

无线电通信技术 与 信号处理

荆丽丽 黄睿 刘凌云 主编



中国纺织出版社

无线电通信技术 与信号处理

荆丽丽 黄睿 刘凌云 主编

 中国纺织出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无线电通信技术与信号处理 / 荆丽丽, 黄睿, 刘凌云

主编. — 北京: 中国纺织出版社, 2016.12

ISBN 978-7-5180-3208-2

I. ①无… II. ①荆… ②黄… ③刘… III. ①无线电通信②无线电
信号—信号处理 IV. ① TN92 ② TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 016574 号

策划编辑: 汤 浩

责任编辑: 汤 浩

责任设计: 林昕瑶

责任印刷: 储志伟

中国纺织出版社出版发行

地 址: 北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼

邮政编码: 100124

销售电话: 010 — 67004461 传真: 010 — 87155801

<http://www.c-textilep.com>

E — mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 <http://weibo.com/2119887771>

虎彩印艺股份有限公司印刷 各地新华书店经销

2017 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.75

字 数: 270 千字 定价: 65.00 元

凡购本书, 如有缺页, 倒页, 脱页, 由本社图书销售中心调换

简 介

近些年无线电通信技术领域引入了无线接入技术，是迅速发展起来的新技术领域，不需要传输媒介，部分接入网甚至入网的全部皆可直接采用无线传播手段代替，无论是在概念上还是技术含量上都产生了一个重大的飞跃，实现了降低成本、提高灵活性和扩展传输距离的目的。具备高度的机动性及可用性。无线电通信技术传输数字化、功能多样化、设备小型化、智能化及系统大容量化决定了其具备高度的机动性和可用性，尤其在军事构建地域通信网方面起到很大的作用。无线电通信技术虽然解决了架设传输线路、脱离传输距离限制、传输距离远、通信灵活等的难题，但其信号容易受到干扰、影响，还有容易被截获造成了该项技术的保密性极差。无线电通信技术的缺点几百年来都是让人头疼的问题，目前全球化经济愈演愈热，其信号的稳定性与安全性上升为经济领域里关注的焦点，因此无线电通信技术的通信方法拓新成为其发展的新话题。同时，无线电通信技术越来越激烈的竞争局面促使各无线电通信运营企业积极拓新技术涵盖面，提升自身的营业水平，为市场提供更加丰富的选择，满足用户各个方面、各个层次的需求。因此，在无线电通信技术通信方法应用开发的发展潜力无穷，这就要求我们积极加快无线领域的科技进步，为无线电通信技术创新出谋划策，为全球信息化及经济全球化的通信事业贡献力量。

目录

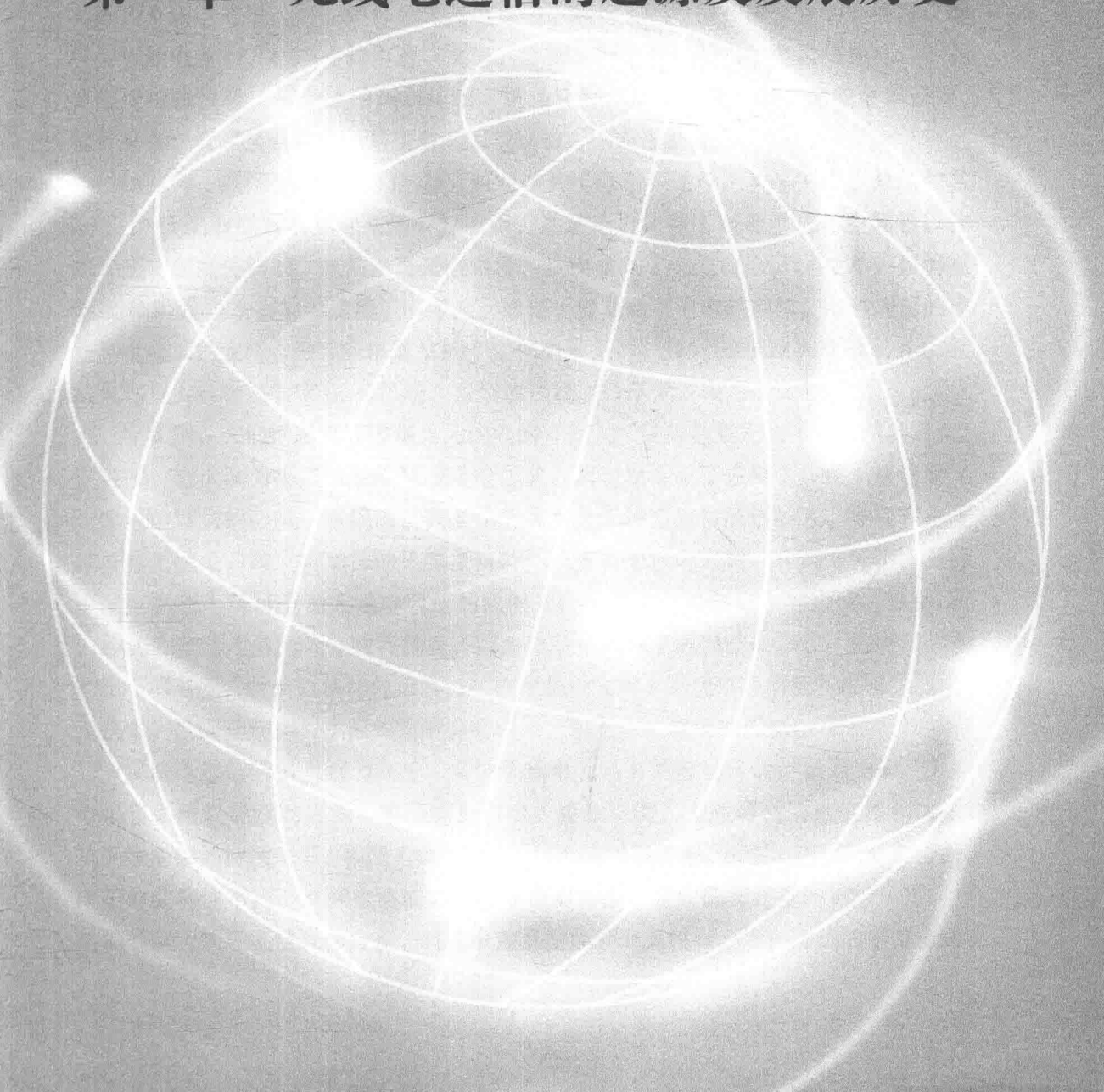
第一章 无线电通信的起源及发展历史	1
一、无线电通信技术的起源	3
二、无线电通信的发展史	4
三、无线电通信走进中国	15
第二章 无线电	19
一、无线电简述	21
二、长波通信	26
三、中波通信	28
四、短波通信	29
五、超短波通信	29
六、微波通信	31
第三章 卫星通信技术	39
一、卫星通信定义及简介	41
二、卫星通信的覆盖范围和多址连接方式	44
三、卫星通信系统的组成	45
四、卫星通信的方式及特点	46
五、我国通信的现状和发展	51

第四章 无线电通信	55
一、无线电通信简述	57
二、多址技术	65
三、无线接入技术	66
四、4G 通信技术	68
五、软件无线电技术	76
六、蓝牙技术	80
七、无线保真技术	90
八、红外数据组织	110
九、NFC 技术	112
十、ZigBee 技术	120
十一、UWB 技术	123
第五章 无线通信信号处理	135
一、信号处理简述	137
二、语音编码与压缩	140
三、图像编码压缩	141
四、光分路与合路滤波器组的设计	145
第六章 模拟信号和模拟信号处理	149
一、模拟信号	151
二、模拟信号处理	157
第七章 数字信号和数字信号处理	161
一、数字信号	163
二、数字信号处理	164
三、数字信号处理的发展与应用	165
第八章 无线电通信技术的民用	169
一、电报	171



二、无线电对讲机	172
三、无线电话	173
四、无线数字电视	174
第九章 信号处理的几种方法	177
一、傅里叶变换	179
二、短时傅里叶变换	182
三、双线性变换法	183
四、小波变换	184
五、希尔伯特黄变换	187
六、平稳信号和非平稳信号	188
第十章 总 结	189

第一章 无线电通信的起源及发展历史





一、无线电通信技术的起源

无线电通信是将需要传送的声音、文字、数据、图像等电信号调制在无线电波上，经空间和地面传至对方的通信方式，是利用无线电磁波在空间传输信息的通信方式。

利用“电”来传递消息的通信方式称为电通信，电通信一般可分为两大类：一类称为有线电通信，另一类称为无线电通信。利用无线电波传输信息的通信方式即称为无线电通信，它能传输声音、文字、数据和图像等。与有线电通信相比，不需要架设传输线路，不受通信距离限制，机动性好，建立迅速；但传输质量不稳定，信号易受干扰或易被截获，易受自然因素影响，保密性差。

1873年，英国物理学家 J.C. 麦克斯韦在其《电学和磁学论》一书中，总结和发展了 19 世纪前期对电磁现象的研究成果，从理论上证明了电磁过程在空间是以相当于光的速度传播的，光的本质是电磁波，从而建立了电磁理论。1887 年德国物理学家 H.R. 赫兹在实验中发现了电磁波，验证了麦克斯韦的电磁理论。电磁理论的建立和电磁波的发现，为无线电通信的产生创造了条件。1895 年俄国物理学家 A.C. 波波夫和意大利物理学家 G. 马可尼，分别成功地进行了无线电通信试验。

在英国，人们把麦克斯韦奉为无线电的开创人，认为他最先指出电磁波的存在。在美国，有人认为德福雷斯特是无线电之父，因为他发明了三极管，而三极管是无线电通信器材的心脏。在俄国，只承认波波夫是无线电通信的创始人。在克罗地亚及所有了解尼古拉·特斯拉的人都承认特斯拉才是无线电之父。在西方科学家的眼中，意大利人马可尼是无线电通信的发明人，他因此获得诺贝尔物理奖。在德国，人们认为赫兹才是无线电的开创者，因为他最早证明了电磁波的存在。电磁波的振动频率的单位，就是以他的姓命名的。到底是谁发明了无线电通信呢？可以这么说，无线电的发明是众多科学家共同研究的成果，也是历史发展的产物。

无线电通信的最大魅力在于，借助无线电波具有的波动传递信息的功能，人们可以省去敷设导线的麻烦，实现更加自由、更加快捷、无障碍的信息交流和沟通。从无线电波的特性来看，如同光波一样，无线电波可以反射、折射、绕射和散射传播。由于电波特性不同，有些电波能够在地球表面传播，有些能够在空间直线传播，有些能够从大气层上空反射传播，有些电波甚至能穿透大气层，飞向遥远的宇宙空间。

无线电通信所用的频率(波长),分为 12 个频段(波段),根据频率和波长的差异,无线电通信大致可分为长波通信、中波通信、短波通信、超短波通信和微波通信。

长波通信(3kHz ~ 30kHz)。长波主要沿地球表面进行传播(又称地波),也可在地面与电离层之间形成的波导中传播,传播距离可达几千公里甚至上万公里。长波能穿透海水和土壤,因此多用于海上、水下、地下的通信与导航业务。

中波通信(30kHz ~ 3MHz)。中波在白天主要依靠地面传播,夜间可由电离层反射传播。中波通信主要用于广播和导航业务。

短波通信(3MHz ~ 30MHz)。短波主要靠电离层发射的天波传播,可经电离层一次或几次反射,传播距离可达几千公里甚至上万公里。短波通信适用于应急、抗灾通信和远距离越洋通信。

超短波通信(30MHz ~ 300MHz)。超短波对电离层的穿透力强,主要以直线视距方式传播,比短波天波传播方式稳定性高,受季节和昼夜变化的影响小。由于频带较宽,超短波通信被广泛应用于传送电视、调频广播、雷达、导航、移动通信等业务。

微波通信(300MHz ~ 300GHz)。微波主要是以直线视距传播,但受地形、地物以及雨雪雾影响大。其传播性能稳定,传输带宽更宽,地面传播距离一般在几十公里。能穿透电离层,对空传播可达数万公里。微波通信主要用于干线或支线无线通信、移动通信和卫星通信。

经过百余年的不断发展,各种新的无线电业务不断涌现,无线电业务的种类日益增多。依据国际电联《无线电规则》,《中华人民共和国频率划分规定》共定义了 43 项无线电业务。

二、无线电通信的发展史

也许在西方还没有创造出上帝这个人物的时候,勤劳聪慧的中国人便已经开始享受上苍所赐予的万物世界了。公元前 246 年,人类历史上最为雄伟壮观的建筑——长城,出现在古代的中国版图上。而作为信息传递的代表建筑——烽火台,第一次将人类带上了无线通信的发展道路,借以光和狼烟的形式,传递给不断寻求文明进步的人们。今天,烽火台已经失去了快速传递战报的作用,而成为了古代文明发展的里程碑和见证者。

天然磁石的发现,也成为了那个时代同样具有深刻影响力的闪光点。据战国末



期成书的《管子》和《吕氏春秋》记载，我们的祖先在公元前两百多年就发现了具有吸引铁器这种神奇特性的石头，并把它进行加工，制成了可以指明方向的奇异勺子——司南。这也是历史上有记载以来，人类第一次接触磁这种看不见摸不着却又十分神奇管用的事物。后来，司南被我们的古代使节带到了欧洲，启发了欧洲人用它来指引航海。我们甚至可以认为，无线通信和天然磁的鼻祖，就是我们勤劳智慧的中国人。

历史不会总是眷顾先来者，生活在欧洲大陆上的人们在司南的基础上，对磁石开始了更为深入的探索，从而超越了中国人将其停留在指南针的认识上。后来居上这个词也许就是这么创造出来的吧。当 16 世纪末的中国人正忙于参战，保卫被日本侵略的朝鲜王国时，欧洲人已经拿起了科学的武器，开始了一场史无前例的新征程。

16 世纪末，一位拿着手术刀的英国医生吉尔伯特（威廉·吉尔伯特，William Gilbert, 1540 ~ 1605），对物理学产生了浓厚的兴趣，并一发不可收拾地对磁石和静电开始了研究。他把所有的空闲时间都泡在了实验室里，不断拿着各种颜色的石头以及铁片贴来贴去，观察出了很多有意思的现象。最令他兴奋的是，经过相互摩擦的红色玛瑙，竟然可以将小小的纸片吸引起来，让纸片暂时摆脱了地球的吸引，而避免了苹果砸中牛顿脑袋的悲惨命运。这简直太奇妙了！

他将这些现象写成了名著《论磁》，并于 1600 年在伦敦出版。在他看来，电就是人为摩擦物质产生的静电吸引，而磁则是上帝赐予的灵物，是自然物质的天然吸引。因而他断言，电与磁是两种截然不同的现象，没有什么一致性。

他的这一论断影响了当时的很多科学家，一直到 18 世纪末期，才有所改观。在这些受他影响的科学家中，不得不提到的就是电磁学的奠基人，法国人库仑。

1777 年，还是工程师的库仑（夏尔·奥古斯丁·德·库仑，1736 ~ 1806）先生应法国科学院的悬赏，提出了在细小绳索上悬挂磁针进行指南的方法，以解决航海家们在海上航行时航海指南针指向不准的问题。库仑先生的大脑进行了快速的运转，一个闪念划过眼前。他把一根细如发丝的线一端系在了天花板梁上，另一端则是小磁针。他又拿来了另一个小磁棒，以及可以摩擦出静电的小电棒，在悬挂的小磁针面前轻轻地摆动。这一摆，就摆出了扭秤，也摆出了测量静电力与磁力的实验验证方法。浪漫的库仑难以抑制内心的激动，把发现静电力和磁力之间关系的伟大发现写在了纸上，并在 1785 年推导出了以他本人名字命名的著名电磁学定量定律——库仑定律。

库仑定律的发现在电磁学的发展历史上具有里程碑一般的作用，它把人们一直以来当作“魔力棒”的磁石以定量计算的眼光重新进行了衡量，将电磁学的研究从

定性上升到了定量的科学层次上。

这一定律的发现，仍然没有推翻前人的推断。库仑曾经说，电与磁是两种完全不同的实体，它们不可能相互作用或转化。但是这一推却将电和磁这两种“完全不同”的事物通过力学建立了并不紧密的联系。

在吉尔伯特先生到工程师库仑启动电磁学基础研究的这一百七十多年中，中国已经完成了从明朝到清朝的更迭。明朝末期西方传教士的歪打正着，激发了中国知识分子对于科学的极大关注和学习。作为科学基础和潜在动力的中国哲学思想，在当时远远领先于其他国家，几乎领先超前了西方约两百年的时间，无论是唯物主义，还是唯心主义都是如此。中国的传统科学，已经开始经历自我革新的过程，展现出了前所未有的活力。而且由于遍及全国上下的知识分子对科学的热情高涨，对西方先进技术的极力引进，中国的科学正在呈现出扬长补短的振奋现状，大有超越西方科技水平的趋势。

在这一关键的化蛹为蝶阶段，明朝的中国却遇上满清这个尚处于野蛮的奴隶制阶段政权的侵略。科学文明进化的社会孕育过程被人为地终止了。这不能不说是我们这个民族的悲哀。而清朝不重视自然科学发展、不吸纳先进技术的做法，最终导致了清王朝的覆灭。中国失去了一次非常宝贵的机会，西方却在 18 世纪中后期出现了卢梭、伏尔泰、孟德斯鸠这三位伟大的启蒙思想家，促使着西方科学进一步超越自我，将古老的东方文明远远甩在了后方。

我们再回到科技活跃的西方世界。自库仑发现了那个定律以后，安培和毕奥等物理学家也认为电和磁不会有任何联系。这样的认识在 18 世纪的中期仍然是非常普遍的。然而，机会总是眷顾有准备的人。来自丹麦的奥斯特（汉斯·克里斯蒂安·奥斯特，Hans Christian Oersted, 1777 ~ 1851）先生借助了特殊的丘比特之箭，将电与磁这对秘密恋人的心射在了一起。

奥斯特是一位多才多能的科学家，物理学、化学和哲学都是他的最爱。也正因为如此，在他的脑海中，科学的研究总是因为哲学的启迪而更加深入和坚定。受康德哲学与谢林的自然哲学的深刻影响，他一直坚信自然力是可以相互转化的，并通过他的第六感没有放弃对电与磁关系的试验研究。

不知道那时他是否知道中国的谚语：“只要功夫深，铁杵磨成针”，但却取得了无线电发展过程中历史性突破的成功。奥斯特在实验室里究竟磨没磨铁杵也许已经无法考证，但是他却真的因为一根针而成就了自己，也成就了电与磁。

1820 年的 4 月，在一次科学讲座即将结束之际，奥斯特抱着试试看的心情作了一次电流磁效应的实验。他把一条非常细的铂导线放在一根用玻璃罩罩着的小磁针



上方，接通电源的瞬间，发现磁针跳动了一下。这一跳，使有心的奥斯特喜出望外，竟激动地在讲台上摔了一跤。他并不知道，那一刻他已经成为了一个科学的媒人，通过小磁针做成的丘比特箭将电与磁这对陌生男女紧密地联系在了一起。

但是在那次实验中，磁针偏转角度太小了，而且又很不规则，这一跳并没有引起听众注意。自那天以后，细心的奥斯特花了三个月，作做了许多次实验，发现磁针在电流周围都会偏转。在导线的上方和导线的下方，磁针偏转方向相反。在导体和磁针之间放置非磁性物质，如木头、玻璃、水、松香等，却不会影响磁针的偏转。1820年7月21日，奥斯特把这一系列的实验结果写成名为《论磁针的电流撞击实验》的论文，正式向学术界宣告他发现了电流磁效应。至此，电与磁的秘密关系通过实验的方法被揭示出来。

奥司特的研究，促使电磁的秘密被形象地揭示出来。他的科学成就，却没有触动东方的中国。论文发表后的第37天，中国的道光皇帝即位了。已经落寞的清朝在当年的国民生产总值居然还是整个欧洲的1.22倍，却仍然不能避免20年后被西方各国列强侵略的命运。好了，让我们去回顾点让人开心的事情，看看电磁学说的创立吧。下一位出场的是来自英国的法拉第（迈克尔·法拉第，Michael Faraday，1791 ~ 1867）先生。法拉第自幼家境贫寒，没有受过系统正规的教育，但却十分刻苦学习。特别是1810年2月到1812年4月，他在十六次自然哲学与科学讲座的熏陶下，燃起了进行科学研究的愿望。

1821年在读过奥斯特关于电流磁效应的论文后，法拉第被这一新兴的学科领域深深吸引，并在不久的实验中取得了一个重大的科学成果——发现通电流的导线能绕磁铁旋转。从此，他跻身著名电学家的行列。通过奥斯特实验，他认为电与磁是一对和谐的对称现象。既然电能生磁，他坚信磁亦能生电。经过10年探索，历经多次失败后，1831年8月26日奥斯特终于获得了成功。这次实验因为是用伏打电池在给一组像弹簧一样缠绕的金属线圈通电（或断电）的瞬间，在另一组线圈获得的感生电流，他称之为“伏打电感应”。同年10月17日，法拉第完成了当磁体与闭合线圈相对运动时在闭合线圈中激发电流的实验，他称之为“电磁感应”。经过大量实验后，他终于实现了“磁生电”的夙愿，宣告了电气时代的到来。

与此同时，法拉第的脑海中已经孕育着电磁波的存在以及光是一种电磁振动的杰出思想，尽管还带有一定的模糊性。为解释电磁感应现象，他对比电力线的画法，提出“磁感线”这一新概念，形象地对磁的作用方向进行了描述。同时他对当时盛行的超距作用说产生了强烈的怀疑：“一个物体可以穿过真空超距地作用于另一个物体，不要任何一种东西的中间参与，就把作用和力从一个物体传递到另一个物体，

这种说法对我来说，尤其荒谬。凡是在哲学方面有思考能力的人，绝不会陷入这种谬论之中”。

1833年，他总结了前人与自己的大量研究成果，证实当时所知摩擦电、伏打电、电磁感应电、温差电和动物电五种不同来源的电，其实是电家族的五个小兄弟。4年后的1837年，他又发现电介质对静电过程的影响，提出了以近距“邻接”作用为基础的静电感应理论。不久以后，他又进一步发现了抗磁性这一新现象。在这些研究工作的基础上，法拉第形成了“电和磁作用通过中间介质从一个物体传到另一个物体的思想。”于是，介质成了“场”的场所，而他也正式将“场”这一具有历史性的概念创立出来。

开创历史的不仅仅是法拉第，还有生他养他的那片土地。1840年，当电磁场的概念已经被人们接受的时候，西方各国也终于撬开了东方古国的大门，送进来的不是科学技术，却是火炮洋枪。他们送给了中国人另外一个“场”——战场。有人说，那时的中国注定了要被侵略，因为抛弃了科学的发展，自然要承载着愚昧所换来的巨大代价。还好，中国人终于开始明白了，依靠科学，才能让这个民族真正强大起来。而电磁学的发展，因为法拉第这位帅才而进入了新的历史高度。

正如阿尔伯特·爱因斯坦所说，引入“场”的概念，是法拉第的最富有独创性的思想，是艾萨克·牛顿以来最重要的发现。牛顿及其他学者的空间，被视作物体与电荷的容器；而法拉第的空间，是现象的容器，它参与了现象。所以我们说法拉第是电磁场学说的创始人。

法拉第如浩瀚宇宙般深邃的物理思想，强烈地吸引了同在英国的一位年轻人——来自英国苏格兰爱丁堡的麦克斯韦（詹姆斯·克拉克·麦克斯韦，James Clerk Maxwell, 1831 ~ 1879）。麦克斯韦认为，法拉第的电磁场理论比当时流行的超距作用电动力学更为合理，他抱着用严格的数学语言来描述法拉第理论的决心闯入了电磁学领域，并成为继法拉第之后集电磁学大成的伟大科学家。

麦克斯韦于1855年左右开始研究电磁学。在潜心研究了法拉第关于电磁学方面的新理论和思想之后，他坚信法拉第的新理论包含着真理。他在前人成就的基础上，对整个电磁现象作了系统、全面的研究，凭借他高深的数学造诣和丰富的想象力接连发表了电磁场理论的三篇论文：《论法拉第的力线》（On Faraday's Lines of Force, 1855年12月）；《论物理的力线》（On Physical Lines of Force, 1862年）；《电磁场的动力学理论》（A dynamical theory of the electromagnetic field, 1864年12月8日）。这三篇重要的论文对前人和他自己的工作进行了综合概括，将电磁场理论用简洁、对称、完美的数学形式表示出来，经后人整理和改写，成为经典电动力学的主要基础——



麦克斯韦方程组。

据此, 1865 年他预言了电磁波的存在。麦克斯韦经过理论推演, 认为电磁波只可能是横向传导波, 并计算了电磁波的传播速度等于光速。同时, 他的灵感促使自己得出一个重要结论: 光是电磁波的一种形式。这揭示了光现象和电磁现象之间的联系。麦克斯韦将这些理论的论证和推导结论整理成册, 于 1873 年出版了科学名著《电磁学通论》(Treatise on electricity and magnetism), 系统、全面、完美地阐述了电磁场理论。这一理论成为经典物理学的重要支柱之一。

这一名著后来被传到了德国, 深深打动了一位德国物理学家的内心。他就是赫兹(海因里希·鲁道夫·赫兹, Heinrich Rudolf Hertz, 1857 ~ 1894)。赫兹在柏林大学学习物理时, 受赫尔姆霍兹的鼓励研究麦克斯韦电磁理论。

当时德国物理界深信韦伯的电力与磁力可瞬时传送的理论, 因此赫兹就决定以实验来证实韦伯与麦克斯韦理论谁的正确。1888 年, 赫兹的实验成功了, 验证了电磁波的存在。而麦克斯韦理论也因此获得了无上的光彩。

赫兹在实验时曾指出, 电磁波可以被反射、折射与如同可见光、热波一样的被偏振。通过实验计算, 他发现电磁波的传播速度与光速相同, 从而全面验证了麦克斯韦的电磁理论的正确性。

1888 年 1 月, 赫兹将这些成果总结在《论动电效应的传播速度》(On the electric effect of the propagation velocity of moving) 一文中。赫兹实验公布后, 轰动了全世界的科学界。由法拉第开创, 麦克斯韦总结的电磁理论, 至此才取得决定性的胜利。而无线电波也因此被命名为赫兹波。

1888 年, 成为了近代科学史上的一座里程碑。赫兹的发现具有划时代的意义, 它不仅证实了麦克斯韦发现的真理, 更重要的是开创了无线电的新纪元。从中国人的眼界来看, 这一年也是非常具有历史意义的。

1889 年, 在一次著名的演说中, 赫兹明确地指出, 光是一种电磁现象。至此, 无线电这个概念也逐渐走入了科学研究的视野, 他的发现继而被应用于人类无线电事业的开拓。而这一次, 上帝将他的手抚摸到了三个国家——美国、意大利和俄国, 后来者居上再一次印证了中国古老的训言。

1893 年, 克罗地亚尼科拉·特斯拉在美国首次公开展示了无线电通信。而具有历史意义的无线电发射, 却是由俄国科学家波波夫和意大利的马可尼完成的。

1888 年, 赫兹的发现激发了俄国科学家波波夫(亚历山大·斯塔帕诺维奇·波波夫, 1859 ~ 1906) 的研究兴趣。1889 年, 他多次重复了赫兹的实验, 并提出“电磁波可以用来向远处发送信号”。1894 年, 波波夫改进了赫兹的实验装置, 利用撒

了金属粉末的检波器，通过架在高空的导线，记录了大气中的放电现象。这是世界上第一台无线电接收机。1895年5月7日，波波夫在俄国的物理学部年会上表演了他创造的这个“雷暴指示器”。

一年后即1896年3月24日，波波夫又在彼得堡大学两幢相距250米的大楼之间表演了无线电通信，他和助手进行了一次正式的无线电传递莫尔斯电码的表演。波波夫把接收机安放在物理学会会议大厅内，他的助手把发射机安装在森林学院内。时间一到，助手沉着地把信号发射出去，波波夫这边的接收机清晰地收到信号。此时俄罗斯物理学会分会长把接收到的字母一个个地写在黑板上。最后，黑板上出现一行字母：“海因里希·赫兹”。这是世界上的第一份无线，内容是纪念赫兹这位电磁波发现者。

下面我们介绍另一位伟大的人物——马可尼（古列尔莫·马可尼，1874 ~ 1937）。马可尼出生在意大利博洛尼亚市的一个中产阶级家庭。由于他的家庭十分富裕，因此他的父母专门请了家庭教师指导他学习。

马可尼对物理和电磁学有着极强的兴趣。1894年，也就是赫兹去世的那年，马可尼刚满20岁，他在电气杂志上读到了赫兹的实验和洛奇的报告。从小就喜欢摆弄线圈、电铃的他，便一头钻进了对电磁波的研究中。在他看来，既然赫兹能在几米外测出电磁波，那么只要有足够灵敏的电波检测装置——检波器，也一定能在更远的地方测出电磁波。经过多次的失败，他终于迈出了可喜的第一步。

他在家中的楼上安装了发射电波的装置，楼下放置了检波器，并让检波器与电铃相接。他在楼上一接通电源，电磁波便穿过了检波器，让楼下的电铃迅速响了起来。晚上，当他的父亲看到了这个新奇的装置，把以前憋在肚子里的火气和不满都抛到了九霄云外，再也不叫他“不切实际的空想家”了。自此，他的父亲开始给儿子经济资助，让他一心搞实验。

马可尼初次体会到胜利的喜悦后，信心增强了。他大量收集资料 and 文章，无论这些文章的作者是有名气的还是无名气的，只要对他有用、有所启发的文章，他都耐心阅读，仔细分析。他把各家的缺点分析清楚，把各人的长处集合起来，改进自己的宝贝机器。

第二年（1895年）夏天，马可尼又完成了一次非常成功的实验。到了秋天，实验又获得很大的进步。他把一只煤油桶展开，变成一块大铁板，作为发射的天线。把接收机的天线高挂在一棵大树上，用以增加接收信号的灵敏程度。他还发现金属碎屑可以通过一个装置牢牢抓住空中的无线电信号，因此还改进了洛奇的金属粉末检波器，使它更加卓越。马可尼在玻璃管中加入少量的银粉，与镍粉混合，再把玻