

聚碳酸酯透氧量检测数据报告

——在不同温度环境下的透氧量

摘要: 本文介绍了 Labthink 兰光实验室建立的聚碳酸酯薄膜在不同温度下的透氧量数据库的建立基础、检测情况以及数据分析情况, 并介绍了本数据库的主要用途。

关键词: 聚碳酸酯, 透氧量, 温度, 拟合, 数据库

温度是实验室环境条件之一, 除非有特别要求, 通常都要求试验环境具有恒定的温湿度。对于高分子聚合物来讲, 温度的变化能给材料的各项性能都带来显著的影响, 而且这种影响因具体材料性能的差别而有变化, 不能统一而论, 需要具体情况具体分析。

兰光实验室正在筹建的材料透气性能数据库中, 一项重要内容就是检测各种材料从深冷到高温下的各个温度点上的透氧量。

1 聚碳酸酯介绍

聚碳酸酯 (PC) 是在分子链中含有碳酸酯的一类高分子化合物的总称, 也是一种聚酯。双酚 A 型聚碳酸酯是产量最大、用途最广的一种聚碳酸酯, 也是发展最快的工程塑料之一。双酚 A 型聚碳酸酯具有优良的耐冲击强度、耐蠕变性、耐热性和耐寒性, 可在 $-100^{\circ}\text{C} \sim 140^{\circ}\text{C}$ 温度范围内使用, 可见光的透过率可达 90% 左右, 具有较高的抗张强度、抗弯强度、伸长率和刚性, 耐老化性、电性能优良, 吸水率低, 但耐油性、耐磨性和加工性能欠佳。聚碳酸酯广泛应用于汽车、电子电气、建筑机械、办公自动设备、包装业、运动器械、医疗保健和家庭用品等领域。

2 检测技术

标准中要求材料透气性的标准检测环境是 23°C 。由于检测设备或者不具备控温功能, 或者其检测元件不能在过高或过低的温度条件下使用, 因此通常的透气性检测设备都只能在室温附近或稍大一点的温度范围内使用。对于非控温的检测设备只能通过调节试验室温度来达到控温的目的, 既使

设备具有控温功能, 所能提供的实际测试温度往往还是局限在 $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间。虽然在其他特殊温度下进行材料的透气性测试有一定的实际检测需求, 但对温度范围的要求并不一致, 有的需要在 -5°C 检测就可以了 (例如果蔬保鲜), 但是也有的需要在 -30°C 或更低的温度下进行, 而且对特殊温度进行控温并检测材料的透气性目前在商业上很难实现, 成本非常高。为了满足这些特殊的检测需要, 并方便研究人员对材料的渗透系数随温度的变化有一个整体的了解, Labthink VAC-V1 在已实现的室温 $\sim 50^{\circ}\text{C}$ 控温基础上, 又以这些实际测试数据为基础, 按照经典膜技术中对于温度影响的阐述, 提供在不同温度下获得渗透性能各项参数的数据拟合功能。

曲线拟合 (Curve Fitting) 是用连续曲线近似地刻画或比拟平面上离散点组所表示的坐标之间的函数关系的一种数据处理方法, 是用解析表达式逼近离散数据的一种方法。在科学实验或社会活动中, 通过实验或观测得到量 x 与 y 的一组数据对 (x_i, y_i) ($i=1, 2, \dots, m$), 其中各 x_i 是彼此不同的。人们希望用一类与数据的背景材料规律相适应的解析表达式, $y=f(x, c)$ 来反映量 x 与 y 之间的依赖关系, 即在一定意义下“最佳”地逼近或拟合已知数据。 $f(x, c)$ 常称作拟合模型, 式中 $c=(c_1, c_2, \dots, c_n)$ 是一些待定参数。当 c 在 f 中线性出现时, 称为线性模型, 否则称为非线性模型。实际工作中变量间未必都有线性关系, 因此为了更好地对各种数据进行分析最常采用的方法就是进行曲线拟合。Labthink VAC-V1 气体渗透仪所采用的是基于 Arrhenius 方程的拟合方法, 采用多种材料进行拟合数据验证, 验证数据理想。

3 聚碳酸酯透氧量

兰光实验室采用 $125 \mu\text{m}$ 的聚碳酸酯薄膜在 $10^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 的温度环境下进行材料的透氧量试验, 使用设备是 Labthink VAC-V1 气体渗透仪。试验温度分别是 10°C 、 23°C 、 30°C 、 35°C 、 40°C 、 45°C , 在每个温度点进行的有效试验次数不少于 3 次, 测试数据的相对标准偏差均在 3.5% 以内。

利用 VAC-V1 所具有的数据拟合功能获得聚碳酸酯薄膜在 $-120^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ (即 $153\text{K} \sim 623\text{K}$) 中任一温度下的透氧量拟合数据。这个温度范围的选取是按照常用塑料的脆化温度以及热力学转化温度进行的, 并结合了一般薄膜材料的实际使用温度, 是一个比较全面的温度范围。当然, 如果使用的测试气源是氮气或是其他无机气体, 也可以利用设备的数据拟合功能获得其他气体对于材料的透氧量。需要特别注意的是由于有机气体在渗透通过薄膜时存在溶胀现象, 因此, 使用拟合功能时具有一定的限制性。

聚碳酸酯薄膜在不同温度下的透氧量详细数据请登陆 Labthink 兰光网站 www.lgtest.com.cn 查阅, 或者联系兰光实验室进行咨询。本文仅给出绘制的聚碳酸酯透氧量变化曲线图 (图 1), 其中温度的单位是热力学温度 K, 透氧量的单位是 $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$ 。

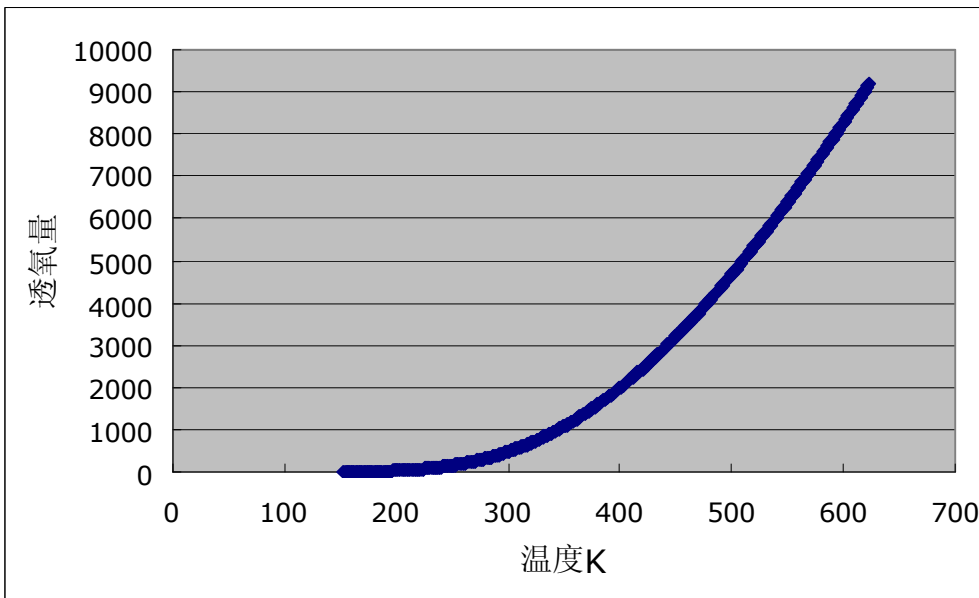


图 1. $-120^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ (153K~623K) 聚碳酸酯透氧量变化曲线

聚碳酸酯的透氧量随温度的上升影响明显, 例如在 273K (0°C) 时的透氧量是 $272.952\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$, 而在 323K (50°C) 时透氧量是 $719.128\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$, 增加了约 2.6 倍。而且在 303K (30°C) 时透氧量是 $507.201\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$, 可见透氧量随温度的变化并不成线性。观察图 1 可知透氧量与测试温度大约成指数关系。

由于 VAC-V1 采用的是真空压差法, 因此依据膜技术理论, 在检测试样透气性及透气量的同时还可以检测材料的溶解度系数和气体在材料中的扩散系数。图 2 是这次检测过程中所获得的材料扩散系数随温度升高的曲线, 扩散系数的单位是 $\text{e}^{-8}\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}$ 。可以看出在这段试验范围内, 随着温度的升高, 扩散系数逐渐增大。

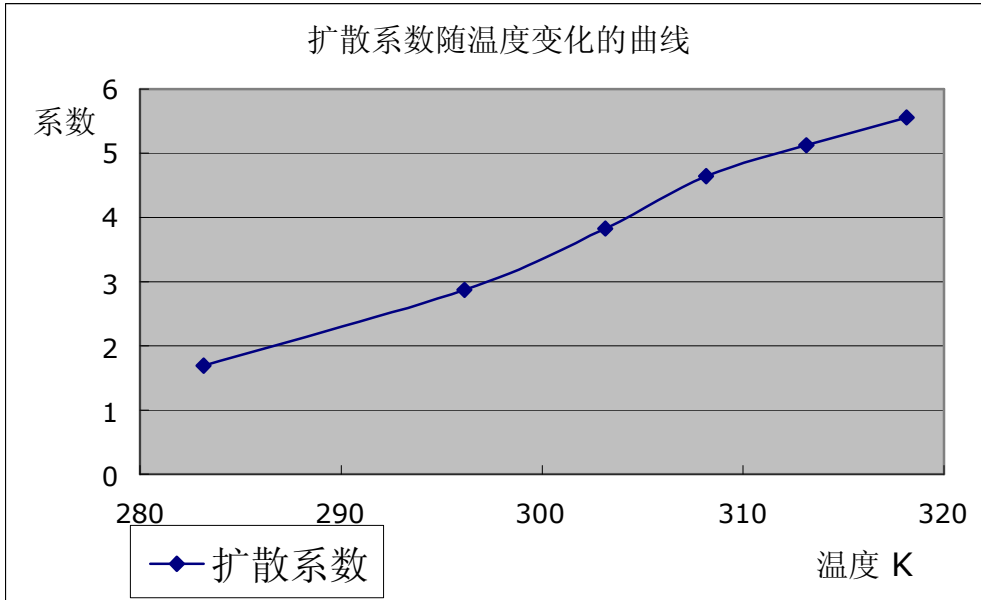


图 2. 聚碳酸酯扩散系数以及溶解度系数随温度变化的曲线

当然，材料的渗透系数与透气量是成正比的，因此随温度的增长变化趋势与图 1 中的曲线是一致的。

4 总结

聚碳酸酯薄膜在 $-120^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内任意温度点的透氧量数据库已经由 Labthink 兰光实验室建成，通过这些特殊温度下的透氧量数据可以帮助用户合理有效地进行包装材料的结构设计。接下来，兰光实验室将要进行聚酯、聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等包装常用材料的检测，并建立相应材料在 $-120^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内透氧量的数据库，借助这些数据所设计的材料结构能使其阻隔性能更好地满足特殊温度下的包装需求。