

# 人工智能赋能低空经济发展的 机制与路径分析\*

刘敏 李智源 刘晏伶 崔宇

**[摘要]**随着新一轮科技与产业变革向低空领域加速渗透,人工智能作为新一代通用目的技术,已成为驱动低空经济高质量发展的关键力量。针对目前在人工智能赋能低空经济研究领域存在的缺乏对具体赋能机制及其传导路径进行系统化、结构化剖析,分析的整体性和解释力有待提升,以及基于真实应用场景的案例研究相对不足等问题,本文立足人工智能赋能,整合技术、产业、制度与安全等多重视角,系统解构人工智能赋能低空经济的内在机制,并结合京东物流典型案例验证其现实适用性。研究表明,人工智能通过运营效率提升、安全风险控制与商业生态催化三大机制,有效拓展了低空经济的效能边界、安全边界与发展边界。在此基础上,本文提出“技术-管理-制度-生态”协同推进的系统实施路径,主张从筑牢智能运营底座、构建全域安全信任体系、培育开放协同产业生态等方面推动人工智能与低空经济深度融合,以期的发展低空领域新质生产力、推动产业高质量发展提供理论启示与实践参考。

**[关键词]**人工智能 低空经济 赋能机制 路径分析

**[中图分类号]**F562.6; TP18 **[文献标志码]**A **[文章编号]**1009-8461(2026)02-021-15

## 一、引言

低空经济是以低空空域资源为载体、以新型航空器和信息技术为支撑的新兴经济形态,具有技术密集度高、应用场景广、产业带动性强等特征。随着无人机(UAV)、电动垂直起降飞行器(eVTOL)等技术不断成熟,低空经济正从单一应用探索阶段,逐步向规模化、体系化演进,成为推动现代产业体系升级和培育新质生产力的重要领域。近年来,在技术进步、市场需求和政策引导的共同作用下,我国低空经济发展明显提速,应用场景持续拓展,产业规模快速增长,展现出较强的发展潜力与现实基础。从国家战略层面看,低空经济已被明确纳入战略性新

\* 作者简介:刘敏,广东财经大学经济学院,邮编:510320,邮箱 495707135@qq.com;李智源,广东财经大学经济学院,邮编:510320;刘晏伶,广东财经大学金融学院,邮编:510320;崔宇,广州数据集团有限公司软实力经理,广东财经大学中国数据研究院特约研究员,邮编:510320。

兴产业以及未来产业培育的重点范围。在综合交通体系建设、新型基础设施布局以及空域管理等领域，国家相继出台指导意见的背景下，部分地区率先开展低空经济的探索实践，形成了国家政策引导和地方试点探索相互支撑的发展格局。这些政策供给为低空经济由“技术可行”向“规模应用”转变提供了相应的制度环境，同时也对这一产业经济的运行效率、安全保障以及产业协同能力提出了更为严格的要求。

人工智能（AI）作为新一轮科技革命的核心通用技术，正在深刻改变产业运行方式和产业组织形态。随着大模型、智能感知和自主决策等技术的不断突破，人工智能由单一工具逐步演进为一种嵌入式、系统性的智能能力，并在生产流程优化、资源配置效率提升以及推动产业融合等方面发挥更加重要的作用。对于高度依赖复杂系统协同、运行安全以及数据要素支撑的低空经济而言，人工智能不但是提升技术性能的重要手段，更是推动其实现规模化运行和高质量发展的关键赋能因素。人工智能对低空经济所起到的赋能作用主要从以下三个方面体现：其一，是借助智能调度、路径规划以及预测性维护等手段提升低空运行系统的整体效率，进而降低运营成本；其二，是借助环境感知、风险识别以及智能决策技术，强化飞行安全与系统韧性，从而为低空经济规模化应用提供安全保障；其三，是在借助人工智能实现低空经济的数据要素价值释放和服务模式创新基础上，催生出平台化、场景化的“低空+”新业态，以此促进产业生态的协同演化。这三个机制彼此相互关联、相互强化，共同塑造了低空经济向智能化、体系化演进的典型路径。

尽管相关研究已开始关注人工智能与低空经济的协同发展，但总体来看仍存在一定不足。首先，在研究视角上，现有文献多从宏观层面论证人工智能对低空经济的促进作用，对具体赋能机制及其传导路径缺乏系统剖析。其次，在分析框架上，部分研究侧重技术或产业单一维度，尚未将技术进步、制度环境、安全治理与产业生态等因素纳入统一分析框架，分析的整体性和解释力有待提升。再次，在研究方法上，现有成果以理论分析和政策解读为主，基于真实应用场景的案例研究相对不足，对中国情境下低空经济发展的实践经验总结不够深入。

基于此，本文围绕人工智能赋能低空经济发展的机制与路径展开研究，力图在现有研究基础上作出以下拓展：第一，从运营效率、安全风险控制与商业生态催化三个维度，对人工智能赋能低空经济的内在机制进行系统解析，构建清晰的作用逻辑与分析框架；第二，整合技术、产业、制度与安全等多重视角，提出多维协同的分析思路，丰富低空经济智能化发展的理论认知；第三，结合中国低空经济发展的现实背景，通过对京东物流等典型案例的分析，验证理论机制的现实适用性，为探索符合我国国情的低空经济发展路径提供经验参考。

## 二、文献综述

### （一）人工智能相关研究

人工智能的概念经历了从以计算能力为核心、围绕特定任务求解的技术工具，向以数据和算法为驱动、广泛赋能经济社会运行的综合性战略技术体系的演进过程。早期研究主要从技术模仿与核心能力出发，将人工智能界定为研究和开发用于模拟、延伸与扩展人类智能活动（如学习、推理与感知等）的理论、方法、技术及应用系统。人工智能的发展高度依赖基于规则的专家系统

和特定计算智能 (Frey & Osborne, 2017), 随着大数据、先进算法、算力等技术水平的持续提升及其与复杂应用场景的深度融合, 人工智能的内涵与外延不断拓展。当前研究普遍将其界定为一种更为基础性、赋能型的战略技术体系, 即以数据为关键生产要素, 以先进算法与强大算力为核心驱动, 通过模拟人类认知过程实现感知、决策与执行的自动化、智能化, 并深度融入社会再生产各环节, 从而催生新业态、新模式与新动能, 引领产业变革与社会发展的综合性技术生态 (Acemoglu & Restrepo, 2018)。

关于人工智能的测度, 前期研究主要采用两类基础性的量化路径, 一是通过对上市公司年报等公开文本进行内容分析, 刻画企业对人工智能的关注程度和应用倾向 (鲁锦涛等, 2025); 二是直接以专利数据作为衡量人工智能技术的技术创新产出指标 (魏良益等, 2025)。但上述方法也在信息质量和识别精度等方面受到战略性文本干扰和专利同质化限制, 近期研究逐渐朝着复合度量以及模型驱动的新方向转变, 以克服单一指标存在的缺陷。在微观层面, 张丹丹等 (2025) 将职业任务文本和机器学习模型融合构建了我国实际的 AI 暴露度指数, 相较于传统的专利相似度计算方法, 该指数更加贴合创新权重聚合的专利相似度计算, 从而提高了企业人工智能创新水平的测度精度 (李政等, 2025)。在宏观层面, 邱越等 (2025) 把 CNN (卷积神经网络) 和 GBM (梯度提升机) 结合起来, 进一步对地理信息、政策文本以及多模态数据进行整合, 从而提升了对经济指标的预测精度。除此之外, 利用大语言模型生成动态评分 (黄隽等, 2025), 把 AI 当作生产要素, 通过扩大生产功能的方式将其纳入宏观分析 (邵学峰和奚康, 2025), 都体现出方法层面的进步。虽然多源融合、算法建模能够让测度的综合性和时效性得到提升, 但在捕捉人工智能核心技术演进典型路径和行业异质性影响方面, 上述方法还面临着模型复杂度高、数据获取门槛高以及成果可解释性弱等问题。

关于人工智能的影响, 现有研究主要从宏观、中观和微观层面揭示了其影响机制。在宏观层面, 研究聚焦于 AI 推动经济增长、产业结构转型和全球竞争格局变化。AI 通过渗透与融合, 助力产业升级并提升国家或地区在全球价值链中的地位, 同时表现出显著的区域差异和非线性特征 (潘珊等, 2025; 刘伟和管华宇, 2025)。此外, AI 对劳动力市场、收入分配及伦理治理的挑战也是重要议题。在中观层面, AI 的行业应用展现出逐步演进的特征。以制造业为例, AI 智能化转型经历了从基础自动化到生态智能的阶段性跃迁 (陈燕萍等, 2025); 在技术密集型行业如石油石化, AI 优化资源配置并推动产业链协同 (叶剑雄等, 2025)。在微观层面, AI 直接提升企业效率, 通过自动化降低成本、优化要素配置, 增强数据分析能力, 推动创新, 并促进绿色转型 (唐要家等, 2025; 任宪静和王凤, 2025)。总体而言, 现有文献揭示了 AI 作为通用技术的深远影响, 但多数研究未能深入分析 AI 不同技术分支的差异, 未来研究需在技术解构的基础上进行细化理论构建, 并加强对长期社会效应和治理框架的探索。

## (二) 低空经济相关研究

随着相关技术的持续创新与应用场景的深度融合, 低空经济的概念内涵不断丰富, 经历了由以通用航空器为核心、围绕低空空域资源开发的经济活动集合, 向以低空飞行活动为牵引、多产业融合为特征的综合性的经济形态的演进。早期研究主要从资源禀赋与核心载体出发, 强调低空经济是围绕低空空域资源开发所形成的经济活动的总和, 其发展高度依赖于涵盖有人与无人驾驶的

通用航空器为核心载体的低空飞行活动（沈映春，2025）。当前研究普遍将低空经济归纳为一种更为综合的经济形态，即以真高 1000 米以下，可延伸至 3000 米低空空域为物理依托，以各类航空器的低空飞行活动为直接牵引，通过技术创新与产业融合，广泛辐射并带动研发制造、运营服务、基础设施及综合保障等全链条产业协同发展的综合性经济形态（刘祖兵，2025）。

宏观层面的制度环境是低空产业发展的先决条件，完善产业政策与法规成为引导和保障产业健康发展的决定性框架（李晓华，2025；刘祖兵，2025）。《中华人民共和国民用航空法》修订草案从法律层面明确了划分空域要兼顾低空经济发展需要（鹿心社，2025），为空域资源配置提供了初步依据。但空域管理的动态协调机制尚不健全，空域使用效率与安全性之间的平衡成为实践难点（刘祖兵，2025）。此外，宏观经济和金融力量的增长为低空经济提供了市场需求以及资本积累的基础条件（李晓华，2025）。研究表明，金融市场对低空经济相关企业的空间集聚具有明显的促进作用（王珏和李子成，2024）。作为培育新质生产力的重要因素，资本市场的准入条件直接影响着创新型企业的融资渠道和成长空间（张夏恒，2025）。随着传统信贷向覆盖全生命周期综合金融方案的转型，金融服务的模式创新将更加有助于匹配长周期、高风险性行业需求（刘春红和武岩，2025）。同时，复杂的国际贸易政策环境也成为影响低空技术国际合作与产品跨境流通的关键变量（薛领等，2025）。尽管我国在无人机等部分领域已具备技术优势，但在适航认证、数据安全等国际标准制定方面的话语权仍有待提升（覃睿，2023）。

作为宏观制度环境与微观企业动能之间的桥梁，中观层面的产业生态系统更加强调多主体、多要素的协同互动。核心技术突破与融合是低空产业发展的根本驱动力，人工智能技术在无人机路径规划、故障预测等场景中的应用成为提升低空经济产业效能的关键（庄茁，2024）。特别是在 5G-A 低空智联网、新能源动力系统等领域，中国已跻身全球技术前列，但在复杂气象条件下的可靠性、高精度传感器等关键部件国产化等技术问题仍需突破。基础设施网络是低空产业运行的物理载体，其规划建设的科学性与前瞻性至关重要（刘祖兵，2025）。低空经济的基础设施网络不仅包括通用机场、起降场等地面设施，更涵盖低空通信、导航、监视等数字化保障体系，然而，当前基础设施“东密西疏”的不均衡现象和部分设施利用率不足的问题已成为制约产业发展的短板。从优化资源配置角度看，低空经济产业生态的良性发展高度依赖于区域协同与合作（张夏恒，2025），在依托我国完整工业体系构建“研发—生产—运营—服务”闭环的同时，不同区域正积极探索差异化协同发展新路径。

企业的竞争优势根本来源于核心技术能力，特别是在智能飞控系统等关键技术的研发和专业人才队伍建设上，加强这些方面的投入可直接提升运行安全性与效率（张开睿和钟京辰，2025）。同时，围绕 IPO 设计、智能控制等环节的技术突破，是企业构建可持续竞争力的基础（李牧南和谢天琪，2024；刘祖兵，2025）。面对技术积累不足和核心环节自主性不强等挑战，企业需要通过商业模式创新来释放技术价值。传统商业模式制约了企业的价值创造和应变能力。因此，依托“低空 + 物流”“低空 + 文旅”等新兴场景，重构商业模式，实现价值转化与规模扩张，已成为企业增强市场适应性和盈利可持续性的关键路径（李晓华，2025）。在这一过程中，商业运营和服务层面对市场需求的直接回应，是价值实现的重要接口。在高度不确定的产业环境中，企业的战略选择与组织应变能力尤为重要。通过积极参与地方试点示范项目，融入“政产学

研”协同创新网络，企业能够更有效地获取技术溢出、降低研发风险，从而增强长期竞争力。这一系统性努力，有助于企业在夯实技术基础的同时，完成从技术到市场、从创新到价值的完整闭环。

从整体上看，现有的低空经济研究在理论基础方面还存在一定的局限性，一是研究的深度不够，多停留在宏观论述层面的调研，而不是对影响因素的作用机制、路径及其相互关系的深入分析上；二是经验研究比较单一，数据支撑不够，导致一些结论的广泛性、稳健性还有待考证；三是研究角度还需拓宽，低空经济本质上是多技术融合、多产业交叉的复杂系统，其发展涉及多个学科，但现有研究的跨学科整合仍显不足。

### （三）人工智能对低空经济发展的影响研究

随着以人工智能驱动低空经济发展的商业研究增多，以人工智能打造低空经济新业态的核心引擎作用逐渐成为业界共识。人工智能通过促进空域利用效率提升、低空航线网络优化、飞行安全保障水平提升等明显促进低空经济发展（王梦宇等，2025）。此外，陈柳钦（2025）对国家低空经济示范区研究表明，通过基础设施的集聚和应用场景的创新，也将推动区域低空经济水平的提升。在微观层面，人工智能通过增强自主飞行能力、提高运行维护效率、降低运行风险，不仅能够实现最佳设计和运行流程优化降本增效（刘怡，2025），还能推动低空应用深化（徐政，2025）。也有研究从要素赋能的角度指出，借助算法对低空基础设施、多元场景实施智能调度的技术链可以驱动低空经济实现智慧化转型（王世泰和谭冲，2025）。

上述研究从不同层面揭示了人工智能对低空经济发展的推动作用，但还存在一些不足。一是现有文献多停留在宏观蓝图或技术应用展示上，如人工智能如何通过算法、算力、数据等技术内核实现经济价值跃升，推动低空运行体系重构的相关机制研究尚未形成系统的理论框架。二是有关低空经济智能化水平的测度在动态和跨区域可比性方面还存在短板，空域数据要素、新型运行模式等核心特征尚未完全纳入现有评价体系，对空域结构、应用场景差异、局部规制环境等情景因素的调节作用，尤其在异质性情境下的二次研究重视不足。在此基础上，本文将围绕人工智能赋能低空经济中空域利用效率和安全可靠性的核心作用，从典型应用场景入手，以期提供新的理论线索和经验支撑。

## 三、人工智能赋能低空经济发展现状及挑战

### （一）人工智能发展现状与多重约束

人工智能已形成从技术研发到多领域应用的完整发展体系，并成为国家战略性发展的关键领域。研究表明，其进展高度依赖算力、算法与数据三大要素的协同突破（任保平和迟璐婕，2025）。新一代人工智能正实现从“专用智能”向“通用智能”的重要跨越（张丹丹等，2025），而算法架构与研发模式的创新也助力提升系统的可控性与透明度（郭小东，2025）。在产业层面，人工智能已深度融合至工业制造、医疗、金融、教育等领域，推动生产效率提升、服务模式创新与产业生态变革。在治理方面，围绕数据安全、算法责任与伦理规范的监管框架逐步构建，试图在激励创新与防控风险之间寻求平衡。然而，人工智能仍面临多维度、结构性的发展约束。在技

术基础上，数据流通壁垒、标准缺失、算法可解释性不足以及潜在偏见等问题，制约其在关键领域的深入应用。此外，高端芯片依赖、模型训练与推理的高能耗，也使众多中小企业面临“用不起、用不好”的现实困境。在产业融合中，传统行业数字化基础薄弱、改造投入高昂，导致人工智能落地呈现碎片化，且产业协同机制与良性生态尚未完全形成。人才方面，既懂技术又通产业的复合型人才严重短缺，教育体系调整滞后于产业需求。在伦理与治理层面，数据隐私、算法公平、人机责任界定等议题仍未形成稳定共识，治理框架整体滞后于技术迭代速度，公众信任分化与社会公平忧虑亦日益凸显。

### （二）低空经济战略定位与发展困境

低空经济作为战略性新兴产业的重要组成部分，总体呈现政策扶持力度不断加大、市场规模不断扩大、技术创新和应用场景不断完善的发展态势。自《国家综合立体交通网规划纲要》纳入低空经济以来，我国逐步形成了多层次推进机制，为产业发展提供了中央统筹、部委协同、地方探索的制度保障（李学彦和李鑫，2025）。低空经济在市场层面的产业规模持续扩大，2023年我国低空经济规模已超过5000亿元，到2035年有望达到3.5万亿元，市场活力和增长潜力强劲（赵景龙，2025）。新一代信息技术在技术层面不断深度融合，如5G通信、人工智能、北斗导航等，为低空经济安全可靠运行提供了坚实支撑。低空经济涵盖了研发制造、运营服务、基础设施建设、飞行保障等诸多产业环节，形成了较为完整的协同发展链条。

### （三）人工智能赋能低空经济的突出矛盾与治理挑战

从整体趋势看，人工智能与低空经济的融合已经呈现出技术深化、场景拓展、生态协同的发展趋势。人工智能在技术层面已从辅助工具演变为核心引擎，带动低空系统智能化。在空域管理方面，深度融合的智能调度系统以秒级优化的航道动态响应，显著提升了无人机矛盾化解效率，在此情况下海量场景训练的路径规划模型，使物流配送综合成本大幅下降。人工智能与边缘计算等技术的结合，有效提升了在复杂地形和密集城区的环境适应性，促进了高精度定位、运行成本控制的突破。在应用层面，人工智能推动低空经济从传统作业领域向农业巡检、能源巡查、应急救援、文旅消费、医疗急救等公共服务和消费领域的新场景延伸。

然而，人工智能赋能低空经济仍面临一系列突出矛盾与治理挑战。在技术匹配度上，智能算法与复杂多变的低空环境之间仍存在差距，复杂气象、电磁干扰、高密度空域等对感知与决策系统的实时性、稳定性提出更高要求，现有技术响应速度、能耗与安全冗余之间仍难以兼顾。在制度适应性上，既有监管框架、规则标准滞后于技术迭代，突出体现为适航审定体系仍主要针对传统航空器，缺乏面向人工智能自主决策算法、新型融合部件的专门审查标准与方法；空域使用规则也存在区域间“分割化”现象，制约跨域协同。在要素协同层面，精通“航空技术+人工智能+行业应用”的复合型人才严重短缺，产业链各环节协同不足，城市级智能调度面临算力与网络支撑瓶颈。在风险治理方面，数据安全边界模糊、系统故障容错与应急接管机制不健全、法律责任界定不清等问题日益凸显，形成多态化、复杂化的风险隐患。

#### 四、人工智能赋能低空经济发展的机制分析

人工智能正在深刻改变低空经济的价值创造逻辑，通过将环境感知、智能决策以及自主学习等集成技术系统性地嵌入低空经济运行体系，推动着低空产业迈向以智能驱动作为特征的高质量发展阶段。

##### （一）运营效率提升机制

人工智能通过智能路径规划、系统级协同调度与预测性维护等关键技术，显著提高低空经济系统的资源利用与任务执行效率，从而降低运营成本，为低空经济的规模化与商业化发展奠定基础。

在智能路径规划与空域管理中，人工智能通过优化空域资源利用与无人机运行路径，成为提升运行效率的关键。基于机器学习的路径规划算法可为无人机实时生成并动态优化飞行路径，在综合考虑气象条件、空域状态与能耗等多重约束下，有效减少空域冲突与拥堵风险，在提升单任务完成效率的同时，降低系统运行与安全支出。此外，依托多源数据融合与仿真推演，人工智能为高密度低空运行提供技术与制度支撑，实现空域资源的精细化、动态化配置，切实增强了空域承载能力。

在系统级机队调度与协同方面，人工智能能够实现多智能体之间的高效协同，完成从分散调度到集中智能处理的转变。调度平台可实时感知载具状态与任务负荷，依据需求动态调整任务分配与运行计划，从而实现运能与需求的精准匹配。

在预测性维护方面，人工智能通过持续监测与分析关键部件运行数据，推动维护模式从“事后修复”转向“事前预警”。基于历史数据构建的预测模型，可提前识别潜在故障风险，显著降低突发故障率，提升系统运行可靠性与经济性，并实现维护资源的精准配置。

##### （二）安全风险控制机制

人工智能通过赋能航空器的环境感知与决策能力，为低空经济的规模化与商业化发展筑牢安全基石，进而有效识别并控制安全风险，该机制主要通过以下途径实现：

在环境感知与障碍规避方面，人工智能通过多源传感器融合、计算机视觉等技术，实现对复杂低空环境的精准识别。结合边缘计算与强化学习等方法，系统能够在城市密集区与极端条件下，降低对远程控制的依赖，显著缩短响应时间，并通过本地化决策实现高效的障碍物识别与规避，从而提升运行安全性。在空域管理与冲突防范方面，系统依托对多飞行器路径的实时分析及空域运行态势的协同调控，有效减少碰撞风险。借助智能识别与决策算法，空域管理系统可实现飞行冲突的提前预测，并在高密度运行条件下进行动态干预，从整体上提高低空空域运行的安全水平，降低因意外事件引发的系统成本。在应急自主响应方面，人工智能赋予飞行器一定的自主决策与容错控制能力。当发生通信中断、设备故障等突发情况时，飞行器可基于预设策略与学习经验，自主执行返航、迫降等应急程序，从而在最大限度内保障飞行安全。

##### （三）商业生态催化机制

人工智能通过推动数据要素价值化、服务模式创新与平台化融合，催生新兴业态、拓展市场

边界，从而推动低空经济向生态化、高级化阶段演进，并重构其产业组织形态与价值网络。

在数据要素价值化方面，人工智能对低空运行中产生的海量时空数据进行深度挖掘与结构化处理，将其从附属信息转化为可配置、可交易的数据资源。这一转变不仅提升了传统低空应用的运行效率，更催生出“低空+文旅”“低空+农业”“低空+应急”等一系列融合新业态，为低空经济开辟了新的价值增长空间。在服务模式创新方面，人工智能推动低空经济由标准化供给向个性化、按需化服务转型。通过对实时需求与空域状态的智能分析，系统能在物流配送、应急运输、城市出行等领域实现差异化服务的快速响应与精准调度，显著提升用户体验与市场黏性。在平台化与产业生态构建方面，人工智能作为底层技术支撑，推动低空经济向平台化、网络化方向发展。以智能算法为核心的运营平台，通过整合飞行器、空域、数据与服务等资源，吸引多元主体参与，逐步形成具备自我强化能力的产业生态圈，实现供需高效对接与跨主体协同，从而降低产业协同成本。

## 五、案例分析

### （一）案例选取

本文选取京东物流在低空物流领域的实践作为研究案例，以验证人工智能赋能低空经济的作用机制。该案例中，人工智能被系统地嵌入低空经济的运行体系，其技术路径与面临的约束条件兼具技术前沿性、场景复杂性与产业代表性，能够较为完整地呈现 AI 赋能过程的实际形态。

#### 1. 案例企业概况

京东物流是中国领先的技术驱动型供应链解决方案与物流服务提供商。在低空经济领域，该公司围绕边远地区配送、应急物资运输、城市末端配送等场景，构建了覆盖“干线-支线-末端”三级、持续推进商业应用的无人机物流网络。作为国内相关布局最为系统和完整的企业之一，京东物流是人工智能赋能低空经济的重要现实研究样本。通过把人工智能深度嵌入飞行控制、路径规划、运力调度以及运营管理等典型环节，京东物流已逐步探索出了低空物流与智能供应链协同发展的可行模式。

#### 2. 研究价值

从理论层面看，京东物流的实践集中体现了人工智能作为通用目的技术对新兴业态的重构作用，其构建的低空物流体系彰显了技术驱动生产力跃迁的典型特征，对理解“人工智能-低空经济-新质生产力”之间的逻辑关系具有重要启示。

从实践维度看，京东物流在无人机研发、智能调度系统搭建与多场景运营中积累了系统经验。其“超脑”智能调度系统在高频任务分配与复杂路径规划中表现突出，充分展现了人工智能提升低空运力配置效率的实际成效，为行业提供了具有参考价值的解决方案。

从方法层面看，该案例涵盖技术研发、运营管理与商业落地等多个环节，有助于从整体视角分析人工智能赋能低空经济的运行逻辑与现实约束，为后续机制分析与政策讨论提供扎实的经验证据，并为理解人工智能在产业赋能中的权能配置问题提供全局性透视。

### （二）京东物流在低空经济发展中面临的问题和挑战

尽管京东物流在探索低空经济领域已经取得一定的先发优势，但在实践推进过程中仍然面临

技术、制度与基础设施等方面的约束，此类问题在一定程度上反映了当前低空经济整体发展所面临的共性挑战。

第一，技术与运营层面的瓶颈，低空物流仍存在性能限制与场景适配不足的问题。现有无人机主力机型如 JDX-50 “京燕”载重仅为 15 公斤，且普遍续航能力有限，难以支持长距离持续运营。在强对流、雷暴等极端天气下，无人机抗干扰能力较弱，飞行稳定性易受影响；在应对飞鸟、临时障碍物等复杂动态环境时，其识别与规避的精准度仍有提升空间。在运营方面，空域协调与审批流程复杂，制约了城市配送业务规模化推进。同时，配套地面设施尚不完善，难以支持常态化、高可靠的末端运营，也增加了运行风险。

第二，制度与监管层面的错位，低空经济快速发展与现有治理体系之间存在明显错位。当前相关法律法规相对滞后，责任界定不清，监管机制不健全，难以匹配京东物流在多元场景中的运营需求，尤其在推进中，公司面临跨区域监管规则不统一、协调成本高的问题。虽然京东在陕西、重庆等多区域布局低空试点，但在跨省（区市）拓展航线时，仍受制于地区间规制差异，影响航线的顺畅衔接与动态调整。此外，多部门监管对接流程繁琐，也在一定程度上拖累了整体运营效率，制约了业务的快速布局。

第三，基础设施支撑不足。地面配套体系的建设滞后，直接制约了京东物流低空业务的规模化发展。有研究指出，全国（未含港澳台地区）449 个通用机场中仅约 30% 接入了标准化数据采集系统，这限制了运营效率的进一步提升（陈嘉鑫和刘琦琦，2025）。基础设施覆盖不足、数据协同能力弱，难以支撑高频次、网络化的低空物流运行，成为当前低空物流规模化推广的重要瓶颈。

### （三）人工智能赋能京东物流低空经济发展面临的挑战

在深度嵌入人工智能的过程中，京东物流面临的挑战已超出传统运营范畴，转向技术可信性、制度适配性与产业可持续性等更为结构性的议题。

#### 1. 技术可行性挑战

在技术融合层面，人工智能面临算法透明度不足与数据安全风险并存的困境。一方面，其采用的深度学习模型存在显著的“黑箱”特征，导致飞行异常时决策逻辑难以追溯，不仅影响了系统公信力，也使得既有 AI 在极端边缘环境下的可靠性仍需不断验证。另一方面，高度依赖海量数据进行训练和决策的模式，带来了严峻的数据安全风险。在涉及大量用户隐私与商业机密的低空物流运营中，联邦学习等隐私计算技术的成熟应用尚处探索阶段，数据安全与隐私保护问题依然突出。

#### 2. 政策与监管适配挑战

人工智能驱动的低空物流模式，对现行监管体系构成了直接冲击。其一，现有监管体系难以跟上人工智能驱动低空运行新模式的发展步伐，企业在运营中常面临法律空白、权责界定模糊等制度困境，尤其在事故责任认定方面，当人工智能系统深度介入飞行决策时，缺乏明确的法律依据，形成了显著的责任风险。其二，企业在全国业务布局中，需应对空域分级、飞行标准等方面存在的地区监管规则差异，这种政策不统一不仅增加了运营的复杂性，也对人工智能系统的合规适应性提出了更高要求。

### 3. 产业可持续性挑战

在商业模式可持续性上，京东物流面临着初始投资重压与能源管理瓶颈两大核心难题。构建覆盖“干线-支线-末端”的智能化低空物流网络，前期需要巨额资本投入，企业在无人机研发、AI 系统开发以及基础设施建设等方面都承受着巨大的资金压力，而商业化运营的回报周期又充满不确定性，这无疑给企业带来了显著的财务风险。在运营环节，尽管 AI 路径优化算法有助于节能降耗，但无人机电池技术在能量密度、循环寿命等关键性能上仍存在瓶颈，加之充电网络等配套能源基础设施覆盖不足，严重限制了单次飞行的续航能力与作业半径，这不仅影响了运营效率的整体提升，也对低空物流模式的环境友好性与长期可持续性构成了挑战。投资压力与能源瓶颈相互交织，共同凸显出低空物流规模化必须解决盈利模式可行性与运营体系韧性这一核心问题。

## 六、路径分析

### （一）筑牢智能化运营底座——破解效率与协同困境

针对低空经济规模化发展面临的运行效率低、核心技术滞后、系统协同不畅等挑战，本路径旨在推动“运营效率提升机制”切实落地。其核心目标是破解低空经济规模化运营中的效率瓶颈与成本压力，通过深度嵌入与系统集成人工智能技术，构建高效协同的运行体系，从而为低空经济的商业化运营和可持续发展奠定坚实基础。

#### 1. 技术层面：协同推进基础设施建设与核心技术突破

基础设施与核心技术的协同发展，是构筑人工智能赋能低空经济的首要前提。在基础设施层面，应围绕低空活动密集区域，优先部署 5G/6G 通信网络与北斗导航系统融合的设施，为无人机提供高可靠通信和精准定位支撑，构建空地一体的智慧感知通信网络。同时，需着力打破数据孤岛，推动空域、气象、航空器状态等数据的实时共享，加快建立低空数据共享机制，并制定统一的数据格式与接口标准。在核心技术层面，需重点突破分布式智能调度算法以强化多机协同决策能力，发展通信感知一体化和抗干扰技术以增强机群在复杂环境下的适应性，并加强高能密度电池和高效电机研发，从而为低空经济运行提供系统化技术保障。

#### 2. 管理层面：提升平台运营与服务能力

在管理层面构建聚焦于智能平台建设、先进维护模式的应用与协同安全体系，有助于促进技术成果的有效转化与无人机的安全运行。首先，重点推动建设开放式低空智能运营管理平台。鼓励行业领先企业基于多智能体架构，打造融合路径规划、任务调度、资源管理与预测性维护等核心功能的协同平台，并为中小运营商提供普惠化的 AI 服务能力，构建开放共赢的产业生态。其次，积极推广预测性维护模式的大规模应用。通过将基于多源数据监控的智能预测模型部署于运营平台，并辅以政策引导，推动该模式在航空器全生命周期管理中的广泛应用，以显著降低系统故障率与运维成本。第三，最关键的是构建空域级协同安全防线。推进通信、感知、计算一体化融合基础设施建设，部署高精度定位与监控网络，实现对低空活动的全面感知；在此基础上，运用智能算法动态集成空域流量、气象及飞行计划等多维数据，构建分布式空域安全管理体系，实现飞行冲突的智能规避与通行效率的整体提升。

## （二）构筑全域安全信任体系——应对监管与风险挑战

系统构建“安全风险控制机制”，以应对低空经济规模化发展面临社会信任不足、监管制度滞后、数据安全风险等突出挑战。通过人工智能深度赋能航空器的感知与决策等能力，是以提高社会公众、监管机构对低空飞行信任为目标导向的有效路径，能够有效识别并精准控制风险，为低空经济产业的扩张扫清安全隐患。

### 1. 技术层面：提升自主感知与决策能力

提升飞行器本体自主安全等级是构建安全信任的首要要求，而人工智能技术的使用可以从多方面增强飞行器的安全性能。在复杂环境感知方面，应重点发展深度学习的目标检测与语义分割技术，使飞行器在复杂城市峡谷和恶劣气象条件下，亦能够精准识别障碍物，为自主飞行提供可靠的感知基础。在自主避障方面，应完善多智能体强化学习框架的协同避障系统，使密集空域内的冲突概率显著降低，并将应急决策响应时间稳定在毫秒级。在故障预警方面，构建数字孪生健康管理系统，对关键部件的实时数据流进行分析，智能诊断提前预测潜在故障，对设备进行预测性维护，从源头上减少因设备故障引发的安全事故。

### 2. 管理层面：构建协同风险决策与可信数据共享机制

一方面，建立空域级协同风险决策机制。通过部署通信、感知、计算融合的基础设施，实现对低空活动的全景监控。运用智能算法动态集成空域流量、气象、飞行计划等多维数据，构建分布式空域安全管理体系，实现飞行冲突的智能规避与通行效率的整体优化。另一方面，建立安全可信的数据共享机制。通过搭建权责清晰、安全可靠的低空数据共享平台，在保障数据安全与隐私的前提下，实现飞行计划、实时位置等关键信息的可信共享，为跨区域、跨主体的协同管理提供支撑。

### 3. 制度层面：构建敏捷适配的监管框架

制度保障是安全信任体系得以稳固运行的关键。加快构建敏捷、包容的监管与认证体系，探索建立针对低风险应用场景的准入规则相对简化、针对高风险场景的安全审查和认证要求更加严格的认证制度，提高制度韧性和监管效能。同时，加快推进标准体系建设与区域协同，在通信、导航、监视等关键技术领域加快制定统一标准，并积极探索区域协同与国际互认机制，为低空经济的跨区域发展与国际合作创造条件。

## （三）培育繁荣产业生态——突破应用、资本与人才瓶颈

为应对低空经济规模化发展面临的应用场景有限、资本投入不足、专业人才稀缺等突出挑战，本路径旨在激发市场创新活力、拓展产业边界，通过构建开放协同、互利共生的产业生态体系，推动“商业生态催化机制”落地，从而实现可持续发展。

### 1. 技术层面：释放低空数据要素价值

从产品创新和市场建设两个维度将原始低空数据转化为可增值的生产性资产。一方面，加快培育规范化的低空数据产品与服务，支持运营企业对日常经营中产生的多元数据进行合规处理与深度加工，形成商业热力图、作物长势监测报告等可交易的数据产品，培育专业化数据服务新业态。另一方面，建设高效能的低空数据交易市场，利用人工智能技术实现需求的智能匹配与精准对接，构建需求导向、风险可控的低空数据交易市场。

### 2. 产业层面：拓展高价值场景与建设协同生态

在高价值应用场景拓展和产业协同生态建设上，需要同步推进，才能推动低空经济实现可持续发展。在应用场景层面，要重点在条件成熟的地区探索新型航空器客运示范应用，推动人工智能与低空数字空域管理技术深度融合，提高在城市应急保障、物流配送等公共服务场景的运行效率和可靠性，同时利用智能调度和协同决策技术进一步提升其运行效能。积极培育“低空+”融合发展新模式，推动空中观光、精准农业、文旅新体验等多元消费场景不断拓展产业生态边界，在低空经济、文化旅游、农业和城市治理等领域开展协同创新探索。

### 3. 制度层面：促进产业链与人才链深度融合

构建一个健康且可持续的低空经济产业生态，产业链与人才链的协同共进至关重要。在产业链方面，应重点扶持具备技术与市场优势的龙头企业发挥“链主”作用，带动上下游配套企业集聚，形成专业化分工、紧密协作的产业链体系，提升整体竞争力。在人才链方面，需系统性构建产业人才支撑网络，坚持引进与培育并重。一方面完善人才政策，吸引高端复合型人才；另一方面鼓励企业、高校与科研机构共建协同创新平台，推动产学研深度融合，形成以产业需求为导向的人才培养与供给新模式，为生态繁荣提供持续智力支持。

## 七、结论

在全球科技革命与产业变革浪潮的推动下，低空经济已上升为国家战略性新兴产业。以人工智能为驱动的智能感知、自主决策与协同控制等关键技术，正深刻重构低空运行的基本逻辑与产业组织方式，为低空领域新质生产力的形成与演进发挥基础性与引领性作用。相比快速发展的产业实践，现有研究对人工智能赋能低空经济发展的理论机制与实施路径仍缺乏系统化、结构化的梳理。基于此，本文从理论机制、案例验证与路径设计三个层面，系统探讨人工智能驱动低空经济高质量发展的内在逻辑与现实路径，以期深化人工智能与低空经济融合发展的理论认知，推动低空产业智能化升级、加快形成低空新质生产力提供参考。本文主要得出以下结论：第一，人工智能在赋能低空经济的过程中仍面临系统性挑战，这些挑战在技术、制度与产业层面均有体现。以京东物流为典型案例的分析表明，尽管人工智能在路径规划、机队调度等方面展现出显著效能，但其应用仍受限于算法在复杂场景下的可靠性、跨区域监管协同的滞后性、高昂的初始投资与尚不清晰的商业模式等现实瓶颈。这些挑战共同构成了当前人工智能赋能过程的主要制约因素。第二，案例验证和机制分析揭示了“智能赋能-系统优化-价值创造”的核心传导路径。人工智能并非简单地叠加于传统运行流程之上，而是通过运营效率提升、安全风险控制、商业生态催化三大机制，对低空经济系统进行结构性重塑。京东物流的实践表明，人工智能的深度嵌入能够有效应对高成本、高风险等发展瓶颈，但其效果发挥高度依赖于基础设施与制度环境的“调节”作用，且其作用效果在政策支持有力、数字基建完善的区域更为显著。第三，基于对挑战与机制的系统分析，本文提出“技术-管理-制度-生态”协同推进的赋能路径。具体而言，需筑牢以智能算法与可靠通信为核心的技术底座，以破解效率与协同困境；构建覆盖全域的安全信任体系，以应对监管与风险挑战；并通过释放数据价值、拓展高价值场景、深化产业链与人才链

融合，培育繁荣的产业生态，以突破应用与要素瓶颈。这一综合性路径旨在形成“效率-安全-生态”的协同驱动格局，为低空经济形成新质生产力、实现高质量发展提供系统性支撑。

基于上述结论，本文提出如下建议：

第一，在技术融合与运营优化层面，构建“智能底座-标准规则-应用场景”三位一体的系统性赋能路径。建议由国家层面统筹制定人工智能赋能低空经济的顶层设计与行动计划，优先部署低空物联网、高精度导航、边缘计算节点等融合基础设施，并建立国家低空数据共享平台。同时，应加快制定智能航空器适航审定、空域智能管理等关键标准，并推动实施“低空+”场景开放计划，通过政府采购、示范项目等方式支持创新产品与服务先行先试。

第二，在区域协同与制度创新层面，实施差异化、梯度化的区域协同发展策略，形成“核心引领-梯度扩散-特色互补”的产业布局。支持基础雄厚地区建设低空经济创新策源地，突破核心算法、智能芯片等“卡脖子”技术。鼓励具有特定优势的地区与核心区共建低空经济飞地，发展差异化路径。建立区域间创新要素共享与利益补偿机制，促进技术、人才、数据有序流动。

第三，在产业生态与价值链拓展层面，着力培育开放协同、多元共生的低空经济生态。积极拓展物流配送、载人交通、应急救援、文旅消费等融合应用场景，支持平台型企业开放能力接口，吸引中小企业、创新团队等多方主体参与生态构建。此外，应围绕产业链布局创新链与人才链，鼓励校企共建低空人工智能联合实验室，加快培养既懂航空技术又精通人工智能的复合型人才，构建可持续发展的人才支撑体系。

第四，在安全与风险治理方面，推动建立前瞻包容、动态适应的制度体系。监管范式应从“事后应对”转向“事前预防+事中调控”，针对人工智能自主决策的技术特征，系统设计与之相适应的空域运行规则与责任认定机制。可探索设立监管沙盒等适应性治理工具，在可控范围内为制度创新提供弹性空间，实现安全底线与创新活力的平衡。

通过上述技术、制度、生态与安全治理的协同推进，形成“技术驱动-制度保障-生态融合”的系统发展路径，不仅有助于释放人工智能在低空经济中的创新潜力，也将为培育低空领域新质生产力提供系统性支撑。

## 参考文献

陈嘉鑫、刘琦琦，2025：《生成式人工智能视域下低空经济安全风险检视及防范化解路径》，《铁道警察学院学报》第3期。

陈柳钦，2025：《低空经济与人工智能融合下的新质生产力跃升路径》，《企业科技与发展》第9期。

陈燕萍、邵云飞、陈劲，2025：《人工智能驱动企业智能制造转型的过程研究》，《科研管理》第6期。

郭小东：《我国AIGC标识制度的实践困境与路径优化》，《科学学研究》，2025年12月2日，<https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20251202.003>。

黄隽、陈艺博、舒熙芄，2025：《人工智能视角下科技对文化产业贡献测算》，《苏州大学学报（哲学社会科学版）》第5期。

李牧南、谢天琪，2024：《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》，《科技管理研究》第17期。

李晓华，2025：《政府引导、产业生态构建与低空经济发展》，《改革》第2期。

李学彦、李鑫, 2025 :《低空经济、新质生产力与现代化产业体系建设》,《深圳大学学报(人文社会科学版)》第3期。

李政、刘琦、张鲁瑶, 2025 :《人工智能创新如何降低供应链中断风险》,《中国流通经济》第12期。

刘春红、武岩, 2025 :《低空经济的发展与金融支持》,《中国金融》第7期。

刘伟、管华宇, 2025 :《人工智能、新质生产力与全球价值链攀升》,《统计与决策》第11期。

刘怡, 2025 :《人工智能驱动的低空经济公共安全治理》,《南宁职业技术大学学报》第3期。

刘祖兵, 2025 :《我国低空经济发展的“冷思考”与“因应策”——基于产业风险治理的研究》,《经济问题》第6期。

鲁锦涛、宋祖昕、白华、陈凌芝、许可, 2025 :《人工智能如何促进企业新质生产力发展?——基于我国A股上市公司的经验证据》,《科学管理研究》第5期。

鹿心社, 2025 :《稳中求进推动人大环境与资源保护工作高质量发展》,《中国人大》第5期。

潘珊、李剑培、顾乃华, 2025 :《人工智能、产业融合与产业结构转型升级》,《中国工业经济》第2期。

邱越、史震涛、王一澍、谢天 :《多模态人工智能模型在房价政策影响与预测中的应用——以深圳二手房市场为例》,《系统科学与数学》, 2025年12月2日, <https://link.cnki.net/urlid/11.2019.01.20251201.1407.004>。

任保平、迟璐婕, 2025 :《数据+算法+算力的人工智能新质生产力时序变化与空间格局》,《厦门大学学报(哲学社会科学版)》第3期。

任宪静、王凤, 2025 :《人工智能试验区建设如何影响企业绿色治理绩效?》,《经济与管理研究》第6期。

邵学峰, 奚康 :《人工智能促进新质生产力同群效应了吗?》,《工程管理科技前沿》, 2025年12月2日, <https://link.cnki.net/urlid/34.1336.n.20251202.1317.003>。

沈映春, 2025 :《低空经济的内涵、特征和运行模式》,《新疆师范大学学报(哲学社会科学版)》第1期。

覃睿, 2023 :《再论低空经济:概念定义与构成解析》,《中国民航大学学报》第6期。

唐要家、王蜡、唐春晖, 2025 :《人工智能如何提升企业全要素生产率——基于技术创新和技术应用视角》,《财经问题研究》第1期。

王珏、李子成, 2024 :《低空经济对新质生产力的作用机制与因素分析——基于金融发展与企业集聚的调节效应》,《湖北经济学院学报》第3期。

王梦宇、刘振宇、王玉伟, 2025 :《“双碳”目标下低空经济的AI变革之路》,《华中师范大学学报(自然科学版)》第5期。

王世泰、谭冲, 2025 :《人工智能赋能低空经济发展:多维表征、应用场景与支撑体系——基于广东省、江苏省的政策文本分析》,《改革与战略》第2期。

魏良益、汪华洋、曾品固、甘奇, 2025 :《人工智能应用于量化交易的理论依据、模式选择与前景展望》,《科技创业月刊》第12期。

徐政, 2025 :《DeepSeek 赋能低空经济发展的四重逻辑与协同路径》,《贵州师范大学学报(社会科学版)》第4期。

薛领、孙欣彤、潘苏, 2025 :《我国低空经济的基础支撑、关键领域与发展重点》,《社会科学辑刊》第2期。

叶剑雄、张昊、吴天佑、赵丽莎、王泽曦, 2025 :《人工智能发展态势及其在石油石化行业的应用》,《国际石油经济》第10期。

张丹丹、于航、李力行、胡佳胤、莫怡青, 2025 :《中国人工智能技术暴露度的测算及其对劳动需求的影响——基于大语言模型的新证据》,《管理世界》第7期。

- 张开睿、钟京辰, 2025 :《低空经济发展影响因素的研究综述》,《产业创新研究》第 12 期。
- 张夏恒, 2025 :《新质生产力背景下低空经济高质量发展的机理与路径》,《苏州大学学报(哲学社会科学版)》第 1 期。
- 赵景龙, 2025 :《低空经济高质量发展:内涵特征、约束条件与突破路径》,《当代经济研究》第 4 期。
- 庄茁, 2024 :《人工智能赋能低空经济:应用场景与未来方向》,《人民论坛·学术前沿》第 15 期。
- Acemoglu, D., and Restrepo, P., 2018, “Artificial Intelligence, Automation, and Work”, Agrawal, A., Gans, J., and Goldfarb, A., editors, 2019, “The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda”, *University of Chicago Press*, 197–236.
- Frey, C. B., and Osborne, M. A., 2017, “The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?”, *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280.

## Mechanisms and Pathways of Artificial Intelligence Empowering the Development of Low-Altitude Economy

LIU Min LI Zhiyuan LIU Yanling CUI Yu

**Abstract :** With the accelerated penetration of the new round of technological and industrial transformation into the low-altitude domain, artificial intelligence (AI), as a new generation of general enabling technology, has become a key force driving the high-quality development of the low-altitude economy. To address the current gaps in AI-powered low-altitude economy research—particularly the lack of systematic analysis of enabling mechanisms and their transmission pathways, the need for more comprehensive and explanatory power in existing analyses, and the scarcity of real-world case studies—this paper adopts an AI-enabled approach. By integrating perspectives from technology, industry, institutional frameworks, and security, it systematically decodes the underlying mechanisms of AI’s empowerment in the low-altitude economy. The study further validates its practical applicability through a case study of JD Logistics. The study shows that AI, through three mechanisms—operational efficiency improvement, safety risk control, and business ecosystem catalysis—effectively expands the efficiency boundary, safety boundary, and development boundary of the low-altitude economy. Based on this, the paper proposes a systematic implementation pathway for promoting collaboration in “technology-management-institution-ecosystem,” advocating for the deep integration of AI with the low-altitude economy through strengthening the intelligent operation foundation, building an all-encompassing safety trust system, and fostering an open and collaborative industrial ecosystem. This aims to provide theoretical insights and practical references for the development of new productive forces in the low-altitude sector and the promotion of high-quality industrial development.

**Keywords :** Artificial Intelligence; Low-Altitude Economy; Empowerment Mechanism; Path Analysis

【责任编辑：严若谷】