|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 65.020.20 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png XJBX |   B 16 |

西安市计量标准检测认证协会团体标准

T/XJBX 0048—XXXX

水稻病虫害防治中无人机智能作业

质量规程

Code of practice for intelligent UAV operation quality in rice pest and disease control

2025 - XX - XX发布

2025 - XX - XX实施

西安市计量标准检测认证协会  发布

目次

[前言 III](#_Toc205551030)

[引言 V](#_Toc205551031)

[1 范围 1](#_Toc205551032)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc205551033)

[3 术语和定义 1](#_Toc205551034)

[4 基本原则 2](#_Toc205551035)

[5 作业准备 3](#_Toc205551036)

[6 作业过程控制 4](#_Toc205551037)

[7 作业效果评价 4](#_Toc205551038)

[8 质量验收 5](#_Toc205551039)

[9 安全与环保要求 6](#_Toc205551040)

[10 运行维护与更新 7](#_Toc205551041)

[11 成果交付与档案管理 7](#_Toc205551042)

1. 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。

本文件由西安市计量标准检测认证协会提出并归口。

本文件起草单位：陕西省汉中市城固县农业技术推广与培训中心。

本文件主要起草人：郭明国。

1. 引言

水稻作为我国主要粮食作物，其产量与品质直接关系到国家粮食安全。病虫害是影响水稻生产的重要因素，防治工作质量对确保稳产增产具有决定性作用。随着农业机械化和智能化的发展，无人机在水稻病虫害防治中得到了广泛应用，其作业效率高、覆盖范围广、机动性强，能够显著提升防治的精准性和作业安全性。然而，在实际应用中，不同机型、喷施技术、作业参数和操作规范存在差异，导致防治效果和作业质量参差不齐。

本文件旨在规范水稻病虫害防治中无人机智能作业的质量控制要求，涵盖作业前准备、作业过程控制、作业效果评价及质量验收等环节，确保防治作业的安全性、有效性和环境友好性。本文件的编制综合考虑了水稻病虫害的发生规律、无人机作业的技术特点及田间管理的实际需求，结合精准农业、遥感监测、智能决策等先进技术，建立了从作业规划、施药控制到质量评估的全流程质量管理体系。

本文件的实施将有助于提升水稻病虫害防治的科学化、标准化和智能化水平，提高防治效率，降低药剂使用量，减轻环境负担，并促进农业绿色发展与可持续生产。

水稻病虫害防治中无人机智能作业

质量规程

* 1. 范围

本文件规定了水稻病虫害防治中无人机智能作业的质量要求，包括基本原则、作业准备、作业过程控制、作业效果评价、质量验收、安全与环保要求、运行维护与更新及成果交付与档案管理等内容。

本文件适用于采用多旋翼、固定翼或单旋翼无人机等飞行平台，结合自动导航、智能喷洒控制系统开展的水稻病虫害防治作业的质量管理与评价工作。

本文件适用于大田水稻、再生稻及其他采用无人机进行病虫害防治的稻作生产场景。采用人工、地面机械或其他航空器进行防治作业的，可参照本文件相关质量要求执行。

* 1. 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 42590—2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求

GB/T 8321.10—2018 农药合理使用准则（十）

GB/T 20183.1—2024 植物保护机械 喷雾设备 第1部分：喷雾机喷头试验方法

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

无人机智能作业 unmanned aerial vehicle intelligent operation

利用植保无人机搭载自动导航系统、喷洒控制系统和传感器设备，在预设航线及作业参数条件下，自动或半自动完成水稻病虫害防治作业的过程。

作业质量 operation quality

衡量无人机施药作业效果的综合指标，主要包括施药均匀度、目标覆盖率、药液沉积量、漂移控制效果及防治效果等。

施药均匀度 application uniformity

单位面积内农药沉积分布的一致性程度，用于反映喷雾覆盖的均匀性，通常用变异系数表示。

药液沉积量 droplet deposition

单位面积上附着的药液质量或体积，用以评估施药剂量是否达到防治要求。

漂移控制 drift control

通过技术手段和作业参数优化，减少药液在目标区域外沉积或漂移的能力。

防治效果 control efficacy

在施药一定时间后，目标病虫害种群密度下降的比例或病情指数降低的程度。

安全间隔期 safety interval

从施药作业完成到水稻收获之间所需的最短间隔时间，以确保农产品安全和环境安全。

* 1. 基本原则
     1. 安全性原则

无人机作业应确保操作人员、周边人员、水稻作物及生态环境的安全，严格执行农药安全使用规定，防止药液漂移对非防治目标区域造成影响。

* + 1. 精准性原则

作业应基于病虫害发生的空间分布与防治阈值，结合地块边界、作物长势及气象条件，精准规划航线、喷幅及施药量，确保药液沉积量和覆盖率满足防治需求。

* + 1. 高效性原则

在保障防治效果的前提下，应合理优化飞行速度、喷幅及作业路径，提升单架次作业效率，减少重复作业和能源消耗。

* + 1. 环境友好原则

作业过程中应选用环境友好型农药和低漂移喷洒技术，降低对水体、土壤和非靶标生物的影响，实现绿色防控与可持续发展。

* + 1. 规范化原则

无人机作业各环节应执行统一的作业规程、操作标准和数据记录规范，确保作业可追溯、可验证，并便于后期作业效果评价与管理。

* + 1. 智能化原则

应充分利用传感器、地理信息系统（GIS）、遥感监测及作业管理平台，实现作业数据实时采集、传输、分析与优化，提高防治作业的自动化与智能决策水平。

* 1. 作业准备
     1. 病虫害监测与评估

作业前应对水稻田间病虫害发生情况进行调查，可采用人工巡查、植保无人机航拍、遥感监测或病虫害监测系统等手段获取数据。

应评估病虫害发生的类型、程度、分布范围及防治阈值，明确作业区域和优先防治地块。

调查与评估结果应形成记录，作为作业参数设置和药剂选择的依据。

* + 1. 设备检查与调试

检查无人机机体、动力系统、飞控系统、喷洒系统、电池及传感器状态，确保各部件正常运行。

检查喷头类型、喷孔大小及雾化效果，必要时进行更换或清洗。

在地面试运行飞控系统、喷洒系统和导航系统，确保飞行稳定性与喷洒均匀性符合要求。

* + 1. 药剂选择与配置

根据监测结果和防治目标，选择对口、低毒、低残留、对水稻安全且环境友好的药剂。

按照药剂标签或技术说明书的推荐浓度和剂量进行配置，确保溶解均匀，无沉淀或结块。

配药过程应使用清洁水源，并在专用防护场所进行，严禁在水源地或生活区附近配药。

* + 1. 飞行计划制定

根据作业区域形状、面积、障碍物分布及地形情况制定飞行航线。

确定飞行高度、速度、喷幅、喷洒量及喷头开启方式等参数。

考虑气象条件（风速、风向、温湿度）对作业效果的影响，必要时调整作业时间或参数。

飞行计划应上传至无人机作业管理系统或飞控系统，供作业时调用。

* + 1. 作业人员培训与安全防护

作业人员应经过无人机操作、病虫害识别、农药安全使用等方面的培训，并取得相应资质。

作业人员应配备并正确佩戴防护眼镜、防毒口罩、防护手套及防护服等。

作业现场应配备应急药剂处置及救护用品。

* 1. 作业过程控制
     1. 起飞与作业启动

起飞前应确认飞行区域无无关人员、牲畜及障碍物，设立明显的作业警示标识。

启动飞行程序前，检查飞控系统、导航系统和喷洒系统状态，确保药液充足且喷头正常。

按飞行计划设定航线和作业参数，并在飞行控制界面确认无误后起飞。

* + 1. 飞行与喷洒控制

飞行高度应保持在作物冠层上方2～4 m，确保药液雾滴有效覆盖目标作物。

飞行速度应与喷幅、喷头流量匹配，一般控制在3～6 m/s，根据药剂性质和病虫害位置适当调整。

喷幅应覆盖相邻航线作业带的5%～10%进行重叠，以避免漏喷。

对发生集中或严重的病虫害区域，应增加航线密度或降低飞行速度，提升覆盖率和沉积量。

* + 1. 气象条件控制

作业应在风速≤3 m/s的条件下进行，避免漂移影响防治效果及非靶标安全。

避免在降雨、雾霾、大雾或相对湿度＞85%的条件下作业，防止药液稀释或雾滴附着不良。

作业温度宜为15～30 ℃，避免在高温或低温条件下喷施影响药效。

* + 1. 实时监控与调整

作业过程中应通过地面站或作业管理平台实时监控飞行状态、药液余量、喷头工作情况及气象参数。

当监测到药液流量异常、喷头堵塞、GPS信号丢失或飞行姿态异常时，应立即采取安全着陆、返航或暂停喷洒等措施。

对监测到的漏喷、重喷或覆盖不足区域，应进行补喷作业。

* + 1. 安全防护与应急处置

作业区域应保持安全警戒，不得擅自进入。

若发生药液泄漏，应立即停止作业，收集残留药液并按环保要求处理。

发生设备故障或飞行事故时，应立即采取断电、回收等措施，并记录事故信息。

* 1. 作业效果评价
     1. 总体要求

作业效果评价应在施药完成后按规定时间和方法开展，评价结果应能够客观反映施药均匀度、药液沉积量、目标覆盖率、防治效果等质量指标。

* + 1. 施药均匀度评价

采用水敏纸或沉积采样器在作业区域按“S”形或对角线布点采集雾滴沉积样本。

通过图像分析系统或显微镜测量雾滴密度与分布，计算变异系数（CV）。

均匀度要求：变异系数一般应≤30%，特殊防治需求时可根据作物和药剂特点调整。

* + 1. 药液沉积量评价

采用定量采样法收集不同位置的雾滴样本。

通过化学分析或比色法测定单位面积的沉积药液质量或体积。

沉积量应达到防治技术方案或药剂说明书推荐值的90%以上。

* + 1. 覆盖率评价

使用水敏纸或显色剂检测目标叶片表面雾滴覆盖情况。

覆盖率应符合防治要求，一般应≥80%，特殊害虫（如稻飞虱）应确保叶背覆盖。

* + 1. 防治效果评价

施药后按病虫害生长发育周期，在7～14天内进行调查。

计算病虫害防治效果（防治率）或病情指数下降率。

防治效果应达到防治目标或技术规程要求，一般不低于85%。

* + 1. 漂移与环境影响评价

在作业区域外下风向布设监测点，采集漂移药液样本。

漂移沉积量应低于农药安全使用标准规定的限值。

应检测作业后周边水体、土壤及非靶标作物的农药残留情况，确保环境安全。

* 1. 质量验收
     1. 验收条件

作业完成后，已按规定时间和方法完成作业效果评价，并形成完整的评价记录。

作业过程中产生的飞行记录、作业参数、药液配置及使用记录等资料齐全。

作业区域已完成必要的安全间隔期提示和环境检查，确保对人员、作物及环境无不良影响。

* + 1. 验收流程

验收流程如下：

1. 资料审查：验收单位应对作业计划、飞行日志、药剂使用记录、效果评价报告等进行审核；
2. 现场抽检：在作业区域随机选取样点，对施药均匀度、沉积量、覆盖率及防治效果进行抽查复核；
3. 结果比对：将抽检结果与作业效果评价数据进行比对，确认一致性；
4. 意见确认：根据比对结果形成验收意见，并由相关方签署验收单。
   * 1. 验收判定

作业均匀度、沉积量、覆盖率、防治效果等核心指标应达到本文件和技术方案要求。

漂移量和环境影响检测结果应符合农药安全使用标准及相关环保规定。

如发现指标未达标或存在重大缺陷，应要求责任方进行补作业或整改，直至达标。

* + 1. 验收责任

由委托方（通常为农户、农业合作社或农业服务公司）组织验收。

作业方负责提供完整的作业和评价记录，并配合现场抽检。

验收单位对验收结果的真实性、准确性负责，并保存相关记录备查。

* 1. 安全与环保要求
     1. 作业安全管理

作业人员应持有无人机操作资质，并经过农药安全使用与病虫害识别的培训。

作业现场应设立明显的安全警示标识，并划定警戒区域，禁止无关人员和牲畜进入。

作业前应评估飞行风险，避开电线、高大树木、建筑物及其他障碍物。

在飞行中严禁超视距操作，除非具备相应的技术条件和审批手续。

遇到突发设备故障、信号丢失或天气突变，应立即停止喷洒并采取安全降落措施。

* + 1. 农药安全使用

所用农药应符合国家农药登记和质量安全要求，禁止使用国家禁止或限制的高毒、高残留农药。

配药和施药应严格按照标签或技术说明进行，避免超剂量或混用不当。

配药人员和作业人员应配备并正确使用防护服、防毒口罩、防护手套等个人防护用品。

作业结束后，应对喷洒系统进行彻底清洗，废液应集中收集并按环保要求处理，不得随意倾倒。

* + 1. 环境保护

作业前应评估下风向及周边水体、养蜂场、蔬菜地等非靶标生物和区域的风险。

在水源保护区、饮用水源地及生态敏感区域，应禁止或限制施药作业。

施药时应控制漂移量，避免农药进入水体、邻近农田或其他非目标区域。

作业后应开展环境监测，对周边水体、土壤及非靶标作物的农药残留情况进行检测。

* + 1. 应急处置

发生农药中毒事故时，应立即停止作业并将中毒人员转移至安全区域，及时采取急救措施并送医。

发生农药大面积泄漏时，应立即封锁现场，防止药液流入水源，并按规定进行收集与处置。

发生对环境造成不良影响的事故时，应及时向相关主管部门报告，并配合开展调查与治理。

* 1. 运行维护与更新
     1. 总体要求

运行维护与更新应贯穿无人机植保作业的全周期，涵盖设备、喷洒系统、作业软件及作业数据管理平台，确保作业精度、可靠性与安全性持续满足本文件要求。

* + 1. 设备维护

无人机机体、动力系统、飞控系统、喷洒系统及传感器应建立定期检查和维护制度。

喷头、喷管和过滤网应在每次作业后进行清洗，防止堵塞和残留药液腐蚀。

电池应按制造商要求进行充放电管理，定期检测容量和健康状态，避免过放或过充。

对发现的部件磨损、裂纹或异常应及时维修或更换，维修记录应归档保存。

* + 1. 软件与系统更新

飞控系统、作业管理平台和喷洒控制软件应保持最新版本，及时更新以修复漏洞和优化功能。

更新前应进行兼容性测试，防止影响现有作业数据与航线规划。

对新增功能和操作界面变化，应对操作人员进行培训。

* + 1. 数据与参数更新

作业参数数据库（包括药剂类型、施药量、喷幅、飞行高度、速度等）应根据最新的技术资料和实测数据进行调整。

病虫害防治技术要求更新时，应同步修改作业流程和质量控制标准。

定期对作业数据进行备份，并保存至安全的存储介质或云端平台。

* + 1. 持续改进

应定期对作业效果、设备运行状态、人员操作情况进行评估，形成改进方案。

鼓励引入人工智能、大数据分析、遥感诊断等新技术，提高作业精准度和自动化水平。

在满足法规要求的前提下，探索应用新型喷洒装置、低漂移喷头和智能航线优化算法。

* 1. 成果交付与档案管理
     1. 总体要求

无人机水稻病虫害防治作业完成后，应将作业成果进行整理、审核和归档，确保数据的完整性、准确性和可追溯性，并按合同或任务书要求向委托方交付。

* + 1. 成果内容

成果内容包含以下方面：

1. 作业记录：包括作业时间、地点、作业面积、作业参数（飞行高度、速度、喷幅、喷量）、气象条件等信息；
2. 航线数据：无人机飞行路径、航点坐标、飞行高度曲线等电子数据文件；
3. 药剂使用情况：药剂名称、配比浓度、施用量及批次信息；
4. 效果评价报告：施药均匀度、沉积量、覆盖率、防治效果及漂移检测等数据分析结果；
5. 影像资料：作业过程及效果拍摄的照片、视频或遥感影像；
6. 安全与环保记录：施药安全防护措施落实情况及作业后环境检测结果。
   * 1. 成果格式要求

电子数据应采用通用格式（CSV、PDF/A、KML、SHP、MP4等），并附数据说明文档。

文件命名应符合统一的编码规则，便于检索与调用。

对大文件应提供完整性校验值。

* + 1. 档案管理

档案应按项目和作业批次分类管理，建立电子目录。

作业成果应由作业方、委托方及相关监管单位各保存一份，保存期限不得少于三年。

涉及病虫害监测数据及农药使用记录的档案，应遵守相关法规和保密要求。

档案借阅须履行审批手续，记录借阅人、时间、用途及归还情况。

* + 1. 成果移交

作业成果应在规定期限内交付委托方，并由双方进行核对签收。

移交时应附成果交接单，注明交付内容、格式、数量及保存介质。

双方应在交付文件上签字盖章，作为成果验收和归档的依据。

