

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 69—90

高频 Q 标准线圈

(试 行)

1990 年 2 月 26 日批准

1991 年 2 月 1 日实施

国家技术监督局

目 录

一 概述.....	(1)
二 技术要求.....	(1)
三 检定条件.....	(2)
四 检定项目和检定方法.....	(2)
五 检定结果处理和检定周期.....	(5)
附录	
附录 1 原始 Q 标准定标实验记录格式.....	(6)
附录 2 Q 值工作标准量具比对传递实验记录格式.....	(7)
附录 3 Q 标准统计不确定度.....	(8)
附录 4 高频 Q 标准线圈检定结果格式.....	(10)

高频 Q 标准线圈试行检定规程

Verification Regulation of HF Q

Standard Coil set

JJG 69—90

本检定规程经国家技术监督局于1990年2月26日批准，并自1991年2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

国营 768 厂

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

张关汉（中国计量科学研究院）

参加起草人：

王 瑛（国营 768 厂）

高频 Q 标准线圈试行检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的各型高频 Q 值标准线圈的检定。

一 概 述

1 高频 Q 值标准线圈是检定高频 Q 表的 Q 值测量误差的一套量具。

高频 Q 表多数是由信号源、信号源耦合元件、调谐电容器、信号监视和谐振指示电压表等基本部件或仪器组合而成。原则上，Q 表的完整检定可以通过对这些部件或基本仪器的分别校验来完成，这需涉及大量的设备和花费大量的时间。Q 标准量具是为了简化 Q 表检定方法，在不同的阻抗（如 Q、L 值）和频率范围内定点考核技术性能所设计的典型“测量对象”。

2 高频 Q 值标准线圈用于检定高频 Q 表时，鉴于 Q 表的指示 Q 值是包括被测件的有效 Q 值及测试回路固有残量影响在内的整个谐振回路有效 Q 值，它应该赋予两种标准值：用于检定 Q 表指示 Q 值 Q_1 误差的某型 Q 表均值回路标准指示 Q 值 $\bar{Q}_{0.n}$ ，以及提供各型 Q 表统一量值并能检验各型 Q 表回路质量的标准线圈本身有效 Q 值 Q_0 。

3 $\bar{Q}_{0.n}$ 值由 Q 表生产厂给出，经计量部门考核、传递后，可用 $\bar{Q}_{0.n}/Q_0$ 比值方式标在 Q 值标准线圈证书上。

4 Q_0 值通过计量部门对高频 Q 值标准线圈的检定给出。

二 技 术 要 求

5 频段

所有各型高频 Q 值标准线圈的工作频段为 22 kHz~100 MHz 范围的全部或部分。工作误差为 $\pm 2\%$ 。

6 Q 和 C₀ 量程

$\bar{Q}_{0.n}$ 和 Q_0 约为 50~400

C_0 : 约为 50~400 pF

7 误差 (统计不确定度)

Q_0 : $\pm(2\sim3)\%$

\bar{Q}_{0n} : $\pm(1\sim3)\%$

C_0 : $\pm 2\%$

三 检 定 条 件

8 环境条件

Q 值标准线圈的环境条件:

温度: $20 \pm 5^\circ\text{C}$

相对湿度: (45~75)%

大气压强: 86~106 kPa

交流电源: $220\text{ V} \pm 10\%$, $50\text{ Hz} \pm 1\%$

周围环境应保持整洁, 无影响正常工作的机械振动及电磁场干扰。

9 检定用标准设备

9.1 高 Q 测量装置

频率范围: 22 kHz~10 MHz, 10~70 MHz

Q 值: 50~200, 100~400

有效电容: 40~450 pF, 40~250 pF

Q_0 误差: $\pm 2\% \sim \pm 5\%$

参考型号: HQM

9.2 频率计

测量范围: 100 Hz~100 MHz

灵敏度: 优于 50 mV

误差: 优于 10^{-4}

参考型号: E 312

四 检 定 项 目 和 检 定 方 法

10 外观和工作正常性检查

10.1 量具送检时应附有使用说明书和上次送检的证书。

10.2 被检量具应结构完整，无影响正常工作的机械损伤（如螺钉松动、插脚变形或变位）。

11 原标准 Q_0 和 C_0 定标

用高 Q 测量装置定标三套作为国家标准的原始高频 Q 值标准线圈的有效 Q 值 Q_0 和高频有效电容值 C_0 。

11.1 利用变频率通带法定标谐振回路真实 Q 值 Q_T 。

11.1.1 被检 Q 值量具插入高 Q 测量仪电感接线柱。

11.1.2 频率计输入电缆接到高 Q 测量仪后面板的频率监视插头。

11.1.3 调节高 Q 测量仪信号源的频率旋钮，使频率计读数 f_0 为所插入量具相应的指定频率值。

11.1.4 调节高 Q 测量仪调谐电容主、微电容度盘，使得到谐振电压读数 V_0 。（必要时可调整高 Q 仪谐振指示电压输出分压电阻，使 V_0 大于 0.5 V ，以便能读取 4 位数字的电压值），同时读得调谐电容读数 C_1 以及对应 V_0 时的频率 f_1 值。

11.1.5 计算 V_0 的半功率电压值（即为 $0.707 V_0$ ）得到 V_T 。

11.1.6 顺时针方向缓缓变化高 Q 仪信号源频率旋钮，使谐振电压下降到 V_T 值，记下此时频率读数 f_1 。

11.1.7 逆时针方向缓缓变化高 Q 仪信号源频率旋钮，使谐振电压慢慢上升，到达 V_0 之后又慢慢下降，直到 V_T 值，记下此时的频率值 f_2 。

11.1.8 必要时重复步骤 11.1.6 和 11.1.7。

11.1.9 按下式计算谐振回路真实 Q 值 Q_T ：

$$Q_T = \frac{f_0}{f_1 - f_2} \quad (1)$$

11.2 确定谐振回路有效 Q 值 Q_{eff} 。

11.2.1 利用固有谐振法或二倍频率法（详见通用 Q 表说明书）测定被检量具的分布电容 C_0 。

11.2.2 按下式计算谐振回路有效 Q 值 Q_{eff} ：

$$Q_{\text{ens}} = \frac{Q_T}{1 + \frac{C_0}{C_{0i}}} \quad (2)$$

式中, C_{0i} 为调谐电容器读数的高频有效值。

$$C_{0i} = C_i / (1 - \omega^2 C_i L_c) \quad (2')$$

其中, $\omega = 2\pi f_0$;

L_c ——高 Q 仪调谐电容器的残感。

11.3 计算被检量具的有效 Q 值 Q_{0j}

11.3.1 从高 Q 测量仪的校试图表中查出谐振回路固有 Q 值 Q_n (代表谐振回路固有损耗) 及回路总残感 L_n 和调谐电容残感 L_0 。

11.3.2 按下式计算被检量具的有效 Q 值 Q_{0j} :

$$Q_{0j} = \frac{Q_{\text{ens}} Q_n}{Q_n - Q_{\text{ens}}} (1 - \omega^2 L_1 C_{0i}) \quad (3)$$

式中, L_1 为耦合元件和连线的残感, 等于 L_n 减去 L_0 的值。

11.4 按下式计算被检量具的有效电容值 C_{0j} :

$$C_{0j} = C_i / (1 - \omega^2 L_n C_i) \quad (4)$$

11.5 对于每一序号的量具, 在每一相应的频率点上按步骤 11.1 至 11.4 完成 Q_{0j} 和 C_{0j} 的定标工作, 并按附录 1 作检定记录。

11.6 对三套同一型号 Q 标准量具按 11.1 至 11.5 步骤定标 Q_{0j} 和 C_{0j} 值, 作为原始定标的 Q 线圈参考标准。

12 高频 Q 值工作标准量具的比对传递法给值

12.1 被送到计量部门进行例行周期检定的 Q 值工作标准量具, 与三个原始定标的 Q 线圈参考标准中的每一个在相应的指定频率下逐一比较 (比较仪器为高 Q 测量仪或稳定性好的, 固有残量小的通用 Q 表)。

12.1.1 原标准在 Q 比较仪器上的 Q 指示值分别为 Q_{ij} ($j=1, 2, 3$), 电容指示值分别为 C_{ij} ($j=1, 2, 3$)。工作标准 Q 指示值为 Q_i , 电容指示值为 C_i 。

12.1.2 送检的被传递 Q 标准线圈得到三个有效 Q 传递值和三个有效电容传递值:

$$Q_{0j} = Q'_{0j} + (Q_1 - Q'_{1j}) \quad j = 1, 2, 3 \quad (5)$$

$$C_{0j} = C'_{0j} + (C_1 - C'_{1j}) \quad j = 1, 2, 3 \quad (6)$$

式中: Q'_{0j} ——原始定标的 Q 标准量具有效 Q 值;

C'_{0j} ——原始定标的 Q 标准量具有效电容值。

12.2 计算被传递 Q 标准线圈的有效 Q 值和有效电容值。

12.2.1 被传递 Q 标准的有效 Q 值为:

$$Q_0 = \sum_{j=1}^3 Q_{0j} / 3 \quad (7)$$

12.2.2 被传递 Q 标准的有效电容值为:

$$C_0 = \sum_{j=1}^3 C_{0j} / 3 \quad (8)$$

12.3 对送检的每套 Q 标准的每一序号量具按 12.1.1 至 12.2.2 步骤给出 Q_0 和 C_0 值, 记录格式见附录 2。

13 按下式计算 Q 标准的比对传递误差,

$$\delta_{Q_0} = \frac{Q_0 - Q'_0}{Q'_0} \times 100\% \quad (9)$$

$$\delta_{C_0} = \frac{C_0 - C'_0}{C'_0} \times 100\% \quad (10)$$

式中, Q'_0 和 C'_0 为该量具上一次送检时检定值。

14 δ_{Q_0} 和 δ_{C_0} 小于该型 Q 标准统计不确定度 3σ 为合格, 否则为不合格。 Q 标准统计不确定度 3σ 的给出方法见附录 3。首次送检的 Q 标准线圈只给出参考数据, 不作合格与否结论。

五 检定结果处理和检定周期

15 将检定结果填入检定证书 (见附录 4)。凡被检项目全部合格的量具, 发给检定证书, 若某项不合格, 发给检定结果通知书。

16 检定周期一般不得超过一年, 必要时可提前送检。

附录 2

Q 值工作标准量具比对传递
实验记录格式

Q 比较仪 指示值	原始标准						被传递标准	
	Q'_{11}	C'_{11}	Q'_{12}	C'_{12}	Q'_{13}	C'_{13}	Q_1	C_1
有效 Q			/	/	/	/	$Q_{e.1}$	$C_{e.1}$
校准值	/	/			/	/	$Q_{e.2}$	$C_{e.2}$
$Q_{e.3}, C_{e.3}$	/	/	/	/			$Q_{e.3}$	$C_{e.3}$
被传递标准的 Q_e, C_e 平均传递值							Q_e	C_e

温度 _____ 被传递量具号 _____ 日期 _____ 实验者 _____
湿度 _____ 校验者 _____

附录 3

Q 标准统计不确定度

为了通过相互比对定期考查 Q 标准的稳定性, 以及对被传递的 Q 标准进行三个独立的测定, Q 标准量值保存的计量单位保存了三套原始定标的有效 Q 参考标准 (通称原标准)。它们各自对送检的 Q 标准量具进行量值比对传递。

对于 k 套送检的 Q 标准与三套原标准比对传递之后, 所得数据排列如下:

$$\begin{array}{ccc} Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} \\ Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{k1} & Q_{k2} & Q_{k3} \end{array}$$

下脚标的第一个数字是被传递的标准量具编号, 第二个数字是与其比较的原标准编号。这样, Q_{kj} 就表示被传递的标准量具 k 与原标准 j 进行比对测得的有效 Q 值。

从上述排列中, 可得到三个算术平均值:

$$\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{k=1}^n Q_{k1}}{k}$$

$$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{k=1}^n Q_{k2}}{k}$$

$$\bar{Q}_3 = \frac{\sum_{k=1}^n Q_{k3}}{k}$$

k 表示在特定频率下被传递标准的总个数。比较这些平均值, 将显示出原先赋予原标准的有效 Q 值的不一致性。

取三个平均值的算术平均值:

$$A = \frac{\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 + \bar{Q}_3}{3}$$

来调整原标准的原始定标数据，使三套原标准的有效 Q 值得到更好的一致性。设原标准原来的数据分别为 Q_{01} 、 Q_{02} 、 Q_{03} ，经调整后新的有效 Q 值数据为 Q_{01}' 、 Q_{02}' 、 Q_{03}' ，则

$$Q_{01}' = Q_{01} + D_1$$

$$Q_{02}' = Q_{02} + D_2$$

$$Q_{03}' = Q_{03} + D_3$$

式中， $D_j = A - \bar{Q}_j$ ($j = 1, 2, 3$)。

通过上述调整，得以保证 Q 标准量值比对传递的一致性。在校验误差分布符合高斯分布的情况下，根据贝塞尔公式，对于某一被传递的标准线圈，其均方差可表示为：

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (Q'_{kj} - Q'_k)^2$$

式中， $Q'_k = \frac{\sum_{j=1}^k Q'_{kj}}{k}$ ； $Q'_{kj} = Q_{kj} + D_j$ 。

总的均方差为：

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \sigma_k^2$$

我们用 3σ 作为衡量 Q 标准误差的尺度，称之为 Q 标准统计不确定度，有时也称为传递误差或校准不确定度。

某型 Q 标准量具 3σ 的给出，通常是在大批 Q 标准比对传递之后，经统计调整得到。

Q 标准有效电容 C_0 的 3σ 值给出方法与上述 Q_0 的 3σ 给出方法类同。

