

# 多无人机的编队构型

张晶玮 2021302330

## 1 编队构型

### 分类标准 1：队形形状

多无人机编队的构型，即无人机在执行任务时组成的队形或结构，是为了实现特定任务目标或适应特定环境而设计的。按照队形形状，可以大致分为以下几类：

1. 线形编队：这是最常见的编队构型之一，所有无人机按照一条直线排列，类似于飞机编队飞行。在无人机编队中，这种构型有助于保持队形的整齐和稳定。
2. 梯队编队：在这种构型中，无人机被分为几个梯队，每个梯队中的无人机保持一定的间距和速度，整体形成一种梯队式的结构。这种编队有助于实现多无人机间的协同作业。
3. 网状编队：类似于渔网的结构，无人机在三维空间中形成一个网状结构，这种构型有助于覆盖较大的区域或执行搜索任务。
4. 环形编队：所有无人机围绕一个中心点或目标，形成一个环状结构。这种编队适合于目标跟踪或环绕任务。
5. 立体编队：无人机在垂直方向上形成多个层次，类似于多层建筑的结构。这种构型有助于提高无人机编队在空间中的利用效率。
6. 自适应编队：这种构型没有固定的模式，无人机根据任务需求和环境条件，实时调整队形和位置。这种编队方式要求无人机具备高度的自主性和适应性。每种构型都有其特定的应用场景和优势，而现代无人机编队控制技术能够实现这些构型的快速转换和自适应调整，以适应不断变化的任务需求和环境条件。

### 分类标准 2：无人机数量

无人机数量较少时：

1. 角度刚度 (Angle Rigid)：角度刚性是指在适当的角度约束下，当一个或多个节点受到局部扰动时，角度只能作为一个整体平移、旋转或缩放，即无人机队形是刚性，无弹性形变，只有平移旋转。
2. 有向图/无向图：顶点为无人机，测量信息相互关联，构成最小刚度的有向图。

无人机数量较多时：

3. 概率密度：无人机数量很多且动态可变，根据概率密度分布确定队形，使其不受小扰动的影响。

## 2 编队控制

1. 领航-跟随 (leader-follower)：这是一种常见的编队控制策略，其中一个无人机作为领航者，其他无人机作为跟随者。领航者负责制定路径和速度，跟随者则通过视觉或通信手段保持与领航者的相对位置和速度。这种方法的关键在于跟随者对领航者的快速反应和准确跟随。

2. 虚拟结构：这种方法通过虚拟连接（如虚拟弹簧、虚拟阻尼器等）在无人机之间建立一种虚拟结构，来保持编队的形状和稳定性。无人机根据这种虚拟结构的关系进行运动，从而实现整个编队的协同控制。
3. 人工势场：势场法通过构建一个人工势场来指导无人机的运动，势场中的势能最小点对应于期望的编队位置。无人机在势场中运动，通过势场的梯度来调整自己的位置和速度，以达到编队的目的。
4. 行为控制：基于行为的控制方法将无人机的控制分解为一系列简单的行为，如避障、聚合、队形保持等。每个无人机根据自身的行为规则和感知的信息来调整自己的动作，从而在整体上实现编队控制。
5. 路径跟随：在路径跟随方法中，无人机编队沿着预设的路径进行飞行。每个无人机需要保持其在路径上的位置，并适应领航者的速度和方向变化。这种方法适用于有固定路径的任务，如农业喷洒、地图绘制等。
6. 信息一致性：信息一致性方法侧重于无人机之间信息的一致性和共享。通过传感器数据的交换和处理，无人机可以获取整个编队的态势信息，并据此调整自己的行动以保持编队的协同和一致性。
7. 位置控制：位置控制是一种基本的控制方法，它要求无人机编队中的每个无人机保持或到达特定的位置。这种控制可以通过 GPS 定位、视觉系统或其他传感器来实现。位置控制通常与其他控制方法结合使用，以确保无人机编队能够精确地执行任务。
8. 偏置控制：偏置控制涉及到调整无人机相对于编队中心或参考点的位置。这种方法可以用来维持编队的形状或调整队形以适应环境变化。偏置控制通常需要无人机之间有良好的通信和协调机制。
9. 距离控制：距离控制是指无人机之间保持一定的相对距离。这种方法可以用来维持编队的稳定性，避免无人机之间的碰撞，并确保编队中的无人机能够覆盖更大的区域。距离控制可以通过测量无人机之间的距离并调整速度或方向来实现。

这些控制方法可以单独使用，也可以结合使用，以实现复杂的编队控制任务。例如，领航-跟随方法可能会结合位置控制和距离控制，以确保编队中的无人机能够有效地跟随领航者并保持适当的间距。在实际应用中，选择哪种控制方法取决于任务的特定需求、无人机的技术能力以及操作环境的特点。