

附件5

挑战赛道 2.1 空地协同智能避障与巡检作业技术

比赛细则

本赛道以飞行器和地面车辆进行自主感知避障技术创新以及线路（如城市电力输电线路、高架桥交通线路、线下管廊线路等）巡检作业为应用背景，进行飞行器和地面车辆自主控制系统开发，通过飞行器自主起飞、飞行器/地面车辆自主巡检、飞行器/地面车辆协同路径规划及避障、飞行器定位降落等任务，实现协同巡检作业任务。

本赛道不设初赛，决赛期间为一轮制比赛，比赛过程不能中断。

1) 任务描述

在线路巡检过程中，由于线路中复杂且密集的管线设备排布及静态/动态障碍物，探测车地面感知视野不足，地面避障困难。采用飞行器可以完成对于线路故障点的三维巡检任务，同时可与车辆协同感知，辅助车辆在沿途进行障碍的躲避。本赛道模拟城市待巡检线路中飞行器与车辆协同感知、协同作业的方式对线路进行巡检。要求各参赛队伍使用飞行器及地面车辆，执行以下任务：

任务一：飞行器自主起飞

地面车辆搭载飞行器在指定起飞区域行驶，飞行器自主起飞。

飞行器起飞过程，车辆可以处于静止状态。

任务二：飞行器巡检及避障

模拟城市街道电力输电线路，整体路线为环形布局，包括线路故障点（不少于4个）、空中障碍、地面障碍（对车辆地面视野存在遮挡）等组成。

飞行器在飞行巡检过程中，通过搭载的摄像头定位空中障碍位置，规划空中飞行路线，实现空中避障和自主行驶；定位和识别出线路故障点位置（故障点尺寸或颜色区别与地面障碍），共4个；之后，调整自身的飞行速度和姿态，配合地面车辆，实现对线路故障点颜色和尺寸的扫描识别。同时为地面车辆提供空中感知视野，协同地面路径规划及避障。飞行器在飞行巡检过程中，不允许飞越空中障碍物，要求有空中避障动作。

任务三：车辆避障及巡检

车辆在地面行驶过程中，融合自身和飞行器的感知信息，完成地面路径规划及避障。飞行器的空中感知信息提升地面规划/避障效率。同时地面车辆也需要定位和识别出线路故障点位置，配合飞行器，实现对线路故障点颜色和尺寸的扫描识别。

任务四：飞行器精确定位降落

到达指定降落区域后，飞行器精确定位并平稳降落到地面指定位置的二维码区域内。

2) 比赛流程

准备阶段：参赛队伍将程序输入飞行器/车辆系统，通电并

调试飞行器/车辆，准备时间限时 10 分钟。在该阶段，要求一名队员进行 5 分钟的检录答辩，介绍车辆配置情况。待参赛队伍申请起飞后，裁判员发出起飞指令，进入任务阶段并启动任务计时。

任务阶段：车辆搭载飞行器在起飞区域外指定位置，接收到裁判员起飞指令后出发，进入起飞区域执行任务一，之后进入巡检区域执行任务二及任务三，最后行驶至降落区域内完成任务四。任务阶段不超过 15 分钟，每组飞完一次，可立即退回原点，进行第二次试飞，若第二次试飞超出 15 分钟，第二次试飞成绩判 0，取平均分作为总成绩。在任务二/三阶段，要求实时传输对线路故障点的识别信息，届时会有裁判员检查识别情况。

3) 比赛场景说明

比赛场地根据任务分为三个区域（四周和顶部均有防护网）：起飞区域、巡检区域和降落区域。其中，起飞区域为空白场地，无障碍物；巡检区域有障碍物；降落区域为有二维码标识的场地，无其他障碍物。比赛场地尺寸为 30 米（长）*85 米（宽）*8 米（高）（室内体育场），场景示意如图 1 所示。左侧橙色区域为起飞区域，飞行器在此区域起飞，小车则在此区域由指定入口驶入巡检区域。中间灰色区域为巡检区域，有多个空中和地面障碍物，及线路故障点（故障点尺寸或颜色区别与地面障碍）。右侧蓝色区域为降落区域，飞行器在此区域由指定位置降落，小车则在此区域由指定出口驶出巡检区域。

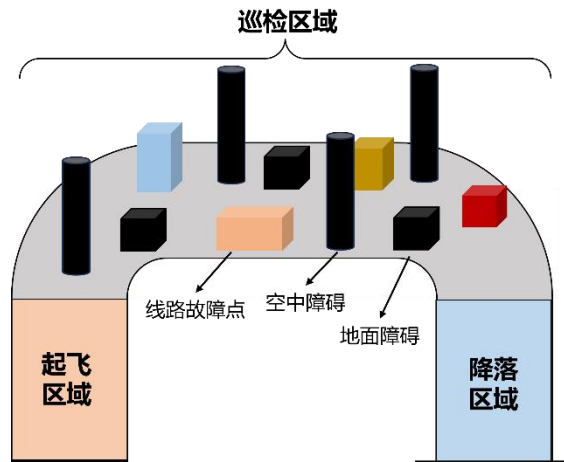


图 1 比赛场景示意图

4) 线路故障点相关说明

a. 规则说明

无人机协同地面车辆，需要在指定的巡检区域内，识别线路故障点的颜色和尺寸，并返回相应信息（包括文字和图像信息）。

为保证比赛的公平性，组委会共准备了 10 个不同的线路故障点，每次比赛前从 10 个线路故障点中随机抽取 4 个放置巡检区域内。

b. 识别要求

参赛队伍需要操作无人机和地面车辆，在巡检区域内搜索并识别线路故障点。

在识别后，参赛队伍需实时返回以下信息：

故障点文字信息：每个故障点的尺寸信息（长度*宽度*高度）及颜色信息。

故障点图像信息：通过无人机/地面车辆摄像头捕捉到的故障点三维图像，要求在图像中对故障点进行标框，并标明上述文字信息（尺寸和颜色），图像及标注清晰可辨认。

c. 注意事项

比赛开始前，裁判会在巡检区域内随机放置 4 个故障点，随机抽取，参赛队伍无法提前得知。

每个参赛队伍须记录并提交其识别到的文字和图像信息作为比赛成绩。

参赛队伍必须通过无人机和地面车辆进行实时识别，禁止使用任何手动输入或预设信息的方法。比赛过程中，裁判组有权更换故障点，确保比赛公平性。

5) 降落区域二维码相关说明：

二维码类型：比赛中使用 4x4_250 类型的 ArUco 二维码，不提前告知二维码 ID。

二维码数量：降落区域内将设置一个二维码，用于无人机在降落前识别其位置和姿态。

二维码尺寸：二维码的尺寸为 50 cm x 50 cm。

二维码位置：二维码将被放置在降落区域的正中央，确保无人机可以从不同角度接近并进行识别。

6) 技术要求

参赛队伍自行选购或设计所需的飞行器和智能车等机动装备，技术要求为：

a. 空地协同巡检装备由 1 台飞行器和 1 台智能车组成，飞行器使用微小型飞行器，最大起飞重量不超过 7kg，智能车长度不超过 1.5m，重量不超过 100kg，传感器和机动装备配置自定。

当总成绩相同时，软硬件方案的规则符合性、创新性、可靠性等决定排名顺序。

b. 任务一中，飞行器需要在最迟起飞线前起飞，且到达最迟起飞线时高度不低于 2 米。比赛场地将设置高度杆或其他高度测量装置。

c. 任务四中，飞行器需要在指定二维码区域完成降落；

7) 评分标准

成绩根据任务主要分为飞行器起飞分、飞行器/地面车辆巡检分、飞行器/地面车辆空地协同避障分、飞行器准确定位降落分。其中各项得分标准如下：

a. 飞行器起飞分：

起飞成功得 10 分，起飞失败为 0 分。飞行器到达最迟起飞线时达到指定高度即得起飞分。

b. 飞行器/地面车辆巡检分：

共四个故障检测点，飞行器协同地面车辆，成功识别一个故障点，并同时返回文字和图像信息得 10 分。

c. 飞行器/地面车辆空地协同避障分：

飞行器/地面车辆在巡检区域内发生碰撞，一次扣 20 分。

d. 飞行器准确定位降落分：

降落成功得 10 分，失败为 0 分。具体细化得分如下：飞行器落地位置的中心距离二维码区域中心在 $1/8$ 二维码宽度范围内得 10 分，在 $1/8$ 宽度- $1/4$ 宽度范围内得 5 分，在 $1/4$ 宽度- $1/2$ 宽

度范围内得 2 分，其余视为失败。

e. 空地协同效率得分：

考核任务用时，占分 40，具体细化得分如下：从起飞指令下发开始计时，到参赛人员示意比赛完成结束计时。记录各参赛队任务用时，根据时间排名计算各队得分。前述要求任务阶段不超过 15 分钟，超出时间，得分直接为 0。

f. 汇报得分：

各参赛团队向裁判汇报自己队伍设计思路，由裁判打分 0-10 分，汇报时间不超过 5 分钟。

*a、b、c、d、e 得分之和根据计算公式如下：

$$S = S_a + S_d + S_f + (n_{\text{空}} \times 10 - n_{\text{碰}} \times 20) + \frac{T_{\text{总}} - T}{T_{\text{总}}} * 40$$

S 为总得分

S_a 为飞行器起飞得分

S_d 为飞行器降落得分

S_f 为汇报得分

$n_{\text{空}}$ 为飞行器/地面车辆识别故障点的成功数量

$n_{\text{碰}}$ 为总碰撞次数，包括车辆和飞行器碰撞次数

$T_{\text{总}}$ 为所有参赛团队用时总和

T 为本参赛队伍用时

如果得分相同（S 相同），则根据任务效果、时间以及飞行器稳定性决定排名顺序（如：参照 f 得分），凡规则未尽事宜，解释及规则的修改决定权归赛事委员会。

8) 判罚原则

a. 如果存在以下情况之一，则本次成绩为 0：

- 经审核不满足规则规定的任何一项技术要求。
- 飞行器飞离比赛区。
- 比赛超过规定时间。
- 飞行器在非降落区域降落。

凡规则未尽事宜，解释及规则的修改决定权归赛事委员会。

9) 人员配置

主裁判（1 人）/摄影师（1-2 人）/助理裁判（2 人）/秘书（1 人），全程录像。

10) 奖项设置

共分一、二、三等奖，按照各参赛队伍总成绩排名，前 10% 颁发一等奖，前 20%-30% 颁发二等奖，前 30%-60% 颁发三等奖。