

《民用无人机可靠性飞行试验要求与方法》

国家标准编制说明

(征求意见稿)

中国飞行试验研究院

2024年1月

《民用无人机可靠性飞行试验要求与方法》

国家标准编制说明

一、工作简况

1 任务来源

国家标准计划《民用无人机可靠性飞行试验要求与方法》由 TC435（全国航空器标准化技术委员会）归口上报，TC435SC1（全国航空器标准化技术委员会无人驾驶航空器系统分会）执行，主管部门为国家标准化管理委员会。

本标准名称为《民用无人机可靠性飞行试验要求与方法》，计划号为 20221457-T-469，计划周期 22 个月（2022 年 12 月-2024 年 10 月），主体编制单位为中国飞行试验研究院。

2 工作过程

2.1 编制背景

2.1.1 民用无人机发展历程

国内民用无人机源于 20 世纪 80 年代。20 世纪 90 年代至 2006 年，民营企业陆续加入到民用无人机的研发队伍中。但这一阶段的产品尚不成熟，主要用于科研，无法量产和普及。

2007 年到 2012 年前后，民用无人机制造商如雨后春笋般涌现，与此同时，军工集团也开始涉足民用领域。2012 年前后至今，以大疆产品为代表的无人机向消费级市场展开强烈攻势，使无人机真正走进了大众视野。

民用无人机产业发展迅速，应用领域越来越广泛。近年民用无人

机质量及监管事故时有发生，民用无人机质量参差不齐，出现失踪、黑飞、乱飞等，造成无人机误航、砸机事件。民用无人机事故时有发生，导致财产损失、威胁地面安全。随着民用无人机应用领域不断发展壮大，其可靠性、安全性的重要性变得尤为突出，在其试验阶段对可靠性进行充分验证，可保障民用无人机可靠运行及安全使用。

可靠性试验作为民用无人机新机飞行试验验证的重要组成部分，对于可靠性进行全面系统地验证对于民用无人机具有重要意义，主要体现在：

- a) 可以更为全面的确定民用无人机的可靠性水平；
- b) 可以降低民用无人机飞行风险，保障民用无人机可靠运行及安全使用；
- c) 可以协助构建我国完整的民用无人机标准体系；
- d) 可以指导新型民用无人机的研制及飞行试验的开展。

2.1.2 国内外民用无人机相关适航要求

2.1.2.1 国外无人机适航标准情况

目前，对于民用无人机，包括欧洲、美国在内的主要民航监管机构都没有颁布适航审定标准。但是以美国试验和材料协会（ASTM）、美国航空无线电技术委员会（RTCA）、欧洲民用航空设备组织

（EUROCAE）以及无人机联合规章制定机构（JARUS）等为代表的标准化组织都开展了无人机适航标准研发，并取得了一定的成果。目前，以无人机联合规章制定机构（JARUS）的成果最为显著。JARUS组织成立的目的是讨论和协调轻型无人机适航审定和运行的要求及限制条件，研究一套适航、运行和空域要求草案，使绝大多数欧洲国

家航空管理局（NAA）（也包括 EASA）接受；这些要求将作为欧洲民用航空设备组织（EUROCAE）WG-73 工作组和美国航空无线电技术委员会（RTCA）SC203 分委员会开展相关标准制定的技术输入。此外，JARUS 还致力于协调多数非欧洲国家 NAA 的相关要求，例如 FAA、加拿大运输部和澳大利亚民用航空安全局等。

2012 年 JARUS 发布了 CS-LURS《轻型无人旋翼航空器系统合格审定规范》(草案)，并在 2013 年颁布了正式版，该合格审定规范适用于起飞重量不超过 750kg，常规构型的轻型无人直升机，限于执行白天目视飞行规则/目视飞行任务，不适用于已知结冰环境的飞行和特技飞行等。这些适航性要求编制思路是基于 EASA 的有人驾驶航空器的合格审定规范 CS-VLS《甚轻型旋翼航空器系统合格审定规范》，修改部分条款，补充部分无人机专门条款制定而成的。该适航性标准的制定思路对制定我国民用无人机合格审定标准有很高的参考价值。

2.1.2.2 国内无人机适航法规情况

从国来说，为指导和规范中型和大型民用无人驾驶航空器系统的设计批准、生产批准和适航批准有关活动，进一步促进我国无人驾驶航空器产业发展，在充分总结已有经验的基础上，2022 年 12 月 19 日，国家民航局下发了《民用无人驾驶航空器系统适航审定管理程序》

(AP-21-AA-2022-71)。从管理和顶层上规定了民用无人机的适航审定要求和操作方法。

2023 年 6 月 28 日，国务院、中央军委《无人机驾驶航空器飞行管理暂行条例》，该文件无人机驾驶航空飞行的顶层要求，规范无人

驾驶航空器飞行以及有关活动,促进无人驾驶航空器产业健康有序发展。同时该条例中也对无人机的大型、中型、小型、轻型、微型等分级进行了明确定义。

中华人民共和国交通运输部令 2024 年第 1 号《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》,该法规适用于中国民用航空局和民用航空地区管理局对民用无人驾驶航空器的运行安全管理。

民航局航空器适航审定司于 2022 年 12 月 21 日下发《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》

(AC-21-AA-2022-40),本指南提供的面向适航审定的民用无人机驾驶航空器系统的运行风险等级划分方法和系统性安全性分析指南内容,适用于按照国家有关规定纳入适航管理的民用无人机驾驶航空器系统及其批准审定。

总体来说,目前颁布的法规中针对可靠性、安全性方面的要求不多或是未直接显现。从标准层面来看,目前也没有专门针对民用无人机可靠性飞行试验要求及方法的标准。

2.1.3 可靠性飞行试验领域的标准现状

从我国国家军用标准发展现状来看,目前,我国已形成了以 GJB450B 为顶层标准的可靠性标准体系,在 GJB450B 中明确规定了型号可靠性要求的确定、可靠性管理、可靠性设计与分析、可靠性试验与评价、使用可靠性评估与改进等内容。其余以 GJB450B 为指导,对其相关工作项目从方法、管理、流程等方面进行解释和支撑。

GJB1909A-2009《装备可靠性维修性保障性要求论证》,该标准规

定了在型号的论证与方案阶段可靠性维修性测试性保障性应要求的内容及要求确定的原则、程序与方法，该标准适用于新型武器装备研制立项综合论证和研制总要求综合论证中的可靠性维修性测试性保障性要求的论证工作。

GJB899A-2009《可靠性鉴定和验收试验》：该标准规定了系统、设备的可靠性鉴定和验收试验的要求，并提供了试验统计方案、参数估计和确定综合环境条件的方法及可靠性验证试验的实施程序。适用于产品的可靠性鉴定试验。

GJB5434-2005《无人机系统飞行试验通用要求》、GJB5433-2005《无人机系统通用要求》为两项关于无人机系统设计、试验的顶层标准，规范了军用无人机系统设计、研制及飞行试验等相关要求，但上述两项标准均未对可靠性及可靠性试验提出相关内容。

HB30053-2019《固定翼无人机系统飞行试验通用要求 第5部分：可靠性维修性测试性保障性和安全性试飞评估》是关于无人机飞行试验“五性”评估的一部联合军工行业标准。该标准规定了军用固定翼无人机可靠性、安全性飞行试验要求及试验方法，对标准的制定具有很重要的借鉴作用，但该标准主要针对军用无人机，未体现民用无人机的特点。

总体来说，上述标准均没有对于民用无人机针对性的提出规定要求，现有的通用规范在可靠性飞行试验验证方面也没有针对性的试验方法和评估准则，相关的考核方法在一定程度上仍需参考军用航空器的标准，无法满足民用无人机可靠性试验验证的需求。

2.1.4 相关技术储备现状

从可靠性角度来说,有人机与无人机的差异性主要体现在两个方面,一方面由于系统组成及使用模式的不同,两者会存在差异;另一方面,有人机都是传统意义上的大飞机,而无人机则按照大小不同可以分为大、中、小、轻、微型等不同类型,所以针对可靠性的要求及其试验方面会存在一定的区别。

目前对于大中型军用无人机,国内已开展了多个型号的鉴定试飞,很多装备已经大规模交付用户使用,在可靠性飞行试验领域取得了很多的技术储备;同时在民机领域,国产的 ARJ21、C919 飞机都按照 CCAR25 部的要求开展了功能和可靠性试飞工作,积累了宝贵的试飞经验。总体来说,对于民用无人机可靠性飞行试验具有较强的技术支撑及积累。

基于上述分析,为填补国内在民用无人机可靠性飞行试验适航审定技术标准上的空白,中国飞行试验研究院的研究团队通过对国内相关无人机标准以及国内外制定的无人机适航性条例中的相关内容进行研究分析,同时结合分析国内有人机、军用无人机可靠性飞行试验标准,提炼总结出适合我国无人机可靠性飞行试验验证的结构框架和适航性要求规范,并提出相关建议。

2.2 标准初稿阶段

中国飞行试验研究院对标国内民用无人机适航审定的总体要求,通过对国内外标准的系统研究以及有人/无人技术差异性研究,在充分借鉴有人机、军机可靠性飞行试验技术经验的基础上,基于无人机

在系统构成、使用模式等方面的特殊性，确定了标准编制的主体思路，初步构建了标准架构和主要技术内容，于 2023 年 10 月，形成标准初稿。

2.3 标准征求意见稿阶段

2024 年 1 月 24 日，全国航空器标准化技术委员会无人驾驶航空器分技术委员会在西安组织完成初稿研讨会。参加会议的有中国航空综合技术研究所，西北工业大学，航空工业江航、一飞院、自控所、强度所、西飞民机、试飞中心，深圳市大疆创新科技有限公司等共 9 家单位的专家。研讨会上专家共提出意见建议共 54 项，编制组针对意见进行了充分分析及讨论。对与会专家提出的如“细化标准主要技术内容来源”、“针对不同大小无人机应有不同的要求”等 51 项意见进行采纳，对“增加无人机分类”等 3 项意见进行了解释说明，对初稿进行了修改完善形成征求意见稿。

同时针对与会专家提出的关于标准名称“民用无人机可靠性飞行试验要求与方法”，应删除“与方法”的建议。编制组拟采纳，由于目前标准名称为计划正式下发的，关于名称是否进行修改待标准审查会上最终确定。

3 协作单位及工作分工

本标准的起草单位包括中国飞行试验研究院、中国航空综合技术研究所等单位。

其中，中国飞行试验研究院为标准的主体编制单位，负责标准框架和主要技术内容的确定，负责标准具体条款的编制，负责历次评审

专家意见的落实和标准内容的修订；中国航空综合技术研究所按照项目节点要求，负责项目总体进度的推进，并参与标准框架和主要技术内容的确定。

二、 标准编制原则及确定主要内容的依据

1 标准编制原则

编制组按照以下原则进行编制：

- a) 完整性和协调性相结合原则：标准的技术内容应能够覆盖民用无人机可靠性飞行试验的主要技术要求，且标准所涉及的技术内容与国内现有的民用无人机系统适航标准相关内容相协调；
- b) 实用性和可操作性原则：标准的技术内容合理可行、可操作性较好，可为民用无人机可靠性飞行试验提供有效支撑；
- c) 先进性和规范性原则：在对国内外民用无人机适航标准系统研究的基础上，借鉴有人机、军用无人机可靠性飞行试验技术经验，对标民用无人机适航审定总体要求，并充分考虑民用无人机的技术特点和使用要求，合理确定标准的技术内容；标准编写的整体格式应满足 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》。

2 主要内容说明

2.1 相关标准参考情况说明

本标准编制过程中，主要参考了以下标准：

- a) 《无人机系统术语标准》，美国，ASTM F2395-07；
- b) 《无人机系统适航要求》，北约，NATO STANAG 4671；

- c) 《无人机系统设计和适航性要求》，英国，00970；
- d) 《无人机设计标准》，澳大利亚，CAR.21.25；
- e) 《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》，中国民航局，MD-TM-2016-004；
- f) GB/T 35018-2018，民用无人驾驶航空器系统分类及分级；
- g) HB 8472-2014 民用飞机飞行试验通用要求；
- h) 基于运行风险的无人机适航审定指导意见，中国民航局航空器适航审定司，2019 年；
- i) 民用无人驾驶航空器系统适航审定项目风险评估指南（征求意见稿），中国民航局航空器适航审定司，2020 年；
- j) 《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》；
- k) AP-21-AA-2022-71《民用无人驾驶航空器系统适航审定管理程序》；
- l) 《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》中华人民共和国交通运输部令 2024 年第 1 号；
- m) GJB 450B-2021 《装备可靠性工作通用要求》；
- n) GJB 899A-2009 《可靠性鉴定和验收试验》；
- o) GJB 1909A-2009 《装备可靠性维修性保障性要求论证》；
- p) HB 30053-2019 《固定翼无人机系统飞行试验通用要求 第 5 部分：可靠性维修性测试性保障性和安全性试飞评估》。

2.2 标准结构说明

标准分为范围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、一般要

求和详细要求六个章节，其中：

1)“范围”章节分别规定了标准的主要内容和适用范围；“规范性引用文件”章节包含了本标准技术内容编制中所引用的所有规范性文件；“术语和定义”章节定义了本标准中涉及的术语和定义；“缩略语”章节列出了本标准所使用的缩略语。

2)“一般要求”章节从“试验目的”、“试飞大纲”、“试验对象”、“试验人员”、“试验信息采集”、“试验条件”、“试飞报告”等方面，规定了民用无人机可靠性飞行试验的一般要求；

3)“详细要求”章节规定了民用无人机可靠性飞行试验的项目内容，并从“试飞要求”、“试飞方法”、“数据采集与处理”等方面，规定了各个项目的飞行试验详细要求。

2.3 主要技术内容的说明

2.4.1 “1 范围”

本标准所约束的标准化对象为民用无人机的可靠性飞行试验。

本文件规定了民用无人机可靠性飞行试验的要求、方法、数据采集与处理等内容。本文件适用于民用无人机的可靠性飞行试验，其他类型的无人机可靠性飞行试验可参考执行。

2.4.2 “3 术语和定义”

本标准中术语和定义主要参考 GB/T35018《民用无人驾驶航空器系统分类及分级》、GB/T 38152《无人驾驶航空器系统术语》两项标准，GB/T35018明确了民用无人机的大小分级。

2.4.3 “5.1 试验目的”

本条主要明确了可靠性飞行试验的目的，包括评估其可靠性水平、第二是发现问题和不足，提出更改建议，实现可靠性水平的增长。这是开展可靠性飞行试验的核心目的。

2.4.4 “5.2 术语和定义”

在开展可靠性飞行试验前，应编制试飞大纲，作为开展可靠性飞行试验的依据和规范性文件。试飞大纲的形式可单独编制或随系统整体编制，具体形式可由试验单位与用户协商确定，但规定的要素包括试飞目的、试飞项目、试飞内容、试飞方法、数据处理与评定准则等不可缺少。

2.4.5 “5.3 试验对象”

本条规定了试验对象的技术状态要求。

2.4.6 “5.4 试验人员”

本条主要明确了开展可靠性飞行试验工作的人员组成及应具备的能力、资质要求。

2.4.7 “5.5 试验信息采集”

本条主要规定了试验试飞单位应和承制方、用户建立和使用故障报告、分析和纠正措施系统的要求，规范可靠性飞行试验期间故障信息的收集。

2.4.8 “5.6 试验条件”

试验条件中主要包含了环境条件、任务剖面以及评估前所需要的前置条件等，这些是开展可靠性飞行试验的必要条件。

在环境条件中，要求可靠性飞行试验的环境条件应符合合同、任

务书产或品规范的规定,即明确可靠性的飞行试验是在无人机规定的环境条件下开展的,不超出起正常使用条件范围。

针对无人机可靠性飞行试验的任务剖面,给出了任务剖面一般包括的要素:高度、速度、重量、重心及构型等。

2.4.9 “5.7 试飞报告”

本条规定了开展可靠性飞行试验工作应编制大纲,作为开展可靠性飞行试验工作的规范性文件。

在完成可靠性飞行试验后,应编制试飞报告,作为可靠性飞行试验的结果性文件。试飞报告的形式可单独编制或随系统整体编制,与试飞大纲的要求保持一致,具体形式可由试验单位与用户协商确定。但规定的要素包括试飞目的、试飞内容、试飞方法、试飞结果、试飞结论、问题与建议等不可缺少。

2.4.10 “6.1 总则”

对于民用无人机可靠性飞行试验的要求,总体上按照定量评估参数、定性评价要求以及功能和可靠性试飞 3 部分内容。每一部分包括具体的分项要求,考虑到民用无人机目前按照标准分为大型、中型、小型、轻型、微型分为 5 类,针对这 5 类无人机各自适用哪些要求在资料性附录 B 中给出一般性的建议。

2.4.11 “6.2 飞行试验要求”

从可靠性定量参数要求、可靠性定性评价要求、功能和可靠性试飞要求等 3 个方面,详细规定了民用无人机可靠性飞行试验的具体要求。

这些要求涵盖了关于民用飞机适航审定的相关要求,同时也参考了军用无人机对于可靠性试验的相关要求,如国军标 450B、1909A 中的内容。

2.4.12 “6.2.1 定量参数评估方法”

详细规定了每一项定量参数飞行试验方法、评估计算模型等内容,对于平均故障间隔飞行小时、平均严重故障间隔时间、使用可用度可参考数理统计方法及引用国军标准 1909A 中相关模型及方法要求。

对于任务可靠度的验证根据不同情况,采用不同的方法进行验证,对于已完成功能和可靠性试飞的无人机,则其任务可靠度的验证应根据 GB/T4087 中规定的基于二项分布的单侧置信下限的方法开展;如果没有开展功能和可靠性试飞,则可采用基于平均严重故障间隔时间转换的方法进行验证。在标准中分别给出了这两种方式的模型及数据处理方法等。

2.4.13 “6.2.1.5 无维修待命时间”

标准中给出了无维修待命时间的测试的一般要求。在对于不同分类的无人机可裁剪使用,比如对于中轻小型无人机或电动无人机不配有滑油、液压油、燃油或进气口等相关要素,可根据各自无人机本身特点裁剪使用。

按照以往型号工程经验,对于无维修待命时间一般开展次数不少于 3 次,主要考虑样本量及置信度的问题,通过 3 次以上的样本量可在较高的可靠度水平下验证其无维修待命时间;同时需要考虑在不同季节开展,由于环境温度对于无人机上管路(包括气路、油路及电量

等)的密封性存在较大影响,为保证验证的全面新,应在夏、冬两个季节,在高温、低温环境下开展无人机无维修待命时间的验证;同时防止不同无人机个体的差异性(主要是针对大型无人机),试验应安排在不同无人机上开展。

2.4.14 “6.2.3 功能和可靠性试飞方法”

按照附录 B,对于大型无人机必须开展功能和可靠性试飞,中、小、轻型无人机可按需开展,对于微型无人机一般不要求。另外对于功能和可靠性试飞时长做如下考虑:

- a) 在 CCAR-21 部《民用航空产品和零部件合格审定规定》中规定功能和可靠性试飞时间不少于 150 小时,主要针对大型有人机的要求;所以对于 150kg 以上及 150kg 左右的大中型无人机沿用此要求开展 150 小时的功能和可靠性试飞,覆盖各种典型任务剖面,以验证其主要系统和设备的功能是正常的,工作是可靠的;
- b) 对于中小型无人机,由于其总体结构、功能相对简单,且一般单架次飞行时间短,开展 150 小时的功能和可靠性试飞要求过高,属于过试验。从典型民用有人机来说,一般单架次 3 小时左右,通过 50 架次左右的试飞即证明能满足功能和可靠性要求,同理对于轻小型民用无人机也同样适用。前期对目前研制成功的或在研的轻小型民用无人机进行了梳理和统计分析,其一般典型任务的试飞时长在 30 分钟至 40 分钟左右,通过 50 架次约 30 小时即可验证其功能和可靠性。

基于上述两点,本标准中规定大中型无人机功能和可靠性试飞时间不少于 150 小时,轻小型无人机功能和可靠性试飞时间应不少于 30 小时。

2.4.15 “6.4 数据采集与处理”

规定了可靠性数据采集的内容、故障的分类、责任故障的判别方法、非责任故障的判别方法、严重故障的判别方法等内容。这部分内容在国军标 899A 及相关标准中均有体现。

3 解决的主要问题

《民用无人机可靠性飞行试验要求与方法》从民用无人机系统构成、使用模式以及使用需求出发,在参考国外相关标准并系统总结现有研究成果的基础上,立足于国内现有的民用无人机适航要求,规定了可靠性飞行试验的要求与方法,规范试验方法和流程,验证民用无人机可靠性,保障民用无人机可靠运行及安全使用。

拟通过该标准编制,填补国内民用无人机可靠性飞行试验要求与方法的空白,并以此为契机深入探索有人、无人机在适航技术要求上的异同性,指导并支撑现有及后续型号的研制及适航审定工作。

三、 主要试验（或验证）情况

本标准中规定的主要技术要求,已经在无人机型号中进行了验证,目前不需针对该标准的内容进行专项试验或验证。

四、 标准中涉及专利情况

本标准不涉及专利和知识产权。

五、 预期达到的社会效益及对产业发展的作用

拟通过该标准制定，支撑现有及后续型号的适航审定工作，并为国内民用大中型固定翼无人机适航标准体系的构建和完善提供技术支持。

六、 采用国际标准和国外先进标准的程度

无。

七、 在标准体系的位置、与相关法规和标准的协调性

本标准在无人驾驶航空器系统国家标准体系框图中的位置为：技术标准-大中型无人驾驶航空器系统标准-系统级-试验与试飞。本标准的编制符合现行法律、法规的要求，与《民用无人驾驶航空器系统飞行管理暂行条例》、《民用无人驾驶航空器系统适航审定管理程序》、《民用无人驾驶航空器系统适航审定项目风险评估指南》、《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》、《基于运行风险的无人机适航审定指导意见》、《高风险货运固定翼无人机系统适航标准》等现有法规协调一致，可与其配套使用。

本标准符合我国现行法令、法规的规定，与相关国家标准协调一致，无矛盾。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、 标准性质的建议

建议作为推荐性国家标准发布。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

1 组织措施

应由标准编制部门，组织专家编写实施细则，在各相关单位进行宣贯。通过标准化检查等工作监督本标准执行情况。建议民用无人机系统相关的研制、试飞、使用单位参照本标准实施，并根据实施过程中的问题，适时对标准内容进行修订。

2 技术措施

建议将本标准相关技术要求落实在型号设计和试飞的相关文件中，保证标准实施。

3 过渡办法

对于已经过适航认证以及正在研制中的民用大中型固定翼无人机系统，建议由局方确定该标准是否适用，并明确引用的具体条款；对于本标准正式颁布后新型号的研制和适航认证，建议根据型号技术特点和订购方要求，对本标准进行裁剪使用。

4 实施日期

建议本标准自发布之日起6个月后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

本标准名称为“民用无人机可靠性飞行试验要求与方法”，在标准初稿研讨会上与会专家建议将标准名称更改为“民用无人机可靠性飞行试验要求与”，删除“与方法”。编制组拟采纳，由于目前标准名称为计划正式下发的，关于名称是否进行修改待标准审查会上最终确定。