



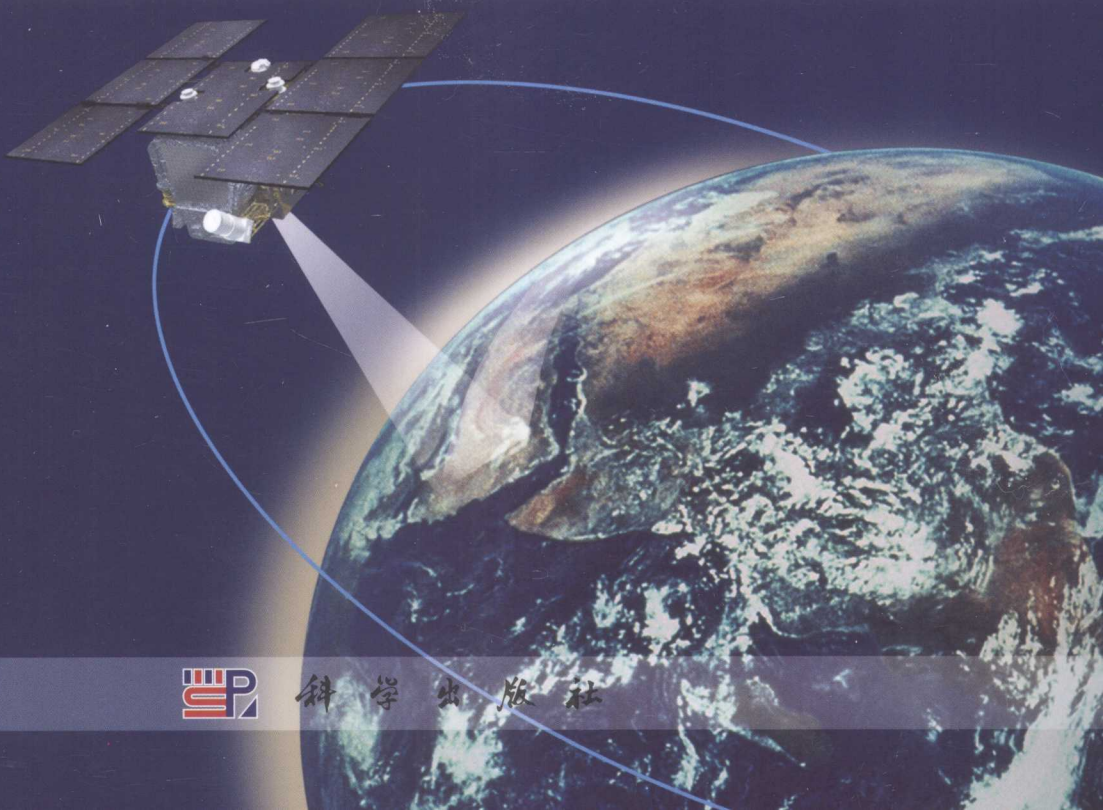
· 空间技术与应用学术著作丛书 ·

微小卫星 总体设计与工程实践

M

朱振才 张科科 陈宏宇 胡海鹰 李宗耀 编著

MICROSATELLITES
GENERAL DESIGN AND ENGINEERING PRACTICE



科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

空间技术与应用学术著作丛书

微小卫星总体设计与工程实践

朱振才 张科科 陈宏宇 编著
胡海鹰 李宗耀

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者多年微小卫星工程实践工作总结,系统涵盖了微小卫星总体方案设计思想和有关的方法,结合微小卫星型号研制案例,介绍了微小卫星总体设计工作内容和最新应用技术进展。

全书共9个章节,第1章为绪论,介绍了微小卫星发展历史以及国内外的发展现状;第2~4章介绍了微小卫星的总体设计方法、约束条件、任务分析与轨道设计,详细阐述了微小卫星总体设计思路,在开展微小卫星总体设计时需要面临的太空环境、运载火箭、卫星测控、运控以及成本的约束条件,并基于需求与约束条件开展任务分析与轨道设计;第5章介绍了微小卫星总体方案设计及其设计内容;第6~8章介绍了当前微小卫星研制的前沿与发展趋势,详述了高功能密度综合电子学技术、自主高效的导航控制技术与灵活通用的结构热控技术;第9章介绍了微小卫星数字化仿真和微小卫星快速集成、测试和各类试验。

本书适用于从事卫星技术研究、开发研制、试验和应用的科研人员、工程技术人员阅读,也可作为高等院校师生以及航天爱好者的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微小卫星总体设计与工程实践/朱振才等编著. —
北京:科学出版社,2016.10
(空间技术与应用学术著作丛书)
ISBN 978-7-03-049986-8

I. ①微… II. ①朱… III. ①人造卫星—设计 IV.
①V423.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第229624号

责任编辑:王艳丽
责任印制:谭宏宇 / 封面设计:殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

苏州越洋印刷有限公司印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年10月第一版 开本:787×1092 1/16
2016年10月第一次印刷 印张:21 插页:2
字数:433 000

定价:110.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

微小卫星技术是当前航天技术领域中最具活力的研究热点和前沿技术。微小卫星充分利用现代微电子、微机械和先进材料等基础技术的最新成果,积极转变传统卫星的研制模式与管理方式,突出高功能密度比、低成本短周期、网络自主协同等特点,力求以最佳性价比取得卓越的应用效果,真正成为功能实用、性能良好、成本低廉、研制快速的现代小卫星,在国民经济、国防建设、科学研究和文化教育等方面发挥巨大的社会和经济效益。

伴随着微小卫星的飞速发展,现有卫星领域相关技术理论和工程实践著作缺乏有效针对性,因此需要从事微小卫星研究和开发的一线科研技术人员,结合工程设计案例,将实际工作中的创新理念和实践经验系统化和理论化,适当吸收和借鉴国内外的先进卫星技术成果,使其形成一部微小卫星总体设计专著,用作今后的微小卫星研制工作参考。

本书涵盖了微小卫星总体设计工作内容和最新应用技术进展,论述了微小卫星总体方案设计有关的方法及技术流程。主要包括微小卫星的概念与范畴,历史及发展趋势;微小卫星总体设计的一般方法,包括总体设计的基本原则、基本方法概述、任务分析、指标分解以及总体方案综合确定方法与流程等;结合实际重点阐述了微小卫星设计的每个阶段,包括卫星设计约束分析、任务与轨道设计、卫星总体方案设计等;最后针对当前微小卫星技术发展中涉及的高密度综合电子、自主高效导航与控制、灵活结构热控、数字化仿真等技术分别进行介绍和分析。全书共9个章节,其中第1章为绪论,介绍微小卫星发展历史以及国内外的发展现状;第2~4章介绍微小卫星的总体设计方法、约束条件、任务分析与轨道设计,详细阐述微小卫星总体设计思路,在开展微小卫星总体设计时需要面临的空间环境、运载火箭、卫星测控、运控以及成本的约束条件,并基于需求与约束条件开展任务分析与轨道设计;第5章介绍微小卫星总体的方案设计方法;第6~8章介绍当前微小卫星研制的前沿与发展趋势,详述高功能密度综合电子学技术、自主高效的导航控制技术与灵活通用的结构热控技术;第9章介绍微小卫星数字化仿真与测试。

本书的特点是以开展微小卫星总体设计为主线,系统地、细致地归纳以往研制过程中建立和应用的设计理论和方法,并辅以工程设计案例,总结其工程经验,论述微

小卫星新技术的发展动向和解决途径,使航天领域的新生力量能在过往的基础之上,进一步解放思想、创新变革,实现微小卫星发展的新突破。

本书在编写过程中得到了中国科学院上海微小卫星创新研究院各总体部、研究所和微纳卫星团队的大力支持,特别感谢余金培、周依林、张锐、张静、诸成、常亮、孙宁、郑珍珍、曹金、付碧红、徐文明、陈有梅、刘武、周美江、刘善伍、夏磊、高爽、李平付、蔡志鸣、高括、刘沛龙、曹彩霞、安洋等同事提供了大量的工程经验和编写支持。

衷心感谢龚惠兴院士、顾逸东院士和李济生院士对本书给予的指导和提出的宝贵意见,在此一并致谢。

本书涉及的研究工作得到了国家 863 计划、基础科研、民用航天以及载人航天的大力支持,本书的出版得到了“国家科学技术学术著作出版基金”的资助,作者在此表示衷心感谢。

本书适用于从事卫星技术研究、开发研制、试验和应用的科研人员、工程技术人员阅读,也可作为高等院校师生以及航天爱好者的专业参考书。微小卫星技术发展迅速,加上作者水平有限,难以全面、完整地就微小卫星总体设计与工程实践的技术一一深入探讨。书中难免存在不当之处,恳请读者批评指正。

朱振才

2016 年 5 月 20 日

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 微小卫星发展历史概述	1
1.1.1 冷战初期	1
1.1.2 20 世纪 90 年代至今	3
1.2 微小卫星特点	4
1.2.1 微小卫星的定义	4
1.2.2 现代微小卫星技术特点	5
1.3 国外微小卫星发展现状	13
1.3.1 皮纳卫星	13
1.3.2 立方星	14
1.3.3 实用型微纳卫星平台	16
1.3.4 中小型卫星	20
第 2 章 微小卫星总体设计方法	24
2.1 总体技术概述	24
2.1.1 总体设计概念	24
2.1.2 总体设计基本原则	28
2.1.3 总体设计实施的基本方法	31
2.1.4 总体方案各阶段设计内容	34
2.1.5 总体设计的迭代与评价	36
2.2 面向需求的任务分析	38
2.2.1 卫星任务要求分解与分析	38
2.2.2 面向任务的卫星轨道选取	40
2.2.3 卫星约束条件分析	42
2.2.4 关键技术分析	43
2.2.5 可行性分析	44
2.3 任务指标分解和确定总体要求	45

2.3.1	卫星总体方案定性比较	45
2.3.2	总体设计技术要求	47
2.3.3	总体方案评价	49
2.4	分系统要求和方案优选	50
2.4.1	卫星分系统组成	50
2.4.2	分系统设计	53
2.4.3	小卫星分系统设计方案优选	64
2.5	卫星总体方案综合和确定	65
2.5.1	总体方案分析与综合	65
2.5.2	总体方案确定	66
2.6	研制技术流程制定	67
第3章	卫星设计约束条件	71
3.1	空间环境分析与效应	71
3.1.1	空间环境分析	71
3.1.2	空间环境效应	81
3.2	运载火箭约束	86
3.2.1	国外的运载火箭概况	86
3.2.2	中国的运载火箭概况	87
3.2.3	质量特性约束	89
3.2.4	环境条件约束	90
3.2.5	包络及机械接口约束	90
3.2.6	功率约束	90
3.3	测控约束	91
3.3.1	国内测控站概况	91
3.3.2	卫星测控的流程	92
3.3.3	影响卫星测控的因素	95
3.4	运控约束	98
3.4.1	国内运控系统概况	98
3.4.2	早期国内运控模式简介	98
3.4.3	某科学试验卫星运控过程	100
3.4.4	卫星运控的发展趋势	101
3.5	成本与进度约束	103
第4章	任务分析与轨道设计	104
4.1	任务规划分析与论证	104
4.1.1	国外研究现状	105

4.1.2	成像原理	107
4.1.3	观测范围与实际覆盖	108
4.1.4	卫星成像任务完整流程	109
4.1.5	规划要素分析	110
4.1.6	敏捷卫星规划特点	111
4.1.7	规划算法	112
4.2	微小卫星轨道设计	114
4.2.1	地球同步轨道	114
4.2.2	太阳同步轨道	116
4.2.3	回归轨道	118
4.2.4	冻结轨道	120
4.3	卫星星座设计	121
4.3.1	星座设计的基本准则	121
4.3.2	Walker 星座	122
4.3.3	编队星座	123
第 5 章	微小卫星总体方案设计	128
5.1	总体参数预算	128
5.1.1	卫星质量预算	128
5.1.2	卫星功耗预算	130
5.1.3	卫星轨道控制预算	132
5.1.4	通信链路预算	139
5.1.5	设计寿命指标分配	147
5.1.6	可靠性设计指标分配	148
5.1.7	精度指标分配	154
5.1.8	其他设计参数分配	157
5.2	卫星总体构型设计与论证	159
5.2.1	构型设计的任务和要求	159
5.2.2	外形设计	162
5.2.3	卫星的布局设计	165
5.2.4	卫星主承力构件方案设计	166
5.2.5	分析论证	169
5.3	数据存储和传输能力设计	171
5.3.1	数据存储容量和数传速率需求	171
5.3.2	遥测数据存储和传输预算	171
5.3.3	载荷数据存储和传输预算	172
5.3.4	数据存储和传输预算流程	173

5.4	控制系统预算	174
5.4.1	控制方式选择	175
5.4.2	干扰力矩估算	176
5.4.3	敏感器精度选择依据	177
5.4.4	执行机构参数估算	178
5.4.5	控制律参数估算	180
5.5	整星信息流设计	181
5.5.1	微小卫星信息流	181
5.5.2	信息流设计	182
5.5.3	数据结构设计	184
5.6	信息软件系统	187
5.6.1	信息软件功能	187
5.6.2	信息软件系统组成和接口	189
5.6.3	信息系统设计	190
第6章	高性能密度综合电子学技术	196
6.1	即插即用的扩展电子学系统架构设计	196
6.1.1	即插即用技术概述	196
6.1.2	即插即用技术需求	196
6.1.3	即插即用的可扩展系统架构	197
6.2	高密度综合电子学技术	199
6.2.1	综合电子系统设计	199
6.2.2	综合电子模块设计	200
6.3	高密度电子学星务管理模块	205
6.3.1	CPU 模块	206
6.3.2	IO 模块	206
6.3.3	AD/DA 模块	208
6.4	空间大容量数据管理系统设计	210
6.4.1	空间数据系统概述	210
6.4.2	CCSDS 概述	210
6.4.3	星载大容量数据管理系统总体设计	211
6.4.4	星载大容量数据管理系统设计	212
6.5	多模式测控模块设计	215
6.5.1	背景介绍	215
6.5.2	主要技术指标	216
6.5.3	技术方案	217
6.6	低电压母线高效电源模块	220

6.6.1	分流调节单元	221
6.6.2	充放电管理单元	221
第7章	自主高效的导航控制技术	223
7.1	微小卫星导航与控制技术发展趋势	223
7.1.1	自主导航与控制技术	223
7.1.2	天文导航与控制技术	223
7.1.3	星座自主导航技术	225
7.1.4	深空探测自主导航与控制技术	226
7.2	姿态敏感器与执行机构	230
7.2.1	姿态敏感器	230
7.2.2	姿态控制执行机构	234
7.2.3	微小卫星 ACS 系统配置实例	236
7.3	灵活指向姿态控制技术	239
7.3.1	控制力矩陀螺	240
7.3.2	反作用球	243
7.3.3	基于导引的姿态控制技术	246
7.4	高效微推进技术	253
7.4.1	微小卫星对高效无毒的需求	253
7.4.2	无毒化学推进技术	255
7.4.3	激光微推进技术	258
7.4.4	液化气推进技术	260
7.4.5	高效电推进技术	261
第8章	灵活通用的结构热控技术	264
8.1	微小卫星结构热控技术发展趋势	264
8.2	通用模块化结构技术	264
8.2.1	模块化概念和特点	264
8.2.2	模块化设计方法	265
8.2.3	模块化设计内容	265
8.2.4	研究方向	269
8.3	多功能结构设计	270
8.3.1	多功能结构的概念和特点	270
8.3.2	功能合并	271
8.3.3	功能融合	273
8.3.4	需要发展的新技术	274
8.4	展开式柔性帆板技术	276

8.4.1	太阳能电池阵的总体构型	276
8.4.2	空间太阳能电池阵基板	277
8.4.3	几种典型的柔性太阳能电池	278
8.4.4	几种典型的柔性太阳能电池阵展开机构	280
8.5	自主热控技术	285
8.5.1	智能热控涂层	286
8.5.2	高导热材料	287
8.5.3	新型热管	288
8.5.4	主动控温手段	288
8.5.5	研究方向	289
第9章	微小卫星数字化仿真与测试、试验技术	292
9.1	数字化设计仿真技术	292
9.1.1	数字化设计仿真的概念与特点	292
9.1.2	数字化设计仿真系统设计	293
9.1.3	数字化设计仿真的未来发展趋势	296
9.2	自动化综合测试	296
9.2.1	自动化综合测试概述	296
9.2.2	自动化综合测试系统设计	297
9.2.3	自动化综合测试系统模块设计	299
9.2.4	自动化综合测试系统应用效果	303
9.3	微小卫星集成	303
9.3.1	集成要求	303
9.3.2	微小卫星集成设计	304
9.3.3	微小卫星集成实施	309
9.4	小卫星环模试验	311
9.4.1	概述	311
9.4.2	小卫星产品的特点	314
9.4.3	小卫星环境试验项目	315
9.4.4	环境试验流程的制定	321
	参考文献	322

1.1 微小卫星发展历史概述

人造地球卫星在不产生歧义的情况下亦称卫星,顾名思义就是由人工模拟卫星制造的航天装置。人造卫星以太空飞行载具如运载火箭、航天飞机等发射到太空中,像天然卫星一样环绕地球或其他行星运行。

50 多年间卫星的发展经历了从小卫星到大卫星后又回到微小卫星的道路。由于运载能力与材料、电子等领域的技术水平以及卫星功能的约束,人类早期的卫星多属于微小卫星,其功能、结构也相对简单。人类发射的第一颗卫星——苏联“斯普特尼克 1 号”属于小卫星,其质量只有约 84 kg,功能也极其简单。而美国第一颗卫星——“探险者 1 号”质量也仅有约 8 kg。冷战前期美苏发射的卫星如美国 Transit 系列卫星、苏联 Elektron 系列卫星,质量均在 1 kg 以下。

1.1.1 冷战初期

1957 年 7 月,是国际地球物理年的起始点,世界各地的科学家计划联合观测诸多空间科学现象。正是在这个科技领域大合作的时期,1957 年 10 月,苏联惊人地发射了人类第一颗人造地球卫星“斯普特尼克 1 号”(Sputnik - 1)。

“斯普特尼克 1 号”(Sputnik - 1)是人类第一颗进入地球轨道的人造卫星(图 1.1),

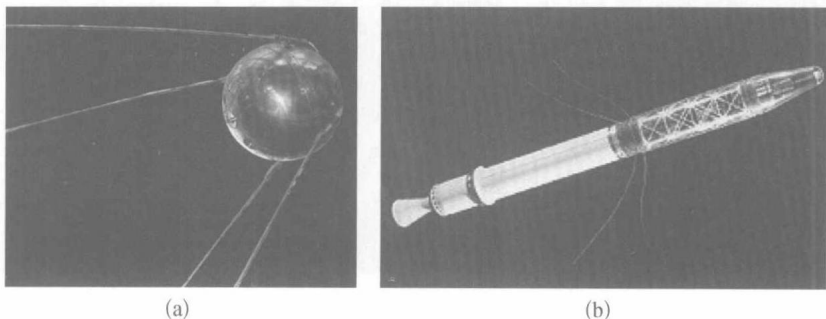


图 1.1 “斯普特尼克 1 号”与“探险者 1 号”

于 1957 年 10 月在拜科努尔航天中心发射升空。由于正值冷战初期,卫星的发射震惊了整个西方政界和科学界。

“斯普特尼克 1 号”升空的科学意义,在于通过量度其轨道变化,研究高空地球大气层的密度,并为大气电离层的研究提供原始资料。另外,在陨石探测方面,由于“斯普特尼克 1 号”卫星内填充了压缩氮气,高温的陨石穿透了卫星表面,导致其内压泄漏,为陨石的极端高温物理特征提供证据。

令美国军方感到惊讶的是,苏联具有可用的运载火箭和成熟的电子技术来发射与控制卫星。美国的第一次发射尝试是美国海军研究实验室的先锋项目。1957 年 12 月 6 日,运载美国第一个试验性人造卫星的“先锋号”火箭,在发射后上升到离开地面才几英尺(1 英尺=0.304 8 米)高就落回地面爆炸烧毁。

受美国军方的授意,美国喷气推进实验室(Jet Propulsion Laboratory, JPL)对卫星技术进行了三个月的攻关。JPL 和亚拉巴马州亨茨维尔美国陆军弹道导弹局(Ballistic Missile Agency)用了 80 天左右组装了一枚四级火箭,搭载 JPL 研发的卫星“探险者 1 号”,于 1958 年 1 月 31 日在佛罗里达州卡拉维纳尔角发射。“探险者 1 号”是美国第一个成功发射的卫星,是人类历史上发射成功的第三颗卫星,晚于苏联发射的世界第一颗地球人造卫星“斯普特尼克 1 号”和同年 11 月 3 日发射的携带小狗莱卡的第二颗卫星。“探险者 1 号”利用其仪器发回关于低轨辐射环境的数据。该航天器检测到范艾伦辐射带,其中詹姆斯·范艾伦是 JPL“探险者 1 号”上得以发现辐射带的设备的主要设计者。

“斯普特尼克 1 号”与“探险者 1 号”成为美苏两国之后持续 20 多年的太空竞赛的开端,太空成为两强的主要竞争点。而此时期美苏两国发射的卫星(包括绕飞其他行星的卫星)以小型卫星为主,如美国探险者后续计划、先驱者计划(Pioneer)、徘徊者计划(Ranger)、探险者科学卫星系列(Explorer)、Syncom 通信卫星、国防通信卫星计划系列卫星(IDCSP)等。苏联方面有代表性的为 COSMOS 系列卫星、探月卫星早期型号(luna Ye)等。

除美苏之外,法国、日本、中国与英国均在 1965~1971 年间发射了各自的第一颗卫星,其质量均属于小型卫星范畴。我国发射的“东方红一号”质量为 173 kg,是以上各国的第一颗卫星中质量最大的,如图 1.2 所示。

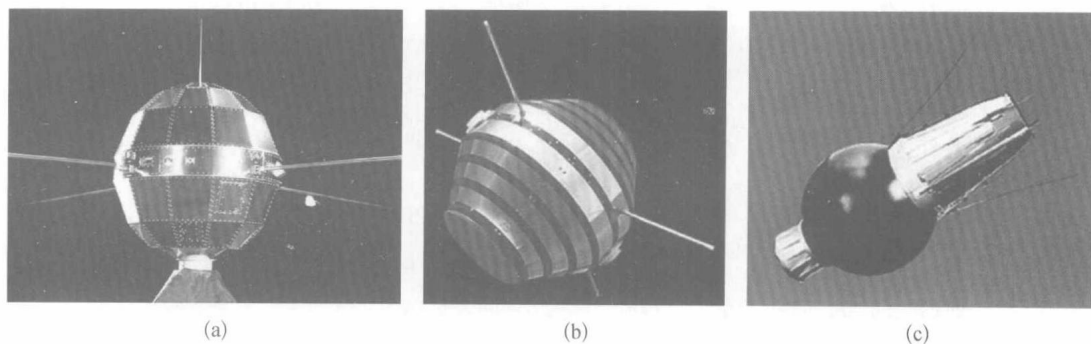


图 1.2 (由左至右)“东方红一号”、法国试验卫星 A-1 和日本“大隅号”

虽然在冷战初期的卫星发射任务政治与军事目的十分醒目,但是毫无疑问的是,卫星技术极大地拓宽了人类的视野,刺激了先进技术的发展。

1.1.2 20 世纪 90 年代至今

以 1970 年为分水岭,至 20 世纪 80 年代末,得益于运载等技术的进步与冷战形势的推动,人造卫星变得越来越复杂,同时质量逐步增加。例如,美军在 1970 年发射的 KH-4B 侦察卫星发射质量达到了约 3 000 kg,苏联发射的第一颗气象卫星 Meteor-1 质量为 2 200 kg,如图 1.3 所示。此期间小型卫星(特别是 50 kg 以下的卫星)的发射数量相较于 60 年代大大下降,这段时期在国际上称为“微小卫星低潮期”,如图 1.4 所示。

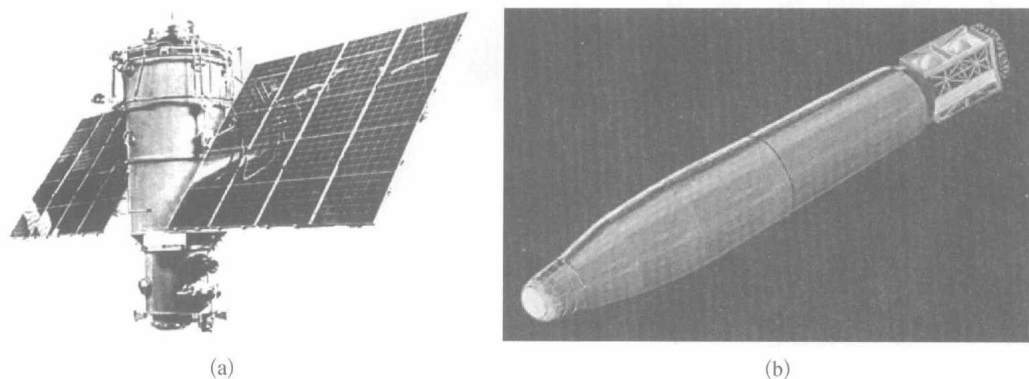


图 1.3 (由左至右)苏联 Meteor-1 与美国 KH-4B

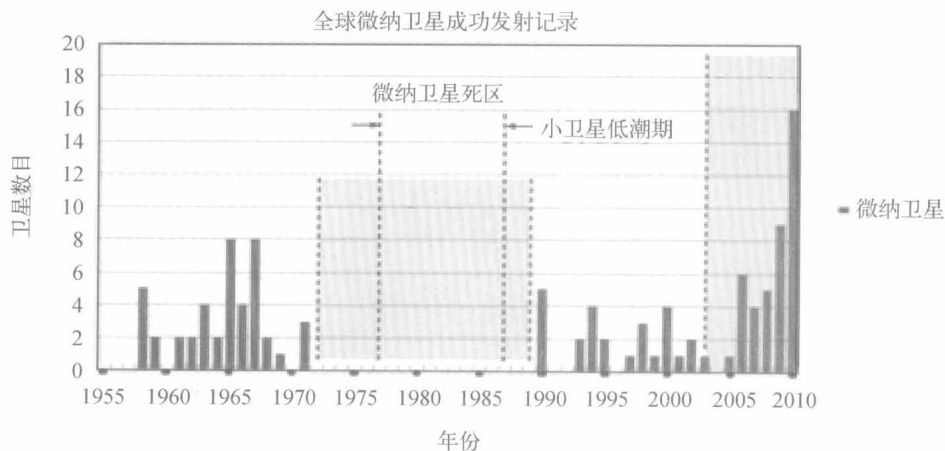


图 1.4 10 kg 以下微纳卫星年发射数量

随着微电子技术、通信技术、材料技术的快速发展,自 20 世纪 90 年代开始,微小卫星凭借其高功能密度、低成本、研发周期短等大卫星不可比拟的优势又重新得到了各国的重视。

自 2000 年至 2012 年,全球共成功发射卫星约 1 206 颗,1 000 kg 以下卫星 497 颗,占发射总数的 41.21%,其中具有实际应用价值(即质量范围在 1 kg 以上)的小卫星占小卫星总数的 94.57%;500 kg 以下小卫星 389 颗,占全部发射总数的 32.26%,如图 1.5 所示。

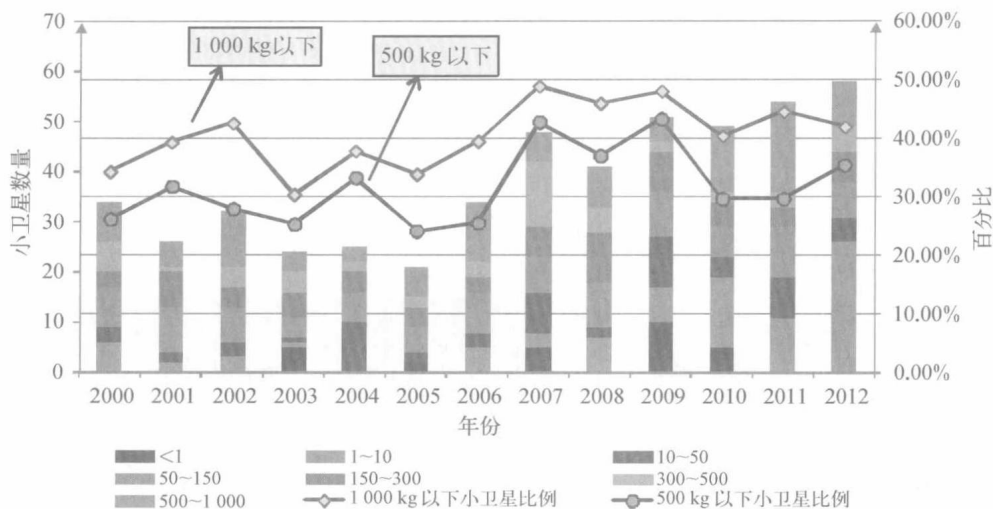


图 1.5 近十余年全球成功发射的小卫星质量分布

2014 年,全球共发射卫星 208 颗,大大超过 2013 年的 107 颗,其中绝大部分是 1 000 kg 以下的微小卫星。特别是以立方星为主的微纳卫星数量为 130 颗,占总发射数量的 63%。近几年,1 000 kg 以下卫星所占比例已稳定保持在 50%以上,小卫星已成为航天活动的主要领域。

而随着民用市场对卫星应用如遥感、通信、科学试验与人才培养等各方面需求逐步旺盛,以 2002 年 SpaceX 的建立为标志,民间资本开始大量涌入航天市场。在航天领域特别是运载领域已经取得了巨大的成就。

1.2 微小卫星特点

1.2.1 微小卫星的定义

目前在世界范围内,对于微小卫星的定义各家众说纷纭,至今并未形成统一的概念。然而仅通过质量来定义小卫星,还远远不足以体现微小卫星作为一种新型卫星设计理念的优势,因为“功能密度”(卫星每千克质量所提供的分系统功能与性能)这一新概念也是区分传统小卫星与现代小卫星的重要指标。

但是目前世界上对于小卫星的定义还是主要集中在其质量上,比较普遍的说法是质量小于 600 kg 的航天器,如英国萨瑞卫星技术中心的定义;有些扩大到总质量小于 1 000 kg,如美国航空宇宙公司(AeroAstro)等的定义。参考国际上通用的划分规则,结合微小化技术发展的实际情况,可以把小卫星划分成四种类型,如表 1.1 所示。

表 1.1 小卫星类别划分

序号	类型名称	定义	主要用途	技术特点
第一类	中小卫星(Small-Sat)	500~1 000 kg	对地高分侦测、低轨通信科学与技术试验等,对大卫星形成补充	能够执行多任务,适应性强,以改进型产品
第二类	小卫星(Mini-Sat)	100~500 kg	多种任务目标的星座组网、编队飞行等	专用或特定能力,优化的性能,满足定制需求
第三类	微纳卫星(Micro-Sat)	10~100 kg	寄生、“F6”型系统	多样的基础设备(COTS),良好的能力,柔性化的性能
第四类	皮纳卫星(Pico/Nano-Sat)	10 kg 以下	特定关键技术、新概念技术验证等	有限的的能力,验证型任务

1.2.2 现代微小卫星技术特点

面对 21 世纪航天器的发展目标,美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)在 20 世纪 90 年代曾经制定了提高民用航天器性能、降低研制费用、缩短研制周期的具体指标,这就是著名的新盛世计划。计划要求在 2000 年前后,美国国家航空航天局要实现以下 8 条目标。

- (1) 航天器总质量减小到目前的 1/10。
- (2) 航天器有效载荷占总质量之比达到 70%。
- (3) 航天器所需功耗降到目前的 1/2。
- (4) 可重复使用的软件通用模块达到 80%~90%。
- (5) 航天器的研制费降低 50%。
- (6) 航天器的运行管理费降低 30%。
- (7) 研制周期从 4~8 年缩短到 1.5~2 年。
- (8) 大幅度增加航天器的年发射数量。

以新盛世计划为纲领,近 20 年来,NASA 不断推动技术革新与管理方式变革,引领了全球卫星技术特别是微小卫星技术的快速发展。先进的微小卫星具有以下非常明晰的技术特点。

1. 先进的微电子技术

1947 年 12 月,美国贝尔实验室研制出晶体管,1958 年,几乎与人类第一颗卫星同步

出现,美国仙童公司 Robert Noyce 与德仪公司基尔比间隔数月分别发明了集成电路,开创了微电子学的历史,微电子技术的爆炸式发展不断地推进着卫星技术的进步,主要体现在先进的微处理器(包括 CPU、SOC、FPGA 等)、微机电技术、综合电子系统三方面。

1) 先进的微处理器

1971 年,英特尔发布了其第一个微处理器 4004,至今各类以超大规模集成电路工艺为基础发展而来的处理器、可编程逻辑器件、片上系统、接口芯片等军工级、工业级微电子器件在卫星上的应用,使卫星的数据能力得到大大加强。

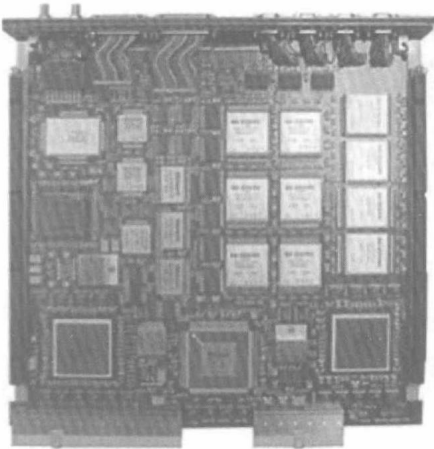


图 1.6 星载单卡计算机 RAD750

2013 年,BAE 系统公司研发的星载单卡计算机 RAD750(图 1.6),是商用器件 PowerPC750 的抗辐照版本,由 BAE 系统公司制造,RAD750 CPU 本身能够承受 200 000~1 000 000 KradSi 的辐射剂量。

RAD750 的特点是性能强悍,主 CPU 芯片容量达到 1 000 万门,采用 0.25 工艺,系统主频达到 166 MHz,内存容量大,标准化接口丰富,提供 3 U 和 6 U 尺寸的 Compact PCI 系统总线接口。

3U Compact PCI RAD750 的主要技术指标见表 1.2。

表 1.2 3 U Compact PCI RAD750 技术指标

项 目	性 能
CPU	主频 133~166 MHz,性能 240~300 MIPS
内存	128MB SDRAM,256K SUROM
系统总线	Compact PCI,3 U 尺寸
功耗	<10.8 W
工作温度	-55~70℃
质量	0.549 kg
总剂量	>100 KradSi
SEU	<1.9E-4 errors/card-day

此计算机作为综合电子系统的核心,负责星务、姿轨控、遥控遥测、姿态敏感器等任务的数据流管理。卫星的定姿、变轨、热控、遥控遥测等功能均由此计算机承担。

2) 微机电技术

微机电系统(Micro-Electro-Mechanical System, MEMS)是指可批量制作的,集微型机构、微型传感器、微型执行器以及信号处理和电路直至接口、通信和电源等于一体的微型器件或系统。MEMS 技术是以半导体制造技术为基础发展起来的。由于采用了