

ICS 49.020

CCS V04



团 体 标 准

T/AOPA 0075—2025

无人驾驶航空器林业自主巡护作业规程

Regulations for autonomous forest patrol operations of unmanned aerial vehicles

2025-03-12 发布

2025-03-12 实施

中国航空器拥有者及驾驶员协会 发布

中国标准出版社 出版

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 自主巡护系统架构	2
5 作业要求	2
5.1 通用要求	2
5.2 作业人员	3
5.3 巡护系统设备要求	3
5.4 智能管控平台	3
5.5 巡护环境要求	3
5.6 特殊要求	3
6 作业准备	4
6.1 环境评估	4
6.2 巡护数据采集	4
6.3 任务航线规划与安全	4
6.4 设备检查	5
7 巡护作业实施	5
7.1 自主巡护作业流程	5
7.2 森林防火巡护	6
7.3 防病虫害巡护	6
7.4 防盗毁巡护	7
7.5 森林资源统计调查	7
8 数据整理及移交	8
8.1 巡护报告	8
8.2 巡护记录保存、归档	8
9 异常处置	8
附录 A（规范性） 无人机林业自主防护巡护报告	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国航空器所有者及驾驶员协会（中国AOPA）提出并归口。

本文件起草单位：北京云圣智能科技有限责任公司、德化县林业局、惠州市林业局、中通服咨询设计研究院有限公司、国网承德供电公司、中国水利水电勘测设计协会、北京林业大学、河北省林业和草原局火灾预防处、民航东北管理局、江苏云圣智能科技有限责任公司、北京航空航天大学、华南农业大学、中国民航大学、西北工业大学、东北大学、东北大学秦皇岛分校、联通（江苏）产业互联网有限公司、广州民航职业技术学院、北京鲲鹏宏远航空技术有限公司。

本文件主要起草人：陈方平、李佳威、李立合、赖壮杰、李威、李岑、李小曼、高明、朱胜利、马辉、白利敏、包寅真、黄颖璐、侯正阳、李林源、邓朝阳、周志庭、刘强、林庆峰、孙思、杨永刚、程伟、韩鹏、冯洋、倪卫国、范丽歌、周政。

引 言

林业巡护在保障生态安全、推动林业现代化管理、助力“双碳”目标实现等方面发挥重要作用，无人驾驶航空器技术凭借其灵活便捷、高空间分辨率、高可达性及多样化载荷等优势，已成为我国林业巡护和管理的重要工具。克服传统无人驾驶航空器巡护现场控制飞行作业的方式，越来越多的林业巡护不再需要巡护人员直接到达现场，而是通过远程控制无人驾驶航空器自主完成巡护作业任务，大幅提升作业效率和巡护效果，并降低巡护人员工作强度。鉴于此，本文件的发布实施将形成林业巡护的无人化自主作业规范和指引，在出现火灾隐患、病虫害及盗伐毁林等问题时可快速精准定位并高效处置，助力提升我国林地保护与利用的效率和可靠性，推动林业的智能化管理水平的提升，保障林业飞行作业安全可靠，推动“低空+林业”创新融合发展，为我国森林资源保护与生态安全提供强有力的技术支撑。

无人驾驶航空器林业自主巡护作业规程

1 范围

本文件规定了森林防火、防病虫害、防盗毁巡护以及森林资源管理等在内的无人驾驶航空器林业自主巡护作业内容，具体包含自主巡护系统、作业要求、作业准备、巡护作业实施以及数据整理及移交等。本文件适用于具备机巢的中小轻型无人驾驶航空器的林业自主巡护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 15775 森林植物害虫分类与代码
- GB/T 23476 松材线虫病检疫技术规程
- GB/T 36743 森林火险气象等级
- GB 42590 民用无人驾驶航空器系统安全要求
- GB/T 44166 民用大中型固定翼无人机系统自主能力飞行试验要求
- GB/T 44715 民用轻小型无人机碰撞安全性要求
- GB/T 44717 民用无人机可靠性飞行试验要求与方法
- CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求
- MH/T 1069 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人驾驶航空器 unmanned aerial vehicle

没有机载驾驶员，自备动力系统的航空器。以下简称“无人机”。

[来源：GB 42590-2023，3.1.1]

3.2

无人机自动机巢 unmanned aircraft dock

为无人机提供存储环境、起降平台、数据通信、数据交换、能量补给、载荷装卸、环境监测、视频监控等功能的智能载体。

3.3

无人机林业巡护管控平台 unmanned aerial vehicle (UAV) forestry patrol control platform

利用无人机及自动机场设备，管控平台控制无人机搭载可见光、红外、喊话器等检测设备，完成巡检范围内巡护任务的作业系统，根据采集到的数据进行智能识别、分析以及告警的软件平台。

3.4

无人机林业自主巡护 unmanned aerial vehicle forest and grassland patrol

指利用无人机及其搭载的设备，完成森林防火、防病虫害、防盗毁等任务而过程不需要人工干预操控的巡护。

3.5

全域巡护 comprehensive patrol

指利用无人机及其搭载的设备，开展林地全区域覆盖的巡护工作。

3.6

林地疑似图斑 suspected forest patch

影像图存在地块或区域可疑变化的斑块。

3.7

一重山 first layer mount

又称一线天山，其范围的界定为从山脉的起点到终点的区域。

4 自主巡护系统架构

无人机林业自主巡护系统由无人机（含任务载荷）、无人机自动机巢、管控平台组成。

无人机林业自主巡护系统架构见图 1，应符合如下要求：

- 通过管控平台可下发巡检任务和控制指令，实现对林业巡护任务管理、航线管理监控、报告生成和数据归集等功能；
- 自主巡护设备接收管控平台下发的巡检任务和控制指令，控制无人机在林业巡护中安全飞行；
- 无人机通过机巢自动搭载与任务对应的载荷，作业中实时采集巡护数据，将巡护数据通过机巢或直接通信上传至智能管控平台进行智能巡护识别和监测报告生成。



图 1 无人机林业自主巡护系统架构

5 作业要求

5.1 通用要求

5.1.1 林业巡护作业主要包含森林防火巡护、防病虫害巡护、防盗毁巡护以及森林资源统计巡护，巡护作业通用要求如下：

- 管理人员或操作人员应具备林业巡护基本知识，熟练使用智能管控平台，以保障林业自主巡护作业的高效开展，林区管理方根据需求可授权给特定人员进行操作；

b) 无人机安全作业基本要求应参照CH/Z 3001 相关规定执行。

5.1.2 森林防火巡护属于常规林地巡护，宜每天至少巡护1次；根据病害防治要求，病虫害重点区域巡护宜一周一次；对于进行防盗毁巡护，常规时期宜2~3天巡检一次，高峰期宜至少1天一次；森林资源管理属于林业局的重点督查工作之一，宜按工作需要开展。如有特殊要求或特殊时期，根据需求开展。

5.2 作业人员

作业人员应满足下列要求：

- a) 应通过无人机林业巡护管控平台的操作培训；
- b) 应熟悉林班区域、应急处置及火情信息采集等林业巡护专业知识。

5.3 巡护系统设备要求

无人机系统应符合下列规定：

- a) 无人机安全要求应遵循GB 42590、GB/T 44717、GB/T 44715及GB/T 44166有关规定；
- b) 无人机应具有自动巡航、自动返航能力；
- c) 无人机应具有仿地飞行功能；
- d) 无人机应配有机巢，通过自动化机巢自主为无人机更换挂载设备，完成无人机自动充电或者换电；
- e) 无人机搭载的载荷镜头应具有变焦功能，有效像素应不低于2000万，采集所拍摄的照片像素清晰且色调柔和，巡护识别火源、烟雾、枯死木等目标清晰可辨别；
- f) 无人机搭载的载荷可包含激光雷达，采集的点云密度不小于10点/平方米；
- g) 无人机可搭载热成像仪，具有识别高温异常功能；
- h) 无人机可搭载喊话器，支持喊话宣传；
- i) 机巢在林区部署时应安装防护围栏；
- j) 机巢在林区部署时周围需设置灭火装置。

5.4 智能管控平台

智能管控平台应具备下列核心功能：

- a) 智能管控平台应具备巡护数据存储及归档功能；
- b) 智能管控平台应对配套目标识别算法，发现可疑事件及时告警，具备智能识别和分析功能；追溯事件的报告；
- c) 提供实时影像流查看、自动模型建立、自主规划航线、影像图查看与对比、下载巡检报告。

5.5 巡护环境要求

无人机林业巡护环境应满足下列要求：

- a) 巡护区高差宜不大于1/3—1/4 相对航高；
- b) 环境温度在-25℃~42℃；
- c) 风力不大于6级；
- d) 能见度不小于2000 m；
- e) 湿度范围：20%~80%；
- f) 海拔小于等于4500 m。

5.6 特殊要求

5.6.1 高发时段巡护

高发时段巡护应满足下列要求：

- a) 在干燥、高温、农耕用火、祭祀用火等森林火险高发时段增加巡护频次至每天至少3次，确保火险早发现、早报告；
- b) 在经营林区存在砍伐作业时，应增加巡护频次，确保无违法人为私自砍伐树木，偷运。

5.6.2 夜间时段巡护

在林区出入口区域，林区区域应定时、定点巡护，确保无人为违法砍伐。

5.6.3 区域要求

不同区域应满足下列要求：

- a) 一重山巡护：细致检查一重山区域内的异常高温点，确保早发现、早报告；
- b) 防火带巡护：主要识别确认防火隔离带是否畅通无阻，确保无违规占用情况。

6 作业准备

6.1 环境评估

在执行巡护前，管控平台端应能显示作业区域的数字高程模型、气象条件、通信等信息。巡护各项环境参数应满足5.5的要求。

6.2 巡护数据采集

6.2.1 不同的巡护任务推荐使用载荷和监测方法按照表 1：

表1 不同的巡护任务推荐使用载荷和监测方法

序号	任务类型	推荐任务载荷	监测或识别方法
1	森林防火	热红外、可见光	温差或异常区域识别
2	防盗毁	可见光、热红外	图像异常区域检测
3	防病虫害	可见光、高光谱	图像异常区域识别
4	森林资源统计调查	雷达、可见光、高光谱	建模及对比分析

6.2.2 巡护数据采集中应确保无人机无采集盲区，定位精度平面 ≤ 3 cm，高程 ≤ 5 cm；

6.2.3 同架次影像 DN 值变异系数 $< 10\%$ ；

6.2.4 林业巡护的影像重叠度宜满足以下要求：航向重叠度：70%-85%，确保影像拼接无漏洞。旁向重叠度：60%-75%，保障相邻航线间影像的连续性，避免地形起伏或植被遮挡导致的数据缺失。对于植被茂密区域，建议提高重叠度（航向 $\geq 80\%$ ）以弥补数据空白。

6.2.5 边境、保护区等敏感区域航拍数据根据需求需进行加密存储。

6.3 任务航线规划与安全

无人机安全巡护作业应符合以下规定。

- a) 遵守中我国无人驾驶航空器飞行以及有关活动规定及地方林业部门相关规定，申请空域使用许可（需提前报备飞行计划）。应根据山体高度、障碍物位置及高度合理规划符合《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》的飞行巡护路线，飞行作业应遵循MH/T 1069-2018 和CH/Z 3001规定。
- b) 航线应避免禁飞区（如自然保护区核心区、军事禁区、机场周边等）。

c) 任务航线原则:

- 1) 网格划分原则: 依据部署机巢对进行任务分割, 将大面积林区划分为网格, 分批次飞行;
- 2) 全面覆盖原则: 宜使用“花瓣” (图2)、“之字形” (图3) 或“蛇形” (图4) 航线, 确保无死角覆盖, 满足覆盖原则;

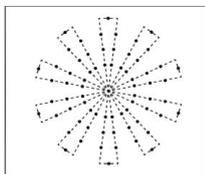


图 2

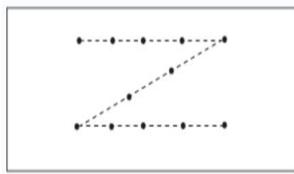


图 3

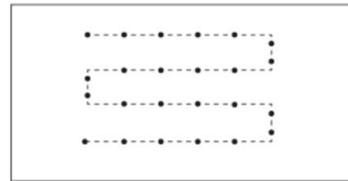


图 4

- 3) 重点区域航线规划: 一重山沿林区道路、防火带或设定重点区域的航线, 可以进行带状航线规划。
- d) 航线飞行参数: 应合理设置巡视航线的距离、俯仰角度、航向角度、高度等参数, 航线的第一个航点及最后一个航点应设置在机巢的正上方。
- e) 航线规划所使用的坐标系应与模型数据的坐标系保证一致, 所有航线应通过航线验证, 未通过审核的航线, 不应用于现场作业。
- f) 巡护作业时, 垂直对地需在巡护区域的树冠上方预留 ≥ 10 m安全高度, 水平绕飞半径 \geq 树冠投影宽度的1.5倍以上。
- g) 单条航线巡视时间不应超无人机额定巡航时间的70%。

6.4 设备检查

在进行无人驾驶航空器巡护任务之前, 应遵循以下要求:

- a) 应确保无人机机巢、无人机以及任务载荷设备自检正常;
- b) 自检内容包括机巢运行状态、无人机运行状态、机械控制状态、电气控制状态、环境感知信息、网络通讯信息等;
- c) 自检项目至少包括无人机动力电池电压、遥测遥控和导航定位功能;
- d) 检测无人机与挂载接口功能是否正常;
- e) 以上任一项目不满足要求时, 均应锁死飞控系统及锁定机巢控制系统, 在无人机巡检模块上发出提示和报警。同时具备根据报警提示直接确定故障部位或原因的功能。

7 巡护作业实施

7.1 自主巡护作业流程

无人机林业自主巡护作业流程图按照图5。

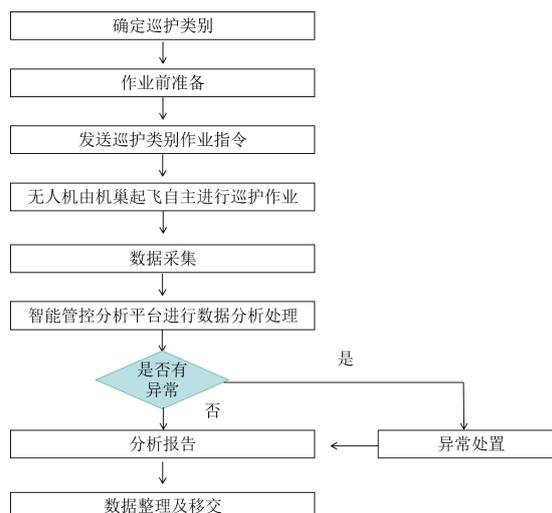


图5 无人机林业自主巡护作业流程图

7.2 森林防火巡护

7.2.1 概述

针对森林火灾的高发与难控特性，明确无人机在火情早期识别、火势蔓延监控及火后评估等方面的作业细则，应能迅速响应，使用无人机巡护作业及时告警与处置，有效遏制火灾隐患，保护森林资源免受火灾破坏。

7.2.2 作业流程

森林防火全自主巡护作业流程应包括下列内容：

- a) 选择防火巡护；
- b) 添加选择巡护航线；
- c) 无人机开展巡护；
- d) 实时识别告警，人工介入处理；
- e) 无人机结束巡护；
- f) 下载巡护报告。

7.2.3 巡护重点

巡护重点包括下列内容：

- a) 林区与农田交界处，农民烧火整地增肥，重点巡护人为用火烧耕的情况；
- b) 重点巡护野外非法用火，应喊话驱离、拍摄取证；
- c) 林区内存在易燃、可燃物品；
- d) 监测烟雾、火源；
- e) 夜间红外热成像传感器监测异常高温点。

7.3 防病虫害巡护

7.3.1 概述

通过无人机巡护作业及时发现并定位病虫感染的枯死木，为避免造成大面积的扩散感染，进行科学防治提供准确依据，维护森林生态平衡。其中病虫害分类遵循 GB/T 15775-2011 有关规定。

7.3.2 作业流程

防病虫害巡护全自主作业流程应包括下列内容：

- a) 选择病虫害巡护；
- b) 添加选择巡护航线；
- c) 无人机开展巡护；
- d) 病虫害枯死木实时识别与拍摄记录；
- e) 无人机结束巡护；
- f) 下载巡护报告。

7.3.3 巡护重点

未发生疫情和已实现无疫情的林区（小班、散生林木），应调查是否出现枯死、变色等异常情况，是否发生病虫害，对确认新发疫情的小班及周边地区应进行详查。

对于存在地块或区域可疑变化的情况，应进一步现场核查；巡护重点主要识别因松材线虫病感染的枯死木并提供准确坐标定位。

7.4 防盗毁巡护

7.4.1 概述

在软件端使用两期影像对比及时发现林地疑似图斑，通过无人机在林区的巡护，使用目标识别算法能够有效辨识区域内是否存在可疑人员进行非法砍伐、违法占用林地、盗猎及其他人为破坏行为，及时阻止人为破坏与取证，强化对森林资源的保护力度，保障森林资源的合法利用与可持续发展。

7.4.2 作业流程

防盗毁巡护全自主作业流程应包括以下内容：

- a) 选择巡护类型；
- b) 选择巡护区域；
- c) 无人机开展巡护；
- d) 盗毁情况实时识别与拍摄取证；
- e) 无人机结束巡护；
- f) 下载巡护报告。

7.4.3 巡护重点

巡护重点应包括如下内容：

- a) 白天重点巡护林区内是否存在可疑人员、车辆、违法搭建、违法砍伐；
- b) 夜间红外热成像传感器重点监测林区内是否存在可疑人员、车辆、违法搭建、违法砍伐；
- c) 防盗毁包括在林地私挖土占地、私建棚户、私建家禽圈等；
- d) 防违法砍伐主要巡护是否存在经营林区私自砍伐树木；
- e) 无人机在林区采集影像图，用于两期影像图对比，分析研判影像图盗毁区域。

7.5 森林资源统计调查

7.5.1 概述

利用无人机摄影测量软件进行三维建模与影像几何校正，通过建模与识别软件对森林蓄积量、生物量等参数进行计算，并对时序影像进行变化检测，有效维护林区全生命周期的管理，协助林长和护林员对森林资源做出精确统计、合理规划与动态监测，为森林资源的科学管理与决策提供数据支持。

7.5.2 作业流程

森林资源统计全自主巡护作业流程应包括以下内容：

- a) 选择巡护区域；
- b) 无人机测绘建图；
- c) 数据回传并处理数据；
- d) 生成三维模型或正射影像图；
- e) 影像对比；
- f) 影像图差异研判；
- g) 下载统计和研判报告。

7.5.3 巡护重点

森林资源统计巡护重点应包括如下内容：

- a) 可通过倾斜或垂直摄影测量生成三维影像点云数据或数字正射影像（Digital Orthophoto Map, DOM），用于测量树木冠幅、数量和空间位置等林分信息；
- b) 可通过两期数字正射影像对比了解森林的长势、变化和趋势；
- c) 可通过回传的图像数据进行图像识别，依据识别结果实现古树名木日常巡护。

8 数据整理及移交

8.1 巡护报告

巡护报告内容应包括：

- a) 巡护设备；
- b) 操作人员；
- c) 巡护时间；
- d) 巡护区域；
- e) 巡护结果；
- f) 巡护事件；
- g) 事件地点；
- h) 事件描述；
- i) 图像取证；
- j) 巡护过程中形成的图像、视频、建模（三维模型、正射影像图）文件。

具体巡护报告可按照附录 A 记录。

8.2 巡护记录保存、归档

巡护记录应归档，档案保存期限应不少于 1 年。

9 异常处置

9.1 巡护作业时，无人机通信链路长时间中断，且在预计时间内仍未返航时，应立刻向相关管理部门上报，并根据无人机失联前最后的地理坐标和机载追踪器发送的报文等信息及时寻找。

9.2 巡护作业时，任务载荷设备出现故障无法恢复，影响正常巡视任务时，应立即中止飞行作业，控制无人机返航降落。

- 9.3 机巢若出现异常情况，须具备异常情况停止按钮，在影响无人机降落时，具备无紧急备降设备；
- 9.4 管控平台出现异常时，无人机巡检作业中应自动返航，安全降落于机舱中。



附 录 A
(规范性)
无人机林业自主防护巡护报告

无人机林业自主防护巡护报告按照表 A.1。

表 A.1 无人机林业自主防护巡护报告

任务名称	地域名称—巡护类型—巡护时间		
检测日期	年-月-日 时:分:秒		
巡检人员	XXX		
巡护面积	X 亩		
巡检飞机		巡检机型	
起飞机巢		降落机巢	
搭载设备		设备类型	
异常图片数量	X 个		
异常记录			
重点事件图像显示区			
<div style="border: 1px dashed black; width: 80%; margin: 0 auto; height: 150px;"></div>			
林班/小班	林班编号 XXX		
地名			
经度			
纬度			
株数			
事件描述			
识别内容			