

ICS 65.060.01

CCS B 05

T/ZNZ

浙江省农产品质量安全学会团体标准

T/ZNZ 413—2025

油茶基地无人机自动巡航监测规范

Technical specifications for unmanned aerial vehicle (UAV) autonomous patrol monitoring in *Camellia oleifera* plantations

2025-12-15发布

2026-01-15实施

浙江省农产品质量安全学会 发布

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。

本文件由浙江省农产品质量安全学会提出并归口。

本文件起草单位：浙江省农业科学院环境资源与土壤肥料研究所、浙江省常山县油茶产业发展中心、浙江省森林资源监测中心、浙江鸿森生态科技有限公司

本文件主要起草人：王昆喜，曹凯，俞春莲，方国景，黄广远，刘琳，王欣如，康记珍，徐阳鑫，徐逸童，陆昊珉，陈晟，张峰，汪惠峰，翟旭恒。

油茶基地无人机自动巡航监测规范

1 范围

本文件规定了油茶基地无人机自动巡航监测的术语和定义、自动巡航系统构建、基本要求、自动巡航监测内容及模块、自动巡航作业、数据整合及归档、安全事项与异常处理相关内容。

本标准适用于油茶基地的无人机自动巡航监测工作。

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 38931 民用轻小型无人机系统安全性通用要求
- GB/T 38997 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求
- GB/T 42590 民用无人驾驶航空器系统安全要求
- CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求
- CH/T 3005 低空数字航空摄影规范
- MH/T 1069 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范
- LY/T 3355 油茶
- DB3205/T 1149 常绿果树养分诊断无人机多光谱遥感监测技术应用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

油茶 Youcha

种子含油量和产量较高、具有栽培应用价值的山茶属 (*Camellia*) 食用植物油料物种的总称。

3.2

无人机 *unmanned aerial vehicle, UAV*

由机体、飞行控制系统、无线电遥控系统、动力装置、起降设备构成的搭载各类监测设备的多旋翼无人驾驶飞机。

3.3

无人机机场 UAV dock

为多旋翼无人机起降作业提供的集能源补给、数据通信、存储和分析等功能的小型化、集成化起降与运维单元载体，通常具备自动化管理能力。

3.4

航向重叠 navigation overlap

本航线内相邻像片上具有同一地区影像的部分占整个像片的比率，通常以百分比表示。

3.5

旁向重叠 lateral overlap

相邻航线的相邻像片上具有同一地区影像的部分占整个像片的比率，通常以百分比表示。

4 基本要求

4.1 无人机设备

- 4.1.1 配备有云台相机、激光雷达、GNSS-RTK 定位功能的无人机。
- 4.1.2 可见光影像传感器像素不小于 1500 万，热成像分辨率不低于 640*512。
- 4.1.3 控制系统为 GNSS，包含定位、气压高度传感、3 轴陀螺仪和 3 轴加速度计。
- 4.1.4 无人机最大抗风速度不小于 12 m/s。
- 4.1.5 无人机最大可倾斜角度不小于 25°。
- 4.1.6 无人机最大飞行高度不低于 200 m。
- 4.1.7 最长飞行时间（无风环境）大于 20 min，最长悬停时间（无风环境）大于 10 min。
- 4.1.8 云台可控转动范围：-90°~ +35°。
- 4.1.9 无人机具备自检与避障功能。

4.2 无人机机场设备及部署位置

- 4.2.1 无人机机场具备自检功能。
- 4.2.2 无人机机场内置备用电池工作时长不低于 4 h。
- 4.2.3 无人机机场具备环境检测能力。
- 4.2.4 无人机机场具备机舱内温度、湿度自主调节功能。
- 4.2.5 无人机机场部署位置需满足通电、具有 4G 信号、周边无遮挡的要求。

4.3 作业环境条件

- 4.3.1 在开阔空旷处进行飞行作业，远离强干扰场地。
- 4.3.2 能见度 ≥ 500 m。
- 4.3.3 坡度 $> 25^\circ$ 区域采用仿地飞行。
- 4.3.4 其他要求按照 CH/Z 3001 相关规定执行。

4.4 航线规划

确保航线作业区完全覆盖油茶基地范围；为保证影像能够完整拼接，航向重叠度、旁向重叠度 $\geq 70\%$ ；且航向超出作业边界线不少于两条基线，旁向覆盖超出作业边界不少于相幅的50%。

4.5 作业要求

飞行速度不超过10 m/s；机载相机放大倍率不低于50倍变焦，作业高度根据图像分辨率要求，宜在油茶林冠层上方100 m内。

5 自动巡航监测内容

5.1 地形监测

5.1.1 时间与频率：全年。

5.1.2 频率：4次，每3个月1次。

5.1.3 内容：地形监测，同时监测油茶基地内滑坡等自然灾害的发生情况。

5.2 火情监测

5.2.1 时间：6月-10月及法定节假日（重点监测时段），11月-次年5月（常规监测时段）。

5.2.2 频率：1天1次（法定节假日），1周1次（6月-10月），2周1次（11月-次年5月）。

5.2.3 内容：监测烟雾报警、火情痕迹等突发情况。

5.3 健康状态监测

5.3.1 时间：5月-10月。

5.3.2 频次：1周1次。

5.3.3 内容：监测油茶养分健康程度，按照DB3205/T 1149-2024相关要求执行。

5.4 物候期监测

5.4.1 时间：全年，2月-4月（常规监测时段），5月-次年1月（重点监测时段）；

5.4.2 内容与频次：油茶林冠监测（全年，每月1次）、油茶花期监测（10月-次年1月，每周1次）、油茶果期监测（9月-11月，每周1次）。

5.5 病虫害危害监测

5.5.1 时间：4月-10月。

5.5.2 内容与频次：主要虫害监测（监测对象：东亚蝼蛄、蛴螬、小地老虎、油茶象、油茶织蛾；主要症状：叶片残缺、枯萎为害状态；4月-7月，每周1次）；主要病害监测（监测对象：油茶炭疽病、软腐病；主要症状：叶片枯萎为害状态；4月-10月，每周1次）。

6 自动巡航监测系统模块构建

6.1 系统构架

油茶基地无人机自动巡航监测系统是一种基于无人机多传感融合的巡航监测系统，包括传感器融合处理模块，路径规划模块、应急模块及数据信息模块等架构（附录A）。

6.2 传感器融合处理模块

- 6.2.1 定位模块根据 GNSS/RTK 定位获取无人机的位置信息；
- 6.2.2 激光模块获取油茶树冠特征以定义为油茶林树冠相关特征信息；
- 6.2.3 红外热成像、烟雾检测模块获取油茶基地火情监测信息；
- 6.2.4 光谱模块、可见光模块获取油茶健康状态信息。
- 6.2.5 图像获取模块获取病虫害为害情况信息，以获取油茶基地病虫害主要为害特征。

6.3 路径规划模块

配置有常规路径规划策略和应急路径规划策略，当产生应急事件时则执行应急路径规划策略以生成应急巡检路径，其余时间执行常规路径规划策略以生成常规巡检路径。

6.4 应急模块

应急模块获取是否产生应急事件，若产生应急事件，则由传感器融合处理模块中的定位模块和图像获取模块同步工作获取事件发生地点，并发出报警信号。

6.5 数据信息模块

- 6.5.1 地形监测模块：按照 CH/T 3005 相关要求执行。
- 6.5.2 株高监测模块：利用无人机影像处理分别生成数字高程模型（DEM）和数字表面模型（DSM），将两者相减得到油茶株高数据。
- 6.5.3 株数监测模块：利用多尺度分割法（Multiresolution Segmentation）和邻域分析法（Neighborhood Analysis），选择与油茶株数相关性高的光谱植被指数，结合 AI 算法，构建油茶株数模块。
- 6.5.4 树冠监测模块：利用最邻分类法（Nearest Neighbor）或隶属度函数分类法（Membership Function）提取冠幅，选择与油茶树冠相关性高的光谱植被指数，结合 AI 算法，构建油茶树冠模块。
- 6.5.5 健康状态监测模块：按照 DB3205/T 1149—2024 相关要求执行。
- 6.5.6 产量预估模块：利用株高模块、株数模块及树冠模块及花期监测、果期监测数据，结合 AI 算法，构建油茶产量预估模块。
- 6.5.7 病虫害为害监测模块：利用叶面为害识别监测数据，结合 AI 算法，构建油茶病虫害为害监测模块。

7 自动巡航作业

7.1 自动巡航作业准备

- 7.1.1 确保巡航设备固件（无人机、无人机机场）已更新至最新版本。
- 7.1.2 确认巡航设备无异常状态。
- 7.1.3 确认巡航设备电量充足、卫星定位信号良好。
- 7.1.4 设置无人机备降点和备降转移高度。
- 7.1.5 开启无人机避障功能。

7.2 自动巡航作业流程

- 7.2.1 机场舱盖开启；
- 7.2.2 无人机起飞、机场舱盖关闭；
- 7.2.3 无人机空中作业（流程见附录 B）：

- a) 选择作业小班区域;
 - b) 选择自动巡航任务;
 - c) 无人机开始自动巡航，获取作业范围内影像数据，获取方式按照 CH/T 3005 执行;
 - d) 实时监控作业情况；如果突发情况告警，作业人员介入处理;
 - e) 无人机结束自动巡航作业;
 - f) 自动生成并上传油茶基地无人机自动巡航监测记录表（见附录 C）。
- 7.2.4 无人机返航；
- 7.2.5 机场该开启、飞行器着落、机场舱盖关闭；
- 7.2.6 数据上传云端；
- 7.2.7 机舱内关机；
- 7.2.8 电池充电、等待下一次任务。

7.3 无人机影像预处理

开展影像校正与拼接工作，获得作业区域的高分辨率影像。分别提取作业区域的RGB波段、多光谱波段、高光谱波段和激光雷达数据，计算植被指数（附录D）。

8 安全事项与异常处理

8.1 安全事项

- 8.1.1 自动巡航路线规划应当遵循统筹配置、安全高效原则，充分考虑飞行安全和公众利益。
- 8.1.2 实施超视距飞行的，应当掌握作业空域内其他航空器的飞行动态，采取避免相撞的措施。
- 8.1.3 制定飞行紧急情况处置预案，落实风险防范措施，及时消除安全隐患。

8.2 异常处理

- 8.2.1 在巡航过程中，时刻注意无人机电量、巡航高度、巡航姿态、巡航路线，如遇到问题，应立即调整状态或选择返航检查。
- 8.2.2 在巡航过程中，如遇到无人机失联，应立刻观察向相关管理机构上报情况，并及时依据失联前坐标信息开展搜寻工作。
- 8.2.3 在巡航过程中，如遇到无人机机舱异常，应立即停止作业，将无人机降落至备降点。

9 数据记录及归档

9.1 数据记录

巡航监测数据的自动记录包括但不限于以下内容：

- a) 巡航任务名称。
- b) 无人机及无人机场型号。
- c) 作业时间及操作人员。
- d) 巡航区域及巡航路线。
- e) 巡航影像及音像数据。
- f) 异常处理记录。
- g) 巡航事件相关描述。

9.2 数据提交要求

巡航监测提交的数据应准确、清楚、齐全，包括：

- a) 飞行成果清单；
- b) 飞行范围及航线轨迹文件，为shapfile矢量格式；
- c) 油茶基地无人机自动巡航记录表；
- d) 飞行原始影像数据，存储于移动存储设备内；
- e) 监测模块数据，存储于移动存储设备内；
- f) 其他相关资料，如异常处理记录。

9.3 数据保存

巡航监测数据应做好分类保存与备份。

原始数据（含：影像资料、巡航路线轨迹等）。

监测数据（含：正摄影像图、地形模块、株高模块、株数模块、树冠模块、产量预估模块等数据）。

9.4 数据安全管理

按照《中华人民共和国数据安全法》对所有数据实行进行分类分级管理制度管理。由管理单位应设立专人负责数据的管理工作；数据传输强制使用TLS 1.3或SSL 3.0以上协议，确保传输过程中数据不被窃听或篡改。

附录 A
(资料性)
油茶基地无人机自动巡航监测架构图

油茶基地无人机自动巡航监测架构由传感器融合处理模块、路径规划模块、应急模块及数据信息模块等模块组建，见图A.1。

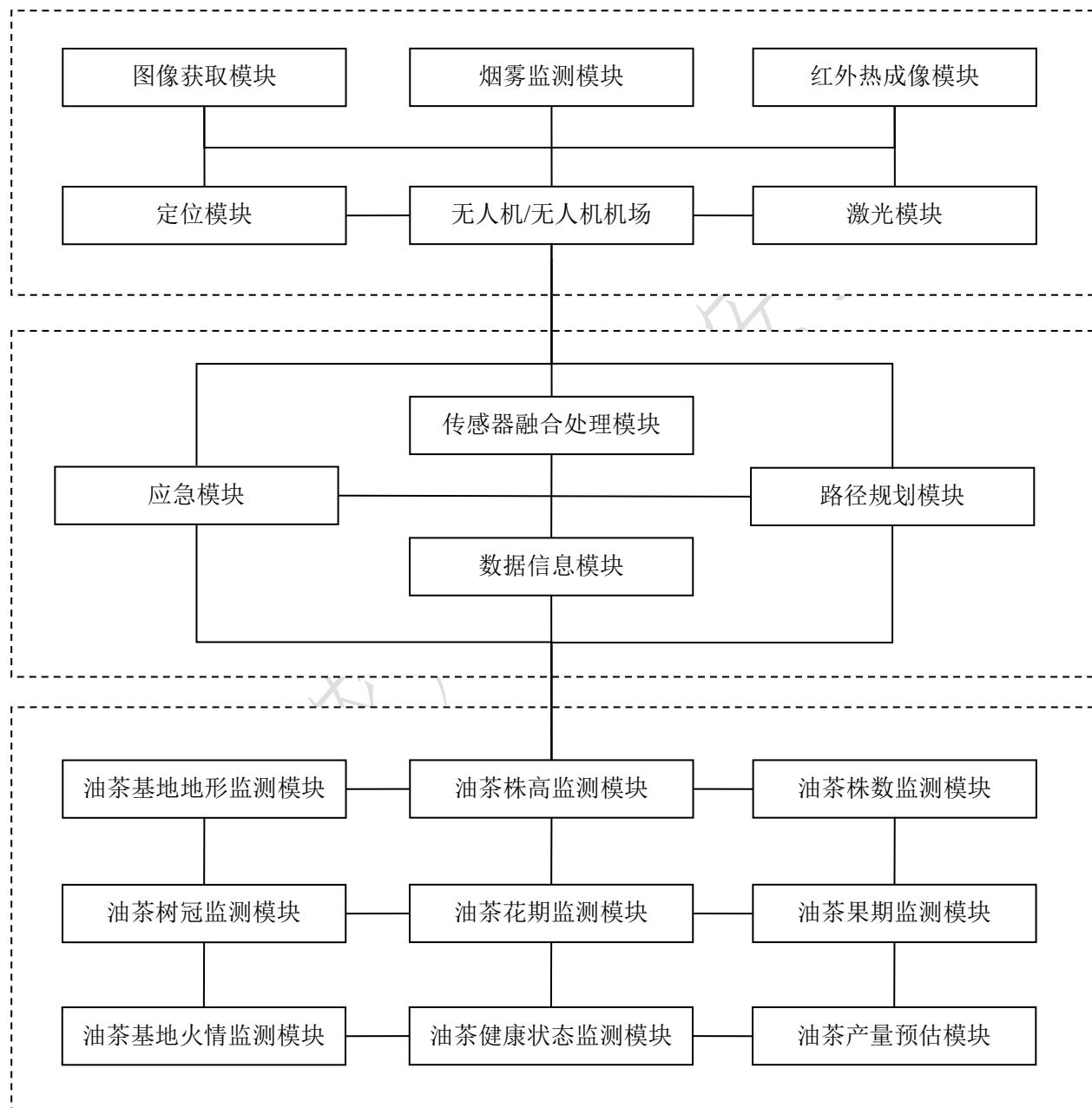


图 A.1 油茶基地无人机自动巡航监测架构图

附录 B

(资料性)

无人机空中作业流程图

无人机空中作业含7个方面流程内容，见图B. 1。

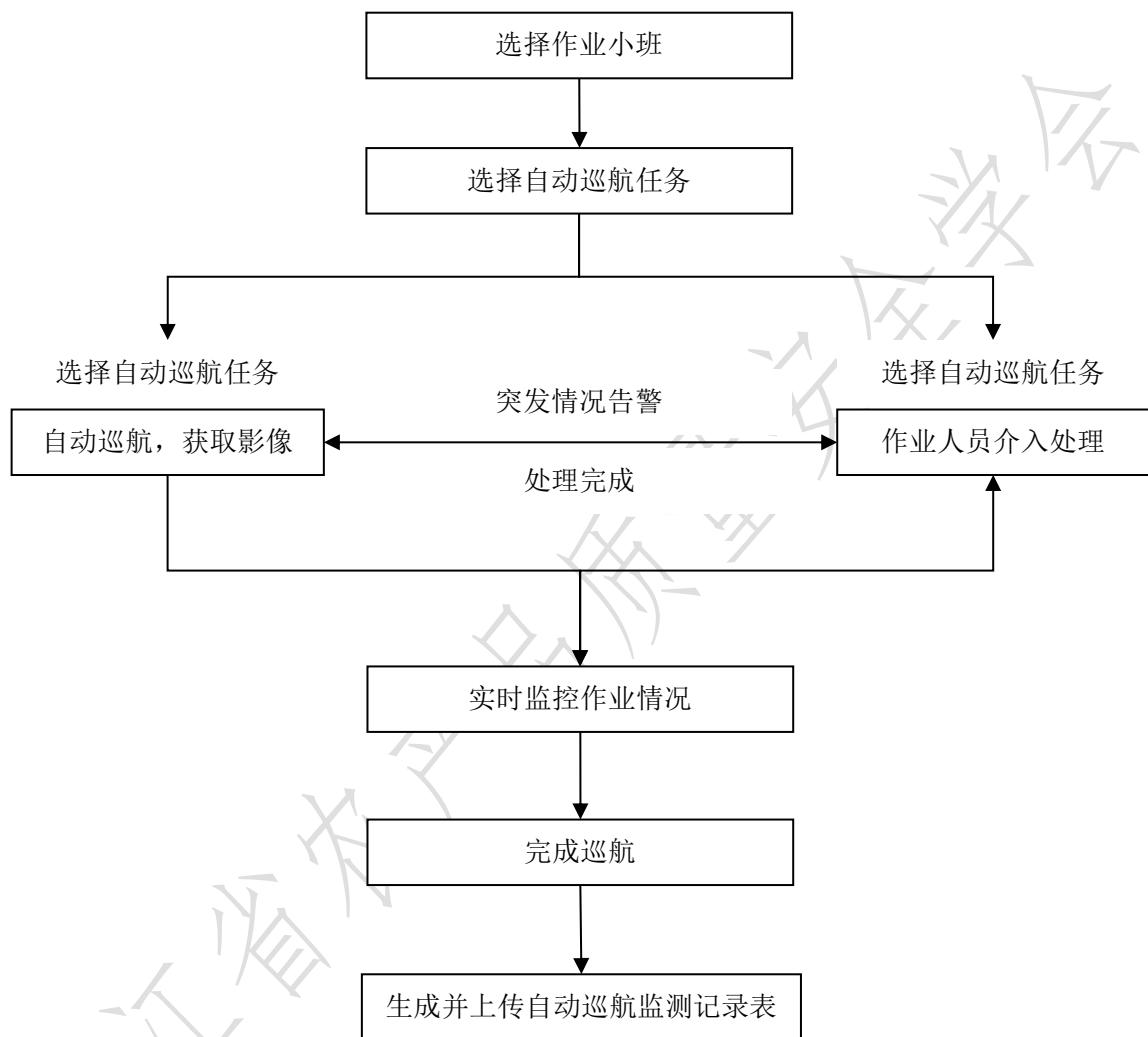


图 B. 1 无人机空中作业流程图

附录 C
(资料性)
油茶基地无人机自动巡航监测记录表

油茶基地无人机自动巡航记录表记录内容及格式，见表C.1。

表 C.1 油茶基地无人机自动巡航监测记录表

任务名称			
巡航日期			
巡航人员			
巡航面积			
巡航飞机		巡航机型	
起飞机场		降落机场	
搭载设备		设备类型	
小班号			
地名			
起飞经度		降落经度	
起飞纬度		降落纬度	
起飞海拔		降落海拔	
事件描述			

附录 D
(资料性)
常用光谱植被指数及计算公式

常用光谱植被指数及计算公式，见表D.2。

表 D.1 常用光谱植被指数及计算公式

植被指数	定义	计算公式
DVI	差值植被指数，主要用于反映植被在可见光、近红外波段反射与土壤背景之间的差异，DVI对土壤背景变化敏感，能较好地识别植被。	$DVI = NIR - R$
NDVI	归一化植被指数(或称：标准差异植被指数)，是遥感影像中用来反映植被覆盖和生长状态的重要参数，NDVI值越大，表示植被覆盖情况越好。	$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$
NGRDI	归一化绿红差异指数，通过比较红色和绿色波段的反射率差异，可以用于区分不同的地表覆盖类型如植被、土壤、水体等。	$NGRDI = (G - R) / (G + R)$
RV	相对活力指数，用于评估植被的生长状况和健康状况。RV的值越高，表示植被越茂盛，生长状况越好。	$RV = NIR / R$

注：NIR代表近红外波段反射率，R代表红光波段反射率，RE代表红边波段反射率，G代表绿光波段发射率L是一个调整因子，通常取值在0到1之间，用于减少土壤表面反射的影响。