

T/SHUAJQ

团 体 标 准

T/SHUA 2023—0002

无人机飞控系统适航性检验检测技术规范

UAV FCS inspection and testing technical specification for airworthiness

2024 - 03 - 22 发布

2024 - 04 - 01 实施

上海市无人机产业协会 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 适航标准选用	1
5 无人机系统要求	1
5.1 无人机系统建模要求	1
5.2 地面站系统要求	4
6 试验设备要求	4
7 试验管理系统要求	5
8 检验检测流程要求	5
8.1 检测客户提交任务说明	5
8.2 编制产品检验检测技术规范	5
8.3 编制产品检验检测试验任务书	5
8.4 编制产品检验检测试验大纲	5
8.5 试验前准备	5
8.6 检验检测试验	6
8.7 试验数据分析与检测报告生成	6
8.8 检验检测报告及结论复查	6
8.9 提交检测报告及出具检测证书	6
9 试验岗位要求	6
9.1 客服管理岗	6
9.2 试验保障岗	6
9.3 试验分析岗	6
附录 A (资料性) 无人机飞控系统检验检测流程及表单 (样例)	1
A.1 无人机飞控系统检验检测流程样例	1
A.2 无人机飞控系统检验检测任务单样例	2
A.3 无人机飞控系统检验检测技术规范样例	3
A.4 无人机飞控系统检验检测试验任务书样例	4
A.5 无人机飞控系统检验检测试验大纲	7
A.6 无人机飞控系统检验检测试验日志	10
A.7 无人机飞控系统检验检测试验问题记录单	11
A.8 无人机飞控系统检验检测试验故障记录单	12
A.9 无人机飞控系统检验检测结论告知单	13
A.10 无人机飞控系统检验检测飞机信息清单	14
A.11 无人机飞控系统检验检测飞机数据清单	15

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。

本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海新金山世纪航空发展有限公司提出。

本文件由上海市无人机产业协会归口。

本文件起草单位：上海新金山世纪航空发展有限公司、上海交通大学、上海竞飞技术有限公司、上海新金山工业投资发展有限公司、上海民航职业技术学院、南京航空航天大学。

本文件主要起草人：彭喜军、王福新、向阳、林皓、徐卫、王长金、狄娟、唐伟宾、张洪海、钟罡、胥飞飞。

无人机飞控系统适航性检验检测技术规范

1 范围

本文件规定了无人机飞控系统检验检测的技术规范，包括适航标准选用、无人机系统要求、试验设备要求、试验管理系统要求、检验检测流程要求以及试验岗位要求等内容。

本文件适用于中大型无人机飞控系统适航性检验检测。

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。

GB/T 38152—2019 无人驾驶航空器系统术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

GB/T 38152 无人机系统适航标准以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人驾驶航空器 unmanned aircraft

由遥控设备或自备程序控制装置操纵，机上无人驾驶的航空器。简称无人机。

[来源：GB/T 38152—2019，2.1.1]

3.2

全数字仿真试验 fully digital simulation testing

指采用数字模型模拟无人机系统的所有环境条件和设施设备（包括飞行环境、传感器、飞控系统等），对无人机飞行控制律进行评估分析的试验。

3.3

半实物仿真试验 semi-physical simulation test

指将无人机的飞控系统、传感器等部分设施设备实物接入试验检测平台，对无人机飞控系统性能进行检验检测的试验。

4 适航标准选用

为确保试验能够全面覆盖无人机系统的飞行安全，试验科目应参考但不限于下列已试运行的适航标准：

- a) 《高风险固定翼货运无人机系统适航标准（试行）》（民航适发【2020】1号）；
- b) 《中高风险无人直升机系统适航标准（试行）》（民航适发【2020】7号）；
- c) 《垂直起降固定翼无人机系统适航标准（建议稿）》；

当无人机系统功能超出上述标准的覆盖范围时，可参考与之相关的有人驾驶飞机的适航标准。

5 无人机系统要求

5.1 无人机系统建模要求

无人机系统建模应主要为模拟在地面状态下无法真实获取状态参数的系统，按输入参数产生飞行状态参数，驱动试验设备，与被试设备一起构成半物理试验环境。

无人机系统建模至少应含飞机运动方程、飞行环境、大气扰动、传感器、作动系统、空气动力特性、动力系统、起落架系统、燃油系统和供电系统等部分的内容。

5.1.1 无人机运动方程

无人机运动方程应至少具有下述功能：

- a) 系统初始状态设置；
- b) 刚体动力学求解；
- c) 刚体运动学求解；
- d) 飞机重心处经纬高参数；
- e) 运动方程暂停/继续。

5.1.2 飞行环境

飞行环境应至少具有下述功能：

- a) 国际标准大气；
- b) 起降场地参数；
- c) 场高求解；
- d) 无线电高度求解；
- e) 飞行参数求解（空速、动压、迎角和侧滑角等）。

5.1.3 大气扰动

大气扰动应至少具有下述功能：

- a) 常值风；
- b) 阵风（突风）；
- c) 紊流；
- d) 风切变；
- e) 大气扰动地轴系分量，大气扰动应满足 GJB 2874 的具体要求。

5.1.4 传感器

- a) 传感器应包含但不限于以下：
 - 1) 加速度传感器（加速度计）；
 - 2) 角速度传感器（陀螺仪）；
 - 3) 迎角传感器；
 - 4) 侧滑角传感器；
 - 5) 力传感器；
 - 6) 位移传感器；
 - 7) 高度传感器；
 - 8) 大气数据传感器。
- a) 传感器应具有以下特性：
 - 1) 工作条件；
 - 2) 时间延迟；
 - 3) 输出噪声；
 - 4) 时域特性；
 - 5) 频域特性；
 - 6) 故障响应。

5.1.5 作动系统

- a) 作动系统应包含但不限于以下作动器：
 - 1) 翼面作动器；
 - 2) 襟缝翼作动器；
 - 3) 油门作动器；
 - 4) 起落架作动器；
 - 5) 燃油控制作动器；

- 6) 供电控制作动器。
- b) 作动器应具有以下特性：
 - 1) 供电状态；
 - 2) 设备状态；
 - 3) 故障输出值；
 - 4) 噪声幅值置；
 - 5) 时间延迟；
 - 6) 时域响应特性；
 - 7) 频域响应特性。

5.1.6 空气动力特性

空气动力学特性应至少包含下述影响因素：

- a) 基准气动特性；
- b) 操纵面气动特性；
- c) 构型气动特性；
- d) 动导数；
- e) 滑流特性；
- f) 重心偏置。

5.1.7 动力系统

动力系统应至少具有下述功能：

- a) 发动机工作条件；
- b) 发动机油门特性；
- c) 发动机速度-高度特性；
- d) 发动机操纵动态特性；
- e) 发动机能耗特性；
- f) 发动机作用力分解。

5.1.8 起落架系统

- a) 起落架系统应至少具有下述功能：
 - 1) 起落架收放控制；
 - 2) 起落架减震；
 - 3) 起落架刹车控制；
 - 4) 起落架转向控制。
- b) 起落架系统应实现如下动力学过程：
 - 1) 飞机起飞离地过程；
 - 2) 飞机滑行过程；
 - 3) 飞机刹车过程；
 - 4) 飞机着陆接地过程。

5.1.9 燃油系统

飞燃油系统应至少具有下述功能：

- a) 燃油消耗次序；
- b) 燃油油量；
- c) 供油控制。

5.1.10 供电系统

供电系统应至少具有下述功能：

- a) 电能容量；
- b) 电源消耗；
- c) 供电控制。

5.2 地面站系统要求

地面站系统应能在试验中提供遥控操纵指令,并模拟数据链及通讯系统由于编解码和信号传输所产生的时间延迟。

5.2.1 地面站硬件

地面站系统硬件应至少包括:

- a) 地面站席位
 - 1) 飞行操纵席位;
 - 2) 飞行监控席位;
 - 3) 链路监控席位;
 - 4) 综合数据处理席位。
- b) 地面站操纵装置
 - 1) 人工手/脚操纵装置;
 - 2) 导航信息编辑装置;
 - 3) 自动飞行指令装置;
 - 4) 自主飞行指令装置;
 - 5) 状态切换指令装置;
 - 6) 链路设备操纵装置;
 - 7) 机上设备操纵装置。
- c) 仪表显示系统
 - 1) 操纵指令仪表显示;
 - 2) 飞机状态仪表显示;
 - 3) 飞管状态仪表显示;
 - 4) 飞行状态仪表显示;
 - 5) 航路信息仪表显示;
 - 6) 链路状态仪表显示;
 - 7) 综合数据仪表显示。

d) 视景显示系统

提供视景显示系统用于视频图像显示。

5.2.2 数据链

数据链应能模拟但不限于下述数据链:

- a) 卫通;
- b) 视距链路;
- c) 非视距链路;
- d) 北斗短报文。

5.2.3 通信系统

通信系统应能模拟但不限于下述功能:

- a) 数据编解码;
- b) 数据链有效距离;
- c) 气象环境对数据链有效距离的影响(如必要);
- d) 电磁环境对数据链有效距离的影响(如必要)。

6 试验设备要求

为了完全构建半物理闭环试验环境, 试验室应具有但不限于下述试验设备:

- a) 试验管理系统;
- b) 三轴加速度转台;

- c) 三轴角速度转台；
- d) 动静压模拟器；
- e) 卫星导航模拟器设备；
- f) 接口系统。

7 试验管理系统要求

试验管理系统应具有下述功能：

- a) 系统设备供配电管理；
- b) 系统状态监控；
- c) 系统配置管理；
- d) 系统初始状态设定；
- e) 系统运行控制；
- f) 系统故障注入；
- g) 自动化测试；
- h) 试验数据记录。

8 检验检测流程要求

按照《民用航空产品和零部件合格审定规定》（CCAR-21-R4）第21.33条规定及《民用无人机产品适航审定管理程序（试行）》4.1.3.4.2 产品合格审定要求，申请人应当进行符合性验证活动，如试验/试飞、分析、检查等，以表明申请审定的民用无人机产品的型号设计符合审定基础。

无人机飞控系统检验检测流程参见附录A，切实做到“有案可依、有据可查”。

8.1 检测客户提交任务说明

无人机飞控系统检验检测试验的开展需客户提供检测需求和任务说明作为输入，客服管理人员应与检测客户详细沟通，完成检验检测任务确认，同时按规定填写《无人机飞控系统检验检测任务单》（参见附录A.2，以下简称《任务单》），并由客户代表签字确认。

8.2 编制产品检验检测技术规范

完成检验检测任务确认并填写《任务单》后，客服管理人员应依据客户待检产品类型，选定产品应满足的适航规章，并结合客户要求、产品功能和产品性能，对选定的规章制度进行裁剪，明确具体内容和指标；在与客户达成一致后，客服管理人员应规范编制《无人机飞控系统检验检测技术规范》（参见附录A.3，以下简称《技术规范》），并由客户代表签字确认。

8.3 编制产品检验检测试验任务书

在接收到客户代表签字确认的《任务单》和《技术规范》后，试验分析人员应根据《任务单》和《技术规范》编制《无人机飞控系统检验检测试验任务书》（参见附录A.4，以下简称《任务书》），明确试验内容，试验方法和试验要求。

8.4 编制产品检验检测试验大纲

完成《任务书》编制后，试验分析人员应同试验保障人员协调，确定参试设备状态、人员分工和时间安排等内容，并共同编写《无人机飞控系统检验检测试验大纲》（参见附录A.5，以下简称《大纲》），进一步明确试验步骤、试验应注的数据、数据记录要求等内容。

8.5 试验前准备

《任务书》和《大纲》编制完成后，试验保障人员应格按照《任务书》和《大纲》准备试验场地和参试软硬件，提前对所有参试软硬件和设备设施进行全面检查，确保后续试验能够顺利施行。试验分析人员应据《任务书》和《大纲》完成自动测试脚本和自动报告模板的编制与检查。

8.6 检验检测试验

试验前准备工作完成后，试验分析人员可依据《任务书》和《大纲》开始试验，试验时应按照《任务书》和《大纲》确定的系统电气连接关系将检测产品接入检测平台，实验内容严格按照《任务书》和《大纲》实施，不得随意增改删减检验条款。整个检验检测过程由自动测试脚本实现，非必要情况不得人为干预，试验过程应全程录像，如有必要可邀请客户代表进行现场目击。试验中，试验分析人员应认真填写《无人机飞控系统检验检测试验日志》（参见附录A.6）。

- a) 若试验中出现非预期现象，试验分析人员应详细填写《无人机飞控系统检验检测试验问题记录单》（参见附录A.7），并对问题产生原因和影响效果进行分析，如有必要可重新开始试验。
- b) 若试验中出现故障，试验保障人员应按照试验现场应急管理規定及时进行处置，确保现场所有人员的人身安全，待故障完全排除后方可继续试验，应详细填写《无人机飞控系统检验检测故障记录单》（参见附录A.8），并及时联系设备供应商进行故障分析和设备排查。

8.7 试验数据分析与检测报告生成

检验检测试验完成后，由系统按照提前编制的自动报告模板对试验数据进行分析处理，并生成检验检测报告，按照《技术规范》中选定的条款给出各条款是否通过的结论。

8.8 检验检测报告及结论复查

系统自动生成检验检测报告后，试验分析人员应对检验检测报告及结论进行复核，对未能通过的条款进行全面人工复查，检查试验记录数据，回看视频监控记录，必要时可重复进行试验。经人工复查无误后，试验分析人员应填写《无人机飞控系统检验检测结论告知单》（参见附录A.9），经试验执行人员和复查人签字后提交客户，由客户代表签字确认。

8.9 提交检测报告及出具检测证书

试验分析人员应在检验检测结论经客户确认并签字后，正式向检测客户提交检测报告，并由客服管理人员向客户出具检验检测证书，完成试验检测任务验收。必要时可按客户要求提供试验数据和视频监控数据。

9 试验岗位要求

9.1 客服管理岗

客服管理岗是实验室与客户对接的窗口，主要工作职责为：

- a) 负责与客户接洽，为客户提供相关专业的咨询服务；
- b) 根据客户需求填写、提交检测任务单；
- c) 根据客户需求和检测产品类型编制产品检验检测技术规范；
- d) 协助试验分析岗人员向客户提交试验检测报告；
- e) 向客户出具检验检测证书；
- f) 负责实验室所有组织管理相关事务处理。

9.2 试验保障岗

试验保障岗主要为实验室软硬件技术保障人员，为实验室正常运营提供技术支持，主要职责为：

- a) 协助试验分析岗人员编制产品检验检测试验大纲；
- b) 依据试验任务书和试验大纲进行试验前准备，完成所有参试设备的调试、校准等工作；
- c) 负责试验过程中的技术保障工作，对实验过程中出现的软硬件故障进行排查检修，保障试验顺利进行；
- d) 负责实验室所有软硬件设备的登记管理工作；
- e) 负责实验室所有软硬件设备的日常保养、维护和计量等工作。

9.3 试验分析岗

试验分析岗为检验检测试验的主要执行人员，主要职责为：

- a) 根据客户需求和任务单编写产品检验检测试验任务书；
- b) 负责编写产品检验检测试验大纲，明确试验内容、试验方法、试验要求、试验分工和试验安排等项目；
- c) 负责编写和检查试验中所需的自动测试脚本和自动测试报告模板；
- d) 负责检验检测试验的执行和试验数据的分析处理工作，编写试验检测报告，汇总适航条款是否通过测试的结论；
- e) 负责对试验检测报告中未通过的条款进行人工复核；
- f) 向客户提交试验测试报告，对客户提出的相关技术问题进行解答。

附录 A

(资料性)

无人机飞控系统检验检测流程及表单（样例）

A.1 无人机飞控系统检验检测流程样例

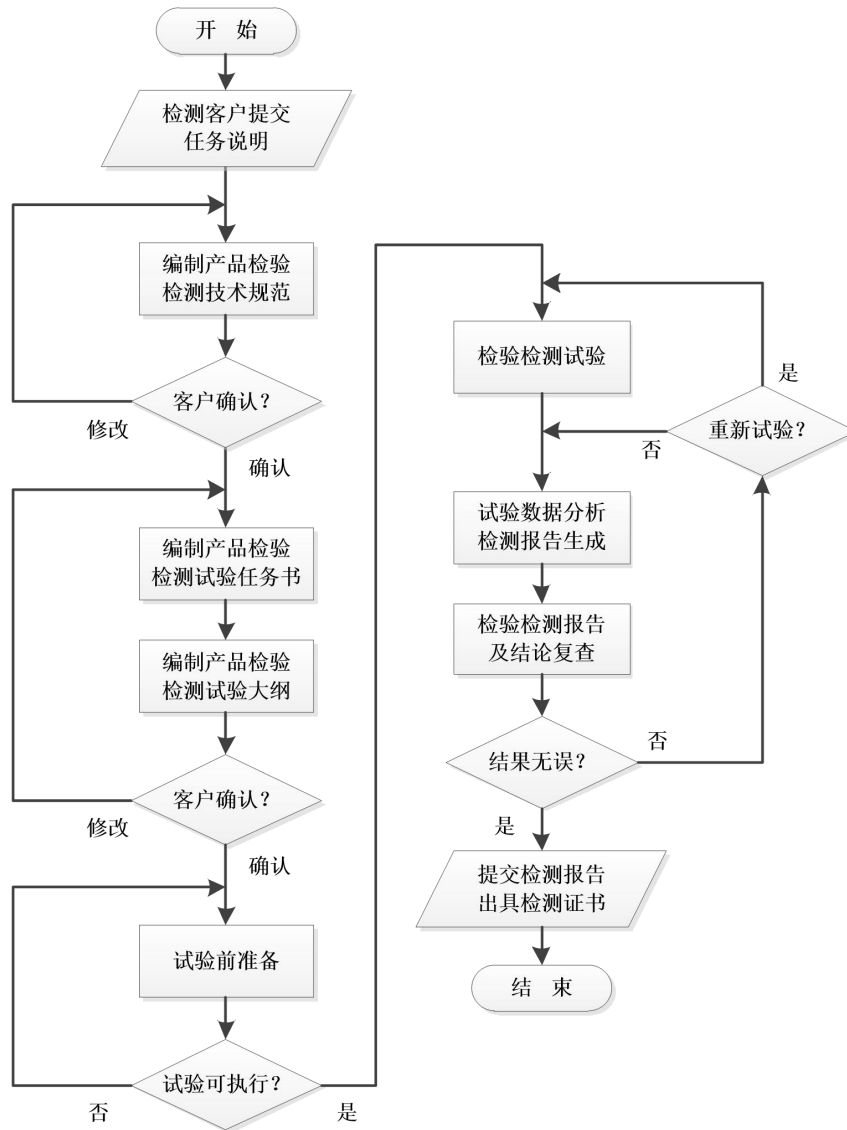


图 A.1 无人机飞控系统检验检测评估流程

A.2 无人机飞控系统检验检测任务单样例

文件编号： 202112-XXXX-XXXX

无人机飞控系统检验检测任务单

检测客户	XXXX 科技有限公司		
产品型号	XX-XXXX-XX	产品序列号	XXXXXXXX
产品类型	<input type="checkbox"/> 固定翼无人机 <input type="checkbox"/> 无人直升机	<input type="checkbox"/> 多旋翼无人机 <input type="checkbox"/> 混合翼无人机	
试验类型	<input type="checkbox"/> 全数字仿真试验 <input type="checkbox"/> 半实物仿真试验		
任务编号	XXXX-XXXX-XXXX		
检测内容	（简要填写客户检测内容和需求，如：待检设备名称类型、设备需检测性能参数、客户其他要求等）		
填表人	年 月 日		
客户代表	年 月 日		

A.3 无人机飞控系统检验检测技术规范样例

文件编号： 202112-XXXX-XXXX

无人机飞控系统检验检测技术规范

产品型号	XX-XXXX-XX	产品序列号	XXXXXXXX	任务编号	XXXX-XXXX-XXXX
检测条款清单					
序号	文件	条款	指标	备注	
1	CCAR-23-R3	第 23.147 条		(示例)	
.....					
填表人		客户代表			

* 注：检测条款清单可增加行，页数依据内容数量确定

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/788017133056006105>