

国际空间站应用成果概述

2012年3月1日,国际空间站成员国会议在加拿大魁北克市召开,美国、俄罗斯、欧洲、日本、加拿大等国航天机构首脑参加了会议,会议公布了《国际空间站:造福人类》报告。该报告主要评估了国际空间站在各成员国共同努力下,开展的创新性实验为人类带来的巨大科技和社会效益,同时指出将进一步扩大这些优势,推进人类更好地探索和利用空间。

报告主要综述了国际空间站三个领域的应用成果:

(1) 人类健康:国际空间站作为一个独特的实验室,在生物学、生物技术和人体生理学方面的研究取得重大进展,推动了航天员生命保障和人类健康研究的发展。

(2) 对地观测和灾难响应:国际空间站以独特的优势成为一个“全球观测站”,它促进了全球对地观测能力的发展,有助于更好解决地球的环境问题。

(3) 全球教育:国际空间站上开展的众多教育活动,激励着全世界青年人去学习科学、技术、工程和数学。

一、在人类健康方面的应用

国际空间站作为独一无二的空间科学实验平台,致力于增加关键技术的演示验证和减轻人类空间探索面临的健康风险,并将进一步扩展人类的生存空间、改善地球上的生命质量。

(一) 对抗骨质流失

骨骼在人体起着支撑身体和储存钙的重要作用。在微重力环

境下,由于降低了体重负荷的刺激,成骨细胞的活性和骨质量降低,航天员患骨质疏松症的机率增加10倍,同时,患肾结石的风险大大增加。航天员在空间站驻留6个月骨质将流失10%,返回地球后服药3~4年方可恢复。

骨质疏松症是一种危害公众健康、尤其是中老年人的常见病,严重影响生活质量。日本有1100万人患骨质疏松,每年有16万患者接受股骨头骨折手术,全国用于此类骨折的医疗和护理费用高达665.7亿日元。日本航空航天探索局(JAXA)的太空生物医学研究办公室和NASA合作进行了生物医学实验,驻站7名航天员每周服用70毫克阿仑膦酸钠,同时服用维生素D以及保持锻炼。实验结果表明,服用药物可以降低航天员骨质流失速度。

欧洲航天局(ESA)研究人员一直在着力研究微重力环境下“盐负荷”(SOLO)对航天员身体的影响问题。研究人员对航天员盐的摄入量进行了调查,结果表明高盐摄入会增加身体的酸度,并影响身体和骨质代谢的酸碱平衡,从而加速骨质流失。2010年—2011年,共有9名航天员接受了低盐饮食法的测试,并与高盐饮食的身体状况进行比对,结果显示该方法能够有效防治骨质疏松。这些空间医学实验将有望对抗骨质疏松症,让全世界老年人从中受益。

(二) 防治哮喘

一氧化氮或氮氧化物是空气污染物,而人体发炎的组织也会释放少量的氮氧化物,追踪其源头可发现病兆。哮喘患者的肺部发生炎症,呼出的气体中含有氮氧化物,检测气体可有效帮助诊断病情,调整用药,防止炎症进一步加剧。

国际空间站上,灰尘和漂浮颗粒易被航天员吸入,从而引发呼吸系统炎症。ESA研制了一种测量氮氧化物的轻型、便携式的精确装置,使航天员可以在轨自行检查身体状况,以预防呼吸系统炎症的产生。目前,已有患者收益于此项技术。

（三）免疫系统早期检测

航天飞行所带来的生理、情绪和心理压力可导致航天员免疫力下降,从而引发带状疱疹。NASA 为此开发出一种新技术,能够在早期病变开始前检测出免疫系统的变化,使得航天员在病痛出现之前即可接受治疗。NASA 约翰逊航天中心的研究人员发现,航天飞行过程中,航天员的体液中有四种人类疱疹病毒活性较强。由于细胞免疫功能降低,疱疹病毒易从潜伏期进入活跃传染期。当繁殖的病毒释放到唾液、尿液和血液中时,一种定量聚合酶链式反应(PCR)方法可以检测出这种病毒。PCR 技术实现了病毒的早期检测,从而防止了疱疹对皮肤造成的损害。早发现早治疗的方式,有效限制了神经损伤和疾病恶化。

美国疾病预防控制中心称,美国每年约有 100 万人患带状疱疹,其中 10 万~20 万人发展为带状疱疹后神经痛,这种疼痛可以持续数月甚至更长时间,仅在美国,每年就有百万人可以运用这种方法预防疾病、减轻痛苦。

（四）治疗癌症

人类一直在寻求癌症治疗的新方法,美国国家癌症研究所与 NASA 联手利用国际空间站这个微重力平台,研发了一种“微胶囊”技术,在癌症治疗方面取得了重大进展。研究人员发明的“微胶囊”内充满治疗药物,可被直接注射到血液中,进入血液后药物可直指肿瘤病灶。这种治疗放射性伤害和癌症等多种疾病的“微胶囊”技术较传统的冷冻和化学疗法在抑止癌细胞生长方面有着明显优势。同时,“微胶囊”含有造影剂,利用 CT、X 射线或超声波成像可监测药物在人体组织间的分布,确保肿瘤的整体治疗。

（五）机械臂技术在外科手术中的应用

“加拿大机械臂”和“灵巧机械臂”研制者——加拿大 MDA 公司研制出一种名为“神经臂”的外科手术机器人系统。该系统将为外科手术带来变革,使显微手术产生革命性的突破。利用该系统,

外科医生可通过操纵计算机工作站,使“神经臂”与核磁共振图像仪协同工作,从而在显微尺度下使用器械从事微细手术。

(六) 水处理技术在水资源净化中的应用

国际空间站上的废水,经过净化处理成为可饮用水,这不仅降低了航天发射的载荷重量和成本,更为空间站保持6人常驻提供了重要保障。

无论是空间站还是撒哈拉沙漠,水都是人类生存的关键。世界上有许多地方正在遭受水危机,国际人道主义救援组织利用国际空间站上的水净化处理技术,有效帮助解决水危机。

(七) 高品质蛋白质晶体的培育

空间站能长久地提供晶体培育所需环境,并能进行X射线衍射测定,日本已掌握了培育高品质蛋白质晶体的技术,这些技术将用于生物学和药物活性研究,并最终应用于制药业。

二、在对地观测与灾难响应方面的应用

国际空间站作为近地轨道空间唯一在轨运行的大型综合实验平台,部署了许多先进的对地观测和遥感设备。利用这些设备,航天员可有效开展对地观测活动,较无人飞行器更具灵活性。作为一个“全球观测站”,国际空间站在收集全球气候、环境变化、自然灾害信息,探究和解决地球环境问题以及加强国际合作方面发挥了重要作用。

(一) 优于遥感卫星的观测能力

与传统的遥感卫星不同,国际空间站的轨道面投影覆盖了北纬52度至南纬52度之间的区域,可以观测地球表面同一地点在不同光照条件、不同时间的情况。而遥感卫星通常运行在极轨道上,作为太阳同步轨道平面,遥感卫星每天经过地面上同一地点的时刻几乎相同。

国际空间站作为观测平台的另一个优势是航天员可以对事件

的演变做出及时反馈。尤其是在拍摄突发灾难事件(如火山爆发、地震及飓风)的照片时,航天员可以同时关注云层、光照等条件,调整拍摄。

(二) 先进多样的遥感设施

为使国际空间站成为真正的对地观测平台,空间站上装配了自动感应和精密传感系统:

1. 舷窗观测研究设施(WORF)

这个高效光学天底观察窗,位于美国“命运”号实验舱的下部,为地球科学遥感仪器提供了一个高稳定的内部装备平台。

2. 国际空间站农业照相机(ISSAC)

ISSAC 安装在舷窗观测研究设施(WORF)上,主要目的是收集多谱段数据支持农业活动及相关研究。该相机分辨率为 20 米/像素,利用两台带有滤镜的数码相机分别收集可见光中的绿光、红光及近红外波长(3 波段)范围的独立图像信息帧,然后将这些图像帧合成为单一多谱段图像。这种独特的波长合成能力使得 ISSAC 能够区别不同种类的农作物并检测农作物区域覆盖变化以及农作物健康状况,这对于农业研究和农业生产监测具有非常重要的意义。

3. 沿海海域超光谱成像仪(HICO)

HICO 位于日本“希望”号实验舱外,主要任务是收集沿海海域的水质、底部物质、水深以及近海岸植物等情况,分辨率为 90 米/像素。该仪器收集可见光及近红外波长以外的信息。

4. 国际空间站环境研究可视化系统(ISERV)

这是一套由施密特—卡塞格伦望远镜和一台数码摄像共同构成的传感器系统,可以以小于 3 米/像素的分辨率收集可见光波长范围内的影像,具备高稳定性和高目标捕获能力。ISERV 计划服务于开发地球、减灾以及人道主义救援等目的。

此外,欧洲“哥伦布”实验舱的外部载荷设施(CEPE)有四个载

荷装置,可以进行天底、天顶以及侧方观测。目前,天顶窗用于“太阳能源辐照度”的监测。2015年,ESA还将把一台“环境与太空感应检测装置”(ASIM)部署在“哥伦布”舱上,该装置将开展与雷电天气有关的高能光学与伽马射线研究。

(三) 有效的对地观测

利用上述设施,国际空间站进行了大量对地观测项目,内容涵盖地球资源管理、大气环境监控、自然灾害拍摄以及海洋运输等各个领域。

1. 帮助岛国管理珊瑚礁

珊瑚礁是太平洋和印度洋岛国重要的国家资源,随着全球气候变暖引发的海平面上升、海洋酸化以及沿海居民对海洋的过度开发、过度捕捞等活动导致大量珊瑚岛礁消失。十年前,科学家们呼吁建立珊瑚岛礁数据资源,但缺乏准确的全球珊瑚岛礁分布图。国际空间站航天员对地观测有效弥补了上述不足,航天员可以拍摄全球范围内的珊瑚岛礁分布情况,从而有助于建立全球岛礁分布情况图并有效监控这些珊瑚岛礁的变化。

2. 帮助监测威尼斯水域的变化

利用不同分辨率的设备,在不同的光照和云层条件下,航天员拍摄了大量的威尼斯潟湖图片。目前,这些图片数据已经形成一个较为完备的数据库,不仅为科学家研究威尼斯水域生态系统变化提供了重要参考,而且对帮助公众树立环保意识、有效保护威尼斯潟湖生态系统发挥了积极作用。

此外,国际空间站利用 ISSAC 成功监测苏里斯河水灾、利用沿海海域超光谱成像仪(HREP-HICO)呈现地球海的图像、利用观测设备捕获日本北部地震海啸情况等。俄罗斯航天局利用空间站遥感设施开展了地球灾难监测的“飓风”计划,不仅用来检测风暴、地震、火灾等自然灾害,而且还用来监测海上原油污染等人为灾害。JAXA 利用“超导亚毫米波边缘发射探测器”(SMILES)研究大气同

温层(臭氧层)的修复和稳定性。ESA 在“哥伦布”舱外安装了超高频天线,成功联通地面海港通信网与远航船只的通信,从而实现了对全球海洋运输的监测。

三、在全球教育方面的应用

国际空间站为众多的教育活动提供了良好平台,开设的各类教育项目旨在激发世界各地的孩子们学习科学、技术、工程和数学的热情。在众多教育活动中,美国的教育推广实验最多,其他国家也越来越重视此项工作。

(一) 国际空间站业余无线电通信计划

该计划给学生们提供一个利用无线电和国际空间站航天员直接交流的机会。世界各地的业余电台申请成功后,NASA 定时安排国际空间站上的航天员,通过无线电和地面上的学生进行直接交流,回答他们提出的问题。通常情况下通话时间为 10 分钟。目前全世界约有 280 所学校参加了该活动,这项活动有效激发了青少年学习科学技术的热情。

(二) 培训小航天员

NASA 和 14 个国家的航天机构合作举办了一项名为“X 任务:像航天员那样训练”的活动。这项活动主要让学生们体验真正航天员的生活和训练,大约有来自全球 40 座不同城市的 3700 名学生参加了这项为期 6 周的训练体验计划。这些训练提升了参训学生的体力、意志力、协作能力、平衡感以及航天知识,这与真正航天员在执行飞行任务前的训练是同一类型的。

孩子们对于能有机会体验航天员的训练非常兴奋,他们也因此了解现实生活中航天员是如何准备执行太空任务的。这项活动将帮助学生意识到保持健康生活方式的重要性。

(三) 欧洲与美国学生设计 NASA 智能卫星

欧洲与美国的学生共同研制出智能卫星“同步位置保持、连通

与定向试验卫星”(SPHERES)。2006年,俄罗斯的“进步”号货运飞船携带 SPHERES 前往国际空间站进行试验,其他相同的试验卫星也相继送入太空。NASA 和美国空军希望这些小卫星可用于多种空间技术验证试验,并设想其后续星可协助完成空间建造、卫星在轨服务等工作。

国际空间站担负的是全人类探索未知太空的使命,是人类摒弃成见、精诚合作的结果,空间站体现了人类合作和相互依存的真谛。正缘于此,国际空间站参与国都在积极开展各种丰富多彩的教育活动,这些活动将有效激励下一代,使他们更好地成长为未来的科学家、工程师、作家、艺术家、政治家和探险家。

(中国国防科技信息中心)