ICS 03.080.20
CCS A16

T/JSCTS

江 苏 省 综 合 交 通 运 输 学 会 团 体 标 准

T/JSCTS XXXX—XXXX

多旋翼中小型无人机操控员培训指南

Training guide for small and medium-sized multi-rotor UA operators

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

江苏省综合交通运输学会　　发 布

目　　次

前言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　基本要求 2
4.1　培训目标 2
4.2　培训计划 2
4.3　培训方式 2
4.4　培训学时 2
5　培训条件 2
5.1　培训场所 2
5.2　培训对象 2
5.3　培训设备 3
5.4　培训人员 3
5.5　培训教材 3
6　培训内容 3
6.1　航空知识 3
6.2　飞行训练 5
6.3　无人机应用培训 6
7　结业考核 11
7.1　考核目的 11
7.2　考核方式 11
7.3　考核内容 11
7.4　考核流程 11
附录A（规范性）　无人机培训学时安排 13
附录B（规范性）　标准训练场地 15
附录C（资料性）　培训教材和教学参考资料 16
附录D（规范性）　应急情况处置方法 17
D.1　常见异常情况处置方法 17
D.2　无人机故障导致风险的处置方法 17
附录E（规范性）　无人机应急处置流程 19
E.1　紧急报告 19
E.2　现场处置 19
E.3　信息上报 19
E.4　应急处置 19
E.5　后期处置 19

参考文献.....20

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。

本文件由南京市浦口区市场监督管理局提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会民航分会归口。

本文件起草单位：南京市浦口区市场监督管理局、南京长空科技有限公司、南京大翼航空科技有限公司、南京鲲志智能科技有限公司、南京迈杰科信息技术有限公司、南京御龙航空科技有限责任公司、江苏智标标准认证有限公司、浦口高新技术产业开发区管理委员会、江苏天圭认证有限公司。

本文件主要起草人：马宏斌、田丽静、杨波、何留洋、黄节源、季鸿、王申、徐静、季嘉银、屈斌、于军、陈峰、丁剑锋、樊良才、邓吉亚蓝、许婷、石山、霍敏、魏俊杰。

多旋翼中小型无人机操控员培训指南

1 范围

本文件提供了多旋翼中小型无人机培训的基本要求、培训条件、培训内容及结业考核的建议。

本文件适用于低空经济产业多旋翼中小型无人机操控员培训。

2 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 7000.1-2015 灯具 第1部分：一般要求与试验

GB 7000.201-2008 灯具 第2-1部分：特殊要求 固定式通用灯具

GB 7000.202-2008 灯具 第2-2部分：特殊要求 嵌入式灯具

GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语

GB 50140-2005 建筑灭火器配置设计规范

GB 55037-2022 建筑防火通用规范

AC-61-FS-020R3 民用无人驾驶航空器操控员管理规定

CCAR-60-R1 飞行模拟训练设备管理和运行规则

IB-FS-OPS-011 民用无人驾驶航空器固定设施设备巡检标准场景

3 术语和定义

GB/T 38152界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机 unmanned aircraft

没有机载操控员操控，自备飞行控制系统，并由遥控台（站）管理的航空器。

3.2

操控员 operator

由运行人指派对无人机的操控负有必要职责并在飞行期间适时操控无人机的人。

3.3

小型无人机 small UA

空机重量大于4千克、最大起飞重量不超过25千克，具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力，全程可以随时人工介入操控的无人机，但不包括微型、轻型无人机。

3.4

中型无人机 medium-sized UA

空机重量大于15千克、最大起飞重量不超过150千克的无人机，但不包括微型、轻型、小型无人机。

3.5

多旋翼无人机 multi rotor UA

一种由三个或者更多旋翼(主要以偶数旋翼数量为主)构成的垂直起降型无人机，也称多轴无人机。

3.6

视距内运行 visual line of sight operations

简称VLOS，无人机操控员或无人机观测员与无人机保持直接目视视觉接触的范围内运行，且该范围为目视视距内半径不大于500米，人、机相对高度不大于120米。

3.7

超视距运行 beyond VLOS

简称BVLOS，无人机在除视距内运行以外的运行。

4 基本要求

4.1 培训目标

培养多旋翼无人机操控技能的复合型人才，为多旋翼无人机的广泛应用提供人才保障，促进行业的可持续发展。

4.2 培训计划

培训前宜做好教学计划，规定好教学内容、教学时长、课时划分等教学安排。

4.3 培训方式

4.3.1 多旋翼中小型无人机培训采用理论知识培训与实操飞行训练相结合的方式。
4.3.2 教员宜采用左手操控油门的操控方式进行教学。

4.4 培训学时

4.4.1 航空知识培训每学时不低于 45 分钟，视距内运行培训学时不宜低于 40 学时，超视距运行培训学时不宜低于 44 学时。
4.4.2 飞行训练每学时不低于 60 分钟，视距内运行训练学时不宜低于 44 学时，超视距运行训练学时不宜低于 56 学时。
4.4.3 多旋翼无人机应用培训不宜低于 66 学时，每学时不低于 45 分钟。
4.4.4 具体学时宜参照附录 A。

5 培训条件

5.1 培训场所

5.1.1 教室和训练室

5.1.1.1 教室及训练室的照明灯具宜符合 GB 7000.1、GB 7000.201、GB 7000.202 的要求。
5.1.1.2 教室及训练室的构造、装修等宜符合国家和当地政府关于建筑、卫生、应急等方面要求。
5.1.1.3 教室宜最少同时容纳 30 人。
5.1.1.4 宜配备无人机模拟飞行软件，提供安全、无风险的练习环境。
5.1.1.5 设置教室和训练室的建筑宜按 GB 55037 中 7.1 的要求建设安全疏散口。
5.1.1.6 设置教室和训练室的建筑宜按 GB 50140 中第 5 章和第 6 章的要求配置灭火器。

5.1.2 室外训练场

5.1.2.1 宜有足够的室外训练场，满足实际飞行训练的需求。训练场中标准场地的尺寸见附录 B。
5.1.2.2 室外训练场宜开阔、空旷、无障碍物妨碍飞行。
5.1.2.3 室外训练场宜包括起飞降落区、障碍物模拟区、紧急降落区等。
5.1.2.4 室外训练场宜配备完善的安全防护设施，如防护网、警示标识等，确保学员和周边人员安全。
5.1.2.5 室外训练场宜在位置明显、醒目、不妨碍训练的地点设置灭火器或消防栓，并设置消防供水设施，消防供水宜采用地下式消火栓供水，每个消火栓取水口宜不少于两个。
5.1.2.6 选择的场地宜符合空域管理规定。

5.2 培训对象

参与多旋翼中小型无人机培训的培训对象宜满足以下条件：
——年满 16 周岁，拥有初中及以上文化程度；
——遵纪守法，无不良行为，无犯罪记录、无吸毒史；
——身体健康，无传染性疾病、心脑血管及精神类疾病，肢体无残疾，无不良嗜好，无妨碍安全飞行的疾病；
——矫正视力宜达到 1.0 以上，且无色盲、色弱等视力问题。

5.3 培训设备

5.3.1 教学设备

宜配备模拟飞行设备、飞行设备（实机）、教学投影仪、电脑等教学工具，辅助学员进行理论学习和模拟操作。

5.3.2 无人机

5.3.2.1 培训所用无人机宜满足下列条件：

——所用无人机皆在中国民航系统进行实名制登记；

——宜满足所培训内容的作业要求。

5.3.2.2 培训所用无人机充电宜满足下列条件：

——使用专业充电器，充电设备宜保持在干燥，避免阳光直射和高温环境，不宜在封闭的空间或车辆内充电，以防止火灾或爆炸；

——在充电前检查电池是否完好，宜避免使用有破损、漏液、变形等问题的电池；

——无人机充电过程中需有专人看护，留意无人机充电器的充电时间，避免过充；

——充电时间宜控制在合理范围内，宜避免长时间充电导致电池过充，影响电池寿命；

——在充电和存放过程中，宜准备好灭火器等防火措施，以应对可能发生的火灾事故。

5.3.3 模拟飞行设备

5.3.3.1 模拟飞行设备一般分为下列几个部分：

——地面站；

——仿真软件；

——模拟操控设备；

——显示装置；

——主机设备。

5.3.3.2 教学中使用的模拟飞行设备最低要求宜符合《民用无人驾驶航空器操控员管理规定》及《飞行模拟训练设备管理和运行规则》。

5.4 培训人员

5.4.1 宜具备管理人员、理论知识教员及飞行训练教员。

5.4.2 飞行教员宜具有相关执照，符合所培训专业课程中规定的最低资格要求。

5.5 培训教材

培训过程中选择使用的教材和教学参考材料宜符合附录C的要求。

6 培训内容

6.1 航空知识

6.1.1 航空法

6.1.1.1 培训过程中宜为学员解读民用无人机操控员管理和民用无人机运行有关的中国民用航空规章。

6.1.1.2 教员宜指导学员学习空中规则并进行解读。

6.1.1.3 宜使学员了解空域管理和飞行管制，了解申报飞行空域的流程及方法。

6.1.2 无人机一般知识

6.1.2.1 使学员基本了解无人机的定义、分类及发展历史。

6.1.2.2 教员宜讲解多旋翼无人机的机体结构。

6.1.2.3 了解多旋翼无人机的应用场景。

6.1.2.4 教授学员无人机基本校准知识，包括但不限于：

——指南针校准；

——加速度计校准。

6.1.2.5 宜让学员了解多旋翼无人机的主要系统的基础知识，包括但不限于以下内容：

——导航；

——飞控；

——动力；

——机械

——链路；

——电气。

6.1.3 飞行性能、计划和装载

6.1.3.1 使学员了解无人机载荷及重量分布对飞行特性的影响，掌握重量和平衡计算能力。

6.1.3.2 使学员了解多旋翼无人机起飞、着陆和其他性能数据的使用与实际运用。

6.1.3.3 使学员了解按照视距内飞行规则无人机运行的飞行前准备和航路飞行计划。

6.1.3.4 了解空中交通服务飞行计划的准备和申报。

6.1.3.5 使学员了解相应的空中交通服务措施和程序。

6.1.3.6 使学员了解并掌握位置报告程序。

6.1.3.7 使学员掌握无人机交通密集区的运行。

6.1.4 人的行为能力

教学内容包括了解威胁与差错管理的原则。

6.1.5 气象学

6.1.5.1 让学员掌握初级航空气象学的应用。

6.1.5.2 宜让学员学习不同的气象条件，锋面、气团和危险天气现象等航空气象知识。

6.1.5.3 宜掌握在地面辨识各种危险天气的能力。

6.1.5.4 宜熟悉如何避免风切变。

6.1.5.5 宜指导学员掌握在复杂特殊气象条件下的安全飞行与着陆。

6.1.5.6 学员宜了解气象资料的使用和获得气象资料的程序。

6.1.6 操作程序

6.1.6.1 使学员能够在运行效绩方面运用威胁与差错管理。

6.1.6.2 使学员掌握适当的预防程序和应急程序的操作，包括为避让危险天气、尾流和其他运行危险所采取的行动。

6.1.6.3 使学员了解多旋翼无人机的结构和性能，掌握飞行操作基本技术。

6.1.6.4 教员宜动手示范连接链路设备，通过示范，学员宜学会连接相关的链路设备。

6.1.6.5 学员宜基本掌握无人机平台各种设备终端的操作方法，可独立进行各个设备系统的应用。

6.1.7 飞行原理

6.1.7.1 教学机动飞行中的空气动力学原理和影响无人机稳定性的因素。

6.1.7.2 学员宜掌握多旋翼无人机部分动力失效后的控制重构。

6.1.7.3 熟练多旋翼无人机的飞行原理及性能。

6.1.7.4 了解无人机主要飞行阶段基本控制规律：

——无人机常用控制模式；

——无人机控制权限切换方式。

6.1.8 无线电通话

6.1.8.1 教员宜讲解中小型无人机飞行规则运行的通信程序和用语。

6.1.8.2 教学遇通信故障时采取的行动。

6.1.9 应急程序

6.1.9.1 应急程序包括以下内容：

——飞行平台操纵系统故障；

——动力系统故障；

——数据链路故障；

——地面站故障；

——迫降或应急回收。

6.1.9.2 培训学员多旋翼无人机各种应急情况处置方法（见附录D）。

6.1.9.3 教员宜参照附录E教授学员应急处置流程，包括但不限于：

——紧急报告；

——现场处置；

——信息上报；

——应急处置；

——后期处置。

6.1.9.4 培训过程中宜组织学员预案演练，预案演练包括但不限于：

——无人机失控、故障等突发情况的应急处置；

——无人机与地面设施或人员发生碰撞的应急处置；

——无人机非法侵入敏感区域的应急处置。

6.1.10 日常维护

6.1.10.1 日常收纳宜采用箱式收纳的保护措施，收纳箱宜有一定的抗压、抗震、抗碰撞强度，有较好的防潮、防尘、防腐性能，箱内宜有根据飞行器的形状制作的定位隔断模块，确保安放有序，使用便捷，在各种状态都不发生部件之间的挤压碰撞。

6.1.10.2 培训机构在飞行训练之后宜对无人机进行全面检查，确保状态完好。

6.1.10.3 向学员教授多旋翼无人机的日常维护和保养知识，包括但不限于：

——无人机充、放电常识；

——无人机清洁；

——螺旋桨检查；

——电池维护；

——故障诊断；

——固件升级。

6.2 飞行训练

6.2.1 训练内容

6.2.1.1 实践飞行训练宜包括以下课目训练：

——模拟飞行；

——无人机的拆装、维护、维修和保养；

——地面站设置与飞行前准备；

——起飞与降落训练；

——本场带飞；

——本场单飞；

——紧急情况下的操纵与指挥。

6.2.1.2 培训机构教员宜保证学员至少接受以下地面与飞行训练：

——多旋翼无人机的飞行与养护；

——电池的充电与保养；

——悬停，包括无人机平台正前方朝向不同方向时的悬停；

——以所需最小动力起飞和着陆，最大性能起飞和着陆；

——模拟单个动力轴动力失效时的应急操纵程序；

——动力侧滚翻转和其他操作危险；

——视距内机动飞行；

——航线飞行的操控与注意事项。

6.2.2 时长要求

6.2.2.1 视距内运行宜具有操纵有动力的多旋翼小型无人机或中型无人机至少 44 小时的飞行经历时间；超视距运行宜具有至少 56 小时的飞行经历时间。

6.2.2.2 多旋翼无人机学员宜接受教员不少于 10 小时的带飞训练，不少于 5 小时的单飞训练，计入操控员飞行经历的飞行模拟训练时间不多于 22 小时。

6.2.2.3 超视距运行宜接受教员不少于 3 小时的地面站超视距带飞训练，以及 1 小时的地面站超视距单飞训练。

6.3 无人机应用培训

6.3.1 应用

多旋翼无人机的应用培训包括但不限于以下应用：

——航拍；

——消防；

——巡检；

——植保；

——测绘；

——物流运输。

6.3.2 航拍

6.3.2.1 设置航拍技巧课程，教学以下内容：

——摄影基础知识；

——参数设定；

——智能航拍功能实操练习；

——航拍视频运镜手法。

6.3.2.2 介绍多旋翼无人机有效续航时间、实用升限及飞行精度。

6.3.2.3 教员宜教授航拍过程操作流程，包括但不限于以下内容：

a) 飞行准备：
   - 无人机充电，确保无人机和遥控器电量充足；
   - 检查无人机安全性能；
   - 检查航向及飞行模式设置；
   - 环境检查；
   - 航拍计划制定。

b) 飞行作业：
   - 拍摄技巧；
   - 安全操作流程；
   - 特殊场景拍摄。

c) 降落后：
   - 检查影像数据完整性；
   - 影像质量检查；
   - 航拍文件及数据处理。

6.3.3 消防

6.3.3.1 化工场景

多旋翼中小型无人机在化工事故灾害现场应用的教学内容宜包括应用流程及对应的规范操作：

d) 前期：无人机进行侦察，从高空全方位感知事故现场态势，观察火情；

e) 中期：利用搭载热成像相机的无人机对相关装置进行测温和看护；

f） 后期：现场观察，并用无人机三维建模技术对火灾现场进行数据收集，形成系统完整的认定火灾起火原因的证据链条，观察事项如下：
- 观察天气情况；
- 确保安全飞行高度；
- 选择空旷的作业地点。

6.3.3.2 交通事故

无人机在交通事故场景应用的教学内容宜包括但不限于以下内容：

a） 飞行准备：
- 对于不同交通事故场景的装备选型；
- 飞行区域的安全性评估；
- 无人机状态检查。

b） 飞行作业：
- 现场勘察技术要点及注意事项；
- 安全规范操作流程；
- 事故现场三维重建；
- 检测桥梁、道路等的裂缝、腐蚀和结构缺陷，排除隐患；
- 数据及时传输。

c） 后续处理：对数据进行处理分析。

6.3.3.3 森林火灾

无人机在森林火灾场景应用的教学内容宜包括但不限于以下内容：

a） 飞行准备：
- 机型选择需考虑的因素；
- 森林火灾救援中涉及无人机限高解禁，宜教授解禁方法及所需材料；
- 装载灭火装置；
- 制定飞行计划。

b） 飞行作业：
- 无人机强风作业注意事项；
- 安全规范操作；
- 火情勘查及监测；
- 数据收集与传输；
- 余火勘察，识别复燃点。

c） 作业后：
- 评估灭火效果；
- 无人机勘测报告。

6.3.3.4 高层建筑火灾

6.3.3.4.1 对于高层建筑火灾扑救场景，教学内容宜包括但不限于以下内容：

a） 飞行准备：
- 装备选型；
- 路线规划。

b） 飞行作业：
- 安全飞行操作；
- 现场勘察火情勘测；
- 数据收集与传输；
- 执行灭火作业；
- 持续监控与评估；
- 辅助救援工作。

c） 飞行作业后：无人机的保养和维护。

6.3.3.4.2 教学过程中宜讲解城区飞行安全注意事项：

- 合理选择信道；
- 城市作业安全距离把控；
- 楼宇间飞行注意事项；
- 夜间飞行注意事项。

6.3.3.5 人员搜救

无人机在人员搜救场景应用的教学内容宜包括但不限于以下内容：

a) 飞行准备：
   - 装备选型；
   - 勘察现场环境；
   - 现场风险评估；
   - 确定搜救人员
b) 飞行作业：
   - “之”字形搜索、“8”字形搜索等多种搜索方式；
   - 救援物品投放；
   - 同步推送信息；
   - 激光原理及使用；
   - 主副控功能的应用；
   - 高空喊话及引导；
   - 图像处理与信息回传；
   - 夜间及特殊环境作业注意事项。
c) 作业后：无人机的撤离、保养和维护。

6.3.3.6 自然灾害

无人机在自然灾害场景应用的教学内容宜包括但不限于以下内容：

a) 飞行准备：
   - 根据灾害类型和需求选择机型；
   - 制定无人机飞行路线和任务载荷配置。
b) 飞行作业：
   - 现场侦察；
   - 数据收集与传输；
   - 生命探测及搜救；
   - 物资输送；
   - 环境监测和预警；
   - 灾后评估重建。
c) 作业后：
   - 数据处理；
   - 无人机的保养、维护。

6.3.4 巡检

6.3.4.1 通则

6.3.4.1.1 根据不同巡检工作需求，教授不同负载的使用方法。

6.3.4.1.2 教授不同巡检工作的环境及人员要求。

6.3.4.1.3 教授多旋翼无人机巡检作业安全事项及措施。

6.3.4.1.4 教学巡检工作的流程及操作规范，包括但不限于以下事项：

a) 飞行准备
   - 巡检方案制定；
   - 准备工作。

b） 飞行作业
- 飞行要求；
- 设备故障处置；
- 突发事件处置。

c） 数据采集：
- 图像采集与信号传输；
- 不同巡检工作数据采集方式方法；
- 巡检内容。

d） 数据处理：
- 数据类型；
- 数据处理方法；
- 数据保存与备份。

6.3.4.1.5 培训内容宜参照《民用无人驾驶航空器固定设施设备巡检标准场景》附件 3 执行。

6.3.4.2 输电线路巡检

针对输电线路的巡检培训宜包括以下内容：

a） 巡检常见问题处理；
b） 隐藏飞行安全的各因素认知；
c） 输电线路基础知识；
d） 输电线路巡检技术：
- 设备缺陷的分类及处理；
- 故障巡检；
- 日常巡检；
- 精细化巡检；
- 线路验收；
- 输电线路无人机红外测温。

6.3.4.3 道路巡检

针对道路及桥梁等设施的巡检培训内容还宜包括以下内容：

a） 道路交通安全知识；
b） 安全作业环境选取；
c） 工作范围内的危险因素及防范措施；
d） 事故紧急处理措施；
e） 无人机维护与保养。

6.3.4.4 油气巡检

针对油气等管道巡检的培训内容宜包括以下内容：

a） 夜间巡检技能；
b） 模拟现场教学；
c） 基础飞行与功能使用：
- 避障飞行；
- 异地起降；
- 超视距图像采集；
- 航线规划；
- 管道正射影像重建。

6.3.5 植保

6.3.5.1 教授植保作业区域及环境的勘察方式及要求。

6.3.5.2 使学员了解农业植保多旋翼无人机各部件名称及其作用

6.3.5.3 教学多旋翼无人机植保作业的一般流程及操作规范。包括但不限于以下事项：

a) 作业前准备：
- 作业规划；
- 安全防护；
- 机具安全检查；
- 航线控制。

b) 施药作业：
- 安全操作流程；
- 作业防护；
- 停机检查；
- 作业记录；
- 作业后的现场清理。

c) 维护保养：
- 常规保养；
- 入库保养。

6.3.5.4 让学员熟悉农药相关的基础知识，包括但不限于：

——处理有毒药品的知识及要领和正确处理使用过的有毒药品容器的办法；

——农药等化学药品对植物、动物和人员的影响和作用；

——人体中毒后的症状及紧急处理措施。

6.3.6 测绘

6.3.6.1 无人机测绘应用培训包括但不限于以下内容：

a) 理论学习：
- 基础知识；
- 外业数据采集注意事项；
- 设备的使用。

b) 线下实操训练：
- 手动航测作业；
- 环绕数据采集；
- 异地紧急降落。

6.3.6.2 教员宣使学员了解测绘的装备，包括以下内容：

——无人机；

——电脑；

——软件配置；

——附属装备。

6.3.6.3 教学多旋翼无人机测绘作业的一般流程及操作规范，包括但不限于以下内容：

a) 作业前准备：
- 方案设计。

b) 数据获取：
- 飞行计划；
- 应急预案。
- 工作区域数据。

c) 数据处理：
- 不同影像的处置方式。

d) 数据分析：
- 信息提取与分析；
- 专题图编制；
- 报告编制。

e) 成果提供：
- 不同类型的成果提供；

- 策略资料交接。

f) 响应终止：
- 作业结束。

g) 整理和归档。

6.3.7 物流运输

6.3.7.1 教员宜让学员熟练掌握获取无人机、配送货物、环境、飞行状态等基本信息的方式。

6.3.7.2 教学多旋翼物流运输作业的一般流程，包括但不限于以下内容：

a) 作业前准备：
- 联系；
- 货物检查；
- 违禁处理。

b) 交发：
- 指定交接场地；
- 货物检查；
- 办理交接；

c) 装载：
- 货物称重、配载；
- 牢固性、相容性检查。

d) 运输：
- 获得飞行许可；
- 飞行前检查；
- 数据实时监控；
- 突发事件处理。

e) 接收：
- 卸货，移送交接场地；
- 核对、分拣和存储；
- 交付。

7 结业考核

7.1 考核目的

强化理论知识，纠正以往错误，为无人机系统操控员执照考试做准备。

7.2 考核方式

实践飞行训练考核采用实际飞行操作方式进行考核，飞行后进行评估，确保学员达到《民用无人驾驶航空器操控员管理规定》中多旋翼级别中小型无人机颁发执照的条件。

7.3 考核内容

考核内容为第6章所有内容。

7.4 考核流程

超视距运行考核宜按以下流程：

a) 理论知识；

b) 综合问答；

c) 飞行前检查；

d) 外场飞行：

1) 起飞；

2) 定点 360 度自旋；

3) 水平“8”字绕飞；
4) 降落；

e) 地面站任务航线规划；
f) 盲飞返航操作。

注：e）以及f）项视距内运行无需考核。

附 录 A
（规范性）
无人机培训学时安排

表A.1给出了多旋翼中小型无人机培训的学时安排。

表A.1 无人机培训学时安排

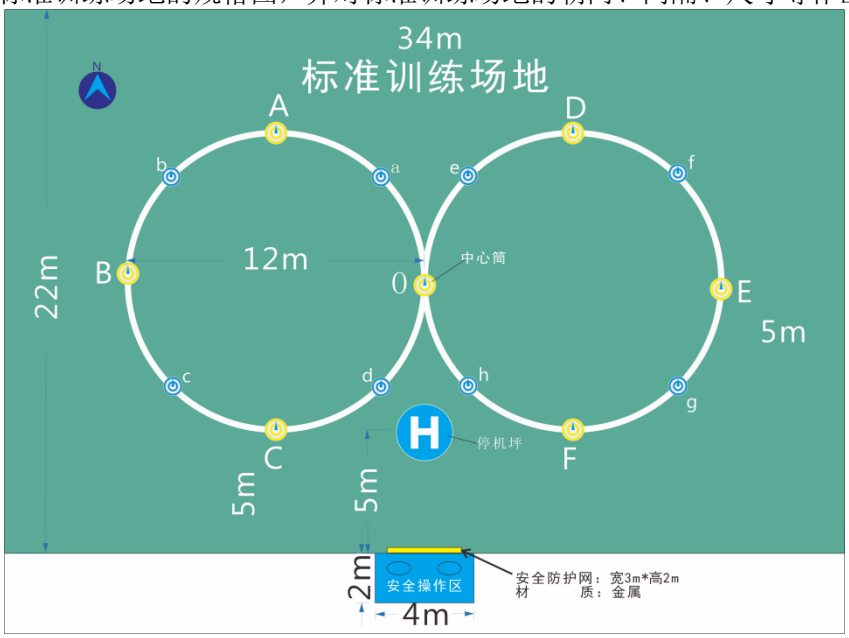
序号	分类	课程	内容	学时（视距内/超视距）
1	航空知识	航空法	（1）民用无人机操控员管理和民用无人机运行有关的中国民用航空规章。	6/6
2			（2）空中规则。	
3			（3）相应的空中交通服务措施和程序。	
4		无人机的一般知识	（1）航空器机体结构。	4/4
5			（2）无人机主要系统包括，导航、飞控、动力、链路和电气等基础知识。	
6		飞行性能、计划和装载	（1）载荷及重量分布对飞行特性的影响，重量和平衡计算。	6/6
7			（2）起飞、着陆和其他性能数据的使用与实际运用。	
8			（3）适合于按照视距内飞行规则无人机运行的飞行前准备和航路飞行计划。	
9			（4）空中交通服务飞行计划的准备和申报。	
10			（5）相应的空中交通服务程序。	
11			（6）位置报告程序。	
12			（7）交通密集区的运行。	
13		人的行为能力	包括威胁与差错管理的原则。	1/1
14		气象学	（1）初级航空气象学的应用。	6/6
15			（2）气象资料的使用和获得气象资料的程序。	
16			（3）危险气象条件。	
17		操作程序	（1）在运行效绩方面运用威胁与差错管理。	4/4
18			（2）适当的预防程序和应急程序，包括为避让危险天气、尾流和其	
19		飞行原理	（1）空气动力学基础。	6/6
20			（2）无人机主要飞行阶段基本控制律： （i）无人机常用控制模式； （ii）无人机控制权限切换方式。	
21			（3）多旋翼：多旋翼无人机部分动力失效后的控制重构。	
22		无线电通话	（1）适用于小型无人机飞行规则运行的通信程序和用语。	2/6
23			（2）如遇通信故障应采取的行动。	
24		应急程序	包括飞行平台操纵系统故障、动力系统故障、数据 链路故障、地面站故障及迫降或应急回收。	3/3
25		日常维护	包括无人机的存储、日常保养和清洁等。	2/2
26	操控技能	飞行训练	（1）识别并且管理威胁和差错。	2/2
27			（2）旋翼及螺旋桨动力切换故障处理或传动装置和互连式传动轴故障处理。	3/3
28			（3）正常及侧风起飞和着陆。	9/9
29			（4）以临界小速度机动飞行，对小速度大下降率状态的判断和改出（自转旋翼机级别适用）。	
30			（5）悬停，包括无人机平台正前方朝向不同方向时的悬停。	6/8
31			（6）以所需最小动力起飞和着陆，最大性能起飞和着陆。	4/4
32			（7）应急操作，包括模拟的飞机设备故障。	6/8
33			（8）模拟单个动力轴动力失效时的应急操纵程序。	
34			（9）动力侧滚翻转和其他操作危险。	6/6

表A.1　无人机培训学时安排（续）

序号	分类	课程	内容	学时（视距内/超视距）
35	操控技能	飞行训练	（10）视距内机动飞行。	8/8
36			（11）地面站设置与飞行前准备	0/8

附 录 B
（规范性）
标准训练场地

下面给出了标准训练场地的规格图，并对标准训练场地的朝向、间隔、尺寸等作出说明。



图B.1 标准训练场地图

注：1.图中“ ”为桩筒，如图所示“0”为中心筒，“0\A\B\C\D\E\F”桩筒高度90cm，“a\b\c\d\e\f\g\h”桩筒高度60cm。
2.白色圆圈为标准8字飞行路径，直径12米。
3.停机坪位于中心筒“0”正后方，距安全防护装置应不小于5米的安全距离。
4.操作安全防护网装置为金属材质，应以可靠方式固定在地面上，牢固、不可移动。防护网离地130cm以上可设“高40cm×宽150cm”规格的飞行观察窗。
5.一般训练场地以东西向为佳，安全操作区应设置于飞行区域南侧。
6.标准训练场地地面以平整、无明显坡度的草坪或硬化地面为佳。
7.标准训练场地周围应安装不低于2m的安全防护栏，以保障飞行训练期间有人误入飞行场地。
8.标准训练场地相互之间间隔一般不应小于10m；如受限于场地规划，可适当进行调整，但原则上，左边场地的E桩筒与另一个场地的B桩筒之间不小于8m的距离。

附 录 C
（资料性）
培训教材和教学参考资料

表C.1给出了多旋翼无人机培训过程中可选择使用的教材和教学参考资料。

表C.1 培训教材和教学参考资料

序号	编号	教材和教学参考资料
1		民用无人机驾驶员航空知识手册
2		无人飞行器概论
3	CCAR-61-R4	民用航空器驾驶员和地面教员合格审定规则
4	CCAR-91R2	一般运行和飞行规则
5	AC-61-FS-2018-20R2	民用无人机驾驶员管理规定
6	AC-90-FS-2015-31	轻小无人机运行规定（试行）
7	AP-45-AA-2017-03	民用无人航空器实名制登记管理规定
8	MD-TM-2016-004	《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》
9	MD-TR-2018-01	《民用无人驾驶航空器经营性飞行活动管理办法（暂行）》
10		无人机使用说明书或手册

附 录 D
（规范性）
应急情况处置方法

D.1 常见异常情况处置方法

多旋翼中小型无人机的常见异常情况处置方法宜参照表D.1。

表D.1 常见异常情况处置方法

序号	常见情况	处置方法
1	降落时姿态不稳导致坠地	进行无人机紧急停机
2	视距内运行撞击障碍物	进行无人机紧急停机
3	磁罗盘数据错误	通过图传信号实时判断无人机位置，控制无人机远离铁塔、高压线等干扰
4	远离干扰源后依然提示磁罗盘错误	退出GPS模式，使用姿态模式返航
5	飞行时软件提示遥控（图传）信号弱	检查无人机图传信道，更换到干扰较少的信道
6	超视距运行时图传信号丢失	调整天线，使天线信号最强面朝向无人机
7	超视距运行时失控坠落	进行紧急停机之后，查看地面站飞行无人机轨迹，确定无人机位置进行寻找
8	低电量降落时无人机下方不适合降落	向上推动油门杆，使无人机短时间内停止下降，同时操控无人机前往适合降落的地点（此操作要时刻注意无人机电量避免断电坠机）
9	电机堵转	先卸除桨叶，晃动机身检查内部是否有零件松脱，后在电机空载的情况下，手扭电机检查有无卡顿现象。启动电机后，反复使电机提速监听是否有异常响声
10	无人机运行过程中震动较大	卸除桨叶后，启动无人机使电机转动，检查是否有电机出现异常震动

D.2 无人机故障导致风险的处置方法

根据表D.2中无人机故障导致风险的严重性和可能性，采取相对应的措施。针对多个故障同时出现或先后出现的现象，通过编制故障处置顺序流程，以明确故障处置的优先级。

表D.2 无人机故障导致风险的处置方法

处置层级	故障严重性说明	故障内容	处置方法
I（灾难的）	人员死亡或系统报废	如：导航失效、滑油压力告警、姿态信息完全失效等	应急处置：如果无人机在空中因姿态异常可能导致失控坠机时，飞控机会直接发出停车信号，控制发动机停车，并触发开伞保护。 导航失效：当GPS信号受到干扰或遮挡时，无人机将自动切换到姿态模式或视觉定位，此时应轻微调整摇杆保持飞行器稳定飞行，尽快离开干扰或遮挡区域。 通信信号丢失：如果无人机与遥控器之间的通信中断，应尝试重新建立信号连接或利用无人机预设的自动返航功能，将其带回安全的起飞点。 姿态信息完全失效：保持冷静与分析，在姿态信息完全失效时，首先要保持冷静，迅速分析故障的性质和无人机的当前状态，尝试恢复控制。 选择安全降落地点：选择一个开阔且安全的降落地点，确保地面平坦且没有障碍物，以防无人机在降落时倾倒或受损。

处置层级	故障严重性说明	故障内容	处置方法
II（严重的）	人员严重受伤、严重职业病或系统严重损坏	如：飞行管理分系统接收发动机数据通讯故障等	检查通信链路：首先检查无人机与地面控制站之间的通信链路是否正常，包括无线电频率、信号强度等，确保通信链路畅通无阻。 检查数据链路：检查无人机内部的数据链路，包括传感器、传输线路和接口，确保数据能够正确传输。 故障诊断程序：利用无人机内置的故障诊断程序，对发动机数据通讯故障进行自动诊断，并根据诊断结果进行相应的处理。 应急处置程序：如果通讯故障无法立即解决，无人机应启动预设的应急处置程序，如自动返航或飞向指定区域，以确保无人机安全。 地面控制干预：在必要时，地面控制站可以通过手动或遥控方式介入，进行应急处置，如控制无人机返航、开伞或释放气囊等。
III（轻度的）	人员轻度受伤、轻度职业病或系统轻度损坏	如：光电装置故障、液冷装置故障等	无人机光电装置故障处理办法：起飞前首先检查摄像头镜头是否清洁、有无遮挡或损坏。如果镜头脏污，应进行清洁；如果损坏，则需要更换。 检查连接线缆：确保摄像头的连接线缆完好无损，连接正确。损坏的线缆需要更换。 检查供电情况：确认摄像头的供电是否正常，检查电源线路和电池状态，必要时更换电池或修复供电线路。 检查信号传输系统：如果图像无法传输，检查天线是否损坏、信号接收设备是否工作正常，并调整天线角度以提高信号质量。 软件诊断：利用飞控软件查看飞行日志、错误代码，分析故障原因，并进行相应的软件修复或固件升级。 无人机液冷装置故障处理办法：起飞前对液冷系统中的低液位告警器、污染告警器、出口压力传感器、出口温度传感器等进行检查，确保它们工作正常。 诊断液冷组件状态：起飞前进行液冷组件污染状态诊断和低液位诊断，确定是否正常或需要更换过滤器、补充载冷剂。 响应控制指令：起飞前根据综检、链路或飞控的控制指令，启动或停止液冷系统，并监控液冷系统的运行状态和告警信号。 自动处置不同故障：针对不同的故障，液冷系统能够自动进行处置，如记录故障、停止运行或重启等。 检查电动泵和管路：起飞前检查电动泵是否工作正常，管路是否有泄漏或堵塞，必要时进行维修或更换。 系统上电工作检查：系统上电后，检查低温载冷剂是否正常流经任务设备冷板进行热交换，以及高温载冷剂是否正常流经燃油换热器和蒙皮换热器进行热量释放。
IV（轻微的）	轻于III级的损伤	如：任务数据记录设备故障等	起飞前进行机械结构、通信链路、供电情况等进行全面检查。

附 录 E
（规范性）
无人机应急处置流程

E.1 紧急报告

E.1.1 事故发生后，现场人员需立即向无人机应急处置指挥部报告。

E.1.2 无人机应急处置指挥部接到报告后，立即启动应急预案。

E.2 现场处置

E.2.1 现场处置组迅速到达现场，了解事故情况，制定处置方案。

E.2.2 根据事故情况，采取以下措施：

——无人机失控：立即启动无人机反制系统，将无人机控制权夺回；
——无人机故障：关闭无人机电源，防止事故扩大；
——无人机与地面设施或人员发生碰撞：立即组织人员疏散，确保人员安全；
——无人机非法侵入敏感区域：立即启动无人机反制系统，将无人机驱逐出敏感区域。

E.3 信息上报

E.3.1 信息联络组收集、整理事故信息，及时上报无人机应急处置指挥部。

E.3.2 无人机应急处置指挥部将事故信息上报上级主管部门。

E.4 应急处置

E.4.1 根据事故情况，无人机应急处置指挥部指挥现场处置组进行应急处置。

E.4.2 现场处置组采取以下措施：

——无人机失控：恢复无人机控制权，确保无人机安全降落；
——无人机故障：修复无人机故障，恢复正常运行；
——无人机与地面设施或人员发生碰撞：对受损设施进行修复，确保人员安全；
——无人机非法侵入敏感区域：加强安全巡逻，防止无人机再次非法侵入。

E.5 后期处置

E.5.1 无人机应急处置指挥部组织相关部门对事故进行调查、分析，总结经验教训。

E.5.2 对相关责任人进行责任追究。

E.5.3 完善无人机运行管理制度，提高无人机运行安全性。

参 考 文 献

[1] MH/T 7015-2007 民用航空运输机场飞行区消防设施
[2] DB 32/T 4259-2021 植保无人机 安全作业技术规范
[3] DB 32/T 310022-2024 长大桥梁无人机巡检作业技术规程
[4] AC-61-FS-020R3 民用无人驾驶航空器操控员管理规定
[5] T/CATAGS 6-2020 轻小型无人机技术标准（UTC）驾驶员培训考核体系基本要求
[6] T/AOPA 0006-2020 民用无人机驾驶员合格评定规则
[7] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例.国令第761号