

## 真空度对压差法透气性测试的影响

**摘要:** 使用真空法设备检测试样的透气性能时应特别关注试验的抽真空时间以及系统所达到的真空度, 缩短抽真空时间将导致测试腔的真空度降低, 进而引起测试结果的精度降低。一味地强调抽真空时间而忽略“真空度”的想法和做法是片面的。

**关键词:** 真空, 真空度, 标准

检测材料的透气性能主要有压差法和等压法两种方法, 其中应用最广泛、影响力最大的方法是压差法。真空法是以膜工业检测技术中的时间滞后法为基础加以改进获得的, 是最早用于材料透气性能检测的方法。真空法能检测材料对多种气体的阻隔性能, 同时还能检测气体分子在材料中的扩散系数以及气体对材料的溶解度系数。由于真空法的这些优势, 使它成为全世界范围内认可度最高的一种方法, 也是进行材料研究改性工作的实用测试方法。

### 1 真空测试环境

真空法的试验步骤主要是: 放置试样、抽真空、充入测试气体、气体渗透通过试样并记录下腔压力的变化、试验结束并计算试验结果。

抽真空是真空法中重要的一步操作, 也是形成试验环境(试样两侧一侧为 0.1MPa 测试气体、另一侧为真空)的唯一途径。同时通过这步操作, 还能有效地检测试样的装夹密封效果(如果试样装夹中存在泄漏点, 那么很可能长时间抽真空而未达到理想的真空度), 并且排除设备以及试样上所吸附的杂质和干扰气体, 而这些因素都会对试验数据、数据重复性、试验时间以及试验数据有效性等产生明显的影响。因此, 在真空法中抽真空所达到的效果是非常重要的, 操作得当, 不但可以大大提高试验数据的有效性, 而且试验数据的重复性也会非常理想。

### 2 抽真空时间

曾经有用户反映 Labthink VAC-V1 所推荐使用的抽真空时间比较长, 认为要达到标准中所要求的真空度比较容易, 抽真空过程可以很快结束, 短时间内就能达到非常低的真空度。需要说明的是: VAC-V1 气体渗透仪可以在很短的时间内达到所要求的真空度, 大约 30min 就可使得系统的真空度降

到“中真空”的范围。但是如果获得精确的试验结果，在系统真空度达到标准的要求值之后立刻进行渗透试验是不可取的，这是由真空性质的特殊性决定的。

根据 GB/T3163-93 的规定，真空区域大致划分如下：

低真空  $10^5\text{Pa}\sim 10^2\text{Pa}$

中真空  $10^2\text{Pa}\sim 10^{-1}\text{Pa}$

高真空  $10^{-1}\text{Pa}\sim 10^{-5}\text{Pa}$

超高真空  $<10^{-5}\text{Pa}$

VAC-V1 工作在“较高”的“中真空”区域，如果选择在“低真空”或较低“中真空”做试验的话，抽真空时间就可大大缩短了。对“真空度”的要求不同，抽真空持续的时间也就不同，缩短抽真空时间将导致测试腔的真空度降低，进而引起测试结果的精度降低。因此，一味地强调抽真空时间而忽略“真空度”的想法和做法是片面的。

在 ASTM D 1434-82 (2003) 标准中要求测试腔真空度在 26Pa 以下，ISO 2556:2001 标准以及 GB/T 1038-2000 标准中要求测试腔真空度在 27Pa 以下。在向测试上腔中充入测试气体之前，必须保证测试下腔已经达到所要求的真空度，否则试验结果没有意义。按照 GB/T 1038-2000 的规定在抽真空达到要求的真空度 (27Pa) 后，应继续脱气 (即对测试腔抽真空) 3 小时以上，由此可以看出抽真空时间如果不足 3 小时是不可取的。

### 3 抽真空时间长短对试验数据的影响

抽真空时间越长，下腔可达到的真空度越低，那么试验数据就会越准确、稳定。为了验证抽真空时间的长短对试验数据的影响，笔者特别进行了多种试样在不同的抽真空时间下的透氧量试验，由于篇幅原因，这里仅以 25  $\mu\text{m}$  的 PET 薄膜的部分数据为例进行说明。

采用设备：Labthink VAC-V1 气体渗透仪，设定的抽真空时间分别为 24h、18h、2h、1h、0.5h，每种条件下至少进行 3 次试验，统计试验数据如表 1 所示。

表 1. PET 薄膜在不同抽真空时间下的透氧量试验值

抽真空时间 (h)	试验温度 (°C)	试验湿度 (%RH)	试验时间 (min)	透氧量 <sup>1</sup>	S	CV
24	22	25.3	112	41.063	0.313	0.762
18	22	24.4	102	41.085	0.874	2.13
2	23	27.8	77	45.081	1.35	2.99
1	23.3	29.2	53	45.629	0.804	1.76
0.5	23.4	29.9	52	45.645	1.29	2.83

注: 1. 透氧量的单位是  $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa}$ 。

由表中数据可以看出, 随着抽真空时间的缩短, 测试时间呈逐渐缩短的趋势, 检测得到的试样的透氧量表现出明显的增长趋势, 这与理论分析预测的变化是一致的。当抽真空时间小于 4 小时时, 试验测得的透氧量明显增大, 而且数据稳定性差 (数据波动百分比有明显的增加)。

#### 4 总结

抽真空时间虽然只是真空法透气性设备使用中的一个参数, 但应该引起使用者的特别关注, 否则不但会引起试验结果准确性的降低, 有时也会导致出现错误的检测数据。关于 VAC-V1 气体渗透仪的使用, Labthink 兰光提供了抽真空时间经验数据表供用户参考, 然而依靠丰富的操作经验来确定抽真空时间及其他参数仍是一个比较合理的方法。