

空间应用系统天宫一号目标飞行器和 神舟八号飞船交会对接任务*

文/中国科学院空间应用工程与技术中心(筹)
北京 100094

【关键词】 中国科学院,天宫一号目标飞行器,神舟八号飞船,空间应用系统



2011年9月和11月我国在酒泉卫星发射中心先后发射了天宫一号目标飞行器和神舟八号飞船,成功实施了我国载人航天工程交会对接试验,在此次交会对接试验中,中科院承担的空间应用系统主要任务包括:

(1)利用天宫一号目标飞行器以及神舟八号飞船的空间实验支持能力开展相关科学实验和应用研究;

(2)为我国载人航天工程首次交会对接任务提供空间环境安全保障。

1 天宫一号应用任务

天宫一号目标飞行器上,空间应用系统的应用任务如下:

(1)地球环境监测。以当前世界各国广泛关注的全球环境问题为重点,利用兼具高光谱和高空间分辨率的高光谱成像仪进行地球环境监测,获取环境变化的多维度、综合信息,开展环境变化要素和影响的分析、评估研究。

(2)空间材料科学实验。在空间材料科

学领域,瞄准当前国际上凝聚态物理和应用研究的热点,开展复合胶体晶体生长实验。

(3)空间环境探测。基于载人航天工程将越来越需要长期的,更宽业务范围的空间环境安全保障支持,进行空间环境探测及电离层扰动综合探测试验。

为支持上述任务的空间试验,空间应用系统全新研制了第二代在轨支持技术信息管理与能源管理系统参加飞行试验,有效载荷应用中心承担此次飞行应用试验任务在轨测试和运行管理。

天宫一号装载空间应用系统有效载荷设备23件,设备均为全新研制,并且首次参加空间飞行试验。

1.1 地球环境监测

天宫一号在轨飞行阶段,利用我国光谱和空间分辨率综合指标最高的空间高光谱成像仪开展空间对地遥感探测应用试验,重点是对中国本土为主的地球环境态势进行分析,做出应用效果的试验评估。通过地面信息处理,可以获取较长时间有重要价值的综合遥感信息,这对全面普查我国广阔领土

* 收稿日期:2011年11月2日

和海洋经济所属区的环境变化、掌握其动态变化规律,提出应对措施具有重大社会效益。

高光谱成像是当今世界航天遥感应用的热点和前沿技术,高光谱成像实现了宽波段、多波段、精细光谱成像,综合指标领先。利用其可开展地质调查、资源勘查、土地荒漠化评估、水文生态监测以及环境污染成分和污染源头的监测分析。这对于我国西部地区、青藏高原脆弱生态环境的因果研究,科学发展中部地区的规划研究,东部沿海地区环境污染的抑制和治理研究,都具有非常紧迫和重大战略意义,这也是贯彻科学发展观、科技治国理念的重要措施。

1.2 天宫一号空间复合胶体晶体生长实验

胶体晶体是指由亚微米级或纳米级胶体颗粒经过特定排列方式构成的类似于晶体结构的有序体系。胶体晶体结构具有类似于原子晶体的有序结构,且其空间尺度和相变时间尺度都比原子晶体大几个数量级,是研究晶体相变规律的理想模拟体系之一。

(1)实验任务。天宫一号的空间复合胶体晶体生长实验,是在国际上首次使用 Kossel 线衍射方法,利用空间微重力环境条件,研究三种不同分散体系的带电胶体晶体的相变动力学过程,通过长期的空间实验,获得完整的结晶动力学变化过程中的图像结果,研究胶体晶体随温度与电场变化的“结晶”与“弥散”过程。

(2)实验目的。探索其结晶过程的本质特征,研究晶体相变规律和重力对结晶过程与结晶结构的影响作用。力争取得具有国际先进水平的研究成果,为拓展由胶体晶体制备光子晶体,促进光子器件的发展,开发在微波通讯、滤波技术等方面的应用潜力,积淀理论认识和技术经验。

(3)实验意义。这是我国首次开展的以“遥影像”方式,直接获取科学实验信息、数据,开展空间材料科学基础研究的全新尝试,以一种创新思维和实验方法,打破了样品回收的传统研究模式。利用具有遥控功能的 Kossel 线成像系统,通过遥

控切换,获取三种不同体系胶体晶体的衍射图像和形态图像也是国际上的首例。实时全程记录胶体晶体 Kossel 线的相变过程,提供科学家进行在线分析研究,减少了回收过程对实验条件的干扰,有望能够取得更加精准的实验结果。

(4)实验装置。复合胶体晶体生长实验装置内安装3个实验腔,每个腔内分别加载胶体颗粒溶液,控制环境温度稳定。由于胶体颗粒表面带有负电荷,颗粒之间的静电排斥力与颗粒的布朗运动达到一种平衡状态,会形成类似于晶体结构的长程有序结构。装置采用两台 CCD 照相设备,分别获取 Kossel 线衍射图案和晶体形貌图像,由应用信息管理系统组织实验科学数据、图像和工程参数实时下行。通过衍射图像可以研究其结晶过程的点缺陷、位错、层错以及孪晶晶界等生长缺陷。晶体形态图像为解释 Kossel 线图案,提供了更多实验数据依据。

1.3 空间环境探测及电离层扰动综合探测器

以多传感器综合探测的创新思想,兼顾发展利用 GPS 在轨探测系统探测电离层等离子体不均匀结构特征技术;空间飞行器对地面和对中继卫星通讯的电波环境探测技术;基于掩星探测模式的中性大气参数(气压、温度、湿度、密度等)和电离层电子密度分布探测技术等。

(1)空间环境参数监测。包括:舱外各个方向的电子、质子等粒子的强度和能谱;大气密度、成分及其时空分布变化;原子氧剥蚀及气体污染效应。

(2)空间电离层扰动探测。包括:电离层闪烁引起的信号幅度、相位等信息;电子浓度总含量抖动信息;GPS 掩星电离层电子浓度剖面;电离层闪烁引起的信号幅度、相位、电子浓度总含量抖动等信息。

由带电粒子辐射探测器、轨道大气环境探测器、电离层扰动探测器以及空间环境控制单元4件装置组成探测系统。3台探测器可以独立工作,也可以组合探测,由控制单元统一管理。探测数据

和设备工程参数由应用信息管理系统组织统一运行。

2 神舟八号应用任务

2011年11月1日5时58分,神舟八号飞船在酒泉卫星发射中心成功发射,准确进入预定轨道。空间应用系统利用神舟八号飞船返回舱资源开展了中德合作空间生命科学实验。这是我国载人航天工程在空间科学实验领域首次开展国际合作。它展示了中国载人航天工程以更加开放姿态面向世界,为世界了解中国载人航天事业,提供了交流窗口;为开展更广泛的国际间合作,提供了组织管理经验。为中国科学家创造了在国际同等水平上,开展空间特殊环境的生物学基础研究,共同为人类拓殖太空、开发利用太空资源服务于人类生活与健康的关键科学技术问题的突破做出贡献。



2.1 空间生命科学实验

此次试验涉及基础空间生物学、空间生物技术、先进生命支持系统中的基础生物学以及空间辐射生物学等科学问题的研究,共安排科学实验项目17项(项目及其承研单位见表1),其中中方10项,德方6项,中德合作1项。基础生物学以深化认知生物现象和生命过程为目标,开展蛋白质基因组学、细胞生物学、代谢生物学等研究。空间生物技术研究,以服务人类健康、探索疑难疾病诊断、治疗的新方法和新药物为目的,开展生物大分子及蛋白质空间晶体生长实验,发展先进生物工程技术。先进生命支持系统中的生物学研究是为研发保障人类长期驻留太空的“先进密闭受控生态生命支持系统(CELSS)”提供理论依据和积累技术。空间辐射生物学的研究目的是深化认知空间辐射与微重力综合生物学效应,为太空生

表1 空间应用系统SZ-8任务中德科学实验任务一览表

序号	所属国家	实验代号	实验名称	承研单位
1	中国	Exp.01	植物细胞微重力效应的转录组学研究	中科院植物生理生态所
2		Exp.02	植物细胞骨架作用的分子生物学基础研究	中科院植物生理生态所
3		Exp.03	水稻响应微重力变化的蛋白质组研究	中科院植物生理生态所
4		Exp.04	空间生物大分子组装与应用研究	中科院生物物理所
5		Exp.05	空间辐射与微重力协同生物学效应研究	大连海事大学
6		Exp.06	微生物在空间的生长与代谢研究	中科院微生物所
7		Exp.07	动物的空间行为和发育研究	中科院水生生物所
8		Exp.08	藻类在空间封闭系统的代谢生物学研究	中科院水生生物所
9		Exp.09	高等植物在空间的代谢生物学研究	中科院植物所
10		Exp.10	高等植物在空间的发育遗传学研究	中科院遗传与发育生物学所
11	中德	Exp.11	空间简单密闭生态系统探索研究	中科院水生生物所 爱尔兰根大学
12		Exp.12	纤细裸藻对微重力的分子适应性研究	爱尔兰根大学
13		Exp.13	人类神经胶质瘤细胞在微重力情况下的分化研究	霍恩海姆大学
14	德国	Exp.14	微重力对人类甲状腺癌细胞的影响	柏林夏瑞蒂医学院
15		Exp.15	单细胞或巨噬细胞(遗传免疫)微重力激活影响和功能	马格德堡大学
16		Exp.16	微重力情况下植物基因和蛋白质表达研究	蒂宾根大学
17		Exp.17	拟南芥微重力调制基因网络分析	弗莱堡大学



图1 通用生物培养箱



图2 通用生物培养箱控制

命安全保障设计提供理论和技术依据。

2.2 试验装置

为了满足以上科学实验的要求,研制相关实验设备,包括各类实验专用单元、通用生物培养箱、通用生物电控箱和有效载荷控制装置。

通用生物培养箱由德国阿斯特里姆(EADS Astrium Space Transportation)公司为主承包商研制,是用于在空间特殊环境条件下,研究各类生物对象的生物学响应的通用实验装置。装置按国际空间站标准实验模块设计和制造。装置具有很强的通用性,实验容器40个;有1g模拟重力水平对

照功能;提供温度、光照等生保条件;可对实验对象进行生物学固定;每个实验容器均可灵活地独立配置功能,也可以进行多组合实验研究。

为了与我国神舟飞船实现机电热的接口匹配,中方开发研制了与德方实验装置接口的电控设备2件(图1、图2),保障德方通用生物培养箱与平台接口的兼容。

3 应用任务地面技术支持系统

3.1 有效载荷应用中心

有效载荷应用中心为天宫一号、神舟八号有效载荷在轨运行,提供有效载荷运行控制管理,为试验应用研究提供用户服务。主要任务如下:

(1)制定有效载荷运控计划,实施天宫一号、神舟八号有效载荷运行管理控制,组织在轨测试及各项科学实验并进行监控和管理;

(2)有效载荷科学数据、工程参数的接收、处理、存储和分发;

(3)为用户提供在线数据服务,提供资料检索和应用服务;

(4)为有效载荷提供星历和轨道预报服务;

(5)应用系统有效载荷在轨运行故障的分析于处理。

3.2 空间环境预报中心

空间环境预报中心在天宫一号、神舟八号任务实施各阶段发布远期、中期和近期预报,包括太阳活动预报、地磁指数预报、空间环境参数预报和空间环境效应预测等;在飞行任务期间,如果出现异常环境事件,发出现报和警报,提出相关应对措施建议;在空间有效载荷或平台设备发生故障时,提供空间环境状态参数,协助进行故障分析,并提出环境效应评估。