

无人机组装与调试

职业技能等级标准

(2021 年 1.0 版)

中国航空工业集团有限公司 制定

2021 年 4 月 发布

目 次

前言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	3
4 适用院校专业.....	4
5 面向职业岗位（群）	4
6 职业技能要求.....	4
参考文献.....	9

前 言

本标准按照 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。

本标准起草单位：中国航空工业集团有限公司、中航（成都）无人机系统股份有限公司、江西洪都航空工业集团有限责任公司、中国航空综合技术研究所、北京航空航天大学、西北工业大学、南京航空航天大学、深圳市无人机行业协会、中航西安飞机工业集团股份有限公司、成都飞机工业（集团）有限责任公司、沈阳飞机工业（集团）有限公司、山东理工职业学院、北京市昌平职业学校、成都航空职业技术学院、西安航空职业技术学院、天津现代职业技术学院、长沙航空职业技术学院、张家界航空工业职业技术学院、陕西航空职业技术学院、江西航空职业技术学院、江苏航空职业技术学院、三亚航空旅游职业技术学院、株洲南方航空高级技工学校、山东步云航空科技有限公司。

本标准主要起草人：贺飞、刘洪、黄莉玲、舒振杰、王英勋、邓子辰、黄大庆、杨金才、王海宇、李健、欧阳、冯建雨、侯圣勇、鹿秀凤、方荣卫、何先定、龚小涛、孙勇民、熊纯、郭紫贵、冉文、秦昶、师平、李思海、贾恒旦、颜忠杰。

声明：本标准的知识产权归属于中国航空工业集团有限公司，未经中国航空工业集团有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了无人机组装与调试职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于无人机组装与调试职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用、培训与考核可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

ICAO-Doc 10019 Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)

AC-61-FS-2018-20R2 民用无人机驾驶员管理规定

AC-91-FS-2015-31 轻小型民用无人机系统运行规定

T/AOPA 0008-2019 民用无人机驾驶员合格审定规则

ALD2009022 关于民用无人机管理有关问题的暂行规定

GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语

GJB-2347-1995 无人机通用规范

GJB-3060-1997 无人机电气系统通用规范

GJB-5434-2005 无人机系统通用要求

GJB-5435-2005 无人机系统飞行试验通用要求

GB/T 5171-2014 小功率电动机

GB/T 8366-2004 阻焊 电阻焊机 机械和电器要求 (ISO 669:2000, MOD)

GB/T 15706.1-2007 机械安全基本概念与设计通则

GB/T 16855.1-2008 机械安全控制系统有关安全部件

GB/T 17799.2-2003 电磁兼容通用标准工业环境中的抗扰度试验

3 术语和定义

GB/T 38152-2019、国家、行业标准界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 无人机 (UA: Unmanned Aircraft)

由遥控设备或自备程序控制装置操纵,机上无人驾驶的航空器。也称无人驾驶航空器。

[GB/T 38152-2019, 定义2.1.1]

3.2 无人机系统 (UAS: Unmanned Aircraft System)

以无人机为主体,配有相关的遥控站、所需的指挥和控制链路以及设计规定的任何其他部件,能完成特定任务的一组设备,也称无人驾驶航空器系统。

[GB/T 38152-2019, 定义2.1.2]

3.3 无人机组装与调试 (UAV Assembly and Debugging)

指使用组装工具和调试软件,对无人机飞行器平台、任务载荷、地面站等硬件进行组装,并对动力系统、飞行控制系统、任务载荷、地面站软件进行调试,以确保无人机系统安全运行以及任务执行。

3.4 固定翼无人机 (Fixed-wing Unmanned Aircraft)

由动力装置产生前进的推力或拉力,由机翼产生升力,在大气层内飞行的重于空气的无人驾驶航空器。

[GB/T 38152-2019, 定义2.1.9]

3.5 无人直升机 (Unmanned Helicopter)

由遥控设备或自备程序控制装置操纵,飞行时主要凭借一个或多个在基本垂直轴上由动力驱动的旋翼为主要升力和推进力来源,能垂直起降的重于空气的带任务载荷的无人驾驶航空器。

[GB/T 38152-2019, 定义2.1.12]

3.6 多旋翼无人机 (Multi-axis Unmanned Aircraft)

一种由动力驱动，飞行时凭借三个及以上旋翼依靠空气的反作用力获得支撑，能够垂直起降、自由悬停的无人驾驶航空器。

[GB/T 38152-2019, 定义2.1.16]

4 适用院校专业

中等职业学校：无人机操控与维护、飞机维修、机械制造技术、机电技术应用、电子技术应用、电子与信息技术、航空摄影测量等专业。

高等职业学校：无人机应用技术、飞行器制造技术、飞行器维修技术、航空电子电气技术、飞机机电设备维修、飞机电子设备维修、飞机部件修理、通用航空器维修、飞机结构修理、机电一体化技术、电气自动化技术、机械设计与制造、摄影测量与遥感技术等专业。

应用型本科学校：无人驾驶航空器系统工程、飞行器设计与工程、飞行器制造工程、航空航天工程、自动化、电子信息工程、机械电子工程等专业。

5 面向职业岗位（群）

【无人机组装与调试】（初级）：面向无人机生产制造、行业应用、维护保养等企事业单位的多旋翼无人机组装岗、调试岗、维护岗，从事多旋翼无人机组装调试、日常维护保养等相关工作。

【无人机组装与调试】（中级）：面向无人机生产制造、行业应用、维护保养等企事业单位的无人机组装岗、调试岗、维护岗、检修岗，从事无人机配件选型、无人机组装调试、任务载荷安装调试、地面站安装调试及日常维护保养等相关工作。

【无人机组装与调试】（高级）：面向无人机生产制造、行业应用、维护保养、培训等企事业单位的无人机配件加工岗、组装岗、调试岗、检修岗、培训岗，从事无人机机械零部件加工、无人机及任务载荷组装调试、型号测试、检测维修

等相关工作。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

无人机组装与调试职业技能等级分为三个等级：初级、中级、高级，三个级别依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

【无人机组装与调试】（初级）：能够根据装配图和接线图，选用合适的工具、仪器及仪表，完成多旋翼无人机零部件组装及机电调试，并能协助无人机飞行测试人员完成多旋翼无人机视距内飞行性能测试。

【无人机组装与调试】（中级）：能够完成无人机配件选型及多旋翼无人机或固定翼无人机的组装与调试，同时能完成地面站及云台、相机等任务载荷的安装与调试，并能协助无人机飞行测试人员完成无人机超视距飞行性能测试。

【无人机组装与调试】（高级）：能够使用三维软件完成无人机机械零件的实体建模，使用3D打印机、切割机、雕刻机等加工设备进行无人机零件的加工，完成多旋翼无人机或固定翼无人机（无人直升机）的组装与调试，同时能完成云台、相机、植保喷洒系统等任务载荷的安装与调试，并能协助无人机飞行测试人员完成无人机超视距飞行性能测试。

6.2 职业技能等级要求描述

表1 无人机组装与调试职业技能等级要求（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1.工作前准备	1.1 装配图和接线图识读	1.1.1 能识读多旋翼无人机总装配图、部件装配图。
		1.1.2 能识读多旋翼无人机配件清单。
		1.1.3 能识读多旋翼无人机整机接线图。
		1.1.4 能识读多旋翼无人机动力系统、飞控系统等各子系统的接线图。
	1.2 工具、仪器及仪表选用	1.2.1 能根据工作内容，采用正确的防护措施，保证操作人员和设备的安全。
		1.2.2 能根据工作内容，合理选用和准备螺钉旋具、

工作领域	工作任务	职业技能要求
	1.3 配件检查	水口钳、电烙铁、万用表等组装调试用工具、仪器、仪表。
		1.3.1 能根据配件清单检查机架、机臂等机械零部件是否齐全。
		1.3.2 能检查无人机机械零部件是否有破损、变形。
		1.3.3 能检查电机、电子调速器等电子设备的规格与质量是否符合装配需求。
2. 组装与调试	2.1 多旋翼无人机组装	2.1.1 能根据装配图，完成多旋翼无人机机臂、中心板、脚架等结构零部件的安装。
		2.1.2 能根据作业规范，使用电烙铁完成动力电源线及电子调速器与中心板、电机接线插头等线路的焊接。
		2.1.3 能使用万用表检查焊接电路是否接通。
		2.1.4 能根据组装作业流程，完成飞行控制器、接收机、电子调速器、电机等电子部件的安装。
	2.2 多旋翼无人机调试	2.2.1 能完成遥控器设置并与接收机对频。
		2.2.2 能使用飞行控制器参数调整软件，完成固件烧写、电机校准、电子调速器校准、接收机模式设置、遥控器校准、加速度计校准、陀螺仪校准等飞行控制参数的调试。
		2.2.3 能对无人机内部线材进行布线与固定。
		2.2.4 能正确安装螺旋桨。
3. 测试	3.1 地面测试	3.1.1 按照操作规范，能完成遥控器开机、多旋翼无人机通电，确认无人机设备功能是否正常。
		3.1.2 能通过观察多旋翼无人机各螺旋桨转动情况，进行遥控器各通道设置检查。
	3.2 飞行测试	3.2.1 能在安全防护网内完成多旋翼无人机的平稳起降及悬停。
		3.2.2 能协助无人机飞行测试人员完成多旋翼无人机视距内飞行性能测试。

表 2 无人机组装与调试职业技能等级要求（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 工作前准备	1.1 装配图和接线图识读和分析	1.1.1 能识读多旋翼无人机或固定翼无人机总装配图、部件装配图。
		1.1.2 能识读多旋翼无人机或固定翼无人机配件清单。
		1.1.3 能识读无人机整机接线图及动力系统、飞控系统、任务载荷系统等各子系统的工作原理图、

工作领域	工作任务	职业技能要求
2. 组装与调试		接线图。
		1.1.4 能识读与飞行控制和导航相关的基础软件代码。
	1.2 工具、仪器及仪表选用	1.2.1 能根据工作内容，采用正确的防护措施，保证操作人员和设备的安全。
		1.2.2 能根据工作内容，合理选用和准备螺钉旋具、水口钳、电烙铁、万用表等组装调试用工具、仪器、仪表。
	1.3 配件选用	1.3.1 能根据配件清单检查多旋翼无人机或固定翼无人机机械零部件是否齐全。
		1.3.2 能检查多旋翼无人机或固定翼无人机机械零部件是否有破损、变形。
		1.3.3 能根据要求，合理选择电池、电机、电子调速器、螺旋桨等配件的型号规格。
		1.3.4 能检查电机、电子调速器等电子设备的质量是否符合要求。
		1.3.5 能合理选配任务载荷组件。
	2.1 无人机组装	2.1.1 能根据装配图，完成多旋翼无人机或固定翼无人机结构零部件的安装。
		2.1.2 能根据作业规范，使用电烙铁完成动力电源线及电子调速器与中心板、电机接线插头、飞控电路板扩展功能元器件等线路的焊接，并使用万用表检查电路是否接通。
		2.1.3 能根据组装作业流程，完成多旋翼无人机或固定翼无人机飞行控制器、接收机、电子调速器、电机等电子部件的安装。
		2.1.4 能依据作业规范，完成机械传动或液压传动系统的组装。
2.1.5 能完成云台、相机等任务载荷的安装和配重调整。		
2.1.6 能完成无人机的重心配平。		
2.2 无人机调试	2.2.1 能完成无人机参数调整软件、云台调试软件安装。	
	2.2.2 能完成遥控器设置并与接收机对频。	
	2.2.3 能使用飞行控制器参数调整软件，完成固件烧写、电机校准、电子调速器校准、接收机模式设置、遥控器校准、加速度计校准、陀螺仪校准等飞行控制参数的调试，完成指定功能代码的检查。	
	2.2.4 能完成云台、相机的调试。	

工作领域	工作任务	职业技能要求
		2.2.5 能完成地面站的调试。
3.飞行测试	3.1 地面测试	3.1.1 按照操作规范，能完成遥控器开机、无人机通电，确认无人机设备功能是否正常。
		3.1.2 能完成遥控器各通道设置检查。
		3.1.3 能完成云台、相机等任务载荷的测试。
	3.2 飞行测试	3.2.1 能协助无人机飞行测试人员完成无人机视距内飞行性能测试。
3.2.2 能协助无人机飞行测试人员完成无人机超视距飞行性能测试。		

表 3 无人机组装与调试职业技能等级要求（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1.工作前准备	1.1 装配图和接线图识读和分析	1.1.1 能识读多旋翼无人机或固定翼无人机（无人直升机）总装配图、部件装配图、零件图。
		1.1.2 能识读多旋翼无人机或固定翼无人机（无人直升机）配件清单。
		1.1.3 能识读无人机整机接线图。
		1.1.4 能识读无人机动力系统、飞控系统、传动系统、任务载荷系统等各子系统的工作原理图、接线图。
	1.2 工具、仪器及仪表选用	1.2.1 能根据工作内容，采用正确的防护措施，保证操作人员和设备的安全。
		1.2.2 能根据工作内容，合理选用和准备螺钉旋具、水口钳、电烙铁、万用表等组装调试用工具、仪器、仪表。
		1.2.3 能合理选用 3D 打印机、切割机、雕刻机等无人机零部件加工设备。
	1.3 配件测试	1.3.1 能根据配件清单检查多旋翼无人机或固定翼无人机（无人机直升机）机械零部件是否齐全。
		1.3.2 能检查多旋翼无人机或固定翼无人机（无人机直升机）机械零部件是否有破损、变形。
		1.3.3 能合理选择电池、电机、电子调速器、螺旋桨等电子设备的型号规格。
		1.3.4 能完成电池、电机等电子设备性能检测。
	2.组装与调试	2.1 无人机零件加工
2.1.2 能使用 3D 打印机、雕刻机、切割机等完成无人机机身、机臂等零件的加工制作。		

工作领域	工作任务	职业技能要求
	2.2 无人机组装	2.2.1 能根据装配图，完成多旋翼无人机或固定翼无人机（无人直升机）结构零部件的安装。
		2.2.2 能根据组装作业流程，完成多旋翼无人机或固定翼无人机（无人直升机）飞行控制器、接收机、电子调速器、电机等电子部件的安装。
		2.2.3 能完成机械传动或液压传动系统总成的装配。
		2.2.4 能完成云台、相机、植保喷洒系统等任务载荷的安装和配重调整。
	2.3 无人机调试	2.3.1 能使用飞行控制器参数调整软件，完成多旋翼无人机或固定翼无人机（无人直升机）固件烧写、电机校准、电子调速器校准、接收机模式设置、遥控器校准、加速度计校准、陀螺仪校准等飞行控制参数的调试。
		2.3.2 能完成指定功能代码的检查。
		2.3.3 能完成云台、相机、植保喷洒系统的调试。
3.测试	3.1 地面测试	3.1.1 按照操作规范，能完成遥控器开机、无人机通电，确认无人机设备功能是否正常。
		3.1.2 能完成遥控器各通道设置检查。
		3.1.3 能完成云台、相机、植保喷洒系统等任务载荷的测试。
		3.1.4 能依据操作规范，完成数据链路通信质量和传输性能的测试。
	3.2 飞行测试	3.2.1 能协助无人机飞行测试人员完成无人机视距内飞行性能测试。
		3.2.2 能协助无人机飞行测试人员完成无人机超视距飞行性能测试。

参考文献

- [1] ICAO-Doc 10019 Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)
- [2] AC-61-FS-2018-20R2 民用无人机驾驶员管理规定
- [3] AC-91-FS-2015-31 轻小民用无人机运行规定
- [4] T/AOPA 0008-2019 民用无人机驾驶员合格审定规则
- [5] GB/T 5171-2014 小功率电动机
- [6] GB/T 5465.2 电器设备用图形符号
- [7] GB/T 8366-2004 阻焊、电阻焊机、机械和电器要求（ISO 669:2000, MOD）
- [8] GB/T 16935-1997 低压系统内设备的绝缘配合
- [9] GB/T 15706.1-2007 机械安全 基本概念与设计通则
- [10] GB/T 16855.1-2008 机械安全 控制系统有关安全部件
- [11] GB/T 17799.2-2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验
- [12] 民用无人机通用技术标准
- [13] GJB-2347-1995 无人机通用规范
- [14] GJB-3060-1997 无人机电气系统通用规范
- [15] GJB-5434-2005 无人机系统通用要求
- [16] GJB-5435-2005 无人机系统飞行试验通用要求
- [17] GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语
- [18] 中等职业学校专业目录（2010年修订）
- [19] 普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录及专业简介（截至2018年）

[20] 普通高等学校本科专业目录（2012年）

[21] 职业教育专业目录（2021年）