



一步一图

学修电磁炉

杨成伟 等编著 YIBU YITU

XUEXIU DIANCILU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

一步一图学修电磁炉

杨成伟 等编著



机械工业出版社

本书主要以一步一图的现场维修形式,通过解剖美的、奔腾、苏泊尔、富士宝、小天鹅等一些具有代表性的机型,分析介绍电磁炉的电路原理,同时也结合一些故障实例,介绍一些检修方法及技术数据。

本书的主要特点是图文并茂,理论联系实际,能够起到举一反三、触类旁通的作用。本书可供电磁炉维修人员及初学者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

一步一图学修电磁炉/杨成伟等编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-111-37940-9

I. ①一… II. ①杨… III. ①电磁炉灶-维修
IV. ①TM925.510.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第059463号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:赵任 版式设计:霍永明
责任校对:申春香 封面设计:马精明 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012年8月第1版第1次印刷

169mm×239mm 13.75印张·3插页·316千字

0001—3300册

标准书号:ISBN 978-7-111-37940-9

定价:29.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

电磁炉是利用磁场感应涡流，使锅体本身自行发热的一种高科技厨房用具，它以节能省电、清洁卫生、环保安全、方便耐用等优点，正被我国城乡家庭所接受。但随着电磁炉在社会中的普及率提高，其故障率也在攀升。因此，在家电维修领域，电磁炉维修也就越来越多地出现在工作日程中。

然而，电磁炉维修是一件说起来容易，做起来却不是很容易的事情。因为电磁炉正常工作的必要条件是机内各检测电路必须连接完好，且扣盖后炉面放有合适的铁质锅体。但在实际维修中，又必须要打开电磁炉的外壳，拆下一些检测引线，使电磁炉正常工作的必要条件被破坏，这就形成了一个一定要扣盖后才能正常工作和一定要拆壳才能检测的尖锐矛盾。要解决这个焦点问题，就必须找出切实可行的方法和必要的检修手段。

但在实际的社会维修中，由于电磁炉的品牌型号繁多，其故障现象及原因又不尽相同，使检修难度一直居高不下。其检修难度的主要表现是，除无随机配带的电路图不易理顺电子电路的来龙去脉及工作原理外，更换贴片式元器件时需有较高的焊接工艺水平。

为帮助社会中的维修人员及广大初学者和电子爱好者学习维修电磁炉，本书将以一步一图的现场维修形式，以美的、奔腾、苏泊尔、富士宝、小天鹅等一些具有代表性的机型为例进行电路分析，同时，也结合故障实例介绍一些检修方法，以期盼起到举一反三、触类旁通的作用。一步一图，主要是在每一个小节或每一小段中插入与文字内容对应的实物照片、结构示意图和电路原理图，并在图中做适当说明，与文字部分互补或协调起来，使读者在阅读时因有图而感觉比较轻松。

因此，本书的最大特点是图文并茂，理论联系实际。本书可作为社会维修人员及零起步初学者的学习用书。

参加本书编写的还有滕素贤、杨雅丽、杨长武、韩晓明、夏晓光、滕艳玲、杨丙文、李晓丹、聂新、滕绍刚等。

由于作者水平有限，不妥及错误之处在所难免，还望读者不吝赐教，批评指正。

编 著

目 录

前言

第一章 电磁炉的基本原理和电路组成	1
第一节 电磁炉的加热原理	1
一、涡电流的产生及三效应	1
二、交变磁场的作用及控制原理	7
第二节 电磁炉的电路组成及功能作用	11
一、主板电路	12
二、控制板电路	32
第二章 美的电磁炉的电路原理及检修技术	36
第一节 主板电路	36
一、电源电路	36
二、LM339N 四比较器控制电路	44
第二节 控制板电路	49
一、单片机控制电路	50
二、键盘控制电路	57
第三节 故障检修	63
一、检修要领及安全注意事项	63
二、检修实例	64
第三章 奔腾电磁炉的电路原理及检修技术	72
第一节 主板电路	72
一、电源电路	72
二、LM339N 四比较器控制电路	75
第二节 控制板电路	82
一、HMS87C1204AP 单片机电路	83
二、74HC164D 移位寄存器控制电路	91
第三节 故障检修	93
一、检修要领及安全注意事项	93
二、检修实例	94
第四章 苏泊尔电磁炉的电路原理及检修技术	109
第一节 主板电路	109
一、电源电路	109
二、LM339N 四比较器控制电路	114
三、IC201 (HT46R47) 单片机及其控制电路	119
第二节 控制板电路	125
一、单片机控制电路	126

二、本机键盘扫描控制电路	130
第三节 故障检修	131
一、检修要领及安全注意事项	131
二、检修实例	132
第五章 富士宝电磁炉的电路原理及检修技术	145
第一节 主机芯电路	145
一、信号板电路	145
二、功率板电路	159
第二节 控制板电路	163
第三节 故障检修	166
一、检修要领及安全注意事项	166
二、检修实例	166
第六章 小天鹅电磁炉的电路原理及检修技术	177
第一节 主板电路	177
一、电源电路	177
二、LM339N 四比较器应用电路	181
第二节 控制板电路	186
一、I-200-4647-23 单片机控制电路	189
二、键扫描控制电路	193
第三节 故障检修	194
一、检修要领及安全注意事项	194
二、检修实例	194

第一章 电磁炉的基本原理和电路组成

电磁炉是近几年在我国城乡家庭广泛普及的新一代生活用具，它是一种利用交变磁场产生涡电流进行加热，并具有微电脑控制技术的高科技厨房电器。其主要特点是节能高效、清洁环保、安全省时、方便实用。

第一节 电磁炉的加热原理

一、涡电流的产生及三效应

1. 涡电流的产生

在电磁学的研究中，通电螺线管内部会产生一个匀强磁场，磁场中所形成的磁力线大部分是和管轴平行，且每一根磁力线都是穿过螺线管内部的封闭曲线，通电螺线管磁场如图 1-1 所示。但螺线管两端的磁力线是逐渐向外散开的，并从 N 极出发进入到 S 极。其极性是由进入螺线管的电流方向决定，它可由右手螺旋定则进行判断，如图 1-2 所示。

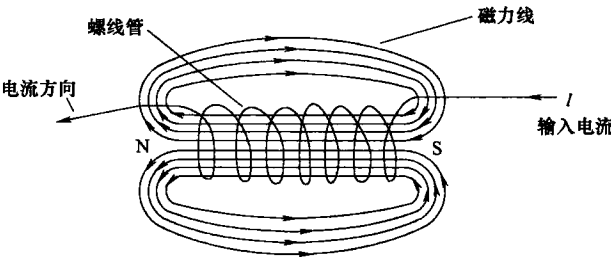


图 1-1 通电螺线管磁场

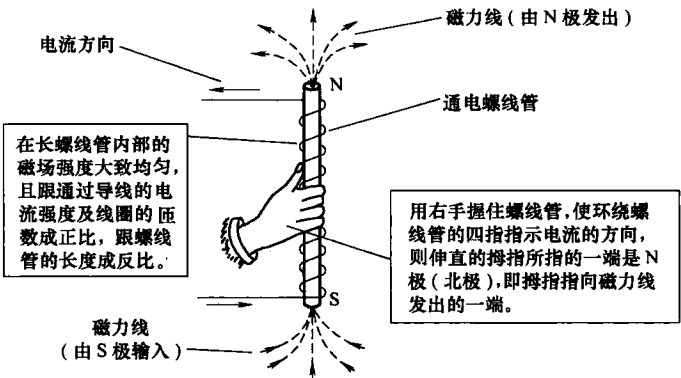
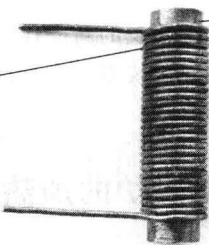


图 1-2 通电螺线管的磁力线极性示意图

在电磁学中,利用磁场获得电流的现象叫做电磁感应现象,所获得的电流叫做感生电流,形成感生电流的电动势叫做感生电动势,但法拉第电磁感应定律指出:“当穿过闭合线路的磁通量发生变化时,线路里感生电动势的大小跟穿过闭合线路的磁通量变化率成正比。”

绕在铁心外部的螺线管,螺线管的匝间是绝缘的,在实际应用中不能漏电,其绕线的外皮绝缘漆不能烧焦,否则会造成短路故障。



圆柱形铁心,插在螺线管内部后,可使原有螺线管的磁场强度增强几千倍以上,因为螺线管通电后会使得铁心磁化,产生附加磁场。

当圆柱形铁心处在变化磁场中或对磁场做相对运动时,圆柱形铁心内的自由电子将受到洛伦兹力或感生电场力的作用,从而使整个圆柱形铁心内部产生感应电动势。如果在圆柱形铁心外绕的线圈中施加交变电流,铁心就处在交变磁场中,此时,铁心内部就会产生涡状电流。

图 1-3 在圆柱形铁心上绕制的线圈实物图

在电磁学的实验中,如果在通电螺线管内部装上铁心(见图 1-3),磁场强度就会大大增加。如果在线圈中通有交变电流,线圈内部就会产生交变磁场。绕有线圈的铁心内部,在交变磁场的作用下将产生感应电流,这种感应电流在洛伦兹力(运动电荷在磁场中所受的力)和感生电场力的作用下,就会围绕铁心轴线呈现出涡旋状的环绕电流,即涡电流,简称涡流。涡电流产生示意图如图 1-4 所示。

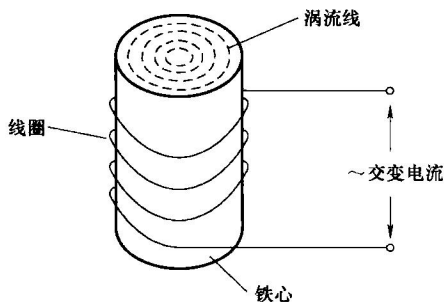


图 1-4 涡电流产生示意图

【了解知识】

什么是磁力线?

在磁场里,我们可以画出一些线(直线或曲线),使线上任何一点的切线方向都跟该点处的磁场强度方向一致,这些线就叫做磁力线。如果在磁场里任一点处放一个能够自由转动的小磁针,那么磁针北极所指的方向就是这一点处的磁场强度方向。如果在磁场里排列许多小磁针,那就可以根据各个小磁针的指向,近似地估计出磁力线的形状和分布情况。小磁针按磁力线排列如图 1-5 所示。

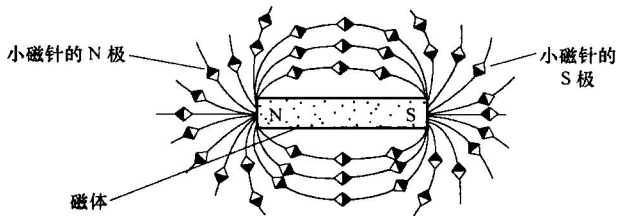


图 1-5 小磁针按磁力线排列

2. 涡电流的热效应

在科学实验中,对于电阻率很小的金属材料,在较小的感应电动势的作用下,就会使整块金属内部激起强大的涡电流,并释放出焦耳热,这种现象就被称为涡电流的热效应。利用涡电流的热效应进行加热的方法就称为感应加热,如工业上用于冶炼金属的高频感应炉就是感应加热,其结构示意图如图 1-6 所示。

在图 1-6 中,当坩埚外部线圈接通大功率的高频电源时,高频交变电流在线圈内激发很强的高频磁场,这时坩埚内的被冶炼金属产生强大的涡流,并释放出大量的焦耳热将自身熔化。交变电流的频率越高,涡流越强,释放的焦耳热就越多。

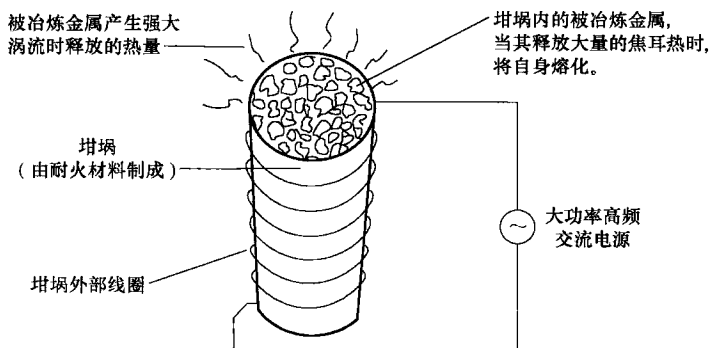


图 1-6 高频感应炉的结构示意图

【了解知识】

什么是热量和焦耳热

在物理学中,一切物体都是由相互作用着的且又不断运动着的分子构成,而物体分子无规则运动的动能和由分子间相对位置所决定的势能的总和为物体的内能。当运动物体在克服摩擦力或媒质阻力做功时,物体总要变热,即物体内能被改变,内能改变的多少,叫做热量。而内能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到同一物体邻近部分的过程,叫做热传递。但实验指出,内能永远自发地从温度高的物体向温度低的物体传递。

在热学中,热量也是量度物体内能改变的物理量,它表示在热传递过程中物体内能改变的数量。在历史上能量的单位还没有形成以前,叫做卡路里,其定义是:使 1g 纯水温度升高 1℃ 所需要的热量叫做 1 卡路里,简称 1 卡,或 1 小卡。但由于工业上要计算大量的热量,卡这个单位太小,用起来不大方便,所以通常用千卡或大卡作为热量的单位,其定义是:使 1kg 的纯水温度升高 1℃ 时所需要的热量叫做 1 千卡或 1 大卡。

在 1842 年,正当热学中出现突破性的研究成果之时(主要是迈耶提出了能量守恒的学说和推算出热功当量),最伟大的物理学家之一,焦耳历经 8 年的科学实验,对热功当量进行了测定,所获结果即是现在的公认值: $1\text{ cal} = 4.186\text{ J}$ (1 cal 是使 1g 水从 14.5℃ 升高到 15.5℃ 所需的热量,叫做 15℃ cal; 1 cal 即 1 卡; J 即焦耳,1 J 的热量即 $\frac{1}{4.186}\text{ cal}$)。在工程上就常称物体吸收或发出的热量为焦耳热。

在物理学上,为表征物体的吸热和放热的本领,常将物体温度升高 1℃ 所需的热量称为该物体的热容量。由某种物质组成的单位质量的物体的热容量,叫做这种物质的比热,即单位质量的物质温度升高 1℃ 所需要的热量。常用的比热单位是 $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 和 $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

然而，在人们的社会生产活动中，涡电流的热效应，有好的一面，也有不好的一面，好的一面是可以为人类造福，为人们的生产活动及日常生活提供便利，如高频焊接、冶炼高纯金属（或特种钢、特种合金）、电磁炉加热等，其高频焊接示意图如图 1-7 所示，电磁炉加热示意图如图 1-8 所示；不好的一面是会给生产设备与生活用具带来不利或危害，如对变压器和电机的运行会导致铁心温度升高，危及线圈绝缘材料的寿命。为此，在实际应用中，还需要采取一定措施。常见电源变压器和风扇电机减小涡电流的常用措施分别如图 1-9 和图 1-10 所示。

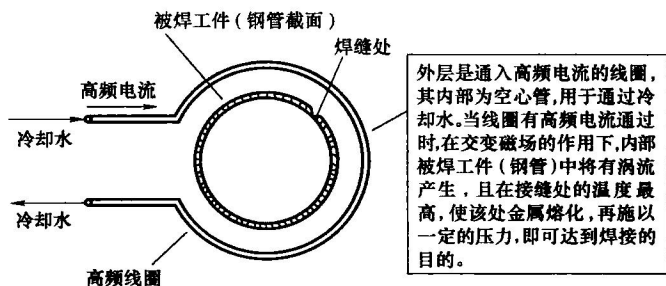


图 1-7 高频焊接示意图

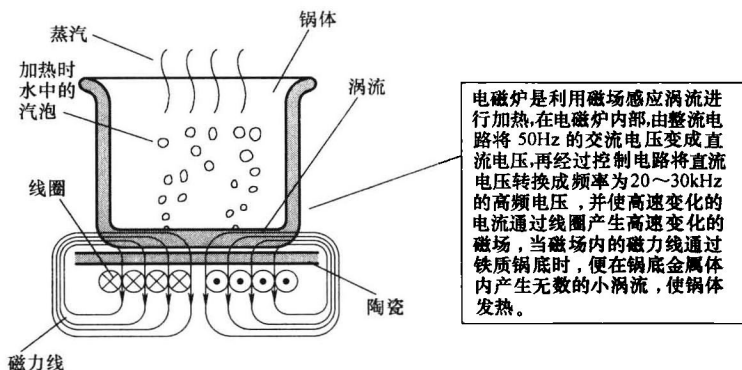


图 1-8 电磁炉加热示意图

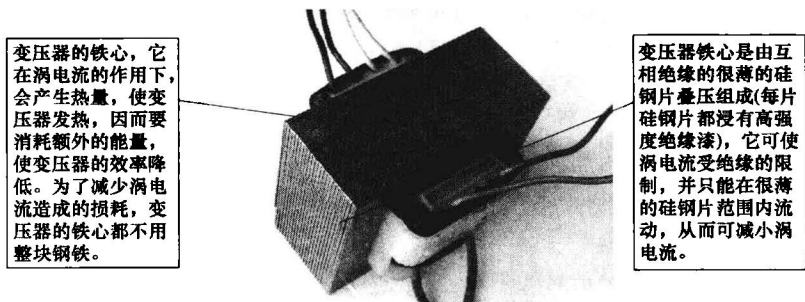


图 1-9 常见电源变压器减小涡电流的常用措施

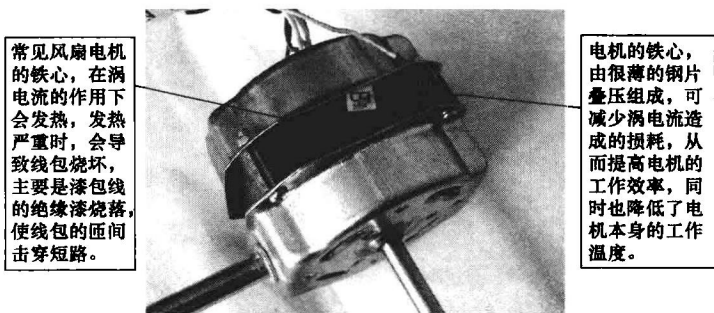


图 1-10 常见风扇电机减小涡电流的常用措施

3. 涡电流的磁效应

在科学研究中, 涡电路除了具有热效应这一特点外, 还具有磁效应和趋肤效应两大特点。所谓磁效应, 是起源于电磁感应的电磁阻尼现象。由于涡流也像所有的感应电流一样, 遵从楞次定律 (闭合回路中感应电流的方向, 总是企图使感应电流本身所产生的穿过回路的磁通量去阻碍引起感应电流的磁通量的变化), 因此, 当导体在磁场中运动时, 导体中产生的涡电流总是阻碍它们之间的相对运动, 结果使导体的运动状态在没有外力作用时就会很快停止下来, 这种现象就被称为电磁阻尼现象。电磁阻尼是一种普遍的物理现象, 任何在磁场中运动的导体只要给感应电流提供回路, 就会存在电磁阻尼作用。电磁阻尼作用在社会生产活动中应用很广泛, 如电气列车中的电磁制动器, 许多电磁仪表中指针的摆幅控制等。电磁阻尼在电磁仪表中的应用如图 1-11 所示。

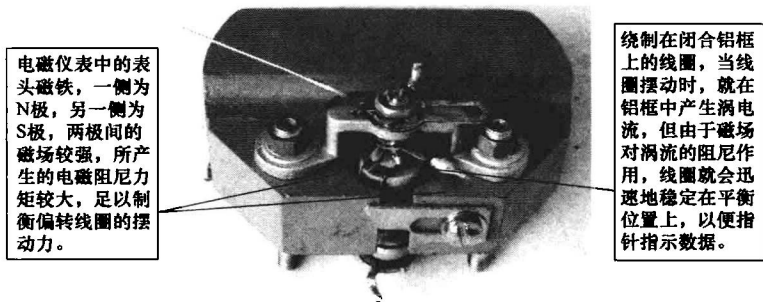


图 1-11 电磁阻尼在电磁仪表中的应用

4. 涡电流的趋肤效应

所谓趋肤效应, 是交变电流趋向于导体表面的一种现象。在科学实验中, 当直流电通过均匀导体时, 导体里的电流密度是均匀分布的, 但当交变电流通过导体时, 它所激发的交变磁场会使导体本身产生涡流, 导体里的涡流使电流密度分布就不再均匀, 而是越靠近导体表面处电流密度越大, 因而形成了趋肤效应。同时, 交变电流的频率越高, 趋肤效应就越明显。由于趋肤效应, 导体在通过高频电流时的有效面积则小于导体本身的截面积, 从而使导体对交流电的电阻增加, 这就不利于电子电路的正常工作。为减少趋肤效应的影响, 在高频电路中使用的导线常常做成管状, 以增加导体的有效截面积, 如收音机的拉杆天线等, 但在几十赫兹到几千赫兹不很高的频率范围内, 常采用多股编织线的方法来增大导线的表面积, 以增强电路的工作效率, 如电磁炉加热线盘中的线圈

就采用了多股编织线,如图 1-12 所示。



图 1-12 电磁炉加热线盘中的多股编织线实物图

但趋肤效应也有好的一面,它可应用于金属表面淬火或局部淬火,淬火处理时是将工件放在用空心钢管绕成的线圈中。有关内容已远离本书宗旨,故不再对此赘述。

【了解知识】

磁场的能量

在电学研究中,电荷的周围总存在着电场,而电荷之间的相互作用又总是通过电场来进行的。同样,磁体的周围也存在着磁场,磁极间的相互作用也是通过磁场来进行的。因此,磁场也是一种特殊物质,并具有一定的性质,而量度磁场性质的物理量则称为磁场强度。磁场强度是一个矢量,其矢量方向是这样规定的:磁场中某一点的磁场强度的大小,等于放在那一点的检验磁北极所受到的磁场力跟它的磁极强度之比;磁场强度的方向,就是磁北极所受磁场力的方向。如果用 H 表示磁场强度, F 表示磁场力, m 表示磁极强度,则磁场强度的数学表达式为

$$H = \frac{F}{m}$$

在厘米·克·秒制单位里,磁场强度的单位是这样规定的:把具有 1 单位磁极强度的磁极放在磁场里某一点,如果作用在这个磁极上的磁场力正好是 $1\text{dyn}^\ominus$,那么这一点处的磁场强度就叫做 1 厘米·克·秒制磁场强度单位,或者叫做 $10\text{e}^\ominus$ 。因此,磁场是具有能量的。但磁场的能量又是从哪里来的呢?

在电学的自感现象实验中,当接通电键 K 时,灯泡 N_1 立刻点亮,灯泡 N_2 则延时点亮,如图 1-13 所示。但在断开电键 K 的瞬间,灯泡还会继续点亮一段时间,然后才逐渐熄灭。此时灯泡所需要的能量,是由电感线圈 L 在电键 K 接通时存储的磁场能提供。

在图 1-13 中,在 K 接通瞬间,电路中的电流逐渐增大, L 中则因电流的这种变化产生自感电动势,其方向与电流方向相反,这时回路中的电源就要克服这个自感电动势而做功,并转换成磁场能。因此,磁场能是在建立磁场的过程中,由电源提供,而磁场的能量则由 L 的电感量和电源电压共同决定。当关闭电源,使磁场减弱或消失时,磁场能就以产生感应电流的形式反馈给电路。

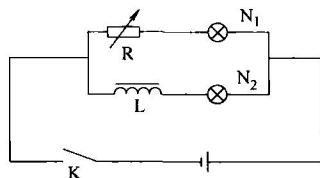


图 1-13 自感现象试验示意图

$\ominus 1\text{dyn} = 10^{-5}\text{N}$ 。

$\ominus 10\text{e} = 79.5775\text{A/m}$ 。

二、交变磁场的作用及控制原理

在电磁学的研究中, 磁铁或电流 (或运动电荷) 周围都存在着磁场, 磁场是实物之外的一种特殊物质, 它可以将磁力传递。如磁铁和磁铁、磁铁和电流 (或运动电荷)、电流和电流之间的相互作用, 就是磁力的作用。但在稳恒电流周围存在稳恒磁场, 它不随时间变化; 而交变电流周围存在交变磁场, 它随着交变电流的变化而变化。在电磁炉的加热技术中, 就主要是应用了交变磁场的传递作用。

1. 交变磁场的作用

在电磁炉中, 交变磁场的作用主要是使放置在电磁炉炉面上的铁质锅底中产生涡电流, 电磁炉加热实物图如图 1-14 所示。但交变磁场的产生是通过给加热线盘施加一个高频交变电流来实现的, 而加热线盘是由多股高强度漆包线绕制而成, 其实物如图 1-15 所示。



图 1-14 电磁炉加热实物图

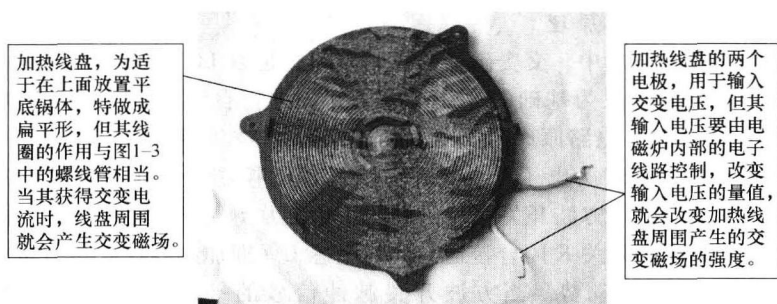


图 1-15 用于产生交变磁场的扁平加热线盘实物图

在实际应用中,加热线盘是作为电感 L 通有随着时间作周期性变化的振荡电流,因而在它的周围就有周期性变化着的电场和磁场,即形成电磁振荡。但在电磁振荡的过程中,由于磁场力的作用,将使加热线盘的导线中的自由电子作不均匀的分布,从而形成感生电动势,随之在线盘中有感生电流形成。但楞次定律指出:感生电流的磁场总在阻碍原来的磁场发生变化。因此,在电磁炉的加热技术中,就主要是控制通过加热线盘的导通电流,进而使交变磁场的作用处于恰到好处。

【了解知识】

什么是感生电动势?

在电磁学的研究中,英国物理学家法拉第于1831年指出:利用导体在磁场里作适当的相对运动可以获得电流。这种利用磁场获得电流的现象叫做电磁感应现象,所获得的电流叫做感生电流,形成感生电流的电动势就叫做感生电动势。

在大量的电磁学研究中,当闭合电路中形成电磁感应现象时,感生电动势是比感生电流更重要的物理量。感生电动势只跟产生电磁感应的条件有关,而感生电流则由感生电动势和电路的电阻条件来决定。因此,知道了感生电动势的大小,就可以根据电路的条件,应用欧姆定律来确定感生电流的大小。感生电动势的数学表达式可表示为

$$\varepsilon = Ir + IR$$

式中, r 为内电阻(即一定长度的导体上的电阻); I 为感生电流; R 为外电路电阻; ε 为感生电动势; Ir 为内路的电势降落; IR 为外路的电势降落。据此,可得感生电流的表达式为

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

但法拉第电磁感应定律指出:当穿过闭合线路的磁通量发生变化时,线路里感生电动势的大小跟穿过闭合线路的磁通量变化率成正比。其数学表达式为

$$\varepsilon = 10^{-8} \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

式中, $\Delta \phi / \Delta t$ 为磁通量变化率,磁通量变化率等于单位时间里增加或减少的磁通量。法拉第电磁感应定律不仅对单匝线圈适用,对多匝线圈也适用。在具有 n 匝线圈的闭合线路里,感生电动势是单匝线圈的 n 倍,其数学表达式为

$$\varepsilon = 10^{-8} n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

2. 交变磁场的控制原理

在电磁炉的加热技术中,交变磁场的控制原理,是以LC并联振荡回路(又称谐振回路)中的电磁振荡现象为基础的,并由电子开关进行自动控制,其常用电子元器件实物图如图1-16所示,电路原理图如图1-17a所示,等效电路如图1-17b所示。

在图1-17a中,IGBT为电子开关,在方波脉冲的控制下工作在开关状态,其等效电路如图1-17b所示。当方波开关脉冲信号的平顶期加到IGBT的G(栅)极时,IGBT导通,即图1-17b中的开关K闭合接通,此时电感 L (即加热线盘)中有电流通过,并存储能量,形成感应电动势。当方波开关脉冲信号的平顶期过后,IGBT截止,即图1-17b中的开关K断开,切断+300V电压的回路,此时,电感 L (即加热线盘)中的感应电动势向电容 C (即图1-17a中的C12振荡电容)充电,但由于振荡电容 C 的容



图 1-16 交变磁场控制元器件实物图

量较小 (约为 $0.33\mu\text{F}$), 其充电速度较快, 故很快在 IGBT 的 C 极激起很高的反峰脉冲, 并通过控制系统维持 IGBT 的截止时间。由于在控制技术上使用 IGBT 的截止时间较长, 故振荡电容 C 充电完毕后又向电感 L 泄放电场能, 使 IGBT 的 C 极激起的反峰脉冲下降。因此, 振荡电容 C 的充电时间为反峰脉冲的上升沿时间, 而电容 C 的放电时间则是反峰脉冲的下降沿时间。当电容 C 放电结束时, IGBT 的 C 极又为 300V 供电, 在方波开关脉冲

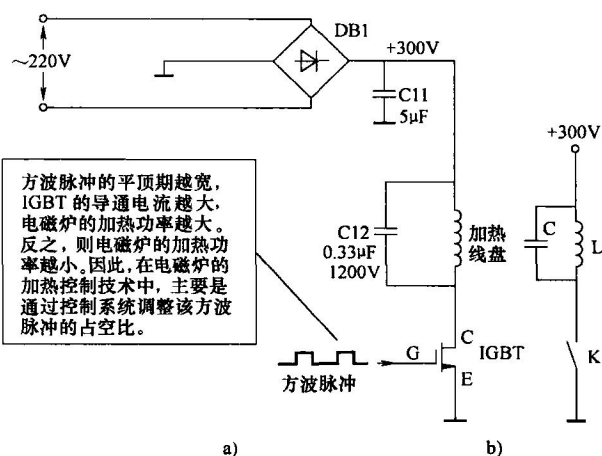


图 1-17 交变磁场控制原理图

a) 电路原理图 b) 等效电路

的下一个平顶期到来时, IGBT 再次导通, 即图 1-17b 中的开关 K 又重新闭合导通, 振荡电容 C 便开始新一轮的充电和放电, 此后在方波开关脉冲信号的控制下, 便周而复始, 电感 L (即加热线盘) 与电容 C (即振荡电容 C12) 便产生了 LC 高频电磁振荡, 在炉面放置的铁质锅底形成如图 1-14a 所示的交变脉冲信号波形。

但在图 1-17 中 (或图 1-16 中) 方波开关脉冲信号是一种 PWM (调宽脉冲) 控制信号, 其脉冲平顶期的宽度可以调整, 以控制 IGBT 的导通时间与截止时间, 进而调整

图 1-14a 所示脉冲的幅度。

【了解知识】

LC 并联振荡回路的工作原理

在 LC 并联振荡回路的振荡过程中，主要表现的是电磁振荡现象，即电场能与磁场能在交变过程中的反应情况。其振荡的物理过程如图 1-18 所示。

在图 1-18a 中，当开关 K 将 1、3 端接通时，电源 E 向电容 C 充电，直到 C 两端电压 $U_m = E$ 时，电容 C 不再充电，此时的电场能量 $W_C = \frac{1}{2} U_m^2 C$ ，这时再将开关 K 接到 2 端，使电容 C 通过电感 L 放电，但在 K 接到 2 的瞬间 $i_1 = 0$ ，如图 1-18b 所示。

在图 1-18b 中，由于 C 的上极板带正电荷，下极板带负电荷，且电荷要从电位的高点流向电位的低点，因此，电容 C 经电感 L 的放电回路电流就由 $i_1 = 0$ 逐渐增加起来，并使 C 上极板的正电荷通过 L 转移到下极板去，与下极板的负电荷中和，于是电容 C 两端的电荷逐渐减少，即 C 的两端电压逐渐下降，导致电容 C 两极板之间的电场能量减小。同时，由于电荷的移动，在电感 L 中形成电流，并在 L 周围产生磁场能量，其量值为 $\frac{1}{2} Li_1^2$ 。但随着电流增加，磁场能量逐步增大，而电容中的电场能量则逐步减小。当 C 中的电荷全部放完后，L 中的电流达到最大值 i_m ，磁能也达到最大值 $W_L = \frac{1}{2} Li_m^2$ ，而 C 中的电场能 $W_C = 0$ ，如图 1-18c 所示。

但根据楞次定律可知道，通过电感 L 的电流方向不能突变，而感生电动势的极性可以突变，因此，在电容 C 放电结束后，L 中的电流仍沿着原来的方向流动，并向电容 C 反方向充电，C 中出现充电电流，其下极板因多出正电荷而呈正极，上极板因缺少正电荷而呈负极，如图 1-18d 所示。于是电容 C 两个极板之间逐步地建立起与原来相反的电场，存储了电场能量。因此，此时的电场能是由 L 中的磁场能转换而得到。

由于电容 C 的充电，在其两端又逐步建立起电位差，且极性为上负下正，但这个电位差逐渐增大，又使充电电流逐渐减小，即 L 中的电流逐渐减小，最后等于零。此时，因 $i_1 = 0$ ，磁场能又全部转化为电场能，如图 1-18e 所示。如果回路中没有电阻，根据能量守恒定律，上述过程将往复不止。这种电场能与磁场能在回路中的交变过程就称为电磁振荡，简称为振荡。但这种振荡则是平常所说的自由振荡。在实际应用领域还要附加一些控制电路。

在电磁振荡的回路中，由于实际线圈 L 中总有电阻存在，所以在电磁能的转换过程中，一部分能量将被回路中的电阻消耗掉。因此，如果没有能量及时补充到振荡回路中去，自由振荡将会很快停止下来。且回路中的损耗电阻越大，则振荡停止就越快。

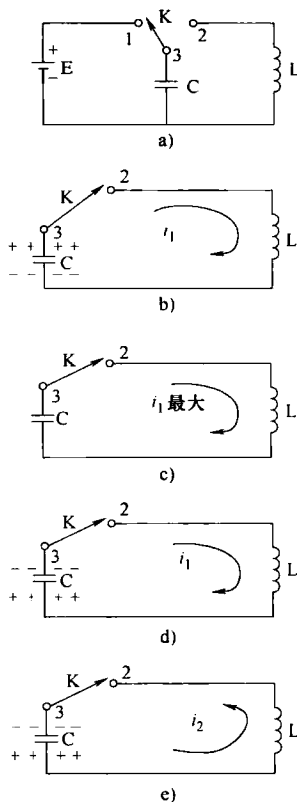


图 1-18 LC 并联振荡的物理过程示意图

在电磁振荡回路中, 自由振荡是以角频率为 ω_0 的正弦振荡, 在回路损耗较小时, 其近似值为

$$\omega_0 \approx \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ 或 } f_0 \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

从上式中可以看出, 自由振荡的频率, 决定于回路中的电感 L 和电容 C 的量值, L 和 C 的量值越大, 则回路中的充放电过程越长, 振荡频率就越低。反之, L 和 C 的量值越小, 振荡频率就越高。

第二节 电磁炉的电路组成及功能作用

在电磁炉的加热技术中, 电磁炉本身不释放焦耳热, 只是通过一个扁平的线盘产生交变磁场, 而改变交变磁场的强度, 则会改变铁质锅底中涡电流的强度, 进而改变锅体释放的焦耳热。但为了控制线盘所产生的交变磁场的强度, 在电磁炉内部还要设计一些电子线路。因此, 电磁炉的整机电路, 就主要是以加热线盘为核心组成, 并附加一些控制电路。控制电路主要分为主板电路和面板电路两部分。其实物图如图 1-19 所示。

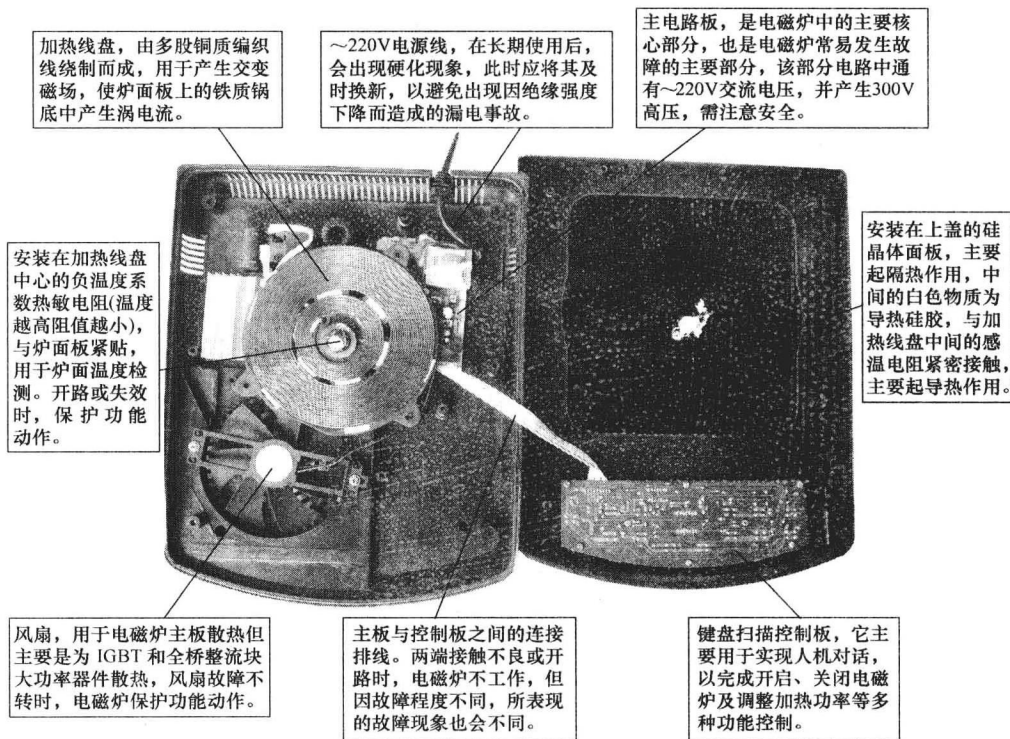


图 1-19 电磁炉内部电路组成实物图