

跨世纪知识城

主编：刘以林

通信技术



新世界出版社

跨世纪知识城
通信技术

现代通信的先导

一个画家的故事——有线电报

1831年，英国科学家迈克尔·法拉第发现了电磁感应定律，这是一项具有划时代意义的发现。这一定律的通俗解释是：闭合电路的一部分导体在磁场里做切割磁力线运动时，导体中就会产生电流。根据电磁感应定律研制出的发电机使人类找到了获得廉价而强大电能的途径，真正把电从实验室解放出来，使电服务于包括通信在内的社会各行各业。

1832年10月份的一天，有一艘名叫“萨丽”的邮船从法国勒阿弗尔港起航，向美国纽约驶去。这是一次普通的航行，也是一次重要的航行。正是这次航行，改变了一位艺术家的生活道路，也改变了世界通信史。这一天，吃罢晚饭，许多旅客聚集在餐厅中闲聊。这时一位年轻人走到餐厅中间，从提兜里拿出了一块马蹄形的铁块放在餐桌上，铁块上绕着许多铜线。旅客们都好奇地围过来观看，那位年轻人把铜线两端接到电池上，铁块产生了一股神奇的力量，将周围的铁钉、铁片一下子都吸在了铁块上。而当年轻人切断电源后，铁钉、铁片又都掉了下来。

这个年轻人叫杰尔斯·杰克逊，是美国波士顿的青年医师，但他却热衷于对电学的研究。当时法拉第刚刚发现电磁感应定律没多久，人们对电和磁还非常陌生。杰克逊见旅客们对他的演示非常感兴趣，就开始滔滔不绝地向人们介绍起电磁学来：“女士们，先生们，这叫做电磁铁，缠在铁块上的导线有电流通过时，铁块就会产生磁性，而且缠绕的线圈越多，电流流过导线时电磁铁的磁性就越强。还有一点值得注意，无论导线有多长，电流都会在瞬间通过。请记住，人类就要启用一种无穷的力量，不久科学将创造电的奇迹，我们的生活也将为之改观。”

这些听众中间有一位著名的画家，叫塞缪尔·莫尔斯，被杰克逊医生的一席话深深打动，一个新奇的想法在他的大脑中产生；如果让电流沿导线传递信号，岂不是在瞬息之间就可以将消息传到了千里之外？这一想法的出现使他再也不能平静。在强烈的发明创造欲望的激励下，莫尔斯毅然放弃了绘画事业，投身于电通信的研究之中。他在写生簿上端端正正地写下了“电报”两个字，立志完成用电流传递信息的伟大使命。

这时的莫尔斯已经40岁了，在绘画领域也取得了很大的成就，曾经为美国总统阿伯拉罕·林肯画过像，但他对电磁学却一无所知。人们常说“人过三十不学艺”，莫尔斯40岁了还要改行，岂不是太冒险了？许多人都认为他疯了，但莫尔斯自己却不为所动。他开始从头学习电磁学知识，经过半年多的努力终于初步掌握了电磁学理论。于是他将自己的画室改成了实验室，开始夜以继日地进行电报机的实验。但实验进行得并不顺利，三年时间过去了，莫尔斯面对的仍然是一次又一次的失败。他的积蓄用光了，生活陷入了困境，只好又重新回到纽约大学艺术系任教，靠绘画来解决生计问题。尽管如此他仍然毫不动摇地从事电报机的研制，他几乎把绘画挣来的每一分钱都用在购买电学工具和材料上了。

功夫不负有心人，在度过了无数个不眠之夜后，一个全新的思想终于酝酿成熟，一条新路终于闯了出来。莫尔斯在日记中写道：“只要能让它不停地跑十英里，我就能让它跑遍全世界。骤然切断电流，就能够

产生电火花。电火花就是一种符号；没有电火花则是另一种符号；没有电火花的时间长短又是一种符号。这样，就有三种符号可以组合起来，代表数字与字母。它们的适当组合，就可以代表全部字母。这样，文字就能够由电线传送出去。其结果是我们就一定能够创造出可以在相隔遥远的两地迅速地互通信息的、可以记录的新机器！”

莫尔斯的上述思想体现在他自己编制的莫尔斯电码中。电码由“点”和“划”构成，所有英文字母都可以用“点”和“划”的组合表示出来。莫尔斯对“点”和“划”做了严格规定：以“点”的长度为基本单位，一个“划”占据三个“点”的长度，“点”与“划”之间间隔一个“点”的长度，字母与字母之间的间隔为三个点的长度。为了使编码尽量做到科学合理，他对报刊上的常用字作了大量统计，还向印刷工人请教，把最简单的电码组合分配给日常生活中使用频率最高的英文字母。如字母“e”用“.”表示，字母“t”用“—”表示，字母“a”用“.—”表示，而那些使用率较低的字母则用较复杂的组合表示。

尽管莫尔斯有了一个非常好的设想，但在具体设计中，仍有许多棘手的技术难题需要解决。这时候一位精通机械技术的青年技术技师阿尔雷德·维尔向莫尔斯伸出了援助之手。在维尔的帮助下，莫尔斯终于实现了他的梦想，1837年第一台莫尔斯电报机研制成功。1838年莫尔斯在美国进行了专利注册。

为了使电报机投入实用，莫尔斯带着他的发明到了华盛顿，向国会提出申请，建议提供资金，架设实验电报线路。但是这项提案被目光短浅的议员们否定了。莫尔斯失望地离开了华盛顿，回到纽约时他的口袋中只有1元钱了，莫尔斯的生活又一次坠入了贫困的深渊。但他并没有放弃自己的追求，他一边靠卖画勉强糊口，一边又在不停地为自己的发明奔走呼吁。是金子终究会闪光的。1842年美国国会在科学界舆论的强大压力下，终于重新通过了莫尔斯的申请，为他提供3万美元，在华盛顿与巴尔的摩之间，架设40英里长的实验性电报线路。这时的莫尔斯已经穷得连去华盛顿的火车票都买不起了，只好向他的学生借了50美元，买了套新衣服，就匆匆赶往华盛顿去架设世界上第一条实用电报线路去了。

经过一年多的努力，电报线路竣工了。1844年5月24日，这是一个具有历史意义的日子。在华盛顿国会大厦联邦最高法院会议厅里，莫尔斯对应邀前来观看的科学家、政府官员和新闻界人士介绍了电报机的原理。然后，他亲自操作电报机向40英里以外的巴尔的摩发出了第一份电报。在巴尔的摩的助手维尔立刻就收到了电码，将电码译成电文只有一句话：“上帝创造了何等的奇迹！”

尽管在莫尔斯之前人们也研制出了多种电报装置，但都缺乏足够的实用性，真正得到推广普及的还是莫尔斯电报机，所以说莫尔斯是电报发明史上的第一人。莫尔斯的发明揭开了人类通信史崭新的一页，通信从此进入了电子时代。莫尔斯也因为他的卓越贡献和百折不挠的奋斗精神得到了世界人民的尊重和敬仰。1858年欧洲许多国家为表彰莫尔斯的功绩联合给了莫尔斯一笔40万法郎的巨额奖金。莫尔斯的家乡纽约市的人民也在市中央公园内为他树立了一座雕像。

电信的巨大作用在实践中不断地得到了证实，因此电报事业以突飞

猛进的速度向前发展。以美国为例，到 1866 年，电报公司已经拥有 2250 个分局，电报线路总长也达到了 312 万公里。欧洲也是如此，1845 年法国建成了第一条电报线路，1846 年奥地利、匈牙利和比利时也先后架设了电报线路。以后，欧洲各国相继发展了各自的电报事业，电报网逐渐贯穿了整个欧洲大陆。早期的电报业务以铁路的用量最大，但很快其他部门也认识到了电报可以给他们带来巨大的效益。商业用户可以通过电报很快地了解到外地交易市场的贸易情况；政府机构可以通过电报了解到其他国家和地区的政治、经济情报；普通民众可以通过电报了解到自己亲属朋友的状况。电报还有一个大的用户就是报社。英国路透通讯社的创始人朱利叶斯·路透就是一位对电报这种新型通信工具非常热心的使用者。他利用电报线路发送了大量政治、经济、科技等方面的新闻，他的通讯社也因为快速、准确的报道而享有盛誉。

传真机的历史

电报机只能对文字进行传递，当我们要传递语言无法写清的图纸相片或传递亲笔手迹时，电报机就无能为力了。这时候另一种通信设备就可以大显身手了，它就是传真机。

平时我们常在报纸上看到诸如“新华社传真照片”之类的文字，这表明照片是新华社驻外国或外地的记者在照好后，利用传真机发回来的。如果没有传真机只靠邮政运输的话，快则三五天，慢则半个月，那时候再刊载在报纸上新闻就成了“旧闻”。

传真机的历史并不晚于电报机。早在 1843 年，也就是莫尔斯的第一条电报线路还没有架好的年代，苏格兰电气工程师亚历山大·贝恩就发明了第一部传真机。贝恩的传真机是利用电磁激励摆锤进行扫描，摆锤顶端装有电刷，通过摆锤往返摆动，扫描出用金属写在发报台上的文字。接收时则使金属电刷在浸有淀粉溶液的纸上扫描，通过化学反应产生有色的记录。1848 年贝克韦尔进一步发展了贝恩的传真技术，他最突出的贡献就是发明了滚桶扫描技术，这一技术直到今天仍在应用。1857 年法国人凯斯利在巴黎至里昂、巴黎至马赛之间进行了传真通信实验，实验的内容是相片的传送。

这以后的半个多世纪的时间里，传真技术一直没有什么大的进展。原因是一些关键器件，比如光电转换器件、信号放大器件尚未具备或很不完善。直到三极管、光电管、辉光管等被研制出来以后，传真机才真正走出了实验室，进入了实用阶段。1925 年，美国电报电话公司的贝尔实验室采用真空管技术和光电管技术研制出了实用型的传真机，并且在第二年开办了横跨美洲大陆的有线相片传真业务。

贝尔实验室的传真机原理是这样的：发送端将发送的图像卷在传真机的滚筒上，滚筒一面旋转一面横向移动，光点在图像上逐行来回扫描，并覆盖整个画面，这样图像就被分解成了若干个连续的小点。光点照射在图像深浅不同的部位反射出强弱不同的光，反射光被光电管接收并转换成强弱不同的电信号，再经调制和放大发送到传输线路上。接收端则起着合成图像的作用。输入的信号经放大、解调后，加在辉光管上，再转换成强弱不同的光点。接收机上也会有一个滚筒，滚筒的旋转与移动与

发送端同步。该筒上装有感光记录纸，辉光管转换的光点照射在感光纸上。由于滚桶做同步的旋转和移动，所以记录纸被逐点逐行感光，并形成一個与发送图像相似的传真图像。

传真机的作用在第二次世界大战中充分显示出来。新闻报社争相采用传真技术传递新闻照片，后方人民因此能够及时看到前方将士战斗的情况。所以，二次大战之后传真技术进入了一个迅猛发展的时代。

传真机通俗地说就是“远程复印”。目前传真机的发展趋势是：传递速度越来越快，传递的图像越来越清晰，操作方式越来越简单，设备越来越小巧。

传真机可以分成下面几类：

真迹传真机

真迹传真机多用于传送文件、资料、图表和真迹电报等。它只有黑白两种颜色，一般办公用传真机都属于这一类。真迹传真机有单路和多路之分，单路真迹传真机只占用一个电话话路，它的缺点是传输速度较慢。多路传真机虽然传送速度得到了提高，但信号占用频带又较宽。如12路真迹传真机要占用12个电话话路，60路真迹传真机则要占用60个话路。总之它们各有优缺点，具体使用哪种应当根据实际需要决定。

相片传真机

相片传真机是目前国内、国际通信中广泛使用的一种静止图像通信手段。例如报纸上的“传真照片”就是利用相片传真机进行远距离传送的。相片传真机除了传送“黑”、“白”信号之外，还能传送“深灰”、“中灰”、“浅灰”等多种色调，使相片表现出色调深浅层次来。相片传真与真迹传真还有一些不同的地方：相片传真机的扫描密度更高，传送图像的清晰度也就更高；相片传真机一般要用专用的传真相纸接收，采用湿法显影，接收完毕要到暗室里冲洗后才能得到所接收的图像。真迹传真则直接在普通或专用纸上记录接收、显示。因此相片传真比真迹传真费时、费事。现在已经有公司研制出了更高级的彩色相片复印机，它传递的图像更清晰、更准确。

报纸传真机

报纸传真机是一种大型、高速的传真机。它把原版报纸从一个地方传送到另一地方，然后在当地制版、印刷、发行。一份6版的《人民日报》采用60路报纸传真机约半个小时就可传送到边远城市，使那里的订户当天就可以看到《人民日报》。

总之，传真技术仍然有很大的发展潜力。随着现代通信的发展，它在我们生活中的作用也越来越重要。

贝尔的骄傲——电话的发明

电报发明以后，自然有许多人想到，能不能用电流传递声音呢？但在技术上这比传递电报信号要困难得多。传递电报基本上是一个电的过程，发送和接收的都是电码，也就是长短不同的电脉冲；而传递声音则需要声电转换和电声转换过程，发送时先要将声音转换成连续的电信号，接收时还要再将电信号还原为声音。

最早进行用电传声实验的是法国科学家布素尔。1854年巴黎博览会

期间，布素尔用一根导线将远在两地的两块容易颤动的薄板连接起来，并通以电流。这时，他在—块薄板的近侧发声，使声浪振动薄板，薄板的振动又使导线上的电流断断续续地传到远处的另一块薄板上，这块薄板就会得到同样的振动而发声。他的实验虽没有完全成功，却起到了很大的示范作用，并向我们揭示了用电传声的基本原理。声音的本质是空气的振动，用电传声就是要把这种空气的振动转变成电流或电压的变化，再通过电线传送出去，接收时再把电流或电压的变化转变回和发送时同样的空气的振动，发出声音。

1860年，德国科学家李斯仿照人耳的结构成功地制作了一套送话装置，并且用它发送了一段音乐。这套送话装置在美国纽约展出时，引起了人们的极大关注。李斯教授把他的装置命名为 Telephone，英语中电话一词由此而来。

但这种电话机还很不完善，由于送话器产生的电流是不连续的，所以传过来的声音也就断断续续，听不清楚。尽管如此，李斯的尝试仍然是电话发明史上跨时代的重要一步，为后来的发展打下了坚实的基础。今天，我们在莱茵河畔的法兰克福市仍可以看到一座为表彰李斯对于电话发明做出的杰出贡献而建立的纪念碑。

在李斯之后，电学领域涌现了两个杰出的发明家，一个叫亚历山大·格雷厄姆·贝尔，另一个叫伊利沙·格雷。这两个生活在同一时代的发明家并不相识，他们各自独立地发明了电话机，并为发明权的归属问题打了十几年的官司。

贝尔1847年出生在英国北部城市爱丁堡。他的祖父和父亲都从事聋哑儿童的教育工作，所以对声学很有研究。受他们的影响，贝尔从小就迷恋上了语音学。贝尔23岁那一年，全家移居到了加拿大，以后又移居到美国马萨诸塞州的波士顿定居。在这里贝尔继承了父业，在波士顿大学里担任语言生理学教授，继续从事对聋哑人的教育工作。后来他和父亲一起开设了一所聋哑学校。在学校里那些聋哑儿童有耳朵却听不见声音，这使善良的贝尔感到很难过，于是他产生了发明一种仪器的念头，他希望这种仪器能使聋哑人“看”到别人在说什么。

贝尔的设想并没有取得成功，可是他在实验时却发现了其它一些东西。他在许多实验中发现了一个有趣的现象：当开启或关断铜线圈中的电流时，线圈由于振动就会发出声音。这是一个非常普通的现象，许多人在实验中都曾经遇到过，但谁也没有对它做进一步的思考，只有贝尔敏锐地感觉到了它的价值。一个大胆的想法在贝尔头脑中产生：“电流可以使线圈振动而发出声音，那么能否利用电流来传递人说话的声音呢？”尽管这个念头只是一闪而过，但贝尔却把它牢牢抓住了，再也没有放走它。

于是贝尔改变了研究方向，开始进行电话的实验。开始时，实验并不顺利，尽管贝尔反复改进他的装置，却仍然一无所获。这是因为贝尔只是个语音学教师，虽然他有着丰富的声学知识，对电磁学却所知甚少。这时候，一些讽刺、挖苦的议论也出来了，一位有名的电报技师就曾用嘲笑的口吻对贝尔说：“阁下真是异想天开，电线怎么能传递声音呢？只要稍微懂点电学常识，就不会有这种想法，我看你还是先学点电学知识吧。”

就在贝尔感到最困难并且自己都有些动摇的时候，一位电学大师给予了他热情的鼓励和坚定的支持，贝尔才得以沿着自己的发明道路继续走下去。这个人就是约瑟夫·亨利，高频电磁振荡现象的发现者。1875年3月的一天，贝尔带着他的设想来到了华盛顿，登门拜访了大名鼎鼎的亨利。贝尔向亨利介绍了自己的想法，亨利听过很为这个年轻人的热情所感动，他鼓励地说：“贝尔先生，你有一个伟大的设想，干吧！”贝尔又问：“但是先生，我缺乏电学知识，机械知识也不很精通。”“学吧！”亨利教授拿出李斯的电话机模型给贝尔看，鼓励贝尔去发明一个更完善的电话机来。

“干吧！”“学吧！”这两个字给了贝尔巨大的力量和坚定的信心。日尔后来回忆说：“如果没有亨利先生的鼓励，我恐怕早已经支持不下去了。”由此我们可以看出亨利这位伟大学者的高尚品德，他不因贝尔只是一个对电磁学缺乏了解的年轻人，就认为他的想法荒唐可笑，而是给予了充分的肯定和支持。如果亨利对贝尔的想法不加思索地加以否定，那么世界通信史也许就不会是现在这个样子了。实际上，世界上曾有许多有才华的青年，就是因为没有遇到像亨利这样的名师的指点，因而没能充分展现他们的才能，并最终湮没在了芸芸众生之中。

贝尔满怀信心地回到了波士顿，他找来了一位名叫托马斯·沃森的青年电学技师来做他的助手。两个人一边学习，一边实验，又开始了电话机的研究工作。两个人在两间简陋的小屋里，一边画草图，一边制作样机，每天都不停地干到很晚。几个月过去了。他不知试过了多少种方案，效果仍然不理想。1875年6月的一天，一次偶然事故为他们打开了胜利之门。事情是这样的：这一天他们分别在两个屋子里进行实验，沃森那间屋子的机器上一根弹簧突然被粘在了磁铁上，沃森过去把弹簧拉开，这时贝尔发现另一间屋子的机器上的弹簧也跟着振动起来，并发出了声音。这个偶然事件像流星划破夜空一样，一下子照亮了贝尔困惑多时的头脑，他产生了一个新的构想：如果对着铁片说话，声音就会引起铁片的振动。在铁片后面放上一块绕有线圈的磁铁，铁片振动时就会在导线中产生时大时小的电流。这个振动电流顺着导线传到另一端，会使一块磁铁同样振动起来，并发出声音。这样，一方的话音就可以传到另一方去了。贝尔将他的想法告诉了助手沃森，于是两个人开始制作起新的电话装置来。

1876年3月10日，是具有纪念意义的一天。这一天，贝尔和沃森像往常一样，早早地来到实验室，进行他们新的一天的工作。他们刚刚把线路拉好，贝尔一不小心，浸泡设备的硫酸溅到了腿上，他痛得忍不住大叫起来：“沃森，快来帮我！”另一个房间中的沃森竟从电话中听到了贝尔的喊声，他简直不敢相信自己的耳朵，急忙跑过来向贝尔报告了这一情况。贝尔忘记了腿上的疼痛，亲自跑到另一房间试听，果然听见了沃森发出的声音。贝尔万分激动，他们终于获得了成功。成功来得是那么的突然，却又是那么的必然，坚持不懈的努力终于获得了回报。一时间，所有的苦恼、所有的艰辛、所有的痛苦在这巨大的喜悦面前都显得微不足道了。“沃森，快来帮我！”就是这句求助声成了人类利用电话所传递的第一句话。贝尔在给他母亲的信中写道：“对于我来说，这是一个重大的日子……朋友们各自留在家中，不用出门也能互相交谈的

日子就要到来了。”

1876年5月，美国在费城举办纪念独立一百年博览会。贝尔把他刚刚发明出来的电话机带到了博览会。开始人们并没有注意到这个不起眼的小东西，直到博览会的最后一天，巴西国王彼德罗应邀前来参观，国王对贝尔的发明很好奇，就拿起听筒放在耳朵上，“国王陛下，欢迎您来参观。”当他从听筒里听到声音后不禁大声惊呼：“啊！我的上帝，它说话了！”国王的喊声一下子惊动了整个博览会上的人们，电话机成了人们关注的中心。经过专家们的鉴定，电话机成了这届博览会最重要的成果。博览会的评委之一威廉·汤斯森爵士写道：“……有了这种设计精巧、功效显著的装置，我们完全可以满怀信心地期待着贝尔先生将给我们带来传送话音的方法，可以将欢声笑语尽情地通过导线送入数英里之外的千百只耳朵里。”

通过这届博览会，贝尔和他的电话机一下子名声大噪，但仍有很多人电话机存有偏见和疑虑，以为电话只不过是和儿童玩具差不多的东西。电报公司害怕电话机的出现会影响电报的地位，对贝尔的发明竭力诋毁。面对种种非难，贝尔毫不气馁，他心里只有一个想法：让事实来说话。为了推广他的发明，贝尔在美国各大州以及世界各地奔走宣传，巡回表演。甚至新婚的蜜月旅行期间也不忘带上他的发明去给英国女王演示。在他不遗余力的努力下，人们终于逐渐认识到了他的发明的巨大作用。到了1878年，贝尔在波士顿与纽约之间架设了世界上第一条320公里长的长途电话线，电话开始进入千家万户，为民众服务。1880年，贝尔电话公司成立了，电话事业得到了迅猛的发展。到1910年，仅在美国电话机数量就已经超过了700万部。在世界各地，我们到处都可以听到电话铃声。正如贝尔自己听说，电话是“永不间断的歌声。”

贝尔因为他的杰出贡献和高尚的品格，得到了全世界人们的敬仰。1922年8月2日，75岁的贝尔去逝了。在为贝尔举行葬礼期间，全美国2000万部电话全部沉默了，人们以此来表示对这位伟大发明家的哀悼和怀念。直到今天，在波士顿司法大街109号当年贝尔发明电话的房间门口，还钉着一块铜牌，上面写着：“1875年6月2日，电话在此诞生。”

贝尔电话机的原理到底是什么呢？为了能说明清楚，我们先来谈一谈声音是怎么回事。我们可以说是生活在一个声音的世界里，无时无刻、无处无地不存在着声音。弹奏乐器可以发声，机器发动可以发声，物体碰撞也可以发声，为什么呢？因为他们有一个共同的特性——振动。如果我们用手去摸正在发声的物体，比如刚刚敲过的铜锣或正在响着的电铃，我们会感觉到它的振动。可见声音是物体振动产生的。声音又是怎样传播的呢？是靠空气作为媒介。当物体振动时会不断推动周围空气运动，也就是说物体把振动传递给了周围空气，于是这种振动就在空气中传播开去，就象在平静的湖面上投进一粒石子，水波就会以石子的落点为中心向四周湖面传播开去一样。当空气的振动传到我们耳朵里时，耳内的鼓膜也随着振动起来，周围的神经感受到这种振动并把它传到神经中枢，于是我们就听到了声音。

为什么不能直接利用声音进行通信呢？因为声音在空气中传播能量损耗很大，不能传播到很远的距离。我们有体会，当说话人距离较远时，他的声音也就模糊不清了。

现在我们来看一看贝尔电话机是怎么工作的。贝尔的电话机可以分成两部分：送话器和受话器。

送话器上面盖有一片薄薄的有弹性的金属膜片，膜片下面是装有导电粒子的金属盒，金属盒并不直接与导电粒子接触，而是通过中间的导电粒子才能接通。导电粒子有一个特性：当他们之间的接触比较疏松时，导电能力就减弱，对电流的阻力增大。我们对着送话器说话时，声波产生的压力使金属膜片产生振动，膜片下面的导电粒子也就随着膜片的振动时紧时松，它所呈现的电阻也就时小时大。如果在送话器两端加上恒

定电压，根据欧姆定律 $I = \frac{V}{R}$ ，I是电路中电流，R电阻，V是电压，那

么流过导线的电流就会随着导电粒子电阻的变化而变比，也就是随着膜片的振动而变比。从根本上说，就是随着我们人说话声音的强弱声调的高低而变比。这种电流的变化就可以通过导线传递到较远的地方。

受话器内部也有一个金属膜片，安置在一块马蹄形电磁铁上。当送话器产生的振动电流沿导线传递过来后，就要流过电磁铁上的感应线圈，变化的电流就会使电磁铁产生变化的磁场。由于受到电磁铁变比的吸力，金属膜片会产生和电流振荡频率相同的振动，并激起周围空气振动，因而还原出说话人的声音。

无线通信技术

21 岁的无线通信探索者——马可尼

马可尼从小就是一个很有独立见解和独创精神的人，当他还是少年时就制作了许多种神奇的装置，显示出超人的才华。马可尼的母亲是个爱尔兰人，父亲是富有的意大利商人，小时候他常常随母亲坐船飘洋过海去英国甚至是北美探亲访友。旅途中，当船只航行在一望无际的大海上时，常常遇到一些意想不到的麻烦，可是又无法和陆地及其他正在航行的船只取得联系。于是，他常常想，能不能找到一种通信工具，当船在海上航行时，也能和陆地取得联系呢？这种想法一直记在他心里。

1894 年，20 岁的马可尼由于一次偶然的机会有在一本电磁杂志上读到一篇介绍赫兹研究电磁波的文章。这篇文章唤醒了马可尼少年时代的幻想。如果使用电磁波传递莫尔斯电码，不就可以不再被电缆束缚吗？他说服了父亲，并从他那里得到一切财政支持。于是他开始在意大利波伦亚他父亲的庄园里进行无线电报的实验。

马可尼依靠自己在发明方面的天份和勤奋的工作，经过一次次电磁波的发送和接收实验，没过多久，居然就能在 140 公尺的距离间进行通信了。这一成功大大增强了马可尼的信心。经过进一步的改进，到 1895 年夏天，他在父母住宅的楼顶和 1.7 公里远处的山丘之间进行了通信实验，并取得了成功，这时马可尼也只有 21 岁。

马可尼的发报装置

马可尼设计的无线电发报装置如图所示，这个装置很像当年赫兹的实验装置。当按下莫尔斯电键时，线圈两端就会产生瞬时高压，于是两个金属小球间就会迸发出电火花，这些火花产生的电磁振荡就会通过天线向外发射电磁波。这种最原始的电磁波发射器后来被称为“火花振荡器”。

马可尼的无线电报接收装置采用了法国物理学家布兰利的发明成果——粉末检波器。粉末检波器有一个很细的玻璃管，管中装有细小的金属屑，两端各有一个电极，当有电磁波传过来时，在两端的电极上产生感应电势，金属屑会互相吸引而彼此粘结起来。于是检波器呈导电状态。粉末检波器还有一个自动敲击装置，在没有电磁波信号时，金属屑往往仍保持粘连状态而不能马上分离。敲击装置能自动敲击以产生振荡使瓶内的金属屑得以马上分开。

马可尼的收报装置

马可尼的收报装置如上图所示，当粉末检波器接收到信号而导电，电报机上就有电流流过，并会自动在电报纸上打出莫尔斯电码的“点”和“划”来。这样发射端发出的莫尔斯电码文就可以在接收端反应出来。

移动电话——大哥大、二哥大

无线电话主要是由发射机和接收机组成。如果发射机和接收机的位

置是固定的，那当然很好办，只要发射的功率足够大，能够覆盖接收机所处的区域就可以了。移动通信的困难则在于接收机的载体一般是处于移动之中的，如果接收机随着载体超出发射机的覆盖范围就不行了。

陆地上使用的移动通信装置比如汽车用无线电话、手持机、无线寻呼机等采用分区制，即把一个城市或更大的区域划分成许多小区，每个小区都有一个基站，基站实际上就是一个大功率发射台（当然也有接收系统，移动电话一般都是双向的，即既有发射功能又有接收功能，也就是既能讲又能听）。通过基站与这个小区里需要得到服务的移动电话取得联系。各基站又与一个总的控制局联接，并受总局控制。控制局再通过交换机和电话局与市内电话网沟通。

分区方式有许多种，最主要的一种是蜂窝状小区制，相邻的小区使用的频率并不相同，以避免互相干扰。但控制局通过计算机系统能随时侦察出移动电话的位置。当移动电话从一个小区进入另一个小区时，控制局能自动切换它所使用的频率而不会引起通信的中断。

所以采用六边形的蜂窝状分区方式是因为这种方式覆盖面积最大，重叠面积最小，必要的频率数也最少。六边形组合的优越性蜜蜂是体会最深的。它们建成的六边形的蜂房是一种在使用建筑材料一定的情况下，建筑面积最大的建筑形式。所以人类对蜜蜂的建筑技巧常赞叹不已。

当然也还有一些其他的分区方式。比如火车无线电话采用的分区方式就比较简单，由于火车是在固定轨道上行驶，只要把铁路线分成相等的若干区域，每个区设一个基站，装有一套无线电收发电报机就行了。和蜂窝状分区一样，也要设一个（或几个）中心局对基站进行控制，并负责火车从一个区进入另一区时的频率转换。

还有一种被称为“二哥大”的集群电话，它只有一个大区，而并不分成许多小区，大区内有一个或几个功率比较大的中央基站，但它的覆盖范围有限，用户数量也不是很多，比较适合于大型工厂、煤矿、公安部门等内部使用。

汽车电话

现代生活中，人们有不少时间是在车上度过的。如果把无线电话安装在汽车上，人们就可以充分利用路途中的时间进行通信联系。

据说，最早使用汽车电话的是美国警察。他们为了在巡逻和追捕罪犯的途中和总部联系，就把无线电话安装在警车上。后来，消防车也装上了无线电话，这样就能在路途中或者救火现场向总部报告火情，请求增援。火灾现场的有线通信设施常常被大火破坏，所以车载电话在消防工作中往往发挥了十分重要的作用。随着汽车电话技术和无线电元器件技术的不断发展，许多运货卡车、出租车、急救车以及私人汽车也相继安装了汽车电话。公路管理部门也离不开汽车电话。如果某个路段发生了交通事故造成车辆堵塞，或者洪水冲垮了道路，交警可以在现场用汽车电话指挥周围几公里之内的汽车绕道行驶。

救护车上的电话更是必不可少的。在汽车开往医院途中，医生可以向医院报告病人的情况，向资深医生请示急救措施，同时通知医院根据病情做好准备工作，一旦救护车到达就可以不失时机地进行正确的救

治。

繁忙的采购员在旅途中，可与公司的经理洽谈业务。公司的推销员不但可以在途中与他们的顾客通话，还可以跟妻子商量晚餐的菜肴。外出旅行的人还可以给旅馆挂电话，登记住宿，安排就餐。出租汽车上安装了电话，便于管理部门指挥调度车辆，提高车辆的周转率，减少了空驶里程。

汽车电话都有一个小型控制器，上面有拨号键和开关，还有一个送话器。控制器通常在司机室内，与仪表、收音机等装在一起，收发机安放在座位下面，不会妨碍乘客的活动。天线装在车顶。

现在我们来给市内电话局的某个用户打电话。拿起汽车电话上的手机，即送话器，当手机离开叉簧时，发射机发出一个信号，基地台收到这个信号后，由终端机自动选择一个空闲频道，并由基站发射机通知汽车电话可以拨号。当听到拨号音后，就可以拨对方的电话号码了。拨号脉冲经过基地台、汽车电话局，接通当地电话交换机。通过电话线路，就接通了当地的有线电话。当对方拿起送话器时，汽车电话交换机中的计费器开始计费。

如果所有的频道都有人占用，我们从叉簧上取下手机时，汽车电话主机面板上的“占线”灯就会发亮，同时耳机中传来占线忙音，只能挂机等待。

使用汽车电话，和使用普通电话一样，十分方便。

船舶电话

在无线电通信的最初阶段，有一个海上追捕罪犯的真实故事，它向全世界证实了无线电通信具有有线通信所不可取代的重要价值。1901年7月，英国通缉的杀人犯克里平博士登上了从安特卫普开出的加拿大邮船“蒙特罗斯”号，打算逃到国外。这个神秘的旅客和他的“儿子”引起了船长的怀疑。他利用船上的无线电报与岸上的公司取得了联系，公司已经接到了警方的通缉令，在复电中详细地描述了犯人的特征，并且告诉船长，克里平身边的一个男孩实际是他的女秘书装扮的。船长立刻断定这个神秘的旅客就是在逃的通缉犯，于是公司马上通过有线电话向警方报警。最高检察官德鲁立即从伦敦出发，乘一艘快艇“劳伦提克”号，前往加拿大逮捕罪犯。这时通过无线电全世界都知道大西洋上正在进行着一场惊心动魄的追击，而这两个逃犯却毫不知情，并确信没有人知道他们的身份。而当他们在加拿大刚刚上岸，就落入了法网。

随着移动通信技术的发展，海洋通信不仅使用无线电报，而且早就用上了无线电话。这些无线电话广泛地用于业务联系，定时报告船位和进出港日期，听从陆地调动指挥。船上的海员还可以利用无线电话在遥远的大洋向陆地上的亲属说点悄悄话，使得寂寞的海上生活多了一些温暖和欢笑。

安全通信历来是海上移动通信的重要内容。在海上航行的船舶，随时会面对风浪、暗礁、浅礁以及船舶碰撞的危险。船舶电话给船员们带来了更多的安全。

海上的气象预报是船舶通信不可缺少的内容。因为海上的飓风对船

只威胁最大，世界上每年都有船只因受飓风的袭击而翻船沉没。所以沿海各国组成了海上无线通信网，定时向船舶发布各个海域的气象资料。

船舶电话和汽车电话一样，是把无线电话安装在船上，沿岸设立基地台，使无线电波覆盖沿岸海面。为了增大船、岸之间的通信距离，一般都把基地台安装在地形最高的地方。

如果船上的海员想与家人通电话，船舶电话就把电波发射到基地台，经中继线传至陆地有线电话局，通过电话局的线路即可把家里的电话接通。

船舶装载的货物总是很多、很杂。在进入一个国家的海关时，报关是很麻烦的事，要费很多时间。现在有了船用电话，在海面上就可以提前几天通过船用无线电话信道及无线电终端设备把船上的货物清单、船员和乘客名单——报告海关。当然这是通过计算机的数据通信完成的，不能靠人用嘴念。等到船只进港，一切手续齐备，可以大大节省时间。

航道电话

飞机上的无线电通信，最早始于第一次世界大战。飞机在空中激战，飞行员要时时刻刻与战友保持联系，协同作战，还要和地面指挥员联系，接受命令。侦察机到敌人上空侦察，得到的情报也要通过无线电话汇报给地面指挥部。

海湾战争前夕，美军为了获取伊拉克方面的情报，每天至少出动 5 架次飞机昼夜不停地监视伊军动向，通过飞机上的现代化通信设备及时向地面指挥部汇报。有时还将重要情报通过卫星的保密通道，直接传送到美国国防部。

战争促进了空中无线电通信技术的发展。

和平时期，人们将空中无线通信技术转到民用方面。作战飞机变成了巨大的喷气式客机，飞翔在万米以上的高空。尽管它离地面非常远，飞机上的驾驶员仍能与地面保持着不间断的联系。身处地面的空中调度员通过地对空无线电话，对飞行员发布命令。大型航空港非常繁忙，几分钟就起落一架飞机，天空中飞机太多，稍不留心就会发生撞机的灾难。所以，机场调度人员要通过无线电话指挥飞机有秩序地起飞和着陆。

大型客机做长途旅行时，要经常与地面保持通信联系。飞机误点或提前到达，都要通知机场，使他们作好接机的准备工作。有时候飞机上发生意外事故，例如劫机事件，还可以通过无线电话通知地面，采取应急措施，以保证飞机的安全。

随着航空事业的发展，航空公司不但为旅客提供了方便舒适的客舱，有的大型客机还安装了空对地航空电话。这些航空电话与各城市的电话网相联，旅客只要将信用卡插入电话机中，直拨对方的电话号码，就可以和地面通信，使用起来跟打普通电话一样。近年来，一些航空公司向乘客提供了全球卫星通信业务。乘飞机的旅客可以在飞机上使用无线电话与地面上的国际电话网络进行通信，并且可以进行计算机通信。1993 年 4 月 21 日，中国国际航空公司在 2448 号客机上安装的旅客用无线电话正式启用。这是世界上第八家航空公司在第二十一架飞机上开设的旅客移动通信服务。

日益发展的现代通信

微波通信

微波通信是现代化的通信方式之一，它主要用来解决城市、地区以及各部门之间同时传输多路电话和电视等大容量信息的传输问题。什么是微波呢？通常，我们把波长为 1000 米至 10000 米的无线电电磁波叫做长波，它主要用于船舶间的特种通信；波长为 100 至 1000 米的叫做中波，这主要用于远距离的通信；波长为 1 米至 10 米的叫做超短波，它主要用于声音和电视广播；而我们所说的微波，波长只有 1 毫米至 1 米。目前，在微波通信中采用的波长是 5 至 20 厘米的无线电电磁波。之所以称其为微波，不仅因为它的波长很短，而且因为它的波长与地球上许多物体的尺寸相比都要小。微波与光波有许多相似特性，它不能像长波那样靠地球来传播，因为大地对它的吸收作用很大；它也不可能像短波那样靠天波来传播，因为这时微波会毫无费力地穿透电离层而跑到宇宙空间并一去不复返。所以，微波只能像光线一样直线传播，这样一来，地球上的许多物体都会成为它的障碍。由于微波几乎没有多少绕射能力，就连地球的弧度也能妨碍它的直线传播。为了使微波传送得更远，通常的方法是把天线架得高些，即使这样，由于受地球表面的影响，一个 40 米高的天线也只能保证微波在 50 公里的距离（即：发射天线到接收天线之间的路径完全没有阻挡）范围内传播。为了实现长距离通信，就要每隔 50 公里左右设置一个中继站，把前一站送来的信号经过放大，然后再传送到下一站。这样一站一站地转发，最终才到达目的地，如同体育比赛中的接力赛跑一样。所以，微波通信有时也称为微波中继通信或微波接力通信。

微波通信具有许多优点：它的传输容量很大，可同时传输上万路的电话或几套电视节目，所需要的功率却很小。由于微波基本不受昼夜季节的影响，因而传输的信号比较稳定。此外，微波的方向性很好，所以它的保密性也比一般的无线电短波通信好。目前，微波通信广泛地用来传输国内的电报、电话、传真和电视等业务，北京中央电视台的节目就是这样一站一站地传送到全国各地的，而在我国各大城市之间的电视传播也是采用这种线路来完成的。

尽管微波通信是一种比较好的通信方式，但实际应用中并不十分理想，主要原因是对中继距离和中继站的数目要求比较严格。由于在通信线路上每隔 50 公里左右就要设一个中继站，所以随着通信距离的增加，所需中继站的数目也要增加，而且很多微波中继站不可避免地设在山区，这就意味着对中继站中的各种通信设备的维护和管理要耗费大量的人力和物力。此外，微波中继通信的最大问题是无法完成越洋的洲际通信。在波涛汹涌的大洋上，要建立那么多的中继站，显然无论在技术上还是在经济上都是行不通的。而对如何利用微波进行长距离通信这一现实生活中的实际问题，人们自然而然想到了“越洋能手”——通信卫星。

卫星通信

卫星通信是本世纪最伟大的科学成就之一，它对整个人类社会的发展和进步都产生了极为深刻的影响。1965年，美国发射了世界上第一颗实验通信卫星“斯科尔”号。接着，苏联和美国又于1965年分别将通信卫星“闪电1号”和“国际通信卫星1号”送入太空。从此，卫星给人类的通信带来了巨大变革。由于通信卫星具有传输容量大，传输距离远，通信质量高，灵活性大等优点，因而自第一颗卫星升空以来的30多年间，卫星通信有了日新月异的发展，它极大地促进了世界各国间科学文化和经济信息的交流，大大推动了人类的文明和进步。通信卫星使地球变小了，使人们在洲际间的距离变近了。今天，在地球周围的宇宙空间里，有许多通信卫星在绕地球转动，它们担负着不同的任务，有专供气象观测的气象卫星，如中央电视台新闻联播之后在天气预报中的气象云图就是由它提供的；有专为飞机和舰船进行导航的导航卫星；有用于探测军事动态的军用卫星；还有勘测地球上森林、矿藏等资源的地球资源卫星；而专门用于无线电通信的卫星叫做通信卫星。

卫星通信是利用人造卫星作为通信的中继站来转发无线电信号，在两个或多个地面站之间进行的通信。在卫星通信系统中，地面站A把无线电信号发射给卫星，卫星收到信号后，进行处理和放大，再转发给地面站B。同样，地面站B发出的信号也可以通过卫星转发到地面站A，从而实现了卫星通信。由于卫星高悬在空中，它的天线波能够“覆盖”地面很大一部分区域，因此，在这块区域中的任何地方都能够接收到由卫星转发的无线电波，也就是说，虽然只有一颗卫星，但分布在四面八方的地面站A、B、C、D、E都可以通过这颗卫星相互通信，从而实现了人们盼望已久的跨洲越洋的通信。通信卫星又是怎样转发无线信号的呢？如果地面站A要把某个用户的电话或电视信号传输到地面站B去，首先地面站A要先把这些信号用频率很高的载波 f_1 进行调制，并由大功率放大器把它们放大到几百甚至上千瓦，然后用天线发向卫星。由于信号在空间上万公里的传播过程中受到了很大的衰减，到达卫星时的强度已变得很弱了，因此，为了保证转发给地面接收站B的信号有较好的质量，还要在卫星上对所收到的信号进行变换，使原有的载波频率由 f_1 转变 f_2 ，然后再将这个频率交换之后的信号加以放大并转发给地面站B。由于卫星中转发器的发射功率比起地面站发射机要小得多，因此，地面上接收到的卫星信号极其微弱，这就要求地面站接收系统的灵敏度必须很高。

通信卫星可以在离地球不同高度的轨道上运行，它在太空高速绕地球转动时产生的离心力足以抵消地球的引力，因而卫星不会坠落。卫星离地球越远，绕地球一周的时间就越长。当卫星被发射到地球赤道上空离地面36000公里左右时，绕地球一周时间为24小时，恰与地球自转一周的时间相同。这时，我们从地面上看到的这颗卫星就好像在天空静止不动的一样。这种相对地球静止的卫星叫做同步卫星，而它运行的轨道叫地球同步轨道。如果站在地球同步轨道上观察地球的话，竟能看到整个地球表面积的 $\frac{1}{3}$ 还要多，其最大跨度可达18000多公里。因此，只要在地球赤道上空等间隔地放上三颗同步卫星，就可基本上覆盖整个地球，从而实现全球范围的通信了。目前，已实际使用的航海移动通信系统就是利用位于大西洋、太平洋和印度洋上空的三颗同步卫星实现的。

经常在电视上为我们进行各类体育比赛实况转播的亚洲 1 号通信卫星就是一颗高悬在印度洋上空的同步卫星。

目前，世界上越来越多的国家为建立自己独立的卫星通信系统竞相向地球上空的同步轨道发射自己的通信卫星。30 多年来，全世界已经发射的航天器达 3500 个之多，其中绝大多数是卫星。由于同步卫星数目的不断增加，致使有限的地球同步轨道上挤满了通信卫星，特别是在欧洲、印度洋和美洲的三个同步轨道弧段内，轨道不足的矛盾日益尖锐。此外，同步卫星也存在一些缺点，它的造价和发射的费用十分昂贵，而且对于人烟稀少的两极地区也不能达到有效覆盖，这部分地区的信号在长距离的传输途中变得十分微弱，极容易被干扰，因而对卫星地面站接收系统的要求很高。因此，世界各国的科学家们在研究同步卫星通信技术的同时，也开展了对低轨道卫星通信技术的研究。

(1) 低轨道通信卫星

低轨道通信卫星在距地球表面不同高度、但低于地球同步卫星轨道的空间中运行。这时，由于卫星绕地球旋转的时间快于地球本身的自转，而且地面站又只能在短距离范围内才能和卫星通信，因此，在卫星绕地球一周内通信的时间很短，卫星形成的覆盖地区在地球表面上很快移动，当卫星转到地球背后时就无法进行通信，而克服低轨道卫星通信这一缺点的方法是增加在轨道上的卫星数量。目前，世界各国已经启用或正在研制的低轨道卫星通信系统已有多种，其中有一种是由美国摩托罗拉公司正在研制的取名为“铱”的全球卫星通信系统。这项宏伟的工程之所以取名为“铱”，是因为在该系统中计划采用由低轨道上运行的 77 颗小型通信卫星组成一个“星系”，恰如化学元素周期表中第 77 号元素“铱”(iridium—Ir)原子有 77 颗电子绕核旋转一样，由它们提供连续覆盖全球的卫星通信系统。这 77 颗小型卫星被分为 7 组，每组 11 颗，分布在 7 条环形极轨道上，组成环绕地球等间隔的 7 个面。卫星环绕地球一周大约 100 分钟，所有卫星都朝同一个方向运转，越过地球北极飞向南极上空，从而使整个地球表面都覆盖在内。因此，无论在地球的任何地点，任何时间内，总有一颗卫星是在短距离范围之内，联合构成空间数字通信网，可以处理语音与数据等多种信息。遍布天空的“铱”系统通信卫星与陆地“蜂窝”无线移动通信网相互协调配合，使用户通过所持的便携式无线电话机将信号直接发向最近的卫星，再经卫星之间的转发，最后把信号传送到地面电话网中的接收用户，从而完成在全球范围内的个人通信。“铱”系统中每颗通信卫星的体积小，直径约 1 米，宽 2 米左右，重量轻，在轨重量为 320 千克左右。由于卫星运行的轨道低，距离地球表面只有 765 公里左右，比地球同步卫星的距离近得多，因此只用小型火箭便可以发射升空，其造价和发射费用都比同步卫星低得多。

低轨道卫星移动通信系统的工作原理与前面介绍的“蜂窝”式移动通信的原理相似。尽管每颗卫星所能覆盖的地域比同步卫星小得多，但比移动通信中基地台所覆盖的面积却大多了。实际上，一颗低轨道卫星就相当于陆地移动通信系统中的一个“基地台”，而形成覆盖区域的天线和无线电中继设备都安在卫星上。不同的是，这个“基地台”不是建立在地面上，而是被倒挂在天空中。地面站与空间卫星的联系，以及卫

星与卫星间的联系是在“K”频带上建立的；而卫星与地面移动台如车、船和手持移动电话机的人之间的信息联系则建立在“L”频带之上的。

“铱”系统卫星通信计划的实施，实现了人们在地球上的任何地方，无论陆地、空中和海洋，只要拨通一个电话号码便可与远隔千山万水的亲人通话的目的。

(2) 卫星导航

卫星导航是一种全球性、全天候、全自动和高精度的现代化通信系统，它有着极大的应用价值和很广的应用范围，因而世界各国对此都给予了极大的重视。美国国防部曾制定了一项长达 15 年的研制计划，这是一项集航天、航空及现代通信为一体的长远规划，规模之庞大仅次于阿波罗航天计划。目前，所完成的各项试验均得到了令人振奋的结果。例如，在直升机的假目着陆中，导航卫星系统作为直升机的辅助导航设备，其着陆点偏离 X 形的标记仅 0.9~1.2 米远；在一次飞机投弹试验中，飞机借助于卫星导航系统将普通的炸弹投到了距目标误差只有 3~6 米的范围内；在航海导航试验中，舰船在低能见度条件下通过了仅有 32.3 米的狭窄航道；而在 1980 年 4 月导航卫星系统又将 14 架直升机正确引导到沙漠中，以营救被扣留的美国人质。

世界上第一颗试验型“子午仪”导航卫星是 1960 年发射升空的，利用“子午仪”导航卫星来实现导航的基本思想来源于“多普勒效应”。1957 年，美国应用物理实验室的两名科学家吉埃尔和怀芬伯奇在用无线地面接收机跟踪苏联第一颗人造卫星时，无意间发现了多普勒现象：由于卫星以每秒约 7.36 公里的速度绕地球均匀运转，因此，卫星与地面观测者之间便产生了相对运动，当卫星以固定频率发射无线电波时，地面接收机所接收到的无线电频率便发生了变化，这情景好像一列火车从你身边呼啸而过时，火车的声音发生了变化一样。当卫星朝着接近地面接收机方向运行时，所接收到的信号频率比卫星实际发射的频率要高；当卫星到达与地面接收机的距离最近时，接收到的信号率与卫星实际发射的频率相同；当卫星朝着远离接收机的方向飞离时，接收的信号频率又比卫星实际发出的频率低，这种信号频率的变化量就叫做多普勒频移。研究人员们设想，在卫星轨道精确已知的情况下，如果在地面上随时跟踪记录并测出卫星每次通过时的多普勒频移，将其储存起来，经过计算机不就可以确定地面站的位置，从而确定飞机和舰船的航向了吗？由于当时美国海军的核潜艇“北极星”号在茫茫大洋中游弋，急需知道自己的准确位置，因而这一研究引起了美国政府的重视，并于 1958 年得到正式批准。于是，研究人员根据这一思想，在 1964 年设计出了第一台“子午仪”卫星导航系统交付海军使用，经过全球卫星导航试验获得成功，并于 1967 年正式对民用部门开放。

第一代卫星导航系统问世后，经过 20 多年的研制和改进，又一代新型的卫星导航系统于 1989 年投入使用。这种由 18 颗卫星组成的新的导航系统运用了当今世界上最先进的科学技术，具有为地球上处于任何位置的飞机、船舶、各种车辆以及旅游在外的各国游客们提供全天候的、连续的、实用的高精度三维导航能力。新的导航系统通过同时接收来自几个卫星的无线电信号，使定位精度达到 15 米的范围之内，它的工作原理仿效了机场航运控制管理中使用的“罗兰”导航系统，通过测量运动

目标与几个导航站的距离差来确定目标的方位。例如，在飞机或海船上的导航系统收到由两个不同地点的导航站 A 和 B 同时发出的无线电信号，若信号经过的两条路径长短不同时，到达目标的时间就有先后，通过这个时间差可计算出 A、B 两站相经目标的距离差，利用所得的距离差便可绘制出一组双曲线。然后，再利用第三个导航站 C 对目标发出的无线电信号，计算出 B、C 两个导航站对目标的距离差，这样又可绘制出另一组双曲线，若目标处在这两组曲线的某一交点上，就能确定运动目标所处的位置了。与“罗兰”导航系统不同的是，在新的卫星导航系统中，目标发出的无线电信号至少要被 4 颗以上的卫星接收，并由此绘制出三组以上的曲面。这些曲面的交点，就是目标所在的三维空间位置。

新的卫星导航全球定位系统是由空间导航卫星、地面控制站网和用户设备三部分组成。在距地球表面 2 万公里高的中高度轨道上，18 颗导航卫星配置在 6 条轨道上，每条轨道上均匀分布着 3 颗卫星，其环绕地球运行一周约需 12 小时。这样，地球上的用户在任何地点都能同时“看”到至少 6 颗卫星，从而保证了系统所具有的全球覆盖和三维导航的能力。地面控制网在对卫星运行进行跟踪、遥测、遥控的同时，不断地修正卫星运行的各种参数，并根据需要向卫星发送更新的导航数据。

(3) 全球定位卫星系统

美国洛克威尔航空航天与电子公司专为美国军方提供了一种先进的全球定位系统，这种系统的接收机只比袖珍电子计算器稍厚一点点。它在收到系列军用通信卫星发出的信号后的几秒钟内便可完成定位的运算，从而确定地球上任何一处范围在 100 米内的所在位置。士兵在行军中随身携带，即使在茫茫荒野也能辨明方向。在这种全球定位系统中的每颗卫星连续不断地重复发射数字信号，作为本卫星的标识信号。在地面接收机的内部电路中存储着所有卫星的重复信号模式，并由机内的石英钟给出该模式的定时。当接收机的微型天线收到来自卫星的信号后，通过与本机内存储的卫星信号模式进行比较，便可计算出信号从卫星传播过来所用的时间。此外，在接收机中还存储着每一颗卫星在任一时间的定位信息，经过与其他卫星进行了距离比较之后，就可确定用户接收机当前所在的位置。目前，美国军方已将 16 颗这样的军用卫星送上了轨道，卫星轨道的分布使在地球表面任一时间内的任何位置上都有 3~4 颗卫星可提供接收信息。美国军方在 1993 年把全部 24 颗卫星都送上了太空。这种全球定位系统在 1991 年初的海湾战争中发挥了巨大的作用，大约 8000 只全球定位系统接收机提供给美军使用，特别是美军的战车和快速反应部队第八十二空降师的伞兵都配备了它。这样，士兵不仅在茫茫沙漠中不会迷失方向，而且可为那些深入对方腹地潜伏的侦察部队提供与大本营的随时联系，并及时为武装直升机的军中支援提供准确的地理位置，使部队的伤亡人数大大降低。

(4) 全球搜索救援系统

利用通信卫星而建立的全球搜索救援系统，是近年来为解救因飞机失事和船舶遇难的幸存者所建立起来的一种专用的全球定位系统。自 1982 年苏联率先发射了用于搜索救援的人造卫星 COSPAS—1 号以来，全世界已有多颗用于救援任务的卫星升空。经过多年的试验运行，这种卫星已经成功地探测到 190 多起飞机失事和船舶遇难的准确地点，使 4 万

多人“死里逃生”。

最早用于海上救援的是美国在 70 年代研制的一种海事卫星通信系统，它利用部署在太平洋、印度洋和大西洋上空的 3 颗同步卫星来提供全球的海事通信。太平洋上空的卫星把来自船上的信号传给美国加利福尼亚州的地面站，大西洋上空的卫星把来自船上的信号传给美国肯尼迪州的地面站，印度洋上空的卫星把来自船上的信号传给日本的地面站。凡使用这种系统的船只都配备了卫星跟踪雷达，使船上的微处理机随时能与卫星保持联系。因此，一旦船只遇险就能很快确定它所在的海域，并及时营救。

为了能在全球范围内更迅速地了了解失事或遇险者的准确位置，在 80 年代又研制了由多颗低轨道通信卫星组成的全球搜索救援系统。在这种搜索救援系统中，卫星的作用是转接从地球上任何一个失事地点发出的紧急求救信号。为方便搜索，救援卫星的运行轨道低于地球同步轨道，因此，每颗卫星绕地球一周的时间约为 105 分钟。当地球自转一周，卫星绕地球动转约 13.7 圈，可将整个地球搜索一遍。

由于飞机和船舶上都携带有紧急位置无线电求救信标（紧急位置无线电发信机），当飞机或船舶遇难时，它们各自携带的无线电信标就会发出特定频率的求救信号。卫星收到紧急信号后，即可确定遇难飞机或船舶的准确位置，然后立即将其提供给有关的救援机构，从而可以对遇险者采取迅速的救援措施。

（5）卫星广播电视通信

人们大概不会忘记，在 1992 年夏季的那些紧张的日日夜夜，是卫星广播通信为我们提供了机会，使我们能够坐在电视机前观看来自巴塞罗那的奥运盛况。不仅“身临其境”般地感受到赛场风云的变幻莫测，而且能“亲眼目睹”中国体育健儿勇夺金牌时的那种扣人心弦的紧张场面。今天，随处可见竖立在高楼顶上的银白抛物面卫星接收天线，是它们把卫星上转播的广播和电视节目带到你的家中，将大千世界的千变万化展现在你的面前。卫星广播电视是 70 年代发展起来的新技术。在卫星广播通信系统中，地面电视台的信号通过卫星地面站直接发射给卫星，再由卫星转发到另一个地方的卫星地面接收站，然后再送到各个用户。目前，随着卫星通信技术的发展，每个用户的电视机都可通过一种专用的家用卫星电视接收机，直接从卫星上接收电视广播了。这种由卫星直接转发电视信号的方式，避免了以往电视信号在地面多次转发过程中因高大建筑和山脉等障碍物所引起的信号反射造成的各种失真，使人们不必再为电视画面上出现的重影等干扰而发愁了。卫星广播电视及高清晰度电视机的普及，是未来广播电视技术朝着多样化和高质量化发展的必然趋势。

由于在地球同步轨道上等间隔地运行着 3 颗通信卫星就能覆盖整个地球，因此对我国来说，一颗地球同步卫星就能使全国各地的亿万家庭都收到卫星转播的广播电视节目了。目前，由我国发射升空的亚洲 1 号同步通信卫星就定位在东经 105.5 度到 116 度间的印度尼西亚上空，它的天线波束覆盖范围北起蒙古，南至印尼北部以及中东和日本，包括 38 个国家和地区，人口达 27 亿，其中有我国的 12 频道。有了家用卫星接收机，普通的居民家庭都可以直接从亚洲 1 号卫星和我国发射的“东方

“红 2 号”卫星上直接收看中央电视台的全套节目以及其他电视台播发的节目。1991 年，在我国举办的第十一届亚洲运动会上，就是利用卫星通信向五大洲的电视观众现场转播各项比赛的。各个赛场的精彩画面和现场解说，先经过电视转播车的微波设备与 380 米高、号称亚洲第一电视塔上的微波机房沟通视频与电视伴音通道，并转送到中央电视台彩电中心。经过编辑后，将节目交邮电部门，经过长话大楼送往卫星地面站，按照各国的不同要求分别发往印度洋上空和太平洋上空的通信卫星，使这些国家的电视观众可以及时看到比赛的真实场面。

有了卫星广播电视，世界上任何地方所发生的重大新闻都能直接通过卫星迅速转发到世界各地。在海湾战争期间，一种超轻型的卫星通信设备在地面通信完全中断的情况下大显神通。1991 年 1 月 17 日凌晨，巴格达的通信设施在空袭轰炸中遭到了严重破坏，使各国记者在传送新闻报导时遇到了极大的麻烦。美国三大新闻网（CBS、NBS 和 ABC）顿时成了哑巴。而一向不起眼的美国有线电视新闻网（CNN）的一名记者却在巴格达一家旅馆的阳台上，把电视摄像机伸向天空，通过这种超轻型卫星通信设备，把漫天的火光和震耳欲聋的爆炸声传给了全世界。当时，美国 F—117 隐型战斗轰炸机投下的第一枚激光制导炸弹准确地命中通信大楼的电视图就是由这种设备发布的。世界各地的电视观众可以清楚地看到那个记者用十字标线瞄准通信大楼拍摄下整个爆炸过程的设备，形状如同一个旅行箱，内装有话筒、电视摄像机和处理图信号的电子装置，以及一副抛物面型的天线。它携带方便，可直接将摄下的图像送上卫星，并通过卫星传给全世界。

卫星广播电视使人们成了名符其实的千里眼。1986 年，美国对利比亚的整个空袭轰炸行动，都在数千公里之外美军最高指挥中心的大屏幕电视上显示出来。指挥官如同亲临现场指挥，调兵遣将。近年来研制的导弹电视就是把性能优越的大功率电视摄像机和发射机安装在弹头内，用运载火箭将其发射到预定的目标上空去完成侦察任务。电视摄像机拍摄的图可通过卫星送到指挥中心，使指挥部从接收到的画面中清晰地看到现场情况，从中获得有价值的情报。而专供近距离使用的电视炮弹，也是把微型摄像机和发射器装入弹头内，用炮弹发射到几十公里外的前沿阵地，当弹头到达目的地时，弹头自动起爆，将微型摄像机弹出，微型摄像机在随着降落伞旋转下降的同时，将周围的景物及人员的活动自动俯拍下来，同时把画面用无线电发射机传送回指挥中心，其作用丝毫不亚于一个出色的侦察兵。

（6）空间通信平台——未来的空间通信站

空间通信平台是一种大型的航天器，相当于把许多普通通信卫星上的各种仪器设备集中在一起而构成的一个多功能的通信卫星。它的最大优点是可以不断的补充燃料并提供对上面的各种仪器设备的维修服务，而使它具有很长的寿命。

目前，世界各国发射升空的通信卫星大都是为了单一目的而设计的小型卫星，如地球同步卫星、导航卫星、海事卫星、气象卫星以及各种军用的系列卫星等等。它们应用范围窄、功能单一、寿命有限，而影响卫星在轨道上停留时间长短的主要因素取决于卫星所带的燃料。由于卫星上都装有若干小型火箭，当卫星在太空轨道上环绕地球运行时，要不

断地点火启动随身携带的微型火箭，以纠正因太阳和月球对卫星的吸引力所造成的卫星姿态偏斜和运行轨道的偏离，而在卫星升入太空以后，这有限的燃料又无法得到补充。因此，对每颗卫星来说，一旦燃料用尽，星体就失去控制，人们只能眼睁睁地看着它随意飘移，沦为太空垃圾。此外，卫星上的电源问题和成千上万种电子器件的老化以及各种各样的通信设备和机械装置的故障、损坏等问题，都直接影响了通信卫星的寿命。不少通信卫星尚未达到设计寿命便早早地“夭折”了，而地面测控人员对此却无能为力。目前，在地球同步轨道上，已经挤满了各种各样的通信卫星，对于那些失去通信能力、如同废物的通信卫星，人们还得想方设法地将它“赶”出同步轨道，以便把这宝贵的位置让位于新到来的伙伴。例如，我国的1990年4月发射升空的亚洲1号同步通信卫星预计到1999年4月，燃料将会用尽。这时剩下的工作就是启动最后的推冲火箭，将这颗卫星从同步轨道推入黑暗的太空任其飘移，而将轨道留给新的卫星。早期发射的通信卫星寿命较短，约为1.5年左右，目前通信卫星的设计寿命为5~10年。尽管如此，这样的寿命也极不合算。

空间通信平台的问世，将使上述问题迎刃而解。由于在太空通信平台上安装了对接位置，且它的重量和尺寸均不受限制。因此，可以通过航天飞机、宇宙飞船和太空工作站向空间通信平台随时补给燃料或化学电池，修理或更换已经损坏或老化的部件，并可安装新的仪器设备，延长航天器的使用寿命，并最终使之成为永久性的空间通信工作站。目前，这一宏伟的工程已经开始研制并付实施，计划将在2000年以前投入使用。

(7) 星间链路

迄今为止，卫星通信一直是作为地面通信的补充。随着卫星通信技术的不断发展，人们开始认识到通信卫星的潜力和通信特点并没有得到充分的利用。当两地通信距离超过一颗卫星所覆盖区域时，信号需从一地发向一颗卫星，然后从这颗卫星转发到另一个中转的地面站，再由这个地面站发向另一颗卫星，最后将信号送到用户。这样繁琐的上下跳跃式转发信号的工作方式会产生较大的信号延时，影响通信的质量。此外，低轨道卫星每次通过地面站时只有几分钟，而且每天也只通过几次，因此，每颗卫星所能传送的信息是有限的。当卫星不经过地面站上空时，就不能进行通信，为此还必须把这些信息保存起来，这样，卫星的存储设备就要增大；此外，为了提高通信的质量，在采用低轨道卫星通信时，为开发卫星的潜在能力，科学家们开始发展卫星间的联通技术，以使卫星与卫星之间可以相互转发信息，完成由地面—卫星 \rightleftharpoons 卫星—用户的信号转发方式，避免目前采用的卫星与地面站间的信号多次上下跳跃式转发，从而构成一个地面与空间的综合通信网。科学家们发现，激光和毫米波在空间不存在大气衰减，是非常理想的大容量通信的空间传输形式。目前，这项被称作空间“信息走廊”的星间链路试验已经开始，它的成功将使卫星通信进入一个新的阶段。

通信之曙光——光纤通信

光是我们再熟悉不过的自然现象了，对光的研究也有着久远的历

史。然而，利用光来进行通信却是在本世纪 70 年代才迅速发展起来的新技术。1960 年，美国科学家用红宝石棒制成了世界上第一个崭新的光源——激光。在此以后又过了十年，能够传输光信号的低损耗光导纤维研制成功，从此宣告了光纤通信时代的开始。经过十多年的研究和发 展，光纤通信技术的突飞猛进，终于打破了数十年徘徊不前的局面，目前已经相当发达。今天，跨越大西洋的 6500 公里的海底光缆可供大洋两岸 18 万人同时通话。跨越太平洋的 13000 公里的海底光缆线路已交付使用，跨越大西洋和太平洋的海底光缆线路也于 1994 年正式开通使用。目前，世界上已有的光纤通信线路已超过 1000 万公里。

光纤通信系统是以光为载波，利用纯度极高的玻璃拉制成极细的光导纤维作为传输媒介，通过光电变换，用光来传输信息的通信系统。是什么魅力吸引着各国科学家们如此热衷于光纤通信的研究呢？这是因为在通信中，信息的传输需要占据一定的频率范围，也叫做频带宽度。例如，电报信号比较简单，只需要上百赫的频带宽度就足够了，这里的“赫”是指电信号频率单位，1 秒钟振荡一次叫 1 赫。电话传输的语言相对复杂些，需占据的频带宽度在 2~4 千赫之间；而电视就更复杂，不仅有语言，还有图像和色彩信息，需要的频带宽度约 6 百万赫（6 兆赫）。由此可以看出，对于一个通信系统来说，频带越宽，它的传输容量就越大，能传输的信息也就越多。这好比一条马路，马路越宽，能够同时通行的车辆也就越多的道理一样。科学家们研究发现，激光的波长很短，只有约一微米左右，频率可高达 300 亿万赫，比微波还高出 10 万到 100 万倍。也就是说，它的通信能力是微波的 100 万倍。而且用来传输光的光导纤维虽然细如人的头发丝，但传输信息的本领却大得惊人。从理论上讲，一条光纤可以同时传输 1000 万套高质量的电视节目或 100 亿路电话而相互间毫无干扰，即使全世界的人在同时通电话，也还绰绰有余。目前，已实际做到在一对单模光纤上同时传送 33,000 路电话，而一对铜线至多才传送 24 路。光纤体积小，重量轻，它的外径才 125 微米，几百条光纤制成一条光缆，其外形也不过一支普通的铅笔粗细；1 千米长的光纤重量只有 27 克重，制成的光缆也不过 100 公斤左右，而同样长度的铜电缆则重达好几吨。制造光纤的主要材料是二氧化硅，其资源极为丰富，取之不尽，用之不竭。虽然光纤每个单位的制造成本目前比铜线要高出几倍，但由于光纤的通信容量很大，损耗又低，传输信号的距离很远，因而可以减少传输线路中的中继设备。若按每个信息话路来计算的话，它的成本反而远比铜电缆低得多。

不仅如此，科学家们还发现，光纤维在传输信号时不仅损耗小，而且对多种形式的电磁干扰具有很强的抗干扰性，特别是在通过高电磁干扰区时，不必配备复杂的屏蔽装置和过多的辅助设备，而效果却比一般电缆传输信号的效果要好得多。此外，用光缆传输信息不会出现像电子通过金属导体时会产生电磁场，因此不会产生信号的泄漏，当然也就更不会 被感应所窃取，因此保密性极好。尤其是光纤中传输的信号是光而不是电，所以在如化工厂或核反应堆等危险环境中使用时，就不会发生火花放电的危险，十分安全。

在光纤通信系统中，输入的声音、图像等消息变为电信号后，直接将信号在光波上调制，然后把输出的光信号送入光纤进行传输，在接收

端的光接收机把从光纤中收到的光信号再转换为电信号，经处理后送给用户。光通信传输方式中的中继机与通信系统中的中继机有相同的作用。作为光纤通信系统中光源的激光器有一种特殊的本领，它发出的光只有单一的波长，我们称它为“相干光”。由于激光器发出的光是相干的，所以不会象手电筒或探照灯的光束那样朝四面八方扩散开，其原因在于自然光很“杂”，是由许多不同波长的光波所组成，因此它们相互“碰撞”和干扰。而激光器则不同，它发出的光很“纯”，仅有一种波长，所以不会出现像自然光那样的相互干扰。如果把激光束打在与地球相隔 38 万公里的月球上，它的光斑只有几公里，而把高度聚光后的探照灯光束打在月球上，直径可达几千公里。激光的能量始终都集中在所传播的一个固定方向上。为了充分利用激光的信息携带能力，必须对它加以调制，正如在无线电通信中的信号调制方法那样，把所要传送的信息加载到激光上，这样就可以将大量的信息传到很远很远的地方，而这一点是现有的通信方式所望尘莫及的。

近年来，光纤通信技术在军事上的发展令人瞩目。洲际弹道导弹指挥系统中有了光纤传输，在地面基地通信、舰载通信、卫星地面站、雷达信号远距离传输、战略武器系统及各种保密通信、乃至核潜艇上，光纤通信技术正在取代传统的通信技术。用光缆设备取代金属芯的同轴电缆已在实战中被证明具有很好的效果。在本世纪 90 年代的海湾战争中，“爱国者”导弹成功地拦截了“飞毛腿”导弹的袭击，从某种程度上讲也有最新研制的光缆设备的一份功劳。这套光缆设备是战术光缆设备，它允许士兵从远处操纵“爱国者”导弹发射架，从而增加了在炮弹和导弹攻击下士兵的生存机会。每个“爱国者”导弹分队由一个作战控制台和多个导弹发射台组成，作战控制室通常安装在一台车内，由它跟踪飞来的“飞毛腿”导弹，并控制发射台发射“爱国者”导弹，予以拦截。作战控制台与发射台之间采用了新型的光缆设备作为连接的主要线路，而将以前使用的高频电台的无线电连接作为备用线路。由于光缆是完全绝缘（非金属的不导电材料），且不辐射电磁信号，所以不会被企图跟踪“爱国者”导弹发射的仪器所探测，此外，它的绝缘性能还有效地防止了敌方的干扰和电子对抗，因此实战效果很好，士兵们非常喜欢这套光缆线路。

光纤通信的进一步研究和发展，将改变人们一百多年来对电通信的依赖。计算机专家们也开始对传统的集成电路提出疑问，新型计算机的运算速度是那么的快，铜线却成了提高运算速度的障碍。换句话说，计算机的元件是由铜导线连在一起的，是铜导线从一个元件传到另一元件的信息量限制了计算机的效率。因此，虽然人们能够设计出每秒运算上亿次的高速电路，但连接这些电路的铜线却跟不上它的速度。显然，一条全光线路——集成光路，正期待着人们去开创，这是使全光通信变为现实的必由之路。集成光路酷似集成电路，原理也基本相同，只是在集成光路中，集成的不是许许多多的电子元件，而是光学元件。它们是大量的微型激光器、调制器和光导薄膜。目前，世界上已制成的最小的激光器只有人头发厚度的十分之一，可将 2 亿个这样的激光器集成在一块相当于人指甲大小的芯片上。在使用了集成光路的光纤通信系统中，像说话的声音和图像等信息在通过声到光的转换装置和激光扫描装置后直接

变为光信号，送入光纤中传输，而不必像现在的光纤通信系统那样，在发送端和接收端还要分别进行电—光转换和光—电转换，从而使光完全取代电，人类社会也就真正从电通信时代步入了光通信时代。科学家们坚信，光纤通信已经拉开了通信革命的序幕。

