

ICS 点击此处添加 ICS 号  
CCS 点击此处添加 CCS 号

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX—XXXX

代替 XX/T

# 民用无人驾驶航空器系统分布式操控员能力要求与评估

Competency requirements and assessment for distributed control personnel of civil unmanned aircraft system

(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

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 分布式操控员的基础能力要求 .....	2
4.1 基础知识 .....	2
4.2 基础技能 .....	2
4.3 培训经历 .....	2
5 分布式操控员的特定等级能力要求 .....	2
5.1 特定等级能力要求的划分 .....	2
5.2 自动化等级 0 级 (AL-0) .....	2
5.3 自动化等级 1 级 (AL-1) (自动化程度 L) .....	3
5.4 自动化等级 2 级 (AL-2) (自动化程度 M) .....	3
5.5 自动化等级 3 级 (AL-3) (自动化程度 M) .....	3
5.6 自动化等级 4 级 (AL-4) (自动化程度 H) .....	3
6 分布式操控员能力评估系统要求 .....	4
7 分布式操控员能力评估方式 .....	4
附录 A (资料性) 分布式操控员能力评估知识科目清单样例 .....	5
附录 B (资料性) 分布式操控员能力评估技能科目清单样例 .....	7
附录 C (资料性) 技能科目场景样例 .....	8
C.1 场景一: 并发故障处理 .....	8
C.2 场景二: 人机协同决策 .....	8
C.3 场景三: 设备故障多机协同处置 .....	8
C.4 场景四: 恶劣天气应急接管 .....	8
C.5 场景五: 单机异常避障处置 .....	8
C.6 场景六: 空中交通管制指令的获取与响应 .....	8
附录 D (资料性) 分布式操控员能力评估系统功能样例 .....	9
参考文献 .....	10

## 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。

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：中国民航管理干部学院、南京拓兴智控科技有限公司等。

本文件主要起草人：田玲玲、马梦弟、龚成等。

# 民用无人驾驶航空器系统分布式操控员能力要求与评估

## 1 范围

本文件规定了民用无人驾驶航空器系统分布式操控员的能力要求、能力评估系统技术要求以及能力评估方式等内容。

本文件适用于在真高120 m以下隔离空域运行的轻、小、中型多旋翼民用无人驾驶航空器系统分布式操控员的能力评估。

本文件不适用于自动化等级5级（AL-5）系统的分布式操控员的能力评估。

## 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。

MH/T 2017—2025 民用无人驾驶航空器系统分布式操作 自动化等级测试

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 无人驾驶航空器系统 **unmanned aircraft system; UAS**

以无人驾驶航空器为主体，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。

[来源：MH/T 2013—2022，3.1，有修改]

### 3.2 无人驾驶航空器系统分布式操作 **UAS distributed operation**

将无人驾驶航空器系统操作分解为多个子业务，部署在多个站点/终端进行协同操作的模式。

注：分布式操作的特点是不要求个人具备对无人驾驶航空器系统的完全操作能力。分布式操作应达到一定的自动化程度，具备操作人员和自动飞行系统的协同能力。

[来源：MH/T 2013—2022，3.2，有修改]

### 3.3 分布式操控员 **distributed control personnel**

分布式操作中被授权参与无人驾驶航空器飞行过程的操控人员，即人工介入角色。

[来源：MH/T 2013—2022，3.6，有修改]

### 3.4 运行组织成员 **running organization members**

分布式运行过程中参与决策、监控、操作、保障的所有人员。

### 3.5 仿真机 **simulator**

通过计算机软件、硬件及数学模型构建的虚拟仿真系统，用于模拟真实无人驾驶航空器的飞行特性、控制逻辑、环境交互及任务执行过程。

### 3.6 仿真环境系统 **simulation environment system**

通过高精度三维建模和物理引擎反馈无人机控制响应的系统，支持生成地形、天气等飞行场景，支持障碍物穿越、突发状况应对等功能。

### 3.7 模拟训练设备 **simulation training equipment**

由仿真机、仿真环境系统、运行控制系统、地面设备以及有关的控制链路等组成的系统，用于模拟无人机真实飞行环境与操作，进行分布式操作训练的设备。

### 3.8

#### 能力评估系统 competency assessment system

用于评估分布式操控员能力的，由模拟训练设备及经民用无人驾驶航空器系统分布式操作飞行自动化等级测试的无人驾驶航空器分布式操作系统等组成的系统。

## 4 分布式操控员的基础能力要求

### 4.1 基础知识

民用无人驾驶航空器系统分布式操控员（以下简称“分布式操控员”）应具备的基础知识包括：

- a) 与无人驾驶航空器系统操控员执照持有人有关的规章条例以及与民用无人驾驶航空器分布式操作有关的规章条例；
- b) 多机运行概念和运行组织成员间的信息协同要求；
- c) 无人驾驶航空器系统的一般知识；
- d) 无人驾驶航空器系统分布式操作自动化等级的知识；
- e) 无人驾驶航空器系统分布式操作飞行仪表系统及其操作特点；
- f) 无人驾驶航空器系统的运行限制；
- g) 空中交通管制的许可和指令的规定（如适用）；
- h) 人的行为能力与注意力分配。

### 4.2 基础技能

分布式操控员应具备的基础技能包括：

- a) 无人驾驶航空器飞行过程以外的任务调度、能源补给、载荷装卸、检修等；
- b) 无人驾驶航空器的正常操作；
- c) 分布式操作飞行计划的制定与执行；
- d) 分布式操作飞行过程中的通讯、导航与监视；
- e) 分布式操作飞行过程的航行情报和气象服务的获取、认读、分析使用；
- f) 分布式操作飞行过程中的软硬件的维护（系统维护）；
- g) 空中交通管制许可和指令的获取和响应程序（如适用）；
- h) 无人驾驶航空器的应急操作。

### 4.3 培训经历

4.3.1 无人驾驶航空器系统分布式操控员的基础知识学习应不少于 16 h，基础知识科目可参考附录 A。

4.3.2 基础技能学习应不少于 32 h，基础技能科目可参考附录 B。

4.3.3 对于分布式操控员（无人驾驶航空器系统自动化等级 AL-4 及以下），其技能培训至少应在经认可的模拟训练设备上获得。

## 5 分布式操控员的特定等级能力要求

### 5.1 特定等级能力要求的划分

5.1.1 分布式操控员的特定等级能力要求根据所操作的无人驾驶航空器系统的自动化等级划分。

5.1.2 分布式操控员除满足本文件第 4 章的基本能力要求外，针对不同自动化等级，还应具备其他相应的能力。其中，自动化程度 L 代表较低自动化程度，M 代表中等自动化程度，H 代表较高自动化程度。

### 5.2 自动化等级 0 级 (AL-0)

#### 5.2.1 技能

分布式操控员自动化等级 0 级应具备的技能包括：

- a) 能够全程控制飞行过程；

- b) 能够主动探测、响应无人驾驶航空器系统运行过程中的内部及外部风险。

### 5.3 自动化等级 1 级 (AL-1) (自动化程度 L)

#### 5.3.1 知识

分布式操控员自动化等级1级应具备的知识包括:

- a) 了解自动飞行系统的工作原理与机制;
- b) 了解自动飞行系统运行风险内部因素的探测与响应原理及机制。

#### 5.3.2 技能

分布式操控员自动化等级1级应具备的技能包括:

- a) 能够与自动飞行系统共同控制飞行过程。当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时,能够人工接管控制;
- b) 能够与自动飞行系统共同探测、响应运行过程中的风险因素;
- c) 能够主动探测、响应运行过程中的外部风险因素;
- d) 掌握无人驾驶航空器自动飞行程序的使用,能够判断自动飞行中的不安全状态并随时接管控制。

### 5.4 自动化等级 2 级 (AL-2) (自动化程度 M)

#### 5.4.1 知识

分布式操控员自动化等级2级应具备的知识包括:

- a) 了解自动飞行系统的工作原理与机制;
- b) 了解自动飞行系统运行风险因素探测与响应原理与机制。

#### 5.4.2 技能

分布式操控员自动化等级2级应具备的技能包括:

- a) 能够监控自动飞行过程。当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时,能够人工接管控制;
- b) 能够与自动飞行系统共同探测、响应运行过程中的内部与外部风险因素;
- c) 掌握无人驾驶航空器自动飞行程序的使用,能够判断自动飞行中的不安全状态并随时接管控制。

### 5.5 自动化等级 3 级 (AL-3) (自动化程度 M)

#### 5.5.1 知识

分布式操控员自动化等级3级应具备的知识包括:

- a) 了解自动飞行系统的工作原理与机制;
- b) 了解自动飞行系统运行风险因素探测与响应原理与机制;
- c) 了解自动飞行系统的能力边界和系统自动进入最小风险状态的原理与机制;
- d) 了解自动飞行系统接管请求的响应时机。

#### 5.5.2 技能

分布式操控员自动化等级3级应具备的技能包括:

- a) 能够监控自动飞行过程。当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时,能够人工接管控制;
- b) 能够与自动飞行系统共同探测、响应运行过程中的外部风险因素;
- c) 掌握无人驾驶航空器自动飞行程序的使用,能够随时接管控制。

### 5.6 自动化等级 4 级 (AL-4) (自动化程度 H)

#### 5.6.1 知识

分布式操控员自动化等级4级应具备的知识包括:

- a) 了解自动飞行系统的工作原理与机制;

- b) 了解自动飞行系统运行风险因素探测与响应原理与机制；
- c) 了解自动飞行系统重新规划飞行任务或进入最小风险状态的原理与机制；
- d) 了解自动飞行系统移交控制权的原理与机制；
- e) 了解多机运行监控与管理，能够在高信息负载下进行决策。

### 5.6.2 技能

分布式操控员自动化等级4级应具备的技能包括：

- a) 能够监控自动飞行过程；
- b) 掌握无人驾驶航空器自动飞行程序的使用；
- c) 能够判断申请接管控制的时机。

## 6 分布式操控员能力评估系统要求

6.1 分布式操控员能力评估系统应包括经认可的模拟训练设备和符合 MH/T 2017—2025 要求的无人驾驶航空器分布式操作系统。

6.2 分布式操控员能力评估系统功能样例可参考附录 D。

6.3 特殊科目或程序可以使用模拟训练设备评估。经模拟训练设备评估后的科目或程序无需使用无人驾驶航空器分布式操作系统再次评估。

6.4 在模拟训练设备、无人驾驶航空器分布式操作系统上评估的科目完成/通过的标准是一致的。

## 7 分布式操控员能力评估方式

分布式操控员能力评估分为知识科目评估和技能科目评估：

- a) 通过理论考试的方式进行知识科目评估；
  - b) 通过实践考试的方式进行技能科目评估，技能科目评估场景样例可参考附录 C。
- 理论和实践考试均满足标准，即为通过。

**附录 A**  
(资料性)  
**分布式操控员能力评估知识科目清单样例**

分布式操控员能力评估知识科目清单样例见表A.1。

**表A.1 分布式操控员能力评估知识科目清单**

序号	类别	科目
1	航空法规	无人驾驶航空器操控员执照持有人有关的规章条例
		民用无人驾驶航空器分布式操作有关的规章条例
2	无人驾驶航空器系统一般知识	无人驾驶航空器自动飞行系统及其操作特点有关的必要知识
		无人驾驶航空器动力系统及其操作特点有关的必要知识
		无人驾驶航空器飞行操纵系统及其操作特点有关的必要知识
		无人驾驶航空器通信系统及其操作特点有关的必要知识
		无人驾驶航空器电源系统及其操作特点有关的必要知识
		无人驾驶航空器其他系统及其操作特点有关的必要知识
		对无人驾驶航空器系统、设备进行检查的必要知识
3	无人驾驶航空器飞行仪表	大气数据仪表
		磁罗盘
		飞行指引仪
		电子飞行仪表
		高度表
		其他仪表
4	飞行计划	飞行计划的制定与提交
		飞行计划的安排
		飞行关键阶段的确定
		应急程序与流程
		夜间运行要求
5	分布式操作程序	分布式操控员岗位职责的确定
		分布式操作重难点的确定
		分布式操作的执行
		分布式操作标准通讯程序
		分布式操作应急程序流程
6	人的行为能力	分布式操控员的岗位职责
		人的注意力分配
		人—机交互
		人为因素
7	通信、导航与监视	应答机/ADS-B
		C2链路
		GNSS导航系统
		机载监视与图传系统

表A.1 分布式操控员能力评估知识科目清单（续）

序号	类别	科目
8	航行情报与气象	空域的分类与限制
		无人驾驶航空器电子围栏
		航行通告
		地形数据与障碍物信息
		起降点信息
		应急程序与联系人信息
		飞行中的危险天气
		天气系统
		航空气象服务
9	无人驾驶航空器软硬件的维护	机身结构
		动力系统
		传感器系统
		通信与图传系统
		固件与控制系统
		任务规划与数据处理
		安全与合规管理
10	空中交通管制	维修记录与飞行记录
		无人驾驶航空器空域管制
		无人驾驶航空器冲突避让与协同机制
		无人驾驶航空器运行监管与合规控制
11	应急操作	空管标准通信程序
		飞行前应急准备
		无人驾驶航空器分布式操作中紧急状况处置
		地面应急响应机制
		特殊场景处置

**附录 B**  
(资料性)  
**分布式操控员能力评估技能科目清单样例**

分布式操控员能力评估技能科目清单样例见表B.1。

**表B.1 分布式操控员能力评估技能科目清单样例**

序号	类别	科目
1	飞行前准备	人员自身能力检查
		天气信息的获取与判断
		飞行计划的制定与上传
		机组成员协同, 明确不同人员的职责
		航行情报的确认, 确认航线, 电子围栏等信息
		应急预案的说明
2	飞行前程序	无人驾驶航空器系统的检查
		无人驾驶航空器负载与重心检查
		无人驾驶航空器飞行仪表和设备检查
		无人驾驶航空器地面站相关设备检查
3	空中交通管制许可和程序	空中交通管制许可和指令响应
		离场、航路和进场程序及许可
		等待程序
4	分布式操作飞行	基本分布式操作与飞行操作
5	分布式飞行过程中的航行情报和气象服务	分布式飞行过程中危险天气的识别与操作
6	识别不安全状态并人为接管控制	分布式飞行过程中无人驾驶航空器的不安全状态的识别与操作
		分布式飞行过程中地面站警告的识别与操作
7	运行风险因素探测与响应	分布式飞行过程中外部运行风险的探测与响应
		分布式飞行过程中外部内部风险的探测与响应
8	故障报告	不同故障等级的报告程序
9	应急操作	无人驾驶航空器系统故障的应急操作程序
		无人驾驶航空器分布式操作地面站故障的应急程序
		无人驾驶航空器失控/坠毁的应急程序
10	飞行后程序	飞行后设备的归位
		记录全部飞行设备的正常工作数据
		记录全部地面站设备、无人驾驶航空器系统的故障, 并对设备的不正常工作情况或故障作书面记录

附录 C  
(资料性)  
技能科目场景样例

**C. 1 场景一：并发故障处理**

情景描述：监视界面同时显示20架无人机正常运行。考官注入指令：3号机GPS信号丢失，7号机报告动力系统异常，同时收到空域管制临时禁飞指令。

考核点：申请人能否正确进行信息排序，优先处理安全风险最高的告警（动力异常），同时执行禁飞指令，并按照预案处置GPS丢失的飞机。

**C. 2 场景二：人机协同决策**

情景描述：5号机因恶劣天气请求偏航，但系统规划的备降场不可用。

考核点：申请人能否利用系统提供的所有信息，综合判断风险，做出人工决策（例如选择新的备降点或执行返航），并能清晰复述决策理由。

**C. 3 场景三：设备故障多机协同处置**

情景描述：监视界面的一条航线有7台飞机依次发起飞行任务，飞机全部升空、转入平飞阶段。考官注入指令：目标降落机场设备离线，机场设备上方滞留一台飞机无法返航。

考核点：申请人能否迅速识别设备故障的连锁反应风险，准确评估对后续多机任务的影响范围，主动接管受影响飞机，按优先级有序执行接管操作并确保飞机安全落地。

**C. 4 场景四：恶劣天气应急接管**

情景描述：监视界面的多条航线有多架飞机依次发起飞行任务，飞机升空、转入平飞阶段。考官注入指令：气象站数据急剧变化显示暴雨红色预警，飞机图传画面清晰可见强降雨天气。

考核点：申请人能否敏锐识别突发恶劣气象条件，基于安全标准主动介入接管受影响无人机，及时执行安全备降并确保飞机安全落地。

**C. 5 场景五：单机异常避障处置**

情景描述：监视界面显示某架飞机正在平飞阶段正常运行。考官注入指令：飞机系统自动触发未知风险避障，飞机立即悬停等待处置指令。

考核点：申请人能否正确识别告警性质，通过实时图传观察前方障碍物状况，在确认风险消除或缓解后，果断执行接管操作，需确保飞行全程安全可控，飞机成功落地。

**C. 6 场景六：空中交通管制指令的获取与响应**

情景描述：监视界面显示多架无人机正常运行。考官注入指令：接运行控制系统报告，3号机运行区域因突发情况，划为临时管制空域；6号机降落区域因突发情况，划为禁飞空域。

考核点：申请人能否正确识别并获取空中交通管制指令信息，并依据情形执行相关等待程序或绕行、返航、备降等程序。

附录 D  
(资料性)  
分布式操控员能力评估系统功能样例

分布式操控员能力评估系统功能包括：

- a) 能力评估系统能模拟真实运行情况，包括三维场景、天气和光照等；具备对地面人群、空中风险冲突等因素的仿真建模能力；
- b) 能力评估系统支持场景构造功能，模拟不同运行环境（如天气、温度、风速等）和不同任务执行（航线、负载等）；
- c) 能力评估系统软件采用真实模型，模拟训练设备飞行控制逻辑、信息推送逻辑、算法软件逻辑（如导航、感知、规划、控制等）、业务逻辑与真实场景保持一致；
- d) 能力评估系统支持多站协同控制、多机并发协同控制；
- e) 能力评估系统支持故障注入功能，如通信、导航、动力等，模拟运行过程中的技术异常应急场景；
- f) 能力评估系统能完整记录评估过程中的无人驾驶航空器系统状态数据、人员操作日志，包括各类数据统计与分析。系统应支持回放，以评估人员操作能力和异常处置能力；
- g) 能力评估系统能确保数据的真实性及安全性。支持人员信息、操作过程、飞行数据、图像和视频的导出、储存。

### 参 考 文 献

- [1] MH/T 2013—2022 民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级划分
-