

JJF(豫)207-2016



# 河南省地方计量技术规范

JJF(豫)207-2016

---

## 全自动密度折光仪校准规范

Calibration Specification for Combined Density and  
Refractive Index Instruments

2016-09-23 发布

2016-11-23 实施

---

河南省质量技术监督局 发布

# 全自动密度折光仪 校准规范

Calibration Specification for Combined Density  
and Refractive Index Instruments

JJF(豫)207—2016

归口单位：河南省质量技术监督局  
主要起草单位：河南省计量科学研究院  
参加起草单位：中国大唐集团科学技术研究院有限公司  
华中分公司

本规范委托起草单位负责解释

**本规范主要起草人：**

贾 会（河南省计量科学研究院）

赵迎晨（河南省计量科学研究院）

冯帅博（河南省计量科学研究院）

孟 洁（河南省计量科学研究院）

李 佳（河南省计量科学研究院）

**参加起草人：**

李 琛（河南省计量科学研究院）

周晓湘（中国大唐集团科学技术研究院有限公司  
华中分公司）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 概述 .....	( 1 )
4 计量特性 .....	( 1 )
4.1 密度示值误差 .....	( 1 )
4.2 密度示值重复性 .....	( 1 )
4.3 折射率示值误差 .....	( 1 )
4.4 折射率示值重复性 .....	( 2 )
5 校准条件 .....	( 2 )
5.1 环境条件 .....	( 2 )
5.2 校准用计量器具 .....	( 2 )
6 校准项目和校准方法 .....	( 2 )
6.1 校准前检查 .....	( 2 )
6.2 密度示值误差与密度示值重复性 .....	( 2 )
6.2.1 密度示值误差 .....	( 2 )
6.2.2 密度示值重复性 .....	( 2 )
6.3 折射率示值误差与折射率示值重复性 .....	( 3 )
6.3.1 折射率示值误差 .....	( 3 )
6.3.2 折射率示值重复性 .....	( 3 )
7 校准结果表达 .....	( 3 )
8 复校时间间隔 .....	( 4 )
附录 A 校准记录格式 .....	( 5 )
附录 B 校准证书内页格式 .....	( 6 )
附录 C 密度示值误差的不确定度评定示例 .....	( 7 )
附录 D 折射率示值误差的不确定度评定示例 .....	( 10 )

# 引 言

本规范按照 JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》进行制定。其主要内容如下：

- 在概述中对全自动密度折光仪基本工作原理进行介绍；
- 制定全自动密度折光仪的计量特性要求；
- 制定校准项目和校准方法。

本规范为首次制定。

# 全自动密度折光仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于基于振荡管原理、全反射临界角原理同时测量液体密度和折射率全自动密度折光仪(以下简称仪器)的校准。其它基于此原理的仪器,可参照本规范进行校准。

## 2 引用文件

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

JJG 625—2001 阿贝折射仪检定规程

JJG 370—2007 在线振动管液体密度计检定规程

凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修改版均不适用本校准规范;凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规程。

## 3 概述

全自动密度折光仪,根据流经振荡管内固定容积的流体密度变化,改变振荡管的振动频率,通过检测频率(周期)信号来测量液体的密度;利用全反射临界角原理测量液体折射率。全自动密度折光仪可以快速、自动测量液体的密度与折射率。

仪器主要由自动进样系统、检测系统、信号处理系统、显示与存储系统等组成,结构见图 1。

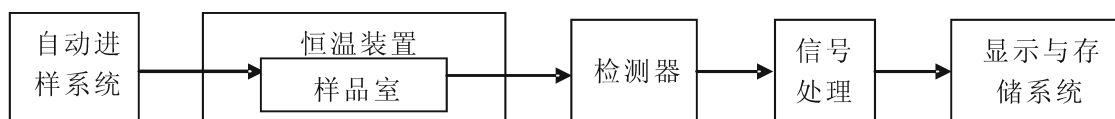


图 1 仪器结构示意图

## 4 计量特性

### 4.1 密度示值误差

分辨率 0.0001,最大允许误差为  $\pm 0.0002 \text{ g/cm}^3$ ;分辨率 0.00001,最大允许误差为  $\pm 0.00008 \text{ g/cm}^3$ 。

### 4.2 密度示值重复性

分辨率 0.0001,示值重复性不大于  $0.00005 \text{ g/cm}^3$ ;分辨率 0.00001 示值重复性不大于  $0.000005 \text{ g/cm}^3$ 。

### 4.3 折射率示值误差

分辨率 0.0001, 最大允许误差为  $\pm 0.0002$ ; 分辨率 0.00001, 最大允许误差为  $\pm 0.00006$ 。

#### 4.4 折射率示值重复性

分辨率 0.0001, 示值重复性不大于 0.00005; 分辨率 0.00001 示值重复性不大于 0.000005。

注: 以上技术指标不是用于合格性判别, 仅供参考。

### 5 校准条件

#### 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度: 环境温度:  $(10 \sim 35)^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度: 不大于 85%。

5.1.3 电源: 电压为  $(220 \pm 22)\text{V}$ ; 频率为  $(50 \pm 1)\text{Hz}$ 。

5.1.4 仪器不应受强光直射, 周围无强磁场、电场干扰, 无明显机械振动, 无强气流及腐蚀性气体。

#### 5.2 校准用计量器具

5.2.1 密度溶液标准物质: 不确定度不大于  $3 \times 10^{-5} \text{g/cm}^3$  ( $k=2$ ), 应采用国家计量行政部门批准的有证标准物质。

5.2.2 折射率溶液标准物质: 不确定度不大于  $2 \times 10^{-5}$  ( $k=2$ ), 应采用国家计量行政部门批准的有证标准物质。

### 6 校准项目和校准方法

#### 6.1 校准前检查

校准前准备: 按照仪器使用说明书要求进行预热, 试样温度达到要求后校准。

#### 6.2 密度示值误差与密度示值重复性

##### 6.2.1 密度示值误差

仪器预热稳定后, 在仪器量程范围内, 均匀选取 3 种密度标准物质进行测量。示值稳定后, 读取示值, 每种溶液重复测量 3 次, 取其平均值。测得的密度平均值与标准值之差为密度示值误差  $\Delta\rho$ , 按公式(1)计算。

$$\Delta\rho_i = \bar{\rho}_i - \rho_{\text{标},i} \quad (1)$$

式中:  $\Delta\rho_i$ ——密度示值误差,  $\text{g/cm}^3$ ;

$\bar{\rho}_i$ ——3 次测量平均值,  $\text{g/cm}^3$ ;

$\rho_{\text{标},i}$ ——密度标准值,  $\text{g/cm}^3$ 。

##### 6.2.2 密度示值重复性

选用约为 60% 测量范围上限值的密度标准物质重复测量 7 次, 记录其测量值, 7 次测量

的标准偏差为密度的重复性。按公式(2)进行计算。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta\rho_i - \bar{\rho})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中： $s$ ——标准偏差，重复性， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$\rho_i$ ——第  $i$  次密度的测量值；

$\bar{\rho}$ —— $n$  次测量的算术平均值；

$n$ ——测量次数。

### 6.3 折射率示值误差与折射率示值重复性

#### 6.3.1 折射率示值误差

仪器预热稳定后，在仪器量程范围内，均匀选取 3 种折射率溶液标准物质进行测量。示值稳定后，读取示值，每种溶液重复测量 3 次，取其平均值。测得的折射率平均值与标准值之差为折射率示值误差  $\Delta n_{D_i}$ ，按公式(3)计算。

$$\Delta n_{D_i} = \overline{n_{D_i}} - n_{D_{\text{标}i}} \quad (3)$$

式中： $\Delta n_{D_i}$ ——折射率示值误差；

$\overline{n_{D_i}}$ ——3 次测量平均值；

$n_{D_{\text{标}i}}$ ——折射率标准值。

#### 6.3.2 折射率示值重复性

选用约为 60% 测量范围上限值的折射率溶液有证标准物质重复测量 7 次，记录其测量值，7 次测量的标准偏差为折射率的重复性并按公式(4)计算仪器的重复性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n_{D_i} - \overline{n_D})^2}{n-1}} \quad (4)$$

式中： $s$ ——标准偏差，重复性；

$n_{D_i}$ ——第  $i$  次折射率的测量值；

$\overline{n_D}$ —— $n$  次测量的算术平均值；

$n$ ——测量次数。

## 7 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映，校准证书或报告至少包括以下信息：

- 标题，如“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 客户的名称和地址；



- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期,如果与校准结果的有效性和应用有关时,应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时,应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识,包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及测量不确定度的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识、以及签发日期；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

## 8 复校时间间隔

仪器的复校时间间隔建议为 1 年。在相邻两次校准期间,如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后应对仪器重新校准。

## 附录 A

## 校准记录格式

计量器具名称							
申请者名称					申请人		
申请者地址					型号		
样品生产厂家					编号		
校准日期			校准技术依据				
环境温度(℃)			环境湿度(%RH)			其它	
主标准器名称				型号			编号
准确度等级				测量范围			
标准器证书号							
校准员				核验员			

## 1、密度示值误差与密度示值重复性：

液体温度：20.0℃

密度标准值 (g/cm <sup>3</sup> )	密度测量值(g/cm <sup>3</sup> )			密度平均值 (g/cm <sup>3</sup> )	密度示值误差 (g/cm <sup>3</sup> )	密度重复性 (g/cm <sup>3</sup> )
	1	2	3			

## 2、折射率示值误差与折射率重复性：

液体温度：20.0℃

折射率标准值	折射率测量值			折射率平均值	折射率示值误差	折射率重复性
	1	2	3			

## 附录 B

## 校准证书内页格式

校准项目	校准结果
密度示值误差	
密度示值重复性	
折射率示值误差	
折射率示值重复性	

校准结果不确定度：

## 附录 C

## 密度示值误差的不确定度评定示例

## C.1 概述

C.1.1 测量依据: JJF(豫) 207—2016《全自动密度折光仪校准规范》。

C.1.2 计量标准: 密度有证标准物质, 20℃时, 密度标称值见表 C.1。具体值以证书为准。

表 C.1 计量标准设备

名称	密度 g/cm <sup>3</sup>	不确定度 g/cm <sup>3</sup> (k=2)
正十二烷	0.749	3×10 <sup>-5</sup>
2,4-二氯甲苯	1.250	
1-溴萘	1.483	

C.1.3 被测对象: 全自动密度折光仪。

C.1.4 测量方法:

用密度有证标准物质作为标准器, 进行密度示值误差的校准。环境温度在(10~35)℃范围内, 相对湿度≤85%, 测量正十二烷、2,4-二氯甲苯、1-溴萘的密度。重复测量三次, 其测定值的平均值与标准值的差, 即为密度示值误差。

## C.2 数学模型

$$\Delta\rho = \bar{\rho} - \rho_{\text{标}}$$

式中:  $\Delta\rho$ ——密度示值误差, g/cm<sup>3</sup>;

$\bar{\rho}$ ——3次测量平均值, g/cm<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{标}}$ ——密度标准值, g/cm<sup>3</sup>。

## C.3 不确定度传播

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(\bar{\rho}) + c_2^2 u^2(\rho_{\text{标}})$$

$$\text{灵敏系数为: } c_1 = \frac{\partial \Delta\rho}{\partial \bar{\rho}} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta\rho}{\partial \rho_{\text{标}}} = -1$$

## C.4 标准不确定度评定

C.4.1 输入量  $\bar{\rho}$  的标准不确定度  $u(\bar{\rho})$ 

输入量  $\bar{\rho}$  的不确定度来源于密度的测量重复性, 可以通过连续测量得到的测量列, 采用 A 类方法进行评定。

选用分辨率为 0.0001、0.00001 自动密度折光仪, 用密度标称值为 1.24932 g/cm<sup>3</sup> 的 2,4-二氯甲苯连续测量 10 次, 得到 2 组测量值, 分别见表 C.2、C.3。

表 C.2 测量重复性结果

测量结果 (g/cm <sup>3</sup> )	1.2493	1.2493	1.2492	1.2492	1.2492
	1.2493	1.2493	1.2492	1.2493	1.2493
测量平均值 (g/cm <sup>3</sup> )	1.2493		测量重复性 (g/cm <sup>3</sup> )		5.2×10 <sup>-5</sup>

表 C.3 测量重复性结果

测量结果 (g/cm <sup>3</sup> )	1.24931	1.24931	1.24932	1.24932	1.24932
	1.24932	1.24932	1.24932	1.24931	1.24931
测量平均值 (g/cm <sup>3</sup> )	1.24932		测量重复性 (g/cm <sup>3</sup> )		5.2×10 <sup>-6</sup>

单次测量结果实验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n-1}}$$

规范规定，密度示值误差在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量算术平均值为测量结果，则得到平均值的实验标准偏差：

$$s(\bar{\rho}) = s/\sqrt{3}$$

分辨率为 0.0001、0.00001 自动密度折光仪，由测量重复性引入的测量结果不确定度分别为： $3.0 \times 10^{-5}$  g/cm<sup>3</sup>、 $3.0 \times 10^{-6}$  g/cm<sup>3</sup>。

#### C.4.2 输入量 $\rho_{\text{标}}$ 的标准不确定度 $u(\rho_{\text{标}})$ 的评定

输入量  $\rho_b$  的不确定度由标准物质引入，由标准物质证书得 2,4-二氯甲苯的不确定度为  $U = 3 \times 10^{-5}$  g/cm<sup>3</sup>，取  $k = 2$ 。则得到  $u(\rho_{\text{标}}) = \frac{3.0 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3}{2} = 1.5 \times 10^{-5}$  g/cm<sup>3</sup>

#### C.4.3 输入量 $\rho_t$ 标准不确定度 $u(\rho_t)$ 的评定

输入量  $\rho_t$  的不确定度来源于温度示值误差。

全自动密度折光仪内置帕尔贴恒温装置，分辨率为 0.0001 时，以温度准确度为 0.05℃；分辨率为 0.00001 时，以温度准确度为 0.01℃ 为例计算。

温度变化 5℃，2,4-二氯甲苯密度变化 0.00523 g/cm<sup>3</sup>，则温度变化 1℃，2,4-二氯甲苯密度变化： $1.05 \times 10^{-3}$  g/cm<sup>3</sup>；分辨率为 0.0001 时，温度准确度为 0.05℃，引起 2,4-二氯甲苯密度变化最大量为  $5.23 \times 10^{-5}$  g/cm<sup>3</sup>，密度在该温度范围内近似满足正态分布，则分辨率为 0.0001 时，温度准确度为 0.05℃ 引入的不确定度为： $5.23 \times 10^{-5} / 3 = 1.7 \times 10^{-5}$  g/cm<sup>3</sup>；分辨率为 0.00001 时，以温度准确度为 0.01℃ 引入的不确定度为： $1.05 \times 10^{-5} / 3 = 3.5 \times 10^{-6}$  g/cm<sup>3</sup>。

#### C.4.4 输入量 $\rho_f$ 的标准不确定度 $u(\rho_f)$

输入量  $\rho_f$  的不确定度由仪器分辨率引入,分辨率为 0.0001 时,  $u(f) = \frac{0.0001}{2\sqrt{3}} =$

$2.9 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ ; 分辨率为 0.00001 时,  $u(f) = \frac{0.00001}{2\sqrt{3}} = 2.9 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$

### C.5 合成标准不确定度的计算

分辨率为 0.0001、0.00001 测量的不确定度分量见表 C.4、C.5。

表 C.4 各分量标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 $u_i$	$c_i$	标准不确定度分量的值 $ c_i u(x_i)$
$u(\bar{\rho})$	测量重复性	$3.0 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$	1	$3.0 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
$u(\rho_{\text{标}})$	标准物质	$1.5 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$	1	$1.5 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
$u(\rho_t)$	温度示值误差	$1.7 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$	1	$1.7 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
$u(\rho_f)$	仪器分辨率	$2.9 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$	1	$2.9 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$

表 C.5 各分量标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 $u_i$	$c_i$	标准不确定度分量的值 $ c_i u(x_i)$
$u(\bar{\rho})$	测量重复性	$3.0 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$	1	$3.0 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$
$u(\rho_{\text{标}})$	标准物质	$1.5 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$	1	$1.5 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
$u(\rho_t)$	温度示值误差	$3.5 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$	1	$3.5 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$
$u(\rho_f)$	仪器分辨率	$2.9 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$	1	$2.9 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$

以上各标准无不确定度分量互不相关,则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u(\bar{\rho})^2 + u(\rho_{\text{标}})^2 + u(\rho_t)^2 + u(\rho_f)^2}$$

分辨率为 0.0001、0.00001 的全自动密度折光仪测量密度为:  $1.24932 \text{ g/cm}^3$  的合成标准不确定度分别为:  $4.7 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ 、 $1.6 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ 。

### C.6 扩展不确定度的计算

包含因子  $k=2$ , 则:

$$U = k \cdot u_c$$

分辨率为 0.0001、0.00001 扩展不确定度分别为:  $1 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^3$ 、 $4 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ 。

### C.7 仪器密度示值误差测量结果不确定度评估

根据 JJF(豫)207—2016《全自动密度折光仪校准规范》的规定,仪器分辨率为 0.0001、0.00001 的全自动密度折光仪测量密度  $1.24932 \text{ g/cm}^3$  示值误差的扩展不确定度( $k=2$ )分别为:  $9.4 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ 、 $3.2 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ 。

## 附录 D

## 折射率示值误差的不确定度评定示例

## D.1 概述

D.1.1 测量依据：JJF(豫)207—2016《全自动密度折光仪校准规范》。

D.1.2 计量标准：折射率溶液有证标准物质，20℃时，折射率标称值见表 D.1。具体值以证书为准。

表 D.1 计量标准设备

名称	折射率 $n_D$	不确定度 $n_D$ ( $k=2$ )
正十二烷	1.422	$2 \times 10^{-5}$
2,4-二氯甲苯	1.546	
1-溴萘	1.658	

D.1.3 被测对象：全自动密度折光仪。

D.1.4 测量方法：

用折射率溶液标准物质作为标准器，进行折射率示值误差的校准。环境温度在(18~22)℃范围内，相对湿度≤85%，测量正十二烷、2,4-二氯甲苯、1-溴萘的折射率。重复测量三次，其测定值的平均值与标准值的差，即为折射率示值误差。

## D.2 数学模型

$$\Delta n_D = \overline{n_D} - n_{D\text{标}}$$

式中： $\Delta n_D$ ——折射率示值误差；

$\overline{n_D}$ ——3次测量平均值；

$n_{D\text{标}}$ ——折射率标准值。

## D.3 不确定度传播

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(\overline{n_D}) + c_2^2 u^2(n_{D\text{标}})$$

$$\text{灵敏系数为：} c_1 = \frac{\partial \Delta n_D}{\partial \overline{n_D}} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta n_D}{\partial n_{D\text{标}}} = -1$$

## D.4 标准不确定度评定

D.4.1 输入量  $\overline{n_D}$  的标准不确定度  $u(\overline{n_D})$

输入量  $\overline{n_D}$  的不确定度主要是折射率的测量重复性，可以通过连续测量得到的测量列，采用 A 类方法进行评定。

选用分辨率为 0.0001、0.00001 自动密度折光仪，用折射率标称值为 1.54626 的 2,4-二氯甲苯连续测量 10 次，得到 2 组测量值，分别见表 D.2、D.3。

表 D.2 测量重复性结果

测量结果	1.5462	1.5463	1.5463	1.5462	1.5462
	1.5463	1.5462	1.5463	1.5463	1.5463
测量平均值	1.5463		测量重复性	$5.2 \times 10^{-5}$	

表 D.3 测量重复性结果

测量结果	1.54627	1.54627	1.54628	1.54628	1.54626
	1.54628	1.54626	1.54626	1.54628	1.54627
测量平均值	1.54627		测量重复性	$8.8 \times 10^{-6}$	

单次测量结果实验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n_{D_i} - \bar{n}_D)^2}{n-1}}$$

规范规定,折射率示值误差在重复性条件下连续测量 3 次,以 3 次测量算术平均值为测量结果,则得到平均值的实验标准偏差：

$$s(\bar{n}_D) = s/\sqrt{3}$$

由测量重复性引入的测量结果不确定度：

$$u(\bar{n}_D) = s(\bar{n}_D)$$

分辨率为 0.0001、0.00001 自动密度折光仪,由测量重复性引入的测量结果不确定度分别为： $3.0 \times 10^{-5}$ 、 $5.1 \times 10^{-6}$ 。

#### D.4.2 输入量 $n_{D_{\text{标}}}$ 的标准不确定度 $u(n_{D_{\text{标}}})$ 的评定

输入量  $n_{D_{\text{标}}}$  的不确定度由标准物质引入,由标准物质证书得到 2,4-二氯甲苯,不确定度为  $U=2 \times 10^{-5}$ ,取  $k=2$ 。则得到  $u(n_{D_{\text{标}}})=2.0 \times 10^{-5}/2=1.0 \times 10^{-5}$ 。

#### D.4.3 输入量 $n_{D_t}$ 标准不确定度 $u(n_{D_t})$ 的评定

输入量  $\rho_t$  的不确定度主要是温度示值误差引入。

全自动密度折光仪内置帕尔贴恒温装置,分辨率为 0.0001 时,以温度准确度为  $0.05^\circ\text{C}$ ;分辨率为 0.00001 时,以温度准确度为  $0.01^\circ\text{C}$  为例计算。

温度变化  $5^\circ\text{C}$ ,2,4-二氯甲苯折射率变化 0.00228,则温度变化  $1^\circ\text{C}$ ,2,4-二氯甲苯折射率变化： $4.6 \times 10^{-4}$ ;分辨率为 0.0001 时,温度准确度为  $0.05^\circ\text{C}$ ,引起 2,4-二氯甲苯折射率变化最大量为  $2.28 \times 10^{-5}$ ,折射率在该温度范围内近似满足正态分布,则分辨率为 0.0001 时,温度准确度为  $0.05^\circ\text{C}$  引入的不确定度为： $2.28 \times 10^{-5}/3=7.6 \times 10^{-6}$ ;分辨率为 0.00001 时,以温度准确度为  $0.01^\circ\text{C}$  引入的不确定度为： $4.6 \times 10^{-6}/3=1.5 \times 10^{-6}$ 。



D.4.4 输入量  $n_{Df}$  的标准不确定度  $u(n_{Df})$ 

输入量  $n_{Df}$  的不确定度由仪器分辨率引入,分辨率为 0.0001 时,  $u(f) = \frac{0.0001}{2\sqrt{3}} =$

$2.9 \times 10^{-5}$ ; 分辨率为 0.00001 时,  $u(f) = \frac{0.00001}{2\sqrt{3}} = 2.9 \times 10^{-6}$

## D.5 合成标准不确定度的计算

测量的不确定度分量见表 D.4、D.5。

表 D.4 各分量标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 $u_i$	$c_i$	标准不确定度分量的值 $ c_i u(x_i)$
$u(\overline{n_D})$	测量重复性	$5.2 \times 10^{-5}$	1	$5.2 \times 10^{-5}$
$u(n_{D\text{标}})$	标准物质	$1.0 \times 10^{-5}$	1	$1.0 \times 10^{-5}$
$u(n_{D\text{标}})$	温度示值误差	$7.6 \times 10^{-6}$	1	$7.6 \times 10^{-6}$
$u(n_{Df})$	仪器分辨率	$2.9 \times 10^{-5}$	1	$2.9 \times 10^{-5}$

表 D.5 各分量标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 $u_i$	$c_i$	标准不确定度分量的值 $ c_i u(x_i)$
$u(\overline{n_D})$	测量重复性	$8.8 \times 10^{-6}$	1	$8.8 \times 10^{-6}$
$u(n_{D\text{标}})$	标准物质	$1.0 \times 10^{-5}$	1	$1.0 \times 10^{-5}$
$u(n_{D\text{标}})$	温度示值误差	$1.5 \times 10^{-6}$	1	$1.5 \times 10^{-6}$
$u(n_{Df})$	仪器分辨率	$2.9 \times 10^{-6}$	1	$2.9 \times 10^{-6}$

以上各标准无不确定度分量互不相关,则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u(\overline{n_D})^2 + u(n_{D\text{标}})^2 + u(n_{D\text{标}})^2 + u(n_{Df})^2}$$

分辨率为 0.0001、0.00001 的全自动密度折光仪测量折射率为:1.54626 的合成标准不确定度分别为: $6.0 \times 10^{-5}$ 、 $1.4 \times 10^{-5}$ 。

## D.6 扩展不确定度的计算

取包含因子  $k=2$ ,则:

$$U = k \cdot u_c$$

分辨率为 0.0001、0.00001 扩展不确定度分别为: $1.2 \times 10^{-4}$ 、 $2.8 \times 10^{-5}$ 。

## D.7 仪器密度示值误差测量结果不确定度评估

根据 JJF(豫)207—2016《全自动密度折光仪校准规范》的规定,仪器分辨率为 0.0001、0.00001 的全自动密度折光仪测量折射率为 1.54626 示值误差的扩展不确定度( $k=2$ )分别为: $1.2 \times 10^{-4}$ 、 $2.8 \times 10^{-5}$ 。