

标准号：D445-01

## 透明与不透明液体运动粘度的测试方法 （动态粘度的计算）

### 1. 适用范围

1.1 本方法给出了测定一定体积透明与不透明的液体石油产品在重力作用下通过标定好的毛细管粘度计的时间来确定其动态粘度  $\nu$  的测定步骤。动力粘度  $\eta$  可由液体的动态粘度  $\nu$ 、密度  $\rho$  的乘积来确定。

注 1：运动粘度和沥青粘度的计算也可参见测定方法 D2170, D2171

1.2 本方法的测定结果决定于样品的流动行为，主要适用于剪切力与剪切速度成比例的液体（即牛顿流体）。但是，如果粘度随剪切速度有显著的变化，则不同的毛细管粘度计直径，可能得到不同的测定结果。在某些条件下表现为非牛顿体的剩余燃料油的测定步骤及精度也被包含在方法中。

1.3 本方法可测动态粘度范围包括在所有温度下（见 6.3 与 6.4）从  $0.2\text{mm}^2/\text{s}$  到  $300\,000\text{mm}^2/\text{s}$ （见表 A1.1）的粘度值。在本方法中只测定了精密度章节的脚注中所指定的材料、运动粘度范围和温度的精密度。

1.4 用国际单位制表述的数值将被视为标准。

1.5 本标准并未对相关的所有的安全问题都提出建议。因此，在使用本标准之前应建立相应的安全和健康防护措施并制定出相关制度及适用范围。

### 2. 参考文献

#### 2.1 ASTM 标准：

D446 玻璃毛细管运动粘度计的规格和使用说明

D1193 试剂水的规格

D1217 用 **Bingham** 比重瓶测定液体密度和相对密度（比重）的标准方法

D1480 用 **Bingham** 比重瓶测定粘性材料密度和相对密度（比重）的标准方法

D1481 用 **Lipkin Bicapillary** 比重瓶测定粘性材料密度和相对密度（比重）的标准方法

D2170 测沥青运动粘度的标准方法（沥青）

D2171 用真空毛细管粘度计测沥青粘度的标准方法

D6074 烃类润滑原油的特性指导

E1ASTM 中温度计的规格

E77 温度计的检验与确认测定方法

#### 2.2 ISO 标准：

ISO 指导 25：对校准和测试实验室的基本要求

ISO3104 石油产品：透明与不透明液体：运动粘度的测定和动力粘度的计算

ISO 3105 玻璃毛细管运动粘度计：规格与使用说明

ISO 3696 分析实验室的使用水：规格与测定方法

ISO 9000 质量管理与质量保证标准：选择与使用指导

### 3. 术语

3.1 本标准的术语定义分类如下：

3.1.1 自动粘度计，**n**：在 10 或 11 中描述了，在不改变测定原理或基本人工仪器测定技术的情况下，全部或部分地实现程序的自动化的装置。尺度、配置与操作特性等仪器的基本部件不变。自动操作仪器所测的结果不要求进行修正就可以带入手动操作中相互应用。仪器的精

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

密度等于或高于人工操作的精密度（相对比较稳定）。

3.1.1.1 讨论：自动粘度计可以模仿测定方法中的某些步骤，从而可以减少或排除人工操作时的干预。通过物理技术测定运动粘度的仪器与本试验中所用的仪器不同。它们不被视为自动粘度计。

3.1.2 密度， $n$ ：单位体积的物质在给定温度下的质量。

3.1.3 动态粘度， $n$ ：液体合适的剪切力与剪切速率的比。

3.1.3.1 讨论：通常叫做动态粘度系数，或简称粘度。因此动态粘度是流动阻力或液体形变阻力的量度。

3.1.3.2 讨论：术语动态粘度也可应用于其他内容，用以表示频率，根据不同的质量，剪切力与剪切速度在此有正弦关系的。

3.1.4 运动粘度， $n$ ：重力作用下的流体阻力。

3.1.4.1 讨论：在给定的液压压头的重力流动中，流体的压位差与其密度  $\rho$  成比例。对于任何特定的粘度计，给定体积的流体的流动时间与其运动粘度  $\nu$  成比例，为  $\nu = \eta / \rho$ ，其中  $\eta$  为动态粘度系数。

### 4. 试验方法概要

4.1 用可重复使用的驱动头，驱动一定体积的流体使其在重力作用下，流过已校准的毛细管粘度计，严格控制其给定的温度，测定流经时间。运动粘度是由测定的流动时间和粘度计的校准常数的乘积得到的。

### 5. 用途及重要性

5.1 许多石油产品和一些非石油材料被用做润滑剂。仪器的正确操作依赖于所使用的流体粘度是否合适。另外，许多石油燃料的粘度对其合理储藏、处理和试验条件的确定有重要意义。因此，精确测定其粘度对于许多产品的规格来说是必须的。

### 6. 仪器设备

6.1 粘度计：只能使用经校准的玻璃毛细管粘度计。尽可能测定在精密度一章中有规定精密度范围的运动粘度。

6.1.1 粘度计列于表 A1.1。它们的规格合乎规格 D446 与 ISO 3105 的规格。不要把测定方法限制在只能使用表 A1.1 所列的仪器的范围之内。附录 A1 给出了更深入的指导。

6.1.2 自动粘度计：自动仪器可以被用于模仿人工操作时的物理条件，操作及其步骤合并入自动操作装置中的粘度计、测温装置、温度控制装置、控温水浴、计时装置等都要与本方法中 6 规定的单独件的规格一致。自动仪器要能够测定 8.2.1 中所述的已鉴定的参比材料。

6.2 粘度计固定装置要使所有粘度计在各个方向上观察都是上凹液面悬在下凹液面正上方  $1^\circ$  以内。而所有的粘度计本省从各个方向上观察都是上上凹液面悬在下凹液面正上方  $0.3^\circ$  以内（参见规定 D446 及 ISO3105）。

6.2.1 粘度计在恒温水浴上的安装应与在鉴定证书中规定的校准和操作方式一致。参见规定 D446, 参见附件 A1, A2, A3 中的操作说明。这些有 L 管的粘度计必须垂直固定，竖向定线被确定可使用以下几种方法：1. 一个可是 L 管垂直的固定架；2 被设计安装在 L 管上的水平液泡；3. 悬在 L 管中间的铅垂线；4. 其他恒温水浴中内在的固定方式。

6.3 控温水浴：在测定过程中，用足够深度的透明液体浴，将装有样品的粘度计全部浸入水浴中。测定过程中保证粘度计中的样品始终在水浴中液面至少 20mm 以下，同时距水浴底至少 20mm。

6.3.1 温度控制：每组流动时间的测定，水浴中流体的温度应控制在  $15^\circ\text{C}$  到  $100^\circ\text{C}$  之间。恒

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

温浴中在沿着粘度计方向上的温度，两个粘度计之间的温度，或水浴本身的温度计的温度与设定的温度差不超过  $0.02^{\circ}\text{C}$ 。对于超出这个范围的温度，其与所需温度的偏差不能超过  $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 。

6.4 在  $0^{\circ}\text{C}$  至  $100^{\circ}\text{C}$  的温度测定装置：可以使用校准过的偏差在  $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$  的液体-玻璃管温度计（附录 A2），或其它有相同甚至更高精确度的测温装置。

6.4.1 如果使用校准过的液体-玻璃管温度计，建议使用两个温度计。两个温度计的偏差将在  $0.04^{\circ}\text{C}$  的范围以内。

6.4.2 在  $0^{\circ}\text{C}$  至  $100^{\circ}\text{C}$  的温度范围之外，可以使用经校准后精确度偏差在  $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$  或更好的液体-玻璃管温度计，或者是使用其它更高精确度的温度测定装置。当一个水浴中使用两个温度测定装置时，它们的偏差应在  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  的范围之内。

6.4.3 当使用液体-玻璃管温度计时，如表 A2.2 所列，使用放大装置来读数，读到刻度的  $1/5$ （例如， $0.01^{\circ}\text{C}$  或  $0.02^{\circ}\text{F}$ ）以保证要求的测定温度与温度控制能力相符（见 9.1）。建议定期记录温度计读数（以及温度计校正书上的修正值）用以证明温度计与方法要求的温度计符合。这些数据很有用，特别是在与精确度和精密度相关的原因调查中。

6.5 计时装置：可以使用任何能精确到  $0.1\text{s}$  或者更精确时间，且测定间隔在  $200\text{s}$  到  $900\text{s}$  范围内时读数精确度在  $\pm 0.07\%$ （见附录 A3）的计时装置。

6.5.1 如果电流频率控制在精确度  $0.05\%$  或者更高，可以使用电子计时装置。作为公共电力系统提供的交流电，一般周期性控制多于持续控制。因此在开启电子计时器时，这样的控制会在动态粘度流动时间的测定上产生大的错误。

## 7. 试剂和材料

7.1 铬酸洗液或不含三价铬的强氧化性酸洗液。（注意：铬酸对健康有害。它有毒，是致癌物质，有很强的腐蚀性，而且与有机物接触很危险。如果使用铬酸，戴好防护面具和足够长的防护服，包括合适的防护手套。避免吸入铬酸蒸气。由于使用后的铬酸也有毒性，要小心处理使用过的铬酸。不含三价铬的强氧化性酸洗液也有很强的腐蚀性，而且与有机物接触也很危险。但是由于这种洗液不含铬，因此有其特殊的处理方法。）

7.2 样品溶剂，与样品完全相溶。使用前要过滤。

7.2.1 对于大多数样品来说，挥发性汽油或石脑油即可。对于剩余燃料，可能需要用芳香族溶剂如甲苯或二甲苯预先洗涤以除去沥青物质。

7.3 干燥剂，易与样品溶剂（见 7.2）和水（见 7.4）混合的挥发性干燥剂。使用之前要过滤。

7.3.1 丙酮即可。

7.4 水，去离子水或蒸馏水，并且要达到规格 D1193 或 ISO 3696 中三级水的标准。使用之前要过滤。

## 8. 校准与修订

8.1 粘度计：只能使用第 6 章所述校准过的粘度计、温度计和计时器。

8.2 经鉴定的粘度参考标准（表 A1.2）：这些用作实验室操作步骤的验证。

8.2.1 如果测定得出的动态粘度不在校正值  $\pm 0.35\%$  的误差范围之内，重新检查操作中的每一步，包括温度计与粘度计的校准，以定位错误来源。附录 A1 给出了详细地执行标准。

8.2.2 最常见的错误是由于灰尘颗粒留在毛细管孔内以及温度测定错误。我们必须明确的是：从标准油中获得的正确测定结果也不排除有各种错误的可能性。只不过这些错误正好相互抵消了。

8.3 校准常数  $C$  由校准所在地的重力加速度决定。因此，必须提供标准化实验室与稳定仪器。当所测的重力加速度  $g$  与标准实验室的重力加速度的差别超过  $0.1\%$  时，按如下方式进行校

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

正：

$$C_2=(g_2/g_1) \cdot C_1 \quad (1)$$

下标 1、2 分别表示标准化实验室和测定实验室。

### 9. 测定运动粘度的主要步骤

9.1 调节粘度计恒温浴的到所要求的温度并维持，这个温度要在 6.3.1 给出的范围之内。这个范围考虑了附录 A2 中给定的条件以及温度计修校正书上给出的修正值。

9.1.1 温度计垂直放置，且必须放置在与其校正时相同的浸没环境中。

9.1.2 为了得到最可靠的温度测定数据，建议使用校准有效的两个温度计（见 6.4）。

9.1.3 应使用约五倍的放大镜观察，以消除视觉误差。

9.2 选用洁净、干燥并且经校准的量程足够的粘度计（也就是说，有足够粗的毛细管径一是应比较粘的液体，和比较细的管径以适应流动性较好的液体。）流动时间不应少于 200s 或在 D446 中所列的更长的时间规定。

9.2.1 试验的具体细节根据表 A1.1 中所列的粘度计类型的不同而不同。规格 D446 给出了不同粘度计的使用说明。

9.2.2 当测试温度低于露点时，粘度计按 10.1 中所述要求填充样品。为了保证蒸汽不在器壁上浓缩或结冰，将测试部分放入工作的毛细管和计时的球形管中，塞上橡胶塞，使测试的部分固定在适当的位置。将粘度计插入恒温浴中。插入之后，等粘度计的温度达到恒温浴的温度，取下橡胶塞。当进行手动粘度测定时，为了控制样品的温度，不要使用不能从恒温浴中取出来的粘度计。

9.2.2.1 允许在粘度计开口端松松的安装干燥管，但不是必需的。如果使用，干燥管的规格应与粘度计的设计相符合，且不能因为装置产生的压力影响样品的流动。

9.2.3 用于测定硅树脂流体、炭氟化合物以及其它难于用清洗剂清除的流体的粘度计，除校准时使用其他液体外，都是仅供一种液体固定使用的。这样的粘度计要定期进行校准。清洗这些粘度计的清洗液不能用来清洗其他粘度计。

### 10. 测定透明流体的主要步骤

10.1 根据仪器设计中要求的方式填充样品。这个填装样品的操作必须与仪器在校准时的填装方式一致。如果样品含有固体颗粒，在填装时用（75）滤网过滤（见规格 D446）。如果认为或已知样品中含有纤维或固体颗粒，在填装之前或填装时用 75 $\mu$ m 滤网过滤（见规格 D446）。

注 2：为了消除可能存在的穿过过滤聚集而成的颗粒，建议过滤与填装之间的时间间隔保持在最小。

10.1.1 总之，测定透明流体粘度的粘度计型号列于表 A1.1，A 和 B。

10.1.2 对一些呈现凝胶状态的产品，应该在足够使这些材料自由流动的温度下仔细操作，测其时间，从而得到通过不同直径的粘度计的几组相近值。

10.1.3 让填装的粘度计留在恒温浴中足够的时间，使其达到测定温度。当于恒温浴中同时放置了几个粘度计时，不得在其它粘度计正在测定流动时间时加入或取出其它的粘度计。

10.1.4 由于这个时间根据不同仪器，不同温度，不同粘度计而变化，因此需要根据实验建立安全的平衡时间。

10.1.4.1 除了极高粘度的样品，30min 的时间足够测定。

10.1.5 当样品达到平衡温度时，调节样品体积，使之达到设计的刻度。

10.2 若在粘度计操作说明中未标出其它特定值，用吸（如果样品不含挥发性成分）或压的方式来调节样品柱头，使它在毛细管中的位置在第一次测时标记的上方 7mm 处。随着样品的自由流动，测定流动时间，精确到 0.1s。要求样品的凹液面通过第一次和第二测时标记。如

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

果流动时间小于规定的最小值（见 9.2），选择更小直径的粘度计进行重复测定。

10.2.1 重复 10.2 所述流程，记录第二个流动时间的数据。将两次的测定结果都记录下来。

10.2.2 如果对于产品来说，两次由流动时间计算出来的动态粘度与精确度中的数据（见 16.1）相符合，计算两次测定的平均值，并计算出结果，出报告，并记录结果。如果动态粘度的测定结果与精确度中要求的数据不相符，在彻底清洗和干燥粘度计，过滤样品之后（见 10.4 要求）重复测定流动时间。如果材料或温度，或两者，不在表 16.1 所列之内，对于温度在 15℃到 100℃的范围内的样品，用精确度所要求的值的 0.20%估算，如果温度超出这个范围，用精确度所要求的值的 0.35%。

### 11. 测定不透明液体的主要流程

11.1 对于蒸汽精制汽缸油与黑润滑油，进行 11.3 的操作，保证使用完全有代表性的样品。剩余燃料油与类似石蜡产品的动态粘度受到前处理步骤中残余热量的影响，以 11.1.1-11.2.2 的步骤操作，可以减小这种影响。

11.1.1 总之，测定不透明流体的粘度计属于回流型粘度计，如表 A1.1C 所列。

11.1.2 将盛有样品的原容器放在烘箱中加热 1 小时，到  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

11.1.3 用可接触容器底部长度的玻璃棒充分搅拌样品，直到没有沉淀或石蜡粘在棒上。

11.1.4 再次盖紧容器盖，剧烈振荡 1min 使充分混匀。

11.1.4.1 对于含蜡或油的运动黏度高的样品可能需要将温度升至  $60^\circ\text{C}$  以上，来使样品混匀。样品应该有足够的流动性，使它易于搅拌和振荡。

11.2 做完 11.1.4 之后，向 100mL 玻璃烧瓶中倒入足够装两个粘度计的样品的量，轻加瓶塞。

11.2.1 将烧瓶浸入沸水浴 30min（注意：不透明流体中含水量高时，其中水分加热到高温时会暴沸。因此，操作要小心）。11.2.2 将烧瓶从水浴中取出，塞紧瓶塞，摇动 60s。

11.3 按仪器设计的要求填装两个毛细管粘度计。例如：测不透明液体的十字臂粘度计或 BS U 型管粘度计，在放入恒温浴之前，将样品通过一个  $75\mu\text{m}$  的滤网过滤入粘度计中。

11.3.1 填装完样品的粘度计在被放入恒温浴之前，要先于装样之前将样品在烘箱中预热，这样可以保证样品不会被冷却到测试温度以下。

11.3.2 放入恒温浴 10 分钟后，调整样品体积（根据粘度计设计要求），使其与粘度计规格（参见规则 D446）中灌注记号一致。

11.3.3 让填充完样品的粘度计在恒温浴中放置足够长的时间以达到测定的温度（11.3.1）

当一个恒温浴被用来放置多个粘度计时，在任何一个粘度计测定流动时间的过程中，一定不要在恒温浴中添加或取出粘度计。

11.4 当样品自由流动时，用秒表测定时间，精确到 0.1 秒。计时要求从凹液面接触到第一个计时标记处到达第二个计时标记处。记录数据。

11.4.1 在样品需要如 11.1 中所述的加热处理时，按 11.2.1 的处理步骤操作，并在 1 小时内完成 11.2.2 的流动时间的测定，记录测得的流动时间。

11.5 根据每次测的时间计算动态粘度  $\nu$ ，单位  $\text{mm}^2/\text{s}$

11.5.1 对于剩余燃料油，如果两次测定的动态粘度值在精确度规定的范围内，用这两个值的平均值计算结果，给出报告，并记录结果。如果计算出的动态粘度值部在要求的范围内，彻底清洗并干燥粘度计后，过滤样品，并重新测定流动时间。如果材料或温度，或两者，不在表 16.1 所列之内，对于温度在  $15^\circ\text{C}$ 到  $100^\circ\text{C}$ 的范围内的样品，用精确度所要求的值的 0.20%估算，如果温度超出这个范围，用精确度所要求的值的 0.35%。

### 12. 粘度计的清洗

12.1 在动态粘度的连续测定中，每次测定后，粘度计要用相同试剂清洗几次，然后用干燥剂

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

清洗（见 7.3）。将被过滤的干燥空气缓慢通过粘度计来干燥其管道 2min，或直到清洗剂挥发完全。

12.2 定期用清洗液清洗粘度计（注意事项，见 7.3）几个小时以消除有机沉淀的残留痕迹。再用清水（见 7.4）和干燥剂（见 7.3）彻底清洗，之后使通过干燥空气或真空管。在使用酸性清洗液之前，尤其是怀疑有钡盐存在时，要用盐酸处理液去除所有的无机沉淀物。（注意：碱性清洗液的使用可导致粘度计的校准值发生变化）

### 13. 计算

13.11 通过测得的流动时间  $t$ ，和粘度计常数  $C$ ，用下面的公式计算动态粘度：

式中：

$$v = C \cdot t \quad (2)$$

$v$  = 运动粘度  $\text{mm}^2/\text{s}$

$t$  = 平均流动时间  $\text{s}$

$C$  = 粘度计校准常数  $(\text{mm}^2/\text{s}) \text{s}$

13.2 通过如下方程由已计算出来的动态粘度  $v$ ，密度  $\rho$ ，来计算动力粘度  $\eta$ ：

$$\eta = v \cdot \rho \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

式中：

$\eta$  = 动态粘度  $\text{mPa} \cdot \text{s}$

$\rho$  = 测定运动粘度时相同温度下的密度  $\text{kg}/\text{m}^3$

$v$  = 运动粘度  $\text{mm}^2/\text{s}$

13.2.1 样品的密度可用适当的方法（如测定方法 D1217, D1480 或 D1481）在与测定运动粘度相同的温度下测得。

### 14. 结果表述

14.1 报告主要涉及运动粘度或动态粘度，或两者，取四个有效数字。并且给出测定的温度值。

### 15. 报告

15.1 报告中应包含如下信息：

15.1.1 所测定产品的类别和标识

15.1.2 列出所涉及的参考文件和有关的国际标准

15.1.3 测定结果（见第 14 部分）

15.1.4 不管是否双方同意，所有的流程上的变动都必须在报告中说明

15.1.5 测定日期

15.1.6 实验室的名称和地址

### 16. 精密度及偏差

16.1 可确定性(d)：一系列由同一实验室的同一操作者使用相同的仪器持续所作的操作，最后得到的一个结果，在正常测定方法、正确的使用条件下，只有 1/20 的几率超出下列值的范围。

16.2 重复性 (r) ——由同一实验人员在同一实验室，用同种仪器在不变的操作条件下，用该方法测试同种物质，长时间通过对比试验，差值只有 1/20 的超过了下述数值。

16.3 重现性 (R) ——由不同实验人员在不同实验室，用同种仪器在不变的操作条件下，用该方法测试同种物质，长时间通过对比试验，差值只有 1/20 的超过了下述数值。

16.4 没有测定废油的精度，但预期应比合成油低。由于废油具有很强的变化性，所以测不

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

出废油的精度。

16.5 没有确定自动粘度计的精度，但是分析了温度介于 40~100℃范围的自动与手动粘度计的大量数据。自动粘度计的数据的重现性和手动粘度计数据的重现性没有显著的差异，这也表明与手动粘度数据和自动粘度数据没有偏差。

### 17. 关键词

17.1 运动粘度，动态粘度，粘度计，粘度

## 附件

（强制信息）

### A1. 粘度计类型，校准与核对

#### A1.1 粘度计类型

A1.1.1 表 A1.1 列出了在石油产品粘度测定普遍使用的毛细管粘度计。对于具体操作说明，见 D446。

#### A1.2 校准

A1.2.1 按照国家标准校准标准粘度计、校准工作标准粘度计。用于分析的粘度计，应该按工作标准粘度计或校准粘度计校准后使用，或按 D446 或 ISO3105 条款操作，粘度计常数精确至数据的 0.1%。

#### A1.3 核对

A1.3.1 粘度计常数应按 A1.2 步骤核对，或采用方便的方法，用已知粘度的油来检验。

A1.3.2 这些油能用来确认实验室操作程序，如果测量结果没有在认证值的±0.35%之内，应重新检查温度计，计时器，粘度计的校准等操作步骤，找出误差原因。应该认识到从被鉴定的油样中得到的正确的结果并不排除可能的误差源相抵衡结合的可能性。

A1.3.2.1 一系列标准油样的粘度已经商业化了，每一油样均有经多次测试得到的鉴定值。表 1.2 给出了油样的标准范围，同时还有在一系列温度下的大致粘度。

### A2 动态粘度测试用粘度计

#### A2.1 短量程专用温度计

A2.1.1 使用符合表 A2.1，A2.2 和图 A2.1 设计之一的一般特定化的短量程专用温度计。

A2.1.2 这些设计的不同在于冰点刻度的位置。设计 A 的冰点在刻度范围内，设计 B 冰点在刻度范围以下，设计 C 冰点在刻度范围以上。

#### A2.2 校准

A2.2.1 使用校正后精度为 0.02℃或更高的玻管液体温度计，按 ISO9000 或 ISO25 要求校正，并应具有证书证明校准可追溯到国家标准。或可以使用铂电阻温度计，具有相同或更高的精度，具有相同要求的证书。

A2.2.2 在储存和使用过程中，玻管液体温度计的校正刻度会变化，所以需要定期重新校正。

## 标准号：D445-01 透明与不透明液体运动粘度的测试方法（动态粘度的计算）

在实验室中，可以通过重新校准冰点而方便的解决问题，因冰点的改变其它各主刻度均发生相应的变化。

A2.2.2.1 建议冰点检验的时间间隔不要超过六个月，对于新温度计，建议头六个月中每个月检查一次。除非自从最后一次全校正后冰点变化累计至一个刻度值或自从最后一次全校正后已经过了五年，没有必要为满足精度而做一个完整全新的校准。

A2.2.2.2 其他温度计设备，如果使用，需要做定期的校准并保留记录。

### A2.2.3 玻管液体温度计冰点校准步骤

A2.2.3.1 除非在校准证书上另有说明，对于已校准的动态粘度温度计的重新校准应在测试温度下保持至少 3 分钟后，于 60 分钟内读数。

A2.2.3.2 选择干净的冰块，最好从蒸馏水或纯净水中获得。去除浑浊部分与杂质。用蒸馏水清洗冰片并切成或压碎成小冰片，不要用手或不洁的化学物质直接与冰接触。向杜瓦瓶中加入冰水混合物生成冰膏，注意最大加水量不得使浮冰漂起。冰溶化时，出去一些水，再加入些压碎的冰块，插入温度计，轻轻将冰包裹在温度计杆上，深度大约在 0℃ 刻度以下。

A2.2.3.3 至少在 3 分钟后，按照与轴向垂直的方向轻轻地，反复地敲打温度计并观察并记录数据。每隔 1 分钟的连续读数，差值应在 0.005℃ 之内。

A2.2.3.4 记录冰点的读数并根据平均值确定此温度的温度计校正值。若发现校正值和上次相比偏高或偏低，根据相同数值改变其他温度校正值。

A2.2.3.5 操作过程中，遵守如下条件

(a) 温度计应垂直插入

(b) 用约放大倍数为 5 倍的光学仪器记数，同时避免视差。

(c) 冰点读数精确至 0.005℃

A2.2.4 当完全校准时，将温度计装置浸入相同的深度。例如，当玻管液体温度计在通常全浸入条件下校准时，应将水银柱部分全部浸入，剩余部分和顶端空余体积部分置于室温和常压下。实际操作中，这意味着水银柱上端应在等价于被测温度介质表面四个刻度的范围内。

A2.2.4.1 若该条件不能满足，有必要多做一次校正。

## A3 计时器精度

A3.1 为精确起见，定期测定计时器并保存这些记录。

A3.1.1 国家标准与科技局会播放时间信号，这是一个方便且基本的校准计时设备的标准，以下时间可精确至 0.1 秒。

A3.1.1 从收音机和电话 303-499-7111 可获得时间信息，也可从国家标准与科技局获得。