



中华人民共和国国家标准

GB/T 10066.31—2007/IEC 61922:2002

电热装置的试验方法 第 31 部分：高频感应加热装置发生器 输出功率的测定

Test methods for electroheat installations—
Part 31: High-frequency induction heating installation—Test methods for the
determination of power output of the generator

(IEC 61922:2002, IDT)

2007-12-03 发布

2008-05-20 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围和目的	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验负载	2
4.1 锥形量热计负载	2
4.2 灯负载温度法	2
4.3 匹配的阻性负载	2
5 试验要求	2
5.1 锥形量热计负载	2
5.2 灯负载温度法	3
5.3 匹配的阻性负载	4
附录 A(资料性附录) 试验感应器电感的计算	8
图 1 输出功率的定义	4
图 2 量热计举例	5
图 3 功率测量用水电阻器举例	6
图 4 单匝试验感应器举例	6
图 5 可调电感的举例	7
图 6 灯负载温度法测量电路举例	7
图 A.1 锥形量热计用试验感应器的主要尺寸	8

前 言

GB/T 10066《电热装置的试验方法》现有 13 个部分：

- 第 1 部分：通用部分；
- 第 2 部分：有心感应炉；
- 第 3 部分：无心感应炉；
- 第 31 部分：高频感应加热装置发生器输出功率的测定；
- 第 4 部分：间接电阻炉；
- 第 5 部分：等离子装置(GB/T 13535—1992《电热用等离子设备试验方法》)；
- 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法(GB/T 18662—2002《工业微波加热设备输出功率的测定方法》)；
- 第 7 部分：具有电子枪的电热装置；
- 第 8 部分：电渣重熔炉；
- 第 9 部分：高频介质加热装置输出功率的测量方法(GB/T 14809—2000《高频介质加热设备输出功率的测量方法》)；
- 第 10 部分：直接电弧炉；
- 第 11 部分：埋弧炉；
- 第 12 部分：红外加热装置。

注：某些现有电热装置的试验方法未采用分部编号(如括号内所示)，在修订时将改为上述规定的分部编号。

本部分为 GB/T 10066 的第 31 部分，应与第 1 部分配合使用。

本部分等同采用 IEC 61922:2002《高频感应加热装置——测定发生器输出功率的试验方法》，为便于使用，对于 IEC 61922:2002，本部分还做了下列编辑性修改：

- “本标准”一词改为“本部分”；
- 删除国际标准的前言；
- 改《高频感应加热装置——测定发生器输出功率的试验方法》为《电热装置的试验方法 第 31 部分：高频感应加热装置发生器输出功率的测定方法》，英文名称对应修改；
- “本标准的主要目的是为测定工业高频感应加热电源的输出功率提供试验方法。”改为“本部分规定了高频感应加热装置的发生器输出功率的测定方法”；
- “本国际标准适用于加热用(如表面淬火、焊接、钎焊、熔化、锻造、半导体区域精炼等)的工业射频或高频感应加热装置。本标准涉及由高频发生器和感应器以及夹持炉料所必需的机械设备(如淬火机床)组成的，频率高达 300 MHz，功率等于和大于 500 W 的高频感应加热装置。”两段改为：“本部分适用于由高频发生器和感应器以及夹持炉料所必需的机械设备(如淬火机床)组成的，频率范围最高达 300 MHz，功率等于和大于 500 W 加热用(如表面(或局部)淬火和透热、焊接、钎焊、熔化、锻造、半导体区域精炼等)的工业射频或高频感应加热装置。”；
- “2 引用标准”改为“2 规范性引用文件”；
- “下列引用文件对本文件的使用是必不可少的。对注日期的引用文件，仅引用的版本适用。对未注日期的引用文件，引用文件的最新版本(包括所有的修改单)适用。”改为“下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分”；

——“3 定义”标题改为“3 术语和定义”。

本部分的附录 A 为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会归口。

本部分起草单位:西安电炉研究所。

本部分主要起草人:刘西萍。

电热装置的试验方法

第 31 部分:高频感应加热装置发生器

输出功率的测定

1 范围和目的

GB/T 10066 的本部分规定了高频感应加热装置的发生器输出功率的测定方法。

本部分适用于由高频发生器和感应器以及夹持炉料所必需的机械设备(如淬火机床)组成的,频率范围高达 300 MHz,功率等于和大于 500 W 加热用(如表面(或局部)淬火和透热、焊接、钎焊、熔化、锻造、半导体区域精炼等)的工业射频或高频感应加热装置。

本部分所述的负载可用于电磁兼容性是否符合 CISPR11 的评定。

本部分涉及发生器在由制造厂规定的连续运行额定状态下的功率。

有关以短负荷周期脉冲状态运行(例如使用绝热量热计的情况)的发生器输出功率的测定方法正在考虑中。

在使用功率测量的电子系统时,必须十分小心,因为其准确度不能保证,特别在较高频率下。这些仪器在测量输出功率时需要大电流互感器和电压互感器,这些互感器在较高频率时也有误差。这些测量方法需要专门知识才能正确应用,因此在本部分中不作详细叙述。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 10066 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2900 电工术语 工业电热装置(GB/T 2900.23—1995, neq IEC 60050(841):1983)

GB 5959.1—2005 电热装置的安全 第 1 部分:通用要求(IEC 60519-1:2003, IDT)

GB 5959.3 电热装置的安全 第 3 部分:对感应和导电加热装置以及感应熔炼装置的特殊要求(GB 5959.3—1988, IEC 60519-3:1998, MOD)

GB/T 14809—2000 高频介质加热设备输出功率的测量方法(eqv IEC 61308:1994)

GB 4824—2004 工业、科学和医疗(ISM)射频设备电磁骚扰特性的测量方法和限值(IEC/CISPR 11:2003, IDT)

3 术语和定义

在 GB/T 2900、GB 5959.1—2005 和 GB 5959.3 确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

高频输出功率 high-frequency output power

在发生器功率输出端测量的,输入本部分规定的试验负载的功率。

注:本定义由图 1 解释。图的左边为发生器并以其两个输出端子为界。负载与这两输出端子相接。在发生器柜外所显现的所有功率被定义为该发生器的输出功率。它包括在感应器、电源引线和量热计等中消耗的功率。

3.2

量热计 calorimeter

用于测量高频功率的由水冷部件组成的装置,其冷却水的流量受控制,进出水的温差被监测。

注:该水冷部件由钢或其他导电材料制成,高频电流在其内被感生。

3.3

表面功率密度 surface power density

量热计的功率与有效表面积之比。

3.4

环形感应器 loop inductor

紧挨负载环绕,呈开口圆形状的单匝感应器。

3.5

试验负载 test load

由连接导线、感应器和量热计组成的设备。如果无电抗电阻器被用作负载,则要用辅助谐振电路来消除谐波功率。如果该辅助电路不是发生器的一部分,则在该辅助电路中的损耗要和在该试验负载其他部分中的损耗一起测量。

4 试验负载

有三种不同类型的输出功率试验负载用于高频感应加热装置,这里仅概述其主要的。具体的结构应遵循常规的工程技术。

4.1 锥形量热计负载

锥形量热计负载通常作为试验负载的一部分。该量热计能容易地进行负载匹配和感应器的置换而不必拆卸装置的部件(如量热计的水连接)。

4.2 灯负载温度法

灯负载温度法适用的功率约可达 20 kW。负载的匹配可通过选择合适的灯以及可把多个灯进行串并联组合。

4.3 匹配的阻性负载

匹配的阻性负载能用于阻性负载可与高频输出端子相接的场合。

5 试验要求

工作人员所在地的电磁场应符合国家的和(或)国际的安全规则。

高频场不宜影响测量装置,尤其是水银温度计不宜放置在强磁场中。

对所有列出的量热计测量法,应注意要在尽可能接近负载处测量出口温度。

除了列出的量热计法外,也能采用直接电测量法。在这种情况下,电流和电压互感器以及测量仪器自身必须与功率因数、工作频率及其谐波相适应。所有误差之和应不超过 5%。

注:在需要测量从 100 W 到 500 W 功率的特殊情况下,误差可大于 5%。

5.1 锥形量热计负载

典型举例示于图 2。量热计的外壁由碳钢制成。不推荐采用高合金钢,因为该材料的透磁性比实际应用中所用的绝大多数负载的透磁性要低。壁的厚度应能提供足够的机械强度(也包括在过热的情況下)。量热计的内层锥体也可由钢制作。这些部件有水流处的横截面宜尽可能均匀以便提供合适的水流速度进行最佳的热交换。

注 1:为了模拟温度超过居里点的负载,可采用用黄铜或奥氏体不锈钢制作外壁的量热计。

量热计锥体的外部尺寸应这样选择,即使量热计中由感应器所覆盖的部分的表面功率密度不超过 0.5 kW/cm^2 。典型的尺寸由图 2 给出。

注 2:较高的表面功率密度会引起量热计壁的过热。结果会产生较高的辐射损失和较大的功率测定误差。较高的表面功率密度或量热计在感应器内放置得不同轴会引起量热计壁的局部过热和穿孔。如果对某些特殊的试验需要较高的表面功率密度,则可使用简单的薄壁圆筒形量热计,但壁厚不可小于 0.6 mm 并且采用强冷却。这种量热计容易损坏,因此其外壳宜是可方便置换的。

量热计应为水冷。建议的水流量约为 $1 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{kW})$,但不小于 $0.5 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{kW})$ 。水流量应是稳定的。

为避免产生蒸汽,宜监测水流量,如采用流量联锁开关。

注 3: 量热计壁小面积局部过热到低于 500 °C 温度(极微弱的暗红色)是可接受的并且不显著影响试验结果。

进水温度应不超过 35 °C。

出水温度应不超过 60 °C。

出水温度与进水温度之差应至少为 10 °C,以便获得可接受的准确度。

任何自来水都可使用。

测量应在负载处于热平衡时进行。应使用高准确度的温度计和流量计以确保输出功率测量的准确度在±5%以内。

量热计同轴地放置在试验感应器内,后者与被试验设备的输出端子相接。在感应器内上下移动量热计能调节负载。为此可使用工件夹持机(不作旋转运动)。

试验感应器的电感与实际提供的感应器的电感应为同数量级。试验感应器可为单匝或多匝并宜由铜管制作。

通往试验感应器的高频电流连接导体,特别对单匝感应器,应为扁宽形和尽量短并且并排放置,以尽量减小连接导体的杂散电感。

感应器与量热计的典型间距为 5 mm(见图 2)。对某些应用场合,该间距能减小到 1.5 mm。不建议采用更小的间距,因为这可能产生打火或不均匀加热。

绝大多数试验感应器(很低功率者除外)宜采用水冷。

在绕组上硬钎焊上铜片能减小单匝感应器的电感并能确保量热计的均匀加热,此时铜片应仿效感应器所在处量热计部分的轮廓。

试验感应器举例如图 4 所示,附录 A 为其电感的计算式。

量热计的功率由下式计算:

$$P = \frac{4.1868Q\Delta T}{60} \approx 0.07Q\Delta T \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

P ——量热计的功率,单位为千瓦(kW);

Q ——水流速率,单位为升每分钟(L/min);

ΔT ——进出水间的温差,单位为摄氏度(°C)。

注 4: 1 cal=4.1868 J。

在感应器和在通往发生器输出端的连接导体中的功率损失应用量热方式测量并用与量热计相同的公式计算。这些功率损失应与量热计所消耗的功率相加,以获得发生器的高频输出功率。

输出功率的测量准确度应在±5%以内。

注 5: 量热计插入感应器太深会引起试验设备的过载。对电子管型发生器,当按 GB 4824—2004 试验电磁兼容性时,可通过有意产生过载来检查发生器产生寄生振荡的可能性。为保护电子管避免阳极过热,也许有必要降低阳极电压。

注 6: 在有色金属炉料(实际使用中有时会遇到这种情况)中获得的高频输出功率值会比在钢制量热计中消耗的功率低得多。

5.2 灯负载温度法

本方法仅可用于在试验负载中不产生谐波功率的那类发生器,否则应采用像附加谐振电路那样的谐波抑制滤波器。此时,应测量在谐振电路中的损失。

典型例子示于图 6。应采用多灯并联的灯负载组作为被试验设备的负载。该灯负载组 h_1 替代感应器与发生器的输出端相接。本方法可用于具有降低设备高频输出电压的高频变压器的场合。这些灯应该用长度相等,尽可能短的低感抗导体连接。灯数取决于被试验设备额定输出功率的大小。这些灯应能消耗该额定输出功率。对不高于 1 MHz 的频率,可使用任何灯,对高于 1 MHz 的频率,建议采用灯丝引线短的灯。

当设备通电时,灯丝的温度应该通过与另一个灯 h_2 比较来测量,灯 h_2 与灯负载组 h_1 的灯为同一

类型并通过电压调节装置与工频电源相接。比较用灯 h_2 上的电压设定应使其灯丝温度与 h_1 的相同。测量灯 h_2 的电压和电流,其乘积再乘以 h_1 的灯数 n 即为所消耗的功率,也就是该高频发生器的高频输出功率。

为了更好地比较,灯的最高工作电压宜为其额定电压的 70%。建议采用透明的灯泡。

典型的温度测量装置可包括光电池(见 GB/T 14809—2000 的附录 A)或高温计。

输出功率测量的准确度应在±5%以内。

注:某些感应加热发生器在冷灯丝状态下合闸可能会引起过载。在某些情况下,有必要对灯丝作小功率的预热,然后马上进行全功率合闸。

5.3 匹配的阻性负载

5.3.1 概述

匹配的阻性负载为无电抗分量的、可采用能由自然空气对流、强迫空气或水进行冷却的电阻器,它能替代感应器连接到发生器的低压输出端。必需的电阻值取决于被试验设备的射频输出电压。本方法仅可用于不在试验负载中产生谐波功率的那类发生器,否则应采用如附加谐振电路那样的谐波抑制滤波器。此时,应测量在谐振电路中的损失。

通过测量电阻器的电流或电压而获得功率,测量仪表能直接以 I^2R 或 V^2/R 来指示功率。可从市场上买到匹配的电阻器负载,功率从几十瓦到几百千瓦。

5.3.2 水电阻技术

水电阻的举例示于图 3。

输出功率由直接通过水的电流测量。在由绝缘材料制成的箱内放置两个电极,水通过该箱流动。

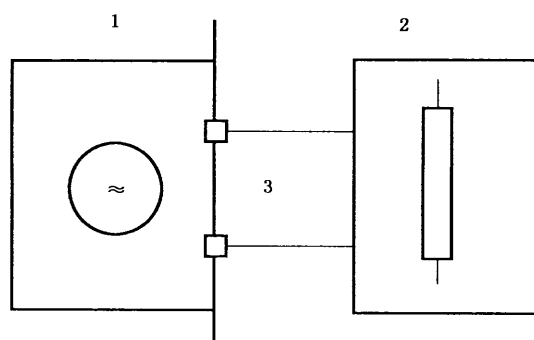
避免产生水气泡的最大负荷是 200 W/cm^2 。两电极间的最小间距为 10 mm。在需要较大负载电阻器的情况下,宜采用较大的间距。负载的匹配可通过改变电极的插入深度来取得。考虑电极能承受的最大额定功率,变化可达到 1:4。电极可由非磁性材料,如铜或不锈钢制作。水的单位导电率应在 $300 \mu \text{ mho/cm}$ 到 $500 \mu \text{ mho/cm}$ 的范围内。混合室的容积应至少为 $0.1Q \times 1 \text{ min}$, Q 的单位为 L/min (见式(1))。

附加感抗能模拟该负载的电抗分量。这种感抗的举例示于图 5,它由铜管制作并带有滑动构件以调节感抗大小。

5.3.3 其他的水电阻负载

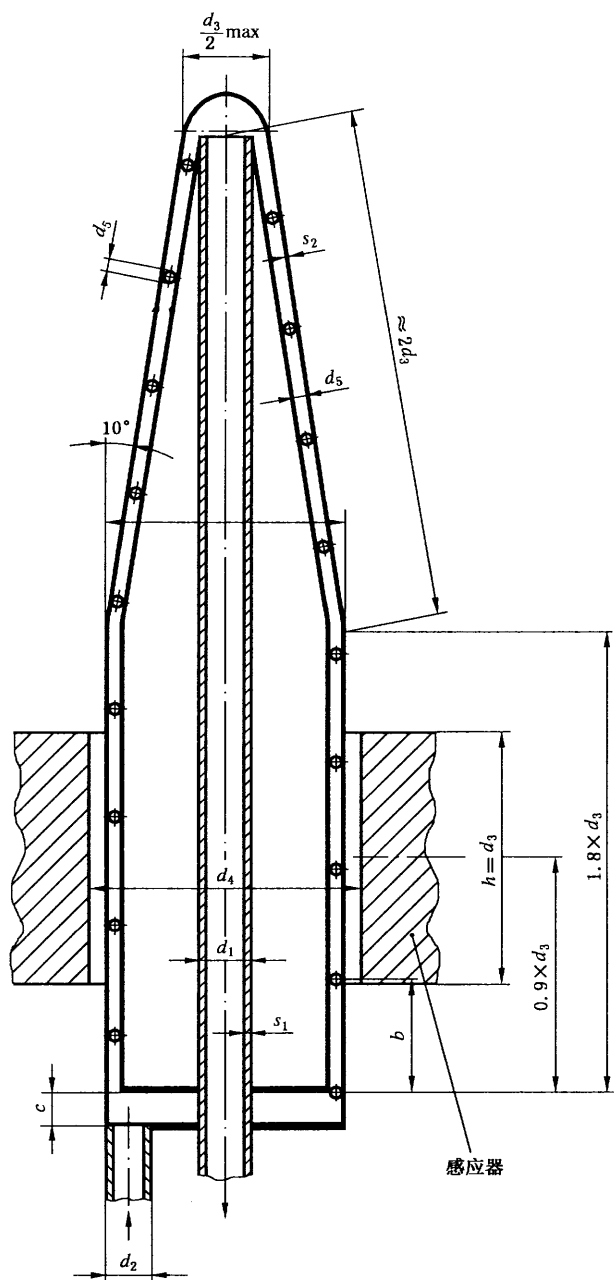
在 GB/T 14809—2000 中 5.1 所述的水电阻负载能用于负载的阻抗能与发生器的输出阻抗相匹配的情况。

对工作频率高于 1 MHz 并配置高频输出变压器的装置,该负载应连接到输出端子并与空的工作线圈并联。该负载的电阻应至少比工作线圈的电抗大 5 倍。如果不能满足该条件,则在某些情况下可把负载连接到输出端而不接工作线圈,因为断开工作线圈能影响频率,所以应检查这对发生器工作的影响。如果出现谐波,则应采取抑制谐波的措施,如采用附加谐振电路。此时,应测量该谐振电路的损失。



- 1——发生器;
- 2——负载;
- 3——发生器的输出端子。

图 1 输出功率的定义



型号	标称输出功率/kW	装置的尺寸/mm								
		b	c	d_1	d_2	d_3	$d_{4 \max}$	d_5	s_1	s_2
1	9	16	6	10	17.2	57	67	3	1.5	1.5
2	20	25	10	15	21.3	81	91	4.5	1.5	1.5
3	100	55	20	30	33.7	159	169	10	2.9	1.5
4	350	100	40	48.3	48.3	276	286	20	3.25	1.5

图 2 量热计举例

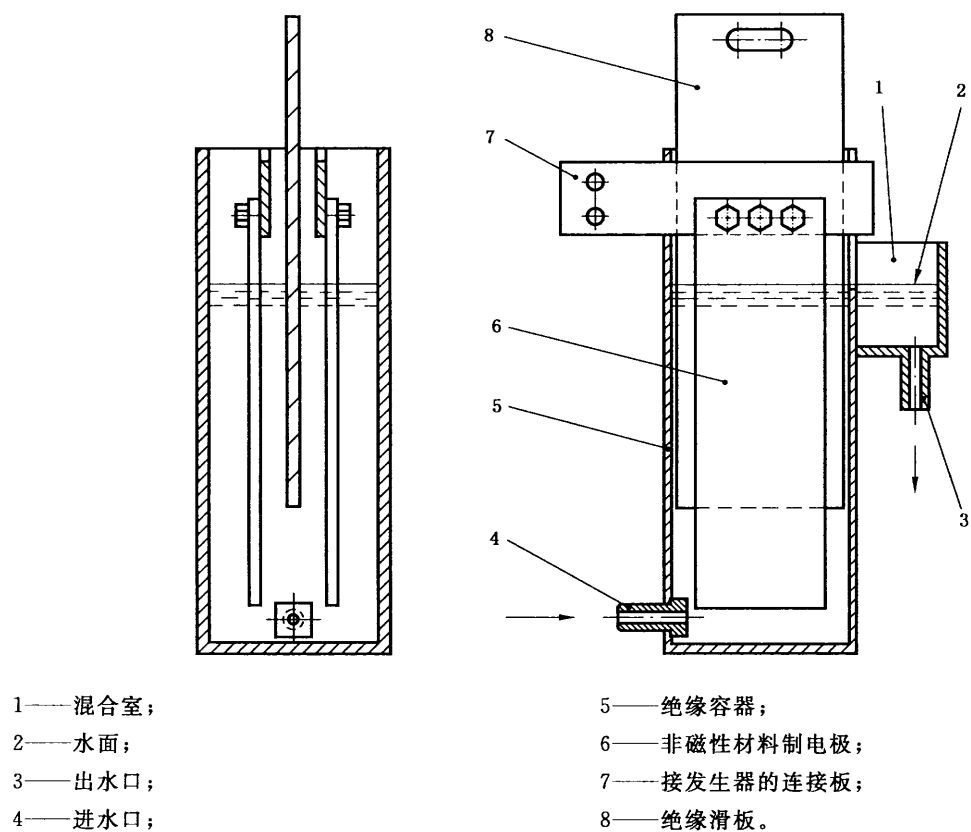


图 3 功率测量用水电阻器举例

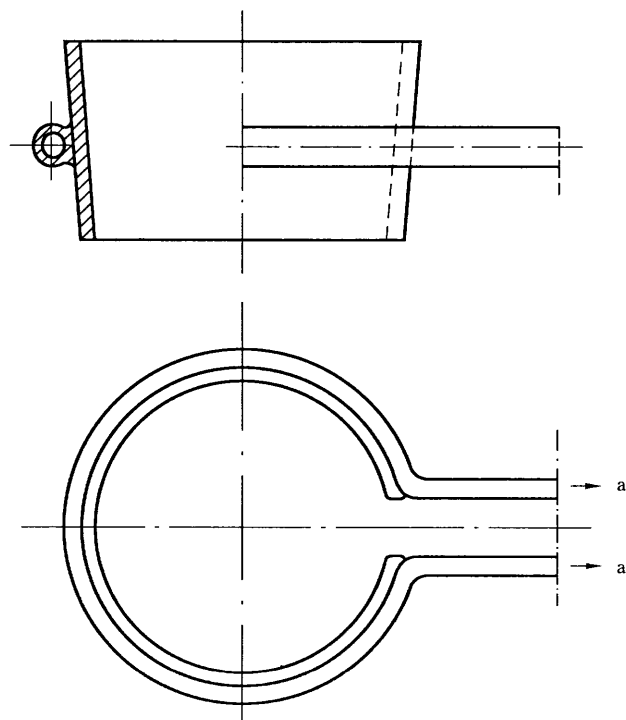
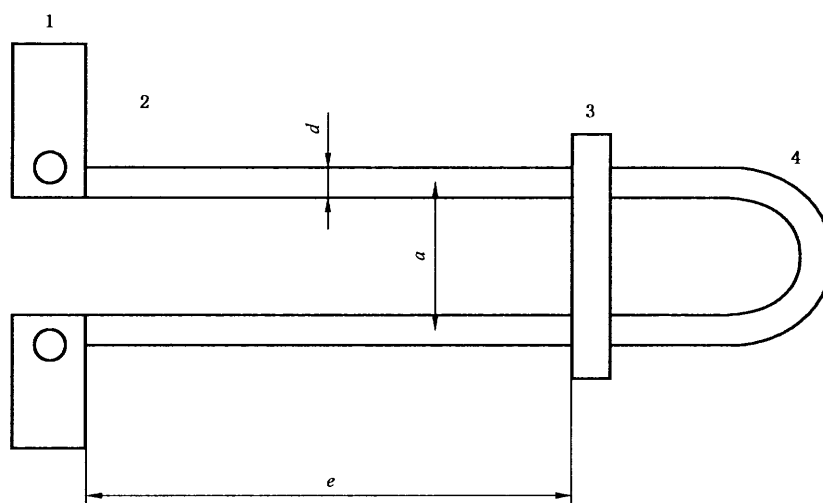


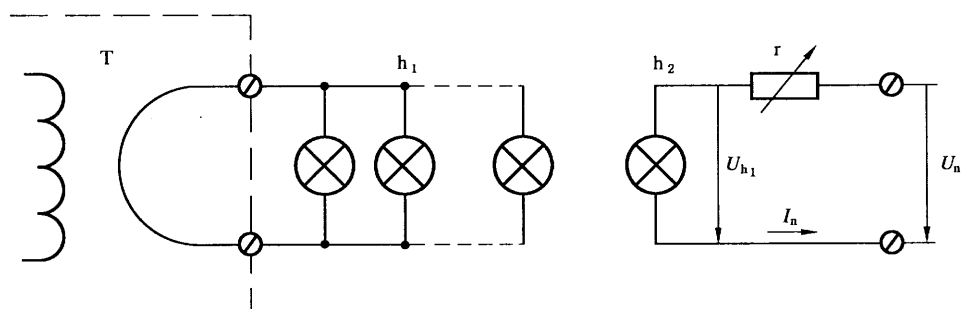
图 4 单匝试验感应器举例



- 1——接发生器的端子；
 2——水接头；
 3——铜制滑动件；
 4——铜管；
 a ——电感两部分间的距离；
 d ——管径；
 e ——导体的有效长度。

功率/kW	<8	5~60	40~200
d/mm	8	15	24
a/mm	15.2	28.7	90.5
单位电感/(nH/cm)	5	5	8

图5 可调电感的举例



- T——输出变压器；
 r ——调节电阻器；
 h_1 ——灯负载组；
 h_2 ——参照灯；
 U_n ——工频电压；
 U_{h_2} ——参照灯电压；
 I_n ——参照灯电流。

注：必要时，输出端串接或并接上附加电感。

图6 灯负载温度法测量电路举例

附录 A
(资料性附录)
试验感应器电感的计算

试验感应器(不带炉料)的电感能用下列近似式计算并具有足够的准确度(1%):
对长感应器($D/b \leq 2.5$):

$$L \approx \frac{0.022n^2 D}{1 + 2.27b/D}$$

对短感应器($D/b > 2.5$):

$$L \approx 0.75[1.008(D/b)^{0.008} - 1]n^2 D$$

式中:

L ——不带炉料的感应器的电感,单位为微亨(μH);

n ——感应器的匝数;

D ——感应器的内径,单位为厘米(cm);

b ——感应器的长度,单位为厘米(cm)。

对锥形感应器,其内径最大和最小值的算术平均值为 D 。

感应器由圆管绕制时(无钎焊铜片),其平均直径为计算值 D (见图 A.1)。

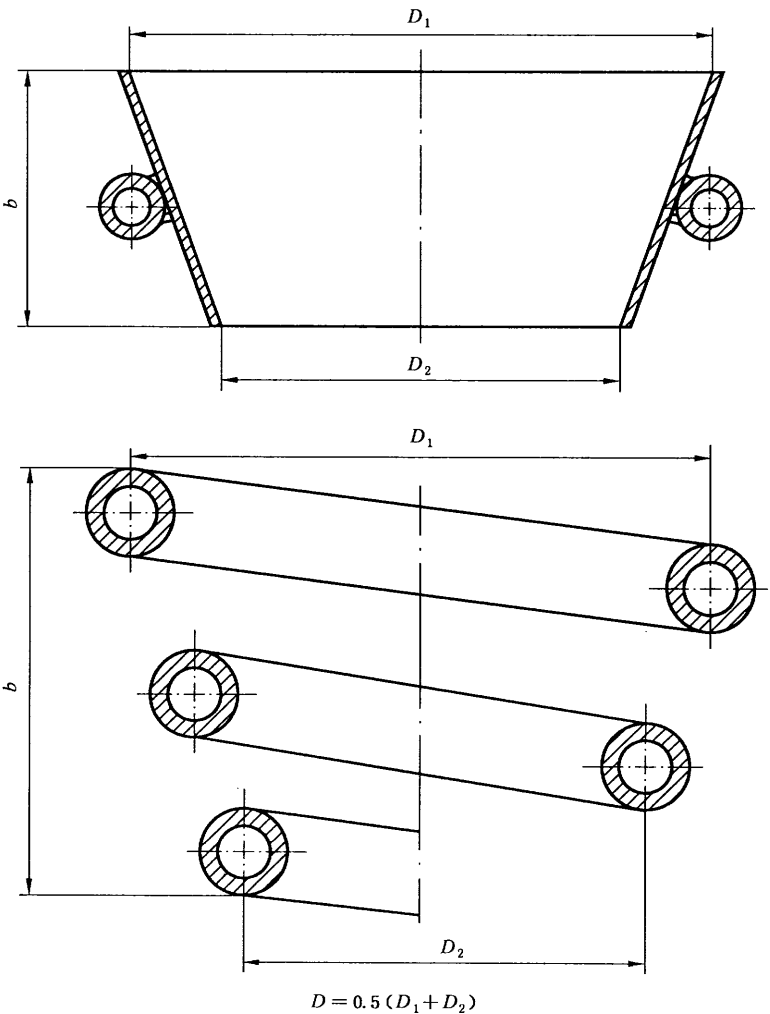


图 A.1 锥形量热计用试验感应器的主要尺寸

单匝感应器由圆管绕制时(无钎焊铜片),其管子横截面的外径为 b 。

上述电感的计算仅指感应器而言。对引出连接导体应另作计算并规定容许误差。

注:当感应器在实际使用时带炉料或插入试验量热计时,会使电感变小,这取决于炉料的材质、炉料的温度以及炉料与感应器间的磁耦合程度。感应器有无炉料时的电感差大到百分之几十,但是由于可在感应器内移动锥形量热计来改变感应器与炉料间的磁耦合,这种电感差对按本部分规定测量高频输出功率来说没有实际的意义。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电热装置的试验方法
第 31 部分:高频感应加热装置发生器
输出功率的测定
GB/T 10066.31—2007/IEC 61922:2002

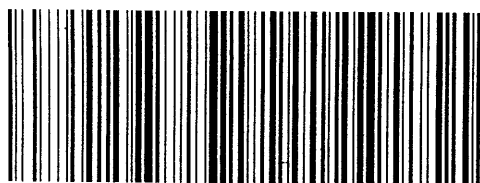
*
中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*
开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字
2008 年 4 月第一版 2008 年 4 月第一次印刷

*
书号:155066·1-31007 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 10066.31-2007