

2009 年国外载人运载器发展综述

2009 年,世界载人航天活动重点围绕国际空间站和深空探测展开。全年共执行 15 次空间站的发射任务,以加速空间站建设和驻站人员轮换。

各国在新型载人运输系统的研制方面也取得重大进展,美国“阿瑞斯”1-X 成功首飞,商业轨道运输系统“法尔肯”9/“龙”太空舱将进行首次演示验证。俄罗斯提出新型载人运输系统方案。日本 H-2B 火箭成功发射首艘货运飞船 HTV。

一、发射情况

以美、俄为代表的世界主要航天国家全年共执行 9 次载人航天发射任务,其中美国航天飞机 5 次,俄罗斯“联盟”-FG 火箭 4 次,成功地将国际空间站重要组件和长期考察组成员送上空间站。另外,为加快空间站的建设,俄罗斯“联盟”-U 火箭进行 5 次运货任务,日本 H-2B 火箭成功发射 HTV,为国际空间站送去重要组件和补给。详细发射情况见表 1。

(一)美俄继续国际空间站建设

1. 美国航天飞机

航天飞机是目前美国主要的载人航天运载器。2009 年,美国航天飞机共执行了 5 次飞行任务,是 2003 年“哥伦比亚”号失事后发射频率最高的一年。

3 月 15 日,“发现”号航天飞机在肯尼迪航天中心发射升空,将最后一对太阳能帆板和美国制造的国际空间站最后一个大型组件 S6 桁架送上空间站。5 月 11 日,“亚特兰蒂斯”号航天飞机发射升空,执行哈勃太空望远镜的第五次、也是最后一次在轨维护任务,使哈勃能继续工作至少 5 年。7 月 15 日,“奋进”号航天飞机成功地将日本“希望”号实验室的最后一部分暴露设施送上空间站,同时还释

表 1 2009 年载人航天活动发射情况

国家	运载器	发射日期	有效载荷	发射场	发射结果
	“联盟”-U	2009-02-10	“进步”M-66 货运飞船	拜科努尔	成功
		2009-05-07	“进步”M-2M 货运飞船	拜科努尔	成功
		2009-07-24	“进步”M-67 货运飞船	拜科努尔	成功
		2009-10-15	“进步”M-3M 货运飞船	拜科努尔	成功
		2009-11-10	“探索”号空间站实验舱	拜科努尔	成功
	“联盟”-FG	2009-03-26	“联盟”号载人飞船	拜科努尔	成功
		2009-05-27	“联盟”号载人飞船	拜科努尔	成功
		2009-09-30	“联盟”号载人飞船	拜科努尔	成功
		2009-12-20	“联盟”号载人飞船	拜科努尔	成功
合计	9 次				
美国	“发现”号航天飞机	2009-03-15	7 名航天员/国际空间站结构组件	肯尼迪航天中心	成功
		2009-08-28	6 名航天员/货物/空间站后勤舱	肯尼迪航天中心	成功
	“亚特兰蒂斯”号航天飞机	2009-05-11	7 名航天员/哈勃太空望远镜组件	肯尼迪航天中心	成功
		2009-11-16	6 名航天员/空间站后勤托架	肯尼迪航天中心	成功
	“奋进”号航天飞机	2009-07-15	7 名航天员/日本实验舱组件/ANDE-2AAPA 大气密度监测卫星/DRAGONSAT-12 科学卫星	肯尼迪航天中心	成功
	合计	5 次			
日本	H-2B	2009-9-11	H-2 自动转移飞行器(HTV)	种子岛航天中心	成功
合计	15 次				

放了 4 颗微小卫星。8 月 28 日,经过多次发射推迟的“发现”号航天飞机顺利启航,将数吨食品、跑步机以及实验用的设备运往国际空间站。11 月 16 日,“亚特兰蒂斯”号将质量约 12.4 吨的备件运往国际空间站,航天员通过 3 次出舱活动在空间站托架上安装了两个平台,用于航天飞机退役后空间站的维护。

根据目前的发射时间表,航天飞机在退役前还将进行 5 次发

射,最后一次发射将于2010年9月进行。航天飞机退役后,美国将启用商业轨道运输(COTS)服务执行近地轨道载人航天任务。

2. 俄罗斯的“联盟”号

俄罗斯目前主要利用“联盟”-FG和“联盟”-U支持空间站的人员和货物运输。“联盟”-FG主要用于载人发射,“联盟”-U主要用于载货。2月10日,“联盟”-U火箭从哈萨克斯坦境内的拜科努尔发射场发射,将“进步”M-66飞船送往空间站,为空间站送去了超过2.5吨货物的科研设备和各种补给物资。3月26日,“联盟”-FG火箭从拜科努尔发射场成功发射“联盟”TMA-14载人飞船,两天后,在自动对接方式因发动机的小故障而中止的情况下,飞船与空间站进行了手动对接。船上乘有太空游客西蒙尼和俄美两名专业航天员。两位航天员将作为第19期长期考察组的成员在站上常驻200天,帮助准备把站上乘组人数从3人扩大到6人。5月7日,“联盟”-U火箭再次从拜科努尔发射场升空,执行空间站补给任务。由于要进行一系列试验,飞船与空间站对接前飞行了5天,而非通常的2天。该飞船是用数字式控制系统取代模拟控制系统的新系列飞船中的第二艘。船上载有2.5吨货物,包括新的“奥兰”MK航天服、食品、新鲜果蔬、医疗设备和科研设备。5月27日,“联盟”-FG火箭成功将载有欧洲航天局、加拿大和俄罗斯航天员的“联盟”TMA-15载人飞船送往国际空间站。飞船于5月29日同国际空间站实现对接,从而使站上常驻乘组人数首次增加到6人。新组成的第20期长期考察组首次同时包括了国际空间站全部5个国际伙伴机构的代表。7月24日,“联盟”-U火箭从拜科努尔发射“进步”M-67货运飞船,为空间站送去2.5吨补给物资。由于美国“奋进”号航天飞机发射推迟,飞船与国际空间站对接前的自主飞行时间延长为5天。9月30日,“联盟”-FG火箭从拜科努尔发射了“联盟”TMA-16载人飞船,飞船两天后与空间站对接,成功将美俄两名专业航天员和加拿大首位太空游客拉力伯特送上国际空间站。两名航天员留在站上,成为第21长期

考察组成员,而拉利伯特则同原先驻站的另两位美俄航天员一起于10月11日返航。10月15日,“联盟”-U火箭再次从拜科努尔发射升空,成功将载有2.35吨补给物资的改进型“进步”M-3M货运飞船运往国际空间站。11月10日,“联盟”-U火箭搭载“进步”M-M1M2货运飞船从拜科努尔发射场升空,为国际空间站送去了俄罗斯“探索”号小型试验舱和850千克重的设备和补给物资。目前空间站上已经有10个舱,其中俄罗斯拥有“星辰”号服务舱、“曙光”号功能舱以及“码头”号对接舱。12月20日,“联盟”-FG火箭从拜科努尔发射TMA-17载人飞船,成功将第22期长期考察组成员送往国际空间站。经过两天飞行后,飞船与空间站成功对接。这是俄罗斯首次在冬季发射载人飞船。

(二) 日本使用新型 H-2B 火箭成功发射首架 HTV

2009年9月11日,日本航天航空探索局(JAXA)研制的新型 H-2B 火箭从种子岛航天中心吉信发射场2号发射台发射,将日本第一艘 HTV 货运飞船送入200千米×300千米、倾角51.7°的椭圆轨道。具体发射过程见表2。

表2 H-2B 第一次试验飞行的飞行时序

序号	事件	时间	
		实际值	预测值
1	起飞	T+0	T+0
2	固体助推器燃尽	T+1分50秒	1分49秒
3	第1对助推器分离	T+2分5秒	T+2分4秒
4	第2对助推器分离	T+2分8秒	T+2分7秒
5	抛罩	T+3分42秒	T+3分37秒
6	一子级发动机关机	T+5分47秒	T+5分44秒
7	一子级分离	T+5分56秒	T+5分52秒
8	二子级发动机点火	T+6分3秒	T+5分59秒
9	二子级发动机关机	T+14分19秒	T+14分16秒
10	HTV 入轨	T+15分10秒	T+15分6秒

HTV 用约 1 周的时间提升轨道高度，自动靠近国际空间站，最终停靠在国际空间站下方约 10 米处，国际空间站内的航天员操作机械臂捕获飞船，使飞船与空间站交会对接。这次任务是 H-2B 火箭的第一次试验飞行，也是 HTV 的首次验证飞行。HTV 为国际空间站送去了“希望”号实验舱的实验设备、暴露实验设施等共约 6 吨的物资。

H-2B 为两级重型运载火箭，GTO 运载能力为 8 吨，LEO 运载能力为 16.5 吨。H-2B 火箭是在 H-2A 的基础上研制的，主要部件已经在 H-2A 204 任务上得到实际飞行验证。二子级、固体助推器和制导控制系统与 H-2A 完全相同。一子级采用 2 台 LE-7A 发动机并联，直径从 H-2A 的 4 米增大到 5.2 米，长度也比 H-2A 增加了 1 米，GTO 运载能力由 H-2A 的 5.7 吨提高到 8 吨。表 3 给出了 H-2B 火箭的主要性能参数。随着 H-2B 的投入使用，日本火箭 GTO 运载能力将增大 40%，满足日益增长的航天发射需求，并为未来的月球探测和星际探测做好运载能力上的准备。

表 3 H-2B 火箭的主要性能参数

全 箭				
级数	2		起飞质量/吨	531(不包括有效载荷)
全长/米	56.6		制导方法	惯性制导
最大直径/米	5.2		运载能力/吨	GTO:8 LEO:16.5
子 级				
	固体助推器	一子级	二子级	有效载荷整流罩
长/米	15	38	11	15
外径/米	2.5	5.2	4.0	5.1(内径 4.6)
起飞质量/吨	4×77	202	20	3.2
推进剂质量/吨	4×66	177.8	16.6	-
推力/千牛	4×2305	2196(真空)	137(真空)	-
燃烧时间/秒	114	352	499	-
推进剂类型	聚丁二烯	液氢/液氧	液氢/液氧	-
推进剂输送系统	-	涡轮泵压	涡轮泵压	
比冲/秒	283.6	440	448	
姿控方式	可移动喷管	摆动	摆动喷气系统	

HTV 是日本独立研制的无人货运飞船，主要任务是向国际空间站运送后勤补给并携带空间站垃圾返回并在再入大气层时烧毁。HTV 为圆柱形，高 10 米，宽 4.4 米，起飞质量为 16.5 吨，载货量为 6 吨。

HTV 自上而下是货舱和服务舱。HTV 可根据货运任务需要选用增压型或增压/非增压混合型货舱结构。增压型货舱只能向空间站运送增压货物；而增压/非增压混合型货舱则可以向空间站运送增压和非增压两种货物。两种货舱顶部装有反作用控制系统。此次发射 HTV 采用了混合型货舱。服务舱自上而下是电子设备舱和推进舱，电子设备舱装有电子设备、锂电池和传感器。

HTV 轨道转移飞行器在完成预定任务后，于 10 月 31 日装载约 1.6 吨的垃圾脱离国际空间站。11 月 2 日，HTV 完成机动后再入大气层烧毁。HTV 的首次飞行成功验证了 HTV 飞行控制技术、推进技术及与国际空间站的交会对接技术。美国航天飞机即将退役，HTV 的投入使用将有效地增强国际空间站的后勤补给运输力量，同俄罗斯的“进步”飞船、欧洲 ATV 共同承担国际空间站的货运任务。日本计划到 2015 年，每年发射 1 艘 HTV，共计 7 艘。日本还计划在 HTV 基础上开展载人飞船的研究工作。

(三)美国新型“阿瑞斯”1-X 试验型火箭成功首飞

2009 年 10 月 28 日，“阿瑞斯”1 载人运载火箭的试验型“阿瑞斯”1-X 成功完成约 2 分钟的不载人亚轨道飞行试验，标志着美国“重返月球”计划又向前迈进了重要一步。具体发射时序见表 4。

此次试验用的“阿瑞斯”1-X 的质量和尺寸与实际“阿瑞斯”1 类似，通过采用 4 段式固体火箭助推器，并加装第 5 段模拟件来模拟“阿瑞斯”1 火箭的 5 段式结构。火箭上面级、“猎户座”载人探测飞船和发射异常终止系统均采用模拟件。试验成功验证了火箭第一级前 4 段固体火箭助推器和其他相关部件、发射场地面设备和操作流程，但在试验中，3 个主降落伞中一个主伞出现故障，导致第一级在溅落海面后受损。另外，发射工位也由于火箭发射时的热流问题受损。按

表 4 阿瑞斯 1-X 发射时序

序号	时间	事件
1	T+0	第一级固体助推器点火
2	T+0.225 秒	火箭起飞
3	T+33~44 秒	首次试验机动,确定飞行动力学特性
4	T+50 秒	释放最后一个气象探测气球至 17.98 千米高空
5	T+1 分 33.6 秒	最后一次试验机动,验证火箭结构。
6	T+2 分	第一级固体火箭助推器发动机关机
7	T+2 分 1 秒	开始无动力飞行
8	T+2 分 3 秒	安装在第一级尾裙段的反推火箭点火
9	T+2 分 3.04 秒	火箭一、二级分离
10	T+2 分 6 秒	第一级滚动发动机点火,以确保第一级的安全回收
11	T+2 分 33 秒	启动回收控制装置,确保第一级顺利回收
12	T+5 分 3 秒	降落伞回收系统启动,引导伞打开,随即减速伞打开。
13	T+5 分 33 秒	前裙延伸段分离,主降落伞展开。

计划,在 2015 年首次执行国际空间站飞行任务前,“阿瑞斯”1 火箭还将进行 5 次验证飞行。

二、新型载人运载器研制进展

(一)美国“星座”计划面临方案选择

航天飞机退役后,美国计划采用新型载人航天运输系统实现 2020 年前重返月球的目标。新型载人运输系统主要包括研制“阿瑞斯”1、5 火箭和“猎户座”载人探索飞船。

自美国推出重返月球计划以来,由于技术和经费问题,导致“阿瑞斯”1 火箭和“猎户座”飞船研制进展推迟,进而也影响了“阿瑞斯”5 火箭和“牵牛星”登月器的研制工作。2009 年 5 月,美国新任总统奥巴马就成立了以洛克希德·马丁公司前 CEO 奥古斯丁为组长的评审组,对美国载人航天探索计划及其时间进度进行评审。评审组于 2009 年 10 月提交了题为《寻求一个与伟大国家相称的

载人航天飞行计划》的最终报告。报告指出,由于经费严重不足和技术问题,“星座”计划研制进度严重推迟。按照 2005 年制定的进度表,“阿瑞斯”1/“猎户座”载人运输系统将在 2012 年飞往国际空间站,即航天飞机退役后 2 年。但按照目前的进展,评审组认为该系统的首飞时间将推迟至 2017 年。这就意味着,如果航天飞机 2010 年按时退役,“阿瑞斯”1/“猎户座”将不能执行国际空间站飞行任务,而美国载人航天飞行“断档期”将至少持续 7 年时间。评审组倾向利用商业航天发射系统(即“法尔肯”9/“龙”太空舱以及“金牛座”2/“天鹅座”)执行近地轨道载人航天飞行任务,利用政府研制的重型运载火箭执行近地轨道以外的载人深空探测。评审组在报告中给出了几种重型运载火箭的方案。在这些方案中,评审组更倾向于研制“阿瑞斯”5Lite,认为利用载人和载货两种模式的“阿瑞斯”5Lite 火箭来取代原“阿瑞斯”1 和“阿瑞斯”5 两种火箭可降低发射和操作成本,并能加快火箭的研制进度。评审组表示,若要实现“星座”计划目标,需在 2010 财年预算基础上每年增加 30 亿美元的预算。2010 年 2 月 1 日,美国总统奥巴马向国会提交了 2011 财年预算案,取消了“星座”计划,转而投资基础技术项目(如大推力发动机、新型在轨操作技术)研发,为新的载人航天计划奠定基础。

(二)商业轨道运输服务(COTS)计划稳步推进

作为后航天飞机时代国际空间站运输服务的补充,在商业轨道运输服务(COTS)计划下研制的“法尔肯”9/“龙”太空舱和“金牛座”2/“天鹅座”系统取得重大进展。

空间探索技术公司(SpaceX)的“法尔肯”9 火箭各级都已完成验收试验,第一级(使用 9 台发动机)、级间段、有效载荷支架、“龙”太空舱都已抵达卡纳维拉尔角发射场。2010 年 1 月 2 日,“法尔肯”9 火箭二子级完成动力系统全工况点火试车,并将于 1 月底运抵卡纳维拉尔角空军基地的 40 号发射场区,同一子级和“龙”太空舱试验

飞船进行总装。火箭将进行零部件的水平组装、起竖,以及一系列的兼容性检查和系统测试,按计划”龙”太空舱最早将于 2010 年 3 月搭乘“法尔肯”9 火箭进行首次验证飞行,飞船将被送入 250 千米高的轨道,并向地面传回遥测数据(但不实施轨道机动)。“法尔肯”9/”龙”太空舱的第二次飞行试验将于 2010 年夏季进行,这将是 NASA 商业轨道运输服务合同下的首次演示验证飞行。届时,”龙”太空舱飞船将携带推进装置和全套电子设备,执行为期 4.5 小时的飞行任务,以演示验证系统的发射、分离、入轨、信号传输、遥测、指令接收、轨道机动、热控制、再入大气层和飞船回收等能力。如果验证成功,“法尔肯”9 将开始执行国际空间站的运输任务。

轨道科学公司的“金牛座”2 完成第二级发动机的静态点火试车,标志着“金牛座”2 运载火箭研制计划进入试验阶段。该火箭预计于 2011 年 3 月首飞。

(三)俄罗斯出台新型载人运输系统方案

2009 年 3 月,俄政府正式批准为载人月球任务研制新一代运载火箭,这是俄罗斯自 1964 年以来首次将月球任务作为其航天计划的主要目标。按照俄罗斯联邦航天局的要求,新一代运载火箭的运载能力应达到“联盟”火箭的 4 倍,乘员数量增加一倍,且必须使用环保推进剂。新火箭的研制将与俄罗斯下一代载人飞船的研制工作同时进行,计划在 2018 年实现首次载人飞行。该计划与 NASA 2020 年重返月球计划的时间表大致相同。

4 月初,俄联邦航天局选定由萨马拉航天中心、能源公司和马卡耶夫设计局组成的团队负责新型载人运载火箭的研制。该团队战胜了以安加拉运载火箭为竞标方案的赫鲁尼契夫国家航天研究与生产中心。在最初的设计方案中,新火箭的 200 千米高度轨道运载能力为 20 吨~23 吨。然而在 10 月俄联邦航天局公布的最新方案中,新火箭又被重新设计为重型(运载能力为 50 吨~60 吨)和超重型(运载能力为 130 吨~150 吨)两种。

新火箭将从俄东南部阿穆尔地区的东方港航天中心发射。俄将为新航天中心投资约 135 亿美元,预计于 2011 年开始建造,2018 年竣工。航天中心内将建造 7 个发射台,其中 2 个用于载人飞行任务,2 个用于货运飞船任务。

新型载人火箭的研制工作将与新型载人飞船同时进行。2009 年 4 月,能源公司已通过竞标赢得价值 2500 万美元的新型载人飞船(可承载 4 人~6 人)方案设计合同。新型货运飞船的飞行试验将于 2016~2017 年期间进行。按计划,新型航天运输系统的首次不载人飞行将于 2015 年进行,并有望在 2018 年实现首次载人飞行。

(四)欧、日、印积极发展载人航天能力

欧洲、日本尚不具备载人航天飞行能力,一直依靠美国航天飞机和俄罗斯“联盟”号飞船执行空间站的人员运输任务。欧、日都是通过研制无人货运飞船来发展载人航天能力。欧洲航天局在 2008 年 11 月的部长级会议决定在 ATV 基础上研制“先进返回舱”(ARV),作为 2020 年左右欧洲载人航天系统运行的基础。该项目计划在第一阶段使 ARV 具备返回能力,在第二阶段具备载人能力。ARV 的首次货运任务将于 2015 年左右执行,要实现载人任务可能还需要 10 年以上的时间。与 ATV 相比,ARV 将具备可控再入地球大气层的能力,其目标是将货物和科研设备从国际空间站运回地球。ARV 的研制将保障 2010 年航天飞机退役后国际空间站的运行和补给。ARV 包含一个圆锥形舱体,该结构将比目前 ATV 的货舱更加结实。另外,ARV 采用的材料可为再入阶段提供热防护,其降落伞系统会使之在最后的下落阶段减速,实现软着陆。2009 年 7 月 7 日,欧洲第二架自动转移飞行器(ATV-2)首次向公众展出,并以德国天文学家“约翰尼斯·开普勒”的名字命名。在 ATV-2 的命名仪式上,欧洲航天局与 Astrium 公司签署了一份价值 2100 万欧元的合同,以进一步发展 ATV 技术,开展载人飞船的可行性研究,这标志着欧洲已向载人飞船试验项目迈出重要一

步。ATV-2 计划于 2010 年 11 月从法属圭亚那库鲁发射场起飞，前往国际空间站。按计划，到 2013 年 ATV 还将执行 4 次空间站飞行任务。

日本在 2009 年利用新型 H-2B 火箭成功发射了首艘货运飞船 HTV，为载人航天提供了技术储备。日本未来载人运输系统将在 H-2B 火箭和 HTV 的基础上进行研制。

印度在 2008 年明确提出了载人航天飞行计划，2015 年用自制火箭和飞船将 2 名航天员送上地球轨道。2009 年，印度可用于载人航天飞行的第 2 代地球同步轨道卫星运载火箭(GSLV)上的 CS 低温发动机完成组装，并已运抵斯里哈里科塔航天中心。GSLV 火箭的前 5 次发射都是采用俄罗斯生产的低温上面级发动机，此次发射将首次使用本国自主研制的 CS 低温上面级发动机。如果发射获得成功，印度空间研究组织(ISRO)还计划将该上面级用于运载能力更大的 GSLV-MK3 火箭。该火箭采用采用三级结构，计划于 2011 年首飞，将印度 GTO 运载能力提高到 4 吨。

为支持印度载人航天计划，ISRO 将在斯里哈里科塔发射场建造新的发射工位，用于计划在 2015 年进行的载人航天飞行任务。目前斯里哈里科塔发射场有 2 个用于极地轨道卫星运载火箭(PSLV)和 GSLV 的发射工位。新工位位于 PSLV 发射工位以南 1 千米处，预计在 2015 年建成，用于载人飞行任务的 GSLV 火箭也将在同年交付使用。

三、结束语

进入 21 世纪后，载人探月成为全球发展的热点。各国纷纷开展新一代载人运载器的论证和研制工作。美国在“星座”计划下开展了“阿瑞斯”1 载人和“阿瑞斯”5 载货运载火箭的研制，但由于经费和技术原因，该方案最后在奥巴马提交 2011 年预算申请时被取消，但美国并未完全放弃重型运载火箭的研制，继续投资技术研发，为美

国未来载人运输系统做技术储备。俄罗斯推出新型载人运载器方案,但目前还处于方案论证阶段。

欧洲和日本在各自轨道转移飞行器基础上发展近地轨道载人航天运输系统。印度在突破国产低温上面级发动机和大型固体助推器技术后,将实现运载火箭技术的较大飞跃,最终实现载人运输目标。