

博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

成像卫星任务规划 与调度算法研究

王茂才 戴光明 著
宋志明 彭雷



科学出版社



博士后文库
中国博士后科学基金资助出版

成像卫星任务规划与调度算法研究

王茂才 戴光明 宋志明 彭雷 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

随着航天事业的高速发展,我国成像卫星的数量和种类日益丰富,对地观测任务需求日益增多,从而使得成像卫星任务规划与调度问题成为亟待解决的问题。本书面向光学、SAR、电子侦察等多种类型的中低轨对地观测卫星任务规划的应用需求,以作者近年来在成像卫星任务规划与调度问题上的研究成果为基础,主要内容包括载荷侧摆下卫星调度问题、区域目标调度问题、复杂约束多星任务规划问题、动态任务调度模型与算法,以及卫星星座调度性能评价体系构建及系统软件的研发等。

本书适合航天工程实践、航天工程管理、航天技术运用等相关领域的科研人员、工程技术人员阅读,也可作为高等院校有关专业高年级本科生、研究生及高校教师等参考。

图书在版编目(CIP)数据

成像卫星任务规划与调度算法研究/王茂才等著.—北京:科学出版社,2016.11

(博士后文库)

ISBN 978-7-03-050202-5

I. ①成… II. ①王… III. ①卫星图象-研究 IV. ①TP75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 246364 号

责任编辑:苗李莉 李 静/责任校对:何艳萍
责任印制:张 伟/封面设计:陈 敬

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>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年11月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2017年3月第二次印刷 印张: 12 1/2

字数: 249 000

定价: 99.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《博士后文库》编委会名单

主 任 陈宜瑜

副主任 詹文龙 李 扬

秘书长 邱春雷

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

付小兵 傅伯杰 郭坤宇 胡 滨 贾国柱

刘 伟 卢秉恒 毛大立 权良柱 任南琪

万国华 王光谦 吴硕贤 杨宝峰 印遇龙

喻树迅 张文栋 赵 路 赵晓哲 钟登华

周宪梁

《博士后文库》序言

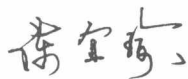
博士后制度已有一百多年的历史。世界上普遍认为，博士后研究经历不仅是博士们在取得博士学位后找到理想工作前的过渡阶段，而且也被看成是未来科学家职业生涯中必要的准备阶段。中国的博士后制度虽然起步晚，但已形成独具特色和相对独立、完善的人才培养和使用机制，成为造就高水平人才的重要途径，它已经并将继续为推进中国的科技教育事业和经济发展发挥越来越重要的作用。

中国博士后制度实施之初，国家就设立了博士后科学基金，专门资助博士后研究人员开展创新探索。与其他基金主要资助“项目”不同，博士后科学基金的资助目标是“人”，也就是通过评价博士后研究人员的创新能力给予基金资助。博士后科学基金针对博士后研究人员处于科研创新“黄金时期”的成长特点，通过竞争申请、独立使用基金，使博士后研究人员树立科研自信心，塑造独立科研人格。经过30年的发展，截至2015年年底，博士后科学基金资助总额约26.5亿元人民币，资助博士后研究人员5万3千余人，约占博士后招收人数的1/3。截至2014年年底，在我国具有博士后经历的院士中，博士后科学基金资助获得者占72.5%。博士后科学基金已成为激发博士后研究人员成才的一颗“金种子”。

在博士后科学基金的资助下，博士后研究人员取得了众多前沿的科研成果。将这些科研成果出版成书，既是对博士后研究人员创新能力的肯定，也可以激发在站博士后研究人员开展创新研究的热情，同时也可以使博士后科研成果在更广泛范围内传播，更好地为社会所利用，进一步提高博士后科学基金的资助效益。

中国博士后科学基金会从2013年起实施博士后优秀学术专著出版资助工作。经专家评审，评选出博士后优秀学术著作，中国博士后科学基金会资助出版费用。专著由科学出版社出版，统一命名为《博士后文库》。

资助出版工作是中国博士后科学基金会“十二五”期间进行基金资助改革的一项重要举措，虽然刚刚起步，但是我们对它寄予厚望。希望通过这项工作，使博士后研究人员的创新成果能够更好地服务于国家创新驱动发展战略，服务于创新型国家的建设，也希望更多的博士后研究人员借助这颗“金种子”迅速成长为国家需要的创新型、复合型、战略型人才。



中国博士后科学基金会理事长

前 言

随着航天事业的高速发展，我国目前已拥有包括光学卫星、SAR 成像卫星、电子侦察卫星等多种类型的对地观测卫星，卫星的数量和种类的增加也使得卫星任务规划问题成为亟待解决的问题。

从对地观测系统支持复杂应用特别是作战应用的角度来看，在现代局部战争中，战役战术级指挥员在进行决策时对于情报保障提出了更高的要求，通常会提出及时获取所需作战区域的战场态势，完成各类伪装目标的发现和识别，发现、识别和跟踪陆上/海上大型移动目标等复杂类型的观测任务请求，以确保指挥员能够快速准确有效地获取战场态势及敌方情报信息，辅助指挥员作出正确的作战决策；在突发事件处理上，如汶川地震、洪涝灾害的应对上，也需要多种类型的卫星对灾区进行配合观测，以获得准确受灾数据，为及时有效的救灾行动提供依据。这些观测任务请求通常具有更高的时效性、信息获取准确性和任务观测的协同性要求，往往需要多颗多类型卫星进行配合观测才能完成，这就对对地观测系统的快速反应能力、任务协同观测能力和准确获取信息的能力提出了更高的要求。研究多类型卫星联合下的任务规划技术，对于对地观测系统满足更多类型的观测任务请求具有重要意义。

从对地观测系统效能发挥的角度看，我国拥有的对地观测卫星无论在数量上还是种类上都得到快速增长，这使得卫星任务规划管理的复杂度大大增加，现有的各类型卫星独立管理的工作模式已经无法满足未来发展的需要。如何有效整合所有可用的观测资源，实现对这些观测资源的统一管理和任务规划，使这些观测资源能够协同工作，充分发挥对地观测系统的效能，是亟待解决的一个重要问题。因此，研究多类型卫星联合任务规划技术，对于对地观测系统充分发挥其系统效能，全面提高应用水平具有重要意义。

从对地观测系统服务国民经济建设和社会发展的角度看，我国《航天发展“十一五”规划》要达到的主要目标之一就是“加强对地观测卫星领域的顶层统筹规划和综合利用，初步形成全球、全天候、全天时、多谱段、不同分辨率、稳定运行的卫星对地观测体系。提高卫星业务测控能力；实现遥感卫星对全球数据的准实时获取”。我国已经计划在“十一五”期间建立由 60~70 颗卫星组成的空间信息系统以服务国民经济建设和社会发展。未来一段时间内，我国遥感对地观测的发展趋势是从中分辨率延伸到高分辨率，从单角度跨越到多角度和立体测绘，从空间维

拓宽到光谱维,向综合、一体化体系方向发展,大、小卫星结合,光谱分辨率、空间分辨率和时间分辨率重复交叉,光学与微波并举,窄、宽视场兼有,建立一个高、中、低轨道结合,大、中、小卫星协同,粗、中、细、精分辨率互补的全球综合对地观测信息网络系统,对地观测卫星将具有更强更完善的能力,从而能够更好地服务于国民经济建设中的更多领域。研究多类型卫星联合下的任务规划技术,通过多类型卫星的配合,提高对地观测卫星系统的对地观测能力,对于将对地观测系统应用于更多领域具有重要意义。

目前关于卫星任务规划的研究大多针对单类型卫星,面向简单观测任务请求展开,考虑卫星观测过程和载荷约束相对简化,通常未能充分利用载荷的侧摆性能,缺乏面向多类型卫星、多类型观测任务请求尤其是动态复杂任务请求的卫星任务规划方法和技术。

本书面向光学、SAR、电子侦察等多种类型的中低轨对地观测卫星联合任务规划的应用需求,以多类型对地观测卫星为手段,以满足多种类型的观测任务请求为出发点,在总结分析国内外相关研究工作的基础上,对成像卫星任务规划与调度问题进行了深入的分析和研究。书中针对点目标调度问题进行分析,提出了载荷侧摆情况下多星点目标调度模型,并基于单目标优化思想和多目标优化的思想设计了相应的求解算法;书中针对区域调度问题进行了分析,提出了考虑载荷侧摆情况下的区域调度问题优化模型,并基于遗传算法,设计了参数优化求解算法;书中针对复杂约束下多星多任务调度与规划系统的特殊性,构建了一种复杂约束优化模型,设计了一种多种群进化求解算法;针对对地观测卫星在执行初始侦查计划的过程中经常遇到的各种突发事件的情况,以最大化任务综合收益、最小化原调度计划的干扰为目标,建立了合理的二级动态调度模型,设计了高效的动态调度算法;采用层次分析法构建了星座性能评估体系层次结构模型,设计了一个目标明确、较为全面、合理可行、扩展性强的星座性能评估体系,对所设计的各项性能评估指标进行了定性与定量的分析描述,设计开发了一个集卫星星座构建、场景管理、调度规划、星座性能评估和分析、调度方案和性能评估结果的可视化展现和星座仿真于一体的决策支持系统。

本书共7章,主要内容包括:第1章对卫星任务规划问题及基本概念进行了介绍;第2章对卫星任务规划问题的国内外研究现状及其常见模型进行了分析;第3章对载荷侧摆下卫星调度问题进行了研究;第4章对区域目标调度问题进行了研究;第5章对复杂约束多星任务规划问题进行了研究;第6章对动态任务调度模型与算法进行了研究;第7章对卫星星座调度性能评价体系进行了研究。

本书的出版工作得到中国博士后科学基金会博士后优秀学术专著出版基金的资助,本书的研究工作得到“十一五”民用航天预先研究项目、“十二五”民用航

天预先研究项目、国家自然科学基金面上项目 (No.41571403、No. 61472375)、中国博士后科学基金特别资助 (No. 2012T50681)、中国博士后科学基金面上资助 (No. 2011M501260), 以及湖北省博士后科学基金等项目的资助, 在此表示深深的谢意!

中国国际战略学会安全战略研究中心陶家渠研究员为本书的研究工作提供了很多帮助。中国地质大学(武汉)空间信息工程实验室的李晖、王力哲、陈晓宇、武云、胡霍真、程格、朱怀军、王雷雷、肖宝秋等做了大量细致的研究工作。总之, 本书是实验室集体智慧的结晶。

由于作者水平有限, 书中不妥之处在所难免, 恳请专家、读者批评指正。

作者

2016年7月

目 录

《博士后文库》序言

前言

第 1 章 概述	1
1.1 卫星规划概念	1
1.2 卫星规划调度问题类型	2
1.3 卫星任务规划问题的特点分析	3
1.4 卫星规划问题的复杂性	11
参考文献	13
第 2 章 卫星任务规划技术研究现状	14
2.1 任务规划问题研究现状	14
2.2 卫星任务规划问题研究现状	16
2.3 成像卫星任务规划常用模型	21
参考文献	23
第 3 章 载荷侧摆多星点目标调度算法	27
3.1 相关计算	27
3.2 调度模型	29
3.3 调度算法	30
3.4 仿真算例	33
参考文献	58
第 4 章 区域目标调度问题优化设计	59
4.1 区域调度问题求解步骤	59
4.2 区域调度问题数学描述	60
4.3 区域调度问题求解模型	62
4.4 区域调度中的关键问题	64
4.5 参数优化求解方法	71
4.6 活动选择求解方法	75
4.7 区域调度规划的实现	76
参考文献	80

第 5 章 复杂约束多星任务规划	81
5.1 复杂约束下多星多任务规划问题模型	81
5.2 复杂约束下多星调度算法	87
5.3 测试数据	93
5.4 实验及结果分析	94
参考文献	102
第 6 章 任务动态调度模型与算法	103
6.1 成像卫星任务动态调度问题	103
6.2 成像卫星任务动态调度模型	104
6.3 算法详细设计	109
6.4 实验与分析	117
参考文献	130
第 7 章 卫星调度性能评价及系统研发	131
7.1 概述	131
7.2 卫星轨道参数分析	137
7.3 卫星对地覆盖分析	142
7.4 卫星星座系统优化设计	145
7.5 星座性能评估体系设计	148
7.6 决策支持系统设计与实现	160
7.7 软件实现	165
参考文献	183
编后记	185

第 1 章 概 述

1.1 卫星规划概念

对地观测卫星是一类利用卫星遥感器对地球表面、地形地貌、能源矿藏,以及低层大气进行探测从而获取有用信息的一类卫星(戴光明和王茂才,2009)。由于对地观测卫星具有全天候、全天时广域覆盖范围、不受空域国界限制等特点,已经成为勘探和研究地球资源的重要手段,被广泛应用于农业监测、大地测绘、植被分类与农作物生长态势评估、自然灾害监测、大型基础设施建设项目管理、战场态势与情报侦察,以及地面军事目标识别等领域(童敬华,2013)。

依据携带传感器类型的不同,对地观测卫星通常分为可见光、红外、多光谱、高光谱、超广谱、SAR、电子侦察等多种类型;依据卫星担负的任务不同,对地观测卫星可以分为成像卫星、电子侦察卫星、测绘卫星、气象卫星、预警卫星和海洋监视卫星等若干种类;依据轨道高度不同,可以分为低轨、中轨、高轨卫星(王永刚和刘玉文,2003)。不同类型的卫星各自具有相应的优缺点,在这些卫星中,应用最为广泛的主要是中低轨卫星(一般认为低轨卫星的轨道高度低于1000km),包括成像卫星(光学成像、SAR成像)、电子侦察卫星等(苑立伟等,2004)。

卫星任务规划在整个对地观测过程中起着关键作用,其结果直接影响到对地观测卫星系统的任务执行。而且卫星规划过程中需要牵涉多种规划要素,包括参与规划卫星资源、数传资源、观测任务请求,以及其他影响规划的因素。面向参与规划的多类型卫星资源和多类型数传资源,如何进行规划以满足多种类型的观测任务请求,对卫星任务规划提出了新的挑战(贺仁杰等,2011)。

面向单颗卫星的任务规划主要需要确定卫星在什么时刻,以什么模式,对什么任务进行多长时间的观测,并在什么时刻,进行什么任务的数据传输等,使卫星的观测效益最大。在早期,各国的卫星属于不同的部门、公司所有,主要采用单星管理模式,由各自的机构负责管理;每颗卫星及其应用系统自成体系,如法国 SPOT-5 卫星系统、美国 Landsat 7 卫星系统、美国 EO-1 卫星系统等,这些系统每次只针对单颗卫星进行卫星观测计划的制订。

多类型卫星联合任务规划主要面向多类型卫星资源、多类型数传资源和多种类型的用户观测任务请求,力求在观测资源、数传资源和用户观测请求之间建立

一种优化无冲突的关联关系，确定参与规划卫星的观测动作和数据传输动作，使总的收益最大(郭玉华，2009)。具体来说，多类型卫星联合任务规划即是确定使用哪些类型的哪几颗卫星，在哪些时刻，以哪些模式，对哪些观测任务，进行多长时间的观测，并在哪个时刻向哪个地面接收站传输哪些数据的问题。

随着航天事业的高速发展，我国目前已拥有包括光学卫星、SAR 成像卫星、电子侦察卫星等多种类型的对地观测卫星，卫星的数量和种类的增加也使得卫星任务规划问题成为亟待解决的问题。《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015~2025 年)》明确提出：按照一星多用、多星组网、多网协同的发展思路，根据观测任务的技术特征和用户需求特征，重点发展陆地观测、海洋观测、大气观测三个系列，构建由七个星座及三类专题卫星组成的遥感卫星系统，逐步形成高、中、低空间分辨率合理配置、多种观测技术优化组合的综合高效全球观测和数据获取能力(国防科工局，2016)。统筹建设遥感卫星接收站网、数据中心、共享网络平台和共性应用支撑平台，形成卫星遥感数据全球接收与全球服务能力。我国已经计划在“十一五”期间建立由 60~70 颗卫星组成的空间信息系统以服务国民经济建设和社会发展。未来我国将建立一个高、中、低轨道结合，大、中、小卫星协同，粗、中、细、精分辨率互补的全球综合对地观测信息网络系统(岳涛等，2008)，对地观测卫星将具有更强更完善的能力，从而能够更好地服务于国民经济建设中的更多领域。研究多类型卫星联合下的任务规划技术，通过多类型卫星的配合，提高对地观测卫星系统的对地观测能力，对于将对地观测系统应用于更多领域具有重要意义。

1.2 卫星规划调度问题类型

对地观测卫星规划调度问题，有很多种不同的分类标准与方法。按照不同的分类标准与方法，可以分为四种不同的调度类型(李玉庆，2008)。

1.2.1 根据航天器数量分类

根据参与规划调度的航天器数量，分为单星调度问题和多星调度问题。对于单星调度问题，研究对象通常为一个航天器。通常在确定航天器轨道信息以及其他相关信息的情况下，对航天器的观测活动进行规划与调度；对于多星调度问题，研究对象为多个相互协同的航天器，通常以卫星组网的形式提供对地观测服务，各个航天器的轨道和观测能力各不相同，通过多星协同的方式对其观测活动进行规划与调度。

1.2.2 根据有效载荷数量分类

根据航天器所携带的有效载荷的数量，卫星规划调度可以分为单载荷调度问题和多载荷调度问题。对于单载荷调度问题，各航天器只携带一个载荷，调度的目的就是在满足航天器、有效载荷的各种约束条件的前提下，确定有效载荷的观测活动序列，并使获得的观测效益最大；多载荷调度问题除了要考虑单载荷调度中所涉及的各种约束条件外，还需要考虑各个有效载荷之间的相互协同问题，以及各载荷协同工作所产生的新约束条件。

1.2.3 按照观测目标的类型分类

根据观测目标的类型，卫星规划调度可以分为点目标调度问题和区域目标调度问题。需要说明的是，此处的点目标并非严格数学意义上的抽象点，而是指卫星可以在一次单一的观测活动中完成对任务目标的观测，也即任务目标的范围在卫星的一次观测能力范围之内。区域目标是一个广义的概念，通常指任意形状的区域，一般可用一个多边形来描述，区域目标的范围超出了卫星的一次观测能力，需要卫星进行多次观测活动才可完成，通常将区域目标分解为多个矩形条带，每个矩形条带在卫星的一次观测能力范围之内。

1.2.4 按照所处的工作环境分类

根据卫星所处的工作环境，卫星规划调度分为静态调度和动态调度。在静态调度中，卫星执行任务的环境是确定已知的，并且在任务执行过程中不再改变，调度方案一旦确定就不再改动。而在动态调度中，卫星执行任务的环境受各种不确定因素的影响，随着调度方案的执行，卫星所处的工作环境也会发生改变，因此在规划调度方案生成的过程中，必须随环境的变化而随时更新调度方案。

1.3 卫星任务规划问题的特点分析

1.3.1 载荷特点分析

1. 光学传感器观测过程及载荷特点

通过安装照相机或摄像机从卫星上对地进行摄影观测的卫星称为光学成像卫星；光学卫星主要利用目标和背景反射或辐射的电磁波差异来发现和识别目标（王永刚和刘玉文，2003）。光学成像卫星具有多种类别，按卫星星载有效载荷种类，

主要分为可见光、红外、多光谱等。光学遥感器成像方式有画幅式、推扫式和全景式等，国内外采用最多的成像方式是 CCD 阵列推扫式成像。

虽然某些现代光学卫星同时具有多种形式的侧视能力，本书只针对具有垂直于卫星飞行方向侧视能力的光学卫星展开研究。当卫星侧视观测时，把卫星相机中心角与卫星与地球中心连线的夹角称作卫星侧视角。卫星能在一定的侧视角范围内以任何侧视角进行观测动作，把这个侧视角范围称为最大观测角度，把最大能够覆盖观测的区域称作最大覆盖范围；每一个侧视角下可以对一定角度范围内的区域进行观测，把这个可视角度范围称作视场角，把相应的观测区域称为观测条带，不同的侧视角对应了不同的卫星观测条带，它们之间的关系如图 1-1 所示(王钧, 2007; 祝周鹏, 2013)。

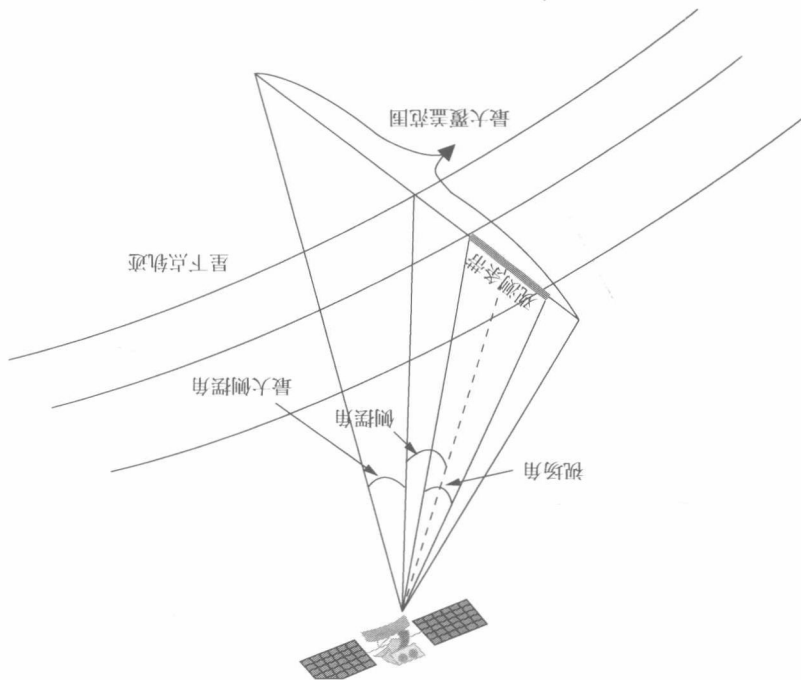


图 1-1 光学卫星对地观测过程

光学成像卫星成像特点有以下三种。

- (1) 可见光成像卫星的地面分辨率最高，而且其拍摄的图像与人眼看到的景物是相配的，辨认和识别非常方便，因此是应用最为广泛的卫星类型之一；但缺点是受天气和光线条件影响较大，夜间和云层较厚时无法对目标成像，而且只能获得目标的表层信息。
- (2) 红外成像卫星可获得目标的热图像，并且不论昼夜都能有效地进行工作，

可使卫星具有夜间侦察和一定的识别伪装的能力，但和其他光学成像手段一样，对云层覆盖的区域无能为力，而且不如可见光成像分辨率高。

(3)多光谱扫描仪可使卫星具有夜间侦察和目标伪装识别能力，可以获得更多的目标属性信息，但分辨率较可见光成像分辨率要低。

2. SAR 观测过程及载荷特点

合成孔径雷达(SAR)是一种全天候、全天时的现代高分辨率微波侧视成像雷达(袁孝康, 2003), 它是一种主动微波遥感仪器, 通过卫星上的雷达天线不断发射脉冲信号, 并接收地物反射信号来获取地物信息。SAR 卫星能克服云雾雨雪和夜暗条件的限制对地面目标成像, 可全天时、全天候、高分辨率、大幅面对地观测。

不同于光学成像卫星, SAR 成像卫星一般通过选择不同波位来改变微波入射角度, 从而确定距离和成像范围。SAR 卫星的具体成像方式由星载 SAR 的工作模式来确定(孙佳, 2007)。比较成熟的星载 SAR 工作模式有扫描式(ScanSAR)、聚束式(SpotLight)等几种(魏钟铨, 2001), 具体采用何种模式由观测任务请求决定。

与光学卫星相比, SAR 卫星具有如下四个特点(袁孝康, 2003)。

(1)不易受大气影响, 具有全天候特性; 不依靠太阳辐射, 具有全天时特性。

(2)SAR 可以获得地下信息, 而可见光和红外只能获得目标的表层信息。

(3)SAR 侧重于获取地物的几何特性, 最适合进行目标结构特性的探测。

(4)SAR 是完整的地物信息探测不可缺少的组成部分, 它所表征的目标特性是可见光和红外波段的电磁波不能取代的。

SAR 具有微波遥感测量的所有优点, 但也具有自身缺陷。由于星载 SAR 是采用相干原理获得方位高分辨率的, 因此其单视 SAR 图像必然呈现严重的相干斑点噪声, 给雷达图像的解译和判读带来困难。另外, 由于微波波长远大于可见光和红外波长, 所以其分辨率一般达不到光学和红外的分辨率。

3. 电子侦察卫星观测过程及载荷特点

电子侦察卫星, 又称电磁探测卫星, 一般装有侦察接收机和磁带记录仪, 主要用来截获雷达、通信等系统的传输信号, 分析这些无线电信号, 可以知道目标雷达所用的脉冲频率、脉冲宽度等重要参数和电台的通信情报, 进而可以确定雷达和电台的位置, 探明系统的性质、位置和活动情况及实验部署情况(梅国宝和吴世龙, 2005)。通过对电子侦察卫星载荷特点的分析, 对电子侦察卫星载荷特点总结如下(阙渭焰和林世山, 2004):

- (1) 每次过境能够对广大范围内的地面目标进行覆盖侦察，覆盖范围宽；
- (2) 一般能够截获从几十兆赫兹(MHz)到几十吉赫兹(GHz)范围内的所有电磁信号，数据获取能力强，覆盖频率宽；
- (3) 只能获得目标位置信息，无法得到目标大小形状等具体信息；
- (4) 只能被动侦听，无法侦听地下有线通信网，容易受电子对抗措施影响。

通过对卫星上有效载荷进行分析不难发现，不同载荷类型的对地观测卫星具有不同的特点，每种载荷都有一定的使用条件和载荷使用约束，只能适用于一定的应用条件。将不同类型的星上载荷结合起来，协同工作，进行联合规划，完成单颗单类卫星无法完成的复杂对地观测任务，对于扩展卫星系统的观测能力，提高卫星系统的整体效益，具有重要的意义。

1.3.2 任务特点分析

随着对地观测卫星应用水平的深入，人们对卫星观测的要求也越来越高，对卫星的观测不仅仅局限于对某一个定点的观测，出现了很多新的观测类型。面向初步形成全球、全天候、全天时、多谱段、不同分辨率、稳定运行的卫星对地观测体系的要求，给出常见的观测任务请求类型包括(郭玉华，2009)：

- (1) 对某一个点或较小区域的观测任务，如对某一个工厂的观测等；
- (2) 对大范围连续区域的覆盖观测，如区域覆盖观测任务等；
- (3) 对多个点目标的协同观测任务，如对城市群的观测等；
- (4) 对某一目标进行多次不同时段观测的观测任务，如进行打击效果评估等；
- (5) 对同一个目标的多视角、多模式、多分辨率观测，如进行立体成像等；
- (6) 对同一个目标的多传感器观测任务，如揭露伪装任务等；
- (7) 对出现或通过某一个区域内的移动目标进行跟踪监视等。

当然，随着人类对对地观测数据应用深入与依赖增加，对地观测卫星观测任务的类型也日趋多样，这里仅给出一些有代表性的观测任务请求。分析上述观测任务请求，可以发现以下九个特点。

1. 任务的位置要求

观测任务请求通常要求对观测地域的某一个或一组目标进行观测，这些目标通常与一定的地理坐标关联，如一个目标点，一个区域或者在一个区域内运动的移动目标等。

2. 任务的时效性要求

用户在请求观测时，通常指定一定的时限性要求，如对森林大火、地震、移

动目标跟踪等突发紧急事件的观测，通常指定在较短的时间内(如两个小时)进行观测和数据传输；对常规普查任务，时效性要求不是特别高，其时限性要求可以为较长的时间(如一个月)。任务的时效性要求通常表现为一个请求观测时段。对一些特殊的观测任务请求，如打击效果评估、多时相观测任务等任务，其时效性要求通常指定为多个时段，需要在指定的多个时段内进行观测才能完成。

3. 任务的谱段要求

不同类型观测任务请求的传感器要求可能不同，如有些任务要求可见光传感器进行观测，另一些任务则需要 SAR 传感器进行观测，其他任务则需要对观测区域的电子信号进行侦收。为描述及扩展方便，采用谱段范围描述。一般来说，可见光的谱段为 $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ ，红外线的谱段范围为 $0.76\sim 1000\mu\text{m}$ ，微波的谱段范围为 $0.1\sim 100\text{cm}$ (王永刚和刘玉文，2003)。对某些观测任务请求，如多传感器覆盖观测任务、伪装识别任务，通常要求采用多种类型的传感器进行配合观测，描述为多个谱段范围的组合。

4. 任务的覆盖要求

对某些观测任务请求，如区域覆盖观测任务、战场监视任务，以及点目标群覆盖观测任务，需要对感兴趣的区域进行覆盖以获取有益信息。这些任务指定的目标范围一般较大，采用单颗卫星进行单次观测一般无法满足任务的观测需求，需要进行多星多次配合观测才能满足其覆盖要求。

5. 任务的观测时序要求

对一些观测任务请求，如对一个点的多分辨率观测任务等，往往会指定进行观测的传感器观测顺序，如采用分辨率从低到高的观测顺序等，称为任务观测的观测时序，在规划时需要予以充分考虑。

6. 任务的协同观测要求

对需要多颗卫星配合完成观测的观测任务请求，在规划时需要指定一组同类型同星座的卫星进行观测，如一个多时相观测任务尽量要求采用同一星座的卫星进行观测等，这样当存在多个星座满足任务的观测要求时，只能选择其中一组卫星进行观测。