



自然科学知识丛书



人造地球卫星通信

自然科学知识丛书

人造地球卫星通信

陶望平

陕西人民出版社

出版说明

随着社会主义革命和社会主义建设的深入发展，广大工农兵、青少年为革命认真读书，学好社会主义文化，迫切需要自然科学知识方面的普及读物。为此，我们编辑一套《自然科学知识丛书》，陆续出版。

这套丛书，力求用辩证唯物主义和历史唯物主义观点，结合阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动的实践，通俗地介绍物理、化学、数学、生物、天文、地理等方面的科学知识。由于我们水平有限，经验不足，难免有些缺点、错误，希望广大读者批评指正。

自然科学知识丛书

人造地球卫星通信

陶望平

陕西人民出版社出版

陕西省新华书店发行 国营五二三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.5 字数 37,000

1975年4月第1版 1978年11月第2版第1次印刷

印数：1—15,000

统一书号：13094·7 定价：0.20元

前 言

人造地球卫星从五十年代开始发射到现在，已有二十多年的历史。目前，人造地球卫星种类繁多，有通信卫星，地球资源卫星，气象卫星，导航卫星，照相和电子侦察卫星，拦击卫星，等等。

自一九五七年以来，苏、美两个超级大国为了争夺世界霸权，实行扩张侵略，发射了为数众多的人造卫星和数十个通信卫星，其中有相当多的卫星用于电子侦察和照相侦察，在别国上空搞情报间谍活动。

我国是社会主义国家，我们发展空间技术与帝国主义、社会帝国主义有着完全不同的目的。我们发展空间技术是为了打破两个超级大国对空间技术的垄断，更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。可以坚信，在英明领袖华主席为首的党中央领导下，沿着毛主席革命路线奋勇前进的我国人民，必将在认识自然和改造自然的斗争中有更大的飞跃，获得更大的自由，随着社会主义建设和科学技术的进步，通信卫星将有更广阔的发展和应用的远景。

目 录

前 言

- 一 人造地球卫星和通信卫星 (1)
- 二 从长波单路通信到微波多路通信 (5)
 - 二十世纪——人类通信的无线电时代 (5)
 - 无线电波的频率、波长和波段的划分 (8)
 - 不同无线电波段传输特性对通信的影响 (11)
 - 什么是无线电波的调制 (15)
 - 怎样实现微波中继通信的多路化 (18)
- 三 为什么用通信卫星作为微波多路通信的中继站
..... (22)
 - 通信卫星——天空的微波之塔 (22)
 - 无源通信卫星和有源通信卫星 (26)
 - 静止通信卫星和运动通信卫星 (29)
- 四 怎样把卫星送入轨道 (32)
 - 强力三级火箭把卫星送上天 (32)
 - 卫星的椭圆轨道和太阳系的大家庭 (36)
 - 天体运行和人造卫星运动的规律 (38)
 - 怎样把卫星从椭圆轨道送入静止卫星的圆形轨道
..... (42)
 - 怎样计算静止通信卫星离地面的距离 (47)

刻卜勒三大定律及其向中世纪神学挑战的伟大意义	(48)
静止通信卫星发射过程和地面控制中心站及跟踪站	(50)
五 卫星通信的组成	(54)
卫星通信系统包括哪些设备	(54)
国际卫星通信的两大体系	(56)
国际通信卫星概况	(56)
卫星的姿态控制和位置控制	(59)
卫星中的中继收发器	(62)
卫星的反旋天线装置	(63)
卫星的遥测和遥控指令	(64)
卫星上的电源和远地点发动机	(65)
卫星通信地面站概况	(67)
卫星通信用的微波发射和接收管	(70)
“闪电”运动通信卫星系统	(73)

一 人造地球卫星和通信卫星

通信卫星是人造地球卫星的一种，只有人造地球卫星发射成功以后，通信卫星才由理想成为现实。那么，什么是人造地球卫星呢？在太阳系中，有一些较小的天体绕着大行星运转，我们称它们为这些行星的卫星。月亮就是地球的卫星。人造地球卫星（以下简称人造卫星）就是地面上用火箭发射到天空中，围绕着地球上空在一定轨道上运转的人造天体。

发射人造卫星，需要有很高的科学技术水平。一九七〇年九月六日，中国共产党第九届中央委员会第二次全体会议的公报曾指出：“我国第一颗人造地球卫星上天，标志着科学技术达到了一个新的水平。”发射人造卫星代表着一个国家科学技术和工业高度的发展，目前世界上只有六、七个国家能发射人造卫星。要把人造卫星送到几百、几千甚至几万公里的天空轨道中，必须有强大推力的火箭发动机和优良的高能燃料推进剂，以及近代精密跟踪卫星的光学仪器、大型雷达和无线电遥控、遥测等设备。由于火箭的喷

气速度很高，火箭的外壳及发动机的喷口温度也很高，需用特殊耐高温的材料制造。为了精确地选择和计算卫星飞行的轨道，必须由许多学科如天文学、天体力学、数学、计算技术等紧密配合。要使卫星准确进入预定的轨道，就必须严格控制火箭的运行方向和速度，这需要高精度的自动控制系统以及高精度的雷达、导航及测速、定位系统等（图1）。例如发射卫星要进行许多精确和复杂的计算，光是轨道的计算，如果用笔算，就要算上若干年，而用大型电子计算机算，在几分到几十分钟内就可算好了。因此，要能够发射人造卫星，就必须具有高度发达的冶金工业、无线电电子工业、精密机械加工工业、化学工业、仪表工业、计算机制造工业，以及先进的天文学、天体力学、气象学、数学、空气动力学等基础学科的发展。

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。一九七一年三月三日，我国又成功地发射了一颗科学实验人造地球卫星。一九七五年七月、十一月和十二月，又相继成功地发射了三颗人造地球卫星。一九七六年八月三十日和十二月七日，我国又成功地发射了两颗人造卫星。一九七八年一月二十六日，我国再次成功地发射了第八颗人造地球卫星。并且第七、八两颗人造卫星成功地准确返回地

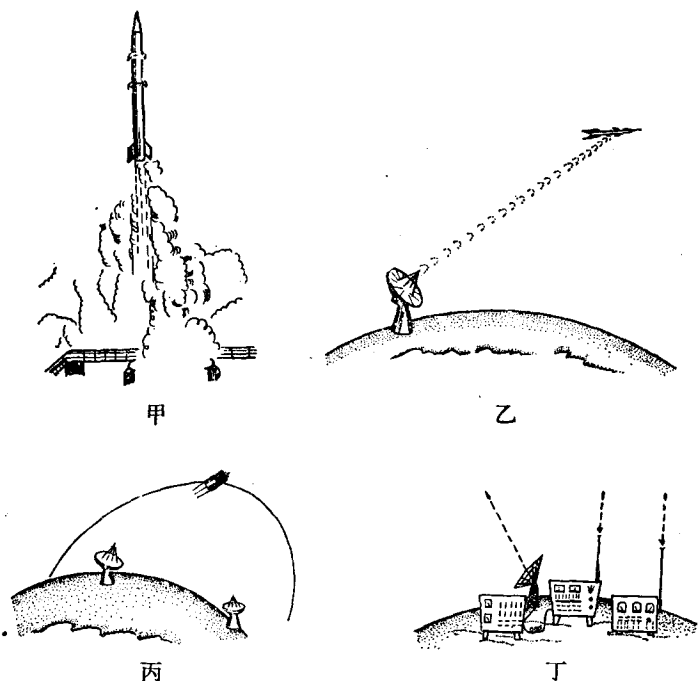


图1 人造卫星的发射和精密的遥测、遥控设备

- (甲) 火箭把人造卫星送上天
- (乙) 用雷达测定火箭的方向、距离和速度
- (丙) 用雷达跟踪人造卫星
- (丁) 地面上的无线电遥测、遥控和计算机等电子设备

面。世界上包括中国在内，只有三个国家有这种能力，这说明我国的空间技术达到了一个崭新的阶段和获得了巨大的跃进。这是中国人民在伟大领袖毛主席和以英明领袖华主席为首的党中央的领导下，坚持独立自

主、自力更生方针，贯彻执行鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线，以实际行动抓革命、促生产、促工作、促战备所取得的重大成果。

上面谈了我国人造卫星的发射。那末，卫星通信与其他通信方法有什么不同的特点？卫星通信在近代国际国内远距离通信中具有什么重大价值？通信卫星的主要类型及怎样把它们送入轨道？它们的基本结构又是怎样的？这些将在本书一一加以介绍。

本书中“卫星通信”这个术语指通信卫星和包括地面站整个的卫星通信系统；而“通信卫星”这个术语仅指天空中的卫星部分，“地面卫星站”仅指卫星通信的地面部分。

二 从长波单路通信到微波多路通信

二十世纪——人类通信的无线电时代

在人类历史上，曾用烽火台的火光进行通信。我国的万里长城，每隔十里设有一烽火台，古时称之为“燧”[suì]，用以报警。古希腊在特洛伊战争时，用特洛伊木马的办法攻占了小亚细亚的特洛伊城，并用火光接力通信的方法把这一消息跨过爱琴海传至希腊的米康。随着社会生产力的迅速发展，十八和十九世纪科学技术有了长足的进步，并累积了数千年中千百万劳动人民生产斗争和科学实验的知识，在十九世纪三十年代发明了电报机，并在十九世纪五十年代装置了横跨大西洋的海底电报电缆，后在十九世纪七十年代发明了电话机。那时电报电话都是利用金属导线传输的，因此从通信角度来看，十九世纪可称为有线电通信的时代。

在十九世纪末，发现了无线电通信。在1901年利用长波的无线电波实现了从欧洲到美洲横跨大西洋的

电报通信。在本世纪二十年代，开始了长波和中波的无线电广播，三十年代开始有了电视。短波通信在二十年代后期开始广泛发展。在第二次世界大战中，由于雷达的出现，雷达所应用的超短波和微波技术得到了飞速的发展，因此在第二次世界大战后，微波通信逐步发展起来了。目前，卫星通信就是利用波长为五个厘米左右的无线电微波来通信的。由此，我们可以看出，在本世纪中，通信的无线电波从最初波长为几千米的长波，发展到了目前应用波长为几个厘米的微波。毫米波段通信也将不久为卫星通信所采用。

此外，七十年来无线电通信另一特点是从单路通信发展到了多路通信。大家都很熟悉的有线电话，两个人打电话，中间的通路是电线，在无线电技术中称它为“信道”。无线电话与有线电话的不同点是中间的信道不是电线，而是工作于某一个波长的发射和接收设备，以及无线电波走过的大气层或宇宙空间。最初的无线电通信，一对发射机和接收机，只能供两个人互相通话，这就是所谓“单路”。如果有更多的人在单路的无线电设备上通话，就会互相混杂，使相互之间听不清楚。如果多少对的人同时通话，那就要装置多少对收发信机，这显然是很浪费的。象北京、上海这些大城市之间，每天同一时刻，都会同时有许多

人通话；在国际上召开国际会议时，经常会有几千人彼此互相通话。因此近几十年来，逐步发展到在一个无线电信道上，同时有好多对的人通话，这就是所谓“多路通信”。开始的时候，一个无线电信道上只能有几路通信，后来发展到几十到几百路。象通信卫星在1965年时发射的只能传输240路双向电话通信，而在1972年发射的国际通信卫星，双向通话路数是9,000路。正在研究中的通信卫星除了用厘米波无线电波段外，还要用毫米波段，通信的路数还要增加4—5倍，可达到几万路的无线电话通信。

在二十世纪中，由于微波多路通信是人类远距离通信的主要形式，因此二十世纪从通信角度来看，可称为无线电通信的时代。

通信由有线发展到无线，从长波到微波，从单路到多路，从传送电报信号、声音到图片传真和电视的活动形象；经历了从海面、地面通信到卫星通信、空间通信等等不断发展的过程，并继续向着多路大容量、远距离和小型化等目标前进。六十年代出现的激光技术，已开始应用到通信中，它的波长以多少微米计，它能传送的路数往往以千万或亿来计算。同时，通信距离在一定条件下可以很远，结构轻巧，设备经济，不久可用于通信卫星上，因此不少科学工作者认

为本世纪末和二十一世纪将成为激光通信的时代，或简称光通信的时代。

无线电波的频率、波长和波段的划分

在收听无线电广播时，常可听到播音员在报告：“本台的频率是……千赫，波长是……米。”这里频率是指无线电波在每秒钟内振动多少次，如果在一秒钟内无线电波振动 1,000,000 次，就称频率为 1,000 千赫。为了便于理解无线电波这个特性，先从水面上的波纹谈起。水波大概是人们最常见到的波，把石头投入水中，波纹沿着平静的水面向四周成圆形前进，一部分升起，另一部分下降，整个水面呈现着波纹的形式（图 2）。波动的水面一方面作上下摆动，一方

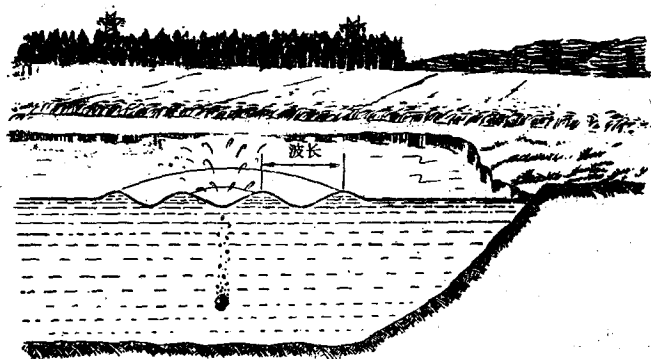


图 2 水面上的波

面把波的运动向四周传播开来。波的一个最主要特点，就是它能传播。波还有一个非常重要的特点，就是具有波长和波幅(如图3所示)。波的高升点叫做波峰，波的最低点叫做波谷，两个相邻的波峰或波谷之间的距离就叫做波长，用 λ 表示。波峰的大小用波幅A表示。波长的长短是由产生波动的振动

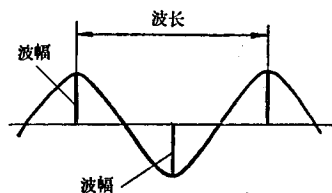


图3 波长和波幅

源的快慢来决定的。例如，把一个小石块吊在线上去搅动水面，如果石块上下运动得很快，在一个单位时间内产生的波纹就多，而波长就会短一些；相反，如果把石块上下搅动得慢些，在一个单位时间内产生的波纹就少，而波长就会长一些。不但水波是这样，光波和无线电波也都是这样。凡是无线电波、光波、X射线等在物理学中都称为电磁波，它们的基本特性经过科学实验证明都是一样的。

什么是波的频率呢？在水面上某一个固定地点数一数每单位时间内一共跑过去几个波峰或几个波谷，这个数目叫做频率。波的进行速度便是每单位时间内波跑过的距离，它等于频率和波长的乘积。即：

$$\text{波的传播速度} = \text{波长} \times \text{频率}$$

经过实验证明，电磁波的速度是基本上固定不变的，那就是光速，每秒约为 30 万公里。由上式可见，由于波的传播速度是常数，即固定不变的，因此波长和频率是互成反比例的。

频率的单位即每秒波振动的次数，用赫芝或周来表示，以及用千赫或兆赫表示。1 千赫等于 10^3 赫 (10^3 就是 1,000)，1 兆赫等于 10^6 赫。根据上述公式，每一频率的无线电波相应的有一个波长。以频率来分，无线电波有低频、中频、高频和超高频之分。以波长来分，有长波、中波、短波、米波、分米波、厘米波和毫米波之分。下表是不同的无线电波的名称及其波长与频率的关系。习惯上把米波段称为超短波，而把分米波段、厘米波段和毫米波段称为微波。

表 1 无线电波的波长和频率

名 称	波 长	频 率
长 波	3,000米以上	100千赫以下
中 波	3,000—50米	100—6,000千赫
短 波	50—10米	6,000—30,000千赫 (即30兆赫)
米 波	10—1米	30—300兆赫
分米波	10—1分米	300—3,000兆赫
厘米波	10—1厘米	3,000—30,000兆赫
毫米波	1厘米以下	30,000兆赫以上

要完善地描写一个无线电波，除了波长和频率外，还需引入相位的概念。如果采用时间与波幅作为两个座标把波动描绘出来，那末(如图4所示)，波的相位是在一个波长经历的时间内，说明各点幅度的大小关系。相位以角度表示，例如图4中A点的相位角为零，B点的相位角为 90° ，C点的相位角为 180° ，D点的相位角为 270° ，E的相位角为 360° ，其它各点也都有相应的相位角，其值在 0° 到 360° 之间依次排列。

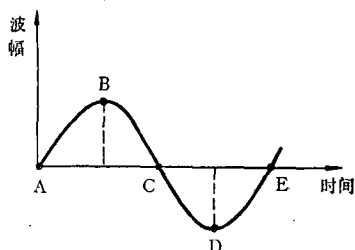


图4 无线电波的相位

不同无线电波段传输特性对通信的影响

从无线电发明到今天，已经积累了很多实验的资料和理论的推算，弄清楚了各波段传播的基本规律。各种波段的传播大致有三种情况：一是地波，二是天波，三是空间波，如图5所示。

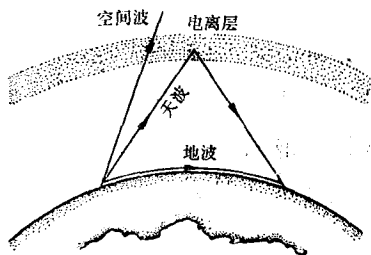


图5 无线电波的传播