

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.10.001

农用无人飞机法规与标准制定现状分析

薛新宇¹ 顾伟¹ 徐阳¹ 孙竹¹ 兰玉彬²

(1. 农业农村部南京农业机械化研究所, 南京 210014; 2. 华南农业大学工程学院, 广州 510642)

摘要: 近年来,我国农用无人飞机产业快速发展,应用领域不断扩展,但相关配套的法规和标准却相对滞后。本文系统梳理了国际上主要标准制定、标准实施的组织和机构,标准制定目标与主要依据;阐述了日本农用无人飞机管理机构、管理方法与标准使用;我国无人飞机管理、相关政策法规与标准体系建设情况;我国农用无人飞机现有政策法规,行业、地方以及团体标准制定情况。提出为引领行业健康发展,在我国《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南》框架下,在农业农村部主导建设下,各级管理机构和标准化组织应从产品(质量)标准、子部件与性能试验等技术标准、操作规范与人员培训等管理标准方面继续开展标准化工作;标准制定不局限于植保无人飞机,还应制定播种、施肥、遥感、辅助授粉等应用标准;应建立涵盖生产、流通、应用、培训、登记认证等环节标准支撑管理需求。通过标准的科学制定与实施,进一步规范行业发展,驱动自主创新,提升农用无人飞机产业在国内外市场竞争力。

关键词: 农用无人飞机; 植保无人飞机; 标准; 法规

中图分类号: S23; S49 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2020)10-0001-10

OSID:



Review on Current State of Agricultural UAS Regulations and Standards

XUE Xinyu¹ GU Wei¹ XU Yang¹ SUN Zhu¹ LAN Yubin²

(1. Nanjing Institute of Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing 210014, China

2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In recent years, industry and application of agricultural unmanned aerial system (UAS) have been expanding rapidly and greatly. However, supporting regulations and standards on agricultural UAS are relatively lagging behind. The crucial standards formulating and implementing organizations and institutions in a global view, along with standards setting goals and basis were systematically reviewed. Agricultural UAS management organization, regulations and standards application in Japan were studied in detail. Current policies and regulations of industrial and agricultural UAS in China were also introduced, along with industry development and local standards. To lead the healthy development of UAS industry in China, regulation and standardization organizations at all levels keeping on UAS standardization work were concentrated on three aspects, including product (quality) standards, technical standards such as sub components and performance tests, operation specifications and personnel training management standards. All agricultural UAS standard construction works were led by Ministry of Agriculture and Rural Affairs, under the framework of Guidelines for Standardization Construction of Unmanned Aerial System. Proposed standards were not confined to plant-protection merely, which also included UAS application standards for fertilization, remote sensing, and auxiliary pollination and so on. Standards covering processes of production, circulation, application, training, registration and certification, should be established to support UAS management. Through scientific formulation and implementation of UAS standards, it would surely further regulate the industry development and drive independent innovation. Competitiveness of the agricultural UAS industry in the domestic and foreign markets would be enhanced.

Key words: agricultural unmanned aerial system (UAS); plant protection UAS; standards; regulations

收稿日期: 2020-08-25 修回日期: 2020-09-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0701000)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(SR201903)

作者简介: 薛新宇(1969—),女,研究员,博士,主要从事植保机械工程技术研究,E-mail: xuexynj@qq.com

通信作者: 兰玉彬(1961—),男,教授,博士生导师,主要从事精准农业航空研究,E-mail: ylan@scau.edu.cn

0 引言

农业航空的发展已有 100 多年历史。美国早在 1906 年就开始使用有人飞机喷洒化学药剂消除牧草害虫,1911 年德国提出用飞机喷洒农药控制森林害虫计划^[1],1922 年,苏联采用飞机喷药防治蝗虫^[2],1949 年美国研制出了适用于大规模农田植保的固定翼农用飞机^[3],有人驾驶飞机在农业生产中逐步得到大面积应用,欧美日等发达国家也形成了最早的农业航空产业。1987 年日本雅马哈公司研制出世界上第一台农用无人直升机 R50,于次年开始销售,无人飞机首次加入了农业航空领域,并得到迅速发展,应用面积逐年升高^[4]。在有人驾驶飞机的农业航空方面,美国是农业航空最发达的国家,平均 2 万 hm^2 耕地拥有 1 架农用飞机,全美 65% 的化学农药采用飞机作业完成喷洒,年处理耕地面积占总耕地面积的 50% 以上,水稻生产中 100% 采用飞机施药防治^[5]。在无人飞机农业航空应用方面,日本是最为成熟的国家,无人直升机达到 3 000 余架,飞手约 14 000 人,作业面积 40 万 hm^2 ^[4]。经过长期的发展,美国和日本都已经形成了较为完善的农业航空法规与标准。

1951 年 5 月,中国民航广州管理处派出一架 C-46 型飞机,连续 2 d 在广州市上空执行了 41 架次的灭蚊蝇飞行任务,揭开了中国农业航空发展的序幕^[6]。1958 年,南昌飞机制造厂生产的运-5 投入使用,对我国农业航空的发展壮大做出了重大贡献^[7];到 2018 年,我国有人驾驶飞机农业航空年作业量约为 41 570 h ^[8]。2008 年农业农村部南京农业机械化研究所研制出我国第一台植保无人飞机;2014 年开始,植保无人飞机在我国进入规模化应用阶段,市场保有量、作业量、驾驶员人数大幅提升^[9]。2019 年,我国植保无人飞机保有量已达 5 万架,年作业量达 3 000 万 $\text{hm}^2 \cdot \text{次}$,植保无人飞机研发及组装的生产企业达 300 多家,其中龙头企业 10 余家,产品覆盖单旋翼、多旋翼,油动、电动等多个品种,农用无人飞机已逐渐成为我国农业生产不可或缺的一部分。近年来,仿地飞行、避障、多机协同作业等技术的突破又进一步提高了智能化水平,使农用无人飞机成为具有中国特色的新兴高新技术产业,具有国际影响力^[10-12]。

我国对于农业航空研究和应用起步晚、发展快,农业航空已逐步向多元化方向发展,作业种类涉及植保、播种、施肥、遥感、辅助授粉等方面,相关配套的法规和标准还在探索与逐步制定中。本文主要对国内外无人飞机农业航空政策与标准情况进行系统

梳理分析和总结,以期为我国标准体系建设与标准制定提供借鉴。

1 国际主要无人机标准制定组织与机构

无人机的发展与日益民用化给各个国家的安全管控带来了挑战^[13-14]。航空监管框架的主要目标是实现并保持最高且统一的安全级别。就无人机而言,是确保任何其他空域用户的安全以及地面人员和财产的安全。在制定监管标准、将无人机安全纳入空域系统方面,许多国家正在采取一系列不同的方法和措施。其中一个共同的问题是针对无人机及其操作方法所带来的风险,进行相关标准的制定、修订。一些国际无人机组织与国家无人机组织也致力于构建、协调无人机规则,一方面确保无人机安全运行,不损害公共和国家安全;另一方面,保证无人机产业的健康发展。

目前,世界各地的无人机行业标准开发组织工作聚焦于:支持适航性,命令和控制(C2),感知和避让以及其他功能的技术规范。下面介绍制定、实施标准的主要组织和机构。

1.1 国际民航组织(ICAO)

ICAO 的工作聚焦于制定基于性能的高水平标准,为无人机设定最低性能要求。ICAO 在国际航空领域实现统一的主要方法是通过其标准和建议措施(SARPs),制定国际化的无人航空监管框架。2007 年,ICAO 成立了一个制定无人机法规/标准的小组,早期工作重心在于统一术语和定义;2018 年专家组完成了一系列的 SARP,主要与适航性、运营(包括运营商证书)和远程飞行员许可有关。2020 年,专家组将完成另一系列的 SARP,主要涉及空中交通与无人机检测。ICAO 主要相关工作如下:

(1) 328 通告(Circular 328)

328 通告是 ICAO 在国际层面有关无人机的首项文书^[15],阐述了 ICAO 关于整合无人机的观点。该文件涵盖了航空法规的各个方面,并提供了 ICAO 对由每个方面代表的各种问题的初步意见。它还提供了一些示例,说明了国家和地区当局在从航空电信程序到环境等方面的各个领域所采取的举措。

(2) 遥控飞机系统(RPAS)手册

ICAO 的 RPAS 手册就适用于遥控飞机(RPA)提供了有关技术和运营问题的指南^[16],适用于 RPA 在非集成空域和机场中的集成。该手册侧重于商业目的的无人机系统。该手册的内容为开发 RPAS 的专用 SARP 提供了指导。

1.2 联邦航空管理局(FAA)

美国联邦航空管理局(FAA)有权对国际民用

飞机进行认证。FAA 的目标是提供安全、高效的航空航天系统。无人机行业的快速增长催生了确保将该新技术安全地集成到美国国家空域系统(NAS)中的需求。主要工作是将无人机集成到 NAS 的标准体系中。这些无人机标准使 FAA 制定规则变得可行,而且还增强了整个行业安全有效发展的能力。这些无人机标准确保了公平的竞争环境,以支持全球公平贸易并为消费者提供期望的质量^[17]。

FAA 参与的两个主要以无人机系统为重点的国际机构是 ICAO 的 RPAS 小组和 JARUS。ICAO 的 RPAS 小组由民航组织成员国和国际组织提名的专家组成。在推荐的 ICAO 标准中,协调 RPS 和其他标准。相似的是,JARUS 是一个为世界各地的民航当局推荐使用要求的国际专家小组。

1.3 欧洲航空安全局(EASA)

欧洲航空安全局(EASA)由欧洲委员会(EC)于 2002 年成立,以确保民航运营的安全。仅次于 FAA,欧洲航空安全局是第二家获授权认证国际使用民用飞机的机构。ICAO 的重心在于开发高级标准,而 EASA 则致力于这些标准的实施。EASA 以安全、可靠和环保的方式制定无人机法规,同时尊重隐私和数据保护。与 ICAO 不同的是,ICAO 只关注安全,而 EASA 采取了更广泛的方法来监管无人机,同时也涉及到环境和隐私。主要相关工作如下:

(1) 条例 216/2008 (Regulation 216/2008)

216/2008 号条例是第一条适用于无人机的欧盟法律^[16]。216/2008 号条例确立了民用航空领域的共同规则。它涵盖了航空监管的重要领域,包括适航性、运行、许可和认证。但这项规定只适用于超过 150 千克的无人机。

(2) 条例 2018/1139 (Regulation (EU) 2018/1139)

欧洲航空安全局认为条例 216/2008 导致了分散的监管体系,阻碍了无人机和跨界无人机应用的单一欧盟市场的发展。为了替代条例 216/2008,条例 2018/1139 的建立旨在确保以运营为中心的比例风险和基于绩效的监管框架^[18]。它还确保了无人机使用的统一安全性,支持无人机市场并有助于增强隐私保护;同时,该条例将 EASA 的管理范围扩展到了所有无人机,而不仅仅是超过 150 千克的无人机。

1.4 航空无线电委员会(RTCA)

RTCA 目前是一个独立的标准开发组织(SDO)。一方面,与联邦航空管理局(FAA)合作,制定全面的、经过行业审核和认可的标准;另一方面,也与欧洲民用航空装备协会(EUROCAE)合作,

制定联合标准^[19]。

RTCA 制定联邦航空管理局(FAA)要求的最低性能标准和指导材料,并成为联邦航空管理局航空系统和设备法规的部分依据^[20]。自 1935 年以来,RTCA 成功地制定了以下质量标准:安全性能要求(SPR)、运行服务和环境定义(OSED)、互操作性要求(IRR)、最低航空系统性能标准(MASP)、最低运行性能标准(MOP)、报告和指南。这些文件形成了新设备安全和效率的认证体系,并为这些技术的实施提供了一个竞争性的市场。FAA 在技术标准和咨询通告中经常提及 MASP 和 MOP,其为设备认证提供了部分依据。

1.5 欧洲民用航空装备协会(EUROCAE)

EUROCAE 的重点是飞机设备/系统标准的制定,包括航空相关设备或工艺方面。主要涉及领域包括:指挥、控制、通信、频谱和安全(C3S)以及感知和避让(DAA);增强的 RPAS 自动化(ERA);U 空间(当前称为无人机交通管理(UTM));特定操作风险评估(SORA);设计和适航标准(D&AW)。

EUROCAE 与其他无人机产业相关组织/机构(EAS、JARUS、EDA、SESAR JU、EUROCONTROL)和其他标准化组织(如 RTCA SC-228、ASTM F38、ISO TC20 SC16)有相互交流、协调^[21]。

1.6 美国材料与试验协会(ASTM)

ASTM 的无人飞机系统委员会(F38)聚焦无人飞机系统的设计、性能、质量验收测试和安全监控等问题^[22]。创建了十几个有关适航性、飞行操作、人员培训和认证等标准。这些标准包含从无人机操作到控制系统,以及介于两者之间的所有内容^[23-24]。主要包括:①最低安全、性能和飞行熟练度要求。②质量保证-安装制造控制装置,确保飞机符合设计标准。③生产验收试验和程序,确保完成的飞机系统满足原型飞机系统中所示的报告性能。④持续适航系统的基线计划,包括监控和维护持续运行安全的方法,以及识别、报告和补救飞行安全问题的流程。

ASTM F38 委员会成员在广泛领域中创建附加标准。包括自动化、超视距运输、操作手册、设计制造、感知和避让技术、固定翼系统、燃料电池设计、维修技术员资格/证明、运营、性能、安全、培训等。

1.7 美国机动车工程师协会(SAE)

美国机动车工程师学会在航空航天标准领域已经出版了近 6 700 个标准,其中许多也适用于无人飞机系统。为了更好地满足无人飞机系统的独特要求,SAE 成立了专门的无人飞机委员会(AS-4),已经制定了许多新的和修订的标准,特别是关于从美国国防部迁移到 SAE 的无人系统联合架构标准。已发

布的 SAE 无人机标准包括以下主题:接线;飞行控制设计;执行机构;飞行员培训建议;安全操作和武器释放;辅助电源;消息和数据格式;互操作性;软件体系结构;控制段架构^[25]。

1.8 美国飞机工业协会 (AIAA)

美国飞机工业协会涉及无人机系统的关注点包括:无人机;操作该无人机所需的设备;基于地面的控制器以及两者之间的通信系统^[26]。主要涉及领域:发展技术的认证;安全;操作方式。目前 AIAA 已被任命为 ISO/TC 20/SC 16, 无人机系统美国技术咨询小组(U. S. TAG)的管理员^[27]。

组织制定以下领域的无人机国际标准:无人机领域的术语和定义;无人机类型的分类;对用于制造无人机的结构材料和加工的要求;确保无人机的可靠性的要求;对地面系统和工具的要求,以确保无人机的飞行;合理使用无线电频段的要求,以确保用于各种目的的无人驾驶飞机安全可靠地同时运行。

1.9 日本产业用无人航空机工业会(JUAV)

航空运输和航空安全活动由日本民用航空局(CAB)管理,该局隶属于国土、基础设施、交通和旅游部。日本目前没有单独监管无人机的材料,只涉及无人机操作。在日本,唯一涉及无人机操作的航空法规为要求无人机飞行在 150 m 以下,距离机场至少 9 km^[25]。

日本没有正式的法规(农业产业之外)来管理无人机系统的使用,但在制定行业标准方面仍有大量工作需要做。为了满足这类需求,JUAV 应运而生。JUAV 代表了在日本开发、制造和运营无人机的日本产业,应用领域包括农业、监测、监视和灾害援助^[28]。其致力于建立日本无人机行业统一的安全标准,目前已经为在无人居住区域运行的固定翼和旋翼类无人机制定了行业标准,这些安全标准适用于不超过 50 千克的远程操作的无人驾驶直升机,在人口稀疏的地区飞行;最近 JUAV 对 Yamaha Rmax GI 认证自动直升机,并为固定翼无人机建立了新标准。除此之外,JUAV 和日本宇航局(JAXA)合作、讨论在非隔离空域中商业无人机运营标准。

2 国外农用无人飞机管理与标准

农业是我国目前无人机应用最多的行业,植保作业是农业中应用无人机最多的生产领域。植保无人飞机低空低量施药模式与传统地面植保机械以及与其他行业应用的无人机作业模式都有很大区别,因此参考其他国家农用无人飞机标准,对建立我国农用无人飞机标准体系具有重要意义。

日本是最早将单旋翼无人机(无人直升机)施

药技术应用于农业生产的国家,也是当今世界上该技术发展最成熟的国家之一,自 20 世纪 80 年代就开始进行飞防作业^[29]。同样作为东亚国家,我国农业生产模式与日本有较高的相似性,因此具有较高的参考价值。日本农用无人飞机标准主要分为无人机通用性要求标准和植保、撒播作业要求标准。不同管理部门的标准或法规在使用时大多互相引用或参考执行,政策法规主要由国土交通省安全局和农林水产省(相当于我国的中国民用航空局和农业农村部)制定发布^[30],标准与规范主要由日本产业用无人航空机工业会和日本农林水产航空协会负责制定发布。

日本产业用无人航空机工业会发布的无人机安全标准,主要包括设计、质量控制、维护检查、驾驶员、操作、客户管理等方面内容^[31-32]。而用于植保作业的旋翼无人机相关要求还应当参照日本农林水产航空协会发布的产业用无人机使用指南^[33-34],该指南性文件规定了无人机的使用要领、人员与装备、法律法规、安全培训、安全检查、飞行限制、作业规范、农药安全使用、危险危害防范、药效调查等要求^[35],并且已由中国热带农业科学院环境与植物保护研究所林勇研究员编译在国内出版^[36]。

此外,日本农林水产航空协会还发布有无人机及撒播装置性能确认标准、无人机登记管理标准、无人机培训基地指定标准、无人机驾驶员技能认定标准等标准,对产品性能考核、培训及驾驶员认定等方面做出了规定(见表 1)。

日本农林水产航空协会和全国农林航空事业推进协议会又联合发布了产业用无人直升机导航手册,规定了对领航员的设置、无人直升机喷洒作业参数要求、领航员的作用、与驾驶员的信息传达方法、作业前的安全检查、作业时的注意事项等要求^[39]。

日本近年来不断推出新标准,目前已经涵盖了植保无人飞机产品、驾驶员、作业规范、作业质量评价等基本要素。多旋翼无人机因价格低、操作简便,应用越来越广,日本产业用无人航空机工业会和日本农林水产航空协会也开始陆续制定发布多旋翼机型的标准。

3 我国无人飞机管理法规与标准体系

我国早期无人机标准几乎全为国家军用标准,有 50 余项,近年来民用无人机发展迅猛,现行军用无人机系统标准还未能形成标准体系,对非军用无人机系统标准体系的建立借鉴有限^[40]。无人机系统是多领域多专业融合的产物,其管理涉及研制、注册、适航、环保、进出口、销售、运行、报废、行业应用

表 1 日本农林水产航空协会发布的无人机标准

Tab.1 Issued UAS standards by Agriculture, Forestry and Fishery Aviation Association of Japan

制/修订时间	无人直升机 ^[37]	制/修订时间	多旋翼无人机 ^[38]
2017 年	产业用无人直升机及散布装置性能确认标准	2020 年	产业用多旋翼无人飞机及散布装置性能确认基准
2014 年	产业用无人直升机登记管理标准	2019 年	多旋翼无人飞机及散布装置性能确认检查实施步骤书
2017 年	产业用无人直升机操作人员技能认定标准	2020 年	产业用多旋翼无人飞机及散布装置登记管理标准
2017 年	产业用无人直升机培训设施指定标准	2019 年	产业用多旋翼无人飞机操作人员技能认定标准
		2019 年	产业用多旋翼无人飞机培训设施指定标准

等,主管部门涉及国务院中央军委空中交通管制委员会、国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会、工业和信息化部、公安部、海关总署、科学技术部、商务部、农业农村部、中国民用航空局、生态环境部、国家安全部、海事局等部门,协调统一管理具有一定难度^[41]。近年来,我国无人机监管制度逐步完善,形成了包括法律、行政法规、部门规章、规范性文件和相关技术标准在内的无人机监管体系^[42]。

在民用无人机监管的过程中应根据其全生命周期所存在的风险在各个环节进行预防和管控。无人机监管的各环节应相互约束相互补充,才能有效进行^[43]。中国民用航空局是民用无人机主要管理部门,近年来颁布了一批民航法规,主要从运行管理、空中交通管理、驾驶员管理、经营管理、实名制管理、飞行数据管理等方面规范整个民用无人机行业^[44-49]。

《轻小无人机运行规定(试行)》(AC-91-FS-2015-31)基于民用无人机的分类,简要对不同类型的无人机规定了运行方式,主要包括人员、无人机设备、飞行限制区域、电子围栏、无人机云、运营人的要求,另外对植保类无人机作出了针对性要求^[44]。《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》(MD-TM-2016-004)规定,无人机满足最大起飞重量小于或等于 7 千克,在视距内飞行的,驾驶员符合相关资质等多项条件无需飞行审批^[45]。但根据植保无人机的特点,显然无法满足这个条件,原则上讲当前的植保无人飞机作业绝大部分运行不符合法规规定。不过由于植保作业绝大多数在农村地区,远离人口密集区域,除机场净空保护区外,极难触及禁飞空域或管控空域,而主流的植保无人飞机均设置有机场净空保护区的禁飞区,因此植保无人飞机除临时管制外,在空域方面问题不大。据调查,在部分地区,飞防服务公司或生产企业需在各级公安机关备案植保无人飞机和驾驶员信息,每次作业前则无需报备审批,因此植保无人飞机作业总体上均能顺利开展。另外,举办植保无人飞机大型赛事或大型演示等活动,主办方或企业均能自觉主动提前向飞行管制部门和民航主管部门报备审批。可

见,植保无人飞机行业的自律性能够满足管理要求。植保无人飞机的驾驶员目前由飞机生产企业自行培训并颁发“驾驶证”,但是根据最新《民用无人驾驶驾驶员管理规定》(AC-61-FS-2018-20R2),农业农村部等农业行业主管部门规定的符合资质的企业才能培训考核^[47]。然而农业行业主管部门并未开始驾驶员培训资质的认证与授权。

2017 年,国家八部委联合组织制定了《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南》^[50]。该指南分别从管理和技术两个角度,提取共性抽象特征,各自构建无人驾驶航空器系统管理架构和技术架构;将管理架构的分级分类维度和应用对象维度依次映射到生命周期维度的 7 个层级,形成研发、注册、鉴定、制造、流通、运行和报废 7 类管理标准;将技术架构的分级分类维度和平台构型维度依次映射到系统层级维度的 3 个层级,形成系统级、分系统级和部件级 3 类技术标准;最终将基础标准、行业应用标准与管理标准、技术标准共同构成无人驾驶航空器系统标准体系结构。全国航空器标准化技术委员会无人驾驶航空器系统分技术委员会主要负责民用无人驾驶航空器系统(不含飞行机器人)设计、制造、交付、运行、维护、管理领域国家标准制定、修订工作,与国际标准化组织航空航天器技术委员会无人驾驶航空器系统分技术委员会(ISO/TC 20/SC 16)对口,由国家标准委负责业务指导。

2018 年以来,无人驾驶航空器系统分技术委员会制定了一批无人机标准,如 GB/T 35018—2018《民用无人驾驶航空器系统分类及分级》、GB/T 38058—2019《民用多旋翼无人机系统试验方法》、GB/T 38152—2019《无人驾驶航空器系统术语》等,截止到 2020 年 7 月,累计约 20 项。此外,由我国主导制定的国际标准化组织(ISO)标准共计 6 项,其中 ISO 21895:2020《民用无人驾驶航空器系统分类及分级》作为我国主导的第一项无人机领域国际标准已于 2020 年 2 月 7 日正式发布^[51]。而目前《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南》涉及的农业类行业标准由农业农村部相关机构负责制定。

4 我国农用无人飞机标准

农用无人飞机最大的应用领域是植保作业,2017年9月,农业部、财政部、中国民用航空局联合发布《关于开展农机购置补贴引导植保无人飞机规范应用试点工作的通知》^[52],推动了我国植保无人飞机标准制定。现有的传统植保机械标准中的国家标准和机械行业标准由中国机械工业联合会提出制定,主要规定了植保机械通用零部件、各种整机的技术要求、试验方法等,已基本覆盖了常用植保机械产品种类,其中大多数国家标准采用国际标准^[53]。农业行业标准则由农业农村部提出制定,主要规定了各机具的质量评价技术规范、安全施药技术规范、作业质量等农机化方面的内容,NY/T 3213—2018《植保无人飞机质量评价技术规范》为目前唯一发布的农用无人飞机标准;另外,安全施药技术规范和作业质量的标准正在制定中^[54]。农用有人驾驶飞机主要为民航行业标准,由中国民用航空局提出制定,主要规定了航空喷雾装备、飞播装备的要求及作业规范、作业质量评价等。现有的植保机械国家标准和行业标准涵盖名词术语、技术要求、试验方法、检验规则、产品安全要求、田间施药规范和作业质量等方面内容^[53],使得植保机械产品的生产、检验、安全认证、推广鉴定、应用评价等方面的工作能够有章可循、有法可依。

国际标准和国外发达国家标准,主要围绕在国

外大量使用的大田喷杆喷雾机以及有人驾驶飞机,涉及小型植保机械的内容比较少,其中涉及安全的要求越发严苛,内容越来越细化。近年来,国际标准化组织:农林拖拉机和机械标准化技术委员会作物保护设备分技术委员会(ISO/TC 23/SC 6)也开始制定农用无人飞机标准,首个国际标准《农林机械无人喷雾系统第1部分:环境要求》(ISO/WD 23117-1 Agricultural and forestry machinery-Unmanned aerial spraying systems-Part 1: Environmental requirements)正在制定中^[55]。

据不完全统计,截至2020年6月,我国现行的农业航空标准主要有国家标准1项、农业行业标准2项、民航行业标准16项(表2)。上述植保相关标准以操作规范、喷洒装备要求、安全评价、作业质量及试验评价方法等为主,另外还有飞播作业等其他农业航空应用的3项标准(MH/T 1002.2—1995、MH/T 1008.2—1997、MH/T 1012—2001)。有人驾驶飞机的标准大多转化自国际或国外标准,而在我国广泛应用的植保无人飞机,除了在东亚地区有应用外,在国外其他地区应用较少,缺乏可直接参考的国外标准。因此,国内有人驾驶飞机植保标准为植保无人飞机标准的制定指明了方向。

以小型旋翼无人机为平台的植保无人飞机农业行业标准,目前仅有NY/T 3213—2018《植保无人飞机质量评价技术规范》一项标准发布。该项标准由农业农村部南京农业机械化研究所牵头制定,规定

表2 农业航空国家标准与行业标准

Tab.2 National standards and industry standards of agricultural aviation

序号	标准类型	标准号	标准名称
1	国家标准	GB/T 25415—2010	航空施用农药操作准则
2	农业行业标准	NY/T 1533—2007	农用航空器喷施技术作业规程
3		NY/T 3213—2018	植保无人飞机质量评价技术规范
4		MH/T 1002.1—1995/MH/T 1002.1—2016(修订)	农业航空作业质量技术指标第1部分:喷洒作业
5		MH/T 1002.2—1995	农业航空作业质量技术指标第2部分:播撒作业
6		MH/T 1008.1—1997	飞机喷施设备性能技术指标第1部分:喷雾设备
7		MH/T 1008.2—1997	飞机喷施设备性能技术指标第2部分:播种设备
8		MH/T 1012—2001	飞机播种牧草技术要求
9		MH/T 1026—2010	飞机施用农药规范
10		MH/T 1031—2010	农用飞机喷洒设备性能检测规范
11	民航行业标准	MH/T 1040—2011	航空喷施设备的喷施率和分布模式测定
12		MH/T 1049—2012	飞机喷洒设备设计规范
13		MH/T 1050—2012	飞机喷雾飘移现场测量方法
14		MH/T 1051—2012	喷雾飘移的风洞实验室测量方法
15		MH/T 1055—2013	航空喷雾设备喷头性能试验方法
16		MH/T 1056—2013	航空喷施作业安全评价
17		MH/T 1063—2016	飞机喷洒设备装机要求
18		MH/T 1067—2018	直升机喷洒质量指标与检测方法
19		MH/T 1069—2018	无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范

了植保无人飞机的型号编制规则、基本要求、质量要求、检测方法和检验规则,用于植保无人飞机质量评定。该项标准提出了植保无人飞机限高限速限距、电子围栏、失效保护、避障等概念与检测方法,充分考虑了产品的安全性^[56]。

中国民用航空局于 2018 年发布了关于行业应用的无人机标准 MH/T 1069—2018《无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范》,涉及到包含农业作业在内的各类行业应用的固定翼无人机、无人直升机以及多旋翼无人机,规定了人员、设备、作业环境的基本要求、作业的组织与实施、信息传输与数据要求、维护保养、异常处置以及其他要求,提出了作业

准备、作业实施、作业后各阶段的具体要求^[57]。

植保无人飞机近年来有一批地方标准发布(表 3),包括湖南省、重庆市、广西壮族自治区、江西省、吉林省、河南省、贵州省、辽宁省、山东省、河南省安阳市等 16 项。其中湖南省、重庆市、江西省是最早开始制定地方标准的省(市),3 个省(市)均为《关于开展农机购置补贴引导植保无人飞机规范应用试点工作的通知》指定的 6 个试点省(市)之一^[52],这 3 个省(市)对植保无人飞机比较重视,虽然应用面积不如黑龙江省、新疆维吾尔自治区等地,但推广应用时间早、力度大。

植保无人飞机团体标准(表 4),主要由中国农

表 3 植保无人飞机地方标准

Tab. 3 Local standards of plant protection UAS

序号	标准制定地区	标准号	标准名称
1	湖南省	DB43/T 849—2013	超低空遥控飞行植保机
2	重庆市	DB50/T 638—2015	农用航空器 电动多旋翼植保无人飞机
3	江西省	DB36/T 930—2016	农业植保无人飞机
4	湖南省	DB43/T 1156—2016	多旋翼低空遥控植保机
5	广西壮族自治区	DB45/T 1330—2016	电动旋翼植保无人飞机技术条件
6	吉林省	DB22/T 2809—2017	植保无人飞机施药防治粘虫技术规程
7	江西省	DB36/T 995—2017	农业植保无人飞机安全作业操作规范
8	河南省	DB41/T 1520—2018	农用旋翼植保无人飞机安全及作业规程
9	河南省	DB41/T 1521—2018	农用旋翼植保无人飞机技术条件
10	湖南省	DB43/T 1390—2018	电动多旋翼遥控飞行植保机使用技术规程
11	贵州省	DB52/T 1370—2018	农用植保无人飞机试验方法
12	辽宁省	DB21/T 3220—2020	植保无人飞机水稻田作业技术规程
13	山东省	DB37/T 3938—2020	植保无人飞机施药质量检测方法
14	山东省	DB37/T 3939—2020	植保无人飞机安全施药技术规范
15	山东省	DB37/T 3940—2020	植保无人飞机防治小麦病虫害作业技术规程
16	河南省安阳市	DB4105/T 134—2020	麦田病虫害植保无人飞机防治技术规程

表 4 植保无人飞机团体标准

Tab. 4 Group standards of plant protection UAS

序号	团体名称	标准编号	标准名称
1	江苏省农业机械工业协会	T/JSAMIA 2—2017	农用植保无人飞机技术要求及测试方法
2	深圳市无人机行业协会	T/SZUAVIA 001—2017	电池动力单轴农用植保无人飞机系统通用要求
3	深圳市无人机行业协会	T/SZUAVIA 002—2017	多轴农用植保无人飞机系统通用要求
4	南通市农业新技术推广协会	T/NANTEA 001—2019	植保无人飞机农药喷雾安全作业规范
5	南通市农业新技术推广协会	T/NANTEA 002—2019	植保无人飞机喷雾防治水稻病虫害作业规范
6	中国农业机械化协会	T/CAMA 02—2019	植保无人飞机术语
7	中国农业机械化协会	T/CAMA 03—2019	植保无人飞机分类与型号编制规则
8	中国农业机械化协会	T/CAMA 04—2019	植保无人飞机安全操作规程
9	中国农业机械化协会	T/CAMA 05—2019	植保无人飞机农药使用规范
10	中国农业机械化协会	T/CAMA 06—2019	植保无人飞机作业质量
11	中国农业机械化协会	T/CAMA 07—2019	植保无人飞机云系统接口数据规范
12	中国农业机械化协会	T/CAMA 08—2019	植保无人飞机电磁兼容性试验方法
13	中国农业机械化协会	T/CAMA 09—2019	植保无人飞机驾驶员培训要求
14	中国农业机械化协会	T/CAMA 10—2019	植保无人飞机运营人要求
15	中国农药工业协会	T/CCPIA 019—2019	植保无人飞机安全施用农药作业规范
16	中国农药工业协会	T/CCPIA 020—2019	植保无人飞机防治水稻病虫害施药指南
17	中国农药工业协会	T/CCPIA 021—2019	植保无人飞机防治小麦病虫害施药指南
18	浙江省农业机械学会	T/ZJNJ 0008—2020	电动植保无人飞机

业机械化协会、中国农药工业协会等全国性社会团体制定,中国农业机械化协会制定的标准偏向于农机化应用,中国农药工业协会则偏向于施药规范。地方性社会团体制定的团体标准较少,且主要集中在江苏省、广东省、浙江省等发达省份,这些地区高新技术产业具有较强活力,植保无人飞机最新技术大多来自这些地区,所以团体标准的需求旺盛,具有一定的制定动力。

5 总结与展望

随着无人机产业的高速发展,无人机安全运行成为各国关注目标,各国政府委托标准化组织和行业主管部门从产品、运行、应用、培训、登记认证等方面制定标准支撑安全管理,是国际上通常做法。国务院中央军委空中交通管制委员会主要负责划分空域以及空中交通管制,中国民用航空局主要负责民用无人机的基础与通用标准,工业和信息化部主要负责产品设计制造标准,而各行业主管部门负责行

业应用标准。

近年来,我国无人机逐步形成了包括法律、行政法规、部门规章、规范性文件和相关技术标准在内的无人机监管体系。根据《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南》的分类,农业无人飞机相关的行业标准由农业农村部主导制定。目前农业行业标准仅有 NY/T 3213—2018 一项标准用于产品检测,在设计、制造、应用、运营、人员管理等环节只能由部分民用无人机通用性的法规标准约束,农业规范化生产难以得到保障,下一步应从产品(质量)标准、子部件与性能试验等技术标准、操作规范与人员培训等管理标准方面继续开展标准化工作;并且目前标准局限于植保无人飞机,其他农业应用标准仍然缺失,下一步应同步制定播种、施肥、遥感、辅助授粉等应用标准;重视团体标准建设与应用,由中国农业机械化协会制定的9项团体标准为农业行业标准制定及其体系的建设作了一定探索,值得农业行业标准借鉴。

参 考 文 献

- [1] 郭永旺,袁会珠,何雄奎,等. 我国农业航空植保发展概况与前景分析[J]. 中国植保导刊,2014,34(10):78-82.
GUO Yongwang, YUAN Huizhu, HE Xiongkui, et al. Overview and prospect analysis of agricultural aerial plant protection in China[J]. China Plant Protection,2014,34(10):78-82. (in Chinese)
- [2] 张俊,廉勇,杨志刚,等. 植保无人机发展历程、优缺点分析及应用前景[J]. 现代农业,2020(4):4-7.
ZHANG Jun, LIAN Yong, YANG Zhigang, et al. Development history, advantages and disadvantages analysis and application prospect of UAS[J]. Modern Agriculture,2020(4):4-7. (in Chinese)
- [3] 蔡良玫,李昆,王林萍. 美、日、中航空植保产业发展的比较与启示[J]. 中国植保导刊,2019,39(7):60-63.
CAI Liangmei, LI Kun, WANG Linping. Comparison and enlightenment of the aerial plant protection industry in the United States, Japan and China[J]. China Plant Protection,2019,39(7):60-63. (in Chinese)
- [4] 尹选春,兰玉彬,文晟,等. 日本农业航空技术发展及对我国的启示[J]. 华南农业大学学报,2018,39(2):1-8.
YIN Xuanchun, LAN Yubin, WEN Sheng, et al. The development of Japan agricultural aviation technology and its enlightenment for China[J]. Journal of South China Agricultural University,2018,39(2):1-8. (in Chinese)
- [5] 薛新宇,兰玉彬. 美国农业航空技术现状和发展趋势分析[J/OL]. 农业机械学报,2013,44(5):194-201.
XUE Xinyu, LAN Yubin. Agricultural aviation applications in USA[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013,44(5):194-201. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20130534&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.05.034. (in Chinese)
- [6] 周志艳,臧英,罗锡文,等. 中国农业航空植保产业技术创新发展战略[J]. 农业工程学报,2013,29(24):1-10.
ZHOU Zhiyan, ZANG Ying, LUO Xiwen, et al. Technology innovation development strategy on agricultural aviation industry for plant protection in China[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(24):1-10. (in Chinese)
- [7] 兰玉彬,陈盛德,邓继忠,等. 中国植保无人机发展形势及问题分析[J]. 华南农业大学学报,2019,40(5):217-225.
LAN Yubin, CHEN Shengde, DENG Jizhong, et al. Analysis on the development situation and problems of UAS in China[J]. Journal of South China Agricultural University,2019,40(5):217-225. (in Chinese)
- [8] 中国民用航空局发展计划司. 2019 从统计看民航[M]. 北京:中国民航出版社,2019.
- [9] 娄尚易,薛新宇,顾伟,等. 农用植保无人机的研究现状及趋势[J]. 农机化研究,2017,39(12):1-6,31.
LOU Shangyi, XUE Xinyu, GU Wei, et al. Current status and trends of agricultural plant protection unmanned aerial vehicle[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2017,39(12):1-6,31. (in Chinese)
- [10] 田志伟,薛新宇,李林,等. 植保无人机施药技术研究现状与展望[J]. 中国农机化学报,2019,40(1):37-45.
TIAN Zhiwei, XUE Xinyu, LI Lin, et al. Research status and prospects of spraying technology of plant protection unmanned aerial vehicle[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization,2019,40(1):37-45. (in Chinese)
- [11] 顾伟,薛新宇,杨林. 植保无人机行业现状和发展建议[J]. 农业工程,2019,9(10):18-23.
GU Wei, XUE Xinyu, YANG Lin. Present situation and development suggestions of plant protection UAV industry[J]. Agricultural Engineering,2019,9(10):18-23. (in Chinese)

- [12] 曹光乔,李亦白,南风,等. 植保无人机飞控系统航线规划研究进展分析[J/OL]. 农业机械学报,2020,51(8):1-16. CAO Guangqiao, LI Yibai, NAN Feng, et al. Development and analysis of plant protection UAV flight control system and route planning research[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2020,51(8):1-16. http://www.jcsam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20200801&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.001. (in Chinese)
- [13] STÖCKER C, BENNETT R, NEX F, et al. Review of the current state of UAV regulations [J]. Remote Sensing, 2017, 9(459):1-26.
- [14] SANZA D, VALENTEB J, DEL CERROA J, et al. Safe operation of mini UAVs; a review of regulation and best practices [J]. Advanced Robotics, 2015: 1221-1233.
- [15] International Civil Aviation Organization (ICAO). Unmanned aircraft systems (UAS) [M]. Montreal: QC, 2011.
- [16] DAVID H. Aviation law and drones; unmanned aircraft and the future of aviation [M]. England: Routledge,2018.
- [17] Unmanned Aircraft Systems Standardization Collaborative (UASSC). Standardization roadmap for unmanned aircraft systems [M]. New York, ANSI,2018.
- [18] European Union Aviation Safety Agency (EASA). Regulation (EU) 2018/1139 of the European Parliament and of the Council [S]. Official Journal of the European Union, 2018.
- [19] 邓晨,王益群. 国外无人机标准现状及对我国无人机产业发展的启示[C]//第十四届中国标准化论坛论文集,2017:1373-1377.
- [20] Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA). SC-228, minimum performance standards for unmanned aircraft systems [S/OL]. [2018-08-05]. <https://www.rtca.org/content/sc-228-minimum-operational-performance-standards-unmanned-aircraft-systems>.
- [21] EUROCAE Technical Advisory Committee. EUROCAE technical work programme [M]. France: EUROCAE,2018.
- [22] American Society for Testing and Materials (ASTM). Unmanned aircraft overview [EB/OL]. [2018-08-05]. <https://www.astm.org/industry/unmanned-aircraft-overview.html>.
- [23] ASTM 国际标准化组织. ASTM 无人机标准与中国市场[J]. 中国标准化,2015(11):129-130. ASTM International. ASTM UAS standards and the Chinese market[J]. China Standardization,2015(11):129-130. (in Chinese)
- [24] ASTM 国际标准化组织. ASTM 无人机标准与美国联邦航空管理局第 107 部[J]. 中国标准化,2019(7):174-175. ASTM International. ASTM UAS standards and the 107th department, FAA[J]. China Standardization,2019(7):174-175. (in Chinese)
- [25] DALAMAGKIDIS K, VALAVANIS K, PIEGL L. On integrating unmanned aircraft systems into the national airspace system [M]. Netherlands: Springer,2012.
- [26] SALMA V, RUITERKAMP R, KRUIJFF M, et al. Current and expected airspace regulations for airborne wind energy systems [J]. Airborne Wind Energy,2018,29:703-725.
- [27] American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). U. S. TAG for ISO/TC 20/SC 16, unmanned aircraft systems [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.aiaa.org/get-involved/committees-groups/AIAA-Committees-on-Standards/About-ISO-TC20-SC16-U-S-TAG>.
- [28] Japan UAV Association (JUAV). Regarding this Japan UAV Association[EB/OL]. (2017-06-0)[2020-08-05]. <https://www.juav.org/about/index-en.html>.
- [29] HE X K, BONDS J, HERBST A, et al. Recent development of unmanned aerial vehicle for plant protection in East Asia[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2017, 10(3):18-30.
- [30] 農林水産航空協会. 産業用無人航空機共通[EB/OL]. [2020-08-05]. <http://www.j3a.or.jp/business/airplane.html>.
- [31] 日本産業用無人航空機工業会. 産業用無人航空機安全基準「小型回転翼無人航空機・第三者無人地帯用」[S/OL]. (2019-10-17)[2020-08-05]. http://www.juav.org/safety_standard/small_rotary_wing.html.
- [32] 日本産業用無人航空機工業会. 産業用無人航空機安全基準「回転翼無人航空機・第三者無人地帯用」[S/OL]. (2020-05-01)[2020-08-05]. http://www.juav.org/safety_standard/rotary_wing.html.
- [33] 農林水産航空協会, 全国農林航空事業推進協議会. 産業用無人ヘリコプターによる病虫害防除実施者のための安全対策マニュアル(令和2年版)[EB/OL]. (2020-04-07)[2020-08-05]. http://www.j3a.or.jp/business/helicopter3/manual_r02.pdf.
- [34] 農林水産航空協会. 産業用マルチローター安全対策マニュアル(オペレーター・ナビゲーター)(令和2年版)[EB/OL]. (2020-04-07)[2020-08-05]. http://www.j3a.or.jp/business/multicopter/4manual/manual_r02.pdf.
- [35] 顾伟,薛新宇,孙竹. 植保无人飞机标准现状与制定建议[J]. 农业工程技术,2018,38(9):55-58. GU Wei, XUE Xinyu, SUN Zhu. Current situation and development suggestions of plant protection UAS standards[J]. Agricultural Engineering Technology,2018,38(9):55-58. (in Chinese)
- [36] 日本农林水产航空协会. 旋翼无人机防除病虫害作业规范[M]. 林勇,译. 海口:海南出版社,2018.
- [37] 農林水産航空協会. 産業用無人ヘリコプター各種基準[EB/OL]. [2020-08-05]. <http://www.j3a.or.jp/business/>

helicopter.html.

- [38] 農林水産航空協会. 産業用マルチローター各種基準[EB/OL]. [2020-08-05]. <http://www.j3a.or.jp/business/multirotor.html>.
- [39] 農林水産航空協会, 全国農林航空事業推進協議会. 産業用無人ヘリコプターナビゲーターマニュアル[EB/OL]. 2020. http://www.j3a.or.jp/business/helicopter3/navi_manual_r02.pdf.
- [40] 漆传莉. 解读《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南(2017—2018年版)》[J]. 中国标准化, 2018(19):141-145. QI Chuanli. Interpretation of guidelines for construction of unmanned aircraft system standard system (2017—2018 edition) [J]. China Standardization, 2018(19):141-145. (in Chinese)
- [41] 舒振杰, 朱晓飞, 曾佳, 等. 无人驾驶航空器系统标准体系建设与发展[J]. 航空标准化与质量, 2017(5):3-7. SHU Zhenjie, ZHU Xiaofei, ZENG Jia, et al. Construction and development of unmanned aircraft system standard system [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2017(5):3-7. (in Chinese)
- [42] 马颖. 中国民用无人机监管体系构建初探[J]. 法制与社会, 2019(9):133-134. MA Ying. Preliminary study on the construction of civil UAS supervision system in China [J]. Legal System and Society, 2019(9):133-134. (in Chinese)
- [43] 刘育, 孙见忠, 李航. 民用无人机的监管与规范探讨[J]. 南京航空航天大学学报, 2017, 49(增刊1):152-157. LIU Yu, SUN Jianzhong, LI Hang. Supervision and norm discussion on civil unmanned aerial vehicle [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2017, 49(Supp. 1):152-157. (in Chinese)
- [44] 中国民用航空局. 轻小无人机运行规定(试行):AC-91-FS-2015-31[A/OL]. (2015-12-29) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201601/P020170527591647559640.pdf>.
- [45] 中国民用航空局. 民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法:MD-TM-2016-004[A/OL]. (2016-09-21) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201610/P020161008345668760913.pdf>.
- [46] 中国民用航空局. 民用无人驾驶航空器实名制登记管理规定:AP-45-AA-2017-03[A/OL]. (2017-05-16) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201705/P020170517409761154678.pdf>.
- [47] 中国民用航空局. 民用无人机驾驶员管理规定:AC-61-FS-2018-20R2[A/OL]. (2018-08-31) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201811/P020181127311734855737.pdf>.
- [48] 中国民用航空局. 民用无人驾驶航空器经营性飞行活动管理办法(暂行):MD-TR-2018-01[A/OL]. (2020-03-21) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201804/P020180409336678475193.pdf>.
- [49] 中国民用航空局. 轻小型民用无人机飞行动态数据管理规定:AC-93-TM-2019-01[A/OL]. (2019-11-05) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201911/P020191120352002874128.pdf>.
- [50] 国家标准化管理委员会. 国家标准委办公室等关于印发《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南(2017—2018年版)》的通知[A/OL]. (2017-06-22) [2020-08-05]. http://www.sac.gov.cn/sgybzyb/sytz/201706/t20170622_247120.htm.
- [51] 舒振杰, 张泽京. 我国民用无人机管理法规与标准建设[J]. 中国减灾, 2020(11):25. SHU Zhenjie, ZHANG Zejing. Construction of regulations and standards for civil UAS management in China [J]. Disaster Reduction in China, 2020(11):25. (in Chinese)
- [52] 农业农村部. 农业部办公厅财政部办公厅中国民用航空局综合司关于开展农机购置补贴引导植保无人飞机规范应用试点工作的通知[A/OL]. (2017-09-18) [2020-08-05]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/NYJXHGLS/201709/t20170925_5823523.htm.
- [53] 林玉涵, 严荷荣. 植保机械行业国际标准化进程及我国参与情况[J]. 农业工程, 2015, 5(5):9-13. LIN Yuhan, YAN Herong. International standardization process of plant protection machinery industry and China's participation status [J]. Agricultural Engineering, 2015, 5(5):9-13. (in Chinese)
- [54] 刘旭. 认清形势和要求推动植保无人机质量标准宣贯实施[J]. 农机质量与监督, 2018(6):4-6, 9. LIU Xu. Understand the situation and requirements, promote the implementation of quality standards for plant protection UAS [J]. Agricultural Machinery Quality & Supervision, 2018(6):4-6, 9. (in Chinese)
- [55] ISO/TC 23/SC 6. ISO/WD 23117-1 Agricultural and forestry machinery-Unmanned aerial spraying systems-Part 1: Environmental requirements[EB/OL]. <https://www.iso.org/standard/74600.html?browse=tc>.
- [56] 全国农业机械标准化技术委员会农业机械化学分技术委员会. 植保无人飞机质量评价技术规范:NY/T 3213—2018[S]. 北京:中国农业出版社, 2018.
- [57] 中国民航科学技术研究院. 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范:MH/T 1069—2018[S/OL]. (2018-08-21) [2020-08-05]. <http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/BZGF/HYBZ/201904/P020190419599037874416.pdf>.