



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 20671.5—2020  
代替 GB/T 20671.5—2006

## 非金属垫片材料分类体系及试验方法 第 5 部分：垫片材料蠕变松弛率试验方法

Classification system and test methods for nonmetallic gasket materials—  
Part 5: Standard test method for creep relaxation of gasket materials

2020-06-02 发布

2021-04-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

GB/T 20671《非金属垫片材料分类体系及试验方法》分为 11 个部分：

- 第 1 部分：非金属垫片材料分类体系；
- 第 2 部分：垫片材料压缩率回弹率试验方法；
- 第 3 部分：垫片材料耐液性试验方法；
- 第 4 部分：垫片材料密封性试验方法；
- 第 5 部分：垫片材料蠕变松弛率试验方法；
- 第 6 部分：垫片材料与金属表面黏附性试验方法；
- 第 7 部分：非金属垫片材料拉伸强度试验方法；
- 第 8 部分：非金属垫片材料柔软性试验方法；
- 第 9 部分：软木垫片材料胶结物耐久性试验方法；
- 第 10 部分：垫片材料导热系数测定方法；
- 第 11 部分：合成聚合材料抗霉性测定方法。

本部分为 GB/T 20671 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 20671.5—2006《非金属垫片材料分类体系及试验方法 第 5 部分：垫片材料蠕变松弛率试验方法》。与 GB/T 20671.5—2006 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了本部分适用范围(见第 1 章)；
- 删除了范围中“以国际单位制(SI)单位表示的数值作为标准”及“本部分不涉及与其使用有关的安全问题。本部分的使用者有责任考虑安全和健康问题，并在使用前确定规章限制的应用范围”(见第 1 章,2006 年版的第 1 章)；
- 修改了规范性引用文件(见第 2 章)；
- 删除了意义和用途(见 2006 年版的第 4 章)；
- 增加了试验方法 B 中千分表组件(见 4.2.2)；
- 将“试样调节”修改为“样品调节”(见 5.4,2006 年版的第 7 章)；
- 增加了蠕变松弛率计算公式中参数的解释[见式(1)]；
- 修改“精密度和偏倚”为“精密度”(见第 7 章,2006 年版的第 10 章)；
- 删除了关键词(见 2006 年版的第 11 章)；
- 增加了“试验方法 B 蠕变松弛率测定仪螺栓的标定程序”中设备的平垫圈的要求(见 A.2.3)；
- 修改了“试验方法 B 蠕变松弛率测定仪螺栓的标定程序”中的程序(见 A.3.1,A.3.2,A.3.3,2006 年版的 A.3.1)；
- 增加了“试验方法 B 蠕变松弛率测定仪螺栓的标定程序”中的程序(见 A.3.5,A.3.6)；
- 增加了“试验方法 B 蠕变松弛率测定仪螺栓的标定程序”中对螺栓校准的结果说明(见 A.4)；
- 删除了“ASTM B637 UNS N07718 试验数据整理结果”(见 2006 年版的附录 B)。

本部分由中国建筑材料联合会提出。

本部分由全国非金属矿产品及制品标准化技术委员会(SAC/TC 406)归口。

本部分起草单位：杭州宗兴科技有限公司、咸阳非金属矿研究设计院有限公司、国家非金属矿制品质量监督检验中心、上海索拓密封材料有限公司、河北亨达密封材料有限公司、咸阳海龙密封复合材料有限公司、佛山市顺德区质量技术监督标准与编码所、无锡市祥健四氟制品有限公司。

## GB/T 20671.5—2020

本部分主要起草人：段亚萍、邵岳松、石志刚、潘洲、范景芳、祝海峰、杜铭、潘延华、卢炳合、王健。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 20671.5—2006。



# 非金属垫片材料分类体系及试验方法

## 第 5 部分：垫片材料蠕变松弛率试验方法

### 1 范围

GB/T 20671 的本部分规定了非金属垫片材料蠕变松弛率测定的原理、仪器设备、样品、试验步骤、精密度及试验报告。

本部分适用于 GB/T 20671.1 规定的 1 型、5 型和 7 型材料的蠕变松弛率的测定。其他型号的材料亦可参照采用。

### 2 规范性引用文件

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

GB/T 20671.1 非金属垫片材料分类体系及试验方法 第 1 部分：非金属垫片材料分类体系

### 3 原理

#### 3.1 试验方法 A

一般在室温下进行，应力由螺栓上标定过的应变计来测定，样品放置在两个平圆板之间受压，压力由紧扣圆板的螺栓和螺母提供。在试验中，从加载开始到试验结束，每隔一段时间读取一次应变显示器上的读数。应变显示器上的读数被换算成初始应力的百分数，然后绘出百分数与时间（以小时为单位）对数的关系曲线。在全部试验时间范围内，任何给定的时间的初始应力损失或松弛的百分率能够从曲线上查出。

#### 3.2 试验方法 B

在室温或高温下进行，应力通过用千分表测量标定过的螺栓的长度变化来确定，样品放置在两个平圆板之间受压，压力由紧扣圆板的螺栓和螺母提供。在试验开始和试验结束时，分别测量螺栓的长度，计算出蠕变松弛率。

### 4 仪器设备

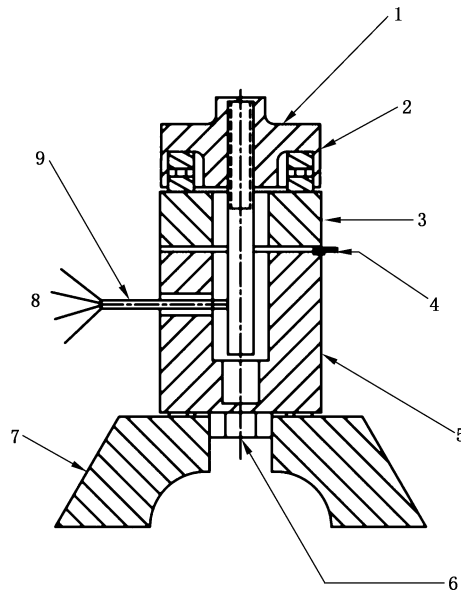
#### 4.1 试验方法 A

4.1.1 应变显示器。

4.1.2 计时器。

4.1.3 松弛率测定仪：包括两块平圆板（上、下各一块）、一根装有应变计的螺栓、一个螺母和一个推力轴承。如图 1 所示。

4.1.4 应变计：应变灵敏度系数 $(2.0 \pm 0.1)\%$ 的  $120\ \Omega$  电阻。应变计用来指示拉伸应变，应放置在抵消扭矩、温度、弯曲影响的适当位置。应变计装在螺栓的小直径上，距螺栓顶部约 50.8 mm。装有应变计的螺栓应标定。



说明：

1——螺母；  
2——推力轴承；  
3——上平圆板；  
4——试验样品；  
5——下平圆板；

6——螺栓；  
7——固定台；  
8——接应变显示器；  
9——导线。

图 1 试验方法 A 用松弛率测定仪

## 4.2 试验方法 B

4.2.1 松弛率测定仪：松弛率测定仪应满足试验温度标定程序（见附录 A）的需要。松弛率测定仪包括两块带有特殊孔的平圆板、标定过的螺栓、垫圈和螺母，其材质为铬钼铁素体钢或镍基高温合金钢或其他合金（参见附录 B），如图 2 所示。

4.2.2 千分表组件：由连接套筒、顶针、紧固螺钉和千分表组成，如图 2 所示。千分表精度不大于 0.002 5 mm。

4.2.3 套筒扳手：14.3 mm (9/16 in)。

## 5 样品

### 5.1 试验方法 A

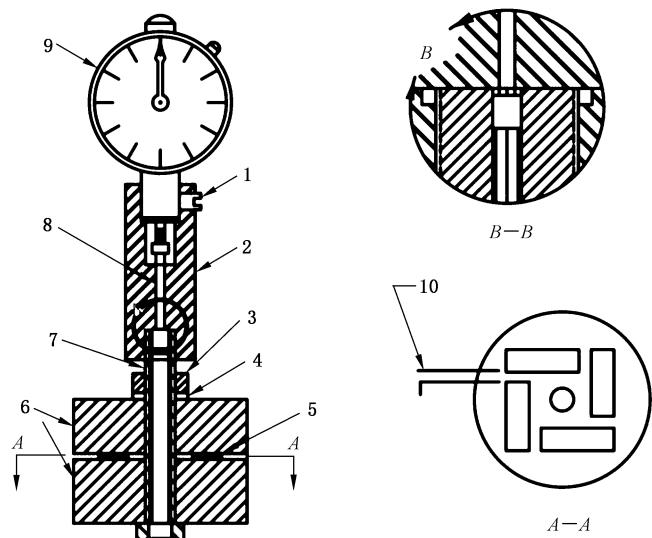
样品应为内径 33.02 mm ± 0.05 mm、外径 52.32 mm ± 0.05 mm 的环形。

### 5.2 试验方法 B

5.2.1 矩形样品：宽度 10.16 mm ± 0.38 mm、长度 31.75 mm ± 0.38 mm。每次试验需要四个这样的样品。

5.2.2 环形样品：面积为 1 290 mm<sup>2</sup>，推荐采用内径 15.62 mm、外径 43.56 mm 的样品。

5.2.3 对于 4 型 2 类材料，样品应为 152.40 mm 的一个长条。



说明：

- |            |                             |
|------------|-----------------------------|
| 1 —— 紧固螺丝； | 6 —— 平圆板；                   |
| 2 —— 连接套筒； | 7 —— 螺栓；                    |
| 3 —— 螺母；   | 8 —— 顶针；                    |
| 4 —— 垫圈；   | 9 —— 精度为 0.002 5 mm 的指针千分表； |
| 5 —— 试验样品； | 10 —— 样品摆放所需的空隙。            |

图 2 试验方法 B 用松弛率测定仪、平圆板组件和千分表组件

5.3 样品厚度

样品的公称厚度应为 0.8 mm。其他厚度由供需双方协商确定。对于 4 型材料,公称厚度应不大于 1.78 mm。

5.4 样品调节

按照 GB/T 20671.1 调节切割好的样品。

6 试验步骤

6.1 试验方法 A

- 6.1.1 清洁平圆板和样品的表面,不能沾有蜡、脱模剂和油(用异辛烷或其他合适的溶剂擦拭)。润滑螺栓的螺纹。
- 6.1.2 使用 13.8 MPa±0.3 MPa 的初始应力,另有规定除外。
- 6.1.3 试验在 21 ℃~30 ℃下进行,另有规定除外。
- 6.1.4 拆开松弛率测定仪,把样品放入两块平圆板之间。样品的内直径与平圆板的内直径应尽可能同圆心。把螺栓头装入固定台中,拧上推力轴承和螺母,用手或仅够固定样品的力轻轻拧紧。
- 6.1.5 连接并平衡应变显示器。记录读数。然后将应变显示器的读数调整到规定的初始应力。
- 6.1.6 通过用扳手紧固螺母给垫片施加压力,直到应变显示器达到平衡。对于 17.8 kN 的压力来说,需要大约 30 N·m 的扭矩。压力应以均匀的速率施加,且在 10 s±2 s 内达到规定的压力,此压力为“初

始应力”。

6.1.7 从达到规定的“初始应力”开始计时。依次 10 s、1 min、6 min、30 min、1 h、5 h、24 h 等读取应变显示器上的读数,直到试验结束(试验完后检查应变显示器的零点)。

6.1.8 将在 6.1.7 获取的应变显示器的读数转化为“初始应力”的百分数。在半对数坐标纸上绘出百分数和时间(以小时为单位)对数的关系曲线。

## 6.2 试验方法 B

6.2.1 清洁平圆板和样品的表面。用石墨和二硫化钼等润滑剂轻轻润滑螺栓螺纹和垫圈。

6.2.2 按照图 2 所示,把四个矩形样品放入两块平圆板之间,确保样品之间及距平圆板边缘的距离不小于 2 mm。如果用环形样品,样品的内直径与平圆板的内直径应尽可能同圆心。如果是 4 型 2 类样品,在平圆板间的样品应以螺栓孔为中心,确保两个尾端交叠至少 6.35 mm。

6.2.3 放好垫圈,用手拧紧螺母。

6.2.4 拧上千分表组件,用手拧紧。把千分表读数调到零刻度。

6.2.5 用扳手拧紧螺母,直至达到规定的千分表读数,记录读数( $D_0$ )。施加压力,并在 3 s 内达到最大载荷。当压力为 26.7 kN 时,螺栓伸长量通常是 0.122 2 mm~0.127 0 mm(标定程序见附录 A)。卸去千分表组件。

注:当试验材料的厚度大于 0.8 mm 时,拧紧螺母的时间最长可延长至 5 s,以满足施加试验载荷的需要。

6.2.6 将夹有样品的测定仪放入 100 °C ± 2 °C 的热风循环烘箱中,保持 22 h。如果另有规定,对于材质为铬钼铁素体钢的松弛率测定仪,最高试验温度不应超过 204.4 °C;对于镍基高温合金钢的松弛率测定仪,最高试验温度不应超过 482.2 °C。

6.2.7 从烘箱中取出夹有样品的测定仪,冷却到室温。

6.2.8 重新安上千分表组件,用手拧紧。把千分表读数调到零刻度。松开螺母(不要扰动千分表组件),记录千分表读数( $D_f$ )。

6.2.9 按式(1)计算蠕变松弛率:

$$C_r = \frac{D_0 - D_f}{D_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$C_r$  ——蠕变松弛率,%表示;

$D_0$  ——施加预定压力后千分表的读数,单位为毫米(mm);

$D_f$  ——松开螺母后千分表的读数,单位为毫米(mm);

取三次平行测定结果的算术平均值为报告值。

## 7 精密度

7.1 七个实验室试验了以下五种垫片材料(GB/T 20671.1 的分类代码)的蠕变松弛率:1 型 1 类;1 型 2 类;5 型 1 类;7 型 1 类;7 型 2 类。所有的实验室都用试验方法 B、1 型材料的调节程序。矩形样品沿着材料的压延方向截取。试验按照本部分试验方法 B 进行,20.68 MPa 的初始应力施加在 1 290 mm<sup>2</sup> 样品面积上,总压力为 26.7 kN。试验在 100 °C 下进行了 22 h。用铬钼铁素体合金钢材质的松弛率测定仪,对每种材料进行了三个平行样试验。

7.2 铬钼铁素体合金钢材质的松弛率测定仪的精密度结果在表 1 给出。

表 1 垫片材料蠕变松弛率试验的精密度的表示(用变异系数法表示)

材料的型号和类别 GB/T 20671.1	蠕变松弛率/%		重复性			再现性		
	范围	平均值	S	CV/%	LSD/%	S	CV/%	LSD/%
1 型 1 类	11.5~15.4	13.3	1.22	9.4	26.5	1.58	11.9	33.7
1 型 2 类	27.2~33.7	30.9	1.87	6.2	17.6	2.52	8.2	23.1
5 型 1 类	4.0~8.9	6.3	1.27	18.1	51.2	2.01	31.9	90.1
7 型 1 类	14.2~24.5	18.1	1.33	8.0	22.7	3.93	21.8	61.5
7 型 2 类	20.7~28.5	26.0	0.97	4.2	11.8	3.10	11.9	33.7
<p>注 1:</p> $CV = \frac{S \times 100}{\text{平均值}}$ <p>式中:</p> <p>CV —— 变异系数;</p> <p>S —— 标准偏差。</p> <p>LSD 表示在 95% 的置信度水平上,两次独立的试验结果之间的显著性差异最小值(<math>2\sqrt{2}CV</math>)。</p> <p>注 2: 环形样品代替矩形样品能够用在 1 型 2 类、5 型 1 类、7 型 1 类和 7 型 2 类。由于试验结果有统计上的显著差异,1 型 1 类不能用环形样品代替矩形样品。</p>								

8 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 被测材料的牌号和标记;
- b) 试验温度;
- c) 试验的时间,以小时为单位;
- d) 所用的“初始应力”和样品厚度;
- e) 每个样品的应力损失百分率;
- f) 记录的所有试验结果的平均值。



附 录 A  
(规范性附录)

试验方法 B 蠕变松弛率测定仪螺栓的标定程序

A.1 目的

A.1.1 螺栓在标定之前,应经过高温预处理,以消除应力。

A.1.2 标定预处理后的螺栓,应在使用后定期标定。若使用温度超过 205℃,标定周期则应比低温使用时更短。

A.1.3 螺栓确保能正常使用。

A.2 设备

A.2.1 松弛率测定仪:按照 4.2.1,稍做改进,使每个平圆板能插进一对钢制定位销。

A.2.2 千分表组件:见 4.2.2。

A.2.3 平垫圈:尺寸为 177.8 mm~406.4 mm,材料为碳素钢,硬度为 38 HRC~45 HRC。

A.2.4 拉力试验机:能够提供和记录 26.7 kN 载荷的能力。最大允许系统误差为所施加载荷的 0.5%。

A.2.5 螺栓标定装置机构:把松弛率测定仪和拉力试验机相连接的机构。见图 A.1。

A.3 程序

A.3.1 如果被标定的螺栓是新的,则按下述步骤进行预处理。在不放垫片的情况下,安装好松弛率测定仪,向螺栓施加载荷,使其获得  $0.13\text{ mm} \pm 0.001\text{ mm}$  的位移值,记录此值,并作为原始位移值。

A.3.2 取下千分表组件,且不可松开螺栓和螺母,然后把该测定仪放入循环热风烘箱中,烘箱温度应预先调至超过最高试验温度 10℃。保持 22 h 后,从烘箱中取出该测定仪,冷却到室温。

A.3.3 将千分表组件安装到松弛率测定仪上,卸掉螺栓的载荷,测量位移值,精确到  $0.001\text{ mm}$ 。记录此值,并作为终点位移值。

A.3.4 重复上述操作循环,直至一次循环和下一次循环的原始位移值和终点位移值的差值在 3%或更小且没有显示进一步减小的趋向。

注:一般螺栓的预处理有七次或七次以下的上述操作循环就足够了。

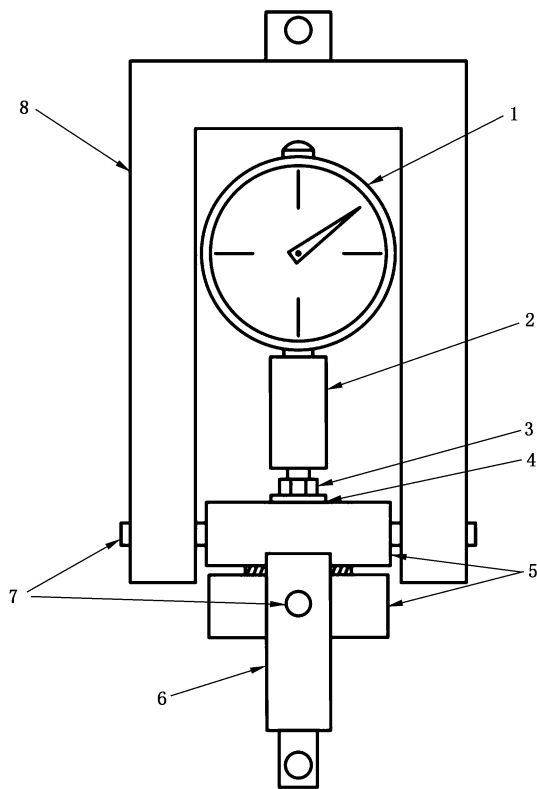
A.3.5 拆卸松弛率测定仪,用平垫圈代替垫片,用手拧紧螺母。

A.3.6 安装松弛率测定仪组件、千分表组件和螺栓校准装置,如图 A.1。将整体安装到拉力试验机上。调整间距,不应使拉伸载荷施加到测定仪的螺栓上。将千分表调到零刻度。

A.3.7 施加拉伸力,直到载荷达到 4.45 kN。保持这个载荷,记录千分表指示的螺栓伸长量,估读精确到  $0.001\text{ mm}$ 。继续向螺栓加载压力,从 4.45 kN 加载到 26.7 kN,且每增加 4.45 kN,记录螺栓的伸长量。

A.3.8 卸去测定仪螺栓上的拉力载荷,观察千分表的读数。如果千分表没有回到零刻度( $\pm 0.002\text{ mm}$  范围内),则应剔除这组数据。重新此循环,如果 3 次循环后,千分表读数没有回到零刻度,则螺栓应作废。

A.3.9 千分表重新置零,重复 A.3.7 和 A.3.8 三次。



- 说明：
- |           |         |
|-----------|---------|
| 1——指针千分表； | 5——平板；  |
| 2——连接套筒；  | 6——下支架； |
| 3——螺母；    | 7——定位销； |
| 4——垫圈；    | 8——上支架。 |

图 A.1 螺栓标定装置示意图

A.4 结果说明

- A.4.1 在线性坐标纸上标出平均螺栓伸长量 and 对应的螺栓载荷的坐标点，绘制螺栓标定曲线。Y 轴为平均螺栓伸长量，X 轴为螺栓受到的载荷。这个曲线应是一条直线。
- A.4.2 通过计算，得到拟合度，此值应大于 0.95，否则螺栓作废。
- A.4.3 在 26.7 kN 三次循环后，如果螺栓校准的伸长率小于 0.101 mm 或大于 0.140 mm，螺栓应作废。

**附 录 B**  
(资料性附录)


**试验方法 B 松弛率测定仪用材质技术指标示例**

试验方法 B 松弛率测定仪的材质为铬钼铁素体钢或镍基高温合金钢或其他合金。前面两种合金的主要技术指标列于表 B.1、表 B.2。

**表 B.1 铬钼铁素体钢主要技术指标**

类型	铬钼铁素体钢						
化学成分 %	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S
	0.37~0.49	0.65~1.10	0.15~0.35	0.75~1.20	0.15~0.25	≤0.035	≤0.040
力学性能	拉伸强度	屈服强度	4D 伸长率	最大硬度	最小回火温度		断面收缩率
	≥795 MPa	≥655 MPa	≥16%	302 HB	593 ℃		≥50%
注：表中指标接近于 GB/T 3077 中的 42CrMo 钢。							

**表 B.2 镍基高温合金钢主要技术指标**

<div></div> <div>化学成分</div> <div>%</div>	Ni	Cr	Mo	Nb+Ta	Ti
	50.0~55.0	17.0~21.0	2.80~3.30	4.75~5.50	0.65~1.15
	C	Mn	Si	P	S
	≤0.08	≤0.35	≤0.35	≤0.015	≤0.015
	Co	Al	B	Cu	Fe
	≤1.0	0.20~0.80	≤0.006	≤0.30	剩余
热处理	固溶热处理:924℃~1 010℃保持最少 0.5 h,空气冷却或快速冷却。 沉淀硬化处理:718℃±14℃保持 8 h,加热炉冷却到 621℃±14℃保持至总沉淀热处理时间达到 18 h,空气冷却				
力学性能	拉伸强度	屈服强度	50 mm 伸长率	断面收缩率	布氏硬度
	≥1 275 MPa	≥1 034 MPa	≥12%	≥15%	≥331
断裂应力	试验温度 649℃,应力 690 MPa,最少 23 h,50 mm 伸长率最小 5%				
注：表中指标接近于 GB/T 14992 中的 GH4169。					

参 考 文 献

- [1] GB/T 3077 合金结构钢
  - [2] GB/T 14992 高温合金和金属间化合物高温材料的分类和牌号
- 

