



中华人民共和国国家标准

GB/T 43221—2023

无人飞艇飞行控制系统通用要求

General requirements for flight control system of unmanned airship

2023-09-07 发布

2024-01-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 技术要求 1

 5.1 功能 1

 5.2 性能 6

 5.3 系统部件 7

 5.4 接口 8

 5.5 软件 8

 5.6 通用质量特性 8

6 验证试验..... 10

 6.1 试验室试验 10

 6.2 地面试验 10

 6.3 飞行试验 10

7 标识..... 10

 7.1 产品标识 10

 7.2 包装标识 11

8 包装、运输与贮存 11

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。

本文件由全国航空器标准化技术委员会(SAC/TC 435)提出并归口。

本文件起草单位：中国特种飞行器研究所、中国航空综合技术研究所、中国人民解放军海军装备部驻武汉地区军事代表局。

本文件主要起草人：陆鹏、陶威、郑彤、徐健、涂晋、何敬宇、李辉、李继雄、万蓉、刘丽丽、田红。

无人飞艇飞行控制系统通用要求

1 范围

本文件规定了无人飞艇飞行控制系统的技术要求、验证试验、标识、包装、运输与贮存。

本文件适用于在对流层飞行、体积为 20 000 m³ 以下或设计平衡重量为 15 000 kg 以下的无人飞艇飞行控制系统的设计、验证、标识、包装、运输与贮存，在平流层飞行的无人飞艇可参照执行。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第 1 部分：发射要求
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 35018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级
- GB/T 41885 浮空器分类和分级

3 术语和定义

GB/T 35018 和 GB/T 41885 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压力调节 pressure control

通过风机和阀门对气囊的压力进行调节，使飞艇气囊压力处于设计的安全工作压力范围。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- IFBIT ——飞行中自检测(In-flight built in test)
- MBIT ——维修自检测(Maintenance built in test)
- PBIT ——飞行前自检测(Pre-flight built in test)
- PUBIT ——上电自检测(Power up built in test)

5 技术要求

5.1 功能

5.1.1 通则

无人飞艇飞行控制系统的控制方式和功能要求包括以下内容。

- a) 飞行控制系统应在无人飞艇的起飞、爬升、平飞、下降及着陆全过程为无人飞艇提供良好的稳定性和操纵性。
- b) 飞行控制系统控制方式可分为人工遥控、遥驾控制和自动飞行控制,飞行控制系统应具备三种模式地面站指令或遥控切换功能,切换过程不应影响飞行稳定。
- c) 飞行控制系统包括以下功能。
 - 1) 飞行控制功能,包括模态运算控制、包线保护与限制功能、控制重构功能等。
 - 2) 飞行管理功能,包括飞行计划管理、导航管理、制导计算、信息处理、应急处置、数据记录等功能。
 - 3) 设备控制与管理功能,包括舵面、动力、能源、推力矢量转向、电气、压力调节、压舱物、应急绳、任务设备等的管理功能;其中,电气、压力调节、压舱物、应急绳以及任务设备管理为飞艇飞行控制非必要设备,可按需设置其他设备或系统实现相应的管理功能。
 - 4) 监测与告警功能,包括对飞艇飞行状态、飞行控制系统及其他系统进行监测与告警。
 - 5) 自检测功能,包括上电自检测、飞行前自检测、飞行中自检测和维护自检测等功能。
 - 6) 余度管理功能,包括对飞行安全相关的关键部件或模块配置足够的安全余度,与自检测共同实现故障的诊断、隔离、恢复、重构等功能,实现余度间的无缝切换。

5.1.2 飞行控制功能

5.1.2.1 模态运算控制功能

飞行控制应实现以下模态的运算控制:

- a) 俯仰姿态给定与保持;
- b) 航向给定与保持;
- c) 高度给定与保持;
- d) 垂直速率给定与保持;
- e) 速度给定与保持;
- f) 自动航线保持:按预设航线自动飞行;
- g) 定点悬停:飞艇在一定范围内保持相对地面静止;
- h) 盘旋飞行:飞艇在一定范围内自动盘旋。

5.1.2.2 包线保护与限制功能

在飞艇达到或超过规定的边界限制时,对飞艇包线保护与限制,应包括:

- a) 俯仰角限制;
- b) 航向角速率限制;
- c) 最大飞行高度限制;
- d) 最大飞行速度限制;
- e) 最大上升率限制;
- f) 最大下降率限制;
- g) 空域边界限制。

5.1.2.3 控制重构功能

控制分配与重构功能应包括:

- a) 系统发生故障后具有对系统进行功能级或系统级重构的能力,以保证系统的容错等级和余度降级的要求;

- b) 重构管理由系统的软件和硬件来实现；
- c) 系统重构不会引起飞艇产生不可接受的瞬态。

5.1.3 飞行管理功能

5.1.3.1 飞行计划管理功能

飞行计划管理功能应包括以下内容。

- a) 飞行计划可以预先装订或由地面控制站定制或在线更改,对航路点进行插入、删除和修改。
- b) 具备一定数量预装航线和航路点数据的存储能力。
- c) 航线规划:
 - 1) 根据返航或应急处置要求,在线生成返航航线;
 - 2) 飞行航路规划满足飞行性能包线的要求。

5.1.3.2 导航管理功能

导航管理功能应包括:

- a) 对多导航源的传感器组合管理;
- b) 手动和自动选择可用的传感器组合;
- c) 运用传感器精度数据,传感器原始数据以及当前条件信息,选出各类传感器最佳组合以减少测定误差;
- d) 具备导航传感器信息余度管理功能;
- e) 关键传感信息失效时的导航信息重构功能。

5.1.3.3 制导计算功能

制导计算功能应包括以下内容。

- a) 具备必要的导航功能计算能力,根据航路信息和飞艇位置计算侧偏距、侧偏变化率、待飞距离、待飞时间等导引信息。
- b) 航线切换:能够根据预设程序或地面指令进行航线切换。
- c) 航段切换:能够根据航段交接条件切换航段。
- d) 模态切换:能够依据飞行状态和阶段切换飞行模态;当模态选定后,能启动与之相配合的其他模态;在优先级较高的模态出现故障时,能够自动接通下一级工作模态或可替换的模态。

5.1.3.4 信息处理功能

信息处理功能应包括:

- a) 处理与飞行控制相关的各种指令数据;
- b) 发送飞控系统状态参数、导航数据和获取的艇上设备状态数据;
- c) 数据传输的有效性判断及容错功能;
- d) 根据剩余能源实时获取或估算剩余续航里程。

5.1.3.5 应急处置功能

应急处置功能应包括:

- a) 应急返航;
- b) 悬停等待;
- c) 应急着陆;

- d) 应急放气；
- e) 应急关车。

5.1.3.6 数据记录功能

数据记录功能应包括以下内容。

- a) 艇载端与地面端数据记录采用统一时标信息。
- b) 以不低于 2 Hz 的频率记录系统如下信息：
 - 1) 导航数据；
 - 2) 飞行控制模式；
 - 3) 控制指令信息；
 - 4) 通信链路信息；
 - 5) 飞行状态信息；
 - 6) 系统工作状态；
 - 7) 系统故障信息；
 - 8) 系统告警信息；
 - 9) 其他要求的信息。
- c) 至少满足单次最大飞行时间的存储能力。

5.1.4 设备控制与管理功能

5.1.4.1 舵面控制与管理功能

舵面控制与管理功能应包括：

- a) 舵面运动控制功能；
- b) 舵面运动状态监测及告警。

5.1.4.2 动力装置控制与管理功能

动力装置控制与管理功能应包括：

- a) 动力装置的起动控制；
- b) 动力装置关车控制；
- c) 动力装置输出功率控制；
- d) 动力装置状态监测及告警。

5.1.4.3 能源控制与管理功能

能源控制与监测功能应包括：

- a) 对动力能源供应的开关控制；
- b) 动力能源余量监测及告警。

5.1.4.4 推力矢量转向装置控制与管理功能

在配备推力矢量转向装置时，飞行控制系统应具备对该装置的管理功能，包括：

- a) 推力矢量转向装置控制功能；
- b) 推力矢量转向装置状态监测及告警。

5.1.4.5 电气控制与管理功能

在需要通过飞行控制系统实现电气控制与管理时，功能应包括：

- a) 用电设备开关控制；
- b) 备用电源切换控制；
- c) 电气系统状态监测与告警。

5.1.4.6 压力调节控制与管理功能

在需要通过飞行控制系统实现压力调节控制与管理时,功能应包括:

- a) 压力状态监测与告警；
- b) 压力调节模式控制与切换；
- c) 压力调节设备控制；
- d) 压力调节设备状态监测及告警。

5.1.4.7 压舱物控制与管理功能

在需要通过飞行控制系统实现压舱物控制与管理时,功能应包括:

- a) 压舱物释放控制功能；
- b) 压舱物释放装置状态监测与告警。

5.1.4.8 应急绳释放控制与管理功能

在需要通过飞行控制系统实现应急绳释放控制与管理时,功能应包括:

- a) 应急绳释放控制功能；
- b) 应急绳释放装置状态监测与告警。

5.1.4.9 任务设备控制与管理功能

在需要通过飞行控制系统实现任务设备控制与管理时,功能应包括:

- a) 任务设备控制；
- b) 任务设备状态监测及告警；
- c) 任务设备控制命令转发。

5.1.5 监控与告警功能

监控与告警功能应包括:

- a) 监控飞艇姿态、高度、速度等飞行状态,超过极限限制应发出告警；
- b) 监控飞行控制系统自身完好性及健康状况；
- c) 监测艇上其他系统工作状态；
- d) 部分设备失效时,提供故障告警和降级状态通告。

5.1.6 自检测功能

飞行控制系统应具有 PUBIT、PBIT、IFBIT 和 MBIT 功能。

- a) PUBIT 内容应包括计算机存储器、处理器、专用模拟量回绕、交叉通道数据链及电源测试等。
- b) PBIT 内容应包括处理器测试、接口检测、电源检测、专用传感器检测、备份计算机检测、伺服作动设备检测、计算机通道故障逻辑检测、总线控制器及总线信息传输检测,应包括以下要求:
 - 1) 飞行前验证余度电子通道和机械部件工作正常,检测影响安全的潜在故障；
 - 2) 飞行前自检测状态通告反馈应指示系统完好性；
 - 3) 飞行前自检测的运行时间、启动连锁条件以及其他要求。
- c) IFBIT 应在全部工作过程中对飞行控制系统进行实时监测,至少在关键的飞行阶段或在关键

功能工作时,对系统的性能和飞行状态的连续监控应是有效的。

- d) MBIT 内容应包括通过地面检测设备对飞行控制系统及交联设备的状态进行检测与监控。

5.1.7 余度管理功能

在冗余系统或部件发生故障后,飞行控制系统仍应保持控制功能完整性,并具有相同的或相似的飞行品质和性能。余度管理功能应包括以下内容。

- a) 提供故障检测、隔离和纠正能力以满足飞行控制系统安全性要求、瞬态限制时间要求。
- b) 当发生故障时,系统应具有将故障隔离到部件或通道的能力,故障隔离应不降低对再次故障检测、隔离的能力;为防止非永久性故障的影响,系统应具备一定的故障恢复能力,故障恢复不应影响有效信号或部件的表决与监控。
- c) 防止其他系统/分系统、飞行控制系统余度部件向飞行控制系统的故障传播。
- d) 最大限度提供余度部件的表决和比较。
- e) 明确输入和输出的余度。

5.2 性能

5.2.1 一般要求

除另有规定外,飞行控制系统性能要求应包含测量误差。对于飞行控制系统控制响应,系统应满足规定的操纵性和稳定性要求。

5.2.2 飞行品质

飞行品质要求应包括:

- a) 专用规范中的飞行品质要求;
- b) 满足既定用途的飞行品质要求。

5.2.3 俯仰姿态控制

俯仰姿态控制性能要求应包括:

- a) 平稳大气中,俯仰姿态相对于基准的精度;
- b) 在规定的紊流条件下俯仰姿态的均方根偏差允许范围;
- c) 受到规定量值的扰动时,俯仰姿态恢复时间和超调量。

5.2.4 航向控制

航向控制性能要求应包括:

- a) 具有 360° 的航向给定能力;
- b) 平稳大气中,航向保持相对基准的精度;
- c) 航向给定与保持满足系统设计要求的动态响应指标;
- d) 在规定的紊流强度中航向保持的均方根偏差允许范围;
- e) 能够持续、稳定达到的偏航角速率;
- f) 转弯机动过程中的滚转角限制;
- g) 进入和改出过程的调节时间和超调量。

5.2.5 高度控制

高度控制性能要求应包括:

- a) 高度保持时的最大升降速度应予以规定；
- b) 高度保持相对于基准的精度；
- c) 进入和改出过程的调节时间和超调量。

5.2.6 垂直速度控制

垂直速度控制性能要求应包括：

- a) 最大上升、下降率应予以规定；
- b) 垂直速度的给定需考虑传感器误差、控制精度以及模态切换的超调等影响，确保垂直速度控制时，飞艇的垂直速度不会超过压力调节设备允许的最大上升、下降率；
- c) 垂直速度保持相对于基准的控制精度；
- d) 进入和改出过程的调节时间和超调量。

5.2.7 速度控制

速度保持性能要求应包括：

- a) 明确系统所保持的速度是地速、真空速还是指示空速；
- b) 速度保持相对基准速度的偏差范围；
- c) 进入和改出过程的调节时间和超调量。

5.2.8 航线控制

航线控制性能要求应包括：

- a) 最大侧偏距；
- b) 航线偏离振荡次数；
- c) 在有时间控制要求时，还应满足飞艇到达指定点的时间误差范围要求。

5.2.9 盘旋控制

盘旋控制性能要求应包括：

- a) 盘旋半径；
- b) 盘旋高度误差。

5.3 系统部件

5.3.1 计算机

计算机应包括以下要求。

- a) 标准硬件：采用标准机箱、标准供电电源，其他标准硬件的选用应符合相应标准规定。
- b) 采用余度设计的计算机应保证每个余度通道相对独立，并能实现系统的完整功能。
- c) 留有不低于 25% 的计算余量和存储余量。

5.3.2 执行部件

执行部件包括控制舵面运动的舵机以及用于动力转向及功率控制的作动部件，执行部件要求应包括：

- a) 能源输入方式与飞艇协调一致，包括供能方式及功率；
- b) 机械特性指标满足要求，包括输出力(矩)、行程、尺寸、重量；
- c) 运动性能指标满足使用要求，包括精度、频响、阶跃；

- d) 输出电气性能满足系统设计要求;
- e) 执行部件运动过程中不产生干涉;
- f) 根据需要选择自检测及故障信号输出功能;
- g) 根据需要选择冗余配置。

5.3.3 传感部件

传感部件为可提供飞艇经纬度、高度、三轴姿态、三轴角速率、三轴加速度、速度、航向、气囊压力(需要时)、气囊温度(需要时)等信息的传感器或传感器组合。传感部件要求应包括:

- a) 提供飞艇位置、航向、姿态、速度、加速度、角速度、气囊压力(需要时)、气囊温度(需要时)信号;
- b) 供电方式、数据接口、功耗、测量信号范围、精度、分辨率、线性度满足使用要求;
- c) 具备传感部件故障自检测功能;
- d) 关键传感部件采用冗余配置。

5.4 接口

5.4.1 机械接口

机械接口要求应包括:

- a) 计算机机械接口保证设备固定及减震等防护要求,满足使用和维护要求;
- b) 传感部件机械接口保证设备固定以及信号测试的便利性,满足使用要求;
- c) 执行部件机械接口保证设备固定及减震要求,并满足强度载荷、运动行程、运动方向满足使用要求。

5.4.2 电气接口

电气接口要求应包括:

- a) 系统所有电气接口特性是在设备带负载情况下的特性;
- b) 接口信号的噪声不应引起有害的误动作;
- c) 电气接口符合接口控制文件的要求;
- d) 具备与地面测试设备的接口;
- e) 接口种类和数量满足使用要求,各类接口应预留 10%用于接口备份和扩充;
- f) 不能互换的接口,在结构形式及尺寸上采取防差错措施。

5.5 软件

软件要求应包括:

- a) 软件功能涵盖启动与终止、中断处理、任务管理、同步、输入与输出处理、控制律计算、余度管理和机内自检测;
- b) 根据系统需求选择基本采样速率,按任务和工作模态划分软件运行的多速率组,划分前后台任务项目,分配与协调工作任务与时序;
- c) 使用成熟的、规范化的语言进行编程;
- d) 具有良好的可维护性和可测试性;
- e) 根据需要进行软件测评。

5.6 通用质量特性

5.6.1 可靠性

可靠性要求应包括:

- a) 依据相关标准和专用规范制定并实施可靠性大纲；
- b) 按相关标准和专用规范进行可靠性建模、预计与分配；
- c) 在进行可靠性鉴定试验时，应按相关标准和专用规范开展。

5.6.2 维修性

维修性要求应包括：

- a) 产品进行模块化设计，简化维修工具的种类和数量；
- b) 需要更换的设备安装部位具有良好的可达性；
- c) 位于对称位置的同一部件、完成相同功能的部件允许相互调换而不影响功能的实现；
- d) 标记应根据产品的特点、使用维修的需要，按照有关标准的规定以文字、数据、颜色、形象图案、符号或数码等表示。

5.6.3 测试性

测试性要求应包括：

- a) 提供测试点、数据通道和电路，使测试系统能够观测被测单元内部故障的状态，用于故障检测和隔离；
- b) 自检测的设计应使产品能完成原位测试功能，实现设备状态的监测、诊断；
- c) 保证冗余元件能进行独立测试；
- d) 测试性覆盖率满足使用要求。

5.6.4 保障性

保障性要求应包括：

- a) 具有外部测试要求的产品应留有测试接口，并选择通用化的测试保障设备；
- b) 飞行控制系统选用通用保障设备，减少保障设备的品种和数量；
- c) 提交完备的用户手册，一般包括产品物料清单、系统工作原理、系统使用说明、飞行前检查项、故障处置措施、其他用户须知等信息。

5.6.5 安全性

安全性要求应包括：

- a) 对典型故障设计自动处置程序；
- b) 依据相关标准和专用规范，按需进行功能危险性分析、故障树分析以及故障模式、影响和危害性分析。

5.6.6 环境适应性

飞行控制系统应能在飞艇各种可预期的运行环境条件下完成预定飞行控制功能，所有环境应包括自然环境、机械环境。其中，自然环境包括温度、高度、湿热、盐雾、结冰、淋雨等外在环境条件，机械环境包括振动、冲击、加速度等。飞行控制系统在使用寿命周期内应能正常工作，环境适应性验证方法应符合专用规范及试验程序。

5.6.7 电磁兼容性

产品的电磁兼容性设计、验证按产品规范执行，产品在预计的电磁环境下能正常工作，应包括：

- a) 辐射骚扰按照 GB/T 9254.1 执行；
- b) 静电放电抗扰度按照 GB/T 17626.2 执行；

- c) 射频电磁场辐照度按照 GB/T 17626.3 执行。

6 验证试验

6.1 试验室试验

验证飞行控制系统是否满足设计要求,应进行以下试验室试验。

- a) 部件试验:通过所有部件的单独试验、相似比拟(即部件的功能、工作条件与已经鉴定的部件是相似的,则可不进行该部件的试验)、系统设计验证试验中的测试,或上述方法的适当组合来表明符合部件的设计要求。
- b) 半物理仿真试验要求如下。
 - 1) 按系统结构形成闭环,试验宜采用实物。传感部件可用仿真装置替代,飞艇可用数学模型替代。
 - 2) 按测试用例,给出并显示系统输入,观察相关输出数据或设备的动作。分析仿真结果,检验系统是否满足有关设计、功能、性能和接口要求。
 - 3) 测试用例的设计至少包含:在规定的大气扰动情况下检验各飞行阶段、执行各种任务及其组合情况;在有遥控参与的情况下,检验遥控指令执行情况、数据链部分丢失情况;故障模拟及处理情况。

6.2 地面试验

无人飞艇飞行控制系统的地面试验应在飞艇总装后的地面试验阶段开展,旨在检查各系统交联状态、各执行部件运行状态以及飞行控制系统功能,应包括:

- a) 飞行控制系统功能性能校核:在全艇装机条件下,校核飞行控制系统各项功能及部分性能;
- b) 地面检查:对飞行控制系统的功能进行地面检查,以确定符合性;
- c) 全艇电磁干扰试验:排查飞艇其他功能系统与飞行控制系统间的电磁干扰。

6.3 飞行试验

飞行控制系统的飞行试验应在飞艇试飞时进行,在飞行包线范围内评定飞艇飞行的控制精度、控制指标、逻辑响应等满足飞艇设计要求的程度,检查飞行控制系统各种功能实现及应用效果,考核飞行控制系统的软、硬件在真实的艇载条件和使用环境中(如振动、环境温度与相对湿度、电磁干扰等)工作的正确性和适应性,应包括:

- a) 飞行控制系统正常状态飞行试验;
- b) 飞行控制系统模拟故障的飞行试验;
- c) 评价飞行控制系统的功能、性能与飞行安全性;
- d) 模态转换瞬态检查;
- e) 极限状态和包线边界的飞行评价。

7 标识

7.1 产品标识

产品标识不应影响设备的机械和电气性能,产品标识应包括:

- a) 系统型号(代号)或名称;
- b) 系统序列号;

- c) 出厂日期；
- d) 制造商名称。

7.2 包装标识

除另有规定外，系统及各部件的包装标识应满足 GB/T 191 中的相关规定。

8 包装、运输与贮存

产品包装、运输与贮存应按有关标准的规定执行或符合下列要求：

- a) 包装应具有一定的机械强度；
 - b) 包装应不影响人身健康；
 - c) 包装具有防霉、防蛀性能；
 - d) 包装使用后应易于处理、不污染环境；
 - e) 包装内衬材料应具有比重小、耐冲击、弹性好等特性；
 - f) 包装应具备运输过程中对产品的保护能力，包括产品的防锈、防霉、防潮、防雨、日晒、雨淋、寒冷等；
 - g) 应适用于典型（公路、铁路、水运、空运）运输条件；
 - h) 在规定的运输和贮存条件下以及装卸过程中，产品及包装应不会造成破损。
-

www.bzxz.net

免费标准下载网