



国防科技图书出版基金

# 星载一体化高分辨率 光学遥感卫星总体设计

Design of High Resolution Optical Remote Sensing  
Satellite with Platform and Payload Integration

金光 徐伟 曲宏松 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

## 内容简介

本书在结合国际高分辨光学遥感卫星技术发展现状及趋势基础上，以实际卫星工程为背景，从应用实践角度出发，系统地阐述了高分多光谱卫星极清视频卫星以及技术验证卫星的总体设计理念及分系统设计，突出平台载荷一体化卫星设计的系统性和工程实用性，是“星载一体化”卫星工程设计及相应理论方面的专著。

本书可供从事卫星和载荷研发、设计和制造的技术人员使用；同时也适合更广泛专业领域的研究技术人员阅读和参考；此外，还可供高等学校学生、研究生、教师参考。

责任编辑：肖 姝 xiaoshu\_0926@163.com  
张新娟  
责任校对：苏向颖  
封面设计：蒋秀芹





国防科技图书出版基金

# 星载一体化高分辨率 光学遥感卫星总体设计

Design of High Resolution  
Optical Remote Sensing Satellite  
with Platform and Payload Integration

金光 徐伟 曲宏松 著

贵州师范学院内部使用

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

星载一体化高分辨率光学遥感卫星总体设计/金光,  
徐伟,曲宏松著. —北京:国防工业出版社,2018.5

ISBN 978-7-118-11512-3

I. ①星… II. ①金… ②徐… ③曲… III. ①高分辨  
率—遥感卫星—设计 IV. ①V474.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 032022 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷责任有限公司

新华书店经售

\*

开本 710×1000 1/16 印张 27¼ 字数 532 千字

2018 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 128.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

## 致 读 者

本书由中央军委装备发展部国防科技图书出版基金资助出版。

为了促进国防科技和武器装备发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。这是一项具有深远意义的创举。

**国防科技图书出版基金资助的对象是:**

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在中央军委装备发展部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由中央军委装备发展部国防工业出版社出版发行。

国防科技和武器装备发展已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。开展好评审工作,使有限的基金发挥出巨大的效能,需要不断摸索、认真总结和及时改进,更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授、以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

## 国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 潘银喜

副主任委员 吴有生 傅兴男 赵伯桥

秘书长 赵伯桥

副秘书长 许西安 谢晓阳

委员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书

(按姓氏笔画排序) 甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 芮筱亭 李言荣

李德仁 李德毅 杨伟 肖志力

吴宏鑫 张文栋 张信威 陆军

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

# 序

人类对太空的探索自古有之,随着 21 世纪科学技术的不断进步,航天技术也随之取得了飞跃的发展。以光学为核心的高性能航天光学遥感卫星是航天技术的重要组成部分,所获取的遥感图像广泛应用于国土资源、农业耕耘、天气预报、灾害预防、地质勘探、海洋监测、城市规划、测绘等各个方面,已经成为国民经济各领域重要的组成部分。

传统光学遥感卫星系统主要分为两大部分:一部分是有特定用途的光学载荷;另一部分是卫星平台。光学载荷是装载在卫星中以光为信息传播的成像装置,卫星平台是保证光学载荷在轨正常运行的软、硬件系统。星载一体化的设计理念是以光学载荷为中心而展开航天光学遥感卫星的设计,设计时兼顾载荷与卫星平台的有机结合,从而优化系统整体性能。星载一体化设计包括:结构一体化设计(提高系统结构强度、刚度、稳定性);控管一体化设计(简化结构、提高精度、反应灵敏、降低功耗);功能一体化设计(相互协调,完成特殊的成像功能模式)。也就是在结构上实现光学载荷和卫星为一体,在控管上做到光学载荷和卫星统一指挥。特别是为了提高时间分辨力,实现敏捷灵巧成像(如卫星大姿态角下的沿轨纯侧摆推扫成像、非沿轨倾斜方向推扫成像、任意方向沿轨推扫成像、对同一景区多幅拼接推扫成像、对一个景区的凝视成像、对同一景区立体推扫成像等)方式时必须做到控管一体化。

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所空间新技术研究室(小卫星技术国家地方联合工程研究中心)自 2006 年成立至今一直致力于星载一体化技术的研究,不论是从理论上还是在实践中都做了很多工作,本书总结了作者及研究团队在高性能平台载荷一体化卫星技术方面取得的最新成果,系统、全面地阐述了星载一体化高分辨率光学遥感卫星总体设计的相关理论与方法,体现了作者的探索与创新。本书融科学性、指导性、实用性、可操作性为一体,为我国高性能光学遥感卫星技术的发展和應用提供了重要参考。

我国在高性能光学遥感卫星制造方面已取得了显著成果,相信在广大科技人员的共同努力下,必将在其理论、技术和工程应用方面取得创新性的突破,推进我国航天技术的蓬勃发展。

王家骥

2018年3月

---

王家骥为中国科学院院士。

# 前言

空间技术是目前世界上最具挑战性和广泛带动性的研究方向之一,是未来国家技术竞争新的制高点。发展空间技术是增强我国经济实力、科技实力、国防实力和民族凝聚力的重要举措。随着各项支撑技术的飞速发展,空间遥感日益成为国家的一个重要战略资源,在国民经济中发挥着至关重要的作用,并逐步朝着产业化的方向发展。测绘、地球环境监测、资源探索等领域对高性能对地观测卫星应用的需求越来越迫切。具体表现在:空间分辨率和幅宽要求不断提高;时间分辨率和图像定位精度要求不断提高;整星测试周期和发射方式要求不断提高;整星重量和功耗约束要求不断提高;卫星寿命与可靠性要求不断提高。

应用系统新的需求给对地观测卫星研制带来了新的挑战。目前,国际卫星研制的技术体制正在朝以载荷为中心的技术体制方向发展,在设计过程中将载荷和平台统筹考虑并实现有机结合,资源兼顾,达到系统最优组合。作者及其研究团队基于在卫星载荷设计方面积累的技术优势长期致力于整星一体化技术的研究工作,经过 10 余年的潜心研究,建立了高性能光学遥感卫星平台载荷一体化技术体系,并形成了一套完备的设计方法,实现了同等分辨率条件下的卫星设计体积更小、刚度更高、精度更准、性能更优。

光学遥感器分为胶片型相机和传输型相机,胶片型相机以胶片为记录介质且图像采用回收方式获取,而传输型相机包括可见光相机、红外相机、高光谱相机、超光谱相机等,本书重点围绕可见光相机介绍星载一体化技术。本书共分为 10 章。在结合国际高分辨率光学遥感卫星技术发展现状及趋势的基础上,从应用实践角度出发,系统介绍了星载一体化卫星设计理念(第 2 章);全面阐述了高分多光谱卫星设计方法,包括高分多光谱卫星总体设计(第 3 章),高分多光谱卫星光学相机设计(第 4 章),高分多光谱卫星分系统设计(第 5 章),高分多光谱卫星空间环境适应性及可靠性、安全性设计(第 6 章),高分多光谱卫星总装、测试及试验(第 7 章);系统性地说明了极清视频卫星总体及分系统设计(第 8 章)、技术验证卫星总体与分系统设计(第 9 章);最后给出了卫星在轨测试与应用领域(第 10 章)。内容安排上突出了平台载荷一体化卫星设计的系统性和工程实用性。

本书撰写过程中,得到作者所在团队——中国科学院长春光学精密机械与物理研究所空间新技术研究室(小卫星技术国家地方联合工程研究中心)全体成员

的大力支持。感谢王旻、王天聪、王绍举、冯汝鹏、朴永杰、刘春雨、闫勇、李宗轩、杨秀彬、吴勇、张贵祥、范国伟、周美丽、郑亮亮、姚劲松、徐振、徐明林、陶淑苹、常琳、章家保、谢晓光、解鹏(以上人名按姓氏笔画排序)在文献资料搜集、插图整理和文稿校对等方面的辛勤付出。

本书凝聚了作者及所在团队多年的科研成果,同时参考和引用了国内外许多专家、学者发表的相关著作和文章。航天科技集团五院西安分院,山东航天电子技术研究所,上海宇航系统工程研究所,上海空间电源研究所,西安微电子技术研究所,电子科技集团 54 所、18 所等单位为本书提供了部分相关素材。

特别感谢本团队首席科学家王家骥院士 10 余年来对研究团队的悉心指导,王院士德高望重、治学严谨、对待工作认真负责,是研究团队每位成员人生道路上的榜样。

特别感谢哈尔滨工业大学曹喜滨教授、孙兆伟教授、徐国栋教授、孔宪仁教授、林晓辉教授、耿云海教授、叶水驰教授、王峰教授的大力支持,陈健、李冬柏、李化义、陈雪芹、董立珉、邢雷和李晖等老师对本书也提出了许多宝贵意见。

本书获得装备发展部的国防科技图书出版基金资助,立项过程中得到基金的评审专家的大力支持以及本书能顺利出版得到国防工业出版社的帮助。在此一并表示衷心的感谢!

由于水平所限,本书难免存在错误和不足之处,敬请广大同行专家和读者不吝指正。

金光

2018 年 2 月

# 目录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第1章 绪论 .....               | 001 |
| 1.1 高分辨率光学遥感卫星技术发展现状 ..... | 001 |
| 1.1.1 美国高分辨率光学遥感卫星 .....   | 002 |
| 1.1.2 欧洲高分辨率光学遥感卫星 .....   | 006 |
| 1.1.3 其他高分辨率光学遥感卫星 .....   | 009 |
| 1.2 高分辨率光学遥感卫星技术发展趋势 ..... | 010 |
| 参考文献 .....                 | 013 |
| 第2章 星载一体化卫星设计理念 .....      | 015 |
| 2.1 星载一体化概念与优势 .....       | 015 |
| 2.2 星载一体化的实现方法 .....       | 016 |
| 2.2.1 结构一体化 .....          | 016 |
| 2.2.2 热控一体化 .....          | 018 |
| 2.2.3 电子学一体化 .....         | 020 |
| 2.2.4 机电热一体化多功能结构 .....    | 022 |
| 参考文献 .....                 | 025 |
| 第3章 高分多光谱卫星总体设计 .....      | 026 |
| 3.1 卫星主要技术指标与技术特点 .....    | 026 |
| 3.2 卫星组成与工作原理 .....        | 029 |
| 3.3 卫星轨道设计与分析 .....        | 030 |
| 3.3.1 设计原则 .....           | 030 |
| 3.3.2 轨道设计 .....           | 032 |
| 3.3.3 轨道特性分析 .....         | 034 |
| 3.4 卫星任务分析 .....           | 039 |
| 3.4.1 高分辨相机需求分析 .....      | 039 |
| 3.4.2 卫星姿态控制需求分析 .....     | 040 |

|                                |                       |            |
|--------------------------------|-----------------------|------------|
| 3.4.3                          | 固存容量、数传码速率需求分析 .....  | 043        |
| 3.4.4                          | 数据传输模式与星地数传链路计算 ..... | 043        |
| 3.4.5                          | 整星能源需求分析 .....        | 044        |
| 3.5                            | 星载一体化构型与分析 .....      | 048        |
| 3.5.1                          | 坐标系与基准 .....          | 049        |
| 3.5.2                          | 卫星总体构型 .....          | 049        |
| 3.5.3                          | 卫星结构布局 .....          | 049        |
| 3.5.4                          | 卫星质量特性 .....          | 056        |
| 3.5.5                          | 卫星结构动力学分析 .....       | 057        |
| 3.6                            | 入轨飞行程序与工作模式 .....     | 061        |
| 3.6.1                          | 入轨飞行程序概述 .....        | 061        |
| 3.6.2                          | 工作模式划分 .....          | 062        |
| 3.6.3                          | 工作模式切换 .....          | 063        |
| 3.7                            | 星上颤振影响评价 .....        | 065        |
| 3.7.1                          | 星上颤振源分析 .....         | 065        |
| 3.7.2                          | 卫星结构传力路径设计 .....      | 066        |
| 3.7.3                          | 卫星颤振影响仿真 .....        | 067        |
| 3.7.4                          | 卫星颤振影响试验 .....        | 070        |
|                                | 参考文献 .....            | 074        |
| <b>第4章 高分多光谱卫星光学相机设计 .....</b> |                       | <b>075</b> |
| 4.1                            | 概述 .....              | 075        |
| 4.2                            | 高分多光谱卫星光学相机概况 .....   | 076        |
| 4.2.1                          | 相机主要功能 .....          | 076        |
| 4.2.2                          | 相机主要性能 .....          | 077        |
| 4.2.3                          | 相机主要技术指标 .....        | 078        |
| 4.3                            | 光学系统设计 .....          | 078        |
| 4.3.1                          | 光学系统参数确定 .....        | 078        |
| 4.3.2                          | 光学系统选型 .....          | 081        |
| 4.3.3                          | 光学系统设计 .....          | 085        |
| 4.3.4                          | 优势对比分析 .....          | 095        |
| 4.4                            | 高分辨成像像移补偿设计 .....     | 104        |
| 4.4.1                          | 像移补偿数学模型 .....        | 104        |
| 4.4.2                          | 偏流角分析与计算 .....        | 110        |
| 4.4.3                          | 像移补偿设计结论 .....        | 117        |

|                               |                   |            |
|-------------------------------|-------------------|------------|
| 4.4.4                         | 偏流调整策略与方法 .....   | 117        |
| 4.5                           | 相机结构与机构设计 .....   | 121        |
| 4.5.1                         | 反射镜组件设计 .....     | 122        |
| 4.5.2                         | 焦平面组件设计 .....     | 127        |
| 4.5.3                         | 调焦机构设计 .....      | 128        |
| 4.5.4                         | 调偏流机构设计 .....     | 129        |
| 4.5.5                         | 桁架组件设计 .....      | 130        |
| 4.5.6                         | 主背板组件设计 .....     | 131        |
| 4.6                           | 相机控制器设计 .....     | 132        |
| 4.6.1                         | 功能概述 .....        | 132        |
| 4.6.2                         | 架构组成 .....        | 132        |
| 4.6.3                         | 相机控制软件 .....      | 140        |
| 4.7                           | CCD 成像电子学设计 ..... | 146        |
| 4.7.1                         | 功能概述 .....        | 146        |
| 4.7.2                         | 架构组成 .....        | 148        |
| 4.7.3                         | 焦平面驱动预放设计 .....   | 148        |
| 4.7.4                         | 视频处理单元设计 .....    | 151        |
| 参考文献 .....                    |                   | 155        |
| <b>第5章 高分多光谱卫星分系统设计 .....</b> |                   | <b>157</b> |
| 5.1                           | 结构与机构分系统 .....    | 157        |
| 5.1.1                         | 分系统概述 .....       | 157        |
| 5.1.2                         | 中心承力筒设计 .....     | 159        |
| 5.1.3                         | 仪器设备安装板设计 .....   | 163        |
| 5.1.4                         | 桁架杆设计 .....       | 167        |
| 5.1.5                         | 太阳能电池阵设计 .....    | 168        |
| 5.2                           | 综合电子分系统 .....     | 170        |
| 5.2.1                         | 分系统概述 .....       | 170        |
| 5.2.2                         | 一体化中心计算机 .....    | 171        |
| 5.2.3                         | 系统总线 .....        | 174        |
| 5.2.4                         | 星务综合管理软件 .....    | 175        |
| 5.3                           | 姿态控制分系统 .....     | 177        |
| 5.3.1                         | 分系统概述 .....       | 177        |
| 5.3.2                         | 姿态控制部件配置与布局 ..... | 178        |
| 5.3.3                         | 系统工作模式设计 .....    | 186        |

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 5.3.4 | 姿态确定算法设计 .....            | 191 |
| 5.3.5 | 姿态控制算法设计 .....            | 192 |
| 5.3.6 | 姿态控制系统故障模式判别与故障对策 .....   | 194 |
| 5.4   | 遥测遥控分系统 .....             | 198 |
| 5.4.1 | 分系统概述 .....               | 198 |
| 5.4.2 | 测控应答机设计 .....             | 199 |
| 5.4.3 | 遥测遥控处理单元设计 .....          | 199 |
| 5.4.4 | 微波网络及天线设计 .....           | 199 |
| 5.4.5 | 遥测遥控信息流设计 .....           | 200 |
| 5.5   | 高速数传分系统 .....             | 201 |
| 5.5.1 | 分系统概述 .....               | 201 |
| 5.5.2 | 数据处理器设计 .....             | 202 |
| 5.5.3 | 编码调制器设计 .....             | 203 |
| 5.5.4 | X波段滤波器、行波管组件及数传天线设计 ..... | 203 |
| 5.5.5 | 固存模块设计 .....              | 204 |
| 5.5.6 | 与高分辨相机接口设计 .....          | 205 |
| 5.6   | 热控分系统 .....               | 206 |
| 5.6.1 | 分系统概述 .....               | 206 |
| 5.6.2 | 主动及被动热控措施 .....           | 207 |
| 5.6.3 | 外热流计算与分析 .....            | 207 |
| 5.6.4 | 散热面设计 .....               | 209 |
| 5.6.5 | 舱内设备热控设计 .....            | 209 |
| 5.6.6 | 舱外设备热控设计 .....            | 211 |
| 5.6.7 | 高分辨相机热控设计 .....           | 211 |
| 5.7   | 电源分系统 .....               | 214 |
| 5.7.1 | 分系统概述 .....               | 214 |
| 5.7.2 | 太阳能电池阵电路设计 .....          | 216 |
| 5.7.3 | 锂离子蓄电池组设计 .....           | 218 |
| 5.7.4 | 电源控制器设计 .....             | 219 |
| 5.8   | 总体电路分系统 .....             | 223 |
| 5.8.1 | 分系统概述 .....               | 223 |
| 5.8.2 | 配电热控管理单元设计 .....          | 225 |
| 5.8.3 | 电缆网设计 .....               | 234 |
| 5.8.4 | 整星接地设计 .....              | 242 |
| 5.8.5 | 卫星与地面接口设计 .....           | 242 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 5.9 新产品试验分系统 .....           | 243 |
| 5.9.1 分系统概述 .....            | 243 |
| 5.9.2 小型控制力矩陀螺设计 .....       | 244 |
| 5.9.3 大容量固态盘存储器设计 .....      | 251 |
| 5.9.4 0-1/数字一体化太阳敏感器设计 ..... | 255 |
| 参考文献 .....                   | 260 |

## 第6章 高分多光谱卫星空间环境适应性及可靠性、安全性设计 .....

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 6.1 卫星剩磁设计 .....              | 263 |
| 6.1.1 磁指标分配 .....             | 263 |
| 6.1.2 磁源控制 .....              | 263 |
| 6.1.3 剩磁测试 .....              | 264 |
| 6.2 卫星 EMC 及空间静电放电防护设计 .....  | 264 |
| 6.2.1 接地与屏蔽 .....             | 264 |
| 6.2.2 卫星射频系统天线布局与工作频率分析 ..... | 265 |
| 6.2.3 接地与搭接 .....             | 266 |
| 6.3 可靠性设计 .....               | 267 |
| 6.3.1 可靠性指标分配与预计 .....        | 267 |
| 6.3.2 系统/单机冗余设计 .....         | 268 |
| 6.3.3 裕度设计 .....              | 270 |
| 6.3.4 软件可靠性设计 .....           | 270 |
| 6.3.5 故障隔离和接口可靠性设计 .....      | 270 |
| 6.4 安全性设计 .....               | 271 |
| 6.4.1 星箭分离及帆板展开安全性设计 .....    | 271 |
| 6.4.2 锂离子蓄电池安全性设计 .....       | 272 |
| 6.4.3 CAN 总线安全性设计 .....       | 273 |
| 6.4.4 双机切换安全性设计 .....         | 274 |
| 6.4.5 系统用电安全性设计 .....         | 274 |
| 6.4.6 关键部件安全性设计 .....         | 274 |
| 参考文献 .....                    | 275 |

## 第7章 高分多光谱卫星总装、测试及试验 .....

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 7.1 卫星总装 .....        | 276 |
| 7.1.1 总装技术状态与流程 ..... | 277 |

|                                 |                   |            |
|---------------------------------|-------------------|------------|
| 7.1.2                           | 单机安装与电缆网铺设 .....  | 278        |
| 7.1.3                           | 总装过程热控实施 .....    | 280        |
| 7.1.4                           | 总装后精度检测 .....     | 282        |
| 7.2                             | 卫星综合测试与试验 .....   | 285        |
| 7.2.1                           | 电性能综合测试 .....     | 286        |
| 7.2.2                           | 整星极性测试 .....      | 294        |
| 7.2.3                           | 整星质量特性测试 .....    | 295        |
| 7.2.4                           | 力学试验 .....        | 296        |
| 7.2.5                           | 太阳翼展开与光照试验 .....  | 297        |
| 7.2.6                           | 热试验 .....         | 299        |
| 7.2.7                           | 整星磁测试与补偿 .....    | 302        |
| 参考文献.....                       |                   | 304        |
| <b>第8章 极清视频卫星总体与分系统设计 .....</b> |                   | <b>305</b> |
| 8.1                             | 视频星总体设计 .....     | 305        |
| 8.1.1                           | 卫星指标及技术特点 .....   | 305        |
| 8.1.2                           | 低成本极清视频设计理念 ..... | 307        |
| 8.1.3                           | 凝视视频成像原理 .....    | 308        |
| 8.1.4                           | 视频星整星构型与布局 .....  | 308        |
| 8.1.5                           | 整星工作模式 .....      | 310        |
| 8.1.6                           | 整星热设计与分析 .....    | 312        |
| 8.1.7                           | 整星供配电设计 .....     | 313        |
| 8.2                             | 视频星分系统设计 .....    | 314        |
| 8.2.1                           | 视频相机 .....        | 314        |
| 8.2.2                           | 结构分系统 .....       | 318        |
| 8.2.3                           | 综合管理分系统 .....     | 320        |
| 8.2.4                           | 测控分系统 .....       | 322        |
| 8.2.5                           | 数传分系统 .....       | 325        |
| 8.2.6                           | 姿态控制分系统 .....     | 326        |
| 8.2.7                           | 电源分系统 .....       | 331        |
| 8.2.8                           | 热控分系统 .....       | 335        |
| 参考文献.....                       |                   | 337        |
| <b>第9章 技术验证卫星总体与分系统设计 .....</b> |                   | <b>338</b> |
| 9.1                             | 技术验证星总体设计 .....   | 338        |

|                                 |                     |            |
|---------------------------------|---------------------|------------|
| 9.1.1                           | 卫星指标与技术特点 .....     | 338        |
| 9.1.2                           | 智能仪器设计理念 .....      | 340        |
| 9.1.3                           | 技术验证星成像模式与原理 .....  | 340        |
| 9.1.4                           | 整星工作模式 .....        | 345        |
| 9.1.5                           | 整星构型与布局 .....       | 346        |
| 9.1.6                           | 整星热设计与分析 .....      | 349        |
| 9.1.7                           | 整星供配电设计 .....       | 349        |
| 9.2                             | 技术验证星分系统设计 .....    | 351        |
| 9.2.1                           | 相机分系统 .....         | 351        |
| 9.2.2                           | 结构分系统 .....         | 357        |
| 9.2.3                           | 综合管理分系统 .....       | 360        |
| 9.2.4                           | 测控分系统 .....         | 362        |
| 9.2.5                           | 数传分系统 .....         | 364        |
| 9.2.6                           | 姿态控制分系统 .....       | 365        |
| 9.2.7                           | 电源分系统 .....         | 369        |
| 9.2.8                           | 热控分系统 .....         | 373        |
| 9.2.9                           | 太阳帆板展开机构分系统 .....   | 375        |
|                                 | 参考文献 .....          | 378        |
| <b>第 10 章 卫星在轨测试与应用领域 .....</b> |                     | <b>379</b> |
| 10.1                            | 高分多光谱卫星在轨测试 .....   | 379        |
| 10.2                            | 极清视频卫星在轨测试 .....    | 384        |
| 10.3                            | 技术验证卫星在轨测试 .....    | 389        |
| 10.4                            | 卫星遥感数据示例与应用领域 ..... | 394        |