

2009 年国外航天员系统发展综述

2009 年,美国、俄罗斯、日本、加拿大新一批航天员的选拔工作已经圆满结束,这为后续的国际空间站和星际探索任务做好了人员方面的准备。欧洲航天局载人航天理事会和俄罗斯生物医学问题研究所的联合项目“火星-500”飞行模拟试验的预备试验今年也取得了圆满成功,试验在心理学方面取得初步研究成果。美国国家航空航天局(NASA)为重返月球而开展的“人体研究项目”继续顺利进行,并首次正式向公众发布了人体研究项目循证手册——《航天探索任务中人的健康和绩效风险》。

一、多个国家完成新一批航天员选拔

历经层层严格选拔,2009 年,世界航天员队伍中又增添了 20 名新生力量,其中包括美国 9 名,欧洲 6 名,日本 3 名,加拿大 2 名,他们将肩负起未来国际空间站建设和登陆月球的重任。

(一)美国第二十七批航天员 9 人梯队诞生

2009 年 6 月 29 日,NASA 最终从 3500 名申请者中选定 9 人为其第二十七批候选航天员,他们已于 8 月在约翰逊航天中心开始接受训练。这 9 名候选航天员是:塞丽娜·奥诺恩,女,33 岁,得克萨斯大学医学院-威尔实验室飞行医生;珍妮特·埃普斯,女,38 岁,中央情报局技术情报官;杰克·费希尔,35 岁,空军少校试飞员,美国国防部空军战略政策实习生;迈克尔·霍普金斯,40 岁,空军上校,美国国防部参谋长联席会议副主席特别助理;谢尔·林格伦,36 岁,得克萨斯大学医学院-威尔实验室飞行医生;凯思林·鲁宾斯,女,30 岁,麻省理工学院怀特黑德生物医学研究所研究人员;斯科特·廷格尔,43 岁,海军中校,试飞员,海军航空站系统工程助理项目主管;马克·范德海,42 岁,陆军上校,约翰逊航天中心国际空间站飞行控制师;格雷戈

里·怀斯曼,33岁,海军中校,试飞员,维吉尼亚湾美国“艾森豪威尔”号航空母舰轰炸机第103编队队长。

与之前的航天员一样,新招募的成员将会在缅因州学习野外生存课程,此外,对于深太空,航天员将进行全新的训练,包括在禁闭中独自度过数周甚至数月。航天员也需要对身体的挑战做好准备。在旅程中,他们会遭受高强度的辐射,增加了日后患癌症的几率,骨密度也会随之降低。

过去的30年里,航天员通常要被分成飞行员和任务专家,而这一届并不加以区分,因为驾驶“猎户座”载人探索飞船要比航天飞机容易得多,飞船有许多自动功能,驾驶舱内的操控开关仅及“阿波罗”飞船的十分之一。学习驾驶航天飞机是以往航天员训练的中心内容,但由于航天飞机即将在2010年退役,俄罗斯“联盟”号飞船将会临时性地成为唯一通向国际空间站的交通工具,因此这批航天员将要花更多的时间来学习俄语,并练习执行舱外活动任务。“猎户座”航天员将在一个全动态模拟器里进行升空训练,训练他们迅速做出是否放弃任务的抉择。他们将用模拟器来学习如何与国际空间站对接和驾驶新的月球登陆车。此外,航天员还将模拟在月球,甚至潜在的小行星表面进行操作。中性浮力水槽能模拟国际空间站上的失重状态,但却不能模拟月球重力。因此,未来的航天员可能使用一个“波戈”(Pogo)重力模拟器和更多的训练设备。

第二十批航天员是NASA选拔批次中人数最少的一批,这意味着未来飞行的机会十分有限。和“阿波罗”航天员一样,新招募的成员可能只会执行1~2次飞行任务,但是他们必将创造历史,他们中的一员将可能成为21世纪登陆月球的第一人,或者成为登陆月球的第一位女性,更甚至可能成为访问小行星的第一人。

(二)欧洲新一届航天员公开亮相

2009年5月20日,欧洲航天局(ESA)召开新闻发布会,介绍新招募的6名航天员的情况:5男1女,他们将加入欧洲航天员队伍

并开始进行训练,为国际空间站的建设和登月等更多飞行任务做好准备。

新入选的航天员包括:萨曼塔·格里斯托福雷蒂,32岁,团队中唯一的女性,意大利空军战斗机飞行员;亚历山大·格斯特,33岁,德国人,地球物理学研究人员;安德里亚·莫根森,33岁,丹麦人,空间运营部姿态和轨道控制系统工程师及导航控制系统工程师;卢卡·帕米塔诺,33岁,意大利空军飞行员;蒂莫西·皮克,37岁,英国试飞员;托马斯·佩斯凯,31岁,法国人,原为法国航天局的工程师,后成为法国航空公司的飞行员。

这6名航天员是在1年的选拔之后,从8413名候选人中脱颖而出,他们都有飞机驾驶的经验。目前,欧洲共有8名现役航天员,这6名新航天员为这个集体注入了新鲜血液,他们从2009年9月起开始为期18个月的常规训练和为期两年的高级训练。

这是ESA第三次公开招募航天员。之前的两次分别是1978年和1992年。

(三)日、加航天员队伍增补新人

2009年2月25日,日本航天航空探索局(JAXA)宣布,选定防卫省航空幕僚监部的二等空佐(相当于空军中校)油井龟美也(39岁)和全日空航空公司的副机长大西卓哉(33岁)为日本航天航空探索局的候选航天员。他们将成为长期驻守国际空间站新的候补航天员。飞行员成为候选航天员在日本尚属首次。

2009年9月8日,日本航天航空探索局再次增补海军上尉、日本海军自卫队潜水医学官金井宣茂(33岁)为替补航天员。

日本上次选拔航天员是在1999年,当时共选出3人。此次选拔后,JAXA的航天员数量增至11人,其中包括已退休的毛利卫(61岁)。

在正式获得航天员资格后,这三位新人将执行国际空间站日本“希望”号实验舱的科学实验以及空间站的运转任务,他们最早可于

2013年年底首次升空。

2009年5月13日，加拿大工业部长和航天局局长联合宣布了加拿大新招收的两名航天员的名单。这两名航天员分别是赫雷米·汉森和大卫·圣雅克。他们是从5351名申请者中挑选出来的，从1992年到2008年这16年里，加拿大航天局一直未招收新的航天员。这两名航天员也成为了加拿大历史上的第11位和第12位航天员。

本次航天员选拔是由于前任航天员比亚德尼·特里格瓦松和戴夫·威廉姆斯退役而启动的。在新选拔工作结束后，加拿大航天员大队现有6名成员，他们分别是朱莉·帕耶特，克里斯·哈德费尔德，罗伯特·西尔斯克和航天局局长史蒂夫·麦克利恩以及新招收的两名航天员。

(四)英国招募下一批太空旅行航天员

据国际飞行网站2009年4月消息，维珍银河公司需要招募具有军用高速喷气式飞机驾驶经验的飞行员背景的航天员，并且正在他们的姊妹公司如Atlantic、America和Blue招募维珍乘组的新人选。入选者将成为6人任务小组成员，预计在第一年的工作中每周飞行一次，其中两名在“太空船”2号中作领航员，另外两位在“白骑士”2号中，分别负责飞行器和任务控制。

目前维珍的飞行员队伍有4人，都是英国人，而且全部来自维珍大西洋公司。包括航线首席试飞员大卫·麦凯，首席训练飞行员阿里斯泰尔·霍伊，首席飞行员斯蒂芬·约翰逊，维珍团队特别项目主管和前维珍大西洋公司机长亚历克斯·塔伊。

(五)俄罗斯航天员选训呈现新变化

2009年4月15日，俄罗斯联邦航天局就航天员的选拔及向载人飞船和空间站任务选派乘组，召开了部际协调委员会的会议。

考虑到2015年前国际空间站的发展计划，会议上讨论了2009年俄罗斯是否需要进行新航天员的选拔工作，并指出，俄罗斯航天

员的选拔将更加注重考查其完成科学研究计划的能力。

俄罗斯联邦航天局局长在会议纪要中提出了一系列新建议,他指出,不仅要从飞行员当中选拔航天员,还要从包括科学院在内的各大科研机构的研究人员中选拔航天员。同时航天员的科学研究计划也不应仅由中央机器制造科学研究所来制定,科学院也要参与进来。另外,也要进行修改规范航天员活动和工作的文件,修改的重点在于,要选拔、培训有创造力的年轻人,使他们不仅在飞行期间能够从事前沿的科学研究,而且在完成飞行后还能够继续从事研究工作。

二、为期 105 天的“火星-500”预备试验取得圆满成功

2009 年 7 月 14 日,参加“火星-500”模拟试验的 6 名志愿者结束了 3 个多月的“火星生活”,重新“返回”地面。该项目是俄罗斯生物医学研究所同欧洲航天局合作开展的。这 6 名志愿者包括 4 名俄罗斯人、1 名法国人和 1 名德国人。他们于 3 月 31 日进入位于俄罗斯首都莫斯科的一个全封闭试验舱,在 105 天的时间里,体验模拟太空旅行及环绕火星的有趣生活。本次 105 昼夜实验被分为 3 个阶段:环绕近地轨道飞行、飞往火星及绕火星轨道飞行。在“飞行”期间,乘组进行了由俄罗斯、欧洲和美国学者设计的多项实验。

(一)“火星-500”试验舱概况

“火星-500”试验舱由 4 个相互关联而又对外密封的居住舱,以及一个用来模拟火星表面的外部舱组成。各个舱的情况如下:

医疗舱:体积为 100 立方米,其中有两个铺位,一个厕所,以及常规体检、远程医疗、实验和诊断调查的设备。生病的志愿者在这里进行隔离和治疗。

生活舱:体积为 150 立方米,由 6 个单人隔间、一间厨房兼客厅、一间起居室、主控制室和一间卫生间组成。2.8 平方米~3.2 平方米的卧室里有一张床,一张书桌,一把椅子和摆放个人物品的架子。

志愿者大部分时间都在这个模拟舱内度过。

公共活动舱:又称工作舱,体积为 250 立方米,是一个由不锈钢构成的狭长卧式气缸形状的舱体。该舱包含一个实验温室,一个小型健身房(4 立方米),一个公共厕所,食品储存间,并安置了浴室、桑拿。

火星着陆舱模拟器:该模拟器只在“火星轨道”阶段的 30 天内使用。6.3 米×6.17 米的舱体最多可容纳 3 名机组人员,并有 3 张双层床、两个工作站、一个卫生间,装有控制和数据收集系统、视频控制和通讯系统、气体分析系统、空调和通风系统、污水处理系统和供水系统,以及火灾报警和消防系统。

轻型充气火星表面模拟舱:为了让着陆的场景更加真实,研究人员专门修筑该舱,用来模拟火星表面的状况。其中 3 名志愿者将穿着航天服踏上红色的“火星”。在“登陆”之前,这 3 名志愿者将在一个分离舱内停留一个月,并模拟失重状态。

(二)105 天模拟试验的 6 人乘组

火星飞行乘组由 4 名俄罗斯人和 2 名来自欧洲航天局的志愿者组成。他们分别是:

谢尔盖·梁赞斯基:火星乘组指令长。来自莫斯科,航天员-研究员。

奥列格·阿尔捷米耶兹:来自莫斯科,航天员-试验员。

阿列克谢·什帕科夫:来自俄罗斯,体育和运动专家。

阿列克谢·巴拉诺夫:来自莫斯科,泌尿科医生,肿瘤专家。

西里尔·富尼埃:来自法国巴黎,法国航空公司商业航线飞行员。

奥利维耶·克尼科:来自德国汉堡,德国工程师。

(三)105 昼夜试验的最大收获——心理学方面的研究

ESA 和俄罗斯航天部门的专家对志愿者试验中的状态进行了研究,其中包括荷尔蒙指数、免疫力、睡眠质量、情绪以及营养状况等,以评估封闭环境对人的生理和心理的影响。

俄罗斯科学院副院长格里高利院士指出,本次试验最大的收获是在生理心理学方面取得的研究成果。来自俄罗斯、美国和欧洲的不同心理学派的代表参加了 105 昼夜模拟试验乘组的生理心理学研究。“研究中不仅针对个人的心理、还包括小群体的心理进行研究,还考察了在地面人员不干涉乘组行动、对乘员行为不加以纠正情况下,乘组与飞行控制中心的相互关系,我们得出了非常有趣的结论。”

三、NASA 人体研究项目继续顺利进行

人体研究项目是 2005 年 NASA 根据美国“空间探索新构想”而启动的一项研究计划。人体研究项目主要通过国际空间站医学研究、空间辐射、航天员健康对抗措施、探索医学能力、空间人的因素和适居性、行为健康与绩效这六方面的研究来减少航天员健康和绩效的风险,并以此建立航天员航天飞行健康标准的依据基础。几年来,NASA 人体研究项目顺利进行,2009 年 5 月,《航天探索任务中人的健康和绩效风险》,即人体研究项目循证手册正式向公众发布,这里主要总结 2008 年以来人体研究项目在以上六个方面的主要成就和进展。

(一)国际空间站医学研究计划

国际空间站医学研究计划(ISSMP)的主要目的是利用国际空间站进行科学研究,以减少星际探索任务中人体系统的风险。ISSMP 通过在国际空间站、航天飞机、“联盟”号飞船、“进步”号飞船和其他航天器上进行人体研究的计划、整合和执行,在飞行研究和实施医学之间架起了一座桥梁。2008 年,共执行了 4 次航天飞机任务(STS-122,123,124,126)和 3 次国际空间站任务(第 16~18 批长期考察团)。在这些任务中,完成了 4 项研究的飞行实施,有 7 项研究仍在继续。此外,新增 8 项飞行研究,有 4 项研究启动了飞行程序和飞行硬件的研制。

1. 通过吸氧量测量定期进行适合性评价(PFE-OUM)

此项研究直接测量长期飞行期间训练时的吸氧量。飞行时,国际空间站上的航天员每个月都要进行一次极限条件下的适合性评价。测试期间,记录下指定训练期的心率和血压,供地面的训练生理学家和飞行医生评估航天员的健康和适合性,并精确地指定相应的对抗措施。通过增加吸氧量的测量新设备,所测得的心肺数据可更精确地反应航天员的身体适合性。此项研究是 ESA 和 NASA 的一个合作项目。最后 7 名国际空间站长期考察团乘员在 2008 年完成了飞前和飞中测试,2009 年 1 月完成了最后的飞后测试。初步结果表明,国际空间站上的航天员氧气适合性等级下降的量级很可能超过没有吸氧量测量时的预估值,不过这还需要等待航天员进行大运动量训练时进行类似测量的证实。

2. 周围空气的分析干涉计

周围空气的分析干涉计(ANITA)也是 NASA 和 ESA 的联合研究项目。ESA 提供 ANITA 的设备,NASA 提供附件和载荷综合保障。ANITA 是一套基于红外傅立叶变换技术的气体跟踪监测系统,它作为国际空间站第二代气体监测系统,其精确性和可靠性都经过了测试。在不改变气体样本物理和化学性质的条件下,该设备可同时监测 32 种低浓度(百万分之一)的气体污染物。2007 年 8 月,ANITA 由 STS-118 任务运送至国际空间站,随后被安装在 EXPRESS 机架上。经过在轨近 10 个月的连续运行后,ANITA 于 2008 年 8 月被收存起来,由 STS-126 任务返回。ANITA 不仅为环境研究小组提供了大量有关国际空间站空气质量的数据,而且还为下一代气体监测系统中红外傅利叶变换技术的采用提供了经验。

3. 生命科学研究

2008 年,韩国航天员李素研和美国商人理查得·加里特志愿参加了 NASA 的生命科学研究。

在睡眠研究期间,参与者戴上一种特殊设备 Actiwatch,用来监

测在轨的睡眠-觉醒模式和光暴露，并且完成了每天的睡眠日志。综合免疫研究评估了由航天飞行对人体免疫系统造成的负作用所产生的临床风险，以及对人体健康的潜在影响。视觉灵敏度研究的主要目标则是评估由体内液体变化和眼压增高引起的视觉上的改变。关于这些研究训练期间和飞行前的数据采集工作在约翰逊航天中心和俄罗斯的星城进行。目前研究人员正在分析这些研究的相关数据。

4. 霍尔特监测仪 2

由艾姆斯研究中心研制的新一代霍尔特监测仪 2 于 2008 年 12 月 STS-126 任务运抵国际空间站。该监测仪是在普通商业产品的基础上改造的，是一种非固定的心电图检测设备，它只需 1 节 AA 电池就可提供 24 小时 8 导或 12 导的心电图数据并做下记录。监测仪测量乘员心脏的电活动，并可根据特殊的实验要求进行灵活配置取样率和导联线缆。该设备能提供完整的心电图波形预览功能和起搏点的高解析率，它已在第 18 长期考察团心血管控制实验中首次成功使用。这些电描记图数据采集后压缩在闪存卡中，然后传送到 ISSMP 的计算机中并下传至各研究人员。

5. 加压气瓶

2008 年 11 月，STS-126 任务将第一个加压气瓶运送至国际空间站。加压气瓶由约翰逊航天中心设计和建造，内装有呼吸用的氧气，它与 ESA 便携式肺功能系统有接口，主要用于长期飞行前、中、后最大吸氧量和耗氧量的评估。此项实验将由第 19 和第 20 长期考察团的航天员进行。

6. 肌肉萎缩研究和训练系统

肌肉萎缩研究和训练系统(MARES)是 ESA 和 NASA 的一个联合项目，主要用于国际空间站上进行的人体肌肉骨骼、生物力学和神经肌肉学的研究。MARES 的研究设备由欧洲航天局提供，由 NASA 整合到实验机架上。2008 年完成了 MARES 的一项关键设计

评审,训练模型也已运抵约翰逊航天中心,由 STS-131 任务将其飞行模型运抵国际空间站。

7. NASA 生物样本仓库

2008 年,NASA 的生物样本仓库(NBSR)建成。该库是作为未来航天飞行相关研究的一个资源库来设计开发的,它已存放了许多生物样本。国际空间站提供了一个研究微重力对人体生理影响的平台,有一个能够存贮国际空间站各个不同飞行乘员样本的仓库,这将是一种无价资源,研究人员可以依靠它们验证一些临床的假设、研究与飞行相关的一些变化和生理标志。样本主要是血液和尿液样本,在国际空间站任务的不同阶段,包括飞前、飞中和飞后都进行了样本的采集、处理和存档。样本在超低温下存贮,以确保其长时间的稳定性和样本的完整性。2008 年,7 名国际空间站航天员采集了人体生物样本并存贮在“仓库”中,以供将来之用。2009 年样本的采集工作还将继续,这项工作可能一直要延续到国际空间站使用期结束。

(二)空间辐射研究计划

空间辐射研究的目的是确保航天员能够在空间辐射环境中安全地生活和工作,辐射风险处于可接受范围内。空间辐射不同于地球上常见的辐射,空间辐射的健康风险包括更高的癌症患病几率、急性辐射病、组织损伤、中枢神经系统损伤、心脏病和白内障。空间辐射风险对航天员一生都有影响。

空间辐射研究表明因宇宙射线中重离子所导致的癌症发病率可能比以前估计得要高。新的研究结果还包括高能铁离子导致肝癌的风险以及人体乳腺上皮细胞内培养染色体组的不稳定性。基因敏感性方面的新发现表明 DNA 修复调节基因,包括毛细血管扩张病人的变异基因以及 Nijmegen 破坏症的变异基因,对宇宙射线的敏感性与伽马射线相比要低。研究报告提出了这样的假设,用于癌症治疗的高剂量可能不能用作航天任务中的剂量等级。NASA 所做的航

航天员白内障研究就证明,接受高剂量空间辐射的航天员其白内障的患病率要高。

2008年4月,美国国家研究委员会公布了“管理新空间探险时代的空间辐射风险”的报告,报告中列出了与空间辐射研究计划相一致的10条优先研究建议,2008年6月,在美国费城召开了第19届空间辐射研讨会,辐射研究人员分享了最新的研究成果并就新的研究方向展开了讨论。

(三)航天员健康对抗措施

NASA使用对抗措施这个术语来描述航天员在太空停留期间及返回地球后,能维持其健康和工作能力的步骤、药物、锻炼以及其他策略。进行航天员健康对抗措施研究的目的是帮助理解航天飞行的生理效应,开发对抗策略和方法。乐观地估计,所有的对抗措施最终都将在太空中或者在月球表面的实践中得到验证。研究人员使用多种设施研究和测试有潜力的对抗措施,不过,进行实际飞行测试前,许多候选的对抗措施和技术都要在飞行模拟环境中进行评估。模拟设施包括卧床、水下居住地、南极站以及其他能模拟航天飞行某个方面的环境。

主要的成果根据下述具体项目分别进行描述:锻炼对抗措施项目;出舱活动生理、系统和工作能力项目;飞行模拟项目;非锻炼生理对抗措施项目;数字航天员项目。

1. 锻炼对抗措施项目

锻炼对抗措施项目(ECP)提供了锻炼硬件设备、检测设备以及锻炼处方,使从事太空探索任务的航天员身体状况和工作能力最优。该项目利用模拟器、航天飞机和国际空间站上开展的研究,来量化项目风险,进而确定飞行任务中优化的锻炼对抗措施。

航天飞行的生理适应包括心血管、神经肌肉和感觉运动等各方面。然而,这些生理适应的结果对航天员工作能力的影响还不是很清楚。为了弄清这些,ECP发起了一项多科性研究,即功能任务测试

(Functional Task Test), 来检验飞后生理改变对航天员工作能力的影响。功能任务基于星际探索中普通的任务,如爬梯、开启舱门、建造活动等。在航天飞机短期飞行和国际空间站长期飞行前后对这些功能任务中航天员的工作能力进行测量。测量的结果将指明未来星际探测任务中活动的类型。在进行功能测试的同时还进行一组心血管、神经肌肉、感觉运动的生理测试。2008年,功能任务测试正式被选为人体研究项目(HRP)的研究项目,在这一年里该研究小组完成了两项初步研究,一项是功能任务模拟的可靠性测试,另一项是开发新的骨骼肌性能测试方法,包括肌肉力量和主要活动的分析。2009年,短期和长期飞行后的测试全面展开。

跑台是国际空间站上主要的训练对抗措施。2008年,训练对抗措施研究小组在格林研究中心完成了新型束带的研发工作,它在舒适性和功能上都有了进一步的提高。2009年9月,这种新型束带将与国际空间站上目前使用的束带进行舒适度和负荷对比评价。在进行定性评价的同时,还将在束带上安装负荷传感器,以了解整个被试的负荷情况以及训练时被试肩部和臀部的负荷分布情况。这些信息将用于证明新型束带设计的合理性。

2. 出舱活动生理、系统和工作能力

随着未来星际探索任务中舱外航天服系统和实施计划的进展,出舱活动生理、系统和工作能力(EPSP)和其他人体研究项目一起继续使用多功能模拟器来进行一系列综合的工作能力测试。这些测试为舱外航天服系统和任务操作概念提供确保人类健康、安全和高效的目标数据。

2008年,继续在几个部分重力模拟器上进行综合测试,从而更好地理解在着舱外服工作时,服装重量、质量、重心、压力和运动学约束条件对人的工作能力的影响。综合服装测试2的数据分析工作基本完成,该测试主要评估航天员在部分重力模拟器上完成一系列模拟探索任务和建造任务时诸上因素对人工作能力的影响。初步结