



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1112-2020

中空玻璃露点仪校准规范

Calibration Specification for
Insulating Glass Dew Point Analyzer

2020-12-16 发布

2021-03-16 实施

福建省市场监督管理局 发布

中空玻璃露点仪校准规范

Calibration Specification for

Insulating Glass Dew Point Analyzer

JJF (闽) 1112 — 2020

本规范经福建省市场监督管理局于 2020 年 12 月 16 日批准，并自
2021 年 03 月 16 日起施行。

归口单位：福建省市场监督管理局

主要起草单位：福建省计量科学研究院

参加起草单位：沈阳紫微机电设备有限公司

本规范委托福建省计量科学研究院负责解释

本规程主要起草人：

沈 峰（福建省计量科学研究院）

方 用（福建省计量科学研究院）

廖小华（福建省计量科学研究院）

参加起草人：

陈文秀（福建省计量科学研究院）

常柏楠（沈阳紫微机电设备有限公司）

陈爱玲（福建省计量科学研究院）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
4 概述	1
5 计量特性	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	3
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准方法	3
8 校准结果表达	5
9 复校时间间隔	6
附录 A 半导体制冷式中空玻璃露点仪校准记录参考格式	7
附录 B 干冰制冷式中空玻璃露点仪校准记录参考格式	8
附录 C 中空玻璃露点仪校准证书内页参考格式	9
附录 D 中空玻璃露点仪示值误差测量结果的不确定度评定示例	10
附录 E 中空玻璃露点仪稳定性测量结果的不确定度评定示例	15

引 言

JJF 1001—2011《通用计量名词术语与定义》、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》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范参考 GB/T 11944—2012《中空玻璃》编制而成。

本规范为首次制定。

中空玻璃露点仪校准规范

1 范围

本规范适用于中空玻璃露点仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 11944—2012 中空玻璃

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

以下术语和定义适用于本规范。

中空玻璃 insulating glass unit

两片或多片玻璃以有效支撑均匀隔开并周边粘接密封，使玻璃层间形成有干燥气体空间的玻璃制品。[GB/T 11944—2012, 3.1]

4 概述

中空玻璃露点仪（以下简称露点仪）是一种用于测定中空玻璃内气体露点温度的仪器。根据制冷方式不同，主要分为半导体制冷式和干冰制冷式。

半导体制冷式中空玻璃露点仪主要由铜质测量面、制冷模块、温控模块以及冷水系统组成（图1为半导体制冷式中空玻璃露点仪示意图），其工作原理是采用半导体制冷方式使露点仪测量面在短时间内降至设定温度，通过温控模块自动控制温度并显示测量面的温度值。

干冰制冷式中空玻璃露点仪主要由铜座测量管和温度计组成（图2为干冰制冷式中空玻璃露点仪示意图），其工作原理是利用干冰与乙醇或丙酮混合而成的制冷液使铜座（即测量面）降温，通过调整干冰用量来控制温度，利用数字或玻璃液体温度计测量制冷液温度，即为露点仪温度。

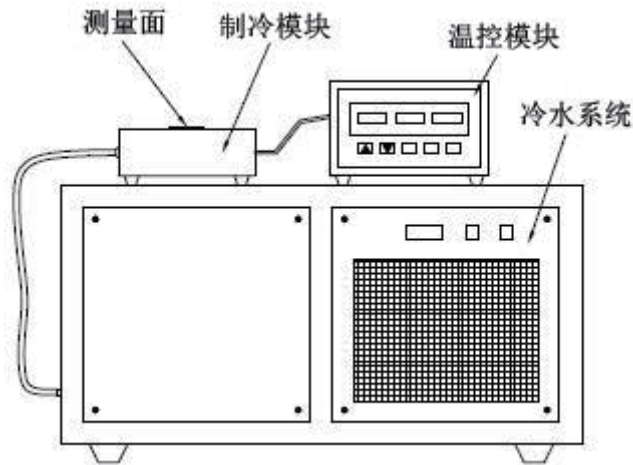


图1 半导体制冷式中空玻璃露点仪示意图

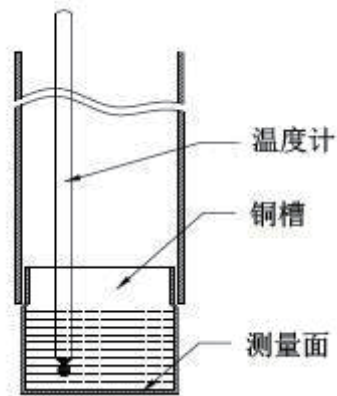


图2 干冰制冷式中空玻璃露点仪示意图

5 计量特性

中空玻璃露点仪的计量特性要求见表1。

表1 中空玻璃露点仪计量特性要求

计量特性	半导体制冷式	干冰制冷式
示值误差	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
稳定性	$1^{\circ}\text{C}/10\text{min}$	—
注：以上指标要求不用于合格性判断，仅供参考。		

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $(30\sim 75)\%RH$ 。

6.1.2 周围环境应无影响校准的冷热源、振动、电磁干扰、污染和腐蚀性气体等存在。

6.1.3 如果校准用设备规定了正常使用的环境条件，应符合其规定。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备技术要求见表 2。

表 2 测量标准及其他设备技术要求

露点仪类型	设备名称	技术要求
半导体制冷式	铜-铜镍热电偶及配套电测设备	1. 热电偶为线径（含绝缘层）不大于 0.5mm 的露端式热电偶； 2. 对铜-铜镍热电偶及其配套电测设备整体校准，其扩展不确定度 $U(k=2)$ 应不大于被校露点仪最大允许误差的 1/3。
干冰制冷式	二等标准铂电阻温度计及配套电测设备	1. 测温范围（-80~30）℃； 2. 配套电测设备引用修正值后的相对误差应不大于 3×10^{-5} 。
	恒温槽	1. 温度范围（-80~30）℃； 2. 工作区域水平温差 ≤ 0.05 ℃； 3. 工作区域最大温差 ≤ 0.10 ℃； 4. 温度波动度 ≤ 0.10 ℃/10min。
注：也可以选用扩展不确定度不大于被校露点仪最大允许误差 1/3 的其他测量标准。		

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 3。

表 3 中空玻璃露点仪校准项目

校准项目	半导体制冷式	干冰制冷式
示值误差	+	+
稳定性	+	-
注：“+”表示应校准，“-”表示不校准。		

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 用目测的方法进行检查。露点仪的外观结构应完好，不应有影响测量准确度的缺陷，标牌内容（名称、规格型号、制造厂及出厂编号）应齐全。

7.2.1.2 半导体制冷式中空玻璃露点仪接通电源后，各部分的运行情况应正常。露点

仪测量面在校准前应进行清洁处理，去掉影响测量准确度的污物。

7.2.1.3 干冰制冷式中空玻璃露点仪温度计为数字温度计时，通电状态下，显示应正常。

7.2.2 示值误差和稳定性

7.2.2.1 校准点的选择

校准点一般选取 -60°C 、 -55°C 、 -50°C 、 -45°C 、 -40°C ，也可根据用户需要选择校准点。

7.2.2.2 半导体制冷式中空玻璃露点仪示值误差和稳定性校准方法

将标准器测量端置于露点仪测量面中心位置，用胶带固定，使测量端与露点仪测量面紧密接触，然后用保温材料（如EPE板等）覆盖整个露点仪测量面，以重物压紧，使测量面能与保温材料紧密贴合，无明显空气缝隙。

接通露点仪的电源。露点仪温度由低往高逐点校准，设定温度，待露点仪第一次达到设定温度并稳定10min后，记录标准器和露点仪的读数。每隔1min记录1次，10min内共记录11次。

改变露点仪设定温度，重复上述操作，直至所有温度点均校准完毕。

7.2.2.3 干冰制冷式中空玻璃露点仪示值误差校准方法

将被校露点仪温度计与标准温度计插入恒温槽中（玻璃液体温度计应按规定的浸没方式垂直插入），浸没深度应符合温度计使用要求。温度由低往高逐点校准，开始读数时，恒温槽实际温度（以标准温度计为准）偏离校准点应不超过 0.2°C 。

温度计插入恒温槽中要稳定10min以上才可读数，先读取标准温度计示值，再读取被校露点仪温度计示值（玻璃液体温度计估读到分度值的1/10），然后再按相反顺序读数返回到标准，共读数2次。读数要迅速、准确、时间间隔要均匀。

7.2.3 数据处理

7.2.3.1 示值误差

半导体制冷式中空玻璃露点仪示值误差按公式（1）计算，干冰制冷式中空玻璃露点仪示值误差按公式（2）计算。

$$\Delta t = t_d - t_o - \Delta t_c \quad (1)$$

$$\Delta t = t_d - t_o \quad (2)$$

式中：

Δt ——露点仪的示值误差，℃；

t_d ——露点仪温度示值的平均值，℃；

t_o ——测量标准测量的温度平均值，℃；

Δt_c ——测量标准的温度修正值，℃。

7.2.3.2 稳定性

校准过程中，每隔 1min 对露点仪测量面温度进行 1 次测量，10min 内测量 11 组数据，按公式 (3) 计算露点仪稳定性。

$$t_f = t_{\max} - t_{\min} \quad (3)$$

式中：

t_f ——露点仪稳定性，℃；

t_{\max} ——11 次实测最大值，℃；

t_{\min} ——11 次实测最小值，℃。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 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；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

- n) 校准人和核验人签名;
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制校准证书的声明。

9 复校时间间隔

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, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校间隔一般不超过 1 年。

附录 A

半导体制冷式中空玻璃露点仪校准记录参考格式

送校单位							
样品	名称			型号规格			
	制造厂			出厂编号			
标准器	名称/型号	编号	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构/ 证书编号	有效期至	
环境温度		℃	相对湿度	%	校准地点		
记录编号				证书编号			
技术依据							
1、外观检查							
2、示值误差与稳定性							
单位：℃							
校准点 测量值 次数							
	被检器示值	实测值	被检器示值	实测值	被检器示值	实测值	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
平均值							
修正值	——		——		——		
示值误差							
示值误差扩展不确定度 ($k=2$)							
稳定性							
稳定性扩展不确定度 ($k=2$)							
校准人	校准日期		核验人		核验日期		

附录 B

干冰制冷式中空玻璃露点仪校准记录参考格式

送校单位								
样品	名称			型号规格				
	制造厂			出厂编号				
标准器	名称/型号	编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	溯源机构/证书编号	有效期至		
环境温度		℃	相对湿度	%	校准地点			
记录编号				证书编号				
技术依据								
1、外观检查								
2、示值误差								
单位：℃								
校准点 测量值 次数								
	被检仪器示值	标准器示值	被检仪器示值	标准器示值	被检仪器示值	标准器示值	被检仪器示值	标准器示值
1								
2								
平均值								
示值误差								
示值误差扩展不确定度 ($k=2$)								
校准点 测量值 次数								
	被检仪器示值	标准器示值	被检仪器示值	标准器示值	被检仪器示值	标准器示值	被检仪器示值	标准器示值
1								
2								
平均值								
示值误差								
示值误差扩展不确定度 ($k=2$)								
校准人		校准日期		核验人		核验日期		

附录 C

中空玻璃露点仪校准证书内页参考格式

校准点/℃	示值误差/℃		稳定性/℃	
	校准结果	扩展不确定度 $U(k=2)$	校准结果	扩展不确定度 $U(k=2)$

附录 D

中空玻璃露点仪示值误差测量结果的不确定度评定示例

D.1 半导体制冷式中空玻璃露点仪示值误差测量结果的不确定度评定

D.1.1 测量方法

将铜-铜镍热电偶测量端置于露点仪测量面中心位置，并保证接触良好，然后用保温材料覆盖整个露点仪测量面，压紧，使热电偶测量端充分、紧密地压在露点仪测量面的中心位置上。设定露点仪温度，待露点仪第一次达到设定温度并稳定 10min 后，记录标准器和露点仪的读数。每隔 1min 记录 1 次，10min 内共记录 11 次。被校露点仪示值与测量平均值的差值为露点仪的示值误差。以 -60°C 为例，对露点仪示值误差测量结果的不确定度进行评定。

D.1.2 测量模型

$$\Delta t = t_d - t_o - \Delta t_c \quad (\text{D.1})$$

式中：

Δt ——露点仪的示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_d ——露点仪温度示值的平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_o ——测量标准测量的温度平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

Δt_c ——测量标准的温度修正值， $^{\circ}\text{C}$ 。

D.1.3 不确定度来源

- (1) 露点仪测温仪表分辨力引入的标准不确定度 u_1 ；
- (2) 测量重复性引入的标准不确定度 u_2 ；
- (3) 测量标准稳定性引入的标准不确定度 u_3 ；
- (4) 测量标准温度修正值引入的标准不确定度 u_4 。

D.1.4 标准不确定度评定

D.1.4.1 露点仪测温仪表分辨力引入的标准不确定度 u_1

露点仪测温仪表分辨力为 0.1°C ，其区间半宽为 0.05°C ，按均匀分布处理，则：

$$u_1 = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

D. 1. 4. 2 测量重复性引入的标准不确定度 u_2

测量重复性由 10 次重复测量得到： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}{10-1}} = 0.15^\circ\text{C}$ ，则：

$$u_2 = s = 0.15^\circ\text{C}$$

D. 1. 4. 3 测量标准稳定性引入的标准不确定度 u_3

测量标准年稳定度为 0.2°C ，其区间半宽为 0.2°C ，按均匀分布处理，则：

$$u_3 = 0.2 / \sqrt{3} = 0.12^\circ\text{C}$$

D. 1. 4. 4 测量标准温度修正值引入的标准不确定度 u_4

从校准证书可知，标准器在 -60°C 时，修正值扩展不确定度为 0.06°C ($k=2$)，标准不确定度为：

$$u_4 = 0.06 / 2 = 0.03^\circ\text{C}$$

D. 1. 4. 5 u_1 与 u_2 取大者。

D. 1. 4. 6 标准不确定度分量汇总表（见表 D. 1）

半导体制冷式中空玻璃露点仪示值误差标准不确定度分量汇总表见表 D. 1。

表 D. 1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 c_i	$ c_i \cdot u_i$
u_2	温度测量重复性	0.15°C	1	0.15°C
u_3	测量标准稳定性	0.12°C	-1	0.12°C
u_4	测量标准温度修正值	0.03°C	-1	0.03°C

D. 1. 5 合成标准不确定度 $u_c(\Delta t)$

由于 u_2 、 u_3 、 u_4 相互独立，因此合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.19^\circ\text{C}$$

D. 1. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，露点仪示值误差的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta t) = 0.4^\circ\text{C}$$

D.1.7 不确定度报告

-60℃时，露点仪示值误差的扩展不确定度 $U=0.4^\circ\text{C}$ ， $k=2$ 。

D.2 干冰制冷式中空玻璃露点仪示值误差测量结果的不确定度评定

D.2.1 测量方法

将被校露点仪温度计与标准温度计同置于恒温槽中，待示值稳定后，先读取标准温度计示值，再读取被校露点仪温度计示值，然后再按相反顺序读数返回到标准，共读数 2 次。被校露点仪温度计与标准温度计示值平均值的差值为露点仪的示值误差。以-60℃为例，对露点仪示值误差测量结果的不确定度进行评定。

D.2.2 测量模型

$$\Delta t = t_d - t_o \quad (\text{D.2})$$

式中：

Δt ——露点仪的示值误差，℃；

t_d ——露点仪温度示值的平均值，℃；

t_o ——测量标准测量的温度平均值，℃；

D.2.3 不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度 u'_1 ；
- (2) 露点仪温度计分辨力引入的标准不确定度 u'_2 ；
- (3) 恒温槽均匀性引入的标准不确定度 u'_3 ；
- (4) 恒温槽波动度引入的标准不确定度 u'_4 ；
- (5) 标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度 u'_5 ；
- (6) 标准铂电阻温度计年稳定性引入的标准不确定度 u'_6 ；
- (7) 电测设备不确定度引入的标准不确定度 u'_7 。

D.2.4 标准不确定度评定

D. 2. 4. 1 测量重复性引入的标准不确定度 u'_1

温度测量重复性由 10 次重复测量得到： $s' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}{10-1}} = 0.04^\circ\text{C}$ ，则：

$$u'_1 = s' = 0.04^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 2 露点仪温度计分辨力引入的标准不确定度 u'_2

露点仪温度计为数字温度计，分辨力为 0.1°C ，其区间半宽为 0.05°C ，按均匀分布处理，则：

$$u'_2 = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 3 恒温槽均匀性引入的标准不确定度 u'_3

恒温槽工作区域最大温差不超过 0.02°C ，其区间半宽为 0.01°C ，按均匀分布处理，则：

$$u'_3 = 0.01 / \sqrt{3} = 0.01^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 4 恒温槽波动度引入的标准不确定度 u'_4

恒温槽温度波动不超过 $0.04^\circ\text{C}/10\text{min}$ ，其区间半宽为 0.02°C ，按均匀分布处理，则：

$$u'_4 = 0.02 / \sqrt{3} = 0.01^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 5 标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度 u'_5

二等标准铂电阻温度计在 -60°C 的扩展不确定度为 8mk ($k=2$)，则

$$u'_5 = 8 / 2 = 4\text{mk} = 0.00^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 6 标准铂电阻温度计年稳定性引入的标准不确定度 u'_6

二等标准铂电阻温度计年稳定性为 10mK ，按均匀分布处理，则：

$$u'_6 = 10 / \sqrt{3} = 5.77\text{mk} = 0.01^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 7 电测设备不确定度引入的标准不确定度 u'_7

采用的高精度温度指示仪，其温度测量误差不超过 1mK ，按均匀分布处理，则：

$$u'_7 = 1 / \sqrt{3} = 0.58\text{mk} = 0.00^\circ\text{C}$$

D. 2. 4. 8 u'_1 与 u'_2 取大者。

D. 2. 4. 9 标准不确定度分量汇总表

干冰制冷式中空玻璃露点仪示值误差标准不确定度分量汇总表见表 D. 2。

表 D.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 u'_i	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 c'_i	$ c'_i \cdot u'_i$
u'_1	测量重复性	0.04℃	1	0.04℃
u'_3	恒温槽均匀性	0.01℃	-1	0.01℃
u'_4	恒温槽波动度	0.01℃	-1	0.01℃
u'_5	标准温度计量值溯源	0.00℃	-1	0.00℃
u'_6	标准温度计年稳定性	0.01℃	-1	0.01℃
u'_7	电测设备不确定度	0.00℃	-1	0.00℃

D.2.5 合成标准不确定度 $u'_c(\Delta t)$

由于 u'_1 、 u'_3 、 u'_4 、 u'_5 、 u'_6 、 u'_7 相互独立，因此合成标准不确定度为：

$$u'_c(\Delta t) = \sqrt{u'^2_1 + u'^2_3 + u'^2_4 + u'^2_5 + u'^2_6 + u'^2_7} = 0.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D.2.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，露点仪示值误差的扩展不确定度为：

$$U' = k \times u'_c(\Delta t) = 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D.2.7 不确定度报告

-60℃时，露点仪示值误差的扩展不确定度 $U=0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ， $k=2$ 。

附录 E

中空玻璃露点仪稳定性测量结果的不确定度评定示例

E.1 测量方法

将铜-铜镍热电偶测量端置于露点仪测量面中心位置，并保证接触良好，然后用保温材料覆盖整个露点仪测量面，压紧，使热电偶测量端充分、紧密地压在露点仪测量面的中心位置上。设定露点仪温度，待露点仪第一次达到设定温度并稳定 10min 后，记录标准器的读数。每隔 1min 记录 1 次，10min 内共记录 11 次，然后计算出这 11 个数据的极差，即为露点仪稳定性。

E.2 测量模型

$$t_f = t_{\max} - t_{\min} \quad (\text{E.1})$$

式中：

t_f ——露点仪稳定性， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_{\max} ——11 次实测最大值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_{\min} ——11 次实测最小值， $^{\circ}\text{C}$ ；

E.3 不确定度传播公式

由式 (E.1) 得到稳定性不确定度传播公式 $u(t_f) = \sqrt{u^2(t_{\max}) + u^2(t_{\min})}$ ，因 $u(t_{\max})$ 和 $u(t_{\min})$ 为同一个量的同种不确定度，故 $u(t_{\max}) = u(t_{\min})$ ，令 $u(t) = u(t_{\max}) = u(t_{\min})$ ，则：

$$u(t_f) = \sqrt{2}u(t)$$

E.4 不确定度来源

- (1) 测量标准分辨力引入的标准不确定度 u_1 ；
- (2) 测量标准重复性引入的标准不确定度 u_2 。

E.5 标准不确定度评定

E.5.1 测量标准分辨力引入的标准不确定度 u_1

测量标准分辨力为 0.01°C ，其区间半宽为 0.005°C ，按均匀分布处理，则：

$$u_1 = 0.005 / \sqrt{3} = 0.00^{\circ}\text{C}$$

E. 5.2 测量标准重复性引入的标准不确定度分量 u_2

测量标准重复性由 10 次重复测量得到： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}{10-1}} = 0.01^\circ\text{C}$ ，则：

$$u_2 = s = 0.01^\circ\text{C}$$

E. 5.3 u_1 与 u_2 取大者，则 $u(t) = u_2 = 0.01^\circ\text{C}$ 。

E. 5.4 标准不确定度分量汇总表（见表 E. 1）

表 E. 1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 c_i	$ c_i \cdot u_i$
u_2	测量标准重复性	0.01°C	$\sqrt{2}$	0.01°C

E. 6 合成标准不确定度 $u_c(t_f)$

$$u_c(t_f) = \sqrt{2} \times u_2 = 0.01^\circ\text{C}$$

E. 7 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，露点仪稳定性的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(t_f) = 0.1^\circ\text{C}$$

E. 8 不确定度报告

露点仪稳定性的扩展不确定度 $U = 0.1^\circ\text{C}$ ， $k = 2$ 。

