

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

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

Grading of distributed operation level for civil unmanned aircraft system

2022-08-31 发布

2022-09-01 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 分布式操作自动化程度划分	2
4.1 自动化分级原则	2
4.2 自动化等级划分要素	2
4.3 自动化等级技术要求	3
4.4 自动化程度划分	4
5 分布式操作安全保证性等级划分	4
5.1 分布式操作安全能力的范畴	4
5.2 分布式操作安全保证性分级要求	4
6 分布式操作运行等级划分	4
6.1 分布式操作运行等级划分和兼容性	4
6.2 运行场景关键风险要素与适用的运行等级	5
附录 A (资料性) 自动化等级与人工介入程度的关系	6
附录 B (资料性) 自动化等级与划分要素的关系	7
附录 C (规范性) 分布式操作安全能力 (符合性) 清单	8

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：杭州迅蚁网络科技有限公司、中国民航管理干部学院、中国航空器拥有者及驾驶员协会、亿航智能设备（广州）有限公司、丰鸟无人机科技有限公司、朗星无人机系统有限公司、中国民航科学技术研究院、北京航空航天大学无人系统研究院。

本文件主要起草人：赵亮、田玲玲、曾鸣、章磊、柯玉宝、王英勋、孙毅、彭建、殷宗山、张妍、郑志刚、高胜男、党先举、段志勇、程浩、沈成、张玉萍、张正娟、龚铁。

民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级划分

1 范围

本文件定义了民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级，并规定了与之相关的自动化程度、安全保证性的分级规则。

本文件适用于民用无人驾驶航空器系统分布式操作的运行等级划分。

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

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：GB/T 38152—2019，2.1.2]

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：GB/T 38152—2019，7.3.10，有修改]

3.3

飞行任务 flight mission

为完成特定目标而预先设定的可执行的飞行实施计划。通常包含对于从无人驾驶航空器起飞到降落的完整运行流程的描述和设定。

3.4

飞行过程 flight process

无人驾驶航空器系统从开始执行飞行任务到结束或终止飞行任务的运行过程。

3.5

运营人 operator

组织实施分布式操作的责任主体。

3.6

操作人员 operation staff

分布式操作中被授权参与无人驾驶航空器飞行过程的操作人员，即人工介入角色。

3.7

飞行自动化 flight automation

无人驾驶航空器系统在飞行过程中以自动的方式执行部分或全部飞行任务的行为。

3.8

自动飞行系统 automated flight system

实现无人驾驶航空器系统飞行自动化的硬件和软件组成的系统，简称系统。

注：其他文件中也有使用术语自主飞行（autonomous flight），来表示更高程度自动化的情况。本文件中二者不做区分，统一使用术语自动飞行，并通过自动化等级的定义来具体描述不同的自动化水平。

3.9

自动化等级 automation level

AL

对自动飞行系统可以不依赖人工介入而实施飞行的能力的定级。

3.10

设计运行范围 operational design domain

自动飞行系统设计时确定的适用于其功能运行的外部环境条件。

3.11

运行风险因素探测与响应 operational risk detection and response

对可能降低运行安全水平的可变因素进行探测，并做出适当响应。

注：运行风险因素包括内部因素（如结构失效、硬件故障、软件崩溃、人员操作错误等）和外部因素（如不利天气、障碍物、电磁干扰、通信导航监视的外部支持系统性能恶化等）。

3.12

最小风险状态 minimal risk condition

当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，由操作人员或自动飞行系统执行并有效缓减运行风险至可接受水平的状态。

注：进入最小风险状态的措施包括但不限于：悬停/盘旋等待、返航、备降、迫降、失效保护（如触发应急降落伞）等。

3.13

分布式操作自动化程度 automation degree of distributed operation

分布式操作自动化水平的度量指标，由运营人所采用的自动飞行系统的自动化等级决定。

3.14

分布式操作安全保证性 safety assurance of distributed operation

运营人在分布式操作中为了确保安全飞行和运行，向审定机构声明、证明或通过其他方法证实其在安全操作上可以达到的保证程度。

3.15

运行等级 operation level

OL

对分布式操作运营人特定场景飞行运行能力的综合定级。该定级由运营人分布式操作的自动化程度和安全保证性所决定。

4 分布式操作自动化程度划分

4.1 自动化分级原则

根据自动飞行系统可以不依赖人工介入而实施飞行的能力的高低，可将自动化等级（AL）划分为：

- 自动化等级 0 级（AL-0）；
- 自动化等级 1 级（AL-1）；
- 自动化等级 2 级（AL-2）；
- 自动化等级 3 级（AL-3）；
- 自动化等级 4 级（AL-4）；
- 自动化等级 5 级（AL-5）。

注：本文件的自动化分级仅限于飞行自动化，不包括无人驾驶航空器系统飞行过程以外的任务调度、能源补给、载荷装卸、检修等工作的自动化。

自动化等级与人工介入程度的关系见附录A。

4.2 自动化等级划分要素

可按照以下要素对自动飞行系统的自动化等级进行划分：

- 自动飞行系统能否完成飞行任务执行；
- 自动飞行系统能否完成运行风险因素探测与响应；
- 自动飞行系统能否完成飞行任务接管；

——自动飞行系统是否存在设计运行范围限制。
自动化等级与划分要素的关系见附录 B。

4.3 自动化等级技术要求

4.3.1 自动化等级 0 级 (AL-0)

AL-0级应满足以下要求：

- a) 操作人员控制飞行过程；
- b) 操作人员承担运行风险因素探测与响应；
- c) 自动飞行系统未达到 AL-1 及以上等级的其他自动化技术要求；
- d) 在设计运行范围内运行。

注：AL-0级不是无自动化。AL-0级可包含某些自动化功能，如自动悬停。

4.3.2 自动化等级 1 级 (AL-1)

AL-1级应满足以下要求：

- a) 自动飞行系统与操作人员共同控制飞行过程；
- b) 自动飞行系统与操作人员共同承担运行风险因素探测与响应；
- c) 无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，由操作人员接管控制；
- d) 操作人员在飞行过程中可随时接管控制；
- e) 在设计运行范围内运行。

4.3.3 自动化等级 2 级 (AL-2)

AL-2级应满足以下要求：

- a) 自动飞行系统控制飞行过程；
- b) 自动飞行系统和操作人员共同承担运行风险因素探测与响应；
- c) 当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，由操作人员接管控制；
- d) 操作人员在飞行过程中可随时接管控制；
- e) 在设计运行范围内运行。

4.3.4 自动化等级 3 级 (AL-3)

AL-3级应满足以下要求：

- a) 自动飞行系统控制飞行过程；
- b) 自动飞行系统承担与内部因素相关的运行风险因素探测与响应；
- c) 自动飞行系统和操作人员共同承担与外部因素相关的运行风险因素探测与响应；
- d) 当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，请求操作人员接管控制。当操作人员无应答时，系统可自动进入最小风险状态；
- e) 操作人员在飞行过程中可随时接管控制；
- f) 在设计运行范围内运行。

4.3.5 自动化等级 4 级 (AL-4)

AL-4级应满足以下要求：

- a) 自动飞行系统控制飞行过程；
- b) 自动飞行系统承担运行风险探测与响应；
- c) 当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，系统可在不额外增加运行风险的前提下重新规划飞行任务或自动进入最小风险状态；
- d) 操作人员在飞行过程中可申请接管控制，系统在确保不增加安全风险的情况下移交控制权；
- e) 在设计运行范围内运行。

4.3.6 自动化等级 5 级 (AL-5)

AL-5级应满足以下要求：

- a) 自动飞行系统控制飞行过程；

- b) 自动飞行系统承担运行风险因素探测与响应；
- c) 当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，系统可在不额外增加运行风险的前提下重新规划飞行任务或自动进入最小风险状态；
- d) 操作人员在飞行过程中可申请接管控制，系统在确保不增加安全风险的情况下移交控制权；
- e) 无设计运行范围限制（即自动飞行系统的设计运行范围不小于无人驾驶航空器的设计运行范围），能在任何可飞行条件下运行（排除商业和法规因素限制）。

4.4 自动化程度划分

根据所采用的自动飞行系统的自动化等级，可将运营人分布式操作的自动化程度划分为：

- a) AL-1 对应自动化程度低（L）；
- b) AL-2 至 AL-3 对应自动化程度中（M）；
- c) AL-4 至 AL-5 对应自动化程度高（H）。

5 分布式操作安全保证性等级划分

5.1 分布式操作安全能力的范畴

民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全能力应包括以下方面：

- a) 分布式操作标准流程执行能力；
 - b) 分布式操作培训执行能力；
 - c) 分布式操作风险识别能力；
 - d) 分布式操作安全控制能力；
 - e) 分布式操作应急处置能力；
 - f) 分布式操作持续改进能力。
- a)~f)各项安全能力（符合性）清单内容应符合附录C中的相关规定。

5.2 分布式操作安全保证性分级要求

民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全保证性可划分为低（L）、中（M）、高（H）三个级别。安全保证性越高，表明运营人开展分布式操作的安全能力的可信度越高。

根据运营人按附录C要求提供的符合性文件的保证程度，可确定运营人分布式操作的安全保证性级别，对应关系见表1。

- a) 运营人自行出具符合安全能力要求的声明书，安全保证性为L；
- b) 运营人能提供附录C中的各项内容或等同类型的证明文件（包括各类手册、运行记录、培训记录等），安全保证性为M；
- c) 运营人能提供附录C中的各项内容或等同类型的证明文件，并且其分布式操作的运行已由符合规定的第三方验证通过（提供验证报告或评定结论相关文件），安全保证性为H。

表1 分布式操作安全保证性分级要求

分布式操作安全保证性	分布式操作安全能力评定内容
L	声明书
M	证明文件
H	第三方验证

6 分布式操作运行等级划分

6.1 分布式操作运行等级划分和兼容性

6.1.1 分布式操作运行等级划分方法

基于运营人分布式操作的自动化程度和安全保证性，可将运行等级从低到高划分为5级，见表2。

表2 运行等级（OL）的划分

运行等级	安全保证性L	安全保证性M	安全保证性H
自动化程度 L	OL-1	OL-2	OL-3
自动化程度 M	OL-2	OL-3	OL-4
自动化程度 H	OL-3	OL-4	OL-5

6.1.2 运行等级的兼容性

运行等级可向下兼容。分布式操作的运营人，可在其运行等级及较低的运行等级具备有效控制能力的运行场景中实施运行。

示例：OL-4 的运营人可运行 OL-4、OL-3、OL-2 以及 OL-1 具备有效控制能力的运行场景。

6.2 运行场景关键风险要素与适用的运行等级

运行等级由低到高可分为5级。在风险较高的场景开展运行，分布式操作运营人应具备较高的运行等级，有能力达到可接受的安全水平。评估运行场景风险的关键要素应包括：运行密度（单机/多机）、运行模式（视距内/超视距）、人口密度（非稠密/稠密）、航空器型别（轻小型/中大型）、空域条件（隔离/融合）。不同的运行场景关键风险要素与运行等级的对应关系见表3。

表3 运行场景关键风险要素与运行等级（OL）的关系

运行场景关键风险要素		运行等级				
		OL-1	OL-2	OL-3	OL-4	OL-5
运行密度	单机运行	●	●	●	●	●
	多机运行	—	●	●	●	●
运行模式	视距内运行	●	●	●	●	●
	超视距运行	—	—	●	●	●
人口密度	人口非稠密区	●	●	●	●	●
	人口稠密区	—	—	—	●	●
航空器类别	轻小型	●	●	●	●	●
	中大型	—	—	—	●	●
空域条件	隔离空域	●	●	●	●	●
	融合空域	—	—	—	—	●

注1：在相应风险要素的运行场景下，“●”表示该列运行等级具备对该风险要素的有效控制能力，“—”表示该列运行等级不具备对该风险要素的有效控制能力。

注2：如有特殊运行场景无法在OL-1至OL-5中界定的，可视为特殊运行等级，并实施特定的验证程序。

注3：单机运行：指同一隔离空域内仅有1架处于飞行状态的无人驾驶航空器因而预计不会产生飞行冲突的运行；多机运行：指同一隔离空域内有不少于2架处于飞行状态且预计可能产生飞行冲突的无人驾驶航空器的运行。

注4：视距内运行：指驾驶员或观测员与无人驾驶航空器保持直接肉眼接触的运行；超视距运行：指驾驶员或观测员与无人驾驶航空器无法保持直接肉眼接触的运行。

注5：人口非稠密区：指人口稠密区以外的地区；人口稠密区：指城镇、村庄、繁忙道路或大型露天集会场所等区域。

注6：轻小型：指空机重量不超过15 kg且最大起飞重量不超过25 kg，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驾驶航空器；中大型：指空机重量超过15 kg，或最大起飞重量超过25 kg的无人驾驶航空器。

注7：隔离空域：指供特定用户专用所划定的具有规定范围的空域；融合空域：指无人驾驶航空器与其他航空器同时运行的空域。

附 录 A
(资料性)

自动化等级与人工介入程度的关系

人工介入是指在分布式操作中单独依靠自动飞行系统无法完成，需要有操作人员参与的情况。

操作人员参与的范围包括无人驾驶航空器系统飞行过程中的通讯、导航与监视（CNS）、航行情报和气象服务（AIS）和系统软硬件的维护（系统维护）等。

操作人员参与的范围和频率综合组成分布式操作的人工介入程度。

人工介入程度分为高、中、低三个等级。自动化等级与人工介入程度的关系见表A.1。

表A.1 自动化等级与人工介入程度的关系

自动化程度	自动化等级	人工介入程度		
		CNS	AIS	系统维护
—	AL-0	高	高	高
L	AL-1	中	高	高
M	AL-2	低	中	高
	AL-3	低	低	中
H	AL-4	低	低	低
	AL-5	低	低	低

注：表中内容不直接用于自动化等级的划分。

民用无人驾驶航空器系统分布式操作人工介入程度在本文件中属于安全能力的范畴。附录C详细说明了分布式操作安全能力评估内容。

附 录 B
(资料性)
自动化等级与划分要素的关系

自动飞行系统的自动化等级与划分要素的关系见表B.1。

表B.1 自动化等级与划分要素的关系

自动化程度	自动化等级	飞行任务执行	运行风险因素探测与响应		飞行任务接管	设计运行范围
			内部因素	外部因素		
—	AL-0	操作人员	操作人员	操作人员	操作人员	有限制
L	AL-1	系统+操作人员	系统+操作人员	操作人员	操作人员	有限制
M	AL-2	系统	系统+操作人员	系统+操作人员	系统/操作人员	有限制
	AL-3	系统	系统	系统+操作人员	系统/操作人员	有限制
H	AL-4	系统	系统	系统	系统/操作人员	有限制
	AL-5	系统	系统	系统	系统/操作人员	无限制

M H

附录 C

(规范性)

分布式操作安全能力(符合性)清单

民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全能力(符合性)清单见表C.1。

表C.1 分布式操作安全能力(符合性)清单

评估项目	评估内容
分布式操作标准流程执行能力	应具有分布式操作各系统使用说明书或操作指南,包括飞行阶段人工介入风险控制与自动化操作之间协同或备份运行模式。
	应具有分布式操作人员岗位职责说明书,包括飞行或运行过程中人工介入风险控制角色的任务属性及操作人员的协作。
	应具有分布式操作人员管理说明书,包括飞行或运行过程中人工介入风险控制角色的职责分配及操作人员的协作。
	应具有分布式操作值班日志或运行记录。 应具有分布式操作人员资源管理手册。
分布式操作培训执行能力	应具有分布式操作训练手册,包括人工介入风险控制的各角色的训练标准,以及角色相关能力胜任要求和证明方式;包括操作人员的协作。
	应具有分布式操作飞行或运行人员培训记录。
	应具有分布式操作飞行或运行人员考核及授权记录。
	应具有一定数量可以满足分布式操作培训需求的教员并有授课记录。
分布式操作风险识别能力	应具有分布式操作操作人员资源训练手册,包括人工介入风险控制各角色的协同配合、资源管理训练的标准;包括操作人员的协作(如有)。
	应覆盖无人驾驶航空器系统分布式操作中的风险识别的所有可能范围。
	应包括无人驾驶航空器系统分布式操作中的风险识别所有可能的途径或办法。
	应具有无人驾驶航空器系统分布式操作中的风险识别的提示或告警。 应具有操作人员协作风险识别检查单。
分布式操作安全控制能力	应具有无人驾驶航空器系统分布式操作非正常飞行或运行处置程序;包括操作人员的协作(如有)。
	应具有无人驾驶航空器系统分布式操作人机(系统)互动、介入和告警程序和管理手册。
	应具有无人驾驶航空器系统分布式操作最小风险状态可控操作流程或手册。
分布式操作应急处置能力	应具备召开应急会议的合适的固定场所(含线上会议室)。
	应在运行中心显著位置公示各地方应急部门的联络人和联络电话,包括各级地方政府应急机构、民航局管理和监管机构等。
	应具有分布式操作运行应急处置程序和手册。
	应具有无人驾驶航空器云仿真应急演练预案,以及实施计划和相关记录;包括仿真系统、模拟机或应急仿真系统。
	应具有模拟实际应急演练预案,以及实施计划和相关记录;包括每年不少于2次的真实运行环境下无人驾驶航空器系统分布式操作应急演练。
	应具有所有应急处置的相关记录。
分布式操作持续改进能力	应具备完成应急处置的所有设施,比如各类应急箱、救援包、工具箱,通讯、地面交通设备等。
	应具备分布式操作运行问题反馈和改进建议收集的明确流程和管理程序。
	应具备与分布式操作相关的产品变更和软硬件升级的完备流程或手册。 应具有分布式操作变更及升级的工作记录以及操作人员的变更培训记录。