

# 2022 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛题目

(请先阅读“全国大学生数学建模竞赛论文格式规范”)

## B 题 无人机遂行编队飞行中的纯方位无源定位

尽量少的信息传输

无人机集群在遂行编队飞行时, 为避免外界干扰, 应尽可能保持电磁静默, 少向外发射电磁波信号。为保持编队队形, 拟采用纯方位无源定位的方法调整无人机的位置, 即由编队中某几架无人机发射信号、其余无人机被动接收信号, 从中提取出方向信息进行定位, 来调整无人机的位置。编队中每架无人机均有固定编号, 且在编队中与其他无人机的相对位置关系保持不变。接收信号的无人机所接收到的方向信息约定为: 该无人机与任意两架发射信号无人机连线之间的夹角 (如图 1 所示)。例如: 编号为 FY01、FY02 及 FY03 的无人机发射信号, 编号为 FY04 的无人机接收到的方向信息是  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  和  $\alpha_3$ 。

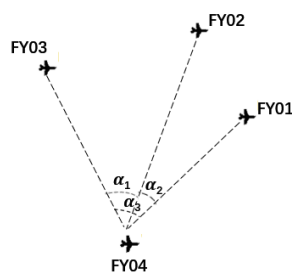


图 1 无人机接收到的方向信息示意图

请建立数学模型, 解决以下问题:

**问题 1** 编队由 10 架无人机组成, 形成圆形编队, 其中 9 架无人机 (编号 FY01~FY09) 均匀分布在某一圆周上, 另 1 架无人机 (编号 FY00) 位于圆心 (见图 2)。无人机基于自身感知的高度信息, 均保持在同一个高度上飞行。

只会发生水平状况的偏移

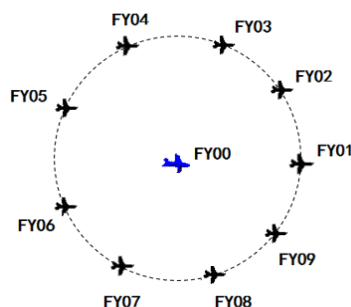


图 2 圆形无人机编队示意图

(1) 位于圆心的无人机 (FY00) 和编队中另 2 架无人机发射信号, 其余位置略有偏差的无人机被动接收信号。当发射信号的无人机位置无偏差且编号已知时, 建立被动接收信号无人机的定位模型。

(2) 某位置略有偏差的无人机接收到编号为 FY00 和 FY01 的无人机发射的信号，另接收到编队中若干编号未知的无人机发射的信号。若发射信号的无人机位置无偏差，除 FY00 和 FY01 外，还需要几架无人机发射信号，才能实现无人机的有效定位？普遍性分析

(3) 按编队要求，1 架无人机位于圆心，另 9 架无人机均匀分布在半径为 100 m 的圆周上。当初始时刻无人机的位置略有偏差时，请给出合理的无人机位置调整方案，即通过多次调整，每次选择编号为 FY00 的无人机和圆周上最多 3 架无人机遂行发射信号，其余无人机根据接收到的方向信息，调整到理想位置（每次调整的时间忽略不计），使得 9 架无人机最终均匀分布在某个圆周上。利用表 1 给出的数据，仅根据接收到的方向信息来调整无人机的位置，请给出具体的调整方案。

表 1 无人机的初始位置

无人机编号	极坐标 (m,°)
0	(0,0)
1	(100,0)
2	(98,40.10)
3	(112,80.21)
4	(105,119.75)
5	(98,159.86)
6	(112,199.96)
7	(105,240.07)
8	(98,280.17)
9	(112,320.28)

**问题 2** 实际飞行中，无人机集群也可以是其他编队队形，例如锥形编队队形（见图 3，直线上相邻两架无人机的间距相等，如 50 m）。仍考虑纯方位无源定位的情形，设计无人机位置调整方案。

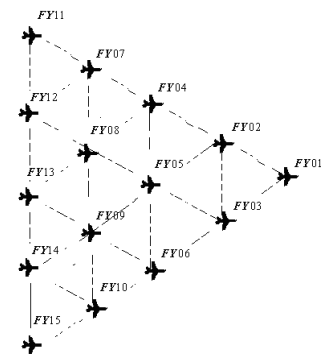


图 3 锥形无人机编队示意图