

ICS 49.020

V 36

HB

# 中华人民共和国航空行业标准

HB 8736—2023

## 民用垂直起降固定翼无人机系统通用要求

General requirements for civil vertical take-off and landing fixed-wing  
unmanned aircraft system

2023—12—29 发布

2024—07—01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 一般要求     | 2  |
| 4.1 组成     | 2  |
| 4.2 分类     | 2  |
| 4.3 功能     | 2  |
| 4.4 尺寸     | 2  |
| 4.5 重量     | 2  |
| 4.6 飞行性能   | 2  |
| 4.7 可靠性    | 3  |
| 4.8 维修性    | 3  |
| 4.9 测试性    | 3  |
| 4.10 安全性   | 3  |
| 4.11 保障性   | 3  |
| 4.12 环境适应性 | 4  |
| 4.13 电磁兼容性 | 4  |
| 5 详细要求     | 4  |
| 5.1 无人机平台  | 4  |
| 5.2 数据链    | 7  |
| 5.3 任务载荷   | 7  |
| 5.4 地面指控   | 8  |
| 5.5 保障     | 9  |
| 6 试验验证     | 9  |
| 6.1 试验目的   | 9  |
| 6.2 试验类别   | 9  |
| 6.3 试验项目   | 9  |
| 6.4 合格判据   | 10 |



## 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。

请注意本文件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。

本文件由中国航空工业集团有限公司提出。

本文件由中国航空综合技术研究所归口。

本文件起草单位：成都纵横自动化技术股份有限公司、中国航空综合技术研究所、国网智能科技股份有限公司、北京理工大学、中国直升机设计研究所。

本文件主要起草人：王利光、胡应东、毛 岑、舒振杰、杜亚辉、唐汇川、郭有威、江俐琳、唐 塘、张泽京、刘 俚、张福彪、王久元、张 飞、李梓衡、申焕萍、段 鏢。

# 民用垂直起降固定翼无人机系统通用要求

## 1 范围

本文件规定了民用垂直起降固定翼无人机系统的组成、分类、功能、性能及试验验证要求。

本文件适用于最大起飞重量不超过 150kg 的民用垂直起降固定翼无人机系统(以下简称垂起无人机系统), 其他类型无人机系统可参照执行。

## 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 38152 无人驾驶航空器无人机系统术语

GB/T 38909 民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法

GB/T 38924(所有部分) 民用轻小型无人机系统环境试验方法

GB/T 38930 民用轻小型无人机系统抗风性要求及试验方法

HB 7809 飞机螺旋桨通用技术要求

HB 8566 多旋翼无人机系统通用要求

HB 8591 民用轻小型固定翼无人机系统通用要求

## 3 术语和定义

GB/T 38152 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**垂直起降固定翼无人机** vertical take-off and landing fixed-wing unmanned aircraft

依靠自身动力装置实现垂直方向起降的固定翼无人机。

### 3.2

**任务载荷重量** mission payload weight

完成特定任务所需的机载设备重量, 以及为保证其正常工作所需的能源、辅助装置、附加安装结构等重量的总和。

### 3.3

**动力能源重量** power source weight

用于动力输出所需的燃料或动力电池的重量。

### 3.4

**任务起飞重量** mission take-off weight

空机重量、任务载荷重量和动力能源重量的总和。

注: 因装载不同分为最大起飞重量和正常起飞重量。

### 3.5

#### 固定翼阶段 fixed-wing mode

垂起无人机系统主要依靠无人机舵面、平飞动力实现对其姿态、速度及位置控制的过程。

### 3.6

#### 过渡阶段 transition mode

垂直起降模式与固定翼模式之间的切换过程。

### 3.7

#### 垂直起降阶段 vertical take-off and landing mode

垂起无人机系统依靠垂直起降动力产生力和力矩，实现对其姿态、水平位置及高度控制的过程。

## 4 一般要求

### 4.1 组成

垂起无人机系统主要由以下几部分组成：

- a) 无人机平台：用于携带数据链和任务载荷，执行飞行任务并能实现导航、飞行控制、飞行管理等功能；
- b) 数据链：用于完成遥控、遥测和任务信息传输等功能，包含机载端和地面端；
- c) 任务载荷：用于任务执行、信息获取、数据记录等功能；
- d) 地面指控：用于实现无人机远程指挥与控制等功能；
- e) 保障：用于实现充放电、燃料储存与加注、包装运输、维修等功能。

### 4.2 分类

垂起无人机系统一般有以下几种分类形式：

- a) 按无人机构型：主要分为复合翼、尾座式、倾转旋翼等类型；
- b) 按动力能源类型：主要分为油动、电动、混合/组合驱动等类型。

### 4.3 功能

垂起无人机系统应具备以下功能：

- a) 垂直起降模式、过渡模式和固定翼模式的自主飞行和遥控飞行的能力；
- b) 远程通讯和操控的能力；
- c) 携带任务载荷并执行任务的能力；
- d) 按预定规划完成特定任务的能力；
- e) 安全保障的能力，异常情况下能告警、自动返航或应急降落等。

### 4.4 尺寸

垂起无人机的机长、展长、机高应符合系统规范的要求。

### 4.5 重量

应确定空机重量、任务载荷重量、动力能源重量、任务起飞重量和最大着陆重量。

### 4.6 飞行性能

#### 4.6.1 悬停特性

应确定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，具体指标应符合 HB 8566

的要求。

#### 4.6.2 速度—高度特性

速度—高度特性应包含最大平飞速度、巡航速度、失速速度、最大使用高度和实用升限。

#### 4.6.3 航程

应确定垂起无人机在给定的起飞重量、给定高度、给定速度下的最大飞行距离。

#### 4.6.4 航时

应确定垂起无人机在给定的起飞重量、给定高度和给定速度下的最大续航时间。

#### 4.6.5 机动性

应确定垂起无人机在给定的起飞重量、给定高度和给定速度下的最小转弯半径以及在不同高度和起飞重量情况下的最大爬升率和最大下降率。

#### 4.6.6 导航与定位

应根据需要选择定位方式和导航方式，并应明确导航与定位精度。

#### 4.6.7 飞行品质

垂起无人机系统应满足垂直起降阶段、固定翼阶段和过渡阶段规定的稳定性要求，以及满足执行任务或使用用途的要求。

#### 4.7 可靠性

应明确平均故障间隔时间(MTBF)等可靠性定量要求，并考虑冗余设计和简化设计等定性要求。

#### 4.8 维修性

维修性满足以下要求：

- a) 应明确平均维修间隔时间等维修性定量要求；
- b) 应便于拆卸、安装、维护和更换，具有良好的可达性；
- c) 在重要分离和调整处，应具有防错连接措施。

#### 4.9 测试性

测试性满足以下要求：

- a) 应明确故障检测时间等测试性定量要求；
- b) 至少应具备加电自检测、周期自检测和维护自检测三种测试能力之一。

#### 4.10 安全性

安全性设计满足以下要求：

- a) 应充分考虑垂起无人机系统的工作原理、使用方式、材料与器件的安全合理性，确保人员和设备安全；
- b) 安全技术措施的保障途径优先次序为：最小风险设计、采用安全装置、采用报警装置与标志、制定专用规程和进行专门培训等。

#### 4.11 保障性

保障性满足以下要求：

- a) 应明确维修人员数量，随机备件清单等应满足使用要求；

- b) 保障设备、工具品种和数量应合理，便于使用维护，必要的保障设备和工具应与无人机同步交付。

#### 4.12 环境适应性

垂起无人机系统应能承受贮存、运输和工作时所规定的各种环境条件，具体要求应符合 GB/T 38930 和 GB/T 38924(所有部分)的规定。

#### 4.13 电磁兼容性

垂起无人机系统应能在一定的电磁环境下正常工作，不对外部环境造成不能承受的电磁干扰，且满足 GB/T 38909 的要求。

### 5 详细要求

#### 5.1 无人机平台

##### 5.1.1 机体

###### 5.1.1.1 气动布局

气动布局设计应满足垂起无人机的功能和性能要求。应给出垂起无人机的布局形式，给出机长、展长、机高，以及与外形有关的各部件形状及相对位置和尺寸。若垂起无人机包含独立的垂直起降旋翼，应给出旋翼轴距(两个及以上的情况)、旋翼直径和旋翼数量等。

###### 5.1.1.2 总体布置

总体布置要求如下：

- a) 保证各系统正常发挥功能和性能；
- b) 保证全机重心位置(对于使用燃料的情况，需考虑燃料变化对重心的影响)处于安全稳定可控飞行的重心前后限范围内；
- c) 天线的布置应保证各天线的性能要求，同时满足系统电磁兼容性要求；
- d) 机体分拆结构应考虑无人机的重量、连接结构的可靠性、操作便捷性和包装运输尺寸等要求。

###### 5.1.1.3 重心布置

无人机的重心布置应考虑在最大载重、最大载油量(或最大电池重量)、最小载重(或空载)、最小载油量(或最小电池重量)等条件下的情况。

重心位置应始终处于稳定裕度设计要求范围内，并满足不同工况下的力矩平衡要求。

###### 5.1.1.4 机体结构

机体结构在符合 HB 8591 有关要求的基础上，还应满足以下要求：

- a) 垂直起降阶段
  - 1) 能够承受设计规范中规定的垂直起降阶段的设计载荷；
  - 2) 能够承受突风或阵风引起的载荷；
  - 3) 能够满足设计规范中规定的垂直降落冲击；
  - 4) 在应急降落过程中，如果采用降落伞，无人机应能承受降落伞施加到机体上的瞬时载荷，同时着陆载荷不应对主体结构产生不可修复性破坏。



- b) 过渡阶段
  - 1) 垂直起降过渡到平飞过程中, 应能够同时承受固定翼阶段和垂直起降阶段的载荷, 以及由阶段切换引起的其他载荷, 如平飞动力突然启动引起的载荷;
  - 2) 平飞过渡到垂直起降过程中, 应能够同时承受固定翼阶段和垂直起降阶段的载荷, 以及由阶段切换引起的其他载荷, 如垂直起降动力突然启动引起的载荷;
  - 3) 对于应急状态下的阶段切换, 应能够承受阶段突然快速切换引起的载荷。
- c) 固定翼阶段所有飞行包线内, 机体结构应能够承受由垂直起降动力引起的扰动载荷和暴露在外的垂直起降动力引起的额外气动载荷;
- d) 其他
  - 1) 对于设计规范中有防雷击、防静电要求, 结构应充分考虑防雷、防静电、防短路和接地等要求;
  - 2) 无人机结构应充分考虑标准化设计。

## 5.1.2 动力装置

### 5.1.2.1 油动式动力装置

油动式动力装置在符合 HB 8591 相关要求的基础上, 还应满足以下要求:

- a) 在不同阶段下均应能够满足进气要求; 在垂直起降阶段和过渡阶段下, 应能承受垂直起降动力启动和静止状态下的扰动影响;
- b) 排气系统应不影响垂直起降动力的正常工作;
- c) 不同阶段下, 燃油系统应能正常供油;
- d) 动力装置最大连续功率应满足三种阶段下的最大功率要求;
- e) 应急状态时, 动力应优先满足垂直起降模式要求。

### 5.1.2.2 电动式动力装置

电动式动力装置在符合 HB 8591 相关要求的基础上, 还应满足以下要求:

- a) 动力装置最大连续功率应满足三种阶段下的最大功率要求;
- b) 应急状态时, 动力应优先满足垂直起降模式要求。

### 5.1.2.3 混合式/组合式动力装置

采用油动和电动同时使用的混合/组合式的动力装置, 应满足以下要求:

- a) 混合式动力装置的功率应有冗余考虑, 以适应无人机系统在升限范围内不同海拔高度下的平稳运行;
- b) 组合式动力装置之间应相互独立, 保证电动式动力装置能在油动式动力装置失效或环境影响下提供及时的安全措施; 电动式动力装置失效下不影响油动动力装置的正常运行;
- c) 混合式动力装置的性能应满足无人机总体性能设计的要求, 应考虑发动机的良好散热, 满足高温部件与飞机的隔热防火要求;
- d) 混合式动力装置中备用电池容量应满足电机瞬态响应时功率提取的要求。

### 5.1.2.4 螺旋桨

螺旋桨包含分立的垂直起降螺旋桨和平飞螺旋桨, 或两者兼顾的共用螺旋桨。应满足以下要求:

- a) 对于同时具有多个垂直起降螺旋桨的情况下, 桨尖与其他物体的最小间距应满足安全性要求及动力效率要求;
- b) 对于螺旋桨分立的情况, 应确保垂直起降螺旋桨和平飞螺旋桨均处于各自最佳效率工作点;
- c) 暴露在外的垂直起降螺旋桨宜尽量降低在平飞时的阻力;

- d) 针对尾座式构型或倾转旋翼构型,应同时考虑螺旋桨在垂直起降模态下和固定翼模态下的工作效率,应至少满足螺旋桨在固定翼模式下处于最佳效率工况点;
- e) 其他要求应符合 HB 7809 的要求。

### 5.1.3 飞控与导航子系统

#### 5.1.3.1 功能要求

飞控与导航子系统应具有以下功能:

- a) 飞行控制功能,包括模式切换、姿态控制、速度控制、高度控制、应急控制、手动操控、起飞控制、降落控制等子功能;
- b) 定位与导航功能,包括飞行状态感知、传感器信息余度管理、传感器校准或补偿、导航状态切换等子功能;
- c) 飞行管理功能,包括飞行状态监控、上电自检、飞行前自检测、任务规划、加载、更改和执行、链路切换、飞行数据记录等子功能。

#### 5.1.3.2 性能要求

飞控与导航子系统各飞行状态应满足以下飞行性能要求:

- a) 垂直起降阶段:
  - 1) 应能在规定的起降区域面积内完成起降,除另有规定外,起降区域面积应不大于机体水平包络圆直径的 1.5 倍;
  - 2) 有越障要求情况下,连续垂直上升的高度应能保证安全越过障碍并有足够的安全余量;
  - 3) 在可用环境条件下,无人机的俯仰角、滚转角、偏航角的波动范围应满足使用要求;
  - 4) 配备人工遥控装置的垂起无人机系统,遥控操作总延时应满足使用要求。
- b) 过渡阶段和固定翼阶段:
  - 1) 在 GNSS 模式下,航迹跟踪精度和高度控制精度应满足使用要求;
  - 2) 在可用环境条件下,无人机的俯仰角、滚转角、偏航角的波动范围应满足使用要求;
  - 3) 配备人工遥控装置的垂起无人机系统,遥控操作总延时应满足使用要求。

#### 5.1.3.3 接口要求

##### 5.1.3.3.1 机械接口

机械接口应满足以下要求:

- a) 安装在开放式空间的情况,飞控与导航子系统的相关组成设备应设计有机箱。根据设计使用场景,机箱材料应能抵抗高盐、高湿、高风沙等造成的侵蚀,或者按有关规定加以保护性处理,使其能承受环境条件的影响;
- b) 安装在密闭空间的情况,飞控与导航子系统的相关组成设备可以不设计保护机箱,但要保证安装可靠性、安全性,并能达到环境适应性和电磁兼容性的要求;
- c) 飞控与导航子系统的重量和尺寸应符合无人机总体设计的要求。

##### 5.1.3.3.2 电气接口

电气接口应满足以下要求:

- a) 支持常见的信号接口协议,如 TTL、RS232、RS422、IIC、PWM、SPI、CAN、USB、Type-C、以太网等;
- b) 在无人机要求的工作条件下,应能将电能和信号传输到其他设备,并满足电源质量和信号质量的要求;



- c) 电源、线缆、连接器的设计、选型应与所需的负荷大小相匹配，并留有一定的余量；
- d) 电气设备之间应具备故障隔离功能，某电气设备发生故障时，无人机系统的其他部分应不受影响，并能保持正常工作；
- e) 所有的电气设备、线缆、连接器、插座等应有明显标识，标识清晰、耐久，且不影响标识对象的原有特性。

## 5.2 数据链

### 5.2.1 功能要求

数据链部分应具有以下功能：

- a) 无人机和机载设备的遥控；
- b) 无人机飞行参数和机载设备工作状态参数的遥测；
- c) 无人机任务载荷信息的传输。

### 5.2.2 性能要求

应确定数据链部分以下性能：作用距离、载波频率(载波频段、频道数和频率步进)、数据特性(遥控指令的种类及条数，遥测参数的种类、路数及遥测属性传递标准，任务载荷的信息类型和特性参数)、数据速率(上行遥控、下行遥测和下行任务载荷数据速率)、误码率与指令差错率、传输时延、抗干扰处理增益和保密性能(密码体制和密钥量等要求)。

### 5.2.3 接口要求

#### 5.2.3.1 机械接口

机械接口应满足以下要求：

- a) 应可靠连接、稳定且不易变形，且方便拆装；
- b) 安装位置不得对无人机的稳定性产生不利影响。

#### 5.2.3.2 电气接口

电气接口应满足以下要求：

- a) 支持常见的信号接口协议，如 RS232、RS422、CAN、以太网口等，接口选择应满足设计需求和任务需求；
- b) 射频接口和馈线选择应根据安装空间、性能指标要求来确定；
- c) 在设备要求的工作条件下，电气系统应能可靠地将电能传输到用电设备，并满足质量要求；
- d) 电气接口的设计应考虑无人机的性能要求；
- e) 应具有防差错设计。

## 5.3 任务载荷

### 5.3.1 功能要求

任务载荷部分根据不同的应用场景选择配置不同的任务设备，可分为影像设备、探测设备、通信设备和投放装置等。任务载荷应具有以下功能：

- a) 数据采集功能；
- b) 任务作业功能；
- c) 任务数据记录和存储功能。

### 5.3.2 性能要求

任务载荷设备应满足以下要求：

- a) 采集数据精度应满足应用需求，如图像分辨率要求，点云密度等；
- b) 数据存储能力应满足任务要求；
- c) 满足宽压、过流要求，能抵抗浪涌冲击；
- d) 满足基本的上电时序控制要求；
- e) 设备功耗应在无人机的功能能力范围内；
- f) 任务载荷连续工作时间应满足任务要求和地面调试要求。

### 5.3.3 接口要求

#### 5.3.3.1 机械接口

机械接口应满足以下要求：

- a) 可靠连接、稳定且不易变形，且方便拆装；
- b) 安装位置不得对无人机的稳定性产生不利影响；
- c) 安装强度应满足无人机的最大设计载荷要求；
- d) 接口的机械寿命应不小于无人机的使用寿命。

#### 5.3.3.2 电气接口

电气接口应满足以下要求：

- a) 应具有扩展接口能力；
- b) 电源供电系统应具有被检测和控制的能力，具有安全告警、过流保护和过压保护等功能；
- c) 在设备要求的工作条件下，电气系统应能可靠地将电能传输到用电设备，并满足质量要求；
- d) 电气接口的设计应考虑无人机的性能要求；
- e) 应具有防差错设计。

## 5.4 地面指控

### 5.4.1 功能要求

地面指控部分应具有以下功能：

- a) 飞行操纵与管理功能，包括起飞前无人机测试和功能检测，不同阶段的操纵与控制，飞行状态监控，工作方式切换，故障诊断与处理等；
- b) 综合显示功能，包括飞行参数、任务设备参数和数据链参数的显示等；
- c) 地图与飞行航迹显示功能，包括无人机预定飞行航迹与实时飞行航迹显示、导航点切换、坐标计算与转换、地图数据库管理等；
- d) 任务规划功能，包括任务计划的自动生成或人工生成、任务计划的编辑与发送、多任务的管理和调取、任务仿真等；
- e) 数据处理、记录与回放功能，包括遥控数据组帧编码与发送、遥测数据接收解码、实时记录遥控遥测数据、记录数据的管理和回放等。

### 5.4.2 性能要求

地面指控满足以下性能要求：

- a) 硬件应满足处理速度要求，能及时获取并处理遥测、遥控数据；
- b) 显示器分辨率应满足图像分辨率要求，显示屏亮度应满足室外作业的显示要求；
- c) 数据记录模块的数据存储能力应满足任务要求；

- d) 连续工作时间应满足单次飞行任务要求；
- e) 通讯带宽应满足无人机遥测、遥控实时数据传输要求。

#### 5.4.3 接口要求

地面指控满足以下要求：

- a) 应留有相关的电气接口和机械接口，并具有扩展接口能力；
- b) 应具有防差错设计；
- c) 电气接口的设计应考虑无人机的性能要求。

#### 5.5 保障

保障部分包括维持系统运行所需的附属设备、现场保障设备、保养维护与维修设备、包装与运输设备，应满足以下要求：

- a) 应符合设备品种、数量、保障人员要求规范；
- b) 应符合保养维护与维修作业规范；
- c) 应附带产品合格证、备附件清单和使用说明书；
- d) 产品包装箱应坚固、密闭；
- e) 包装箱上应有生产企业名称、产品型号、产品名称、数量、生产日期、质量及储运要求，包装箱外表面应有提示性或警告性的标志，标明警示语。

### 6 试验验证

#### 6.1 试验目的

垂起无人机系统试验目的如下：

- a) 考核无人机及部件的功能、性能指标是否满足设计要求；
- b) 考核无人机工作的稳定性、安全性和可靠性；
- c) 评测无人机操作使用、维护保养等要求；
- d) 根据试验结果综合评定无人机，并做出相应的试验报告和结论；
- e) 提出改进设计和是否进行补充试验的建议。

#### 6.2 试验类别

垂起无人机系统试验类别如下：

- a) 型式试验：验证垂起无人机系统能否满足产品规范的全部要求。一般在产品设计定型、生产定型或转产时进行，但在产品的主要设计、工艺及材料有重大改变而影响产品的重要性能，使原来的鉴定结论不再有效时，也应进行型式试验；
- b) 出厂检验：验证垂起无人机系统出厂前能否满足用户品质要求，经检验合格的产品才能予以放行出货。

#### 6.3 试验项目

垂起无人机系统试验内容主要包含以下项目，详细要求和试验方法应按照有关标准执行：

- a) 系统功能试验；
- b) 系统性能试验；
- c) 通用质量特性试验；
- d) 电磁兼容性试验。

#### 6.4 合格判据

垂起无人机系统合格判据如下：

- a) 型式试验：垂起无人机系统按规定的项目进行试验，全部满足要求时，判定该产品型式试验通过。若其中任一试验项目不合格时，在找出缺陷原因并采取有效纠正措施后，再次提交试验；
  - b) 出厂检验：垂起无人机系统按规定的项目进行检验，全部满足要求时，判定该产品检验合格。若其中任一检验项目不合格时，则应暂停垂起无人机系统的检验与交付，在找出缺陷原因并采取有效纠正措施后再次提交试验。
-