

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 2021—2026

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员训练要求

Training requirements for remote pilot of small and medium civil unmanned aircraft

2026-08-04 发布

2026-09-01 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 航空知识训练	1
5.1 通用要求	1
5.2 通用知识	1
5.3 飞机类别等级	9
5.4 直升机级别等级	11
5.5 多旋翼级别等级	14
5.6 动力升空器类别等级	15
6 操控技能训练	18
6.1 通用要求	18
6.2 飞机类别等级	18
6.3 直升机级别等级	18
6.4 多旋翼级别等级	19
6.5 动力升空器类别等级	19
7 教员等级训练	20
7.1 通用要求	20
7.2 训练要求	20
附录 A （规范性） 小型、中型民用无人驾驶航空器操控员航空知识训练内容及学时	21
附录 B （规范性） 小型、中型民用无人驾驶航空器操控员操控技能训练内容及学时	22
附录 C （规范性） 小型、中型民用无人驾驶航空器操控员教员等级训练内容及学时	23
参考文献	24

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。

本文件由中国民用航空局飞行标准司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民航科学技术研究院。

本文件主要起草人：张正娟、李鲁婉、孙龙妮、杜鹏、郑志刚、沈洋。

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员训练要求

1 范围

本文件规定了小型、中型民用无人驾驶航空器操控员的航空知识、操控技能和教员等级的训练要求。

本文件适用于小型、中型民用无人驾驶航空器飞机类别等级、直升机级别等级、多旋翼级别等级、动力升空器类别等级训练。轻型民用无人驾驶航空器在管制空域运行的训练可参照使用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

C2: 指挥和控制 (Command and Control)

DAA: 探测和避让 (Detect and Avoid)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

5 航空知识训练

5.1 通用要求

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员（以下简称“操控员”）应掌握民用无人驾驶航空器（以下简称“无人机”）系统的通用知识和相应的类别级别等级知识，并完成附录A规定的航空知识训练内容及学时。

5.2 通用知识

5.2.1 航空法规

5.2.1.1 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 总则；
- b) 航空器及操控员管理；
- c) 空域和飞行活动管理；
- d) 监督管理和应急处置；
- e) 法律责任；
- f) 附则。

5.2.1.2 国家空域基础分类方法

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 适用范围；
- b) 划设类别；
- c) 有关要求。

5.2.1.3 一般运行和飞行规则

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 气压高度；
- b) 禁止鲁莽的操作。

5.2.1.4 民用无人驾驶航空器运行安全管理规则

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 总则；
- b) 操控员管理；
- c) 登记管理；
- d) 适航管理；
- e) 空中交通管理；
- f) 运行管理；
- g) 法律责任。

5.2.1.5 民用无人驾驶航空器事件信息管理办法

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 总则；
- b) 事件信息报告，内容包括无人机紧急事件、无人机非紧急事件、如何判断是否属于非紧急事件、紧急事件报告规定流程等；
- c) 附则。

5.2.1.6 民用无人驾驶航空器操控员执照考试管理办法

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 总则；
- b) 理论考试的组织和实施；
- c) 实践考试的组织与实施；
- d) 附则。

5.2.1.7 民用无人驾驶航空器操控员执照考试点管理办法

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 总则；
- b) 考试点的组织管理；
- c) 附则。

5.2.1.8 民用无人驾驶航空器操控员执照考试委任代表管理办法

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 总则；
- b) 委任代表职责要求；
- c) 委任代表的任期及终止；
- d) 附则。

5.2.2 一般知识

5.2.2.1 无人机系统

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机的类别等级。
- b) 动力装置，内容包括：
 - 1) 电池或燃料系统；
 - 2) 各类别级别等级工作原理及其功能。

- c) 各类别级别等级无人机系统的使用限制、飞行手册或其他相应文件中的有关操作资料。
- d) 无人机设备和系统的使用及可用性检查。
- e) 适合于无人机机体、系统和动力装置的维修维护。
- f) 无人机结构强度，内容包括：
 - 1) 结构；
 - 2) 疲劳强度。

5.2.2.2 遥控台（站）

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 无人机系统遥控台（站）分类；
- b) 无人机系统遥控台（站）显示系统；
- c) 无人机系统遥控台（站）操控系统。

5.2.2.3 C2 链路

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 遥控指令数据链路，内容包括：
 - 1) 链路保护；
 - 2) 电磁兼容。
- b) 载荷数据链路。
- c) 状态信息和图像传输链路。

5.2.2.4 无人机的探测和规避性能

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 飞行情报的获取与碰撞风险信息的解读；
- b) 无人机飞行避让程序。

5.2.3 飞行性能、飞行计划与装载

5.2.3.1 飞行性能

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 国际标准大气；
- b) 密度高度；
- c) 起飞和爬升性能；
- d) 坡度，速度与转弯半径；
- e) 续航时间；
- f) 着陆性能；
- g) 影响性能的因素；
- h) 根据飞行手册计算性能。

5.2.3.2 飞行计划

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 视距内飞行的飞行计划，内容包括：
 - 1) 任务边界与场地勘测；
 - 2) 空域与环境评估；
 - 3) 操作程序的确定，任务时长；
 - 4) 应急处置预案的制定。
- b) 超视距飞行的飞行计划，内容包括：
 - 1) 任务规划与空域分析；
 - 2) C2 链路及通讯规划；
 - 3) 空域与环境评估；

- 4) 超视距飞行时探测和规避性能可用性的确定;
- 5) 根据能量储备, 确定操作计划;
- 6) 失控保护程序的确定;
- 7) 应急处置预案制定。
- c) 仪表飞行规则运行的飞行计划(如适用), 内容包括:
 - 1) 飞行前准备和航路飞行计划;
 - 2) 空中交通服务飞行计划的准备和提交;
 - 3) 相应的空中交通服务程序;
 - 4) 高度表拨正程序。

5.2.3.3 装载

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 重量及其限制, 超载的后果;
- b) 重心及其限制, 超过重心限制的后果;
- c) 稳定性和影响稳定性的因素;
- d) 载荷因素;
- e) 外部载荷对性能及稳定性的影响;
- f) 根据飞行手册计算重量与平衡。

5.2.4 人的行为能力

5.2.4.1 人为因素

操控员应掌握人为因素相关知识。

5.2.4.2 威胁与差错管理

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 威胁管理;
- b) 差错管理。

5.2.4.3 机组资源管理

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 情景意识;
- b) 沟通;
- c) 工作负荷管理;
- d) 领导与协作;
- e) 决策。

5.2.5 航空气象

5.2.5.1 大气层

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 成分和物理性质;
- b) 密度和压力;
- c) 重要气层及其特征。

5.2.5.2 基本气象要素

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 气温;
- b) 气压;
- c) 湿度;
- d) 气象要素对飞行的影响。

5.2.5.3 大气的水平运动

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 风的表示与测量；
- b) 自由大气中风压定理；
- c) 摩擦层中风压定理；
- d) 地方性风。

5.2.5.4 大气的垂直运动

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 对流；
- b) 系统性垂直运动；
- c) 大气波动；
- d) 大气乱流。

5.2.5.5 天气现象

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 云与降水；
- b) 视程障碍天气；
- c) 锋面和锋面天气；
- d) 天气系统；
- e) 雷暴；
- f) 结冰；
- g) 山地气流；
- h) 低空风切变。

5.2.5.6 航空气象资料

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 可用的气象服务（气象云图）；
- b) 航空天气报告；
- c) 航空天气预报（含高空气象资料）。

5.2.6 导航

5.2.6.1 基本概念

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 方位，内容包括：
 - 1) 航向；
 - 2) 航迹；
 - 3) 磁偏角。
- b) 高度，内容包括：
 - 1) 标高；
 - 2) 气压高度；
 - 3) GNSS 高度。
- c) 速度，内容包括：
 - 1) 空速；
 - 2) 地速。
- d) 地理坐标。
- e) 时间。
- f) 单位换算。
- g) 风对导航的影响。

- h) 地图和航图。
- i) 机场和辅助导航设施的识别。
- j) 空域的划分与识别。
- k) 禁区和限制区。

5.2.6.2 卫星导航

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 卫星导航基本原理；
- b) 卫星导航提供的导航数据；
- c) 差分 GNSS；
- d) GNSS 信号丢失和干扰。

5.2.6.3 机载导航设备和无线电

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 无线电波的特性；
- b) 导航和通信中使用的无线电频段；
- c) 无线电设备操作限制、传播、干扰原因；
- d) 射频环境评估。

5.2.6.4 无人机飞行的导航应用

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 机载导航仪表及数据的使用；
- b) 导航设备的限制；
- c) 导航设备的精度和可靠性；
- d) 在飞行计划中确定有影响的地面障碍物及地面设施（电线、高压线、风力发电机、烟囱、冷却塔、铁路等）以及人口稠密区；
- e) 导航设备失效的处置。

5.2.7 飞行原理

5.2.7.1 标准大气

操控员应掌握标准大气相关知识。

5.2.7.2 力学基础

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 伯努利原理；
- b) 牛顿三大定律。

5.2.7.3 各类别级别等级无人机系统的部件和组件

操控员应掌握各类别级别等级无人机系统的部件和组件相关知识。

5.2.7.4 作用在无人机上的力

操控员应掌握作用在无人机上的力相关知识。

5.2.7.5 稳定性

操控员应掌握无人机飞行稳定性相关知识。

5.2.7.6 载荷因素

操控员应掌握载荷因素相关知识。

5.2.7.7 飞机、动力升空器类别等级机翼和翼型

操控员应掌握飞机、动力升空器类别等级机翼和翼型相关知识。

5.2.7.8 旋翼机类别等级螺旋桨和旋翼

操控员应掌握旋翼机类别等级螺旋桨和旋翼相关知识。

5.2.7.9 各类别级别等级飞行控制与操纵

操控员应掌握各类别级别等级飞行控制与操纵相关知识。

5.2.8 操作程序

5.2.8.1 预先准备

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 飞行计划申报与审批，内容包括：
 - 1) 正常程序；
 - 2) 非正常程序；
 - 3) 应急程序。
- b) 动态报备，内容包括：
 - 1) 起飞报；
 - 2) 落地报；
 - 3) 异常报。

5.2.8.2 起飞前检查

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 无人机系统完整性检查；
- b) 动力能源的加注/补充；
- c) 系统结构性检查（包含载重与平衡）；
- d) 动力系统检查（标识、警示及安全）；
- e) 起降环境检查；
- f) 遥控台（站）检查；
- g) 通电与解锁；
- h) 链路检查；
- i) 电子围栏功能检查；
- j) 远程识别功能检查；
- k) 飞控系统检查；
- l) 导航系统检查；
- m) 任务系统检查；
- n) 其他检查。

5.2.8.3 飞行中

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 飞行控制回路，内容包括：
 - 1) 自主飞行模式；
 - 2) 位置辅助操控模式；
 - 3) 姿态修正操控模式；
 - 4) 手动操控模式。
- b) 操控通道与模式。
- c) 自主航线操控方法（超视距等级适用），内容包括：
 - 1) 遥控台（站）设置内容与方法；
 - 2) 航线规划方法；
 - 3) 航线模式下的操作程序。

5.2.8.4 飞行后

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 系统功能检查；
- b) 飞行记录。

5.2.9 无线电通话

5.2.9.1 无线电通话原理

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 无人机系统无线电通话原理；
- b) 中国空域通信规则；
- c) 频率分配与管理；
- d) 呼号规则。

5.2.9.2 标准通信程序

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 频率初始化阶段；
- b) 指令接收与执行阶段；
- c) 通信终止阶段。

5.2.9.3 标准用语

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 常用场景通话库；
- b) 特殊场景通话库；
- c) 数字字母发音标准。

5.2.9.4 故障症状和故障类型识别

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 常见通信故障、故障起因和后果；
- b) 故障类型识别，包括接收失败、发射失败、双向中断、通讯质量下降等。

5.2.9.5 处置程序

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 处置原则；
- b) 各类型故障处置程序；
- c) 各类紧急处置程序。

5.2.10 应急处置

5.2.10.1 应急的概念

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 定义；
- b) 飞行中出现的特情。

5.2.10.2 动力系统的应急处置

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 电动动力装置动力系统失控处置程序；
- b) 油动力装置动力系统失控处置程序；
- c) 空中和地面火情处置程序。

5.2.10.3 飞机、动力升空器类别等级舵面故障的应急处置

操控员应掌握飞机、动力升空器类别等级舵面故障的应急处置相关知识。

5.2.10.4 失速的应急处置

操控员应掌握失速的应急处置相关知识（如适用）。

5.2.10.5 C2 链路的应急处置

操控员应掌握以下相关内容：

- a) C2 链路延迟处置程序；
- b) 控制设备失效；
- c) 上行链路失效处置程序；
- d) 下行链路失效处置程序；
- e) 双向链路失效处置程序。

5.2.10.6 导航飞控系统的应急处置

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 导航系统失效处置程序；
- b) 飞控系统失效处置程序。

5.2.10.7 空域与环境的应急处置

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 交通冲突与避让；
- b) 飞行区域临时限制；
- c) 遭遇鸟击；
- d) 遭遇恶劣天气。

5.2.10.8 坠落的应急处置

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 坠落中的避让；
- b) 坠机后的处置。

5.2.10.9 任务载荷的应急处置

操控员应掌握任务载荷的应急处置相关知识。

5.3 飞机类别等级

5.3.1 一般知识

5.3.1.1 动力装置工作原理

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 电动动力系统，内容包括：
 - 1) 电机；
 - 2) 电子调速器；
 - 3) 电池；
 - 4) 螺旋桨；
 - 5) 其他相关配电系统。
- b) 油动动力系统，内容包括：
 - 1) 发动机；
 - 2) 供油系统；
 - 3) 螺旋桨；
 - 4) 其他相关系统。

5.3.1.2 无人机系统的使用限制、飞行手册或其他相应文件中的有关操作资料

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机系统构型及适用文件，内容包括：
 - 1) 机身、起落架、动力装置、导航飞控系统、遥控台（站）、C2 链路、任务载荷等组成；
 - 2) 飞行手册或操作手册等其他相应文件的查阅和使用；
 - 3) 软件、固件、飞行模式、控制模式和系统构型的适用限制。
- b) 无人机和动力装置的使用限制，内容包括：
 - 1) 最大起飞重量、载荷、重心、构型和外挂限制；
 - 2) 起飞、着陆、平飞、爬升、下降、抗风性等主要性能限制；
 - 3) 电机、电子调速器、电池、螺旋桨或燃料系统的使用限制；
 - 4) 速度、高度、航程、续航时间、返航余量、温度、降水、风和电磁环境等运行限制；
 - 5) 电子围栏、远程识别、灯光、警示、低电量保护、自动返航和失控保护等功能限制。
- c) 飞设备和系统的使用及可用性检查，内容包括：
 - 1) 导航飞控系统、GNSS、惯性测量单元、罗盘、高度和速度传感器等设备的可用性检查；
 - 2) 遥控台（站）、显示系统、操控系统、告警系统和记录系统的可用性检查；
 - 3) C2 链路、状态信息链路、图像传输链路和任务载荷链路的可用性检查；
 - 4) DAA 能力、限制、告警信息和失效处置。
- d) 飞行计划约束条件，内容包括：
 - 1) 飞行环境限制；
 - 2) 无人机物理限制；
 - 3) 飞行任务要求；
 - 4) 空域、航线和地面障碍物限制；
 - 5) 实时性、通信和监控要求。
- e) 飞行计划流程，内容包括：
 - 1) 任务理解；
 - 2) 环境评估；
 - 3) 任务分配；
 - 4) 航线规划；
 - 5) 航线优化；
 - 6) 计划生成。

5.3.2 飞行原理

5.3.2.1 无人机系统的部件和组件

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机飞行平台，内容包括：
 - 1) 类型；
 - 2) 动力装置；
 - 3) 导航飞控系统及相关传感器；
 - 4) 含调速器的伺服机构；
 - 5) 电气系统；
 - 6) 载重与配平；
 - 7) 发射与回收。
- b) 遥控台（站），内容包括：
 - 1) 无人机系统地面控制站分类；
 - 2) 无人机系统地面控制站显示系统；
 - 3) 无人机系统地面控制站操控系统。
- c) C2 链路，内容包括：
 - 1) 遥控指令数据链路（链路保护及电磁兼容）；
 - 2) 载荷数据链路；
 - 3) 状态信息和图像传输链路。

- d) 无人机系统维修维护。

5.3.2.2 机翼和翼型

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 失速；
- b) 螺旋；
- c) 地面效应。

5.3.2.3 飞行控制与操纵

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 飞行状态，内容包括：
 - 1) 开车与滑行；
 - 2) 平飞；
 - 3) 平飞协调转弯；
 - 4) 上升与下降；
 - 5) 地面效应；
 - 6) 失速；
 - 7) 螺旋；
 - 8) 螺旋改出；
 - 9) 停车。
- b) 气动性能，内容包括：
 - 1) 升力系数及其变化；
 - 2) 阻力系数及其变化；
 - 3) 升阻比；
 - 4) 增升装置。
- c) 操纵性，内容包括：
 - 1) 六个自由度；
 - 2) 横轴、纵轴与立轴；
 - 3) 俯仰、滚转、偏转；
 - 4) 三大主操纵面。
- d) 稳定性，内容包括：
 - 1) 纵向稳定性；
 - 2) 横向稳定性；
 - 3) 航向稳定性。

5.3.3 舵面故障的应急处置

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 副翼故障的处置程序；
- b) 升降舵故障的处置程序；
- c) 方向舵故障的处置程序。

5.4 直升机级别等级

5.4.1 一般知识

5.4.1.1 动力装置工作原理

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 电动动力系统，内容包括：
 - 1) 电机；
 - 2) 电子调速器；
 - 3) 电池；

- 4) 其他相关配电系统。
- b) 油动动力系统, 内容包括:
 - 1) 发动机;
 - 2) 供油系统;
 - 3) 其他相关系统。
- c) 旋翼系统, 内容包括:
 - 1) 变距;
 - 2) 挥舞;
 - 3) 摆振;
 - 4) 周期变距。

5.4.1.2 无人机系统的使用限制、飞行手册或其他相应文件中的有关操作资料

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机系统构型及适用文件, 内容包括:
 - 1) 机身、起落架、旋翼、动力装置、导航飞控系统、遥控台(站)、C2链路、任务载荷等组成;
 - 2) 飞行手册或操作手册等其他相应文件的查阅和使用;
 - 3) 软件、固件、飞行模式、控制模式和系统构型的适用限制。
- b) 无人机和动力装置的使用限制, 内容包括:
 - 1) 最大起飞重量、载荷、重心、构型和外挂限制;
 - 2) 起飞、着陆、平飞、巡航性能、悬停、爬升、下降、抗风性、特殊飞行状态等主要性能限制;
 - 3) 电机、电子调速器、电池、旋翼或燃料系统的使用限制;
 - 4) 速度、高度、航程、续航时间、返航余量、温度、降水、风和电磁环境等运行限制;
 - 5) 电子围栏、远程识别、灯光、警示、低电量保护、自动返航和失控保护等功能限制。
- c) 设备和系统的使用及可用性检查, 内容包括:
 - 1) 导航飞控系统、GNSS、惯性测量单元、罗盘、高度和速度传感器等设备的可用性检查;
 - 2) 遥控台(站)、显示系统、操控系统、告警系统和记录系统的可用性检查;
 - 3) C2链路、状态信息链路、图像传输链路和任务载荷链路的可用性检查;
 - 4) DAA能力、限制、告警信息和失效处置。
- d) 飞行计划约束条件, 内容包括:
 - 1) 飞行环境限制;
 - 2) 无人机物理限制;
 - 3) 飞行任务要求;
 - 4) 空域、航线和地面障碍物限制;
 - 5) 实时性、通信和监控要求。
- e) 飞行计划流程, 内容包括:
 - 1) 任务理解;
 - 2) 环境评估;
 - 3) 任务分配;
 - 4) 航线规划;
 - 5) 航线优化;
 - 6) 计划生成。

5.4.1.3 传动装置

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 齿轮传动;
- b) 皮带传动;
- c) 电传动。

5.4.2 飞行原理

5.4.2.1 无人机系统的部件和组件

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机平台类型，内容包括：
 - 1) 单旋翼带尾桨；
 - 2) 共轴反桨；
 - 3) 横列双桨；
 - 4) 纵列双桨；
 - 5) 交叉双桨。
- b) 遥控台（站），内容包括：
 - 1) 无人机系统地面控制站分类；
 - 2) 无人机系统地面控制站显示系统；
 - 3) 无人机系统地面控制站操控系统。
- c) C2 链路，内容包括：
 - 1) 遥控指令数据链路（链路保护及电磁兼容）；
 - 2) 载荷数据链路；
 - 3) 状态信息和图像传输链路。
- d) 无人机系统维修维护。
- e) 动力装置，内容包括：
 - 1) 电动动力装置；
 - 2) 油动力装置。
- f) 操纵系统。
- g) 导航飞控系统及相关传感器。
- h) 含调速器的伺服机构。
- i) 电气系统。

5.4.2.2 螺旋桨和旋翼

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 主旋翼；
- b) 尾旋翼；
- c) 桨盘及变距装置。

5.4.2.3 飞行控制与操纵

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 飞行控制基础，内容包括：
 - 1) 六个自由度运动，三轴姿态变化；
 - 2) 总距控制、周期变距控制、尾桨控制、动力与旋翼转速控制的作用机理；
 - 3) 手动模式、姿态模式、导航辅助模式。
- b) 旋翼空气动力与飞行性能，内容包括：
 - 1) 旋翼升力、阻力及其随迎角、桨距、转速和来流变化的基本规律；
 - 2) 地面效应；
 - 3) 悬停、前飞、爬升、下降；
 - 4) 前飞中的不对称升力、挥舞效应、相位滞后及其对操纵的影响；
 - 5) 重量、重心、空气密度、风和外挂载荷对飞行性能的影响。
- c) 稳定性，内容包括：
 - 1) 纵向稳定性、横向稳定性、航向稳定性的基本概念；
 - 2) 机体布局、重心位置、尾桨配置和飞控增稳对稳定性的影响；
 - 3) 悬停状态与前飞状态的稳定特性差异。
- d) 飞行状态与基本操作，内容包括：

- 1) 启动、定速、起飞、降落，关车以及地面运行的基本程序；
 - 2) 顺风、侧风、逆风下操纵修正方法；
 - 3) 飞行中对高度、航向、速度和位置的观察与控制。
- e) 特殊状态与应急处置，内容包括：
- 1) 自转原理及动力失效后的应急操纵程序；
 - 2) 涡环状态预防、识别与改出；
 - 3) 丧失尾桨效应的预防、识别；
 - 4) 后行桨叶失速、功率不足、旋翼转速异常、超扭矩等限制状态识别；
 - 5) 地面共振、链路中断、导航异常、飞控故障等特殊风险处置；
 - 6) 中止起飞、备降、迫降、地面应急响应与飞行终止程序。

5.5 多旋翼级别等级

5.5.1 一般知识

5.5.1.1 动力装置工作原理

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 电动动力系统，内容包括：
- 1) 电机；
 - 2) 电子调速器；
 - 3) 电池；
 - 4) 螺旋桨；
 - 5) 其他相关配电系统。
- b) 油动动力系统，内容包括：
- 1) 发动机；
 - 2) 供油系统；
 - 3) 螺旋桨；
 - 4) 其他相关系统。

5.5.1.2 无人机系统的使用限制、飞行手册或其他相应文件中的有关操作资料

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 无人机系统构型及适用文件，内容包括：
- 1) 机身、起落架、机臂、动力装置、导航飞控系统、遥控台（站）、C2 链路、任务载荷等组成；
 - 2) 飞行手册或操作手册等其他相应文件的查阅和使用；
 - 3) 软件、固件、飞行模式、控制模式和系统构型的适用限制。
- b) 无人机和动力装置的使用限制，内容包括：
- 1) 最大起飞重量、载荷、重心、构型和外挂限制；
 - 2) 起飞、着陆、平飞、悬停、爬升、下降、抗风性等主要性能限制；
 - 3) 电机、电子调速器、电池、螺旋桨或燃料系统的使用限制；
 - 4) 速度、高度、航程、续航时间、返航余量、温度、降水、风和电磁环境等运行限制；
 - 5) 电子围栏、远程识别、灯光、警示、低电量保护、自动返航和失控保护等功能限制。
- c) 设备和系统的使用及可用性检查，内容包括：
- 1) 导航飞控系统、GNSS、惯性测量单元、罗盘、高度和速度传感器等设备的可用性检查；
 - 2) 遥控台（站）、显示系统、操控系统、告警系统和记录系统的可用性检查；
 - 3) C2 链路、状态信息链路、图像传输链路和任务载荷链路的可用性检查；
 - 4) DAA 能力、限制、告警信息和失效处置。
- d) 飞行计划约束条件，内容包括：
- 1) 飞行环境限制；
 - 2) 无人机物理限制；
 - 3) 飞行任务要求；

- 4) 空域、航线和地面障碍物限制;
- 5) 实时性、通信和监控要求。
- e) 飞行计划流程, 内容包括:
 - 1) 任务理解;
 - 2) 环境评估;
 - 3) 任务分配;
 - 4) 航线规划;
 - 5) 航线优化;
 - 6) 计划生成。

5.5.2 飞行原理

5.5.2.1 无人机系统的部件和组件

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机飞行平台, 内容包括:
 - 1) 类型;
 - 2) 动力装置;
 - 3) 导航飞控系统及相关传感器;
 - 4) 含调速器的伺服机构;
 - 5) 电气系统;
 - 6) 载重与配平。
- b) 遥控台(站), 内容包括:
 - 1) 无人机系统地面控制站分类;
 - 2) 无人机系统地面控制站显示系统;
 - 3) 无人机系统地面控制站操控系统。
- c) C2 链路, 内容包括:
 - 1) 遥控指令数据链路(链路保护及电磁兼容);
 - 2) 载荷数据链路;
 - 3) 状态信息和图像传输链路。
- d) 无人机系统维修维护。

5.5.2.2 飞行控制与操纵

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 起飞前, 内容包括:
 - 1) 无人机系统固件检查;
 - 2) 飞行模式、控制模式及通道测试检查;
 - 3) 载荷系统检查;
 - 4) 失控保护模式的设定。
- b) 飞行中, 内容包括:
 - 1) 起飞、爬升、悬停、俯仰、滚转、偏航、落地的操作方法;
 - 2) 飞行模式切换及控制模式切换操作方法;
 - 3) 逆风、侧风、顺风环境下的操控;
 - 4) 飞行数据的解读与判断;
 - 5) 触发失控保护的条件及解除方法;
 - 6) 不同模式下的飞行中止程序。
- c) 飞行后, 内容包括:
 - 1) 飞行日志的记录;
 - 2) 飞行日志的导出。

5.6 动力升空器类别等级

5.6.1 一般知识

5.6.1.1 动力装置工作原理

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 电动动力系统，内容包括：
 - 1) 电机；
 - 2) 电子调速器；
 - 3) 电池；
 - 4) 螺旋桨；
 - 5) 其他相关配电系统。
- b) 油动动力系统，内容包括：
 - 1) 发动机；
 - 2) 供油系统；
 - 3) 螺旋桨；
 - 4) 发动机自启动系统；
 - 5) 其他相关系统。

5.6.1.2 无人机系统的使用限制、飞行手册或其他相应文件中的有关操作资料

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机系统构型及适用文件，内容包括：
 - 1) 机身、起落架、机臂、动力装置、导航飞控系统、遥控台（站）、C2 链路、任务载荷等组成；
 - 2) 飞行手册或操作手册等其他相应文件的查阅和使用；
 - 3) 软件、固件、飞行模式、控制模式和系统构型的适用限制。
- b) 无人机和动力装置的使用限制，内容包括：
 - 1) 最大起飞重量、载荷、重心、构型和外挂限制；
 - 2) 起飞、着陆、平飞、悬停、爬升、下降、空中模态转换、抗风性等主要性能限制；
 - 3) 电机、电子调速器、电池、螺旋桨或燃料系统的使用限制；
 - 4) 速度、高度、航程、续航时间、返航余量、温度、降水、风和电磁环境等运行限制；
 - 5) 电子围栏、远程识别、灯光、警示、低电量保护、自动返航和失控保护等功能限制。
- c) 设备和系统的使用及可用性检查，内容包括：
 - 1) 导航飞控系统、GNSS、惯性测量单元、罗盘、高度和速度传感器等设备的可用性检查；
 - 2) 遥控台（站）、显示系统、操控系统、告警系统和记录系统的可用性检查；
 - 3) C2 链路、状态信息链路、图像传输链路和任务载荷链路的可用性检查；
 - 4) DAA 能力、限制、告警信息和失效处置。
- d) 飞行计划约束条件，内容包括：
 - 1) 飞行环境限制；
 - 2) 无人机物理限制；
 - 3) 飞行任务要求；
 - 4) 空域、航线和地面障碍物限制；
 - 5) 实时性、通信和监控要求。
- e) 飞行计划流程，内容包括：
 - 1) 任务理解；
 - 2) 环境评估；
 - 3) 任务分配；
 - 4) 航线规划；
 - 5) 航线优化；
 - 6) 计划生成。

5.6.2 飞行原理

5.6.2.1 无人机的部件和组件

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 无人机飞行平台，内容包括：
 - 1) 类型；
 - 2) 动力装置；
 - 3) 导航飞控系统及相关传感器；
 - 4) 含调速器的伺服机构；
 - 5) 电气系统；
 - 6) 载重与配平。
- b) 遥控台（站），内容包括：
 - 1) 无人机系统地面控制站分类；
 - 2) 无人机系统地面控制站显示系统；
 - 3) 无人机系统地面控制站操控系统。
- c) C2 链路，内容包括：
 - 1) 遥控指令数据链路（链路保护及电磁兼容）；
 - 2) 载荷数据链路；
 - 3) 状态信息和图像传输链路。
- d) 无人机系统维修维护。

5.6.2.2 机翼和翼型

操控员应掌握以下相关内容：

- a) 失速；
- b) 螺旋；
- c) 地面效应。

5.6.2.3 飞行控制与操纵

操控员应掌握以下相关内容。

- a) 飞行任务检查，内容包括：
 - 1) 任务判读别与检查；
 - 2) 机载设备识别与功能检查；
 - 3) 无人机系统地面通联检查；
 - 4) 任务航线检查（安全性、合理性）。
- b) 飞行控制基础，内容包括：
 - 1) 垂直起降飞机定义及与其他平台的结构差异；
 - 2) 系统组成及作用。
- c) 气动与飞行性能，内容包括：
 - 1) 升力系数及其变化；
 - 2) 阻力系数及其变化；
 - 3) 升阻比；
 - 4) 旋翼阶段气动性能分析；
 - 5) 垂转平阶段气动性能分析；
 - 6) 平转垂阶段气动性能分析；
 - 7) 电动、油动类系统性能分析；
 - 8) 复杂气象和复杂地形环境对起降和作业成果的影响。
- d) 操纵性，内容包括：
 - 1) 六个自由度；
 - 2) 横轴、纵轴、立轴；
 - 3) 三大主操纵面。
- e) 稳定性，内容包括：

- 1) 横向稳定性;
 - 2) 纵向稳定性;
 - 3) 航向稳定性。
- f) 飞行状态检查与基本操纵, 内容包括:
- 1) 飞行前检查;
 - 2) 控制器检查;
 - 3) 任务设备检查;
 - 4) 通信设备检查;
 - 5) 地面站功能检查。
- g) 特殊状态与应急处置, 内容包括:
- 1) 旋翼起飞失败识别与处置;
 - 2) 动力和推进系统故障识别与处置;
 - 3) 异常和紧急情况的识别与处置。

5.6.3 舵面故障的应急处置

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 副翼故障的处置程序;
- b) 升降舵故障的处置程序;
- c) 方向舵故障的处置程序。

6 操控技能训练

6.1 通用要求

操控员应掌握无人机系统的相应的类别级别等级的操控技能训练要求, 并完成附录B规定的操控技能训练内容及学时。

6.2 飞机类别等级

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 威胁和差错的识别和管理;
- b) 飞行前准备, 内容包括气象判断、飞行空域与飞行计划申报、重量和平衡的计算、动力系统相关的准备及起飞前无人机系统检查等;
- c) 飞行前准备(超视距等级适用), 内容包括地面控制站的设置及系统检查等;
- d) 地面滑行;
- e) 起飞、着陆和复飞, 内容包括正常、有风和倾斜地面的起飞和着陆等;
- f) 弹射起飞与伞降(如适用);
- g) 视距内机动飞行, 内容包括直线飞行、转弯、爬升、下降、盘旋、航向保持、速度控制和高度保持等;
- h) 最大性能(短跑道和越障)起飞, 短跑道或松软跑道着陆;
- i) 临界小速度飞行, 判断并改出从直线飞行和从转弯中进入的临界失速及失速;
- j) 起降场和起落航线的运行, 内容包括无线电通信、防撞和避让程序等;
- k) 超视距航线飞行(超视距等级适用);
- l) 应急程序, 内容包括飞行平台操纵系统故障、动力系统故障、数据链路故障、外部环境突变、导航信号丢失的迫降或应急回收等;
- m) 应急程序(超视距等级适用), 内容包括地面控制站及相关系统故障的迫降或应急回收等;
- n) 夜间飞行, 内容包括起飞与着陆的夜间航线实际操控飞行等(如适用)。

6.3 直升机级别等级

操控员应掌握以下相关内容:

- a) 威胁和差错的识别和管理;

- b) 飞行前准备, 内容包括气象判断、飞行空域与飞行计划申报、重量和平衡的计算、动力系统相关的准备及起飞前无人机系统检查等;
- c) 飞行前准备(超视距等级适用), 内容包括地面控制站的设置及系统检查等;
- d) 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(如适用);
- e) 起降场和起落航线的运行, 内容包括无线电通信、防撞和避让程序等;
- f) 正常及侧风起飞和着陆;
- g) 不同模式下的悬停, 内容包括无人机平台正前方朝向不同方向时的悬停等;
- h) 以所需最小动力起飞和着陆, 最大性能起飞和着陆;
- i) 在涡环初始阶段的识别、预防及改出;
- j) 带油门的缓慢垂直下降、地面共振与后行桨叶失速处置;
- k) 动力侧滚翻转和其他操作危险识别与处置;
- l) 不同模式下的视距内机动飞行;
- m) 超视距航线飞行(超视距等级适用);
- n) 应急程序, 内容包括飞行平台操纵系统故障、动力系统故障、数据链路故障、外部环境突变、导航信号丢失的迫降或应急回收等;
- o) 应急程序(超视距等级适用), 内容包括地面控制站及相关系统故障的迫降或应急回收等;
- p) 夜间飞行, 内容包括起飞与着陆的夜间航线实际操控飞行等(如适用)。

6.4 多旋翼级别等级

操控员应掌握以下内容:

- a) 威胁和差错的识别和管理;
- b) 飞行前准备, 内容包括气象判断、飞行空域与飞行计划申报、重量和平衡的计算、动力系统相关的准备及起飞前无人机系统检查等;
- c) 飞行前准备(超视距等级适用), 内容包括地面控制站的设置及系统检查等;
- d) 起飞、着陆和复飞, 内容包括正常、有风和倾斜地面的起飞和着陆等;
- e) 不同模式下的悬停, 内容包括无人机平台正前方朝向不同方向时的悬停等;
- f) 以所需最小动力起飞和着陆, 最大性能起飞和着陆;
- g) 不同模式下视距内机动飞行;
- h) 起降场和起落航线的运行, 内容包括无线电通信、防撞和避让程序等;
- i) 超视距航线飞行(超视距等级适用);
- j) 应急程序, 内容包括飞行平台操纵系统故障、动力系统故障、数据链路故障、外部环境突变、导航信号丢失的迫降或应急回收等;
- k) 应急程序(超视距等级适用), 内容包括地面控制站及相关系统故障的迫降或应急回收等;
- l) 模拟单个动力轴动力失效时的应急操纵程序;
- m) 夜间飞行, 内容包括起飞与着陆的夜间航线实际操控飞行等(如适用)。

6.5 动力升空器类别等级

操控员应掌握以下内容:

- a) 威胁和差错的识别和管理;
- b) 飞行前准备, 内容包括气象判断、飞行空域与飞行计划申报、重量和平衡的计算、动力系统相关的准备及起飞前无人机系统检查、地面控制站的设置及系统检查等;
- c) 起降场和起落航线的运行, 内容包括无线电通信、防撞和避让程序等;
- d) 逆风、顺风及侧风状态下起飞、着陆和复飞;
- e) 空中模态转换;
- f) 起降与巡航阶段的转换操纵;
- g) 视距内机动飞行, 内容包括旋翼模式下的垂直起降和固定翼模式下的巡航等基本机动操纵;
- h) 超视距航线飞行(超视距适用);
- i) 临界小速度飞行, 判断并改出从直线飞行和从转弯中进入的临界失速及失速;
- j) 临界大速度飞行, 急盘旋下降的识别和改出;

- k) 应急程序，内容包括飞行平台操纵系统故障、动力系统故障、数据链路故障、外部环境突变、导航信号丢失的迫降或应急回收等；
- l) 应急程序（超视距等级适用），内容包括地面控制站及相关系统故障的迫降或应急回收等；
- m) 夜间飞行，内容包括起飞与着陆的夜间航线实际操控飞行等（如适用）。

7 教员等级训练

7.1 通用要求

操控员教员等级应掌握无人机系统的教学知识和教学技能训练要求，并完成附录C教员等级训练内容及学时。

7.2 训练要求

7.2.1 教学知识

教员等级操控员应掌握以下相关内容：

- a) 教学技巧；
- b) 对地面教练科目中学员表现的评定；
- c) 学习过程；
- d) 有效授课的要素；
- e) 基于能力的训练原则及评估方法；
- f) 训练大纲的有效性评估；
- g) 课程计划；
- h) 训练设备的使用；
- i) 学员错误的分析与纠正；
- j) 无人机飞行和教学中的人的因素，内容包括威胁与差错管理等；
- k) 模拟无人机系统失效和故障所产生的危险；
- l) 根据训练大纲中的评估和评分系统观察行为，做出评估；
- m) 符合能力标准的行为能力的识别与突出强调；
- n) 低于预期绩效标准的偏差的根本原因的确定；
- o) 可造成安全裕度出现令人无法接受的下降的情况的确定。

7.2.2 教学技能

教员等级操控员应掌握以下相关内容。

- a) 接受飞行教学技巧的训练，内容包括：
 - 1) 演示；
 - 2) 学员的实践操作；
 - 3) 学员常见差错的识别与纠正。
- b) 应用于所要实施飞行教学的飞行动作和程序的教学技巧。

附录 A (规范性)

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员航空知识训练内容及学时

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员航空知识训练内容及最低学时应满足表A.1的要求。

表 A.1 小型、中型民用无人驾驶航空器操控员航空知识训练内容及学时

单位为学时

训练内容	飞机类别等级		旋翼飞行器类别等级				动力升空器类别等级	
			直升机级别等级		多旋翼级别等级			
	视距内	超视距	视距内	超视距	视距内	超视距	视距内	超视距
航空法规	6	6	6	6	6	6	6	6
一般知识	4	4	4	4	4	4	4	4
飞行性能、计划与装载	2	4	2	4	2	2	2	6
人的行为能力	1	2	2	2	2	2	1	1
航空气象	6	6	8	8	2	2	6	6
导航	2	2	2	2	2	2	2	2
飞行原理	8	8	10	10	10	12	8	8
操作程序	6	6	6	8	6	6	6	6
无线电话话	1	2	2	2	2	3	1	1
应急处置	4	4	4	4	4	5	4	4
合计	40	44	46	50	40	44	40	44
注：每学时为 45 分钟								

附 录 B
(规范性)

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员操控技能训练内容及学时

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员操控技能训练内容及学时应满足表B. 1的要求。

表 B. 1 小型、中型民用无人驾驶航空器操控员操控技能训练内容学时

单位为小时

训练内容	飞机类别等级		旋翼飞行器类别等级				动力升空器类别等级	
			直升机级别等级		多旋翼级别等级			
	视距内	超视距	视距内	超视距	视距内	超视距	视距内	超视距
带飞训练	≥16	≥20	≥16	≥20	≥10	≥15	≥16	≥20
单飞训练	≥5	≥6	≥6	≥6	≥5	≥5	≥5	≥6
飞行模拟训练	≤8	≤12	≤8	≤12	≤22	≤28	≤8	≤12
遥控台（站）带飞训练	—	≥3	—	≥3	—	≥3	—	≥6
遥控台（站）单飞训练	—	≥1	—	≥1	—	≥1	—	≥2
合计	≥44	≥56	≥44	≥56	≥44	≥56	≥44	≥56

附 录 C
(规范性)

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员教员等级训练内容及学时

小型、中型民用无人驾驶航空器操控员教员等级训练内容及学时应满足表C.1的要求。

表 C.1 小型、中型民用无人驾驶航空器操控员教员等级训练内容及学时

训练内容	飞机类别等级	旋翼飞行器类别等级		动力升空器类别等级
		直升机级别等级	多旋翼级别等级	
教学知识-教学原理	≥40 学时	≥40 学时	≥40 学时	≥40 学时
教学技能-带飞训练	≥15 h	≥15 h	≥15 h	≥15 h
教学技能-单飞训练	≥5 h	≥5 h	≥5 h	≥5 h
注：每学时为 45 分钟				

参 考 文 献

- [1] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例
 - [2] 国家空域基础分类
 - [3] 一般运行和飞行规则
 - [4] 民用无人驾驶航空器运行安全管理规则
 - [5] 民用无人驾驶航空器事件信息管理办法
 - [6] 民用无人驾驶航空器操控员执照考试管理办法
 - [7] 民用无人驾驶航空器操控员执照考试点管理办法
 - [8] 民用无人驾驶航空器操控员执照考试委任代表管理办法
 - [9] ICAO Annex 1 Personnel Licensing, Fourteenth Edition, July 2022
-