

材料透湿性测试方法介绍

——传感器法

摘要: 本文系统介绍了用于材料透湿性测试的传感器法的发展情况, 以及各种方法的试验原理。

关键词: 透湿性, 传感器, 红外线, 电解池, 湿度传感器

1、传感器法发展简介

20 世纪 70 年代, 传感器法开始应用在透湿性测试领域中, 在此之前使用的都是称重法, 通过 30 多年的发展, 它已成为一类重要的测试方法, 应用范围十分广泛。通常的透湿性测试传感器法主要有: 红外线检定法、动态相对湿度测定法和电解分析法三种。

2、红外线检定法

水蒸气对红外线有着特定的吸收光谱, 红外线传感器可以通过检测红外线在通过含水蒸气区域时前后能量的损失检测水蒸气浓度, 而利用这种红外线传感器来检测试样透湿性能的方法就是红外线检定法。

红外线检定法的测试原理 (可参见图 1) 如下: 利用试样将测试腔分成干腔和湿腔两部分, 干腔内保持一个稳定 (指定) 的较低湿度, 湿腔中的湿度可以控制 (通常取湿腔内的环境湿度为 100%RH), 这样在干腔和湿腔之间形成稳定的湿度差, 水蒸气将由湿度大的一侧渗透通过试样进入干燥的一侧, 与干腔中的干燥气体混合, 并被干燥气流携带至传感器处, 由红外线传感器探测干燥气流中的水蒸气含量, 并输出相应的电信号, 电信号的大小与干燥气体中的水蒸气含量成一定关系。当电信号稳定后, 说明渗透过程已经达到稳定状态, 此时可以根据传感器输出的电信号计算试样的水蒸气透过量及其它透湿性指标。

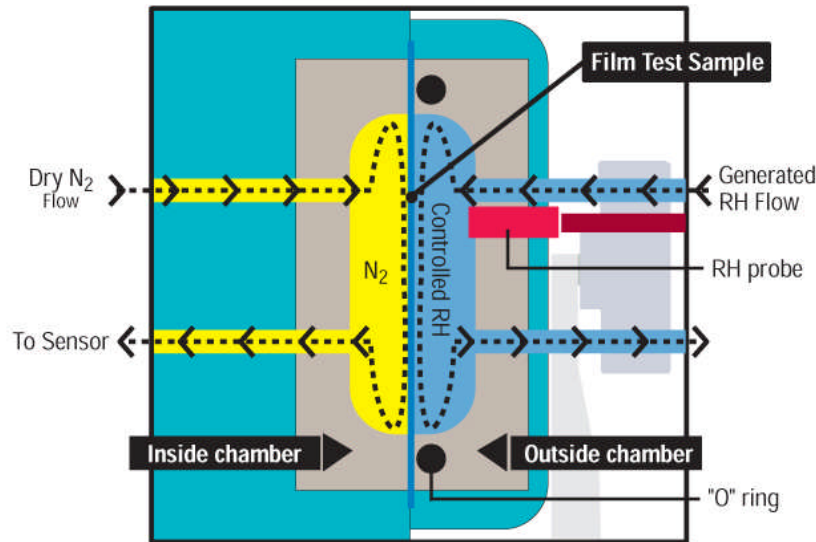


图 1. 红外线检定法示意图

3、电解分析法

电解池传感器是利用五氧化二磷与水蒸气之间的反应特性制作的传感器，它含有两个螺旋线的电极，并在玻璃毛细管内侧覆有一薄层五氧化二磷，干燥气体流过毛细管，其中所含的水蒸气将被五氧化二磷定量吸收，生成磷酸，通过向两电极上施加直流 70V 的电压可将吸收的湿气电解成氢和氧，在两电极之间出现电解电流，同时五氧化二磷得以再生，而被电解的水蒸气的质量将从得到的电流中计算出来。利用电解池传感器来检测试样透湿性能的方法就是电解分析法。

电解分析法的测试原理（如图 2 所示）如下：利用试样将测试腔分成干腔和湿腔两部分，干腔内保持一个稳定（指定）的较低湿度，湿腔中的湿度可调（通常为 100%RH），干腔和湿腔之间形成稳定的湿度差将使湿腔中的水蒸气由湿腔渗透通过试样进入干腔，与干腔中的干燥气体混合，并被干燥气流携带至传感器处，由电解池传感器探测干燥气流中的水蒸气含量，并输出相应的电信号。电信号稳定后（说明渗透过程已经达到稳定状态）即可根据传感器输出的电信号计算试样的水蒸气透过量及其它透湿性指标。Labthink TSY-W3 就是按照这种方法制造的薄膜透湿性检测设备。

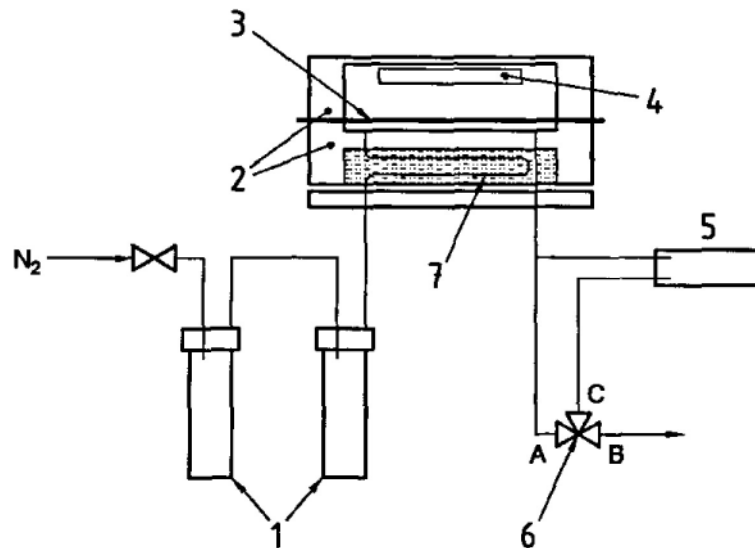


图 2. 电解分析法原理图

注: 1. 干燥管; 2. 两腔的渗透腔; 3. 试样; 4. 玻璃纤维板 (浸有硫酸溶液); 5. 电解腔; 6. 转换阀; 7. 铜管 (用于提供载气)

4、动态相对湿度测定法

动态相对湿度测定法使用的是对湿度变化响应非常快的湿度传感器, 测试原理 (参见图 3) 如下: 利用试样将测试腔分成干腔和湿腔两部分, 通过干湿度控制器使测试上腔处在一种干燥的环境下, 湿腔保持 100%RH, 由于水蒸气的透过使得测试上腔相对湿度变大, 测量室内的湿度传感器开始分析湿度的变化, 并监测由预设下限值至上限值所需时间, 通过连续多次测量, 并对每次测量的相对湿度变化曲线进行分析后, 对比标准电信号可计算出试样的水蒸气渗透指标。干腔的相对湿度一般是 10% 或 35%, 也有采用在校准范围内的其它相对湿度的, 测试的上下限视标准不同而异, 例如 ASTM E398-03 中要求测试干腔湿度变化的范围在 $10 \pm 0.1\%RH$ 或 $35 \pm 0.1\%RH$, 而 ISO 15106-1 中是在指定湿度的 $\pm 1\%RH$ 或 $\pm 2\%RH$ 。Labthink TSY-T2 就是按照这种测试方法制造的。

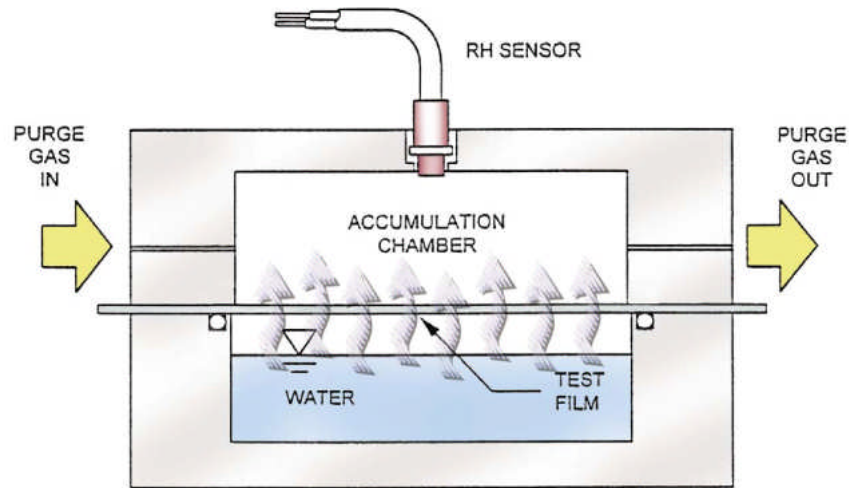


图 3. 动态相对湿度测定法原理图

5、试验结果的计算

传感器法无法直接测量水蒸气的透过量，而是通过测量电信号并进行进一步分析从而间接得出的试验结果。标准中明确指出所有传感器法设备在试验之前都需要使用参考膜标定，并确定设备的标定系数，所以参考膜数据的准确性将直接影响到测试设备的准确性，而参考膜的测试数据通常由称重法检测得到。

有些文献中描述传感器法是高效高精度的测试方法，事实上这取决于具体设备中采用传感器的精度及灵敏度，如果传感器选择的好，传感器法设备完全可以实现高效测试，而且还能在短时间内检测高阻隔性材料。