中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2099—2024

光学接触角测量仪校准规范

Calibration Specification for Optical Contact Angle Measuring Instruments

宜器服务网 YIQIFUWU.COM

2024-02-07 发布　　2024-08-07 实施

国家市场监督管理总局 发布

光学接触角测量仪校准规范

Calibration Specification for Optical Contact Angle Measuring Instruments

JJF 2099—2024

归 口 单 位：全国新材料与纳米计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

江苏省计量科学研究院

参加起草单位：广州市计量检测技术研究院

苏州市计量测试院

陕西省计量科学研究院

国家纳米科学中心

本规范委托全国新材料与纳米计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王　海（中国计量科学研究院）

王梅玲（中国计量科学研究院）

秦　洁（江苏省计量科学研究院）

参加起草人：

杨昭信（广州市计量检测技术研究院）

王云祥（苏州市计量测试院）

于得水（陕西省计量科学研究院）

徐　鹏（国家纳米科学中心）

宜器服务网 YIQIFUWU.COM

目　　录

引言 ……（Ⅱ）
1　范围……（1）
2　引用文件……（1）
3　术语和定义……（1）
4　概述……（1）
5　计量特性……（2）
6　校准条件……（2）
7　校准项目和校准方法……（2）
8　校准结果表达……（3）
9　复校时间间隔……（3）
附录 A　校准原始记录参考格式 ……（4）
附录 B　校准证书内页参考格式 ……（5）
附录 C　接触角示值误差测量结果的不确定度评定示例 ……（6）

宜器服务网 YIQIFUWU.COM

引　　言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1094《测量仪器特性评定》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范在制定过程中参考了 GB/T 30447—2013《纳米薄膜接触角测量方法》的相关内容。

本规范为首次发布。

宜器服务网 YIQIFUWU.COM

光学接触角测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于光学接触角测量仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

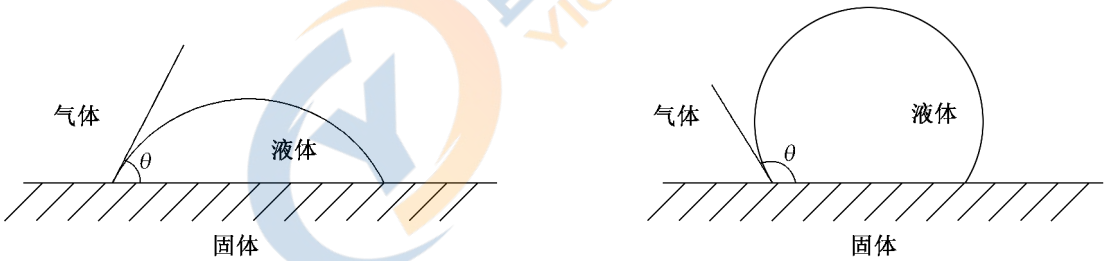
3 术语和定义

JJF 1001、JJF 1059.1 和 JJF 1094 界定的及下列术语和定义适用于本规范。

3.1 接触角 contact angle

气、液、固三相交界处的气-液界面的切线与固液交界线之间的夹角 θ（见图 1）。

注：接触角分为静态接触角和动态接触角，本规范中接触角均指静态接触角。



a）$\theta<90°$　　b）$\theta>90°$

图 1 接触角示意图

3.2 座滴 sessile drop

位于固体表面上表面的液滴。

4 概述

光学接触角测量仪，也称光学成像式或影像式接触角测量仪，是测量液体对固体材料接触角的仪器，主要用于表征液体对固体材料表面的润湿性能，其工作原理为将液滴滴于样品表面，形成座滴，通过光学成像获取座滴的图像，利用计算机软件，通过数学模型（如圆、椭圆、杨-拉普拉斯方程等）拟合出座滴图像的轮廓并得到接触角。

光学接触角测量仪（以下简称“接触角仪”）主要由光源、液滴进样单元、样品台、图像采集单元、图像分析单元等部分组成，图 2 为接触角仪结构示意图。光源可以是白炽灯或者光纤类型的灯，其产生的热量不能影响试样或液滴。图像采集单元通常是

显微镜或者照相机。图像分析单元由计算机、分析软件组成。

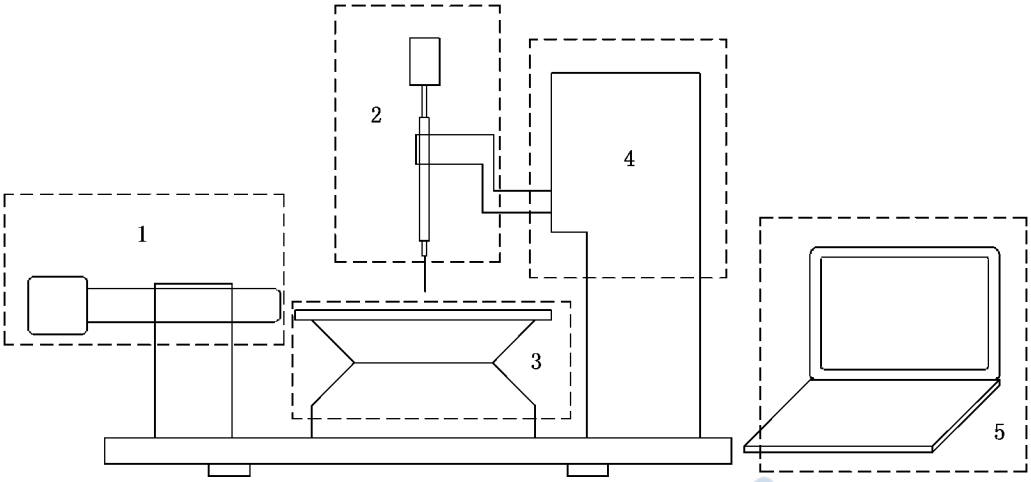


图 2　接触角仪结构示意图

1—光源；2—液滴进样单元；3—样品台；4—图像采集单元；5—图像分析单元

5　计量特性

5.1　示值误差

接触角仪示值误差一般不超过±0.3°。

5.2　测量重复性

接触角仪测量重复性一般不超过 0.1°。

注：以上指标不用于合格性判定，本规范给出的计量特性要求仅供参考。

6　校准条件

6.1　环境条件

6.1.1　环境温度（10～35)℃，相对湿度不超过 80%。

6.1.2　接触角仪周围无影响校准结果的振动、冲击、电磁场及其他干扰源。

6.2　测量标准

根据实际需要，选用由国家计量行政部门批准的接触角有证标准物质，或者选用国家法定计量检定机构出具证书的量值具有溯源性的标准样品。测量标准量值范围 0°～180°，扩展不确定度不超过 0.1°（k＝2）。

6.3　校准前检查和准备

6.3.1　接触角仪应具有名称、型号、制造厂、出厂编号等标识。

6.3.2　校准前，检查接触角仪外观及各部分相互作用，确保接触角仪各部件齐全且连接良好，各旋钮及按键应能正常工作，确定无影响其校准计量特性的因素。

7　校准项目和校准方法

7.1　示值误差及测量重复性

7.1.1　校准步骤

调整样品台水平面与光轴平行，将接触角标准物质或标准样品垂直放置样品台上且

标准物质或标准样品图形平面垂直于光轴，调节样品台高度，对图形进行聚焦成像，获取清晰的图像，选择合适的数学模型进行拟合，得到接触角。通常，至少选择 3 个校准角度点（一般在测量范围内近似均匀选取）进行测量，每个校准角度点重复测量 6 次。

7.1.2　示值误差

示值误差按照公式（1）计算。

$$\Delta\theta = \theta - \theta_{\mathrm{r}} \tag{1}$$

式中：

$\Delta\theta$ ——接触角仪的示值误差，(°)；

θ ——接触角仪的示值平均值，(°)；

θ_{r} ——标准物质的标准值或标准样品的校准值，(°)。

7.1.3　测量重复性

测量重复性按照公式（2）计算。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}(\theta_i - \theta)^2}{n-1}} \tag{2}$$

式中：

s ——接触角仪的测量重复性，(°)；

θ_i ——接触角仪的单次测量值，(°)；

θ ——接触角仪的示值平均值，(°)；

n ——测量次数，$n=6$。

8　校准结果表达

8.1　校准结果处理

校准结果按照 7.1.2 和 7.1.3 规定计算。校准结果的测量不确定度按照 JJF 1059.1 进行评定，测量不确定度评定示例见附录 C。

8.2　校准证书

经校准的光学接触角测量仪出具校准证书。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求。

9　复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由接触角仪的使用情况、使用者及本身质量等诸多因素所决定的，因此送校单位可根据接触角仪实际使用情况自主决定复校时间间隔。

仪器服务网 YIQIFUWU.COM

附录 A

校准原始记录参考格式

校准证书编号：		原始记录编号：
送校单位：		校准地址：
仪器名称：		出厂编号：
制造厂商：		型号规格：
环境温度：　　℃	环境相对湿度：　　%	校准日期：
校准人员：		核验人员：
技术依据：		
校准用测量标准：		

名　称	测量范围	扩展不确定度	证书编号	有效期至

一、示值误差

标准值/(°)	示值/(°)						示值平均值/(°)	示值误差/(°)	扩展不确定度（k＝2）/(°)
	1	2	3	4	5	6			

二、测量重复性

标准值/(°)	示值/(°)						测量重复性/(°)
	1	2	3	4	5	6	

附录 B

校准证书内页参考格式

校准结果

标准值 (°)	示值平均值 (°)	示值误差 (°)	测量重复性 (°)	示值误差 不确定度（$k=2$） (°)

宜器服务网 YIQIFUWU.COM

附录 C

接触角示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1　测量方法

使用接触角标准物质［以 GBW（E）136729 为例］，其标准值为 30.0°，扩展不确定度为 0.1°（$k=2$）。将接触角仪 6 次示值的平均值与标准物质的标准值进行比较，以两者之差作为接触角仪的示值误差。

C.2　测量模型

接触角仪的示值误差按照公式（C.1）计算。

$$\Delta\theta=\theta-\theta_{\mathrm{r}} \tag{C.1}$$

式中：

$\Delta\theta$ ——接触角仪的示值误差，(°)；

θ ——接触角仪的示值平均值，(°)；

θ_{r} ——标准物质的标准值，(°)。

C.3　测量不确定度分析

本规范主要是基于标准物质对接触角仪的计量性能（示值误差和重复性）进行评价，这里主要考虑接触角仪示值和标准物质标准值引入的不确定度，其中接触角仪示值引入的不确定度包括测量重复性和接触角仪分辨力引入的不确定度。

公式（C.1）中输入量 θ 和 θ_{r} 的各不确定度分量不相关，θ 和 θ_{r} 的灵敏系数分别等于 1 和 −1，合成标准不确定度可按照公式（C.2）进行计算。

$$u_{\mathrm{c}}=\sqrt{\left(\frac{\partial\Delta\theta}{\partial\theta}u_{\theta}\right)^{2}+\left(\frac{\partial\Delta\theta}{\partial\theta_{\mathrm{r}}}u_{\theta_{\mathrm{r}}}\right)^{2}}=\sqrt{(1\times u_{\theta})^{2}+[(-1)\times u_{\theta_{\mathrm{r}}}]^{2}}=\sqrt{u_{\theta}^{2}+u_{\theta_{\mathrm{r}}}^{2}} \tag{C.2}$$

C.4　输入量标准不确定度评定

C.4.1　接触角仪示值引入的标准不确定度(u_{θ})

C.4.1.1　接触角仪测量重复性引入的标准不确定度($u_{\theta,1}$)

测量重复性按照公式（C.3）计算。

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}(\theta_{i}-\theta)^{2}}{n-1}} \tag{C.3}$$

式中：

s ——接触角仪的测量重复性，(°)；

θ_{i} ——接触角仪的单次测量值，(°)；

θ ——接触角仪的示值平均值，(°)；

n ——测量次数，$n=6$。

接触角仪测量重复性引入的标准不确定度由公式（C.4）计算。

$$u_{\theta,1}=s/\sqrt{n} \tag{C.4}$$

式中：

$u_{\theta,1}$——接触角仪测量重复性引入的标准不确定度，(°)；

s ——接触角仪的测量重复性，(°)；

n ——测量次数，$n=6$。

以测量标准值为 30.0°、扩展不确定度为 0.1°（$k=2$）的标准物质 GBW(E)136729 为例，接触角仪 6 次重复测量的示值为：30.04°、30.02°、29.99°、29.95°、30.01°、29.97°。按照公式（C.4）计算得到接触角仪测量重复性引入的标准不确定度为 0.014°。

C.4.1.2 接触角仪分辨力引入的标准不确定度($u_{\theta,2}$)

被校接触角测量仪分辨力为 0.01°，由接触角仪分辨力 d 导致的误差区间半宽为 $d/2$,认为是均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$，因此按照公式（C.5）计算得到接触角仪分辨力引入的标准不确定度 $u_{\theta,2}$为 0.002 9°。

$$u_{\theta,2}=d/2k \tag{C.5}$$

C.4.2 标准物质标准值引入的标准不确定度(u_{θ_r})

通过标准物质证书可查到标准物质标准值的扩展不确定度为 0.1°（$k=2$），因此标准物质标准值引入的标准不确定度（u_{θ_r}）等于 0.05°。

C.5 合成标准不确定度的计算

将接触角仪分辨力引入的标准不确定度与接触角仪测量重复性引入的标准不确定度合成，得到接触角仪示值引入的标准不确定度（u_θ）等于 0.014°。

按照公式（C.2）进行计算得出合成标准不确定度为 0.052°。

C.6 扩展不确定度的确定

$$U=ku_c \tag{C.6}$$

取包含因子 k 等于 2，则扩展不确定度 U 等于 $2u_c$，即 0.11°。