



中华人民共和国国家标准

GB/T 27800—2011

静密封橡胶制品使用寿命的 快速预测方法

Determination of the life for static sealing rubber products

2011-12-30 发布

2012-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会密封制品分技术委员会(SAC/TC 35/SC 3)归口。

本标准主要起草单位:西北橡胶塑料研究设计院。

本标准主要起草人:魏浩、曹元礼。

静密封橡胶制品使用寿命的 快速预测方法

1 范围

本标准规定了静密封橡胶制品的使用寿命的预测方法。

本标准适用于测定静密封橡胶制品在未变形和变形(径向压缩 12%~25%,轴向压缩 15%~40%状态下),在与各种介质和空气接触时,保持工作能力的期限;也适用于仓库条件下贮存寿命的测定。

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 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定

GB/T 1685 硫化橡胶或热塑性橡胶 在常温和高温下压缩应力松弛的测定

GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验

GB/T 7759 硫化橡胶、热塑性橡胶 常温、高温和低温下压缩永久变形测定

GB/T 15905 硫化橡胶湿热老化试验方法

3 原理

静密封橡胶制品在使用条件下,引起性能变化的主要因素是热、氧、机械应力和接触的油、水等介质。在一定的温度范围内,静密封橡胶制品的高温加速老化与使用条件下的老化机理是相同的。利用高温加速老化试验得到的数据,可外推计算使用温度下的使用寿命。

老化试验测试项目的选择,对于未变形橡胶制品可用拉断伸长率,对于变形的橡胶制品可用积累压缩永久变形或压缩应力松弛。

4 试样

4.1 测定拉断伸长率的试样应符合 GB/T 528 中对试样的要求。

4.2 测定压缩永久变形和压缩应力松弛的试样应符合 GB/T 7759 和 GB/T 1685 中对试样的要求。也可用实际产品作为试验样品,如 O 形橡胶密封圈或其片段、 $\phi 10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 圆柱试样。

5 试验仪器

5.1 热空气老化箱

热空气老化箱应符合 GB/T 3512 中的规定。

5.2 湿热试验箱

湿热试验箱应符合 GB/T 15905 中的规定。

5.3 拉力试验机

拉力试验机应符合 GB/T 528 中的规定。

5.4 压缩应力松弛仪

压缩应力松弛仪应符合 GB/T 1685 中的规定。

6 试验

6.1 试验条件

6.1.1 试验温湿度

6.1.1.1 老化试验温度推荐为 5 个,至少应不少于 4 个,相邻温度间隔不少于 10 °C。

6.1.1.2 试验温度的上限因生胶、硫化体系不同而异。一般可参照下列数据:天然和氯丁橡胶为 90 °C;丁腈、丁苯、丁基和顺丁橡胶为 110 °C;乙丙橡胶为 130 °C;氟橡胶为 200 °C。试验时间允许的情况下,降低试验温度,可提高预测的准确度。

6.1.1.3 为了恰当地选择试验温度的上限,可作必要的探索试验。

6.1.1.4 易水解橡胶材料的湿热老化试验,湿度应与静密封橡胶制品使用条件下的相对湿度一致。

6.1.2 试验时间

6.1.2.1 试验终止的时间因试验温度的不同而不同,对于 5 个温度中的 3 个较高温度的试验,试验终止时性能变化应达到临界值;对于较低温度的试验,试验终止时,压缩永久变形不得低于 50%,应力松弛和伸长率不得高于初始值的 50%。

6.1.2.2 每个试验温度下测试数据不应少于 10 个。每个测试点的时间间隔可根据性能变化的情况而定,一般是前期间隔短,后期间隔长。

6.1.2.3 每个试验温度的第一个测试点,其性能变化对于压缩永久变形不高于 20%,对于应力松弛不低于初始值的 80%,对于伸长率不低于初始值的 90%。

6.1.3 压缩率

对于测试项目为压缩永久变形的老化试验,试验的压缩率应与静密封橡胶制品使用工况下的压缩率一致。

6.2 试验步骤

6.2.1 按照 GB/T 3512,在热空气老化箱中进行加速老化试验。对于易水解橡胶材料,按照 GB/T 15905,在湿热老化箱中进行加速老化试验。

6.2.2 压缩应力松弛的测定按照 GB/T 1685 进行。上好夹具,在标准实验室环境下停放 3 d 后,测定的应力值为初始应力。老化后的应力是在夹具从老化箱中取出,在标准实验室环境下停放 3 h 后测定其应力。每次测定后,将夹具放入老化箱,进行下个周期的老化。

6.2.3 压缩永久变形测定按照 GB/T 7759 进行。上好夹具,在标准实验室环境下停放 3 d,然后打开夹具,再停放 1 d 后测定高度为初始高度。老化后试样的高度为从老化箱中取出夹具并去掉负荷,在标准实验室条件下停放 1 d 后测定其高度。每次测定后,把试样重新放入夹具并送回老化箱中进行下一个周期的老化。

6.2.4 拉断伸长率测定按照 GB/T 528 进行。老化前的拉断伸长率取 10 次测量的平均值,老化后的

拉断伸长率取 5 次测量的平均值。

7 结果处理

7.1 老化系数 y 与老化时间 t 和试验温度 T 之间的关系可用式(1)描述:

$$\log \left[-\log \left(\frac{y}{B} \right) \right] = b_0 + b_1 \log t + b_2 \frac{1}{T} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- y ——老化系数;
- B ——接近于 1 的常数;
- t ——老化时间,单位为天(d);
- T ——老化试验温度,单位为开尔文(K);
- b_0, b_1, b_2 ——待定系数。

注:老化系数根据试验的物理特性的不同而不同。对于应力松弛,老化系数为老化时间 t 时的应力 f 与老化前的初始应力 f_0 的比值;对于拉断伸长率,老化系数为老化时间 t 时的伸长率 L 与老化前的伸长率 L_0 的比值;对于压缩永久变形,老化系数为 1 减老化时间 t 时压缩永久变形率 ϵ 。

7.2 公式参数的计算

7.2.1 b_0, b_1, b_2 的计算

令式(1)中的 $\log \left[-\log \left(\frac{y}{B} \right) \right] = Y, \log t = X_1, \frac{1}{T} = X_2$, 式(1)变为如下:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \dots\dots\dots (2)$$

对式(2)进行二元回归即可求得系数 b_0, b_1, b_2 。

$$\text{令 } \mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} \\ 1 & X_{12} & X_{22} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} \end{pmatrix}, \mathbf{Y} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}, \mathbf{A} = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$$

其中 X_{1n}, X_{2n}, Y_n 中分别为第 n 组试验数据转换后的 X_1, X_2 和 Y 。

根据二元回归算法可知,系数矩阵 $\mathbf{A} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Y}$, 通过运算即可得到系数矩阵 \mathbf{A} , 即得到 b_0, b_1, b_2 。

7.2.2 参数 B 的确定

待定参数 B , 可采用逐次逼近的方法求解。逼近的准则是令 B 精确到小数点后三位时,使

$$I = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \dots\dots\dots (3)$$

最小。

式中:

- y_i ——第 i 个老化性能指标的试验值;
- \hat{y}_i ——第 i 个老化性能指标通过二元回归计算的预测值。

7.3 寿命的计算

7.3.1 预测方程的确定

根据二元回归计算得到的系数 b_0, b_1, b_2 得到不同温度下的性能变化预测方程如式(4):

$$y = B \times 10^{(-10^{(b_0 + b_1 \log t + b_2 \frac{1}{t})})} \dots\dots\dots (4)$$

7.3.2 临界值的确定

7.3.2.1 临界值通过模拟静密封橡胶制品使用条件的考核试验确定。在选定试验温度的一个中间温度下,静密封橡胶制品和标准试样一起加速老化,然后通过模拟试验,找到静密封橡胶制品密封性能丧失的临界时间,根据此时标准试样的性能变化,确定为计算寿命的性能临界值 y_0 。

7.3.2.2 可选用静密封橡胶制品技术条件中规定的有关性能的极限允许值作为临界值。

7.3.3 寿命的计算

按式(5)计算寿命:

$$t = \frac{10^{\left(\frac{\log(-\log \frac{y_0}{y}) - b_0 - b_2 \frac{1}{t}}{b_1}\right)}}{365} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

t ——寿命,单位为年。

8 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- a) 静密封橡胶制品名称和胶料牌号;
- b) 加速老化试验温度(湿度);
- c) 老化时间;
- d) 试验数据;
- e) $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$ 公式的参数估计及检验;
- f) 临界值;
- g) 寿命。

