

KIE XUE CONG SHU

中国科学院新世纪(科学丛书) 主编 何远光



我也可以上天吗

睦璞如 著

★ 从△△说起
★ 离开地球 飞向太空
★ 多级火箭的应用
★ 我也可以上天



1

— 内蒙古大学出版社 —

责任编辑: 张 志

封面设计: 徐敬东

图书在版编目(CIP)数据

我也可以上天吗/陆璞如著. -呼和浩特:

内蒙古大学出版社, 1999.9

(新世纪《科学丛书》/何远光主编)

ISBN 7-81074-022-9

I. 我… II. 陆… III. 航天-技术-普及读物

IV. VI-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 60705 号

顾 问

王大珩 院士

王佛松 院士

张广学 院士

王绶琯 院士

郭慕孙 院士

严陆光 院士

编 委

关定华 研究员

胡亚东 研究员

陈树楷 教授

周家斌 研究员

刘 金 高级工程师

何远光 高级工程师

史耀远 研究员

我也可以上天吗

陆璞如 著

内蒙古大学出版社出版发行

内蒙古瑞德教育印务股份

有限公司呼和浩特市印刷

内蒙古新华书店经销

开本: 850 × 1168/32 印张: 0.5 字数: 12 千

2000 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

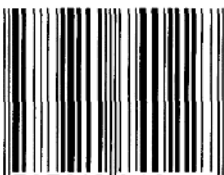
印数: 1-11000 册

ISBN 7-81074-022-9/N · 1

本书编号: 1-05

全套 50 册 定价: 50.00 元 (分册 1 元)

ISBN 7-81074-022-9



9 787810 740227 >



睦璞如,中国科学院空间科学和应用研究中心研究员、教授。退休前曾任空间中心总工程师,被选为中国宇航学会理事及其空间运载专业委员会副主任、中国空间科学学会常务理事及空间探测专业委员会副主任,以及中国航空学会、中国自然灾害防御协会理事等,长期从事飞行器结构力学研究,负责过导弹和卫星总体设计和研制工作,并热心于科普和青少年教育事业。

目 录

崇尚科学(序)	(1)
崇敬和向往	(2)
多大的速度才能离开地球	(3)
几位伟大的理论探索和实践家	(4)
歪打正着——从 V-2 说起	(5)
轻装前进和接力赛跑—— 多级火箭的应用	(6)
离开地球 飞向太空	(9)
人终于上了天	(11)
上天也要不断改善交通条件	(14)
不仅上天,还得长期居住	(15)
结束语——我也能上天	(17)

崇尚科学

——寄语青少年

江总书记在党的十五大报告中号召我们“努力提高科技水平，普及科技知识，引导人们树立科学精神，掌握科学方法”。面向 21 世纪，我们要实现科教兴国的战略目标，就是要大力普及科技知识，提高国人的科学文化素质。特别是对广大的青少年，他们正处于宇宙观、世界观、人生观、价值观的形成时期，对他们进行学科学、爱科学、尊重科学的教育，进而树立一种科学的思想和科学精神，学习科学方法对他们的一生将产生重大的影响，同时也是教育和科学工作者的重要任务之一。

由中国科学院和内蒙古大学出版社共同编纂出版的“科学丛书”就是基于上述思想而开发的一项旨在提高青少年科学文化素质，促进素质教育的科普工程。该“丛书”具有以下三大特色。

买得起：丛书每辑 50 册，每册一元。

读得懂：每册以小专题的形式，用浅显的表达方式，通俗易懂的语言，讲述各种创造发明成果的历程，剖析自然现象，揭示自然科学的奥秘，探索科技发展的未来。

读得完：每册字数万余字，配以相应的插图，一般不难读完。

我们的目的就是要通过科普知识的宣传，使广大青少年在获得科技知识、拓展知识面、提高综合素质的同时，能够逐步树立起科学的思想科学的精神，掌握科学方法，成为迎接新世纪的优秀人才。

最后，真诚地祝愿你们——

读科学丛书，创优秀成绩，树科学精神，做创新人才。

中国科学院 卢佩群

崇敬和向往

这是一个壮观和虔诚的场面，一群蓬头垢面、赤身裸体的人，面对着上升的明月或下落的太阳，在大声祷告着，祈求天上的神保佑和赐福。这是发生在若干万年以前很普遍的现象，而且延续到近代仍未绝迹。人自有意识起，当他的命运还完全受自然主宰时，对自然的各种现象在不可理解前必然产生恐惧和崇拜，而一切的自然现象都似乎与天有不可分割的联系。这样对至高无上的、深邃莫测的天也必然产生了最高的崇敬。那里是最伟大的、主管凡间一切的神居住的地方，也是地球上最善良的人最幸福的归宿——天堂。这是世界各地的普遍现象，至于我们炎黄子孙的先民们是怎样的呢？在有文字记载前便存在一个崇敬上天的传统。到春秋战国时，已经把天摆在一切崇敬对象的首位，把天作为有感情、有思想的实体，并把它人格化。“天人合一”的思想或许最能体现这种思想的哲学总结。在这种思想的指导下，统治的帝王们把自己奉为天子，造反叛逆者要说成是“替天行道”，都是以天的权威慑服百姓，而普通老百姓往往把天作为自己祈望的最终归宿——升天。炎黄子孙终究是个务实的民族，所以孔老夫子才会发出“天何言哉”的感慨——你们把一切都说成天意，其实天有什么可说的呢？平民百姓在崇敬天的同时，又喜欢以中国式的幽默和天上或从天上派来的神开个小玩笑。所以灶神爷上天汇报时免不了要让糖饴粘住嘴开口不得——不要乱讲话；《西游记》里一个小小的猴子便将天上众神搞得不可开交而显得愚腐和无能。中国人还普遍相信“人定胜天”的思想，“羿射九日”的神话就是一例。但是他的夫人嫦娥却背弃他出奔月宫，羿只有愤怒而已，这又反映了人们对升天的希望和无奈。

对这个高深莫测的伟大的天所产生的遐想，为伟大的诗人、文学家提供了不朽的素材，也为科学家提供了科学探索的动力。

大家都想上天：有人想进天堂以求长生；有人想探索个究竟，以增加人类的认识或增加人类活动的领域。几千年来人们在不停地幻想着、思索着……

多大的速度才能离开地球

其实上天并不难,只要能达到一定的速度便能飞离地球。那么要多大的速度才能克服地球的引力而飞离地球或向更遥远的宇宙空间飞行呢?我们不妨以图1为例来进行简单的说明:有一门大炮在一个高台上水平地发射炮弹,当炮弹的出口速度达到某一速度值 v_e 时,便会环绕地球飞行而不落回地面;速度大于 v_e 时,便会挣脱地球的引力离地球而去。这个速度 v_e 便称为逃逸速度,也称第一宇宙速度。

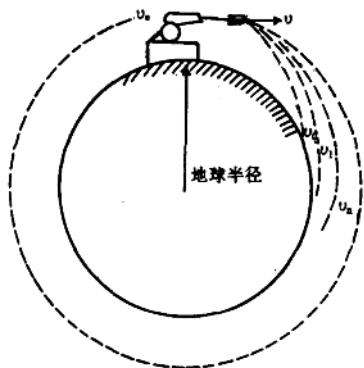


图1 第一宇宙速度

v_e 的值可以用很简单的离心加速度的公式得到(图2):

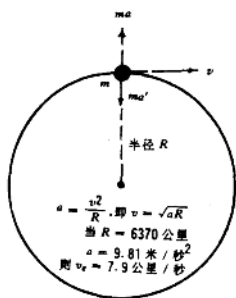


图2 第一宇宙速度的推导过程

$$a = \frac{V^2}{R}$$

从此公式便可得:

$$V = \sqrt{Ra}$$

当公式中 $a = g$ 时,也就是圆周运动的物体产生的离心加速度和地球重力加速度相等时,飞行体便不会落向地面,所以:

$$V_e = \sqrt{R_{\text{地}} \cdot g} = 7.9 \text{ 公里/秒}$$

达到并一直保持这个速度便能绕地球飞行成为地球的卫星,超过这个速度便会飞离地球。当速度进一步加大,达到 11.2 公里/秒时

便能离开绕地球飞行的轨道飞向太阳,并成为绕太阳运行的飞行器(就像太阳的行星一样),这个速度称第二宇宙速度。如速度再进一步增加,达到相对地心 16.6 公里/秒时,便可从地球飞向太阳,并在太阳引力的作用下沿双曲线轨迹飞离太阳系而飞向更广阔的宇宙。这个速度便是第三宇宙速度。

那么,怎样才能获得这样巨大的速度,并在工程上加以实现呢?

几位伟大的理论探索和实践家

气球、飞艇都可以在空中漂浮,也能慢速地短距离飞行,但它们必须依赖大气的浮力。喷气发动机出现以后,飞机速度越来越快,飞行高度也日益增大,但传统的飞机仍要依靠机翼在大气中产生的升力飞行,而目前的技术还不可能使飞行速度达到第一宇宙速度,且相差甚远。

然而,甚至在五百多年以前便有人想到了火箭。

我国是拥有四大发明的文明古国,最早制成的原始的火箭也出现在中国。这就是一直流传到现在的爆竹的一种——水流星,它具有现代火箭的主要特征的雏形——有喷嘴、稳定翼,甚至有集束式的助推器。受此影响,第一个想到并亲身实践利用火箭上天的人也是我们炎黄子孙,他就是生活在五百多年前的万户。他用 47 枚大爆竹绑在椅子上,自己也用绳子捆在椅子上,然后点燃爆竹,企图以此升空。当然结果是不难设想的,随着一声巨响,灰飞烟灭,飞行失败了,万户也牺牲了。虽然这种做法在今天看起来似乎很幼稚。但是这种敢于探索,勇于实践,并不惜以牺牲自己的生命去追求进步和发展的精神,正是整个人类得以发展的源泉。不冒险便不可能得真知,不冒险便不可能有进步。万户不愧为载人飞行第一人。世界上为了纪念这位勇敢的航天技术的探索者,把月球背面东方海附近的一个环形山命名为“万户火山口”。

后来,又经过了一段漫长的时间,火箭被人们用作武器。19 世纪末,伟大的俄国科学家齐奥科夫斯基(К. Э. Циолковский, 1857—1935)提出了可以利用火箭进行宇宙飞行的理论。由冲量守恒定律 $Ft = mv$ 推出的著名的齐奥科夫斯基公式便是以他的名字命名的,该公式为:

$$V = v \ln \frac{m_0}{m_k} \quad \text{或}$$

$$= v \ln \frac{M_0}{M_0 - M}$$

式中: V —— 火箭的速度, 米/秒

v —— 火箭发动机喷气速度, 米/秒

M_0 —— 火箭的起飞重量, 包括火箭结构、推进剂、有效载荷的重量, 公斤

M —— 火箭推进剂在飞行中消耗的重量, 公斤

m_0, m —— 与 M_0, M 相对应的质量

这个公式是在忽略大气阻力的理想状态下取得的, 但它可以:

1. 反映发动机参数对飞行速度的影响。为了提高 V , 可以提高发动机的喷气速度 v , 喷气速度与发动机的设计水平和所用的燃料——推进剂的性能有关。目前采用不同的推进剂的火箭发动机可能达到的水平大致为: 固体——2400 米/秒, 液氧、煤油——2500 米/秒, N_2O_4 、偏二甲肼——2600 米/秒, 液氧、液氢——4500 米/秒;

2. 反映火箭结构的设计水平对飞行速度的影响。结构重量越小, 则 $M_0 - M$ 越小, 飞行速度越大, 因此要求尽可能使用新型材料和新工艺;

3. 反映有效载荷(作为导弹即弹头, 作为运载工具即卫星或飞船)重量和 V 的关系。

从以上三点可以看出, 要达到第一宇宙速度 V_1 , 必须提高发动机水平, 必须采用新材料、新工艺, 必须精心地设计, 在对空间飞行中的每一部分设计不仅要斤斤计较, 更要每克必争。

齐氏公式可以说为宇宙航行奠定了理论基础, 他还在多级火箭的应用及液氧、液氢作为推进剂等方面都提出了科学的阐述。由于他的功绩得到宇航界的尊敬, 俄罗斯称之为“宇航之父”。

歪打正着——从 V-2 说起

火箭技术很早便有了, 但长期以来停滞不前。这种局面到了第二次世界大战结束前却有了突破。当时纳粹德国为了突破英美的防空体系,

企图研制一种长距离、迅速突防、准确命中、杀伤力巨大的武器。在主要技术负责人布劳恩(Braun W. Van, 1912—1977)的主持下,于1942年终于研制出V-2火箭。V-2全长14米,直径1.65米,总重约15吨(其中结构重量3.99吨,推进剂8.96吨,弹头重1吨)。推进剂为75%纯度的酒精和液氧,推力为26.5吨,最大飞行速度为1.6公里/秒,最大射程320公里,最大飞行高度96公里,陀螺仪惯性导航,命中精度在5公里之内。

V-2从1942年底定型并投入批量生产,1944年9月6日首次投入使用,到1945年3月共发射了4300枚,对英国和荷兰造成严重的破坏。但是再先进的武器也挽救不了法西斯必将灭亡的命运,三个月后希特勒彻底失败。当时东西方都十分关注德国的两弹——原子弹和导弹的研制生产技术,美国和苏联都派出了有科学家参加的强大的专门搜索组。结果以布劳恩为首的大部分技术人员被美国收拢,苏联俘获了部分技术人员和大部分技术装备及资料。两国分别在此基础上发展自己的大型火箭技术。虽然中国走的是一条独立自主的发展道路,但是在我国研制的第一代导弹——东风一号上也能看到V-2的影子。

这是不是说,是战争促使了火箭技术的发展,是战争的需要无意中提供了宇航技术发展的条件呢?答案是肯定的。应该说像原子能和宇航技术这样庞大复杂的技术领域,在开始阶段如果没有像保卫国家安全这样迫切的需要是很难动员起那么大的的人力和物力的。但是不管怎么说,到后来这些技术又回过头来成为造福人类和科技进步的重要力量,像两弹的研究到今天为和平利用作出了重大贡献。可以毫不夸张地说,空间技术已经成为国民经济发展、科学技术进步和人们日常生活不可缺少的部分。没有空间技术就没有今天的信息产业,就是有缺陷的“现代化”,而且这种重要性随着科学技术的进步更明显地表现出来。

轻装前进和接力赛跑——多级火箭的应用

假如我们去爬山,除背上必要的装备外,还要带食物和水,一边前进一边用餐和饮水,剩下的空罐废瓶只有傻瓜才会背着,最好的办法是

立即扔掉轻装前进。在卫星和飞船的发射中也是如此。在飞出大气层的初始阶段便消耗掉大部分推进剂，贮箱已大部分空了，因此及时地把这些空的贮箱和大推力的发动机、卫星在大气层中飞行时的防护罩等都统统抛弃，靠上面一级的较小推力的发动机继续加速。如速度还不够，则把第二级也抛掉，用推力更小的发动机推动更小的载荷加速。这就是多级火箭的概念。这看起来就像轻装和接力赛跑。

前面介绍的齐奥科夫斯基公式中的 M_0 便包括了结构重量，如果在飞行中把这部分重量尽可能减少，并用小一些的推力加速。那么就可以解决目前技术水平还不能实现的一级推力一鼓作气入轨的难题。这就是齐奥科夫斯基提出的多级火箭应用的理论根据。这种多级火箭的示意图见图 3。

下面介绍几种有代表性的火箭—运载工具。

首先是我国的长征号运载火箭，这是我国空间飞行所用的运载火箭的型号系列，有长征 1、2、3，并且有由它们略加变动组合的变型。

长征 1 是三级运载火箭，长 29.45 米，直径 2.25 米，起飞重量为 81.6 吨，起飞推力为 112 吨。我国第一颗卫星——东方红一号便是由它发射的。

长征 2 是二级运载火箭，长 31.65 米，直径 3.35 米，第一、二级都是使用四氧化二氮、偏二甲肼推进剂的发动机，第一级四台，推力共 280 吨，第二级一台，推力为 70 吨，起飞重量为 191 吨。

长征 3 号是三级运载火箭（见图 4），第一、二级和长征 2 号相同，第三级为一台真空推力为 4.5 吨的液氧氢发动机，全长 43.25 米，直径

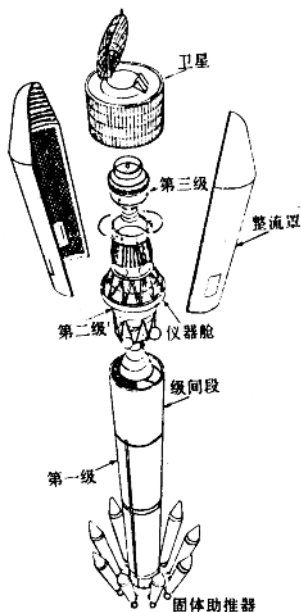


图 3 运载火箭的组成(带助推器)

3.35 米,起飞重量 202 吨,可以把 1.3 吨重的卫星送上高度为 36 000 公里的地球同步静止轨道。

还有一些改进型的运载工具,如长征 2E。这是在长征 2 的第一级上捆绑了四台固体推进剂的助推火箭,使起飞推力达到 600 吨,起飞重量达到 464 吨。

其次为美国的大力神系列运载工具,有多种组合如 3A、3B、3C、3D、34D 等等。基本组成为一级用 N_2O_4 、肼 50 为推进剂,起飞推力为 195 吨,二级与一级的推进剂相同,真空推力 4.6 吨。不同的组合重量和起飞重量都有不同,3C 型是在一级上再捆绑两个长 25.9 米,直径为 3.05 米,重约 200 吨的固体推进剂的助推器,这样总起飞推力达到 1070 吨,起飞重量达 635 吨,可以把 1.6 吨重的卫星送入地球同步静止轨道。

第三为东方号运载火箭。

这是前苏联为月球探测和载人飞行研制的运载火箭,是在卫星号运载火箭的基础上发展起来的,是典型的集束式运载火箭,第一级由 20 台主发动机和 12 台游动发动机捆绑而成。它分两种型号,一种是月球探测用,另一种载人飞行用。下面括号中的数据是月球探测用的运载火箭:第一级总推力 408 吨,起飞重 287 吨(279 吨),有效载荷 4.725 吨(0.278 吨),二级推力 96 吨,三级推力 5~5.6 吨,总长 38.36 米(33.5 米)。苏联用这种运载火箭发射了多枚月球探测器和载人飞船。

此外比较著名的运载火箭还有欧洲空间局的阿里安娜、日本的 N 运载火箭等都有较高的水平。

有了运载工具,人类便可以上天了。

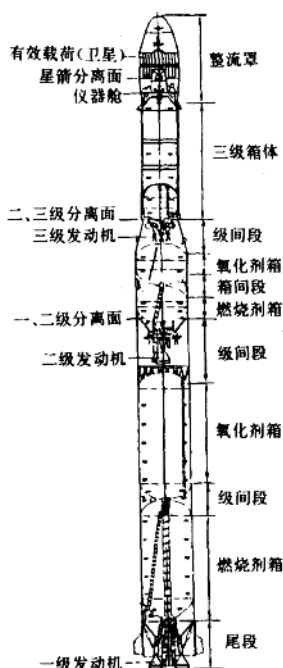


图 4 长征 3 号示意图

离开地球 飞向太空

有一些神话故事,比如孙悟空一个筋斗便上了天,何其轻松潇洒。几百年来,这些故事一直吸引了几乎全部孩子们的极大兴趣。其实只要依靠科学,上天是可能的,但并不轻松。把一个卫星或飞船送上天,是一项复杂的工程,要有成千上万的科学家、工程师、工人、战士等共同努力才能实现;要根据任务的需要设计卫星或飞船、设计轨道、选择运载工具,一丝不苟地制造和调试火箭和卫星的每一个零部件,进行各种地面模拟试验——振动、冲击、过载、真空、高低温、辐射等;在发射时,现场的组装、调试、指挥、测控,各个遥测站的测量和数据分析;等等。这是一个很庞大的、组织得非常严密的、按照周密的计划行动的综合工作集体,在任何细节上,任何一点微小的差错都可能会导致彻底失败。曾经有过由于有一根很短的头发丝掉在某个控制机构内造成误动作而导致发射失败,也有由于发动机阀门极微小的泄漏而导致爆炸的机毁人亡的事故。因为这种过程不像地面上发生故障可以修复,也不易中止后重新再来,所以要有十二万分的小心。

下面介绍几个典型的发射过程。

第一个例子是某些近地飞行的科学考察卫星以及资源考察和气象卫星等的发射过程(图5)。其步骤为:

1. 第一级发动机点火,如有助推器的则一起点火;

2. 大概在飞出大气层的高度,第一级分离,如有助推器,在此之前或同时分离脱落;

3. 第二级发动机点火,一次或分段(即发动机点火,飞行一段后,关机滑行,然后再点火)把卫星送入预定的轨道,第二级发动机熄火;

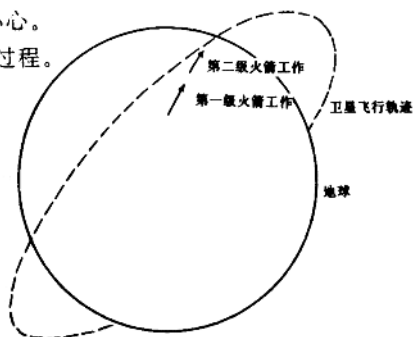


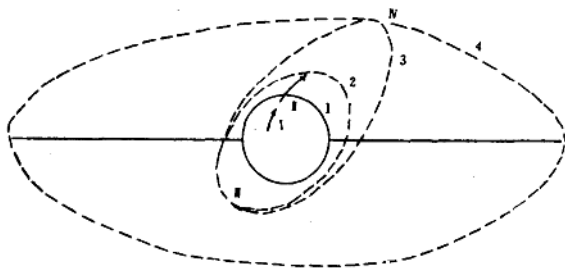
图5 近地卫星发射及轨道

4. 第二级分离,姿态控制系统工作调整卫星姿态,卫星投入工作。

在发射前,根据轨道设计的要求,如轨道的高度、倾角(卫星运行的轨道平面与地球赤道面的夹角)、轨道的椭圆度等,严格地控制发动机的工作时间和推力方向,以保证正确入轨。轨道是根据卫星的任务不同而设计的(例如侦察卫星一般是圆轨道),并尽可能在有利时间通过重点监视地区的上空,地球资源考察卫星则要求每天都在同一时刻通过地面的上空,这样所拍摄的图像才有可比较性,这种轨道叫太阳同步轨道,因为它就像太阳一样按时通过地球两极的圆轨道,高度一般为 900 多公里。我国的风云一号气象卫星便是这样的轨道。对科学考察卫星则根据考察的目的,轨道从圆到大椭圆,高度和倾角也相差很大,有的近地点二、三百公里,而远地点可到数千公里或更远。

第二个例

子是地球同步的通讯卫星或气象卫星的发射过程。从地球上,这种卫星就像静止不动地位于地球上空随地球一起转动,因此称为地球同步静止卫星。这种卫星



I、II、III、IV——相应的一级、二级、三级、顶级火箭工作

1. 地球, 2. 圆轨道—停泊轨道, 3. 椭圆轨道—过渡轨道

4. 卫星的最后运行轨道—高 36 000 公里的圆轨道

图 6 地球同步卫星的发射及运行轨道

轨道只可能为零倾角(即与赤道平面一致),距地面 36 400 公里高,严格的圆轨道。稍有偏离,卫星便会“飘移”而不定点。其发射步骤也复杂得多:(见图 6)

1. 第一级发动机点火;
2. 到一定高度第一级发动机关机,即时或滑行后第一级分离;
3. 第二级点火,卫星进入圆轨道(此轨道称为停泊轨道),二级分离;
4. 第三级发动机点火,卫星进入远地点为 36 400 公里的椭圆轨

道,三级分离;

5. 与卫星连为一体的发动机(又称顶级发动机)点火,使卫星进入36 400 公里的圆轨道,并且把轨道面扭转到与赤道重合;

6. 启动轨道调整发动机(一般推力极小,只有十几克到几十克推力),把卫星缓慢地调整到预计的定位点;

7. 调整好姿态,卫星正式投入工作。

目前这类卫星主要有两方面用途,一是用于通讯广播,只要在赤道上空等距离地布置三颗卫星便能构成全球的信息传输系统。我国目前使用的卫星电视传送和国际及部分国内长途电话便是通过这种卫星;二是用于气象预报服务,只需一颗便能覆盖我国并全天监视地面参数的变化,如我国的风云2号卫星,在赤道上空布置五颗这种卫星便能监视全球。这种卫星统称为地球同步卫星或地球静止卫星,在赤道上空只能每隔 1° 安置一颗,因此对位置的竞争非常激烈,以致国际通讯广播联合会不得不采取预先登记的办法,并规定占有时间。如果不能按时发射,则此位置便会转让给别国。

人终于上了天

上面说的还不能算是上天,只是人可以把一个人造的东西送上天,离真正的人上天还有一段距离。

人要上天,不只要有运载工具,还得解决很多从前未遇到的问题。科学家经过对空间长期的、仔细的观测,积累了大量的科学数据,又通过动物试验,再从发射卫星积累经验,终于跨出了这伟大的一步。1961年4月12日,前苏联宇航员Ю·А·加加林(1934—1968)驾东方一号飞船完成了人类第一次宇宙飞行。他是第一个挣脱地球引力的影响在180里的高空环绕地球飞行的人,尽管只飞了一圈便返回地面,但他用亲身的实践证明人是可以忍受发射时的严酷条件,是能克服空间的有害影响,是可以安全着陆的。不管哪个国家、哪种政治信仰的人都会永远记住他的伟大功勋。请同学们记住他:上天第一人——加加林。

1969年7月21日,世界登月第一人——N·A·阿姆斯特朗依靠

先进的科学技术飞上了月球,并在月球上留下了人类的足迹和人类征服月球的信物,和他同行的还有E·E·奥尔德林。

为了实现月球登陆,美国制定了一个预算达500亿美元的庞大的计划,从月球环境的探测到月球着陆实验,经过了10年时间的大量周密准备。1969年7月首次登月成功,到1972年共进行了7次飞行,其中6次获得成功,前后共花费255亿美元,计划提前结束。

阿波罗登月计划中主要包括:

1. 土星五号大推力运载火箭

到目前为止,这也是世界最大的运载火箭,它的第一级长42米,尾端直径12米,由五台F-1液氧煤油发动机组成,总推力达3400吨;第二级长25米,直径10米,由五台J-2液氧液氢发动机组成,推力520吨;第三级由一台J-2发动机推进。土星五号总长110米,起飞重量为2930吨,相当于一列60节车皮、每节载重50吨的火车的总载重量,这样一个庞然大物一举升空,实属壮举。

2. 阿波罗飞船

飞船由三个独立的部分——指挥舱、服务舱和登月舱组成。

指挥舱——

宇航员飞往月球和返回地球时工作和生活的座舱。在登月过程中,它环绕月球轨道飞行,为整个登月过程的指挥中心。其中储存了宇航员的全部生活供应品,备有回收和姿态控制发动机、地球着陆设备、救生设备、通讯、导航和控制设备,总重为6吨。

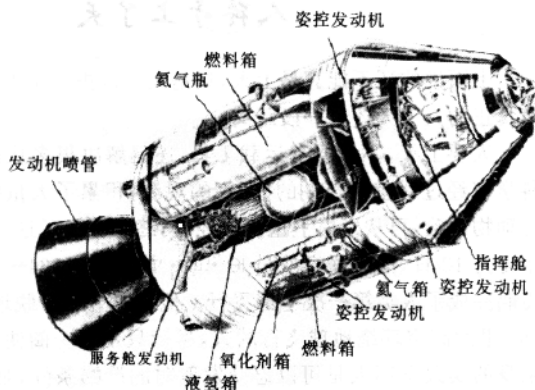


图7 阿波罗飞船指挥舱和服务舱

服务舱——具有飞船和第二级火箭分离、轨道转移及轨道变动、登月舱和指挥舱对接、指挥舱与服务舱分离等功能。整个舱重约 25 吨，高 6.7 米，直径 4 米。

登月舱——由下降级和上升级组成(图 7)。下降级有四条长条，有着落发动机和着陆时的雷达和控制设备；上升级位于下降级的上部，是登月舱的主体，是登月时着落前和返回时两名字航员的座舱。在完成对月球考察后宇航员进入上升级，抛弃下降级，离开月面上升和指挥舱会合，以后返回地球。

登月过程很复杂(图 8，图中数字即登月过程的次序)，其次序为：

1. 第一级

火箭发动机点火，垂直起飞；

2. 第一级发动机关机、分离，第二级发动机点火；

3. 第二级发动机关机，直到进入停泊轨道；

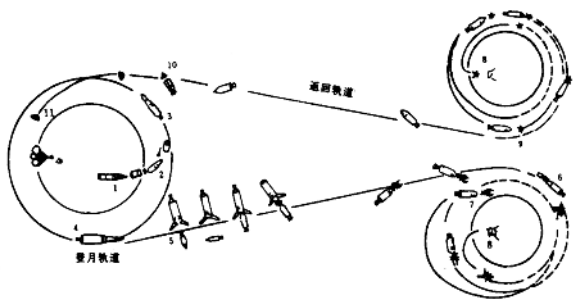


图 8 “阿波罗”号飞船载人登月和返回的轨道示意图

4. 经过测量调整，在一合适点第三级发动机第二次点火，直到进入飞向月球的地一月过渡轨道，第三级发动机关机；

5. 指挥舱和服务舱与第三级分离，分离后转动 180° 与和第三级在一起的登月舱对接，然后共同与第三级分离，飞行 2 天半后接近月球；

6. 启动服务舱的主发动机以起制动作用，飞船进入环月球轨道；

7. 二名字航员进入登月舱(另一名留在指挥舱内)并与指挥舱和服务舱分离，驾登月舱在月面降落；

8. 在月面软着陆后，宇航员展开太阳能电池板，设置月震仪，在月面行走并采集标本，然后返回登月舱，抛弃下降级驾上升级飞回环月轨道，与在轨道上的母船会合对接；

9. 抛弃升级,启动服务舱主发动机把飞船推入月一地过渡轨道;
10. 当接近地球后进入再入走廊,在严格规定的时间和地点,宇航员全部进入指挥舱,抛弃服务舱;
11. 指挥舱底部朝前进入大气层,利用大气阻力减速;
12. 最后指挥舱接近地面时弹出三个降落伞进一步减速,在夏威夷西南的太平洋海面降落,这样整个登月飞行完成。

在美国执行阿波罗计划的同时,前苏联也把注意力集中在月球上,但采用的是无人驾驶的方案,同样实现了在月面降落、在月面设置考察仪器、从月面采集标本,收集到了同样多的科学数据。在科学技术的收获上几乎和美国相当,但花费却低得多。这也是引起美国政界和科技界对阿波罗计划的争议的一个原因。美国在用去了该计划一半经费时便停止了,并且把剩余的装备转用于发展航天飞机。

月球是科学家甚感兴趣的对象,因为它离地球最近,与地球几乎同时诞生,具有重大的研究价值。还可以做进入更大范围的宇宙航行的前进基地——贮存飞行的供给,组装飞行装备,甚至在此取得动力和原材料并制造飞行装备。美国在发展战略防御体系时,还把月球作为核武器的贮存地,对地球进行监视、对地面目标发动核进攻的基地。还有人设想把这里建成一个旅游、休养、医疗胜地。

上天也要不断改善交通条件

前面我们已大致了解了发射卫星和载人飞行的一般过程,一次性使用的运载火箭是唯一的“交通”工具,它的突出的问题是上天的过程太复杂;费用太高,无动力的溅落式的回收也不够安全;飞行对宇航员的要求和限制太大,飞行中很不“舒服”。因此就像在地面一样,改善“交通运输”显得十分重要。

在这方面首先做出努力的是美国,1972年12月在进行了最后一次阿波罗登月飞行后,便把注意力集中到发展航天飞机上。

航天飞机的英文名为 space shuttle,意为空间飞梭或空间往返。由于其轨道器的外形和结构与飞机一样,并且自备动力、有人驾驶、在需