ICS 03.220.50

CCS V 00

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX—XXXX

民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级划分

Taxonomy of distributed operation level for 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起附上。

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

中国民用航空局　发布

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：

本文件主要起草人：

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

本文件规定了民用无人驾驶航空器系统运行等级，并阐述了与之相关的自动化程度、安全保证性分级等划分规则。

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

3.1

无人驾驶航空器系统 unmanned aircraft system

UAS

由无人驾驶航空器以及与其相关的遥控站（台）、任务载荷和控制链路等组成的系统。

3.2

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。

3.3

飞行过程 flight process

从无人驾驶航空器开始执行飞行任务，直至飞行任务结束或终止的无人驾驶航空器运行过程。

3.4

运行人 operator

组织实施分布式操作的责任主体。

3.5

机组 crew

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。

3.6

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。

3.7

自动飞行系统　automatic flight system

实现无人驾驶航空器系统自动执行飞行任务的状态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程度。

3.8

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。

注：典型的外部环境条件包括空域条件、天气条件等。

3.9

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，并作出适当的响应。运行风险因素包括内部因素（如结构失效、硬件故障、软件崩溃等）和外部因素（如不利天气、障碍物、电磁干扰等）。

3.10

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，由机组或自动飞行系统执行并有效缓减运行风险至最小化的状态。

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

3.11

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

由机组和系统协同对无人驾驶航空器的飞行过程进行控制的操作模式。具体指把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，不要求个人具备对无人驾驶航空器系统的完全操作能力。

3.12

无人驾驶航空器系统分布式操作安全保证性　safety assurance of UAS distributed operation

SA

运行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。

3.13

运行等级　operation level

OL

对无人驾驶航空器系统分布式操作运行人特定场景飞行运行能力的综合定级，主要考虑以下方面：无人驾驶航空器（系统）的自动化程度、无人驾驶航空器（系统）的分布式操作的安全保证性并综合考虑分布式操作运行中人工介入的程度。

4 民用无人驾驶航空器系统分布式操作自动化程度划分

4.1 民用无人驾驶航空器系统自动化分级原则

民用无人驾驶航空器系统自动化等级（AL）是依据无人驾驶航空器系统在飞行过程中对人工介入的依赖程度进行划分的。

在分布式操作中，按照无人驾驶航空器系统具备的自动飞行系统可以或预计可以不依赖人工介入而控制飞行过程的能力，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：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、检修等工作的自动化等内容。
民用无人驾驶航空器系统自动化等级与划分要素的关系见附录A。

4.2 自动化等级划分要素

基于下列要素对民用无人驾驶航空器系统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的限制。

4.3 民用无人驾驶航空器系统各自动化等级技术要求

4.3.1 自动化等级 0 级（AL-0）

AL-0级民用无人驾驶航空器系统的技术要求为：

a) 无人驾驶航空器系统未达到 AL-1 及以上等级的自动化技术要求；
b) 机组负责飞行任务执行和运行风险因素探测与响应；
c) 在设计运行条件下运行。

注：AL-0级自动化不是无自动化。AL-0级民用无人驾驶航空器系统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级民用无人驾驶航空器系统的技术要求为：

a) 自动飞行系统与机组共同控制飞行过程；自动飞行系统与机组共同承担运行风险因素探测与响应；
b) 无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，由机组接管控制。机组在飞行过程中可随时接管控制；

c) 在设计运行范围内运行。

4.3.3 自动化等级 2 级（AL-2）

AL-2级民用无人驾驶航空器系统的技术要求为：

a) 自动飞行系统控制飞行过程；自动飞行系统和机组共同承担运行风险因素探测与响应；
b) 当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，由机组接管控制。机组在飞行过程中可随时接管控制；
c) 在设计运行范围内运行。

4.3.4 自动化等级 3 级（AL-3）

AL-3级民用无人驾驶航空器系统的技术要求为：

a) 自动飞行系统控制飞行过程；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。自动飞行系统和机组共同承担与外部因素相关的运行风险因素探测与响应；
b) 当无人驾驶航空器系统无法继续执行飞行任务时，请求机组接管控制。当机组无应答时，系统可自动进入最小风险状态。机组在飞行过程中可随时接管控制；
c) 在设计运行范围内运行。

4.3.5 自动化等级 4 级（AL-4）

AL-4级民用无人驾驶航空器系统的技术要求为：

a) 自动飞行系统控制飞行过程；自动飞行系统承担运行风险因素探测与响应；
b) 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；
c) 机组在飞行过程中可申请接管控制，当系统判断接管会提高安全风险时可暂缓移交控制权；
d) 在设计运行范围内运行。

4.3.6 自动化等级 5 级（AL-5）

AL-5级民用无人驾驶航空器系统的技术要求为：

a) 无人驾驶航空器自动飞行系统控制飞行过程并承担运行风险因素探测与响应；
b) 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；
c) 机组在飞行过程中可申请接管控制，当系统判断接管会提高安全风险时可暂缓移交控制权；
d) 无设计运行范围限制，可在任何可飞行条件下运行（排除商业和法规因素限制）。

4.4 民用无人驾驶航空器系统自动化程度划分

民用无人驾驶航空器自动化程度，是指在分布式操作模式中，无人驾驶航空器系统在不依赖人工介入（人工介入程度与自动化等级的关系参考附录B）的情况下，能够自动执行飞行任务的程度。运行人分布式操作的自动化程度，划分为：

a) AL-0 至 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 民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全保证性（SA）分级

5.1 民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全保证性等级的划分

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

5.2 民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全能力

民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全能力包括：

a) 民用无人驾驶航空器系统分布式操作标准流程执行能力；
b) 民用无人驾驶航空器系统分布式操作培训执行能力；
c) 民用无人驾驶航空器系统分布式操作风险识别能力；
d) 民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全控制能力；
e) 民用无人驾驶航空器系统分布式操作应急处置能力；
f) 民用无人驾驶航空器系统分布式操作持续改进能力。

a）～f）各项安全能力的具体（符合性）清单内容，见附录C。

5.3 民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全保证性分级要求

按照附录C的要求，根据运行人能够提供的相应符合性文件的保证性，确定表1中所示的民用无人驾驶航空器系统分布式操作安全保证性。

a) 运行人自行出具符合安全能力要求的声明书的，安全保证性为L。
b) 运行人能提供附录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) 运行人能提供附录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的（提供验证报告或评定结论相关文件），安全保证性为H。

表1 安全保证性分级

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 民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级

6.1 民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级

6.1.1 民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级划分

结合民用无人驾驶航空器系统自动化程度和分布式操作安全保证性，运行等级的划分如表2所示：

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（OL）的兼容性

运行等级（OL）可向下兼容。分布式操作的运行人，具有运行与运行等级对应的运行场景，以及较低的运行等级对应的运行场景的能力。

示例：OL-4 的运行人具有运行 OL-4、OL-3、OL-2 以及 OL-1 对应的运行场景的能力。

6.2　运行场景关键风险要素与适用的运行等级（OL）

运行等级（OL）由低到高分为5级。在风险较高的场景开展运行，需要分布式操作运行人具备较高的运行等级，以达到一致的可接受安全水平。评估运行场景风险的关键要素包括：运行密度（单机/多机）、运行模式（视距内/超视距）、人口密度（稀少/密集）、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（OL）的对应关系如表3所示：

表 3　运行场景关键风险要素与运行等级关系

关键风险要素		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	人口稀少区	●	●	●	●	●
	人口密集区	—	—	—	●	●
航空器型别	轻小型	●	●	●	●	●
	中大型	—	—	—	●	●
空域条件	隔离空域	●	●	●	●	●
	融合空域	—	—	—	—	●

表 3（续）

注1：“●”表示该列运行等级（OL）对应的运行场景可包含的风险要素。“—”表示该列运行等级（OL）对应的运行场景不包含的风险要素；

注2：如有特殊运行场景无法在OL（1～5）运行等级中界定的，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：指同一隔离空域内同一时间有1架处于飞行状态的无人驾驶航空器的运行；多机运行：指同一隔离空域内同一时间有不少于2架处于飞行状态且可能产生飞行冲突的无人驾驶航空器的运行；

注4：轻小型：指空机重量小于15kg，且最大起飞重量小于25kg的航空器型别；中大型：指空机重量大于15kg，或最大起飞重量大于25kg的航空器型别。

AA

附 录 A
（资料性）
民用无人驾驶航空器系统自动化等级与划分要素的关系

民用无人驾驶航空器系统分布式操作自动化等级划分要素见表 A.1。

表 A.1 自动化等级与划分要素关系

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		
L	AL-0	机组	机组	机组	机组	有限制
	AL-1	系统+机组	系统+机组	机组	机组	有限制
M	AL-2	系统	系统+机组	系统+机组	机组	有限制
	AL-3	系统	系统	系统+机组	机组（优先）	有限制
H	AL-4	系统	系统	系统	系统（优先）	有限制
	AL-5	系统	系统	系统	系统（优先）	无限制

BB

附 录 B

（资料性）

民用无人驾驶航空器系统分布式操作人工介入程度

民用无人驾驶航空器系统分布式操作人工介入角色是指在分布式操作中承担不同人工操作或运行职能的人员，包括飞行过程中的通讯、导航与监视、航行情报和气象服务、无人驾驶航空器系统软硬件的维护等。

在分布式操作中视距内、超视距以及其他环节中单独依靠系统无法完成而需要人工参与的操作和运行，人工干预的范围和频率综合组成分布式操作人工介入程度。人工介入程度分为高、中、低三个等级。为便于理解，将人工介入程度与自动化等级的关系列于表B.1。

表 B.1 人工介入程度与自动化等级关系

自动化程度	自动化等级	人工介入风险控制的程度		
		通讯导航监视	情报和气象	系统维护（硬件和软件）
L	AL-0	高	高	高
	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1：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风险控制在本文件中属于安全操作能力的范畴。附录C详细说明了分布式操作安全能力评估内容。

附 录 C
（规范性）
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

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 安全能力符合性清单

评估项目	评估内容
民用无人驾驶航空器系统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，包括机组的协作。
	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；包括机组的协作。
	应具有分布式操作值班日志或运行记录。
	应具有分布式操作机组资源管理手册。
民用无人驾驶航空器系统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；包括机组的协作。
	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记录。
	应聘用一定数量可以满足分布式操作的教员并有授课记录。
	应具有分布式操作机组资源训练手册，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；包括机组的协作（如有）。
民用无人驾驶航空器系统分布式操作风险识别能力	应具有无人驾驶航空器系统分布式操作中的风险识别可能的所有范围。
	应具有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。
	应具有机组协作风险识别检查单。

表 C.1（续）

评估项目	评估内容
民用无人驾驶航空器系统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；包括机组的协作（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水平可控操作流程或手册。
民用无人驾驶航空器系统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）。
	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。
	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。
民用无人驾驶航空器系统分布式操作持续改进能力	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机组的变更培训记录。