

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

---

## 无人驾驶航空器编队飞行表演安全规范

Safety Specification for Formation Flight Performances of Unmanned  
Aircraft Systems

（送审稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 发 布



目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 飞行表演过程的安全风险 ..... 2

5 飞行表演总体安全规范 ..... 3

6 飞行表演气象安全规范 ..... 3

7 飞行表演区域安全规范 ..... 3

8 飞行舞步文件安全规范 ..... 4

9 无人驾驶航空器编队系统安全规范 ..... 4

10 人员及岗位安全规范 ..... 5

11 飞行表演过程安全规范 ..... 6

12 应急预案 ..... 7

## 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》给出的规定编制。

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。

本文件由深圳市交通运输局提出。

本文件由深圳市公安局归口。

本文件起草单位：深圳市无人机行业协会、深圳市高巨创新科技开发有限公司、深圳大漠大智控技术有限公司

本文件参编单位：公安部安全与警用电子产品质量检测中心、深圳市公安局特警支队、深圳市公安局罗湖分局反恐与机动训练大队、深圳市安全防范行业协会、深圳市智慧城市产业协会、一飞智控（天津）科技有限公司、哈尔滨工业大学（深圳）、深圳市卓迈科技有限公司、泰和泰（深圳）律师事务所，武汉市安全技术防范行业协会、济南市安全技术防范行业协会。

本文件主要起草人：杨金才、庞伟、王达、刘鹏、魏欣、张伟合、焦胜才、何赞、刘汉斌、李晨亮、王然、吴和龙、费自超、吴冲、刘楠、黄纲、元帅、杨春、王华安、陈丽娟、陈虎、杨中海。

# 无人驾驶航空器编队飞行表演安全规范

## 1. 范围

本文件对民用多旋翼无人驾驶航空器编队飞行表演安全做了规范要求。包括术语和定义、飞行表演过程的安全风险、飞行表演总体安全规范、飞行表演气象安全规范、飞行表演区域安全规范、飞行舞步文件安全规范、无人驾驶航空器编队系统安全规范、飞行表演过程安全规范和应急预案安全规范。

## 2. 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本标准的条款。凡注日期或版次的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

GB 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 35018-2018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级

GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语

## 3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**多旋翼无人驾驶航空器** multi-axis unmanned aircraft

一种由动力驱动，飞行时凭借三个及以上旋翼依靠空气的反作用力获得支撑，能够垂直起降、自由悬停的无人驾驶航空器。

### 3.2

**无人驾驶航空器编队** unmanned aircraft formation

指两架及以上无人驾驶航空器为满足任务需求，按特定结构进行队形排列的组织模式。作为无人驾驶航空器集群的一种具体表现形式，隶属于无人驾驶航空器集群的范畴。

### 3.3

**无人驾驶航空器编队系统** unmanned aircraft formation system

无人驾驶航空器编队及相关地面站、通信设备组成的系统。其中，地面站是指控制无人驾驶航空器编队的各种操控设备（手段）以及有关系统组成的整体。

### 3.4

**飞行舞步文件** flight dance steps file

控制无人驾驶航空器编队飞行路线、灯光执行及特殊指令发送的程序文件。飞行舞步文件应包括无人驾驶航空器编号、无人驾驶航空器飞行全过程三维路径点、无人驾驶航空器飞行全过程 LED 灯控制

指令、特殊控制指令（通常指起飞、降落、悬停、补位、挂载物控制等）等信息。

### 3.5

**无人驾驶航空器编队飞行表演** formation flight performance of unmanned aircraft

在一定的空域内由微型、轻型无人驾驶航空器编队执行飞行舞步的集群飞行表演活动称为无人驾驶航空器编队飞行表演。无人驾驶航空器编队飞行表演还包括灯光秀表演、烟火表演、造型表演等。

编队飞行表演中无人驾驶航空器数量分为三种规模：

小型（无人驾驶航空器数量 $\leq 500$ 架）；

中型（ $500 \text{架} < \text{无人驾驶航空器数量} \leq 2000 \text{架}$ ）；

大型（无人驾驶航空器数量 $> 2000$ 架）。

### 3.6

**飞行表演区域** area of formation flight performance

无人驾驶航空器编队飞行表演活动所涉及的地面和空间，包括飞行区域、地面隔离区域及人员观赏区域。飞行区域包括了起飞和降落区域、飞行表演空中展示区域及飞行往返区域。地面隔离区域是飞行区域正下方的地面及边界向外增加一定距离所形成的区域。人员观赏区域是在地面隔离区域之外划设适合人员观赏无人驾驶航空器编队飞行表演的安全区域。

### 3.7

**地面安全距离** ground safety distance

为保障公共区域安全，防止无人驾驶航空器在飞行区域上空坠机造成地面安全事件，无人驾驶航空器编队飞行表演区域正下方地面边界向外划设的一段距离，称之为地面安全距离。

### 3.8

**电子围栏** electronic fence

飞行表演区域内，由无人驾驶航空器编队系统自动或操作员设定的飞行表演边界。

## 4. 飞行表演过程的安全风险

影响无人驾驶航空器编队飞行表演安全的主要因素如下：

- a) 无人驾驶航空器飞行中出现小概率故障，可能导致飞行失控甚至坠机风险；
- b) 飞行中突发持续性的无线定位信号干扰可能会造成大量无人驾驶航空器无法定位，可能导致偏飞、相互碰撞甚至坠机的风险；
- c) 飞行中突发大风/阵风/旋风、暴雨造成无人驾驶航空器非正常工作，可能导致飞行失控甚至坠机风险。

## 5. 飞行表演总体安全规范

- 5.1 无人驾驶航空器编队飞行表演应符合国家、地方现行的相关法规和本文件的要求；
- 5.2 无人驾驶航空器编队产品应符合相关产品法规、标准或规范的要求，经检验或认证合格；
- 5.3 飞行表演区域在飞行表演前应经过无人驾驶航空器操作员（下称操作员）实地勘察测试，满足无人驾驶航空器编队定位及电磁环境方面的要求；
- 5.4 无人驾驶航空器编队飞行表演运营方飞行表演项目确认表演区域前，首先征询公安部门意见，在公安部门对周边单位、敏感目标、敏感时间节点、空中因素、交通环境等因素综合评估后，再完成飞行表演空域审批，并向区县级以上公安部门报备；
- 5.5 飞行表演前运营方和主办方应制定飞行表演过程突发安全风险的应急预案。中、大型规模的无人驾驶航空器编队飞行表演除应制定应急预案外，还需制定安保方案并通过当地公安部门审批。小型规模的无人驾驶航空器编队飞行表演应向当地公安部门咨询并遵守相关规定；
- 5.6 操作员应熟练掌握无人驾驶航空器编队系统的操作使用方法，了解产品功能性能要求和风险警示信息，具备无人驾驶航空器编队飞行表演过程中的应急处置能力；
- 5.7 无人驾驶航空器编队系统应具备无人驾驶航空器状态实时控制、监视及自动应急处置的能力；
- 5.8 飞行表演期间地面隔离区域周围应设置警戒线或护栏，由安保人员佩戴安全头盔、穿戴明显标识服装进行警戒，与工作无关人员禁止进入地面隔离区域。

## 6. 飞行表演气象安全规范

- 6.1 飞行表演运营方的安全员与操作员需及时关注当地气象台发布的未来 1 小时气象信息：如预估降雨量超过 2mm，或阵风监测数据显示：表演区域风力超过 4 级（使用微型无人驾驶航空器）、表演区域风力超过 5 级（使用轻型无人驾驶航空器），以及存在其他对无人驾驶航空器飞行表演安全造成严重影响的气象条件，不得开展无人驾驶航空器编队飞行表演；
- 6.2 飞行表演过程中无人驾驶航空器编队系统宜持续监测环境风速情况，出现风速持续超过 4 级（使用微型无人驾驶航空器）或持续超过 5 级（使用轻型无人驾驶航空器）的情形，现场负责人应根据现场情况评估安全风险，决定飞行表演继续或暂停，并向公安部门报备；

## 7. 飞行表演区域安全规范

- 7.1 飞行表演区域应按照获批空域设置电子围栏，保证飞行表演在获批空域内进行；
- 7.2 飞行表演安全距离要求

根据无人驾驶航空器飞行高度和速度，操作员结合现场环境的风速风向情况，划设 50-100 米的地

面安全距离，并告知安全员根据地面安全距离采取相应的地面隔离保护措施；

7.3 除偏远和偏僻的无人场所外，中、大型规模的无人驾驶航空器编队飞行表演，地面隔离区域的周围应设置安全警戒线或临时护栏，并做标识提示；

7.4 正式飞行表演前，运营方可选取不少于总飞行数量 1% 的无人驾驶航空器，在靠近最大表演范围边界的区域进行彩排飞行，确保飞行表演区域符合安全飞行条件；

7.5 飞行表演期间，地面隔离区域周边安排安保人员进行巡逻，禁止无关人员靠近或进入飞行表演区域下方。飞行表演区域内工作人员应佩戴安全头盔或在保证安全的遮挡棚下工作。

## 8. 飞行舞步文件安全规范

8.1 主办方策划的飞行舞步文件主题及内容应积极健康，严禁违反国家核心价值观、违背社会道德及公众良知等内容；飞行舞步文件应报备给区县级及以上公安部门审核并获得通过；

8.2 飞行舞步文件的飞行表演范围应在获批的空域范围内；

8.3 飞行舞步文件的飞行时长应控制在无人驾驶航空器安全续航时间内；

8.4 飞行舞步文件信息应完整，包括无人驾驶航空器编号、飞行过程三维路径点、飞行过程 LED 灯控制指令、飞行最大范围、飞行间距、飞行速度、无人驾驶航空器地面摆放参考图、特殊控制指令（通常指起飞、降落、转向、补位、有效负载控制等）信息；

8.5 在正式表演前，运营方应进行飞行舞步文件仿真预览，确保飞行舞步文件正确；

8.6 审核后的飞行舞步文件一旦变更应重新审批。

## 9. 无人驾驶航空器编队系统安全规范

9.1 无人驾驶航空器编队系统相关产品应满足 5.2 条要求；

9.2 无人驾驶航空器编队系统中，无人驾驶航空器的系统安全要求需符合 GB 42590 要求，但其中的电子围栏和远程识别的安全要求，应按照本文件第 9.6 条和第 9.7 条的规定执行；

9.3 无人驾驶航空器编队飞行操控软件应设立账号及密码；

9.4 无人驾驶航空器编队系统无线局域网 Wi-Fi 应设置安全密钥接入；

9.5 无人驾驶航空器编队系统的无线通讯广播收发应进行信息安全校验；

9.6 无人驾驶航空器编队系统应具备自检和飞行安全预警的能力，当系统自检异常，则禁止起飞；当飞行表演过程出现硬件故障状况时，系统应具备悬停、返航、降落、锁桨中至少一种自动处置能力；

9.7 无人驾驶航空器编队系统应联网报送无人驾驶航空器编队飞行状况及信息，包含飞行表演空域批号、无人驾驶航空器类型及型号、飞行数量、编队飞行状态（航向角、最大范围和最大高度等）；

9.8 无人驾驶航空器应具有电子围栏功能；



- 9.9 无人驾驶航空器应完成实名注册登记；
- 9.10 无人驾驶航空器应满足 GB/T 4208 IPX3 等级；
- 9.11 无人驾驶航空器的定位模块、控制链路、关键传感器（IMU、磁力计）宜采用冗余备份；
- 9.12 无人驾驶航空器的 GNSS 定位应包含有北斗定位频段或采用北斗定位频段独立工作；
- 9.13 当无人驾驶航空器定位信号因受到干扰丢失时，无人驾驶航空器应能尽快降落。根据离地高度，10m 以上垂直下降速度宜不大于 5m/s，近地面 5m 以内下降速度宜不大于 1m/s；下降过程中，如定位信号恢复无人驾驶航空器宜自动进入返航模式，返回起降区。
- 9.14 无人驾驶航空器编队系统应具备飞行舞步仿真预览、飞行表演操作信息保存、飞行舞步画面监视、无人驾驶航空器异常状态提示、飞行路线数据保存及回放等功能。
- 9.15 无人驾驶航空器编队系统应对无人驾驶航空器电池健康状态进行实时监测和异常处置，如电量过低报警、降落或返航，电压压差过大提示等。

## 10. 人员及岗位安全规范

10.1 为确保编队飞行表演安全及操作规范，运营方操作员应持有民用无人驾驶航空器驾驶员执照，且执照类别与等级应与编队飞行表演所使用的无人驾驶航空器类型相匹配。运营方应每年至少一次组织操作员内部培训与考核，确保操作员技能持续符合要求。

10.2 根据无人驾驶航空器编队飞行表演活动规模，运营方应合理配置各岗位及对应人员数量，并对人员培训使之具备相应知识和技能，安全岗位及操作员数量应满足以下要求：

- a. 小型规模无人驾驶航空器编队飞行表演，配备安全员、操作员和操作助理各1人；
- b. 中型规模无人驾驶航空器编队飞行表演，配备安全员、操作员和操作助理各1人，在500架数量基础上每增加500架无人驾驶航空器数量，应额外增加操作助理1名；
- c. 大型规模无人驾驶航空器编队飞行表演，配备安全员1人，操作员2人，操作助理3人，在2000架基础上每增加1000架无人驾驶航空器飞行数量，应增加操作助理和安全助理各1名；

10.3 安全员、安全助理、操作员和操作助理的岗位职责及要求如下：

10.3.1 安全员负责对现场飞行表演的安全风险进行评估，排除现场安全隐患，确保飞行前地面隔离区域和地面安全距离落实，负责应急预案和安保措施已到位；

10.3.2 安全员负责对飞行表演的执行情况进行实时监督，对于发生不可抗力或临时突发事件（如本文6.1条所述气象的条件、观众人数超过现场管制、空域临时管制、飞行表演过程中无人驾驶航空器定位信号被干扰，飞行操控软件被黑客恶意攻击），启动应急预案应对并向现场负责人报告；

10.3.3 现场负责人担任无人驾驶航空器编队飞行表演的总指挥，可兼职安全员，对飞行表演中发生的安全事故负直接责任，如发生事故还应向当地公安部门提交事故报告；

10.3.4 安全助理协助安全员工作，负责安全员相关要求传达及执行、现场监督检查等。

10.3.5 操作员应熟练掌握无人驾驶航空器编队系统的原理及操作规范，按7.2的要求划设好地面安全距离并同步告知安全员；同时对无人驾驶航空器及相关设备的使用操作安全负直接责任，且必须熟知工作期间各类警示信息的含义及异常情况的处置流程；

10.3.6 操作助理负责对现场作业（如无人驾驶航空器摆放、电池安装、无人驾驶航空器收纳等）人员进行指导培训，确保无人驾驶航空器地面使用过程正常；

10.3.7 操作助理应协助操作员进行飞行表演前无人驾驶航空器调试测试、异常处理及飞行表演过程的现场飞行状态监视等。

## 11. 飞行表演过程安全规范

11.1 政府部门组织的无人驾驶航空器编队飞行表演活动，运营方宜协调安排无线电管理部门或第三方服务公司人员到现场进行电磁环境监测。其他机构组织的无人驾驶航空器编队飞行表演活动，运营方可自行配置无线信号干扰探测设备进行信号监测；

11.2 飞行舞步文件应通过仿真软件加载地图后预览播放，确保飞行表演方向和内容正确；

11.3 安全员应确保差分基站电量充足，放置可靠平稳，飞行表演期间不得移动；

11.4 安全员应确认现场安全措施到位，非工作人员不得进入飞行区域和地面隔离区域；

11.5 正式飞行表演前，应按7.4要求进行彩排飞行，检查飞行路线和回传的无人驾驶航空器状态信息是否正常。如有异常则应上报现场负责人协调处理；

11.6 操作员确认好编队设备处于良好工作状态，提前5分钟在操作软件上完成起飞前准备，同时开启画面监视软件，直到进入正式飞行表演的起飞环节；

11.7 操作员应根据活动表演要求，操作无人驾驶航空器编队起飞后向现场负责人及时报告起飞情况，起飞后密切关注无人驾驶航空器编队飞行状态，如有异常上报现场负责人处理；

11.8 飞行表演期间，未经报备的无人驾驶航空器不得进入飞行表演区域飞行；

11.9 飞行表演完成后，操作员检查确认降落的无人驾驶航空器数量，报告现场负责人飞行结果并进行无人驾驶航空器编队撤收工作。现场负责人告知公安负责人飞行表演结果之后，飞行表演现场隔离区域恢复正常通行；

11.10 飞行表演结束后，操作员负责对飞行表演执行和事故情况进行总结归档，文件内容应包括飞行舞步、现场执行报告（含异常处理）、安全事故处理报告等内容。

## 12. 应急预案

飞行表演前，运营方应制定应急预案及操作流程，安排安全员负责相关工作。

### 12.1 突发事件预案

遇空域临时管制、气象条件突然变化影响飞行安全时，安全员应取消无人驾驶航空器编队飞行表演活动，如已经开始飞行表演则要求立即返航或降落。相关情况报备公安部门。

### 12.2 无线电信号干扰预案

现场监测到飞行表演区域内出现影响飞行表演安全的持续无线电信号，无人驾驶航空器编队系统会启动应急处置。无人驾驶航空器无法正常工作后，运营方应取消飞行表演活动，并把监测到的信号干扰数据形成报告，提交给当地无线电管理部门进行查处，同时向公安部门报案。

### 12.3 人流管控预案

现场观赏区域人员人流达到治安安全管理限制时，安全员立即通知安保人员采取现场管制措施并疏散人流。如果人流超过安全限制，则飞行表演活动不得开展或取消，同时向公安部门报备。

### 12.4 消防预案

飞行表演现场应配置锂电池消防用具，如火钳、石棉手套、便携灭火器、消防用水或其他消防工具。飞行表演现场地面如发生无人驾驶航空器锂电池起火，安全员应采取措施，将其置于水中或空旷的安全位置燃烧殆尽。

### 12.5 医护预案

飞行表演活动开始前，安全员与就近的医疗急救中心取得联系，告知飞行表演活动相关信息（如时间、地点）并请求急救中心做好救护准备，如现场发生伤人事故，立即向急救中心求救。