

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程汇编

电磁 (三)

(磁学计量器具和磁材料标准样品类)

1989

503

国家技术监督局

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程汇编

电 磁 (三)

(磁学计量器具和磁材料标准样品类)

1 9 8 9

国家技术监督局

中华人民共和国
国家计量检定规程汇编
电 磁 (三)
(磁学计量器具和磁材料标准样品类)

1989

国家技术监督局计量司量传处编

中国计量出版社出版

北京和平里西街2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 850×1168 1/32 印 张 8 字数 224 千字

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数 1~10000

ISBN 7-5026-0377-8 TB 309

定价 5.50 元

说 明

为满足计量部门和有关单位开展计量检定工作的需要和使用方便，国家计量检定规程除单行本外，还按照计量器具的类别出版汇编本。本册为电磁部分第三分册，汇编了截止到 1989 年 9 月底批准的、现行有效的、有关磁学计量器具和磁材料标准样品类的 10 种国家计量检定规程。使用时请注意，其中某些规程是否已被 1990 年 6 月 1 日以后批准的新规程所替代。

国家技术监督局计量司
1990 年 5 月

目 录

1	JJG 242—82	特斯拉计试行检定规程	(1)
2	JJG 316—83	磁通量具试行检定规程	(21)
3	JJG 317—83	磁通表试行检定规程	(41)
4	JJG 352—84	永磁材料标准样品磁特性试行 检定规程	(55)
5	JJG 354—84	软磁材料标准样品试行检定 规程	(71)
6	JJG 405—86	硅钢片(带)标准样品试行 检定规程	(87)
7	JJG 406—86	弱磁材料标准样品试行检定 规程	(102)
8	JJG 407—86	电工纯铁标准样品试行检定 规程	(117)
9	JJG 493—87	软磁材料直流磁特性标准样品 (交流磁化曲线及磁滞回线等) 检定规程	(135)
10	JJG 1013—89	磁学计量常用名词术语及定 义试行技术规范	(153)

特 斯 拉 计 检 定 规 程

(试 行)

Verification Regulation of
Tesla-Meter

JJG 242—82

本检定规程经国家计量总局于1982年4月17日批准，并自1983年6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

主要起草人： 刘恒基

本规程技术条文由起草单位负责解释。

特斯拉计检定规程

本规程适用于新生产的、使用中和修理后的霍尔效应法特斯拉计，旋转线圈法特斯拉计以及其它测量恒定磁场用的特斯拉计的检定。

一、技术条件和检定项目

- 1 特斯拉计的量值检定范围为0.025~2.0 T。
- 2 检定温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 80\%$ ，准确度优于0.5%的特斯拉计应带有恒温探头或给出探头温度修正系数。
- 3 检定环境的机械震动和外磁场干扰，以不影响对基本误差的检定为宜。
- 4 特斯拉计机体与标准磁场应保持一定距离（如1~2 m），以不影响对基本误差的检定为宜。
- 5 进行外观检查：特斯拉计的外壳、外露开关、功能旋钮及封印等应完备无损。
- 6 新生产的和修理后的指针表读数的特斯拉计应作不通电倾斜影响的检定。当特斯拉计的测量仪表自规定工作位置向任一方向倾斜 10° 时，其示值改变应不超过表1的规定。

表1 指针仪表倾斜 10° 时允许的示值改变

名义准确度(%)	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5
允许值(%) (按标尺长度计算)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5

7 特斯拉计的零位检定：零位漂移不应超过表2的规定。准确度低于1.0%的特斯拉计，其零位漂移的一次考察时间规定为5 min。

8 新生产的和作标准用的特斯拉计应作“技准”的检定。“校准”误差不超过允许基本误差的1/3。

9 特斯拉计的基本误差、示值变差的检定

9.1 指针表读数的特斯拉计的基本误差以引用误差表示。

9.2 数字读数的特斯拉计的基本误差以相对误差表示。

9.3 各类特斯拉计的基本误差、示值变差不应超过表2的规定。

表2 特斯拉计的允许基本误差、变差及零漂

名义准确度(%)	0.01	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5
允许基本误差(%)	± 0.01	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5
变差(%)	0.01	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5
零漂	0.2 $\alpha^* E^{**}$						

* α : 特斯拉计的名义准确度

** B : 对指针表读数的特斯拉计表示测量档上限; 对数字特斯拉计表示测量档下限检定示值。

二、检定装置

10 检定装置可分为核磁共振标准检定装置和其它标准特斯拉计检定装置。检定装置总的测量极限误差不应超过被检特斯拉计允许误差的1/3。

11 核磁共振标准检定装置一般含有: 标准磁感应量具(可以是电磁铁、永磁铁或其它各种类型的线圈形式的磁感应量具)、核磁共振特斯拉计和其它辅助设备。

核磁共振检定装置检定0.01%~0.5%准确度的特斯拉计, 其允许相对极限误差应不大于0.003%~0.1%。

11.1 在一般情况下, 标准磁场的的不稳定度在检定单个示值的时间范围内不应超过被检特斯拉计允许误差的1/10~1/5。用替代比较法检定时, 探头范围的磁场不均匀度应不超过被检定特斯拉计允许误差的1/10~1/5。用同时比较法检定时, 标准和被检探头之间的磁场不均匀度应不超过被检特斯拉计允许误差的1/5~1/10, 如果两点磁场差值已知, 则引入差值更正后所引起的误差应不超过允许误差的1/5~1/10。

11.2 核磁共振特斯拉计采用 H^1 (质子)和 Li^7 (锂核)作为标准共振核子, 其旋磁比值 γ_p' 和 γ_{Li^7}' 以优于0.001%的准确度测出: $\gamma_p' = 2.67515 \times 10^8 T^{-1}s^{-1}$; $\gamma_{Li^7}' = 1.03965 \times 10^8 T^{-1}s^{-1}$ 。

如果使用其它核物质, 旋磁比误差不应大于被检特斯拉计允许误差的 $1/10$ 。

核磁共振特斯拉计振荡频率的稳定度, 在测量时间内不大于被检特斯拉计允许误差的 $1/10$, 共振频率的测量误差(包括共振点确定误差)不大于被检特斯拉计允许误差的 $1/5$ 。

12 其它标准特斯拉计检定装置一般含有: 标准磁感应量具, 标准特斯拉计和其它辅助设备。

标准特斯拉计检定装置检定 0.5% 以下准确度的特斯拉计。

12.1 标准磁场的要求和11.1款相同。

12.2 标准特斯拉计的分辨率不应低于被检特斯拉计, 其实际误差应不超过被检特斯拉计允许误差的 $1/5$ 。标准特斯拉计可分为:

标准数字特斯拉计检定数字读数特斯拉计, 其准确度之比不大于 $1:5$;

标准指针表特斯拉计检定指针表读数的特斯拉计, 与被检特斯拉计的准确度之比不大于 $1:5$ 。检定数字特斯拉计应在量限的 $3/4$ 以上进行。

准确度比大于 $1:5$ 的标准特斯拉计, 应引入更正值使用。

12.3 标准特斯拉计的年度变化不应超过被检特斯拉计允许误差的 $1/10$ 或不超过其自身准确度的 $1/3$ 。如果没有足够时间的考察, 则应缩短其检定周期。

13 检定装置应具有调节探头位置的设施, 保证探头能够精细调整到最佳位置, 其对位误差应不大于被检特斯拉计的允许误差的 $1/5$ 。

三、检 定 方 法

(一) 外观检查

14 先对被检特斯拉计的外壳、外露开关以及封印等项目进行检查, 新生产的和外国进口的特斯拉计的验收检定应要求全部完好, 其它特斯拉计也不应有可以引起测量错误或使特斯拉计损坏的缺陷, 如发现有此类缺陷, 则应在修复后方可检定。自制或改制的特斯拉计要有一定的标志。

15 特斯拉计与探头必须配套,再次送检时须有上一次的检定结果。

(二) 不通电倾斜影响的测定

16 把被检特斯拉计的指针仪表分别自规定的正常工作位置向前、向后、向左、向右倾斜 10° 观察其示值的改变,均应符合表1规定。

(三) 零位的检定

17 按照被检特斯拉计的使用说明和操作规程,依次进行预热、调零和“校准”。将探头置于“零磁场”中,量限开关拨至被检最低量限挡(如10mT挡),进行测零。以后每隔5min测量一次零漂,连续三至五次,观察每次零位改变是否符合表2规定。如超过规定,则应将量限开关上拨一档(如50mT挡),同上方法观察零漂,直至符合表2规定后,即从该挡开始进行基本误差的检定。

(四) “校准”的检定

18 “校准磁场”的检定

带有“校准磁场”的被检特斯拉计,直接对其“校准磁场”进行测量或重新定标。

18.1 用标准特斯拉计测量“校准磁场”值,测量值与给出值之间的相对误差不应超过被检特斯拉计允许误差的 $1/3$,如果超过 $1/3$,则连测三次,将三次测量值的平均值作为“校准磁场”的重新定标值。

18.2 如果标准特斯拉计探头不便于直接测量,则可依下述方法测量“校准磁场”:

按照使用说明调好被检特斯拉计,将量限开关拨至适当位置(以获得最高灵敏度),测量“校准磁场”。调节校准旋钮,使其读数等于“校准磁场”给出值。然后将探头移到标准磁场中,调节标准磁场,使被检特斯拉计具有同一读数,而由标准特斯拉计测量标准磁场的实际值。被检特斯拉计的指示值与实际值之间的相对误差应不超过其允许基本误差的 $1/3$,如果超过 $1/3$,则如上反复测量三次,将三次实际值的平均值作为“校准磁场”的重新定标值。

19 校准线的检定

对于带有“校准磁场”而没有给出值、但表面刻有校准线(如

CT-3型)和只带校准线(如CT-5型)的指针表读数特斯拉计,对校准线的检定和定标方法如下:

按照使用说明调零和“校准”,量限开关拨至0.25 T挡,测量标准磁场,调节标准磁场使标准特斯拉计指示为0.25T,此时被检特斯拉计指示值与标准特斯拉计测得的实际值之间的相对误差应符合允许基本误差的规定。如超差,则应调节“校准”旋钮,使被检特斯拉计指示满量限,然后将方式开关拨至“校准”(带有“校准磁场”的特斯拉计,要将探头移入“校准磁场”中),检查指针对校准线的偏离。如此反复三次,将三次偏离的格值的平均值作为校准线的更正值。

20 数字特斯拉计的校准常数的检定

将被检特斯拉计按使用说明调零和校准,然后测量合适的标准磁场,以最高灵敏度测得的指示值与用标准特斯拉计测得的实际值之间的相对误差,应不超过允许的基本误差,否则,应调节“校准”旋钮,使指示值等于实际值,反过来检查此时校准常数的实际值,经过三次这样测量的结果,取其平均值作为被检特斯拉计校准常数的重新定标值。

(五) 基本误差、示值变差的检定

21 一般每一量限只检定满量限值、1/2量限值和7/10量限值。如果两相邻量限的示值检定点不相衔接,可在较高量限适当增加检定点,也可根据使用单位要求增加检定点。表3列出对CT-3型和CT-5型所采取的示值检定点。

表3 特斯拉计示值检定点

量限(T)	0.05	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5	2.5
示值 检定点 (T)	0.025	0.050	0.125	0.25	0.50	0.75	1.25
	0.035	0.070	0.175	0.35	0.70	1.00	1.75
	0.050	0.1	0.25	0.50	1.00	1.50	2.50

22 在检定基本误差之前,先测量被检特斯拉计的灵敏度和分辨力。测量方法是把被测探头置于标准磁场,然后细调磁场并用标准特斯

拉计监视,其最低分辨力应不大于 $0.2\sim 0.3\alpha B$ (对于指针仪表, B 为上限值;对于数字仪表, B 为指示值)。

23 基本误差检定可采用同时比较和替代比较两种方法。

23.1 同时比较法是将标准和被检探头同时置于同一磁场中。这一方法对标准磁场的稳定度要求较低(如 $1/5\alpha$),但两探头须有一定距离,对磁场不均匀度要求较高(如 $1/10\alpha$)。

23.2 替代比较法是标准和被测探头轮换测量同一位置的标准磁场。因此对磁场不均匀度要求较低(如 $1/5\alpha$,包括替代位置的误差),而对磁场稳定度要求更高些(如 $1/10\alpha$)。

24 基本误差检定程序

24.1 先将检定装置和被检特斯拉计的电源接通(须注意被检特斯拉计的电源方式和外电源电压),使全部工作仪器预热。预热时间根据特斯拉计的类型、准确度和环境温度等实际条件而定。

24.2 按照仪器操作规定,特斯拉计经过调零和“校准”等步骤,待标准磁场和特斯拉计的零位稳定后方可检定。

24.3 如标准特斯拉计不是核磁共振原理,也须经过以上步骤。如是核磁共振特斯拉计,则将振荡频率调成与检定示值相对应(具体操作方法见附录1)。

24.4 将标准和被检特斯拉计的探头放入磁场中,按使用说明,选择模拟法、零指法和差值法进行测量。经过偏转调整,读取最大值作为指示值,而标准特斯拉计的指示值即为磁场实际值。

24.5 每检完一个量限后,应检查被检和标准特斯拉计的零位改变。如发现已超出表2规定,则需重新调整零位,对后二个示值重检一次。

当零位相当稳定,或在检定高量限时,可适当减少或不必检查零位,但全部检定完后必须逐一核查。

25 对 0.5% 以上(包括 0.5%)准确度的特斯拉计应进行四次测量。第一、二次为探头正向时磁场上升和下降的重复测量;第三、四次为探头反向时磁场上升和下降的重复测量。

对 1.0% 及以下准确度的特斯拉计,在探头的正常方向上检二次,

即磁场上升和下降的重复测量。对读取正反方向平均值的特斯拉计（如CT-3型）应检二次，即磁场上升和下降的重复测量。

26 示值变差的检定

在同一探头方向上的全部检定示值中每一示值（上升和下降）两次测量结果的差值中，取最大一个作为被检特斯拉计的变差，表示方法与基本误差相同，其值应不超过表2规定。

四、检定结果的处理

27 特斯拉计的检定数据应有原始记录（格式见附录5）。对于标准特斯拉计的原始记录，一般保存一年。

28 原始数据须经数据处理（包括标准特斯拉计示值的更正）后，才能作为检定结果列入检定证书。所有数据经四舍五入法化整（所有计算比计算前的位数多一位）。实际值化整后，其末位有效数字所引入的误差不大于测量误差的1/10。判定被检特斯拉计是否合格时，应以化整后的数据为准。

29 找出各次测量的特斯拉计示值与实际值之间的最大差值作为特斯拉计的最大基本误差。对名义准确度为一定范围的特斯拉计，需找出各量限的最大基本误差。

30 计算被检特斯拉计某一示值更正值时，所取实际值为该示值下各次检定所得实际值的平均值。

31 新生产的、使用中和修理后的特斯拉计，检定合格的均发给检定证书，不合格的发检定结果通知书。自制的标志明显的特斯拉计同样处理，标志不明显的只发给测试数据。

32 检定证书和通知书中，要载明特斯拉计的指示值、更正值、最大误差和最大变差。对名义准确度为一定范围的特斯拉计，要载明基本误差范围。

33 经过重新定标的特斯拉计，检定数据以重新定标后的结果给出（注明重新定标值）。但在改变定标标志以前均只发给检定结果通知书。

经过校准线检定的特斯拉计，仍以原校准线下的检定结果处理。

但对标准特斯拉计应在通知书中载明校准线的更正值。

34 经检定合格并已发给检定证书的特斯拉计，应有封印。

35 特斯拉计的检定周期定为一年。中途如有发现使用不当而致使零件损坏和示值不准的，或者因故重新修理的特斯拉计，必须随时送检。

附录 1

核磁共振标准检定装置

(一) 测量磁场的基本原理

在恒定磁场中, 当自旋不为零的原子核受到与其能级跃迁频率一致的高频电磁场作用时, 即发生核子吸收电磁场能量的物理现象, 其基本关系是:

$$B = \frac{2\pi}{\gamma} f_0 \quad (1)$$

式中: B ——被测磁场的磁感应强度;

f_0 ——跃迁频率 (等于高频电磁场频率);

γ ——原子核的回转磁比, 对于一定的原子核是不变的常数。

核磁共振特斯拉计正是基于这一原理测量磁场。共振核采用水中质子 (H^1)、 $LiCl$ 饱和水溶液中 Li^7 或其它旋磁比常数已知的原子核。高频电磁场由弱振荡器产生并供给绕在核试样容器上的线圈 (实际上是振荡器谐振回路电感)。共振时将发生核子对电磁场能量的吸收, 吸收信号由振荡器取出, 经过检波和放大, 由电子示波器观察。

(二) 核磁共振检定装置操作方法

图 1 为核磁共振检定装置原理图。其操作方法如下:

1 接通电源、水源, 使电磁铁的磁场升到较高值, 预热一段时间 (如 10 min) 后降至检定示值附近, 继续预热和稳定。其余工作仪器预热半小时左右。

2 按照检定示值选择适当探头, 调节振荡器频率和电平, 使其工作在边缘状态。同时调节低频调场电源使其输出较大。

3 调节电磁铁电测输入电流, 使磁场达到被检特斯拉计的待检示值。然后微调振荡器频率, 直到示波器屏上出现共振信号, 再减小调场输出到合适, 调节移相器使信号位于示波器扫描基线的中央。

4 用数字频率计测量振荡器频率, 读数的末位数字引入误差小于核磁共振特斯拉计的允许误差的 1/10。

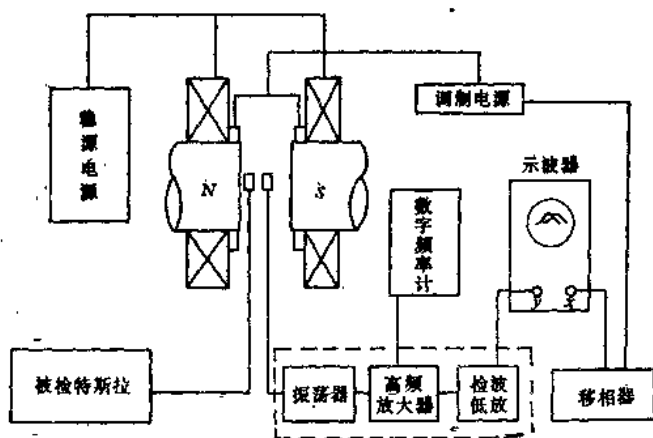


图 1 核磁共振检定装置原理图

(三) 核磁共振检定装置的误差

- 1 原子核旋转磁比的误差 $\Delta\gamma$
- 2 振荡器频率的稳定度 Δf ,
- 3 磁场的稳定度 ΔB ,
- 4 探头体积磁场的均匀度 ΔB_r
- 5 共振点位置的确定误差 Δf_r ,
- 6 频率测量误差 Δf 。

其它如顺磁离子场及样品形状的修正等，在 10^{-5} 以上精度的测量中也不可忽略。这里规定样品形状为球状或圆柱状，顺磁盐 CuSO_4 的浓度不超过 100 mol/m^3 。采用其它物质的质子样品，必须进行化学位移的修正。

综合起来，核磁共振检定装置的测量误差以方和根表示为

$$\delta = \pm \sqrt{\Delta\gamma^2 + \Delta f_r^2 + \Delta f_s^2 + \Delta f_r^2 + \Delta B_r^2 + \Delta B_r^2} \quad (2)$$

当用同时比较法检定时，则实际的装置检定误差应考虑核磁共振探头与被检探头之间的磁场均匀度，用替代比较法检定时应顾及替代时间内磁场的稳定度及替代位置的误差。