

国防军工行业深度报告

智领空域，低空基建规划先行，智慧空管重点建设

增持（维持）

2024年05月27日

证券分析师 苏立赞

执业证书：S0600521110001

sulz@dwzq.com.cn

证券分析师 许牧

执业证书：S0600523060002

xumu@dwzq.com.cn

研究助理 高正泰

执业证书：S0600123060018

gaozht@dwzq.com.cn

投资要点

- **低空基础设施建设是低空经济发展的前提。**低空基建不仅确保了飞行活动的安全性，也是推动低空经济高效发展的关键技术基础。随着空域的开放，低空新基建的建设变得尤为迫切，以应对空域改革带来的挑战，如飞行高度降低、飞行密度增加、异构飞行器耦合问题，以及频谱、网络和空域资源管理的难题。低空新基建的建设不仅是飞行活动的保障，更是推动低空商业化发展的重要投资。政府工作报告中关于低空基建的内容正在逐步落实，各地正积极推进相关产业的发展，行业催化机会较多，且该环节将率先显现出订单和业绩的增长。目前，低空发展尚处于初级阶段，基础设施建设不完善，缺乏统一标准，为行业发展提供空间。
- **各地资源禀赋不一，低空整体规划设计先行。**低空经济作为新兴经济形态，由于缺乏历史经验，整体设计规划成为基础设施建设的首要任务。规划设计阶段需综合考虑宏观政策、行业标准、安全性、经济性及产业集聚效应，为地方政府提供智库支持。规划设计公司在此过程中扮演重要角色，提供政策咨询、战略规划、标准制定和航路设计等服务。低空经济的基础设施规划应根据各地资源禀赋进行个性化设计，重点考虑地理、气候、经济和社会因素。同时，规划需考虑经济水平、人口密度和交通状况，以满足经济发展和居民需求。低空飞行基础设施的建设要求结合地方具体情况，促进低空经济的高质量发展和提升区域竞争力。
- **空管系统为低空经济科技成长属性赛道的重要部分，前期基建中优先投入方向。**随着低空空域的开放和飞行器增多，空域管理变得复杂，对空管系统提出了更高要求。现行空管体系难以适应未来复杂低空环境，需要更新深化。低空交通特点与传统民航不同，需构建独特空管系统。5G-A、卫星互联网、北斗导航、ADS-B等技术将为低空通信、导航、监视提供支持。信息处理系统通过数字化空域，提升空管实时性和响应能力，为自主化容量与流量管理奠定基础。低空物联网有望建立功能完善、性能先进的低空监视网络，成为未来重要基础设施。
- **各省市密集出台支持政策，基建招标如火如荼。**政策聚焦于数字化监管、服务平台、信息基础设施和物理设施建设。例如，深圳的《低空经济产业促进条例》明确了低空飞行基础设施的规划、建设和运营管理。多省市已启动低空基建的前期招标，招标重点在于整体规划与智能空管。合作模式多样，包括政府投资运维、合资企业以及企业运维。同时，多省市成立低空平台公司，推进低空服务和监管平台建设。这些措施旨在构建完善的低空飞行基础设施和服务体系，值得前期关注。
- **在投资机会的选择上，在低空基建总体规划与细分技术能力存在高壁垒且具备民航设计资质的公司值得关注。**从目前实际的招标进度与行业发展趋势来看，建议关注以下标的：1) 具备民航设计资质与一体化总包能力的规划基建公司，特别是智慧城市和地面交通网联领域的企业，以及具有全链路打通能力的规划设计类公司：深城交、华设集团、苏交科、设计总院；2) 低空空管系统通导监各细分技术优势供应商与具备低空飞行服务平台建设能力的公司：莱斯信息、中科星图、四川九洲、北斗星通、海格通信。
- **风险提示：**1) 政策落地不及预期；2) 低空技术发展不及预期；3) 下游需求不及预期。

行业走势



相关研究

《北京发布低空经济产业发展三年规划，地方低空竞赛提速》

2024-05-17

《政策出台拉开低空大幕，万亿市场腾飞在即》

2024-05-09

内容目录

1. 低空基础设施建设是支撑低空飞行的基石	4
2. 低空基础设施可分为基础设施运营及飞行保障	5
2.1. “硬基建”支撑，“软基建”赋能	5
2.2. 各地资源禀赋不一，低空整体规划设计先行	6
2.3. 低空空管系统建设是当前工作的重中之重，空管智能化趋势明显	7
2.3.1. 空管系统乃飞行安全与秩序的根本，空中交通管制 ATC 是其核心	7
2.3.2. 现行民航空管难以满足低空复杂飞行环境，全球积极探索低空交通管理框架	8
2.3.3. 外围监视设备，多种方式协同工作，尚未形成一套成熟的技术路线	10
2.3.4. 信息处理系统，数字化空域为自主化容量与流量管理奠定基础	12
2.4. 总体规划与细分技术能力或为低空基建壁垒，建设主体或需要相应资质	15
2.5. 深圳建设低空智能融合基础设施，为全国低空基建先驱者	15
2.5.1. 低空飞行管控问题认知深化，建立低空智能融合基础设施“四张网”	15
2.5.2. 低空空域数字化，实现时空资源的联合调度，提升空域使用效率	16
3. 各地支持政策密集出台，基建招标如火如荼	18
4. 投资建议	21
5. 风险提示	21

图表目录

图 1: “面向无人机运行的低空空域结构化框架标准” (IEEE Std 1939.1 TM -2021)	4
图 2: 低空基础设施可分为硬基建、软基建两类	6
图 3: 低空基础设施整体规划设计围绕政策研判与技术体系展开	6
图 4: 空管系统的主要构成	7
图 5: 航行系统 CNS/ATM 环境	8
图 6: 低空飞行活动因其多样性和复杂性, 传统民航空管系统难以适应	9
图 7: 中国民航 ADS-B 运行体系	12
图 8: 低空空管需在多方面进行深入探索和创新	13
图 9: 数字化空域分层治理示意图	14
图 10: 低空物联网应用场景示意图	14
图 11: 低空基建或需资质企业, 重点在总承包商和先进技术供应商	15
图 12: 低空智能融合基础设施的“四张网”	16
表 1: 低空交通管理系统在世界各地发展的基本原理和方法非常相似	9
表 2: 5G-A 通感一体化成为低空通信发展方向	10
表 3: 北斗低空应用为全域低空空域管理改革试点拓展奠定基础	11
表 4: 更高的低空飞行自由度将需要更复杂的通导监技术支撑	12
表 5: 低空经济发展中的关键问题需要依靠低空智能融合基础设施解决	16
表 6: 低空飞行需求复杂多变, 低空空域的开发必须依赖于数字化工具	17
表 7: 空域和飞行管理范式进化表	17
表 8: 我国各省市低空经济基础设施建设相关政策	18
表 9: 多省市先行一步启动前期基建招标程序	19

1. 低空基础设施建设是支撑低空飞行的基石

低空基础设施是支撑低空飞行器顺利升空和运营的关键，也是确保低空经济安全、高效和高效益发展的技术基础。作为低空飞行的基石，不仅保障了飞行活动的安全性，也是实现低空经济高效发展的技术基础。随着空域的逐步开放，低空新基建的建设变得尤为重要和迫切。为了应对空域改革带来的新挑战，如飞行高度降低、飞行密度增加、异构飞行器的耦合问题，以及从集中式向分布式转变所带来的频谱、网络 and 空域资源管理的难题。低空新基建的建设，不仅是对低空飞行器飞行活动的保障，更是推动低空商业化发展的重要前置投资。

图1：“面向无人机运行的低空空域结构化框架标准”（IEEE Std 1939.1™-2021）



数据来源：《无人机应用发展关键基础设施与低空公共航路网规划》，东吴证券研究所

随着政府工作报告中关于低空基建内容的逐步落实，各地正积极推进相关产业的发展，行业催化机会仍然较多，并且这一环节也将率先显现出订单和业绩的增长。低空基础设施的建设是低空发展的基础，也是目前迫切需要解决的问题。目前，低空发展尚处于初级阶段，基础设施建设不完善，缺乏统一标准，为行业发展提供空间。特别是低空空管系统的建设，对于应对低空复杂运行环境至关重要，是当前工作的重点难点。

2. 低空基础设施可分为基础设施运营及飞行保障

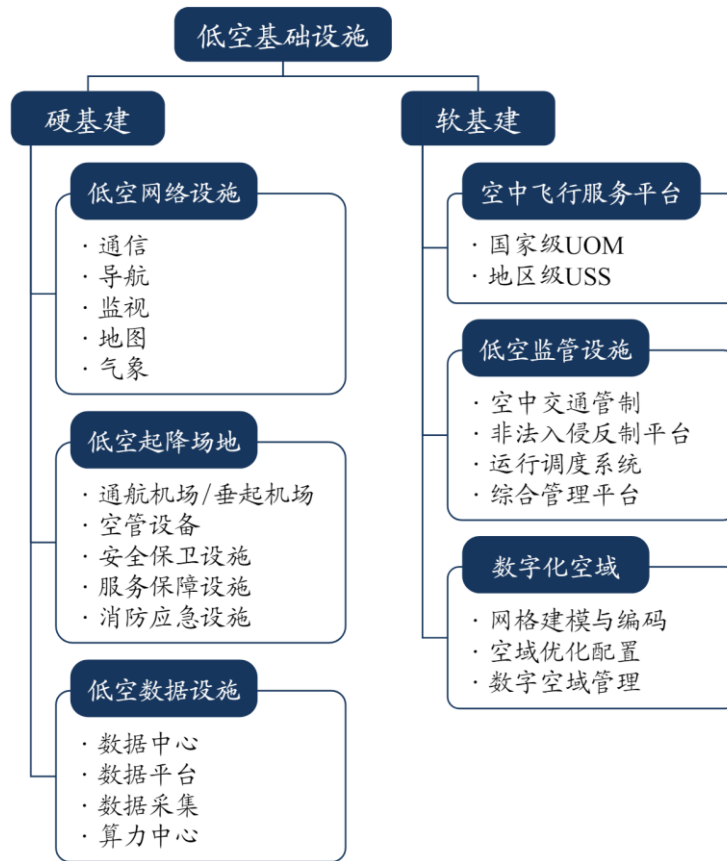
2.1. “硬基建”支撑，“软基建”赋能

低空经济基础设施可以分为“硬基建”和“软基建”两大类，大体对应“基础设施运营”与“飞行保障”两大块。“硬基建”的建设直接关系到低空经济的物理基础和运营效率，包括机场、起降站、通讯导航监测设备等，为低空飞行器提供物理支持；“软基建”则侧重于技术、服务和数据管理，涵盖数字化空域建设、空中保障服务和地面保障服务，依赖于“硬基建”的数据和平台。“硬基建”和“软基建”之间需要紧密协同，这种协同作用不仅提高了低空经济的运营效率，也增强了整个系统的可靠性和稳定性。

“硬基建”是低空经济的支撑。包括通用机场、起降站等起降设施，以及通信、导航、监视、气象和地图等信息基础设施。地面保障设施涉及通用机场、起降场地、无人机起降平台、大型起降枢纽、eVTOL起降场、直升机平台、停机库、中转站、能源站和固定运营基地等。一些地区如江西共青城和苏州，还计划建设水上码头和水上机场。深圳和无锡则分别计划建设无人驾驶航空器公共测试场和试飞测试基地，并申请专属空域。

“软基建”为飞行活动赋能。低空经济是数字经济的一部分，对信息基础设施要求高。它包括低空飞行服务平台和监管服务平台，以及地面配套设施如维修站。飞行服务平台为低空飞行器用户提供飞行计划处理、航空情报、气象服务等。不同地区如安徽，正在建设省级低空飞行数据平台，实现跨省数据共享，支持空域划设等。监管服务平台则面向监管机构，具备流量管理、飞行计划审批、风险预警等功能，是空中交通管理系统在低空领域的应用。

图2：低空基础设施可分为硬基建、软基建两类

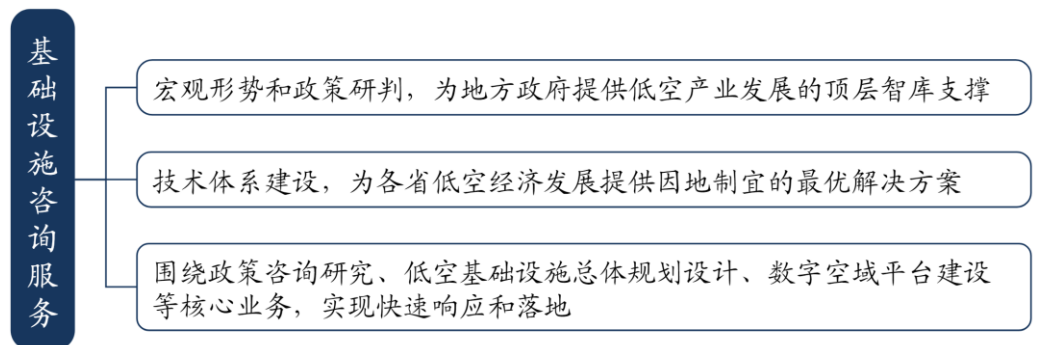


数据来源：赛迪顾问，东吴证券研究所

2.2. 各地资源禀赋不一，低空整体规划设计先行

低空经济作为一种新兴的经济形态，由于缺乏前人经验可供借鉴，因此整体设计规划是低空基础设施建设的先行步骤。在规划设计阶段，基础设施规划设计能力主要包括宏观形势和政策研判，为地方政府提供低空产业发展的顶层智库支撑。重点关注相关行业标准体系、通航基础设施的安全性适用性和经济性以及产业集聚效应。具体来看，规划设计与基础设施建设位于低空经济产业链的上中游，规划设计公司可为低空经济提供相关的政策咨询、战略规划、标准制定、航路航线设计等服务。

图3：低空基础设施整体规划设计围绕政策研判与技术体系展开



数据来源：新华网，东吴证券研究所

低空经济的发展因城市资源差异而多样化，其基础设施规划需参考当地自然禀赋个性化设计，重点考虑行业标准、安全性、经济性和产业聚集效应。地理、气候、经济和社会因素是规划设计的关键考虑点。例如，资源富集区适合发展低空旅游，而地理优势区则适合低空物流。规划还需考虑经济水平、人口密度和交通状况，以服务经济发展和居民需求。低空飞行基础设施包括物理和信息设施，其建设要求更高，需结合地方具体情况，如地理位置、气候和经济水平，以促进低空经济的高质量发展和提升区域竞争力。

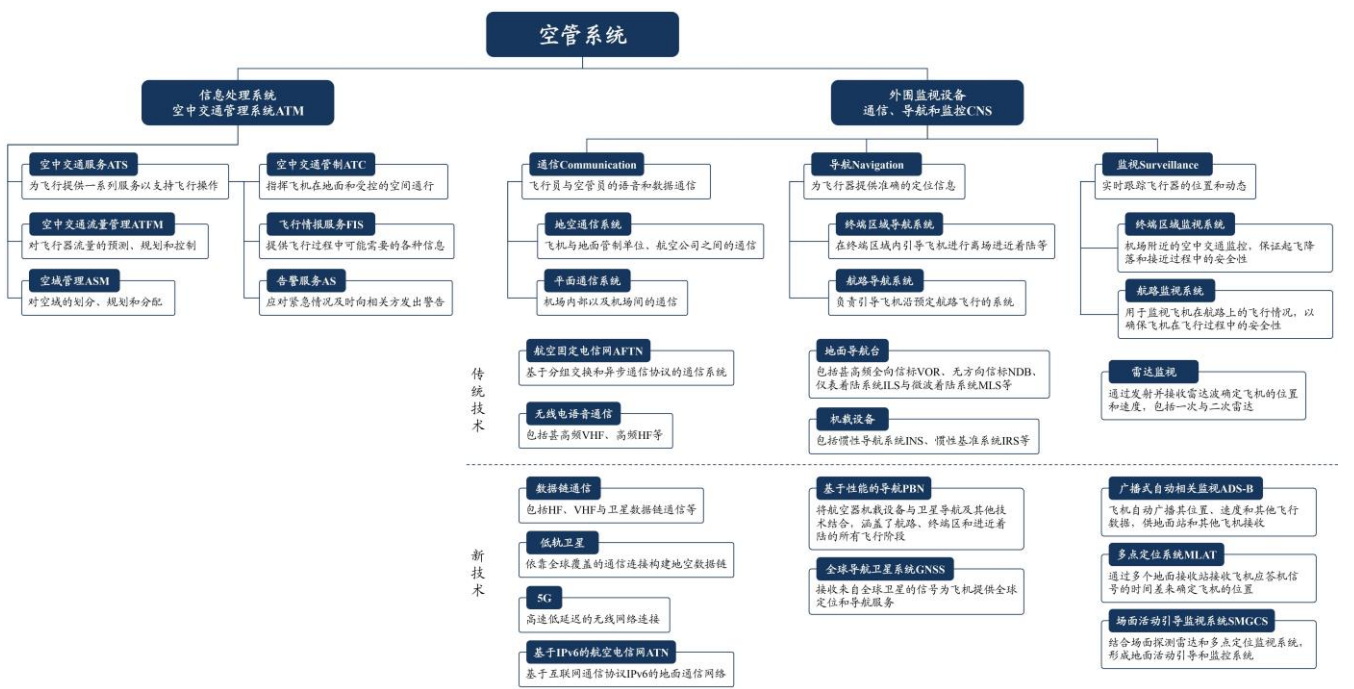
2.3. 低空空管系统建设是当前工作的重中之重，空管智能化趋势明显

2.3.1. 空管系统乃飞行安全与秩序的根本，空中交通管制 ATC 是其核心

空管系统为低空经济科技成长属性赛道的重要部分，前期基建中优先投入方向。随着低空空域限制的逐步放开和低空飞行器的日益密集，原本相对简单的空域交通管理任务变得日益复杂。这种变化不仅增加了对空管系统的需求，而且对其提出了更高的要求。为了有效管理高密度、高频次、高复杂性的低空飞行活动，空管产品需求有望快速提升。空管基础设施的建设是低空经济发展的前置基础。深圳、安徽等多地政府出台了政策支持低空基建，招标落地加速发展进程。

空管系统是民航飞行安全与空中交通顺畅运行的中枢，其概念广泛，由“空中交通管理系统”与“通信、导航和监控”两大关键软硬件构成。空中交通管理系统(Air Traffic Management, ATM)充当着整个空中交通管理的大脑，负责决策。通信、导航和监控(Communication, Navigation, Surveillance, CNS)功能等基础设施充当着整个交通管理系统的眼睛、耳朵和神经系统，负责态势感知和信息传输。

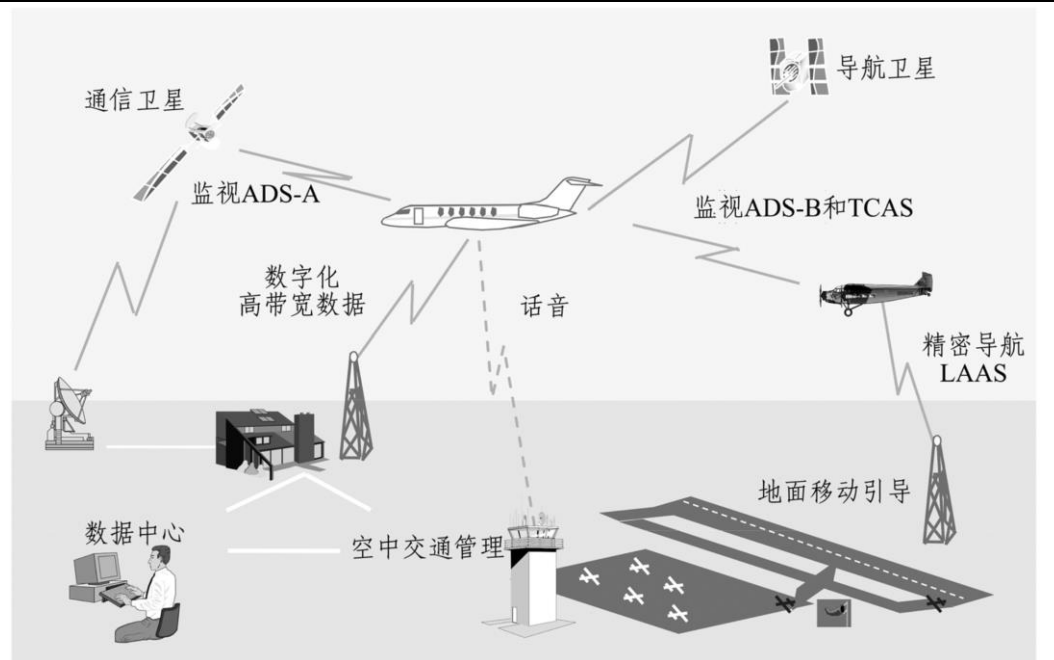
图4：空管系统的主要构成



数据来源：《通信导航监视设施》，莱斯信息招股书，东吴证券研究所

空管系统中的每一块组成部分都不可或缺，空中交通管制 ATC 协调和指挥所有飞行要素，是空管系统核心。空管系统中各个组成部分都各司其职缺一不可，它们共同构成了一个全面、安全且高效的空中交通管理系统。空管系统涉及系统繁多，ATC 为连接这些系统的核心枢纽，ATC 的职责覆盖了从起飞到降落的整个飞行阶段，它不仅涉及到与飞行员的沟通，还包括对空中交通的全面控制，确保空中交通的顺畅和有序，通过协调和指挥所有飞行要素，确保了空中交通的安全性和效率。

图5：航行系统 CNS/ATM 环境



数据来源：《通信导航监视设施》，东吴证券研究所

2.3.2. 现行民航空管难以满足低空复杂飞行环境，全球积极探索低空交通管理框架

我国现行空管体系主要服务于运输航空，难以适用于未来复杂的低空飞行环境，未来低空空管系统势必得到更新与深化，成为未来重要增量方向。现有民航空管走的是辅助飞行员驾驶的技术途径，未来低空交通呈现大流量、强耦合、高时变特点，所涉及空域多，层次多，数量多、体积小、任务复杂多样，与传统民航截然不同。鉴于低空交通的特殊性，现有民航空管系统无法直接适用，构建独特的低空空管系统的需求尤为迫切。

图6：低空飞行活动因其多样性和复杂性，传统民航空管系统难以适应



数据来源：《空中交通智能化管理的科学与技术问题研究》，东吴证券研究所

全球低空空域交通管理均处于起步阶段，实践呈现出多元化的发展态势，但自动化、数字化趋势明显。美国开发了 UTM 框架，旨在提供非管制、面向服务的无人机空中交通管理服务，支持民营机构提供服务。欧洲各国则采用了 U-Space 公共无人机飞行系统，强调安全、高效地让大量无人机进入空域，并将无人机分为开放、特许与审定三类进行管理。日本依托国家 UTM 项目，结合飞行情报管理系统和无人机服务提供商。各国对低空飞行的探索集中在确保飞行安全与提升空域管理效率方面。

表1：低空交通管理系统在世界各地发展的基本原理和方法非常相似

国家或地区	实践
美国	<ul style="list-style-type: none"> · 机构：NASA 牵头，与 FAA、工业界、学术界合作 · 系统：UTM，一个非管制、服务导向的空中交通管理框架 · 服务提供：授权给无人机服务提供商 USS · 技术发展：网络化运行测试、超视距飞行、常态超视距运行、大规模事件处理四大阶段
欧洲	<ul style="list-style-type: none"> · 机构：欧盟委员会和 EASA · 系统：U-Space，一套新的数字和自动化服务程序 · 分类：无人机分为开放、特许、审定三类 · 发展步骤：从基础服务到高度自动化、数字化的全功能服务，分为四个阶段
日本	<ul style="list-style-type: none"> · 机构：日本 UTM 协会 JUTM 和 NEDO · 项目：包括飞行情报管理系统 FIMS、无人机服务提供商、数据源提供商 · 演示：自 2017 年起进行演示，计划 2020 年开始实施
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> · 机构：新加坡民航局 CAAS · 系统：TM-UAS，实现了地理围栏、冲突避免等技术 · 研究：针对城市环境中多架无人机的安全有效运作

数据来源：《低空无人机交通管理概览与建议》，东吴证券研究所

2.3.3. 外围监视设备，多种方式协同工作，尚未形成一套成熟的技术路线

通信，5G-A 将是低空主要低成本保障性通信手段，卫星互联网凭借覆盖优势补位。

当前低空通信主要依赖无线、卫星中继和地面移动通信技术。无线通信通过数传电台或无线局域网实现，但面临频谱资源和通信延迟挑战，且信号易受干扰；卫星中继通信利用北斗等系统，成本较高；4G 作为地面移动通信，以其高速率、低成本和广泛覆盖，支持实时监控和信号获取，是当前低空主要通信手段，然而其无法有效覆盖 300 米高度以上的通信需求，易出现信号中断等问题。通过大规模天线阵列和波束赋形等新技术，可以切换更窄的波束朝向低空运行的航空器，从而优化航路沿途的通信基站天线朝向，增强空中信号的覆盖，另外结合 5G-A 等通信技术的波束覆盖特点，完善现有基站的布局设计，确保低空通信的空间连续性，并缩短多地面站之间的通信切换时间，具备高带宽、低时延、满足更深低空纵深覆盖的 5G-A 将是低空主要低成本保障性通信手段。1000 米以上空域 5G-A 信号覆盖有限，低空通信可能融合低轨卫星互联网，卫星互联网因其全地域服务优势，有望在低空通信中发挥关键作用。

表2：5G-A 通感一体化成为低空通信发展方向

阶段	演进路线
第一阶段：技术与标准引领	(1) 基于 5G 及 5G-A 网络实现无人机管理闭环，具备初步统一身份注册、分发、认证、权限管理体系； (2) 提出基于低空业务的通感一体化主动探测网络架构，验证黑飞探测能力； (3) 在国内外标准/行业组织主导推进标准规范体系的建立。
第二阶段：架构与能力增强	(1) 构建面向无人机系统的增强网络架构，在 5G 及 5G-A 网络中新增 UASNF 及感知处理网元，实现信息及网络能力对外高效开放，同时也可实现对无人机的感知及定位； (2) 引入核心网智能化能力，推力网联无人机状态分析，在鉴权授权、航路规划、飞行服务保障等方面做定向性功能增强； (3) 通过边缘计算能力下沉，算本地化，提供“业务运营+体验管理”一站式网络解决方案，提高无人机产业效能。针对无人机实际应用场景中广域网络覆盖、数据高景需求、隔离、安全保密、网断业不断等实际场景需求。
第三阶段：产业与能力升级	(1) 面向无人机集群，搭建多播广播辅助无人机 DAA，针对无人机避障通知等区域性的多播广播业务，可通过网络侧多播广播技术实现对 DAA 消息的多播广播； (2) 构建具备精准感知定位的通感一体化探测架构，形成成熟的通感算一体化信息基础服务能力集合； (3) 构建成熟产业及通信标准，形成设备制造、通信组网、行业应用等多方面标准及规范，全方位提升国际竞争力和产业影响力。

数据来源：《低空网络信息服务能力白皮书》，东吴证券研究所

导航，北斗卫星导航为基，多种导航方式组合服务低空飞行定位。传统雷达导航在低空 300 米以下空域受限于障碍物遮挡，因此基站定位、卫星导航、雷达、视觉导航和惯导等技术的组合被考虑。全球导航卫星系统 GNSS 和增强导航系统 SBAS/GBAS 为航空器高精度定位服务的基础，通用航空器北斗标配应用有望推进。北斗提供全天候三维坐标、速度和时间信息。SBAS 通过差分修正加强卫导精度和完好性。GBAS 结合卫导

信号，如 RTK 技术，可达厘米级定位精度。针对复杂环境下导航定位漂移问题，可以采用基于图像的导航系统、协作导航或信号以及地面基础设施的辅助以提高定位精度。这些系统为航空器提供动态位置实时解算，全天时基准和授时通信服务，为低空定位支撑。

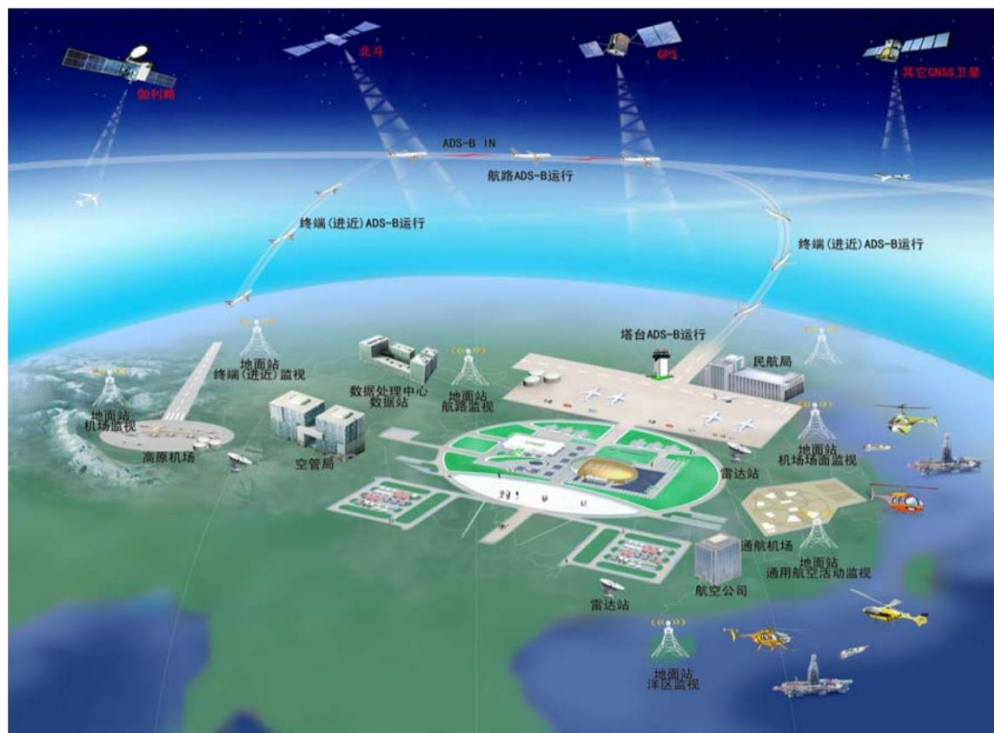
表3：北斗低空应用为全域低空空域管理改革试点拓展奠定基础

建设目标	功能应用
实现自主可控	<ul style="list-style-type: none"> · 构建以北斗卫星导航系统（GNSS）为核心的通航技术应用体系 · 打造一个覆盖整个北斗通航产业链的标准架构体系 · 推动新一代空中航行系统的发展，该系统以北斗的定位、导航、授时和短报文通信技术为核心
扩展服务范畴	<ul style="list-style-type: none"> · 利用北斗系统提供的精确导航、定位和授时服务，结合电子地图和其他导航设施 · 应用范围涵盖航空器起飞、降落、飞行过程以及地面交通设施的导航定位和时间服务 · 在北斗系统提供的基础服务之上，融合短报文位置报告、移动通信网络和互联网功能 · 实现对航空器、机场设施、地面车辆等交通工具的位置监视、指挥、调度、应急救援和航迹追踪管理

数据来源：《奋力拓展北斗低空产业应用》，东吴证券研究所

监视，基于公共航路的低空监视网建设或将是技术底座，ADS-B 为目前主要监视手段，长期或为过渡技术。低空空域监测设备已初步形成以低空监视雷达为代表的非合作式监视和以广播式自动相关监视 ADS-B 设备为代表的合作目标监视两大合作设备方向。在传统雷达不足以监视低空的背景下，非合作航空器一直是导致“黑飞”的主要原因，无论是合作对象还是非合作对象，都应具备被监管能力。但如果对全国土范围内的低空全域进行监管，投资将非常巨大，因此低空公共航路监视网建设非常重要。ADS-B 具备成本低、覆盖范围广等优势，但未来占大多数的微轻小无人机难以用雷达监控，通过 ADS-B 技术，又可能会对现有民航形成干扰，并进一步加重 ADS-B 通信带宽的负荷，即使 ADS-B 目前为主要监视手段，长期或为过渡技术。开发克服 ADS-B 限制的先进监视系统，更高的飞行自由度将需要更复杂 CNS 技术支撑。

图7：中国民航 ADS-B 运行体系



数据来源：中国民用航空局，东吴证券研究所

更高的飞行自由度将需要更复杂的通导监技术支持。随着飞行器需要在更复杂的空间环境中执行任务，现有的通信、导航和监视系统必须升级以满足更高的性能标准。先进的通信技术确保了指令和数据的即时交换，精确的导航系统提供了可靠的定位和航线规划，而全面的监视技术则保障了对飞行器及其周围环境的持续监控。

表4：更高的低空飞行自由度将需要更复杂的通导监技术支持

CNS	技术
通信	<ul style="list-style-type: none"> · 5G 通信：预计成为低空主要的低成本保障性通信手段，能够满足更深低空纵深覆盖的需求 · 卫星互联网：由于其全地域服务优势，有望在 1000 米以上空域的低空通信中发挥关键作用，弥补 5G 信号覆盖的局限
导航	<ul style="list-style-type: none"> · 北斗卫星导航：作为低空飞行定位的基础，提供全天候的三维坐标、速度和时间信息 · 增强导航系统：如 SBAS/GBAS，通过差分修正提高导航精度和完好性 · 组合导航技术：包括基站定位、卫星导航、雷达、视觉导航和惯导等
监视	<ul style="list-style-type: none"> · 低空监视网建设：基于公共航路的监视网是技术基础，对于全国范围的低空全域监管至关重要 · ADS-B 技术：目前是主要的监视手段，具有成本低、覆盖范围广的优势，但可能对现有民航形成干扰，且长期可能仅为过渡技术 · 先进监视系统开发：更高的飞行自由度需要更复杂 CNS 技术

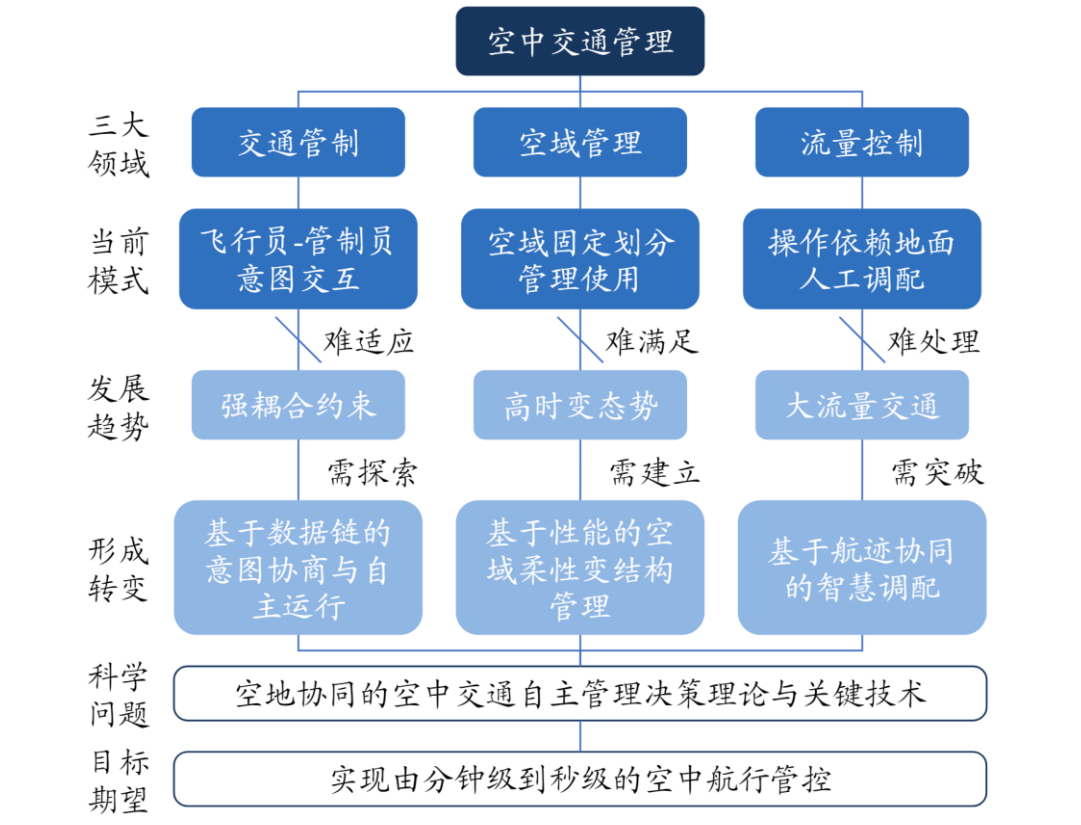
数据来源：《低空无人机交通管理概览与建议》，《无人机应用发展关键基础设施与低空公共航路网规划》，东吴证券研究所

2.3.4. 信息处理系统，数字化空域为自主化容量与流量管理奠定基础

低空空管智能化管理系统旨在解决高密度和大流量交通管制问题，并支持长期迭代升级。现有管制模式主要依赖人工语音通信，难以满足复杂交通需求，需转向基于数据

链的自主意图协商，建立“地-空”、“空-空”决策模式。空域管理需从固定划分转向基于性能的柔性管理，以适应时变空中交通态势。流量控制也应从以地面为中心转向航迹基础的空域与流量协同决策。构建智能化管理技术体系，涉及航空器、空域、决策、运行四方面，包括智能互联航空器、数字空域管理、大数据协同决策和智能代理监督技术。目前，空中交通智能化管理尚处起步阶段，缺乏成熟技术路线。

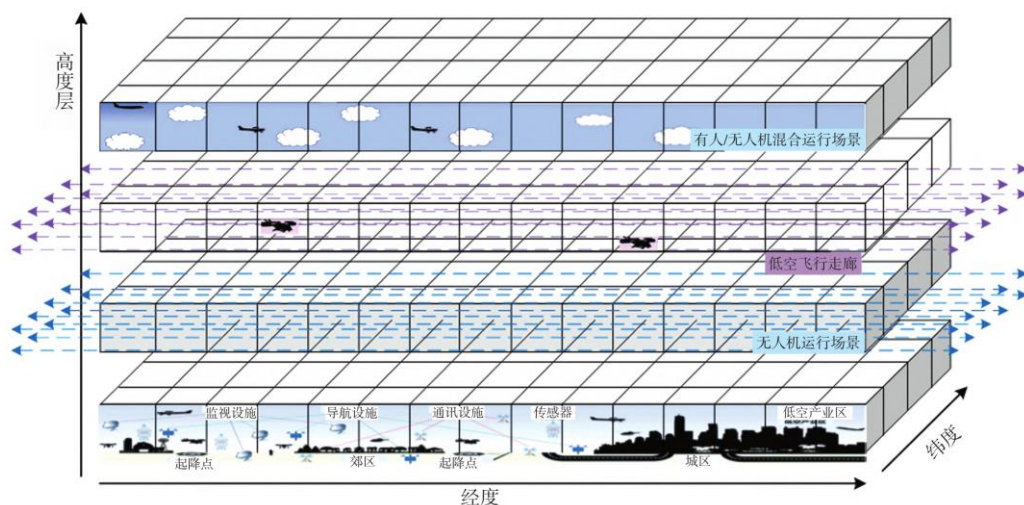
图8：低空空管需在多方面进行深入探索和创新



数据来源：《空中交通智能化管理的科学与技术问题研究》，东吴证券研究所

数字化空域通过数字化建模和可视化重构，可提升空管的实时性和响应能力，为自主化容量与流量管理奠定基础。数字化系统基于信息物理系统理念，有效联接了空域管理、交通管制等航空要素，并通过计算模型优化协同管理效能。在继承传统民航体系架构的基础上，引入了数字化和自主化特点，如通信频谱动态配置、基于性能的导航等。数字化空域还为高密度协同控制提供了可能性，通过数字网格空域技术，将空域冲突控制转化为离散数字网格空间的概率预测控制问题，支持大规模对象的协同运行。

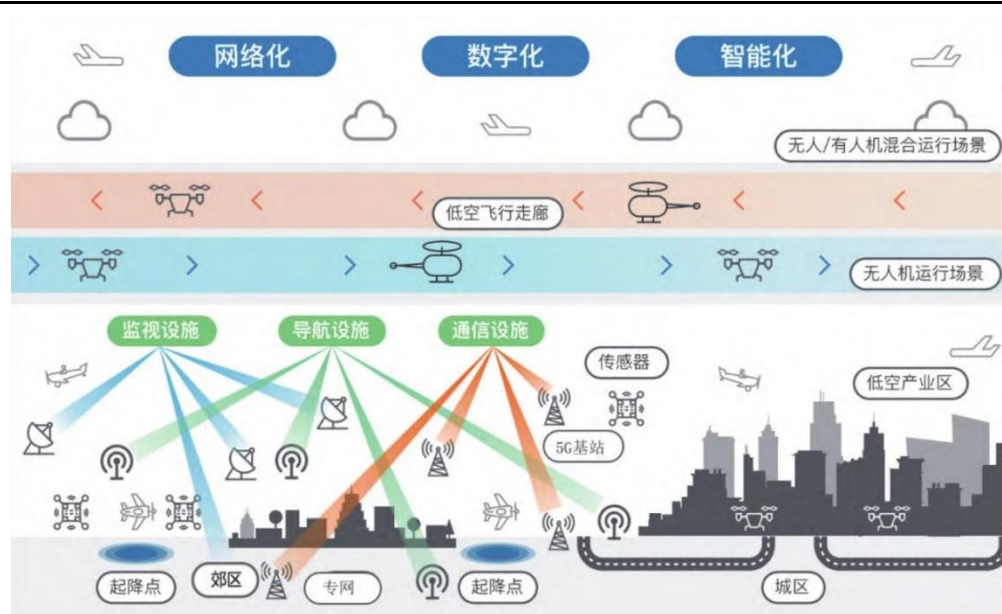
图9：数字化空域分层治理示意图



数据来源：《基于数字化空域系统的城市无人机管理对策研究》，东吴证券研究所

低空智联网可联动全空域内通用配置要素，建立功能完善性能先进的低空监视网络，或为未来低空重要基建。该平台整合了5G通信、物联网、智能传感、大数据等先进技术，以实现低空全域覆盖的测控和通信网络。通过雷达、无线电、卫星导航等技术，低空智联网能够进行体系化监测和控制，解决通信资源重复建设和频点资源冲突问题。该平台还研究了微动多普勒技术，以提高对低速、垂直飞行目标的探测能力。采用分布式传感器和主被动监测技术，实现了低空全域飞行目标的监测和识别。低空智联网作为新型基础设施，旨在满足高密度、大流量、多用户场景下的通信、监视和服务需求。

图10：低空智联网应用场景示意图



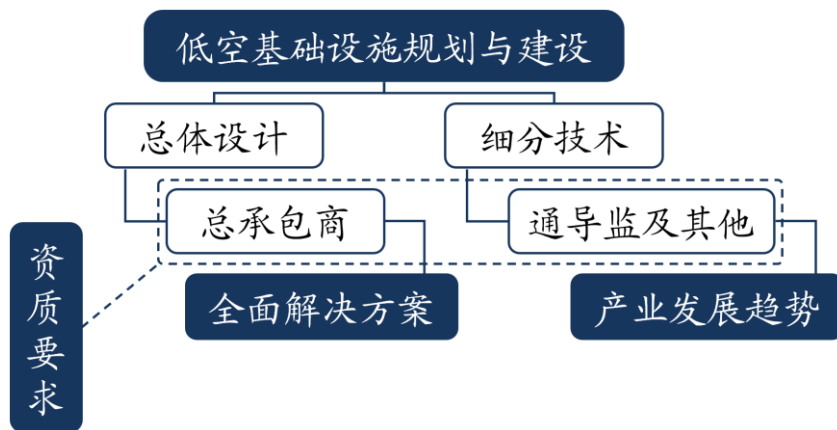
数据来源：《低空智联网设计思路探讨》，东吴证券研究所

2.4. 总体规划与细分技术能力或为低空基建壁垒，建设主体或需要相应资质

低空基建要求在总体设计和细分技术方面具有高度的解决能力，重点在于能够提供全面解决方案的总承包商，以及技术符合产业发展趋势的子系统供应商。总体设计需要综合考虑空域管理、航空器设计、地面基础设施布局等多个方面，以确保整个系统的高效运行和相互协调；细分技术包括航空器的动力系统、导航与控制系统、通信与数据传输技术等。

未来低空基础设施的规划与建设可能会要求具备相应资质的企业参与。目前，低空基础设施的设计规范和标准尚未完全确定，但考虑到其对公众安全和日常生活的深远影响，未来对设计规划的资质要求或将与民航行业相仿，即只有那些拥有专业设计资质的企业才能承担相关项目。

图11：低空基建或需资质企业，重点在总承包商和先进技术供应商



数据来源：东吴证券研究所绘制

2.5. 深圳建设低空智能融合基础设施，为全国低空基建先驱者

深圳在低空基建方面处于全国前列，其低空智能融合基础设施数字化智能化特征突显，与传统基于航路的空域管理和飞行管理存在本质区别，为其他省市树立典范。深圳凭借其先进的应用实践和强有力的政策支持，其低空经济的发展不仅有效解决了低空飞行的诸多挑战，还为传统产业带来了创新的赋能。

2.5.1. 低空飞行管控问题认知深化，建立低空智能融合基础设施“四张网”

深圳低空智能融合基础设施建设起源于对低空飞行关键问题的认知深化，精细化智能低空基础设施有助于低空空域的有效管控。智能低空基础设施建设通过整合地面、空域和频谱资源，优化资源配置，降低企业成本，并通过标准化措施降低行业门槛。同时解决军民航对低空飞行器的监控难题，确保了飞行器的可见性、可联系性和可管理性。此外，智能低空基础设施通过数字化手段，提升了大规模高密度飞行的安全性、效率和经济性。还解决了多主体协同问题，为低空飞行的运营管理提供了技术手段，为低空经济相关法规、标准和政策的制定提供了数据支持。

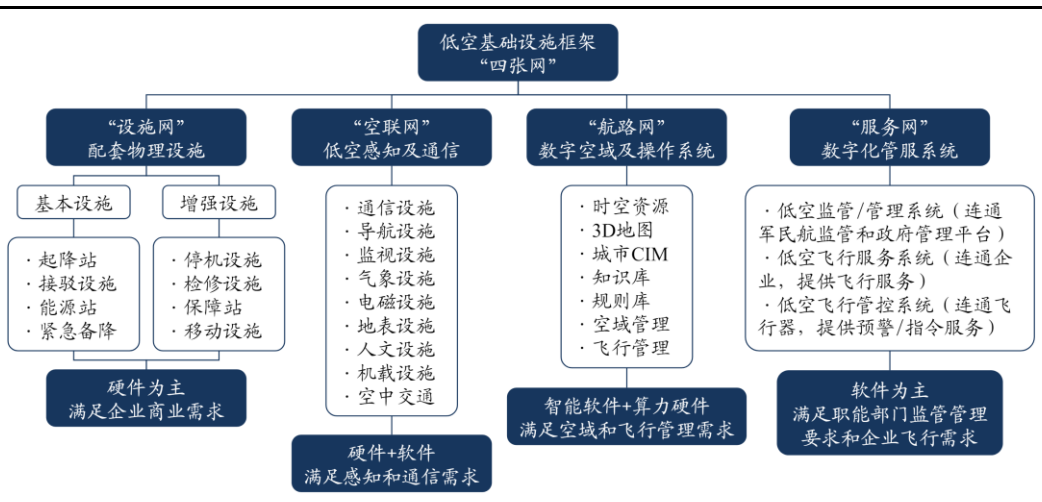
表5: 低空经济发展中的关键问题需要依靠低空智能融合基础设施解决

关键问题	具体矛盾
资源共用	解决有限的地面、空域和频谱资源共享共用的问题，避免重复建设，减轻企业负担，用标准规范降低产业门槛，促进产业发展
基本安全	解决军民航对低空飞行器“看不见、呼不到、管不住”的基本安全问题，用先进技术促进低空空域的进一步开放
成本效率	解决低空经济中大规模高密度飞行的安全、效率和成本问题，用精细的数字化手段推动低空经济高质量发展
全面协同	解决低空经济“管理、资源、业务、运营”等多主体、多业务、全方位协同问题，为低空飞行的运营管理提供技术手段，为低空经济中关键法律法规、标准规则、产业政策等的决策提供数据依据

数据来源:《低空经济发展白皮书(2.0)全数字化方案》，东吴证券研究所

基于对管控问题的认识，深圳市正在构建一个由“设施网”、“空联网”、“航路网”和“服务网”组成的低空智能融合基础设施体系。“设施网”包括起降站、能源站等物理基础设施，支撑低空飞行业务。“空联网”是通信、导航、感知等信息基础设施，实现低空数字化。“航路网”作为核心平台，提供空域和飞行的数字化管理服务。“服务网”则是基于数字化管理服务构建的应用，赋能政府、空管、管理、运营、业务等多方。这“四张网”在开放性的基础上，实现了统一标准、互联互通和共享共用。

图12: 低空智能融合基础设施的“四张网”



数据来源:《低空经济发展白皮书(2.0)全数字化方案》，东吴证券研究所

2.5.2. 低空空域数字化，实现时空资源的联合调度，提升空域使用效率

低空基建的核心思路是把低空空域从自然资源通过数字化和先进技术手段变成可计算、可运营的经济资源。低空经济的快速发展要求管理和服务必须实现全数字化、智能化以应对大规模、高密度的低空飞行带来的复杂性。传统人工管理已无法满足需求，必须通过创新的数字化工具和智能化设计，对空域划分和航道设计进行革新，以保障安全并提升空域系统容量和使用效率。低空智能融合系统应能支持各种飞行器和飞行模式，处理高密度、高频次和高复杂度的低空飞行，同时满足超过10万架次的超大规模场景。

此外，该系统还为政府提供有效的管理服务手段，确保飞行安全。

表6：低空飞行需求复杂多变，低空空域的开发必须依赖于数字化工具

低空飞行需求	对应基建需求
短途飞行主导	低空飞行任务以短距离为主
技术需求增长	随着低空飞行器数量的增加，对低空信息基础设施的技术完善和精细度提升需求日益迫切
信息需求多样化	需要获取包括气象、电磁、定位等在内的细粒度和动态实时信息
业务场景多元化	支持军民、有人无人、载客载物、不同距离和飞行模式的异构业务场景
高密度运行支持	低空智能融合系统需支持异构飞行器和业务的高密度运行
安全与效率并重	在确保安全的基础上，实现低空空域内异构飞行器和业务的融合飞行，提升空域使用效率

数据来源：《低空经济发展白皮书（2.0）全数字化方案》，东吴证券研究所

低空智能融合系统将低空空域作为一个整体考虑，将其转变为可计算的数字化空域，突破传统空域与飞行管理的航路概念，适应低空经济发展需要，创新地对时空资源（而非仅对空间资源）进行联合管理和调度，提供更多维度的优化，提高空域使用效率。传统的空域管理方法依赖于固定航道，这在飞行器数量较少时效率较高。但面对未来低空经济中飞行器数量的大幅增加，这种方法将导致航道密度过高，飞行安全和效率受到影响。低空智能融合系统通过数字化低空空域，突破了传统的航道概念，联合管理和调度时空资源，显著提高了空域使用效率。

表7：空域和飞行管理范式进化表

支持容量/效率	小/低	大/高	超大/极高
空域/飞行管理范式	传统：基于航线的人工管理（百架次）	AAM：基于航线的自动管理（千架次）	SILAS：基于数字化空域的智能管理（万架次+）
类比领域：电话交换机	线路交换：手工/拨号	程控交换：程序控制	IP交换：网络管理

数据来源：《低空经济发展白皮书（2.0）全数字化方案》，东吴证券研究所

3. 各地支持政策密集出台，基建招标如火如荼

各地积极颁布低空基建支持政策，推动低空经济健康发展。全国各省市将低空设施纳入城市规划，支持建设通用机场、无人机起降场所等，以满足低空飞行需求。政策聚焦于数字化监管、服务平台、信息基础设施和物理设施建设。以深圳为例，其《低空经济产业促进条例》明确了低空飞行基础设施的规划、建设和运营管理，包括起降、中转、货物装卸、乘客候乘、充换电、飞行测试等物理设施，通信、导航、监视、气象监测等信息基础设施，以及数字化管理服务系统。这些措施旨在打造完善的低空飞行基础设施和服务体系，推动产业快速健康发展。

表8: 我国各省市低空经济基础设施建设相关政策

省市	政策文件	基建相关内容
北京	《北京市促进低空经济产业高质量发展行动方案(2024—2027年)(征求意见稿)》	<ol style="list-style-type: none"> 1.加强起降场地建设，提供飞行器服务。 2.统筹规划无人机.eVTOL起降场网络，完善相关设施。 3.完善路网.电力等基础设施，强化通用机场平战转换功能。 4.构建低空航路航线，推进航路智能化研究，探索融合飞行管理。 5.提升通导感知和低空智联能力，建设相关基础设施。 6.强化低空经济发展区域协同，鼓励京内外机构联合建设试飞基地等。 7.支持张家口机场成为北京公务航空配套基地，建设低空维修托管中心。
深圳	《深圳经济特区低空经济产业促进条例》	<ol style="list-style-type: none"> 1.市政府负责低空飞行基础设施的规划.建设与运营管理，并与相关部门共同制定建设运营标准。 2.鼓励社会资本参与低空飞行基础设施的建设与运营，并向公众开放共享。 3.市政府推进低空飞行基础设施建设，包括物理基础设施.信息基础设施和数字化管理服务系统。 4.市交通运输部门与市规划和自然资源部门共同编制低空飞行基础设施建设规划，坚持绿色发展原则。 5.市政府相关部门协同推进信息基础设施的规划与建设，支持通信网络覆盖低空空域。 6.市政府组织建设低空飞行数字化管理服务系统，具备飞行计划处理.航空情报服务等九大功能。
安徽	《加快培育发展低空经济实施方案(2024—2027年)及若干措施》	<ol style="list-style-type: none"> 1.构建低空航路航线网，推进数字化飞行规则和智能化研究，实现高效使用。 2.加快建设通用机场和无人机起降设施，完善能源补给设施。 3.利用现有信息基础设施，完善通用航空智能信息网，支持新技术应用。 4.建设省级低空飞行数据平台，实现数据共享，支撑飞行管理。 5.建设省级低空监管服务平台，提供飞行计划审批、航空情报等服务。
南京	《南京市促进低空经济高质量发展实施方案(2024—2026年)》	<ol style="list-style-type: none"> 1.逐步完善全市低空飞行地面基础设施和低空数字智联网，建设240个以上低空航空器起降场(点)及配套的信息化基础设施。 2.建成3个以上试飞测试场和操控员培训点，为低空飞行提供必要的测试和培训支持。 3.规划建设1—2个通用机场，以满足低空飞行的进一步需求。 4.开通120条以上低空航线，确保低空飞行的高效运行。 5.规划建设低空地面基础设施，满足起降、备降、停放、补能、维保、接驳、试飞等需求。

《苏州市低空经济高质量发展实施方案（2024~2026年）》

- 1.到 2026 年，将构建形成低空地面基础设施的骨干网络。
- 2.计划建成 1~2 个通用机场和 200 个以上的垂直起降点。
- 3.将建成低空飞行试验基地，以完善试验、试飞、检测、验证、适航和评定等功能。
- 4.构建低空地面基础设施体系，由交投集团等国资平台发挥引领作用。
- 5.与国内重点物流企业合作，推进无人机起降点建设，以满足无人机的起降、备降、停放、充电、运输及运营需求。
- 6.加强通信、监控、低空气象监测网络等运行保障设施的建设。

数据来源：各政府网站，东吴证券研究所

多省市启动前期低空基建招标程序，目前招标重点在于整体规划与智能空管。这一举措不仅标志着基础设施建设的开端，而且反映出地方政府在产业初期创造需求的定位，单个地方前期建设需求较大，汇聚到全国层面总体规模显著扩大。通过这样的先行项目，不仅为本地低空经济的起飞打下基础，也为行业发展设定通用标准。

表9：多省市先行一步启动前期基建招标程序

招标地区	招标项目	项目内容及需求	中标情况
深圳	低空智能融合基础设施建设项目一期工程	建设可覆盖全市范围的智能融合系统的软件平台，包括低空操作管理系统和低空管理服务系统	中标金额为 517,906,503 元 中标供应商为粤港澳大湾区数字经济研究院（福田）/深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司
深圳	面向低空经济发展的低空数字底座构建策略研究	专题 1.低空经济发展对测绘地理信息服务需求调研分析。专题 2.基于测绘地理信息服务的低空数字底座生产服务策略研究	预算 450,000 元
广州	广州市低空空域和首期低空航线划设项目造价咨询	低空空域和首期低空航线划设采购项目提供预算编制服务	中标金额为 15,500 元 中标供应商为广东省国际工程咨询有限公司
广州	亿航智能 EH216-S 无人驾驶载人航空器取证全球首飞仪式起降点和机库建设工程比选	亿航何棠下起降点和机库建设，九龙湖广场亿航 EH216-S 机库建设	中标金额为 3,248,652.89 元 中标供应商为广东盈信建设工程有限公司
安徽	安徽省低空智联基础设施建设工作方案编制	研究提出建设目标和主要任务、保障措施等，拟定年限为 2024-2027 年	中标金额为 372,000 元 中标供应商为四创电子股份有限公司
安徽	安徽省低空无人机管理与服务平台	安徽省无人驾驶航空器低空管理平台一套，包含系统设计、硬件设备购置、开发、调试、集成、测试、安装部署、培训、售后和运维服务	中标金额为 12,050,000 元 中标供应商为中国民用航空总局第二研究所
四川	低空物联网示范项目	城市综合巡检示范、物流配送服务示范、低空管服中心及空域图建设以及 1 年期运维运营	中标金额为 3,775,398 元 中标供应商为北斗伏羲信息技术有限公司

武汉	东湖高新区低空共享无人机应用示范区建设项目	全面推进东湖高新区低空共享无人机应用示范区建设，以“低空无人机+自动机库+应用荷载”为基础，构建空地协同的低空感知网络	中标金额为 288,607,700 元 中标供应商为普宙科技有限公司
无锡	无锡市的低空经济发展规划及实施方案	制定无锡市低空经济发展总体规划，编制无锡市低空航空器起降设施布局规划及低空空域精细化划设方案，形成无锡低空经济发展“1+1+1+N”指导文件	中标金额为 2,980,000 元 中标供应商为深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司，
苏州	吴江区工业和信息化局关于吴江区低空经济产业发展研究项目	物理基础设施选址、载人载物航线，低空文旅应用场景，低空应急救援体系搭建，招商引资引荐，论坛会议等规划	中标金额为 1,938,000 元 中标供应商为深圳市东部通用航空有限公司

数据来源：各省市政府采购网，公共资源交易平台，政府信息公开，采招网，东吴证券研究所

低空新基建的政企合作模式多样，各地平台公司或为发展重要抓手。根据地方政府的资金需求和低空经济规划，低空新基建的合作模式可划分为三种：政府投资运维模式，政府承担较大投资成本，供应商通过招投标和软件升级获利；政府与承包方合资企业模式，企业前期收取建设费，后期运营分成；企业运维模式，政府一次性收入，供应商自负盈亏。此外，多省市成立低空平台公司，以推进低空服务、应急救援、无人机管理等业务，构建低空航路网、信息服务网，完善监管平台，发展运营场景。建议关注这些平台公司，它们是低空基础设施建设和运营的重要主体。

4. 投资建议

低空经济产业发展初期，基础设施建设是行业规范化发展的前提。低空基础设施包括“硬基建”地面基础设施、低空公共航路、运行基础设施和低空空管系统等，“软基建”包括低空飞行服务平台和监管服务平台等。从目前实际的招标进度与行业发展趋势来看，建议关注以下标的：1) 具备民航设计资质与一体化总包能力的规划基建公司，特别是智慧城市和地面交通网联领域的企业，以及具有全链路打通能力的规划设计类公司：深城交、华设集团、苏文科、设计总院；2) 低空空管系统通导监各细分技术优势供应商与具备低空飞行服务平台建设能力的公司：莱斯信息、中科星图、四川九洲、北斗星通、海格通信。

5. 风险提示

政策落地不及预期：低空经济产业初期依赖国家或地方财政的支持，且存在地区发展不均衡的特征，若政策执行不力或财政补贴不足，可能导致低空基础设施建设进度不达预期。

低空技术发展不及预期：尽管 5G-A、北斗、卫星互联网等新技术被纳入低空经济基础设施设计，但技术成熟度、成本、法规和市场接受度等挑战可能限制其应用速度，影响了行业的创新与转型。

下游需求不及预期：下游应用需求的不足可能导致低空基础设施投资的风险，缺乏规模化应用场景会削弱商业可行性，且如果行业需求持续低迷，不仅会影响基础设施建设期间的现金流，而且可能威胁到整个低空经济行业的持续投资和发展。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。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。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 -15% 以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5% 以上。

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应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>