



★ ★ ★ ★ ★
“十三五”

国家重点出版物出版规划项目



国之重器出版工程
国防现代化建设

空间科学与技术研究丛书

Minisatellite Technology

星务小卫星技术

李孝同 施思寒 李捷 著

国家出版基金项目

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

国之重器出版工程

空间科学与技术研究丛书

星务小卫星技术

李孝同 施思寒 李捷 著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

星务小卫星技术/李孝同, 施思寒, 李捷著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 6

(空间科学与技术研究丛书)

国家出版基金项目 “十三五” 国家重点出版物出版规划项目 国之重器出版工程

ISBN 978 - 7 - 5682 - 7096 - 0

I. ①星… II. ①李… ②施… ③李… III. ①小型卫星 - 技术 - 研究
IV. ①V474. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 099558 号

出版 / 北京理工大学出版社有限责任公司
社址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮编 / 100081
电话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经销 / 全国各地新华书店

印刷 / 固安县铭成印刷有限公司

开本 / 710 * 1000 mm 1/16

印张 / 33. 25

字数 / 553 千字

版次 / 2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

定价 / 119. 00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前 言

1997年，我国的“现代小卫星”开拓了一种与过去不同的卫星内部业务管理的方法，创建了一个新的卫星平台服务系统，称为“小卫星星务系统”。它实现了卫星的信息共享和星内业务的统一管理。它使卫星设计从顶层开始，用四个标准文档规范了全星设备之间的信息接口，用它们来约束星上设备的设计、制造、验收、环境试验和在轨运行的操控。在借鉴工业自动化技术的基础上，充分考虑小卫星的技术特点，将遥测、遥控、程控、时统、星上设备操控、飞行任务调度、安全自主控制等多项卫星内部业务的管理集成于统一的系统之中，形成一个小卫星的重要信息和决策中枢，作为卫星总体部在星上的代理。星务系统利用将微计算机的可程控接口芯片内嵌到各设备中的技术和星上网，实现了多机分布式的小卫星综合自动化，体现了网络计算、大数据和智能化等多方面的优势，完成了整星的运行管理、自主控制和信息处理。在各分系统和设备中存在卫星总体的代理，在总体内也有对各分系统和设备实现操控的渠道，使星上各种设备相互融合、上下相通、综合一体。实践证明，这是一条成功达到“多、快、好、省”地建造和应用小卫星的技术途径。

“现代小卫星”对我国卫星事业的这种开拓，其关键之一是构建了内嵌的接口模块，人们习惯地称之为星务系统的管理执行单元（MEU），有时也称之为星务下位机。它是一块集成芯片，嵌入星上设备之中，使星上设备的所有信息接口标准化，信息内容可软件定义，并且可方便地更新，使全星的信息可以相互连通和共享，从而解除了总体与分系统、设备之间“过渡中”的相互约束，降低了卫星设计和运行管理的复杂性，提高了整星的可靠性和生产制造的灵活性。同时，它也能够使星上各设备方便地模块化，形成即插即用的产品。



应该注意到，MEU 具有两个显著的特点。其一是，内嵌到设备或分系统之内；其二是，通过星上网与星上其他设备进行信息联系，相互配合，共享资源。这两个特点表明：装有 MEU 的星上设备可以在星务主机的操控之下，进行软件定义和即插即用。它们不仅在地面卫星总装阶段可以施行，在在轨运行阶段也可以通过遥控或自主管理软件实施软件重定义和投入或切除。因此，如果将这两个特点从单颗卫星内部向上转移到航天工程系统或星座、星群，那么星务系统就变成内嵌到单颗星的管理执行单元，它隶属于上级航天大的系统，听其调令，从而通过星地、星间网络的转递，就可以对单颗卫星在轨进行软件定义和即插即用。这就是将要开发的、一种新型的小微卫星技术的出发点，它使在轨卫星形成“体系”应用。为了叙述方便，本书将这种可即插即用又可软件定义的卫星称为“星务小卫星”。本书的目的就是，将我国小卫星事务管理技术（简称“星务管理技术”）二十多年的成功经验和创新内涵，推广到整个小微卫星的设计、制造和运行应用中去。

目前，国内许多小卫星都在星上建立了星务系统。它的存在，使复杂的卫星制造得以简化，使星上的许多分系统被“虚拟化”，使部分硬件功能被软件功能替代，使设备的功能可以软件定义，带来卫星运行管理的灵活性。同时，星务管理技术也使卫星分系统、星上设备容易模块化，使其与卫星总体的接口和信息交换方便，带来总体与分系统的协调融合，使整星运行有序无冲突。在国内外卫星发展过程中，人们大力提倡即插即用卫星，也有人提出软件卫星。本书提出的星务小卫星技术，在继承的基础之上，具有即插即用卫星和可软件定义卫星的双重技术融合、创新。

二十年前，人们就提出了星务管理系统的理念，旨在简化星上信息系统的复杂性，为方便信息应用而增添其灵活性。解决“复杂性”问题，用模块化和集成化的方法；解决“灵活性”问题，用可软件定义。这两者都基于一个公用的计算机平台，用统一硬件架构来支撑“复杂性”和“灵活性”问题的解决。当时人们借助计算机系统的“内嵌和封装”技术实现去复杂化，用 MEU 芯片隔开复杂的交叉；借助“网络化”方便各模块之间的联系，并用星上网 CAN 总线实现灵活性。在著者的前一本书（《小卫星星务管理技术》）中，已经对星务管理系统的基本内容进行了系统的描述，本书将对可软件定义及即插即用小卫星技术的基本概念和实现方法进行描述。此外，本书还提出了一些与常规卫星工程不同的设想或猜测，借以抛砖引玉，促进卫星工程的进步。

本书的基本内容概括如下：

在第 1 章，著者首先搜集了国内外的小微卫星研制情况，为的是寻找差距



和各方面的新思路，借以启迪灵感，进行更好的技术创新。熟悉小微卫星的读者可以跳过第1章，阅读后面的章节。

第2章简要讲述小微卫星的航天任务工程系统，包括：小微卫星的航天任务的特点、小微卫星自动化技术、小微卫星在航天任务中可承担的角色、小微卫星总体工作的基本方法等。在小微卫星可承担的角色部分，本书以较多篇幅讲述无人空间实验室的应用。著者认为目前小微卫星对此关注不多。在某些技术突破后，它可能获得较好的应用效益，也应该是小微卫星关注的很重要的应用领域之一。

第3章从对航天任务的影响的角度来描述空间环境以及对策。在对空间电离层的描述中，著者提出了一个猜想——短波在卫星上的应用的可能性。由于电离层中存在电子、离子，电波在其中传播时有碰撞，产生反射、折射、衰减等，中短波不可能，或很难用于星地间通信。因此，中短波通信在航天任务中一直没有得到应用。其实，如果短波不用于垂直穿透电离层，而用于在电离层内沿横向水平面传送，其距离也可能达数百、数千千米。如果这个猜想成立，等地面高度的小卫星星群之间的通信也可以借助短波，并且传播路径不限于直线。同时，相对于视线传播的UV通信、微波通信来说，短波通信设备要便宜和简单得多。

第4章阐述星务小卫星的体系结构，把它的组成压缩为三个部分，即星务分系统、星体分系统和载荷分系统。该章介绍了星务小卫星的基本元技术：内嵌式技术、封装技术、网络技术、虚拟技术、核心芯片技术。这是近期正在开发的一类小微卫星技术。它试图将我国的小卫星星务技术二十多年的成功经验和创新内涵，推广到整个小微卫星的设计、制造和运行应用中，形成星务型小微卫星。它仿照计算机系统的架构，将全星的控制、处理、存储、通信等集中于一体，形成星上信息管理中心，而传感器、执行机构、其他专用设备形成各种插件板卡外设。这种“中心与插件”可以把卫星的架构体系统一起来，使复杂的卫星制造简单化，使星上的许多分系统“虚拟化”，部分硬件功能被软件功能替代，设备的功能可以软件定义，带来卫星制造的方便性和运行管理的灵活性。同时，基于星务技术，使卫星分系统、星上设备容易模块化，使其与卫星总体的接口和信息交换更方便，带来总体与分系统的协调融合，整星运行有序无冲突。我们开发的星务小卫星技术具有即插即用卫星和可软件定义卫星的双重技术融合。该章接着分别阐述了星体分系统、星务分系统和载荷分系统的架构。星体分系统由星壳、插件和载荷座架组成。星壳、插件承载卫星平台的全部硬件设备。载荷座架配装卫星主载荷。星上许多设备、部分分系统都可以内埋入星壳之内，形成设备与星体的合一。特别是，电缆、热管和光热发电



系统可以内埋入机壳，形成整体建筑。同时，星体整体建筑有利于光热电源系统的开发。星务分系统由各种设备运行软件和整星的测控管软件组成。载荷分系统由载荷信息处理和载荷主体部分组成，不同卫星配置不同的载荷主体。

第5章阐述星务小卫星的制造技术和软件定义方法。它基于现有的小卫星星务系统的建造理念，把它推广到全星的建造中，使其具有开放性、灵活性以及模块化、批量化的特点。第5.2节简要地介绍由美国空军实验室提出的“即插即用卫星”制造技术。第5.3节简要地介绍我们提出的“基于星务管理架构的小微卫星”制造技术，即星务小卫星制造技术。第5.4节简要地对这两种新的卫星制造技术进行对比，阐明其异同点。第5.5节简要地阐述星务小卫星的软件定义方法。第5.6节用星务卫星制造技术，引出群体卫星和分离模块卫星的两个例子。

第6章阐述星务卫星的虚拟化测控管技术。卫星的遥测、遥控和程控技术都是相当成熟的技术。它们是对卫星进行测量、控制和管理的主要手段，在我国小卫星领域统称为“测控管”技术。过去这些测控管产品和系统基本上是采用硬件实现的。国内小卫星早就使用了虚拟遥测技术和虚拟遥控技术，并把它们和程控技术集成在一起，形成一种开放式的星务管理技术。这种新技术省去了大部分原本卫星的遥测硬件设备、遥控硬件设备、程控硬件设备，用软件的功能替换其硬件的作用，形成一种卫星的“软件定义测控管”技术。由于人们习惯使用“虚拟测控管”技术，本书依旧使用“虚拟遥测”“虚拟遥控”“虚拟程控”等术语，它们等同于“软件遥测”“软件遥控”“软件程控”的含义。

第7章首先证明姿控分系统是可以变成虚拟型分系统的，所谓虚拟型即可软件定义。接着，该章给出把复杂的姿控分系统变成虚拟型分系统的一些方法及所采用的技术途径。关于姿控技术，该章阐述了4个特殊的内容。其一是提出姿态测量与姿态控制两项工作的分离。这是因为，姿态确定是一个长周期慢过程，其测量精度取决于姿态确定，要求平稳精准，旨在提高姿态测量的可信度。而姿态控制是一个短周期快过程，为了确保控制的稳定性，要求伴随快速的姿态测量，实现正确的姿态控制。另外，将姿态确定分离后，容易实现姿态信息的融合和姿控运行的智能管理，确保姿态信息不丢失和无大错误，从而提高姿态控制的可靠性和安全性。其二是提出网络姿态控制，测量数据直接从网上获取，测量过程不参与控制过程，为的是使姿控系统虚拟化和姿态信息共享。为此，对星上网协议进行调整，既满足姿控过程控制的“时间”需要，也满足星务管理的“事件”需要。其三是采用“拟人的”逻辑控制设计方法，其简单、易于实现统一决策，方便在线自学习设计，易于实现控制参数自寻优



化，无须线下计算，可避免硬件系统完成后还需要软件调试，在硬件系统联调的同时寻得和自动生成软件参数，从而加快姿控系统的进度。其四是提出“虚拟的”小推力器系统，用飞轮快速、精确地控制姿态，不需消耗推进剂抵消外部的干扰力矩，还能方便地实现逻辑控制。同样，通过星上广播，提供姿态数据服务，供星上各设备使用，实现信息共享。这4个方面都是为了使姿控系统虚拟化、软件化所采取的技术措施。

特别提醒，这些内容除部分做过仿真试验外，还未应用于实际卫星运行中，还需要进一步仔细研究。

第8章阐述小卫星混合电源的理念和星上电源控制运行的管理。该章阐述为蓄电池充放电的双向DC/DC控制电路集成、太阳帆板最大功率点和对日定向双极值控制等。著者提出全数字式太阳帆板电源控制器电路、集成化蓄电池模块和带供电信息管理的电源母线通用插座等概念。带供电信息管理芯片是对原有MEU芯片的补充，专门标记为MEUp。将它用于卫星用电的自主管理，旨在提高卫星供电的安全性和效益。同时，它还可代替星用供电的磁保持继电器硬件，净化星上的磁环境。著者还提出了星上废能的再利用技术和太阳光热发电技术。在卫星中引入多种形式的能源，对卫星的安全是有益的。关于光热发电技术本书没有展开，只是在第4章结合热管、集热器等星壳内埋技术有所提及。

综上所述，本书的内容可分成两个方面。其一是星务的基本理念和实现方法向全星设计、制造和应用方面的转移。特别是内嵌式（MEU芯片）和星上网（CAN总线）都是有实践基础的，可信度较高，也可以借用。其二是新提出的内容：小卫星群星间短波通信的技术、星体系统技术、姿态网络控制技术和统一控制方法、星上多能源和废能的再利用方法等。这些新设想都没有进行充分的实践，只起到抛砖引玉的作用，以引发小卫星的创新。对此请读者酌情处理。著者只是希望读者通过本书看出星务技术开发中“逐步、平稳、无缝”的过程和思想；继承传统的星上设备运行环境，无缝地改造星上网络环境的过程；从当前的技术平稳地提升到新兴技术的过程。和谐、稳定、大同是我国自古以来的思维方法，将之用于小卫星建造，特别是总体设计，会带来许多好处，可以保持小卫星整体平稳、无竞争地正常运行，使小卫星运行于一个宽松、易于配合的环境之中。

李孝同

2018年11月27日



目 录

第 1 章 绪 论	001
1.1 小微卫星的出现	002
1.2 小微卫星需求分析	005
1.3 国外小微卫星发展概况	008
1.3.1 美国小微卫星发展现状	008
1.3.2 欧洲小微卫星发展现状	016
1.3.3 亚洲小微卫星发展现状	023
1.4 我国小微卫星发展概况	028
1.4.1 “希望一号”卫星	029
1.4.2 “希望二号”卫星	030
1.4.3 “珠海一号”卫星	032
1.4.4 “创新一号” / “向日葵一号”卫星	034
1.4.5 “皮星一号” / “皮星二号”卫星	035
1.4.6 “天拓”系列卫星	036
1.4.7 “紫丁香”系列	037
1.5 小微卫星的特点	038
第 2 章 小微卫星工程系统概论	043
2.1 小微卫星的航天任务工程系统	044
2.1.1 航天任务工程系统	044
2.1.2 小微卫星的航天任务的特点	047



2.1.3	小微卫星的航天任务的目标	049
2.2	小微卫星自动化技术	050
2.2.1	卫星自动化技术的内容	050
2.2.2	卫星自动化系统的发展阶段	053
2.2.3	小微卫星自动化系统的进展	058
2.3	小微卫星工程及其进展	061
2.3.1	小微卫星工程	061
2.3.2	小微卫星的发展	061
2.4	小微卫星在航天任务中可承担的角色	067
2.4.1	作为空间的观察平台	067
2.4.2	作为空间的中继站	067
2.4.3	作为空间基准点	067
2.4.4	作为无人空间试验室	068
2.4.5	作为空间星群组合体	069
2.5	小微卫星总体设计	071
2.5.1	小微卫星是一个复杂系统	072
2.5.2	小微卫星总体工作的基本方法	077
2.5.3	总体部的设计工作：总体设计	085
2.5.4	小微卫星总体设计过程的流程再造	095
第3章	近地空间环境对小微卫星的影响	101
3.1	地球引力场	103
3.1.1	地球引力场对运行轨道的影响	103
3.1.2	地球引力场对卫星姿态的影响	109
3.2	地磁场	113
3.2.1	地磁场模型	113
3.2.2	地磁场对航天器的影响	116
3.2.3	地磁场在航天器姿态测量和控制方面的应用	118
3.2.4	减少航天器剩磁矩的控制方法	124
3.3	地球大气	125
3.3.1	标准大气	126
3.3.2	地球大气对航天器飞行轨道的影响	127
3.3.3	地球大气对航天器姿态的影响	131
3.4	电离层环境	132



3.4.1	电离层及其对航天任务的影响	132
3.4.2	短波电磁波在航天任务中的应用猜想	136
第4章	星务小微卫星概述	139
4.1	星务小微卫星的体系结构	141
4.1.1	星务小微卫星的硬件体系结构	141
4.1.2	星务小微卫星的软件体系结构	145
4.2	星务小微卫星的元技术	147
4.2.1	内嵌式技术	147
4.2.2	封装技术	155
4.2.3	网络技术	157
4.2.4	虚拟化技术	158
4.2.5	核心芯片技术	161
4.3	星务小微卫星组成之一：星务系统	161
4.3.1	星务系统的定义	161
4.3.2	星务系统的基本设计思想	163
4.3.3	星务系统的发展阶段	165
4.3.4	星务系统的组成	170
4.3.5	星务系统的功能	172
4.3.6	星务系统的技术特点	174
4.3.7	星务系统的标准文件	179
4.4	星务小微卫星组成之二：星体系统	185
4.4.1	星体系统的定义	185
4.4.2	星体系统的基本组成	186
4.5	星务小微卫星组成之三：载荷系统	192
4.5.1	载荷设备的总体架构	193
4.5.2	光学遥感卫星的载荷系统	198
第5章	星务小卫星的制造技术和软件定义方法	201
5.1	引言	202
5.2	星务小卫星 (XWSat)	206
5.2.1	概述	208
5.2.2	基于星务的新型小卫星 (XWSat) 的架构	214
5.2.3	XWSat 的技术特点	218



5.2.4	XWSat 的关键技术方法	225
5.2.5	XWSat 的生产过程	229
5.3	即插即用卫星与星务小卫星的对比	230
5.3.1	主要目的基本相似：快	230
5.3.2	制造的技术路线不同	231
5.3.3	基本组成结构相同：计算机系统 + 网络	232
5.3.4	集成生产的基本元素（硬件）来源不同	232
5.3.5	星上基本元素（硬件）的架构基本相同： 设备本体 + 计算机系统	233
5.3.6	软件生产方式不同	233
5.3.7	星上网的类型不同	235
5.3.8	星上网运行管理原则基本相同：发布/订阅模型	235
5.4	星务小卫星的软件定义方法	236
5.4.1	软件无线电的硬件架构	236
5.4.2	软件定义卫星的硬件架构	243
5.4.3	星务小卫星（XWSat）的软件定义方法	245
5.5	小结	247
第6章 虚拟（软件）化测控管技术		249
6.1	虚拟遥测分系统及其技术	252
6.1.1	小卫星星务系统的遥测技术	252
6.1.2	统一遥测	257
6.1.3	可控遥测	267
6.1.4	虚拟遥测分系统	269
6.1.5	顶层标准文件之三：遥测数据格式约定	272
6.2	虚拟遥控分系统及其技术	277
6.2.1	遥控分系统的组成	277
6.2.2	PCM 遥控	280
6.2.3	分包遥控和统一遥控	294
6.2.4	虚拟遥控系统	306
6.2.5	顶层标准文件之四：遥控数据格式约定	307
6.3	虚拟程控技术	314
6.3.1	虚拟程控分系统及其技术	314
6.3.2	卫星自主管理	336



6.3.3	全星运行架构与 workflow 管理	350
第 7 章	虚拟姿控分系统及其技术	353
7.1	概述	354
7.2	姿态确定工作从姿控过程中分离出来	356
7.2.1	单周期顺序流程姿态控制	357
7.2.2	快慢双周期姿控并行工作流程	358
7.3	网络姿态控制系统	362
7.3.1	虚拟姿控分系统的架构及其软件可定义方法	362
7.3.2	网络姿控系统的组成和关键问题	366
7.3.3	TECAN 协议	369
7.3.4	TECAN 协议调度算法及其在小卫星姿态控制 中的应用	372
7.4	卫星姿态的逻辑控制	380
7.4.1	从姿态控制的推力器系统谈起	381
7.4.2	卫星姿态的逻辑控制方法	389
7.5	小结	401
第 8 章	电源管理	403
8.1	概述	404
8.1.1	电源分系统的组成和性能提升的方向	404
8.1.2	工作原理和发展	406
8.2	数字分流调节器	409
8.2.1	传统卫星电源的分流调节器	409
8.2.2	数字分流调节器的组成	413
8.2.3	数字分流调节器的工作原理	415
8.2.4	三余度信号表决器的功能	415
8.2.5	数字分流调节器的好处	417
8.3	自主充放电管理的蓄电池模块	417
8.3.1	概述	417
8.3.2	双向 DC/DC 变换器	419
8.3.3	蓄电池控制管理器	432
8.4	太阳能电池阵的两个极值跟踪问题	438
8.4.1	问题的提出	438



8.4.2	自寻优峰值功率跟踪	443
8.4.3	太阳能电池阵对日跟踪	456
8.5	蓄电池的过充过放电保护、蓄电池充电的安时控制和 锂离子电池组的均匀充电控制	464
8.5.1	蓄电池的过充过放电保护	464
8.5.2	蓄电池充电的安时控制	465
8.5.3	锂离子电池组的均匀充电控制	466
8.6	带管理总线的电源母线技术	468
8.6.1	问题的提出	468
8.6.2	带电源管理的星上电网实现技术	472
8.6.3	电源母线管理执行单元：MEUp	474
8.7	分布式电源系统	478
8.7.1	问题的提出	478
8.7.2	光热发电系统	479
8.7.3	废热发电系统	480
	参考文献	481
	索引	489



第 1 章

绪 论





| 1.1 小微卫星的出现 |

随着先进微电子、微机械、新材料和精密加工等技术的发展，大量成熟、可靠、先进的民用、商用产品和技术直接应用于小微卫星，这为小微卫星的发展和空间应用提供了广阔的舞台。

小微卫星具有体积小、重量轻、成本低、研制周期短、任务单一、使用灵活等特点，这使得其具有功能密度高、自主能力强、投资与运营成本低、灵活性好、系统建设周期短、风险较小等优点。

小微卫星可以通过星群、组网编队、分布式部署等方式实现高时间分辨率，进行区域增强，实现目前大卫星难以实现的某些任务；可以通过与其他类型卫星协同配合提高信息获取和传输的灵活性、时效性；可以通过微小卫星在轨进行新技术、新器件、新产品的试验验证，有效推进微电子、微机械、微封装技术的空间应用进程，缩短传统模式研制周期，完善新型航天产品设计研制体系，推动航天新技术的发展。

小微卫星可应用于空间遥感、数据通信、数据传输、地面环境监测、空间环境监测、导航定位、科学试验等诸多领域，但小微卫星走向应用的根本前提在于充分利用小微卫星的成本低、研制周期短和智能化的特点，采用分布式航天器技术，配置十几颗、上百颗，甚至上万颗小微卫星群，形成微纳卫星的编队组网，有效提升小微卫星应用效能、功能密度比，实现功能的强效化、应用



的专业化，拓宽小微卫星的应用途径，突破空间应用范畴，实现单颗大卫星难以实现的功能及性能。

小微卫星的快速发展也离不开进入外太空成本的降低，近年来，一箭多星发射已成为运载火箭技术发展的重要趋势之一，而小微卫星由于其体积包络较小、重量较轻，正是一箭多星发射的最佳载体。2014年6月20日，俄罗斯“第聂伯”火箭成功地将37颗小卫星送入638 km太阳同步轨道，刷新了一箭多星发射的新纪录，其中35颗为小微卫星。2015年9月15日，中国进行了一箭20星发射，其中19颗为小微卫星。2017年2月15日，印度进行了一箭104星发射，其中88颗为美国地球图像公司的鸽群立方星，每颗卫星仅重5 kg。

纵观国外主要航天国家的发展轨迹，小卫星/小微卫星的发展一直没有停滞。美国是世界第一航天大国，推动了小卫星/小微卫星研制和应用的繁荣，而美国自身在很多卫星领域从来都是“大”和“小”齐头并进。小微卫星系统领域发展呈现如下应用趋势：

小微卫星已在多个领域广泛应用，在某些领域正在成为应用的主力；小微卫星已广泛应用于对地观测、电子侦察、通信、导航、空间攻防、空间目标监视、在轨服务、战术快速响应、空间科学探测、空间天气、深空探测和新技术试验等领域，并且已成为空间系统的重要组成部分。由于小微卫星性能的提升，应用卫星的升级换代呈现出质的飞跃。

小卫星的性能得到提升，依托高性能小卫星提供良好的服务；技术的发展使小卫星单星性能尤其是功能密度、敏捷机动能力、卫星寿命得到了大幅提升，高分辨率小卫星将沿着敏捷的路线发展；小卫星的自主生存能力得到了大幅提升。在敏捷能力、分辨率等方面，光学高分辨率敏捷小卫星的分辨率已经优于0.3 m，轨道机动能力优于 $\pm 45^\circ$ ；微波高分辨率小卫星 SAR - Lupe 在聚束成像模式下分辨率已达0.5 m。在卫星寿命方面，美国的 Iridium 小卫星星座已经实现在轨稳定运行10年。在轻小型化方面，以色列优于0.5 m分辨率的光学卫星和优于1 m分辨率的 SAR 卫星的质量仅为300 kg，并在向继续降低质量的方向发展。美欧等国均已通过持续发射实现小卫星的长期稳定运行，保证了数据的连续性，并且将业务卫星发展成多种系列，通过发展不同用户群有效地利用数据。

通过小卫星星座组网和编队飞行得以保持卫星数据的连续性；单颗卫星重访周期至少需要一天半，难以满足观测数据由单点静止数据向全方位动态数据发展的方向。采用小微卫星可以从单一的单星运行模式，发展到星座组网、编