

## 建筑外墙涂料水蒸气透过性能测试方法比较

济南兰光机电技术有限公司

**摘要:** 涂料的透湿性直接影响了外墙保温系统保温效果的发挥,其良好的透湿性对于现代建筑节能意义重大。但当前市场中外墙涂料的透湿性能参差不齐,对此国家和建筑行业制定了详细的测试方法供涂料生产企业和使用方进行性能验证。本文对比了 GB/T 17146—1997《建筑材料水蒸气透过性能试验方法》和 JG/T 309-2011《外墙涂料水蒸气透过率的测定及分级》关于试验方法的异同,并以市售乳胶漆为例详细介绍了 JG/T 309 中关于水蒸气透过率的测试方法,证明了减重法涂料水蒸气透过率测试具有一定的合理性和操作性。

**关键词:** 外墙涂料、水蒸气透过率、GB/T 17146、JG/T 309

外墙涂料是建筑涂料的重要组成部分,其长期暴露在自然环境中,除了要求具备良好的装饰性、耐水性和耐候性,同时外墙涂料作为外墙保温系统的一部分,更应承担建筑节能的重要责任。水是破坏建筑外墙保温效果的首要元凶。在建筑结构中,水以固态水、液态水、气态水的形式通过扩散、渗漏、结冰等现象进行迁移,其中人们更多的关注液态水渗漏引发的外墙保温失效问题,殊不知外墙涂料的水蒸气渗透性能同样影响着外墙保温系统的功效。

### 一、外墙涂料水蒸气透过性能概述

由于建筑外墙保温系统内外存在温度差,温度较高一侧水蒸气分压力较大,在水蒸气分压差的作用下,水蒸气分子从高压侧透过外墙涂料向低压侧迁移渗透,这一过程叫做水蒸气渗透。在寒冷区域或冬季,建筑外墙内侧温度普遍高于外侧,水蒸气由建筑内层向外迁移,倘若外墙涂料透湿性能较差,阻碍水蒸气向外排出,不仅影响外观颜色,还会产生应力,使涂料鼓泡、脱落,同时因水蒸气富集在墙体内部,易导致墙体内部结露,从而对墙体热工、结构等带来不利影响<sup>[1]</sup>。

JG/T 149-2003《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》明确规定,薄抹灰外墙保温系统的水蒸气湿流密度应不小于  $0.85\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ , 根据外墙保温系统中水蒸气湿流密度由内侧材料向外侧材料递增,因此外墙涂料的水蒸气湿流密度要远高于  $0.85\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,

才能保证整个外墙保温系统的正常透气。该标准中提到的“水蒸气湿流密度”指的是单位时间内流经单位面积的气相水的质量<sup>[2]</sup>,与“透湿率”“水蒸气透过率”同为描述水蒸气透过性能专业术语,但在不同的标准中,这三项指标的计算方法有些许的差异。

## 二、外墙涂料水蒸气透过性能的测试方法介绍与对比

随着科技的发展,市售多数外墙涂料已经具备一定的水蒸气透过性能,但是否满足使用标准仍需进一步试验验证。当前,关于外墙涂料水蒸气透过性能测试方法的标准主要有两种:GB/T 17146—1997《建筑材料水蒸气透过性能试验方法》和 JG/T 309-2011《外墙涂料水蒸气透过率的测定及分级》。下面将从适用范围、试验原理、试验仪器和材料、试样制备四大方面进行二者的对比与介绍。

### (一) 适用范围

GB/T 17146 为国家标准,规定了片状、板状的绝热、防水隔潮、装饰装修等用途的各种建筑材料的湿流密度、透湿率试验方法。而 JG/T 309 为建筑工业行业标准,针对性的规定了工业与民用建筑的砖、石、混凝土等多孔基材上使用的外墙涂料的水蒸气透过率测定方法。通常行业标准属于专业性、技术性较强的标准,是对国家标准的补充。对于符合上述两项标准适用范围的外墙涂料,可依据其一进行水蒸气透过性能测试。

### (二) 试验原理

JG/T 309 的试验原理为在试验杯中盛入定量的磷酸二氢铵饱和溶液,使试验杯上方空气的相对湿度迅速提升至 93%。使用膜状待测样品或者涂覆有待测样品的多孔结构的基材来封闭试验杯。将试验杯放置于一个温度和相对湿度可控制的空间内,使样品两侧保持一定的水蒸气浓度差。在适当的时间间隔内称量试验杯,当质量变化与时间间隔的变化成正比关系时,就可通过质量的变化来测定水蒸气透过率。由于该方法是通过试验杯质量的减少而计算出的结果,因此亦可称为“减重法”试验方法。与之不同的是,GB/T 17146 提供了干燥剂法和水法两种不同的方法。水法,即为减重法,而干燥剂法,样品封装同水法,但试验盘(即为 JG/T 309 中的“试验杯”)内放入干燥剂,其内部的相对湿度可视为 0。将试验盘放置于温湿度可控的空间内定时称重,由于试样两侧湿度差的存在,试验盘重量将不断增加,通过测量增加的试验盘的重量来测算出水蒸气透过率,该法又称为“增重法”。理论上,两种测试方法均能获得正确的测试数据,但在实际增重法测试过程中,干燥剂的干燥能力不断下降,试样两侧的湿度差发生变化,容

易引起测试数据的误差<sup>[3]</sup>。而减重法中, 试验杯装入某种溶液或蒸馏水使内部保持在一个高湿水平, 而试验杯外侧可利用恒温恒湿仪器稳定在一个低湿环境中, 由此能实现自动化控制的恒定湿度差, 利于试验的精确进行。因此, 下文中主要对比两项标准中减重法的测试差异。

### (三) 试验仪器和材料

1、试验容器和密封方式。JG/T 309 要求使用耐腐蚀、由一定强度的材料如玻璃、聚乙烯、铝等制成的试验杯, 直径 81mm, 试验面积至少为 50cm<sup>2</sup>。样品与杯口利用带有环形盖的机械夹紧装置或螺口装置, 同时配合合适的密封环进行有效密封, 见图 1。亦可选用熔融蜡作为密封剂。相比于 JG/T 309 提供的规范性试验容器, GB/T17146 提出了试验容器的基本要求, 在此基础上根据试样的厚度和透湿率高低列出了多种试验盘的设计可供选择。试验盘宜选用大而浅的盘子, 盘口径至少 60mm, 试样越厚, 盘口径越大。对于较厚且面积较大的样品, 应使用铝箔或金属材料制成遮模将超出盘口的样品部分遮挡起来, 使盘口面积基本等同于试验面积, 防止水蒸气从边缘和不该暴露的部位逸进/逸出。对于易发生收缩或翘曲的样品, 应在盘口外面设置一个带凸缘的栏圈, 内侧涂覆密封剂, 将试样固定在试验盘栏圈内居中位置, 最终用铝箔围粘在凸缘和栏圈底部, 完成密封, 见图 2。除了使用密封剂密封, GB/T 17146 也允许密封垫式密封。

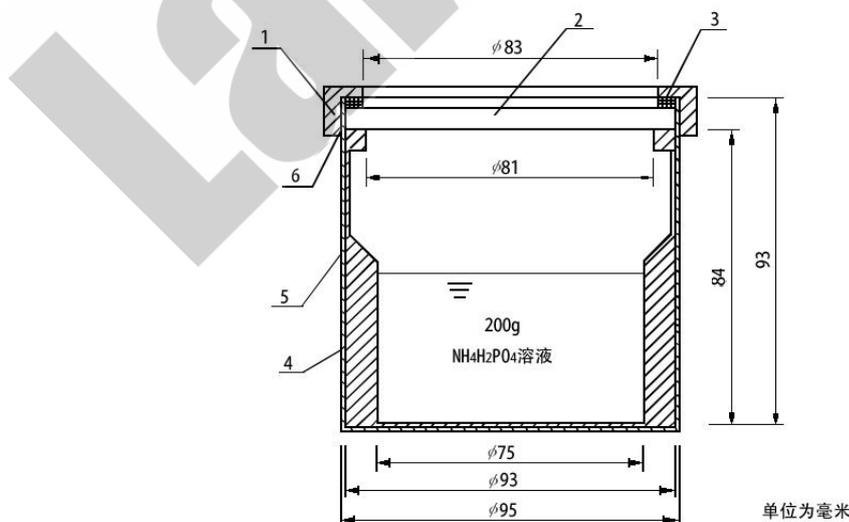


图 1. JG/T 309 试验杯

说明: 1-试验盖; 2-试样; 3-密封垫圈; 4-支撑架; 5-试验杯; 6-试验杯与盖螺纹连接。

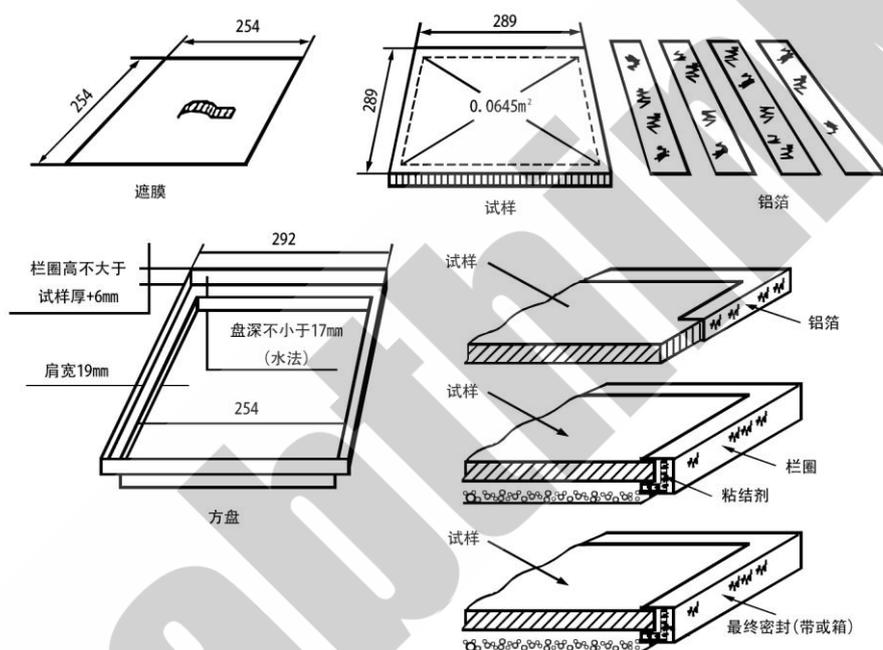


图 2. GB/T 17146 试验盘及密封

2、容器内外相对湿度。JG/T 309 中试验杯中盛放的是由 1665g 磷酸二氢铵和 4500g 水配置而成的饱和溶液, 能使试验杯上方空气的相对湿度达到 93%; 而试验杯应处于温度(  $23 \pm 2$  )°C, 相对湿度(  $50 \pm 5$  )%的房间或箱体中, 风速应低于 0.3m/s。GB/T17146 水法试验中, 试样盘放置的是蒸馏水, 试验盘上方空气湿度视为 100%, 周围环境可选在 21°C~23°C之间, 相对湿度一般保持在(  $50 \pm 2$  )%。

#### (四) 试样制备

JG/T 309 是针对外墙涂料的行业标准, 因而针对不同的涂料类型, 如薄涂型水性涂料、溶剂型涂料、弹性建筑涂料和厚浆型涂料(非弹性), 详细描述了应选用的基材类型、涂布量、制备方法和养护时间等, 见表 1。而 GB/T 17146 更侧重于对样品宏观

性的介绍,如厚度均匀性、样品的代表性、取样厚度等。

表 1 试验样品的制备

涂料类型	基材类型	涂布量	制备方法	养护时间	试件数量
薄涂型水性涂料	多孔基材	干膜厚度 ≥80μm	刷涂,至少涂布 2 道,每道间隔 6h	14d	3 个
溶剂型涂料	多孔基材	干膜厚度 ≥80μm	刷涂,至少涂布 2 道,每道间隔 6h	14d	3 个
弹性建筑涂料	自支撑涂层 (游离膜)	干膜厚度 ≥150μm	刷涂或刮涂,至少涂布 2 道,每道间隔 6h	28d	3 个
厚浆型涂料 (非弹性)	多孔基材	湿膜厚度 < 3mm	刮涂	28d	3 个

### 三、以乳胶漆为例详细介绍 JG/T 309 水蒸气透过率测试方法

为了详细介绍外墙涂料的水蒸气透过率测试方法,同时了解市售涂料的水蒸气透过性能,现依据 JG/T309-2011《外墙涂料水蒸气透过率的测定及分级》,对某品牌的乳胶漆进行了水蒸气透过率测试。

(一) 试验仪器: 济南兰光机电技术有限公司产 W3/031 水蒸气透过率测试仪。

(二) 试验原理: 减重法测试,在一定温度下,使试样两侧形成特定的湿度差,水蒸气透过密封在试验杯口的试样进入干燥的一侧,通过测定试验杯重量随时间的变化量,计算出试样的水蒸气透过率等参数。

(三) 试样制备

1、基材。乳胶漆属于水性涂料，其制成的涂层为非自支撑涂层，根据表 1 要求，需要使用多孔基材。JG/T309 规定，多孔基材的水蒸气透过率应大于  $240\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，因此本次试验选取了多孔的无纺布基材，见图 3。经试验验证，其水蒸气透过率为  $435.21\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，符合标准的要求。



图 3. 无纺布基材

2、样品的制备。按照产品说明书对乳胶漆进行了稀释，将其均匀涂布在无纺布基材上。根据 JG/T309 的要求“涂布干膜厚度 $\geq 80\mu\text{m}$ ，刷涂，至少涂布 2 道，每道间隔 6h”，样品涂布后涂层厚度为  $147.6\mu\text{m}$ ，平均克重为  $309.62\text{g}/\text{m}^2$ 。涂布完成后养护 14d，养护环境温湿度分别为  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ ， $(50\pm 5)\%$ 。

3、样品状态调节。养护结束后，将样品在下述条件下进行三次循环老化试验：在  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$  温度下，浸于 GB/T6682-2008 规定的三级水中 24h，浸水时涂层应当朝下并保证完全浸没。之后，将样品在  $(50\pm 2)^\circ\text{C}$  温度下，干燥 24h。老化试验后，在进行测试之前将样品放在标准养护条件下存放 48h。若涂层出现起鼓、开裂现象，应重新制样。如图 4。



图 4. 涂覆涂料的无纺布基材

#### (四) 试验

将样品裁剪为直径 74mm 的 3 个试样,以涂层面朝上的形式分别密封在装有( 200 ±5 ) g 的磷酸二氢铵饱和溶液的试验杯中,将 3 个试验杯放入仪器的试验腔中试验架上。因该仪器采用的是自动化控制间歇式称重测量,设置一定的称重时间间隔、试验温度 23℃,试验湿度 55%即可开始试验。当水蒸气渗透达到平衡状态时,试验自动停止,结果自动存储并于配套的计算机屏幕上显示数据曲线。

#### (五) 结果计算

##### 1、涂覆涂料的多孔基材的水蒸气透过率

根据 JG/T309 中对涂覆涂料的多孔基材的水蒸气透过率  $V_i$  的计算方法 ( 1 ):

$$V_i = \frac{240 * (\frac{m_1 - m_2}{t_2 - t_1})}{A_i} \quad \text{-----}(1)$$

式中,  $V_i$  ——试样的水蒸气透过率,  $g/(m^2 \cdot d)$ ;  $m_1, m_2$  ——分别在时间  $t_1, t_2$  的总质量,  $mg$ ;  $t_1, t_2$  ——时间,  $h$ ;  $A_i$  ——试样的表面积,  $cm^2$ 。

可得出 3 个试样测得的水蒸气透过率分别为  $76.54g/(m^2 \cdot d)$ 、 $77.21g/(m^2 \cdot d)$ 、 $76.93 g/(m^2 \cdot d)$ 。

## 2、涂料的水蒸气透过率

根据 JG/T309 中对多孔基材上的非自支撑涂层水蒸气透过率  $V$  的计算方法 (2):

$$V = \frac{V_{cs} \times V_s}{V_s - V_{cs}} \quad \text{-----(2)}$$

式中,  $V$  ——涂料的水蒸气透过率,  $g/(m^2 \cdot d)$ ;  $V_{cs}$  ——涂覆涂料的多孔基材的水蒸气透过率,  $g/(m^2 \cdot d)$ ;  $V_s$  ——多孔基材的水蒸气透过率,  $g/(m^2 \cdot d)$ 。

可得出, 3 个试样的涂料的水蒸气透过率分别为  $92.87g/(m^2 \cdot d)$ 、 $93.86g/(m^2 \cdot d)$ 、 $93.45g/(m^2 \cdot d)$ , 该涂料的平均水蒸气透过率为  $93.39g/(m^2 \cdot d)$ 。

## 四、总结

涂料的透湿性直接影响了外墙保温系统保温效果的发挥, 其良好的透湿性对于现代建筑节能意义重大。但当前市场中外墙涂料的透湿性能参差不齐, 对此国家和建筑行业制定了详细的测试方法供涂料生产企业和使用方进行性能验证。本文对比了 GB/T17146—1997《建筑材料水蒸气透过性能试验方法》和 JG/T 309-2011《外墙涂料水蒸气透过率的测定及分级》关于试验方法的异同, 并以市售乳胶漆为例详细介绍了 JG/T 309 中关于水蒸气透过率的测试方法, 证明了减重法涂料水蒸气透过率测试具有一定的合理性和操作性。

## 参考文献:

[1]林宣益.外墙涂料的拒水和透气性[J].上海建材,1998,5:24-25.

[2]GB/T 4132-1996,绝热材料及相关术语[S].北京:中国标准出版社,1996.

[3]张目清.透湿性测试称重法的现状分析以及发展趋势[J].包装工程,2008,29(6):209-210