

# 无人机遥感技术在环境保护领域的应用<sup>①</sup>

杨海军<sup>②</sup> 李 营<sup>③</sup> 朱海涛 洪运富

(环境保护部卫星环境应用中心 北京 100094)

**摘 要** 给出了无人机遥感的概念,介绍了无人机遥感系统的基本组成和应用特点,指出了它在环境保护领域的重要应用价值。论述了无人机遥感技术在突发环境事件应急监测、环境污染监测、生态监察、自然灾害应急监测及灾后环境评估、重大建设项目环保评估、县域生态核查等方面的具体应用模式,展示了无人机遥感作为环境保护领域的支撑技术,在环境监管、环境保护上发挥的重要作用和广阔的应用前景。

**关键词** 无人机(UAV), 环境监测, 遥感

## 0 引言

各种突发环境污染事件的频发,生态环境破坏范围的扩大,会造成污染防控和减排压力加大,严重影响国家生态环境安全和社会经济的可持续发展,因而,提高环境监测技术,进行有效的环境保护,具有重要战略意义。然而,传统的地面环境监测手段监测周期长,监测范围小,缺乏时空上的连续性,难以全面、及时地反映环境的质量状况及动态变化情况,已经不能满足现代化社会快速发展的需求。遥感技术在环境监测上具有显著的快速性、宏观性、动态性特点,可以很好地弥补传统监测方法的缺陷。遥感技术可以从宏观上观测空气、土壤、植被和水质状况,也可以实时快速跟踪和监测突发环境污染事件的发展,为及时制定正确的处理措施提供科学依据。但是我国卫星环境遥感分辨率相对较低,难以满足对地面、大气和水的光谱信号采集和分析的高精度需求,航空遥感虽然精度较高,但对场地、人员、保障等条件要求严格,无法满足环境遥感监测的灵活机动、应急响应、高危区作业等要求。针对这种情况,研究者们采用了无人机遥感技术。无人机技术

作为一项空间数据获取的新手段,具有续航时间长、影像实时传输、高危地区探测、成本低、分辨率高、机动灵活等优点,可作为航空、航天遥感的有力补充,能够提高污染物排放量和生态环境状况核定的精度,是对常规环境监测、突发环境污染灾害应急监测的重要补充手段<sup>[1]</sup>。本文对应用于环境保护领域的无人机遥感技术进行了综述。

## 1 无人机遥感技术

无人机(unmanned aerea vehicle, UAV)是通过无线电遥控设备或机载计算机程控系统进行操作无人驾驶飞行器。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、遥感遥控技术、通讯技术、GPS 差分定位技术和遥感应用技术,自动化、智能化、专题化地快速获取环境、资源、国土等信息,完成遥感数据处理、建模和应用分析的技术<sup>[2]</sup>。

## 2 无人机遥感系统的基本组成

无人机遥感系统的组成通常包括:飞行平台、飞行导航与控制系统、地面监控系统、任务设备、数据

① 国家自然科学基金(51309210)资助项目。

② 男,1975年生,博士,高级工程师;研究方向:环境遥感监测研究;E-mail: yanghj@leis.ac.cn

③ 通讯作者,E-mail: trunks02029@163.com

(收稿日期:2015-03-24)

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(图1)。

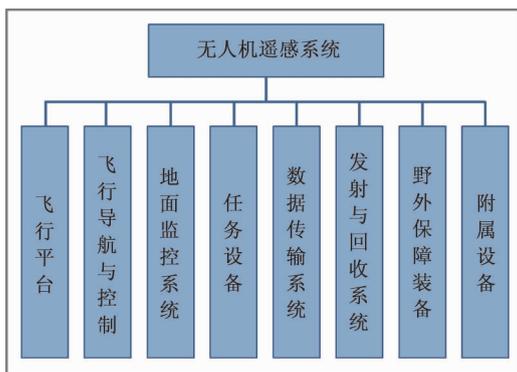


图1 无人机遥感系统的组成

### 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。

### 2.2 飞行导航与控制系统

飞行导航与控制系统是保证飞行平台以正常姿态工作的系统,包括飞行控制板、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<sup>[3]</sup>。

### 2.3 地面监控系统

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。其主要功能为:地面监控站通过数据传输系统向飞行导航与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、飞行姿态数据等误差超限时,发出报警提示。

### 2.4 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,工作时被固定安装在无人机机身的任务仓内。遥感传感器的控制装置通常与飞行导航与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、高度和飞机姿态(如横滚角、俯仰角、航向角)等数据。

### 2.5 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。

### 2.6 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,发射系统是为无人机在一定距离内加速到起飞速度提供保障,回收系统是确保无人机的安全着陆;在起降场地条件允许的情况下,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。

### 2.7 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<sup>[4,5]</sup>。

## 3 无人机应用特点

无人机遥感技术作为航空、航天遥感的有效补充,具有其他遥感技术无法比拟的独特优势,其主要表现在:

(1)响应快速。无人机系统运输便利、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,速度范围从70km/h至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;一旦遥控失灵或出现其他故障,可自动返航到起飞点上空,盘旋等待。若故障解除,则按地面人员控制继续飞行,否则自动开伞回收。

(5)目的性强。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,共同完成遥感监测任务<sup>[6]</sup>。

#### 4 无人机遥感技术在环境保护领域的应用

无人机遥感技术在我国环境保护中的应用起步较晚,但凭借其分辨率高、机动灵活、操作简单、成本低以及可实现影像实时传输、高危地区探测等优点,取得迅速发展。在环境保护领域,现已形成无人机应用技术流程(图2)。

无人机应用需经过无人机飞行准备、无人机飞行、数据获取、数据处理、环境敏感信息提取等流程。其中,无人机飞行准备包括无人机航线规划、空域申请和背景资料收集等。无人机飞行准备是基础性工作,只有做好充分的准备,才能顺利、高效地开展无人机后续工作。无人机飞行过程中,需要对无人机飞行航线、飞行姿态、载荷工作状态等进行实时监控,确保各仪器设备正常运转,同时,通过载荷获取监测数据并存储。无人机飞行结束后,采用专用软件处理无人机数据并进行环境敏感信息提取。

无人机遥感平台借助系统搭载的高分辨率相机、红外相机、成像光谱仪、气体检测仪等传感器探测水环境、大气环境、生态环境等多种不同类型的环

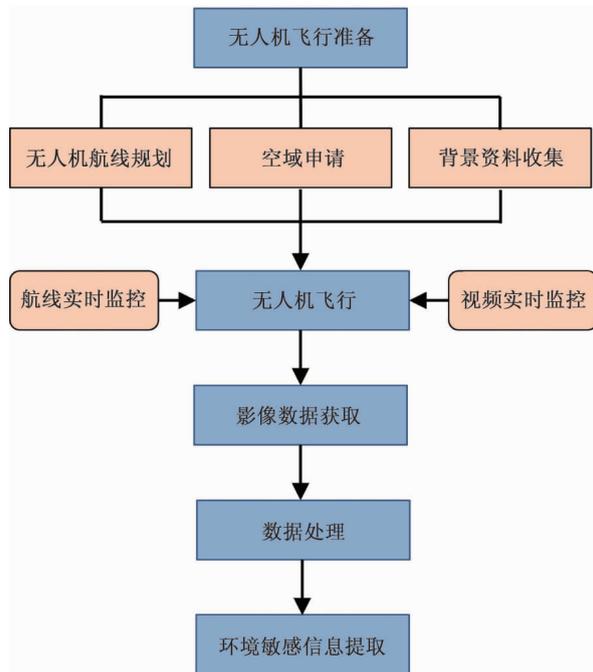


图2 无人机应用技术流程

境状况,在突发环境事件应急、环境污染监测、生态监察、自然灾害环境影响评价、重大建设项目环保验收、县域生态环境质量考核无人机遥感监测等方面发挥了重要的技术支撑作用。在环境保护领域业务中,通常使用高分辨率相机开展各种环境监测工作,能够获取优于 0.2m 的高分辨率可见光影像,便于准确获取各种环境敏感目标信息;而红外相机、成像光谱仪、气体检测仪等仪器,因载荷重量及技术指标限制,主要用于环境保护领域的科研性研究,监测水环境与大气环境指标。

根据环境保护领域监测目标需求,目前在水环境、大气环境、生态环境监测中采用的无人机平台主要为小型固定翼无人机,其具体参数如表 1 所示。常用的高分辨率相机为 Cannon 5D Mark II。

##### 4.1 突发环境事件应急无人机遥感监测

在执行环境应急监测任务过程中,无人机技术凭借其独特的优势,能够在第一时间获取突发环境事件所在区域的环境现状、影响面积、扩散范围等信息。用无人机技术进行环境应急监测是一种新的高科技手段,可为环境事件应急处理和管理决策提供重要技术支撑。

表1 小型固定翼无人机技术指标与参数

技术指标	参数
翼展	2400mm
机长	1700mm
最大起飞重量	24kg
控制半径	30km
最大飞行高度	3000m
离地速度	60km/h
失速速度	70km/h
留空时间	2~4h
最大速度	130km/h
巡航速度	110km/h
机身材料	蜂窝复合结构
有效载荷	3~5kg

2012年11月7日,贵州省铜仁市万山区万泰锰业尾矿库泄漏,对河流环境安全造成严重威胁。根据环境应急管理需要,利用无人机技术对尾矿库泄露状况进行了多架次动态遥感监测,获取了大量高分辨率数据(图3)。根据监测数据,事发尾矿库的泄漏量约8200立方,造成下游河流长达20余公里的重金属污染,分析结果为事件防控提供了有力的技术支持和信息服务,为事故抢险提供了第一手资料。



图3 贵州省铜仁市万山区万泰锰业尾矿库泄漏点无人机遥感影像

2010年7月28日,吉林省永吉县因特大暴雨造成山洪暴发,致使永吉县经济开发区内的新亚强生物化工有限公司、吉林众鑫集团两家企业的库房被洪水冲毁,7000只左右的化学原料桶被洪水冲入松

花江,对流域水环境安全造成严重威胁。根据环境应急管理需要,利用无人机搭载高分辨率光学相机,对化学原料桶可能散落的江段进行了遥感监测,为查找和打捞原料桶提供了及时有效的技术支撑。

#### 4.2 环境污染无人机遥感监测

环境污染是人类直接或间接地向环境排放超过其自净能力的物质或能量,进而使环境质量降低,对人类生存与发展、生态系统等造成不利影响的现象,按环境要素可分列为水体污染、大气污染、土壤污染等。

常规的环境污染检测主要是通过布设在全国各地的地面环境监测站点获取检测数据来实现,人力、物力、财力耗费均较大,数据离散,难以反映污染分布的空间格局。无人机环境遥感监测具有范围较大、分辨率高、响应快速等优势,可有效弥补常规地面环境监测的不足,能及时全面掌握观测区污染源分布、污染物种类、污染扩散等信息,是新时期环境污染监测的一种高科技手段。

内蒙古某水库是当地的重要饮用水源地,该水库控制流域面积为328km<sup>2</sup>,占全流域面积的3.8%。根据环境监管需要,利用无人机技术对该水源地开展了遥感监测。根据监测数据,全面排查了环境安全隐患,及时有效地发现了该水源地的排污口(图4),为环境监管提供了有力的技术支持服务。



图4 水库疑似排污口无人机遥感影像

#### 4.3 生态监察无人机遥感监测

生态监察是一种具体、直接的环保执法行为,其主要任务是对区域生态破坏实施现场管理、检查并参与治理。传统的生态监察主要是环保行政管理部

门通过派遣环境执法人员下基层、跑现场等方法开展工作,执法难度和阻力均较大。无人机生态监察具有检查机动灵活、数据客观准确及分辨率高等特点,是新时期生态监察工作的有力武器。

“大米草”,多年生草本植物,适宜生长于潮间带,原生长于美洲大西洋沿岸和墨西哥湾,因其促淤造陆和消浪护堤作用显著,1979年被引进我国,但由于其适应能力强,在我国沿海省区快速扩散,对当地海滨湿地土著物种构成威胁。为掌握某市沿海区域“大米草”分布状况及其动态变化情况,获取了2009、2011年该市沿海区域的卫星和无人机遥感数据(图5),同时结合实地调查,对沿海“大米草”分布现状和动态变化进行监测和分析。监测数据显示,该地“大米草”对沿海生态敏感目标构成一定威胁,并对海岸带生态安全造成潜在影响。



图5 “大米草”生物入侵无人机监测

张家口作为重要的矿产资源大市,尾矿库数量众多,在3.7万平方公里辖区范围内有尾矿库520座,约占全国4%,每百平方公里1.41座。根据环境监管需要,为进一步掌握该地尾矿库环境风险状况,利用无人机技术对该地尾矿库进行了监测与分析(图6)。监测数据显示,该地尾矿库周边普遍存在河流、湖库、居民地、耕地、交通线路等不同类型的敏感对象和保护目标,有15%的尾矿库距离河流、湖库等大型水体不足1km;有31%的尾矿库距离各类居民地不足1km。通过该尾矿库的无人机遥感监测,为今后开展“天-空-地”一体化的尾矿库环境风险调查提供了有力的技术支持。



图6 尾矿库无人机遥感监测影像人机交互目视解译

#### 4.4 自然灾害环境影响无人机遥感监测

自然灾害是由于自然异常变化造成的人员伤亡、财产损失、社会失稳、资源环境破坏等现象,通常自然灾害发生后都会造成不同程度的环境破坏,故常需开展自然灾害环境影响分析和评估。我国自然灾害频发,危害巨大。近些年来,无人机技术异军突起,在应对汶川地震、玉树地震、舟曲泥石流等重大自然灾害过程中,充分发挥了响应快速、机动灵活、高危地区作业、不存在人员伤亡等优势,在自然灾害应急监测和灾后环境影响分析评估中发挥了主要作用<sup>[7,8]</sup>。

#### 4.5 重大建设项目环保验收无人机遥感监测

重大建设项目在规划和建设时,通常需要对其可能造成的环境影响进行分析和评估,并提出预防或减轻不良环境影响的对策和措施。传统的建设项目环保验收通常采用人工调查方法,其工作量大、耗时长,且有时易受自然灾害、地形、天气等条件限制,交通条件差的地段甚至难以开展调查。无人机遥感技术可克服上述困难,可及时有效地获取高分辨率遥感影像,据此识别并分析项目建设可能造成的环境影响,可以大大提高环保验收调查工作的效率和精度,在重大建设项目环评监理、水电等资源开发以及公路、铁路、输油(气)管道等大型工程建设生态监管和评估中有巨大的应用潜力。

在开展武汉至广州高速客运专线竣工环保验收时,因该工程沿线交通条件差,传统的人工调查方法在某些地段难以开展调查。为了全面开展环保验收工作,利用无人机技术对该工程进行了遥感监测

(图7)。根据监测数据,对高速铁路中的生态环境敏感点、声环境敏感点进行了遥感调查。经调查,该高速铁路工程沿线有生态环境敏感点 715 个、声环境敏感点 534 个,利用无人机遥感技术共发现 382 个生态环境敏感点和 181 个声环境敏感点,分别占总数的 54% 和 34%。无人机技术在该项目中的应用,不仅可以提高工作效率和精度,同时初步探索出了一套无人机遥感技术用于工程竣工环保验收的有效方法。



图7 武汉至广州高速客运专线无人机遥感影像敏感点解译

#### 4.6 县域生态环境质量考核无人机遥感监测

为维护国家生态安全,引导地方政府加强生态环境保护力度,提高国家重点生态功能区所在地政府的基本公共服务保障能力,从2008年起,中央财政对466个国家重点生态功能区范围内的县(市、区)实施了财政转移支付。为评估中央财政转移支付资金对国家重点生态功能区县域生态环境改善及保护效果,环境保护部、财政部于2009年启动了国家重点生态功能区县域生态环境质量考核工作,并要求在核查工作中充分发挥无人机、卫星遥感等技术手段。无人机技术在现场核查工作中具有机动灵活、分辨率高、覆盖范围广等特长,可重拳出击,及时发现人为生态破坏或恢复情况,是县域生态考核工作的“杀手锏”(图8)。



图8 县域生态考核无人机遥感影像与卫星遥感数据对比分析

## 5 结论

无人机遥感监测具有分辨率高、灵活机动、响应速度快、客观准确、不受地形地貌等区域环境影响等优势,已在水环境质量监测、大气环境质量监测、生态环境保护、固体废弃物监测、环境影响评价、环境事故应急监测和风险控制等多方面得到了应用。随着技术的不断成熟,无人机遥感能够为环境保护工作提供完善的技术支撑,在环境保护领域将会有更加广泛的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 雷添杰,李长春,何孝莹. 无人机航空遥感系统在灾害应急救援中的应用. 自然灾害学报, 2011, 20(1): 178-183
- [2] 马轮基,马瑞升. 微型无人机遥感应用初探. 广西气象, 2005, 9(35): 180-181
- [3] 郑成军. 无人机的GPS自主导航系统. 无人机, 2007, (3): 40-41
- [4] 温奇,陈世荣,和海霞等. 无人机遥感系统在云南盈江地震中的应用. 自然灾害学报, 2012, 21(6): 65-71
- [5] 晏磊,吕书强. 无人机航空遥感系统关键技术研究. 武汉大学学报:工学版, 2005, 37(6): 67-70
- [6] Jin W, Ge H L, Du H Q, et al. A Review on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Its Application. *Remote Sensing Information*, 2009, (1): 88-92
- [7] 韩文权,任幼蓉. 无人机遥感在应对地质灾害中的主要应用. 地理空间信息, 2011, 9(5): 6-8
- [8] 雷添杰,李长春. 无人机航空遥感系统在灾害应急救援中的应用. 自然灾害学报, 2011, 20(1): 178-183

# UAV remote sensing' s applications in the environmental protection field

Yang Haijun, Li Ying, Zhu Haitao, Hong YunFu

(Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100094)

## Abstract

The concept of unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing is given, the composition and the application characteristics of an UAV remote sensing system are presented, and the great application value of the system to the environmental protection field is pointed out. The specific application modes of the UAV remote sensing technology in the respects of emergency monitoring of sudden pollution incidents, routine environmental pollution monitoring, routine ecological monitoring, emergency monitoring of natural disasters and environmental evaluation after disasters, environmental acceptance for major construction projects are systematically reviewed, showing that UAV remote sensing plays an important role in the environmental protection field as the supporting technology and has the bright application prospects.

**Key words:** unmanned aerial vehicle (UAV), environmental monitoring, remote sensing