

以数字化赋能为契机推进郑州市低空经济高质量发展

彭云龙

(郑州工程技术学院商学院, 河南 郑州 450044)

摘要: 低空经济作为新质生产力的重要代表和国家战略性新兴产业, 其高质量发展离不开数字技术的深度融合与赋能。郑州市作为国家中心城市, 依托“双区叠加”战略优势, 在低空经济领域已形成初步产业生态和应用规模, 但同时也面临数字基础设施覆盖不均、数据要素市场化程度低、技术与人才短缺、体制机制协同不足等挑战。本文在梳理国内外相关研究与实践的基础上, 系统分析了郑州市低空经济的发展基础、数字化优势及现存问题, 进而提出构建“空天地一体”数字底座、深化“低空+数字”场景融合、构建“技术—数据—制造”赋能链、完善数字生态与制度保障等系统性对策建议, 旨在为郑州市抓住数字化机遇, 推动低空经济实现更高质量、更有效率、更可持续的发展提供理论参考与实践路径。

关键词: 数字化赋能; 低空经济; 高质量发展

一、引言

当前, 低空经济已上升为国家战略, 并被纳入国家顶层设计。2024年7月, 习近平总书记在中共中央政治局第十六次集体学习时强调, 要做好国家空中交通管理工作, 促进低空经济健康发展。2025年政府工作报告进一步明确, 将推动低空经济等新兴产业安全健康发展, 并开展新技术新产品新场景大规模应用示范行动。在国家政策的强力推动下, 低空经济正快速崛起成为万亿级的新兴产业赛道。中国民航局预测, 到2025年, 中国低空经济产业规模有望达到1.5万亿元。低空经济是依托于低空空域(通常指垂直高度1000米以下), 以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引, 辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。随着通信、导航、人工智能等数字技术的迅猛发展, 低空经济正成为全球航空业创新和经济增长的新引擎。

国外研究起步较早, 国外低空经济研究起步较早, 核心聚焦“空域管理优化”“无人机应用场景”“数字化技术赋能”三大方向, 形成了与欧美国情适配的理论与实践体系。在空域管理领域, RezoZ (2020)^[1]以欧洲空中交通管理(ATM)体系为研究对象, 分析了东南共同天空的自由航线空域管理模式, 指出空管服务“企业化运营”可使空域使用效率提升15%, 同时保障空管部门的可持续发展; DekkerJ (2021)^[2]进一步探究了政治因素(如跨国空域协调)、地形条件(如山地、沿海)对空域使用效率的影响, 提出通过“动态空域边界调整”“差异化航线设计”规避不利因素, 为欧洲低密度城区低空经济发展提供方案。在数字化赋能领域, YangY等(2024)^[3]指出, 低空经济虽为城市发展注入新动能, 但面临数据处理效率低、飞行控制精度不足、网络时延高等挑战, 而“体化人工智能(EAI)”具备独特

基金项目: 郑州工程技术学院“黄河文化”育人专项系列项目教学改革项目(《“黄河文化”融入《西方经济学》课堂教学全过程的途径探索》, 编号ZGJG202429HJB); 郑州工程技术学院重点学科建设项目资助。

作者简介: 彭云龙(1988-), 男, 讲师, 博士, 研究方向为国民经济管理。

的感知、规划与决策能力，可实现传感、通信、计算和控制（ISC3）的深度整合，为破解上述挑战提供可行路径。

在国内，低空经济研究方兴未艾，在政策法规领域，黄巧龙与蔡雪雄（2024）^[4]系统梳理了我国低空经济产业发展现状，指出当前存在政策碎片化、基础设施滞后等问题，提出需从政策法规支撑、基建水平提升、体制机制创新等五个方面构建保障体系；在安全管控领域，周思雨（2024）^[5]结合低空经济创新场景（如无人机物流、低空旅游），分析了空域管理与安全风险控制的核心矛盾，认为需建立“动态空域划分+实时风险监测”机制；在产业发展领域，王珏与李子成（2024）^[6]从金融发展与企业集聚视角，实证分析了低空经济对新质生产力的作用机制，发现低空经济企业集聚度每提升 10%，区域全要素生产率可提升 3.2%；在数字化赋能领域，金永光等（2024）^[7]指出，低空智能网络作为低空经济的核心基建，面临空域、数据、频谱等多重安全挑战，提出基于区块链的“政府—企业—监管平台”三方协同监管架构，可同步解决数据安全与空域管控问题；沈映春、张豪兴（2024）^[8]利用 2012—2022 年中国 30 个省（区、市）的面板数据实证发现，数字基础设施建设对低空经济高质量发展的弹性系数为 0.42，即 5G 基站、低空感知设备等每增加 10%，低空经济产业规模可提升 4.2%；孙早等（2023）^[9]则从宏微观层面解析数字化赋能产业转型的路径，指出需兼顾“事前技术研发投入”与“事后市场机制完善”，破解转型需求与经济增速不匹配的困境。

郑州市作为国家中心城市和郑州航空港经济综合实验区的核心载体，发展低空经济具有得天独厚的战略优势。当前，以数字化赋能低空经济，不仅是顺应技术革命浪潮的必然选择，也是培育区域经济增长新动能、提升城市治理现代化水平的关键举措。尽管已有研究从不同侧面涉及低空经济发展，但结合郑州市具体发展基础、数字化优势、现实瓶颈，系统提出数字化赋能路径的研究尚显不足。本文旨在立足郑州市情，充分借鉴国内外研究成果与实践经验，系统剖析其低空经济发展现状与数字化赋能过程中面临的核心问题，并提出具有针对性和可操作性的高质量发展对策，以期政府决策和产业实践提供参考。

二、郑州市低空经济发展基础与数字化优势

郑州市在发展低空经济方面已奠定坚实基础，并在与数字经济融合方面展现出独特优势。

（一）产业规模与集聚效应加速形成

依托“双区叠加”（国家通用航空产业综合示范区、航空港实验区）的战略优势，郑州市低空经济全产业链生态体系初步形成。产业规模迅速扩大，截至 2025 年 8 月，全市低空经济相关企业已达四十多家。空间集聚效应显著，其中航空港区集聚了全市 56% 的相关企业，形成了以航天电子、河南翱翔航空为代表的研发制造集群，以及以顺丰无人机中部基地为核心的运营服务体系。2025 年 6 月，顺丰中原多式联运国际枢纽重大项目在郑州航空港区北部已开工，一期投资超 10 亿元，建筑面积 22.5 万平方米，主要建设智慧物流及仓储、多式联运、物流无人机应用等功能中心，旨在构建“智能仓储+多式联运+低空运输”的生态闭环。

惠济区谷翼低空经济产业园建成后，预计年产无人机整机 5 万架。产业吸引力持续增强，在 2024 年深圳产业推介会上，郑州市成功签约低空经济项目 11 个，总投资额高达 118 亿元，涵盖物流、制造、旅游等多元领域，显示出强劲的发展势头。

（二）应用场景深度拓展

郑州市以“低空+”模式为抓手，推动低空经济与医疗、农业、电力等领域深度融合，形成一批可复制、可推广的标杆场景，低空经济的“便民性”与“实效性”显著提升，具体运营成效如表 1 所示。

行应用领域	示范项目	核心指标	实施主体
医疗物流	万物可联空中超市	开通 3 条航线，覆盖约 5 公里范围，实现无人机配送，消费者从下单到收货不超过 15 分钟	管城回族区河南低空经济产业园
智慧农业	中牟县全域无人机植保	使用智能监测系统和无人机精准施药，农药使用量减少了 30%	中牟县农业农村局
电力巡检	新密市部署固定式智能化巡线无人机	巡检周期从传统“人巡+机巡”的 1 个月缩短至 3 天，效率提升了约 9 倍	国网郑州供电公司

表 2.1 低空经济标杆应用场景运营成效

从场景特征看，郑州市低空经济应用呈现三大趋势。一是“应急化”，如医疗物流场景，聚焦“时间敏感型”需求，通过无人机突破地面交通拥堵瓶颈，提升应急响应效率；二是“绿色化”，如智慧农业场景，通过精准植保减少农药使用，契合“双碳”目标，推动农业绿色转型；三是“智能化”，如电力巡检场景，实现“自动巡检—智能识别—隐患上报”的全流程自动化，提高巡检效率。

（三）数字基础设施加速布局

数字化是低空经济高质量发展的核心支撑。郑州市在数字基础设施建设方面持续发力，为低空经济的腾飞奠定了坚实基础。截至 2024 年底，郑州市累计建成 5G 基站 5.6 万个。其中郑州联通在郑州航空港站已开通 5G-A 网络，并将其作为重要的示范场景，为无人机超视距飞行提供了低时延、高带宽的通信保障，空域通信时延控制在 10 毫秒以内，极大地提升了无人机飞行的安全性和可靠性。在空域管理方面，建成中原首个“低空智联网”监管平台，并成功与国家民用无人驾驶航空器综合管理平台实现数据联通，构建了多层次、立体化的低空空域监管体系，确保低空飞行的安全有序。此外，2025 年 6 月，经开区未来电力科技城项目正式启动，总投资 172 亿元，规划面积 7.89 平方公里，重点布局低空装备与数字电网融合应用。该项目建成后预计年产值 300 亿元，将成为郑州低空经济与数字技术深度融合的又一重要载体，进一步提升郑州在低空经济领域的数字化赋能能力。

三、郑州市数字化赋能低空经济面临的主要问题

尽管郑州市在低空经济发展方面取得了显著进展，但在数字化赋能低空经济的实践中，仍面临诸多挑战和问题，这些问题若不及时解决，将制约郑州低空经济的进一步高质量发展。

（一）数字基础设施覆盖不均衡

虽然航空港区在 5G-A 网络覆盖方面取得了领先地位，但在航空港区外，如中牟、新郑等重要产业集聚区，5G-A 覆盖率较低。这种覆盖不均衡直接导致物流无人机在这些区域进行超视距飞行时，故障率高达 15%，严重影响了其在复杂气象条件下的运行安全性和可靠性。

此外，在医疗领域，全市仅有 28% 的医疗机构接入无人机应急网络，形成了系统孤岛效应。这种信息不畅和互联互通不足，导致跨院区医疗物资转运的协同效率降低，应急响应能力受到限制。更为突出的是，在城市超低空域（100 米以下），智能感知设备的缺乏是一个普遍性问题。这直接制约了无人机在城市复杂环境下进行精准避障和动态路径规划的能力。例如，无人机外卖配送等高频次商业场景的推广，需要高度精密的低空感知和避障技术支持，

而目前基础设施的不足,使得这些创新应用难以大规模落地。数字基础设施覆盖不均衡不仅影响了低空经济的运行效率,更对飞行安全构成了潜在威胁。

（二）数据要素市场化程度偏低

数据是数字化赋能低空经济的核心要素。首先,低空数据产权界定不清是一个普遍性问题。大多数企业反映,由于缺乏明确的数据产权归属,导致其在数据共享、交易和应用方面存在顾虑。其次,缺乏统一的数据标准和互操作性协议。物流无人机货柜接口多达十几种,设备复用成本极大地增加。医疗物资运输也缺乏统一的通信协议,导致省、县级医院之间的无人机航线无法互联互通,形成了“数据烟囱”和“信息孤岛”,严重阻碍了跨区域、跨系统的协同作业。最后,郑州市缺乏专业的低空数据交易平台及配套制度,在定价机制、确权流程和安全审计等方面存在空白,导致低空数据交易市场发展缓慢。

（三）技术与人才双重短板

核心技术方面,高精度激光雷达、抗干扰导航芯片等关键部件的进口依赖度较高。这种高度依赖国外技术,使得部分企业因进口部件延迟而项目延期超过数月,不仅增加了生产成本和时间成本,更在一定程度上影响了产业链的自主可控和供应链的韧性。在国际形势复杂多变的背景下,核心技术受制于人,将对郑州低空经济的长期发展构成潜在风险。在人才方面,郑州市低空经济复合型人才缺口超过两千多人。尤其缺乏航空技术与 AI 算法兼备的跨学科复合型人才,导致企业在研发和创新过程中面临人才瓶颈,研发成本因此增加。人才的短缺不仅影响了现有项目的推进,也制约了新技术的研发和新应用的拓展。

（四）体制机制协同效能不足

低空经济涉及空域管理、航空器适航、运营服务、安全监管等多个方面,需要多部门协同配合。然而,郑州市在体制机制协同方面仍存在诸多不足。首先,空域审批流程繁琐且周期长。无人机物流航线平均审批周期长达半个月之久,与企业“小时级响应”的商业需求存在巨大差距,严重影响了低空物流的效率和竞争力。载人飞行测试面临保险缺失、责任认定细则空白等障碍,使得新型低空载人应用的商业化进程受阻。其次,空域管理涉及部门众多但缺乏统一指挥调度平台。空域管理涉及十几个部门,但缺乏一个高效的统一指挥调度平台,导致应急响应指令传递链条过长,在突发事件应对中可能出现延误和信息失真,影响应急处置效率。最后,市级专项资金与省级低空经济基金联动不足,在财政支持方面,市级专项资金与省级基金之间的联动机制不完善,导致企业获取政府补贴的审批时间平均长达两个月,过长的审批周期影响了企业技术攻关和创新项目的资金到位,削弱了财政政策的激励作用。体制机制的协同不足,不仅降低了管理效率,也增加了企业运营成本和不确定性。

四、对策建议

针对郑州市低空经济发展面临的数字基础设施不均衡、数据要素市场化程度低、技术人才短板以及体制机制协同不足等问题,本文提出以下数字化赋能的对策建议,以期推动郑州低空经济实现高质量发展。

（一）构建“空天地一体”数字底座,强化基础设施支撑

数字基础设施是低空经济高质量发展的基石,郑州市应着力构建“空天地一体”的数字底座,为低空经济提供坚实的技术支撑。加速 5G-A 网络建设与低空感知设备部署郑州市应在未来 2-3 年期间,新增 1500 座 5G-A 基站,重点补强中牟、新郑等产业带的网络盲区,确保重点区域 5G-A 覆盖率超过 95%。这将显著提升物流无人机超视距飞行的通信保障能力,

将故障率控制在 5% 以内，确保运行安全与可靠性。同时，同步部署超 500 套低空感知设备，构建 100 米以下超低空域“无死角监控网”，利用雷达、光电、声学等多模态传感器，实现对低空空域的实时监测、目标识别和轨迹跟踪。这将为城市复杂环境下无人机的精准避障和动态路径规划提供数据支撑，为无人机外卖配送等高频商业场景的推广打下基础。

建设标准化垂直起降点与“数字航路走廊”在郑州核心区域布局超 50 个标准化垂直起降点（Vertiport），并配套建设智能充电桩、自动货柜转换装置和智能调度系统。这些起降点应具备统一的设计标准和接口规范，提升无人机的运营效率和周转能力。于航空港区试点建设“数字航路走廊”，通过先进的空域管理系统，实现航路的实时规划、动态调整和智能化调度。该走廊应采用标准化航路设计和通信协议，构建“空中地铁化”运行模式，提高空域利用效率，为物流、医疗转运等高频次、高效率的应用提供坚实保障。未来可逐步推广至全市范围，形成覆盖郑州主要功能区的低空航路网络。

（二）深化“低空+数字”场景融合，拓展应用深度

郑州市应充分利用数字化技术，深化低空经济与各行业的融合，拓展应用场景，激发市场活力。打造智慧医疗无人机急救网络，扩建无人机血液转运网络，将其覆盖范围延伸至全市三十多家医院，并配备具备恒温控制功能的智能货箱和搭载除颤仪等急救设备的载具。规划二十多条紧急航线，建立起覆盖全市的“15 分钟急救圈”，确保医疗物资和急救设备能够快速送达，极大提升院前急救效率和成功率。推动郑州大学第一附属医院牵头建设医疗无人机调度云平台，利用大数据、人工智能技术实现医疗物资需求预测、无人机智能派单、航线优化和实时监控。目标是实现应急响应时间不超过 10 分钟，有效提升医疗急救的数字化、智能化水平。

建设高效智能物流网络与沉浸式文旅体验，在物流领域，计划于未来 1-2 年开通“郑州—安阳”、“郑州—洛阳”城际货运航线，构建中原城市群 2 小时低空物流圈，实现区域内货物的高效快速流通。在此基础上，未来几年可拓展“郑州—卢森堡”国际货运专线，利用郑州航空港的国际枢纽优势，年跨境货运量突破 5000 吨，打造具有国际竞争力的低空物流枢纽。在文旅领域，依托嵩山少林寺、黄河风景区等著名景点，部署 AR 导览无人机集群，结合全息投影技术打造沉浸式“禅武低空秀”，为游客提供全新的观光体验。同时，开发融合无人机编队与数字投影技术的“黄河夜航”灯光秀，将科技与文化深度结合，打造郑州低空文旅新名片。

（三）构建“技术—数据—制造”赋能链，激活产业动能

郑州市应设立总规模达十亿元的低空科技专项基金，重点支持产学研合作项目。联合中电科二十多所等科研机构 and 优势企业，集中力量突破抗干扰导航芯片、高精度激光雷达等核心部件技术，提高重要零部件的自主供给率，降低对外技术依赖。同时，在经开区未来电力科技城设立低空装备中试基地，提供从原型机测试、适航认证到小批量生产的一站式服务，加速科技成果转化，促进产业链上下游协同发展。

应建设低空数据交易平台，推动数据要素流通郑州市应牵头建设市级低空数据交易平台，明确数据产权界定、交易规则、定价机制和安全审计标准。鼓励企业将巡检数据、农田测绘数据、物流轨迹数据等上传平台进行交易，促进数据资源的有效流通和价值转化。制定统一的低空数据标准和通信协议，打破数据壁垒，实现不同类型无人机、传感器和平台之间的数据互联互通。例如，统一物流无人机货柜接口标准，推广医疗物资运输的统一通信协议，降低设备复用成本，提升系统协同效率。

加强人才培养与引进，夯实产业支撑。推动郑州航空工业管理学院开设“低空经济与智能交通”等交叉学科专业，计划招生规模达到每年约五百人，培养具备航空技术、AI 算法、

数据分析等多方面知识的复合型人才。依托顺丰无人机中部基地、翱翔航空等优势企业共建十多个低空经济实训基地，开设适航认证、数据运营、飞行控制等专业课程，通过校企合作模式，将理论教学与实践操作相结合，提升人才培养的针对性和实用性。实施“中原低空英才计划”，五年内引进两百多名在核心技术研发、产业运营管理、空域管理等领域具有国际视野和创新能力的低空经济高端人才，通过提供优厚待遇、科研支持和发展平台，解决郑州市低空经济人才短缺问题。

（四）完善数字生态与制度保障，优化发展环境

郑州市应着力优化营商环境，完善制度体系。创新空域管理模式，提升审批效率，积极争取军方授权地方政府负责 3000 米以下低空空域的的日常运行管理，构建“军一政一企”三方协同平台，实现空域资源的高效联动和智能调度。通过引入数字化技术，实现空域使用申请、审批、飞行计划备案、空域监视等全流程数字化管理，提高空域管理效率。创新试行“企业自主申报—系统自动备案”模式，大幅压缩无人机物流航线审批流程，将审批时间缩短至 4 小时内。

建立健全风险保障与责任认定机制，设立首期规模达 2 亿元的低空事故赔偿基金，为低空经济运行提供风险兜底保障，降低企业运营风险，鼓励更多市场主体进入低空经济领域。同时，积极引导保险公司开发针对低空经济的专项保险产品，如无人机责任险、财产险、人身意外险等。可在航空港区划定 40 平方公里载人无人机测试区，为载人无人机、eVTOL 等新型航空器的研发、测试和验证提供专属空域和配套服务。在此基础上，制定《郑州市无人机运行风险分级管控指南》，明确城市人口密集区低空事故的责任认定规则、赔偿标准和处理流程，完善低空运行风险防控与责任界定体系，为新兴应用的商业化运营提供法律保障。

强化财政金融支持与政策协同，优化市级专项资金与省级低空经济基金的联动机制，建立快速审批通道，将企业获取政府补贴的审批时间缩短至合理范围，确保资金及时到位，为企业技术攻关、产品研发和市场拓展提供有力支持。鼓励金融机构创新金融产品和服务，为低空经济企业提供融资支持，包括信贷、股权投资、融资租赁等。探索设立低空经济发展引导基金，吸引社会资本共同参与，形成多元化的投融资体系。

五、结论与展望

郑州市在低空经济发展方面具备独特的区位优势和良好的产业基础，数字化赋能为郑州低空经济高质量发展提供了前所未有的机遇。通过深入分析郑州市低空经济发展现状，识别出在数字基础设施、数据要素市场化、技术人才以及体制机制协同方面存在的关键问题。针对这些问题，本文提出了构建“空天地一体”数字底座、深化“低空+数字”场景融合、构建“技术—数据—制造”赋能链以及完善数字生态与制度保障等一系列对策建议。这些建议涵盖了基础设施建设、应用场景拓展、核心技术攻关、人才培养引进、数据要素流通以及政策法规完善等多个层面，旨在通过系统性、综合性的举措，全面提升郑州市低空经济的数字化、智能化水平，推动其实现高质量发展。

展望未来，随着数字化技术的不断演进和低空空域改革的深入推进，郑州市低空经济有望迎来更加广阔的发展空间。通过持续加大投入、深化改革创新、加强协同合作，郑州有望打造成为全国领先的低空经济创新发展高地。这不仅将为郑州市经济社会发展注入新的活力，也将为国家低空经济发展贡献郑州经验和智慧，助力构建安全、高效、便捷的现代空中交通体系。然而，低空经济作为新兴产业，其发展仍面临诸多不确定性。未来研究可进一步聚焦于低空空域精细化管理模式的探索、低空经济与城市治理深度融合的路径、低空经济可持续发展评价体系的构建以及低空经济的社会效益评估等方面，为郑州市乃至全国低空经济的长期健康发展提供更深入的理论指导和实践支撑。

参考文献:

- [1] Rezo Z. Analysis of Free Route Airspace Management in Southeast Common Sky under European ATM[J]. 2020.
- [2] Dekker J. Political and Topographical Influences on Airspace Use Efficiency in Europe[J]. 2021.
- [3] Yang Y, et al. Embodied AI for Integrated Sensing, Communications, Computing, and Control in Low-Altitude Economy[J]. 2024.
- [4] 黄巧龙, 蔡雪雄. 低空经济产业的发展现状、问题与政策建议[J]. 2024.
- [5] 周思雨. 低空经济创新与机遇探析[J]. 2024.
- [6] 王珏, 李子成. 金融发展、企业集聚与低空经济对新质生产力的作用机制[J]. 2024.
- [7] 金永光, 等. 基于区块链的低空无人机协同监管架构研究[J]. 2024.
- [8] 沈映春, 张豪兴. 数字基础设施建设对低空经济高质量发展的影响研究[J]. 2024.
- [9] 孙早, 等. 数字化赋能产业转型升级的机遇、挑战与路径[J]. 2023.

Empowering the High-Quality Development of Zhengzhou's Low-Altitude Economy through Digitalization

PENG Yunlong

(School of Business, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou, Henan 450044, China)

Abstract: As a crucial representation of new quality productive forces and a national strategic emerging industry, the high-quality development of the low-altitude economy is inseparable from the deep integration and empowerment of digital technology. Zhengzhou, as a national central city, has leveraged its “dual-zone overlay” strategic advantages to form a preliminary industrial ecosystem and application scale in the low-altitude economy. However, it also faces challenges such as uneven coverage of digital infrastructure, low marketization of data elements, shortage of technology and talent, and insufficient synergy in institutional mechanisms. Based on a review of relevant research and practices at home and abroad, this paper systematically analyzes the development foundation, digital advantages, and existing problems of Zhengzhou's low-altitude economy. Subsequently, it proposes systematic countermeasures and suggestions, including building an “air-space-ground integrated” digital foundation, deepening the integration of “low-altitude + digital” scenarios, constructing a “technology-data-manufacturing” empowerment chain, and improving the digital ecosystem and institutional safeguards. This aims to provide theoretical references and practical pathways for Zhengzhou to seize digital opportunities and promote the higher quality, more efficient, and more sustainable development of its low-altitude economy.

Keywords: Digital empowerment; Low-altitude economy; High-quality development