

ICS 65.060.40
CCS V 53

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

农用无人驾驶航空器 实时避障系统

Real-time avoidance system of agricultural unmanned aerial vehicles

(公示稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会
中国农业机械学会 发布

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》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的提出和发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械工业协会和中国农业机械学会联合提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：农业农村部南京农业机械化研究所、拓攻（南京）机器人有限公司¹、黑龙江惠达科技股份有限公司、台州市春丰机械有限公司、上海极翼科技有限公司、北京博鹰通航科技有限公司²、中国农业机械工业协会绿色防控技术装备分会、盐城市大丰区农业机械推广站、盐城市大丰区新丰镇农业农村局、苏州美瑞琦智能科技有限公司、常熟昆仑智能科技有限公司。

本文件主要起草人：于庆旭、刘燕、张井超、陈彬、谭本垠、王飞¹、张宇、陈恩福、陈壮坚、王飞²、陈启东、王占、韦勇、吴淞、朱龙兵、张连、杨鹏、吴进、郁伟、田小兵、顾迎春、沈刚、缪君。

本文件为首次发布。

农用无人驾驶航空器实时避障系统

1 范围

本文件规定了农用无人驾驶航空器实时避障系统的术语和定义、安全要求、检验方法。

本文件适用于旋翼型农用无人驾驶航空器（以下简称无人飞机）实时避障系统。其他结构型式的无人飞机也可参照执行。

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 5262 农业机械试验条件测定方法的一般规定

GB/T 38058 民用多旋翼无人机系统试验方法

GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语

NY/T 3213 植保无人飞机质量评价技术规范

NY/T 3881 遥控飞行播种机质量评价技术规范

3 术语和定义

GB/T 38058、GB/T 38152、NY/T 3213 和 NY/T 3881 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 实时避障系统 Real-time avoidance system

通过雷达或视觉等传感器实时探测无人飞机周边场景，连续主动检测其规划路径上的障碍物，通过避让系统决策无人飞机飞行姿态与飞行路线，以悬停或绕行或仿地飞行等方式躲避障碍物，使无人飞机与障碍物保持一定安全距离，避免与障碍物发生碰撞的飞行控制系统。

4 性能要求

4.1 避障性能

4.1.1 避障功能

无人飞机在飞行作业时，能对树木、电线杆、斜拉线和草垛等静态障碍物，或人、牲畜和机动车辆等动态障碍物，做出悬停、躲避或绕开等避让动作，实现自动避障的功能。

4.1.2 障碍物探测性能

无人飞机能准确探测静态或移动速度不低于5km/h的动态障碍物。

4.1.3 避障距离

无人飞机的避障距离应符合制造商明示的安全距离，误差不超过 $\pm 20\%$ 。

4.1.4 避障警示功能

无人机在采取避障措施时，能够通过声、光、文字或代码等方式警示。

4.2 仿地飞行性能

4.2.1 仿地飞行功能

具有仿地飞行功能的无人机，飞行作业时，无人机飞行高度能随地形起伏变化而变化，应能沿坡度至少 20° 的坡道爬坡飞行。

4.2.2 仿地精度

具有仿地飞行功能的无人机，仿地飞行作业时，无人机与坡道（坡度至少 20° ）的实际铅垂方向距离，和设定仿地飞行高度之间的偏差应不大于0.6m。

4.3 夜航飞行性能

4.3.1 夜航作业功能

具有夜航作业功能的无人机，在夜间能安全、自主飞行作业。

4.3.2 夜航避障功能

具有夜航作业功能的无人机，无人机在夜间飞行作业时，有实时感知避让等安全避障措施。

4.3.3 夜航作业配置要求

具有夜航作业功能的无人机，具有夜航照明辅助装置、航向指示灯，同时操作人员需配备夜视护目镜。

5 检验方法

5.1 试验条件

试验环境应满足温度 $5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度20%~95%，风速 $0\text{m/s}\sim 3\text{m/s}$ 。按照GB/T5262的规定测定温度、湿度、大气压力、海拔、风速等气象条件。

5.2 试验场地

5.2.1 仿地飞行试验场地

仿地飞行试验场地由水平面、坡道（坡度至少 20° ），水平面长度不低于25m，斜面长度不低于17m，材质采用木板、钢板或者水泥模拟地面，宜加装草坪。试验场地如图1所示。

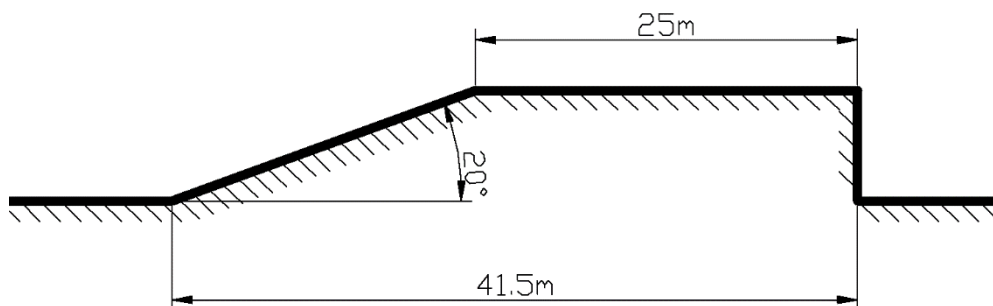


图1试验场地

5.2.2 避障、夜航飞行试验场地

选择空旷开阔的场地，无人驾驶航空器起飞点周围环视高度角 10° 以上无障碍物。在试验场地内设置障碍物时，选择直径2cm、长度 $\geq 4\text{m}$ 的金属杆作为障碍物，如有特殊要求，可与制造商确定障碍物类型、尺寸；被测样机起飞点距离障碍物至少10m以上。夜航飞行试验光照条件为2~20Lx。

5.3 试验方法

5.3.1 避障性能

5.3.1.1 测试单个静态障碍物时，障碍物应随机布置在飞行航线上；测试多个静态障碍物时，障碍物数量应不少于3个，随机布置在飞行测试场地内；动态障碍物随机布置在飞行航线上，按照预先设定的速度与无人机相向而行。采用RTK测量仪器等仪器实时记录无人机运行轨迹、固定障碍物位置坐标或动态障碍物运动状态，避障试验示意图如图2所示。

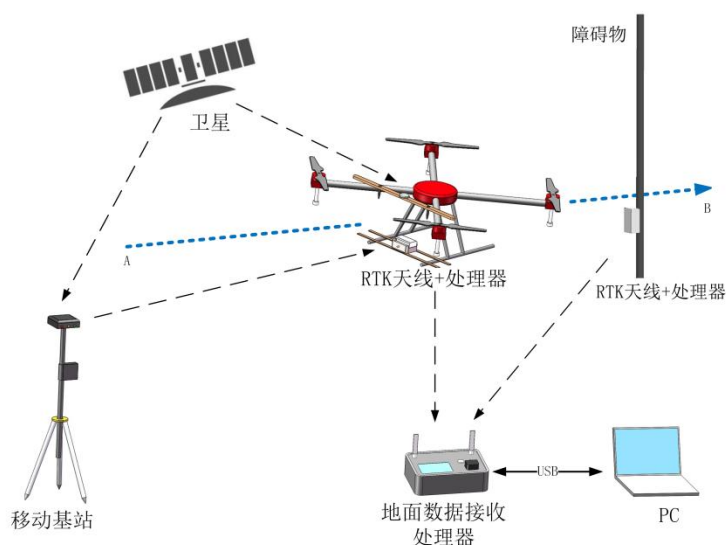


图2 避障试验示意图

5.3.1.2 在试验场地内预设无人飞机的飞行航线，航线应经过障碍物，飞行速度按制造商明示值设置。

5.3.1.3 在额定起飞质量条件下，操控无人机以自主控制模式沿航线飞行，实时记录无人机位置坐标，采样频率不低于10Hz。

5.3.1.4 目测无人机是否能准确主动识别障碍物，并做出悬停、躲避或绕开等避障动作。

5.3.1.5 测量无人机悬停位置与障碍物之间的距离、或者绕行轨迹与障碍物之间的最小距离，作为无人飞机的避障距离。重复测试3次，取平均值。

5.3.2 仿地飞行性能

5.3.2.1 在试验场地内预设仿地飞行航线，航线与坡道中轴线对齐，仿地高度设置应不大于5m，飞行速度不低于2m/s。

5.3.2.2 在额定起飞质量条件下，操控无人机以自主控制模式沿AB航线飞行，实时记录无人机位置坐标，采样频率不低于10Hz。仿地飞行试验示意图如图3所示，坡道两头4m不在取样范围内。

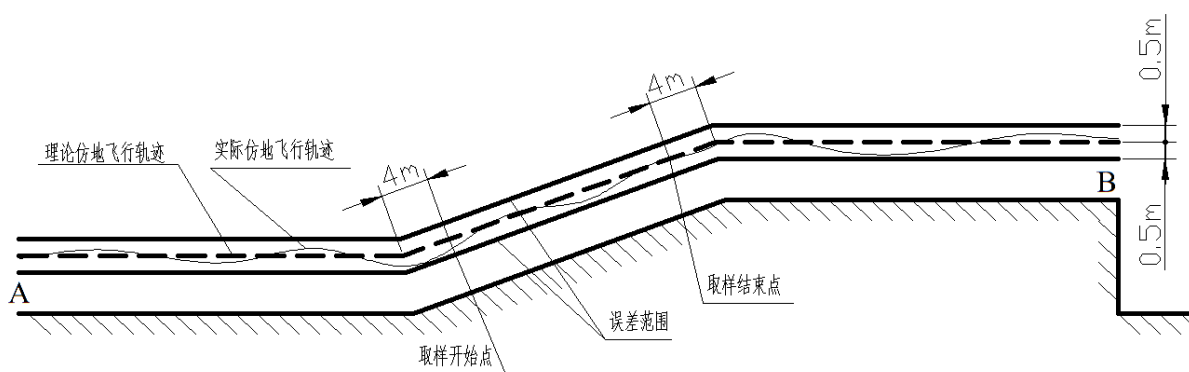


图3 仿地飞行试验示意图

5.3.2.3 仿地飞行偏差计算

观察无人机是否能避免与坡道发生碰撞，测量无人机与坡道台面在铅垂方向上的距离，按式（1）计算仿地飞行偏差。试验重复3次，取最大值。

$$\Delta H = \frac{1}{n} \sum |H_i - H| \quad (i=1,2, \dots, n) \quad (1)$$

式中：

ΔH ——仿地飞行平均偏差，单位为米（m）；

n ——无人机位置坐标（高度）测量次数；

H_i ——无人机与坡道台面在铅垂方向上的实测距离，单位为米（m）；

H ——无人机仿地飞行设置高度，单位为米（m）。

5.3.3 夜航飞行性能

5.3.3.1 检查无人机是否有夜航辅助照明装置、航向指示灯，是否在说明书中或机具明显位置标注操作人员配置夜视护目镜的内容。

5.3.3.2 夜航避障功能的试验方法按 5.3.1 进行。夜间(日落后 1h 至次日日出前 1h)进行试验。

5.4 试验结果评定

5.4.1 避障性能

无人机分别采用静态及动态障碍物进行试验且满足4.1条款全部要求才判定无人机避障性能合格；仅采用静态障碍物试验时，且满足4.1条款静态障碍物相应要求只能判定为无人机静态障碍物避障性能合格。

5.4.2 仿地飞行性能

仿地飞行性能试验时，满足4.2条款全部要求判定无人机仿地飞行性能合格。

5.4.3 夜间飞行性能

夜间飞行性能试验时，满足4.3条款全部要求判定无人机夜间飞行性能合格。