



中华人民共和国国家标准

GB/T 19687—2005/ISO 11561:1999

闭孔塑料长期热阻变化的测定 实验室加速测试方法

Determination of the long-term change in thermal resistance of
closed-cell plastics (accelerated laboratory test methods)

(ISO 11561:1999, IDT)

2005-03-17 发布

2005-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	Ⅲ
ISO 前言	Ⅳ
引 言	V
1 范 围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测试方法(通用)	3
5 方法 A——芯材热性能随时间变化的测定	3
6 方法 B——测定无贴面材料设计寿命热阻的简化试验	5
7 精 度	5
8 试验报告	5
附录 A(资料性附录) 分析模型	7
附录 B(资料性附录) 测定贴面样品长期热阻的例子	12
参考文献	14

前 言

本标准等同采用 ISO 11561:1999《绝热材料的老化 闭孔塑料长期热阻变化的测定 实验室加速测试方法》。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

本标准由全国绝热材料标准化技术委员会(SAC/TC 191)归口。

本标准负责起草单位:国家玻璃纤维产品质量监督检验中心。

本标准参加起草单位:欧文斯科宁(中国)投资有限公司、广州市欧橡隔热材料有限公司、泰兴市兆胜科技发展有限公司。

本标准主要起草人:成钢、陈尚、葛敦世、曾乃全、尹义青、张瑛、张游。

ISO 前言

国际标准化组织(ISO)是由各国标准化团体(ISO 成员团体)组成的世界性联合会。制定国际标准的工作通常由 ISO 的技术委员会完成,各成员团体若对某技术委员会确定的项目感兴趣,均有权参加该委员会的工作。与 ISO 保持联系的各国际组织(官方的或非官方的)也可参加有关工作。在电工技术标准化方面,ISO 与国际电工委员会(IEC)保持密切合作关系。

国际标准遵照 ISO/IEC 导则第 3 部分的规则起草。

由技术委员会通过的国际标准草案提交各成员团体表决,需取得至少 75% 参加表决的成员团体的同意,才能作为国际标准正式发布。

ISO 11561 由 ISO/TC 163/SC 1 绝热材料技术委员会测试和建议方法分委员会制定。

本标准中的附录 A 和 B 仅作参考。

引 言

本标准是为测定闭孔泡沫塑料及其制品因为其包容的气体随时间变化而扩散所引起的老化(热阻系数的降低)而制定。材料热阻系数的变化速率会随着不同的材料、温度、厚度以及在厚度方向上材料密度的变化、天然表面层或贴面的变化而变化。

长期热阻系数是一个为了建立在实际使用条件下的设计热性能和评价寿命期内节能而要求的性能。

本标准包括两个方法,在这两个方法中将薄片在室温下保存,因为在升高的温度下保存可能引起非扩散过程引起的变化。方法 A 仅仅适用于芯材。方法 B 是测定样品在其寿命期内的热阻系数保守值的简化方法。两个提示性附录介绍了老化过程的基本背景和测试带贴面样品时需要注意的因素。

人们在多年以前就知道了泡沫塑料的老化现象和机理。人们使用发泡剂可以生产出有相对均匀孔径和较高初始热阻系数的样品。然而在泡沫塑料的寿命期中,空气中的主要成分将通过渗透进入泡孔中,这样就增大了泡孔中的气体压强也增大了混合气体的导热系数。同时一些发泡剂被聚合物基体吸收或溶解,直到饱和,而剩余的发泡剂扩散到空气中。这种内在的扩散取决于扩散系数。而扩散系数又受到温度、空气或各扩散方向上的有效孔径和聚合物基体属性的影响。

因为氮气和氧气分子通过渗透进入泡孔的速度远远大于一般使用大分子发泡剂向外扩散的速度,因此整个老化过程包括两个阶段:

- a) 第一阶段(热阻急剧下降):因为泡孔中气体组成的快速改变(通常在 5 年中结束);
- b) 第二阶段:空气渗透结束,但发泡剂还在非常缓慢地向外扩散(远超过 10 年,某些情况下甚至超过 100 年)。

闭孔塑料长期热阻变化的测定 实验室加速测试方法

1 范围

本标准根据切片和尺寸因子规定了两种方法来测定含填充气体的闭孔塑料(一般 90%)因为扩散而引起的随时间而变化的热阻。

用标准方法来测试热阻值,方法 A 是对放置在受控温度环境下的薄片试件进行定期测试热阻的方法。此试验方法结合数值处理可以推导出大厚度材料热阻随时间变化而变化的函数关系。

方法 B 提供了一个无贴面闭孔塑料的设计寿命(25 年或更长)期内热阻的测试方法。这个方法目前只适用于无贴面的均质材料。对于这个方法,如果材料的核心和表面所取得的试件在初始厚度方向上的热阻以及热阻随时间的变化小于 10%就可以认为样品材料是均匀的。通常有自然表皮或密度有正常变化的样品可以被认为是均匀材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可以使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- ISO 7345:1987 绝热材料 物理量和定义
- ISO 8301:1991 绝热材料 稳态热阻及有关特性的测定 热流计法
- ISO 8302:1991 绝热材料 稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法
- ISO 9346:1987 绝热材料 传质 物理量及其定义

3 术语和定义

ISO 7345:1987 和 ISO 9346:1987 确立的以及下列术语和定义适用于本标准:

注:表 1 给出了物理量及其符号。

3.1

老化 ageing

材料、制品或系统的物理、机械和热性能随时间的变化而变化的过程。

3.2

老化值 aged value

材料、制品或系统在已知环境暴露一定时间后某种性能的数值。

3.3

加速老化值 accelerated aged value

在规定时间间隔和规定的暴露环境下,通过实验室试验或可再现的预测模型来模拟实际应用情况而得到的测定值。

3.4

设计使用寿命 design life -time

安装的材料、制品或系统保持设计性能的期限。

3.5

有效扩散系数 effective diffusion coefficient

材料在规定厚度和规定温度下因为内部气体压力不同而产生的引起材料性能变化的气体传递速率。

3.6

老化第一阶段 primary stage

老化过程中热性能主要因气体组分扩散而产生的变化阶段。主要表现为氮气和氧气渗入或透过闭孔塑料所引起的变化。

3.7

尺寸因子 scaling factor

样品和试件厚度比的平方。

注：这个尺寸因子表达的是泡沫塑料因为厚度不同而在老化过程中的表现出来的加速速率。

3.8

第二阶段 secondary stage

老化过程中主要因高分子量的发泡气体逸出闭孔塑料而产生热性能变化的阶段。

表 1 物理量及其符号

符 号	物 理 量	量 纲
α	热扩散系数(导热系数)	m^2/s
λ	导热系数	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
ρ	密 度	kg/m^3
C_p	定压下的比热容	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
D	气体扩散系数	m^2/s
D_0	参考板的气体扩散系数	m^2/s
d	试件的厚度(切片)	m
d_0	参考板的厚度	m
F	系 数	
F_0	傅立叶数	
i	老化的天数	天
n	老化期	天数
r	热阻系数	$\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$
r_0	初始的热阻系数	$\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$
r_t	处理时间 t 后试件的热阻系数	$\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$
R	热 阻	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
R_{av}	老化期内平均的热阻	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
R_0	原始热阻	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
R_t	老化时间 t 后的热阻	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
R_n	老化 n 天的热阻	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
S	尺寸因子	
t	时 间	天

表 1 (续)

符 号	物 理 量	量 纲
t_c	试验开始的时间	天
T	温 度	K
T_1, T_2	热板或冷板的温度	K
T_m	平均温度	K
TDSL	表面损坏层厚度	m

3.9

损坏面层厚度 **thickness of damaged surface layer (TDSL)**

制备试件的过程中由于表面气孔破裂所损坏的厚度,在一个面上等于表面气孔的平均孔径。

3.10

过度点 **transition point**

闭孔的泡沫塑料从老化的第一阶段向第二阶段过渡的估计时间点。

注:这也被称为转折点。

4 测试方法(通用)

4.1 状态调节

附录 A 中提供了切片方法的数学模型。试验建立在切片试件和所需要预测样品的性能是相同的条件下,例如两者有相同的气体组成、相同的气体扩散系数并且一维扩散是起主导作用的扩散。

状态调节厚的样品来预测它 25 年甚至更长时间的热阻值需要做很长时间的实验。

4.2 影响测试效果的因素

附录 A 列出了影响测试结果的主要因素:

- 使用小厚度试件带来的误差;
- TDSL;
- 试件制备前的老化;
- 材料的不均匀性;
- 材料高或(和)不一致的开孔率。

5 方法 A——芯材热性能随时间变化的测定

5.1 原理

方法 A 是一个减少状态调节时间来测定热阻性能随时间变化的通用试验程序。随机抽取厚度大于 25 mm 的多孔塑料样品,从每块样品中制备厚度大约是 10 mm 的试件,考虑到试件加工时,每个切割面上发生泡孔破坏,试件的厚度应不小于 6 mm。为了将试件制备对热阻性能的影响降到最小,建议试件厚度选定在 TDSL 不大于试件厚度 5% 的程度。从试件制备完(样品生产后尽快)开始每隔固定的时间测试试件的热阻值,直到热阻值和起初始热阻值的比值显示试件从第一阶段老化转入第二阶段老化。然后使用尺寸因子算出样品的老化热阻值。

5.2 取样

选择一个合适的标准取样程序。试件应在样品生产后尽快制备但应实用(推荐少于 3 d)。这样可以保证闭孔中的气体组成和样品初始状态是相同的。

5.3 试件的制备

5.3.1 将板、块、喷涂或现场发泡的样品放置于 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和 $\text{RH}(50 \pm 5)\%$ 的试验室中进行状态调节(通常小于 2 d)。

5.3.2 根据样品初始的厚度,将每一个样品做成均匀厚度的试件。如果样品面层有防止气体扩散的薄膜应去掉表面层。试件的面积不得小于相应导热仪所需要的测试面积。为了防止用于大面积仪器的试件的不适当翘曲,可切成两块试件,一块稍大于导热仪的计量面积的中心计量部分,另一块为厚度与中心部分相同的环绕中心部分的防护部分。

5.3.3 测试堆叠的试件时,应在每一块薄片试件的边上标号以在切割和分别状态调节后对准堆叠和测试。

注:已经发展了数种可以以最小面层破坏切割成统一厚度薄片试件的技术,以来取得可以再现和可以比较的试验结果。

将试件放在机床上,用吸气的方式固定。在样品的切割面上用转锯来进行多次切割。

样品也可以由带细齿的带锯来切割,将切片放在磨床的真空板上用吸气方式固定,在切割面上进行多次切割以达到所需的厚度。

对热塑性材料,可以使用热线切割机。

5.4 切片试件尺寸的测量

5.4.1 测定每块切片试件的长度和宽度,精确到 2 mm。

5.4.2 测定每块切片试件的厚度,精确到 0.02 mm,对堆叠切片试件则精确到 0.2 mm。

5.4.3 如果需要热阻系数值,将 5.4.2 的厚度值减去测试得到的 TDSL 厚度或二倍的平均孔径。

注:对大部分材料可以用平均孔径来表示 TDSL。

5.4.4 建议在热阻测试后对每块切片试件重复 5.4.1 和 5.4.2 步骤的测试来证明在测试过程中切片试件的尺寸或其他性能没有改变。

5.5 切片的热阻和热阻系数的测定

5.5.1 测试须在一个选定的温度下根据 ISO 8301:1991 或 ISO 8302:1991 的要求在一个控温的房间中进行。当试件是由分开状态调节的切片试件堆叠起来进行试验时,应堆叠足够的切片试件,以保证试件的热阻系数和试件的厚度无关(不受到厚度的影响)。

注:实验证明对于密度大于 30 kg/m^3 的材料,大于 40 mm 的厚度是足够的。

5.5.2 推荐的试验平均温度是 $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$ 或 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。试件两表面的最大温度差不应大于 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ 也不应小于 5°C 。

注:测试的平均温度不应该影响材料的相关性能。考虑到欧洲和世界其他地区使用的差异,应用了两种平均温度。

5.5.3 根据选定的方法标准测试单块切片试件或堆叠切片试件的初始热阻(如果需要,亦可导出导热系数),切片试件应在切割后放置一天以上。

5.5.4 将每片切片试件在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和 $\text{RH}(50 \pm 5)\%$ 的条件下状态调节,并每隔一定时间测试其热阻值,计算热阻的相对比值并作出和时间对数关系的图像。

5.5.5 重复 5.5.4 步骤直到 R_1/R_0 或 r_1/r_0 和时间对数是线性关系为止。

5.6 样品长期热阻的计算

5.6.1 尽管可以采用不同厚度的薄片试件,但仍是推荐厚度为 10 mm 的切片试件,以使试验结果可以可靠比较。

5.6.2 测试试件的平均热阻并且运用尺寸因子将 5.5 试验结果曲线用方程(A.11)转变成厚度为 10 mm 的结果。

5.6.3 用 5.6.2 的结果和尺寸因子推算出在规定时间内测试样品全厚度的热阻。

5.6.4 作为一个例子,对于厚度为 50 mm 样品的 25 年后的热阻和 25 年内平均热阻可由下面公式计算出:

a) 50 mm 厚度样品 25 年后的热阻

25 年是 9125 天。因此根据式 A.11 对于厚度为 10 mm 的切片

$$t = 9125 \text{ S} = 9125 (10/50)^2 = 365 \text{ d}$$

从 10 mm 切片得到的曲线,确定它在老化 365 d 后的热阻系数 $r(10;365)$,

因此

$$r(50;9125) = r(10;365)$$

并且

$$R_{25} = 0.05 r(50;9125)$$

b) 50 mm 厚度样品 25 年内的平均热阻

根据式 A.5,25 年的平均热阻系数等于 $9125/\sqrt{10}=2886$ d 后的热阻系数

因此对 10 mm 切片

$$t = 2886S = 2886(10/50)^2 = 115 \text{ d}$$

从 10 mm 切片得到的曲线,确定在老化 115 d 后的热阻系数 $r(10;115)$,

因此

$$r_{av}(50;9125) = r(50;2886) = r(10;115)$$

并且

$$R_{av,25} = 0.05 r_{av}(50;9125)$$

5.6.5 当需要时,可以用尺寸因子计算出特定时间的热阻。

6 方法 B——测定无贴面材料设计寿命热阻的简化试验

6.1 原理

方法 B 基于第 4、5 章的原理。它描述了测试从原始样品上切下的厚度约为 10 mm 切片并在室温下单独老化 (91 ± 7) d 后堆叠在一起热阻的方法。这个方法已经通过试验证明对原始厚度为 100 mm 的板可以计算出其在 (25 ± 2) 年的热阻值。对于其他厚度存在由气体的热导率和扩散系数所引起的小的误差。

6.2 试验步骤

根据 5.2 选择有代表性的样品和切片试件。从样品生产到试件制备的时间不应超过 1 年。

在切片试件的边上编号,以便在切割和状态调节后能将试件对准堆叠。

将样品加工成一些厚度为 (10 ± 1) mm 厚的切片试件,尽量留有表皮。没有其他的表面处理要求。

在状态调节前后测试每片切片试件的厚度和每叠切片试件的厚度。

将各切片试件放置在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和 $\text{RH}(50 \pm 5)\%$ 的环境中状态调节 (97 ± 1) d。

将状态调节后的切片试件重新堆叠起来。

根据 ISO 8301:1991 或 ISO 8302:1991 的要求测试每一叠试件在平均温度 $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$ 或 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下的热阻,最大温差不超过 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。应该堆叠足够数量的切片,以使测得的热阻系数和试件的厚度无关。

将适当数量的一组试件的热阻平均值作为样品的最后测定值。

7 精度

因为对全尺寸厚度的样品来说要想取得数据需要很长的时间,所以没有专门的论述来说明本方法的精度和偏差。

对方法 A,美国用 3 年~5 年研究得到的有限资料表明实际情况和从切片试件以及尺寸因子得到的数值偏差远小于 10%。

对于方法 B,斯堪的纳维亚对厚度 100 mm 试件的长期试验结果表明两种方法的偏差在 5% 以内。

8 试验报告

试验报告至少应包含以下信息:

- a) 必须说明的用于试验的样品特征；
- b) 引用本标准的说明，如果不符合应将不符合之处说明；
- c) 试验机构的名称；
- d) 试验的客户或赞助人的名称；
- e) 样品生产的日期和接受委托评价的日期；
- f) 试件制备的日期和详细情况；
- g) 选用的试验方法；
- h) 试件的描述以及和提供样品的关系；
- i) 尺寸、质量和计算的体积密度；
- j) 试件的有效厚度；
- k) 试验仪器的说明，包括采用的国家标准以及它们之间的偏差；
- l) 试验中采用的平均温度和温度差；
- m) 单片切片试件开始试验的日期或堆叠切片开始状态调节的日期以及单片或堆叠后继热阻试验的日期；
- n) 利用一片或多片试件的平均值和通过尺寸因子获得的所定时间段内的长期热阻值；
- o) 利用简化试验测得的堆叠试件平均值代表的设计使用寿命(3.4)期的值。

附录 A

(资料性附录)

分析模型

A.1 加速老化

为了测定泡沫塑料长期的热性能,这些年来发展了好几种“加速”老化测试方法,其中的一些已经纳入某些国家的标准。通常这些方法是一个从起始时间(0 时间)以固定的时间间隔测试在高温温度环境或在室温条件下进行状态调节的均匀厚度的试件(25 mm 或更厚)的热阻。根据不同的标准,高温温度环境从 60℃ 到 100℃ 不同,时间从 90 d 到 100 d 不等,在室温的条件下也有状态调节到 180 d 或者更长时间的情况。

试件的长期热阻可以根据某些数学模型从热阻和时间的曲线图上推算出来。特别在过去的 10 年中已经发展了一些复杂程度不同的数学模型。这些模型有助于提高对泡沫塑料老化过程的理解以及在某种程度上降低所获得长期热阻值的不确定性。

上述程序没有一个是估计长期热阻值时是完全满意的。对某些材料来说,将它保存在一个等温的高温环境中(也就是保存的环境和实际使用的温度不一样),除了以数量级的幅度增加气体的扩散速率外,还能引起与老化过程无关的其他性能的变化进而导致不正确的信息。而且最近旨在替代 CFC 发泡剂的研究要求有更快的测试方法。

因此最容易接受的方法要求排除升温的影响并且状态调节的温度要等于或接近室温。这就要求增加时间或减小试件的厚度。大量的和前景看好的研究工作已经在许多国家在不同的泡沫塑料上进行,用均匀厚度为 10 mm 或更薄的薄片试件在短时间内测试材料的热性能。

这些试验的方法就是基于这个理念,普遍称为切片和尺寸因子技术。

A.2 薄试件的选择

在大部分泡沫塑料老化的研究中,热阻系数 r (导热系数的倒数) 被表示为时间对数的函数:

$$r = F(\lg t) \quad \text{..... (A.1)}$$

而且热阻系数 r 被表示成无量纲数,使用起始“零”时间(一般是几天)的 r 值为对比值:

$$r_t/r_0 = F(\lg t) \quad \text{..... (A.2)}$$

这可以帮助理解老化过程的一般特性,而无须过分关注热阻系数的绝对数值。

如果 R_t 是时间 t 后的热阻, $R_{av,n}$ 是一段时间 n 天的平均热阻,那么

$$R_{av,n} = \frac{\sum R_t}{n} \quad \text{..... (A.3)}$$

假设 R 和时间为对数关系,方程(A.1)和方程(A.2)可以得到:

$$(R_t - R_n)/(R_0 - R_n) = 1 - \lg t / \lg n \quad \text{..... (A.4)}$$

式中 R_0 和 R_n 是老化期中第一天和最后一天的热阻。

因此 n 天的平均热阻 R_{av} 等于老化 t 天后的热阻 R_t , 此时:

$$t = \frac{n}{\sqrt{10}} \quad \text{..... (A.5)}$$

考虑到 25 年(9125 d)是没有切片的泡沫塑料的合理寿命期,那么需要测试 9125/3.16 或 2886 d 的热阻值来获得其平均热阻值。

A.3 传热和传质的模拟

氮气和氧气渗入泡沫塑料板和泡孔中发泡剂逸出的过程都可以用加热和冷却板的过程来模拟。

假设一个均温为 T_1 的板材,使它的表面温度降低到 T_2 。整个板材的平均温度可以表示为:

$$T_m = (T_0 - T_2)/(T_1 - T_2) = 8\pi^2 \sum 1/(2n+1) \exp(-F_0 \pi^2) \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

这里 F_0 为傅立叶数

$$F_0 = \frac{\alpha t}{d^2} = \lambda/\rho c_p \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

对大的 F_0 (比如长时间或小的厚度),方程(A.6)将快速收敛。因此公式(A.6)可以简化表示为:

$$(T_m - T_2)/(T_1 - T_2) = 8\pi^2 \exp(-F_0 \pi^2) \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

这说明对于给定的时间(给定的厚度和热扩散率),扩散的过程是服从指数规律的。这称为扩散的第一过程。这里将气体的传递也看成是一个扩散过程,其中压力与温度相应,压力变化速率与温度变化相应,气体有效扩散系数与和热扩散率相应。

因此气体传递的现象可以用方程(A.6)和(A.8)来分析。方程(A.8)显示对于大的 F_0 ,气体相对压力的对数和 F_0 成线性关系,而方程(A.6)显示在气体扩散的过程中,方程(A.8)中的 F_0 只是(A.6)方程中 F_0 中的一部分。方程(A.6)还进一步说明假设 F_0 是常数,气体的扩散过程可以通过测试薄片试件的扩散速率并与厚板作相关计算来获得。因此,要比较参数为 (d, D) 的板和参数为 (d_0, D_0) 的参考板的扩散速率,老化时间必须乘上一个尺寸因子:

$$t = t_0 S \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

$$S = (d_0^2 D/d^2 D_0) \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

假设此时 $D=D_0$ (即是均匀材料),尺寸因子可以按仅和厚度有关的比值给出:

$$S = d_0^2/d^2 \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

例如:

$$t_{10} = \frac{t_{100} (d_{10})^2}{(d_{100})^2} = 25 \times 365 \frac{(0.01)^2}{(0.1)^2} = 91(\text{天}) \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

A.4 老化过程模型和时间计算因子的应用

许多模型都可以用来表示老化过程中的典型变化。泡沫塑料的热阻系数是板材放置地点和老化情况(如保存的时间、温度以及影响泡孔气体组成的氮气、氧气和高分子量发泡剂的有效扩散系数)的函数。

对于给定参数的理想材料,可以利用一个数学模型来计算老化特性。闭孔中的每种气体都可以单独对待,而高分子量发泡剂仅有很少的影响,因为在不存在其他气体时,其摩尔浓度几乎不发生改变。尽管氧气的扩散速率比氮气高六倍,但氮气扩散占主导地位,因为后者的浓度是前者的4倍。然而由于空气进入泡孔中造成高分子量发泡剂相对浓度的降低而导致的热性能变化是相当明显的。

三种厚度的理想材料的典型性能曲线如图A.1所示。老化过程能够以两个单独的直线来拟合。这个转折点在分析随扩散过程而改变的泡沫塑料热性能时是很重要的。

厚度对老化曲线特征的影响是显而易见的。当厚度降低时整个过程的时间也减少了,直到热阻系数和时间成指数关系。

图A.2和A.3是二种厚度材料试验值和时间的曲线图。从中可以看出,用了尺寸因子S后,不同厚度的材料都服从同一种曲线。因此从薄片试件上取得的数据可以应用到同种材料的厚样品上去。

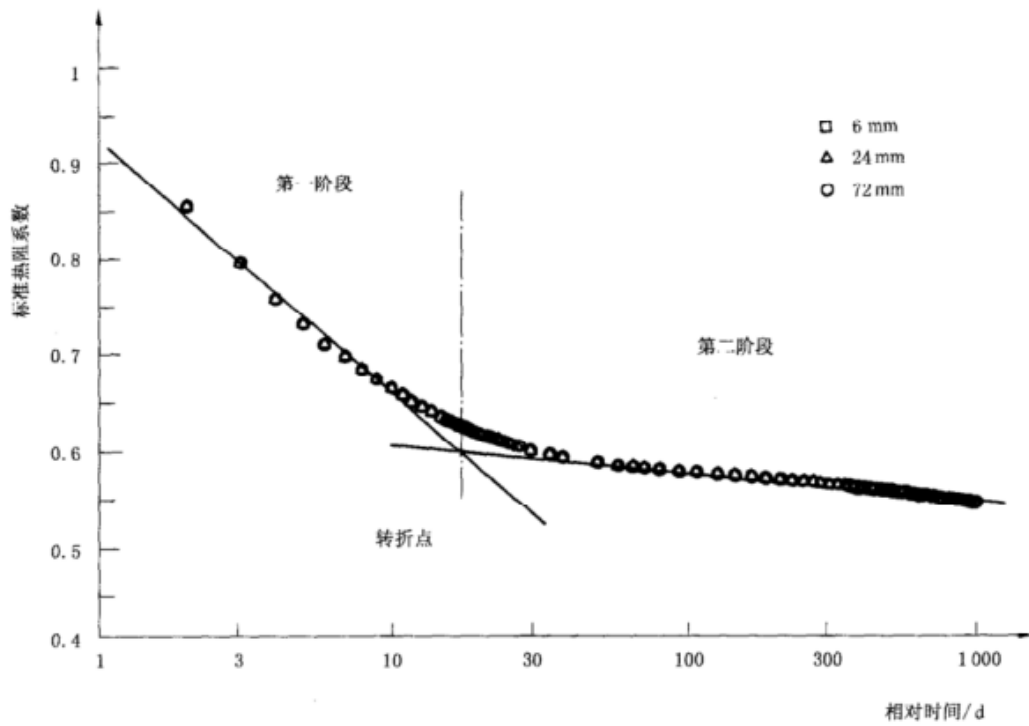


图 A.1 某种闭孔泡沫塑料应用尺寸因子后的三种相对热阻系数

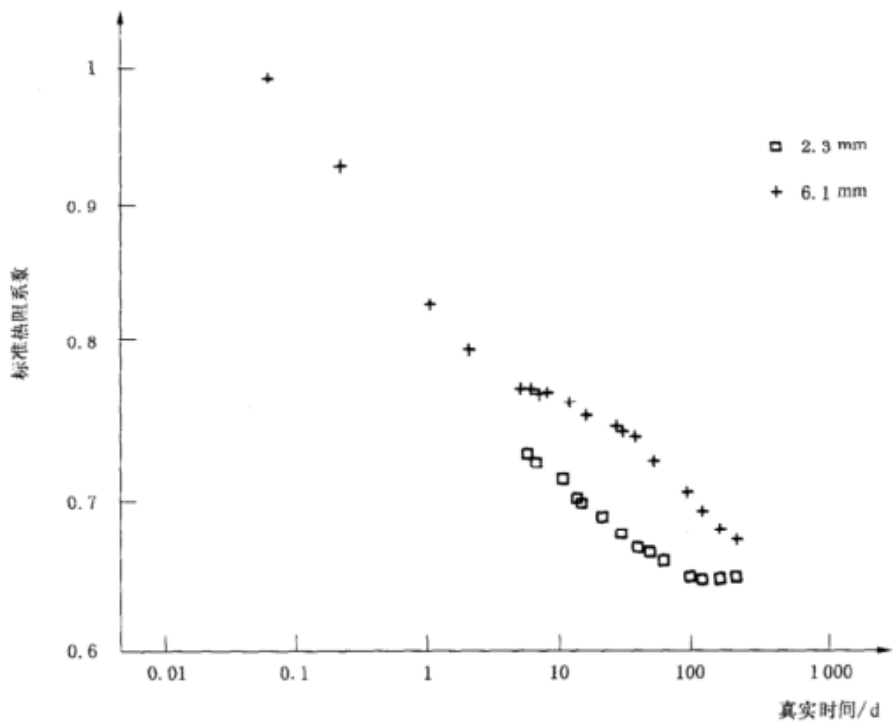


图 A.2 某种硬质闭孔泡沫塑料的标准热阻系数和实际时间的关系

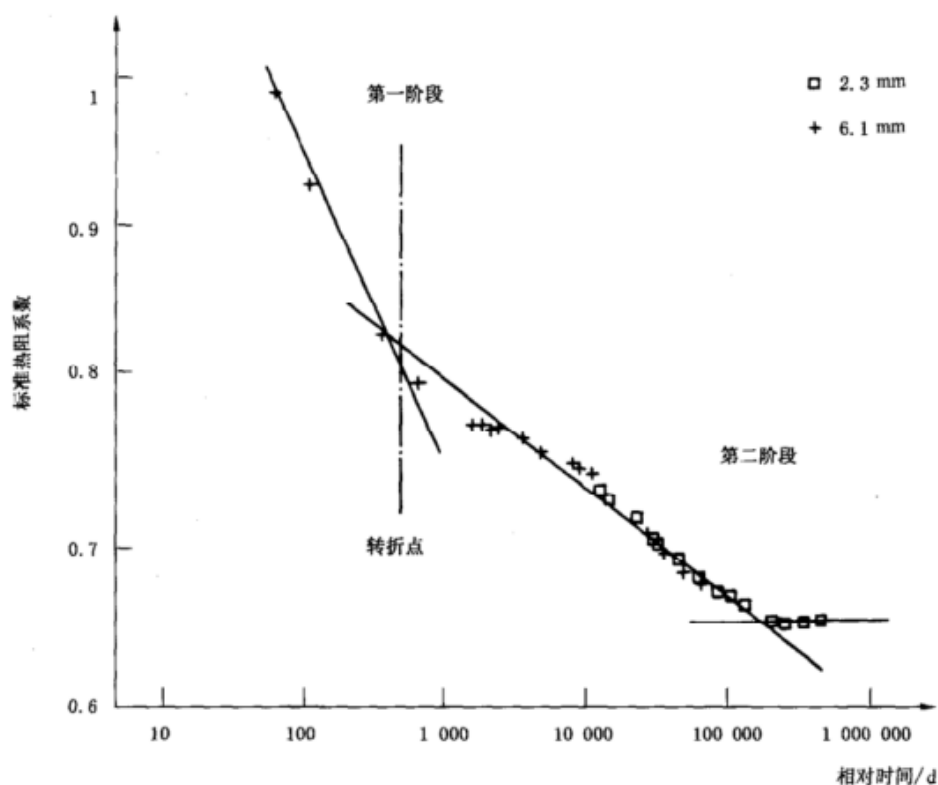


图 A.3 某种硬质闭孔泡沫塑料应用尺寸因子的两种厚度的标准热阻系数

A.5 影响的因素

使用薄片试件和尺寸因子技术是相对简单的技术,可以不考虑气体的组成、扩散系数、闭孔的大小和聚合物的辐射性能。然而,在应用这个技术时还要考虑其他的一些因素。特别是尺寸因子依靠的两个参数,一个是厚度的比值,另一个是有效扩散常数的比值。因此需要用“正确”的厚度进行测试。而且要求材料在整个厚度方向上的各个性能保持一致(也就是表面和核心层的扩散常数差异不大)。

A.5.1 厚度误差

在实际使用中,测试的试件通常是约 10 mm 厚度。现在为了测试热阻而准备的合适面积的试件可以制得上述规格的均匀厚度试件,最大偏差±10%,通常偏差要小得多。

图 A.1——应用尺寸因子技术的一种闭孔泡沫塑料三种厚度的相对热阻系数;

图 A.2——一种硬质闭孔泡沫塑料两种厚度的热阻和时间的关系;

图 A.3——应用尺寸因子技术的一种硬质闭孔泡沫塑料两种厚度和时间的关系。

A.5.2 损坏的面层

切割试件将增加材料的开孔。这将降低试件的有效厚度,在总厚度变薄后开孔部分的影响就更大了。为了减轻开孔对试件厚度的影响,应用了 TDSL 这个概念。

用气体滴定管或空气比较比重管法测量试件的有效体积并将它与测得的几何体积相比较能够以最精确的方法得到有效厚度。前者对大面积体积比的试件有最适合的精度,但是还没有研究出一种标准的测试方法。

通常认为在每个切割面上面层的损坏厚度达到一个闭孔的直径。在合适的测试方法出台之前,推

荐采用这个假设的量。应用比值的方法降低了损坏面层厚度的影响。

一个样品中进入面层孔中的空气的影响可以按下式来估计：

$$\lambda = \frac{d_s - 2x}{d_s/\lambda_s - 2x/\lambda_{\text{air}}} \quad \dots\dots\dots (\text{A. 13})$$

这里的 λ_{air} 是对应于泡孔直径为 x 的多孔泡沫塑料填充空气的导热系数。对于孔径为 0.5 mm 的闭孔泡沫塑料来说此时的 λ_{air} 为 0.038 W/(m·K)。(这个数值根据样品的不同而不同)。

因此对于平均孔径为 0.5 mm 的厚度为 100 mm 的样品来说，

$$\lambda = \frac{0.01 - 0.001}{0.01/0.028 - 0.001/0.038} = 0.0272 \text{ W(m} \cdot \text{K)} \quad \dots\dots\dots (\text{A. 14})$$

对应的测定值为 0.028 W/(m·K)。

A.5.3 测试试件准备前的老化

在研究老化现象时，应该在制出样品后立即(通常在 5 d 内)制备试件进行测试。然而，实际上样品的制造和试件的制备可能会间隔很长时间。这个现象可能会影响试件的状态调节时间。

A.5.4 非均质材料

在实际使用中许多“均匀”的泡沫塑料是由具有相对固定密度均匀闭孔芯材和比较高密度的面层组成。在某些情况下，开孔的比例会超过 10% 或芯材中夹杂不均匀的开孔。此外，对泡沫塑料样品经常会使用各种贴面或其他薄膜来改变老化对材料性能的影响。

这些不同的面层将影响扩散系数，使之不同于芯材的扩散系数。因此这个方法仅仅对适用于芯材或那些芯材扩散速率和面层扩散速率相似(差别小于 10%)的材料。对非均匀材料应该考虑修正。

附录 B

(资料性附录)

测定贴面样品长期热阻的例子

B.1 概述

目前的测试方法适合于那些假设在整个厚度(包括高密度面层)有基本一致扩散系数的无贴面均匀材料。然而在实际使用中,大多数泡沫塑料类绝热材料,特别是聚氨酯(包括聚异氰酸酯)和酚醛都是复合材料。它们和其他种类的绝热材料复合,其一面或两面由涂层、贴面、薄膜或其他面层复合,根据样品用途的不同它们起到一定的功效。在某些情况下这些面层可以作为样品中的一部分在连续的泡沫塑料生产中生产。在一些情况下,这些面层在泡沫塑料的连续制造中与样品结合成一个整体,而在另一些情况中,它们是在泡沫芯材制造和切割后单独施加的。

任何加上的面层材料将直接影响进入和逸出样品中的气体的扩散速率。因此本方法不适用测试这些实际样品的长期热阻。一般来说,带覆面层的样品比只有芯材的泡沫塑料老化要慢。

B.2 老化的影响因素

这些覆面样品的老化特性因为芯材受到几种不能复现的附加变数的影响而变得相对复杂。因此芯材拥有相对固定的特点但带面层的样品的特性可能差别很大,不同批次之间差异会更大。

B.2.1 外加面层的类型及其渗透性

根据应用的不同可以应用不同种类的面层,并可以选用不同的面层厚度。

通常当样品加上绝热层(如珍珠岩或纤维)形成复合制品时,绝热材料具有很高的透气性,对老化性能总的影响较小。

对许多种喷涂样品,可以使用不同厚度(从小于 0.5 mm 到超过 1 mm)的各种聚合物或类似涂层。只要正确施工,这些低透气性的涂层都会阻碍气体交换,阻碍程度取决于涂层的透气性和厚度。

绝大多数覆面样品是在两表面带有所谓“不渗透”贴面而不是厚金属片的样品。这些贴面可以是单层的铝箔、塑料、纤维增强塑料或纸,而现在更多采用这些材料的复合层。一般来说,贴面厚度远小于 0.25 mm,常常小于 0.1 mm。这些材料透气率低,只要保持完整,就能有效地阻挡老化。

然而当贴面厚度降低时,就有可能出现针孔、裂缝或类似瑕疵。因此透气性的增高,不仅因为厚度的减少,而且也因为瑕疵的出现,导致有效性总的降低。

B.2.2 外加面层的粘接

有效的面层还取决于使用低渗透性的粘接剂和贴面材料在整个样品表面的完整粘接。不良粘接表现在样品表面上有气泡和皱折。

B.2.3 泡沫塑料和外加面层之间的相互作用

在某些情况下,当使用面层时,可能发生相互作用这会引起对样品总渗透性能的不确定影响。例如喷涂材料,涂层的化学组成与聚合物泡沫之间是不相容的,或者由施工温度引起样品表面出现裂缝或其他瑕疵。

B.3 多孔泡沫塑料样品长期热阻的预测

因为许多可变因素,用一个测试方法(尤其是一个相对简单的)来测定这个复杂的长期性能目前不是十分可行的。必须探索其他手段。尽管有前面讨论到的局限性,暴露于高温环境的试验方法可以被

认为是一个表征泡沫塑料及其贴面样品的基础。

注：相当数量的长期测试已经在欧洲和北美进行，塑料被暴露在一个稳定的高温环境中，尤其是在经过初始的“稳定期”后。在欧洲在 70℃ 的环境中状态调节 63 d，而在北美则是在 60℃ 的环境中状态调节 90 d。在每种情况下，选择的温度总是“靠近”当地建筑可能接触的最高温度。测试的结果表明经过这样的状态调节所测得的导热系数值，可与渐进状态测得的即第二阶段的热阻系数相比。

B.4 升温的测试程序

按合适的取样程序随机地选择样品。

按照合适的国家要求将样品放入一个可控的高温环境中。

按照国家要求将样品在此环境中状态调节一段时间。

状态调节结束时，根据测试规则，从每块样品上切下适合于测试仪器大小合适的试件。

在国家标准要求的温度下用 GB/T 10295 规定的热流计法或 GB/T 10294 规定的防护热板法测试试件的热阻并推导出导热系数。

取所有测试试件的算术平均值作为试验结果。

如果相关的材料标准要求调整，应该在测试的导热系数值的平均值上加上调整值，以得出可推导泡沫塑料或其样品长期热阻的数值。

B.5 贴面样品长期热阻的计算

样品的老化表现可以按上述芯材性能用模型去建立关系，或者更可利用考虑贴面、粘接剂和其他因素对样品性能影响，改进基本测试方法来求得。后者可以通过直接的测试或根据测试的数据估计得到。

特殊贴面和粘接剂的气体渗透性可以根据合适的标准方法单独测定。

空洞和类似的瑕疵可以目测观察到，它们对样品影响的允许量可以单位面积为基础。

贴面的粘接程度和任何剪切平面层的存在和程度，可以通过染色渗透法来测得，此时，试件整个被浸没，然后抽真空和干燥，同时肉眼观察。着色的区域表明粘接差的区域和剪切平面层的区域，它们对性能影响的允许量可以单位面积或当量单位面积为基础。

参 考 文 献

- [1] ISO 2896, Cellular plastics, rigid—Determination of water absorption
- [2] ISO 4590, Cellular plastics—Determination of volume percentage of open and closed cells of rigid materials
- [3] ISO 6946-1, Thermal insulation—Calculation methods—Part 1: Steady state thermal properties of building components and building elements
- [4] ISO/TR 9165, Practical thermal properties of building materials and products
- [5] Boild, N. T. Cellulose plastics, rigid: Thermal conductivity
- [6] Isberg, J. Thermal Insulation—Conditioning of rigid cellular plastics containing a gas with lower thermal conductivity than air prior to determination of thermal resistance and related properties. Chalmers, Univer, sity of Technology, No. 698, Goteborg, Sweden, 1988
- [7] Bomberg, M. T. and Brandreth, D. A. Evaluation of long-term thermal resistance of gas-filled foams: State of the art, insulation materials, testing and applications. ASTM STP 1030 (D. L. McElroy and J. F. Kimpflen, eds.). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1990. 156~173
- [8] Christian, J. E. , Courville, G. E. , Graves, R. S. , Linkous, R. L, McElroy, D. L. , Weaver, F. J. and Yarbrough, D. W. Thermal measurement of in-situ and thin-specimen ageing of experimental polyisocyanurate roof insulation foamed with alternative blowing agents, insulation materials, testing and applications. ASTM STP 1116 (R. S. Graves and D. C. Wysocki, eds.). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1991. 142~166
- [9] Bomberg, M. T. Scaling factors in ageing of gas-filled cellular plastics, Journal of Thermal Insulation, 13, January, 1990. 149
- [10] Edgecombe, F. H. Progress in evaluating long-term thermal resistance of cellular plastics. CFCS & Polyurethane Industry: A Compilation of Technical Publications, Vol. 2 (F. W. Lichtenburg, ed.), Technomic Publishing Co. , 1988-1989. 17~24
- [11] Norton, F. J. Thermal conductivity and life polymer foams. Journal of Cellular Plastics, 1967. 23~37
- [12] Ball, J. S. , Healey, G. W. and Partington, J. B. Thermal conductivity of isocyanate-based rigid cellular plastics; Performance in practice. European Journal of Cellular Plastics, 1978. 50~62
- [13] Mullenkamp, S. P. and Johnson, S. E. In-place thermal ageing of polyurethane foam roof insulations. 7th Conference of Roofing Technology, National Roofing Contractors Association, 1983
- [14] Booth, J. R. R-Value ageing of rigid urethane foam products. Proceedings Society of Plastics Industry of Canada, 1980
- [15] McElroy, D. L. , Graves, RS. , Weaver, F. J. and Yarbrough, D. W. The technical viability of alternative blowing agents in polyisocyanurate roof insulation, Part 3: Acceleration of thermal resistance ageing using thin boards. Polyurethanes 90 Conference Proceedings,

Orlando, FL, 1991

- [16] Kumaran, M. K. and Bomberg, M. T. Thermal performance of sprayed polyurethane foam insulation with alternative blowing agents. *Journal of Thermal Insulation*, 14, July, 1990. 43~58
- [17] Booth, J. R. Some factors affecting the long-term thermal insulating performance of extruded polystyrene foams, insulation materials, testing and applications. ASTM STP 1116, (R. S. Graves and D. C. Wysocki, eds.), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1991. 197~213
- [18] Scheutz, M. A. and Glicksman, L. R. A basic study of heat transfer through foam insulations. *Proceedings of the Sixth International Polyurethane Conference*, San Diego, CA, 1983. 341~347
- [19] Ostrogorsky, A. G. , Ageing of polyurethane foams, D. Sc. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1985
- [20] Schwartz, N. Y. , Bomberg, M. T. and Kumaran, M. K. Measurements of the rate of gas diffusion in rigid cellular plastics. *Journal of Thermal Insulation*, 13, 1989. 48~61
- [21] Normandin, N. and Kumaran, M. K. A pressure-volume apparatus to measure the effective thickness of cellular plastic test specimens. *Journal of Thermal Insulation*, 15, 1992
- [22] Graves, R. S. , McElroy, D. L. , Miller, R. G. , Yarbrough, D. W. and Zarr, R. R. Inter-laboratory comparison of four heat flow meter apparatuses on planed polyisocyanurate boards foamed with CFC-11, Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/TM-11720, January, 1991

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
闭孔塑料长期热阻变化的测定
实验室加速测试方法
GB/T 19687—2005/ISO 11561:1999

*

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 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 33 千字

2005年6月第一版 2005年6月第一次印刷

*

书号: 155066·1-22584 定价 14.00 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



GB/T 19687-2005