

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX—XXXX

代替 XX/T

支线物流固定翼无人驾驶航空器航线划设 程序指南

Guidelines for route planning procedures for feeder logistics fixed-wing unmanned
aircraft

(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

中国民用航空局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 支线物流场景	3
5.1 场景描述	3
5.2 运行程序	3
5.3 运行能力	4
6 航线组成	4
6.1 航线类型	4
6.2 航线结构	4
7 航线划设程序	5
7.1 概述	5
7.2 数据收集	5
7.2.1 数据类型	5
7.2.2 相关方建议	5
7.2.3 数据整理	6
7.3 方案设计	6
7.3.1 起飞航线	6
7.3.2 离场航线	6
7.3.3 着陆航线	7
7.3.4 进近航线	8
7.3.5 进场航线	9
7.3.6 巡航航线	9
7.3.7 等待航线	10
7.4 验证与优化	10
7.4.1 地面验证	10
7.4.2 航线标定	10
7.4.3 飞行验证	10
7.5 发布与实施	10
7.5.1 相关方协调	10
7.5.2 航线发布	11
7.5.3 方案宣贯	11
7.5.4 动态评估	11
附录 A (资料性) 航线划设基础	12
A.1 航线类别及用途	12

A.2 数据类型.....	12
A.3 航线划设程序.....	13
附录 B (资料性) 保护区设置	14
B.1 航路点定位精度.....	14
B.2 保护区半宽.....	14
B.3 旁切转弯保护区截面.....	15
B.4 不同宽度保护区衔接.....	16
B.5 缓冲区宽度.....	17
附录 C (资料性) 障碍物评估	18
C.1 航线垂直偏差.....	18
C.2 最小超障余度.....	18
C.3 直线离场障碍物评估.....	19
C.4 转弯离场障碍物评估.....	19
C.5 进场航线障碍物评估.....	19
C.6 着陆航线障碍物评估.....	20
C.7 进近航线 OAS 面.....	20
C.8 复飞航线障碍物评估.....	21
附录 D (资料性) 风险评估方法示例	23
D.1 地面风险评估示例.....	23
D.2 空中风险评估示例.....	24
附录 E (资料性) 航线验证	25
E.1 地面验证检查单.....	25
E.2 模拟机验证检查单.....	25
E.3 飞行验证检查单.....	26
附录 F (资料性) 航线发布示例	27
参考文献.....	29

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。

本文件由中国民用航空局空管行业管理办公室提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民航管理干部学院、时代飞鹏科技有限公司、中国民用航空空中交通管理局运行管理中心、自贡凤鸣通用机场、中国科学院地理科学与资源研究所、中国民航科学技术研究院、航天时代低空科技有限公司、中国民用航空飞行学院。

本文件主要起草人：刘菲、吕人力、杨非、李慧盈、蔡权、王茂霖、邱学清、张柯、赵亮、廖小罕、叶虎平、谭晓文、徐群玉、孙歌苹、汪善武、李莹莹、李诚龙、郑远、刘洋、武梅丽文等。

支线物流固定翼无人驾驶航空器航线划设程序指南

1 范围

本文件给出了支线物流场景、航线组成与航线划设程序，为支线物流运行人提供了航线划设程序指导。

本文件适用于支线物流场景下实施隔离飞行、最大起飞重量在750 kg至5700 kg之间，航程在80 km至600 km范围内的固定翼无人驾驶航空器的航线划设，其他固定翼无人驾驶航空器运行人可参照执行。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固定翼无人驾驶航空器 **fixed-wing unmanned aircraft**

由动力装置产生推力或拉力，由机身固定机翼产生升力，在大气层内飞行的重于空气的无人驾驶航空器。

注：固定翼无人驾驶航空器飞行中的升力主要由作用于机身的机翼翼面上的空气动力的反作用力获得，此翼面在给定飞行条件下保持固定不变。

[来源：GB/T 38152—2019，2.1.9]

3.2

航线 **route**

航空器从地球表面一点飞至另一点的预定飞行路线。

3.3

航路点 **waypoint**

用于确定航空器飞行航线而规定的地理位置。

注：航路点有两种：

- 旁切航路点：要求在航路点之前预先转弯切入航线下一航段的航路点；
- 飞越航路点：在航路点开始转弯以便加入航路的下一航段的航路点。

3.4

航段 **segment**

由航路点标示的航线的一部分。

3.5

关键航路点 **significant waypoint**

用于标定航空器飞行航段以及为其他航行和空中交通服务目的而规定的航路点。

3.6

标称航迹 **nominal track**

航空器沿预定航线飞行的平均飞行轨迹。

注：可通过机型模拟机仿真获得标称航迹。

3.7

最小超障余度 **minimum obstacle clearance**

航空器在保护区内飞越障碍物上空时，保证航空器不与障碍物相撞的最小垂直间隔。

3.8

高 **height**

一水平面、一点或被视为一点的物体至某一特定基准面的垂直距离。

3.9

高度 level

航空器在飞行中垂直位置的通称。

注：包括高、海拔高度或飞行高度层等各种不同含义。

3.10

总系统误差 total system error

航空器实际位置与标称航迹之差。

注：总系统误差主要由导航系统误差与飞行技术误差构成。

3.11

飞行技术误差 flight technical error

航空器导航系统估计位置与期望位置之差。

注：飞行技术误差受操控员响应延时、控制系统精度、空气动力特性及气象条件等因素影响。

3.12

导航系统误差 navigation system error

航空器实际位置与导航系统估计位置之差。

3.13

航线保护区 route protection area

为保证飞行过程中航空器不与障碍物相撞，沿标称航迹划设的水平范围。

3.14

航线缓冲区 route buffer area

位于航线保护区外侧，航空器失控终止飞行所需的地面范围。

3.15

障碍物鉴别面 obstacle identification surface

用于识别和筛选障碍物高度/高的一个斜面。

3.16

障碍物评价面 obstacle assessment surface

在进近着陆阶段用于障碍物评估的面。

3.17

跑道起飞末端 departure end of the runway

用于起飞的区域末端。

3.18

起飞点 take-off fix

跑道上航空器假定开始起飞滑跑的一点。

3.19

起飞末端点 end of take-off

航空器到达起飞安全高的位置。

3.20

离场结束点 end of departure

离场航线与巡航航线的衔接点。

3.21

进场起始点 arrival point

巡航航线与进场航线的衔接点，是引导航空器开始进场飞行的重要航路点。

3.22

最后进近定位点 final approach fix

设置在跑道延长线上，航空器开始实施最后进近着陆的航路点。

3.23

着陆入口点 landing threshold point

着陆航线以着陆安全高飞越其之上，着陆安全高投影与跑道中线或跑道中线延长线的交点。

注：通常可将跑道中线与跑道入口的交点设置为着陆入口点。

3.24

跑道入口 threshold

跑道可用于着陆部分的起端。

3.25

着陆点 touchdown fix

航空器着陆拉平后接地的预计位置。

3.26

复飞点 missed approach point

进近阶段的一个点，在该点或之前若不具备着陆条件，则执行复飞程序。

3.27

等待点 holding point

作为等待航线基准的一个航路点。

3.28

迫降点 forced landing site

航空器实施紧急着陆的预定位置。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ADS-B: 广播式自动相关监视 (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

ATC: 空中交通管制 (Air Traffic Control)

ATT: 沿航迹容差 (Along-track Tolerance)

BVLOS: 超视距 (Beyond Visual Line of Sight)

DER: 跑道起飞末端 (Departure End of the runway)

FAF: 最后进近定位点 (Final Approach Fix)

FTE: 飞行技术误差 (Flight Technical Error)

LTP: 着陆入口点 (Landing Threshold Point)

MDH: 最低下降高 (Minimum Descent Height)

MOC: 最小超障余度 (Minimum Obstacle Clearance)

NSE: 导航系统误差 (Navigation System Error)

OAS: 障碍物评价面 (Obstacle Assessment Surface)

OIS: 障碍物鉴别面 (Obstacle Identification Surface)

QNH: 修正海平面气压基准 (Altimeter Sub-scale Setting to Obtain Elevation When on the Ground)

QNE: 标准海平面气压基准 (Altimeter Sub-scale Setting to Standard Sea Level Pressure)

SOC: 起始爬升 (Start of Climb)

THR: 跑道入口 (Threshold)

TSE: 总系统误差 (Total System Error)

VTT: 垂直容差 (Vertical-track Tolerance)

XTT: 偏航容差 (Cross-track Tolerance)

5 支线物流场景

5.1 场景描述

支线物流场景下，固定翼无人驾驶航空器（以下简称“航空器”）使用民用跑道型机场起降，在BVLOS运行模式下，按照预先设置航线自动循迹飞行，远程操控员可根据情况实施人工介入。航空器在无人驾驶航空器管制空域范围内与其它有人驾驶航空器隔离飞行，且运行区域地面人口稀少。

5.2 运行程序

航空器采用程序化控制方式，主要飞行阶段如图1所示。运行程序划分如下。

- 标准类：航空器按照起飞、离场、巡航、进场、进近、着陆六个阶段循迹飞行；当不满足着陆条件或接收空中交通管制（以下简称“管制”）指令时，执行等待或复飞程序。
- 应急类：航空器根据具体情况触发返航、备降或迫降程序，退出当前航线并切入预设的应急航线循迹飞行。

注1：程序化控制是指机载飞行控制系统按照预设航线、操控员指令对航空器构型、姿态、动力进行控制。

注2：应急程序触发条件包括设备异常、指挥和控制链路中断（超过链路丢失判定时间）、动力系统失效、气象条件恶化等。

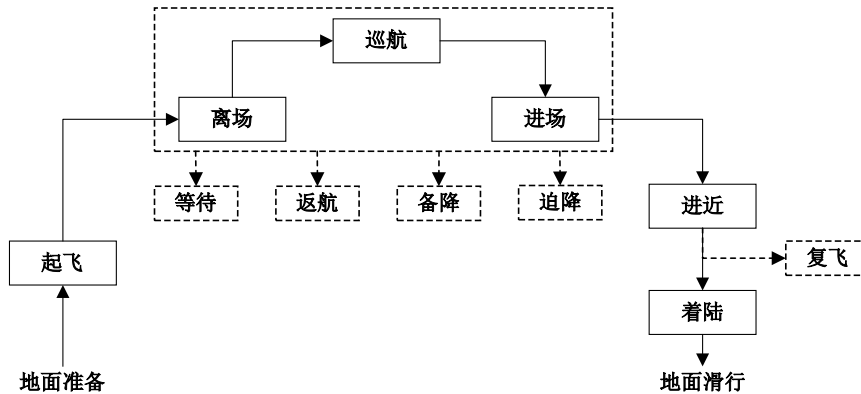


图1 飞行阶段示意图

5.3 运行能力

按支线物流场景运行的航空器系统宜具备以下能力。

- 通信能力：运行人与管制部门在飞行中保持有效双向通信，并具备冗余备份，管制指令响应时间满足管制要求。
- 导航能力：在起飞、离场、进近、着陆阶段，航空器具备满足精度要求的卫星导航系统进行水平和垂直引导的能力，并在起降机场安装相应地面设备；在离场、进场和巡航阶段，航空器主要使用卫星导航系统，并具备使用气压高度表进行高度控制的能力。
- 被监视能力：航空器至少安装一套能够对空中交通管制的询问进行编码回答和自动发送气压高度信息的 ATC 应答机。

注：建议航空器安装自动发送气压高度信息的 ADS-B 1090ES 机载监视设备。

- 控制系统功能：航空器具备速度与姿态包线保护功能；具备航线偏离告警及自动修正功能，以及依据过渡高度/过渡高度层进行 QNH 与 QNE 高度基准转换的功能。
- 应急处置能力：航空器具备按照操控员指令或预设应急航线执行循迹飞行的能力。

6 航线组成

6.1 航线类型

根据运行程序，航线分为以下类型。

- 标准类：起飞航线、离场航线、巡航航线、进场航线、进近航线、着陆航线、复飞航线、等待航线。
- 应急类：备降航线、返航航线、迫降航线。

各类航线作用与示意图见附录 A.1。

6.2 航线结构

航线由航路点连接的多个航段组成。各航段包括航路点和标称航迹。航线结构如图2所示，具体如下。

- a) 关键航路点：包括起飞点、起飞末端点、离场结束点、转弯航路点、控制权切换点（如适用）、备降改航点（如适用）、最晚返航点（如适用）、等待航路点（如适用）、进场起始点、最后进近定位点、着陆入口点、着陆点、复飞点、迫降点等。
- b) 航线保护区：在水平方向上，沿标称航迹两侧对称划设。保护区宽度与航路点定位精度、航空器性能及运行程序相关，计算方法参见附录 B.1 至 B.3，计算结果以 m 为单位向上取整。
- c) 航线缓冲区：在各飞行阶段，缓冲区内侧边界为航线保护区的外侧边界。缓冲区宽度与航空器性能、偏出保护区的处置措施及程序相关，计算方法参见附录 B.5，计算结果以 m 为单位向上取整。

注：缓冲区是航线保护区与地面第三方人员、重要设施的地面缓冲区域。

- d) MOC：MOC 与航空器性能及定位精度相关，具体如下：
 - 1) 各飞行阶段 MOC 的确定参见附录 C.1 和 C.2，以 m 为单位向上取整；
 - 2) 航线保护区内，航空器与障碍物间的垂直间隔至少保持 100% 的 MOC；在高原、山区等特殊环境下，可酌情增加 MOC；
 - 3) 航线缓冲区内不提供超障余度保护。

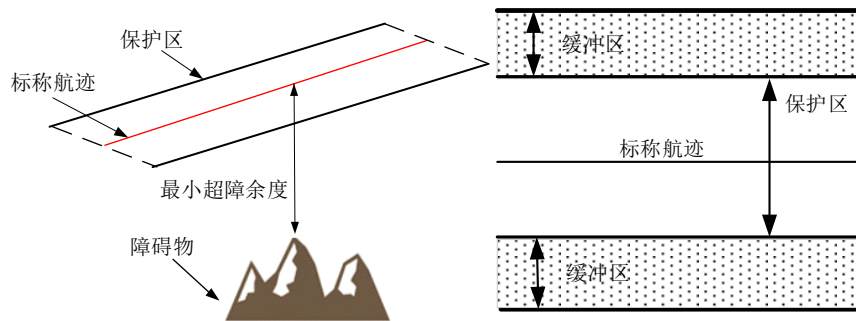


图2 航线三维视图、俯视图

7 航线划设程序

7.1 概述

航线划设程序包括数据收集、方案设计、验证与优化、发布与实施四个阶段（流程参见附录A.3），主要内容如下。

- a) 数据收集：收集航线划设所需的基础数据与相关方建议，核实准确性后导入航线划设工具。
- b) 方案设计：基于收集的数据，分阶段初步规划航线，完善航线结构，开展航线评估与调整，并根据需要划设应急航线。
- c) 验证与优化：开展航线方案的地面验证、航线标定和飞行验证，根据验证结果核验并优化航线划设方案。
- d) 发布与实施：运行人按照规范形式发布航线划设方案，明确使用限制，并对航线进行动态评价。

7.2 数据收集

7.2.1 数据类型

收集的数据类型宜包括如下。

- a) 涉及起飞、离场、进场、进近、着陆、复飞的数据：机场基础数据、空域要求、航空器性能、环境条件、运行限制等。
- b) 涉及巡航的数据：空域要求、环境条件、航空器性能、运行限制等。

数据具体内容参见附录A.2。

7.2.2 相关方建议

数据收集过程中，宜与相关管制单位、机场、运行人内部部门及地面重要设施管理单位等相关方进行沟通协调，获取航线划设建议。

- a) 管制单位：与民航管制单位确认相关区域民航航路、航线的分布与走向，沟通进出终端区方式、高度限制、使用时段与管制调配方法，评估飞行冲突可能性，确认安全间隔；与军方核实空域使用限制，确定避让规则与调配措施。
- b) 机场：核实机场基础数据及周边环境信息，确认航空器运行所需地面设施的布设位置。
- c) 运行人内部部门：运行人宜建立跨部门协调机制，确保飞行、运行、技术及安全管理等部门共同确认运行安全要求，提供航线划设建议。
- d) 地面重要设施管理单位：确认重要设施的分布、电磁环境及限制范围等。

7.2.3 数据整理

数据整理包括数据核验与数据导入，宜遵守以下规则。

- a) 数据核验：逐项查验数据，对于不满足要求或存在错误的的数据，根据需求重新获取或进行现场勘察。
 - b) 数据导入：将数据导入航线规划工具前，统一各类数据的坐标系。
- 注：坐标系的使用宜参考民航相关标准。

7.3 方案设计

7.3.1 起飞航线

起飞航线包括地面滑跑段与到达起飞安全高的飞行段，划设宜满足以下规则。

注1：起飞安全高可设置为15 m，到达起飞安全高前航空器不宜进行转弯。

- a) 明确起飞距离，确定起飞点和起飞末端点；起飞末端点宜位于跑道起飞末端（DER）或DER之前。
- 注2：若起飞末端点位于DER之后，运行人宜对起飞航线的飞行段开展障碍物评估。
- b) 沿跑道两个方向分别划设起飞航线。
 - c) 识别机场电磁环境，评估潜在的电磁干扰情况。

7.3.2 离场航线

7.3.2.1 初步规划

离场航线初步规划的目标是确定离场结束点及转弯航路点（如适用），宜满足以下规则。

- a) 基于数据收集结果，判断划设限制条件（如空域要求、运行限制、环境条件、机场建议等），确定可飞区域范围及离场结束点。
- b) 基于航空器性能、指挥和控制链路通信需求以及障碍物分布，确定转弯航路点；直线离场航线无需转弯航路点。

注1：直线离场航线是指离场航线与跑道中心线夹角在15°以内。

注2：离场航线划设主要参考航空器的爬升梯度与速度性能。

7.3.2.2 保护区划设

离场航线保护区截面如图3所示，划设宜满足以下规则。

- a) 基于起飞点、起飞末端点、转弯航路点、离场结束点，根据航空器实际飞行性能获取标称航迹。
- b) 保护区宽度设置方法参照附录 B.1，转弯保护区截面设置参照 B.3。
- c) 保护区起始于DER，起始宽度根据航空器跑道起飞阶段侧向偏差设定（如半宽45m）；在跑道中线延长线两侧分别按照15°向外扩张，直至达到设定飞行保护区边界，如图3所示。
- d) 如离场阶段因导航设备等原因导致保护区宽度变化，其衔接方法参照附录 B.4。
- e) 参照附录 B.5 在保护区两侧设置缓冲区。

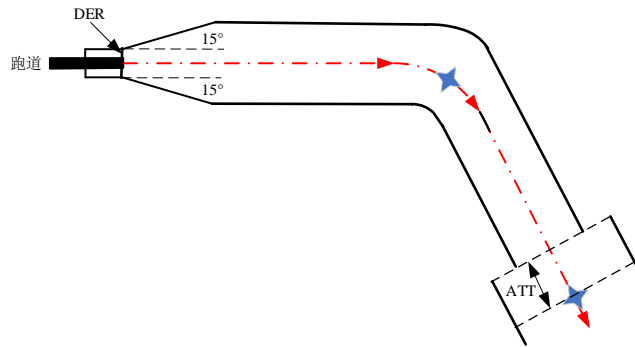


图3 离场航线保护区截面

7.3.2.3 评估与调整

针对标称航迹及其保护区、缓冲区范围，进行离场航线评估与调整，宜满足以下规则。

- a) 风险评估：分别开展离场航线地面风险与空中风险评估（方法参见附录 D）；宜通过调整转弯航路点、离场结束点或飞行高度以满足要求。
- b) 障碍物评估：参考附录 C.2 确定离场航线 MOC，分为直线与转弯离场两类进行评估：
 - 1) 直线离场：建立 OIS 面开展离场障碍物评估，OIS 面确定与评估方法参照附录 C.3；宜通过调整离场结束点高度以满足超障需求；
 - 2) 转弯离场：直线爬升航段障碍物评估方法与直线离场一致；转弯区允许的障碍物最大高度参照附录 C.4 确定，宜通过调整转弯航路点位置、爬升梯度以满足超障需求。

7.3.2.4 应急程序

离场阶段的应急航线划设宜遵守以下规则。

- a) 返航航线：宜与起飞机场的进场、进近航线顺畅衔接，并对衔接航线进行障碍物评估。
- b) 迫降航线：宜以直飞为主，减少转弯。

注：迫降场选择主要考虑航空器滑翔及姿态控制能力，迫降场周边无重要基础设施且人口稀少

7.3.3 着陆航线

着陆航线包括从着陆安全高到着陆点的飞行段及着陆滑跑段，划设宜满足以下规则。

- a) 标称航迹与跑道中线对正，保持直线接地。
- b) 明确着陆距离与下降梯度，确定着陆点与着陆安全高对应的位置点；着陆安全高位置宜设置在跑道入口（THR）或 THR 之后，如图 4 所示。

注：着陆安全高宜设置为 15 m，着陆距离为着陆飞行段沿跑道方向距离与着陆滑跑距离之和。

- c) 若着陆安全高位置在 THR 之前（如图 5 所示），参照附录 B.2 设置着陆航线保护区，并参照附录 C.6 进行障碍物评估；宜通过调整着陆点或选择跑道着陆方向以满足超障需求。
- d) 沿跑道两个方向划设着陆航线。

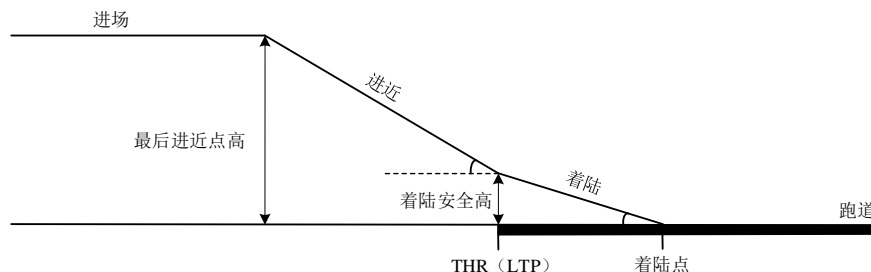


图4 进近、着陆航线示意图 1

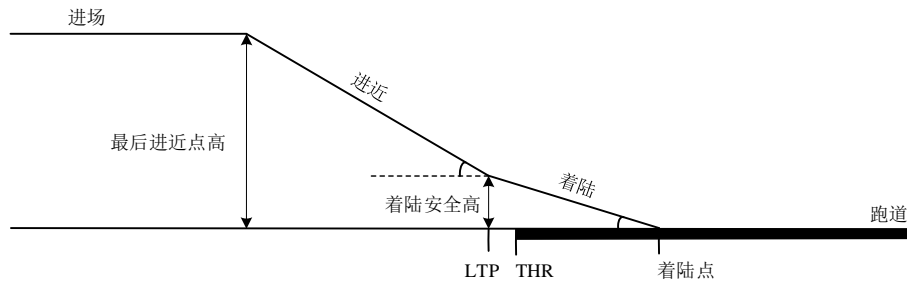


图5 进近、着陆航线示意图 2

7.3.4 进近航线

7.3.4.1 初步规划

进近航线与着陆航线衔接，其划设目标是确定FAF（如图6所示），宜遵守以下规则。

a) 明确最后进近点高和进近航线梯度，确定 FAF。

注：进近航线梯度宜为航空器的最佳下降梯度，不小于最小下降梯度，不大于最大下降梯度。

b) 沿跑道两个方向划设与着陆航线衔接的进近航线。

7.3.4.2 保护区划设

进近航线保护区截面如图6所示，划设宜满足以下规则。

a) 基于 FAF、着陆点、着陆安全高获得进近航线标称航迹。

b) 保护区宽度设置方法参照附录 B. 1，并参照附录 B. 5 在保护区两侧设置缓冲区。

c) 保护区应起始于最后进近定位点前一倍 ATT 处，结束于复飞点前一倍 ATT 处。

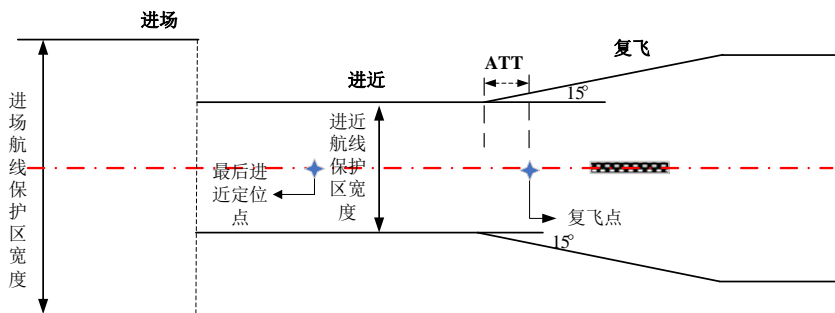


图6 进近、复飞航线保护区截面

7.3.4.3 评估与调整

针对进近航线标称航迹、保护区及缓冲区进行评估与调整，宜满足以下规则。

a) 风险评估：开展进近航线地面风险与空中风险评估（方法参见附录 D）；宜通过调整进近方向以满足要求。

b) 障碍物评估：参考附录 C.2 确定进近航线 MOC，参考附录 C.7 建立 OAS 面进行航线障碍物评估；进近航线宜与 OAS 面保持至少一倍 MOC 距离，宜通过调整进近下降梯度、FAF 位置或着陆点位置以满足超障需求。

7.3.4.4 复飞航线

7.3.4.4.1 初步规划

复飞航线划设目标是确定复飞点、转弯航路点（如适用）及复飞结束点，宜考虑以下因素。

a) 复飞点确定宜综合考虑航空器复飞转换爬升的高度损失、障碍物分布及 MOC 等因素。

b) 复飞航线宜以切入离场或进场航线为止，复飞结束点为两者交点。

c) 根据航空器爬升性能与障碍物分布，确定复飞航线的爬升梯度与转弯航路点（如适用）。

注：复飞触发条件包括侧风或逆风过大、与前方航空器间隔不足、跑道入侵、管制指令要求、航迹偏离超限及其

它操控员判定无法安全降落的情况。

7.3.4.4.2 保护区划设

复飞航线保护区截面参见附录C.8，划设宜满足以下规则。

- a) 基于复飞点、转弯航路点（如适用）、复飞结束点获取标称航迹。
- b) 复飞航线保护区起始于复飞点前一倍 ATT 处，起始宽度宜设置为进近航线保护区宽度；在跑道中心线延长线两侧按 15° 角向外扩张，达到设定飞行保护区边界。

7.3.4.4.3 评估与调整

针对复飞航线的标称航迹、保护区及缓冲区开展航线评估与调整，宜满足以下规则。

- a) 风险评估：开展复飞航线地面风险与空中风险评估（方法参见附录 D）；宜通过调整转弯航路点（如适用）或复飞结束点以满足要求。
- b) 障碍物评估：评估分为起始复飞和复飞爬升两部分；宜建立复飞面（Z 面）进行复飞爬升障碍物评估，并在进近 OAS 面起点与 Z 面起点之间建立水平面进行起始复飞障碍物评估；SOC 点、Z 面起始点、爬升梯度设置及障碍物评估方法参见附录 C.8；宜通过调整复飞点或复飞爬升梯度以满足超障需求。

7.3.5 进场航线

7.3.5.1 初步规划

进场航线划设目的是确定进场起始点和转弯航路点，宜满足以下规则。

- a) 基于数据收集结果，判断进场航线划设限制条件，确定可飞区域范围及进场起始点。

注：进场起始点通常设置于机场终端区范围内。

- b) 基于航空器性能、指挥和控制链路通信需求及障碍物分布确定进场起始点与最后进近点之间的进场航线走向和转弯航路点。

7.3.5.2 保护区划设

进场航线保护区划设宜满足以下规则。

- a) 基于进场起始点、转弯航路点、最后进近定位点获得标称航迹。
- b) 基于进场航线标称航迹划设保护区，保护区宽度设置方法参照附录 B.1，并参照附录 B.5 在保护区两侧设置缓冲区。

注：航空器到达机场附近卫星导航系统定位精度提高，保护区范围缩小，其衔接宜参照B.4进行设置。

7.3.5.3 评估与调整

针对进场航线的标称航迹、保护区及缓冲区进行航线评估与调整，宜满足以下规则。

- a) 风险评估：开展进场航线地面风险与空中风险评估（方法参见附录 D）；宜通过调整转弯航路点或进场起始点满足要求。
- b) 障碍物评估：航线最低飞行高度为保护区范围内障碍物的最大高度加上 MOC；转弯区允许的障碍物最大高度参照附录 C.5 确定；宜通过调整转弯航路点位置以满足超障需求。

7.3.5.4 应急程序

进场阶段应急程序以执行备降、迫降航线为主，具体包括以下规则。

- a) 备降航线：确定备降机场，划设从进场起始点衔接至备降机场巡航航线的航线。
- b) 迫降航线：划设方法宜参考 7.3.2.4。

7.3.6 巡航航线

7.3.6.1 初步规划

巡航航线划设目的是确定转弯航路点，宜满足以下规则。

- a) 巡航航线由多个航段组成，每个航段起始和终止于指定的航路点。
- b) 巡航航线每个航段长度至少为最短航段距离。

- c) 基于数据收集结果，根据航线走向附近的空域要求、环境条件、运行限制及航空器性能，初步确定转弯航路点。

7.3.6.2 保护区划设

巡航航线宜按照不同航段划设保护区，宜满足以下规则。

- a) 基于进场起始点、转弯航路点与离场结束点获得巡航航线标称航迹。
- b) 保护区宽度设置方法参照附录 B.1，并参照附录 B.5 在保护区两侧设置缓冲区。

7.3.6.3 评估与调整

针对巡航航线标称航迹、保护区及缓冲区范围，进行航线评估与调整，宜满足以下规则。

- a) 风险评估：分段开展巡航航线地面风险与空中风险评估（方法参见附录 D）；宜通过调整转弯航路点位置或飞行高度以满足要求。
- b) 障碍物评估：参考附录 C.2 确定各航段 MOC，进而确定各航段最低飞行高度；宜通过调整转弯航路点位置确保航段最低飞行高度不高于航空器升限。

注：航段最低飞行高度为保护区内障碍物的最大高度加上MOC。

7.3.6.4 应急航线

巡航阶段应急航线包括返航、备降和迫降航线，宜满足以下规则。

- a) 返航航线：宜根据气象条件、所需燃油及航程确定最晚返航点（如适用）；返航航线宜与巡航航线顺畅衔接，并对衔接航线进行必要的障碍物评估。
- b) 备降航线：确定备降机场及巡航航线备降改航点；从备降改航点开始，参考 7.3.3 至 7.3.5 及 7.3.6.1 至 7.3.6.3 划设备降航线。
- c) 迫降航线：划设方法宜参考 7.3.2.4。

7.3.7 等待航线

等待航线按需划设，宜确定等待航路点及等待航线形状，并参考7.3.6.3进行障碍物评估与调整。

7.4 验证与优化

7.4.1 地面验证

地面验证分为方案检查与模拟机验证，宜满足以下规则。

- a) 方案检查：参考附录 E.1 建立检查单，对航线划设方案的完整性和准确性进行检查。
- b) 模拟机验证：参考附录 E.2 建立检查单，将航线导入模拟机进行仿真验证。
- c) 航线优化：完成地面验证后，根据验证结果对航线划设方案进行优化。

7.4.2 航线标定

对起飞航线和着陆航线的关键航路点进行现场标定，并更新航线方案中相应的航路点数据。

7.4.3 飞行验证

完成航线标定后，制定飞行试验对航线方案进行评估。参考附录E.3设计飞行验证检查单，分析飞行实测数据，听取机场方建议，进一步提出改进方案。

7.5 发布与实施

7.5.1 相关方协调

完成航线划设方案优化后，宜与管制单位、机场及其他飞行涉及单位建立协调机制，包括如下内容：

- a) 明确航线涉及的空域范围、飞行高度和使用时段，确认方案可行性，对不可行的部分提出改进建议。
- b) 明确运行期间的管制优先级、空域使用要求及应急处置程序。
- c) 明确飞行计划的申请流程与信息通报方式，确保信息传递及时准确。

d) 明确各参与单位的职责边界与责任主体，确保飞行活动全流程可追溯。

7.5.2 航线发布

航线方案获得相关方认可后，运行人宜制作航线文件并发布，发布信息宜满足以下规则。

- a) 航线发布信息应由各航段数据组成，包括：航线类型、航段类型（如适用）、关键航路点经纬度、飞行高度、最低飞行高度、起降及备降机场、航段距离（如适用），示例参见附录 F。
- b) 运行人宜将航线类型及关键航路点进行分类标识，并使用不同编号予以区分。

7.5.3 方案宣贯

在航线投入使用前，运行人宜向内部运行相关人员、机场及管制单位开展航线方案宣贯，提示注意事项及运行风险。

7.5.4 动态评估

航线投入使用后，宜建立航线划设方案迭代更新机制，具体内容如下。

- a) 数据更新：动态获取航线划设数据与相关方建议，根据需要实地勘察补充障碍物信息。
- b) 航线评估：根据更新数据评估航线可行性，必要时对方案进行优化调整并发布新版本。

附录 A
(资料性)
航线划设基础

A.1 航线类别及用途

支线物流固定翼无人驾驶航空器如图A.1所示, 不同类型航线用途如下。

- a) 起飞航线: 引导航空器从起飞点开始滑跑至达到起飞安全高的航线。
- b) 离场航线: 引导航空器离场的航线, 从起飞安全高直至到达离场结束点, 由若干直线爬升、平飞和转弯航段组成。
- c) 巡航航线: 为航空器任务飞行提供航迹引导, 由多个起始和终止于指定航路点的航段组成。
- d) 进场航线: 从进场起始点至最后进近定位点的航线, 用于理顺巡航航线与进近航线的关系。
- e) 进近航线: 起始于最后进近定位点, 终止于着陆安全高的位置, 引导航空器完成进近过程。
- f) 着陆航线: 起始于着陆安全高的位置, 终止于着陆点的位置, 引导航空器完成着陆过程。
- g) 复飞航线: 起始于复飞点, 终止于复飞结束点, 引导航空器完成复飞。
- h) 备降航线: 航空器改航至备降场所需的航线。
- i) 返航航线: 航空器返回起飞机场所需的航线。
- j) 迫降航线: 航空器实施迫降时所需的航线。
- k) 等待航线: 航空器在指定空域内等待进一步指令的机动飞行航线。

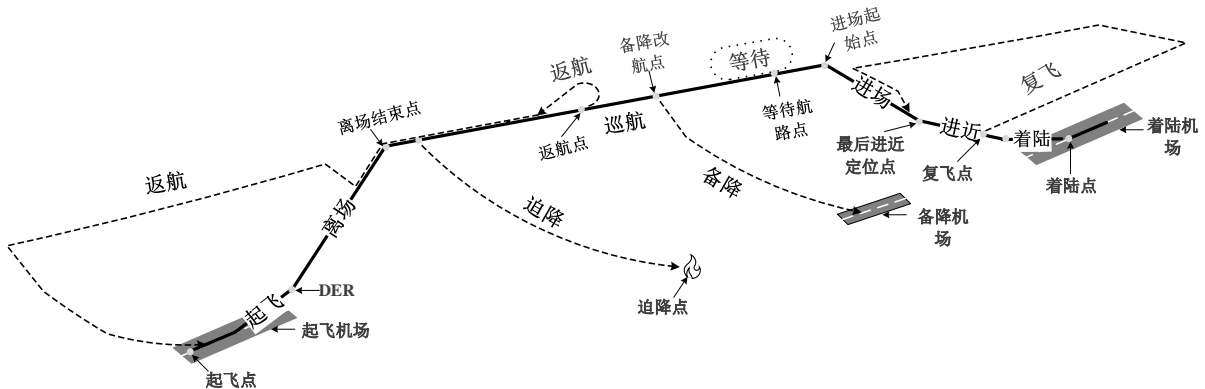


图 A.1 航线示意图

A.2 数据类型

各飞行阶段数据收集内容如表A.1所示。

表F.1 数据收集类型

阶段	类型	数据内容
起飞、离场、进场、进近、着陆、复飞	机场基础数据	机场飞行区参数
		机场周边地形障碍物数据
		机场通信、导航、监视条件
		机场典型气象条件
	空域要求	空域类型与结构
		空域隔离要求
		飞行高度限制
	航空器性能	航空器起飞、爬升、下降、着陆、复飞性能
		航空器通信、导航与监视能力
		机型航线规划程序限制(如有)
	环境条件	电磁环境限制
		人口聚集区分布
		可用备降、迫降场地分布

表A.1 数据收集类型（续）

阶段	类型	数据内容
巡航	运行限制	运行手册、型号数据单使用限制
	空域要求	民航航线分布
		空域类型与结构
		空域交通流量
		航线间隔要求
		飞行高度限制
	环境条件	地形障碍物数据
		人口聚集区分布
		典型气象条件
		可用备降、迫降场地分布
	航空器性能	航空器巡航性能
		航空器通信、导航、监视能力
		机型航线规划程序限制（如有）
运行限制	运行手册、型号数据单使用限制	

A.3 航线划设程序

航线划设是一个循环迭代的过程，各阶段具体实施流程如图A.2所示。

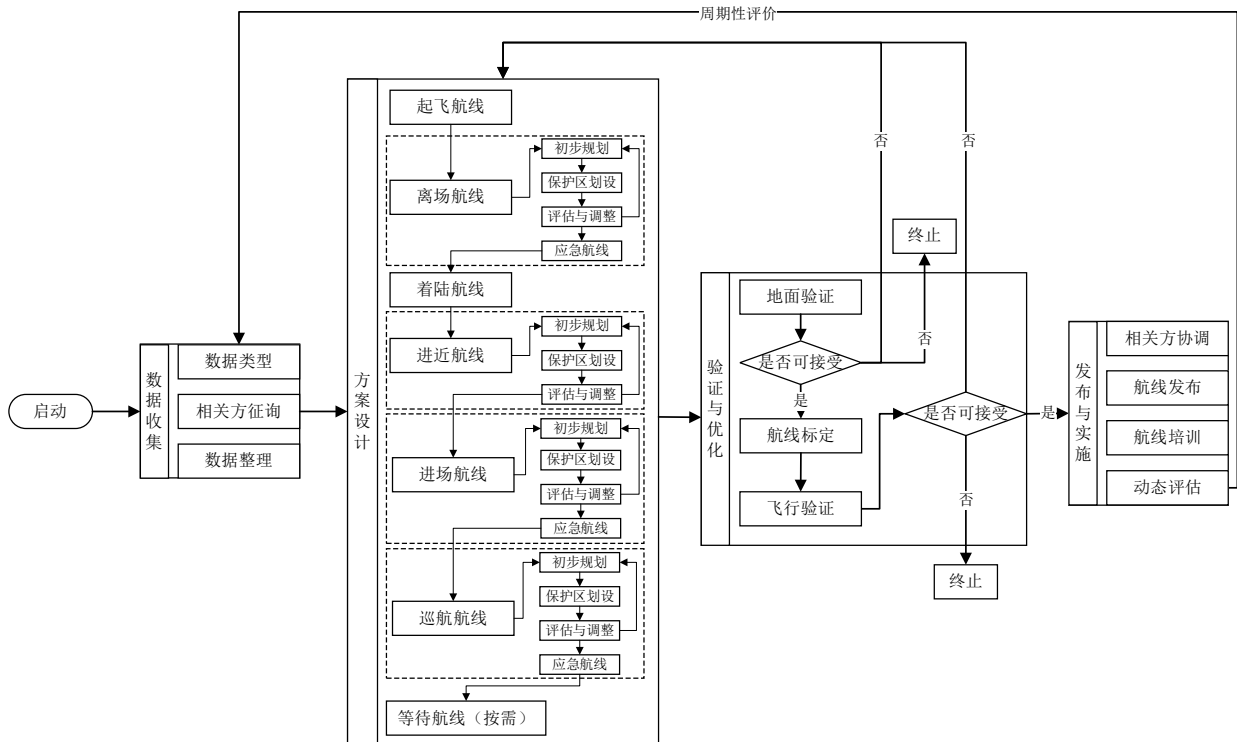


图 A.2 航线划设流程

附录 B
(资料性)
保护区设置

B.1 航路点定位精度

航路点定位精度以95%概率下的容差表示，分为偏航容差（XTT）、沿航迹容差（ATT）和垂直容差（VTT）。定位精度取决于航空器系统TSE，TSE主要由NSE、FTE组成，通常按平方和根方法计算：

$$\sigma_{TED} = \sqrt{(\sigma_{FTE})^2 + (\sigma_{NSE})^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中： σ_{TED} 、 σ_{FTE} 、 σ_{NSE} 分别是TSE、FTE、NSE的标准差。XTT、VTT是TSE的 $2\sigma_{TED}$ 偏航、垂直容差，ATT为：

$$ATT = 0.8 * XTT \dots\dots\dots (B.2)$$

由于不同航段导航系统和飞行操控方式不同，TSE需分别进行计算。计算示例如表B.1所示。

表G.1 航路点定位精度计算示例

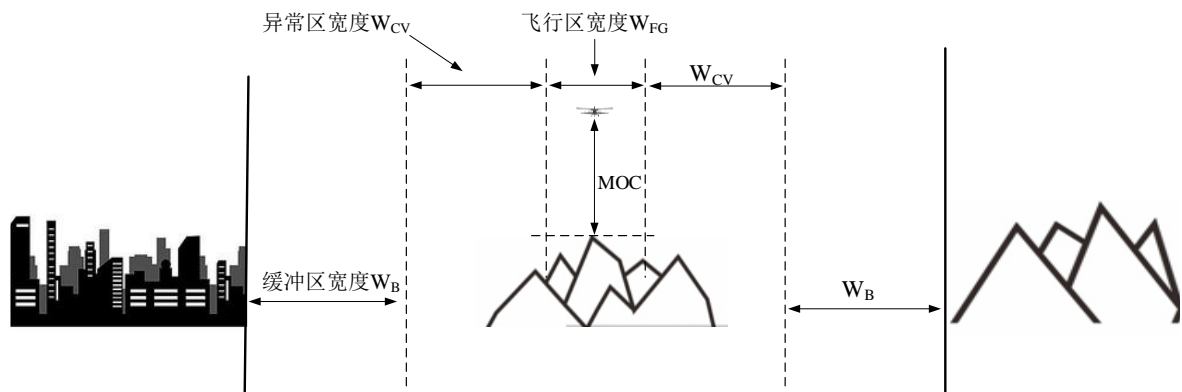
航线类别	参数	σ_{FTE} (m)	σ_{NSE} (m)	σ_{TED} (m)	XTT (m)	VTT (m)	ATT (m)
起飞、进近、着陆、复飞航线	水平	5	0.3	5	10	6	8
	垂直	3	0.2	3			
离场、进场航线	水平	10	10	14	28	14	23
	垂直	5	5	7			
巡航航线	水平	20	10	22	45	22	36
	垂直	10	5	11			

注： 示例数据来源于FP-98固定翼无人驾驶航空器。

B.2 保护区半宽

各航段保护区结构与计算方法如下。

- a) 保护区分为飞行区和异常区，如图 B.1 所示，按照功能划分如下。
 - 1) 飞行区为航空器执行标准运行程序所需空间。
 - 2) 异常区为航空器执行非正常运行程序返回飞行区所需空间，可根据运行实际决定是否建立，其大小需取决于机型性能与异常处置措施



图B.1 保护区结构示意图

- b) 保护区宽度半宽 ($1/2W_p$) 由下式计算：

$$1/2W_p = \frac{1}{2} W_{FG} + W_{CV} \dots\dots\dots (B.3)$$

$$1/2W_{FG} = \frac{L}{2} + XTT \times 3 \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：L为航空器翼展； $1/2W_{FG}$ 为飞行区半宽； W_{CV} 为异常区宽度。

c) 异常区宽度计算:

1) 对于巡航航线, 若异常情况按圆形航迹飞行直至返回 W_{CV} 可由下式计算:

$$W_{CV} = XTT + V_0 t_R + \frac{V_0^2}{g \cdot \tan(\Phi_{max})} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中: V_0 为航段最大地速; t_R 为异常处置响应时间, 不同机型可根据实际情况确定; Φ_{max} 为最大滚转角, g 为重力加速度。

2) 对于离场、进场、进近、复飞航线, W_{CV} 可由下式计算:

$$W_{CV} = XTT + V_0 t_R \sin \psi_{max} + \frac{V_0^2}{g \cdot \tan(\Phi_{max})} (1 - \cos \psi_{max}) \dots\dots\dots (B.6)$$

式中: ψ_{max} 为最大偏航角。保护区半宽计算示例如表 B.2 所示。

表G.2 保护区半宽计算示例

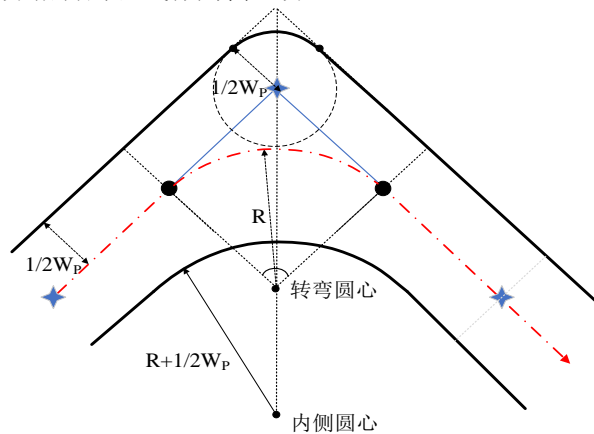
航线类型	L (m)	XTT (m)	$\frac{1}{2}W_{FG}$ (m)	V_0 (m/s)	t_R (s)	Φ_{max} (°)	ψ_{max} (°)	W_{CV} (m)	$\frac{1}{2}W_P$ (m)
离场	18	28	93	45	3	25	30	154	247
巡航		45	144	70			—	1306	1450
进场		28	93	55			30	197	290
进近		10	39	40			10	36	75
复飞		10	39	45			30	136	175

注: 示例数据来源于FP-98大型固定翼无人驾驶航空器; FP-98进近阶段设置偏离限制, 超出限制后执行复飞程序。

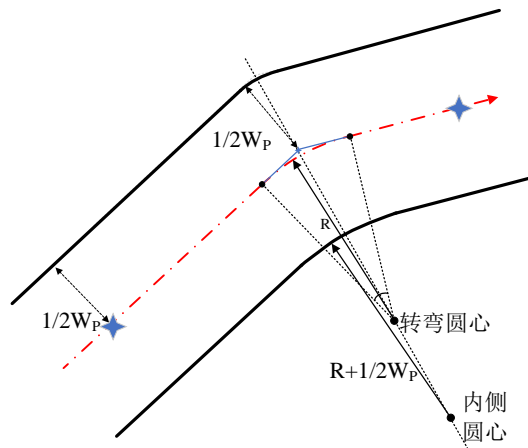
B.3 旁切转弯保护区截面

大型固定翼无人驾驶航空器主要采用旁切航路点转弯方式, 转弯航段保护区通过构造“圆弧”的方法设计, 如图 B.2、B.3 所示, 设计步骤如下。

- 确定转弯标称航迹: 计算所需转弯半径 R , 划设与入航和出航航段相切的转弯飞行航迹, 圆心位于转弯角平分线上。
- 划设保护区外边界: 以 $1/2W_P$ 为半径、转弯航路点为圆心画圆, 取该圆与入航和出航航段保护区外边界相切的弧线作为外边界。
- 划设保护区内边界: 以 $(1/2W_P + R)$ 为半径、圆心位于转弯角平分线画圆, 取该圆与入航和出航航段保护区内边界相切的弧线作为内边界。



图B.2 大转弯旁切转弯保护区截面

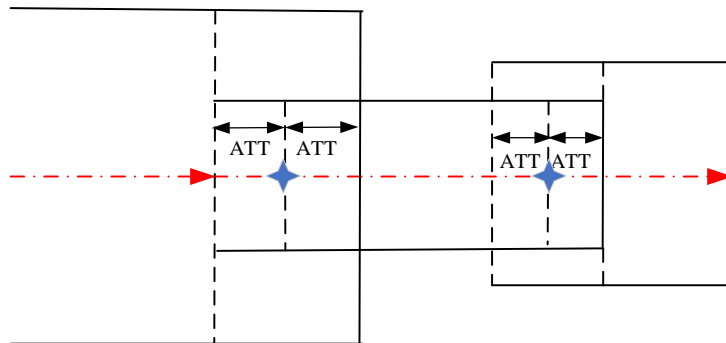


图B.3 小转弯旁切转弯保护区截面

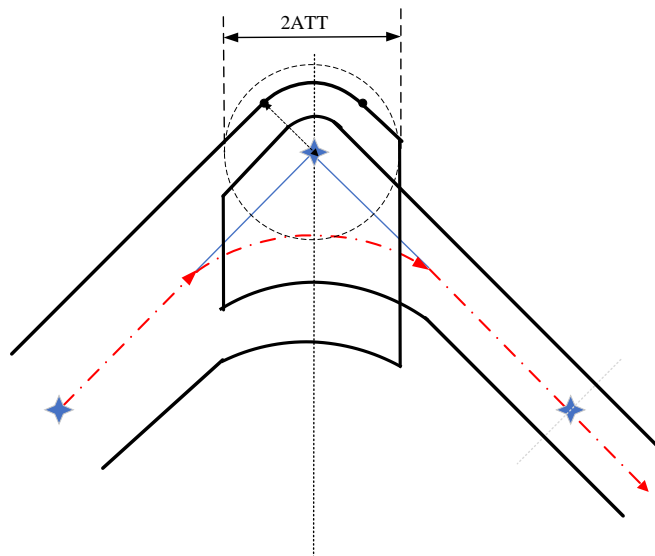
B.4 不同宽度保护区衔接

航空器飞行过程中因导航精度变化，导致不同航段保护区宽度不同时，按以下方法衔接。

- 确定导航精度变化航路点；在该航路点前后±ATT 范围内，使用较大保护区半宽，如图 B.4 所示。
- 如转弯航路点处导航精度变化，则以转弯航路点为圆心、ATT 为半径画圆，航路点前后±ATT 范围内取前后两个航段转弯保护区的最大范围，如图 B.5 所示。



图B.4 直线航段保护区衔接



图B.5 转弯航段保护区衔接

B.5 缓冲区宽度

缓冲区宽度 W_B 与航空器失控后的处置措施相关，可根据实际情况选用以下方法计算：

- a) 简化法：在动力或飞控失效情况下，可采用 W_B ：飞行真高等于 1:1 的简单方法比例确定。
 b) 失控终止系统法：若航空器具有失控飞行终止系统，缓冲区大小需要考虑失控后处置延迟时间 T （人或/及系统响应时间）、时间 T 期间航空器飞行的距离 D_1 及处置后飞行的距离 D_2 ：

$$W_B = D_1 + D_2 \dots\dots\dots (B.7)$$

$$D_1 = V_0 * T \dots\dots\dots (B.8)$$

式中： V_0 为航空器不同飞行阶段最大地速。 D_2 可通过试验获得（考虑最恶劣的环境条件和最大运行高度）。对于固定翼航空器，也可按 9° 下滑角估算 D_2 ：

$$D_2 = H_0 * \arctan(9^\circ) \dots\dots\dots (B.9)$$

若使用， D_2 可按下列式计算：

$$D_2 = V_{\text{wind}} * \frac{H_0}{V_z} \dots\dots\dots (B.10)$$

式中： H_0 为航空器飞行真高。

- c) 滑翔比法：如不适用上述方法， W_B 可按航空器最大滑翔比确定：

$$W_B = K * H_0 \dots\dots\dots (B.11)$$

式中： K 为航空器最大滑翔比。

注：真高是指空中航空器至正下方地（水）面的垂直距离。

附录 C
(资料性)
障碍物评估

C.1 航线垂直偏差

航线垂直偏差由航线垂直误差和异常处置高度组成（如图C.1所示）。异常处置高度可根据运行实际情况决定是否建立。航线垂直偏差 H_P 由下式计算：

$$1/2H_P = 1/2H_{FG} + H_{CV} \dots\dots\dots (C.1)$$

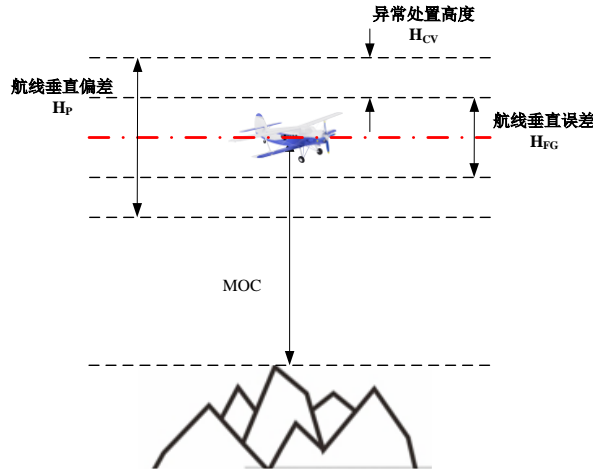
$$1/2H_{FG} = H/2 + VTT * 2 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中： H 为航空器机体高度； H_{FG} 为航线垂直误差； H_{CV} 为异常处置高度。 H_{CV} 可由下式得出：

$$H_{CV} = H_{AM} + V_0 \sin(\Delta\theta)t_R + \frac{(V_0 \sin\theta_{max})^2}{2g} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中： H_{AM} 为航空器高度测量系统误差； V_0 为航空器不同飞行阶段最大地速； $\Delta\theta$ 为不同飞行阶段中最大允许可偏离设定俯仰角的范围，其中任务飞行阶段可取航空器允许的最大俯仰角； θ_{max} 为操控员介入后最快可调整给定的最大俯仰角； t_R 为不同飞行阶段的异常处置响应时间。航线垂直偏差计算示例如表 C.1 所示。

注： θ_{max} 与航空器不同飞行阶段设计相关，需根据机型确定。



图C.1 航线垂直偏差

表 C.1 航线垂直偏差计算示例

航线类型	H (m)	VTT (m)	$\frac{1}{2}H_{FG}$ (m)	H_{AM} (m)	V_0 (m/s)	$\Delta\theta$ (°)	θ_{max} (°)	H_{CV} (m)	$\frac{1}{2}H_P$ (m)
离场	6	14	31	5	45	5	15	25	55
巡航		22	47	10	70	15		81	128
进场		14	31	5	55	4		27	58
进近		6	15	0.2	40	3		12	27
复飞		6	15	0.2	45	5		19	34

注： 示例数据来源于FP-98大型固定翼无人驾驶航空器。

C.2 最小超障余度

最小超障余度（MOC）的确定应综合考虑导航精度、航空器性能、通信延迟及地理环境等因素。可参考表C.2制定，也可按下式进行计算：

$$MOC = 1/2H_P + H_{ADD} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中： H_{ADD} 为附加高度，与实际运行中的温度、风速偏差、地形等因素相关，不同机型可分别制定。

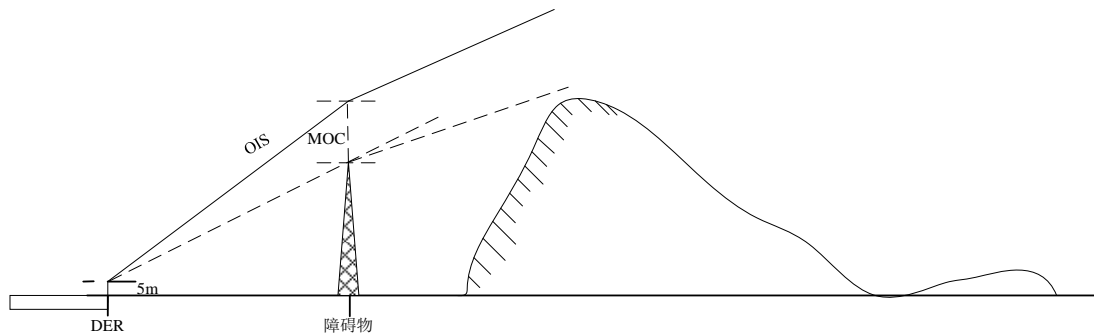
表 C.2 不同航线 MOC 设置

航线类型	MOC (m)
离场航线	50
巡航航线	300
进场航线	100
进近阶段	50
复飞航线	30

C.3 直线离场障碍物评估

障碍物鉴别面 (OIS) 大小与保护区截面一致。其起点设于 DER 之上 5 m, 终点位于最高障碍物高度加上 MOC 处, 连接两点建立 OIS 面, 如图 C.2 所示。若离场航线爬升梯度大于 OIS 面梯度, 则满足超障需求; 否则, 需调整离场航线爬升梯度。

注: 若最高障碍物距离 DER 过近, 导致航空器爬升性能难以满足超障需求, 可根据障碍物距离适当缩小离场航线 MOC。



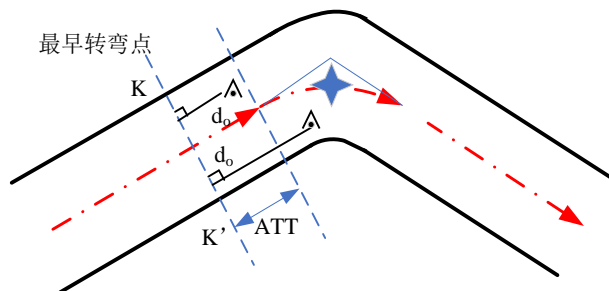
图C.2 直线离场航线 OIS 面

C.4 转弯离场障碍物评估

对于指定点旁切转弯爬升, 需确定最早开始转弯点与 KK' 线, 如图 C.3 所示。最早开始转弯点通常位于转弯航路点之前 (ATT+转弯提前量) 处。KK' 线位于最早开始转弯点且垂直于标称航线, 是直线爬升段的末端, 此处转弯高度为 TNH, 则转弯区允许的障碍物最大高度 H_{OC} 为:

$$H_{OC} = TNH + d_0 * PDG - MOC \dots \dots \dots (C.5)$$

式中: d_0 为障碍物至 KK' 线的最短距离; PDG 为爬升梯度; MOC 为转弯前直线航段的超障余度。



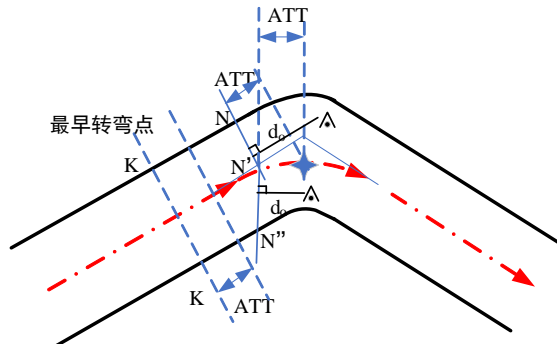
图C.3 旁切转弯爬升 KK'线

C.5 进场航线障碍物评估

对于指定点旁切转弯下降, 需确定最早下降点与 NN'N'' 线, 如图 C.3 所示。最早下降点 N' 位于转弯航路点之前一倍 ATT 处。NN'N'' 线由 NN' (垂直于前一航段标称航线) 和 N'N'' (从转弯角平分线向前一航段方向偏置一倍 ATT) 组成。NN'N'' 线之前的障碍物按直线下降评价, 之后的障碍物最大高度 H_{OC} 为:

$$H_{OC} = OCA - MOC - d_0 * DG \dots \dots \dots (C.6)$$

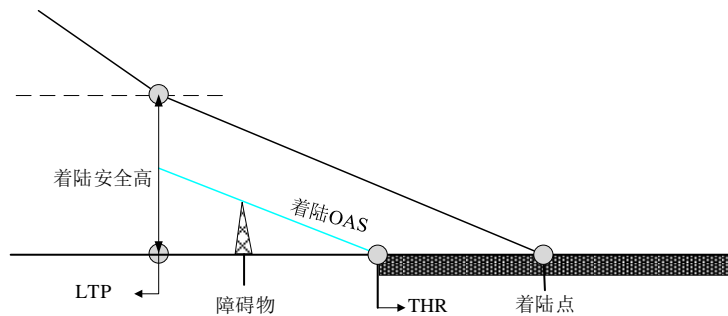
式中：OCA 是转弯航路点之前航段的超障高度； d_0 是障碍物至 NN'N'' 线的最短距离；MOC 是航路点之前航段的超障余度；DG 为下降梯度。



图C.4 旁切转弯下降 NN'N''线

C.6 着陆航线障碍物评估

若着陆安全高位置在跑道入口（THR）之前，需建立着陆航线OAS面进行评估。该面以THR为起点，与着陆航线保护区下方最高障碍物相连，如图C.5所示。若OAS面梯度小于着陆航线下下降梯度，且飞越跑道入口THR时有足够安全裕度，则满足超障需求；否则，需调整航线。



图C.5 着陆航线障碍物评估

C.7 进近航线 OAS 面

进近航线OAS面的确定方法如下，评估示例如表C.3所示：

- a) 建立坐标系：以 LTP 为原点建立着陆入口坐标系。X 轴平行于跑道中心线（LTP 前为正）；Y 轴与 X 轴垂直；Z 轴垂直跑道入口（LTP 以上为正）。坐标系与世界大地测量系统（WGS-84）椭球体平行。

- b) 计算 OAS 面梯度：如图 C.6 所示，OAS 面的梯度 D_{OAS} 为：

$$DG_{OAS} = \tan\theta_{OAS} = \frac{(H_{FAP}-MOC)-H_{MAX}}{d_{OAS}} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中： H_{FAP} 为 FAF 的高； H_{MAX} 为进近航线保护区范围内最高障碍物的高； θ_{OAS} 为 OAS 面梯度角； d_{OAS} 为最后进近定位点与最高障碍物沿跑道方向的水平距离。

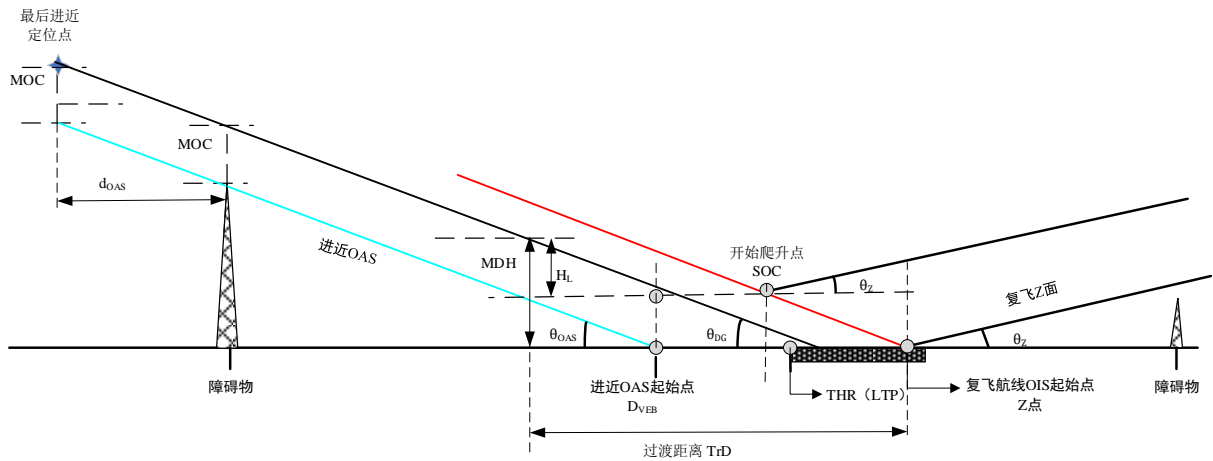
- c) 确定 OAS 面起点：起始点坐标 D_{VEB} 为：

$$D_{VEB} = \frac{(H_{FAP}-H_{LTP})}{\tan\theta_{DG}} - \frac{(H_{FAP}-MOC)}{DG_{OAS}} \dots\dots\dots (C.8)$$

式中： θ_{DG} 为进近航线下下降梯度角； H_{LTP} 为航线在 LTP 处的高（默认为 15m）。

- d) 迭代调整：确定 DG_{OAS} 后，如有障碍物穿透该面，则以穿透该面最高障碍物的 H_{MAX} 、 d_{OAS} 重新计算 DG_{OAS} ，确定新的 OAS 面。

注： 本标准OAS面根据机型进近程序进行设置，同一机场不同机型OAS面不宜共用。



图C.6 进近、复飞航线障碍物评估

表 C.3 进近障碍物评估示例

进近	H_{LTP} (m)	H_{FAP} (m)	MOC (进近) (m)	H_{max} (m)	d_{OAS} (m)	$DGOAS$	$\theta_{DG} (^{\circ})$	$\tan\theta_{DG}$	D_{VEB} (m)
	15	200	27	16.9	3788	0.041	2.1	0.037	780
注： 示例数据来源于FP-98大型固定翼无人驾驶航空器。									

C.8 复飞航线障碍物评估

在着陆入口坐标系中，复飞航线的SOC点、Z面及障碍物评估方法如下（参见图C.6，评估示例表C.4）：

a) SOC 点高： H_{SOC} 为：

$$H_{SOC} = MDH - H_L \dots\dots\dots (C.9)$$

式中： MDH 为最低下降高， H_L 为航空器复飞转换爬升的高度损失（根据航空器性能确定）。

b) SOC 点距离： X_{SOC} 为：

$$X_{SOC} = \frac{(H_{SOC} + MDH - H_{LTP})}{\tan\theta_{DG}} - TrD \dots\dots\dots (C.10)$$

式中： H_{LTP} 为LTP基准高， TrD 为过渡距离，可通过下式计算：

$$H_{LTP} = \frac{D_{LTP}}{L_{FAP}} * H_{FAP} \dots\dots\dots (C.11)$$

$$TrD = t * V_{MAXDG} + ATT * 2 \dots\dots\dots (C.12)$$

式中： D_{LTP} 为LTP与着陆点在水平方向上的距离， L_{FAP} 为FAF与着陆点在水平方向上的距离； H_{FAP} 为FAF相对陆入口点的高； t 为MDH处预计正常着陆飞行时间，如15 s； V_{MAXDG} 是进近最大地速。

c) Z面原点：Z点相对于LTP的距离 X_Z 为：

$$X_Z = \frac{(MDH - H_{LTP})}{\tan\theta_{DG}} - Trd \dots\dots\dots (C.13)$$

d) 起始复飞评估：使位于Z面起点与进近OAS面起始点之间水平面，允许的障碍物最大高 $H_{OC} = H_{SOC}$ 。

e) 复飞爬升评估：使用经过SOC点，且与Z面平行的斜面，允许的障碍物最大高 H_{OC} 为：

$$H_{OC} = H_{SOC} + (X_{SOC} - D_Z) * \tan\theta_Z - MOC \dots\dots\dots (C.14)$$

式中： D_Z 为障碍物在着陆入口坐标系的X轴坐标； θ_Z 为Z面梯度角（根据航空器爬升性能定）； MOC 为复飞航线MOC。

表 C.4 复飞航线障碍物评估示例

	MDH (m)	H _L (m)	T (s)	V _{MAXDG} (m/s)	ATT (m)	D _{LTP} (m)	L _{FAP} (m)	H _{SOC} (m)	Trod (m)	X _{SOC}	X _Z
复飞	30	6.5	20	40	8	200	5350	23.5	816	225	-441
	D _Z	$\theta_z(^{\circ})$	$\tan\theta_z$	MOC(复飞) (m)	H _{OC} (m)						
	-320	3.7	0.065	34	25						

附录 D
(资料性)
风险评估方法示例

D.1 地面风险评估示例

地面风险评估示例见表D.1。

表D.1 地面风险评估示例表

1. 地面第三方人员风险评估			
航段	注： 填入需评估的航段		
基本信息	实际情况	评估结果	备注
静态人口密度 (人/平方公里)		<input type="checkbox"/> 地面受控区域	需经运行人授权进入的区域，如起降机场飞行区
		<input type="checkbox"/> <5极度稀少	如森林、沙漠、戈壁、大型农场等
		<input type="checkbox"/> <50人口稀少	如村庄、农田、山区区域
		<input type="checkbox"/> <500人口稀疏	如村庄、工业区等区域
		<input type="checkbox"/> <5000人口稠密	如小型社区、中小型商业区、乡镇
		<input type="checkbox"/> <50000人口密集	如大型城市核心城区、大型商业区
	<input type="checkbox"/> >50000人口聚集	人口聚集区域，如体育赛事、大型演唱会现场	
地面风险缓解措施效果		<input type="checkbox"/> 航线保护区、缓冲区对应地面区域有可供人员遮挡的建筑物，预计航空器坠落不会穿透建筑物，实现地面风险降低一个等级	可实现地面风险降低一个等级
		<input type="checkbox"/> 通过运行时间限制降低航线保护区、缓冲区对应地面区域人口密度，人口密度降低一个数量级 <input type="checkbox"/> 通过运行时间限制降低航线保护区、缓冲区对应地面区域人口密度，人口密度降低两个数量级	可分别实现地面风险降低一个或两个等级
		<input type="checkbox"/> 运行人证明可通过措施实现降低了坠地动能（如加装了降落伞）	坠地影响面积、坠地动能降低一个数量级可分别实现地面风险降低一个等级，最高可降低两个等级
评估结果	<input type="checkbox"/> 满足要求 <input type="checkbox"/> 不满足要求		运行人宜根据运行限制进行判断
2. 地面关键设施评估			
港口/铁路车站/桥梁	航线保护区、缓冲区避开此区域	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合	运行人宜根据实际情况增加关键设施类型
发电厂/变电站/油库/加油站、加气站	航线保护区、缓冲区避开此区域	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合	
大型风力发电机/水利设施	航线保护区、缓冲区避开此区域	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合	
军事区域、政府机构	航线保护区、缓冲区避开此区域	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合	

D.2 空中风险评估示例

空中风险评估示例见表D.2。

表D.2 空中风险评估示例表

航段	注： 填入需评估的航段		
隔离飞行措施	<input type="checkbox"/> 采取时间隔离 <input type="checkbox"/> 采取空间隔离		时间隔离是指在运行时间内，运行空域内不存在任意有人驾驶航空器飞行活动；空间隔离是指与有人驾驶航空器运行空域、航线保持安全间隔。
基本信息	安全间隔	评估结果	备注
空中禁区、限制区和危险区位置		<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合	安全间隔要求应参照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》相关规定确定。
相邻有人驾驶航空器飞行空域、航线		<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合	安全间隔要求应参照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》相关规定确定；
注：运行人应确保一种有效的隔离飞行措施，且航线设计符合安全间隔要求的情况下，开展后续航线设计工作。			

附录 E
(资料性)
航线验证

E.1 地面验证检查单

航线划设方案地面验证检查单如表E.1所示。

表E.1 地面验证检查单

项目		说明
地面验证 事项	设计过程是否符合该机型航线划设程序要求。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	数据是否从官方渠道获得或者是否实地勘察验证，是否在报告中被正确引用。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	各航段保护区、缓冲区设置是否正确。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	航线地面风险评估是否正确。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	航路点坐标与实际地理位置是否一致，航段衔接是否顺畅，转弯半径是否符合航空器性能要求。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	保护区绘制与衔接、障碍物评估是否正确。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	基于地形、地球曲率及链路参数分析通信覆盖与遮挡情况，确认在保护区范围内链路可用性。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	验证卫星导航系统在航线保护区范围内不存在遮挡或干扰风险。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	起降机场条件是否满足航空器运行需求。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
迫降点、备降场地是否可用，是否具备安全着陆条件和救援可达性。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
改进建议		

E.2 模拟机验证检查单

航线划设方案模拟机验证检查单如表E.2所示。

表E.2 模拟机验证检查单

项目		说明
模拟机验 证事项	通过多次仿真判断航迹最大偏离是否在保护区范围内。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	模拟通信、导航及动力系统故障情形，验证航空器坠落轨迹与航线缓冲区设置是否有效。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	模拟飞行各阶段（起飞、爬升、巡航、下降、进近、着陆），判断航迹衔接是否平顺。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	模拟飞行各阶段（起飞、爬升、巡航、下降、进近、着陆），判断航空器是否能够保持超障余度。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	模拟触发应急类航线（迫降、返航、备降）过程，判断是否能够按航线方案执行航线飞行，判断模拟航迹是否与航线方案一致。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	在模拟机中触发应急类航线（迫降、返航、备降），判断应急航线能够保持航线方案中的超障余度。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	在模拟机中加载气象扰动（风速、风向、湍流）条件，判断航迹偏离是否在保护区范围内。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	通过模拟机生成数据记录，用于后续数据分析和航线优化。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
改进建议		

E.3 飞行验证检查单

航线划设方案飞行验证检查单如表E.3所示。

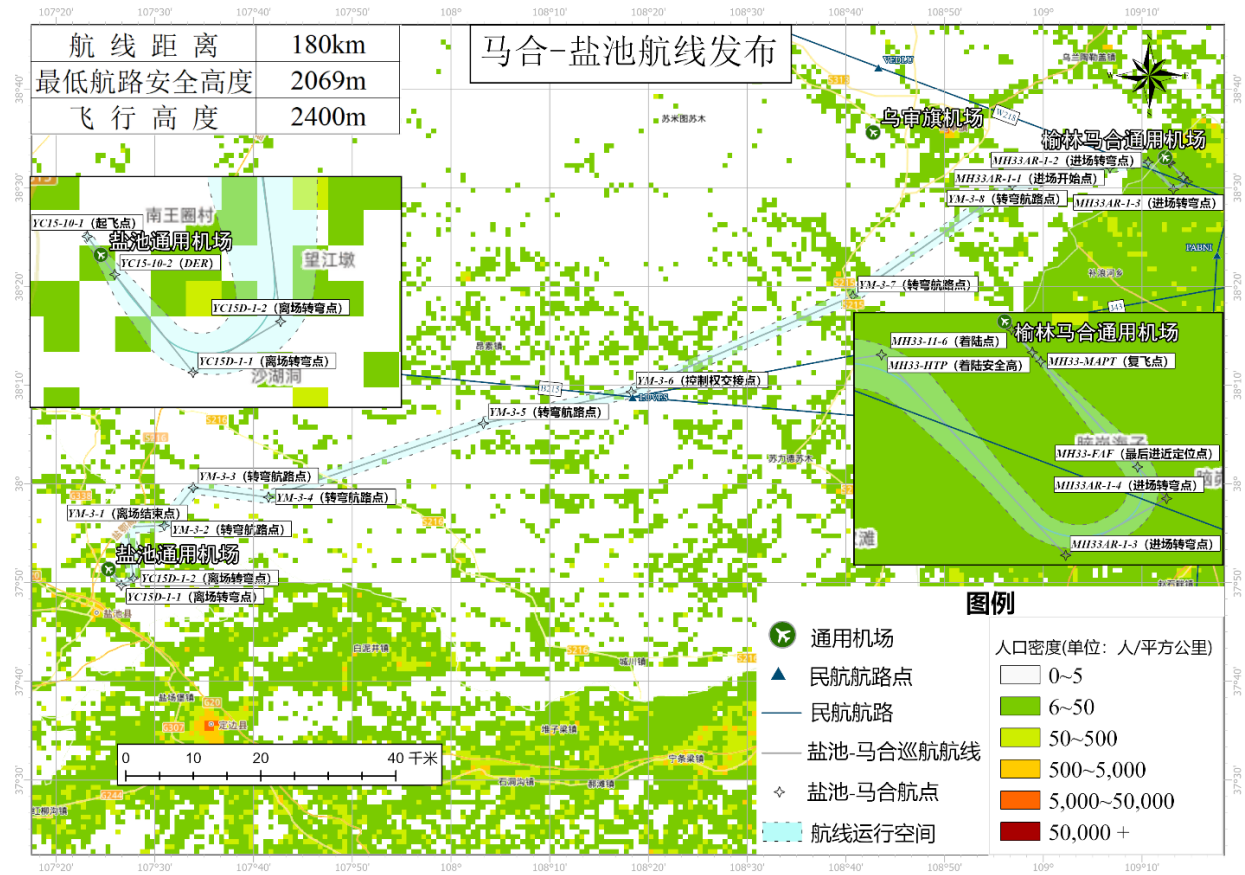
表 E.3 行验证检查单

项目		说明
飞行验证 事项	航空器是否沿标称航迹稳定飞行，航迹偏差是否在保护区范围内。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	转弯、爬升、下降段飞行轨迹是否符合航线规划方案中的性能限制。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	检查与地面站、管制单位的通信链路是否保持稳定，链路切换/交接是否顺畅。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	验证地面监控系统接收的飞行状态、姿态及位置等数据的完整性与实时性，数据传输延迟、丢包率是否满足运行要求。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	校核飞行实测高度与航线剖面中障碍物间的超障余度是否满足航线方案要求。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	实际飞行航迹下方区域的地面风险是否与航线方案评估一致，缓解措施是否有效执行。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	飞行前申请审批、飞行中信息通报、飞行后报告是否完整、正确，程序执行符合运行要求。	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
改进建议		

附录 F (资料性)

航线发布示例

以FP-98大型固定翼无人驾驶航空器马合-盐池支线物流航线为例，航线发布如图F.1、表F.1所示。



图F.1 航线发布示例

表F.1 航线数据发布示例

航线阶段	航点编号	航点类型	经度(°)	纬度(°)	高度(m)	备注
起飞	YC15-10-1	起飞点	107.4184905	37.8604422	1366	
起飞	YC15-10-2	DER	107.4249593	37.8515092	1430	
离场	YC15D-1-1	转弯航路点	107.4433236	37.8285175	1620	
离场	YC15D-1-2	转弯航路点	107.4638576	37.8405149	1800	
巡航	YM-3-1	离场结束点	107.4534101	37.9274583	2400	
巡航	YM-3-2	转弯航路点	107.5159595	37.9296162	2400	
巡航	YM-3-3	转弯航路点	107.5649407	37.9934953	2400	
巡航	YM-3-4	转弯航路点	107.6918810	37.9773867	2400	
巡航	YM-3-5	转弯航路点	108.0547111	38.1019358	2400	
巡航	YM-3-6	转弯航路点 控制权交接点	108.3043009	38.1551653	2400	
巡航	YM-3-7	转弯航路点	108.6786112	38.3169778	2400	
巡航	YM-3-8	进场起始点	108.9475199	38.5040449	2400	
进场	MH33A-1-1	转弯航路点	109.1126362	38.5336669	1810	
进场	MH33A-1-2	转弯航路点	109.1772706	38.5431405	1610	
进场	MH33A-1-3	转弯航路点	109.2198060	38.4968303	1496	
进场	MH33A-1-4	进场结束点	109.2431231	38.5099344	1496	

表 F.1 航线数据发布示例（续）

航线阶段	航点编号	航点类型	经度（°）	纬度（°）	高度（m）	备注
进近	MH33-FAF	最后进近点	109.2364077	38.5172299	1496	
复飞	MH33-MAPT	复飞点	109.2140340	38.5416041	1326	
着陆	MH33-LTP	着陆入口点	109.2121125	38.5436966	1311	
着陆	MH33-11-6	着陆点	109.2073107	38.5489284	1296	
复飞	MH33-11-1	复飞结束点	109.2122832	38.5435745	1496	
注： 根据管制单位及机场建议，本条航线使用QNE高度。						

参 考 文 献

- [1] GB/T 38152—2019 无人驾驶航空器系统术语
 - [2] 国际民用航空公约 附件十一 空中交通服务
 - [3] 国际民航组织第4444号文件 空中航行服务程序—空中交通管理
 - [4] 国际民航组织第8168号文件 空中航行服务程序—航空器运行
 - [5] AC-97-FS-005R1 航空器运行目视和仪表飞行程序设计规范
 - [6] AC-91-FS-027R1 航空器运行—飞行程序
 - [7] 民航函[2025]340号 关于印发《民航术语定义（施行）》的通知
-