

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书



环境监管无人机遥感 技术与应用

王 桥 王晋年 等 著
杨一鹏 杨海军



科学出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

环境监管无人机遥感 技术与应用

王 桥 王晋年 等 著
杨一鹏 杨海军

重庆环保公益项目(编号:2011467071)
国家国际科技合作专项(编号:2011DFA93420) 资助出版

科学出版社

北 京

内 容 简 介

环境监管无人机遥感技术具有分辨率高、机动灵活、操作简单、成本低、反应迅速、应用简便等优点,是卫星遥感和载人航空遥感技术的有力补充。本书在介绍无人机遥感技术国内外研究及应用进展的基础上,对环境监管无人机遥感基本技术原理与工作流程、平台类型、有效载荷、数据特点及获取处理方法、飞行与控制等进行了阐述,并根据环境监管无人机遥感的技术特点,介绍了环境监管无人机遥感指标体系、数据产品质量控制等技术规范,以及无人机在环境监测、执法、应急、环评等方面开展的示范应用。

本书集技术性与实用性为一体,在无人机遥感环境应用领域具有广泛的适用性,可供环境管理相关部门、高等院校有关专业师生以及从事无人机遥感技术研究和应用的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境监管无人机遥感技术与应用/王桥等著. —北京:科学出版社, 2014
ISBN 978-7-03-037274-1

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

I. ①环… II. ①王… III. ①环境监测-环境遥感-研究 IV. ①X87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 070486 号

责任编辑:余 丁 / 责任校对:宣 慧

责任印制:肖 兴 / 封面设计:王 浩

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

2014 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 5 月第一次印刷 印张:13 1/4

字数:296 000

定价:120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编委会

顾 问：吴晓青

组 长：熊跃辉

副 组 长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

本书作者：王 桥 王晋年 杨一鹏 杨海军
洪运富 朱海涛 张立福 张晓红
李 儒 杨 杭 姜海玲 孙雪剑
李 营 聂忆黄 初 东 刘 凯

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

序言

我国作为一个发展中的人口大国,资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作,提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下,“十一五”期间环境保护工作成效显著,在经济增长超过预期的情况下,主要污染物减排任务超额完成,环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长,资源环境约束进一步强化,环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减,环境质量改善的压力不断加大,防范环境风险的压力持续增加,确保核与辐射安全的压力继续加大,应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点,解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题,确保环保工作不断上台阶出亮点,必须充分依靠科技创新和科技进步,构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年,我国发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》(以下简称《规划纲要》),提出建设创新型国家战略,科技事业进入发展的快车道,环保科技也迎来蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求,原国家环境保护总局于2006年召开第一次全国环保科技大会,出台《关于增强环境科技创新能力的若干意见》,确立科技兴环保战略,建设环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来,在广大环境科技工作者的努力下,水体污染控制与治理科技重大专项启动实施,科技投入持续增加,科技创新能力显著增强;发布502项新标准,现行国家标准达1263项,环境标准体系建设实现跨越式发展;完成100余项环保技术文件的制订和修订工作,初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,已形成一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、

指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

Handwritten signature of Wu Xiaoqing in black ink.

2011年10月

前言

目前我国环境质量状况局部有所改善,总体尚未遏制,重大环境事件频发,环境形势依然十分严峻。发展中不平衡、不协调、不可持续的矛盾依然突出。发达国家一两百年工业化过程中分阶段出现的环境问题,在我国近 30 多年来的快速发展中集中暴露,呈现明显的结构型、压缩型、复合型特征,老的环境问题尚未得到解决,新的环境问题日益显现。PM_{2.5} 问题引起公众普遍关注,水污染问题突出,生态保护和农村环保亟待加强,环境风险不断凸显,经济全球化带来的环境压力进一步加大,环境管理体制不顺、能力支撑不足和法制不健全问题比较突出。

环境监测是环境保护的基础,是环境保护的“哨兵”和“耳目”。目前,我国环境监测任务非常艰巨,环境监测主要采用基于地面布点采样的分析测量方法进行,缺乏时空上的连续性,且费用较高,特别是现有环境监测站点主要分布在城市、重点区域和流域,难以全面、及时和准确地监测预警生态环境状况及其发展趋势,迫切需要构建天-空-地一体化的先进环境监测预警体系,大力发展卫星遥感、无人机遥感等高科技手段,不断增强我国环境遥感监测能力,高效支撑服务环境管理。

无人机遥感技术具有分辨率高、机动灵活、操作简单、成本低、反应迅速、应用简便等特点,是卫星遥感和载人航空遥感技术的有力补充,在国内外已得到广泛应用。无人机借助搭载的高分辨率光学相机、红外相机、成像光谱仪、气体检测仪、小型雷达等传感器,可探测水环境、大气环境、生态环境等多种不同类型的环境状况进行动态监测,直观反映区域生态环境质量现状,是新时期环境监管的重要手段之一。无人机可利用载荷系统获取遥感影像,通过空中和地面控制系统实现影像的自动拍摄和获取,同时实现航迹的规划和监控、信息数据的压缩和自动传输、影像预处理,可广泛应用于国家生态环境保护、矿产资源勘探、海洋环境监测、土地利用调查、水资源开发、农作物长势监测与估产、农业作业、自然灾害监测与评估、城市规划与市政管理、森林病虫害防护与监测、公共安全、国防事业、数字地球等领域。

随着计算机技术、通信技术的迅速发展以及各种数字化、重量轻、体积小、探测精度高的新型传感器的不断出现,无人机遥感技术应用广度和深度迅速拓展,在环境监测、环境执法、环境应急、生态保护、环境影响评价等方面可发挥积极的作用。本书面向环境监管需求,系统介绍环境监管无人机技术及应用,以期为无人机技术在环境监管中的应用提供方法支撑。

本书共分为 6 章,分别介绍了无人机遥感技术的特点、应用发展,环境监管无人机遥感数据的获取、传输、处理及其应用。第 1 章绪论,主要介绍无人机遥感及特点、无人机遥感技术与应用进展、环境监管无人机及其应用需求;第 2 章环境监管无人机遥感系统,主要介绍环境监管无人机遥感基本技术原理与工作流程、数据获取、平台及其类型、有效载荷及其类型、平台与载荷的设计与选型、飞行与控制等;第 3 章环境监管无人机遥感数据传输与管理,主要介绍无人机遥感数据的传输原理及过程、网络传输技术以及环境监管无

人机遥感数据及其管理等;第4章环境监管无人机遥感数据处理,主要介绍无人机遥感数据处理技术的总体流程,包括无人机遥感数据预处理、图像拼接与镶嵌、数据融合及产品生产,同时还列举了无人机遥感数据处理常用的软件等;第5章环境监管无人机遥感应用,主要介绍环境监管无人机应用技术规范、安全作业基本要求及无人机应急响应方案;第6章环境监管无人机遥感应用示范,主要介绍基于无人机遥感在环境监测、环境执法、环境应急、生态保护、环境影响评价等开展的技术应用。

本书前言和第1章由王桥、王晋年、杨一鹏等编写;第2章由杨一鹏、杨海军、朱海涛、张立福、张晓红等编写;第3章由张立福、张晓红、初东、李儒、杨杭等编写;第4章由杨海军、洪运富、李营、刘凯等编写;第5章由王桥、杨一鹏、杨海军、聂忆黄、姜海玲、孙雪剑等编写;第6章由杨海军、杨一鹏、朱海涛、洪运富、初东等编写。由王桥、杨一鹏、杨海军统稿,王桥定稿。

本书集基础性、前沿性、实用性为一体,在环境监管应用领域具有广泛的适用性,可供环境管理相关部门、高等院校有关专业师生以及从事无人机遥感技术研究和应用的技术人员参考。我们希望本书的问世,将有助于读者对无人机遥感技术及其环境领域的应用有较系统的了解,更好地利用无人机遥感技术,推广无人机遥感技术。

本书是环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书之一,是在重大环保公益项目“环境污染事故航空遥感应急监测关键技术研究与应用”(项目编号:2011467071)研究成果基础上,进行系统总结和提炼而成。在编写和出版的过程中,得到了环境保护部科技标准司熊跃辉司长、刘志全副司长、禹军处长、陈胜副处长等领导的大力支持和指导,同时也得到了环境保护部卫星环境应用中心吴国增主任、李京荣副主任等领导和专家的直接指导,还得到了中国科学院遥感应用研究所、天津中科遥感信息技术有限公司等项目实施单位技术人员的全力支持和帮助,以及国家国际科技合作专项“环境污染无人机遥感监测载荷配置关键技术合作研究”(项目编号:2011DFA93420)的资助,特在此表示衷心的感谢。另外,本书的编写,还参考和吸收了大量的国内外有关文献的部分内容,这些文献均在后面参考文献中逐一列出,在此向文献作者表示诚挚的感谢。

由于环境监管无人机遥感在我国尚处于起步阶段,很多方面都属于初次探索,错误与不妥之处在所难免,恳请专家学者、同行与读者们批评指正。

作 者

2013年3月

目 录

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》序言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 无人机遥感及特点	1
1.1.1 无人机遥感概念	1
1.1.2 无人机遥感特点	4
1.2 无人机遥感技术与应用进展	5
1.2.1 国外无人机遥感技术与应用	5
1.2.2 国内无人机遥感技术与应用	11
1.3 环境监管无人机及其应用需求	18
1.3.1 环境监管无人机遥感	18
1.3.2 环境监管无人机应用需求	18
第 2 章 环境监管无人机遥感系统	20
2.1 环境监管无人机遥感系统构成	20
2.2 环境监管无人机遥感系统工作流程	22
2.3 环境监管无人机平台	23
2.3.1 平台结构与功能	23
2.3.2 平台类型及技术指标	23
2.4 环境监管无人机任务载荷	27
2.4.1 光学传感器	27
2.4.2 热红外传感器	28
2.4.3 合成孔径雷达	28
2.4.4 激光雷达	28
2.4.5 视频摄像机	29
2.4.6 气体检测仪	29
2.4.7 定向定位设备	29
2.5 环境监管无人机飞行控制	30
2.5.1 飞行控制基本原理	30
2.5.2 飞行控制系统组成	31
2.5.3 飞行控制系统功能	32
2.5.4 飞行控制方式	34
2.6 环境监管无人机遥感系统设计与集成	36
2.6.1 系统总体设计	36
2.6.2 飞行平台设计	38

2.6.3	任务载荷设计	39
2.6.4	飞行控制系统设计	40
2.6.5	应用软件设计与研发	41
2.6.6	应用系统集成	42
第3章	环境监管无人机遥感数据传输与管理	47
3.1	环境监管无人机遥感数据	47
3.1.1	数据特点	47
3.1.2	数据种类	47
3.2	无人机遥感数据传输	52
3.2.1	数据传输与接收	52
3.2.2	数据网络传输与接收	56
3.3	无人机遥感数据存储	58
3.3.1	数据压缩	59
3.3.2	数据存储	61
3.4	无人机遥感数据管理	63
3.4.1	数据管理方式	63
3.4.2	数据管理技术	66
3.4.3	数据分发与共享	67
第4章	环境监管无人机遥感数据处理	71
4.1	数据处理目标及技术流程	71
4.1.1	数据处理目标与任务	71
4.1.2	总体技术流程	71
4.2	图像预处理	71
4.2.1	几何校正	72
4.2.2	辐射校正	75
4.3	图像拼接与镶嵌	77
4.3.1	影像匹配	78
4.3.2	图像拼接与镶嵌算法	78
4.4	图像融合	81
4.4.1	影像融合及其任务	81
4.4.2	算法与流程	82
4.5	图像分类与解译	86
4.5.1	目视解译	86
4.5.2	计算机自动分类	87
4.6	影像产品	90
4.6.1	正射影像产品生产	91
4.6.2	专题产品生产	94
4.7	无人机图像处理软件	98
4.7.1	ERDAS LPS 图像处理系统	98

4.7.2 Pix4dmapper 图像处理系统	103
第5章 环境监管无人机遥感基本作业要求	106
5.1 环境监管无人机遥感指标体系与数据产品	106
5.1.1 数据产品分类分级	106
5.1.2 数据产品指标体系	111
5.2 环境监管数据产品生产质量控制	118
5.2.1 数据产品源数据要求	119
5.2.2 基本数据产品生产质量控制	119
5.2.3 专题数据产品和应用数据产品质量控制	120
5.3 环境监管无人机作业	121
5.3.1 技术准备	121
5.3.2 现场踏勘和场地选取	123
5.3.3 飞行作业	124
5.3.4 飞行任务总结	129
5.3.5 日常保障	131
5.4 环境监管无人机应急响应方案	133
5.4.1 环境监管无人机应急监测组织体系	133
5.4.2 环境监管无人机应急监测响应	134
5.4.3 环境监管无人机应急监测保障	135
第6章 环境监管无人机遥感应用示范	137
6.1 化工园区污染气体监测	137
6.1.1 背景与监测任务	137
6.1.2 技术路线与飞行作业	139
6.1.3 数据处理与制图	140
6.1.4 飞行成果分析	141
6.2 饮用水水源地环境监测	145
6.2.1 背景与监测任务	145
6.2.2 技术路线与飞行作业	146
6.2.3 数据处理与制图	147
6.2.4 飞行成果分析	148
6.3 外来植物入侵监测	150
6.3.1 背景与监测任务	150
6.3.2 技术路线与飞行作业	150
6.3.3 数据处理与制图	152
6.3.4 飞行成果分析	152
6.4 尾矿库环境风险监测	155
6.4.1 背景与监测任务	156
6.4.2 技术路线与飞行作业	156
6.4.3 数据处理与制图	157

6.4.4 飞行成果分析	157
6.5 高速铁路项目竣工环保验收遥感调查	160
6.5.1 背景与监测任务	160
6.5.2 技术路线与飞行作业	160
6.5.3 数据处理与制图	161
6.5.4 飞行成果分析	161
6.6 大型工厂竣工环保验收无人机遥感监测	167
6.6.1 背景与监测任务	167
6.6.2 技术路线与飞行作业	167
6.6.3 数据处理与制图	169
6.6.4 飞行成果分析	169
6.7 县域生态环境质量考核无人机遥感监测	170
6.7.1 背景与监测任务	170
6.7.2 技术路线与飞行作业	170
6.7.3 数据处理与制图	171
6.7.4 飞行成果分析	171
6.8 溢油污染事故监测	173
6.8.1 背景与监测任务	173
6.8.2 技术路线与飞行作业	175
6.8.3 数据处理与制图	176
6.8.4 飞行成果分析	177
6.9 垮塌污染事故监测	181
6.9.1 背景与监测任务	181
6.9.2 技术路线与飞行作业	182
6.9.3 数据处理与制图	184
6.9.4 飞行成果分析	185
6.10 河面散落化学品桶无人机遥感监测	189
6.10.1 背景与监测任务	190
6.10.2 技术路线与飞行作业	190
6.10.3 数据处理与制图	191
6.10.4 飞行成果分析	191
6.11 大气污染源无人机遥感监测	192
6.11.1 背景与监测任务	192
6.11.2 技术路线与飞行作业	192
6.11.3 数据处理与制图	193
6.11.4 飞行成果分析	193
参考文献	196

第 1 章 绪 论

1.1 无人机遥感及特点

遥感(Remote Sensing, RS),即不接触物体本身,用传感器收集目标物的电磁波信息,经处理和分析后识别目标物,揭示其几何特征、物理性质、相互关系及其变化规律的现代科学技术。按传感器搭载平台划分,遥感可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感。

遥感是 20 世纪 60 年代以航空摄影技术为基础发展起来的一门新兴技术,航空遥感曾一度是遥感的主题。1972 年,美国第一颗陆地卫星的成功发射,标志着航天遥感时代的开始。经过几十年的迅速发展,遥感已经广泛应用于军事、气象、海洋、国土、农业、林业、环境、资源、测绘等诸多领域,成为一门先进的、实用监测技术。

长期以来,传统的以卫星遥感和载人航空遥感为手段的遥感数据获取技术,由于受到空间分辨率较低、重访周期较长、时效性差、空域管制等因素的制约,在应对各种突发自然灾害和日常的动态监测任务时,很难提供及时有效的遥感数据和信息,因此,有必要采用更加灵活的新的技术手段来满足不断增长的各种遥感应用需求,无人机遥感(Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing, UAVRS)由此应运而生。

1.1.1 无人机遥感概念

无人机是通过无线电遥控设备或机载计算机程控系统进行操控的无人驾驶飞行器。

无人机遥感是利用先进的无人驾驶飞行器技术、遥感传感器技术、遥测遥控技术、通信技术、全球定位系统(GPS)差分定位技术和遥感应用技术,自动化、智能化、专题化地快速获取地物信息,并实现其应用的技术。

无人机结构简单,使用成本低,具有低空飞行的能力,可弥补卫星遥感因气候因素所引起的云层遮挡问题;无人机起降迅速,无需机场,可保证随时待命,及时应对各种突发事件;在面对一些危险情况时无人机可代替有人飞机进行现场侦查工作,降低了人员的危险性。总之,无人机不但能弥补卫星及有人机的不足,而且在机动、灵活、实用等方面具有明显优势。无人机遥感系统的基本工作原理如图 1.1.1 所示。

无人机遥感系统的组成通常包括飞行平台、导航与飞行控制系统、地面监控系统、任务设备、数据传输系统、发射与回收系统、野外保障装备以及其他附属设备,见图 1.1.2。

1. 飞行平台

无人机飞行平台即无人机本身,是搭载导航器、传感器等设备的载体。飞行平台可搭载多种任务设备(如高分辨率 CCD 相机等)获取遥感数据,利用空中和地面控制系统实现遥感影像的自动拍摄和获取,同时实现航迹的规划和监控、信息数据的压缩和自动传输、影像预处理等功能。用于航空摄影测量的无人机,一般要求其载重大于 2kg,巡航速度不

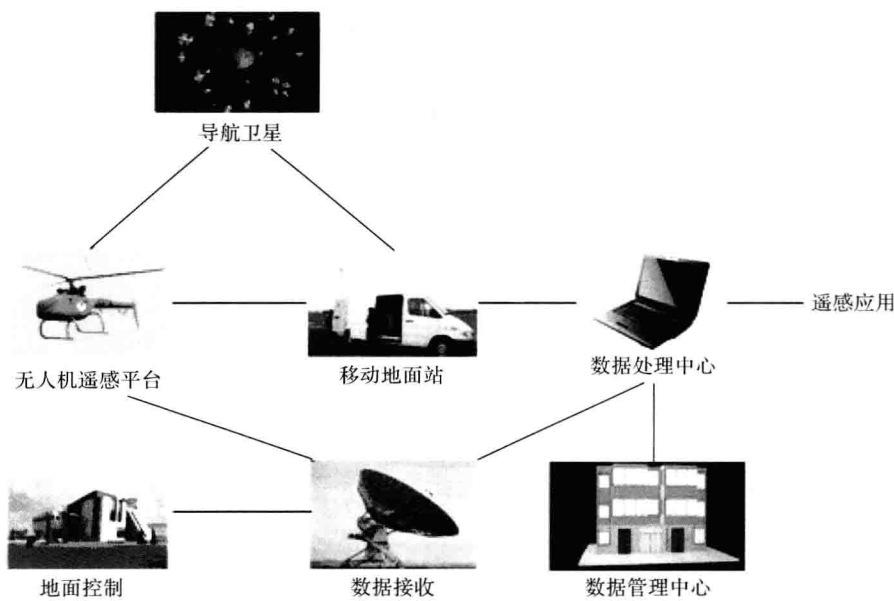


图 1.1.1 无人机遥感系统基本工作原理

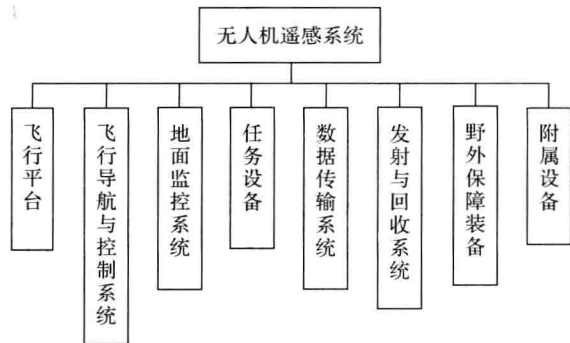


图 1.1.2 无人机遥感系统的组成

低于 60km/h,续航时间不小于 1.5h,抗风能力 4 级以上,搭载设备的任务仓尺寸应大于 25cm×20cm×25cm。通常,无人机飞行平台分为固定翼飞行平台、旋翼飞行平台、飞艇平台和其他类型四大类,如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 无人机遥感平台的主要类型

固定翼飞行平台	同温层长航时遥感平台
	中等高度固定翼遥感平台
	手掷式微型遥感平台

续表

旋翼飞行平台	巡游式直升机监视平台
	应急型直升机平台
	微型直升机探测器
飞艇平台	同温层飞艇凝视平台
	动力型低空飞艇平台
	低空系留式飞艇平台
其他类型	如热气球等

2. 导航与飞行控制系统

导航与飞行控制系统是保证飞行平台以正常姿态工作的系统,包括飞控板、惯性导航系统、GPS 接收机、气压传感器、空速传感器和转速传感器等部件。目前大多数无人机都安装有自动驾驶仪,无人机升空后即可按照设计好的航线自动工作,无需人为控制。导航与飞行控制系统性能的好坏,将直接影响遥感数据的采集质量。

3. 地面监控系统

无人机升空后,虽然能在自动驾驶仪控制下自动工作,但有时会发生意外情况,最常见的是发动机机械故障、无人机失速等。地面监控系统由无线电遥控器、地面供电系统、监控计算机和监控软件等部分组成,用来时刻监视无人机的工作状态。地面监控系统的主要功能为:地面监控站通过数据传输系统向导航与飞行控制系统发送数据和控制指令;接收、存储、显示、回放无人机的高度、空速、地速、方位、航向、航迹、飞行姿态等飞行数据;显示任务设备工作状态,显示发动机转速、机载电源电压等数值;在机载电池电压不足、GPS 卫星失锁、发动机停车、无人机失速、飞行数据误差超限等时候,发出报警提示。

4. 任务设备

任务设备是指获取遥感数据的传感器及其控制装置,工作时被安装固定在无人机机身的任务仓内。遥感传感器包括高清摄像机、高分辨率 CCD 相机、成像光谱仪、热红外成像仪、复合气体检测仪等,用于获取遥感数据。遥感传感器的控制装置通常与导航与飞行控制系统一体化设计,具有控制载荷定点工作、等时间间隔工作和等距离间隔工作等功能,并可记录工作时刻飞行平台的经纬度、高度和飞行姿态(如横滚角、俯仰角、航向角)等数据。

5. 数据传输系统

数据传输系统分为空中和地面两部分,均包括数据传输电台、天线、数据传输接口等,主要用于地面监控站与飞行控制系统以及其他机载设备之间的数据和控制指令的传输。数据传输的有效距离一般要求大于 10km。

6. 发射与回收系统

发射与回收系统主要是针对固定翼无人机设计。其中,发射系统为无人机在一定距

离内加速到起飞速度提供保障,回收系统则确保无人机的安全着陆;在起降场地条件允许情况下,一般采用地面滑跑发射、滑跑回收;在地理环境复杂、场地不具备滑跑条件时,采用弹射发射和伞降回收。

7. 野外保障装备

野外保障装备是指无人机遥感系统野外工作的运输装备和机械维护装备等,是无人机航摄作业的基本保障。

1.1.2 无人机遥感特点

无人机遥感技术作为卫星遥感和载人航空遥感的有效补充,具有其他遥感技术难以具备的优势,其主要表现在以下几个方面。

1) 响应快速

无人机系统体积小、重量轻、运输便利、升空准备时间短、操作简单,可快速到达监测区域,机载高精度遥感载荷可以在 1~2h 内快速获取遥感监测结果。

2) 图像分辨率高

无人机可进行近地表飞行,遥感获取图像的空间分辨率达到分米级,适于 1:1 万或更大比例尺遥感应用的需求。无人机搭载的高精度数码成像设备,还具备大面积覆盖、垂直或倾斜成像的能力。

3) 自主性、灵活性强

无人机可按预定飞行航线自主飞行、拍摄,航线控制精度高。飞行高度可从 50m 至 4000m,高度控制精度一般优于 10m,速度范围为 70~160km/h,均可平稳飞行,适应不同的遥感任务。

4) 操作简单

飞行操作自动化、智能化程度高,操作简单,并有故障自动诊断及显示功能,便于掌握和培训;一旦遥控失灵或其他故障,飞机可自动返航到起飞点上空,盘旋等待。故障解除后,则可按地面人员控制继续飞行,否则自动开伞回收。无人机还具有轻小、滑翔保护、伞降保护等功能,可在很大程度上规避重大事故的发生。

5) 适应性好

无人机遥感系统能够根据不同应用需求配置不同的遥感载荷和软件处理模块,可满足多种行业、不同类型的遥感监测任务需求。

6) 使用成本低

无人机遥感系统与有人驾驶飞机相比,运营成本要低得多,飞行操控相对简单,培训时间较短,设备存放、维护比较简便,可节省调机、停机等费用。

7) 系统集成性强

无人机遥感系统能与 GIS 系统快速集成,系统中的各个组成子系统可相互作用、相互关联,共同完成各种遥感应用任务。

1.2 无人机遥感技术与应用进展

无人机遥感技术主要包括飞行器技术、传感器技术、传感器控制及姿态控制技术、传感器定标及数据传输存储技术、影像数据的后处理技术和系统集成技术等。早期的无人机主要作为军事上的靶机应用,后来逐渐用于作战、侦察及民用遥感飞行平台。20世纪80年代以来,随着计算机技术、通信技术的迅速发展以及各种数字化、质量轻、体积小、探测精度高的新型传感器的不断面世,无人机的性能不断提高,应用范围和应用领域迅速拓展。目前,世界范围内的各种用途、各种性能指标的无人机已达数百种之多,续航时间从一小时延长到几十个小时,任务载荷从几千克到几百千克,这为长时间、大范围的遥感监测提供了保障,也为搭载多种传感器、执行多种任务创造了有利条件。无人机遥感技术除了广泛应用于军事领域之外,近年来也逐渐进入了测绘、考古、森林防火、环境监测、资源勘探、通信中继、农药喷洒、电力巡线、交通监控、边境巡逻、缉毒缉私、灾情监视等民用领域,不断促进无人机遥感技术的进展。

1.2.1 国外无人机遥感技术与应用

1. 国外无人机遥感技术进展

1) 飞行器技术

国外无人驾驶飞行器技术的发展经历了三个阶段,各个阶段具有不同的技术特征。第一阶段为20世纪50年代以前,无人机平台结构简单,任务载荷功能单一,没有复杂的飞行控制系统,飞行时间短,悬停高度100m以下,只是简单的平行移动;第二阶段为20世纪50~70年代,采用视距内/超视距遥控飞行,使用传统构型或共轴构型、金属或合金材料,最大起飞重量在1000kg以下,速度在150km/h以内,续航时间在3h以内;第三阶段为20世纪80年代以后,飞行控制技术有了较大突破,可实现自主飞行、预编程控制飞行,速度达200km/h,续航时间超过3h,任务半径超过200km,航时长,航程远。

2) 传感器技术

传感器技术是除了飞行器技术之外最重要的技术,是无人机能够发挥应用作用的基本保障。国外无人机遥感传感器技术发展主要体现在以下几个方面。

(1) CCD高分辨率成像技术。第一代CCD航空相机的发展要追溯到20世纪70年代中期,主要为机械侦察相机,特点是用线阵CCD器件和推扫方式工作,具有代表性的是美国ITEM公司研制的胶片和CCD两用KA-102A相机;第二代CCD航空相机采用TDICCD器件和推扫工作方式,具有代表性的为20世纪80年代后期美国ITEM公司生产的ES-250轻型CCD侦察相机,它采用全反式光学系统和10 000像元的时间延迟积分CCD器件,像元分辨力理论值为0.5 m;第三代CCD航空相机是光电分幅航空侦察相机,具有代表性的是ROI公司研制CCD航空相机,经历了CA-260,CA-261,CA-265,CA-270,CA-295等几个不同系列。其中,CA-295是中高空长焦距斜视相机,性能优越,可以在红外和可见光双波段同时或分别拍照,并采用了先进的数字信号处理、稳像和长焦距倾斜控制技术,如图1.2.1所示。