



中华人民共和国国家标准

GB/T 13217.4—2020
代替 GB/T 13217.4—2008

油墨黏度检验方法

Test method for viscosity of ink

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 13217.4—2008《液体油墨黏度检验方法》。本标准与 GB/T 13217.4—2008 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 标准名称修改为《油墨黏度检验方法》;
- 增加了锥板黏度计法(见 5.2);
- 增加了落棒黏度计法(见第 6 章);
- 增加了平行板黏度计法(见第 7 章)。

本标准由中国轻工业联合会提出。



本标准由全国油墨标准化技术委员会(SAC/TC 127)归口。

本标准起草单位:洋紫荆油墨(中山)有限公司、新东方油墨有限公司、杭华油墨股份有限公司、黄山新力油墨科技有限公司、浙江永在油墨有限公司、山西精华科工贸有限公司、上海油墨泗联化工有限公司、天津东洋油墨有限公司、北京印刷学院、中山布瑞特环保油墨有限公司、杭州海维特化工科技有限公司、南京天诗新材料科技有限公司、沈阳金太阳数码科技有限公司、成都托展新材料股份有限公司。

本标准主要起草人:王俊超、刘国文、马志强、汪健、吴敏、王重声、王清、石晶、魏先福、张丰年、许华君、于海阔、钱伟、王强。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 13217.4—1991、GB/T 13217.4—2008。

油墨黏度检验方法

1 范围

本标准规定了油墨黏度的检验方法,包括涂4号杯黏度计法、察恩杯黏度计法、同轴圆筒型旋转黏度计法、锥板黏度计法、落棒黏度计法、平行板黏度计法。

本标准适用于油墨黏度范围在 $0.001\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ~ $200\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 的油墨。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1723 涂料黏度测定法

GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样

GB/T 9751.1 色漆和清漆 用旋转黏度计测定黏度 第1部分:以高剪切速率操作的锥板黏度计

GB/T 10247 黏度测量方法

GB/T 14624.3 胶印油墨流动度检验方法

GB/T 22770 印刷技术 用落棒式黏度计测定浆状油墨和连接料的流变性

ASTM D4212 浸渍型黏度杯测定黏度的试验方法(Standard test method for viscosity by dip-type viscosity cups)

3 涂4号杯黏度计法

3.1 原理

一定量的油墨试样,在一定温度下,从规定直径的孔所流出的时间为该油墨试样黏度,用s/涂4号杯表示。

3.2 适用范围

适用于测试液体油墨。

3.3 工具与材料

3.3.1 涂4号杯黏度计:符合GB/T 1723,测量范围应小于150 s。

3.3.2 温度计:温度范围 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.3.3 量杯:200 mL。

3.3.4 擦洗溶剂:不同体系液体油墨使用同系专用溶剂。

3.4 检验条件

检验应在环境温度 $(23\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒定条件下进行。

3.5 检验步骤

3.5.1 将黏度计杯体内壁及漏嘴擦拭干净,调整支架水平螺旋,使黏度计处于水平状态。在黏度计漏嘴下放置 200 mL 量杯,秒表归零。

3.5.2 按 GB/T 3186 规定选取有代表性的待测试样,用手指堵住漏嘴孔,将搅拌均匀且调温至 $(25 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 的试样倒入黏度计杯体中,用玻璃棒将气泡和多余的试样刮入凹槽。

3.5.3 松开手指同时开启秒表,当试样流丝中断并呈现第一滴时,停止计时。此时,秒表所指示的时间即该油墨试样黏度。

3.6 试样结果

检验应平行进行两次,其测定值与两次测量平均值之差应小于 5%,则两次测试结果平均值为油墨试样黏度。

4 察恩杯黏度计法

4.1 原理

一定量的油墨试样,在一定温度下,从规定直径的孔所流出的时间为该油墨试样黏度,用 s/察恩杯号数表示。

4.2 适用范围

适用于测试液体油墨。

4.3 工具与材料

4.3.1 察恩杯黏度计:符合 ASTM D4212,测量范围应小于 80 s。

4.3.2 温度计:温度范围 $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$,分度值为 0.1°C 。

4.3.3 擦洗溶剂:不同体系液体油墨使用同系专用溶剂。

4.4 检验条件

检验应在环境温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 恒定条件下进行。

4.5 检验步骤

4.5.1 按 GB/T 3186 规定选取有代表性的待测试样,将黏度杯内壁及漏嘴擦拭干净,水平托住黏度杯,用手指堵住漏嘴孔,将搅拌均匀且调温至 $(25 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 的试样倒入黏度杯内直至与黏度杯边缘齐平为止,用玻璃棒将气泡刮去,秒表归零。

4.5.2 松开手指同时开启秒表,当试样流丝中断并呈现第一滴时,停止计时,此时,秒表所指示时间即该油墨试样黏度。

4.6 试验结果

检验应平行进行两次,其测定值与两次测量平均值之差应小于 5%,则两次测试结果平均值为油墨试样黏度。

在测试时,选择合适察恩杯杯号,以便于准确测试油墨试样黏度。

5 旋转黏度计法

5.1 同轴圆筒型旋转黏度计法

5.1.1 原理

在测试试样时通过一个经校验过的弹簧带动一个转子在流体中持续旋转,它与浸入试样的转子被黏性拖拉形成的阻力成比例,阻力越大,测试试样的黏度也越大,单位用 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 表示。

5.1.2 适用范围

适用于测试液体油墨或丝网油墨。

5.1.3 工具与材料

5.1.3.1 同轴圆筒型旋转黏度计:符合 GB/T 10247,测量范围为 $0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

5.1.3.2 温度计:温度范围 $0 \text{ }^\circ\text{C} \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$,分度值为 $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.1.3.3 擦洗溶剂:不同体系液体油墨使用同系专用溶剂。

5.1.4 检验条件

检验应在环境温度 $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 恒定条件下进行。

5.1.5 检验步骤

5.1.5.1 测定前检查仪器液池是否干净,仪器进行预热并校正仪器。

5.1.5.2 按 GB/T 3186 规定选取有代表性的待测试样,根据试样黏度选择合适转子,按操作使用说明将试样慢慢地注入液池内,注意不应太满或太浅。

5.1.5.3 开启恒温水浴以 $(25 \pm 0.2) \text{ }^\circ\text{C}$ 保温。

5.1.5.4 开动仪器开关。

5.1.5.5 经过 15 min 保温运转(挥发性液体油墨缩短至 10 min),待仪器上读数稳定时记录数据。重新测试一次,记录数据。

5.1.6 试验结果

核对两次测试结果,其测定值与两次测量平均值之差应小于 5%,则两次测试结果平均值为油墨试样黏度。

在测试时,选择合适转子或转速,以便于准确测试油墨试样黏度。

5.2 锥板黏度计法

5.2.1 原理

锥板黏度计属于旋转黏度计的一种。被测试样品处于两板之间,由于分子间摩擦力作用从而带动锥板旋转,摩擦力越大,则表明试样黏度越大。单位以 cP 表示($1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$)。

5.2.2 适用范围

适用于测试浆状油墨。

5.2.3 工具与材料

5.2.3.1 锥板黏度计:符合 GB/T 9751.1,测量范围为 $0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 200 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

5.2.3.2 温度计:温度范围 $0 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值为 $0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.3.3 擦洗溶剂:不同体系液体油墨使用同系专用溶剂。

5.2.4 检验条件

检验应在环境温度 $(23 \pm 2) \text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒定条件下进行。

5.2.5 检验步骤

5.2.5.1 测定前检查仪器是否干净,打开电源开关,进行预热和校正。

5.2.5.2 设定仪器恒温 $(25 \pm 0.2) \text{ }^{\circ}\text{C}$,并设定预热和测试时间、选用合适转子。

5.2.5.3 按 GB/T 3186 规定选取有代表性的待测试样,取少量试样置于玻璃板上,将试样搅拌均匀,搅拌均匀的试样要在 1 min 内使用,超过 1 min 需要重新搅拌均匀。

5.2.5.4 设定好检测所需间隙,根据不同转子添加不同体积的试样量,然后置于温控板上。

5.2.5.5 开始试样测试,待完成测试后机器会自动停止。

5.2.5.6 记录数据,用擦洗溶剂把仪器清洗干净。

5.2.6 试验结果

核对两次测试结果,其测定值与两次测量平均值之差应小于 5% ,则两次测试结果平均值为油墨试样黏度。

6 落棒黏度计法

6.1 原理

将落棒的底端插入孔隙,落棒与孔隙的间隙填满待测油墨,当落棒下落时,油墨将受到剪切作用,通过改变加载荷重获得不同的剪切速率,测试不同载荷的下落时间,下落时间不同,试样黏度也不同,单位用 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 表示。

6.2 适用范围

适用于测试浆状油墨。

6.3 工具与材料

6.3.1 落棒式黏度计:符合 GB/T 22770,测量范围为 $2 \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 200 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

6.3.2 温度计:温度范围 $0 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值为 $0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.4 检验条件

检验应在环境温度 $(23 \pm 2) \text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒定条件下进行。

6.5 检验步骤

6.5.1 按 GB/T 3186 规定选取有代表性的待测试样,将约 5 g 试样用调墨刀充分调匀并调至测试温度 $(25 \pm 0.2) \text{ }^{\circ}\text{C}$,试样应均匀且没有任何粗糙颗粒。加载荷重的选择应参照试样黏度,最大加载荷重一般应使下落时间在 $4 \text{ s} \sim 10 \text{ s}$ 范围内。试样的用量要足够填满落棒和圆环孔隙的间隙,且要涂抹在棒的下

部。开始测试前,旋转落棒使试样均匀分布。使用最大加载荷重进行一次测试,此时落棒和孔隙四周均被试样湿润。

6.5.2 将落棒插入圆环孔隙至支撑片,使其静止。选择一系列加载荷重进行测试,最长下落时间不超过 60 s,每次操作完后,都要用调墨刀将落棒上的试样刮下,将其重新涂在棒的下部。测试中不应添加其他液体。测试前后都应检测试样温度。

6.5.3 按照 6.5.2 操作步骤,重复进行三次测试,然后记录数据。

6.5.4 测试完成后,应立刻用不起毛的抹布和适当的溶剂将仪器清洗干净。

6.6 计算方法

6.6.1 剪切应力

剪切应力为作用于单位面积、且与作用面平行的力,单位为 Pa。

对于落棒黏度计,剪切应力与棒和所加载荷的总量成正比,按式(1)计算:

$$\sigma = \frac{W}{A} = \frac{mg}{2\pi rl} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- σ —— 剪切应力,单位为帕(Pa);
- W —— 棒和所加载荷的总重量,单位为牛顿(N);
- A —— 表观剪切面积,单位为平方米(m²);
- m —— 棒和所加载荷的总质量,单位为千克(kg);
- g —— 重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s²);
- r —— 棒的半径,单位为米(m);
- l —— 圆环孔隙的有效长度,单位为米(m)。

注:落棒黏度计的剪切孔深通常包括锥形孔深和圆孔深。但是,A 不是实际的剪切面积,而是表观剪切面积。

6.6.2 剪切速率

流体发生层流时,各液层的速度梯度,单位为 s⁻¹。

对于落棒黏度计,剪切速率按式(2)计算:

$$\gamma = \frac{L}{r \cdot \ln(R/r) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- γ —— 剪切速率,单位为每秒(s⁻¹);
- L —— 落棒下落距离(计时起始点和终止点间的距离),单位为米(m);
- r —— 棒的半径,单位为米(m);
- R —— 圆环孔隙半径,单位为米(m);
- t —— 下落时间(计时起始点和终止点间的时间),单位为秒(s)。

当落棒半径与孔隙半径之比固定不变时,式(2)可简化为式(3):

$$\gamma = \frac{L}{st} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- γ —— 剪切速率,单位为每秒(s⁻¹);
- L —— 落棒下落距离(计时起始点和终止点间的距离),单位为米(m);
- s —— 孔隙半径与落棒半径之差,即附着在落棒表面的油墨厚度,单位为米(m);
- t —— 下落时间(计时起始点和终止点间的时间),单位为秒(s)。

6.6.3 黏度

流体发生流动时的内摩擦阻力。黏度通常定义为剪切应力(6.6.1)与剪切速率(6.6.2)的比值,按式(4)计算:

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

η ——黏度,单位为帕秒(Pa·s);

σ ——剪切应力,单位为帕(Pa);

γ ——剪切速率,单位为每秒(s^{-1})。

由式(1)、式(3)、式(4)得出黏度计算式(5):

$$\eta = \frac{mg}{2\pi rl} \times \frac{st}{L} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

η ——黏度,单位为帕秒(Pa·s);

m ——棒和所加载荷的总质量,单位为千克(kg);

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);

s ——孔隙半径与落棒半径之差,即附着在落棒表面的油墨厚度,单位为米(m);

t ——下落时间(计时起始点和终止点间的时间),单位为秒(s);

r ——棒的半径,单位为米(m);

l ——圆环孔隙的有效长度,单位为米(m);

L ——落棒下落距离(计时起始点和终止点间的距离),单位为米(m)。

6.7 试验结果

按式(5)计算出油墨试样黏度,三次测试结果相对偏差应小于20%,则三次测试结果的平均值为油墨试样黏度。

7 平行板黏度计法

7.1 原理

平行板黏度计可在低剪切力下测试出油墨试样在两块平行板之间的流动状况。油墨试样在铺展过程中,平板与油墨试样间的剪切应力 σ 与平行黏度计上板的自重 P 和墨柱在给定时间 t 的铺展半径 r 有关;而相应油墨试样的剪切速率 γ 则与油墨试样在给定时间 t 的铺展半径 r 和 r 对应的时间变化率 $dr/dt(SL)$ 有关。 σ 、 γ 可用来计算油墨试样的黏度 η_a 。

7.2 适用范围

适用于测试浆状油墨。



7.3 工具与材料

7.3.1 平行板黏度计:符合 GB/T 14624.3,测量范围为 0.001 Pa·s~200 Pa·s。

7.3.2 温度计:温度范围 0℃~50℃,分度值为 0.1℃。

7.3.3 擦洗溶剂:不同体系液体油墨使用同系专用溶剂。

7.4 检验条件

检验应在温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 恒定条件下进行。

7.5 检验步骤

7.5.1 测试前检查仪器是否干净,并进行调平,使仪器处于水平状态。

7.5.2 移开上压平行板,将两侧落柱升起。

7.5.3 开启恒温水浴以 $(25 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 保温。

7.5.4 按 GB/T 3186 规定选取有代表性的待测试样,取一定量试样,充分搅拌均匀,确保试样温度为 $(25 \pm 0.2)^\circ\text{C}$,然后将吸墨池活塞拉下,将搅拌均匀后的试样填满吸墨池,要注意确保无气泡,用玻璃棒刮掉多余试样,保持试样与平板水平。

7.5.5 将上压平行板重新放在支杆上,上推活塞使上压平行板自由下落,并同时开启秒表。

7.5.6 读取 10 s、60 s、100 s 时油墨受上平行板压力向四周铺展的直径(以毫米表示)。

7.5.7 测试完毕用擦洗溶剂清洗干净仪器。

7.6 计算方法

7.6.1 油墨特性线的斜率按式(6)计算:

$$SL = d_{100} - d_{10} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

SL ——油墨特性线的斜率,单位为毫米(mm);

d_{100} ——100 s 时油墨的铺展直径,单位为毫米(mm);

d_{10} ——10 s 时油墨的铺展直径,单位为毫米(mm)。

7.6.2 剪切应力按式(7)计算:

$$\sigma = \frac{2PV}{\pi^2 r^5} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

σ ——剪切应力,单位为帕(Pa);

P ——平行板黏度计上板重量,单位为牛顿(N);

V ——活塞筒容积,单位为立方米(m^3);

r ——在时间 t 时的铺展半径,单位为毫米(mm)。

7.6.3 剪切速率按式(8)计算:

$$\gamma = \frac{6\pi r^2}{V} \cdot \frac{dr}{dt} = \frac{6\pi r^2}{V} \cdot \frac{0.4343 \cdot SL}{t} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

γ ——剪切速率,单位为每秒(s^{-1});

r ——在时间 t 时的铺展半径,单位为毫米(mm);

SL ——油墨特性线的斜率,单位为毫米(mm);

V ——活塞筒容积,单位为立方米(m^3);

t ——测定的时间,单位为秒(s)。

7.6.4 黏度按式(9)计算:

$$\eta_s = \frac{\sigma}{\gamma} = \left(\frac{2PV}{\pi^2 r^5} \right) / \left(\frac{6\pi r^2}{V} \cdot \frac{0.4343 \cdot SL}{t} \right) = 0.7675 \frac{PV^2 \cdot t}{\pi^3 r^7 \cdot SL} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

η_a ——黏度,单位为帕秒(Pa·s);

P ——平行板黏度计上板重量,单位为牛顿(N);

V ——活塞筒容积,单位为立方米(m^3);

t ——测定的时间,单位为秒(s);

r ——在时间 t 时的铺展半径,单位为毫米(mm);

SL ——油墨特性线的斜率,单位为毫米(mm)。

测试时,通常取 $P=1.127\text{ N}$, $V=0.5\times 10^{-6}\text{ m}^3$, $\pi=3.14$,代入式(9)可计算出结果。另外,在计算时注意把斜率和铺展半径的单位由毫米(mm)换算成米(m)后,才可代入公式计算。

7.7 试验结果

核对两次测试结果,其测定值与两次测量平均值之差应小于5%,则两次测试结果平均值为油墨试样黏度。