

微小卫星对地观测及其应用前景

李志中¹, 王永江¹, 徐少瑜²

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 北京 21 世纪科技发展有限公司, 北京 100086)

摘要:微小卫星技术是当今空间技术、电子技术、计算机技术、光学技术及遥感技术高度综合的结晶。目前,世界各国都在关注这项技术的发展与应用,以英国萨瑞大学空间技术中心为代表的国外对地观测民用卫星已为十几个国家进行小卫星及微小卫星研制及技术开发服务,我国有关部门已与萨瑞大学开展了有效的合作。从现有小卫星获取的数据资料质量及特征分析,其光谱及几何分辨率都较高,在全球灾害、环境监测、农业估产及资源调查等有广阔的应用前景。发展我国的微小卫星技术,将对我国航天遥感事业起到重要推动作用。

关键词:微小卫星;对地观测;遥感应用

中图分类号:V474.2⁺91 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-070X(2000)04-0001-06

0 引言

近 20a,随着电子技术和精密仪器技术的飞速发展,卫星研制技术取得了突破性的进展,无论是卫星的寿命、卫星的重量、卫星的功能,还是卫星传感器的光谱和空间分辨率都大大地满足了人类社会的各种需求,从而为社会的进步,特别是人类生存条件和生存环境的改善提供了越来越多的支持。世界上不少发达国家发射了上百颗对地观测小卫星,除用于军事目的外,其余主要用于空间科学研究和资源环境监测。与大卫星相比,微小卫星的特点是制造成本低、研制周期短、易于组群组网,非常适合中小区域的观测与动态监测。微小卫星是大卫星的重要补充,是卫星家族里不可或缺的成员。

1 国外对地观测微小卫星发展概况

无论从哪个方面来看,美国的微小卫星技术都是世界上最先进的,美国宇航局(NASA)80年代初就开始了微小卫星技术项目研究,并发射了多颗试验卫星,每颗卫星的成本约为 500~600 万美元。这些卫星多用于军事目的,如用于导弹预警试验和地面红外背景数据收集。近年欧空局(ESA)一直关注微小卫星的研制和运营,将微小卫星作为今后重要的空间技术发展目标,欧洲各国也在积极发展各自的微小卫星技术,尤其是在卫星平台研制方面有了较大的进展;日本特别重视发展成本低、小型化的卫星传感器,目前已发射了 7 颗微小卫星,它们主要用于空间探测和地面监测;韩国 1999 年发射两颗高分辨率的遥感微小卫星。

这里特别介绍在商业化微小卫星研制与应用开发方面处于领先地位的英国萨瑞大学(Surrey)空间技术中心的有关情况。Surrey 是 70 年代初介入空间技术发展的,1979 年,它们率先开创了商业化的卫星工程技术,以此开发世界卫星市场,并利用大学的技术优势,以产业化的操作模式发展卫星技术。从 90 年代开始,在卫星制造上对世界各国服务,到 2000 年共发射了 21 颗卫星,其中在 12 颗卫星上安装用于遥感观测的有效载荷,并获取了高中分辨率的卫星遥感图像,为地面和大气监测提供了珍贵的数据。最近,萨瑞大学空间中心以公告形式提出一个灾害监测微小卫星星座系统的建议。为了及时向全世界提供自然灾害的准确信息,显然需要空间系统实现全球覆盖,它们所提出的建立一个地球观测的卫星网络,目的是改善当前所有卫星系统在覆盖能力和再访时间上存在的不足。该星座由 5 颗微小卫星组成,它们将均匀地分布在 686km 太阳同步极轨道平面上,每颗卫星在 4 个光谱波段对地面 600km 宽刈幅成像。地球上任何一点,24h 便有一颗卫星飞过其上空成像。卫星覆盖灾害地区执行任务,是通过因特网合作,由就近地面站指令卫星操作。卫星在 GPS 的引导下获取的图像数据,储存在星上,在下一个地面站上空下载。数据经由因特网传送给灾区和指挥部,或者通过卫星直接传送给灾害现场救援人员。本项计划将于 2002 年初正式运行。

2 国内微小卫星研究进展

从 90 年代后半期起,我国国内各部门出现了发展微小卫星的热潮,已经列入计划或规划的(受到国家部门支持)有 5 项。它们是 国家海洋局的水色微小卫星,哈尔滨工业大学的立体测绘微小卫星,解放军总参气象局的气象微小卫星,清华大学的清华 1 号微小卫星以及科技部的中国科技—1 号(中国巡天测地—1 号)微小卫星。

2.1 清华 1 号

清华 1 号是我国 2000 年发射的一颗具有划时代意义的对地观测微小卫星,其发射目标是技术演示验证和人员培训。其研制方式总体上采用英国 Surrey 大学的技术,包括卫星平台、有效载荷与地面站等,清华的技术参与主要体现在安装俯仰轴和翻滚轴上的动量飞轮控制摆动,并协助重力梯度杆和磁力矩稳定对地指向,提高指向精度。卫星外壳大小为 $330\text{ mm} \times 330\text{ mm} \times 640\text{ mm}$,质量为 $50 \sim 75\text{ kg}$,电源系统包括太阳能电池板、NiCd 电池组等,平均耗电约 20 W 。姿态控制采用重力梯度杆、固定转速飞轮、磁控,实现半被动三轴稳定,指向精度在 0.7° 以内。有效载荷包括数字式存储转发器、DSP 通信试验转发器、窄视角 CCD 相机, 1024×1024 面阵,地面分辨率为 50 m (轨道高度 650 km),地面覆盖范围 $50 \times 50\text{ km}^2$ 。

2.2 哈工大探索 1 号

哈工大探索 1 号卫星为立体测绘微小卫星。其研制方式为哈工大负责系统总体研制,卫星星体、测控通信、GPS、遥感器等委托有关单位完成,在高精度姿态控制(如星敏感器)方面与俄罗斯合作。卫星平台重 150 kg ,其中平台自重 80 kg 。电源系统包括 CPV NH 电池组、Si 太阳能帆板,平均功耗 120 W 。姿态控制为对日定向,三轴稳定,指向精度优于 0.3° ,稳定度优于 $0.001^\circ/\text{s}$ 。遥感器为三线阵 CCD 立体测量相机,地面分辨率为 10 m (轨道高度 $400 \sim 600\text{ km}$),数据传输率 $24\text{ Gbits}/4\text{ min}$ (1:4 数据压缩),固态存储器为 24 Gbits (一次成像)。目前,该卫星已经过多次方案设计论证,进入原理样机阶段,计划到 2000 年底完成演示星研制,并进

行飞行演示。

2.3 海洋水色微小卫星

国家海洋局计划发射的用于海洋水色监测的微小卫星平台重 350 kg, 轨道高度为 798 km。卫星数据传输载频为 L 波段, 设有 15min 记录, 回收的数据记录约 80 MB。遥感器为水色扫描仪(红外 10 个波段, 地面分辨率 1.1 km), CCD 成像仪(可见光-近红外 4 个波段, 地面分辨率为 250 m)。计划新建北京和三亚两个基本站, 并将杭州、天津现有的 L 波段气象卫星接收站完善, 使之兼容接收水色卫星数据, 称为二级站。接收站的基本要求是: 速率 2.66 Mbps, 接收时间为 12.94 min, 258 MB 数据量, 星上载频 1 705.4 MHz, 天线口径 4.5 m, 计划 2000 年发射、运行。

2.4 实践系列科学实验卫星

实践系列科学实验卫星的目标是空间科学观测。航天五院公共微小卫星平台重量 100~180kg, 尺寸 $1.2 \times 1.1 \times 0.5(\text{m}^3)$, 功率 1 kw, 载荷重量 320kg。三轴稳定, 指向精度 $2^\circ \sim 0.1^\circ$, 指向稳定度 $(0.05^\circ \sim 0.001^\circ)/\text{s}$ 。测控体制 S 波段, 寿命为 5a。

2.5 中国科技-1 号

中国科技-1 号(或中国巡天测地 1 号)卫星的研制与发射列入中国科技部十五计划的重点攻关项目, 倍受世人瞩目, 无论从技术指标和研制周期都将成为中国微小卫星的示范工程。该卫星平台重量 130 kg, 其中对地观测有效载荷为 30 kg; 卫星运行高度为 770 km, 太阳同步轨道; 传感器拟配置两台中分辨率传感器和一台高分辨率传感器, 两台分辨率传感器相互配合形成对地 600 km 宽的扫描带。各传感器参数如下: ①中分辨率宽视场多光谱扫描仪, 地面分辨率星下点为 36 m, 扫描宽度为 600 km; ②绿波段为 520~620 nm、红波段为 630~690 nm、近红外波段为 760~900 nm; ③探测器为线阵 CCD, 像元数为 10000×3 波段; ④高分辨率相机地面分辨率为 4.0 m(卫星摆动 $\pm 30^\circ$ 时边缘分辨率为 5.8 m), 扫描宽度为 21 km, 视场角为 1.6° , 全色波段, 镜头孔径为 240 mm, 焦距 1 280 mm, 探测器线阵 CCD, 像元数为 5 000。

3 微小卫星研究应用的关键技术

3.1 微小卫星平台技术

微小卫星的一体化和模块化技术是以微电子、微机械及集成技术, 微型计算机技术, 小型探测器技术(如遥感器), 先进复合材料技术及超精密机械加工工艺技术为基础, 利用功能模块和结构组合化、机电热一体化和电子集成化等技术, 针对不同应用要求和有效载荷, 通过以星载计算机为核心的电子系统集成而快速组装卫星, 以适应不同飞行任务要求。小卫星一体化和模块化的总体和平台设计技术是对地观测小卫星的重要关键技术。利用 GPS 等信息进行定轨和定姿, 实现小卫星星上自主定位和自主控制及任务的自主管理, 成为研制小卫星的一个关键技术。

3.2 高分辨率全色相机研制

轻量化和微小型化的光学敏感器技术, 光学遥感仪的光学接收和信号探测是影响仪器体积和重量的主要部分, 焦平面列阵探测器件将辐射探测和信号处理集成为独立的器件, 可实现自扫描成像, 不需机械运动部件, 使系统简化, 体积、重量减小, 可靠性大为提高。小型宽覆盖

高分辨率 CCD 相机系统,用多颗低轨光学成像微小型卫星组成星座,执行普查侦察任务,是战区防御的迫切需求。

3.3 遥感数据实时压缩处理与 X 波段数据传输系统

随着元器件集成度的提高,高集成度、低功耗压缩编码器的实现已不存在大的技术难题,甚至可能将加密、信道编码、格式编排器集成在一起。需要重点攻关的技术是 X 波段 QPSK 直接调制器,此技术在国外已非常成熟,但在我国还未在星上采用。我国科技人员近年来从未停止过这方面的研究,并在具体方案及硬件实现方法上做了许多有益的探索,取得了突破性进展,如果能借助这颗卫星将其工程化、实用化,将使我国的 X 波段数传技术水平提高一大步。

3.4 地面测控与数据接收处理系统

微小卫星通常缺少必要的主动式卫星追踪信号,同时由于体积较小亦难于保持稳定的运行轨道和开展地面跟踪工作,而卫星通过上空的时间有限,须在这有限的时间内迅速捕获卫星,从而调整接收天线,使之对准卫星进行数据接收与发送。对微小卫星的轨道预报和快视捕获是关键难点技术之一。微弱信号条件下低误码率接收技术,限于体积和星上能量,微小卫星的星上发射天线与信号发射功率将大大小于传统大卫星,使卫星发送到地面的信号相对较弱。如何在弱信号条件下实现低误码率的数据接收,形成关键技术之一。目前,新建地面接收系统一般采用大容量磁盘阵列进行实时记录,然后再转记至 DLT 磁带存档。在实时记录的过程中进行必要的实时格式处理,从而实现实时接收过程的监视。这些技术将大大提高微小卫星技术水平并进一步提高系统的可靠性和降低系统建立及未来的运行成本。

4 对地观测微小卫星应用趋势与前景

(1)商业化服务趋势。以美国 SpaceImaging 公司为例,该公司成立于 1994 年,其业务是提供高分辨率对地观测数据产品,公司收集和分发卫星和航空的数字地球信息产品,对已在轨的著名遥感卫星对地观测数据拥有销售权,包括 Landsat(美国)、IRS(印度)、Radarsat(加拿大)等数据。该公司 1996 年购买了 EOSAT 并加盟了美国领先的航空服务和制图业,已经成为世界上对地观测数据产品和服务的最大提供商。

从发达国家的空间遥感数据应用发展历程不难看出,以政府推动、社会需求牵引的空间遥感数据产业化、社会化服务构成了空间遥感数据应用技术发展的原动力。通过空间数据服务和信息应用产业化,可以形成从数据获取、处理、销售、服务和应用一条龙的良性循环机制。

(2)政府支持并推动遥感数据应用。由于卫星研制及技术引进、发射、地面接收设施建设等前期工程投资巨大,政府的大力推动和资助对整个国家的空间遥感数据应用技术发展十分必要。世界空间应用发达国家目前仍以国家投入为主,尤其是空间遥感数据应用水平相对落后的发展中国家,在空间遥感数据应用产业化初期,需要政府在卫星研制与技术引进、发射等方面给予资金、政策和信息应用等方面的推动和资助。

(3)逐步形成以企业为主体的数据服务市场。从我国多年的空间遥感数据应用实践来看,限制我国的空间数据服务和应用水平发展的一个重要原因是在空间数据提供者 and 使用者之间缺乏一种自然联系的纽带——商业化服务与管理机制,在这个过程中,通过企业运行机制的引入,可以为空间数据供求双方建立持续、稳定、可靠的商业服务纽带。微小卫星在中国的应用

前景可以概况为以下几点：

①为我国空间信息基础设施(NSII)建设提供充足的数据源。我国的空间信息基础设施建设(NSII)是实现我国国家信息化的重要基础,而‘空间信息共享与服务网络建设’又是实现我国空间信息共享的前提和必要条件。微小卫星的应用,可以为我国的空间信息共享与服务网络体系提供持续、快速、稳定的自主对地观测数据源,增强我国有关部门对空间数据应用的信心,这对于我国国家空间信息基础设施建设(NSII)和促进国民经济腾飞将具有十分重大的战略意义。

②加快我国自主对地观测体系建设。中国科技-1号微小卫星将以引进、消化、吸收国际的先进技术和成熟经验为目标,同时注重国内的科技攻关,有助于在短时间内高效率地掌握国际先进空间信息技术,缩短我国与发达国家的差距,推动我国建立自主对地观测系统建设进程。同时,形成以国家全局性计划发展大卫星为主体(骨干),以部门及民间发展特有功能微小卫星为辅,两者相互结合、互为补充的发展模式。这样,有利于调动部门和企业的积极性,也将加快我国建立自主、可运行对地观测体系的进程。

③促进社会经济可持续发展。我国目前所面临的国土资源过度消耗、水土流失、荒漠化、生态环境恶化、人口快速膨胀、粮食相对匮乏等社会问题亟待治理和解决,如何有效地为政府在解决这些问题的过程中提供真实有效的辅助信息,是遥感技术的主要优势之一,而微小卫星将为这些辅助信息的制作提供强有力的空间数据源保证。

④增强政府科学决策和有效控制的能力。微小卫星可以更多地获得有关地形、土壤类型、气候、植被、土地利用变化以及地学灾害等方面的数据,利用空间分析和虚拟现实技术,模拟人类活动对国家资源环境产生的影响,进而制定有针对性的可持续发展对策。水利、环境监测部门可以利用数字地球提供的遥感土壤侵蚀动态数据叠加数字高程模型,计算出不同时间植被覆盖变化率、地表的坡度及坡向,参考气候等综合信息进行生态环境评价,指出适合耕作和退耕还林、还草的准确区域。

参考文献

- [1] <http://www.crsp.ssc.nasa.gov>
- [2] <http://daac.gsfc.nasa.gov>
- [3] <http://www.auslig.gov.au>
- [4] <http://www.dfd.dlr.de>
- [5] <http://www.ccrs.nrcan.go.ca>
- [6] Sam-Sung Lim. Assessment of geometric accuracy for the system corrected kompsat-1 imagery[C]. The 3rd Korea-China Workshop on SITA Sud, 2000.
- [7] 童庆禧. 面向 21 世纪的遥感[C]. 第 12 届全国遥感技术交流会论文摘要集, 2000.

THE EARTH OBSERVING BY MICROSATELLITE AND ITS APPLYING PROSPECT

LI Zhi-zhong¹, WANG Yong-jiang¹, XU Shao-yu²

(1. *Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Beijing 100083, China* ; 2. *Beijing Twenty First Century Science and Technology Development Center, Beijing 100086, China*)

Abstract : The technology of microsatellite is an important achievement of high integration of space technology, electronic technology, computer technology, optics technology and remote sensing technology, many countries, especially west countries are interested in its development and application. The Space Center of Surrey University of British has developed and designed more than 20 microsatellites for more than 10 countries. Some institutes of our country have a plan of cooperation with Surrey University in absorbing microsatellite technology. Through analyzing the imagery qualities and features of the data that acquired from microsatellite, authors consider it will have good prospects in global disaster and environmental monitoring, agricultural evaluation and resource survey in the near future. In China, developing itself microsatellite technology will have a strong promotion for its space remote sensing application in social sustainable development.

Key words : Microsatellite ; Earth observation ; Remote sensing application

第一作者简介 : 李志中(1963-),男,中国国土资源航空物探遥感中心遥感部主任,中国地理学会环境遥感分会理事,中国地质大学兼职教授,主要从事资源环境遥感应用及遥感图像处理研究,发表学术论文 30 余篇。