

涂料粘度的测定方法和相关标准你知道多少呢？

0 前言

粘度是涂料性能中的一个重要指标，对于涂料的储存稳定性，施工性能和成膜性能有很大影响。例如对于乳胶漆，在贮存过程中涂料的剪切应力 $\tau_0 > 10 \text{ dyn/cm}^2$ 有利于防止沉降，粘度 $15 \sim 30 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 能保证适当的沾漆量；粘度在 $2.5 \sim 5.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 保证刷涂性和很好的漆膜性能。在刷涂后如果粘度能够 $> 250 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 则能很好地控制流挂，因此测定涂料的粘度成为涂料生产和检验中的常规项目。

1 粘度的定义

粘度可以认为是液体对于流动所具有的内部阻力。动力粘度是指对液体所施加的剪切应力与速度梯度的比值，其国际单位为帕斯卡·秒($\text{Pa} \cdot \text{s}$)，习用单位为厘泊(cP)， $1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。通过比较在不同剪切速率下粘度的变化，我们可以把流体分为牛顿型流体和非牛顿型流体。在国家标准 GB/T 6753.4—1998 中将流体的流动类型分为牛顿型流动和不规则流动。牛顿型流动，当剪切应力与速度梯度比值既不随时间也不随速度梯度方式而改变时，这种材料所呈现的流动类型称为牛顿型流动，当这一比值变化很小时，机械扰动（如搅拌）对粘度的影响可忽略不计，这种材料被称为具有近似牛顿型的流动。一般清漆和低粘度色漆属于这种液体。不规则流动，当剪切应力与速度梯度比值随时间或随剪切速率而改变时，这种材料所呈现的流动类型称为不规则流动。

2 涂料粘度的测定方法

涂料粘度的测定方法很多，包括流出杯、斯托默粘度计、落球粘度计、旋转粘度计、毛细管粘度计，锥板粘度计等等。

2.1 涂料粘度测定的国家标准

2.1.1 流出杯法

流出杯是在实验室，生产车间和施工场所最容易获得的涂料粘度测量仪器。由于流量杯容积大，流出孔粗短，因此操作、清洗均较方便，且可以用于不透明的色漆。流量杯粘度计所测定的粘度为运动粘度，即为一定量的试样，在一定温度下从规定直径的孔所流出的时间，以秒表示。这是最常用的涂料粘度测定方法。因为可以在很多场合方便地使用，因此在世界各地得以广泛的应用。

在国家标准中，关于流出杯测涂料粘度的方法标准有 GB/T 1723—1993 涂料粘度测定法和 GB/T 6753.4—1988 色漆和清漆用流出杯测定流出时间。在 GB/T 1723—1993 中使用涂-1 杯和涂-4 杯，

涂-1 杯用于测定流出时间不低于 20s 的涂料产品，涂-4 杯适用于测定流出时间在 150 s 以下的涂料。比较两次测定值之差不大于平均值的 3%，取两次测定值的平均值作为测定结果。在 GB/T 6753.4—1988 中，使用尺寸相似而流出孔径分别为 3 mm，4 mm，5 mm，6 mm 的 4 种流出杯，用于测定能准确地判定自流出杯流出孔流出的液流断点的实验物料。对于流出时间超过 100 s 的实验物料，由于延迟效应，断点难以断定且重复性差。

2.1.2 旋转粘度计法

触变型涂料用流出杯法所测粘度过大，需用旋转粘度计，有旋转桨式粘度计、同轴圆桶旋转粘度计、锥形平板粘度计等。在国家标准中，旋转粘度计测涂料粘度的方法标准常用的有 GB/T 9269—1988 建筑涂料粘度的测定斯托默粘度计法和 GB/T 9751—1988 涂料在高剪切速率下粘度的测定。GB/T 9269—1988 适用于建筑涂料粘度的测定，也可以用于适宜涂料粘度的测定。它以产生 200 r/min 转速所需要的负荷表示，单位为克 (g)。也可以通过查 GB/T 9269—1988 中的表格获得与产生 200 r/min 转速所需要的负荷和克雷布斯 (Krebs) 单位 (KU) 换算。克雷布斯 (Krebs) 单位 (KU) 是产生 200 r/min 转速所需要负荷的一种对数函数，一般用来表示用于刷涂和辊涂涂料的粘度。GB/T 9751—1988 中在 5 000~20 000 s⁻¹ 的剪切速率下，测定涂料的动力学粘度，在比较各种涂料的粘度时，剪切速率应大致相同。这项标准适用于一切刷涂涂料，而不管其是否具有牛顿性质。此项标准中可以使用旋转粘度计和锥板粘度计。对于同一试验者在同一试验室中使用一台设备所取得的两次测定值之间的相对误差不应大于 5%。

表 14 种涂料粘度测定方法的比较

2.2 涂料粘度测定的国际标准

国际标准中的 ISO 2431 通过推出一系列的国际标准流出杯解决了不同国家标准中流出杯个体差异对测定结果的影响问题。世界各国使用的流量杯粘度计各有不同的名称，我国主要有涂杯粘度计、ISO 杯粘度计；美国有福特 (FORD) 杯粘度计；德国的 DIN 杯粘度计。它们都按孔径大小分不同的型号，每种型号的粘度杯都有其很好的测量范围。若低于或高于流出时间范围，则所测得的数据就不准确，因此选用流量杯测定粘度时，需要根据样品粘度情况选择合适型号的粘度计，对测得的流出时间更好在规定范围中间，并且注明使用何种型号的粘度计所测。一般涂料常选用涂-4 杯、DIN-4 杯、ISO-4 杯等粘度计来测定其粘度。而在涂料生产车间或涂装施工现场常用浸渍型粘度计，国内外多采用福特杯 (Ford Cup) 和察恩杯 (Zahn Cup)。

2.2.1 用流出杯测涂料粘度的国际标准

① ISO 2431—1993 色漆和清漆。

用流量杯测定流动时间 (使用 ISO 流出杯) 用于测试牛顿型或近似牛顿型液体的流出时间，结果以 s 表示。

② ASTM D 5125—1997

用 ISO 流量杯法测定涂料及有关材料粘度的标准试验方法 (使用 ISO 流出杯) 用于测试牛顿型或近似牛顿型液体的流出时间，结果以 s 表示。

③ ASTM D 4212—1999

浸渍型粘度杯测定粘度的试验方法，使用浸渍型粘度杯测定粘度，结果以 s 表示。

2.2.2 旋转粘度计测涂料粘度的国际标准

① ASTM D 562—2001

采用 Stormer- 型粘度计测量 Krebs 单位用的涂料粘稠度的标准试验方法。标准规定了用斯托默粘度计测定涂料粘度的方法，结果以克和克雷布斯（Krebs）单位（KU）表示。

② ASTM D 4287—2000

用锥板粘度计测定高速剪切粘度的标准试验方法。标准规定了在高速剪切条件下（12 000 s⁻¹）使用锥板粘度计测定涂料粘度的方法，结果以 mPa • s 表示。

③ ISO 2884—1—1999

涂料和清漆，用旋转粘度计测定粘度。第 1 部分：高剪切速率下使用的锥形和板式粘度计。标准规定了在高速剪切条件下使用锥板粘度计测定涂料粘度的方法，结果以 mPa • s 表示。

④ ISO 2884—2—2003

色漆和清漆，用旋转粘度计测定粘度。第 2 部分：以规定速率工作的盘式或球式粘度计。标准规定了使用盘式或球式粘度计测定涂料粘度的方法，结果以 mPa • s 表示。

3 结语

综上所述，涂料粘度的测定方法可分为两大类，即流出杯法和旋转粘度计法。在国家标准中的 4 种方法（GB/T 1723—1993 涂料粘度测定法、GB/T 6753.4—1988 色漆和清漆用流出杯测定流出时间、GB/T 9269—1988 建筑涂料粘度的测定斯托默粘度计法和 GB/T 9751—1988 涂料在高剪切速率下粘度的测定）各有其优缺点，通过这些方法所得的粘度值可以通过一定的方法互相换算，但是换算关系有些是经验公式，不能很好地反映涂料粘度，所以应该根据实际情况选择合适的方法来测定涂料粘度。