ICS 49.020
CCS V 35

中华人民共和国国家标准

GB XXXXX—XXXX

民用无人驾驶航空器感知与避障要求

Detection and avoidance requirements for civil unmanned aircraft

（点击此处添加与国际标准一致性程度的标识）

（报批稿）

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 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 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 技术要求 2
4.1 气象适应能力 2
4.2 感知能力 2
4.3 感知方向 2
4.4 避障能力 2
4.5 功能失效/故障处置能力 2
4.6 最大避障速度 3
4.7 操作说明书及日志记录 3
5 试验方法 3
5.1 概述 3
5.2 试验条件 3
5.3 试验前准备 4
5.4 试验内容及步骤 4
6 标准的实施 6

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部和中国民用航空局提出并归口。

民用无人驾驶航空器感知与避障要求

1 范围

本文件规定了民用无人驾驶航空器对静态障碍物感知与避障的技术要求，描述了相应的试验方法。

本文件适用于民用无人驾驶航空器系统的研制、生产、交付和使用。

本文件不适用于自备动力系统的飞行玩具和模型航空器，标配了桨叶有效保护装置的微型及最大起飞重量小于0.25 kg的轻型无人驾驶航空器，以及仅限室内飞行和专用于集群表演的无人驾驶航空器。

注1：自备动力系统的飞行玩具：最大飞行真高不超过30 m，最大起飞重量小于0.25 kg，最大飞行水平距离不超过100 m，最大飞行速度不超过18 km/h，且无线电发射设备符合微功率短距离技术要求，不搭载拍摄和测控设备，全程可以依靠人工操作进行飞行的遥控玩具。

注2：模型航空器：有尺寸和重量限制，不能载人，不具有高度保持和位置保持飞行功能的无人驾驶航空器，包括自由飞、线控、直接目视视距内人工不间断遥控、借助第一视角人工不间断遥控的模型航空器等。

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 无人驾驶航空器系统术语

GB 42590 无人驾驶航空器系统安全要求

3 术语和定义

GB/T 38152和GB 42590界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

感知能力 detection capability

无人驾驶航空器系统通过搭载的传感器（如视觉、雷达等），对其飞行环境中的障碍物进行实时探测、识别、跟踪与状态估计的能力。

3.2

避障能力 avoidance capability

无人驾驶航空器在感知到潜在碰撞风险后，通过调整飞行路径、速度或姿态，主动避免与障碍物发生碰撞的安全能力。

3.3

最大避障速度 maximum avoidance speed

无人驾驶航空器在其感知与避障能力范围内，有效感知障碍物并执行避障动作时对应的最大飞行速度。

注：通常无人驾驶航空器各个方向有效避障速度不一致，一般来说前向避障速度最大。

4 技术要求

4.1 气象适应能力

微型、轻型和小型无人驾驶航空器应具备正常气象条件下的感知与避障能力，中型和大型无人驾驶航空器感知与避障的气象适应能力要求另见相关适航标准。

注：正常气象条件：起飞点及飞行区域内，昼间能见度不低于2 km、光照条件不低于15 lux且地面平均风速不高于3级（3.4 m/s~5.4 m/s）。

4.2 感知能力

微型、轻型和小型无人驾驶航空器感知能力要求如下，中型和大型无人驾驶航空器障碍物感知能力要求另见相关适航标准。

a） 应对纹理明显、轮廓清晰的静态障碍物具备感知能力；

b） 配置安装了激光雷达或毫米波雷达的无人驾驶航空器还应对非高透、非高反光的线状障碍物具备感知能力。

注1：纹理明显即排除无纹理的纯色墙面、反光严重的障碍物以及透光的玻璃、水面等。

注2：静态障碍物示例：包括地形地貌（山体、峡谷）、高大树木以及高层建筑物及构筑物、各类塔架（广播电视塔、通信塔、高压电力塔、雷达塔、导航塔、微波塔等）、风力发电机、桥梁、烟囱及其他具有类似特征的地面或空中固定物。

注3：线状障碍物示例：包括树枝和架空线缆（高压输电线路、通信光缆和缆车索道等）。

4.3 感知方向

微型、轻型和小型无人驾驶航空器感知方向要求如下，中型和大型无人驾驶航空器障碍物感知方向要求另见相关适航标准。

a） 应具备前向感知能力；

b） 水平方向不限仅前向飞行的轻型和小型无人驾驶航空器，应配备水平全向感知能力和垂直感知能力，向下感知能力应不影响降落着陆、对地成像（如有）等功能。

注1：水平全向感知能力：在无人驾驶航空器水平面360°范围内具备连续感知的能力。

注2：降落着陆：包括开伞回收、撞网回收和机腹擦地着陆等方式。

4.4 避障能力

微型、轻型和小型无人驾驶航空器感知到障碍物后，应采取悬停、绕行等避障方式，同时无人驾驶航空器系统应提供声音、指示灯或文字等告警，且飞行中不应具备自动关闭感知与避障的功能，中型和大型无人驾驶航空器避障能力要求另见相关适航标准。

4.5 功能失效/故障处置能力

微型、轻型和小型无人驾驶航空器功能失效/故障处置能力要求如下，中型和大型无人驾驶航空器感知与避障功能失效/故障处置能力要求另见相关适航标准。

a） 无人驾驶航空器起飞前自检中出现感知与避障功能故障时，无人驾驶航空器系统应提供声音、指示灯或文字等告警并阻止起飞；

b） 视觉传感器因环境光照不足（环境照度低于厂商设定值）导致功能失效时，无人驾驶航空器系统应提供声音、指示灯或文字等告警。

4.6 最大避障速度

微型、轻型和小型无人驾驶航空器最大避障速度要求如下，中型和大型无人驾驶航空器最大避障速度要求另见相关适航标准。

a） 未标配桨叶有效保护装置的微型无人驾驶航空器：水平最大避障速度不得低于18 km/h，具备垂直避障能力的，垂直最大避障速度不得低于5 km/h；

b） 轻型无人驾驶航空器依据最大起飞重量应满足以下要求：

1） 未标配桨叶有效保护装置且小于0.25 kg的无人驾驶航空器水平最大避障速度应不低于18 km/h，具备垂直避障能力的，垂直最大避障速度不得低于5 km/h；

2） 0.25 kg - 1.0 kg的无人驾驶航空器前向水平最大避障速度应不低于25 km/h，其他水平方向最大避障速度应不低于18 km/h，具备垂直避障能力的，垂直最大避障速度应不低于10 km/h；

3） 1.0 kg - 4.0 kg的无人驾驶航空器水平最大避障速度应不低于30 km/h，具备垂直避障能力的，垂直最大避障速度应不低于10 km/h；

4） 4.0 kg - 7.0 kg的无人驾驶航空器水平最大避障速度应不低于40 km/h，具备垂直避障能力的，垂直最大避障速度应不低于10 km/h；

c） 小型无人驾驶航空器水平最大避障速度应不低于40 km/h，具备垂直避障能力的，垂直最大避障速度应不低于10 km/h；

d） 对产品标称的最大飞行速度低于以上最大避障速度要求的无人驾驶航空器，以其操作说明书中明示的对应方向最大飞行速度为准。

4.7 操作说明书及日志记录

微型、轻型和小型无人驾驶航空器操作说明书及日志记录要求如下，中型和大型无人驾驶航空器操作说明书及日志记录要求另见相关适航标准。

a） 操作说明书中应包含最大避障速度、感知与避障的操作说明、视觉传感器（如有）光照范围及失效阈值、限用程序及限用场景等；

b） 日志记录中应包含感知与避障告警信息。

注1：限用程序示例：在雨雪、浓雾、阴霾、沙尘暴、阵风、暗光等气象条件下避障功能部分或全部失效，请谨慎飞行。

注2：限用场景示例：在人口稠密、高楼林立、林木茂密、存在架空线路或动态障碍物（如行人、车辆等）以及夜间等环境中，请谨慎飞行。

5 试验方法

5.1 概述

本章描述了微型、轻型和小型无人驾驶航空器系统感知与避障能力的试验条件、试验前准备、试验内容及步骤，中型和大型无人驾驶航空器系统相应内容另见相关适航标准。

5.2 试验条件

感知与避障的试验条件应满足以下要求：

a） 样机：具备完备功能、性能的无人驾驶航空器系统及其附件，试验中带载或空机根据其典型使用场景确定；

b） 设备：试验设备和仪器均校准合格且在有效期内；

c） 场地：具备被试样机技术规格要求的飞行试验空域条件，气象环境和电磁环境满足样机技术规格相应要求。

5.3 试验前准备

试验前应做如下准备：

a） 障碍物靶标布设：根据被试样机障碍物感知类型在试验区域内布设对视觉、激光雷达、毫米波雷达三种传感器具有普适性与公平性的通用靶标及线状靶标。

注1：通用靶标选取：形状选取如垂直放置的长方体（离地高度不低于5 m），按以下要求选取1 m×2 m长宽尺寸的复合材质。

1） 针对视觉传感器：表面需具备丰富纹理或明显对比度（障碍物纹理背景明显区别于周围自然环境背景），试验时靶标处照度不低于15 lux；

2） 针对激光传感器：表面需为漫反射材质，在 800 nm至1600 nm 波段范围的反射率处于10%到18%区间，且具有一定体积，非全透明；

3） 针对毫米波雷达传感器：靶标内部需包含金属骨架或特定的角反射器，或表面涂覆雷达反射材料，确保其雷达散射截面不低于1 m^2。

注2：线状靶标选取：采用标称铝截面积为400 mm^2的钢芯铝绞线。其外径为25 mm±2 mm，长度不少于10 m。需在试验场地两端的支撑杆上进行水平拉紧悬挂，确保测试段线缆自然下垂弧度对测试无显著影响；线缆离地高度应不低于5 m，以排除地面背景干扰。

b） 豁免条款适用性确认：仅限室内飞行和专用于集群表演的无人驾驶航空器采用文件评审方式核验其使用场景真实性，对标配的桨叶有效保护装置按以下步骤进行有效性验证：

1） 样机确认：对标配了桨叶有效保护装置的样机，确认其是否为微型无人驾驶航空器或最大起飞重量小于0.25kg的轻型无人驾驶航空器；

2） 预检查与安装确认：按照操作说明书将桨叶保护装置正确安装在无人驾驶航空器上，检查保护装置是否有松动、变形或破损，用手轻微晃动保护罩，确认其不会轻易脱落；

3） 旋转范围覆盖测试：将样机平放在视线水平位置，分别从正上方、正下方、侧面（360°环绕）多角度观察。用手缓慢拨动桨叶一整圈，在任何角度下，桨叶的尖端及边缘是否都处于保护罩的物理轮廓内部；

4） 孔隙尺寸测试：手持3 cm直径测试探棒，对桨叶保护装置上的每一个开孔（顶部、底部、侧面网格等）进行轻微推力试探，注意不要用力过大导致保护罩发生较大形变。探棒的全截面应无法穿过任意一个孔隙而进入保护罩内部；

5） 机械强度测试：关掉避障功能（如有），将样机以3 m/s水平飞行速度，撞向硬质障碍物（如墙面），检查桨保是否受到损坏而影响正常使用。

5.4 试验内容及步骤

5.4.1 气象适应、感知与避障能力

5.4.1.1 通用靶标场景

通用靶标场景按照以下步骤进行试验：

a） 按照4.1要求确认并记录气象环境；

b） 按照4.2中被试样机感知能力，参照5.3 a）中注1布置障碍物通用靶标，记录靶标的构型、材质、纹理、布设位置（坐标）和高度等；

c） 被试样机上电启动，按照操作说明书在控制站（如适用）完成避障动作设置（悬停、绕行或其他）及航线设置（如适用），确认感知与避障功能自检正常后，以程控或手动方式操控样机起飞；

d） 按照4.6中被试样机对应的最大避障速度阈值，选用其80%作为测试速度，沿水平前向飞向靶标，如图1所示；

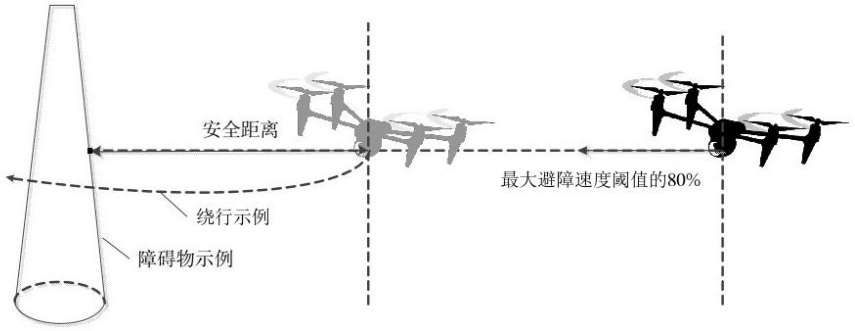


图1 无人驾驶航空器感知与避障测试示意图

注：安全距离无定量要求，仅指无人驾驶航空器与障碍物之间保持动态安全的距离示例。

e） 避障触发时，观察并记录是否提供声音、指示灯或文字告警；

f） 按以上步骤每种避障动作（悬停、绕行或其他）连续试验7次，其中至少应有5次试验通过且不能出现连续2次不通过，记录试验过程及结果，据此判定其感知与避障能力是否满足4.1、4.2a）和4.4的要求。

5.4.1.2 线状靶标场景

线状靶标场景按照以下步骤进行试验：

a） 按照4.1要求确认并记录气象环境；

b） 参照5.3 a）中注2布置线状靶标，记录靶标的构型、材质、长度、布设位置（坐标）及高度等；

c） 被试样机上电启动，按照操作说明书在控制站（如适用）完成避障动作设置（悬停、绕行或其他）及航线设置（航线水平且90±2° 垂直正对悬挂的线缆），确认感知与避障功能自检正常后，按程控或手动方式操控样机沿水平前向飞向靶标；

d） 样机的起飞点或加速起点距离靶标应足够远，以确保在接近靶标前达到其宣称的线状障碍物最大避障速度的80%，如图1所示；

e） 按以上步骤每种避障动作（悬停、绕行或其他）连续试验7次，其中至少应有5次试验通过且不能出现连续2次不通过，记录试验过程及结果，据此判定其感知与避障能力是否满足4.2 b）及4.4中线状障碍物避障要求。

5.4.2 感知方向

感知方向按照以下步骤进行试验：

a） 按照4.1要求确认并记录气象环境；

b） 按照操作说明书确认样机是否明示了水平飞行方向限制，并按以下步骤核验水平全向及垂直方向感知及避障能力；

c） 对具备水平全向感知与避障能力的样机，按照5.4.1.1中a）、b）、c）、d）、e）的步骤依次完成后向、右向和左向飞行试验；

注：后向、右向和左向：航线方向与机头夹角分别为180±2°、90±2°和270±2°。

d） 对具备垂直感知与避障能力的样机进行垂直方向飞行试验，并核验向下的感知与避障（如有）是否影响地形探测和着陆等正常功能；

e） 每种避障动作（悬停、绕行或其他）下，每个方向均连续试验7次，每组7次中至少应有5次试验通过且不能出现连续2次不通过，记录试验过程及结果，据此判定感知方向是否满足4.3 b）及4.4的要求。

5.4.3 功能失效/故障处置能力

功能失效/故障处置能力按照以下步骤进行试验：

a） 按照4.1要求确认并记录气象环境；

b） 按照4.2中被试样机障碍物感知能力布置障碍物通用靶标，起飞前人为注入故障使避障功能异常，观察感知与避障系统告警信号触发情况，并核验自检及阻飞功能是否正常；

c） 采用物理遮挡或人工搭建满足功能失效阈值的测试场景，按照5.4.1.1中a）、b）、c）、d）的步骤进行前向飞行试验，观察感知与避障系统告警信号触发情况；

d） 每种场景连续试验7次，其中至少应有5次试验通过且不能出现连续2次不通过，记录试验过程及结果，据此判定功能失效/故障处置能力是否满足4.5的要求。

5.4.4 最大避障速度

最大避障速度按照以下步骤进行试验：

a） 按照4.1要求确认气象环境；

b） 按照4.2中被试样机障碍物感知类型要求布置障碍物通用靶标场景；

c） 按4.6确定该样机适用的水平前向、其他水平方向、垂直方向最大避障速度阈值；若产品标称最大飞行速度低于阈值，按4.6 d）以操作说明书中对应方向最大飞行速度为准；

d） 完成5.4.1.1要求的测试次数后，任选一种避障动作（悬停、绕行或其他），同样以最大避障速度阈值的80%作为初始测试速度，再逐次提高直至达到最大避障速度阈值；

e） 同样步骤完成其他水平方向和垂直方向的最大避障速度试验；

f） 记录试验过程及结果，判定最大避障速度是否符合4.6的要求。

5.4.5 操作说明书及日志记录

操作说明书及日志记录按照以下步骤进行检查：

a） 检查被试样机的操作说明书，核验其感知与避障相关内容是否符合4.7 a）的要求；

b） 5.4.1、5.4.2、5.4.3、5.4.4试验结束后，核验其日志记录内容是否符合4.7 b）的要求。

6 标准的实施

在本文件实施之日前出厂或者进口的产品，可在本文件实施之日起一年内销售。