

❖ 高等院校通信与信息专业规划教材 ❖

通信导论

INTRODUCTION TO COMMUNICATIONS



陈金鹰 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书赠送电子教案

高等院校通信与信息专业规划教材

通信导论

陈金鹰 编著



机械工业出版社

本书以浅显易懂的语言介绍了通信技术的发展过程,以及在这个发展过程中所产生的从通信终端到交换和传输领域所出现的相关技术,使未系统参加过通信专业基础知识学习的读者,能以一种比较轻松的方式从整体上建立通信体系的基本概念,了解通信领域所涉及的相关技术。

全书共分5章。第1章介绍了通信终端技术、交换技术、传输技术的产生、发展过程。第2章介绍了通信网络体系与基本终端所涉及的常识性问题和新技术。第3章介绍了通信传输系统中所涉及的传输信道概念,以及针对不同传输信道技术特点所采取的调制、编码、滤波与电平调整技术。第4章介绍了电话交换和数据交换所涉及的交换原理与交换方式等相关技术。第5章介绍了有线通信和无线通信领域中所涉及的前沿技术和网络融合趋势,以进一步扩大读者视野。

本书既可作为通信专业高年级本/专科生和研究生对通信专业知识总体回顾和前瞻技术的拓展性学习用书,也可作为信息技术、电子技术、自动化技术、计算机技术等相关专业学生和技术与管理人员扩大知识面的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

通信导论/陈金鹰编著. —北京:机械工业出版社,
2013.8

高等院校通信与信息专业规划教材

ISBN 978-7-111-43923-3

I. ①通… II. ①陈… III. ①通信理论—高等学校—
教材 IV. ①TN911

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第208755号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李馨馨 责任编辑:李馨馨

责任印制:张楠

北京玥实印刷有限公司印刷

2013年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.75印张·427千字

标准书号:ISBN 978-7-111-43923-3

定价:46.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

为了培养 21 世纪国家和社会急需的通信与信息领域的高级科技人才，配合高等院校通信与信息专业的教学改革和教材建设，机械工业出版社会同全国在通信与信息领域具有雄厚师资和技术力量的高等院校，组成阵容强大的编委会，组织长期从事教学的骨干教师编写了这套面向普通高等院校的通信与信息专业系列教材，并将陆续出版。

这套教材力求做到：专业基础课教材概念清晰、理论准确、深度合理，并注意与专业课教学的衔接；专业课教材覆盖面广、深度适中，不仅体现相关领域的最新进展，而且注重理论联系实际。

这套教材的选题是开放式的。随着现代通信与信息技术日新月异地发展，我们将不断更新和补充选题，使这套教材及时反映通信与信息领域的新发展和新技术。我们也欢迎在教学第一线有丰富教学经验的教师及通信与信息领域的科技人员积极参与这项工作。

由于通信与信息技术发展迅速，而且涉及领域非常宽，所以在这套教材的选题和编审中如有缺点和不足之处，诚请各位老师和同学提出宝贵意见，以利于今后不断改进。

机械工业出版社

高等院校通信与信息专业规划教材编委会

前言

从某种意义上讲,人类的进步是依赖于通信技术的发展而发展的。首先,人类走向近代文明在很大程度上得益于电的发明,而以电为基础,诞生了电报、电话、计算机、通信网络,使人类进入了信息时代。促进人类进入信息社会的转折点在于对计算机和网络的使用,它解决了巨量信息存储、处理、传输、交换,使人类社会进入“信息爆炸”的时代。93%的信息以数字形式产生,信息的获取、存储、处理、传输、交换都是通信技术研究的领域,是由通信技术的进步完成的。

本书从通信终端、传输和交换三个方面系统地介绍了通信技术的发生与变革过程,以及在这个过程中所伴随出现的新技术和新业务。

1. 本书的内容组织

全书用5章的篇幅,从最原始的通信方式到现代的前沿通信技术,罗列了通信体系三要素(终端、交换、传输)所涉及的众多通信技术,介绍了设计和组建一个通信系统所需要考虑的整体方案和电路设计细节,在此基础上引出了由各种通信新技术所伴随的新业务,力图在较短的篇幅中为读者建立通信系统和技术的总体映像,以适应希望快速了解通信专业技术的读者的迫切需求。当读者需要更深入的学习专业技术细节时,可依本书中的技术名词为线索,去选修相关专业课程或书籍。

本书第1章讲述了通信技术的发展过程。主要讲述了通信终端技术的发展、通信交换技术的发展、通信传输技术的发展,以及我国通信技术的发展。本章安排课时为4学时,重点在对通信终端、交换技术、传输技术的发展过程的介绍,其余内容供学生自学。

第2章通信网络体系与基本终端,介绍了目前我国通信网络的体系结构和基本的组网规则。主要讲述了通信体系、通信终端,以及电话网络的基本概念。本章安排课时为4学时,重点是对通信基本术语的区别、电话终端的工作原理、市话网、接入网、长话网的组织原则,其余内容供学生自学。

第3章通信传输系统,介绍了通信体系中的各种传输手段这一关键环节,以及为达到信号高效正确在信道上传输所采用的基本电路实现方法。主要内容包括通信信道的概念、不同传输介质的信道、信号调制与编码、信号滤波与电平调整。本章安排课时为6学时,重点是有线和无线通信的复用技术、调制与编码技术、宽带电平调整技术。

第4章交换技术,介绍了通信体系中的另一个关键环节,即传输网络在节点实现

路由交换的技术及实现方法。主要包括电话交换技术、数据交换技术。本章安排课时为4学时,重点是程控电话交换与信令技术和数据交换技术。

第5章通信前沿技术介绍了交换、有线、无线通信技术所取得的新进展和网络融合趋势,以扩大读者视野。主要包括交换技术(光交换技术、软交换技术、IM技术)、有线传输技术(远距离高速传输、近距离接入领域的新技术)、无线传输技术(远距离和近距离无线传输技术)、网络融合技术(三网融合技术、物联网技术、云计算技术、未来通信技术)。本章安排课时为30学时,是全书的重点。

2. 本书的适应的课程及课时分配

完成全书的教学需要48个学时。根据不同的课程安排,还可进行灵活的内容组合和课时增减。当用于开设对通信专业新生的“通信导论”课程时,可选用本书第1章的内容作为通信技术发展综述,占8学时,另开4学时专业地位和就业前景介绍、4学时专业课程体系介绍,共计16学时。当为高年级开设“通信新技术”课程时,可选本书的第5章,安排课时32学时。当为研究生开设“现代通信技术”课程时,可选本书的全部内容,48学时。当用于非通信专业学生开设文化素质类课程“通信技术概论”时,可只选学第1章和5章,安排课时32学时。本书若作为专科生使用,可适当放宽要求。本书还可作为通信科普读物,只选学第1、2、5章,适用于通信管理人员或干部素质教育普及通信知识之用。

最后感谢本书在编写过程中所得到同行老师和出版社的帮助,特别是研究生刘洋洋、李菊、刘剑丽、王利红、李站、孙宇、卢为、袁灿、李俐萍、董利、黄亮、段炼红、熊贝、何江成、徐蕾等同学给予的支持。

作者于成都理工大学

目 录

前 言

第 1 章 通信技术的发展过程	1
1.1 通信终端技术的发展	1
1.1.1 电报的产生与消亡	1
1.1.1.1 电报的早期探索	1
1.1.1.2 莫尔斯电报的出现	2
1.1.1.3 无线电报的出现	3
1.1.2 电话的兴起	4
1.1.2.1 电话的发明及其影响	4
1.1.2.2 移动通信的繁荣	9
1.1.3 广播电视的演进	18
1.1.4 雷达的出现	29
1.1.5 录音录像的产生	32
1.1.6 计算机的诞生	36
1.2 通信交换技术的发展	42
1.2.1 电话交换的演进	42
1.2.2 数据交换的出现	44
1.3 通信传输技术的发展	47
1.3.1 电缆长途传输的发展	47
1.3.2 光纤传输的出现	49
1.3.3 无线长途传输的演进	50
1.4 物联网技术的发展	53
1.5 中国通信技术的发展	55
1.5.1 传统电信技术的发展	55
1.5.2 计算机技术的发展	61
1.5.3 互联网技术的发展	63
小结	64
思考题	64
第 2 章 通信网络体系与基本终端	65
2.1 通信体系	65

2.1.1 对常见通信术语的理解	65
2.1.2 通信系统的组成	68
2.2 通信终端的基本概念	70
2.2.1 电话机的基本原理与工作过程	70
2.2.2 传真机的工作原理与组成结构	77
2.3 电话网络	82
2.3.1 市话网的基本概念	82
2.3.2 电信网的组成与分类	85
2.3.3 接入网的基本概念与组成结构	90
2.3.4 长话网的工作原理与分类	93
小结	95
思考题	95
第3章 通信传输系统	97
3.1 通信信道的概念	97
3.1.1 信号的传输信道	97
3.1.2 信道的复用	102
3.2 不同传输介质的信道	107
3.2.1 导向传输介质信道	108
3.2.2 非导向传输介质	116
3.2.2.1 无线传输信道的特性	116
3.2.2.2 无线通信的分类	120
3.3 信号调制与编码	127
3.3.1 信号的调制	127
3.3.2 信号的编码	134
3.4 信号滤波与电平调整	144
3.4.1 网络的传输函数	144
3.4.2 信号的滤波	146
3.4.3 信号的电平调整	159
小结	164
思考题	164
第4章 交换技术	165
4.1 电话交换技术	165
4.1.1 电话交换的分类与组成	165
4.1.2 程控数字电话交换机技术	170

4.1.3 信令的基本概念和工作原理	178
4.2 数据交换技术	183
4.2.1 电路交换的原理	183
4.2.2 报文交换的原理及特点	184
4.2.3 分组交换的特点及分类	185
4.2.4 信元交换的结构及工作原理	187
4.2.5 多协议标记交换的基本概念及工作原理	192
小结	198
思考题	199
 第5章 通信前沿技术	200
5.1 交换技术	200
5.1.1 光交换技术	200
5.1.2 软交换技术	205
5.1.3 IM 技术	209
5.2 有线传输技术	213
5.2.1 远距离高速传输技术	213
5.2.2 近距离接入技术	218
5.3 无线传输技术	228
5.3.1 远距离无线传输技术	229
5.3.1.1 移动通信技术	229
5.3.1.2 无线网络技术	237
5.3.1.3 无线智能终端技术	252
5.3.1.4 智能无线信道优化技术	262
5.3.1.5 无线终端应用技术	269
5.3.1.6 特殊无线传输技术	274
5.3.2 近距离无线传输技术	290
5.4 网络与融合技术	307
5.4.1 网络融合技术	308
5.4.2 物联网技术	312
5.4.3 云计算技术	314
5.4.4 未来通信技术	317
小结	321
思考题	321
参考文献	323

第1章 通信技术的发展过程

通信技术的发展过程，体现了人类文明从低级到高级的进化过程，也反映了人类不断探索、执着追求的进取精神，在这一漫长过程中涌现了大量可歌可泣的动人事迹，追溯这段历史，不仅有利于对通信领域所涉及相关技术的整体理解，也有利于后人更加精进，为人类进步贡献自己的力量。通信技术发展到今天的成就，其原动力在于人类的好奇心、对现状的永不满足，这促使人类不断探索、不断创新、不断前进。纵观人类社会目前所有技术领域的进步，还没有一个学科的进步能像通信技术的进步一样能对人类社会文明产生如此深刻而广泛的影响。从这个意义上讲，只有通信技术的进步才是直接导致信息爆炸时代到来的根源。故毛泽东同志1941年为《通信战士》杂志题词时，盛赞通信技术人员道：“你们是科学的千里眼，顺风耳”。

本章主要从通信终端技术的发展过程、通信交换技术的发展、通信传输技术的发展、物联网技术的发展、中国通信技术的发展几个方面介绍通信体系中所涉及的众多技术方面成就，并以此展示通信技术的整体面貌。

1.1 通信终端技术的发展

1.1.1 电报的产生与消亡

1.1.1.1 电报的早期探索

1684年，英国物理学家罗伯特·胡克发明了回光信号机。他建议，在通信时，把组成要传送文字的一个个字母和代表各种各样意义的编码符号，挂在高处的木框架上，让对方看到并接收下来。但这个建议一直没有能够实现，直到1794年8月15日，一种叫“遥望通信”的视觉通信方式才首次在法国里尔和巴黎之间使用。

1747年，英国的廉·华士爵士发现有可能在金属导体上传播电流。

1753年，英国人C. M. 建议把一组26根的金属线互相平行，水平地从一个地方延伸到另一个地方。金属线的一端接在静电机上，在远处的一端接一个球，代表一个英文字母。球的下面挂着写有这个字母的纸片。发报时哪一条线接通电流，对方的小球便把纸片吸了起来。这就是最早的关于用电进行通信的设想。

1790年，法国工程师劳德·查佩兄弟根据胡克提出的视觉通信的原理，成功地研制出了一个实用的通信系统，这种系统能将报文发送到全法国。1793年，他们在巴黎和里尔之间架设了一条230km长的用接力方式传送信息的托架式线路。据说他们两兄

弟是第一个使用“电报”这个词的人。

1804年，西班牙的萨瓦设计了一种电报机，他将许多代表不同字母和符号的金属线浸在盐水中，电报接收装置是装有盐水的玻璃管，当电流通过时，盐水被电解，产生出小气泡，根据这些气泡来识别字母，从而接收到远处传送来的信息。萨瓦的这种电报接收机可靠性很差，不具实用性。后来，俄国科学家许林格设计了一种只用8根电线的编码式电报机，并且取得试验上的成功。

1832年，俄国外交家希林制作出用电流计指针偏转来接收信息的电报机。

1837年，英国人库克和惠斯通设计制造了第一个有线电报机，这种电报系统的特点是电文直接指向字母。通过不断的改进，发报速度不断提高，这种电报很快在铁路通信中获得了应用。

1.1.1.2 莫尔斯电报的出现

1832年，41岁的美国人莫尔斯在从法国学画后返回美国的轮船上，杰克逊向他展示了一种通电后能吸起铁器，一旦断电后，铁器就会掉下来的“电磁铁”，还说“不管电线有多长，电流都可以神速通过”。这使莫尔斯很快联想到：既然电流可以瞬息通过导线，那能不能用电流来传递信息呢？为此，他在自己的画本上写下了“电报”字样，立志要完成用电来传递信息的发明。回美国后，这位对电一无所知的画家放弃了绘画，全身心地投入到对电报的研制工作中。他拜著名的电磁学家亨利为师，从头开始学习电磁学知识。他买来了各种各样的实验仪器和电工工具，把画室改为实验室，夜以继日地埋头苦干。他设计了一个又一个方案，绘制了一幅又一幅草图，进行了一次又一次试验，但得到的是一次又一次失败。在深深的失望之中好几次他想重操旧业。然而，每当他拿起画笔看到画本上自己写的“电报”字样时，又为当初立下的誓言所激励，从失望中抬起头来。他冷静地分析了失败的原因，认真检查了设计思路，发现必须寻找新的方法来发送信号。

1835年，莫尔斯研制出电磁电报机的样机。

1836年，莫尔斯终于找到了新方法。他在笔记本上记下了新的设计方案：“电流只要停止片刻，就会现出火花。有火花出现可以看成是一种符号，没有火花出现是另一种符号，没有火花的时间长度又是一种符号。这三种符号组合起来可代表字母和数字，就可以通过导线来传递文字了”。这样，只要发出两种电符号就可以传递信息，大大简化了设计和装置。莫尔斯的奇特构想，即著名的“莫尔斯电码”，是电信史上最早的编码，是电报发明史上的重大突破。

1837年9月4日，经过不断的改进，莫尔斯制造出了发报装置由电键和一组电池组成的电报机。当按下电键，便有电流通过。按的时间短促表示点信号，按的时间长些表示横线信号。莫尔斯的收报机装置由一只电磁铁及有关附件组成。当有电流通过时，电磁铁便产生磁性，这样由电磁铁控制的笔也就在纸上记录下点或横线。这台发报机的有效工作距离为500m。之后，莫尔斯又对这台发报机进行了改进。

1843年3月,莫尔斯计划在华盛顿与巴尔的摩两个城市之间架设一条长约64km的线路,他请求美国国会资助3万美元作为实验经费。1844年3月,国会经过长时间的激烈辩论,通过了资助莫尔斯实验的议案,电报线路终于建成了。

1844年5月24日,是世界电信史上光辉的一页。在华盛顿国会大厦联邦最高法院会议厅里,莫尔斯亲手操纵着电报机,随着一连串的“点”、“划”信号的发出,远在64km外的巴尔的摩城收到由“嘀”、“嗒”声组成的世界上第一份电报:“上帝创造了何等的奇迹!”。莫尔斯电报的成功轰动了美国、英国和世界其他国家,他的电报很快风靡全球。图1-1为电报之父莫尔斯。

1858年,欧洲许多国家联合给莫尔斯一笔40万法郎的奖金。在莫尔斯垂暮之年,纽约市在中央公园为他塑造了雕像,用巨大的荣誉,来补偿曾使这位科学家陷于饥饿境地的过错。电报的发明,开始了用电作为信息载体的历史,是人类通信发展史上的一次巨大的飞跃。

虽然莫尔斯发明了电报,但他缺乏相关的专门技术。他与艾尔菲德·维尔签订了一个协议,让他帮自己制造更加实用的设备。艾尔菲德·维尔构思了一个方案,通过点、划和中间的停顿,可以让每个字符和标点符号彼此独立地发送出去。他们达成一致,同意把这种标志不同符号的方案放到莫尔斯的专利中。这就是现在我们所熟知的美式莫尔斯电码,它被用来传送了世界上第一封电报。



图1-1 电报之父莫尔斯

1.1.1.3 无线电报的出现

1864年,英国人麦克斯韦预言了电磁波的存在。

1887年,德国科学家赫兹通过实验证明了无线电波的存在。

1895年,俄国青年教师波波夫和意大利青年大学生马可尼分别发明了无线电报机。其中,马可尼在院子里进行了通信距离达到30m的无线电通信试验。1896年,马可尼实现了2英里远的无线电通信。

1897年5月18日,横跨布里斯托尔海峡的无线电通信实验成功。马可尼在英国建立了世界上第一家无线电器材公司——英国马可尼公司。

1901年,马可尼实现了隔着大西洋的无线电通信,使英国的无线电报能发送到大西洋彼岸,当时的天线是用风筝牵着的金属导线。

1902年,在英国与加拿大之间正式开通了越洋无线电报通信电路,使国际间电报通信跃入到一个新的阶段。

1910年,美国的克鲁姆和霍华德发明了手动电传打字机。

1913年,法国物理学家贝兰制成了第一部手提式传真机,可供新闻记者使用。

2001年8月1日,随着电话的普及,电报走向衰落。中国电信集团公司取消公众电报业务中的特急和加急业务。香港的电讯盈科于2004年1月1日宣布终止香港境内外所有电报服务。2006年1月27日,美国西联国际汇款公司正式宣布停止电报业务,这标志着电报在美国彻底进入历史。

1.1.2 电话的兴起

1796年,英国人休斯提出了用话筒接力传送语音的办法,并将其命名为 Telephone。日本人将其意译为“电话”,早期的中国人将其音译为“德律风”。

1854年,法国人鲍萨尔设想出电话原理,6年之后德国人赖伊斯又重复了这个设想。其原理是将两块薄金属片用电线相连,一方发出声音使金属片振动,再转换成电的形式传给对方。

1.1.2.1 电话的发明及其影响

电话的发明涉及几个重要人物的贡献,但他们的命运和对人类进步的影响却是不同的。

1. 格雷

1876年2月14日,格雷与贝尔在同一天申报了专利,但由于在具体时间上比贝尔晚了2小时左右,最终败诉。格雷的设计原理与贝尔有所不同,格雷是利用送话器内部液体的电阻随声音变化而变化来获得话音电流,而受话器则与贝尔的完全相同。

2. 爱迪生

1877年,爱迪生(见图1-2)取得了发明碳粒送话器的专利。1879年,爱迪生利用电磁效应,制成炭精送话器,使送话效果显著提高。

贝尔、格雷、爱迪生三人的专利之争直到1892年才算告一段落。当时美国最大的西部联合电报公司买下了格雷和爱迪生的专利权,与贝尔的电话公司对抗。长时期专利之争的结果是双方达成一项协议,西部联合电报公司完全承认贝尔的专利权,从此不再染指电话业,交换条件是17年之内分享贝尔电话公司收入的20%。

3. 梅乌奇

1845年,痴迷于电生理学研究的移居美国的意大利人安东尼奥·梅乌奇(见图1-3)在不经意间发现电波可以传输声音。

1850年至1862年,梅乌奇制作了几种不同形式的声音传送仪器,称做“远距离传话筒”。可惜的是,梅乌奇生活潦倒,无力保护他的发明。当时申报专利需要交纳250美元的申报费用,而长时间的研究工作已经耗尽了他所有的积蓄。梅乌奇的英语



图1-2 托马斯·阿尔瓦·爱迪生

水平不高，这也使他无法了解该怎样保护自己的发明。1870年，梅乌奇患上了重病，以仅6美元的低价卖掉了自己发明的通话设备。为了保护自己的发明，梅乌奇试图获取一份被称做“保护发明特许权请求书”的文件。为此他每年需要交纳10美元的费用，并且每年需要更新一次。3年之后，梅乌奇沦落到靠领取社会救济金度日，付不起手续费，请求书也随之失效。1874年，梅乌奇寄了几个“远距离传话筒”给美国西联电报公司。希望能将这项发明卖给他们。但是，他并没有得到答复。当请求归还原件时，他被告知这些机器已不翼而飞。当两年后贝尔也发明了电话机并与西联电报公司签订了巨额合同时，梅乌奇为此提起诉讼，最高法院也同意审理这个案件。但由于梅乌奇于1889年过世，使诉讼不了了之。直到2002年6月15日，美国议会通过议案，认定安东尼奥·梅乌奇为电话的发明者。如今在梅乌奇的出生地佛罗伦萨有一块纪念碑，上面写着“这里安息着电话的发明者——安东尼奥·梅乌奇”。



图1-3 安东尼奥·梅乌奇

4. 贝尔

贝尔(1847-1922)，美国电话发明者(见图1-4)。出生于美国爱丁堡，早年研究声学，21岁时在伦敦大学攻读生理解剖学，1871年迁居加拿大，24岁时移民美国，后加入美国国籍。1872年，美国波士顿大学专门从事聋哑人语言教育的语言心理学教授贝尔对用电来传送声音产生了浓厚的兴趣。为发明电话，贝尔进行了大量研究，探索语音的组成，并在精密仪器上分析声音的振动。在实验仪器上，他使振动膜上的振动传送到用炭涂黑的玻璃片上，振动就可以被“看见”了。随后贝尔开始思考有没有可能将声音振动转化成随声音变化的电流，这样就可以通过线路传递声音了。通过几年的努力，贝尔发明了几套电报系统。之后，贝尔又萌生了发明一套能通过一根线路同时传送几条信息的机器的想法。他设想通过几片衔铁协调不同频率，在发送端，这些衔铁会在某一频率截断电流，并以特定频率发送一系列脉冲。在接收端，只有与该脉冲频率相匹配的衔铁才能被激活。实验中，贝尔偶然发现沿线路传送电磁波可以传输声音信号。最初，贝尔在由于声音而振动的薄金属片上安装电磁开关，用电磁开关把电路断开，形成一开一闭的脉冲信号。

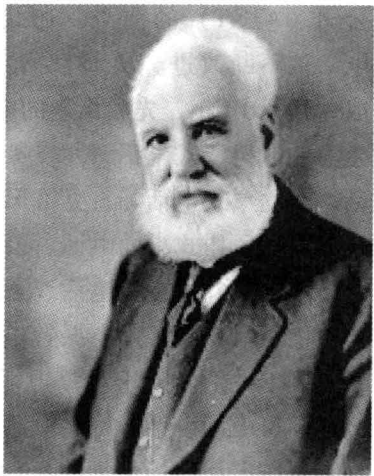


图1-4 A. G. 贝尔

1875年6月2日,贝尔和沃森特正在进行模型的最后设计和改进,沃森特在紧闭了门窗的另一房间把耳朵贴在音箱上准备接听,贝尔在最后操作时不小心把硫酸溅到自己的腿上,他疼痛地叫了起来:“沃森特先生,快来帮我啊!”没有想到,这句话通过他实验中的电话传到了在另一个房间工作的沃森特先生的耳朵里。这句极普通的话,也就成为人类第一句通过电话传送的话音而记入史册。图1-5所示为早期的电话试验场景。

1876年2月14日,贝尔申请专利权。1876年3月7日,在贝尔30岁生日前夕,通过电线传输声音的设想得到了专利认证,专利证号码NO:174655。至今美国波士顿法院路109号的门口,仍钉着块镌有“1875年6月2日电话诞生在这里”的铜牌。

1877年,在波士顿和纽约之间架设的300km的第一条电话线路开通。第一部私人电话安装在查理斯·威廉姆斯于波士顿的办公室与马萨诸塞州的住宅之间。一年之内,贝尔共安装了230部电话,建立了贝尔电话公司,这是美国电报电话公司(AT&T)的前身。在此后的发展过程中,电话被不断改进。从1878年贝尔电话公司正式



图1-5 早期的电话试验

成立到2010年,先后出现的电话有:手持半双工电话、盒式磁力发电机电话、贝尔型磁力发电机壁式电话、木支架桌式电话、“咖啡壶式”电话、投币电话、数字机械电话、直立桌式电话、直立锥形桌面电话、20线分离电话、磁力发电机台式电话、角落台式电话、树式桌面电话、公用电池墙式电话、门廊对讲机、数字拨号桌式电话、电台波段电话、扩音器电话、互联电话、自动收发电报壁式电话、电报传真电话、抗噪声桌面电话、交流发电振铃电话、自动拨号电话、按钮电话、智能电话、电视会议电话、刷卡电话、VoIP网络电话、USB电话、模拟移动电话、数字移动电话、移动电视电话、可上网电话、网络电话等。到20世纪后期,贝尔系统——AT&T的下属公司曾拥有美国电话市场份额的80%。1984年,由于美国司法部的反垄断诉讼,贝尔系统被迫分割成多个独立的地方贝尔公司。

5. 贝尔实验室

贝尔不仅善于科学发明与创新,也善于科技成果的转化,而后者对社会进步的影响更大。1925年1月1日,当时AT&T总裁,华特·基佛德收购了西方电子公司的研究部门,成立了一个叫做“贝尔电话实验室公司”的独立实体。AT&T和西方电子各拥有该公司的50%的份额。在过去的一个世纪中,贝尔实验室为全世界带来的创新技术与产品包括:第一台传真机、按键电话、数字调制解调器、蜂窝电话、通信卫星、

高速无线数据系统、太阳电池、电荷耦合器件、数字信号处理器、单芯片处理器、激光器、光纤、光放大器、密集波分复用系统、首次长途电视传输、高清晰度电视、语音合成、存储程序控制电话交换机、数据库及分组技术、UNIX 操作系统、C 和 C++ 语言，而由贝尔实验室推出的网络管理与操作系统每天支持着世界范围内数十亿的电话呼叫与数据连接。可以说，贝尔实验室为人类在迈向现代信息文明社会的过程中做出了巨大的贡献，共获专利两万五千多项，现在平均每个工作日获得三项多专利。下面列举几个典型事例。

(1) 对射电天文学的贡献

1927 年，卡尔·央斯基到贝尔电话实验室工作。当时，无线电话刚刚开始运营，从伦敦打电话到纽约 3min 时间要花费 75 美元，不仅很贵，通话中还常常受电磁干扰。第一台无线电话使用的频率极低，只有 60kHz，波长则长达 5km。到 1929 年，频率提高到 10 ~ 20MHz，但电话仍然受到很强的来源不明的电磁干扰。央斯基被指派去研究短波无线电通信中来自空间的无线电波的天电干扰问题。这些干扰包括来自大气中的雷电、太阳耀斑爆发引起的地球电离层的扰动和来自宇宙天体的无线电辐射。

1931 年，央斯基在美国新泽西州贝尔电话实验室研究和寻找干扰无线电波通信的噪声源时，发现除去两种雷电造成的噪声外，还存在着第三种噪声，一种很低且很稳定的“哨声”。研究中卡尔·央斯基接收到一种每隔 23 时 56 分 04 秒出现最大值的无线电干扰信号，这微弱的电波不像是来自于太阳。央斯基想到它很可能对应于星空上某一固定的点，因为观测站的天线阵无法确定噪声源的准确位置，只能大体认为与银河中心的方向相等，央斯基对这一噪声进行了一年多的精确测量和周密分析，终于确认这种“哨声”来自地球大气之外，是银河系中心人马座方向发射的一种无线电波辐射。这个意外的发现，引起了当时天文学界的震惊，同时令当时人们感到迷惑，谁也不认为一颗恒星或一种星际物质会发出如此强烈的无线电波。但是，美国的另一位无线电工程师雷伯却坚信央斯基的发现是真实的。他研制了一架直径为 9.6m 的金属抛物面天线，并把它对准了央斯基曾经收到宇宙射电波的天空。1939 年 4 月，他们再次发现了来自银河系中心人马座方向的辐射电波，所不同的是，央斯基接收的是波长为 14.6m 的无线电波，而雷伯接收到的是 1.9m 的无线电波。这样，雷伯不仅证实了央斯基的发现，同时还进一步发现了人马座射电源发射出许多不同波长的射电波。

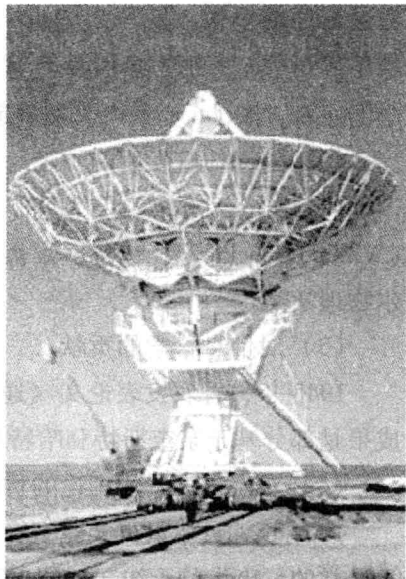


图 1-6 射电天文望远镜

1932年央斯基发表文章宣称：这是来自银河系中心方向的射电辐射。这是人类第一次捕捉到来自太空的无线电波，射电天文学从此诞生，这是天文学发展史上的又一次飞跃。为了纪念央斯基在1931至1932年所做出的这项贡献，在1973年8月举行的国际天文学联合会第十五次大会上，射电天文学小组委员会通过决议，采用“央斯基”作为天体射电流量密度的单位，简写为“央”，并且纳入国际物理单位系统。卡尔·央斯基的发现解开了射电天文学的序幕，图1-6为射电天文望远镜。

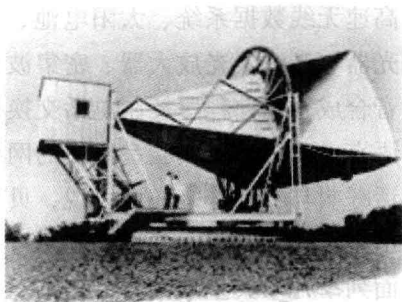


图1-7 宇宙微波背景辐射天线

(2) 对晶体管发明的贡献

1947年，贝尔实验室发明了晶体管，参与这项研究的约翰·巴丁、威廉·肖克利 (William Shockley)、华特·豪舍·布拉顿 (Walter Houser Brattain) 于1956年获诺贝尔物理学奖。

(3) 对信息科学的贡献

1948年，香农发表论文《通讯的数学原理》，奠定了现代通信理论的基础。他的成果是部分基于奈奎斯特和哈特利先前在贝尔实验室的成果。

(4) 对宇宙大爆炸理论的贡献

1964年，贝尔电讯实验室在新泽西州霍姆德城附近的克劳夫特山上，装设了一架不寻常的、庞大的天线，如图1-7所示。两位科学家彭加斯 (A. A. Penzias) 和威尔逊 (R. W. Wilson) 用这架天线进行射电天文学研究。他们操纵自动控制装置，把天线束指向天空的各个方向。结果发现，收到的噪声总是稍微高于原来预计的数值。为了证明这不是电子线路里产生的热噪声，他们将接收的功率与一个浸泡在温度低至绝对温度4K左右的液氦里的人工噪声源输出的功率相比较，证明噪声并不来自电子线路。进一步观察还发现，这种神秘的微波噪声非常稳定，无论是白天还是黑夜，也无论是春夏秋冬都同样存在。在检查原因时他们发现，在天线的“喉部”涂盖了一种“白色介电质”，原来那是一对鸽子在天线的喉部筑巢时留下的鸽子粪。他们捉住了鸽子，把它们送到贝尔实验室的威潘尼基地放掉。几天之后又有鸽子来了，只好再捉，并采取坚决措施防止它们再来。可是鸽子粪已经在天线喉部形成了一层“白色介电质”。天线上的鸽子粪当然有可能成为电噪声源。1965年初，工作人员拆卸开天线的喉部，清除了鸽子制造的“白色介电质”，但那幽灵般的微波噪声却丝毫也没有减弱。后来又想尽了各种办法，都不能驱除这个噪声幽灵。彭加斯和威尔逊最终认为，这个噪声幽灵应当来自宇宙，他们在天空的任何一个方向上都可以接收到这种稳定不变的微波噪声。这说明宇宙背景中普遍存在着一种均匀的或各向同性的微波辐射。

相当于3K的宇宙背景微波辐射的发现，是科学上一项重大的成就。可是，当时