



2014

世界载人航天
发展报告

2014

SHIJIE ZAIREN HANGTIAN
FAZHAN BAOGAO

中国载人航天工程办公室



国防工业出版社

National Defense Industry Press

2014 世界载人航天发展报告

中国载人航天工程办公室

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在全面跟踪 2014 年世界载人航天活动及技术发展的基础上,以独特的视角展现了年度主要国家载人航天领域的发展动态与趋势,深入研究了美国载人航天未来发展方向及商业航天活动的特点,详尽梳理了俄罗斯“安加拉”系列火箭的研制和试验情况,提炼了国外主要航天国家重大项目进展情况,深刻分析了其研发思路和发展特点,总结了围绕新型空间运输系统研制的重点技术验证活动,阐述了技术应用前景及对未来产生的影响。同时,报告按照载人运载器、载人航天器、航天员、载人航天发射场及空间站科学与应用系统,对国外 2014 年的发展概况进行了综述。

本书力求覆盖世界载人航天领域 2014 年发展全貌,内容具体全面,分析深入浅出,适合本领域工程管理人员、相关专业工程技术人员和航天爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

2014 世界载人航天发展报告/中国载人航天工程
办公室编. —北京:国防工业出版社,2015.4
ISBN 978-7-118-10135-5

I. ①2… II. ①中… III. ①载人航天—研究报告—
世界—2014 IV. ①V4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 115448 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市腾飞印务有限公司

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 173 千字

2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 88.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

《2014 世界载人航天发展报告》

审稿人员名单

审 定 余同杰 杨利伟 武 平

审 稿 冯中堂 马建林 真 湊

赵相安 郭佳子

《2014 世界载人航天发展报告》

编撰人员名单

撰 稿 廖小刚 李 洲 周 鹏 郭 凯

田 莉 才满瑞 冷伏海 郭丽红

魏晨曦 强 静 管春磊 赵 晨

张 蕊 郭筱曦 曲 晶 龙雪丹

杨 帆 韩 淋 王 霄 王岩松

张智慧 张 峰 刘 爽 杨 开

郭世杰 王海名 张绿云 黄长梅

谢晓芳

编 辑 廖小刚 王岩松 田雅文

前 言

2014年,中国载人航天因没有飞行任务而略显平静。期间,天宫一号目标飞行器在轨安全稳定运行超过三周年。三年多来,天宫一号先后完成多次自动和手控交会对接、突破和掌握了交会对接和组合体控制技术,接纳了两批共六名航天员驻留、验证了在轨中长期飞行的生命保障技术,完成了一系列科学实验和技术验证工作,为空间站的研制建设及其运营管理积累了宝贵经验。与此同时,空间实验室任务在紧锣密鼓向前推进,天宫二号空间实验室已进入电测阶段,天舟货运飞船和长征七号运载火箭研制工作扎实推进,海南发射场基本建成,并完成了与货运飞船和长征七号运载火箭的合练。空间站研制建设进展顺利,三个舱段及有效载荷、长征五号B运载火箭、航天员选拔训练等相关工作都在有条不紊地进行。

2014年,国际载人航天发生了很多有标志性的事件。国际空间站的延寿争议、3D打印项目、激光高速通信试验,以及欧洲“自动转移飞行器”货运飞船的收官飞行等,更加引发了人们对国际空间站乃至近地空间载人航天未来的思考。“天鹅座”货运飞船正式执行国际空间站货运任务、NASA授出价值68亿美元的商业运输合同、“太空船二号”试飞时坠毁、“安塔瑞斯”火箭爆炸、“猎鹰”火箭多次回收试验均未能圆满成功等,这为商业化载人航天的发展增加了更多变数。“好奇”号火星车完成第一个火星年任务、“猎户座”飞船成功进行首次飞行试验、“菲莱”成功登陆彗星、“安加拉”火箭试射成功,似乎预示着载人航天走向深空的大门正在徐徐打开。

今年的《世界载人航天发展报告》(以下简称《发展报告》)共分

三篇。其中,专题篇梳理了2014年国外主要航天国家在载人航天领域的整体发展、顶层设计以及实施策略,分析了各国愈加坚定载人航天发展目标、推进新一代载人航天系统研制、大力推动商业航天发展的态势;总结了2015财年美国载人航天经费预算及载人航天商业化进展;阐述了俄罗斯新型火箭研制项目的进展,分析了其研发思路和发展特点;2014年美国提出将国际空间站延寿至2024年,但受政治和经济因素影响,各参与国尚未最终表态,延寿仍存疑问等。专题篇围绕支持人类在轨长期驻留的前沿技术,详尽分析了技术应用前景及对未来产生的影响。综述篇总结了2014年载人航天运载器、航天器、航天员和空间科学应用等领域的发展动态。附录篇盘点了2014年载人航天领域的大事,摘录了翻译NASA公布的重大政策报告。

参加《发展报告》编撰的单位有:中国国防科技信息中心、北京跟踪与通信技术研究所、中国航天员科研训练中心、北京特种工程设计研究院、中国科学院文献情报中心、北京航天长征科技信息研究所和北京空间科技信息研究所等,在此一并表示感谢!

中国载人航天工程办公室
2015年4月

目 录

专 题 篇

2014 年国外载人航天发展综合分析	3
解读《探索途径:美国载人空间探索计划的理由与方法》	12
NASA2015 财年航天预算分析	20
美国载人航天商业化发展研究	28
“安加拉”系列运载火箭及其发展分析	36
SpaceX 公司重复使用火箭技术发展概述	46
美国有意将国际空间站延寿至 2024 年	56
欧洲航天医学发展战略研究	62
NASA 跟踪与数据中继卫星系统现状与未来发展	70
美国航天发射系统脐带系统的设计方案研究	83
支持人类在空间长期驻留的先进技术解析	91

综 述 篇

2014 年国外载人运载器发展综述	103
2014 年国外载人航天器发展综述	115
2014 年国外航天员系统发展综述	130
2014 年国外载人航天发射场发展综述	149
2014 年国际空间站科学与应用发展综述	160

附 录 篇

2014 年载人航天大事记	173
探索途径:美国载人空间探索计划的理由与方法(节选)	184
探索外太空:NASA 迈向火星之路的下一步	201

专

题

篇

2014 年国外载人航天发展综合分析

摘要:2014 年,国外载人航天领域保持积极稳步的发展态势,由大国主导的深空探索战略持续快速推进,新一代载人航天系统研制进展顺利,载人航天能力不断完善之中。本文综述了 2014 年国外载人航天领域的发展动态,梳理了各领域探索研究的系列成果,并分析了重型运载火箭、新型飞船及商业航天能力的发展走向。

2014 年,国外主要航天国家进一步明晰载人航天未来发展的目标与实现途径,大力推进新一代载人航天系统的研制,载人航天与深空探索领域取得诸多显著成果。

2014 年,美国持续坚定推进其“月球以远”空间探索计划。面对国内对载人航天未来发展存在的较大争议和分歧,2014 年 6 月,美国国家科学研究委员会(NRC)依据《NASA 授权法案》的要求,公布了《探索途径:美国载人空间探索计划的理由与方法》,强调坚定发展载人航天符合美国的国家利益,重申载人登陆火星是目前美国可行的终极目标。NRC 报告在对载人航天进行充分评估与鉴定的基础上,不仅正面回应了美国国内关于载人航天发展的争议,而且还为实现载人航天可持续发展提出了可行性建议。此外,NASA 公布了火星探索计划阶段性工作报告《探索外太空:NASA 迈向火星之路的下一步》和《2014 战略规划》,表明 NASA 正在制定长期、灵活和可持续发展的空间探索体系架构,并坚定不移地推进这场“进化型火星战役”。12 月,美国联邦政府综合拨款法案颁布,根据法

案条款,NASA 2015 财年的总经费为 180.1 亿美元,比预算申请多 5.5 亿美元,比已批准的 2014 财年预算多 3.6 亿美元。由 NASA 下一财年预算申请和综合拨款法案可以看出,美国依然将载人航天长远发展作为国家发展战略的关键组成部分,在财政上持续投入,扩大载人航天活动规模,确保其载人航天领先地位。

俄罗斯在积极进行航天工业体制改革的同时,持续推进航天技术的发展,进一步规划载人航天未来发展。2014 年 2 月,俄罗斯发布《2030 年前使用航天成果服务俄联邦经济现代化及其区域发展的国家政策总则》,该政策是俄罗斯对航天长远发展及成果应用的又一次战略谋划,旨在加速国家经济现代化及区域发展,保证和巩固俄航天强国地位。俄罗斯联邦航天局 2014 年制定并提交了《2016—2025 年联邦航天计划》草案,对一些重要任务进行明确和细化,以确保按期完成长远目标。未来,俄罗斯将以月球基地作为深空探索的前哨,推进火星和其他行星探索活动。为使该规划能够顺利实施,俄罗斯联邦航天局还计划为此注资 2.436 万亿卢布,比《2006—2015 年联邦航天规划》的投资金额高两倍。2016—2025 年期间,俄罗斯航天领域要完成的任務包括:建成“东方”航天发射场,以实现重型运载火箭的发射任务;研制机器人航天员,为国际空间站航天员出舱活动提供支援;研制新型载人飞船并对其进行测试。虽然俄罗斯制定了一系列目标明确、规划清晰的长期发展战略,但由于航天工业体制改革尚在进行中,在具体执行上还存在不确定性。俄意欲恢复航天大国地位,谋求安全稳定、高水平的航天优势领域还需时日,值得关注。

一、新一代航天系统研发稳步推进,载人航天能力不断提高

2014 年,主要航天国家用于未来深空探索的新型航天运输系统取得阶段性研制成果,针对长期飞行任务的航天员系统准备工作全

面展开,商业航天作为政府空间运输能力的有力补充继续保持高速发展势头。

(一) 大推力火箭仍是主要航天国家发展的重点

2014 年 8 月,美国执行载人深空探测用的新一代重型运载火箭航天发射系统(SLS)项目顺利通过里程碑事件——关键决策点 C 评审,标志着 SLS 项目进入详细设计和制造阶段。在分系统研制方面,J-2X 上面级发动机完成持续了数年的全部试验,ATK 公司成功完成了五段式助推器的热试车;芯级发动机陆续开始试验,计划 2015 年全部完成。同时,用于 SLS 重型火箭大型部件焊接组装的相关工装已陆续投入使用。美国集中政府资源推进 SLS 重型火箭的研制工作,预计 2015 年通过该项目的关键设计评审,2018 年实现低地球轨道(LEO)能力为 70 吨的火箭构型,2021 年执行首次载人任务,最终在本世纪 30 年代实现载人火星探测。

俄罗斯重型火箭项目进入论证阶段,按计划将分两个阶段实施,第一阶段研制运载能力 70~80 吨的运载火箭,第二阶段研制运载能力达 130~180 吨的运载火箭。俄“安加拉”轻型运载火箭在 7 月 9 日成功首飞,标志着历经 20 年研制与发展的“安加拉”系列运载火箭取得初步成功,同时也拉开了俄罗斯运载火箭更新换代的序幕。12 月 23 日,俄罗斯“安加拉”A5 大型运载火箭从普列谢茨克首次成功发射。“安加拉”A5 火箭起飞质量 773 吨,能够将质量 25 吨的有效载荷送入低地球轨道,这是俄罗斯火箭工业历史上重要的里程碑事件,标志着俄罗斯独立进入空间能力进一步增强,展示了俄罗斯在航天领域的传统优势。

印度 1 月 5 日成功发射“地球同步轨道卫星运载火箭”-MK2(GSLV-MK2),首次验证了印度自主研制的低温上面级技术,使印度成为继美国、俄罗斯、欧洲、日本和中国之后,第六个掌握该技术的国家,为满足印度未来深空探测以及载人航天的发射提供了技术保障。12 月 18 日,印度完成起飞重量为 603 吨的

GSLV - MK3 运载火箭的亚轨道飞行试验,验证了 GSLV - MK3 的飞行稳定性与搭载的“乘员舱大气再入试验飞行器”(CARE)的再入性能。GSLV - MK3 主要为满足印度大型卫星及载人航天的发射需求,并为争夺国际商业发射市场做准备。

(二) 新型载人飞船研制不断加速

NASA 的“猎户座”飞船 12 月 5 日由“德尔它”4 火箭发射升空,成功完成了首次无人飞行试验,验证了发射中止系统、降落伞展开、隔热罩、辐射水平及抗辐射能力、计算机能力等技术。飞船到达约 5800 千米的深空,这是自“阿波罗”计划结束后的 42 年来,首个进入如此远深空的载人航天器,被称为“美国载人航天发展的新起点”。“猎户座”飞船一旦研制成功,不仅将打破目前俄罗斯航天员运输的垄断地位,也将为美国载人深空探索奠定坚实基础。

俄罗斯持续推进新型载人飞船 PTK NP 的研制,2014 年预算草案中为其申请的资金为 607 亿卢布。PTK NP 飞船能搭载 4 名航天员进行探月飞行,预计 2018 年建成。2021 年至 2023 年,PTK NP 将在近地轨道进行 3 次无人任务;2024 年进行首次载人任务。新型飞船可有效解决“联盟”飞船空间狭小的问题;座椅使用弹性材料,使航天员更加舒适;安装了软着陆发动机和 4 个起落架的返回舱使着陆更安全。

印度于 2014 年 12 月成功完成“乘员舱大气再入试验飞行器”再入飞行试验,飞行试验历时 19 分钟,任务结束后乘员舱溅落在孟加拉湾安达曼群岛附近海域,此次试验验证了乘员舱再入大气层时隔热罩和降落伞等性能。该乘员舱直径 3.1 米,长 2.68 米,重约 3.7 吨,可容纳 2~3 名航天员。随着大推力火箭和载人飞船研制工作的不断推进,在深空探测领域取得一连串成功之后,印度正在加快推进其载人飞行计划,印度正向着独立自主开展载人航天的目标迈进。

(三) 面向长期飞行任务的航天员系统准备工作全面展开

2014 年,主要航天国家针对未来航天员长期空间飞行和深空载人探索任务的航天医学实验与航天员装备研发进展顺利。NASA 将在 2015 年实施为期一年的航天员驻站任务。

NASA 人体研究计划联合国家航天生物医学研究所共遴选出 38 项提案,以研究航天员在未来执行深空探索任务时的健康与绩效,如对航天员骨骼、视力、免疫系统的影响等。此外,还针对长期飞行开展了形式各异的训练课程:“极端环境任务行动”试验评估了从小行星到月球和火星重力场下执行探索任务所需要的工具和技术;“虚拟空间站”项目模拟长期驻留飞行任务对整个航天员系统带来的影响;海上搜救训练提升了航天员自救和生存能力。

(四) 商业航天发展迅速但安全性值得关注

2014 年被 NASA 称为商业载人航天“关键年”,NASA 于 9 月授予美国空间探索技术(SpaceX)公司和波音公司“商业乘员运输能力”(CCtCap)合同,执行 2017 年以后国际空间站乘员运输任务,合同总价值 68 亿美元。美国希望商业航天能力的成熟可使其尽快摆脱对俄罗斯乘员运输的依赖。之后,NASA 发布“商业补给服务”(CRS)第二轮招标书,表明美国正逐步把低地球轨道的空间运输交付商业公司。此外,NASA 还提出寻找创新方式与商业公司合作继续开展空间探测活动,探索通过合营方式开展月球及月球以远的载人深空探索。

为满足长期发展需要,商业公司不断探索新型航天运输技术。SpaceX 公司正在研究可重复使用技术,尝试实现“猎鹰”9-1.1 型火箭一子级的海上回收;轨道科学公司计划进行空射型“安塔瑞斯”火箭试验,以提高运载能力;美国比格罗宇航公司正在研究利用可膨胀结构技术生产新型航天器构架,这种结构具有轻质、耐久、低成本的特点,将有可能改变运输和保护航天员的方式。

随着美、俄政治关系日趋紧张,美国独立承担载人航天任务的需求愈加迫切。不过,发生在 10 月的两起事故给商业航天敲响警钟:美国轨道科学公司的“安塔瑞斯”火箭搭载“天鹅座”飞船发射升空后约 6 秒发生爆炸,船箭俱毁并严重破坏了地面发射设施;维珍银河公司“太空船二号”亚轨道飞行器在动力飞行测试中坠毁,机上两名飞行员一死一重伤。尽管美国发展商业航天运输能力的方向不会动摇,但政府应进一步加强对商业航天活动的风险控制,确保提供安全、可靠的商业乘员和货运服务。

二、国际空间站应用成果丰硕,是否延寿成为关注焦点

2014 年,国际空间站共进行了 13 次运输任务,其中俄罗斯发射了 4 艘货运飞船和 4 艘载人飞船,美国商业公司发射 4 艘货运飞船,欧洲发射 1 艘货运飞船。国际空间站上的航天员共进行了 7 次出舱活动,完成了诸如更换空间站故障配件、安装科研仪器等任务。

(一) 科学研究和技术验证成为国际空间站应用重点

2014 年,国际空间站在科学研究和空间技术验证领域继续扮演重要角色。4 次长期考察团任务中,在技术开发与验证、人体研究、物理科学、教育活动和推广、生物学与生物技术及地球与空间科学 6 大研究领域共开展了 200 项科学研究实验。6 月,美国宇航学会(AAS)、NASA 和空间科学促进中心(CASIS)联合举办了以“发现、应用和机遇”为主题的第三届国际空间站研究和发展大会,来自各界的代表探讨了空间站成果对地球上人类带来的长久利益,如对地观测、癌症治疗手段等成果已广泛造福于人类。

随着低地球轨道载人探索技术的不断成熟,为未来深空探索验证关键技术已成为国际空间站应用阶段的发展重点。2014 年,多项航天技术的验证工作在国际空间站上开展:机器人燃料加注任务稳步推进,将为人类扩展空间探索、在轨维修和航天器延寿带来重大

影响;小立方体卫星释放任务可有效验证卫星编队、组网等技术;NASA 喷气动力实验室利用国际空间站开展的激光通信试验验证了天地激光传输指向与跟踪能力,传输速率达到 30 ~ 50 兆比特/秒;首台空间 3D 打印机 8 月运抵国际空间站,并在微重力环境下完成了首次 3D 打印,为未来降低发射成本、建立空间基地、创造全新的航天器设计理念提供技术基础……国际空间站已经成为重要空间科学实验和技术验证的良好平台,是人类迈向更遥远空间的起始点,同时为正在蓬勃兴起的商业航天提供了更多机遇。

(二) 国际空间站能否再次延寿仍存疑问

国际空间站参与国于 2010 年一致同意将国际空间站的使用期限由 2013 年延长至 2020 年。为使国际空间站应用潜力实现最大化,并带来更多经济和社会效益,同时也为商业航天的发展带来更多机遇,2014 年初美国提出希望将国际空间站使用寿命再延长至 2024 年。对于这一提议,俄罗斯的态度出现摇摆。由于受乌克兰政治危机的影响,美国对俄罗斯采取多项制裁措施,为此,俄罗斯改变了初期大力支持延寿的态度,俄副总理罗戈津 5 月公开表示拒绝美国再次延寿的提议,同时宣布中断与美国的部分航天合作。不过,美、俄在国际空间站上的合作关系是否真正走向决裂还是未知数。首先俄罗斯的航天发展同样离不开美国等西方国家的经济支持;其次,两国的航天合作是两国政治关系的直接体现,未来两国关系一旦转好,航天合作也可能随之好转。此外,双方对已签订的载人航天协议,如航天员运输协议和航天员一年驻站试验协议等,都未提出异议,俄罗斯并未完全关上与美国开展载人航天合作的大门。

三、深空探测成果斐然,火星与小行星仍是探索热点

火星和小行星以及月球探测已成为全球空间活动的一个重点,作为彰显大国地位的重要战略性领域,深空探测越来越受到重视。