

中华人民共和国林业行业标准

LY/T 3028—2018

---

无人机释放赤眼蜂技术指南

Technical guideline for unmanned aerial vehicle releasing *Trichogramma*

2018 - 12 - 29 发布

2019 - 05 - 01 实施

---



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由山西省林业有害生物防治检疫局提出。

本标准由全国林业有害生物防治标准化技术委员会（SAC/TC 522）归口。

本标准起草单位：山西省林业有害生物防治检疫局、国家林业和草原局森林病虫害防治总站、山西省林业有害生物防治检疫局中条山分局、山西省林业有害生物防治检疫局吕梁山分局。

本标准主要起草人：段东红、郭文辉、于海英、夏小岗、程志枫、李茂林、杜小刚、吴旭东、倪庆仁、孙彦珍、韩晋杰。



# 无人机释放赤眼蜂技术指南

## 1 范围

本标准规定了飞机释放赤眼蜂技术的作业设计、作业准备、飞行作业。  
本标准适用于防治松毛虫等鳞翅目害虫。

## 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 2.1

#### 无人机 **unmanned aerial vehicle (UAV)**

多旋翼无人遥控飞机、无人遥控直升飞机（油动）。

### 2.2

#### 特殊标志物 **special markers**

在飞行防治作业区域内距地面高于30 m的高压线、塔等体形高大、对飞行作业有影响的物体。

### 2.3

#### 赤眼蜂释放载体 **release carrier of *Trichogramma***

圆片型结构，由PVC压制而成，用于装载已接种赤眼蜂的柞蚕卵，结构参见附录A。

### 2.4

#### 赤眼蜂释放单体 **release monomer of *Trichogramma***

由2片赤眼蜂释放载体制成，结构参见附录B。

### 2.5

#### 赤眼蜂释放体 **release body of *Trichogramma***

将2个赤眼蜂释放单体用细线连接制成，用于飞机释放赤眼蜂，结构参见附录C。

### 2.6

#### 赤眼蜂释放器 **releaser of *Trichogramma***

飞机释放赤眼蜂释放体的专用设备，不同的机型和不同的释放原理结构不同，可根据不同的无人机机型专业订制。

### 2.7

#### 飘移 **drift**

因风力、飞行作业精度造成的赤眼蜂释放体偏离目标区域的现象。

### 2.8

#### 漂移率 **the rate of drift**

赤眼蜂释放体漂离目标区域20 m以外的数量与总释放数量的百分比。

### 3 作业设计

#### 3.1 机型选择

根据不同的林地条件和防治面积采用不同的机型。

——作业面积 $<667\text{ hm}^2$ ，林缘有起降场，选择净载重 $\geq 16\text{ kg}$ 、续航时间 $\geq 20\text{ min}$ 、带GPS导航自主飞行控制系统的多旋翼无人遥控飞机。

——作业面积 $667\text{ hm}^2\sim 1333\text{ hm}^2$ ，起降场到林缘距离 $<1\text{ km}$ ，选择净载重 $\geq 10\text{ kg}$ 、航时 $\geq 60\text{ min}$ 的无人遥控直升飞机（油动）。

——作业面积 $>1333\text{ hm}^2$ ，起降场到林缘距离 $\geq 1\text{ km}$ ，选择净载重 $\geq 10\text{ kg}$ 、航时 $\geq 60\text{ min}$ 的无人遥控直升飞机（油动）。

#### 3.2 起降场选择

3.2.1 多旋翼无人遥控飞机起降场面积 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ ，地势平坦。

3.2.2 无人遥控直升飞机（油动）起降场面积 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ ，地势平坦，四周空间无特殊标志物。

#### 3.3 释放适期

防治目标害虫产卵始盛期。

#### 3.4 绘制飞行作业图

根据目标害虫发生地点、面积、危害程度等确定作业区域，并绘制飞行作业图。

#### 3.5 飞行设计

##### 3.5.1 航带

作业区域应为长方形，航带长度应大于作业区宽度。复杂地形可按道路或河流走向确定。

##### 3.5.2 作业方式

###### 3.5.2.1 多旋翼无人遥控飞机

采用单程式GPS自动控制自主飞行作业，测量作业航线上最高树木的高度，把多旋翼无人遥控飞机飞行高度设定为高于最高树木 $5\text{ m}\sim 15\text{ m}$ ，从起降场起飞到达作业起点悬停 $5\text{ s}\sim 10\text{ s}$ 后，打开赤眼蜂释放设备遥控开关开始作业。作业飞行速度 $5\text{ m/s}$ ，向前飞行时间 $3\text{ min}$ ，返回作业飞行时间 $3\text{ min}$ ，每架次作业幅宽 $40\text{ m}$ ，起飞至降落为1个架次，每架次约可防治 $7.2\text{ hm}^2$ ，每天可作业20架次，约防治 $144\text{ hm}^2$ 。

###### 3.5.2.2 无人遥控直升飞机（油动）

采用GPS自动控制自主飞行作业，测量作业航线上最高树木的高度，把无人遥控直升飞机（油动）飞行高度设定为高于最高树木 $30\text{ m}\sim 60\text{ m}$ ，起降场起飞后，飞向作业区作业起始点悬停 $5\text{ s}\sim 10\text{ s}$ 后，打开飞机赤眼蜂释放器遥控开关开始作业。作业飞行速度 $10\text{ m/s}$ ，每次往返作业飞行幅宽 $40\text{ m}$ ，一架次作业时间至少 $18\text{ min}$ ，起飞至降落为1个架次，每架次约可防治 $43.2\text{ hm}^2$ ，每天可作业10架次，约防治 $432\text{ hm}^2$ 。

##### 3.5.3 释放密度及释放速度

以防治松毛虫为例，释放密度及释放速度由无人机赤眼蜂释放器自动控制，无人机起飞前根据目标害虫危害程度设定好释放密度及释放速度，释放量参见附录D。

#### 3.5.4 飞机机型作业技术参数

根据不同的林地条件和防治面积采用不同的飞机机型，常见飞机机型作业参数参见附录E。

### 4 作业准备

#### 4.1 飞行申请

飞行作业前，作业方应向当地有关航空管制部门提出飞行申请，按有关规定对作业单位和飞行器进行报备。

#### 4.2 起降场准备

起降场应备有运输工具、通讯设备、灭火用具等。使用野外临时起降场，应做好杂物清扫、抑制扬尘、人员防暑等准备。

#### 4.3 飞行区域准备

将飞防区域作业图和GPS一一对应，制定飞行航线。

#### 4.4 气象条件

一般在风速不超过8 m/s，晴天、无雨雾气象条件作业。最适作业温度为10℃~30℃，相对湿度30%~90%，能见度大于2 km~3 km。飞行防治前应了解和掌握防治作业区局部小气候和气流情况。

#### 4.5 准备赤眼蜂释放体

赤眼蜂采用柞蚕卵繁育，释放前要将繁育好赤眼蜂的柞蚕卵制成赤眼蜂释放体，再用赤眼蜂运输设备（0℃~28℃的冷藏车）运送到目的地进行释放。赤眼蜂释放体制做方法参见附录F。

#### 4.6 赤眼蜂释放体运输

赤眼蜂释放体应放置在具有温度控制装置的赤眼蜂运输设备上运送，赤眼蜂运输设备温度控制范围为0℃~28℃，赤眼蜂释放体保存温度为5℃。

#### 4.7 赤眼蜂释放体质量检测

装载赤眼蜂释放体前应对赤眼蜂释放体的质量进行现场检测，检测方法参见附录G。

#### 4.8 赤眼蜂释放体的装载

根据不同飞机赤眼蜂释放器赤眼蜂释放体的装载量，将相应数量的赤眼蜂释放体从赤眼蜂运输设备上取出，装载在飞机赤眼蜂释放器上，根据目标害虫的危害程度在赤眼蜂释放器上设定好相应的释放密度，准备释放。释放密度参见附录D。

### 5 飞行作业

#### 5.1 试航

正式作业前，调整天敌释放设备，试航，熟悉作业区地形地势。

## 5.2 作业

按照预定的航线，根据飞机机型及作业方式，按照40 m作业幅宽进行释放，记录每架次赤眼蜂释放体装载量、作业地点、作业时间等。

## 5.3 释放量比、释放速度

目标害虫发生等级与相应的赤眼蜂释放体释放数量及松毛虫发生等级与相应的赤眼蜂释放体释放速度见附录H。

## 5.4 飞行作业质量测定

在飞行作业完成后的第2 d应进行飞行作业质量测定，飞行作业质量以赤眼蜂释放体的漂移量及漂移率来确定。飞行作业时因风力及飞行作业精度都可能造成赤眼蜂释放体偏离目标释放区域，漂移量及漂移率计算公式参见附录H。



附 录 A  
(资料性附录)  
赤眼蜂释放载体结构

A.1 赤眼蜂释放载体结构

赤眼蜂释放载体为圆片形结构，由PVC经开模具后压制而成，厚度为100  $\mu\text{m}$ ~200  $\mu\text{m}$ 。赤眼蜂载体中间部位有一凹底，用于粘接已接种赤眼蜂的柞蚕卵，圆片四周有6条呈放射状的凹槽，用于赤眼蜂成虫飞出时的通道；圆片外围为载体的边，用于增大表面积/重量比，起到在飞机释放赤眼蜂释放体时增加漂浮力、降低下降速度、保护赤眼蜂不被摔伤的作用。

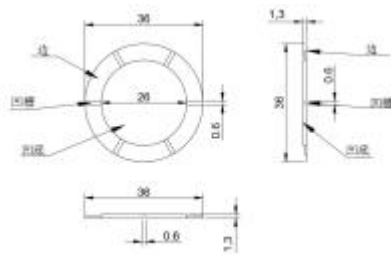


图 A.1 赤眼蜂释放载体三视图

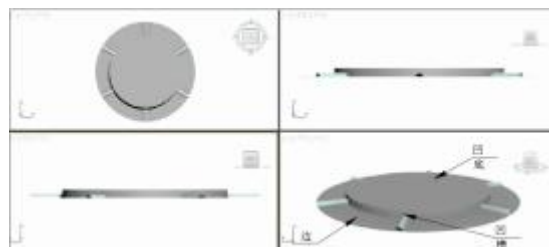


图 A.2 赤眼蜂释放载体立体图

附录 B  
(资料性附录)  
赤眼蜂释放单体结构

B.1 赤眼蜂释放单体结构

取1片赤眼蜂载体，在其凹底上涂抹用糯米制成的环保型乳胶，在凹底上粘满已接种赤眼蜂的柞蚕卵，再盖上另1片未粘柞蚕卵的赤眼蜂释放载体，凹槽和凹槽对在一起，在载体的边上涂抹502胶水，将2片载体粘在一起即制成赤眼蜂释放单体。

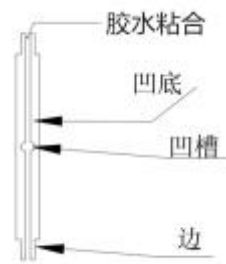


图 B.1 赤眼蜂释放单体结构示意图

附 录 C  
(资料性附录)  
赤眼蜂释放体结构

C.1 赤眼蜂释放体结构

取10 cm~30 cm长的细棉线，细棉线两头涂抹502胶，分别粘在2个赤眼蜂释放单体上即制成了赤眼蜂释放体。

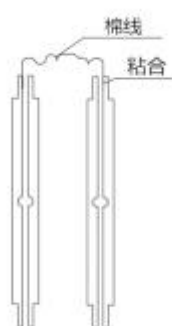


图 C.1 赤眼蜂释放体结构示意图

附录 D  
(资料性附录)

赤眼蜂释放体释放数量及释放速度

表 D.1 松毛虫发生等级与赤眼蜂释放体及赤眼蜂释放数量

松毛虫发生等级	释放体释放量 (个/hm <sup>2</sup> )	赤眼蜂释放量 (头/hm <sup>2</sup> )	备注
轻度发生	30	294000	
中度发生	45	441000	
重度发生	60	588000	
注：每个释放载体70粒卵；每个释放单体4900个赤眼蜂；每个释放体9800头赤眼蜂。			

表 D.2 松毛虫发生等级与赤眼蜂释放体释放速度

松毛虫发生等级	释放体释放器控制速度	备注
轻度发生	每飞行 8.3 m 释放 1 个	
中度发生	每飞行 5.6 m 释放 1 个	
重度发生	每飞行 4.2 m 释放 1 个	

附 录 E  
 (资料性附录)  
 常见飞防机型作业参数

表 E.1 常见飞防机型作业参数表

常见机型	作业参数				
	作业时速 (km/h)	航高 (m)	每架次装载释放体 (个)	每架次作业时间 (min)	每架次作业面积 (hm <sup>2</sup> )
多旋翼无人遥控飞机	18	5~15	216~432	6	7.2
遥控无人直升飞机	36	30~60	1296~2592	18	43.2

附 录 F  
(资料性附录)  
准备赤眼蜂释放体

F.1 准备赤眼蜂释放体

将接好赤眼蜂、并且距赤眼蜂发育成成虫还有12 d~24 d的柞蚕卵用糯米制成的环保型乳胶粘在1片赤眼蜂释放载体的凹底上，然后再盖上另1片未粘柞蚕卵的赤眼蜂释放载体，制成赤眼蜂释放单体，每个赤眼蜂释放单体平均粘有70粒柞蚕卵，每个卵平均可出70头赤眼蜂成蜂，每个赤眼蜂释放单体平均可出4900头赤眼蜂成蜂。再将2个赤眼蜂释放单体间用10 cm~30 cm长的细棉线粘在一起制成赤眼蜂释放体，每个赤眼蜂释放体平均粘有140粒柞蚕卵，平均可出9800头赤眼蜂成蜂。

附 录 G  
(资料性附录)  
赤眼蜂释放体质量检测

G.1 赤眼蜂释放体质量检测

在赤眼蜂运输设备上随机抽取3个~6个赤眼蜂释放体，从每个释放单体中取出10粒~20粒柞蚕卵，用体视显微镜检查柞蚕卵赤眼蜂的寄生率，寄生率达90%以上为合格；若赤眼蜂寄生率不足90%应增加赤眼蜂释放体的释放数量，具体增加量计算公式见式（G.1）：

赤眼蜂释放体释放增加量=赤眼蜂释放体释放总量 $\times$ 0.9/寄生率。……………（G.1）

附录 H  
(资料性附录)

飞行作业质量测定相关计算公式

H.1 飞行作业质量测定相关计算公式

H.1.1 赤眼蜂释放体释放量计算公式

赤眼蜂释放体释放量用X表示。

$X < 1$ ，飞行作业质量不合格，欠释放不能保证防治效果；

$X \geq 1$ ，飞行作业质量为合格，X不宜超过5。

释放量计算公式见式 (I.1)：

$$X = \text{赤眼蜂释放体实际释放量} / \text{赤眼蜂释放体理论释放量} \cdots \cdots \cdots \text{(I.1)}$$

注：赤眼蜂释放体实际释放量以作业现场交货验收合格的赤眼蜂释放体总数量。并经飞机实际释放后为准。

H.1.2 赤眼蜂释放体漂移率计算公式

赤眼蜂释放体漂移率用Y表示。

释放的赤眼蜂释放体落在防治区域20 m的范围以内为正常，未发生漂移，释放的赤眼蜂释放体落在防治区域20 m以外的范围为漂移。在发生赤眼蜂释放体漂移的区域内，即自防治区域20 m以外，按1%的面积随机抽取1块样地，调查样地内赤眼蜂释放体的个数a，计算漂移率Y。

$Y < 0.1$ ，作业质量为合格；

$Y \geq 0.1$ ，发生较大漂移，飞行作业质量不合格。

漂移率Y计算公式见式 (I.2)：

$$Y = 100a / \text{赤眼蜂释放总数量} \cdots \cdots \cdots \text{(I.2)}$$