

doi: 10.7690/bgzd.2015.03.016

# 基于光电探测的无人飞艇森林防火巡护系统

钟春梅

(中航工业洛阳光电设备研究所凯信光电研发中心, 河南 洛阳 471003)

**摘要:** 针对当前国内外的森林巡护信息感知手段的不足, 研发了基于光电探测的无人飞艇森林防火巡护系统, 介绍了系统的组成、功能、特点。基于无人飞艇的巡护的特殊要求, 分析了系统设备的相关技术指标, 并给出了技术展望。实践结果表明: 该系统满足森林防火的要求, 并可为反恐、防突的综合监视、情报与侦察系统(ISR)提供借鉴。

**关键词:** 光电探测; 无人飞艇; 森林防火

**中图分类号:** TP206 **文献标志码:** A

## Unmanned Airship Monitoring System for Forest Fireproofing Based on Electro-Optical Detecting

Zhong Chunmei

(Kaixin Optical-Electrics Research & Development Center, Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment AVIC, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** Aiming at lack of forest fireproofing monitoring methods at home and abroad, research on unmanned airship forest fireproofing monitoring system based on electro-optical detecting. Introduce system constitution, function and feature. Based on special requirements of unmanned airship forest fireproofing monitoring, analyze related technology index of system equipment, then put forwards technology prospect. The application result shows that the system can satisfy forest fireproof requirements, and it can be a reference for ISR system.

**Keywords:** electro-optical (EO) detection; unmanned airship; forest fireproofing

### 0 引言

目前在森林巡护系统领域, 国外采用了多种信息获取手段, 如美国采用了护林飞机和红外遥感火灾预警飞机巡逻, 德国研发了 FIRE-WATCH 森林火灾自动预警系统, 而加拿大普遍采用卫星巡回监测系统。这些技术应用比较成熟, 信息化程度较高, 信息获取能力较强, 但是相关技术方案复杂, 对软硬件要求高, 环境依赖性强, 基础设施投资大, 运行和维护成本高, 不太适合我国国情。

在国内, 主要采用地面巡护、瞭望台监测、航空巡护、卫星遥感等手段<sup>[1-2]</sup>来完成森林信息感知。地面巡护和瞭望台监测以人力为主, 人员调动方便, 成本较低, 但是受巡护面积、地理环境、气候因素、信息传递等制约, 存在准确率低, 误差大, 且观察效果存在死角和空白等问题, 时效性差。以有人机为主的航空巡护虽然视野宽、机动性大、速度快, 能对火场进行全面观察, 但投入、运行和维护成本高, 风险承受能力低, 且受起降场地、航线、时间的限制。卫星遥感探测范围广, 搜集数据效率高,

能客观反映森林火场动态变化, 且收集资料不受地形条件影响, 是未来森林火场信息感知发展的重要手段之一, 但目前我国卫星资源有限, 难以满足现有需求。

结合当前国内外的森林巡护信息感知手段的特点和我国现有国情, 笔者利用现代无人飞艇并结合光电传感器技术进行森林巡护信息感知, 可以有效弥补上述应用手段的不足。笔者对将现代无人飞艇作为飞行平台应用于森林巡护领域进行可行性分析, 探讨基于光电探测的无人飞艇森林防火巡护系统的组成、用途和关键技术。

### 1 可行性分析

无人飞艇在国外多次成功执行监视、侦察等任务, 在国内亚运会、大运会等大型活动中, 无人飞艇作为专项空中保障平台圆满完成有关任务, 是技术成熟、性能稳定的浮空飞行器<sup>[3-4]</sup>。基于无人飞艇的现代森林巡护信息感知系统, 是提高森林巡护信息感知能力的重要手段之一<sup>[5-6]</sup>, 该系统具有以下一些特点和优势。

收稿日期: 2014-09-09; 修回日期: 2014-11-17

作者简介: 钟春梅(1966—), 女, 浙江人, 工学学士, 高级工程师, 从事机载光电技术研究。

### 1.1 高安全性

无人飞艇采用高安全性的氦气作为填充气体，外形柔和，飞行噪音低，自身不具备攻击性，符合相关国家安全标准。此外，由于无人飞艇平台自身的高安全性，即使发生失控等意外情况，不会对人员、机载设备和现场环境造成影响，具有其他飞行器所无法比拟的亲和力。

### 1.2 续航时间长

无人飞艇续航时间大于4 h，与固定翼、旋翼等其他无人飞行平台相比，遂行任务时间更长，单架次获取信息能力更强，性能优势明显。

### 1.3 运行维护费用低，费效比高

相对于如直升机等其他载人飞行器，无人飞艇运行成本低，维护方便，费用较为低廉，适合推广和装备。

### 1.4 有效载荷适应性好

无人飞艇系统与其他无人飞行器相比，具有较大的有效载荷，能根据需求将任务载荷搭载于气囊上，振动小，电磁兼容性好。

### 1.5 具有昼夜遂行任务能力

森林防火应急系统要求航空器能够24 h应对突发事件，无人飞艇气囊内部设置灯光系统，可整体柔和和发光，便于识别和目测飞行操控，能够安全地夜间起降和执行夜间飞行任务，搭载可见光、红外任务设备还可进行昼、夜间对地拍摄和视频监控，为森林防火应急指挥系统提供空中图像信息。

### 1.6 系统功能扩展性强

该系统在弥补传统的地面巡护、瞭望台观测与航空巡视等信息感知手段不足的同时，有效整合了这些信息感知手段的优势。此外，根据遂行多样化任务的实际，灵活搭载不同的任务载荷，完成如抢险救灾等多样化任务，具有良好的兼容性和可扩展性。

诚然，无人飞艇存在自身飞行速度慢，飞行精度易受大风影响等缺点，但应用于森林防火领域，相对应其他飞行器具有不可比拟的优点，是一种费效比高的森林防火巡视手段。

## 2 系统组成

基于光电探测的无人飞艇森林防火巡回系统组成，如图1所示。

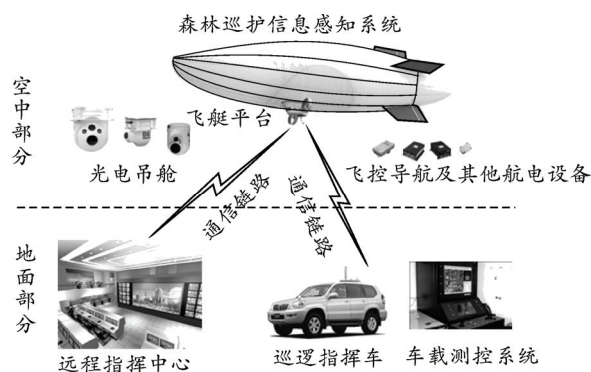


图1 基于光电探测的无人飞艇森林防火巡回系统组成

### 2.1 无人飞艇

无人飞艇要求是一种中型智能化浮空飞行平台，有效载荷90 kg左右，要适应较高海拔高度(2 000~3 000 m)飞行，适合于固定起降场地、长航时(大于4 h)、较大范围的多种任务飞行，也具备一定的转场飞行能力。

飞艇平台要由主气囊、尾翼、吊舱、动力装置、机载电源系统、任务载荷外挂装置构成，是无人驾驶飞艇系统的空中载体。飞艇气囊材料要求承压能力强、气密性好，通过配置艇囊压力控制模块等设备实现艇囊压力自动保持、压力变化的自适应。

飞艇的飞控导航系统主要由各机载传感器(陀螺、加速度计、电子罗盘、GPS)、飞控计算机、数据采集记录、艇囊压力控制模块等组成。它主要完成飞行姿态及位置测量、飞行状态监控、自主航线飞行控制、自动飞行安全保护，并可以与任务设备通信，完成特殊的用户需求。飞艇要求配置矢量推力控制系统，可实现空中悬停和垂直升降<sup>[7]</sup>。

通信链路主要由机载电台、机载链路盒、机载全向天线(含功放)、地面自动跟踪天线(含功放)、地面链路箱等组成。它主要完成无人飞艇遥控、遥测数据的上行和下行传输，要求地面通信组网方便，具备目测遥控、超视距实时控制和预编程自主机动飞行功能<sup>[8]</sup>。

地面控制站主要由笔记本电脑、地面监控软件、地面电源箱、手持遥控器等组成。地面控制站主要实现无人飞艇的飞行状态监控、航线规划、超视距遥控以及手动遥控等功能。系统方位、姿态、速度、发动机转速、油量、电量等数据和机载任务设备数据信号经链路传至地面站综合显示，可实现对平台和任务载荷远程监控；

地勤保障设备主要包括地面系留塔、地勤车、油泵、鼓风机、充气减压阀、配套工具、备用螺旋

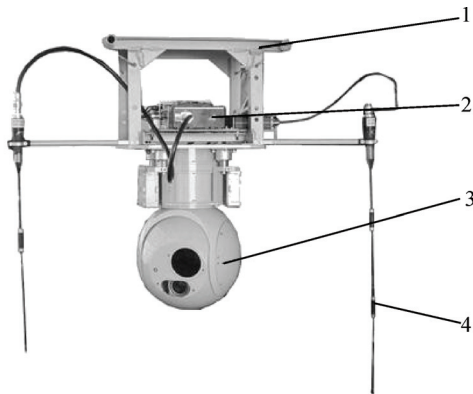
桨、备用风门舵机等，主要完成飞艇的地面锚泊、维护、飞行前准备等工作。

## 2.2 光电探测吊舱

系统采用中航工业光电所某型光电探测吊舱作为任务载荷。光电探测吊舱能够发现、识别、定位观察目标，输出视景图像的视频信号，跟踪及锁定目标，输出瞄准线角度，具有自检功能。光电探测吊舱由机载部分和地面显示操控部分组成。

### 2.2.1 机载部分

机载部分由机载吊舱、吊舱支架、无线通信接口设备等部件组成，如图 2 所示。光电探测吊舱的主要技术指标如图 3 所示。



1. 机载支架；2. 无线通信接口设备；3. 机载吊舱；4. 天线。

图 2 光电探测吊舱机载部分示意图

转塔转动范围		稳定精度	
方位	-160°~+160°	稳定精度	≤ 2 mrad
俯仰	-5°~+95°(垂直向下为参考 0°)		
红外热像仪性能		电视摄像机性能	
探测器类型	非制冷焦平面	传感器	数字 CCD
分辨率	320×240	像元数	768×576
工作波段	8~13 μm	工作波段	0.4~0.7 μm
无线图传性能		供电要求	
通信距离	大于 10 km(高度 150 m)	直流	28 V
显示效果	每秒 25 帧，图像清晰，无马赛克现象	电流	5 A
图传延时	不大于 300 ms	平均功耗	小于 120 W
物理特性		环境适应性	
光电转塔外形尺寸	不大于 φ260 mm×398 mm	设备工作温度	-15~+55 °C
机载部分总重量	不大于 26 kg(含安装支架)	设备存储温度	-20~+55 °C
		相对湿度	≤ 90%

图 3 光电探测吊舱主要技术指标

### 2.2.2 地面显示操控

地面显示操控部分由显示器、操纵控制台、无线通信接口设备和电源等组成，集成于飞艇地面控

制站。

### 2.2.3 主要功能

#### 1) 手动搜索功能。

光电探测吊舱的控制系统根据操作指令使系统转入手动搜索状态，根据操纵杆输出信息驱动吊舱，完成对目标的搜索和识别。当操作者在大视场范围观察搜索时，可选择大视场观察，当发现可疑目标时，切换入小视场状态下，系统有更远的探测距离和分辨能力，以对目标进行更为详细的识别和观察。

#### 2) 自动跟踪功能。

光电探测吊舱在搜索并锁定目标后，利用陀螺稳定平台实现对红外(电视)传感器的稳定，红外(电视)传感器将搜索视场中的目标转变为标准视频图像。图像跟踪器截获目标后，图像跟踪器分析目标图像并提取目标图像的特征，进行处理、变换。根据不同的目标特性，选取不同的跟踪算法并解算出目标在搜索视场内的移动偏差，提供给稳定控制系统。稳定控制系统根据图像跟踪器给出的偏差驱动稳定平台工作以消除偏差，实现光电探测系统的十字光标始终指向被跟踪的目标。

#### 3) 收藏功能。

操作者将光电转塔转到将光窗收藏到保护位置并锁定，保护光窗不被损坏。

#### 4) 导航功能。

光电探测吊舱瞄准线锁定于飞艇机轴前方，输出载机机轴前方视频图像，操作者根据视频判断后进行载机航向控制。

#### 5) 自动搜索功能。

光电探测吊舱按预先设定的运动方式在方位方向上来回扫描，手动控制光电探测吊舱在俯仰方向上运动，实现对目标的自动搜索，操作者根据视频图像判断是否有可疑目标。

#### 6) 自检测功能。

光电探测吊舱自检测功能，在光电探测吊舱上电初始时进行内部检测，当发现异常或在系统出错和误操作时都有相应的保护措施。

## 3 系统应用情况

基于光电探测的无人飞艇森林防火巡护系统于 2011 年参加了武警森林部队在某地区举行的“××—××”灭火实兵演习，演习照片如图 4。在演习过程中，按照演习指挥所的指令，该系统在指定时间段内圆满地完成了参演任务，受到有关方面好评。



图4 系统参加演习照片

#### 4 未来系统的光电探测技术发展分析

未来森林防火巡护系统基本发展目标应是一个网络化的、多种信息感知手段合成的系统集成，采用先进的通信和网络技术把监视/操作员与地面控制中心、地面巡视车辆、有人/无人空中平台和传感器联系起来，构成一个以森林防火为主，兼具反恐、防突的综合监视、情报与侦察系统(ISR)，从而大大增强系统的效能和机动性。

作为未来ISR系统的有机组成部分，基于光电探测的无人飞艇森林巡护系统未来技术发展对光电探测设备提出新的需求，结合需求，光电探测设备的技术考虑如下。

##### 4.1 适应有人/无人飞艇不依赖专用场地起降的环境条件

- 1) 具有升降机构或缓冲装置，光电探测装置可收藏在机体内，适应助推起飞和坠落、伞降的冲击；
- 2) 单LRU设计；
- 3) 设备可快速拆卸；探测装置与维护系统适应在运输机/运输车辆的快速运输。

##### 4.2 提供全天候森林侦察信息

- 1) 提供电视/红外传感器多视场图像，满足白昼/黑夜/恶劣气象条件下的现场侦察要求；
- 2) 多种自动搜索监视方式，保证侦察监视效率；
- 3) 对规定的监视区域发生变化时，能将包含提示信息的图像标注后下传。

##### 4.3 在行动单位的管辖区域内实施目标捕捉和目标指示，辅助定位指示目标

- 1) 高性能电视/红外传感器，用于探测发现

目标；

2) 光电探测装置具有目标提示功能，在选定目标后支持目标自动跟踪；

3) 通过集成的测距定位设备获取目标定位信息；

4) 多传感器(红外/电视/激光)集成管理，信息机上综合处理，实时输出目标信息，为直接、非直接、网络系统提供目标定位指示；

5) 引导灭火飞机实施作业。

##### 4.4 支持火场在线损失评估

- 1) 结合地理信息和卫星图片，在线损失评估；
- 2) 数据标志和检索能力。

##### 4.5 通用化设计，减少维护成本

- 1) 电视/红外传感器，与现有直升机、车载光电系统通用化设计；
- 2) 检测维护设备通用化设计。

#### 5 结束语

有别于传统的森林巡护系统，基于光电探测的无人飞艇森林防火巡护系统具有自身的优点，经实践证明，可用于传统森林安全领域。笔者对这一系统的组成、主要功能、特点和技术发展进行分析，对未来构成一个以森林防火为主，兼具反恐、防突的综合监视、情报与侦察系统提供了借鉴。

#### 参考文献：

- [1] 孙伟, 李楠. “蛟龙”出水: 中航工业将研制大型灭火/水上救援水陆两栖飞机[J]. 国际航空, 2009(9): 44-45.
- [2] 于洪文, 唐宝成. 谈如何利用空中优势充分发挥航空护林在森林防火中的作用[J]. 黑龙江科技信息, 2007(11): 105.
- [3] 廖洪涛. 无人飞艇应用于超高压输电线路空中巡视可行性研究[J]. 技术与市场, 2010(6): 36.
- [4] 杜全叶, 陆锦忠. 无人飞艇低空摄影测量系统及其DOM制作关键技术[J]. 测绘通报, 2010(6): 41-43.
- [5] 靳大路, 王德兴, 杨鹏. 红外热成像技术在崂山森林防火系统中的研究与应用[J]. 电脑知识与技术, 2008(6): 1494-1495.
- [6] 黄水生, 唐小明, 张煜星, 等. 面向集成多监测平台的森林火灾监测信息系统设计[J]. 林业资源管理, 2009(5): 24-27.
- [7] 丁秋峰, 陈丽, 段登平. 低空无人飞艇运动配平和控制器设计研究[J]. 系统仿真学报, 2009(10): 3035-3038.
- [8] 李博, 张伯虎. 飞艇光电吊舱无线遥控系统的设计[J]. 科技创新导报, 2010(33): 28.