

ICS: 49.020

CCS: V 55

# 团体标准

T/AOPA 0056.1—2024

## 无人机编队飞行要求 第1部分：总则

Requirements for unmanned aerial vehicle formation  
flight—Part 1: General

2024-02-01 发布

2024-02-01 实施

中国航空器拥有者及驾驶员协会 发布

## 目 次

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 前言 .....        | II  |
| 引言 .....        | III |
| 1 范围 .....      | 1   |
| 2 规范性引用文件 ..... | 1   |
| 3 术语和定义 .....   | 1   |
| 4 分类与分级 .....   | 1   |
| 4.1 分类 .....    | 1   |
| 4.2 分级 .....    | 2   |
| 5 管理要求 .....    | 3   |
| 5.1 资质要求 .....  | 3   |
| 5.2 人员要求 .....  | 3   |
| 5.3 安全要求 .....  | 4   |
| 5.4 流程 .....    | 4   |
| 6 技术要求 .....    | 4   |
| 6.1 概述 .....    | 4   |
| 6.2 飞行作业前 ..... | 4   |
| 6.3 飞行作业 .....  | 5   |
| 7 评价要求 .....    | 6   |

## 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》的规定起草。

本文件是T/AOPA 0056《无人机编队飞行技术要求》的第1部分。T/AOPA 0056已经发布了以下部分：

——第1部分：总则。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国航空器拥有者及驾驶员协会（中国AOPA）提出并归口。

本文件起草单位：深圳大漠大智控技术有限公司、中国民航大学、辽宁大壮无人机科技有限公司、兰州新区临空产业投资有限公司、江苏普旭科技股份有限公司、长沙神弓信息科技有限公司、江苏数字鹰科技股份有限公司、普宙科技有限公司、中移（成都）信息通信科技有限公司、成都时代星光科技有限公司、湖南中电金骏科技集团有限公司、蓝鲸高领（北京）标准化技术服务有限公司。

本文件主要起草人：刘汉斌、邓江华、韩鹏、杜刚、巨宝庆、卢昌胜、徐厚超、周翔、陈乐春、陈虎、周剑、彭彦平、刘桂钧、段永辉、李文、沈刚。

## 引 言

随着无人机行业的发展，无人机应用领域快速扩充，在森林防火灭火、地震探险救灾、电力巡线、石油巡线、物流外卖配送等作业场景大量涌现了无人机技术应用需求。同时，随着作业任务的复杂化、精细化，传统的单机模式已无法满足需求，无人机编队模式已成为市场发展的主流。

目前国内部分无人机企业已开展了无人机编队飞行技术的研究和应用，取得了一定的成果，如飞行表演领域，积累了一定的技术经验，本标准制定，有利于有效固化无人机编队飞行技术成果，规范无人机编队飞行作业规范，引领产业的高质量发展。

考虑到不同作业场景对于无人机的构型、重量、飞行高度的需求存在显著差异，因此不同构型、不同重量、不同飞行高度的无人机按不同形式组成的飞行编队在管理和技术方面存在极大差异，因此将无人机编队飞行要求标准制定为系列标准，在总则中规定了无人机编队的分类与分级方法，并按照各种类型无人机编队飞行分别制定系列标准中的其他分标准，并基于总则中提出的无人机编队分级分别提出相应的管理和技术要求。后续拟制定的分标准包括飞行表演类、农林植保类、物流运输类、消防救援类、巡线作业类等不同分类的无人机编队飞行要求。

# 无人机编队飞行要求 第1部分：总则

## 1 范围

本文件规定了无人机编队飞行作业的总体要求、管理要求、技术要求和评价要求。  
本文件适用于无人机编队飞行作业的全流程管理。

## 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 35018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级
- GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语
- GB/T 38909 民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法
- GB/T 38911 民用轻小型无人直升机飞行控制系统通用要求
- GB/T 38924（所有部分） 民用轻小型无人机系统环境试验方法
- GB/T 38930 民用轻小型无人机系统抗风性要求及试验方法
- GB/T 38931 民用轻小型无人机系统安全性通用要求
- GB/T 38996 民用轻小型固定翼无人机飞行控制系统通用要求
- GB/T 38997 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求
- GB 42590 民用无人驾驶航空器系统安全要求
- HB 8566 多旋翼无人机系统通用要求
- HB 8591 民用轻小型固定翼无人机系统通用要求
- HB 8592 伞翼无人机通用规范

## 3 术语和定义

GB/T 38152界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**无人机编队飞行** unmanned aerial vehicle formation flight

两架及以上具有自主功能的无人机为适应任务要求而进行的一定结构的某种队形排列和任务分配的组织模式。

## 4 分类与分级

### 4.1 分类

无人机编队可依据不同作业场景分为以下种类：

- a) 飞行表演类：在预先规划的区域举行，有固定起降点，且由计算机进行预设编队飞行线路完成集群飞行表演活动的无人机编队；
- b) 物流运输类：利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置以自动送达目的地的无人机编队；
- c) 消防救援类：灵活集成或携带关键设备，协同在地震、洪涝、火灾等灾害发生后开展勘测、照明、运输、中继通信、应急测绘等作业的无人机编队；
- d) 农林植保类：通过地面遥控或导航飞控，实现喷洒药剂、种子、粉剂等喷洒作业的无人机编队；
- e) 巡线作业类：携带任务设备，对电力、石油、天然气等资源的运输线路巡线检查的无人机编队；
- f) 其他。

## 4.2 分级

### 4.2.1 概述

根据编队无人机种类，无人机编队可按以下形式组合：

- a) 固定翼无人机飞行编队：由多个固定翼无人机组成的飞行编队；
- b) 无人直升机飞行编队：由多个无人直升机组成的飞行编队；
- c) 多旋翼无人机飞行编队：由多个多旋翼无人机组成的飞行编队；
- d) 特殊构型无人机飞行编队（扑翼无人机、伞翼无人机等）：由特殊构型无人机组成的飞行编队；
- e) 混合构型无人机飞行编队：由2种及以上构型的多架无人机组成的飞行编队。

基于无人机编队的组成形式、无人机数量、总起飞重量、飞行高度、飞行作业半径等综合指标，将无人机编队飞行分为5个级别，各级别规定了各类无人机编队的各项最低指标，分级以各项指标所属的最高级别确定。

### 4.2.2 I级无人机编队

表1列出了I级无人机编队的各项最低指标：

表1 I级无人机编队指标

| 无人机编队类别    | 无人机数量/架 | 无人机类别    | 飞行高度/m | 飞行作业半径/km |
|------------|---------|----------|--------|-----------|
| 固定翼无人机飞行编队 | ≤3      | 小型、轻型、微型 | ≤120   | ≤1        |
| 无人直升机飞行编队  | ≤10     | 小型、轻型、微型 | ≤120   | ≤1        |
| 多旋翼无人机飞行编队 | ≤10     | 小型、轻型、微型 | ≤120   | ≤1        |

### 4.2.3 II级无人机编队

表2列出了II级无人机编队的各项最低指标：

表2 II级无人机编队指标

| 无人机编队类别     | 无人机数量/架 | 无人机类别    | 飞行高度/m | 飞行作业半径/km        |
|-------------|---------|----------|--------|------------------|
| 固定翼无人机飞行编队  | ≥3      | 小型、轻型、微型 | ≤1000  | ≤10              |
| 无人直升机飞行编队   | ≤100    | 小型、轻型、微型 | ≤1000  | ≤3               |
| 多旋翼无人机飞行编队  | ≤100    | 小型、轻型、微型 | ≤1000  | ≤3               |
| 混合构型无人机飞行编队 | —       | 小型、轻型、微型 | ≤1000  | ≤10              |
| 特殊构型无人机飞行编队 | —       | 小型、轻型、微型 | ≤1000  | ≤10 <sup>a</sup> |

<sup>a</sup> 表格中“—”代指该项指标无内容。

### 4.2.4 III级无人机编队

表3列出了III级无人机编队的各项最低指标：

表3 III级无人机编队指标

| 无人机编队类别     | 无人机数量/架 | 无人机类别              | 飞行高度/m | 飞行作业半径/km |
|-------------|---------|--------------------|--------|-----------|
| 固定翼无人机飞行编队  | —       | 大型、中型              | ≤1000  | ≤10       |
| 无人直升机飞行编队   | ≥100    | 小型、轻型、微型           | —      | —         |
| 多旋翼无人机飞行编队  | ≥100    | 小型、轻型、微型           | —      | —         |
| 混合构型无人机飞行编队 | —       | 大型、中型              | ≤1000  | —         |
| 特殊构型无人机飞行编队 | —       | 大型、中型 <sup>a</sup> | ≤1000  | —         |

<sup>a</sup> 表格中“—”代指该项指标无内容。

#### 4.2.5 IV级无人机编队

表4列出了IV级无人机编队的各项最低指标：

表4 IV级无人机编队指标

| 无人机编队类别                       | 无人机数量/架 | 无人机类别  | 飞行高度/m | 飞行作业半径/km |
|-------------------------------|---------|--------|--------|-----------|
| 固定翼无人机飞行编队                    | —       | —      | ≥1000  | —         |
| 无人直升机飞行编队                     | ≥100    | 大型、中型  | ≤1000  | —         |
| 多旋翼无人机飞行编队                    | ≥100    | 大型、中型  | ≤1000  | —         |
| 混合构型无人机飞行编队                   | —       | 大型、中型  | ≤1000  | —         |
| 特殊构型无人机飞行编队                   | —       | 大型、中*型 | ≤1000  | —         |
| <sup>a</sup> 表格中“—”代指该项指标无内容。 |         |        |        |           |

#### 4.2.6 V级无人机编队

表5列出了V级无人机编队的各项最低指标：

表5 V级无人机编队指标

| 无人机编队类别                       | 无人机数量/架        | 无人机类别 | 飞行高度/m | 飞行作业半径/km |
|-------------------------------|----------------|-------|--------|-----------|
| 固定翼无人机飞行编队                    | —              | —     | ≥1000  | —         |
| 无人直升机飞行编队                     | —              | —     | ≥1000  | —         |
| 多旋翼无人机飞行编队                    | —              | —     | ≥1000  | —         |
| 混合构型无人机飞行编队                   | —              | —     | ≥1000  | —         |
| 特殊构型无人机飞行编队                   | — <sup>a</sup> | —     | ≥1000  | —         |
| <sup>a</sup> 表格中“—”代指该项指标无内容。 |                |       |        |           |

### 5 管理要求

#### 5.1 资质要求

##### 5.1.1 运营团队资质

开展无人机编队飞行作业任务的运营团队，应符合以下要求：

- a) 持有工商营业执照；
- b) 持有民用无人驾驶航空器经营许可证；
- c) 团队中需有持有民航局认可的且在有效期内的无人机飞行驾驶证件的全职工作人员；
- d) 通过生产、租赁、购买手续获得的合规的运营设备和软件的企业或者团体。

##### 5.1.2 人员资质

参与无人机编队飞行作业任务的人员，应符合以下要求：

- a) 具备符合相关岗位任职资格的证书；
- b) 通过编队飞行作业任务的培训和考核；
- c) 保持精神状态健康，在执行任务前 24 小时内未饮酒或服用可能影响任务执行的药物。

#### 5.2 人员要求

##### 5.2.1 概述

无人机编队飞行作业团队宜包括项目总指挥、地面站操作员、无人机驾驶员、观测员、安全员、地勤人员等。对于I级无人机编队，可只设置必备角色，且视情可一人兼多职。其他分级无人编队，宜设置全部角色，不宜一人兼多职。

##### 5.2.2 必备角色

无人机编队飞行作业团队应必备以下人员角色：

- a) 项目总指挥：负责无人机编队飞行任务的总策划、总指挥，对作业任务中发生的各种情形做出最终决定；
- b) 地面站操作员：负责具体执行无人机地面站的操作任务；
- c) 无人机驾驶员：负责遥控驾驶无人机平台开展飞行任务。

### 5.2.3 其他角色

根据作业场景和无人机编队分级的不同，无人机编队飞行作业团队可设置以下人员角色：

- a) 观测员：负责观测无人机编队飞行的场内外环境变化，并及时预警紧急情形；
- b) 安全员：负责无人机编队飞行任务的安全管理，并及时处置相关安全事故；
- c) 地勤人员：负责无人编队飞行任务的地面保障工作。

## 5.3 安全要求

### 5.3.1 应急预案

应编写适用于运行任务的应急处置预案，确保每次运行的应急情况得到有效处置。应急预案应明确异常情况处置方法：

- a) 异常情况处置方法应包括恶劣气象条件、人流超出安全限制、空域临时管制、信号干扰等影响运营安全因素对应的运营操作方案；
- b) 对于信号干扰（包括但不限于电磁干扰、GPS 干扰等）应预设安全预案。

### 5.3.2 医疗准备

应根据任务情况，准备相应的医疗救护人员和设备。

## 5.4 流程

无人机编队飞行作业流程应至少包括以下过程：

- a) 空域申请：提前对执行任务所使用空域进行申请，并报备相关公安部门；
- b) 飞行计划制定：制定全套飞行计划，应至少包括以下内容：
  - 1) 预先开展全部作业过程的规划；
  - 2) 开展风险识别和分析，提前制定突发情况预案；
  - 3) 确定人员分工等。
- c) 执行飞行作业；
- d) 飞行作业质量评价和编写总结报告。

## 6 技术要求

### 6.1 概述

无人机编队飞行详细技术要求包括以下2个方面：

- a) 飞行作业前：对飞行条件勘察、飞行计划方案提出要求；
- b) 飞行作业：对无人机平台、地面站、通信链路、能源系统和任务载荷系统提出要求。

### 6.2 飞行作业前

#### 6.2.1 场地勘测

应在执行任务前使用仪器或设备对场地信号条件，电磁环境进行测量。

#### 6.2.2 飞行计划方案

在执行作业前，宜开展飞行仿真和演练，预先开展风险识别和分析，提前制定突发情况预案，并下发所有执行任务人员知悉。

飞行仿真及演练可通过软硬件设备开展，应至少包括以下内容：

- a) 地形仿真；
- b) 路径规划；

- c) 轨迹模拟。

### 6.3 飞行作业

#### 6.3.1 无人机平台

##### 6.3.1.1 基本要求

飞行编队中无人机应符合以下要求：

- a) 安全方面符合 GB 42590 的要求；
- b) 固定翼无人机符合 GB/T 38996 和 HB 8591 的要求；
- c) 无人直升机符合 GB/T 38911 的要求；
- d) 多旋翼无人机符合 GB/T 38997 和 HB 8566 的要求；
- e) 特殊构型无人机符合 HB 8592 等标准的要求；
- f) 无人机具备出厂检验合格标识；
- g) 无人机身份识别号在民航部门监管系统有备案；
- h) 能提供国家强制认证证书及相关质量检测合格证书。

##### 6.3.1.2 功能性能要求

飞行编队中无人机的功能性能应至少符合以下要求：

- a) 工作温度至少涵盖-20 ~ 50 ℃；
- b) 室外作业时，抗风等级至少达到 4 级；
- c) 通信范围应 $\geq 500$  m，至少能覆盖作业范围；
- d) 能记录飞行日志；
- e) 具备自检能力，无人机启动时进行自检，存在异常情况，需要通过灯语进行提示；
- f) 具备自动返航、手动返航、悬停或迫降等应急处置能力；
- g) 关键通信链路需要进行备份；
- h) 至少具备同时接收两套全球定位系统信息的能力；
- i) 飞机偏离既定轨迹超过安全距离需要主动上报异常；
- j) 飞机正常飞行具备良好散热功能，各个传感器在无人机飞行过程中不超过规定温度；
- k) 可单机遥控。

##### 6.3.2 地面站

无人机编队配备的地面站应符合以下要求：

- a) 能对操作人员进行合法性认证；
- b) 能显示飞机实时精准位置的地图，实时监控无人机定位精度；
- c) 能模拟编队飞行路线，并进行安全飞行距离预警；
- d) 具有一键终止任务功能，当发生异常情况时，可终止任务，并根据当时情况采取安全的应对措施；
- e) 采用可视化窗口；
- f) 至少能在一种主流操作系统上运行，包括 windows, ios, linux；
- g) 飞机处于禁飞区域，禁止进行编队操作；
- h) 具备设置电子围栏的能力；
- i) 具备操控日志存储能力。

##### 6.3.3 通信链路

无人机编队的通信链路应符合以下要求：

- a) 能覆盖整个任务区域；
- b) 支持的频段不小于 3 个，以提高抗干扰能力；
- c) 使用信号监控设备来监控数据链路状态情况。

##### 6.3.4 能源系统

无人机飞行编队的能源系统应符合以下要求：

- a) 能确保无人机系统各部分完成全部飞行任务并安全收回无人平台；
- b) 如使用锂电池作为电源，电池能进行安全运输认证；
- c) 如使用锂电池作为电源，飞行过程中最大放电电流，不高于电池规定最大连续电流的 80%；
- d) 如使用锂电池作为电源，使用专门的充电器，充电器具备防反接，防过充，防过热功能；
- e) 电池在 1.5 米处跌落不发生着火，漏液情况；
- f) 和无人机配合具备防反插功能；
- g) 电池具备专门的测电设备；
- h) 采用多电芯的电池，地面站或者测电器对于压差电池进行提示；
- i) 电池能正常使用 $\geq 200$ 次。

### 6.3.5 任务载荷

无人机飞行编队应根据具体飞行任务要求配备符合相关项目文件要求的任务载荷。

飞行任务规程工具应符合以下要求：

- a) 用户合法性验证；
- b) 能根据编队无人机实际的飞行速度，飞行加速度，飞机间距，进行设定剧本编辑器指标；
- c) 具备动画仿真能力；
- d) 具备地图导入能力；
- e) 对于超标运动轨迹将提示，并不允许导出；
- f) 具备画面对齐能力；
- g) 具备路径规划能力；
- h) 可视化窗口；
- i) 至少在其中一种主流操作系统上可以运行 windows, ios, linux。

### 6.3.6 通信设备

无人机飞行编队的通信设备应符合以下要求：

- a) 遥控器使用频段避免无人机群通信频段；
- b) 对讲机使用频段避免无人机群通信频段。

### 6.3.7 其他要求

6.3.7.1 无人机飞行编队应根据现场环境设置电子围栏。

6.3.7.2 无人机飞行编队应设置禁飞区域。

## 7 评价要求

7.1 在飞行任务结束后，应及时对飞行任务执行情况进行总结，并对编队飞行质量开展评价。

7.2 评价指标应包括如下 3 个方面：

- a) 无人机编队准时起飞率；
- b) 无人机编队飞行完整率；
- c) 无人机编队安全可靠率。