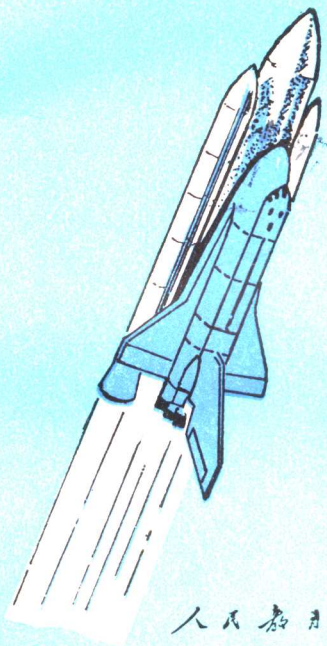


中学生课外读物



# 太空飞行及运载火箭

谢 础



人民教育出版社

中学生课外读物  
现代科学技术丛书

# 太空飞行及运载火箭

谢 础 著

人 民 教 育 出 版 社

在太空飞行，这是人类古老的幻想，充满着引人入胜的神话色彩，而它竟在二十世纪变成了现实！这是现代科学技术最伟大的成就之一，为人类的未来开创着无限广阔的前景，正吸引着千千万万有知识有理想的青年为它的进一步发展倾注智慧和力量。

本书就太空飞行的意义、原理、发展的历史和现状，做了系统而生动的介绍，并附有大量插图（这些插图是秦菁、博智绘制的），内容包括：太空飞行的环境、运载火箭的原理和应用、人造地球卫星的轨道、科学研究卫星、通信卫星、气象卫星等。可供对火箭、人造卫星和航天有兴趣的高中学生和具有中等文化程度的一般青年阅读，也可供中学教师参考。

中学生课外读物

现代科学技术丛书

## 太空飞行及运载火箭

谢 础 著

\*

人民教育出版社 版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社 印刷厂 印装

\*

开本 787×1092 1/32 印张 5 字数 100,000

1985年5月第1版 1986年4月第1次印刷

印数 1—4500

书号 7012·0952 定价 0.65元

《现代科学技术丛书》

物理学科编委会

主编： 王殖东

编委： （按姓氏笔划为序）

王殖东 祁有龙 吕如榆

刘佑昌 张元仲 聂玉昕

唐孝威 郭奕玲

## 目 录

一、 绪论 .....	1
(一) 我国第一颗人造地球卫星 .....	1
(二) 发展空间技术的良好开端 .....	4
(三) 太空飞行需要各门学科的支持 .....	7
二、 太空飞行的环境 .....	9
(一) 人类对宇宙认识的发展 .....	9
(二) 哥白尼和太阳系的星体 .....	10
(三) 万有引力和宇宙速度 .....	13
(四) 太阳系·银河系·河外星系 .....	18
(五) 恒星际飞行的理想和现实 .....	20
(六) 哪里是进入太空的边界? .....	23
(七) 大气层的结构与外层空间的环境 .....	26
三、 运载火箭的原理和应用 .....	30
(一) 反作用力和火箭推进 .....	30
(二) 火箭历史的简短回顾 .....	33
(三) 液体火箭的结构和质量比 .....	38
(四) 固体火箭的发展和比冲 .....	42
(五) 最大速度和多级火箭 .....	47
(六) 有效载荷与火箭推力 .....	53
(七) 实用空间运载火箭的举例 .....	59
(八) 原子火箭的原理和应用 .....	64
(九) 电火箭与星际交通 .....	69

四、	人造地球卫星的轨道 .....	75
	(一) 卫星的环绕速度与周期 .....	75
	(二) 人造地球卫星的寿命 .....	77
	(三) 卫星轨道的形状和倾角 .....	79
五、	科学研究卫星 .....	84
	(一) 早期的科研卫星 .....	84
	(二) 形状、结构与材料 .....	86
	(三) 地球周围辐射带的发现 .....	90
	(四) 轨道天文观测卫星 .....	93
	(五) 轨道太阳观测卫星 .....	97
六、	通信卫星 .....	102
	(一) 短波通信和微波通信 .....	102
	(二) 通信卫星的发展 .....	108
	(三) 国际通信卫星 .....	113
	(四) 卫星通信的地面站 .....	120
	(五) 毫米波和直接广播电视 .....	123
七、	气象卫星 .....	129
	(一) 天气预报的准确度 .....	129
	(二) 从物候观测到气象卫星 .....	130
	(三) 气象卫星的优越性在哪里? .....	134
	(四) 气象卫星的发展 .....	138
	(五) 第一代实用业务气象卫星 .....	141
	(六) 第二代实用业务气象卫星 .....	143
	(七) 探测技术与同步卫星 .....	146
八、	结束语 .....	151

## 一、绪 论

### (一) 我国第一颗人造地球卫星

尽管人类太空飞行的理想源远流长，但是人类征服宇宙的事业，却只有短短二三十年的历史。

1970年4月24日，我国成功地发射了第一颗人造地球卫星（图1）。这颗卫星重173公斤，外形为多面体球形，它

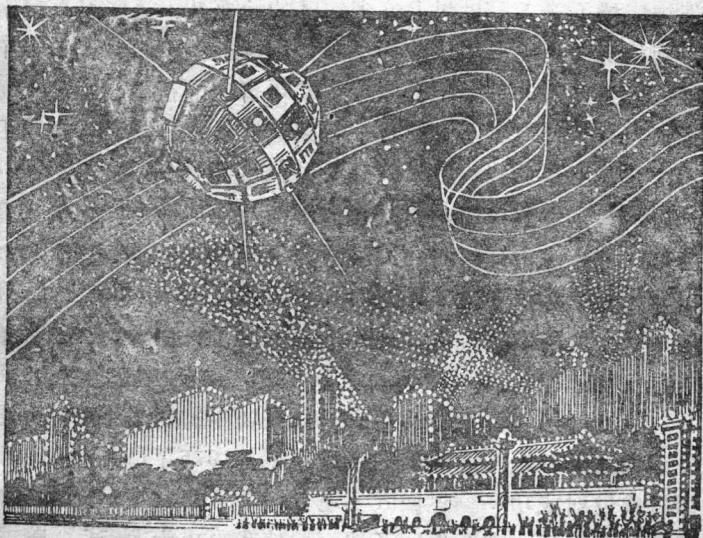


图 1

的运行轨道距地球最近点为439公里，最远点为2384公里，

轨道平面和地球赤道平面的夹角为 $68.5^\circ$ ，绕地球运行一周时间为114分钟。

我国第一颗卫星进入预定轨道以后，运行情况良好，各种仪器工作正常。卫星上的短波无线电发讯机，用20.009兆周（即兆赫）的频率，循环播送《东方红》乐曲和遥测讯号，乐曲声清晰嘹亮。播出的乐曲和遥测讯号每分钟循环一次：首先以40秒的时间连续播送两遍《东方红》乐曲，间隔5秒钟以后，播发遥测讯号10秒钟，又间隔5秒钟，进入另一个循环。卫星上的遥测仪器向地面发回了各种数据。中央人民广播电台在我国第一颗人造地球卫星上天之后，曾把卫星上播发的《东方红》乐曲和遥测讯号加以收录，向国内外连续广播了三天。世界上许多地区的地面站，还曾经直接收听到从卫星上发出的乐曲和讯号。中国卫星飞长空，宣告中国人民从此加入了人类征服宇宙宏伟事业的行列。

接着，1971年3月3日，我国又发射了一颗科学实验卫星。这颗卫星重221公斤，它的运行轨道距地球最近点为266公里，最远点为1826公里，轨道平面与地球赤道平面的夹角为 $69.9^\circ$ ，绕地球运行一周时间为106分钟。卫星上的无线电发报机，在卫星进入预定轨道之后，用20.009兆周和19.995兆周的频率，成功地向地面发回了各项科学实验数据。

从1970年4月到1985年底，只有15年的功夫，我国已经先后发射了17颗不同用途的人造卫星。1975年11月26日，我国首次发射成功一颗返回式卫星（图2）。它在完成预定的试验任务之后，安全返回了地面，使我国成为继苏、美之后，世界上第三个掌握卫星回收技术的国家。卫星回收技术相当复杂，它对于回收太空摄影的胶卷和资料，发展侦察卫



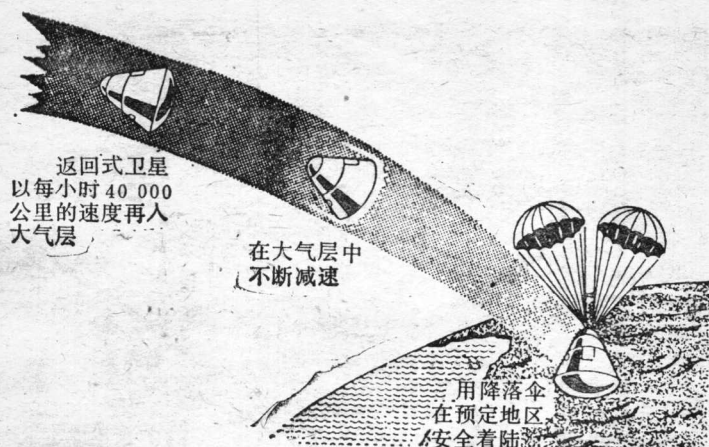


图 2 返回式卫星回收示意图

星，以及进一步发展载人空间飞行，都具有重要意义。

1981年9月20日，我国首次用一枚大型运载火箭，把三颗不同用途的空间物理探测卫星，送上了环绕地球运行的轨道（图3是其中一颗卫星的外形），成为世界上第四个掌握“一箭多星”发射技术的国家。

1984年4月8日，我国成功地发射了一颗试验通信卫星。这颗卫星于同年4月16日18时27分57秒，成功地定点于东经125度赤道上空的地球同步轨道，距离地面约35860公里。星上仪器设备工作良好，通信、广播和电视传输等试验进行正常。这颗试验通信卫星的发射成功，标志着我国空间技术有了新的飞跃，卫星通信技术接近世界先进水平。目前，世界上有170多个国家和地区使用卫星通信技术，但是能够用本国研制的空间运载火箭，掌握发射同步轨道卫星复杂技术的国家，除中国以外，也只有美国、苏联、日本和欧洲空间局四家。

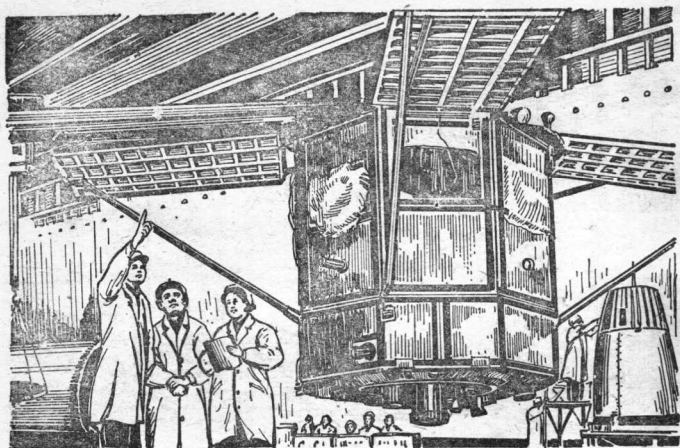


图 3

## (二) 发展空间技术的良好开端

我国第一颗人造卫星和随后一系列卫星发射的成功，是我国发展空间技术的良好开端。它为中国人民参与人类太空开发事业，让太空为祖国四化建设服务，奠定了坚实的基础。

所谓空间技术，是指利用运载工具把各种飞行器送出地球，到宇宙空间飞行的技术。在现阶段，它主要包括环绕地球轨道的飞行，往返月球的飞行，以及探测太阳系内其他行星的飞行。人类离开太阳系到遥远的其他星系去，则是目前的科学技术水平暂时做不到的事情，有待将来去完成。所有上述的空间飞行，都要穿出地球的稠密大气层，因此现在也有人把这类飞行概括称之为“航天”，以便把它们同大气层内的“航空”区别开来。

世界上第一颗人造地球卫星，是由苏联发射成功的。1957年10月4日，苏联从位于中亚细亚卡拉沙漠地带的拜科努尔宇宙发射场，用多级运载火箭将一颗直径58厘米的球形人造卫星，射入环绕地球运行的轨道（图4）。

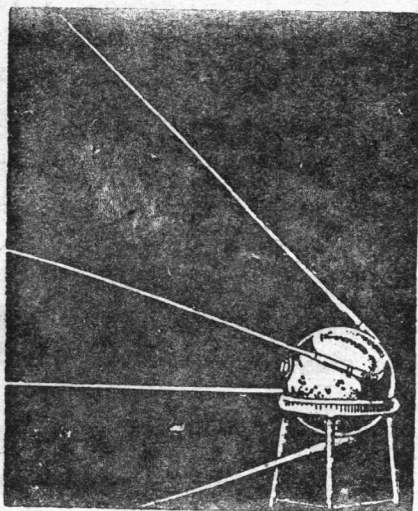


图 4

世界第一颗卫星重83.6公斤，外壳由铝合金制造，被命名为“旅伴一号”。星内装有无线电发报机和化学电池，另有四根向侧后方伸出的鞭状天线，能不断发出无线电信号。

紧接着苏联之后，1958年2月1日，美国从濒临大西洋的卡纳维拉尔角（今改名肯尼迪角）空间发射场，用多级运载火箭将一颗重8.16公斤的圆柱形卫星送上了环绕地球运行的轨道。

由于人造地球卫星对于科学研究，发展国民经济和军事方面的重要性日见明显，世界上许多国家都投入巨大的人力

物力，研制和发射自己的人造地球卫星。

人造地球卫星需要由运载火箭送入环绕地球的轨道。发射卫星所使用的运载火箭都是多级火箭，它们大多由各国现有的洲际导弹或中程导弹所使用的火箭为基础，进行适当的改装，用来发射人造卫星。也有的是采用专门研制的空间运载火箭进行发射。所以，火箭技术的发展，是发展空间技术的先决条件。至于火箭功率究竟要多大，则要看它所运载的卫星有多重，以及卫星所要达到的轨道高度来决定。卫星的重量愈重，轨道离地面愈高，所需要的运载火箭动力也愈大。

有了运载火箭，并不等于就有卫星上天。现代的人造地球卫星本身，是一个极其复杂和精密的飞行器。要在重量有限、容积狭小的卫星里，巧妙地安装各种专门用途的仪器和设备，并且保证它们在宇宙空间恶劣的环境条件下，不畏严寒炎热，不怕强烈辐射，正常而可靠地工作，实在不是一件轻而易举的事情。据报道，国外有的大型人造地球卫星，研制周期要长达五、六年，而发射每一公斤卫星重量，所需要花费的资金，大约可购买20辆高级小轿车。由此可见发射的代价是相当高的。

在中国之前，有四个国家利用本国研制的火箭，独立地进行了本国卫星的发射。它们是：苏联、美国、法国和日本。值得一提的是，中国卫星虽然比他们上天时间晚，但是重量却比较大。中国第一颗人造地球卫星的重量，相当于在我国发射以前的四个国家第一颗卫星重量的总和。具体比较可参阅下页的表：

从1957年发射第一颗人造地球卫星开始，到1983年年底为止，世界各国发射成功的各种人造卫星、宇宙飞船和星际探测器，总数已达3072个。其中苏联发射的占62%，美国发

射的占32%，中国发射的占0.5%，其他国家和组织发射的占5.5%。

表 1. 五个国家第一颗卫星比较

	中 国	苏 联	美 国	法 国	日 本
发射日期	1970.4.24	1957.10.4	1958.2.1	1965.11.26	1970.2.11
重量（公斤）	173	83.6	13.97*	40	38*

\*注：包括最后一级运载火箭壳体在内的重量。美国卫星本身只重8.16公斤。

### （三）太空飞行需要各门学科的支持

人类飞往宇宙的古老愿望，只到近二三十年才得以实现，其原因是不难理解的。

太空飞行是一门高度复杂的综合科学技术，它必须综合利用一系列现代科学技术的最新成果。例如运载火箭的设计和卫星轨道计算中的许多复杂问题，用人工或电动计算机计算都无法完成；只有依靠电子计算机的帮助，才能顺利地解决。再如现代空间运载火箭的推进剂，特别是发射同步轨道卫星用的高能火箭动力，需要使用液态氢和液态氧。而氢和氧都是气体，它们在临界温度以下，即分别在零下240和零下119摄氏度才能压缩成液态。如果没有现代低温技术的发展，使液氢技术从实验室试制过渡到工业生产，那么今天的同步轨道通信卫星就很难发射成功。

还有象太空飞行器上使用相当广泛的高分子材料，也是在第二次世界大战之后，随着高分子化学和石油工业的发展，才有可能得到。高分子材料的品种很多，象高强度复合

材料、高绝缘材料、耐辐射材料、烧蚀材料、绝热材料、密封材料、以及各种塑料、橡胶、纤维、涂料和粘合剂等，都是保证飞行器安全上天所不可缺少的。

无论卫星、飞船或星际探测器的发射，都需要规模宏大的跟踪、遥测、通信和指挥系统。没有现代电子技术、计算技术和通信技术的发展，很难想象太空飞行事业能够达到今天的水平。

仅仅从以上涉及物理、化学和数学的一些简单例子，就不难看出太空飞行需要各门科学技术和工业基础作后盾；空间技术的发展水平，已被认为是一个国家科学技术和经济发展成就的重要标志。太空飞行需要花费巨额投资，动用大量人力物力资源；但是另一方面，太空飞行事业也能够给地球上人类的生活，带来很大的利益，在国防建设上也是不可缺少的重要方面。

从发展空间技术的角度来说，基本上可以包括太空运载技术和各种太空飞行器技术两个大方面。太空运载技术是解决如何上天的问题，目前主要指发展运载火箭的技术；太空飞行器技术是解决了上天以后干什么的问题，目前主要是指研制各种用途的应用卫星。下面就分别地来论述一下这些问题。同时，还要介绍与此密切有关的太空环境和基础知识。

## 二、太空飞行的环境

### (一) 人类对宇宙认识的发展

太空飞行既然是以广漠无垠的宇宙为其活动的舞台，那么宇宙空间的情况是怎样的，我们的地球在宇宙中又处于什么位置呢？在介绍运载火箭和太空飞行本题之前，让我们先就宇宙的构造，天体的运行，地球和其他星体的关系等天文学的有关知识，作一梗概的叙述。人类历史上对这个问题的认识，是逐步发展的；在这个领域内，唯物主义与唯心主义，辩证法与形而上学两种根本对立的宇宙观，经历着长期尖锐的斗争。

远在原始社会时期，为了农业生产的需要，人们已经开始观测天象。神秘的日食，明月的盈缺，繁星闪烁的星空随着季节变化而缓缓改观，转瞬即逝的流星在暗夜里划破长空……这一切宇宙中的奇妙景象，都引起人们强烈的关心。天文学因之成为一门最古老的科学。天文观测所作出的最早也是最重要的贡献之一，是帮助人们确定最适宜的播种和收获时间，制定历法。例如我国古代劳动人民所总结出的一年二十四个节气，至今还是农业生产中安排春耕、夏耘、秋收、冬藏四季劳动的重要依据。

通过天文观测，古人很早就发现了天空中有七个游动着的星辰。这就是太阳系里的日、月、火、水、木、金、土诸星。一星期七天的制度，据说就是在公元前很久按此七星的名字创

立的。

从表面现象来看，不论是一望无际的田野，还是重峰迭峦的群山，大地似乎永远一动也不动，只有日月星辰周而复始地环绕大地运行。古人起初被这种直观的感觉所蒙蔽，相信地球居于宇宙的中心。公元二世纪，生于埃及的古希腊天文学家托勒密提出的“地球中心说”，便是这种看法的代表。这种学说符合宗教神学的需要，封建贵族、教皇、僧侣可以借此欺骗和愚弄广大群众，因此在长达十几个世纪的时间内，他们拚命维护这种唯心主义的宇宙认识，残酷地镇压敢于追求真理的人们。

但是，真理终究是封锁不住的。随着社会生产的发展，特别是海外贸易、航海事业的发展，推动人们对天象作更精确的观测，从而愈来愈发现地球中心说的荒谬。十六世纪波兰伟大的天文学家哥白尼，根据长期的天文研究，终于勇敢地站出来向传统的错误挑战。他在晚年发表了《天体运行》一书，创立了“太阳中心说”，说明地球一面自转，一面和其他行星一道围绕太阳运行，从而推翻了地球不动的学说，戳穿了所谓上帝创造世界的虚伪说教。

## (二) 哥白尼和太阳系的星体

哥白尼之前，已出现地动说的假设。只有哥白尼，才在总结前人正确观点的基础上，通过毕生严谨的科学研究，证明了这种假设是正确的。他的学说，不但推动了天文学的继续发展，而且对于当时人们的宇宙观，也有很大的影响，“从此以后，自然科学基本上从宗教下面解放出来了。”<sup>①</sup>

<sup>①</sup> 恩格斯《自然辩证法》，《马克思恩格斯全集》第20卷，第534页。



哥白尼在批判托勒密的“地球中心说”时指出：托勒密的错误，在于没有区别事物的现象和本质。地球在宇宙中不停地运动，可是由于我们居住在地球上，却感觉不到地球的运动，误认为是日月星辰在围绕地球旋转，每天从东方升起，到西方落下。这种情况有如我们乘船，往往只感到两岸在后退，而不感到船体在前进。由此，哥白尼认为，单纯的感觉经验是不够的，必须通过去伪存真、由表及里的分析比较，才能透过现象看到本质，认识客观事物的真正规律。他的这些观点，是符合唯物主义的。

毛泽东同志说：“正确的东西，好的东西，人们一开始常常不承认它们是香花，反而把它们看作毒草。哥白尼关于太阳系的学说，达尔文的进化论，都曾经被看作是错误的东西，都曾经经历艰苦的斗争。”<sup>①</sup>由于哥白尼的学说，打中了唯心主义宇宙观的要害，因此自它问世之日起，就被宗教反动势力目为“异端邪说”，受到他们极大的仇视。在宗教势力的残酷镇压下，他的书被焚毁，宣传他的学说的人有的被活活烧死。但是，通过不断的斗争，正确的宇宙观念，终于取得胜利并继续发展。

今天我们已经知道，太阳系包括：一颗恒星，即太阳；九颗大行星，即水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星，它们都在不同的轨道上环绕太阳旋转（图5）；行星还有卫星，其中包括月球。此外，太阳系里还有许多小行星、彗星和流星群。以上都是自然天体。从1957年第一颗人造卫星上天以后，太阳系里又增添了许多人造天体。据统计，从1957年10月人类第一颗人造卫星上

<sup>①</sup> 《关于正确处理人民内部矛盾的问题》，《毛主席的五篇哲学著作》，第165页。