

从有线通信 发展到无线电通信

赵保经 编著

中国农业机械出版社

内 容 提 要

本书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到现时的卫星通信和激光通信，然后着重阐明近代的电通信（从有线通信到无线电通信）发展的来龙去脉。全书主要内容包括：古代通信的方法方式；有线电报和有线电话的发明；无线电报和无线电话的发明；无线电广播的兴起；超短波和微波通信；数字通信、卫星通信和光通信的出现和发展等等。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的特点。

本书通俗易懂，凡具有初中文化程度的人都可阅读。

电子学小丛书

从有线通信发展到无线电通信

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 6 $^{5}/_{16}$ 印张 138 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：0.62 元

统一书号：15216·194

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一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、

粼粼的电波，
 无声无息地传播。
它跨越巍峨的山峰，
 穿过无际的太空。
它带来亲朋的佳音，
 也传来宇宙的信息。
如果你投身到它的怀抱，
 你也将会映出智慧的灵光。

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 and 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 通信的古往今来	1
一、信息和通信	1
二、最古老的通信方式——声音通信	4
三、光通信的今昔	5
四、古代的接力通信——驿站通信	7
五、女王的秘密通信“使者”	8
六、“电”进入通信领域	10
第一章 有线电报的发明	14
一、电学大突破的年代	14
二、科学的启发与画家的改行	16
三、失败与成功	18
四、宣传与呼吁	20
五、近代通信的序幕	23
第二章 从有线电报发展到有线电话	24
一、贝尔的奇思遐想	24
二、鼓励的力量	26
三、了不起的创造	28
四、巨大的反响	31
第三章 电磁波的发现与传播	33
一、水波和声波	34
二、什么是电磁波	37
三、电磁波是怎样传播的	40
四、电磁场是特殊的物质	43
第四章 无线电波的产生和发送	46
一、无线电波	46
二、电子的振动产生无线电波	48

VI

三、电磁振荡	51
四、无线电波的发送	57
第五章 从有线通信走向无线电通信	62
一、无线电通信设想的由来	62
二、赫兹的短见	64
三、马可尼的幻想	68
四、无线电报的诞生	69
五、“婴儿”成长了	73
六、无线电波一定会随着地球走	74
七、前进道路上的阻碍	78
八、究竟是谁发明了无线电	82
第六章 从长波通信发展到短波通信	89
一、沿地面传播的长波	89
二、惊人的发现	91
三、能被电离层反射的短波	93
四、业余无线电爱好者的功勋	97
五、短波无线电通信并非尽善尽美	98
第七章 从无线电报发展到无线电话	104
一、需要解决的难题	104
二、调制——把声音信号加到高频无线电波上去	107
三、解调——将声音信号从高频无线电波上取出来	111
四、深远的意义，重大的突破	114
第八章 一个无形的空中帝国的出现——无线电广	
播网的建立	116
一、人类历史上第一次无线电广播	116
二、费辛敦和德·福雷斯特的贡献	117
三、电台的选择——调谐	119
四、无线电广播普及推广过程中遇到的障碍	122
五、超外差接收原理	124
六、一个无形空中“帝国”的出现——无线电广播网的 建立	129

七、无形的空中“帝国”的威力	131
第九章 超短波和微波通信	133
一、为什么要提高无线电波的工作频率	133
二、超短波和微波的传播特性	135
三、中继通信	138
四、散射通信	140
第十章 多路通信和数字通信	145
一、多路通信的设想	145
二、多频道多路通信——频分制多路通信	146
三、时分制多路通信	149
四、数字通信	150
五、模拟信号数字化	152
六、数字通信的诱人光芒	154
第十一章 卫星通信	156
一、阿瑟·克拉克的“幻想”	156
二、克拉克的“幻想”吸引人们奔向卫星通信	157
三、同步通信卫星的出现	159
四、全球通信的新时代	162
五、卫星通信的发展	164
六、空中“间谍”的出现	166
七、卫星通信不是通信技术的尽头	169
第十二章 光通信在召唤	172
一、电通信的困难	172
二、新的设想——以光波代替无线电波传递信息	175
三、现代光通信的新涵义	177
四、激光为光通信创造了新生条件	179
五、新的困难	181
六、重新回到有线通信	182
七、光通信在召唤	185
第十三章 结束语	191

序章 通信的古往今来

“要有效地生活，就要有足够的信息。”

维纳^①

一、信息和通信

什么叫信息？所谓信息，严格地说，就是原先我们不知道的或者不能加以肯定的消息。信息包含着人们向外界所要表达的思想、感情、意图和所要传送的文字、图象、数据、情报、书信与动作情景等内容。什么叫通信？所谓通信，简单说来，就是传递和接收各种“信息”——传递和接收原先不知道或不十分肯定的消息。

人们为什么需要掌握信息和进行通信呢？那是人们为了适应外部世界（周围环境）复杂变化的情况，以便能更有效地工作和生活。因此，了解情况、收集资料、检索情报、浏览新闻、读书学习、收听广播、聆听讲演、观赏文艺等等都是接受信息的具体表现；而会亲访友、讨论问题、书信来往、联系工作、发布命令、传达决议等等则是交换和传递信息的常用办法。如果一个人不去有效地接受信息，那他就无法了解情况和作出正确判断，就不能适应外界的变化；如果人们不去积极地传递信息，那么人们的能动性就无法作用于外部世界，也就不可能去改造自然与改造社会。

美国数学家、近代控制论创始人维纳为我们留下了一句

① 维纳是美国著名数学家，近代控制论创始人。

至理名言：“要有效地生活，就要有足够的信息。”显然，为了掌握足够的信息，就必须有效地进行信息的接收、传递和交换，也就是进行通信。

古往今来，人们几乎每时每刻都在进行通信。当你告诉别人某件事情时，实际上你就在传递信息了，而对方则成为信息的接收者了。当你给住在远方的亲友写信时，同样你也在传递信息，而且是在进行远距离通信；甚至当你在众人之中对某一个人眨一下眼，向对方暗示你的意图时，你也是在与他进行保密通信。寄挂号信是为了提高通信的可靠性；投寄航空信则是为了快速地传递信息。电报和电话更是提高了通信的速度和效率。这些都是大家知道的常识。

其实在自然界中不只是我们人类在进行通信，许多动物也在本能地传递和接收信息。找到食物的蚂蚁会急匆匆地返回蚁巢，把喜讯传给群蚁，并引导后者出巢“赴宴”。许多动物是以气味作为相互传递信息的手段。雌蝴蝶和雌蟑螂在配偶期间定时放出一种具有特殊气味的物质，作为引诱雄蝴蝶和雄蟑螂的信息。椿象在遇到危险时它的腺体会分泌出一种称为“费洛蒙”的特种气味的物质，而且能根据它所面临危险的严重程度来决定“费洛蒙”的分泌量，以此警告它的同伴不要再跟着前进了。这里气味成为这些动物的特殊语言和信息。

更令人惊异的是蜜蜂能用某种形式的编码舞蹈进行内部通信联络。当侦察蜂在远处发现了一个芬芳的花蜜源时，它就飞回蜂房，跳一种动作十分准确的“8”字形舞蹈。通过这种舞蹈动作，向群蜂报告有关新的花蜜源的信息。“8”字的中轴线位置表示花蜜源所在方位与太阳的位置之间的关系，而“8”字舞步的速度则表示所发现的花蜜源的远近；

舞步快表明花蜜源离巢近；跳得慢则表明离巢很远。

信息的传递和交换方式（通信方式）最清楚地反映了人类社会的文明进展水平。在钻木取火、茹毛饮血的原始时代，人们所能掌握的信息是极为简单的，信息的来源也是十分有限的，语言和面对面对话是最主要的信息交换方式。随着人类社会生产力的发展和科学技术的进步，信息在人们生产和生活中所起的作用也逐渐突出了。每一个人从早到晚，无论你是在工作、学习或生活，每时每刻你都在接受信息，同时也在把信息传递给别人。即使你静坐不动，一个人冥思苦想，实际上你也是在对本已输入到你脑中的许多信息进行加工处理，以求作出对某一事物的处理意见。甚至当许多人夜里已进入梦乡时，白天接收到的信息还会在他脑海中翻滚哩！

在当今人们的社会生活瞬息万变、组织分工极为严密和生活高度社会化的时代，不接收信息，你就无法了解情况和作出判断，也就不能有效地生活和工作。发展到本世纪六十年代后期，在一些先进的工业国家中，根据统计资料，25%左右的国民生产总值是由“资料信息服务的生产、处理和流通”所组成的。到了七十年代初期，在这些国家中从事资料信息工作的人数已占总劳动力的一半左右。进入八十年代，人们则更是沉浸和生活在信息的海洋中。工农业生产、日常生活、科学研究、国防军事、社会劳动、国际交往、交通运输、工作学习等等越来越强烈地依赖于经过处理的大量信息，以至现今有人将信息、能源和材料说成是现代科学的三大支柱。

在漫漫的历史长河中，在探索通信技术和寻找新的通信手段方面，人们努力的主要目标始终集中在下述几个方面：

1. 不断地增大通信距离，扩大信息传递范围。

2. 提高通信的可靠性，使信息的传递和接收达到万无一失。

3. 快速及时地传递信息。

4. 在需要保密的场合下，使外人无法知道所传递的信息内容。

5. 提高通信效率，以最少的代价和最短的时间传递大量的信息。

在各个时代，人民和统治者都看出了通信的巨大价值。封建的帝王们，凭借他们手中掌握的至高无上的权力，制定强制性的法令，纷纷建立起他们所需要的快速保密而又十分原始的通信系统；学者们则依靠自己的智慧，也在不断地探索迈向上述列出的通信目标的途径。但是只有当电气文明的光芒射进通信的腹地后，人类才真正有可能接近上述的通信目标。十九世纪四十年代和七十年代有线电报和有线电话的先后问世，揭开了近代通信的序幕。二十世纪初无线电通信的兴起，进一步开辟了通信的康庄大道。

是的，人们要有效地生活，就要掌握足够的信息；而要占有大量的信息，则必须不断地探索和掌握更有效的通信手段，于是就谱写成了丰富多彩的漫长的人类通信历史。

二、最古老的通信方式——声音通信

远古时代，人类是以手势、面部的表情、肢体的动作和简单的嗓音来表达思想感情和传递信息的。这与我们今天所看到的一些高级动物传递信息的方式是很相似的。

经过了漫长的历史时期，群居在一起的人类在共同劳动生活中，为了加强相互间的联系和更有效地生活，逐渐地学会了利用自己嗓音的复杂变化来表达思想、意见和感情，也

就是创造了语言。在人类进化的历史上，语言的创造是一件了不起的大事情。它大大地丰富了彼此之间所传递的信息内容，提高了通信效率，从而启迪了人们的思想和智慧，促进了生产力的发展。

但是直接依靠人的嗓音（话音）来传递信息，任你喊破嗓子，信息（声音）也传不了几百公尺远。因此人们借助木梆、锣鼓、号角等一类能发出响亮声音的东西来传递信息和进行原始的通信。于是在广阔的古战场上出现了“擂鼓进军”、“号角齐鸣”以及后来“放炮为号”等利用声音进行通信的实例。

但是即使采用敲梆、擂鼓、鸣号、吹角和放炮等通信手段，通信的距离还是十分有限的，而且信息传递的可靠性也比较差。随着人类活动范围的扩大，人们迫切需要扩大信息的传输距离和找寻更有效的通信方式，于是出现了原始的光通信。

三、光通信的今昔

夏日，每逢天空乌云密布，将要打雷的时候，人们总是先看到闪电，然后才听到轰隆的雷声。这说明光作为一种信号，要比声音传递快得多。现在我们知道，光在1秒钟内能传递30万公里，比声音快一百万倍左右。

人类很早就利用光作为快速的通信手段。在我国，早在两千多年前的周朝，统治者就曾在边境的高山上建造烽火台。每当敌人来犯时，烽火台上就燃起熊熊的通天大火，利用火光的快速传递，向诸侯们通报外敌入侵的消息。在两军对垒、大军云集的古战场上，夜晚的火光和白天的烟火往往成为军队进攻或退却的信号。所谓“举火为号”就是最原始

的光通信。

到了近代，那种原始的“举火为号”的通信方式已被信号灯、信号弹和旗语通信所取代。光通信也逐步进入它的成熟期。舰船之间的闪光联系就清楚地反映了光通信的巨大进步，因为在此之前，光通信所包含的信息内容只是十分简单的和事先约定的单一信号，而舰船之间的闪光通信则是利用闪光的次数和闪光时间的长短，以及两次闪光之间的时间间隔长短的不同组合，较完整地表达人们所要传递的信息。因此它所包含的信息数量增加了许多。闪光通信已能传递简单的文字。

到本世纪七十年代，古老的光通信已焕发出新的生命力。数千年来，人们都是直接利用光作为信号来传递信息的。无论是烽火台、信号灯、信号弹，还是闪光通信，光本身就代表信息，而且将空间作为光的信号通道。自从六十年代激光技术兴起后，光通信便开辟了通信的新纪元，完全改变了传统的、直接将光作为信息的原始通信方式。人们开始把光作为一种运载信号（信息）的工具。打一个通俗的比喻，就是将光当作一匹每秒钟能跑 30 万公里的超级快马，把所要传送的信息，通过所谓“信号调制”方法，驮在这匹“光马”上。当这匹“光马”到达目的地（接收点）后，人们设法把信息从“光马”背上卸下来，于是就能迅速地接收到了远方传来的信息。

由此可以看出：新的光通信只是把光作为输送信号的工具，而不是将光本身当作信息。另外，以往的光通信是光通过空间直接传播至远方，现在地面上的光通信却是通过一条固定的光路——细如头发丝的玻璃纤维来传输信息的，正如现在我们用金属导线传送电信号一样。因此无论是大雾弥漫

的天气，还是风雨交加的日子，信号都能可靠地沿着玻璃纤维输送至对方，而且光通信蕴藏着极为巨大的通信容量。几条象铅笔芯子那么细的光缆，能同时传送几百万路电话或数千套电视节目，通信效率比电缆高十亿倍左右。

有关现代光通信的详情细节我们将在本书第十二章中叙述。

四、古代的接力通信——驿站通信

马是被人们驯养的跑得最快的动物。为了迅速可靠地进行远距离通信，马成了古代最主要的传递信息的工具。

大约在两千二百多年前，秦始皇统一六国，建立了中央集权的秦王朝之后，为了及时地了解和掌握各边远地区的情况，并将皇帝的命令迅速地传遍天下，官府便征集了大批民夫，在全国范围内修筑纵横交错的大道，以便驮载皇帝信使的快马能够畅通无阻地奔驰。

为了使传递皇帝命令的马匹能以最快速度奔跑，每隔30里设立一个交接站——驿站；每一驿站的信使骑马全速地奔驰30里，到达邻近驿站后，立即将公文转交给等候在该驿站的整装待发的信使，再由后者骑马全速奔赴至下一个驿站。如此一站接一站地传送下去，直至到达终点。沿途庶民百姓必须回避皇帝的信使，否则格杀勿论。

这种兴师动众的驿站接力通信方式，在古代来说，是最有效、最迅速的远距离传递信息的唯一方法；在一昼夜间，可将皇帝或其他长官的命令传递至千里以外的边远地区。

两千多年过去了，驿站通信的时代已一去不复返了，但现代无线电微波和超短波接力通信不是与古代的驿站通信方式有惊人的相似之处吗？中央电视台在北京所播送的电视节目

目不正是通过沿途所设置的、相隔为 50 公里左右的中继站（接力站）一站一站地从北京传送到全国各个地区吗？所不同的只是现在我们已是用粼粼电波（无线电波）来替代昔日的千里快马作为传递信息的工具了。每经过 50 公里的传输路程，驮载信号的电波已变得很微弱了；到达新的中继站后，经过电子器件（电子管或晶体管）放大器的放大和加强，电波继续驮载信息传输到下一个中继站。这真如古代的信使快马全速急跑 30 里后已是人困马乏需要换马换人一样。不过现在电波传递信息的速度则要比马匹传递的速度快一千万倍以上，而且不受白天黑夜或狂风暴雨的限制。

由此可见，从古代的驿站接力传递信息发展到现代的无线电中继通信，这是多么大的变化啊！前者运用的是帝王的权力和畜力，后者凭借的是人类的智慧和科学的创造力。

五、女王的秘密通信“使者”

早在三、四百年前，欧洲人曾将写有信息的纸条放入玻璃瓶中，并用塞子密封瓶口，抛入海中。在汹涌的洋流和强劲的海风推动下，瓶子在海面上有时可能以每天 200 公里的速度飘洋过海，将信息传送至大洋彼岸。这是人们采用的另一种简便的远距离通信方式。这种装有信息的飘流在海洋中的瓶子，人们管它叫“飘流瓶”。

在近代无线电通信问世前，这种飘洋越海藏有信息的飘流瓶曾被统治者用来传递情报。为了保证藏在瓶子内的情报不被泄露，封建统治者颁布了极为严格的法令。1560 年 5 月，一个英国渔民被当时的英国女王伊丽莎白一世处以绞刑，就是因为这个渔民的唯一罪名是私自砸破了一个飘浮在海滨的玻璃瓶。原来这个渔民在英吉利海峡的多维尔海滨

的白色悬崖下捕鱼时，偶然地网到一个封了口的瓶子，而瓶内藏的正是一份女王的谍报人员向女王密报荷兰商人登上俄国新地岛的机密消息。

为此伊丽莎白一世还通令全国：除了她任命的“瓶子开塞官”外，任何人不得私自拆开飘流瓶，违者一律处以绞刑。这一年，女王从飘流瓶中得到了52份来自各地的情报。

这种残酷专制的通信保密法令和落后的信息传送方式在英国整整持续了二个半世纪。直到十八世纪末，英王乔治二世在各界人士的强烈反对下才宣布废除这条法令。

由此我们可以看到，在技术落后的时代要实现迅速而准确的通信，特别是保密通信，是何等的困难呵！即便是君王，他们也只能依靠操在手中的生杀大权，以残酷的刑典和以百姓的生命作为代价，勉强地达到他们的目的。

如今，时过境迁，伊丽莎白一世的时代早已过去了。通信技术的进步和不断完善，保证了通信的高度保密性。飘流瓶已被无线电通信所代替；文明取代了野蛮，技术保证了需要。

当然，即使在通信技术已经高度发展的今天，这种在十六、十七世纪盛极一时的飘流瓶通信还没有完全消声匿迹，只不过在新的技术发展条件下，飘流瓶也有了新的使命。它已不再单纯用来传递信息，而是被用来测绘海域的洋流，而且瓶子已被先进的无线电技术所武装。每年，很多国家的海洋研究部门把成千的、装有无线电自动发报机的飘流瓶抛入各大海洋中去。每隔一定时间，瓶子自动地向陆地发出无线电信号，表明这些瓶子所在的方位，借此可以修正世界各大洋的洋流路线图。

显然，利用飘流瓶进行信息传递，可靠性是很差的，即