

通用航空作业技术与装备丛书

# 现代化农业航空作业技术

## 标准与装备

郭庆才 等◎著

非  
外  
借



科学出版社

通用航空作业技术与装备丛书

# 现代化农业航空作业技术 标准与装备

郭庆才等 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书详尽叙述有关于农业航空作业的细节,包括农业航空作业使用的飞机、基础设施、喷洒设备、作业组织、作业技术、作业标准、检测方法、作业安全、剂型选择等。内容丰富,涵盖面广,是北大荒通用航空有限公司运营30多年丰硕成果的体现。

本书可供从事农业航空相关的农艺技术人员和飞行员阅读参考,也可作为农业航空相关标准编写及法规制定等相关专家学者的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代化农业航空作业技术标准与装备/郭庆才等著. —北京:科学出版社,2019.3

(通用航空作业技术与装备丛书)

ISBN 978-7-03-060094-3

I. ①现… II. ①郭… III. ①农业飞机-基本知识 IV. ①S251

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 288628 号

责任编辑:魏英杰 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东 / 封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019年3月第一版 开本:720×1000 B5

2019年3月第一次印刷 印张:10 1/4

字数:212 000

定价:90.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《通用航空作业技术与装备丛书》编委会

主 任：郭庆才

编 委：(以姓氏笔画排序)

王秉玺	甘维军	田永江	朱宪华
许天牧	刘国驰	孙 辉	张玉波
张伟巍	郑继军	宫长贵	耿大飞
樊利国	魏荷英		

## 《现代化农业航空作业技术标准与装备》编写人员

主 编:郭庆才

副 主 编:张伟巍

编写人员:(以姓氏笔画排序)

王 娜 甘维军 刘国驰 刘晋东

宋显东 张国慧 张瑞瑞 陆 萍

郑冠龙 郑继军 宫香余 徐 旭

董 可 董桂军

## 《通用航空作业技术与装备丛书》序

通用航空是指除军事、警务、海关缉私飞行和公共航空运输飞行以外的航空活动。通用航空涵盖面广,包括商业、工业、农业、人员培训、旅游、医疗、抢险救灾、飞机制造等多个领域。

通用航空作为民航“两翼”之一,是我国航空业发展建设的重要部分。经验表明,在健康、完整的航空产业链中,合理的通用航空发展规模应占到航空业整体的10%~15%,通用航空飞行总量应占到民航飞行总量的50%以上。目前我国民航“两翼”发展严重不平衡,通用航空飞行总量不到运输飞行总量的8%。

通用航空领域大多涉及日常生产、生活的基础建设,在很长一段时间内并未得到足够的重视,我国通用航空的水平和国际通用航空产业的发展仍有相当的差距,与经济社会活动的需求也相差甚远。随着国务院办公厅《关于促进通用航空业发展的指导意见》的出台,通用航空产业发生了可喜的变化,相信不久的将来通用航空产业将得到长足的发展。

在通用航空领域,有些项目是高风险作业项目,有些项目则是需要长期经验积累的,还有些项目是需要严格技术指标要求的,而现阶段我国通用航空领域缺乏的正是这些。这套丛书是在广泛征求专家意见的基础上,经过长期考察、反复论证之后组织出版的。作为国内通用航空领域的一套技术指导性的丛书,目的是为通用航空作业提供支持,推动我国通用航空产业健康、快速发展。

相信,丛书的出版将成为通用航空发展中坚实的基石,为通用航空作业保驾护航。同时,欢迎广大读者和专家提出好的建议,共同促进和完善丛书。

A handwritten signature in black ink, appearing to be '李林' (Li Lin), located on the right side of the page.

## 前 言

农业航空始于灭虫,历经百年的沉淀,蓬勃发展,时至今日已经发展到现代化的专用飞机、专用设备和专用药剂的精准化农业时代。如今的农业航空先进技术和装备不但催生了高质量、高效率的航空作业,而且降低了作业成本,节约了资源,减少了污染。

我国农业航空领域正持续引进世界先进的机型,并替换老旧的机型。农业航空作为现代化农业的重要环节,已经有成熟完善的体系。目前大规模应用的农业飞机(民航法规中的航空器)均具备作业速度快、载重量大、喷洒质量高、喷洒精准的特性。近年来发展迅速的旋翼机,给农业航空带来更好的适应性和多样性。随着农业航空的发展,农业航空的相关产业也在不断壮大。现代农业航空专用助剂、专用药物作业效果更好,限制条件更少,同时导航系统、变量喷洒系统的完善也使农业航空趋于精准化。

本书是在 2007 年《农业航空技术指南》(中国农业出版社)的基础上重新写作完成的。对农业航空机型进行了更新,删除了 GA-200、Y-11、PL-12 等老旧机型,新增加了 S2R-H80、AT-802、AT-504 等先进的固定翼机型和罗宾逊 R66、Bell-407、小松鼠 AS-350 等直升机机型。在组织与区域规划章节中增加了美国 Hemisphere 公司的 Satloc G4 导航系统和类似系统的使用及介绍。在作业区域规划、基础设施建设和技术集成等章节中加入了直升机的相关参数。同时,以更严格的作业技术适应现代化农业航空对质量的要求。此外,本书还加入了对药液助剂的说明及要求,从软件和硬件两方面提升农业航空作业的质量,从安全方面提出新的要求。

相信本书将对全国的农业航空从业者提供帮助,并在农业发展中起到更好的推动作用。

限于作者水平,不妥之处在所难免,恳请读者指正。

作者

2018年3月

# 目 录

## 《通用航空作业技术与装备丛书》序

### 前言

<b>第 1 章 农业航空的发展和特点</b> .....	1
1.1 国内农业航空发展状况 .....	1
1.2 国外农业航空发展状况 .....	1
1.3 农业航空作业的主要特点 .....	3
<b>第 2 章 农业航空作业飞机</b> .....	5
2.1 农用飞机的主要特点 .....	5
2.2 农用飞机机型及主要性能简介 .....	5
<b>第 3 章 农业航空作业设备及调整</b> .....	17
3.1 喷洒设备 .....	17
3.2 喷头的调整 .....	22
3.3 播撒设备及调整 .....	27
3.4 喷洒导航系统 .....	29
<b>第 4 章 基础设施建设</b> .....	33
4.1 跑道的准备与管理 .....	33
4.2 直升机作业起降点要求 .....	38
4.3 油库的建设及管理 .....	41
4.4 加药设备 .....	44
4.5 宿舍的建设及管理 .....	45
<b>第 5 章 组织与区域规划</b> .....	48
5.1 作业前组织 .....	48
5.2 作业中组织 .....	50
5.3 飞行作业后组织与保障 .....	51
5.4 信号与导航 .....	52
5.5 作业区域规划 .....	63

<b>第 6 章 作业质量与检测</b>	65
6.1 农业航空喷洒作业质量技术标准	65
6.2 农业航空播撒作业质量技术标准	86
6.3 农作物病、虫、杂草防治效果标准	88
6.4 农业航空作业防治效果及产量调查	88
6.5 雾滴效果监测	90
<b>第 7 章 农业技术集成</b>	100
7.1 农业航空喷施技术措施的制定	100
7.2 农业航空作业的喷施技术	102
7.3 农业航空叶面施肥作业技术	104
7.4 农业航空防病作业技术	107
7.5 农业航空灭虫作业技术	109
7.6 林业灭虫作业	111
7.7 农业航空除草作业技术	112
<b>第 8 章 农药的安全及使用</b>	115
8.1 农业航空作业药害及药害处理	115
8.2 农药急性毒性分级标准	118
8.3 农药进入人体的途径	119
8.4 不安全因素的潜在隐患	120
8.5 农药中毒症状	121
8.6 预防农药中毒注意事项	121
8.7 机场急救	122
8.8 民航局发布的关于农业航空作业事故等级标准	123
<b>第 9 章 农业航空作业喷雾助剂的使用技术</b>	125
<b>第 10 章 农业航空作业飞行安全管理</b>	127
10.1 农业航空作业空中安全风险	127
10.2 农业航空作业地面安全风险	132
10.3 农业航空作业风险预防	133
10.4 常用农林航空作业规章制度解读	134
<b>附录</b>	139

# 第 1 章 农业航空的发展和特点

## 1.1 国内农业航空发展状况

1951 年,广州市使用 C-46 型飞机开展灭蚊蝇活动,标志着我国农业航空作业时代的开启。1952 年,中国开始组建通用航空队,并在东北地区开始护林作业,至今已经走过 60 多年的发展历程。中国农业生产格局逐渐发展为东北三省和新疆地区以大型有人固定翼作业为主,华中和华南地区以有人驾驶直升机和无人机作业为主。随着航空及农业技术的发展和相关体制的逐渐完善,我国的农业航空产业已逐渐成熟。截至 2017 年底,我国有资质开展农林航空作业的通航企业达 60 家以上,拥有大型农用飞机 400 余架,农林业航空年作业能力超过 3 200 000  $\text{hm}^2$ ,年飞行时间超过 40 000 h。

近年,我国农业航空事业迅速发展,引进了空中拖拉机、画眉鸟、贝尔、小松鼠、恩斯特龙、罗宾逊等国外的系列先进机型。同时,在喷洒设备、导航系统、雾滴飘逸模型构建、雾滴沉积规律等技术方面也取得了长足的进步。但我国农业航空仍存在一些问题,农业航空政策法规及市场监管尚不完善、农业航空配套产业核心技术不足、专业人才匮乏等因素依然制约着我国农业航空发展。

## 1.2 国外农业航空发展状况

### 1. 美国农业航空发展状况

美国农业航空已有 100 多年的历史。美国是农业航空应用技术最先进的国家,拥有完善的农业航空产业及配套设备体系。目前,美国有

农业航空公司 2000 多家,在用农业飞机有 20 多种型号,4000 多架,拥有注册农业飞机驾驶员 3200 多名,年作业能力达 34 000 000  $\text{hm}^2$ ,占全美耕地 40%以上,全美 65%的化学农药采用飞机作业完成喷洒,其森林植保作业 100%采用飞机作业。

美国有强大的农业航空组织为其农业航空提供服务和保障。目前,美国设有国家农业航空协会(National Agricultural Aviation Association, NAAA)和 40 多个州级农业航空协会,NAAA 有来自 46 个州的会员 1800 个。航空协会不仅提供计划、品牌保障、技术、信息服务,还大力提供安全和教育等资源。

美国航空施药技术作业流程规范,相关设备及技术也是世界顶尖的,其建立的飘移模型可以通过计算作业前输入喷嘴、药剂类型、天气因素等参数预测可能产生的飘移、雾滴的运动和地面沉积模式等。近年来,美国一直在通过商业卫星发展遥感技术,利用卫星监控得到地面作物长势或病害情况,并进行及时有效的农业航空作业。

## 2. 日本农业航空发展状况

日本耕地面积较小,地形多山,不适合有人驾驶固定翼飞机作业,以直升机和无人机作业为主。日本是最早将微小型无人机用于农业生产的国家之一。1990 年,日本山叶公司推出世界第一架主要用于喷洒农药的无人机。目前,日本农用无人机航空协会(Japan Unmanned Aerial Vehicle Association, JUAVA)有单位会员 11 个。据日本农林水产省统计,截至 2017 年 10 月底,登记在册的微小型农用无人机保有量在 4000 架以上,无人机操控手 18 000 人以上,防治面积 1 500 000  $\text{hm}^2$ ,占航空作业 38%,从 2004 年开始,用于水稻生产的微小型农用无人直升机数量已超过有人驾驶直升机。日本目前用于农林业方面的无人直升机以 YAMAHA RMAX 系列为主,该机被誉为空中机器人,植保作业效率为 7~10  $\text{hm}^2/\text{h}$ ,主要用于播种、耕作、施肥、喷洒农药、病虫害防治等作业。目前,采用微小型农用无人机进行农业生产已成为日本农业发展的重要趋势之一。

### 3. 其他主要国家农业航空发展状况

俄罗斯地广人稀,拥有数目庞大的农业飞机作业队伍,数量高达1.1万架,作业机型以有人驾驶固定翼飞机为主,年处理耕地面积约占总耕地面积35%以上。澳大利亚、加拿大、巴西农业航空的发展模式与美国类似,目前主要机型为有人驾驶的固定翼飞机和旋翼机。加拿大农业航空协会(Canada Agricultural Aviation Association, CAAA)目前共有会员169个。巴西作为发展中国家,在国家政策的扶持下,包括农业航空在内的通用航空发展迅速。巴西农业航空协会目前共有单位会员143个,截至2008年3月底,巴西注册农用飞机约1050架。

## 1.3 农业航空作业的主要特点

采用飞机作业在我国农业生产中具有重要的地位,在农业现代化中发挥着重要的作用,是现代化大农业的标志,是农业生产中重要的手段,在农业生产中起到特殊的和不可代替的作用。

### 1. 飞机作业效率高

在农业生产中,农作物病虫害防治、杂草防除、叶面施肥等作业项目的可适作业期短,只有保证在最佳农时作业才能取得效果。尤其是病虫害的防治,最适期只有一周左右,时间短任务重,采用飞机进行农业航空作业,可以有效地缓解人和机械生产力不足的矛盾,争取农时。特别是在严重春涝、夏涝等多雨年份更能显示出农业航空作业的优越性。目前使用的农用飞机常规作业效率为80~400 hm<sup>2</sup>/h。AT-802型飞机载药量可达3000 kg,作业效率可达260~400 hm<sup>2</sup>/h;M-18型飞机载药量可达1500 kg,作业效率可达130~200 hm<sup>2</sup>/h;Y-5B型飞机载药量可达1000 kg,作业效率可达100~133 hm<sup>2</sup>/h;小型直升机,如R44、R66型等飞机载药量可达400~600 kg,作业效率可达80~160 hm<sup>2</sup>/h;BELL-407型等大型直升机载药量可达800 kg,作业效率可达90~180 hm<sup>2</sup>/h。使用飞机进行农业航空作业的效率远高于其他的作业方式,例

如优质的无人机喷洒药液效率可达  $2.8 \sim 3.3 \text{ hm}^2/\text{h}$ , 飞机的作业效率是其 100 倍以上。

## 2. 作业效果好

目前, 农业航空作业的飞机均搭载先进的喷洒设备, 药液雾化效果好, 雾滴被飞机产生的下降气流带动, 可使叶片正反面均能着药。飞机喷洒的雾滴直径可调节范围大, 覆盖密度均匀, 雾滴直径变异系数小, 防治效果相比人工与机械作业可提高  $15\% \sim 35\%$ 。

## 3. 作业成本低

农业航空作业多用于大面积田地作业, 用药统一、所需人工少、辐射面积大、成本较低。

## 4. 有效保护环境

农业航空作业回收率高, 药剂利用率高, 既减少了污染, 也避免了浪费。

## 5. 突击能力强、适应性广

飞机作业机动性强、作业半径大、作业效率高, 在防治农作物暴发性、突发性病虫害方面具有很强的突击能力, 可以在短时间内控制病情和虫害的发展。

在农业作业中, 由于气候条件影响, 特别是遇到涝灾严重时, 地面大型机械无法进入田间作业。作物病虫害防治、叶面施肥、促进作物早熟等技术措施都是在作物生长的中后期进行, 该时期作物长势繁茂, 田间郁闭, 地面机械也无法进行作业, 而农业航空作业因限制条件少可以发挥其独特的优势, 在不破坏土壤物理结构的前提下, 高效地完成各项作业。

## 第 2 章 农业航空作业飞机

农业航空所用的飞机可分为有人机和无人机。有人机可分为固定翼飞机和旋翼机。目前,农业上老旧的活塞飞机正逐渐被涡轮螺旋桨飞机替代,涡轮螺旋桨飞机保养维护比活塞飞机简单,且发动机性能更可靠。近年来,旋翼飞机因其灵活性高、起降条件宽松,也得到了广泛的市场推广。

无人机近年来在农业市场的份额逐渐扩大,并在中国南方等地区得到长足的发展。无人机因其作业生产成本低、灵活性高,在面积较小的农业及林业作业中有较大的优势。

### 2.1 农用飞机的主要特点

- ① 农用飞机具有良好的低空低速性能。
- ② 飞机稳定性良好、操纵轻便、控制灵敏、机舱内全部仪表易于识别,飞机仪表与喷洒(播撒)装置有关的仪表区分明确。
- ③ 机舱视野开阔、结构牢固。起落架和座舱罩备有锋利的剪线器,可以降低碰到高、低压线的危险。
- ④ 药箱可快速装载,方便清洗和保养,并能将装载物快速抛出机体。
- ⑤ 飞机和喷洒装置便于检查、清洗和保养,并且有良好的防腐蚀性。

### 2.2 农用飞机机型及主要性能简介

#### 1. 画眉鸟 S2R-H80 型飞机

该型飞机是由美国引进的涡轮螺旋桨、单发农林飞机(图 2-1)。

S2R-H80 型飞机低空性能良好、操纵简便、座舱环境舒适、喷洒设备先进。该飞机搭载通用电气生产的 H80 型 597 kW 的涡轮发动机。该发动机具有运行周期长的特性,大修间隔可达 3600 h 或 6600 个发动循环。该飞机结合通用电气公司三维气动设计技术和先进材料,动力更强、燃油效率更高、耐久性更好。

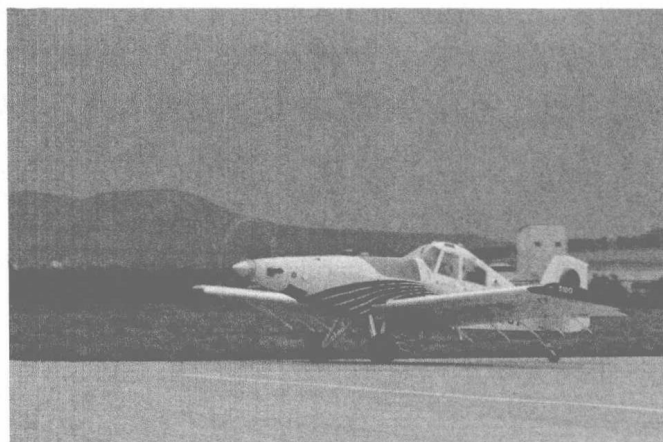


图 2-1 S2R-H80 型飞机

S2R-H80 型飞机主要参数如下。

机身長:10.06 m。

机身高:2.84 m。

翼展:14.48 m。

空载重量:2132 kg。

最大巡航速度:250 km/h。

最大起飞重量:4127 kg。

最大携油量:863 L。

最大续航时间:5 h。

发动机功率:597 kW。

耗油量:170 L/h。

载药量:1930 L。

农业作业速度:225 km/h。

农业作业高度(距作物顶端):5~7 m。

农业作业喷幅(距作物顶端 5 m):45 m。