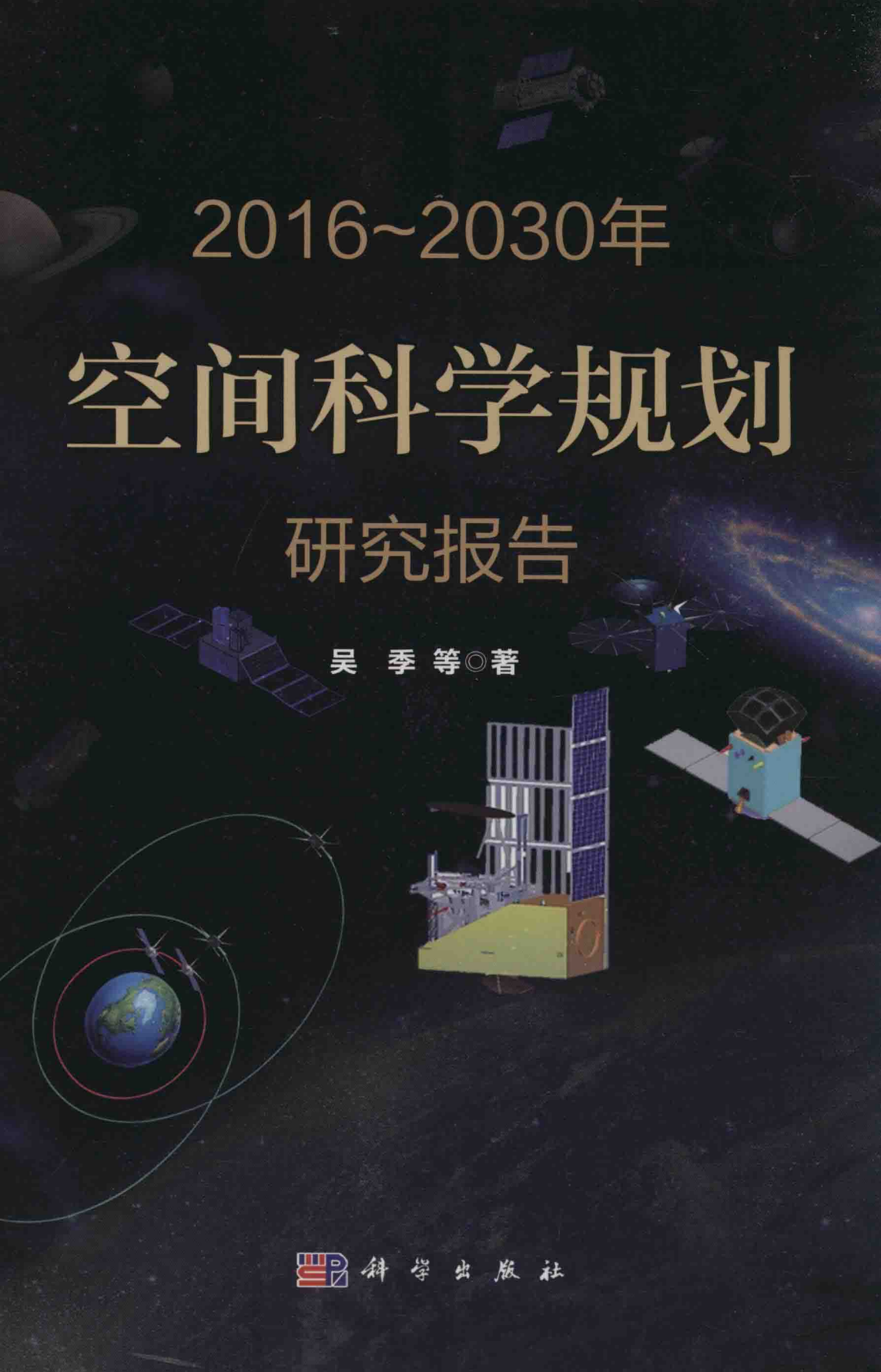




2016~2030年

空间科学规划

研究报告

吴季等◎著



科学出版社

2016~2030年 空间科学规划 研究报告

吴季等◎著



科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

2016~2030 年空间科学规划研究报告 / 吴季等著. —北京: 科学出版社, 2016.3

ISBN 978-7-03-047460-5

I. ①2...Ⅱ. ①吴... Ⅲ. ①空间科学-科学规划-研究报告-中国-2016~2030
IV. ①V1-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 044018 号

责任编辑: 朱萍萍 侯俊琳 程雷星 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 张 倩 / 封面设计: 可圈可点工作室

联系电话: 010-6403 5853

电子邮箱: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

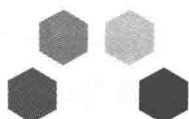
2016 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张: 10 3/4

字数: 220 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



前言

人类近代以来的发展历程，与之前数千年最大的不同是科学与技术成为人类社会发展的主要驱动力。特别是 20 世纪以来，科技推动人类社会飞速发展，其速度是以往无法想象的。进入 20 世纪下半叶以来，有两个科技领域的发展对人类社会产生了非常重大的影响：一个是信息科技领域；另一个就是空间科技领域。

空间科技从三个方面深刻影响着人类社会：第一方面是空间科学及其探索极大地丰富了人类对地球所在的空间环境和宇宙演化的知识，并从地球这个人类的摇篮向外迈出了第一步，登上了月球；第二方面是极大地改变了人类的日常生活，无处不在的卫星通信、卫星电视直播、卫星导航定位及依靠卫星对地球观测的天气预报和灾害预报，成为人们日常生活中必不可少的要素，离开了这些技术系统人们甚至无法正常生活；第三方面就是增强综合国力，太空已经成为最重要的战略制高点，外层空间是人类继陆地、海洋、领空之外的第四疆域。

空间科学是空间技术和应用发展的基石，有着“牵一发而动全身”的地位。空间科学，就是研究空间或者必须到空间去才能开展研究的科学。为了避免与传统的、地面上开展的天文观测混淆，空间科学的准确定义为：以空间飞行器为主要平台，研究发生在日地

空间、行星际空间乃至整个宇宙空间的物理、天文、化学及生命等自然现象及其规律的科学，是高度综合与交叉性的前沿科学领域。开展空间科学研究所借助的空间飞行器就是离开地球表面进入高层大气、地球空间、太阳系深空的航天器。由于需要到地球大气层外的空间开展研究，1957 年 10 月人类发射了第一颗人造地球卫星之后，空间科学才真正成为一门独立的、但交叉性也很强的前沿学科，自此以后，空间科学以前所未有的崭新手段和强大能力开展研究，取得了重大成就，革命性的发现源源不断，超过了以往数千年的总和，众多的科学发现已向人类揭示出全新的宇宙景象，深刻改变了人类对自然和自身的认识，以及人类的生产生活方式。21 世纪，空间科学继续引领着人类社会的发展，不断开辟新的前沿，呈现新的趋势。

空间科学探索是长期困扰人类的重大科学问题，如宇宙大爆炸之后到星系诞生之前发生了什么、神秘的黑洞及其周边、暗物质与暗能量、地球之外是否有生命（包括智慧生命）、太阳大爆发是否会威胁人类的生存、地球系统在人类活动逐渐增强的情况下将怎样演化等重大前沿科学问题。爱因斯坦曾经预言，自然科学的前沿将逐渐向宏观和微观两个前沿转移。目前，空间科学的研究正是既瞄准宏观的太空和宇宙，又瞄准微观的粒子和生命起源。因此可以说，空间科学是产生重大科学突破的前沿科学。

由于空间科学的探索性很强，对探测仪器和空间飞行器技术不断提出新的要求，现有的观测技术均已被普遍采用过。因此，要获得新的数据和信息将主要通过新的探测方法，如采用引力波探测技术、甚低频无线电谱段的高分辨率探测技术、常用谱段的高灵敏度探测技术或成像探测技术等。这一发展趋势不仅可以持续产生新的科学突破，还能极大带动相关技术的发展，使其延伸至其他应用领

域，带来潜在经济效益，成为空间技术和应用发展的最主要驱动力。例如，目前手机上使用的高分辨率相机已经普遍采用了来自深空探测技术领域的 CMOS 成像技术。

空间科学同样也是外交与国际合作的主要阵地之一。第一，空间科学探索不接受重复，只有第一，没有第二。不重复别人的工作成为遴选项目时的首要标准。因此，从战略规划阶段开始就需要交流。第二，因为科学家的需求是无限的，而政府的投入是有限的，合作可以降低投入。探测数据总是要公开的，与其自己做不如大家联合做。第三，科学计划之间的合作往往能够达到“1+1>2”的效果。即使计划都是各自的，如果将两个计划相互协调，也可以达到事半功倍的效果。

自 1970 年成功发射我国第一颗人造卫星——东方红 1 号卫星以来，我国已发射各种应用卫星 100 余颗，建立了较完整的多种应用卫星体系，在空间技术与应用方面并不落后，具备进入空间和应用空间的能力，并逐渐发展成为世界航天大国。然而，长期以来“重技术、轻科学”的态度，造成了我国“既是航天大国，又是空间科学小国”的尴尬现状。目前在空间科学领域，我国还只是知识的使用国，一直在使用别人的知识，都是在跟着国外走。我国空间科学家大量使用国外科学卫星公开发布的数据。由于数据首先被国外科学家使用，这种“寄人篱下”的研究工作很难产生重大原始创新成果。我国要成为真正的强国、自立于世界民族之林，就绝不能只考虑眼前的利益，而是要为人类做出中华民族应有的贡献，才能获得世界人民真正的尊重。即便从空间技术发展的角度来讲，我国的空间技术早期也是靠国家急需和应用需求拉动的，这种拉动效果一直比较明显，但其相对比较单调，如果没有空间科学研究项目全面的、多样化的拉动，应用项目就会倾向于重复生产。平台型谱

化、分系统设备共用化,以及生产过程和零配件的标准化等,这些做法对技术是限制的,对创新是遏制的,空间科学“千奇百怪”而又从不重复的技术需求则可以确保空间技术的创新驱动动力。

当前,我国空间科学正处在历史上最好的发展时期,但现有空间科学任务多是“一事一议”,缺乏固定且不断增长的经费预算。因此当项目结束后,还需要再向国家申请下一个项目。纵观国际上空间科学发达的国家和地区,如美国、欧洲和日本,空间科学的经费预算在其整个航天预算中总是占有固定的比例。这样,就给科学家一个期盼,也给制定中长期的规划提供了条件。

为了更好地发展我国的空间科学,为今后的发展和国家预算的安排提供科学的输入和建议,中国科学院在启动空间科学战略性先导科技专项的同时,于 2012 年安排了“2016~2030 年空间科学规划研究”项目。本书正是这个项目研究的成果。全书由十章组成,第一章概述了空间科学的范畴;第二章介绍了国际空间科学发展趋势;第三章论述了国内空间科学发展现状;第四章对空间科学发展需求进行了分析;第五章按照“宇宙和生命是如何起源和演化的”“太阳系与人类的关系是怎样的”两大主题及其所包含的问题和子问题框架介绍了空间科学领域的前沿科学问题;第六章是本书的核心部分,描述了至 2030 年发展战略目标、空间科学计划与任务建议、发展路线图和实施方式,并从预计国家科技投入的角度对规划实施的基础作了简要分析;第七章介绍了支撑空间科学发展的先进有效载荷技术、综合探测技术以及基础设施建设;第八章展望了 2030 年以后空间科学的发展;第九章提出了发展空间科学的政策措施建议;第十章为结束语。本书涉及的有关参考文献附于书后。

参与本书编写的主要人员为：

吴季、孙丽琳、尤亮、白青江、范全林（中国科学院国家空间科学中心），负责全书内容的编撰；

张双南、卢方军（中国科学院高能物理研究所）、常进（中国科学院紫金山天文台），负责空间天文领域内容的编写；

甘为群（中国科学院紫金山天文台）、颜毅华（中国科学院国家天文台），负责空间太阳物理领域内容的编写；

王赤、徐寄遥（中国科学院国家空间科学中心），负责空间物理领域内容的编写；

邹永廖（中国科学院国家天文台）、李磊（中国科学院国家空间科学中心），负责行星科学领域内容的编写；

施建成（中国科学院遥感与数字地球研究所）、胡雄（中国科学院国家空间科学中心）、陈洪滨（中国科学院大气物理研究所），负责空间地球科学领域内容的编写；

刘秋生、康琦、王双峰（中国科学院力学研究所）、潘明祥（中国科学院物理研究所）、冯稷（中国科学院北京综合研究中心），负责微重力科学领域内容的编写；

张元仲（中国科学院理论物理研究所），负责空间基础物理实验领域内容的编写；

龙勉（中国科学院力学研究所）、刘志恒（中国科学院微生物研究所），负责空间生命科学领域内容的编写；

孟新（中国科学院国家空间科学中心），负责空间科学探测综合技术领域内容的编写。

除此以外，空间科学领域的百余位专家和科研人员也投入了精力，参与了规划研究，并为书稿的成形贡献了智慧。

在本书形成过程中，国家空间科学专家委员会委员及中国科学

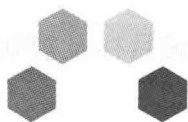
院空间科学研究院战略研究专家组多次为规划研究提供咨询和指导。此外，还邀请了法国、美国、意大利、英国、荷兰、德国、俄罗斯、比利时、芬兰、中国台湾等国家和地区的专家学者对规划研究报告进行了咨询评议，并提出了修改意见和建议。

本书汇集了众多空间科学领域专家和学者多年辛勤付出所取得的科研成果及其在促进未来空间科学发展方面取得的共识，并得到了中国科学院领导、重大科技任务局、科学出版社等部门的悉心指导和大力支持，在此向所有为本书做出贡献的人们一并表示衷心的感谢！

期望本书能为广大读者增进对空间科学的了解、增强对空间科学的兴趣提供帮助，并作为中国未来空间科学发展规划决策的依据和参考，也希望本书能成为开展空间科学国际交流合作的桥梁和窗口！

吴季

2015 年 12 月



目 录

前言

第一章 引言	1
--------------	---

第二章 国际空间科学发展趋势	4
----------------------	---

第一节 国际各主要空间国家发展战略最新进展	5
-----------------------------	---

第二节 国际空间战略发展特点	13
----------------------	----

第三节 空间科学与探测发展趋势	15
-----------------------	----

第三章 国内空间科学发展现状	24
----------------------	----

第一节 空间科学领域进展	24
--------------------	----

第二节 空间科学领域科学产出情况	29
------------------------	----

第三节 空间科学各分支领域的进展情况	30
--------------------------	----

第四章 空间科学发展需求	41
--------------------	----

第一节 突破和提升人类认识客观物质世界的能力	41
------------------------------	----

第二节 牵引和带动相关高技术的跨越发展	43
---------------------------	----

第三节 应对发展中面临的主要问题、服务于社会经济发展	44
----------------------------------	----

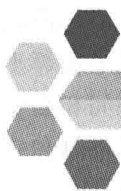
第四节 空间科学是我国和平利用空间、提升国际地位和影响力的 重要舞台	45
---	----

第五章 前沿科学问题	47
------------------	----

第一节 宇宙和生命是如何起源和演化的?	47
---------------------------	----

第二节 太阳系与人类的关系是怎样的?	84
--------------------------	----

第六章	至 2030 年发展战略目标及规划	97
第一节	至 2030 年发展战略目标	97
第二节	空间科学计划	98
第三节	至 2030 年中国空间科学发展路线图	129
第四节	计划实施的方式	130
第五节	国家经费投入预计	133
第七章	支撑的技术手段	140
第一节	先进有效载荷技术	140
第二节	综合探测技术	150
第三节	基础设施建设	152
第八章	2030 年以后发展展望	154
第九章	政策措施建议	156
第十章	结束语	159
参考文献		160



第一章

引言

21 世纪以来,空间科学与技术的发展日新月异,人类探索宇宙的步伐越来越频繁,人类活动向太空的延伸也越来越深远,空间科学作为与重大科技突破和人类生存发展密切相关、能够引领密集技术创新的前沿交叉学科,在国家发展中发挥着越来越重要的作用,成为世界强国高度重视和争相支持的重要学科领域。

空间科学可基本划分为以下几个分支领域:空间天文、太阳物理、空间物理、行星科学、空间地球科学、微重力科学、空间基础物理和空间生命科学。

空间天文是借助航天器,在高层大气和大气外层空间区域进行天文观测和天体物理研究的学科。由于摆脱了地球大气层的影响,空间天文学的观测谱段可以覆盖从射电、红外、可见光、紫外到 X 射线、伽马射线的整个电磁波段,因而可以进行高灵敏度、高时间精度和高空间分辨能力的观测。通过已经实施的空间天文卫星,人类已经在红外、紫外、X 射线、伽马射线等电磁波波段发现了大批新的天体,对恒星、太阳系外行星、黑洞、中子星、宇宙伽马射线暴、星系、星系团,以及宇宙微波辐射等各种天体现象进行了精细的观测研究,获得了黑洞存在、宇宙加速膨胀的证据等重要科学发现,为人类认识宇宙及天体的起源和演化并验证和发展基本物理规律做出了突出贡献。目前,空间天文学主要围绕黑洞、暗物质和暗能量、宇宙的起源、天体和太阳系外生命的起源等重大科学问题开展观测和研究。

在太阳物理领域,由于太阳是唯一在所有参数上都能进行高分辨率详细

观测研究的恒星，可将其视为天然的天体物理实验室，因此对太阳活动的发生与发展规律、起源与激发机制、能量释放与传播过程，以及物质运动特征的详细研究，可推广至宇宙间其他各类天体，对深化理解天体的形成与演化具有重要意义。太阳物理研究的核心问题是太阳磁场，主要方向集中在对小尺度现象和大尺度活动的研究上，包括对小尺度精细结构进行高时间和高空间分辨率观测和研究，以及对大尺度活动和长周期结构及演化进行观测和研究。此外，对小尺度现象和大尺度活动之间的相互关系进行研究也是一个重要的研究方向。

空间物理将日球层作为一个系统，主要研究发生在地球空间、日地空间和行星际空间的物理现象，研究对象包括太阳、行星际空间、地球和行星的大气层、电离层、磁层，以及它们之间的相互作用和因果关系。当前空间物理学研究日益突出对日地系统整体联系过程的研究，包括空间天气事件的大尺度扰动能量的形成、释放、传输、转换和耗散的全过程和基本物理过程，并延拓至太阳—太阳系联系，认知太阳电磁辐射和高能粒子对全球气候变化的影响途径和机制。太阳活动—行星际空间扰动—地球空间暴—地球全球变化—人类活动的链锁变化过程成为日地关系研究的主要方向。

行星科学研究行星的起源和演化、行星运行状态，寻找生命的宜居环境。研究对象包括太阳系内各层次天体的空间与表面环境、地理形貌、地质构造、物理成分、内部结构与物理场、起源与演化历史，探讨行星系统和太阳系的起源与演化，探索太阳系中的地外生命。借助于飞行器，人类已经在不同程度上对太阳系众多行星开展了探测，包括月球、火星、水星、金星、巨行星及其卫星、小行星和彗星。目前，人类的飞行器正飞往遥远的柯伊伯带。探测带来了很多惊人的发现，如月球陨石坑中的水冰、火星上近期水流的痕迹、“木卫二”的地下海洋、“土卫二”上的喷泉等。

空间地球科学主要依靠空间对地观测技术，对地球大气、海洋、冰雪、生态及岩石五大圈层中发生的主要变化及相互作用过程进行全面监测，深入认识地球五大圈层相互作用的机制和演化规律，同时结合地基和其他观测资料，分析研究并确定全球变化的不同侧面和反映（如温度、降水、冰盖、海平面、初级生产力等），研究全球变化的自然因素（驱动力）和人为活动的影响，全面了解地球系统的演化规律。

微重力科学主要研究微重力环境中物质运动的规律、重力变化对运动规律的影响。在微重力环境中，由地球重力效应引起的浮力、沉淀、压力梯度等过程基本消失，可以开展很多在地面上难以开展的基本物理规律研究和空

间科学实验，以揭示因重力存在而被掩盖的物质运动规律。微重力科学主要包括微重力流体物理、空间材料科学和微重力燃烧科学等领域。微重力流体物理主要研究空间微重力环境下流体物质特性和动力学与热力学过程中的基本规律；空间材料科学研究受重力影响的材料（凝聚态体系）相变、晶体生长与材料形成过程等；微重力燃烧科学研究微重力条件下火灾预防、探测和扑灭的基本规律，深入探索燃烧过程中基本规律和特性。

空间基础物理利用空间微重力环境中的特殊实验手段检验并发现物质运动的基本规律，寻找新的相互作用和新机理。

空间生命科学借助航天技术提供的实验平台，研究在宇宙空间特殊环境因素（如微重力、宇宙辐射、真空、温变、磁变等）作用下的生命活动现象、过程及其规律，探索地外生命及人类在地外空间的生存表现和能力，研究生命的起源、演化与基本规律。空间生命科学的研究领域包括空间基础生物学、空间生物技术、空间医学/生理学基础及生命起源和地外生命探索等。主要研究方向包括重力生物学、空间辐射生物学、受控生态生命支持系统、空间生物技术、空间生物力学与工程、空间地磁生物学、空间医学/生理学基础、载人航天中的心理学和人的工效学，以及生命起源和地外生命探索、宇宙生物学等，部分方向在研究内容及方法上存在一定的交叉。

空间科学的发展离不开与之紧密相连的探测技术等关键技术的发展，尤其是那些目前不具备基础但需大力发展的技术和能力。空间科学探测综合技术方向包含可支持多个空间科学任务的共性/通用技术、制约空间科学发展的关键瓶颈技术、支撑平台技术和新空间技术等。

外层空间是人类共同的财富，探索外层空间是人类不懈的追求。当前，世界空间活动呈现蓬勃发展的景象，主要空间国家/组织相继制定或更新空间发展规划，空间科学事业在国家整体发展战略中的地位与作用日益突出，空间活动对人类文明和社会进步的影响进一步增强。

第二章

国际空间科学发展趋势

近年来，国际上新的空间规划相继发布，科学合作更加全面广泛，卫星计划任务陆续实施，科学成果不断涌现。其中，2000~2014 年世界主要空间国家/机构发射科学卫星及 2015 年空间科学任务经费统计如表 2-1 所示。

表 2-1 世界主要空间国家/机构 2000 ~ 2014 年发射科学卫星数量及 2015 年空间科学任务经费统计

	美国	欧洲空间局	俄罗斯	日本	印度
2000~2014 年发射科学卫星数量 (个)	84	34	16	13	3
2000~2014 年发射科学卫星占总量比例 (%)	27.6	11.1	9.8	17.5	8.1
2015 年空间科学任务经费投入	49.72 亿美元 ^①	7.77 亿欧元 ^② (合 8.45 亿美元)	332.5 亿卢布 (合 6.18 亿美元)	114 亿日元 (合 9.53 亿美元)	30 亿卢比 ^③ (合 0.5 亿美元)

注：①该数据为美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）2015 年空间科学预算，未含微重力科学、空间生命科学和空间基础物理领域的投入；

②该数据为欧洲空间局（European Space Agency, ESA）2015 年空间科学预算，包含科学计划、机器人探索和空间地球科学领域的投入，未含微重力科学、空间生命科学和空间基础物理领域的投入；

③该数据为印度 2015~2016 财年（2015 年 4 月 1 日~2016 年 3 月 31 日）空间科学任务经费投入。

美国组建了科学、航天与技术委员会，设立了载人探索与运行任务部（Human Exploration and Operations Mission Directorate, HEO）、空间技术

任务部 (Space Technology Mission Directorate, ST), 航天飞机结束 30 年的飞行, 宣布退役, 商业航天飞行和火星机器人探测取得重大进展; 欧洲空间局 (European Space Agency, ESA) 新吸纳了罗马尼亚、波兰、爱沙尼亚、匈牙利四个成员国, 确定了《宇宙憧憬 (2015~2025)》(Cosmic Vision 2015~2025) 规划中的多项任务; 俄罗斯提出了《2030 年前航天活动发展战略》草案, 加大航天投入; 日本 2010 年在内阁府设空间战略办公室总揽国家航天项目, 空间项目不断取得突破; 印度在月球探测和火星探测器方面进展很快, 空间项目经费投入不断增长。

2013 年 8 月, 国际空间探索协调组发布了新版的《全球探索路线图》(Global Exploration Roadmap, GER), 提议各国通过协调努力, 以国际空间站 (International Space Station, ISS) 为起点, 继续为向月球、近地小行星和火星进发的空间探索任务做准备, 各参与机构认为载人空间探索将成为最成功的国际合作典范。

2011~2014 年全世界共发射了约 60 颗空间科学卫星, 取得了一系列科学成果与发现。2012 年 8 月, 美国国家航空航天局 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) “好奇” (Curiosity) 号火星车在火星成功着陆, 开始了其寻找火星生命的旅程, 找到了更多的早期火星曾存在水和早期火星大气逃逸的证据。2013 年 9 月, NASA “旅行者” (Voyager) 号探测器飞出日球层边界, 进入了星际空间, 被认为是人类科学史上最伟大的成就之一。2014 年, 开普勒卫星发现了 900 颗系外行星, 将已确认发现的系外行星数目翻倍。同年, ESA “罗塞塔” (Rossetta) 号探测器搭载的 “菲莱” (Philae) 着陆器在彗星 “丘留莫夫·格拉西缅科” (67P) 上成功登陆, 实现了人类探测器首次登陆彗星。

第一节 国际各主要空间国家发展战略最新进展

一、美国

近年来, 美国正式组建了众议院科学、航天与技术委员会 (Committee on Science, Space, and Technology, CSST), NASA 设立了载人探索与运行任务部、空间技术任务部。在总体空间规划方面, 出台了《全球探索路线图》《战略空间技术投资规划》(Strategic Space Technology Investment

Plan, SSTIP), 并分别于 2011 年和 2014 年发布了其战略规划及科学规划, 美国国家研究理事会(National Research Council, NRC)发布了《天文学和天体物理学的新世界和新视野》《太阳与空间物理——服务于技术社会的科学》《2013~2022 年美国行星科学的发展愿景》《空间地球科学及应用——未来 10 年及以后的国家需求》《面向空间探索的未来——新时代的生命和物理科学研究 2016~2030》等多个领域的 10 年规划报告, 列出了多个领域未来空间科学任务建议, 对今后 10 年及更远进行了规划。

在月球探测方面, 2010 年, NASA 取消重返月球计划——星座计划(Constellation Program); 2011 年, NASA 发射了“重力勘测和内部研究实验室”(Gravity Recovery and Interior Laboratory, GRAIL); 2012 年, GRAIL 提前完成主要任务并按计划撞击月球。NASA 正致力于研制在月球探寻并利用水资源的机器人。在火星探测方面, NASA 将载人空间探索的优先目标确定为火星, 计划于 2020 年再次发射火星车, 重点探寻火星过去生命迹象、收集并带回火星岩岩芯及土壤等, 公布了登陆火星“三步走”计划, 即主要依托 ISS 的第一阶段、数日间返回地球的地-月空间“试验场”第二阶段, 以及实施火星邻近区域包括火星卫星的载人任务并最终登陆火星的第三阶段。

在航天飞机计划方面, 2011 年, “亚特兰蒂斯”号航天飞机返回地面并退役, 标志着 NASA 为期 30 年航天飞机计划的结束, 美国与俄罗斯签署了 ISS 宇航员运送合同, 同时投资开发全新的空间运输系统, 启动了商业轨道运输服务项目并已取得初步成功, 下一步还将实施商业载人项目, 计划从美国本土采用美国制造的航天器把宇航员送上太空。在 ISS 方面, 2011 年, ISS 主体建造完成, 进入全面应用时代, 已完成 600 多项科学研究和技术试验, 其中许多项目有助于在医药、人体循环系统及对宇宙的基本了解方面取得进步。ISS 将维持运营至 2024 年, 预期将开展数千项科学实验、科学观测、空间应用和技术试验, 将是人类有史以来规模最大的空间研究活动。

在经费投入方面, 近几年 NASA 总预算略呈小幅下滑态势, 2015 财年申请预算 174.61 亿美元, 比 2014 财年减少了 2.54 亿美元, 但其中空间科学预算基本保持稳定在 50 亿美元水平。2011~2015 财年, 空间科学预算占 NASA 总预算的年平均比例为 27.5%, 如表 2-2 和图 2-1 所示。