

通信基础设施：向上而生，打开新空间

——低空经济系列深度报告之三

行业评级：看好

2024年4月15日

分析师	邱世梁	王华君	张建民	黄王琥	研究助理	陈晨
邮箱	qiushiliang@stocke.com.cn	wanghuajun@stocke.com.cn	zhangjianmin1@stocke.com.cn	huangwanghu@stocke.com.cn	邮箱	chenchen05@stocke.com.cn
电话	18516256639	18610723118	18911380169			
证书编号	S1230520050001	S1230520080005	S1230518060001	S1230523080012		

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

发展低空经济成为确定性大趋势，通信基础设施是必不可少的关键保障

- 低空通信基础设施是发展低空经济重要环节，主要包括通信、感知、智算三大核心功能模块。其中，传统无线网络以地面覆盖为主要目标，面向低空场景存在性能差距、融合不深，空域感知与空管系统深度融合，因此，通信、感知产业链长期以来各自独立发展。
- 随着5G-A演进与卫星互联网建设，低空通信基础设施正在进入通信、感知融合发展、天地一体协作的新阶段。

5G-A “一突破四增强”，通感算用能力融合供给、“向上而生”打开新空间

- 通感一体网络突破传统网络能力边界、破解低空空域监管最大痛点；确定性网络、无线云网算业一体、大容量上行超宽带、高精定位等能力增强，定向适配低空经济应用场景。
- 以5G-A “一突破四增强”为基础，通过提供通感算用融合的信息通信服务能力，地面移动通信产业链有望深度融入、高效赋能低空经济，打开新的增长空间；基于5G-A的低空通信基础设施可广泛赋能农业、测绘、城市管理(含应急)、物流等低空场景，支撑超千亿市场应用。
- 产业链积极响应5G-A，中国布局进展领先全球，中国移动全球首发5G-A商用部署，5G-A落地已成确定性趋势。

卫星互联网建设加速，天地一体协作进一步增强低空信息服务供给广度深度

- 国内低轨卫星互联网星座主要包括了GW星座和G60星座，2023年12月27日，格思航天G60卫星数字工厂投产暨G60卫星互联网首颗商业卫星下线仪式顺利举行。
- 低轨卫星可以增强低空基础设施的覆盖范围和功能，产业链积极推动天地一体网络融合，低轨卫星通信将成为低空经济融合基础设施的重要组成。
- 复制车机直连卫星逻辑，卫星互联网+eVTOL有望打造商业闭环，形成多方共赢的商业模式。

投资建议

- 无人机网联化，有望带来**千万级**低空通信连接增量，并基于连接入口，形成有拓展性的网、云、数、智综合信息服务商业模式。
- 5G-A带来产业链增量机会，关注主设备商、射频与天线、终端模组、运营商等标的品种：如中兴通讯、信科移动、盛路通信、灿勤科技、武汉凡谷、广和通、移远通信、中国移动、中国电信、中国联通等。
- 卫星互联网整体受益：如上海瀚讯、盛路通信、铖昌科技、盟升电子、海格通信、中国电信等。
- 风险提示：低空经济需求释放不及预期、

目录

CONTENTS

01

低空经济启航，通信基础设施提供关键支撑

02

5G-A“一突破四增强”，通感算用融合赋能低空经济

03

卫星互联网建设加速，构建低空天地一体协作新范式

04

产业链重点标的与投资建议

01

低空经济启航，通信基础设施 提供关键支撑

- **低空基础设施主要包括物理基础设施与通信基础设施两大类。**其中，物理基础设施主要包括低空飞行所需的起降、中转、货物装卸、乘客候乘、航空器充（换）电、电池存储、飞行测试等平台；通信基础设施，主要包括低空飞行所需的通信、导航、监视、气象监测等系统，以及低空飞行数字化管理服务系统。
- **低空通信基础设施主要包括通信、感知、智算三大核心功能模块。**其中，通信模块提供数据接入、转发、处理、上报与身份标识等传输类服务，感知模块提供测速、定位、跟踪、监测等采集类服务；智算模块相对独立，提供音视频数据处理、决策辅助等加工类服务。

图表：低空通信基础设施网络功能架构



1.2 通信功能看，低空通信实现主要包括移动通信网络等三种路径

- **目前，以无人机为代表的低空数据传输通讯方式主要有无线电、WiFi、运营商公网（移动通信网络）三类。**其中，无线电是无人机首选，间隔普通在15-30KM之间，普遍应用于军警、植保、航测等各类工业级无人机。依据《中华人民共和国无线电频率划分规则》及我国频谱运用状况，规划840.5-845MHz、1430-1444MHz和2408-2440MHz频段用于无人驾驶航空器系统。WiFi方式，频段普通选择2.4GHz，通讯间隔在600-800M。
- **传统无线网络以地面覆盖为主要目标，面向低空场景存在性能差距，长期以“按需选用”方式供给、融合不深。**传统无线网络以地面覆盖为主要目标，而低空信息网络则需实现对空立体覆盖，由于天线旁瓣杂乱、信噪比普遍较差且起伏不定、天线辐射存在零陷无信号区域、时延不稳定等因素，较难保障无人机全路程连续业务服务和不断飞行操控，特别是300米以上的位置覆盖薄弱；同时，传统对地覆盖移动网络主要服务于人、下行链路容量大，较低空视频采集回传等大上行需求存在不适配性。

图表：大疆无人机（Mavic-3-pro）网络传输参数

	实时图传质量	遥控器： 1080p/30fps, 1080p/60fps
	工作频段	2.400 GHz 至 2.4835 GHz 5.725 GHz 至 5.850 GHz
	发射功率（EIRP）	2.4 GHz： <33 dBm（FCC） <20 dBm（CE/SRRC/MIC） 5.8 GHz： <33 dBm（FCC） <30 dBm（SRRC） <14 dBm（CE）
	最大信号有效距离（无干扰、无遮挡）	FCC：15 公里 CE：8 公里 SRRC：8 公里 MIC：8 公里

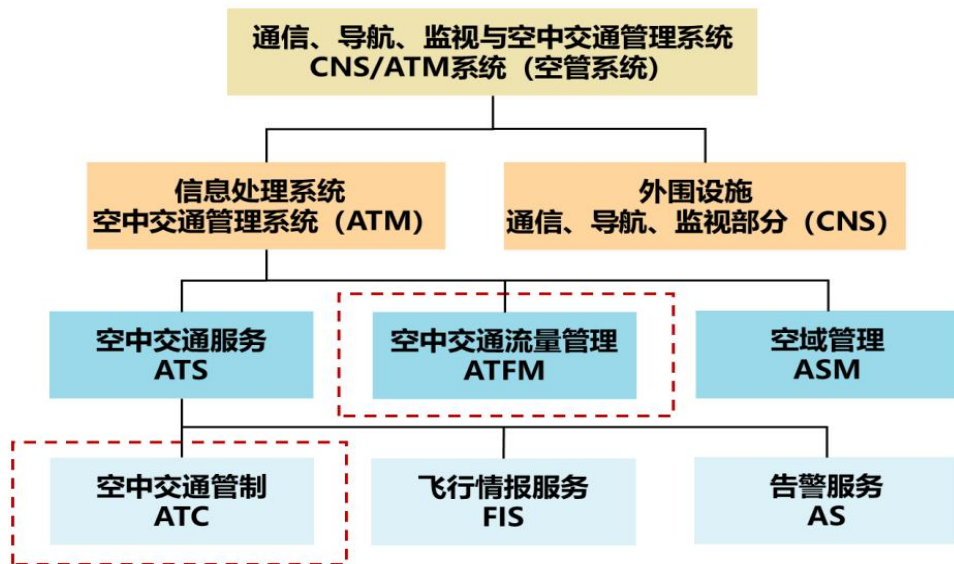
图表：移动蜂窝网低空覆盖测试情况

	物流	巡检安防	测绘	农业	直播	编队	自主飞行
覆盖高度	末端满足 支线 3000m	常规满足 油气 1000m	满足	植保满足 勘测满足	满足	满足	部分满足
下行	满足当前 100kbps 需求，不满足未来自主飞行需求						
上行	当前 部分满足 2K 远控	部分满足 2K 远控 不满足未来 4K	部分满足 2K 远控 不满足 4K+ 激光	100kbps 2K 7.5Mbps	不满足	满足	不满足
时延	满足					部分满足	不满足
可靠性						有挑战	有挑战
连接数						有挑战	
定位	高			高		高	高

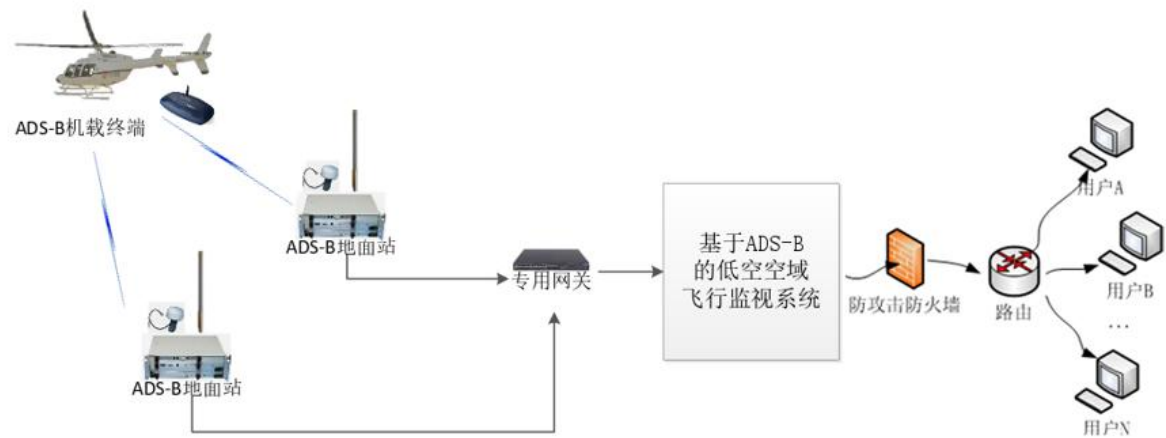
1.3 感知功能看，空域感知与空管系统深度融合

- 空中交通管理系统是空管人员实际用于管理空中交通运输的信息处理系统，其中包括**空中交通服务**（ATS），空中交通流量管理（ATFM）和空域管理（ASM）。**空中交通服务ATS**又由三部分组成：**空中交通管制（ATC）**，**飞行情报服务（FIS）**和**告警服务（AS）**。
- **空域感知深度融入空域监视系统，实现方式主要包括航管一/二次雷达系统与ADS-B系统。**一次监视雷达是由地面上的一次雷达装置向空域散射无线电波，触碰到空域中的飞行物后反射回波，由一次雷达计算出此飞行物的位置和距离信息；二次监视雷达是由地面上的二次雷达装置向空域发射询问信号，当有机载应答机的飞机接收到此询问信号后，由应答机向二次雷达发射飞机的高度和识别码等回复信息。ADS-B（Automatic dependent surveillance-broadcast），即广播式自动监视，作为一种自动监视系统，是基于卫星导航系统所提供的位置信息，装备了ADS-B的飞行器定期将自己的位置等信息，通过空-空、空-地数据链进行广播式传播。

图表：空管系统架构



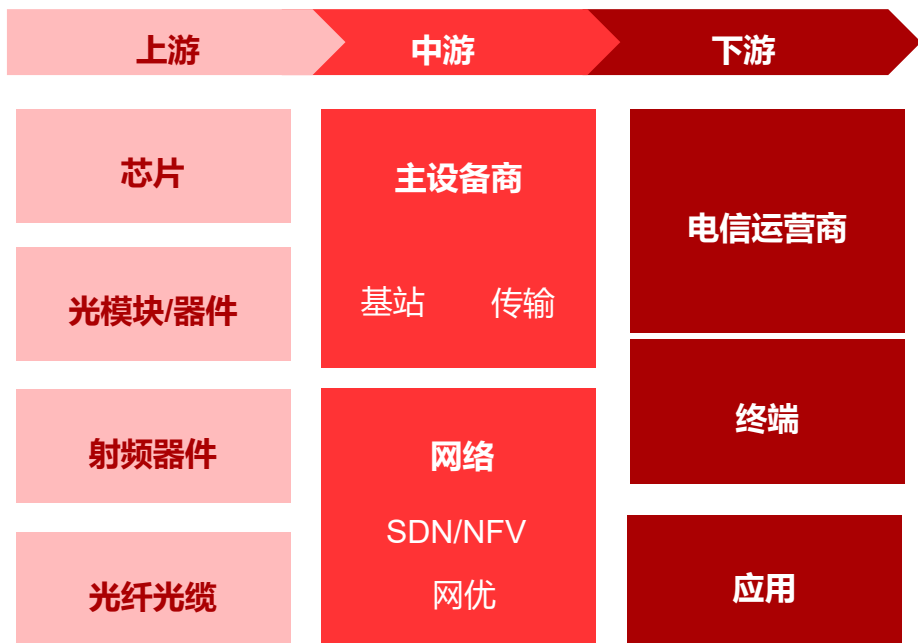
图表：ADS-B系统网络拓扑图



1.4 长期以来，通信网与感知网各自产业链独立发展

- **地面无线通信与飞行器感知分属不同产业链，长期以来各自独立发展。**传统移动通信基于3GPP（第三代合作伙伴计划）标准体系演进，产业链由电信运营商、主设备商主导，涵盖通信/基带芯片、滤波器、射频、PCB等元器件厂商，主要企业包括中国移动、中国电信、中国联通、中国信科、华为、中兴等，以网络容量、速率等性能为主要升级演进方向；飞行器感知隶属航空与制造板块，融入空管系统产业链，涉及雷达、空管平台、定位导航以及飞行器制造商，主要企业包括四川九洲、川大智胜、国睿科技等。

图表：5G产业链示意图



图表：空管产业链示意图



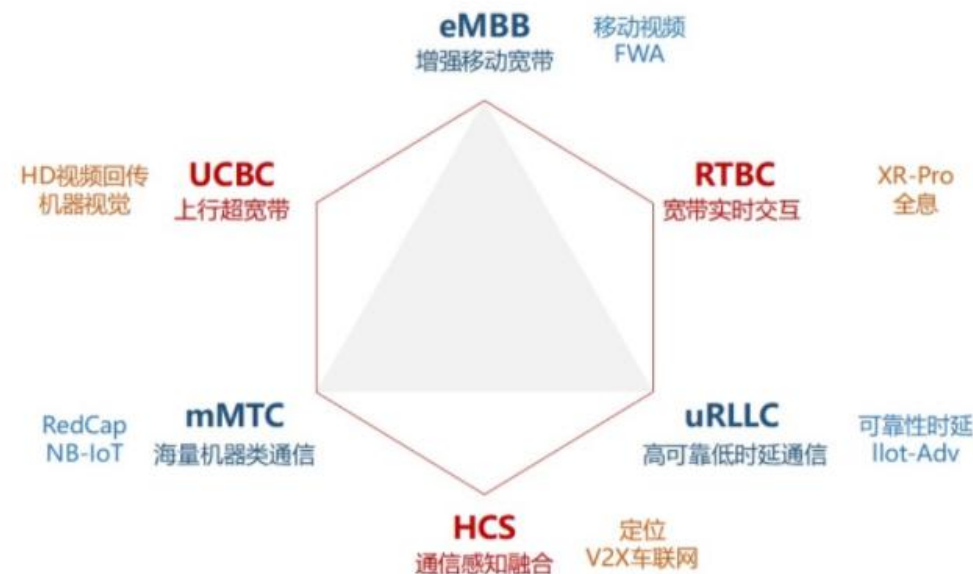
1.5 随着5G-A演进，通信、感知有望进入融合发展新阶段

- **5G-A (5G-Advanced) 又称5.5G，是基于5G网络在功能上和覆盖上的演进和增强。**根据网络演进版本，5G-A预计包含R18、R19、R20三个版本，当前R18的大部分工作已经完成，预计于2024年中完成标准冻结。
- **5G-A升级演进感知等新功能，能力增强定向适配低空经济应用场景。**与5G相比，5G-A下行速度提升10倍、上行速度提升至Gbps级，支持4ms超低时延、厘米级定位精度，并具备距离、速度等**感知能力**，高度适配低空无人机、空域管理等应用场景。

图表：5G-A标准演进时间表



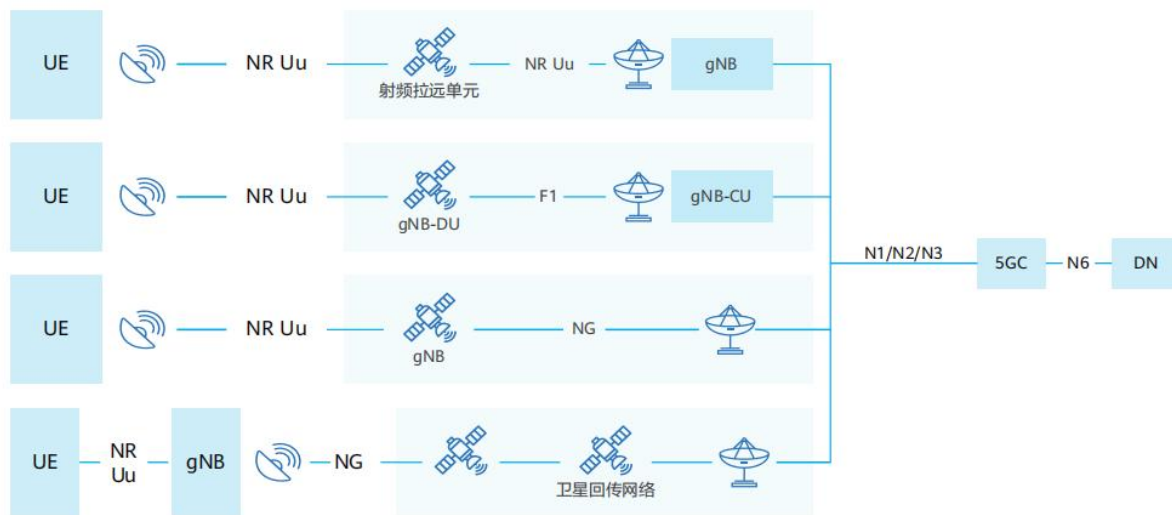
图表：5G-A关键技术升级一览



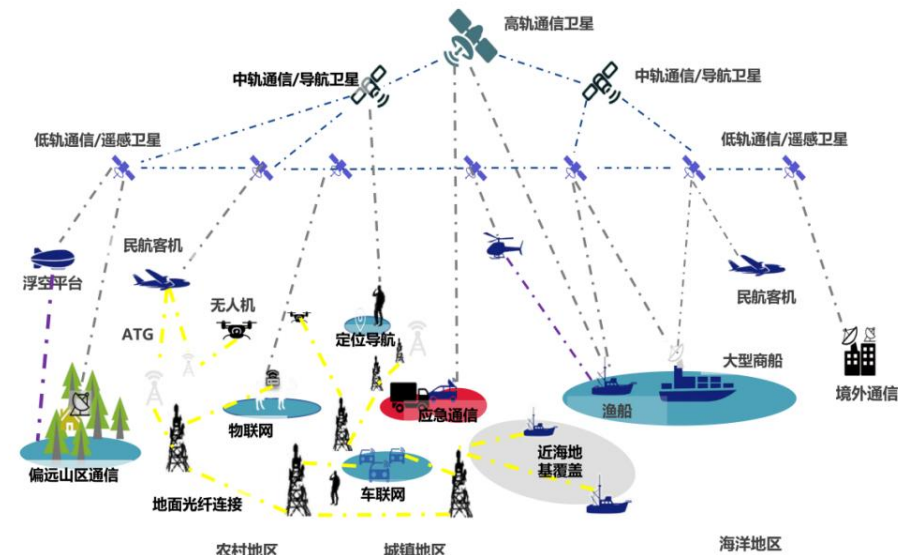
1.6 卫星互联网建设加速，低空通信基础设施迈向天地一体协作

- **卫星互联网将协同地面通信网络，为低空经济提供广域、跨地形覆盖能力。**陆地覆盖仅占地球表面的6%，且陆地覆盖不足问题依然存在。通过天基、地基网络融合，可利用卫星通信不受地形地貌限制提升的覆盖能力，作为地面网络有效补充，协同为低空场景提供可靠、一致的服务体验。
- **NTN技术体制稳步推进，星地融合有望加速落地。**NTN（Non Terrestrial Network，非地面网络）是6G演进中天地一体技术采用的技术体制，3GPP于2017年的5G R15版本研究NTN需求场景，R16研究解决方案，R17面向GEO/MEO/LEO等场景、短信/语音/窄带/宽带等业务，形成手机直连、透传模式等标准；2024年即将冻结的R18版本正在开展10GHz以上高频段部署、移动性、覆盖增强等技术研究。根据以往经验，随着标准冻结，预计产业链也将在1-2年内具备商用落地能力。
- **低轨卫星走向通导一体，进一步增强低空信息服务能力。**低轨通信卫星融合导航功能，在发射信号空间损耗、空间覆盖、定位精度、使用范围、传输速率等方面具备优势，可复用卫星资源，为低空经济提供低成本、广覆盖、高性能的通导融合服务。

图表：融合卫星系统的5G网络架构



图表：天地一体化网络应用



02

5G-A“一突破四增强”，通感算用 融合赋能低空经济

2.1 5G-A“一突破四增强”，高度适配低空场景

- 5G-A (5G-Advanced) 主要能力升级定向适配低空经济应用场景，主要体现在“一突破四增强”：

一突破：通感一体网络，突破网络能力边界

四增强：确定性网络、无线云网算业一体、大容量上行超宽带、厘米级高精定位，全面赋能支撑低空数字化场景

图表：5G-A主要网络性能参数与5G对比

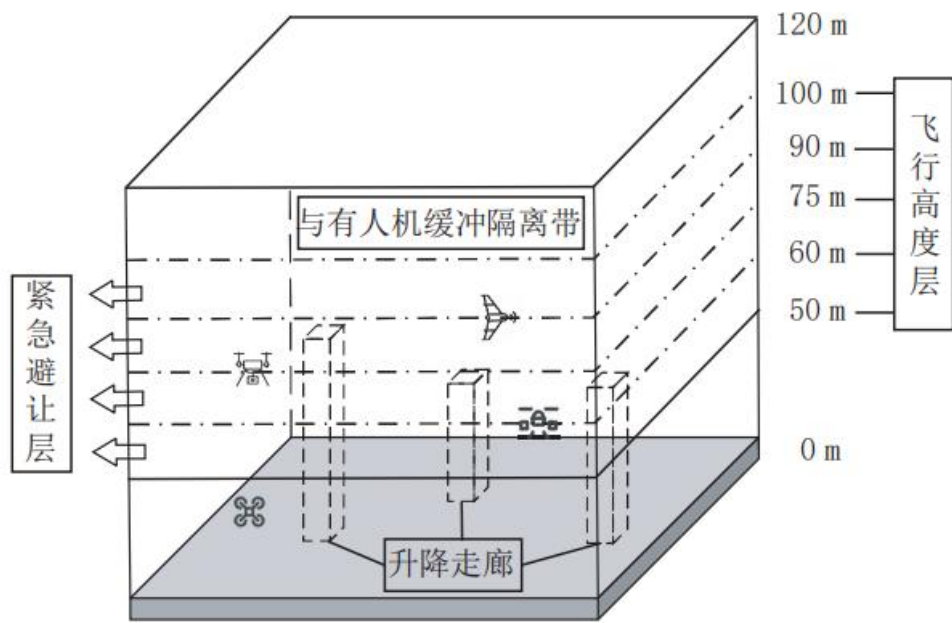
性能参数	5G	5G-A
下行速度	Gbps	~10Gbps
上行速度	~Mbps	~Gbps
带宽实时交互	~x00Mbps	~x00Mbps, 5~10ms@99.9%
海量机器通信	NB-IoT, RedCaP	eRedCap, 无源物联
低时延高可靠通信	20ms	4ms
位置精度	米级	厘米级
感知能力	无	距离、速度等

图表：5G-A关键升级能力



- 一直以来, 面向低空空域的监视系统与能力存在诸多痛点, 是制约低空经济发展的主要桎梏之一。低空空域空间环境复杂, 架设雷达存在低空障碍物多、盲区大, 功率高、不宜在居民区、厂区布设, 以及新建成本高等问题; ADS-B受制于技术兼容性、商业模式(按信息报告频次收费)等原因, 应用于低空海量目标监视成本高、效益低, 目前仅有少部分低空飞行器配备发射和应答设备, 且所配备的设备缺少标准规范, 无整套通信协议, 无法实现统一指挥和航信规划。因此, 低空空域长期存在“看不见、叫不到、联不上”现象, 航空管制部门难以准确掌握飞行器的运动状态, 造成安全隐患, 是低空监管的全球性难题与最大痛点。

图表: 城市超低空空域划设

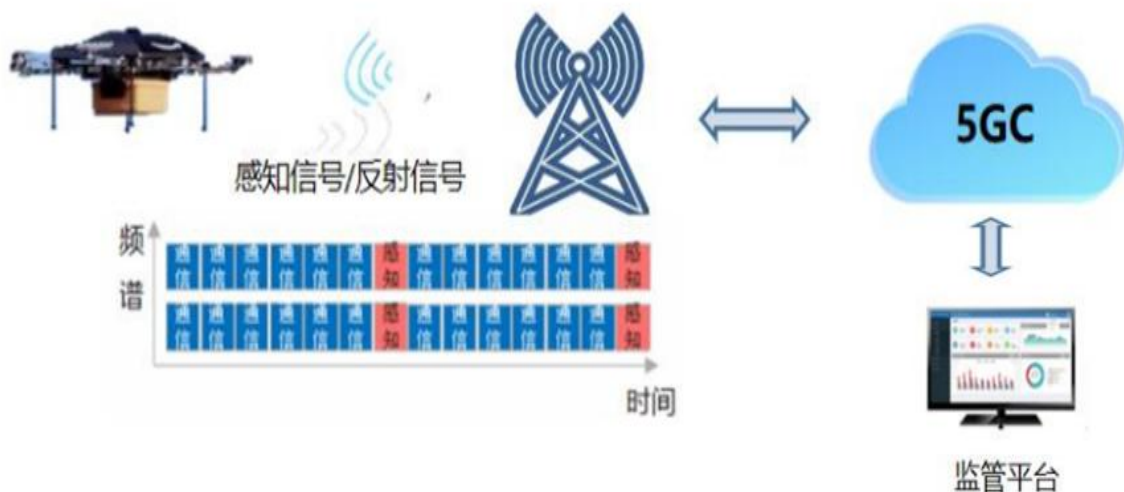


图表: 空域监视总体功能示意

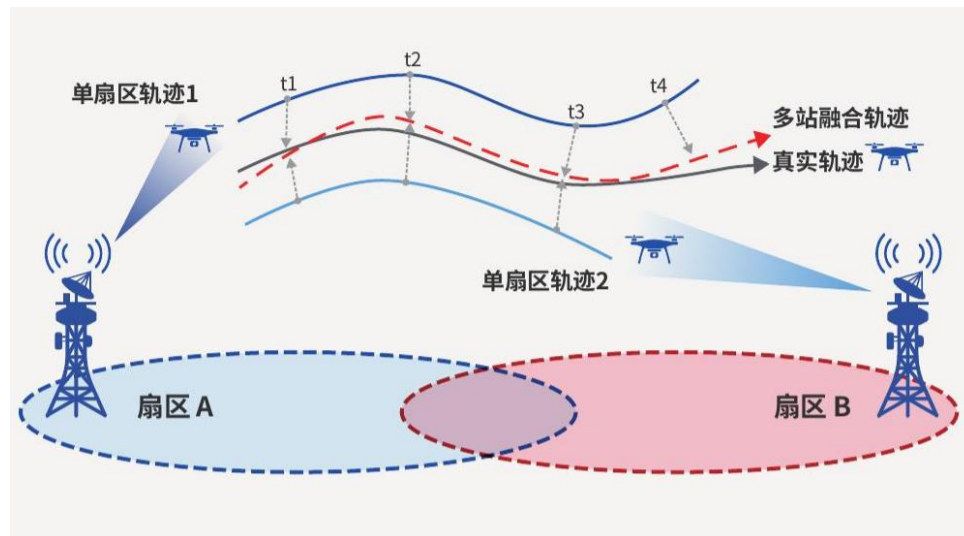


- **通感一体网络突破传统网络以“传输”为核心的能力边界, 赋予通信网络探测跟踪等感知能力。**通信感知一体化网络, 通过空口及协议联合设计、软硬件设备共享, 使用相同频谱资源实现通信功能与感知功能的融合共生, 使得无线网络在进行数据通信的同时, 通过有效提取无人机等动态目标以及环境等静态目标对无线信号特征的影响 (如直射、反射、散射等), 能够实现对低空飞行目标的测距、测角、测速、定位、追踪等功能, 辅助实现飞行器的入侵检测和碰撞规避, 即可对“低慢小”飞行器进行路径追踪, 进而实现自动化远程监控。
- **复用地面移动通信规模效应打造“低空探测网”, 自动化、智能化、低成本低空空域监管成为可能。**一方面, 替代昂贵的雷达系统投资; 同时, 感知功能与通信功能共享物理资源, 可通过新增面向空域的基站或升级改造现有基站快速实现感知功能, 并根据不同应用场景进行通信和感知资源分配, 实现时域、频域、空域的资源动态管理和多维度复用。

图表: 通感一体网络原理



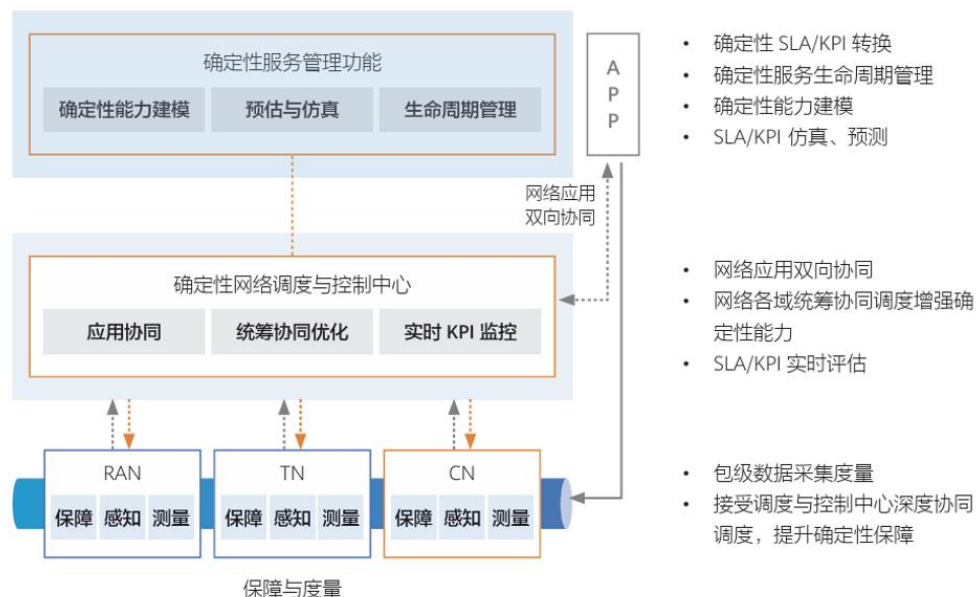
图表: 通感组网目标检测场景示意图



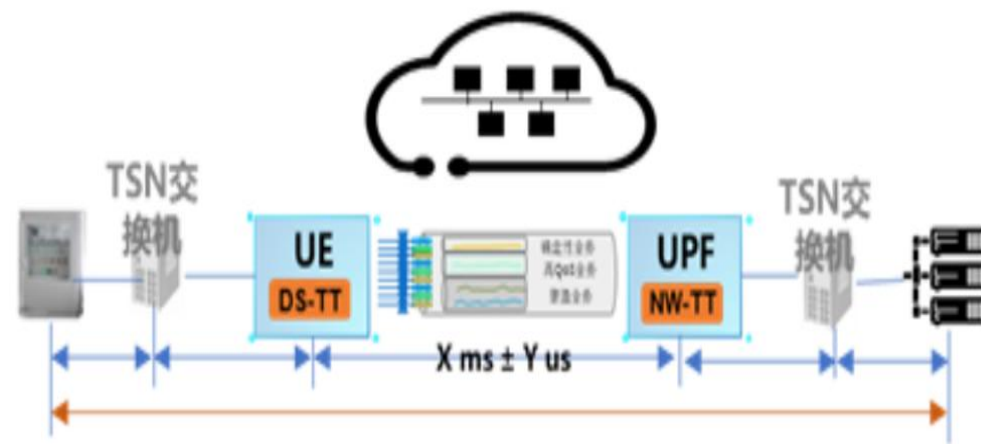
2.3 增强1:网络确定性能力大幅增强，满足严苛低空场景交互需求

- **确定性网络是实现生产级、工业级互联的重要基础能力。**确定性网络是一种通过对网络数据转发行为的控制，从而实现可预期、可规划的，将时延、抖动和丢包率等控制在确定范围内的网络技术。虽然3GPP自R15开始定义确定性通信能力，并在R16及后续标准从空口、核心网、组网与集成、SLA保障架构、URLLC等不同维度持续增强，但面向低空经济中飞行器控制、监控、数据实时回传等场景对网络能力的严苛要求，现有5G网络系统级确定性保障架构仍不够完善，难以实现SLA/QoS端到端保障。
- **5G-A引入多项关键技术，确定性传输能力实现跃升，满足低空场景交互需求。**5G-A整合跨域确定性协同、确定性资源保障、极致空口性能、新型5G协议、高精度时间同步、广域确定性与确定性协议简化，达到“有界时延、有界抖动、高精度时间同步”，实现从传统“尽力而为”言出必行“的服务能力转变。中国移动在信息港中心的测试显示，丢包率降低40%。

图表：确定性网络架构简图



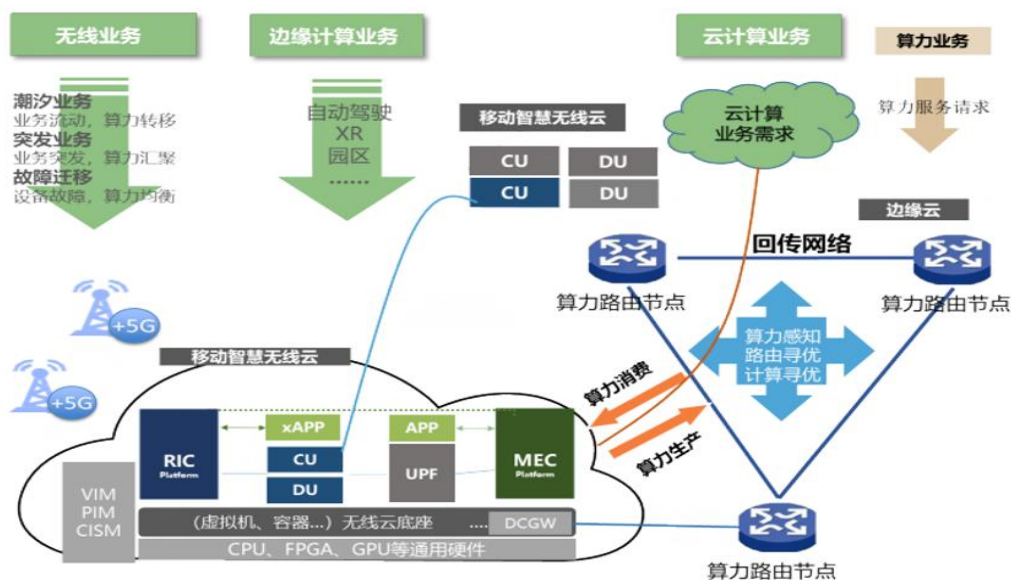
图表：跨系统确定性协同示意图



2.4 增强2:无线云网算业一体，实现低空边缘算力低成本高效供给

- **低空空域实时分析调度、回传视频的实时编解码等场景均需要边缘算力供给支持。**通过算力下沉至边缘算力平台，就近提供最近端服务，将产生更快的网络服务响应，降低数据回传成本，满足实时业务、应用智能（如智能辅助决策）、安全与隐私保护等方面需求。
- **传统边缘算力平台建维成本高，制约应用场景拓展。**边缘侧算力平台需要算力资源、传输资源、机房资源的支撑，例如一个可就近提供32路视觉AI识别的边缘计算平台，综合考虑设备购置、站址、传输、日常维护，三年综合持有成本在30万元以上。
- **5G-A云网算业一体架构将大幅降低算力成本，提升低空数据处理与流转效率。**无线云网算业一体网络通过对算力资源、网络资源及业务资源的统一编排，实现网络可感知业务需求并提供定制化传输服务，业务可觉察网络状态并实时调整业务传输策略，就近供给并减少算力开销。据中国移动测算，一张具有5000套基站规模的无线云网络，可提供相当于2个100标准机架数据中心的云计算服务能力。

图表：典型无线云网算业一体服务应用场景



图表：腾讯云边缘算力资源租用价格

资源类型	资源价格
CPU（核）	2元/核/天
内存（GB）	0.63333元/GB/天
存储（GB）	0.01167元/GB/天

地域	电信带宽价格	联通带宽价格	移动带宽价格
• 北京 • 上海 • 广州	2元/Mbps/天	2元/Mbps/天	1.2元/Mbps/天
杭州	2元/Mbps/天	1元/Mbps/天	0.6元/Mbps/天
其他地区	1元/Mbps/天	1元/Mbps/天	0.6元/Mbps/天

示例测算：

按32路视频AI识别测算，配置16核CPU、128GB内存、1450GB存储测算，约需4.7万/年；200Mbps带宽，约需4.4万-14.6万/年

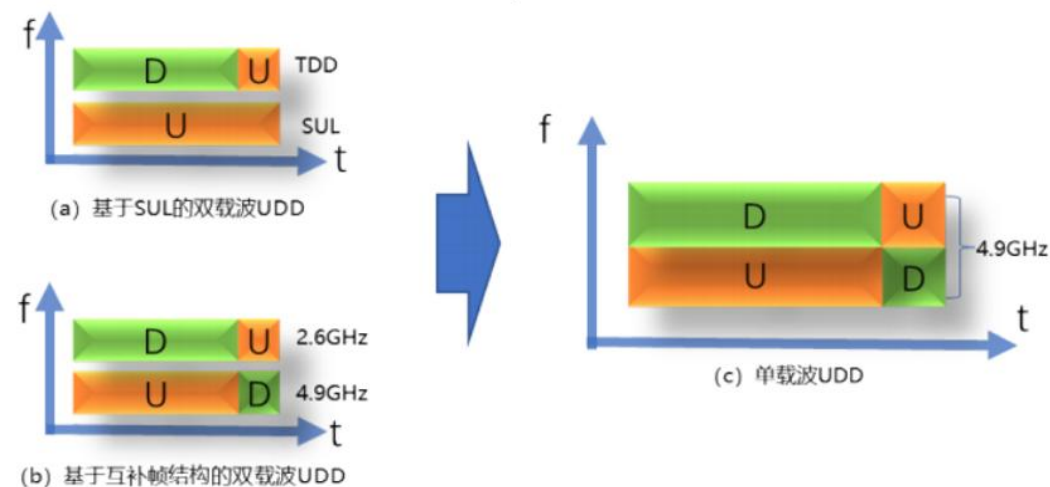
2.5 增强3:大容量上行超宽带, 适配低空视联数据传输特征

- 随着感知设备的视频化与网联化, 大量“采集型”低空经济应用场景以视频为主要数据传输类型。根据思科数据, 未来80%以上个人消费者网络流量和70%以上行业应用流量将是视频数据。在低空经济领域, 航拍、环境监测、电力巡检、交通监控等诸多应用场景以其采集的视频实时回传为主要网络需求, 未来随着载人飞行器应用, 空中人-人视频通信、内容娱乐也将成为刚需。
- 5G-A大容量、高速率、大上行带宽, 支持低空场景高清化、沉浸化视频等大文件传输需求。**5G-A可以部署超大规模的发射天线阵子或扩展天线口径, 将通道数提升至128/256TR以上, 是传统5G基站的2-4倍。其中, 超大规模天线阵列 (ELAA-MM, Extremely Large Antenna Array Massive MIMO) 技术可以将天线单元分布式的部署在一片区域内, 大幅提升数据吞吐量。相比传统5G天线单面128-256个振子数, ELAA-MM可将振子数增加到2000个, 实现10Gbps的下行峰值速率; 同时, 基于UDD时频统一全双工技术, 在一个载波内将不同的子带配置为不同的传输方向, 使用单载波就可实现上下行带宽灵活调整, 有效匹配低空场景大上行传输需求。

图表: 典型无线云网算业一体服务应用场景



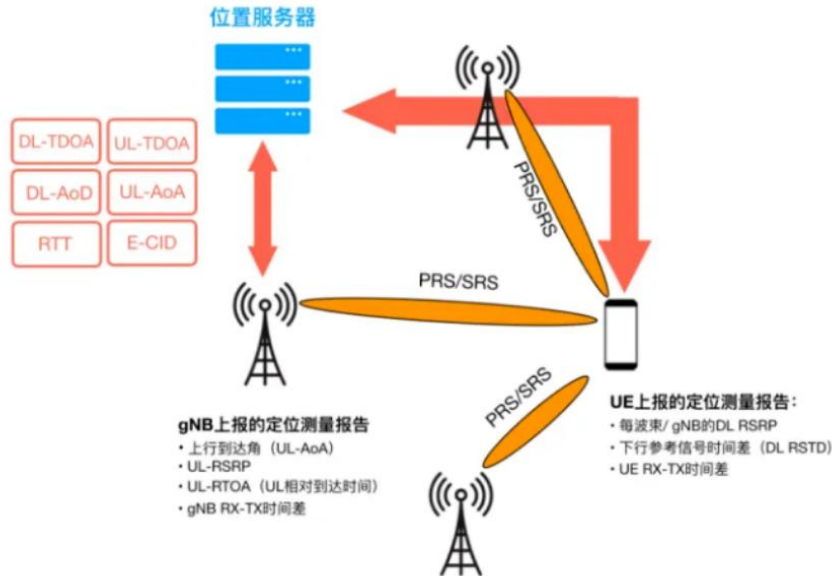
图表: UDD时频统一全双工



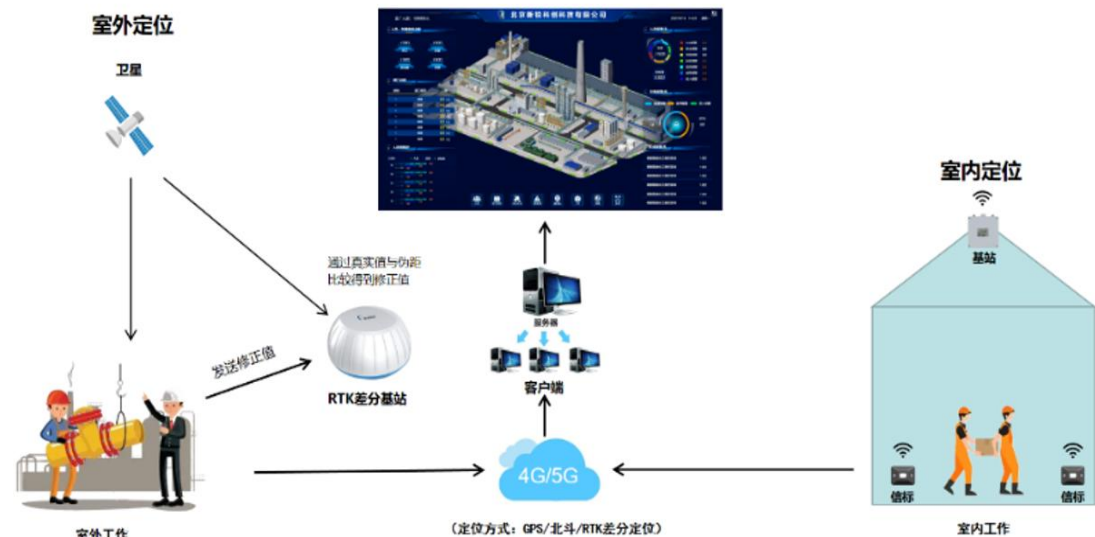
2.6 增强4:厘米级高精定位，支持低空精细化监管与操控

- **5G-A引入定位测距与感知增强，提升飞行器精准定位能力。**5G-A具备网络边缘提供低时延高精度定位能力，可有效满足城区等地形复杂、有遮挡区域的飞行器精准定位需求。
- **5G+北斗融合天地网络优势，可共同构成室内外无缝定位体系，满足全场景下的定位应用需求。**北斗RTK差分定位覆盖广、定位精度高，5G+北斗RTK融合定位有效解决了单一5G网络定位精度低、覆盖范围小，以及单一卫星导航信号难以覆盖室内/遮挡等区域的高精度定位难题，提供高速率、大连接、低时延、广覆盖的厘米级实时动态定位以及毫米级静态定位服务能力，支持复杂环境下的无人机物流配送等低空经济场景实现。
- **中国移动建成全球规模最大的“5G+北斗”高精度定位系统，带动产业成熟。**截至2023年底，中国移动已在全国建设超过4000座北斗地基增强基准站，并联合百度推出车道级导航业务，并将相关能力对外开放。

图表：5G网络定位原理



图表：5G+北斗室内外融合定位架构图

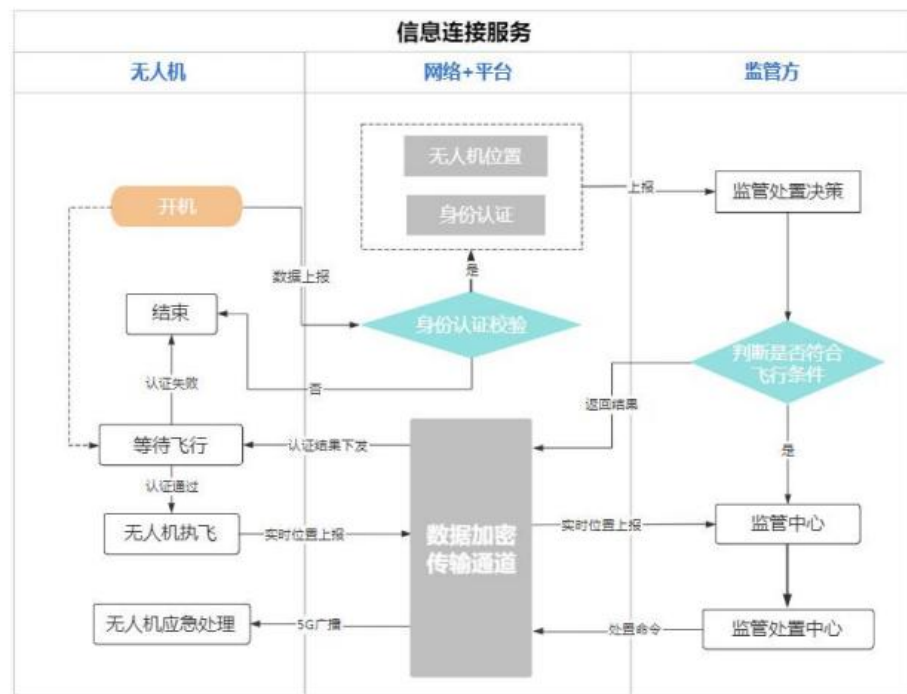


- 5G-A为地面移动通信产业链“向上而生”，构建低空一体化综合信息服务，深度融入、紧密耦合低空经济生态圈提供了基础。借助5G-A大规模移动通信网络，集成提供高可靠低时延与通感一体空中网联、全生命周期身份管理、云网算业融合供给、高精定位等能力，可提供打通监管方、运营方、用户方，全天候随时随地无人机高质量信息服务，使移动通信能力与低空场景深度耦合，从“可选服务”迈向“刚需能力”。

图表：低空经济综合信息服务体系示意图



图表：无人机信息连接服务流程



- **基于5G-A的低空通信基础设施可有效赋能拓展农业、测绘、城市管理(含应急)、物流等场景。**综合Grand View Research、Technavio机构数据，预判至2030年，全球范围内，无人机应用市场规模相对较大的为地理测绘、城市管理、能源巡检三大场景，分别为375亿、330亿、300亿美元；农业应用稳定发展，规模约225亿美元；物流类应用，规模约150亿美元。

图表：无人机快递物流配送



图表：无人机火灾救援



1 低空物流

- **场景1，外卖即时配送：**截至2023年6月，中国网上外卖用户规模达5.35亿人。据艾瑞咨询预测，预计2026年即时配送行业订单规模将达到957.8亿单,上述配送业务可在空域环境具备的情况下，通过无人机方式实现。
- **场景2，快递物流配送：**2022年中国快递配送订单超1106亿件,其中无人机特别适合紧急件派送等小批量、高频次重量轻的配送件。

2 应急救援

- **场景1，灾情勘察：**无人机搭载高清摄像头能够对灾区进行全面巡查并实时回传灾情状况。
- **场景2，紧急救援：**在灾害或事故发生时，无人机可通过三维建模技术构建数字化救援沙盘，为救援决策提供精准的信息支撑，并能够携带物资快速为灾区或事故现场提供资源补给。
- **场景3，应急通信：**无人机可作为临时基站，在通信中断区域快速搭建应急通信网络，为灾区救援提供临时通信保障。
- **2022年中国应急救援无人机占比15%，市场保有量为13万架，市场规模达87亿，并有望保持30%的复合增长率。**

3

城市管理

- **场景1，重大活动巡逻安保：**在重大赛事活动期间，实时监测场馆周边交通、人流、车流，并快速疏导交通。据沙利文预测，2024年中国安防无人机市场规模将超198亿元。
- **场景2，城市重点区域巡逻：**无人机可按计划的时间和航线自动执行对闹市区、边境地区、景区、高速公路出入口等重点区域进行实时安防巡逻及异常事件实时预警。
- **场景3，违建及施工现场巡查：**利用无人机对城市建筑、房屋屋顶、施工工地的巡查，快速准确识别城市违建、施工扬尘及其它涉及城市建设的违法行为。
- **场景4，刑事侦查：**对目标地区利用热成像仪、红外设备拍摄，获得地形信息并追踪锁定不法分子行踪。

图表：低空安防监控



4

能源巡检

- **场景1，输/配电设备过热监测：**无人机可进行全局测温巡检，及时发现线路、线夹、刀闸等设备异常发热问题，效率是人工巡检的7倍。
- **场景2，变电设施全局建模巡检：**变电站中变压器、断路器、母线等设备复杂、改造频繁且多为镂空结构，需要全局建模检查设施的全貌与细节，无人机巡检可降低工作成本，一台轻型变电站巡检无人机的年均成本仅为1万元/年(1430美元/年)。
- **场景3，清洁能源发电设施管理：**光伏电站、风电厂等占地广且分布稀疏，不利于集中管理，可利用无人机及时发现暴露的细微损伤。
- 据Drone Industry Insights数据显示，2022年中国巡检无人机(含能源和交通)占比12%，市场保有量为7.7万架，市场规模达78亿人民币，按30%复合增长率测算，市场规模将超百亿元。

图表：光伏智能巡检



- **全球产业链积极响应5G-A，推进能力建设、应用研发与测试验证。**国内外运营商、设备商均将5G-A作为今年布局重点，欧洲、中东等多地运营商明确今年开启5G-A商用，并围绕通感算一体架构、网络切片等多个技术方面开展研发与测试验证。
- **中国5G-A领先全球，中国移动全球首发5G-A商用部署，从概念到落地迈出坚实步伐。**3月28日，中国移动在杭州全球首发5G-A商用部署，公布首批100个5G-A网络商用城市名单，全年投资15亿用于5G-A基站建设，并宣布计划于年内扩展至全国超300个城市，建成全球最大规模的5G-A商用网络。

图表：中国移动全球首发5G-A商用部署



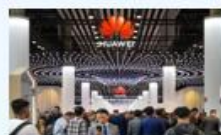
图表：2024年GSMA巴塞罗那展头部设备商5G-A展示案例



ZTE

展示5G-A应用案例及产品：

- 毫米波应用场景拓展
- 反射RIS业务演示
- RedCap多场景案例
- 基于3GPP的NTN技术
- 通感算一体架构等


 HUAWEI

展示5G-A八大实践：

- FWA2扩展应用场景
- 企业生产效率提升
- 千亿物联市场加速发展，如RedCap和Passive IOT
- 智慧交通加速到来等


 ERICSSON

展示5G业务及应用：

- 和Meta等合作伙伴展示沉浸式的业务体验
- 展示5G变现业务：网络切片支持的直播；铁路、电网等合作用例；亚米级室内定位等



NOKIA

展示5G产品及方案：

- FWA CPE的3CC载波聚合
- 6CC载波聚合和UL Tx switching
- 5G SA网络RedCap终端
- 面向XR推出5G-A L4S：低延迟/损耗/可扩展/吞吐量

2.10 多地开展5G-A在低空经济领域的试点部署与应用

- 广东、河北、安徽、江苏等多地推进5G-A在低空经济的试点应用。在广东，2024年3月，深圳市发布《深圳市极速宽带先锋城市2024年行动计划》，提出加快布局低空网络基础设施建设，推动各类低空基础设施纳入城市交通基础设施布局规划，打造“一网统管”精细化智能调度监管平台；在江苏，江苏移动在常州开通江苏省首个“5G-A”通感一体化基站，并基于该基站完成了复杂城区环境下无人机一体化监管方案验证；在安徽，安徽合肥骆岗公园建成了省内首个5G-A通感一体低空开放合作示范区，基于4.9GHz频段实现了对城市低空300米以下无人驾驶飞行器的探测与及时预警，确保低空空域的安全高效运行；在云南，大理洱海开展5G-A低空试点，实现了对无人机等低空目标的有效探测和实时跟踪。

图表：大理洱海5G-A通感一体低空试点



图表：合肥骆岗公园建成5G-A通感一体低空开放合作示范区



03

卫星互联网建设加速，构建低空天地一体协作新范式

3.1 低轨卫星通信产业链加速，支持商业化服务供给

- 国内低轨卫星互联网星座主要包括了GW星座和G60星座，规划合计超2万颗星，这两个星座是未来国内低轨卫星互联网组网核心载体。
- GW星座：中国“GW”公司于2020年9月向国际电信联盟ITU申请了“GW”宽带星座计划，共计**12992颗卫星**。
- G60星座：“**G60星座**”是目前国内另一个重要的卫星互联网发射计划，未来将打造低轨宽频多媒体卫星网路。目前实验卫星完成发射并成功组网，一期将实施1296颗，未来将实现一万两千多颗卫星的组网。
- 2023年12月27日，格思航天**G60卫星数字工厂投产**暨G60卫星互联网**首颗商业卫星下线仪式顺利举行**。工厂启用后，在卫星互联网批量化的生产情况下，可在1.5天左右生产1颗卫星，年产预估达到300颗。2024年，G60卫星互联网产业基地将有望形成初步商业服务能力。到2027年，G60卫星互联网产业基地将全面建成具有全球市场竞争力的低轨卫星通信与空间互联网全产业链，加速我国低轨卫星商业化进程。

图表：G60卫星数字工厂投产



图表：国内主要卫星星座

属性	星座名称	运营方	用途	卫星数量
国有	鸿雁星座	东方红卫星移动通信有限公司	卫星互联网（宽带）	324
	天基互联星座	上海蔚星数据科技有限公司	卫星互联网（宽带）	186
	虹云工程	中国航天科工集团有限公司	卫星互联网（宽带）	156
	天地一体化信息网络	中国电科38所	卫星互联网（宽带）	100
	行云工程	航天行云科技有限公司	卫星互联网（宽带）	80
	“瓢虫系列”卫星	西安中科天塔科技股份有限公司	卫星互联网（宽带）	72
	GW星座	中国星网	卫星互联网（宽带）	12996
民企	银河Galaxy	银河航天（北京）科技有限公司	卫星互联网（宽带）	1,000
	天启	北京国电高科科技有限公司	卫星互联网（宽带）	36

资料来源：网易、中研网、新闻晨报、铖昌科技招股说明书，浙

- 从技术发展来看，**天地融合是未来网络的演进方向**，卫星产业技术发展正在推动星地融合。海外卫星公司已经着手加强与移动运营商合作融合，例如 SpaceX 与美国的 T-Mobile、澳大利亚 Optus 合作，推出星链直连手机业务；AST SpaceMobile 公司与美国 AT&T 运营商合作，通过使用 BlueWalker3 卫星实现双向语音通话；Lynk 已与全球 30 多个移动通信运营商签订了手机直连卫星服务商业协议。
- 国内运营商例如中国联通正在推进**地基网络为基础，天基网络（含通信/导航/遥感卫星）为补充的立体网络结构，建设蜂窝网络和卫星网络一体发展**、全域无缝覆盖、通导遥有机结合，全场景泛在连接的天地一体深度融合通信基础设施。其中**泛在低空网联场景**将成为天地一体融合的重要应用场景，具体包括无人机物流、娱乐直播等商业应用场景和应急指挥调度、信息采集报送等救灾民生场景。天地一体网络可有效弥补地面通信基站覆盖的不足，在偏远地区为低空飞行器提供无缝覆盖的网络，保障更加稳定的飞行服务。

图表：天地一体发展愿景

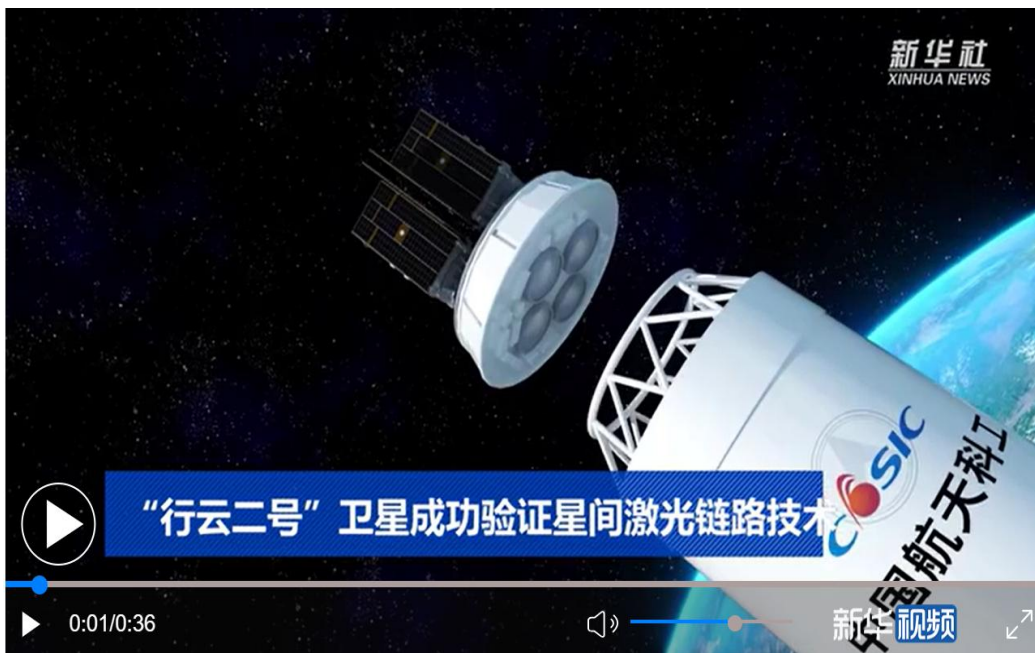


图表：AST公司和美国AT&T运营商合作



- 低轨卫星有望增强低空通信基础设施的**覆盖范围和功能**
- 相较于传统的地面通信方式，基于低轨卫星的通信网络**机动性强、可靠性好、传输效率高**，能够触达传统地面网络无法涉及的地区，不易受各类灾害影响而中断，因此低轨卫星通信网络能够为低空通信网络提供稳定性支持。
- 未来伴随着**手机直连卫星技术、星间激光链路技术**等尖端卫星通信技术的不断成熟，低轨卫星互联网通信功能将进一步增强，用户体验将更加丰富，为低空通信基础设施提供更好的保障。

图表：“行云二号”卫星成功验证星间激光链路技术



图表：地面通信和卫星通信对比

通信方式		最低时延	理论带宽	覆盖距离	应用场景
卫星通信	高轨	270ms	1G	覆盖广于低轨，但由于倾角为0，难以实现南北极的覆盖	海洋、航空等特殊场景，无法覆盖南北极
	低轨	25-35ms	1G	550km轨道高度的天线覆盖64万km²	极地、海洋、航空等特殊场景
地面通信	5G	1ms	1-2G	半径300m	工业互联网、超高清视频、AR/VR
	4G	10ms	300M	半径1-3km	手机游戏、直播、短视频、社交软件、电商

3.4 复制车机逻辑，卫星互联网+eVTOL有望形成商业闭环

- **车机直连卫星已在电动智能汽车市场落地，开启天地一体协作智联在交通领域新应用。**吉利依托旗下时空道宇星座，于2023年10月27日宣布在其纯电超跑极氪001 FR 率先量产实现车载卫星通信功能，提供双向卫星消息与卫星通话服务；12月27日发布的极氪007车机可实现直接给手机发送卫星消息，接收方可获取位置信息，并可通过链接查看详细的地理位置和回复消息。
- **eVTOL可复制电动智能汽车路径，形成ToB、ToBtoC先行的商业模式。**相较消费级场景，车载/机载卫星通信对芯片、射频等元器件的尺寸、功率限制不高，并随着芯片小型化、集成化（如紫光展锐V8821，卫星通信功能集成于5G芯片），可随移动通信模组前装，有利于飞行器厂商低成本快速配置；同时，可通过飞行器厂商预装+订购部分服务（如作为用户权益赠送）+购买资源池对用户转售（如流量池）等方式灵活组合，形成多方共赢的商业模式。

图表：极氪001FR率先搭载车载卫星通信



图表：紫光展锐推出首款5G卫星通信芯片V8821

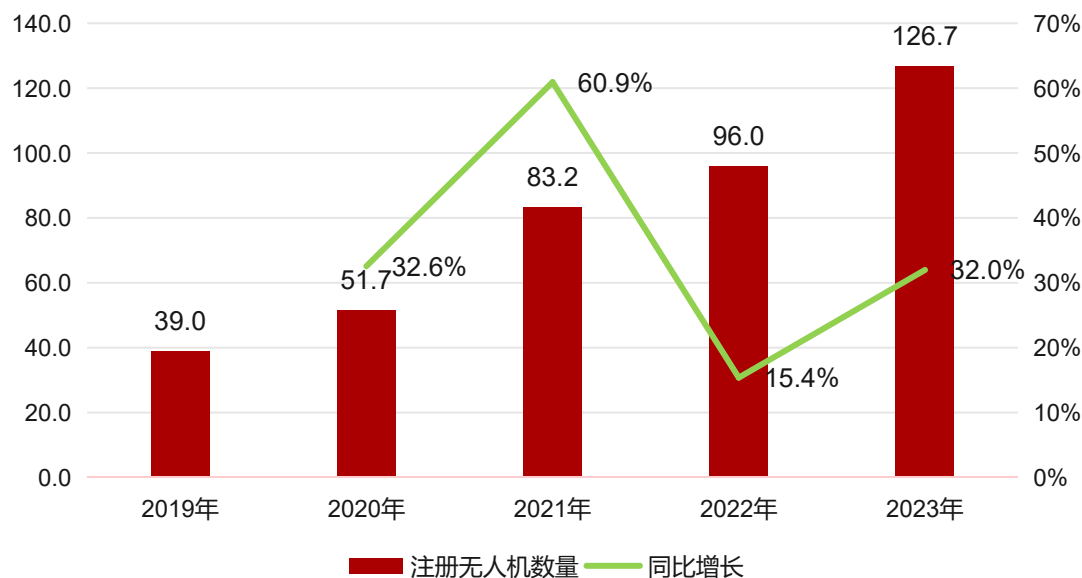


04

产业链重点标的与投资建议

- **无人机网联化，有望带来近千万的低空通信连接拓展与价值升级。**根据中国民航局数据，2023年，我国仅注册无人机数量就达126.7万架，2019年以来年复合增长率超34%，按此增速，2030年注册无人机数量将超过980万。随着存量无人机的后装网联化升级与新增无人机的网联化，将创造对应数量的通信连接数，并基于连接入口，提供网、云、数、智综合通信服务需求。
- **低空5G网络行业属性强，可采用“BAF”等多量纲计费模式，创造有拓展性的盈利空间。**“BAF多量纲”计费模式，即基础功能（Basic，如基础网络连接）+增值功能（Advanced，如超级上行、时延保障、业务加速、高精定位等）的灵活组合（Flexible，按需组合形成定制化解决方案），为客户提供多量纲、多维度、多模式的计费方案，并支持按照流量、带宽、基站、速率、服务等级等多维度弹性收费。

图表：我国注册无人机数量（万架）



图表：中国移动“BAF”资费模式

基础服务 (B)	增值服务 (A)	灵活组合 (F)		
公网公用	业务加速	网络设计	智慧校园	智慧城市
公网专用	业务隔离	网络安全	智慧银行	智慧冶金
专网专用	边缘节点	QoS网络	智慧矿山	智慧医疗
	超级上行	5G专线	智慧电力	民航与无人机
	重保服务	本地业务保障	智慧文旅	...
	数字孪生	...	智慧园区	

4.2 5G-A部署有望带来产业链增量机会

- 5G-A部署带来产业链增量机会，有望带动主设备商、射频与天线、边缘计算、光模块等标的品种受益。

主设备商：5G-A基站新建或存量升级改造，无线和网络设备供应商确定性受益。

射频与天线：5G-A基站采用超大规模天线阵列，通道数提升至128/256TR 以上，振子数可由128-256增至2000个，带来天线、射频元器件受益。

终端模组：低空飞行器前装/后装无线通信模组，提振出货需求。

运营商：低空飞行器网联化，带来新的网络连接与增值服务机会。

图表：5G-A产业链核心标的概览

产业环节	公司代码	公司名称	总市值 (亿元)	营收 (亿元)			净利润 (亿元)			PE		
				2023A/E	2024E	2025E	2023A/E	2024E	2025E	2023A/E	2024E	2025E
主设备商	000063.SZ	中兴通讯	1243.8	1242.5	1352.8	1467.7	93.3	107.9	122.1	13.3	11.5	10.2
	688387.SH	信科移动-U	209.9	78.8	106.2	129.5	-3.7	0.8	4.0	/	254.1	52.7
射频与天线	002446.SZ	盛路通信	58.0	15.7	20.5	26.2	2.4	3.6	4.6	24.0	16.3	12.5
	688182.SH	灿勤科技	50.0	3.7	18.2	22.9	0.5	4.5	5.3	107.1	11.1	9.5
	002194.SZ	武汉凡谷	62.2	15.9	/	/	0.8	/	/	73.9	/	/
终端模组	300638.SZ	广和通	117.9	77.2	101.2	124.1	5.6	7.5	9.3	20.9	15.8	12.7
	603236.SH	移远通信	104.0	144.6	181.6	223.0	1.4	6.2	8.4	71.9	16.9	12.4
运营商	600941.SH	中国移动	13654.4	10093.1	10903.4	11719.5	1317.7	1430.0	1532.9	10.4	9.5	8.9
	601728.SH	中国电信	5312.0	5078.4	5490.9	5891.2	304.5	335.2	367.4	17.4	15.8	14.5
	600050.SH	中国联通	1504.2	3726.0	4014.2	4294.2	81.7	92.5	103.6	18.4	16.3	14.5

4.3 国内卫星互联网建设方兴未艾，产业链核心标的有望持续受益

- 国内加速推进卫星互联网星座建设，预计将按照能力先行、配套跟进、应用放量的节奏，依次带动卫星制造与发射（空间段）、地面网络设备（地面段）、用户终端设备（用户段）及运营服务等各环节受益

图表：卫星互联网产业链核心标的概览

参与环节	公司代码	公司名称	总市值（亿元）	营收（亿元）			净利润（亿元）			PE		
				2023A/E	2024E	2025E	2023A/E	2024E	2025E	2023A/E	2024E	2025E
空间段	300762.SZ	上海瀚讯	71.4	5.8	12.8	20.9	1.1	3.4	5.6	62.7	21.1	12.7
	688387.SH	信科移动-U	209.9	78.8	106.2	129.5	-3.7	0.8	4.0	/	254.1	52.7
	002446.SZ	盛路通信	58.0	15.7	20.5	26.2	2.4	3.6	4.6	24.0	16.3	12.5
	001270.SZ	铖昌科技	77.5	2.9	5.0	7.0	0.8	1.8	2.5	97.3	42.7	31.0
	688270.SH	臻镭科技	65.9	2.8	4.0	5.3	0.7	1.3	1.9	91.0	49.2	35.5
	688375.SH	国博电子	268.4	35.7	48.8	62.5	6.1	7.7	9.9	44.3	35.0	27.1
地面段	002465.SZ	海格通信	263.8	64.5	75.9	93.1	7.0	8.8	11.2	37.5	30.1	23.5
	688418.SH	震有科技	32.7	8.7	12.8	17.4	-0.8	1.1	1.9	/	29.0	17.1
用户段	688311.SH	盟升电子	38.1	3.3	12.1	16.3	-0.5	3.2	4.5	/	12.0	8.5
	300045.SZ	华力创通	134.7	5.8	10.1	15.7	0.3	1.1	2.2	434.6	125.3	62.7
运营服务	601728.SH	中国电信	5312.0	5078.4	5490.9	5891.2	304.5	335.2	367.4	17.4	15.8	14.5

低空经济需求释放不及预期

- 由于空域开放等管理因素、应用场景培育与成熟等市场因素、飞行器成熟度等技术因素，影响低空经济需求释放。

5G-A技术能力演进不及预期

- 5G-A规模部署过程中，通感一体、确定性网络等关键功能与性能演进与标准存在差距，面向低空场景的定向适配未达到预期进度。

卫星互联网产业发展进度不及预期

- 国内卫星互联网整体投资、建设、组网与运营进度不及预期。

行业的投资评级

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现 + 10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10% ~ + 10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

邮政编码：200127

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>