**项目经历：**

**无人机遂行编队飞行中的纯方位无源定位问题**

**摘要**

自“十三五”以来，我国无人机发展就已经进入了高速增长阶段，无人机产

业的集聚效应也愈发明显。多无人机编队飞行在社会工作中发挥了很大的作用，

工作包含灾害救援、全景拍摄、环保检测、交通监视、电力巡检等。无人机市场

的扩大增大了实现无人机精准控制与定位的技术需求。无人机管控有较高的时效

性和应对多种情况鲁棒性要求，如何实现对无人机快速精准定位和调整是一个重

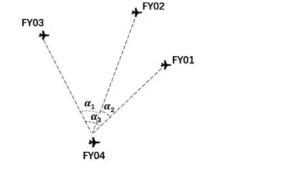
要的待解决问题。

为了避免外界对多无人机遂行编队飞行的干扰，应尽可能保持电磁静默。为

了简化模型，同时对环境因素、信号载频、信号距离等影响因素做出合理的假设。

拟采用纯方位无源定位的方法调整无人机的位置。本文针对平面与空间，从发射

信号及被动接收信号的无人机等角度分别对该问题进行了探究。



**基于问题一背景：**处于同一高度，故只需考虑二维平面内的数量关系。

**对于问题一(1)**，发射信号的无人机位置无偏差且编号已知，被动接收信号的无人机能够准确知道自己与发射信号的无人机的夹角（不能知道距离信息）。需要注意的是，无人机在真实情况下是动态飞行的。所以不可以单纯建立静态坐标。首先以 FY00 为极点建立极坐标系，建立被动接收信号无人机定位模型，利用正弦定理构造等式，联立并解出方程组，得出某时刻无人机的位置。接着，鉴于无人机在空中飞行，建立动态坐标系，我们寻求夹角间的向量关系建立等式，进而讨论无人机的偏移位置。

**对于问题一(2)**，主要讨论除 FY00 和 FY01 无人机发射信号以外，还需要另增几架无人机，能够实现无人机的有效定位。分情况进行讨论。情况1为只另需1架无人机就可以定位，利用反例证明，再运用问题一（1）的结果加以验证。情况2讨论加2架无人机的情况(要注意本问中另需增加的2架发射信号无人机的编号未知)，我们使用三角测量定位法，分别得到被动接收信号的无人机 Q 所在4个圆的圆心坐标和半径，最后利用最小二乘求得 Q 的具体坐标公式。我们在 问题一（1）已经讨论过动态坐标系的情况，为了简化问题，可以在此问题只考虑静态坐标系。

**对于问题一(3)**，本问题有一个容易引起歧义的点在于，动态调整后，无人机

所在圆半径是否仍为100m，分析题意，需要我们设计的调整策略需要满足编队

要求，即保持无人机所在圆半径为 100m。根据题目已知的数据用最小二乘法编

程，同时可以用时差定位的 Chan 解法和泰勒级数法在最小二乘的基础上提高精

度。同问题一（2），本问题采取简单的静态坐标系来求解。

**基于问题二背景：**没有“均保持在同一高度上”的条件，故要考虑空间上的

位置关系。

**对于问题二**，对于锥形无人机编队的方位调整，我们首先由“不在同一直线

上的 3 个点确定一个平面”由 FY01,FY02,FY03 确定出调整后所在平面，接着我们逐步确定出FY04等其他无人机的位置。

**关键词：无人机，无源定位，动态坐标系，三角测量定位法，最小二乘法**

**工作项**