

# 面向低空经济的通感融合：发展现状、 关键挑战与技术路径

朱俊豪<sup>1,2</sup> 李晶<sup>1</sup> 丁雪<sup>1</sup> 于金杨<sup>1</sup> 谢伟良<sup>1</sup>

(1. 中国电信股份有限公司研究院,北京 102209;  
2. 北京邮电大学卓越工程师学院,北京 100876)

**摘要:**面向低空经济规模化应用,低空业务对低空三维覆盖、连续感知与安全管控提出更高要求。低空飞行目标机动性强,业务数据传输与目标感知需协同保障,因此对通信与感知的融合供给提出迫切需求。在此背景下,通感融合可在统一的网络基础设施上协同提供通信与感知能力,为低空经济底座构建提供重要支撑。首先梳理国内外通感融合标准化与研究进展,然后总结通感融合基站及系统、通感融合无人机及其集群两条技术路径,针对资源竞争、低空三维覆盖能力不足、感知精度受限、感知可信性不足以及全局干扰复杂难解等挑战,提出面向低空经济的通感网络技术路径,涵盖前端可信回波获取、网络化协作检测与轨迹跟踪、人工智能识别与融合、多源融合感知以及网络级资源与架构演进。

**关键词:**低空经济;通感融合;低空网络;网络化感知;多源融合

**中图分类号:**F562;TN929.5

**文献标志码:**A

**引用格式:**朱俊豪,李晶,丁雪,等.面向低空经济的通感融合:发展现状、关键挑战与技术路径[J].信息通信技术与政策,2026,52(4):15-21.

**DOI:**10.12267/j.issn.2096-5931.2026.04.002

## 0 引言

低空经济正加速从试点示范走向规模化应用,物流配送、巡检安防、应急救援与空域管理等低空业务对网络能力提出了“全域可连接、全程可感知、全程可管控”的基础能力要求。低空目标机动性强、空地环境复杂且业务链路多样,运行过程中需要连续的感知与可信的管控支撑,以保障飞行安全、提升协同效率并满足监管要求。然而,传统蜂窝网络主要面向地面连接服务,难以同时满足低空三维覆盖、目标探测与轨迹跟踪等感知任务的连续性与可靠性要求。因此,有必要在既有移动通信基础设施上扩展网络化感知能力,使通信、感知与管控形成协同闭环。通感融合(Integrated

Sensing and Communication, ISAC)通过在统一的频谱资源、波形与网络架构上协同实现通信与感知能力,从而为低空业务提供可扩展、可演进的网络化感知与协同管控能力。在国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)及第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)等组织的推动下,ISAC已逐步进入体系化研究与标准化阶段。我国也在第五代移动通信技术演进(5th Generation Mobile Communication Technology-Advanced, 5G-A)与第六代移动通信技术(6th Generation Mobile Communication Technology, 6G)预研框架下开展了多项验证与评估工作。尽管如此,面向低空业务的ISAC规模部署仍面临多维资源约束、三维覆盖不足、精度

与可信性受限以及全局干扰耦合等问题。本文首先综述 ISAC 标准化与技术研究现状,其次系统分析其所面临的主要挑战,最后给出面向数字业务的 ISAC 技术路径与工程化建议,以期为 ISAC 后续标准制定、方案研究与应用落地提供支撑。

## 1 ISAC 的发展现状

### 1.1 ISAC 标准化进展

#### 1.1.1 ISAC 国际标准与组织推进

ITU 持续推动 ISAC 在未来移动通信体系中的定位与框架化。国际电信联盟无线电通信部门(International Telecommunication Union Radio Communication Sector, ITU-R)工作组 WP 5D<sup>[1]</sup>自 2022 年启动“IMT towards 2030 and beyond”研究,将 ISAC 纳入未来技术趋势,并确定了资源协调共享、信号处理集成、联合波形与统一波束成形、人工智能(Artificial Intelligence, AI)使能协作与多节点协同感知等重要研究方向;IMT-2030 标准框架建议<sup>[2]</sup>进一步明确了 ISAC 的内涵与典型应用,强调网络应具备广域、多维的空间信息获取能力并支撑定位、检测、跟踪、成像与地图构建等感知能力。与此同时,国际电信联盟电信标准化部门(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, ITU-T)在 SG13 与 SG16 等研究组的框架下<sup>[3-5]</sup>,围绕 ISAC 潜在网络功能需求、服务质量保障,以及沉浸式现场体验等业务场景的需求与体系结构开展研究布局。

3GPP 系统架构与业务需求工作组(Service and System Aspects Working Group 1, SA1)在 5G 后续演进研究中形成 ISAC 研究报告<sup>[6]</sup>,系统梳理垂直行业感知用例与潜在需求,并提出定位精度、速度估计准确度、感知分辨率、感知业务时延、刷新率、漏检率与误报率等重要指标体系。同时,3GPP 无线接入网(Radio Access Network, RAN)<sup>[7-8]</sup>技术规范组也启动了面向 ISAC 的信道模型与频段验证研究,为后续空口与系统设计提供基础依据。

电气与电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)在无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)方向<sup>[9]</sup>推动 Wi-Fi 感知标

准化;IEEE 802.11bf 标准组以既有物理层与介质访问控制层能力为基础,支持对距离、速度、角度与运动等特征的测量与估计,促进 Wi-Fi 感知在物联网等场景的应用拓展;同时,IEEE 通信学会<sup>[10]</sup>通过新兴技术倡议组织相关学术与产业活动,形成持续的技术交流与共识凝聚机制。

#### 1.1.2 ISAC 国内标准推进与产业协同

中国通信标准化协会围绕无线通信与无线感知融合开展前沿研究与技术方案梳理工作<sup>[11]</sup>,并针对 5G-A ISAC 的网络架构与无线关键技术组织专项研究。IMT-2020(5G)推进组<sup>[12]</sup>设立通感任务组,面向应用场景、网络架构、空口关键技术与仿真评估方法形成系列研究报告,并完成 5G-A 阶段的测试验证与方法论沉淀;在此基础上,IMT-2030(6G)推进组<sup>[13]</sup>进一步通过融合技术子组开展 ISAC 研究与全频段测试验证,形成需求与场景、评估方法和系统设计等研究成果,为 6G 阶段 ISAC 标准与产业化奠定基础。此外,运营商层面,中国电信股份有限公司研究院联合产业伙伴发布《智能低空通感网络白皮书》<sup>[14]</sup>,将智能低空通感网络定位为支撑低空经济运行的数字基础设施,强调通过 5G-A、ISAC、AI 与多源感知等能力的协同集成,构建空天地一体、端网协同的通信感知架构,实现对低空飞行器的动态感知、高效连接与智能管控,并面向智慧城市、应急保障、空域管理等场景提出重点能力与工程化演进思路。

### 1.2 ISAC 技术现状

从低空信息基础设施视角看,ISAC 技术研究主要聚焦于 ISAC 基站及系统、ISAC 无人机及其集群两条技术路径。

#### 1.2.1 ISAC 基站及系统

ISAC 基站通常以定位和感知为主要任务,其基本工作流程包括信道参数获取、基于参数的目标位置和状态估计。为提升参数估计的分辨率与准确度,通常采用专用导频或参考信号,并结合附加测量与多径信息挖掘提升定位性能;在复杂信道或可视路径不足的场景中,数据驱动方法也成为重要补充。现有研究在不同频段与网络形态下形成了多类技术路线:在 6 GHz 以下频段条件下,受带宽与阵列规模限制,常结

合指纹、学习方法、超分辨率参数估计提升定位性能；在毫米波条件下，凭借大带宽与大规模阵列更易获得高精度定位，但也带来通信与定位强耦合、协作基站数量受限等问题；智能反射面可通过重构传播环境提供额外路径与角度测量；载波相位定位利用传播时延对载波相位的影响可实现高精度测距；侧链路定位通过目标与锚点间的直连测量可增强定位鲁棒性；基于机器学习的方案可利用更丰富的信道状态信息提升精度，同时对模型泛化与数据获取提出要求。

### 1.2.2 ISAC 无人机及其集群

无人机平台同时需要通信与感知能力，随着硬件形态、信道特性与信号处理方法的趋同，将通信与感知进行一体化集成可在提升频谱效率的同时获得硬件与集成增益，并有助于降低载荷、增强续航能力与灵活性。进一步地，无人机的机动性使 ISAC 更易形成“感知反馈指导通信优化、通信协同反哺感知增强”的闭环；集群部署可构建更高概率的视距链路 (Line of Sight, LoS) 以增强感知和通信性能，也可通过可控的非视距链路 (Non-Line of Sight, NLoS) 提升通信分集性能。面向低空经济应用，ISAC 无人机研究通常覆盖 3 类典型场景：一是无人机与基站之间的通感协同，通过回波实现目标探测与定位，并在“基站辅助无人机”和“无人机辅助基站”模式下扩展覆盖、提升精度、降低链路开销；二是无人机集群内部的 ISAC，用于队形保持、避撞与拓扑增强，但随着机群规模扩大其干扰管理压力明显上升；三是集群对外的 ISAC，将集群视为整体，通过协同感知融合提升分辨率与环境参数获取能力，同时以分布式虚拟多输入多输出方式提升对外通信的稳定性与效率。

综上，ISAC 在国际标准组织与国内推进体系的共同牵引下，已形成从应用场景、架构能力到关键技术的持续演进态势。现有研究在 ISAC 基站系统与 ISAC 无人机平台两条路径上均取得了进展，为低空业务提供了可行的能力基础。但面向低空经济的规模化落地仍存在资源耦合、覆盖与探测距离受限、精度与可信性瓶颈以及干扰全局化问题，有必要进一步开展系统性挑战分析，并在此基础上提出可工程实施的通感网络技术路径。

## 2 ISAC 赋能低空经济面临的主要挑战

ISAC 赋能低空业务的同时，还面临一系列挑战。这些挑战不仅影响 ISAC 技术的有效性，更直接关系到低空网络的安全性和可靠性。为确保低空业务高性能、高质量和高效率地稳定运行，本章将着重探讨 ISAC 资源竞争、低空三维覆盖能力不足、感知精度受限、感知可信性不足、全局干扰复杂难解五大主要挑战及其影响 (见表 1)。

表 1 五大主要挑战及其影响

主要挑战	影响
ISAC 资源竞争	通感共享时域、频域、空域、功率等资源，业务并行导致资源争夺与相互干扰
低空三维覆盖能力不足	地面网络下倾与回波链路预算限制，导致空域连续覆盖与远距探测不足
感知精度受限	民用系统发射功率与阵列规模受限，单点精度提升存在瓶颈
感知可信性不足	杂波与非视距传播抬高虚警率和漏检数，影响安全管控决策
全局干扰复杂难解	感知与感知、感知和通信干扰叠加，且具有强时变与全局耦合特性

### 2.1 ISAC 资源竞争

为同时满足通信业务与感知业务的服务需求，网络必须在时域、频域、空域与功率等多维资源上进行统筹配置。由于两类业务往往共享频谱、波形、阵列与调度框架，资源划分不仅决定单业务性能上限，也会通过互扰与耦合影响网络总体服务质量。通信侧往往关注吞吐率、时延与连接稳定性，感知侧则强调回波能量、参数可观测性与刷新率，二者在高并发场景中容易出现资源被分散与互扰被放大的连锁效应，进而带来通信体验下降与感知质量波动。通感资源竞争关系贯穿多维资源空间，如何在强约束条件下构建“资源协同、性能共赢”的联合优化框架，并形成高效可实现的多维资源协同分配与优化方法，以化解效率与能力之间的矛盾，是 ISAC 面临的重要问题。

## 2.2 低空三维覆盖能力不足

低空三维覆盖是低空业务规模化落地的基础能力。但现有蜂窝网络建设长期面向地面用户,基站天线通常采用下倾部署以兼顾覆盖与邻区干扰抑制,垂直扫描角度有限,导致有效覆盖高度偏低,难以满足典型低空场景的持续覆盖需求。与此同时,感知功能对回波信号质量高度敏感,除常规传播损耗外还叠加往返链路损耗,使可探测距离通常受限于数百米量级,远距离低空感知覆盖同样成为瓶颈。因此,覆盖能力不足不仅体现为低空链路可用性下降,也会表现为感知探测距离缩短与跟踪连续性变差。提升低空三维覆盖能力需要兼顾通信覆盖与感知覆盖的一致性,避免出现通信可用但感知不可用,或感知可用但通信不稳定的割裂状态。

## 2.3 感知精度受限

高精度感知是轨迹追踪、辅助避障等低空业务的核心支撑。传统雷达系统可通过高发射功率与超大规模阵列等手段显著提升测量精度;相比之下,ISAC系统受制于民用系统的发射功率上限、平台迎风面与部署条件,以及低空复杂传播环境带来的损耗,其感知精度与专业雷达相比仍存在明显差距。此外,单节点感知受限于本地处理能力与观测几何条件,精度提升存在固有上限。以克拉美罗下界(Cramér-Rao Lower Bound, CRLB)为代表的指标揭示<sup>[3-4]</sup>,多节点协作与数据融合有助于改善几何条件并引入冗余观测,但协作收益对时间频率同步、跨站标定一致性与信息交互时效高度敏感,同步与标定误差会直接传导至测量结果,影响精度增益的稳定性。

## 2.4 感知可信性不足

低空业务的安全运行不仅要求能够探测目标,还要求识别与跟踪结果稳定可信。在复杂环境中,地面、建筑与山体等固定物体产生的静态杂波,以及飞鸟与云团等散射体带来的动态杂波,会抬高虚警率并造成误检。同时,在建筑遮挡等 NLoS 条件下,信号多径与遮挡效应可能引发目标位置估计偏差甚至产生“伪目标”现象,进一步降低系统可信性。提升系统可信性需要同时增强回波质量与判据可靠性,使检测、识别与跟踪具备更强的环境鲁棒性与一致性。

## 2.5 全局干扰复杂难解

实现大规模低空网络部署的前提是干扰可控。感

知功能的引入使干扰形态更为多样,既包括感知链路之间的相互干扰,也包括感知与通信之间的交叉干扰,尤其是面向空域的通感发射更易形成远距离传播与潜在的超远程干扰,进一步加大大网干扰治理难度。在感知回波接收端,除热噪声外,还可能叠加上行用户干扰、邻区信号泄漏以及远端基站干扰等多源干扰分量,且具有强时变、强空间相关与全局耦合等特征,既影响通信体验,也降低感知服务的精确性与稳定性。如何构建具备全局适用性的动态干扰识别、评估与控制机制,实现多类干扰的协同管理与智能调控,是 ISAC 网络面临的重要工程难题。

## 3 面向低空业务的通感网络技术路径

在分析 ISAC 标准化进展及其赋能低空经济时面临的主要挑战的基础上可知,面向低空业务,ISAC 能力建设应从“业务闭环可用性”出发,将挑战映射为可工程实施的能力链。综合低空杂波强、多径显著、干扰网络级耦合、任务并发高等特征,本文提出前端可信回波获取、网络化协作检测与轨迹跟踪、AI 识别与融合、多源融合感知、网络级资源与架构演进的递进式通感网络技术路径:前端提升回波可用性与弱目标可检出性,中间通过多站协作获得连续跟踪能力,系统侧通过多源互证提升可信与抗干扰能力,并以资源编排与架构弹性保障大范围、高并发场景下的可扩展性。

### 3.1 前端可信回波获取

针对低空复杂场景下动静杂波混合、统计特性时变以及小样本条件导致的模型失配问题,仅依赖传统杂波抑制方法,比如动目标显示(Moving Target Indication, MTI)、空时自适应处理(Space-Time Adaptive Processing, STAP)、恒虚警率(Constant False Alarm Rate, CFAR),容易出现抑制不充分或门限漂移情况,进而引发虚警和漏检累积。为提升弱目标可检出性,可采用“AI 与经典处理链路融合”的思路:在保持 STAP 等方法物理可解释结构的前提下,引入深度神经网络(Deep Neural Network, DNN)学习杂波统计与误差扰动,实现对杂波协方差估计的鲁棒化,降低阵列误差、同步误差与小样本带来的性能退化。

在实现层面,可将原本依赖迭代求解的稀疏恢复或原子范数最小化过程进行网络化展开,通过端到端训练实现参数自适应,从而减少人工调参并降低迭代

层数带来的时延开销;同时,可引入生成对抗网络(Generative Adversarial Network, GAN)等数据增强或估计修正机制,在误差存在与样本不足条件下提升协方差估计或特征提取精度。该类方法本质上是將杂波抑制从依赖先验统计模型转向数据驱动的自适应建模,为后续检测、参数估计与跟踪提供更稳定的输入,从系统层面抑制误报与漏报的链式放大效应。

### 3.2 网络化协作检测与轨迹跟踪

在低空遮挡与视距条件不稳定的情况下,单站感知往往容易出现观测几何受限与轨迹断裂的现象。为应对覆盖不足与单点能力瓶颈,可构建多站协作的网络化感知体系,通过空间分布式部署与跨站信息互补提升持续探测与跟踪能力。

在系统架构上,可在通信网络体系中引入面向感知的功能实体以承载感知控制与数据汇聚功能,并由应用功能实体承载业务编排与平台管理功能,从而实现感知数据在网络控制与行业应用之间的可控流转与闭环协同。

在处理链条上,面向多站协作的典型流程可采用“检测—参数估计—跟踪—融合”的级联结构:先完成目标检测与量测参数估计,再进入跟踪阶段执行轨迹预测、量测—航迹关联、异常与干扰抑制、新生目标判定、状态更新与航迹维护等步骤。为提升多目标与强干扰场景下的关联鲁棒性,可在关联与更新环节引入学习模型进行特征表征与匹配评分,同时保留卡尔曼滤波等模型驱动方法的稳定性优势,形成“模型驱动+数据驱动”的混合跟踪框架。该路径与前文“全局干扰复杂难解、协作依赖同步与低时延交互”的挑战相一致:协作增益能否兑现,主要取决于跨站信息交互时效、时间频率同步与边缘侧处理能力。

### 3.3 AI 识别与融合

面向低慢小目标与复杂电磁环境,目标识别是提升感知可信性的重要环节。多站识别可按融合位置分为数据层、特征层与决策层3类(见图1):数据层直接融合原始观测,信息保真度高但通信与计算开销大;特征层融合位置、速度、回波特征等中间特征,兼顾信息量与开销;决策层融合各站独立判决结果,部署灵活、对网络负担较小、工程实现友好。结合低空监管对实时性与可扩展性的要求,决策层融合通常更适合作为规模部署的默认路径。

在决策融合机制上,可采用投票法、贝叶斯融合与证据理论等方法对多站判决进行一致性综合,并通过置信度校准与历史连续性约束抑制单站误判传播。进一步地,为与轨迹跟踪闭环一致,识别结果宜与航迹状态联合建模:将识别置信度、航迹可信度、融合权重耦合起来,形成可随环境与目标动态变化而自适应调整的识别—跟踪协同策略,从而降低误检和漏检对管控决策的直接冲击。

### 3.4 多源融合感知

针对单一感知手段在环境适应性、覆盖连续性与抗干扰方面的边界,可构建以蜂窝ISAC为核心,融合光电、雷达、频谱监测与无人机远程身份识别等多源手段的互证体系。该融合架构宜采用端边云分层架构:端侧完成采集、初步处理与快速告警过程,云侧完成深度分析、全局关联与策略优化过程,并通过统一接口向监管与行业应用部门输出标准化结果。该融合流程包括时空对齐、异常过滤、特征提取、动态加权与滤波融合、冲突仲裁与跨源互证,并需要配套访问控制、身份

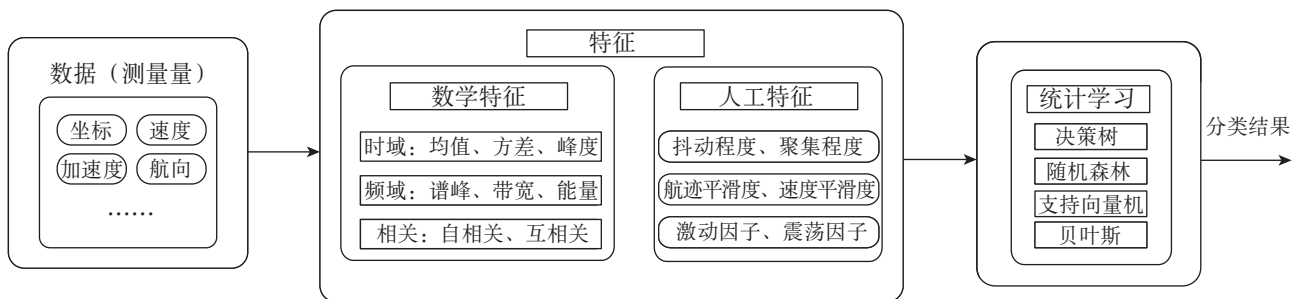


图1 多站目标识别的数据层、特征层与决策层融合框架

认证与数据安全机制以满足监管要求。

### 3.5 网络级资源与架构演进

面向大范围、高并发的低空业务,通感网络需具备资源动态管理与架构弹性演进的能力。在组网层面,可采用宏微站分层与多点协同部署的方法提升覆盖连续性,并通过低时延链路与多接入边缘计算实现跨站数据互通与任务分发。在资源编排层面,可综合采用负载均衡、网络切片、感知权重调整与优先级保障等策略,实现通信与感知资源的分级配置与动态迁移,以适配不同地形、业务密度与安全等级的差异化需求。同时,系统应支持从中心式融合向边缘协同的模式切换:在突发应急与局部高并发场景中优先边缘闭环处置,在常态运行场景中由云侧进行全局优化与策略更新,从而在稳定性、实时性与成本之间获得可持续的平衡。

## 4 结束语

本文面向低空业务需求,基于标准与公开文献综述,系统梳理了 ISAC 的标准化进展与技术研究现状,归纳了 ISAC 基站及系统和 ISAC 无人机及其集群两条实现路径,剖析了资源、覆盖、精度、可信、干扰多维挑战,并提出前端可信回波获取、网络化协作检测与轨迹跟踪、AI 识别与融合、多源融合感知、网络级资源与架构演进的通感网络闭环技术路线。

展望未来,低空 ISAC 规模部署仍需 3 个方面进行重点突破:其一,完善网络化通感联合指标与测试评估方法,形成可复用的场景集、信道模型与评估流程;其二,推进跨站协作的同步机制、干扰治理与资源编排工程落地,建立与监管需求一致的可信度输出与责任可追溯机制;其三,结合 AI 与数字孪生开展面向场景的闭环优化与持续迭代验证,支撑低空经济从试点应用走向规模商用与安全可持续发展。

### 参考文献

- [1] IMT-2030(6G)推进组. 6G 感知的需求和应用场景研究报告[R], 2023.
- [2] ITU-R. Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond: Recommendation ITU-R M. 2160-0 [S]. International Telecommunication Union, 2023;11.
- [3] ITU-T SG13-TD864/WP1. Draft new technical report ITU-T TR. ISAC-fra; consideration of integrated sensing and communication in IMT-2020 networks and beyond [R], 2024.
- [4] ITU-T SG13-TD967/WP1. Draft new technical report ITU-T TR. qos-isac; study on quality of services assurance for integrated sensing and communication in IMT-2020 and beyond [R], 2024.
- [5] ITU-T. Requirements and framework of immersive live experience services using integrated sensing and communication [EB/OL]. 2024 [2026-02-26]. [https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp\\_item.aspx?isn=20754](https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=20754).
- [6] 3GPP. Study on integrated sensing and communication; 3GPP. TR 22. 837 V1. 0. 0 [S]. 3GPP Support Office, 2023;3.
- [7] 3GPP. RP-234069, Study on channel modelling for Integrated Sensing And Communication (ISAC) for NR [R], 2023.
- [8] 3GPP. RP-234018; Study on channel modelling enhancements for 7-24GHz for NR [R], 2023.
- [9] IEEE. IEEE standard for information technology—telecommunications and information exchange between systems—local and metropolitan area networks—specific requirements—Part 11: wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications amendment; enhancements for wireless LAN sensing; IEEE Std 802.11bf [S]. New York; IEEE Standards Association, 2025.
- [10] IEEE Communications Society Integrated Sensing and Communication Emerging Technology Initiative. Conferences [EB/OL]. 2024 [2026-02-26]. <https://isac.committees.comsoc.org/conferences/>.
- [11] 中国通信标准化协会. 无线通信与无线感知融合技术与方案研究报告[R], 2023.
- [12] IMT-2020(5G)推进组. 5G-Advanced 通感融合场景需求研究报告[R], 2022.
- [13] IMT-2030(6G)推进组. 6G 通信感知一体化评估方法研究报告[R], 2023.

[14] 中国电信股份有限公司研究院. 智能低空通感网络白皮书[R], 2024.

**作者简介:**

**朱俊豪** 中国电信股份有限公司研究院助理工程师, 北京邮电大学卓越工程师学院硕士研究生在读, 主要研究方向为无线通信与通感一体化技术

**李晶** 通信作者。中国电信股份有限公司研究院工

程师, 主要研究方向为 5G 及 5G-A 无线通信与通感一体化技术

**丁雪** 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为 5G-A 与通感一体化技术

**于金杨** 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为 5G 及 5G-A 无线通信与通感一体化技术

**谢伟良** 中国电信股份有限公司研究院教授级高级工程师, 主要研究方向为无线通信与移动网络技术

## Integrated sensing and communication for low-altitude economy: current status, key challenges, and technical paths

ZHU Junhao<sup>1</sup>, LI Xiao<sup>1</sup>, DING Xue<sup>1</sup>, YU Jinyang<sup>1</sup>, XIE Weiliang<sup>1</sup>

(1. China Telecom Corporation Limited Research Institute, Beijing 102209, China;  
2. School of Elite Engineers, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** With the large-scale deployment of the low-altitude economy, low-altitude services impose higher requirements on three-dimensional coverage, continuous sensing, and safety supervision in low-altitude airspace. Due to the high mobility of low-altitude flying targets, service data transmission and target sensing need to be jointly guaranteed, which creates an urgent demand for the integrated provision of communication and sensing. In this context, Integrated Sensing and Communication (ISAC) can collaboratively provide both communication and sensing capabilities over a unified network infrastructure, thereby offering critical support for the construction of the low-altitude digital infrastructure. This paper first reviews the domestic and international standardization and research progress, and then summarizes two technical approaches: ISAC base-station-based systems and ISAC UAV-swarm platforms. It further identifies major challenges, including resource competition, insufficient low-altitude three-dimensional coverage, limited sensing accuracy, insufficient sensing trustworthiness, and complex global interference coupling. Finally, a technical roadmap for ISAC networks oriented toward the low-altitude economy is proposed, covering trustworthy echo acquisition, networked cooperative detection and continuous trajectory tracking, AI-based recognition and fusion, multi-source fusion sensing and conflict arbitration, as well as network-level resource and architectural evolution.

**Keywords:** low-altitude economy; ISAC; low-altitude network; networked sensing; multi-source fusion

(收稿日期: 2026-03-06)