

李成智 李建华 编著

阿波罗登月计划研究

北京航空航天大学出版社

阿波罗登月计划研究

李成智 李建华 编著

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书全面介绍并总结了阿波罗登月计划的实施过程,从该计划的起源背景、登月计划的决策经过、美国宇航局各研究中心的密切配合到火箭与飞船技术发展以及历次登月的概况等,都做了较为详细而深入的描述与分析。本书是一部技术史的研究性著作,力求具有历史性、科学性、全面性和系统性,并兼顾纪实性与可读性,适合于对航天技术感兴趣的广大读者阅读,也可供航空航天专业技术人员、科技管理人员以及科技史工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

阿波罗登月计划研究/李成智,李建华编著. --北京:北京航空航天大学出版社,2009.12
ISBN 978-7-81124-630-8

I. ①阿… II. ①李…②李… III. ①月球探索—研究—美国 IV. ①V1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 223511 号

阿波罗登月计划研究

李成智 李建华 编著
责任编辑 吉瑾 梁彬

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:25 字数:640千字

2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷 印数:1500册

ISBN 978-7-81124-630-8 定价:85.00元

前 言

1957年10月4日,前苏联率先成功发射第一颗人造地球卫星,拉开了航天时代的序幕。接着,美国于1958年1月也成功发射该国的第一颗人造卫星。航天技术是一项探索、开发和利用太空的综合性工程技术,是一个国家现代科学技术综合发展水平的重要标志。正因为航天技术具有广泛的政治、军事、科技、经济以及社会价值,因此继苏、美之后,法国、日本、中国、英国以及印度等国也都纷纷发展本国的航天技术,并先后进入航天时代。20世纪60年代以后,航天技术沿着不同的方向迅速发展:运载火箭运载能力和性能不断提高,满足了各类载荷发射的需要;应用卫星不断完善,在军事、经济和科技等领域发挥着不可替代的巨大作用;科学卫星与探测器相继发射,极大地丰富了人类天文学的知识宝库;载人航天稳步推进,研制成功各类载人航天器,包括载人飞船、载人空间站和航天飞机,人类的足迹在20世纪60年代末就到达了月球。随着现代科学技术的迅猛发展,航天技术将进入大规模开发和利用近地空间的新阶段,更加广泛地为国民经济、社会发展和人民生活服务。

航天技术大致分为四大领域:即人造卫星、载人航天、空间探测及航天器运输系统——运载火箭及航天飞机。从技术的难易程度与自身的规律来看,航天技术发展的逻辑步骤是运载火箭、人造卫星、深空探测和载人航天。载人航天还包括载人飞船、空间站、航天飞机和载人登月。从空间科学与空间应用角度上看,在可以预见的将来,空间站(和空间基地)仍将是载人航天活动的核心。围绕着这个核心,已经发展出了运载火箭、载人飞船和航天飞机等天地往返运输工具。

由于二战后东西方冷战的爆发和苏美太空竞赛的推动,航天技术特别是载人航天的发展多多少少背离了它自身的发展规律。苏美等国在制订第一颗人造卫星计划的同时,就开始实施载人航天计划,结果在人类进入航天时代还不到短短的三年,宇航员就进入了太空。在前苏联在航天领域连续获得多个“第一”的刺激下,美国制订了雄心勃勃的阿波罗载人登月计划。这项计划的制订充满了政治色彩和冒险性,但在计划执行过程中却是按照科学的步骤和程序稳步推进,终于在1969年7月成功地完成了首次登月任务。为了在载人航天领域击败苏联,显示美国在科学技术方面的领先地位,美国为阿波罗计划投入了巨大人力、物力和财力,整个计划持续10余年,动用人力最高时达20万人,耗资达255亿美元。这项计划不仅使人类首次踏上了月球,而且在科学发现、技术发明等方面产生了巨大的影响。在经济上,也促进了美国十年经济的高速增长。

从技术创新角度上讲,阿波罗计划具有相当典型的意义。作为人类划时代的一项伟大工程,阿波罗计划的执行取得了一系列成功的经验:

在方案选择上——充分考虑到技术的可行性、经济性、安全性以及时间因素,经过广泛研究论证,确定以“月球轨道交会法”作为登月方案。该方案具有以下优点:第一,只用一个较小的登月舱登月,可以避免大型飞船降落月面的困难;登月舱质量约13吨,月面可以经受得住,而且对飞船减速也极为有利;第二,登月舱只需携带小型发动机,可以减少燃料携带量,这对于离开月面有利,这样整个飞船的质量大大减轻,可以从70多吨减至50多吨,因此土星V运载

火箭完全可以胜任；第三，在返回时，登月舱可以抛掉，又可进一步减轻返回舱的质量，服务舱的设计可以简化；另外，只有指令舱再入回收，对于回收也有利；第四，经济性较好，这一点胜于其他各备选方案。

在组织机构上——阿波罗计划的总管部门是美国国家航空航天局(简称宇航局)。宇航局是一个相当特殊的部门，既具有政府色彩，又具有科研部门的架构。在它的下面，按照专业分工，组建了一系列研究机构和一些管理部门。各中心主任的权力较大，为保证计划的进度，许多合同不需要招标就可以直接与相关的宇航企业签订；部门经费可以在不同的项目之间灵活转移。在实施阿波罗计划期间，为了保证计划的顺利执行，特别是为了加强不同中心之间以及宇航局与其他部门间的协调工作，还专门成立了阿波罗计划办公室。该办公室的权力更大，它甚至可以否决一些中心的技术决策，从而加快计划的进度。当然，在实施整个阿波罗计划期间，美国宇航局的组织机构进行了多次调整，特别是引入项目管理理念，以适应计划管理的要求。

在管理方法上——1964年初，美国宇航局载人航天飞行办公室进行了改组，下设项目管理部、系统工程部、试验部、质量与可靠性部和飞行控制部，各航天中心也相应成立对口部门。同年4月，各中心和主要承包商在已有的项目管理部等五个部的基础上，设立评估机构和更改机构，并且就每一个部件制定严格的时间节点。评估机构定期对部件的质量、成本和进度进行评估，并对下一步工作提出明确要求；更改机构对产品设计需要的修改进行评估。此外，各管理部门和科研、生产部门还建立了信息系统，在纵向上下级之间、横向各部门之间建立有效的联系，发现问题可以立即找到相关的责任人和部门。阿波罗计划将系统管理方法更加全面地发展起来，用系统方法加强对阿波罗计划整体过程的管理工作，将其管理工作全过程划分为编制计划、分析评价、控制指导及督促检查等阶段，创造性地运用了新的管理方法，推广使用了电子计算机从事生产与科研的管理，从根本上保障了阿波罗计划的顺利完成。阿波罗计划通过对组织、人员、计划、进度和成本等因素进行综合考虑与控制，发展出著名的“矩阵管理技术”。该计划还广泛采用风险管理方法。在实施中，工程管理人员将风险管理运用于项目管理中，采用失效模式和关键项目列表等方法对阿波罗飞船进行风险管理，取得了很大成功。阿波罗计划的成功，充分显示了系统工程的巨大作用与威力。

在进度控制上——由于阿波罗计划的首次登月时间限制在1970年以前，从而面临着大量的技术问题。宇航局在计划管理上采取了适度冒险的办法，大幅度压缩试验项目，采取一次试验多方收效的办法，有效地控制了进度。在美国以往的航天计划中，运载火箭的飞行试验通常都是一级级地进行，即首先进行第一级试验，上面各级都用模拟件。第一级往往要试验多次，当试验成功后，再把第二级换成真火箭进行二级活性级的试验，而第三级仍是模拟件。最后才过渡到三级真火箭的全活性级飞行试验。阿波罗计划办公室主任穆勒认为：这种逐级试验方法在火箭发展的幼年期是必要的，但在60年代火箭技术已相当成熟的时代就显得有点多余，会大大浪费时间；影响进度。将技术、时间、成本和风险综合考虑，阿波罗计划办公室决定大大压缩运载火箭研制的试验程序，土星V火箭采取“全活性试验”(All-Up)，第一枚火箭就进行各级完整的试验；第二枚火箭就进行了飞船的不载人试验。在载人飞行试验方面，也采取大幅度压缩试验程序、提高单次试验效益的方式，第一次进行近地轨道试验；第二次就进行绕月飞行试验；第三次进行登月舱的飞行试验；第四次进行登月过程的综合演练；第五次就进行首次载人登月飞行。适度冒险的进度控制，保证了整个登月计划的进度。

合同管理与成本控制——美国宇航局拥有强大的科技力量,各中心负责对硬件的技术要求、规范和说明书进行设计。当计划的各项指标确定后,宇航局各中心向各企业发出招标要求,在各项指标的约束下由承包商进行初步设计。通常最初的设计要选定三家以上的公司各自独立进行研究与设计。提交的方案除了技术因素和满足任务的要求外,还要考虑成本和时间因素。宇航局各中心拿到第一轮设计方案后,会组织对每个方案进行评审。在这个过程中,宇航局设计人员还会根据自己的研究,对各方案提出具体的修改意见,然后将更详细的设计要求和修改意见提交给各公司进行第二轮详细设计。经过三次设计、审查和评估后,宇航局会选定一家公司作为主承包商。概括起来,宇航局大型计划一般包括四个阶段:A阶段是计划阶段,对产品设计进行初步分析;B阶段是定义阶段,对产品进行初步设计;C阶段是设计阶段,对产品进行详细设计;D阶段是实施阶段,最终选定一家公司作为主承包商。除了对公司的投标书进行评价外,还要考虑公司以往的业绩、技术水平和人员素质等因素。对于某些关键的项目,有时经过评审委员会通过后,还要经宇航局最高层同意。由于主承包商研制的产品仍然是大系统,如运载火箭各级、飞船等,因此主承包商还会自己向外转包,有时会有几十家子承包商共同完成一个大的系统。

为了控制计划成本,宇航局在60年代中期仿照国防部的做法,成立了多个委员会对合同及承包商的计划情况进行评估。当承包商因为技术问题难以解决而要求增加经费时,便对增加经费的理由进行详细评估,然后决定是否予以增加经费。当然,减少试验次数、减少硬件订货量也是控制成本的方式之一。

在技术创新方面——首先是平行实施辅助计划,解决技术关键。阿波罗计划本身是登月的,但由于存在大量的技术问题,所以为保障该计划不受影响,美国宇航局在该计划之后又并行制定了多项辅助计划,包括双子座载人航天计划和“勘察者”号月球探测器计划。前一个计划主要用于发展和试验登月计划所需要的技术,包括燃烧电池技术、长期生命保障技术、飞船交会与对接技术、计算机控制技术、飞船机动与变轨技术和舱外活动技术等。该计划的成功执行,为实施阿波罗计划积累了技术,为飞船研制和改进提供了很好的依据。其次是尽量采用成熟技术的策略。技术是为应用服务的,为保证登月这一应用计划的顺利执行,节省时间、节约经费和减少技术风险,阿波罗计划的一个重要原则是尽可能采用成熟技术,不冒很大的技术风险。时任美国宇航局局长的韦伯曾回忆说:“阿波罗计划中没有一项新发明的自然科学理论和技术,全部工作都是现有技术的运用,关键在于综合。”这句话道出了阿波罗计划的技术策略。第三是采用集成创新。阿波罗计划的创新总体来讲是一种“集成创新”,这种创新虽然不是开发全新的技术原理,是已有技术原理的实际应用,但其中仍然需要解决大量的技术与工艺问题。第四是“试错创新”。在火箭研制过程中,面临许多技术难题,如燃烧的稳定性问题。如果从理论上对发动机燃烧室中的燃烧现象和机理进行分析,则不知要等到何年何月,当时的计算机水平也不允许进行这类非常复杂的计算。所以在F-1和J-2发动机研制期间,实际上采取了一种“试错”的办法,即用各种可以想到的办法进行逐个尝试,不断进行修改——试验——失败,再修改——再试验,逐步解决燃烧稳定性问题的。第五是“理论贮备”。作为一个兼有政府和科研单位特点的部门,美国宇航局还拥有强大的研究能力,并且保证基础研究的经费保障。各大研究中心的研究人员,既是科学家又是工程师,既参与工程开发工作,也开展基础性研究工作。当然,他们参与工程开发工作实际上是指导合同企业的研制工作,从理论的角度提出解决的建议。美国宇航局的理论库经过长期经营,产生了一大批与航空航天相关的理论研究成果,

这集中表现在 NASA 系列报告中。这些理论成果用于指导阿波罗工程技术实践,使产品开发的周期缩短,工程的进度加快。

在人力资源方面——宇航局大量雇用合同制科学家和工程师,非常适合人员的流动,大量专业人员始终处于动态阶段。一旦计划接近完成或已经完成,雇用的科学家和工程师就可以按合同离开宇航局,从而节约了大量人力成本。在实施阿波罗计划期间,宇航局没有设总设计师队伍,也没有行政指挥制度。一旦合同签订,运载火箭、载人飞船以及登月舱研制单位都有很大的自主性;只要相互界面清楚,各项界面参数配套,每个系统研制过程中都有很大的自主权。横向、纵向的管理部门都是在既定技术说明书的框架内,负责质量、进度和协调方面的管理,载人航天飞行办公室、总部的评估委员会也只是协调各管理层面的问题,对具体的技术问题一般不发表意见。正因为如此,执行阿波罗计划上下的技术人员和承包单位都能够以目标为导向,全力解决技术问题而不受干扰。如果一项技术问题宇航局各中心、承包商都无法解决,那么各中心有权将问题转移到大学或其他研究部门帮助解决。宇航局的人力资源管理主权有以下特点:广泛采用合同制、充分的管理授权、充分的技术授权,管理界面与技术界面十分清楚,从而保持一支强大的管理协调网络与队伍。

中国航天技术的发展完全符合国情,同时也遵循着航天技术的内在规律。航天时代到来后,中国没有头脑发热,立即上马人造卫星计划,而是进行技术跟踪和预研贮备。20世纪60年代中期,随着中远程导弹取得重大进展,基本具备航天发射能力后,中国政府于1965年及时作出研制发射人造卫星的决策,并于1970年成功发射第一颗人造地球卫星“东方红一号”。此后,从综合国力和当时的需求出发,中国把航天发展的重点放在提高运载火箭发射能力和大力发展应用卫星上,稳扎稳打,逐步实现了运载火箭和应用卫星的系列化发展,基本满足了国内对应用卫星的需要,并使中国航天跻身世界大国行列。20世纪90年代初,伴随着国民经济的迅速发展和综合国力的显著提高,中央作出了发展载人航天的决策。1999年中国“神舟一号”飞船进行了首次不载人太空飞行试验,2003年“神舟五号”将中国第一位宇航员杨利伟送上了太空,使中国成为第三个独立掌握载人航天技术的国家,从而完成了由航天大国向航天强国的重大转变。

中国航天界有一句话:“造船为建站,建站为应用。”完成飞船载人航天飞行只是中国载人航天工程的第一步;第二步要开展的是宇航员出舱活动试验,这已由“神舟七号”的飞行完成。下一阶段要进行空间交会对接,发射短期有人照料的空间试验室;第三步就是要建造大型长期有人照料的空间站。建站的目的是开展空间科学试验和应用技术研究,能长久驻留太空的大型空间站是进一步开发和利用空间的基本手段。

通过有人照料的空间站的研制和发射,掌握宇航员在太空居住、研究和试验等相关的技术,扩大空间应用的规模,建立近地轨道天基服务基础设施,将各种轨道的应用卫星与空间站进行集成,最大限度地发挥其效益,为向深空探索奠定技术基础并提供运行平台。长期有人照料空间站的发射和建设,将使中国进一步开展空间科学研究、实验及空间产品开发有了基本的硬件条件。届时,中国航天将在各个领域齐头并进,进入世界先进水平。

中国的月球探测工程被列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》十六个重大专项之一。作为一项国家战略性科技工程,月球探测工程将服从和服务于科教兴国战略和可持续发展战略,以满足科学、技术、政治、经济和社会发展的综合需求为目的,把推进科学技术进步的需求放在首位,力求发挥更大的作用。整个工程规划选择有限目标,突出重

点,集中力量,力求在关键领域取得突破,循序渐进,持续发展,为深空探测活动奠定坚实的基础。中国探月工程规划为三期,简称为“绕、落、回”三步走。第一步为“绕”,即发射中国第一颗月球探测卫星,突破至地外天体的飞行技术,实现首次绕月飞行。这一步已于2009年圆满落幕。第二步为“落”,即发射月球软着陆器,并携带月球巡视勘察器(俗称月球车),在着陆器落区附近进行就位探测,这一阶段将主要突破在地外天体上实施软着陆技术和自动巡视勘测技术。第三步为“回”,即发射月球采样返回器,软着陆在月球表面特定区域,并进行分析采样,然后将月球样品带回地球,在地面上对样品进行详细研究。这一步将主要突破返回器自地外天体自动返回地球的技术。

详细按照航天发展的逻辑线索,中国载人航天更远的目标将是登月飞行和建立月球基地。无论中国何时能够正式制定和实施登月计划,40年前美国的阿波罗登月计划都提供了一个很好的样板。也许中国登月计划实施时,航天技术已经和20世纪60年代不可同日而语,但同样会面临着决策、组织、管理、技术、经费和风险等一系列问题。因此,研究阿波罗登月计划的成功经验,有助于为中国未来的登月计划提供指导和借鉴。

我们奉献给读者的这部书,是主要以反映美国阿波罗登月计划全貌的探索性著作。本书对阿波罗计划始末进行了较为全面、深入的研究。内容包括:近现代登月设想以及有关登月的科学探讨;前苏联早期航天事业领先地位的确立以及对美国的触动;美国航天事业的早期发展;阿波罗计划规划和决策过程;登月计划有关硬件的发展;美国宇航局各航天中心对阿波罗计划的贡献;宇航员的选拔和训练程序分析;硬件研制与技术发展试验过程;阿波罗11号首次登月全过程;历次登月情况介绍;阿波罗13号的事故与应急脱险;阿波罗计划之后美国航天发展动向、前苏联的登月计划以及苏美联合载人航天飞行等。作为一项庞大的现代大科学工程,阿波罗计划取得了许多成功的经验。本书还对阿波罗计划在预研、决策、组织、管理、进度控制以及经费控制等方面的经验进行了初步探讨,以期对中国探月工程和未来的载人登月计划提供借鉴和启示。

李成智

2009年7月于北京

目 录

第一章 登月幻想与可行性探讨	1
第一节 中国嫦娥奔月的故事.....	1
第二节 吕西安游月探险.....	5
第三节 开普勒登月梦想.....	8
第四节 切拉诺登月幻想.....	11
第五节 凡尔纳的《从地球到月球》.....	13
第六节 威尔斯的《第一批月球人》.....	17
第七节 航天先驱者的设想.....	21
第八节 二战后的科学研究与展望.....	26
第二章 前苏联航天领先地位的确立	30
第一节 超前的战略决策.....	30
第二节 第一枚洲际导弹.....	36
第三节 第一颗人造卫星.....	39
第四节 第一个太空人.....	44
第五节 第一批探测器.....	52
第三章 美国登月计划的探索与决策	55
第一节 美国陆军的研究.....	55
第二节 美国空军的设想.....	59
第三节 美国宇航局的规划.....	62
第四节 美国两届政府的态度.....	68
第五节 阿波罗登月计划的决策.....	74
第四章 美国航天计划的推进	82
第一节 海军的先锋计划.....	82
第二节 陆军的轨道器计划.....	86
第三节 载人航天实践.....	92
第四节 深化载人航天.....	100
第五节 探测月球预选着陆点.....	108
第五章 阿波罗计划的硬件发展	115
第一节 登月方案的制定.....	115

第二节	土星系列运载火箭	124
第三节	阿波罗飞船系统	133
第四节	登月舱的研制	139
第五节	制导与导航系统	143
第六章	宇航局各航天中心的协同	147
第一节	美国国家航空航天局	147
第二节	马歇尔航天中心	153
第三节	约翰逊航天中心	158
第四节	肯尼迪航天中心	167
第五节	宇航员的选拔与训练	173
第七章	阿波罗计划的登月程序	180
第一节	发射准备阶段	180
第二节	飞船发射踏上征途	184
第三节	飞往月球途中	188
第四节	登月过程与月面活动	193
第五节	从月球返回地球	199
第八章	阿波罗计划的试验过程	203
第一节	技术发展试验	203
第二节	阿波罗 1 号事故	206
第三节	阿波罗 4 号试验	213
第四节	阿波罗 7 号首次载人飞行	219
第五节	阿波罗 8 号首次环月飞行	221
第六节	阿波罗 9 号首次试验登月舱	230
第七节	阿波罗 10 号综合演练	233
第九章	阿波罗 11 号首次登月飞行	239
第一节	首次登月宇航员的选拔	239
第二节	踏上漫漫登月之路	244
第三节	漫长而愉快的中途飞行	249
第四节	“鹰”号登月舱月球着陆	252
第五节	首次月球探险活动	258
第六节	英雄们凯旋	264
第十章	历次月球探险飞行概况	271
第一节	阿波罗 12 号探险风暴洋	271
第二节	阿波罗 14 号考察弗拉·莫罗高地	277

第三节	阿波罗 15 号飞往亚平宁平原	281
第四节	阿波罗 16 号笛卡尔高地探险	287
第五节	阿波罗 17 号考察利特罗山	291
第十一章	阿波罗 13 号遇险及营救	299
第一节	出师前的不利征兆	299
第二节	事故发生的过程	303
第三节	天地配合营救宇航员	308
第四节	安全脱险方案的实施	314
第五节	事故调查与事故原因	323
第十二章	阿波罗计划的成功经验	327
第一节	阿波罗计划的管理经验	327
第二节	阿波罗计划的科学成果	335
第三节	阿波罗应用计划的实施	338
第四节	苏联的登月计划	348
第五节	苏美载人航天合作	356
第六节	美国载人航天后续计划——航天飞机	364
第七节	结束语：月球离我们还有多远	371
尾 声	381
附录：苏联东方计划，美国水星、双子座和阿波罗计划载人飞行一览	382
一、苏联东方计划载人飞行一览表	382	
二、美国水星计划载人飞行一览表	382	
三、美国双子座计划载人飞行一览表	383	
四、美国阿波罗登月计划载人飞行一览表	384	
后 记	385
参考文献	386

第一章 登月幻想与可行性探讨

人类登月成功的一刻发生在公元1969年7月20日,然而登月的理想早在几千年以前就已产生。中国古代流传下来嫦娥奔月的神话,希腊作家创作了吕西安登月的故事,都产生了极大影响。随着科学知识的积累,有关登月的幻想小说越来越富于科学性和启发性。开普勒的《梦想》着重向人们介绍月球知识和新发现;切拉诺的《月球之旅》探索了各种可能的登天方法;凡尔纳的《从地球到月球》对航天发射的实际情况作了相当精确的预言。读者在沉湎于小说情节的同时,也受到科学知识的教育。这些科幻小说给航天先驱提供了极大的启示,可以说火箭运动和航天理论就是在航天科幻小说中脱颖而出的。

20世纪前50年是登月飞行由幻想到希望的转折期。火箭和航天理论已经建立,液体火箭研制成功,德国还将大型火箭武器投入了实战。有了这些坚实的科学和技术基础,月球飞行终于成了科学家研究的课题。畅游月宫不再是幻想,而是越来越走向现实,成功之日已为期不远。

第一节 中国嫦娥奔月的故事

人类是大自然的宠儿,是经过长期的进化降生在地球的智慧生物。好奇心促使古代人类提出各种各样奇妙的问题:地球是什么样的?太阳为什么东升西落?太阳和月亮有多大?宇宙是怎样诞生的?天体上有没有“人”居住?这些问题一直困扰着我们的祖先,同时也激发有识之士提出各种合理的解释和天真的猜测。科学知识就是这样在不断的探索中慢慢积累起来的。

创世纪的观念在各个文明古国中都可以找到。我国大诗人屈原在他的《天问》里,提出了一系列关于天地起源的问题^①。中国古代关于天地的起源问题有过种种说法。从古代一些零星的传说,到汉代经过人们的加工,形成了较为系统而且精彩的盘古开天辟地说。

正式关于开天辟地的神话,出现在汉代初年的《淮南子》中。该书记载说:在上古还没有天地的时候,世界的景象只是幽冥混沌。混沌之中,慢慢地产生了两个大神,一个是阴神,一个是阳神,在那里营天造地。后来阴阳划分了,八方的位置也定下来了,阳神管天,阴神管地,于是形成了我们的世界:“古未有天地之时,唯象天形,窈窈冥冥,有二神混生,经天营地,于是乃划为阴阳,离为八极,刚柔和成,万物乃形;烦气为虫,精气为人。”^②

这段论述可以说是中国古代占重要地位的阴阳相互作用而生万物学说的代表。但这种哲学味很浓厚的理论一方面比较抽象,不易为大多数人所接受,另一方面又显得过于简单,使人得不到更多的联想。到三国时期,徐整根据大量民间素材,加上古代经典中的哲学思想和自己的想像,创作出《三五历记》,构造出了盘古开天辟地的完整神话。尔后,英雄盘古便成了中国

^① 《天问》《天对》新注。北京:北京人民出版社,1976:188.

^② 《淮南子·精神训》

人民的原始祖先了。

盘古是个传说中的人物。不少学者认为盘古源于中国南方少数民族地区世代相传的盘瓠故事的主人翁。这个盘瓠本是一只狗,有说它是高辛王皇后生耳疾时捉出的虫子变的。当时正逢房王作乱,无人敢于迎敌。高辛王便许以重金和下嫁公主以求出战获胜斩房王的英雄,结果盘瓠得了这个大功,把房王的头咬下交于高辛王。但由于盘瓠是只狗,高辛王无法兑现自己的话。盘瓠当时口吐人言,说:“只要将我放在金钟里,七天七夜,我就可以变成人。”在把盘瓠放入金钟的第六天,公主着急打开了金钟。此时,盘瓠已全身变成了人,只留下狗头没来得及变,而且从此不能再变了。盘瓠和公主结婚后,生下孩子十二个,六男六女。他们相互婚配,繁衍子孙。高辛王特赐一片土地,在那里设围。这个故事见于《后汉书》、《蛮书》及《搜神记》等经典中,更广泛流传于瑶、苗和黎等少数民族中。这些少数民族将盘瓠尊为他们共同的祖先。

这里没有提到盘瓠开天辟地的功绩,在《三五历记》中,盘古则是创造世界的巨神。《三五历记》说:“天气混沌如鸡子,盘古生其中。万八千岁,天地开辟,阳清为天,阴沌为地。盘古在其中,一日九变,神于天,圣于地。天日高一丈,地日厚一丈,盘古日长一丈,如此万八千岁。天数极高,地数极深,盘古极长。后乃有三皇。数起于一,立于三,成于五,盛于七,处于九,故天去地九万里。”^①

天地诞生以后,曾发生了一场滔天大洪水,把原有的生物(据说也包括人类)统统淹死了,只剩下兄妹二人。他们便是女娲与伏羲。在古代传说中,有说他们是兄妹的,有说他们是夫妻的,也有说是由兄妹而结为夫妻的。他们都是人首蛇身的形象,属于神族一类。在汉代的石刻画像中,常有人首蛇身的伏羲和女娲的画像,他们腰身以上通作人形,下身则是蛇躯,两条尾巴紧紧地重叠缠绕。两人的脸面或正对,或背向。有的画像还给他们安上一些器具,男的手拿曲尺,女的手拿圆规;或男的手捧太阳,女的手捧月亮。有的画像更是形象:两人中间挽着一个孩童。这些画像表现伏羲、女娲两神对人类的起源和地上工具的产生作出的巨大贡献。

在西南少数民族传说的故事里,女娲和伏羲作夫妻以后不久,女娲便生下一个肉球。他们觉得奇怪,便把这肉球切成碎块包起来。他们带着这包东西攀登天梯,准备到天庭中去。在刚刚升到半空之际,忽然一阵大风吹来,外包破裂,碎碎的肉块四散飞扬,落到大地上变成了人。落到树叶上的,便姓叶;落到木头上的,便姓木;落在哪里,便以此为姓。从此以后,世界上便有了人类。于是,女娲和伏羲便成了再造人类的始祖。鲁迅在故事新编中的《补天》一篇中,形象地描绘了女娲造人的始末:

当天地开辟以后,虽然大地上已经有了山川草木,世间也有了鸟兽虫鱼,可是没有人类。粉红色的天空,曲曲折折的浮云,忽明忽灭的星星,光芒四射的太阳,生铁一般的月亮,它们周而复始,使世界显得异常冷清单调。一天,女娲从睡梦中醒来,觉得应当再给天地之间添点什么以除去荒凉和寂寞,让世界显得生机勃勃。于是,她就在一处水池边蹲下身来,用手捧起带水的软泥,捏了一个和自己差不多的小东西。这小东西刚一放到地上,就活了起来,呱呱地叫着,欢喜地跳着。小人的笑,引起了女娲平生第一次的开怀大笑。

经女娲造出的人一个个跳跃、欢呼,然后或聚积,或成群地走散了。女娲捏着捏着,感到有些累了,但造出的人仍不够多。于是她用紫藤一挥搭在地面上,和着泥水一扬,四面落下的泥土立即就化作了小人。尽管这些人有些呆头呆脑,獐头鼠目,但女娲还是不断地挥舞着藤条。

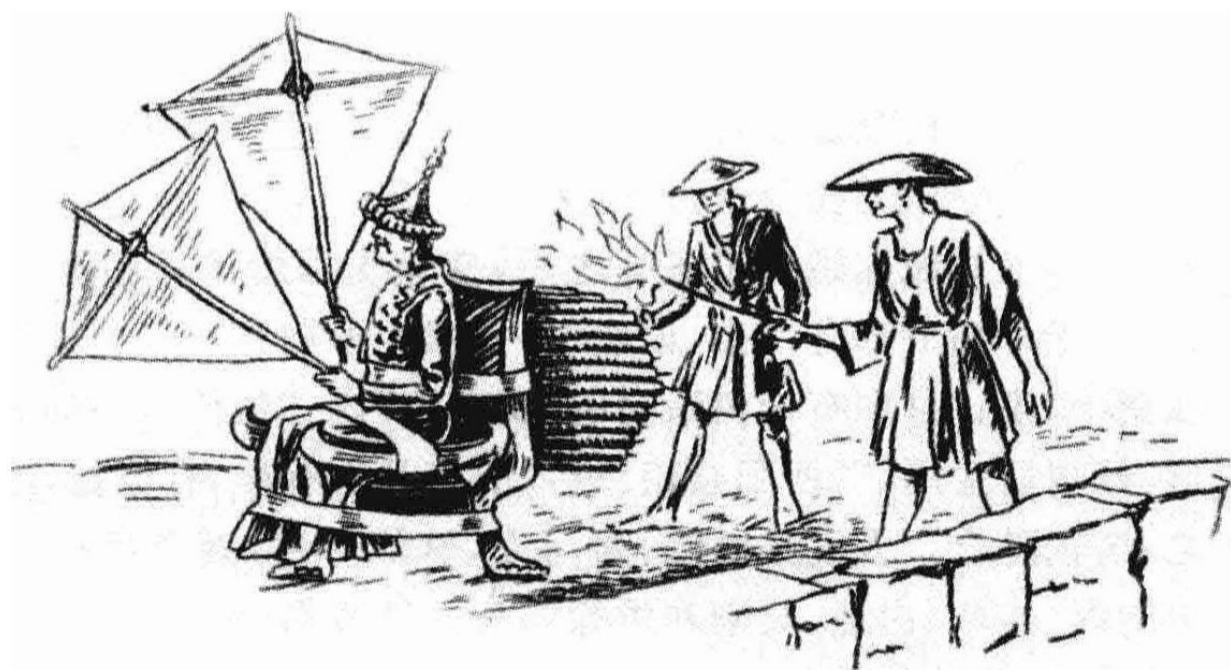
^① 袁珂. 中国神话史. 上海:上海文艺出版社,1988.

终于,大地布满了人类的足迹。

女娲的贡献真是太大了。她不但造出了人,而且为保持人类繁衍下去,她还把男人们和女人们配合起来,叫他们自己去创造后代,担负婴儿的养育责任。也就是说,女娲为人类建立了婚姻制度。她还制作乐器,给人间带来美妙的音乐。当然,她的另一大功绩便是补天。

自从女娲创造了人类,天下曾一度平静无事,人类一直过着幸福的生活。可是有一年,宇宙忽然发生了一场大变动:天上露出了大窟窿,地上裂起了深坑,山林大火炎炎,地上洪水滔滔,人类陷入深重的苦难之中。女娲看到她的子孙生活在这种水深火热之中,十分痛心,于是担负起了补天修地的重任。女娲把天补好,把地填平,平息了灾祸,人类获得重生,大地重现了欣欣向荣的景象,春夏秋冬四个季节依着顺序周而复始。田野里尽是天然生产的食物,人类丰衣足食,无须劳作。恶禽猛兽死的死,亡的亡,不死的也变得温顺起来。总之,人类进入了一个上古的黄金时代。黄帝、炎帝等五帝以及尧、舜、禹等三皇的故事广为流传。

大自然中有许多具有奇特本领的生物:鱼儿能在水中悠闲自得地游泳,鸟儿能在空中自由自在地飞翔。这些本领令人们既十分向往,又感到不可思议。于是有心人不可避免地又提出这样的疑问:既然鸟能飞行,那么人为什么不能飞行呢?人要是能够飞行该有多好啊!就这样,飞行的理想和渴望在古代人心中扎下了根。当人们具有某种追求而又不能实现的时候,往往会借助幻想来寄托,有关飞行的神话和传说便由此产生。中国古代和欧洲各地,都流传下来许多美妙动人的神话故事,其中有许多与飞行有关。这些故事既寄托了人类向往飞行的理想,又成了激发后人探索飞行的动力,因而在航空航天发展史上功不可没。



传说明代中国就有人试图利用火箭飞天

中国古代记述的上古时代的人和事的文献很多。许多神话中的半人半神都具有神奇的飞行本领^①。像应龙就生有一对像鸟一样的翅膀,可以在天空中翱翔。这些自然会唤起人们对飞行的渴望。古代典籍中包括了许多关于飞行的故事就是证明。在当时的科学知识背景下,古人们设想了各种各样的飞行方式^②:一是像鸟一样借助翅膀飞行,就像前面的应龙一样;二是乘风飞行,《庄子·逍遥游》中说列子得道后,能乘风飞行;三是骑神兽神鸟飞行,《列仙传拾遗》中有萧史与弄玉飞行的传说:萧史善于吹箫,秦穆公的女儿弄玉也善吹箫。他们二人后来

① 袁珂. 中国神话史. 上海:上海文艺出版社,1988.

② 史超礼. 航空航天发展史纲要(第1册). 北京:北京航空学院,1985:11.



嫦娥奔月图

结为夫妇，弄玉乘风，萧史乘龙飞去；四是服食神药飞行，“一人得道，鸡犬升天”说的是汉代淮南王刘安吃了自己炼的仙丹，白日升天而去。没有吃完的丹药放在院子中的钵子里，被鸡狗吃了，结果它们也飞上天去了。一时间“鸡鸣天上，犬吠云中”；五是念动咒语升天，齐天大圣孙悟空就有这样的本领；六是借助人造的飞车升空，《山海经》记载奇肱国人能制造飞车，在天空自由飞行；七是借助神物飞行，牛郎织女的传说里牛郎就是借神牛皮上天的。

嫦娥奔月是古代流传下来的又一个关于飞行的故事，也是著名的登月故事。这个故事源于何处已难考查。从文献上看，最晚当在商代已经出现。现今早已

失传的《归藏》一书就有这样的记载：“昔嫦娥以不死之药奔月。”后来的《淮南子·觉冥训》，射日英雄后羿也进入了传说中：“羿请不死之药于西王母，姮娥（即嫦娥）窃以奔月，怅然有丧，无以续之。”^①对此，高诱注道：“姮娥，羿妻。羿请不死之药于西王母，未及服之，姮娥盗食之，得仙奔入月中，为月精也。”《搜神记》记载了这个故事并加入了一些新情节：“羿请不死之药于西王母，嫦娥窃之以奔月。将往，枚筮之于有黄。有黄占之曰：‘吉。翩翩归妹，独将西行。逢天晦芒，毋恐毋惊，后见大昌。’嫦娥遂托身于月，是为蟾蜍。”

《搜神记》和其他一些书籍说嫦娥到了月亮之后，变成了可憎的癞蛤蟆。这大概是对负心人出逃行为的惩罚。至于月亮上都有什么，说法不一。《太平御览》引《拟天问》说：“月中何有？百兔捣药”；又引《淮南子》说：“月中有桂树”；又引《安天论》说：“俗传月中仙人桂树。今视其初生，见仙之足已成形，桂树后生焉。”《西阳杂俎》说：“旧言月中有桂，有蟾蜍，故异书言月桂高五百丈，下有卜常斫之，树创随合。人姓吴名刚，西河人，学仙有过，谪令伐桂。”从这些记载中可以看出，嫦娥故事中的羿、桂树、白兔、吴刚和蟾蜍等一些情节都已具备。

羿原是天上的神，又说是尧的儿子，他以善射著称，被尊为弓箭的发明人。在尧时代，天上有十个太阳。赤日炎炎，土地干涸，庄稼尽枯，民不聊生。羿受尧之命，射下九个太阳，并完成了一系列勋业，救万民于水火之中。但羿的行为不为天帝所喜，原来他射下的九个太阳是天帝的九个儿子。于是，羿与妻子嫦娥被贬到人间，不能重返天庭。从此夫妻之间的感情出现了裂痕。鲁迅在《故事新编》的“奔月”中，进一步加工了嫦娥奔月的故事。

羿与嫦娥在地上过着普通人的生活，这是嫦娥所不情愿的。羿为了挽回夫妻的感情，决定上昆仑山问王母拜求长生不死之药。王母感于羿不屈的意志和真诚，特赐羿不死药，并嘱咐道：“这药是足够你夫妻二人一同吃了不死的，倘若一个人吃了，就可以升天。”羿回来后，并没有马上将这件事告诉嫦娥。

① 《淮南子·觉冥训》

羿以打猎为生。由于他善射,开始所获猎物颇多,到后来附近山上的大小猎物都被射光了。一天,羿辛苦奔走很远才打到一只乌鸦。羿看到嫦娥端着乌鸦炸酱面难以下咽的样子,心里也很难过。他一再安慰嫦娥明天走得更远些,以便打到大型猎物。他又说,实在不行了,我们还有西王母赠与的不死药,吃了可以长生。

第二天,羿一早就出去了,赶了很远的路也没打到猎物,却射死了农妇的一只鸡,耽误了半天,回来时又遇强盗,结果天黑才回到家中。正当他满怀喜悦准备向妻子献上“猎物”时,却发现妻子不见了。询问仆人也说不清楚。进房一看,发现装不死药的盒子在地上,药不见了。羿大怒。仆人告诉他午后曾见一个黑影向天上飞去。羿想嫦娥一定飞到月亮上去了。他叫仆人取出当年的射日弓,对准月亮射了三箭,但月亮只是晃了晃,并没有落下来。这下羿只有垂头丧气了。

较早的记载说嫦娥到月亮上后,由原来超凡绝伦的美貌仙女,变成了丑陋无比的癞蛤蟆。这是对负心人的惩罚。后来人们在流传嫦娥奔月的故事中修改了这个情节。虽然嫦娥美貌依旧,而且月宫还有白兔、吴刚、桂树和桂花酒相伴,但毕竟太寂寞冷清了。人间的生活虽然艰辛,却那样纯洁、质朴和充实。面对着这样一种境地,嫦娥非常后悔,但为时已晚,从此只能永久在月亮上孤寂下去。后世诗人感叹道:“嫦娥应悔偷灵药,碧海青天夜夜心。”

第二节 吕西安游月探险

欧洲的科学源自古希腊科学。在古希腊时期,人们的学术探讨比较自由,任何人都可以对天地起源、宇宙结构发表议论,因此形成了各种不同的派别。公元前五世纪,毕达哥拉斯(Aristotle)认为地球及其他行星共同绕一团中央活火运行。公元前三世纪,亚里士多德(Pythagoras)虽然承认地球是球体,但坚持地球中心说,认为地球是宇宙的中心。到了希腊化时期,科学的发展呈衰退趋势而占星术迅速流传开来,但这客观上对天文学发展提供了较好的机会。

由于许多天文学事实的发现,人们对毕达哥拉斯的天文学说不太满意了,于是地心说逐渐占了上风。但阿利斯塔克(Aristarchus)则认为太阳是比地球大得多的天体,“恒星与太阳是不动的,地球沿着一个圆周的周边绕太阳运行,太阳则在轨道中心。”但这个学说没有得到普遍承认。到了公元前130年左右,希帕克(Hipparchus)通过大量的天文观察工作,发展了地心说思想,建立了较为完整的地心说体系,并运用本轮和均轮解释天体的视运动。尔后经过托勒密(Ptolemy)的发展,形成了统治欧洲天文学达千年之久的完整的地心说体系。

但希腊后期著名学者普卢塔克(Plutach)却以玩笑的口吻指责地心说。他说:“地球应当处于宇宙的中心。但是,由于宇宙是无限的和无边界的,因此也就不存在这样一个中心。”他认为月球就是第二个地球,但比地球小。其他方面都同地球相似,有高山和峡谷。他甚至认为月球亦有智慧生命^①。

希腊人有极富幻想的品格,《希腊神话和传说》直到今天仍是人们爱不释手的作品。这本神话集中有大量有关飞行的故事。这些故事所说的是天上众神之间以及神人之间的生活、爱情、竞技与战争。众神都居住在奥林匹斯山上。这座山并不很高,这就为神人之间的联系提供

^① Ley Willy. Rockets, Missiles and Space Travel. London:Chapman & Hall LTD, 1952:9.

了很大方便。尽管如此,众神们仍然不愿意永久地居住奥林匹斯山上。他们常常来到人间,与凡人一道演出一幕幕离奇的故事和动人的神话。当然,众神上山下山并不爬山,而是八仙过海,各显神通。有的靠翅膀飞向人间,有的乘战车、飞鹰下凡,还有的靠脚上的飞鞋日行万里。那些可爱的小天使身生一对小小的肉翅,往来传送消息。总之,众神们的飞行本领都十分高超,令人神往,也令人眼花缭乱。

在希腊和罗马神话中,关于飞行的故事有两个最为著名。一个是法厄同驾阿波罗战车飞行的故事,另一个是代达罗斯和伊卡罗斯羽衣飞行的故事。^①

在希腊罗马神话中,阿波罗是最有名的神,也是最受崇奉、最有影响的神,他掌管太阳和光明,因而被称为太阳神;也掌管司法、宗教、医疗和音乐等。传说他每天驾日车绕地球一周,给地球带来白天、黑夜和光明。法厄同是阿波罗和女神克吕墨涅的儿子。他希望驾父亲的战车游历一天,阿波罗一再摇头。他说:“这可不是好玩的,我的法厄同,而且它也不适合你的年龄和体力……除了我自己,没有别人能驾驭这光焰熊熊的日车,即使能用右手发出霹雳的宙斯也同样不能。”

法厄同年轻好胜,根本听不进父亲的劝告。阿波罗无奈,只好答应让他驾驭日车。在出发前,阿波罗又万千嘱咐。法厄同跳上日车,神马立刻飞奔起来。由于感觉到日车比平时轻得多,神马横冲直撞,很快就偏离了原来的轨迹。法厄同立刻慌了手脚,不知怎样去引导它们。天空中的怪物看起来异常恐怖,他胆战心惊,手里的缰绳也脱落了。神马感到背上的控制已完全松弛,便更快地向前奔腾,进入了天上的陌生区域,在星星间没有路的地方横冲直撞。日车忽高忽低,时而上达天穹,时而几乎接近地面。月神看见哥哥的车子跑到自己车子的下面去了,不胜骇异。

随着日车飞临地面,大火开始蔓延。云开始冒烟,山巅着了火,田野被烤焦,植物已枯萎。城市遭到了毁灭,国家和人民在大火中消失,连终年积雪的高加索山都着起火来。整个世界一片混乱,到处是大火烧焦的痕迹。埃塞俄比亚人所以变得这样黑,就是因为他们的血受了热,突然涌向皮肤表面造成的;利比亚被烤炙得成了沙漠,这就是撒哈拉大沙漠。河流干涸、海水变浅、大地干裂以及阴间现露。众神急忙求救于天帝宙斯(Zeus)。宙斯召唤所有的神前来,要求采取紧急措施,以拯救世界。他从右手放出一个霹雳,对准法厄同击去。可怜的法厄同立刻滚下了日车,也同时失去了生命。他头发着火,从天上直坠而下,像流星穿过天空一样划出一道光亮,落入意大利的埃里达诺斯河后,周身的火焰才熄灭。

年轻勇敢的法厄同为尝试飞行,献出了自己的生命。虽然他惹下了大祸,可他的勇猛精神仍受到人们的赞颂。

代达罗斯是古希腊最有名的能工巧匠。他曾经为米罗岛的米诺斯国王建造了一座有名的神奇迷宫,忒修斯由于得到了阿丽亚德那所赠的线团才能顺利走出这座迷宫。后来,代达罗斯失去了国王的信任,被囚禁在克里特岛的一座高塔里。代达罗斯企图逃跑,但无法从海路离开克里特岛。米诺斯国王对船只的警戒十分严密,非经仔细盘查,不放任何人出海。代达罗斯对儿子伊卡罗斯说:“让米诺斯管辖陆地和海洋吧,但他管不了天空。我们可以从这条路试一试。”^②

^① 马汉亭,李黄,编译. 古希腊罗马神话故事. 北京:金城出版社,1999.

^② 马汉亭,李黄,编译. 古希腊罗马神话故事. 北京:金城出版社,1999.