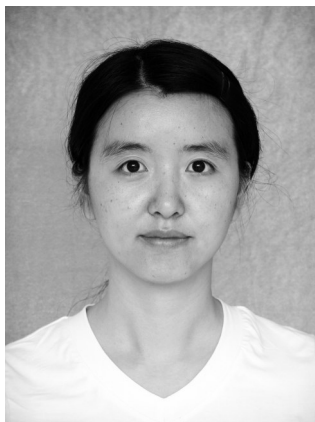




国际空间科学发展态势 研究与思考*

文/杨帆 韩淋 王海名 郭世杰 王海霞
中国科学院文献情报中心 北京 100190

【摘要】 文章系统梳理和分析了新世纪以来世界主要国家空间科学发展战略和行动计划,客观呈现世界空间科技能力布局现状,并基于文献计量学方法对空间科学任务产出进行了定量评估,全面描绘了国际空间科学领域聚焦重大基础和前沿问题蓬勃发展的整体趋势,并通过大量客观数据揭示中国空间科学研究有基础、有潜力、快速发展的整体态势,同时指出中国空间科学任务严重缺失、尚需全面规划大力发展的现状,为我国空间科学发展战略研究与规划工作提供了丰富的视角和情报信息。

【关键词】 空间科学,学科发展态势,情报研究,文献计量学

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2014.05.011

1 主要国家空间科学发展战略和规划

进入新世纪,国际空间大国(地区)纷纷积极谋划未来的发展之路,通过国家空间战略强调发展空间科学的重要性,并在广泛动员科技界深入研究的基础上不断制定和明确具体的空间科学规划和计划,如美国国家航空航天局(NASA)的一系列《战略规划》和《科学计划》、欧洲的空间科学发展规划《宇宙憧憬 2015—2025》、俄罗斯的《2030年前及以远俄联邦航天活动领域国家政策原

则的基本纲要》、日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)的《2025 愿景》等。这些规划和计划聚焦太阳系和宇宙的起源演化、物质结构、生命起源、人类生存环境等基本和重大基础前沿科学问题,以及在空间特殊或极端条件下物质的运动规律等基础科学问题,突出对重大科学问题的探索和支撑,目标、方向和具体计划与时俱进。

由于美国在空间科技领域具有骄人实力和重大国际影响,其空间战略和发展动向

* 基金项目:中科院“我国空间科学发展战略研究”(Y2020111AY),中科院空间科学战略性先导科技专项(XDA04070200),中科院知识创新工程重要方向项目(KGCX2-EW-701)

收稿日期:2014年9月5日



中国科学院

无疑最值得关注。强调发展空间科学一直是美国航天政策的核心内容。21世纪以来,作为美国民用航天计划的主管机构,NASA先后推出多项战略规划,聚焦空间探索和服务地球,并通过一系列任务规划拓展空间探索的边界,开发创新技术,推动国际合作,鼓励商业参与,明确技术牵引和技术推动投资战略,强调项目管理和制度建设的重要性。《NASA战略规划2014》描述了NASA的愿景:为了造福人类,达到空天探索和科学研究的新高度,并揭示未知世界^[1]。为此,NASA提出其战略目标,为未来美国的空间科学发展提供了指导性原则:(1)拓展在空间中的知识、能力和机遇的边界;(2)加强对地球系统的认知并进行技术开发,以提高人类在地球上的生活质量;(3)通过高效地进行人员、技术能力和基础设施管理,服务美国大众,完成机构使命。与战略计划相呼应,NASA滚动推出科学规划,重点是引领基础研究,驱动技术创新。《NASA 2014科学规划》^[2]明确了NASA的科学目标,即:拓展在空间中的知识、能力和机遇的边界,加强对地球的认知并改善人类的生活质量,并计划通过日球层物理学、地球科学、行星科学和天体物理学4个宽泛的战略目标来实现其科学目标,包括:(1)了解太阳及其与地球和太阳系之间的相互作用,包括空间天气;(2)加强对地球系统的了解,以应对环境变化所带来的挑战,提高人类在地球上的生活质量;(3)确定太阳系的组成、起源与演化,以及在太阳系某处存在生命的可能性;(4)揭示和探索宇宙的运行机制以及起源、演化机制,并在其他恒星周围寻找地外生命。目前NASA已形成若干空间科学任务系列,其特点可以归纳为:目标明确,规模宏大,形成系列,影响深远。

根据美国的立法规定,重要的科研决策必须提交美国科学院进行咨询。因此,美国国家研究理事会(NRC)为美国的空间科学发展路线规划献计献策,提供了大量的咨询建议,功勋卓著。近年来NRC对美国空间探索整体发展最重要的建议,

一是凝练空间探索愿景中的科学目标^[3],二是对火星探索、宇宙探测等战略路线图进行评估及提供整合原则建议^[4],另外最新的报告还重点探讨了美国载人航天探索的背景缘由与实施方式^[5]。

此外,美国最新还推出了14个领域空间技术路线图^[6]及投资规划^[7],推动空间科学的发展也是其目的之一。

欧洲特别强调空间作为重要的产业部门、科学领域和人类活动所具备的战略重要性。新世纪欧洲空间科学发展规划《宇宙憧憬2015—2025》^[8]提出空间科学领域亟待研究的4个主要问题:(1)行星形成和产生生命的条件;(2)太阳系的运行规律;(3)宇宙基本物理定律;(4)宇宙起源和组成。规划中还提出百余项空间科学候选任务,目前已从候选方案中选出两项大型任务、三项中型任务和一项小型任务。2011年欧洲空间局(ESA)推出《ESA宇宙憧憬2015—2025技术发展计划》^[9],对支持《宇宙憧憬2015—2025》实施的相关大型和中型任务有效载荷的基础技术研究和科学核心技术战略行动进行了规划,2012年^[10]、2014年^[11]技术发展计划相继推出更新版本。

与美欧相比,俄罗斯和日本的空间科学规划相对宏观。俄罗斯的发展目标是重振辉煌,强调为发展基础科学,获取宇宙、地球和其他天体的基础数据,在包括月球、火星、太阳系其他天体等最有意义的研究方向上达到和保持领先地位,寻找地外生命、利用地外资源、了解宇宙形成机制、关注地球和气候演变,发现并揭示来自宇宙的对地球文明社会的危险与威胁,并制定应对措施^[12]。日本则力争向着使日本的空间科学在世界占据领先地位的方向努力,为开展日本自己的载人航天活动和月球利用做准备^[13]。

为了紧跟世界发展新趋势,满足国家发展重大战略需求,2009年中国发布《中国至2050年空间科技发展路线图》^[14],提出中国空间科技领域发展愿景和战略目标及实现途径和路线,明确空间科学发展战略目标:开展针对重大科学问题的前

沿探索与研究,在黑洞、暗物质、暗能量和引力波的直接观测、太阳系的起源和演化、太阳活动对地球环境的影响及其预报和地外生命探索等方面取得原创性的突破进展,全面提升我国空间科学的研究水平,用重大科学成果提升中华民族在人类文明发展和科学文化上的贡献度。

表1—3(附后)简略列出了美国、欧洲、俄罗斯、日本等国在空间天文、空间物理和太阳物理、月球和深空探测领域推出的一系列未来任务计划,展现了各空间大国和国际科学界正在以巨大的雄心和努力推动空间科学的持续发展,有望加速宇宙起源、物质本质等基本科学问题的重大突破。

概言之,在战略思想上高度重视空间科学,在行动计划上积极推动空间科学活动的开展,已成为国际空间大国(地区)的普遍共识和举措。当然,未来国际空间科学的发展依然面临重重挑战,包括任务成本、技术条件、国际合作、人才培养、长期规划、预算调整等,仍是不容忽视的问题。

2 各国空间科技力量对比及中国空间科学发展态势分析

2014年日本科学技术振兴机构(JST)发布报告,利用专家打分法,从空间运输、空间利用、空间科学和载人空间

活动4个方面对各国的空间科技能力进行了比较^[15]。以满分100分计,美国得分95分、排名第一,欧洲(70分)、俄罗斯(60分)、日本(53分)分列第二、三、四位,中国得分48分、排名第五;综合月球和行星探测、天文观测、近地空间环境观测子领域的空间科学领域评价结果显示,美国得到

满分20分中的19分,而中国仅得4分,与美、欧、俄、日之间的差距明显拉大,此外中国在对地观测以及航天医学、空间生命科学、微重力科学实验技术方面的表现也差强人意,见表4(附后)。对上述数据结果进行解读可以得出这样的结论,即:如果说空间运输是中国空间科技的加分项,那么载人航天活动能力与中国的整体空间科技能力地位基本相称,而空间科学和空间利用则无情地拖了中国整体空间科技力量的后腿!

中科院文献情报中心在中科院空间科学战略性先导科技专项的支持下,针对围绕空间科学任务产出的高水平科研论文(SCI检索)进行了计量学分析,结果显示:2000—2011年,世界空间科学研究领域整体呈稳定增长趋势,年均增长率为4.8%;美、欧、日、俄等空间大国的空间科学研究成果最受关注,且在国家总体科研成果中占据相对重要的地位;从研究模式上看,国际合作逐渐成为各国空间科学领域科研活动的主流工作模式。中国论文数量排名世界第七,论文数占世界6.3%的份额,已经实现了一定的研究规模,但中国的空间科学研究在我国总体科研成果中所占份额较低,引起国际同行高度关注的研究成果数量较少,(图1、2),表5(附后)。

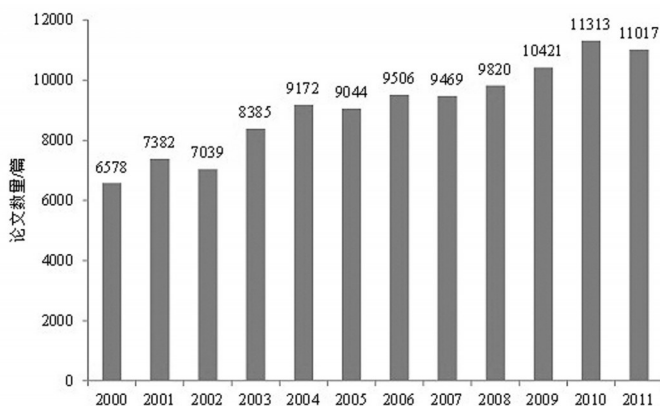


图1 2000—2011年空间科学领域SCI论文年度分布



中国科学院

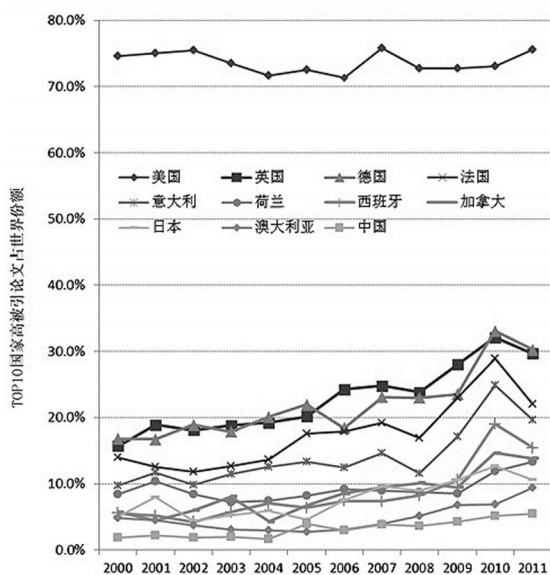


图2 2000—2011年空间科学领域高被引论文排名TOP 10国家及中国的高被引论文数量占世界份额

但这并不是说我们没有机会。根据文献计量学分析结果,中国近年来空间科学发展势头较好,在论文方面的表现可以说极具潜力——中国发表的空间科学领域SCI论文数量从2000年排名世界第十二、占世界空间科学论文总数的2.0%迅速增长至2011年排名世界第六、占世界论文总数的10.8%,论文数量年均增长率高达22.4%,是世界平均水平的5倍;中国的被引频次排名也不断上升,篇均被引频次为11.03次/篇;在机构排名中,中科院超过ESA、JAXA等蜚声世界的知名空间研究机构,列世界第七位,北京师范大学、南京大学、北京大学、中国气象局等在一些子领域也有不俗表现。我国的空间科学研究者自主空间项目极少的情况下依然获得了不错的成绩,说明中国具备相关的研究实力和良好的发展前景。

但也正是受限于自主空间科学任务的匮乏,中国空间科学论文的整体水平与国际先进水平仍有很大差距,且各子领域发展不平衡的问题也比较突出。

国际知名学术出版机构斯普林格2013年出版的一部专著^[6]对中国航天发展的整体评价是:“大跃进!”作者一针见血地指出,空间科学一直都不

是中国空间计划关注的重点,尽管中国的空间科学研究在赵九章先生的领导下获得了大力支持,但中国空间计划长期以来对“应用”研究的重视远远超过“科学”研究,且中国的空间科学研究严重依赖于对欧洲、日本、美国任务公开数据的二次分析。

该观点与本研究从数据分析中看到的某些端倪不谋而合:中国的空间科学任务屈指可数(有的子领域甚至完全空白),围绕中国任务产出的论文数量仅占中国论文总量的5.2%。显而易见,如果这种根深蒂固的“重应用、轻科学”的观念和发展态势不改变,中国空间科学的发展无疑将受到严重制约,原始创新更是难以企及。

3 启示与思考

国外空间科学发展战略和规划表现出几个共性特征,值得我们学习参考:

(1)服务国家战略,重视咨询评议,彰显科学价值——各国(地区)的空间科学发展战略和学科规划都以服务国家战略目标为首要目的,同时民用航天主管机构——例如NASA、ESA长期坚持在空间科学规划的决策和咨询过程中实行广泛的同行评议,美国国家研究理事会(NRC)、欧洲科学基金会(ESF)的决策咨询建议对美国 and 欧洲的科研计划决策影响深远、意义重大;

(2)强调均衡组合,兼顾科学应用,系统支持发展——对空间科学任务及相关促进计划进行均衡的组合将有效支持科学目标的达成,这种组合包括长期战略性规划与中短期任务规划组合,全面布局与优先领域布局组合,兼顾“支撑空间活动”和“空间活动支持”的研究,在科学计划中积极投资由科学驱动的技术开发等;

(3)开展多维合作,全面整合资源,积极扩大影响——建立和加强国际、国内机构间及机构内的合作伙伴关系,通过多层面的合作扩大科学成果的影响,重视科学传播。

同时,透过世界空间科技力量对比、国际空间

科学发展态势及中国其中的表现可以判断,中国空间科学的发展有基础、有潜力,但对于空间科学这种严重依赖空间平台和探测手段的学科而言,空间科学任务和实验机会的多少、探测能力的高低直接影响研究工作及其产出的数量和质量。国内外的评估工作都暗示,空间科学任务(平台)的明显缺失已经成为严重制约中国空间科学发展的主因。因此,国家相关部门亟需高度重视空间科学在国家发展中的重要战略地位,进一步加强空间科学中长期发展战略规划,科学论证和积极实施系列战略意义重大、科学目标明确、成果价值突出的空间科学任务,同时建立和健全对空间科学任务的全生命周期支持,包括项目预研、运行以及运行后的数据处理,保证空间科学研究沿着科学、顺畅的轨道快速发展。

总而言之,在国际空间大国(地区)的战略规划和积极推动下,未来世界范围内空间科学将继续加速蓬勃发展,唯已成为世界第二大经济体的中国在重大贡献和突破性成就方面还乏善可陈,奋起直追已刻不容缓。战略重视,战术保障,是我们的必然选择。

参考文献

- 1 National Aeronautics and Space Administration. NASA Strategic Plan 2014. Washington: NASA, 2014.
- 2 National Aeronautics and Space Administration. Science Plan 2014. Washington: NASA, 2014.
- 3 National Research Council. Science in NASA's Vision for Space Exploration. Washington: NRC, 2005.
- 4 National Research Council. Review of Goals and Plans for NASA's Space and Earth Sciences. Washington: NRC, 2006.
- 5 National Research Council. Pathways to Exploration: Rationales and Approaches for a U.S. Program of Human Space Exploration. Washington: NRC, 2014.
- 6 National Aeronautics and Space Administration. Space Technology Roadmaps: The Future Brought To You By NASA. [2014-8-20]. <http://www.nasa.gov/offices/oct/home/roadmaps/index.html>.
- 7 National Aeronautics and Space Administration. NASA Strategic Space Technology Investment Plan. Washington: NASA, 2013.
- 8 European Space Agency. Cosmic Vision: space science for Europe 2015—2025. Netherland: ESA, 2005.
- 9 European Space Agency. Cosmic Vision 2015—2025 Technology Development Plan. Netherland: ESA, 2011.
- 10 European Space Agency. Cosmic Vision 2015—2025 Technology Development Plan. Netherland: ESA, 2012.
- 11 European Space Agency. Cosmic Vision 2015—2025 Technology Development Plan. Netherland: ESA, 2014.
- 12 国家航天局. 俄2030年前及未来俄联邦航天活动领域的国家政策. [2014-8-20]. <http://www.cnsa.gov.cn/n1081/n392929/n396367/548798.html>.
- 13 Japan Aerospace Exploration Agency. JAXA Vision (JAXA 2025). JAXA, 2005.
- 14 中国科学院空间领域战略研究组. 中国至2050年空间科技发展路线图. 北京: 科学出版社, 2009.
- 15 科学技术振興機構. 世界の宇宙技術力比較調査 (2013). 东京: JST, 2014.
- 16 Brian Harvey. China in space: The Great Leap Forward. New York: Springer, 2013.



中国科学院

表1 国外计划的主要空间天文项目

序号	项目	预计 发射年	建造/合作	备注
1	长时间气球及天文观测(LDBF, ULDB)	持续	美国	南极和跨洲飞行,安排了粒子天体物理、宇宙微波背景、红外天文,高能天体物理,中微子等多项大型飞行计划
2	CALET	2014	日本	空间站任务,间接探测暗物质
3	CREAM	2014	美国/法国/墨西哥/韩国	空间站任务,宇宙线/暗物质
4	同温层观测中红外天文望远镜(SOFIA)	2014	美国/德国	2.7米,飞机机载天文台,近红外到远红外
5	ASTROSAT	2015	印度/英国/加拿大	宽波段X射线天文卫星
6	Astro-H	2015	日本/美国	硬、软X射线成像和能谱测量
7	LISA Pathfinder	2015	美国/欧空局	LISA探路者,引力波探测, eLISA的先导项目
8	Spectrum-X-Gamma (SXG)	2016	俄罗斯/德国	X射线巡天望远镜
9	NICER	2017	美国	空间站任务, X射线/中子星观测,脉冲星导航技术
10	凌日系外行星巡天卫星(TESS)	2017	美国	系外行星
11	描绘系外行星卫星(CHEOPS)	2017	欧空局	系外行星
12	JEM-EUSO	2017	日本	空间站任务,宇宙线
13	詹姆斯·韦伯望远镜(JWST)	2018	美国/欧空局	6.5米空间大型红外天文台,哈勃空间望远镜的继承者,0.1角秒分辨率, L2点
14	欧几里得卫星(Euclid)	2020	欧空局/美国	1.2米光学近红外巡天/暗宇宙, ESA“宇宙愿景”M2任务
15	宽视场红外巡天望远镜(WFIRST-AFTA)	待定	美国	2.4米,红外巡天,暗能量,系外行星
16	国际X射线天文台(IXO)	2020后	美国/欧空局/日本	黑洞吸积,中子星,物质/能量循环,恒星物理
17	宇宙和天体物理空间红外望远镜(SPICA)	2022	日本/美国/欧空局	3.2米中远红外空间望远镜
18	PLATO	2024	欧空局	寻找类地行星,星震学, ESA“宇宙愿景”M3任务
19	高能天体物理先进望远镜(ATHENA)	2028	欧空局/美国	X射线天文台,钱德拉天文台后继者, ESA宇宙愿景L2任务
20	eLISA	2034	欧空局/美国	新型引力波天文台,曾用名NGO/LIS,很有希望获选ESA宇宙愿景L3任务
21	ATLAST概念研究	2025— 2035	美国	先进技术大口径空间望远镜,光学,主镜直径8—16米,星系、暗能量暗物质、系外生命等

表2 国外计划的空间物理和太阳物理探测任务

序号	项目	预计 发射年	建造/ 合作	备注
1	气球阵列探测(BARRE)	2014	美国	用气球阵列探测地球辐射带波动和能量粒子, 每次20个气球
2	磁层多尺度任务(MMS)	2015	美国	4颗卫星,磁重联、粒子加速和湍流
3	地球空间探测器(ERG)	2015	日本	地球空间暴和高能电子
4	共振计划(Resonance)	2015	俄罗斯	两对卫星,内磁层波与粒子间的相互作用以及等离子体动力学
5	等离子体中尺度耦合探测(SCOPE)	2016	日本/ 加拿大	5颗卫星,一对母子卫星,磁重联、空间等离子体中的激波
6	空间环境实验平台(SET)	2016	美国	研究空间环境效应的机理,空间环境对载荷和飞船的影响
7	极区通信和天气任务(PCW)	2016	加拿大	极盖区吸收事件的预警及对北极的高频通信影响,改善HEO环境下的空间天气模型
8	太阳轨道卫星(SO)	2017	欧空局/ 美国	距太阳62个太阳半径,太阳表面、日冕与内日球层之间的关系,ESA“宇宙愿景”M1任务
9	磁层探测(Proba-3)	2017	欧空局	精确编队飞行,二颗卫星形成长150米的太阳日冕仪
10	太阳轨道器合作(SOC)	2017	美国	研究太阳过渡层如何改变内日球层的等离子体和磁场的结构,测量太阳极区磁场
11	全球级观测(GOLD)	2017	美国	开发一个搭载在商业卫星上的成像设备,在地球静止轨道对地球的热层和电离层进行成像
12	电离层连接(ICON)	2017	美国	利用原位和遥感设备对极度易变的地球电离层进行观测
13	太阳探针加强号(SP+)	2018	美国	日冕加热机制和太阳风的加速机制
14	日球探针(Interhelioprobe)	2018	俄罗斯	70个太阳半径,日冕加热和太阳风加速的机制
15	太阳观测卫星(Solar-C)	2020	日本	太阳磁场,太阳色球层和日冕加热和动力学



中国科学院

表3 国外计划的月球和深空探测任务

序号	目标	项目	预计 发射年	建造/ 合作	备注
1	小行星	隼鸟2(Hayabusa2)	2014	日本	取样返回任务
2	水星	BepiColombo	2015	欧空局 /日本	两个轨道飞行器,开展水星表面、内部结构、 磁场和磁层研究
3	月球	月球-全球着陆器 (Luna-25/Luna-Glob Lander)	2015	俄罗斯	着陆器测试着陆相关技术,分析月球风化层 和外大气层
4	金星	Venera-D	2016	俄罗斯	包括轨道器和着陆器,探索金星历史,特别 是水的历史变化情况
5	月球	Luna-26/Luna-Glob Orbiter	2016	俄罗斯	轨道器从100千米月球轨道高度进行全球 测绘,测量外大气层和等离子体,测试深空 控制技术
6	火星	“洞察”号(Insight)	2016	美国	火星着陆器,穿透火星地表风化层,研究火 星的形成和内部结构
7	火星	ExoMars 2016	2016	欧空局/ 俄罗斯	包括痕量气体轨道器和下降着陆器,探测大 气中的甲烷,为未来火星任务做技术验证
8	小行星	OSIRIS-REx	2016	美国	“起源、光谱分析、资源识别与安全-风化层 探测器”,取样返回任务
9	1月球	月球航行2 (Chandrayaan-2)	2016/ 2017	印度	月表软着陆,包括轨道器、着陆器和漫游车
10	月球	月亮女神2(SELENE-2)	2017	日本	着陆器和钻探任务
11	火星	ExoMars 2018	2018	欧空局/ 俄罗斯	火星地表漫游车,将探测生命征兆,并对火 星地表进行钻探和分析
12	月球	Luna-27/Luna-Resurs lander	2019	俄罗斯	分析月球风化层和外大气层,钻探至月表以 下2米寻找水冰
13	火星	火星2020(Mars 2020)	2020	美国	火星探索计划的一部分,包括着陆器和漫游 车,寻找生命征兆,测试先进技术
14	月球	Luna-28/Luna-Grunt/ Lunar Sample Return	2021	俄罗斯	月球取样返回
15	月球	Luna-29/Lunar rover	2021 后	俄罗斯	长距离大型漫游车
16	木星木 卫	木星冰月探测器 (JUICE)	2022	欧空局	考察木星及其最大的三颗卫星,探测卫星上 是否有生命征兆,ESA“宇宙愿景”L1任务
17	木卫三	Laplas-P	2023	俄罗斯	探测木卫三,由轨道器和着陆器组成,着陆 器将在木卫三表面开展一年的研究
18	小行星	小行星再定向行动 (ARI)	2020 后	美国	确定一颗小行星,捕获并将其重新定位于稳 定的月球轨道,然后对其开展载人探索
19	小行星	Apophis	2020 后	俄罗斯	探测Apophis小行星,长期跟踪测量其运行 轨道,并可能开展在轨或表面地质研究

表4 日本科学技术振兴机构对世界空间科技力量对比调查评估的结果

评价项目	满分	美国	欧洲	俄罗斯	日本	中国	印度	加拿大
空间运输领域	30	27	25	25	18	22	11	0
空间利用领域	30	29	25	12	19	12	8	5
空间科学领域	20	19	11	8	7	4	3	2
载人空间活动领域	20	20	9	16	9	10	1	3
合计	100	95	70	60	53	48	23	10
名次		1	2	3	4	5	6	7

表5 2000—2011年空间科学领域论文排名TOP 10国家相关数据
(单位:论文数量/篇,被引频次/次,篇均被引频次/(次/篇))

国家	论文数量	世界排名	被引频次	世界排名	篇均被引频次
美国	52 749	1	1 400 275	1	26.55
德国	14 852	2	407 286	3	27.42
英国	13 699	3	424 356	2	30.98
法国	12 178	4	322 505	4	26.48
意大利	11 129	5	265 713	5	23.88
日本	8 385	6	167 563	7	19.98
中国	6 866	7	75 706	12	11.03
西班牙	5 759	8	150 658	9	26.16
荷兰	5 607	9	158 353	8	28.24
加拿大	5 341	10	177 315	6	33.20



中国科学院

Development Trends and Features of Worldwide Space Science Research

Yang Fan Han Lin Wang Haiming Guo Shijie Wang Haixia

(National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract This paper systematically reviews and analyzes national space science strategies and plans, as well as the performance layouts of space sciences and technologies of the major countries worldwide since new millennium. The work quantitatively evaluates the scientific outcomes (*SCI* research papers and proceeding papers) of space science missions based on bibliometrics method, therefore comprehensively depicts the flourishingly developed international space science researches which focused on the fundamental and cutting-edge scientific questions. Despite lack of adequate space science missions or opportunities to acquire more scientific data, China has already built a certain basis for space science research and hence possesses the abilities and potentials to achieve significant breakthrough in this field in the near future. The present work is expected to support the further researches and help formulate programs for the development of space science of China.

Keywords space science, development trends of science and technology, information analysis, bibliometric

杨帆 中科院文献情报中心情报研究部副主任,理学博士,副研究员。主要研究领域为科技情报信息学,主持中科院知识创新工程、中科院战略性先导科技专项空间科学预先研究项目等10余项情报课题,参研并出版《世界载人航天发展报告》、《国际科学技术前沿报告》等多项报告,在空间科技领域长期开展战略情报研究工作。E-mail: yangf@mail.las.ac.cn