ICS 点击此处添加 ICS 号
CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

民用垂直起降无人驾驶航空器进离场飞行程序指南

The guideline for arrival and departure flight procedures of civil Vertical Take-Off and Landing Unmanned Aerial Vehicles

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布 XXXX－XX－XX 实施

粤港澳大湾区标准创新联盟 发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 进离场飞行程序设计 1
4.1 终端区域设计 2
4.2 进离场路径设计 6
4.3 进离场流量管理程序 8
5 通信与导航系统 10
5.1 通信能力 10
5.2 无人机及地面导航辅助设备技术规格 11
6 运行控制系统 11
6.1 场地指示灯 11
6.2 管控界面显示 11
6.3 管控系统控制功能 11
7 应急管理冲突及处置程序 12
7.1 冲突避免程序 12
7.2 应急处置程序 12
参　考　文　献 13

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。

本文件由粤港澳大湾区标准创新联盟智慧物流委员会提出。

本文件由粤港澳大湾区标准创新联盟归口。

本文件授权粤港澳大湾区标准创新联盟组织伙伴和所有成员单位使用，联盟组织伙伴需等同采用转化为自身团体标准，并在全国团体标准信息平台上公开标准基本信息。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

民用垂直起降无人驾驶航空器进离场飞行程序指南

1 范围

本文件提供了民用垂直起降无人驾驶航空器的进离场飞行程序设计、通信导航系统、运行控制系统、应急管理冲突及处置程序等方面的指南。

本文件适用于在粤港澳大湾区范围内民用垂直起降无人驾驶航空器进离场飞行程序的设计与运行。

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 42590 民用无人驾驶航空器系统安全要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

垂直起降无人驾驶航空器 Vertical Take-Off and Landing Unmanned Aerial Vehicles

能够无需跑道、在垂直方向上起飞和降落的无人驾驶航空器。

[来源：GB/T 38152-2019，2.1.5，有修改]

3.2

终端区域 terminal area

为垂直起降无人驾驶航空器设计和使用的空域或地面区域，用于执行起飞、着陆、和低空飞行操作。

3.3

进场程序 arrival procedure

引导垂直起降无人机从巡航高度或远距离位置安全进入终端区域并准备降落的一系列预定飞行步骤和路径。

3.4

离场程序 departure procedure

引导垂直起降无人机从起降点垂直起飞后，安全过渡到巡航高度或指定空域的一系列预定飞行步骤和路径。

3.5

冲突避免 collision avoidance

通过技术和操作手段，避免无人驾驶航空器与其他飞行器或障碍物发生碰撞的措施。

[来源：GB 42590-2023，4.10，有修改]

3.6

起降场 take-off and landing field

供垂直起降无人驾驶航空器起飞和降落所设定的专门区域。

3.7

起降位 take-off and landing position

垂直起降无人驾驶航空器的起降场中，为单架航空器的起飞和降落任务设定的特定位置和区域。

4 进离场飞行程序设计

4.1 终端区域设计

4.1.1 通用设计准则

垂直起降无人驾驶航空器终端区域设计宜考虑周边环境的影响、交通流量密度、飞行路径交错等因素，确保垂直起降无人驾驶航空器在起降和低空操作中的安全和效率。终端区域的设计准则包括并不限于以下内容：

a) 宜满足相应的净空要求，确保在无人机起飞、降落和航线飞行路径上没有障碍物干扰。净空要求宜根据无人机的类型和飞行特性进行设置，确保在正常和紧急操作情况下都保持适合的空域开阔性；
b) 不宜有高风险区域，包括但不限于敏感区域、人群聚集区、易燃易爆设施，以及关键基础设施（如电力、通信设施等），以降低潜在事故或导航故障导致的风险；
c) 对终端区域场地进行环境评估，确保环境对无人机安全飞行、控制导航和通信不会产生负面影响，比如避免在气象环境复杂和电磁干扰严重的区域布置终端区域；
d) 终端区域的航路能够与其他空域活动和场地使用进行无缝对接，避免堵塞和安全风险；
e) 提供足够的空间以适应多样化垂直起降无人驾驶航空器操作，保证航空器在各种运行条件下都能安全进出；
f) 通过采用分层与分区相结合的方法来优化空域配置，增加起降位的处理能力，提高整体运行效率。

4.1.2 终端区域划分

终端区域组成如下，具体见图1：

a) 进场区域：无人机从巡航阶段在进近点进入终端空域后，准备降落着陆的路径区域。主要负责管理所有进近的无人机，从缓冲区到最后进近点的整个空域；
b) 离场区域：无人机起飞后，允许无人机在垂直离地后进入巡航高度的区域。宜确保有足够的垂直和水平间距，以避免其他无人机可能造成的干扰；
c) 等待缓冲区：指在进场空域外围设置的特定区域，其用途为供等待的无人机暂时停留。尤其是当无人机到达最终进近点后，由于下层空域尚未空出或未准备就绪时可使用该等待缓冲区；
d) 进离场分离缓冲区：该区域是为无人机进离场不发生交叉和冲突设立的区域，确保进场无人机与起飞无人机有充分的空间间隔进行安全操作；
e) 起降位区：指为无人机专门划分的地面区域，负责管理无人机的起飞和降落操作，以及相关地面作业和过渡；
f) 应急处理区：此专用区域旨在有效应对可能出现的技术故障，以便无人机在突发情况下得以实现安全降落。

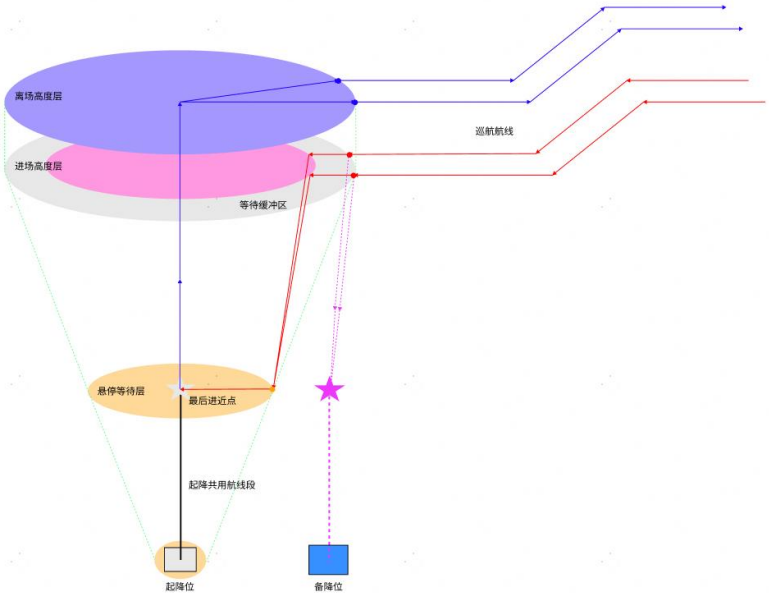


图 1　终端区域示意图

4.1.3　高度层划分

终端区域高度层划分如下：

a）　进场高度层：用于无人机降落前的进近阶段，提供无人机从巡航阶段平稳过渡至最终降落的空域，提供宽敞的等待空间以进行低功耗待机；

b）　离场高度层：离场高度层通常与离场巡航航线处于同一高度，确保无人机达到离场点后尽快进入巡航阶段，离场高度层通常设置在进场高度层上方；

c）　悬停等待层：悬停等待层是设于最终进近前的高度层，通常与起降位高差较小，提高起降位的放行效率，用于在公共航段冲突无法立即降落时无人机的临时悬停待机。

4.1.4　垂起固定翼无人机差异

对于垂起固定翼无人机，其固定翼状态下飞行功耗较低，待机时盘旋飞行占用的空域较大，并且需要设置独立的飞行模式转换层。因此，其区域划分方式有所不同，见图2。

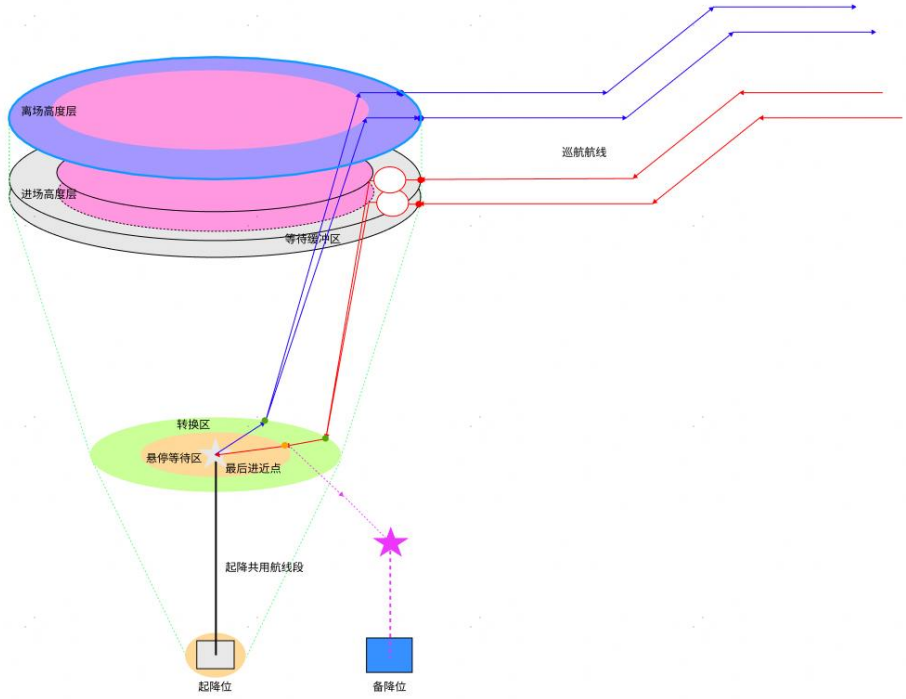


图 2　垂起固定翼终端区域示意图

4.1.5　多起降位终端区域设置

当起降场地设有多个起降位时，宜依据起降位间距合理规划终端区域，宜符合下列规定：

a）　当相邻起降位间距不足，导致无人机在共用航段进行起降作业时存在运行冲突的，相关起降位宜合并终端区域，并执行统一的放行规则，见图 3；

b）　当相邻起降位间距满足无人机在共用航段安全起降作业要求时，采用分割扇区或分离高度层等方式对终端区域进行物理或逻辑隔离。隔离后的终端区域宜确保无人机进离场航径无冲突，且各区域可执行相互独立的运行规则，见图 4。

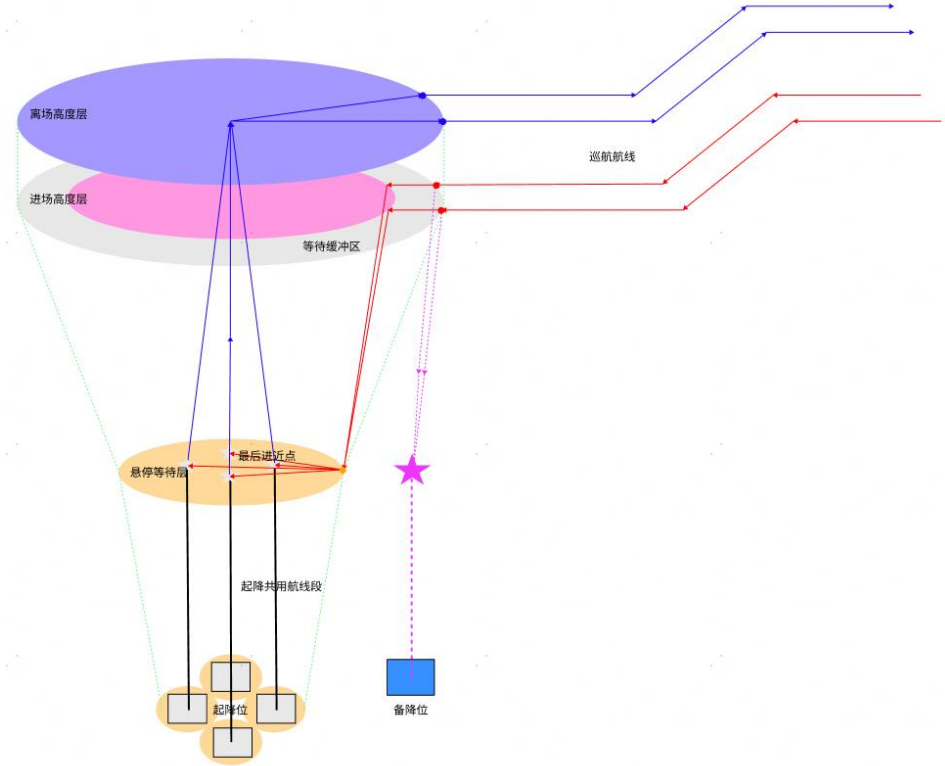


图 3　多起降位终端区域合并

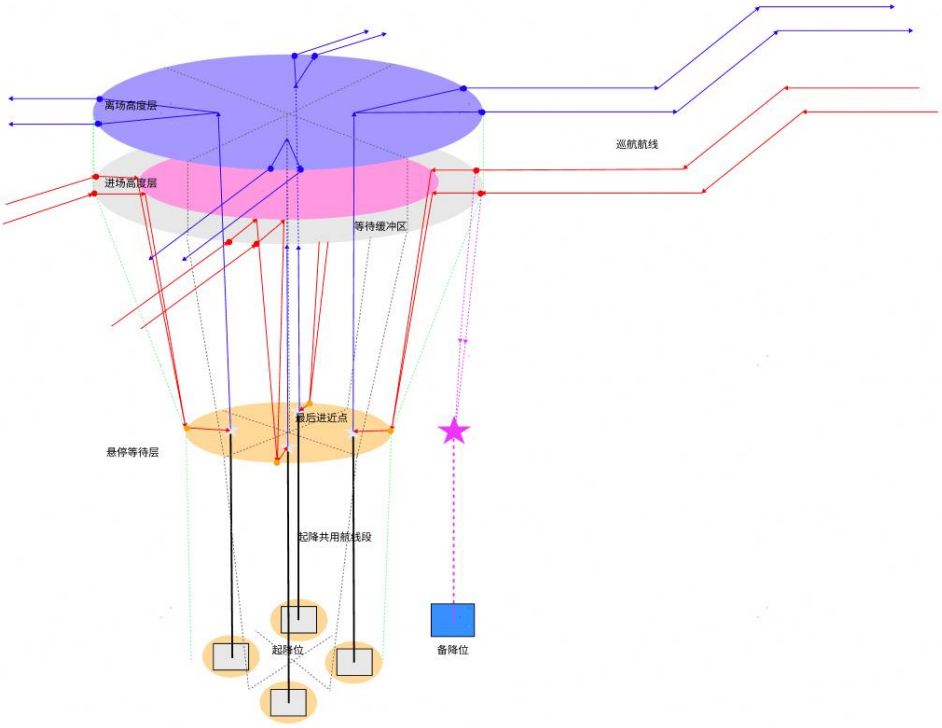


图 4　多起降位终端区域分割扇区

4.2 进离场路径设计

4.2.1 通用设计准则

无人机进离场路径设计需要考虑多种因素，包括超障要求、航线间隔、地面风险、空域容量以及航空器性能，以确保无人机在进离场过程中的安全和效率。进离场路径设计宜遵循如下设计准则：

a) 满足相应的超障标准，确保无人机在起飞、降落和转入巡航飞行过程中不会受到障碍物的干扰，超障标准宜根据不同类型无人机的飞行特性进行设置，以确保在正常和紧急操作情况下的安全性；
b) 合理设置航线间隔，避免不同航线之间的干扰和冲突；
c) 考虑地面风险，避免在路径下方存在高风险区域，包括但不限于人口密集区、易燃易爆设施及关键基础设施，以降低潜在事故和故障的风险；
d) 与其他空域活动及周围场地使用进行有效对接，避免交通拥堵和安全隐患；
e) 适应无人机的性能指标，包括并不限于最大爬升率、最大爬升高度、飞行速度和最小转弯半径等，确保进离场路径能够满足不同类型无人机在各种运行条件下的安全和有效操作，以及为不同性能特征的无人机提供足够的空间和灵活性，确保其能够顺利完成起飞和降落，及在飞行过程中进行安全的机动操作。

4.2.2 航线划设

4.2.2.1 多旋翼无人机终端区域内航线划设

多旋翼无人机终端区域内航线划设宜满足以下内容，见图5：

a) 设置无人机巡航航线与终端区进场高度层交点为进场点，作为无人机进入终端区域的起始位置；
b) 在进场点后，设计进场等待航段，满足特定的水平或高度间隔，以支持多架无人机同时在该区域悬停等待；
c) 建立悬停等待层，以起降位为中心的特定范围内设置接近决策点，无人机可通过进场下降航段到达接近决策点；
d) 在单个起降位根据对接航路数量和繁忙程度设立多个接近决策点，接近决策点宜满足一定的间隔要求，以便多架无人机在接近决策点等待；
e) 在起降位上空设定一个最后进近点，并通过进近接近航段连接接近决策点，最后进近点作为无人机进离场航线的分离点；
f) 无人机离场航线设计为从起降位垂直起飞并持续爬升，经过起降共用航线段和离场爬升航段，中间宜有到达最后进近点的描述，达到离场高度层后，通过离场转出航段连接巡航航线，离场点为无人机离开终端区域的结束点；
g) 为每个起降位设定到对应备降位的应急航线，并确保应急航线与无人机进离场航线保持足够间隔，以满足同时飞行的需求。

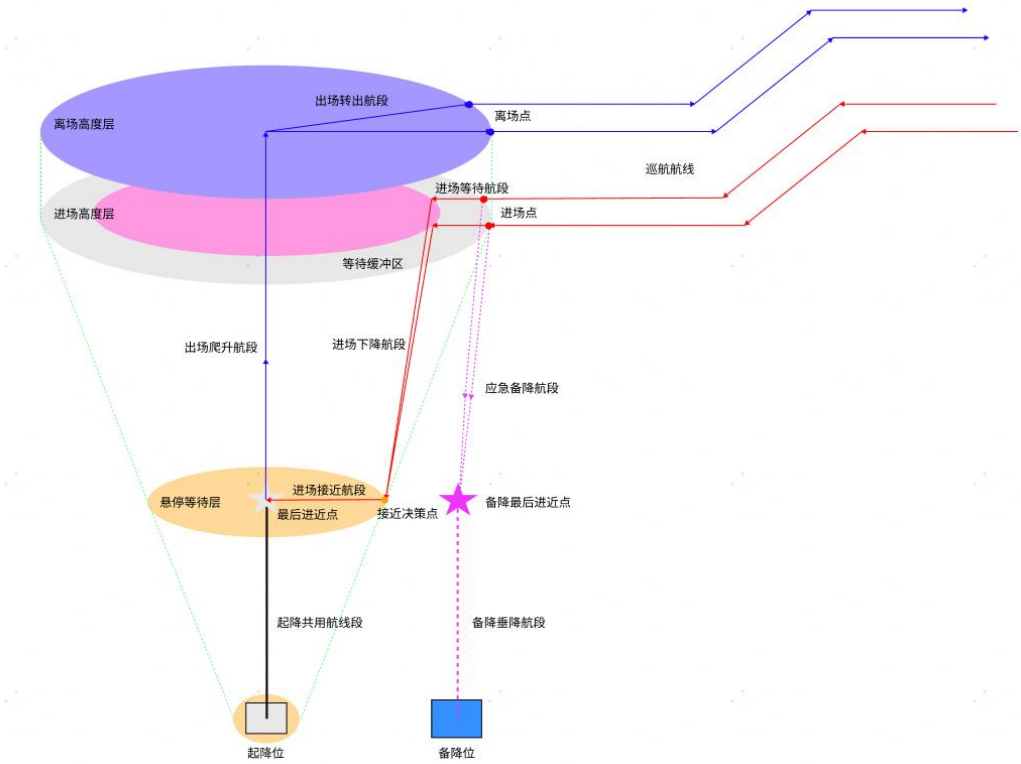


图 5　多旋翼无人机终端区域航线规划

4.2.2.2　垂起固定翼无人机终端区域航线划设

垂起固定翼无人机终端区域内航线划设除符合通用要求外，宜满足以下内容，见示意图6：

a）　进场等待航段的设计宜支持多架无人机同时盘旋运行，其水平和高度间隔宜满足相应规定；

b）　进离场爬升与下降航段的设计，宜符合固定翼状态下的爬升率和下降率规范，以确保飞行过程中的航迹保持能力；

c）　宜设置飞行模式转换区及转换航段。转换航段的长度与高度限制宜满足模式切换需求，且在进场和离场的模式转换过程中，宜保持足够的水平或高度间隔。

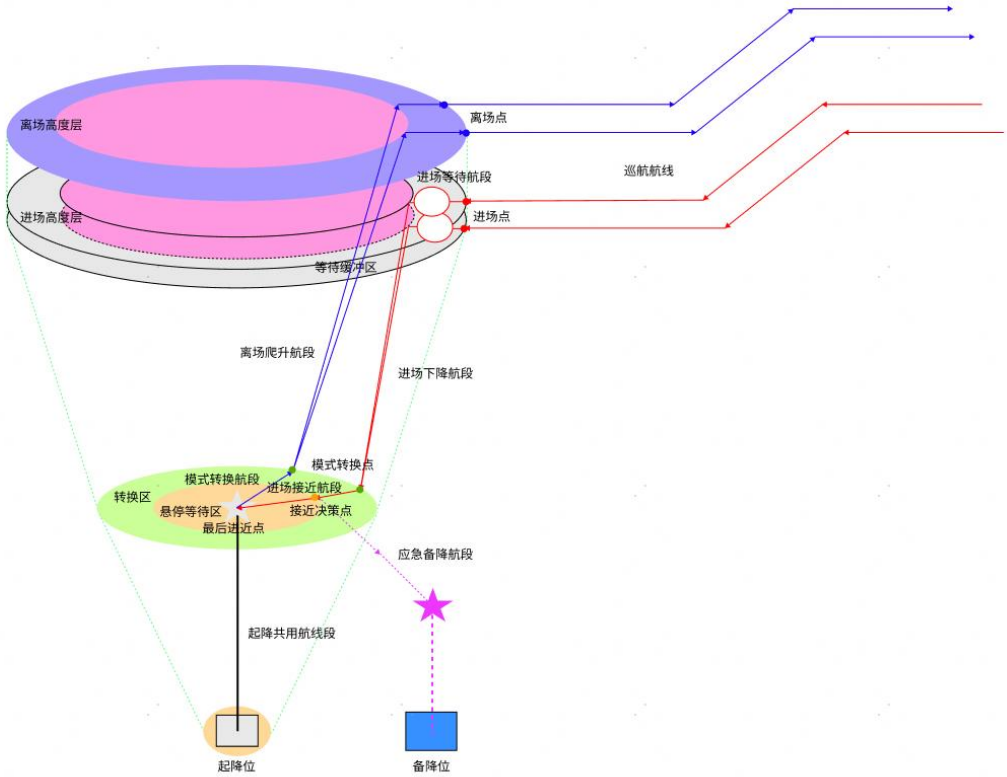


图 6　垂起固定翼无人机终端区域航线规划

4.3　进离场流量管理程序

4.3.1　进场程序

无人机进场程序宜参照下述步骤开展，见图7：

a) 无人机的进场程序分为三个主要阶段：进场、接近和垂直降落。进场阶段覆盖从进场点到接近决策点的航段；接近阶段涵盖接近决策点到最后进近点的航段；而垂直降落阶段包括最后进近点到起降位的航段；

b) 进场程序采用树状结构进行规划，汇集多个进场点至接近决策点，再经由多个接近决策点收敛至最后进近点，最终导向统一的起降位，以提升进近阶段的空域承载能力；

c) 无人机能否进入每个阶段取决于该阶段末端决策点的占用状态，进场程序设计需确保各阶段的安全性和运行效率；

d) 一旦无人机获准进入某一阶段，该阶段的末端决策点即被占用，后续其他同一阶段无人机等待放行；

e) 当多个无人机待进入下一阶段的同一位置时，进场程序将根据各无人机的电量、状态及异常状况进行优先级排序，以优化调度。

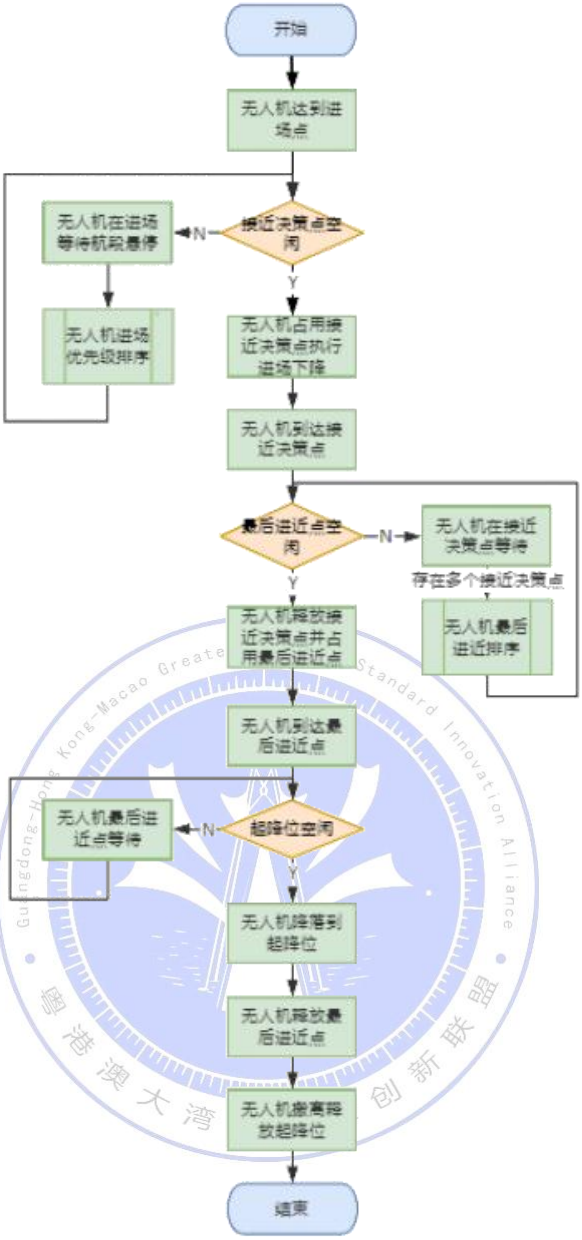


图 7　无人机进场程序

4.3.2　离场程序

无人机离场程序宜参照下述流程开展，见图8：

a）　当起降位可用时，无人机宜移动至起降位并完成占用；

b）　当无人机满足离场条件且最后进近点空闲时，无人机占用最后进近点，并优先执行离场放行；

c）　无人机通过最后进近点后，释放该点，并沿与进场航线无冲突的路径飞行，到达离场点完成离场程序；

d）　在紧急情况下，若无人机已占用最后进近点，执行返航程序；若未占用最后进近点，执行备降程序，以避免影响进场无人机的运行安全。

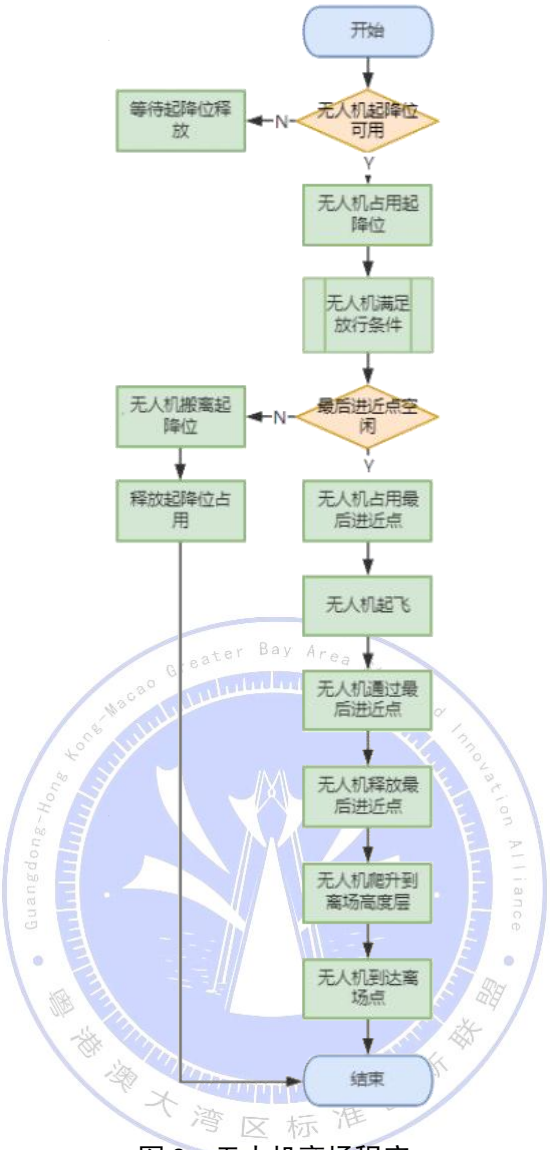


图 8　无人机离场程序

4.3.3　飞行优先顺序

在进离场程序中，飞行优先顺序宜遵循以下内容：

a)　在飞行计划制定过程中，按照无人机执行飞行任务重要性、计划班次、航路及起降场流量管理等方式约定离场顺序，确保无人机离场过程高效及有序；

b)　当多个无人机在同一起降场同时请求进离场时，优先满足进场无人机的飞行需求，同时在进场无人机中，优先保障续航能力不足和设备故障的无人机飞行需求；

c)　在无人机进离场过程中突发紧急状况，优先确保当前紧急状态的无人机进入应急安全航线和应急备降点。

5　通信与导航系统

5.1　通信能力

无人机进离场过程中，为保证飞行安全，通信设备宜满足如下内容：

a)　通信系统宜满足控制和指挥链路数据传输需求，且时延满足管制的要求；

b)　通信系统信号宜覆盖机场进离场程序执行全部区域，水平及垂直方向无盲区、无死角；

c） 通信系统宜具备自管理能力，并能将状态信息、故障信息等上报给管制系统；
d） 通信系统宜具备传输差分信息的能力，保证无人机能使用高精地图导航定位。

5.2 无人机及地面导航辅助设备技术规格

无人机及地面导航辅助设备的导航定位精度宜满足场地对起降精度的需求，宜满足如下内容：
a） 采用基于无线电的导航设备时，场地宜满足无线电定位相关要求，如无遮挡、无相关频率无线电干扰等；
b） 采用基于视觉的导航设备时，场地宜满足视觉设备相关要求，如光照要求、纹理要求等；
c） 采用其他技术的导航设备时，场地宜满足相应设备的要求。

6 运行控制系统

6.1 场地指示灯

起降位宜设置场地指示灯，用于指示终端区域的运行状态，以提醒地面保障人员及其他相关人员。场地指示灯的设置宜参照如下内容：
a） 场地指示灯宜采用高亮度、耐候性强的指示灯，以保证各种天气条件下的可见度要求；
b） 场地指示灯宜与飞行管理系统进行集成，以实时更新场地的运行状态；
c） 场地指示灯通过红、黄、绿三种颜色及常亮、快闪两种种模式的组合，表示终端区域的不同状态，详细说明如表 1。

表 1 场地指示灯含义

闪烁模式	指示灯颜色		
	红色	黄色	绿色
常亮	表示无人机正在执行垂直起降作业，人员勿靠近	表示最后进近点空闲，但接近决策点占用，此时无人机进场下降中，人员需保障起降位可用	表示最后进近点及接近决策点空闲，无无人机进离场，人员可在场地内作业
快闪	表示正在执行垂起起降的无人机存在故障或导航状态不满足精准降落要求，人员勿靠近并保持关注	表示最后进近点占用，但未进入垂直起降阶段，人员需保障起降位满足无人机降落要求	—

6.2 管控界面显示

运行控制系统管控界面显示宜参照如下内容：
a） 实时显示所有进离场无人机的状态信息，包括无人机位置、高度、速度、飞行状态、导航状况及剩余电量等关键参数；
b） 清晰展示起降位终端区域的划分边界，并实时更新终端区域内关键点的空闲及占用状态；
c） 提供无人机飞行航线的实时显示，并能够预测其后续飞行路径，以可视化地图形式呈现；
d） 明确显示起降位的进离场队列顺序，同时提供预计的等待时间及降落时间信息；
e） 当无人机发生异常情况（如故障、航线偏离、速度异常或通信丢失）时，系统宜立即触发警报，并通过颜色变化、闪烁和文字提示在界面上进行预警；
f） 具备展示无人机终端区域节点的占用和释放状态，并提供有关系统终端管制指令及人工管制指令的执行状态信息；
g） 集成周围气象状态、通信导航环境及空域使用情况等信息，以便机长进行综合评估；
h） 展示终端区域的应急航线及应急备降点位置等关键信息，确保在突发情况下的快速响应。

6.3 管控系统控制功能

运行控制系统控制宜参照如下内容：
a） 具备自动化终端区域管控能力，能够自动发送相关管制指令，引导无人机进离场或等待；
b） 管控系统相关指令需要保证指令及时性到达，确保无人机在飞行过程中能够迅速响应管控指令，避免指令延迟带来的安全隐患；

c） 具备一键切换人机控制权切换功能，允许操作人员在紧急情况下立即将无人机从系统管控控制切换到手动控制，以确保安全；
d） 支持同时管理多架无人机起降和飞行，能够在复杂空域中实现无人机的安全进离场和任务协同，优化空域利用效率；
e） 建立严格的用户身份认证和权限控制系统，确保只有经过授权的人员能够进行关键操作，同时记录所有操作日志，以便审计及安全事件的追溯。

7 应急管理冲突及处置程序

7.1 冲突避免程序

7.1.1 民用无人驾驶航空器宜具备空中被监视能力，按照民用航空管理部门的要求向民用无人驾驶航空器综合管理平台（UOM）报送身份和飞行动态数据，且在运行时不得关闭报送功能。
7.1.2 民用无人驾驶航空器之间，以及民用无人驾驶航空器与有人驾驶航空器之间按照民用航空管理部门的要求保持飞行间隔，并宜遵守以下避让规则：
a） 避让有人驾驶航空器、无动力装置的航空器以及地面、水上交通工具；
b） 单架飞行避让集群飞行；
c） 微型无人驾驶航空器避让其他无人驾驶航空器；
d） 国家空中交通管理领导机构规定的其他避让规则。

7.2 应急处置程序

7.2.1 运行人宜针对以下可能出现的紧急情况制定应急处置程序：
a） 无人驾驶航空器迫降（立即降落）；
b） 降落伞开伞（如安装）；
c） 无人驾驶航空器坠机；
d） 无人驾驶航空器失控飞行。
7.2.2 为应对无人驾驶航空器坠地或与有人驾驶航空器空中相撞突发事件，运行人宜制定应急响应预案，以最大程度降低事故造成的损失或影响，并定期组织应急响应预案的演练和培训。
7.2.3 无人驾驶航空器飞行发生异常情况时，运行人宜及时处置，并服从空中交通管理机构的指令；导致发生飞行安全问题的，运行人宜在无人驾驶航空器降落后 24 小时内向空中交通管理机构报告有关情况。

参 考 文 献

[1] MH/T 4053-2022 民用无人驾驶航空器空中交通管理信息服务系统数据接口规范
[2] MH/T 4054-2022 城市场景轻小型无人驾驶航空器物流航线划设规范
[3] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例（国令第761号）
[4] 民用无人驾驶航空器运行安全管理规则（交通运输部令2024年第1号）

Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area Standard Innovation Alliance
粤港澳大湾区标准创新联盟