

广播卫星基本知识

朱毅麟 曲广吉

张希舜 张亚光

编译

内 容 简 介

本书是一本有关空间科学技术的科普读物，是根据日文版《放送衛星の基礎知識》一书编译而成。书重点介绍了广播卫星的基本知识，内容丰富，浅显易懂。全书共十二章。第一章到第五章简要地介绍了人造卫星的基本原理、通信卫星、广播卫星以及卫星广播的有关问题；第六章到第八章分别叙述了卫星技术、地面站技术和火箭技术；第九章到第十一章概述了世界各国空间科学技术的发展状况和水平；第十二章就有关广播卫星的国际规章和条约作了简介。最后附有广播卫星名词解释。

本书可供具有初中以上文化程度的广大工农兵、学生、教师和干部阅读。对于从事空间科学技术和卫星广播工作的有关技术人员和领导干部以及高等院校师生也有一定的参考价值。

广播卫星基本知识

朱毅麟 曲广吉 张希舜 张亚光 编译

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张12¹/₄ 279千字

1980年6月第一版 1980年6月第一次印刷 印数：00,001—12,800册

统一书号：15034·1925 定价：1.05元

目 录

第一章 空间研究	1
§ 1-1 人造卫星	1
§ 1-2 宇宙飞行器的发射	2
§ 1-3 广播卫星的提出	6
§ 1-4 各国的空间研究	6
§ 1-5 运载火箭的现状	6
第二章 人造卫星	8
§ 2-1 人造卫星的原理	8
§ 2-2 卫星轨道和初始速度	8
§ 2-3 周期和摄动	10
§ 2-4 静止卫星轨道	11
§ 2-5 静止卫星轨道的有效利用	12
§ 2-6 卫星蚀和太阳的干扰	13
§ 2-7 静止位置的选择	15
§ 2-8 卫星的寿命和故障	15
第三章 广播卫星和通信卫星	17
§ 3-1 广播卫星业务和通信卫星业务	17
§ 3-2 通信卫星的发展	17
§ 3-3 广播卫星	20
§ 3-4 集体接收的形式	21
§ 3-5 广播卫星的几个技术问题	22
§ 3-6 关于广播卫星的使用问题	26
第四章 人造卫星在广播中的应用	28
§ 4-1 直接广播与节目分配	28
§ 4-2 节目交换及其转播	30
§ 4-3 区域卫星广播	32
§ 4-4 国际卫星广播	32
§ 4-5 广播节目和广播手段	32
§ 4-6 广播卫星系统的费用	34
§ 4-7 同地面广播网和微波中继线路的比较	36
§ 4-8 卫星广播的优点和国际协调	37
第五章 广播卫星的频率、电波传播和传送方式	38
§ 5-1 广播卫星业务的频率分配	38
§ 5-2 星上发射天线和卫星广播频率	39
§ 5-3 降雨和大气引起的电波衰减	40
§ 5-4 频率的有效利用	41
§ 5-5 广播卫星的线路设计和传输方式	45

第六章	卫星技术	52
§ 6-1	人造卫星概要	52
§ 6-2	广播卫星的转发器	54
§ 6-3	卫星姿态控制与轨道控制	58
§ 6-4	卫星的跟踪、遥测与遥控	66
§ 6-5	广播卫星的发射天线	67
§ 6-6	广播卫星的电源	76
§ 6-7	卫星结构	82
§ 6-8	卫星的温度控制	84
§ 6-9	远地点发动机	86
§ 6-10	卫星重量和发射功率	87
§ 6-11	卫星寿命与可靠性	88
§ 6-12	卫星的地面试验	90
§ 6-13	卫星系统的研制程序	91
第七章	地面站设备与卫星广播接收装置	93
§ 7-1	地面站设备	93
§ 7-2	卫星广播接收机	97
第八章	卫星的发射	102
§ 8-1	火箭的历史	102
§ 8-2	火箭的构造	103
§ 8-3	火箭发动机	103
§ 8-4	比推力和质量比	106
§ 8-5	液体推进剂与固体推进剂	107
§ 8-6	多级火箭和捆绑式火箭	109
§ 8-7	火箭结构材料	109
§ 8-8	火箭制导与姿态控制	110
§ 8-9	美国“雷神-德尔他”火箭	112
§ 8-10	用火箭发射静止卫星	114
§ 8-11	发射和轨道控制	117
§ 8-12	卫星发射场	118
§ 8-13	跟踪	119
§ 8-14	非化学火箭的研制	120
第九章	日本的空间研究	122
§ 9-1	空间研究计划	123
§ 9-2	应用卫星运载火箭的研制	125
§ 9-3	通信卫星与广播卫星的发展经过	127
§ 9-4	气象卫星的研究发展	130
§ 9-5	科学卫星及其运载火箭的研制	132
§ 9-6	其他应用卫星	135
第十章	世界各国的空间研究概况	138
§ 10-1	美国的空间研究	138
§ 10-2	苏联的空间研究	141
§ 10-3	加拿大的空间研究	143

§ 10-4 欧洲空间组织及其主要成员国的空间研究	146
§ 10-5 其他国家的空间活动	153
§ 10-6 国际通信卫星组织及其发射卫星的概况和计划	156
第十一章 美国“阿波罗”计划结束后的空间活动	166
§ 11-1 七十年代的空间活动	166
§ 11-2 “天空实验室”的飞行	167
§ 11-3 航天飞机的研制	167
§ 11-4 空间拖船的设想	172
§ 11-5 空间站计划	172
§ 11-6 火星的探测与行星际的飞行计划	173
第十二章 关于广播卫星的国际规章与条约	176
§ 12-1 国际电信联盟(ITU)的无线电通信规则	176
§ 12-2 空间条约	177
§ 12-3 国际通信卫星永久协定	177
§ 12-4 联合国空间和平利用委员会和联合国教育科学文化组织(UNESCO)的审议	177
§ 12-5 广播节目的制作权和邻接权	179
§ 12-6 空间物体造成的损害赔偿协定	179
广播卫星名词解释	180

第一章 空间研究

§ 1-1 人造卫星

今天，我们坐在家里，打开电视机，就能看到卫星转播下来的电视节目，了解世界上发生的事情。卫星转播电视图象的画面，清晰程度简直同国内地面台转播的电视完全一样。象这样高质量的由人造卫星转播的国际电视节目，在十几年前是难以想象的。

人造卫星不是一个新的概念。早在一六八七年牛顿就奠定了人造卫星依靠惯性绕地球运行的理论基础。

十九世纪中叶以前，人造卫星还只是一种幻想，在各种民间传说和故事中流行。人造卫星作为一门科学技术，是在本世纪初由俄国的齐奥尔科夫斯基和德国的冈斯宾特分别提出来的。

齐奥尔科夫斯基和冈斯宾特二人各自独立地进行了研究。冈斯宾特最先提出在宇宙飞行中采用火箭的设想，但是，全面阐述宇宙飞行理论的是齐奥尔科夫斯基。他在一九〇三年证明了把飞行器送到大气层外，使它象月球一样永远绕着地球运行，是完全可能的，并提出了使用液氧和液氢作为火箭的燃料，采用火箭进行宇宙飞行的设想。

二十世纪初，欧美各国相继成立了宇宙航行学会，发表了许多有关宇宙飞行方面的论文。当时人们除了讨论宇宙飞行器的方案外，还大胆地提出了利用月球和其它天体进行空间通信的设想。一九二五年就有人提出，从地面向月球发射功率很强的电波，利用月面的反射波进行远距离无线电通信的设想。

一九二〇年美国开始进行了世界上首次无线电广播；一九二五年三月日本也开始了无线电广播。

一九四五年十月英国人克拉克发表了一篇重要的文章。文章中第一次提出了向赤道上空 36000 公里的静止卫星轨道上发射卫星，利用这样的卫星作为无线电转播站，就可以进行地面远距离无线电广播通信。他还进一步指出，如果在静止卫星轨道上建立三个间隔各为 120° 的转播站，那么，就有可能实现全球通信。

当时正是短波无线电通信盛行的时代。短波通信是利用电离层的反射作用进行的。由于电离层的高度和反射率随着季节、昼夜和早晚经常变化，所以，短波通信受电离层的影响，很不稳定。

为了进行可靠的、稳定的超远距离通信，人们就利用高山或架设铁塔，建造通信中继站，每一个中继站都从前一个中继站接收电波，经过放大后，转发给下一个中继站，逐站接力传输。

但是，利用中继站进行接力式通信，需要化费巨大的经费和长久的时间。如果在海上建设中继站，那就更加困难，至少在近期内是不可能实现的。

克拉克提出的设想，实际上就是把中继站发射到赤道上空的静止卫星轨道上。这个中继站，居高临下，能看到的地球表面接近整个地球的二分之一，只需要一个中继站就能进

行超远程通信。如果利用这种中继站进行无线电广播,就能为非常广阔的地区服务。当时,火箭技术还处于萌芽状态,发射同步轨道中继站,仅仅是一种大胆的设置,看起来,似乎是相当遥远的事情。然而,克拉克这种富有远见的设想最终是会变成现实的。

从上面简单的回顾,我们可以看到,关于利用人造卫星进行广播和通信的方案,并非今日才提出来,而是早就有人设想过。但是,只有在空间技术有了极大的发展以后,它才能成为现实。

§ 1-2 宇宙飞行器的发射

利用火箭把物体送到宇宙空间的想法,虽然早在一八九一年就提出来了,但把这一理想变为现实则是在一九二六年,美国人戈达德第一次成功地发射了实验火箭。

一九四四年第二次世界大战快要结束之前,德国人发射了“V-2型”火箭。这是最初的近代火箭,见图1-1。当时,“V-2型”火箭以五倍于音速的速度飞越英吉利海峡,袭击了英伦三岛。

空间时代或者宇宙航行时代是从一九五七年十月四日苏联成功地发射了世界上第一颗人造地球卫星开始的。一九五八年一月美国发射了它的第一颗人造地球卫星“探险者-1”,比苏联晚了三个月。从此以后,美国和苏联开始在空间技术领域展开了激烈的竞争。

图1-2是苏联的“人造卫星-1”和美国的“探险者-1”。

一九五八年以后,美国和苏联等国家相继发射了大量的各种类型的宇宙飞行器。据统计,到一九七七年底为止,发射成功的宇宙飞行器大约有2184颗左右。表1-1是截止一九七七年底各国发射的有国际编号的宇宙飞行器的分类统计表。苏美等国还发射了许多没有国际编号的卫星。

一九六一年四月苏联发射了第一艘载人宇宙飞船“东方-1”。接着美国在一九六二年二月发射了载人宇宙飞船“友谊-7”。图1-3是“东方-1”载人宇宙飞船照片。

苏联利用月球探测器“月球”完成了对月球背面的摄影。一九六九年美国“阿波罗”载人宇宙飞船成功地把人送上了月球,实现了人类历史上第一次载人登月飞行。美苏两个超级大国竞相探测月球,标志着在六十年代初期他们就开始了激烈的空间争夺。

美国的“探险者-6”是最早对地球拍照并向地面发回照片的卫星,如图1-4(a)所示;苏联的“月球-3”是首次对月球背面进行摄影的卫星,如图1-4(b)所示。

美国的“水手-4”是第一个接近火星并对火星表面进行摄影和无线电传真的行星探测器。图1-5是美国的“水手-4”火星探测器和月球探测器。

美国在一九七六年向火星发射了两个宇宙飞行器“海盗”,进行了软着陆,用来探测火星上是否有生命存在。

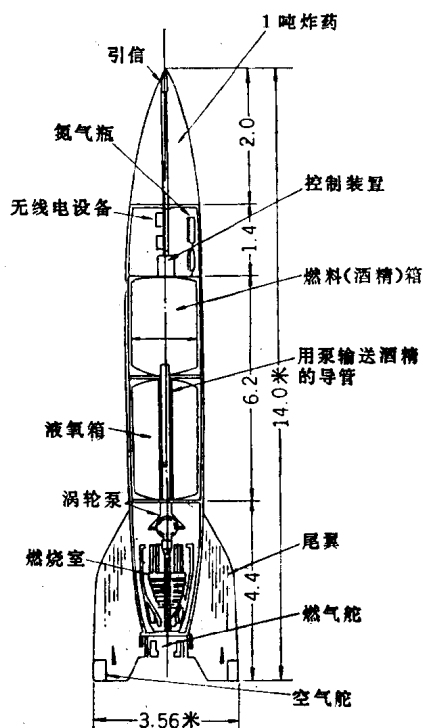
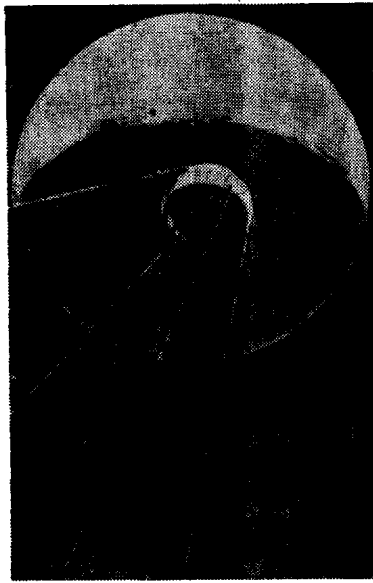
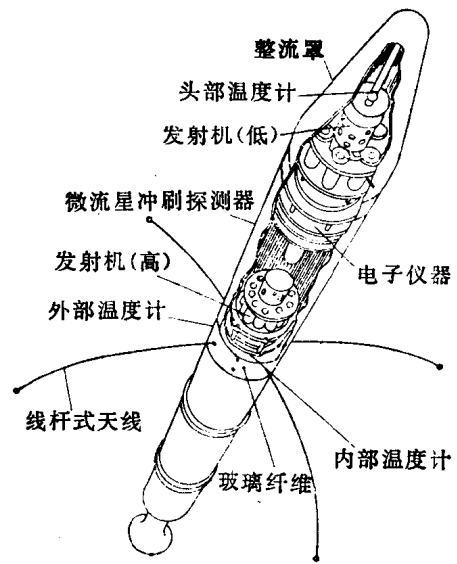


图1-1 德国“V-2型”火箭



(a)



(b)

图1-2 (a) 苏联“人造卫星-1”；(b) 美国“探险者-1”。

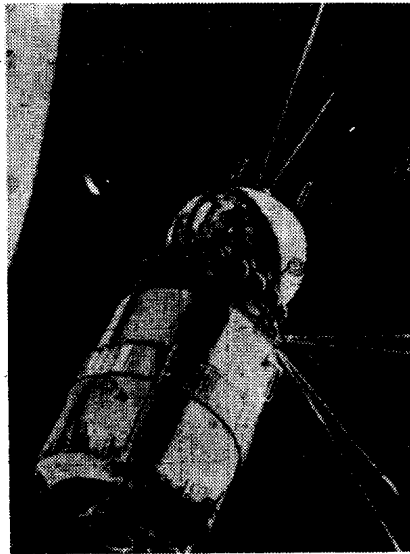


图1-3 “东方-1”载人宇宙飞船

表1-1 世界各国发射的各类宇宙飞行器统计 (截止1977年底)

年	国名	美国	苏联	英	国	加拿大	意大利	法	国	澳大利亚	西	德	日	本	中国	欧洲 空管局	北约 组织	西班牙	荷兰	印度	印度尼西亚	年度总 计(颗)
1957			2																			2
1958		7	1																			8
1959		11	3																			14
1960		17	3																			20
1961		37	7																			44
1962		57	20	1		1																79
1963		52	18																			70
1964		65	37	1			1															104
1965		96	71			1		1	1													170
1966		94	51					1														146
1967		88	66	1			1	2		1												159
1968		61	74													3						138
1969		50	70	1		1						1				1						124
1970		32	88	1			1		1	1		1	1	1	1		1					128
1971		41	96	1	1	1	1	1	1	1			2	1	1		1					148
1972		31	88			1			1			1	1			3						126
1973		24	106			1			1													132
1974		20	95	4			1		1		2		1					1	1			126
1975		28	109			1		4	1	1			2	3	1					1		151
1976		27	121			1					1		1	2			1				1	155
1977		24	105				1		1				2	2	1	3						140
国家总计		862	1231	1	10	8	6	10	4	5	2	5	10	2	8	11	3	1	1	1	2	2184

● 美国火箭发射的, ● 苏联火箭发射的, ● 法德共同发射, 使用法国火箭。

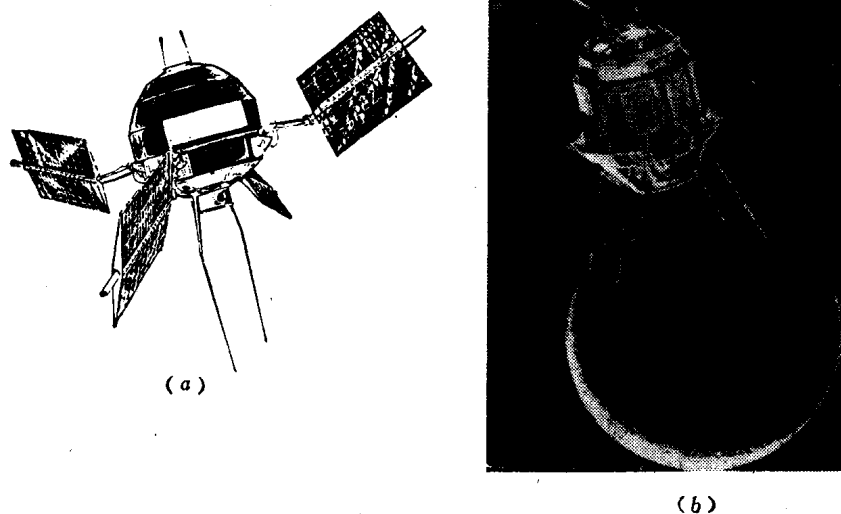
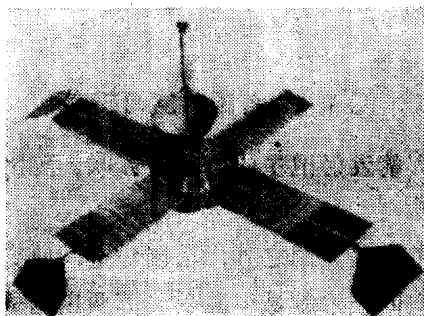


图1-4 人造卫星图例

(a) 最早向地面传送图象的“探险者-6”(1959年8月)；
(b) 首次对月球背面进行摄影的“月球-3”(1959年1月)。



(a)



(b)

图1-5 美国的火星探测器和月球探测器

(a) 首次对火星摄影的“水手-4”，(b) “月球轨道飞行器-1”对“阿波罗”载人宇宙飞船着陆点摄影后根据指令冲向月球(1966年)。

§ 1-3 广播卫星的提出

空间研究已经取得了丰富的成果，今后的空间研究将在此基础上继续前进。除了军事用途之外，它将更多地用于科学研究和国民经济的发展。

目前，在环绕地球轨道上，人们已经发射了许多卫星来为人类服务，如科学卫星、通信卫星、测地卫星、导航卫星、气象卫星和地球资源勘测卫星等等，这些卫星已经给人们的生活、工作和国民经济各方面带来了很大好处，为我们解决在地面上难以办到的事情提供了有利的条件。但是，随着空间技术的发展，人们并不满足于已取得的成就。为了普及国内教育和补充电视网之不足，并在国际上促进各国之间的相互了解和加强人民之间的友好联系，人们又提出了研制广播卫星的计划。广播卫星是达到上述目的的有力工具。

广播卫星与其它应用卫星的主要差别在于广播卫星要求很大的功率。所以，广播卫星必须是一颗大型卫星。根据目前达到的空间技术水平，研制和发射大型的广播卫星已没有多大困难。一九七一年一月在日内瓦举行的关于空间通信的世界无线电行政会议，首次分配了广播卫星业务用的频率，明确了广播卫星业务的定义和技术标准。因此，发射和使用广播卫星的技术条件已经基本成熟。

广播卫星具有新的广播形式和独特的优点。目前，不少国家都在积极开展工作，制订计划，研制和发射广播卫星。

§ 1-4 各国的空间研究

到目前为止，用自己的火箭发射卫星的国家有苏联、美国、法国、日本、中国和英国等六个国家。

其中，除了美、苏这两个超级大国之外，法国对空间研究也不甘落后，它不仅用自己的火箭发射卫星，还力图在空间技术领域同美、苏两国竞争。英国的卫星大多是用美国的运载火箭发射的，在已经发射的 11 颗卫星中，只有一颗是用本国火箭发射的，后来就中断了运载火箭的研制工作。

除了上面六个国家外，加拿大、意大利、澳大利亚等国也发射了卫星，但都是购买美国的火箭发射本国的卫星。西德在制造卫星技术方面仅次于美国和苏联，它大力发展卫星制造技术，承担欧洲空间局的卫星研制工作，但是西德的卫星是买美国的火箭发射的，现在已经开始自己研制运载火箭。日本也在努力直追，争取跨入卫星先进国的行列。

§ 1-5 运载火箭的现状

当前，世界上最大的运载火箭是美国发射“阿波罗”宇宙飞船用的“土星-V”火箭。它能够把约 45 吨重的卫星送入静止卫星轨道。

实际上，大型通信卫星的重量远远小于 45 吨。例如，苏联“闪电型”卫星大约 1 吨重，美国的军用试验“战术通信卫星”只有 730 公斤。“闪电型”卫星，直径 1.6 米，高 3.4 米，运行周期为 12 小时，采用大椭圆轨道。美国军用试验通信卫星见图 1-6，直径为 2.75 米，高 7.62 米，是一颗大型的圆柱形静止卫星。太阳电池发电功率是 1 千瓦，使用特高频和超高频频段，能与飞机、舰船和陆上野战部队进行通信。地面上只需用一个直径仅 30 厘米

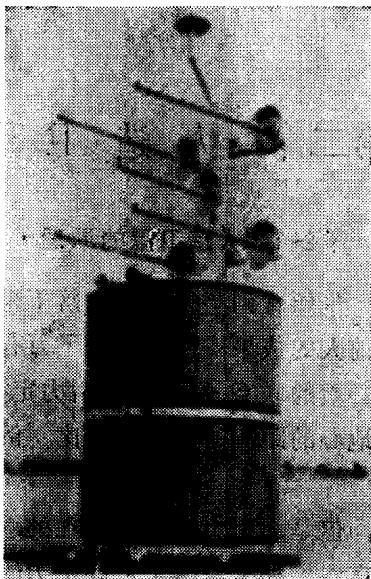


图1-6 大型的“战术通信卫星”天线阵

米的抛物面天线就能接收这种超高频信号。

从目前一般水平的运载火箭能力来看，将一、二吨以下的卫星送入静止卫星轨道，是不在话下的。所以，从运载火箭的水平来看，发射大型的广播卫星是完全有把握的。

美国和苏联还经常发射“一箭多星”来提高运载火箭的使用效率。这就是用一枚火箭一次发射几颗卫星，最多时曾一次发射8颗，多半是重量轻的小型卫星，使各卫星分别进入所需要的轨道。

第二章 人造卫星

§ 2-1 人造卫星的原理

有一个流传很广的故事说：牛顿看到苹果从树上落下来，就想，为什么苹果往下掉而不向上飞呢？他刻苦钻研，总结前人的成果，终于发现了万有引力定律。牛顿的研究说明了苹果落地与万有引力之间有着必然的联系。根据万有引力定律，地球的引力是随着高度的增加而越来越小，引力与物体到地心的距离的平方成反比。例如，在 1000 公里高空，地球引力只有地球表面引力的 70%。

尽管高度越高，引力越小，但是，引力始终是存在的，不会等于零。例如，即使把一个物体静静地放在一万公里的高空，那么，由于地球引力的作用，它最后还是要掉到地面上来的。

但是，人造卫星为什么能围绕地球飞行而不落下来呢？在回答这个问题之前，我们先作一些设想。假定不考虑空气阻力，从某一高度向水平方向抛出一个物体，这个物体必然要落到地面上。如果增加物体抛出的速度，那么，物体降落的过程变慢，降落的路径变长，结果物体落在较远的地方。抛出的速度越大，物体飞行的路径就越长，降落的地点就越远。

现在，如果把抛出的速度再增大，象图 2-1 所示那样，物体降落就更加缓慢。因为地球表面是个大球面，所以，当物体的速度足够地大，降落路线的弯曲程度就很小，以至于同地面的弯曲程度一致。虽然物体是在不断地降落，但是，由于地面也在不断地弯曲，结果物体不论飞到哪里，离开地面的高度总是不变，从而成为环绕地球旋转的卫星。

这就是人造卫星不会落到地面，走成一条圆轨道的缘故。也就是说，如果把物体放在离开地面的某一高度上，并给以足够大的水平初始速度，虽然物体也降落，但降落的路线不会同地面相交，也就不会落到地面上来。

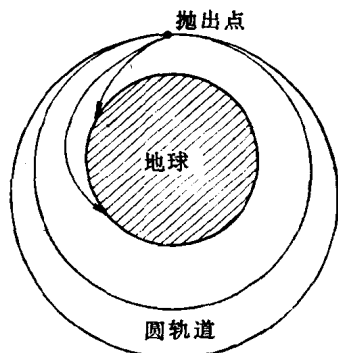


图2-1 初始速度和轨道的变化

当人们能使物体获得足够大的初始速度的时候，也就是人类进入宇宙航行时代的开端。

为了把人造卫星送入轨道，首先得用火箭把卫星发射到 200 公里以上几乎没有空气阻力的高空，并使火箭达到 7.8 公里/秒的水平速度，然后与火箭分离，这时卫星就能围绕地球旋转，运行不息。

高度如果低于 200 公里，由于空气阻力影响还比较大，轨道会越来越降低，这样，卫星就不会长久地绕地球旋转，最后掉入大气层里烧毁。

§ 2-2 卫星轨道和初始速度

在低于 200 公里的高空，由于空气阻力的作用，人造卫星实际上是不能长期存在的。这里我们假定忽略空气阻力的影响，从理论上计算物体在地球表面成为人造卫星所需要的

速度，这个速度是 7.91 公里/秒，称为第一宇宙速度。

如果在 200 公里的高空，卫星与火箭分离时它的初始速度大于 7.8 公里/秒，或者速度偏离了水平方向，那么，卫星运行的轨道就成为椭圆轨道、抛物线轨道或者双曲线轨道，如图 2-2 所示。

假设地球是理想的球体，那么，当卫星沿椭圆轨道飞行时，地球中心就是椭圆的一个焦点，从地球中心到人造卫星的距离是在不断地变化。我们把椭圆轨道上高度最低，也就是离地球最近的点叫做近地点；反之，把高度最高，也就是离地球最远的点叫做远地点。

如果使初始速度达到第一宇宙速度的 $\sqrt{2}$ 倍，也就是 11.2 公里/秒时，卫星就沿抛物线轨道运行。这个速度称为逃逸速度或第二宇宙速度。

例如，要飞向月球就得使用椭圆轨道。在接近地面的水平方向上，假如使人造卫星加速到 11.08 公里/秒的速度，那么，椭圆轨道远地点的位置正好达到月球的轨道上。所以，飞向月球从原理上讲，只要给卫星以足够的初始速度就行了。当初始速度超过逃逸速度时，轨道就变成双曲线。

不管是圆、椭圆、抛物线还是双曲线轨道都是以地心为焦点的。显然，圆轨道可以认为是椭圆轨道的特殊情况。

当卫星的轨道成为抛物线轨道或双曲线轨道时，卫星就能摆脱地球的引力，不再回到开始的入轨点，而是一直飞向遥远的宇宙空间。

然而，脱离了地球引力的飞行器，并不能摆脱太阳引力的束缚，归根结底，还在围绕太阳旋转的轨道上运行。为了区别于人造地球卫星，我们把这样的宇宙飞行器叫做“人造行星”。

为了飞向火星等行星，只需使飞行器的速度超过逃逸速度，脱离地球，进入围绕太阳旋转的轨道飞行就可以了。假如为了飞向太阳系外的星系，那么就必须摆脱太阳的引力，飞行器必须以 16.7 公里/秒（地面附近）速度飞离地球。这个速度称为第三宇宙速度。

上面提到的第一宇宙速度是没有考虑地球自转而求得的。由于地球自转使赤道上的任何物体都获得 0.46 公里/秒的向东速度，所以在赤道上向东发射卫星时，所需要的速度可以比第一宇宙速度小 0.46 公里/秒。另外，卫星的轨道面取决于发射点和发射方向，它就是发射点沿发射方向的切线和地心所组成的平面。

总之，卫星的轨道形状和大小，有赖于卫星与火箭分离时的高度及速度的方向和大小。人造卫星的运动是受万有引力定律支配的。具体地说，卫星的运动同行星的运动一样，都是服从开普勒定律的。

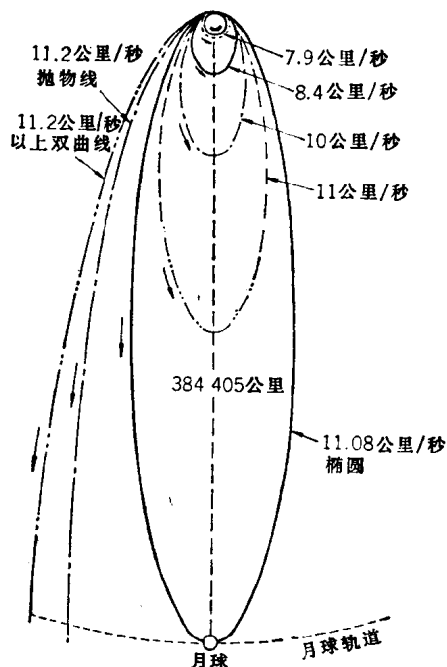


图2-2 由于初始速度不同而引起轨道的变化

§ 2-3 周期和摄动

根据开普勒定律, 卫星在近地点附近速度快, 在远地点附近速度慢, 见图 2-3。单位时间内, 卫星与地心的连线 (向径) 所扫过的扇形面积是恒定的, 因此, 在圆轨道上运行时, 卫星的速度不变。

卫星沿轨道运行一周所需要的时间称为周期。椭圆轨道的周期与椭圆半长轴的二分之三次方成比例。

半长轴等于地心到近地点和地心到远地点两个距离的平均值。由此可见, 只要半长轴相同, 不管轨道是椭圆还是圆, 其周期都是一样的。又假如地球是一个真正的均质球体, 周围没有大气

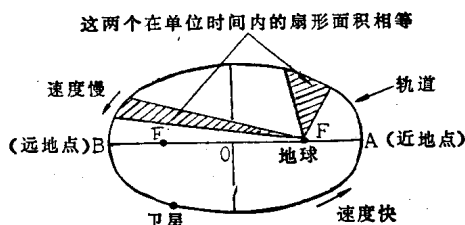


图 2-3 由开普勒定律决定的卫星速度

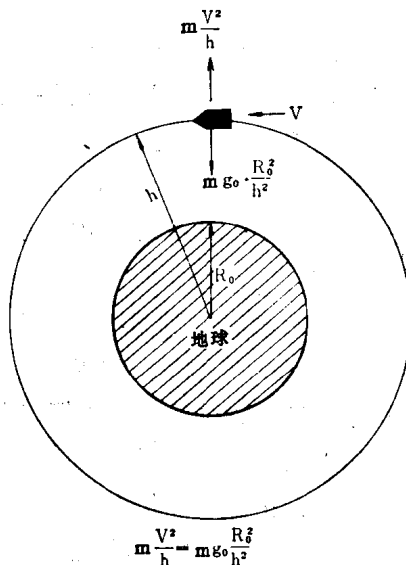


图 2-4 人造卫星沿着近地轨道飞行而不落下的条件

层, 那么轨道的形状和方向就永远不变。由于地球实际上并不是一个理想的球体, 周围又有大气层包围着, 另外, 太阳对卫星有辐射压力, 太阳和月球对卫星有引力等, 在这些复杂的因素的影响下, 卫星轨道不可能是纯粹的椭圆轨道。卫星轨道的形状和方向实际上在逐渐地变化, 这种变化叫做摄动。

在圆轨道上运行的卫星, 地球引力和卫星绕地球运行时的离心力正好相等, 如图 2-4 所示。设卫星的质量为 m , 卫星的速度为 V , 从地球中心到卫星的距离为 h , 则离心力就是 $m \frac{V^2}{h}$ 。又设地球半径为 R_0 , 地球表面的引力为 mg_0 , 则在离地心距离为 h 处的引力就为 $mg_0 \frac{R_0^2}{h^2}$ 。

根据离心力同地球引力相等的方程式, 可求得卫星沿圆轨道运行的速度 $V = \sqrt{g_0 \frac{R_0^2}{h}}$ 。

地球表面的重力加速度平均值取 9.8 米/秒^2 , 由人造卫星测定的赤道上地球半径为 6378.16 公里, 假设地球半径取为 6400 公里, 卫星是贴近地面飞行, 也就是离地面的高度为 0 公里, 即 $h \approx R_0$, 那么, 可求出卫星的速度 V 等于 7.91 公里/秒。这就是我们前面所讲的第一宇宙速度。

卫星绕地球一周所需要的时间, 即周期用 $T = \frac{2\pi h}{V}$ 表示, 贴近地面的轨道的周期为 1 小时 24 分钟。

表 2-1 列出圆轨道卫星的高度与周期的关系。如果是椭圆轨道, 那么, 就要取椭圆轨道的远地点高度和近地点高度的平均值作为高度, 就能直接利用表 2-1 来查出椭圆轨道的

表2-1 圆轨道的高度与速度、周期的关系

高 度 (公里)	速 度 (米/秒)	周 期
100	7849	1 小时 26 分 19 秒
200	7789	1 28 20
300	7730	1 30 21
500	7617	1 34 27
1000	7354	1 44 57
3000	6522	2 30 27
5000	5921	3 21 6
10000	4935	5 47 24
30000	3311	19 10 28
35790	3107	23 56 4
40000	2931	27 36 13
50000	2659	36 59 53
80000	2148	70 10 13

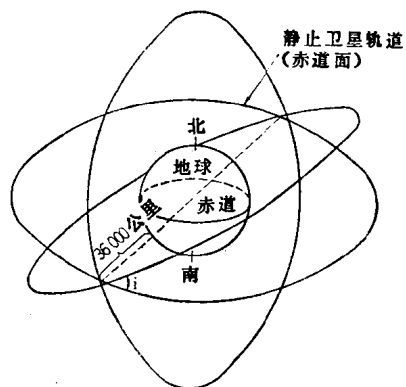


图2-5 周期为24小时的圆轨道

周期。从表中可以看出，卫星的高度越高，地球引力就越小，相应地离心力也变小，所以卫星速度变慢，周期变长。

如果我们希望卫星在圆轨道上围绕地球转一周的时间正好是 24 小时，那么，卫星离地球中心的距离应该是 42000 公里，也就是离地面的高度约为 36000 公里。

高度为 36000 公里的圆轨道，不一定是静止卫星轨道。如图 2-5 所示，周期为 24 小时的圆轨道可以有很多，静止卫星轨道只是其中的一种。

§ 2-4 静止卫星轨道

在人造卫星出现的初期，有人想，假如能在日本上空发射一颗固定不动的卫星，那么，这颗卫星就能充分利用，但是，这是不可能的。因为根据开普勒定律，卫星是沿着以地心为中心的圆轨道或者以地心为焦点的椭圆轨道上运动着的，再加上地球也在自转，所以卫星不可能静止在日本上空。

虽然卫星静止在日本上空是不可能的，但是，我们选择适当的轨道，使卫星在每个星期的同一天、同一时刻经过同一位置则是可能的，不过用这种卫星进行广播就得发射许多颗。接收时，必须一颗接一颗地进行切换，因此，使用起来是很不方便的。

当两个地面站同时都能看到卫星时，就能利用卫星相互通信。如果地面站的天线捕获卫星以后能随卫星移动同步地旋转，那么，不仅可以利用静止卫星，而且可以用在圆轨道或椭圆轨道上飞行的移动式卫星来进行通信。

但是，在广播卫星的地面接收天线上装设旋转机构，会使接收设备复杂化，成本高。所以，广播卫星只能利用静止卫星。当广播卫星静止不动时，接收卫星广播的天线，就可以象接收地面上的无线电广播一样固定地装在屋顶上。

广播卫星使用的静止卫星轨道是一种离地面高度约 36000 公里的圆轨道，其轨道面就是赤道平面。也就是卫星在赤道上空，卫星轨道周期与地球自转周期相同，旋转方向也相同。这样，从地面上看，卫星好象静止在天空的某一地方不动似的。这样的卫星称为静止卫星；这样的轨道叫做静止卫星轨道。当然，即使轨道在赤道平面内是 36000 公里高度的圆轨道，如果卫星与地球自转反方向运行，那么，也不会成为静止卫星。卫星与地球自转反方向运行的轨道称为逆行轨道。

另一方面，即使卫星运行的方向同地球自转方向一致，若是轨道半径偏小，卫星的轨

道周期就不到 24 小时，于是卫星就会逐渐向东漂移。相反，要是轨道半径大了，卫星就会向西漂移。

假如静止卫星轨道不是真正的圆形，而是有点椭圆形，这样轨道的半径在一天当中，有时大有时小，那么，卫星在一天中，有时向东漂移，有时向西漂移。

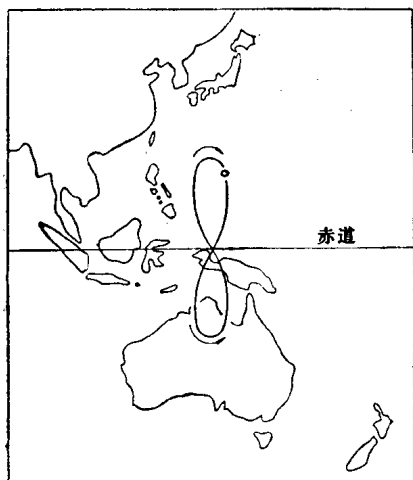


图2-6 高度与静止卫星轨道相同，但轨道面倾斜的卫星轨道地面轨迹呈“8”字形

假设静止卫星的轨道平面与地球的赤道平面不重合，卫星在一天当中就会南北漂移。这是因为当轨道面成倾斜时，尽管轨道是真正的圆形，但是投影到赤道面内的角速度却是以 12 小时为周期地变化着。因此，卫星在地面的轨迹如图 2-6 所示的细长“8”字形。

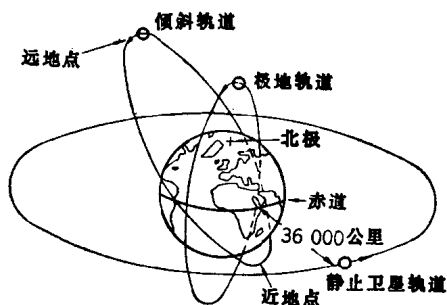


图2-7 卫星的轨道

当然并不是说，凡人造卫星都要送入静止卫星轨道上。根据卫星用途的不同，移动式的圆轨道或椭圆轨道有时可能更好。例如，对于科学卫星来说，轨道平面相对于赤道平面希望有一个倾斜角。又如，气象卫星是利用地球自转来观测整个地球表面的气象状况的，最好采用飞越南北两极上空的轨道，也就是轨道平面与赤道成直角。这样的轨道称为极地轨道，见图 2-7。

例如，苏联由于处在高纬度地区，因此，它的“闪电型”通信卫星就采用远地点在北半球的长椭圆轨道。这样，可使苏联在一天中有 8~10 个小时能看到这颗卫星。由于卫星在椭圆轨道上飞行，相对地面是移动的，所以地面站的接收天线必须不断地旋转，以跟踪卫星。

苏联利用“闪电型”卫星，向它国内约 37 个接收站分配节目。

§ 2-5 静止卫星轨道的有效利用

静止卫星轨道是赤道上空约 36000 公里高处的圆轨道，尽管这条轨道的圆周非常长，但是，由于连续不断地发射静止卫星，卫星的位置迟早会出现拥挤的现象。静止卫星的位置只能在唯一的这条静止轨道上，因此，即使不考虑卫星在空间位置上的矛盾，假如卫星过于接近，也存在相邻卫星间的电波干扰问题。这就是从地面向卫星发射电波，它附近的卫星就会接收到，从而产生干扰。

为了避免干扰，其办法是使人造卫星之间的间隔宽些，或者使用不同的频率，同时地面发射天线的直径要做得大些，使电波波束很窄。

反之，如果广播卫星在天上靠得很近，地面接收天线受到同样影响，也会发生电波相