

面向应用的航天遥感 科学论证理论、方法与技术

顾行发 余 涛 等 著



科学出版社

面向应用的航天遥感 科学论证理论、方法与技术

顾行发 余 涛 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以航天遥感系统为研究对象,探索面向应用的航天遥感科学论证理论、方法与技术。在对航天遥感系统状态与变化分析和理解基础上,重点考察航天遥感系统设计、制造中与应用紧密相关的因素的论证,特别是对遥感信息、遥感数据、遥感软硬件系统的发展规律进行了探讨;同时,也分析了航天遥感系统发展动力,以及支撑航天遥感系统发展的能力体系。其通过在国家重大项目论证中发挥作用,体现出其科学性,也为提升我国航天遥感论证能力做出了初步贡献。

本书适合于航天遥感领域内的广大科技工作者、工程技术人员及其他相关专业人员参考使用,也可以作为高等院校相关专业的研究生和高年级本科生的教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

面向应用的航天遥感科学论证理论、方法与技术/顾行发等著. —北京:科学出版社, 2018.11

ISBN 978-7-03-058736-7

I. ①面… II. ①顾… III. ①航天遥感—研究 IV. ①TP72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 206355 号

责任编辑:彭胜潮 赵 晶/责任校对:何艳萍

责任印制:肖 兴/封面设计:铭轩堂

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018 年 11 月第一次印刷 印张:32 1/4

字数:770 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



序 一

十几年来，顾行发和余涛等研究人员聚焦对航天遥感系统的认识和对航天遥感系统状态评价与变化趋势的把握，做了切切实实的探索和实践工作。通过综合集成思维方式，将科学论证的理论、方法与实践相结合，在高分辨率对地观测系统重大专项、国家民用空间基础设施、地球综合观测系统、航天强国论证中加以实践。《面向应用的航天遥感科学论证理论、方法与技术》就是把这些理论、方法和成果加以汇集整理而成。

该书的出版对系统化卫星遥感科学论证的探究和实践意义重大。无论是航天遥感技术的重大突破，还是航天遥感学科体系的建设，都需要对航天遥感科学论证研究与实践进行系统全面梳理，开展理论模型进行探究，重视科学论证理论、方法和技术的结合。这样，才能做出符合新时代要求的航天器系统，并培养出具有创新精神和创新能力的航天遥感人才。为了达到此目的，须从理论模型做起，并重视技术方法与应用实践的结合。该书为此做出了努力。

该书所阐述的内容，不仅是传介知识，还提供了新的思维方式，如对遥感信息状态变化规律的认识物化为一套标准的工程过程，很有价值。

科学文化要理论联系实际，实事求是，追求真理。这也是我们走有特色的社会主义道路和建设创新型国家所必需的。著者顾行发研究员和他的团队既有这样长远的认识，又能坚持这么多年的探索和研究。他们是怀着对国家、对航天事业未来的大爱来撰写本书的。

深信该书的出版能促进我国航天遥感领域论证理论研究，并推动我国遥感科学技术的发展做出贡献。航天遥感科学论证需要大量实证研究的支持，也是一项需要积累和不断探索的进程。祝愿顾行发研究员及其编写团队取得更大的成就！

中国科学院院士

王希季

2018年4月20日

序 二

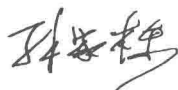
近年来，我国遥感卫星应用迅速发展，中国卫星遥感进入了一个新的发展期。作为一个老航天人，我看到中国航天从无到有、从小到大、从弱到强的奋斗与发展历程，感到万分欣慰；最大的期望就是盼望我们研制的卫星“好用、用好”，真正发挥效益，为国家服务好。

这些年来，我十分高兴地看到该书作者顾行发、余涛等学者一直致力于我国航天遥感工程系统研究。该书系统总结了他们在过去十余年中有关航天遥感科学论证理论与方法、载荷应用技术发展、卫星遥感数据产品质量提升、遥感综合应用服务等方面的主要研究成果。当前，我国运营的在轨卫星数量位于世界前列，应用也出现了大众化、普及化、智能化和实时化的天基信息服务新局面。卫星如何进一步渗透推广到基层，广泛服务于智慧城市建设和民生领域的关键在于如何用好天基遥感信息。该书深入分析了航天遥感信息及其遥感应用新模式，通过构建标准化的数据组织模型，形成了遥感海量数据集群化快速处理模式，与网络深度耦合的“互联网+天基”的实地遥感即时服务模式，以及“互联网+”的云服务遥感协同应用模式。创新驱动发展，特别是作者及其团队在研究县域遥感应用系统架构和应用质量保障方面做出极大的努力，以县域遥感技术为重点，稳固推进民用遥感“千县计划”和“互联网+天基信息应用工程”，并与智慧城市建设紧密结合，积极服务于区域经济社会发展，努力实现遥感技术的“进城下乡接地气”。

这部专著是作者及其团队在常年不懈地实践和辛苦努力下，以提升航天遥感卫星技术水平和能力为目标，以卫星“要好用，要用好”为核心，对长期从事遥感论证研究和实践的系统总结。研究视角新颖，见解独到，认知水平高，应用价值大。

作为航天遥感卫星发展历程的见证人，我为该书的出版深感欣慰；也期盼在此基础上，顾行发等专家、学者砥砺前行，继续全面推动我国航天遥感卫星更好地服务于民生。

中国科学院院士



2018年4月

序 三

习近平总书记提出“发展航天事业，建设航天强国”的战略目标，并指出：“空间技术深刻改变了人类对宇宙的认知，为人类社会进步提供了重要动力，同时浩瀚的空天还有许多未知的奥秘有待探索，必须推动空间科学、空间技术、空间应用全面发展”。我们期望这本《面向应用的航天遥感科学论证理论、方法与技术》的出版将有助于空间应用的创新发展，助力航天强国的建设。

我在组织高分辨率对地观测系统重大专项实施方案编制，国家民用空间基础设施中长期发展规划编制以及建设航天强国发展战略咨询研究的过程中，与顾行发博士、余涛博士多次交流，深化对构建以对地观测数据和各类遥感信息产品为核心的航天遥感系统的研究，明确了以“发展应用卫星及其应用”的主要方向之一。该书对完善航天遥感科学论证理论、推进空间信息科技及应用发展将会起到积极作用。

全书分为两部分：第一部分主要是对面向应用的航天遥感科学论证的总结与思考；第二部分主要是对当前航天遥感系统应用所涉及的一些关键技术与方法的总结与思考，并从系统工程的角度进行了剖析和阐述。书中所描述的航天遥感科学论证的理论方法、技术与实践涵盖了从理论研究、技术方法到工程管理的多个方面，经过作者多年实践的总结与升华，有不少技术与方法的创新，这对航天遥感系统的建设与应用将起到有益的指导作用。进而有助于推动应用模式和商业模式创新，提升我国遥感应用技术水平、能力和应用效益，促进产业化发展。

我们很赞赏航天科技工作者对多年实践经验与创新进行总结，从感性认识上升到理性认识，深化机理，凝练规律，突出创新，不断提升能力与水平，以作出更大贡献！

中国工程院院士 王礼恒

2018年5月

前 言

论证是用一个或一些真实命题确定另一命题真实性的思维过程,即探讨并确定前提、论据、论点合理关系的学问,其作为有关“根、据、观点”的逻辑过程,广泛应用在各个领域。近 20 年来,我国民用卫星遥感逐步从科学试验型向业务服务型转型并快速发展,如何观察、分析、理解、评价、预测、推进与服务民用航天遥感的这一变化过程,导致科学、合理、可靠地评估有关航天遥感发展的主张、方案及所采用的理论、方法、方式与途径等一系列疑问逐步凝聚成一种清晰、具体的需求。经多位有识之士的积极努力,2004 年我国成立了国家航天局航天遥感论证中心(以下简称论证中心)。

开始编写这本书的时候,论证中心已经成立 6 年有余。其经历了我国航天遥感进入跨越式发展的起步阶段,特别关注卫星遥感数据产品质量,新型遥感载荷应用技术发展方式与途径选择,航天遥感系统系统性与高效发展,示范推广与多领域多层次应用模式等议题并开展了深入研讨。这期间,高分辨率对地观测系统国家重大科技专项也完成了论证工作并开始全面实施,有力促进了航天遥感科学论证的发展。完整经历了这一过程,有很多实践经验需要去总结与凝练,以便百尺竿头更进一步,遂萌生了利用“十一五”和“十二五”这两个五年计划衔接期的相对宁静,赶紧记录下那几年不懈努力的成果。到本书付梓之际,论证中心已经 14 岁了,其间经历了我国民用航天遥感系统性建设和应用大发展,包括国家民用空间基础设施规划完成论证并实施,亚太空间合作组织(APSCO)、亚大区域全球综合地球观测系统(AOGEOS)国际合作、航天强国与全球空间基础设施论证等,通过形成事实上的多次迭代,有力促进了有关航天遥感需求牵引与技术推动的统筹、体系化发展途径、国际合作与产业发展模式、基础能力体系构建等方面的思考。

经过十余年的探索,以航天遥感系统为研究对象的遥感论证理论逐渐成型,其应用在航天遥感时空观的理解上,以及航天遥感信息与数据工程理论的构建上,将对遥感信息状态变化规律的认识物化为一套标准的工程过程。其中,提出并实践了遥感信息强度(information intensity function, IIF)与数据信息密度函数(information density function, IDF)模型、信号-数据-信息-知识/智慧-行动环(signal-data-information-knowledge/wisdom-action, SDIKWa)模型、信息-数据-软件-硬件(information-data-software-hardware, IDSH)描述模型、统一产品体系和产品规格标准化模型(uniformed product model, UPM)、系统统一标准单位模型(system standard unit model, SSUM)、应用技术成熟度评价(application technology readiness levels, ATRL)模型、遥感技术发展好的实践过程(good processing practice, GPP)模型、基于产品的航天遥感系统需求提出到需求满足综合分析模型、面向满意度的航天遥感系统综合评价模型、科研工程管理模型(think-plan-do-say-plan-do-check-action, TPDS-PDCA)等多项创新。采用综合集成思维方式,将科学论证的理论、方

法与实践相结合,在高分专项、国家民用空间基础设施、AOGEOSS、航天强国等论证中开展其过程实践。遥感论证仅仅是一个开始,但其前进的一小步,有力促进了对科学论证更加深入的认识,有效配合了当前我国航天遥感科技发展从跟跑到并跑再到局部超越、从“必然王国”向“自由王国”的迈进。

本书旨在提升对航天遥感系统的认识和对航天遥感系统状态评价与变化趋势把握的能力,以探索航天遥感科学论证的理论与方法、系统化卫星遥感科学论证为主要内容,通过以下5个方面体现:①面向应用的航天遥感系统科学论证概念;②航天遥感系统信息论、数据工程论和技术发展规律的初步认知;③航天遥感系统设计、制造与评价中与应用紧密相关参数设定及其变化状态的模型化;④航天遥感系统发展动力模型化;⑤系统性的航天遥感系统能力体系建设。

全书共分11章。第1章主要介绍科学论证定义、航天遥感系统特征理解,以及面向应用的航天遥感系统科学论证等理论知识。第2~第4章介绍对航天遥感状态与变化模型化,通过航天遥感信息论、遥感数据工程论及应用技术成熟度加以体现。第5~第7章分析论证设计与制造过程中关于数据信息产品属性驱动遥感数据获取、传输、信息提取能力优化的关键问题,特别是对卫星应用质量评价的综合论证。第8~第9章从航天遥感系统可持续发展的角度论述了应用技术需求、产业政策与国际合作等需求牵引力的分析。第10~第11章则主要就航天遥感系统创新能力体系中有关设施保障技术条件与工程组织管理技术条件等软硬条件进行了论证。

本书是航天遥感论证中心团队对长期从事航天遥感科学论证研究与实践的系统总结。全书由顾行发和余涛策划、设计、编写、统稿与修改确定,编写团队成员参加完成各章的写作,其中,第1章为郑逢杰、王春梅、柳鹏、赵利民、殷亚秋;第2章为王春梅、郑逢杰、高军、杨健、张周威、李娟、方莉;第3章为郑逢杰、赵利民、王春梅、李国平、李玲玲、刘其悦、米晓飞;第4章为赵利民、郑逢杰、田玉龙、高军、董文;第5章为林英豪、王更科、郑利娟;第6章为黄祥志、臧文乾、王更科、赵亚萌、王栋、张周威;第7章为高海亮、谢勇、王春梅、郑逢杰、刘其悦、孙源、方莉、韩杰;第8章为郑利娟、郑逢杰、林英豪;第9章为米晓飞、董文、余琦;第10章为刘苗、董文、高军、胡新礼;第11章为刘东晖、程洋、魏香琴、熊攀、李斌。这些作者分别来自论证中心的总体组、系统工程组、大气工程组、分类技术组、陆表参数技术组、仿真工程组、定标与真实性检验组、大气科学组等多个团队。

在完成本书过程中得到了有关方面的大力支持与帮助。在本书付梓之际,衷心感谢田玉龙、李国平、肖晶、曾澜、王承文、任志武、田国良、高军、熊攀、赵坚、王程、张如生、刘富荣、卢晓军、乐逢敏、曹俊、杨晓宇、胡朝斌、付朝华、曾开祥、陈秀万等专家在本书成稿过程中的悉心指导与支持。本书得到国防科工局民用航天技术预先研究项目长期的支持,在“十五”末期有关需求与载荷指标论证项目的支持下开展了需求分析方法、应用技术成熟度、产品体系与规格标准化研究。在“十一五”有关应用工程研究项目的支持下完成了科研工程、卫星星群与地面应用系统量化描述、遥感信息与遥感数据工程、效能效益分析的研究。在“十二五”有关质量保证与提升研究项目的支持

下完成了满意度、在轨测试评价、能力体系构建的研究。在“十三五”有关论证理论方法、微小卫星论证等项目的支持下进一步对前期科学论证成果进行总结。大家的支持与帮助成就了论证中心，论证中心的工作也有力支持了国家建设，在此，对各位专家一并表示衷心感谢。

需要强调的是，本书提到的面向应用的航天遥感科学论证理论、方法与技术是在一定时期实践检验基础上的归纳总结，其仅仅是航天遥感论证的一小步，还有大量的内容需要在今后的实践中通过更多人的参加加以发展、加以验证。同时，条条大路通罗马，论证有多种思路与方式，本书展现的仅是其中的一条路，是在我国民用航天转型环境中、一定客观条件下形成的，一切有赖于通过实践验证与判断，对这一点需要读者客观把握。限于作者的知识水平，书中疏漏之处在所难免，恳请读者不吝批评指正。

目 录

序一	王希季/i
序二	孙家栋/iii
序三	王礼恒/v
前言	vii
第1章 航天遥感科学论证理论概要	1
1.1 科学论证基本概念	1
1.1.1 论证定义、作用和形式	1
1.1.2 验证、认证、实证与科学论证	4
1.2 科学论证的关注对象、作用与方法	8
1.2.1 科学论证的关注对象	8
1.2.2 人造事物的特征表现	15
1.2.3 科学论证的目的和作用	20
1.2.4 科学论证的一般方法	22
1.3 航天遥感与航天遥感系统	32
1.3.1 航天遥感基本概念	32
1.3.2 航天遥感系统	34
1.4 面向应用的航天遥感科学论证	44
1.4.1 遥感论证概念与特征	44
1.4.2 遥感论证作用与意义	47
1.4.3 遥感论证结构模式分析	49
1.4.4 遥感论证过程研究分析	53
1.4.5 本书研究内容	57
第2章 航天遥感信息论	59
2.1 航天遥感信息初步认知	59
2.1.1 信息基本概念	59
2.1.2 地球信息	66
2.1.3 航天遥感信息	68
2.1.4 航天遥感信息的多层次应用	72
2.1.5 航天遥感系统信息	76
2.2 地球信息与地球信号信息的场分布特性	77
2.2.1 地球系统观测对象特征参量的场表现形式	77
2.2.2 大气目标特征参量的时空场分布特点	78
2.2.3 陆表目标特征参量的时空场分布特点	81
2.2.4 水体目标特征参量的时空场分布特点	82
2.2.5 观测对象信息场与信号信息场的关系分析	83

2.3 航天遥感信息的采样本质	84
2.3.1 地理学尺度与观测学尺度概念	84
2.3.2 不同应用类型下的遥感尺度分析	86
2.3.3 理想条件下变化检测类型应用中遥感信息量的计算	90
2.3.4 遥感信息强度概念	94
2.4 航天遥感信息的满意度分析	97
2.4.1 航天遥感信息过程的信息状态与变化表现	98
2.4.2 信息传递一致性分析	102
2.4.3 地球信息的复杂性	105
2.4.4 航天遥感信息的局限性与不完备性	106
2.4.5 信息转化传递中推理与演绎过程的不确定性	109
2.4.6 航天遥感信息的满意度概念与属性设定	112
2.5 航天遥感信息工程实现	117
2.5.1 航天遥感信息工程	117
2.5.2 航天遥感信息工程实现的作用意义	120
2.5.3 航天遥感信息工程的实现	121
第3章 航天遥感数据工程论	124
3.1 遥感数据与遥感数据工程	124
3.1.1 数据	124
3.1.2 遥感数据	126
3.1.3 遥感数据工程	131
3.1.4 遥感数据工程意义	135
3.2 航天遥感标准数据产品品种模型	137
3.2.1 遥感产品基本分类	137
3.2.2 基于应用层次的遥感数据产品品种分类模型	140
3.2.3 统一遥感数据产品分级模型	141
3.3 UPM 的规格标准化模型	154
3.3.1 UPM 规格模型概念	154
3.3.2 图像空间分辨率与成图比例尺关系分析	155
3.3.3 面向工程化的遥感数据空间分辨率标准化分级模型	159
3.3.4 空间分辨率标准化分级的作用	166
3.4 遥感数据与空间信息关系的现状及其发展趋势	167
3.4.1 遥感数据标准现状	167
3.4.2 空间信息组织标准现状结构	168
3.4.3 遥感数据工程标准化发展趋势	170
第4章 新型遥感器应用技术发展过程与程度评价模型	172
4.1 新型遥感器应用技术成熟度概念	172
4.1.1 遥感应用技术发展规律与评价方式的认识	172
4.1.2 ATRL 作用与意义	178
4.1.3 ATRL 研究内容	180
4.2 新型遥感器 ARTL 模型构建	182
4.2.1 面向满意度的应用技术发展阶段分析	182

4.2.2	ARTL 的标准化结构	183
4.2.3	基于 ATRL 模型的新型遥感器研发流程与多要素协同	189
4.3	新型遥感器 IDSH 研发与遴选模式构建	192
4.3.1	新型遥感器 ATRL 与 HTRL 关系分析	193
4.3.2	基于 ATRL 与 HTRL 协同的新型遥感器研发方法	195
4.3.3	基于 ATRL 与 HTRL 协同的新型遥感器遴选方法	197
4.3.4	新型遥感器应用技术状态评价技术发展	200
第 5 章	卫星星群组网与载荷配置模型	202
5.1	面向应用产品集的卫星组网与载荷配置概念	202
5.1.1	概念与内涵	202
5.1.2	作用	203
5.1.3	研究内容	203
5.2	标准化卫星观测模型	204
5.2.1	卫星星座轨道模型	204
5.2.2	遥感器探测指标模型	207
5.3	面向应用产品集的卫星种类与载荷配置设计	210
5.4	体系化卫星星群组网设计技术	211
5.4.1	M-N-P 星座设计及优化方法	212
5.4.2	M-N-P 星座设计优化策略	214
5.5	卫星星群发展现状及发展趋势	215
5.5.1	遥感卫星组网体系日渐成熟	216
5.5.2	微小卫星的爆发式发展	217
5.5.3	高轨大卫星的迫切需求	218
第 6 章	网络化航天遥感地面应用系统模型	219
6.1	基于遥感 GRID Cube 的航天遥感地面应用系统概念	219
6.1.1	概念与内涵	219
6.1.2	作用	221
6.1.3	研究内容	222
6.2	GRID Cube 构建模型	224
6.2.1	数据组织模型	224
6.2.2	数据规格化	230
6.2.3	数据标识编码结构	233
6.2.4	数据存储结构	238
6.3	航天遥感网络化地面应用系统模型	244
6.3.1	基于 GRID Cube 的 SDIKWa 闭环流程结构模型	244
6.3.2	基于 SPID 的软件系统总体架构	246
6.3.3	基于 COGON 的网络服务框架	247
6.3.4	多级并发的遥感数据高效处理架构	249
6.3.5	无缝嵌入的灵活信息生产系统构建	254
6.3.6	基于 GRID Cube 的系统应用服务模式	257
6.4	航天遥感地面应用系统发展趋势	260

第 7 章 新型遥感器应用在轨综合评价技术	261
7.1 面向满意度的在轨卫星 ATRL 评价概念	261
7.1.1 卫星应用状态评价定义	261
7.1.2 卫星应用状态评价的作用与意义	263
7.1.3 卫星应用状态评价关注的主要因素	264
7.1.4 卫星应用状态评价的研究内容	266
7.2 在轨卫星技术工程测试评价技术	269
7.2.1 功能测试	269
7.2.2 遥感原始数据质量评价	270
7.2.3 在轨定标	270
7.2.4 卫星遥感 1~5 级数据信息产品初步评价	271
7.3 在轨卫星试应用阶段 1~5 级数据信息产品质量评价技术	272
7.3.1 遥感数据产品几何特性	272
7.3.2 遥感数据产品辐射特性	275
7.3.3 遥感数据产品综合特性	277
7.3.4 1~5 级共性产品真实性检验	278
7.3.5 基于地面实测数据的目标信息产品质量评价	280
7.3.6 多星目标信息产品的质量交叉评价	282
7.3.7 数据信息产品真实性检验的关键问题分析	284
7.4 在轨卫星业务化服务质量评价技术	288
7.4.1 遥感专业应用质量评价	288
7.4.2 遥感应用服务质量评价	289
7.5 卫星应用后评价方法	296
7.5.1 卫星应用后评价概念	296
7.5.2 卫星应用后评价方法	298
7.5.3 卫星应用后 ATRL 评价指标体系	299
7.5.4 卫星应用市场综合后评价方法	304
7.5.5 卫星应用企业综合评价方法	310
7.6 卫星应用评价研究发展现状与趋势	316
7.6.1 卫星应用评价国外研究现状和趋势	316
7.6.2 卫星应用评价国内研究现状	319
7.6.3 遥感数据产品的工具软件	321
第 8 章 面向综合应用的航天遥感系统需求论证方法	322
8.1 面向综合应用的遥感卫星体系需求论证概念	322
8.1.1 概念	322
8.1.2 体系需求论证作用与意义	325
8.1.3 体系需求论证过程研究	326
8.2 体系需求定义与论证模型构建	327
8.2.1 需求关注要素分析	328
8.2.2 应用需求提出到应用需求满足的论证方法	331
8.3 遥感应用综合 UPM 构建与体系需求汇总	332
8.3.1 应用观测对象与产品化分析	332

8.3.2 UPM 属性确定	334
8.3.3 基于 UPM 的体系指标分配设计	335
8.4 基于 UPM 的体系需求评估与认证	337
8.4.1 基于 UPM 的新型卫星设置评价	337
8.4.2 基于 UPM 的体系技术需求满足度预测分析	340
8.4.3 基于 UPM 的体系效能效益预测分析	343
8.5 体系需求分析技术工具	347
8.5.1 UML 和 SysML 系统建模技术	347
8.5.2 SA、OSCAR、SETE 系统仿真技术	348
第 9 章 航天遥感产业政策与国际合作分析方法	350
9.1 概念认识	350
9.1.1 航天遥感产业概念认识	350
9.1.2 航天遥感产业的作用与意义	357
9.2 我国航天遥感产业发展现状分析与主要研究内容	358
9.2.1 起步的“三大战役”	358
9.2.2 现阶段的“三大战役”	359
9.2.3 富有持续竞争力的产业发展关注要素分析	362
9.2.4 我国航天遥感产业研究主要内容	363
9.3 航天遥感产业状态与评价研究	364
9.3.1 航天遥感产业市场与价值体系	364
9.3.2 航天遥感产业生态系统与竞争力分析	366
9.3.3 航天遥感产业周期与成熟度评价方法	375
9.4 航天遥感产业发展战略	377
9.4.1 航天遥感产业发展战略概念	377
9.4.2 航天遥感产业发展战略探讨	379
9.5 航天遥感产业发展的技术创新发展战略	380
9.6 航天遥感产业发展的政策研究	381
9.6.1 产业政策等软环境系统的作用	381
9.6.2 我国航天遥感产业表现形态	383
9.6.3 基于利益平衡的数据政策分析	385
9.7 航天遥感国际合作策略研究方法	391
9.7.1 航天遥感国际合作概念认识	391
9.7.2 国际合作层次分析与评价	395
9.7.3 国际合作综合集成研讨厅分析方法	399
9.7.4 我国航天遥感国际合作状态综合分析	403
第 10 章 面向创新的航天遥感能力体系分析方法	406
10.1 面向创新的航天遥感能力体系概念	406
10.1.1 定义	406
10.1.2 作用	408
10.1.3 研究内容	409

10.2 创新能力体系模型构建	410
10.2.1 组成与关联要素分析	410
10.2.2 整体框架模型	411
10.2.3 流程标准化模型	415
10.2.4 创新能力体系评价指标设计	417
10.3 创新能力体系的能力建设	420
10.3.1 创新研发与论证能力	420
10.3.2 关键发展要素	422
10.3.3 围绕 ATRL 的设计能力	424
10.3.4 制造能力	426
10.3.5 AIT 能力	428
10.3.6 信息化能力	429
10.3.7 设施保障能力	431
10.4 技术试验条件保障要求	433
10.4.1 实验系统	433
10.4.2 计算机系统评价技术条件	439
10.5 建设案例——以航天遥感科学论证能力建设为例	442
10.5.1 航天遥感科学论证系统概述	443
10.5.2 试验验证设施条件建设	443
10.5.3 技术支撑平台建设	445
第 11 章 创新与风险动态均衡的科研工程项目管理方法	448
11.1 科研工程管理的初步理解	448
11.1.1 科研工程项目定义	448
11.1.2 科研工程项目的特点	449
11.1.3 科研工程项目管理的初步理解	451
11.1.4 科研工程项目管理研究内容	456
11.2 科研工程组织构建设计方法	458
11.2.1 课题群设置管理	458
11.2.2 项目总体组和项目经理设置	460
11.2.3 现有管理模式分析	463
11.3 科研工程项目实施管理方法	464
11.3.1 项目策划与计划	465
11.3.2 项目组织与管理设计	469
11.3.3 项目管理实施与 ISO9000 标准	471
11.3.4 DARPA 项目管理	473
11.4 科研工程项目创新风险管理方法	473
11.4.1 战略与决心管理	473
11.4.2 柔性过程支撑管理	474
11.4.3 技术增量管理	475
11.4.4 项目创新动态评价体系	475
11.5 科研工程项目创新成果管理方法	476
11.5.1 航天遥感科研工程项目成果管理过程	476

11.5.2 数据、信息、知识与智慧的管理	479
11.6 项目管理信息化与软件系统介绍	480
11.6.1 信息化	480
11.6.2 项目信息管理软件系统	481
参考文献	482
附录 1 关键词表	493
附录 2 缩略词及中英文全称	494

第1章 航天遥感科学论证理论概要

航天遥感技术发展到现在已经成为一个庞大的体系，呈现出丰富多彩的状态与无限发展的前景。对其有效的认识、理解、预测与应用有赖于认知水平的提高、改造能力的提升及大量的实践活动。科学论证是直接提高认知水平、形成基于共识的有效方法，同时也是促进技术进步与实践活动开展的技术手段。

1.1 科学论证基本概念

1.1.1 论证定义、作用和形式

1. 论证是一种理性思维方式

论证，是用一个或一些真实命题确定另一命题真实性的思维过程，即有关“根、据、观点”的逻辑过程。《辞海》中“论证”的定义是“证明论题和论据之间的逻辑关系。它通过推理形式进行，而且有时是一系列的推理形式，论证必须遵守推理的规则”（孙万国等，2006）。这些定义规定了论证主要要素及结构是论据、推理和论题的关联。论据是论证的基础与依据，是论证所关注对象的已知为真的特性、观点、形式等。推理是论据与论题之间的逻辑联系方式，即用论据来确定论题真假时所采用的形式。论题是其真实性或虚假性需要被确定的判断，即论证者在立论时要证明的观点或主张，或者是在驳论时要批判的观点或主张。论题可以是已被证实或证伪了的判断，也可以是还没有被证实或证伪了的判断。一个论证的论题具有唯一性。

论证的作用在于提供了一种理性的探究论题的思维方式与方法，通过具有共识的逻辑途径使人相信、认可或接受某个观点，帮助人们发现哪些观点优于其他观点，评估不同观点的说服力如何。同时，其也有助于形成批判性的思维方式和怀疑精神，提高判断能力，支撑人对世界的认识与利用。简单地说，即预测、解释、决定和说服。一方面是需要对“说的对吗？”进行分析与评判；另一方面，通过论证，我们提出理由和证据，以及阐明自己的观点，对观点进行解释和辩护，使得其他人接受这个结点，即对“凭什么？”进行详细描述及回答（安东尼·韦斯顿，2011）。这样不仅对观点进行了论证，同时也对论证过程进行了评价。

论证普遍存在于人们的社会生活和生产活动中，涉及人的认知与活动的方方面面，一直是逻辑学的重要关注对象，而人们通常也把逻辑学看做是一门研究论证的科学。逻辑学界围绕论证的概念长期存在着论争，在非形式逻辑兴起之前，论证概念大致归于传统逻辑和现代形式逻辑两个理论传统中（陈波，2003；谢耘，2006）。传统逻辑的论证概念往往对“论证”作一种序列化、结构化的理解，是一系列语句、陈述或命题的组合，具有“前