

低空航行系统

Low-Altitude Aviation System (LAAS)

拥抱低空经济

Embracing the Low-Altitude Economy

安全智慧飞行

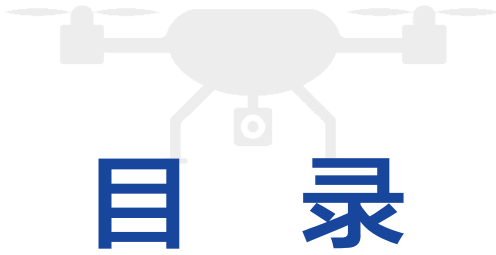
Intelligent Flight with Safety Assurance



中国电子科技集团有限公司

China Electronics Technology Group Corporation

2024年9月



引 言	1
一、低空经济时代背景	2
二、低空航行面临挑战	4
三、低空航行目标愿景	5
(一) 运行概念	5
(二) 能力构想	7
(三) 阶段目标	8
四、低空航行系统	10
(一) 体系架构	10
(二) 系统组成	11
(三) 系统演进	14
1. 低空航空器	14
2. 起降场	16
3. 通导监系统	17
4. 飞行管理服务监管系统	25
5. 数据与信息服务	32
五、结束语	35



引言

INTRODUCTION

低空经济是以有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态，涵盖航空器研发制造、低空飞行基础设施建设运营、飞行服务保障等产业。作为新质生产力的典型代表，低空经济崭露头角，有望成为继新能源汽车之后，我国经济发展的又一强劲新动能。伴随应用市场的多元化拓展以及市场主体的持续丰富，在技术创新的有力推动下，趋向于产业融合发展的低空经济格局正逐步开启。

中国电科基于自身在空域管理体系与运行、通导监气象系统和装备等方面的特有优势，首次提出低空航行系统（LAAS）的概念。低空航行系统，是低空空域大规模开放后，应对地空一体、军民地一体运行挑战的体系性解决思路。从空域管理、飞行服务、安全监管与秩序保障等体系运行的核心问题入手，保障低空安全智慧飞行。

本书聚焦建设低空航行系统实现安全智慧飞行所需的六大能力，即“灵活精细的低空空域管理、高效智能的飞行服务、开放融合的通导监保障、空地/空空协同的自主飞行、军民地协同的安全监管、泛在可信的数据与信息服务”，规划了系统构成中航空器、起降场、通信、导航、监视、空域管理、飞行服务、安全监管、信息服务（含气象）等的发展目标及演进路线。可为行业伙伴构建低空飞行保障体系提供有益借鉴，为地方府高效保障低空飞行活动提供关键支撑，为国家统筹全局推动低空经济高质量发展提供重要参考。

低空经济 时代背景

政策支持与发展规划：2021年，低空经济首次写入《国家综合立体交通网规划纲要》；2023年，《绿色航空制造业发展纲要（2023—2035年）》出台，中央经济工作会议正式将低空经济列为国家战略性新兴产业，《中华人民共和国空域管理条例（征求意见稿）》《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》发布；2024年，低空经济首次被写入政府工作报告，《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》等发布，党的二十届三中全会提出，健全现代化基础设施建设体制机制，发展通用航空和低空经济。中共中央政治局第十六次集体学习上，习近平总书记再次强调做好国家空中交通管理工作，促进低空经济健康发展。沪、深、皖、琼、杭、渝等多地同步出台地方性低空经济政策规划，为低空经济繁荣提供了有力指引和保障。

技术革新与产业基础：我国航空器动力装置、机载系统等加快升级换代，现代航空产业体系基本形成。通信感知一体化、北斗+5G高精度导航定位、AI+大模型等新技术广泛应用，电动垂直起降航空器（eVTOL）等新产品研发进程加速，彻底改变传统通用航空业态。国内有一定规模的无人机与eVTOL制造企业超250家（截至2024年5月），工业无人机制造商达到1.4万家左右（截至2024年1月），中国无人驾驶航空器的销量已占据全球约70%的市场份额（截至2024年1月）；实名登记无人机近190万架（截至2024年6月），无人机操控员持证人数超19.44万人（截至2023年12月），运营企业超1.4万家（截至2023年12月）；在册通用机场数量452个（截至2024年3月），固定运营基地、飞行服务站、专业维

修站、直升机起降点、无人机起降点等基础设施数量逐年增多。

产业链完善与应用场景拓展：低空经济的产业链长、辐射范围广，上游主要为构建中游各类低空产品的原材料（包括金属原材料、复合材料、特种橡胶与高分子材料等）与核心零部件（包括电池、电机、飞控、机体等）；中游主要为航空器制造（如无人机、eVTOL、飞行汽车、通航飞机等）、低空基础设施建设和飞行保障服务等；下游主要为应用运营端，涵盖物流配送、交通出行、旅游观光、农林植保、空中巡查、应急救援等多元化场景。完整的产业链是我国发展低空经济的优势。

市场潜力与增长预测：2023年我国低空经济规模5059.5亿元，同比增速33.8%；预计到2026年有望突破万亿元，到2030年有望突破2万亿元，低空经济市场潜力巨大，发展前景广阔。

二 低空航行 面临挑战

空域管理模式挑战：低空航行对安全和效率的追求将引起空域管理方式、业务服务流程的体系性变化。管理模式，以管制为主向以服务为主转变；管理对象，从管航空驾驶员向管无人机操作员再到管低空航行系统转变；管理主体，从行业部门专业化管理向多部门联合管理转变。

低空安全保障挑战：安全是高效低空航行活动的前提，也是确保低空经济健康有序发展的关键。目前各地在先行先试原则下开展的低空活动存在监管体系不健全、监管手段不足等问题，飞行密度增加势必造成公共安全（飞行安全、空中交通安全(空管)、要地安全(空防)、地面设施及人员安全、隐私及信息安全、环境安全等）风险激增。

标准体系建设挑战：现有民航的基础设施建设、运行管理、数据交换等标准体系针对低空航行的适配性不足，迫切需要低空领域顶层标准体系指引相关能力建设。

三 低空航行 目标愿景

（一）运行概念

自然资源是经济实现长远规划和健康发展的根本性基础，是经济活动得以顺利开展的前提条件。传统军民航运行在空域资源开发利用上主要聚焦于中高空领域，低空空域在很大程度上处于一种管而不用闲置状态，未能充分发挥其应有的价值。低空空域的逐步开放，本质是对空域自然资源进行有序释放与深度发掘的过程。是一把钥匙，用来开启空域资源新的利用之门，使其可以为经济和社会带来更广泛的可能性与更多的发展机遇。

低空航行是在低空空域开放条件下，基于地面保障设施无缝指引和低空航空器自主避让的常态化低空飞行活动。在真高^①120米（含）以下W类空域，运行的航空器类型包括微、轻、小、中型无人机。在真高120米（不含）到真高300米（含）范围的G类空域，运行的航空器类型包括轻、小、中型商业无人机。在真高300米（不含）到真高1000米（含）范围的E类空域，运行的航空器类型为中、大型无人机和eVTOL、飞行汽车等跨界新型航空器。未来随着飞行业务的发展，其运行空域有望逐步向上扩展至真高3000米。运行概念如图1所示：

① 真高：指相对地面高度，而非海拔高度。

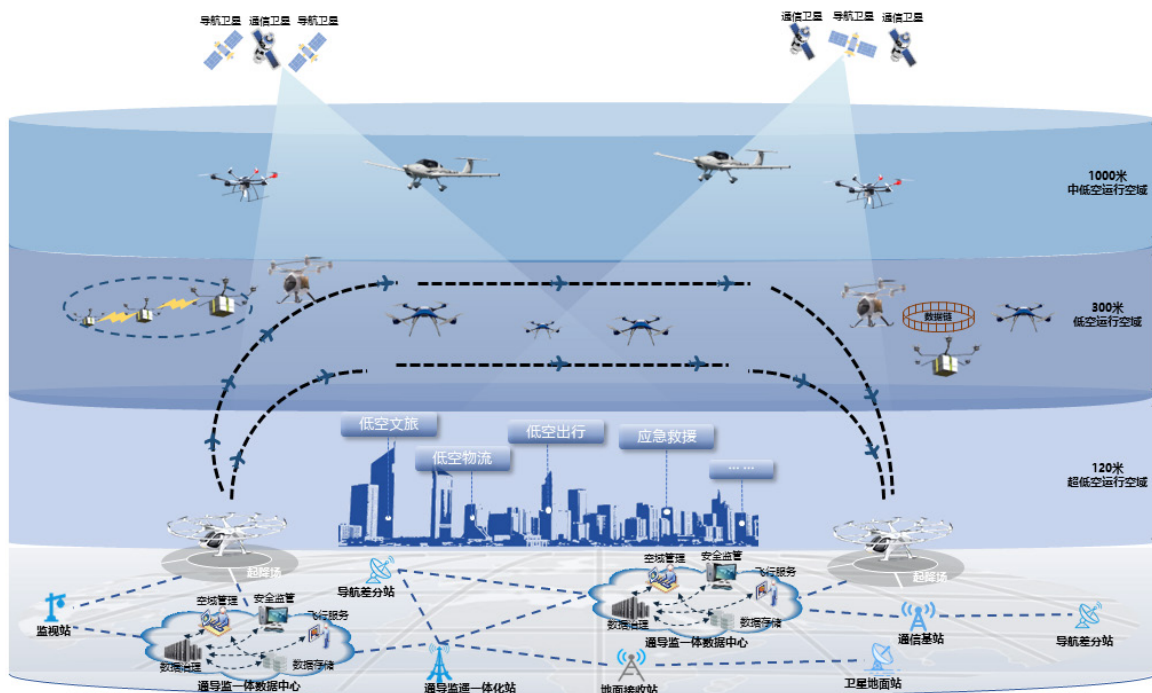


图 1 低空飞行运行概念示意图

低空航空器：低空航空器包括各种通航飞机、动力滑翔伞、热气球、飞艇等有人驾驶航空器，微、轻、小、中、大型无人机，以及eVTOL、飞行汽车等跨界新型航空器。控制模式涵盖人在回路中^①（控制）与人在回路外^②（监视）。

起降场：有固定式、机动式和移动式，是保障低空飞行的关键基础设施。

通导监系统：为低空飞行提供通信、导航、监视等保障能力的基础设备与配套信息系统。

飞行管理、服务、监管系统：为空中交通管理的组成与延伸，是为低空飞行提供空域管理、飞行服务、安全监管等服务与秩序保障^③功能的配套信息系统。

信息服务：是为低空经济参与方（服务提供者、消费者和管理者等）之间提供高效便捷信息交互服务的设施与系统。

① 人在回路中：是一种系统设计和运行的概念，指在一个自动化或智能化的系统中，人类始终参与到系统的运行和决策过程中，对系统的输出进行监督、评估和干预。

② 人在回路外：是与“人在回路中”相对的概念，指在系统运行和决策过程中，人类不直接参与或干预，系统完全依靠自身的算法、模型和预设规则进行自主运行和决策。

③ 秩序保障：确保空中交通管理活动能够在一种稳定、规范、有序的状态下进行。涵盖了空中交通的各个方面，包括飞机的飞行路线、高度、速度的管控，通信的顺畅，导航的准确等，以维持整个空中交通系统的正常运转，避免混乱和冲突。

(二) 能力构想

安全飞行是低空经济健康发展的根基与前提条件。低空飞行活动若无法切实有效确保安全，会引发公众对低空经济的担忧与质疑，进而影响社会对低空经济的接受程度与支持力度，对低空经济的稳定发展不利。智慧飞行是低空经济实现规模发展的基石与保障。借助高效智能的低空航行系统，能够增强飞行安全、提高运营效率、拓展应用场景，吸引更多企业投身于低空业务之中。

安全智慧飞行是低空经济茁壮成长的重要支撑和推动力。建设低空航行系统，实现安全智慧飞行，需要发展六大能力，如图2所示：



图2 能力构想

灵活精细的低空空域管理：相较于静态分割管理、固定使用的传统空域管理，低空空域管理强调动态性。通过建立低空空域精细时空划设机制，能够面向各类低空飞行活动高效动态分配空域资源，显著提升低空空域使用效率，增强非预期状况的应急处置能力，保证低空飞行活动的高效性与安全性。

高效智能的飞行服务：低空飞行服务方面向多运行人、多类型无人机、多场景，构建高效智能的运行管理能力体系，以情报数据、气象数据、城市数据等为底座，统一管理和服 务全域低空飞行活动，保障运行全过程的安全和效率。

开放融合的通导监保障：由于低空运行环境、飞行规模、航空器性能和法规

制度的不同，其对通信、导航、监视等方面的能力要求与传统民航飞行存在较大差异，无法直接沿用民航相关建设经验和设备系统，需要建设基于标准式架构，融合卫星互联网、公网/专网通信、北斗/惯导导航、微波/视觉主被动监视等技术为一体的低空通导监保障体系。

空地/空空协同的自主飞行：自主飞行强调飞行的行为决策主体是低空航空器而非统一的指挥中心；空地协同强调决策时需要引入微气象^①条件、地面交通状况、临时性社会活动等信息；空空协同强调决策时需要引入前后机实时位置及气象数据、空中交通状况、临时空域管制等信息。

军民地协同的安全监管：安全是低空经济发展的根本原则。安全监管有两层含义，首先是低空飞行活动对飞行安全和信息安全的防护要求，其次是由低空飞行活动带来的空防安全和公共安全挑战。两层安全均需要军地协作，齐抓共管。

泛在可信的数据与信息服务：数据与信息服务是低空数字化运行的基础支撑。泛在强调服务的无所不在、随遇接入的多源分布特征；可信强调服务的来源可信、传输可信、计算可信、存储可信。

（三）阶段目标

近期（2025年）：先行先试补齐短板。在农村、城乡结合带以及城市低空示范区等公共安全风险相对可控区域内，重点聚焦农林植保、国土测绘、应急救援、城市安防、电力巡检等典型应用场景：针对300米以下飞行活动，完善现有基础设施，实现低空飞行的通信感知和导航定位；针对300米以上飞行活动，在现有飞行服务站、无人机综合监管平台的基础上，建设兼容民航、通航的低空通导监系统和飞行管理、服务、监管系统，掌握各类低空飞行活动状态，支持局部的定点飞行、广域巡查飞行。推动建立地市、省、国家三层低空飞行管理服务平台。建立相应的合法适飞运行监管体系，确保航空器满足适航标准。用户根据相

^① 微气象：在近地面的低空范围内，由于局部地理环境、地形地貌、植被覆盖、建筑物分布等因素的影响，导致出现的一些小尺度、短时间的特殊气象现象和气象条件。低空微气象的特点包括：空间尺度小，通常只在几百米甚至几十米的范围内发生明显变化；时间变化快，可能在短时间内（几分钟到几小时）就出现显著的气象要素改变。

关管理规定获得飞行资质，执行飞行前相关检查与报备后，即可自由开展低空飞行活动。

中期（2027年）：建纲立制打牢基础。在国家相关空域管理和基础设施建设政策法规指导下，因地制宜开展信息基础设施建设。围绕安全智慧飞行与处置，针对300米以上飞行活动，积极推动移动宽带通信、空地宽带数据链和微波主被动感知等系统建设；针对300米以下飞行活动，积极推动多光谱多视角联合感知能力建设，提升超低空空域开发和高效利用的能力。实现起降和航路区域全程连续可靠管控。

在飞行服务能力上，具备处理飞行申请，间隔控制^①与流量管理、运行态势全面监控等能力。支持局域的定点飞行、广域巡查飞行、基于固定航路或通道的运输飞行。依托预先划设的低空飞行走廊，开展具有频次较高、距离较长、飞行线路较为固定特点的区域间物流、城郊—市中心通勤、交通枢纽接驳等点到点的跨区域飞行。

航空器具备相应性能与一定智能网联能力，地面保障设施具备黑飞探测与反制能力，覆盖航路重点区域。

远期（2030年）：想飞秒飞高效协同。在常态化规划试点运行基础上，提升智能化、个性化服务保障能力，面向城市核心区、低空试验区等重点区域的高密度飞行场景，开展高密度、大容量飞行场景下的自主运行保障探索。针对此类运行具有高频次、高密度、高复杂性、有人/无人混合的特点，采用空地协同的自主运行模式，通过平台积累的大量飞行数据和智能算法模型，赋能航线网络立体化布局、空域精细化管理、飞行协同化管控，实现低空航空器与地面保障设施的协同自主运行。

航空器具备高可靠性与全面智能网联能力；地面保障设施具备高带宽低延时网络通信空域全覆盖、低空空域数字化管理、大量飞行活动下的空域资源匹配与路线规划、运行态势全面监控与接管、低空气象精确感知、黑飞探测与反制等能力。

^① 间隔控制：指为了确保航空器在飞行过程中的安全，对相邻两架航空器之间的距离、时间或空间等要素进行控制和管理。

四 低空航行系统

(一) 体系架构

低空航行系统是一个确保低空安全智慧飞行，实现低空空域高效利用、赋能低空经济健康发展的体系。该体系由五层组成，每层聚焦一类使命任务，层与层之间体现支撑和依托关系，体系架构如图3所示：

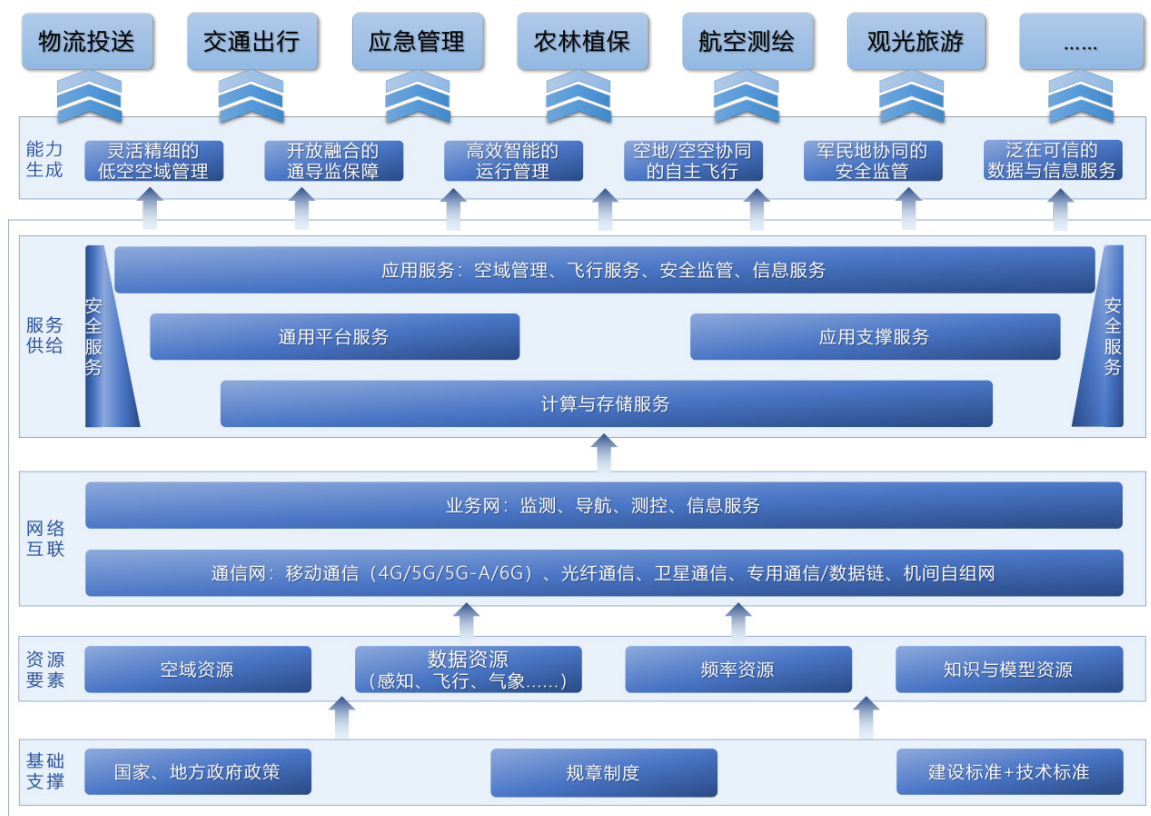


图3 低空航行系统体系架构

基础支撑层：是低空航行系统体系架构的基石，其完整性、指导性、稳定性和扩展性直接影响着整个体系架构的未来发展潜力。主要包含相关的国家及地方政策、规章制度、建设标准及技术标准等。

资源要素层：是系统的重要组成部分，涵盖系统运行和发展所依赖的各种资源。对其进行合理配置和有效管理，对于提升系统整体效率、实现系统目标具有决定性的作用。主要分为空域资源、数据资源、频率资源以及知识与模型资源。

网络互联层：是在系统中起到关键连接和通信作用的层面，主要负责解决不同类型、不同架构、不同技术标准的子系统或组件之间的网络连接和数据交换问题。包含通信网、导航网、监视网、气象网等。

服务供给层：是整个系统中负责提供各种服务的重要层面。主要职责是将系统内部的资源、能力和技术进行整合与封装，以标准化、可复用的方式向系统内的其他部分或外部用户提供有价值的服务。服务供给分为三层，下层是计算与存储服务，中层平台服务包括通用平台服务和应用支撑服务，上层应用服务包括空域管理、飞行服务、安全监管服务和信息服务（含低空气象信息）。安全服务作为重要支撑贯穿三层。

能力生成层：主要作用在于通过整合系统内的各种资源、技术和知识，创造出系统所特有的、能够适应环境变化和实现系统目标的能力。以安全智慧飞行为核心目标的能力体系包含灵活精细的低空空域管理、开放融合的通导监保障、高效智能的飞行服务、空地/空空协同的自主飞行、军民地协同的安全监管以及泛在可信的数据与信息服务。为实现物流投送、交通出行、应急管理、农林植保、航空测绘、观光旅游等业务场景提供支持。

（二）系统组成

低空航行系统由航空器、起降场、通信、导航、监视、空域管理、飞行服务、安全监管、信息服务（含气象信息）等设备/设施组成，如图4所示：



图 4 低空航行系统基本组成

1. 低空空器

低空空器是低空航行的主体和地面保障设施服务的对象，类型多种多样，包括无人机、eVTOL、飞行汽车、通航飞机以及动力三角翼等。

2. 起降场

起降场包括通航跑道型机场、水上机场、直升机机场、eVTOL起降场、临时起降点、城市无人机起降点，以及无人机机库/机巢起降平台、停机库、中转站、能源站、固定运营基地（FBO）和航材保障平台等。

3. 通导监系统

通导监系统的通信设施设备包括：低空卫星互联网、4G/5G公网、机间自组网、北斗短报文数据链、通信感知一体化（ISAC）、地面有线网和无线专网等通信链路，以及星载、机载、地面配套通信设施与信息系统。

导航设施设备包括：全球导航卫星系统（GNSS）、北斗星基增强系统（BDSBAS）、惯性导航、仪表着陆系统、视觉着陆系统等导航手段，以及星载、机载、地面配套导航设施与信息系统。

监视设施设备包括：低空监视雷达、5G-A、数据链或北斗短报文、远程识别（RemoteID）、广播式自动相关监视（ADS-B）、光电、频谱探测等手段，以及星载、机载、地面配套监视设施与信息系统。

4. 飞行管理、服务、监管系统

飞行管理、服务、监管系统具备空域管理、飞行服务、安全监管三大核心功能。

低空空域管理是指在确保空防安全、公共安全的前提下，为了更好地开发利用低空空域资源，围绕低空空域规划、运行管理和评估监督等方面开展的工作。包括低空空域数字化建模、空域结构精细化设计、航线网络立体化布局、空域资源高效化调配、空域使用协同化管理所需的技术手段和配套信息化系统。

低空飞行服务是指为在低空空域运行中的各类航空器提供的一系列服务，主要包括飞行计划管理、飞行动态监视、飞行冲突识别与调配、飞行流量管理、预警告警服务、违规事件取证以及协助应急救援服务等方面的管理服务。

低空安全监管是指为确保低空空防安全、公共安全以及公民隐私安全，通过多部委联合执法监督的低空安全联合监管体系和信息化支撑手段。提供从低空航空器制造、适航、流通、运营、维修和报废等各环节的低空安全联合监管能力。包括国家级监管（工信部、公安部、市场监督管理总局等）、行业级监管（民航局、民航空管局、行业协会等）、地方政府级监管（军民融合办、交通运输局、公安局、规划局、数据局）等部门的低空综合监管业务和飞行前置审核业务。

5. 信息服务

信息服务的本质是为服务的提供者和消费者搭建高效便捷的信息通道，使得双方能够实现信息的顺畅交流与共享，同时为管理者提供相应手段支撑。包括：统一的低空信息交换标准、时空统一的低空飞行环境数据库、数字化低空航行资料服务、实时低空飞行动态情报服务、低空微尺度气象情报服务、电磁环境信息服务等。



(三) 系统演进

低空航行系统的构建是一个复杂且动态变化的过程。在这一过程中，系统的目标与愿景必定会伴随内外部环境的动态变化而持续演进，不断适应政策法规、经济形势以及社会文化等外部因素的变动。低空航行系统的动态演进以六大能力方向为牵引，以三步走战略来推进，具体策略如图5所示：

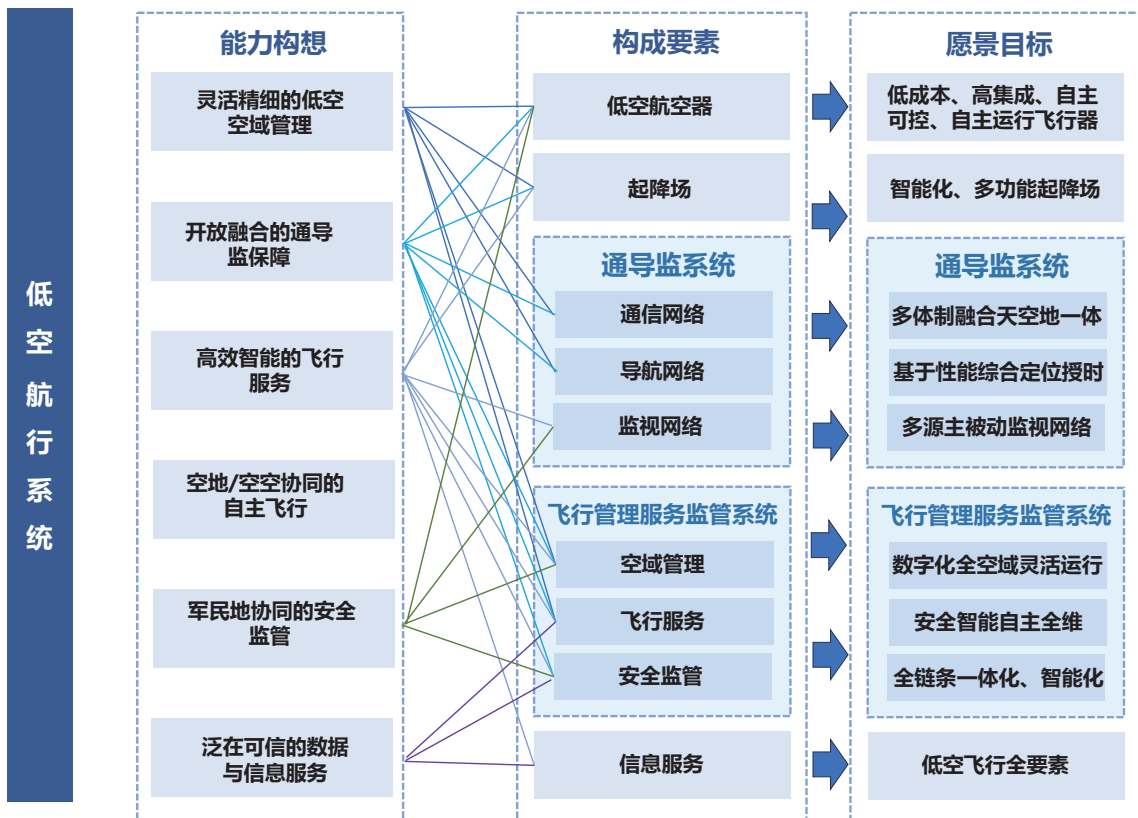


图5 低空航行系统推进策略

低空航行系统能力组成要素按阶段演进，通过不断适应低空经济发展变化，持续优化和创新，实现良性发展和竞争力提升。

1. 低空空飞行器

低空空飞行器是未来规模化和常态化低空飞行活动的载体，是低空航行系统服务保障和功能交互的主体。随着人工智能、先进传感、智能控制、新材料、新动力等技术的不断进步，低空空飞行器正在向着高度智能化、自主化、低成本、集成化、多功能等方向加快演进，并将推动飞行监管服务模式的不断变革。

低空航空器技术演进路线规划如图6所示：



图6 先进低空航空器技术演进路线

➤ **第一阶段（近期）：控制交互的自动化低空航空器**

控制交互的自动化低空航空器装配多维感知传感器（雷达、光电）和融合导航及控制系统，基于网联控制功能技术，按照低空飞行服务单一平台，申请注册的预定空域和航线规则，自动执行任务；实时感知周围环境，识别障碍物，借助地空数据链路达成的避障数据交互实现一定程度的自动飞行（如自动起降、识别避障绕障等）；融合视觉、差分定位等技术实现厘米级精准起降。在运行模式上，以地面的任务规划和航线设计为主导，低空航空器需遵循严格的计划和指令，以保证飞行的有序性和安全性。

➤ **第二阶段（中期）：实时交互通信的智能化低空航空器**

智能化低空航空器装配融合智能算法传感器，融合地理信息系统（GIS）、低空气象数据、航线数据、管制、试飞、禁飞等空域信息，自动规划最佳路径，并生成航线，通过统一数据接口和数据格式，与空中交管机构登记申请飞行。飞行中智能感知环境、实时与空中交通管理机构、地面监管服务平台交互通信，智能动态优化飞行路径，自动调整参数和行为策略，以适应复杂飞行场景。在运行模



式上，除了与空中交通管理部门、地面监管服务平台交互通信外，无人机也可组成集群，利用相互通信和协作，共同完成复杂任务。

➤ 第三阶段（远期）：全域多维交互的自主决策低空航空器

自主决策飞行的低空航空器装配有全方位的环境感知传感、多维通信系统、自主协同空域感知和地空一体多模式交通决策系统。智能立体感知环境、自主规划路径、自动调整航线以避免碰撞、通过空中多模式网联设备自主地与空中交通管理部门、地面监管服务平台交互通信，与其他无人机协同工作、自主调整飞行策略和行为以适应不同的飞行条件，无需人工干预。在运行模式上，地面提出任务总体规划，低空航空器之间自主协同避开碰撞、完成飞行任务，期间地面提供辅助监管和调度服务。

2. 起降场

起降场是低空航空器飞行作业的起点和终点，是支撑和辅助飞行作业的保障性基础设施，是自动化和智能化低空航行的关键枢纽。除了提供起降平台，起降场的主要功能包括：自动化充换电、自动装卸载荷、通信、导航定位、监视、气象观测、组网协作等功能。

起降场技术演进路线规划如图7所示：



图7 起降场技术演进路线

➤ 第一阶段（近期）：保障低空航空器飞行作业的单功能起降场

综合考虑低空航空器飞行控制、作业调度模式、系统安全等约束，通过对飞行作业全过程分析，对起降场的组成架构、通信、导航等进行规划和设计，基于智能物联网、多因素约束的作业排序优化技术，实现无人值守、支持快速部署的单一起降场功能，提供面向低空航空器飞行作业的自动化起降服务和保障服务。

➤ 第二阶段（中期）：融合近场通信感知监视功能的复合型起降场

面对空域感知和数字化管理、空地协同交通运输等任务，通过近场通信感知监视技术、多模态数据融合计算、自适应空域网格化建模技术，增强起降场近场空域立体感知和监视网络，提升空域数字化管理，实现功能更完备可靠、智能化程度高、服务作业容量大、支持全天候作业的复合型起降场支持空地协同转运。

➤ 第三阶段（远期）：基于组网协同的综合起降场

面向规模大、类型多、信息安全要求高的低空航空器跨地区作业需求，对低空航空器飞行活动和起降场作业的全过程进行实时监控，综合评估低空航空器与起降场的作业状态、作业容量和飞行任务规划，采用多智能体协作和仿真技术，实现基于起降场组网协同的低空航空器进场规划、自适应作业负载均衡、紧急停降处置，为大规模、跨地区、种类繁多的低空航空器作业，提供安全可靠的系统性起降场综合服务。

3. 通导监系统

通导监系统强调低空飞行中通信、导航、监视功能的一体化融合与协同。低空经济的飞行场景，如无人飞行、低空飞行、超视距运行、空域内多机运行等，与传统民航需求相比，对通导监提出了更高的要求。

低空航行环境面临着气象条件多变、建筑物及障碍物众多、电磁环境复杂等问题，需要更精确和可靠的通信、导航和监视手段来确保飞行安全和效率。通导监一体化旨在提高低空飞行的安全性、效率和管理水平，实现对低空航空器的实时通信、精准导航和全面监视，为空域的合理利用和低空经济的发展提供有力支撑。



(1) 低空通信

低空通信需要在城域、城乡结合区、城市之间等不同区域内，覆盖不同距离、不同地形、不同高度航线，为不同大小航空器提供飞行控制、导航监视、信息服务、业务应用等各类信息的安全可靠传输。针对单一通信手段存在通信盲区，难以实现全域无缝覆盖的问题，需要综合利用4G/5G/5G-A/6G运营商网络、卫星通信、光纤通信、专用通信/数据链、机间链等多种通信手段，形成多体制全要素互联的立体全域通信覆盖，连接各类有无人航空器、传感器、起降场、服务保障设施等空地物理实体，连通交通管理、运营服务、安全监管等信息服务系统，综合提供宽带富媒体通信、数据安全共享、业务高效协同等网络通信服务。



图 8 低空通信概念示意图

低空通信技术演进路线规划如图9所示：



图9 低空通信技术演进路线

➢ 第一阶段（近期）：全要素互联

基于我国通信网络的建设现状，综合应用5G、卫星通信、专用数据链等通信手段，为不同空域、不同类型飞行器提供信息传输保障。

5G地面网可以实现较低高度空域通信覆盖，满足监管要求不高的低、慢、小航空器通信需求；多体制卫星通信系统综合利用高通量、窄带、移动等手段，实现对信号遮挡的山区、偏远地区等的通信补盲，构建广域覆盖层，确保高安全、高价值、长航时中大型无人机飞行全程在线；专用数据链采用主、副链路传输方式，为中大型无人机或专用特殊作业场景等提供高实时、高可靠、高安全通信；机间自组网可实现多无人机之间协同与信息快速传递共享，可用于机间位置身份信息的广播、复杂地形/非视距应用以及大范围远距离作业覆盖等场景。

➢ 第二阶段（中期）：多体制融合

随着运营商网络由5G向5G-A演进，基于5G-A的通感一体化接入能力，通过连续波加脉冲波组合的方式，实现低空空域（150m以下）精准无盲区的通信和感知覆盖；多体制卫星通信系统向卫星互联网演进，具备更实时、更可靠的通信能力；机间自组网、专用数据链等专用通信手段实现深度融合，向网链一体方向

^① 网链一体：将通信网络和通信链路有机融合为一个整体，实现高效、协同、智能的通信模式。具有深度融合、智能优化、高可靠性特点。



演进。在此基础上，通过软件定义、统一波形等技术，实现5G-A、卫星互联网、专用数据链等多体制通信在终端、接入、业务等层面的融合。通过5G-A+卫星互联网+专用通信等多模机载终端，可在芯片级实现深度融合，确保不同空域通信的连贯性和稳定性；通过基于软件无线电的一体化基站实现5G-A、卫星通信、数据链等综合接入；通过一体化融合服务平台，实现不同体制系统业务融合，满足数据共享、业务协同等应用需求。

► 第三阶段（远期）：天空地一体

基于6G移动通信网络打造天空地一体、安全内生、AI内生的通信能力，实现全域无缝立体覆盖；依托专用切片技术，为中大型无人机、复杂地形/大范围远距离应用、专用特殊作业场景等提供高实时、高可靠、高安全通信。

(2) 低空导航

低空运行采用基于性能的综合定位授时导航^①。其导航场景分为航路和空域，航路包括按不同高度层区分的双向航道、按照水平间隔划分的飞行速度航道，空域包括机场/起降点/投放点、作业区域。当前已采用的导航手段包括地基增强系统（GBAS）、星基增强系统（SBAS）等，采用的飞行程序有垂直引导进近（APV）-I、垂直引导定位信标（LPV）-200、盲降（CAT）-I等。

由于低空航空器运行引入垂直或短距起降引导，当前在起降点/投放点、作业区主要采用载波相位差分（RTK）/视觉为主用导航手段，根据任务需要在地面部署RTK基准站、视觉地标等基础设施，可支持航空器的任务起降、投放操作及作业区运行，导航精度达到10cm，需定义精准引导/降落飞行程序。鉴于RTK存在完好性问题，需要引入X等级地基增强系统进近服务（GAST X）导航概念以保障飞行安全。

^① 基于性能的综合定位授时导航：是一种先进的导航理念和技术体系。根据特定的性能需求，综合利用多种导航源和技术手段，实现对目标的高精度定位、准确授时以及可靠导航。这里的性能可以包括定位精度、授时精度、可用性、可靠性、连续性等多个方面的指标要求。

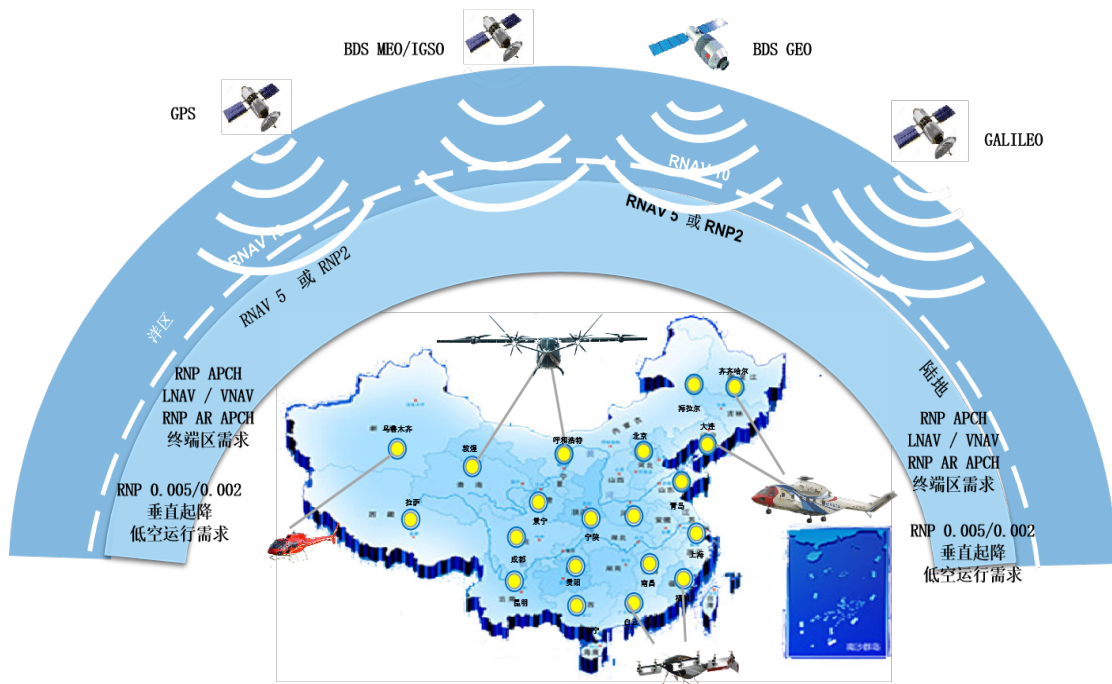


图 10 低空导航概念示意图

基于性能的综合定位授时导航技术路线如图 11 所示：



图 11 低空导航技术演进路线



➤ 第一阶段（近期）：基本定位授时导航能力

本阶段为混合飞行阶段，低空航空器以空域大间隔的交通管理方式保障基本飞行安全，对导航的需求以高精度和高鲁棒性为主。本阶段的主要工作积极推动北斗系统应用，在航道阶段采用单频全球导航卫星系统/北斗星基增强系统（GNSS/BDSBAS）、全球导航卫星系统/接收机自主完好性监测^①（GNSS/RAIM）技术，提供RNP0.005导航服务；该类技术还可以为地面设施设备提供40ns授时服务。在机场采用GBAS，单频GBAS服务提供水平3m/垂直4m的导航精度（95%）， 2×10^{-7} /任意进近完好性保证（在任意进近飞行过程中，发生危险误引导概率小于等于 2×10^{-7} ，导航系统服务性能不满足用户需求时，及时发出告警能力）。在起降点、投放点、作业区采用RTK/视觉导航，RTK和视觉导航服务均提供水平8cm/垂直10cm的定位精度。

➤ 第二阶段（中期）：增强定位授时导航能力

本阶段为融合运行阶段，低空飞行区域和航路逐渐联网成线、成片，各类航空器实现共享航路飞行，对导航的需求以同时保证高精度和高安全性为主。第一阶段的导航服务仍然保持，在航道阶段引入双频GNSS/BDSBAS、双频全球导航卫星系统/先进接收机自主完好性监测^②（GNSS/ARAIM），提供RNP0.002的导航服务；该技术还可以为地面设施设备提供20ns授时服务。在机场引入双频BDSBAS、双频GBAS，BDSBAS双频服务提供水平3m/垂直4m的定位精度（95%）， 2×10^{-7} /任意进近完好性保证；GBAS双频服务提供水平1.5m/垂直2m的定位精度（95%）， 2×10^{-7} /任意进近完好性保证。在起降点、投放点、作业区引入双频RTK/视觉导航，提供10厘米级的定位精度服务。

➤ 第三阶段（远期）：融合定位授时导航能力

本阶段为自主运行智能协同阶段，低空场景规模进一步扩大，航空器种类数量众多，低空经济繁荣壮大的阶段，航空器采用弹性导航方式飞行，对导航的需

① 接收机自主完好性监测：是一种用于检测全球导航卫星系统接收机故障或信号异常的技术。当飞机使用GNSS进行导航时，RAIM会自动监测接收到的卫星信号的质量和一致性。如果发现信号异常或存在故障，RAIM会及时发出警报，提醒用户采取相应的措施，以确保导航的准确性和安全性。

② 先进接收机自主完好性监测：是一种用于飞机飞行阶段确保双频卫星导航信号完好性方法，它允许飞机安全的全球导航，覆盖所有飞行阶段，包括精密着陆。

求为同时保证高精度、高安全性和高可用性为主。保持已有定位授时导航服务的同时，在航道阶段引入低轨卫星一体化导航，低轨卫星可以增强卫星导航信号，作为GNSS的增强与补充；也可以通过通信系统和导航系统融合，播发独立测距信号，形成备份的定位授时导航能力。在机场引入视觉着陆系统，在起降点、投放点、作业区引入GAST X/视觉，GAST X服务提供水平8cm/垂直10cm的定位精度（95%）， 2×10^{-7} /任意进近完好性保证。

（3）低空监视

低空监视采用多源主被动体制利用光电监视设备、主被动低空监视雷达、多谱系协同组网定位设备及城市大量的基础观测设施，搭建涵盖雷达、光电和频谱探测的多源监视设备网，形成低空飞行的主被动探测能力，可根据120米以下低空空域、120米-300米中空空域、300米-1000米中高空空域不同航空器类型以及飞行特点，灵活搭配多源主被动监视设备，构建分层适度的低空低成本监视网络，实现全面覆盖合作与非合作航空器的有效监视能力，将传统的城市地基监控网升级到低空立体监视网。

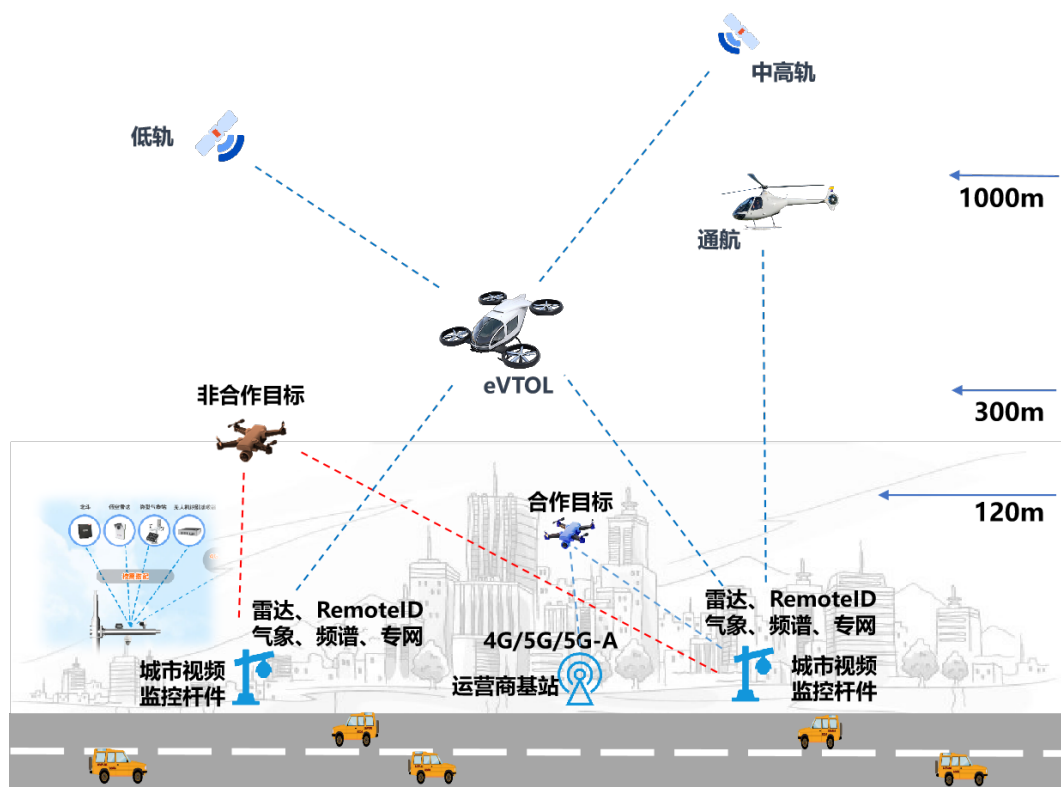


图 12 低空监视概念示意图



多源主被动监视技术演进路线规划如图 13 所示：



图 13 多源主被动监视网络技术演进路线

➢ 第一阶段（近期）：通感一体监视网络

针对低空开放初级阶段，航空器数量有限，飞行区域较为固定等现状，建设以飞行区域为中心的基本监视能力。通过视频智能监控、ADS-B、5G、WIFI、蓝牙、数据链或北斗短报文等方式构建低空监视网，采用数据预处理、特征提取、关联匹配和航迹融合等系列步骤，实现数据的初步融合，采用区域AI视频智能监控，结合固定/移动光电设备与AI技术，实现重点区域内高清晰度实时监控与紧急状况临机调配监控，为监管中心提供低空飞行的基础信息。但由于缺少对不同航空器数据标准的统一管理、航空器组网管理存在阻碍、需建立传统监视网络与低空监视网络数据协同机制。

➢ 第二阶段（中期）：声光电增强监视网络

技术深度融合与智能决策支持的监视网络结合了云计算、边缘计算、物联网、人工智能等多种先进技术，实现了对监视数据的深度挖掘和智能分析，为决策提供了强有力的支持，以应对低空飞行日趋频繁，尤其是城市低空飞行海量业务增长的需要。该阶段监视网络的建设，重点加强城市区域监视能力，支撑精细网格化空域划设，充分发掘空域资源，利用好城市内海量的铁塔、灯杆及其网电系统，

搭建涵盖雷达、光电和频谱探测的多源监视节点，形成低空 1000 米以下的主被动探测能力，将传统的城市“地面雪亮”升级到“低空雪亮”，全面覆盖合作非合作航空器的有效监视，提升主动监视精度到米级。

本阶段需要推动空地一体立体交通网络架构、标准的建立；建立城市频谱资源分配与管理能力；建立城市级主被动监视网络能力。

► 第三阶段（远期）：多源融合监视网络

随着新技术、新装备的不断涌现，地面端主动监视、协同监视、自相关监视、频谱监视、视频监视等系列化设备与机载监视、球载监视、星载监视设备共同构建空天地一体的监视网络，并不断加强信息交互和深度融合的能力。监视与被监视之间关系更为模糊，双方的监视信息互动和能力互补将取得突破性发展，监视信息将极大丰富，准确性也将大幅提高，监视能力的强弱将很大程度取决于海量数据的规模和城市超算能力，监视信息将可能成为一种基础资源进行共享，以提升航空器的安全智慧飞行能力。需关注空地监视网络体系和信息传输标准的建立、无人机自主监视能力的提升、基于 AI 的监视大模型和大数据的应用。

4. 飞行管理、服务、监管系统

飞行管理、服务、监管系统包含空域管理、飞行服务与安全监管三大核心内容。“空域管理”聚焦低空经济活动核心资源，利用数字化手段实现低空空域的高效、合理、安全利用；“飞行服务”着眼于低空飞行活动的全流程，利用信息化手段保障低空飞行器的安全、高效、智慧飞行；“安全监管”则面向低空制造—运行—防控全产业链，监管控制规模化低空经济活动的潜在安全风险。

在低空航行系统中，空域管理、飞行服务、安全监管三要素并不是独立发挥作用的，而是紧密关联，协同作用，形成融合的一体化低空管理体系：空域管理是前提，精细划分低空空域、明确空域使用规则，是开展低空飞行的基础性工作；飞行服务是核心，空域管理与安全监管需要通过飞行服务对低空运行实际支撑；安全监管是底线，空域管理和飞行服务规则需要通过安全监管来保障落实。“监、管、服”三位一体，三管齐下，为安全高效的低空运行提供有力支撑。

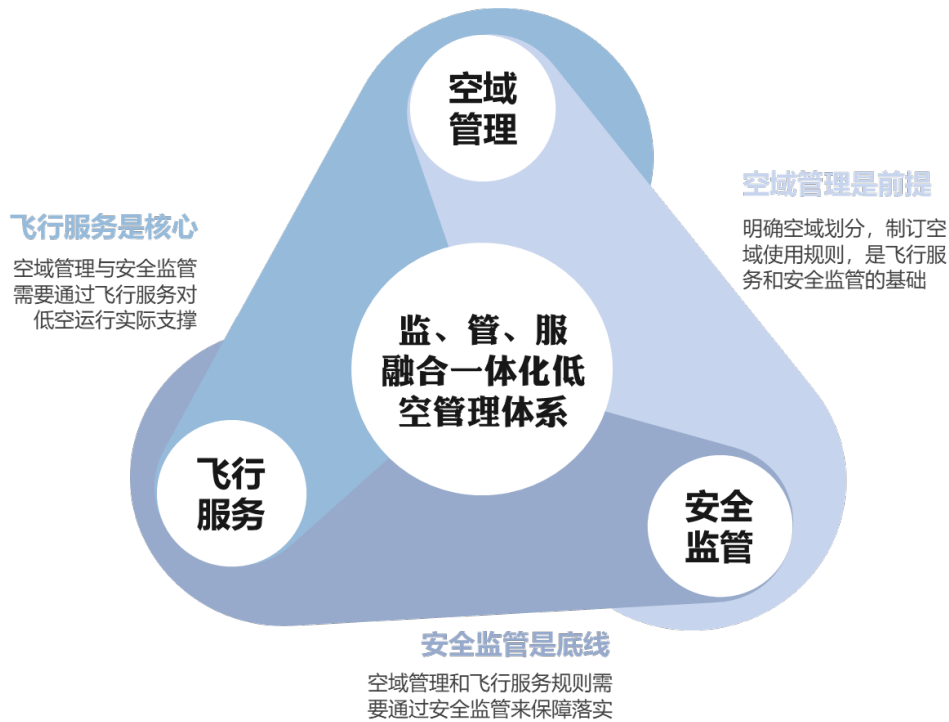


图 14 飞行管理、服务、监管系统一体化概念示意图

(1) 空域管理

低空空域管理的核心是通过数字化的手段，对可飞行的低空空域进行精细划分，并为各类低空飞行活动分配适当的空域资源，形成对应的运行规则与管理能力，从而支撑安全高效的低空飞行。

遵循“空域资源要素化-空域分配科学化-空域运行精细化”的理念，推动数字化、网络化的空域划设与管理。建立“军-地-民”一体协同的低空空域管理模式，确保空域整体安全；确立空域分级、分区精细化运行规则，打造多高度层、多节点网络的复杂空域体系，满足低空飞行多样化的使用要求和交通量持续增长的诉求；建立多用户共享的空域管理模式，促进无人/有人驾驶高效融合运行，最终实现在相关法规约束条件下的自主、灵活的飞行。

数字化为牵引的低空空域管理技术演进路线规划如图 15 所示：



图 15 数字化为牵引的低空空域管理技术演进路线

➢ **第一阶段（近期）：单一用户独占的固定空域管理**

在初始阶段，低空飞行数量较少，低空空域资源相对充分，低空管理能力尚不完备。因此，可采用单一用户独占的固定空域管理。通过空域数字化技术，实现低空空域的基本分层、分区运行。微、轻、小型无人机非经营类飞行活动在适飞空域开展，城市低空及支线物流等经营类飞行活动分层运行，不同类型飞行活动的空域相互隔离；对于单个飞行活动，系统独立分配空域资源，并在飞行过程中独占空域；对于部分飞行活动集中的区域，支持点对点、单向航路和进离场航线空域的划设，完善相关运行规则，为动态空域管理做好技术储备。

➢ **第二阶段（中期）：多用户共享的动态空域管理**

随着飞行活动不断增多，单一用户独占空域的模式不再满足空域管理的需求，将逐步向多用户共享的动态空域管理演化。面向各种不同的飞行活动划设多种空域类型，形成多高度层、多节点网络的复杂空域体系，完善相应的空域准入与飞行规则；对于同一时间内的多个飞行用户，能够统筹考虑空域需求，实现空域资源的动态分配，大幅提升空域容量与运行效率，同时通过时空间隔等技术确保飞行安全，从而实现空域资源调配的智能化。

➢ **第三阶段（远期）：支撑自主运行的智慧空域管理**

随着空域管理能力的持续提升，伴随着有人/无人驾驶航空器运行的深度融



合，持续不断地对空域结构、空域规则进行优化设计，进一步拓展自主飞行空域，支持更多航空器在规则约束下的“自由漫飞”；大量低空飞行活动可在同一空域内同步进行，空域资源调配以及对应的运行服务管理实现完全自动化；空域内部结构不断精细深化，形成多种形态的空域体系，构建起空域灵活使用机制，支持全空域的灵活运行，确保低空空域的运行始终处在有序、安全、高效的状态之下。

(2) 飞行服务

针对未来无人驾驶航空器高密度、大容量、高复杂运行环境场景，以安全为导向，以效率为追求，从传统以管制为核心的空中交通管理，转变为面向低空飞行运营人的全流程飞行服务，构建高密度融合、网云端协同的低空飞行服务体系。

以飞行服务管理平台为依托，提升飞行计划统筹、飞行路径规划优化、飞行信息服务支撑、飞行态势融合、冲突探测与管理等关键技术，构建覆盖低空飞行全流程的多层级服务体系；逐步增强低空飞行情报、航空气象、飞行动态等信息化服务保障能力，为低空运营人提供全面、泛在、灵活的数字化飞行服务，持续提升低空运行安全与效率，保障区域内高密度有人/无人智能调配、协同运行，逐步推进低空飞行朝着更加自主、自由的方向发展，最终实现多种运输方式的协同融合。

强安全导向的低空飞行服务技术演进路线规划如图 16 所示：



图 16 强安全导向的低空飞行服务技术演进路线

➤ 第一阶段（近期）：单一飞行的标准服务

围绕低空飞行活动基本需求，建设低空飞行服务单一平台，提供飞行审批、运行识别和数据交换等低空飞行标准服务。

在飞行前，基于运行规则和空域使用情况，对飞行活动进行初步的自动化审批；在飞行中，能够汇集融合多源态势信息，对低空飞行活动进行识别与显示，并具备对不正常情况进行告警以及应急处置的能力；通过统一数据接口和数据格式，与军民航空中交通管理机构实现双向通信，向空中交通管理机构上传航迹数据，并对不正常情况进行上报。依照统一的规则以及各自的权责，建立起“军民地”三方的便捷协调手段，形成运营商、军民地协同管理的基础模式。

➤ 第二阶段（中期）：多模式飞行的协同服务

针对低空飞行活动逐渐向高密度、多模式发展，建立更加完备的飞行服务体系。强化低空流量监测、飞行轨迹优化、冲突处理、飞行信息服务等能力，与航空器、起降场、空域管理等协同联动，支撑更加高效安全的低空运行。

构建起多层次一体化的低空飞行监管、服务与应用运行平台，具备需求预测和预先飞行规划、飞行前流量管理以及冲突监测、基于性能的运行风险评估等功能。在飞行前，可基于对全局飞行流量的监测，对飞行计划进行统筹，生成优化的飞行路线，实现公共航线、起降场的多机协同间隔保持与协同管理。在飞行过程中，实现航空器飞行航迹秒级管理，提升对航迹偏离、跌落、低高度等不正常事件的预警能力，并对冲突风险实现主动管理；运用数字化、信息化技术统一发布城市空中交通情况与运行相关的各类环境信息，包括地形以及地面障碍物信息，能够为多个运营商同时提供航空情报、气象服务；加强与交通枢纽的衔接，探索多式联运、无缝换乘等新型运输服务模式。

➤ 第三阶段（远期）：智能自主的全维服务

随着无人机自主任务规划和智能网联技术的更进一步发展，其自主探测、避让、防撞等高度可靠的能力不断提升，此时低空管理平台会从着重强调安全的“管”朝着兼顾安全与发展的“放”与“服”进行转变，从而形成支撑智能自主飞行的全维度服务体系。

基于系统算力、系统与航空器之间实时的双向通信以及数据共享、低空气象



的精确感知等能力得到大幅度提升，具备融合运行态势感知、战略级飞行管理筹划、实时路径优化、防撞避让、冲突缓解等能力，能够实现超高密度区域多航空运输主体、有人/无人驾驶航空器交通的智能调配和决策，形成智能自主的全维度服务运行机制。同时具备在应急情况下，拥有实时干预飞行过程、全面进行接管以及实现风险解脱等能力。飞行服务将融入智能自主运行的全流程，低空飞行在全维度服务的保障支撑下，不断向“想飞就飞”发展演进。

(3) 安全监管

面向日益突出的低空飞行（合作与非合作目标）安全监管问题，构建涵盖国家、省、市、区/县在内多级联动的低空安全监管体系，实现部际联动的安全监管信息交互，进一步通过提供精细化、分级分类的执法手段，实现一体化协同执法（含无人机反制）。未来基于人工智能等先进技术，将低空安全监管关口前移，通过安全监管大数据分析，提供智能辅助决策支撑，为政府低空飞行管控能力提升以及未来产业规划提供数据支持，为低空用户提供数据增值服务。

智能化技术牵引的低空飞行全链条一体化安全监管技术演进路线规划如图 17 所示：

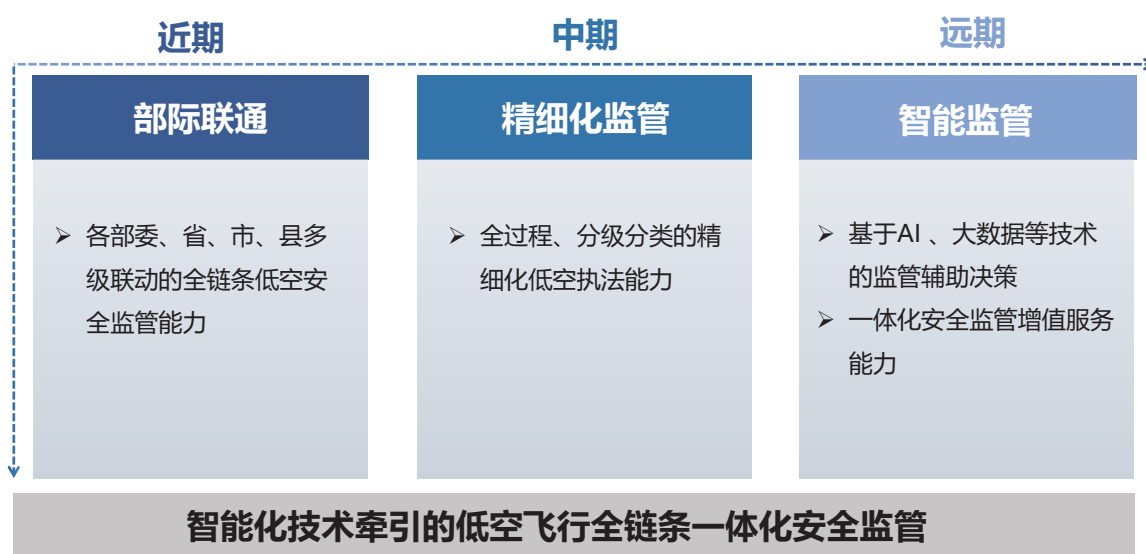


图 17 低空安全监管技术演进路线

➤ 第一阶段（近期）：部际联通

近期，针对低空“黑飞”现象频发，低空安全监管缺乏一体化平台支撑问题，基于现有民航无人驾驶航空器综合监管平台、无人机云等系统建设及信息交互情况，深入分析低空安全监管需求，研究国家空域管理顶层机构、工信、工商、市场监督管理、出入境管理、公安、交通运输、民航行业监管等部门协同监管机制及协同流程，构建国家、省、市、县多级联动的低空安全监管平台，打通工信、工商、市场监督管理、出入境管理、公安、交通运输、民航行业监管等部门的协同监管链路，实现部际低空安全监管信息交互共享，支撑低空航空器生产制造、销售流通、运行、报废等全生命周期的安全监管。

➤ 第二阶段（中期）：精细化监管

在低空安全监管平台构建基础上，按照飞行前、飞行中、飞行后全过程，提供分阶段、分级、分类的监管手段。飞行前，基于航空器类型、航空器操控员、航空器作业空域范围、作业类型等从低空空域安全、公共安全等角度提供飞行前安全评估手段。飞行过程中，对于飞行航迹与计划不一致、违规停靠等低空违规行为，提供远程拍照合法性认证、电子罚单等专用执法工具；对于黑飞、误入禁飞区等违法飞行行为，提供强制原地降落、激光击坠等执法处置工具。飞行后，根据低空安全监管平台飞行过程数据记录与分析，对飞行前评估、飞行中监管进行反馈，进一步提升飞行前、飞行中安全监管能力。通过多终端、全区域精细化监管工具部署，实现低空安全监管平台与执法终端的一体化联动，形成精细化低空安全监管体系。

➤ 第三阶段（远期）：智能监管

基于人工智能、大数据等数字化赋能，提供操控员违规违法行为预判，航空器不安全飞行预判等辅助决策能力，为低空安全监管体系协同监管机制、流程以及全过程、精细化安全平台及终端工具优化提供支撑；进而基于低空安全监管大数据分析提供各类增值服务，例如各类低空作业聚集区域、违规违法行为易出现区域、飞行密集区域等，为社会公众进行飞行区域选择、低空运营单位进行运营规划、政府低空产业布局规划、政府低空空域精细化管理等提供支撑，提升了低空各类主体的协同能力，同时也提高了政府低空治理能力以及体系化管理能力。

5. 信息服务

信息服务是低空经济活动保障体系的关键环节。以城市数字化基础设施作为坚实稳固的底座，聚焦于消费者、服务者和管理者三方主体，提供全面、精准、及时且高效的信息支持。旨在保障大容量、高密度低空飞行的安全、有序以及高效。

依托空地和地地通信网络，综合利用空地三维数字建模、多模低空飞行环境数据融合、微气象组网探测等技术手段，构建数字化低空数据信息管理服务平台。采用电子政务网或互联网两级节点的网云端架构，基于实时推送、按需获取、产品订阅等途径，发布空域类、运行类、管理类和服务类数据信息，形成跨域、安全、灵活的低空信息服务保障模式。一级节点负责全局管理，提供资源分配、安全控制和身份管理等核心服务；二级节点负责飞行管理及业务服务，提供涵盖低空法规规章资料、飞行服务程序资料等低空情报、微气象、地面障碍物和人口密度等低空基础数据服务以及定制化、多样化、高质量的无人机空管数据信息服务和实时低空情报共享业务。

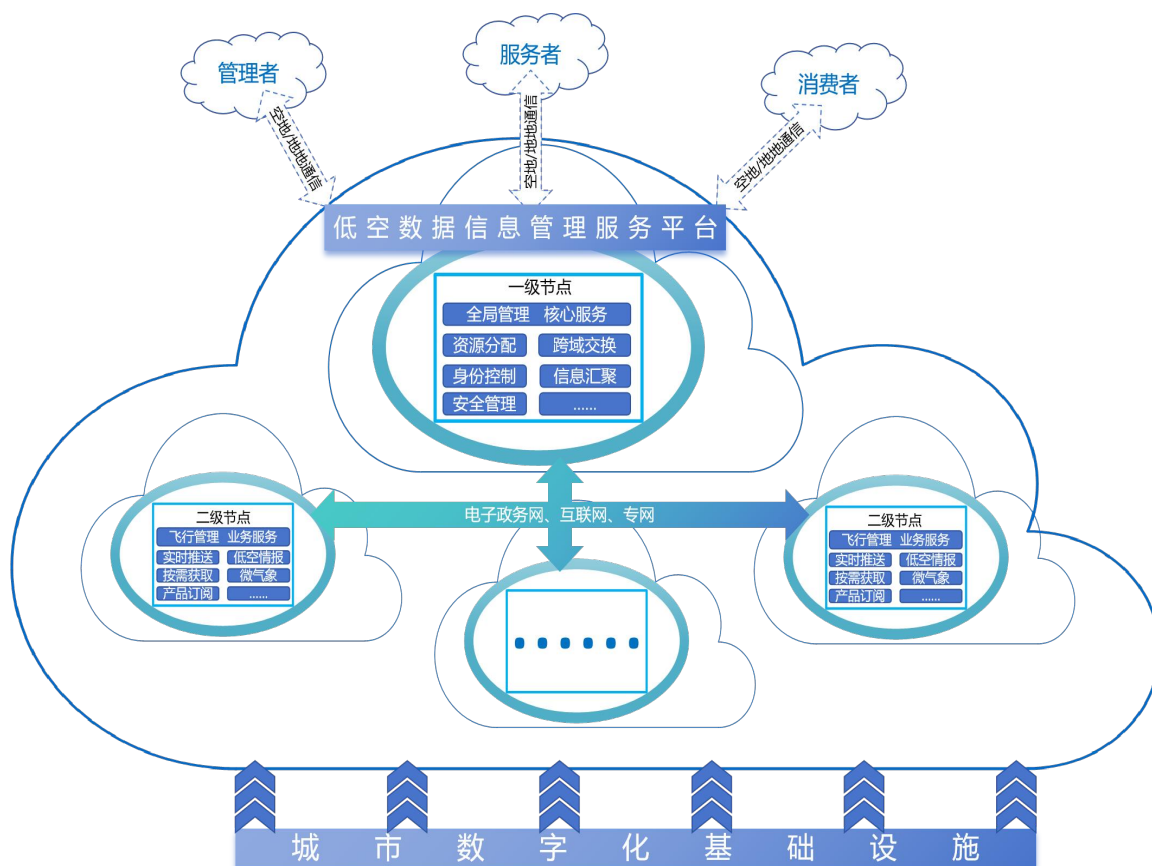


图 18 信息服务概念示意图

面向低空飞行全要素信息服务技术演进路线规划如图 19 所示：



图 19 面向低空飞行全要素信息服务技术演进路线

➤ **第一阶段（近期）：提供低空基础数据服务，实现信息管理服务平台**

开发面向低空飞行全要素的信息服务运行概念；构建城市三维低空微尺度气象模型，补充低空气象设备，初步构建低空数据信息管理服务平台，实现数字化低空静态情报原始资料采集并进行编辑、校对处理和入库，利用三维实景建模技术实现对重要区域建立数字化低空情报与气象服务。

➤ **第二阶段（中期）：建立统一数据规范，实现低空飞行数据利益相关方跨域共享**

通过建立低空数据信息交换模型，采用标准数据规范的数字化动态信息、微气象信息服务、三维低空静态情报信息（含电磁环境信息）等信息交换标准，构建城市高分辨率的低空气象监测体系和时空统一低空飞行环境数据服务平台，实现 10 米级网格多要素实时监测和短时气象预测预警，低空航空器、起降场、低空通导监系统、飞行管理服务监管系统之间低空数据信息共享。

➤ **第三阶段（远期）：全域融合、安全共享、按需服务**

利用低空航空器的供需服务节点和天空地一体安全通信网络，实现多模信息多源融合和全国气象组网；通过空地和地地信息服务安全传输机制和服务请求响



应模式，构建低空数据信息管理服务体系，扩展低空数据信息管理服务平台实现地空之间的信息共享服务，为高密度低空全域安全飞行按需提供飞行全过程的危险天气、动静态情报和飞行安全规划辅助等服务。

五 结束语

低空经济，作为一种崭新的经济形态，与人民对美好生活的热切向往紧密相连。各级政府正在大力**践行**公共服务职能，通过精心布局基础设施投入，科学有序释放低空空域资源，不断拓展应用场景，激发低空飞行活力。飞行架次逐步积累实现量变，推动产业转型升级达成质变，引领低空经济阔步**踏上**发展的康庄大道。

可以预见，在未来，人们的活动范围必将不再局限于地面。随着数字化、网络化、智能化技术的持续进步以及政策的逐步开放，城市上空会密集地布满各类飞行器，由此形成一个崭新且充满活力的三维空间。无人驾驶的货运飞机在不同城市间高效穿梭，运送着各类货物；载人空中出租车则巧妙避开地面交通拥堵，井然有序且极为迅捷地将乘客送往目的地……

低空领域正在成为出行、物流、娱乐等多种生产与消费服务活动的全新舞台，必将为人民群众的日常生活带来深刻幸福的巨大变化，改变人们的生活方式，开启一个全新的时代篇章。为持续向低空经济的蓬勃发展提供坚实可靠的支撑与有力保障，低空航行系统必须不断适应发展中的新需求与新变化，不断迭代调整，持续动态优化。

中国电科始终坚定秉持“聚合要素、分享价值、开放包容、合作共赢”的理念，怀着满腔热忱期望与各级政府以及合作伙伴共同成长，携手铸就低空经济的辉煌未来。

关于中国电科

中国电子科技集团有限公司（China Electronics Technology Group Corporation，中文简称中国电科，英文简称CETC），是中央直接管理的国有重要骨干企业，是我国军工电子主力军、网信事业国家队、国家战略科技力量。中国电科拥有电子信息领域相对完备的科技创新体系，在电子装备、网信体系、产业基础、网络安全等领域占据技术主导地位，肩负着支撑科技自立自强、推进国防现代化、加快数字经济发展、服务社会民生的重要职责。

联系方式：



中国电科官网



中国电科抖音号



中国电科强国号



中国电科微博号



中国电科头条号



中国电科视频号



通信地址：北京市海淀区万寿路27号

联系方式：集团产业部 戴 媛 (010 68200969)

总体院 林 晖 (18618133347)