

天津市地方计量技术规范

JJF (津) 3033-2024

电力电容电感测试仪校准规范

Calibration Specification of

Power Capacitance and Inductance Testers

2024-05-16 发布

2024-07-01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

电力电容电感测试仪 校准规范

Calibration Specification of

Power Capacitance and Inductance Testers

JJF(津) 3033-2024

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

北京市计量检测科学研究院

河北省计量监督检测研究院

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：

赵新明（天津市计量监督检测科学研究院）

付江楠（天津市计量监督检测科学研究院）

张 磊（北京市计量检测科学研究院）

贾祎冬（河北省计量监督检测研究院）

参加起草人：

张一萌（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）

王泽慧（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 电力电容电感测试仪	(1)
3.2 恒压源	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 电容量测量	(2)
5.2 电感量测量	(2)
5.3 电阻量测量	(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	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 测量结果不确定度评定示例	(7)
附录 B 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 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求进行首次编写。

本规范作为京津冀共建规范，为首次发布。

电力电容电感测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于输入电流不高于 20A 的电力电容电感测试仪（以下简称测试仪）的校准。

本规范不适用于交流电桥、LCR 测量仪等测量仪器的校准。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

GB/T 1094.6—2011 电力变压器 第 6 部分：电抗器

DL/T 1220—2013 串联电容器补偿装置交接试验及验收规范

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（包括所有修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 电力电容电感测试仪 power capacitance and inductance tester

对电力系统无功补偿用电容器、电感器及电阻器进行电容量、电感量和电阻量测量的专用仪器。

3.2 恒压源 constant voltage source

在其额定容量范围之内，输出电压为恒定值的电压源。

4 概述

电力电容电感测试仪(测试仪)是用于测量电力系统无功补偿用电容器、电感器及电阻器进行电容量、电感量和电阻量测量的专用仪器。测试仪主要由测量主机和钳形电流传感器两部分组成，测量主机主要包括恒压源单元、测量单元和控制单元。其基本原理是通过测量主机内部恒压源输出交流电压施加于被测对象，电流传感器将采样的电流信号反馈至测量主机的测量单元，测量单元通过数据处理得到被测对象的电容量值、电感量值和电阻量值。测试仪工作原理图如图 1 所示。

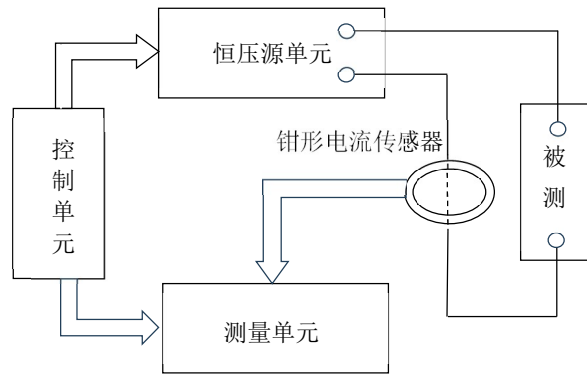


图1 测试仪工作原理图

5 计量特性

5.1 电容量测量

电容量测量范围：0.1 μ F~2000 μ F；

最大允许误差： $\pm 1\%$ ~ $\pm 3\%$ 。

5.2 电感量测量

电感量测量范围：0.1mH~5000mH；

最大允许误差： $\pm 1\%$ ~ $\pm 3\%$ 。

5.3 电阻量测量

电阻量测量范围：0.1 Ω ~10k Ω ；

最大允许误差： $\pm 1\%$ ~ $\pm 3\%$ 。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：20 $^{\circ}$ C \pm 5 $^{\circ}$ C；

相对湿度：30%~80%；

交流供电：电压 220V \pm 22V，频率 50Hz \pm 0.5Hz；

直流供电：制造厂规定和标称使用的电压范围，当欠电压时，应有欠压符号显示；

周围无影响测试仪正常工作的机械震动或强电磁场。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 校准时所需的标准器及配套设备

标准电容器（电容箱）、标准电感器（电感箱）、标准交流电阻器（交流电阻箱）或电容电感测试仪校准装置。

6.2.2 标准器的基本要求

由标准器、配套设备及环境条件所引起的扩展不确定度应不大于被校准测试仪最大允许误差绝对值的 1/3（包含因子 k 取 2）。

标准器的测量范围应能覆盖被校测试仪的量程。

校准时标准器的允许电流应不低于被校测试仪的工作电流。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款	计量特性条款
1	电容量	7.2.3	5.1
2	电感量	7.2.4	5.2
3	电阻量	7.2.5	5.3

7.2 校准方法

7.2.1 外观及通电检查

a) 被校测试仪外形结构完好，外露件等不应损坏或脱落，机壳、端钮等不应有影响正常工作的机械碰伤，按键无卡死或接触不良的现象；

b) 被校测试仪产品名称、制造厂家、仪器型号和编号等均应有明确标记；

c) 供电电压和频率标志应正确无误；

d) 通电检查被校测试仪各项功能、量程切换应正常，小数点位置应正确，显示字符段应完整；

e) 按照被校测试仪使用说明书的要求和规定进行预热。

7.2.2 校准点的选取原则

测试仪各校准量校准点应在量程的 10%~100%之间均匀选取。基本量程校准点不少于 5 个，非基本量程校准点不少于 3 个。

同时应参考被校测试仪使用说明书中对校准点的建议，并可根据实际情况或送校单

位的要求选取校准点。

7.2.3 电容量示值误差的校准

测试仪的测量端子直接与标准器相连接，连接图如图 2 所示。保持钳形电流传感器钳口平面与测试导线垂直，且使测试导线处于钳形电流传感器钳口平面的几何中心位置。调节标准器至校准点，接通测试仪测量开关，当被校测试仪的工作电压稳定后，读取被校准测试仪电容量示值。

测试仪电容量示值的绝对误差按公式(1)计算：

$$\Delta C = C_x - C_0 \quad (1)$$

式中：

ΔC ——测试仪电容量示值的绝对误差， μF ；

C_x ——被校测试仪电容量示值， μF ；

C_0 ——标准器标准电容值， μF 。

被校测试仪电容量示值的相对误差按式(2)计算：

$$r_C = \left(\frac{C_x - C_0}{C_0} \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中：

r_C ——测试仪电容量示值的相对误差。

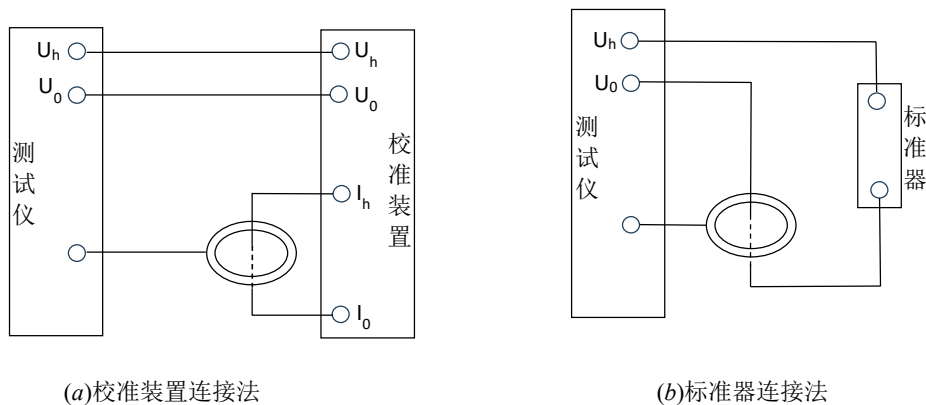


图 2 校准测试仪连接示意图

7.2.4 电感量示值误差的校准

测试仪的测量端子直接与标准器相连接，连接方式同图 2。保持钳形电流传感器钳口平面与测试导线垂直，且使测试导线处于钳形电流传感器钳口平面的几何中心位置。

调节标准器至校准点, 接通测试仪测量开关, 当被校测试仪的工作电压稳定后, 读取被校准测试仪电感量示值。

测试仪电感量示值的绝对误差按公式(3)计算:

$$\Delta L = L_x - L_0 \quad (3)$$

式中:

ΔL ——测试仪电感量示值的绝对误差, mH;

L_x ——被校测试仪电感量示值, mH。

L_0 ——标准器标准电感值, mH。

被校测试仪电感量示值的相对误差按式(4)计算:

$$r_L = \left(\frac{L_x - L_0}{L_0} \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中:

r_L ——测试仪电感量示值的相对误差。

7.2.5 电阻量示值误差的校准

测试仪的测量端子直接与标准器相连接, 连接方式同图 2。保持钳形电流传感器钳口平面与测试导线垂直, 且使测试导线处于钳形电流传感器钳口平面的几何中心位置。调节标准器至校准点, 接通测试仪测量开关, 当被校测试仪的工作电压稳定后, 读取被校准测试仪电阻量示值。

测试仪电阻量示值的绝对误差按公式(5)计算:

$$\Delta R = R_x - R_0 \quad (5)$$

式中:

ΔR ——测试仪电阻量示值的绝对误差, Ω ;

R_x ——被校测试仪电阻量示值, Ω ;

R_0 ——标准器标准电阻值, Ω 。

被校测试仪电阻量示值的相对误差按式(6)计算:

$$r_R = \left(\frac{R_x - R_0}{R_0} \right) \times 100\% \quad (6)$$

式中:

r_R ——测试仪电阻量示值的相对误差。

8 校准结果表达

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) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，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，不得部分复制证书或报告的声明。

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

测量结果不确定度评定示例

A.1 概述

本示例以电容量测量结果的不确定度评定为例。

A.1.1 测量依据

JJF(津)3033-2024 电力电容电感测试仪校准规范。

A.1.2 测量标准

电容电感测试仪校准装置，电容量：0.10 μ F~2000.00 μ F，电容量最大允许误差： $\pm(0.2\% \times \text{读数} + 0.05\mu\text{F})$ 。

A.1.3 环境条件

温度：20.6 $^{\circ}$ C；相对湿度：52%。

A.1.4 被测对象

电力电容电感测试仪电容量测量的最大允许误差： $\pm 2\%$ 。

A.1.5 测量过程

采用直接测量法，用电力电容电感测试仪直接测量电容电感测试仪校准装置。调节电容电感测试仪校准装置的电容量，读取被校测试仪的显示值。此时，被校测试仪上的显示值与校准仪上的电容值之差即为被校测试仪的示值误差。

A.2 测量模型

$$\Delta C = C_x - C_0$$

式中：

ΔC ——测试仪电容量示值的绝对误差， μF ；

C_x ——被校测试仪电容量显示值， μF ；

C_0 ——标准器标准电容值， μF 。

A.3 方差和传播系数

传播系数：

$$c(C_x) = \partial \Delta C / \partial C_x = 1$$

$$c(C_0) = \partial \Delta C / \partial C_0 = -1$$

方差:

$$\begin{aligned} u^2(\Delta C) &= c^2(C_x)u^2(C_x) + c^2(C_0)u^2(C_0) \\ &= u^2(C_x) + u^2(C_0) \end{aligned}$$

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 由测试仪测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(C_x)$

以 100 μ F、2000 μ F 两点为例进行示值测量结果的不确定评定。

用测试仪对所选 100 μ F、2000 μ F 点分别在重复性测量条件下进行 10 次独立测量，测量数据见表 A.1。

表 A.1 重复性测量数据

测量次数	测量点	C_i	
		100 μ F	2000 μ F
1		100.3 μ F	1995 μ F
2		100.5 μ F	1996 μ F
3		100.5 μ F	1994 μ F
4		100.4 μ F	1995 μ F
5		100.3 μ F	1994 μ F
6		100.5 μ F	1993 μ F
7		100.3 μ F	1995 μ F
8		100.2 μ F	1994 μ F
9		100.3 μ F	1993 μ F
10		100.4 μ F	1993 μ F
\bar{x}		100.4 μ F	1994 μ F
$s = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$		0.11 μ F	1.1 μ F
$u(R_{x1}) = s$		0.11 μ F	1.1 μ F

A.4.2 由电容电感测试仪校准装置引入的标准不确定度分量 $u(C_0)$

校准装置量值传递合格，在 100 μ F、2000 μ F 点最大允许误差为： $\pm(0.2\%$ 读数 $+0.05\mu$ F)。校准装置引入的标准不确定度分量 $u(C_0)$ ，采用 B 类方法进行评定，服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则： $u(C_0)=a/k$ ，计算结果见表 A.2。

表 A.2 电容电感测试仪校准装置引入的标准不确定度分量

测量点	最大允许误差	a	$u(C_0) = a/k$
100 μ F	$\pm (0.2\% \text{读数} + 0.05\mu\text{F})$	0.25 μ F	0.15 μ F
2000 μ F	$\pm (0.2\% \text{读数} + 0.05\mu\text{F})$	4.05 μ F	2.4 μ F

A.5 不确定度分量的汇总表（见表 A.3）

表 A.3 不确定度分量的汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)$	
		100 μ F	2000 μ F
$u(C_x)$	被检测试仪器 测量重复性	0.11 μ F	1.1 μ F
$u(C_0)$	校准装置的最大允许误差	0.15 μ F	2.4 μ F

A.6 合成标准不确定度

$$u^2(\Delta C) = u^2(C_x) + u^2(C_0)$$

$$u(\Delta C) = \sqrt{u^2(C_x) + u^2(C_0)}$$

合成标准不确定度见表 A.4。

表 A.4 合成标准不确定度

测量点	$u(C_x)$	$u(C_0)$	$u(\Delta C)$
100 μ F	0.11 μ F	0.15 μ F	0.19 μ F
2000 μ F	1.1 μ F	2.4 μ F	2.7 μ F

A.7 扩展不确定度

$U = k \times u(\Delta C)$ ，取 $k=2$ ，由此得到 100 μ F、2000 μ F 两点校准结果的扩展不确定度，见表 A.5。

表 A.5 扩展不确定度

测量点	$u(\Delta C)$	U
100 μ F	0.19 μ F	0.4 μ F
2000 μ F	2.7 μ F	6 μ F

A.8 测量不确定度的报告表示

测试仪被测 100 μ F、2000 μ F 两点测量结果的扩展不确定度见表 A.6。

表 A.6 测量不确定度的报告表示

测量点	U	U_{rel}	k
100 μ F	0.4 μ F	0.4%	2
2000 μ F	6 μ F	0.3%	2

附录 B

校准原始记录格式

电力电容电感测试仪校准原始记录

第 页 共 页

证书编号:

样品信息	委托单位		地址/联系电话			
	样品名称		测量范围			
	型号规格		准确度等级			
	出厂编号		生产厂商			
	样品接收时间		样品来源			
校准依据						
计量标准	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		有效期至			
使用的标准器						
名 称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量器具证书编号	有效期至	溯源机构
标准器及配套设备使用前状态是否正常: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明:						
标准器及配套设备使用后状态是否正常: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明:						
环境条件	测量地点		测量时间			
	温度(°C)		湿度(%RH)			
	其 他					
结 论			测量结果扩展不确定度			
其他说明						
校准人员			核验人员			

电力电容电感测试仪校准原始记录

第 页 共 页

证书编号:

一、电容量校准

量程	标准值/ μF	显示值/ μF	示值误差/ μF	测量结果的不确定度 ($k=2$)

二、电感量校准

量程	标准值/mH	显示值/mH	示值误差/mH	测量结果的不确定度 ($k=2$)

三、电阻量校准

量程	标准值/ Ω	显示值/ Ω	示值误差/ Ω	测量结果的不确定度 ($k=2$)

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/最大允许误差	检定/校准证书编号	证书有效期至

注：

1. XXXXXX 仅对加盖“XXXXXX 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

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

一、电容量校准

量程	标准值/ μF	显示值/ μF	示值误差/ μF	测量结果的不确定度 ($k=2$)

二、电感量校准

量程	标准值/mH	显示值/mH	示值误差/mH	测量结果的不确定度 ($k=2$)

三、电阻量校准

量程	标准值/ Ω	显示值/ Ω	示值误差/ Ω	测量结果的不确定度 ($k=2$)

备注:

校准员:

核验员:

第 X 页 共 X 页

