

# 中国民用航空局航空器适航审定司

民航适函〔2024〕52号

## 关于印发《中型民用无人驾驶航空器系统适航标准及符合性指导材料（试行）》 咨询通告的通知

民航各地区管理局，民航大学、管干院、航科院、适航审定中心，航空工业、中国商飞、中国航发、各民用无人驾驶航空器设计制造单位：

为指导和规范中型民用无人驾驶航空器系统型号合格审定工作，我司制定了咨询通告《中型民用无人驾驶航空器系统适航标准及符合性指导材料（试行）》（AC-92-AA-2024-02），给出了中型民用无人驾驶航空器系统申请设计批准的适航标准及符合性指导材料。

现将《中型民用无人驾驶航空器系统适航标准及符合性指导材料（试行）》咨询通告印发你们，在工作中贯彻落实。



民航局航空器适航审定司

2024年7月23日



# 咨询通告

中国民用航空局航空器适航审定司

文 号：民航适函〔2024〕52号

编 号：AC-92-AA-2024-02

下发日期：2024年7月23日

## 中型民用无人驾驶航空器系统 适航标准及符合性指导材料 (试行)

# 目 录

<b>1 总则</b> .....	1
1.1 目的 .....	1
1.2 依据 .....	1
1.3 相关文件 .....	1
1.4 适用范围 .....	1
<b>2 适航标准</b> .....	2
2.1 设计特征和使用场景说明 .....	2
2.2 整机要求 .....	3
2.2.1 机体结构 .....	3
2.2.2 飞行重要零部件 .....	4
2.2.3 数据传输与监控要求 .....	4
2.2.4 整机能力 .....	5
2.2.5 飞行包线限制验证 .....	7
2.2.6 可能出现的失效 .....	7
2.2.7 应急程序 .....	8
2.2.8 不利天气条件 .....	9
2.2.9 耐久性和可靠性 .....	9
2.3 系统与设备要求 .....	11
2.3.1 设计与构造 .....	11
2.3.2 设备、系统和安装 .....	12

2.3.3	飞行控制与导航系统 .....	12
2.3.4	升力/推力/动力系统 .....	12
2.3.5	能源系统 .....	13
2.3.6	无线通信系统 .....	14
2.3.7	遥控台(站) .....	15
2.3.8	任务载荷系统 .....	15
2.3.9	外部灯光系统 .....	15
2.4	使用限制和资料 .....	16
2.4.1	标记和标牌 .....	16
2.4.2	飞行手册 .....	16
2.4.3	持续适航文件 .....	17
<b>3</b>	<b>符合性指导材料 .....</b>	<b>18</b>
3.1	总则 .....	18
3.2	无人驾驶航空器系统符合性检查单 .....	19
3.3	工程评估验证 .....	20
3.3.1	设计特征和使用场景说明报告 .....	20
3.3.2	结构强度分析报告 .....	21
3.3.3	安全性分析报告 .....	21
3.3.4	飞行重要零部件清单 .....	22
3.3.5	状态监控与告警说明报告 .....	22
3.3.6	指挥和控制数据链路安全符合性说明报告 .....	23
3.3.7	飞行数据记录功能说明报告 .....	23

3.3.8	软件符合性综述报告 .....	23
3.3.9	无人驾驶航空器系统飞行手册 .....	25
3.3.10	无人驾驶航空器系统持续适航文件 .....	26
3.4	试验室验证 .....	27
3.4.1	电池测试 .....	27
3.4.2	无线电测试 .....	27
3.4.3	温度测试 .....	27
3.4.4	升力/推力/动力系统校准测试 .....	28
3.4.5	储能设备地面操作测试 .....	28
3.4.6	运输振动测试 .....	29
3.4.7	耐腐蚀测试 .....	29
3.4.8	外壳防护等级测试 .....	29
3.4.9	电磁兼容测试 .....	29
3.5	飞行试验验证 .....	30
3.5.1	基本要求 .....	30
3.5.2	速度测试 .....	32
3.5.3	起飞海拔高度测试 .....	32
3.5.4	飞行真高测试 .....	32
3.5.5	重量和重心测试 .....	33
3.5.6	飞行包线限制验证测试 .....	33
3.5.7	抗风性能测试 .....	34
3.5.8	不利天气条件下飞行测试 .....	34

3.5.9 续航能力测试 .....	34
3.5.10 部分动力失效测试 .....	35
3.5.11 部分能源系统失效测试 .....	36
3.5.12 能源系统测试与低能源保护功能测试 .....	36
3.5.13 飞控与导航测试 .....	37
3.5.14 感知避让测试 .....	38
3.5.15 外部灯光系统和夜间飞行测试 .....	38
3.5.16 指令变化测试 .....	38
3.5.17 指挥和控制数据链路功能完整性测试 .....	39
3.5.18 指挥和控制数据链路切换测试 .....	40
3.5.19 指挥和控制数据链路 with GNSS 失效测试 .....	40
3.5.20 气动控制面失效测试 .....	41
3.5.21 一机多控控制权转移测试 .....	41
3.5.22 一控多机测试 .....	42
3.5.23 遥控台（站）失效测试 .....	43
3.5.24 电子围栏测试 .....	43
3.5.25 空域被监视能力测试 .....	44
3.5.26 空中和地面风险缓解能力测试 .....	44
3.5.27 空域保持能力测试 .....	45
3.5.28 任务载荷系统测试 .....	45
3.5.29 其他失效测试 .....	46
3.6 耐久性和可靠性试验 .....	46

3.6.1 基本要求 .....	46
3.6.2 耐久性和可靠性飞行试验 .....	47
<b>附表 1 限用类中型电动多旋翼无人驾驶航空器系统符合性检查单 .....</b>	<b>48</b>

## 1 总则

### 1.1 目的

本咨询通告为中型民用无人驾驶航空器系统提供了一种局方可接受的适航标准及相应符合性指导材料，供申请人用以表明符合《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》第 92.329 条“适用要求的确定”、第 92.331 条“适用要求的符合性”、第 92.343 条“型号合格证的颁发”、第 92.349 条“设计更改的管理”和第 92.351 条“补充型号合格证的颁发”的相关要求。

### 1.2 依据

本咨询通告依据《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》(CCAR-92) 制定。

### 1.3 相关文件

本咨询通告的相关文件包括：

- (a) 《型号合格审定程序》；
- (b) 《民用无人驾驶航空器系统适航审定管理程序》；
- (c) 《民用无人驾驶航空器系统适航审定分级分类和系统安全性分析指南》；

如无特殊说明，上述文件均指其现行有效版本。

### 1.4 适用范围

本咨询通告适用于中型民用无人驾驶航空器系统的型号合格

证、型号合格证更改、补充型号合格证等设计批准工作。

对于申请设计批准的正常类中型民用无人驾驶航空器系统，可将第 2 章的条款作为审定基础；对于申请设计批准的限用类中型民用无人驾驶航空器系统，可将第 2 章除第 2.3 节之外的条款作为审定基础；如在上述设计批准项目中，本咨询通告第 2 章的适航标准未涵盖或者不适用产品的特定设计特征或使用场景要求，可采用问题纪要的形式补充或替换相关适航要求。

本咨询通告第 3 章符合性指导材料所描述的可接受的符合性方法并非强制要求，即并非表明对第 2 章适航标准相关条款符合性的唯一方法。该符合性指导材料主要适用于限用类中型电动多旋翼无人驾驶航空器系统，对于其他构型或其他动力驱动形式的限用类中型无人驾驶航空器系统，申请人可参考其符合性验证思路适当调整或重新制定符合性方法，在获得局方接受后，采用问题纪要记录新的符合性方法。此外，本符合性指导材料也未完全涵盖针对正常类中型无人驾驶航空器系统的可接受的符合性方法，可由申请人结合项目具体情况与局方讨论后确定可接受的符合性方法，并使用问题纪要将其记录。后续将根据审查项目的实践积累情况，逐步将符合性方法补充到本咨询通告符合性指导材料中。

## **2 适航标准**

### **2.1 设计特征和使用场景说明**

(a) 必须制定无人驾驶航空器系统的基本特征（主要系统、链路、遥控台（站）及其他设备）、功能描述（如飞行控制功能、通信功能、导航功能等）的说明。

(b) 必须按静止空气和海平面标准大气条件给出对应于无人驾驶航空器系统各飞行阶段（起飞、上升、巡航、下降）、预期运行环境（如高度和温度）及载重状态（如最小飞行重量和最大起飞重量）的性能数据和运行限制的说明。其中：

(1) 最小飞行重量是指支持无人驾驶航空器飞行的无人驾驶航空器机体、电池、燃料容器等固态装置重量以及填充燃料的总和；

(2) 最大起飞重量是指根据设计或运行限制，无人驾驶航空器正常起飞所容许的最大重量。

(c) 必须制定无人驾驶航空器系统的飞行包线。

(d) 必须定义使用场景说明，确定空中和地面第三方应保持的最小安全距离，明确预设飞行区域（包括起降点或飞行区域）和应急恢复区（完成应急处置飞行所需的备降点、迫降点或坠机区域）的划设原则，描述使用场景下的运行参数，如是否在人口密集区运行、飞行空域类别、与空中交通管制的通讯、是否超视距运行、航空器飞行间隔等。

## 2.2 整机要求

### 2.2.1 机体结构

必须证明无人驾驶航空器的结构能够承受其使用寿命期间预期的重复载荷而不发生失效。必须确定机体的寿命限制，并将通过测试证明的机体寿命限制列入持续适航文件。在遵守上述要求时，必须考虑预期运行环境的影响。

### 2.2.2 飞行重要零部件

(a) 飞行重要零部件是指其失效可能导致无人驾驶航空器系统失去飞行能力或失去控制且无法恢复的零部件。

(1) 失去飞行能力是指无人驾驶航空器在其飞行至预定的着陆位置期间，无法按计划完成飞行，包括无人驾驶航空器经历了受控飞行后撞地、撞击障碍物或发生任何其他碰撞、发生严重或不可逆的高度损失或在指定的应急恢复区之外的非计划着陆；

(2) 失去控制是指无人驾驶航空器失去稳定性和控制能力，或飞行特性偏离，出现翻转、旋转、进入非预期或非指令的姿态，导致航空器偏离受控飞行，可能不受控制地撞击地面并坠毁。

(b) 应建立一个飞行重要零部件清单，并制定强制性维护说明或寿命限制或两者的组合，以防止飞行重要零部件的失效。持续适航文件的适航限制部分必须包括以上强制性措施。

### 2.2.3 数据传输与监控要求

(a) 无人驾驶航空器系统应具备传输、接收确保无人驾驶航空器持续安全飞行和运行所需的所有安全关键信息的能力，至少

包括以下内容：

(1) 所有能源系统的关键参数的状况；

(2) 所有升力/推力/动力系统的关键参数的状况；

(3) 飞行性能和导航信息，如速度、方向、高度和位置；

(4) 指挥和控制数据链路、导航信号的强度和质量，如信噪比、信号强弱、覆盖范围等，并能提供上述信号状态及应急告警信息。

(b) 应确定在无干扰、无遮挡环境下的视距或超视距限制，以保证在此限制条件下的数据传输与监控稳定、可靠且完整。

(c) 无线电频率和发射功率应符合无线电管理相关规定。

(d) 应将经过验证且被批准的链路频率范围及遥控遥测最大距离列入飞行手册中。

(e) 安全飞行所需的所有信息，包括但不限于 (a) 中确定的信息，应按照运行需要，以机组成员可以监控数据和变化的方式呈现，并列入飞行手册。如在所有预期运行中存在数据显示超过运行限制的情况，应在飞行手册中增加性能数据限制的说明。

#### 2.2.4 整机能力

(a) 必须通过测试证明无人驾驶航空器系统具备以下能力：

(1) 在其指挥和控制数据链路失去后重新获得对无人驾驶航空器指挥和控制的能力，并且具备安全防护能力，能够防止故意

的未经授权的电子干扰对安全产生不利影响；

(2) 其能源系统具备为无人驾驶航空器所有系统和有效载荷提供能源的能力；

(3) 使操控员有能力安全终止飞行，且具备能防止意外终止飞行的能力；

(4) 操控员有能力重新规划航线；

(5) 有能力安全地中断起飞；

(6) 有能力安全地中断降落并启动绕航或悬停；

(7) 具备在所有运行条件下将无人驾驶航空器控制在指定区域内的能力，即电子围栏能力；

(8) 具备满足运行要求的感知避让能力；

(9) 具备飞行数据记录的能力；

(10) 具备飞行包线保护的能力；

(11) 具备空域保持能力和空域被监视能力。

(b) 如果无人驾驶航空器系统具备下列能力，必须通过飞行测试进行验证。

(1) 升力/推力/动力系统降级后继续飞行的能力；

(2) 能源系统降级后继续飞行的能力；

(3) 在多台遥控台（站）之间切换无人驾驶航空器，确保在

同一时间只有一个遥控台（站）可以控制无人驾驶航空器；

(4) 一控多机能力，且失效处理能力与一控多机数量的比例一致；

(5) 地面风险缓解能力，如安装降落伞，降低对地面第三方的风险；

(6) 空中风险缓解能力，如感知和避让运行环境中其他航空器的能力，降低对空中第三方的风险；

(7) 如搭载农药、化肥等有毒、有害或有腐蚀性物质，应具备防腐蚀与防意外泄露的能力，以免严重危害飞行重要零部件及接口；

(8) 作业过程中可以随时人工介入操控的能力。

(c) 应将上述具备能力的规范操作说明列入飞行手册中。

#### 2.2.5 飞行包线限制验证

在至少超过无人驾驶航空器最大起飞重量 5% 的情况下，对无人驾驶航空器系统的飞行包线的机动性、稳定性和控制力进行演示验证，证明无人驾驶航空器系统不应失去控制或飞行能力，且不需要操控员具备特殊技能。

#### 2.2.6 可能出现的失效

必须通过试验来证明无人驾驶航空器系统的设计使可能发生的失效不会导致失去对无人驾驶航空器的控制或无人驾驶航空器

飞出预设飞行区域。

(a) 至少必须具备处理下列系统或设备可能的失效：

(1) 升力/推力/动力系统；

(2) 能源系统；

(3) 指挥和控制数据链路；

(4) 全球导航卫星系统（GNSS）；

(5) 有单点失效的飞行控制部件（如适用）；

(6) 遥控台（站）；

(7) 影响无人驾驶航空器系统安全运行的其他系统失效（如适用）。

(b) 每项飞行试验必须在飞行的关键阶段和模式，以及在无人驾驶航空器系统与操控员的最高比率下进行。

注：无人驾驶航空器系统与操控员的最高比率是指在申请人给出的设计范围内操控员所允许控制无人驾驶航空器的最大数量，表明在操控员最大的操作负荷下进行试验。

### 2.2.7 应急程序

(a) 无人驾驶航空器系统的设计必须使其在失去指挥和控制数据链路的情况下，自动并立即执行预定的指令并向操控员发出警示信息，包括继续执行任务、悬停、降落或返航。

(b) 应确定在失去指挥和控制数据链路情况下的预定行动，

并将其纳入飞行手册。

(c) 应在飞行手册中定义指挥和控制数据链路最低性能要求，当指挥和控制数据链路降级到不能再确保对无人驾驶航空器远程控制时，必须通过设计防止无人驾驶航空器起飞，或通过飞行手册中的运行限制禁止起飞。

(d) 应在飞行手册中定义为保证飞行安全和受控应急着陆所需的其他应急程序，包括出现第 2.2.6 条描述的失效情况以及遭遇第 2.2.4 (a) (1) 条描述的电子干扰对应的应急程序。

#### 2.2.8 不利天气条件

应在无人驾驶航空器系统飞行手册中制定运行限制，以禁止无人驾驶航空器在未被批准运行的不利天气条件下飞行，“不利天气条件”包括但不限于雨、雪、结冰和闪电等。

#### 2.2.9 耐久性和可靠性

无人驾驶航空器系统在其预期运行环境规定的限制条件下运行时，必须是耐用的和可靠的，这些限制条件应作为运行限制，并包含在飞行手册中。必须按照本节的要求通过试验来证明耐久性和可靠性，并且在完成飞行试验时没有出现导致失去飞行能力、失去控制、飞出预设飞行区域或在应急恢复区外紧急降落的失效。

(a) 用于证明符合本节规定的测试样机的所有飞行记录必须包括在飞行试验报告中。

(b) 测试必须包括对所有运行阶段的整个飞行包线的评估，并且必须至少涉及以下内容：

- (1) 飞行距离；
- (2) 飞行时间；
- (3) 飞行路径；
- (4) 重量；
- (5) 重心；
- (6) 海拔高度和飞行真高；
- (7) 外界气温；
- (8) 速度；
- (9) 风速；
- (10) 不利天气条件（如适用）；
- (11) 在夜间运行（如适用）；
- (12) 能源系统容量；
- (13) 无人驾驶航空器系统与操控员的比例。

(c) 测试必须包括本节 (b) 段所述条件和构型的最不利组合。

(d) 测试必须在与按照第 2.1 条设计特征和使用场景说明所确定的预期运行环境一致的条件下进行。

(e) 测试必须显示正常环境条件下典型飞行剖面 and 飞行路径

的组合。对于正常环境条件无法覆盖的本节 (c)、(d) 要求，应补充等效试验室验证以表明符合性。

(f) 测试不得要求操控员有特殊的驾驶技能或警觉性。

(g) 任何用于测试的无人驾驶航空器系统必须能够承受与其服役中所允许的同样严酷的地面操纵和运输载荷。

(h) 如进行载货飞行或外部负载飞行，则必须通过试验表明，在整个飞行包线内，货物或外部负载处于重量和重心临界组合，必须证明：

(1) 无人机具有安全的可控性和机动性；

(2) 货物或外部负载可保留和运输。

## 2.3 系统与设备要求

### 2.3.1 设计与构造

(a) 每个零部件的设计必须适合第 2.1 条描述的设计特征和使用场景。

(b) 设计数据必须充分定义零部件或装配结构、设计特征以及所使用的任何材料和工艺。

(c) 必须确定对运行安全有重要影响的每个设计细节和零部件的适用性。

(d) 材料和制造工艺必须适合设计特征和使用场景，并必须产生足够的、可重复的特性和性能。

### 2.3.2 设备、系统和安装

(a) 为符合适航要求、空域要求或运行规则所需的设备和系统，或功能不正常会导致危害的设备和系统，其设计和安装必须保证在整个运行限制和环境条件中执行预期功能。单独考虑及与其他系统相关联时，其设计和安装必须满足如下要求：

(1) 在发生可能的失效时将危害减至最小；

(2) 可合理预测，任何单一失效不会导致灾难性失效情况；

(3) 应有探测、警告和管理可能导致灾难性和危险性失效情况的任一失效或组合的方法；

(4) 必须根据设备所规定的限制来安装该设备的每一部分。

(b) 本条 (a) 款未涵盖的设备和系统，应形成清单，其运行可能导致的任何危害，都必须减至最小。

### 2.3.3 飞行控制与导航系统

飞行控制与导航系统必须设计成能使其功能正常发挥并防止可能发生的危险，且具备足够的飞行精度，以满足预期使用场景和环境条件的安全运行要求。

### 2.3.4 升力/推力/动力系统

(a) 每个升力/推力/动力系统设计与安装必须考虑：

(1) 所有可能的运行和环境条件，包括外来物的威胁；

(2) 运动部件与其他航空器部件及其周围有足够的间隙；

(3) 运行中可能存在的危险，包括对地面人员的危险；

(4) 振动和疲劳；

(5) 任何会对升力/推力/动力系统运行产生不利影响的冰雪堆积或脱落，包括过冷水滴的情况（如适用）。

(b) 每个升力/推力/动力系统必须：

(1) 进行必要的校准测试，以确定其升力/推力/动力特性；

(2) 在其额定值和运行限制内，必须产生所有飞行条件下所需的升力/推力/动力，同时考虑到预期运行环境影响；

(3) 根据运行安全要求确定额定值和运行限制，并列入飞行手册中；

(4) 进行飞行试验，以验证系统在其所声明的整个飞行包线内的性能；

(5) 必须在整个飞行包线中证明升力/推力/动力系统的完整性，包括安装和附件连接；

(6) 在持续适航文件中定义升力/推力/动力系统的维护要求，以保证持续适航。

### 2.3.5 能源系统

(a) 每个能源系统必须：

(1) 具有足够的余量以确保所支持系统的安全运行；

(2) 向机组成员提供有关正常模式和降级模式的信息和警告，以及机组成员安全运行无人驾驶航空器所需的剩余能量信息和警告。

(b) 每个能源系统的设计和安装必须：

(1) 应提供措施识别和缓解在正常运行或可能发生的故障中可能发生的易燃性、爆炸性、有毒或腐蚀性气体或液体的积聚，以防止发生灾难性的失效；

(2) 在正常运行期间保持安全运行温度、压力或任何其他确定的参数；

(3) 提供保护或控制手段，以防止在正常运行或可能的故障期间发生危险情况；

(4) 储能设备或其部件在地面操作、加油、充电、存储和更换（如具备此功能）期间对无人驾驶航空器造成的危害减至最小。

### 2.3.6 无线通信系统

(a) 如无人驾驶航空器具备指挥和控制数据链路切换功能，其切换：

(1) 不应对飞行安全产生不利影响；

(2) 应能够自动实现，如具备手动切换功能，则手动切换应具有更高的优先级；

(3) 不应影响地面遥控台（站）对无人驾驶航空器重要飞行

参数的发送和接收。

(b) 除指挥和控制数据链路之外，如具备其他通信链路（包括但不限于负载控制链路、与空中交通管理机构或设施的交互链路），该链路不应对指挥和控制数据链路产生不利影响。

### 2.3.7 遥控台（站）

(a) 遥控台（站）应在飞行前与无人驾驶航空器进行配对且具备对航空器完全控制的能力，应能够使无人驾驶航空器及时响应操控员指令。

(b) 遥控台（站）应向操控员提供警报及 2.2.3 条 (a) 款中确定的信息，显示的信息应清晰且没有歧义。

(c) 遥控台（站）所提供的用于触发无人驾驶航空器系统应急程序的操作，应进行防误触和防误操作的设计。

### 2.3.8 任务载荷系统

(a) 任务载荷系统即无人驾驶航空器为完成指定任务所携带的非飞行必备的装置或设备，在任何情况下不应影响无人驾驶航空器的安全运行。

(b) 如飞行过程中具备释放负载的能力，其设计必须能防止意外释放负载，并为操控员提供评估外部环境和应急释放负载的措施。

### 2.3.9 外部灯光系统

(a) 无人驾驶航空器必须配备外部灯光系统，具备强度、闪光频率、颜色、覆盖范围、位置和其他特性。

(b) 外部灯光系统颜色及闪烁方式所代表的含义，应列入飞行手册中。

## 2.4 使用限制和资料

### 2.4.1 标记和标牌

(a) 无人驾驶航空器应当具备必要的仪表标记或标牌。

(b) 螺旋桨、电机、任务载荷系统设备、电池、发动机及排气管（如适用）等对人员易产生伤害的部位或可产生高温的部件，应有提示或安全标识。如无上述标记，则应有其他方式警示操控员或第三方人员靠近。

(c) 上述标记及标牌必须符合下列要求：

(1) 示于醒目处；

(2) 安装牢固、不易污损；

(3) 固定在机身处明显位置或者便于检查的适当位置。

### 2.4.2 飞行手册

应提供局方可以接受的无人驾驶航空器系统飞行手册，至少包含以下内容：

(a) 无人驾驶航空器系统基本信息；

(b) 无人驾驶航空器系统运行限制；

(c) 无人驾驶航空器系统运行程序，包括正常运行程序和应急处置程序；

(d) 飞行包线的性能数据；

(e) 重量与平衡信息；

(f) 与设计、运行或操纵特性相关，以及运输、组装、构型调整、存储和其他对安全运行必要的信息。

#### 2.4.3 持续适航文件

应为无人驾驶航空器系统制定局方可以接受的持续适航文件，至少包含以下内容：

(a) 维护及维修计划；

(b) 维护及维修要求、所用工具和材料，维修后的检测、校准、数据标定方法；

(c) 2.2.2 (b) 中所制定的适航限制；

(d) 各种零部件的件号、技术规范、使用数量、适用位置等信息；

(e) 无人驾驶航空器系统的原理图、电气设备及其装配线路图、各个系统连接线路的走向及排布；

(f) 故障隔离和排除方法。

### 3 符合性指导材料

#### 3.1 总则

(a) 本咨询通告第 2 章适航标准采用基于整机安全目标的逻辑架构和涵盖关键功能的系统设计的要求，因此本章将从整机角度考虑符合性验证。从航空器层面上验证整机可靠性，基于耐久性和可靠性飞行小时的积累，反映了无人驾驶航空器的结构、设计和构造具有足够的强度和耐久性，在整个耐久性和可靠性试飞期间是稳定的、没有不安全特征、没有导致无人驾驶航空器失去飞行和控制。并补充完成试验和工程评估，涵盖通过功能试飞无法证明缓解危害的设计要求。

(b) 通过工程评估表明符合相关条款的适航要求，包括设计说明、分析计算报告、安全性分析报告等，证明产品设计涵盖关键的安全要求、采取了缓解危害的措施，详见 3.3 工程评估验证；通过试验室试验或地面试验证明满足使用场景的环境适应性和部分功能要求，详见 3.4 试验室验证；通过飞行性能试飞科目或诱发特定故障的试飞科目，证明在使用范围内满足使用场景的飞行包线要求和应急安全操作能力要求，详见 3.5 飞行试验验证；通过耐久性和可靠性飞行试验完成代表性飞行小时积累，证明在适当的水平上防止不安全的特征，详见 3.6 耐久性和可靠性试验；上述方法综合表明中型民用无人驾驶航空器系统达到可接受的安全性水平。

(c) 在型号合格审定项目中，可使用第 3.2 节的符合性检查单来代替所要求的审定计划，以条款形式逐条列明审定基础和拟采用的符合性方法，详见附表 1《限用类中型电动多旋翼无人驾驶航空器系统符合性检查单》。

(d) 对于本章未覆盖的符合性方法，可与局方沟通确定可接受的符合性方法。

(e) 本章中所引用的标准宜采用型号合格证项目申请时有效的版本，采用其他版本应与审查组充分沟通、达成一致。

### 3.2 无人驾驶航空器系统符合性检查单

借鉴《型号合格审定程序》附录 I 轻小型航空器型号合格审定简化程序的思路，可使用符合性检查单来代替所要求的审定计划，以条款形式逐条列明审定基础和拟采用的符合性方法，如附表 1《限用类中型电动多旋翼民用无人驾驶航空器系统符合性检查单》。若产品设计构型完全不涉及或仅部分涉及某条款要求，该产品可选择不适用或部分适用该条款及对应的符合性方法。

当参考使用附表 1 时，申请人可根据产品和企业情况补充型号设计资料与符合性验证资料的文件编号及版次、文件名称、时间计划、申请方责任人和审查方责任人。其中：

(a) 文件名称可根据项目情况进行更改，编制要求参考第 3.3 节至第 3.6 节，型号设计资料与符合性验证资料应足够详细，用来确定所对应条款可被表明；

(b) 时间计划是指计划提交型号设计资料与符合性验证资料的时间；

(c) 申请方责任人是指对应条款的责任人；

(d) 审查方责任人一般指局方审查组负责人。如根据项目风险评估，局方审查组授权由申请人按照批准的设计保证系统开展适航条款符合性确认工作，则审查方责任人可指该条款的责任符合性核查工程师（CVE）。

### 3.3 工程评估验证

#### 3.3.1 设计特征和使用场景说明报告

可按 2.1 要求完成一份设计特征和使用场景说明报告，内容包括：

(a) 无人驾驶航空器系统特征（基本介绍、构型、三视图、尺寸、重量重心、飞行包线、整机架构等）、功能描述、性能参数等。

(b) 预期运行环境及运行限制条件，包括但不限于气象条件、夜间运行条件、与空中和地面第三方应保持的最小安全距离，以及预设飞行区域、应急恢复区特征的预设原则等。

(c) 无人驾驶航空器各子系统基本信息、系统架构框图、规格参数、安全保护逻辑等。

(d) 遥控台（站）的基本信息。

(e) 指挥控制功能的说明。

(f) 感知避让能力说明，如最大安全避障速度、障碍物类型、材质、尺寸。

(g) 支持的其他设备的基本信息说明。

(h) 满足 2.4.1 要求的无人驾驶航空器系统各处标记和标牌信息说明及照片。

(i) 无人驾驶航空器系统设计说明及构型控制文件，包括图样清册、工艺工程文件规范、材料规范、选装设备文件和选装软件文件等。

(j) 可提供设计资料或设计说明文件，证明无人驾驶航空器系统的飞行终止功能（例如紧急降落、紧急返航、降落伞开伞的能力等），具备防止意外激活设计（例如防误触功能等）。

### 3.3.2 结构强度分析报告

可提供结构强度仿真分析报告，或通过开展试验室验证代替仿真分析，验证无人驾驶航空器主要承力结构件的设计具有足够的安全系数。

### 3.3.3 安全性分析报告

(a) 可按照《民用无人驾驶航空器系统适航审定分级分类和系统安全性分析指南》的原则对无人驾驶航空器系统的功能进行功能危害性分析，并形成报告。

(b) 可按照《民用无人驾驶航空器系统适航审定分级分类和系统安全性分析指南》的原则对不同等级的功能失效状态进行分析，并形成报告。

#### 3.3.4 飞行重要零部件清单

可按照 2.2.2 要求制定一份飞行重要零部件清单及说明文件，并提交局方，包括以下两类：

(a) 系统与设备类飞行重要零部件：通过 3.3.3 安全性分析报告，识别导致灾难级失效状态的零部件；

(b) 机体结构类飞行重要零部件：通过 3.3.2 结构强度分析报告，识别结构失效导致航空器失去控制能力、失去飞行能力、或飞出其预设飞行区域的结构件。

#### 3.3.5 状态监控与告警说明报告

可说明无人驾驶航空器系统具备状态监控与告警功能，包括但不限于：

(a) 操控员可以获得无人驾驶航空器的速度、航向、方位、方向、高度和位置信息。

(b) 遥控台（站）为操控员提供在限定范围内持续安全飞行和运行所需的所有信息。所有必需的升力/推力/动力系统、能源系统参数（如预估飞行剩余时间、剩余能源量等）均可提供给操控员，在飞行中应对储能设备、电机进行监控或失效探测，或两

者的结合。

(c) 无人驾驶航空器系统能通知操控员指挥与控制链路信号强度、质量或状态，如信号强弱、覆盖范围等。

(d) 无人驾驶航空器系统在指挥控制功能完全丧失或指挥与控制链路降级到不能及时保证无人驾驶航空器的远程主动控制能力时，向操控员提供告警。

### 3.3.6 指挥和控制数据链路安全符合性说明报告

可说明无人驾驶航空器系统满足 2.2.4 (a) (1) 的指挥和控制数据链路安全防护设计（如加密设计）。

可说明指挥和控制数据链路与无人驾驶航空器系统其他设备或系统联合运行时，故意的未经授权的电子干扰不会对无人驾驶航空器系统的安全或适航性产生不利影响，表明安全风险被识别、评估，并在必要时采用缓解措施来确保指挥和控制数据链路得到保护，至少说明运行场景内指挥和控制数据链路的安全防护措施。

### 3.3.7 飞行数据记录功能说明报告

可提供证明材料，说明无人驾驶航空器系统具有将无人驾驶航空器飞行数据存储为可检索数据日志文件的能力。数据日志文件包含足够的参数，以便在需要时分析系统性能和潜在失效/异常的根本原因。

### 3.3.8 软件符合性综述报告

完成软件符合性综述报告，说明软件能够实现整机、关键系统需求和功能，以下方法可供申请人参考：

(a) ASTM F3153 航空器系统及设备验证标准规范 (Standard Specification for Verification of Aircraft Systems and Equipement)；或

(b) ASTM F3201 无人驾驶航空器系统 (UAS) 所用软件可靠性保证的实践标准 (Standard Practice for Ensuring Dependability of Software Used in Unmanned Aircraft Systems (UAS))；或

(c) DO-178 研制保证等级 D 级或 E 级的相关要求 (需根据预期运行场景确定等级)；或

(d) 符合其他软件安全开发标准，如航空、汽车、铁路、医疗、电子、军用等国家标准或行业标准，或 CMMI、SPCA 等软件认证，其开发过程的严格程度与 (e) 相当；或

(e) 形成公司软件管理文件流程，至少包括以下内容：

(1) 软件计划、软件开发、软件需求、软件编码和集成、软件质量保证等过程控制；

(2) 基于系统级需求的测试，提供软件实现满足系统需求的证据；

(3) 至少以下项目受构型控制和变更控制：

(i) 高层需求；

(ii) 系统和软件测试环境描述；

(iii) 测试程序和结果与测试用例和程序之间的需求可追溯性；

(iv) 构建及加载程序，用于复制可执行目标代码。

(4) 软件缺陷管理（问题报告）系统，捕捉并记录系统级需求或软件异常行为的不符合项，且确保影响预期功能的缺陷得到解决，或者证明是合理的（如延迟）。

在参考以上（a）至（e）的方法进行软件符合性证明时，软件过程控制文件应内部归档，以备局方审查。

### 3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册

可按照 2.4.2 的要求，制定无人驾驶航空器系统飞行手册（如产品说明书、用户手册，或等效文件），须包含以下内容：

(a) 无人驾驶航空器系统的基本信息：无人驾驶航空器基本特征、功能描述及性能参数，所确定的可持续监控并向操控员传送安全飞行所需的所有信息的措施，例如遥控台（站）、指挥控制功能、感知避让能力以及支持的其他设备的基本信息；

(b) 预期运行环境及运行限制：含飞行包线、运行环境所规定的限制条件（如根据 2.2.3 所要求的指挥和控制数据链路频率范围及遥控遥测最大距离、2.2.7（c）所定义的指挥和控制数据

链路最低性能要求、依据 2.2.8 不利天气条件制定的运行限制以及 2.2.9 所验证的其他预期运行环境条件等；

(c) 正常运行程序及按照 2.2.7 制定的无人驾驶航空器系统应急程序；

(d) 重量与平衡信息：确定最小飞行重量、最大起飞重量、最大着陆重量（如适用）、重量与重心组合；

(e) 速度—高度特性：最大平飞速度、巡航速度、最小安全速度、最大使用高度、实用升限、重量、爬升率或下降率（机动性）；

(f) 航时和（或）航程；

(g) 飞行精度：在各个飞行阶段和过渡阶段的航迹跟踪精度和高度控制精度；

(h) 悬停特性：不同起飞重量情况下的最大悬停升限、最大悬停时间和悬停精度；

(i) 安全使用规范：与设计、运行或操纵特性相关，以及运输、组装、构型调整、存储和其他对安全运行所必需的其他信息。

无人驾驶航空器系统飞行手册可包含多个分册，但应至少有一个目录表，并具有中文版本。

### 3.3.10 无人驾驶航空器系统持续适航文件

可按照 2.4.3 要求，制定局方可接受的无人驾驶航空器系统

持续适航文件（如产品维护手册、产品说明书中维护或维修相关章节等），应至少包含以下内容：

(a) 适航限制：含 2.2.2 所要求的飞行重要零部件及任务载荷系统设备的强制性维护说明或寿命限制（或二者结合，如适用）；

(b) 2.2.1 所要求制定的机体寿命限制，即无人驾驶航空器最大安全使用寿命，可综合耐久性和可靠性飞行试验（3.6.2 节）和其他分析说明给出；

(c) 2.4.3 其他要求。

### 3.4 试验室验证

#### 3.4.1 电池测试

可提交具备资质的检测机构出具的电池检测报告，该检测应核实该所装电池是否满足 GB/T38058 或其他等效标准的相关要求。

#### 3.4.2 无线电测试

可按照《民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法》或其他无线电管理相关规定完成测试，取得有效的无线电发射设备型号核准证或等效文件。

#### 3.4.3 温度测试

(a) 分别在飞行包线的最低温度和最高温度，在最小飞行重量下采用试验室固定台架试验或在最大起飞重量下采用试验室非

固定台架试验（例如系留台架），模拟无人驾驶航空器悬停运行，分别记录持续运行时间；

(b) 在所声明的最高温度下，在最小飞行重量下采用试验室固定台架试验或在最大起飞重量下采用试验室非固定台架试验（例如系留台架），开展试验室台架模拟测试：

(1) 在能源系统能源储备 100%的情况下，以某一控制模式遥控无人驾驶航空器在台架上进行全功率持续运行（模拟无人驾驶航空器及任务载荷系统最大功率运行时），观察无人驾驶航空器状态响应是否正常，模拟时长由审查组确定；

(2) 在所声明的任务前最大持续地面待机时间后，以某一控制模式遥控无人驾驶航空器，观察无人驾驶航空器状态响应是否正常。

#### 3.4.4 升力/推力/动力系统校准测试

在正常环境条件下，可采用试验室台架试验，对无人驾驶航空器的升力/推力/动力系统进行校准测试，确定无人驾驶航空器动力性能不低于所声明的动力性能。

#### 3.4.5 储能设备地面操作测试

在正常环境条件下，可采用试验室验证，对无人驾驶航空器储能设备或其零部件进行地面操作测试，如加油或充电、存储、振动和更换等。测试后，储能设备或其零部件功能正常，且无变形、无松动、无破损等现象。

注：如 3.4.1 电池测试中包含上述测试项，电池可以豁免此测试项。

#### 3.4.6 运输振动测试

在正常环境条件下，在无人驾驶航空器最小飞行重量下，将无人驾驶航空器正置（脚架朝下）于模拟运输振动试验机振动台面上，并用适当的紧固装置对产品进行可靠固定，确保试验期间无散落现象，以能够模拟航运、陆运等运输条件的振动频率及振幅进行试验。如无明确试验条件，可采用典型的振动频率（如 1~5Hz）及典型振幅（如 25.4mm）进行试验。测试后，无人驾驶航空器内部应无破损、无器件脱落；经飞行验证后确认无人驾驶航空器基本功能、性能应正常。

#### 3.4.7 耐腐蚀测试

根据无人驾驶航空器预期运行场景，可参考 GB/T38924.8、GJB150.11A、DO-160 或其他等效标准测试方法。

#### 3.4.8 外壳防护等级测试

可按照 GB/T4208 或其他等效标准进行无人驾驶航空器整机防水、防尘测试。

#### 3.4.9 电磁兼容测试

可采用 GB/T38909 或其他等效标准测试方法，完成电磁兼容相关试验，核实该无人驾驶航空器系统满足预期运行环境中安

全运行的要求。

### 3.5 飞行试验验证

#### 3.5.1 基本要求

(a) 测定并记录温度、湿度、大气压力、海拔、风速等气象条件。本章中主要采用正常环境条件，即制造人所规定的各项环境适应性范围内任一可选参数及其组合。

(b) 试验所用测量工具应经过校准。

(c) 试验前对待验证的无人驾驶航空器进行称重，并记录最大起飞重量及重心状态。

(d) 测试数据应记录并保存，作为对应测试报告的支持文件。

(e) 测试过程中不应要求操控员有特殊的驾驶技能或警觉性。

(f) 数据有效性确认方式必须满足下面要求：

(1) 采用加改装相关设备开展试飞的无人驾驶航空器，通过对比加装传感器数据与机上系统数据确认数据有效性；或

(2) 不采用加改装相关设备开展试飞的无人驾驶航空器，可通过空速校准法、地面跑车法、塔校法、跑道航向法、地面转台试验等方法对机上系统数据准确性进行确认；或

(3) 其他局方可接受的方法。

(g) 试飞大纲及（或）其相关文件应至少包含以下内容：

(1) 试验目的；

(2) 被试对象即产品的名称、型号、型别、序列号；

(3) 试验科目，说明对应的验证条款、试飞方法、试飞试验点、试飞结果要求、气象要求、风险点和主要测试参数；

(4) 试验中使用的所有测试设备及其精度（设备名称、设备件号、设备数量、设备精度及校验说明）；

(5) 试飞试验环境及人员、数据采集和存储方式、数据采集相关仪器仪表、数据分析方法等；

(6) 试飞前后的试验装置检查、整机安全检查要求等；

(7) 详细的试验步骤，必要时可补充试飞任务书，对试飞大纲进行细化和分解，在试飞任务书中用简明的语言明确试飞科目中各个试飞点的各项参数和操作动作，明确试飞允差和试验范围；

(8) 试验成功判据；

(9) 异常情况的处理等。

(h) 试飞报告应至少包括对照试验大纲的结果、试验数据资料（至少包含试验数据整理后的结果、曲线、图表以及数据整理方法和修正方法等）。

(i) 对于 3.5.2 至 3.5.29 的飞行试验科目，完整飞行试验

测试次数由审查组根据项目情况确定。

### 3.5.2 速度测试

可在每一控制模式下，操控无人驾驶航空器达到申请人拟运行的起飞、爬升、巡航、下降和着陆飞行阶段所适用速度范围的临界值，观察遥控台（站）显示的飞行速度，在整个飞行试验过程中无人驾驶航空器响应正确，姿态、高度和速度正常。

针对农用无人驾驶航空器，其最大平飞速度应不超过 50 千米/小时。

### 3.5.3 起飞海拔高度测试

可在最大起飞海拔高度和能源系统能源储备 100% 的情况下，分别在该海拔最大起飞重量和最不利重心条件下、以手动或自动控制模式操控无人驾驶航空器进行全功率运行并起飞，分别目测其动作是否正确，姿态、高度和速度是否出现异常波动，并记录起飞过程的姿态、高度、速度、爬升率和飞行时长。

### 3.5.4 飞行真高测试

可用重量和重心临界组合，在每一控制模式下，操控无人驾驶航空器持续提升飞行高度，直至达到预期运行的最大飞行真高，并保持该状态 10s 以上即认定为达到最大飞行真高，测量此时无人驾驶航空器气压高度或相对其下方地球表面或地形之间的最大垂直距离。

针对农用无人驾驶航空器，其最大飞行真高应不超过 30 米。

### 3.5.5 重量和重心测试

可在正常环境条件下，用重量和重心临界组合，以各个控制模式分别操控无人驾驶航空器，目测飞行过程中无人驾驶航空器动作是否正确，姿态、高度和速度是否出现异常波动。

### 3.5.6 飞行包线限制验证测试

可在能源系统能源储备 100% 的情况下，以最大起飞重量的 105%，在临界重心状态下（如适用），在飞行包线范围内，演示在最激烈的机动飞行过程中的无人驾驶航空器系统性能、机动性、稳定性和控制性。如无测试用例，建议采用以下方法或等效方法进行演示飞行：

可在超过无人驾驶航空器最大起飞重量至少 5% 和能源系统能源储备 100% 的情况下，以手动控制模式操控无人驾驶航空器演示以下指令。

(a) 满杆向左飞，直到速度达到最大速度，维持 10 秒；随后不停顿直接满杆向右飞，直到速度达到最大速度，维持 10 秒。

(b) 满杆向前飞，直到速度达到最大速度，维持 10 秒；随后不停顿直接满杆向后飞，直到速度达到最大速度，维持 10 秒。

(c) 满杆向上飞，直到达到最大爬升速度或最大飞行真高，维持 10 秒；随后不停顿直接满杆向下飞，达到最大下降速度或离地 2 米处，维持 10 秒。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.7 抗风性能测试

可采用以下方法或等效方法，证明其在关键飞行模式和阶段下具备能够安全运行的抗风性能：

在最大抗风风速的 105% 条件下（包括最大阵风和侧风条件），以任意一种控制模式分别在最大起飞重量、最小飞行重量和最不利重心条件下进行飞行演示，目测无人驾驶航空器动作是否正确，姿态、高度、速度和位置是否出现异常波动。

### 3.5.8 不利天气条件下飞行测试

如无人驾驶航空器具备在某些不利天气条件下运行的能力，应逐一演示在这些不利天气条件下无人驾驶航空器以任意一种控制模式的最大飞行速度正常飞行。在整个测试过程，无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.9 续航能力测试

(a) 如无人驾驶航空器系统具备限距功能，可进行最大航时测试：

(1) 在正常环境条件和能源系统能源储备 100% 的情况下，分别在最大起飞重量和最小飞行重量下，操控无人驾驶航空器在

不超过最大飞行真高的一定飞行高度处保持悬停，直至其发出电量不足告警后降落，观察其飞行状态是否正常，分别记录最大起飞重量及最小飞行重量下无人驾驶航空器起飞至着陆的总时长。

(2) 在正常环境条件和能源系统能源储备 100%的情况下，操控无人驾驶航空器以最大起飞重量、不超过最大飞行速度、不超过最大飞行真高的状况下连续作业，在其发出作业任务完成的提示信息后，选取离起飞点较近合适位置，保持无人驾驶航空器悬停，直至其发出电量不足告警后降落，观察无人驾驶航空器动作是否正确，姿态、高度和速度是否出现波动，记录最大起飞重量下作业的最大飞行时间。

(b) 如无人驾驶航空器系统不具备限距功能，可进行最大航程测试。

(1) 在正常环境条件和能源系统能源储备 100%的情况下，以任意一种控制模式，在最大起飞重量下，操控无人驾驶航空器飞行，直至其发出电量不足告警后降落，观察其飞行状态是否正常，记录最大起飞重量下的最大航程。

(2) 在正常环境条件和能源系统能源储备 100%的情况下，以任意一种控制模式，在最小飞行重量下，操控无人驾驶航空器飞行，直至其发出电量不足告警后降落，观察其飞行状态是否正常，记录最小飞行重量下的最大航程。

### 3.5.10 部分动力失效测试

(a) 如不具备部分动力失效后继续飞行功能，可在最大起飞重量与最不利重心状态下，演示单动力失效或多动力单元组合失效后，无人驾驶航空器系统不会飞出其预设飞行区域。

(b) 如具备部分动力失效后继续飞行功能，可在最大起飞重量与最不利重心状态下，演示所声明的单动力失效或多动力单元组合失效后，无人驾驶航空器继续安全飞行和/或降落。

在整个测试过程，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

#### 3.5.11 部分能源系统失效测试

(a) 如不具备部分能源系统失效后继续飞行功能，可在最大起飞重量与最不利重心状态下，演示部分能源系统失效后，无人驾驶航空器系统不会飞出其预设飞行区域。

(b) 如具备部分能源系统失效后继续飞行功能，可在最大起飞重量与最不利重心状态下，演示所声明的部分能源系统失效后，无人驾驶航空器继续安全飞行和/或降落。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

#### 3.5.12 能源系统测试与低能源保护功能测试

(a) 在能源系统能源储备 100%的情况下，可操控无人驾驶航空器在最大起飞重量下、全功率持续运行（无人驾驶航空器及

任务载荷系统最大功率运行时) 60s, 观察无人驾驶航空器动作是否正确, 姿态、高度和速度是否出现异常波动。

(b) 可在最大起飞重量、正常环境条件下, 以任意一种控制模式分别操纵无人驾驶航空器持续飞行, 直至达到低能源保护阈值, 观察无人驾驶航空器是否执行相应的低能源保护逻辑, 并观察其遥控台(站)设备是否能发出提示告警, 如声、光、振动、界面等提示告警方式。

在整个测试过程中, 无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域, 则测试通过。

### 3.5.13 飞控与导航测试

(a) 在最大起飞重量和正常飞行状态下, 可操控无人驾驶航空器在其所有控制模式间进行自由切换, 观察切换过程中无人驾驶航空器的飞行姿态是否能够保持平滑, 且不出现坠落、偏飞等失控现象。

(b) 在最小飞行重量和正常飞行状态下, 可操控无人驾驶航空器在其所有控制模式间进行自由切换, 观察切换过程中无人驾驶航空器的飞行姿态是否能够保持平滑, 且不出现坠落、偏飞等失控现象。

(c) 在试验场地内预设飞行航线, 可在最大起飞重量和最大平飞速度下, 操控无人驾驶航空器执行航线飞行, 同时以一定的时间间隔对无人驾驶航空器空间位置进行连续测量, 分析计算水

平与高度方向的精度并记录。

#### 3.5.14 感知避让测试

可操控无人驾驶航空器在每一种控制模式下，以最大起飞重量，飞向障碍物或等效物体，观察无人驾驶航空器是否能避免与障碍物碰撞。操控无人驾驶航空器远离障碍物，检查无人驾驶航空器是否能重新可控，记录最大安全避障速度、障碍物类型、材质、尺寸等信息。

限用类中型民用无人驾驶航空器系统可参考上述方法或其他类似测试方法进行符合性验证，正常类中型民用无人驾驶航空器系统需结合预期运行场景及运行要求验证感知避让能力。

#### 3.5.15 外部灯光系统和夜间飞行测试

(a) 可按照飞行手册列明的外部灯光系统特征，在正常运行环境条件或其他预期运行环境条件下，目测无人驾驶航空器灯光系统是否可以正常开启。

(b) 如果具备夜间飞行能力，在最大起飞重量下，以任意一种控制模式进行飞行演示，目测无人驾驶航空器外置灯光是否在以观察者为中心、至少半径 120 米范围处（无遮挡）可见，观察飞行过程中无人驾驶航空器响应是否正确。

#### 3.5.16 指令变化测试

(a) 可在最大起飞重量下，起飞前演示无人驾驶航空器与遥控台（站）配对且具备完全控制能力；在无人驾驶航空器起飞和

降落过程中，演示操控员分别发出“中断起飞”和“中断降落”指令，无人驾驶航空器必须立即停止起飞和降落。

(b) 可在最大起飞重量下，演示在一个自动任务的任何阶段，操控员在解锁防误触功能前，发出“飞行终止”命令，航空器应无响应；操控员在解锁防误触功能后，发出“飞行终止”命令，航空器必须立即终止飞行。

(c) 可在最大起飞重量下，演示在一个自动任务的任何阶段，操控员突然改变任务，航空器必须停止当前的任务并开始执行新的任务。

(d) 可在最大起飞重量下，演示在不违反限飞或电子围栏的情况下执行返航程序。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.17 指挥和控制数据链路功能完整性测试

(a) 续航能力测试（3.5.9节）过程中，检查数据链路是否稳定可靠。在飞行结束后，检查无人驾驶航空器飞行数据，确认能源关键参数、动力关键参数、飞行和导航（速度、方向、高度、位置）信息、指挥和控制数据链路及导航信号强度等安全关键信息完整。

(b) 如指挥和控制数据链路具有最大作用距离限制，且最大飞行距离大于或等于链路最大作用距离限制，可操纵无人驾驶航

空器在最大作用距离处，进行指挥和控制数据链路测试，检查数据链路是否稳定可靠。在飞行结束后，检查无人驾驶航空器飞行数据，确认能源关键参数、动力关键参数、飞行和导航（速度、方向、高度、位置）信息、指挥和控制数据链路与导航信号强度等安全关键信息完整。

### 3.5.18 指挥和控制数据链路切换测试

(a) 如指挥和控制数据链路具备同一链路通道和/或频道切换功能，可在无遮挡、无干扰的正常环境下进行通道和/或频道手动（如适用）和自动切换飞行演示。

(b) 如指挥和控制数据链路具备不同类型链路切换功能，可在无遮挡、无干扰的正常环境下不同类型链路手动（如适用）和自动切换飞行演示。

在整个测试过程中，链路正常切换，不影响地面遥控台（站）对无人驾驶航空器重要飞行参数的发送和接收，且任何时候都能进行手动（如适用）和自动切换。同时，无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.19 指挥和控制数据链路与 GNSS 失效测试

(a) 在最大起飞重量和正常环境条件下，可演示在起降和水平飞行过程中发生指挥和控制数据链路失效，证明无人驾驶航空器随后会自动触发安全保护机制并执行其相应的安全保护措施，

例如重连、悬停、返航、降落等。

(b) 在起飞前，可演示在导航信号质量低于制造人预设的阈值时，系统会按照指定的方式进行响应，证明无人驾驶航空器随后会自动触发安全保护机制并执行其相应的安全保护措施。

(c) 在最大起飞重量和正常环境条件下，可演示在起降和水平飞行过程中断开 GNSS 信号，证明无人驾驶航空器随后会自动触发安全保护机制并执行其相应的安全保护措施。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

#### 3.5.20 气动控制面失效测试

如无人驾驶航空器系统具备气动控制面（如副翼、升降舵面、方向舵面等），则在正常环境条件下操控无人驾驶航空器以最大飞行速度在试飞场地内离地一定高度处正常飞行的过程中，可逐一演示每种控制面的控制失效时无人驾驶航空器仍能够受控飞行，或能够启动降落伞应急降落（如适用）。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其限制区域，则测试通过。

#### 3.5.21 一机多控控制权转移测试

如无人驾驶航空器系统具备一机多控功能，即一架无人驾驶航空器可在多个遥控台（站）之间切换控制权，则：

(a) 在正常环境条件下，A 操控员操控无人驾驶航空器，使其以最大飞行速度在试飞场地内离地一定高度处正常飞行。此时，位于最大有效切换距离处的 B 操控员在遥控台（站）上打杆输入向上、下、左、右等控制指令或改变飞行控制模式（如在控制权转移前，将航线作业飞行的无人驾驶航空器改为手动控制模式），无人驾驶航空器在空中应无响应。

(b) 在正常环境条件下验证控制权切换程序，A 操控员将无人驾驶航空器控制权转移给位于最大有效切换距离处的 B 操控员。此时，B 操控员检查确认遥控台（站）上可显示第 2.2.3 条所要求的无人驾驶航空器持续安全飞行和运行所需的所有信息；确认后在遥控台（站）上打杆输入向上、下、左、右等控制指令或改变飞行控制模式，无人驾驶航空器的飞行状态应随控制指令而变化。随后，A 操控员在遥控台（站）上打杆输入向上、下、左、右等控制指令或改变飞行控制模式，无人驾驶航空器在空中应无响应。

如存在双控以上的控制，可参考上述一机双控类似的测试方法进行符合性验证。在整个测试过程，无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.22 一控多机测试

如一名操控员能够控制多架无人驾驶航空器，即无人驾驶航空器与操控员的最高比率大于 1，可参考以下方法演示：

(a) 在所允许无人驾驶航空器与操控员的最高比率下，所有无人驾驶航空器均能够同时在空中正常自动飞行。例如，如允许一名操控员同时控制 10 架无人驾驶航空器，则必须演示一名操控员操控 10 架无人驾驶航空器同时执行一个完整的作业任务（从起飞到正常降落）。

(b) 在所允许无人驾驶航空器与操控员的最高比率同时触发所有无人驾驶航空器的失效模式，其中至少一种失效模式需要操控员操作，如持续的 GNSS 失效。此时，无人驾驶航空器系统应能够将失效情况正确地通知到操控员，并识别出哪些无人驾驶航空器需要人工介入操控。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.23 遥控台（站）失效测试

可在自动任务过程中关闭遥控台（站）的能源，演示无人驾驶航空器随后自动触发失效安全保护，并执行其失效安全措施。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

### 3.5.24 电子围栏测试

(a) 可在试验场地内设置一空间区域为电子围栏的禁飞区，以任意一种控制模式下，操控无人驾驶航空器以最大飞行速度接近直至触碰电子围栏，观察无人驾驶航空器与电子围栏发生接触前后采

取的措施，如告警提示、提前减速、自动悬停、强制降落等。

(b) 可将无人驾驶航空器搬运进模拟的电子围栏区域，观察其是否有告警提示且无法启动。

在整个测试过程，无人驾驶航空器没有失去控制能力、失去飞行能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

如取得等效的第三方电子围栏测试检测报告，本节试飞可豁免。

### 3.5.25 空域被监视能力测试

可通过飞行试验验证测试样机具备空域被监视能力。测试前应接入局方监管系统或等效系统。

飞行试验中，在某一控制模式下，操控无人驾驶航空器完成一个典型任务过程，运行过程中保持报送功能开启，并在飞行前和飞行中演示成功向局方监管系统上报身份和飞行动态数据等信息的能力。

### 3.5.26 空中和地面风险缓解能力测试

如具备空中和地面风险缓解能力，为降低对空中和地面第三方的风险，可通过飞行试验验证无人驾驶航空器具备的空中和地面风险缓解功能。

在整个测试过程中，所有空中和地面风险缓解功能演示正常，则测试通过。

在保证可达到等效性能表现的前提下，可以使用地面试验或试验室验证代替飞行试验验证。

### 3.5.27 空域保持能力测试

如成功完成符合性验证过程中其他所有飞行测试项对应的演示飞行，则无人驾驶航空器空域保持能力得到证实。可复用以上飞行试验记录与数据，用于完成本项测试报告。

### 3.5.28 任务载荷系统测试

(a) 可在最大起飞重量下，进行任务载荷系统功能飞行演示，观察任务载荷系统功能是否影响无人驾驶航空器安全飞行。

(b) 如飞行过程中具备释放负载的能力，可进行负载释放飞行演示，观察负载释放功能是否影响无人驾驶航空器安全飞行。

(c) 如飞行过程中具备负载应急释放的能力，可进行负载应急释放飞行演示，观察操控员是否能够评估外部环境，并在确认外部环境安全后释放负载。

(d) 如任务载荷具备模式切换功能：

(1) 在正常环境下，可进行任务载荷模式手动切换，目测检查切换过程是否对无人驾驶航空器其他零部件产生不利影响。

(2) 使用进行任务载荷模式切换的无人驾驶航空器进行任务载荷功能测试，观察切换前后任务载荷是否影响无人驾驶航空器安全飞行。

(e) 如任务载荷系统具备自动释放外部负载的功能，可演示任务载荷系统失效后外部负载未意外释放，且无人驾驶航空器继续安全飞行和/或降落。

(f) 如为农用无人驾驶航空器且任务载荷系统为喷洒系统，可采用 NY/T3213 标准或等效标准测试方法开展密封性测试。如为农用无人驾驶航空器且任务载荷系统为播撒系统，可采用 NY/T3881 标准或等效标准测试方法开展密封性测试。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，且外部负载未意外释放，则测试通过。

### 3.5.29 其他失效测试

演示其他已确定的认为可能存在的失效，触发无人驾驶航空器相关安全保护逻辑等。

在整个测试过程中，无人驾驶航空器没有失去控制能力或飞出其预设飞行区域，则测试通过。

## 3.6 耐久性和可靠性试验

### 3.6.1 基本要求

(a) 应满足第 3.5.1 节 (b) 至 (f) 中适用的要求。

(b) 可参考第 3.5.1 节 (a)、(g)、(h) 中适用的要求。

(c) 用于本节试验的无人驾驶航空器系统必须按照所制定的飞行手册 (3.3.9 节) 和所制定的持续适航文件 (3.3.10 节) 的规定进

行操作和维护。不允许超出持续适航文件规定的维护间隔时间。

### 3.6.2 耐久性和可靠性飞行试验

在正常环境条件与正常飞行状态下，开展无人驾驶航空器耐久性和可靠性飞行试验，应包括可能的任务距离、航线复杂性、重量、重心、高度、温度、空速、风和天气等正常范围内的分布，单架机累积飞行试验时间不低于表 1 中的测试时长。完成 3.5 符合性验证过程中的飞行试验时间可累积至本测试所要求的时长内。飞行试验过程中允许根据航空器的设计使用和维护要求，对部分零部件进行维修或更换。

表 1 耐久性和可靠性飞行试验测试时长建议表

初始动能 地面风险缓解	不具备地面 风险缓解能 力	具备地面风险缓解能力		
		缓解后动能 $\leq 1/3$ 初始 动能	缓解后动能 $\leq 1/2$ 初始动 能	缓解后动能 $> 1/2$ 初始动能
1) 限用类中型民用无人驾驶航空器系统				
初始动能 $\leq 34\text{KJ}$	300h			
初始动能 $> 34\text{KJ}$	1000h	300h	500h	1000h
2) 正常类中型无人驾驶航空器系统				
	3000h	1000h	2000h	3000h

注 1：本测试采用三架无人驾驶航空器，单架无人驾驶航空器飞行时长不得低于表 1 中的测试时长，若试验架数低于三架，则测试总时长不得低于三倍表 1 测试时长。

注 2：对于中型农用无人驾驶航空器，其耐久性和可靠性飞行试验测试时长调减为 100h。

附表 1 限用类中型电动多旋翼无人驾驶航空器系统符合性检查单

适航条款	子条款	符合性指导材料类型	详细要求	文件编号及版次	文件名称	时间计划	申请方责任人	审查方责任人
2.1	(a) - (d)	工程评估	详见3.3.1 设计特征和使用场景说明报告					
2.2.1	/	工程评估	详见3.3.2 结构强度分析报告 详见3.3.10 无人驾驶航空器系统持续适航文件					
		飞行试验	详见3.6.2 耐久性和可靠性飞行					
2.2.2	(a) - (b)	工程评估	详见3.3.3 安全性分析报告 详见3.3.4 飞行重要零部件清单 详见3.3.10 无人驾驶航空器系统持续适航文件					
2.2.3	(a)	工程评估	详见3.3.5 状态监控与告警说明报告					
		飞行试验	详见3.5.17 指挥和控制数据链路功能完整性测试 详见3.5.18 指挥和控制数据链路切换测试					
	(b)	飞行试验	详见3.5.17 指挥和控制数据链路功能完整性测试 详见3.5.18 指挥和控制数据链路切换测试					
	(c)	试验室验证	详见3.4.2 无线电测试					
	(d)	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
	(e)	工程评估	详见3.3.5 状态监控与告警说明报告 详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					

2.2.4	(a)(1)	工程评估	详见3.3.6 指挥和控制数据链路安全符合性说明报告					
		飞行试验	详见3.5.19 指挥和控制数据链路GNSS失效测试					
	(a)(2)	飞行试验	详见3.5.12 能源系统测试与低能源保护功能测试					
		试验室验证	详见3.4.1 电池测试; 详见3.4.3 温度测试 详见3.4.5 储能设备地面操作测试					
	(a)(3)	工程评估	详见3.3.1 设计特征和使用场景说明报告					
		飞行试验	详见3.5.16 指令变化测试					
	(a)(4)	飞行试验	详见3.5.16 指令变化测试					
	(a)(5)	飞行试验	详见3.5.16 指令变化测试					
	(a)(6)	飞行试验	详见3.5.16 指令变化测试					
	(a)(7)	飞行试验	详见3.5.24 电子围栏测试					
	(a)(8)	飞行试验	详见3.5.14 感知避让测试					
	(a)(9)	工程评估	详见3.3.7 飞行数据记录功能说明报告					
		飞行试验	详见3.5.17 指挥和控制数据链路功能完整性测试					
	(a)(10)	工程评估	详见3.3.1 设计特征和使用场景说明报告 详见3.3.8 软件符合性综述报告					
		试验室验证	详见3.4.4 升力/推力/动力系统校准测试					
		飞行试验	详见3.5.2 速度测试 详见3.5.4 飞行真高测试 详见3.5.6 飞行包线限制验证测试 详见3.5.8 不利天气条件下飞行测试 详见3.5.13 飞控与导航测试 详见3.5.28 任务载荷系统测试					

	(a) (11)	飞行试验	详见3.5.25 空域被监视能力测试 详见3.5.27 空域保持能力测试					
	(b) (1)	飞行试验	详见3.5.10 部分动力失效测试 (如适用)					
	(b) (2)	飞行试验	详见3.5.11 部分能源系统失效测试 (如适用)					
	(b) (3)	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册 (如适用)					
		飞行试验	详见3.5.21 一机多控控制权转移测试 (如适用)					
	(b) (4)	飞行试验	详见3.5.22 一控多机测试 (如适用)					
	(b) (5)	工程评估	详见3.3.1 设计特征和使用场景说明报告 (如适用)					
		飞行试验	详见3.5.26 空中和地面风险缓解能力测试 (如适用)					
	(b) (6)	工程评估	详见3.3.1 设计特征和使用场景说明报告 (如适用)					
		飞行试验	详见3.5.26 空中和地面风险缓解能力测试 (如适用)					
	(b) (7)	飞行试验	详见3.5.28 任务载荷系统测试 (如适用)					
		试验室验证	详见3.4.7 耐腐蚀测试 (如适用)					
	(b) (8)	飞行试验	详见3.5.13 飞控与导航测试 (如适用) 详见3.5.16 指令变化测试 (如适用)					
	(c)	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
2.2.5	/	飞行试验	详见3.5.6 飞行包线限制验证测试					
2.2.6	(a) (1)	飞行试验	详见3.5.10 部分动力失效测试					
	(a) (2)	飞行试验	详见3.5.11 部分能源系统失效测试					
	(a) (3)	飞行试验	详见3.5.19 指挥和控制数据链路与GNSS失效测试					

	(a) (4)	飞行试验	详见3.5.19 指挥和控制数据链路和GNSS失效测试					
	(a) (5)	飞行试验	详见3.5.20 气动控制面失效测试 (如适用)					
	(a) (6)	飞行试验	详见3.5.23 遥控台 (站) 失效测试					
	(a) (7)	飞行试验	详见3.5.29 其他失效测试 (如适用)					
	(b)	飞行试验	详见3.5.22 一控多机测试 (如适用)					
2.2.7	(a) - (c)	工程评估	详见3.3.5 状态监控与告警说明报告; 详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
		飞行试验	详见3.5.19 指挥和控制数据链路和GNSS失效测试					
	(d)	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
		飞行试验	详见3.5.26 空中和地面风险缓解能力测试					
2.2.8	/	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
		飞行试验	详见3.5.8 不利天气条件下飞行测试 (如适用)					
		试验室验证	详见3.4.8 外壳防护等级测试 (如适用)					
2.2.9	(a)	飞行试验	本条款包含的所有测试的飞行记录					
	(b) (1)	飞行试验	详见3.5.9 续航能力测试					
	(b) (2)	飞行试验	详见3.5.9 续航能力测试					
	(b) (3)	飞行试验	详见3.5.13 飞控与导航测试					
	(b) (4)	飞行试验	详见3.5.5 重量和重心测试					
	(b) (5)	飞行试验	详见3.5.5 重量和重心测试					
	(b) (6)	飞行试验	详见3.5.3 起飞海拔高度测试 详见3.5.4 飞行真高测试					
	(b) (7)	飞行试验	详见3.4.3 温度测试					
(b) (8)	飞行试验	详见3.5.2 速度测试						

	(b) (9)	飞行试验	详见3.5.7 抗风性能测试					
	(b) (10)	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
		飞行试验	详见3.5.8 不利天气条件下飞行测试(如适用)					
	(b) (11)	飞行试验	详见3.5.15 外部灯光系统和夜间飞行测试(如适用)					
	(b) (12)	飞行试验	详见3.5.9 续航能力测试 详见3.5.12 能源系统测试与低能源保护功能测试					
		试验室验证	详见3.4.1 电池测试 详见3.4.3 温度测试					
	(b) (13)	飞行试验	详见3.5.22 一控多机测试(如适用)					
	(c)	飞行试验	本条款包含的所有测试					
	(d)	试验室验证	详见3.4.9 电磁兼容测试					
	(e) - (f)	飞行试验	本条款包含的所有测试					
	(g)	飞行试验	详见3.4.6 运输振动测试					
	(h)	飞行试验	详见3.5.6 飞行包线限制验证测试					
2.4.1	/	工程评估	详见3.3.1 设计特征和使用场景说明报告					
2.4.2	(a) - (f)	工程评估	详见3.3.9 无人驾驶航空器系统飞行手册					
2.4.3	(a) - (f)	工程评估	详见3.3.10 无人驾驶航空器系统持续适航文件;					
		飞行试验	详见3.6.2 耐久性和可靠性飞行试验 详见3.5.28 任务载荷系统测试(如适用)					
		试验室验证	详见3.4.7 耐腐蚀测试(如适用) 详见3.4.8 外壳防护等级测试(如适用)					