

本书从网络、通信领域的基础知识和科学原理入手，讲述了四通八达的信息网络背后，是哪些神奇的科技成果在支撑着它们。

科学
发现
之旅

信息的 通道

陈积芳——主编 陈皆重 等——著



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

科学
发现
之旅

信息的 通道

陈积芳——主编 陈皆重 等——著



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

信息的通道 / 陈皆重等著. —上海: 上海科学技术文献出版社, 2018

(科学发现之旅)

ISBN 978-7-5439-7697-9

I. ①信… II. ①施… III. ①信息技术—普及读物 IV. ①G202-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 161299 号

选题策划: 张 树

责任编辑: 李 莺

封面设计: 樱 桃

信息的通道

XINXI DE TONGDAO

陈积芳 主编 陈皆重 等著

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷: 常熟市文化印刷有限公司

开 本: 650×900 1/16

印 张: 13.75

字 数: 132 000

版 次: 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-7697-9

定 价: 32.00 元

<http://www.sstlp.com>



“科学发现之旅”丛书编写工作委员会

顾问：叶叔华

主任：陈积芳

副主任：杨秉辉

编委：甘德福 严玲璋 陈皆重 李正兴 张 树 周 戟
赵君亮 施善昌 施新泉 钱平雷 奚同庚 高海峰
秦惠婷 黄民生 熊思东

(以姓氏笔画为序)

001	飞入寻常百姓家——电报通信
007	电话是怎样接通的——电话通信的基本原理
012	电话号码趣谈——电话号码的排列组合
017	智能咨询员——“114”查号与“排队”理论
021	传真机
025	“妙手仙子”——多路传真系统
029	现代电话通信网的心脏——程控交换机
035	让世界更加丰富多彩——程控电话新业务
041	薄薄卡片沟通天下——电话卡
045	信息传输的通道——线缆
050	相会在万里星空——会议电话与会议电视
054	电话世界里的千里眼——来电显示
058	无线市话——“小灵通”
063	信息以无形包裹的方式传送——ATM 技术
067	寻呼业务的过去、现在和将来
072	你有问题我来解——呼叫中心
076	“一呼百应”的无线调度专家——集群通信
080	临危不乱显神通——微波通信
084	东山再起显身手——短波通信
088	通向碧海深处的信息窗口——长波通信
092	大是为了小，多是为了少——移动通信基站与天线
097	全球用户最多的数字移动电话技术——GSM 系统
102	军事技术民用化的范例——CDMA

- 106 | 手机虽小，五脏俱全——手机组成原理
- 111 | 更上一层楼——模拟网、数字网、三代网的不同复用方式
- 116 | 短距离无线通信的“小精灵”——蓝牙技术
- 121 | 小小屏幕里的多彩世界——彩信业务
- 125 | 手机支付业务
- 129 | 无线通信与互联网相结合的雏形——WAP
- 133 | 打开信息时代的大门——互联网
- 138 | 互联网的入口——ISP
- 142 | 网络世界的地址——IP 地址
- 146 | 互联网的检票方式——网络的接入和认证
- 151 | 信息高速公路上的交通规则——互联网通信协议
- 156 | 网络快车——ADSL 技术
- 160 | 互联网世界的电子地图——搜索引擎
- 164 | 信息时代的马其诺防线——防火墙
- 168 | 网络世界的“110”——互联网应急中心
- 172 | 互联网上电话号码的桥梁——ENUM
- 177 | 家庭网络多媒体——IP TV
- 182 | 迷人的信使——“伊妹儿”(E-mail)
- 186 | 踏网而行，传遍天下——网络传真
- 192 | 编织企业成功之网——MPLS-VPN 虚拟专网
- 197 | 城市的信息高速公路——城市信息主干网
- 201 | IPv6: 下一代互联网协议
- 205 | 下一代网络——NGN

飞人寻常百姓家——电报通信

电报的发明和应用是 19 世纪 30 年代的事，先于电话，被认为是现代通信的鼻祖。曾经是邮电部门专营的一项主要业务，有过一个多世纪的辉煌时期。但是到了 20 世纪 80 年代后期，电报业务以平均每年 20% 左右的速度下滑。到了 21 世纪初，电报业务量已剧减到高峰时期的 1%，其中多数还是礼仪电报。传统的电报已淡出市场。有人说是因为电话的发展挤压了电报，其实不然，是因为电报进入了家庭，成为一种个人通信方式。这是科学发现由浅入深、技术发展由初级到高级、业务应用由专业到普及，电报融入了其他新兴的通信方式，是历史的必然。

从技术发展的历史来说，电报经历了人工收发报、自动收发报、电传打字机三部曲。

人工收发报就像描述 20 世纪中期战场通信或谍报人员秘密联络的电影镜头所表现的那样：报务员头戴耳机，手按电键，再配以“嘀嗒嘀嗒”的声音。电键是发报设备，耳机是收报设备。发报方按下电键，接通电源，收报方的耳机就发出声音。通电时间短的，发出“嘀”的声音；通电时间长的，发出“嗒——”的声音。人工收发报机的工作原理与结构虽是十分简单，但已具备了现代通信技术的两大要素：硬件与软件。电键与耳机以及电源是硬件，“嘀嗒嘀嗒”的电码是软件。对于电报的发明与发展，软件是至关重要的。

电码的发明者是美国职业画家莫尔斯，所以又称“莫尔斯电码”，它是由“嘀”和“嗒——”两个长短不同的符号组成。如字母“A”的电码是“·—”，读作“嘀嗒——”，又可称为“点·划”。一点为单位长度，一划等于三点；点划间的间隔距离等于一点；字母或数字间的间隔距离等于三点或一划。组字与组字间的间隔距离等于五点。这些就是莫尔斯电码的标准。字母B的电码是“—···”，字母C是“—·—·”，详见莫尔斯电码符号表。其中S的电码是“···”，O的电码是“———”，SOS的电码是“···———···”，很有规律，又容易记住，所以SOS的电码被称为国际通用的求救信号。

使用人工收发报机具有灵活方便、机动性强的优点，不足之处是实时通信，联络双方必须同步工作。又因人的精力有限，难以长时期连续工作，也容易发生差错。

为此，经过技术改造，就有自动收发报机的诞生。

自动收发报由凿孔机、自动发报机和波纹收报机三种设备组成。

凿孔机是将需要发送的电码以凿出圆孔的形式“写”在专用纸条上的一种设备。垂直的两个圆孔为短信号“嘀”，倾斜的两个圆孔为长信号“嗒——”。

自动发报机是根据凿孔纸条上不同的圆孔符号转换成长短不一的电信号并传送给收报方的一种设备。垂直的两个圆孔转换成为一个短的电信号“嘀”，倾斜的两个圆孔转换为一个长的电信号“嗒——”。

凿孔机与自动发报机是发报局使用的配套设备。

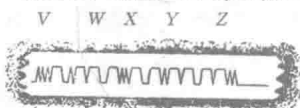
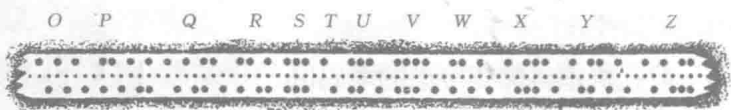
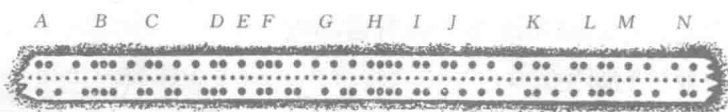
波纹收报机是根据自动发报机发来的长短不同的电信号用波纹形状的墨迹记录在纸条上的一种设备，顶部呈尖峰状态的为“嘀”，顶部呈水平状态的为“嗒——”。

凿孔机、自动发报机、波纹收报机三者都是以机械结构为主的、



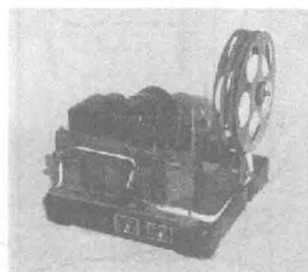
▲ 人工收发电报
▼ 莫尔斯电码符号表

字母	符 号	数字	大 打 符 号
A	· —	1	· — — — —
B	— · · ·	2	· · — — —
C	— · — ·	3	· · · — —
D	— · ·	4	· · · · —
E	·	5	· · · · ·
F	· · — ·	6	— · · · ·
G	— — ·	7	— — · · ·
H	· · · ·	8	— — — · ·
I	· ·	9	— — — — ·
J	· — — —	0	— — — — —
K	— · ·		小 打 符 号
L	· · · ·		
M	— —		
N	— ·		
O	— — —	1	· —
P	· — — ·	2	· · —
Q	— — — —	3	· · · —
R	· · —	4	· · · · —
S	· · ·	5	· · · · ·
T	—	6	— · · · ·
U	· · —	7	— · · ·
V	· · · —	8	— · ·
W	· — —	9	— ·
X	— · · —	0	—
Y	— — — —		
Z	— — · ·		



▲ 用凿孔机凿出的圆孔符号

▼ 波纹符号



▲ 波纹收报机

▼ 电传打字机



机电结合型通信设备。它们结构精密，动作灵巧，体现了通信科技的先进性。

使用自动收发报机的好处是需要传递的文字内容事先用凿孔机的形式记载下来，必要的时候由自动发报机发送，波纹收报机处于自动状态，即可自动收报。它无须全程值守，工作灵活机动，收发报速度快，是人工收发报的5倍以上，又可连续长时期工作，差错少。只是它收到的波纹符号仍需人工翻译，效率受到影响。

电传打字机，简称电传机，是一种能按照打字方式直接拍发和收录电报报文的通信设备。外表与打字机很相像，功能是收发报合一。如发报方在电传机的键盘上按下一个“A”字，远在千里之外的收报方的电传机的打字结构就自动打印

一个“A”字，好似遥控打字，丝毫不差。操作方便，快速高效。

电传打字机的机械结构和动作原理比自动收发报机大大提高了一步，可以说是达到了登峰造极的程度。电传机之所以有如此好的性能功效，除了硬件上的原因外，软件方面的变革也是一个重要原因。与莫尔斯电码不同，电传打字机采用的是“五单位电码”。它由五个“有”与“无”的电脉冲组成。五单位电码用现今的信息理论来说就是五位二进制数字。“有”代表“1”，“无”代表“0”。

▼ 电传打字机的五单位电码

“A”字的代码是11000，“B”字的代码是10011，C是01110。五位二进制数共有32个状态，除分配给26个英文字母外，余下的为跳行、升格、回车、数字、字母、空白共6个动作指令。电传打字机的“五单位电码”表，见下图。

为了适应中文通信的需要，我国研究制订了“中文电码”。中文电码由4位阿拉伯数字代表一个汉字。如“信息科技”四个字的中文电码是“0207，1873，4430，2111”。这样，发报局将每个中文字译成一组4位的数字，一篇中文电报报文就成为一长串的数字。将这一长串的数字用电传机发往收报局。收报局收到后，再将数字翻译成汉字，还原成一篇中文报文。这其中已经采用了数字技术，尽管还是初级阶段。由此可以说，电报不仅是现代通信的鼻祖，还是数字化时代的先驱。

如今，电报虽已淡出市场，但并没有消失。从

字母	数字	电码脉冲				
		1	2	3	4	5
A	1	●	●	○	○	○
B	2	●	○	○	●	●
C	3	○	●	●	●	○
D	4	●	○	○	●	○
E	5	●	○	○	○	○
F	6	●	○	●	●	○
G	7	○	○	○	●	●
H	8	○	○	○	○	○
I	9	○	●	●	○	○
J	0	●	●	○	●	○
K	1	○	●	○	○	○
L	2	○	○	○	○	●
M	3	○	○	○	●	●
N	4	○	○	○	○	○
O	5	○	○	○	○	●
P	6	○	○	○	○	○
Q	7	○	○	○	○	○
R	8	○	○	○	○	○
S	9	○	○	○	○	○
T	0	○	○	○	○	○
U	1	○	○	○	○	○
V	2	○	○	○	○	○
W	3	○	○	○	○	○
X	4	○	○	○	○	○
Y	5	○	○	○	○	○
Z	6	○	○	○	○	○
跳行	7	○	○	○	○	○
升格	8	○	○	○	○	○
回车	9	○	○	○	○	○
数字	0	○	○	○	○	○
字母	1	○	○	○	○	○
空白	2	○	○	○	○	○

“用电信号传递文字的通信方式叫电报”这个定义来说，现今手机的短信，电脑的电子邮件都是电报的升华版本。只不过过去是有急事、要事才使用电报，且因电报以字数计费，写电报报文是惜字如金。而如今是任何人、任何时间、任何地点都可用升华了的电报沟通信息。电报成了一种个人常用的通信方式了。“旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家”。这就是科学技术给人们带来的恩惠。

（施善昌）



知识链接

美国历史上最后一封电报

2006年2月6日美国西部联盟公司宣布，停止电报业务。由于越来越少的人使用电报，这个消息竟然足足被人忽略了一个星期之久，才引起公众媒体的注意。

据西部联盟公司透露，最后10份电报的内容包括生日祝福、对死者的哀悼和一次紧急事件通知。其中，不少发电报的人并非忠实的电报拥趸，是冲着“发出美国历史上最后一封电报”而来的。

美国西部联盟公司创建于1855年，当时电报是先进、流行的通信手段，后来被称为“维多利亚时代的互联网”，该公司也是美国最后一个提供电报服务的公司。

电话是怎样接通的——电话通信的基本原理

电话拉近了人与人之间的距离，不论两人相距多远，只要拿起电话很快就可以听到对方的声音，了解到对方的近况。电话为什么能够如此神奇呢？让我们从一个打电话的实例来看看到底是怎么接通的，了解一下电话通信的基本原理。

上海的一位中学生李强通过互联网认识了美国中学生珍妮，经过几次网上聊天，他们觉得仅仅是文字已经不足以表达自己的想法，更想听听对方的声音，因此他们相互给对方留下了电话号码。圣诞夜李强想起了远在美国的网友珍妮，想要祝她圣诞快乐，因此他拿起电话打给珍妮。

李强要和珍妮通过电话进行通信，最直接的方式就是通过一条电话线路将他们两人的电话机直接连接起来。

但是要在所有像李强和珍妮这样的电话用户之间都建立起这种直线连接是无法实现的，因为这种直线连接需要的线路数量是以用户数量的几何关系倍增的。另外这种直线连接也是不必要的，因为不是所有的电话用户都同时需要通话，只有部分用户之间同时在进行通话，因此可以根据主叫一方的要求，在需要通话的时候完成与被叫用户之间通话线路接续的任务，这就是电话交换技术。自从 1889 年美国人史端乔发明了自动电话交换系统以来，电话交换技术已经历多次变革，从最初的话务员人工完成交换，发展到现在由交换机完成的程控交换技术了。

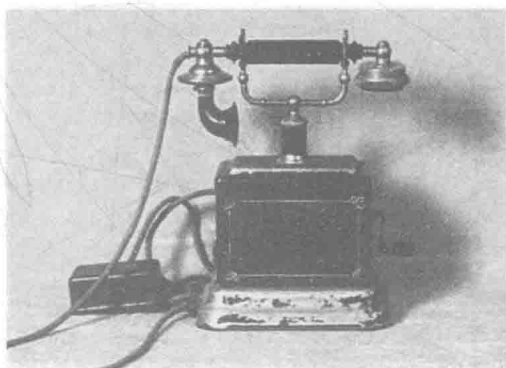
电话交换机要实现对电话的接续，就需要接收到相应的控制指令来触发交换机进行相应动作，比如识别用户的电话是挂机状态还是摘机状态，被叫用户的电话是忙还是空闲。这些指令有两类，一类是在用户电话与电话交换机之间传递的指令，这类指令主要完成检测用户状态、发送和接收用户拨打的电话号码，控制交换机向用户发送的各种信号音，比如拨号音、忙音、回铃音等。另一类指令是在交换机之间传递的，主要完成接受和转发电话号码以及交换机之间相互控制等功能。

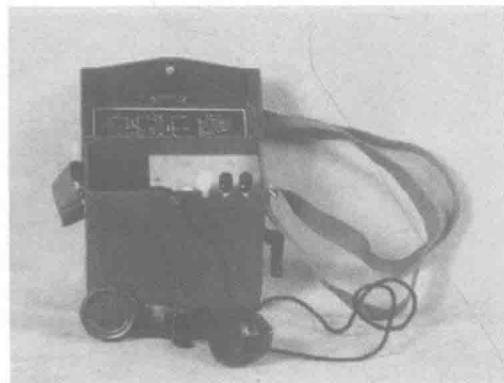
通常情况下，交换机每隔一段时间就会检测一次用户的状态，以检测用户是否拿起电话要进行拨打。这个时间间隔是非常小的，以至于用户一拿起电话就能听到拨号音，感觉不到有这么一个时间间隔。当李强拿起电话机时，交换机检测到 he 拿起了电话机就向他送来拨号

音并通知交换机的相关功能部件作好接收电话号码的准备。

当李强开始拨号时，如果他使用的是老式的号盘电话机，就像我们在老电影中看到的那种数字分布在圆形号码盘上的电话机，电话机就向交换机发送一串断断续续的电流信号来表示珍妮的电话号码。如果他使用的是现在常见的按键式电话机，则向交换机发送由两个不同频率组成的电流信号，不同频率的组合显示珍妮的电话号码。

交换机在收到李强拨打的电话号码后，首先分析珍妮的电话是否在它下面。如果珍妮也是这个交换机下的用户，交换机就控制相应的交换部件完成李强和珍妮之间的电话线路接通功能。同时交换机检测珍妮的电话机是否空闲，如果珍妮的电话机空闲就向她发送振铃信号通知她有电话打来。另外交换机还向李强发送回铃音通知他等珍妮接听电话。当珍妮用户拿起电话接听时，她所在的交换机就停止向她送振铃音，同时通知李强所在交换机停止向李强发送回铃音。他们开始通话，一个局内通话的电话接续工作就完成了。如果此时珍妮正在打电话，交换机就会检测到她的电话机所处





的状态，向李强发送忙音通知他珍妮的电话正忙着。

若交换机通过分析珍妮的电话号码知道珍妮不在这个交换机下面，就根据她的号码进行路由分析。分析的结果有两种：一种是珍妮所在的交换机与李强所在的交换机之间存在直接联系；另一种是珍妮所在交换机与李强所在的交换机之间不存在直接联系。

对于前一种情况，李强所在交换机就与珍妮所在交换机直接建立联系并利用在交换机之间传送的指令将被叫号码传送给被叫珍妮所在交换机。再由珍妮所在交换机检测，重复相同交换机下

用户的功能，当他们之间开始通话后，两个直连交换机之间的电话接续完成。当他/她挂机时，一方交换机就通知另一方交换机发送催挂音，通知用户挂机。

因为李强和珍妮之间通话是跨越国界的，属于国际长途，需要分别由中国和美国的国际长途交换机将他们所在的交换机连接起来，这属于后面一种情况。

李强所在交换机通过分析电话号码知道这是一个国际长途，交换机与中国的国际长途交换机之间建立联系并将李强所拨打的电话号码转发给它。这个国际交换机

再与美国的国际长途交换机之间建立联系，美国的国际长途交换机收到珍妮的电话号码后，经过分析与珍妮所在交换机建立联系并把珍妮的号码传送给它。最后由珍妮所在交换机完成线路接续、状态检测、振铃、回铃工作。当珍妮拿起电话机时，经过连接一个跨多个交换机的电话接续工作就完成了。

当通话结束后，交换机就将他们之间的线路资源释放，一个完整的打电话过程就结束了。

（王常安）

电话技术常识

在人们的相互交往中，最常见的方式是语言交流，电话成为现代人最常用的交流工具。美国科学家贝尔在研究中发现，假如对着铁片讲话，声音就会引起铁片振动，在铁片后面放置绕着导线的磁铁，铁片振动时，会在导线中产生时大时小的电流，这个波动的电流沿着线路传送到对方，使对方的磁铁同样振动，就可将声音传到对方。1876年3月10日，贝尔完成了这个装置，开创了人类通信史上一个新的时代。