

飞天奋起凌云志 天苍地阔两相知

——中国航天员科研训练中心创新发展纪实

□本报记者 潘锋 通讯员 范勤 肖志军

北京西北郊有一颗璀璨的明珠——中国航天员科研训练中心(简称航天员中心)就坐落在这座美丽而极富现代气息的新城内。1968年,在钱学森、赵九章等老一辈科学家的关心和支持下,中国航天员科研训练中心的前身——宇宙医学及工程研究所成立,开始了中国航天医学工程研究和相关工程研制准备。

在党中央、国务院、中央军委、总装备部的亲切关怀和正确领导下,40多年来航天员中心以系统论为指导,突出医工结合的特点,秉承以人为本的理念,以确保航天员安全、健康和高效为目标展开各项研究与研制工作。经过几代航天人的不懈努力和追求,航天员中心创建了具有中国特色的航天医学工程学科体系,锻造造就了一支高素质的人才队伍,建成了初步配套的能保障航天员选拔训练、航天医学研究和工程研制与试验的大型地面模拟设备和设施群,获得了一批国内领先、国际一流的科研学术成果,并成为世界上继俄罗斯加加林航天员训练中心、美国约翰逊航天中心之后的第三个能独立承担航天员选拔训练的航天员中心。随着航天英雄杨利伟、费俊龙、聂海胜、翟志刚、刘伯明、景海鹏从太空载誉归来,这所中国航天英雄成长的摇篮逐渐为世人所瞩目。

1992年国家启动载人航天工程,中国航天员科研训练中心承担了航天员系统和飞船系统中的环境控制与生命保障分系统的研制试验任务,选拔培养了我国多批次的执行载人飞行的航天员乘组,圆满完成了以神舟五号、神舟六号、神舟七号为标志的一系列重大科研试验任务,为我国载人航天事业的发展作出了突出贡献。

飞天霓裳 中国制造

让我们把时间定格在2008年9月27日16时41分,身穿“飞天”舱外航天服的航天员翟志刚成功出舱,漫步太空。翟志刚如同一块灵动的汉白玉系在神舟七号载人飞船的身上,飘逸、移动、俯仰之间,风姿绰约,美上美。在黑暗深邃的太空背景的映衬下,纯白色航天服上金黄色的“飞天”标志格外醒目。航天服袖标上的“飞天”二字是中共中央总书记、国家主席、中央军委主席胡锦涛同志在得知航天员中心研制成功舱外航天服后欣然亲笔题写的。

27日下午16时,胡锦涛等中央领导同志抵达北京航天城后,便听取了航天员科研训练中心主任、中国载人航天工程航天员系统总指挥兼总设计师陈善广有关我国自己研制的“飞天”舱外航天服的情况汇报。胡锦涛主席听得认真,并不时地亲切提问,陈善广一一作答,准确简练。此时此刻,陈善广和他的团队正在接受来自共和国最高领袖的检阅。

陈善广说:“我看过很多美国、俄罗斯航天员出舱的场景,但只有这次让我如此揪心,如此期待,如此开怀。它会铭刻我心,让我终生难忘。”

航天员出舱就意味着要脱离母体飞船的保护,全面暴露在恶劣的太空环境中,因此航天员就需要完全依靠舱外航天服的保护,换句话说,舱外航天服实际上就是一个小型的个人航天器。按照舱外航天服的正常研制程序来讲,一般需要8年左右的时间,而陈善广代表航天员中心正式领受神舟七号舱外航天服研制工作的时间是2004年7月28日,留给他们的只有3年多的研制时间。舱外航天服要求把飞船里面对航天员的各种保障系统,密封浓缩到一个长度不到2米,质量为120千克的航天服内,还要保证各个关节灵活自如,这就需要技术上有质的飞跃,而当时我国也只有舱内航天服的研制技术,很多方面都要从零开始。

“一定要让我们自己培养的航天员穿着我们自己研制的舱外航天服圆满完成出舱活动任务!”成为陈善广和他的团队的目标,铿锵有力的誓言体现了航天人勇无畏惧的豪迈和雄心。

作为系统总指挥兼总设计师的陈善广充分展现了他多年科研实践积累的丰富管理经验和创新精神,提出了“优化资源配置、阶段合理交叉、项目迭代并行、时间量效倍增”的研制管理新思路。为攻克舱外航天服技术难关,陈善广和其舱外服研制团队领导核心成员范峰、李潭秋等一起,结合我国实际情况,缜密开展技术可行性分析,提出了科学合理的舱外服研制总体技术方案和实施方案,制定了“优化系统设计,注重人机工效,强化试验验证,确保安全可靠”的舱外航天服整体设计指导思想。

在管理线上,他们打破常规引进现代项目管理机制,创新管理模式。研发团队不断压缩研发时间,确保工程进度,别人每天工作8小时,他们每天要工作14小时以上;抓任务的组织实施、质量控制、岗位人员培训和考核、人员的定岗定位等关键环节;明确提出“目标细化,责任到人,严守节点,全程控制”的十六字方针。坚持一级抓一级,层层抓落实,做到“横向到

边,不遗漏任何一项工作;纵向到底,不遗漏任何一个环节;责任到人,不遗漏任何一个岗位”。系统副总指挥范峰提出要发扬“亮剑”精神,全力攻克舱外服研制的难点和瓶颈。

在技术线上,对于从零开始的陈善广及其整个团队来说,舱外航天服的90多个关键部件没有一件成熟产品,无一不需要实现“零”的突破。经过不断摸索和反复实践,通过借鉴国外舱外航天服研发的成功经验,他们先后组织完成了舱外航天服的技术设计和十大类试验设计。确定了软硬有机结合、主备份加应急三重保障的先进结构体系等创新性设计,尤其强调把安全设计原则和适人性设计准则贯穿于舱外航天服的各个设计环节中,有效保证了舱外航天服的安全可靠性和良好的操作工效。研究人员创建的我国舱外航天服工程研制技术研发平台、总装测试平台和工艺体系,为我国后续舱外航天服研制奠定了坚实的基础。

研制任务临近尾声,工程上上下下普遍关注的是,1400多个日日夜夜的“急行军”,30多个协作单位的联合攻关,呕心沥血、废寝忘食、锐意创新的结果,是否能达到预期的设计标准呢?负责舱外航天服研制的副总师李潭秋说,最终经过专家的严格评审,我国“飞天”舱外航天服的性能和技术指标非常接近俄罗斯、美国舱外航天服的技术水平,同时还有一些独特的设计,如先进的控制显示系统、灵活的四肢关节等,都是我国舱外航天服创新的技术特点和成果。

2008年9月27日16时41分,当五星红旗在浩瀚太空飘扬起来的时刻,航天员中心监控大厅成了欢乐的海洋。陈善广和他的团队成员杨利伟、范峰、白延强、邓一兵、王宪民、黄伟芬、李潭秋、杨连启等,或击掌相庆,或相拥而立,他们实现了誓言。陈善广和他的团队突破并掌握了舱外航天服研制技术,建立了先进的舱外航天服体系结构和研发平台,“飞天”舱外航天服的整体性能达到国际先进水平。“飞天”舱外航天服在较短时间内研制成功,不仅充分彰显了医工结合的高效性,也标志着完整的航天服工程学科已经形成,同时带动了环控生保工程、航天生物医学工程、航天工效学、航天环境医学等学科的发展,极大地促进了航天医学工程学科的进步。

“任何一个人的力量都是渺小的。‘飞天’舱外航天服是中国航天人想象力、创造力的集中体现,是中国载人航天事业大协作的成果。”陈善广说。

东方天骄 浴火凤凰

20世纪90年代以来,航天员中心直接参与了中国载人航天工程型号任务研制,研究并形成了航天员选拔与训练方法和理论体系,用于指导中国航天员选拔训练,为我国历次载人航天飞行提供了优秀的飞行乘组。

神七航天员刘伯明从太空中返回后说:“相信中国航天员是最棒的。”

针对神舟五、六任务特点和需求,航天员中心建立了以教育训练学原理为基础的航天员选拔训练体系,培养出了一支优秀的航天员队伍,选拔训练出了合格的优秀航天员。2003年10月15日,航天英雄杨利伟遨游太空。

在神六乘组选拔的过程中,陈善广率领军队创建了多人飞行乘组选拔的指标体系、标准和方法,在选拔中首次引入模糊数学模型,研发了乘组选拔评价辅助决策支持系统,建立了专家经验与科学算法相结合的选拔机制,提出了适应于多人多天飞行任务的航天员心理素质综合评价方法,解决了乘组心理相容性的定量评价和岗位胜任特征的评价难题;探索和提出了失重效应的地面模拟训练方法,实施了在轨生活照料、对抗空间运动病以及纠正失重定向错误的训练。提出的飞行乘组相容性和协同配合能力的训练方法,有效地提升了乘组的整体工作效能;创建了飞行乘组飞行前状态调整和综合保障技术,建立了行之有效的实施模式,确保了乘组训练综合合格率100%、零伤病率,确保了飞行乘组达到最佳临战状态;首次将中医理论应用于航天中生理功能变化的防护,有效增强了航天员对失重环境的适应和返回后的再适应能力,神六飞行乘组圆满完成飞行任务。

负责航天员选拔训练的副总师黄伟芬表示,在总结7大类100多个科目训练经验的基础上,航天员中心编写出了中国特色的航天员训练大纲。所有这些富于创造性的成果和宝贵的经验,在之后的神七飞行乘组的选拔和训练中起到了很好的指导作用。

神七任务飞行乘组要执行出舱活动任务是我国载人航天发展史上的又一个里程碑,但同时也对航天员的专业技能、身体素质、心理素质和应急处置能力提出了更高的要求。航天员中心在继承神五、神六乘组选拔经验的基础上,根据神七任务的要求作出了部分调整,加强了与出舱有关的项目训练,提高了选拔标准。



坚强有力的航天员中心领导班子



“飞天”舱外航天服工效评价试验,左起:翟志刚(着“飞天”舱外航天服者)、范峰、陈善广、李潭秋



陈善广(左三)等研究出舱程序训练方案



航天员中心承办的第十六届人在太空国际学术会议



航天员中心坐落在风景秀丽的北京航天城内

在神七乘组定选后,乘组人员便开始进入到强化训练阶段。

与神五、神六不一样的是神七增加了出舱活动,这意味着航天员除了要进行神五、神六时的常规训练外,还要增加空间出舱训练。神五以后担任航天员系统副总指挥的杨利伟说,空间出舱过程面临失重、低压等复合环境,在地面重力环境中很难同时创造同时具有失重和低压的条件,因此只能将这种复合环境的一项一项地分解开来,进行模拟训练。杨利伟还提出,航天员在不依靠外力的情况下能独自出舱训练,完成出舱活动任务。

为了模拟太空失重环境和在这种环境中训练出舱活动,陈善广及其团队建造了亚洲最大的模拟失重水槽;他们还建立了舱外航天服试验舱,用来模拟太空真空低压环境,让航天员身着舱外航天服进入低压环境中进行训练体验;同时还建造了常压出舱活动程序模拟器,进行出舱程序训练。负责大型设备研制的副总师王宪民说,从刚开始的摸索与尝试到最后成功通过验收和测试只用了短短3年时间,三大训练设备设施研制成功并填补了国内空白。这些崛起在航天员中心的设备设施,见证了陈善广及其团队为我国载人航天事业的艰辛付出和累累硕果。

陈善广说,俄罗斯和美国多年的飞行经验告诉我们,在地面进行的训练越充分,在太空执行任务就越能从容不迫。在神七乘组“诞生”过程中,航天员们几乎是在考试与训练中度过,选拔中带有训练,又在训练中进行考评与选拔。神七的出舱活动任务对航天员的身体条件、心理素质、知识与技能的掌握都提出了很高的要求,加上神七设备交付较晚,训练任务紧,在训练时容不得丝毫马虎。每名教员与航天员都明白,训练时多一分付出,进入太空后就少一分危险。

从2008年3月初开始,教员们就已经为航天员推出了神七发射前很精妙的训练“天计划”,每天按照计划,再结合具体的训练状况严格执行训练。整个夏天持

此作为“神舟”号飞船的设计依据。制定出飞船乘员舱医学评价标志和方法,并结合飞船真空热试验、返回舱空投和着陆冲击试验、海上漂浮试验、环控生保载人模拟飞行试验等工程研制试验,对初样和正样飞船实施了全面评价;利用4艘无人飞船实际飞行试验,取得了真实的飞行试验验证数据。上述工作对“神舟”号飞船的持续改进做出了重要贡献,成为决定神舟五号飞船能否载人飞行的关键因素。

相对神五,在神六多人多天飞行中要有2名航天员进入轨道舱进行工作和生活,由此对飞船环控生保性能和性能提出了更高的要求。航天员中心的科研人员攻克了环控生保系统中的高压气态储氧、强迫对流换热、冷凝除湿、微重力环境气液管理、安全可靠等关键技术。通过系统电性能联试、系统性能综合试验、系统人体联合试验、载人航天器总体试验等,在“神舟”号飞船上实现了环控生保系统的综合集成。在无人飞行阶段,利用拟人载荷耗氧、产生二氧化碳和产热,提供模拟代谢负荷;在真实飞行环境下考核了环控生保系统的功能和性能,而这些都得益于环控生保工程30余年的地面试验研究积累。

在神七任务中,环控生保系统再次面临着前所未有的挑战。需要解决航天员在空间极端环境中可能出现的医学问题,需要对产品研制、试验、训练、飞行等环节进行系统整合和优化设计,需要确保在短短4年内完成研制任务。伴随中国载人航天工程发展成熟的航天医学工程学科在这一关键时刻发挥出重要作用。围绕出舱活动的需要,陈善广和他的团队坚持以人的需求为先导,创建了航天器环控生保工程理论,保障了密闭环境与人的物质流和能量流的平衡,解决了失重环境下物质的存储、输送、分配以及废弃物管理与再利用难题,研制出了适宜生存的座舱人工环境和直接用于太空作业的舱外航天服,一项又一项的创新突破,在圆满完成神七任务中发挥了重要的作用。在历次有人载人飞行试验中,飞船环境控制合格,满足环控生保工程、生活保障设施适合在微重力环境下使用,工效良好,系统安全可靠,环控生保技术得到全面验证,整体技术达到国际先进水平。

医监医保 独树一帜

伴随着我国载人航天事业的发展,航天员中心医监医保体系日趋完善。在整个载人航天任务中,医监医保的主要任务是对航天员实施全方位(训练期、飞行前、中、后)医学监督与医学保障,包括实施程序下的飞行医学检查、医学鉴定、医学预防、医学保护、医学救援、医学救护等,以保障航天员的身体健康和生命安全,保障飞行任务的成功实施。同时对航天员进行医学遴选,从医学角度选出最优秀的航天员。

航天员中心从神五起,便开展了航天员健康监测方法与评价标准研究,研究制定了以心电、呼吸、体温、血压四大生理指标为核心的在轨医学监测指标体系并用于指导实践。在分析总结航天员健康状态及其鉴定标准、航天员基础训练数据的基础上,研究制定了航天员医学鉴定标准,飞行任务放飞与中止飞行标准;将中医理论和辨证方法与航天员医学保障技术有机结合,开展了中医药在载人航天中的应用研究,研制了适应航天员医监医保要求的中药制剂;运用航天生物电子技术开发了生物信息提取、传输、分析识别与辅助诊断技术,研制了舱载医监设备,为医监医保创建了医学平台。

陈善广说,出舱活动成为神七任务对医监医保的最大挑战。因为出舱活动不仅要面临失重、低压、空间辐射、高温等严酷的环境,还要进行高强度、高风险的活动,在整个过程中包括舱压问题、空间运动病等都容易出现。出舱过程,航天员由高压到低气压,可能使溶于体内的氮气逸出,形成气泡,诱发减压病、关节疼痛等。而失重环境容易导致航天员患上空间运动病,出现恶心、呕吐,甚至会影响工作状态。为了防止患减压病和空间运动病,陈善广倡导发挥中国传统中医学在航天医学领域的传统作用,提出了具有中国特色的中西医结合的医监医保技术,预防为主、寓治于防,保证了航天员的身心健康。

在训练期,医监医保人员就瞄准出舱活动专项训练进行了工作策划,对参加神七任务训练的航天员进行健康状态的动态跟踪和系统监护,预见可能出现的不良生理反应及潜在的医学问题,对可能发生的伤病和有害健康的各种危险因素及时采取防范措施,并实施个体化健康维护方法,起到了预防伤病、促进健康的作用,保证了训练期没有发生非战斗性减员,从医学角度保障了航天员出舱活动任务和地面训练的安全,同时获取了航天员训练期的健康数据与医学信息,为神七飞行任务实施时医监工作奠定了基础。

在三天的飞行过程中,医监医保人员对飞行乘组进行了乘组医学评价,在轨飞行医学支持、出舱活动医学保障、着陆

返回救援准备、航天员健康出舱及出舱活动后健康恢复等多环节的全面考核,并突破了多项出舱活动医监医保关键技术。比如针对出舱活动不脱靶特点,确定了飞船舱内药品和药物的使用方案,特别是针对空间运动病给予了最为有效的保障,已形成了一套科学、先进、实用的医监医保技术体系。和神五、神六一样,神七的航天员们都实现了主动出舱、健康出舱的目标,他们出舱时轻松愉快的表情,给世人留下了深刻印象。

“发射塔架送天飞,不分昼夜心相随,返回舱旁喜相聚,健康出舱凯旋回。”正是对医监医保人员工作与情感的真实写照。“我们不仅要保证航天员健康出舱,还要把他们安全护送回航天城公寓,才算完成任务。”负责着陆场医保任务的系统副总指挥白延强如是说。

太空探索 永无止境

陈善广表示,随着我国载人航天“三步走”战略规划的实施和发展,载人航天将沿着空间实验室、空间站、载人登月和火星探测的方向发展,这也给航天员中心和航天医学工程学的研究与发展带来了新任务和新挑战。

“任务驱动学科,学科促任务”,航天医学工程学科基础研究直接支撑着中国载人航天工程的实施,同时在工程任务的牵引促进下不断得到丰富与发展。正在建设中的“航天医学基础与应用国家重点实验室”主任、系统副总师李莹辉说:“未来载人航天事业为基础研究提供了难得的发展机遇,同时也提出许多新的挑战。我们要以重点实验室建设为契机,紧密结合国家航天战略需求,在航天重力生理学、航天环境医学、航天工效学等基础研究领域取得新的更大的突破。”

为保障我国空间实验室和空间站任务的实施,航天员中心将围绕中长期飞行航天员安全、健康和高效工作目标,重点开展长期飞行航天员健康保障总体技术、航天员在轨医学处置技术、航天员在轨组装与维护与维修技术、中长期航天飞行重力生理效应与防护技术等关键技术研究。主要目标是:建立较为完善的中长期飞行航天员选拔训练及健康维护技术,构建中长期飞行中航天特因环境效应的防护技术,完善舱外航天服研制技术,建立和完善空间站居住系统医学工程技术和标准,确立空间站再生式环控生保技术,建立航天医学空间实验研究技术,完善空间站医学和工效学设计技术和标准。

为实现载人登月和建基月球的梦想,航天员中心将重点针对登月和月球居留可能面临的异常重力环境、空间时间暗示环境的生理适应、辐射危害与防护等问题,开展载人登月航天员健康保障关键技术、登月航天服技术、受控生态生保技术等关键技术研究;开展长期月球环境中辐射生物学、月球重力环境生理、心理效应特征及防护措施研究;开展空间时间生物学研究,开展生物节律变化对人体心理、行为的影响特征及节律导引措施研究;开展月球基地环控生保和月球农场技术研究,以期能够就地利用月球资源,实现月球基地中生物圈的闭合循环。

为实现载人登陆火星,航天员中心将重点探索和建立针对登陆火星长期飞行的自主心理健康维护体系,以维持航天员健康稳定的心理状态、乘员间关系和行为能力;研究建立自主医疗体系,实现对火星飞行航天员健康状态监测和对潜在疾病的预防与治疗;探索建立适合于火星飞行任务的环控生保系统;研究能适应火星环控生保的航天服技术;建立火星探索辐射防护体系和以人工重力为主的失重防护体系;研究建立火星环境医学和工效学设计评价标准体系;研究并初步建立地外生命探测体系。

伟大的成就孕育了伟大的精神和文化。40年来,航天员中心在自力更生谋发展,艰苦创业求创新的发展道路上,积淀传承了深厚而独特的“飞天”文化。“矢志航天,团结攻坚,科学求实,创业奉献”的腾飞精神;纪律如铁,意志如钢的过硬作风;“没有创新就没有发展”的创新文化;“航天员在我心中,航天员安全在我手中”的质量文化;居安思危的忧患意识和以人为本的人文理念。这种文化力量深深地熔铸在了航天员中心的生命力和凝聚力之中,绵延千里,传承万年,取之不尽,用之不竭。

中国载人航天工程的实施,不仅使一大批具有国际先进水平的设备设施和装备研制成功并落户中国航天员中心,而且加强了和壮大了一支敢打硬仗,善打硬仗的科研队伍。陈善广和他的团队将目光瞄向了更为广袤的天地——打造具有“一流的组织领导,一流的实战能力,一流的人才队伍,一流的科研水平,一流的管理水平,一流的文化环境”的世界一流航天员中心。对于航天人来说,他们没有停歇的脚步,只有奋进的号角。

(本报图片/资料提供:《航天员》杂志社)