

YIBU YITU XUEXIU WEIBOLU

一步一图

学修微波炉

杨成伟 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

一步一图学修微波炉

杨成伟 等编著



机械工业出版社

本书以一步一图的方式,通过格兰仕、海尔、美的、LG、三星等具有代表性的品牌实物机型,分析介绍了机械式和微电脑控制式微波炉的基本原理、电路组成及故障检修要领、技巧和方法,同时结合实例给出了一些十分珍贵的数据资料,以供维修参考。因此,本书可作为微波炉维修人员及电子爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

一步一图学修微波炉/杨成伟等编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 10

ISBN 978-7-111-39656-7

I. ①一… II. ①杨… III. ①微波炉-维修 IV. ①TM925.540.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第209636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:任鑫 版式设计:霍永明

责任校对:张征 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

2013年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm 13印张·297千字

0001—3300册

标准书号:ISBN 978-7-111-39656-7

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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

微波炉是一种利用高压电场和电磁激励产生 2450MHz 的超高频微波快速振荡食物分子的方法进行加热的一种高科技厨房用具。自从 20 世纪 70 年代中期,家用微波炉开始进入我国市场以来,便深受人们的喜爱。近些年来,随着我国经济的持续增长和人们生活水平的不断提高,家用微波炉已在我国城乡家庭广泛普及,为人们的日常生活带来了极大方便。

随着社会中微波炉的普及率逐年增高和使用时间相对增长,以及一些使用环境不良、操作不当等因素,常出现一些不能开机或不能微波加热等故障,且故障率也在逐年增高。因此,对于微波炉的社会维修任务也就越来越重。

然而,由于社会上的家电维修人员对微波炉的工作原理及工艺技术还不很了解,特别是对微波泄漏给人体造成的辐射伤害还认识不足,故不仅对微波炉的故障检修颇感为难,而且在安全上还存在着极大的隐患。因为稍有不慎,人体就会遭到微波辐射,严重的会危及生命,后果不堪设想。

本书为帮助社会维修人员及电子爱好者能够安全检修微波炉,将以一步一图的现场维修形式,以格兰仕、海尔、美的、LG 等一些具有代表性的品牌实物机型为例进行电路分析。同时,也结合故障实例介绍一些安全检修方法,以期能够起到举一反三、触类旁通的作用。一步一图,主要是在每一节中的每一个小节或每一小段中都随机插入实物照片、结构示意图或电路原理图,并在图中做些适当说明,与正文互补或协调起来,以减少正文中的文字叙述,使读者在阅读全书时,因有图就显得比较轻松。

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

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、杨丽华、王庆喜、邵辉、滕绍毅等。需要特别说明的是,本书采用了大量的实物图片,为方便读者阅读,也为与这些实物图对应,书中相关电路图及正文中的元器件符号、代号等并未按国家标准进行统一,请读者阅读时注意。

由于作者水平有限,不妥及错误之处在所难免,还望广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第一章 微波炉的基本原理和电路组成	1
第一节 电磁波的基本原理	1
一、微波及微波应用	2
二、微波及微波分类	10
三、微波的加热原理	11
四、磁控管及其安全使用	13
第二节 微波炉的电路组成及功能作用	20
一、门控电路	22
二、照明电路	29
三、转盘驱动电路	29
四、风扇驱动电路	30
五、高压整流输出电路	31
六、微波发射通道	41
七、微控制器电路	41
八、低压电源电路	46
第二章 机械式微波炉的电路原理及检修技术	48
第一节 机械式门控电路	50
一、门控联锁开关	51
二、定时器控制系统	67
第二节 微波加热系统电路	73
一、高压供电系统	73
二、磁控管及微波发射系统	75
三、风扇冷却系统	77
四、转盘电动机及其控制系统	81
第三节 安全检修	83
一、安全注意事项	83
二、检修要领	86
第三章 微电脑控制式微波炉的电路原理及检修技术	92
第一节 微电脑控制系统	92
一、中央微控制器电路	92
二、显示窗及其控制电路	109
三、键盘控制电路	114
第二节 加热系统电路	121
一、微波加热系统	121

二、光波加热系统	125
三、风冷系统	127
四、转盘及其控制系统	128
第三节 安全检修	130
一、安全注意事项	130
二、检修要领	134
第四章 故障分析	142
一、格兰仕 WP700 型 (货号: P7021TP-6) 微波炉不能加热, 照明灯不亮, 风扇和 转盘也都不能转动	142
二、格兰仕 WP700 型 (货号: P7021TP-6) 微波炉无电	144
三、格兰仕 WP700 型 (货号: P7021TP-6) 微波炉不能微波加热, 但风扇、转盘都 能转动, 照明灯也能点亮	145
四、格兰仕 WP700TL23-K1 型微波炉转盘不转	146
五、格兰仕 WP700TL23-K1 型微波炉加热一段时间后自动停机, 但凉机后又能启动 加热	147
六、格兰仕 WP700TL23-K1 型微波炉不能加热, 但有“吱、吱”的打火声	148
七、格兰仕 WP800 型 (货号: WP800T) 微波炉不能加热, 但其他功能正常	149
八、格兰仕 WP800 型 (货号: WP800T) 微波炉启动加热时有噪声, 但很快有烟从 机壳缝中冒出, 随即通过炉门窗看到炉腔内有喷火现象	149
九、格兰仕 WD750B 型微波炉无规律地自动关机	150
十、格兰仕 WD750B 型微波炉不能开机, 但低压电源正常	151
十一、格兰仕 WD750B 型微波炉不能烧烤加热	152
十二、格兰仕 WD750B 型微波炉微波、烧烤均不加热, 但显示窗有字符显示	153
十三、格兰仕 WD750B 型微波炉无电, 显示窗无任何显示	153
十四、格兰仕 G8023CSL-K3 型微波炉无电, 显示屏无字符显示	154
十五、格兰仕 G8023CSL-K3 型微波炉控制功能正常, 但不能加热	156
十六、格兰仕 G8023CSL-K3 型微波炉火力控制不顺畅, 有时不能启动加热	156
十七、格兰仕 G8023CSL-K3 型微波炉不能微波加热, 但炉灯和烧烤管均能点亮, 风扇也能转动	157
十八、格兰仕 G8023CSL-K3 型微波炉烧烤不能加热, 但微波加热正常	158
十九、格兰仕 G8023CSL-K3 型微波炉有噪声, 且不能加热	159
二十、LGW700 (MS-2030T) 型微波炉转盘不能转动, 但照明灯点亮	160
二十一、LGW700 (MS-2030T) 型微波炉不能加热, 但照明灯亮	161
二十二、LGW700 (MS-2030T) 型微波炉无电, 不能启动	162
二十三、LGW700 (MS-2030T) 型微波炉电源熔断器熔断, 但换上新的后仍表现为 无电状态	162
二十四、LGW700 (MS-2030T) 型微波炉定时器旋钮不能倒计时回转, 但仍能微波 加热	164
二十五、LGW700 (MS-2030T) 型微波炉关闭炉门后, 拧动定时器旋钮时电源熔断器 熔断	165
二十六、LGMG-5586DTW 型微波炉不能烧烤加热, 但微波加热正常	167

二十七、LGMG-5586DTW 型微波炉不能微波加热	168
二十八、海尔 WH2485EG 型微波炉控制功能失效, 显示窗无显示	168
二十九、海尔 WH2485EGS 型微波炉不能烧烤加热, 但微波加热正常	172
三十、海尔 WH2485EG 型微波炉不能加热, 但显示窗有字符显示	173
三十一、海尔 WH2485EG 型微波炉整机处于无电状态, 显示窗也无显示	173
三十二、海尔 WH2485EG 型微波炉加热启动困难, 但启动后加热正常	174
三十三、海尔 WH2485EG 型微波炉食品加热较慢, 且加热不均匀	175
三十四、海尔 WH2485EGS 型微波炉烧烤加热一会儿后, 加热管便自动熄灭, 但炉灯仍亮	175
三十五、海尔 WH2485EQS 型微波炉启动加热后不久便自动断电, 照明灯不亮, 风扇、转盘也不转动, 但凉机后又能启动工作	175
三十六、海尔 WH2485EQ 型微波炉加热功能紊乱, 但进入烧烤功能时能微波加热	176
三十七、美的 DK20C-CF 型微波炉无电不能开机, 但电源熔断器正常	177
三十八、美的 KD20C-CF 型微波炉不能微波加热, 但烧烤加热正常	178
三十九、美的 KD20C-CF 型微波炉烧烤不能加热, 但微波加热正常	178
四十、美的 KD20C-CF 型微波炉烧烤和微波时均不加热, 但有继电器的反复跳动声	179
四十一、美的 KD20C-CF 型微波炉不能开机, 显示窗无显示, 但电源熔断器正常	182
四十二、美的 KD20C-CF 型微波炉通电启动时照明灯不亮, 风扇和转盘也不转动, 而显示窗有字符, 但在早期有照明灯时亮时不亮现象	183
四十三、美的 KD20C-CF 型微波炉微波、烧烤均不加热, 但显示窗有字符	187
四十四、美的 KD20C-CF 型微波炉烧烤管不发热	188
四十五、美的 KD20C-CF 型微波炉不能加热, 但显示窗有字符显示, 照明灯亮, 转盘、风扇不能转动	189
四十六、美的 KD20C-CF 型微波炉无蜂鸣器报警声, 但加热正常	191
四十七、美的 KD20C-CF 型微波炉有时能够开机, 有时不能开机	191
四十八、美的 KD20C-CF 型微波炉故障初期有较大噪声, 不能微波加热, 后来无噪声也不能加热	193
四十九、小天鹅 W6001 型微波炉不能加热, 照明灯不能点亮, 风扇和转盘也不能转动	194
五十、小天鹅 W6001 型微波炉不能加热且有噪声	195
五十一、三星 M9A88 型微波炉烧烤功能不能加热, 但微波加热正常	195
五十二、三星 M9A88 型微波炉不能工作, 但指示灯能点亮	195
五十三、三星 M9G77 型微波炉呈无电状态	196
五十四、菊花 W-750C 型微波炉不能微波加热, 但照明灯仍亮, 同时有较大“嗡嗡”声	196
五十五、上菱 WP650A 型微波炉不能工作, 指示灯也不亮	197
五十六、惠尔浦 AVW450WH 型微波炉不能加热, 但照明灯亮	198
五十七、惠尔浦 AVW600WH 型微波炉不能微波加热, 但转盘转动正常	199
五十八、安宝路 AA18 型微波炉不能加热, 但照明灯能亮	199
五十九、松下 NN-K653 型微波炉不能启动, 呈现无电状态	199
六十、松下 NN-K653 型微波炉微波、烧烤均不能加热, 但照明灯能亮	200
六十一、三洋 EM-F2108 型微波炉不能微波加热, 但烧烤加热正常	201

第一章 微波炉的基本原理和电路组成

自从 20 世纪 50 年代初，美欧等一些国家研制开发出家用微波炉以来，其产品便在世界各地被广泛使用。它的核心技术是磁控管发射出 2450MHz 的微波，而它的理论基础是电磁波研究与微波应用。因此，要深入学习微波炉的维修技术，首先就必须了解电磁波的基本原理和微波炉的电路组成及功能作用。

第一节 电磁波的基本原理

电磁波的基本原理是基于电场和磁场的不断交变振荡，所产生的电磁波向越来越远的周围空间传播，如图 1-1 所示。电磁场理论指出：“任何电场的变化都会使它的周围空间产生变化的磁场，任何磁场的变化都会使它周围空间产生变化的电场”。因此，当导线中有振荡电流时，它的周围就会产生变化的磁场，而变化的磁场在附近空间又会产生变化的电场，进而变化的电场又产生变化的磁场，这种不断交变着传向远方的电场和磁场，就是所谓的电磁波。

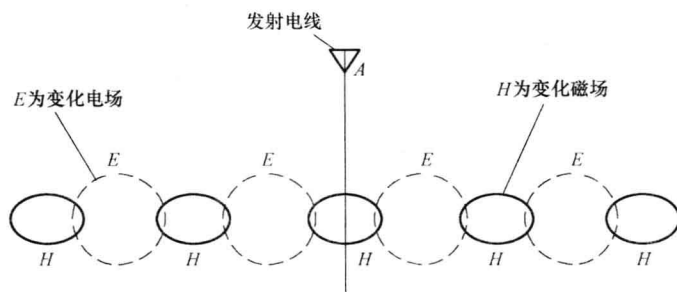


图 1-1 电磁波在空间传播示意图

在物理学界，自从 1831 年英国物理学家法拉第首先提出电磁感应定律及 1865 年麦克斯韦在前人的理论上建立完整的电磁场理论——麦克斯韦方程组以来，人们便不断深入研究电磁场，以及它和带电粒子之间相互作用的基本规律。直至 1888 年德国物理学家赫兹首次证实电磁波的存在及对时变电磁场的深入研究，才为电磁波传播及微波技术奠定了理论基础，并在后来的生产实践和科学技术中得到广泛应用，对社会生产力进步起到了强大的推动作用。如在地下通信、地质探测、水下通信、导航、声呐传递、无线电信标、电话、电报、电视、卫星遥感等诸多领域中的应用。但在日常生活方面，最为突出的表现是人们常见的微波炉，如图 1-2 所示。因此，本节就主要介绍微波的形成及其在微波炉中的应用技术。

一、微波及微波应用

1. 微波与电磁波的形成

在电磁学中，微波只是电磁波谱中的一小部分，因此，微波就是一种电磁波，具有电磁场的基本特性。

(1) 电场与电场强度

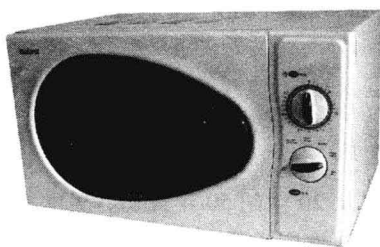
在人类的科学实验中，人们逐渐认识到，电场是一种特殊物质，并且有一定的强度。在自然界中，由于物质是在不断运动的，其表面总会产生没有定向运动的静电现象，如我国东汉学者王充在《论衡》一书中对“顿牟掇芥”的记载，就证明了被摩擦过的琥珀能够吸引轻微物体。这种能够吸引轻微物体的现象，就叫做带电现象。物体有了带电现象，人们就说它带了电，或者说它有了电荷，并称其为带电体。但带电体因材料不同，所带电荷的性质也不同，即有正电荷与负电荷之分。

在科学实验中，自然界中只有正、负两种电荷，且同种电荷互相排斥，而异种电荷互相吸引。但电荷间相互作用的吸力和斥力人们曾一度很不理解。直到 1785 年法国物理学家库仑应用一种叫做扭秤的仪器进行实验后，才揭示出电荷间相互作用的基本规律，即静电学中著名的库仑定律。它的内容是：在真空中，两个点电荷之间的相互作用力，沿着它们之间的连线，大小相等，方向相反；作用力的大小与两个点电荷所带电荷量的乘积成正比，与两个点电荷之间的距离二次方成反比。其数学表达式为

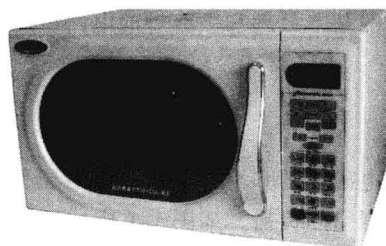
$$F = K \frac{q_1 q_2}{\gamma^2}$$

式中， F 为电荷之间的相互作用力； K 为比例常数； q_1 、 q_2 为两个电荷所带的电荷量； γ 为两电荷之间的距离。但库仑定律没有回答电荷之间的相互作用是怎样进行的。又经过长期争论和研究，人们才认识到电荷之间的相互作用主要有两个过程：首先是电荷在其周围激发某种媒介物，然后这种媒介物对置于其中的其他电荷产生作用力。这种作为媒介物的特殊物质，就叫做电场。因此，电场的属性是通过它和其他物质的作用才表现出来的。在库仑定律中，静电力并不是两个电荷之间的直接作用，而是一个电荷的电场对另一个电荷的作用，故人们又常称库仑力为电场力。

电场对电荷有力的作用是电场特性的一种表现。在实验中，对电场中任一确定点来讲，电场力 F 与检验电荷电量 q 的比值总是一个恒量，而对电场中不同点来讲，电场力 F 与检验电荷电量 q 的比值不同。因此，电场力 F 与检验电荷电量 q 的比值，只与电场性质有关，而与检验电荷电量无关，它可以用来度量电场强度。通过实验规定：电场中某一地点的电场强度 E 的大小，等于放在那一地点的点电荷所受到的电场力 F 与它的



a) 机械式微波炉



b) 电脑控制式微波炉

图 1-2 微波炉实物图

电量 q 的比值，其数学表达式为

$$E = \frac{F}{q}$$

在实践中，如果让电量 q 在电场力的作用下从静止开始运动，电场力就会对电荷 q 做功。如果不存在其他作用力，这个电荷的移动速度就会越来越快，因此动能也越来越大，根据能量守恒定律，电荷动能增加，将使电场的能量减小。因而电场有“能量的属性——做功的本领”，即电场具有一定的强度，但它是一个矢量。在实践中常将正电荷在电场中某一点所受到的电场力的方向规定为那一点电场强度的方向，而负电荷所受到的电场力与电场强度的方向则相反。

在实践中，为便于表示电场中各点处电场强度的方向和大小，英国物理学家法拉第提出了一种叫电力线的图示法，即在电场中，可以做出一系列的曲线，使线上每一点处的切线方向都和该点的电场强度方向一致，这些曲线就叫做电力线，如图 1-3 所示。

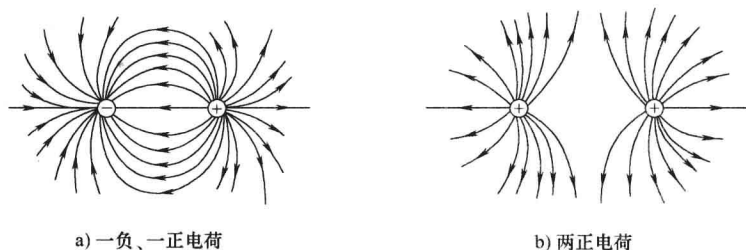


图 1-3 两个等量点电荷电场里的电力线示意图

在图 1-3 中，图 1-3a 为两个异种等量点电荷的电场及电力线的方向，图 1-3b 为两个等量正点电荷的电场及电力线的方向。用电力线来表示电场强度的方向时，可反映电场的如下性质：

- 1) 电力线总是从正电荷出发到负电荷终止，并且电力线既不可能是闭合曲线，也不可能正、负电荷之间中断。
- 2) 在电场中任一点处，总有一个确定的电场强度，通过电场里每一点总可以，也只可以做出一条电力线，即任意两条电力线绝不相交。
- 3) 电力线表示电场中各点处的场强方向，但不表示正电荷的速度方向。
- 4) 电场是真实存在的，而电力线却并不真实存在，它只是由人为形象地勾画出来的，但它却符合客观实际。因此，人们通常用电力线的疏密程度来表示电场强度的大小。

(2) 磁场与磁场强度

磁场与电场一样也是一种特殊物质，具有力和能的特性，如天然磁铁矿能够吸引铁制的物体等。但在早期的社会中，人们对磁现象还没有深入认识。直到 19 世纪，奥斯特、安培等科学家先后发现了电流的磁场和磁场对电流的作用之后，才确定了磁现象与电现象之间的相互联系，并极大地扩大了它的应用范围。但直到 20 世纪初，随着原子

结构理论的建立，人们才开始认识到磁现象的本质。如同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引；同一个磁体上的两个磁极的磁极强度总是相等的。但直到库仑对磁极间的相互作用进行了系统的实验后，才得出磁极间相互作用的定律，即两个磁极间的引力或斥力的方向在两个磁极的连线上，大小跟它们的磁极强度的乘积成正比，跟它们之间距离的二次方成反比。其数学表达式为

$$F = K \frac{m_1 m_2}{\gamma^2}$$

式中， F 为作用力； K 为比例常数； m_1 、 m_2 为两个磁极的磁极强度； γ^2 为两磁极间的距离。

在实践中表明，磁体的周围也像电荷周围总存在着电场一样，存在着一种特殊物质，即磁场。磁极间的相互作用就是通过磁场来进行的，因此磁极在磁场里具有势能，同时磁场对磁极有磁场力的作用。如把不同磁极强度的检验磁极放在磁场里的同一位置上，它们所受到的磁场力大小不同，因而说明磁场力的大小与受力磁极的强度有关；而把同一磁极放在磁场的不同位置上，它所受到的磁力大小也不同。因此，磁场力的大小还与磁场本身的性质有关，而与检验磁极的磁极强度无关，且磁场力和磁极强度的比总是 F/m 。人们在实验中就总用这个比值来度量磁场力的性质，其物理量就称为磁场强度。反过来，磁场强度也就表明了磁场力的特性。

磁场强度是一个矢量，其矢量方向常规定为：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极 N 极（北极）所受到的磁场力跟它的磁极强度之比，且磁场强度的方向，就是 N 极（北极）所受磁场力的方向。其数学表达式为

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

式中， H 为磁场强度； F 为磁场力； m 为磁极强度。在电磁学中，磁场强度也可以用磁力线来表示，即在磁场里画出一些直线或曲线，并使线上任一点的切线方向都与该点处的磁场强度方向一致，这些线就叫做磁力线。磁力线永不相交，用其疏密程度可表示磁场强度的大小，如图 1-4 所示。

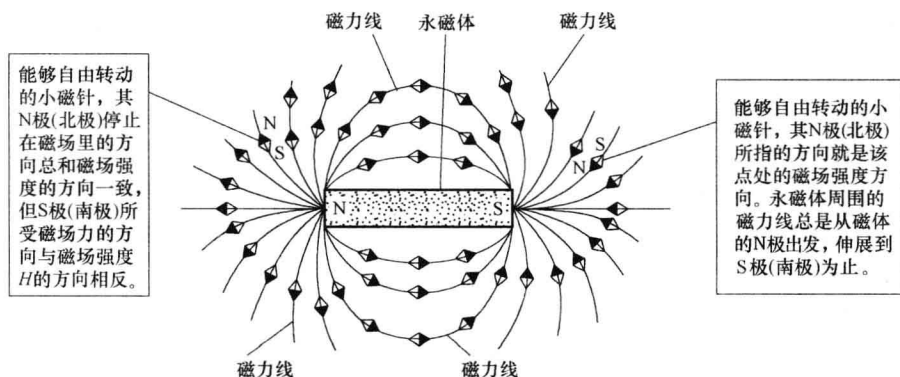


图 1-4 永磁体周围的磁力线

在图 1-4 中，永磁体周围的磁力线总是从磁体的 N 极（北极）出发，伸展到 S 极（南极）为止，并且越是接近磁极的磁力线，其密度越大，磁场强度也就越大；反之，越是远离磁极的磁力线，其密度越小，磁场强度也就越小。在磁场里，任一点处的磁场强度只有一个方向，并与该点处的磁力线的切线方向一致。

随着对电磁学的深入研究，1820 年丹麦物理学家奥斯特，通过实验揭示了电现象和磁现象之间的联系，即电流的周围存在着磁场，磁场的方向（即磁场强度的方向）和电流的方向有关。如用一根直导体，垂直地穿过一块水平玻璃板，并在玻璃板上撒一层很薄的铁屑，当电流通过导体时，用手指轻敲玻璃以振动玻璃板上的铁屑，铁屑便在电流磁场的作用下，沿磁力线方向排列起来，如图 1-5 所示。但为了明确导线中的电流方向与磁力线方向之间的关系，常用右手螺旋定则来表示，如图 1-6 所示。

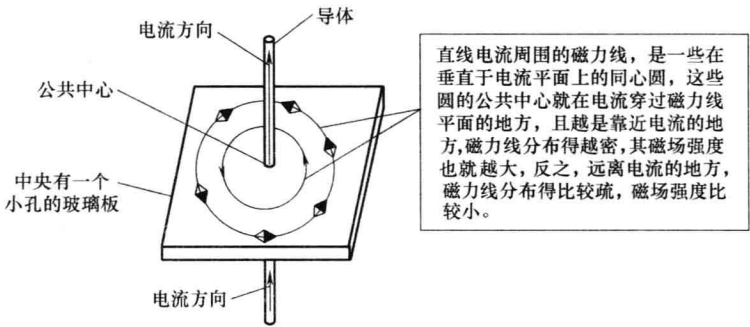


图 1-5 直线电流的磁力线方向

在图 1-6 中，用右手握住导线并把拇指伸直，如果拇指指向电流方向，那么环绕导线的四指就指出磁力线的方向。理论和实验证明：当一根很长的直导体中有电流通过时，在它的周围磁场里任一点处的磁场强度 H 与电流 I 大小成正比，而与这一点到导体的垂直距离 γ 成反比。其数学表达式为

$$H = \frac{I}{\gamma}$$

如果将导体做成环状，再给它通电时，磁力线的分布情况则是环绕通电导体的闭合曲线，如图 1-7 所示。但若将导线绕成螺线管形，则通电后磁力线分布情况如图 1-8 所示。

在图 1-8 中，通电螺线管的极性可用右手螺旋定则来说明：用右手握住螺线管，使环绕螺线管的四指指示电流的方向，则伸直的拇指所指的一端是 N 极（北极），即拇指指向磁力线发出的一端。理论和实践证明：长螺线管内部的磁场强度大致均匀，这个均匀磁场强度 H 通过导线的电流 I 及线圈的匝数 N 成正比，与螺线管的长度 L 成反比。其数学表达式为

$$H = N \frac{I}{L}$$

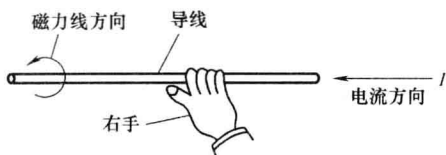


图 1-6 右手螺旋定则

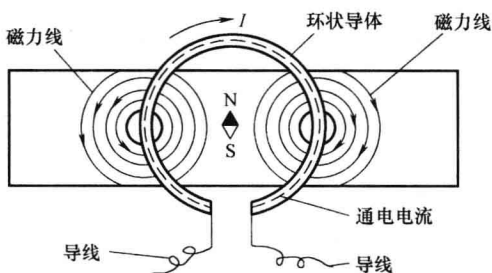


图 1-7 环中电流产生磁场的磁力线

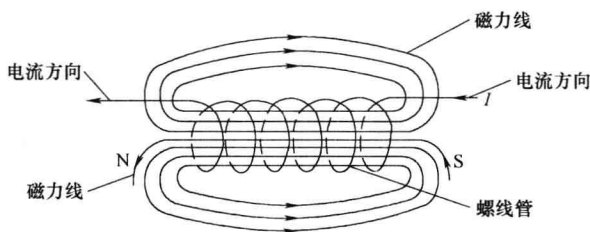


图 1-8 通电螺线管的磁场

(3) 电磁振荡及固有频率

在电磁学中，能够产生振荡电流的电路叫做振荡电路，而在振荡电流周围同时存在具有周期性变化的电场和磁场，就叫做电磁振荡。在实践中，电磁振荡总是由 LC 振荡电路来产生的，如图 1-9 所示。

在图 1-9 中，当开关 S 的 2、3 端接通时，电源 E 通过 R 和 C 构成回路，给电容 C 充电。当充电结束而又尚未放电的瞬时，电容器里的电场最强，这时闭合电路中的能量全部都是电场能。但在开关 S 的 1、3 端接通时，电容器 C 与电感线圈 L 形成闭合回路，电容器开始放电，但由于电感线圈 L 的自感作用，通过 L 的电流不能立刻达到最大值，而是逐渐增强，这时在电感线圈周围空间里的磁场也逐渐增强，同时电容器里的电场逐渐减弱。在这个过程中，电场能逐渐变成磁场能。在电容器放电结束的瞬间，电场消失，磁场达到最大强度。当电容器完全放电后，电感线圈 L 在自感作用下，仍使电路中感应电流的方向保持不变，但它们所带的电荷种类与原来的相反。因此，感应电流开始向电容器反向充电，电感线圈中的磁场能逐渐减弱，电容器里的反向电场逐渐加强，磁场能逐渐转变成电场能。随着磁场的消失，电容器两极板间的电场达到最大强度。此后，电容器又重新放电，并重复上述过程，于是在振荡电路中就出现了振荡电流。由于振荡电流是在电场和磁场交替过程中产生的，故这种振荡实际上就是电磁振荡，并且这种振荡为自由振荡。因此，在实际应

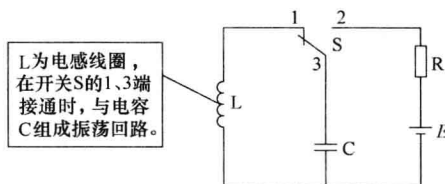


图 1-9 LC 振荡电路

用中，还要通过一些方法对其振荡频率进行调整，并适时补充能量来补偿电路上的能量损失。

在电磁振荡过程中，完成一次全振荡所经过的时间，叫做振荡电流的周期。在 1s 内完成全振荡的次数，叫做振荡电流的频率。其相关的数学表达式为：

$$T = 2\pi \sqrt{LC} \text{ 或 } f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}, f = \frac{1}{T}$$

式中， T 为固有周期； f 为固有频率； 2π 为常数（ $\pi = 3.1415926$ ）； L 为电感线圈的电感量； C 为电容器的电容量。上式中， L 、 C 的量值越大，振荡电流的周期越长，但频率越低；反之， L 、 C 的量值越小，振荡电流的周期越短，而频率越高。因此，改变 L 或 C 的量值，就可以改变振荡电路的周期，进而改变电磁振荡的频率。

(4) 电磁波与微波发送

在电磁学中，法拉第电磁感应定律揭示了随时间变化的磁场周围伴随有随时间变化的电场；而麦克斯韦关于位移电流的概念则说明了随时间变化的电场周围也伴随有随时间变化的磁场。因此，当导线里有振荡电流时，它的周围就会产生变化的磁场，而变化的磁场在附近空间又会产生变化的电场，进而变化的电场又产生变化的磁场，从而形成电磁波向远处空间传播。在电磁波的传播过程中，电场强度和磁场强度彼此间永远互相垂直，并且它们都垂直于电磁波的前进方向。因此，电磁波是一种横波，如图 1-10 所示。

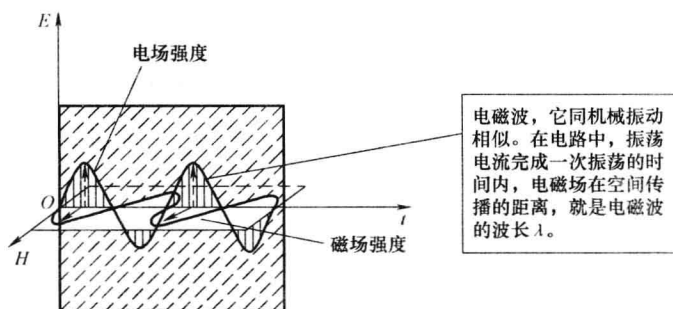


图 1-10 电磁波传播示意图

经过大量的科学实验证明：电磁波的传播具有很高的速度，在真空中等于光的速度 $3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$ ，在空气中也很接近这个数值。同时电磁波又具有一定的波长。电磁波的波长 λ 和频率 f 的乘积等于电磁波的传播速度 C 。其数学表达式为

$$C = \lambda f \text{ 或 } \lambda = \frac{C}{f}$$

在电磁波的实际应用中，常被划分为许多波段，不同波段的电磁波都有不同的应用及传播特性，并组成了电磁波谱。其频段范围及应用见表 1-1，电磁波谱如图 1-11 所示。

表 1-1 电磁波的频段范围及应用

频段名称	符号	波长/m	频段范围/kHz	应用范围
极长波	ELF	$10^7 \sim 10^8$	$(3 \sim 30) \times 10^{-3}$	为极低频段,用于地下通信等
超长波	SLF	$10^6 \sim 10^7$	$(30 \sim 300) \times 10^{-3}$	为超低频段,用于地质探测等
特长波	ULF	$10^5 \sim 10^6$	$(300 \sim 3000) \times 10^{-3}$	为特低频段,用于水下通信等
甚长波	VLF	$10^4 \sim 10^5$	3 ~ 30	为甚低频段,用于导航、声呐传递
长波	LF	$10^3 \sim 10^4$	30 ~ 300	为低频段,用于无线电信标、导航
中波	MF	$10^2 \sim 10^3$	300 ~ 3000	为中频段,用于调幅广播等
短波	HF	$10 \sim 10^2$	300 ~ 30000	为高频段,用于电话、电报、传真等业务
米波	VHF	$10^0 \sim 10^1$	30000 ~ 300000	为甚高频段,用于电视、调频广播、空中交通管制等
分米波	UHF	$10^{-1} \sim 10^0$	$300000 \sim 3 \times 10^6$	为特高频段,用于电视、卫星通信、移动通信等
厘米波	SHF	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	$(3 \sim 30) \times 10^6$	为超高频段,用于微波线路、卫星通信等
毫米波	EHF	$10^{-3} \sim 10^{-2}$	$(30 \sim 300) \times 10^6$	为极高频段,用于雷达、卫星遥感等
亚毫米波	SEHF	$10^{-4} \sim 10^{-3}$	$(0.3 \sim 3) \times 10^6$	为超极高频段,用于卫星通信等

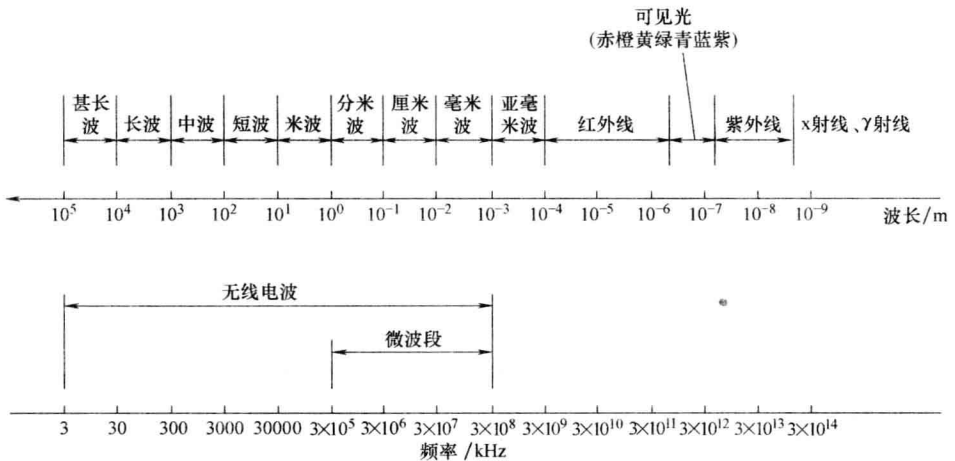


图 1-11 电磁波谱示意图

然而,在闭合振荡电路的电磁振荡过程中,闭合电路里的电场能几乎完全集中在电容器两块极板中间,而磁场能几乎完全集中在电感线圈内,辐射出去的能量极少,因此,这种闭合振荡电路几乎没有电磁波的发送能力。但如果把闭合振荡电路改成感应耦合式开放振荡电路,它的辐射能力就会大大加强,如图 1-12 所示。其中开放电路在空

中的一部分导线 A 叫做天线, 与地连通的导线 B 叫做地线, 电磁波就是通过天线和地线组成的开放电路发送出去的。这种发送方法就叫做感应耦合。如果适当调整图 1-12 中 C 、 L_2 的参数值及振荡电流, 使电场与磁场的交变频率处于电磁波谱中的微波段范围内, 由 L_1 感应耦合形成的电磁波就是微波, 并经天线 A 发送出去。

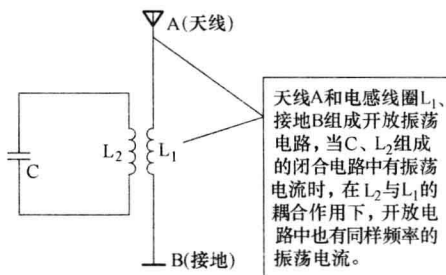


图 1-12 感应耦合式开放振荡电路示意图

2. 微波的传输特性及应用

在电磁学中, 电磁波是在特定的媒质中

电场和磁场随时间不断扰动的无线电波, 它在自然界中无处不在, 无时不有, 它在人类的活动中应用十分广泛, 但总体上分为两个方面: 一个是作为信息载体进行应用, 如通信、导航、电视、遥感等; 另一个是作为能量载体进行应用, 如微波加热、食品加工、医学疗伤等。其中, 微波的应用最为活跃、广泛, 也最为成熟。下面主要介绍微波的传输特性及应用。

(1) 微波的传输特点

微波是处于电磁波谱中高频段的一种横波, 其频率范围是 $300\text{MHz} \sim 300\text{GHz}$, 对应的波长为 $1\text{m} \sim 1\text{mm}$, 如图 1-11 中的微波段所示。但它与其他波段上的电磁波有一些不同的传输特性:

1) 具有光的特性。在微波的传输过程中, 当波长和物体的尺寸有相同量级时, 微波的特点会与声波相近, 产生反射和绕射。但当波长远小于物体的尺寸时, 微波的传输特性又会与几何光的特性相似, 其传播路径近于直线, 因而微波具有光的特性。利用微波的似光特性, 在微波段就能制成具有高方向性的系统, 如抛物面反射器等。

2) 具有高频特性。在无线电波中, 微波频率较其他无线电波的频率较高, 如图 1-11 所示。同时还可以看出, 微波的相应频带较宽, 携带的信息容量也较大, 因而使微波通信得到了广泛应用。但随着频率升高, 物质对微波的影响会增大, 甚至会被雨水吸收, 引起衰减, 使通信不畅或中断。

3) 具有电离层穿透特性。在自然界中, 由于大气中各种粒子对不同波长电磁辐射的吸收和反射, 只有某些波段范围内的天体辐射才能到达地面。因此, 按电磁波所属范围可分为光学窗口和射电窗口, 如 $1\text{mm} \sim 30\text{m}$ 的无线电波可用于观测天体。

4) 具有短周期的振荡特性。在无线电波中, 微波段与其他波段相比较, 微波的振荡周期很短, 低频段范围内所使用的元器件对于微波已不再适用。因此, 在微波应用领域, 就必须研制能够适用于微波的特殊器件, 如微波放大器、速调管、行波管、磁控管等。

5) 具有热效应。在实验中, 某些物质吸收微波后会产生热效应, 因此可以利用微波作为加热和烘干的手段进行食品加工, 其特点是加热速度快而均匀。

6) 具有穿透性。在实验中, 微波可以深入物质内部, 与分子和原子产生相互作用。因此, 利用微波的穿透特性, 可探测物质的内部结构。

总之，由于微波所具有的一些传输特性，在工农业生产及医疗、科学研究等方面，已被广泛应用，并已成为无线电电子学的一门重要的分支。

(2) 微波的应用

在人类社会，随着科学技术的不断发展，微波技术已在人们的工作、生活中得到了广泛应用，如无线电通信、雷达系统、微波炉等。

1) 微波在无线电通信技术中的应用。

在无线电波中，微波段中的 900MHz 和 1800MHz 被开发用于移动通信的频率，使移动通信已成为无线电通信产业的最大组成部分之一，因而形成了微波通信技术。微波通信与其他无线电波的通信最大的区别在于，微波能够穿透电离层而进入宇宙空间。因此，微波技术在地面微波接力通信和卫星通信的领域中有着很重要的应用。无线移动电话就是主要通过地面接力通信来实现的，而全球定位系统（GPS）则主要是由卫星通信来实现的。有关应用技术，由于远离本书的宗旨，故这里就不予多述。

2) 微波在雷达系统中的应用。

微波在雷达系统中的应用是微波最早应用技术之一，主要用于无线电搜索和测距。雷达系统是运用各种无线电定位方法，探测、识别各种目标，及测定目标坐标和其他信息的装置。但有关这方面应用技术，由于远离本书宗旨，故这里也不予讲述。

3) 微波加热技术的应用。

在无线电波的微波段中，由于微波具有热效应，故被人们采用金属波导与谐振腔等技术运用到食品加工领域。微波炉就是最为典型的应用微波加热技术的产品之一。微波加热技术主要是利用空心金属管来传输高功率电磁场的能量。空心金属管作为金属波导可以传输厘米波段至毫米波段的电磁波，即微波。但如何产生高功率的微波，又如何对食品进行加热，则是微波炉的核心技术，也是本书所涉及的核心内容。有关内容将在后面的章节中逐渐引出，并将进行详细的分析介绍，这里暂不多述。

二、微波及微波分类

1. 微波的频段范围

微波是无线电波中的高频部分，其频率范围为 300MHz ~ 300GHz，在电磁波谱中对应于分米波和厘米波、毫米波段，如图 1-11 所示。其中，分米波段的波长为 $10^0 \sim 10^{-1}\text{m}$ ，即 1dm ~ 1m；厘米波段的波长为 $10^{-2} \sim 10^{-1}\text{m}$ ，即 1 ~ 10cm；毫米波段的波长为 $10^{-3} \sim 10^{-2}\text{m}$ ，即 1mm ~ 1cm。因此，微波的频段范围是在分米波至毫米波之间，其对应的波长为 1mm ~ 1m。

在微波的频段范围内，仍有十分丰富的波谱，可开发用于不同的通信等业务中。但这必须由国际无线电管理组织统筹分配。

2. 微波分类及应用

在无线电波的微波波段中，通常是划分为 300MHz、3GHz、30GHz 和 300GHz 4 个波段。但在国际上又有更详细的划分，把微波分类为具有不同用途的许多波段：

1) UHF 波段，频率范围在 0.3 ~ 1.12GHz，波长为 0.3 ~ 1.0m，属于分米波，其中 900MHz 频段用于移动通信。

2) L 波段，频率范围在 1.12 ~ 1.7GHz，波长为 0.3 ~ 0.35m，属于分米波，用于电