

电信技术普及丛书



卫星通信

王德文 编著 · 人民邮电出版社

72.45-3

119

电 信 技 术 普 及 丛 书

卫 星 通 信

王 德 文



人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书是“电信技术普及丛书”之一。“丛书”主要读者对象是从事电信工作的工农兵和管理干部,适合于具有初中文化水平,有一些电信、无线电基础的读者阅读。目的是普及电信技术知识,特别是电信新技术知识,为我国电信事业的建设服务。

《卫星通信》这本书以通俗的形式介绍卫星通信的基本知识。说明卫星通信的工作原理和特点,简述通信卫星和地面站的构成及其各部分的作用,例举几种典型的多址联接方式,最后介绍了卫星通信的发展趋向。

卫 星 通 信

王 德 文 编 著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津市第一印刷厂印刷

新 华 书 店 发 行

*

开本: 787×1092 1/32 1975年7月第一版

印张: 6 28/32 页数108 1975年7月天津第一次印刷

字数: 153千字 印数: 1——30,000册

统一书号: 15045·总2040—无611

定价: 0.48 元

毛主席语录

抓革命，促生产，促工作，促战备。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

出版者的话

无产阶级文化大革命以来，特别是批林批孔运动以来，在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国电信事业得到迅速发展。新技术的研究、应用和推广，为电信事业的发展开辟了广阔的前景。广大电信工人和干部迫切要求了解一些有关电信新技术的基本知识，要求阅读一些通俗易懂的电信新技术入门书籍。

为此，我们将组织力量编写“电信技术普及丛书”，陆续出版，为广大工农兵服务，为我国电信事业的建设服务。

“电信技术普及丛书”的主要读者对象是从事电信工作的工农兵和管理干部，适合于具有初中文化水平，并有一些电信、无线电基础知识的读者阅读。

我们将努力做到使“电信技术普及丛书”方向正确，概念清楚，理论联系实际，叙述通俗易懂。热烈欢迎广大读者对本书的内容和写法提出批评和建议。

人民邮电出版社

前 言

一九七〇年四月二十四日，我国成功地发射了第一颗人造地球卫星。伟大领袖毛主席提出的“我们也要搞人造卫星”的伟大号召实现了！我国卫星用20.009兆赫频率播送的《东方红》乐曲，响彻了宇宙。

人造卫星有许多用途。有的可以用来导航，有的可以用于科学研究，有的可以用来通信，等等。本书向读者介绍的卫星通信，就是一种利用人造地球卫星的远距离通信方式。

利用人造卫星进行无线电通信，是人们很早就响往的，但是真正成为现实，却仅仅是最近十几年内的事。与其他现代技术成就一样，卫星通信的出现，也是劳动人民长期以来认识自然、改造自然的成果。

卫星通信是在空间技术和微波通信技术的基础上发展起来的。它不仅能够传输多路电报和电话，而且能够传输高质量电视、高速数据和传真；不仅适于民用通信，而且也适于军用通信；不仅能用于国际通信，而且也能用于国内通信和其他通信方式难于胜任的全球通信。与短波、海底电缆等远距离越洋通信方式相比，卫星通信具有传输容量大、性能稳定，以及能够实现多址联接等优点。因此，卫星通信虽然出现不久，却获得了迅速的发展和广泛的应用。

发展卫星通信，对加速我国社会主义建设，加速国防现代化和科学技术现代化，以及保卫社会主义祖国，都有重要的意义。我国人造地球卫星发射成功，不仅打破了超级大国对空间技术的垄断，而且为我国发展卫星通信打下了可靠的物质基

础。我们坚信，在毛主席革命路线的指引下，在广大工农兵群众和科学技术人员的努力下，我国的卫星通信事业一定能够迅速发展。

无产阶级文化大革命以来，尤其是批林批孔运动以来，我国电信战线出现了一派朝气蓬勃、欣欣向荣的大好形势。广大电信工人、革命干部和工程技术人员，为了迅速改变我国通信面貌，赶超世界先进水平，迫切要求学习和掌握卫星通信技术。今天，熟悉卫星通信的人正越来越多，要求了解卫星通信的人也与日俱增。这本小册子就是力图以通俗的形式介绍卫星通信的基本知识，以满足广大工农兵的需要。它的主要内容是：说明卫星通信的工作原理和特点，简述通信卫星和地面站的构成及各部分的作用，列举几种典型的多址联接方式，最后介绍卫星通信的发展趋向。

本书的编写是在我单位党委的直接领导和关怀下进行的，党支部为本书组织了审稿小组进行了多次群众性的审查。邮电部503厂党委组织了以工人为主体的“三结合”审读小组，对本书初稿进行了审阅，为本书更好地为工农兵服务指明了方向。此外，秦馨菱同志对本书初稿提了许多宝贵意见，许多同志对本书的编写给了大力的支持和帮助，谨在此表示诚挚的谢意。

卫星通信技术尚在发展时期，许多技术问题还不成熟，所涉及的面也相当广泛。因此，在这本小册子内不可能把所有内容包括进来。更由于个人水平有限，加上时间仓促，书中错误和缺点肯定很多，敬请广大读者批评指正。

作者

一九七五年一月

目 录

一、卫星通信浅说	1
1. 三万六千公里高的中继站.....	1
2. 越洋通信的能手.....	4
3. 特殊的微波中继通信.....	12
4. 卫星通信的过去与现在.....	19
二、卫星通信线路	25
1. 怎样用卫星通信线路打电话.....	25
2. 选择什么频率好.....	29
3. 能量到哪里去了.....	32
4. 空间转发器的能力有多大.....	34
5. 卫星通信的敌人——热噪声.....	38
6. 怎样战胜噪声.....	42
三、通信卫星	47
1. 通信卫星是怎样发射的.....	47
(1) 发射卫星所需要的初始速度.....	47
(2) 通信卫星的千里马——运载火箭.....	50
2. 解剖一个通信卫星.....	57
(1) 通信卫星的平衡器官——位置控制和姿态 控制系统.....	60

(2) 通信卫星的耳目——天线系统·····	68
(3) 通信卫星的主体——空间转发器系统·····	73
(4) 通信卫星的神经——遥测-指令系统·····	77
(5) 通信卫星的心脏——电源系统·····	79
3. 空间转发器的电路设备·····	81
(1) 转发器输入设备·····	82
(2) 转发器的中频放大设备·····	84
(3) 本振设备·····	86
(4) 转发器发射机设备·····	90
四、地面站·····	99
1. 庞大的地面站·····	99
2. 奇特的天线系统·····	102
3. 大功率发射系统·····	112
4. 灵敏的接收系统·····	117
5. 多功能的终端系统·····	127
6. 电子值班员——通信控制系统·····	132
7. 可靠的电源系统·····	134
8. 怎样保证地面站的可靠性·····	138
五、卫星通信线路的多址联接方式·····	141
1. 什么叫多址联接方式·····	141
2. 频分多址方式·····	144
3. 按申请分配-频分多址方式·····	147
4. 减少交调干扰的方法·····	154
5. 时分多址方式·····	158
6. 空分多址方式·····	167
7. 特殊的多址方式·····	170

六、卫星通信的发展趋势	175
1. 多功能的通信卫星即将问世	175
2. 地面站会总这样庞大吗	179
3. 向更高的频段进军	183
4. 新技术、新工艺和新器件的应用	187
5. 未来的卫星通信的新形式	195
结束语	206

一、卫星通信浅说

卫星通信是利用人造卫星作为中继站来转发无线电波，在两个或多个地面站之间所进行的通信。具有通信距离远，传输容量大，可靠性高，灵活性强以及多址联接等优点。是发展国际、国内乃至全球通信的重要方式之一。

1. 三万六千公里高的中继站

提起卫星通信，人们自然就会想到人造地球卫星。今天，在我们地球周围的宇宙空间里，有许许多多的人造卫星在运转。其实，这些卫星用于通信的并不多，其中大部分都另有自己的“使命”。例如，有用来进行气象观测的气象卫星；有对飞机或船舶进行导航的导航卫星；有能够勘测地球上的森林、矿藏等地球资源的地球资源卫星；等等。专门用来进行通信的卫星叫做通信卫星。在通信卫星上一般都装有无线电收发信机和一些其他的电子设备，因此人们又称这种通信卫星为有源通信卫星。

卫星通信单有通信卫星还不够，还必须要有地面站。它是用来向卫星发射无线电波和接收卫星转发来的无线电波的。因此，在地面站中至少要有一套无线电发射机和接收机。通信卫星和两个以上的地面站就构成了人们常说的卫星通信系统。

一个现代的卫星通信系统，从工作原理来看，与一般无线电通信，尤其与微波中继通信有许多相似的地方，因此是不难理解的。

我们知道，无线电通信是借助于无线电波的传播来传递各种电信号（例如电报、电话信号）的。无线电波有许多特殊的物理性质，其中最重要的是它能像光线那样，在均匀媒质中按直线传播，和它在传播过程中遇到障碍物（当障碍物的尺寸比波长长许多时）会产生反射现象，并且波长越短，这些特性就越加显著。同时，无线电波的传播速度极快，在真空中与光速相同，每秒钟30万公里。卫星通信就是利用无线电波的这些性质来工作的。

让我们以图1.1为例来说明卫星通信的工作原理。

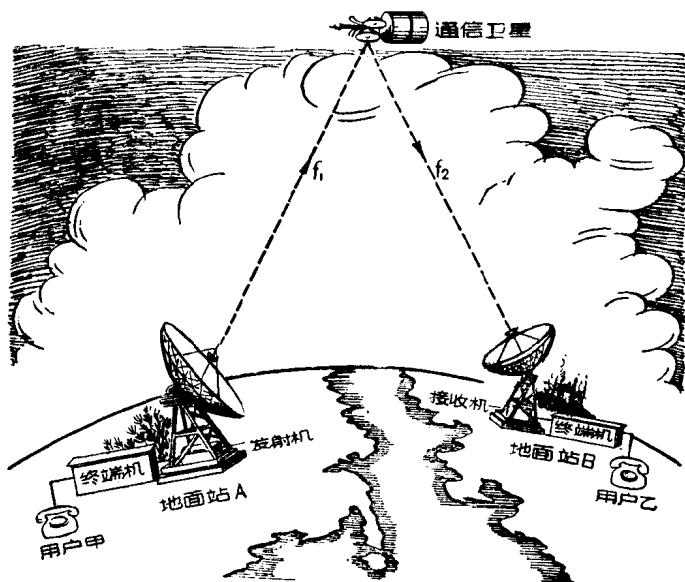


图1.1 最简单的卫星通信系统示意图

这是一个最简单的卫星通信系统。假如地面站A要把某个用户的电话信号通过卫星传输到地面站B去。为此，地面站A可以用电话信号对一个频率很高（例如微波频率）的载波 f_1 进行调制，然后把这个载波朝着卫星的方向发射出去。由于载波频率很高，加上地面站瞄准了卫星，所以发射的载波能够差不多按直线从地面站A经过宇宙空间传播到通信卫星。但是载波在传播过程中受到了大量的衰减，结果到达卫星时强度已经变得很弱。为了保证地面站B所需的接收信号电平，就用卫星把这个载波先接收下来，再经过频率变换变成载波 f_2 ，然后通过卫星发射机的功率放大器将 f_2 放大到一定电平，最后由卫星天线转发到地面站B。地面站B将接收到的载波 f_2 解调，就可以取出用户发来的电话信号。由此看来，通信卫星就好像一个设在天上的中继站，把地面站A发来的电波接过来，再转发给地面站B。

在目前的国际卫星通信中，绝大多数采用的是静止卫星。所以叫做静止卫星，并不是说它真是静止不动的，而是因为这种卫星正好在赤道上空，距地面约有36000公里高，这时它绕地球一周的时间刚好等于地球自转一周的时间（24小时），因此始终保持着和地球成相对静止的运动状态。这样一来，当我们在地球上去看它时，就真像是静止不动的一样。

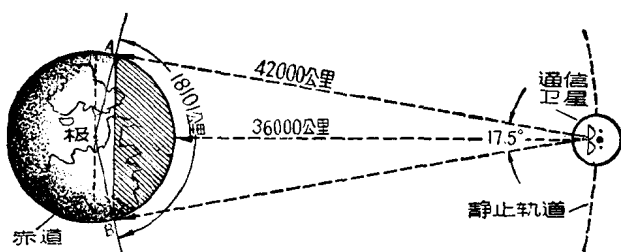


图1.2 静止卫星与地球相对位置的示意图

图1.2是静止卫星与地球相对位置的示意图。从图中看出，假如我们能够站在静止卫星上来看地球，那么所看到的地球表面竟比整个地球表面积的三分之一还要大，其最大跨度（从A点到B点的弧长）达18000多公里。这说明只要在地球赤道上空等间隔地放上三颗静止卫星，就足以实现全球范围的通信了，如图1.3所示那样。

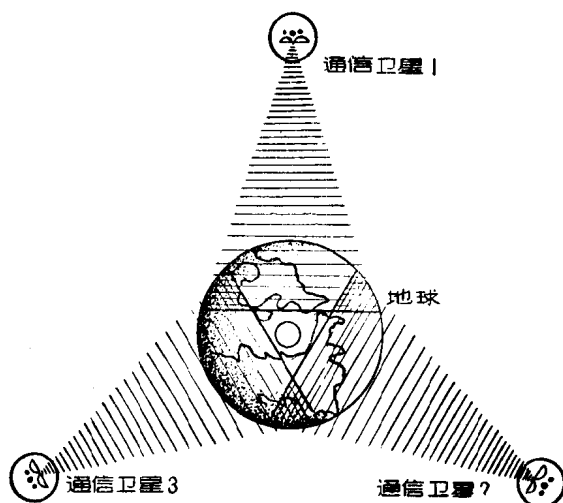


图1.3 由三颗静止卫星就可以组成全球通信系统

2. 越洋通信的能手

前一节我们介绍了卫星通信是怎么一回事。现在可能有人会问，为什么要发展卫星通信呢？要回答这个问题，需要先回顾一下越洋通信的发展历史。

在我们的地球上，分布着好几个大面积的海洋。早期的无

线电通信首先遇到的障碍就是这种海洋的限制。因为要建立跨越这些大洋的通信线路，必须使通信距离达到一万公里以上。因此，人们在探索超远距离无线电通信方式的过程中，差不多总是和建立有效的越洋通信线路联系在一起的。

在无线电通信中，首先突破辽阔海域限制的是长波通信。早在1901年，就开始了横跨大西洋的长波电报通信。因为长波的波长很长（10000米~1000米），差不多可以与地球上最大物体的尺寸相比，所以一般的高山、大洋都阻挡不住它。它能顺利地绕过这些障碍物，传播到很远的距离之外去，并且传播性能也很稳定。这就是长波通信能够最早用于越洋通信的原因。

但是有辐射就有吸收，有传播就有衰减，这是无线电波传播过程中既对立又统一的两个方面。由于长波主要是靠地波沿地球表面传播，而地球不是一个理想导体，所以当地波传播时，就在地球表面产生感应电流，而将一部分能量消耗在地球表面的电阻中了。这就是大地对电波的吸收作用。这样，电波强度就随传播距离的增加而迅速衰减。要使通信距离足够远，必须用很大的发射功率来弥补这种损失。为了要用长波进行远距离通信，往往要建造功率达数百、甚至数千瓩的无线电发射机和巨大的发射天线，并且要把这些天线悬挂在高达数百米的天线塔上。例如，要建立一条横跨大西洋的长波通信线路，竟要千方百计地把发射天线悬挂在固定于两座山顶的大铁索上，并要使天线的最高点距地面四百多米高才行（如图1.4所示）。

另外，长波还太“拥挤”了。我们知道，每一个无线电台并不是只占用一个波长或频率，而是占用一个频带。为了不失真地传送信号，通常要求信号的最高频率不得大于载波频率的十分之一。对于电话信号，最高频率为3.4千赫，所以一个载波频率为40千赫的长波电台，仅仅能不失真地传送一路电话。

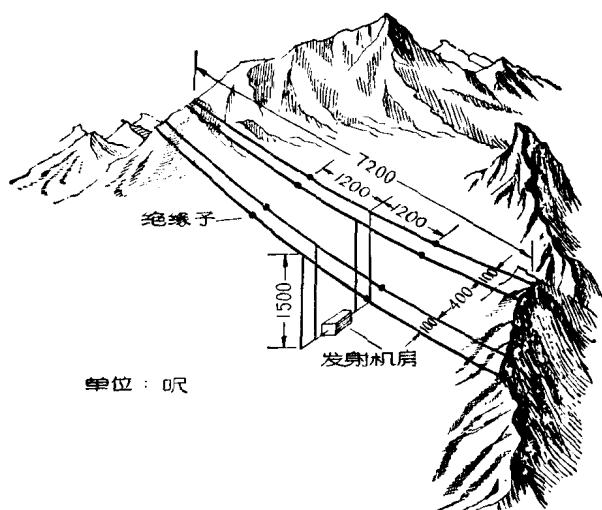


图1.4 长波越洋通信所用的庞大的发射天线

如果要传送音乐节目(音乐节目的最高频率常在15千赫以上),就会产生严重失真,当然更不用说传输电视了。因此,长波越洋通信当时只用于电报通信和气象预报。现在已基本被淘汰了。

短波通信是直到现在还使用的越洋通信方式之一。早些时候,短波曾一度被认为是无法用于远距离通信的一个频段(波长在100~10米之内),而把它丢给业余无线电爱好者使用。但是当业余爱好者们用自制的最简单的小功率发射机在短波上越过了数千甚至数万公里的时候,人们无不感到惊奇。这究竟是什么呢?原来这是电离层所起的作用。电离层是地球上空电离了的空气层,它能够反射短波的天波。被电离层反射下来的天波又可以被地面反射上去。这样,短波的传播方式就很像在地面和电离层之间“跳跃”。经过这样多次跳跃,可以传播

得很远。由于这时电波和电离层以及地面接触的时间都很短，因此电波能量被吸收的机会就少。作为越洋通信方式来说，不再需要建立长波通信那种特大功率的发射机和那样大的发射天线；此外还可以看出，短波段比长波段可以容纳较多的话路。

但是短波通信比较严重的缺点是从远处电台接收到的信号强度经常强烈地变化，如果不采取措施，那么短波电台的可听度将从极响到几乎完全无声地不断变化。这种情况当我们用收音机收听短波电台节目时都有所体会。这种现象就是短波传播的衰落现象，是由于从不同路径反射的电波相互加强或削弱而造成的，通常称为多径效应。另外电离层位置的任何变化或骚动，都会使短波通信受到影响。像昼夜的更替、季节的变迁以及气象现象（如雷电、降雨）的产生等都会使电离层发生变化。当发生磁暴、极光或核爆炸时，短波通信甚至会中断。

短波通信的另一个缺点是有寂静区。寂静区是短波的地波传播不到而天波也反射不到的地方（见图1.5）。当我们要联系的用户恰恰处于寂静区时，通信就无法进行了。

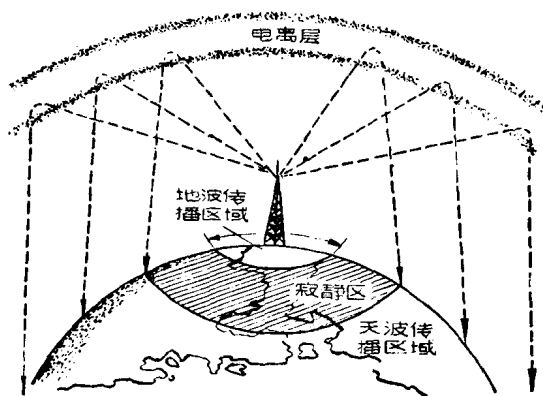


图1.5 短波通信寂静区的产生