



以能力为主、应用为本
作为职业教育导向的内容
体系；遵循任务导向、案例
教学的组织结构；注重职业素养
培养，启发学生创新思维的内涵设计

“十三五”职业教育规划教材
高职高专课程改革项目研究成果

通信网络概论

邱波 古发辉 万梅芬 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信网络概论

主 编 邱 波 古发辉 万梅芬
副主编 刘 华 吕昌武 黄小锋



版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

通信网络概论 / 邱波, 古发辉, 万梅芬主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-5682-4947-8

I. ①通… II. ①邱…②古…③万… III. ①通信网-高等学校-教材
IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 265226 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 150 千字

版 次 / 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

定 价 / 30.00 元

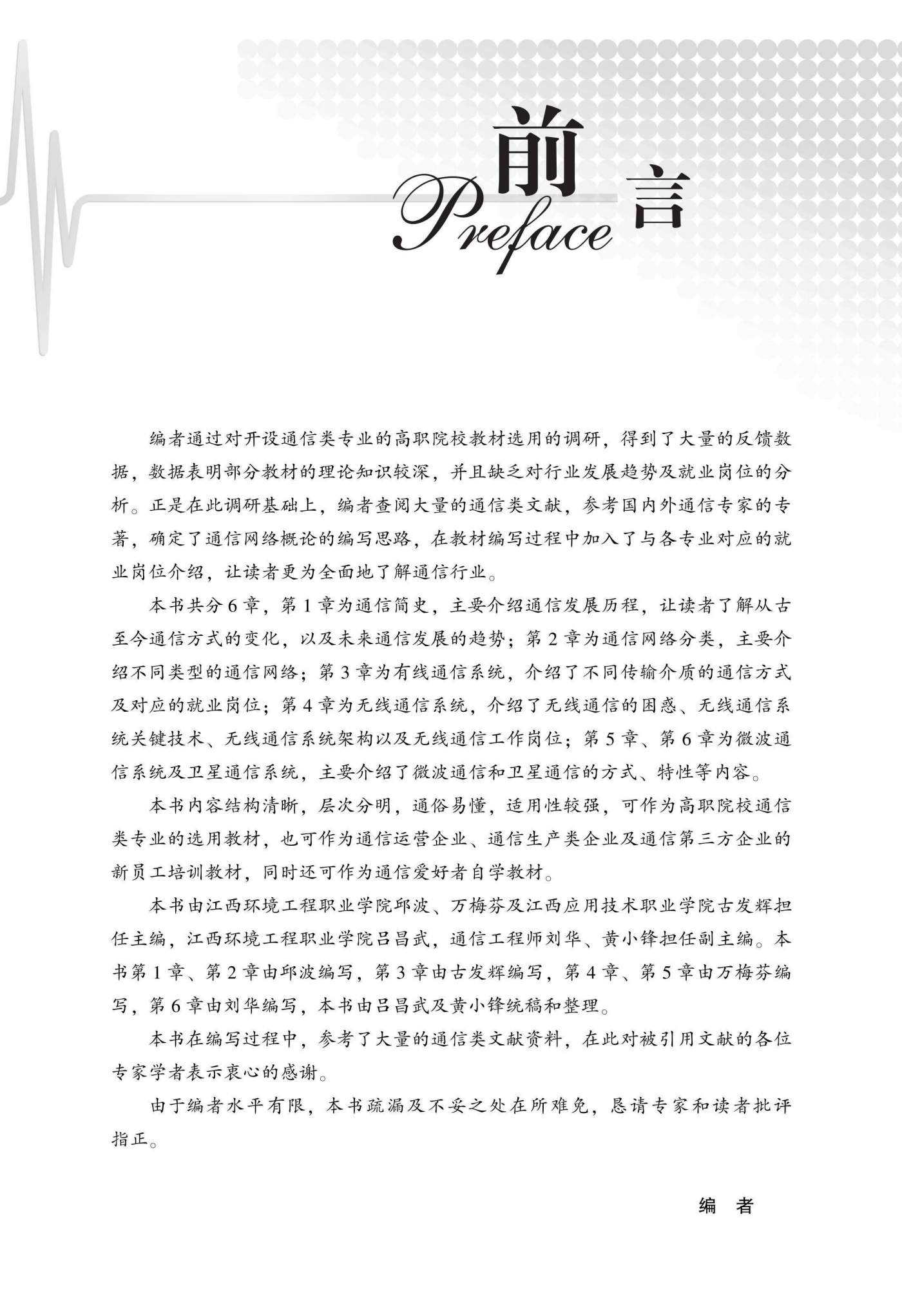
责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

Preface

编者通过对开设通信类专业的高职院校教材选用的调研,得到了大量的反馈数据,数据表明部分教材的理论知识较深,并且缺乏对行业发展趋势及就业岗位的分析。正是在此调研基础上,编者查阅大量的通信类文献,参考国内外通信专家的专著,确定了通信网络概论的编写思路,在教材编写过程中加入了与各专业对应的就业岗位介绍,让读者更为全面地了解通信行业。

本书共分6章,第1章为通信简史,主要介绍通信发展历程,让读者了解从古至今通信方式的变化,以及未来通信发展的趋势;第2章为通信网络分类,主要介绍不同类型的通信网络;第3章为有线通信系统,介绍了不同传输介质的通信方式及对应的就业岗位;第4章为无线通信系统,介绍了无线通信的困惑、无线通信系统关键技术、无线通信系统架构以及无线通信工作岗位;第5章、第6章为微波通信系统及卫星通信系统,主要介绍了微波通信和卫星通信的方式、特性等内容。

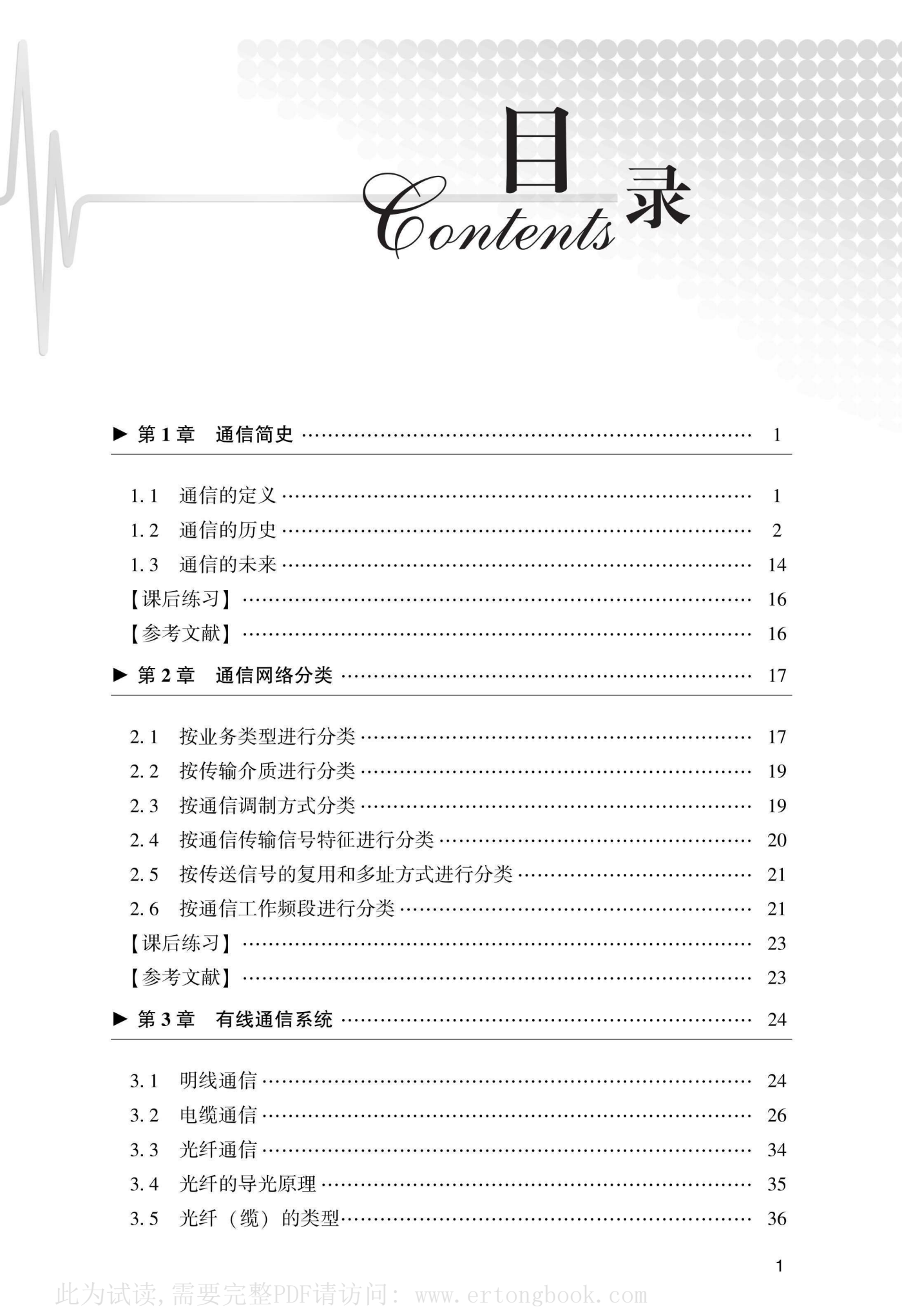
本书内容结构清晰,层次分明,通俗易懂,适用性较强,可作为高职院校通信类专业的选用教材,也可作为通信运营企业、通信生产类企业及通信第三方企业的新员工培训教材,同时还可作为通信爱好者自学教材。

本书由江西环境工程职业学院邱波、万梅芬及江西应用技术职业学院古发辉担任主编,江西环境工程职业学院吕昌武,通信工程师刘华、黄小锋担任副主编。本书第1章、第2章由邱波编写,第3章由古发辉编写,第4章、第5章由万梅芬编写,第6章由刘华编写,本书由吕昌武及黄小锋统稿和整理。

本书在编写过程中,参考了大量的通信类文献资料,在此对被引用文献的各位专家学者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,本书疏漏及不妥之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

编者



目录 *Contents*

► 第 1 章 通信简史	1
1.1 通信的定义	1
1.2 通信的历史	2
1.3 通信的未来	14
【课后练习】	16
【参考文献】	16
► 第 2 章 通信网络分类	17
2.1 按业务类型进行分类	17
2.2 按传输介质进行分类	19
2.3 按通信调制方式分类	19
2.4 按通信传输信号特征进行分类	20
2.5 按传送信号的复用和多址方式进行分类	21
2.6 按通信工作频段进行分类	21
【课后练习】	23
【参考文献】	23
► 第 3 章 有线通信系统	24
3.1 明线通信	24
3.2 电缆通信	26
3.3 光纤通信	34
3.4 光纤的导光原理	35
3.5 光纤（缆）的类型	36

3.6 波分复用	38
3.7 光传送网	40
3.8 接入网	41
3.9 EPON 简介	45
3.10 工作岗位	47
【课后练习】	48
【参考文献】	48
► 第4章 无线通信系统	49
4.1 无线通信的困惑	49
4.2 现代移动通信系统	58
4.3 无线通信系统关键技术	70
4.4 无线通信系统架构	92
4.5 无线通信系统频谱划分	94
4.6 无线通信工作岗位	107
【课后练习】	112
【参考文献】	112
► 第5章 微波通信系统	113
5.1 微波发展简史	113
5.2 微波系统分类	120
5.3 微波系统特征	122
5.4 微波频带的划分	124
5.5 微波系统的架构	125
5.6 微波系统的通信方式	125
5.7 微波系统的主要技术	126
【课后练习】	127
【参考文献】	128
► 第6章 卫星通信系统	129
6.1 卫星发展简史	129

6.2 卫星系统的组成	130
6.3 卫星通信的类型划分	134
6.4 卫星通信系统的频带划分	136
6.5 卫星通信系统的特点	137
【课后练习】	138
【参考文献】	138
► 附录 常见术语中英文对照	139
► 参考文献	142



第 1 章

通信简史

本章包括通信的定义、通信的历史、通信的未来 3 个部分，通过一些广为人知的历史故事，介绍通信发展的历程以及对人们生活的影响。

1.1 通信的定义



所谓通信，最简单的理解，也是最基本的理解，就是人与人沟通的方法。无论是现在的电话还是网络，解决的最基本问题都是人与人的沟通问题。现代通信技术，就是随着科技的不断发展，通过采用最新的技术来不断优化通信的各种方法，让人与人的沟通变得更加便捷、有效。

早在远古时期，人们就通过简单的语言、壁画等方式交换信息。千百年来，人们一直在用语言、图符、钟鼓、烟火、竹简、纸书等传递信息，古代人的烽火狼烟、飞鸽传信、驿马邮递就是通信的三种例子。在现代社会，交警的指挥手语、航海中的旗语等不过是古老通信方式进一步发展的结果。这些信息传递

的基本方式都是依靠人的视觉与听觉实现的。

1838 年，德国人莫尔斯发明了电报。电报、电话无线电、广播、电视、雷达以及移动通信等通信技术的相继出现，开启了人类通信技术发展的新时代。以 1980 年光纤通信和宽带综合业务数字网的建立为标志，各种通信技术，如光纤通信、数字移动通信、卫星通信、程控交换技术、宽带综合业务数字网、多媒体通信、Internet 网、移动通信、智能通信、微波通信、物联网通信等都得到了飞速发展。

小时候很多人都玩过的话筒传声（图 1-1），就是一种有线通信，也是最简单的电话。

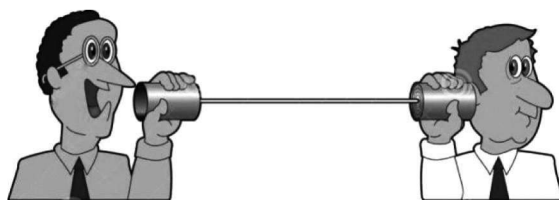


图 1-1 话筒传声

1.2 通信的历史

通信是一个既古老又崭新的话题。其根源可追溯到公元前 3500 年，苏美尔人发明了楔形文字，埃及人发明了象形文字，可以说这是最古老的通信方式。而中国古代的烽火台和非洲一些地方的“击鼓传信”则是无线通信的鼻祖。现代意义上的通信是在人们利用电能之后，1793 年，法国查佩兄弟俩在巴黎和里尔之间架设了一条 230km 长的以接力方式传送信息的托架式线路。据说两兄弟是第一个使用“电报”这个词的人。现代意义上的无线通信是从莫尔斯开始的，1843 年，莫尔斯获得了 3 万美元的资助，他用这笔钱款修建成了从华盛顿到巴尔的摩的电报线路，全长 64.4km。1844 年 5 月 24 日，在座无虚席的国会大厦里，莫尔斯用他那激动得有些颤抖的双手，操纵着他倾十余年心血研制成功的电报机，向巴尔的摩发出了人类历史上的第一份电报：“上帝创造了何等奇迹！”

当今时代通信产业仍然具有强劲的生命力，依然处在蓬勃发展的阶段，各种新的技术日新月异、层出不穷。但是蓬勃的发展中也有一些亟待解决的问题，这些都是现代通信的不足。从通信发展的历史和现状，也不难看出其未来的发展走势，究竟未来通信将走向何方，是学习通信技术需要着重思考的问题。

1.2.1 人类通信发展史

人类的五次信息革新分别是语言和烽火、文字的创造、印刷术的发明、电报和电话、无线电广播和电视广播。而与这些革新对应的则是各个时代和地区的通信技术的大跨越。正如 1.1 节中所述，人们自古以来一直在用语言、图符、钟鼓、烟火、竹简、纸书等传递信息，古代人的烽火狼烟、飞鸽传信、驿马邮递就是通信的三种方式。其中驿马邮递随着人类历史的发展逐渐演变成了民信局、邮政局。现在还有一些国家的个别原始部落，仍然保留着诸如击鼓鸣号这样古老的通信方式。人类最早期的这些通信手段的基本方式都是依靠人的视觉与听觉实现的。

1. 烽火狼烟

“烽火”是我国古代用以传递边疆军事情报的一种通信方法，始于公元前 800 年的商周，延至明清，相习三千多年之久，其中尤以汉代的烽火组织规模为大。在边防军事要塞或交通要冲的高处，每隔一定距离建筑高台，俗称烽火台（图 1-2），也称烽燧、墩堠、烟墩等。高台上有驻军守护，发现敌人入侵，白天燃烧柴草以“燔烟”报警，夜间燃烧薪柴以“举烽”（火光）报警。一台燃起烽烟，邻台见之也相继举火，逐台传递，须臾千里，可达到报告敌情、调兵遣将、求得援兵、克敌制胜的目的。

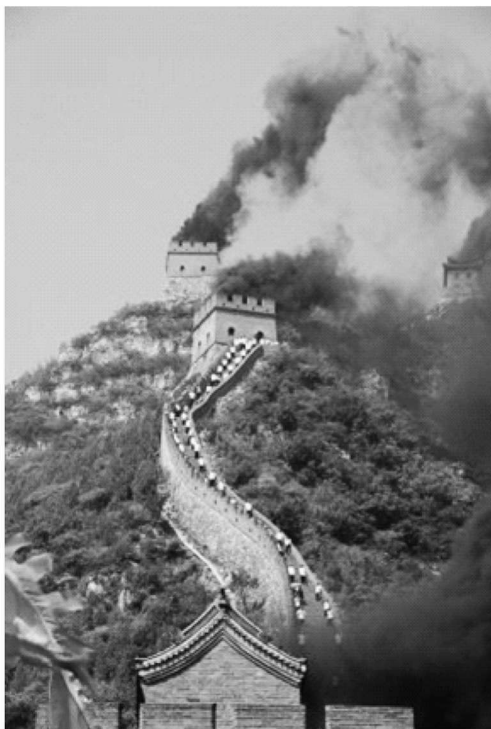


图 1-2 烽火台

2. 历史一瞥：烽火戏诸侯

相传有这样一个故事，周幽王有个宠爱的妃子叫褒姒，长得很美，可是总不爱笑。有一天，周幽王为了逗她发笑，就无缘无故地下令点起烽火。各路诸侯看到烽火，都纷纷带兵赶到。结果自然是白跑一趟，上了大当，什么动静也没有。诸侯兵马慌乱的样子，果然把褒姒逗笑了（图 1-3）。可是后来到了真有敌兵入侵的时候，各路诸侯看到烽火，都不再相信了，因而谁也不派兵来救。周幽王因为得不到各路诸侯的援助，最终亡国。

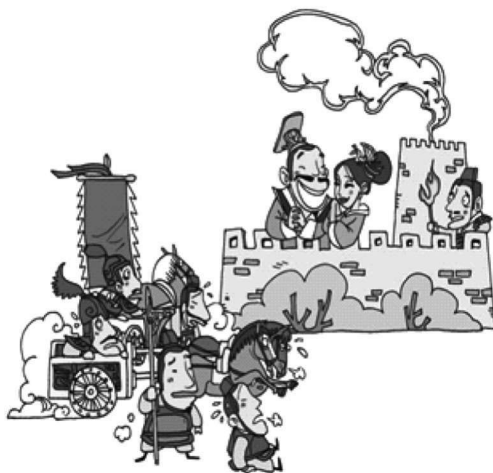


图 1-3 烽火戏诸侯

讨论环节：我国古代还有哪些通信手段属于无线通信？

3. 驿马邮递

公元前 200 多年的汉代，中国的官方通信开始兴起了邮驿（图 1-4）。历代对邮驿有不同名称，早期称传、遽、邮、置等，汉代称邮驿，元以后多称驿站。往返传送官府文书，普通百姓却无法使用。自古就有俗语：“十里一走马，五里一扬鞭，一驿过一驿，驿骑如流星”。中国是世界上最早建有驿传的国家之一。驿传为中国政治上的统一、促进文化交流和中外往来做出了贡献。



图 1-4 驿马邮差

4. 民信局的出现

大约在唐朝时期，长安、洛阳之间就有了主要为民间商人服务的“驿驴”（图 1-5）。到了明朝，就出现了专为民间传递信件的民信局。1928 年，当时的南京国民政府召开交通工作会议并通过决议：“民信局应于民国十九年（1930 年）一律废止。”到 1935 年，民信局彻底销声匿迹。



图 1-5 邮差

19 世纪中叶以后，随着电报、电话的发明，电磁波的发现，人类通信领域

产生了根本性的巨大变革，实现了利用金属导线来传递信息，甚至通过电磁波来进行无线通信，使神话中的“顺风耳”“千里眼”变成了现实。从此，人类的信息传递脱离了常规的视、听觉方式，用电信号作为新的载体，同时带来了一系列技术革新，开始了人类通信的新时代。

1837 年，美国人塞缪尔·莫尔斯（Samuel Finley Breese Morse）成功地研制出世界上第一台电磁式电报机（图 1-6）。他利用自己设计的电码，将信息转换成一串或长或短的电脉冲传向目的地，再转换为原来的信息。1844 年 5 月 24 日，莫尔斯在国会大厦联邦最高法院会议厅使用莫尔斯电码，发出了人类历史上的第一份电报，从而实现了长途电报通信。

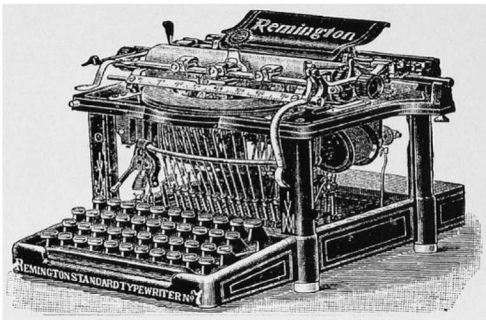
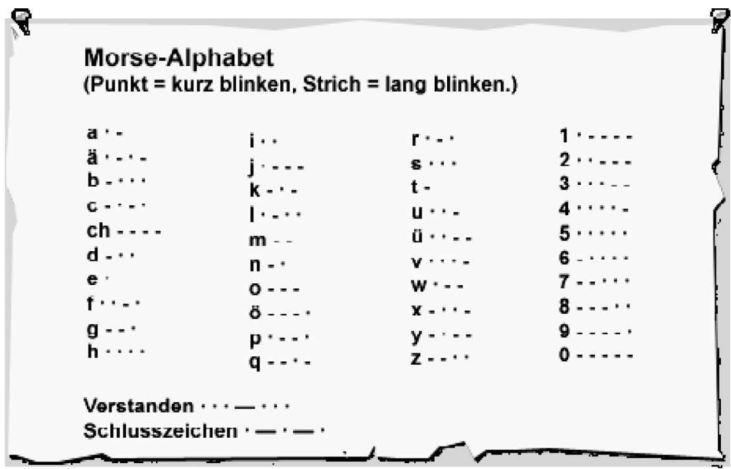


图 1-6 莫尔斯发明的有线电报机

莫尔斯电码在早期无线电技术中举足轻重，是每个无线电通信者所必知的（图 1-7）。随着通信技术进步，各国已于 1999 年停止使用莫尔斯电码，但由于它所占用的频宽最少，又具技术及艺术的特性，在实际生活中仍有广泛的应用。



Morse-Alphabet			
(Punkt = kurz blinken, Strich = lang blinken.)			
a · -	i · ·	r · · ·	1 · - - -
ä · · -	j · - -	s · · ·	2 · · - -
b · · · ·	k · - ·	t -	3 · - - -
c · · · ·	l · · ·	u · · -	4 · · · ·
ch - - - -	m - -	ü · · · ·	5 · · · ·
d · · ·	n - ·	v · · · ·	6 · · · ·
e ·	o - -	w · - -	7 · · · ·
f · · · ·	ö - - -	x · · · ·	8 · · · ·
g · - ·	p · · · ·	y · - · ·	9 · - - ·
h · · · ·	q · - - ·	z · - · ·	0 - - - -
Verstanden · · · - - ·			
Schlusszeichen · - - -			

图 1-7 莫尔斯电码

1837 年的莫尔斯电码是一些表示数字的点 and 画。数字对应单词，需要查找代码表才能知道每个词对应的数。用一个电键可以敲击出点、画及中间的停顿。

一般来说，任何一种能把书面字符用可变长度的信号表示的编码方式都可以称为莫尔斯电码。但现在这一术语只用来特指两种表示英语字母和符号的莫尔斯电码：美式莫尔斯电码被使用在有线电报通信系统中。今天还在使用的国际莫尔斯电码则只使用点和画（去掉了停顿）。

趣味任务：

- (1) 编写一段莫尔斯电码，内容为 “I’ve been discovered, run.”。
- (2) 把 (1) 中的莫尔斯电码传递给你的同学。

后来，贝尔（A. G. Bell）发明了世界上第一台电话机，并于 1876 年申请了发明专利（图 1-8）。1878 年贝尔在相距 300km 的波士顿和纽约之间进行了首次长途电话实验，并获得了成功，后来就成立了著名的贝尔电话公司。



图 1-8 贝尔发明的有线电话机

1904 年英国电气工程师弗莱明发明了二极管。1906 年美国物理学家费森登成功地研究出无线电广播。1920 年美国无线电专家康拉德在匹兹堡建立了世界上第一家商业无线电广播电台，从此广播事业在世界各地蓬勃发展，收音机成为人们了解时事新闻的方便途径。1924 年第一条短波通信线路在瑙恩和布伊诺斯艾利斯之间建立，1933 年法国人克拉维尔建立了英法之间的第一条商用微波无线电路，推动了无线电技术的进一步发展。图 1-9 所示为马可尼发明的无线收发电报机。

通信信息在发射前需要进行“调制”，即将信号“装载”到“载波”上去

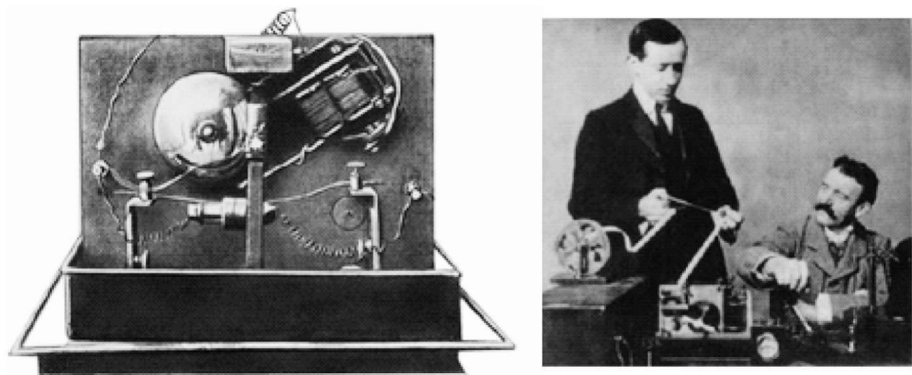


图 1-9 马可尼发明的无线收发电报机

(图 1-10)。这种“调制”分为两种，一种是调幅（AM）；另一种是调频（FM）。平时通过收音机或者网络电台收听的广播就属于调频，如福建交通广播 FM100.4，FM 表示调制方式为调频，100.4 表示信号调制后发射载波所在频道。

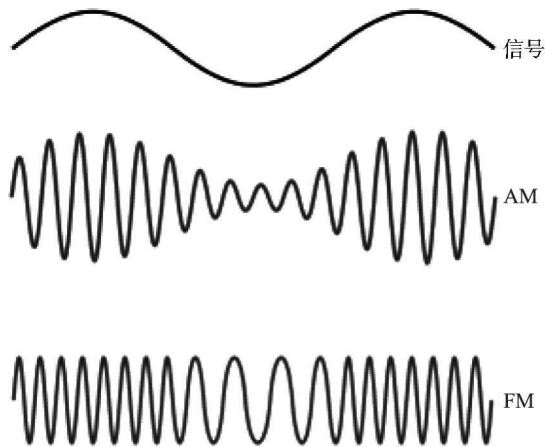


图 1-10 无线电信号波形

工程设计上利用频谱仪测量信号频率，图 1-11 中测量的信号频率为 436MHz、带宽为 3kHz。

自从 1925 年美国无线电公司研制出第一部实用的传真机以后，传真技术不断革新。此外，作为信息超远控制的遥控、遥测和遥感技术也是非常重要的技术。遥控是利用通信线路对远处被控对象进行控制的一种技术，用于电气行业、输油管道、化学工业、军事和航天事业。遥测是将远处需要测量的物理量如电

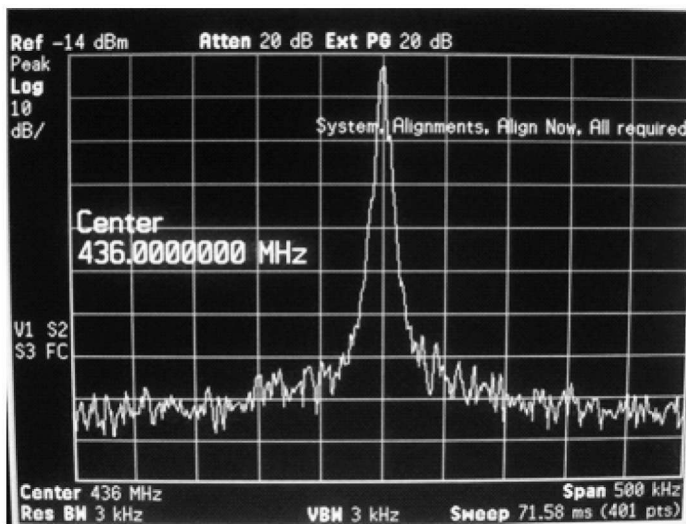


图 1-11 信号频率测量

压、电流、气压、温度、流量等变换成电量，利用通信线路传送到观察点的一种测量技术，用于气象、军事和航空航天领域。遥感是一门综合性的测量技术，在高空或远处利用传感器接收物体辐射的电磁波信息，经过加工处理或能够识别的图像或电子计算机用的记录磁带，提示被测物体的性质、形状和变化动态，主要用于气象、军事和航空航天事业。

国外的通信工具的革新也使中国开始有了真正有意义的电信事业。1910 年紫禁城正式安装了一部 10 门电话用户交换机，在建福宫、储秀宫和长春宫里安装了 6 部电话机，如图 1-12 所示。



图 1-12 紫禁城里的电话机

1946 年美国宾夕法尼亚大学的埃克特和莫希里研制出世界上第一台电子计算机。电子元器件的革新，进一步促使电子计算机朝小型化、高精度、高可靠

性方向发展。1977 年美国、日本科学家制成超大规模集成电路，微电子技术极大地推动了电子计算机的更新换代。为了解决资源共享问题，单一计算机很快发展成多台计算机互联，实现了计算机之间的数据通信、数据共享。20 世纪 80 年代末，多媒体技术的兴起使计算机具备了综合处理文字、声音、图像、影视等各种形式信息的能力，逐渐成为信息处理最重要和必不可少的工具。

通信技术经过漫长而遥远的演进以及近两个世纪的迅猛发展，已经进入用户数量巨大、使用方便的时代，但是它的发展不会停止。

1.2.2 中国当代通信发展史

1. 通信业百废待兴

“楼上楼下，电灯电话”，曾是 20 世纪 70 年代末至 80 年代初中国人心目中的小康生活，与之对应的是，中国人对于通信的需求，长期处在需求与供给严重脱节的状况。

1949 年中华人民共和国成立之初，我国仅有固定电话用户 21.8 万户。而到“文革”结束后的 20 多年间，电话用户的发展几乎停滞不前，从 1949 年到 1978 年这 30 年间，我国电话用户仅增长了 170.8 万户。

在通信业百废待兴的状况下，为了弥补通信资金建设的不足，加快通信业的发展，1979 年年初，邓小平在和王震等四位副总理谈经济工作问题时说，投资的重点，要放在电、煤、石油、交通、电信、建材上来。1980 年 3 月 19 日，邓小平在和胡耀邦、胡乔木、邓力群研究经济规划时再次说：“对经济长远规划的意见，交通问题要放在首位，尤其是邮电通信，对整个经济发展关系极大。”

2. 响彻神州的“BP 机”

相比电话机，寻呼机实现了第一次真正意义上的移动通信，虽然是只能接收不能发送的单向方式，但在那个商品和通信手段均极度匮乏的年代，已经足以引起老百姓的狂热了。

很快，寻呼机收到信息的哔哔声，响彻神州大地，老百姓形象地把这种发着哔哔声的小黑匣子称为“BP 机”（BB 机）（图 1-13），拿着 BP 机等着回电话的人，在公用电话前排起了长队。作为 20 世纪 90 年代初的一种流行符号，BP 机的标准佩戴方式是，用机子上的卡子别在皮带上，为了防止丢失还要用一根金属链子拴着，但一定要把衣服束在腰带里面，这样可以把 BP 机露出来，让