

低空经济规划编制特点与技术框架体系

黄启翔^{1,2}, 王东²

(1. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201800; 2. 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 广东 深圳 518110)

摘要: 针对当前低空经济规划在既有规划体系中缺乏系统性梳理的问题, 亟须构建适应中国城市低空经济发展需求的规划技术框架, 以支撑低空经济高质量发展、完善交通运输服务体系、助力智慧城市建设。基于深圳、无锡等城市先行先试经验, 采用理论构建与实践验证相结合的方法, 提出产业-交通-空间三位一体的协同发展理念, 并充分考虑低空空域资源逐步开放的特殊约束条件, 构建包含现状评估、战略研判和方案制定的完整闭环规划体系。构建了适应现阶段城市低空经济发展需求的规划技术框架, 该框架既包含完整的内部逻辑闭环, 又建立了以关键指标为纽带的外部协同机制, 能够有效衔接发展规划、区域规划、空间规划及其他专项规划。低空经济规划需要坚持系统思维, 既要建立内部完整的规划技术体系, 又要处理好与外部各类规划的衔接关系, 形成内外协同的规划机制, 才能有效支撑低空经济高质量发展。

关键词: 低空经济规划; 交通运输服务; 空域资源; 无人驾驶航空器; 产业-交通-空间; 指标体系

Characteristics and Technical Framework System of Low-Altitude Economic Planning

HUANG Qixiang^{1,2}, WANG Dong²

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201800, China; 2. Shenzhen Urban Transport Planning Center Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518110, China)

Abstract: In light of the lack of systematic organization in the existing low-altitude economic planning framework, it is urgent to establish a planning technology framework that meets the development requirements of low-altitude economies in Chinese cities, in order to support high-quality development of low-altitude economy, improve the transportation service system, and facilitate the construction of smart cities. Based on the pioneering experiences of cities such as Shenzhen and Wuxi, a combination of theoretical construction and practical verification methods is adopted for the concept of coordinated development of industry, transportation, and space. The special constraints of gradually opening up low-altitude airspace resources are fully considered, and a complete closed-loop planning system including current situation assessment, strategic analysis, and scheme formulation is constructed. On this basis, a planning technology framework that adapts to the current needs of urban low-altitude economic development is established. This framework includes a complete internal logical-closed loop and establishes an external collaborative mechanism linked by key indicators, which can effectively connect development planning, regional plans, spatial plans, and other special planning. Low-altitude economic planning requires adherence to systematic methods. It is necessary to establish a complete internal planning technology system, as well as to handle the connection with various external plans, forming an internal and external collaborative planning mechanism, in order to effectively support the high-quality development of low-altitude economy.

Keywords: low-altitude economic planning; transportation services; airspace resources; unmanned aerial vehicles; industry-transportation-space; indicator system

收稿日期: 2024-11-05

作者简介: 黄启翔(1989—), 男, 山东菏泽人, 博士研究生, 高级工程师, 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司城市交通研究院副院长, 研究方向为综合交通规划、低空经济规划等, 电子邮箱 huangqx@sutpc.com。

作为中国首部低空经济产业促进类专项法规,《深圳经济特区低空经济产业促进条例》明确提出“低空经济,是指以民用有人驾驶航空器和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引,辐射带动航空器研发、生产、销售以及低空飞行活动相关的基础设施建设运营、飞行保障、衍生综合服务等领域产业融合发展的综合经济形态”。近年来,随着《国家综合立体交通网规划纲要》《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》等政策法规的密集出台,低空经济作为新质生产力的典型代表,其高质量发展已上升为国家战略。以低空经济规划为抓手的顶层制度设计,成为主要省市推动低空经济高质量发展的首要步骤。对标欧美国家以产业成熟为先导和支撑通用航空运输发展的规划编制模式,中国低空经济发展存在起步晚、内涵丰富、技术迭代快、实施路径不同等特点,因此缺乏成熟的规划编制经验可供借鉴。亟须探索符合中国城市与产业发展特征,衔接社会民生、产业经济、交通运输、数字科技等领域的综合性低空经济规划技术体系。

1 价值导向

明晰的规划编制战略目标与价值导向是识别关键问题和核心资源的关键,也是确保规划研究制定的技术路线具备可行性、方案具备可操作性的重要环节。中国低空经济规划应紧扣培育新兴产业、丰富应用场景、推动治理提效等发展维度的内涵,剖析各分项目标之间的逻辑关系,以规划编制工作谋定战略定力,确保规划拟定发展方向的准确性。

1.1 推动新兴产业高质量发展

以更精准的行动路线图推进低空经济产业高质量发展,是低空经济规划编制的第一要义。作为新质生产力的典型代表,低空经

济具备产业链长、增长潜力大、知识密集度高等特征。低空经济产业链涉及低空基础设施、航空器制造、运营服务、飞行保障等环节。按照相关研究预测,低空经济已成为全球科技与经济竞赛的万亿级新赛道,以无人机、电动垂直起降航空器(electric Vertical Take-Off and Landing, eVTOL)等技术为支撑的城市空中出行将成为未来交通发展的重要方向。按照《中国低空经济发展研究报告(2024)》等相关研究的统计,低空经济产业规模将由2023年5 059.5亿元快速增长为万亿元规模,预计2035年有望达到3.5万亿元。同时,按照国家新型基础设施建设7大领域部署,低空经济与其中的5个门类直接相关,是最具代表性的新质生产力发展方向。为此,低空经济规划应以推动新兴产业高质量发展为首要目标,从如何构建低空经济产业优势、健全低空全产业链、构建产业集群和生态等维度,提出低空经济产业发展的整体考量。

1.2 引导空域资源要素转化

推动低空空域从自然资源向经济资源转型,是低空经济规划编制中需要重点推进的战略方向,也是确保规划方案具备可操作性的关键。中国空域资源无论是在利用率还是使用特征方面,均与国际一流水平具有明显差距。中国通用航空飞行密度为 $0.11\text{ h}\cdot\text{km}^{-2}$,美国和欧盟分别为 $2.55\text{ h}\cdot\text{km}^{-2}$ 和 $1.39\text{ h}\cdot\text{km}^{-2}$,中国低空空域利用率仅为美国的4.3%、欧盟的7.9%(见表1)。此外,按照飞行目的细分,中国通用航空的飞行活动以训练飞行为主(占比超过70%),生产作业飞行次之(约25%),而商务及私人娱乐飞行占比不足5%,与全球通用航空主要用于交通出行、运动娱乐和医疗救援(约占60%)的应用格局形成鲜明对比^[1]。

自2021年低空经济概念明晰以来,《国家空域基础分类方法》等出台,为产业发展和场景创新铺平道路。因此,低空经济规划的编制不同于其他传统规划,应将空域资源的评估与高效利用作为核心考量。

1.3 丰富交通运输服务图谱

通过拓展低空运输应用场景,为城市交通运输与出行服务提供创新解决方案,是低空经济规划编制的核心目标之一。在解决“急、难、险、绕、贵”等传统运输方式难

表1 中美欧空域管理整体绩效对比

Tab.1 Comparison of the overall performance of airspace management between China, the United States, and Europe

地区	面积/ 万 km ²	低空空域通用 航空飞行小时/ (万 h·a ⁻¹)	全空域 飞行小时/ (万 h·a ⁻¹)	高空空域 飞行密度/ (h·km ⁻²)	低空空域通用 航空飞行密度/ (h·km ⁻²)
中国	960	106.5	1 337.5	1.28	0.11
美国	1 004	2 561.3	4 418.5	1.85	2.55
欧盟	1 150	1 598.5	3 198.5	1.39	1.39

以高效服务的场景方面，低空经济具有独特优势。先进制造业所需的运输组织需求呈现快速化、小批量、高价值特征，城市内医疗配送需求呈现短距离、高频次、小体积、轻质量特征，低空观光和生鲜速运需求呈现高端化、个性化特征，低空交通运输服务可高效满足上述个性化需求，弥补陆路和通用航空运输方式难以覆盖的服务领域。

以目前在中国主要城市推广的血液等医疗物资配送为例，血站至医院的血液配送、医院与社区健康服务中心之间的检测样本配送已成为城市开展低空交通运输的首选场景。相较于传统“专用车辆+人工”的运输方式，低空交通运输可以节约车辆为达到经济运量所需要的集货等候时间、道路拥堵时间、人工成本等，平均时间和价格成本节省70%~75%^[2]。

当前低空经济产业正处于快速迭代阶段，规划编制应围绕时间、成本、运距等维度构建交通运输服务图谱，精准识别适合低空运输的应用场景。

1.4 推动公共治理降本增效

低空运输应用场景的降本增效作用是确保低空经济规划落地实施的关键，也是以场景应用促进产业发展和空域高效利用的核心发展逻辑。一是在测绘地理、警用安防等传统通用航空服务领域，当前广泛应用的无人驾驶航空器采用分布式布局、储能电动机驱动和电子电路飞控的技术路线，相比传统航空器采用的集中式布局、燃油发动机驱动和复杂机械传动的技术路线，具有结构简单、设备轻量化、安全冗余高、能效高等显著优势。采用无人驾驶航空器后，整体运营成本可降低至传统通用航空模式的10%~20%。二是针对海上巡防、农林植保、文物保护等公共治理领域，“低空+”技术的引入能够有效替代传统治理模式，实现大幅降本增效。以海岸线巡防为例，通过适配的无人驾驶航空器取代传统的“人工+海巡船艇”工作模式，可在燃油消耗、设备维护和保险费用等方面降低约50%的综合成本^[3]。

低空经济规划应当重点把握公共治理场景的基础性功能需求特征，通过深入研判确定与公共治理相融合、具备商业化推广价值并能进一步降本增效的低空交通运输与服务复合发展方向，为低空经济产业发展提供不过度依赖政府政策与资金补贴的实施路径。

1.5 构建新技术新业态发展环境

以共建共享思路推进低空经济基础设施建设，是促进低空经济高质量发展与智慧城市体系构建的双重关键。在智慧城市向“认知—评估—推演—调控”高阶闭环^[4]演进的过程中，低空经济与车路云协同、能源充储放一体化等新技术新业态的发展均需要跨行业、全息泛在的感知系统支撑，快速响应、秒级推演的算力体系保障，以及面向宏中微观的多层级数据驱动和自主调控机制。在低空经济规划编制过程中，要注重与智慧城市相应专项规划之间的协同与互动，以规划体系建设为引领，整合低空经济与各类新技术应用场景的基础设施需求，整合算力系统等关键资源要素，更有效地推进智慧城市的集约建设和高效运营。

2 编制特点

低空经济规划的编制需统筹协调产业链、空域资源、运输图谱、治理体系和新业态等价值维度，兼顾规划方案的技术导向性和政策协调性。为此，应重点处理好增量与存量的关系，以智慧化管控手段统筹纷繁复杂的低空需求，发挥场景建设对产业发展的引导促进作用，并通过政策手段引导相关资源配置事权的优化与再调整。

2.1 增量与存量并重的规划技术方法

低空经济规划技术方法应兼顾国土空间发展进入存量时代的现实约束，同时充分考虑低空空域资源激活与有序利用对空间价值提升的积极作用——后者将显著促进低空交通运输与服务需求的增量发展。《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》（中发〔2019〕18号）^[5]、国家层面2022年划定的“三区三线”成果以及《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》共同确立了国土空间管控框架：耕地和永久基本农田、生态保护红线构成资源安全底线，2035年前城镇开发边界成为城镇扩张上限，这标志着国土空间发展已全面进入存量时代。

然而在低空经济领域，空域资源激活政策为城市与交通发展开辟了三维增量空间。根据国际通航经验，2023年12月中央空空中交通管理委员会（以下简称“中央空管委”）制定的《国家空域基础分类方法》具有突破

性意义：1)划定G类和W2类非管制空域；2)针对E类空域的目视飞行，取消ATC许可与双向通信强制要求，仅需进入前报告并保持守听；3)将通航飞行非管制空域范围从真高900 m提升至6 000 m。

这种政策突破为城市经济活动提供了新维度。以城市物流为例，企业调研数据显示，低空物流配送场景有望承担城市8%~12%的快递运输周转量，并将行业年均增速从当前的17%提升至20%^[6]。值得注意的是，低空飞行需求强度与城市开发密度显著正相关，这与传统通用航空的发展模式存在本质差异。因此，低空经济规划编制需重点解决两个技术问题：1)基于空域资源释放规模，精准预测各类使用场景(如物流、应急救援、观光旅游)的需求增量及其空间分布特征；2)针对既有地面存量资源，制定与三维空间协同利用的具体策略(如起降点选址与交通枢纽的立体衔接)。

2.2 解决“异构、高密、高频”飞行不确定性

作为低空经济运行的载体，无人驾驶航空器具有设备性能特征异构复杂、飞行高频高密等特征，对产业发展路径模式选择、空间资源融合配置、空中运营管控协调等提出了协同规划与配套实施要求。低空经济规划要综合产业经济、国土空间、信息技术、交通运输等学科领域，面向不同资源禀赋的城市，以无人驾驶航空器的安全有序运营为基础，从提升低空经济产业规模价值、提供基础设施空间保障、实现飞行全过程数字化管控等维度形成逻辑闭环。

1)在低空经济产业方面，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》将无人驾驶航空器按性能指标分为微型、轻型、小型、中型和大型五类，各类航空器在动力、传感器、材料结构件、飞行控制、导航定位、图像传输等技术领域均存在差异，单一机型乃至单一生产链环节都具备孵化“专精特新”企业集群的潜力。

2)在空间保障方面，需要统筹兼顾三重要求：一是满足产业发展需求，重点建设无人驾驶航空器测试场等产业配套服务设施；二是构建适应差异化飞行场景的分级分类起降基础设施体系；三是推动传统通用机场与eVTOL等新型无人驾驶航空器起降设施的有机融合，从而实现空间资源的高效配置。

3)在数字化管控方面，重点包括电子围栏精准划设、4D航路科学规划等核心内容，这些工作需要与通信、导航、监视及气象雷达等关键设备的选型和技术标准制定协同推进。基于此，构建跨专业、多维度融合的规划闭环机制，是确保低空经济规划在城市层面落地实施的关键所在。

2.3 交通运输服务功能定位由支撑转向引领

相较于传统交通规划将交通运输服务定位为经济社会发展的配套支撑功能，低空经济规划实现了功能定位的转型升级：一方面通过运输服务引导低空经济产业发展，另一方面以需求集聚推动产业升级。在规划编制过程中，需要重点解决两大核心问题：1)具体场景应用能否存在具备商业化闭环逻辑的产业引领路径。以海岸线巡防场景为例，由于沿海存在常态化的8级以上大风、9级以上降雨天气，且需挂载多光镜头、强声驱散器、电子投放器、云台探照灯、喊话器、爆闪灯、抛投器等特殊装备，对于无人驾驶航空器的抗风、抗雨、续航、荷载等方面提出更加专业化的要求。当前亟须通过科学预测，评估既有海事巡防市场规模是否足以支撑专用航空器研发及配套产业链培育。2)即便存在需求引领的产业发展闭环，如何通过政府扶持政策等手段合理度过市场培育的过渡期，同时避免资源错配与浪费，同样需要更加精准科学的技术手段。

2.4 重构跨部门跨层级事权的协调与传导制度

随着空域资源的逐步释放，空域使用审批、航路航线划设与使用审批等相关权限面临优化调整。作为兼具技术性与政策性的规划文件，低空经济规划需明确提出相应的跨部门、跨层级的事权协调机制，并以此为基础指导后续的技术方案。

中国实行空管空防合一的空域管理体制：中央空管委统一领导全国飞行管制工作，并授权空军具体组织实施；民航和军航的空中交通管制部门分别负责航路内外空域的交通管制服务。值得注意的是，随着《低空飞行服务保障体系建设总体方案》的出台，省级政府被赋予协调军民航单位、统筹本行政区低空空域划设和飞行计划管理的新职能；同时，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》明确将无人驾驶航空器管理职责下

沉至县级以上地方人民政府。

低空空域审批主体从传统的以民航与军航空管部门为主，转变为省级、县市级部门共同参与的综合协调模式。因此，低空经济规划需将跨部门、跨层级事权的协调与传导作为前置条件，以明晰的审批流程关系为基础，再聚焦到产业、空间、交通等维度，形成各自领域的规划实施方案。

3 技术框架体系

通过对低空经济规划价值导向与编制特

点的梳理，明确低空经济规划应当围绕产业-交通-空间三大要素展开。在技术框架构建上，需要综合运用以下三大规划主线：一是以产业生态位攀升为导向的产业规划主线，着力推动产业链向高端化发展；二是以应用场景创新为引领的交通规划主线，促进交通运输服务提质增效；三是将空域资源配置与数字化安全保障作为基础支撑。通过这三者的有机融合，最终构建起从发展基底识别、战略研判到方案制定的完整技术框架体系(见图1)。

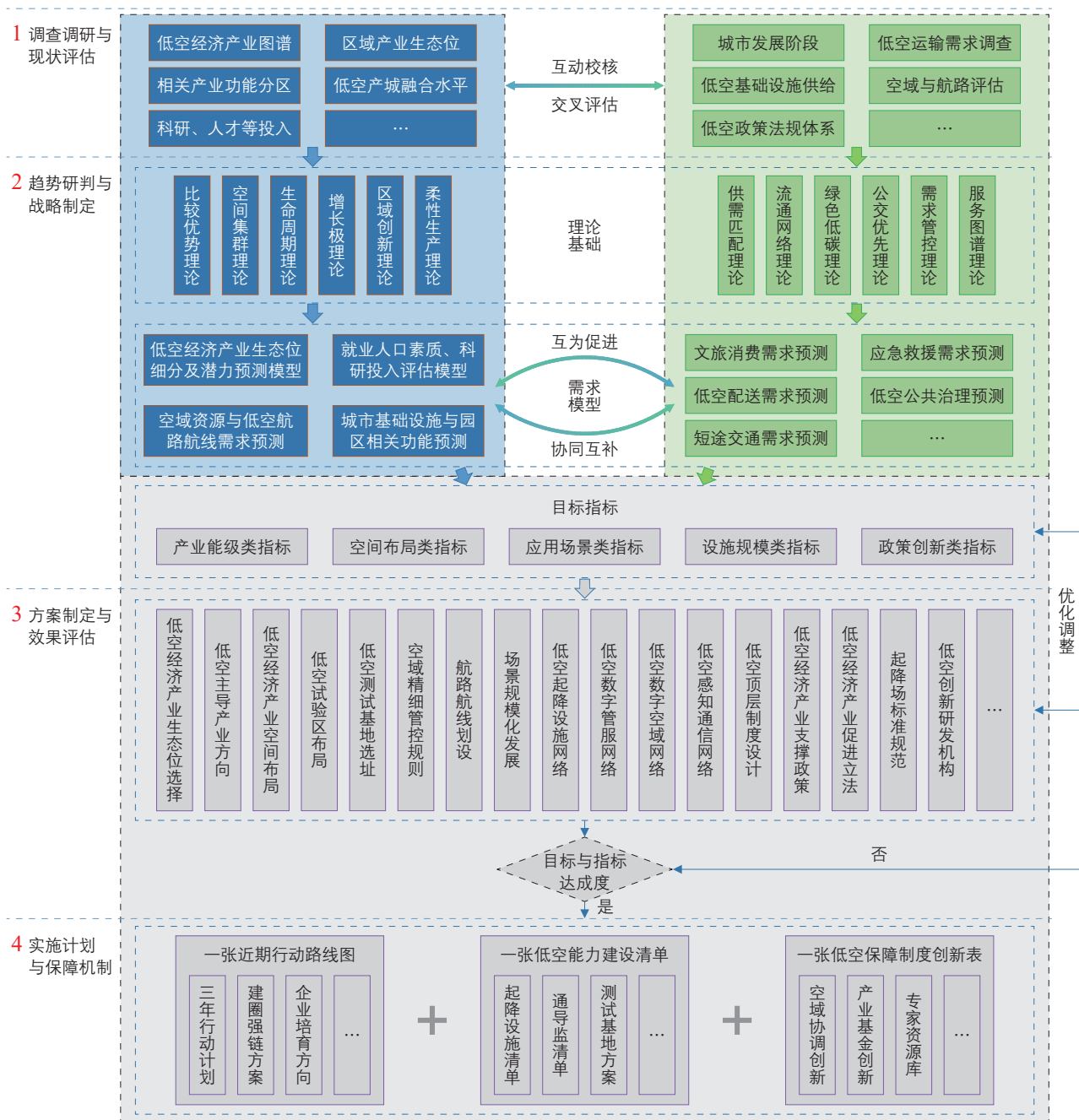


图1 统筹产业-交通-空间三大要素的低空经济规划技术框架体系

Fig.1 Technology framework for low-altitude economic planning coordinating the three key elements of industry, transportation, and space

3.1 现状评估：构建产业、交通两张图谱，辨识低空经济发展基底

构建符合城市发展实际的低空经济产业图谱和交通运输服务图谱，并找准当前发展阶段。城市在两张图谱中的生态位置是低空经济规划现状评估环节需要解决的关键问题。

低空经济产业链图谱构建了覆盖全产业链的三层结构体系(见图2)：上游聚焦关键零部件与核心系统研发，中游涵盖航空器制造及配套保障服务，下游延伸至多元应用场

景与配套产业。中国各区域已形成差异化的产业集群发展格局，特别是在中游制造环节呈现出显著的区域专业化特征——消费级无人机、工业级无人机、eVTOL 航空器以及传统通用航空器(含直升机、固定翼飞机)等细分领域已形成空间集聚态势(见表2)。基于此，产业图谱分析的核心任务在于：精准识别城市所在区域的特色产业链环节，科学评估其在区域产业分工中的生态位优势。

交通运输服务图谱的构建需要建立多维

低空经济产业链全景图谱·细分产业环节

上游：零件与系统



中游：制造与保障



下游：应用与配套



图2 低空经济产业链图谱

Fig.2 Low altitude economic industry chain map

度评估框架：在要素层面，需整合人口分布、产业布局、职住关系和地形特征等基础数据；在效能维度，应从运输时效性、经济成本和运营规模等指标入手，系统分析载运工具供给与实际需求的匹配度。特别需要重视的是，要通过引导性条件和约束性条件识别低空运输的适用场景：一方面评估人口集聚度、山水城资源密集程度等引导性条件，另一方面考量电磁环境、机场空域限制、候鸟迁徙路径等约束性条件，从而明确低空交通在现有运输体系中的功能定位和发展空间。

3.2 战略研判：基于需求引导产业、产业服务需求的逻辑评估需求前景

低空经济规划战略研判工作的核心在于构建“产业-交通”双向驱动的良好循环：通过低空交通运输服务需求引导产业集聚发展，同时以低空经济产业发展推动交通服务降本增效，形成闭环支撑体系。这一体系将为制定产业规模能级、低空需求场景、空间资源配置及空域政策突破等整体目标提供依据。

一方面，基于产业发展与交通规划理论，明确适配城市低空经济的理论逻辑起点；另一方面，建立量化评估模型，预测未来城市优势低空经济产业的增长潜力，以及低空客货运、公共治理场景的发展规模，从而界定低空交通运输服务在综合运输体系中的功能定位与优势范围。

以eVTOL载人飞行需求预测为例，需综合考虑产业比较优势、服务定价对供需的影响等因素，从航空器技术成熟度、低空交通与通用航空票价对比、起降设施布局等维度分析需求规模。以深圳市2025年目标为例，在技术成熟度和起降设施不构成主要限制条件下：

低空载人飞行的盈亏平衡点约为350元·次⁻¹；考虑价格敏感性，预计约20%的豪华专车商务出行和40%的通用航空旅游观光出行将转向eVTOL方式^[6]。

3.3 方案制定：形成“目标—指标—策略—行动”的评估技术框架体系

低空经济规划需要基于战略研判、场景需求和产业能级分析预测，从面向区域的低空经济产业生态位、低空飞行需求量级等维度提出体现城市特色的产业发展目标。以目标为导向，构建涵盖产业、场景、设施空间

布局、空域政策等要素的规划指标体系，作为低空经济规划发展目标与策略的核心传导与控制工具。

在实施层面，需要将低空经济规划制定的具体指标细化至可承载的策略维度。以空间布局类指标向策略方案的传导为例，可将空间指标细分至低空经济产业发展策略维度和飞行场景需求策略维度。产业发展策略需要重点保障空间要素供给，包括：先进制造工业园区，为产业链集聚提供载体；航空器及软硬件设备测试场，满足产品适航认证需求；低空飞行示范区，支持多元低空需求融合检验。这些空间载体要结合产业基础合理布局。飞行场景需求策略需要为各类应用场景提供空间保障。载人、载物、公用治理等场景需要配套起降场及通信、导航、监视相关设施。由于无人驾驶航空器差异性明显，不同飞行场景对空间资源的占用差异较大。例如，服务于eVTOL起降的单一起降坪直径至少应达到12 m，而服务于即时配送的起降场直径需求不超过1 m。因此，需要基于前期的需求研判，细化测算各类场景的空间资源占用需求，实现精准配置。

在完成“目标—指标—策略”的分解传导后，需要综合评估各项发展策略对空域资源、空间资源、资金投入、科技支撑、政策创新等维度的整体需求。基于城市资源承载力评估结果，分析初期制定的发展目标与指标的可达程度。若评估发现难以实现既定目标，应重点识别制约低空经济发展规模的关键瓶颈因素，并据此对发展目标和指标体系进行优化调整，最终形成“目标—指标—策略”的闭环传导机制。

在此基础上，需要将发展策略进一步细化落实为可操作的实施计划。该计划应当包

表2 无人驾驶航空器细分布局
Tab.2 Subdivision layout of unmanned aerial vehicles

细分赛道	产品开发思路	主要关联产业链	产业布局特点
消费级无人机 (微轻小型)	消费电子	电子信息产业	重点布局在粤港澳大湾区 (尤其是深圳市)
工业级无人机 (小中大型)	通航航空器+ 电子信息	通航产业	长三角、大湾区、成渝、 陕西等地布局相对均衡
eVTOL	通航航空 器+汽车	新能源汽车+通 航产业	长三角优势突出，大湾 区、成渝紧随其后
直升机、固 定翼飞机	通用航空器	通航产业，适航 审定及配套产业	直升机：国产化机型在哈 尔滨、南昌、景德镇等地 布局 固定翼飞机：中航工业旗 下及合资企业在多地布局

含三个核心组成部分：1)明确阶段性任务和时序安排的行动路线图；2)详细列明各类设施建设需求的基础设施建设清单；3)系统梳理制度突破要点的保障制度创新表。在计划实施过程中，需要根据政府职能部门的职责分工进行权责匹配和任务分解。具体而言：产业顶层设计和宏观发展路线主要由发展和改革部门、工业和信息化部门牵头负责；低空经济产业生态位提升和产业链龙头企业培育工作主要由科技创新部门、商务部门重点推进；而起降设施规划建设等任务则主要由城市规划部门、交通运输部门和公安部门共同组织实施。

4 指标与传导体系

低空经济规划作为融合产业与运输的专项规划，需要重点处理好与既有规划体系的关系。在规划编制和实施过程中，应当注重与国民经济和社会发展规划、国土空间规划、区域发展规划等既有规划的协调统一，共同构建完善的规划制度体系。要建立健全与相关规划的衔接落实机制，确保规划目标、空间布局、建设时序等关键要素的协调

一致。同时，低空经济规划必须明确自身的专项定位，建立与综合规划相互补充的技术体系。通过明确各类规划的职责边界和技术标准，实现各规划之间各司其职、规范有序的协同发展。

4.1 低空经济规划与既有规划体系的传导关系

低空经济规划应当以国民经济和社会发展规划五年规划纲要、《国家综合立体交通网规划纲要》等上位发展规划为指导，将其中明确的高质量发展要求作为统领低空经济产业与交通运输服务发展的根本遵循，通过具体指标的形式在规划中进行有效传导和落实(见图3)。

规划编制需要以国土空间规划为基础，重点处理好两方面关系：1)明确低空经济产业发展、交通运输服务与开发强度管控、“三区三线”等空间管控要求的协调关系；2)推动将低空空域资源纳入国土空间资源保护与开发范畴，拓展国土空间规划的传统内涵，使其从地面、地下、临海延伸到低空空域维度。

同时，必须加强与其他专项规划的协同

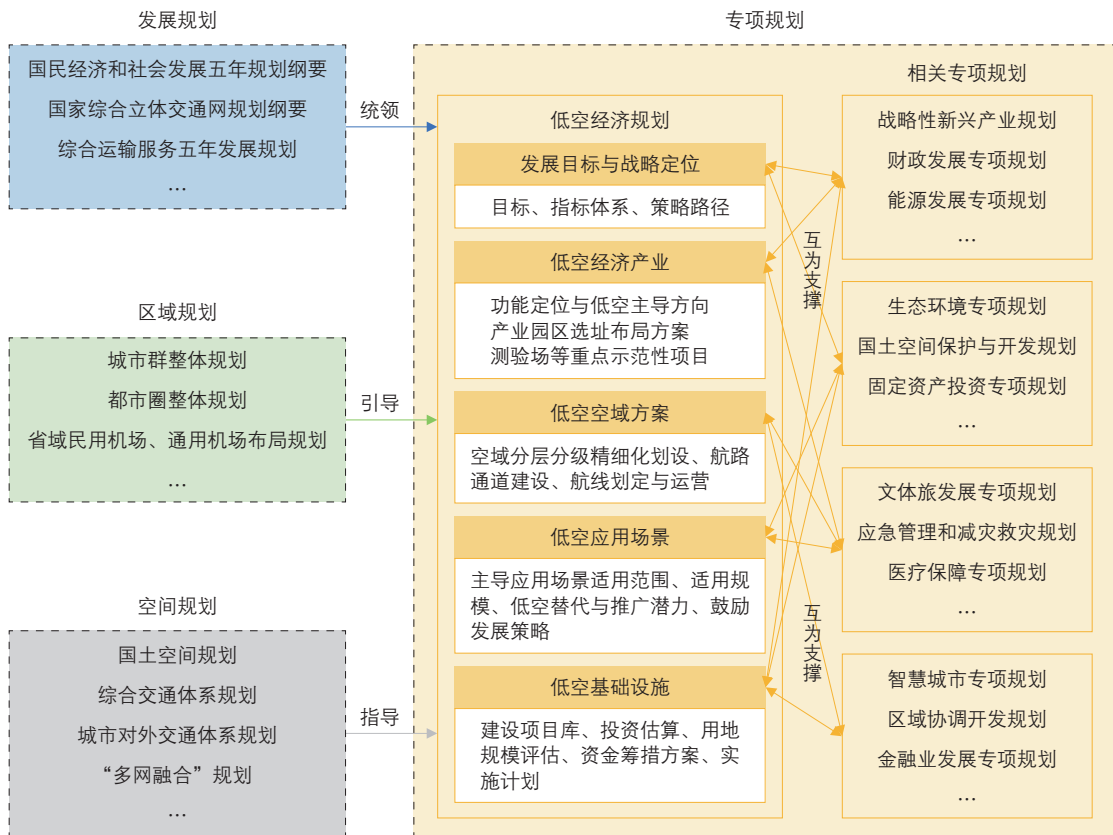


图3 低空经济规划与既有规划体系关联

Fig.3 Correlation between low-altitude economic planning and existing planning systems

衔接：与战略性新兴产业规划协同制定产业发展路径；与财政发展专项规划对接资金保障方案；与固定资产投资专项规划衔接项目建设安排；与智慧城市专项规划协调技术创新应用；与区域协调开发规划统筹空间布局。通过建立多规协同机制，为低空经济在区域层面的战略分解和落地实施提供系统

保障^[7]。

4.2 低空经济规划关键指标体系

低空经济规划关键指标体系作为规划编制的核心内容，在规划技术框架中发挥着承上启下的关键作用。该体系既是实现目标、策略、行动逐级传导的重要控制工具，又是

表3 低空经济规划关键指标体系以及衔接的专项规划

Tab.3 Key indicator system for low-altitude economic planning and related special planning

指标维度	指标名称	指标说明	衔接的专项规划
产业发展	低空经济产值规模/亿元	低空经济上、中、下游产业链整体产值	战略性新兴产业规划，科技创新规划，人才发展规划，数字经济专项规划，现代服务业发展规划
	低空经济产业生态位/%	具有产业链影响力的优势产品、服务的市场占比	战略性新兴产业规划，现代制造业规划，区域协同规划
	国省级专精特新企业数量/个	以低空经济生产制造环节链上企业为主	战略性新兴产业规划，现代制造业规划
	国省级单项制造业冠军企业数量/个	以低空经济生产制造环节链上企业为主	战略性新兴产业规划，现代制造业规划
应用场景	低空飞行总规模/架次	通航、无人机商业飞行总架次	综合交通规划，交通运输服务五年发展规划
	低空文旅体育飞行规模/人次	含文旅观光、载人体育运动等	文体旅发展专项规划
	低空公共治理与生产服务飞行规模/架次	不含日常雪务飞行	服务业发展规划，应急管理和减灾救灾规划，消防规划，食品药品安全规划，医疗保障专项规划
	低空物流配送飞行规模/架次	含即时配送、快递以及尚不明确的支线物流	物流与供应链发展规划，战略物资规划
	低空载人飞行规模/人次	近期主要为19座及以下的通航载客，中远期eVTOL成为主力	交通运输服务五年发展规划，文化旅游体育规划
空间设施	低空经济产业测试场能级/个	涵盖年度测试规模，可以测试的场景类型等	战略性新兴产业规划，现代制造业规划
	低空应用示范区能级/个	涵盖示范区数量、融合示范的场景类型等	战略性新兴产业规划，文体旅发展专项规划
	低空载人起降点数量/个	含各类许可(备案)起降场、临时起降点	固定资产投资专项规划，财政发展专项规划，交通运输服务五年发展规划
	应用级无人机起降点数量/个	公共地理、生产服务、物资配送等场景的无人机起降点	固定资产投资专项规划，财政发展专项规划，交通运输服务五年发展规划
空域利用	有人/无人低空融合飞行发展程度/架次	A，B，C类等空域内的多方式融合飞行规模	空域精细化划设专项规划，航路航线规划，通用航空规划，区域协调开发规划
	低空载货/载人航线数量/条	空域管制部门批准并常态化运行	空域精细化划设专项规划，航路航线规划
	市级飞行管服系统并发支持能力/架次	低空数字管服平台可同时服务的航空器起降架次	空域精细化划设专项规划，航路航线规划，数字政府规划
政策保障	低空经济促进相关立法保障/部	利用地方立法权保障低空经济发展	科技创新规划，现代服务业规划
	低空经济产业招引与培育政策	招商引资相关配套政策完善程度	商业发展规划
	低空起降基础设施建设规范	低空相关基础设施建设规范标准体系	综合交通规划，交通运输服务五年发展规划
	运输/通航/低空设施融合共建标准	通信等基础设施共建共享发展水平	运输航空发展规划，通用航空规划，区域协同合作规划
	航空器间通感一体规范	低空无人驾驶航空器之间、航空器与地面等之间的信息传输规范	战略性新兴产业规划，现代制造业规划，数字政府规划，市政基础设施规划

确保低空经济专项规划与发展规划、区域规划、空间规划及其他专项规划有效衔接的核心要素。基于低空经济发展的特殊性和规划编制的重点要求,同时为完善规划技术体系的衔接传导功能,本文构建了低空经济规划的关键指标体系及其衔接的专项规划(见表3)。该体系重点包含以下维度:产业发展、应用场景、空间设施、空域利用、政策保障等,全面覆盖低空经济发展的各个方面。

5 结束语

作为支撑低空经济高质量发展、完善交通运输服务体系、助力智慧城市建设的重点专项规划,低空经济规划在当前规划体系中仍缺乏系统性的理论架构。随着深圳、无锡等城市开展先行先试,基于中国低空经济发展现状和资源条件,本文构建了适应现阶段城市低空经济发展需求的规划技术框架。该框架坚持产业-交通-空间三位一体的协同发展理念,充分考虑低空空域资源逐步开放这一特殊约束条件,形成从现状评估到战略研判再到方案制定的完整闭环体系。同时,需要重点处理好低空经济规划与现有发展规划、区域规划、空间规划及其他专项规划的衔接关系,建立以关键指标为纽带的协同规划机制。

参考文献:

References:

- [1] 吕人力. 我国通用航空业发展潜力认识[J]. 中国民用航空, 2017(11): 39-41.

- [2] 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司. 宝安区eVTOL起降点布局规划与近期建设方案[R]. 深圳: 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 2024.

- [3] 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司. 无人驾驶航空器在海事监管领域应用的指导意见[R]. 深圳: 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 2024.

- [4] 张晓春, 安健, 黄泽, 等. 城市交通新基建网络建设展望: 目标、内涵与路径[J]. 城市交通, 2024, 22(1): 1-14.

ZHANG X C, AN J, HUANG Z, et al. Prospects for the construction of new infrastructure networks in urban transportation: objectives, connotations, and paths[J]. Urban transport of China, 2024, 22(1): 1-14.

- [5] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见[EB/OL]. (2019-05-23) [2024-11-02]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5397679.htm.

- [6] 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司. 深圳市低空航空器起降设施布局规划[R]. 深圳: 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 2024.

- [7] 卓健, 徐弈. 国土空间规划背景下交通—用地规划协同指标体系构建[J]. 规划师, 2023, 39(10): 14-21.

ZHUO J, XU Y. The construction of the synergistic indicator system of “transportation-land use” planning in the context of territorial space planning[J]. Planners, 2023, 39(10): 14-21.

(上接第12页)

- [41] 张奕, 卜凡亮. 基于CBR与RBR的应急决策支持系统设计与实现[J]. 软件导刊, 2019, 18(2): 55-59.

ZHANG Y, BU F L. Design and implementation of emergency decision support system based on CBR and RBR[J]. Software guide. 2019, 18(2): 55-59.

- [42] 于洪, 何德牛, 王国胤, 等. 大数据智能决策[J]. 自动化学报, 2020, 46(5): 878-896.

YU H, HE D N, WANG G Y, et al. Big data for intelligent decision making[J]. Acta automation sinica, 2020, 46(5): 878-896.

- [43] 文森, 钱力, 胡懋地, 等. 基于大语言模

型的问答技术研究进展综述[J]. 数据分析与知识发现, 2024, 8(6): 16-29.

WEN S, QIAN L, HU M D, et al. Review of research progress on question-answering techniques based on large language models [J]. Data analysis and knowledge discovery, 2024, 8(6): 16-29.

- [44] LI J, XU C. Evidence-based practices in sustainable travel behavior intervention: a knowledge graph-based systematic review [J]. Journal of traffic and transportation engineering (English edition), 2024, 11(2): 293-311.