北京航空航天大學学报
社会科学版
JOURNAL OF BEIJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS
SOCIAL SCIENCES EDITION

中国低空经济研究的进展、热点与发展趋势

郝金星 董琳 王楚男 范英

Progress, Hot Topics, and Development Trends in China's Low-Altitude Economy Research

HAO Jinxing, DONG Lin, WANG Chunan, FAN Ying

在线阅读 View online: https://bhxb.buaa.edu.cn/bhsk/article/doi/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2025.0383

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

低空管理中政府机构职能问题研究

Functions of Government Agencies in Low-Altitude Management

北京航空航天大学学报社会科学版. 2024, 37(5): 120-133 https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2024.1182

低空经济生成与发展的伦理考量

Ethical Considerations for the Generation and Development of the Low-Altitude Economy

北京航空航天大学学报社会科学版. 2025, 38(1): 54-62 https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2024.0913

中国低空经济发展促进法的理据与图景

Rationale and Vision of the Law on Promoting the Development of China’s Low-Altitude Economy

北京航空航天大学学报社会科学版. 2025, 38(1): 71-84 https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2024.1175

低空经济政策法律体系的现状、经验与展望

Current Situation, Experience and Prospect of the Policies and Legal System of Low-Altitude Economy

北京航空航天大学学报社会科学版. 2024, 37(5): 85-95 https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2024.1156

通用航空发展研究的热点与演进——基于知识图谱的可视化研究

Research Hotspots and Evolution of General Aviation Development: A Visualization Study Based on Knowledge Mapping

北京航空航天大学学报社会科学版. 2020, 33(3): 92-100 https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2019.0120

基于共同演化的低空经济产业生态策略研究

Industrial Ecological Strategies of Low-Altitude Economy Based on Co-Evolution

北京航空航天大学学报社会科学版. 2024, 37(5): 109-119 https://doi.org/10.13766/j.bhsk.1008-2204.2024.1147

关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI：10. 13766/j. bhsk. 1008-2204. 2025. 0383

● 新质生产力与经济高质量发展研究专题

主持人语：在新一轮科技革命和产业变革加速演进的背景下，以科技创新为核心、以要素重组和效率跃升为特征的新质生产力，正成为推动中国经济高质量发展的关键动力。本专题选取低空经济与首发经济这两个具有代表性与现实关切的研究议题，展示相关领域的学术探索。其一，从研究综述的角度，对中国低空经济研究的总体进展、主要关注方向与前沿趋势进行系统梳理，揭示了学界在概念界定、技术应用、产业链构建与政策治理等方面的关注重点及其变化特征。其二，聚焦首发经济，从内涵要义、发展优势与现实约束切入，系统阐释了首发经济在扩大内需、促进消费升级与推动经济高质量发展中的功能定位，并在此基础上提出相应的推进策略。

——郝金星（北京航空航天大学经济管理学院副院长、教授）

中国低空经济研究的进展、热点与发展趋势
——基于大语言模型和可视化文献计量法的分析

郝金星，董　琳，王楚男，范　英

（北京航空航天大学 经济管理学院，北京 100083）

摘　要：国家政策引领、技术创新驱动和市场前景拓深，共同推动低空经济进入飞速发展的黄金时期，人们亟须通过科学的方法全面洞悉中国低空经济研究与发展。为此，研究基于大语言模型和可视化文献计量法，系统梳理了中国低空经济领域的研究现状、热点主题与前沿趋势。研究发现，低空经济研究在 2024 年后呈现爆发式增长，主要集中概念与特征、技术及应用、政策环境与发展策略等三个主题。无人机、通用航空、产业链和应用场景等构成研究热点，数智化、绿色发展、安全与隐私保护、国际合作与标准化等成为未来研究方向。研究成果不仅为开展系统高效的文献综述提供了新思路，还为揭示中国低空经济研究脉络和前沿趋势提供了重要参考和依据。

关键词：低空经济；通用航空；大语言模型；CiteSpace；文献综述

中图分类号：F124; F562　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1008-2204（2026）01-0083-15

一、问题的提出

2021 年 2 月，中共中央、国务院印发了《国家综合立体交通网规划纲要》，首次将“低空经济”写入国家规划。2022 年，中国民用航空局（以下简称“民航局”）在《民航局关于印发〈“十四五”通用航空发展专项规划〉的通知》（民航发〔2022〕8 号）中提出拓展无人机应用领域，发展低空新经济。2023 年 12 月，中央经济工作会议将低空经济确立为战略性新兴产业。2024 年，全国两会首次将“低空经济”写入政府工作报告，明确积极打造这一“新增长引擎”。

低空经济被视为新质生产力的典型代表，展现高科技、高效能、高质量的发展特征[1]。尽管目前学界尚未对其形成统一的定义，但普遍观点认为，低空经济以低空空域为主要活动空间[2]，是低空飞行活动与产业融合的新型综合性经济形态[3]。其带动了低空基础设施、低空飞行器制造、低空运营服务和低空飞行保障等领域的发展[4]，通过高水平科技自立自强，培育新质生产力，实现价值创造与转化，从而满足人民日益增长的对美好生活的需求[5]。

早期低空经济的发展以通用航空为主导[6]。在全球范围内，欧美日等国家凭借其在通用航空领域的先发优势，已在低空经济领域构建了较为完整

收稿日期：2025-04-30

基金项目：国家自然科学基金面上项目（72472008, 71974010, 72371012）；国家自然科学基金青年项目（72001015）；国家自然科学基金创新研究群体项目（72021001）

作者简介：郝金星，北京航空航天大学经济管理学院副院长、教授、博士生导师；董琳，北京航空航天大学经济管理学院硕士研究生；王楚男（通信作者），北京航空航天大学经济管理学院副教授；范英，北京航空航天大学经济管理学院教授。

的产业链，并形成了成熟的商业模式。相较之下，中国的低空经济产业尚处于发展初期。不过，根据《中国通用航空发展报告》（中国航空运输协会主导编制），随着中国低空空域管理改革的逐步深入，从局部试点到全面铺开，发展环境持续优化，从空中到地面的条件不断改善，低空市场潜力得到释放，通航消费逆势增长，飞行量达到了历史最高水平。通航企业数量持续增加，产业规模稳定扩大，电动垂直起降飞行器（electric vertical take-off and landing, eVTOL）创新技术受到了资本市场的热烈追捧。然而，传统通用航空的进一步发展仍受到空域管理、基础设施和技术水平等多方面的制约，其产业规模和应用场景的潜力尚未得到充分挖掘[6]。

低空经济是在通用航空概念的基础上提出并发展而来的，通用航空为低空经济的发展筑建了产业基础，而低空经济也为通用航空转型升级拓展了广阔空间[7]。低空经济作为近年来兴起的经济新范畴，尚未得到充分探索。2024 年 4 月，中华人民共和国工业和信息化部（以下简称“工信部”）赛迪研究院发布《中国低空经济发展研究报告（2024）》，指出低空经济是以低空飞行活动为核心，以无人驾驶飞行、低空智联网等技术组成的新质生产力与空域、市场等要素相互作用，带动低空基础设施、低空飞行器制造、低空运营服务和低空飞行保障等领域发展的综合性经济形态。其不仅涵盖了通用航空，更突出与数字技术、智能应用等方面的深度融合，呈现显著的跨学科特征。随着国家政策对低空经济的持续引导，相关的研究不断增多，亟须通过科学方法对研究现状进行归纳梳理。为此，本研究将以低空经济为主题开展文献综述，旨在更系统地呈现该领域的发展脉络，深入理解新时代低空领域的新发展，并为未来的研究提供参考和方向。

文献计量分析是当前主流的文献综述方法之一，其常用的工具是 CiteSpace。该方法可以通过数学建模和统计分析技术，实现对学术领域的量化研究。其优势在于，可视化知识图谱能够客观呈现领域内的研究热点、学术合作网络及发展演进路径；同时，依托大数据分析生成的量化结果，能够有效规避传统文献综述的主观偏差，为研究提供全局化的实证依据。然而，该方法在对文献内容的语义理解和深层观点的提取方面能力不足，往往难以捕捉到文献之间的细微联系和隐含信息，这在一定程度上限制了研究的深度和广度，此外，在文献筛选等环节需耗费大量时间与人力成本。

为突破上述方法的限制，研究创新性地结合 CiteSpace 的量化分析能力与大语言模型的语义理解优势，构建了一套高效的混合型文献综述路径。该路径通过整合文献计量工具与大语言模型的优势，实现了四重提升：在检索与筛选阶段，提高了目标文献的精准度；在分析阶段，强化了文本挖掘的深度；在呈现阶段，确保了研究结论的全面性；在写作阶段，优化了学术表达的规范性与逻辑性。CiteSpace 与大语言模型的结合不仅能系统识别领域的研究热点和核心学术力量，还可以精准把握学科发展趋势，为学界提供更完整的研究图景，为相关政策的制定提供数据支撑和理论参考。从创新的角度来看，其实现了宏观知识图谱与微观语义理解的有机结合，提升了文献综述工作的效率和质量，不仅探索了人工智能辅助学术研究的新范式，也为其他领域的文献综述提供了思路上的借鉴。

二、研究方法与数据

（一）研究方法

大语言模型（Large Language Model, LLM）是一种基于深度学习架构的自然语言处理模型，其通过预训练海量文本数据，获得了卓越的语言理解和生成能力。本研究使用中文语境下更优的 DeepSeek 和外文语境下更优的 ChatGPT-4 两个代表性通用 LLM 来辅助文献综述的写作。在使用前，上传本地知识库进行微调，增强领域性，并在一定程度上规避了幻觉风险。在撰写文献综述时，LLM 能够解析用户输入的研究主题，辅助检索和筛选相关文献，从而降低时间成本[8]。此外，LLM 还能够利用其文本摘要功能，自动提取文献的核心观点、研究方法和结论，帮助研究者迅速把握文献内容[9]。这一功能对于处理大量文献尤其有用，因为其可以快速筛选出关键信息，节省研究者的时间和精力。

文献计量分析已成为探索学术领域不可或缺的研究方法，并且逐渐获得社会科学研究者的青睐。借助数据挖掘和可视化技术，文献计量分析揭示了文献中隐藏的信息和特征，映射了知识流动的路径，并展现了知识发展的最新动态和演变趋势[10]。CiteSpace 作为一种广泛使用的文献计量分析工具，能够高效地处理和分析庞大的数据集，揭示作者或

机构的发文情况与合作网络，以及关键词共现和聚类的知识图谱。这些图谱能够直观地挖掘并展示领域研究的动态变化，帮助研究者识别研究热点及其关联性，以及研究前沿及演进趋势，从而为把握领域研究的现状提供了有力的辅助。

研究使用 CiteSpace 6.3.R1 软件和 LLM 对低空经济领域的文献进行了全面的系统分析，并形成综述，具体流程，如图 1 所示。

第一步，设定检索策略。通过与 LLM 的互动，不断优化检索策略，迅速锁定高质量的相关文献，以提升文献检索结果的精确度，为后续的分析工作打下坚实的基础。

第二步，文献筛选。首先，利用数据库的筛选功能对文献类型、来源等进行初步筛选；其次，利用 LLM 识别文献信息，以排除那些无法通过数据库功能识别的非目标文献，如公告、会议纪要、期刊序言等；最后，将检索到的文献导入 CiteSpace，进一步剔除信息不完整或重复的文献。

第三步，文献分析。将筛选后的文献导入 CiteSpace，进行年度发文量、机构共现、关键词共现、关键词聚类和时间线分析等操作，以识别研究热点和主题，并分析领域前沿与趋势。然后，同步运用 LLM 对文献进行学习，分析领域主题和趋势，与 CiteSpace 生成的图谱和数据结论相互印证、补充，

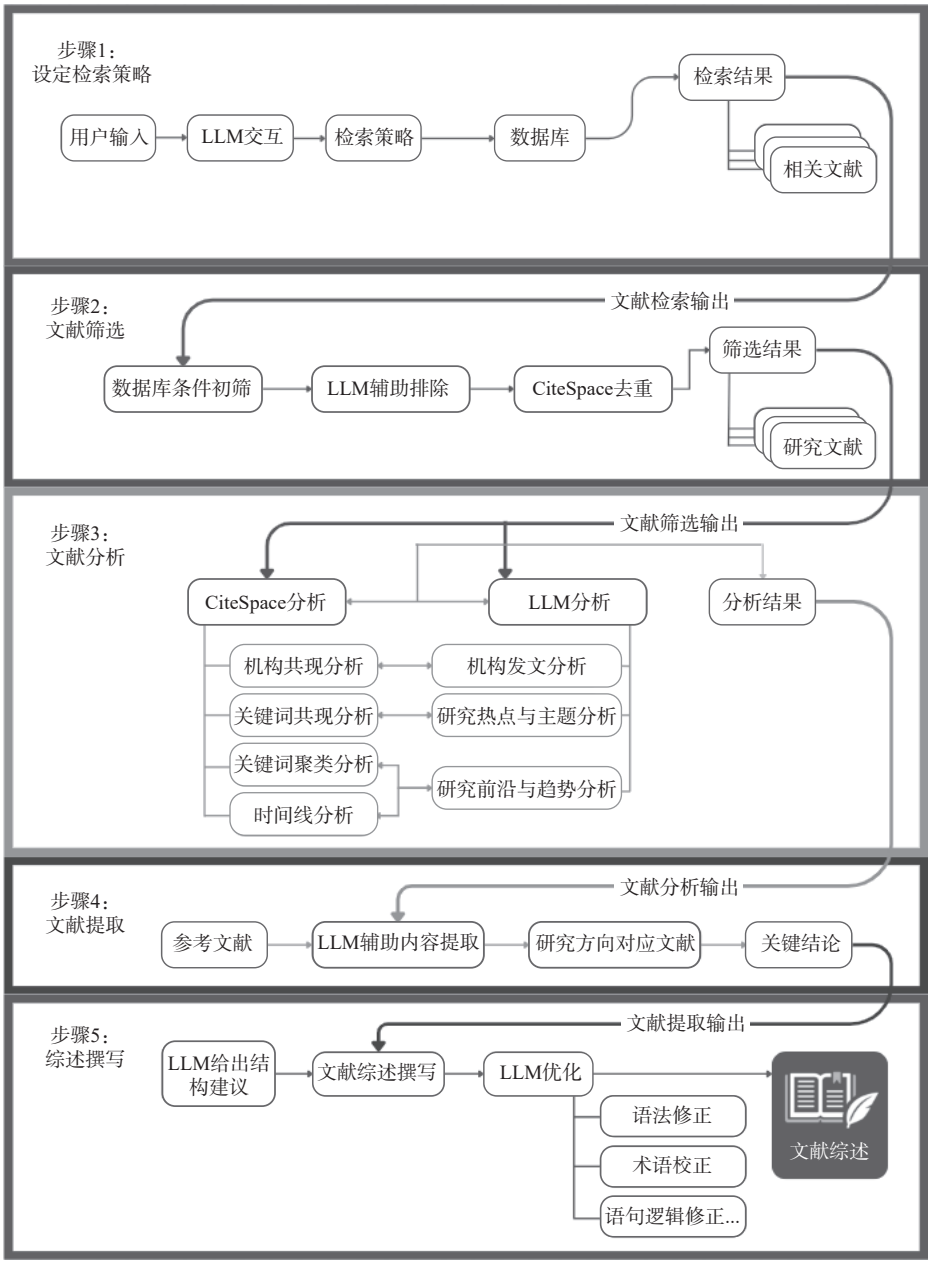

图 1　文献综述撰写流程

从而得到更全面的分析视角。

第四步，文献提取。文献综述的核心部分在于梳理领域内多角度、多方面的观点，包括相互矛盾或统一的见解等。在这一阶段，综述笔者可以借助 LLM，依据第三步的分析结果，从具体文献中提取关键数据与结论，作为支撑写作的依据，从而提升综述撰写的效率。

第五步，综述撰写。在这一阶段，利用 LLM 卓越的语言理解和生成能力，可以为综述提供语法和逻辑建议，优化结构和表达，确保文献综述的质量和专业性。

在使用 LLM 进行分析时需要保持审慎的态度，以避免出现信息幻觉、内容编造以及误用等问题。除了上文提到的附加本地知识库，还可以依靠提示词工程和人工审核的办法来解决该问题[11]。研究按照提示词工程技术 CoT（chain of thought，即思维链）的思路，对研究中使用的 LLM 提示词进行了设计，以“设定检索策略”这一步骤为例展示，如图 2 所示。对于每次 LLM 给出的分析回答，会请专家进行人工判断，审查和验证 LLM 提供的答案是否存在编造与谬误，最大程度上保证严谨与正确性。

> 你是一位专注于低空经济领域的学者。
> 现在，我要撰写一篇关于“中国低空经济领域研究现状”的综述文章。为此，我需要使用中国知网（CNKI）的“高级检索”功能进行系统的文献检索，后续将这些文献导入LLM模型和CiteSpace软件中，进行文本分析和知识图谱构建，最终形成一篇高质量的文献综述。
>
> 请按照以下步骤逐步思考并生成输出：
> 1.确定检索目标：明确综述的研究对象、主题边界和关键词范围（如：低空经济、低空空域、通用航空、无人机产业、空域管理等）。
> 2.构建关键词逻辑结构：请结合布尔逻辑（AND、OR、NOT）和中文术语的实际用法，设定至少两种不同的关键词组合策略，适用于知网的高级检索框架。说明这些关键词为何被选中，如何覆盖“低空经济”的核心概念与拓展概念。
> 3.设计多种检索策略：根据第二步制定不少于两种可选的高级检索表达式，每种策略包含字段（如“主题”“篇名”“关键词”）和逻辑结构设置。分析每种策略的预期命中范围（如全面性、研究视角）及优劣。
> 4.推荐最终方案：基于上述比较，推荐一个最适合当前研究目标的检索策略。如有必要，请建议检索时间范围（如 2010 年后）、文献类型（期刊、博硕士论文等）或排除条件。
>
> 请一步一步严格按照上述思维链进行分析和输出，最终帮助我制定科学、有效的文献检索策略。

图 2　设定检索策略提示词

（二）研究数据

鉴于研究聚焦中国低空经济领域发展情况，故数据主要依托中国知网作为检索平台检索中文文献进行分析。通过高级检索功能，以“低空经济”作为核心关键词进行检索，将时间跨度设定为 2021 年 2 月至 2025 年 3 月 12 日（《国家综合立体交通网规划纲要》将“低空经济”写入国家规划的时点）。采用多轮筛选的方法进行文献筛选，第一，利用数据库的筛选功能，将文献类型限定为“学术期刊”进行初筛；第二，将检索到的文献信息导入 LLM，帮助剔除与研究主题无直接关联的文献，如“通知公告”“会议纪要”“期刊序言”“书评”等非研究性质的文献。为提升文献研究的有效性，在数据导入时利用 CiteSpace 工具进一步去除了重复或信息不完整的文献，最终筛选出与主题密切相关的 957 篇文献作为研究数据。

三、低空经济研究基本情况

（一）年度发文趋势

根据现有数据统计，2021—2025 年，中国低空经济领域在国内的学术论文发表数量经历了显著的演变过程，年度发文量具体表现，如图 3 所示。该过程可细分为两个阶段：一是萌芽阶段，2021—2023 年，论文发表数量从 2021 年的 8 篇逐步增长至 2023 年的 29 篇，呈现一种缓慢的增长态势，但年发表量始终未超过 30 篇，这表明该领域尚处于初步发展期；二是快速发展阶段，2024 年，论文发表量出现了爆发式增长，达到了 751 篇，这一显著的增长反映该领域在这一年受到了学界的广泛关注。截至检索时间（2025 年 3 月 12 日），2025 年已发文 160 篇，而 2024 年同期仅发文 41 篇，据此推测，2025 年的论文发表量有望继续增长。由此可见，低空经济作为一个新兴的研究领域，目前正处于快速发展的阶段，这一趋势可能受到技术革新、政策扶持以及市场需求的共同驱动。

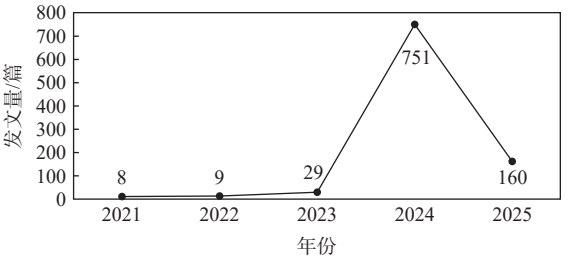

图 3　年度发文量

（二）研究机构分布特征

基于文献数据，绘制了低空经济领域主要研究机构的合作网络图，如图 4 所示，节点代表机构，节

本刊编辑部
中国联通研究院
《法人》
北京航空航天大学
中国政法大学
成都纵横自动化技术股份有限公司
中国民航大学
中国民用航空飞行学院
中国民用航空华东地区空中交通管理局
中国宏观经济研究院产业经济与技术经济研究所
宁波国有资本研究院
《商业文化》
中国经济周刊
中通服咨询设计研究院
国家发展改革委运输所
《中国无线电》杂志编辑部
民航数据通信有限责任公司
中国城市轨道交通协会
国家发展和改革委员会国际合作中心
绍兴市委
中国民航管理干部学院
中国联通北京分公司
广州民航职业技术学院
西华大学航空航天学院
国研新经济研究院
上海市无线电监测站
赛立信通信研究部
江西省社会科学院
江西省华民融合研究院
湖南师范大学马克思主义学院
北京当升材料科技股份有限公司
南京航空航天大学
中国信息通信研究院
浙江大学中国数字经济研究院
中国科技集团有限公司
中国经济周刊
中国直升机设计研究所
中国工程院
中国信息通信研究院
中国民航大学
中国民用航空飞行学院

由图 4 可知，各机构间已经开始相互协作，展开对低空经济领域的探索。但就整体来看，图谱密度值仅为 0.004 9，低于 0.1 的正常水平，合作连线较为短促，连线密度低，反映了低空经济研究科研合作联系不够紧密、研究机构分散化和独立化的特征。上述证据说明低空经济的研究尚未形成广泛的合作，未来需要通过加强机构间的协作，促进知识共享和协同创新，提升低空经济研究的整体水平。

四、低空经济研究主题与趋势分析

（一）研究热点与主题

关键词是文献核心的概括，其频次与热度呈正相关，因此，可以通过对高频关键词的统计快速了解该领域的研究主题与热点[12]。关键词共现图谱，如图 5 所示，其中节点和字号越大，关键词出现频率越高，中心性越大则表示该节点在研究中的重要性和影响力越大。通过分析特定时间段内文献中出现的高频关键词及其相互之间的共现关系，可以揭示当前的研究热点以及不同研究主题之间的联系[13]。高频关键词，如表 2 所示，列出了出现频次排名前 20 的关键词及其频次、中心性数值和首次出现的年份。

在统计期间，由图 5 可知，低空经济领域的关键词共现图谱共有 172 个节点和 215 条连线。由表 2 可知，“低空经济”以 236 次位居关键词之首，凸显了其在该领域的核心地位。“无人机”和“通用航空”分别以 50 次和 16 次位列其后，彰显了这二者在低空经济研究中的重要性。此外，“产业链”“应用场景”“科技创新”等关键词也显示较高的频次，揭示了研究者对于低空经济产业链构建、具体应用场景以及创新技术的关注。在关键词共现图谱中，“低空经济”与“无人机”“通用航空”之间的连线较为密集，表明这些概念在研究中经常一起探讨，可能指向了低空经济领域中无人机技术与通用航空的深度融合和应用。

由表 2 可知，从中心性来看，“低空经济”具有最高的中心性（1.34），“无人机”和“通用航空”也显示较高的中心性（分别为 0.29 和 0.12），再次证明这二者在低空经济领域研究中的核心地位，证实了其在推动低空经济发展中的关键作用。此外，“产业链”“科技创新”和“应用场景”虽然频次略低，但中心性值相对较高（分别为 0.14、0.07 和 0.06），这可能意味着这些领域是当前研究的潜在增长点，对未来低空经济的发展具有重要影响。

在传统文献计量分析中，CiteSpace 主要依赖文

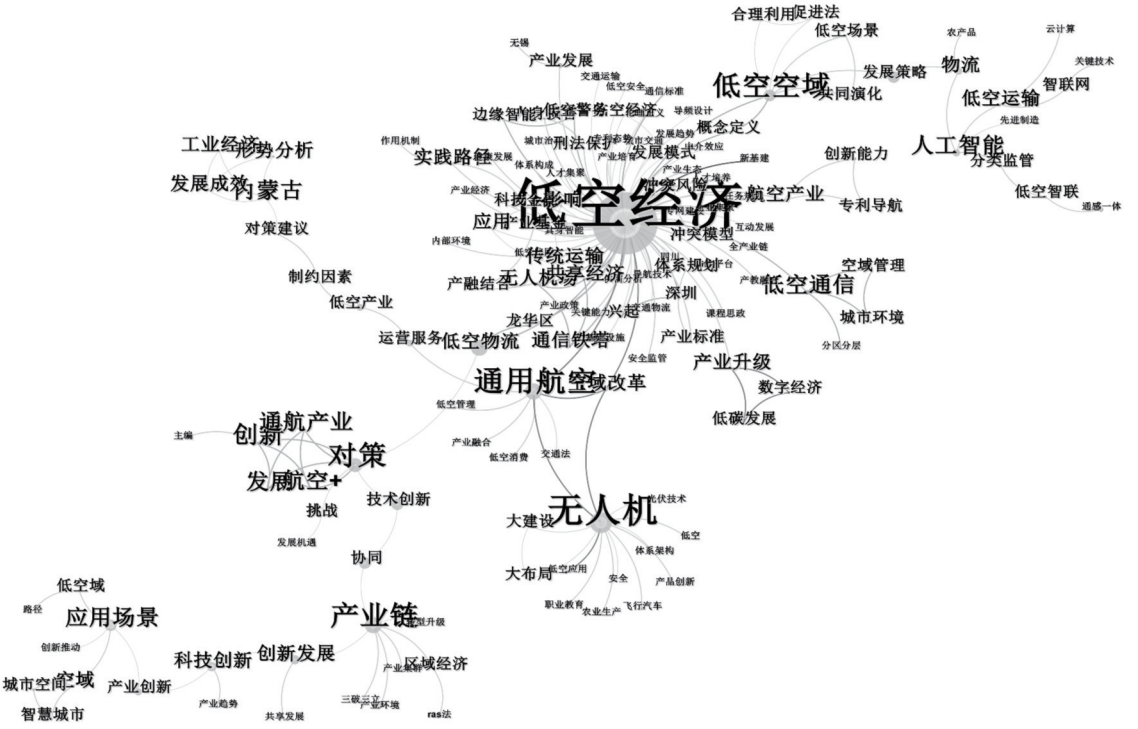
低空经济
无人机
通用航空
低空空域
产业链
应用场景
人工智能
低空运输
低空通信
物流
发展策略
合理利用促进法
低空场景
产业发展
边缘智能
概念定义
发展模式
创新能力
航空产业
专利导航
冲突模型
传统运输
体系规划
无人机共享经济
低空物流
通信设施
产业标准
产业升级
数字经济
低碳发展
空域管理
城市环境
深圳
龙华区
兴起
制约因素
低空产业
工业经济
形势分析
发展成效
内蒙古
对策建议
实践路径
科技创新影响
应用机遇
刑法保护
低空警务
低空经济
智联网
关键技术
云计算
农产品
分类监管
低空智联
通感一体
先进制造
导频设计
发展趋势
新基建
互动发展
全产业链
产教融合
产业政策
关键能力
交通物流
课程思政
分区分层
安全监管
产融结合
运营服务
通航产业
创新
对策
发展
航空+
挑战
技术创新
协同
大建设
大布局
低空应用
安全
产品创新
职业教育
农业生产
飞行汽车
体系架构
低空
低空域
路径
应用场景
创新推动
科技创新
创新发展
区域经济
城市空间
空域
产业创新
智慧城市
产业趋势
共享发展
三碳云立
产业环境
ras法
产业赋能
低空管理
产业融合
低空消费
交通法
主编
无锡
交通运输
低空安全
通信标准
作用机制
城市治理
体系构成
人才集聚
产业经济
内部环境
共享智能
产业培育
发展
合作效应
产业生态
冲突风险
产业机遇
交通法
交通运输
交通法
光伏技术
安全监管
产业升级
数字经济
低碳发展
空域管理
城市环境
分区分层
产业标准
通信设施
通信铁塔
低空物流
龙华区
兴起
深圳
冲突模型
体系规划
传统运输
无人机共享经济
产融结合
低空产业
制约因素
对策建议
内蒙古
发展成效
工业经济
形势分析
实践路径
科技创新影响
应用机遇
刑法保护
低空警务
边缘智能
概念定义
发展模式
创新能力
人工智能

表 2　高频关键词

序号	关键词	频次	中心性	首次出现年份
1	低空经济	236	1.34	2021
2	无人机	50	0.29	2022
3	通用航空	16	0.12	2022
4	产业链	9	0.14	2024
5	应用场景	9	0.06	2024
6	科技创新	8	0.07	2024
7	产业发展	6	0.02	2024
8	低空物流	6	0.16	2023
9	低空空域	6	0.05	2023
10	人工智能	5	0.17	2024
11	低空通信	4	0.06	2023
12	通感一体	4	0.00	2024
13	对策建议	3	0.11	2024
14	产业升级	3	0.04	2022
15	智联网	3	0.02	2024
16	物流	3	0.02	2024
17	发展策略	3	0.01	2024
18	技术创新	3	0.01	2025
19	低空产业	3	0.00	2024
20	产教融合	3	0.00	2024

献作者提供的关键词、标题或摘要中的术语进行共现分析，这种方法虽然能有效识别显性研究热点，但受限于文本的表层信息提取能力，难以深入挖掘文献的隐含主题和研究意图。而 LLM 利用自身在文本分析和语义理解等方面的优势，可以从整体的角度进一步学习并提炼文献给定关键词外的文献内容重点，并生成更完备的关键词和热点，从而更好地反映了文献内容的全貌和研究的真实意图。将文献信息注入 LLM，LLM 共总结出 10 个研究热点及对应关键词，如表 3 所示。相较于 CiteSpace 对文献关键词的直接提取，LLM 能识别出遗漏的高频关键词，如“新质生产力”“基础设施”“安全与风险”“人才培养”等。

结合 CiteSpace 与 LLM 分析结果可见，当前低空经济研究主要聚焦“无人机”“通用航空”“产业链”以及“应用场景”等关键领域，为进一步推动研究成果转化与产业实践结合，亟须从政策层面给予有力支撑。具体而言，首先，应加快推进无人机与通用航空的融合发展，出台专项支持政策，鼓励在空域资源共享、运营规范制定及试点示范等方面形成协同机制，探索设立低空协同运行试验区；其次，应完善低空经济产业链体系，聚焦核心装备制造、系统集成、运营服务等关键环节，推动上下游联动发展，并加强标准规范建设，提升产业链的系统性与韧性；再次，应拓展多元应用场景，围绕物流配送、应急救援、农业植保、城市治理等领域加快试点布局，通过政策引导和财政激励促进场景落地；最后，应重视基础设施与人才保障双轮驱动，在重点区域建设低空通用机场、空域管理平台和信息支撑系统，同时推动高校与产业深度融合，构建复合型人才培养体系。上述政策路径有望为中国低空经济发展提供制度保障与实践引导，进一步释放其经济潜力与社会价值。

表 3　LLM 总结研究热点

序号	热点	关键词
1	定义与内涵	低空经济、定义、内涵、特征、新质生产力
2	政策与监管	政策、法规、监管、空域管理
3	技术与创新	技术创新、无人机、5G/6G人工智能、通感一体化
4	应用与场景	应用场景、物流、旅游、应急救援、农业
5	基础设施	基础设施、起降场、通信网络、导航系统
6	安全与风险	安全、风险管理、隐私保护
7	区域发展	区域发展、城市竞争、产业集群
8	经济影响	经济影响、就业、市场规模
9	国际合作	国际合作、国际经验、政策对比
10	人才培养	人才培养、职业教育、产教融合

在梳理低空经济研究领域文献内容的基础上，结合 CiteSpace 和 LLM 的分析，可以将当前学界关于低空经济的研究主题归为三类，即低空经济的概念与特征、低空经济的技术及应用和低空经济的政策环境与发展策略。这三大研究主题分别具有代表性关键词，能更好地帮助理解研究主题的主要内容，如表 4 所示。

表 4　低空经济研究主题及其代表性关键词

研究主题	代表性关键词
低空经济的概念与特征	低空经济、低空空域、低空产业、通用航空、新质生产力
低空经济的技术及应用	无人机、应用场景、技术创新、人工智能、基础设施、低空物流、低空通信、通感一体、飞行汽车、安全风险
低空经济的政策环境与发展策略	政策监管、发展策略、产业链、产业升级、产教融合、人才培养、区域发展、智慧城市

1. 低空经济的概念与特征

低空经济的相关概念最早由覃睿等于 2010 年提出，旨在回应通用航空发展的需求，并作为低空空域资源科学配置与管理改革的产物。覃睿等从资源角度提出，低空经济是指围绕低空空域资源，以及存在于低空的气候资源和空气资源而开展的经济活动集合[14]。覃睿进一步指出，低空经济是以航空载运与作业装备技术为主要工具，以低空空域为主要活动场域，以低空飞行活动为最终产出形式的经济领域[15]。而欧阳桃花认为，低空经济不仅涵盖传统的通用航空活动，还涉及无人机物流、城市空中交通等新兴领域[16]，相较于传统的通用航空经济，低空经济更加聚焦低空空域的开发利用。从产业链的角度考量，低空经济则主要由低空制造产业、低空飞行产业、低空保障产业和综合服务产业构成[17]。

围绕低空经济的特征，樊一江和李卫波将其总结为“三个新”：首先，新技术应用，如新能源航空动力技术、无人驾驶航空技术和新一代信息技术，这些技术不仅提升了低空经济的技术经济性，还对安全管控与监管技术提出了更高要求；其次，新需求创造与新消费引导，低空经济推动了消费提质升级，并带动了从新一代航空器到空管系统的创新研发和生产制造，促进了产业链上下游的协同发展；最后，新生态构建，低空经济推动了“低空+地面”的高水平融合联动，促进了资源要素的自由流动和相互赋能，为建立新的价值生成和循环模式提供了契机[18]。欧阳桃花和郑舒文则从空间多维性与产业融合的角度出发，认为低空经济通过整合低空和地面资源，形成了综合性的产业生态系统，推动了资源要素的优化配置和跨领域合作。同时指出，低空经济强调技术经济性和创新驱动，应用场景具有广泛性，从生产作业到公共服务、应急救援等领域，展现了广阔的市场潜力[19]。刘亚亚等将低空经济的发展特征总结为技术依赖性、产业融合性和辐射带动性。其技术依赖性表现为对多学科技术交叉融合的高度依赖，贯穿飞行器研发、飞行活动实施及产业融合的全过程，显著提升了产业效率、安全性和应用广度。产业融合性体现在低空经济与制造业、旅游业、农业等多领域的跨界融合，推动传统产业转型升级，形成“低空经济+”模式。此外，低空经济通过技术创新和产业联动，形成跨产业协同发展格局，推动区域经济能级跃升，并在城市建设和社会服务领域产生外溢效应[20]。

尽管学界对低空经济的内涵作出诸多探索，但从整体来看，仍存在三个不足：一是概念边界模糊，部分研究将其等同于通用航空或无人机产业，忽视其作为“多元融合经济形态”的复杂性；二是视角单一化，部分界定过于技术化或产业化，缺乏对空间资源、社会需求和制度机制之间关系的统合思考；三是动态性缺失，现有界定多为静态描述，未能充分体现其随政策演进、技术迭代与市场扩展而不断演化的特征。

鉴于上述问题，本研究认为，低空经济应被界定为：以低空空域为核心场域，依托航空科技进步，融合资源要素、技术系统、产业活动与制度机制，围绕飞行服务开展的多维经济活动体系。其既是一种多维空间资源配置方式，也是一种新兴产业组织形态，更是一个不断演化的系统性经济过程。相较于传统通航经济，低空经济具有更强的多主体参与性、更复杂的系统耦合性与更高的制度敏感性。

2. 低空经济的技术及应用

低空经济的蓬勃发展与技术创新及应用实践紧密相关。近年来，无人机技术、人工智能、5G/6G 通信技术以及通信感知一体化等关键技术的快速进步，为低空经济的多样化应用提供了强有力的技术基础。低空经济通过技术与模式的双重创新，已广泛延伸至物流、农业、公共服务、城市交通等多个领域，展现强劲的带动效应与广阔的应用前景[21]。全国已有 30 个省（自治区、直辖市）将低空经济纳入政府工作规划①，聚焦低空飞行器制造、低空智能交通与空地一体化运营、低空物流、低空旅游等新兴领域，制定具体实施方案，明确发展目标与重点任务。与此同时，欧美日等国家也构建了具有前瞻性的技术体系与制度安排，其经验为中国提供了宝贵参考。

在物流领域，无人机等技术的应用显著提升了物流效率和灵活性。屈若锟等发现特别是在复杂地形或交通拥堵地区，无人机表现出独特优势，能够快速响应需求，实现“最后一公里”配送的优化[22]。以京东、顺丰、美团等企业为代表，国内已在特定地区部署低空配送试点。对比来看，美国亚马逊的 Prime Air 项目和 Alphabet 旗下的 Wing 也在推进无人机配送业务，强调智能路径规划与精细化调度能力，显示低空物流技术的国际共通性[23]。

农业领域是中国无人机应用最为成熟的板块

之一。周晗林等指出，植保无人机已在农作物种植、生长监测、病虫害防治、果实采摘等多个环节广泛应用，实现了从定点施药到精准预测的全流程智能化管理[24]。同时在应急救援和公共服务领域，无人机也能够快速到达灾害现场，进行灾情监测和物资运输，显著提高了救援效率[25]。

低空通信技术的发展为低空经济的数字化转型提供了关键支持。盛敏等指出面向低空应用场景的网络功能和覆盖能力作为 5G 演进的方向之一，并确定 5G-A 和 6G 将提供更高的下行速率、更低的延迟，以及更高精确的定位功能[26]。李昕昊等认为通信感知一体化（integrated sensing and communication, ISAC）技术的出现，不仅实现了高效的通信功能，还能进行环境感知和目标检测，为低空经济的智能化管理提供了可能[27]。此外，低空通信网络的建设也为无人机的集群管理和协同作业提供了基础支持[28]。当前，中国多个城市正部署 5G 低空专网，并开展“蜂窝+卫星”融合通信试点，为低空运行构建空天地一体化通信架构。

eVTOL 作为低空经济的新业态，为城市空中交通（urban air mobility, UAM）提供了创新解决方案。eVTOL 的研发涉及多领域的技术创新，包括动力系统、飞行控制、安全设计等。目前，亿航智能的 EH216-S 型无人多旋翼 eVTOL 和峰飞航空科技的“盛世龙”型 eVTOL已获得民航局颁发的型号合格证，标志着飞行汽车在技术层面取得了重大突破[29]。这些进展不仅展示了飞行汽车技术的成熟度，也为未来城市空中交通体系的建设和低空经济的扩展应用提供了新的动力。对比来看，国外如 Joby、Volocopter 等企业也在美欧多地开展试飞与空域融合验证，产业发展路径与中国呈现“同步突破、局部领先”的竞争格局[30]。

在低空经济的应用与发展进程中，其安全风险问题不容忽视。在飞行安全领域，低空飞行器可能由于技术缺陷、操作不当或遭遇恶劣气候条件而发生坠毁事件，这不仅威胁到地面人员的生命安全，也对财产安全构成潜在威胁[31]。在数据安全领域，低空飞行器在人工智能时代运行过程中产生的大量敏感数据，面临数据泄露和遭受网络攻击的风险[32]。在公共安全领域，未经报备或审批的低空“黑飞”“违飞”行为，容易导致对适飞空域、限制高度或管制空域的误判，从而干扰航空的飞行秩序，破坏大型活动的正常进行，扰乱空域公共安全，甚至可能对国家安全利益造成损害[33]。

应用场景的拓展是低空经济形成规模性产业的核心驱动力。从产业经济视角来看，无人机物流、UAM、农业植保等场景的成熟不仅依赖技术创新，更需要与市场需求、政策支持、基础设施等要素形成合力。例如，低空物流的规模化需解决空域管理、通信网络、标准化等问题；而 eVTOL 的商业化则依赖电池技术、适航认证和公众接受度的协同突破。国家与各级政府应进一步鼓励企业、高校与科研院所等探索科技创新与产业创新的融合路径，并大力建设试点，带动技术迭代和产业链整合，推动低空经济从分散应用向系统性产业生态升级。

3. 低空经济的政策环境与发展策略

低空经济的崛起不仅依赖技术与市场驱动，更高度依赖政策体系的有力引导。2023 年中央经济工作会议明确将低空经济列为战略性新兴产业，随后多个部门出台重要文件，如《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030 年）》提出“到 2030 年形成万亿级市场规模”。但周钰哲指出，中国低空经济在政策法规环境方面仍存在不足，如低空空域资源利用率低、基础设施建设滞后、安全监管体系不健全等问题[34]。为此，蓝寿荣提出，需要通过立法明确低空经济产业的法律地位和发展方向，规范市场秩序，保障飞行安全和公共安全[35]。廖慧姣认为，应从监管理念、监管内容、监管措施等三个维度对中国无人机监管体系作进一步调整[36]。于立深强调，为实现低空经济的有序发展，需以空域权与空间权之间的权利义务关系为核心，构建适应产业创新与经营自由，并保障秩序安全的政府治理体系，进而形成多元法益保护的法律与法治框架[37]。对比来看，欧美等国在监管机制上强调灵活与开放。例如，美国 FAA 推动“Part 107”无人机条例并设立 AAM 协调法案，支持城市空中交通快速试点；英国则通过《空域现代化战略》实现空域资源与无人机/UAM 用户的融合管理；日本设立专门的无人机飞行走廊制度，并推动 UTM 系统标准化[30]。相较之下，中国法规尚以安全为核心，技术与市场导向的动态性支持仍需加强。

低空经济产业链涵盖从上游的航空器制造到下游的低空服务保障等多个环节。通过调整产业链结构与产业生态，可以促进低空经济的产业升级与发展。王宝义分析了低空经济的技术经济范式，提出通过优化低空空域管理、加强基础设施建设等

措施，推动低空经济产业链协同发展[38]。蓝寿荣强调，通过立法支持低空经济产业与其他产业融合发展，形成新的经济增长点，为经济高质量发展注入新动能[35]。除了产业链不完善，目前还存在地区发展不均衡的问题。薛领等指出，应因地制宜地制定具有针对性的区域发展规划，强化政策协同与低空治理能力[39]。例如，北京市设立“全国低空经济示范区”，目标为至 2027 年企业总量突破 5 000 家、产业产值超 1 000 亿元；深圳市构建“6+N”低空经济生态体系，形成“政策+资本+产业”协同机制，带动全市 1 500 余家低空经济产业链企业协同发展，打造全国低空经济创新发展高地。

职业教育和人才培养是低空经济发展的关键支撑。冯超指出，通用航空产业链长，涉及多个行业和领域，通过职业教育和产教融合，可以为低空经济培养高素质的专业人才[40]。此外，张夏恒提出，低空经济的发展应与智慧交通、数字经济发展相结合，形成新的经济增长点，职业教育和产教融合在此过程中发挥着重要作用[41]。

智慧城市建设被视为推动低空经济可持续发展的重要策略。庄茁指出，低空经济的应用场景涵盖了智慧城市建设的多个方面，包括智慧交通运输、智慧路桥监测、智慧农业农村等。这些应用场景不仅提升了城市的运行效率，还为城市的可持续发展提供了新的动力[42]。此外，低空经济的发展还推动了城市空间结构的变革。刘泉等指出，未来城市的立体发展将不再局限于地面、地上和地下等三个层次，而是与低空空域结合，形成更加完整和高效的空间结构，低空空域的规划和管理将成为智慧城市建设的重要组成部分[43]。

（二）研究前沿与趋势

通过对 2021 年 2 月至 2025 年 3 月 12 日的 957 篇低空经济领域相关文献进行关键词聚类分析，关键词聚类图谱，如图 6 所示。

在此分析中，所采用的模块度（modularity）Q 值为 0.717 1，显著高于 0.3 的阈值标准，同时聚类的平均轮廓系数（mean silhouette coefficient）S 值为 0.977 8，超越了 0.7 的阈值标准，表明所得聚类结构具有较高的合理性，本次聚类图谱的可信度较高[10]。由图 6 可知，关键词共现情况揭示了低空经济研究形成了八个主要聚类，每个聚类的名称代表了该类中最为关键的关键词，依次为无人机、通用航空、人工智能、产业链、对策、应用场景、工业经济以及低空空域。同时，绘制了关键词共现时间线图谱，如图 7 所示，该图谱能更全面地揭示低空经济领域研究的演变和发展趋势。由图 7 可知，一些具有代表性的关键词被特别标出，从整体来看，低空经济的研究呈现逐步深化与拓展的趋势。

图 6　关键词聚类图谱

通用航空的发展历程最早可追溯至 1951 年，民航局首次使用一架 C-46 型飞机执行广州市的防治蚊蝇任务，距今已有 70 余年的历史。作为低空经济的重要组成部分，对“通用航空”的研究自然一直不减热度，尤其是空域改革，被视为推动行业发展的关键突破口，相关研究持续深化。

整体来看，2021—2022 年，低空经济处于初步探索阶段，研究主要集中在对“低空经济”这一新名词的探索上。这一时期，学者主要关注如何将低空资源运用到经济发展中，并开始对逐渐出台的相关政策建议进行解读研究，为低空经济的发展奠定了政策基础。

从 2022 年开始，低空经济研究的重点逐渐转向了行业的应用和创新，“无人机”“产业链”“应用场景”“人工智能”等相继成为研究的主要关键词，一直到 2024 年进入繁荣发展期。张闵肆指出，加速低空经济与信息通信、交通物流、文化旅游等领域的融合，能够催生低空运输、低空物流、低空观光、无人应急巡查、无人生态监测及城市公共治理等新兴应用场景[44]。“产业链”作为低空经济研究的另一个重要聚类，反映了低空经济涉及多个环节和领域的复杂性。学者们对低空经济产业链的结构、协同发展以及产业升级等方面进行了深入研究，提出了许多有针对性的对策和建议。与此同时，“人工智能”技术也在低空经济中发挥着越来越重要的作用。例如，通过大模型的多模态感知与强化

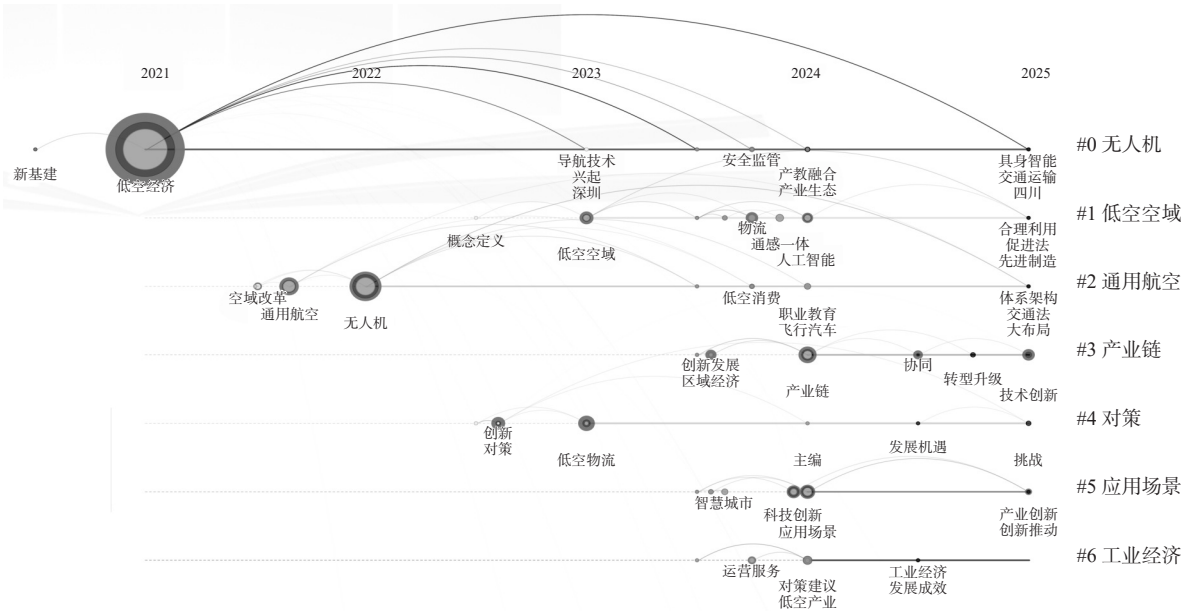

图 7　关键词共现时间线

学习能力，能够显著提升低空飞行器的自主决策水平，或是基于 Transformer 架构构建的自主导航系统，可实时融合激光雷达点云与气象数据，实现厘米级路径规划与动态避障[45]。

此外，由图 7 可知，近年来“工业经济”与低空经济的融合趋势日益明显。随着工业 4.0 时代的到来，智能制造、工业互联网等新兴产业的发展为低空经济提供了新的应用场景和发展空间。低空经济通过与工业经济的深度融合，将推动相关产业转型升级和高质量发展。

笔者不仅局限于关键词，还通过 LLM 对文献内容作进一步的研究前沿分析。LLM 总结目前的研究前沿主要集中在以下四个方面：首先，技术融合与创新。5G-A 和 6G 通信技术、北斗导航系统、人工智能与自动化技术的融合，在提升飞行效率、安全性及空域管理智能化方面发挥了重要作用，推动了低空经济的快速发展。其次，政策法规与监管。现有政策法规需进一步完善以适应低空经济的快速发展，敏捷治理机制的提出，为低空经济的安全与发展提供了新的监管思路。再次，应用场景拓展。这些应用场景的拓展不仅提高了低空经济的市场潜力，也为社会经济发展提供了新的动力。最后，产业生态构建。低空经济的产业链协同发展和跨领域融合，促进产业链上下游企业的协同合作，是实现低空经济可持续发展的关键。通过对比 LLM 与之前利用 CiteSpace 分析的结论，可以看到二者相互印证，增强了结果的可信度的同时，填补了仅靠关键词难以全面分析的空白。

同时，LLM 对未来低空经济的研究趋势也进行了预判：首先，智能化与数字化转型。随着人工智能、物联网、边缘计算等技术在低空领域的广泛应用，建议国家层面设立“低空智能技术创新专项”，支持空天地一体化网络建设，推动大数据驱动的空域动态管理平台开发，实现低空飞行器的智能感知与自主决策。其次，绿色低碳发展。在《工业和信息化部等四部门关于印发绿色航空制造业发展纲要（2023—2035 年）的通知》（工信部联重装〔2023〕181 号）的基础上，应制定面向低空经济全范围的绿色低空经济发展路线，从能源使用、碳排放标准、绿色飞行技术等方面设定具体目标，支持 eVTOL、电动无人机等绿色飞行器的商业化推广，并设立绿色低空经济产业基金，引导社会资本投向环保型项目。再次，安全与隐私保护。随着低空经济的发展，安全技术与隐私保护机制的研究将更加重要，包括无人机的防碰撞技术、数据加密技术以及位置隐私保护等。《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（国令第 761 号）对无人驾驶航空器进行了系统分类，并针对不同类别规定了相应的生产、进口、飞行和维修活动的适航许可要求等。基于此，建议结合当前社会的发展，细化数据采集、传输和存储的标准规范，建立低空经济安全审查制度；鼓励企业开发防碰撞系统、位置隐私保护机制和数据加密技术，并通过立法手段明确低空数据产权边界与使用红线，防范技术滥用与信息泄露风险。最后，国际合

作与标准化。低空经济的国际化和全球化趋势将日益明显，亟须统一的国际标准与跨国协同机制。建议积极参与国际民航组织（ICAO）、ISO 等国际标准制定组织，推动中国技术方案和管理模式“走出去”；同时设立低空经济国际合作试验区，吸引海外创新资源和资本，提升中国在全球低空产业链中的话语权与竞争力。

综上所述，低空经济领域的研究前沿与趋势呈现多样化、复杂化的特点，但同时这些研究也具有持续性和稳定性，表明学者对于低空经济领域的持续兴趣，该领域将迎来更加广阔的发展前景和更多的发展机遇。

五、研究结论与展望

（一）研究结论

通过对低空经济领域相关文献的系统梳理与分析，研究揭示了中国低空经济领域的基本现状、研究热点、前沿趋势以及不足，主要发现如下：

第一，低空经济的研究热度在近年来显著提升，尤其是在 2024 年后，相关研究成果呈现爆发式增长。这一趋势表明，低空经济作为新质生产力的典型代表，受到学界的广泛关注。研究机构主要集中在高校、科研院所和行业机构，但整体合作不够紧密，尚未形成广泛的合作研究趋势，这在一定程度上限制了理论创新和实践经验的共享。

第二，低空经济的研究主题集中在概念与特征、技术及应用、政策环境与发展策略等三个方面。其中，“无人机”“通用航空”“产业链”“应用场景”等关键词的高频出现，反映了学者对低空经济的技术支撑、产业发展和政策保障的高度关注，认为低空经济的产业链构建、技术创新应用以及政策法规的完善是当前研究的核心内容。此外，近年来信息安全、法律保障、监管模式等也成为研究的重点领域，显示低空经济在快速发展过程中对安全与规范的迫切需求。

第三，低空经济的研究前沿呈现明显的动态演化趋势。从早期的“通用航空”“空域改革”“政策建议”到近年来的“无人机”“人工智能”“低空通信”等技术的深度融合，低空经济的研究正逐步向智能化、数字化、绿色低碳方向发展。同时，“职业教育”“产教融合”等关键词的出现，表明学者开始关注低空经济领域的人才支撑问题。这些研究方向不仅关注当前的技术应用，也着眼于未来可持续性，为低空经济的长远发展提供了新的研究路径。

然而，低空经济研究仍存在诸多不足。一方面，低空经济的理论体系尚未完善，缺乏统一的定义和系统化的理论框架。目前的研究多集中技术应用和政策解读方面，对低空经济的理论基础和内在机制的探讨相对较少。另一方面，研究的爆发期刚刚到来，前期研究热点较为分散，尚未形成具有广泛共识的核心研究议题。此外，研究机构间的合作不够紧密，不利于知识共享与协同创新，这在一定程度上制约了低空经济的进一步发展。

目前，已有一些文献从不同方面对低空经济领域进行了整理，其在中国范围内关于低空经济的研究结论大多与本研究不谋而合，但在细节上存在一定差异。首先，在时间上，已有文献选取的时间范围并不明确，本研究则聚焦将“低空经济”写入国家规划的 2021 年之后，得到的结论会更具现实意义。其次，在方法上，已有文献多使用传统的文献综述方法，如廖望等仅使用 CiteSpace 对文献进行了计量分析[46]，并未在内容上对文献进行更深层的挖掘讨论。最后，在内容上，本研究仅以中国为背景进行了研究分析，目标更加聚焦。但在中国的分析部分，研究对低空经济的基本概况、三大研究主题和研究趋势等方面都进行了详细论述，已有文献可能只对于低空经济的某一个方面进行了更深入的讨论。

（二）研究展望

基于上述研究结论，未来关于低空经济领域的研究可以从以下几个方向展开：

第一，政策法规与监管体系。未来研究应持续关注低空空域管理、飞行安全、市场准入等方面的政策法规建设，探索适应低空经济发展的监管模式。例如，如何在保障飞行安全的前提下，提高低空空域的利用率；如何在鼓励技术创新的同时，规范市场秩序等。

第二，技术创新与应用拓展。随着 5G-A、6G 通信、人工智能、新能源等技术的快速发展，低空经济的技术基础将更加坚实。未来研究应进一步探索这些技术在低空经济中的融合应用，特别是如何通过技术创新提升低空经济的安全性、效率和可持续性。无人机在物流配送、农业监测、应急救援等领域的应用已初见成效，未来研究应进一步探索低空经济在不同领域的应用模式和市场潜力，为产业发展提供理论支持。

第三，产业链的协同发展与升级。低空经济产业链涵盖多个环节，未来研究应关注产业链的协同发展与升级，通过优化产业结构、加强上下游企业合作，提升低空经济的整体竞争力。同时，研究应关注低空经济与其他产业的融合发展，形成新的经济增长点。例如，低空经济与智慧交通、数字经济的结合，将为城市的发展带来新的机遇。

第四，产业经济与创新融合。低空经济的规模化发展需关注产业经济学视角下的要素协同问题，包括技术创新如何通过产业链传导转化为实际生产力、市场需求如何倒逼技术升级以及政策与资本如何引导资源优化配置。未来研究可结合案例（如深圳市、合肥市等低空经济示范区），分析科技创新与产业创新的动态互动机制，为构建“技术—市场—政策”三位一体的低空经济生态提供理论支撑。

第五，人才培养与职业教育。低空经济的快速发展对专业人才提出了迫切需求，未来研究应关注职业教育和产教融合，探索低空经济人才培养模式，为低空经济的可持续发展提供人才支撑。例如，如何通过职业教育培养高素质的专业人才；如何通过产教融合促进人才培养与市场需求的有效对接等。

第六，国际路径比较与标准化。随着全球低空空域开发的加速，低空经济的国际化趋势日益显著，国际合作与标准化将成为未来研究的重要方向。国外在 UAM 及 eVTOL 等领域已积累了较为成熟的经验，Shahriar Ahmed 等指出，美国在 UAM 发展中高度重视多方协同、仿真先行与多模态交通整合，形成了较为系统的政策与管理体系[47]；Li 等则比较了中美在空域治理、交通管理与技术架构方面的差异，指出美国以市场机制为主导，而中国以政策引导和试点推动为主[48]。未来研究应加强中外低空经济发展路径的系统对比，结合国内如深圳市、合肥市等试点经验，深入分析监管模式、产业布局、关键技术部署等差异，在借鉴国际先进经验的基础上，探索适合中国国情的发展模式，积极参与国际标准制定，提升中国在该领域的国际影响力与话语权。

此外，研究综合采用 LLM 和 CiteSpace 的混合文献综述方法，提升了文献综述的效率和深度，对比以往综述，增加了大语言模型对内容的客观概括与归纳能力。该方法采用“先量化、后语义”的分阶段协作模式：CiteSpace 首先通过文献计量分析识别宏观研究热点和演进趋势，而 LLM在此基础上对文献内容进行微观语义挖掘。这种分工充分发挥了 CiteSpace 在可视化网络构建上的优势，同时利用 LLM 弥补传统文献计量在文本深层理解上的不足。例如，LLM 补充了 CiteSpace 未能提取的关键词“新质生产力”“安全风险”，增强了热点覆盖的全面性。但是该方法仍存在不足，如流程割裂，LLM 的语义结论与 CiteSpace 的量化结果需交叉验证，需要人工桥接，同时 LLM 对 CiteSpace 图谱的解读可能存在错误，需要人工纠正。未来，研究将进一步优化组合方式与流程，探究两种方法的使用次序，通过具体实验比较方法的优劣并验证其有效性、准确性和可靠性，以实现更广泛的学术贡献和实践价值。

注释：

① 30 个省（自治区、直辖市）为：北京市、河北省、山西省、内蒙古自治区、辽宁省、吉林省、黑龙江省、上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省、江西省、山东省、河南省、湖北省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、海南省、重庆市、四川省、贵州省、云南省、西藏自治区、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区。

参考文献：

[1] 张夏恒. 新质生产力背景下低空经济高质量发展的机理与路径[J]. 苏州大学学报(社会科学版), 2025, 46(1): 112-122.

[2] 张晓兰, 黄伟熔. 低空经济发展的全球态势、我国现状及促进策略[J]. 经济纵横, 2024(8): 53-62.

[3] 沈映春. 低空经济的内涵、特征和运行模式[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025, 46(1): 108-117.

[4] 孔得建, 袁泽. 低空经济政策法律体系的现状、经验与展望[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2024, 37(5): 85-95.

[5] 李牧南, 谢天琪. 中国低空经济发展的实践进路：依托科技自立自强助力新质生产力形成[J]. 科技管理研究, 2024, 44(17): 1-9.

[6] 杨正泽, 包丽萍. 我国通用航空的发展现状及展望[J]. 商业经济, 2024(6): 140-142.

[7] 王树森, 倪红福. 低空经济的概念辨析与经济含义[J]. 西安财经大学学报, 2025, 38(5): 42-53.

[8] BOLAÑOS F, SALATINO A, OSBORNE F, et al. Artificial Intelligence for Literature Reviews: Opportunities and Challenges [J]. Artificial Intelligence Review, 2024, 57(10): 259.

[9] LUO X F, CHEN F X, ZHU D, et al. Potential Roles of Large Language Models in the Production of Systematic Reviews and Meta-Analyses [J]. Journal of Medical Internet Research, 2024, 26:

e56780.

[10] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.

[11] BUBECK S, CHANDRASEKARAN V, ELDAN R, et al. Sparks of Artificial General Intelligence: Early Experiments with GPT-4 [EB/OL]. (2023-03)[2025-07-01]. https://arxiv.org/abs/2303.12712.

[12] 窦金花, 张彬蕊, 钱晓松. 人工智能赋能文化遗产领域的研究综述——基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 包装工程, 2023, 44(14): 1-20.

[13] 郑泽宇. 新世纪以来中国生态扶贫研究的发展脉络和展望——基于 CiteSpace 的文献计量分析[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43(9): 219-231.

[14] 覃睿, 李卫民, 靳军号, 等. 基于资源观的低空及低空经济[J]. 中国民航大学学报, 2011, 29(4): 56-60.

[15] 覃睿. 再论低空经济: 概念定义与构成解析[J]. 中国民航大学学报, 2023, 41(6): 59-64.

[16] 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.

[17] 刘强强. 低空经济发展过程中的信息安全: 逻辑、挑战与治理[J]. 学术探索, 2025(5): 131-141.

[18] 樊一江, 李卫波. 我国低空经济阶段特征及应用场景研究[J]. 中国物价, 2024(4): 98-103.

[19] 欧阳桃花, 郑舒文. 基于共同演化的低空经济产业生态策略研究——以“低空航空器+”为例[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2024, 37(5): 109-119.

[20] 刘亚亚, 杨德林, 戴永. 低空经济的概念内涵、发展特征与推进策略[J]. 技术经济, 2025, 44(3): 29-37.

[21] 欧阳日辉. 低空经济助推新质生产力的运行机理与路径选择[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025, 46(1): 118-131.

[22] 屈若锟, 王致远, 刘晔璐, 等. 面向城市空中交通的无人机视觉定位技术研究[J]. 航空学报, 2025, 46(11): 386-401.

[23] 王靓, 代婷. 基于 Citespace 的低空经济研究热点可视化分析[J/OL]. 物流科技, (2025-05-26)[2025-07-04]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1373.F.20250523.1736.002.html.

[24] 周晗林, 林芬, 曹洁, 等. 食品产业的未来: 低空经济和无人机技术的融合[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(3): 219-226.

[25] 李红中, 罗毅, 徐凯燕, 等. 无人机平台在自然资源环境领域的研究进展——关于响应低空经济发展的思路及潜力探讨[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2025, 24(1): 36-45.

[26] 盛敏, 陈旭晖, 马兴业, 等. 面向低空经济的无线覆盖扩展技术思考与展望[J]. 中兴通讯技术, 2025, 31(1): 48-52.

[27] 李昕昊, 韩凯峰, 朱光旭. 基于现实网络数据的通信感知一体化网络覆盖预测与优化[J]. 中兴通讯技术, 2024, 30(4): 57-64.

[28] 夏泳, 田洛. 面向低空经济的空联网络组网关键技术研究综述[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2024, 36(4): 619-632.

[29] 沈海军. 从飞行汽车看低空经济新业态[J]. 人民论坛·学术前沿, 2024(15): 69-75.

[30] 高凯涛, 王雪, 胡萌珊, 等. 以国际视野看中国低空经济经验借鉴与未来机遇[J]. 通信世界, 2025(6): 34-37.

[31] 高志宏. 发展与安全并重理念下低空飞行安全的监管规则体系构建[J]. 行政法学研究, 2025(3): 49-63.

[32] 杨骏, 李长健. 生成式人工智能助推低空经济的实践研判、风险识别及制度应对[J]. 当代经济管理, 2025, 47(3): 77-86.

[33] 白海娟. 涉低空智联飞行器犯罪的刑法规制与罪名适用[J]. 江西社会科学, 2025, 45(3): 69-83.

[34] 周钰哲. 低空经济发展的理论逻辑、要素分析与实现路径[J]. 东南学术, 2024(4): 87-97.

[35] 蓝寿荣. 低空经济产业促进法的法理逻辑与制度体系[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025, 46(3): 140-153.

[36] 廖慧姣. 面向低空经济产业的无人机监管体系研究——基于美国经验的思考[J]. 中国流通经济, 2025, 39(2): 16-29.

[37] 于立深. 低空经济有序发展的政府管制逻辑及法律保障[J/OL]. 江西社会科学, (2025-02-06)[2025-02-25]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/36.1001.C.20250205.1333.002.html.

[38] 王宝义. 我国低空经济的技术经济范式分析与发展对策[J]. 中国流通经济, 2024, 38(9): 14-26.

[39] 薛领, 孙欣彤, 潘苏. 我国低空经济的基础支撑、关键领域与发展重点[J]. 社会科学辑刊, 2025(2): 120-129.

[40] 冯超. 中国通用航空发展空间与产业链[J]. 中国流通经济, 2014, 28(5): 117-121.

[41] 张夏恒. 低空经济赋能新质生产力的逻辑、阻碍及建议[J]. 当代经济管理, 2025, 47(1): 17-23.

[42] 庄茁. 人工智能赋能低空经济: 应用场景与未来方向[J]. 人民论坛·学术前沿, 2024(15): 38-44.

[43] 刘泉, 陈瑶瑶, 洪晓苇, 等. 面向无人机的城市低空空域规划的国际经验[J]. 城市规划学刊, 2024(5): 64-70.

[44] 张闵肆. 赋能低空经济的跨域协同型数智技术体系与数字基建重大工程[J]. 物流技术, 2025, 44(1): 1-12.

[45] 苏美文, 杨文爽, 李博文, 等. 推动人工智能与实体经济深度融合加快发展新质生产力[J]. 工业技术经济, 2025, 44(4): 32-59.

[46] 廖望, 曹小曙, 袁立洋, 等. 国内外低空经济研究脉络与进展评述——基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 热带地理, 2025, 45(6): 937-953.

[47] SHAHRIAR AHMED S, FOUNTAS G, LURKIN V, et al. The State of Urban Air Mobility Research: An Assessment of Challenges and Opportunities [J]. IEEE Transactions on Intelligent

Transportation Systems, 2025, 26(2): 1375-1394.

[48] LI Y M, GUO T, CHEN J, et al. Urban Air Mobility: A Review and Challenges [J]. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2025, 17(3): 67-87.

Progress, Hot Topics, and Development Trends in China's Low-Altitude Economy Research:

An Analysis Based on Large Language Models and Visual Bibliometrics

HAO Jinxing, DONG Lin, WANG Chunan, FAN Ying

Abstract: Driven by national policies guidance, technological innovation, and expanding market prospects, China's low-altitude economy has entered a golden period of rapid development, creating an urgent need for scientific methods and tools to gain a comprehensive understanding of research landscape and practical evolution in this field. To this end, the study systematically sorts and analyzes the current status, hot topics, and cutting-edge trends in China's low-altitude economy in combination with Large Language Model (LLM) and visual bibliometric methods. The findings reveal that research on the low-altitude economy has grown explosively since 2024 and is primarily clustered around three thematic domains: concepts and characteristics, technologies and applications, and policies and development. Research hotspots include drones, general aviation, industrial chains, and application scenarios, while future research directions are likely to focus on digital and intelligent transformation, green development, security and privacy protection, international cooperation, and standardization. This study not only offers new ideas for conducting systematic and efficient literature reviews, but also provides important reference points and insights into the research landscape and emerging trends in China's low-altitude economy.

Keywords: low-altitude economy; general aviation; large language model; CiteSpace; literature review