

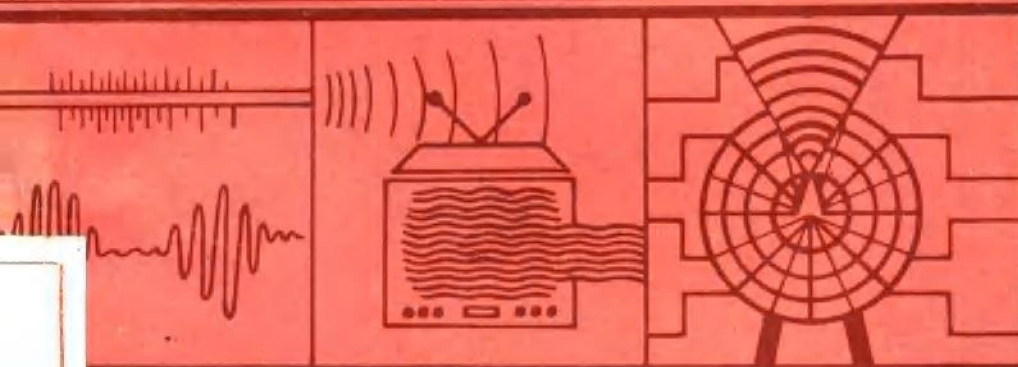
电子技术自学丛书

通信系统入门

〔美〕D.坎农 G.利克 著

王文序 译

国防工业出版社



内 容 简 介

本书是美国得克萨斯仪器公司知识中心组织编写的“入门”丛书之一，是一本通信系统基本知识自学读物。书中用通俗易懂的语言和许多形象的画面，生动地介绍了电子通信的概况及其对人们日常生活的影响。

全书共分十章，介绍了基本通信系统的种类和工作原理。对当代人们广泛使用的通信方式，例如电报、电话、电视、传真、卫星以及计算机通信网等作了全面的介绍。

本书可供从事通信技术工作的技术人员、工人、管理人员及广大无线电爱好者阅读。

UNDERSTANDING COMMUNICATIONS SYSTEMS

Don L. Cannon Gerald Luecke

Texas Instruments Learning Center 1980

*

电子技术自学丛书

通 信 系 统 入 门

〔美〕 D.坎农 G.利克 著

王文序 译

责任编辑：王细李

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张8¹/₂ 225千字

1984年9月第一版 1984年9月第一次印刷 印数：0,001—7,500册

统一书号：15034·2708 定价：1.10元

前 言

每个人都需要通信。通信可以采取多种形式。诸如图画、口语、眼色、一定的身体动作、手势、印刷符号等等。电子技术正在对便于两地交换信息的系统作出贡献。如果您对这一过程深感兴趣,那么本书正好能满足您的需要。

倘若读者具有关于电和电路如何工作的知识,那当然是有益的,但这并非必不可少。因为本书一开头就阐述了通信的基本概念和基础知识,以帮助读者懂得如何才能把信息作为电信号处理,以及这些信号如何从人类通信所用的形式(视象、声音或触觉)被转变成携带信息至世界远方的电信号。

无论人们是想概略了解还是想详细了解电报、电话、无线电、电视、传真、计算机或卫星通信系统,本书都能提供有关知识,作为进一步深入研究这些课题的基础。

可供全人类利用的信息的形式和种类,已有很大发展。在这方面,电子通信的影响是深刻的。通信系统现时和未来的发展,将影响越来越多的人。无论是新闻消息、私人事务、社会活动、消遣娱乐、体育运动,都将涉及通信和通信系统。

如同本丛书的其它各卷一样,本书旨在逐步建立基础。所以,切忌跳读。应逐章阅读,特别是前五章。在转入下一章之前,要尽力充分掌握上一章的内容。每章都迅速地进入更深一层的基础知识。

每章之后附有小测验,以帮助读者复习本章所论述的基本概念。

集成电路的出现使人们有可能将高可靠、低功耗、高性能、功能惊人的电子电路集成在甚小的体积内。由此而引起的电子技术的发展已经改善并将进一步改善个人和社会生活的质量、安全性和多样性。我们希望本书能帮助您深刻懂得原因所在,并帮助您了解这一持续进行的过程。

D·坎农 G·利克

目 录

第一章	通信世界	1
第二章	电信号通信	23
第三章	系统的基本功能电路与转换电路	41
第四章	基本的电子通信系统	73
第五章	通信频谱	88
第六章	电报和电话系统	114
第七章	无线电和电视系统	149
第八章	计算机网络与系统	180
第九章	传真系统	206
第十章	卫星通信系统	238
小测验答案		268

第一章

通信世界

概要

那是在 1840 年。想象将你带回到辽阔的美洲西部和西南部大牧场。你骑马奔驰在宽广的平原上——实际上这是群山之间的一块谷地。在人们看来，平原两边的山可谓是耸入云霄的高山，但你仍能看见更高的东西。放眼眺望，你将发现大股浓烟正从平原右边的山巅冉冉升起。浓烟持续上升，直至几股浓烟连接成行，似乎构成了某种代码，然后烟火消失。你等待着，不知接着会发生什么事情。突然，好象触发了电键一样，类似的大股浓烟又开始从平原左边的山巅缓缓升起。浓烟持续上升，直至可见烟带腾空罩山，然后烟火消失。一切就这样结束了吗？不，现在浓烟又开始从平原右边山巅升起。望平原左边，又见一股烟带升腾漫延。事情就这样反复地持续下去——首先右边升起股股烟带，然后左边出现浓烟股股。你睁大双眼，蔽阳望去，可以模模糊糊看见每股烟带下晃动的人影。你即刻意识到这些人正在发送信息。烟带就是代码，而且平原两边山上的人们都懂得这种代码。

你骑马继续奔驰，来到了右边山脚下。你举首望去，看见一些印第安人已燃起了一团大火，正把满带绿叶的树枝和灌木扔进火里，形成浓烟。其中四个印第安人在火上扯起一张类似毯子的东西，然后移开毯子，形成股股浓烟。于是，你明白了自己目击的正是美洲印第安人的远距离通信系统。传输是通过空气在两山之间的空间和大山四周人眼能及的一切方向上进行的。它是视线传输；它具有信息载波；它具有代码；它具有发送器和接收器。

印第安人、火堆、毯子和浓烟是发送器。人眼是接收器。光波是信息载波；代码是信息。光波作为载波将信息从发送器发送到接收器。这几部分组合起来，就构成了比较完整的通信系统。

信息从一个地方被送至另一个遥远的地方——印第安人利用这种系统正在互相进行通信。

关于本书和本章

今天，通信是每个人生活中不可缺少的组成部分。除睡眠以外，人们每天的大量时间都用在通信上。家庭联系、教育、政府、商业和其它有组织的活动都离不开通信。通信是如此寻常的活动，以至多数人视为当然，不假思索地接受。但是，如果没有通信，现代人类的多数活动将不得不停止下来。在很大程度上可以这样说，几乎人类一切活动和组织的成功都取决于如何有效地利用手边可得的通信方法和技术。正是由于这个原因，对每个人（除愿意或需要与世隔绝的人以外）来说，彻底懂得手边可用的各种通信方法的能力及其局限性是相当重要的。本书的目的正在于提供有关现代通信系统概念的坚实基础，从而使读者有可能达到这种认识。本章的目的是通过解释什么叫“通信”和“通信系统”来开始这一认识过程。

什么叫通信？

由于通信是如此寻常的活动，对此问题的回答似乎是简单明了的。多数读者通过自己日常生活的亲身经验，理应懂得什么叫通信。但是，如果人们企图从物理学或心理学基础出发来定义通信，则对此问题的回答确实会涉及到许多方面。事实上，关于通信的物理学、理论学和心理学等方面，已写出大量著作。对这些通信领域中的任意一个方面进行研究，皆有可能获得高级学位。值得庆幸的是，没有必要让每个人都如此深深地卷入通信理论的研究，人们也并非个个都愿意如此深入地研究通信理论。一般来说，只要懂得问题的基本原理便足矣，这正是本书后面几章的目的，下面将从一些基本定义开始。

通信的定义

通信是有意义的信息从一地（发送器、信息源或发生器）到另一地（受信者或接收器）的传递。这仅是对“通信”一词的简单定义，要使其意思完整，还要求对“信息”予以定义。发送器的另一个名称是发射机。在本书和多数电子通信系统著述中，几乎只采用“发射机”和“接收机”的说法。信息从发射机传至接收机的物理通道叫做传输线路或信道。这些术语示于图 1-1 中。这种图叫做方框图，是用来说明电子系统中的各部分如何配合工作的。通信系统方框图概括了信息在系统中的传输过程。

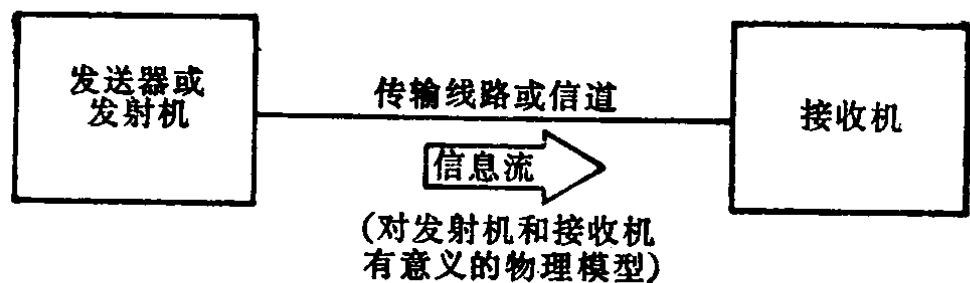


图1-1 通信系统方框图

信息的定义

信息是已被赋予人所共知意义的物理模型。模型必须是独特的（单一的和特有的），能为发射机所发射，并能为接收机所检测和懂得。如果信息是在人与人之间进行交换，信息的传递则采取声、光或纹理模型的形式，以能为人类的听觉、视觉和触觉等主要感觉器官所检测的方式进行。如果没有收到可识别的模型，则接收机便认为无信息传送。以图 1-2 为例，如果某人看见一张白纸或只画有一条痕迹的纸〔图 1-2 (a)〕，那么他很可能认为此时无信息可言，因为纸上没有对人真正有意义的模型。但另一方面，一幅马画（无论画得如何粗糙）或者以该人懂得的语言拼出的马名〔图 1-2 (b)〕都能将马的概念传送给此人。然而，通信仍可能没有完成或者意思不全，除非发射机（或作者）和接收机（或读

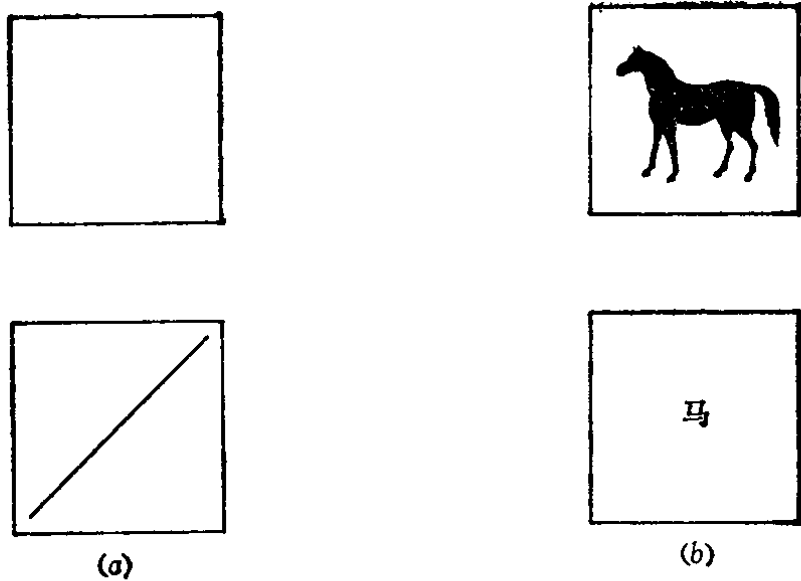


图1-2 信息模型
(a) 无信息；(b) 有信息。

者) 双方约定看见马画或马名即代表某一完整的意思。其它符号也可用来表示命令、警告或提醒。无论完整与否, 信息或至少部分通信已从一人发送至另一人了。

信 息 码

如果规定某个符号代表一道完整的命令、警告或其它概念, 则该信息就认为已被编码处理。即是说, 发射机已用编码符号(在上例中, 是马) 送出一条完整的消息或命令。接收机必须对此进行解释或译码, 以明白其意思。

一般来说, 所有的通信系统(特别是电子通信系统) 在把信息从源地发送到目的地时, 都要使用某种形式的编码和译码; 图1-3 示出了包括编码器和译码器的这类系统的典型方框图。在通信系统中, 信息编码有两种不同的方式。

几乎在一切情况下, 信息都必须设置成可以收发的物理形式。编码器实行一定转换, 以使信息可以发射。译码器则实行相反的转换。译码器接收了与发射时物理形式(或模型) 相同的信息, 并将其转换为接收信息的人或机器容易使用的形式。

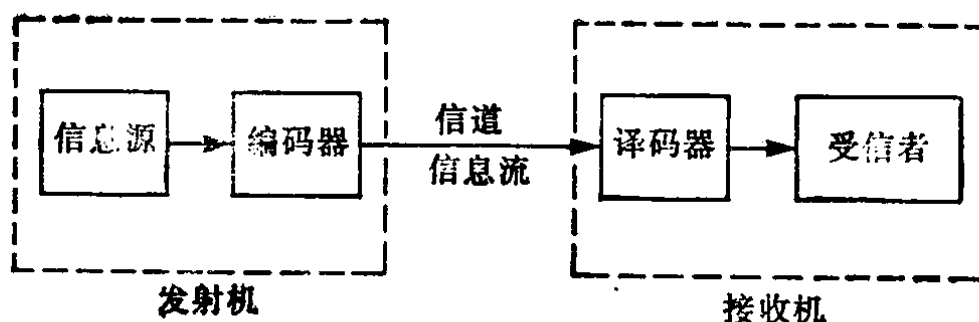


图1-3 通信系统方框图

使用符号或图画（例如马画）则是另一回事，因为这里的收发双方已经约定，特定的物理模型（马画）含有复杂的意思（马），所以双方没有必要进行编码和译码。系统中编码/译码转换的目的是提高效率（长消息可用短符号发送）或达到保密（发送的符号仅对收发双方有意义）。

甚至简单而直接的通信都可能涉及上述两种信息编码或其中的一种。当一人对另一人谈话时，说话人的声带将说话人脑中的信息编码成可在双方之间传输的声波。同样地，听话人的耳朵又将声波形式的模型转换成对听话人的大脑有意义的电模型。这即是信息的编码和译码，将信息变成便于通过传输线路或信道——在本例，就是两人之间的空气——进行传送的物理形式。如果两人用仅对他们才有意义的代码语言讲话，那么他们既在收发信息，同时又对信息保密。由于两种编码都使用于电子通信中，故本书将予以阐述。

通信系统的基本参数

信息传递速率

在结束一般术语和通信系统定义的论述之前，讨论一下通信系统技术规范的其它一般要求。图 1-4 列出其中几项要求。所有这些要求都是彼此相关的。它们相互依赖，对一定系统来说，其重要性顺序有所变化。在大多数场合下，信息传递速率是最重要的。在一段时间内，必须从一人传给另一人的信息量决定着信息传递速率。信息传递速率将决定收发信息所使用的物理形式和技

术，从而决定设计和构建系统的方式。一项关键的系统参数往往可决定系统，致使其它要求退居第二位。当信息传递速率是如此之低，以至任何系统皆可满足要求时，则对信息传递速率的要求便移至图 1-4 的底部，而其它某项要求可进居首位。

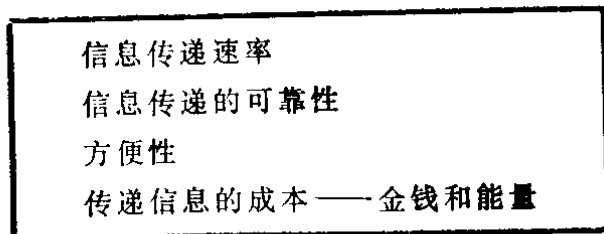


图1-4 主要通信系统参数

可靠性

对用户来说，通信系统必须可靠。系统必须随时都能工作，并且必须准确无误地收发信息。

通信系统的可靠性可能受很多因素的影响。首先，系统本身应该几乎不易损坏或工作失效。通过使用现代电子元件，特别是集成电路来构建系统，就可以达到这一要求。其次，如果编码或译码转换设计不当，也可能给传递的信息造成错误。若能精心设计编码器和译码器，就可以消除或至少能削弱这一错误的根源。最后，信道中噪声的存在可能掩盖接收机内的真实信号，并妨碍接收机准确提供发射机发出的信息。

系统噪声例子之多，犹如通信系统之多一样。例如，在刮风的日子，印第安人的浓烟信号被迅速吹散，这就妨碍了信息的准确传递。在碎石厂，企图通过谈话来交换信息几乎是毫无希望的。以拙劣的书法或在布满污点的脏纸上写信往往会妨碍读信人了解信的内容。电扰动、大雨、冰雹和大雪可能给准确的电子通信造成大破坏。在信息传递过程中，总会存在一些噪声。因此，系统设计师和用户必须切实做到编码和译码过程以及信道的选择，都应尽量避免或少受噪声的影响。

方便性

许多通信系统，不仅必须可靠，而且为了做到实用和有效，

还必须方便。试以今日的电话和电视与印第安人的浓烟信号加以比较。电话和电视把国际新闻、教育材料和娱乐享受带进了人类的起居室。在数分钟内，相距半个地球之远的人们能以彼此熟悉的声音实时地进行私人对话。而浓烟信号最远也不过将消息传至10~20英里的地方，并且要求时间、地点和其它条件都恰好时，方可发送消息。

成本

系统的成本与其余每项要求既是矛盾的又是统一的。显然，用户总希望系统的性能最佳，成本最低，而且方便可靠。在许多情况下，成本是最重要的因素，而在其它场合下，成本仅是决定性因素中的一个。

成本问题不仅必须从经济角度着想，而且还必须从能量和材料角度着想。比如一个声音报警信号，可以从爆炸原子弹来产生；这样，就耗用的金钱、能量和财产而论，成本之高将是天文数字般地惊人。若用一只汽笛来产生，却要合算得多。若从功能上考虑，则电话更为合算。因为电话可以发出报警声音、完成公务和私人对话、连接多部计算机和做其它许多事情。当然，电话系统的成本的确远比汽笛为高，但就其为每个用户服务的全部功能而论，其总成本又远比汽笛合算了。在这种情况下，判定系统成本有效的关键是传递单位信息所耗费的成本。利用这种方式可以有效地比较不同系统方法的成本。

电子通信系统也同样必须满足上述要求。本书将阐述使电子通信系统在满足这些要求上特别引人注目的地方。在介绍电子通信系统的某些基本特点之前，我们首先回顾和讨论一下通信对人类发展的重要性，这将有助于我们正确地看待这个课题。

通信为什么是重要的？

让我们查看图 1-5 (a)。人类在一切领域内的许多进步都比较直接地受到自己通信能力的影响。在原始时代，人类仅限于利用手势、面部表情、身体动作和简单语音来进行通信。通信距离

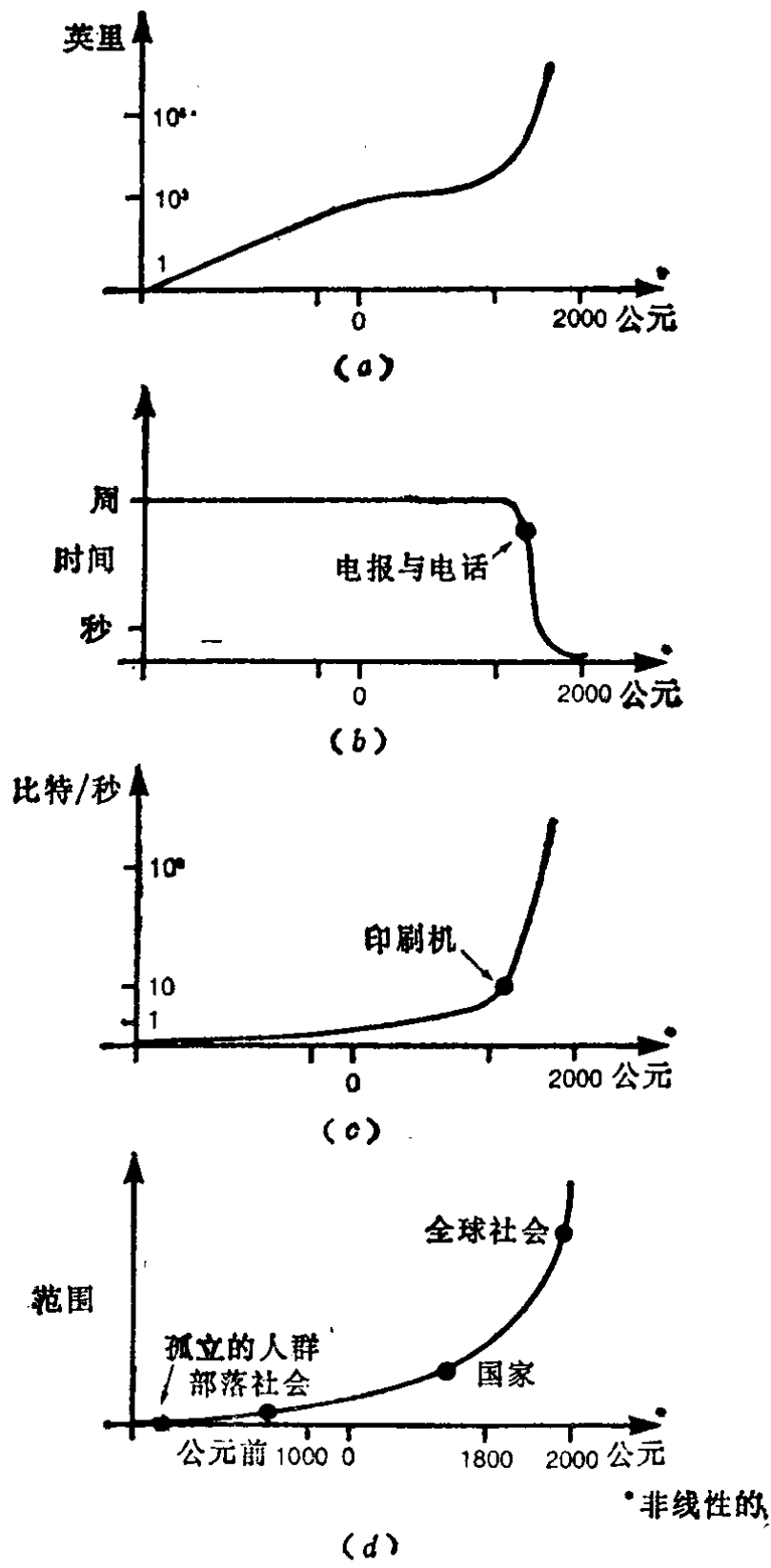


图1-5 人类通信的发展

(a) 通信距离的增加; (b) 通信时间的缩短; (c) 信息速率的提高;
(d) 社会组织的发展。

限于咫尺，信息传递速率也很低。所以，当时的社会集团是自治性的，为数不多的人群居在一起，除为领地和食物而发生争斗外，集团彼此之间几乎没有什么联系。随着人类通信能力的增强，人类的社会结构和经济状况也得以改进。到了早期文明时代，人类的通信能力提高到使用口头语言和书面语言、图画美术和音乐艺术的水平。早期文明时代具有比较复杂的社会和政治结构，以及开始发展的商业贸易活动。人类已从家庭和部落制前进到区域性的王国。由于有了书面和口头的语言，又有信差送信，人类的通信距离扩展到数百英里，但送信时间可能长达数周。所以，那时的信息传递速率虽然比原始时代高出多个数量级，但仍然是很低的。

这种形势持续了相当长的时间，直至印刷机出现后（1440～1460）才发生变化。印刷机使散居在很宽土地范围内的人们能够得到大量信息。但是，信息的传送仍然很慢，这是由当时可能得到的运输工具的较慢速度所决定的。然而，由于递送的最新商业、政治和科学知识信息毕竟远比以前为多，所以它对经济和社会发展的影响是十分显著的。此时限制通信有效性的因素仍然是信息传递速率和距离。

由于电报和电话的出现（1844～1876），这种限制被大大突破了。人类可在数秒钟内实现通信，通信距离长达数千英里，以至把各大洲联接起来。从此，国际性的商业、通信和合作开始迅速扩展。尔后，无线电和电视的发展更进一步加速了人类这种全球性交往的进程。在这方面，政府和商界积极主动，走在前面。由于卫星通信系统和计算机控制通信网络的发展，今日的通信速率和距离允许全世界的电话、电视和计算机系统互连起来，为地球上的任何地点，甚至地球以外的地点，提供快速通信。目前，人们的通信手段几乎能够满足一切信息传递要求。

社会的进步总是与人类通信能力并肩前进的。随着通信系统的深入发展，对每个人来说，最重要的是及时了解各种通信系统，并予以最佳利用。事业的成败可能取决于如何学习和使用这些系统。为了帮助读者了解现代通信方法，让我们回顾一下人类通信

的历史。

人类通信沿革

从前，通信往往是两人之间的事情。所以，发出信息的形式是与个人产生模型的实际能力相适应的，同时也是在个人感觉器官的能力之内的。所用的主要感觉器官是听觉和视觉，某些方法则使用触觉。发送器（发送信息的人）必须产生光、声或纹理模型。所以，过去的通信系统使用了两大技术——视技术和听技术。图 1-6 示出人们应用这些技术的能力的发展过程。

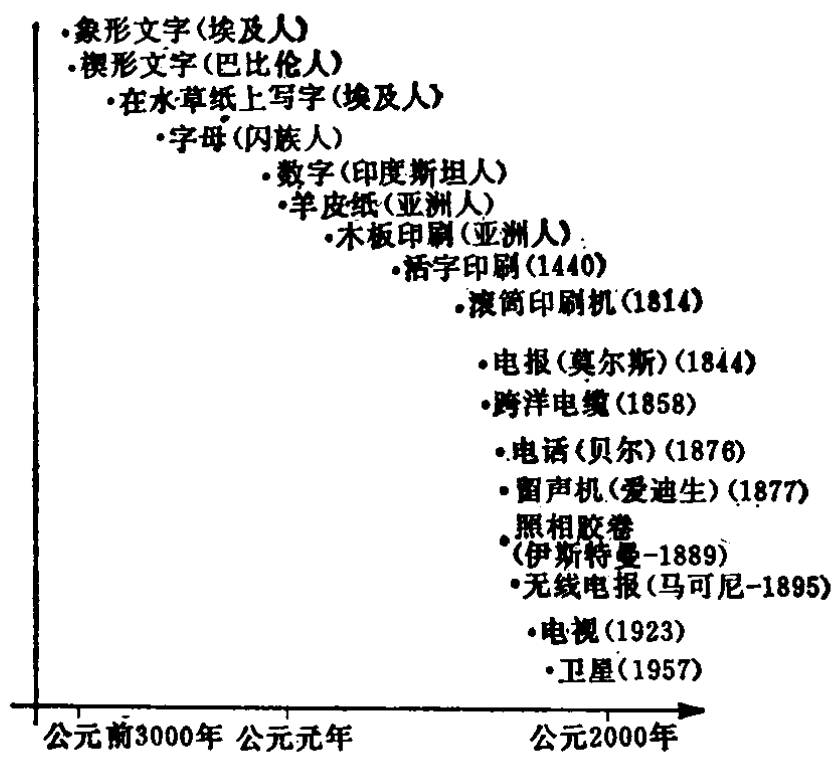


图1-6 人类通信技术的发展

音响模型通信

声音

利用音响进行通信的最寻常、最方便的办法是借助人体的声音。有人说，这最初是发出一些单调的声音，例如用咆哮以示愤怒或威胁。后来发展到用话音表示特定事情或需要。这类话音是

单词语言的基本成分。以后词汇增多，发展成完整的语言。在上述一切场合下，信息的传输都是以说话人声带振动产生声波的形式进行的。信息的接收则是通过听话人的耳朵实现的。

鼓声

早期口头语言存在的问题是传输比较慢，而且传输距离有限，即使大声呼叫也不过限于几百英尺，传递速率也不过限于每分钟100个字或稍多一点。音响通信的这种距离限制很早就有所突破，人们利用击鼓或其它撞击效应，可产生将信息传至数千英尺之外的音响脉冲。若击鼓人布设成网，信息便可接力传输很长的距离。这种方法存在的问题是信息传递速率仍然严重地受到限制。一般来说，它仅能发送简单的报警信息或公告信息，而且还必须使用代码系统。例如，击鼓三声表示危险，或者某种鼓声节奏和鼓调表示友好客人即将抵达。

电报

1844年出现的电报可谓现代化形式的鼓声通信法。电报是最早的电通信形式。在发送端，报务员按照某种长短相间的方式闭

电 码 组 合

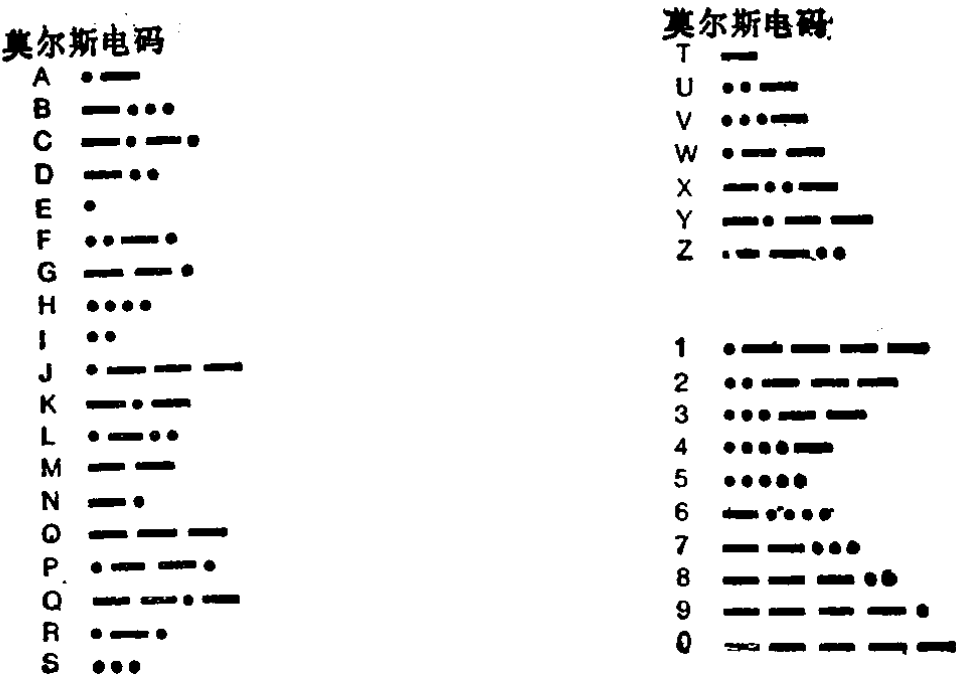


图1-7 国际莫尔斯电码

合开关或电键，以表示字母表中的某个字母（见第二章）。导线中的电能以同样长短相间的方式被发送出去。在接收端，电能被转换成一定形式的敲击响声，报务员再将其译码。发报机和收报机使用的代码都是莫尔斯码（见图 1-7）。由于电报系统的出现和 1858 年跨洋电缆的敷设，人类的通信距离扩展到数千英里之外。在如此遥远的距离内，信息传递时间缩短到数秒钟，信息传递速率保持为每分钟 5 至 100 个字。这种方法存在的主要问题是只有精通业务的报务员才能实际使用这种系统。希望发送信息的每一个人都不得不到电报局去。

电话

1876 年出现的电话（图 1-8）是又一种电通信系统。讲话人的声音被转换成可以沿着导线传输较长距离而送达受话器的电能模型，受话器为听话人把电能模型重新转换成原来的声波。电话系统具有电报远程通信能力的许多长处，同时还提供直接利用听说的方便，这样，每个人都可以使用电话。当然，电话的信息传递速率也要受人类讲话速率的限制。

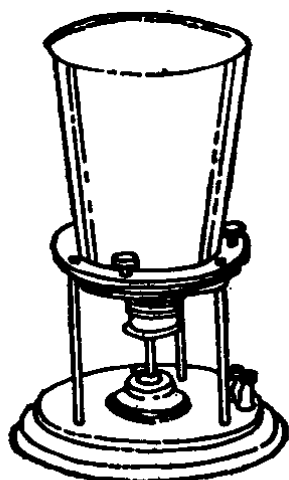


图 1-8 早期电话

无线电报

在声音通信领域内根本性的变化是传输方法的变化。1895 年无线电报——现代无线电技术的前驱——的出现允许进行长距离电报通信，而勿须在发射机与接收机之间敷设导线。这样，便可以向船舰、军事部队和探险队的移动式接收机发送信息了。通信传输线路是从发射机位置向接收机位置辐射的电磁波。

倘若图 1-9 所示的电子管未达到成熟的地步，无线电传输便不可能走向实用。电子管按所要求的功率提供载波频率，以将信息转换成电磁辐射。

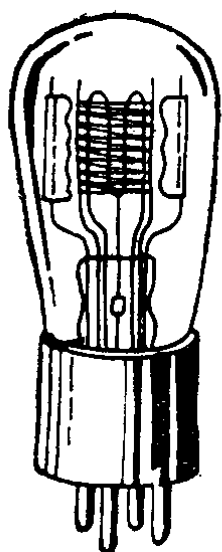


图1-9 电子管

无线电

人类一经学会将自己的声音按适于叠加在电磁波上、并能传送给接收机的形式进行编码和译码之后，便把这种通信方法直接用于人类通话。现在，人类的声音被发送到数千英里之外的遥远地方，为接收机所检测，并转换成讲话人的声音。无线电是最早的成套电子通信系统，它赋予人类从地球一端向另一端“呼叫”的能力，它赋予人类将自己的声音从地球某点“抛向”太空某点（例如月球）的能力。而且，信息传输时间缩短到等于光速。这样，全球通信不到一秒钟便实现了，宇宙通信也可在数秒钟内实现。

光模型通信

早期形式的视看通信是利用面部表情和身体位置进行的。据此，可将视看通信分为几种不同的技术：一些人使用手、臂位置直接进行通信；一些人使用光模型进行长距离信号发送；一些人使用图形指示路径，或使用画片讲故事。

手和手臂信号

最常见的手臂信号是手势语言，图 1-10 所示即是其中之一。最初，手势信号的数量是有限的，只表示和平、友谊一类的简单