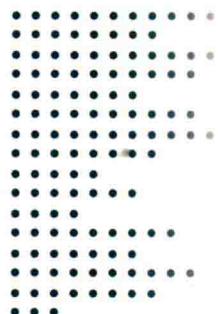




地球信息科学基础丛书

无人机遥感载荷成像 风场传递效应分析

◎ 李传荣 唐伶俐 李晓辉 李子扬 王新鸿 李坤 著



科学出版社

地球信息科学基础丛书

无人机遥感载荷成像风场 传递效应分析

李传荣 唐伶俐 李晓辉 著
李子扬 王新鸿 李 坤

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书探讨无人机遥感载荷成像受大气风场影响的机理和表征方法。通过分析大气风场对无人机遥感载荷成像的传递链路,构建大气风场对无人机遥感载荷成像各环节的传递效应模型,探索大气风场对载荷成像质量影响的作用机理,分析载荷运动的图像质量退化效应,为无人机遥感系统作业飞行规划、高精度遥感载荷成像处理,以及载荷数据质量评价等提供基础技术支撑。

本书既可为我国无人机遥感工程实践提供指导,也可为遥感、信息、控制、无人机等技术领域的广大科研工作者和大专院校师生提供有益参考。

图书在版编目(CIP)数据

无人机遥感载荷成像风场传递效应分析/李传荣等著. —北京:科学出版社, 2018.10

(地球信息科学基础丛书)

ISBN 978-7-03-046271-8

I. ①无… II. ①李… III. ①无人驾驶飞机—航空遥感—研究 IV. ①TP72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 268351 号

责任编辑:苗李莉 李 静 / 责任校对:樊雅琼

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>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018 年 10 月第一次印刷 印张:7

字数:170 000

定价:69.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



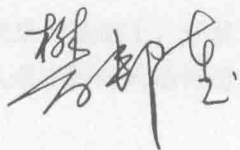
序

随着航空、电子、基础原材料以及相关工艺水平的快速发展，我国遥感数据产品质量得到了大幅度提高。不过，已获取的遥感数据质量与各行业对高质量遥感数据需求之间，仍然存在不小的差距。因此，如何进一步提高我国遥感数据质量，把我国从遥感大国发展成为遥感强国，是每一个遥感领域研究人员孜孜以求的目标。

中国科学院定量遥感信息技术重点实验室主任李传荣研究员，长期致力于遥感地面系统、遥感数据在轨质量分析、遥感载荷定标与真实性检验、新型遥感器机理与应用等方面研究。在遥感地面系统工程方面，他在我国首次提出“天地一体化遥感技术系统”理念。在遥感数据质量保证方面，他在国际上首次系统性设计实现了天地一体化分级检验技术方法。在航空遥感数据获取方面，他跟踪国际前沿，探索提高遥感数据质量的新方法、新途径，继往开来，推陈出新。他积数十年不懈努力，取得了丰硕的研究成果，为我国遥感事业的发展做出了卓越贡献。为提升无人机遥感数据质量，他带领团队认真研究无人机的作业环境——大气风场，通过分析大气风场传递效应的全链路过程，识别其中的关键技术难题，如大气风场的构建、大气风场作用下无人机姿态仿真与分析、光电稳定平台系统辨识，以及在轨载荷运动与数据质量退化敏感性之间的内在联系等若干瓶颈问题，并进行了有效探索，提出了解决方法。

该书是国内一部系统性研究大气风场传递效应对无人机遥感数据质量影响的专著，可用于对无人机外场试验飞行前获取的数据质量进行评估，并为是否进行飞行试验提供必要的决策支持。该书对于遥感相关领域研究从业人员来说，是一份颇具参考价值和实用价值的技术资料，相信会得到广大读者的欢迎。同时，该书也是我国遥感科学与技术发展史上一笔宝贵的财富，将为提高我国无人机遥感数据质量和提升无人机遥感数据的应用效益起到重要的促进作用。

在该书即将出版之际，谨向李传荣研究员和他的团队表示祝贺！相信该书的出版，无论对于希望了解航空遥感的教学、科研工作者，还是对于该领域的工程设计人员，都是一部值得推荐的力作。



前 言

无人机遥感技术的蓬勃发展,使无人机遥感成为高分辨遥感数据获取的生力军,在各行各业得到了广泛应用。然而,无人机遥感系统作业过程中,经常受到大气环境的影响,引起无人机平台姿态发生快速变化。经过一系列传递后,导致载荷姿态在数据获取过程中不断发生变化,获取的数据出现不同程度的退化现象。退化了了的无人机遥感数据通常难以满足科学研究和实际应用的需要,极大地影响了无人机遥感数据的应用效能。为了探寻无人机遥感数据退化的机理,提升系统的数据获取质量,本书通过分析大气风场对无人机遥感载荷成像的链路,构建了大气风场对无人机遥感载荷成像各环节的传递效应模型,探索大气风场对载荷成像质量影响的作用机理,分析载荷运动的图像质量退化效应,为无人机遥感系统作业飞行规划、高精度遥感载荷成像处理,以及载荷数据质量评价等提供基础技术支撑。本书分 5 章来阐述风场传递效应分析有关内容。

第 1 章绪论,介绍了本书的撰写背景与目的,综述了无人机航空遥感数据受大气风场传递效应影响的问题、国内外研究现状及发展趋势,并在此基础上提出了无人机遥感载荷成像风场传递效应分析的关键技术。

第 2 章大气风场作用下无人机姿态仿真与分析,构建了包含大气紊流和突风场的复合风场,实现了大气风场作业下无人机姿态的精确解算,并在此基础上通过对无人机姿态进行分析和研究,获取了大气风场作用下无人机姿态变化规律。

第 3 章光电稳定平台系统辨识,在研究光电稳定平台补偿系统工作原理及控制算法的基础上,针对光电稳定平台补偿系统的高度非线性特点,结合补偿系统辨识精度的需求,采用了基于自适应遗传小波神经网络的光电稳定平台系统辨识方法,有效辨识了光电稳定平台的补偿特性。

第 4 章基于载荷运动的图像质量退化效应分析,分析载荷运动模式,构建不同模式下载荷成像退化模型,在仿真的退化遥感图像基础上,合理选择图像质量评价方法,通过评价指标获取图像退化效果,进而建立载荷运动引起图像质量退化的敏感性分析通用方法。

第 5 章大气风场传递效应分析原型系统,在前面几章研究成果的基础上,开发了大气风场传递效应分析原型系统,通过配置系统参数,验证无人机遥感载荷风场传递效应中关键技术的正确性和有效性。

为了进一步提高我国无人机遥感数据质量,提升我国无人机遥感数据应用效能,作者通过写作本书贡献出自己的绵薄之力。书中若有不妥之处,敬请批评指正。此外,

本书成稿依托于中国科学院光电研究院对地观测技术研究部、中国科学院定量遥感信息技术重点实验室,为本书出版提供了各方面支持,在此作者对实验室全体同事表示衷心的感谢;杨维新博士在对地观测部学习期间,将研究工作总结在“无人机遥感载荷成像的大气风场传递效应分析关键技术研究”论文中,本书参考并引用了该论文的相关内容。

目 录

序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 无人机遥感应用及风场传递效应研究概述	1
1.2 无人机遥感载荷成像风场传递效应研究的必要性与意义	6
1.3 无人机遥感载荷成像风场传递效应关键技术	7
参考文献	8
第2章 大气风场作用下无人机姿态仿真与分析	10
2.1 大气风场	10
2.1.1 突风场	10
2.1.2 大气紊流场	13
2.1.3 复合风场	26
2.2 无人机六自由度模型及修正方法	27
2.3 无人机飞行控制	32
2.4 无人机姿态解算与分析	35
参考文献	44
第3章 光电稳定平台系统辨识	46
3.1 光电稳定平台系统控制原理	46
3.1.1 光电稳定平台系统组成	46
3.1.2 控制原理和方法	47
3.1.3 三轴三框架伺服控制系统	48
3.2 基于遗传小波神经网络算法的光电稳定平台系统辨识	50
3.2.1 合适样本选择	51
3.2.2 遗传小波神经网络结构与编码	52
3.2.3 遗传小波神经网络训练方法	57
3.3 光电稳定平台系统辨识效果分析	59
参考文献	62
第4章 基于载荷运动的图像质量退化效应分析	63
4.1 退化模型	63
4.1.1 坐标系转换方法	63

4.1.2 基于载荷运动像移图像退化模型研究	67
4.1.3 基于载荷运动的图像退化模型仿真分析	71
4.2 图像质量评价方法	72
4.2.1 基于梯度结构相似度的清晰度评价方法	73
4.2.2 二次模糊清晰度评价方法	73
4.2.3 相对边缘响应评价方法	74
4.2.4 长度畸变评价方法	74
4.2.5 角度畸变评价方法	75
4.3 图像退化效应敏感性分析	75
4.3.1 面阵载荷图像退化敏感性分析	75
4.3.2 线阵载荷图像退化敏感性分析	86
4.4 图像复原分析	87
4.4.1 经典图像复原算法	88
4.4.2 基于载荷成像机理的遥感图像复原	89
参考文献	91
第5章 大气风场传递效应分析原型系统	93
5.1 原型系统设计	93
5.2 原型系统实现	94
5.2.1 平台姿态仿真分系统	94
5.2.2 稳定平台辨识分系统	95
5.2.3 图像退化敏感性分析分系统	96
5.3 原型系统功能验证	97
5.3.1 平台姿态仿真分系统	98
5.3.2 稳定平台辨识分系统	99
5.3.3 图像退化敏感性分析分系统	101
参考文献	104

第1章 绪 论

无人机遥感作为航空遥感的重要组成部分,集中了航空、电子、光学、计算机、通信、地学等多个学科的最新研究成果,是目前低成本条件及恶劣环境下快速获取遥感数据的最有效手段,并已广泛应用于土地勘测、环境保护、大气探测、灾害预警、应急响应、林业资源调查、反恐维稳、农业生产、城市规划等众多行业,在国民经济建设和国家信息化战略发展中逐步显示出越来越突出的潜能。无人机遥感的数据质量决定了其应用效能和应用潜力,因此,如何利用无人机平台获取高质量的遥感数据,成为无人机遥感领域的一个重点研究内容(李传荣等,2014)。

1.1 无人机遥感应用及风场传递效应研究概述

作为航空遥感的重要组成部分,无人机遥感具有高分辨率和高时效性的技术优势:在空间上,弥补了航天遥感在对地物实施精细观测和提供精细地物结构信息方面的不足;在时间上,缩短了对同一区域重复观测的周期,提高对目标地物环境动态监测的效率。相比于其他航空遥感,无人机遥感又具有制造和维护成本低、实施机动灵活、响应速度快、运行风险低、适于高危地区探测等优点。无人机遥感具备上述极其突出的特点,使其成为传统空天对地观测(卫星、载人飞机、飞艇等)遥感数据手段的强有力补充。目前,无人机遥感已经在农业监测、森林资源调查、灾情评估、环境监测与治理、土地变化动态评估等多个领域得到了广泛的应用。

农业是国民经济的基础,但是农田病虫害和自然灾害发生频繁。因此,对农田环境、作物生长状况及灾害进行动态监测具有十分重要的意义(戴昌达等,2004)。无人机遥感在农业方面的应用主要包括以下三个方面。一是农作物种植面积评估。Pan 等(2015)基于无人机获取的遥感图像,采用分层随机抽样方法,选择江苏省地区规模指标作为辅助变量,对大区域的农作物种植面积进行评估,估算精度可达95%以上。李宗南等(2014)利用小型无人机遥感试验获取红、绿、蓝三个波段遥感影像,研究了灌浆期玉米倒伏面积提取方法。Mesas-Carrascosa 等(2014)利用高分辨率无人机遥感影像来测量地块面积,监督土地政策。二是农作物生长状况监测,如作物生长变化、植被盖度变化、作物生物量估测等。Vega 等(2015)利用无人机携带多光谱遥感载荷,获取向日葵生长过程中的多时相影像,并计算它的植被指数值,为监测其生长状况提供重要的数据信息。李冰等(2012)利用低空无人机多光谱载荷观测系统,获取冬小麦生长过程中5个主要阶段的时间序列影像,通过计算时空序列影像的植被指数,构建了植被覆盖度的变化监测模型。Bendig 等(2015)利用无人机遥感技术获取大麦多时段红、绿、蓝

三个波段的遥感影像,构建大麦株高信息的计算模型,结合地面高光谱数据计算出植被指数和株高信息,估测大麦生物量。三是农作物灾害监测。Schmale 等(2008)利用无人机获取农田的高光谱影像,对影像进行精确抽样分析,获取农作物病虫害情况。冷伟峰等(2012)利用无人机航拍小麦冠层影像,分别分析从影像获得的小麦冠层反射率和红、绿、蓝三个波段的反射率与病情指数之间的关系,并利用这 4 种反射率构建了小麦条锈病病情指数的反演模型,证实了利用无人机遥感进行小麦条锈病监测的可行性。

森林资源调查与监测是森林资源经营管理的核心任务之一,也是实现林业的可持续经营、建设生态文明社会的重要工作。森林资源监测要求通过对森林资源数量、质量、结构、分布、生长、消耗,以及与森林资源有关的自然、社会、经济等变化情况进行连续调查,从而为林业的经营管理提供重要的信息支撑。传统的森林资源调查外业工作量大、周期长,需要耗费大量的人力、物力和财力。随着无人机技术的发展,国内外已有相关学者利用无人机遥感技术开展森林资源普查和监测方面的研究。Paris 和 Bruzzone (2015)利用无人机平台获取的 LiDAR 数据,结合已获取的高光谱影像,构建了单个树冠高度的三维模型,用以估算树木的高度。李宇昊(2007)借助无人机遥感技术,成功实现了造林面积获取、造林成活率计算、树种辨认、株树密度计算、林龄确定,以及对造林地进行自动定位等,大大提升了全国营造林核查工作质量与效率,减少了核查成本,提高了林业调查技术水平。韦雪花(2013)利用机载 LiDAR 点云数据有效提取林分平均高、单木树高、林分密度等树木参数,通过与实地调查数据真值对比,由 LiDAR 点云数据提取的林分平均高精度达 83%,单木精度达 88%,每公顷株数精度达 84%。王伟(2015)利用无人机平台获取的数字高程数据和数字正射影像,结合目标分类方法、多尺度分割技术和空间分析技术,对单木冠幅、单木树高、林分郁闭度、株数密度等森林参数信息的提取精度可达到 70%以上。

地质灾害遥感调查是利用遥感技术对自然因素或人为活动引发的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的地质灾害体进行调查。通过遥感技术了解地质灾害的现状、变化规律和特征,预测地质灾害发生发展的趋势,最大限度地减少损失,达到防灾减灾的目的。Lewycky 和 Everaerts (2005)利用无人机遥感技术,通过分析正射影像中的受灾情况,准确评估场地和村庄的损失,为减灾提供了及时、准确的数据。日本减灾组织使用无人机携带高精度数码摄像机和雷达扫描仪对正在喷发的火山进行调查,抵达人们难以进入的地区快速获取现场实况,对灾情进行评估。无人机在 2008 年汶川大地震中更是发挥了重要作用,梁京涛(2013)利用无人机及时获取灾区的遥感影像,分析获取灾区震后的房屋、道路等损毁程度与空间分布信息,为救援、灾情评估、地震次生灾害防治和灾后重建等工作提供了第一手的信息和科学决策依据。

经济的快速发展和工业规模的不断扩大,给大气、水源、土壤等带来了潜在的环境污染隐患,利用无人机遥感技术可短时间内完成环境监测的工作。洪运富(2015)利

用无人机遥感技术获取江苏省扬州市南水北调工程东线区域的 CCD 影像,通过影像分析获取污染源。梁志鑫(2010)针对建设项目有关水土流失的问题,在现有监测技术的基础上,提出利用无人机遥感技术获取目标区域的数字高程数据,计算不同时期的坡度信息,通过坡度和高度数据信息的对比分析,获取对水土保持的动态监测结果。张雅文(2017)以鄂北地区水资源配置工程为例,从无人机遥感数据获取、监测信息提取、监测信息应用三个方面开展水土保持监测研究,结果表明无人机监测效率是传统人工监测效率的 3~5 倍。靳雷(2013)通过无人机遥感平台获取河流的高分辨遥感影像,建立数字地形模型,获取河床面积、植被覆盖等信息,全面研究河流生态系统的状态。

综上,无人机遥感已在多个行业得到深入应用。进一步研究发现,无人机遥感数据质量在很大程度上决定了其应用效能。随着经济的快速发展,对高质量无人机遥感数据的需求剧增,如何提高无人机遥感数据质量、提升数据应用效能,是无人机遥感行业研究人员必须面对的问题。为此,本书针对无人机和平台载荷,来研究大气风场传递效应对获取遥感数据质量的影响,以期减少数据获取过程中的退化因素,提高无人机遥感数据质量。

国内外无人机相关技术的飞速发展,以及无人机系统种类多、用途广等特点,使其在尺寸、质量、航程、飞行高度、任务等多方面都存在较大差异。由于无人机的多样性,出于不同考量而对无人机有不同的分类方法(无人机(百度百科词条)):按飞行平台结构类型可分为固定翼无人机、旋翼无人机;按用途可分为军用无人机、民用无人机;按空机质量可分为微型无人机(小于 7kg)、轻型无人机(7~116kg)、中型无人机(116~5700kg)和大型无人机(大于 5700kg);按飞行作业高度分类可分为超低空无人机(小于 100m)、低空无人机(100~1000m)、中空无人机(1000~7000m)、高空无人机(7000~18000m)和超高空无人机(大于 18000m)。因本书依托的国家 863 项目“无人机遥感载荷综合验证系统”外场科学试验选用的是固定翼、低中空、中型无人机,为了研究的科学性、真实性和可对比性,本书以此类固定翼、低中空、中型无人机平台作为研究对象,开展大气风场传递效应的遥感数据质量退化因素研究。

无人机平台搭载的载荷包括光学载荷和 SAR 载荷。在成像模式方面,光学载荷通常采用中心投影面域成像和推扫式扫描成像来获取信息数据,而 SAR 载荷一般通过侧视成像方式发射和接收面域微波信号,并通过信号处理(距离压缩、距离徙动校正、方位压缩等)等手段后期合成对应于地面目标的复数数据图像。由于 SAR 载荷可通过高精度位置姿态系统、相位梯度自聚焦等运动补偿手段克服大气风场传递效应对载荷成像数据质量的影响,为此本书重点以光学载荷为研究对象来开展遥感数据质量的退化因素研究。

在无人机平台和光学载荷类型确定的情况下,分析无人机遥感数据获取的链路,减少影响数据质量退化的因素,是提高其质量的最有效措施。在多次试验的基础上归纳总结后认为,无人机遥感数据获取及应用链路包括任务规划、遥感数据获取、遥感数据处

理和遥感数据应用四个部分，如图 1.1 所示。

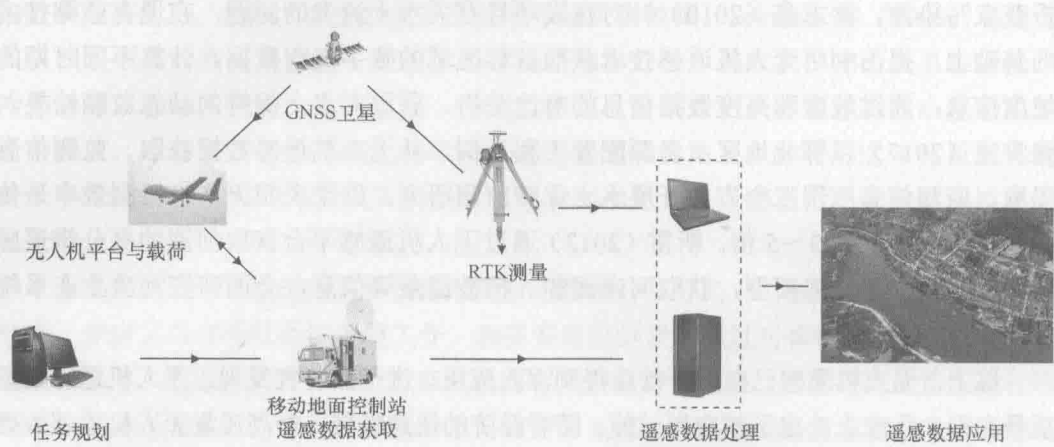


图 1.1 无人机遥感数据获取及应用链路图

首先，在任务规划阶段，研究人员根据用户的任务目标，分析无人机外场试验的环境条件、承载系统、数据获取要求，以及相应的支撑条件等，选择合适的无人机平台和载荷，在此基础上规划满足任务需求的飞行任务航迹；其次，开展飞行的地面准备工作，无人机搭载遥感载荷在移动地面控制站和全球导航卫星系统（GNSS）的共同协助下，实施无人机遥感数据获取飞行作业任务，获取目标区域的遥感数据；再次，遥感数据处理部分对获取的无人机遥感数据进行辐射与几何校正处理，生成遥感信息产品；最后，结合具体应用需求，将处理后的无人机遥感信息产品与行业领域信息相融合，指导科学研究和生产实践。通过对上述无人机遥感数据获取及应用链路进行分析不难发现，无人机遥感数据获取是链路中影响无人机遥感数据质量的最关键一环，而无人机遥感平台的作业环境——大气风场（它是指局地范围内的风速和风向形成的一种气象现象，具有很强的地域性，如海陆风场、山谷风场、热岛风场等），又是影响和导致无人机遥感数据质量退化的源头因素。

大气风场具有流动性强、波动大、变化快等特点，具体表现为大气中各位置的风场强度和方向变化都极快。已有学者针对大气风场作用下无人机飞行状态进行了探索研究。俞玮（2004）根据长航时无人机的特殊飞行任务特点和技术要求，研究了大展弦比、长航时无人机在特定大气风场（Dryden 紊流模型、微下击暴流模型和过山气流模型）作用下的飞行状态。张成（2008）重点研究了临近空间环境下大气风场的建模方法，仿真无人机在变化的大气风场中的飞行响应特性，讨论大气风场对飞行性能曲线的影响，以及无人机在变化的大气风场中爬升时的航迹优化。

无人机遥感平台在空中作业时，时刻变化的大气风场与无人机遥感平台相互作用，导致无人机遥感平台的姿态也随之发生变化。大气风场的传递效应，依次引起无人机平台姿态、稳定平台姿态、载荷姿态等发生相应变化，最终导致所获取的无人机遥感数据出现质量退化。在国家 863 计划重点项目“无人机遥感载荷综合验证系统”中，无人机

遥感平台搭载的光学载荷因受大气风场及其传递效应的影响，其载荷姿态在遥感数据获取过程中不断发生变化，导致获取的遥感影像出现模糊和几何畸变等退化现象。图 1.2 和图 1.3 分别展示了线阵高光谱无人机遥感原始影像和几何校正后影像。

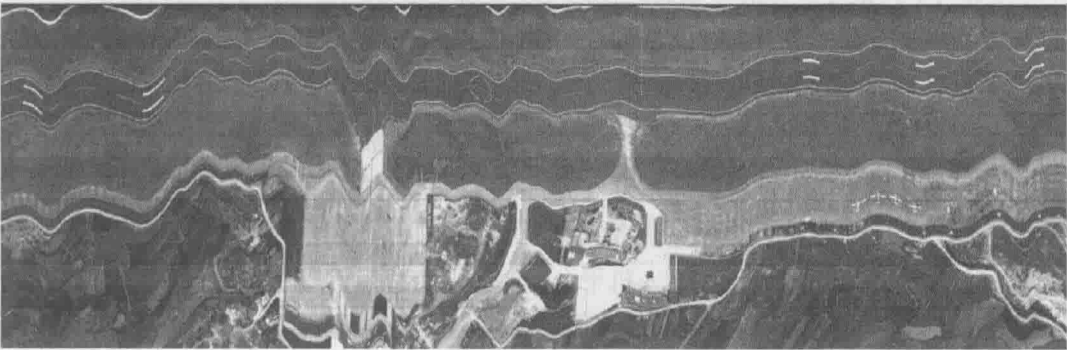


图 1.2 线阵高光谱无人机遥感原始影像



图 1.3 线阵高光谱无人机遥感几何校正后影像

为降低大气风场对无人机遥感图像质量的影响，研究人员在无人机平台和光学载荷之间加装光电稳定平台，利用光电稳定平台的实时姿态补偿特性，减少无人机平台姿态变化对载荷姿态的影响，以期在遥感图像获取时载荷处于稳定状态。然而，由于受机械传动和控制精度等的限制，光电稳定平台时常难以完全消除无人机姿态变化带来的影响，获取的无人机遥感图像质量仍出现不同程度退化。倘若这些质量退化的遥感图像在后期数据处理过程不能得到有效纠正，将大大降低无人机遥感数据的应用效能，从而无法满足各行业对高质量航空遥感数据的应用需求。

目前，市场对高质量无人机遥感数据的巨大需求与我们实际获取数据的质量之间存在非常突出的矛盾。因此，有必要开展无人机遥感载荷成像风场传递效应研究，系统分析大气风场变化对无人机平台上的光学遥感载荷成像质量的影响，为获取高质量无人机遥感图像数据提供技术支撑。

1.2 无人机遥感载荷成像风场传递效应研究的必要性与意义

我国正处于社会经济高速发展时期,环境、农业、资源、减灾、测绘和大型基础设施建设等许多行业都需要高质量的遥感数据为其提供空间信息支持,尤其非常需要高时空分辨率遥感数据。为此,我国自“十五”规划以来,部署了大量与无人机遥感相关的项目,经费达数十亿元,希望能在无人机遥感数据获取技术方面取得重大突破,提升获取高分辨率、高时效性遥感数据信息的能力。目前,我国在无人机平台和遥感载荷研制方面已经取得了长足进展:在无人机平台研制方面,我国已成功自主研发了BZK-005、鹞鹰、海巡者、VD-500等多种型号的无人机;在载荷研制方面,多光谱/高光谱相机、合成孔径雷达、三维立体成像仪、红外成像仪等多种机载载荷也已投入使用。这些都为获取高质量的无人机遥感数据提供了必要的设备基础和技术保障。

近年来,当汶川地震、玉树地震、舟曲泥石流、北京2012年7月21日大雨引发的山体滑坡、洪水等大型自然灾害突发时,迫切需要能在恶劣环境下快速、高效获取有关灾区的高质量遥感数据,以便能以最高效率获取灾区的灾情信息,为应急救援决策提供空间信息支持。无人机遥感因具有机动性好、作业周期短、可在恶劣环境下保证人员零伤亡等优势,从而能方便快捷地获取灾区信息,因此近年来在灾情获取方面的应用效能逐步提升。

不过,就目前而言,我国无人机遥感数据的应用很难达到预期的效果,导致其利用率普遍不高。通过深度剖析,我们不难发现,无人机遥感数据质量不高是影响其应用效能的主要原因之一。鉴于大气风场是影响并导致无人机遥感数据质量退化的源头因素,为了提高无人机遥感数据质量,我们需要剖析大气风场变化对遥感数据质量的影响,从而寻求它们之间的内在联系,以便为将来有效降低大气风场的影响和提高无人机数据质量奠定可靠的技术基础。

大气风场传递效应是指大气风场作用于无人机平台,导致无人机平台姿态发生变化,进而通过光电稳定平台传递给遥感载荷,引起载荷获取数据质量出现退化问题。系统地研究大气风场传递效应对无人机遥感载荷数据质量的影响,能为将来获取高质量的航空遥感数据奠定必要的技术基础,并且也对无人机遥感链路中相关设备的研制具有十分重要的指导意义。

(1) 在研究无人机平台姿态受大气风场作用影响的过程中,通过改变大气风场模型的相关参数,构建高质量的大气风场环境,分析无人机与风场的相互作用。在此基础上,可利用高精度常微分方程解算方法,来有效获知无人机在不同受迫状态下的姿态信息。对这些姿态信息加以分析,可以获知其分布规律,能为无人机固有频率、翼展、机体结构等参数设计提供可靠的参考依据。

(2) 光电稳定平台是遥感载荷与无人机平台连接的桥梁。通过光电稳定平台,在额

定功率条件下补偿无人机平台姿态的变化,使载荷在数据获取过程中处于平稳状态,进而获取高质量的航空遥感数据。通过研究大气风场作用下无人机姿态变化的内在规律,能为光电稳定平台的相关指标设计提供重要的数据支撑,如额定功率、响应特性等。

(3) 通过研究无人机遥感载荷成像机理,从数据获取链路过程分析入手,获取无人机遥感数据质量退化因素。在未来的载荷设计和研制中,有针对性地避免或减少引起图像质量退化的因素,以需求为牵引来优化载荷关键应用性能指标,为获取满足应用需求的无人机遥感数据奠定重要的设备基础。

1.3 无人机遥感载荷成像风场传递效应关键技术

作为一种新型的航空遥感数据获取手段,无人机遥感获取高质量的遥感图像尚有一些亟待解决的问题。通过分析无人机遥感数据获取链路,不难发现诸如大气风场与无人机相互作用及其平台姿态解算、实际工况下光电稳定平台补偿特性、无人机遥感图像质量与载荷运动之间关系、基于无人机遥感图像成像机理的图像复原等,这些是无人机遥感载荷风场传递效应中的关键技术。解决上述关键技术问题,将能有效提高无人机遥感的数据质量,提升无人机遥感数据的应用效能。本书将针对上述问题,重点从以下四个方面开展研究。

1) 大气风场作用下无人机姿态仿真与分析技术

基于无人机遥感作业目标区域大气风场的历史数据,研究不同强度和尺度的高质量三维大气风场建模方法,分析大气风场与无人机平台的作用机理,构建能够准确反映无人机平台姿态变化的模型。在此基础上,高精度解算无人机姿态信息,进而获取载荷成像过程中无人机姿态变化特性,为无人机遥感精密测控定位和光电稳定平台高精度姿态补偿研究奠定基础。相关内容见第2章。

2) 光电稳定平台补偿系统高精度辨识技术

分析光电稳定平台补偿系统的输入输出特性,研究光电稳定平台在无人机遥感数据获取过程中的姿态补偿响应特性及其约束条件,构建光电稳定平台补偿系统高精度辨识模型,实现光电稳定平台姿态补偿特性的高精度辨识,获取成像过程中的载荷姿态数据信息。相关内容将在第3章详细讨论。

3) 载荷运动的图像质量退化效应敏感性分析技术

无人机遥感图像质量退化程度与载荷运动因素敏感程度不一,为了获知载荷运动各因素对图像质量的影响,从光学载荷的成像机理出发,构建载荷在静止、运动状态下的成像模型,有针对性地组建图像质量评价体系。根据图像质量评价结果,研究载荷运动导致的图像问题,并进一步构建基于载荷运动的图像质量退化效应敏感性分析方法。相

关内容将在第4章详细讨论。

4) 大气风场传递效应分析原型系统

在前面几章研究内容的基础上,开发了大气风场传递效应分析原型系统,通过配置研究过程中的关键技术参数,验证无人机遥感载荷风场传递效应中关键技术的正确性和有效性。相关内容将在第5章详细讨论。

参 考 文 献

- 戴昌达,姜小光,唐伶俐. 2004. 遥感图像处理应用与分析. 北京: 清华大学出版社.
- 洪运富,杨海军,李营,等. 2015. 水源地污染源无人机遥感监测. 中国环境监测, 31(5): 163-166.
- 靳雷,刘洋,张硕,等. 2013. 无人机遥感系统在某河流域环境监测项目中的应用. 环境保护与循环经济, (8): 55-57.
- 科普中国. 2017. 无人机. <https://baike.baidu.com/item/无人机/2175415?fr=aladdin>, 2017.11/2017.11. 2017-11-30.
- 冷伟峰,王海光,胥岩,等. 2012. 无人机遥感监测小麦条锈病初探. 植物病理学报, 42(2): 202-205.
- 李冰,刘镭源,刘素红,等. 2012. 基于低空无人机遥感的冬小麦覆盖度变化监测. 农业工程学报, 28(13): 160-165.
- 李传荣,等. 2014. 无人机遥感载荷综合验证系统技术. 北京: 科学出版社.
- 李宇昊. 2007. 无人机在林业调查中的应用实验. 林业资源管理, 8(4): 69-73.
- 李宗南,陈仲新,王利民,等. 2014. 基于小型无人机遥感的玉米倒伏面积提取. 农业工程学报, 30(19): 207-213.
- 梁京涛,成余粮,王军,等. 2013. 基于无人机遥感技术的汶川地震区典型高位泥石流动态监测. 中国地质灾害与防治学报, 24(3): 54-61.
- 梁志鑫,卢宝鹏,张焘. 2010. 无人机技术在水土保持监测中的应用. 吉林农业, (9): 137, 155.
- 王伟. 2015. 无人机影像森林信息提取与模型研建. 北京: 北京林业大学硕士学位论文.
- 韦雪花. 2013. 轻小型航空遥感森林几何参数提取研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文.
- 俞玮. 2004. 变化风场的建模与大展弦比无人机飞行仿真. 陕西: 西北工业大学硕士学位论文.
- 张成. 2008. 临近空间大气认知建模及无人机飞行仿真. 上海: 上海交通大学硕士学位论文.
- 张雅文,许文盛,韩培,等. 2017. 无人机遥感技术在水土保持监测中的应用——以鄂北水资源配置工程为例. 中国水土保持科学, 15(2): 132-139.
- Bendig J, Yu K, Aasen H, et al. 2015. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation, 39: 79-87.
- Lewyckyj N, Everaerts J. 2005. PEGASUS: A future tool for providing near real-time high resolution data for disaster management. Geo-Information for Disaster Management, 181-189.
- Mesas-Carrascosa F J, Notario-García M D, Meroño de Larriva J E, et al. 2014. Validation of measurements of land plot area using UAV imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 33: 270-279.
- Pan Y Z, Zhang J S, Shen K J. 2015. Crop area estimation from UAV transect and MSR image data using spatial sampling method: A Simulation Experiment. Environmental Sciences, 26: 95-100.
- Paris C, Bruzzone L. 2015. A three-dimensional model-based approach to the estimation of the tree top height

by fusing low-density LiDAR data and very high resolution optical images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 53(1): 467-480.

Schmale I D G, Dingus B R, Reinholtz C. 2008. Development and application of autonomous unmanned aerial vehicle for precise aerobiological sampling above agricultural fields. Journal of Field Robotics, 25(3): 133-147.

Vega F A, Ramírez F C, Saiz M P, et al. 2015. Multi-temporal imaging using an unmanned aerial vehicle for monitoring a sunflower crop. Biosystems Engineering, 132: 19-27.