

科技进步与社会发展丛书

# 遨游九天

——航天技术与社会

李成智 著

山东科学技术出版社



科技进步与社会发展丛书

# 遨游九天

——航天技术与社会

李成智 著

山东科学技术出版社

科技进步与社会发展丛书  
**遨游九天——航天技术与社会**  
李成智 著

\*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路16号 邮编250002)

山东科学技术出版社发行

(济南市玉函路16号 电话2014651)

山东莒县印刷厂印刷

\*

850mm×1168mm 32开本 15印张 4插页 300千字

1998年12月第1版 1998年12月第1次印刷

印数 1—1000

ISBN 7-5331-2164-3

G·266 定价30.00元

## 总 序

现代社会最显著的特点是科学和技术日新月异,它一方面飞速前进,另一方面无孔不入地深入社会每一个角落,这种在深度和广度方面的进展是一步步取得的。

科学和技术是有所区别的。科学的进步给人们新知识、新理解,使人们知道过去所不知道的事情;技术的进步则意味着新产品、新生产方法和工艺流程、新原料、新市场和新生产组织方式,使人们能做到过去所做不到的事情。20 世纪初的科学革命为技术进步展开了广阔天地,第二次世界大战中发明的核武器、导弹、雷达和青霉素的广泛应用,证明了技术进步的巨大威力,战后的电子技术、通信技术、电脑技术、生物技术、航空航天技术、新材料技术等等如雨后春笋般地成长起来,人类的社会结构和日常生活被永久性地改变了。人们无一例外地感受到这一点。人们为技术进步所带来的变化、便利和舒适而欢欣鼓舞,但同时也夹杂着疑虑。这些疑虑来自两个方面:

一是近几十年的技术进步大多发生在高科技领域,建立在对 20 世纪以来所获得的精深的科学知识基础之上,这使得普通群众和非专业人员难以理解和把握,人们感到它们很神秘,但又离不开它们。例如,电子计算机,可以说现代社会的正常运行绝对不能没有它,而未来的网络化社会则将通过它来完全改变每一个人的衣食住行和人际关系,然而它又是地道的高技术产品,真正用好它需要相当的专业和理论知识,还要有丰富的实际操

作经验。对于许多人而言,计算机是那样的功能强大,却又是那样的令人望而生畏;人们知道迟早要依靠它生存,但又担心自己驾驭不了它,进而对未来的信息社会产生恐惧感和陌生感。

二是技术进步在奉献给人类巨大恩惠的同时,也带来了一些灾难。实际上,很少有几项高新技术是不夹带或多或少的负面效应的。高分子化工生产出塑料、杀虫剂,节约了无数的木材,获得了许多个粮棉丰收年成,但它带来的污染却杀死了许多物种,毁掉了许多良田;原子能的开发利用给人们带来取用不尽的能源,但核事故的威胁像阴云一样笼罩在人们心头无法驱散,核废料的永久性辐射从此将伴随人类的子子孙孙。

产生这些疑虑是可以理解的。不过,这些疑虑也是可以化解的,我以为最有效的化解方式就是由科学工作者和工程技术人员告诉公众这一切是怎么回事。我们有责任这样做。我们的科学家和工程师是人民养育的,人民信任我们,把国家的强盛、民族的繁荣、生活的富裕和世界的未来都托付给了我们。因此,我们就有责任和义务告诉人民,我们正在做什么,为什么这样做,已经得到了些什么成果,将会对社会有什么影响,还将会有什么结果,我们今后将打算再怎么做,人民的钱财和我们的才智是否花得值得,等等。

这套丛书就是我们向公众的一个初步交代。我们选择了在近几十年来发展最快、在未来最有发展前途的七个领域,分别成书,介绍其发展的历程所依据的科学原理,所采用的技术手段,所达到的效果,对科学和技术的影响,对社会和人们日常生活的影响,以及对未来的影响。这七个领域分别是;计算机技术、通信技术、航天技术、海洋科学、生物技术、核技术和材料科学。

我希望读者看完这几本书之后,除了对书中所介绍的知识

有所了解外,能够感觉到科学和技术,特别是高新技术,并不是什么神秘的、高深莫测的东西,有许多前沿进展很新,很重要,但也并不是高不可攀。我还希望从这套丛书中,读者能体会到什么是科学精神,什么是按照科学规律办事;在科学的王国里,人类能做些什么,不能做些什么;技术进步能给人们带来些什么,会使人类失去些什么。我希望读者能赞同我的想法,知识是人类力量的源泉,技术进步是我们时代和社会前进的动力,技术进步是积极的、富于创造力的、勇于实践的、利大于弊的。我特别希望青年学生读后能鼓舞起献身科学的勇气和信心,如果没有年轻一代人源源不断涌入科学研究队伍,科学就将停滞不前,技术很快就会失去进步的源泉,而我们的世界也就没有了希望。

最后我还要指出,科技工作者相互之间用高度技术化的语言讨论专业问题时,交流起来比较容易。可是当我们努力想用通俗语言说清楚我们所做的一切是怎么回事时,就多少有些力不从心,这是现代科学和技术高度专门化的结果。这套丛书的作者都是有成就的科学家和工程师,他们自告奋勇地承担起写作任务,他们尽了力,也尽了责。出版社的编辑同志也为丛书的顺利出版付出许多辛劳。现在读者见到的这套丛书,是许多人携手合作的成果。我谨向他们表示衷心的感谢和敬意。

中国工程院院士

**林宗虎**

1998年2月

于西安交通大学

## 序

人类的活动范围,经历了从陆地到海洋,从海洋到大气层,再从大气层到外层空间的逐步扩展过程。人类活动范围的每一次飞跃,都大大增强了认识和改造自然的能力,促进了生产力的发展和社会进步。人类进入宇宙空间经历了漫长而艰苦的过程。人类自古就对广博的宇宙极为好奇,认识和研究宇宙的活动也早已开始。近代以来,人类开始以新的眼光看待我们所处的宇宙。宇宙以其辽阔无垠和构造之美令人神往,以其取之不尽的能源和物质财富引人注目。地球是人类生存之本,一切财富之源。为了扩大社会生产活动,人类必然要不断开拓新的活动天地。1903年,即飞机诞生的同一年,齐奥尔科夫斯基建立了火箭运动和航天飞行理论。此后,戈达德、奥伯特也阐明了利用火箭进行太空飞行的基本原理。1926年,戈达德研制发射成功历史上第一枚液体火箭。经过德、美、苏等国一大批火箭先驱者的努力,液体火箭技术逐步发展成熟。1942年,德国研制成功实用的弹道导弹,为发展大型导弹和航天运载火箭奠定了基础。第二次世界大战后,在冷战的背景下,苏美两国大力发展弹道导弹。1957年8月,前苏联研制成功洲际弹道导弹,同年10月4日又利用洲际导弹技术和硬件改装的运载火箭发射成功第一颗人造地球卫星,人类终于跨入了航天时代。

航天技术发展速度之快是航天先驱者们未曾预料的。相关技术的成熟特别是航空领域许多成果的直接应用加快了航天技

术的发展。同时,冷战和太空竞赛客观上为航天技术的发展提供了极大的动力。1961年,载人航天取得成功,实现了人类遨游太空的理想。1969年,人类第一次踏上月球的土地,标志着人类征服太空取得了又一次历史性突破。70年代初,前苏联和美国先后发射成功试验型空间站,为进一步开发和利用空间资源提供了技术保证。

近半个世纪以来,航天技术飞速发展并取得了一系列划时代的成就,令人信服地显示出它的重大价值和作用。航天技术的开拓需要一个过程,人们对航天技术的应用也有一个认识过程。宏观地看,航天技术不仅为经济建设、科学文化和社会生活等各个领域的现代化提供了有力的工具,带来了传统技术无法达到的经济效益和社会效益,同时,它的发展也成为体现一个国家综合国力和当代科学技术发展水平的重要特征。

航天技术和航天活动的发展,极大地扩展了人类活动的新领域,这是人类认识自然、开发空间的一个质的飞跃。人类进入空间并且开始适应、研究、认识、利用和开发空间环境,这是人类文明史的伟大飞跃,其意义之大和影响之深远,如何评价也不过分。在人类进入太空之际,极其丰富的空间资源也展现在人类面前,等待我们去开发利用。仅就地球引力和地球卫星作用范围这一最小的外空领域看,现已探明可供利用和开发的空間资源就有以下几大类:

航天器相对于地面的高位置资源;高真空和高洁净环境资源;航天器微重力环境资源;太阳能资源;超低温热沉资源;月球及其他行星资源。

上述各项空间资源都是极其丰富的,对其中任何一项的开发都会给人类带来巨大的利益。摆在人们面前的问题是:用什



么办法和手段才能长久地处在空间环境中去研究和认识这个环境,并逐步利用和开发它所具有的各项资源以造福人类。

随着空间资源开发而诞生了一门新型高科技——航天技术。它是探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性工程,也是高度综合的现代科学技术。它以基础科学和技术科学为基础,集中应用了 20 世纪许多工程技术新成就。力学、热力学、材料学、医学、电子技术、自动控制、喷气推进、计算机、真空技术、制造工艺等,都对航天技术的进步发挥了重要的作用。这些科学技术在航天的应用中互相交叉和渗透,产生了一些新学科,使航天技术形成了完整的体系。航天不断提出的新要求,又促进了这些科学技术的进步。

在科学技术体系中,航天是相当年轻的技术门类。尽管它的历史很短,但它对人类社会产生的影响是巨大的。在某种意义上可以说,航天技术改变了整个世界的面貌。通信卫星在气象预报、气象研究、灾害预测方面发挥着举足轻重的作用;天文卫星和深空探测器为探索宇宙、增进天文知识提供了革命化的手段;资源卫星、导航卫星、侦察卫星、预警卫星在国民经济、国防建设、环境监测等领域发挥着日益重要的作用;载人航天器日益成为科学研究、新材料生产、新药品制备、新技术探索的重要工具。空间站是航天技术中的佼佼者,是一项综合性的大型航天工程的成果。大力发展空间站,可以充分利用空间资源,如高远位置、微重力、超低温、高洁净和强辐射等资源,加速空间物质产品的发展,促进空间工业化、商业化和军事化的进程,并带动许多现代科学技术的飞速发展。

高投入、高效益、长周期、不可替代,是航天技术的重要特点。航天技术在获得巨大社会效益的同时,还能取得可观的经

济收益。美国和前苏联的经验表明,在应用卫星领域投资 1 美元,若干年后可获得十几美元的收益。如果考虑全社会从航天的应用和技术转移所获得的总收益,则产出与投入之比往往可达到几十。在一些发达国家,航天工业已成为国民经济的重要产业部门。

中国古代发明了火药火箭,火箭飞行的物理学原理是人类征服太空的基础。20 世纪 50 年代后期,中国开始发展航天技术。经过 40 年的努力,取得了举世瞩目的成就,已跻身于世界先进行列。航天技术在国防建设、经济建设中的应用逐步扩大,取得了初步的社会效益和经济效益。它在促进经济发展、带动科技进步、增强国防实力、提高中国的国际地位等方面,正在发挥愈来愈大的作用。

航天技术经过近一个世纪的发展,已经形成相当完整的工业和技术体系。然而航天技术的发展是无止境的。面向 21 世纪,各种应用卫星将朝着大容量、高精度、多用途、灵活性、高分辨以及长寿命的方向发展;各种廉价的小卫星也将发挥独特的作用。未来,载人航天技术将更加重视空间科学应用和空间产品开发,国际合作发展的“阿尔法”空间站在 21 世纪之初即将建成。太空加工、新材料生产、新药品制备有可能进入实用阶段。展望 21 世纪,载人行星探测以及卫星太阳能电站有可能变成现实。这些成就必将极大地推进社会进步,改变社会的面貌,解决人类面临的各种问题。总之,航天技术的未来发展既充满了新的希望,又面临着巨大的挑战。

李成智的《遨游九天——航天技术与社会》,借助大量文献资料,在深入研究的基础上较全面地论述了航天技术对社会各领域产生的巨大影响。作者既揭示了航天技术的发展,又分析

了航天技术与社会的互动,并对航天技术的未来进行了展望。  
我愿将这本书推荐给科技工作者、科技史研究者、领导干部、大  
专院校学生以及关心和热爱航天事业的各界读者。

中国科学院院士  
中国工程院院士

**闵桂荣**

1998年2月

# 目 录

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| <b>征服宇宙——跨入航天时代的历程</b> ..... | (1)   |
| 一、先驱者的不懈探索 .....             | (2)   |
| 二、早期液体火箭技术 .....             | (9)   |
| 三、洲际导弹的诞生 .....              | (17)  |
| 四、时代呼唤人造卫星 .....             | (26)  |
| 五、航天时代的来临 .....              | (32)  |
| <b>运载火箭——征服太空的天梯</b> .....   | (42)  |
| 一、美国运载火箭系列 .....             | (43)  |
| 二、前苏联运载火箭系列 .....            | (52)  |
| 三、中国“长征”系列火箭 .....           | (59)  |
| 四、欧洲“阿丽亚娜”系列火箭 .....         | (64)  |
| 五、日本 H-1 和 H-2 火箭 .....      | (73)  |
| 六、运载火箭的发展前景 .....            | (78)  |
| <b>民用卫星——经济发展的新源泉</b> .....  | (82)  |
| 一、用之不竭的空间资源 .....            | (82)  |
| 二、人造卫星与卫星轨道 .....            | (89)  |
| 三、传播信息的通信卫星 .....            | (95)  |
| 四、测云卜雨的气象卫星 .....            | (103) |
| 五、探矿寻宝的资源卫星 .....            | (112) |
| 六、监测环境的遥感卫星 .....            | (120) |
| <b>军用卫星——军事力量的倍增器</b> .....  | (127) |
| 一、明察秋毫的照相侦察卫星 .....          | (127) |

---

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 二、监听全球电子侦察卫星 .....           | (142)        |
| 三、监视导弹的预警卫星 .....            | (148)        |
| 四、万里指向的导航卫星 .....            | (154)        |
| 五、太空时代的四维战场 .....            | (161)        |
| <b>空间探测——深入研究太阳系 .....</b>   | <b>(171)</b> |
| 一、细观月球的风姿 .....              | (171)        |
| 二、冲破金星的迷雾 .....              | (177)        |
| 三、揭开火星的面纱 .....              | (182)        |
| 四、飞向遥远的行星 .....              | (189)        |
| 五、认识我们的太阳 .....              | (195)        |
| 六、追踪美丽的彗星 .....              | (200)        |
| <b>天文卫星——探索宇宙的奥秘 .....</b>   | <b>(203)</b> |
| 一、宇宙 $\gamma$ 射线探测 .....     | (204)        |
| 二、宇宙 X 射线探测 .....            | (209)        |
| 三、宇宙紫外线探测 .....              | (216)        |
| 四、宇宙红外线探测 .....              | (220)        |
| 五、宇宙微波段探测 .....              | (226)        |
| 六、宇宙可见光探测 .....              | (228)        |
| 七、茫茫宇宙觅知音 .....              | (235)        |
| <b>宇宙飞船——人类怎样步步登天 .....</b>  | <b>(248)</b> |
| 一、载人航天的意义 .....              | (248)        |
| 二、“东方”号首航太空 .....            | (256)        |
| 三、“水星”号迟到一步 .....            | (264)        |
| 四、“上升”号三人冒险 .....            | (270)        |
| 五、“双子星”轨道对接 .....            | (273)        |
| 六、“联盟”号往返穿梭 .....            | (279)        |
| <b>“阿波罗”工程——载人登月旅行 .....</b> | <b>(287)</b> |
| 一、竞赛气氛中的决策 .....             | (287)        |

---

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| 二、登月火箭的研制 .....             | (294)        |
| 三、“阿波罗”11 号月球行 .....        | (303)        |
| 四、“阿波罗”13 号紧急脱险 .....       | (311)        |
| 五、历史性的伟大成就 .....            | (318)        |
| <b>空间站——轨道上的科研中心 .....</b>  | <b>(324)</b> |
| 一、第一代空间站 .....              | (325)        |
| 二、第二代空间站 .....              | (331)        |
| 三、天空实验室 .....               | (335)        |
| 四、第三代空间站 .....              | (341)        |
| 五、空间实验室 .....               | (348)        |
| 六、“阿尔法”空间站 .....            | (357)        |
| <b>航天飞机——空间活动的生力军 .....</b> | <b>(366)</b> |
| 一、航天飞机的起源 .....             | (367)        |
| 二、艰难的方案选择 .....             | (373)        |
| 三、轨道上的多面手 .....             | (377)        |
| 四、“挑战者”号的命运 .....           | (385)        |
| 五、天地往来任纵横 .....             | (392)        |
| 六、前苏联的航天飞机 .....            | (399)        |
| <b>航天未来——人类的困境与抉择 .....</b> | <b>(409)</b> |
| 一、危机四伏的地球 .....             | (410)        |
| 二、太阳能卫星电站 .....             | (415)        |
| 三、太空工业化前景 .....             | (423)        |
| 四、构筑太空新家园 .....             | (428)        |
| 五、恒星际旅行设想 .....             | (439)        |
| <b>结语：航天技术与社会互动 .....</b>   | <b>(448)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>           | <b>(456)</b> |

## 征服宇宙——跨入航天时代的历程

航天学的产生有两大基础,一是思想基础,二是科学技术基础。航天学的思想基础就是千百年来人类向往飞行的理想和渴望。到了近代,登天理想又发展成航天科学幻想。19世纪是科学的世纪,天文学、物理学和生物学的许多重大发现改变了人类的观念。这些科学新发现导致航天科幻小说创作进入了一个高潮。这些作品吸引了大量读者。航天先驱者们从这些作品蕴含的航天思想和某些技术预测中获得极大的启发,并致力于航天学和火箭运动理论研究。可以说,航天科幻小说为航天学诞生打下了思想基础,为航天先驱者们提供了前进的动力并指明了奋斗的方向。

利用什么推进装置实现太空飞行是先驱者们非常关注的问题。中国古代发明的火药火箭从原理上回答了这个问题,它是第一种实用的反作用推进装置。虽然它本身有许多局限性,不是理想的太空运输工具,但它的基本原理完全适用于航天运载的需要。航天先驱者们正是通过对火药火箭的研究发现,要想实现太空飞行,只有依靠反作用原理的火箭。他们也认识到,液体火箭能够克服固体火箭的种种缺陷,完成航天运载任务。他们的研究、试验和广泛宣传,使人们从观念上在火箭和太空飞行之间架起了一座桥梁。火箭原理成了征服太空的技术基础。

## 一、先驱者的不懈探索

航天学诞生和发展的一个重要特点是理论先行。从 20 世纪初航天学理论的出现到人造卫星发射成功,只经历了短短的 50 年。可以说,航天学理论的率先建立大大加速了航天时代的来临。在航天学理论和火箭运动理论建立的过程中,活跃着一批有卓越成就的航天先驱者。在理论方面最著名的是俄国的齐奥尔科夫斯基、美国的罗伯特·戈达德和德国的赫尔曼·奥伯特。

利用火箭实现太空飞行的设想和理论是俄国航天先驱者齐奥尔科夫斯基首先明确阐述的。齐奥尔科夫斯基自小热爱科学,在顽强自学过程中,有关飞行和星际航行问题开始强烈地吸引着他。这方面的兴趣在很大程度上是受到凡尔纳科幻小说的影响。从那以后,齐奥尔科夫斯基开始关注与这类问题有关的科学理论。1883 年,齐奥尔科夫斯基在一篇名为《自由空间》的手稿中首次提出了利用反作用装置作为外太空旅行工具的可能性。在这篇手稿中,他分析了在没有空气阻力的空间的运动,画出了宇宙飞船的草图。这些思想在他 1893 年发表的科幻小说《月球上》和 1895 年写的《地月现象和万有引力效应》中得到了进一步发展。1896 年,他开始从理论上研究星际航行问题,进一步明确了只有火箭才能达到这个目的。1897 年,齐奥尔科夫斯基推导出了著名的火箭运动方程式。

齐奥尔科夫斯基首先研究的问题是太空飞行用的运载工具。他认为,在宇宙空间没有空气的情况下,唯一能够使用的运输工具是火箭。这种依据作用与反作用原理的火箭完全可以在真空中飞行。这里的一个关键问题是如何使火箭达到能克服地



球引力的高速度。齐奥尔科夫斯基经过几年潜心研究,于1898年完成了航天学经典论文《利用喷气工具研究宇宙空间》,但这篇论文直到1903年才在莫斯科的《科学评论》上发表。接着,齐奥尔科夫斯基又在《航空报告》上发表了多篇关于火箭理论和太空飞行的论文。这些出色的著作较为系统地建立起了火箭运动和航天学的理论基础。

《利用喷气工具研究宇宙空间》内容涉及到与火箭和航天飞行有关的各个方面问题。齐奥尔科夫斯基分析了现有运输装置的不足,明确指出只有火箭能够胜任这一任务。他运用变质量运动理论,推导出了火箭运动的基本方程。这个公式后来被命名为齐奥尔科夫斯基公式。在这个公式的基础上,他又推导出了火箭在重力场中的运动方程式。这两个简单公式奠定了火箭运动理论的基础,具有重要的理论价值和实际意义。根据这两个公式,齐奥尔科夫斯基建立了火箭质量比的概念,即火箭起飞的质量与火箭燃料耗尽后的质量之比,并指出质量比的重要意义。他还首次提出了火箭发动机比冲的概念,认为比冲越大,火箭性能越好。他还推导出了火箭要克服地球引力所要具备的最小速度即第一宇宙速度为8千米/秒。为了使火箭达到最高性能,他研究了各种可用的燃料,指出液氢、液氧是火箭发动机最理想的推进剂,因为这种组合比冲最大、能量也最大。另外,他考虑了发动机的冷却、推进剂的输送方式、火箭发动机的燃气舵面控制以及火箭的飞行控制等具体的技术问题。

火箭运动理论大致有了一个完整的框架后,齐奥尔科夫斯基又对星际航行问题进行了研究和展望。他设计并画出了载人宇宙飞船的草图,研究了载人宇宙飞行的种种问题,包括载人飞船内如何保持适宜的温度、压力、湿度等条件,飞船内空气、水的