

集约化建设“通感导气算”一体化低空智联“一张网”的思考*

金耀¹ 张贺¹ 屈武² 蔡勇³ 王波² 宋倩² 赵良¹ 李海军⁴

1. 中国联合网络通信有限公司研究院,北京 100048;
2. 中国联合网络通信有限公司,北京 100031;
3. 中国联合网络通信有限公司深圳市分公司,深圳 518000;
4. 北京电信规划设计院有限公司,北京 100047)

摘要:当前低空智联建设面临通信、感知、导航、气象、算力(通感导气算)系统分立、标准不一、协同不足的“碎片化”困境,造成基础设施重复投资、跨域数据壁垒等问题。因此,提出了以通信基础设施为载体,融合“通感导气算”能力的低空智联“一张网”集约化建设理念,分析了当前低空智联发展现状、存在问题及困境成因,并从标准体系、技术研究、网络建设、商业生态4个维度提出建议,为低空经济的高质量发展提供理论参考与决策依据。

关键词:低空经济;低空智联网;一张网;通感导气算

中图分类号: TN959.1

文献标志码: A

引用格式:金耀,张贺,屈武,等. 集约化建设“通感导气算”一体化低空智联“一张网”的思考[J]. 信息通信技术与政策, 2026,52(4):22-29.

DOI:10.12267/j.issn.2096-5931.2026.04.003

0 引言

随着政策环境持续优化和应用场景不断拓展,低空经济发展进入快车道。低空智联网作为低空经济发展的核心基础设施,承载着低空飞行器通信互联、空域态势感知、飞行精准导航、安全高效管控等重要功能,是实现低空经济的数智化管理底座^[1]。2026年2月,工业和信息化部等多部门联合印发《关于加强信息通信业能力建设 支撑低空基础设施发展的实施意见》(简称《实施意见》),明确提出要推进低空场景通信网络覆盖,构建多元探测协同服务能力,提升导航精准服务水平,支撑构建低空智能网联系统。当前,我国低空

智联建设呈现“政策引导有力、技术迭代加速及试点应用丰富”的良好态势,但仍面临网络覆盖不均衡、标准体系不统一及政策协同不足等问题。现有低空智联网的“通信网、感知网、导航网、气象网、算力网”(通感导气算)呈现碎片化部署、异构独立部署及各成体系建设状态,不仅造成基础设施的重复投资与跨域数据壁垒,也制约了低空飞行“一网通管、全域服务”能力的形成。面对这一问题,单纯的技术叠加或局部优化已无法满足未来高密度、高频次及异构融合的低空运行需求,亟需从低空智联网基础设施供给侧,探索一套能够实现多源能力融合、存量资源复用及增量建设集约的统一架构。本文立足信息通信业的网络优势与产业实

* 基金项目:国家重点研发计划项目(No. 2024YFB3910102)

践,结合《实施意见》的精神,提出了以第五代移动通信技术演进(5th Generation Mobile Communication Technology-Advanced, 5G-A)“通感导气算”一体化基站为核心,构建低空智联“一张网”的集约化建设理念,系统探讨产业发展路径与政策保障机制,为推动低空经济安全有序发展提供决策参考。

1 低空智联“一张网”

1.1 低空智联网“一张网”的内涵

低空智联网主要包括通信网、感知网、导航网、气象网、算力网“五张网”^[2]。这五张网共同为低空飞行活动提供广域通信、精准感知、高精导航、实时气象及智能算力等服务,是低空经济网络化、数字化和智能化的抓手^[3-4]。传统的低空智联网建设遵循“专用系统、烟囱式发展”的路径。这种模式在飞行器规模小、场景单一的阶段尚可维持,但面对未来大规模、跨区域的低空应用场景,存在资源利用率低、协同调度难及全域覆盖成本高的问题。因此,业界提出了部分网络融合建设的思路,如通感一体化、通感导一体化^[5]及通感算一体化^[6]等技术路线。基于5G基站的全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)模块反演大气水汽含量技术的突破,为低空智联“一张网”的发展提供了技术可行性。结合《实施意见》中提到“坚持集约复用、多元协同,在充分利用现有公众移动通信设施等基础上,支撑低空应用发展”的意见,本文提出了以5G-A“通感导气算”一体化基站为核心,构建低空智联“一张网”的集约化建设理念;基于信息通信基础设施原生的能力融合及扩展,以移动通信网络为统一硬件平台,通过场址共享、硬件集成、软件定义、波束赋形、网元功能虚拟化等技术手段,实现“通感导气算”一体化功能,避免重复投资,提升资源利用效率与系统协同水平。

5G-A“通感导气算”一体化基站如图1所示,其核心原理为:通过对5G-A通感一体基站的基带单元(Base Band Unit, BBU)内的GNSS授时模块进行升级,使其能够输出卫星原始观测数据;同时在BBU中增加边缘计算板卡,并集成GNSS定位误差解算模块与GNSS气象反演模块。由此,5G-A“通感导气算”一体化基站可在本地实现边缘计算、GNSS定位增强以及低空气象反演等多重功能,降低多源数据融合处理

的时延,输出亚米级高精度定位差分信息与实时大气水汽含量信息。

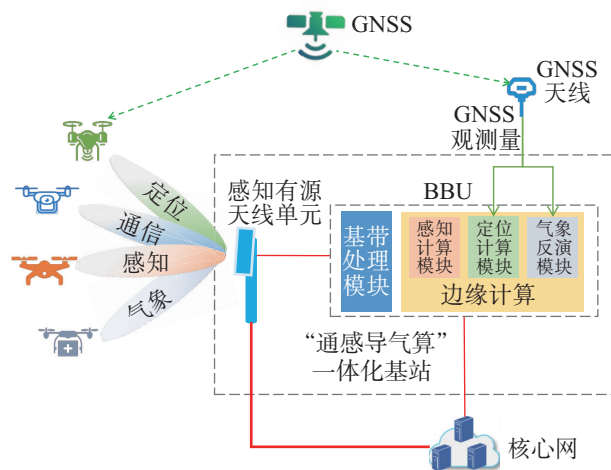


图1 5G-A“通感导气算”一体化基站示意图

1.2 低空智联网“一张网”架构体系

业界对低空智联网的架构研究比较多,如广东省通信学会等提出的“通感感气算”^[2]、中国移动提出的“通感导管”^[7]、中国电信等提出的“通感算”^[8]、中国铁塔等提出的“通导监”^[9],虽然在功能上实现了部分融合,但本质上仍延续了多网并行、独立建网、数据集成的思路,尚未突破功能单元分散部署的局限。低空智联“一张网”以5G-A“通感导气算”一体化基站为核心,同时融合其他通信、感知、导航及气象技术,并依托云端算力和人工智能大模型实现数据融合与智能决策,来提升智能网联的泛在性、鲁棒性和智能化,其架构体系如图2所示。

该架构采用感知接入层、网络传输层及智能计算层三层结构,辅以标准规范体系与安全保障体系,与其他低空智联网架构的主要差异为:以一体化基站为核心,基于“一张网”来实现低空联网所需的“通感导气算”功能,并引入了标准规范与安全保障体系,可打破现有架构“多网并存”的局面,实现“通感导气算”协同增益。该架构中各个模块的功能如下。

感知接入层:以一体化基站来实现感知监视、导航定位及气象服务。此外,在感知方面融合雷达和广播式自动相关监视(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B)等技术;在导航方面集成5G定位、视觉导航及惯性导航等技术;在气象方面融合气象监测节点构建分布式观测网络。

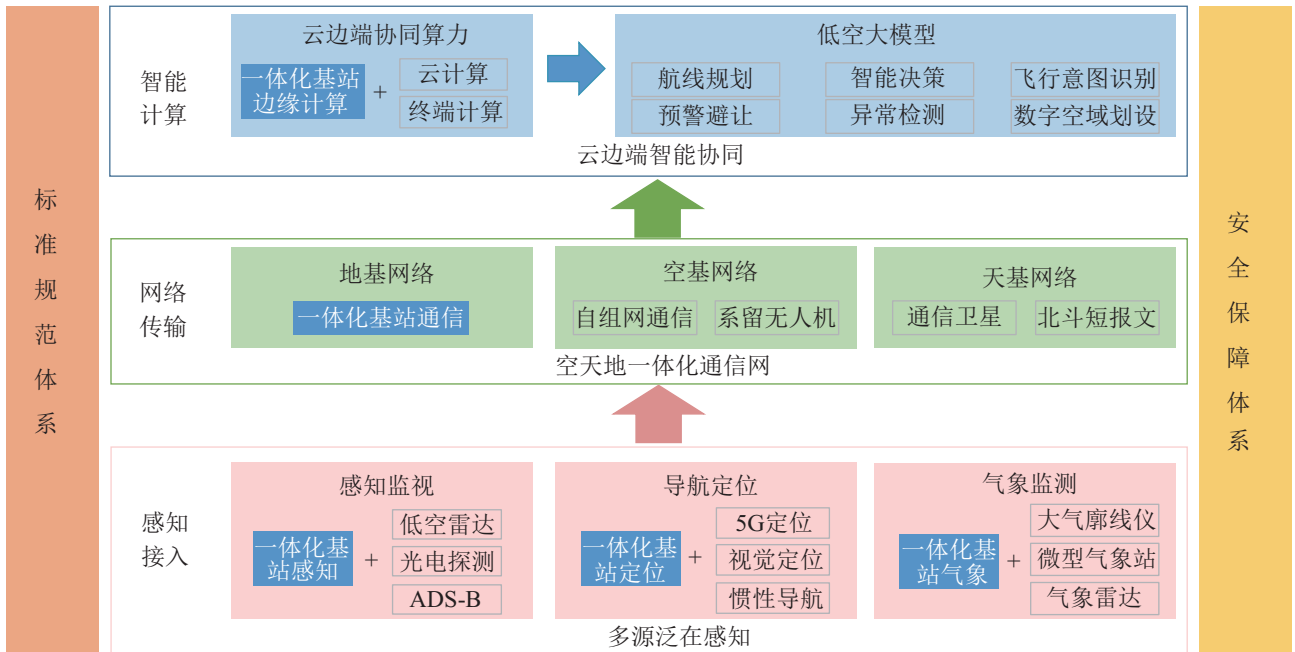


图2 低空智联“一张网”架构体系

网络传输层:以一体化基站来实现地面基础通信服务;空基网络依托飞行器之间自组网通信及系留无人机、热气球等实现高空及区域通信覆盖;天基网络通过通信卫星及北斗短报文等实现偏远地区网络全覆盖。

智能计算层:以一体化基站来实现边缘计算,基于云边端协同算力架构,构建低空大模型,为低空飞行提供航线规划、预警避让、智能决策、异常检测、飞行意图识别及数字空域划设等智能化应用服务。

标准规范体系:涵盖技术标准、接口协议及共享规则等,统一“通感导气算”的标准规范及共享协议,保障互联互通,提升数据融合度。

安全保障体系:包括网络安全、数据安全及飞行安全等多维度保障,通过加密通信、身份认证和访问控制等技术手段,防范网络攻击和数据泄露等安全风险。

1.3 低空智联“一张网”的优势

低空智联“一张网”以一体化基站为核心,融合“通感导气算”核心能力,相较于分散建设的传统网络建设模式,其优势体现为以下几方面。

一是一网多用,降本增效。充分复用现有百万级5G基站站址、机房及传输设备等资源,通过升级改造软硬件、加装通感模块及GNSS增强设备等方式,来扩展“通感导气算”功能,降低低空智联网的建设与运营

成本,减少碳排放。

二是网络协同,能力融合。打破“通感导气算”等单一系统的能力边界,构建多网络融合协同格局。将原本分散的硬件设施、技术能力进行深度整合,使“通感导气算”多维能力相互赋能、协同增益。

三是统一标准,互联互通。以“一体化”基站为牵引,构建统一的低空智联网技术标准体系,实现设备兼容和数据互通的目标,推动多源数据融合共享。依托云边端协同算力架构与大模型,提升低空智联网的数字化水平。

2 低空智联网核心能力及发展现状

2.1 通信网络能力:从地面向空天地一体化演进

国内运营商积极布局低空通信网络,采用“复用地面网、按需新建网、融合卫星网”的策略推动低空通信网络覆盖。中国移动基于“鱼鳞组网”“旁瓣莲花波束”等技术方案,提升地面网低空覆盖率,复用卫星网络,实现低空通信网广域覆盖^[10]。中国联通遵循按空域高度循序渐进原则,首先解决300 m以下的通信能力问题,并探索天地一体化融合组网,为偏远地区低空覆盖提供补充^[11]。中国电信基于双翼辐射天线组网方案,以存量改造模式实现300 m以下空域连续覆盖^[12]。然而,当前低空通信仍面临一些问题:一是覆

盖存在结构性失衡问题,呈现“低空密、高空疏、东部密及西部疏”的分布特征^[13],难以支撑大范围、长距离低空活动的连续通信需求;二是网络协同能力不足,地面蜂窝网、低空专用网及卫星网之间缺乏高效衔接机制,切换时延较高,易出现信号中断或卡顿,影响低空飞行器作业稳定性。

2.2 全域感知能力:多技术融合提升低空监测可靠性

5G-A 通感一体化实现了“一网两用”特性,既能提供高速率、低时延通信服务,又具备高精度感知和定位能力。运营商已在全国部署大量 5G-A 通感一体基站。低空感知网已形成“5G-A 通感+雷达+光电+ADS-B”的多源融合感知体系,传统民航雷达、ADS-B 设备实现重点区域覆盖,5G-A 通感和光电探测技术弥补了对“低慢小”目标的监测短板。在合作目标监视方面,远程识别、ADS-B 等技术实现飞行器身份和位置信息的实时上报;在非合作目标监视方面,5G-A 通感一体、低空监视雷达与光电探测技术形成互补,有效防范“黑飞”风险^[14]。目前,感知网络仍存在覆盖范围不足的问题,难以实现全域无死角监测,不同感知技术也存在标准不统一问题,不同厂商设备间互联互通率不足,导致多源感知数据难以有效融合。

2.3 精准导航能力:多模融合实现高精度定位

我国已构建以北斗卫星导航系统为核心,惯性导航、视觉导航、5G 定位及地磁导航等为辅的多源融合定位系统。北斗地基增强系统已基本实现全国范围覆盖,可以提供厘米级高精度定位服务。通信运营商积极推进通信与导航技术的深度融合:依托 5G 网络站址部署北斗地基增强系统,有效降低了建设与运营成本;5G 定位与北斗融合定位,能够补充北斗在城市峡谷、高楼遮挡等场景下的信号盲区问题;借助 5G 低时延网络,可保障北斗实时动态差分(Real-Time Kinematic, RTK)定位信息的高效播发^[15]。偏远地区因北斗地基增强系统覆盖不足,无法提供高精度定位服务;部分地区因通信设施缺失,也影响 RTK 定位差分信息的播发^[16]。此外,当前北斗 RTK 定位差分信息基于用户面播发,难以满足未来大规模并发用户的接入需求。

2.4 气象保障能力:从宏观监测向低空微气象拓展

低空气象网逐步从传统地面观测、气象卫星观测向多层次分布式观测网络演进,通过整合地面气象站、

无人机气象探测及微波雷达等的信息,实现对低空大气环境的精细化实时感知。在长江经济带、粤港澳大湾区等重点区域,低空气象网已实现对风速、风向及能见度等微气象参数的实时监测,为低空飞行提供气象预警服务。电信运营商积极探索低空气象观测创新应用,如联合中国气象局在浙江省开展试点,通过 5G 基站自带的 GNSS 系统反演大气水汽含量,增强低空气象短临预报能力。然而,低空气象保障仍面临观测站点不足、数据共享不畅等问题,现有气象观测网络主要覆盖高空和地面,面向低空的气象观测数据匮乏,气象数据与低空智联网络的共享机制尚未建立,难以满足低空飞行的实时气象需求。

2.5 智能算力能力:云边端协同支撑实时决策

低空算力网依托云计算、边缘计算及人工智能等技术,构建“云边端”协同的算力架构,为低空飞行调度、态势分析及路径规划等提供算力支持。电信运营商基于各自的云网资源和算力平台,已实现低空飞行数据的实时处理与智能分析;通过人工智能算法优化飞行路径、预测飞行冲突和处置应急事件,已打造统一的数据底座与能力开放平台,实现了低空飞行任务与算力资源的精准匹配。但当前算力资源与低空应用需求的匹配度不足,边缘计算节点布局不均衡,针对低空领域的大模型技术还不成熟,难以满足未来低空飞行的实时算力需求和智能决策。

2.6 低空智联网发展现状

全国多省市聚焦低空智联网核心能力建设,多地形成特色化建设格局。深圳市发布专项建设方案,构建“空天地海”融合通信网络,推进通感一体化建设,计划大范围部署 5G-A 基站,实现低空通信与监视全覆盖。上海市推进低空“空联网”与通感一体基站规模化部署,计划到 2026 年底初步建成低空飞行航线全域连续覆盖的低空通信网络。江苏省积极推动 5G/5G-A、北斗、卫星互联网等低空智能网联技术研发,加快星地融合通信网络建设,在南京搭建无蜂窝分布式基站,利用制高点实现“一塔覆盖一座城”的广域低空通信覆盖。湖北省计划投入数十亿元建设“长江低空智联网”,部署数千个 5G-A 通感一体化基站。安徽省芜湖市建成集感知、通信、计算、调度于一体的低空智联系统,作为城市低空发展“智慧大脑”。湖南省打造“低空气象服务平台”,覆盖湖南及周边六省气象数

据,并在长沙县率先建设低空物联网试验区,验证不同技术方案对无人机的有效管控。广东省建成低空飞行气象数据服务平台,数十种气象服务产品接入省低空飞行管理平台,构建“海陆空天”高精度监测网。

电信运营商充分发挥网络资源优势,积极布局低空物联网。中国移动构建“通感管导”一体化技术体系,打造低空通信网、导航网及感知网“三张网”,建成4.9 GHz 通感一体试验网,在各省部署通感一体化基站,并在全国部署4 400个GNSS定位地基增强站^[11],已形成覆盖全国的高精度定位网络。中国联通基于“通导监气算”五位一体的低空物联网体系,探索陆海天网一体化布局,并在多个城市开展相关试验,筹建多张低空智联试验网,已在河南省安阳市建成5G低空专用网络,支撑国家级无人机试验区。中国电信致力打造“通信、感知、智算”一体化低空物联网,依托5G-A与天通卫星构建空地一体通信网络,深度融合人工智能与算力平台,实现从目标识别、飞行态势感知到智能决策的全流程自动化闭环管理。

3 低空智联“一张网”建设面临的问题及挑战

尽管我国低空智联核心能力已具备一定基础,在部分区域已取得阶段性成效,但“一张网”建设仍面临诸多问题和挑战。

3.1 主要问题

一是基础设施覆盖不足。各地建设多以试点探索为主,缺乏全国性统一规划,呈现“局部过热、整体不足”的失衡格局。一方面,少部分先行区域出现重复建设苗头;另一方面,更广大的区域覆盖严重不足,存在“东部密、西部疏”和“城市密、乡村疏”的建设落差^[13]。现有5G网络主要服务于地面用户,有效覆盖高度难以满足低空飞行器的飞行高度,难以形成全域覆盖的网络支撑能力。

二是系统协同效能不足。低空物联网的“通感导气算”等核心能力分散部署,呈现“多网分立”局面,跨系统数据互通率不足。例如,无人机身份识别存在远程识别、5G及ADS-B等多种方案,导致不同厂商设备间的互联互通率较低。这种标准的不统一使得跨系统数据联通及对接成本居高不下,难以实现多源数据融合与协同增益效应。

三是商业模式可持续性弱。低空物联网建设投入

规模大、回报周期长,但市场化运营机制尚未成熟,形成了“基建先行、产业滞后”的困局,多数应用场景依赖政府补贴,社会资本参与积极性不足。运营商涉足低空通信基础设施、数字化信息平台等32个环节,对应市场空间巨大,但当前服务收费模式尚不成熟^[17]。此外,当前产值高度集中在制造环节,而飞行服务、基础设施保障和综合服务等环节仍处于发展初期^[18],这种“头重脚轻”的结构,使得低空物联网的长期可持续发展动力不足。

3.2 成因分析

上述问题并非孤立存在,其背后涉及标准体系、核心技术、建设模式及产业生态等多重因素。

标准体系滞后。低空物联网涉及通信、感知及导航等多个技术领域,标准融合挑战较大。目前,该领域存在标准碎片化、不协调、滞后于产业实践等问题。在电磁兼容性、数据接口协议等基础标准方面,现行标准滞后于产业实践6~12个月^[13],这导致跨厂商设备兼容性差,增加了产业链上下游企业间的合作成本,阻碍了产业协同发展。例如,丽水市构建低空应急管理体系,跨多个部门数据调用需数十小时,经标准化规范后才压缩至数分钟。

主要技术待解决。一方面,底层主要技术仍需加强,高可靠连续组网、复杂环境抗干扰通信及高精度定位感知等技术尚未成熟。例如,城市峡谷、高楼遮挡等场景会导致低空通信和GNSS导航信号中断;在复杂电磁环境中,感知设备对“低慢小”目标的探测感知精度有待提升。另一方面,“通感导气算”一体化融合技术尚未被完全攻克,难以支撑“一体化建站”和“一张网”架构实施。此外,基于控制面的广播RTK差分信息的技术还待研发;低空智算及大模型还不成熟,对海量多源数据的实时融合分析和智能决策能力不足。

建设模式存在壁垒。低空物联网涉及通信、民航、公安和气象等多领域设施,各类资源产权主体分散,跨部门、跨行业资源统筹调度机制不成熟。尽管《实施意见》明确倡导共享集约建设,但实践中“不愿共享、不敢共建”的现象普遍存在。此外,资源投入主体的利益诉求差异较大,地方政府侧重公共服务保障,运营商关注国家政策,企业追求商业应用,缺乏协同推进的利益绑定机制,也制约了“一张网”建设的整体推进效率。

产业生态发育不成熟。当前,低空物联网建设依

赖地方政府专项债与运营商投入,网络建设与运营成本难以有效向应用端传导,难以形成良性循环的产业生态。低空经济应用场景虽在物流、巡检等领域有所探索,但规模化、市场化的应用模式尚未形成,多数应用仍处于试点阶段。同时,产业链上下游协同不足,导致技术研发与市场需求脱节,如部分无人机产品未预装通信模组,需额外改装才能接入低空智联网,增加了应用门槛和成本。

4 低空智联“一张网”发展建议

为破解当前低空智联“一张网”建设的困境,针对上述问题及成因,本文从标准制定、技术研究、设施建设和商业生态4个维度,提出针对性发展建议。

4.1 统一标准体系,夯实互联互通基础

完善技术标准体系。建议由工业和信息化部联合中国民用航空局、中国气象局及上下游企业等部门,成立低空智联标准推进工作组,统筹推进低空经济全产业链标准体系建设,覆盖装备制造、基础设施等领域。装备制造层面,聚焦适航审定、设备标识与追溯等标准,实现低空飞行器安全适配与商业兼容;基础设施层面,统一通信协议、感知接口和导航精度等技术要求,明确频谱规划与站址布局规范,为跨区域、跨系统协同奠定基础。

统一数据接口规范。建议由行业主管部门牵头,组织电信运营商、设备制造商及行业用户共同参与,制定低空智联数据接口规范,明确数据共享机制、分类分级保护及安全标准要求,通过接口标准化实现设备兼容与数据互通,为多源数据规范汇聚、安全共享与深度融合扫清障碍。在此基础上,强化数据安全与隐私保护,充分释放数据要素价值。

4.2 聚焦技术创新,强化联合研发

集中联合研发低空技术。聚焦5G-A通感一体、5G-A+北斗通导融合、低空微气象监测等技术,支持运营商、高校、科研机构及产业链上下游企业组建创新联合体,开展产学研协同创新,研发无人机协同自组网、北斗RTK差分信息控制面广播、无人机具身智能导航等产品。建议设立低空智联科技专项,重点支持低空复杂环境信号传输、多元协同探测和抗干扰通信等技术研究。

推动技术融合创新应用。促进“通感导气算”技

术深度融合,开发多模融合导航终端、多站协同感知及“通感导气算”一体化基站等集成化产品,提升系统整体效能。构建“云边端”协同的算力网络,优化边缘计算节点布局,增强低空飞行实时数据处理与智能决策能力;探索数字孪生、大模型等新技术在低空场景中的应用。

4.3 坚持集约建设,促进共建共享

推进基础设施集约化部署。建议以现有移动通信网为统一物理载体,集约化构建低空智联“一张网”,避免多头建设、重复投入。发挥电信运营商在基础设施、技术融合、共建共享和生态培育等方面的优势,优先通过软件升级、板卡加装等方式扩展感知、导航、气象及算力等能力,大幅降低建设与运营成本,加快形成覆盖完善、一网多用的低空智联基础设施体系。

构建全域无缝覆盖网络。进行低空智联“一张网”全局统筹规划建设,补齐低空智联网覆盖短板。按需推进5G-A通感一体基站应用部署,与其他监视手段融合,构建多元探测协同服务能力。加强卫星通信、北斗短报文等与低空通信网络的融合对接,实现偏远地区的信号覆盖,构建全域无缝的网络覆盖格局。

健全基础设施共享机制。鼓励通信运营商、航空企业、地方政府及行业用户共建共享低空智联基础设施,整合通信基站、感知设备、导航设施及气象站点等资源,建立全国统一的基础设施资源共享平台,参考运营商通信基站共建共享模式,推动低空智联网共建共享,扩大网络覆盖范围,提升资源利用效率。

4.4 创新商业生态,增强可持续性

构建多元化运营模式。深化“政府+运营商+企业”三方合作方式,政府负责顶层设计、政策引导、基础设施规划与公共服务采购,运营商提供低空智联网基础设施建设与运营服务,行业企业主导应用场景落地。开发多元化营收模式,形成“基础服务+增值服务”的套餐体系,基于应用场景、行业需求及功能模块等进行差异化定价,满足不同低空业务的用户需求。

培育良性产业生态。支持运营商搭建低空智联开放平台,开放通信、感知、导航及算力等基础能力接口,吸引开发者与应用企业入驻,丰富低空经济应用场景。建立健全低空智联产业生态联盟,促进产业链上下游协同创新,推动技术、标准和数据等资源共享,形成“建设—运营—应用—迭代”的良性循环,增强产业可持续

发展能力。

5 结束语

基于5G-A“通感算”一体化基站,集约化建设低空智联“一张网”能够有效整合通信、感知、导航、气象及算力等能力,是破解低空智联“碎片化”发展困境的关键“抓手”,是支撑低空经济高质量发展的核心基础设施。当前我国低空智联建设已取得阶段性成效,但仍面临标准滞后、技术瓶颈、建设模式壁垒及产业生态不完善等问题,需要通过统一标准、技术创新、集约共建及创新生态等多维度发力,推动低空智联“一张网”的集约化部署。

信息通信业作为低空智联建设的主力军,应充分发挥技术与网络优势,推动低空智联基础设施集约化建设。政府部门应加强顶层规划与政策引导,完善标准体系、加大支持力度,为低空智联建设创造良好条件。未来,随着技术的不断突破、产业的持续升级及政策的逐步完善,低空智联“一张网”将实现全域覆盖与智能协同,为低空经济万亿级市场规模提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 喻鹏,谭灿,李文璟,等. 数字孪生驱动的低空智联网络自智管控架构及关键技术[J]. 中国科学:信息科学, 2025,55(10):2449-2470.
- [2] 广东省通信学会,中国信息通信研究院,中国联合网络通信有限公司广东省分公司,等. 低空智联发展研究报告[R], 2024.
- [3] 魏进武. 低空经济发展潜力极大[J]. 中国经济周刊, 2024(Z1):111-112.
- [4] 刘牧洲,肖海浪,周晶,等. 低空智能网联体系赋能低空经济规模化发展[J]. 信息通信技术与政策, 2024,50(11):23-27.
- [5] 金耀,张贺,邓中亮,等. 5G-A/6G+北斗通感技术在低空经济中的应用与展望[J]. 电信科学, 2025,41(3):1-16.
- [6] 赵川斌,罗宏亮,高飞飞. 基站对低空无人机通感算一体化应用组网研究[J]. 移动通信, 2024,48(9):57-63,70.
- [7] 中国移动通信集团有限公司. 低空智联技术体系白皮书[R], 2024.

- [8] 中国电信集团有限公司等. 通感一体低空网络白皮书[R], 2024.
- [9] 郭宇辉,张延强,刘海贤,等. 打造通导监一体化低空智联一张网:以中山市为例[J]. 中国建设信息化, 2026(1):42-44.
- [10] 刘雅,刘杨,孔露婷,等. 中国移动低空智联能力建设和产业布局[J]. 通信世界, 2025(6):26-28.
- [11] 余娜. 抢滩低空经济 三大电信运营商竞速“低空智联网”[N]. 中国工业报, 2025-10-20(03).
- [12] 代宇,于金杨,李晶,等. 深耕低空智联网 中国电信加速构建低空数字化服务体系[N]. 通信信息报, 2024-09-11(04).
- [13] 张伶,何艺佳. 加紧突破低空智联建设难题,保障低空运行安全[J]. 中国信息安全, 2025(10):19-22.
- [14] 张祖耀,田野,张学军. 解构面向低空运行管控的低空智联体系[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2025,44(5):60-69.
- [15] 金耀,周又眉,张贺,等. 北斗+5G融合定位技术研究及应用进展[J]. 全球定位系统, 2023,48(4):12-18.
- [16] JIN Y, DENG Z L, ZHANG H, et al. A review of UAV positioning in LAIN: toward a 5G-core“space-air-ground” integrated and cooperative architecture. ENGINEERING Information Technology & Electronic Engineering, 2026, 27(1):250127.
- [17] 朱倩雯,王博. 新基建加速落地背景下的运营商布局低空市场策略建议[J]. 通信企业管理, 2025(6):41-44.
- [18] 朱琳彤. 新一代信息通信技术助力低空经济新发展:以南京市为例[J]. 江苏通信, 2025,41(6):125-127.

作者简介:

- 金耀** 中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师,主要从事5G+北斗通导融合、高精度定位及低空智联网等研究工作
- 张贺** 中国联合网络通信有限公司研究院正高级工程师,主要从事5G+北斗通导融合及光纤传输等研究工作
- 屈武** 中国联合网络通信有限公司高级工程师,主要从事网络规划及数智化等研究工作

- | | | |
|-----------|--|--|
| 蔡勇 | 中国联合网络通信有限公司深圳市分公司工程师,主要从事低空经济、5G 网络技术等研究工作 | 要从事移动通信、电联共建共享、低空经济等研究工作 |
| 王波 | 中国联合网络通信有限公司正高级工程师,主要从事无线网络规划建设、移动通信新技术、电联共建共享、低空经济等研究工作 | 赵良 中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师,主要从事 5G+北斗通导融合、高精度时间同步等研究工作 |
| 宋倩 | 中国联合网络通信有限公司高级工程师,主 | 李海军 北京电信规划设计院有限公司高级工程师,主要从事移动通信和信息化工程咨询、规划和设计等研究工作 |

Thoughts on intensive construction of an integrated low-altitude intelligent “one network” for CSNMC

JIN Yao¹, ZHANG He¹, QU Wu², CAI Yong³, WANG Bo², SONG Qian²,
ZHAO Liang¹, LI Haijun⁴

(1. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China;

(2. China United Network Communications Co., Ltd., Beijing 100031, China;

(3. Shenzhen Branch of China United Network Communications Co., Ltd., Shenzhen 518000, China;

(4. Beijing Telecom Planning & Designing Institute Co., Ltd., Beijing 100047, China)

Abstract: Currently, the construction of low-altitude intelligent networks faces a fragmented predicament characterized by separate systems, inconsistent standards, and insufficient collaboration in Communication, Sensing, Navigation, Meteorology, and Computing (CSNMC). This leads to problems such as repeated investment in infrastructure and cross-domain data barriers. Therefore, this paper proposes the concept of intensive construction of a low-altitude intelligent “one network” that integrates CSNMC capabilities based on communication infrastructure, analyzes the current development situation, existing problems, and underlying causes of the low-altitude intelligent network, and puts forward targeted suggestions in four dimensions: standard system, technological research, network construction, and business ecology. The research aims to provide theoretical reference and decision-making basis for the high-quality development of the low-altitude economy.

Keywords: low-altitude economy; low-altitude intelligent network; one network; CSNMC

(收稿日期:2026-03-03)