

高等学校教材

微波五讲

**Five Discussions
of Microwave**

梁昌洪 著

高等教育出版社

高等学校教材

014057318

TN015-43
27

WEIBO WU JIANG

微波五讲

Five Discussions of Microwave

梁昌洪 著



北航

C1742815

高等教育出版社·北京

TN015-43
27

内容简介

本书概括了波、空间波、导引波、天线与电波、波网络等 5 个部分,用统一观点、统一思想和统一方法对微波概念、理论和应用等从新的视角作了系统的阐述。

本书可作为高等学校电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等相关专业的本科生和研究生的教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

微波五讲 / 梁昌洪著. — 北京: 高等教育出版社,
2014. 8
ISBN 978-7-04-040173-8

I. ①微… II. ①梁… III. ①微波技术—高等学校—
教材 IV. ①TN015

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第136810号

策划编辑 吴陈滨
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 杨 希
责任校对 刘丽娟

封面设计 张申申
责任印制 张泽业

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 中国农业出版社印刷厂
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 18.5
字 数 460 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2014 年 8 月第 1 版
印 次 2014 年 8 月第 1 次印刷
定 价 52.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 40173-00

作者简介



梁昌洪 1943年12月生于上海,中共党员。1965年毕业于西安军事电信工程学院物理系。1967年7月研究生肄业后留校任教。1980年至1982年在美国纽约州 Syracuse 大学做访问学者。1992年至2002年,任西安电子科技大学校长。现为教授、博士生导师,IEEE 高级会员。长期从事微波领域的前沿科学研究,取得了丰硕成果,特别是在计算微波、非线性电磁学和微波网络理论方面尤为突出,先后获得省部级科技奖、教学奖十余项,已出版专(译)著15部。治学严谨,为人师表,即使在担任校长期间仍一直坚持为本科生上基础课,并结合自己的科研成果和方法进行讲授,讲课生动,深入浅出,深受好评,因此于2003年获首届高等学校“教学名师”奖。他讲授的“微波技术基础”课于2003年被评为首届“国家精品课程”。

序

梁昌洪教授是著名的微波专家、教育家,长期在教学、科研、行政管理的第一线辛勤耕耘,成绩斐然。他从领导岗位上退下来之后,仍然笔耕不辍,在总结自己多年研究心得的基础上,写出了许多极有影响力的著作,广受好评。现在呈现在读者面前的“微波五讲”,是梁教授刚完成的新作。我有幸在该书付梓前得到了全部稿件,享尽先睹为快的乐趣。

正如书名所示,本书选择了波、空间波、导引波、天线与电波、波网络等5个专题详加论述。看来,作者并不刻意追求全面覆盖有关的理论体系或工程应用,但求写出风格、写出特色。本书所具有的以下特点,说明作者是很成功的。

(1) 搜集了微波理论和应用中的一些最基本的概念,加以总结和提高,把一般书籍中分散、孤立的材料集中起来,娓娓道来,揭示它们相互间的联系或关联,使读者能收融会贯通之效;在许多场合,更佐以图表,便于读者查找和应用。

(2) 正因为作者站得高、概括能力强,读者很容易在他的引导下独立地进入新的研究领域。通过研读书,读者的专业基础可以打得很扎实,完全有可能在日后根据需要着手从事有关的前沿研究,例如,当今的热门话题等离子体激元、人工电磁介质等。

(3) 书中介绍和处理了许多独特的问题,在一般微波书籍中并不多见,是十分难能可贵的。例如,U形拐角的分析,极化转换网络,电磁波传播 C 矩阵用于研究分层媒质等等。

(4) 书中对于许多数学问题都有详细的推证和演算,还配有不少附录。这种写作风格的最大优点是,读者可以从有时十分繁琐的数学运算的束缚中解脱出来,集中注意力领会有关的物理内涵、思索可能的工程应用。

现在摆在我面前的是全书的手写稿。见字如见人。娟秀、清丽脱俗的文字书写,无懈可击的、清楚的数学公式,读来简直是一种享受。读者虽然无法得到这种享受,但是,我愿意和大家分享这种强烈的感受:书的作者是一位多么严肃、严谨、一丝不苟的学者。全书语言生动,常常可见深含哲学意味的论述或提问,具有很强的启发性和可读性,这又从另一角度展示了作者的魅力。

II 序

这些也都是值得读者好好学习的。

我深信,本书的出版一定会大大推动我国微波理论和技术的教学与研究工作。

吴培亨

南京大学教授、中国科学院院士

2014年2月

前言

为什么要写这本书？这是每位读者打开书时产生的首要问题。

从另一侧面来观察，也可以说是这本书有什么主要特色？

这里我们采用三个统一来作最简要的概括：

1. 统一观点——波的观点，微波的观点。以最本质的视角研究物质，要么是粒子性，要么是波动性。本书的核心主题是波，因此振幅、频率和相位就成了要重点考察的内容；进一步，我们研究的是微波，其波长 λ 与人类身长及人们周围物体的尺寸可相比拟，其重要性不言而喻。

2. 统一思想——波传播的入射、反射和透射的思想；波与物质的相互作用思想；波阻抗的思想。

目前，我们在不同领域研究的空间波、导引波或天线电波，究到根里都是波传播，都是入射、反射和透射。抓住这一统一思想，提纲挈领，核心问题一下拎了出来——它们都反映波与物质的相互作用。

波传播与物质相互作用思想的最先进点表现在：经过深入研究我们发现，不论是何种波都可以分解为有独立反射参数的**本征波**(Eigen Value Waves)。也就是可以引出独立的**完备正交波体系**。体系根据情况可以是连续的，或者是离散的，它们均满足波动方程

$$\nabla^2 E + k^2 E = 0$$

式中

$$k = \omega \sqrt{\mu\epsilon} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

称为波数，其中每个波具有独立反射的本征波，对应的反射系数

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

Z 和 Z_0 分别表示传播阻抗和对应本征波的**特性阻抗**。非常清楚：波的阻抗概念可以定量给出统一的波入射、反射和折射。

3. 统一方法——波网络的方法，统一成为 TEM 波网络，TE 波网络和 TM 波网络。

网络——用最简单的语言来概括,即有限端口的“黑箱”理论。也就是说,把注意力集中于端口的输入和输出,而内部机理则不放在主要地位。

我们研究的网络是**线性的**,端口**离散的**和**耦合的**。这里需要进一步强调的是:耦合反映端口之间的相互作用,正因为上面归纳的三个特点,说明用矩阵工具来研究网络最为贴切。

三个统一十分适合两部分读者阅读本书,并有很大的收获。一部分是初学者,他们通过本书可以用最短时间找到关键,并学会应用;另一部分是研究生,通过学习获得前所未有的收获和体会。

书的立点新意和书的撰写难度成正比,加之作者能力所限,书中难免有不妥和欠缺之处,望读者不吝指出,以便有机会使本书的质量进一步提高。

作者在此由衷地感谢吴培亨老师(院士)的审查和帮助,并亲赐序。

梁昌洪

2014年2月

目 录

第 1 讲 波	1
1.1 发现电磁波	1
1.2 电磁波三要素	8
附录 1 电磁规律	14
第 2 讲 空间波	17
2.1 空间波的特征量	17
2.2 空间平面波	35
2.3 空间波反射和折射	58
2.4 从波到路	74
附录 2 时谐均匀平面波的等效网络	79
第 3 讲 导引波	83
3.1 从路再到波	83
3.2 传输	84
3.3 波导	97
3.4 TEM 模式传输线、同轴线、带线和微带	142
第 4 讲 天线与电波	158
4.1 双位 A, φ 法	158
4.2 基本振子天线	161
4.3 天线参数	165
4.4 对称振子	169
4.5 天线阵列	174
4.6 接收天线理论	180
4.7 面天线	185
4.8 电波概论	194
4.9 地波传播	196
4.10 天波传播	198
4.11 视距传播	203
4.12 散射传播	206

4.13 波导传播	208
附录3 线天线的有效长度	209
附录4 主要的电波波段的划分	210
第5讲 波网络	211
5.1 波网络	211
5.2 电压、电流传输网络	214
5.3 传输线段 A 网络	221
5.4 TE、TM 波网络	229
5.5 谐振波网络	231
5.6 S 散射波网络和 T 传输波网络	234
5.7 极化网络	243
5.8 多层传播的 C 波网络	246
5.9 S 波信号流图	255
5.10 复杂系统的波网络	266
参考文献	283

第 1 讲

波

本书的核心主题是波,微波。

本书要讨论的是微波的波科学和波技术。

粒子和波是世界事物中最重要的两种物质形态,也是到目前为止,最难说清的两种物理概念,尤其是微观粒子的所谓量子波粒两重性更是如此。必须指出,本书是站在工程应用的立场上看待波和波动性的,于是可以认为事物的波动性与周围环境紧密相连。

我们可采用电磁频谱图简要表示,如图 1.0-1 所示,大致可以把 $300\text{ MHz}(3 \times 10^8\text{ Hz}) \sim 3\,000\text{ GHz}(3 \times 10^{12}\text{ Hz})$ 这一频段称为微波。对应空气中波长为 $1\text{ m} \sim 0.1\text{ mm}$ 。



图 1.0-1 微波在电磁频谱中所处的地位

微波之所以应用普遍,其中一个重要的原因是它所对应的波长和人类身体及人们周围物体尺寸可相比拟。举例来说,人一般身高 1.7 m ,相当于微波最大波长 1 m 的 1.7 个波长;而普通的一根头发丝 0.07 mm ,则相当于微波最小波长 0.1 mm 的 0.7 个波长,也就是说微波与人的特征尺寸相关。在这个意义上,我们可以认为微波技术正适合处理波和人类之间的矛盾及相互作用。

1.1

发现电磁波

电磁波是一种客观存在的物质形态。

但是,电磁波很晚才被人类认识并发现,至今不到 200 年,这一看来十分奇怪的短暂历史,却

又是千真万确的事实。

特别需要指出,电磁波一旦被人们发现,它所爆发出的巨大威力是此前根本无法想象的。人类首先在电磁波内加入了自己需要的信息——电报发明出来了。刚刚过去的 20 世纪,人类获得了控制电子的能力,于是发明出半导体,直至芯片,由此电视、电话、计算机乃至无线技术,一个谁都没有办法估计的信息时代正如海啸,波涛汹涌扑面而来。

探索这一事件的源头十分明确——即当时是如何发现电磁波的。

人类在地球生活并产生文化的数千年中,电与磁始终像两条平行线相互独立地与我们打着各种交道。回顾起来,磁比电认识的历史要早得多。中国古代的指南车如图 1.1-1 所示,显然,它与巨大的地球磁场密切相关。

在西方,关于磁的研究则首推英国医生 Gilbert(吉尔伯特),正是他的工作使整个磁学由经验逐步转变为科学,其代表作是 1600 年出版的《论磁》,这本著作通过以详尽的实验来检验复杂的理论而著称。

作为另一条平行线——电,尽管人类较早已发现梳理过头发之后的梳子能够吸引小纸片,又从自然界的电闪雷鸣中体会到电的巨大威力,见图 1.1-2。但是真正作为里程碑式的研究成果无疑应推 Franklin(富兰克林)。他首次归纳出:

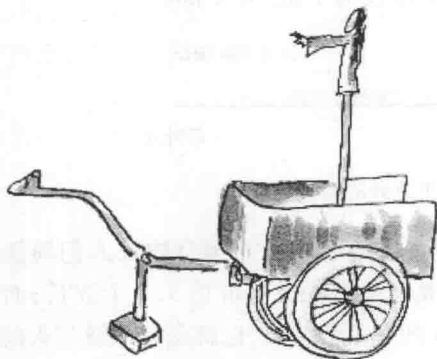


图 1.1-1 指南车

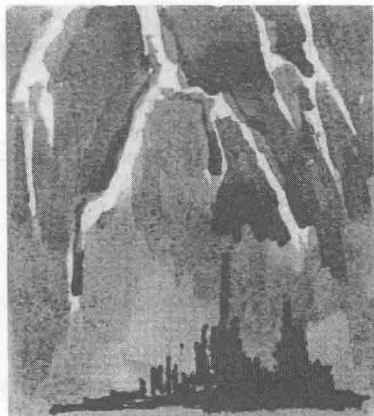


图 1.1-2 自然界电闪雷鸣

① 电荷可分为正电荷与负电荷;

② 摩擦起电过程中,形成等量的异种电荷,且一方失去的电荷必定等于另一方得到的电荷;

③ 电荷守恒,也即电荷既不能创生,也不会消灭,而只能从一个带电体转移到另一个带电体,且总量保持不变。

最令人钦佩的是,Franklin 于 1752 年,在雷雨交加的美国费城,冒险地用放风筝实验来证明天电(雷电)与地电(莱顿瓶)的统一性,并由此构造了避雷针的最初设想。完全可以说,正如 Gilbert 是磁学的先驱,Franklin 则是当之无愧的电学勇士。

1800 年之后,由于各种因素的综合加快促成了电和磁的两个“独立”领域的相互交会。

第一件大事是丹麦哥本哈根大学教授 Oersted(奥斯特)于 1820 年 7 月宣布了一条激动人心的消息:电流线周围,小磁针发生了环形偏转,见图 1.1-3。



Ørsted (奥斯特), 1777—1851

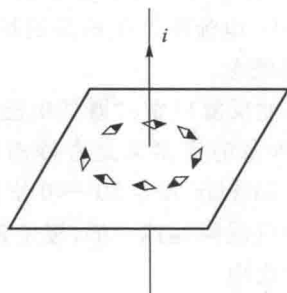


图 1.1-3 Ørsted 发现电流周围小磁针发生环形偏转

正因为实验结果颇为意外, Ørsted 本人特别谨慎小心, 从 1820 年 4 月到 7 月期间反复做了 60 多次实验, 其中包括用纸片隔在电流和小磁针之间, 企图阻断它们之间存在的“神秘的力”, 都未获成功。终于在 1820 年 7 月 21 日, 奥斯特发表了《关于磁针与电流“碰撞”的实验》之著名论文。

Ørsted 实验的最重要意义在于发现电可以产生磁, 由此彻底结束了电与磁分裂的局面。值得指出, 这一工作之所以出现在 1800 年之后, 还有一个不可忽视的原因是: 只有到达这一时段, 人们才掌握大功率电源技术, 能够产生足够大的电流, 以使其比地球磁场大得多, 由此也可看出生产力对于科学的刺激和影响。

接下来的第二件大事理所当然地属于 Faraday (法拉第)。出生于英国伦敦的他, 是一位贫困铁匠的儿子, 根本未受过正规教育, 他 12 岁卖报, 13 岁到书店学徒, 装订书报 8 年。但是他刻苦努力, 聪颖善思, 及至自学成才, 又由于当时化学大师戴维的提携, 终于成为世界级物理学实验大师。Faraday 在电磁舞台上的第一次“亮相”是从本质上改进 Ørsted 实验——采用铁粉取代磁针, 如图 1.1-4 所示。



Faraday (法拉第), 1791—1867

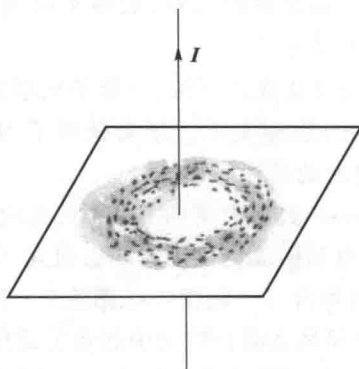


图 1.1-4 Faraday 采用铁粉取代小磁针, 从而发现电流周围存在磁场, 还引入了先进的力线概念

我们切莫小看这似乎毫不经意的“小改动”，它与 Faraday 关于电磁领域的深邃考虑密切相关，由于这一改进，20 世纪最重要的物理概念之一——场突现出来了，而 Oersted 则与此擦肩而过。在 Faraday 的头脑中，电流所产生的是磁场，它在电流周围空间四处弥漫。接着，Faraday 进一步提出了先进的力线概念。

Faraday 毫不停步，他反复思索：“既然电能产生磁，那么为什么磁不能产生电呢？”他的思想是深刻而简单的，而所涉及的实验又是奇妙而直接的，也即希望由磁铁构成的回路中产生出电流。1821—1831 年，即 Faraday 人生 30—40 岁最富创造力的 10 年期间，经历了无数的失败。突然有一次他把磁铁向空气线圈猛然一插，鬼使神差，竟然使电流表的指针发生偏转，从而发现了磁的时间变化可以产生出电。

后人把 Oersted(后经安培总结)和 Faraday 的工作归结为如下两个方程

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} \quad (\text{Ampère} \quad 1825) \quad (1.1-1)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (\text{Faraday} \quad 1831) \quad (1.1-2)$$

至此，电和磁终于实现了“第一次握手”——电可以产生磁，而磁又可以产生电(必须注意到在这个阶段，两者机理并不对称)。

第三件大事无疑是天才 Maxwell(麦克斯韦)的出现。虽然他与 Faraday 同生于英国，但却有良好的家庭背景，身为机械设计师的父亲对他着力培养，使 Maxwell 10 岁进中学，16 岁进大学，19 岁转入剑桥，23 岁毕业后不久便当上教授，见图 1.1-5。一个命运的巧合是 Maxwell 的出生正好与 Faraday 实验处于同一年(1831 年)。

扎实的物理基础和对于事业的非凡热爱促使 Maxwell 有一个宏伟的心愿——要把 Faraday 的场概念和思想精确化、数学化。

1860 年，29 岁的 Maxwell 带着初步成果《论 Faraday 的力线》，拜见了年近古稀的 Faraday，后者对于 Maxwell 大加赞赏，Faraday 说：“我不认为自己的学说一定是真理，但你是真正理解它的人。”并进一步鼓励 Maxwell：“这是一篇出色的文章，但你不应该停留在用数学来解释我的观点，而应该突破它。”

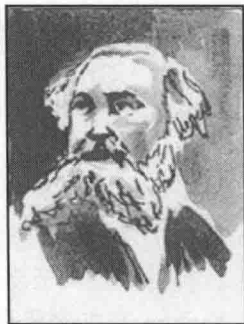


图 1.1-5 Maxwell
(麦克斯韦)1831—1879

另一方面，作为文化底蕴不深，一辈子从事实验科学的 Faraday 也不无担心地提出了“生怕数学掩盖了(电磁的)物理实质。”事实证明了 Maxwell 不仅没有“辜负”Faraday 的期望，而且真正把电磁推向了理论的高峰。

上面说的 Maxwell 真正理解的 Faraday，其内在含义极为深刻：

① Faraday 把电和磁放到全部空间去研究，并引入了场和力线概念，这就为数学表示提供了“施展本领”的广阔舞台——旋度 $\nabla \times$ 、散度 $\nabla \cdot$ 和梯度 ∇ 等空间变化函数的引入就成为必然。场看不见，摸不着，但却是在潜移默化中起着关键作用。

② Faraday 首次揭示出电磁领域中，电和磁构成一对矛盾，且有矛盾转化，也即电可以产生磁，磁又可以产生电。显然，它使电磁物理登上了新的高度。

③ Faraday 第一次否定了中心力，而取而代之的是电磁力的相互转化。众所周知，力学中万有引力属于典型的中心力，但电磁转化则是环形相套。

Maxwell 作为一位才华横溢的青年学者,他所做的不仅是真正理解和吸收 Faraday 思想的精华,而且取得了重大突破。Maxwell 说过:“从 Euclid(欧几里得)的直线到 Faraday 的力线,这是使科学得以向前推进的一些思想的特征。”Maxwell 首先发现了 Ambel 和 Faraday 的转化完全不对称,如图 1.1-6 所示。

简言之,Ambel 是源(J 电流)产生场,而 Faraday 则是场的时间变化 $\left(-\frac{\partial B}{\partial t}\right)$ 产生场。

很可能正是由于 Maxwell 细心而深刻的比较,使他发现电容(C)电路中的电流不连续性——具体地,外电路有电流而电容 C 中却没有电流,如图 1.1-7 所示。

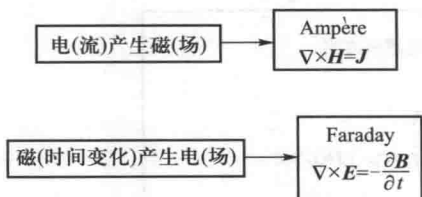


图 1.1-6 Ampère 和 Faraday 定律的内在不对称性

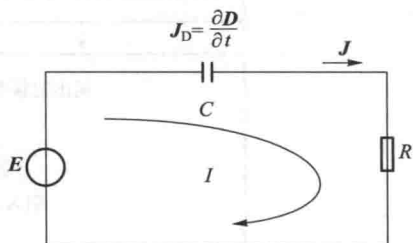


图 1.1-7 电容 C 与外电路的电流连续性问题

于是,Maxwell 由此提出崭新的位移电流设想,也即磁场的旋度除了对应传导电流密度外,还有 $J_D = \frac{\partial D}{\partial t}$ 可称之为位移电流密度,唯有这样,才能保证电流连续性定理

$$\nabla \cdot J_t = \nabla \cdot (J + J_D) = 0 \quad (1.1-3)$$

其中位移电流

$$J_D = \frac{\partial D}{\partial t} \quad (1.1-4)$$

而方程(1.1-3)等价于

$$\nabla \cdot J = -\nabla \cdot J_D = -\frac{\partial}{\partial t}(\nabla \cdot D) = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (1.1-5)$$

相应图 1.1-8 给出 J_D 出现的基本思路,这时导出的 Maxwell 方程

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (1.1-6)$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1.1-7)$$

它们真正构成了时间与空间的双向变化,前面所提及 Faraday 的全部担心完全成了多余,Maxwell 所导出的电磁规律——Maxwell 方程组不仅准确统一地表述了 Oersted, Ampère, Faraday 和高斯(Gauss)等提出的实验定律,而且有了全面的体系性升华和提高。

① 提出位移电流 J_D 之后所构成的 Maxwell 方程组清楚表明:由 E 可以转化为 H ,再由 H 可以转化为 E ;此外可以由时间变化 $\left(\frac{\partial}{\partial t}\right)$ 转化为空间变化 $(\nabla \times)$,再由空间变化 $(\nabla \times)$ 转化为时间变化 $\left(\frac{\partial}{\partial t}\right)$,见图 1.1-8。

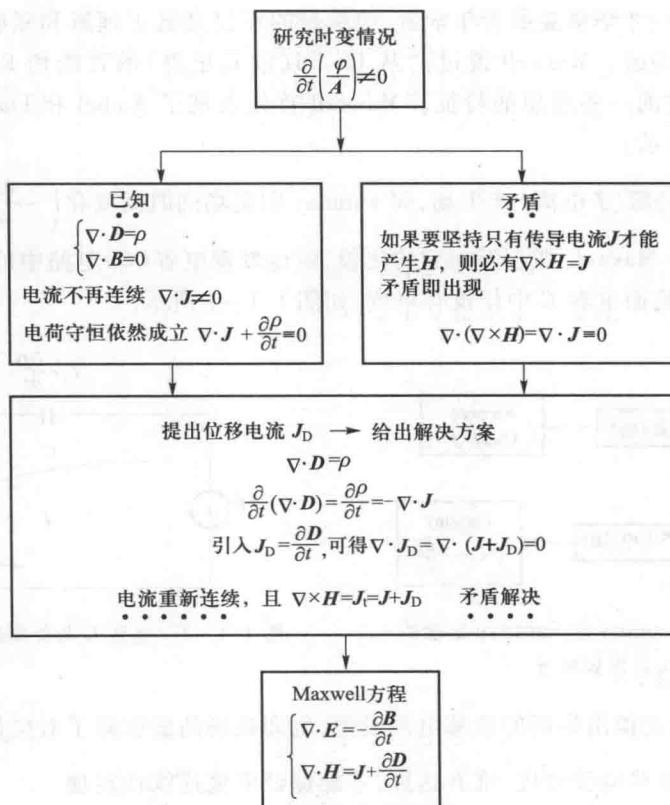


图 1.1-8 位移电流 $\mathbf{J}_D = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$ 引入的思想框图

正是上述电场和磁场之间的相互转化, 时间和空间之间的相互转化构成了产生电磁波的坚实基础, $\mathbf{E}$ 和 $\mathbf{H}$ 在空间和时间上环环相扣, 如图 1.1-9 所示。

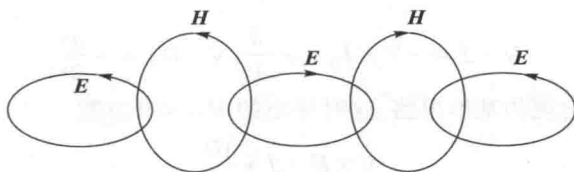


图 1.1-9 $\mathbf{E}$ 和 $\mathbf{H}$ 在空间和时间上环环相扣

② 在物理学发展史上, 电磁波的预言和发现是一件震惊世界的大事。根据 Maxwell 方程, 在假定无源 (也即 $\rho = 0, \mathbf{J} = 0$) 的条件下写出

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (1.1-8)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1.1-9)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0 \quad (1.1-10)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (1.1-11)$$

这时 Maxwell 充分发挥了他的数学特长,导出波动方程

$$\begin{cases} \nabla^2 \mathbf{E} - \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = 0 \\ \nabla^2 \mathbf{H} - \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} = 0 \end{cases} \quad (1.1-12)$$

$$\quad (1.1-13)$$

式中 ε_0 和 μ_0 可对应

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (1.1-14)$$

为真空光速。当一维情况下,可写出

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = 0 \\ \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} = 0 \end{cases} \quad (1.1-15)$$

$$\quad (1.1-16)$$

③ Maxwell 正式预言了电磁波,并具体指出电磁波的速度即光速——很自然地会产生光与电磁波的统一学说。通俗地说,光是人类用眼睛看得见的电磁波。

特别应指出,Maxwell 由无源条件导出波动方程从哲学上来考察有着十分重要的意义——它表明,电磁波可以脱离源而特立独行,波确实是一种真实存在的物质形态。

实践是检验真理的唯一标准。所以,第四件大事和德国青年物理学家 Hertz(赫兹)密切相关。这一点必须大提特提。

Hertz 从 Maxwell 的预言到电磁波证实显然起到了关键的作用。在 1886—1888 年(29—31 岁)Hertz 做了一系列实验产生电磁波,并证明了电磁波与光完全类似,有反射、折射、绕射和偏振(极化)等重要特性,见图 1.1-10。

从现代观点看来,Hertz 电磁波实验仅仅是简单的 LC 振荡电路和极近距离的电火花通信,见图 1.1-11 所示。这完全不足为奇。但是,当时却轰动了学术界:因为正是这一实验用事实证明了 Maxwell 的伟大预言——人们不仅预言了电磁波,而且最终还发现了电磁波。



图 1.1-10 Hertz(赫兹),1857—1894

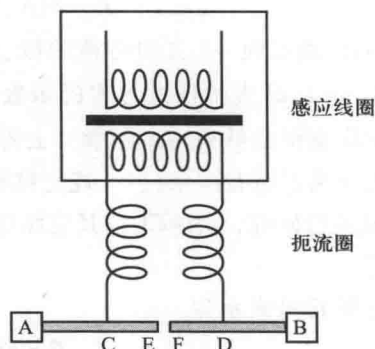


图 1.1-11 Hertz 产生电磁波实验的发射装置

波构成了整个电磁领域的一对主要矛盾,它包括电场 $\mathbf{E}$ 和磁场 $\mathbf{H}$ 相互转化的一对矛盾和空间变化($\nabla \times$)与时间变化($\frac{\partial}{\partial t}$)相互转化的一对矛盾,所有其它矛盾均处于从属地位,这一思想将