

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—20XX

## 接触角标准片校准规范 (征求意见稿)

Calibration Specification for Standard Plates of Optical Contact Angle

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

# 接触角标准片

## 校准规范

Calibration Specification for Standard Plates of  
Optical Contact Angle

JJF ××××—20XX

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

XXX

参加起草单位：XXX

XXX

XXX

本规范由全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	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
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.....	2
7.2 量高法测量接触角角度.....	3
8 校准结果表达.....	3
9 复校时间间隔.....	3
附 录 A.....	4
附 录 B.....	6
附 录 C.....	8

# 引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》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

## 1 范围

本规范适用于光学法测量的接触角标准片的校准。

## 2 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 24368—2009 玻璃表面疏水污染物检测 接触角测量法

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。

## 3 术语和计量单位

### 3.1 接触角 contact angle

气、液、固三相交界处的气-液界面和固-液界面切线之间的夹角，符号记为 $\theta$ ，单位为度( $^{\circ}$ )，如图1所示。

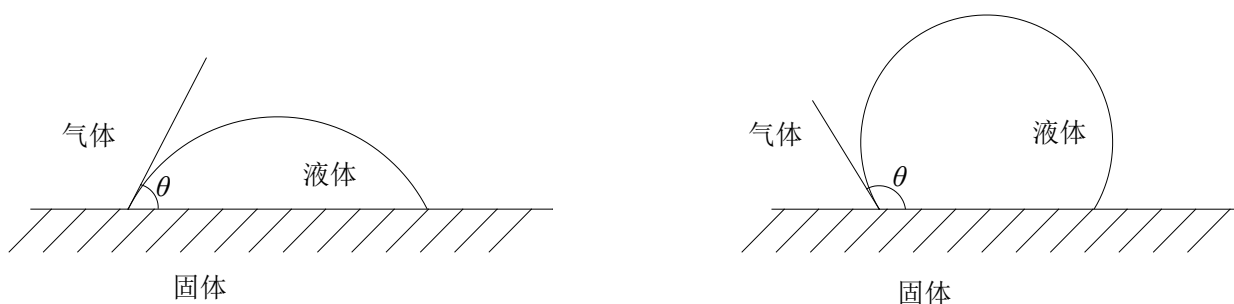


图1 接触角示意图

### 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、直线等）表示的、符合接触角定义的角度。

## 4 概述

接触角标准片常用石英玻璃、光学玻璃等材料制作，用于光学接触角测量仪的校准。其接触角角度范围一般在 $0^{\circ}$ ~ $180^{\circ}$ 。接触角标准片示意图如图2所示。

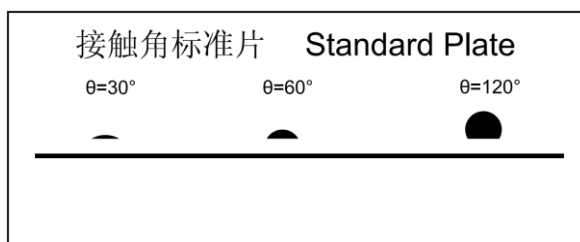


图2 接触角标准片示意图

其他类型的接触角图案如图3所示。



图3 其他类型的接触角图案

## 5 计量特性

### 5.1 接触角角度

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 校准时的室内温度条件应符合 $(20\pm 3)^{\circ}\text{C}$ ，温度变化不超过 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，室内相对湿度不超过80%。

6.1.2 校准用标准器及设备应进行充分等温，恒温时间不小于2 h。

6.1.3 室内的灰尘、振动、电磁干扰等也需要控制在不影响校准的条件下。

### 6.2 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

序号	校准项目	测量标准及其他设备	主要技术指标
1	接触角角度	影像测量仪	$\text{MPE}_{\text{E1}}: \pm(1.5\mu\text{m}+5\times 10^{-6}L)$ $\text{MPE}_{\text{E2}}: \pm(2.5\mu\text{m}+4\times 10^{-6}L)$

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。

## 7 校准项目和校准方法

接触角标准片不应有影响使用性能缺陷，图形完整、边缘应清晰光滑。

### 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，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。

对于图 3 类型的接触角，利用影像测量仪的特征提取工具进行圆弧的提取，并建立两圆弧的交点。连接两端交点作直线，分别过两端交点作上侧圆弧的切线，测量并计算两侧切线与直线的夹角为接触角角度。

左侧、右侧角度各重复测量 5 次，取平均值作为测量结果。

## 7.2 量高法测量接触角角度

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。

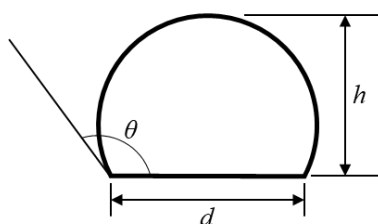


图 3 量高法

利用影像测量仪的特征提取工具进行圆弧及直线的提取，并建立相应的切线和交点等特征。通过测量弦长  $d$  和弦高  $h$ ，如图 3 所示，按公式(1)计算接触角角度：

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{2h}{d} \quad (1)$$

重复测量 5 次，取平均值作为测量结果。

## 8 校准结果表达

校准后的接触角标准片出具校准证书，证书中包含应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 C。

## 9 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

## 量角法校准结果的不确定度评定示例

## A.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 $60^\circ$ 的接触角进行测量, 评定量角法校准结果的不确定度。

## A.2 测量模型

$$\delta = \theta - \theta_0 \quad (\text{A.1})$$

式中:

$\delta$ —接触角的示值偏差;

$\theta$ —接触角测得值;

$\theta_0$ —接触角名义值。

不确定度传播律:

$$u_c^2(\delta) = c_1^2 \cdot u^2(\theta) + c_2^2 \cdot u^2(\theta_0) \quad (\text{A.2})$$

因为 $\theta_0$ 为常量:  $u_c^2(\delta) = c_1^2 \cdot u^2(\theta)$

灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \theta} = 1。$$

## A.3 不确定度分量的评定

A.3.1 测量重复性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 $60.02^\circ$ 、 $60.03^\circ$ 、 $60.00^\circ$ 、 $60.02^\circ$ 、 $59.99^\circ$ , 用极差法(极差系数 $C = 2.33$ )计算得到实验标准偏差:

$$s = \frac{60.03^\circ - 59.99^\circ}{C} = \frac{0.04^\circ}{2.33} = 0.017^\circ$$

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:

$$u_1(\theta) = \frac{s}{\sqrt{5}} = \frac{0.017^\circ}{\sqrt{5}} = 0.008^\circ$$

A.3.2 影像测量仪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( $0^\circ \sim 180^\circ$ 范围内每间隔 $30^\circ$ )验证, 其角度示值误差不超过 $\pm 0.05^\circ$ , 符合均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$ , 其引入的标准不确定度

为：

$$u_2(\theta) = \frac{0.05^\circ}{\sqrt{3}} = 0.029^\circ$$

#### 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，其引入的不确定度分量  $u_3(\theta) \approx 0$ 。

#### A.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	0.008°
$u_2(\theta)$	影像测量仪	0.029°
$u_3(\theta)$	温度偏差	0

#### A.5 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{u_1^2(\theta) + u_2^2(\theta) + u_3^2(\theta)} = \sqrt{(0.008^\circ)^2 + (0.029^\circ)^2} = 0.030^\circ$$

#### A.6 扩展不确定度计算

取包含因子  $k = 2$ ，则扩展不确定度为

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.030^\circ \approx 0.06^\circ。$$

## 附录 B

## 量高法校准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  $MPE_{E1}: \pm(1.5\mu\text{m}+5\times 10^{-6}L)$  的影像测量仪对标称角度为  $60^\circ$  的接触角 (弦高 1 mm 和弦长 3 mm) 进行测量, 评定量高法校准结果的不确定度。

## B.2 测量模型

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{2h}{d} \quad (\text{B.1})$$

式中:

$\theta$ —接触角测得值;

$h$ —弦高测量值;

$d$ —弦长测量值。

不确定度传播律:

$$u_c^2(\theta) = c_1^2 \cdot u^2(h) + c_2^2 \cdot u^2(d) \quad (\text{B.2})$$

灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial \theta}{\partial h} = 2 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{2h}{d}\right)^2} \times \frac{2}{d} = \frac{4d}{d^2 + 4h^2};$$

$$c_2 = \frac{\partial \theta}{\partial d} = 2 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{2h}{d}\right)^2} \times \frac{-2h}{d^2} = \frac{-4h}{d^2 + 4h^2}。$$

## 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  $u_{h1}(\theta)$  和  $u_{d1}(\theta)$ 

对标准片的弦高  $h$  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:

$$s_h = \frac{0.6\mu\text{m}}{C} = \frac{0.6\mu\text{m}}{2.33} = 0.26\mu\text{m}$$

$$s_d = \frac{0.6\mu\text{m}}{C} = \frac{0.6\mu\text{m}}{2.33} = 0.26\mu\text{m}$$

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:

$$u_{h1}(\theta) = \frac{s_h}{\sqrt{5}} = \frac{0.26\mu\text{m}}{\sqrt{5}} = 0.12\mu\text{m}$$

$$u_{d1}(\theta) = \frac{s_d}{\sqrt{5}} = \frac{0.26\mu\text{m}}{\sqrt{5}} = 0.12\mu\text{m}$$

B.3.2 影像测量仪引入的不确定度分量  $u_{h2}(\theta)$ 和  $u_{d2}(\theta)$ 

影像测量仪的最大允许示值误差不超过 $\pm(1.5\mu\text{m}+5\times 10^{-6}L)$ ，符合均匀分布，取  $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_{h2}(\theta) = u_{d2}(\theta) = \frac{1.5\mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.87\mu\text{m}$$

B.3.3 温度偏差引入的不确定度分量  $u_{h3}(\theta)$ 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，其引入的不确定度分量  $u_{h3}(\theta) = u_{d3}(\theta) \approx 0$ 。

## 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/ $\mu\text{m}$
弦高 $h$	$u_{h1}(\theta)$	测量重复性	0.12
	$u_{h2}(\theta)$	影像测量仪	0.87
	$u_{h3}(\theta)$	温度偏差	0
弦长 $d$	$u_{d1}(\theta)$	测量重复性	0.12
	$u_{d2}(\theta)$	影像测量仪	0.87
	$u_{d3}(\theta)$	温度偏差	0

## B.5 合成标准不确定度

$$u_c(\theta) = \sqrt{c_1^2 u^2(h) + c_1^2 u^2(d)} = \sqrt{c_1^2 [u_{h1}^2(\theta) + u_{h2}^2(\theta) + u_{h3}^2(\theta)] + c_2^2 [u_{d1}^2(\theta) + u_{d2}^2(\theta) + u_{d3}^2(\theta)]}$$

$$= \sqrt{8.5 \times 10^{-7} \mu\text{m}^{-2} \times 0.77 \mu\text{m}^2 + 9.5 \times 10^{-8} \mu\text{m}^{-2} \times 0.77 \mu\text{m}^2} = 0.00085 \text{ rad} = 0.05^\circ$$

## 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

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.05^\circ \approx 0.10^\circ$$

## 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A.1

表 C.1 校准证书内页格式

校准所依据的技术规范（代号、名称）							
校准环境条件及地点：							
温度：				地点：			
相对湿度：				其他：			
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：							
序号	角度标称值	角度实测值/(°)					
		1	2	3	4	5	平均值
1	30°（左）						
2	30°（右）						
3	60°（左）						
4	60°（右）						
5	120°（左）						
6	120°（右）						
说明：1) 校准时采用量角法/量高法；							
2) 校准结果的不确定度 $U=$ ( $k=2$ )。							

中华人民共和国  
国家计量技术规范  
接触角标准片校准规范  
JJF XXXX—20XX  
国家市场监督管理总局发布