

专题报道

谱写空间科学与技术研究新篇章

——神舟 4 号应用任务试验介绍

张玉涵*

(中国科学院空间科学与应用总体部 北京 100080)

关键词 神舟 4 号,空间科学,技术研究

我国载人飞船继神舟 1、2、3 号成功发射之后,2002 年 12 月 30 日又成功发射了神舟 4 号。中国科学院组织的飞船应用系统在神舟 4 号上安排了以微波对地遥感为主,同时进行综合空间环境监测、空间生物技术和微重力流体物理等应用试验。目前,船上应用系统设备工作正常,到 2003 年 2 月 10 日为止已获取约 100.2GB(千兆字节)的探测数据,并取得初步重要试验成果。

神舟 4 号应用任务的 52 件船载设备,由我院的空间科学与应用研究中心、上海技术物理研究所、长春光学精密机械与物理研究所、力学研究所以及航天科技集团 510 所等单位研制,中国科学院空间科学与应用总体部负责系统集成与测试以及在轨运行试验的控制与管理。参加神舟 4 号科学研究的单位有我院的上海植物生理研究所、上海生化与细胞研究所、微生物研究所、国家微重力实验室等。国家海洋局、我院上海天文台等单位参加了相关地面配合试验和遥感应用研究。

一 多模态微波遥感对地遥感试验

利用空间微波遥感对地观测具有全天候特点,而采用多模态微波遥感(MRS)包括微波辐射计/微波高度计和微波散射计的综合观测将得到更丰富的信息。在神舟 4 号上进行的航天微波遥感试验在我国是首次,主要探测目标以海洋为主兼顾海陆界面的大气和陆地。利用辐射模态(RAD)探测降水、水汽含量、积雪、土壤水分、海面温度;利用高度模

态(ALT)探测海面高度、有效波高与大洋环流;利用散射模态(SCAT)探测海面风速与风向。在轨试验时可按辐射模态、高度模态+辐射模态、散射模态+辐射模态三种组合模式进行。辐射模态工作频率为 6.6—37GHz 5 个频道;高度模态和散射模态工作频率为 13.9 GHz。

多模态微波遥感在使用高度模态对海面拓扑高度进行精密测量时,对飞船的定轨精度,特别是径向高度的精度要求很高。根据多次论证,采用激光雷达(SLR)测距、船载 GPS 定位和飞船统一 S 波段测速测距系统(USB)的观测资料对飞船进行综合精密定轨的方案,可将定轨精度提高到径向误差小于 2—3m (1σ)。神舟 4 号试验证明了飞船激光测距精度可达厘米量级,综合精密定轨方案具有较好的可实现性,目前正在进行数据处理。

多模态微波遥感在轨试验已取得了大量有价值的遥感探测数据,并通过地面同步测试对获取这些数据的船载遥感的性能进行了性能评估。

二 综合性空间环境监测

空间环境及其变化是载人航天任务十分关注的问题,涉及载人航天器和航天员的安全。神舟 4 号飞船安排了高层大气、高能辐射、低能辐射等 11 台设备,进行综合性空间环境的监测。从神舟 4 号入轨至今,已取得完整的系统监测数据,为保障空间环境预报提供了第一手实测资料。初步探测数据发现:高能带电粒子分布在飞船轨道上以电子为主,

* 中国科学院空间科学与应用总体部研究员

质子和重离子较少,主要分布在南大西洋上空,引起的单粒子效应也不严重;飞船表面静电电位不高,最低为 -12V ,飞船光照区为正电位,通常在 $+20\text{V}$ 以下;在太阳宁静期,低能粒子数量不多,其对飞船表面的充电效应小于太阳的光电效应;2003年1月4日凌晨,空间环境发生小的扰动,带电粒子数量没有明显变化,但该扰动引起轨道大气密度增加,比1月3日增加 $1/3$ 以上。

三 空间生命科学和生物技术研究

神舟4号安排了空间细胞电融合和生物大分子及细胞的空间分离纯化两项实验,都属生物技术研究的前沿性课题。神舟4号上的电融合仪由上海技术物理研究所研制,能够进行空间细胞融合和自动换液培养,并在一套实验装置中可同时分别进行动物细胞和植物细胞两项电融合实验,具有创新性。通过回收样品的初步分析,得到植物细胞空间实验融合率为 18.8% ,比地面实验提高10倍以上。动物细胞空间实验融合率约为 11% ,比地面实验提高2倍以上,由此进一步证明了在微重力条件下,由于重力沉降等现象的消失,可提高细胞融合杂种细胞得率的科学推断。研究组将对杂种细胞进行培养,开展更深入的研究。

神舟4号上的连续自由流电泳仪由空间科学与应用研究中心研制,采用的实验样品为细胞色素C和牛血红蛋白,在轨实验取得成功,回收样品初步分析得到的牛血红蛋白(Hb)和细胞色素C(Cyt.C)两峰值的距离,比地面实验增加了约 38% ;谷底空间实验比地面实验降低约 35% ,这一结果表明电泳分离技术在微重力条件下比地面有明显优势。

四 微重力流体物理实验

微重力环境下的液滴 Marangoni 迁移动力学问题,既有重要的理论意义,又有极强的应用价值。如在微重力环境下的材料加工、晶体掺杂、空间焊接及电泳过程中都会遇到液滴或气泡的迁移问题。在神舟4号上采用油酸甘油酯-硅油体系,进行了不同温度梯度场下不同 Reynold 数的液滴迁移实验,得到了完整的实验图像记录,利用这些宝贵的实验资料在后续研究中有望对相关理论取得新的突破。

我国的微重力流体物理研究在国际上占有一

定地位,但是相关的空间实验机会却比较少。神舟4号上的实验应当说是近年来所取得的最好成果,无论是实验方法还是实验装置设计都取得了突破性的成就,为我国在这一领域的研究做出了贡献。

五 有效载荷空间支持系统

有效载荷配置的公用设备是神舟飞船上有效载荷的技术支持系统,它包括有效载荷的供、配电和数据采集、处理、存储与传输。公用设备把飞船有效载荷集成为一个相对独立系统,统一有效载荷设备与飞船测控、数管和电源系统的接口。神舟4号飞船上的13台公用设备全部是国内自行研制,发射运行至今,工作正常,在今后飞船留轨运行期间还将继续支持有效载荷试验。

六 有效载荷地面支持系统

有效载荷应用中心是在我国载人飞船工程支持下建立的地面支持系统,在4艘无人飞船和实践5号卫星的发射运行控制中,从未出现过故障,确保了在轨有效载荷的运行控制与管理,大量的科学数据和图象在应用中心经过预处理后形成数据产品,提供相关研究单位使用。有效载荷应用中心已成为我国空间科学与应用技术研究的重要支持系统,在未来的载人飞行和其它空间科学与应用技术研究活动中将会发挥更大作用。

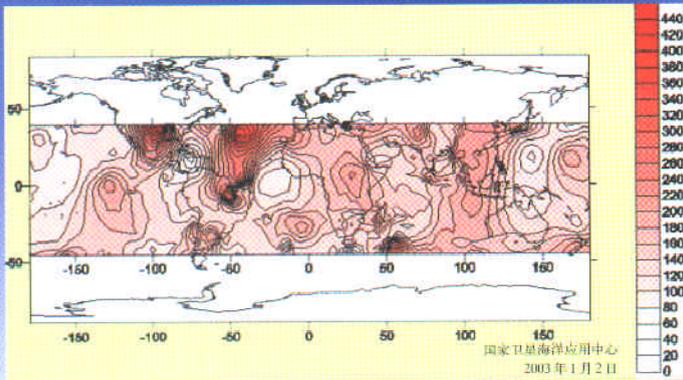
空间环境预报中心通过前三次飞行试验,对空间环境预报方法的研究已进入成熟阶段。中心通过收集并综合分析国内外卫星和地面观测数据,发布远、中、近期预报和飞船发射、运行期间的空间环境状况以及可能出现的空间环境异常预报;提供有关太阳活动、空间辐射、地磁活动等参数和飞船运行轨道的大气参数,在出现危急情况时发布警报等,成功地为神舟4号提供了环境安全保障。

中国科学院把飞船应用任务作为知识创新的重要方面,充分利用飞船平台资源,瞄准世界科技前沿和国家经济建设的重大需求,有计划、有目标地部署研究课题,通过4艘飞船应用任务的实施,已充分展示出我国载人航天工程在发展先进科学技术中的重要作用,谱写了我国空间科学与应用技术研究的新篇章。

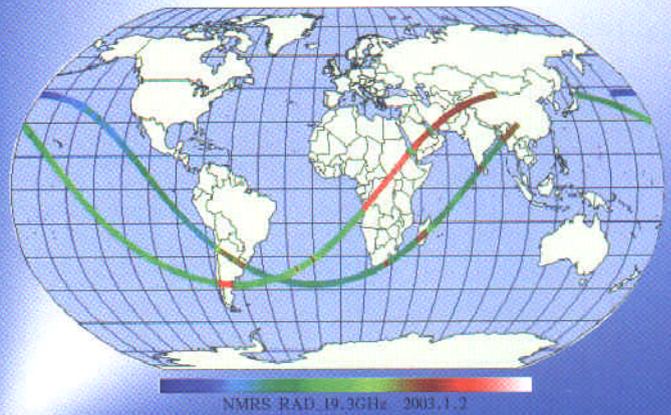
(相关图片请见彩插六)

谱写空间科学与技术研究新篇章

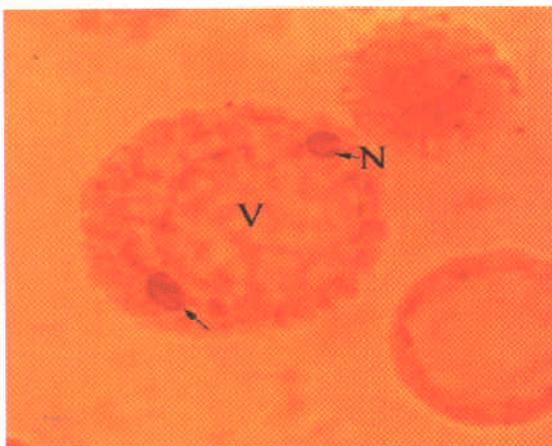
—— 神舟4号应用任务实验介绍



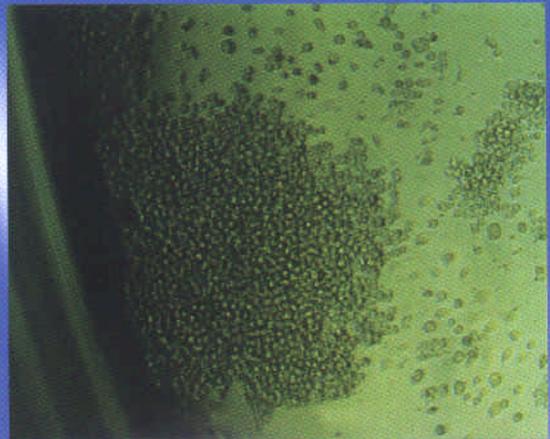
▲ 神舟4号第一轨微波辐射计第3通道亮温分布图



▲ 辐射计第三通道探测结果



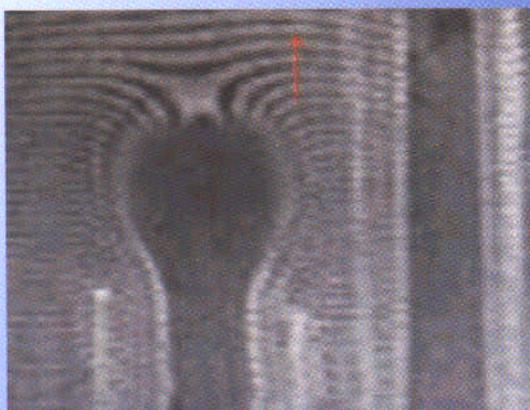
◀ 两个细胞融合



▶ 神舟4号动物细胞融合生长集落



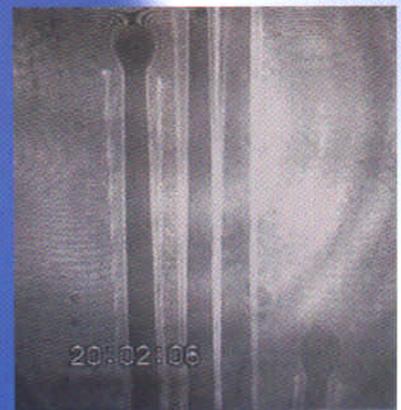
◀ 融合后的细胞培养生长过程



▲ 液滴实验的温声场干涉图



▲ 液滴运动与温场梯度关系图



▲ 空间实验多滴迁移的相互影响

(详细内容请见本期154页)