

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 726—91

标 准 电 感 器

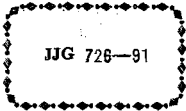
1991年3月4日批准

1991年12月1日实施

国家技术监督局

标准电感器检定规程

Verification Regulation of
Standard Inductors



JIG 726—91

本检定规程经国家技术监督局于1991年3月4日批准，并自1991年12月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

陆文骏（中国计量科学研究院）

目 录

一	概述	(1)
二	技术要求	(1)
三	检定条件和检定项目	(2)
四	检定方法	(4)
五	检定结果处理和检定周期	(9)
附录		
附录 1	固有电容的测量	(10)
附录 2	恒湿	(12)
附录 3	数据处理	(13)
附录 4	检定证书背面格式	(14)
附录 5	测试结果通知书背面格式	(17)

标准电感器检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的标称值为 $1\mu\text{H}\sim 10\,000\text{H}$ 范围的、 $20\sim 100\,000\text{Hz}$ 频率下使用的标准电感器的检定。

一 概 述

标准电感器是检定标准电感计量器具和工作电感计量器具的标准量具。

标准电感器按其结构不同可分三类：线绕式标准电感器、网络式标准电感器和电子式标准电感器。

有些电感器用“增量电感”定义电感器的电感量，它是电感器电感实际值与接入专用短路片后电感器测量端钮间的电感值之差。

二 技 术 要 求

1 标准电感器的主要技术性能

标准电感器的主要技术性能应不劣于表1所规定的指标。

表 1 标准电感器的主要技术性能

准确度级别	最大允许误差 $\delta(\%)$	年稳定度 $\gamma(\times 10^{-2}/\text{年})$	温度系数 $\alpha(\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C})$	湿度系数 $\beta(\times 10^{-5}/10\%)$
0.01	± 0.01	± 0.01	± 1	± 2
0.02	± 0.02	± 0.02	± 1	± 2
0.05	± 0.05	± 0.05	± 5	± 2
0.1	± 0.1	± 0.1	± 5	± 5
0.2	± 0.2	± 0.2	± 10	± 10
0.5	± 0.5	± 0.5	± 10	± 10
1.0	± 1.0	± 1.0	± 10	± 10

2 标准电感器的标志

标准电感器的外壳上应有下列标志：

- 2.1 型号和产品号
- 2.2 标称值和准确度级别
- 2.3 高低电位端
- 2.4 制造厂或商标
- 2.5 额定电流

三 检定条件和检定项目

3 检定环境

检定环境应符合表2的规定。被检电感器在表2所规定的环境条

表 2

准确度级别	温度 (°C)	湿度 (%)	电磁场干扰
0.01	20±1	50±10	与检定频率相同的外磁场不大于 0.01 mT
0.02	20±2	50±20	
0.05	20±2	50±30	
0.1	20±5	50±30	
0.2	20±5	50±30	
0.5	20±5	50±30	
1.0	20±5	50±30	

件下放置一般应不少于 5 h, 才能开始检定。

4 检定设备

4.1 按直接测量方法检定时, 应保证由检定装置、检定方法、检定环境、检定频率和检定电流所引起的总不确定度不大于被检标准电感器最大允许误差的三分之一。

4.2 按替代法检定时, 所用的标准电感器应比被检高两个级别, 并使用标准电感器的标称值或实际值。或用实际年稳定度数不大于被检电感器最大允许误差三分之一的标准电感器作标准, 并使用标准的实际值。替代装置引入的误差应不大于被检电感器最大允许误差的十分之一。

4.3 在检定频率下使用标准电感器时,可使用它的标准值或实际值。在非检定频率下使用标准电感器时,应按下列式(1)作频率修正,

$$L_2 = L_1 [1 + (\omega_1^2 - \omega_2^2) L_1 C] \quad (1)$$

式中: L_1 ——检定频率 f_1 下的电感器的实际电感值;

L_2 ——非检定频率 f_2 下的电感器的实际电感值;

ω_1, ω_2 ——分别对应于 f_1, f_2 下的圆频率;

C ——电感器的固有电容。

L_2 的不确定度 u_2 按式(2)确定:

$$u_2 = u_1 + L_1 (\omega_1^2 - \omega_2^2) \Delta C \quad (2)$$

其中, u_1 为 L_1 的不确定度。

5 检定频率点和检定工作电流值的选择

5.1 检定频率按表3选择,也可以在技术条件规定频率下进行检定。

表 3

标 称 值	1 μ H~1H	2 \approx 10 000H
检定频率 (Hz)	1 000 \pm Δf	100 \pm Δf

由频率偏差所引起的测量误差应不大于被检电感器最大允许误差的十分之一。允许频率偏差按式(3)确定。

$$\Delta f \leq \frac{\delta}{800 f L C} \quad (3)$$

式中:

δ ——最大允许误差;

C ——固有电容;

f ——检定频率;

L ——电感器标称值,

5.2 检定时，工作电流应不大于额定电流。

6 检定项目

检定项目见表4。

表 4

检定项目	检 定 类 别		
	出厂检定	修理后检定	周期检定
外观检查	检	检	检
最大允许误差	检	检	检
年稳定度	检	检	检
直流电阻	抽检	不检	不检
固有电容	抽检	不检	检一次
温度系数	抽检	不检	不检
湿度系数	抽检	不检	不检

四 检 定 方 法

7 外观检查

应按第二节规定检查。凡不符合要求或有损坏的，必须经修复后方可检定。

8 电感值的测定

用直接测量法或替代法测量电感。

8.1 直接测量法

用电感测量装置测量电感的方法叫直接测量法，电感值即装置示值或从示值直接导出的计算值。

直接测量法的测量步骤为：

8.1.1 选择符合第4.1款要求的检定装置

8.1.2 选择电压和频率

检定装置的电压应根据装置和被检电感器所规定的额定电流来选择，在满足灵敏度要求的情况下，电压取小些为宜。检定频率应根据

第5.1款规定选取。

8.1.3 选择量程倍率

量程倍率要正确选择，以期用得上最高读数盘的最大示值，充分发挥装置的准确度。

8.1.4 调谐指零仪并选择灵敏度

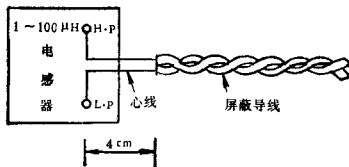
在指零仪低灵敏度下调谐指零仪。测量时，随着电桥趋于平衡，逐步增加指零仪的灵敏度，以保证获得足够的读数位数，过低或过高的灵敏度均是不合适的。

8.1.5 选择电感器连接导线及电感器放置位置

连接电感器的两根引线应该是绞合同轴屏蔽线，根据装置实际情况，屏蔽或是接地，或是接虚地位。

接至电感器的引线端头是不能屏蔽的，但不屏蔽的部分要尽量短，以减小分布电容。对测量大电感，这一点应倍加注意。而对测量 $100\ \mu\text{H}$ 以下的小电感，电感器与靠近电感器的两引线形成的面积之间的耦合是产生测量误差的重要原因，所以首先要减小此面积，其次把这面积尽量固定下来。这时，应采用下图表示的最佳引线方式。

如果电感器是螺管形的，则电感器与测量装置要相距 $80\ \text{cm}$ ，并且电感器应放置在离地面 $80\ \text{cm}$ 的无铁磁、金属物体的台面上。在电



感器 $80\ \text{cm}$ 范围内，不能有金属、铁磁物体。如果电感器有金属外壳，则同轴引线越短越好。金属外壳的一端头按要求或是与电感器的

低电位端相连，或是接地，或是接虚地位。

8.1.6 “零平衡”和“主平衡”

手动的电感测量装置往往是测量两端或三端阻抗的，所以必须把联接电感器和电感测量装置的引线电感经一次所谓“零平衡”，把它的电感量测出来，并从带有引线的另一次“主平衡”读数中扣除，这样所得到的电感即是电感器的实际值。如果在做“零平衡”时，要求接入电感器专用的短路片，则最后所得到的即是电感器的增量值。如果测量装置有专用的零平衡盘，则做“零平衡”时，电感读数盘置零，而只调节零平衡盘；而做“主平衡”时，零平衡盘不动，只调节电感读数盘。

即使是能测四端阻抗的自动 *RLC* 测量仪，也应该在测量仪的两个插口处变成两端式，因为过长的电位线易受电流线互感的影响。为了获得电感器电感值，同样需要做一次扣除引线电感的“短路测量”。之外，还需要做一次“开路测量”，以消除两导线间分布电容的影响。当在较高频率下测量较大电感时，必须使做“开路测量”时两引线的几何形状与做读得电感器数值的“主测量”时引线的形状尽量相同。

8.1.7 消除互感影响

当被测电感器与外界存在恒定的电磁干扰时，应该用引线端头换位并取两次读数平均值的方法来消除其影响。

8.2 替代法

用替代法检定与已知标准电感器相同标称值的电感器时，两电感器的电感和电阻越接近，测量准确度越高，因为这时测量装置的误差对测量结果几乎不引入误差。也就是说，被测电感器电感实际值的不确定度主要由标准的不确定度所决定。

替代法的测量步骤：

8.2.1 选择符合第4.2款规定的标准器和替代装置

8.2.2 选择电压和频率

按第8.1.2项要求进行。

8.2.3 选择量程倍率

按第8.1.3项要求进行。

8.2.4 调谐指零仪并选择灵敏度

按第8.1.4项要求进行。

8.2.5 选择电感器联接导线及电感器放置位置

按第8.1.5项要求进行。

8.2.6 测量

把标准电感器接入替代装置，零平衡盘置零位，调节装置读数盘使装置平衡，取下标准。在不改变引线形状的情况下接入被测电感器，调节零平衡盘和电阻读数盘，使装置平衡。零平衡盘的读数乘以倍率即是被测与标准间的电感差值。

当差值太大而零平衡盘不够用时，应该调节电感读数盘的最后一盘来平衡（譬如从 $1\mu\text{H}$ 调到 $6\mu\text{H}$ ），并计入这 $5\mu\text{H}$ 的变化量。如果最后一盘也不够用（譬如从 $1\mu\text{H}$ 需要变成 $-5\mu\text{H}$ ），则必须重新做前一次的测量，把零平衡盘先放在正的某个刻度值下做平衡（譬如 $10\mu\text{H}$ ），然后用被测把标准替下，调节零平衡盘和电阻读数盘，使装置平衡，零平衡盘示值的变化量即是被测与标准间的电感差值。

被检电感器的实际值 L_x 由下式计算

$$L_x = L_N + K(\Delta L_0 + \Delta L_n) \quad (4)$$

式中： L_N ——标准电感器的实际值；

K ——装置倍率；

ΔL_0 ——零平衡盘的变化值；

ΔL_n ——末位电感读数盘的变化值。

在做替代测量时，必须避免高位读数盘变动，否则测量结果中将引入装置误差，因此特别需要注意进位或退位情况的处理。譬如有一个没有零平衡盘的测量装置，接标准器时的读数是(10)(0)(0)(3)，接被测时的读数是(9)(9)(9)(0)，括号内是读数盘示值。这种情况，必须重做第一次测量，使放在(9)(9)(10)(?)的位置上，这样由于高位读数盘不动，测量结果就更准确，这是退位的情况。进位的情况是只能进到倒数第二位，而不可进到高位。譬如接标准时的读数是(9)(9)(9)(3)，接被测时的读数只可是(9)(9)

(10) (8), 而不可向更高位进位而变成 (10) (0) (0) (?)。

如果标准和被测是同种产品, 则即使电感器与外界环境或装置之间存在稳定的耦合, 也可不予考虑。但如果两只电感器结构、形状、尺寸不同, 则必须用引线端头换位的方法来消除其影响。

9 固有电容的测定

按两频率法或谐振法测量固有电容 (附录 1)。

10 温度系数的测定

电感器电感值温度系数的测定应在表 5 所列的三个温度 t_1 、 t_2 、 t_3 下测量电感实际值 L_1 、 L_2 、 L_3 , 并按下式计算温度系数 α

$$\alpha = \frac{1}{2L} \left(\frac{L_3 - L_2}{t_3 - t_2} + \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1} \right) \quad (5)$$

式中, L 为被测电感器的标称值。

表 5

温度 (°C)	t_1	t_2	t_3
电感值			
L_1	15 ± 2		
L_2		20 ± 2	
L_3			25 ± 2

11 湿度系数的测定

20°C 时电感器电感值的湿度系数的测定应在表 6 所列的三个湿度 h_1 、 h_2 、 h_3 下测量电感实际值 L_1 、 L_2 、 L_3 , 并按下式计算湿度系数 β

$$\beta = \frac{1}{2L} \left(\frac{L_3 - L_2}{h_3 - h_2} + \frac{L_2 - L_1}{h_2 - h_1} \right) \quad (6)$$

式中, L 为被测电感器的标称值。

表 6

电感值 \ 湿度 (%)	h_1	h_2	h_3
L_1	33.6		
L_2		55.2	
L_3			75.5

电感器的恒湿方法见附录 2。

五 检定结果处理和检定周期

12 数据处理

一个数据的有效位数应根据数据的不确定度确定。判断被检电感器是否符合某一级别条件应以处理后的结果为据。

数据处理方法及各级别电感器应给出的结果位数详见附录 3。

13 检定证书和测试结果通知书

检定证书和测试结果通知书的背面格式见附录 4 和附录 5。

13.1 第一、二次送检，只发给测试结果通知书，也不给标准器定级。按周期连续三次送检并各项主要技术性能都符合某级别条件时，第三次应发给检定证书，并给予定级。

13.2 经过三次或三次以上周期检定的标准电感器，一律以最近三次中所满足的最低级别条件定级。

13.3 检定人员必须认真填写证书和通知书，经核验负校验无误，送负责人审阅并加盖检定机关公章后方可有效。

14 检定周期

检定周期不得超过一年。

附录 1

固有电容的测量

1 二频率法

本方法更适用于 0.1 H 以上的电感器，因为小标称值电感器的固有电容较小，即电感器频率特性比大电感器好。因此，为了测量固有电容，二个频率必须相差很大，而获得一台频带宽、精度高的电感测量装置是太困难了。

在频率 f_1 和 f_2 下测出电感器电感值 L_1 和 L_2 ，则电感器的固有电容

$$C = \frac{L_1 - L_2}{L^2(\omega_1^2 - \omega_2^2)} \quad (1)$$

式中， L 为电感器标称值。

固有电容值的绝对误差

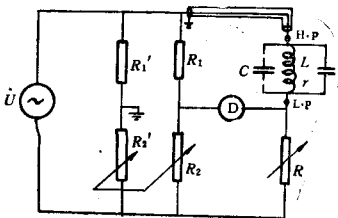
$$\Delta C = \frac{u_1 + u_2}{L(\omega_1^2 - \omega_2^2)} \quad (2)$$

式中， u 为电感值的不确定度。

最高频率的选择应不大于谐振频率的十分之一。

2 谐振法

本方法适用于测量各种标称值电感器的固有电容，测量线路示于下图。



在电感器的两端接上已知电容 C_N ，使电感器在不大于固有谐振角频率的十分之一下谐振。固有电容

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} - C_N \quad (3)$$

式中， L 为电感器的标称值。

固有电容的测量误差主要由判断谐振点的精度决定，如果实际谐振频率与判断谐振频率间的相对误差为 ξ_0 ，则固有电容值的绝对误差

$$\Delta C = \frac{2 \xi_0}{\omega^2 L} \quad (4)$$

$R_1 R_2$ 组成电桥二个臂， R, R' 为华格纳支路， R'_1 与 R_2 同步调节。 R 为无感电阻箱，当电桥谐振时，电感器臂呈阻性，调节电阻箱 R ，电桥即可达平衡。

附录 2

恒 湿

把被测电感器放入一个存有某种盐类的饱和溶液的密闭容器内，可使容器内保持恒湿。下表给出了几种不同盐类的饱和溶液在不同温度时所对应的相对湿度。电感器从一个湿度稳定到另一个湿度的时间与电感器骨架材料及有无防潮措施有关。沙利文电感器大约十天。

温度 ℃	LiCl·H ₂ O	MgCl ₂ ·6 H ₂ O	Na ₂ Cr ₂ O ₇ 2 H ₂ O	NaCl	(NH ₄) ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄
0	14.7%	35.0%	60.6%	74.0%	83.7%	99.1%
5	14.0	34.6	59.3	75.1	82.6	98.4
10	13.3	34.2	57.9	75.2	81.7	97.9
15	12.8	33.9	56.6	75.3	81.1	97.5
20	12.4	33.6	55.2	75.5	80.6	97.2
25	12.0	33.2	53.8	75.8	80.3	96.9
30	11.8	32.8	52.5	75.6	80.0	96.6
35	11.7	32.5	51.2	75.5	79.8	96.4
40	11.6	32.1	49.8	75.4	79.6	96.2
45	11.5	31.8	48.5	75.1	79.3	96.0
50	11.4	31.4	47.1	74.7	79.1	95.8

附录 3

数 据 处 理

一个数据的有效位数应根据数据的不确定度确定。所给出的从左边第一个非零数字起至右边含有误差的一位为止的所有数码为有效数字。末位有效数字之后的数值应根据以下舍入规划处理：若保留 n 位有效数字，则第 n 位后面的数大于第 n 个数位上一个单位的一半时则入，小于时则舍，等于时视第 n 位情况而定——第 n 位为偶数时则舍，奇数时则入。

实际值 第一、二位	级 别						
	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
10	6	6	5	5	5	4	4
20 (或 19)	6	5	5	5	4	4	4
30 (或 29)	6	5	5	5	4	4	4
40 (或 39)	6	5	5	4	4	4	3
50 (或 49)	5	5	5	4	4	4	3
60 (或 59)	5	5	5	4	4	4	3
70 (或 69)	5	5	4	4	4	3	3
80 (或 79)	5	5	4	4	4	3	3
90 (或 89)	5	5	4	4	4	3	3
99	6	6	4	4	4	3	3

检定结果的有效数字位数应按上表给出。判断被检电感器是否符合某一级别条件应以处理后的结果为据。

附录 4

检定证书背面格式

一、检定条件

频率: Hz

温度: °C

湿度: %

气压: kPa

二、接线方式

下次送检时请带此证书

附录 5

测试结果通知书背面格式

一、测试条件

频率:	Hz
温度:	℃
湿度:	%
气压:	kPa

二、接线方式

