ICS XX.XXX

P50

T/CSOTE

团　体　标　准

T/CSOTE XXXX—20XX

低空飞行服务设施与保障指南

Guidelines for Low-altitude Flight Service Facilities and Support

（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。

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

20XX—XX—XX 发布　　20XX—XX—XX 实施

中国国土经济学会　发 布

目录

前　言 I
1. 总则 1
1.1. 编制目的 1
1.2. 适用范围 1
1.3. 基本原则 1
1.4. 技术体系框架 1
1.5. 建设与实施总体要求 2
1.6. 与其他标准的关系 2
2. 术语符号 2
2.1. 低空飞行服务设施 2
2.2. 低空空域 2
2.3. 低空航空器 2
2.4. 低空垂直起降设施 2
2.5. 低空智能网联系统 2
2.6. 协作式监视 2
2.7. 非协作式监视 2
2.8. 导航连续性 3
2.9. 导航完整性 3
2.10. 低空气象基础设施 3
2.11. 反制 3
3. 低空智能网联系统 3
3.1. 系统定义与总体定位 3
3.2. 系统总体架构 3
3.3. 核心功能与能力要求 4
3.4. 与专业基础设施的协同要求 4
3.5. 建设与实施要求 5
4. 低空起降基础设施 5
4.1. 低空起降基础设施总体定位 5
4.2. 低空起降场地分类与建设要求 5
4.3. 低空起降场选址要求与流程 6
4.4. 其他物理基础设施建设要求 7
4.5. 低空起降基础设施的检验与验收 11

4.6. 低空起降基础设施的运营维护 11
4.7. 术语与定义 12
4.8. 缩略语 12
5. 低空通信基础设施 12
5.1. 建设目标与总体定位 12
5.2. 服务对象与覆盖范围 13
5.3. 低空通信技术体系与设施构成 13
5.4. 数据融合与平台协同 15
5.5. 建设与运行要求 16
5.6. 术语和定义 17
5.7. 缩略语 12
6. 低空导航基础设施 18
6.1. 低空导航体系总体架构 18
6.2. 低空运行对导航基础设施的特殊要求 18
6.3. 星基导航基础设施 19
6.4. 地基导航基础设施 19
6.5. 低空航路与航迹导航支撑 20
6.6. 起降点及节点型导航基础设施 20
6.7. 导航数据与数字化基础 21
6.8. 安全与冗余要求 21
6.9. 术语和定义 22
7. 低空监视基础设施 22
7.1. 建设目标与总体定位 22
7.2. 监视对象与覆盖范围 22
7.3. 监视技术体系与设施构成 23
7.4. 数据融合与平台协同 23
7.5. 分级建设与实施要求 23
7.6. 术语和定义 23
8. 低空气象基础设施 24
8.1. 建设目标与总体定位 24
8.2. 服务对象与气象信息采集保障配置 25
8.3. 核心技术体系 25
8.4. 数据协同与共享 25
8.5. 建设与实施要求 26

8.6. 术语和定义 26
9. 低空安全防护基础设施 27
9.1. 总体定位与建设原则 27
9.2. 预警识别设备设施 27
9.3. 无线电干扰设备设施 28
9.4. 拦截设备设施 29
9.5. 设备部署与集成要求 30
9.6. 运行维护与管理 31
9.7. 术语与定义 31
CSOTE

前　言

本文件按照GB/T1.1—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。

本文件由中国国土经济学会提出。

本文件由中国国土经济学会归口管理，本文件的强制性条文，必须严格执行，本文件应用实践中的意见和建议请反馈编制负责单位，以便修订参考。

本文件主编单位：

本文件参编单位：

本文件主编人员：

本文件参编人员

1. 总则

1.1. 编制目的

为规范低空飞行服务设施的规划、建设、运行与管理，提升低空空域运行的安全性、可靠性与效率，支撑低空经济规模化、规范化发展，制定本指南。本指南旨在构建涵盖起降基础设施、通信、导航、监视、气象等多系统协同的低空飞行服务设施体系，为各类低空飞行活动提供统一的技术指引与实施依据。

1.2. 适用范围

本指南适用于面向低空飞行活动的各类服务设施，包括低空垂直起降设施、低空通信基础设施、低空导航基础设施、低空监视基础设施以及低空气象保障设施等内容，适用于城市、城郊及特定应用场景（如文旅、物流、应急救援等）的低空飞行服务设施规划、设计、建设、验收及运行维护。

1.3. 基本原则

低空飞行服务设施的规划与建设应遵循以下要求：

（1）以飞行安全为核心前提，统筹空域安全、设施安全与运行安全，构建具备多层级冗余与风险防控能力的系统体系；

（2）强化系统协同理念，各类基础设施应与低空智能网联系统协同建设，实现通信、导航、监视、气象等多系统一体化运行；

（3）在空间布局与资源配置上，应根据区域发展水平与运行需求实施分级分类建设，形成国家、区域与城市多层级协同推进机制；

（4）在建设实施过程中，应优先整合既有交通、通信及气象等基础设施资源，提高土地与资源利用效率，避免重复建设；

（5）以应用场景为导向，针对载人交通、物流运输、应急救援等不同需求，匹配相应的设施服务能力；

（6）依托数字孪生、人工智能与大数据等技术手段，推动低空飞行服务设施向数字化与智能化方向发展，实现精细化管理与动态优化。

1.4. 技术体系框架

低空飞行服务设施体系应构建统一、协同、高效的综合技术架构，主要包括以下内容：

（1）以低空智能网联系统为核心支撑，构建集感知、通信、导航、决策与服务于一体的整体技术体系；

（2）起降基础设施作为物理载体，承担飞行器起降、停放及地面运行保障功能；

（3）通信基础设施作为信息传输通道，支撑飞行控制、状态监视及任务数据的实时传输；

（4）导航基础设施作为定位与路径引导系统，保障飞行器在低空环境中的连续、安全导航；

（5）监视基础设施作为运行感知与识别系统，实现对低空飞行器及空域环境的实时监测与态势感知；

（6）气象基础设施作为环境保障系统，为飞行活动提供气象监测、预报预警及决策支持；

（7）各类基础设施应实现数据互通、功能协同与平台集成，形成统一的低空运行支撑体系；

（8）技术体系应支持数字化与智能化发展，通过数据融合、模型计算与平台调度，实现低空运行的动态优化与精细化管理。

1.5. 建设与实施总体要求

低空飞行服务设施建设应符合国家及地方国土空间规划、低空空域管理及相关行业标准要求，在规划阶段需开展系统性的需求分析、风险评估与技术可行性论证，在建设阶段应严格落实安全、环保与质量控制要求，在运行阶段应建立完善的运营管理、设备维护与应急响应机制。同时，应强化跨部门协同与数据共享能力，兼顾政府监管与市场运营需求，确保系统整体高效运行。

1.6. 与其他标准的关系

本指南作为低空飞行服务设施的综合性技术指引，应与现行国家标准、行业标准及相关规范协同使用，包括民用航空相关标准、通信与信息网络标准、建筑与结构安全规范以及消防与应急管理规范等。当本指南与国家现行强制性标准存在不一致时，应以强制性标准为准。

2. 术语符号

下列术语和定义适用于本指南。

2.1. 低空飞行服务设施

指为支持低空飞行活动安全、高效运行而建设的各类基础设施的总称，包括起降基础设施、通信基础设施、导航基础设施、监视基础设施、气象基础设施等。

2.2. 低空空域

指真高高度1000米（含）以下，根据实际需要可延伸至3000米以下的，用于低空飞行活动的空域范围。具体高度界限按照国家及行业现行有关规定执行。

2.3. 低空航空器

指在低空空域中运行的各类航空器，包括无人驾驶航空器（无人机）、电动垂直起降航空器（eVTOL）、直升机和其它轻型运动航空器等。

2.4. 低空垂直起降设施

使用垂直起降航空器从事低空飞行活动的地面或高架设施，包括可供垂直起降航空器起飞、降落、停放的垂直起降场地，保障安全的专用设施与设备，配套功能和消防救援设施。

2.5. 低空智能网联系统

指集成低空感知、通信、计算、决策与服务能力的综合性系统，以数字孪生、人工智能和大数据技术为支撑，实现低空飞行器、基础设施及运行管理平台的智能化互联与协同运行。

2.6. 协作式监视

指低空飞行器通过机载设备，按照统一技术规范，主动向监视系统发送身份标识、位置、高度、速度等运行信息的监视方式。

2.7. 非协作式监视

指在飞行器未主动上报信息或协作式设备失效情况下，通过地面或空基设施被动探测低空飞行目标及其运行状态的监视方式。

2.8. 导航连续性

在一次飞行运行过程中，导航服务在不中断的情况下持续提供的能力特性。

2.9. 导航完整性

导航系统对自身性能异常进行监测、识别并及时向用户告警的能力特性。

2.10. 低空气象基础设施

用于低空经济活动的气象监（观、探）测、气象预报、气象数据处理、计算、传输和气象服务的设施、设备和软件系统。

2.11. 反制

对违反低空飞行管理规定、威胁空域安全或公共安全的低空航空器，按照分级路径采取告警、引导返航、限制控制或强制处置等措施的行为。

3. 低空智能网联系统

3.1. 系统定义与总体定位

3.1.1. 系统定义

低空智能网联系统是面向低空飞行服务与管理的综合性技术平台，通过集成感知、通信、导航、监视、气象、计算与决策等能力，实现低空航空器、地面基础设施、运行管理平台及外部系统的泛在互联与智能协同。

3.1.2. 总体定位

低空智能网联系统是低空飞行服务设施体系的核心支撑，承担数据汇聚、信息融合、态势生成、任务调度与运行优化的中枢功能。各专业基础设施（通信、导航、监视、气象、起降等）均需与智能网联系统实现数据互通与功能协同。

3.2. 系统总体架构

3.2.1. 物理层

包括部署于低空空域、地面场站及空中平台的各类终端设备、传感器、通信节点与计算设施，构成系统的基础感知与执行单元。

3.2.2. 网络层

依托地面移动通信网（4G/5G/5G-A）、地空通信专网、卫星通信网及自组织网络，实现低空全域、全要素的低时延、高可靠信息传输。

3.2.3. 数据层

建立统一的数据标准与接口规范，汇聚飞行状态、监视数据、导航信息、气象数据、空域管理数据及外部系统数据，形成低空运行数据底座。

3.2.4. 平台层

构建国家级、区域/省级、城市/企业级三级协同平台体系，提供数据融合、态势生成、模型计算、决策支持和应用服务能力。平台层应支持数字孪生、人工智能及大数据分析。

3.2.5. 应用层

面向载人交通、物流运输、应急救援、城市治理等场景，提供飞行计划管理、实时监控、冲突预警、航线规划、运行评估及应急处置等业务应用。

3.3. 核心功能与能力要求

3.3.1. 全域态势感知

基于多源监视数据（协作式与非协作式）、气象数据及环境数据，生成低空空域运行态势一张图，实现对飞行器、空域环境、起降节点及重点区域的实时感知。

3.3.2. 智能计划与调度

支持飞行计划申报、审批、动态调整及冲突检测，结合空域容量、气象条件和运行需求，实现航线与航迹的智能编排与调度。

3.3.3. 协同运行管理

实现与空中交通管理、公安、应急、城市管理等部门的信息互通与联动响应，支撑低空飞行与地面治理的协同决策。

3.3.4. 数字孪生与仿真

构建低空运行数字孪生体，对规划方案、运行策略、异常事件等进行高保真模拟与评估，辅助优化决策。

3.3.5. 安全与可信管理

建立统一身份认证、接入控制、数据加密及行为审计机制，确保人、机、网的安全可信；支持异常行为识别与风险预警。

3.3.6. 开放服务能力

提供标准化的API接口，支持第三方应用系统（如物流平台、城市治理平台、出行服务平台）接入，促进低空经济生态发展。

3.4. 与专业基础设施的协同要求

3.4.1. 与通信基础设施协同

智能网联系统应通过通信管理平台获取网络状态（覆盖质量、链路质量、切片性能），并依据业务需求动态调度通信资源，确保关键指令链路的高可靠与低时延。

3.4.2. 与导航基础设施协同

系统应融合星基、地基及增强导航数据，提供连续、完整的导航服务状态监视；在导航性能下降时，支持多源融合定位与备用导航策略。

3.4.3. 与监视基础设施协同

系统应统一接入协作式与非协作式监视数据，实现多源交叉校验与目标关联，提升低空目标识别准确率和运行态势可靠性。

3.4.4. 与气象基础设施协同

系统应集成实时气象监测及预报数据，支持飞行前风险评估及飞行中动态预警，并将气象信息作为航线规划和运行调整的关键输入。

3.4.5. 与起降基础设施协同

系统应掌握起降场状态（停机位占用、能源补给能力、消防安防状态），支持起降优先级调度、路径引导及地面运行优化。

3.5. 建设与实施要求

3.5.1. 分级建设

按照“国家—区域—地方”三级架构推进低空智能网联系统建设：

(1) 国家级：负责标准制定、跨区域协同、核心数据管理和宏观态势监控；

(2) 区域/省级：负责区域内系统运维、资源调度及数据汇聚；

(3) 城市/企业级：面向具体场景提供运行管理、应用支撑和服务交付。

3.5.2. 数据互联互通

系统应建立统一的数据交换规范（包括数据格式、接口协议、安全机制），实现与空管、公安、气象、城市信息平台等的横向连接，以及各级平台间的纵向贯通。

3.5.3. 安全可靠运行

系统应具备冗余备份、故障自愈及灾备切换能力，核心模块（态势感知、计划调度、安全认证）应采用高可用架构。数据存储和传输应符合国家网络安全和数据安全相关法律法规。

3.5.4. 建设与验收流程

智能网联系统建设应遵循需求分析、方案设计、系统开发、集成联调、试运行及验收等阶段。验收时应重点测试数据融合精度、态势刷新时延、计划调度正确性及平台间协同响应性能。

3.5.5. 持续演进

系统应采用模块化、开放式设计，支持新技术（如6G、AI大模型、联邦学习）的引入，并定期进行功能与性能评估，根据低空经济发展需求持续迭代升级。

4. 低空起降基础设施

4.1. 低空起降基础设施总体定位

随着国内低空经济的发展，电动垂直起降航空器（eVTOL）等飞行器的安全、高效的运行，需要规范化的低 空飞行基础设施提供有力支撑。

本章节给出对低空飞行服务设施中起降基础设施、物理基础设施建设的要求，并为该类设施的检验与验收，运营与维护给出了相关规定

4.2. 低空起降场地分类与建设要求

根据功能定位、建设规模和保障能力等，低空垂直起降航空器起降场分为一级起降场、二级起降场、三级起降场三类。各类起降场应配置消防救援设施，满足国家现行的防火和疏散救援要求。

4.2.1. 一级起降场

一级起降场是城市空中交通体系的骨干节点，主要承担跨区域公共空中交通服务，满足大中型VCA及直升机起降需求，提供能源补给、维修保养等综合保障功能。其建设规模不低于8000平方米，设有4个以上起降位，并配套运行管理、航空器服务、乘客服务及货运服务四大功能区，具备多模式交通接驳条件，享有常态化使用空域与飞行优先权。

4.2.2. 二级起降场

二级起降场是城市空中交通体系的重要节点，主要服务于县（区、市）功能区及乡镇街道，客货运量适中。其满足大中型VCA起降，以能源补给为核心功能，可兼容综合体布局，地面及高架形式面积分别不低于3000与2000平方米。设1至3个起降位，配套运行管理区与具备停放、补能功能的停机库，支持动态分配空域，并提供包括小汽车泊位与非机动车位在内的多模式交通接驳服务。

4.2.3. 三级起降场

三级起降场为城市空中交通体系的一般节点，服务社区的公共空中交通，应能满足大中型VCA及以下机型起降需求。三级起降场的场址选择宜和其他用地兼容设置，如高架建设形式，基本功能宜与其他设施合建。其中，地面垂直起降点面积不宜低于900平方米，高架垂直起降点面积不宜低于400平方米。每个起降场应设1个起降位，配套功能区宜设置运行管理区；航空器服务区宜设置临时性停机库；结合起降点功能可设置临时性乘客服务区或货运服务区，交通接驳设施应考虑机动车、非机动车与人行集散区。

4.3. 低空起降场选址要求与流程

4.3.1. 选址原则

(1) 低空垂直起降航空器起降场选址应符合所在地相关规划要求，兼顾可达性与服务便利性，保证功能布局清晰明确。宜与现有交通基础设施复合利用，提高土地资源利用率，交通接驳便利。

(2) 场址选择应确定经济合理的建设规模和构型，合理确定相应的用地规模。低空垂直起降设施宜集约利用、兼容共享，避免重复、低效建设。在满足生产和安全的前提下，宜在符合技术条件的场地布设低空垂直起降设施，通过用地兼容的方式合并建设。

(3) 选址应满足空域管理要求，避开军民航管制区、禁飞区和敏感设施保护范围。与阵地、靶场等军事设施保持安全距离，在核电、大型油库等重要设施，易燃易爆等危险品的生产仓储区域、发电厂、变电站、加油站等重要公共基础设施周边选址应符合相关行业标准，同时按照《特定类无人机试运行管理规程（暂行）》（AC-92-2019-01）进行安全运行的风险评估。

(4) 场址位置应尽量避开噪声敏感区，应设置在地质条件较好的区域，避开有地质灾害直接风险的地段。停机库和垂直起降场地不得与甲乙类厂房、仓库、明火作业的车间、托儿所、幼儿园、中小学校的教学楼、老年人建筑、病房等组合建造。

(5) 场址应具备引接道路设施的条件，具有多种功能的综合性垂直起降场地宜具备供水、排水排污、供电、通信、消防、医疗等公用设施的设置或引接条件。

(6) 场址净空条件应满足VCA安全起降要求，应尽量选择场地开阔、障碍物较少的场址位置实施。应考虑VCA的业务类型，考虑其需求与使用限制条件选址。在既有建筑屋面设置垂直起降场地时，应对既有建筑物结构性能和消防安全进行评估，确保满足起降场运行需求。

4.3.2. 选址流程

低空垂直起降航空器起降场选址流程主要包括4个环节：确定起降场分级与建设规模、场址初选、推荐场址分析、编制低空起降场情况说明材料。

(1) 确定起降场分级与建设规模时，需按照顺序开展以下工作：

预测低空客货运业务量；确定起降场等级；确定起降机型；确定停机坪和机库建设规模；确定本场使用空域需求；确定低空起降场生产保障设施和办公生活设施的规模；根据需求建设助航灯光系统；初步确定平面布置和用地规模；

(2) 进行场址初选时，需开展以下工作：

收集资料：包括选址区域国土空间规划、通用航空相关规划以及三维地形、周边气象、电磁环境、需要避开的军事设施和其他重要设施、人工障碍物、周边机场信息等资料；

图上作业：以主要服务对象为中心，确定场址选址范围；根据人工障碍物分布情况，初步评估场址净空条件；初步分析地面和空中条件，确定初选场址；

分析初选场址的可行性：结合现场踏勘情况，分析初选场址的可行性，并对场址的方位进行调整；

提出推荐场址：综合比较初选场址优劣势，并结合政府管理部门、建设及运行单位意见，提出推荐场址。

(3) 进行推荐场址分析时，需开展以下工作：

地理位置分析；场地条件分析；净空条件分析；空域条件分析；气象条件分析；环境条件分析；供能条件分析；交通条件分析；公用设施条件分析；征迁或改建情况分析。

(4) 根据推荐场址分析内容编制低空起降场情况说明材料。

4.4. 其他物理基础设施建设要求

物理基础设施是支撑垂直起降航空器地面运行与保障服务的实体基础，涵盖起降场地本体、目视引导、能源供应、消防安保及配套功能区等子系统。本章总体上对最终进近起飞区、接离地区至安全区等核心场地的技术与安全提出建设要求，在助航标志、灯光系统、电力及氢能设施上给出配置要求，并对消防监控、停机维护、乘客货运等配套功能区的布局与建设提出规范性指引，旨在构建安全、高效、完备的地面保障体系。

4.4.1. 低空起降场及附属设施

一般规定：起降场应至少配置一个最终进近和起飞区（FATO）及一个接地和离地区（TLOF），并在FATO周边设置安全区。场地需配备夜间照明、防雷与排水系统，保障不间断电力供应与基本消防设备，并在低温条件下具备除雪防滑能力。起降区域应设置警示标线或围栏，并对无人机专用起降点采取结构加固措施。此外，宜为低空飞行器提供通信中继与能源网络支持。

起降场荷载与结构安全：起降场结构应具备足够的承重能力、耐磨性、防滑性和耐候性。应选用高强度的材料（如钢结构、混凝土、钢筋混凝土或其他高承载力材料）来铺设起降场地。在建筑物、构筑物、通信杆塔等设施设置起降点时应满足相应承重要求。需要考虑的荷载包括：结构件自身质量、航空器自身质量、正常着陆荷载、紧急着陆荷载、水平荷载、均布活荷载、风荷载、温度作用、地震作用以及VCA起降过程中振动荷载的影响。自动值守机库起降场进行结构设计时，需考虑的载荷主要为航空器自身质量和定制化机库质量，按两者之和的1.5倍取值，作用面积为单个机库接触面积，方向为竖直向下。

（此处省略了最终进近和起飞区、接地和离地区、安全区及安全措施、下洗流和外洗流保护区域的一系列超详细做法，看后续是否有需要补充回来）

地面通道：垂直起降场地可根据运行需要设置地面通道，供VCA通过地面移动设备进行地面移动。地面通道上及两侧区域不应有妨碍VCA正常通行的障碍物。地面通道的表面应平整，且能承受预计使用该通道的VCA的运行荷载。

机位：垂直起降场地可根据运行需求、业务类型等设置机位。机位的位置应尽量避免VCA下洗流的影响，保障人机安全。机位的表面应能承受预计使用该机位的VCA的荷载、应有足够的摩阻性能以避免VCA滑移或人员滑倒、应能确保有效排水。机位应根据VCA安全停放需要设置系留装置，防止VCA在机位上移动或被风吹动，减少潜在的事故风险。系留装置可使用系留索具与VCA机身系留座连接，用于VCA的系固。系留装置的设计不得影响VCA正常起降，宜设计为嵌入式安装的方式。

机库：垂直起降场地可根据停放、检修等需求建设机库，类型包括存放、维修、展厅与喷漆机库。机库尺寸应满足入库机型加安全间隔要求，并配置环境监测、供电与安防系统。维修机库需具备多机型同时处理能力，可按需增设辅助设施；所有机库建设须符合防火及相关设计规范，机坪坡度应满足航空器进出要求，并宜配备适用可靠的航空器牵引车。

4.4.2. 低空目视助航设施

综合机场起降点标志包括

识别标志：设置在接地与离地区中心，采用白色字母"V"（或按需用"H"），夜间使用时需具有反光或照明功能；

功能区边界标志：包括接地离地区、最终进近起飞区及安全区边界；

运行限制标志：包括最大允许起飞质量标志（以"t"为单位）和航空器全尺寸（D值）标志；

方向与识别标志：应设置指北标识和起降平台名称标识。

起降平台的外围虚线表示无人机的安全操作区域，确保起降过程中有足够的缓冲空间。虚线应均匀分布，间隔一致，以在任何角度下保持视觉连续性，该区域内应保持清洁和平整，无障碍物或其他干扰因素。虚线圈的顶部设置北向指示标志，使用标准字母“N”来表示北方，无人机机库摆放时若机库有方向标识则需要和起降平台一致。

灯光设施

灯光设施应满足以下要求：立式灯具需符合易折性标准，嵌入式灯具应具备足够的承载力；边界与泛光照明灯具宜支持光强调节，以保证目视信号清晰有效。泛光灯布置需覆盖整个起降区且避免阴影与眩光，同时进出口应设置具有方向性的标志灯。若周边存在干扰航空器运行的非必要地面灯光，应采取熄灭、遮蔽或移位等措施。

灯光设施应符合《民用垂直起降场地技术要求（征求意见稿）》、《电动垂直起降航空器（eVTOL）起降场技术要求》（T/CCAATB 0062）和《民用直升机场飞行场地技术标准》（MH5013）的有关规定。

（此处省略各类用途和区域的其他照明设施的细节要求）

4.4.3. 能源设施

供电设备:

起降场应配置满足电动垂直起降航空器需求的充换电设施，可采用固定式或移动式安装，其中固定式设施宜设置在起降区边缘或机库内。设施需具备过载、防雷、短路及漏电保护功能，支持标准电压与多电压输出，并应配置独立电缆连接至主配电柜。所有电力管线应可靠接地并穿管保护，配电箱安装需满足防水、防干扰要求。充电区域应设置视频监控，系统宜具备远程通讯接口与智能监测功能，并配备不间断电源或备用发电机，确保外部电源中断时可无缝切换并持续供电不少于300分钟。

氢能设施。

加氢设施建设前应获得有关部门批准，加氢设施的场地、设备和充装工艺设施应由具有相应资质的设计单位设计，设计、施工与验收应符合下列标准的规定：《加氢站技术规范》GB50516；《建筑设计防火规范》GB50016；《建筑物防雷设计规范》GB 50057；《化工企业静电接地设计规程》HG/T 20675；《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058；《爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》GB 50257

4.4.4. 消防及监控设施（省略各类详细的数据建造要求）

消防及监控设施的设计与建造应符合下列规范内容：《建筑防火通用规范》（GB 55037）；《供配电系统设计规范》 （GB50052）；《电动汽车分散充电设施工程技术标准》（GB/T51313)；《飞机库设计防火规范》 （GB50284）；《飞机库设计防火规范》 （GB50284）；《电力设备典型消防规程》（DL 5027）；《消防设施通用规范》(GB 55036)；《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116）；《民用直升机场飞行场地技术标准》（MH 5013）

防火分区和耐火等级：当低空垂直起降设施包含综合开发时，综合开发部分和垂直起降场地、停机库、专用设施与设备、配套功能区之间应划分为不同的防火分区。

平面布局：甲、乙、丙类火灾危险性的作业场所和库房不得设在停机库和垂直起降场地的地下室内。

消防通道及疏散路线：每个垂直起降场地应设置一个主要消防疏散通道和至少一个辅助消防疏散通道，主要消防疏散通道和辅助消防疏散通道的设置宜在实际可行的范围内相距尽可能远。疏散通道可采用混凝土或钢结构梯道，不应使用铝合金梯道作为主要消防疏散通道。

监测与报警系统：停机库应设置火灾自动报警系统、安全防爆装置和自动灭火系统，自动灭火系统应选用快速响应喷头；设置应急照明设置，满足夜间疏散救援照明需要。垂直起降场地可采用智能化消防设施和自动报警系统。

消防与救援器材：停机库、垂直起降场地、航空器充电、储能场所应按要求配置充足的水、 灭火器、灭火毯、消防沙、过滤式呼吸器等灭火救援器材，每个机位应至少配置2张灭火毯。救援器材宜存放在有明确标记的专用消防器材柜/箱中。

监控设施：起降场应建立全数字高清视频监控系统，覆盖起降点及周边区域，实现24小时不间断监控，重要点位宜配置360°云台球机。系统应能同步录像，存储时间不少于31天（D1格式），并支持快速检索与调阅，确保图像声音信息的完整性与实时性，且需具备防泄密传输与音频复核功能。同时应在安全区内设置入侵监测装置，对入侵、人为触发及设备故障等情况生成并持续发送报警信号。

4.4.5. 配套功能区

运行管理区：运行管理区应根据起降设施规模设置操控指挥室、场地管理室、值班室及杂务间等功能用房。其中操控指挥室需配置集成综合操控台与对时设备，具备远程监控、气象信息显示、飞行管理及数据备份上传等功能，并应保证对起降场地及周边空域具备良好目视视角，盲区可通过视频监控补充。其余用房规模应结合实际办公人数与场地面积合理确定，值班室宜邻近候机与票务区域，并按高峰期人员数量确定使用面积。

航空器服务区：航空器服务区由停机库、维修保养用房及飞行测试区组成。停机库在用地紧张时可整合维修功能并向多层立体发展，其布局应保证航空器进出通畅，且停机位尺寸应满足航空器停放需求（一般基于机型D值或几何形状设计，直径不小于1.5D且不低于10米），相邻机位间距不小于2米，地面需具备足够承载、防滑与排水能力，并可设置系留装置。维修保养用房应具备检修与清洗功能，若配备桥式起重机，其吊钩与航空器最高点间距不小于1米。飞行测试区应配置相应设备与传感器，用于记录飞行状态及环境参数。

乘客服务区：乘客服务区包括候机室、附属用房及交通接驳设施，其规模应根据最高聚集人数确定，并宜配置卫生间、餐饮间、问询台等辅助功能，有条件时可与商业综合体结合。候机室应配备安检与票务设施，其中安检需满足高峰客流并具备应对公共卫生事件的能力，售票区域应保障秩序并宜集成自助服务设备。服务区布局需功能明确、流线合理，实现人机隔离与无障碍设计，且交通接驳设施应涵盖多模式出行方式，采用平立结合布局，并与起降设施同步规划与实施。

货运服务区：货运服务区包括堆货区、分拣区、装卸区和货车停车区等功能单元，其规模与布局应根据预测货运量、服务定位及周边产业需求确定。该区域宜与垂直起降场地协同规划，优化物流动线，避免干扰乘客服务与交通组织，并在堆货区与起降场地之间设置安全隔离措施。货运服务区须满足防火、防盗、通风、防潮及防鼠等要求，对涉及食品、药品等特殊货物的区域应进一步加强安全防护设施。

4.5. 低空起降基础设施的检验与验收

4.5.1. 检验

检验范围应包括场址选择、起降点建设合法性、应急处置方案、物理基础设施设计结构强度规范性、信息基础设施功能性、起降点建设合法性、噪声控制措施噪声、灯光、标识等方面，验证其符合本标准及相关强制性技术要求的强制性技术要求及相应的试验方法。建设责任主体部门应组织施工、监理等单位按阶段进行检验，并形成检验记录。关键建设内容检验应通知建设主管部门或其委托机构参与见证。

4.5.2. 验收

工程建设完成后，应进行工程验收方可投入使用。

工程验收包括：设备型号数量及安装检查；光电缆线路技术性能测试；传输网络技术性能测试；系统技术性能测试；工程项目环境适应性评价。

对验收中发现的质量不合格项目，应查明原因，整改处理，并进行复验。

4.6. 低空起降基础设施的运营维护

4.6.1. 管理要求

管理人员应经过技术和安全培训，持证上岗，应具备组织协调和事故应急处置的能力。相关单位应制定完善的运营管理操作规程、工作管理制度、经济管理制度等，明确责任人员职责，合理配置专业技术人员。

针对垂直起降场运营应制定下列专项管理制度：

低空基础设施及垂直起降航空器运行状态监测管理制度；

专业技术人员操作规程管理制度；

设备故障诊断与处理管理制度；

易燃易爆物品等危险物品管理制度。

专业技术管理人员应熟练掌握有关系统和设备工作原理、运行机制及操作规程，应具备组织协调和事故应急处置的能力，且应经过技术和安全培训，后持证上岗，应具备组织协调和事故应急处置的能力。

4.6.2. 定期维护

起降场的所有标志标志、标识及和其他相关设施设备应定期进行维护和检查。一旦发现设备故障或损坏，立即上报并联系专业维修人员进行修复。

起降场标志特别是在经历了极端天气或高强度使用后，应对标识标志的清晰度、完整性以及其附着力进行评估。如发现任何损坏、褪色或磨损，应立即进行修复或更换。

起降场应定期对消防设备进行全面检查，包括但不限于消防栓、灭火器、消防泵、消防报警系统等，确保所有设备无损坏、腐蚀或泄漏，并处于良好运行状态。具体包括：需对消防设备进行功能性测试；保持消防设备表面无灰尘、油污，清洁消防通道。

应定期检查设备，一旦发现设备故障或损坏，立即上报并联系专业维修人员进行修复。

供电系统的设备应定期进行维护和检查，包括防雷系统、接地装置、电源模块等，维护记录应妥善保管，并根据设备使用寿命及时进行更新和更换。当供电出现异常或断电时，监控系统应能第一时间进行记录并上报。

起降场的排水系统、灯光、围栏、警示标线和安全标志应定期检查和维护。

4.7. 术语与定义

4.7.1. 高架垂直起降场地（elevated vertiport）

位于陆地上高架构筑物或建筑物顶部的垂直起降场地。

4.7.2. 垂直起降航空器全尺寸（D）over-all length/width of vertical take-off and landing（VTOL）-capable aircraft

垂直起降航空器旋翼转动、折叠结构全部展开时，能够有效覆盖机身的最小外接圆直径。

4.7.3. 最终进近和起飞区（FATO） final approach and take-off area

用于垂直起降航空器完成进近动作的最后阶段到悬停或着陆，以及开始起飞动作的特定区域。

4.7.4. 接地和离地区（TLOF）touch down and lift-off area

供垂直起降航空器接地或离地的一块承载区。

4.7.5. 安全区（SA）safety area

位于最终进近和起飞区周围的、用于减少垂直起降航空器偶然偏离最终进近和起飞区而造成危险的特定区域，该区域除航行所必需的设施、装置外无其他障碍物。

4.7.6. 垂直起降场地标高 （vertiport elevation）

垂直起降航空器起降场地最终进近和起飞区内最高点的标高。

4.8. 缩略语

VCA（Vertical Take-off And Landing（VTOL）-Capable Aircraft）：垂直起降航空器

MTOW（Maximum Take-off Weight）：最大起飞重量

TLOF（Touch Down and Lift-off Area）：接地和离地区

FATO（Final Approach and Take-off Area）：最终进近和起飞区

SA（Safety Area）：安全区

OLS（Obstacle Limitation Surfaces）：障碍物限制面

OFV（Obstacle-Free Volume）：无障碍空间

5. 低空通信基础设施

5.1. 建设目标与总体定位

5.1.1. 建设目标

（1） 低空通信基础设施是构建于低空空域，集成多种通信技术，通过建设实时、可靠、安全信息传输服务的立体化综合网络体系，为低空飞行器（无人机、eVTOL等）与地面控制站、空中交通管制、运营监管平台之间提供可靠、安全、低时延、高带宽的信息传输通道。

（2） 低空通信基础设施通过“空天地一体”的异构融合网络，实现对低空空域，特别是规划航路、起降场及重点区域的分层分级、连续可靠覆盖，并满足高可靠、超低时延、大带宽的核心性能与安全韧性要求，最终支撑低空经济的安全、高效与规模化发展。

5.1.2. 功能与定位

（1） 飞行状态监视：为航空器识别码、位置、高度、速度等动态监视数据提供稳定、连续的回传通道。

（2） 飞行控制与安全：提供高可靠、低时延的双向指令链路，保障实时遥控、导航增强、冲突避让及应急指挥。

（3） 任务信息传输：承载航空器任务载荷数据（如高清视频、遥感信息）的高带宽、高效率传输。

（4） 空域集成管理：作为连接航空器、操作员、起降场与空中交通管理系统的信息纽带，支撑飞行计划处理、空域动态调度与协同运行。

5.2. 服务对象与覆盖范围

（1） 低空通信基础设施通过服务各类低空飞行器（包括无人机、eVTOL等）来服务于政府与公共管理部门、行业与企业用户（B端）、低空运营与出行服务商，最终服务于多元化的业务场景。

（2） 低空通信基础设施覆盖范围以真高0-300米为核心层、300-1000米为拓展层，遵循“分场景按需、分层级立体、全域泛在”的原则，通过“空天地一体”的异构网络融合与分级区域推进策略，优先实现对规划起降场、固定航路及重点作业空域的无缝连续覆盖。

5.3. 低空通信技术体系与设施构成

5.3.1. 总体技术体系框架

（1） 低空通信基础设施是由天基、空基、地面等多层网络设施构成的通信网络系统，为低空飞行器（无人机、eVTOL等）与地面控制站、空中交通管制、运营监管平台之间提供可靠、安全、低时延、高带宽的信息传输通道。

（2） 在多层网络设施中，天基卫星网络提供顶层覆盖，空基中继节点进行延伸，地面蜂窝网与专网形成主体覆盖，通过统一的管理平台实现智能协同。

（3） 该架构以地面移动通信网络与地空通信专网为主体，以卫星通信网络为延伸和备份，通过统一的通信管理平台实现异构资源的智能调度与融合服务。

5.3.2. 核心技术要求

（1） 空地协同覆盖技术。须研究并应用地面5G-A基站与卫星系统的动态协同组网技术，通过智能波束管理与资源分配，实现从城市到偏远地区的连续、高效三维覆盖。

（2） 干扰控制机制。须采用基于人工智能的频谱感知与动态频谱共享技术，建立主动干扰识别、定位与抑制机制，保障复杂电磁环境下的通信稳定。

（3） 切换增强。须优化面向高速三维移动场景的切换算法，支持地面蜂窝网内、地空之间及空地卫星链路间的无缝、无损平滑切换，保障业务连续性。

（4） 通信保障技术。须通过端到端网络切片、超高可靠低时延通信及业务优先级调度技术，为飞行控制类关键业务提供确定性的通信服务保障。

（5） 可信接入认证。须建立基于数字身份、区块链或轻量化密码技术的多因素融合认证机制，确保人、机、网三元实体的安全可信接入，防止非法接入与冒用。

（6） 通信感知一体化设计技术。须推进通感一体化基站与终端的研发与应用，使通信设施兼具对低空弱小目标的探测、成像与跟踪能力，实现通信与感知资源的协同调度与频谱共享。

（7） 数字孪生技术。应构建网络数字孪生体，用于对网络规划、运行状态、性能瓶颈及故障影响进行高保真模拟、预测与优化，实现网络的智能运维与主动管理。

5.3.3. 核心设施构成

（1） 终端与感知设施。主要包括集成多模通信、导航与感知模块的航空器机载终端，部署于地面起降场、航路的关键物联传感设备，以及飞手使用的遥控站，共同构成实时采集飞行与环境数据的前端感知层。

（2） 地面网络设施。以经过低空覆盖增强的5G-A无线接入网为核心，在关键区域辅以高可靠的地空通信专网，并通过支持网络切片与边缘计算的5G-A核心网与高速传输网进行智能承载与连接。

（3） 天基与空基设施。天基部分主要依赖北斗卫星导航系统提供全域定位导航授时服务，并结合通信卫星实现广域数据中继；空基部分则指高空平台等，作为灵活的空中节点，用于应急通信或临时覆盖补盲。

（4） 平台与算力设施。以监管服务运营平台为核心实现全局管控，并通过分布于中心云、边缘云的云计算与边缘计算设施提供数据融合分析、智能决策与数字孪生仿真所需的算力，驱动网络向自动化、智能化演进。

5.3.4. 地面移动通信网（移动公网）

（1） 应基于现有公共移动通信网络（4G/5G/5G-A），通过基站部署优化、波束赋形技术增强等方式，为低空用户提供基础通信覆盖。网络能力应满足低空广域连续覆盖与重点区域深度覆盖的需求。

（2） 必须支持面向低空业务的网络切片功能，能为远程驾驶、大规模物联网、超高清视频回传等差异化业务提供可保障的服务质量。

（3） 应规定统一的服务接口标准，确保低空运营平台与移动网络之间在用户认证、业务开通、策略下发、计费结算等方面的互联互通。

（4） 应建立面向低空业务的专用网络运营和维护体系，包括低空信道状态监控、干扰协调、性能分析和故障快速响应机制。

5.3.5. 卫星通信网

（1） 卫星通信网主要用于为机场、城市重点区域、偏远山区及地面网络盲区等特定区域提供覆盖补充与应急备份服务。

（2） 应规范通信链路的技术要求，包括星地链路预算、低空移动场景下的多普勒频移补偿、链路余量及可用性指标。

（3） 应明确网络架构，支持卫星接入网络与地面核心网（如5G核心网）的深度融合，实现用户面与控制面的无缝路由和统一管理。

（4） 应规定数据传输协议与性能要求，确保在卫星链路条件下，关键控制指令的时延与可靠性满足安全运行阈值，并支持数据压缩与加速技术。

5.3.6. 地空通信专网

（1） 专网应独立部署，以为低空用户提供高效、可靠、安全的专用通信服务为目标。其基站部署应基于低空航线规划和三维空域模型，确保对起降场、航路及重点作业区的精准覆盖。

（2） 设备选型应满足低空通信的特殊性，包括支持高速移动终端跟踪、抗干扰、低功耗和高环境适应性（如宽温、防风、防雨）。

（3） 必须在国家无线电管理机构指配的专用频段内进行科学、无干扰的频率规划，可根据业务需求采用频分、时分或动态频谱共享等复用技术。

（4） 应具备高效的数据传输与处理能力，支持飞行遥测、感知避让、高清视频等异构数据的低时延、高可靠传输与边缘预处理。

（5） 应实现与移动公网、卫星通信网的智能网络协同，支持基于策略的多网自动切换与负荷均衡，形成一体化的通信服务能力。

（6） 必须在系统设计中贯穿隐私保护原则，对用户身份、飞行轨迹等敏感信息进行加密和脱敏处理，并遵守相关数据安全法律法规。

5.4. 数据融合与平台协同

5.4.1. 数据融合体系

（1） 低空通信基础设施应构建统一、开放的数据融合体系，实现对多源异构数据的采集、处理与价值挖掘。

（2） 多元数据汇聚：网络应具备原生能力，实时汇聚并传输来自航空器的飞行状态数据（位置、姿态）、任务载荷数据（影像、传感信息）、网络环境数据（信号质量、链路状态）及环境感知数据。

（3） 跨域数据融合：在保障数据安全与主权的前提下，建立数据交互机制，推动通信网络数据与空中交通管理、公共安全、地理信息、气象服务等外部系统数据的标准化融合，构建统一的低空动态数字孪生体。

（4） 数据服务化：基于融合后的高价值数据，提供标准化的数据服务接口，支撑航路规划、冲突预警、效能评估、故障诊断等智能应用。

5.4.2. 平台协同架构

（1） 基础设施的运行管理须依托多层次、协同化的平台体系实现。

（2） 国家级监管调度平台作为顶层中枢，负责全国性网络资源与空域资源的宏观监管、跨域协同调度、核心策略制定与全局态势呈现。

（3） 区域/省级运营管理平台作为承上启下的枢纽，负责本区域内网络设施的智能运维、资源动态分配、区域策略执行，并向国家级平台汇总数据。

（4） 城市/企业级应用服务平台作为落地触手，面向具体的城市管理或商业运营场景（如物流、巡检、载人交通），提供定制化的网络能力调用、业务保障及本地化应用集成。

（5） 协同交互机制：各级平台之间须通过标准化、松耦合的开放接口进行数据共享与指令协同，形成“全国一盘棋”的统一管理视图与联动响应能力。

5.5. 建设与运行要求

5.5.1. 一般规定

（1） 低空垂直起降航空器的起降范围内必须具备良好的通信信号。应在此范围内按需建设地面移动通信等设施，确保实现信号全覆盖、高可靠与低延迟，保障信息实时交互与及时联动。

（2） 通信系统必须具备双重或多重冗余备份链路。主用链路故障时，备用链路应实现自动无缝切换。

（3） 通信系统应满足最大流量运行时的数据传输带宽需求，并支持高清视频实时回传等业务。系统需同时具备载荷通信与飞行控制链路数据通信能力。

（4） 通信端到端时延应满足实时遥控与避障等关键应用要求。

（5） 通信设备应具备抗干扰能力，并宜支持动态频谱分配与跳频技术。

（6） 大型起降场及关键节点需部署GNSS抗欺骗设备。

（7） 所有户外通信设备应能在建设地点的极端高低温环境下正常工作，外壳防护等级不应低于IP65，并具备防盐雾、抗振动与冲击的能力，抗震设防应符合国家相关标准。

5.5.2. 通信频率管理

（1） 所有通信频率和射频技术指标必须严格遵守国家无线电管理法律法规。应合理配置低空频谱资源，并研究论证低空通信专用频段的划设。

（2） 无人驾驶航空器直连通信、城市环境下无人驾驶航空器应使用特定频段进行通信，有人驾驶航空器通信频率应符合民航主管部门的相关规定。

（3） 使用需许可频段的单位必须依法取得无线电频率使用许可和无线电台执照。

5.5.3. 交互协议

（1） 无人驾驶航空器与监管平台的交互应采用HTTPS协议，报文内容应采用JSON格式。

（2） 监管平台向同一厂商提供的认证标识对应具有唯一性。

（3） 有人驾驶航空器与监管平台的交互协议应符合MH/T 4052-2021的规定。

5.5.4. 通信安全

（1） 低空航空器应具有全局唯一的物理识别码。

（2） 物理识别码应存储在硬件安全隔离区域或进行等效加密保护。

（3） 主控芯片固件应具有读保护功能，防止非法读取与篡改。

（4） 远程升级过程必须进行固件来源安全检测与完整性校验。

（5） 数据传输过程应采用加密技术确保数据的机密性与完整性。相关隐私保护措施应符合技术标准要求。

（6） 整体安全要求应符合T/CZII 025-2024的相关规定。

5.6. 术语和定义

5.6.1. 低空通信基础设施（Low-altitude Communication Infrastructure）

指为低空空域内的航空器（含无人驾驶与有人驾驶航空器）与地面系统（如控制站、监管平台、空中交通管制）之间提供遥控、遥测、感知、导航及管理信息传输服务的，由天基、空基、地面等多层网络设施构成的通信网络系统。其核心特征是空天地一体化、多层异构、融合互补。

5.6.2. 地空通信专网（Ground-to-Air Private Network）

为满足低空飞行特定区域（如起降场、重点航线）高可靠、低时延、高安全通信需求而专门设计部署的无线通信网络。通常使用专用或授权频段，独立于公众移动通信网络。

5.6.3. 移动公网（Public Mobile Network）

指由基础电信运营商建设，面向公众提供服务的移动通信网络（如4G LTE、5G/5G-A网络）。低空通信可通过网络切片、增强覆盖等方式利用此网络提供服务。

5.6.4. 动态频谱分配（Dynamic Spectrum Allocation, DSA）

指通信系统能够根据实时监测的频谱使用状况、业务需求和干扰情况，动态地调整和分配所使用的频段或信道，以提高频谱利用效率和抗干扰能力的技术。

5.6.5. 网络切片（Network Slicing）

指在共享的物理网络基础设施上，通过虚拟化技术创建多个逻辑独立的、按需定制的端到端虚拟网络，以满足低空通信等不同业务场景在带宽、时延、可靠性等方面的差异化需求。

5.6.1 多模兼容（Multi-mode Compatibility）

指低空航空器搭载的通信终端能够支持两种或两种以上不同制式的通信网络（如5G、卫星、VHF），并可根据网络条件、业务需求或策略自动或手动选择最优接入网络。

5.6.2 主备结合配置模式（Primary-backup Configuration Mode）

指为确保通信可靠性，在同一通信节点或系统中同时配置主用通信链路和备用通信链路。当主用链路发生故障时，系统能自动或手动切换至备用链路继续提供服务。

5.6.3 自诊断与自恢复功能（Self-diagnosis and Self-recovery Function）

指通信设备或系统能够自动监测其内部组件和工作状态，识别故障并生成告警信息；在发生非致命性故障时，能通过重启模块、切换通道等方式自动尝试恢复正常运行的能力。

5.6.4 机载通信节点（Airborne Communication Node）

指搭载于无人机、eVTOL等航空器平台上的通信设备，可作为空中移动基站或中继站，用于扩展通信覆盖范围或构建空中自组织网络。

5.6.5 GNSS抗欺骗（GNSS Anti-spoofing）

指采用一系列技术手段（如信号加密认证、多源一致性校验、波束方向检测等），识别并抵御伪造的全球导航卫星系统信号，防止航空器被误导至错误位置或航线的能力。

5.7. 缩略语

DSA：动态频谱分配（Dynamic Spectrum Allocation）

eVTOL：电动垂直起降飞行器（Electric Vertical Take-off and Landing）

GNSS：全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System）

NFV：网络功能虚拟化（Network Functions Virtualization）

QoS：服务质量（Quality of Service）

SDN：软件定义网络（Software Defined Networking）

VHF：甚高频（Very High Frequency）

6. 低空导航基础设施

6.1. 低空导航体系总体架构

6.1.1. 低空导航基础设施的系统组成

低空导航体系应以星基导航为主要手段，地基导航及增强设施作为补充，并通过多源协同保障导航服务能力，具体包括：

（1）应明确星基与地基导航设施的主用/备份关系及协同边界；

（2）应具备多源切换或融合条件，保障导航服务连续性；

（3）多源切换与融合结果应保证定位输出的一致性与可追溯性。

6.1.2. 空基、地基与星基导航设施的协同关系

低空导航体系应以星基导航为主要手段，地基导航及增强设施作为补充，并通过多源协同保障导航服务的连续性与可靠性。多源切换与融合应保证定位结果的一致性与可追溯性。

6.1.3. 低空导航与传统民航导航体系的衔接原则

低空导航基础设施应与既有民航导航体系在技术体制、数据基准和信息表达方面保持兼容，以支持跨空域、跨高度层运行的连续导航服务。

6.2. 低空运行对导航基础设施的特殊要求

6.2.1. 低空飞行高度范围对导航连续性的要求

低空导航基础设施应在规定的低空飞行高度范围内提供连续、稳定的导航服务，具体包括：

（1）应保障高度变化过程中的导航连续性；

（2）应避免因高度变化导致导航性能中断或显著下降；

（3）发生性能退化时，应具备识别并触发相应保障措施的能力。

6.2.2. 城市复杂环境对导航稳定性的要求

在城市建筑密集、电磁环境复杂等条件下，低空导航基础设施应具备保持定位稳定性的能力，具体包括：

（1）应考虑建筑遮挡、多路径等因素对导航性能的影响；

（2）应考虑复杂电磁环境对导航信号稳定性的影响；

（3）宜通过增强或补充手段降低不利影响，保障导航服务可用性。

6.2.3. 高密度运行条件下的导航可用性要求

在低空航空器高密度运行条件下，低空导航基础设施应保证导航服务的可用性与一致性，满足同时多用户运行需求。涉及共享数据或服务时，应保证输出结果的时效性与一致性。

6.3. 星基导航基础设施

6.3.1. 卫星导航系统配置要求

低空导航基础设施应配置满足低空运行需求的卫星导航系统，并保证在规定服务区域内提供连续的定位与导航服务能力。

6.3.2. 多卫星导航系统兼容要求

低空导航基础设施宜支持多卫星导航系统兼容应用，并具备在单一系统性能受限时维持基本导航服务的能力。

6.3.3. 定位精度要求

星基导航基础设施应满足低空运行所需的定位精度要求，并在规定运行条件下保持定位结果的稳定性，具体包括：

（1）定位精度要求应覆盖水平方向的基本需求；

（2）定位精度要求应覆盖垂直方向的基本需求。

6.3.4. 完整性与连续性要求

星基导航基础设施应具备完整性监测与连续性保障能力，确保在导航性能异常时能够及时识别并采取相应处置措施，具体包括：

（1）应具备对导航性能异常的监测与识别能力；

（2）应具备维持规定运行条件下导航服务连续性的保障能力；

（3）发生异常时，应具备触发相应处置措施的能力。

6.3.5. 星基导航增强设施配置要求

在低空运行需求较高或环境条件复杂的区域，宜配置星基导航增强设施，具体包括：

（1）宜以提升导航精度、完整性和可用性为目标配置增强设施；

（2）增强设施的配置范围宜与航路、起降节点及运行需求相匹配；

（3）增强设施配置宜与既有导航设施形成协同与补充关系。

6.4. 地基导航基础设施

6.4.1. 地基导航设施的功能定位

地基导航设施应作为星基导航的补充与增强手段，为低空运行提供必要的导航支撑，具体包括：

（1）可采用无线电导航、视觉导航或其他辅助导航形式提供定位或引导支持；

（2）应与星基导航形成互补关系，提升复杂环境下的导航可用性；

（3）宜与增强设施协同配置，提高导航服务的可靠性。

6.4.2. 地基导航设施选址基本要求

地基导航设施的选址应满足导航服务覆盖、安全运行及维护管理要求，具体包括：

（1）应满足服务覆盖与运行需求，并与航路、航迹及起降节点布局相协调；

（2）应避开对导航性能产生不利影响的地形和环境条件；

（3）选址宜开展遮挡、电磁环境与干扰风险评估。

6.4.3. 地基导航设施覆盖范围与服务半径要求

地基导航设施的覆盖范围与服务半径应与低空航路、航迹及起降节点布局相匹配，满足规定区域内的导航服务需求。

6.4.4. 地基导航设施保护区与安全距离要求

地基导航设施周边应设置必要的保护区和安全距离，具体包括：

（1）应防止建筑物、设施或活动对导航性能和运行安全造成干扰；

（2）应对可能引入遮挡、多路径或电磁干扰的因素进行控制；

（3）保护区范围与安全距离宜与设施类型、服务范围及运行需求相匹配。

6.4.5. 城市低空环境下的遮挡与多路径控制要求

在城市低空环境中，地基导航设施的设置应考虑建筑遮挡和多路径效应影响，并采取相应措施保障导航信号的稳定性和可靠性。

6.5. 低空航路与航迹导航支撑

6.5.1. 固定低空航路的导航基准要求

固定低空航路应设置明确的导航基准，并依托相应导航基础设施保障航路范围内导航服务的连续性与一致性。

6.5.2. 动态航路的导航支撑条件

动态低空航路的设置与使用应具备相应的导航支撑条件，确保航路调整过程中导航服务的可用性和稳定性。

6.5.3. 航迹点设置与间距要求

低空航迹点的设置位置与间距应满足低空运行导航精度和航迹连续性要求，具体包括：

（1）航迹点位置设置应满足航路组织与运行安全需求；

（2）航迹点间距设置应满足航迹连续性与导航服务能力要求；

（3）航迹点设置应与航路结构相协调。

6.5.4. 转弯点与汇入点的导航精度要求

低空航路中的转弯点和汇入点应具备满足运行需求的导航精度，以保障航迹转换和流向汇聚过程中的安全运行。

6.6. 起降点及节点型导航基础设施

6.6.1. 起降点定位导航基准要求

起降点应设置明确、统一的定位导航基准，保障起降操作过程中的定位准确性与稳定性，具体包括：

（1）应建立起降点位置的空间定位基准；

（2）宜结合视觉地标等辅助导航设施，提高识别性与定位可靠性。

6.6.2. 起降点进离场路径的导航支撑要求

起降点进离场路径应具备相应的导航支撑条件，确保进场与离场过程中导航服务的连续性和可用性。

6.6.3. 起降点周边导航干扰控制要求

起降点周边环境应控制可能影响导航性能的干扰因素，防止对导航信号和定位结果产生不利影响。

6.6.4. 多起降点密集区的导航协调要求

在多起降点密集分布区域，导航基础设施配置应满足多节点协同运行需求，保障导航服务的一致性与协调性。

6.7. 导航数据与数字化基础

6.7.1. 导航设施坐标与高程数据要求

导航设施的坐标与高程数据应采用统一的数据基准和表达方式，满足低空导航应用对精度和一致性的要求，具体包括：

（1）应采用统一的坐标与高程基准；

（2）应包含必要的运行状态、导航性能及服务完好性等属性信息；

（3）数据精度与一致性应满足导航应用需求。

6.7.2. 航路与航迹数据结构要求

低空航路与航迹数据应具备规范的数据结构和属性描述，以支持导航服务、信息共享与系统对接需求。

6.7.3. 导航设施在数字航图中的表达要求

导航设施应在低空数字航图中进行规范化表达，确保其空间位置和属性信息与导航服务需求相一致，具体包括：

（1）应以规范化方式表达导航设施的位置与属性；

（2）应支持多源导航数据的融合应用需求；

（3）应保证航图表达与实际服务能力的一致性。

6.7.4. 导航数据更新与一致性要求

导航数据应按照规定频率进行更新，并通过有效机制保障不同系统和使用主体之间的数据一致性，具体包括：

（1）应按规定频率开展数据更新；

（2）应保障不同系统和使用主体之间的数据一致性；

（3）数据发布宜具备版本管理与变更可追溯能力。

6.8. 安全与冗余要求

6.8.1. 星基与地基导航的冗余配置要求

低空导航基础设施应通过星基与地基导航的合理冗余配置，提升导航服务的可靠性和抗失效能力。

6.8.2. 导航信号干扰与失效情况下的保障要求

在导航信号受到干扰或发生失效的情况下，低空导航基础设施应具备必要的识别与保障措施，维持基本导航服务能力，具体包括：

（1）应具备对导航信号异常或性能下降的识别能力；

（2）应具备相应的保障措施维持基本导航服务能力；

（3）宜支持通过降级运行或备用导航源切换保障导航连续性。

6.8.3. 导航能力不足情况下的运行限制原则

当导航能力无法满足既定运行要求时，应按照规定实施相应的运行限制，确保低空运行安全。

6.9. 术语和定义

6.9.1. 星基导航设施（space-based navigation facilities）

以卫星导航系统为核心，为航空器提供定位与导航服务的设施和系统。

6.9.2. 地基导航设施（ground-based navigation facilities）

部署于地面的、用于补充或增强导航服务能力的导航设施，为航空器运行提供定位、引导或性能增强支持。

6.9.1 导航增强设施（navigation augmentation facilities）

用于提高导航系统精度、完整性、连续性或可用性的设施或系统，包括星基增强、地基增强等形式。

6.9.2 数字航图（digital aeronautical chart）

以数字化形式表达航空运行相关空间信息和导航要素的航图产品，用于支持导航服务和飞行运行。

7. 低空监视基础设施

7.1. 建设目标与总体定位

监视基础设施是低空运行安全体系和城市空域精细化治理的关键支撑，是实现低空飞行“看得见、管得住、可追溯”的基础能力。面向“十五五”时期低空经济规模化发展需求，需构建覆盖低空空域—起降场站—航线走廊—重点区域的多源融合监视体系，支撑低空飞行活动的实时感知、协同监管与风险预警。

按照“空地一体、分级部署、军地协同、数据共享”的原则，监视基础设施应与低空智能网联系统、运行管理平台和应急指挥系统协同建设，形成低空运行的基础感知底座。

7.2. 监视对象与覆盖范围

监视基础设施重点覆盖以下对象与空间层级：

(1) 低空飞行器运行状态：包括位置、高度、速度、航向、识别码等关键运行参数；

(2) 低空起降与运行环境：起降点周边空域、航线走廊、人口密集区、重要基础设施与敏感区域；

(3) 空域秩序与运行态势：低空飞行密度、冲突风险、异常行为与违规飞行活动。

(4) 监视范围应根据区域发展阶段和运行强度，分为核心运行区、一般运行区和限制监视区，实现差异化配置与动态调整。

7.3. 监视技术体系与设施构成

7.3.1. 协作式监视设施

ADS-B、Remote ID 等低空飞行器协作监视手段；

与飞行器登记、运行许可系统联动，实现身份识别与状态上报。

7.3.2. 非协作式监视设施

低空监视雷达、无线电侦测、光电监视设备；

用于发现未登记、异常或失联飞行目标。

7.3.3. 地面与场站监视设施

起降场站视频监控、周界防护、运行状态监测；

关键节点布设多模态传感器，增强局部精细感知能力。

7.3.4. 空域与环境监测设施

气象监测、风场感知、电磁环境监测；

为低空运行安全评估和运行决策提供环境数据支撑。

上述设施应根据区域条件进行模块化部署，避免重复建设，优先整合既有交通、公安、气象等监测资源。

7.4. 数据融合与平台协同

监视基础设施采集的数据应统一接入低空智能网联系统，实现：

(1) 多源数据融合处理：协作式与非协作式数据交叉校验；

(2) 态势感知与风险识别：支持冲突预测、异常行为识别和趋势分析；

(3) 跨部门信息共享：与空管、公安、应急、城市管理等系统互联互通。

(4) 在城市层级，应与数字孪生城市、综合交通管理平台协同，支撑低空运行与城市治理的联动决策。

7.5. 分级建设与实施要求

按照“国家—区域—地方”分级建设思路推进监视基础设施布局：

国家级：重点建设低空运行监视标准体系和跨区域监视能力；

区域级：支撑跨市、跨区低空航线与走廊运行安全；

地方级：结合实际应用场景，完善场站与重点区域监视设施。

鼓励采用“存量整合 + 新型设施补充”的方式推进建设，逐步提升低空监视能力的覆盖深度与智能化水平。

7.6. 术语和定义

7.6.1. 低空监视基础设施

指为保障低空飞行活动安全、有序、可监管运行，在低空空域及其相关地面空间中部署的，用于飞行器运行状态感知、空域态势监测、异常行为识别与运行记录的基础设施体系。

低空监视基础设施是低空智能网联系统的重要组成部分，侧重于“感知与识别”，不直接承担运行审批、指挥调度等管理职能。

7.6.2. 协作式监视

指低空飞行器通过机载设备，按照统一技术规范，主动向监视系统发送身份标识、位置、高度、速度等运行信息的监视方式。

协作式监视依赖飞行器合规接入和设备正常运行，适用于常态化、合规运行场景。

7.6.3. 非协作式监视

指在飞行器未主动上报信息或协作式设备失效情况下，通过地面或空基设施被动探测低空飞行目标及其运行状态的监视方式。

非协作式监视主要用于补充监管盲区、防范违规飞行和提升安全冗余能力。

7.6.4. 低空运行态势感知

指基于多源监视数据融合，对低空空域内飞行活动的分布状态、运行密度、冲突风险和异常行为进行综合识别、分析与可视化呈现的能力。

低空运行态势感知是开展低空运行监管、风险预警和应急响应的重要技术基础。

7.6.5. 多源监视数据融合

指对来自协作式监视、非协作式监视、视频监控、气象监测等多种渠道的数据进行统一接入、校验、关联和综合处理，以提升低空目标识别准确性和运行态势判断可靠性的技术过程。

8. 低空气象基础设施

8.1. 建设目标与总体定位

8.1.1. 核心建设目标

构建与低空飞行服务其他设施协同联动的气象保障体系，满足不同低空场景、各类飞行器的差异化气象需求，为飞行决策、计划制定、调度管理等提供科学依据。

8.1.2. 核心建设原则

（1） 适配协同：气象基础设施规划建设应与低空飞行服务体系、飞行器运行特征、区域发展实际相适配，统筹衔接通信、导航、监视等设施功能。

（2）场景导向：以具体低空飞行场景需求为核心，针对性构建气象保障能力，确保设施规划、设计、建设满足对应场景最低气象保障要求，兼顾场景拓展后的功能延伸需求。

（3）实况优先：低空飞行决策应以场内直接获取的实时气象监测数据为核心依据，其他来源气象数据仅作为参考；实时监测数据与其他数据不一致时，以实时监测数据为准。

（4）经济集约：满足功能需求前提下，优先整合现有气象、交通、通信等存量资源，减少重复建设。

（5）系统集成：由统一组织方统筹整体设计，集成气象监测、数据处理、服务输出等全流程功能，确保设施建设符合场景适配、成本合理、功能完备的要求，实现一体化保障。

（6）统一规范：气象数据应遵循统一基准与标准，确保通用性、普适性；数据说明书应清晰准确，无理解歧义，符合数据安全与共享服务相关规定。

8.2. 服务对象与气象信息采集保障配置

8.2.1. 核心服务对象

包括低空飞行器运行主体、低空飞行运营管理机构、相关监管部门及政府主管部门，服务于飞行安全管控、运营效率提升、行业监管执法等核心需求。

8.2.2. 覆盖场景范围

全面覆盖通用机场、低空测试场、低空集散中心、城市低空起降设施、独立管理低空航线、低空临时飞行区、低空试验区及行政区低空全域等八大类低空飞行场景，适配不同场景时空特征与产业定位。

8.2.3. 气象信息采集与保障配置要求

（1）基础气象要素采集与保障：核心采集风、气温、降水、气压四项直接监测量及空气密度一项计算量数据。

（2）其他气象要素采集与保障：采集相对湿度、太阳辐射、能见度、云底高、云量等对特定飞行器（如高精度作业无人机）及特殊飞行要求（如长时续航飞行、低空观光飞行）影响显著的要素数据。

（3）泛气象要素采集与保障：采集地磁暴、大气电场、颗粒物浓度、光辐射强度等等特定场景下对飞行安全产生关键影响的要素数据。

8.3. 核心技术体系

8.3.1. 多源融合要求

兼容多元数据来源，涵盖不同监测设备、预报模式、再分析方法及数据处理技术，通过数据交叉校验与整合，提升气象保障的全面性与可靠性。

8.3.2. 科学布设要策略

遵循“疏密有致”原则，飞行器起降区域实现全覆盖，飞行航路实现格点覆盖，特殊及重点区域加密布设，兼顾覆盖效能与资源节约。

8.3.3. 创新技术适配

鼓励采用5G-A通感一体、无人机载气象监测、天地空协同采集等创新技术与设备，支持与现有通信塔、5G基站共建共享，拓宽数据采集范围与应用场景。

8.3.4. 预报技术辅助

气象预报数据（含时间预报与空间预报）作为飞行计划制定、运力调度、物资人员安排的辅助依据，采用数值天气模式、人工智能、空间插值等技术提升预报精准度，与实时监测数据形成互补。

8.4. 数据协同与共享

8.4.1. 数据统一管理

规范数据结构与标准，明确自建监测数据与外部来源数据的分类管理要求，标注数据来源、技术方法及属性信息，确保数据可追溯、可校验。

8.4.2. 跨平台互联互通

预留标准化数据接口，满足低空飞行场景自身、城市低空运营管理中心、监管部门及政府相关部门的数据调用需求，实现与低空智能网联系统、运行管理平台等协同联动。

8.4.3. 数据安全保障

严格遵循中国气象局《气象数据共享服务与安全管理办法(试行)》及其他相关规定，加强数据采集、传输、存储、使用全流程安全保护，防范数据泄露与滥用风险。

8.5. 建设与实施要求

8.5.1. 分级分类建设

按照“国家—区域—地方”分级建设思路，差异化推进气象基础设施布局：国家级聚焦标准统一与跨区域协同保障能力；区域级支撑跨市、跨区低空航线气象保障；地方级侧重场景化、精细化保障设施完善。

8.5.2. 全流程规范实施

建设应遵循“规划设计—工程实施—调试验收—运行维护”全流程规范：规划阶段需开展实地勘察与需求论证；验收阶段应确保数据完整在误差容许范围内；运维阶段应建立巡检、校准、故障处理、应急演练等管理制度，留存运行维护档案。

8.5.3. 动态优化调整

基于低空飞行服务发展需求与技术进步，持续优化气象基础设施功能配置、数据处理方法与服务模式，逐步提升气象保障的智能化、精准化水平。

8.6. 术语和定义

8.6.1. 基础设施建设内容

根据低空经济气象基础设施各类场景建设需求，可将低空经济气象基础设施建设内容概括为硬件设备设施、其他种类气象数据源、软件系统、附属设备设施建设。

8.6.2. 硬件设备设施

低空经济气象基础设施的硬件设备设施指对应低空经济各类场景内部自建的硬件设备和设施，包括各类气象监（观、探）测设备、数据传输设备、数据计算与处理设备，以及与之配套的供电设备、通信设备、地基、站房、机房、标识物等设施。

8.6.3. 其他种类气象数据源

指除低空经济场景内部自建的气象监（观、探）测设备设施外，低空气象基础设施根据场景功能需求配备的其他气象数据源，如区域中长期天气预报数据、短期天气预报数据、短临天气预报数据、空间格点再分析数据、其他来源的实况天气（直接监测或分析）数据等。

8.6.4. 附属设备设施

为了保证低空经济气象基础设施整体功能正常运行和人员安全而设置的辅助装置。

9. 低空安全防护基础设施

9.1. 总体定位与建设原则

9.1.1. 目的与定位

低空安全防护基础设施是为防范和处置低空非法飞行、违规飞行及恶意攻击行为，保障空防安全、公共安全和关键基础设施安全而建设的专用技术设施体系。本章规定预警识别设备设施、无线电干扰设备设施及拦截设备设施的技术要求、部署原则与运行管理规范。

9.1.2. 适用范围

本章适用于低空安全防护基础设施的规划、设计、建设、验收、运行与维护，适用于机场、重要目标、禁飞区、敏感设施周边及城市重点区域的低空安全防护场景。

9.1.3. 基本原则

低空安全防护基础设施的建设与运行应遵循以下原则：

（1）合法合规：所有防护设备的使用须严格遵循国家无线电管理、空域管理及安全防护相关法律法规，未经授权不得擅自部署主动干扰或拦截设备；

（2）分级防护：根据防护对象的重要程度和威胁等级，实施差异化配置，形成“预警—识别—跟踪—干扰/拦截”的纵深防护体系；

（3）最小必要：非毁伤性手段优先，干扰与拦截措施应以驱离、迫降、捕获为目标，避免对地面及空中非目标造成次生伤害；

（4）协同联动：安全防护设施应与低空智能网联系统、监视系统、通信系统及应急指挥平台实现数据互通与联动响应；

（5）安全可控：防护设备的运行不得对合法飞行活动、民用航空通信导航、公共通信网络及人身安全造成不当影响。

9.2. 预警识别设备设施

9.2.1. 功能定位

预警识别设备设施是低空安全防护体系的前端感知层，负责对低空空域内飞行目标的探测、识别、跟踪与威胁评估，为后续处置提供目标信息与决策依据。

9.2.2. 设备构成与技术要求

预警识别设备设施主要包括以下类型，可根据防护区域特点组合配置：

9.2.2.1.低空监视雷达

（1）应具备对低空小型、慢速、低空目标的探测能力，能够有效探测常见尺寸的低空飞行器；

（2）探测距离应满足防护区域需求，能够覆盖从近距离至中远距离的不同防护范围；

（3）应具备三维探测能力（方位、距离、高度），能够提供目标的立体空间位置信息；

（4）应具备多目标跟踪能力，能够同时处理相当数量的飞行目标；

（5）应具备抗杂波、抗干扰能力，能在城市建筑密集区、多径反射环境下稳定工作；

（6）数据更新速率应满足连续跟踪的需求。

9.2.2.2.无线电频谱侦测设备

（1）应能对低空飞行器与遥控器之间的通信链路进行被动侦测，覆盖主流低空飞行器通信频段；

（2）应具备信号测向能力，能够提供目标的大致方位信息；

（3）应能识别常见低空飞行器的通信协议特征，并可提取飞行器唯一识别信息（如序列号等）；

（4）应具备频谱占用监测与异常信号告警功能；

（5）侦测作用半径应与防护区域需求相匹配。

9.2.2.3.光电识别跟踪设备

（1）应包括可见光摄像机和红外热成像仪，具备昼夜连续工作能力；

（2）可见光分辨率应满足远距离目标识别的清晰度要求，具备足够的光学变焦能力；

（3）红外热成像应能对中远距离的低空目标进行有效探测；

（4）应具备自动目标锁定、自动跟踪及视频智能分析功能（如目标分类、行为识别）；

（5）应能与雷达、无线电侦测设备联动，实现交叉定位与目标确认；

（6）设备应具备透雾、防抖、宽动态等增强功能以适应复杂环境。

9.2.2.4.声学探测设备

（1）适用于近距离或对静音目标的补充探测手段；

（2）应具备低空飞行器声学特征数据库，支持多型号识别；

（3）应具备抗环境噪声能力，保持较低的误报率。

9.2.3. 预警识别融合要求

（1）各类预警识别设备应统一接入安全防护管理平台，实现多源数据融合；

（2）融合系统应能输出目标的统一航迹（含位置、高度、速度、类型、置信度），目标更新周期应满足实时监视需求；

（3）系统应具备威胁等级自动判定能力，依据目标速度、航向、进入区域、身份信息等因素生成分级告警；

（4）识别置信度低于设定阈值时，应自动触发光电设备或人员复核。

9.3. 无线电干扰设备设施

9.3.1. 功能定位

无线电干扰设备设施用于对违规飞行或已确认威胁的低空飞行器的通信链路、导航链路进行压制或阻断，迫使飞行器悬停、返航或迫降。

9.3.2. 设备技术要求

9.3.2.1.通用要求

（1）干扰设备必须在国家无线电管理机构核准的频段和功率限值内工作，严禁干扰民航、公共通信、应急通信等受保护频段；

（2）设备应具备发射功率可调功能，支持按需分级干扰（压制、阻断）；

（3）设备应具备定向与全向两种工作模式，定向天线应具备足够的增益；

（4）干扰有效距离应与防护区域需求相匹配；

（5）设备应具备远程开关控制、功率调节、工作状态监测及故障自诊断功能。

9.3.2.2.通信链路干扰

（1）应覆盖低空飞行器常用的通信频段，并根据技术发展保持可扩展性；

（2）干扰信号类型应优先采用精准干扰（可识别特定型号后针对性发射干扰信号）；

（3）干扰启用后，应在合理时间内使目标飞行器失去遥控信号，触发飞控预设的返航或降落行为。

9.3.2.3.导航链路干扰

（1）应覆盖主流卫星导航系统频段（GPS、北斗、GLONASS等）；

（2）干扰发射功率应控制在使目标飞行器失去卫星信号锁定但避免对周边合法导航用户造成显著影响的范围内；

（3）导航干扰应与通信干扰协同使用，优先采用通信干扰手段；

（4）在机场、重要航线等区域，应审慎使用导航干扰，优先采用其他处置方式。

9.3.2.4.电磁兼容与安全

（1）干扰设备应通过电磁兼容性测试，符合相关国家标准；

（2）设备外壳防护等级应满足室外或室内部署环境的要求；

（3）设备应具备防雷、防过压、防过流保护功能。

9.3.3. 部署与使用要求

（1）固定式干扰设备应部署于防护区域制高点或关键节点，确保对主要威胁方向的覆盖；

（2）移动式干扰设备（车载、手持）可用于临时任务或补充覆盖；

（3）干扰设备的使用须有明确授权，每次使用应自动记录时间、地点、频率、功率及目标信息，日志保存期限应符合相关规定；

（4）干扰措施启动前应优先采用声光告警等非干扰手段。

9.4. 拦截设备设施

9.4.1. 功能定位

拦截设备设施用于对拒不服从指令、持续威胁公共安全的低空飞行器实施强制处置，包括捕获、驱离或迫降。

9.4.2. 设备类型与技术标准

9.4.2.1.网捕设备

（1）包括发射型网枪（单兵）、网弹、无人机载捕获网等形式；

（2）网体展开面积应能够有效覆盖目标飞行器，抗拉强度满足捕获需求；

（3）有效捕获距离应满足不同使用场景（单兵或无人机载）的要求；

（4）捕获后应具备缓降装置，避免坠落造成地面伤害；

（5）每套设备应配备备用网体，可快速更换。

9.4.2.2. 导航诱骗设备

（1）通过发射模拟导航信号使无人机误判位置，实现虚拟围栏或引导降落；

（2）诱骗信号发射功率应严格控制在仅影响目标飞行器的范围内，避免影响周边合法接收机；

（3）诱骗设备应具备自动识别目标、定向发射功能；

（4）诱骗处置应优先引导目标至预设安全降落点，不得诱骗至人口密集区或重要设施上空；

（5）机场核心区应审慎使用导航诱骗设备。

9.4.2.3. 反制无人机

（1）可使用系留无人机或高速拦截无人机搭载捕获网、干扰载荷等；

（2）拦截无人机应具备自动目标识别与跟踪、自主路径规划能力；

（3）空对空拦截应确保拦截过程不会导致目标失控坠落至保护目标区域；

（4）拦截无人机运行应符合低空飞行管理规定，取得相应空域使用授权。

9.4.2.4. 定向能武器

（1）包括微波、激光等定向能设备，仅用于极端紧急且已造成重大威胁的情形；

（2）部署须经国家级主管部门专项审批，设备须有强制安全联锁机制；

（3）使用前应确保作用扇区内无其他航空器、地面人员及敏感设施。

9.4.3. 拦截原则与限制

（1）拦截措施仅在预警识别确认威胁、干扰无效或威胁等级极高时启动；

（2）拦截设备优先采用捕获、诱骗等手段；

（3）拦截全过程宜实现自动录像、记录目标信息、处置指令、执行结果反馈等功能；

（4）拦截后应立即通报公安、空管等部门，完成证据移交。

9.5. 设备部署与集成要求

9.5.1. 防护区域分级

根据防护对象重要性，防护区域一般分为：

（1）核心防护区：包括机场、核设施、政府首脑机关、军事禁区等，应配置全谱系设备（预警+干扰+拦截），实现全方位无死角覆盖；

（2）重点防护区：包括大型活动场馆、重要交通枢纽、大型能源设施等，宜配置预警和干扰设备，并预留拦截设备接口；

（3）一般防护区：包括城市重点区域、敏感设施周边等，以预警设备为主，干扰设备按需配置。

9.5.2. 集成管理平台

（1）所有安全防护设备应接入统一的低空安全防护管理平台，实现态势融合、威胁判定、处置决策与执行闭环；

（2）平台应与低空智能网联系统、监视系统、通信系统及公安、应急指挥中心进行数据对接；

（3）平台应支持人机协同操作，提供图形化的目标态势图及处置建议；

（4）平台应具备完整的日志审计、操作权限管理及应急回放功能。

9.5.3. 冗余与备份

（1）核心防护区内的关键设备（如雷达、无线电侦测、干扰设备）应采用冗余配置，提高系统可靠性；

（2）平台系统应具备数据备份与灾备能力，确保数据安全；

（3）供电系统应配备不间断电源，后备时间满足应急运行需求。

9.5.4. 建设与验收

（1）安全防护设施建设应符合国家及行业有关安全防范工程标准；

（2）验收时应测试探测概率、虚警率、识别时延、干扰/拦截成功率等关键性能指标，确保满足防护要求；

（3）隐蔽部署的设备应兼顾城市景观及日常活动需要。

9.6. 运行维护与管理

9.6.1. 日常管理

（1）应设立专门的安全防护设施运维团队，实行必要的人员值守制度（核心防护区宜全天候值班）；

（2）应定期对设备进行自检、覆盖测试与校准，定期开展全系统联动演练；

（3）设备运行日志、告警记录、处置记录应按规定期限保存。

9.6.2. 应急响应

（1）应制定安全防护应急预案，明确不同威胁等级的响应流程、授权人员及联络机制；

（2）应定期组织实战演练，测试从预警到拦截的全流程响应时效；

（3）发生误报或误处置时，应立即启动复盘分析与整改。

9.6.3. 人员资质

（1）干扰、拦截设备的操作人员须经过专业培训，取得相关资质后方可上岗；

（2）操作人员应熟悉设备技术性能、法律法规要求及应急程序。

9.7. 术语与定义

9.7.1. 预警识别设备

用于探测、识别、跟踪低空飞行目标的雷达、无线电侦测、光电、声学等设备。

9.7.2. 无线电干扰设备

通过发射射频信号压制或阻断低空飞行器通信链路或导航链路的设备。

9.7.3. 拦截设备

通过网捕、诱骗、空对空等方式对违规飞行器实施强制处置的设备。

9.7.4. 导航诱骗

发射模拟的卫星导航信号，使无人机接收错误位置信息，从而实现方向误导或位置欺骗的技术手段。

9.7.5. 定向能武器

利用激光、微波等高能束能量摧毁或损伤目标电子系统的武器，属最高等级反制手段。