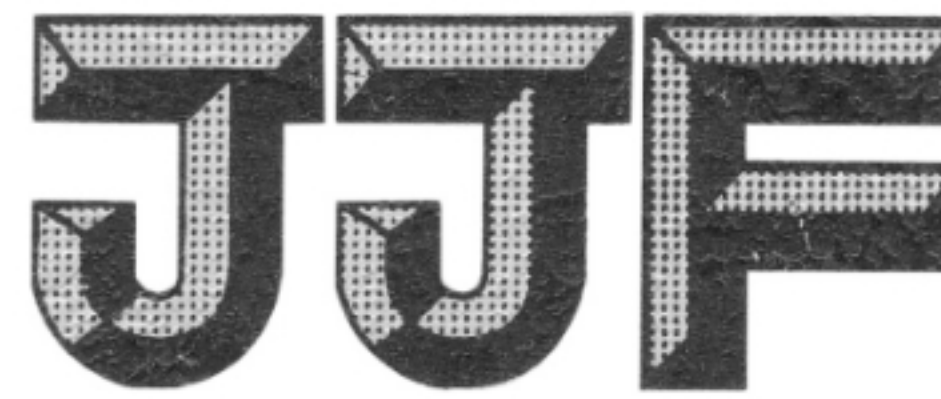




黑龙江省地方计量技术规范

JJF (黑) XX — XXXX

接触角标准片校准规范 (审定稿)

Calibration Specification for Standard Plates of Optical Contact Angle

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

接触角标准片校准规范

Calibration Specification for Standard
Plates of

Optical Contact Angle

归 口 单 位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

本规范委托黑龙江省计量检定测试研究院负责解释

本规范起草人：

陈 涛	(黑龙江省计量检定测试研究院)
张海波	(黑龙江省计量检定测试研究院)
王晓亮	(黑龙江省计量检定测试研究院)
乔 彬	(齐齐哈尔市检验检测中心)
田铁民	(黑龙江省计量检定测试研究院)
杨 琳	(黑龙江省计量检定测试研究院)
宁泽昊	(黑龙江省计量检定测试研究院)

参加起草人：

成 刚	(黑龙江省计量检定测试研究院)
-----	-----------------

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
3.1 接触角	1
3.2 标准片的接触角角度	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 接触角角度.....	2
5.2 测量重复性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准及其他设备.....	2
7 校准项目和校准方法.....	2
7.1 量角法测量接触角角度.....	3
7.2 直径弦长法测量接触角角度.....	3
7.3 测量重复性.....	3
8 校准结果表达.....	3
9 复校时间间隔.....	3
附 录 A 量角法测量结果的不确定度评定示例.....	4
附 录 B 直径弦长法测量结果的不确定度评定示例.....	6
附 录 C 校准证书内页格式.....	5

引 言

JJF 1071 — 2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001 — 2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1 — 2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

接触角标准片校准规范

11 范围

本规范适用于光学法测量的接触角标准片的校准。

12 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 2099 — 2024 光学接触角测量仪校准规范

GB/T 30447 — 2013 纳米薄膜接触角测量方法

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）适用本规范。

13 术语

3.1 接触角 contact angle

气、液、固相交界处的气、液界面和固、液界面切线之间的夹角，符号计为 θ ，单位为度（°）

3.2 标准片的接触角角度 contact angle of standard plate

接触角标准片上以标准图形（圆、半圆、圆弧、线段等）表示的、符合接触角定义的角度。

11 概述

接触角标准片上刻蚀有表示气、液、固三相交界处的气-液界面切线与固-液界面之间夹角 θ 的图案，接触角角度范围一般在 $0^\circ\sim 180^\circ$ ，见图 1。用于光学接触角测量仪的校准，常用石英玻璃、光学玻璃等材料制作。接触角标准片示意图如图 2 所示。



图 1 接触角示意图

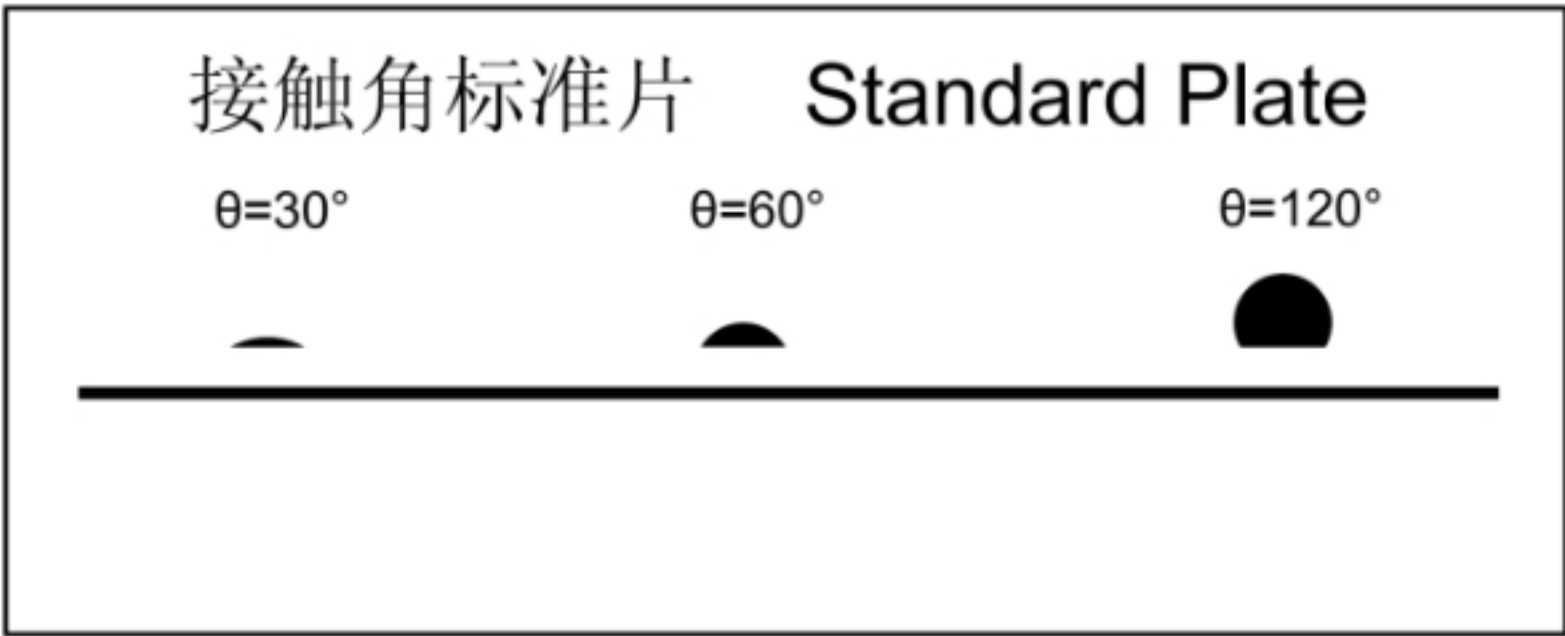


图 2 接触角标准片示意图

14 计量特性

接触角角度

标准片的接触角角度测量结果的扩展不确定度 U 不超过 0.1° ($k=2$)。

5.2 测量重复性

标准片的接触角角度测量重复性不超过 0.03° 。

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。

15 校准条件

环境条件

校准时的室内温度条件应符合 $(20\pm3)^{\circ}\text{C}$ ，测量前将被测标准片置于室内平衡温度的时间不小于 2 h。

测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表1 测量标准及其他设备

校准方法	测量标准及其他设备	主要技术指标
量角法	影像测量仪	$MPEE_{xy}:\pm(2.5\mu\text{m}+2\times10^{-6}L)$
直径弦长法	影像测量仪	$MPEE_{xy}:\pm(1.0\mu\text{m}+2\times10^{-6}L)$

注：允许使用满足测量不确定度要求的其它测量标准及设备进行校准。

16 校准项目和校准方法

7.1 量角法测量接触角角度

将接触角标准片置于影像测量仪上，选择合适的放大倍率及透射光强，调整焦距使图像边缘成像清晰。

对于图2类型的接触角，利用影像测量仪的特征提取工具进行圆弧及直线的提取，提取范围应超过圆弧及直线长度的三分之二，并建立圆弧与直线的交点。分别过两端交点作圆弧的切线，测量并计算两侧切线与直线的夹角为接触角角度 $\theta_{\text{左}}$ 和 $\theta_{\text{右}}$ 。

左侧、右侧角度各重复测量5次，分别取其平均值作为该侧的测量结果。

7.2 直径弦长法测量接触角角度

将接触角标准片置于影像测量仪上，选择合适的放大倍率及透射光强，调整焦距使图像边缘成像清晰。

对于图2类型的接触角，利用影像测量仪的特征提取工具进行圆弧及弦长的提取，圆弧提取的点数应不少于5个点，并建立相应的切线和交点等特征。通过测量弦长 d 和直径 R ，如图3所示，按公式(1)计算接触角角度：

当夹角 为锐角时：

(1)

当夹角 为钝角时：

(2)



图 3 直径弦长法

重复测量 5 次，得到 5 个角度值，取其平均值作为测量结果。

7.3 测量重复性

对标准片的接触角进行 5 次重复测量，用极差法计算重复性。

17 校准结果表达

校准后的接触角标准片出具校准证书，证书中应包含接触角角度测得值及其测量不确定度。校准证书内页格式见附录 B。

18 复校时间间隔

复校时间间隔一般为1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可依据实际使用情况自主决定复校时间间

隔。

附录 A

量角法测量结果的不确定度评定示例

1.1 测量方法

按 7.1 校准方法，采用最大允许示值误差 $\pm(2.5\mu\text{m}+4\times 10^{-6}L)$ 的影像测量仪对标称角度为 60° 的接触角进行测量，评定量角法测量结果的不确定度。

1.2 测量模型

(

A.1)

式中：

δ —接触角的示值偏差；

θ —接触角测得值；

θ_0 —接触角标称值。

不确定度传播律：

(

A.2)

因为 θ_0 为常量：

灵敏系数：

。

1.3 不确定度分量的评定

A.3.1 仪器测量重复性/分辨力引入的不确定度分量 $u_1(\theta)$

对标准片的角度进行 5 次重复测量，测得结果为 60.02° 、 60.03° 、 60.00° 、 60.02° 、 59.99° ，用极差法（极差系数 $C = 2.33$ ）计算得到实验标准偏差：

测量结果以 5 次平均值给出，则重复性测量引入的不确定度分量为：

影像测量仪显示的角度分辨力不低于 0.01° ，区间半宽度为 0.005° ，符合均匀分布，取 $k =$ ，其引入的标准不确定度为：

仪器测量重复性的不确定度分量 $u_{11}(\theta)$ 和仪器分辨力引入的不确定度分量 $u_{12}(\theta)$, 取结果较大者, 则:

A.3.2 影像测量仪示值误差引入的不确定度分量 $u_2(\theta)$

在影像测量仪视场中央区域, 通过标准角度靶标在 $0^\circ\sim 180^\circ$ 范围内验证, 其角度示值误差不超过 $\pm 0.05^\circ$, 符合均匀分布, 取 $k=$, 其引入的标准不确定度为:

A.3.3 温度偏差引入的不确定度分量 $u_3(\theta)$

由于标准片图案尺寸较小, 温度偏差对影像测量仪光栅尺的影响和标准片图案角度的影响很小, 可以忽略不计。

1.4 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表 A.1。

表 A.1 标准不确定度汇总

分量	不确定度来源	标准不确定度
$u_1(\theta)$	测量重复性/分辨力	0.008°
$u_2(\theta)$	影像测量仪示值误差	0.029°
$u_3(\theta)$	温度偏差	0

1.5 合成标准不确定度

1.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为 $U= k\times u_c=2\times 0.030^\circ=0.06^\circ$ 。

直径弦长法测量结果的不确定度评定示例

B.1 测量方法

按 7.2 校准方法, 采用最大允许示值误差 $MPE E_{xy}: \pm(1.0\mu\text{m}+2\times 10^{-6}L)$ 的影像测量仪对标称角度为 45° 的接触角 (直径长度 R 为 4.00 mm 和弦长 d 为 2.82 mm) 进行测量, 评定量直径弦长法测量结果的不确定度。

B.2 测量模型

根据接触角定义有:

(

B.1)

式中:

θ —接触角测得值;

R —圆直径测量值;

d —弦长测量值。

因此, 有

(

B.2)

不确定度传播律:

(

B.3)

灵敏系数:

;

。

B.3 不确定度分量的评定

B.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_{R1}(\theta)$ 和 $u_{d1}(\theta)$

对标准片的直径 R 和弦长 d 分别进行 5 次重复测量, 用极差法 (极差系数 $C = 2.33$) 计算得到实验标准偏差:

测量结果以 5 次平均值给出，则重复性测量重复性引入的不确定度分量为：

B.3.2 影像测量仪引入的不确定度分量 $u_{R2}(\theta)$ 和 $u_{d2}(\theta)$

影像测量仪的最大允许示值误差不超过 $\pm(1.0\mu\text{m}+2\times10^{-6}L)$ ，考虑到对标准片弦高和弦长的测量为双边测量，图像边缘定位的影响为双倍，且符合均匀分布，取 $k=$ ，其引入的标准不确定度为：

B.3.3 温度偏差引入的不确定度分量 $u_{R3}(\theta)$ 和 $u_{d3}(\theta)$

由于标准片图案尺寸较小，温度偏差对影像测量仪光栅尺的影响和标准片图案角度的影响很小，可以忽略不计。

B.4 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表 B.1。

表 B.1 标准不确定度汇总

分量		不确定度来源	标准不确定度/ μm
直径 R	$u_{R1}(\theta)$	测量重复性	0.44
	$u_{R2}(\theta)$	影像测量仪	0.82
	$u_{R3}(\theta)$	温度偏差	0
弦长 d	$u_{d1}(\theta)$	测量重复性	0.23
	$u_{d2}(\theta)$	影像测量仪	0.82
	$u_{d3}(\theta)$	温度偏差	0

B.5 合成标准不确定度

B.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U= k\times u_c=2\times0.022^\circ\approx 0.05^\circ$ 。

附录 C

校准证书内页格式

C.1 推荐的校准证书内页格式见表C.1

表 C.1 校准证书内页格式

校准使用的计量（基）标准装置或主要标准器																																																													
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差			证书编号	证书有效期至																																																							
校准结果： 1、接触角角度测量结果： <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">序号</th> <th rowspan="2">角度标称值</th> <th colspan="6">角度实测值/(°)</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>平均值</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>30°</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>45°</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>60°</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>90°</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>120°</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> 2、接触角测量重复性： 说明：1) 校准时采用量角法/直径弦长法； 2) 校准结果的不确定度 $U=$ ($k=2$)。								序号	角度标称值	角度实测值/(°)						1	2	3	4	5	平均值	1	30°							2	45°							3	60°							4	90°							5	120°						
序号	角度标称值	角度实测值/(°)																																																											
		1	2	3	4	5	平均值																																																						
1	30°																																																												
2	45°																																																												
3	60°																																																												
4	90°																																																												
5	120°																																																												

JJF (

黑)

XX —

XXXX