

# DSIA

## 大连软件行业协会团体标准

T/DSIA 1002—2018

# 无人机松材线虫病枯死松树普查技术规程

Technical Regulation for Dead Pine Monitoring of Bursaphelenchus xylophilus by  
UAV

2018-12-31 发布

2019-02-01 实施

大连软件行业协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	1
4 基本要求 .....	2
5 技术设计 .....	2
6 作业准备 .....	3
7 飞行作业 .....	4
8 数据处理和监测成果 .....	4
9 现场核查和成果评价 .....	5
10 安全注意事项 .....	6
附录 A 无人机平台参数基本要求 .....	7
附录 B 几种松树的光谱反射特征 .....	8
附录 C 多光谱相机基本要求 .....	11
附录 D 现场验收质量等级评定指标计算公式 .....	12

## 前 言

本标准按照 GB/T1.1-2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由大连软件行业协会提出并归口。

本标准起草单位：大连云涛科技有限公司、大连市计算机学会、大连软件行业协会。

本标准主要起草人：潘睿、王正顺、路新一、尹宏。

# 无人机松材线虫病枯死松树普查规程

## 1 范围

本标准规定了基于无人机平台的松材线虫病枯死松树监测技术的基本要求、技术设计、作业准备、飞行作业、数据处理和监测成果、现场核查和成果评价、安全注意事项等。

本标准适用于通过无人机搭载高光谱相机进行松材线虫病普查的相关组织。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 17798 地理空间数据交换格式

GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收

CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求

## 3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适于本文件。

### 3.1

**无人机平台** *unmanned aerial vehicle*

由机体、飞行控制系统、无线电遥控系统、动力装置、起降设备构成的具有搭载多光谱相机等检测设备能力的无人驾驶飞机。

### 3.2

**枯死松树无人机监测** *dead pine monitoring by UAV*

将无人机作为空中平台，搭载多光谱相机（或多光谱仪），通过飞行作业和空中遥感，达到监视和测量枯死松树并了解松材线虫病扩散蔓延程度的过程。

### 3.3

**多光谱相机** *multi-spectral camera*

采用 CMOS 的画面分割技术设计，能够对同一观测场景，在单片 CMOS 上实现多光谱同步成像的相机。

### 3.4

**缩略语**

UAV：无人机平台（*unmanned aerial vehicle*）

DEM：数字高程模型（*digital elevation model*）

## 4 基本要求

### 4.1 无人机平台

根据多光谱相机重量、尺寸以及作业区地形地势和起降条件等选择合适的无人机平台。无人机平台参数基本要求参见附录A。

### 4.2 作业单位

无人机监测作业单位应具有丰富的无人机操作飞行和数据采集处理经验，具备相应的资质。无人机驾驶员应具备无人机驾驶执照。

### 4.3 作业设备

松材线虫病枯死松树空中遥感监测需要无人机搭载多光谱相机（仪）作为作业设备。多光谱相机参数及相关要求参见附录C，多光谱相机滤光片的选用应根据实际监测要求，具体可参考附录B。

### 4.4 作业期

应选择松林感染松材线虫病后变色明显的症状显现期，重点是秋季枯死松树高峰期。

## 5 技术设计

### 5.1 资料收集及分析

主要收集以下资料：

- a) 测区及周边的基础控制点成果及点之记等，搜集的平面和高程成果资料应包含 CGCS2000 坐标系统；
- b) 必要时搜集似大地水准面成果资料；
- c) 各种地图资料，如相关的地形图、交通图等；
- d) 数字行摄相片；
- e) 查看大地测量资料，明确其施测年代、平面坐标系统、高程基准以及成果精度，综合分析基础控制点的数量、分布、目标点位等情况，以确定其使用价值和使用方法。

### 5.2 地形勘测

飞行作业前，首先应勘察地形，主要是掌握作业区地理位置、海拔高度、地形地貌等。使用手持定位仪（GPS 或北斗用户机）采集标定 4 个以上定位控制点，控制点的选取应包括作业区有明显地物特征的点位。

### 5.3 航线规划

根据作业区地形地貌、采集的控制点信息，结合无人机平台参数，在地面站飞控软件上完成航路规划。松材线虫病枯死松树监测的航路规划应以矩形航路为主。面积较大的作业区可根据地形划分为多个小作业区。

### 5.4 作业方式

在地形相对高差 50 m 以下的地区可采用单程飞行方式；在相对高差较大、地形复杂的山区宜采用复程飞行方式。复飞时，每次选择不同的作业高度。

### 5.5 作业计划

### 5.5.1 内容

作业计划应包括如下内容：

- a) 作业区基本情况：作业区位置、行政隶属、地形、林相、气候、松树分布、交通状况等；
- b) 作业设计：作业区面积、作业时间、作业方式、作业高度、航路规划、航带设计、起降场地、作业架次、飞行时间、作业组织和顺序安排等。

### 5.5.2 申请

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。

## 6 作业准备

### 6.1 协调

召开空域、机场、林业等部门参加的会议，协调禁飞区、飞行高度、通讯频率、飞行避让原则、起降申报程序等。

### 6.2 飞行平台组装和调试

#### 6.2.1 组装

保证操作的规范性，组装的正确性、完备性。

#### 6.2.2 检测

无人机机体完好，各连接处可靠连接；系统遥控、遥测链路工作正常；燃油电池充足；发动机正常启动和熄火；作业设备工作正常。

#### 6.2.3 微调

结合飞行场地的实测数据，在地面站上调整设置海拔高度、气压高度、地理坐标等参数，并对无人机各舵面舵量、发动机风门进行微调，确保飞机状态能够更好地适应飞行环境。

#### 6.2.4 地面站准备

电池电量充足，开机自检，工作状态正常，加载飞行区域地图。通常情况下地面站宜选用油机供电或者市电供电。

### 6.3 人员准备

人员就位、人员之间的通信正常。

### 6.4 各分系统联调

地面站和无人机数据通信正常，飞行器能对地面站发出的各种控制指令做出正确反应，地面站能够实时准确接收飞机下传的各种遥测数据。评估结果。

### 6.5 近场飞行测试

应在 5 分钟至 15 分钟内完成，主要进行飞行平台参数设置合理性、飞行高度、续航能力、起降方式合理性、自动驾驶仪工作稳定性、数据传输稳定性，以及多光谱相机工作稳定性等测试。确认各项功能工作正常后无人机方可进入任务区域飞行作业。

## 6.6 记录设备检查情况

地面站记录保存无人机测试数据、任务设备图传数据。

# 7 飞行作业

## 7.1 飞行计划

每架次飞行前应编制飞行计划表，包括起飞时间、飞行高度、作业时长、航程和降落时间等。每架次飞行计划航程应小于无人机续航能力。

## 7.2 任务规划

任务规划是在作业区整体航路规划的基础上，针对每次飞行任务设定飞行航线。任务规划时应确保多光谱相机所拍摄的航片重叠度大于 30%。规划好的航线在起飞前上传至无人机。

## 7.3 起飞

选择晴天、且能见度和光照比较好的时间段进行。

## 7.4 程控飞行

无人机按预先规划的飞行航线进入任务区域进行作业飞行，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、飞行姿态等工作参数，产生异常时及时发送控制指令进行干预。地面站应全程记录飞行数据与任务设备图像资料。

## 7.5 降落

无人机完成作业飞行后返回起降场上空，飞控模式由程控转为遥控，关闭多光谱相机，控制无人机在近场上空盘旋，逐步降低高度实施降落。无人机宜迎风降落，不能满足迎风降落时尽量避免大侧风降落。

## 7.6 数据回收

无人机降落后，应立即从相机中取出多光谱图像存储卡，送交数据处理人员，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。

# 8 数据处理和监测成果

## 8.1 数据内容

数据内容分为以下几部分

- a) 监测区域基础地理信息：行政区域界、小班界、各级行政驻地、小地名、道路、河流、湖泊、居民点、DEM等，比例尺为 1: 10000。
- b) 多光谱数据：多个谱段的光谱图像，具体谱段根据选用滤光片而定。

## 8.2 检测数据处理

数据处理分为以下几部分：

- a) 图像采集：多个谱段同步采集。
- b) 校正：先利用图像处理软件进行角度旋转（拉平）处理，再应用地图处理软件对扫描图进行公里网逐格校正匹配。
- c) 检查：对校正好的图像进行内轮廓线长度检查、公里网格线检查，生成符合精度要求的数据。
- d) 自动拼接：利用图像自动识别定位软件将数字化后的数据进行自动拼接接边处理；采用行政区域分幅处理，每幅图像的行政界线必须一致；各幅图像建立统一的图像坐标系。
- e) 数字化：对校正匹配自动拼接好的图像进行矢量数字化，通过图形编辑，编辑矢量结构点、线、区域的空间位置及其图形属性，确定枯死松树的空间位置，转换成空间矢量数据。

## 8.3 监测成果

### 8.3.1 成果内容

主要包括无人机采集的多光谱数据、疑似松材线虫枯死松树空间位置矢量数据、监测过程管理相关技术文档，并按照用户需求进一步转化为简便易懂、直观性强图表等可视化成果。

### 8.3.2 成果数据格式

应为常见通用格式：

- a) 矢量数据，主要包含\*.shp、\*.coverage、\*.e00、\*.mdb、\*.vct 等。
  - b) 栅格数据，主要包含\*.tif、\*.img、\*.tiff、\*.grd、\*.jpg 等。
  - c) 属性数据，主要包含\*.mdb、\*.xls/\*.xlsx、\*.dbf、\*.xml、\*.csv、\*.json 等。
  - d) 其它数据，主要包含\*.doc/\*.docx、\*.wps、\*.avi、\*.mpeg、\*.pdf、\*.txt、\*.mp3 等。
- 空间数据交换时应符合 GB/T 17798 的规定。

### 8.3.3 定位参考系

定位参考系应符合：

- a) 平面坐标系：1980 西安坐标系。
- b) 投影方式：高斯-克吕格投影，1:10000 比例尺采用 3° 分带。
- c) 高程基准：采用 1985 国家高程基准。

## 9 现场核查和成果评价

### 9.1 基本规定

#### 9.1.1 核查方法

核查方法包括：

- a) 无人机监测成果质量通过二级检查一级验收方式，应依次通过作业单位作业部门的过程检查、作业单位质量管理部门的最终检查和项目管理单位组织的验收或委托具有资质的质量检验机构进行质量验收。
- b) 作业单位作业部门的过程检查和作业单位质量管理部门的最终检查按照 GB/T 24356 相关要求执行。
- c) 质量验收一般采用抽样检查，同时通过听取全面汇报、资料检查、过程检查等情况综合判定。项目管理单位或质量检验机构应对抽中样本进行详查，必要时可加大抽样比例。

#### 9.1.2 抽样数量

应按照小班面积和枯死松树株数抽样：

- a) 飞行监测面积 10 万亩以上，抽样小班面积不低于 2% 或 20 个小班；飞行监测面积 10 万亩以下，抽样小班面积不低于 4% 或 10 个小班。
- b) 飞行监测枯死松树数量 1000 株以下，抽样枯死松树数量不低于 5%（不足 30 株全抽）；监测枯死松树数量 1000 株以上，抽样枯死松树数量不低于 1%（不足 60 株全抽）。上述两项比例应同时满足。

### 9.1.3 等级质量

验收质量等级分为优、良、合格、不合格四级评定。

## 9.2 现场验收质量等级评定

### 9.2.1 实地调查

利用专业级 GPS 对抽中小班进行地面调查，记载全部枯死松树数量、经纬度、高程、死亡程度等信息，与作业单位提供的结果逐株比对记载。

### 9.2.2 等级评定

成果质量等级评定见表 1，表中相关数值计算方法参见附件 D。

表 1 成果质量等级评定表

现场验收质量等级	枯死松树数量准确率 A (%)	枯死松树识别误差率 B (%)	枯死松树水平位置平均误差 C (米)
优	$A \geq 95$	$B \leq 5$	$C \leq 10$
良	$90 \leq A < 95$	$10 \geq B > 5$	$15 \geq C > 10$
合格	$85 \leq A < 90$	$20 \geq B > 10$	$20 \geq C > 15$
不合格	$A < 85$	$B > 20$	$C > 20$

## 10 安全注意事项

安全注意事项包括：

- a) 无人机航摄安全作业技术要求按照 CH/Z 3001 相关要求执行；
- b) 飞行前，详细了解飞行区域地形、地貌、气候、重要设施及其他可能对飞行安全造成隐患的资料，认真分析，做好防范；
- c) 设计飞行高度应高于摄区和航路上最高点 100 m 以上，设计航线总航程应小于无人机能到达的最远航程的 80%；
- d) 做好应急处置。无人机应携带应急降落伞，出现故障后，降落伞自动打开，基本保证降落后不引起森林火灾和对地面人员安全造成严重威胁。

**附录A**  
**(规范性附录)**  
**无人机平台参数基本要求**

无人机平台参数基本要求见表 A. 1。

**表 A. 1 无人机平台参数基本要求**

控制距离	$\geq 30 \text{ km}$
控制方式	手控+程控
材质	复合材料
最大平飞速度	$\geq 140 \text{ km/h}$
巡航速度	$\geq 80 \text{ km/h}$
实用升限	$\geq 3000 \text{ m}$
作业高度	$\geq 500 \text{ m}$
有效载荷	$\geq 5 \text{ kg}$
最大起飞重量	$\leq 20 \text{ kg}$
续航时间	$\geq 1 \text{ h}$
起降方式	滑跑起降方式或弹射起飞、伞降回收
动力装置	油动或电动
贮存温度	$-40^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$
工作温度	$-20^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$
正常起落风速	$\leq 9 \text{ m/s}$ (风力 5 级)
振动冲击	能承受起飞、飞行和着陆的振动与冲击
耐久性	飞机机体寿命 20~50 个起落 (正常起降)

附录B  
(资料性附录)  
几种松树的光谱反射特征

### B. 1 松树光谱反射特征与滤光片

采用无人机搭载多光谱相机(仪)实现松材线虫病监测,其技术基础是松树因感染松材线虫病的程度不同,呈现出的光谱反射特征具有明显区别。图B.1、图B.2、图B.3是黄山松、马尾松、黑松等几种典型松树,在健康、感染松材线虫病处半死、刚死以及死亡半年以上等状态下的光谱反射特征图。

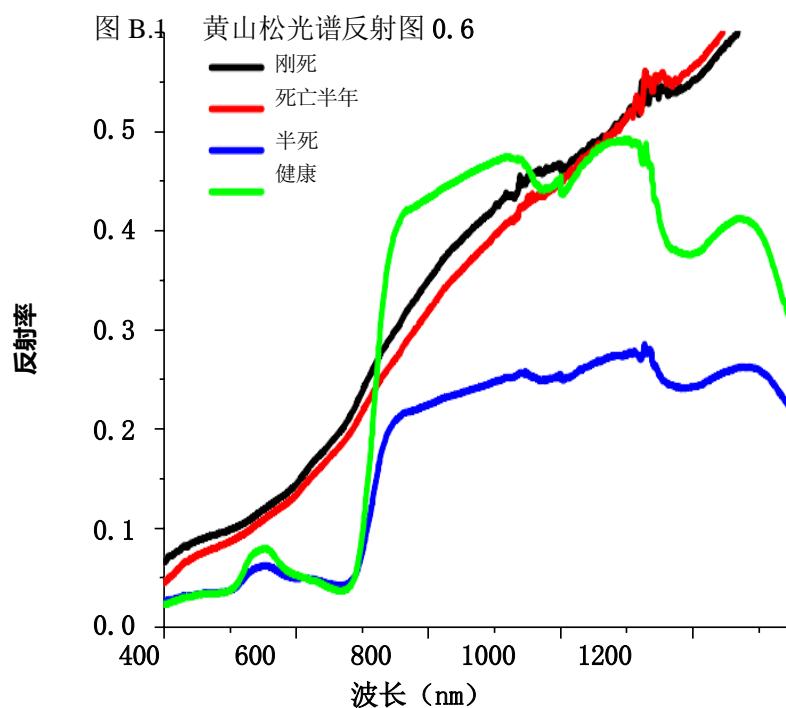
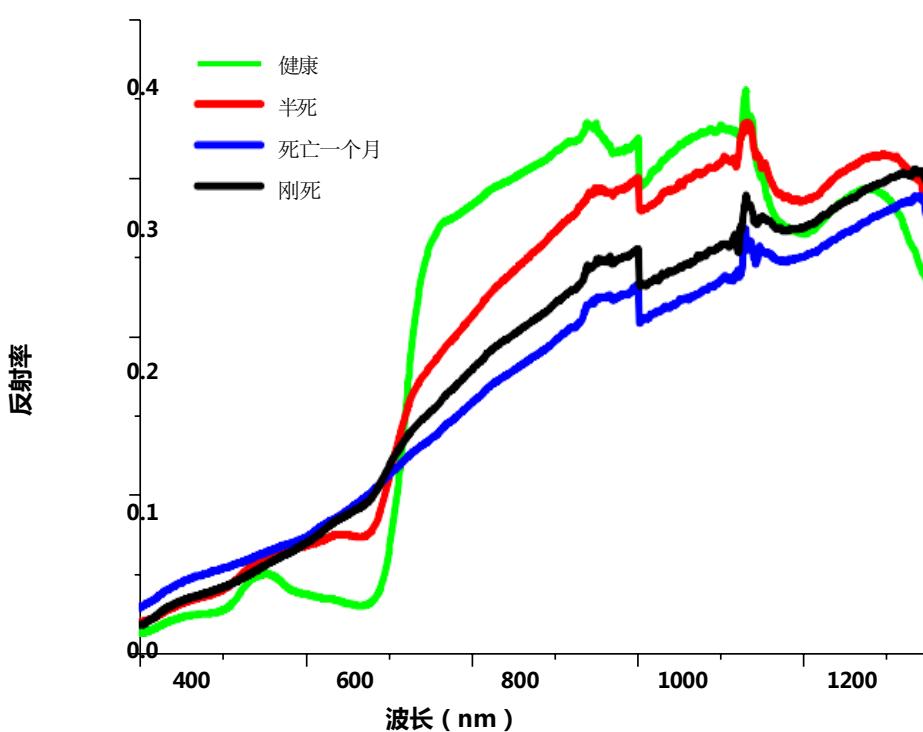
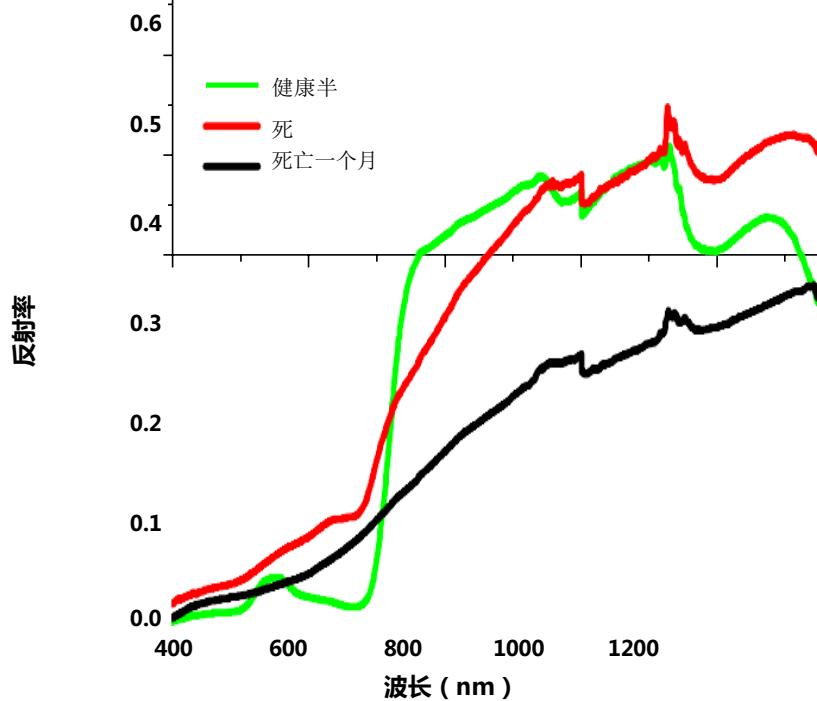


图 B.1 黄山松光谱反射图



基于光谱特征图，可根据实际作业要求，分别选用 450、560、675、800 nm 窄带滤光片用于监测作业，滤光片带宽则应根据作业松林内的树种分布进行调整。

## B. 2 识别枯死松树与阔叶树

由于枯死松树在形态上与阔叶树很相似，采用可见光摄像方式很难识别。因此，针对有阔叶树木分布的松林，在进行松材线虫病枯死松树监测时，有必要从光谱反射特征上区分枯死松树与阔叶树木。

**附录 C**  
(规范性附录)  
**多光谱相机基本要求**

**C. 1 多光谱相机要求**

- a) 具有多光谱同步成像功能;
- b) 可根据监测需要配置相应谱段滤光片;
- c) 可同步采集飞行平台三轴姿态、三维位置数据;
- d) 具有大容量图像数据的存储/传输功能;
- e) 具有外部控制指令输入与识别功能;
- f) 具有抗震及故障隔离与恢复功能。

**C. 2 多光谱相机技术指标要求**

- a) 体积:  $\leq 300 \times 150 \times 200$  毫米;
- b) 重量:  $\leq 5$  kg;
- c) 帧频:  $\geq 25$  帧/秒;
- d) 分辨率:  $\geq 5184 \times 3456$ , 经画面分割后单通道画面像元数:  $\geq 2592 \times 3456$ ;
- e) 像元尺寸:  $\leq 22.3 \times 14.9$  毫米;
- f) 镜头分辨率:  $\geq 16$  L/mm;
- g) 光谱响应范围: 400—1050 nm,
- h) 快门速度: 1/1000s。

**附录 D**  
(规范性附录)  
**现场验收质量等级评定指标计算公式**

**D. 1 枯死松树数量准确率**

枯死松树数量准确率 (%) = 抽中小班中判读枯死准确的松树株数之和 / 抽中小班中实地调查枯死松树株数之和 \* 100

**D. 2 枯死松树识别误差率**

枯死松树识别误差率 (%) = 抽中小班中判读为枯死松树出现错误的株数之和 / 判读枯死准确的松树株数之和 \* 100 (总数)

**D. 3 枯死松树水平位置平均误差**

枯死松树水平位置平均误差 (米) = 抽中小班中判读枯死准确的松树株数水平位置误差之和 (米) / 上述枯死松树株数 (N)

说明：抽中小班中判读枯死准确的松树株数水平位置误差 (米) = | (航片读图定点的经度或纬度 - 专业级 GPS 实地核查的经度或纬度) \* 每单位经度或纬度代表的地面距离 (米) |，取其数值大者代表

---