

天津市地方计量技术规范

JJF(津) 178—2026

电路连续性测试仪校准规范

Calibration Specification for Electric Circuit Continuity Tester

2026—07—17 发布

2026—10—17 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

电路连续性测试仪 校准规范

Calibration Specification for
Electric Circuit Continuity Tester

JJF(津) 178—2026

归口单位：天津市市场监督管理委员会

起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范由天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

马新新 （天津市计量监督检测科学研究院）

冯 宇 （天津市计量监督检测科学研究院）

翟家强 （天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

任 晟 （天津市计量监督检测科学研究院）

柳云秀 （天津市计量监督检测科学研究院）

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 直流电压最大允许误差.....	(1)
4.2 直流电流最大允许误差.....	(1)
4.3 温度示值误差.....	(1)
4.4 温度波动.....	(1)
5 校准条件.....	(1)
5.1 环境条件.....	(1)
5.2 测量标准及其他设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
6.1 校准前准备.....	(2)
6.2 校准点的选取.....	(2)
6.3 直流电压.....	(3)
6.4 直流电流.....	(3)
6.5 温度示值误差.....	(5)
6.6 温度波动.....	(5)
7 校准结果.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 电路连续性测试仪校准原始记录参考格式.....	(8)
附录 B 电路连续性测试仪校准证书内页推荐格式.....	(10)
附录 C 电路连续性测试仪测量结果不确定度评定示例.....	(12)

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

电路连续性测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于额度输出电压 300V 及以下、额定输出电流 50A 及以下的电路连续性测试仪的校准。其他范围的电路连续性测试仪可以参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1597 直流稳定电源校准规范

JJG(浙) 76 数字温度计计量检定规程

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 概述

电路连续性测试仪，也称为电源内部连续性监控系统。电路连续性测试仪常用于光伏组件生产企业和光伏产业检测机构。该设备主要用于热循环试验和湿冷冻试验，在整个试验过程中，通过数据显示以监控每个组件内部电路的连续性，验证组件连接端的导通状态。该设备能够输出直流电压、直流电流、测量温度。其主要由直流电源、热电偶以及功能显示等部件组成。

4 计量特性

4.1 直流电压最大允许误差： $\pm(0.1\%\sim 10\%)$ 。

4.2 直流电流最大允许误差： $\pm(0.1\%\sim 10\%)$ 。

4.3 温度示值误差不超过 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。

4.4 温度波动不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

注：具体计量特性，可参照被校测试仪的技术要求。以上要求不适用于合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度： $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：45%~75%；

周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动，并具有良好的接地。

周围无腐蚀性、易燃、易爆气体。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 测量标准

测量用标准设备应经计量检定合格或校准，并在有效期内。标准设备的测量范围应覆盖被校电路连续性测试仪的测量范围，并具有足够高的分辨力、准确度和波动。测量标准的扩展不确定度 ($k=2$) 应不大于被校电路连续性测试仪的直流电压和直流电流最大允许误差绝对值或允许范围的 $1/3$ ，应不大于被校电路连续性测试仪的温度最大允许误差绝对值或允许范围的 $1/3$ 。根据所采用的校准方法，选择以下可以满足校准要求的测量设备。

- a) 直流标准电压表
- b) 直流标准电流表
- c) 直流电流/电压转换器或直流标准分流器
- d) 实验电阻
- e) 数字温度计

5.2.2 配套设备

- a) 便携式温度场

工作区温度波动： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前准备

被校电路连续性测试仪的铭牌标识应清晰、完整，应至少包括名称、型号、生产厂商或商标、出厂编号、额定输入电压和输出参数额定值等内容。各种功能标志应齐全正确。

通电后，开关、按键、调节旋钮、显示屏和各种状态指示灯（标志）应工作正常。应能正常使用。

在规定的环境条件下，按说明书和实际工作需要预热。

6.2 校准点的选取

每个通道均按照以下方法选取测量点。

直流电压：整个直流电压范围内均匀选取 3 个校准点，包括范围的 10%、50%、100%点。

直流电流：整个直流电流范围内均匀选取 3 个校准点，包括范围的 10%、50%、100%点。

温度：整个温度范围内均匀选取 3 个校准点，应包括测量范围的上、下限值，其余点为其范围内原则上均匀等分的整十度或整百度点。

注：实际校准点可根据客户实际需要进行选择。

6.3 直流电压

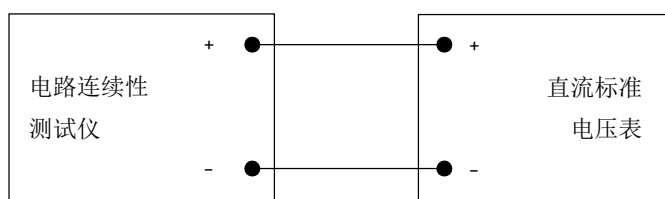


图 1 直流电压连接示意图

将直流标准电压表正负极分别与被校电路连续性测试仪的一个通道的输出端正负极相连，如图 1 所示。对该通道按照校准点 V_{x1} 进行设置，并持续输出直流电压，等待输出稳定后，记录直流标准电压表的测量值 V_0 。记录此时被校电路连续性测试仪显示值 V_{x2} 。

直流电压设置值示值误差按公式 (1) 计算，或直流电压测量值示值误差按公式 (2) 计算。

$$\text{设置值示值误差:} \quad \Delta V_1 = V_{x1} - V_0 \quad (1)$$

$$\text{测量值示值误差:} \quad \Delta V_2 = V_{x2} - V_0 \quad (2)$$

式中：

ΔV_1 ——直流电压设置值示值误差，V；

ΔV_2 ——直流电压测量值示值误差，V；

V_{x1} ——被校电路连续性测试仪直流电压设置值，V；

V_{x2} ——被校电路连续性测试仪直流电压显示值，V；

V_0 ——直流标准电压表测量值，V。

更换被校电路连续性测试仪通道，重复进行以上步骤。

6.4 直流电流

6.4.1 直流标准电流表法

将直流标准电流表正负极分别与被校电路连续性测试仪的一个通道的输出端正负极

相连,如图 2 所示。若必要时,可以在电路内串联实验电阻,以启动电路连续性测试仪。对该通道按照校准点 I_{x1} 进行设置,并持续输出直流电流,等待输出稳定后,记录直流标准电流表的测量值 I_0 。记录此时被校电路连续性测试仪显示值 I_{x2} 。

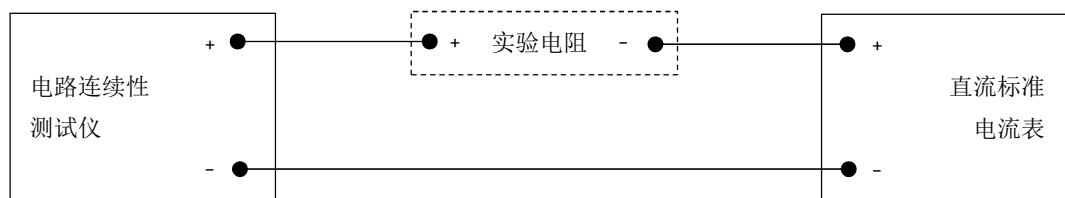


图 2 直流标准电流表法连接示意图

直流电流设置值示值误差按公式 (3) 计算,或直流电流测量值示值误差按公式 (4) 计算。

$$\text{设置值示值误差:} \quad \Delta I_1 = I_{x1} - I_0 \quad (3)$$

$$\text{测量值示值误差:} \quad \Delta I_2 = I_{x2} - I_0 \quad (4)$$

式中:

ΔI_1 ——直流电流设置值示值误差, A;

ΔI_2 ——直流电流测量值示值误差, A;

I_{x1} ——被校电路连续性测试仪直流电流设置值, A;

I_{x2} ——被校电路连续性测试仪直流电流显示值, A;

I_0 ——直流标准电流表测量值, A。

6.4.2 直流电流/电压转换器法

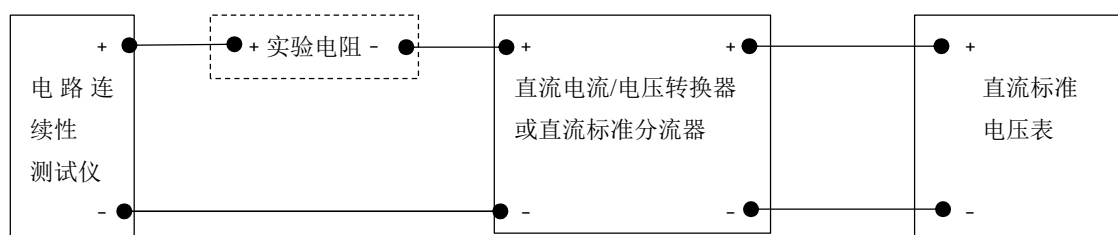


图 3 直流电流/电压转换器法连接示意图

对于测量电流值较大,直流标准电流无法满足直接法时,采用直流电流/电压转换器法,如图 3 所示。若必要时,可以在电路内串联实验电阻,以启动电路连续性测试仪。对该通道按照校准点 I_{x1} 进行设置,并持续输出直流电流,等待输出稳定后,记录直流标准电压表

的测量值 V_0 。记录此时被校电路连续性测试仪显示值 I_{x2} 。

直流电流设置值示值误差按公式 (5) 计算, 或直流电流测量值示值误差按公式 (6) 计算。

$$\text{设置值示值误差:} \quad \Delta I_1 = I_{x1} - GV_0 \quad (5)$$

$$\text{测量值示值误差:} \quad \Delta I_2 = I_{x2} - GV_0 \quad (6)$$

式中:

ΔI_1 ——直流电流设置值示值误差, A;

ΔI_2 ——直流电流测量值示值误差, A;

I_{x1} ——被校电路连续性测试仪直流电流设置值, A;

I_{x2} ——被校电路连续性测试仪直流电流显示值, A;

V_0 ——直流标准电压表测量值, V;

G ——直流电流/电压转换器的电流/电压转换比例系数或电导值, S。

注: 若电流测量用直流标准分流器, 则 $G = \frac{1}{R}$, 式中 R 为直流标准分流器电阻值, Ω 。

更换被校电路连续性测试仪通道, 重复进行以上步骤。

6.5 温度示值误差

校准前, 应将便携式温度场进行预热。先将便携式温度场温度设置为温度校准点, 当便携式温度场的温度达到充分稳定时, 插入被校温度传感器和数字温度计。待被校温度传感器和数字温度计显示稳定后, 分别读取被校温度传感器的显示值 T 和数字温度计的显示值 T_0 。

温度示值误差按公式 (7) 计算。

$$\text{示值误差:} \quad \Delta T = T - T_0 \quad (7)$$

式中:

ΔT ——温度示值误差, $^{\circ}\text{C}$;

T ——被校温度传感器显示值, $^{\circ}\text{C}$;

T_0 ——数字温度计显示值, $^{\circ}\text{C}$ 。

每个通道温度传感器都应按照以上步骤进行校准。

6.6 温度波动

将便携式温度场温度设置为温度校准点, 当便携式温度场的温度达到充分稳定时, 在

10min 内每隔 1min 读取一次被校温度传感器显示值。

温度波动为实测最高温度值与最低温度值之差的一半，冠以“±”号，按公式（8）计算。

$$\text{温度波动:} \quad \Delta T_f = \pm (T_{fmax} - T_{fmin}) / 2 \quad (8)$$

式中：

ΔT_f ——温度波动，℃；

T_{fmax} ——被校温度传感器显示值最高温度值，℃；

T_{fmin} ——被校温度传感器显示值最低温度值，℃。

每个通道温度传感器都应按照以上步骤进行校准。

7 校准结果

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包含以下信息：

- 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，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应用相关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 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) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 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

建议复校时间间隔为 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、仪器本身质量问题等诸因素所决定的, 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。

附录 A

电路连续性测试仪校准原始记录参考格式

证书编号: _____ 原始记录编号: _____
 客户名称: _____ 客户地址: _____
 仪器名称: _____ 型号规格: _____
 制造厂: _____ 出厂编号: _____
 校准地点: _____
 校准依据: _____
 环境条件: 温度: _____ 相对湿度: _____ 校准日期: _____
 校准员: _____ 核验员: _____

标准器名称	编号	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	证书编号	证书有效期

A.1 直流电压

A.1.1 直流电压设置值示值误差

通道	设置值 (V)	标准值 (V)	示值误差 (%)	测量不确定度

A.1.2 直流电压测量值示值误差

通道	被校仪器显示值 (V)	标准值 (V)	示值误差 (%)	测量不确定度

A.2 直流电流

A.2.1 直流电流设置值示值误差

通道	设置值 (A)	标准值 (A)	示值误差 (%)	测量不确定度

A.2.2 直流电流测量值示值误差

通道	被校仪器显示值 (A)	标准值 (A)	示值误差 (%)	测量不确定度

A.3 温度示值误差

通道	校准点 (°C)	标准值 (°C)	被校仪器显示值 (°C)	示值误差 (°C)	测量不确定度

A.4 温度波动

通道		校准点 (°C)	校准点 (°C)	校准点 (°C)
被校仪器显示值 (°C)	0min			
	1min			
	2min			
	3min			
	4min			
	5min			
	6min			
	7min			
	8min			
	9min			
	10min			
波动 (°C)				
测量不确定度				

附录 B

电路连续性测试仪校准证书内页推荐格式

B.1 直流电压

B.1.1 直流电压设置值示值误差

通道	设置值或被校仪器 显示值 (V)	标准值 (V)	示值误差 (%)	测量不确定度

B.1.2 直流电压测量值示值误差

通道	设置值或被校仪器 显示值 (V)	标准值 (V)	示值误差 (%)	测量不确定度

B.2 直流电流

B.2.1 直流电流设置值示值误差

通道	设置值或被校仪器 显示值 (A)	标准值 (A)	示值误差 (%)	测量不确定度

B.2.2 直流电流测量值示值误差

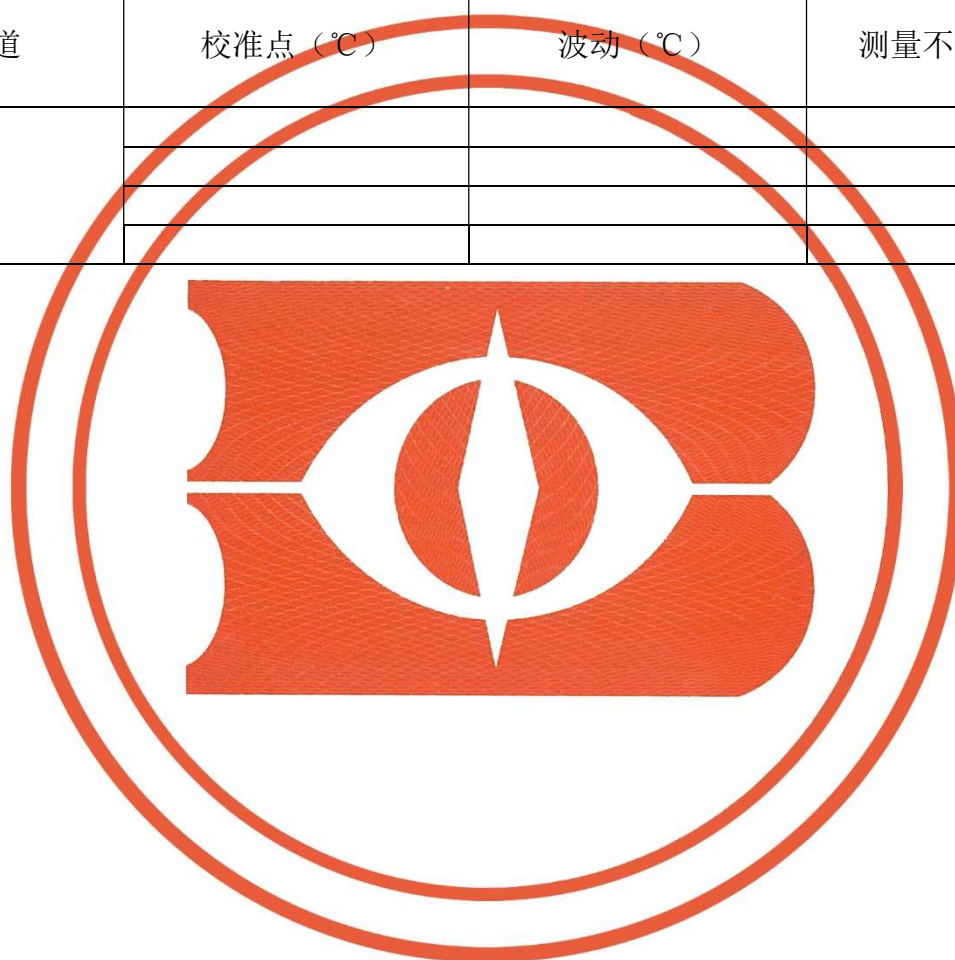
通道	设置值或被校仪器 显示值 (A)	标准值 (A)	示值误差 (%)	测量不确定度

B.3 温度示值误差

通道	校准点 (°C)	标准值 (°C)	被校仪器显示值 (°C)	示值误差 (°C)	测量不确定度

B.4 温度波动

通道	校准点 (°C)	波动 (°C)	测量不确定度



附录 C

电路连续性测试仪测量结果不确定度评定示例

C.1 直流电压部分

C.1.1 测量模型

直流电压校准分为直流电压设置值示值误差按或直流电压测量值示值误差见 6.3，以直流电压测量值示值误差为例，测量模型用公式 (C.1) 表示。

$$\Delta V_2 = V_{x2} - V_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔV_2 ——直流电压测量值示值误差，V；

V_{x2} ——被校电路连续性测试仪直流电压显示值，V；

V_0 ——直流标准电压表测量值，V。

C.1.2 $u(V_{x2})$ 的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源：显示重复性引入的不确定度分量 u_1 ；读数分辨率引入的不确定度分量 u_2 。

C.1.2.1 显示重复性引入的不确定度 u_1

在校准过程中，记录被校电路连续性测试仪电压显示值，重复进行 10 次，测量数据见表 C.1：

表 C.1 10 次显示数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值 (V)	49.97	49.97	49.98	49.97	49.96	49.96	49.96	49.97	49.96	49.97

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 49.967 \text{ V}$

单次实验标准差：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.0067 \text{ V}$$

则由显示重复性引入的不确定度分量 u_1 为：

$$u_1 = s(x_i) = 0.0067 \text{ V}$$

C.1.2.2 读数分辨率引入的不确定度分量 u_2

读数分辨率为 0.01V，即区间半宽度值为 $a_2 = 0.005\text{V}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子

$k=\sqrt{3}$ 。则读数分辨率引入的标准不确定度为:

$$u_2 = a_2 / k = 0.0029 \text{ V}$$

C.1.3 $u(V_0)$ 的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源: 测量重复性引入的不确定度分量 u_3 ; 读数分辨率引入的不确定度分量 u_4 ; 标准器误差引入的不确定度分量 u_5 。

C.1.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_3

在校准过程中, 记录标准器显示的测量结果, 重复进行 10 次, 测量数据见表 C.2:

表 C.2 10 次测量数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值 (V)	49.966	49.969	49.971	49.967	49.965	49.960	49.963	49.967	49.966	49.967

十次测量平均值: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 49.9661 \text{ V}$

单次实验标准差:

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.0030 \text{ V}$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_3 为:

$$u_3 = s(x_i) = 0.0030 \text{ V}$$

C.1.3.2 读数分辨率引入的不确定度分量 u_4

读数分辨率为 0.001V, 即区间半宽度值为 $a_4 = 0.0005\text{V}$, 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则读数分辨率引入的标准不确定度为:

$$u_4 = a_4 / k = 0.0003 \text{ V}$$

C.1.3.3 标准器误差引入的不确定度分量 u_5

标准电压表在 50V 档位最大允许误差为 $\pm (0.025\% \text{ 读数} + 2 \text{ 个字})$, 即 $\pm 0.0145\text{V}$, 即区间半宽度值为 $a_5 = 0.0145\text{V}$, 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准器误差引入的标准不确定度为:

$$u_5 = a_5 / k = 0.0084 \text{ V}$$

C.1.4 $u(\Delta V_2)$ 合成标准不确定度的评定

主要标准不确定度汇总表如表 C.3 所示

表 C.3 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	显示重复性	0.0067 V	1	0.0067 V
u_2	被校读数分辨率	0.0029 V	1	0.0029 V
u_3	测量重复性	0.0030 V	1	0.0030 V
u_4	标准器读数分辨率	0.0003 V	1	0.0003 V
u_5	标准器误差	0.0084 V	1	0.0084 V

各不确定度分量独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u(\Delta V_2) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.0115 \text{ V}$$

C.1.5 扩展不确定度的评定

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=k u(\Delta V_2)=2 \times 0.0115 \text{ V}=0.0230 \text{ V}$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}}=0.05\%$ ， $k=2$ 。

C.2 直流电流部分

C.2.1 测量模型

直流电流校准分为直流电流设置值示值误差按或直流电流测量值示值误差见 6.4，以直流电流测量值示值误差为例，测量模型用公式 (C.2) 表示。

$$\Delta I_2 = I_{x2} - I_0 \quad (\text{C.2})$$

式中：

ΔI_2 ——直流电流测量值示值误差，A；

I_{x2} ——被校电路连续性测试仪直流电流显示值，A；

I_0 ——直流标准电流表测量值，A。

C.2.2 $u(I_{x2})$ 的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源：显示重复性引入的不确定度分量 u_1 ；读数分辨率引入的不确定度分量 u_2 。

C.2.2.1 显示重复性引入的不确定度 u_1

在校准过程中，记录被校电路连续性测试仪电压显示值，重复进行 10 次，测量数据见表 C.4：

表 C.4 10 次显示数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值 (A)	9.98	9.98	9.99	9.98	9.99	9.98	9.98	9.98	9.99	9.98

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 9.983 \text{ A}$

单次实验标准差：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.0048 \text{ A}$$

则由显示重复性引入的不确定度分量 u_1 为：

$$u_1 = s(x_i) = 0.0048 \text{ A}$$

C.2.2.2 读数分辨率引入的不确定度分量 u_2

读数分辨率为 0.01A，即区间半宽度值为 $a_2=0.005\text{V}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则读数分辨率引入的标准不确定度为：

$$u_2 = a_2 / k = 0.0029 \text{ A}$$

C.2.3 $u(I_0)$ 的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源：测量重复性引入的不确定度分量 u_3 ；读数分辨率引入的不确定度分量 u_4 ；标准器误差引入的不确定度分量 u_5 。

C.2.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_3

在校准过程中，记录标准器显示的测量结果，重复进行 10 次，测量数据见表 C.5：

表 C.5 10 次测量数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值 (A)	9.987	9.985	9.992	9.987	9.985	9.986	9.991	9.993	9.988	9.986

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 9.9880 \text{ A}$

单次实验标准差：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.0029 \text{ A}$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_3 为：

$$u_3 = s(x_i) = 0.0029 \text{ A}$$

C.2.3.2 读数分辨率引入的不确定度分量 u_4

读数分辨率为 0.001A，即区间半宽度值为 $a_4 = 0.0005\text{A}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则读数分辨率引入的标准不确定度为：

$$u_4 = a_4 / k = 0.0003 \text{ A}$$

C.2.3.3 标准器误差引入的不确定度分量 u_5

标准电压表在 10A 档位最大允许误差为 $\pm (0.3\% \text{读数} + 2 \text{ 个字})$ ，即 $\pm 0.0320\text{A}$ ，即区间半宽度值为 $a_5 = 0.0320\text{A}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准器误差引入的标准不确定度为：

$$u_5 = a_5 / k = 0.0185 \text{ A}$$

C.2.4 $u(\Delta I_2)$ 合成标准不确定度的评定

主要标准不确定度汇总表如表 C.6 所示

表 C.6 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	显示重复性	0.0048 A	1	0.0048 A
u_2	被校读数分辨率	0.0029 A	1	0.0029 A
u_3	测量重复性	0.0029 A	1	0.0029 A
u_4	标准器读数分辨率	0.0003 A	1	0.0003 A
u_5	标准器误差	0.0185 A	1	0.0185 A

各不确定度分量独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u(\Delta I_2) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.0517 \text{ A}$$

C.2.5 扩展不确定度的评定

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=k u(\Delta V_2)=2 \times 0.0517 \text{ A}=0.1034 \text{ A}$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}}=1.0\%$ ， $k=2$ 。

C.3 温度部分

C.3.1 测量模型

温度示值误差校准见 6.5，测量模型用公式 (C.3) 表示。

$$\Delta T = T - T_0 \quad (\text{C.3})$$

式中：

ΔT ——温度示值误差，℃；

T ——被校温度传感器显示值，℃；

T_0 ——数字温度计显示值，℃。

C.3.2 $u(T)$ 的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源：显示重复性引入的不确定度分量 u_1 ；读数分辨率引入的不确定度分量 u_2 。

C.3.2.1 显示重复性引入的不确定度 u_1

在校准过程中，记录被校电路连续性测试仪电压显示值，重复进行 10 次，测量数据见表 C.7：

表 C.7 10 次显示数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值 (℃)	30.1	30.2	30.1	30.2	30.3	30.2	30.2	30.1	30.2	30.2

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 30.18 \text{ } ^\circ\text{C}$

单次实验标准差：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.063 \text{ } ^\circ\text{C}$$

则由显示重复性引入的不确定度分量 u_1 为：

$$u_1 = s(x_i) = 0.063 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.3.2.2 读数分辨率引入的不确定度分量 u_2

读数分辨率为 0.1°C ，即区间半宽度值为 $a_2 = 0.05^\circ\text{C}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则读数分辨率引入的标准不确定度为：

$$u_2 = a_2 / k = 0.029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.3.3 $u(T_0)$ 的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源：测量重复性引入的不确定度分量 u_3 ；读数分辨率引入的不确定度分量 u_4 ；标准器误差引入的不确定度分量 u_5 和 u_6 。

C.3.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_3

在校准过程中，记录标准器显示的测量结果，重复进行 10 次，测量数据见表 C.8：

表 C.8 10 次测量数据

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值 ($^{\circ}\text{C}$)	30.23	30.25	30.22	30.18	30.15	30.18	30.23	30.28	30.25	30.22

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 30.219^{\circ}\text{C}$

单次实验标准差：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.039^{\circ}\text{C}$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_3 为：

$$u_3 = s(x_i) = 0.039^{\circ}\text{C}$$

C.3.3.2 读数分辨率引入的不确定度分量 u_4

读数分辨率为 0.01°C ，即区间半宽度值为 $a_4 = 0.005^{\circ}\text{C}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则读数分辨率引入的标准不确定度为：

$$u_4 = a_4 / k = 0.003^{\circ}\text{C}$$

C.3.3.3 标准器误差引入的不确定度分量 u_5

数字温度计最大允许误差为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ，即区间半宽度值为 $a_5 = 0.05^{\circ}\text{C}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准器误差引入的标准不确定度为：

$$u_5 = a_5 / k = 0.029^{\circ}\text{C}$$

C.3.3.4 标准器误差引入的不确定度分量 u_6

便携式温度场温度波动为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，即区间半宽度值为 $a_6 = 0.1^{\circ}\text{C}$ ，认为服从均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准器误差引入的标准不确定度为：

$$u_6 = a_6 / k = 0.058^{\circ}\text{C}$$

C.3.4 $u(\Delta T)$ 合成标准不确定度的评定

主要标准不确定度汇总表如表 C.9 所示

表 C.9 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	显示重复性	0.063 °C	1	0.063 °C
u_2	被校读数分辨率	0.029 °C	1	0.029 °C
u_3	测量重复性	0.039 °C	1	0.039 °C
u_4	标准器读数分辨率	0.003 °C	1	0.003 °C
u_5	标准器误差	0.029 °C	1	0.029 °C
u_6	标准器误差	0.058 °C	1	0.058 °C

各不确定度分量独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u(\Delta T) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 0.103 \text{ °C}$$

C.3.5 扩展不确定度的评定

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=k u(\Delta T)=2 \times 0.103 \text{ °C}=0.206 \text{ °C} \approx 0.2 \text{ °C}$$

