00	35.13	29.00	31.00	36.00	29.00	31.00	37.25
30	30.50	31.75	34.75	31.25	33.25	37.50	31.25	33.25	37.25	31.25	33.25	38.25	31.25	33.25	39.75
32	32.50	33.88	37.00	33.50	35.50	39.63	33.50	35.50	39.50	33.50	35.50	40.25	33.50	35.50	42.25
34	34.50	35.88	39.00	35.50	37.50	41.63	35.50	37.50	41.50	35.50	37.50	42.25	35.50	37.50	44.75
36	36.50	38.13	41.25	37.63	39.63	44.00	37.63	39.63	44.00	37.63	39.63	44.50	37.75	39.75	47.25
38	38.50	40.13	43.75	38.50	40.00	41.50	38.25	40.25	42.25	39.00	41.00	43.50	40.75	42.75	47.25
40	40.50	42.13	45.75	40.25	42.13	43.88	40.38	42.38	44.38	41.25	43.25	45.50	43.25	45.25	49.25

续表 13-19

in.

法兰规格(NPS)	150 磅级			300 磅级			400 磅级			600 磅级			900 磅级[1]		
	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4],[5]
	内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2],[5]	外径[3],[5]	
42	42.50	44.25	48.00	42.25	44.13	45.88	42.38	44.38	46.38	43.50	45.50	48.00	45.25	47.25	51.25
44	44.50	46.38	50.25	44.50	46.50	48.00	44.50	46.50	48.50	45.75	47.75	50.00	47.50	49.50	53.88
46	46.50	48.38	52.25	46.38	48.38	50.13	47.00	49.00	50.75	47.75	49.75	52.25	50.00	52.00	56.50
48	48.50	50.38	54.50	48.63	50.63	52.13	49.00	51.00	53.00	50.00	52.00	54.75	52.00	54.00	58.50
50	50.50	52.50	56.50	51.00	53.00	54.25	51.00	53.00	55.25	52.00	54.00	57.00	—	—	—
52	52.50	54.50	58.75	53.00	55.00	56.25	53.00	55.00	57.25	54.00	56.00	59.00	—	—	—
54	54.50	56.50	61.00	55.25	57.25	58.75	55.25	57.25	59.75	56.25	58.25	61.25	—	—	—
56	56.50	58.50	63.25	57.25	59.25	60.75	57.25	59.25	61.75	58.25	60.25	63.50	—	—	—
58	58.50	60.50	65.50	59.50	61.50	62.75	59.25	61.25	63.75	60.50	62.50	65.50	—	—	—
60	60.50	62.50	67.50	61.50	63.50	64.75	61.75	63.75	66.25	62.75	64.75	68.25	—	—	—

注：1. 垫片厚度公差为±0.005 in.，系通过垫片金属带部分两边测量，不计入填料带。填料带的厚度可以稍微高出金属带厚度；

2. 对供螺旋缠绕式垫片使用的法兰最大内径的限制条件见表 13-26。

3. NPS 12～NPS 24 的 ASME B 16.47 的系列 A 法兰，其凸面密封面尺寸与 ASME B 16.5 法兰相同。

1) 所有使用 PTFE 填充材料带的垫片，和 900 磅级的 NPS 26～NPS 48 的垫片，需要装有内环(见 2.3.2.5 条和表 13-22)。

2) 垫片内径公差：对于 NPS 10～NPS 34 为±0.03 in.；对于 NPS 36～NPS 60 为±0.05 in.。

3) 适用于 NPS 26～NPS 60 的垫片外径公差为±0.06 in.。

4) 定位环外径公差为±0.03 in.。

5) NPS 50 及 NPS 50 以上的 900 磅级法兰，没有规定与之相配的垫片尺寸。

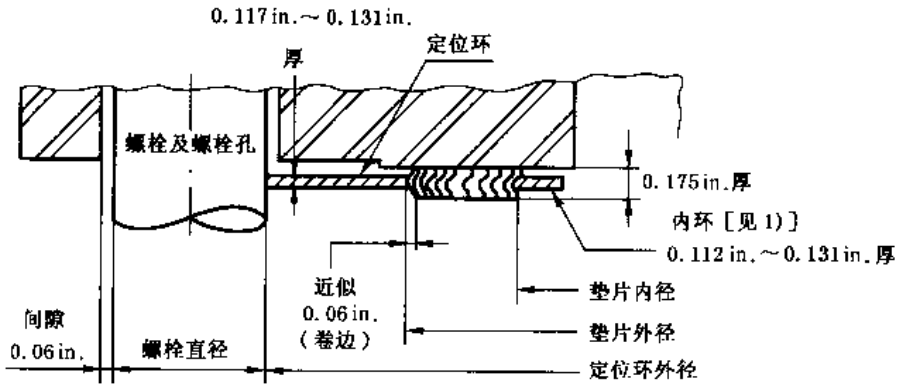


表 13-20 与 ASME B 16.47 法兰系列 B 一起使用的螺旋缠绕式垫片尺寸

in.

法兰规格(NPS)	150 磅级			300 磅级			400 磅级			600 磅级			900 磅级[1]		
	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4),5)]
	内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2),5)]	外径[3),5)]	
26	26.50	27.50	28.56	26.50	28.00	30.38	26.25	27.50	29.38	26.13	28.13	30.13	27.25	29.50	33.00
28	28.50	29.50	30.56	28.50	30.00	32.50	28.13	29.50	31.50	27.75	29.75	32.25	29.25	31.50	35.50
30	30.50	31.50	32.56	30.50	32.00	34.88	30.13	31.75	33.75	30.63	32.63	34.63	31.75	33.75	37.75
32	32.50	33.50	34.69	32.50	34.00	37.00	32.00	33.88	35.88	32.75	34.75	36.75	34.00	36.00	40.00
34	34.50	35.75	36.81	34.50	36.00	39.13	34.13	35.88	37.88	35.00	37.00	39.25	36.25	38.25	42.25
36	36.50	37.75	38.88	36.50	38.00	41.25	36.13	38.00	40.25	37.00	39.00	41.25	37.25	39.25	44.25
38	38.37	39.75	41.13	39.75	41.25	43.25	38.25	40.25	42.25	39.00	41.00	43.50	40.75	42.75	47.25
40	40.25	41.88	43.13	41.75	43.25	45.25	40.38	42.38	44.38	41.25	43.25	45.50	43.25	45.25	49.25

续表 13-20

in.

法兰规格(NPS)	150 磅级			300 磅级			400 磅级			600 磅级			900 磅级[1]		
	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4]	垫片		定位环外径[4],[5]
	内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2]	外径[3]		内径[2],[5]	外径[3],[5]	
42	42.50	43.88	45.13	43.75	45.25	47.25	42.38	44.38	46.38	43.50	45.50	48.00	45.25	47.25	51.25
44	44.25	45.88	47.13	45.75	47.25	49.25	44.50	46.50	48.50	45.75	47.75	50.00	47.50	49.50	53.88
46	46.50	48.19	49.44	47.88	49.38	51.88	47.00	49.00	50.75	47.75	49.75	52.25	50.00	52.00	56.50
48	48.50	50.00	51.44	49.75	51.63	53.88	49.00	51.00	53.00	50.00	52.00	54.75	52.00	54.00	58.50
50	50.50	52.19	53.44	51.88	53.38	55.88	51.00	53.00	55.25	52.00	54.00	57.00	—	—	—
52	52.50	54.19	55.44	53.88	55.38	57.88	53.00	55.00	57.25	54.00	56.00	59.00	—	—	—
54	54.50	56.00	57.63	55.25	57.25	60.25	55.25	57.25	59.75	56.25	58.25	61.25	—	—	—
56	56.88	58.18	59.63	58.25	60.00	62.75	57.25	59.25	61.75	58.25	60.25	63.50	—	—	—
58	59.07	60.19	62.19	60.44	61.94	65.19	59.25	61.25	63.75	60.50	62.50	65.50	—	—	—
60	61.31	62.44	64.19	62.56	64.19	67.19	61.75	63.75	66.25	62.75	64.75	68.25	—	—	—

注：1. 垫片厚度公差为±0.005 in.，系通过垫片金属带部分两边测量，不计入填料带。填料带的厚度可以稍微高出金属带厚度。

2. 对供螺旋缠绕式垫片使用的法兰最大内径的限制条件见表 13-27。

1) 所有使用 PTFE 填充材料带的垫片，和 900 磅级的 NPS 26～NPS 48 的垫片，需要装有内环(见 2.3.2.5 条和表 13-23)。

2) 垫片内径公差：对于 NPS 26～NPS 34 为±0.03 in.；对于 NPS 36～NPS 60 为±0.05 in.。

3) 适用于 NPS 26～NPS 60 的垫片外径公差为±0.06 in.。

4) 定位环外径公差为±0.03 in.。

5) NPS 50 及大于 NPS 50 的 900 磅级法兰，没有规定与之相配的垫片尺寸。

表 13-21 螺旋缠绕式垫片用内环内径

in.

法兰规格 (NPS)	压力磅级						
	150	300	400[1)]	600	900[1),3)]	1 500[2),3)]	2 500[1),2),3)]
1/2	0.56	0.56	—	0.56	-	0.56	0.56
3/4	0.81	0.81	—	0.81		0.81	0.81
1	1.06	1.06	·	1.06	—	1.06	1.06
1¼	1.50	1.50		1.50	—	1.31	1.31
1½	1.75	1.75	—	1.75		1.63	1.63
2	2.19	2.19	—	2.19	-	2.06	2.06
2½	2.62	2.62	—	2.62	—	2.50	2.50
3	3.19	3.19	—	3.19	3.19	3.19	3.19
4	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19
5	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19
6	6.19	6.19	6.19	6.19	6.19	6.19	6.19
8	8.50	8.50	8.25	8.25	8.25	8.12	7.88
10	10.56	10.56	10.25	10.25	10.25	10.15	9.75
12	12.50	12.50	12.50	12.50	12.38	12.38	11.50
14	13.75	13.75	13.75	13.75	13.50	13.38	—
16	15.75	15.75	15.75	15.75	15.50	15.25	—
18	17.69	17.69	17.69	17.69	17.50	17.25	—
20	19.69	19.69	19.69	19.69	19.50	19.25	--
24	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75[3)]	22.75	--

注：1. 内环厚度应为 0.112～0.131 in.。

2. 对于规格 NPS 1¼～NPS 3 者，内径公差为±0.03 in.；对于较大的规格，内径公差为±0.06 in.。

适用于与标准内环一起使用的最小管壁厚度见表 13-24。

1) 400 磅级法兰的 NPS ½～NPS 3 者，没有规定尺寸，而是使用 600 磅级的尺寸；900 磅级法兰的 NPS ½～NPS 2½ 者，也没有规定尺寸，而是使用 1 500 磅级的尺寸；2 500 磅级的 NPS 14 及大于 NPS 14 者，则没有规定其尺寸。

2) 对于 1 500 及 2 500 磅级的 NPS 1¼～NPS 2½ 中所规定的内环内径，其所形成的内环宽度为 0.12 in.，这是为生产目的而采取的最起码措施。

3) 对于 900 磅级 NPS 24 的垫片；1 500 磅级 NPS 12～NPS 24 的垫片及 2 500 磅级 NPS 4～NPS 12 的垫片，需要装有内环。

表 13-22 与 ASME B 16.47A 系列法兰配用的螺旋缠绕式垫片用内环内径 in.

法兰规格 (NPS)	压力磅级				
	150	300	400	600	900[1),2)]
26	25.75	25.75	26.00	25.50	26.25
28	27.75	27.75	28.00	27.50	28.00
30	29.75	29.75	29.75	29.75	30.50
32	31.75	31.75	32.00	32.00	32.00
34	33.75	33.75	34.00	34.00	34.00
36	35.75	35.75	36.13	36.13	36.25
38	37.75	37.50	37.50	37.50	39.75
40	39.75	39.50	39.38	39.75	41.75
42	41.75	41.50	41.38	42.00	43.75
44	43.75	43.50	43.50	43.75	45.50
46	45.75	45.38	46.00	45.75	48.00
48	47.75	47.63	47.50	48.00	50.00
50	49.75	49.00	49.50	50.00	
52	51.75	52.00	51.50	52.00	
54	53.50	53.25	53.25	54.25	--
56	55.50	55.25	55.25	56.25	-
58	57.50	57.00	57.25	58.00	
60	59.50	60.00	59.75	60.25	—

注：1. 内环厚度应为 0.112~0.131 in.。

2. 内径公差为±0.12 in.。

3. 这些内环适用于壁厚为 0.38 in. 或较厚壁厚的管子。

1) 对于 900 磅级的垫片要求装有内环；

2) NPS 50 及大于 NPS 50 的 900 磅级法兰，没有规定与其相配的垫片用内环内径尺寸。

表 13-23 与 ASME B 16.47B 系列法兰配用的螺旋缠绕式垫片用内环内径 in.

法兰规格 (NPS)	压力磅级				
	150	300	400	600	900[1),2)]
26	25.75	25.75	25.75	25.38	26.50
28	27.75	27.75	27.63	27.25	28.50
30	29.75	29.75	29.63	29.63	31.00
32	31.75	31.75	31.50	31.25	33.00
34	33.75	33.75	33.50	33.50	35.25
36	35.75	35.75	35.38	35.50	36.50
38	37.75	38.25	37.50	37.50	39.75
40	39.75	42.75	39.38	39.75	41.75
42	41.75	41.50	41.38	42.00	43.75
44	43.75	44.25	43.50	43.75	45.50
46	45.75	46.38	46.00	45.75	48.00

续表 13-23 in.

法兰规格 (NPS)	压力磅级				
	150	300	400	600	900[1),2)]
48	47.75	48.50	47.50	48.00	50.00
50	49.75	49.88	49.50	50.00	-
52	51.75	51.88	51.50	52.00	—
54	53.75	53.75	53.25	54.25	—
56	56.00	56.25	55.25	56.25	—
58	58.19	58.44	57.25	58.00	—
60	60.14	61.31	59.75	60.25	—

注：1. 内环厚度应为 0.112～0.131 in.。

2. 内径公差为±0.12 in.。

3. 这些内环适用于壁厚为 0.38 in. 或较厚壁厚的管子。

1) 对于 900 磅级的垫片要求装有内环。

2) NPS 50 及大于 NPS 50 的 900 磅级法兰，没有规定与其相配的垫片用内环内径尺寸。

表 13-24 ASME B 16.5 法兰使用内环相配的最小管壁厚度

法兰规格 (NPS)	压力等级						
	150	300	400	600	900	1 500	2 500
1/2	Schedule 80						
3/4							
1							
1¼	Schedule 40						
1½							
2							
2½							
3							
4							
5							
6							
8	Schedule 10S		Schedule 30		Schedule 80		
10							
12							
14							
16							
18							
20							
24							

注：1. Schedule，表示管壁厚度系列号—— 译注。

2. 认定的管壁厚度系列号代表适合于 ASME B 16.5 使用内环的最小建议管壁厚度（参考 ASME B 36.10M 和 ASME B 36.19M）。

3. 带有内环的垫片只宜用于承插焊、搭接焊、焊颈的和整体的法兰。

表 13-25　与螺旋绕缠式垫片相配的 ASME B 16.5 法兰的最大内径

<table>
<tr><th rowspan="2">法兰规格
(NPS)</th><th colspan="8">压　力　等　级</th></tr>
<tr><th>75</th><th>150</th><th>300</th><th>400</th><th>600</th><th>900[1)]</th><th>1 500[1)]</th><th>2 500[1)]</th></tr>
<tr><td>1/2
3/4
1</td><td rowspan="13">无法兰</td><td colspan="2">仅 WN 法兰[2)]</td><td rowspan="6">无法兰
使用
600
磅级</td><td colspan="2">仅 WN 法兰[2)]</td><td rowspan="4">无法兰
使用
1 500 磅级</td><td colspan="2" rowspan="4">仅 WN 法兰[2)]</td></tr>
<tr><td>1¼
1½</td><td colspan="2">SO 法兰[3)]
WN 法兰[2)]</td><td colspan="2">SO 法兰[3)]
WN 法兰[2)]</td></tr>
<tr><td>2
2½
3</td><td colspan="2">SO 法兰[3)]
WN 法兰，
任意内径</td><td colspan="2">SO 法兰[3)]
WN 法兰，任意内径</td></tr>
<tr><td>4
6
8
10
12
14
16
18
20
24</td><td colspan="2" rowspan="7">SO 法兰
WN 法兰，
任意内径</td><td colspan="2">SO 法兰[3)]
WN 法兰，任意内径</td><td colspan="2" rowspan="2">SW 内径的 WN 法兰
(包括管嘴[4)]，但不包括 SO 法兰)</td></tr>
<tr><td colspan="4" rowspan="2">ASME B 36.19M 中说明的 Schedule 10S内径的 WN 法兰(包括管嘴[4)]，但不包括 SO 法兰)</td></tr>
<tr><td colspan="4" rowspan="2">ASME B 36.19M 中说明的 Schedule 10S 内径的 WN 法兰(不包括管嘴[4)] 和 SO 法兰)[5)]</td><td rowspan="2">Schedule 80 内径的 WN 法兰(不包括管嘴[4)] 和 SO 法兰)</td><td rowspan="2">无法兰</td></tr>
</table>

注：1. 此表表示表 13 18 螺旋缠绕式垫片尺寸中推荐的法兰最大内径，考虑了包含的公差、可能的安装偏差和垫片伸入法兰内径的可能性。

2. 对非强制性内环，最大的允许法兰内径见表 13-24。

3. 缩写：

SO＝滑套法兰或螺纹法兰

WN＝对焊法兰

SW＝标准管壁

1) 900 磅级的 NPS 24 的垫片，1 500 磅级的 NPS 12～NPS 24 的垫片和 2 500 磅级的 NPS 4～NPS 12 的垫片，均需要有内定位环(见 2.3.2.5 条)。这些内环在最大内径、安装偏差和额外公差的最差综合条件下，可最大伸入管壁内径 0.06 in.。

2) 在这些规格中，只要垫片与法兰安装同心，这些垫片适用于有标准管壁厚度的法兰内径的对焊法兰。这也适用于管嘴。对于任何较大内径的法兰所使用的垫片是否令人满意，由用户负责确定。

3) 仅在垫片与法兰安装同心时，这些规格的垫片才适用于平焊法兰。

4) 管嘴即长颈对焊法兰；法兰内径等于此法兰的 NPS。

5) NPS 24 垫片适用于管嘴。

表 13-26 与螺旋缠绕式垫片相配的 ASME B 16.47A 系列法兰的最大内径

法兰规格 (NPS)	压力磅级				
	150	300	400	600	900[1]
26	2)	3)	3)	3)	3)
28	2)	3)	3)	3)	3)
30	2)	3)	3)	3)	3)
32	2)	3)	3)	3)	3)
34	2)	3)	3)	3)	3)
36	2)	3)	3)	3)	3)
38	2)	3)	3)	3)	3)
40	2)	3)	3)	3)	3)
42	2)	3)	3)	3)	3)
44	2)	3)	3)	3)	3)
46	2)	3)	3)	3)	3)
48	2)	3)	3)	3)	3)
50	2)	3)	3)	3)	4)
52	2)	3)	3)	3)	4)
56	2)	3)	3)	3)	4)
58	2)	3)	3)	3)	4)
60	2)	3)	3)	3)	4)

注：本表给出了表 13-19 中所示的螺旋缠绕式垫片尺寸用法兰最大内径推荐值(考虑到公差、安装不同心及垫片有可能伸进组装的法兰内孔等因素)。

1) 对于 900 磅级的 NPS 26～NPS 48 的垫片，需要装有内环(见 2.3.2.5 条)。

2) 只有对焊法兰的内径不大于 0.187 in. 壁厚管子的内径，较大内径的必须逐一地进行计算。

3) 除了 300 磅级的 NPS 38 不适用于内径大于 0.3 in. 壁厚管子的内径外，只有对焊法兰的内径不大于 0.25 in. 壁厚管子的内径。较大内径的必须逐一地进行验算。

4) 没有 NPS 50～NPS 60 的 900 磅级的尺寸。

表 13-27 与螺旋缠绕式垫片相配的 ASME B 16.47B 系列法兰的最大内径

法兰规格 (NPS)	压力磅级				
	150	300	400	600	900[1]
26	按 ASME B 16.47 所规定的具有最大内径的对焊法兰和整体法兰				
28					
30					
32					
34					
36					
38					
40					
44					
46					
48					
50					2)
52					2)
54					2)
56					2)
58					2)
60					2)

注：本表给出了表 13-20 中所示的螺旋缠绕垫片尺寸用法兰最大内径推荐值(考虑到公差、安装不同心及垫片有可能伸进组装的法兰内孔等因素)。

1) 对于 900 磅级的 NPS 26～NPS 48 的垫片，需要装有内环(见 2.3.2.5 条)。

2) 没有 NPS 50～NPS 60 的 900 磅级的尺寸。

表 13-28 螺旋缠绕式垫片材料的颜色标记及缩写标记

材 料	缩 写 标 记	颜 色 标 记
金属缠绕带材料		
碳钢	CRS	银 色
304 SS	304	黄 色
304L SS	304L	无 色
309 SS	309	无 色
310 SS	310	无 色
316L SS	316L	绿 色
317L SS	317L	栗 色
347 SS	347	蓝 色
321 SS	321	绿蓝色
430 SS	430	无 色
Ni-Cu 蒙乃尔 400 等级 400	— MON —	— 橙黄色
镍 200	Ni	红 色
钛	Ti	紫 色
20 Cb-3 合金	A-20	黑 色
Ni-Mo 镍基合金 B 等级 B2	— HAST B ·	褐 色 —
Ni-Mo-Cr 镍基合金 C 等级 C-276	HAST C	米 色
Ni-Cr-Fe 镍铬铁合金 600 等级 600	INC 600 —	金 色 —
Ni-Cr-Fe-Cb 镍铬铁合金 625 等级 625	INC 625	— 金 色

续表 13-28

材　料	缩 写 标 记	颜 色 标 记
金属缠绕带材料		
Ni-Cr-Fe Ti 镍铬铁合金 X-750 等级 X-750	— INX —	无　色 —
Ni-Fe Cr 耐热镍铬铁合金 800 等级 800	IN 800	— 白　色 —
Ni-Fe-Cr-Mo Cu 耐热镍铬铁合金 825 等级 825	IN 825 —	白　色 —
锆	ZIRC	无　色
非金属填料带材料		
温石棉	ASB	无色带
聚四氟乙烯	PTFE	白色带
云母石墨	生产厂的标号	粉红色带
柔性石墨	F·G·	灰色带
陶瓷材料	CER	浅绿色带

表 13-29　螺旋缠绕式垫片的标记实例

说　　明	标　志
用 304 型金属缠绕带和柔性石墨(F·G·)填料带制成的、适用于 ASME B 16.5 的 NPS 3 及 300、600 磅级法兰用垫片	3-300/600-F·G· (制造厂商标) ASME B 16.20
用 304 型金属缠绕带和陶瓷(CER)填充材料带制成的、适用于 ASME B 16.47A 系列的 NPS 36 及 300 磅级法兰用垫片	36-300-CER ASME B 16.47A (制造厂商标) ASME B 16.20
用镍铬铁合金金属缠绕带和聚四氟乙烯(PTFE)填料带制成的、和装有镍铬铁合金内环的适用于 ASME B 16.5 的 NPS 12 及 1 500 磅级法兰用垫片	12-1 500INC600-PTFE INC 600 I. R. (制造厂商标) ASME B 16.20

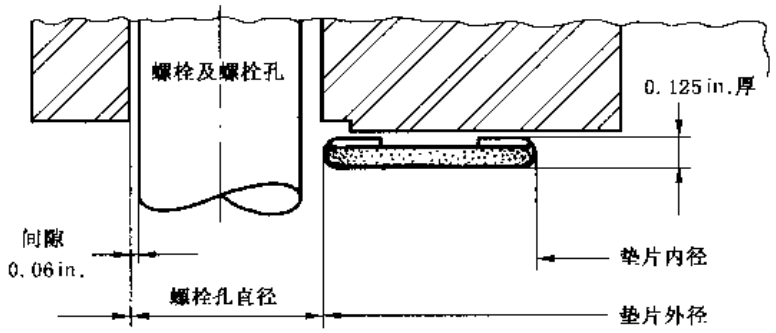


表 13-30　ASME B 16.5 法兰用夹套式垫片尺寸　in.

法兰规格 (NPS)	垫片内径[1]	垫片外径(按磅级)[1]						
		150	300	400[2]	600	900[3]	1 500	2 500[4]
1/2	0.88	1.75	2.00		2.00		2.38	2.63
3/4	1.13	2.13	2.50		2.50		2.63	2.88
1	1.50	2.50	2.75	--	2.75	--	3.00	3.25
1¼	1.88	2.88	3.13		3.13		3.38	4.00
1½	2.13	3.25	3.63		3.63		3.75	4.50
2	2.88	4.00	4.25		4.25		5.50	5.63
2½	3.38	4.75	5.00	--	5.00	—	6.38	6.50
3	4.25	5.25	5.75		5.75	6.50	6.75	7.63
4	5.19	6.75	7.00	6.88	7.50	8.00	8.13	9.13
5	6.00	7.63	8.38	8.25	9.38	9.63	9.88	10.88
6	7.50	8.63	9.75	9.63	10.38	11.25	11.00	12.38
8	9.38	10.88	12.00	11.88	12.50	14.00	13.75	15.13
10	11.25	13.25	14.13	14.00	15.63	17.00	17.00	18.63
12	13.50	16.00	16.50	16.38	17.88	19.50	20.38	21.50
14	14.75	17.63	19.00	18.88	19.25	20.38	22.63	—
16	16.75	20.13	21.13	21.00	22.13	22.50	25.13	
18	19.25	21.50	23.38	23.25	24.00	25.00	27.63	—
20	21.00	23.75	25.63	25.38	26.75	27.38	29.63	
24	25.25	28.13	30.38	30.13	31.00	32.88	35.38	—

注：垫片厚度公差为 $^{+0.03}_{0}$ in.。

1) 对于 NPS 1/2～NPS 24 的垫片，其外径和内径公差为 $^{+0.06}_{0}$ in.。

2) NPS 1/2～NPS 3 的 400 磅级法兰，没有规定垫片外径尺寸，使用 600 磅级的。

3) NPS 1/2～NPS 2½ 的 900 磅级法兰，没有规定垫片外径尺寸，使用 1 500 磅级的。

4) NPS 14 和大于 NPS 14 的 2 500 磅级法兰，没有规定与之相配的垫片外径尺寸。

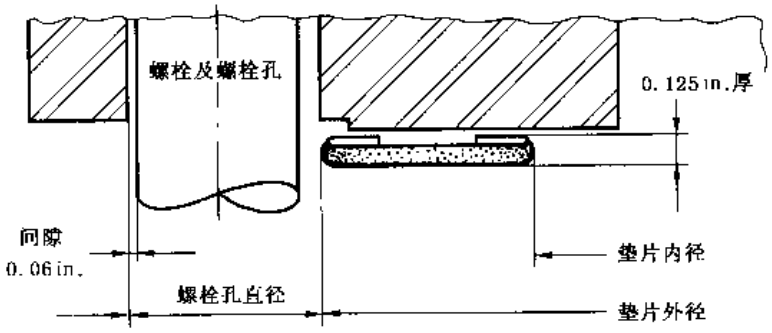


表 13-31 ASME B 16.47A 系列法兰用夹套式垫片尺寸 in.

法兰规格 (NPS)	垫片内径[1]	垫片外径(按磅级)[1]				
		150	300	400	600	900[2]
26	26.50	30.38	32.75	32.63	34.00	34.63
28	28.50	32.63	35.25	35.00	35.88	37.13
30	30.50	34.63	37.38	37.13	38.13	39.63
32	32.50	36.88	39.50	39.38	40.13	42.13
34	34.50	38.88	41.50	41.38	42.13	44.63
36	36.50	41.13	43.88	43.88	44.38	47.13
38	38.50	43.63	41.38	42.13	43.38	47.13
40	40.50	45.63	43.75	44.25	45.38	49.13
42	42.50	47.88	45.75	46.25	47.88	51.13
44	44.50	50.13	47.88	48.38	49.88	53.75
46	46.50	52.13	50.00	50.63	52.13	56.38
48	48.50	54.38	52.00	52.88	54.63	58.38
50	50.50	56.38	54.13	55.13	56.88	—
52	52.50	58.63	56.13	57.13	58.88	
54	54.50	60.88	58.63	59.63	61.13	
56	56.50	63.13	60.63	61.63	63.13	—
58	58.50	65.38	62.63	63.63	65.38	—
60	60.50	67.38	64.63	66.13	68.13	—

注：垫片厚度公差为$^{-0.03}_{0}$in.

1) 对于 NPS 26～NPS 60 的垫片，其外径公差为$^{+0.13}_{0}$in.；其内径公差为$^{+0.13}_{0}$ in.。

2) NPS 50 及大于 NPS 50 的 900 磅级法兰，没有规定与之相配的垫片外径尺寸。

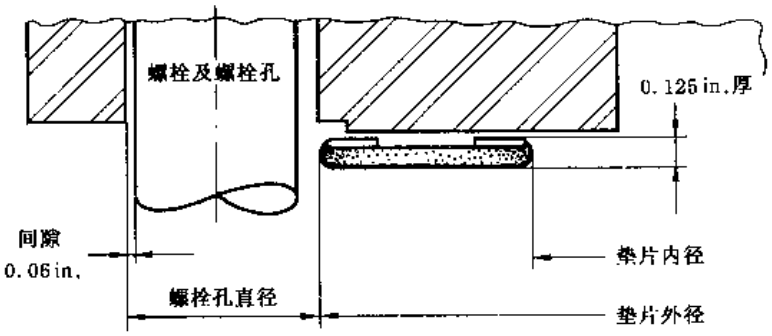


表 13-32　ASME B 16.47B 系列法兰用夹套式垫片尺寸　in.

法兰规格 (NPS)	垫片内径[1]	垫片外径(按磅级)[1]				
		150	300	400	600	900[2]
26	26.50	28.44	30.25	29.25	30.00	32.88
28	28.50	30.44	32.38	31.38	32.13	35.38
30	30.50	32.44	34.75	33.63	34.50	37.63
32	32.50	34.56	36.88	35.75	36.63	39.88
34	34.50	36.69	39.00	37.75	39.13	42.13
36	36.50	38.75	41.13	40.13	41.13	44.13
38	38.50	41.00	43.13	42.13	43.38	47.13
40	40.50	43.00	45.13	44.25	45.38	49.13
42	42.50	45.00	47.13	46.25	47.88	51.13
44	44.50	47.00	49.13	48.38	49.88	53.75
46	46.50	49.31	51.75	50.63	52.13	56.38
48	48.50	51.31	53.75	52.88	54.63	58.38
50	50.50	53.31	55.75	55.31	56.88	
52	52.50	55.31	57.75	57.13	58.88	
54	54.50	57.50	60.13	59.63	61.13	—
56	56.50	59.50	62.63	61.63	63.13	-
58	58.50	62.06	65.06	63.63	65.38	
60	60.50	64.06	67.06	66.13	68.13	-

注：垫片厚度公差为 $^{+0.03}_{0}$ in.。

1）对于 NPS 26～NPS 60 的垫片，其外径公差为 $^{-0.13}_{0}$ in.；其内径公差为 $^{+0.13}_{0}$ in.。

2）NPS 50 及大于 NPS 50 的 900 磅级法兰，没有规定与之相配的垫片外径尺寸。

表 13-33 识别夹套式垫片用材料的缩写标记

材料		缩写
金属材料		
Al	铝	Al
CRS	碳钢	CS
Cu	铜	CU
Ni Mo(等级 B2)	镍基合金 B	HAST B
Ni-Mo-Cr(等级 C-276)	镍基合金 C	HAST C
Ni-Cr-Fe(等级 600)	镍铬铁合金 600	INC 600
Ni-Cr-Fe(等级 625)	镍铬铁合金 625	INC 625
Ni-Fe-Cr(等级 800)	镍铬铁合金 800	IN 800
Ni-Cr-Fe-Ti(等级 X-750)	镍铬铁合金 X750	INX
Ni-Cu(等级 400)	蒙乃尔	MON
Nickel 200	镍	NI
Soft Iron	软铁	Soft Iron
Ni-Cr	不锈钢	3-digit
Ta	钽	TANT
Ti	钛	TI
充填材料		
	石棉	ASB
	陶瓷	CER
	柔性石墨	F·G·
	聚四氟乙烯	PTFE

表 13-34 夹套式垫片的标记实例

说明	标志
用 304 金属夹套及柔性石墨填料制成的、适用于 ASME B 16.5 的 NPS 2½ 及 150 磅级法兰用垫片	2½ 150-304/F·G· (制造厂商标) ASME B 16.20
用碳钢夹套和陶瓷材料制成的、适用于 ASME B 16.47B 系列的 NPS 30 及 300 磅级法兰用垫片	30-300-CS/CER (制造厂商标) ASME B 16.20

第14章　欧共体垫片标准

欧共体标准化委员会于1997年1月9日批准并开始实施其技术委员会CEN/TC 74提出的欧共体垫片标准。该垫片标准包括四个部分：EN 1514-1《增强及未增强的非金属平垫片》；EN 1514-2《钢制法兰用缠绕式垫片》；EN 1514-3《聚四氟乙烯包覆垫片》；EN 1514-4《钢制法兰用金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片》。

1　增强及未增强的非金属平垫片(EN 1514-1:1997)

1.1　适用范围

EN 1514-1:1997《增强及未增强的非金属平垫片》标准规定了增强及未增强的非金属平垫片的尺寸和标记。垫片适用于prEN 1092-1、prEN 1092-2、prEN 1092-3和prEN 1092-4标准规定的法兰以及EN 545、EN 598和EN 969标准规定的管道和管件。其适用的最大公称压力为PN 63，最大公称直径为DN 4000。

按该标准制造的垫片可能含有石棉。由于使用含有石棉的材料在欧洲受到法律的限制，因而生产和使用时必须有相应的预防措施，以确保不对人身健康造成危害。

1.2　引用标准

EN 545　水路系统用铁管、管件、附件及其连接——技术要求及试验方法

EN 598　排污系统用铁管、管件、附件及其连接——技术要求及试验方法

EN 969　气路系统用铁管、管件、附件及其连接——技术要求及试验方法

prEN 1092-1　法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第1部分：钢制法兰——PN系列

prEN 1092-2　法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第2部分：铸铁法兰——PN系列

prEN 1092-3　法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第3部分：铜合金及其复合材料法兰——PN系列

prEN 1092-4　法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第4部分：铝合金法兰——PN系列

EN 1333　管件——定义和PN(公称压力)的选择

EN ISO 6708　管件——定义和DN(公称通径)的选择(ISO 6708:1995)

ISO 2531　压力管线用铁管、管件及附件

1.3　垫片型式

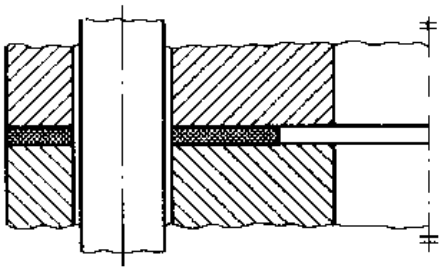
垫片及法兰密封面型式有四种，见图14-1和图14-2。

FF型垫片：用于A型(全平面)和B型(突平面)法兰[图14-1a)、图14-2a)]；

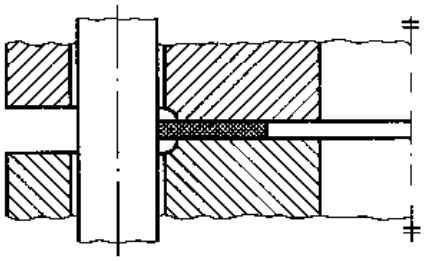
IBC型垫片：用于A型(全平面)和B型(突平面)法兰[图14-1b)、图14-2b)]；

TG型垫片：用于C/D型(榫槽面)法兰[图14-1c)、图14-2b)]；

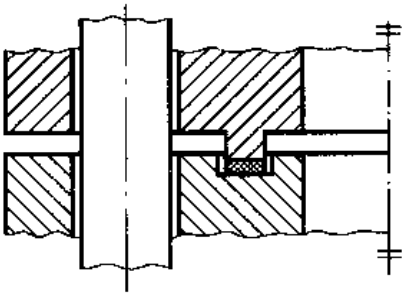
SR型垫片：用于E/F型(凹凸面)法兰[图14-1d)、图14-2b)]。



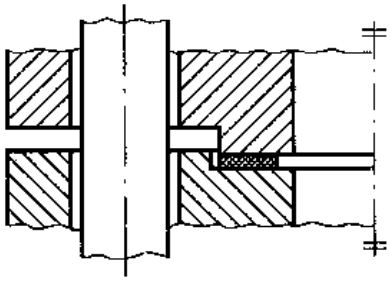
a) 配 FF 型垫片的 A 型法兰密封面



b) 配 IBC 型垫片的 B 型法兰密封面

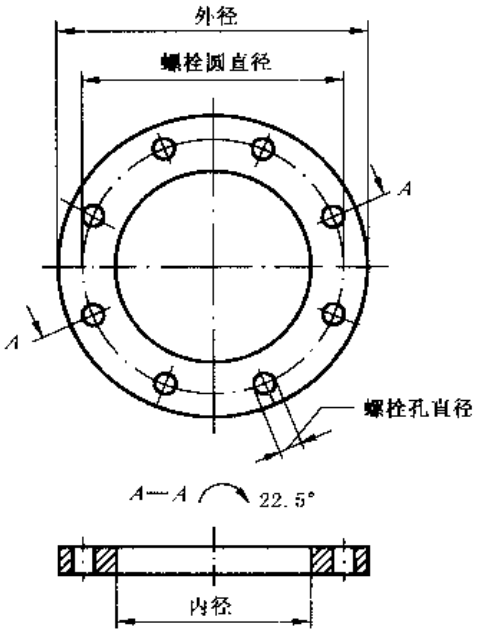


c) 配 TG 型垫片的 C/D 型法兰密封面



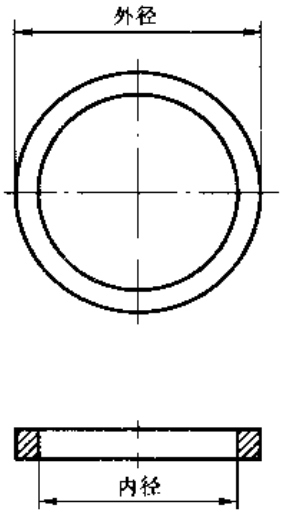
d) 配 SR 型垫片的 E/F 型法兰密封面

图 14 1 垫片及法兰密封面的型式

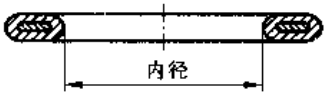


该图仅说明了螺栓孔的排列，实际螺栓孔的数目根据相关标准确定

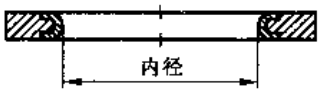
a) FF型垫片（用于A、B型法兰密封面）



b) IBC型垫片（用于A、B型法兰密封面）
TG型垫片（用于C/D型法兰密封面）
SR型垫片（用于E/F型法兰密封面）



c) 带金属骨架的橡胶垫片



d) 带金属骨架的橡胶垫片

图 14-2 垫片尺寸

prEN 1092-1、prEN 1092-2、prEN 1092-3 和 prEN 1092-4 中规定了法兰密封面的型式，见图 14-3。

只有 FF 型和 IBC 型垫片适用于 EN 545、EN 598 和 EN 969 规定的法兰连接。

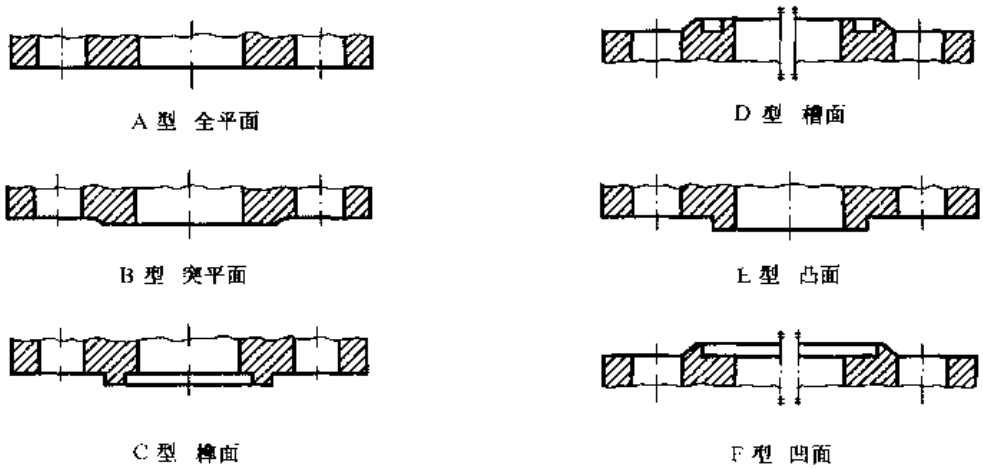


图 14-3　法兰密封面型式

1.4　垫片设计及材料选用

垫片可由一种或多种材料制造，可以是单层或通过多层复合或模压方式制成。直径超过 1 500 mm 的垫片也许只能采用拼接型式。对于大尺寸垫片，用户应向制造商或供应商进行咨询。

典型的垫片材料为未增强的橡胶、纤维增强的橡胶、带金属丝的纤维增强橡胶、带金属骨架的橡胶、塑料、带骨架的柔性石墨、含粘结剂的压缩纤维、植物纤维、软木基材料。

应根据介质、操作条件、垫片材料性能、法兰面型式及表面粗糙度以及螺栓载荷的大小选择垫片。在选择特殊用途的垫片时，建议向供应商进行咨询。

1.5　垫片尺寸范围

不同公称通径和公称压力下各种垫片的尺寸范围见表 14-1。

表 14-1　垫片的尺寸范围　　mm

公称压力 PN	垫片型式			
	FF 型	IBC 型	TG 型	SR 型
	DN 的范围			
2.5	10～600	10～4 000	—	—
6	10～600	10～3 600	—	—
10	10～2 000	10～3 000	10～1 000	10～1 000
16	10～2 000	10～2 000	10～1 000	10～1 000
25	10～2 000	10～2 000	10～1 000	10～1 000
40	10～600	10～600	10～600	10～600
63	—	10～400		—

1.6 垫片尺寸

1.6.1 厚度

垫片厚度按表 14-2 选取，材料见 1.4 条，该标准规定的垫片厚度不适用于其他的材料。

应根据介质、操作条件、垫片材料性能、法兰面型式及表面粗糙度以及螺栓载荷的大小选择垫片厚度。在特殊用途垫片厚度选择时，可向供应商咨询。

表 14-2 垫片的厚度 mm

垫片材料	厚度										
	0.25	0.4	0.5	0.8	1	1.5	2	3	4	5	6.4
未增强的橡胶						×	×	×	×	×	
纤维增强橡胶						×		×	×	×	
带金属丝的纤维增强橡胶								×	×	×	
带金属骨架的橡胶								×	×	×	×
塑料					×	×	×	×			
带骨架的柔性石墨		×		×	×	×	×	×			
含粘结剂的压缩纤维	×	×	×	×	×	×	×				
植物纤维	×	×	×	×	×		×				
软木基材料						×		×		×	×

注：对于大直径垫片和一些型式的垫片(如带金属骨架)，垫片的厚度可以大于 6.4 mm；“×”表示适用。

1.6.2 直径

prEN 1092 法兰用垫片的直径见表 14-3～表 14-9，EN 545、EN 598 和 EN 969 法兰用垫片内径见表 14-10，其他尺寸见表 14 5～表 14-9。

对于带金属骨架的垫片，垫片内径为骨架内径[见图 14-2d)]。

1.6.3 EN 545、EN 598 和 EN 969 法兰用垫片内径

EN 545、EN 598 和 EN 969 的管道、管件用垫片的内径与 prEN 1092 法兰用垫片的内径不同，其内径按表 14-10 的规定。

EN 545、EN 598 和 EN 969 的管道、管件用垫片仅适用于公称压力 PN 10～PN 40。其他垫片尺寸按表 14-5～表 14-9 的规定。

表 14-3 PN2.5 法兰用垫片尺寸

mm

DN	垫片内径	IBC 型垫片外径	FF 型垫片
10	同 PN6 的尺寸	同 PN6 的尺寸	同 PN6 的尺寸
15			
20			
25			
32			
40			
50			
65			
80			
100			
125			
150			
200			
250			
300			
350			
400			
450			
500			
600			
700			
800			
900			
1 000			
1 200	1 220	1 290	
1 400	1 420	1 490	
1 600	1 620	1 700	
1 800	1 820	1 900	
2 000	2 020	2 100	
2 200	2 220	2 307	
2 400	2 420	2 507	
2 600	2 620	2 707	
2 800	2 820	2 924	
3 000	3 020	3 124	
3 200	3 220	3 324	
3 400	3 420	3 524	
3 600	3 620	3 734	
3 800	3 820	3 931	
4 000	4 020	4 131	

表 14-4 PN6 法兰用垫片尺寸

mm

DN	垫片内径	IBC 型垫片外径	FF 型垫片			
			外径	孔		螺栓圆直径
				数量	直径	
10	18	39	75	4	11	50
15	22	44	80	4	11	55
20	27	54	90	4	11	65
25	34	64	100	4	11	75
32	43	76	120	4	14	90
40	49	86	130	4	14	100
50	61	96	140	4	14	110
60[1]	72	106	150	4	14	120
65	77	116	160	4	14	130
80	89	132	190	4	18	150
100	115	152	210	4	18	170
125	141	182	240	8	18	200
150	169	207	265	8	18	225
200	220	262	320	8	18	280
250	273	317	375	12	18	335
300	324	373	440	12	22	395
350	356	423	490	12	22	445
400	407	473	540	16	22	495
450	458	528	595	16	22	550
500	508	578	645	20	22	600
600	610	679	755	20	26	705
700	712	784				
800	813	890				
900	915	990				
1 000	1 016	1 090				
1 200	1 220	1 307				
1 400	1 420	1 524				
1 600	1 620	1 724				
1 800	1 820	1 931				
2 000	2 020	2 138				
2 200	2 220	2 348				
2 400	2 420	2 558				
2 600	2 620	2 762				
2 800	2 820	2 972				
3 000	3 020	3 172				
3 200	3 220	3 382				
3 400	3 420	3 592				
3 600	3 620	3 804				

1）仅适用于铸铁法兰。

表 14-5　PN10 法兰用垫片尺寸　mm

DN	垫片内径[2),3)]	IBC 型垫片外径	FF 型垫片 外径	FF 型垫片 孔 数量	FF 型垫片 孔 直径	FF 型垫片 螺栓圆直径	SR 型垫片外径	TG 型垫片 内径	TG 型垫片 外径
10	同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸				同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸	
15									
20									
25									
32									
40									
50									
60[1)]									
65									
80									
100	同 PN16 的尺寸	同 PN16 的尺寸	同 PN16 的尺寸						
125									
150									
200			340	8	22	295			
250	273	328	395[4)]	12	22	350			
300	324	378	445[4)]	12	22	400			
350	356	438	505	16	22	460			
400	407	489	565	16	26	515			
450	458	539	615	20	26	565			
500	508	594	670	20	26	620			
600	610	695	780	20	30	725			
700	712	810	895	24	30	840	同 PN25 的尺寸	同 PN25 的尺寸	
800	813	917	1 015	24	33	950			
900	915	1 017	1 115	28	33	1 050			
1 000	1 016	1 124	1 230	28	36	1 160			
1 100	1 120	1 231	1 340	32	39	1 270			
1 200	1 220	1 341	1 445	32	39	1 380			
1 400	1 420	1 548	1 675	36	42	1 590			
1 500[1)]	1 520	1 658	1 785	36	42	1 700			
1 600	1 620	1 772	1 915	40	48	1 820			
1 800	1 820	1 972	2 115	44	48	2 020			
2 000	2 020	2 182	2 325	48	48	2 230			
2 200	2 220	2 384							
2 400	2 420	2 594							
2 600	2 620	2 794							
2 800	3 820	3 014							
3 000	3 020	3 228							

1) 仅适用于铸铁法兰。

2) 榫槽面法兰用垫片除外。

3) EN 454、EN 598 和 EN 969 法兰用垫片内径见表 14-10。

4) EN 454、EN 598 和 EN 969 铁管和管件法兰的垫片外径为：

——DN 250：400 mm；

——DN 300：455 mm。

表 14-6 PN16 法兰用垫片尺寸

mm

DN	垫片内径[2),3)]	IBC 型垫片外径	FF 型垫片				SR 型垫片外径	TG 型垫片	
			外径	孔		螺栓圆直径		内径	外径
				数量	直径				
10	同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸				同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸	
15									
20									
25									
32									
40									
50									
60[1)]									
65									
80									
100	115	162	220	8	18	180			
125	141	192	250	8	18	210			
150	169	218	285	8	22	240			
200	220	273	340	12	22	295			
250	273	329	405[4)]	12	26	355			
300	324	384	460[4)]	12	26	410			
350	356	444	520	16	26	470			
400	407	495	580	16	30	525			
450	458	555	640	20	30	585			
500	508	617	715	20	33	650			
600	610	734	840	20	36	770			
700	712	804	910	24	36	840	同 PN25 的尺寸	同 PN25 的尺寸	
800	813	911	1 025	24	39	950			
900	915	1 011	1 125	28	39	1 050			
1 000	1 016	1 128	1 255	28	42	1 170			
1 100	1 120	1 228	1 355	32	42	1 270			
1 200	1 220	1 342	1 485	32	48	1 390			
1 400	1 420	1 542	1 685	36	48	1 590			
1 500[1)]	1 520	1 654	1 820	36	56	1 710			
1 600	1 620	1 764	1 930	40	56	1 820			
1 800	1 820	1 964	2 130	44	56	2 020			
2 000	2 020	2 168	2 345	48	62	2 230			

1) 仅适用于铸铁法兰。

2) 榫槽面法兰用垫片除外。

3) EN 454、EN 598 和 EN 969 法兰用垫片内径见表 14-10。

4) EN 454、EN 598 和 EN 969 铁管和管件法兰的垫片外径为：

——DN 250：400 mm；

—— DN 300：455 mm。

表 14-7　PN25 法兰用垫片尺寸　mm

DN	垫片内径[2),3)]	IBC 型垫片外径	FF 型垫片 外径	FF 型垫片 孔 数量	FF 型垫片 孔 直径	FF 型垫片 螺栓圆直径	SR 型垫片外径	TG 型垫片 内径	TG 型垫片 外径
10	同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸				同 PN40 的尺寸	同 PN40 的尺寸	
15									
20									
25									
32									
40									
50									
60[1)]									
65									
80									
100									
125									
150									
200	220	284	360	12	26	310			
250	273	340	425	12	30	370			
300	324	400	485	16	30	430			
350	356	457	555	16	33	490			
400	407	514	620	16	36	550			
450	458	564	670	20	36	600			
500	508	624	730	20	36	660			
600	610	731	845	20	39	770			
700	712	833	960	24	42	875	777	751	777
800	813	942	1 085	24	48	990	882	856	882
900	915	1 042	1 185	28	48	1 090	987	961	987
1 000	1 016	1 154	1 320	28	56	1 210	1 029	1 062	1 092
1 100	1 120	1 254	1 420	32	56	1 310			
1 200	1 220	1 364	1 530	32	56	1 420			
1 400	1 420	1 578	1 755	36	62	1 640			
1 500[1)]	1 520	1 688	1 865	36	62	1 750			
1 600	1 620	1 798	1 975	40	62	1 860			
1 800	1 820	2 000	2 195	44	70	2 070			
2 000	2 020	2 230	2 425	48	70	2 300			

1）仅适用于铸铁法兰。

2）榫槽面法兰用垫片除外。

3）EN 454、EN 598 和 EN 969 法兰用垫片内径见表 14-10。

表 14-8 PN40 法兰用垫片尺寸

mm

DN	垫片内径[2),3)]	IBC 型垫片外径	FF 型垫片				SR 型垫片外径	TG 型垫片	
			外径	孔		螺栓圆直径		内径	外径
				数量	直径				
10	18	46	90	4	14	60	34	24	34
15	22	51	95	4	14	65	39	29	39
20	27	61	105	4	14	75	50	36	50
25	34	71	115	4	14	85	57	43	57
32	43	82	140	4	18	100	65	51	65
40	49	92	150	4	18	110	75	61	75
50	61	107	165	4	18	125	87	73	87
60[1)]	72	117	175	8	18	135	—	—	-
65[1)]	77	127	185	8[4)]	18	145	109	95	109
80	89	142	200	8	18	160	120	106	120
100	115	168	235	8	22	190	149	129	149
125	141	194	270	8	26	220	175	155	175
150	169	224	300	8	26	250	203	183	203
200	220	290	375	12	30	320	259	239	259
250	273	352	450	12	33	385	312	292	312
300	324	417	515	16	33	450	363	343	363
350	356	474	580	16	36	510	421	395	421
400	407	546	660	16	39	585	473	447	473
450	458	571	685	20	39	610	523	497	523
500	508	628	755	20	42	670	575	549	575
600	610	747	890	20	48	795	675	649	675

1) 仅适用于铸铁法兰。

2) 榫槽面法兰用垫片除外。

3) EN 434、EN 598 和 EN 969 法兰用垫片内径见表 14-10。

4) 该垫片同样适用于四螺栓孔法兰。

表 14-9　PN63 法兰用垫片尺寸　mm

DN	垫片内径	IBC 型垫片外径	DN	垫片内径	IBC 型垫片外径
10	18	56	100	110	174
15	21	61	125	135	210
20	25	72	150	163	247
25	30	82	175	185	277
32	41	88	200	210	309
40	47	103	250	264	364
50	59	113	300	314	424
60[1]	68	123	350	360	486
65	73	138	400	415	543
80	86	148			

1) 仅适用于铸铁法兰。

表 14-10　EN 454、EN 598 和 EN 969 的管道、管件用垫片内径　mm

DN	垫片内径	DN	垫片内径
350	368	1 000	1 025
400	420	1 100	1 125
450	470	1 200	1 225
500	520	1 400	1 430
600	620	1 500	1 535
700	720	1 600	1 635
800	820	1 800	1 840
900	920	2 000	2 040

1.7　标志

垫片应标有如下内容的标志：

a. 标准号，即 EN 1514-1；

b. 如果仅适用于 EN 545、EN 598 和 EN 969 的管道和管件，则应标有“S”；

c. 垫片型式；

d. 公称通径；

e. 公称压力；

f. 垫片厚度；

g. 垫片材料；

h. 制造厂名称或商标。

如：

EN 1514-1，IBC，DN 300，PN 10，2 mm，柔性石墨，AAA/BBB

EN 1514-1，S，IBC，DN 300，PN 10，3 mm，纤维增强橡胶，AAA/BBB

2 钢制法兰用缠绕式垫片(EN 1514-2:1997)

2.1 适用范围

EN 1514-2:1997《钢制法兰用缠绕式垫片》标准主要规定了 prEN 1092-1《法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第1部分:钢制法兰——PN系列》标准中规定的平面和突平面法兰用带外环(定位环)和带内外环缠绕式垫片的适用范围、型式、尺寸、标志等内容。该标准中不包括 prEN 1092-1《法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第1部分:钢制法兰——PN系列》标准中规定的榫槽面和凹凸面法兰用缠绕式垫片尺寸。用户购置用于上述法兰的垫片时,可向制造商咨询。

该标准适用的公称压力等级为 PN10,PN16,PN25,PN40,PN63 和 PN100,公称通径为 DN10~DN900。

按该标准制造的垫片可能含有石棉。由于使用含有石棉的材料在欧洲受到法律的限制,因而生产和使用时必须有相应的预防措施,以确保不对人身健康造成危害。

2.2 引用标准

prEN 1092-1 法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第1部分:钢制法兰——PN系列

prEN 1092-2 法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第2部分:铸铁法兰——PN系列

prEN 1092-3 法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第3部分:铜合金及其复合材料法兰——PN系列

prEN 1092-4 法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第4部分:铝合金法兰——PN系列

EN 1333 管件——定义和 PN(公称压力)的选择

EN ISO 6708 管件——定义和 DN(公称通径)的选择(ISO 6708:1995)

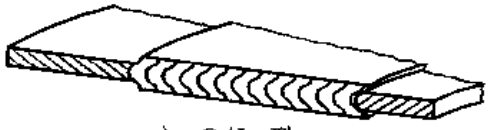
2.3 垫片型式

垫片的型式见图 14-4。

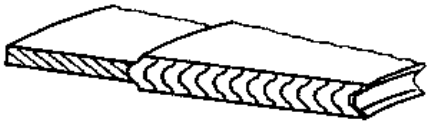
C/I 型:带内外环的缠绕式垫片;

C/O 型:带外环的缠绕式垫片。

密封元件和外环之间的间隙应保证在正常操作条件下密封件不从外环中脱落。密封元件金属带的形状可由制造商自行选择。垫片材料由制造商根据操作条件进行选择,因此,用户在订货时应确定操作条件。



a) C/I 型



b) C/O 型

图 14-4 缠绕式垫片型式

所有垫片都带有外环,PN63 和 PN100 的垫片以及填充材料为聚四氟乙烯的垫片都应带内环。标准推荐所有垫片使用内环,对于 PN10,PN16,PN25 和 PN40 的垫片,如需要内环,用户在订货时应具体说明。应根据介质、操作压力、垫

片材料性能、法兰密封面型式、法兰密封面粗糙度以及螺栓载荷大小选择垫片型式，在选择特殊用途的垫片时，建议向供应商进行咨询。

2.4　垫片尺寸

全平面和突平面法兰用缠绕式垫片的尺寸见表 14-11，垫片和内外环厚度见图 14-5。

表 14-11　全平面和突平面法兰用缠绕式垫片尺寸　mm

DN	内环最小内径[2]	密封元件最小内径	密封元件最大外径		外环外径[1]					
			PN10 至 PN40	PN63 和 PN100	PN10	PN16	PN25	PN40	PN63	PN100
10	15	23.6	36.4	36.4	48	48	48	48	58	58
15	19	27.6	40.4	40.4	53	53	53	53	63	63
20	24	33.6	47.4	48.4	63	63	63	63	74	74
25	30	40.6	55.4	56.4	73	73	73	73	84	84
32	39	49.6	66.4	67.4	84	84	84	84	90	90
40	45	55.6	72.4	74.4	94	94	94	94	105	105
50	56	67.6	86.4	88.4	109	109	109	109	115	121
65	72	83.6	103.4	106.4	129	129	129	129	140	146
80	84	96.6	117.4	120.4	144	144	144	144	150	156
100	108	122.6	144.4	148.4	164	164	170	170	176	183
125	133	147.6	170.4	174.4	194	194	196	196	213	220
150	160	176.6	200.4	205.4	220	220	226	226	250	260
200	209	228.6	255.4	263.4	275	275	286	293	312	327
250	262	282.4	310.4	319.4	330	331	343	355	367	394
300	311	331.6	360.4	369.4	380	386	403	420	427	461
350	355	374.6	405.4	413.4	440	446	460	477	489	515
400	406	425.6	458.4	466.4	491	498	517	549	546	575
450	452	476.6	512.4		541	558	567	574		
500	508	527.6	566.4	572.4	596	620	627	631	660	708
600	610	634.6	675.4	683.4	698	737	734	750	768	819
700	710	734.0	778.5	786.5	813	807	836	—	883	956
800	811	835.0	879.5	887.5	920	914	945	—	994	—
900	909	933.0	980.5	990.5	1 020	1 014	1 045		1 114	—

1) DN≤600 的缠绕式垫片的外环外径公差为 $-^{0}_{0.8}$ mm，DN>600 的缠绕式垫片的外环外径公差为 $-^{0}_{1.5}$ mm。

2) 如果用户对内环内径尺寸有特殊要求，应在订货时说明。

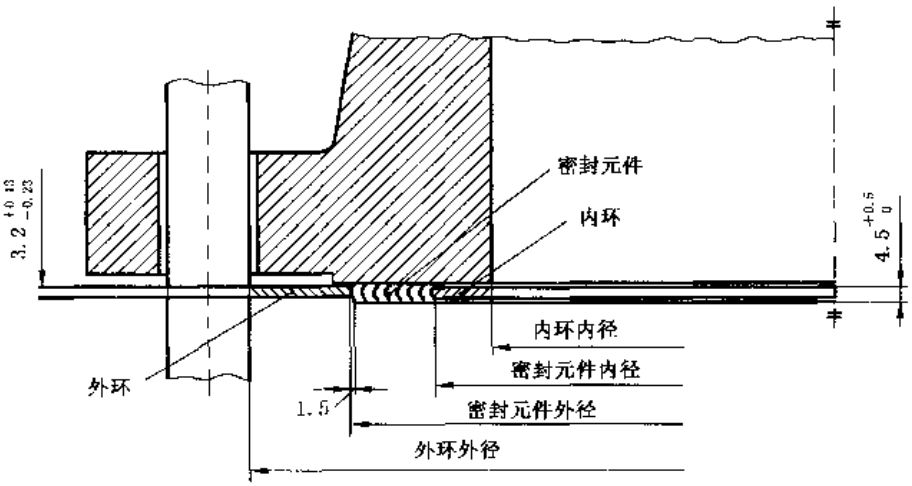


图 14-5 缠绕式垫片尺寸

2.5 标志

垫片外环上应标有如下内容的标志：

a. 制造商名称或商标；

b. 公称通径；

c. 公称压力；

d. 金属带、填充物和内环的材料代号。

如：AAA/BBB，DN300，PN25，XXX

垫片可单个或多个进行包装，并标上标准号，即 EN 1514-2。

3 聚四氟乙烯包覆垫片(EN 1514-3:1997)

3.1 适用范围

EN 1514-3:1997《聚四氟乙烯包覆垫片》标准规定了 prEN 1092-1、prEN 1092-2、prEN 1092-3 和 prEN 1092-4 法兰用 IBC 型(垫片位于螺栓孔内)包覆非金属材料的聚四氟乙烯包覆垫片的尺寸和标记，垫片公称压力范围为 PN16～PN63，最大公称直径为 DN600。

按该标准制造的垫片可能含有石棉。由于使用含有石棉的材料在欧洲受到法律的限制，因而生产和使用时必须有相应的预防措施，以确保不对人身健康造成危害。

3.2 引用标准

prEN 1092-1 法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第 1 部分：钢制法兰——PN 系列

prEN1092-2 法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第 2 部分：铸铁法兰——PN 系列

prEN1092-3 法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第 3 部分：铜合金及其复合材料法兰——PN 系列

prEN 1092-4 法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第 4 部分：铝合金法兰——PN 系列

EN 1333 管件——定义和 PN(公称压力)的选择

EN ISO 6708 管件——定义和 DN(公称通径)的选择(ISO 6708:1995)

3.3　垫片型式

如图 14-6 所示，垫片型式为：

A 型：剖切型；

B 型：机加工型；

C 型：折包型。

IBC 型垫片（垫片位于螺栓孔内）用于全平面法兰或突面法兰。

应根据介质、操作条件、垫片材料性能、法兰面型式及粗糙度以及螺栓载荷的大小选择垫片。在选择特殊用途垫片时，建议向供应商进行咨询。

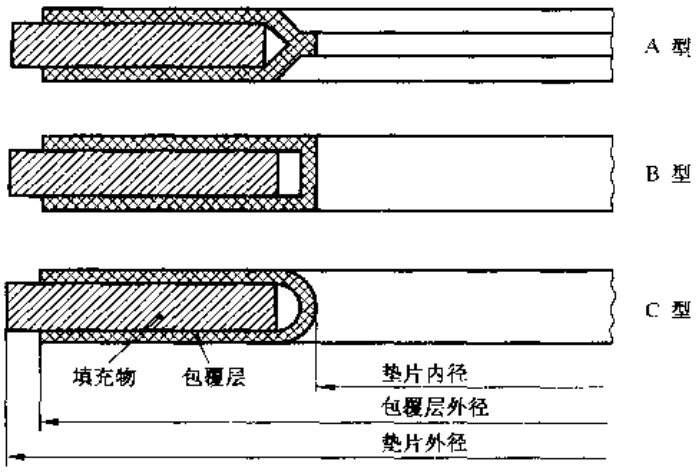


图 14-6　聚四氟乙烯包覆垫片的典型结构

3.4　垫片尺寸

聚四氟乙烯包覆垫片的尺寸按表 14-12 的规定。

表 14-12　聚四氟乙烯包覆垫片尺寸　mm

DN	垫片内径	包覆层外径	垫片外径					
			PN6	PN10	PN16	PN25	PN40	PN63
10	18	36	39	46	46	46	46	56
15	22	40	44	51	51	51	51	61
20	27	50	54	61	61	61	61	72
25	34	60	64	71	71	71	71	82
32	43	70	76	82	82	82	82	88
40	49	80	86	92	92	92	92	103
50	61	92	96	107	107	107	107	113
65	77	110	116	127	127	127	127	138
80	89	126	132	142	142	142	142	148
100	115	151	152	162	162	168	168	174
125	141	178	182	192	192	194	194	210
150	169	206	207	218	218	224	224	247
200	220	260	262	273	273	284	290	309
250	273	314	317	328	329	340	352	364
300	324	365	373	378	384	400	417	424
350	356	412	423	438	444	457	474	486
400	107	469	473	489	495	514	546	543
450	158	528	528	539	555	564	571	--
500	508	578	578	594	617	624	628	—
600	610	679	679	695	734	731	747	--

标准中对垫片厚度未作具体规定，应根据垫片材料性能和特定工况进行选择，建议在选择垫片厚度时向制造商咨询。

3.5 标志

垫片应标有如下内容的标志：

a. 标准号，即 EN 1514-3；

b. 垫片型式；

c. 公称通径；

d. 公称压力；如某些垫片适用于几个公称压力等级，则亦应作相应的标记；

e. 垫片厚度；

f. 材料；

g. 制造厂名称或商标。

如：

EN 1514-3,C,DN 150,PN 6,2mm,XXX,AAA/BBB

4 钢制法兰用金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片(EN 1514-4:1997)

4.1 适用范围

EN 1514-4:1997《钢制法兰用金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片》标准规定了 prEN 1092-1 钢制法兰用金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片的尺寸及标记，其适用的公称压力为 PN10、PN16、PN25、PN40、PN63 和 PN100，公称直径最大为 DN900。

按该标准制造的垫片可能含有石棉。由于使用含有石棉的材料在欧洲受到法律的限制，因而生产和使用时必须有相应的预防措施，以确保不对人身健康造成危害。

4.2 引用标准

prEN 1092-1 法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第 1 部分：钢制法兰——PN 系列

prEN 1092-2 法兰连接——管道、阀门和管件用圆形法兰——第 2 部分：铸铁法兰——PN 系列

prEN 1092-3 法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第 3 部分：铜合金及其复合材料法兰——PN 系列

prEN 1092-4 法兰连接——管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第 4 部分：铝合金法兰——PN 系列

EN 1333 管件——定义和 PN(公称压力)的选择

EN ISO 6708 管件——定义和 DN(公称通径)的选择(ISO 6708:1995)

4.3 垫片型式

如图 14-7 所示，垫片型式为：

SC/A 型、SC/B 型、SC/C 型、SC/D 型、SC/E 型；

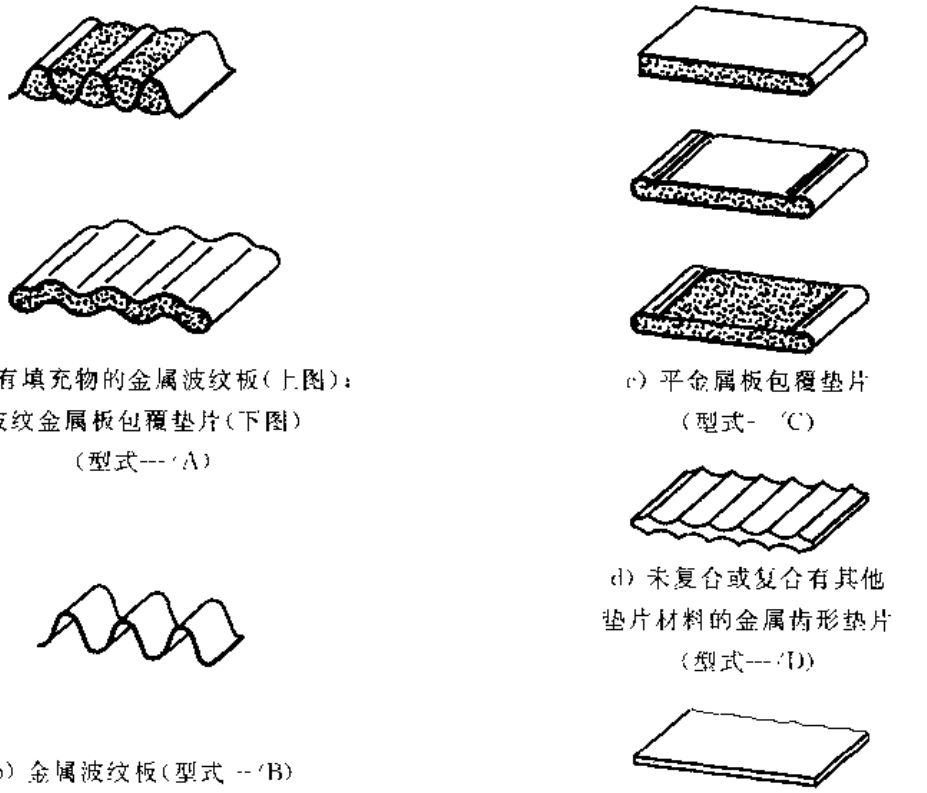
CR/A 型、CR/B 型、CR/C 型、CR/D 型、CR/E 型。

垫片用于A型(全平面)和B型(突面)法兰,如图14-8所示,其型式为:

自动对中型,即SC型;

带定位环型,即CR型。

应根据介质、操作条件、垫片材料性能、法兰面型式及表面粗糙度以及螺栓载荷的大小选择垫片。在选择特殊用途的垫片时,建议向供应商进行咨询。



a) 带有填充物的金属波纹板(上图);波纹金属板包覆垫片(下图)(型式---/A)

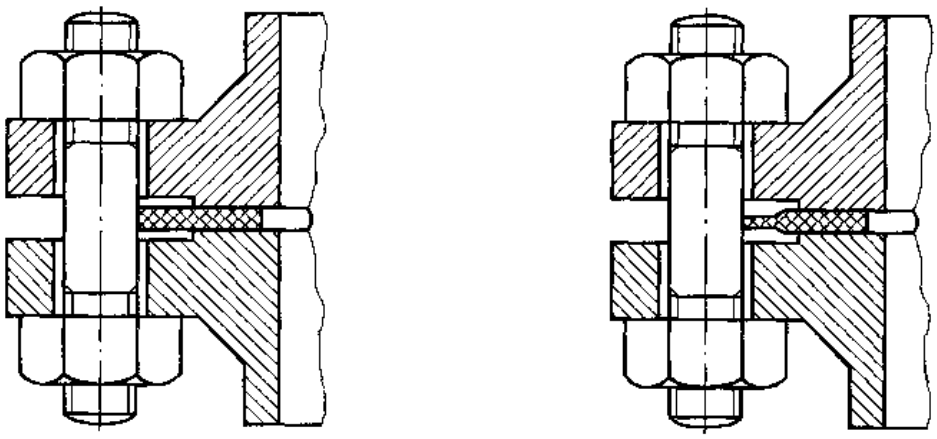
b) 金属波纹板(型式---/B)

c) 平金属板包覆垫片(型式---/C)

d) 未复合或复合有其他垫片材料的金属齿形垫片(型式---/D)

e) 实心金属平垫片(型式---/E)

图 14-7　金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片



a) 自动对中型

b) 带定位环型

图中所示为B型突面法兰。

图 14-8　A、B型法兰用垫片

4.4 垫片尺寸

金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片的尺寸见表 14-13。

表 14-13 金属包覆垫、波纹垫、平垫、齿形垫及其金属-非金属组合垫片尺寸 mm

DN	垫片外径	垫片或定位环外径					
		PN10	PN16	PN25	PN40	PN63	PN100
10	18	48	48	48	48	58	58
15	22	53	53	53	53	63	63
20	27	63	63	63	63	74	74
25	34	73	73	73	73	84	84
32	43	81	84	84	84	90	90
40	49	94	94	94	94	105	105
50	61	109	109	109	109	115	121
65	77	129	129	129	129	140	146
80	89	144	144	144	144	150	156
100	115	164	164	170	170	176	183
125	141	194	194	196	196	213	220
150	169	220	220	226	226	250	260
200	220	275	275	286	293	312	327
250	273	330	331	343	355	367	394
300	324	380	386	403	420	427	461
350	356	440	446	460	477	489	515
100	407	491	498	517	549	546	575
450	458	511	558	567	574		
500	508	596	620	627	631	660	708
600	610	698	737	734	750	768	819
700	712	813	807	836	—	883	956
800	813	920	914	945	—	994	—
900	913	1 020	1 014	1 045	—	1 114	

4.5 标志

垫片应标有如下内容的标志：

a. 标准号，即 EN 1514-4；

b. 垫片型式；

c. 公称通径；

d. 公称压力；如某些垫片适用于几个公称压力等级，则亦应作相应的标记；

e. 材料；

f. 制造厂名称或商标。

如：

EN 1514-4，SC/C，DN 150，PN 63，XXX，AAA/BBB

第15章　德国垫片标准

德国 DIN 2696—1999《法兰连接用透镜垫》标准由管道及管道连接标准化委员会制定，并于 1999 年 8 月实施。

该标准取代老标准 DIN 2696—1972。它与 1972 年标准版本的不同之处主要在于：

a. 标准规定的垫片最大公称尺寸到 DN200；

b. 对于每个公称压力等级(除 PN400)，每个公称尺寸给出了两个尺寸系列；

c. 详细说明了交货技术条件；

d. 规定了垫片尺寸的计算方法。

为改善垫片的性能，保证与现行连接系统中所使用垫片的互换性，该标准在老标准 DIN 2696—1972 的基础上作了修改。为使垫片能较好地适应现有法兰密封面，新标准对垫片的直径作了改变。法兰密封面尺寸以及两法兰密封面距离 x 的大小没有改变，因而符合该标准的垫片可与旧标准规定的垫片互换。

1　适用范围

DIN 2696—1999 标准适用于操作压力超过 63 bar 的管法兰连接用透镜垫，规定了 DN10～DN200，压力 63 bar～400 bar 的垫片尺寸和设计方法。

2　引用标准

DIN 2627　PN400 的带颈法兰

DIN 2628　PN250 的带颈法兰

DIN 2629　PN320 的带颈法兰

DIN 2636　PN64 的带颈法兰

DIN 2637　PN100 的带颈法兰

DIN 2638　PN160 的带颈法兰

DIN EN 1092-1　管道、阀门、管件和附件用圆形法兰——第 1 部分：钢制法兰——PN 系列

DIN EN 1591　法兰连接——圆形法兰垫片连接设计规范

DIN EN 10088-1　不锈钢——第 1 部分：不锈钢一览表

DIN EN 10204　金属制品检验文件(包括修订本 A1：1995)

DIN EN 10222-2　承压锻件——第 2 部分：具有高温特性的铁素体、马氏体钢(包括勘误表 AC：2000)

AD 规范 B7 螺栓

AD 规范 B8 法兰

3 尺寸计算

3.1 垫片宽度

垫片有效宽度指装配时垫片接触面产生塑性变形后的宽度，用 b_D 表示(参见图 15-1 中的局部放大图 X)

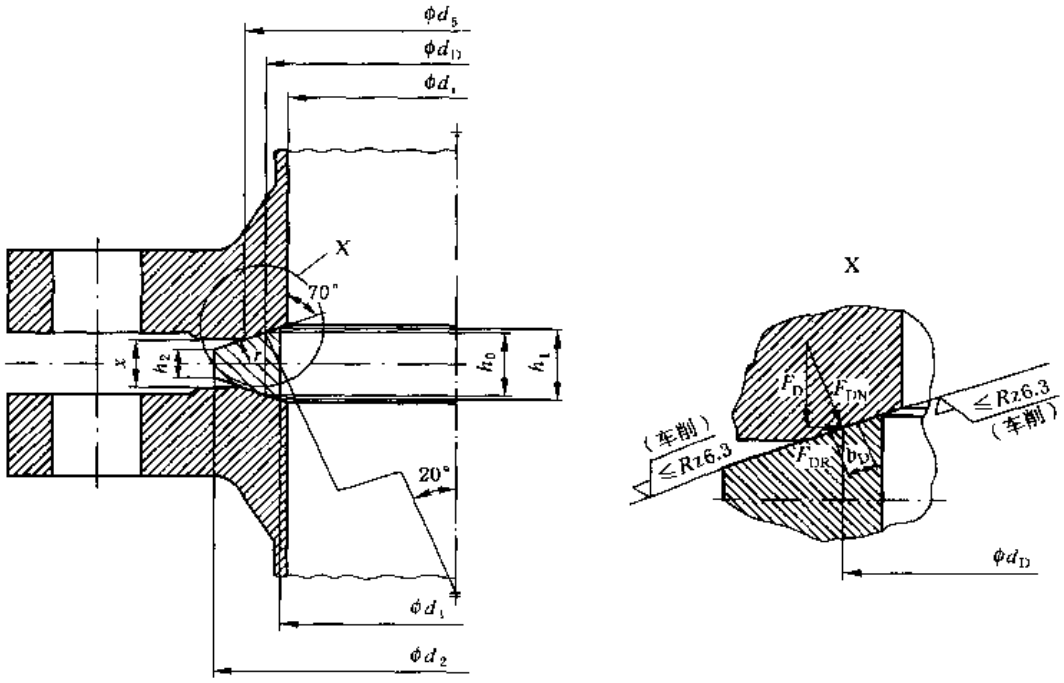


图 15-1 垫片尺寸

对于钢制垫片，b_D 按下式计算：

$$b_D = 0.58\sqrt[3]{r\left(\frac{F_{DN}}{\pi d_D R_m}\right)^{2.5}} \tag{15-1}$$

式中：b_D ——垫片宽度，mm；

F_{DN}——垫片所受的法向力，($=F_D/\sin 70°$)，N；

F_D——垫片载荷，N；

r——垫片圆弧面半径，mm；

R_m ——垫片材料的抗拉强度，N/mm²；

d_D——垫片直径，mm。

按 DIN EN 1591 标准，垫片宽度可以根据最大许用压应力 Q_{max} 近似地或精确地确定，而不是根据材料的抗拉强度 R_m 来确定。

对于气体管路系统，AD 规范 B7 和 B8 规定按假定的垫片宽度 $k_0=2$ mm 或 $k_1=6$ mm进行垫片设计。由于按此方法计算的结果可能会偏离实际尺寸，因而推荐使用公式(15-1)来进行法兰设计计算。由于 F_{DN}本身是垫片宽度 b_D 的函数，所以设计时需通过迭代计算来确定。

3.2 垫片直径

垫片直径 d_D 近似为 d_1 和 d_2 之和的一半，即可按公式(15-2)计算：

$$d_D \approx (d_1 + d_5)/2 \tag{15-2}$$

式中：d_1—— 法兰或法兰密封面内径，mm；

d_5 —法兰或法兰密封面外径，mm。

3.3　d_2、d_5 以及 x 的计算

垫片外径 d_2、法兰或法兰密封面外径 d_5 以及法兰密封面间的距离 x 的计算与 1972 年 4 月版的标准相同。

3.4　半径 r 的确定

垫片圆弧面半径 r 按以下方法确定，见图 15-2。

$$d_D' = (d_1 + d_5)/2 \tag{15-3}$$

$$r' = \frac{d_D'}{2\cos 70^\circ} \tag{15-4}$$

将 r' 圆整到最近的整数即为半径 r 的值。

3.5　d_D 的确定

垫片直径 d_D 按公式(15-5)计算：

$$d_D = 2r\cos 70^\circ \tag{15-5}$$

3.6　h_D 的确定

垫片在直径 d_D 处的厚度 h_D 按公式(15-6)计算，见图 15-3。

$$h_D = x + \frac{(d_5 - d_D)}{\tan 70^\circ} \tag{15-6}$$

式中：d_D —垫片直径，mm；

x—— 法兰密封面间的距离，mm。

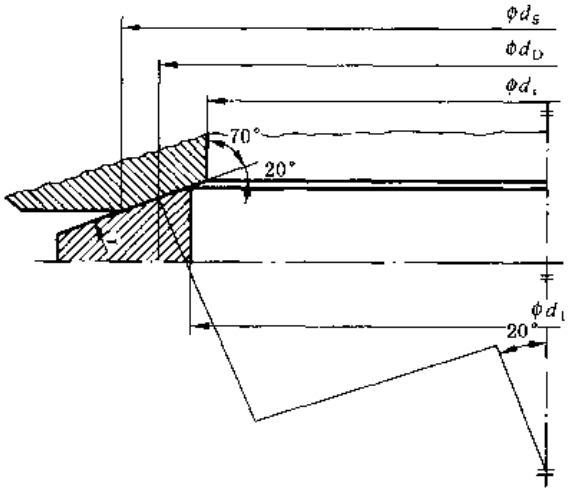


图 15-2　半径 r

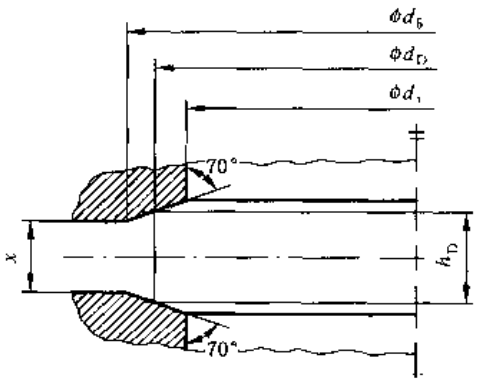


图 15-3　尺寸 h_D

3.7　d_1 的确定

将法兰直径 d_1 圆整到最近的整数即为垫片内径 d_1(mm)的值。

3.8　h_1 和 h_2 的确定

h_1 和 h_2 按如下方法确定，见图 15-4。

$$h_1 = h_D + 2h_b - 2h_a \tag{15-7}$$

$$h_2 = h_D + 2h_b - 2h_c \tag{15-8}$$

$$h_a = r - \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - d_1^2} \tag{15-9}$$

$$h_b = r - \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - d_D^2} \tag{15-10}$$

$$h_c = r - \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - d_2^2} \tag{15-11}$$

式中：h_1——垫片内径 d_1 处的垫片厚度，mm；

h_2——垫片外径 d_2 处的垫片厚度，mm。

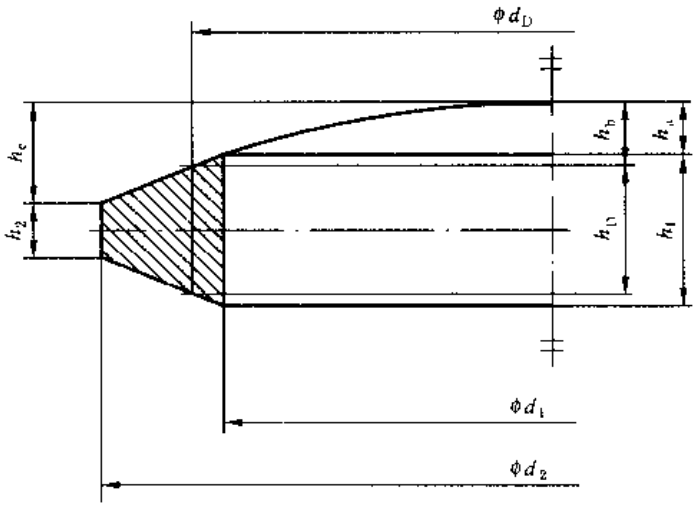


图 15-4 尺寸 h_1 和 h_2

4 标记

用牌号 P245GH 钢制造的公称直径为 50 mm、公称压力为 160 bar、尺寸系列 1 的透镜垫标记为：

垫片 DIN 2696—系列 1-DN 50-PN 160-P245GH

5 要求

5.1 密封面设计

垫片应和相同公称压力的 DIN EN 1092-1，DIN 2627，DIN 2628，DIN 2629 或 DIN 2638标准规定的带颈法兰配套使用，亦可用于采用相同设计方法设计的法兰。

法兰密封面应有锥度，两法兰安装后形成一个 140°的倾斜角。

垫片密封面应为球面。

垫片密封面表面粗糙度为 6.3 μm，表面不允许有裂纹和擦伤。

5.2 尺寸

垫片尺寸见图 15-1 和表 15-1～表 15-11。

表 15-1　PN 63 法兰(按 DIN 1092-1)用系列 1 垫片尺寸　mm

DN	h_D	r	d_D	d_E	x	d_1	h_1	d_2	h_2
10			—		—	—		—	—
15	—	—		—	—			—	—
25			—			—	—	—	—
40		—	—			—	—	—	
50	11.3	90.0	61.6	68.0	9.0	55.0	13.6	78.0	4.4
65	13.8	113.0	77.3	85.0	13.0	70.0	18.3	102.0	5.1
80	15.7	131.0	89.6	97.0	13.0	82.0	18.3	116.0	4.4
100	18.7	171.0	117.0	127.0	15.0	107.0	22.1	143.0	7.9
125	26.9	210.0	143.6	157.0	22.0	131.0	31.2	180.0	11.7
150	30.6	249.0	170.3	183.0	26.0	158.0	34.9	210.0	14.2
200	34.0	327.0	223.7	243.0	27.0	205.0	40.5	276.0	12.4

表 15-2　PN 64 法兰(按 DIN 2636)用系列 2 垫片尺寸　mm

DN	h_D	r	d_D	d_E	x	d_1	h_1	d_2	h_2
10	—	—	—	—					
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25									
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	12.1	87.0	59.5	68.0	9.0	52.0	14.6	78.0	4.1
65	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80									
100	19.9	166.0	113.6	127.0	15.0	100.0	24.5	143.0	7.5
125	28.1	205.0	140.2	157.0	22.0	124.0	33.6	180.0	11.2
150	32.4	242.0	165.5	183.0	26.0	148.0	38.4	210.0	13.6
200	—						—	—	—

表 15-3 PN 100 法兰(按 DIN 1092-1)用系列 1 垫片尺寸 mm

DN	h_D	r	d_D	d	x	d_1	h_1	d_2	h_2
10	6.8	23.0	15.7	18.0	6.0	14.0	7.4	21.0	4.5
15	7.9	32.0	21.9	27.0	6.0	18.0	9.1	28.0	5.3
25	8.0	49.0	33.5	39.0	6.0	29.0	9.5	43.0	4.0
40	10.3	71.0	48.6	55.0	8.0	43.0	12.2	62.0	4.7
50	11.6	89.0	60.9	68.0	9.0	54.0	13.9	78.0	4.3
65	16.1	112.0	76.6	85.0	13.0	69.0	18.7	102.0	5.0
80	15.9	130.0	88.9	97.0	13.0	81.0	18.7	116.0	4.3
100	19.1	169.0	115.6	127.0	15.0	105.0	22.8	143.0	7.8
125	27.4	208.0	142.3	157.0	22.0	128.0	32.3	180.0	11.5
150	31.4	246.0	168.3	183.0	26.0	155.0	36.0	210.0	14.0
200	35.0	323.0	220.9	243.0	27.0	200.0	42.2	276.0	12.1

表 15-4 PN 100 法兰(按 DIN 2637)用系列 2 垫片尺寸 mm

DN	h_D	r	d_D	d	x	d_1	h_1	d_2	h_2
10	7.3	21.0	14.4	18.0	6.0	11.0	8.4	21.0	4.2
15	8.1	31.0	21.2	27.0	6.0	16.0	9.7	28.0	5.2
25	8.5	47.0	32.1	39.0	6.0	25.0	10.8	43.0	3.8
40	11.1	68.0	46.5	55.0	8.0	39.0	13.6	62.0	4.3
50	12.1	87.0	59.5	68.0	9.0	51.0	14.9	78.0	4.1
65		—				—	—		
80			—	—			—	—	
100	20.4	164.0	112.2	127.0	15.0	98.0	25.2	143.0	7.4
125	28.6	203.0	138.9	157.0	22.0	121.0	34.6	180.0	11.0
150	32.9	240.0	164.2	183.0	26.0	145.0	39.4	210.0	13.4
175			—			—	—		—
200				—			—	—	

表 15-5　PN 160 法兰(按 DIN 2638)用系列 1 垫片尺寸　mm

DN	h_D	r	d_D	d_5	x	d_1	h_1	d_2	h_2
10	6.8	23.0	15.7	18.0	6.0	14.0	7.4	21.0	4.5
15	7.9	32.0	21.9	27.0	6.0	18.0	9.1	28.0	5.3
25	8.0	49.0	33.5	39.0	6.0	28.0	9.8	43.0	4.0
40	10.6	70.0	47.9	55.0	8.0	42.0	12.6	62.0	4.6
50	11.8	88.0	60.2	68.0	9.0	53.0	14.3	78.0	4.2
65	16.6	110.0	75.2	85.0	13.0	67.0	19.4	102.0	4.7
80	16.7	127.0	86.9	97.0	13.0	77.0	20.1	116.0	4.0
100	20.1	165.0	112.9	127.0	15.0	99.0	24.8	143.0	7.5
125	28.9	202.0	138.2	157.0	22.0	120.0	35.0	180.0	10.9
150	33.1	239.0	163.5	183.0	26.0	144.0	39.7	210.0	13.3
175	30.6	280.0	191.5	218.0	21.0	166.0	39.2	243.0	8.9
200	35.3	314.0	214.8	243.0	25.0	188.0	44.3	276.0	9.2

表 15-6　PN 160 法兰(按 DIN 2638)用系列 2 垫片尺寸　mm

DN	h_D	r	d_D	d_5	x	d_1	h_1	d_2	h_2
10	7.6	20.0	13.7	18.0	6.0	10.0	8.7	21.0	4.0
15	8.1	31.0	21.2	27.0	6.0	16.0	9.7	28.0	5.2
25	8.7	46.0	31.5	39.0	6.0	25.0	10.8	43.0	3.6
40	11.3	67.0	45.8	55.0	8.0	38.0	13.9	62.0	4.2
50	12.3	86.0	58.8	68.0	9.0	49.0	15.6	78.0	4.0
65	—	—		—	—	—	—		—
80	—	—		—	—	—	—	—	
100	21.4	160.0	109.4	127.0	15.0	92.0	27.2	143.0	7.0
125	30.1	197.0	134.8	157.0	22.0	113.0	37.3	180.0	10.3
150	34.8	232.0	158.7	183.0	26.0	134.0	43.1	210.0	12.6
175		—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—