

橡胶阻水性测试方法概况



橡胶是一种富有弹性的高分子化合物,在较小的外力作用下能产生较大的形变,外力撤销后即恢复原状,因而是密封、防护材料的最佳选择之一。橡胶广泛的应用于食品、药品、工业的各个方面,例如以垫片、垫圈的形式出现在食品或药品包装瓶盖处或机械设备中起到密封、减震、缓冲的作用,或以电线电缆绝缘外壳形式作为防护材料应用于工业领域等。

橡胶的阻水性能分析

不同的使用需要,橡胶的种类和制造工艺多有不同,但企业对橡胶材料物理性能的质控项目却是基本一致的,这点可以从我国现行的橡胶制品相关标准中窥见一斑。以《HGT 2944-2011 食品容器橡胶垫片》、《YBB00222004-2015 口服制剂用硅橡胶胶塞、垫片》、《GB 7594 3-1987 电线电缆橡皮绝缘和橡皮护套》三项标准为例,物理性能指标主要集中在拉伸强度、拉断伸长率、扯断永久变形、硬度、老化系数前后性能变化等机械性能方面。上述机械性能的要求最终是为了获得良好的密封防护效果,防止外界氧气、水蒸气的渗入对内容物性质产生影响。但笔者认为,橡胶材料良好的密封防护作用,除了与上述机械性能有关外,还取决于橡胶材料自身的阻隔性能,即对气体、水蒸气的阻隔。内外因素相互配合方能达到最佳的密封效果。

橡胶材料的阻水性,是针对特定渗透对象而言,通常包括水蒸气和液态水,指的是橡胶材料对渗透对象从高浓度侧渗透通过材料进入低浓度侧的阻隔性能。整个渗透过程可以分为吸附、溶解、扩散、解析几个部分,高浓度侧的水分子吸附在材料表面,溶解进入材料中在其内部进行扩散,继而从低浓度侧解析出来,整个过程如图 1。整个渗透过程进行的快慢由两个因素决定,一是水分子在橡胶材料里渗透溶解的快慢,由溶解度参数表示;二是水分子在橡胶基体内移动的快慢,由扩散系数表示。不同种类、加工工艺、不同厚度的橡胶材料,其对水分子的溶解度系数和扩散系数往往大有差异。因此,获得准确的橡胶材料对水分子的透过率是把握橡胶阻水性的最直接方法。

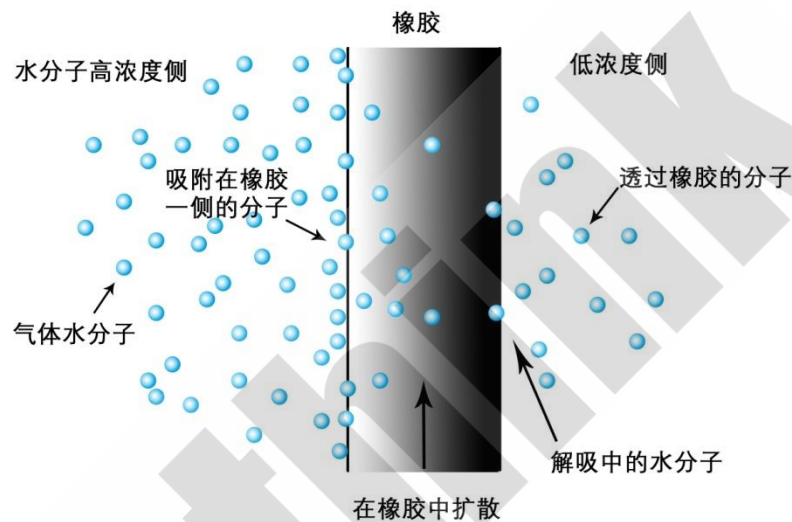


图 1 橡胶水分子渗透示意图

橡胶的阻水性能测试方法介绍

在实际应用中,水分子对橡胶材料的渗透影响是非常大的。当橡胶作为电线电缆绝缘材料的包覆制品时,要具有较强的抗渗水性和较低的水蒸气渗透性,否则水分子将严重损坏其电气性能;用于包装容器的密封材料时,更对水蒸气的渗透率有着严苛的要求,以避免水分过多引起内容物变质。在目前的橡胶材料标准体系中,尚无明确的橡胶阻水性测试方法规定,采用最多的主要有三种方法:《GB/T 1037 塑料材料和片材透水蒸气性试验方法 杯式法》、《ASTM E96 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials》(译:材料的水蒸气渗透性标准试验方法)、以及《ISO 1420-2001 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of resistance to penetration》(译:橡胶或塑料涂覆织物耐水渗透性测定)。前二者侧重于材料的水蒸气渗透,而后者更集中在材料在一定水压下的渗透性的研究上,三者测试方法上既有相似性又存在差异,需根据实际测试需要差别选择。

方法一: GB/T 1037-88

该试验方法基于“在规定温度、相对湿度条件下,试样两侧保持一定的水蒸气压差,测量透过试样的水蒸气量,计算水蒸气透过量 and 透过系数”的原理,通过称重装有干燥剂的透湿杯增加的质量来计算材料的透水蒸气性,因而得名“增重法”,又称“干燥剂法”。具体方法为:将干燥剂放入清洁的透湿杯皿中至距试样表面约 3mm 为宜。将杯皿放入透湿杯中,再置入杯台上,将试样放在杯子正中,加上杯环和压盖,蜡封。将封好的透湿杯进行称量,放入 $23\pm 0.6^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $90\pm 2\%$ 的恒温恒湿箱内,16h 后取出称量。再将透湿杯重新放入恒温恒湿箱内,间隔 24h, 48h 和 96h 再次称重,直至相邻两次质量增量相差不大于 5% 时,结束试验。需要注意的是,每次称量时,透湿杯的先后顺序一致,称后轻微震动杯体使其干燥剂混合均匀,干燥剂的吸湿总量不能超过 10%, 否则影响测试结果。

这一标准修订于 1988 年,重点突出了各个透视性能参数的定义以及测试原理,但在实际操作中蜡封的方法操作难度大,密封效果不甚理想。标准中规定的相对湿度过于单一,不利于非标条件的透湿测试。

方法二: ASTM E96-2012

ASTM E96 制定于 1953 年,至今历史最久的透湿性测试方法标准。该方法相对与于第一种,最大的不同在于其同时包括了增重法和减重法两种测试方法。减重法(即水蒸气法)将增重法试验过程中高低湿侧相互置换,在透湿杯皿中放入蒸馏水,使试样朝向杯内的一侧保持高湿,另一侧保持干燥,通过称重透湿杯减少的质量来测定水蒸气透过试样材料的透过率,如图 2。ASTM E96 标准认定这两种测试方法皆为基本试验方法,试验结果存在差异是必然的,没有可比性,在实际测试时应该按照材料的实际应用环境选择采用哪一种方法。

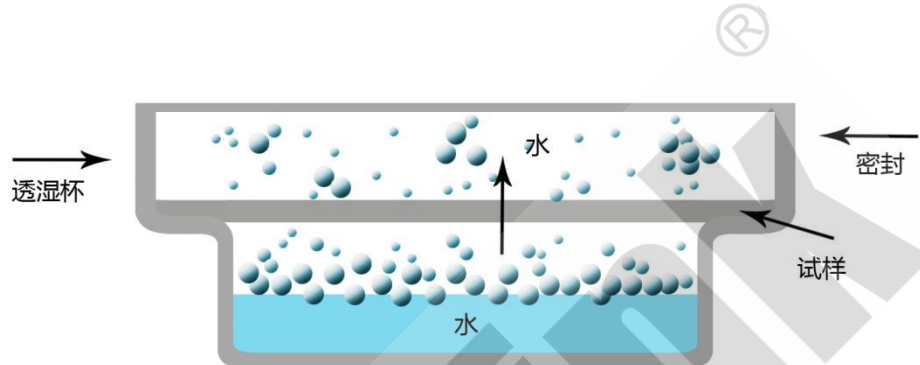


图 2 减重法水蒸气透过率测试

笔者搜集了四种同厚度的橡胶片材,命名为 1#硅胶、2#乙丙橡胶、3#丁基橡胶、4#氯丁橡胶。借助济南兰光包装安全检测中心的 W3/0120 水蒸气透过性测试仪,在相同的温度、湿度条件下,采用 ASTM E96 的减重法分别对上述试样进行水蒸气透过量检测,结果如表 1。

表 1 四种橡胶材料的水蒸气透过率

测试试样	水蒸气透过率 (g/m ² ·24h)			
	1#硅胶	2#乙丙橡胶	3#丁基橡胶	4#氯丁橡胶
试样 1	76.52	1.24	0.96	5.91
试样 2	70.98	1.05	0.81	6.03
试样 3	81.63	1.98	1.09	6.15
平均值	76.38	1.42	0.95	6.03

从试验数据看,1#硅胶的水蒸气阻隔性最差,2#乙丙橡胶和 3#丁基橡胶最优,其水蒸气透过率是硅胶的 1.86%和 1.24%。4#氯丁橡胶的阻湿性处于中间阶段。以此为参考,对水蒸气比较敏感的产品建议采用 2#或 3#橡胶材料进行密封或防护,而硅胶可以应用于对橡胶产品阻水性能要求不高的产品上。

方法三: ISO 1420-2001

此项标准提供给了在固定时间周期内对橡胶材料施加静水压时,橡胶材料抗渗水性

济南兰光机电技术有限公司

中国济南无影山路 144 号 (250031)

总机: (86) 0531 85068566

传真: (86) 0531 85062108

E-mail: marketing@labthink.com

网址: <http://www.labthink.com>

的测试方法,较方法一和二更偏重于液态水的阻隔性测试。试验仪器由一个带试样夹持装置的敞口容器和压力计组成。敞口容器上部试样的测试面积为 100cm^2 ,底部设计一个进水口,容器上方有一个孔径周长不大于 3cm ,由直径为 $0.1\text{cm}-0.12\text{cm}$ 的金属丝制成,用于防止试样变形的金属网。打开进水阀,注入水流直至溢出为止,将试样测试面朝下夹持在容器上,装上金属网。再次打开进水阀使容器中的压力在 $1\text{min}\pm 10\text{s}$ 内加压至规定压力值(此值应 $\leq 30\text{kPa}$),调节进水阀保持此压力 $2\text{min}\pm 10\text{s}$ 。观察试样暴露在空气中的部分是否有渗水点。按此试验五个试样,若均未出现水渗透点,即试样材料通过测试。除此之外,也可照此法测定橡胶材料的最终静水压值,以一定的速率持续增压,直到试样出现水渗透点为止,记录此时的静水压值,最终取五个试样的平均值。

综上所述,当橡胶材料作为密封和防护材料实际应用时,其防水性的高低对水蒸气和液态水的渗透影响有着极其重要的作用。目前,橡胶防水性的测试多采用上述三种方法,囊括了水蒸气的渗透测试和液态水的渗透测试,针对性强,覆盖面广,操作简单,对橡胶材料的性能控制和改进具有较强的指导意义。