成果与应用

“创新一号”卫星研制实践及微小卫星发展趋势*

江绵恒

(中国科学院 北京 100864)

摘要 中国科学院研制的“创新一号”小卫星于2003年10月21日发射升空,卫星运行及其应用系统均获圆满成功。文章介绍了“创新一号”卫星的研制实践并阐述了微小卫星的发展趋势。

关键词 创新一号,微小卫星,研制,发展趋势

一般而言,卫星可以按照重量予以划分。100公斤—1 000公斤称为小卫星,10公斤—100公斤称为微卫星,1公斤—10公斤称为纳卫星,1公斤以下称为皮卫星。微小卫星是指重量在300公斤以下的现代小卫星。上世纪90年代初,随着微电子、现代通信、微机械、计算机技术、新材料和新能源的发展以及对空间环境的日益深入了解,卫星轻量化的趋势愈加明显,微小卫星技术已成为航天科技中的新领域。微小卫星具有自主控制程度高、重量轻、体积小、功能密度高、研制周期短、成本低和发射灵活性大的优势。微小卫星可用于通信、导航、对地观察、科学试验和深空探测。在低轨卫星通信、全球导航、科学探测等方面,微小卫星的应用已占据重要位置。微小卫星技术的发展使得多星组网和编队飞行成为可能。由多个卫星按不同的轨道位置布置而形成小卫星星座运行,可以提高飞行任务的时间分辨率,乃至实现全球的实时覆盖;由多颗小卫星保持相对位置编队飞行并且其观测到的信号可相干处理,则可以形成虚拟探测卫星,完成大型卫星无法实现的新应用。

“创新一号”卫星与“资源一号”02卫星一箭双星发射升空

由中国科学院研制的“创新一号”卫星主要用于低轨道数据通信。卫星重量为88公斤,地面包络尺寸为0.59×0.59×1.07立方米,太阳同步轨道,高度751公里,周期99.7分钟,回归周期7天。卫星的有效载荷为通信转发器,信息速率2.4Kbps和19.2Kbps,通信频率为UHF(超短波)频段,卫星采用主动磁控加重力梯度杆的三轴稳定姿态控制方式。

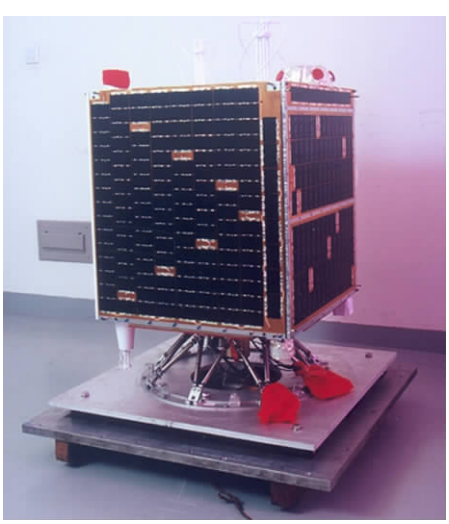
1 “创新一号”卫星的研制实践

2003年10月21日11时16分,中国科学院“创新一号”卫星与“资源一号”02卫星在太原卫星

* 收稿日期:2003年11月10日

发射中心由“长征四号”乙运载火箭一箭双星发射升空。11 时 29 分 29 秒“创新一号”卫星与火箭分离，12 时 46 分卫星顺利实现对地心捕获，并按飞行程序打开星上转发器电源。12 时 53 分，中国科学院“创新一号” 卫星新疆测控站收到卫星下发的第一批遥测数据，数据经过设在中国科学院上海微系统与信息技术研究所的“创新一号”卫星测控中心分析显示，卫星的姿态控制按要求完成了速率阻尼和准确对地定向，进入了稳态控制，卫星的星务管理、能源、热控等数据正常。在轨测试阶段中，通过对“创新一号”上海、北京、海南、新疆测控通信站的所有遥测数据分析表明，卫星平台工作平稳，有效载荷工作正常，整星状态良好，完全达到了设计指标。同时， 自行研制的微小型地面应用终端也在上海、北京、海南、新疆等地顺利地实现了与卫星的双向通信。“创新一号”卫星及其应用系统获得了圆满成功。

“创新一号”卫星及其应用系统的研制是中国科学院知识创新工程重大项目。1997 年 12 月，中国科学院通过了 “创新一号” 卫星的立项方案论证，1999 年 3 月开始卫星的工程研制，2002 年 7 月完成研制并运至太原卫星发射中心准备搭载发射，后因其它原因推迟发射。“创新一号”卫星是国内第一次集卫星、测控、地面应用为一体的小卫星研制，项目内容包括三个方面：(1)通信技术试验小卫星“创新一号”的研制；(2)地面测控、应用试验设备的研制与地面站的建设；(3) 便携式用户移动终端的研制及星地通信技术试验。“创新一号”系统以实现星地双向数据移动通信为目标，为发展我国低轨道通信卫星系列积累了技术经验。“创新一号”是我国首颗重量在 100 公斤以下的现代小卫星，也是我国第一颗低轨道通信卫星。



中国科学院研制的“创新一号”卫星

“创新一号”卫星具有高功能密度比，采用测控信道与通信业务信道共用和全自主运行模式设计。卫星由通信转发器、星载计算机、姿控、热控、结构及能源等部分组成。卫星在研制中重点解决了大多普勒频移下的低轨道扩频通信技术、主动磁控制技术、星上轨道预报和卫星自主运行管理等，并在微小型化卫星通信终端技术等方面有新的突破和发展。

在卫星研制的同时，根据“创新一号”卫星飞行和应用的特点，以及对国内 UHF 频段电磁环境的测试和评估，建设了上海、北京、海南和新疆四个测控通信站以及一个测控中心，确保了卫星入轨后的测控和通信业务的管理。

微小型化卫星通信终端的研制是实现卫星移动通信的关键技术之一。“创新一号”卫星的地面通信终端重量仅为 200 余克， 采用软件无线电技术，抗干扰性能强，并具有星历预报、定时收发等功能。

“创新一号”卫星从开始工程研制以来，坚持体制和机制创新。项目组借鉴我国研制“两弹一星”的经验，实施联合、开放和集中运行机制，由上海微系统与信息技术研究所、上海技术物理研究所联合上海航天局、上海市电信局组建成中国科学院上海小卫星工程部。项目实施过程中，由中国科学院派出监理组，对项目进度、研制质量、财务预算等进行监督，保证了项目的顺利进行。

2　微小卫星发展趋势

由于信息技术和通信技术的迅速发展以及采用新的设计理念， 微小卫星的研制实现了成本低、周期短和可批量化生产，使得微小卫星在星座技术和编队飞行技术中具有突出的优势，在中、低轨道飞行器中获得大量应用。据有关资料统计，在 1985—2000 年全球发射的近 2 000 颗卫星中，重量在 200 公斤以下的微小卫星约占了 17%。预计随着微小卫星技术的发展，微小卫星所占的比重将进一

步上升。

目前,微小卫星在我国的一个迫切应用是建立低轨卫星移动通信系统。与高轨(地球同步轨道)、中轨(轨道高度小于 20 000 公里)卫星通信相比,由于信息传输距离大大缩短,利用低轨卫星(轨道高度小于 1 500 公里)作为全球或区域移动通信转发基站的最主要优点是可以使用户终端微小型化。据有关卫星通信营运公司统计,在商业应用中,仅作为远距离的数据收集,就将有上千万个潜在用户。此外,我国至今尚未对低轨通信卫星技术进行系统开发,因此,低轨通信微小卫星在我国将大有用武之地。

合成孔径雷达(SAR)卫星具有全天侯对地观测和目标特征分析能力强的特点,是环境资源调查、灾害预报等的重要手段。随着微波技术的发展以及新能源、新材料等技术的应用,将使得有效载荷的功耗和重量降低。合成孔径雷达微小卫星的关键技术研究及卫星的研制将是微小卫星技术中重要的内容。

多光谱成像是光学观测卫星研制中的一个热点,具有中等空间分辨率、较高的光谱分辨率的多光谱成像微小卫星有很高的应用价值和研究价值,也将是我国微小卫星研究中的特色内容。

10 公斤量级的纳卫星研究是微小卫星发展的基础性研究工作。纳卫星的发展将对通信、能源、敏感器等技术的微小型化起推动作用。

微小卫星技术发展的另一个方向是编队飞行和虚拟卫星。编队飞行是指由若干个卫星在轨道上构成一个特定的形状,各个卫星保持着这个形状绕地球飞行,各卫星的轨道周期都相同。若编队飞行中的各个卫星上的敏感器所获得的信号可以进行相干处理和协同工作,则这些卫星构成了一个虚拟卫星。虚拟卫星是航天技术中的创新概念,如果实现,则在空间分辨率、立体观测等方面将获得大型卫星难以达到的指标。编队飞行和虚拟卫星技术涉及卫星的高度自主控制、星间通信、星间相对姿态和相对距离的控制等,是微小卫星研究中的前沿领域。

Research & Development on Satellite ″Innovation No.1″ and the Development Trend of Micro-Satellite

Jiang Mianheng

(Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864)

The Satellite "Innovation No. 1", developed by Chinese Academy of Sciences, was launched on October 21, 2003, the operation and application system of which was a complete success. The article introduces the research & development of Satellite "Innovation No. 1", and illustrates the development trend of Micro-Satellite.

Keywords Innovation No.1 Micro-Satellite Research & Development Development Trend

江绵恒 男,中国科学院副院长,“创新一号”小卫星首席科学家。1977 年毕业于上海复旦大学,1982 年获中国科学院半导体研究所硕士学位,后到原中国科学院上海冶金研究所从事科研。1986 年赴美留学,1991 年获美国 Drexel 大学电机工程博士学位,后在美国 HP 公司工作。1993 年回国后,曾任原上海冶金研究所研究员、副所长、所长。