

软质聚氨酯泡沫测试是评价柔性泡沫质量、物理性能及耐久性的重要环节。本文介绍密度、压陷硬度 (IFD)、压缩应力 (CFD)、拉伸强度、撕裂强度、回弹性和泡沫疲劳的标准测试方法，并阐述 ISO 5999 对软质泡沫分类与性能评价的要求。

摘要

软质聚氨酯泡沫具有舒适、柔韧、吸能和耐用等特点，广泛应用于家具、床垫、汽车、公共交通、医疗设备及各种工业产品。由于产品种类繁多，有必要建立统一标准，以分类、评价质量并确定其性能范围。

ISO 5999 及相应的伊朗国家标准 INSO 8135:2026 为软质聚氨酯泡沫提供了完整的分类框架。按泡沫类型和生产工艺，产品首先分为块状泡沫 (Type I)、模塑泡沫 (Type II) 以及再生或粘结泡沫 (Type III)。各类型又根据回弹性和泡沫结构划分为 LB、MB、HB、LM、MM、HM 和 RE 等亚类，分别适用于不同用途。

确定泡沫类型后，依据 ISO 3385 进行恒载荷反复冲击疲劳试验。试样承受反复加载，并测量试验结束后的硬度损失。硬度损失率反映长期使用时的耐久性和机械性能保持能力，据此将泡沫划分为 X、V、S、A 和 L 五个等级。硬度损失越小，抗疲劳能力越高，越适合苛刻工况。

另一重要指标为压陷力挠度 (Indentation Force Deflection, IFD)，表示使泡沫产生规定压陷量所需的力，是初始硬度和等级划分的主要依据。因此，完整的泡沫编码由类型、类别和等级三部分组成。例如 HB-V-170(I) 表示一种高回弹块状泡沫，适用于极重负荷用途，初始压陷力为 170 N。该命名方法使不同应用的选材更加准确便捷。

ISO 5999 除规定分类方法外，还对各类泡沫的拉伸强度、断裂伸长率、压缩永久变形、热湿老化后的强度、强度变化率及其他相关物理性能规定最低要求，以确保泡沫兼具适当硬度和实际使用耐久性。

因此，不能仅凭单一参数选用泡沫；必须综合考虑泡沫类型、性能类别、硬度等级、物理性能、实际使用条件及具体应用要求。遵循 ISO 5999 等国际标准，有助于保证产品质量与耐久性、合理选材并比较不同制造商的产品，对软质聚氨酯泡沫的设计、制造、质量控制和开发具有重要意义。

1- 引言

在产品开发阶段，需要评价泡沫的物理性能，以识别原材料特性并判断其是否适合预定用途。在工业生产中，关键物理性能的测定也是产品质量控制的重要环节。

本文介绍并说明用于评价基本物理性能和泡沫耐久性的各项试验。



图 1 — 受载泡沫示意图

2- 基本物理性能

ASTM D3574 规定了泡沫试样的标准预处理方法，以及基本物理性能和耐久性试验程序。ISO 标准体系中没有与其完全对应的单一标准，但其中部分试验方法具有相应或等效的 ISO 标准。本文在各部分采用对应的 ISO 标准介绍试验方法。以下讨论七项主要基本物理性能试验：

密度 (Density)

规定应变下的压陷力 (Indentation Force Deflection, IFD)

规定应变下的压缩力 (Compression Force Deflection, CFD)

恒定变形压缩永久变形 (Constant Deflection Compression Set)

拉伸强度 (Tensile Strength)

撕裂强度 (Tear Resistance)

回弹性 (Resilience)

2-1- 试样制备

根据 ISO 标准，泡沫应在生产后 72 小时进行试验。试验前，未发生变形的泡沫试样应在受控环境中至少放置 16 小时：温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $50 \pm 5\%$ ，或温度 $27 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $65 \pm 5\%$ 。该调节期可包含在生产后等待期的最后阶段。

在某些试验中还采用机械预处理 (Mechanical Conditioning)，以使结果尽可能反映产品的实际使用性能。

2-2- 密度

如图 2 所示，密度测定的是泡沫的表观密度（Apparent Density）或体积密度（Bulk Density），而不是聚合物本身的真实密度。这一性能直接关系到生产成本和承载能力。一般而言，密度增加会提高制造成本，但也会改善泡沫的机械性能和承载能力。

按照 ISO 845，泡沫密度有两种测定和报告方式。第一种为表观芯部密度（Apparent Core Density），测量前需去除模塑过程中形成的所有表皮层；第二种为整体表观密度（Apparent Overall Density），保留模塑形成的全部表皮层并测量整个试样。测试时先准确测量代表性试样的尺寸，再精确称量其质量。密度通常以 kg/m^3 表示，由试样质量除以体积得到。



图 2 — 泡沫密度测量

2-3- 压陷力挠度（IFD）

IFD 试验用于测定泡沫的承载性能，即将圆形压板压入泡沫所需的力，该数值也作为泡沫硬度指标。经验表明，测量结果会随泡沫生产、固化和测试环境的温度及相对湿度而变化。根据 ISO 2439 方法 A，将试样放在允许空气流通的穿孔支承板上，再将直径 20 cm 的圆形压板置于泡沫表面（图 3）。为进行初始机械预处理，连续三次将试样压缩至其厚度的 70%。第三次卸载后立即使试样产生相当于原厚度 40% 的压陷，保持 30 秒，记录对应的牛顿力值后卸载。加载力与压陷量同时记录。

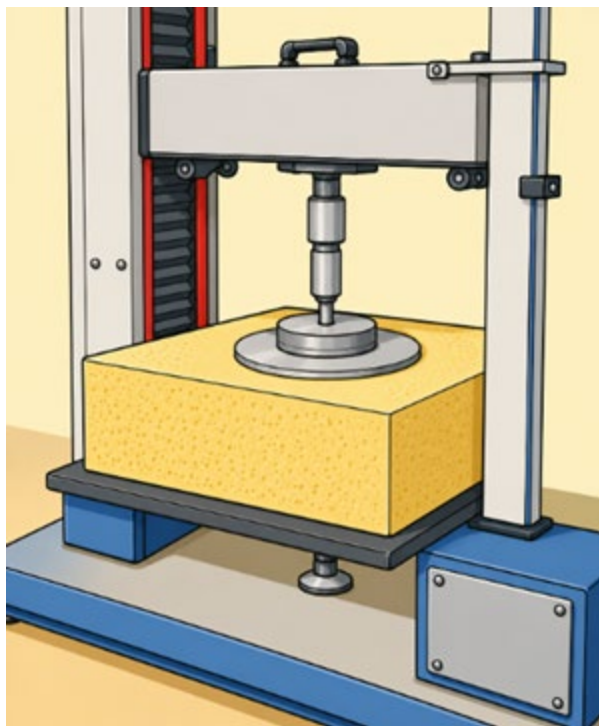


图 3 — 恒定应变下的硬度测量

结果可绘制为图 4 所示曲线。在相同压陷量下，卸载时测得的力低于加载时所需的力。这种差异称为滞后（Hysteresis），以加载力的百分比表示。

滞后反映泡沫在变形过程中吸收的能量。滞后较大的泡沫回弹性通常较低，恢复原始形状所需时间也更长。

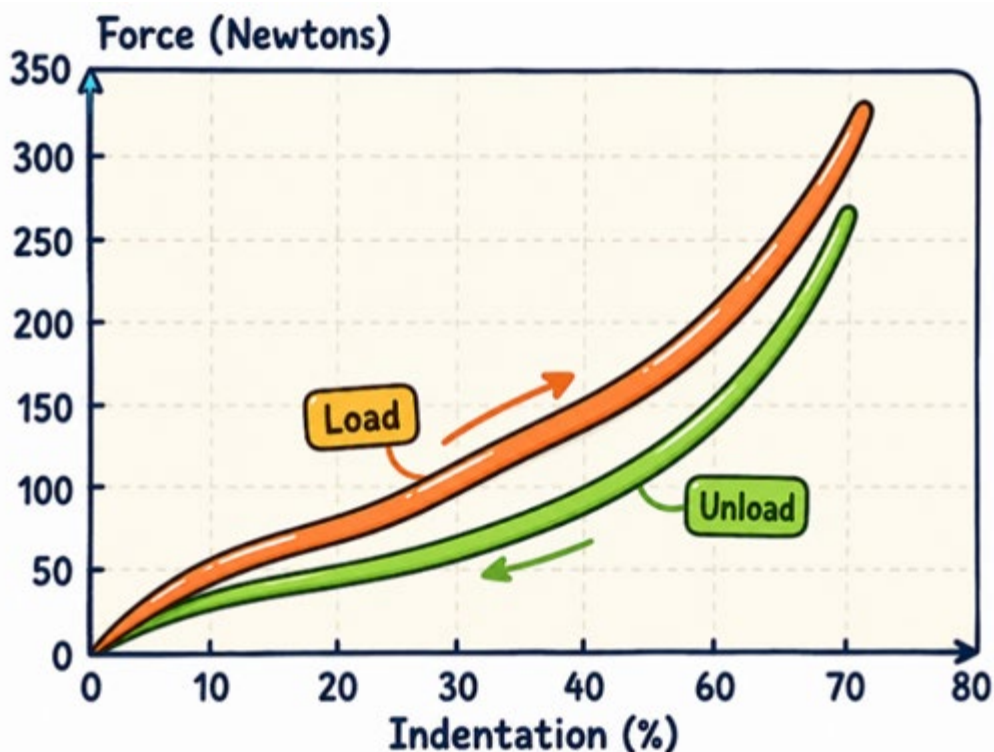


图 4 — IFD 试验的力—应变曲线

IFD 可在原始厚度的 25%、50% 和 65% 等不同变形水平下测量并报告；卸载阶段通常还记录 25% 和 5% 变形时的 IFD。利用这些数据可推导泡沫机械行为及承载性能的多种技术指标，主要如下。

- 恢复率 (Recovery)，或滞后值的倒数 (1/Hysteresis)

$$\% \text{Recovery} = (\text{Unload 25\% IFD}) / (\text{Load 25\% IFD}) \times 100$$

较高的恢复率适合舒适性和缓冲坐垫用途，而较低的恢复率更适合吸收冲击。低恢复率泡沫有时称为“死泡沫” (Dead Foam)。

- 下陷系数 (Sag Factor) 或支撑系数 (Support Factor)

$$\text{Sag Factor} = (65\% \text{ IFD}) / (25\% \text{ IFD})$$

下陷系数 (支撑系数) 越高，泡沫的支撑和坐感表现越好。系数较低的泡沫在负荷下通常很快压到底部，表现不佳。

- 舒适系数 (Comfort Factor)，或初始硬度系数的倒数

$$\text{Comfort Factor} = (25\% \text{ IFD}) / (5\% \text{ IFD})$$

舒适系数表示使用者初次接触泡沫表面时的感觉。该值越高，表面感觉越柔软；数值较低则表示表面更硬。

- 指导系数（Guide Factor）

25% Guide Factor=(25% IFD)/Density

65% Guide Factor=(65% IFD)/Density

指导系数较高的泡沫通常在原材料消耗和制造成本方面更经济，但这并不必然意味着其性能更好。

2-4- 压缩力挠度（CFD）

CFD 与 IFD 的测量原理相似，但测量并报告将泡沫压缩至规定变形量所需的力。CFD 使用尺寸足够大的压板，使压力均匀作用于试样整个上表面。

根据 ISO 3386，试样置于穿孔支承板上，以便压缩时空气流通。将试样放在设备中心（图 5），以 100 mm/min 的速度压缩，使其厚度减小到初始值的 70%。然后以相同速度抬起压板，使试样恢复原厚度。重复三次完成机械预处理。第四次加载时，测量并记录达到规定变形量所需的压力，单位为 kPa。

CFD 试验方法允许调整试样尺寸（包括泡沫厚度）和压板面积。这些变化可能影响测量结果。

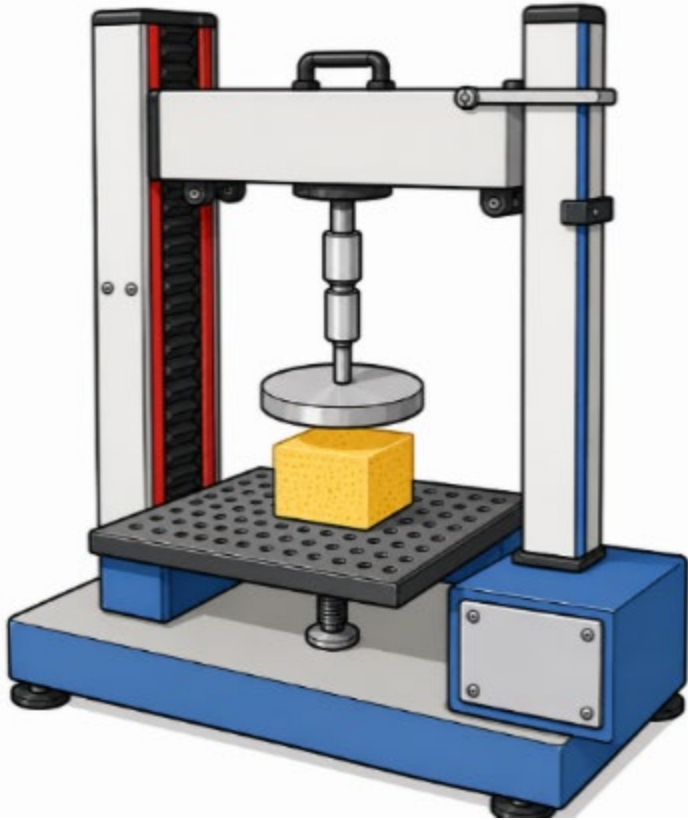


图 5 — 恒定应变下的压缩力测量

2-5- 恒定变形压缩永久变形

压缩永久变形（Compression Set）试验中，将三个尺寸准确的泡沫试样放在两块金属板之间，压缩至相对原厚度 50%、75% 或 90% 的变形量。试样在 70 °C 下保持压缩 22 小时，然后从装置中取出，恢复 30 分钟，尽可能回复原状。最后重新测量厚度并计算永久变形量。

$$C_t = (t_0 - t_f) / t_0 \times 100$$

C_t ：压缩永久变形，以试样初始厚度的百分比表示；

t_0 ：加载前试样的初始厚度；

t_f ：试验和恢复期结束后试样的最终厚度。

当试样初始厚度小于其长度或宽度时，压缩永久变形与试样厚度无关；但如果厚度超过长度或宽度，加载时可能发生屈曲（Buckling），导致试验结果重复性较差。因此，通常沿泡沫生长方向测量压缩永久变形。垂直于生长方向切取的试样，其测得值通常更低。

此外，一些汽车制造商还要求进行湿态压缩永久变形（Wet Compression Set）试验。常见

方法之一是将带有模塑表皮的切割试样（如雷诺 Renault 所采用的方法）压缩 50%，在 50 °C、95% 相对湿度下保持 22 小时。



图 6 — 压缩永久变形试验

2-6- 拉伸强度

拉伸试验（Tensile Test）测量泡沫抵抗拉伸载荷的强度，并提供其柔韧性和弹性行为的信息。试样通常按照相关标准切割成哑铃形或骨形。在 ISO 1798 中，试样以 500 mm/min 的恒定速度拉伸直至断裂。断裂时记录的力用于报告泡沫拉伸强度，通常以 kPa 表示。

试样的最大伸长量相对于原始长度的百分比称为断裂伸长率（Elongation at Break），通常手工测量或使用引伸计（Extensometer）测量。早期接触式引伸计可能因与试样直接接触而引入误差，例如引起局部变形或应力集中。现在可使用基于激光技术的非接触式引伸计实现更精确的测量。弹性模量（Modulus of Elasticity）通过拉伸试验的应力—应变曲线（Stress–Strain Curve）求得，即材料完全弹性且符合胡克定律区域内曲线的初始斜率。多数聚氨酯泡沫存在屈服点（Yield Point），超过该点后变形不再完全可逆，开始出现永久非弹性变形。这可能由泡沫细胞结构中的支柱（Struts）断裂、胞壁（Cell Windows）破裂或聚合物链滑移引起。屈服点对应的应力称为屈服强度（Yield Strength）。如需进一步了解配方组分对泡沫结构和机械性能的影响，可参阅《扩链剂在聚氨酯泡沫中的作用》。

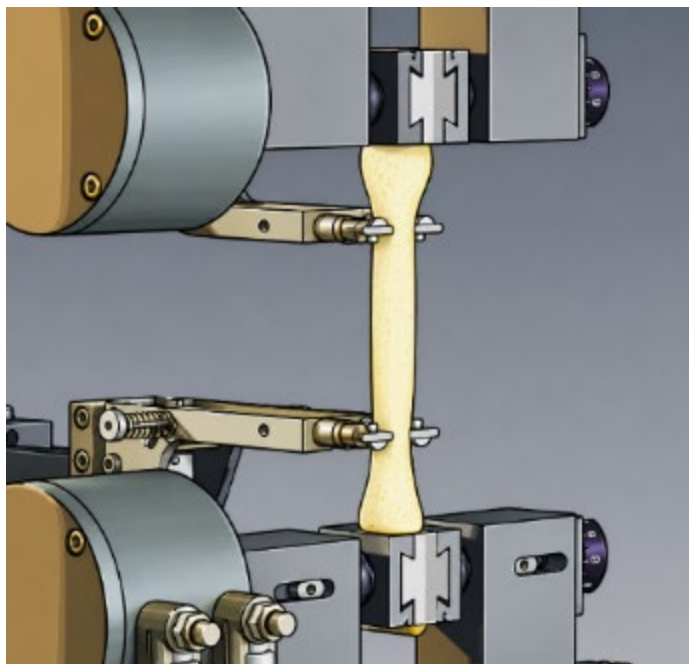


图 7 — 拉伸强度测量

2-7- 撕裂强度

撕裂强度（Tear Strength）是评价泡沫机械强度的另一重要指标。如图 8 示意，根据 ISO 8067 制备具有初始切口和规定尺寸的试样，并施加拉伸载荷。裂纹从预制切口扩展，测量维持裂纹扩展所需的力。撕裂强度由最大记录力或平均力除以试样厚度计算，通常以 N/mm 表示。数值越大，泡沫抵抗机械应力导致裂纹扩展的能力越强。

撕裂试验结果主要取决于泡沫的抗撕裂能力，但不一定与拉伸强度直接相关。试验从预先存在的切口开始，重点测量阻止裂纹继续扩展的能力，而不是形成初始裂纹所需的力。因此，切割工具的质量和锋利程度**可能影响**测量结果。

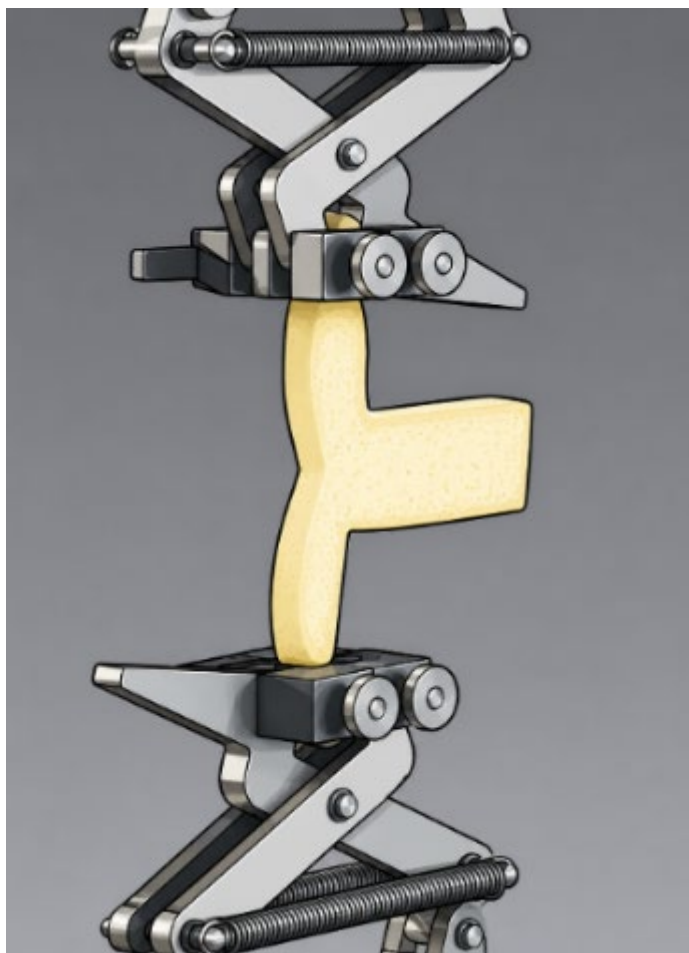


图 8 — 撕裂强度测量

2-8- 回弹性

泡沫回弹性（Resilience）通过落球回弹试验（Ball Rebound Test）测定，如下图所示。将钢球从规定高度落到泡沫试样上，测量其回弹高度。ISO 8307 规定了具体测试方法和设备。试验结果与泡沫坐垫舒适性（Cushion Comfort）具有一定相关性，因此可作为评价指标之一。



图 9 — 泡沫回弹性试验

3- 泡沫耐久性试验

实验室中有多种方法测量软质泡沫的抗疲劳性能（Fatigue），**大多数可归为两大类：静态疲劳试验（Static Fatigue Tests）和动态疲劳试验（Dynamic Fatigue Tests）。**

两类试验的方法在加载力或变形量、使用压头还是整体压缩、有无剪切力、试样厚度、加载循环次数、变形与恢复速度，以及每次循环后或试验结束后的静置时间等方面有所不同。测量指标也随方法而异，可包括高度损失（Height Loss）、硬度损失（Hardness Loss）、外观变化或其他物理性能下降。

以下简要介绍几种常用的标准实验室泡沫疲劳评价方法。随着研究进展，新方法不断出现，其中许多方法与产品实际性能具有更好的相关性，可更准确预测泡沫的耐久性和性能。

3-1- 静态疲劳试验

一般而言，最常用的静态疲劳试验有两种：

- 恒定变形压缩永久变形试验

- 恒定载荷蠕变试验

3-1-1- 恒定变形压缩永久变形试验

最常见的静态疲劳试验是恒定变形压缩永久变形试验，其程序与第 2-5 节介绍的简单压缩永久变形试验非常相似。该试验依据 ASTM D3574 方法 I 进行，通常使用 $380 \times 380 \times 80$ mm 的试样。此试验没有对应的 ISO 标准。按照图 10，将泡沫试样在简易装置中压缩至规定变形量并保持一定时间。压缩结束后取出试样并使其恢复，然后测量高度，并以初始高度的百分比报告结果。

压缩永久变形结果与实际使用时坐垫厚度损失及泡沫硬度变化有较好的相关性。然而，静态疲劳试验中较低的压缩永久变形值并不能保证产品在实际工况下表现良好。因此，开发新产品时，这类试验通常仅作为泡沫卸载后恢复能力的近似指标，同时也广泛用于生产过程的质量控制。

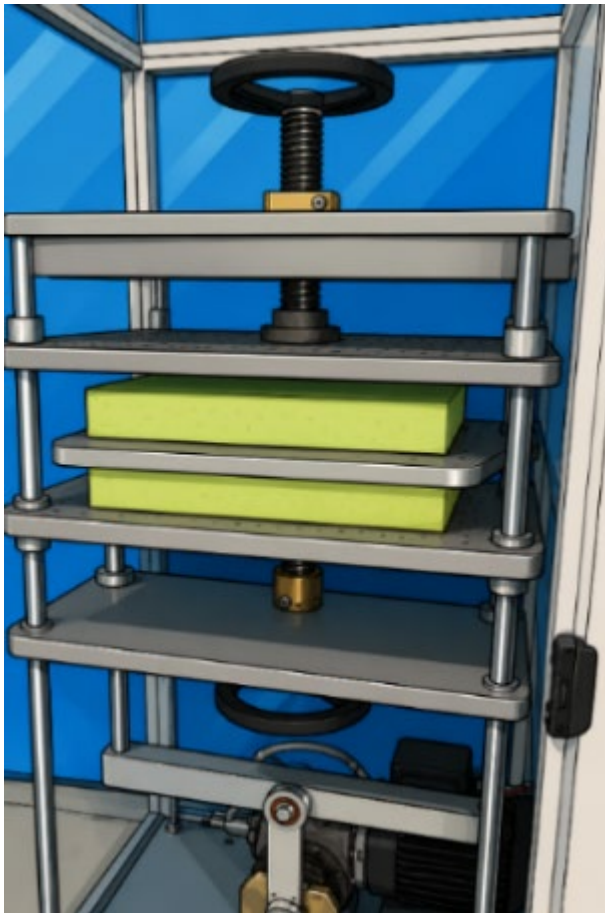


图 10 — 用于静态疲劳评价的压缩永久变形试验

3-1-2- 恒定载荷蠕变试验

蠕变（Creep）是试样在持续恒定载荷下随时间产生的变形，卸载后可全部或大部分恢复。图 11 显示了常见测试装置。在该方法中，将约 $76 \times 76 \times 51 \text{ mm}$ 的泡沫试样置于加载板下方，在加载板上施加所需质量并将其放置在试样上。测量 10 分钟内试样的垂直变形（蠕变）。

将试验结果绘制为变形百分比与时间的关系曲线，并由曲线斜率计算蠕变速率（Creep Rate）。蠕变速率与初始压陷百分比或压缩量有关；压缩量越大，蠕变速率通常越高。较高的蠕变速率通常表明泡沫更容易随时间损失厚度并降低性能。

与其他静态疲劳试验一样，单独的蠕变试验强度不足以模拟实际使用条件。因此，其结果通常不足以准确预测长期使用性能，更多用于产品比较和质量控制。

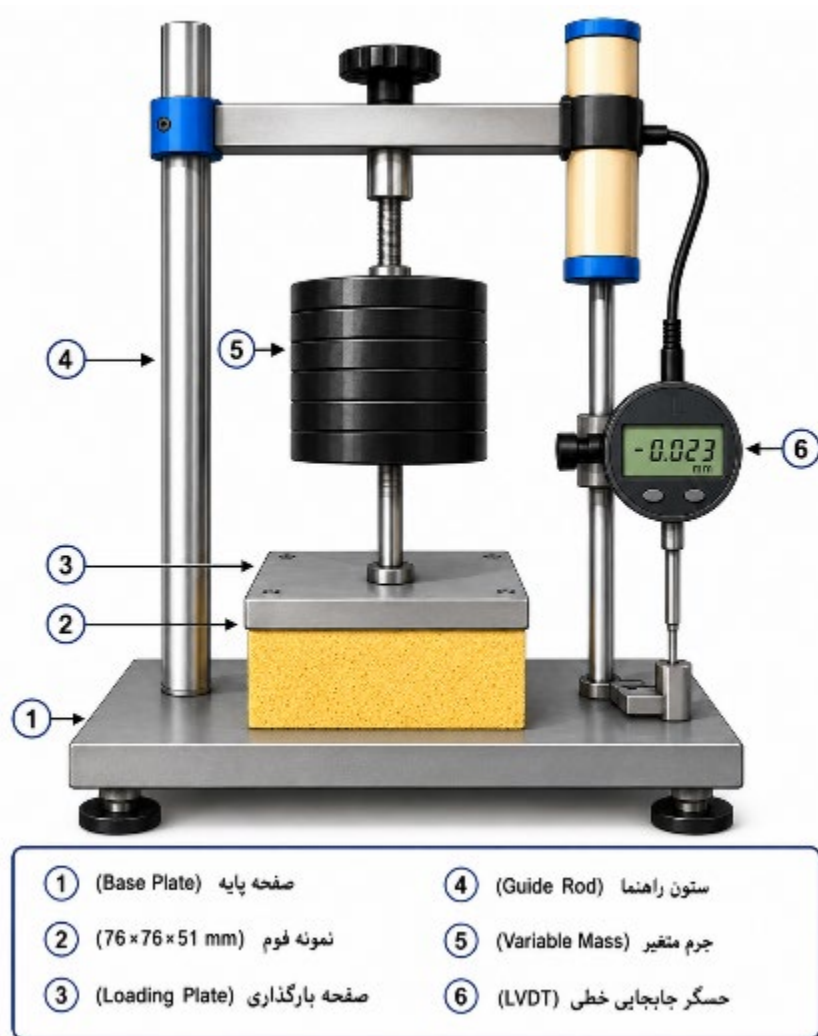


图 11 — 恒载荷蠕变试验装置简图

3-2- 动态疲劳试验

动态疲劳试验旨在模拟坐垫实际使用时承受的反复载荷。一般采用两种主要方法：

通过振荡压头（Oscillating Indenter）将泡沫坐垫反复压缩至厚度的固定百分比；对试样反复加载和卸载，压头在每个循环中施加恒定载荷。

据报道，动态疲劳试验（包括恒载荷冲击试验 Constant-Load Pounder Test）与实际使用中的泡沫高度损失（Height Loss）高度相关，也在一定程度上与硬度损失（Hardness Loss）相关。在恒载荷冲击试验中，随着泡沫逐渐变软，压头的压入深度会逐渐增加。ISO 3385 是恒载荷冲击疲劳试验的一种标准方法，广泛用于家具和汽车行业的泡沫制造商。

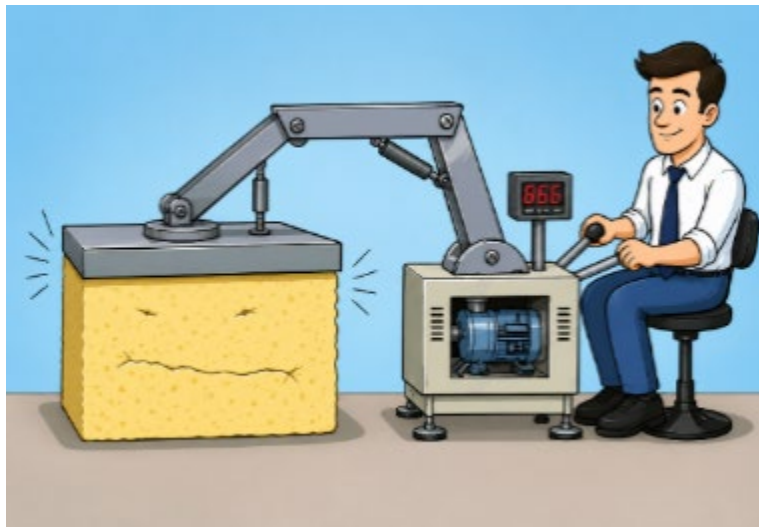


图 12 — 泡沫疲劳试验示意图

3-2-1- 恒载荷反复冲击疲劳试验

ISO 3385 规定了恒载荷反复冲击疲劳试验的标准方法。试验中，使用直径 25 cm 的圆形压板，对尺寸为 $380 \times 380 \times 50$ mm 的泡沫试样施加 750 N 载荷，以每分钟 70 次的速度反复加载，总计 80,000 次循环。图 13 显示了该试验装置的一个示例。

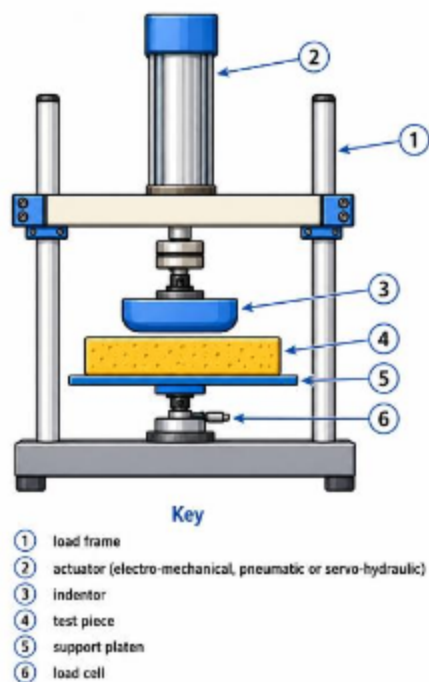
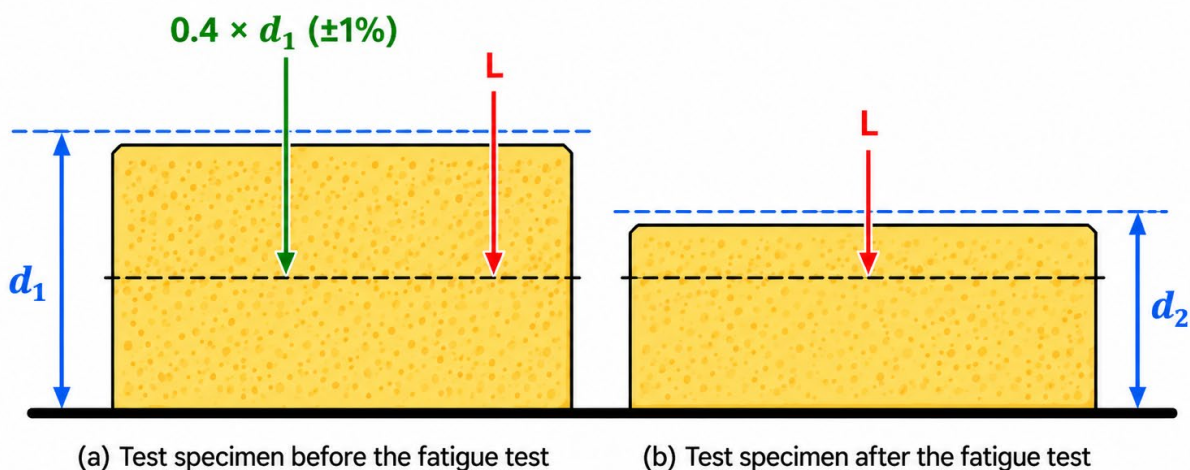


图 13 — 恒载荷疲劳试验装置简图

按照 ISO 2439，在试验前后测量试样厚度和硬度（IFD 值），比较结果，并将其损失百分比作为评价泡沫抗疲劳性能和耐久性的指标。但疲劳试验后测量 IFD 时，40% 的应变应以疲劳试验前测得的原始厚度为基准计算。图 14 示意了这一要求。



Legend	
L	Reference level (strain gauge)
d_1	Thickness of the test specimen before the fatigue test, in millimetres
d_2	Thickness of the test specimen after the fatigue test, in millimetres

图 14 — 泡沫疲劳试验后硬度测量程序示意图

4- 承载用途软质聚氨酯泡沫的物理性能要求

根据泡沫类型、疲劳试验性能和用于确定等级的压陷力挠度（IFD）对泡沫进行分类。ISO 5999 在此基础上规定各组的物理和机械性能要求，并根据疲劳试验结果推荐相应应用。

4-1- 软质聚氨酯泡沫的分类

根据 ISO 5999（或伊朗国家标准 INSO 8135:2026），泡沫按类型（Type）、类别（Class）和等级（Grade）分类。

4-1-1- 类型



图 15 — 聚氨酯泡沫的类型

软质聚氨酯泡沫根据原材料种类、泡沫结构和生产工艺分为不同组别。ISO 5999 的这种分类是确定各类型性能特点、物理性能要求和应用范围的基础，如表 1 所示。

Type	Code	Description of foam
I	LB	Block foam, slabstock or contour cut [low resilience (known as “viscoelastic”)] اسفنج بلوکی ، اسلب استاک یا برش خورده (جهندگی کم [ویسکوالاستیک])
	MB	Block foam, slabstock or contour cut (conventional) اسفنج بلوکی ، اسلب استاک یا برش خورده (متداول)
	HB	Block foam, slabstock or contour cut (high resilience) اسفنج بلوکی ، اسلب استاک یا برش خورده (جهندگی زیاد)
II	LM	Moulded [low resilience (known as “viscoelastic”)] اسفنج قالبگیری شده (جهندگی کم [ویسکوالاستیک])
	MM	Moulded (conventional) اسفنج قالبگیری شده (متداول)
	HM	Moulded (high resilience) اسفنج قالبگیری شده (جهندگی زیاد)
III	RE	Reconstituted or bonded اسفنج بازسازی شده یا پیوند داده شده

表 1 — 泡沫类型

常规泡沫与高回弹（HR）泡沫的物理性能表现不同。两者主要区别在于回弹率和下陷系数，这两项指标对舒适性、身体支撑和整体性能很重要。一般而言，HR 泡沫的回弹率超过 60%，下陷系数为 2.2–3.0；常规泡沫的回弹率低于 60%，下陷系数为 1.7–2.0。HR 泡沫较高的下陷系数表明其能够兼顾适宜的初始柔软度与较大变形时更好的身体支撑，从而提高舒适性和耐久性。

4-1-2- 等级



图 16 — 作为评价指标的泡沫硬度（IFD）

聚氨酯泡沫的等级依据 ISO 2439 方法 A 测得的压陷力挠度（IFD）确定，如表 2 所示。

Grade	Indentation hardness index (N)
30	25 to 40
50	41 to 60
70	61 to 85
100	86 to 110
130	115 to 150
170	155 to 190
210	195 to 235
270	240 to 295
330	300 to 360
400	365 to 425
470	430 to 520
600	525 to 650

表 2 — 基于初始硬度的泡沫等级

4-1-3- 类别

除 MM 和 RE 泡沫外，其他类型根据 ISO 3385 恒载荷反复冲击疲劳试验的表现划分为五个类别。每个类别反映泡沫的耐久性和疲劳后保持硬度的能力。各类别的使用条件和允许硬度损失率列于表 3。

Class رده	Type of service نوع کاربرد	Hardness loss ratio, P (%) نسبت افت سختی، P : (%)
X	Exceptionally severe بسیار بسیار سنگین	$0 \leq P < 12$
V	Very severe بسیار سنگین	$12 \leq P < 22$
S	Severe سنگین	$22 \leq P < 32$
A	Average متوسط	$32 \leq P < 39$
L	Light سبک	$39 \leq P < 45$



NOTE
توضیح

The hardness loss ratio is calculated from the following formula:

نسبت افت سختی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{H - F}{H} \times 100$$

where
که در آن:

- P is the hardness loss ratio (%).
نسبت افت سختی (%).
- H is the initial hardness index (N).
 H : شاخص سختی اولیه (نیوتن).
- F is the final hardness index (N).
 F : شاخص سختی نهایی (نیوتن).

表 3 — 泡沫类别及对应应用类型

除表 3 外，ISO 5999 还提供了用于确定泡沫类别的图表，部分见图 17。可根据初始硬度指标（Initial IFD）和疲劳试验后的硬度损失（ $H - F$ ）在图上确定类别，其中 H 表示初始硬度， F 表示试验后硬度。

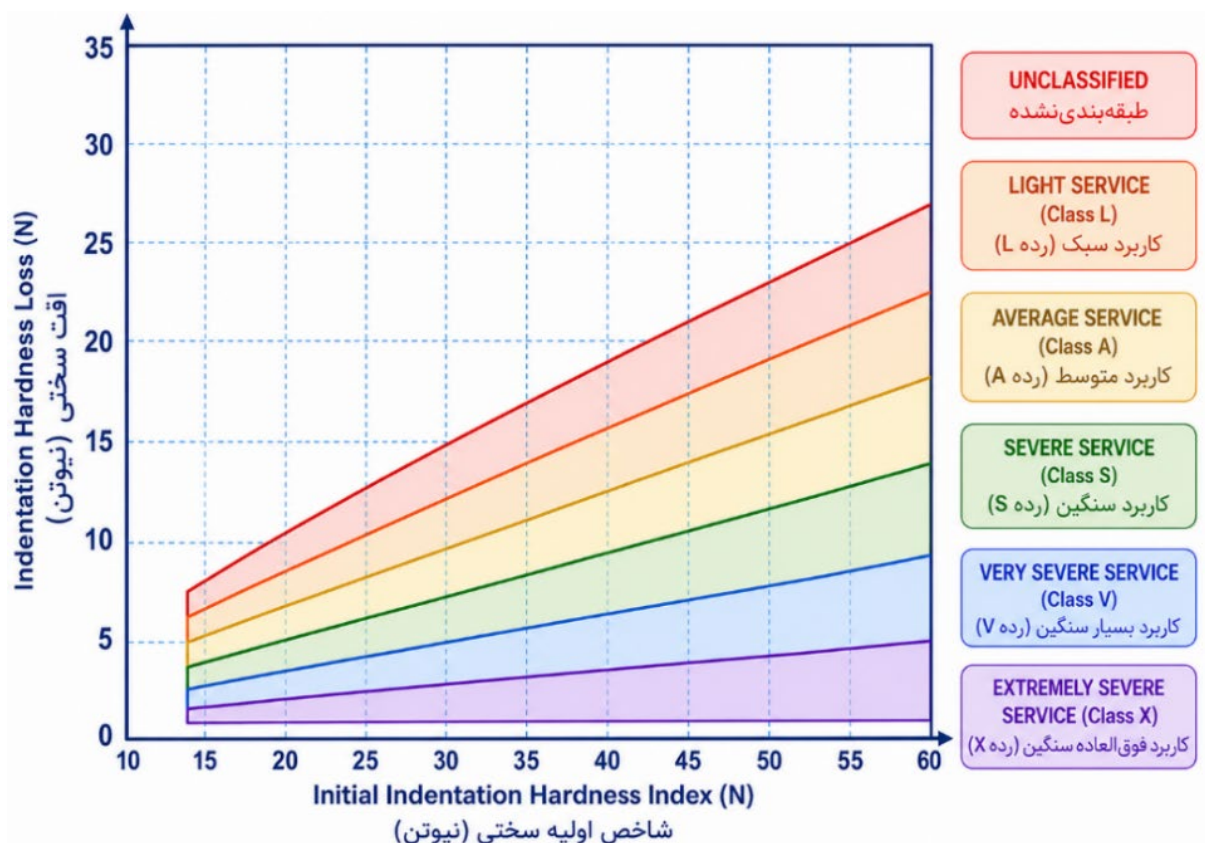


图 17 — 根据初始硬度和硬度损失对泡沫分类

4-2- 各类软质聚氨酯泡沫的推荐用途

由于聚氨酯泡沫的类别是根据恒载荷反复冲击疲劳试验结果确定的，每个类别代表泡沫对不同使用条件的耐受能力。疲劳试验后硬度损失较小、类别较高的泡沫可用于更苛刻的情况，并具有更高的耐久性。不过，仅凭类别不能确定适用泡沫，还应考虑初始硬度

（IFD）和泡沫厚度，因为实际性能由这三个因素共同决定。例如，两种泡沫即使属于同一类别，也可能因初始硬度或厚度不同而在最终应用中表现不同。表 4 根据 ISO 5999 或 INSO 8135:2026 列出了各类别常见用途的建议。各应用所列类别是推荐的最低要求；可使用更高类别的泡沫，通常能获得更好的耐久性和长期性能保持能力。

Class	Recommended application	کاربرد توصیه شده
X	- Heavy-duty seats in continuous use by the public (contract furniture) - Heavy-duty public transport seats	نشیمن صندلی مبلمان مخصوص کار سنگین در حال استفاده مداوم توسط عموم نشیمن های مخصوص کار سنگین حمل و نقل عمومی
V	- Private and commercial vehicle drivers' seats - Public transport seats - Cinema and theatre seats - Office furniture seats or seats used by the public (contract furniture)	نشیمن صندلی های رانندگان وسایل نقلیه شخصی و تجاری نشیمن صندلی های حمل و نقل عمومی نشیمن صندلی های سینما و تئاتر نشیمن صندلی های مبلمان اداری یا صندلی های مورد استفاده عموم (مبلمان قراردادی)
S	- Private and commercial vehicle passenger seats - Domestic furniture seats - Public transport seat backs and armrests - Cinema and theatre seat backs and armrests - Contract (commercial) furniture backs and armrests	نشیمن صندلی های مسافری وسایل نقلیه شخصی و تجاری نشیمن صندلی های مبلمان خانگی پشتی و دسته صندلی های حمل و نقل عمومی پشتی و دسته صندلی های سینما و تئاتر پشتی و دسته صندلی مبلمان قراردادی (تجاری)
A	- Private vehicle seat backs and armrests - Domestic furniture backs and armrests	پشتی و دسته صندلی های وسایل نقلیه شخصی پشتی و دسته صندلی های مبلمان خانگی
L	- Padding - Scatter cushions or throw pillows - Other pillows	پدگذاری بالشتک های تزئینی یا کوسن سایر بالش ها

表 4 — 推荐用途

4-3- 软质聚氨酯泡沫的编码

软质聚氨酯泡沫可按类型、类别和等级进行编码和分类。在此体系中，首先标明泡沫类型，其次为类别，最后为等级。例如 HB-V-170(I) 表示一种高回弹块状泡沫，适用于极重负荷使用条件，初始硬度指标为 170 N。

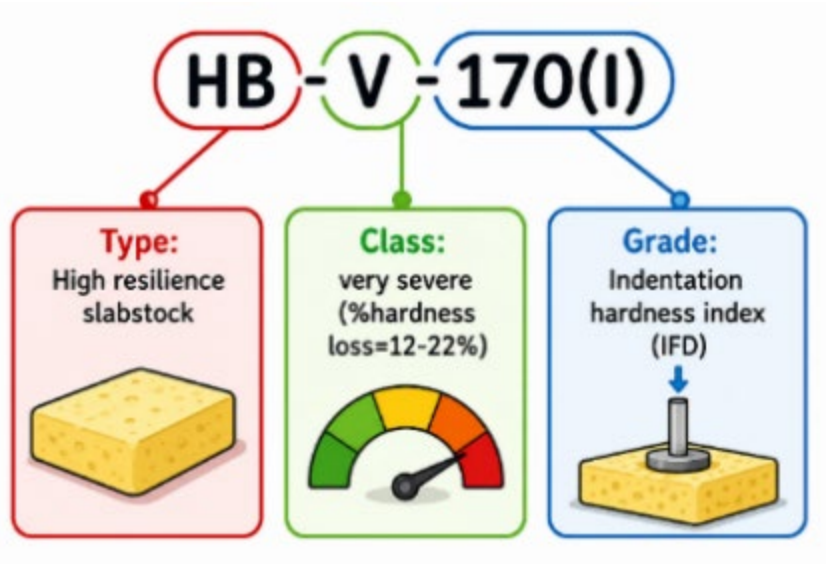


图 18 — 聚氨酯泡沫编码

4-4- 物理性能要求

确定泡沫的类型、类别和等级后，其物理性能必须符合标准要求。按照 ISO 5999 或伊朗国家标准 INSO 8135:2026，各类型和类别的泡沫均有相应的物理性能允许范围。这些要求是质量评价和确保不同应用中适当性能的基础。各类型允许值见表 5。

值得注意的是，经过燃烧性能改性处理的软质聚氨酯泡沫，其分类、编码和物理性能要求见 BS 3379。

TYPE I		Class														
Property	Test method	LB					MB					HB				
		X	V	S	A	L	X	V	S	A	L	X	V	S	A	L
Hardness loss ratio, %	ISO 3385	Under 12	12-22	22-32	32-39	39-45	Under 12	12-22	22-32	32-39	39-45	Under 12	12-22	22-32	32-39	39-45
Compression set ^a , %, max	ISO 1856	8	8	12	15	15	— ^b	6	10	10	10	8	8	12	15	15
Elongation at break, %, min	ISO 1798	100	90	90	90	90	— ^b	150	150	150	150	100	90	90	90	90
Tensile strength, kPa, min	ISO 1798	50	50	50	40	40	— ^b	70	70	70	60	50	50	50	50	50
Tensile strength after humidity ageing ^b , kPa, min	ISO 2440 ISO 1798	35	25	25	15	15	— ^b	55	55	55	50	35	35	35	35	35
Change in tensile strength after humidity ageing ^b , %, max	ISO 2440 ISO 1798	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tensile strength after heat ageing ^c , kPa, min	ISO 2440 ISO 1798	35	35	25	35	35	— ^b	55	55	55	50	35	35	35	35	35
Change in tensile strength after heat ageing ^c , %, max	ISO 2440 ISO 1798	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Resilience, %	ISO 8307	15 max					— ^e					— ^e				

TYPE II		Class										
Property	Test method	LM					MM	HM				
		X	V	S	A	L	— ^a	X	V	S	A	L
Hardness loss ratio, %	ISO 3385	Under 12	12–22	22–32	32–39	39–45	— ^b	Under 12	12–22	22–32	32–39	39–45
Compression set ^a , % max	ISO 1856	8	8	12	15	15	— ^b	8	8	12	15	15
Elongation at break, %, min	ISO 1798	100	90	90	90	90	— ^b	100	90	90	90	90
Tensile strength, kPa, min	ISO 1798	50	50	50	40	40	— ^b	50	50	50	50	50
Tensile strength after humidity ageing ^b , kPa, min	ISO 2440 ISO 1798	35	25	25	15	15	— ^b	35	35	35	35	35
Change in tensile strength after humidity ageing ^b , % max	ISO 2440 ISO 1798	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tensile strength after heat ageing ^c , kPa, min	ISO 2440 ISO 1798	35	35	35	35	35	— ^b	35	35	35	35	35
Change in tensile strength after heat ageing ^c , % max	ISO 2440 ISO 1798	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Resilience, %	ISO 8307	15 max					— ^b	— ^f				

- ^a At 75 % compression for 22 h at 70 °C.

^b Not applicable.

^c Maintaining the test pieces at 105 °C and 100 % relative humidity for 3 h.
- ^d Maintaining the test pieces at 140 °C for 16 h.

^e Normally resilience of "MB" and "HB" is over 50 %.

^f Normally resilience of "HM" is over 50 %.

TYPE III (RE)		
Property	Test method	V or X
Hardness loss ratio, %	ISO 3385	Under 22
Compression set ^a , %, max	ISO 1856	25
Elongation at break, %, min	ISO 1798	40
Tensile strength, kPa, min	ISO 1798	50
Tensile strength after humidity ageing ^b , kPa, min	ISO 2440 ISO 1798	— ^b
Change in tensile strength after humidity ageing ^b , %, max	ISO 2440 ISO 1798	30
Tensile strength after heat ageing ^c , kPa, min	ISO 2440 ISO 1798	— ^b
Change in tensile strength after heat ageing ^c , %, max	ISO 2440 ISO 1798	30
Resilience, %	ISO 8307	— ^b

- ^a Not applicable.

^b At 75 % compression for 22 h at 70 °C.

^c Maintaining the test pieces at 105 °C and 100 % relative humidity for 3 h.

^d Maintaining the test pieces at 140 °C for 16 h.

^e Normally resilience of "MB" and "HB" is over 50 %.

^f Normally resilience of "HM" is over 50 %.

表 5 — 软质聚氨酯泡沫各类型的物理性能要求