

天津市地方计量技术规范

JJF(津)51—2021

互感器综合特性测试仪校准规范

Calibration Specification for Transformer Characteristic Testers

2021—04—16 发布

2021—05—16 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

互感器综合特性测试仪 校准规范

Calibration Specification for
Transformer Characteristic Testers

JJF(津)51-2021

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

本规范委托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：

付江楠 (天津市计量监督检测科学研究院)

赵新明 (天津市计量监督检测科学研究院)

赵 青 (天津市计量监督检测科学研究院)

参加起草人：

陈 洁 (天津市计量监督检测科学研究院)

蔡 姝 (天津市计量监督检测科学研究院)

孙 冰 (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 术语和计量单位.....	(1)
3.1 互感器综合特性测试仪.....	(1)
3.2 变比.....	(1)
3.3 二次负荷.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(1)
5.1 相对误差.....	(2)
5.2 最大允许误差参考值.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 校准用标准设备.....	(2)
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.....	(8)
8.1 校准证书.....	(8)
9 复校时间间隔.....	(8)
附录 A 交、直流电焊机焊接电源测量不确定度评定示例.....	(9)
附录 B 互感器综合特性测试仪校准原始记录格式.....	(11)
附录 C 校准证书内页格式.....	(13)

引 言

本规范依据国家计量技术规范JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》编制。

本规范是首次对互感器综合特性测试仪地方校准规范的制订。

互感器综合特性测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于测量电压不小于100V、电流不小于0.5A，变比值测量范围覆盖1~1000，并且具有对互感器绕组进行极性判别、对二次负荷和二次绕组电阻进行测量的互感器综合特性测试仪（以下简称“测试仪”）的校准，也适用于具有互感器综合特性测试仪部分测量功能的测试仪器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1001-2011 通用计量术语和定义

JJF1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1619-2017 互感器二次压降及负荷测试仪校准规范

注：使用上述引用文献时注意使用现行有效版本

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 术语和计量单位

3.1 互感器综合特性测试仪

用于互感器励磁特性试验，并具有对互感器进行绕组极性判别、变比检查、二次负荷和二次绕组电阻测量等功能的仪器。

3.2 变比

指电流互感器的电流比或电压互感器的电压比。

3.3 二次负荷

指电流互感器或电压互感器二次回路所接的测量仪器、二次电缆和接地点之间的总阻抗或总导纳。

4 概述

测试仪是一种对互感器进行试验和检查的综合试验仪器，可用来对电流互感器和电压互感器的励磁特性、变比、极性、二次负荷和二次绕组电阻等项目进行试验和检查。

测试仪主要由调压器、内置升压器（或外置）、内置升流器（或外置）、数据采集单元、高精度AD转换单元、进行计算分析和功能控制的单片机微处理单元以及输入输出单元等部分组成。

5 计量特性

5.1 相对误差

测试仪的的相对误差用公式 (1) 表示:

$$\delta = \frac{P_x - P_N}{P_N} \times 100\% \quad (1)$$

δ ——相对误差;

P_x ——被校测试仪的示值;

P_N ——对应量的参考值 (标准值)。

5.2 最大允许误差参考值

表 1 测试仪最大允许误差参考值一览表

序号	参数	最大允许误差
1	电压	$\pm 1\%$
2	电流	$\pm 0.5\%$
3	变比	$\pm 1\%$
4	二次负荷	$\pm 1\%$
5	二次绕组电阻	$\pm 1\%$

注: 具体计量特性, 请参照被校测试仪的技术要求, 上述指标不适用于合格性判别, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

测试仪校准的环境条件应满足以下要求:

- 环境温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- 相对湿度: 不大于75%;
- 供电电源: 频率 $(50 \pm 0.5) \text{ Hz}$, 波形畸变系数不超过5%;
- 校准过程中周围无影响被校测试仪性能的振动、冲击及电磁辐射等。

6.2 校准用标准设备

校准时使用的标准器或测量系统的测量范围应不小于被校测试仪的测量范围, 实际误差应不大于被校测试仪对应允许误差的1/3。

6.2.1 标准电压表或测量系统

根据被校测试仪的电压测量范围, 可以选择数字多用表或高压交流测量系统或标准电压互感器测量系统进行测量, 且在电压测量范围内最大允许误差应不超过 $\pm 0.2\%$ 。

6.2.2 标准电流表或测量系统

根据被校测试仪的电流测量范围, 可以选择数字多用表或标准电流互感器测量系统进行测量, 且在电流测量范围内最大允许误差应不超过 $\pm 0.1\%$ 。

6.2.3 标准电流互感器和标准电压互感器或感应分压器

标准电流互感器应能够提供的变比值范围覆盖1~1000，其最大允许误差应不超过 $\pm 0.2\%$ 。

标准电压互感器或感应分压器应能够提供的变比值范围覆盖1~1000，其最大允许误差应不超过 $\pm 0.2\%$ 。

6.2.4 互感器校验仪整体检定装置或标准负荷箱

互感器校验仪整体检定装置提供的二次负荷值应能满足被校测试仪的要求，且其最大允许误差应不超过 $\pm 0.3\%$ 。

也可选用具有互感器额定二次电流或额定二次电压的标准负荷箱作为标准，其最大允许误差应不超过 $\pm 0.3\%$ 。

6.2.5 标准电阻箱或标准电阻

选用满足电流要求的标准电阻箱或标准电阻作为标准，且至少应包括 $0.1\ \Omega$ ， $0.2\ \Omega$ ， $0.5\ \Omega$ ， $1\ \Omega$ ， $2\ \Omega$ ， $5\ \Omega$ ， $10\ \Omega$ ， $20\ \Omega$ ， $50\ \Omega$ ， $100\ \Omega$ 在内的10个标准电阻值，其最大允许误差应不超过 $\pm 0.2\%$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

测试仪校准项目见表2。

表2 测试仪校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	外观检查	7.2.1
2	电压	7.2.2
3	电流	7.2.3
4	变比、极性	7.2.4
5	二次负荷	7.2.5
6	二次绕组电阻	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

测试仪外观检查应满足以下要求：

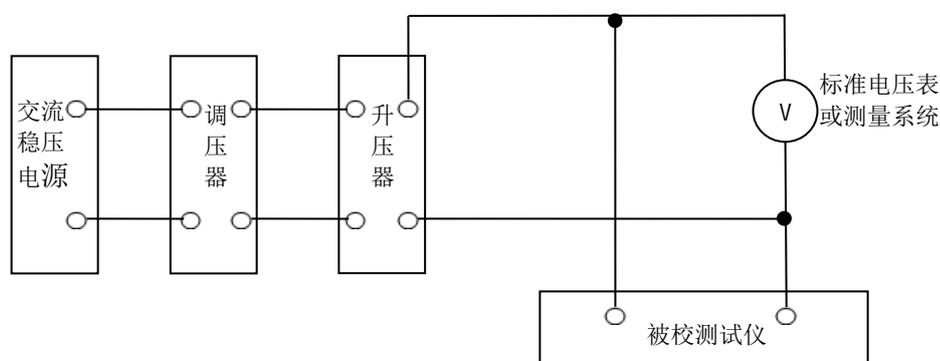
a) 产品名称、型号、出厂编号、制造商名称或商标等标志清晰可辨、正确、不易脱落；

b) 测试仪及配套器件外观应完好，各转换开关、按钮和接线端钮的标记应齐全清晰，接插件接触良好；

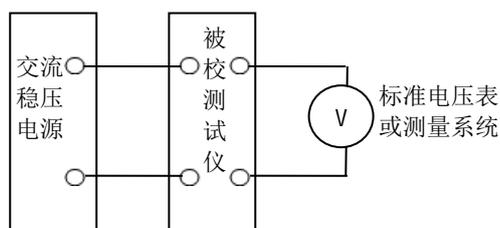
c) 开关转动灵活、控制键定位准确、接触可靠、操作灵活自如。

7.2.2 电压

具有外施电压试验功能的测试仪采用图1 a)的方法进行电压示值误差试验, 内施电压试验功能的测试仪采用图1 b)的方法进行电压示值误差试验。



a) 外施电压法



b) 内施电压法

图1 电压示值校准原理图

将被校测试仪电压测量端并联接入电压测量回路中, 接地端可靠连接并接地, 如图1所示。在被校测试仪的输出(测量)电压满量程范围内, 均匀地选取试验点, 且不少于5点。

被校测试仪的电压示值为 U_x , 标准电压表或测量系统的电压示值为 U_n , 用公式(2)计算相对误差。

$$\delta_U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

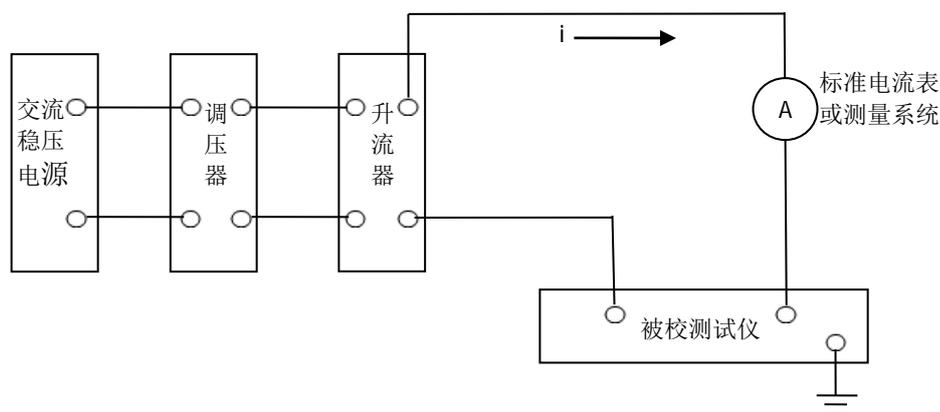
δ_U ——被校测试仪电压示值相对误差, %;

U_x ——被校测试仪的电压示值, V;

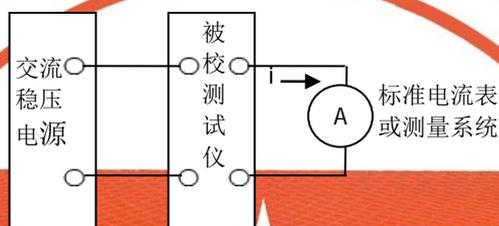
U_n ——标准电压表或测量系统的电压示值, V。

7.2.3 电流

具有外施电流试验功能的测试仪采用图2 a)的方法进行电流示值误差试验, 内施电流试验功能的测试仪采用图2 b)的方法进行电流示值误差试验。



a) 外施电流法



b) 内施电流法

图 2 电流示值校准原理图

将被校测试仪电流测量端串联接入电流测量回路中，接地端可靠连接并接地，如图 2 所示。在被校测试仪的输出（测量）电流满量程范围内，均匀地选取试验点，且不少于 5 点。

被校测试仪的电流示值为 I_x ，标准电流表或测量系统的电流示值为 I_n ，用公式 (3) 计算相对误差。

$$\delta_1 = \frac{I_x - I_n}{I_n} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_1 ——被校测试仪电流示值相对误差，%；

I_x ——被校测试仪的电流示值，A；

I_n ——标准电流表或测量系统的电流示值，A。

7.2.4 变比、极性

将标准互感器或感应分压器接入测试仪的变比测量回路中，接地端可靠连接并接地。调节测试仪至变比测量功能，用被校测试仪对标准互感器或感应分压器提供的变比值进行测量。变比值应至少选取 1、2、5、10、20、50、100、200、500、1000 在内的 10

个校准点。

变比、极性校准原理图见图3。

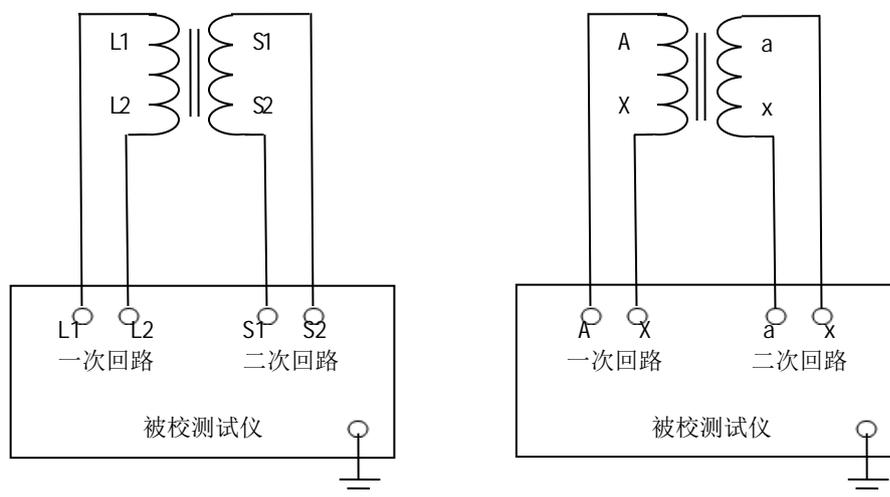


图3 变比、极性校准原理图

被校测试仪的变比示值为 K_x ，标准互感器或感应分压器提供的变比值为 K_n ，用公式（4）计算相对误差。

$$\delta_k = \frac{K_x - K_n}{K_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ_k ——被校测试仪变比示值相对误差，%；

K_x ——被校测试仪的变比示值；

K_n ——标准互感器或感应分压器提供的变比值。

在互感器一、二次接线正确的情况下，测试仪应能正确判断互感器极性是“减极性”。发现极性错误时应能明显提示或声光报警。

7.2.5 二次负荷

使用互感器校验仪整体检定装置作为标准器时，校准方法参照JJF 1619-2017中7.2.7和7.2.8进行。也可选用具有互感器额定二次电流和额定二次电压的标准负荷箱作为标准，用被校测试仪对互感器校验仪整体检定装置或标准负荷箱提供的阻抗或导纳进行测量。

电流互感器的二次负荷应至少选取0.1 Ω ，0.2 Ω ，0.4 Ω ，0.6 Ω ，0.8 Ω ，1.0 Ω 在内的6个校准点，电压互感器的二次负荷应至少选取0.1 mS，0.2 mS，0.4 mS，0.6 mS，0.8 mS，1.0 mS在内的6个校准点。用公式（5）计算相对误差。

$$\delta_z = \frac{Z_x - Z_n}{Z_n} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

δ_z ——被校测试仪二次负荷示值相对误差, %;

Z_x ——被校测试仪的二次负荷示值;

Z_n ——整体检定装置或标准负荷箱提供的二次负荷值。

二次负荷校准原理图见图4。

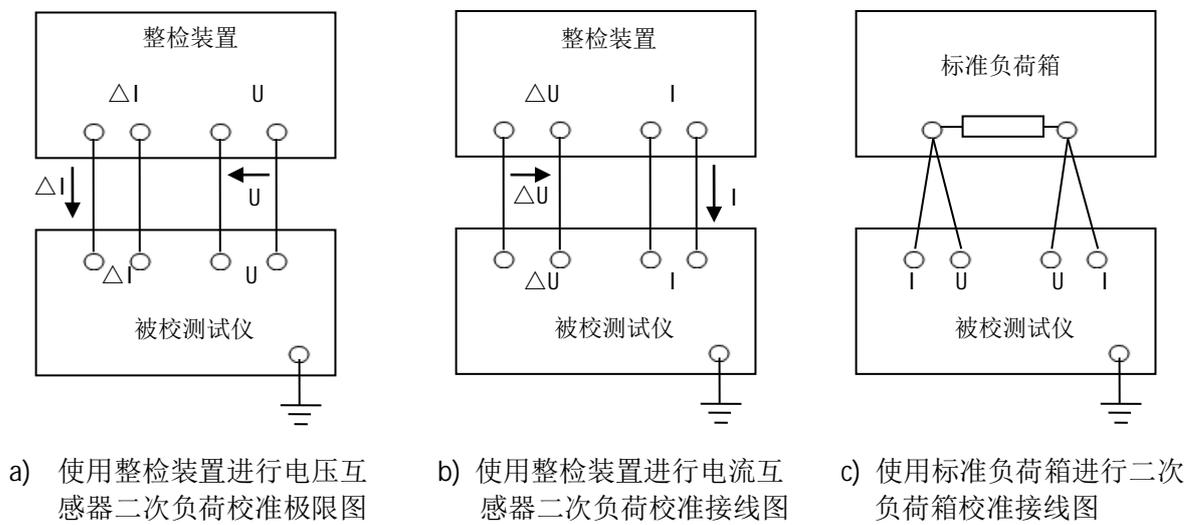


图4 二次负荷校准原理图

7.2.6 二次绕组电阻

用测试仪对标准电阻箱或标准电阻直接进行测量。在被校测试仪的二次绕组电阻测量满量程范围内, 尽量均匀选取试验点, 且不少于5点。

二次绕组电阻校准原理图见图5。

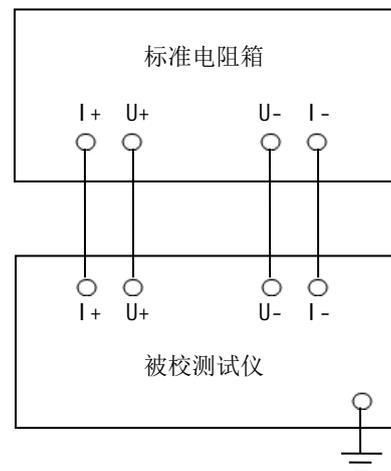


图5 二次绕组电阻校准原理图

被校测试仪的电阻示值为 R_x ，标准电阻箱的电阻示值为 R_n ，用公式 (6) 计算相对误差。

$$\delta_R = \frac{R_x - R_n}{R_n} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

δ_R ——被校测试仪电阻示值相对误差，%；

R_x ——被校测试仪的电阻示值， Ω ；

R_n ——标准电阻箱或标准电阻的电阻示值， Ω 。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书(报告)上反映，校准证书(报告)应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 证书或报告的唯一性标识(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) 对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) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

测试仪电压示值测量不确定度评定示例见附录A，校准原始记录格式见附录B，校准证书内页格式见附录C。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A 交、直流电焊机焊接电源测量不确定度评定示例

A.1 概述

环境条件：温度：17.2 °C，相对湿度：28%；

测量标准：标准电压表(数字多用表)或测量系统，电压示值最大允许误差： $\pm 0.05\%$ ；

被测对象：互感器综合特性测试仪，电压示值最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ；

测量方法：将被校测试仪电压测量端并联接入电压测量回路中，使测试仪显示相应的电压校准点，被校测试仪的电压示值为 U_x ，标准电压表或测量系统的电压示值为 U_n ，用公式(A.1)计算相对误差。以标准电压值为100 V为例进行评定。

A.2 测量模型

$$\delta_U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

δ_U ——被校测试仪电压示值相对误差，%；

U_x ——被校测试仪的电压示值，V；

U_n ——标准电压表或测量系统的电压示值，V。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 测试仪测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(U_x)$

表A.1中列出了标准电压表电压值为100 V测量点的10次测量结果，测量结果的实验标准差为不确定度分量 u_1 。

$$u_1 = \sqrt{\frac{\sum (U_i - \bar{U})^2}{n-1}} = 0.092 \text{ V}$$

表 A.1 重复性测量数据

测量次数	测得值(V)
1	99.9
2	99.9
3	99.8
4	99.9
5	100.0
6	100.1
7	100.0
8	99.9
9	99.9
10	99.8
实验室标准差 (V)	0.092

不确定度分量 $u(U_x) = 0.092\text{V}$

A.3.2 标准电压表（数字多用表）引入的标准不确定度分量 $u(U_n)$

标准电压表（数字多用表）的最大允许误差为 $\pm 0.05\%$ ，在 100V 时示值误差为 $\pm 0.05\text{V}$ ，不确定度分量 u_2 按均匀分布估计，则

$$u_2 = 0.05\text{ V} / \sqrt{3} = 0.029\text{ V}$$

A.4 标准不确定度分量

各不确定度分量见表A.2。

表 A.2 测量结果不确定度分量一览表

输入量的不确定度	不确定度来源	输入量不确定度的值
$u(U_x)$	测试仪测量重复性	0.092 V
$u(U_n)$	标准电压表（数字多用表）	0.029 V

A.4.1 合成标准不确定度

A.4.1.1 灵敏系数

由公式 (A.1) 可求得灵敏系数：

U_x 的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \delta_U}{\partial U_x} = \frac{1}{U_n}$$

U_n 的灵敏系数：

$$c_2 = \frac{\partial \delta_U}{\partial U_n} = -\frac{U_x}{U_n^2}$$

A.4.1.2 合成标准不确定度

由于表A.2中各分量相互独立，故相对合成标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{\left[\frac{\partial \delta_U}{\partial U_x} \right]^2 u^2(U_x) + \left[\frac{\partial \delta_U}{\partial U_n} \right]^2 u^2(U_n)} = 0.10\%$$

A.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则测量结果的扩展不确定度为： $U_{\text{rel}} = 2 \times u_{\text{crel}} = 2 \times 0.10\% = 0.2\%$ 。

附录 B 互感器综合特性测试仪校准原始记录格式

互感器综合特性测试仪校准原始记录

共 2 页 第 1 页

客户名称：_____

客户地址：_____

仪器名称：_____ 型号规格：_____

制造厂家：_____ 出厂编号：_____

校准依据：_____ 证书编号：_____

环境条件：温度：_____℃，相对湿度：_____% 校准地点：_____

校准日期：_____年_____月_____日，建议复校时间：_____年_____月_____日

校准员：_____ 核验员：_____

校准时使用的标准器

名称	型号	出厂编号	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书编号	有效期至

1、外观检查：_____

2、电压示值误差：

示值 (V)	实际值 (V)	测量不确定度 (k=2)

3、电流示值误差：

示值 (A)	实际值 (A)	测量不确定度 ($k=2$)

4、变比、极性：

标准值	显示值	测量不确定度 ($k=2$)

极性判别： 正确 错误

5、二次负荷：

标准值	显示值	测量不确定度 ($k=2$)

6、二次绕组电阻：

标准值 (Ω)	显示值 (Ω)	测量不确定度 ($k=2$)

附录 C 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点:				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 他		
校准所依据的技术文件 (代号、名称):				
校准所使用的主要测量标准:				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准 证书编号	证书有效期至

注:

1. ××××× 仅对加盖“××××× 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准, 不得部分复印证书。

第 X 页 共 X 页

校准结果

1、外观检查：

2、电压示值误差：

示值 (V)	实际值 (V)	测量不确定度 ($k=2$)

3、电流示值误差：

示值 (A)	实际值 (A)	测量不确定度 ($k=2$)

4、变比、极性：

标准值	显示值	测量不确定度 ($k=2$)

极性判别： 正确 错误

5、二次负荷：

标准值	显示值	测量不确定度 ($k=2$)

6、二次绕组电阻：

标准值 (Ω)	显示值 (Ω)	测量不确定度 ($k=2$)

