

ICS 65.020.40

CCS B 65

DB61

陕西省地方标准

DB 61/T XXXX—XXXX

## 飞机施药防控松材线虫病技术规范

Technical specification for aerial spraying for the prevention and control of

pine wilt disease

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布



目 次

前言 .....II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 作业准备 ..... 2

5 飞行作业 ..... 3

6 作业质量测定 ..... 3

7 防治效果评价 ..... 4

8 档案管理 ..... 4

9 安全注意事项 ..... 4

附录 A（资料性）飞防作业区域安全警示 ..... 6

附录 B（资料性）常见飞防机型作业参数 ..... 7

附录 C（规范性）无人机技术参数调整和确认 ..... 8

附录 D（资料性）飞机施药防控松材线虫病药剂及参考使用量 ..... 9

附录 E（资料性）飞机施药防控松材线虫病工作日志 ..... 10

附录 F（规范性）作业质量测定 ..... 11

附录 G（规范性）防治效果评估 ..... 13

## 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。

本文件由陕西省林业局提出并归口。

本文件起草单位：陕西省林业科学院、宁陕县林业局、留坝县秦岭生态保护中心。

本文件主要起草人：梁超琼、武建超、陈敏、吴俊瑶、冯雨星、梁青芳、杨欢、谢毓芬、郭晖、武旭阳、王海燕、陈鹏、任俊澎、黄昱、刘桂湘、史瀚森、熊伟华、龚慧军、蒋志峰、常英蓉。

本文件由陕西省林业科学院负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省林业科学院

电话：029-88653120

地址：西安市未央区大白杨东路3号

邮编：710016

# 飞机施药防控松材线虫病技术规范

## 1 范围

本文件规定了飞机施药防控松材线虫病的作业准备、飞行作业、作业质量测定、防治效果评价、档案管理、安全注意事项的要求。

本文件适用于利用飞机施药防控松材线虫病。

## 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 23476-2009 松材线虫病检疫技术规程  
GB/T 25415-2010 航空施用农药操作准则  
GB/T 8321.10-2018 农药合理使用准则（十）  
LY/T 1866-2009 松褐天牛防治技术规范  
MH/T 1026-2009 飞机施用农药规范  
NY/T 1276-2007 农药安全使用规范 总则  
T/CCPIA 019-2019 植保无人机安全施用农药作业规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**松材线虫** *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer) Nickle

一种无脊椎动物，线虫门（Nematoda）、侧尾腺纲（Secernentea）、滑刃目（Aphelenchida）、滑刃科（Aphelenchoidoidea）、伞滑刃属（Bursaphelenchinae）的植物寄生线虫。

松材线虫的的形态特征见GB/T 23476-2009附录E。

### 3.2

松材线虫病 pine wilt disease

由松材线虫寄生在松树体内引起松树迅速死亡的一种毁灭性林木病害。又称松树萎蔫病、松树枯萎病。

### 3.3

松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope

又名松褐天牛，属鞘翅目（Coleoptera）、天牛科（Cerambycidae）、墨天牛属（*Monochamus*），是松树的一种重要蛀干害虫，又是松材线虫病的主要传播媒介。

松墨天牛的形态特征见LY/T 1866-2009附录A。

### 3.4

飞机施药 aerial spraying

利用直升机或无人机喷洒农药和生物制剂防治松材线虫病的过程。

### 3.5

喷幅 spraying width

在一定高度上均匀飞行作业时垂直于作业航线上的有效农药喷洒宽度。

### 3.6

雾滴 pesticide droplet

直径在1000 μm以下的球状液体颗粒，雾化粒径50 μm~300 μm。

## 4 作业准备

### 4.1 申请报备

向对应飞行管制分区的空中交通管制机构提出飞行申请，所在地区的林业局、乡镇（街道）政府、村委会各一份备案。

### 4.2 作业区域

松材线虫病疫区及相邻的小班，远离鱼塘、桑、蚕、蜂养殖场等区域。

### 4.3 安全警示

请各乡镇（街道）政府、村委会宣传做好防毒工作，因气候因素导致作业期发生变化时应及时通知更正。在飞防区域悬挂安全警示标志，见附录A。

### 4.4 飞防机型

符合GB/T 25415-2010中5.1.1和MH/T 1026-2009中5的要求。常见飞防机型作业参数见附录B。无人机技术参数调整和确认的计算公式见附录C。

#### 4.5 起降场

地势平坦、无坡度（坡度 $<1\%$ ）、无障碍的路面或地面，备有水、药剂、飞防助剂、配药桶、水桶、搅拌棒、电子秤等。野外临时起降场做好杂物清扫、抑制扬尘等工作，并备有防暑降温等装备和物资。

#### 4.6 作业人员

符合T/CCPIA 019-2019中4.3的要求，包括专业机组人员、辅助作业人员、安全负责人员。

#### 4.7 作业方式

分为单程式、复程式、穿梭式、自由式。在地形相对高差50 m以下的林带常用穿梭式、复程式或单程式飞行，在相对高差较大、地形复杂的山区可采用自由式飞行。

#### 4.8 作业时间

6月~8月，晴天，上午11点前，傍晚4点后，避免正午阳光直射。

#### 4.9 药剂选择

符合GB/T 8321.10-2018 农药合理使用准则（十）中3.2和NY/T 1276-2007中4的规定。常见药剂选择及用量见附录D。

#### 4.10 作业方案

确定作业区域、起降场、飞防机型、作业方式、作业时间、药剂种类及用量，制定作业方案。

### 5 飞行作业

#### 5.1 试航

正式作业前，用清水进行试航试喷，调整喷洒设备，进行空中视察，熟悉作业区地形地势。

#### 5.2 装药

按照作业方案要求配置、装载药物。

#### 5.3 定位和导航

采用定位系统定位并导航。

#### 5.4 飞行喷药

严格按照飞防飞机操作要求和作业方案执行。工作日志表见附录E。

### 6 作业质量测定

见附录F。

## 7 防治效果评估

### 7.1 防治效果检查

#### 7.1.1 诱捕器诱捕结果统计

飞机喷药前在作业区和对照区内挂设诱捕器诱集天牛成虫，喷药后每隔7天检查统计一次。每次分别检查每个诱捕器诱捕到的松墨天牛雌、雄成虫的数量，填写松墨天牛诱捕器诱虫数量统计表，计算天牛成虫虫口下降率，见附录G。

#### 7.1.2 天牛取食带药枝死亡情况

施药后采集松树枝条，将带药松树枝条放置于不锈钢养虫笼内，同时向笼子中投放松墨天牛成虫20头/笼，观察统计施药12 h、24 h、48 h后天牛的死亡率，填写取食带药松枝后的松墨天牛死亡情况统计表。为避免施药质量的影响，尽量选择上空无遮挡物位置的松树枝。

### 7.2 防治效果评价

在与防治区条件一致的非防治区设置对照区。根据作业区面积大小、地形地貌、郁闭度和地被物等情况，采取重点检查和普遍调查相结合的方法，调查飞防区和对照区枯死树降低率，媒介昆虫松墨天牛的死亡率。

飞机施药防治后于每年10月份至次年4月份调查施药松林是否感病，记录并统计感病株数，并比往年病死树发生情况，填写飞防普查统计表，计算枯死树降低率，评估防治效果。

### 7.3 人工补防

根据作业设计和防治效果检查，对难以飞行作业的应防区、漏防区和防治效果未达到设计要求的地块，及时进行人工地面补防，确保飞防效果和质量。

## 8 档案管理

8.1.1 作业方案、飞行工作日志、工作总结等资料。

8.1.2 实施飞机防治的试验区域挂牌等资料。

8.1.3 飞机防治现场图片、影像等资料。

8.1.4 保存期限不少于15年。

## 9 安全注意事项

## 9.1 现场因素

现场对照小班图和卫星定位图，严格按照小班边界及山场情况规划航线，确保飞行安全；作业开始后，无特殊情况任何人不得干扰无人机操控手作业；作业开始后，应及时检查作业地块及周边障碍物情况，确保安全的情况下起飞。

## 9.2 多架飞机飞行情况

同一地块或有两架及以上飞机同时作业时，要先做好线路规划，避免在作业重叠区飞行，之间保持10 m以上的距离，且降低作业飞行速度，飞行速度应 $<5\text{ m/s}$ 。

## 9.3 操作安全

9.3.1 为保证作业安全，必须关闭飞机电源后才能进行加药工作。

9.3.2 作业现场，操控手及辅助作业人员应注意个人安全防护，要穿专业的防护服，佩戴口罩、手套、防护眼镜等。

9.3.3 作业现场，要避免进食、喝水等，工作完毕后及时用肥皂水洗手和身体裸露部位。

9.3.4 飞防完成后，做好物资清理工作，使用过的药桶和剩余的药剂应妥善保管，对空桶等容器应集中清洗，无人机用清水清洗后收起装载。

9.3.5 野外起降场由飞防安全责任人做好管理，做好安全防护范围，禁止无关人员和车辆进入。

附 录 A

(资料性)

飞防作业区域安全警示

图A.1给出了作业区域安全警示标志。

飞防区域      注意安全	
项目名称：_____	施工单位：_____
飞防地点：_____	联 系 人：_____
飞防时间：_____	联系方式：_____

图 A. 1 飞防作业区域安全警示标志

附 录 B  
(资料性)  
常见飞防机型作业参数

表 B.1 给出了常见飞防机型作业参数。

表 B.1 常见飞防机型作业参数

机型	作业参数					
	作业时速 (km/h)	航高 (m)	喷幅 (m)	每架次载药量 (kg)	每架次作业时间 (min)	每架次作业面积 (hm <sup>2</sup> )
空中拖拉机 AT-504	199~233	10~20	60~80	1500~1800	50~55	500~700
单峰骆驼 M-18	150~180	10~20	50~60	1350~1800	20~25	500~700
运五 Y-5	140~180	10~20	50~60	800~1000	15~40	150~200
农五 N-5	170~200	10~20	50~60	350~500	10~20	150~200
贝尔 206B-111	90~110	5~15	30~50	380~400	20~30	70~100
欧直 EC120	90~110	5~15	30~50	400~500	10~20	80~100
施瓦泽 S-300c	90~110	5~15	20~35	200~220	5~15	40~60
罗宾逊 R44 Raven-II	90~110	5~15	20~35	200~220	5~15	40~60
大疆 T30	4~25	3~30	4~9	30~30.6	7~10	2~4

附录 C  
(规范性)  
无人机技术参数调整和确认

C.1 每个小班用药量计算公式

$$M = S \times W \times n$$

式中：

$M$ ——每小班的用药量 (kg)

$S$ ——总面积 (亩)

$W$ ——每亩的喷洒量 (kg/亩)

$n$ ——稀释倍数

C.2 每秒作业面积

$$S_v = \frac{V \times B}{667}$$

式中：

$S_v$ ——每秒作业面积 (亩/s)

$V$ ——飞行速度 (m/s)

$B$ ——喷幅宽度 (m)

C.3 每架次有效作业时间计算公式

$$T = \frac{S_s}{S_v}$$

式中：

$T$ ——每架次有效作业时间 (s)

$S_s$ ——每架次作业面积 (亩)

$S_v$ ——每秒作业面积 (亩/s)

附 录 D  
(资料性)  
飞机施药防控松材线虫病药剂及参考使用量

表D.1给出了飞机施药防控松材线虫病药剂及参考使用量。

表D.1 飞机施药防控松材线虫病药剂及参考使用量

药剂名称	有效成分	剂型	有效成分含量	用量	防治对象
吡虫啉	吡虫啉	乳油	10%	2000～3000 倍液	松墨天牛
		悬浮剂	35%	4000～5000 倍液	松墨天牛
		微囊悬浮剂	15%	3000～4000 倍液	松墨天牛
高氯氟·噻虫胺	噻虫胺	微囊悬浮剂	6%	4000～8000 倍液	松墨天牛
	高效氯氟氰菊酯	微囊悬浮剂	2%	4000～8000 倍液	松墨天牛
联苯·噻虫啉	联苯菊酯	微囊悬浮剂	1%	3000～4000 倍液	松墨天牛
	噻虫啉	微囊悬浮剂	5%	3000～4000 倍液	松墨天牛
氯氟·噻虫胺	噻虫胺	微囊悬浮-悬浮剂	13%	10000～12500 倍液	松墨天牛
	高效氯氟氰菊酯	微囊悬浮-悬浮剂	12%	10000～12500 倍液	松墨天牛
氯氰菊酯	氯氰菊酯	微囊剂	8%	200～300 倍液	松墨天牛
	氯氰菊酯	微囊悬浮剂	8%	200～400 倍液	松墨天牛
噻虫啉	噻虫啉	微囊悬浮剂	2%～3%	900～4000 倍液	松墨天牛
	噻虫啉	悬浮剂	40%～48%	3000～48000 倍液	松墨天牛
高效氯氟菊酯	高效氯氟菊酯	微囊悬浮剂	3%～10%	400～2600 倍液	松墨天牛
金龟子绿僵菌 CQMa421	金龟子绿僵菌 CQMa421	可分散油悬浮剂	80 亿孢子/毫升	400～800 倍液	松墨天牛
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	甲氨基阿维菌素	微乳剂	5%	0.8～1.2 毫升/厘米胸径	松材线虫

注：本表参照中国农药信息网截止 2025 年 4 月 27 日公布的农药登记数据，实际使用时应参照药品说明书上的推荐剂量和使用方法。

附 录 E  
(资料性)  
飞机施药防控松材线虫病工作日志表

表E.1给出了飞机施药防控松材线虫病工作日志表。

表 E. 1 飞机施药防控松材线虫病工作日志表

作业人员：		作业区域：		天气：		
架次	起飞时间	降落时间	药剂名称	药剂浓度	单次喷洒量	累计喷洒量
1						
2						
3						
.....						

附录 F  
(规范性)  
作业质量测定

F.1 喷洒量测定方法

根据装药量、有效作业时间、飞行速度和所采用的喷幅宽度，按下式计算喷洒量。实测喷洒量与设计喷洒量的相对偏差应不大于 10%。

$$W = \frac{\sum L}{T_0} \times \frac{667}{V \times B}$$

- 式中：
- $W$ ——每公顷喷洒量 (kg/亩)
  - $\sum L$ ——各喷头总流量 (kg)
  - $T_0$ ——测定时间 (s)
  - $V$ ——飞行速度 (m/s)
  - $B$ ——喷幅宽度 (m)

F.2 有效喷幅宽度测定

在与飞行方向垂直的方向，由中心向两侧每隔 5 m 在林间空旷地上设 1 个采样点，按顺序放 1 排（每排约 100 m）雾滴卡为采样片。若有障碍物时，雾滴卡应置于高出障碍物的支架上。飞行作业 30min 后，收集雾滴卡，用 10×4 或 10×3 的放大镜检查雾滴数。一般要求：常量喷雾雾滴≥50 个/cm<sup>2</sup> 以上，低量喷雾雾滴 20 个/cm<sup>2</sup> 以上，超低量喷雾雾滴 10 个/cm<sup>2</sup> 以上为有效喷幅宽度。

F.3 雾滴覆盖密度测定方法

用 10×4 或 10×3 放大镜，每个采样片观测 1 cm<sup>2</sup>~3 cm<sup>2</sup> 面积上的雾滴数，计算每个样片及每次检测的平均覆盖密度。覆盖密度一般要求：常量喷雾 30 个/cm<sup>2</sup>~50 个/cm<sup>2</sup>，低容量喷雾 15 个/cm<sup>2</sup>~30 个/cm<sup>2</sup>，超低容量喷雾 5 个/cm<sup>2</sup>~20 个/cm<sup>2</sup>。注：与有效喷幅宽度测定同时进行。

F.4 无人机漏喷检测方法

在智能遥控器上查看无人机飞行轨迹，并根据飞行轨迹与飞防作业区的吻合度，确定飞防任务是否出现漏喷情况，或在飞防作业区的空旷地设置雾滴卡（设置数量不少于20个），检查是否有雾滴存在。结合两者结果监测无人机是否存在漏喷现象，漏喷覆盖度≤5%，否则需要进行补喷。

F.5 雾滴分布均匀度测定方法

雾滴分布均匀度用雾滴覆盖密度的变异系数表示。变异系数由各个采样点的雾滴覆盖密度按下式计算。变异系数愈小，雾滴分布愈均匀。要求变异系数不大于 70%。

$$C_v = \frac{SD}{X} \times 100\%$$

式中：

$C_v$ ——变异系数（%）

$SD$ ——标准差

$X$ ——雾滴平均覆盖密度（个/cm<sup>2</sup>）

附 录 G  
(规范性)  
防治效果评估

G.1 松墨天牛诱捕器诱虫数量统计表

调查地点：

天气：

诱捕器编号	松墨天牛成虫数量（头）		其他昆虫	备注
	雌虫	雄虫		
飞防区-1				
飞防区-2				
飞防区-3				
.....				
对照区-1				
对照区-2				
对照区-3				
.....				
调查人：			调查时间：	

G. 2 取食带药松枝后的松墨天牛死亡情况统计表

调查地点：

天气：

养虫笼编号	无人机喷药 防治时间	投放进养虫笼的 松墨天牛数量（头）	取食带药松枝后不同时间 松墨天牛活力情况统计（头）				死亡率（%）=死亡天牛数量/投放天牛 总数 × 100%		
			天牛活力情况	12 h	24 h	48 h	12 h	24 h	48 h
#1			存活				/	/	/
			死亡						
#2			存活				/	/	/
			死亡						
#3			存活				/	/	/
			死亡						
调查人：			调查时间：						

G.3 飞防普查统计表

地点/小班	面积/亩	普查日期	往年枯死树/棵	新增枯死树/棵
1				
2				
3				
.....				

G.4 松墨天牛死亡率相关公式

松墨天牛成虫死亡数(只/亩) = 
$$\frac{\sum \text{松墨天牛成虫死亡数 (只)}}{\sum \text{标准地面积 (亩)}}$$

松墨天牛虫口下降率(%) = 
$$\frac{\text{对照区诱获松墨天牛成虫数量} - \text{飞防区诱获松墨天牛成虫数量}}{\text{对照区诱获松墨天牛成虫数量}} \times 100\%$$

G.5 枯死树降低率

$$N = \frac{D_w - D_j}{D_w} \times 100\%$$

式中:

$N$ ——枯死树降低率 (%)

$D_w$ ——防治前松树枯死数量 (棵)

$D_j$ ——防治后松树枯死株数 (棵)

G.6 防治效果

$$K = \frac{N_f - N_{ck}}{1 - N_{ck}} \times 100\%$$

式中:

$K$ ——防治效果 (%)

$N_f$ ——防治区枯死树降低率

$N_{ck}$ ——对照区枯死树降低率