

从摩擦起电到 无线电电子学的诞生

赵保经 编著

中国农业机械出版社

内 容 提 要

本书有趣地描述了二千五百多年来电学发展的漫长历程；生动地阐明了无线电电子学诞生的时代背景及其兴起的必然性。主要内容包括：对雷电的探索；重要电磁定律的发现；电池和发电机的发明；电世界的建立；电磁波和电子的发现；无线电报的发明；电子管的出现；无线电电子学的兴起和电子工业的建立过程。把科学性、知识性、趣味性和文学性有机地结合在一起，是本书写作的特点。

本书通俗易懂，凡具有初中文化程度的读者都可阅读。

电子学小丛书 从摩擦起电到无线电电子学的诞生 赵保经 编著

*

中国农业机械出版社出版
北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号
机械工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
新华书店经售

*

787×1092 $1/32$ 开 4 $8/16$ 印张 93 千字
1983 年 12 月北京第一版·1983 年 12 月北京第一次印刷
印数：00,001—17,800 定价：0.44 元
统一书号：15216·196

序

这套“电子学小丛书”包括《从摩擦起电到无线电电子学的诞生》、《从电子管到超大规模集成电路》和《从有线通信发展到无线电通信》三本书。每本书的内容都有一定的独立性，读者可以根据自己的需要，顺序阅读或选读。

《从摩擦起电到无线电电子学的诞生》叙述了二千五百多年来电学所经历的漫长而缓慢的发展过程，以及近二百多年来电学所出现的大突破；阐明了无线电电子学诞生的时代背景和兴起的必然性。

《从电子管到超大规模集成电路》形象地介绍了约四分之三世纪以来作为电子设备的“心脏”——电子器件的五代演进过程，分析了电子器件是如何围绕“小型化”这条主线，从电子管、晶体管、中小规模集成电路，一直发展到大规模和超大规模集成电路的，并阐明由于电子器件的演进而导致的整个无线电电子学的大变革过程。

《从有线通信发展到无线电通信》首先概述了人类通信的古往今来——从古代的烽火台和驿站通信发展到现时的卫星通信和激光通信，然后着重阐明近代电通信发展的来龙去脉。

这套丛书饶有趣味地记载了电学和无线电电子学的发展历史；着重描述了人类对无线电电子学的艰苦探索过程。呈现在读者面前的，既有立志献身、不怕牺牲自己生命的科学家，也有锲而不舍、寻根究底的学者；不仅有思维缜密、才

华横溢的物理学家，而且还有擅长实验、精于观察的实验大师。在他们之中，固然有不少人受过良好的教育和接受过名师的指点，但也包括许多完全依靠自学成材的伟大科学家。他们虽然生活在不同的时代，但勤奋学习和艰苦工作是他们的共同特点。因为只有不畏艰险、顽强奋斗的人，才能拨动科学的琴弦和奏出优美的科学乐章。

作者并不以向读者平铺直叙地介绍有关无线电电子学的基本科学原理和发展历史为满足，而是力图描绘出科学推理的自然过程；不仅仅向读者介绍科学家已发明或创造了什么，更重要的是剖析了他们如何会有这些发明或创造，以使读者思路开阔，浮想联翩。本丛书不仅记叙了专业工作者和杰出科学家的功勋，同时也反映了广大业余无线电爱好者的劳绩。书中介绍的一个个成功者的事迹固然会给读者以鼓励和力量，但书中叙述的许多先驱者的失败或挫折，对我们后人来说，又何尝不是宝贵的借鉴呢！

现在作者愿和读者一起，进入本丛书所描述的无线电电子学的“实验室”，共享科学先辈们成功的幸福，也同尝他们失败的苦痛。

赵保经

1982年4月于上海

目 录

序 章 引言	1
第一章 电学在迷惘中徘徊	5
一、摩擦起电现象	5
二、正电和负电	6
三、泰利斯的错误——把电和磁当成一回事	7
四、史蒂芬·格雷纠正了吉伯的错误	8
五、电学在迷惘中徘徊，进展缓慢	8
第二章 “从苍天取得闪电”——富兰克林的探索	10
一、对雷神的怀疑	10
二、大胆的试验——将天电引到地面上来	11
三、对电学的多方面贡献	13
四、自学成才的杰出科学家	14
第三章 电磁现象新发现	16
一、库伦和伽伐尼的贡献	16
二、奥斯特的发现——电产生磁	17
三、欧姆定律	20
四、电学将要走上实际应用的道路	20
第四章 从摩擦起电到伏打电池的问世	22
一、摩擦起电机的改进	22
二、莱顿蓄电瓶的发明	23
三、伏打电池的问世	25
第五章 打开电力之门	28
一、必须转磁为电	28

二、不畏失败的人	29
三、震惊世界的成功——磁能够产生电	30
第六章 电世界的建立	33
一、进一步的探索	33
二、电磁感应定律的创立	34
三、电世界的建立	35
第七章 麦克斯韦的电磁场理论和预 见电磁波的存在	37
一、理论突破的年代	37
二、麦克斯韦的电磁场理论	39
三、深远的意义	43
第八章 光耀的实验——赫兹证实了电磁波的存在	47
一、历史正在焦急地等待着实验大师的出现	47
二、赫兹的雄心	48
三、前辈的功绩	49
四、两个难题	50
五、抓到了电磁波	51
六、来迟了的赞扬	54
七、进一步的工作	55
第九章 电子的发现	59
一、电子发现前，人们对电的认识	59
二、原子不可能再分了吗	60
三、预告了电子的存在	62
四、阴极射线之谜	64
五、电子的发现	66
六、揭开原子世界的帷幕	67
第十章 电子的性质和行为	71
一、电子小得惊人	71

二、最小的电量	72
三、电子处在不停的运动状态	74
四、自由电子在金属导体中游荡	77
五、电子的定向运动——电流	79
六、电子还能传递热量	84
第十一章 光和磁的起源	86
一、电子的跳跃产生了光	86
二、磁起源于电子的运动	91
第十二章 马可尼等人开创了电磁波的实际应用	96
一、早期的设想与尝试	96
二、顽强的实干家	97
三、扬起新的篷帆	99
四、新的进展	102
五、无线电波飞越重洋	104
六、人才辈出的时代	106
第十三章 电子管的问世	109
一、驯服电子	109
二、爱迪生的发现	110
三、佛莱铭发明真空二极管	112
四、真空三极管的发明	115
第十四章 无线电电子学的兴起	120
一、什么是无线电电子学	120
二、无线电电子学的诞生	121
三、无线电通信领域的开拓	122
四、电子工业的建立	123
五、无线电电子学的逐渐成熟	125
第十五章 最后的话	128

序章 引 言

1937年10月17日，正值英国伟大的科学家迈克尔·法拉第发现电磁感应定律一百周年纪念日之际，最负盛名的美国发明家托马斯·爱迪生静谧地离开了人世。当时有人建议美国全国停电数分钟，以表示对这位伟大发明家的崇敬和哀悼。

但是人们很快就意识到：用全国停电的办法来表达这样的敬意是不可能的。如果说在四十多年前，人们已发现电对当时的社会是如此的重要，以致全国停电数分钟也是绝对不能允许的事情，那么在今天，当电已无孔不入地渗透至人类社会和家庭的每一缝隙时，我们对停电又会产生怎么样的感觉呢？

当今我们生活在电气世界中。电不仅给人们带来了光明，供给人们以动力，而且通过电信将五大洲连结成为一个整体。自从电气文明的光芒逐渐射进人类的生产、生活的腹地和各个科技领域后，人类才得以创造出高度发展的近代文明。几千年来，人类所取得的文明的进展，也许还没有能超过最近一个半世纪由于应用电而获得的进展。

我们可以闭眼设想一下：如果全世界一旦切断了电力供应，那会变成啥样子？那时人类将面临一场特大的灾难：城市将是一片漆黑；大批工厂停工，生产瘫痪；大大小小的管理机构顿时失效，电信全部中断；所有机场，车站和码头全面瘫痪，飞机、轮船和火车全部停驶，交通堵塞；矿山封闭，

油田成为废墟，燃料停止供应……，顷刻之间全世界就会出现大混乱的局面。由此可知，电已经犹如空气和水一样，是现代人类的生命线。

在近代科学技术发展史上，一次又一次的技术大革命，犹如大海卷起的狂澜，一浪高过一浪。大约在二百年前，蒸汽动力的出现，标志着第一次技术大革命的开始。从此人们开始逐步摆脱往昔最繁重的体力劳动。蒸汽机开动的声音，成为人类向大自然挑战的进军序号。

从十九世纪下半期开始，一个规模更加广阔，意义更为深刻和反响更为巨大的技术大革命开始了，电气化成为第二次技术大革命的标志。这个大革命创造出一个大放光明和勃勃生机的电气世界，并且播下了下一次技术大革命的火种。发电机出现了，电动机转动了，电话机和收发报机遍布全球。电力的火花在世界的各个角落闪烁，人们迎来了电气文明的生产方式和生活方式。

此后，经过了不到半个世纪的时间，电力的火花触发了第三次技术大革命——电子革命的爆发，点燃了无线电电子学的耀眼而诱人的火焰。没有多久，从本世纪初开始，这股火焰逐渐演变成为熊熊的通天大火，照亮了全球。

电子革命的光芒所至，旧世界原始的技术栅栏纷纷消除。无线电电子学不仅映出一个变幻无穷，令人惊奇莫测的电子世界，而且以前各种古老的学科和传统的技术，都纷纷竞相与其结合，从而焕发出新的生命。与此同时，还出现了一大批名目繁多的新兴学科：

当无线电电子学的光芒射进古老的天文学园地时，一门崭新的学科——射电天文学诞生了，它使人们在宇宙空间的视野一下子伸张到一百亿光年的遥远深空。

无线电电子学与计算数学结合，人类智慧的结晶——瞬息万变的电子计算机问世了，并由此带动和促进了其他各个科学技术分支的迅速发展。

光学是最古老的学科之一。无线电电子学冲破了古老光学的范畴，电子光学出现了。电子显微镜使人们可以窥测到百万分之一毫米的细小物体。

就以与人们的健康和生命息息相关的医学来说，无线电电子学一旦渗入医学领域，传统的医学就发生了一场大变革，使亿万人身受其惠的医疗电子学诞生了。

早在两千五百多年前，我们的祖先就已开始探索电的秘密。从古代的摩擦起电，到上世纪电世界的创立和本世纪初无线电电子学的诞生，在迢迢的科学征途上，印证着人类征服自然，驾驭自然的劳迹。在漫漫的电学发展长河中，我们的祖辈不得不在黑暗中摸索，在迷惘中徘徊。他们每前进一步都要付出辛勤的劳动，每一项重大突破往往要经过好几代人前赴后继的努力。

古往今来，无数优秀的学者在电学和无线电电子学的园地上播下了进步的种子，然而在他们有限的生命期内，却往往未能亲眼看到自己播下的种子发芽成长和开花结果，但后继者在前辈工作的基础上，才得以见到电学和无线电电子学的曙光。他们的工作犹如齿轮一样，后一个齿轮的转动必须依靠前一个齿轮的带动。

在通往电学和无线电电子学高峰的坡途上，在不同时代都曾涌现出一批杰出人物。他们之中既有思维缜密的理论科学家，又有精于观察和长于实验的实验科学家，还包括那些古代的能工巧匠和近代的著名发明家。正是由于他们互相配合，彼此促进，并将工作一代又一代地继承下去和加以发扬，

才开创了今天光辉灿烂的电气时代和电子时代。

耐心的读者将从本书中获得你所需要的知识——人类是怎样发现和利用电的？无线电电子学又是如何兴起的？从电世界的创立到无线电电子学的诞生，历尽了多少沧桑和曲折啊！今天的电气和电子世界又是经过了多少人的大胆实践、小心求证、顽强探索和前赴后继的长期奋斗才创立的啊！在这本小册子中处处闪烁着杰出学者的智慧和人民群众的创造力，在这里，我们可以看到前辈们在通向电气和电子世界的坎坷征途上的足迹。

第一章 电学在迷惘中徘徊

现在连小孩子都知道电的重要性,但是在一百多年以前,世界上还没有一盏电灯,也没有一台发电机;没有一条架空电线,也没有一段电缆敷设在地下。那时即使最有远见的实业家,也不肯在有关电的事业上投资一分钱。

千百年来,人们一直在探索电的秘密。电是什么?它从哪儿来的?电的本质究竟是什么?这些问题时时引起人们的深思。

电学,它既古老,又很年轻。说它古老,因为早在两千多年前,人类已发现了电,并研究了电的现象。说它年轻,因为直到上一世纪末和本世纪初,人们才真正了解电的本质,并最终驯服了它,使电象一只柔顺的耕牛,百依百顺地听从人的使唤,为人们服务。

在电学园地上,不少具有先进思想的学者曾经辛勤地耕耘过,其中有些人曾播下了进步的种子,但是直到十八世纪中叶以前,更多的人还是沉缅在迷惘和迷信之中。

一、摩擦起电现象

在二千五百多年前,正当我国处于周朝时期,古希腊著名哲学家泰利斯在人类历史上第一次记载了摩擦起电现象。

当泰利斯在爱琴海的海滩上散步时,不知出于什么原因,一种透明的黄褐色石块深深地吸引了这位学者。经过仔细的观察,他发现了一件有趣的现象:使劲摩擦石块后,这种石

块竟能吸起麦杆的碎渣和羽毛的碎片或是他衣袍上扯下来的线丝。在希腊文中，这种石块叫做“Elektran”，也就是现在称作“琥珀”的石块。现今英文或其他许多国家文字中的“电”字拼音，就是从 Elektran 这个希腊字源引过来的。

我国在东汉初期（公元一世纪时），王充在《论衡》一书中也曾记载了琥珀吸引草屑的摩擦起电现象。

以后人们又陆续发现，不仅是琥珀经摩擦后能吸引轻小物体，而且其他许多种物体——象玻璃、火漆、硫磺和蜂蜡等，经过摩擦后，它们同样能象琥珀那样吸引轻小物体。人们把此现象称作“摩擦起电”现象。人们开始设想：既然许多物体经摩擦后都出现能吸引轻小物体的现象，是不是在这类物体中存在一种共同的东西呢？

二、正电和负电

此后又经过几代人相继的探索和不断的实验，人们发现使劲摩擦物体所产生的电（或者物体经摩擦后所带的电）有两种不同的类型。譬如用绸布摩擦玻璃棒和用毛皮摩擦火漆棒后，发现玻璃棒带的电与火漆棒带的电是不一样的，人们把玻璃棒带的电称为“正电”，而火漆棒带的电叫作“负电”。

如果使两个轻小的物体分别带上正电和负电，那么我们就可看到这两个物体将会相互吸引。如果使两个物体都带上正电，或者都带上负电，则可观察到这两个物体出现彼此排斥的现象。这就是著名的“异种电相吸引，同种电相排斥”的原理。

因此，当我们已知某一物体带有正电或者负电时，就可以根据与该物体相吸引还是相排斥的原理，来测知另一个物体是带正电还是带负电。

三、泰利斯的错误——把电和磁当成一回事

泰利斯以他哲学家的智慧和细心，早在二千五百多年前，就发现了琥珀的摩擦起电现象，但他却犯了一个很大的错误，这个错误在历史上竟延续了二千一百多年之久。

当泰利斯发现琥珀摩擦起电现象之后不久，他就仔细地观察和研究天然磁石（即天然铁矿石，古代希腊人把这种天然矿石叫做魔石）吸引小铁片的现象。可惜泰利斯把磁石吸住铁屑或小铁片的现象与琥珀吸引麦杆碎渣现象当作同一回事，并且他根据观察到的现象，说得头头是道，以致当时没有人怀疑他的这种说法是不正确的。

当权威者提出的见解是正确时，那么这种正确的见解将会象蒲公英毛茸茸的种籽，随风飘扬，非常迅速地传播开去，在四方大地上生根发芽。但是先哲或权威的错误见解或学说却会禁锢人们的思想，以致一般人把谬误当成千真万确的教条予以信奉，这在历史上是不罕见的。泰利斯把电和磁两者完全视作同一码事的错误见解，以君临一切和不容怀疑的姿态统治科学界达二千一百多年。

直到1600年，英国有一位名叫吉伯的物理学家大胆地指出了泰利斯的错误。吉伯写了一本名叫《论磁石》的书，在书中吉伯把物体经摩擦后产生的对其他物体的吸力或斥力称作电力，而把磁石对铁屑的吸力称作磁力。他明确指出电力和磁力是两码事，带电体和磁石对其他物体的吸引是不同的现象。此外，吉伯还把凡是能产生电的物体（即经摩擦后会出现吸引轻小物体现象的物体）统统称作“电体”，而把经摩擦后不能起电的物体叫做“非电体”。

四、史蒂芬·格雷纠正了吉伯的错误

吉伯在正确指出电力和磁力不是一回事的同时，他也犯了一个认识上的错误。吉伯试验了许多种物体，除了象琥珀、玻璃和火漆那样能摩擦起电的一类物体外，他发现另外一些物体，如大多数金属，它们不能象琥珀那样摩擦起电。因此吉伯称金属为“非电体”，而将琥珀等一类物体叫做“电体”。一百多年后，吉伯的这一错误才被史蒂芬·格雷所纠正。

1729年，史蒂芬·格雷用实验证明：正是吉伯称之为“非电体”的金属却是良好的导电体——电能从这些物体的一端迅速地传导至另一端，而吉伯所指的大多数“电体”，却是不能导电的物体（即现在我们称为“绝缘体”的物体）。

今天也许连一个初中学生都知道，吉伯所以没有能通过摩擦使金属带电，那是因为摩擦产生的电通过金属的良好传导作用而逃掉了，而琥珀、玻璃等一类物体因为是良好的绝缘体，摩擦产生的电可以长时期停留在这些物体上。

由这里我们可以领悟到，现时看来是多么简单和多么容易理解的问题，处在电学迷惘时期的人们，即使是著名的学者，却要化费那么长的时间才搞清楚。在电学探索的道路上，先驱者的步履是艰难的，因为他们没有可供借鉴的经验和知识，没有现成的可以判明真伪是非的实验仪器。因此先驱者所留下的脚印往往是十分肤浅的，但正是那依稀模糊的足迹启发和引导着后继者，告诉他们应朝那个方向前进，或启示他们如何避免陷入科学探索道路上的死胡同。

五、电学在迷惘中徘徊，进展缓慢

自从泰利斯发现摩擦起电现象后，二千一百多年过去了。

在这漫长的岁月中，电学的研究基本上仍停留在摩擦起电以及同种电相互排斥和异种电相互吸引的表面现象上。人们对电的认识仍是十分模糊的，电究竟是什么？它从哪儿来？连科学家也一无所知。

直到十八世纪四十年代以前，摩擦起电仍是人们获得电的唯一方法。那时有许多人曾经这样形象地提出问题：物体中是否有着一种看不见的无形的流体存在呢？是否当摩擦时，这种看不见的流体就悄悄地从这些物体中流了出来，从而吸附一些轻小的物体呢？此外，对于现在我们早已司空见惯的自然界的放电现象——天空中轰鸣的雷电，那时的人们却诚惶诚恐地将它看成是上界对世人罪孽的惩罚。

两千多年来，电学一直在迷惘中徘徊，进展缓慢。必须抹去电学的种种神秘色彩，才能使电学真正走上科学的轨道。为此，首先需要对电的现象进行系统而深入的科学探索。于是时代将一位印刷徒工出身的美国人本杰明·富兰克林推上了电学舞台。

第二章 “从苍天取得闪电”—— 富兰克林的探索

历史把人们带到了十八世纪，那是力学和天文学取得重大突破的年代。伽利略和牛顿等科学巨匠已奠定了经典力学基础。哥白尼的日心说——地球绕太阳旋转的学说，在被教会当作异端邪说禁锢了一阵子之后，开始为越来越多的人所接受。

新发现和新思想，既象一阵阵春风，吹进了人们的心坎；又如汹涌的海涛，一浪高过一浪地冲击着因袭势力和旧习惯构筑起来的思想栅栏。很多人开始对自己长期来曾深信不疑的现象提出了疑问。同样，一些研究电学的、具有进步思想的科学家开始对天空中频频出现的雷鸣和闪电打上了问号：难道说天空中真有雷公雷婆在向世人显示神威吗？

一、对雷神的怀疑

只上过二年学的印刷徒工出身的美国人富兰克林不仅是十八世纪北美洲有名的政治家，而且是著名的科学家。他对电学的贡献是不应该泯没的。

富兰克林是首先敢于对雷神竖起问号旗帜的先进人物之一。他仔细地观察和研究了地面上物体的放电现象——带电物体与其他物体相碰而放电时会迸发出火花和劈劈啪啪的响声。

天空中的闪光和雷鸣与地面上带电物体的放电现象是不是同一回事呢？这是萦回在富兰克林脑海里的一个疑团。在此之前，史蒂芬·格雷（即上章提到的纠正吉伯错误的人）也