

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

学生成长百卷读本一

(84)天涯比邻话通信



雏鹰文库 学生成长百卷读本(84)
天涯比邻话通信

第一章 贝尔与电话

担负起时代的使命

1847年3月3日，贝尔在苏格兰的爱丁堡出世了。他小时候很淘气，很贪玩，书包里常常装着麻雀、老鼠这类小动物，有一次老师正在讲《圣经》，老鼠钻出来了，满教室同学你追我赶，哄堂大笑。

贝尔后来被祖父接到伦敦，由这个很有个性的倔老头直接管教。他很疼爱孙子，但是要求非常严格，教起书来就像头狮子。祖父那一脸花白的胡子，起初使贝尔有点望而生畏，后来就很喜欢他了。因为祖父知识渊博，简直是一部百科全书。贝尔同他生活了一年，学到不少东西。贝尔后来回忆，“祖父使我认识到，每个学生都应该懂得的普通功课，我却不知道，这是一种耻辱。他唤起我努力学习的愿望。”正是这种愿望，激发贝尔踏上了探求科学真理的道路。

1867年，贝尔在爱丁堡大学毕业，接着进了伦敦大学继续深造。这时，不幸的事发生了：他的两个兄弟相继害肺病死去。贝尔的父亲把病因归到英国气候阴冷潮湿上，带着全家远渡重洋，到了加拿大。

1869年，贝尔被聘请为美国波士顿大学的语音学教授，他的名声很快传遍了大西洋西岸。

当时，莫尔斯发明的电报已广泛使用，成为一种新兴的通信工具。不过，电报只能传送电码，有一定的局限性。能不能发展一步，用电流直接传递人的语音呢？这个问题引起了很多发明家、科学家的兴趣。人们苦思冥想，进行了20多年的探索，都没有成功。因为发明电话要比发明电报困难得多。用电线传递电码，只要按规定截止、导通就行了，可是语音是声波的振动，它怎样从导线上传送呢？8年来，贝尔也一直在探索这个奇妙的问题。他家从祖辈起就研究语音，语音学是他的专业。对他来说，发明电话，不只是美好的理想，也是一种义不容辞的责任。他毅然地担负起了时代的使命。

三个字的鼓励

有一天，一次偶然的实验启发了他。

贝尔正在研究聋哑人用的一种“可视语言”。按照他的设想，是在纸上复制出语音声波的振动，好让聋哑人从波形曲线看出“话”来。由于识别曲线很不容易，设计没有实现。但是，贝尔在实验中却意外地发现一个有趣的现象：在电流导通和截止的时候，螺旋线圈发生了噪声，就好象发送莫尔斯电码的“的答”声一样。

一个大胆的设想在贝尔脑海里出现了：在讲话的时候，如果能够使电流强度的变化模拟出声波的变化，那么，用电流传送语音不就能够实现了吗？

年轻的贝尔兴冲冲地把自己的想法告诉了电学界的几个人，可是听的人却不以为然，有的耸耸肩膀，有的付诸一笑。一个好心的学者劝他说：“你所以产生这种幻想，是因为缺少电学常识。你只要多读两本《电学入门》，导线传送声波的妄想，自然就会消失了。”

贝尔碰了钉子，一点也不泄气。他决心去华盛顿，向约瑟夫·亨利请教。

1873年3月的一天午后，天空飘着细雨。一个头发黝黑的青年来到亨利的寓所，他就是刚下火车的贝尔。老科学家正在午睡，贝尔就站在细雨中静静地等候。两个小时以后，老人醒来，很客气地接待了来访的青年。

贝尔向亨利讲了他的发现，并且详细解释了用电传递语音的设想，由于兴奋，他的两眼闪闪发光。亨利被年轻人的热情感动了。

贝尔讲完以后，怀着紧张的心情问亨利：“先生，您看我该怎么办呢？是发表我的设想，让别人去干，还是我自己努力去实现呢？”

“你有一个了不起的理想，贝尔，干吧！”亨利慈爱地回答他说。

“可是，先生，在制作方面还有许多困难；而更困难的是，我不懂电学”。

“掌握它！”这位大科学家斩钉截铁地说。

这句话对青年发明家有很大的影响。很多年以后，贝尔还是这样认为：“没有这三个令人鼓舞的大字，我肯定是发明不了电话的”。

不争气的“哑巴”

贝尔回到波士顿，遵照亨利的指示，专心致志地读起电学来。他把业余时间全用在了电的研究上。1873年初夏，贝尔辞去波士顿大学语音系教授的职务，正式搞起实验来。一次偶然的的机会，他遇到了18岁的年轻电气技师沃特森，两人一见如故。沃特森支持贝尔的理想，并成为了他的得力助手。

近郊公寓的一间灰尘满地，拥挤闷热的小屋，成了他们两个人的实验室和卧室。两个发明家整天关在屋子里，一边研究电声转换原理，一边设计实用的机器。贝尔一有新的构想，沃特森马上就去制造。由于电话是从来没有过的东西，没有什么实物可以参考，只能反复试验，从失败中积累经验。贝尔绞尽脑汁，梦中都在想着电话设计，有时，半夜灵感来了，他就立刻起床画图，沃特森也紧密配合，照图制造，一直干到天亮。

就这样，两年过去了，他们究竟试过多少个方案，有过多少次失败，已经无法统计。最后，制成了两台粗糙的样机，贝尔的设计是这样的：在一个圆筒底部蒙上一张薄膜，薄膜中央垂直连接一根炭杆，插在硫酸液里，人讲话的时候，薄膜受到振动，炭杆同硫酸相接触的地方，电阻发生变化，电流随着变化，有强有弱，接收处利用电磁原理，再把电信号复原成声音。

为了验证机器的效果，他们把导线从住房架到公寓的另一头。试验开始了，贝尔和沃特森对着自己的装置大声呼喊，可是，他们听到的声音不是从墙壁来的，就是从房顶上来的，机器象聋哑人一样毫无反应。他们一连试了几天，直到嗓子都哑了，通话还是没有成功。

两个朋友有点失望。两年来，他们废寝忘食，耗尽心血，造出来的电话竟是不争气的“哑巴”！

历史的时刻

为什么会失败呢？贝尔苦苦思索着。窗外，隐隐传来一阵吉他的声音，那叮叮咚咚的音乐，像山泉般在夜空里荡漾。贝尔凝神听着，听着，豁然醒悟。他跳起来朝沃特森猛击一拳说：“有啦！有啦！”

原来，他们的送话器和受话器灵敏度都太低，所以声音微弱，很难辨别。吉他的共鸣启发了聪明的年轻人。贝尔马上设计了一个音箱的草图。两个人一齐动手，连夜赶制，等音箱做好，又接着改装机器。到第三天傍晚，机器终于改装好了。

他们架好了电线，贝尔在实验室里，关严了门窗。沃特森在隔着几个房间的另一头，把受话器紧紧贴在耳边。准备完毕，贝尔一面调整机器，一面对着话器呼唤起来。

沃特森屏息静气地听着，受话器里的声音起初细如游丝，后来突然清晰地传出贝尔的喊声：“沃特森先生，快来呀，我需要你！”原来贝尔在操作机器的时候，不小心把硫酸溅到腿上，由于疼痛，他情不自禁地对着话筒呼唤求助。这是人类通过电话机传送的第一句话！沃特森听到以后，惊喜万分，急忙呼叫贝尔的名字：“贝尔，我听见了，我听见了！”这时候两人欣喜若狂，互相大喊起来，谁也分不清对方和自己喊的是什么。

贝尔和沃特森不约而同地推开房门，向对方奔去。两个战友在走廊里相遇，热泪盈眶地喊着对方的名字，互相拥抱起来。历史记下了这难忘的时刻：1875年6月2日傍晚。当时贝尔28岁，沃特森21岁，这两个敢想敢干的青年，克服重重困难，终于把电话制作成功了。

难忘的功绩

贝尔趁热打铁，对样机作了改进。经过半年努力，制成了世界上第一台实用的电话机。1876年2月，贝尔申请了发明专利。

青年发明家本认为电话机一定会被人们争着去使用，不料，人们由于受到习惯势力的影响，对电话这项新发明也抱着怀疑、观望的态度。

事实使贝尔很快地明白：发明电话只是成功的一半，要使电话被社会承认，还必须经过一场艰苦奋斗。

几个月以后，正好费城举行美国建国100周年纪念博览会。贝尔和沃特森赶到费城，在博览会上表演用电话通话。表演很成功，人们为它喝采，但却并没有把它当成实用的东西。当时的通话距离只有100来步。

贝尔和沃特森回到波士顿，再一次对电话作了改进。1878年，贝尔在波士顿和纽约之间进行了首次长途电话实验，两地相距300公里。

为了扩大影响，推广电话，贝尔与沃特森又在美国各大城市东奔西走，巡回宣传，但是，他们的一切活动都是花自己的钱，没过多久，发明家就一贫如洗了。这时一个叫休巴顿的贵族帮助了他们。他看见贝尔因为经费困难，壮志难酬，特别同情，慷慨捐赠了很大一笔钱，作为推广电话的费用。

一个月以后，贝尔电话公司正式成立。这时离发明电话的时间已经有整整五年。

电话很快在北美各大城市盛行起来。在 1880 年，美国投入实用的电话已有 48000 部。

30 年以后，北美的电话机增加到 700 万部。100 年以后的今天，全世界已有将近两亿部电话机在工作，其中，美国平均不到两个人就有一部。电话成了人类日常生活中不可缺少的通信工具。

贝尔的电话机早已送进了博物馆，但是人们永远不会忘记他发明电话的功绩。

家庭“图书馆”

在现代社会中，人们虽然不出门就可以从报纸、杂志或电视上看到世界上发生的事情，但要了解更多的情况，获取更多的资料，还要四处奔走。比如你想查阅一本新出版的科技资料，就得到图书馆去；要想了解最近有什么新发明和新动态，就得跑跑情报所或资料室；如果想看看商店有什么新商品上市，当然少不了上一趟市场或百货公司。总之，得出门，得跑路，得花费时间。

能不能有一种设备，使人不出门就能了解很多情况，得到更多资料，甚至买到所需要的商品呢？有，这就是“可视资料电话”。

“可视资料电话”也叫“可视资料终端”，是一种通过普通电话系统来获取各种资料的现代化通信设备。它的外形像个电视机，但比电视机多了一个装有很多按钮的键盘。如果你想知道今天的新闻，只要按几下键盘上的按钮，报刊杂志上的最新消息就会一一出现在荧光屏上。你想打听一下最近出版了什么新书，换一个号码，电视屏幕上就会显示出各种新书目录和内容简介，连价格和订购号也包括在内。如果订购，只要按规定按几下按钮，就算订购完毕，过几天书就会寄到你家里。如果你想了解最近国外有什么新的发明创造或专利资料，按目录在键盘上选用不同的号码，所需的资料很快便出现在你眼前。如觉得有保存价值，还可以把它打印或录制下来。这比到图书馆或资料室去查找或借阅资料，不知要方便多少倍。

可视资料电话还能帮助你查阅各种车、船、飞机时刻表和最近上演的文艺节目，并能通过它定座、定票；它还可以提供各种生活知识、科技动态、商业行情及政治、经济、文化等领域里各种有用的资料，甚至可以通过它在家里挑选和订购商店里最新上市的商品。由于它用途广泛，使用方便，人们亲切地称它为“指头上的世界”或“家庭图书馆”。

可视资料电话有这么大的用处，那么它提供的资料是从哪里来的呢？说来也很简单，它是利用设在邮电局里的资料中心、各部门的情报中心和资料公司，把各种有用的资料分类贮存在电子计算机内，然后利用现有的通信网把用户同这些计算机化了的情报检索中心联成一体。这样，用户便可以同计算机通“话”，索取所需资料了。

有了它，可真是“秀才不出门，可知天下事”。

长“嘴巴”的电话

在一些大城市的邮电局、机场、火车站以及宾馆饭店里，设置了一

种新颖的电话——长“嘴巴”的电话。如果想通话，只要到服务台购买一张专用的磁性卡片，喂给它吃下去，就可通话了。无论是国内的长途直拨电话，还是通往世界各地的国际长途电话，都能瞬息接通。

这种长“嘴巴”的电话叫磁卡电话。除了有普通电话机那样的拨号按钮、耳机话筒以外，还有数码显示器和磁卡插入口。用户拿起话筒，电话机上的数码显示器就不断闪烁，当用户把磁卡塞进插入口时，安装在电话里的微机立即鉴定该磁卡是否有效，包括磁卡的真伪、是否有“存款”等。经鉴定有效后，数码显示器上就会显示该磁卡的“存款”数字，同时耳机里传出可以拨号的表轨声。电话接通双方通话开始时，机内微机根据通话过程的时间，以及与受话方的地点距离，自动结算通话费，并使数码显示器上的“存款”数字不断递减，直至通话结束，数码显示器上显示的最后一个数字，也就是该磁卡剩下的“存款”，这个数字立即被机内微机编成新的密码，抹去磁卡上原来的“存款”数密码，“印”上这个新密码。数码显示器将剩余的“存款”告诉持卡人，使他对该磁卡还有多少“存款”一目了然。另外，通话时，如果磁卡的“存款”即将用完，耳机里会响起一连串轻微的“警告”声，请用户尽快结束通话，或者立即再插入一张有“存款”的磁卡，否则几秒钟以后，电话会自动切断。

通话一结束，不论磁卡上还有没有“存款”，磁卡都立刻会从插入口吐出来还给用户，有剩余“存款”的磁卡以后还可以继续使用，没有剩余“存款”的磁卡就成为废卡，是再无法使用的。如果有“存款”的磁卡是在前面一张磁卡“存款”即将用完的时候插进去的，那么通话结束后，前后两张磁卡都会依次吐出来。

用磁卡打电话，它的计时计费的准确性和可靠性是绝对保证的，而它最大的好处是使用方便，再也不必像用普通电话打长途，为结算通话费而排队等候。“时间就是生命”，它对时代的要求十分适应。

第二章 从有线到无线

“萨丽”号上的演讲

1832年10月1日，一艘名叫“萨丽”号的邮船，满载旅客和邮件，在法国北部的勒阿弗尔港启碇，驶向纽约。

邮船在浩瀚的大西洋上破浪前进，旅客们或是聊天、下棋，或是在甲板上眺望无边的大海，消磨时光。一天傍晚，旅客们正在餐厅里准备进餐，被一位年轻旅客的演说吸引住了。他叫查尔斯·杰克逊，是美国马萨塞州波士顿的医生，但是对电信研究却有浓厚的兴趣。当时，电磁感应刚发现不久，人们对一切有关电磁的现象都觉得新奇。杰克逊向大家展示了一个名叫电磁铁的新装置。这是一个上面绕着绝缘铜线的马蹄形铁块，当铜线通电的时候，马蹄形铁块就产生了磁性。

“先生们，请记住，我们快要利用一种无限的力量了。最近有实验表明，绕在铁芯周围的导线越长，磁铁的吸力就越强。而且有人已经证明，电能够神速地通过一段导线，不管有多长。科学就要创造出改变我们生活的电的奇迹啦！”

听众中有一个皮肤黝黑的中年男子，一言不发地望着讲台，两眼里闪烁着异样的光芒。他就是41岁的美国画家塞缪尔·莫尔斯。

在船靠近码头时，莫尔斯忽然对船长说：“先生，不久你就可以见到神奇的电报啦。请记住，它是在你的‘萨丽’号上发明的呀！”

初具雏形

下船后，莫尔斯立即投入了他的理想之中。他对电和磁的知识几乎一窍不通，但他一点也不动摇，决心从头学起。经过半年的刻苦学习，莫尔斯初步掌握了电磁原理。他买来各种电工器材和工具，在家里夜以继日地干起来。冬尽春来，秋去冬至，三年过去了，莫尔斯的积蓄几乎全部花光了，电报机还是没有造出来。

失败的原因在哪里呢？莫尔斯苦苦思索着。他终于找到了问题的症结：踩着别人的脚印是不能走到前面的，必须寻找新路！他在笔记本上记下了他崭新的设想：

“电流是神速的，如果它能够不停顿地走10英里，我就让它走遍全世界。电流只要停止片刻，就会出现火花，火花是一种符号；没有火花是另一种符号；没有火花的时间长又是一种符号。这里有三种符号可以组合起来，代表数字和字母，它们可以构成全部字母，文字就能通过导线传递了。这样，能够把消息传到远处的崭新工具就可以实现了！”

莫尔斯的这个构思，是电报发明史上一项重大的突破。他设想用点划同空白的组合来表示字母，只要能发出两种电符号，就能够传递信息，这就大大简化了设计和装置，莫尔斯规定了待定的点划组合，表示各个字母和数字，这就是著名的莫尔斯电码，也是电信史上最早的编码。

为了设计和制作这种新装置，莫尔斯投入了紧张的工作。经过一年的努力，1837年，莫尔斯终于研制成功一台传递电码的装置，他把它叫做电报机。虽然它传递距离不超过12米，莫尔斯却非常高兴，这毕竟是

一种崭新的通信工具，即使落后，也已初具雏形。

上帝创造了同等的奇迹

电报机诞生后，莫尔斯投入了对它的改进工作，经费不够，他就忍痛卖掉了从前的老师留给他的几幅珍藏多年的名画。并且，在这最艰难的日子里，一位名叫盖尔的青年技师从外地专程赶来，自愿给莫尔斯担任助手。有了这个得力而忠实的帮手，莫尔斯不再是孤军奋战了。

莫尔斯和盖尔在实验室里一同研究，反复实验。对电报机作了许多改进，两个战友经过一年的奋斗，最后电报机达到了可以实用的水平。

在盖尔的鼓励下，莫尔斯带着改进以后的发明，离开纽约去了华盛顿，他用发明家特有的坚定和热忱，成功地说服了国会提出一项拨款 3 万美元的议案，给他在华盛顿和 64 公里之外的巴尔的摩之间建立一条实验性的电报线路。议案第一次提交时未被批准。后来，在科学界舆论的影响下，议案被重新提交国会讨论，终于通过了。

在莫尔斯的领导下，从华盛顿到巴尔的摩的电报线路（也是世界上第一条实用的电报线路）动工兴建，不到两年就完成了。

1844 年 5 月 24 日，人类通信史上的庄严时候到来了。这一天，华盛顿沉浸在节日般的气氛中。在国会大厦联邦最高法院会议厅里，莫尔斯向应邀前来的几位科学家、政府人士介绍了实验原理，盖尔等候在 64 公里外的巴尔的摩。在预定的时间，莫尔斯接通电报机，用一连串的点划——也就是今天还在使用的莫尔斯电码，开始发出电文。这是历史上第一份电报：“上帝创造了何等的奇迹！”

电为人类服务，电报是最早的，它揭开了人类通信史上新的一页，莫尔斯也成了有线电通信的开创者。然而，可不可以不要线路呢？这就先说说电磁理论的奠基者法拉第了。

名师出高徒

法拉第出生在英国纽因敦城的一个普通的铁匠家庭。从 13 岁到 21 岁，他在书店当了八年学徒。装订书、卖书的职业，使法拉第有机会接触许多科学界人士。1812 年的一天，一位常来买书的皇家学会会员送给他一张听讲券。在讲座上，法拉第聆听了当时举世闻名的化学家戴维的讲话，并深深地为科学的力量所吸引。

不久，法拉第学徒期满，在另一家印书店当了正式的装订工。新主人很赏识他，许诺让法拉第将来当书店的继承人。然而，法拉第志不在此，他鼓足勇气，写了封信给戴维，希望戴维能帮他谋到一个能够接触技术的职位。

戴维热情地接待了法拉第，劝法拉第再慎重考虑一下自己的理想，他风趣地说：“科学好比一个性情怪癖的女子，你尽管对她倾注满腔热情，可是得到的报酬却极其微小！”

精诚所至，金石为开。1813 年，法拉第的愿望终于实现了。他进入皇家学院实验室，给戴维当助理实验员，几个月以后，他得到了一次非常难得的学习机会——随戴维去欧洲进行学术考察。

旅行给法拉第留下难忘的印象。他的日记里，详细记载了戴维在各地的讲学内容、实验记录，以及各国科学家的实验方法、风格特长；沿途所见的自然景象、风土人情，也引起了莫大的兴趣。法拉第生性乐观，富于同情心，对大自然和生活在底层的劳动人民怀着深切的热爱。这次旅行，更坚定了他献身科学、造福人类的信念。

一回到伦敦，法拉第就扎实地干起实验室工作来。在两三年的时间里，经过实际锻炼，法拉第具备了出色的实验才能。在戴维的指导下，他开始走上独立研究的道路。

1816年，25岁的法拉第初露锋芒，在《科学季刊》上发表了第一篇化学论文。1818年，法拉第写了一篇关于火焰的学术报告，大胆指出了名家理论的谬误。“名师出高徒”，他在戴维的引导下，刻苦钻研、勤奋工作，终于成为一个年轻有为的化学家。

迈入新领域

1681年夏，一艘航行在大西洋的商船遭到雷击，结果船上的3只罗盘全部失灵：两只退磁，另一只指针倒向。还有一次，意大利一家五金店被闪电击中，事后发现一些钢刀被磁化。由于当时连闪电的性质都没有搞清，这些现象谁也解释不了。100多年来，电磁之谜成了许多科学家探索的目标。

1820年，奥斯特公布了他的发现：把通电的导线放在磁针上方，磁针竟会发生偏转。这个发现立刻引起了整个物理学界的轰动。人们本来认为毫不相关的两种现象，竟有这样奇妙的关系。这个发现成了近代电磁学的突破口，各国科学家纷纷转向电磁研究。

法拉第完全懂得这个发现具有不可估量的意义。他决心沿着奥斯特打开的缺口，作进一步的探索。在戴维的鼓励下，青年化学家毅然闯进了电磁学这个未知的领地。

法拉第决定从实践中探索奥秘。他把收集到的有关电磁现象的资料，详细地进行比较研究，并且一一用实验来重新检验。实验进展很快，也很有趣。1821年夏，他在《哲学年报》上发表了有关电磁研究进展的论文。在这篇论文中，法拉第把电流对磁针的作用力称做“转动力”，虽然从理论上讲这也没有触及到本质，但是他却在实验中巧妙地运用这种“转动力”，让一块磁铁绕着一条电流连续转动，或是使一条载流导体绕磁铁不停地旋转。

不久，安培发表了研究报告。法拉第同安培不谋而合。

初次成功使法拉第受到很大鼓舞，他信心更大了，决心为电磁学这门崭新的科学当个开路先锋。根据大量的实验，他确信电和磁就像铜币的图案和字样，是同一事物的两面。既然电流可以产生磁，那么为什么磁不能产生电流呢？1821年秋，法拉第在日记里写下了一个闪光的设想，“从磁产生电！”

这是一次艰苦卓绝的攀登，为了实现这个目标，法拉第经历了无数次失败，进行了长达10年的实验研究。

稍纵即逝的一刹那

这是一个几乎叫人放弃了实验：

用铜线在几米长的木棍上绕一个线圈，铜线外面缠着布带以便绝缘。然后在第一层线圈外面，用同样的方法绕上第二层、第三层、直至第十二层，每层之间都是绝缘的。

把第一、三、五等奇数层串联起来，再把第二、四、六等偶数层串联起来，这样就制成了两个紧密结合而又互相绝缘的组合线圈。最后，把其中一组线圈接到开关和电瓶上，另一组线圈接在电流计上。

接通电源，指针不动；增加电瓶，增大电流，指针还是不动！

法拉第并没有绝望，而是在崎岖的道路上坚持不懈地进行探索。转眼之间 10 年过去了。

1831 年是法拉第一生中最难忘的一年。

这一年的秋天似乎格外晴朗。天气已经有些凉意，法拉第还是穿着那件朴素的外套，在实验室里紧张地工作。他的电学实验进入了最关键的阶段。

这时，法拉第已经把电池组增加到 120 个电瓶。这意味着初级线圈的电流同最早相比，增大了 120 倍。他用做实验的线圈，也不知更换了多少。

法拉第全神贯注地操作着，他小心翼翼地合上电闸，更大的电流通过线圈，不一会导线就发热了。法拉第转过头注视着电流计，指针像是固定了一样，还是纹丝不动。

这是为什么呢？

他复查了全部实验记录，对设计思路、实验方法也都作了反省，并且逐件检查了实验器具，连一根导线都不放过。在检查电流计的时候，法拉第无意中注意到：他每次实验都是先接通电源，再转过头来观测电流计。

问题会不会就出在这里呢？

他马上把实验台重新布置好，进行检验。这次法拉第特地把电流计摆在电源开关旁边，以便操作时他的目光可以一直监视指针。

法拉第目不转睛地盯着电流计，然后用手合上了电源开关。就在线路接通的一刹那，电流计指针跳动了一下！这个时间非常短暂，稍不注意就发现不了。法拉第过去的多次实验都忽略了这个细节，这次终于捉住了这稍纵即逝的“一刹那”。

乘胜追击

法拉第乘胜前进，又改进了实验仪器。

他用软铁环代替木棍的线圈的芯子，效果更明显。在断开或者接通初级线圈电流的一刹那，次级线圈连接的电流计上的指针摆动得很厉害。

法拉第开始思考了。从表面上看，这个实验是从初级电流感应出次级电流，换句话说，是从电变成电，好象同磁没有关系。但是反过来说，如果这个发现仅仅意味着“从电变成电”，那又有一个问题不好解释——为什么要在初级电流接上或者断开的一瞬间，次级线圈才有电流产生

呢？这种初级电流的突变会不会同磁有关系呢？

为了弄清这个疑难问题，法拉第继续进行实验。几天以后，他进一步发现，如果改变初级线圈和次级线圈间的位置，或是改变初级线圈的电流强度，次级线圈也有感应电流产生。法拉第顿时明白了，一定是初级线圈的电流产生的磁的作用，使次级线圈感应出电流。为了证实这个判断，法拉第索性把初级线圈拆掉，用一块磁铁来取代它。他让磁铁穿过次级线圈环，电流计的指针也随着磁铁的运动而摆动。

谜底终于被揭开了：正是运动着的磁产生了电流。这就是著名的电磁感应现象，它揭示出电和磁可以互相转化的辩证关系，为近代电磁学奠定了基础。

永不停止的脚步

法拉第的脚步并没有停止，他创制了世界上第一台感应发电机，规范了电学的许多名词，还发现了磁致旋光效应和反磁体。然而，他对电磁理论最重要的贡献还是提出了“力线”和“场”的概念。

当时人们普遍认为，力的传递包括电力和磁力是即时而超距的，也就是不管传递多远都不需要时间。一个电荷或者磁极周围的空间，除了距离以外，一无所有。法拉第并不随波逐流，而是用杰出的“力线”概念来摧毁旧学说。

法拉第把铁粉撒在磁铁周围，铁粉立刻呈现出有规则的曲线，从一个磁极到另一个磁极，连续不断。法拉第把这种曲线做力线。他进一步用实验证明，这种力线不只是几何性质的，它同时具有物理性质，导线里感应电流的大小，完全取决于导线截割磁力线的数目，而同导线的移动位置无关。换句话说，磁力线越密的地方，磁的强度越大。

用这种全新的眼光来观察，电荷或者磁极周围的空间不再是一无所有，而是布满了向各个方向散发出去的力线，电荷或者磁极就是力线的起点。从这一事实出发，法拉第在物理学上首次提出了“场”的概念。他把布满磁力线的空间称做磁场，而磁力就是通过连续的场传递的。

法拉第经过毕生的努力，终于为人类开发了一个全新的知识领域。他没有完成的大业，后来由他的学生麦克斯韦创造性地完成了。

接过先行者的火炬

1854年，麦克斯韦从剑桥大学数学学院毕业。不久，他读到了法拉第的《电学实验研究》，被书中新颖的实验和见解所吸引。他在认真研究了法拉第的著作以后，省悟出力线思想的宝贵价值，也看出了法拉第定性表述的弱点。这个初出茅庐的青年科学家决心用数学弥补这一点。

一年以后，24岁的麦克斯韦发表了《论法拉第的力线》，这是他第一篇关于电磁学的论文。这篇论文，虽然基本上是对法拉第力学概念的数学“翻译”，却是十分重要的一步。他一开始就选定了法拉第学说的精髓——力线思想，当做自己研究的起点。他后来的一系列论文，步步深入，都是沿着这条正确道路走的。

1862年，麦克斯韦在英国《哲学杂志》上发表了第二篇电磁学论文

《论物理学的力线》。论文不再是法拉第观点的单纯数学翻译，而是作了重大的引申和发展，并引进了“位移电流”的概念。

从理论上引出位移电流的概念，实在是电磁学上继法拉第电磁感应以后的一项重大突破。根据这个科学假设，麦克斯韦推导出两个高度抽象的微分方程式，这就是著名的麦克斯韦方程式，这组方程式，从两方面发展了法拉第的成就。一是位移电流，它表明不但变化着的磁场产生电场，而且变化着的电场也产生磁场；二是方程式不但完满地解释了电磁感应现象，而且还在理论上进行了总结。就是凡有磁场变化的地方，都有感应电场存在。经过麦克斯韦创造性的总结，电磁现象的规律，终于被他用不可动摇的数学形式揭示出来。电磁学到这时才开始成为一种科学的理论。

在这篇论文中，麦克斯韦还预见电磁波的存在。他指出，既然交变的电场会产生交变的磁场，交变的磁场又会产生交变的电场，那么，这种交变的电磁场就会用波的形式向空间散发开去。当时，麦克斯韦才31岁，这是他一生最辉煌的一年。

经典之作

1865年，麦克斯韦发表了第三篇电磁学论文《电磁场动力学》。在这篇重要文献中，麦克斯韦方程的形式更完善了。电磁波的传播速度根据这个方程来计算，正好等于光速。因此他大胆断定，光也是一种电磁波。法拉第当年关于光的电磁理论的朦胧猜想，就这样由麦克斯韦变成了科学的理论。法拉第和麦克斯韦的名字，从此联系在一起，就跟伽利略和牛顿的名字一样，在物理学上永放光芒。

不久，麦克斯韦辞去了皇家学院的教席，回到他的家乡格伦莱庄园系统地总结研究成果，撰写电磁学专著。经过几年苦干，他写的《电磁学通论》在1873年问世。这是一部电磁理论的经典著作，麦克斯韦系统地总结了19世纪中叶前后库仑、安培、奥斯特、法拉第和他本人对电磁现象的研究成果，建立了完整的电磁理论。这部巨著的重大意义，完全可以同牛顿的《数学原理》和达尔文的《物种起源》相比较，它是人类智慧的结晶。

电磁理论的宏伟大厦，经过几代人的努力，终于巍然矗立起来了！但是，这位科学巨匠生前的荣誉远远不及法拉第，直到他死后许多年，在赫兹证明了电磁波存在以后，人们才意识到并公认他是“牛顿以后世界上最伟大的数学物理学家”。

这正是电磁波

赫兹是德国人，麦克斯韦在1873年发表《电磁学通论》的时候，他还只有16岁。在德国，最先认真考虑电磁理论的，是波尔茨曼，在他以后支持电磁理论的，是在柏林大学任教的著名物理学家赫尔姆霍茨。赫兹就是他的得意门生。在老师的影响下，赫兹对电磁学作了深入研究。在比较了已经知道的物理学理论以后，他确认麦克斯韦的理论更使人信服。他决定用实验来检验这个判断。

经过反复试验，赫兹终于在 1886 年发明了一种电波环。

这是一个十分简单却又非常有效的电磁波探测器。他把一根粗铜线变成环状，环的两头分别连着金属小球，小球中间的距离可以调整。这样，电波环就做成了。

赫兹用这种电波环进行了一系列实验，终于在 1888 年发现了人们怀疑和期待已久的电磁波。他起初把电波环放在放电的莱顿瓶附近，反复改变电波环的尺寸和位置，只要尺寸和位置都合适，电波环两个小球中间就有电火花闪现。正是莱顿瓶放电时候辐射的电磁波，被环路所截获而激发出电火花。后来赫兹用火花隙发生器代替莱顿瓶，效果更加显著。赫兹不愧是一位聪明而又巧夺天工的实验家，他紧接着用使人信服的实验，证明了电磁波射到大型金属板上就发生反射，在通过用硬沥青或者松脂制成的三棱镜的时候就发生折射，并且具有衍射、偏振等光波所具有的各种特性。于是，麦克斯韦天才的预言，在 26 年以后终于被同样是天才的实验证实了。

1888 年成了近代科学技术史的一座里程碑。赫兹的发现具有划时代的意义，它不但证明了麦克斯韦发现的真理，更重要的是导致了无线电的诞生，开辟了电子技术的纪元。

电磁波的出现所产生的巨大影响，连赫兹本人也没有料到。在他发现电磁波的第二年，有人问他，电磁波是不是可以用作无线电通信，赫兹不敢肯定。但是不到 6 年时间，意大利的马可尼、俄国的波波夫就分别实现了无线电传播，并且很快投入使用，其他无线电技术，也像雨后春笋般地涌现出来。无线电波（1894）、无线电广播（1906）、无线电导航（1911）、无线电话（1916）、短波通信（1921）、无线电传真（1923）、电视（1929）、微波通信（1933）、雷达（1935）以及遥控、遥测、卫星通信等，都是这个变革的产物，整个物质世界的面貌发生了深远的变化。

群雄逐鹿

赫兹的天才实验，给无线电发明家们开辟了广阔的

道路。在 1888 年以后的几年时间里，探索赫兹波的应用成了最激动人心的课题，各国研究用电磁波传送信息的人很多，形成群雄逐鹿的局面。

研究赫兹波第一个取得成果的，是法国物理学家布冉利。他发明了金属屑检波器，使电磁波的探测距离增大到 140 米。

1894 年，英国皇家学会会员洛奇对布冉利的发明作了改进。他把金属屑检波器同继电器和打字机连接起来，组成了一台接收机，在实验过程中，金属屑受电磁波作用粘结以后，总是不能恢复原来的松散状态。为了解决这个问题，洛奇专门设计一个机构，能够自动敲击玻璃管，使金属屑及时恢复原状。洛奇利用这些改良的装置，在相距八百米远的地方进行了莫尔斯电码的无线电传送。

和洛奇在英格兰进行实验的同时，远在太平洋的新西兰岛上，坎特伯雷学院一个四年级的大学生卢瑟福，也在改进布冉利的检波器。他发明了别具一格的检波器，检波灵敏度很高。

1894年，卢瑟福在一座18米长的工棚里进行了电磁波收发表演。有人把这次表演中收发的信号，称做“越过新西兰上空的第一份无线电电报”。

在向无线电进军的行列中，除了这三个著名人物之外，还有无数默默无闻的探索者。最后，还是波波夫和马可尼获得了成功。

“海因里希·赫兹”

1894年，俄国的波波夫制成了一台无线电接收机。1895年5月，波波夫在彼得堡俄国物理化学会的物理分会上表演了他发明的无线电接收机。

表演是在大厅里进行的。波波夫沉着地在大厅的讲台上安好接收机，他的助手雷布金在大厅的另一头操作火花式电磁波发生器。波波夫的接收机由金属屑检波器、电铃、继电器、记录器和一根垂直的天线组成。当雷布金接通火花式发生器时，接收机的电铃立刻就响起来；断开发生器，铃声也随着停止。

表演结束后，波波夫充满信心地说：“最后，我敢于表示这样一个希望，我的仪器在进一步改良以后，就能够凭借迅速的电振荡进行长距离通信”。

不久以后，波波夫用电报机代替电铃，当做接收机的终端，他的装置就成了一台无线电发报机。1896年3月24日，波波夫和助手雷布金在俄国物理化学协会的年会上，正式进行了用无线电传递莫尔斯电码的表演。

表演的时候，接收机设在物理学会会议大厅里，发射机放在附近森林学院的化学馆里。雷布金拍发信号，波波夫接收信号，通信距离是250米。物理学会分会会长佩特罗司赫夫基教授把接收到的电报字母逐一写在黑板上，最后得到的报文是：“海因里希·赫兹”。这表示波波夫对这位电磁波的伟大发现者的崇敬。这份电报，虽然很短，却是世界上第一份有明确内容的无线电电报。

幸运的马可尼

1895年夏，意大利的马可尼在父亲的花园里进行了一次非常成功的电磁波传递信号实验。同年秋，马可尼把电磁波的传送距离扩大到2.7公里，为了使无线电能够有实用价值，他来到了伦敦，受到了当时英国邮电总局的总工程师普利斯博士的热情接见与帮助。

几个月以后，马可尼在索尔兹伯里平原进行了无线电信号实地收发实验，距离达8公里。

当时的英国正处于资本主义向帝国主义发展时期，海外贸易很发达，同海外有广泛联系，无线电如果能够得到实际应用，就会对英国的航海事业大有好处。同时，英国有优良的科学传统，政府比较重视科学发明。所以政府有关方面支持马可尼，乐意资助他。英国邮电总局还同意给马可尼提供全部实验经费和所需要的各种物资，用来进行海上通信试验。

1897年春，马可尼在英国西海岸南段的布里斯托尔海湾进行跨海通信实验。马可尼的发明究竟有没有生命力，将由这次实验的结果来回答。

马可尼把发射机装在拉渥洛克岸的小屋里，屋外竖起一根很高的杆子，上面架设了用金属圆筒制成的天线。接收机开始放在海湾里的佛勒霍姆小岛上。接收天线也是架在高杆上的金属圆筒，跟对岸的发射天线遥遥相对。收发两地之间相距4.8公里，通信效果良好。

一个星期以后，马可尼把接收机移到海湾对面的布瑞当，收发距离增大到14.5公里，并且用两个覆盖着锡箔的风筝做收发天线。试验获得很大成功，无线电信号第一次传过了布里斯托尔海湾。普利斯，这个英国邮电总局的决策人，对实验结果非常满意。

这次跨越海湾的通信试验在无线电史上是很有意义的。这是人类第一次不用导线把信号传过了海湾。

突破百里大关

1897年，马可尼开始研究无线电的商业应用，并且在伦敦成立了无线电报通信公司（1900年改为马可尼无线电公司）。紧接着，马可尼在怀特岛的艾伦湾建立了座电台，名字叫尼特无线电台。

1898年7月，马可尼的无线电报装置正式投入商业使用，替爱尔兰首都柏林《每日快报》报导快艇的比赛实况。比赛结果当天就可见报。

同年12月，马可尼在南海岬灯塔和一艘灯船（相当于浮动灯塔）之间建立了无线电通信。

1899年盛夏，他成功地实现了英法海峡——多佛尔海峡两岸的无线电报联络，把通信距离扩大到45公里。

这年的9月和10月，马可尼应邀在美国访问。访问结束后，马可尼把通信设备装在回国所乘的“圣·保罗”号邮船上。马可尼离开纽约以前，通过海底电缆发电报给伦敦的电信公司，说“圣·保罗”号在抵达英国水域的时候，他要和怀特岛上的尼特无线电站进行通信试验。公司有关人员得知“圣·保罗”号预定在星期三上午10点到11点之间到达，星期二下午他们就到尼特站做好准备。实验室主持人弗仑德还派了一个助手在机房值夜班。

第二天，弗仑德很早就起来巡视整个通信站。浓雾笼罩着洋面，通过的客轮连影子都看不见。

已是中午时分，邮船预定到达的时间早过去了，还是一点消息也没有。弗仑德和助手们开始焦急起来：该不会出什么事吧？

电报员不停地发出无线电联络信号，突然，接收机上的电铃响了起来。

“你是‘圣·保罗’号？”尼特站发出电报问对方。

对方回答：“是的”。

“你在哪里？”

“66英里远”。

马可尼的来电驱散了大家的忧虑，尼特站顿时洋溢着欢乐的气氛。这一次，马可尼把无线电通信距离增大到106公里，无线电信号第一次突破了100公里大关。

全球性的事业

20 世纪第一个春天来到了。

马可尼没有因为自己创造的无线电通信突破 100 公里的记录而陶醉，他把目光投向了辽阔的大西洋，渴望建立起欧洲和美洲之间的无线电通信。

1901 年 11 月，马可尼同助手们从英国西部港口利物浦启航，横渡茫茫大西洋，于 12 月 6 日到达纽芬兰的圣约翰斯港。

他用风筝把天线升上去，用电话作为终端机来直接收听金属屑检波器的输出信号。实验取得了成功，从大西洋彼岸发来的“S”字母信号，被他清晰地收到了。

用无线电传送“S”字母横越大西洋的试验取得成功以后，只要建立永久性的电台，洲际无线电通信就是指日可待的事情了。

为了向全世界证明这点，1902 年 10 日，马可尼在普尔杜发射台和美国轮船“费拉德尔菲亚”号之间做了进一步的试验。发射机与头年用的相同。船上的接收机采用固定天线，架设在主桅杆上，高出海平面 60 米。接收机终端用的是莫尔斯电报机，可以把信号记录在电报纸上。这次实验进行得特别顺利。“费拉德尔菲亚”号在距离普尔杜发射台 2500 公里的地方收到了从普尔杜发来的电报信号，电文有确实的内容，如果拍发测试字母，接收距离可以达到 3200 公里。

加拿大政府对这次实验取得的成绩很满意，特别拨出一笔巨款给马可尼，让他在格拉斯湾建立一个大功率的发射台。不久，美国也请马可尼主持，在科德角修造了一座大功率的发射台。德国、比利时和刚果等很多国家的海岸、要塞也都建造了马可尼式的无线电台。成百艘在大西洋航线上行驶的邮船也纷纷采用了马可尼的装置。无线电开始成了全球性的事业。

从有线到无线，莫尔斯、法拉第、麦克斯韦、赫兹、波波夫、马可尼这一长串名字都是不可忘怀的。正是他们用自己的辛勤与汗水给近代的通信事业奠定了坚固的基石，这些巨人们将永远名垂青史。

第三章 移动通信

电磁波大家庭

麦克斯韦断言光是电磁波，马可尼又利用电磁波来传递信息，那么，光和这种能传递信息的电磁波到底是不是一回事呢？

实际上，电磁波是一个十分庞大的家族，它们是按波长的大小由许多神通广大的成员组成的。

老大是多才多艺的无线电波。它除了担任通信任务，帮助人们传递信息，还能为飞机和轮船导航，操纵火箭的发射和卫星的运行。

老二叫红外线，现在人们使用的红外线加热器，就是利用它来给人们带来温暖的。人们还制成了红外线瞄准器，狙击敌人时百发百中。

老三是个美丽的姑娘，身着七彩衣，但平时却是无色的，只要在三棱镜下才羞涩地露出它的真面目——它就是光了。

老四是个保护人类健康的卫士，可以杀菌消毒，名叫紫外线。阳光中就含有紫外线，人们就常常进行日光浴来清洁皮肤。

老五是X射线，因为它是德国物理学家伦琴发现的，所以也叫伦琴射线。它有一个“火眼金睛”，能透视人体的骨骼、内脏，察知隐患，报告病情，是医生手中的锐利武器。

老六是家族中的小弟弟，名则γ射线，是1898年居里夫妇发现了镭以后才发现的，别看它排行老六，本领却很大，不但能穿透厚厚的铅板，还能杀死可恶的癌细胞。

原来呀，马可尼用来拍无线电报的电磁波是无线电波，通信的重任主要用它来承担，它是我们忠实的信使。

量才而用

同电磁波一样，无线电波也是个大家庭，科学家们根据它们的身长——波长，给它们起了不同的名字，比如超长波、长波、中波、短波、超短波等等。科学家们根据它们的特性量才而用，让它们去完成不同的通信任务。

超长波和长波具有较强的绕射本领，它们在地面上进行远距离赛跑时，可以迈开“长腿”，轻而易举地翻山越岭，跨过任何障碍，把人们所需的信息送到很远的地方。如果让它们沿着海面传播，由于海水的导电性能很好，“体力”消耗要少得多。所以人们用长波做远距离导航和越洋通信。

但是发射这种长波需要很大的能量，所以发射台和无线台的体积和重量都很大、用作移动通信是不合适的。

短波只会向前直闯，沿地面跑时，没过多远就消失得无影无踪了，不可能作远距离传输，但它却能跳跃式地传播到很远的地方。它所借助的跳板是电离层。电离层有种古怪的脾气，它能吸收电波，波长越长的电波越容易被吃掉，而短波却能被它反射回来，一上一下地继续前进。

从短波的传播特性来看，只要选择合适的波长，即使是发射功率很小的电台，也有可能通达很远的地方，因此它的设备简单，灵活机动。

在二战中，报务员只要携带一部小小的无线电台，就可以深入敌后，随时与远方的总部联络，报告敌情，给敌人以有力的打击。他们用的都是短波电台。短波电台还用于海上航行的船只进行远距离的移动通信。

超短波的波长在 1 米到 10 米之间，它在地面上行走时损耗很大，传不了多远就消耗完了。如果往天上走，它会穿出电离层、再也不回地球了。它的绕射本领极差，连房子也会把它挡住。因此，只能利用它在地球上互相看得见的两点之间进行视距离通信了。手持无线电话、汽车电话等，使用的就是超短波。既然超短波只能沿直线传播，为什么我们在室内，大楼后面那些看不见对方的地方，也能使用无线电话呢？原来超短波很容易被反射，我们使用无线电话时接收的电磁波通常不是由对方天线直接出发的，而是接过许多的障碍物的反射才到达我们的接收天线的。

微波又怎样呢？

微波的波长小于 1 米。它的传播道路同样是径直向前，属于视距传播。虽然它翻障碍的能力很差，但它反跳能力很强，一遇到阻挡物就要被反射回来，就像我们拿小镜子对着太阳，照在镜子上的太阳光被镜面反射一样。如果用它进行地面上的移动通信，让它在弯弯曲曲的街道上行走，那肯定是到处碰壁，通信非常困难。但让它做点对点的通信则有很好的效果。于是人们在相距几十公里的高山上建起了一连串的微波中继站，就像古代的烽火台一样，每个站都把上一个中继站的信号接收下来，加以放大，再传送给下一个中继站。这些中继站用的是抛物面天线。还有通信卫星，它站得高，看得远，能看见地球表面 1/3 的地方。人们把微波信号用抛物面天线送上卫星，再由卫星送到地球的每一个角落。中央电视台就是通过微波接力和通信卫星这两个途径，把节目送往祖国各地的。

“大哥大”不“大”

无论在什么时候，掏出一部“大哥大”。按几下立即就可以与对方通话了——是不是很神奇呢？

其实，用“大哥大”打电话，在使用方法上与普通电话完全一样。按一下“大哥大”上的一个按钮，电话就处于普通电话的拿起听筒的状态，里面的小发射机就把信号用无线电波发射出去了。基地台收到这个信号后，马上通知移动电话交换局，对这部移动电话进行位置登记，判定用户的级别。判断之后，控制器立刻为这部电话寻找一个空闲的话音频道，给出信号，由基地台用天线电波发射出去，通知“大哥大”可以拨号。如果没有空闲的频道，则发出支线信号。拨号时，“大哥大”的发射机将拨号的脉冲变成无线电波，发往基地，基地又与移动电话交换局联系。如果你所要的电话是个有线用户交换局就会接通有线局的中继线，询问有线电话局有没有空闲的线路，如果有，发送振铃信号，对方电话铃响。当然，移动电话、基地台、移动电话交换局以及有线电话局的实际工作是十分复杂的，其中收发信机和控制电路都是微机控制的，整个交换过程，只用几秒钟就完成了。

怎么样，“大哥大”不“大”吧？它的“大”只不过是多了个移动

电话局作中介而已，没有了它，“大哥大”可就“大”不起来了。

小巧的“电蚰蚰”

当你走在大街上或者乘坐公共汽车的时候，常会听见“滴滴……滴滴……”一阵悦耳的蜂鸣声。是什么在响呢？原来是“电蚰蚰”，这是一种无线电找人工具——无线寻呼机。在外国，它有个英文绰号 *Bell Boy*，翻译过来就是“带铃的仆人”，因此，大家都管它叫BB机。在我国，许多人把它叫做BP机或CALL机。

BB机只能接收无线电信号，不能发送信号，是单向的移动通信工具。

普通型的数字寻呼机，外型小巧，可以方便地放在衣袋中或者别在腰间。一旦收到寻呼信号，它会发出几声轻微的“滴滴”声。为了不干扰别人，也可以关上声音开关，寻呼机只是发出一阵阵机械振动，就像按摩器那样的轻微颤动，只有携带者本人才能感受得到。寻呼机收到信号后，液晶屏幕上会显示出一些阿拉伯数字和英文字符，它们表示电话号码和简短话语。英文字符我们用起来不方便，于是又有了汉字显示寻呼机，简称“汉显”。这种寻呼机不但能显示电话号码，对方的简单留言，还可以传输简单信息，如天气预报、股市行情等。

那么寻呼机到底怎样使用呢？

通过有线电话拨寻呼台的号码，电话接通后，告诉话务员你所要寻呼的CALL机号及自己的姓名和电话号码，然后，挂机等候。寻呼台的话务员马上将以上信息输入计算机，发射机便在计算机的控制下，向空中自动发出呼叫信息，被呼者听到“滴滴”的声音后，打开显示开关，屏上出现了要求回电的号码，于是，他就可以在附近找部电话，和你通话了。

现在的寻呼机，由于使用广泛，越来越做得讨人喜欢了。有的像一个袖珍日记本，小巧玲珑；有的像一张卡片，十分轻便；也有的像支圆珠笔，可以插在上衣口袋里；有的甚至做成胸花、项链挂在胸前。还有的和手表合为一体，带在手上，平时计时，有人寻呼时又成了寻呼机。

这只“电蚰蚰”如果与“大哥大”合在一块使用，那别提有多方便了。有人要找你，打你的呼机，“电蚰蚰”告诉你要找你的人的电话号码，然后你用“大哥大”回话——有了这对一呼一应的哥俩，你是不是该走遍天涯海角全不怕了呢？

交通工具上的电话

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随时与总部联系，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，所以汽车电话在消防工作中往往发挥十分重要的作用。

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着行驶。

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不失时机地进行正确的救治。

在现代汽车中，电话也成了必不可少的装置，它把车里车内联系成一个有机的整体，使你不致像没头的苍蝇一样到处乱窜。

汽车电话都有一个小型控制器，上面有拨号键和开关，还有一个送受话器。控制器通常在司机室内，与仪表、收音机等装在一起，收发信号机放在座位下面，天线装在车顶。

现在开始打电话。拿起汽车电话上的手机，即送受话器，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，并由基地台发射机通知汽车电话可以拨号。我们听到拨号音后，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。当对方拿起送受话器时，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，我们从叉簧下取下手机时，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，这时，只能挂机等待。

下面，让我们以纽约——华盛顿火车上的列车电话为例，看一看这种移动电话系统是怎样工作的。

为了通信的方便，这条线路被划成了基本上等距离的 9 个区段。在每个区段里，都安装有专用的无线电收、发信机，进行信号的接收和转发。所有电话都通过费城贝尔系统中心局来接通。在那儿有一个专用终端机，它遥控着各个区段的收、发信机。

当纽约到华盛顿的某个电话用户要给行驶中的某列火车上的一位乘客打电话时，他只要从“火车一览表”上查出这列火车的电话号码，就可以进行拨号。中心局在收到这个拨号信号后，便根据对该火车位置自动检测的结果，把信号发到火车行进区段的收信机，并由这个区段的收信机转发给火车。火车乘务员在接到电话后，通过播叫方式请受话人到他所在车厢的电话间去，双方便可通话。同样地，火车上的每个乘客也可以通过上述系统往外打电话。

随着移动通信技术的发展，电话也在船舶上安了家。这些无线电话广泛地应用于业务联系，定时报告船位和进出港日期，听取陆地调动指挥。船上的海员还可以利用无线电话在遥远的大洋中向陆地上的亲属说点悄悄话，使得寂寞的海上生活多一些温暖和欢笑。

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，随时面对着风浪、暗礁、浅滩以及相撞的危险，电话给船员们带来更多的安全。

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，使无线电波覆盖沿海海面。为了增大船岸之间的通信距离，一般将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，电话局的线路把家里的电话接通。

战争促进了空中无线通信技术的发展。和平时期，人们把空中无线通信技术转到民用方面。飞机起飞时，机场调度人员要通过无线电话指挥飞机有秩序地起飞，飞机飞行时，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，有的大型客机上还安装了为旅客所用的空对地航空电话。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，就可以和地面通话，使用起来跟打普通电话一样方便。

第四章 传送图像的通信

看不见的对手

1979年9月，“国际电信联盟”在瑞士的日内瓦举办了一次世界性电信展览会。在明亮的展览大厅的一角围着大量观众。角落里有一张方桌，方桌上有台机器，桌旁坐着一个人，正在聚精会神地下棋。从他那皱眉苦思的神情来看，对手一定是个高手，可是奇怪的是，他的对面却空无一人。对手在哪里呢？

在华盛顿。

原来，他正在通过传真机接受远在华盛顿的美国选手的挑战。双方通过高速传真机和国际通信卫星将棋赛的格局用图形的方式进行互相传递，这样，双方虽然远隔千山万水，通过传真机所传的棋谱，也就好像近在眼前了。

展览会的解说员还兴致勃勃地向观众解释说，使用这种传真机，再配上一套可视电话设备，今后举行国际棋类比赛之类的活动，各国选手可以不用花很多钱集中到某一个国家去，而只要在各自的国家就可以进行了。

“点”出来的原理

我们可能每天都看报纸，报纸上除了文字外，还配有照片。有些照片，特别是新闻照片，下面往往写着“新华社传真照片”的字样。就是这些传真照片，把世界上最近发生的一些重大事件，生动地重现在广大读者的眼前，而有些事就是昨天刚发生的。这些照片是靠什么从千里之外传回来的呢？

还有，在北京出版的《人民日报》，你在上海、武汉、广州甚至西藏、新疆等边远地区，都能看到当天的报纸，这些报纸是靠什么这么快就传到全国各地的呢？

不是靠火车，也不是靠飞机，而是靠传真。

所谓传真，是利用电信技术把图像（包括照片、图表、文字等）按原样从一方传到另一方去的一种通信方法。那么图像怎么会原封不动地从一地传到另一地呢？

拿起放大镜，把报纸上的传真照片仔细看一青，这些照片上的图像都是由一些小黑点和小灰点组成的。原来，不论一幅照片多复杂，都可以把它分解成无数个小点子。传真机在传送照片时，先用一束强烈的光线照这幅照片，由于照片上各个小点的黑白不同，它所反射出来的光就会有强有弱，然后用一种像人的眼睛一样的光电器件（如光电管等），把图片上反射出来的不同强弱的光线转换成不同强度的电信号。这些信号经过传真机电子电路就能传送到很远的地方去。对方在收到这些电信号以后，再通过电子电路将它们还原成深浅不同的小点子，千千万万个小子组合在一起，就成了一幅跟原来一模一样的照片。这就是传真机的最基本的原理。

传真的历史

现在传真机的用途可越来越大了，有文件传真机，新闻传真机，气象传真机……甚至，在朋友过生日那天，你可以把自己亲手绘制的贺卡传真给远隔重洋的他，让他感到分外亲切——那么，到底是谁发明了传真技术呢？是苏格兰人亚历山大·贝恩。

1841年，贝恩提出了用电传送图像和照片的设想。第二年，他利用电刷做振动子，让它在一幅用薄铜片剪成的图形上扫描，然后将所得到的电信号通过通信线路传给对方；在对方那里，用电刷做成的振动子在一块放在铜板上的电学纸上作记录。结果，在记录纸上便奇迹般地出现与发送一方薄铜片形状完全相同的图像。由于它能把真情实景原原本本地传递到远方，人们把贝恩首先实现的这种技术称为传真技术。

五年之后，苏格兰的另一位科学家改进了贝恩的方法，他将要发送的图片卷在滚筒上，以滚筒的边转边前进，代替了电刷的平面扫描运动。这种扫描方式一直沿用到今天，虽然，这中间在技术细节上又作了不少的改进。

传真技术首先在西欧得到应用。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。1914年，世界上第一幅通过传真机传送的新闻照片出现在巴黎的一张报纸上，引起了很大的轰动。

1924年，法国外交部长阿·白里安的一封亲笔密件用传真机从法国的巴黎传到了美国的华盛顿。这是传真技术首次为国际间的信息交流服务。1928年，日本又利用新发明的NE式传真机，成功地把在京都举行的昭和天皇即位的照片传给了东京新闻社。20世纪20年代后期，美、法、德等国都先后研制成功实用的传真机。

1935年1月1日早晨，美联社将一幅从空中拍摄的坠毁于阿迪朗达克山中的飞机的照片，通过一条连接25个城市的47家报纸的电话线路，成功地用传真机发送出去，从而开辟了新闻照片一条崭新的传递途径。

起初，传真信号是通过有形的电线来传送的，后来，用无线电波传送传真信号获得成功，从此，传真技术便大踏步地走上了电信应用的舞台。

什么是图像通信

传真机把图像原原本本地传送到面前，那不就是传送图像的通信吗？说简单点，也就是图像通信。

用一句话来给图像通信下个定义，可以这样说：图像通信是把用语言和符号所难以表达的任何图形、绘画，以至色彩、动作等，通过电信手段传送给对方，为对方的视觉所接收的一种通信方式。

这句话包含了以下几层意思：

第一，图像通信是传送什么样的信息的。它传送的不是语言（区别于电话），也不是符号（区别于电报），而是难以用语言、符号等表示的活动的或不活动的图像。

第二，它是靠现代电信手段来传送信息的。有的图像信息，通过普

通电视电话便能传送。譬如，有一种电话传真机，就接在电话网上，既可以通电话又可以传图表、照片。当然，也有一些图像信息，需要为它们提供频带比电话电路更宽的信道。比如国际电视会议，就是靠卫星通信电路将分散在各国的分会场连接起来，实现声音和图像的传送。

第三，图像通信是一种应用视觉的通信，接者收到的是图像，它可以是像传真照片那样的硬拷贝，也可以是像电视电话那样把像显示在荧光屏上而不作记录。不管是哪种情况，最后都是通过人的双眼观察到的。

百闻不如一见

图像通信到底有什么好处呢？中国有句古话可以概括，那就是“百闻不如一见”，意思是说，听到 100 次还不如看到 1 次。

一场精彩的国际足球比赛，不管广播电台体育节目的主持人怎么样凭他的三寸不烂之舌把比赛的精彩场面说得活灵活现，也不管他怎样把每个运动员的表现都介绍得维妙维肖，但总比不上亲眼目睹。电视能将比赛现场激烈争斗的场面，优秀运动员的高超球技以及观众席上狂热的气氛，统统通过电视画面呈现在你的面前，使你犹如置身其中，心潮随之起伏，如果你正好是观众席中的一员，那就更了不得了——你这个球迷会控制不住地呐喊，助威，整个心都绕着球去飞了！

这个例子告诉我们这样一个事实：人类通过眼、耳、鼻、舌、身这五官从外界感受到的东西不是一样多的。其中，通过视觉感觉到的信息最多，要占 60%，而通过听觉所感觉到的只有 20%。视觉是人类五官中最最奇妙的东西，它不仅能识别外界事物的形状，还能分辨它们的颜色。如果我们听一个人说话，固然也能通过他的言语来琢磨他的感情，但远不如用视觉直接观察他的表情。所以，视觉信息是更富感情色彩，更细腻的信息。

上面一番话，如果用专业语言来表达，便是：一个人通过眼睛所获得的视觉信息，要比通过耳朵或其他感觉器官所获得的信息多得多，丰富得多。

既然如此，人们就不会只满足于传送符号和声音的通信方式，而迫切希望能够实现图形、照片以至活动图像等人眼看得见的信息的传送。于是，继电报、电话之后，一种新的通信方式应运而生，这便是所谓的“图像通信”。

系统的组成

图像通信系统有两种构成方式。一种是终端对终端方式，它是在两个图像终端机（即两个用户）之间建立的通信方式。同一系统中任意两个图像终端机（如传真机、电视电话机等）都可以通过交换机和传输电路的接续，建立起通信联系。所以，终端对终端系统是由用户终端设备交换机和传输电路所组成的。另一种方式是终端对中心方式。在这种方式中，所有图像终端机都可以通过传输电路、交换机，与图像信息中心相连接。用户可以通过这样一个系统从储存有丰富图像信息的图像信息中心检索到自己所需要的信息，进行像“会话”一样一问一答的通信。

这种终端对中心系统是由图像终端设备、传输电路、交换机以及图像信息中心所组成的。

传送图像信息的电路有架空明线、电缆、光缆等有线媒体，也有微波电路、卫星通信电路等无线媒体。传送的信息也形态各异，有文字、静止图像和活动图像等等。

飞入寻常百姓家

1883年，23岁的德国人尼普科首先提出了有关“电视”的设想。他设想让一个上面钻有许多小孔的圆盘转动起来，这样，透过这些小孔便会看到圆盘背后景物忽明忽暗的变化，它反映了景物的明暗变化。如果将这种明暗变化转换成电信号传送到接收方，在接收方再用扫描盘把变化后的电信号还原成光的阴暗变化，就可以再现发送影像。

由于技术条件的限制，尼普科的设想一直到40年后才变成现实。1925年的一天，世界上首次电视表演在伦敦的塞尔弗里奇百货商店举行。人们奔走相告，一时间表演现场热闹非凡。首先将这项成果公诸于世的是美国人贝尔德。在他的首次电视表演中，被摄入“镜头”的人便是住在他楼下的一名公务员，名叫威廉·戴恩顿。可以说，他是世界上第一个上电视屏幕的人。

事隔两年，英国广播公司试播了30部机械扫描电视，电视广播的历史从此开始。

1933年，弗拉基米尔·佐尔金研制成功可以实用的摄像管和电视显像管，从而跨进了电子式电视的门槛。1935年，英国广播公司正式以电子扫描电视代替了早期的机械式扫描电视。这意味着现代电视的开始。

1935年，在柏林举行的第11届奥林匹克运动会的比赛实况通过电视向柏林的公众电视室和家庭作了转播，引起很大的轰动。紧接着，世界上第一个播放电视节目的电视台——BBC电视台开播。

50年代，电视价格大幅度下降，使得一般老百姓也用上了它。它终于飞入了寻常百姓家，与人类生活密切联系，在世界各地都处处开花。

完美的结合

1925年电视的问世，打开了人们的思路。有人提出了把电视与电话融为一体的设想，使双方在通话之际，一睹对方的容颜。

经过几十年的努力，电视电话终于开发出来被投入商业使用。

装在办公室或用户家中的电视电话终端设备主要是由摄像机、电视监视器和电话组成。摄像机能摄取用户的头部影像传送给对方，电视监视器能显示通话对方的头部影像。

电视电话用户之间呼叫和对话，仍然通过普通电话电路来进行，一般只占用一对线。传送影像需要两对线，一去一来。当你拨通对方的电话号码后，你的影像便会在对方监视器的屏幕上显现出来；同样，对方的影像也会在你对面的屏幕上得到显示。双方一边交谈，一边交流感情，闻声见影，就如同面对面交谈一样——这多亏了这个完美的结合。

第五章 用光进行的通信

原始和现代

在本书的开头我们讲了个“烽火戏诸侯”的故事。类似的用光传递消息的方法，在西方的文明古国希腊也曾用过。相传公元前五世纪的时候，希腊人在使用木马计攻下小亚细亚的特洛伊城以后，就是用火光接力的通信方式将这一消息跨过爱琴海峡传向希腊的米康城。

别看这两个故事虽然发生在很久很久以前，它们却包含着近现代光通信的一些基本要素。

首先，要有一个光源。烽火台报警用的光源就是烽火，火光向四面八方传播，凡是能看到烽火的地方就可知道烽火台发出的消息。

其次，必须有接收器，也就是要有能感受火光的装置。当然，在古代人们还不会制造各种各样的光接收器（又称探测器），然而，大自然早已为人类创造了世界上最灵敏的光接收器之一——人的眼睛。

第三，必须设法把要传递的信息加在光波上。在烽火台通信中，人们约定用火光的有无来报导外敌是否入侵。也就是说，事先约定有敌情时举火，无敌情时将火熄灭。在光通信中，按照一定的方式把要传递的消息加在光波上，就是对光波进行调制。在最初的烽火台通信中，被调制的火光信号只有两种状态：要么有火光；要么没有火光。这实际上已是近代脉冲编码调制的雏形了。

利用光波进行通信就像利用船来载人和货物一样，我们的目的是将人和货物送到目的地，而船只不过是运载工具而已。光波在光通信中就像船的作用，因此有光载波之称。所要传递的信息就好像船上的乘客和货物，当船到了目的地以后，乘客要下船，货物也要从船上卸下来。与此类似，也必然存在“解调”的问题，也就是必须设法从已调制的带有信息的光波中将信息取出来。

实现光通信的第四个条件是必须有良好的光通道。正如船只有在水中才能行驶一样，光波也只有在某些环境中才能传播。比如，光能在真空中通行无阻而无需借助任何媒介。广漠无际的宇宙空间，就是理想的光通道。在晴朗的白天或夜晚，光也能在大气中传播。烽火台报警，就是利用地球表面的大气作为天然的光通道的。

最原始的光通信所体现出来的基本要素都包含在一切现代光通信系统之中，原始与现代的关系可真是奇妙。

初遇难关

如果把火光换成另一种信号，传播的信息是不是会更复杂一些呢？1791年，法国人克劳德·查佩兄弟设计出了腕木式信号机。

腕木式信号机实际上就是在顶端装上一根横杆，横杆两端各安上一个垂直臂的大木柱。横杆和垂直臂都是可以活动的。牵动连接它们的绳索，就可以改变横杆和竖杆的位形。不同的位形可以代表不同的文字。信号机通常都装在山丘之顶或塔式台站上，使人们远远就能看到它所传递的信息。为了使信息从一个地方传送到相隔很远的另一个地方，还采

用了“接力”传递的方法。

查佩信号机发送的第一份报文是从法国里尔发向巴黎，它向政府报告了军队已夺取莱奎斯诺的消息。继查佩信号机之后，各种类似腕木式信号机的通信系统相继出现。曾经一度，它风行了整个欧洲。据说，1815年拿破仑从厄尔巴岛逃出的消息，就是通过这种通报方式很快传到了巴黎。

然而，它的局限是显而易见的，用这种接力方式传递，所耗费的人力、物力都较大。如果下雨有雾或是在夜间，它更是没一点办法了。

腕木信号机的缺点也是一般光通信所共同具有的。所以，尽管光通信是人类最早使用的一种通信方式，但在长时间内却没什么发展，而有线电和无线电通信和后来居上，迅速发展起来。无线电通信从传送符号、声音发展到传送文字、图像、数据，所用的波段从长波、中波发展到短波、超短波、微波，与通信有关的电子学技术也得到了飞速发展。这种强有力的通信手段，在一段时期内完全满足了人们传递信息的要求。在这种情况下，光通信日渐冷落。除了在某些个别的场合，如海边的灯塔、战场上的信号弹、车站和军舰上的旗语等，还能感觉到它的存在以外，光通信差不多处在奄奄一息的地步了。

又是那个贝尔

为电话贝尔可以说是倾注了毕生的心血。贝尔电话公司成立以后的贝尔不满足已有的成就，又把脑筋动到了光的头上：电流能传送声音，光能不能传送声音呢？

1880年，贝尔发明了第一个光电话，这一大胆的尝试，可以说是现代光通信的开端。

贝尔的光电话是以弧光灯作光源，发出的光投射在话筒的音膜上，当话筒按照说话人声音的强弱及音调不同而作相应的振动时，从音膜上反射出来的光的强弱也随之变化。这种被声音信号所调制的光，通过大气而传播一段距离后，被一个大型抛物面镜所接收，在该抛物面镜的焦点上放着一个硅光电池，它就是光探测器。硅光电池能将射在它上面的光转变成电信号，这个电信号的强弱及变化频率，都恰好能反映原来用于调制光信号的声音的强度及频率。这个电信号被送进话筒，就能还原成原来的声音，完成整个通信过程。在这里，将弧光灯的恒定光束投射在话筒的音膜上，随着声音的振动而得到强弱变化的反射光束，这个过程就是调制。而在接收端，让载有信息的光射在硅光电池上，直接产生反映声音变化规律的光电流的过程就是解调。将这一电流送入听筒，从而恢复成声音信号，这称为信息的再现。

在贝尔的光电话中，包含着近代光通信技术的萌芽。事实上，这个光电话把声、电和光联系起来，把光通信与电技术结合起来。在发射端，电能转换成弧光灯的光能；在调制器中，声音转变成电流，然后驱动话筒的音膜振动；在接收端，接收到的光信号在硅光电池中转换成电信号，电信号又在听筒中转换成声音信号，实现了光、电、声音（或文字、图像）的相互转换，这是一切现代光通信的共同特点。我们需要传送的信

息以声音、文字或图像的形式出现，但只有通过它们与电、光的相互转换才能用光将它们传送到远方。

再遇难关

贝尔光电话的发明使光通信领域大为活跃。到第一次世界大战期间，由于战争的需要，军事部门先后试验过几种光电话装置，还采用了人眼看不见的保密性更好的红外光作为光载波。在第二次世界大战期间，一些国家也使用过红外通信装置。但是与贝尔的第一个光电话比较起来，并没有什么重大的突破。光通信的进一步发展和应用，在技术上遇到了很大的困难。

首先，缺乏强有力的光源。前面提到的光通信装置中所使用的光源都是“普通”的光源，它发出的光射向四面八方，波长范围广，因此光能不集中，大大限制了通信距离。

其次，探测器件无论在灵敏程度还是在响应速度等方面都远远不能满足要求。像硅光电池这类过去常用的探测器内部噪声很大，因此话音质量很差。

最后，也许是具有决定意义的一点，光在大气中传输衰减较严重，特别是天气不好时，往往无法通话。

由于这些原因，使得光通信距离短、容量小，可靠性差，严重地限制了光通信的发展和应用，光通信又遇上了难关。

这是一束奇异的光

20世纪60年代，激光器的诞生和激光技术的迅速发展给光通信以新的生命。长期以来发展缓慢的通信像个沉睡的巨人，一跃而起，摆脱了“山重水复疑无路”的困难境地，踏上了“柳暗花明又一村”的锦绣前程。

激光是由一种特殊的光源——激光器通过受激辐射而发射出来的，它具有普通光所没有的一系列优异特性。第一，激光的亮度最高。可以毫不夸张地说，激光器是最亮的光源。第二，激光的单色性最好，颜色特别纯。第三，激光的方向性最好，它几乎是一束平行光。第四，它的相干性最好，让它通过两个平行夹缝时，在餐后面的屏上会出现一系列明暗相同的干涉条纹。由于激光具有这些优异的特性，利用激光通信就具有了许多独特的优点。

第一，它的容量极大。用波长为3微米的激光作为载波来进行通信，当它的全部信息容量都发挥出来时，一束激光就可传送100亿部电话或1000万套电视节目。只要

有了一条这样的激光通信干线，即使全世界50多亿人同时用激光电话相对通话它还绰绰有余。

第二，它方向性极好，传得最远。以激光束的发射角比普通光的发射的小1000倍来计算，则所接收到的激光束能量要比用普通光大100万倍。这表明，用激光进行通信所能达到的距离要比用普通光远得多。

第三，特别保密，抗干扰性强。当采用人眼看不见的红外激光时，

要想在看不见、摸不着的大气中去截获一束非常细的激光束，那简直是像在大海里捞针一样困难。并且，它不受无线电波影响，可剔除干扰光，几乎可以完全排除外来的干扰。

还有第四、第五、第六……总之，激光通信的性能极其优良，它的作用也不可估量，有人甚至说 21 世纪是光通信的时代，这或许并不是一个梦。

比头发还细的光纤

激光虽然有那么多可以用来炫耀的优点，但在实际应用中还差强人意。激光束很容易受气候条件的影响，使通信可靠性降低。当激光束在大气中传播时，大气会吸收、散射，损耗激光，使得激光通信的使用效果不佳。人们于是又想出来用光导纤维束传输光波。

1870 年，泰晤士河畔的英国皇家学会的讲演厅里，物理学家丁铎尔先生曾导演过一场魔术般的实验。他在暗室里让一股水从容器侧壁的小孔流出，叫助手在相对的侧壁上给予照明。这时从孔中流出的水几乎在整个水流长度上都在发光。我们知道光是沿直线传播的，但在这个实验中人们看到光竟神奇般地顺着弯曲的水流在闪烁。丁铎尔的实验说明光从水中以大于 48.5° 的入射角射到水和空气的界面时，就会产生所谓“全反射”。原因是光从折射率较大的物质射到折射率较小的物质表面时，光不透入折射率小的物质，而全部返回到折射率大的物质中去。

根据全反射原理，人们研制出了光导纤维，简称光纤。它最早应用在医学上。

胃病常常会给人们带来很大的痛苦，但胃在人的腹腔里面，人眼不能直接看清楚胃里面的情况。怎么办呢。人们想出了巧妙的办法。当病人做胃镜检查时，医生拿着一个看起来有点像一条鞭子一样的仪器，将它的头部通过食道插入人的胃里，这个头上有照明装置的“鞭子”，它能将胃里面照亮。医生从“鞭子”的另一端往胃里看，就能看清里面的种种景像。这个仪器就叫胃镜，它对胃病的诊断很有帮助。那根“鞭子”就是一根光缆，它由许多根极细的光纤捆扎在一起，可以任意弯曲。

通信用的光纤质量当然要比胃镜用的光纤高得多。它由极纯净、完全均匀的玻璃、石英等材料制成。它有两层，里面一层称为内芯，直径一般为几十微米或几微米，比一根头发丝还要细，外面一层称为包层。为了保护光纤包层外还往往覆盖着一层塑料加以保护。

同电缆通信相比，光纤通信有许多优点：传输的信息量大，传送距离远，体积小，重量轻，绝缘性能好，机械强度高，保密性强，成本低。它还有两个更突出的优点，一是不受无线电频率的干扰，二是可以在同一条通路上进行双向传输。

它的这些优点使得它在军事的应用上尤其广泛，短短 10 多年中它已渗透到陆、海、空军乃至空间装备系统中去。光纤制导的智能兵器、光纤传感器……一个一个新事物的出现使军事的面貌不断更新。

它还走入了一般的城乡家庭。日本、美国都有这样把光纤技术用于通信网络的“第一城市”。在海底，光缆也铺设得越来越多。

1992 年第 25 届奥运会在西班牙的巴塞罗那举行，绝大部分比赛的实况通过通信卫星向全世界直播。世界各地的观众对电视图像的质量称赞不已，这正是由于西班牙配备了荷兰飞利浦公司制造的新型光纤传输系统的缘故。

第六章 天之骄子——卫星通信

第一次交差

在美国的著名城市旧金山的南部，加利福尼亚州的森尼维尔，有一幢神秘的建筑，外面岗哨林立，内部机关密布。1960年8月11日，一群穿着便衣的人混杂在一些全身戎装的军官之中，走进了一个昏暗的大厅。在那里一排排控制台前坐着聚精会神的人员，那数以10计的显示器屏幕上透出的彩光，把人的面孔绘上红橙黄绿的颜色，使人联想起高庙神殿里的鬼神。可是，这里既没有凄厉的喊叫，也没有疯狂的笑声，而是那样的安静，以致耳语的人都好像怕细微的声波会使荧光屏上的图像或数字变形。这是什么地方？他们又在干什么呢？

原来，这里是美国空军的卫星试验控制中心，他们在观察一颗代号叫“发现者—13”的间谍卫星的踪影。它已在天上游荡了1天，要到令其返回地面的时刻了。下午3点11分，新建成的阿拉斯加州科迪亚克卫星地面站接到了森尼维尔中心的命令：“回收！”

这时“发现者—13”正在北极上空开始它绕地球飞行的第17圈，它收到科迪亚地面站的简短编码命令、“弹射胶卷舱”后，立即回了个人们盼望已久的、熟悉的遥测信号。

胶卷舱从卫星上弹射了，反推火箭也已点燃，下午3点26分，橘黄色的降落伞都已张开，朝着预定回收的海域下降。那是在夏威夷西北约480多公里的地方。那儿有载着直升飞机的军舰在水域游弋，有“C—119型飞行车箱”回收飞机在上空盘旋，期待着那扣人心弦的回收时刻的到来。可是这时，在3000米高空，一块厚的断裂云层挡住了视线。幸好夏威夷的地面雷达和在该地区飞行的早期预警飞机的大型机载雷达发现和跟踪着胶卷舱。当训练有素的飞行员看到那鲜艳的橘黄色降落伞的闪光时，已经来不及放下大挂钩去钩住它了。空中回收已经失败，人们寄希望于波涛翻滚的海上。4时05分，低空搜索飞机发现水中有一个闪闪发光的目标，这就是胶卷舱。接着，飞来1架直升飞机，在海军蛙人打捞队的帮助下，从海中捞起了胶卷舱，放到了美国海军的“海特胜利”号军舰上。这，就是人类从太空中回收第一个人造物体的情景，也是美国的间谍卫星第一次交差的秘闻。

用卫星来通信

卫星运用在军事上，人们已经感到了它的可怕：在天空中，总有一双双神秘的“眼睛”把所看的东​​西告诉给它的主人，以便“知己知彼，百战不殆”。如果把它运用在通信上，是不是更让人类安心，更为人类造福呢？

在“移动通信”一章中我们已经讲到了微波通信是利用卫星来做通信中继站的，这里详细地谈一下它的基本原理：设地面上有两个无线电通信站A和B。地面站A把无线电信号射向一个人造地球卫星，卫星接收到无线电信号后，进行处理和放大，再转发到地面站B去。同样，地面站B发出的无线电信号也可以通过卫星转发到地面站A去。这样就实

现了两个地面站的通信。一般地说，凡是可以“看见”卫星的地面站A、B、C、D、E等都可以同时利用卫星进行所需的通信而互不干扰。这种利用人造地球卫星的通信就叫做卫星通信。专门用来完成通信的人造地球卫星就叫做通信卫星。

早期的通信卫星比较简单，只是一个表面敷有金属层的大球或其他金属体。这种卫星只能把A站来的无线电信号反射到B站去，而不能对信号进行处理和放大，这种通信卫星叫无源通信卫星。现在使用的通信卫星能够把发来的信号接收下来，进行处理和放大，再转发到另一个地面站去。这种通信卫星叫做有源通信卫星。

早期的探索

现在，利用卫星进行通信的技术已经成熟了。然而，同其它技术一样，它也是经过不少探索才得来的。

早在1946年，人们就已经利用地球的卫星——月亮作卫星通信的试验。九年以后，美国海军建立了通过月球反射的洲际传输系统。1959年利用月球的反射进行了美英之间以及美国和加拿大之间的国际通信。但由于月球距地球太远，这些试验很难有成效地得到实际应用。但是它们却具有一定的科学探讨价值，成了卫星通信的先声。

1957年发射的第一颗人造地球卫星为利用卫星进行微波中继通信提供了新的可能性。1960年8月，美国把专用于通信的卫星“回声一号”发射到高约1600公里的圆轨道上。这颗卫星是一个直径为30米的空心金属球。利用它对微波信号的反射，实现了美国东西海岸间的电话通信和电视转播。这是世界上最早的人造卫星通信试验。

然而，这些卫星相对于地球来说都是运动的，地面站天线必须时时刻刻变换方向跟踪它们，并且，两个地面站能同时“看见”卫星的时间是有限的。要保证两地间能全天连续通信，必须发射一系列的卫星，均匀地排列在同一轨道上。当一颗卫星落入地平线以下时，两个地面站的天线就立刻转向能同时“看见”的另一颗卫星，这当然是很麻烦的事。

怎么办呢？科学家们很快想出了办法。

与地球同步

1965年4月6日，经过不断研究改进和试验之后，美国通信卫星公司控制的“国际通信卫星财团”发射了第一颗商用国际通信卫星“晨鸟”号（后来改名为国际通信卫星一号），这是一颗与地球同步的“静止卫星”。

静止卫星是怎么回事呢？

人们根据计算，如果能使卫星的运行速度达到人们称之为第一宇宙速度，即每秒7.9公里以上的速度，它就能环绕着地球作圆周运动。科学家们想出了一个颇为新颖的办法，就是把人造地球卫星发射到地球赤道上空约36000公里的轨道上，自西向东以每小时11070公里的速度运行，这样环绕地球1周的时间刚好是24小时。这时，它便与地球自转的

周期 24 小时完全相等，这个现象就叫“同步”。在这个同步轨道上运动的卫星，相对于同步运动的地球表面是静止的，所以人们把它叫做“静止卫星”，也叫“同步卫星”。其实它并不是真正的静止。

这种同步现象，在我们的日常生活中也是时常遇到的。当你坐在行驶的汽车上，而与另一并排行驶的汽车速度相同（同步运动）的时候，从车窗看另一汽车仿佛是停止不动一样。人们正是根据这个原理，设计出卫星运动的同步轨道，实现了地球上空的“静止卫星”。

三颗卫星与全球通信

站得高，看得远。由于静止卫星位于赤道上空约 36000 公里的同步轨道上，一颗卫星上的天线所发射的电波，可以覆盖大约三分之一的地球表面，其覆盖跨度长达 18000 多公里。这样，实际上把地面上微波接力通信线路中的中继站，搬到很高的空中，让卫星上装置的微波收发信号转发设备，完成像一个地面中继站所担负的中继任务。所以，凡是在同一覆盖面范围以内的卫星地面站，都可以通过卫星这个空间中继站，与其他地面站通信，与这两个地面站之间的距离远近没有任何关系。比如，北京、香港、法国的卫星地面站都在同一颗卫星的覆盖面范围之内，因此京港法及中法的通信，都能同样地经这颗卫星来接转，虽然法国要比香港距离北京远了许多。

地球赤道上的圆周长度约为 40076 公里，由此可见，只要在同步轨道上分布有三颗等距离的“静止卫星”，就足够实现全球通信，完成国际、洲际间的电波、电话、传真通信以及电视转播任务了。

三颗卫星与全球通信，这就是科技的力量。

当“跳板”的“奇兵”

不同覆盖区的两地之间是否可以通信呢？那就要借助地面站的力量了。这个地面站不是普通的地面站，而是在相邻两个覆盖区的重复覆盖区内，假设它是 C，而 A 地要和 B 地通信，A 地可以先把信息发送到本覆盖区的通信卫星上，由这颗通信卫星把信息传送给 C，C 再把信息传送到 B 地上空的卫星，再由这颗卫星把信息传送给 B 完成通信。这经历了地面站——卫星——地面站——卫星——地面站两上两下的弹跳，就跨越了两个覆盖区，而全球只分为三个覆盖区，所以任何地方，借助于当地陆地上的通信网，最多只需要经过地空两次弹跳，就能够与世界上任何地方进行通信。

地面站不仅是收发信号的“跳板”，它还是增大信号的“奇兵”呢。

通信卫星高踞于太空中。从地面站到卫星，无线电信号经过 35770 公里的“长途跋涉”，损耗非常大。根据计算，从卫星到地面站，无线电信号的强度减少到差不多只剩下原来强度的 200 亿分之一，信号变得极其微弱了。

怎样才能接收到如此微弱的无线电信号呢？可以有两个办法：一是增加发射功率，二是增大天线尺寸。所以，在卫星地面站，使用的天线大多是直径为 30 米的巨型碟形天线。

为什么大尺寸的碟形天线能增强发射和接收无线电信号的能力呢？

这是因为碟形天线具有聚光镜的作用。聚光镜能把向四面八方散射的光线聚集成束，射向远方。聚光镜越大，聚集光的作用越强，光线就越集中，照射得也越远。无线电信号像光线一样，也可以聚集成束。通过计算，一个直径为 30 米的碟形反射器，集束起的无线电信号强度相当于没有集束时的 20 万倍，这样就可以部分地补偿无线电信号在传播时的损耗，使卫星和地面站之间的通信能够正常进行。

另外，聚集成束的无线电信号，还能更准确地瞄准通信卫星，使无线电信号不致于漫无方向地发散出去，既避免了干扰别的无线电接收设备，也避免了电能的浪费。

看来，这支“奇兵”的作用可真不小。

小巫见大巫

1965 年，第一颗国际通信卫星——“晨鸟”卫星发射成功，并正式开通了联接北美和欧洲间的国际商用通信业务。使用证明：卫星通信具有速度快、容量大、质量好、可靠性高等优点，引起了世界各国的注意。能不能利用卫星进行海上通信呢？人们自然地想到了这个问题。

1966 年，联合国政府间海事协商组织的一个小组委员会在英国首都伦敦召开会议，决定对海上卫星通信的可行性进行研究。之后，美国利用应用技术卫星 1 号和 3 号进行了移动通信试验；美国卫星实验室和英国“伊利沙白女王二世号”客轮之间利用国际通信卫星也进行了通信实验……，这些都取得了满意的效果。

1976 年，美国先后发射了三颗海事卫星，分别配置在大西洋、太平洋和印度洋的上空，组成了世界上第一个商用海事卫星通信系统。

1982 年 2 月 1 日，国际海事卫星通信系统正式开始工作。这是一种类似国际通信卫星系统的又一个国际性卫星通信系统。它的卫星与国际通信卫星一样，也位于赤道上空 35600 公里的同步轨道上，它的运行速度和地球自转的速度一致。因此，从地球上看去，它是“静止不动”的。它也只需要三颗就可以基本上实现全球海上卫星通信了。

国际海事卫星通信系统与国际通信卫星系统的区别仅在于：国际通信卫星系统提供的是固定点与固定点之间的通信，而国际海事卫星系统提供的是移动的船与固定点间的通信。

与海上短波无线电通信相比，国际海事卫星通信具有许多优点。我们知道，海上短波通信易受海上气候和电离层变化的影响，通信质量差，可靠性不高，船只与陆地间失去无线电联系是十分常见的。例如，1980 年 10 月 24 号，美国 P a c t 号船从费城港向埃及塞得港进发，无人收到 P a c t 的呼救，该船竟神秘地在海上消失了。该船船主在失去了无线电联系 10 天后才意识到问题的严重，把情况报告美国海岸警卫队。而海上卫星通信由于使用的是能够穿透电离层的微波频段，电波主要在大气层外的宇宙空间内传播，那里差不多处于真空状态，电波传播稳定，几乎不受气候变化的影响，所以通信质量好，可靠性高。

此外，利用短波的电报通信密度低，每分钟只能传递几十个字，而

国际海事卫星与电子计算机相结合，具有快速和自动化等优点，能进行各种方式的船——岸通信，包括电话、电报、传真、电视以及低速和高速数据传输。

资源尽收眼底

一颗蝴蝶形的人造地球卫星，巡航在 910 公里的高空，不断地为我们提供全球的资源情报。它巡视着：亚洲种了多少亩小麦？美国的玉米今年收成如何？撒哈拉大沙漠是否还有未发现的水源？青海省的地下是否蕴藏着铜矿？……这就是资源卫星，它是人造地球卫星和遥感技术相结合的产物。它为人类更好地利用地球的财富，揭开了新的篇章。

卫星怎么能从几百里的高空看到地面的物体呢？夜间怎么看呢？

原来，在自然世界中，任何物体只要温度高于绝对零度，就会产生微波辐射和红外辐射，不同的物体，诸如各种矿藏，各种建筑物和设施、河流和湖泊、空旷的土地和森林、病态和健壮的作物等，它们辐射的能量和波长都是不相同的。例如在红外光谱的照片中，健康作物呈鲜红颜色，有病植物呈暗红颜色，枯萎的植物呈紫红色。因此，采用灵敏度很高的微波辐射计和红外辐射计，就能接收到这些辐射信号，再经过电的转换，就可以得到我们所需要的图像了。这两种仪器都能昼夜工作，尤其是微波辐射计，能全天候工作，甚至在雷暴雨的恶劣气候下，也不受影响。它们还具有一定的识别伪装的能力和较高的分辨力。

地球资源技术卫星的关键设备是多光谱扫描器和不同波段的反束光导管摄像机。它是根据地球上的各种物体都有各自的光谱特性这一原理制成的。例如，红色的物体强烈地反射红光，水却能较好地透射绿光；军用伪装漆的反射，在可见光范围内与绿色植物相似，但在红外区却明显地不同。这样，只要针对所要观察的目标，适当地选择光谱段，就可以将目标分辨出来。如果采用几台带有不同的滤光片的同样的照相机，同时拍摄同一地区，再拿得到的各种影像进行比较，就可以分辨出不同物体的微小差别。

利用卫星技术，可以识别出小麦、玉米、高粱、甜菜和棉花等不同作物以及森林中不同的面积；探测土壤肥分水分变化；观察作物和森林的长势，作出产量、蓄量估算和发现病虫害；及时发现森林火灾；观测温度、冰山、污染、风暴等海洋要素，帮助捕鱼人捕鱼；帮助测绘制图等。找矿更是它的拿手好戏，例如美国利用卫星在阿拉斯加发现了油田；在巴基斯坦和赞比亚发现了新的铜矿；在玻利维亚发现了世界上最大贮量的铀矿。另外，资源卫星还可以用来研究地球的演化、地震、火山、气象和污染控制等，能在多方面为人类造福。真是“小小一颗星，航行在太空。资源在眼底，造福利无穷。”

第七章 水世界的通信

三次失败

在莫尔斯发明电报以后，不到 20 年，电报这种新型通信方式就已经在世界上流行起来。当时无线电还没有发明，莫尔斯电报只能进行有线传送，只能在陆地上使用，称做陆地电报。随着资本主义的发展，英国和欧洲大陆以及欧美两地之间传统的利用邮船通信的方式，已经远远不能满足需要，于是制造和铺设海底电缆成了最迫切的任务。1850 年，在英法之间的多佛尔海峡铺设了最早的海底电缆，工程就艰巨多了，因为有很多理论上和技术上的问题需要解决。

1854 年，一个叫克拉克的科技人员发现信号通过海底电缆时，收报比发报要滞后一定时间，他不能解释这种现象。

31 岁的英国物理学家汤姆生知道这件事情以后，怀着极大的兴趣进行了研究。经过整整 1 年的系统研究，汤姆生提出了关于海底电缆信号传递衰减的理论，解决了铺设长距离海底电缆的重大理论问题。这使他在还没有肩负铺设大西洋海底电缆重任以前，就已经成了这个工程的奠基人。

1856 年，大西洋海底电缆公司正式组成，汤姆生被聘为董事。1857 年，电缆终于造好了。英美政府拨出两艘海船，专门供给施工使用。电缆两头的登陆点，是加拿大的纽芬兰岛和英属爱尔兰岛。

不巧的是，电缆沉放到 330 海里时，意外地发生断裂，第一次沉放失败了。

汤姆生对事故进行了分析。电缆断裂的问题容易解决，关键是怎样接收弱电信号。不久，他发明了镜式电流计电报机，灵敏度很高，给长距离电缆通信提供了实用的终端设备。

万事俱备，只欠东风，汤姆生期待着第二次出征。

1858 年春夏之交，大西洋海底电缆沉放工程再次开始。经过了几个月的奋斗，8 月 5 日上午，电缆着陆。下午 3 点 55 分，汤姆生拍发出从欧洲到美洲的第一份电报。五分钟以后，美洲一端清晰地收到了信号。茫茫的大西洋终于被征服了！消息传开以后，大西洋两岸的人们都感到欢欣鼓舞。

科学的道路总是不平坦的。第一条大西洋海底电缆使用 1 个月以后，发生了严重的故障，信号变得模糊不清，又过了两个星期，电缆完全损坏，刚建立的横跨大西洋的通信中断了。经过一番努力，汤姆生发现是电缆的制造不合要求，绝缘层抗腐蚀性能太差，电缆在海水里浸泡一段时间以后就开始漏电，有的地方甚至完全断裂了。

1865 年初，经过改进以后的第二条海底电缆制造了出来。当年 6 月，开始了铺设工作。不幸的是，在大西洋中部，电缆又意外折断，坠进了 4000 米的深渊。

新的里程碑

人们并没有被大西洋吓倒，又开始制造第三条海底电缆。1866年春，这条电缆终于制成了。

1866年4月，开始了第四次沉放。有志者事竟成，这次沉放完全成功。6月中旬，海底电缆的终端在爱尔兰登陆，很快就同美洲进行了通报，效果很好。永久性的大西洋海底电缆终于完成了。全部工程整整进行了10年！

公司受到这次成功的鼓舞，几个月以后就派船顺着第三次沉放电缆的路线，去寻找丢失的电缆。经过一个多月的紧张搜索，他们在大西洋中部把断裂的电缆打捞上来，然后再接上一段新电缆，一直延长到北美的纽芬兰岛。公司因祸得福，有了两条完善的横贯大西洋的海底电缆。大西洋海底电缆铺设成功，建立了全球性的远距离通信。它和电报的发明一样，是人类通信史上一座新的里程碑。

铺遍五大洲

汤姆生所领导铺设的海底电缆只能用于电报通信。1876年贝尔发明了电话之后，人们自然而然地就想到了这样一个问题：能不能通过海底电缆来传送电话呢？

最初人们使用单芯的马来树胶绝缘的电报电缆，后来虽然改成了双芯电缆，可是，由于信息在传输中的损耗仍然太大，不能满足传送电话的质量要求。到了1901年，曾有人发明了一种用空气纸绝缘来代替马来树胶绝缘的方法，信息传输的损耗虽然降低了一些，但传送电话的距离也只能达到几十公里。

随着电信科学技术的日新月异，人们不断把先进的技术，诸如多路高频电话通信技术，同轴电缆电信技术和在海岸上增设增音设备的方法，应用于海底电缆通信。但是，在30年代，海底电缆作为传送电话的通信距离，基本上没有能超过200公里的范围。

人们为之苦恼的是：辽阔的海洋不能像陆地一样，可以任意在中途增设增音站，用放大传送信息电流的办法，来补偿信息在传输过程中的衰减，以此达到延长电话通信距离的目的。

1943年，海底增音机的出现，是海底电缆发展中的一个新的突破。这一年，在爱尔兰和安格耳西岛、马恩岛之间，建成了一条装有第一个海底增音机的海底电缆试验段。聪明的工程师们把增音机密封后串接在海底电缆之中，然后跟电缆一起埋放到海底。这一条同轴海缆全长82公里，同时可以开通48对电话。这条试验性的海缆的长度虽然不算长，但它启示人们可以用增设海底增音机的办法，来延长海缆传送电话的通信距离。从此，海底电缆就进入了一个迅速发展的新阶段。到现在，海底电缆已经遍布五大洲，成为国际通信的主力军了。

独到之处

人们都知道，通信工作有一个十分重要的保密问题。比如说，你与你的亲人打个电话，有些事有些话你不大愿意让别人听到，写信时也是

如此。如果某些事涉及国家的政治、外交、军事机密，保守秘密就更加重要；商业上的贸易往来、价格行情等情报，在商业竞争中也往往要求保守秘密。而用无线电进行通信是不能保密的，即使你使用密码来打电报，别人仍然可以用先进的电子计算机很快地把密码识破，翻译出来。这是因为无线电的电磁波是向四面八方辐射传播的，它不但会沿着空间直线传播，它还将根据电波波长的长短特性，或者沿着地面传播，或者射向太空，经太空中的电离层折射到遥远的地方去，用它来传递信息，要做到保密是十分困难的。卫星通信也是属于无线电通信范围，因此它也带有这个无法克服的先天性缺点。

海底电缆通信则不然，它具有良好的保密性能。它是属于有线通信范围，基本上只有通信的两头终端才能知道通信的内容。

另外，无线电通信容易受到来自宇宙的辐射干扰，大自然的雨雾气候、雷电以及其它电气的干扰，使通信的质量稳定性受到影响。二战以后，由于电子技术的高速发展，一场干扰与反干扰的电子战争，一直在世界范围内激烈而持续地进行着。因此，无线电通信要在任何时候都保证通信质量稳定可靠而不受干扰是不容易办到的。

海底电缆深藏在海底，由于深海区域的水温基本上是恒定不变的，又不易受到外界人为的机械损伤，所以，在较长时期的工作过程中，它能够保持高度稳定的电气传输性能，通信质量比极好而且稳定。一般说来它能可靠地工作 20 年以上，不大容易出毛病。

海底电缆除了通信质量好，保密性强以及工作寿命长的优点之外，它还有一个好处就是维护工作量比较小，维护费用因而也较低。这些优点使得它在优胜劣汰的竞争中，获得迅速的发展。

潜水员的电话

严格地说，海底电缆通信还不是真正的水下通信，因为在海底铺上电缆的真正目的是为了沟通两块陆地。下面让我们来看看名符其实的水下通信吧。

早期的潜水员只能用一条绳索与水面联络，用拉绳来传递简单信息。如拉一下表示“平安无事”，拉两下表示“立即上浮”，拉三下表示“危急”等，这种方法非常原始。

随着科学技术的发展，电缆通信代替了绳索通信。潜水员头戴球形头盔，身穿潜水服在水下工作，已经可以用电话与母船通信了。但是，电缆的长度有限，这就限制了潜水员的活动范围。随着潜水事业的发展，出现了水下蛙人。他们可以背着氧气瓶，带上简易的呼吸面具在水下自由行动，这样一来，电缆就成了很大的包袱。

为了解下这个包袱，科学家们又发明了现代的水声电话，既保证了蛙人随时和母船通信及水下蛙人之间的通信，又可减轻潜水员的负载。水声电话有两种方式，一种是广播式，一种是对讲式。广播式的优点是使用简便，在水下可以用耳朵直接收听；缺点是通信距离短，一般只有 50 米远。对讲式电话设备复杂些，但通信距离较远，通常可以达到 500 米远。

这种电话的主要设备包括：话筒、听筒、收发电子设备和小型换能器等。水上部分安装在母船上，水下部分由潜水员携带。听筒与话筒都安在潜水面具上，这样讲话和听话都很方便。但是潜水面具体积小，容易产生声音反射，使通信失真。加上呼吸产生的气泡和杂音对通话的干扰，通信质量受到的影响很大，对于这种情况，许多工程师正在着手改进并有所突破，将来的水声通信必将趋于完善。

水下还有声道

大洋深处真是无奇不有，居然还有特别适宜声波旅行的道路，这是一种特殊的水层。在这一层里，声传播的速度比在上层和下层的水中都慢，声音碰到两个水层界面时，就会折回，因此这里的声强度特别大，可以顺着声道传到很远的地方。美国科学家曾在这个水层中做过实验，用 600 磅炸药发生的爆炸声作声源，拿到澳大利亚以南的大洋中爆炸，结果在相距 1 万几千多公里的百慕大群岛收到了爆炸声。根据这个特性，人们把这一层叫做声道，并且利用它来为人类服务。

茫茫大海，飞机和船只一旦遇难，是很难寻找的。人们利用声道，发明了救生通信系统，为飞机失事报信。当飞机在海上遇难时，飞行员可向深海投放一枚小型炸弹，爆炸声波就会沿着这条声道，把遇难的信息，传送到千里之外的岸边，被海军的海底声纳接收。人们根据声波到达不同距离的接收器的时差，用三角测量法，测出失事地点，然后派飞机救援。

可别小看了这条声道，它还真发挥了不少作用呢。1969 年前后，美国的一艘核潜艇“蝎”号和日本的“第五海洋丸”号船相继沉没于大西洋，沉船时的巨大爆炸声传到了美国岸边声纳站，美国海军根据声纳录下的爆炸声信号，测出了它们沉没的位置。此外，它还可以用来测定导弹的弹着点和飞船的溅落位置，以便监视回收，真是小小一条道，用处真不少。

来自鱼类的启示

人们固然可用声波来进行水下通信，但水下噪声的干扰，又往往使得水声通信的质量大大降低，那么，有没有其它办法来进行水下通信呢？

有！这就是水下电流通信。

人们知道，电磁波在水中衰减很快，传播距离很有限，那么，水下电流通信，可行吗？

回答是肯定的。水下电流通信，是近年来刚刚出现的一种新技术。它的通信方式很特别，既不像有线电话那样用导线相连，也不太像一般无线电通信那样的传递方式，而是和某些鱼类差不多，是利用海洋电场进行通信的。

鱼类利用电流通信，已有千百万年的历史了。比如非洲的象吻鱼，就是一位杰出的水下电信家。有的象吻鱼是群居的，它们所发出的电信号，是鱼群聚居时相互之间的信号。有的则是独居的，有着自己的“领

地”或“势力范围”。这样的鱼用来宣告和捍卫自己“领地”的，正是电脉冲。如果另有一条鱼侵入了它的地盘，它就会向对方发出一阵强似一阵的警告电信号。一般情况下，入侵者收到这种信号后便撤走了，“领主”的放电也随之结束。如果一旦入侵者拒绝让步，那就会发生一场“水下电子战”，双方都发出电脉冲，进行决斗。

其实，几乎所有电鱼都有这种水下电流通信的本领。不同种类的电鱼，或同种不同性别的鱼，所发生的电脉冲的频率、形状以及放电强度等都各不相同。接收信号的电鱼据此就能区别出对方的鱼种、性别甚至年龄。

还有许多鱼是利用电场的变化来发现自己的食物的。例如八目鳗，它有着灵敏的嗅觉，能从百万个水分子中嗅出捕食对象的一个芳香分子。但嗅觉只能告诉它有食物的存在，至于食物在哪里，距离多远，嗅觉就无能为力了。完成这个任务的，是电场！八目鳗可以在头部前方造成电压为 200 至 300 毫伏的电场，任何生物只要一进入这个电场，就会引起电场变化，从而被八目鳗检测出来。

有趣的是，某些鱼类虽然不能放电，但却可以利用其它海洋生物周围的微弱电场来捕食。鲨、鲛、鳐鱼等，都是如此。

一般说来，不发电的鱼都具有低频电磁波接收器官，这种接收器能把外界强度的变化转变为频率数的增减，从而鉴别出微弱的电信号。

科学家认为，鱼类的发电器官和接收器官具有一种“电子语音”的通信能力，起着某种信息传递的作用。有些鱼类具有特殊的电信号，有着独特的电密码，所以同种间能互相识别。它们在进行攻击与追食时，能立即发出电信号，通知同伙前来围猎或聚餐。有的鱼雌体、雄体所发出的电信号频率不同，它们可借此来识别异体。这在生殖季节特别重要，电信号此时就充当了“水下红娘”。

水下电流通信，就是模仿鱼类利用水下电场进行探测的方法而出现的一种新技术。它的原理并不复杂：如果把一对电极放入水中，其正、负极之间存在着电压，从而产生电流。电流周围形成电场。如果在它附近再放入一对电极，由于电磁感应，就在一对电极之间产生感应电压和电流，其相对强弱和发射端完全一样。这样，电信号就被传递过来了。

根据这一原理制成的水下电流通信机，通信性能很好。潜水员在距 100 米远处互相通话，其清晰度和陆地上的电话机相同。

电鱼利用电场进行探测和捕食，这对搜潜、攻潜也很有启发。在现代海战中，声纳是一种很有效的探潜设备，但它易受水下噪声和敌方水声对抗器材的干扰。所以，还得非声学探测手段来配合声学探测，进行综合探测。在这方面，电鱼的电场探测法很值得人们借鉴。

