

中华人民共和国国家标准

GB/T 5720—93

O形橡胶密封圈试验方法

代替 GB 5720—85

Test methods for rubber O rings

1 主题内容与适用范围

本标准规定了实心硫化O形橡胶密封圈的硬度、拉伸性能、恒定形变压缩永久变形、拉伸永久变形、热空气老化、压缩应力松弛、耐液体、密度、腐蚀试验和收缩率的试验方法。

本标准适用于实心硫化O形橡胶密封圈(以下简称O形圈)。

2 引用标准

- GB/T 528 硫化橡胶和热塑性橡胶拉伸性能的测定
- GB/T 533 硫化橡胶密度的测定
- GB/T 1690 硫化橡胶耐液体试验方法
- GB 2941 橡胶试样环境调节和试验的标准温度、湿度及时间
- GB/T 3452.2 O形橡胶密封圈外观质量检验标准
- GB/T 3512 硫化橡胶热空气老化试验方法
- GB 5723 硫化橡胶试验用试片和制品尺寸测量的一般规定
- GB/T 6032 硫化橡胶国际硬度的测定(30~85IRHD) 微型试验法
- GB/T 7759 硫化橡胶在常温和高温下恒定形变压缩永久变形的测定
- GB 9865 硫化橡胶样品和试样制备
- GB/T 13643 硫化橡胶或热塑性橡胶压缩应力松弛的测定(环状试样)

3 试样要求及试验条件

3.1 试样要求

- 3.1.1 试样制备按照 GB 9865 的规定进行。
- 3.1.2 试样的外观质量应符合 GB/T 3452.2 规定。

3.2 试验条件

试样环境调节和试验的温度及时间应按照 GB 2941 规定执行。

4 尺寸的测量

- 4.1 尺寸测量用工具应符合 GB 5723 的有关规定。
- 4.2 沿O形圈的径向和轴向圆周上均匀分布的4个点,采用分度值为0.01 mm的量具测量截面直径,取其算术平均值。
- 4.3 沿O形圈内圆周上均匀分布的4个点用工具显微镜测量内径,取其算术平均值。
- 4.4 也可用分级锥量规测量内径,分级锥梯级的直径差不超过被测内径的2%。

5 试验程序

5.1 硬度的测定

5.1.1 试验仪器

本试验在微型硬度计上进行,硬度计应符合 GB/T 6032 中的有关规定。

5.1.2 试样

5.1.2.1 标准试样的规格应符合附录 A1 条规定。

5.1.2.2 对于截面直径为 6 mm 以上或内径 30 mm 以上的 O 形圈,可切取其片段进行测定,其结果不能与标准试样结果相比较。

5.1.3 试验步骤

按 GB/T 6032 的试验步骤进行。

5.1.4 试验结果的表示

测量结果为 3 个,取其中位数,取整数位。

5.2 拉伸性能的测定

5.2.1 试验仪器

5.2.1.1 本试验在拉力机上进行,拉力机应符合 GB/T 528 有关规定。拉力机需有导向齿条装置及测量试样伸长的装置。

5.2.1.2 试验夹具

试验夹具是由上、下两个直径至少为 12 mm 的带滚珠轴承的轴轮组成,当两个轮彼此靠近时,其中心距为 25 mm 以内。下夹具带有齿轮传动装置,在试验时应与拉力机上的导向齿条啮合。

直线型试样夹具采用通用拉伸试验的夹具,但需保证试验过程中试样不断在夹持处。

5.2.2 试样

5.2.2.1 标准试样应符合附录 A2 条的规定。

5.2.2.2 可采用内径大于 40 mm 的其他尺寸的 O 形圈,或从 O 形圈上切取的片段(其长度不小于 120 mm 的线形试样)进行测定,其结果不能与标准试样结果相比较。

5.2.3 试验步骤

5.2.3.1 按第 4 章的规定测量试样的截面直径及内径。若是直线型试样则按照 GB/T 528 中第 4.2.4 及 4.2.5 条的方法进行。其工作部分标线间距为 25 mm。

5.2.3.2 将 O 形圈套在尽可能靠近的上、下夹具的轴轮上,使试样不受拉伸应力,连接好伸长测量系统,并调整零点(即确定 O 形圈内周长的伸长率等于零时,两轴轮的中心距 S_0),由式(2)计算 S_0 值。

5.2.3.3 开动机器以 500 ± 50 mm/min 的速度拉伸试样,记录试样拉伸到规定伸长时的负荷,拉断时的负荷及伸长量。

5.2.3.4 若试样为直线形单股试样,则按 GB/T 528 中第 6.1 条步骤进行拉伸试验。

5.2.4 试验结果的计算

5.2.4.1 两轴轮的中心距按式(1)计算:

$$S = \frac{1}{2} [(eC_0/100) + C_0 - G] \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: S —— 两轴轮中心间的距离, mm;

e —— 试样的伸长率, %;

C_0 —— O 形圈的初始内周长, mm;

G —— 一个轴轮的圆周长, mm。

当式(1)中的 $e = 0$ 时,则得

$$S_0 = \frac{1}{2} (C_0 - G) \quad \dots\dots\dots(2)$$

5.2.4.2 定伸应力和拉伸强度按式(3)和式(4)计算:

a. 整 O 形圈试样:

$$T = \frac{F}{2A} = \frac{F}{1.57d^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

b. 直线形试样:

$$T = \frac{F}{A} = \frac{F}{0.785d^2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: T —— 定伸应力或拉伸强度, MPa;

F —— 试样所受的负荷, N;

A —— 试样的横截面积, mm^2 ;

d —— 试样的横截面直径, mm。

5.2.4.3 扯断伸长率按式(5)和式(6)计算:

a. 整 O 形圈试样:

$$E = \frac{2S_t + G - C_0}{C_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: E —— 扯断伸长率, %;

S_t —— O 形圈扯断时两轴轮的中心间距, mm;

G —— 一个轴轮的圆周长, mm;

C_0 —— O 形密封圈的初始内周长, mm。

b. 直线形试样:

$$E = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: E —— 扯断伸长率, %;

L_t —— 试样拉断时两标线间的距离, mm;

L_0 —— 试样两标线间的原始距离, mm。

5.2.5 试验结果的表示

测量结果为 5 个, 试验结果取计算结果的中位数, 扯断伸长率取整数位, 定伸应力和拉伸强度取一位小数。

5.3 热空气老化试验

5.3.1 试验装置

老化箱应符合 GB/T 3512 中第 2 章的规定。

5.3.2 试样

标准试样按附录 A3 的规定, 非标准试样与 5.2.2.2 相同。

5.3.3 试验步骤

5.3.3.1 老化前后的定伸应力, 拉伸强度、扯断伸长率的测定按 5.2.3 的步骤进行。

5.3.3.2 老化前后的硬度测定按 5.1.3 的步骤进行。

5.3.3.3 将试样放入规定温度的老化箱中并开始计时。

5.3.3.4 到达规定时间后, 立即从老化箱中取出试样, 在室温下停放至少 16 h, 但不得超过 6 d。

5.3.4 试验结果的计算

5.3.4.1 拉伸强度变化百分率, 按式(7)计算:

$$\Delta T_1 = \frac{T_1 - T_0}{T_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: ΔT_1 —— 试样热空气老化后的拉伸强度变化百分率, %;

T_0 —— 试样老化前的拉伸强度, MPa;

T_1 —— 试样热空气老化后的拉伸强度,MPa。

5.3.4.2 扯断伸长率变化百分率按式(8)计算:

$$\Delta E_1 = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: ΔE_1 —— 试样热空气老化后的扯断伸长率变化百分率,%;

E_0 —— 试样老化前的扯断伸长率,%;

E_1 —— 试验热空气老化后的扯断伸长率,%。

5.3.4.3 硬度的试验结果以硬度的变化值表示,按式(9)计算:

$$\Delta H_1 = H_1 - H_0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中: ΔH_1 —— 热空气老化后硬度的变化值,IRHD;

H_1 —— 试样热空气老化后的硬度,IRHD;

H_0 —— 试样老化前的硬度,IRHD。

5.3.5 试验结果的表示

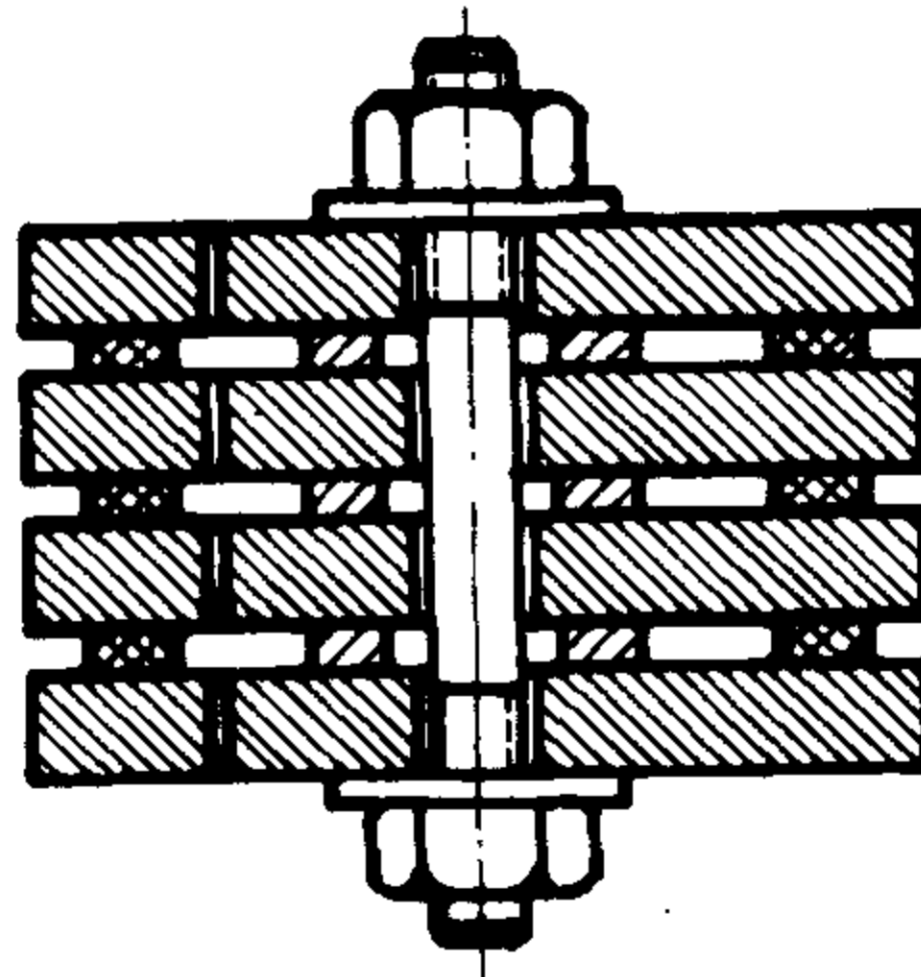
5.3.5.1 拉伸强度、扯断伸长率老化试验的结果按式(7)和式(8)计算的结果表示,取整数位。

5.3.5.2 硬度老化试验的结果按式(9)计算的结果表示,取整数位。

5.4 恒定形变压缩永久变形的测定

5.4.1 试验装置

5.4.1.1 压缩夹具为圆板层叠式结构,如下图所示。



压缩夹具结构图

5.4.1.2 限制器的高度为试样截面直径的 75%,其公差为+0.05 mm。

5.4.1.3 用于在液体中进行压缩永久变形试验的浸泡容器一般为钢质密封罐也可以采用其他材质的耐高温、耐液体、耐压的密封容器,其尺寸以能容纳压缩夹具、足够的试验液体及便于操作为宜。

5.4.1.4 加热装置为老化箱、水浴或油浴。

5.4.2 试样

5.4.2.1 标准试样应符合附录 A4 的规定。

5.4.2.2 可采用其他规格的 O 形圈或其片段进行测定,其结果不能与标准试样结果相比较。

5.4.3 试验液体

5.4.3.1 试验液体用量,应在试验过程中保证试验夹具始终浸没在液面 15 mm 以下。

5.4.3.2 试验液体只限使用一次,不同配方的试样不得同时在一容器中试验。

5.4.4 试验步骤

- 5.4.4.1 按 4.2 条测量 O 形圈或其片段的轴向截面直径。
- 5.4.4.2 将 O 形圈或其片断依次放入夹具的各压板间。试样与限制器不相互接触。
- 5.4.4.3 将装入试样的夹具进行压缩,使压板与限制器紧密接触,拧紧螺母。
- 5.4.4.4 若进行耐液体试验,将装好试样的夹具在室温下停放 30 min,然后放入盛有试验液体的容器中,将容器放入规定温度的老化箱中,并开始计时。
- 5.4.4.5 若进行热空气老化试验,则将装好试样的夹具在室温下停放 30 min 后,放入规定温度的老化箱中,并开始计时。
- 5.4.4.6 到达规定时间,从老化箱中取出浸泡容器或夹具。

a. 对高温不挥发液体,取出的是浸泡容器,则需在室温下冷却 30 min,然后打开容器取出夹具,立即松开夹具取出试样进行洗涤,每个试样的洗涤时间不超过 30 s,并将试样置于平整的木板上,在室温下恢复 30 min。

b. 对室温挥发性液体,到达规定时间后从容器中取出夹具,并立即松开夹具,取出试样置于平整的木板上,在室温下恢复 30 min。

c. 对高温热空气情况取出的是夹具,则应立即松开夹具,取出试样置于平整的木板上,在室温下恢复 30 min。

d. 按 4.2 条测量 O 形圈或其片段的轴向截面直径。

5.4.5 试验结果的计算

压缩永久变形按式(10)计算:

$$B_1 = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - h_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: B_1 ——热空气老化后,或液体浸泡后试样的压缩永久变形率, %;

d_1 ——试样的初始轴向截面直径, mm;

d_2 ——试样恢复后的轴向截面直径, mm;

h_s ——限制器的高度, mm。

5.4.6 试验结果的表示

测量结果为 3 个,试验结果取计算结果的算术平均值,取整数位。

5.5 拉伸永久变形的测定

5.5.1 试样

5.5.1.1 拉伸永久变形用标准试样应符合附录 A2 条的规定。

5.5.1.2 非标准试样,同第 5.2.2.2 条。

5.5.2 试验仪器

本试验可在下列之一的装置上进行:

5.5.2.1 符合 5.2.1 规定的拉力试验机;

5.5.2.2 具有所需 100% 拉伸率台阶的分级锥;

5.5.2.3 任何一种能把 O 形圈安装在能保持一定中心距的两个轴轮上的装置。

5.5.3 试验步骤

用 4.4 的分级锥测量 O 形圈的内径,将 O 形圈试样拉伸到 100%,并在此应变下保持 10 min,然后松开试样使其恢复 10 min,接着用 4.4 的分级锥测定试样的内径。

5.5.4 试验结果的计算与表示

5.5.4.1 拉伸永久变形按式(11)计算:

$$B_2 = \frac{D_1 - D}{D} \times 100 \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: B_2 ——拉伸永久变形率, %;

D_1 —— 试验后的试样内径, mm;

D —— 试样的初始内径, mm。

5.5.4.2 测量结果为 5 个, 试验结果取计算结果的中位数, 取整数位。

5.5.5 直线形试样的拉伸永久变形试验按 GB/T 528 进行。

5.6 腐蚀试验

5.6.1 试样

5.6.1.1 标准试样, 应符合附录 A4 的规定。

5.6.1.2 可采用其他规格的 O 形圈或片段(如长度为 38 mm)的试样, 其结果不能与标准试样的结果相比较。

5.6.2 试验装置

5.6.2.1 试验装置由任何一种耐腐蚀的能够密封的, 并具有合适工作尺寸的容器组成。

注: 一般采用试验室用干燥器。

5.6.2.2 除非另有规定, 试验夹具压板应由 45 号钢制成, 表面镀镍(厚 0.000 2~0.004 mm), 粗糙度 R_a 为 0.16~0.25 μm 。尺寸应以合适夹住试样, 并能置于 5.6.2.1 的容器中为宜。

5.6.2.3 用体积比为 85% 的蒸馏水与 15% 的丙三醇混合液注入 5.6.2.1 条的容器中, 以保持 100% 的相对湿度。混合液的深度应至少等于容器深度的 20%。

5.6.2.4 用一种耐腐蚀的搁板在容器中支撑夹具, 使其接近但不接触混合液。

5.6.3 试验步骤

5.6.3.1 用无水乙醇或别的合适溶剂清洗试验板, 并进行干燥。

5.6.3.2 用 4.2 中的量具测量试样的轴向横截面直径。

5.6.3.3 取下干燥器盖, 将试样和试验压板放入容器中不加盖停放 1 h。

5.6.3.4 将试样装入试验夹具中, 施加压力使试样的轴向横截面直径产生 15% 的变形, 并保持这一变形。

5.6.3.5 把组装好的夹具放在一块平板玻璃上, 然后将玻璃板放入试验容器中的搁板上, 盖好容器的盖子保持密封。

5.6.3.6 将容器在 $23 \pm 2 \text{ C}$ 的温度下保持 96 h。

注: 也可以用别的试验温度, 但应在试验报告中说明。

5.6.3.7 取出试样, 用滤纸吸干试验板上的水渍, 用肉眼观察试样在试验板上留下的痕迹。

5.6.3.8 试验结果用无腐蚀、中等腐蚀(可见的浅色印痕)和严重腐蚀(深色斑纹或锈蚀斑纹)评定腐蚀等级。

5.7 耐液体试验

5.7.1 试样

5.7.1.1 标准试样应符合附录 A5 的规定。

5.7.1.2 如试样 O 形圈尺寸太大不能装入浸泡装置中, 则可将其切成长为 $90 \pm 2 \text{ mm}$ 的片段作为试样。其结果不能与标准试样的结果相比较。

5.7.2 试验液体的容量

5.7.2.1 液体的体积应不少于试样总体积的 15 倍, 并确保试验过程中试样始终完全浸没在液面 15 mm 以下。

5.7.2.2 试验液体只限使用一次, 不同配方的试样不得同时在同一液体中进行浸泡试验。

5.7.3 试验步骤

5.7.3.1 质量、体积变化试验按 GB/T 1690 的步骤进行。

5.7.3.2 浸泡前后的拉伸性能试验按 5.2.3 条的步骤进行。浸泡后的硬度试验按 5.1.3 规定进行。

5.7.4 试验结果的计算

5.7.4.1 质量变化百分率按式(12)计算:

$$\Delta g = \frac{m_3 - m_1}{m_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中: Δg ——质量变化百分率, %;

m_1 ——浸泡前试样在空气中的质量, g;

m_3 ——浸泡后试样在空气中的质量, g。

5.7.4.2 体积变化百分率按式(13)计算:

$$\Delta V = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{m_1 - m_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中: ΔV ——体积变化百分率, %;

m_2 ——浸泡前试样在水中的质量, g;

m_4 ——浸泡后试样在水中的质量, g;

m_1, m_3 ——同公式(12)。

5.7.4.3 拉伸强度变化百分率按公式(14)计算:

$$\Delta T_2 = \frac{T_2 - T_0}{T_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中: ΔT_2 ——试样浸泡液体后的拉伸强度变化百分率, %;

T_0 ——浸泡前试样的拉伸强度, MPa;

T_2 ——浸泡后试样的拉伸强度, MPa。

5.7.4.4 扯断伸长率变化百分率按式(15)计算:

$$\Delta E_2 = \frac{E_2 - E_0}{E_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中: ΔE_2 ——试样浸泡液体后的扯断伸长率变化百分率, %;

E_0 ——浸泡前试样的扯断伸长率, %;

E_2 ——浸泡后试样的扯断伸长率, %。

5.7.4.5 硬度变化按式(16)计算:

$$\Delta H_2 = H_2 - H_0 \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中: ΔH_2 ——试样浸泡液体后的硬度变化值, IRHD;

H_0 ——试样浸泡前的硬度, IRHD;

H_2 ——试样浸泡液体后的硬度, IRHD。

5.7.5 试验结果的表示

5.7.5.1 质量、体积变化

测量结果为3个, 试验结果取按式(12)或式(13)计算结果的算术平均值, 取一位小数。

5.7.5.2 拉伸性能

耐液体试验的试验结果, 按式(14)或式(15)计算的结果表示, 取中位数的整数位。

5.7.5.3 硬度变化

试样浸泡液体后的硬度变化取按式(16)计算的结果表示, 取中位数的整数位。

5.8 密度的测定

5.8.1 试验仪器

试验仪器应符合 GB/T 533 的有关规定。

5.8.2 试样

5.8.2.1 标准试样的规格, 按照第 A5 条规定。

5.8.2.2 采用任意规格的 O 形圈或其片段, 其质量应不小于 0.5 g, 如不足 0.5 g 时, 允许用质量总和

达到 0.5 g 以上的几个 O 形圈或片段作试样,其结果不能与标准试样的结果相比较。

5.8.3 试验步骤

试验步骤按 GB/T 533 中有关规定进行。

5.8.4 试验结果的计算

5.8.4.1 试样在试验温度下的密度按式(17)计算:

$$\rho_R = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_0 \quad \dots\dots\dots(17)$$

使用坠子时,按式(18)计算:

$$\rho_R = \frac{m_1}{m_1 + m_5 - m_6} \rho_0 \quad \dots\dots\dots(18)$$

- 式中: ρ_R —— 试样的密度, mg/m^3 ;
- m_1 —— 试样在空气中的质量, g ;
- m_2 —— 试样在水中的质量, g ;
- m_5 —— 坠子在水中的质量, g ;
- m_6 —— 试样和坠子在水中的质量, g ;
- ρ_0 —— 蒸馏水在试验温度下的密度, mg/m^3 。

5.8.5 试验结果的表示

测量结果为 3 个,试验结果取计算结果的中位数,取两位小数。

5.9 收缩率的测定

5.9.1 试验仪器

采用大型工具显微镜测量模具及 O 形圈的几何尺寸。

5.9.2 试样

采用制造内径为 $25 \pm 0.22 \text{ mm}$, 截面直径为 $3.55 \pm 0.10 \text{ mm}$ O 形圈的合格模具制备合格的试样,亦可采用其他尺寸的模具制备试样。

5.9.3 试验步骤

5.9.3.1 沿 O 形圈均匀分布的至少四个位置上,用工具显微镜测量内径和径向截面直径,分别取算术平均值。

5.9.3.2 沿相应模具型腔均匀分布的至少四个位置上,用工具显微镜测量两半模具型腔的内径和径向宽度,取两半模具型腔内径的平均值和径向宽度的平均值,分别作为型腔的内径和径向截面直径。

5.9.4 试验结果的计算

5.9.4.1 内径收缩率按式(19)计算:

$$K_1 = \frac{D_0 - D}{D_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(19)$$

- 式中: K_1 —— O 形圈内径收缩率, %;
- D_0 —— 模腔的内径, mm ;
- D —— O 形圈的内径, mm 。

5.9.4.2 径向截面直径收缩率按式(20)计算:

$$K_2 = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(20)$$

- 式中: K_2 —— O 形圈径向截面直径收缩率, %;
- d_0 —— 模腔的径向截面直径, mm ;
- d_1 —— O 形圈的径向截面直径, mm 。

5.9.5 试验结果的表示

测量结果为 3 个,试验结果取计算结果的平均值,取两位小数。

5.10 压缩应力松弛的测定

按照 GB/T 13643 进行。

6 试验报告

- a. 试验样品的名称或代号;
- b. 试验依据的标准名称或标准号;
- c. 试验室温度;
- d. 试验条件;
- e. 试样规格;
- f. 试验结果;
- g. 试验者,审核者;
- h. 试验日期。

附录 A
O 形橡胶密封圈的标准试样
(补充件)

本附录适用于质量评定和对比试验。

A1 硬度测定和压缩应力松弛测定用试样

标准试样的内径为 14 ± 0.17 mm, 截面直径为 2.65 ± 0.09 mm, 试样数量为 3 个。

A2 拉伸性能及拉伸永久变形测定用试样

标准试样的内径为 40 ± 0.30 mm, 截面直径为 3.55 ± 0.10 mm。试样数量各为 5 个。

A3 热空气老化试验用试样

标准试样的规格同 A2。

A4 恒定形变压缩永久变形测定用试样

标准试样的内径为 25 ± 0.22 mm, 截面直径为 3.55 ± 0.10 mm, 试样数量为 3 个。

A5 耐液体试验及密度测定用试样

标准试样的规格同 A4, 试样数量各为 3 个。

A6 腐蚀试验用试样

标准试样的规格同 A4, 试样数量为 2 个。

附加说明:

本标准由中华人民共和国化学工业部提出。

本标准由化学工业部西北橡胶工业制品研究所归口。

本标准由化学工业部西北橡胶工业制品研究所负责起草。

本标准主要起草人袁正才、金代欣、苏贵荣、李宗琦。

本标准参照采用美国试验与材料协会标准 ASTM D 1414—1990《O 形橡胶密封圈的标准试验方法》。