

## 透气性测试——压差法与等压法

**摘要:** 本文详细介绍了常用的两种透气性测试方法——压差法和等压法的测试原理以及试验环境, 并对这两种方法进行了多方面的比较。

**关键词:** 压差法, 等压法, 测试原理, 试验环境

**Abstract:** Specify two test methods of gas permeability test in details, differential-pressure method and equal-pressure method, introduce the test principle and test atmosphere of those two, as well as give the compare of them in several aspects.

**Key words:** differential-pressure method, equal-pressure method, test principle, test atmosphere

薄膜阻隔性检测一般分为对常见无机气体的阻隔性检测、对水蒸气的阻隔性检测以及对有机气体(有机蒸汽)的阻隔性检测三类。我们通常所讲的透气性测试就是检测薄膜对常见无机气体( $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$ 等)的阻隔性。本文将对薄膜的透气性测试方法进行简要的分析和比较。

### 1 透气性测试方法

目前, 透气性检测设备所使用的测试方法大都可归为压差法和等压法两类, 它们的测试原理不同, 测试条件差别较大, 但在整个阻隔性测试领域中都占有很重要的地位。

#### 1.1 压差法

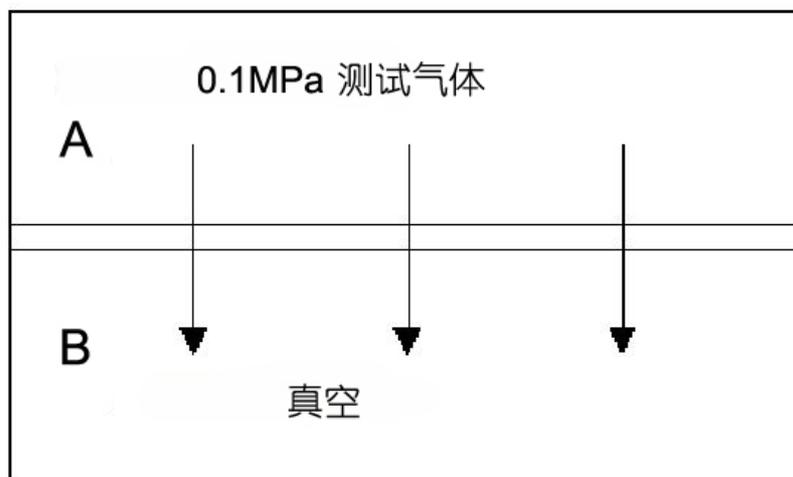


图 1. 真空法测试原理图

真空法是压差法中最具代表性的一种测试方法。它的测试原理（见图 1）是利用试样将渗透腔隔成两个独立的空间，先将试样两侧都抽成真空，然后向其中一侧（A 高压侧）充入 0.1MPa（绝压）的测试气体，而另一侧（B 低压侧）保持真空状态。这样在试样两侧就形成了 0.1MPa 的测试气体压差，测试气体渗透通过薄膜进入低压侧并引起低压侧压力的变化。通过使用高精度真空规测量低压侧的压力变化量就可以利用下面的公式（由 ISO 15105-1 给出）计算得到测试气体的气体透过量（GTR）。由真空法得到的气体透过量单位是： $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$ 。

$$GTR = \frac{V_c}{R \times T \times p_u \times A} \times \frac{dp}{dt}$$

式中： $V_c$ 是低压侧的体积；

$T$ 是试验温度（热力学温度）；

$p_u$ 是高压侧的气体压强；

$A$ 是有效渗透面积；

$dp/dt$ 是当渗透状态稳定后，在低压侧单位时间内压强的变化量；

$R$ 是气体常数。

关于真空法的测试标准很多，比如：ISO 2556、ISO 15105-1、ASTM D 1434（M 法）、GB 1038、JIS K 7126（A 法）等。

真空法是采用负压差方法来实现试样两侧 0.1MPa 的压差，当然也可以通过正压差的方法来实现。正压差法也是一种压差测试方法，最常用的正压差法是体积法。由于体积法无需对渗透腔抽真空，也不用进行真空度的保持，所以降低了设备制造以及透气性试验的难度，相应地设备的制造成本跟真空法设备相比可能会有一定的降低。相关的测试标准有 ASTM D 1434（V 法）等。

## 1.2 等压法

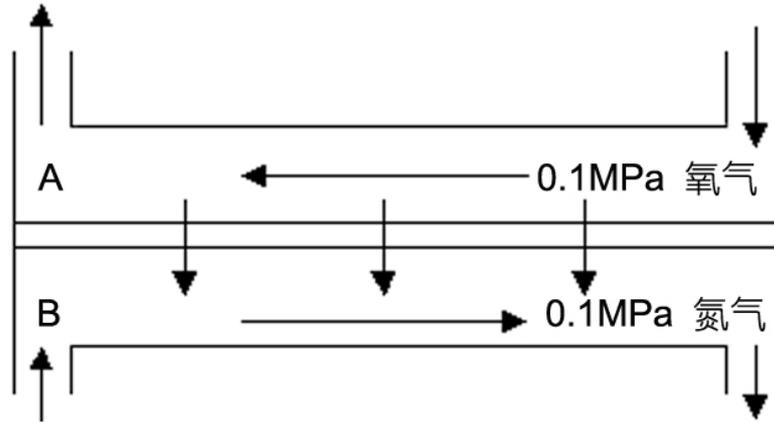


图 2. 传感器法测试原理图

目前应用于透气性检测的等压法只有化学传感器法，它主要用于氧气透过性检测，测试原理（见图 2）如下：利用试样将渗透腔隔成两个独立的气流系统，一侧为流动的测试气体（A，可以是纯氧气或是含氧气的混合气体），另一侧为流动的干燥氮气（B）。试样两边的压力相等，但氧气分压不同。在氧气的浓度差作用下，氧气透过薄膜并被氮气流送至传感器中，由传感器精确测量出氮气流中携带的氧气量，从而计算出材料的氧气透过率。由传感器法直接测得且未经校正的氧气透过量，其常用单位是： $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。ISO 15105-2 提供的氧气透过量（ $\text{O}_2\text{GTR}$ ）计算公式如下：

$$\text{O}_2\text{GTR} = \frac{k(U - U_0)}{A} \times \frac{p_a}{p_0}$$

式中：U 是试样测试时的输出电压信号；

$U_0$  是电压零信号；

k 是设备的校正因子；

$p_a$  是环境大气压；

$p_0$  是测试气体中的氧气分压差；

A 是有效渗透面积。

传感器法的相关标准有 ISO 15105-2, ASTM D 3985, ASTM F 1927, ASTM F 1307 等。

## 2 两种方法的比较

压差法和等压法的测试原理不同, 测试条件不同, 试验结果的单位也不相同(压差法的单位是  $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$ , 而等压法的单位是  $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ), 所以由这两种测试方法得到的未经校正的原始数据, 从理论上说不具备可比性。但通过使用标准膜标定等压法设备并将校正因子用于正式试验后, 压差法和等压法的试验结果就可以比较了。

由于膜技术理论的支持, 压差法在透气性测试中一直作为基础方法使用, 科研检测机构多采用这种方法。它的突出优点是对于测试气体没有选择性, 对不同的测试气体的通用性非常好。随着真空规检测技术的进步、以及真空技术在设备设计上的应用, 大大提高了设备的检测精度以及测试数据的重复性。体积法对测试气体的通用性也很好。

传感器法是随着氧探测器技术的不断成熟而出现的, 由于使用的传感器属消耗型元件, 所以设备标定所得的校正因子并不是长期有效的, 需要根据要求进行周期性设备标定, 而且当传感器的损耗达到一定程度时必须更换。不同厂商的设备其传感器的使用寿命会有较大差别, Labthink T0Y-C1 所采用的氧传感器在正常使用情况下预期能够使用 12-30 个月, 算是使用时间较长的了。

### 3 总结

透气性测试是目前软包材质检中不可或缺的一部分, 随着科技的发展, 各种方法的检测设备不断地推陈出新, 检测精度不断提高, 而且设备的检测功能不断多样化。例如 Labthink VAC-V1 就能够提供  $5\sim 50^\circ\text{C}$  的控温试验功能, 而 T0Y-C1 更提供了完善的容器透氧量测试功能。