

## 2012 年国外航天员系统发展综述

2012 年,美、俄再度公开选拔新一批航天员,同时,两国共计 21 名航天员宣布退役,达到年度历史最高。国际空间站成员国达成协议,将航天员驻站时间从目前的 6 个月延长至 1 年,这为人体健康研究提供了更多机会,同时也对航天员健康保障提出更高要求。2012 年,各国对长期航天飞行任务中航天员的健康和绩效展开深入研究,并取得丰硕成果,航天员长期飞行后视力受损成为研究焦点。NASA 极端环境模拟试验也进展顺利。

### 一、美、俄航天员新老更替,俄罗斯人选新人已确定

#### (一) 航天员职业在美国仍受热捧

2011 年底,NASA 公开选拔新一批航天员,截至 2012 年 1 月 31 日,NASA 共收到 6372 份申请,这是自 1979 年后报名人数最多的一次。2012 年 5 月,美国空军又向 NASA 推荐了 110 名军官和一名副军士长参加航天员选拔计划,这些申请者均具有工程、数学、生物科学或物理学学士以上学位。

此轮选拔历时 18 个月,最终的选拔结果将于 2013 年公布。

#### (二) 俄罗斯首度公开选拔航天员

2012 年 1 月 27 日,俄罗斯联邦航天局宣布开始招募新一批航天员,此次选拔是俄罗斯首度面向公众开放的公开选拔。

为了更好地监管 2012 年航天员公开选拔工作,俄罗斯航天局成立了航天员竞争选拔委员会,公布了详细的航天员候选人的选拔要求。首先申请人必须是俄罗斯公民,年龄在 33 岁以下,工作经验

应不少于 5 年且在同一单位工作 3 年以上。对申请人的英语、俄语水平、计算机应用能力都有具体要求,并且申请人还应具备关于俄罗斯航天及世界航天发展情况的必要知识,具备航天设备的研究能力,有航天设备专业测试经验的人士优先。

在身体方面的具体要求是:身高在 150 ~ 190 厘米之间;坐高 80 ~ 99 厘米;体重 50 ~ 90 千克;脚长不大于 29.5 厘米;最大肩宽 52 厘米;后背两腋点之间最大宽度为 45 厘米;臀部最大宽度(坐姿)为 41 厘米。

申请加入航天员队伍的人员经过文件审查、面试和医学检查三个阶段的选拔。俄罗斯首次进行的航天员公开选拔活动于 2012 年 9 月 4 日正式结束,共有 8 人入选,其中包括 1 名女性。

选拔委员会在 3 个月内共收到了 304 份申请。通过选拔的候选者将要完成至少 6 年的航天员训练课程,这也意味着此批入选的航天员最早要到 2018 年才能参加航天飞行。本次公开选拔仅仅是航天员选拔改革的第一步,未来俄罗斯还将对此继续进行更深入的改革。

### **(三) 俄罗斯军人航天员全部转为预备役**

截至 2012 年 8 月,俄罗斯航天员大队的 17 名军人航天员和航天员训练中心余留军人已全部从军队退役,此后航天员大队将不存在军人航天员,此举作为俄罗斯军事改革的一部分。据加加林航天员训练中心的一名代表透露,具有军人身份的航天员在退出现役后,可提出申请作为专家加入航天员大队并保留原来的岗位。而对于新一批入选的航天员,如果申请人是军人并且顺利通过了选拔,那么在加入航天员大队前也需要从部队退役。

2012 年 9 月,俄罗斯航天员—飞行员季米特里·孔德拉季耶夫在退出俄罗斯军人现役后,没有以非军人的身份再次递交参加航天员大队的申请,为此也退出了航天员队伍。

由于近年来俄罗斯航天事故频发,因此对于全体军人航天员退

出现役之举,有部分航天专家也深表担忧,“正在发生的事情是自相矛盾的,其中一些后果甚至预示着太空灾难。”

#### (四) 美、俄航天员退役人数上升

2012 年,美俄共计 21 名航天员宣布退役,达到年度历史最高,其中美国 16 名,俄罗斯 5 名,详细情况见表 1。

表 1 2012 年航天员退役情况统计

姓名	生日	入选日期	岗位	飞行次数	国家
阿尔尚博	1960 年 8 月 25 日	1998 年 6 月 4 日	指令长	2	美国
贝克	1953 年 4 月 27 日	1984 年 5 月 23 日	任务专家	3	美国
达顿	1968 年 11 月 20 日	2004 年 6 月 5 日	飞行工程师	1	美国
伽蓝	1961 年 10 月 30 日	2000 年 7 月 26 日	飞行工程师	2	美国
古德	1962 年 10 月 13 日	2000 年 7 月 26 日	任务专家	2	美国
哈姆	1964 年 12 月 12 日	1998 年 6 月 4 日	指令长	2	美国
洛佩斯— 阿莱格利亚	1958 年 5 月 30 日	1992 年 3 月 31 日	任务专家	4	美国
露西德	1943 年 1 月 14 日	1978 年 1 月 16 日	任务专家	5	美国
马格努斯	1964 年 10 月 30 日	1996 年 5 月 1 日	任务专家	3	美国
马西米诺	1962 年 8 月 19 日	1996 年 5 月 1 日	任务专家	2	美国
麦克阿瑟	1951 年 7 月 26 日	1990 年 1 月 17 日	任务专家	4	美国
帕特里克	1964 年 3 月 22 日	1998 年 6 月 4 日	任务专家	2	美国
波兰斯基	1956 年 2 月 6 日	1996 年 5 月 1 日	飞行工程师	3	美国
罗宾逊	1955 年 10 月 26 日	1994 年 9 月 12 日	任务专家	4	美国
罗斯	1948 年 1 月 20 日	1980 年 5 月 19 日	任务专家	7	美国
塔尼	1961 年 2 月 1 日	1996 年 1 月 5 日	任务专家	2	美国
科缅丘克	1975 年 7 月 1 日	2010 年 12 月 10 日	试验型航天员	0	俄罗斯
孔德拉季耶夫	1969 年 5 月 25 日	1997 年 7 月 28 日	试验型航天员	1	俄罗斯
莫罗佐夫	1985 年 8 月 22 日	2010 年 12 月 10 日	试验型航天员	0	俄罗斯
波诺马廖夫	1980 年 2 月 20 日	2006 年 10 月 11 日	试验型航天员	0	俄罗斯
沃尔科夫	1971 年 11 月 11 日	1997 年 7 月 28 日	试验型航天员	0	俄罗斯

1月31日,女航天员香农·露西德在 NASA 服役三十多年后退役,她是美国首次选拔的女性航天员之一。露西得曾参加过 5 次航天飞行,在空间的飞行时间超过 223 天。自 1991 年 8 月至 2007 年 6 月,她保持着世界女性在轨飞行时间最长的纪录。同时,她也是唯一访问过“和平”号空间站的美国女航天员,她在“和平”号空间站上生活和工作了 188 天。

另一位服役三十年的资深航天员杰瑞·罗斯也在今年离开了 NASA,他和张福林是迄今为止飞行过 7 次的航天员。他在太空停留时间超过 58 天,并完成了 9 次出舱活动,累计出舱时间排名世界第三。

2012 年 3 月,NASA 航天员迈克尔·埃拉迪奥·洛佩斯—阿莱格利亚宣布离开,转为私营公司工作。迈克尔现年 53 岁,1992 年入选 NASA 第 14 批航天员。他曾执行过 4 次空间飞行任务,累计空间飞行时间超过 257 天,名列美国航天员之首。任务期间他执行过 10 次出舱活动,用时 67 小时 40 分钟,出舱活动时间排名世界第二。

此外,首位登月航天员尼尔·阿姆斯特朗、美国首位女航天员萨莉·赖德、著名美国女航天员贾尼丝·沃斯也在今年相继辞世。

## 二、NASA 人体研究计划进展顺利,有效保障航天员身心健康

人体研究计划旨在保持航天员健康的基础上,帮助航天员完成具有挑战性的任务。该计划持续、定量地研究航天飞行期间航天员的健康和绩效风险,并为任务规划和系统开发人员提供发展战略,以监测和降低航天员风险。

### (一) 国际空间站医学研究取得丰硕成果

2011 财年,国际空间站医学研究计划(ISSMP)完成了 3 个项目的在轨实验,正在实施的在轨实验有 9 项,另外又启动了 2 项新实验,一项是集成抗阻和有氧训练研究,以验证有氧运动锻炼的合理

性,另一项是对跑台运动的生物力学进行分析。

### 1. 研究发现长期航天飞行影响航天员的视力

NASA 通过观察长期飞行后航天员的视力和眼睛解剖的变化,确认存在视力损伤的风险。据推测视力的下降可能与微重力导致体液头向转移或头面浮肿有关,眼睛结构的变化表现在视乳头水肿、球体肿胀、视网膜褶皱、视网膜棉絮状渗出、视神经增厚、近视觉丢失等。

对平均太空飞行 108 天的 27 名航天员的检查发现,航天员的眼部都出现异常、颅内压增高的现象。在 30 天飞行的航天员中,9 名航天员(33%)出现视神经周围的脑脊髓液扩张;6 名航天员(22%)出现眼球背面扁平化;4 名航天员(15%)出现视神经膨胀;3 名航天员(11%)出现脑垂体以及与大脑的连接发生改变。

参与营养学研究的 20 名航天员,有 5 名视力或眼睛受损变化。研究人员收集航天员飞行前、空间站生活期间以及返回地球后的尿液和血液样本,比较研究显示,视力变化的部分原因可能是由于“叶酸依赖型单碳代谢途径”发生变化。

为了进一步认识这种新的风险以及如何应对这种影响,NASA 批复一个新的研究项目:视力损伤/颅内压力研究项目,该研究旨在探讨发生这种变化风险的机制,拟定一个计划降低其影响。

### 2. 研究发现保护航天员骨骼健康的有效途径

NASA 研究发现,正确的饮食和高强度的锻炼能有效保护空间站航天员的骨骼健康,这一发现有助于解决未来近地轨道载人探索任务所面临的关键问题。研究人员比较了使用先进的抗阻力运动设备(ARED)前后取得的数据发现,使用 ARED 的航天员返回地球后,有更多的肌肉和更少的脂肪,其整体与局部骨密度与出发时基本持平。

除了骨骼强度,还需要进一步研究确定长期飞行乘组锻炼的最佳组合方式以及饮食搭配。目前,空间站上开展了饮食对航天员骨骼的影响研究,如评估饮食中不同比例的动物性蛋白质和钾元素对骨骼健康的影响;研究降低钠的摄入量对骨骼的益处。

### 3. 脊柱延长研究为将来设计配套设施提出建议

当航天员暴露于微重力环境时,由于缺少重力和压缩负荷,使得脊柱变直,导致航天员身高变化,尤其是脊柱变长。这种变化影响航天员在剧烈活动时的安全,减少航天员着陆时机体和接触物的安全系数。测量国际空间站第 23 ~ 29 长期考察团航天员身高显示:参加飞行任务的航天员坐高增加了 6%,身高增加了 3%;以这些数据分析为基础,建议允许航天员身高增加 6%,这也是设计配套设施时考虑冗余的范围。

此外,人体健康研究项目还启动了长期飞行后椎间盘损伤的风险研究。该项研究的目的是研究飞行中自发性腰背痛以及飞行返回后椎间盘突出原因,探讨其组织退变的表现,观察国际空间站乘组执行任务后椎间盘的变化是否导致损伤。

### 4. 推动短臂离心机的可行性研究

人工重力短臂离心机是对抗空间失调综合症的手段之一,由 ESA 和 JAXA 共同研制。由于国际空间站的正常运行和控制与最大允许角度力矩相关,技术人员对其在站工作所施加的负荷和动力大小进行了初始评估及敏感度分析、环境控制和生命保障系统的初始评估,这些技术评估为 ESA 和 JAXA 提供了极有价值的数据和信息,以供其在研制和设计时有效利用。

### 5. 在国际空间站上启动新的跑台实验

采用新力量训练方式的跑台和自行车运动,可以更好地保持人体心血管、骨骼肌、骨骼的健康。在航天飞行中,首次改进了最大耗氧水平的评估和监测训练负荷及肌肉大小,使得航天员逐步适应运动锻炼项目,这些项目均应用了先进的新一代运动锻炼硬件,包括高级抗阻锻炼设备和“跑台 2”。

## (二) 空间辐射研究为精确预测和降低辐射的风险提供科学基础

空间辐射防护的作用是保证航天员在空间安全的生活和工作,

使其接受的辐射不超过允许标准。放射学和物理学的研究为癌症风险评估和预防策略提供了指导和支持;研究结论为评估居住舱和运载器及屏蔽太阳风暴提供了参考。

### 1. 公布空间辐射代码

2010 年 12 月,人体研究计划项目组公布了空间辐射运算代码 HZETRN2010,在经过银河系宇宙射线和太阳质子爆发事件作用于空间材料和人体组织后,HZETRN 可以用于计算主要和继发的人体辐射剂量。HZETRN2010 在早期版本的基础上进行了完善,使用更简洁用户操作界面,快速而精确的计算,提高了对复合材料和多种材料的评估水平,新版本改进原子核分段储存模型以及在多层平板中正反向输送中子的方式。此外,研发了两款新的辐射输送轨道结构的时阈性随机模型。研发的银河系宇宙射线风险模型代码可以处理单个离子通过航天材料和组织,为风险评估提供了新的方法。该模型包含了 DNA 及细胞损伤、突变的能量储存模型,以及大鼠肿瘤诱导模型。相对的离子轨道结构代码可以计算来自空间辐射对生物组织的电离和氧化性损伤,包括为整体基因组提供人体染色体模型,使用户可以计算整体细胞中 DNA 损伤的可能性。

### 2. 急性辐射研究中心承担辐射对肠道完整性影响课题

急性辐射研究中心是美国国家航天医学研究所(NSBRI)辐射效应研究的核心团队,开展了多项研究评估暴露于太阳粒子活动的影响,计量相关的风险,研制和验证预防和治疗急性辐射综合症的措施。

### 3. 新的电离辐射源增加了研究的灵活性

NASA 在 NSBRI 中心开展辐射学研究采用高能量的重离子光束来模拟典型的空间辐射环境和太阳粒子活动。研究中用电离辐射源取代了串联的戈拉夫加速器,电离辐射源不仅能提供稳定的从氘核到铀离子样本,还包括氦和氩等稀有气体,同时能减少运行成本,操作更加灵活。电离辐射源能在不同离子之间转换,所以研究

人员可以将多种离子集成为单一模拟模型,而不必等待使用下一实验模块。

### **(三) 运动锻炼对抗技术研究提升航天员健康水平**

人体健康和对抗措施项目开展运动锻炼及非运动锻炼对抗技术研究,有助于在正式飞行前验证和集成各种对抗措施。

#### **1. 启动 70 天卧床运动锻炼研究**

运动锻炼项目组进行了 70 天的人体卧床实验,为保持受试者良好的体能,整个实验过程中采用运动锻炼防护。研究验证了维持心血管、肌肉、骨骼健康的运动效果。

在实验中,参试的项目包括:4 组体位运动锻炼—蹲座位、小腿后抬、国绳肌屈曲、下肢伸展,每周进行 3 天训练;有氧训练包括间歇训练方式,每周进行 6 天训练,采用自行车和跑台实施。

#### **2. 研发加强感觉运动适应的对抗措施**

航天员在航天飞行返回地面后常常出现平衡问题,为了应对这个挑战,NSBRI 开发了训练项目帮助航天员适应不同的重力环境,进而降低其在出现平衡能力下降时的能量消耗。对于此项研究,NSBRI 设计和验证了独特的训练系统,这种联合了场景和运动的训练技术提高了大脑适应新环境的能力,加强了行走和执行复杂任务能力。

### **(四) 空间人因工程开展从实验室到模拟环境再到航天飞行的一系列研究**

空间人因工程项目为 NASA 设计新一代空间站系统提供关键的技术支持;为了保证航天员在空间进行长时间、高效的操作,空间人因工程科学家和工程师开展了从实验室到模拟环境再到航天飞行的一系列的研究,其收集的大量数据证明航天员的工作环境、操作工具以及系统操作界面对其执行任务的影响。

#### **1. 在振动情况下利用动景干预技术改善人体视觉**

此前的研究表明,在发射时人体全身振动可以导致人体视觉功



能的下降。空间人因工程项目验证了动景视觉干预技术,以“冻结”图像移动,进而消除振动观察静态目标物时的模糊情况;通过迅速打开计算机显示面板,打开开关,同步监测航天员座椅的振动模式,提供相应的视觉干预。

阅读能力的研究表明动景视觉干预技术可以减少阅读误差,来自闪频组与非闪频组数据没有统计学差异。这项技术除了应用于空间飞行外,还应用于高频振动的显示环境中,如:飞机、地面及海洋运输工具。

## 2. 高服装压力对人手操作的影响研究

未来的航天任务可能需要应对一些紧急事件,为此需要航天员的服装压力高于正常需要的水平,空间人因工程研究人员与 JSC 舱外服研究团队合作,开展手套项目研究,研究当穿着压力服时人手的力量、可动性以及进行精细动作的能力。结果显示:就可动性而言,服装压力增加对拇指影响超过食、中指,此外,带着手套时,抓握力量减少大约 25%,随着压力的增加,其仅减少 15%。

# 三、各项地面模拟试验研究稳步推进

## (一) “火星-500”志愿者试验后保持健康和工作能力

2012 年 4 月 23 日至 25 日,在莫斯科召开了“火星-500”试验结果科学研讨会。专家们对 6 名志愿者 520 天的模拟火星“飞行”试验研究结果进行了讨论,并探讨了星际飞行的前景,星际飞行的主要任务、星际飞行期间出现的生理和医学问题以及火星飞行长期隔离期间人的状态、医学保障系统的完善、探索行星等。

对“火星-500”地面模拟试验志愿者隔离 520 昼夜过程中取得的科学数据初步分析后公布的资料显示,试验参与者从试验舱出来后完全保持了健康水平和工作能力。资料指出,参试者选拔很成功,因为参试者在试验中始终是一个统一的团队,在整个试验期间保持了其合作性和工作能力。专家认为,这一切都要得益于预防体

系和体育锻炼。

## (二) 海底、极地、荒漠模拟试验进展顺利

### 1. NEEMO16 水下任务

美国东部时间6月11日,第16次极端环境任务行动(NEEMO)在位于佛罗里达州大西洋水下19.2米处的“宝瓶座”实验舱开始,4名主试航天员完成12天的模拟小行星任务。本次任务主要进行三个方面研究:通信延迟、限制及转移措施以及最佳的乘组规模。

此次模拟试验的指令长由NASA航天员多蒂·梅特卡夫担任。参加NEEMO16小组的成员还有:JAXA航天员木官·锐,ESA航天员蒂莫西·皮克,以及曾参加过NEEMO15任务的康奈尔大学教授史蒂文·斯奎尔斯。

### 2. 实地资源利用任务

2012年7月,NASA在夏威夷开展为期9天的地面模拟测试,以评估新的月球表面勘探技术。此次实地资源利用(ISRU)模拟任务是在太平洋国际空间探索系统中心的帮助下,由NASA与加拿大航天局合作进行的。ISRU模拟任务将验证月球冰面的勘探技术。测试地附近的山地土壤被火山熔岩覆盖,这与月球表面相类似。主要测试内容:模拟对水、冰和其他月球资源的勘探;未来探索任务中可能用到的导航、机动性、通信、样本处理等技术。

### 3. RATS-15 任务

2012年8月,NASA研究与技术考察(RATS)第15次任务在约翰逊航天中心9号楼开始进行,任务有4名航天员参与,持续10天。RATS以往都在偏远的沙漠进行,也被称为“荒漠试验”。试验的主要目标是近地小行星任务工具的配置和优化。

试验测试包括:①航天探索运输车(SEV),由一个3千瓦燃料电池系统提供能量,以验证燃料电池在空间作为长期能源的可靠性;②虚拟实验室为舱外活动航天员提供一种集成实时图像,包括位置和对大型目标(比如近地小行星)的肌肉运动知觉的高仿真环

境;③主动反应重力卸载系统( ARGOS),让航天员在模拟微重力环境下执行出舱活动。此外,4 名航天员还验证了深空居住工作站和探索车之间人员分配的最佳模式。

#### 4. 南极模拟火星任务

2012 年 5 月,ESA 科学家们在冰冷的南极洲进行了为期 8 个月的载人火星模拟任务。该项研究旨在为今后载人登陆火星积累经验。

(中国航天员科研训练中心)