

陕西省地方标准
松材线虫病木无人机遥感监测技术规程
(征求意见稿)
编制说明

项目编号: SDBXM244-2023

项目名称: 松材线虫病木无人机遥感监测技术规程

委托单位(甲方): 陕西省市场监督管理局

承担单位(乙方): 陕西省林业科学院

保证单位(丙方): 陕西省林业局

起止年限: 2023年5月-2025年6月

松材线虫病木无人机遥感监测技术规程（征求意见稿）

编制说明

1. 工作概况

1.1 任务来源

根据《陕西省市场监督管理局关于下达 2023 年度陕西省地方标准制修订项目计划的通知》（陕市监函[2023]410 号）文件，《松材线虫病木无人机遥感监测技术规程》（项目编号：SDBXM244-2023），被列为 2023 年陕西省地方标准制定计划。本标准为推荐性陕西省地方标准，规范制定工作由陕西省林业局提出，陕西省林业科学院、陕西省森林病虫害防治检疫总站、专注无人机技术服务（西安）有限公司、洋县森林病虫害防治检疫站、镇安县林业综合服务中心联合申报，并共同编制完成。

1.2 标准的制定目的与意义

秦巴山脉是我国“两横三纵”区域发展战略格局的“井”字中心，起着东西传递、南北统筹的重要作用。气候涵盖了亚热带、暖温带、温带、寒温带、亚寒带，多样的气候造化了多样的物种，同时也是林业有害生物发生的主要地区，其中以松材线虫病为主的林业有害生物对秦巴地区生态安全造成了极大威胁。据 2021 年秋季松材线虫病普查结果显示，2021 年全省松材线虫病疫情发生面积 47.99 万亩，病死松树 28.35 万株，疫情发生范围涉及汉中、安康、商洛等 3 市 24 个

县（区）171个镇办（林场），每年投入防控资金约2亿人民币，对国土生态安全和生态文明建设构成严重威胁。如能在有害生物疫情发生初期，监测出未来发生趋势和发展状态，对林业有害生物防控具有十分重要的意义。

传统的林业有害生物监测采用人工监测，而秦巴山脉地形复杂，山高坡陡、沟壑纵横，人难以到达一些地区，造成监测难度大，监测质量不高。随着无人机航空遥感技术的发展，无人机航空遥感具有精度高、实时性强、起降安全方便，能够更高效、全面地掌握松材线虫病的发生情况，且对枯死松树进行精准定位。而秦巴山脉的高差变化大，它并非呈现单一的陡峭或平缓的高差模式，是在不同的地段有着多样的起伏和落差，这对无人机的飞行监测带来巨大挑战。

近年来，陕西省林业科学院致力于秦巴山区无人机监测的研究，经过多年的研究及实践，总结出针对松材线虫病木无人机遥感监测技术规程，以指导我省无人机监测松材线虫病异常变色木工作。本标准从作业术语和定义、基本要求、作业准备、技术设计、飞行作业、数据处理、监测成果、质量评价和成安全注意事项等方面进行研究制定，严格操作流程，规范监测成果，建立标准化无人机监测体系，填补我省无人机监测技术的空白，对我省遏制松材线虫传播、维护国家生态安全具有十分重要的现实意义。

1.3 标准编制主导单位

起草单位：陕西省林业科学院

参与单位：陕西省森林病虫害防治检疫总站

专注无人机技术服务（西安）有限公司

洋县森林病虫害防治检疫站

镇安县林业综合服务中心

1.4 主要工作过程

本标准计划下达后，编写组认真制定实施方案，并收集、查阅并整理了陕西省松材线虫病，各省无人机飞行标准，以及结合“秦岭林业有害生物天空地一体化监测技术研究”、“林科院 2022 年省级林业有害生物无人机监测预警研究项目”、“松材线虫病综合防控关键技术研究与示范”及“秦岭主要林业有害生物监测预警平台”等项目中相关内容，并先后组织标准起草组人员学习了陕西省市场监督管理局地方技术标准编写要求内容，为本标准的编制奠定了基础。本标准的工作过程分成以下四个步骤：

（1）明确标准起草人员分工

2023 年立项后，项目组组织了标准起草小组召开了首次起草小组会议，确定了标准框架、工作范围，明确了人员的任务分工。

（2）资料收集与调研

2023 年 6-7 月，开始搜集、分析国内外有关技术资料，并对相关技术标准进行收集、学习与领会，对标准中的相关内容查缺补漏，设置试验研究。2023 年 8 月至 2024 年 6 月，对设置的研究试验进行结

果分析。

（3）标准文本起草

2023年9-10月，标准起草小组依据GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》和GB/T 1.2《标准化工作导则 第2部分：标准中规范性技术要素内容的确定方法》与国家有关标准化法律、法规要求，起草了本标准草案。

（4）讨论与修改

2023年10月起，标准起草小组经过多次交流、讨论与修改，征求相关单位意见，2024年5月完成本标准的征求意见稿。

1.5 标准起草组成员及任务分工

本规程编制组由16人组成，其中正高级职称1人、高级职称5人，人员由陕西省林业科学院、陕西省森林病虫害防治检疫总站、专注无人机技术服务（西安）有限公司、洋县森林病虫害防治检疫站和镇安县林业综合服务中心等一线科技和生产人员组成，既有实践经验、又有理论基础，实现了科研与实践的相结合，为编制出更符合基层林业工作实际，更具可操作性的技术标准提供了保证。

在编制过程中，谢毓芬、武建超、陈鹏、任博文、郭晖、靳国峰负责范围、规范性引用文件以及术语和定义的确定；王洪宽、徐佩、黄昱、马贵平、常晓勇、任军华负责飞行区域选址与实际飞行验证工作；陈刚、梁超琼、任俊澎、梁青芳负责资料收集工作。

2. 标准编制原则和标准主要内容

2.1 编制原则

编写格式符合中华人民共和国 GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》、GB/T 1.2《标准化工作导则 第2部分：标准中规范性技术要素内容的确定方法》与国家有关标准化法律、法规要求；标准科学合理总结出无人机飞行在我省推广应用的方式方法和技术要求，按照实际应用、相关技术的成熟度以及可操作性原则，编写《松材线虫病木无人机遥感监测技术规程》。

2.2 标准结构、要素和技术要求

《松材线虫病木无人机遥感监测技术规程》标准结构包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、基本要求、作业准备、技术设计、飞行作业、数据处理、监测成果、安全注意事项等 10 个部分。

详细要素和技术要求如下：

- (1) 范围需要确定规范内容和本标准适用对象。
- (2) 规范性引用文件部分需要详细说明规范性引用文件。
- (3) 术语和定义部分需要确切定义飞行及数据处理阶段的专业术语。
- (4) 基本要求部分需要定义无人机飞行的基本条件。
- (5) 作业准备部分需要详细阐明飞行作业的前期准备工作。
- (6) 技术设计部分需要对无人机的飞行参数进行定义。

(7) 飞行作业部分需要明确飞行作业中的实际操作与飞行结束后的数据回收工作。

(8) 数据处理部分需要明确无人机航摄后的数据处理及专题地图绘制工作。

(9) 监测成果部分需要确定监测成果内容及成果形式。

(10) 安全注意事项部分需要明确安全作业与应急处理工作。

2.3 关键指标的确定依据

本标准关键指标是编制单位陕西省森林病虫害防治检疫总站、专注无人机技术服务（西安）有限公司、洋县森林病虫害防治检疫站和镇安县林业综合服务中心根据多年的实践经验和试验验证结果，来确定的。

2.4 主要内容

(1) 范围

本标准规定了陕西境内松材线虫病异常变色松木无人机遥感监测技术规程的术语和定义、基本要求、作业准备、技术设计、飞行作业、数据处理、监测成果、安全注意事项等内容。

(2) 规范性引用文件

对规范中规范性引用文件进行说明。

(3) 术语和定义

对无人机平台、枯死松树无人机监测、枯死松树自动识别、枯死松树自动定位、数字正射影像图、数字高程模型、地面采样距离进行

了定义。

（4）基本要求

规定了飞行监测区域、无人机平台选择及无人机平台参数、作业单位选择、无人机平台搭载相机参数、无人机飞行起降场地、飞行作业时间。

（5）作业准备

①飞行前准备

要求飞行前需向当地空管部门申请，协调地面人员。

②飞行平台测试

规定了飞行平台飞行前测试的标准。

（6）技术设计

规定了航线设计、飞行作业高度与飞行方式的标准。

（7）飞行作业

规定了飞行作业中的实际操作与飞行结束后的数据回收工作。

（8）数据处理

①航摄影像处理

规定了航摄影像处理流程。

②专题图制作

规定了专题地图制作要求。

（9）监测成果

规定了成果形式。

（10）安全注意事项

明确飞行安全注意事项。

3. 实证研究

根据无人机单次作业时间及作业面积，选择多旋翼无人机和垂直起降固定翼无人机进行秦巴山区枯死松树的监测工作。

3.1 无人机飞行

2021年-2024年5月中旬至10月底，项目组分别在安康、汉中、商洛3市44个县，选择晴朗且云层稀薄天气进行无人机飞行作业。3年来，共飞行328架次，监测面积达104.97km²。

(1) 作业前准备

空域申请：在飞行作业前，将作业计划经主管部门审核后，向空域和航空主管部门提出飞行申请，确定飞行区域后，再报林业主管部门确定其航摄范围。

地形勘察：选择地势平坦区域作为起降场地，区域面积不小于5×5米，区域内无树木、电线杆等障碍物，作业区相对高度300米内无障碍物；根据作业面积、作业区域特点选择无人机平台并进行近场飞行测试。

航线设计：航线设计不低于70%重叠度，航向重叠80%~85%，旁向重叠75%~85%，航线弯曲度不大于3%，航摄分区内实际航高与设计航高之差不超过设计航高的10%，影像地面分辨率优于5厘米。

(2) 飞行作业

无人机按预先规划的飞行航线进入任务区域进行飞行，操作人员通过地面站密切监视飞行高度、发动机转速、机载电源电压及飞行姿

态等工作参数，选择不同无人机，飞行参数不同（如表1）。

①多旋翼无人机：飞行高度在150~220m，旁向重叠率设在80~85%，航向重叠率设置在75~80%，起飞速度为10m/s，航线速度为10~11m/s，可见光相机分辨率为4500万像素，单张照片分辨率为8192×5460像素。

②垂直起降固定翼无人机飞行：相对高度在200~350m，旁向重叠率设在70~75%，航向重叠率设置在80~85%，起飞速度为10m/s，航线速度为19m/s，可见光相机分辨率为1.02亿像素，单张照片分辨率为11648×8736像素。

部分项目区无人机飞行参数表（表1）

飞行地点	航线高度(m)	旁向重叠率(%)	航向重叠率(%)	起飞速度(m/s)	航线速度(%)	无人机平台选择
留坝	150	85	75	10	10.9	多旋翼无人机
宁陕	180	85	80	10	10	
镇安	170	85	80	10	10	
留坝	272.9	80	75	10	19	垂直起降固定翼无人机
柞水	285.7	85	75	10	19	
恒口	196.6	85	75	10	19	

(3) 飞行后作业

在飞行作业结束后，从相机中取出图像存储卡，送交数据处理人员，数据处理人员现场进行数据核查，同时保存地面站实时图像，操

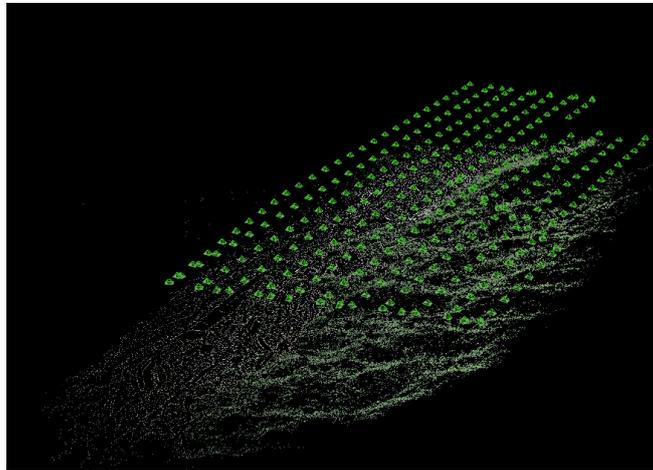
作人员对无人机平台进行逐项检查，为下一架次飞行做好准备。

3.2 无人机影像数据处理

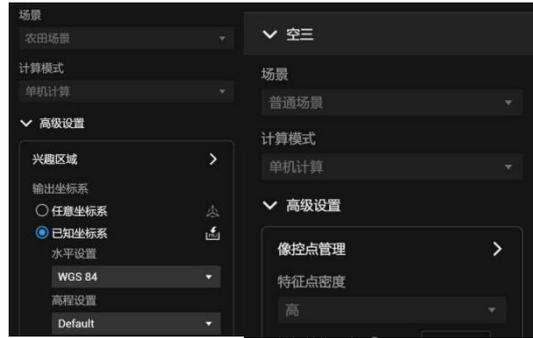
根据航拍影像的几何特性及控制点的坐标进行空三加密，对空三加密后的无人机影像数据进行密集匹配生成点云数据和 DEM 数据，通过数字微分纠正生成测区 DOM，开展数据重采样、自动无缝拼接和匀色匀光处理。这一系列处理可用 Pix4Dmapper、大疆智图、Context Capture 和 Arcgis 等软件完成。

以大疆智图软件为例：

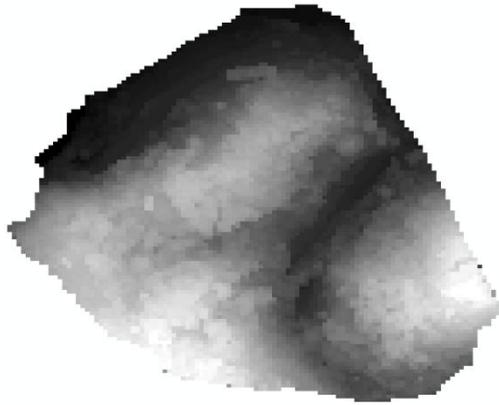
(1) 导入点云数据：新建的激光雷达点云任务中，通过点击“文件夹”按钮选择包含 CLC、CLI 等文件的数据文件夹进行添加，即可完成。



(2) 参数选择：参数选择农田场景、坐标系选择 WGS84 坐标系或 WGS2000，特征点密度选择高。



(3) 生成 DEM 数据：在大疆智图生成 DEM 数据的过程包括新建任务、导入激光雷达数据或处理后的点云数据、设置坐标系、进行点云处理和地面点分类、以及启动重建过程以输出 DEM 数据。



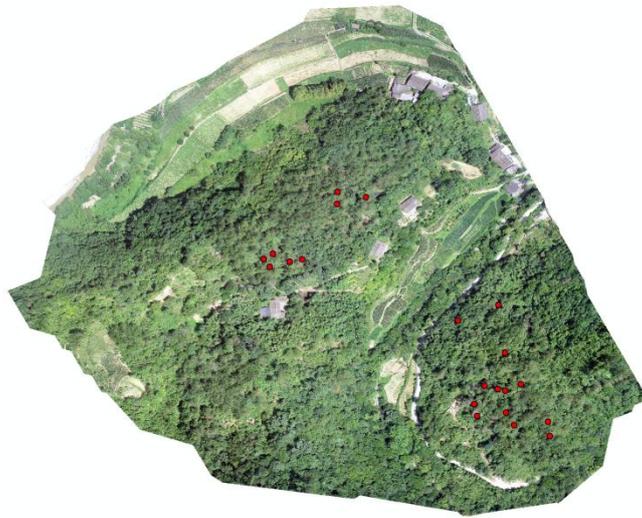
(4) 生成 DOM 数据：在大疆智图生成 DOM 数据的过程包括新建任务、导入航拍影像、设置坐标系、进行像控点操作、空三处理、刺点和优化空三结果，最后启动重建过程以 DOM 数据。



3.3 专题地图制作

通过数据解译确定枯死松树的空间位置，并转换成空间矢量数据，根据枯死松树空间矢量数据，制作专题地图。

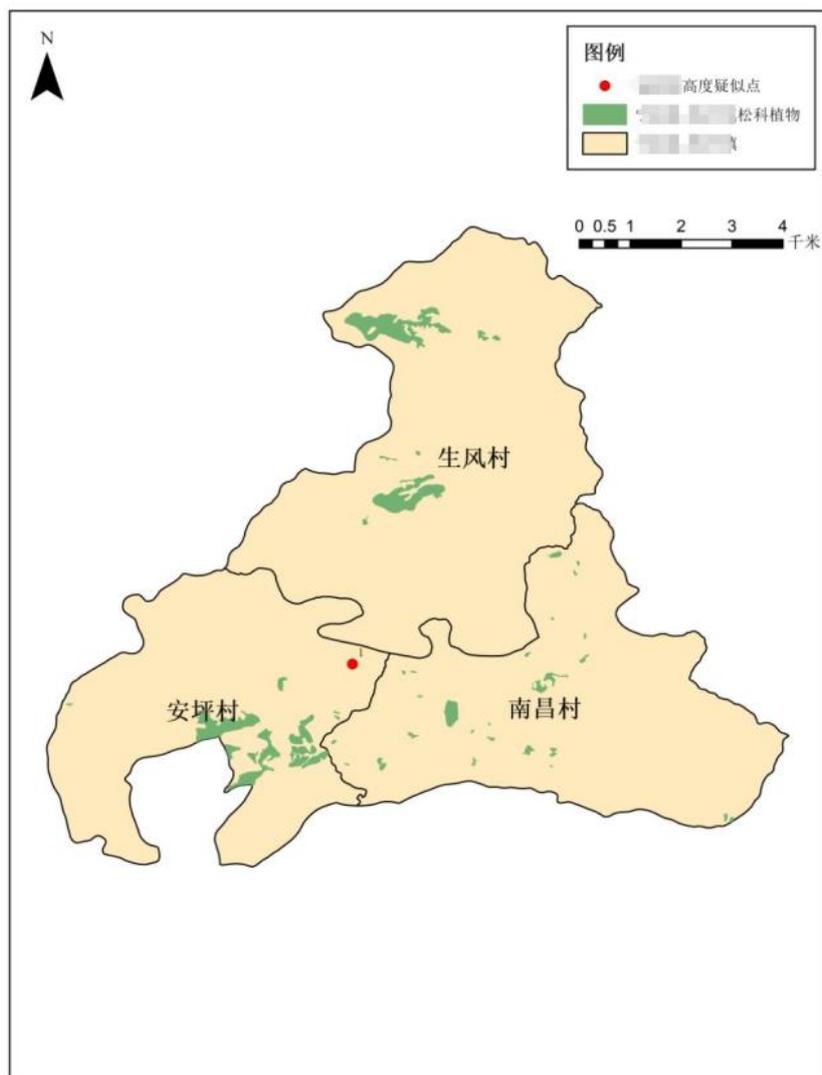
(1) 图像解译：通过观察树冠颜色变化、枝条状态、树干质地、周围环境特征以及遥感反射率差异，来识别和分析树木枯死状况，完成枯死松树图像解译。



(2) 转化为空间矢量数据：将图像中识别的枯死松树位置、范围信息转化为地理空间坐标和矢量图形，以实现精确的地理定位，下图仅为枯死松树坐标信息。

FID	Shape *	X	Y
0	点	108.191751	33.299008
1	点	108.191744	33.298896
2	点	108.191154	33.298432
3	点	108.191069	33.298386
4	点	108.191125	33.298313
5	点	108.191309	33.298359
6	点	108.191424	33.298382
7	点	108.192011	33.298961
8	点	108.193106	33.297208
9	点	108.193226	33.297179
10	点	108.193297	33.297162
11	点	108.193437	33.297223
12	点	108.193292	33.297514
13	点	108.193231	33.297961
14	点	108.192861	33.297815
15	点	108.19301	33.297041
16	点	108.193036	33.296929
17	点	108.193302	33.296959
18	点	108.193376	33.296842
19	点	108.193689	33.296876
20	点	108.193706	33.296742

(3) 制作专题地图：项目组制作了枯死松树分布专题图用于地方林业部门开展松材线虫病普查工作。



4. 知识产权说明

本标准中各个部分的要素和技术要求来源于编制单位多年的实践经验和试验验证结果，均具有独立的知识产权，与其他单位没有知识产权纠纷。查阅国内外现行法律、法规及标准发现：陕西省松材线虫病木无人机遥感监测均无相关标准，本标准尚未与有关现行法律、

法规和强制性国家标准、行业标准冲突部分没有与有关现行法律、法规和强制性国家标准、行业标准冲突部分。

5. 采标情况

本标准依据陕西省秦巴山区地形、地貌特点制定，未见国内外针对陕西松材线虫病木无人机遥感监测的同类标准。

目前能检索到的现有其他条件下的同类标准有 1 个，安徽省发布的《基于无人机平台的松材线虫病枯死松树监测技术规程》（DB34/T 2594-2016），与该标准相比不同之处在于：

（1）该标准没有针对秦巴山区在陕部分高落差地形地貌未有特殊处理；

（2）无人机平台搭载相机为多光谱相机，与本标准中无人机平台搭载的可见光相机不同；

（3）该标准未说明无人机数据处理流程及专题地图制作。

6. 重大意见分歧处理

本标准现处于征求意见阶段，欢迎我省有关科研、管理和生产单位提出修改意见。同时本标准属于推荐性省级地方标准，所规定的技术内容和要求具有普遍指导作用，建议使用单位或个人结合实际生产情况，加以灵活应用；有不同意见或见解时，欢迎与标准起草组人员进行沟通与讨论。在沟通无果的情况下，可本着求同存异的理念加以应用，或修订、研发、执行新的适用技术标准。

7. 其他应说明的事项

无

《松材线虫病木无人机遥感监测技术规程》

陕西省地方标准起草组

二〇二四年八月