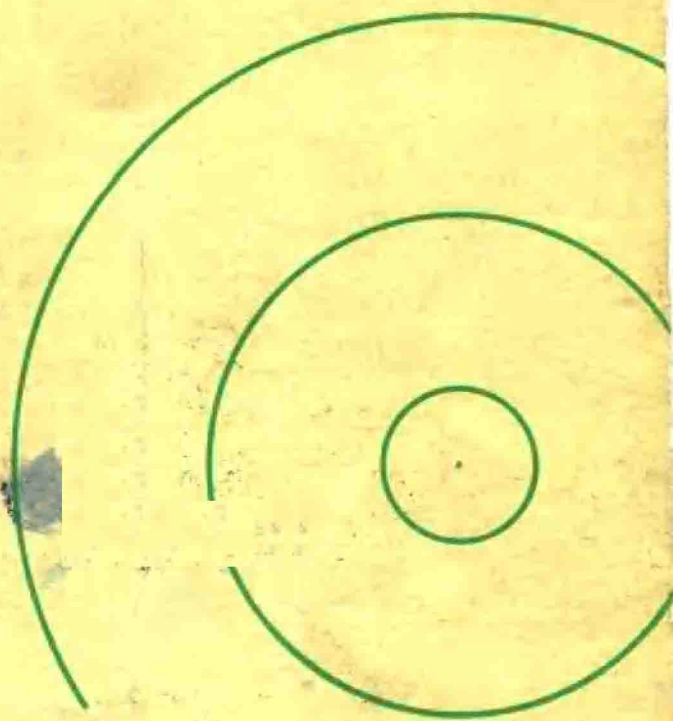




实用通信卫星

实用通信卫星编写组 编著
宇航出版社

实 用 · 通 信 卫 星

《实用通信卫星》编写组 编著



宇航出版社

实 用 通 信 卫 星

《实用通信卫星》编写组 编著

责任编辑：张 国 瑞



宇航出版社出版 新华书店北京发行所发行
各地新华书店经销 谭庄印刷厂印刷



开本：787×1092 1/32 印张：5.25 字数：110千字
1987年8月第一版 第一次印刷 印数：1—2,500册
统一书号：15244·0103 定价：1.20元

前 言

自世界上第一颗实用通信卫星——晨鸟（即国际通信卫星I号）问世以来，已有20年了。由于卫星通信和其他通信手段相比，有着许多优点，并且在军用和民用通信中占有极其重要的地位，因此卫星通信发展极快。目前世界上虽然能够研制和发射实用通信卫星的国家不多，但利用这种通信手段的国家和地区却很普遍。据统计已有一百三十多个国家参加了国际通信卫星组织，许多幅员辽阔的国家还拥有自己的国内通信卫星。第三世界国家也不例外，如印度、印度尼西亚、巴西、伊朗、墨西哥、阿拉伯联盟等都正在发展自己的卫星通信事业。

我国于一九八四年四月八日成功地发射了一颗静止轨道试验通信卫星，目前该卫星还正在正常运行和使用。我国还将研制和发射更先进的国内通信卫星和广播卫星，以进一步发展我国的卫星通信事业。

为了帮助通信卫星研制和发射单位的领导干部和广大职工学习有关技术业务知识，并帮助全国广大业余爱好者了解通信卫星及其发射的科普知识，我们编写了“实用通信卫星”这本书。本书着重讲解一般原理概念，讲解力求通俗易懂，深入浅出，并适当介绍有关系统和技术的应用及发展。

本书共分八章，第一章和第四章由彭成荣同志编写；第

第二章第一节、第二节、第三节、第四节由李晔同志编写；第二章第五节、第三章、第五章由沈人杰同志编写；第二章第七节、第六章由李海如同志编写；第二章第六节、第七章由董桂彬同志编写；第八章由彭成荣和高裕祥同志编写；书中插图和封面由高裕祥同志设计；全书经闵士权同志审阅。

由于编者水平不高，疏漏和错误之处在所难免，望批评指正。

作 者

一九八五年七月于北京

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 卫星通信原理.....	(1)
第二节 卫星通信发展简史.....	(4)
第三节 卫星通信优点.....	(14)
第四节 实用通信卫星分类.....	(17)
第二章 实用通信卫星的组成	(19)
第一节 结构系统及总装.....	(20)
第二节 温控系统.....	(24)
第三节 控制系统.....	(29)
第四节 能源系统.....	(43)
第五节 远地点发动机.....	(54)
第六节 跟踪遥测遥控系统.....	(59)
第七节 通信系统.....	(77)
第八节 天线系统.....	(85)
第三章 轨道和发射	(90)
第一节 地球静止轨道.....	(91)
第二节 怎样发射实用通信卫星.....	(93)
第三节 发射方式.....	(95)
第四节 发射窗口.....	(98)
第四章 运载工具	(101)
第一节 火箭发动机.....	(101)
第二节 运载火箭.....	(105)

第三节 航天飞机	(112)
第五章 发射场	(119)
第一节 技术阵地	(120)
第二节 发射阵地	(121)
第三节 测量和跟踪台站、指挥中心	(123)
第六章 卫星通信地球站	(125)
第一节 地球站的天线系统	(127)
第二节 发射机系统	(130)
第三节 接收机系统	(133)
第四节 地球站终端设备	(138)
第七章 地面测控站	(140)
第一节 天线及其伺服系统	(143)
第二节 测距	(148)
第三节 测速	(152)
第四节 遥测和遥控	(152)
第八章 实用通信卫星的展望	(155)

第一章 概 论

第一节 卫星通信原理

一、无线电波传播特性

无线电波根据其波长可以分为长波、中波、短波、超短波和微波。这些波段的划分并无明显的界限，但它们的传播特性却有显著的差别。

无线电波传播方式有三种：一种是在可见范围内直接传播，称为空间波；另一种是依靠绕射沿地面传播，称为地面波；再一种是通过大气电离层的反射重返地面的波，称为天空波。图1-1示出这三种波的传播路径。

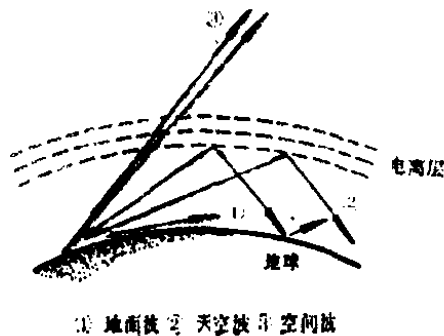


图 1-1 无线电波传播方式

由于大地表面是半导体，无线电波沿地面传播要消耗能量，频率愈高，损耗愈大，因此，长波比短波传播的更远。无线电波通过大气电离层时能量也要被吸收耗散，波长愈长，吸收愈大。因此，中波和长波不仅不能穿过电离层，而且反射到地面的电波也很弱。

长波主要依靠地面波来传播，传播距离取决于发射机的功率大小和地面环境，一般不超过3000公里。中波的传播特性与长波相似，只是传播的距离稍近些。

短波可以借天空波传送到地球上任何地方，所以短波可以用做远距离国际无线电通信。由于电离层主要是由太阳辐射形成的，所以它的高度和特性是随着昼夜、季节、太阳活动周期和地面位置等而变化。因此短波通信会受电离层变化的影响而不稳定。又由于不同路径反射的天空波相互之间产生干扰，而使短波通信产生严重的衰落现象，甚至有时使通信完全中断。

超短波和微波能够直接穿透电离层，几乎不返回大地，沿地面传播时衰减很大，因此，超短波和微波是在直线可见范围内传播的空间波。

二、微波中继通信

由于微波在应用上有很多优点，如波段宽、通信容量大、天电干扰小、天线尺寸小、机器体积小等，因此，它被广泛用于通信、电视、调频广播、定位、导航等领域。

但因地球表面是曲面，再加上山脉和建筑物的影响，其直线可见距离只有几十公里，所以，微波在地面传播，其通信距离是很近的。为了解决远距离通信，人们应用微波中继技术。所谓中继技术就是在两地之间每隔50公里左右设置一

个中继站，每个中继站把前一站传来的微波信号经接收、放大后发射给下一站。例如，北京与南京相距约900公里，其间只需架设十几个中继站便可实现微波中继通信（见图1-2）。

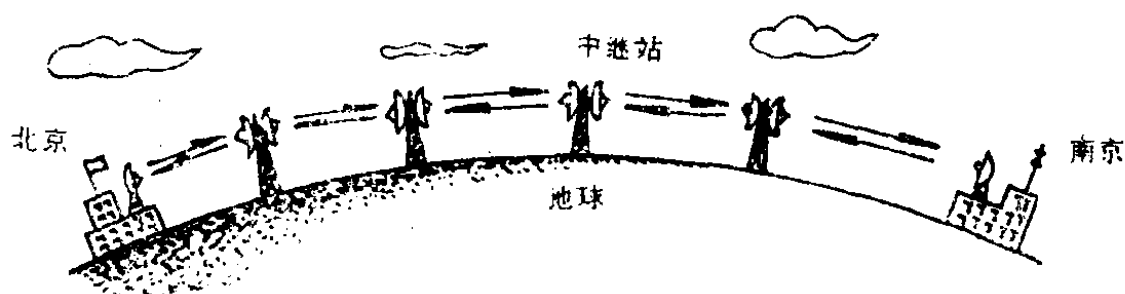


图 1-2 微波中继通信

三、卫星通信原理

卫星通信是在微波中继通信基础上发展起来的。俗话说“站得高，看得远”。显然，把微波中继通信的中继站架设得愈高，站与站之间的可见距离就可以愈长，而中继站的数量就可以愈少。如果我们把中继站安置在相对地球静止的地球静止卫星（以下简称静止卫星）上（这相当于把中继站架设在35860公里高的铁塔上），那么，其直线可见范围就大大加大。这样，在地球三分之一的圆表面上的任意两点设置地球站，都可通过卫星转发微波通信信号，从而实现远距离卫星通信（见图1-3）。

卫星通信原理示意图见图1-4。地球站A将各路电话终端信号对上行载波进行调制后向卫星发射。卫星接收到上行信号，经过放大后混频，把上行载波频率（例如6千兆赫）变成下行载波频率（例如4千兆赫），然后再放大，最后经过功率放大发回地面。地球站B接收卫星发射的下行通信信号后，经过解调送至电话终端。卫星通信除可转发电话外，也

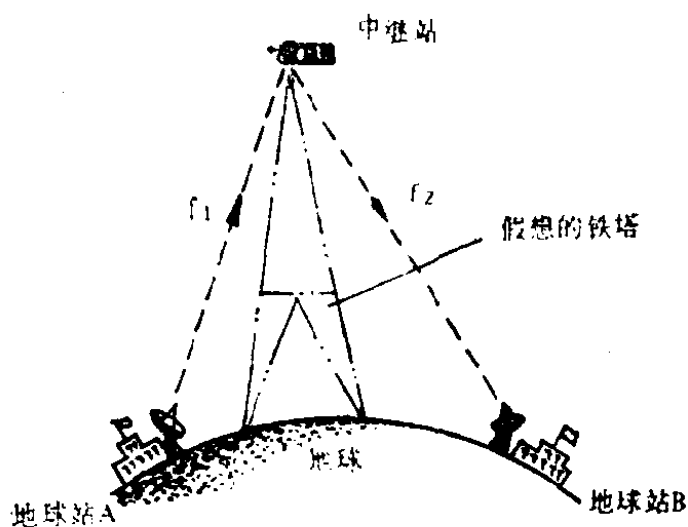


图 1-3 卫星中继站

可转发电视、广播、传真、电报等各种信号。

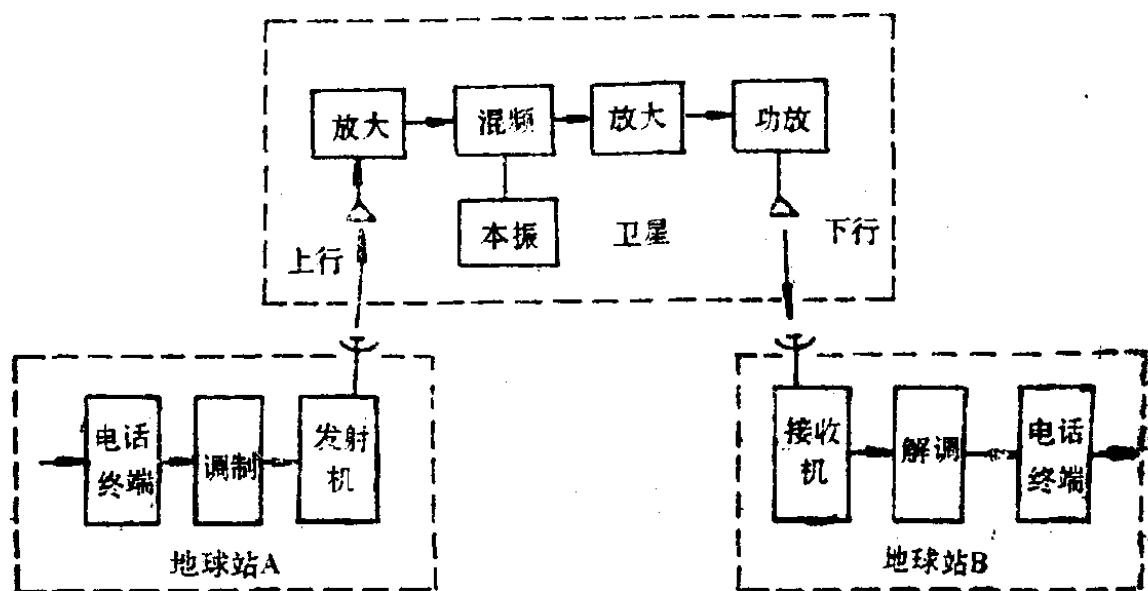


图 1-4 卫星通信原理

第二节 卫星通信发展简史

一、卫星通信的设想

利用人造地球卫星作为微波通信中继站建立地面远距离

通信线路的设想，首先是由美国行星际协会主席阿瑟·克拉克 (Arthur C. Clarke) 提出的。1945年10月，“无线电世界”杂志刊登了他的设想：“如果在地球赤道平面离地面35860公里的高空，以120度的间隔放置三颗卫星，就可以使卫星覆盖全球绝大部分表面积(见图1-5)。这样，就可以建立全球性的卫星通信网。”

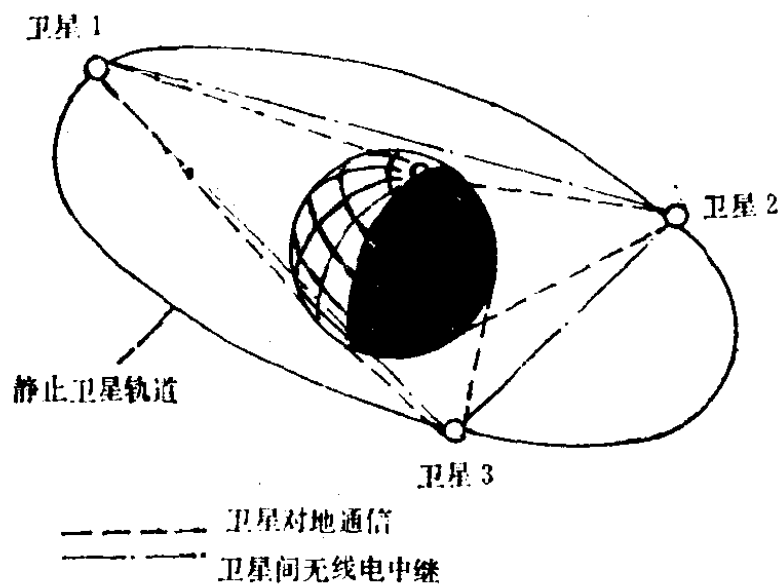


图 1-5 克拉克的设想

由于赤道平面通过地心，并垂直于地球自转轴，所以在赤道平面内做圆周运动的卫星就相当于绕地球自转轴旋转一样；而卫星的轨道周期是和卫星的高度有关的，在35860公里的高度上运行的卫星具有和地球自转周期相等的周期。因此，如果卫星在地球赤道平面内离地35860公里上做圆周运动，且运动方向与地球自转方向一致，那么，卫星就象固定在地球上空一样，随地球一起绕地轴旋转。这种卫星轨道称为地球静止轨道（以下简称静止轨道）。

实践证明，克拉克的设想是正确的，而且这种卫星通信有着许多显著优点。

二、卫星通信试验阶段

(一) 月球通信试验

人类最早的卫星通信是利用天然卫星——月球进行的。1945年美国海军研究所利用月球作为天然的无源反射中继站，成功地进行了地球-月球-地球之间的无线电话传输试验。1946年，美国应用雷达第一次收到月球的回波。这就证明，微波是能够穿过大气电离层的。1955年美国建立了横跨大陆的传输试验站。1959年5月在美国和英国之间利用月球中继进行了国际通信试验。这些试验结果表明，由于接收到的信号场强很弱（月球离地球有384400公里）、多种失真、传输延迟时间长、共视月球时间短，因此，月球中继不能作为通信业务使用。

(二) 无源反射式卫星通信

无线电波遇到金属表面将会产生良好的反射。无源反射式卫星通信就是利用卫星金属表面的反射性能进行的。

1960年8月美国宇航局发射了“回声I号”反射式卫星。该卫星是一个直径30.5米、重61.5公斤的气球，它的轨道高度为1609公里、倾角为47.2度。在发射前将气球内气体压出，放入升华剂，经折叠装入容器。入轨后两分钟气球从容器内分离出来，内部升华剂气化使气球膨胀成球形。为了增加球体表面对无线电波的反射能力，在表面涂覆铝箔，使反射系数达90%。该卫星提供在美国国内以及美、英、法之间进行无线电话和传真试验。后来美国又发射了“回声II号”。与“回声I号”相比，“回声II号”做了一些改进，避免变形，直径加大到41米。

1963年5月美国空军利用偶极子带卫星“西福特”进行无

源散射式卫星通信试验。如图1-6所示,由地球站A发射微波,在地球站B接收散射电波。该卫星由4亿根铜针组成偶极子带,铜针长1.78厘米,直径0.017毫米。发射前首先用粘合剂把铜针粘结为圆筒状,进入高度为3600公里的轨道后,粘合剂不断升华,在旋转产生的离心惯性力作用下散落到宇宙空间,形成环带。这些铜针每根都相当于偶极子天线,与8千兆赫左右的电波谐振,起到再次辐射的作用。

无源通信卫星的优点是不存在电子部件损坏的问题和使用频率范围很宽。其缺点是要求地球站发射功率大、通信质量差、共视时间短。

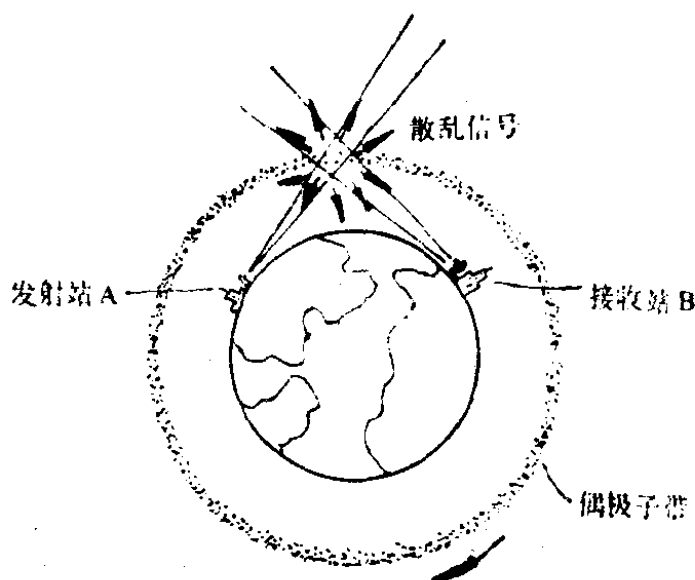


图 1-6 偶极子带卫星

(三) 有源转发式卫星通信

有源转发式卫星具有有源频率变换和功率放大的电子设备。这种卫星在接收到地球站发来的信号后,经过载波频率变换(使发射与接收频率不同)和功率放大后再发射至地面。有源转发式卫星通信试验事实上在“回声I号”发射前就已经开始。属于这类试验卫星的有“斯科尔”、“信使”、“电

星”、“中继”、“辛康”等型号。除“辛康Ⅲ号”射入地球静止轨道外，其余型号的卫星都是低高度椭圆轨道。

1958年12月“阿特拉斯”运载火箭将装有150磅甚高频中继设备和录音磁带的卫星发射入轨，该卫星称“斯科尔”。它被用在美国德克萨斯州、亚利桑那州和佐治亚州各地球站之间进行接收和转发通信信息试验。

1960年10月美国把“信使IB”卫星(见图1-7)发射到高度为1000公里左右的轨道上。这颗卫星被用来进行延迟中继通信。它接收第一个地球站发射来的信息并贮存在磁带上，当卫星进入第二个地球站上空时再发射下来。

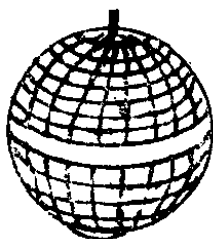


图 1-7 “信使IB”卫星

1962年7月美国发射了“电星I号”(见图1-8)。这颗卫星

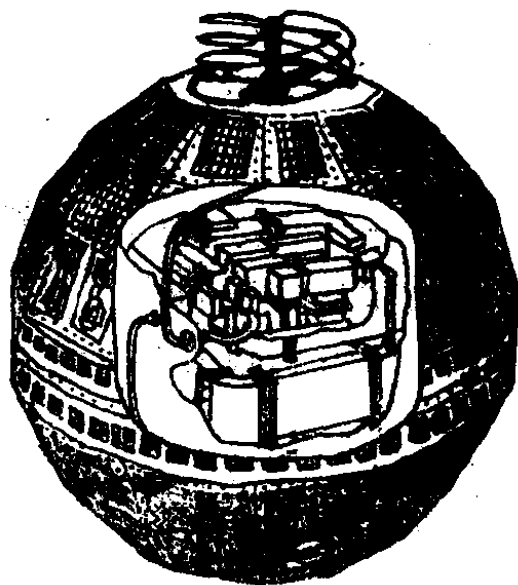


图 1-8 “电星I号”卫星

第一次被用来在美国和西欧之间进行电视传输试验。1962年12月美国成功地发射了与“电星”同类型的卫星“中继”（见图1-9）。“电星”和“中继”都是有源实时转发试验通信卫星。所谓“实时”转发就是从一个地球站接收到无线电信号时立即经过放大并转发给相距较远的另一个地球站。这两颗卫星都具有传输多路电话和数据的功能，并能传送电视信号。

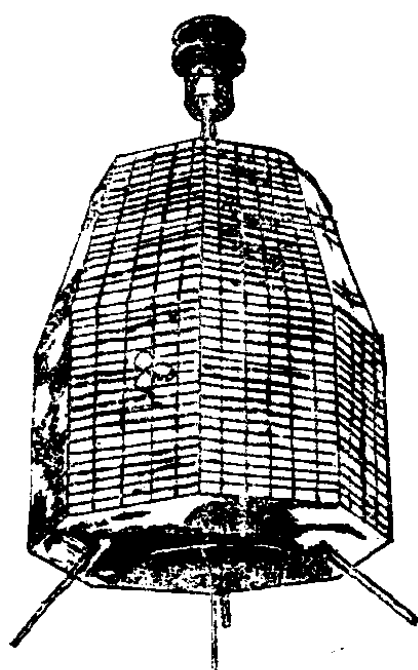


图 1-9 “中继I号”卫星

“电星”和“中继”卫星都是低轨道卫星，它们的缺点是卫星覆盖地面范围小、可通信时间短（两站共视时间短）、地面站跟踪复杂、而且轨道的远地点不断变动，以至有时不能通信（卫星在近地点的覆盖范围更小，同时可见时间更短）。为了克服这些缺点，1964年8月美国发射了地球静止轨道卫星“辛康III号”（见图1-10）。静止卫星的出现增加了国际通信的可能性和卫星的实用性。1964年北美和欧洲利用“辛康III号”静止卫星实时转发了在东京举行的奥林匹克

运动会的实况。

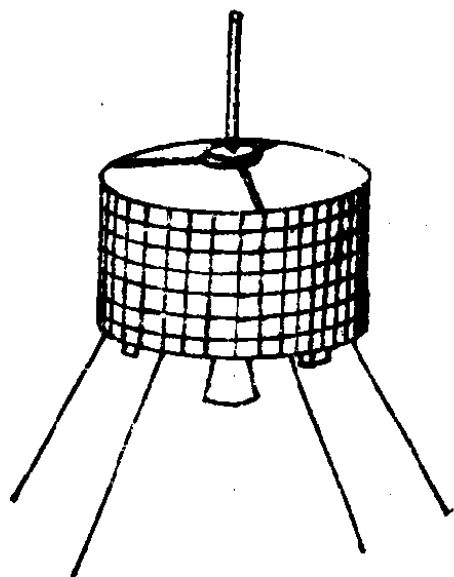


图 1-10 “辛康Ⅲ号”卫星

三、卫星通信实用阶段

经过无源卫星、有源延迟转发卫星、有源实时转发卫星及有源静止卫星的通信试验证明，静止卫星是最适用的。现在世界各国所使用的通信卫星除苏联早期使用的“闪电”卫星外，几乎都是静止卫星。

“闪电”卫星（见图1-11）自1965年到1968年共发射了9颗。其运行轨道为椭圆形，远地点为40000公里，近地点为500公里，倾角为65度，周期为12小时。卫星轨道远地点被控制在北半球，几颗卫星组成一组进行通信。在苏联境内莫斯科和海参威建有天线口径为15米的接收和发射站，在其它地区建有22个天线口径为15米的接收站，组成国内通信网。该通信网除进行通信外，还转播电视。

1965年4月美国发射了一颗试验实用型静止卫星“晨鸟”（见图1-12）。同时由14个成员国发起成立国际商用通信卫星组织，现在该组织已有一百三十多个国家和地区参加。该组