

低空经济赋能新质生产力的内在机制、 现实梗阻与路径优化*

刘衍峰

(华南师范大学马克思主义学院, 广东 广州 510631)

[摘要]低空经济作为战略性新兴产业,通过技术革命、产业融合与人力资本重构三重机制,驱动新质生产力的系统性跃升。其内在逻辑体现为以无人机、电动垂直起降飞行器等智能工具为载体,推动劳动资料向自主决策的认知化形态演进;通过跨产业要素重组与数据价值挖掘,实现劳动对象从物理实体向虚实融合的数字化空间扩展;依托产教协同与技能认证革新,促进劳动者从单一操作者向技术-管理复合型主体转型。然而,这一进程面临多重现实梗阻,核心技术链的对外依赖、空域资源配置的刚性约束、基础设施的物理-数字双重缺口、人力资本供需的结构性错配以及市场机制的价值转化失灵,共同制约着生产力要素的协同进化。为此,亟需构建核心技术梯度突破的创新生态,设计分层动态协调的空域治理模式,实施软硬协同的基础设施跃升战略,完善供需匹配的人才培养机制,培育场景驱动的市场需求激活策略,全面释放低空经济对新质生产力的赋能潜力。

[关键词]低空经济 新质生产力 战略性新兴产业 关键核心技术 科技自立自强

[中图分类号]F562; F124.3 **[文献标识码]**A **[文章编号]**2096-983X(2026)02-0069-13

一、问题的提出与文献综述

以数字化、智能化和科技创新为特征的新质生产力,正在成为引领中国经济增长的核心驱动力之一。新质生产力概念的提出是顺应时代潮流、结合历史经验、反映现实要求、依据实践条件而建构的新话语^[1],这一提法很好地回应了人工智能等蕴含巨大潜力的科技新进展,既能提高我们的生产效率,又能实现环保及可持续发展,还能降低人力成本^[2],契合了中国从速度经济向质量经济转型的战略需要。习近平总书记曾多次强调发展新质生产力的重要性,

指出其不仅是摆脱传统经济增长模式的关键,也是构建现代化经济体系的重要推动力量。^[3]新质生产力强调颠覆性技术创新对生产力要素的优化组合^[4],致力于推动劳动者、劳动资料和劳动对象的全面跃升^[5],并以数字化、绿色化为时代特征^[6],同时新质生产力的创新应用需要高水平的人才供给^[7]。并且新质生产力发展理念更关注高科技、高效能和高质量,而非传统的增长指标,这不仅是一种经济战略,也是将先进技术创新与可持续发展原则相结合的综合愿景^[8],正成为带动全球发展的引擎,将有效促进各国的发展和技术变革^[9]。

收稿日期:2025-04-08;修回日期:2025-06-03

*基金项目:国家社会科学基金青年项目“历史唯物主义视域中的技术封建主义批判研究”(25CKS091)

作者简介:刘衍峰,博士研究生,主要从事政治经济学研究。

与此同时,低空经济作为一种新兴的经济形态,正在全球范围内迅速崛起。低空经济是以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的各类低空飞行活动为牵引^[10],以低空空域为依托^[11],以低空飞行活动为最终产出形式的系列经济活动所构成的经济领域^[12],除了公共航空运输,它涵盖工业、农业、林业、渔业和建筑业的作业飞行以及医疗卫生、抢险救灾、气象探测、海洋监测、科学实验、教育训练、文化体育等方面的飞行活动^[13]。随着政策的逐步放开,低空经济也成了推动经济转型升级的新动力。近年来,中国政府也加大了低空空域的开发和管理力度,把低空经济发展作为国家战略性新兴产业来推动。2024年政府工作报告特别指出培育低空经济等新兴增长点的重要意义,将其当作推动经济高质量发展的新动能。^[14]在此背景下,低空经济与新质生产力的结合日益显现其重要性。低空经济属于战略性新兴产业,其产业链条长、应用场景繁杂、使用主体众多、牵涉部门和领域多,且科技含量高、创新要素集中,具备明显的新质生产力特征。^[15]低空经济通过无人机技术、

智能AI、数据分析等先进手段,推动生产工具智能化升级。^[16]低空经济的发展促使劳动者技能水平不断提高,新型劳动工具的大规模使用也使得劳动对象的数字化、智能化水平不断提高。^[17]这种技术与要素的创新组合,显著提升了全要素生产率,推动新质生产力高质量发展。本文主要对目前低空经济发展中的核心问题进行全方位的分析,为解决低空经济赋能中的结构性问题提供有针对性的思路和政策方向,为低空经济与新质生产力的深度融合提供理论和实践支持。

二、低空经济赋能新质生产力发展的内在机制

低空经济通过对劳动者、劳动资料、劳动对象生产力三要素的改造,提高劳动者认识自然、改造自然的能力,丰富劳动对象的种类和形态,创造新的生产要素组合,开拓生产新边界,塑造发展新动能,从根本上推动新质生产力实现能级跃升。

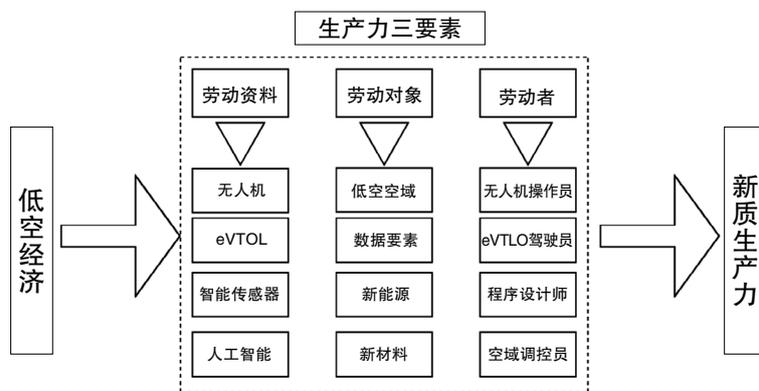


图1 低空经济赋能新质生产力的作用机制

(一) 低空经济推动技术革命赋能新质劳动资料创新突破

低空经济对劳动资料的革新,本质上是马克思主义生产力理论在数字时代的实践延伸。马克思在《资本论》中明确指出:“劳动资料不仅是人类劳动力发展的测量器,而且是劳动借以进行的社会关系的指示器。”^{[18](P170)}这一论断揭示了劳动资料是生产力系统中占据核心地位

的要素,它既是技术水平的物质载体,又是生产关系发生变革的物质基础。低空经济所依托的无人机、电动垂直起降飞行器(eVTOL)等技术,依靠智能化、网络化、数据化的变革,重新定义了劳动资料的内涵和外延,给新质生产力的形成提供理论注解和实践载体。

从马克思主义视角看,劳动资料的演进一直依照工具效能增强到生产关系调整再到生

产力提升的辩证规律,传统劳动资料把机械装置当作核心,其功能局限在对劳动对象实施物理改造上,效能受操作者的经验以及工具机械化程度高低所局限,而低空技术的达成突破,便使劳动资料获得自主认知能力。以农业无人机为例,其所搭载的多光谱传感器和AI算法,能实时对农田墒情、病虫害分布等数据进行解析,自主生成有差别的作业方案,这种技术进步使劳动资料从被动执行工具转化成主动的生产主体。马克思强调:“各种经济时代的区别,不在于生产什么,而在于怎样生产,用什么劳动资料生产。”^{[18](P170)}低空技术推动的劳动资料智能化,正是从“怎样生产”的维度重构了生产力系统。工具不再依赖预设程序,而是通过环境交互实现动态优化,这标志着劳动资料从机械延伸向认知延伸的质变。

劳动资料的网络协同配合,则进一步说明马克思“生产社会化”的论断是成立的。低空飞行器依靠5G通信跟云端调度系统,形成分布式合作网络,在城市物流所涉及场景里,无人机群按照实时的订单数据及空域状态,自动调整飞行轨迹与运力部署,实现资源的高效最优分配。这种网络化生产模式,破除了传统工具孤立运行的局限,让劳动资料的价值从个体效能转换为系统效能。正如马克思所指出的:“劳动资料取得机器这种物质存在方式,要求以自然力来代替人力,以自觉应用自然科学来代替从经验中得出的成规。”^{[18](P396)}低空技术的网络化协同,本质上是将“自然力”从物理能源拓展至数字协同力,通过系统间的数据流动与算法协调,创造出超越个体简单相加的集体生产力。这种变革不仅提升了生产效率,更重塑了生产过程的组织形态,为新质生产力提供了新的社会化载体。

数据要素的深度渗透,则呈现了劳动资料在当代生产力系统里的资本属性。马克思把劳动资料视为“物化的知识力量”,而低空技术让该“物化”过程呈现出新的特性。飞行器于作业当中持续生成空间数据、操作日志和周遭环境

信息,这些数据经清洗分析处理后,转化成为优化生产流程的知识资本。比如由电力巡检无人机采集的设备损耗数据,采用机器学习模型可预测出故障风险,把事后维修转变为预防性的保养,劳动资料的功能已跳出工具的范畴,成为数据生产要素的产出装置与转变装置。这种双重属性印证了马克思关于“固定资本的发展表明,一般社会知识,已经在多么大的程度上变成了直接的生产力”^{[19](P102)}的预见。低空技术推动的劳动资料数据化,实质是将社会知识固化为生产工具的内在能力,使知识资本通过工具迭代持续转化为现实生产力。

低空经济揭示了生产力要素的辩证统一关系。马克思认为劳动者、劳动资料与劳动对象构成生产力的有机整体,其相互作用推动社会生产发展。低空技术的应用场景表明智能飞行器作为新型劳动资料,既改变了劳动者技能结构,又拓展了劳动对象范畴,更通过三者的重新组合催生出全新生产模式。例如在生态治理中,无人机驾驶员(劳动者)通过分析飞行器(劳动资料)采集的大气污染数据(劳动对象),制定精准治理方案,形成“人一机一环境”的协同进化。这种要素重组不是简单的技术叠加,而是生产力系统在质态上的整体跃迁,充分体现了马克思关于生产力是具体的、历史的范畴的理论精髓。

(二) 低空经济发展产业融合赋能新质劳动对象要素重构

低空经济通过产业融合重构劳动对象的过程,本质上是马克思主义生产力理论中劳动对象扩大化规律在当代的具体实践。马克思指出:“劳动与劳动对象结合在一起劳动对象化了,而对象被加工了”^{[20](P211)},其范畴随着生产力发展不断扩展,从天然存在的自然物逐步延伸至人类加工的半成品与合成材料。在低空经济与多产业深度融合的背景下,劳动对象的拓展呈现出双重维度:一方面,传统物理对象通过空域维度的叠加获得新属性;另一方面,数据要素的深度介入催生出虚拟化的新型劳动对象。这

种重构并非简单的数量增加,而是通过技术嵌入与产业协同,实现劳动对象从“静态实体”向“动态系统”的质变,为新质生产力的发展提供更丰富的价值创造载体。

产业融合对劳动对象的重构工作,首先体现出物理空间的多维延伸态势。传统产业中的劳动对象一般被局限在地表二维空间,其开发及利用受地理边界与物理规律约束,低空技术的涉入冲破了这种约束,借助垂直空间开发为劳动对象赋予新的存在形式。在农业领域,以往的劳动对象是平面的农田土壤和作物,而农业无人机利用三维作业模式把作物生长的垂直空间纳入管理领域,空间维度的扩大化使劳动对象由土地面积变成立体生长系统,生产者需要同时考虑水平分布和垂直结构的交互作用,劳动过程由平面上的耕作升级为空间优化。在物流范畴中,劳动对象是地面运输的货物,无人机配送把货物放在空域坐标系里,其空间位置、运动轨迹、时间变量一起构成新的管理维度。由此劳动对象从位移客体变为时空综合体,要求生产系统具有动态感知和实时控制的能力,从而推动劳动对象管理模式发生根本性的改变。更深层次的变革源于数据要素与物理对象的深度融合。马克思强调:“劳动过程是人的活动借助劳动资料使劳动对象发生预定的变化的过程。”^{[18](P71)}在低空经济驱动下,这种“预定变化”的内涵发生本质改变,劳动对象不再是被动接受改造的客体,而是通过与智能系统的数据交互主动参与生产过程。以城市管理为例,传统劳动对象是道路、建筑等物理实体,而无人机搭载的传感器将城市空间转化为实时更新的数字孪生模型。温度、人流、交通流量等动态数据与实体基础设施融合,形成“物理-数字”双重属性的新型劳动对象。这种对象形态的革命性变化,使得城市管理从实体维护转向系统优化,劳动过程的核心转变为对数据流的解析与响应。

产业融合还推动劳动对象从孤立个体向系统网络迈进。就传统生产而言,劳动对象一般

呈现离散形态,其价值的实现依靠线性加工链路,低空经济采用跨产业的技术渗透手段,把原本割裂开来的劳动对象整合成为有机系统。比如在电力巡检的场景里,无人机把输电线路塔、绝缘子、导线等独立设备转变为相互连接的能源网络节点,凭借持续监测建立设备健康状态的关联。这种系统性的重构让劳动对象的价值不再局限于单体功能范畴,而是看其在网络中的协同效能状况。立足马克思主义政治经济学的视角审视,这种转变实际上是“劳动对象社会化”的进一步深化,即个别劳动对象的使用价值借助系统关联实现质的提升。低空经济驱动的劳动对象重构,实质上体现了生产力系统里主客体关系的辩证演变,产业融合依靠技术嵌入与要素重新组合,使劳动对象由被动接受改造的客体转变为主动投身生产的要素,这种转变突破了传统生产力要素的静态边界,助力劳动者、劳动资料与劳动对象形成更紧实的互动关系。

(三) 低空经济培育技术人才赋能新质劳动者积极涌现

低空经济对新型劳动者的培育过程,本质上是马克思“人的全面发展”理论在技术革命背景下的实践深化。马克思指出:“为改变一般的人的本性,使它获得一定劳动部门的技能和技巧,成为发达的和专门的劳动力,就要有一定的教育或训练。”^{[18](P161)}这一论断揭示了劳动者技能提升与生产力进步的辩证关系——技术革命不仅改变劳动工具与劳动对象,更通过重塑劳动者的知识结构与能力体系,推动生产力系统的整体跃升。低空经济通过无人机操作、飞行器维护、空域管理等新兴职业的涌现,构建起技术迭代-教育革新-能力提升的协同机制,使劳动者从传统体力劳动模式向“技术-数据”复合型能力跃迁,为新质生产力的持续发展提供人力资本支撑。

低空技术对劳动者技能结构的重构,首先体现在操作能力的智能化转型。传统劳动技能强调对机械工具的物理操控,其核心是动作的

熟练度与经验积累。“从劳动者来看，无人机产业具备边缘创新与融合创新特征，低空经济广泛吸纳电子、互联网、新能源、新材料、人工智能等领域专业人才，从业者普遍具备较高知识水平、掌握前沿技术能力、具有较强创新创业能力。”^[21]例如，在农业植保作业中，操作者不仅要控制无人机飞行轨迹，还需通过多光谱图像识别作物病虫害分布，并据此调整喷洒参数。这种转变使劳动者的核心能力从操作精准性转向决策科学性，劳动过程从经验依赖型升级为数据驱动型。马克思强调：“生产劳动同智育和体育相结合，它不仅是提高社会生产的一种方法，而且是造就全面发展的人的唯一方法。”^{[22](P510)}低空经济催生的劳动技能智能化，正是依靠技术工具与知识教育的深度融合，做到了劳动者体力劳动跟脑力劳动的有机整合。进一步的变革是劳动者知识体系的跨学科整合，低空飞行器的研发与应用牵扯航空航天、人工智能、通信工程等多个领域知识，这需要劳动者破除传统专业的壁垒。比如处于空域管理岗位的时候，从事空域管理工作的人员需理解航空法规与飞行原理，还应掌握大数据分析技术以实现空域资源配置优化，同时要拥有风险评估能力以应对突发情形，这种知识重构令劳动者的专业边界从单一技术维度扩展至系统协调层面，其作用从技术践行者转变为生产统筹者。

低空经济对劳动者主体性的激发，则凸显了新质生产力的根本特征。传统工业生产中的劳动者往往被束缚在固定岗位，其创造性受制于流水线分工。而低空技术的开放性与创新性，为劳动者参与技术改进与模式创新提供了实践空间。无人机驾驶员在长期作业中积累的飞行数据与场景经验，可通过反馈机制优化设备算法；飞行器维修技师通过故障诊断形成的知识库，能够反哺制造工艺改进。这种“实践—认知—再实践”的循环，使劳动者从工具使用者升格为技术共创者。马克思指出：“在再生产的行为本身中，不但客观条件改

变着……而且生产者也改变着，他炼出新的品质，通过生产而发展和改造着自身，造成新的力量和新的观念。”^{[23](P487)}低空经济创造的技术实践场域，正是劳动者实现自我革新与价值创造的重要载体。

三、低空经济赋能新质生产力的现实梗阻

尽管低空经济在赋能新质生产力过程中展现了巨大的潜力，但其发展仍面临诸多现实梗阻，严重限制了低空经济对新质生产力的深度赋能。其中，科研创新能力不足、空域管制限制以及基础设施建设滞后、人才短缺与教育培训滞后与市场需求遇冷构成了主要的技术和制度性障碍。

（一）核心技术受制于人：技术链薄弱与创新生态失衡

低空经济的核心技术受制于人，是技术链断裂与创新生态失衡协同作用引发的结果。马克思主义政治经济学早已说明，生产力的发展依托于劳动资料、劳动对象与劳动者的共同进化，而技术链作为劳动资料创新的物质承载载体，其完整性直接左右着生产力的自主性。当前低空经济的技术链体现出“中间强、两端弱”的结构性矛盾，即在应用层已打造出局部优势，但基础层（核心芯片、高端传感器）以及前沿层（自主算法、新材料）仍十分依赖外部供给。这种失衡造成技术创新的基础养分有所欠缺，国际供应链的波动牵制着产业升级，导致应用繁荣的情形掩盖基础脆弱的虚假安全状态。即便国内工业级无人机占据全球60%市场份额，然而其飞控系统的核心处理芯片多数依赖进口，一旦遇上技术相关的封锁，整机生产将面临全面性的瘫痪。技术链的破裂不仅对产业安全构成威胁，更妨害新质生产力向高级阶段跨越，当劳动资料的关键组件受外人掌控时，生产力的自主、可持续性便无法达成。

技术链薄弱背后折射出创新生态的结构性

缺陷。“低空经济产业链基础能力总体偏弱，主要表现在核心技术受制于人、科研创新能力不足和产学研一体化不够完善。”^[24]当前创新生态的失衡表现为三重脱节：一是基础研究与应用开发的脱节，高校科研聚焦论文导向的原始创新，企业研发偏重短期盈利的产品迭代，二者缺乏有效的知识转化通道；二是产业链与创新链的脱节，低空经济上下游企业间技术标准不统一，数据接口封闭，导致创新要素难以跨主体流动；三是政策供给与产业需求的脱节，现有科技政策多采用点到为止的资助，缺乏对核心技术攻关的持续性投入。更深远的影响在于，创新生态的割裂导致技术进步的“乘数效应”无法释放——个别领域的技术突破难以转化为全产业链的竞争力提升。

核心技术受制的深层矛盾，在于知识生产跟价值创造之间的制度性错配。技术作为物化的知识力量，其发展要求生产关系与生产力相匹配。目前低空经济的创新体系依旧沿用传统工业化思维，把技术研发简单处理成要素投入至产品产出的线性模式，忽视了知识生产呈网络化的特征。处于基础研究的领域里，科研评价体系过度强调论文篇数与专利授权，造成研究人员绕开高风险、长周期的原创性探索；处于产业转化的环节，知识产权保护力度欠佳与收益分配机制模糊不明，降低了企业持续投入核心技术的积极性。这种制度安排让知识生产落入低水平重复的圈套，研发投入一年比一年多，实际上大量资源是消耗在技术模仿和局部的优化里，而真正赋予产业话语权的底层创新依然不够。若知识生产的制度逻辑无法维持技术链的完整性时，核心技术突破将失去持续前行的动力。

（二）空域管理僵化：军民共管体制下的资源配置低效

低空经济在军民共同管理体制中遇到的空域管理僵化难题，是国家安全逻辑和市场效率逻辑的结构性矛盾在空域资源配置领域的集中表现。现今空域管理体制按照军事优先的原则

执行，民用低空空域开放的占比不到30%，可事实上军事预留空域被有效利用的比例不足5%，导致资源闲置与供给不足并存的悖论现象。这种低效配置不仅对低空经济规模化发展起到制约作用，更显示出治理体系在应对新兴经济形态时深层次的适应性欠佳。

以空域资源分配机制的角度看，现行军民共管模式体现出显著的制度性摩擦。依照《国家空域基础分类方法》，低空空域虽被划分成管制、监视、报告等若干类别，但实际的管理工作中，依旧以军事需求为主导，民用空域划设不存在动态调整机制。以四川省为例，就全省48.6万平方公里而言，仅7800平方公里空域被纳入协同管理领域，实际管控的空域面积占比未到30%，远低于发达国家的开放水平。该种刚性划设造成空域利用呈现碎片化的特性，大量的低空空域由于军事预留长时间闲置不用；商业飞行需求因审批延缓不得不暂时搁置，企业较难形成稳定的空域使用预期模式，对常态化运营模式的构建形成阻碍，审批制度的繁杂进一步扩大了资源配置的低效现象。现在飞行计划需获军航、民航、地方政府三方审批，存在权限交叉混淆、标准不吻合等问题，这种“三审”机制不仅造成行政成本上升，更造成空域使用的时间范围遭压缩。以珠三角地区为例，企业需提前数日提交飞行计划，而诸如突发性物流配送、应急救援等场景的即时需求无法满足，空域资源的时间价值被严重低估。审批流程的冗长实际是治理体系对市场响应速度的迟滞现象，揭示了传统空域管理模式与数字经济时代敏捷性要求在结构上的脱节。

军地协同机制的分割加剧了资源配置的零碎化。虽然不少地区试着组建军地民协同管理委员会，但在实际操作里，依旧存在权责界限不清、数据共享受阻等问题。军方所划设的空域档案与地方政府规划的低空经济示范区出现空间重叠，企业需要多次跟军地部门协商方可明确可用空域的范围；民用无人驾驶航空器综合管理平台（UOM）跟军方监控系统还没有实现

数据互联,引起空域状态更新出现延迟,飞行过程中冲突的风险加大。这种协同不足的根源是制度设计方面缺少顶层统筹,军方在空域管理上,把国土防空当作核心追求目标,地方政府把促进经济发展列为优先考量,二者价值取向的不同点未被有效添加到协同规则设计里,使空域资源配置落入安全与效率的零和博弈境地。空域分类管理凸显的粗放性,进一步降低了资源利用效率。现有的分类标准主要凭借飞行高度和航空器类型,未充分考虑区域经济特点跟产业需求的差异。内蒙古地广人寡、电磁干扰少,适合开展大规模农业上的无人机作业,然而其空域管理模式还是参照高密度飞行区域标准,引发审批程序与作业需求的严重错位;诸如深圳等超大城市,低空物流需求相当旺盛,却因为空域高度有200米以下的限制,无法实现高频次飞行。这种“一刀切”的管理模式遗漏了空间异质性,引起低价值空域过度管制和高价值空域供给匮乏并存的矛盾。更应关注的是,现行分类体系未把数据空域纳入管理范围,无人机采集到的地理信息、交通流量等数据资源,其归属权与使用规则未明确,阻碍了空域资源由物理维度向数字维度的价值延展。

(三) 基础设施滞后: 物理网络与数字基座的双重缺口

低空经济基础设施的滞后,本质上是物理网络与数字基座双重缺口的系统性失衡,其根源在于传统基建思维与数字经济需求的脱节。习近平总书记强调:“基础设施是经济社会发展的重要支撑,要统筹发展和安全,优化基础设施布局、结构、功能和发展模式。”^[25]因为基础设施既是生产力发展的物质基础,也是生产关系变革的空间依托。当前低空经济的基础设施建设尚未突破传统交通基建的路径依赖,既缺乏适配低空三维空间特性的物理网络布局,又未能构建支撑智能协同的数字基座体系,导致劳动资料与劳动对象的互动效率被严重抑制,阻碍新质生产力的要素重组与能级跃升。

物理网络的缺口集中体现为空间布局失序

与功能适配不足。传统基础设施规划把地面二维空间作为核心,其节点布置以及服务半径设计,难以与低空经济的三维作业需求相适应,就起降设施举例,目前布局多集中于城市近郊以及交通枢纽地带,缺乏对山区、海域等特殊地形的全面覆盖,引发无人机在复杂环境里常态化运营成本急速增加。更核心的是,物理网络功能单一的问题十分明显,大部分起降点仅有基础的停泊功用,没有集成能源补给、货物中转、设备维护这类复合服务模块,无法契合高频次、多样场景的作业需要。数字基座的薄弱则表现为数据交互能力与系统协同效能的双重不足。低空经济的运行高度依赖实时数据流动,需通过通信网络、导航系统与算力平台的深度融合,构建从感知到决策再到控制的闭环体系。然而,现有数字基座存在显著缺陷,“现有的感知探测基础设施和低空通信效果差、速度慢、规模小、管理低效,无法满足低空经济的发展需求”^[26]。尤其在建筑密集区与偏远地带,信号衰减与延迟问题导致无人机控制指令失准;导航系统精度受限于多路径效应与电磁干扰,在复杂空域环境下定位误差超出安全阈值;算力资源分布不均衡,边缘计算节点稀缺,难以支撑飞行器群的实时协同决策。这种数字基座的割裂状态,使得低空经济的生产要素难以实现高效协同。

物理网络与数字基座的割裂进一步衍生出系统级矛盾。在传统基建范式下,物理设施与数字系统往往分属不同建设主体与标准体系,导致硬基建与软基建难以形成合力。以低空物流网络为例,起降点的地理位置规划未充分考虑通信基站的覆盖半径,部分新建起降平台因信号质量差被迫闲置;导航增强系统的部署滞后于飞行器增量,导致空域资源利用效率与安全性形成负向循环。这种“物理-数字”的协同失效,实质是生产力要素组合方式的失调——当劳动资料的智能化要求基础设施提供集成化支撑时,分割建设的模式却加剧了系统复杂性与运行风险。

（四）人力资本断层：技能供给与产业需求的适配困境

低空经济面临的人力资本断层问题，本质上是技术革命加速与教育制度滞后的结构性矛盾在劳动力市场的集中投射。马克思主义政治经济学指出，生产力的发展不仅要求劳动资料的革新，更需劳动者通过技能提升“把智力转化为资本支配劳动的权力”^{[22](P442)}。当前低空经济催生的新型职业，对劳动者的技能结构提出复合型要求，但传统教育体系与职业培训机制仍停留于工业化时代的线性培养模式，导致技能供给与产业需求形成深度错配。这种适配困境不仅制约技术成果向现实生产力的转化效率，更从劳动者维度削弱新质生产力的内生动力。

技能供给的滞后性源于教育体系与产业演进的节奏脱钩。“低空经济需要大量的技术研发、生产制造、运营保障等人才，对人才的专业水平要求很高，而中国传统的专业设置和人才培养体系尚难以适应大范围低空经济对专业人才的需求。”^[27]因为低空技术迭代速度远超传统产业周期，而教育机构专业设置、课程更新的周期通常长达3~5年。这种时间错位导致两个层面的矛盾：其一，院校培养的毕业生技能结构与岗位需求存在代际差异，如多数无人机专业仍以飞行操控为核心课程，但企业更需具备空域动态建模、异常数据处理能力的复合型人才；其二，在职劳动者的技能更新通道不畅，传统职业培训多聚焦操作规范，缺乏对人工智能、通信协议等新兴知识的系统传授。更深层的矛盾为技能认证体系与生产实践需求在制度方面的割裂。现有职业资格认证标准多依据静态岗位描述设定而成，尚未体现低空经济里技能要求的动态复合属性，以无人机驾驶员认证一事为例，考核内容还是仅局限于基础飞行操作及法规知识，但实际作业场景要求从业者同步掌握气象分析、设备故障检测及应急避险等跨领域能力。这种认证体系与实际技能需求出现了偏差，造成劳动者持证与胜任之间出现能

力落差。更棘手的是，区域间认证标准的不相符造成人力资源流动受阻，一省认证的无人机操作员在邻省，也许因标准不一样而需重新考核，加剧了技能供给分散的局面。

产教融合的浅层化进一步加剧了人力资本断层。尽管校企合作在形式上全面开展，但多数项目仅停留在设备捐赠、实习基地建设这类表面的合作上，没有触碰到人才培养的核心要点。教育机构的教学内容与真实生产场景相背离，企业提供的实训机会多是局限在简单操作的反复进行，缺少对复杂问题解决能力的系统性培养。这种学校积极、企业冷淡的合作模式，让劳动者技能习得进程与产业实践产生双重脱节，学生无法凭借教育得到真实场景下的问题处理经验，企业也没办法及时把技术演进需求反馈至人才培养起始端。

（五）市场机制失灵：需求侧冷遇与商业模式创新不足

低空经济面临的市场机制失灵，是技术供给能力与市场需求结构之间的系统性错配，其根源在于价值实现链条的断裂与生产关系调整的滞后。生产力发展最终需凭借市场完成“惊险的跳跃”，即劳动产品往商品的价值方面转化。就目前而言，低空经济的技术成果在实验室及试点场景中展现效能，却在市场化应用过程中无法形成可持续的价值循环，揭示出有效需求短缺与商业创新疲软的双重困境，这种失灵不仅阻滞了技术扩散的速度，更在交换阶段瓦解新质生产力发展的经济后盾，使得技术创新陷入研发—试点—搁置的周期性困局。

需求侧冷遇的矛盾在于使用价值创造与交换价值实现的脱节。低空技术虽说能提升生产效率，然而其创造的使用价值未能高效转化为市场需求。这种断裂源自三重障碍：一是消费者在认知层面的壁垒，普通用户对低空技术的实际效用感知较含混，难以形成稳固的需求预期；二是成本转嫁存在阻碍，企业应用技术的成本难以借助价格机制传导至下游；三是面临替代品竞争挤压，传统生产方式借助成熟供应

链以及低转换成本,抑制市场对新技术的接受积极性。城市物流企业懂得无人机配送可提高时效性,但考虑到传统货车运输既稳定成本又低,总是会选择维持既有的状态,这种需求抑制本质上是市场信号的失真,价格机制没有精准反映低空技术潜在价值,造成资源配置朝着低效路径锁定。

商业模式创新不足则表现为价值创造逻辑的单一化与可持续性缺失。“低空经济的应用多集中于航拍、农业植保、物流配送等特定领域,而在医疗救援、旅游观光、个人出行等潜在高价值市场的应用尚未充分展开。”^[28]并且,多数低空经济项目仍沿用技术设备销售+基础服务收费的传统模式,未能挖掘数据资产、空域资源、系统集成等新型价值维度。这种创新乏力源于两个制度性约束,其一,产权界定模糊,无人机采集的地理信息、用户行为数据等新型生产要素的权属不清,抑制企业开发数据增值服务的动力;其二,风险分担机制缺位,空域使用风险、设备故障责任等未被合理纳入商业模式设计,迫使企业选择保守运营策略。

四、低空经济赋能新质生产力的路径优化

探索和构建科学的优化路径,将为低空经济赋能新质生产力提供强有力的支撑和发展方向。通过构建自主可控的技术攻坚体系、创新弹性开放的空域治理模式、实施软硬协同的基建跃升战略、打造供需匹配的人才培养机制,以及建立良好的市场支持环境,能够有效化解现有障碍,提升低空经济在各行业中的渗透力与应用广度,进而全面推动新质生产力的高效发展。

(一) 梯度突破与生态重构——构建自主可控的技术攻坚体系

构建可自主掌控的技术攻坚体系,从本质上看是通过重构技术的发展路径与创新生态,实现低空经济核心技术的系统性跃进,此过程

应采用梯度突破与生态重构的双轨策略,在技术攻关的层次秩序与创新主体的协同效能之间达成动态平衡,给新质生产力的发展提供可持续的技术后盾。

梯度突破的核心在于分层识别技术瓶颈并制定差异化的攻关策略。基于技术成熟度与产业关联程度,对低空经济核心技术加以划分,分为基础层、应用层、前沿层三类。基础层以飞控芯片、高精度传感器等共性技术为聚焦点,要把资源集中起来攻克底层原理与工艺难题;应用层把重心放在物流路径优化、空域协同算法等场景化技术上,应依靠市场需求拉动快速迭代;前沿层着眼于量子导航、仿生飞行器这类颠覆性技术,应坚守战略意志开展长期投入,这种分层策略可躲开全面铺开导致的资源分散风险,又能杜绝单点突进带来的技术孤岛难题。

生态重构的关键在于打破创新主体的组织壁垒与利益藩篱,构建开放协同的创新共同体。首先,推动产学研深度耦合。支持高校及科研院所聚焦基础理论的研究工作,企业主导推进工程化开发,采用定向委托研发、专利共享池等机制达成知识的流动。搭建低空经济联合实验室,由企业给出技术方面需求,高校给出理论支撑,科研机构落实中试验证。其次,完善技术转移体系及转化机制。构建区域性的技术交易市场,制定标准化的技术交易及定价规则,开展先试用后付费、技术入股等灵活模式的探索,使中小企业技术获取成本下降。最后,实现创新要素配置的优化。采用税收优惠、研发加计扣除等政策,引导社会资本往核心技术领域投入,创建低空经济产业基金,聚焦支持“专精特新”企业,建立多样化的资金扶持网络。

制度创新为梯度突破与生态重构起到保障机制作用。必须建立包容又审慎的监管架构,对基础研究采用负面清单管理方式,给予科研人员更大的自主支配权;对应用技术开发采用敏捷监管方式,设置快速审批通道及容错规程,同时修缮知识产权保护体系;扩大无人机飞控算法、空域管理模型这类新兴领域的专利覆盖

范围, 组建起低空经济专利联盟, 推动交叉许可与协同防御落地, 建立技术标准引领体系; 主动参与国际标准制定相关工作, 引导自主技术标准走向世界, 凭借标准互认降低技术扩散的阻碍。

(二) 分层管理与动态协调——创新弹性开放的空域治理模式

构建弹性开放的空域治理模式, 需以分层管理与动态协调为核心, 通过制度设计与技术手段的深度融合, 实现空域资源的高效配置与安全管控。这一路径优化是重构生产关系以适应低空技术驱动的生产力变革, 其核心逻辑在于通过空间维度的精细化划分与时间维度的动态适配, 破解传统空域管理刚性化、碎片化的制度性矛盾, 为新质生产力的发展提供灵活、可持续的空域资源支撑。

分层管理的首要任务是建立差异化的空域分类体系。参照飞行器类型、任务特点及风险的等级, 将低空空域分割为消费级(0~120米)、工业级(120~600米)与战略级(600米以上)空域, 各自和不同的管理标准相匹配。消费级空域可开展“负面清单+备案制”的管理模式, 轻型无人机经备案后可自由飞行, 工业级空域要把航线规划与流量控制规则明确下来, 支持物流无人机进行常态化运营, 战略级空域依旧留存军事管制的属性特点, 但制订应急状态里的快速开放办法。这种分层设计能达成保障国家安全的效应, 又能释放商业空域的潜力, 形成基础层开放、关键层可控、核心层保障的三维化格局。湖南作为全国首个实施全域低空开放试点的省份, 已分类进行划设179个空域和97条常态化航线, 空域资源利用率的提升幅度达30%以上, 证实了分层管理在实践中的可行性。

动态协调的核心在于构建军民协同的数据共享与决策机制。传统空域管理鉴于军民航数据割裂, 造成资源配置效率低下, 需凭借区块链技术创新去中心化数据平台, 实现空域状态、飞行方案、监管指令的即时同步。例如, 安徽打造的全省通航飞行服务平台, 通过融合军

方管制数据与民用飞行需求, 实现空域资源的动态调配与冲突预警。同时, 应设立空域市场机制, 把军方空闲下来的空域添加进资源池, 企业依靠竞价获取临时的使用权, 构建市场化配置与公共利益相平衡的灵活模式。深圳进行“数字空域图”技术的试点探索, 采用数字孪生模拟空域使用方面的场景, 对禁飞区及飞行走廊实施动态调整, 促使空域使用效率大幅上扬, 为动态协调提供了技术示例。

(三) 网络布局与标准互认——实施软硬协同的基建跃升战略

实施软硬协同的基建跃升战略, 关键在于借助物理网络与数字标准的系统性重构, 冲破低空经济发展中的基础设施瓶颈壁垒。此战略的本质是引领传统基建思维向“物理-数字”双维融合变革, 既需要硬件设施合理布局来形成空间支撑力, 又依靠软件标准的统一认同以构建要素流通性, 最终推动基础设施从被动适配走向主动赋能的功能变迁。

物理网络的优化布局需遵循需求导向、分层覆盖原则。按照低空经济的三维作业特征, 搭建城市群走廊—县域节点—乡村末梢的分级网络格局。就城市群层面而言, 规划低空物流专属走廊, 对高层建筑屋顶、交通枢纽等空间资源进行整合, 建设立体化起降点, 实现跟地面交通网络的垂直连通; 在县域这个层级, 按照通用机场、物流园区布局多功能枢纽站, 归并能源补给、设备维护以及数据中转功能; 在乡村以及偏远区域, 凭借通信塔、气象站等现有设施改造简易起降平台, 让基建边际成本下降。设立新建与改造同样看重的投融资机制, 采用PPP模式吸纳社会资本参与存量设施升级工作, 杜绝因重复建设引起的资源浪费, 这种分层布局保障了核心区域可实现高密度覆盖, 且凭借轻量化改造拉长服务半径, 搭建起全域可达的物理网络根基。

数字基座的标准化建设应聚焦协议统一、数据互通。制订全国一致的低空通信协议及数据接口规范, 强制设备制造商和运营商依照统

一的数据格式及传输标准执行,保障不同系统之间实现无缝衔接。关键推进导航增强系统的标准化实施,构建以北斗为主导、多源融合的定位格局,采用地面基准站加密与星基增强技术相结合的方式,把低空定位的精度控制到厘米级别。构建低空数据共享平台,明确飞行器轨迹、空域状态等数据的采集规程与开放权限标准,解开信息孤岛对协同作业施加的制约,在标准互认的进程里,促进跨区域、跨部门的资质认证互认,建立一次认证、全国通用的无人机操作员证照体系,去除人力资源流动的制度阻碍。

软硬协同的核心所在是建立物理网络与数字标准的反馈优化机制。运用数字孪生技术搭建低空基础设施仿真平台,实时开展物理网络运行状态的模拟,找出布局里的盲区和效能上的短板,实时调整建设规划,依靠历史飞行数据与流量预测模型,自动对起降点密度和通信基站的分布做优化,做到资源配置的精确升级。把数字标准嵌入物理设施全阶段生命周期管理,要求新建的基础设施同步符合通信协议、数据接口等软性要求,保证硬基建和软规则同步革新,这种协同机制让基础设施不再是被动的物质承载对象,而是可主动迎合技术发展需求变化的有机系统。

(四) 产教融合与认证革新——打造供需匹配的人才培养机制

低空经济应实现人才供给与产业需求的有效匹配,应构建教育链、产业链、认证链三链彼此融合的培养机制,这一机制的关键是破除传统人才培养的线性模式,采用产教深度融合的方式重构知识传递路径,凭借认证创新畅通技能评价与市场需求的反馈通路,最终形成需求牵引供给、供给引发需求的动态平衡架构。

产教融合需从表层合作转向深度协同。传统校企合作往往停留在设备捐赠、实习安排等浅层面的互动形式,难以接触到人才培养的核心地带,应带动教育机构和行业龙头企业一同建设产业学院,把实际的生产场景当成教学载

体,把企业技术标准、岗位能力要求直接纳入课程体系。推出模块化课程套件,把无人机系统维护、空域数据分析等岗位技能拆解成可拼接的教学单元,学生凭借完成实际项目积累学分,同时引入双导师制,企业工程师与高校教师共同规划教学内容,保证理论教学能跟上技术发展步伐,这种深度契合模式,使人才培养阶段始终嵌入产业生态,实现边学边做、边做边学的能力进步。

认证体系革新应聚焦技能评价的动态适配。现有的职业资格认证标准跟不上技术发展,须建立核心技能+场景能力的双重认证。核心技能认证主要聚焦基础能力标准化,诸如无人机飞行操纵、通信协议认知等通用技能;场景能力认证针对特定应用领域去开展差异化考核标准设计。认证内容应构建起动态更新机制,由行业协会牵头引领,每半年依据技术发展走向对考核大纲进行修订,同时推进微认证制度的实施,容许劳动者凭借单项技能考核获取阶段性资质,符合技术迅猛迭代对能力更新的需求,无人机操作员把新型避障算法掌握后,可着手申请智能导航微认证,不用重复去参加全科考核。

供需匹配的关键在于建立双向反馈机制。教育机构需与用人单位共建人才需求数据库,实时跟踪岗位能力变化,并据此调整专业设置与招生规模。一旦低空物流企业对无人机+数据分析复合型人才有大量需要,高校必须迅速开设相关交叉课程。构建毕业生职业发展跟踪机制,采集用人单位对毕业生能力方面的评价数据,逆向调整培养方案,保证人力资本积累始终与生产力发展同频同步。

(五) 政策激励与模式创新——培育场景驱动的市场激活策略

培育场景驱动的市场激活策略,需通过政策精准激励与商业模式系统性创新,形成需求催生供给、供给刺激需求的良性循环。这一路径优化的核心意义是打破传统市场供需错配的僵局,把技术蕴藏的潜能转化为可感受、可买卖的

经济价值,最终形成低空经济自我强化的内部增长机制。

政策激励的设计应聚焦场景化精准扶持。按照不同应用场景的特性,设计差异化的激励方针。在农业范畴,可参照无人机作业面积给予阶梯式补贴,加大对病虫害防治、精准播种等高效作业模式的补贴比例;在城市物流场景中,实行空域使用费减免措施,对夜间配送、应急运输等社会效益凸显的服务给予税收抵免;在生态监测的范畴内,采用政府购买服务制度,将无人机巡查分析的数据纳入公共资源采购表。创建技术-效益的联动机制,对采用自主可控技术的企业额外给予研发奖金,构建创新程度与受益程度成正比的正向激励,此类政策应纳入动态评估,定期结合技术成熟度与市场反馈,对激励力度做出调整,防止过度补贴让市场信号出现扭曲。

模式创新的关键在于重构价值创造逻辑。打破设备销售结合服务收费的传统路线,开发低空经济中数据资产与网络效应的价值,开展对空域资源证券化模式的探索,把低空空域的使用权切分为标准化交易单元,企业借助竞拍获取分时段、分区域的飞行权限,提升资源分配成效;实施数据服务订阅办法,把无人机采集的地理信息、环境参数等数据流加以整合,面向农业、保险、城市规划等领域开展定制化分析服务;实施共享运维平台推广工作,归集中小企业的设备维护需求,凭借规模效应降低单机运维成本。这些创新模式需把产权明晰当作前提,将数据所有权、使用权以及收益分配规则予以明确,保障市场主体的创新动力不被制度模糊状态所抑制。

场景试验与推广需构建分层递进机制。在技术验证工作开展期间,开辟低空经济创新试错空间,让企业在限定范围内试验新型商业模式的差错,监管部门同步查探风险并迭代现行规则;进入应用拓展这一阶段,借助政府采购、示范工程等途径扩大场景应用规模;进入到成熟推广阶段,推动不同场景下技术复用,

减少市场延伸的边际成本;创建场景之间的协同网络,例如利用物流无人机采集的城市交通数据推动智慧交通系统的优化,实现场景联动的附加价值。

风险对冲机制是市场激活的稳定器。针对技术应用当中的空域冲突、数据安全等相关风险,组建政府-企业-保险的共担体系。政府引领制定低空飞行安全标准及应急预案,企业借助技术手段让操作风险降低,保险机构研制覆盖设备损失、第三方责任等范畴的综合险种,开办低空经济风险补偿基金,对因政策调整或者技术迭代引起的存量资产损失给予适度的赔偿,化解市场主体对不确定性的顾虑心理。

参考文献:

- [1]刘衍峰. 数字化转型背景下新质生产力的内涵特质、现实挑战与实践培育[J]. 北方民族大学学报(哲学社会科学版), 2024(3): 168-176.
- [2]海外专家看好中国经济: 在新质生产力的推动下, 中国在全球产业链中的地位将会进一步提高[EB/OL]. (2024-03-07)[2024-11-26]. <https://cn.chinadaily.com.cn/a/202403/07/WS65e96996a3109f7860dd4683.html>.
- [3]习近平. 发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点[J]. 求是, 2024(11): 4-8.
- [4]钟茂初. “新质生产力”发展演进及其增长路径的理论阐释[J]. 河北学刊, 2024(2): 151-157.
- [5]蒲清平, 向往. 新质生产力的内涵特征、内在逻辑和实现途径——推进中国式现代化的新动能[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2024(1): 77-85.
- [6]李晓华. 新质生产力的主要特征与形成机制[J]. 人民论坛, 2023(21): 15-17.
- [7]VASILIS T. New quality productive forces demand lots of talent[EB/OL]. (2024-07-01)[2024-11-26]. <https://www.chinadaily.com.cn/a/202407/01/WS6681d961a31095c51c50b8c3.html>.
- [8]TAHIR F. Focus on developing new productive forces to have profound impact[EB/OL]. (2024-03-22)[2024-11-26]. <https://www.chinadaily.com.cn/a/202403/22/WS65fcd992a31082fc043be121.html>.
- [9]多国人士: 新质生产力正成为全球发展引擎[EB/OL]. (2024-03-12)[2024-11-26]. https://world.gmw.cn/2024-03/12/content_37199033.htm.
- [10]沈映春. 低空经济: “飞”出新赛道[J]. 人民论

坛, 2024(8): 74-79.

[11]郭辰阳, 敖万忠, 吕宜宏. 低空经济与通用航空、无人机、UAM的关系分析[J]. 财经界, 2023(28): 30-32.

[12]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(6): 59-64.

[13]黄靓. 低空经济, 打开应用场景的无尽想象[N]. 湖南日报, 2023-02-09(8).

[14]李强. 政府工作报告——2024年3月5日在第十四届全国人民代表大会第二次会议上[EB/OL]. (2024-03-12)[2024-09-30]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202403/content_6939153.htm.

[15]吕人力. 打造低空经济新引擎: 低空经济呈现新质生产力特征[N]. 经济日报, 2024-05-03(6).

[16]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.

[17]李卫民. 打造低空经济新质生产力[N]. 中国民航报, 2024-04-18(7).

[18]马克思恩格斯全集: 第42卷[M]. 北京: 人民出版社, 2016.

[19]马克思恩格斯全集: 第31卷[M]. 北京: 人民出版社, 1998.

[20]马克思恩格斯全集: 第44卷[M]. 北京: 人民出版社, 2001.

[21]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.

[22]马克思恩格斯全集: 第43卷[M]. 北京: 人民出版社, 2016.

[23]马克思恩格斯全集: 第30卷[M]. 北京: 人民出版社, 1995.

[24]张嘉昕, 许倩. 低空经济产业链发展的制约因素与优化对策研究[J]. 经济纵横, 2024(8): 63-70.

[25]全面加强基础设施建设构建现代化基础设施体系 为全面建设社会主义现代化国家打下坚实基础[N]. 人民日报, 2022-04-27(1).

[26]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.

[27]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(9): 14-26.

[28]宋丹, 徐政. 低空经济赋能高质量发展的内在逻辑与实践路径[J]. 湖南社会科学, 2024(5): 65-75.

【责任编辑 苏聪文】

The Internal Mechanism, Obstacles and Optimisation of the Low Altitude Economy for Enabling New Quality Productivity

LIU Yanfeng

Abstract: The low-altitude economy, as a strategic emerging industry, drives systematic leaps in new quality productive forces through three mechanisms: technological revolution, industrial integration, and human capital reconstruction. Its intrinsic logic is manifested in using intelligent tools such as drones and electric vertical take-off and landing (eVTOL) aircraft as carriers to advance labor instruments toward cognitive forms with autonomous decision-making capabilities; achieving expansion of labor objects from physical entities to digital spaces with virtual-physical integration through cross-industry factor reorganization and data value mining; and promoting the transformation of laborers from single operators to technology-management composite entities through industry-education collaboration and skill certification innovation. However, this process faces multiple real-world obstacles: external dependence on core technology chains, rigid constraints on airspace resource allocation, physical-digital dual gaps in infrastructure, structural mismatches in human capital supply and demand, and market mechanism failures in value transformation, all collectively restricting the synergistic evolution of productive force elements. Therefore, it is urgent to construct an innovation ecosystem for graduated breakthroughs in core technologies, design hierarchical and dynamic coordination models for airspace governance, implement infrastructure upgrading strategies with software-hardware synergy, improve talent cultivation mechanisms for supply-demand matching, and foster scenario-driven market demand activation strategies to fully unleash the empowering potential of the low-altitude economy for new quality productive forces.

Keywords: low-altitude economy; new quality productivity; strategic emerging industry; key core technologies; self-reliance and self-improvement in science and technology