



测绘地理信息科技出版资金资助
CEHUI DILI XINXI KEJI CHUBAN ZIJIN ZIZHU

高精度轻小型航空 遥感系统集成与实现

Integration and Realization of High-precise and
Light-small Aerial Remote Sensing System

左建章 关艳玲 李军杰 编著



测绘出版社

测绘地理信息科技出版资金

高精度轻小型航空遥感系统 集成与实现

Integration and Realization of High-precise and Light-small
Aerial Remote Sensing System

左建章 关艳玲 李军杰 编著

测绘出版社

· 北京 ·

© 左建章 2014

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书系统地阐述了国产高精度轻小型航空遥感系统集成技术及实现方法,主要包括系统集成的基本概念、核心部件组成、集成控制技术、通信接口协议标准、检校场建设、多传感器的多模式集成检校原理与方法、飞行平台的适航性改造、POS数据解算技术与遥感数据快速处理技术、误差分析及精度评定方法等内容。结合大比例尺测图等典型示范应用,介绍业务系统集成应用案例。

本书可作为本专科院校地理信息、测绘等专业学生的辅助教材,对从事测绘、勘察、水利、电力、公路、铁路、农林、煤炭、城市规划设计、交通运输、城市管理、土地管理等行业的地理信息数据获取及处理技术人员也有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

高精度轻小型航空遥感系统集成与实现/左建章,
关艳玲,李军杰编著. —北京:测绘出版社,2014.8
ISBN 978-7-5030-3329-2

I. ①高… II. ①左… ②关… ③李… III. ①航空遥
感—遥感系统—研究 IV. ①TP72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 302412 号

责任编辑 赵福生 封面设计 李 伟 责任校对 董玉珍 责任印制 喻 迅

出版发行	测绘出版社	电 话	010-82543956(发行部)
地 址	北京西城区三里河路 50 号		010-68531609(门市部)
邮政编码	100045		010-68531363(编辑部)
电子信箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.chinasmp.com
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司	经 销	新华书店
成品规格	169mm×239mm		
印 张	14	字 数	280 千字
版 次	2014 年 8 月第 1 版	印 次	2014 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—1500	定 价	48.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-3329-2/P·700

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

当前及今后较长时期,是我国经济持续快速增长和社会进步的战略机遇期,急需高效获取大量高精度的遥感数据,以服务于我国的经济建设与社会发展。但是,目前的卫星遥感和普通航空遥感都难以达到 1:500 的直接地理定位测图精度,此外,国外的高精度 POS 和稳定平台对我国禁运,这都严重制约了我国高性能遥感系统的发展,致使目前国产信息源空间定位精度相对较差,大多采用国外卫星遥感信息,如商业卫星 SPOT-5、QuickBird、IKONOS 等。国外卫星遥感数据获取周期长、费用高,不易获得最佳时相,现势性较差,而且不自主,难以满足我国经济建设与社会发展的应用需求。因此,我国的经济建设与社会发展迫切需要突破 POS 与稳定平台的技术瓶颈,发展高精度轻小型航空遥感系统。

现代遥感技术可增强我国空间信息的获取、传输、处理和综合应用能力,提升我国对重大公共安全事件监测预警和控制能力。由于我国高精度遥感系统发展缓慢,我国的突发事件应对和公共安全监测能力较为落后,严重威胁着我国的国家安全。公共安全涉及自然灾害、事故灾难和社会安全等方面。公共安全是国家安全和社会稳定的基石,是社会和经济发展的重要条件。自然灾害是影响一个国家经济建设和社会发展的重要因素之一,预防和减轻自然灾害是人类所面临的共同难题。因此,我国的公共安全迫切需求发展高精度轻小型航空遥感系统技术。轻小型航空遥感系统具有机动灵活、快速响应的特点,可以实施对重大自然灾害、突发性事件等公共安全事件的监测和预警,提高应急响应的实时性、准确性,为公共安全突发事件的应急指挥提供有力的支持。

本书是依托国家高技术研究发展计划(“863”计划)重点项目“高精度轻小型航空遥感系统核心技术及产品”的科研成果,在深入系统研究和多次实践的基础上进行编写的。本书作者长期从事航空摄影测量与遥感技术研究及设备生产,致力于测绘仪器国产化,带领一批优秀的学术骨干及硕士、博士研究生,经过生产实践历经三年努力攻关,研制出具有自主知识产权、满足不同需求的轻小型航空遥感集成系统,实现了多传感器集成装备国产化。本书针对这一新型的国产化的高分辨率数据获取及处理系统的核心产品关键技术、系统集成方法、快速数据处理进行了系统化阐述。

本书共 7 章,详细阐述了高精度轻小型航空遥感系统集成的理论、技术、方法及数据获取与处理等方面的内容。第 1 章主要介绍了高精度轻小型航空遥感系统及核心产品的发展现状;第 2 章主要介绍核心部件工作原理;第 3 章主要介绍核心

产品的多模式集成技术;第4章主要介绍集成检校场的建设方法与技术;第5章介绍了多模式集成系统的检校与测试;第6章介绍了轻小型航空遥感系统数据处理技术、方法与流程;第7章介绍了轻小型航空遥感集成技术在不同测绘领域的应用。

第1章主要由左建章、关艳玲、杨娜编写;第2章主要由杨娜编写;第3、4章主要由黄刚编写;第5、6章主要由刘力荣编写;第7章主要由关艳玲、李军杰编写。全书由左建章、关艳玲统稿,苏玉扬、李军杰校对。

本书的完成得到了多方支持和帮助。有关轻小型航空遥感集成系统的研究与实践得到了刘先林院士的悉心指导,并在白忙之中审阅了书稿,提出了宝贵的建议,更给予了鼓励和支持。本书部分技术和理论引用了“高精度轻小型航空遥感系统核心技术及产品”项目组和其他学者的研究成果,本书参考和引用了国内外有关测量厂家和公司的相关素材及插图资料,在此一并表示感谢!

本书得到了国家高技术研究发展计划(“863”计划)重点项目“高精度轻小型航空遥感系统核心技术及产品”(2008AA121301)、国家科技支撑计划项目“测绘装备国产化及应用示范”(2012BAH34B01)、科技部科技型中小企业技术创新基金项目(11C26211103834)的资助。

由于当代遥感技术发展迅速,同时搜集的资料情况及水平有限,书中难免存在一些缺陷或不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪 论	1
§ 1.1 轻小型航空遥感系统概述	2
§ 1.2 轻小型航空遥感系统集成过程与研究内容	5
§ 1.3 集成系统核心部件发展现状	15
第 2 章 轻小型航空遥感系统及其核心部件工作原理	27
§ 2.1 集成系统	27
§ 2.2 POS 系统	28
§ 2.3 高精度轻型组合宽角数字测绘相机	36
§ 2.4 轻量化快响应惯性稳定平台	43
§ 2.5 轻小型机载激光雷达	45
第 3 章 轻小型航空遥感系统多模式集成实现	55
§ 3.1 多模式系统集成	56
§ 3.2 飞行平台改造	63
§ 3.3 航线设计与任务管理	77
§ 3.4 集成系统数据处理	78
第 4 章 检校场设计与实现	80
§ 4.1 地对地检校场	80
§ 4.2 空对地检校场	85
§ 4.3 测区检校场	91
第 5 章 轻小型航空遥感系统检校	96
§ 5.1 数字测绘相机检校	97
§ 5.2 POS 与稳定平台检校	112
§ 5.3 机载激光雷达单机检校	115

§ 5.4	POS 与相机集成系统检校原理与方法	124
§ 5.5	POS 与机载激光雷达集成系统检校原理与方法	128
第 6 章	轻小型航空遥感系统数据处理	145
§ 6.1	坐标系统定义与转换	145
§ 6.2	高分辨率影像处理	150
§ 6.3	LiDAR 数据处理	160
§ 6.4	组合导航数据处理	172
§ 6.5	多源数据集成处理	176
第 7 章	轻小型航空遥感系统的应用	188
§ 7.1	大比例尺数字地形图与地籍图测绘	189
§ 7.2	减灾与应急航空遥感监测应用	196
§ 7.3	森林精准计测应用	199
§ 7.4	城市建筑物低空遥感三维建模应用	202
§ 7.5	机载 LiDAR 输电线路工程应用	206
参考文献		213

Contents

Chapter 1	Introduction	1
§ 1.1	Basic Concepts of Light-small Aerial Remote Sensing System	2
§ 1.2	Integration Process and Research of Light-small Aerial Remote Sensing System	5
§ 1.3	Developments of Core Components in Integrated System	15
Chapter 2	Core Components and Working Principle	27
§ 2.1	Integrated System	27
§ 2.2	POS System	28
§ 2.3	High-precise and Light Weight Combined Wide Angle Digital Geomatics Camera	36
§ 2.4	Light Weight and Fast Response Inertial Stable Platform	43
§ 2.5	Light-small Airborne LiDAR	45
Chapter 3	Realization and Integration of Multi-mode in Light-small Aerial Remote Sensing System	55
§ 3.1	Multi-mode Integration Technique	56
§ 3.2	Flight Platform Reconstruction	63
§ 3.3	Air Route Design and Task Management	77
§ 3.4	Data Processing of the Integrated System	78
Chapter 4	Design and Realization of Calibration Field	80
§ 4.1	Ground to Ground Calibration Field	80
§ 4.2	Air to Ground Calibration Field	85
§ 4.3	Surveying Area Calibration Field	91
Chapter 5	Calibration of Light-small Aerial Remote Sensing System	96
§ 5.1	Calibration of Digital Geomatics Camera	97

§ 5.2	Calibration of POS and Stable Platform	112
§ 5.3	Calibration of Airborne LiDAR	115
§ 5.4	The Calibration Principle and Method of POS and Camera Integrated System	124
§ 5.5	The Calibration Principle and Method of POS and Airborne LiDAR Integrated System	128
Chapter 6	Data Processing of the Light-small Aerial Remote Sensing System	145
§ 6.1	Definition and Transformation of Coordinate System	145
§ 6.2	Processing of High Resolution Image	150
§ 6.3	Processing of LiDAR Data	160
§ 6.4	Processing of Combined Navigation Data	172
§ 6.5	Multi-source Data Integrated Processing	176
Chapter 7	Application of the Light-small Aerial Remote Sensing System	188
§ 7.1	Surveying and Mapping of Large-scale Digital Topographic Map and Cadastral Map	189
§ 7.2	Disaster Reduction and Emergency Monitoring	196
§ 7.3	Forest Accurate Measurement	199
§ 7.4	3D Modeling of City Building Based on Low Altitude Remote Sensing	202
§ 7.5	Airborne LiDAR Application of Transmission Line Project	206
References		213

第1章 绪 论

遥感技术是现阶段人类获取地理空间信息的最大规模、最现代化的技术手段,对人们探知自然环境、勘查资源、规划设计各类建设工程、指导与控制工农业生产和交通运输、监视与管理社会发展状态、辅助政府宏观调控以及作为民众衣食住行的重要辅助工具,具有多层次的巨大作用。世界各国政府都把航天航空遥感作为国家重点发展的领域,放在标志国家实力的地位上予以重视。

卫星遥感系统、普通航空遥感系统和轻小型航空遥感系统是遥感领域的重要组成部分。三者各有特点,互为补充,分别占遥感总量的 1/3。其中,高精度轻小型航空遥感具有精度高、成本低、效率高等优点,成为快速获取高精度遥感数据的最有效手段。目前在卫星遥感、大型航空遥感获得国家大量投入并蓬勃发展的情况下,迫切需要建设高精度轻小型航空遥感系统,这对于完善国家对地观测体系具有十分重大的意义。

目前,世界上对高精度遥感数据的需求十分迫切。据美国地质调查局调查,美国对遥感影像的需求中,高于 1 m 分辨率的正射影像(digital orthophoto map, DOM)需求量占总量的 80%以上。据中国国家基础地理信息中心统计,在全国地形图每年销售总量中,1:1 万及更大比例尺地形图的销售量也占 80%以上。

从我国资源环境、地势地貌等特点及高分辨率对地观测系统发展对高精度轻小型航空遥感技术的迫切需求出发,结合大比例尺测绘、重大自然灾害应急响应等现实需求,突破轻小型航空遥感载荷、高精度定位定姿系统(positioning and orientation system, POS)与惯性稳定平台集成核心技术,集成高精度轻型组合宽角数字测绘相机、轻小型机载激光雷达(light detection and ranging, LiDAR)、高精度与小型化 POS 及稳定平台、高效快速数据处理系统四类产品,构建新型、具有自主知识产权、满足 1:500 测图精度要求的轻小型航空遥感系统,并结合大比例尺测绘、减灾与应急遥感监测、森林精准计测等需求,开展应用示范,推动我国高精度轻小型航空遥感产业化发展。轻小型航空遥感系统集成建设被列为国家“863”计划重点项目。

虽然卫星遥感、普通航空遥感和轻小型航空遥感都能获取高分辨率影像,但其技术特点不同。卫星遥感特点在于全球观测,获取更为宏观的数据,主要服务于政府需求;普通航空遥感特点在于中尺度(1:5 000 至 1:5 万比例尺)的国家基础地形图测绘及国土调查监测;轻小型航空遥感则是在星罗棋布的零星局部观测。从全国需求总量上看,局部微观经济建设对地理空间信息的需求量实际超过政府宏观管理对地理空间信息的需求量。目前我国工程建设的大量需求还停留在野外勘测技术阶

段,这也是我国野外测量仪器市场交易量及野外勘测队伍人数位居世界之首的原因之一。将来这一低效、艰辛的劳动应当被轻小型航空遥感工作所取代。

高分辨率是遥感系统发展的重要方向,高精度是国家基础测绘、大比例尺城市测绘等领域对遥感系统的基本要求。目前,我国的普通航空遥感系统受高性能 POS 与稳定平台技术、航空器飞行高度等限制,难以提高成像质量与精度,尚不能提供 1:500 大比例尺直接地理定位成图所需的影像数据,不能适应国家社会经济又好又快发展对基础地图的需求。

高精度轻小型航空遥感系统以低空飞行的轻小型航空器为飞行平台,利用高精度轻小型的遥感载荷获取高分辨率遥感影像,基于低空飞行的特点,利用高精度的 POS 与稳定平台提高遥感影像的精度与分辨率,实现优于 1:500 的测图精度,推动我国航空遥感技术的跨越式发展。

高精度轻小型航空遥感系统可大大提高遥感工作效率和效益。普通航空遥感系统由于受气候、天气、机场等因素影响严重,全年有效作业时间较短,大大降低了遥感作业效率。例如,贵州、云南(不含昆明地区)、四川(不含四川盆地)属于五类困难地区;云南昆明、福建、甘肃祁连山、新疆天山西部和阿尔金山、陕西秦岭以南、甘肃白龙江、湖南西北部等地属于四类困难地区;在我国东北、华北地区,大气污染严重,普通航空遥感系统全年的有效作业时间少于 30%。而轻小型航空遥感系统具有机动灵活的特点,实现无机场起降,并可在阴云天气低空获取光学影像,受外界因素制约较小,增加了有效作业时间,大大提高遥感作业效率。

目前我国进行大比例尺地形图的更新测绘,需要布设大量的高精度控制点。布设控制点的劳动强度大,野外作业周期长。而利用高精度 POS 和稳定平台则能够为航空遥感载荷提供精确的空中基准,大大减少布设地面控制点的工作量,甚至实现无控制测图,从而可以节省大量的人力、物力和财力,提高遥感作业效率,实现快速成图。

§ 1.1 轻小型航空遥感系统概述

1.1.1 轻小型航空遥感系统基本概念

高精度轻小型航空遥感系统以低空飞行的轻小型航空器(有人或无人)为飞行平台,利用高精度轻小型的遥感载荷获取高分辨率遥感数据,利用高精度的 POS 与稳定平台提高遥感数据的质量与精度,达到大比例尺测图精度要求。

高精度轻小型航空遥感集成系统由轻型或超轻型飞行平台、高精度轻型组合宽角数字测绘相机(数字测绘相机)、轻小型机载激光雷达(LiDAR)、高精度与小型化 POS 及稳定平台、高效快速数据处理系统构成,可根据不同应用需求以多种组合模式运行。组合模式主要包括“稳定平台+POS+数字测绘相机”、“稳定平台+

POS+LiDAR+数字测绘相机”、“稳定平台+数字测绘相机+GPS”等。考虑应用需求的同时,还要满足轻小型飞行平台对体积和重量的要求,选择大平台或快速响应(小)平台、高精度或小型化 POS 等不同部件。集成系统采用基于控制单元的设计,包括安全监视识别系统、飞行任务设计规划系统、飞行任务控制管理系统、航空摄影质量检查系统、数据处理系统等 5 个控制单元。

1.1.2 轻小型航空遥感系统的发展现状

在欧美发达国家,轻小型航空遥感发展很早。由于轻小型航空遥感系统具有精度高、成本低、效率高、运营方便等优点,因此获得了广泛的应用。在欧美发达国家,几乎每个州都有很多家航测与遥感公司具有高精度轻小型航空遥感系统。这些轻小型航空遥感系统一方面轻松灵活地接受本地区的工程任务,另一方面还承担着大量的国家的任务需求,与卫星遥感、普通航空遥感各占遥感市场总量的 1/3。

美国大量采用轻小型飞机(如塞斯纳系列)集成数码相机的遥感系统,如图 1.1 所示。该轻小型航空遥感系统已经广泛应用于资源环境监测、灾害调查、新闻图片获取等领域,成为遥感体系中不可缺少的重要组成部分。

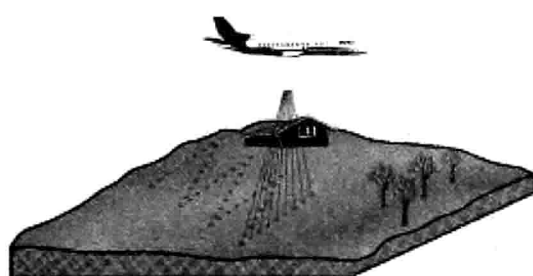


图 1.1 塞斯纳 172 型轻型飞机

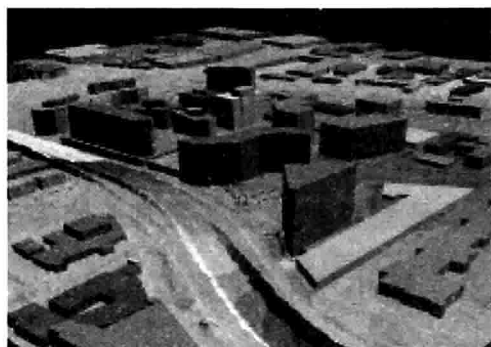
德国和加拿大等国家大量采用轻型飞机集成 LiDAR 的遥感系统,广泛应用于数字城市建模(图 1.2)、海岛海礁高精度测绘、灾害调查等领域,成为遥感体系中的一个有效补充。

随着现代航空器、传感器、通信设备、控制系统、图像处理软件等一系列技术的发展,高精度轻小型航空遥感系统发展非常迅速,并呈现出下列发展趋势。

(1)轻小型飞行平台逐步成为遥感飞行主力。由于轻小型飞机成本低,起飞距离短,甚至可实现无机场起降,因此越来越受到航空遥感领域的青睐。国外已经将多种型号的轻型飞机改装成专业航空遥感平台,如美国塞斯纳公司生产的轻型飞机及自由航天航空公司制造的 LibertyXL2 轻型飞机等。另一方面,许多企业也积极筹备发展无人飞行器(unmanned aerial vehicle, UAV)航空遥感系统。国际摄影测量与遥感学会(International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS)已成立一个专门工作组研究 UAV 遥感系统。



(a) LiDAR工作示例



(b) LiDAR在数字城市中的应用

图 1.2 LiDAR 工作示例及 LiDAR 在数字城市中的应用

(2) 遥感器的数字化与轻小型化。数码航空相机近几年的新技术发展有两个重要方面：一是通过多相机组合成宽角相机，提高航测效率与精度，如 DMC (digital mapping camera)、UCD (UltraCamD) 及 SWDC (SiWei digital camera) 等航空数码相机；二是进一步轻小型化，使之可用于轻小型航空器平台。

(3) 高精度 POS 与惯性稳定平台在航空遥感领域的应用。高精度 POS 为遥感载荷提供高精度位置姿态，而高精度稳定平台负责支撑并稳定载荷，可有效地隔离空中各种干扰力矩对遥感载荷视轴稳定的影响。无论对于高分辨率光学载荷（光学相机、激光雷达），还是高分辨率雷达载荷如合成孔径雷达 (synthetic aperture radar, SAR)，高精度 POS 与稳定平台都是提高成像质量的关键。

(4) 影像数据处理算法与软件的强化。低空航空遥感的好处是可以获取高分辨率、高清晰度的影像，但随之带来的缺点是平台的复杂姿态，以及低空小场景造成的影像数据处理的高度复杂化，其复杂程度是传统几何处理软件所不及的。因此，需要研制基于多视几何原理的新型软件。

国内的轻小型航空遥感系统虽刚刚起步，但在轻小型飞行平台方面的技术已较为成熟。如北京航空航天大学研制的蜜蜂系列轻型飞机、海鸥 A2C 水陆两用飞机，在经济成本、起降便利程度和安全可靠等方面都具有较大优势，已广泛应用于各个领域，并在实际应用中验证了其优越的安全性和可靠性。系统核心部件高精度 POS 与稳定平台核心的技术在发达国家已经相对成熟，但我国受到技术封锁和产品禁运限制。经过国家创新体系支持和攻关，该关键技术已经被突破，测量精度接近成熟产品的水平，正在进行稳定性与可靠性改进。

1.1.3 轻小型航空遥感系统特点及应用

1. 系统特点

高分辨率是遥感系统发展的重要方向，高精度是国家基础测绘、大比例尺城市测绘等领域对遥感系统的基本要求。高精度轻小型航空遥感系统以低空飞行的轻小型航空

器为飞行平台,利用高精度轻小型遥感载荷获取高分辨率遥感影像,基于低空飞行的特点,利用高精度的 POS 与稳定平台提高遥感影像的质量与精度。轻小型航空遥感的特点是在星罗棋布的零星局部观测,是大航空遥感的有效补充,具备了下列优点:

- (1)可以在云下进行低空摄影,可利用的有效天时数量更多。
- (2)灵活、轻便,可以无机场起降,适用范围广,用户可以自主拥有。
- (3)可以低空多姿态摄影,获取可以构建城市建筑物多侧面立体景观模型的影像。
- (4)可以达到卫星遥感和普通航空遥感难以达到的高分辨率和高精度影像。
- (5)无人机可在自然条件恶劣地区和边境地区长时间巡视监测。
- (6)数据可实现当天获取当天处理。
- (7)实现无控制直接地理定位测图,或稀少控制的高精度测图。

2. 系统应用

轻小型航空遥感系统具有机动灵活、快速响应的特点,可以应用于重大自然灾害、突发性事件等公共安全事件的监测和预警,提高应急响应的实时性、准确性。利用高精度轻小型航空遥感系统,可以快速全面获得区域资源与环境现状和动态变化信息,能源和矿产资源的分布和开发现状;可以对主要公路、铁路、边境口岸、港口等主要基础设施建设情况进行定期监测,可以为国家经济发展提供信息保障,促进自然与社会协调发展。

目前国内若干城市制作建筑物多面景观三维模型,多数使用的是地面摄影建筑物侧面纹理方法。而地面摄影易受街道旁树木、标牌等遮挡,效率很低。用轻小型航空器能自动完成这类复杂姿态摄影,满足数字城市建设对三维空间信息的需求。

土地管理执法、矿政管理监查、森林防火监测、城市安全监测、边防巡查等很多工作都需要能每天在一定区域上盘旋的日常巡视监测遥感系统。轻小型航空遥感虽然不能像平流层飞艇那样 24 小时连续监视一个固定点,但可在小范围巡视监测,大大提高了遥感的时间分辨率,适应了此类诸多行业需求。

轻小型航空遥感系统是地方政府、企事业单位都买得到、用得起的系统,其发展趋势必然是全国化分布,可就近服务。这样就能解决全国星罗棋布的村镇大比例尺测图所需,也能在减灾救灾需要的时候就近出发,当天到达、当天执行任务。

随着低空空域的放开,轻小型航空遥感将发展成包括航空器、轻型传感器、数据处理软件、航空摄影飞行、数据生成加工、数据应用开发和技术服务的一整条遥感地理信息产业链,繁荣我国地理信息产业市场,促进社会文化进步。

§ 1.2 轻小型航空遥感系统集成过程与研究内容

1.2.1 集成技术路线

针对高精度、轻小型、快响应的要求,进行航空遥感系统总体方案优化设计,选

择海鸥 A2C 轻型飞机进行航空器适应性和适航性改造,集成稳定平台、POS、数字测绘相机、轻小型 LiDAR 等核心产品,建立地对地、空对地检校场对集成系统进行高精度集成检校,实现多载荷传感器柔性匹配连接,开发满足复杂地形条件下复杂姿态数据的集成处理系统,构建高精度轻小型航空遥感实用业务系统,并进行多种模式的飞行测试验证。图 1.3 为系统集成技术路线。

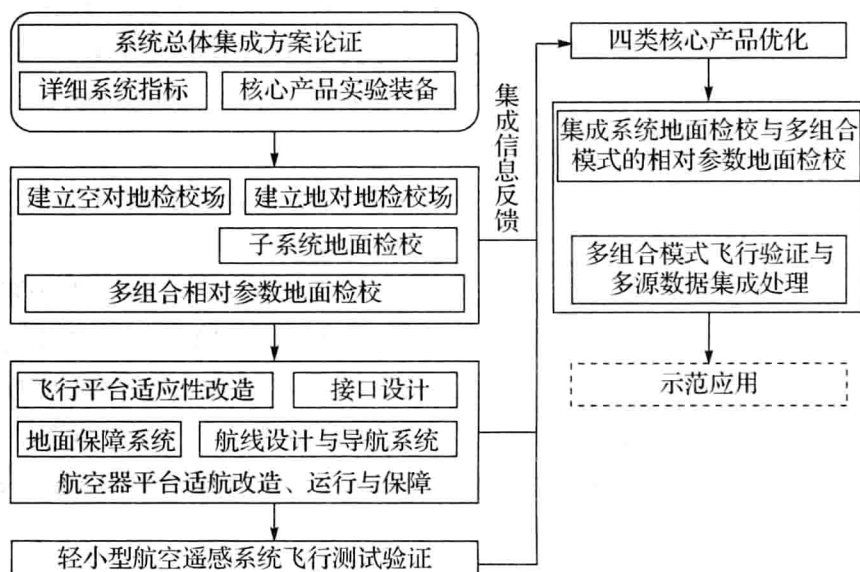


图 1.3 轻小型航空器与遥感系统集成技术路线

1.2.2 集成方法

1. 轻小型航空遥感系统集成总体优化设计

轻小型航空遥感系统集成总体设计的技术路线,是从顶层向底部,自上而下,由总体到局部的集成。针对轻小型航空飞行器机动灵活、承载轻、空间紧凑、动力供应有限等特点,综合考虑遥感载荷、POS 与惯性稳定平台的体积、重量、功耗及技术需求,根据高精度轻小型航空遥感系统的总体设计目标,基于全局最优和高效柔性连接的原则,设计海鸥 A2C 及其他轻型飞行平台适应性改造方案,制定满足精细航测、无控制无空三测图、4D 产品快速制作、灾害应急遥感监测等不同遥感应应用需要的高精度 POS 与稳定平台、轻小型 LiDAR、数字航测相机的多组合模式总体集成优化设计方案。首先,根据大比例尺测绘、灾害应急遥感监测等应用需求,形成轻小型航空遥感系统的集成概念模型;然后,依照不同应用对传感器性能和精度的要求,优化设计“稳定平台+POS+数字测绘相机”、“稳定平台+POS+LiDAR+数字测绘相机”、“稳定平台+数字测绘相机+GPS”等多模式组合集成系统的模式类别和系统构成;最后,依据不同模式集成系统的特点确定飞行平台选择方案、飞行平台飞行试验方案、集成遥感系统飞行验证和应用验证方案等。

基于集成系统的研究目标和技术要求,进行逻辑上的分析、系统顶层方案设计,确定机械、电路接口协议和结构框架,对每个部分的布局、参数进行边界范围的限定。轻小型航空遥感系统总体设计如图 1.4 所示。

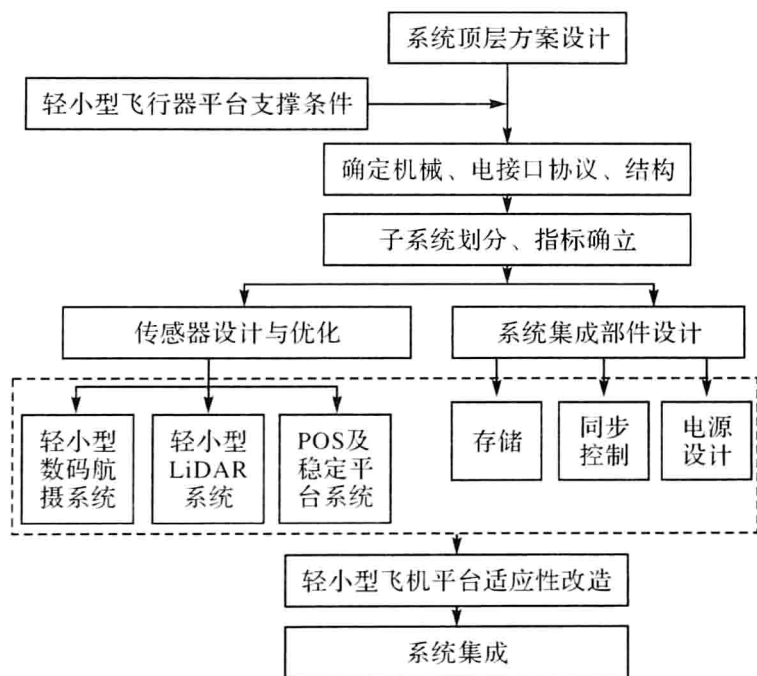


图 1.4 轻小型飞机遥感系统总体设计的技术路线

系统集成总体设计具体包括以下几点:

(1)结合轻小型航空器、遥感载荷、POS与稳定平台各自的特点,进行预先设计、仿真、模拟研究,注重各系统之间的协调,达到总体效能最佳。

(2)各系统功能与相互关联设计、载荷布局及载荷舱结构设计、仿真设计。

(3)低空应用条件下的载荷适配与测控,以及系统安全保障。

(4)确定高分辨率作业的 POS 指标、灵活机动作业要求的稳定平台指标、基于高分辨率要求的高性能相机系统指标、高精度测距与高性能遥感监测、应急作业要求的激光雷达指标。

(5)确定轻小型航空遥感系统相关性能的应用飞行要求。例如,满足集成系统的高精度要求用于高精度测绘,满足集成系统的高空间分辨率用于城镇数字三维建设,满足集成系统多源数据获取用于地理国情监测,满足集成系统高实时性与高环境适应性用于应急监测。

(6)所有与轻小型航空遥感系统集成相关的软硬件指标确定与任务分解。

2. 轻小型航空器适应性设计与匹配技术和适航性改造

轻小型航空器适应性设计与匹配技术和适航性改造主要包括轻小型遥感系统总体设计、集成系统适应性设计、设备匹配设计、航空器改造与载荷优化安置等方

面的内容。按照多种集成模式对轻小型航空器的适配要求进行整体改造,通过控制系统与遥感载荷的接口协议,实现多模式遥感系统中飞行平台与载荷系统及各载荷之间的有效链接;实现集成系统的自动控制与数据采集;实现飞行平台、POS、稳定平台与遥感载荷空间配合集成优化。

基于各子系统开发的便捷及扩展需求,采用模块化的集成技术,对各子系统之间的接口进行详细的匹配设计,各子系统保持一定的相对独立性。尽可能减少对某一特定遥感传感器和某一种飞行平台(如有人飞机、无人机等)的绝对依赖。

轻小型航空器适应性设计与匹配原则包括:航空器和传感器及平台之间接口方案的制订,轻型航空器供电系统、任务舱、飞行仪表、操控系统的改造,飞行平台的地面运输、维护保障系统方案设计,专用运输车厢设计与制造。编制航摄设计、导航与摄影控制和航摄质量检查软件。轻小型航空器适应性设计与匹配技术路线如图 1.5 所示。

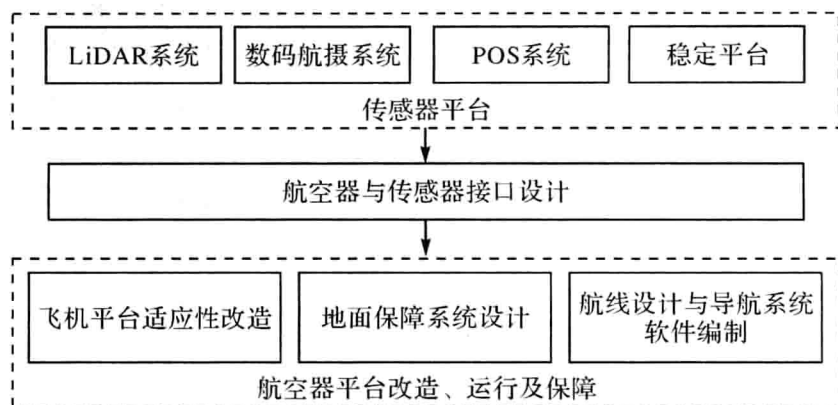


图 1.5 轻小型航空器适应性设计与匹配技术路线

轻小型航空器适应性设计与匹配具体内容包括:

- (1)对轻小型航空器进行适应性改造设计。
- (2)进行动力改造以实现对遥感载荷系统的有效分配,保证飞行器自身动力的平衡、瞬时启动及应急动力的储备等。
- (3)有效隔离轻小型航空遥感系统机上各部件控制和航空器飞行控制,实现机上环境的电磁兼容,保证飞行安全。
- (4)实现轻小型航空遥感系统各部件之间的有机链接和信息互通共享,确定控制和数据通信接口规范,如稳定平台和相机曝光之间的控制协调、POS 测量和遥感器载荷工作之间的同步、遥感器载荷记录 POS 测量的结果以及飞机姿态信息利用等。
- (5)增加监控系统,监控轻小型航空器的遥感载荷、POS 与稳定平台的正常工作状态,对遥感作业任务的执行情况进行评估分析,给出评估预警。

3.高精度轻小型航空遥感系统集成模式

轻小型航空遥感系统可以组成多种集成模式,适应各种社会需求,可以分为三