文章编号：1003-1421(2026)01-0059-11
引用格式：任新惠，蒋妤婕. 低空经济政策与城市空中交通创新生态系统产业发展演变及作用机制研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(1)：59-69，140.
REN Xinhui，JIANG Yujie. Low-Altitude Economy Policies and Development Evolution and Mechanisms of Urban Air Mobility Innovation Ecosystem Industry[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(1)：59-69，140.

低空经济政策与城市空中交通创新生态系统产业发展演变及作用机制研究

任新惠，蒋妤婕

(中国民航大学 经济与管理学院，天津 300300)

摘 要：城市空中交通(UAM)是低空经济的核心产业。近年来低空经济快速发展，得益于国家在低空空域改革、无人驾驶航空器飞行管理等政策的引领，但仍面临政策法规不健全、产业技术创新不足、市场有待培育等问题。研究聚焦低空经济政策层面，以2010—2024年政策文件为样本，分析政策的演变过程，探索政策对UAM创新生态系统的作用机制。研究发现，政策战略明确系统各发展阶段的发展目标和产业定位，顶层引导系统发展；政策工具在系统各个阶段组合方式各有侧重，应重点加强空域管理、基础设施建设、核心技术突破、应用场景拓展这几类政策，促进系统中环境、供给、需求主体协同发展；政策组合与系统不同主体间形成各自的作用机制，促进UAM产业高质量发展，为未来政策制定提供参考。

关键词：低空经济；政策组合；UAM；创新生态系统；作用机制
中图分类号：U29；F294.3；V279 **文献标识码**：A **DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250721002

Low-Altitude Economy Policies and Development Evolution and Mechanisms of Urban Air Mobility Innovation Ecosystem Industry

REN Xinhui，JIANG Yujie

(College of Economics and Management, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Urban air mobility (UAM) is the core industry of the low-altitude economy. The rapid development of the low-altitude economy in recent years has benefited from national policies in low-altitude airspace reform and unmanned aerial vehicle flight management. However, there are still challenges such as incomplete policy and regulatory frameworks, insufficient industrial technological innovation, and an underdeveloped market that requires cultivation. Focusing on the policy dimension of the low-altitude economy, this study analyzed the evolution of policies using policy documents from 2010 to 2024 as samples and explored the mechanism through which these policies influence the UAM innovation ecosystem. The research findings show that policy strategy clearly defines development objectives and industrial positioning for each stage of the ecosystem, providing top-level guidance for its evolution. The deployment of policy instruments

收稿日期：2025-07-21
通信作者：任新惠(1971—)，女，陕西西安人，中国民航大学经济与管理学院教授。
基金项目：国家自然科学基金联合基金重点项目(U2433214)；中国民航大学研究生科研创新项目(2024YJSKC070010)

varies in emphasis across different stages of the ecosystem; priority should be given to strengthening policies related to airspace management, infrastructure construction, breakthroughs in core technologies, and the expansion of application scenarios to foster synergistic development among the environmental, supply, and demand entities within the ecosystem. Furthermore, policy mixes form distinct mechanisms of interaction with the different ecosystem entities, promoting the high-quality development of the UAM industry. These findings provide a reference for future policy formulation.

Keywords: Low-Altitude Economy; Policy Mix; UAM; Innovation Ecosystem; Mechanism of Interaction

0　引言

在国家打造新质生产力、推动经济高质量发展的背景下，我国政府大力支持低空经济产业发展。2021年2月，中共中央、国务院发布《国家综合立体交通网规划纲要》，首次从国家层面提出发展低空经济。2023年中央经济工作会议将低空经济列为“国家战略性新兴产业”。2024年政府工作报告中，指出要积极打造低空经济等新增长引擎。低空经济是以各类有人驾驶和无人驾驶航空器的各类飞行活动为牵引，低空飞行产业是其核心产业。城市空中交通(UAM)作为低空经济核心产业组成部分，伴随着无人机、北斗导航等技术的发展，有望成为未来空中交通的颠覆性新兴产业，成为城市交通发展新趋势[1]，也正成为推动高新技术突破和经济高质量发展的新引擎。在政策红利与产业迅速发展的背后，存在着政策法规不健全、产业上游核心零部件技术“卡脖子”、低空基础设施覆盖率低、应用场景未形成规模等难点问题，阻碍了UAM产业的高质量发展。低空经济高质量发展需要深度聚焦政策法规与制度创新[2]、场景开发与市场需求、产业生态与协同发展等方面，本研究根据低空经济UAM产业高质量发展机理[3-5]，全面分析UAM产业政策。

当前产业管理也逐渐走向创新生态系统的新型创新范式与管理理念[6-7]，学者们认为创新生态系统由创新过程所涉及的直接或间接参与主体间的相互影响所形成的动态循环构成[8-10]。其本质在于通过不同组织和主体之间的协作，赋能传统行业，实现多方资源的整合与共享[11]。政府和企业是创新生态系统中的两大核心关键主体。UAM产业包括产业链上下游的各环节与最终产品研发、生产、交付、使用紧密相关的各类企业和机构，这些参与者和要素共同保障产业运行和发展。因此，UAM产业是一个复杂的创新生态系统[12]，从创新生态系统的角度可以全面理解政策如何作用于系统各个主体[13]，分析新兴产业颠覆性创新过程，进而揭示创新政策组合如何通过驱动创新生态系统演进来推动新兴产业颠覆性创新的实现[14]。

我国政府也出台了许多针对低空经济UAM产业发展的政策和举措，但单一的政策工具往往只是针对产业的某一个环节，不能主导产业发展，出现政策失灵[15-16]。主导产业的发展离不开政策组合发挥作用[17]，政策组合是实现创新生态系统高质量发展的关键要素。当前对UAM产业政策组合的系统深入研究鲜少涉及，政策组合对UAM产业的作用机制还不清楚，政策与UAM产业发展如何匹配也成为重要的实践问题，因而探究低空经济政策组合对UAM产业发展的影响机制具有重要价值。

1　文献综述

1.1　政策组合

政策组合概念最早出现在20世纪60年代的政策文献中，后来越来越多的领域基于政策组合概念进行研究，如创新技术、可持续发展等。Rogge等[18]将政策组合定义为由要素、政策过程和特征组成，其中政策组合要素由政策战略和相互作用的工具组合而成。政策战略包括产业定位、业务路线、行动路线和发展目标，反映了政策的具体目标与方向。政策工具组合由一系列实现总目标的政策构成[19]，它们由相关部门发布以解决问题，实现目标。政策组合具有一致性、连贯性、可信性和全面性。不同学者对政策工具进行分类，Rothwell[20]按政策作用领域将政策工具分为供给型、需求型和环境型，探究产业创新生态系统数字化转型的关键政策要素[21]。还有学者按政策发布意图分为政策保障和政策行动等[22]，并基于此分类研究区域创新生态系统韧性[23]。

1.2　创新生态系统理论与UAM创新生态系统

1.2.1　创新生态系统理论

Moore[24]将生态系统的概念进行延伸，提出企业生态系统的概念，从系统的角度分析企业之间的关系，认为企业与其他企业、客户、供应商、技术伙伴共同形成一个系统。在此基础上，Adner[8]将创新生态系统定义为其主体包括企业、合作伙伴、客户及其他利益相关者，这些主体相互联系共同创造价值。在后续研究中学者们从网络化[25]、区域化[26]和结构化[27]视角解构创新生态系统。创新生态系统的演化发展受到多个因素的影响，其中政策是影响创新生态系统发展的最主要因素之一，产业的发展需要系统性的政策组合支持[28]。谭劲松等[29]探究政府作为“架构者”，如何影响产业创新生态系统的形成和演进。柳卸林等[30]从产业创新生态系统视角出发，分析政策如何影响新能源汽车产业各生态主体的发展与央地政策协同的关系。

1.2.2　UAM创新生态系统

UAM正处于高速发展阶段，对UAM创新生态系统的研究主要围绕无人机应用、基础设施等方面，较少学者对整个UAM创新生态系统构建、演化等方面进行研究。任新惠等[31-32]构建UAM创新生态系统，包括技术研发种群、政府机构种群、场景应用种群、商业用户种群、辅助支持种群，探究该系统主体之间的共生关系和系统各阶段主体共生演化机制。周常宝等[33]采用情境-结构-能力框架，以大疆为例，探究并推导出高科技企业创新生态系统。还有一些学者探究UAM创新生态系统的演化发展，Cohen等[34]将UAM的演化发展分为6个阶段，基于此，分析UAM未来发展的挑战。

围绕UAM创新生态系统的研究主要涉及系统构建和演化过程，缺乏探讨政策如何影响系统中各个创新主体的发展，进而影响产业发展的作用机制。因此，基于Rogge等[18]提出的扩展的政策组合分析框架，结合我国2010—2024年低空经济、UAM政策文件，分析UAM生态系统分阶段政策演化，科学揭示政策对UAM创新生态系统的作用机制，研究印证了该政策组合分析框架在UAM产业中的适用性，补充了政策组合与创新生态系统的互动历程。

2　政策分析框架

研究依据政策组合理论，采用Rothwell[20]政策工具分类法，分析政策组合及UAM创新生态系统阶段性演变历程，科学揭示政策对UAM创新生态系统的作用机制，推动UAM创新生态系统高质量发展。研究框架如图1所示。

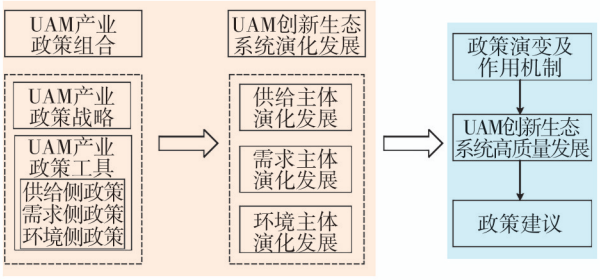

图1　研究框架

Fig.1　Research framework

2.1　UAM创新生态系统构建

依据政策内容和政策工具类型，构建UAM创新生态系统主体，主要包括环境主体、供给主体和需求主体[31, 35]。环境主体包括经济环境、监管环境、社会环境和运行环境。供给主体主要指无人机制造商及组件提供商，一般为科研院所、亿航智能和大疆等无人机制造企业。需求主体主要是应用无人机的企业，如美团、迅蚁等需要购买无人机提供服务的消费者。系统内部主体之间存在相互作用，环境主体通过提供良好的技术创新环境及资金资助无人机制造商、大学进行技术研发，支撑维护供给主体；通过低空空域管理、提供基础设施等，支撑维护需求主体场景应用。供给主体和需求主体协同促进环境主体的发展，使环境主体可以根据实时的市场需求为其提供足够的支撑。供给主体为需求主体提供产品服务，需求主体激发供给主体创新，以此形成完整的相互作用机制。UAM创新生态系统如图2所示。

2.2　政策文本收集与处理

内容分析法需要筛选和分析大量文本，从相关部门官方网站、文献资料、产业新闻资讯等多个渠道，收集2010—2024年政策文件。对国务院、工业和信息化部、中国民用航空局、国家发展和改革委员会等官方网站进行检索，检索关键词为无人

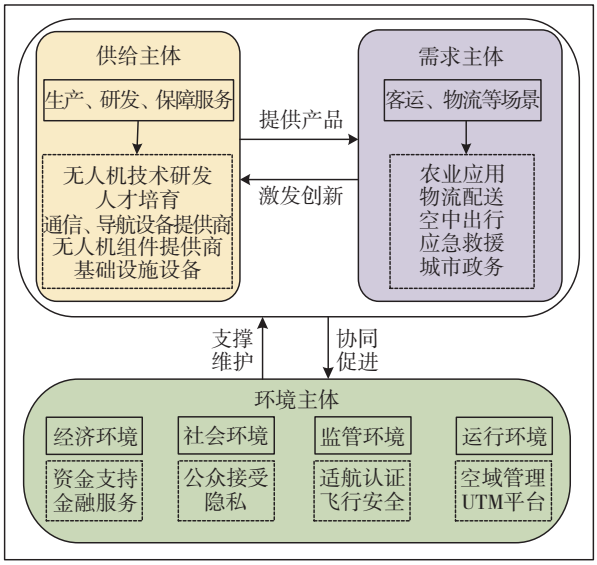

图2　UAM创新生态系统

Fig.2　UAM innovation ecosystem

驾驶航空器、低空经济、电动垂直起降飞行器(eVTOL)等，得到158份与低空经济、无人机相关的政策文件。

首先，对收集的资料进行整理、摘录、分类和编码、比对分析，提高信息的准确度。政策组合包括政策战略和政策工具。政策战略主要是实施政策的目标及计划。对于政策工具，归类后得到UAM产业的环境侧政策工具、供给侧政策工具和需求侧政策工具，UAM政策工具分类如表1所示。将前期搜集的政策文件按照颁布时间排序，依据表1中的政策工具分类标准，对政策文件进行编码。将政策文本中的条款内容按照“政策编号+一级标题+二级标题+……+末级标题+最末级标题中出现的次序”进行编码，将政策文件的关键性内容与12类分类依据进行匹配，确定政策工具具体类别。该编码过程由4位成员背对背完成，对不一致的政策工具分类集中讨论出统一结果。政策文件编码示例如表2所示。

表1　UAM政策工具分类

Tab.1　Classification of UAM policy instruments

政策工具	供给侧	需求侧	环境侧	分类依据
UAM产业发展规划	—	—	●	制定产业目标
飞行管理	—	—	●	明确飞行活动规范
空域管理	—	—	●	划分空域范围，规定使用要求
产业环境管理	—	—	●	培养产业生态，优化发展环境
无人机产品准入规范	—	—	●	制定技术标准，规范市场秩序
低空配套设施建设	●	—	—	保障产业运行
产品R&D投入	●	—	—	提高产品质量
低空技术研发	●	—	—	突破关键技术
低空人才培育	●	—	—	提升研发能力
采购补贴	—	●	—	增强购买需求，提高购买数量
UAM场景应用	—	●	—	推动产品应用
运营试点	—	●	—	产品示范推广

3　低空经济政策组合与UAM产业发展作用机制分析

3.1　UAM创新生态系统阶段性关键政策战略演变

参考Mao等[36]提出的产业政策效果理论框架，结合我国国民经济计划时间和UAM产业关键政策战略，将UAM创新生态系统发展分为4个阶段，分别为启动期、生长期、强化期和深入期，UAM创新生态系统发展阶段及关键政策战略如图3所示。2010年国家逐步放开低空空域，低空经济随技术、

表2　政策文件编码示例

Tab.2　Example of policy document coding

政策类别	对应政策工具	政策文件	具体内容	编码
环境侧	UAM产业发展规划	《民用航空工业中长期发展规划(2013—2020年)》(工信部联规〔2013〕1号)	开发一批无人机，建立维修、支援、保障、培训、租赁等配套服务体系	3-4-2
	……	……	……	……
供给侧	低空配套设施建设	《关于促进通用机场有序发展的意见》(发改基础〔2018〕1164号)	提升既有航空飞行培训通用机场的服务保障能力，注重与航空制造、通用航空消费等上下游融合，发展固定翼航空器、旋翼机、无人机等多类型、多层次的飞行培训体系	80-2-1-4
	……	……	……	……
需求侧	采购补贴	《2021—2023年全国通用类农业机械中央财政资金最高补贴额一览表》(农办机〔2021〕5号)	对购买植保无人驾驶航空器进行补贴	126-3-1-2
	……	……	……	……

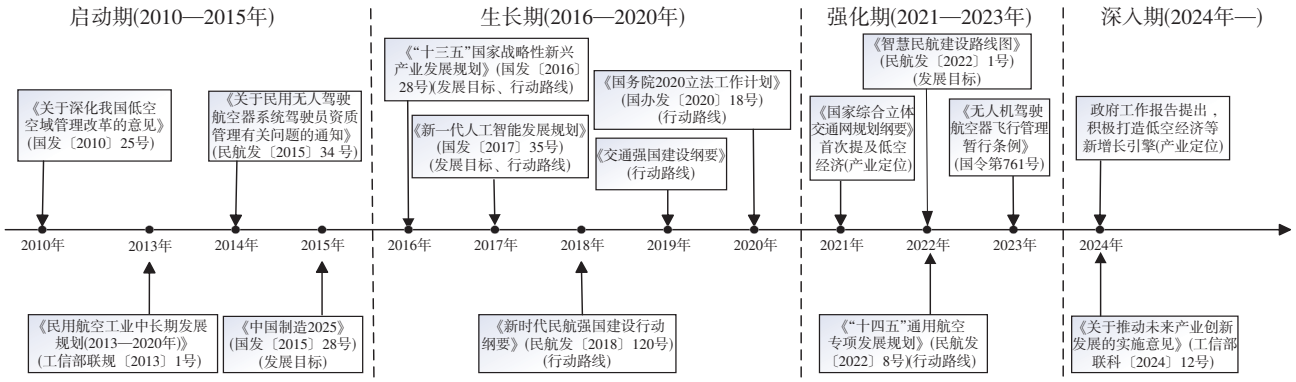

图3　UAM创新生态系统发展阶段及关键政策战略

Fig.3　Development stages and key policy strategies for UAM innovation ecosystem

市场和政策共同作用应运而生。2016年是“十三五”开局之年，战略性新兴产业发展规划首次提及无人机，因此将2016年作为生长期的起点。2021年是“十四五”规划的开局之年也是“低空经济”一词首次出现在中央政策文件中，据此，以2021年作为强化期的起始时间。2024年政府工作报告中强调低空经济，因此以2024年作为深入期的起始时间。

（1）启动期(2010—2015年)。政策主要以鼓励研发和监管无人机运行资质为主。2010年颁布空域改革政策对低空空域改革，自此以后，四川、安徽、江西、湖南和海南5省获批开展低空空域改革试点。2013年《民用航空工业中长期发展规划(2013—2020年)》(工信部联规〔2013〕1号)要求建立维修、支援、保障等配套服务体系，为低空经济产业发展奠定基础。产业发展初期，创新生态系统处于初步形成阶段，政府通过制定发展目标为产业明确发展方向，制定行动路线引导UAM创新生态系统持续发展演进。2015年发布的《中国制造2025》(国发〔2015〕28号)，提出推进无人机产业化，强调无人机要形成相应产业。同时，该阶段也针对UAM创新生态系统的环境主体进行管理，保障无人机配套设施建设，为无人机运行管理奠定基础。

（2）生长期(2016—2020年)。在《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》(国发〔2016〕28号)政策战略引导下，大力开发市场需求大的工业级无人机，升级核心技术。而后相关政策明确了UAM创新生态系统发展目标和产业行动路线。在UAM产业环境方面，明确了无人机系统标准和无人机制造企业规范。2020年明确将《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》的制定写入国务院立法工作计划，为规范无人机的安全飞行及相关活动提供法律保障。随着市场无人机产品逐步成熟，政府出台政策推进无人机市场应用。将无人机与物流、农业、巡检、消防等方面结合，建立产业新模式。与此同时，政府鼓励无人机制造企业、科研机构等参与者不断提升无人机电池性能及载荷等相关技术，完成技术轨道跃迁，实现颠覆性创新。该阶段一方面重点鼓励无人机制造技术的升级，另一方面推动无人机新兴技术与传统行业进行交叉融合，实现UAM创新生态系统的全面拓展。

（3）强化期(2021—2023年)。该阶段UAM产业政策密集出台，力度加大，推进UAM创新生态系统高质量发展。《智慧民航路线图》(民航发〔2022〕1号)为产业制定发展目标，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》(国令第761号)强化无人机监督管理，规范无人机飞行活动，营造健康有序的产业环境。由于电动垂直起降技术的成熟化，《“十四五”通用航空专项发展规划》(民航发〔2022〕8号)支持无人机载客载人等应用试点，亿航智能率先获得了EH216-S型无人驾驶航空器系统型号合格证(以下简称“TC”)，这也是全球首款无人驾驶航空器系统TC证，意味着以eVTOL为核心的低空飞行落地成为现实，实现UAM创新生态系统需求主体的全面拓展。

（4）深入期(2024年—)。在“低空经济”首次被写入政府工作报告后，各地积极响应发展低空经

济，30个省份将低空经济写入政府工作报告，出台低空发展规划和政策文件，如《北京市促进低空经济产业高质量发展行动方案(2024—2027年)》(京经信发〔2024〕54号)、《广东省低空经济高质量发展行动方案(2024—2026年)》(粤府办〔2024〕6号)等，呈现繁荣发展的态势，也标志着UAM创新生态系统发展进入新阶段。

在UAM创新生态系统演化发展的不同阶段，政府制定适宜的产业目标和行动路线，推动各主体积极交流合作，成立低空产业联盟，鼓励技术研发创新，建立高效的空中交通管理机制，保障良好的产业环境，鼓励试点，拓展UAM产业应用场景，UAM创新生态系统得到高质量发展。在国家政策战略引导下，各地区的侧重点有所不同。其中，广东省低空经济UAM发展领跑全国，在产业实力、场景应用和保障能力等方面具有显著优势，形成了覆盖原材料、通信导航设备、运营服务等完整的环节产业链。深圳市颁布《深圳经济特区低空经济产业促进条例》(深圳市第七届人民代表大会常务委员会公告第128号)，鼓励探索低空物流、城市空中交通等应用场景，同时也强调对低空基础设施的建设与保障。北京市颁布《北京市促进低空经济产业高质量发展行动方案(2024—2027年)》(京经信发〔2024〕54号)，提出持续加强低空经济技术创新引领的重点任务，对供给主体有较大的促进作用。江苏省各地积极颁布推动低空经济发展的行动方案，重点强调低空场景的应用，连云港市预计到2027年开通15条以上的低空航线，南京市将无人机应用到桥梁巡检，以低空场景应用驱动需求主体发展，推动UAM创新生态系统向应用驱动扩张。

我国UAM创新生态系统在国家政策总体引领下，因地制宜形成了多元化演化路径。不同地区政策组合的差异导致生态系统演化方向呈现“需求驱动、供给主导、综合发展”等不同模式。创新生态系统的演化发展并非单一线性过程，而是受政策、产业基础与地方资源禀赋共同作用的多元演进。

3.2　UAM创新生态系统阶段性政策工具组合演变

综观UAM发展过程中的一系列政策，展现了国家对该产业的重视。本研究梳理了4个阶段的UAM产业政策工具组合如表3所示。启动期，以环境侧政策工具为主导。生长期，供给侧政策工具逐渐增多。强化期，3类政策工具数量快速增长。总体来看，UAM产业3种政策工具均有所涉及，环境侧政策工具占比最高为41.1%，供给侧政策工具和需求侧政策工具占比分别为30.4%，28.5%。

在启动期，UAM产业处于起步阶段，该阶段政府是UAM创新生态系统发展的主要推动力。该阶段以环境侧政策工具为主，使用空域管理政策对低空空域进行改革，使用无人机产品准入规范和产业环境管理政策推动UAM创新生态系统发展。同

表3　UAM产业政策工具组合

Tab.3　Policy instrument mixes for UAM industry

阶段划分	政策工具组合描述
启动期	2010年起，以环境侧政策工具为主，暂未使用需求侧政策工具 ① 低空空域改革分为3个阶段，分阶段进行低空空域改革试点(2010年，环境—空域管理) ② 开发一批无人机，建立维修、支援、保障、培训、租赁等配套服务体系(2013年，环境—产业环境管理) ……
生长期	3种政策工具持续共存，开始使用需求侧政策工具，供给侧政策工具和环境侧政策工具为重点 ① 完善无人飞行器等无人系统的适航管理、安全管理和运营机制(2016年，环境—无人机产品准入规范) ② 对无人机制造企业进行规范，研发经费投入不低于当年总营业额的4%(2018年，供给—产品R&D投入) ……
强化期	2021年起，需求侧政策工具大幅增加，环境侧政策工具略有增加，供给侧政策工具略低于其他2种政策工具 ① 提出了空中交通管理、起降场、通信导航监视等方面的管理要求和技术要求(2022年，供给—低空配套设施建设) ② 明确在黄埔区强化多点支撑、多极带动，开展智能驾驶的低空载人飞行器试飞及组网试点(2023年，需求—运营试点) ……
深入期	①《通用航空装备创新应用实施方案》(工信部联重装〔2024〕52号)以每3年为间隔制定无人机产业发展目标(2024年，环境—UAM产业发展规划) ② 加快eVTOL、智能高效航空物流装备等应用(2024年，需求—UAM场景应用) ……

时规范其空中交通管理工作，保障无人机的飞行安全。该阶段，创新生态系统环境主体得到较大发展，保障系统环境建立，带动创新生态系统雏形的建立。

进入到生长期，该阶段政策工具持续发力。环境侧方面主要以无人机产品准入规范、空域管理、产业环境管理政策为主，如《“十三五”市场监管规划》(国发〔2017〕6号)、《植保无人驾驶航空器质量评价技术规范》(NY/T 3213—2023)等政策文件对无人机产品标准进行规定，保障无人机产品质量。随着实名登记无人机数量的增加，对无人机飞行空域进行管理，保障空域安全开放。同时，制定《轻小无人机运行规定》(AC-91-FS-2015-31)等政策保障无人机运行。供给侧政策中，主要运用了低空技术研发、低空人才培育政策，通过鼓励无人机研制、培育人才，完善产业链。然而，UAM产业核心技术尚未实现突破，尤其是无人机所需的芯片，航空发动机等核心技术不能自主研发，低空核心零部件与自主研发能力制约产业高质量发展。需求侧政策主要以UAM场景应用政策为主，鼓励无人机与其他产业结合，使“低空经济+”创造更高的经济价值。该阶段，UAM创新生态系统结构基本确定，环境主体和供给主体齐头并进，需求主体发展缓慢，但UAM创新生态系统市场价值创造能力较低，不具备与传统领域融合发展的能力，无法形成低空综合业态。

在强化期，该阶段政策工具更侧重于需求侧和环境侧。环境侧政策主要以UAM产业发展规划、无人机产品准入规范为主。在低空无人机数量显著增加的情况下，政策文件着力提高空域管理效率，维护UAM产业环境。供给侧政策主要以低空配套建设和低空技术研发子工具为主。在政策的鼓励下，我国已成为民用无人机技术第一大来源国。对于需求侧政策，主要以UAM场景应用、运营试点为主。在生长期阶段的基础上，继续深化场景应用政策，拓宽应用场景，派生更多低空经济价值创造活动。在UAM的实际运行中，空域管理涉及多个部门，审批流程繁琐冗长、效率低下，低空资源难以得到高效开发导致空域经济效益低下，同时存在低空基础设施不足，区域分布失衡等问题。该阶段，需求主体得到快速发展，政策以UAM场景应用为重点，需求侧政策强度持续加强，为UAM消费市场扩张创造了条件，同时使得UAM创新生态系统主体协同发展，帮助UAM产业实现高质量发展。

在深入期，该阶段是UAM产业由政策驱动向场景落地转型的关键时期，政策工具以需求侧和供给侧为主，同时辅以空域管理、产业环境管理等环境侧政策。但当前低空领域商业化规模较小，主要以物流配送、智慧农业领域为主，场景应用覆盖的广度和深度未触及UAM商业价值的核心。并且由于企业研发成本和运营成本高，基础设施配套不足，短期内难以实现盈利。政策工具应持续发挥引领作用，重点发展UAM产业并落地，推动UAM产业商业化进程。该阶段的重点依旧是促进需求主体快速发展，拓展低空消费市场边界，帮助低空经济企业形成规模经济，持续促进系统主体协同，全面拓展UAM创新生态系统。

3.3　政策组合对UAM创新生态系统的作用机制

3.3.1　各阶段政策组合对UAM创新生态系统的作用机制

在产业发展的各阶段，尤其是启动期和生长期，UAM产业必须优先通过空域管理、适航规范、产业规划等环境侧政策构建制度环境，降低产业风险，保障UAM创新生态系统的初步稳定。在产业发展前中期，环境侧政策保持较高的占比，通过“政策保障行业秩序–UAM产业环境优化”的机制路径，形成环境侧政策主导的机制。随着产业逐步发展，通过产品R&D投入、人才培育等供给侧政策工具，形成“政策鼓励技术创新–UAM产品升级”的机制路径，有效推动了无人机制造、飞控系统等关键领域技术进步。该阶段，环境侧政策和供给侧政策综合发力，为UAM市场应用提供条件。由于UAM产业本身对安全性的要求，以及公众隐私等问题，消费市场培育面临较大挑战，加之产业发展到强化期需要使产品进入到消费市场，因此，颁布运营试点和UAM场景应用政策帮助培育消费市场，需求侧政策数量剧增，形成“政策驱动市场应用–UAM消费市场培育”的机制路径，展现出政府在推动应用场景拓展和市场培育方面的政策转向。在产业发展的整体历程中，呈现出环境侧工具

占比较高、需求侧政策工具占比较低的现状，是由于“规制优先–技术跟进–需求滞后”的政策组合–系统主体互动机制所驱动的，反映战略性新兴产业创新生态系统的演化发展是先通过环境侧政策规制产业环境建立基础，再逐步通过供给侧政策推动研发能力建设，最后加大需求侧政策力度，培育消费市场。这一发现拓展了对政策组合与创新生态系统演化关系的理解，即政策组合并非静态配置，而是伴随产业发展与创新生态系统演化而不断调整的动态过程，呈现出阶段性不均衡和路径依赖的特征。

3.3.2　政策组合对UAM创新生态系统各主体的作用机制

在颁布实施UAM产业政策后，锚定政策对UAM创新生态系统的作用及各主体间的影响机制，可以更好针对问题制定有效政策，推动UAM产业高质量发展。

（1）环境主体。政府颁布政策保障环境主体，反之环境主体会对政策进行反馈，帮助制定未来发展政策。政府通过制定财政和金融政策从而影响经济环境，对UAM产业发展给予资金支持等。监管环境方面，在系统发展初期，对无人机运行、无人机空中交通等方面进行管理。随着技术进步与成熟，低空运行的无人机增多，但也带来无人机未经许可闯入公共及敏感区域、意外坠落等“黑飞”事件。为更好监管无人机，中国民用航空局颁布《民用无人驾驶航空器实名登记管理规定》(AP–45–AA–2017–03)确保飞行安全。应对创新生态系统演化发展展现出的问题，政策工具会不断调整，确保政策施行的连贯性。后续，在UAM创新生态系统发展过程中，多部门联合发力，于2023年颁布《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》(国令第761号)，无人机进入强监管时代，政策监管促进了UAM产业生态健康发展。社会环境方面，政府根据环境主体的反馈，考虑到公众接受和公众隐私等社会因素，颁布《城市场景轻小型无人驾驶航空器物流航线划设规范》(MH/T 4054—2022)，在设计航线时充分考虑社会环境因素。运行环境方面，政策鼓励并支持进行无人机起降点的建设，推动空域管理的改革和开放。政策组合保障UAM产业环境主体，进而带动UAM创新生态系统协同发展。

（2）供给主体。政策对供给主体的作用机制是鼓励供给主体进行技术研发和产品开发，根据供给主体的反馈对政策进行修改调整。2016年颁布《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》(工信部装〔2017〕310号)等一系列政策支持无人机制造企业建立技术创新平台，与大学、科研院所合作增强基础研发能力，减少对国外核心技术的依赖。在政策鼓励技术研发和产品开发的基础上，我国无人机制造、整机装配、通信导航设备供应链基本完整，但低空航空器相关的主控芯片等核心部件国产能力较低，依赖国外技术。面对这样的发展现状，政府部门不断提出新的举措，2024年颁布《关于推动未来产业创新发展的实施意见》(工信部联科〔2024〕12号)进一步深化技术研发任务，提升技术自主能力。

（3）需求主体。当前对低空产业的发展主要还是政策驱动应用，2017年起颁布相关政策驱动无人机场景应用，如《“十四五”现代物流发展规划》(国办发〔2022〕17号)中提到拓展智慧物流商业化应用场景，稳步发展无人配送、智慧航运等新业态。当前无人机已经在物流配送、应急救援等领域进行深度应用，促进传统产业发展。需求主体的发展带动了UAM产业的发展，形成从制造到服务的完整产业链条，但消费需求端仅占价值链的15%左右[37]。这主要由于UAM应用场景开发不足，致使消费需求端的价值相对较低。未来，在政策驱动下，不断探索“UAM+”新模式，创造更多的商业价值。

综上，政策组合以政策战略和政策工具为手段，促进UAM创新生态系统主体协同发展，助力UAM产业实现高质量发展。政策战略明确UAM创新生态系统演进方向和规划演进路线，政策工具通过调整其政策类型促进UAM创新生态系统发展，同时政策战略与政策工具间存在“自上而下”和“自下而上”的作用关系。政策战略明确政策工具的作用方向以匹配其目标，依据产业定位对政策工具进行优化。政策工具能根据系统发展情况进行调整，逐步向上形成针对该阶段的政策战略。政策组合对UAM创新生态系统作用机制如图4所示。

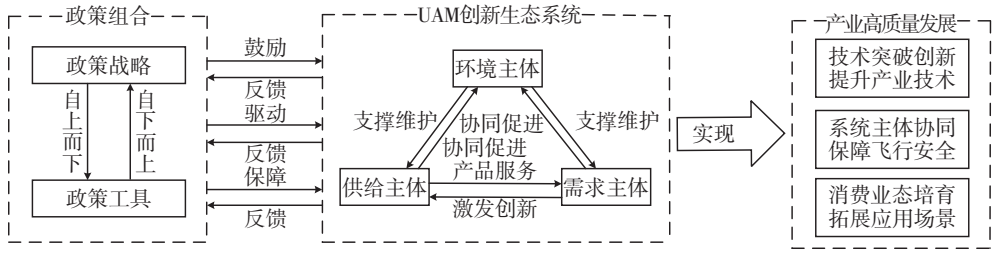

图4　政策组合对UAM创新生态系统作用机制

Fig.4　Mechanism of policy mixes in UAM innovation ecosystem

4　结论及建议

4.1　结论

基于2010—2024年我国低空经济政策文件的系统性梳理，从创新生态系统视角出发，结合政策分析UAM创新生态系统演变阶段、各阶段政策工具使用情况及政策组合对系统各主体作用机制。

（1）政策组合通过政策战略引导和政策工具实施为主要手段对系统主体产生作用，政策战略制定的目标与政策工具间形成较强的一致性。同时UAM创新生态系统也会反馈优化政策组合，以此循环促进UAM高质量发展。

（2）UAM创新生态系统发展的不同阶段，不同的政策战略明确了UAM创新生态系统阶段性的发展方向和演进路线。启动期政策工具以环境侧政策为主，生长期以供给侧和环境侧政策为主，保障UAM飞行安全，增强政策可信度。强化期以需求侧和环境侧政策为主，深入期以供给侧和需求侧政策为主，通过政策工具相互组合和阶段性主导，推进环境主体高质量演进，供给主体高标准演进，需求主体全面拓展式演进，政策组合全面保障UAM创新生态系统演化发展，印证了政策组合框架在UAM产业的适用性。

（3）政策组合对UAM产业形成“规制保障–技术鼓励–需求驱动”的作用机制，并将其嵌入到UAM创新生态系统及其主体的框架中，展示政策组合如何成为驱动新兴产业创新生态系统演化的关键动力。

本研究从理论方面印证了政策组合框架在UAM产业中的适用性。通过分析不同阶段环境侧、需求侧、供给侧政策侧重不同，表明政策目标与工具之间的匹配性、一致性、连贯性、可信度。同时补充了政策组合与创新生态系统演化互动的研究。政策组合具有显著的动态性，是伴随创新生态系统演化而持续优化与调整的动态过程。这一发现将政策组合理论与创新生态系统理论结合起来，说明政策组合是驱动创新生态系统演化的关键驱动力。

4.2　建议

（1）强化战略引领，推动UAM创新生态系统演化发展。政策战略应持续面向UAM创新生态系统演化发展过程进行顶层设计，明确各阶段发展目标和行动路线，统筹协调系统供给、需求和环境主体之间协同联动，加强要素流动。主体之间可以建立战略合作伙伴关系，如产学研合作等，提高资源利用率。针对供给主体，政策应激励科研院所和企业进行技术攻关。对于需求主体，建立典型应用场景，拓展低空经济特色服务。对于环境主体，政策战略应聚焦于空域资源和监管环境，加快构建行业标准，包括运营服务质量等，纳入未来政策、行业标准制定计划中。同时，政策战略也要不断根据UAM产业发展状况对产业进行重新定位，引导UAM产业健康发展。

（2）加快低空法律法规和基础设施建设。尽管环境侧政策数量较多，但精细化程度不足，因此应继续完善低空空域管理等环境方面的法律法规，推进空域数字化、平台化建设，提高空域管理的精确性。在基础设施方面，政策制定需要规划建设一批无人机起降平台，以及公共测试、电力等配套基础设施，使UAM应用场景得以实现。

（3）建立UAM创新生态系统主体合作联盟，促进产业协同发展。应联合创新生态系统主体的关键参与者，如无人机制造商、空管部门等建立合作联盟。供给侧方面，联盟集中力量加强技术突破，强化基础性技术研究，重点突破三电系统、航电飞

控系统技术，加强无人机制造企业与高校等机构合作组建重点实验室，促进科研成果转化。环境侧方面，通过联盟力量建立产业标准体系，形成统一的技术标准、服务标准和安全标准。

（4）培育多元化应用场景，助推UAM实现商业化。政策制定应重点推广UAM商业化应用，加大需求侧政策工具强度。短期内，聚焦物流、巡逻巡检等应用场景。在物流领域，2029年低空经济物流行业市场规模有望达1 920亿元，鼓励企业之间相互合作，建立合作共赢的商业模式，助力打造物流配送行业标杆场景。在巡逻巡检领域，利用无人机进行基础设施线网巡检，及时发现安全隐患。中长期应逐步推广eVTOL机场班车、城际出行等一系列场景，为公众提供“门到门”服务，创造商业价值。另外，未来政策需要加强宣传与推广，提升公众接受度，增强对低空经济产业的信任和消费意愿。

（5）建立动态调整机制，提升政策组合适应性。UAM创新生态系统正处于快速演化发展中，需要根据UAM创新生态系统的反馈及时进行政策调整。当前，应细化产业发展目标，在产业环境管理和准入规范这2类环境侧政策的引导下，持续推进低空技术研发类的供给侧政策，强化场景应用类需求侧政策，形成“环境-供给-需求”3类工具的动态均衡，实现产业政策与创新生态系统演化之间的良性互动，保障UAM产业有序发展。

参考文献：

[1] HOLDEN J，GOEL N. Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation[EB/OL]. (2016-12-31)[2025-06-01]. https：//d1nyezh1ys8wfo. cloudfront. net/static/PDFs/Elevate%2BWhitepaper. pdf? uclick_id=4e6d76ac-7c01-42ea-948c-ef4839e8345d.

[2] 兰旭东. 低空经济高质量发展的难点、焦点与对策[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版). (2025-06-25)[2025-07-01]. https：//doi. org/10. 14100/j. cnki. 65-1039/g4. 20250624. 001.

[3] 宋志勇. 高质量发展通用航空和低空经济[EB/OL]. (2025-01-03)[2025-05-21]. https：//www. gov. cn/zhengce/202501/content_6996109. htm.

[4] 沈映春，李　昂. 低空经济赋能高质量发展的内在机理与现实路径[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版). (2025-08-12) [2025-09-01]. https：//doi. org/10. 14100/j. cnki. 65-1039/g4. 20250812. 001.

[5] 吕人力. 低空经济的背景、内涵与全球格局[J]. 人民论坛·学术前沿，2024(15)：45-56.
LYU Renli. The Background，Connotation and Global Pattern of Low-Altitude Economy[J]. Frontiers，2024(15)：45-56.

[6] 柳卸林，王　倩. 创新管理研究的新范式：创新生态系统管理[J]. 科学学与科学技术管理，2021，42(10)：20-33.
LIU Xielin，WANG Qian. New Paradigm of Innovation Management Research：Innovation Ecosystems[J]. Science of Science and Management of S & T，2021，42(10)：20-33.

[7] 韩庆祥. 系统观念是具有基础性的思想和工作方法[N]. 光明日报，2022-04-18(15).

[8] ADNER R. Match Your Innovation Strategy to Your Innovation Ecosystem[EB/OL]. (2006-12-31)[2025-06-30]. http：//sjbae.pbworks. com/w/file/fetch/60084211/Adner_2006_HBR. pdf.

[9] ADNER R. Ecosystem as Structure[J]. Journal of Management，2017，43(1)：39-58.

[10] 李　万，常　静，王敏杰，等. 创新3. 0与创新生态系统[J]. 科学学研究，2014，32(12)：1761-1770.
LI Wan，CHANG Jing，WANG Minjie，et al. Innovation 3. 0 and Innovation Ecosystem[J]. Studies in Science of Science，2014，32(12)：1761-1770.

[11] 张　鹏，李小红. 创新生态系统理论视域下首发经济的驱动机理与推进路径研究[J]. 中国软科学，2025(6)：88-98.
ZHANG Peng，LI Xiaohong. Study on the Driving Mechanism and Promotion Pathways of the China’s Debut Economy from the Perspective of Innovation Ecosystem Theory[J]. China Soft Science，2025(6)：88-98.

[12] 欧阳桃花. 低空经济的技术创新与场景创新[J]. 人民论坛·学术前沿，2024(15)：57-68.
OUYANG Taohua. Technological Innovation and Scenario Innovation of Low-Altitude Economy[J]. Frontiers，2024(15)：57-68.

[13] WANG Y F，SHI J，QU G H. Research on Collaborative Innovation Cooperation Strategies of Manufacturing Digital Ecosystem from the Perspective of Multiple Stakeholders[J]. Computers & Industrial Engineering，2024，190：110003.

[14] 武建龙，鲍萌萌，杨仲基. 新兴产业颠覆性创新政策组合作用机制研究：基于创新生态系统视角[J]. 中国软科学，2023(7)：44-55.

WU Jianlong, BAO Mengmeng, YANG Zhongji. Study on the Effect Mechanism of Innovation Policy Mix on the Disruptive Innovation of Emerging Industry: From Perspective of Innovation Ecosystem[J]. China Soft Science, 2023(7): 44-55.

[15] SALAS GIRONÉS E, VAN EST R, VERBONG G. The Role of Policy Entrepreneurs in Defining Directions of Innovation Policy: A Case Study of Automated Driving in the Netherlands[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2020, 161: 120243.

[16] SUN Y T, JIANG L, CAO C, et al. From Contributors to Boundary Spanners: Evolving Roles of Government Agencies in China's Innovation Policy Network (1980-2019)[J]. Technovation, 2024, 132: 102974.

[17] ZHAO X L, LI X M, JIAO D H, et al. Policy Incentives and Electric Vehicle Adoption in China: From a Perspective of Policy Mixes[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2024, 190: 104235.

[18] ROGGE K S, REICHARDT K. Policy Mixes for Sustainability Transitions: An Extended Concept and Framework for Analysis[J]. Research Policy, 2016, 45(8): 1620-1635.

[19] KERN F, ROGGE K S, HOWLETT M. Policy Mixes for Sustainability Transitions: New Approaches and Insights through Bridging Innovation and Policy Studies[J]. Research Policy, 2019, 48(10): 103832.

[20] ROTHWELL R. Reindustrialization and Technology: Towards a National Policy Framework[J]. Science and Public Policy, 1985, 12(3): 113-130.

[21] 王宏起, 赵天一, 李　玥. 产业创新生态系统数字化转型的政策组合研究[J]. 中国软科学, 2023(10): 119-131.
WANG Hongqi, ZHAO Tianyi, LI Yue. Research on the Policy Mixes for Digital Transformation of Industrial Innovation Ecosystem[J]. China Soft Science, 2023(10): 119-131.

[22] 耿红军, 王　昶, 张翠虹, 等. 赶超型创新政策组合与配称研究[J]. 科研管理, 2023, 44(9): 71-79.
GENG Hongjun, WANG Chang, ZHANG Cuihong, et al. Research on the Fitting and Combination of Catch-Up Oriented Innovation Policies[J]. Science Research Management, 2023, 44(9): 71-79.

[23] 许学国, 周诗雨, 刘凤梅. 基于政策工具的区域集成电路创新生态系统韧性治理组态路径研究[J]. 情报科学, 2025, 43(2): 176-188.
XU Xueguo, ZHOU Shiyu, LIU Fengmei. Configuration Path of Resilience Governance for Regional Integrated Circuit Innovation Ecosystem Based on Policy Tools[J]. Information Science, 2025, 43(2): 176-188.

[24] MOORE J F. Predators and Prey: A New Ecology of Competition[J]. Harvard Business Review, 1993, 71(3): 75-86.

[25] DURST S, POUTANEN P. Success Factors of Innovation Ecosystems-Initial Insights from a Literature Review[J]. Co-create, 2013(3): 27.

[26] 苏　屹, 王雪纯, 刘传斌. 区域创新生态系统共生效率对创新绩效的影响研究[J]. 经济体制改革, 2025(3): 43-51.
SU Yi, WANG Xuechun, LIU Chuanbin. Influence of Symbiotic Efficiency of Regional Innovation Ecosystem on Innovation Performance[J]. Reform of Economic System, 2025(3): 43-51.

[27] 宁连举, 刘经涛, 肖玉贤, 等. 数字创新生态系统共生模式研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(8): 1481-1494.
NING Lianju, LIU Jingtao, XIAO Yuxian, et al. Research on Symbiosis Model of Digital Innovation Ecosystem[J]. Studies in Science of Science, 2022, 40(8): 1481-1494.

[28] YANG W, LIU J, LI L F, et al. How could Policies Facilitate Digital Transformation of Innovation Ecosystem: A Multiagent Model[J]. Complexity, 2021, 2021(1): 8835067.

[29] 谭劲松, 宋　娟, 陈晓红. 产业创新生态系统的形成与演进: "架构者" 变迁及其战略行为演变[J]. 管理世界, 2021, 37(9): 167-191.
TAN Jinsong, SONG Juan, CHEN Xiaohong. The Formation and Evolution of Industrial Innovation Ecosystem: "Architect" Transition and the Evolution of Its Strategic Behavior[J]. Journal of Management World, 2021, 37(9): 167-191.

[30] 柳卸林, 杨培培, 丁雪辰. 央地产业政策协同与新能源汽车产业发展: 基于创新生态系统视角[J]. 中国软科学, 2023(11): 38-53.
LIU Xielin, YANG Peipei, DING Xuechen. Development of China's New Energy Vehicle Industry under the Central-Local Government Policy Synergy: The Perspective of Innovation Ecosystem[J]. China Soft Science, 2023(11): 38-53.

[31] 任新惠, 王佳瑞. 城市空中交通创新生态系统构建及运行机制[J]. 科技管理研究, 2024, 44(7): 18-26.
REN Xinhui, WANG Jiarui. Urban Air Mobility Innovation Ecosystem Construction and Operation Mechanism[J]. Science

(下转第 140 页)