



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 242—1995

---

## 特 斯 拉 计

Tesla - Meter

1995 - 05 - 31 发布

1996 - 05 - 01 实施

---

国家技术监督局 发布  
免费标准下载 [WWW.PV265.COM](http://WWW.PV265.COM)

# 特斯拉计检定规程

Verification Regulation of

Tesla - Meter

JJG 242—1995

代替 JJG 242—1982

---

本检定规程经国家技术监督局于 1995 年 05 月 31 日批准，并自 1996 年 05 月 01 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：**

刘恒基 （中国计量科学研究院）

**参加起草人：**

邹显安 （中国计量科学研究院）

# 目 录

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 一 技术条件和检定项目 .....        | ( 1 ) |
| 二 检定装置 .....             | ( 2 ) |
| 三 检定方法 .....             | ( 3 ) |
| 四 检定结果处理和检定周期 .....      | ( 5 ) |
| 附录 1 核磁共振标准检定装置 .....    | ( 7 ) |
| 附录 2 霍尔效应特斯拉计的工作原理 ..... | ( 9 ) |
| 附录 3 线圈法特斯拉计的工作原理 .....  | (11)  |
| 附录 4 主要术语和定义 .....       | (13)  |
| 附录 5 特斯拉计检定原始记录格式 .....  | (15)  |
| 附录 6 检定证书(背面)格式 .....    | (16)  |

## 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及其它测量恒定磁场用的指针式、数字式和智能特斯拉计的检定。

### 一 技术条件和检定项目

- 1 特斯拉计的量值检定范围为 0.01 ~ 2.0T。
- 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 检定环境的机械振动和外磁场干扰，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 0.5m 以上），以不影响对基本误差检定为宜。
- 5 进行外观检查：特斯拉计的外壳、外露开关、功能旋钮、相应标志应完备无损、清晰无误。
- 6 特斯拉计的零位漂移：零位漂移应不超过表 1 规定。基本误差  $\geq 0.5\%$  的特斯拉计其零位漂移的考察时间为 30min。
- 7 “校准磁场”：“校准磁场”误差不应超过允许基本误差的 1/3。
- 8 示值变动性：示值变动性不应超过表 1 规定。
- 9 探头正反向示值差值：在同一磁场下正、反示值差值不应超过允许基本误差。
- 10 特斯拉计基本误差
  - 10.1 指针表读数的特斯拉计，基本误差以引用误差表示。
  - 10.2 数字表读数的特斯拉计，基本误差以相对误差表示。
  - 10.3 特斯拉计的基本误差、回程误差、示值变动性不应超过表 1 规定。

表 1 特斯拉计的允许基本误差、回程误差、示值变动性及零漂

| 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 (%)                                       | $\pm 0.01$          | $\pm 0.1$ | $\pm 0.2$ | $\pm 0.5$ | $\pm 1.0$ | $\pm 1.5$ | $\pm 2.5$ |
| 指针表回程误差 (%)                                      | $\pm 0.01$          | $\pm 0.1$ | $\pm 0.2$ | $\pm 0.5$ | $\pm 1.0$ | $\pm 1.5$ | $\pm 2.5$ |
| 数字表示值变动性 (%)                                     | $\pm 0.01$          | $\pm 0.1$ | $\pm 0.2$ | $\pm 0.5$ | $\pm 1.0$ | $\pm 1.5$ | $\pm 2.5$ |
| 零漂   | 0.2 ( $a \cdot B$ ) |           |           |           |           |           |           |
| 注：a——特斯拉计的名义准确度；<br>B——特斯拉计测量挡的上限或数字特斯拉计的起始检定示值。 |                     |           |           |           |           |           |           |

## 二 检定装置

11 检定装置分为核磁共振标准检定装置和其它标准检定装置。检定装置测量不确定度不应超过被检特斯拉计允许误差的 1/3。

12 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，其允许极限误差应不大于 0.003% ~ 0.1%。

12.1 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特斯拉计允许误差的 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，如果两点磁场差值已知，则列入差值修正后所引起的误差应不超过允许误差的 1/5。

12.2 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  $\gamma_p$  和  $\gamma_{Li}$  以优于 0.001% 的准确度测出：

$$\gamma_p = 2.675\ 154 \times 10^8 T^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$\gamma_{Li} = 1.039\ 65 \times 10^8 T^{-1} \cdot s^{-1}$$

如果使用其它核物质，旋磁比误差应不大于被检特斯拉计允许误差的 1/10。

核磁共振特斯拉计共振频率的测量误差（包括共振点的不确定误差）不大于被检特斯拉计允许误差的 1/10。

如果使用直读磁感应值的核磁共振特斯拉计，其读数误差应不大于被检特斯拉计允许误差的 1/5。

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

标准检定装置检定 0.1% 及其以下准确度的特斯拉计。

13.1 标准磁场的要求和 12.1 中相同。

13.2 标准特斯拉计分为旋转线圈法特斯拉计和霍尔效应法特斯拉计，旋转线圈法特斯拉计可检定 0.1% 及以下准确度的特斯拉计，霍尔效应法特斯拉计只允许检定 0.5% 及以下准确度的特斯拉计。

标准特斯拉计的分辨力不能低于被检特斯拉计，其实际误差应不超过被检特斯拉计允许误差的 1/5。标准特斯拉计依读数类型可分为：

标准数字特斯拉计检定数字特斯拉计时，与被检特斯拉计的准确度之比不大于 1/5。

标准指针式特斯拉计在检定指针表读数的特斯拉计时，其准确度之比不大于 1/5。在检定数字特斯拉计时，应在量限的 3/4 以上进行。

准确度之比大于 1/5 的标准特斯拉计应引入修正值使用。

13.3 标准特斯拉计的年变化不应超过被检特斯拉计允许误差的 1/10，或不超过自身准确度的 1/3。如果没有足够时间考察，则应缩短检定周期。

14 若标准检定装置不含标准特斯拉计，而标准磁感应量具的磁场值由其磁通密度线圈

常数或由其电流—磁场曲线而测得，其常数或曲线要经过高级标准定标，定标误差不大于被检特斯拉计允许误差的 1/5。

14.1 磁感应量具的磁场稳定度应小于被检特斯拉计允许误差的 1/5。

14.2 磁感应量具电流的测量误差应小于被检特斯拉计的 1/5。

15 检定装置通常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允许误差的 1/5。

### 三 检定方法

#### (一) 外观检查

16 先对特斯拉计的外壳、外露开关以及标志等项目进行检查，新生产的和外国进口的验收检定应要求全部完好，其它特斯拉计也不应有可能引起测量错误或使特斯拉计损坏的缺陷。如发现此类缺陷，则应修复后方可检定，自制或改制的特斯拉计亦要有相应的标志。

17 特斯拉计与探头必须配套，再次送检时需持上一次检定结果。

#### (二) 零位测定

18 按照被检特斯拉计的使用说明和操作规定依次进行预热、调零和校准，将探头置于“零磁场中”，“零磁场”值不应超过被检特斯拉计最低检定示值允许误差的 1/3。量程开关拨至被检最低量程挡（如 10mT 挡），调零并进行测量，以后每隔 5min 测量一次零磁场值，连续 6 次，观察最大零位改变是否符合表 1 的规定。如超过规定，则应将指针表量程开关拨至上一挡（如 50mT 挡），或调整数字表的起始检定示值，同上方法观察零漂直至符合表 1 的规定后，即从该挡（该点）开始进行基本误差检定。

#### (三) “校准磁场”的测定或重新定标

19 带有“校准磁场”的特斯拉计，直接对其“校准磁场”进行测量或重新定标。

19.1 用标准特斯拉计测量“校准磁场”值，测量值与给出值之间的误差不应超过允许误差的 1/3；如超过 1/3，则连测 3 次，将 3 次测量的平均值作为“校准磁场”的重新定标值。

19.2 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”值。

按照使用说明书调好被检特斯拉计，将量程开关拨至适当位置（以获得最大示值），测量“校准磁场”，调节“校准”旋钮，使其读数等于“校准磁场”的给出值。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误差不应超过允许误差的 1/3，如果超过 1/3，则如上反复测量 3 次，取 3 次实际值的平均值作为“校准磁场”的重新定标值。

#### 20 “校准线”的测定

对于带有“校准磁场”而没有给出值但表面刻有“校准线”的（如 CT-3 型）和只带“校准线”的（如 CT-5 型）指针表读数的特斯拉计，对“校准线”的测定和定标方法如下：

按照使用说明调零和校准, 量程开关拨至仪器的校准量程 (如 0.25T) 挡, 测量标准磁场。调节标准磁场使标准特斯拉计指示满量程 (如 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误差应符合允许基本误差的规定。如超差, 则调节“校准”旋钮, 使被检特斯拉计指示满量程 (即 0.25T), 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 3 次, 将 3 次偏离的格值的平均值作为“校准线”的修正值。

如果用户要求把新校准值按原来“校准线”调整, 则在可能条件下给予调整, 但不作为检定的必须内容。

## 21 校准常数的测定

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, 使其示值接近满量程值, 此示值与用标准特斯拉计测得的实际值之间的误差应不超过允许的基本误差, 否则应调节“校准”旋钮, 使示值等于实际值, 重新检查校准常数实际值, 经过 3 次这样测量, 取其平均值作为被检特斯拉计的常数重新定标值。

### (四) 特斯拉计探头正、反向示值差值的测定

22 对于双向指示的特斯拉计, 在使示值大于 3/4 满量程值的同一磁场下测量被检特斯拉计探头正向示值和反向示值, 反向示值减去正向示值, 其差值 (表示方法与基本误差形式相同) 不应超过特斯拉计的允许误差。

### (五) 基本误差, 示值回程误差的测定

23 一般对指针表只检满量程、1/2 量程和 7/10 量程值。如果两相邻量程的示值检定点不衔接, 可在高量程适当增加检定点, 也可以根据使用单位要求增加检定点。

表 2 列出对 PG-5 型特斯拉计采取的示值检定点。

表 2 PG-5 型特斯拉计示值检定点

(mT)

| 量程<br>示值              | 5    | 10   | 20   | 50   | 100   | 200   | 500   | 1k      | 2k      | 5k      |
|-----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| 示<br>值<br>检<br>定<br>点 | 2.50 | 5.0  | 10.0 | 25.0 | 50.0  | 100.0 | 250.0 | 500.0   | 1 000.0 | 2 500.0 |
|                       | 3.50 | 7.0  | 14.0 | 35.0 | 70.0  | 140.0 | 350.0 | 700.0   | 1 400.0 | 3 500.0 |
|                       | 5.00 | 10.0 | 20.0 | 50.0 | 100.0 | 200.0 | 500.0 | 1 000.0 | 2 000.0 | 5 000.0 |

对于数字特斯拉计, 每个量程应均匀检定 5 点, 其起始检定点的有效位数字应能分辨该点的允许误差, 量程之间需衔接。

基本误差检定通常采用同时比较和替代比较两种方法。

24 同时比较法是将标准和被检探头置于同一磁场中, 这一方法对标准磁场的稳定度要求较低 ( $0.2\alpha$ ), 但两探头须有一定距离, 对磁场均匀度要求较高

24.1 替代比较法是用标准和被检探头轮换测量同一位置的标准磁场, 因此对磁场的均匀度要求较低, 而对磁场的稳定度要求较高 ( $0.1\alpha$ )。

## 25 基本误差测定程序

25.1 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,预热时间按使用说明书的要求或根据特斯拉计的类型和环境温度等实际条件而定。

25.2 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。

25.3 如标准特斯拉计不用核磁共振原理,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)。

25.4 将标准和被检特斯拉计的探头放入磁场中,按使用说明进行操作,并经过探头对位调整,读出最大值作为指示值,而标准特斯拉计的指示值即为磁场的实际值。

25.5 对零位漂移较大的,每检一个量程后应检查其零位改变,如发现已超出表1规定,则需重新调整零位,对后两个示值重新检定一次。

当零位很稳定或在检定高量程时,可在全部检定完成后再逐一检查。

25.6 使用磁感应量具作标准进行检定时,可用被检特斯拉计直接测量标准磁场。

26 指针式特斯拉计应进行磁场上升和下降两次测量

对双向指示的指针式特斯拉计,应在指示为正的方向上作磁场上升和磁场下降的测量。

对数字特斯拉计,应在示值为正的方向上作磁场上升或下降的示值检定。

27 示值回程误差和示值变动性的检定

27.1 在任一量程同一探头方向上的每一检定示值(磁场上升和下降)两次测量结果差值中,取最大一个作为被检特斯拉计的回程误差,表示方法与基本误差相同。

27.2 在接近最低量程上限的同一磁场中,考察5min内数字特斯拉计示值变化的最大差值,作为特斯拉计的示值变动性。表示方式与基本误差相同。

28 对智能特斯拉计只检定基本误差,不作其它功能检定。

#### 四 检定结果处理和检定周期

29 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。

30 原始数据须经数据处理(包括标准特斯拉计示值的修正)后,才能作为检定结果填入检定证书,所有的数据须经四舍五入法化整(计算后的数据比计算前多取一位),实际化整后,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。

31 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基本误差。对各量程准确度不同的特斯拉计,需找出各量程的基本误差。

32 计算被检特斯拉计某一示值的修正值时,所取实际值应为该示值下各次检定所得实际值的平均值。对于读取正、反方向平均值的特斯拉计,需将平均值与正、反差值1/2的代数和作为实际值。

33 新生产的、使用中的和修理后的特斯拉计,检定合格的均发给检定证书,不合格的发给检定结果通知书。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。

对于按等级检定不合格的标准特斯拉计，允许降级使用，降级后合格的发给检定证书，但在证书封面上要载明允许使用等级。

34 在检定证书中要载明特斯拉计的示值和修正值，数字特斯拉计要载明探头正、反方向示值差。在通知书中还要载明造成仪器不合格的实际基本误差，对名义准确度为一定范围的特斯拉计，要给出各量程基本误差。

35 经过重新定标的数字特斯拉计，检定数据以重新定标后的结果给出，但在证书中要给出重新定标值。

经过“校准”测定的指针表特斯拉计以重新定标后的检定结果处理，发给检定结果通知书，经过重新定标的指针表特斯拉计当其定标值已经调到“校准线”的，发给检定证书。

36 特斯拉计的检定周期定为1年，其间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）；

$\gamma$ ——原子核的旋磁比，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：

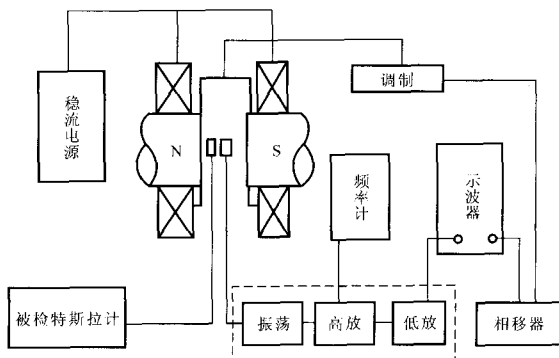


图 1 核磁共振检定装置原理图

- 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 10min）后降至检定示值附近，继续预热和稳定。其余工作仪器预热 0.5h 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 调节电磁铁电源输入电源，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。

(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 振荡器频率的不稳定度  $\Delta f_i$ ;
- 3 磁场的稳定度  $\Delta B_i$ ;
- 4 探头体积磁场的均匀度  $\Delta B_v$ ;
- 5 共振点位置的确定误差  $\Delta f_x$ ;
- 6 频率测量误差  $\Delta f_c$ 。

其它如顺磁离子场及样品形状的修正等，在  $10^{-5}$  以上准确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  $\text{CuSO}_4$  的浓度不超过  $100\text{mol/m}^3$ 。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：

$$\delta = \pm \sqrt{\Delta\gamma^2 + \Delta f_i^2 + \Delta f_x^2 + \Delta f_c^2 + \Delta B_i^2 + \Delta B_v^2} \quad (2)$$

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不均匀度。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。

## 附录 2

## 霍尔效应特斯拉计的工作原理

## (一) 霍尔效应的原理

如图 2 所示, 将霍尔传感器探头放入  $z$  方向的磁场中, 沿着  $x$  轴的方向通入控制电流  $I_H$ , 其中电子的流动速度为  $v_x$ 。于是, 沿着与  $B_z$  和  $I_H$  相垂直的方向将产生一个霍尔电场  $E_y$ 。因为速度  $v_x$  移动的电子在磁场作用下将受力而被推向一边, 使其聚积在元件一个侧面上; 而这样聚积起来的负电荷又反过来对电子施加一个排斥力, 最后两种力取得平衡, 使电子上所受总力  $F_y = 0$ , 即

$$F_y = e \left( \frac{E_y}{b} - v_x B_z \right) = 0 \quad (1)$$

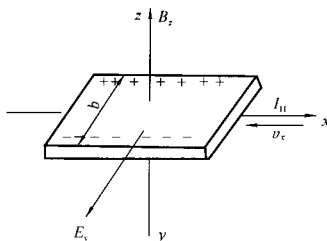


图 2 霍尔效应示意图

而霍尔电压  $U_H = E_y \cdot b$

所以

$$U_H = v_x B_z b = \frac{j_x B_z b}{Ne} \quad (2)$$

式中:  $j_x$ —— $x$  方向的电流密度;

$N$ ——电子密度;

$e$ ——电子电荷;

$b$ ——霍尔片的宽度。

所以, 霍尔电压  $U_H$  与磁感  $B_z$  的关系为

$$B_z = U_H \frac{Ne}{j_x b} = U_H \frac{Ne}{I_H S_H b} = R_H U_H \quad (3)$$

$S_H$  是霍尔片的截面积, 对于确定的片子,  $R_H$  只与  $I_H$  有关, 当  $I_H$  选定后, 霍尔电压  $U_H$  与  $B_z$  成正比。

## (二) 霍尔特斯拉计的原理电路

图 3 是霍尔特斯拉计最基本的原理电路, A、B 为霍尔片的控制电流端, 由恒流源供电; C、D 为霍尔电压输出端, 接到测量电路;  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  与  $R$ 、 $W$  共同组成不等位电势的补偿电路 (即调零电路)。供电电源可以是直流也可以是交流, 但必须是恒流。

测量电路繁简不一, 视仪器的灵敏度、量限范围和测量准确度等等而有所不同。最

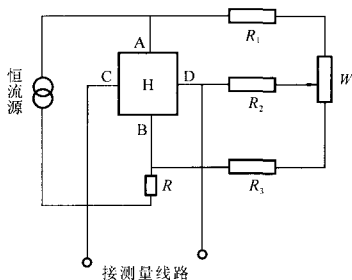


图3 霍尔特斯拉计的原理电路

简单的测量电路是一台电压表，通常，1.0%以下准确度的特斯拉计多是经过放大器放大后再行模拟测量，如国产指针表 PG-5、CT-5 型等；0.5% 及其以上准确度的特斯拉计则多为数字特斯拉计，如国产的 HST-1 型毫特斯拉计等。国外还有除进行模拟测量外，尚用补偿法的零指测量和差值测量，如美国的 660 型就是这类拨盘式的数字高斯计。

准确度优于 0.5% 时应考虑温度影响，附以探头恒温电路或自动温度补偿电路，否则必须给出准确的探头温度修正系数。

### (三) 霍尔特斯拉计的测量误差

- 1 非线性误差（包括霍尔元件及仪器非线性度的综合影响）。
- 2 霍尔电压的不稳定度（由控制电流的不稳定、温度变化以及不等位电势的漂移等的综合影响）。
- 3 校准的误差（包括定标标准的误差）。
- 4 对位误差（等于  $1 - \cos\theta$ ，其中， $\theta$  为探头平面法线与磁场方向的夹角）。
- 5 霍尔电压的测量误差。
- 6 磁场不稳定度及探头体积磁场不均匀度。

综合起来，霍尔特斯拉计的测量误差由以上各项的方和根表示。

用霍尔特斯拉计作标准时，须经高一标准检定。当检定其它特斯拉计时，用同时比较法应考虑标准和被检探头之间的磁场不均匀度，用替代比较法应考虑替代时间内的磁场不稳定度及替代位置误差。

## 附录 3

## 线圈法特斯拉计的工作原理

## (一) 线圈法原理

当一个已知面积匝数乘积为  $SN$  的线圈在磁场中作垂直切割磁力线运动时, 线圈两端将产生感应电压。

$$U = -SN \frac{dB}{dt} \quad (1)$$

当线圈由平行于磁场旋转到与磁场垂直时, 则可得到

$$B_m = -\frac{1}{NS} \int_0^t U dt \quad (2)$$

通常积分电压通过  $RC$  积分器得出, 如采用密勒积分器, 则

$$B_m = -\frac{RC}{NS} U_0 \quad (3)$$

$$U_0 = \frac{1}{RC} \int_0^t U_i dt$$

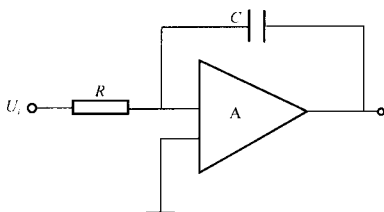


图 4 密勒积分器

## (二) 旋转线圈法特斯拉计的工作原理

当线圈在均匀磁场中作切割磁场的匀速旋转运动时, 在线圈两端则产生交流电压。

$$U = -NS_n \omega \cos \omega t \quad (4)$$

可见, 旋转线圈特斯拉计的测量准确度主要受到电机转速稳定性的限制。为了克服这一限制, 可采用同轴的两个电机, 电动机带动线圈转动, 而发电机则产生与线圈感应电压反向的标准电压, 该电压经度盘分压调整到与线圈电压相等, 两电压经过相加器放大和相敏检波, 用一只仪表指示它们相位差, 调整相位使表指零时, 度盘示值即表示被测磁场的准确值。使用这一平衡测量法, 可以得到  $0.01\text{mT}$  的分辨力和  $1 \times 10^{-4}$  的准确度。

当无需精密测量时, 也可直接将线圈电压进行检波, 用另一仪表测量与磁场相应的检波输出电压, 但两种方法均需先调整线圈与磁场的夹角, 以获得最大值。

近年来, 利用锁相环把电机转速锁定在一个基准频率上, 以实现电机的转速不变。使得旋转线圈特斯拉计的结构简化, 操作方便, 而其测量准确度也很高。

(三) 旋转线圈法特斯拉计的误差

- 1 标准电压的不稳定度；
- 2 分压器的校准误差；
- 3 仪表的读数误差；
- 4 线圈的对位误差；
- 5 线圈的温度系数；
- 6 磁场不均匀度；
- 7 磁场的稳定度。

以上诸项误差的方和根即决定了旋转线圈特斯拉计的测量不确定度。



## 附录 4

## 主要术语和定义

- 1 用于直接进行测量的特斯拉计称为工作特斯拉计，用于检定装置中作标准使用的特斯拉计称为标准特斯拉计。
- 2 在标度尺或数字表盘工作部分内特斯拉计所能测量的最大值，称为特斯拉计的上限，简称“上限”；所能测量的最小值称为“下限”。
- 3 用标准特斯拉计测得的被测量值称为被测量的实际值，由被检特斯拉计读数所确定的被测量值称为特斯拉计示值。
- 4 在规程所规定的条件下测得的示值误差称为基本误差；规程中规定的示值的允许基本误差称为允许误差。
- 5 特斯拉计示值 ( $A$ ) 和被测量的实际值 ( $A_0$ ) 之间的差值称为示值的绝对误差 ( $\Delta$ )，即

$$\Delta = A - A_0 \quad (1)$$

- 6 为得到实际值而加到示值上的某一值 ( $C$ ) 称为修正值，即

$$C = -\Delta = A_0 - A \quad (2)$$

- 7 某一示值的绝对误差与相应实际值的百分比称为示值的相对误差，即

$$v = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100\% \quad (3)$$

- 8 某一示值的绝对误差与上限的百分比称为示值的引用误差

$$v_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% = \frac{A - A_0}{A_m} \times 100\% \quad (4)$$

对于双向标度尺的仪表，引用误差以示值的绝对误差与两上限绝对值之和的百分比表示，即

$$v_m = \frac{\Delta}{|-A_m| + |A_m|} \times 100\% \quad (5)$$

- 9 在相同条件下，被测量值不变，计量器具行程方向不同其示值之差的绝对值，称为回程误差

$$\Delta v = |A''_0 - A'_0| \quad (6)$$

式中： $A'_0$ ——磁场上升时测得的实际值；

$A''_0$ ——磁场下降时测得的实际值。

回程误差的表示形式和基本误差的表示形式相同。

- 10 名义准确度是仪器出厂时的注标准准确度或自制者经过误差分析提出的自称准确度。仪器准确度以极限误差表示。

- 11 在被测对象不作任何改变的情况下，对同一被测量进行多次重复读数，其示值变化的最大差值称为示值变动性。

$$\Delta v = A_{\max} - A_{\min} \quad (7)$$

式中： $A_{\max}$ ——特斯拉计的最大示值；

$A_{\min}$ ——特斯拉计的最小示值。

上限示值变动性的表示形式和基本误差的表示形式相同。

- 12 数字特斯拉计的名义准确度通常以相对误差表示为两部分之和，即

$$A\% \text{ 读数} + B\% \text{ 满度}$$

换算为单项表示的示值名义准确度，即

$$\left( A + B \times \frac{\text{满度}}{\text{读数}} \right) \% \quad (8)$$



