

目 录

引 言	1
目 录	2
1 发展概况	5
1.1 政策驱动.....	5
1.1.1 国家政策.....	5
1.1.2 地方政策.....	6
1.2 标准演进.....	6
1.2.1 ITU	7
1.2.2 3GPP	7
1.2.3 IEEE	8
1.2.4 CCSA	9
1.3 发展现状.....	10
1.3.1 低空飞行器制造.....	10
1.3.2 低空基础设施建设.....	10
1.3.3 低空网络服务.....	10
1.3.4 低空应用产业.....	11
2 行业应用场景	11
2.1 智慧城市场景.....	11
2.1.1 低空物流.....	11
2.1.2 城市规划.....	12
2.2 智慧公安场景.....	12
2.2.1 公共安全.....	12
2.2.2 交通管理.....	12
2.3 应急保障场景.....	12
2.3.1 应急救援.....	12

2.3.2 应急通信.....	12
2.4 智慧水利场景.....	13
2.4.1 实时巡查与监测.....	13
2.4.2 精准测量与建模.....	13
2.4.3 环保检测与治理.....	13
2.5 农林植保场景.....	13
2.5.1 农药喷洒.....	13
2.5.2 病虫害监测.....	13
3 面临挑战及能力要求	13
3.1 主要技术挑战.....	13
3.2 网络能力要求.....	15
3.2.1 空地一体.....	16
3.2.2 通感融合.....	16
3.2.3 智算一体.....	16
4 网络设计与创新	17
4.1 空地一体感知覆盖参考模型.....	17
4.1.1 空地小区半径参考模型.....	17
4.1.2 空地感知覆盖波束参考模型.....	17
4.1.3 网络拓扑模型及关键参数设计.....	17
4.2 空地一体通信组网方案.....	20
4.2.1 3.5G 单载波空地异频方案.....	21
4.2.2 3.5G 双载波空地异频方案.....	21
4.2.3 3.5G 双载波空地同频方案.....	22
4.2.4 3.5G 虚拟分频方案.....	23
4.2.5 2.1G 双翼辐射方案.....	24
4.3 基站规划设计方案.....	25
4.3.1 站址规划.....	25
4.3.2 天线方案.....	25

4.3.3 天线方位角.....	26
4.3.4 配套方案.....	26
4.4 空地网络协同优化.....	26
4.4.1 空地三维移动性策略.....	27
4.4.2 空地业务互异协同.....	27
5 低空服务监管平台	28
6 总结与展望	29
缩略语	31
参考文献	33

1 发展概况

低空经济指的是利用低空空域资源进行的各类经济活动，包括但不限于通用航空、无人机应用、旅游观光、农林喷洒、医疗救援等。近年来，随着技术进步和政策开放，低空经济正在迅速发展并成为新的经济增长点。空地一体网络旨在为地面用户和空中用户提供无缝、稳定、高速的网络连接。空地一体网络同时为低空及地面提供服务，形成一个稳定且高效的三维（3D）立体覆盖无线网络，不仅满足全时全域通信的需求，也将满足低空智能感知需求。在 5G 网络持续增强与演进的背景下，空地一体网络为低空经济的发展提供强大的基础设施支持、创新发展动力、监管与安全管理保障，推动低空经济市场规模持续增长的同时不断拓展应用领域。

1.1 政策驱动

低空经济作为新兴产业，近年来在国家及地方政策层面得到了越来越多的支持与激励。国家政策及地方政策的出台，无疑为低空经济及低空网络的发展提供强大政策支持和发展动力。

1.1.1 国家政策

国家对低空经济给予高度重视和政策支持，通过多种手段推动低空经济快速、健康发展。

2021 年 2 月，中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》^[1]，提出发展交通运输平台经济、枢纽经济、通道经济与**低空经济**，标志着低空经济概念首次写入国家战略规划。

2023 年 12 月，中央经济工作会议^[2]提出要大力推进新型工业化，发展数字经济，加快推动人工智能发展，打造生物制造、商业航天与**低空经济**等若干战略性新兴产业。

2024 年 2 月，中央财经委员会第四次会议强调，鼓励发展与平台经济、**低空经济**、无人驾驶等结合的物流新模式。统筹规划物流枢纽，优化交通基础设施建设和重大生产力布局，大力发展临空经济、临港经济^[3]。

2024 年 3 月，工信部等四部门联合印发《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》^[4]，方案指出发展通用航空制造业，加快通用航空装备创新应

用，是塑造航空工业发展新动能新优势、推动**低空经济**发展的重要举措，是加快制造强国、交通强国建设的必然要求。

1.1.2 地方政策

2024 年以来多地政府工作报告提及低空经济，广东、江苏、江西、四川等多地都持续出台政策，推动低空经济的发展。

广东省政府工作报告^[5]提出发展**低空经济**，创新城市空运、应急救援、物流运输等应用场景，加快建设低空无人感知产业体系，推进低空飞行服务保障体系建设。支持深圳、广州、珠海建设通用航空产业综合示范区，打造大湾区低空经济产业高地。

江苏省政府工作报告^[6]提出加快发展新质生产力，持续打造“51010”战略性新兴产业集群，积极开展省级融合集群试点，大力发展生物制造、智能电网、新能源、**低空经济**等新兴产业。其中南京已建成一中心两平台，即南京民用无人驾驶航空运行管理中心、低空智联平台、低空服务管理平台，围绕长江保护、消防应急等场景进行发展打造。

江西省政府工作报告^[7]提出深入推进新型工业化，加快构建体现江西特色和优势的现代化产业体系。大力实施产业升级战略、科教强省战略，争创国家新型工业化示范区。实施未来产业培育发展三年行动计划，努力在元宇宙、人工智能、新型显示、新型储能、**低空经济**等领域抢占先机。

四川省政府工作报告^[8]提出加快发展**低空经济**，支持有人机无人机、军用民用、国企民企一起上。2024 年 6 月，四川省专门发布促进低空经济发展的指导意见，以培育低空经济市场为重点，加快基础设施建设和低空航线网络构建，巩固拓展低空空域管理改革试点成果，增强低空飞行服务保障能力，提升通用航空制造业水平，加快形成新质生产力。

1.2 标准演进

随着低空网络技术持续发展，全球移动通信行业对低空标准化进程也在不断加快。在国际电信联盟（ITU）、第三代合作伙伴计划（3GPP）、电气与电子工程师协会（IEEE）、中国通信标准化协会（CCSA）等国内外标准组织的推动下，低空领域的标准化工作取得了许多进展。

1.2.1 ITU

国际电信联盟针对民用无人机（CUAV）发布了一系列建议书，以支持无人机在各种应用场景中的应用。这些建议书涵盖了从基本通信服务要求到特定应用场景下综合技术框架和要求，包括移动边缘计算（MEC）、飞行控制、无人机协同、无人机监测服务、物流快递服务、基站检查服务、网联无人机和无人机控制器的功能架构等。

2019年5月，F.749.10^[9]标准规定了民用无人机通信服务的基本要求，包括一般通信服务框架、通信系统要求、飞行控制通信、飞行数据传输以及任务有效载荷通信服务要求。

2019年11月，F.749.11^[10]标准描述了支持移动边缘计算的CUAV系统的框架和要求，强调了功能、服务和安全要求。

2020年3月，X.677^[11]标准提供了无人机全生命周期管理和操作身份识别的要求，并规定了使用对象标识符（OID）的无人机识别机制。

2020年6月，F.749.12^[12]标准为民用无人机及其功能实体、参考点等通信应用提出了总体框架。

2020年12月，Y.455⁹^[13]标准描述了使用无人机的基站检查服务要求和功能架构。

2021年6月，F.749.13^[14]提供了使用人工智能的民用无人机飞行控制框架；F.749.14^[15]规定了CUAV协调的要求，包括网络连接、数据传输和协同任务执行的要求。

2021年10月，Y.442¹^[16]标准为使用IMT-2020网络的无人机和无人机控制器提供了功能架构。

2022年3月，F.749.15^[17]标准规定了使用民用无人机进行监测和检查服务的要求。

2023年7月，F.749.16^[18]标准提供了基于民用无人机的物流快递服务系统和管理的的要求。

1.2.2 3GPP

从Release 16开始，3GPP着手研究无人机系统的支持和增强。此外，3GPP

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/096143152222010201>