“技术-组织-环境”框架下低空制造企业高质量发展的驱动路径研究

——基于NCA和fsQCA的混合方法

李作学，宋 月，荆 浩，张 波

（沈阳航空航天大学经济与管理学院，沈阳 110136）

摘要：低空经济是新质生产力的典型代表，低空制造企业是低空经济的关键核心组织，对于发展低空经济具有重要推动作用，如何促进低空制造企业高质量发展是有待回答的重要问题。借助（技术-组织-环境）TOE理论框架，运用NCA和fsQCA混合方法，以164家低空制造企业作为研究样本，从组态视角分析了我国低空制造企业高质量发展的驱动路径。研究发现：技术创新和政府补助在一定程度上是低空制造企业高质量发展的必要条件；驱动低空制造企业高质量发展有五条路径，即盈利约束的技术赋能型环境驱动、数字化和盈利约束的技术赋能型政府驱动、人力约束的技术赋能型政府驱动、人力约束和融资支持的技术赋能型政府驱动、数字化和融资约束的技术和人力赋能型政府驱动，呈现中国低空制造企业高质量发展的多元路径和复杂机制。此外，缺乏技术创新和政府补助使得当前低空制造企业发展质量不高，充分体现了低空经济的创新驱动强和参与主体多特别是政府扮演着关键角色的重要特征。研究结论对中国低空制造企业高质量发展具有理论和实践启示。

关键词：低空制造企业；高质量发展；TOE；必要条件分析（NCA）；模糊集定性比较分析（fsQCA）

中图分类号：F279.23 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)04－0067－09

高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。党的二十届三中全会指出，完善推动高质量发展激励约束机制，健全因地制宜发展新质生产力体制机制。作为新质生产力的典型代表，低空经济正式成为推动经济高质量发展的“新增长引擎”。低空经济被界定为围绕低空空域资源而展开的经济活动，包括传统通用航空业态和无人机产业，在工业、农业、服务业等领域都有广泛应用，是现代产业体系构建的重要推力[1]。2024年低空经济首次被写入政府工作报告，工业和信息化部等四部门发布《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》，着手推进低空经济高质量发展。由于受到管理体制、基础设施建设、低空技术以及通航市场体系等多个因素制约[2]，当前中国低空经济的整体发展水平较低，难以应对人们日益增长的高品质消费及生活需求。从产业构成来看，低空经济主要包括低空制造、低空飞行、低空保障和综合服务等方面[3]，低空制造是低空经济产业链的关键组成部分，对低空经济发展至关重要。因此，如何推动低空制造企业高质量发展，使其成为低空经济新质生产力的推力是亟待破解的重大现实难题[4]。

低空制造企业主要是提供低空飞行载体相关的产业与服务的组织，包含芯片、复合材料、传感器等核心零部件及相关原材料及电动垂直起降飞行器（eVTOL）和无人机的整体研制[5]。作为低空产业群高质量发展的中游产业团组，起到承上启下的作用[6]。加快低空制造企业的高质量发展不仅是发展新质生产力着力点，还是发展低空经济产业的内在要求。已有研究表明，影响低空制造企业高质量发展的因素是多方面的。就产业链层面而言，低空

收稿日期：2025-08-19

基金项目：辽宁省教育厅面上项目（JYTMS20230286，LJKMR20220574）；中国人才研究会项目（ZRH-2131）；辽宁省教育厅高校基本项目（LJ132510143002）

作者简介：李作学（1978—），男，内蒙古赤峰人，博士，教授，研究方向为低空经济产业；通信作者宋月（2001—），女，辽宁抚顺人，硕士研究生，研究方向为低空经济产业；荆浩（1978—），男，辽宁辽阳人，博士，教授，研究方向为低空经济产业；张波（1980—），女，辽宁沈阳人，博士，教授，研究方向为低空经济产业。

制造类企业存在上下游衔接支撑不足、产业分布不均、补贴政策力度不足等影响企业高质量发展的问题[1]。从创新技术视角来看,当前中国市场电池能源供给仅能满足小型全电飞行器的短途飞行需求[7],通用航空器整机以及发动机等核心零部件制造严重依赖进口,“卡脖子”等问题突出。就数字化赋能层面而言,已有学者指出将数字技术结合到低空领域,促进大数据等自动化制造设备的使用能够实现低空制造业技术革命性突破。从外部环境来看,政府的资金补贴、技术创新奖励等影响企业的高质量发展[6]。然而,以上研究缺乏统一理论框架,同时考察上面所述视角对高质量发展的影响,忽略高质量发展的整体性特征[8]。低空制造企业的高质量发展决定着低空经济整体产业的发展,因此有必要采用系统性框架,从整体视角探讨低空制造企业高质量发展的复杂因果机制。

此外,已有研究出现了理论与方法的错配问题。在理论上,企业高质量发展是一个系统性、多维性概念[8],是技术创新、组织运营和外部环境等因素长期协同作用的结果。然而,现有研究大部分采用传统的线性回归方法,分别考察单个影响要素与企业高质量发展的相关关系。已有研究采用组态视角考察整体制造业企业的高质量发展路径,为理论与方法匹配提供重要研究思路[9]。因此,对于低空制造企业高质量发展的复杂因果机制可以参考制造业整体发展,进一步细化研究。

基于此,本文以技术-组织-环境(technology-organization-environment,TOE)理论为框架,以164家低空经济领域制造企业为案例,结合必要条件分析法(necessary condition analysis,NCA)与模糊集定性比较分析(fuzzy set qualitative comparative analysis,fsQCA)的混合方法,以三个维度探究低空制造企业达到高质量发展的关键性前因组态,揭示低空制造企业高质量发展多元路径。本文的意义如下:第一,基于技术-组织-环境理论框架对低空制造企业高质量发展影响因素进行梳理,以期深化对于如何提升企业高质量发展问题的系统性理解;第二,揭示单一变量是否构成影响低空制造企业高质量发展的必要条件;第三,探究低空制造企业高质量发展的驱动路径并为企业实现高质量发展提供理论借鉴和实践启示。

1 文献回顾与理论模型构建

1.1 理论匹配性

企业高质量发展是指在创造经济价值和社会价值时,追求更高水平、更高层次和更高效率,同时致力于打造持续成长与创造价值的卓越目标状态或发展模式[10]。低空经济作为新质生产力形成和发展的重要推力,具备通过实现高质量发展而更好满足人民美好生活需要的价值取向[11]。低空制造企业是低空经济的关键核心组织,是发展低空经济的重要着力点。目前对低空制造企业高质量发展的影响因素研究主要体现在技术、组织和环境三个层面。在产业技术方面,袁宏刚等[12]认为企业重点围绕整机制造、电池等高端核心技术环节进行持续更新迭代,才能健全整体产业链。在组织经营方面,张青兰和蒋永强[13]认为数字技术的应用,能够实现低空制造业走向成熟。在外部保障方面,赵景龙[14]认为,政府可以通过税收优惠政策和补贴,为企业提供长期的激励保障。上述阐述低空制造企业高质量发展的影响因素可以归纳为三类,即技术因素对低空制造企业的推动、组织因素对低空制造企业支撑以及环境因素对低空制造企业的托举。低空制造企业的高质量发展是由以上三类因素相互结合、相互促进到达的,这与TOE理论分析框架契合。

在解释复杂成因及选择影响因素方面,TOE框架具有较大优势,它认为分析技术、组织和环境三个维度下的多个要素相互配合、相互联动,能够影响整体组织的性能和效益[15]。其中,在技术层面,关注技术本身的发展水平及其相关研发要素;在组织层面,分析支撑技术创新的组织结构特征;在环境层面,聚焦于对企业发展产生影响的外部因素。TOE理论可作为系统研究低空制造企业高质量发展前因模型的理论框架[16]。

1.2 理论模型构建

根据组态理论化的界定范围、链接和命名三个迭代过程,以及TOE理论,首先需要从既有研究中归纳低空制造企业高质量发展的条件要素,为探索条件要素驱动企业高质量发展提供具体分析框架,接下来分别阐述TOE理论条件要素与低空制造企业高质量发展的关系。

1.2.1 技术条件

(1)技术创新。已有研究表明,技术创新成果转化与高质量发展呈正相关关系。在低空制造企业内部竞争中,以科技创新为主的企业才能够在低空经济领域维持企业发展,进而取得独特竞争优势。

(2)人力资源。人力资源是支撑低空经济领域

发展的重要保障,鼓励企业加强人才引进和内部培训以满足发展需求[2]。

1.2.2 组织条件

(1)数字化转型。低空经济产业广泛关联数字化等新消费业态[17]。

(2)盈利能力。创造经济效益是企业生产经营的第一目标,企业盈利是支撑研发投入、数字化转型以及技术创新等生产经营活动的基础。高盈利能力有助于企业进一步扩充产业链,提高基础建设水平,最终实现整体产业升级。

(3)融资能力。企业科研经费和资源分配不均,导致技术创新动力不足,制约着低空制造企业的高质量发展[18]。

1.2.3 环境条件

(1)政府补助。苏州、武汉等已通过设立低空经济产业基金,充分挖掘区域内符合国家产业政策、创新能力强、成长性好的企业进行投资支持[17],帮助企业高质量发展。

(2)地区经济发展。低空产业受其本身经济特质的影响,其自身发展依托高度聚集的地区产业集群,具有一定的区域依赖性[18]。同时,低空飞行活动依托于地面基础设施建设,这受到当地经济发展的制约,较好的地区经济发展可以为低空制造企业发展提供政策支持、标准制定、法律法规保障以及等便利。

同时,低空经济产业作为战略性新兴产业的典型代表,将本文条件要素的选取与孙佩红和刘凯月[19]对战略性新兴企业高质量发展条件要素研究进行对比,认为以上发展条件的选取是可行的。

1.3 技术-组织-环境因素对企业高质量发展的影响

上述多个条件要素并非孤立,而是相互依赖、联动匹配地发挥作用[20]。采取整体组态视角,不同要素在企业运营过程中可能表现出多重复杂因果作用机制。

首先,技术与环境之间存在相互依赖的关系。环境为创新技术的开发提供必要的支撑,而创新技术的成果转化则成为改善环境的重要动力。低空飞行技术的实施依赖低空飞行网络的建设,具体包括地面基础设施(如通用航空机场和直升机起降点)及空中基础设施(如航线、航路和飞行网络等)。这些要素与地方政府的经济条件和人才储备密切相关。同时,低空经济的核心技术方向所推动的产品迭代及技术创新,能够有效促进城市空中交通(UAM)和区域空中交通(RAM)的发展,为解决居民出行不便和减轻交通基础设施投资压力提供重要途径[17],并为改善当地经济环境和居民出行条件提供支持。

其次,技术与组织之间相互依赖,组织是技术创新的基础,而技术创新为组织注入活力。企业加强外部合作,打造低空技术成果孵化器,能够促进新技术成果转化落地[2]。此外,技术创新提升了组织韧性[21],优化生产结构,增强抗风险能力,使组织更好地适应环境变化,从而推动高质量发展[22]。

再次,组织与环境密切相关,组织依赖环境成长,而环境又通过组织发展。自 2021 年起,中国低空经济进入快速培育阶段,迎来了新的发展机遇[2]。在国家政策的引导下,各地政府积极推动低空经济,实施了一系列优惠政策和资金补助,以降低企业融资难度,激励技术创新,实现高质量发展。同时,现有的制造能力与应用场景的多样化需求有直接关系,低空经济下游市场需要有力的制造能力提供支撑[14]。

综上所述,低空制造企业能够实现高质量发展,需多种要素实现高水平发展。但是不同企业由于技术和人才等资源禀赋、所在区域、发展阶段等差异,各要素的发展并不均衡,这就客观上造成低空制造企业在高质量发展的路径上具有复杂性,即促进企业高质量发展的要素具有多重并发特点,不同企业可能存在不同的高质量发展路径。故本文基于 TOE 理论分析框架和组态视角,挖掘 TOE 理论要素组合与低空制造企业高质量发展的复杂因果关系,理论模型如图 1 所示。

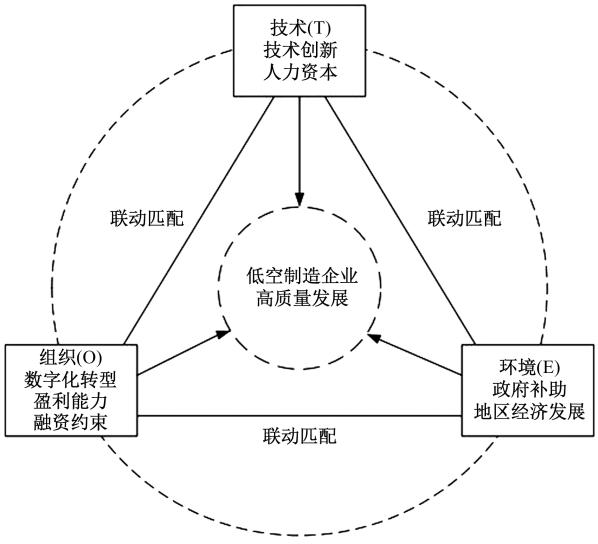


图 1 理论模型

2 研究设计

2.1 研究方法

首先，由于定性比较分析（qualitative comparative analysis，QCA）方法只能定性地识别出必要关系，即前因条件“是”或“否”为产生结果的必要条件，而NCA能够补充前因条件在“多大程度”上是产生结果的必要条件[23]，将NCA与QCA方法结合，检验前因变量是否以及在多大程度上为产生结果变量的必要条件。其次，选择fsQCA方法进行分析。区别于传统回归分析，fsQCA方法探究组态问题，探究哪些条件组态如何产生结果，能够揭示“多重并发”的复杂因果关系[24]。这有利于分析达到企业的高质量发展水平的不同解释机制的多条等效路径，使得分析结果更具有科学性和说服力。

2.2 样本选择与数据来源

低空制造是指低空航空器研发制造，主要包括飞行器及芯片、材料、传感器等核心零部件或原材料的研发、制造等[12]。因此在上市企业名录选取上，依据中国信息协会低空经济分会发布的《低空经济发展报告（2024—2025）》企业名录，同时结合东方财富Choice数据库公布的“低空经济概念股”，在该板块中将主营业务涉及以上内容作为筛选标准进行人工选择，最终得到164个可收集案例。相关数据来源于上市企业年报、国泰安数据库、Wind数据库等。将所收集的2021—2023年连续3年数据取均值作为初始数据来进行QCA分析。

2.3 变量定义与测量

依据前文的理论分析进行变量的测量，各变量的详细计算方法如下。

2.3.1 结果变量

高质量发展：在测算企业高质量发展水平上，借助大部分文献选取的全要素生产率作为衡量指标。全要素生产率是指企业在一定时期内的综合要素投入产出比，包含企业生产经营活动中的大部分信息，如产业质量、企业经济发展质量和企业技术进步等[25]。在计算上由于目前企业年报对全要素生产率没有明确披露，因此借鉴鲁晓东和连玉君[26]提出的控制函数法（LP）通过Stata17.0软件测量来计算样本企业的全要素生产率，采用的数据指标包括投入和产出两类，采用的基础变量包括营业成本、营业收入、销售费用、管理费用等均可从企业年报中获得。

2.3.2 条件变量

（1）技术创新。企业对创新的重视程度直接刺激了企业研发资本投入，研发投入最终表现为技术创新的产出，借鉴张强和王明涛[27]的方法，采用最终获得授权的专利总数加1后取自然对数来衡量样本企业的技术创新。

（2）人力资本。企业员工的学历越高，对于企业的创新意识和未来发展的理解越清晰，即认为员工的受教育程度与人力资本正相关，选择本科及以上的员工数量能较好地反映企业的人力资本质量，因此借鉴王娟和李梦淼[22]的方法，采用受教育程度在本科及以上的员工占比来测量样本企业的人力资本。

（3）数字化转型。借鉴吴非等[28]的做法，采用Python爬虫技术整理企业年报，通过PDF-miner提取文本内容，筛选与数字化转型相关的种子词，并利用词向量计算相似词汇，形成词袋。最后，计算词袋中词汇在报告中的出现频率，以此反映企业的数字化转型状态。

（4）盈利能力。企业维持管理运营、创新投入等经营活动需要一定的经济收入水平作为支撑，同时企业的盈利收入也反映企业的战略规划水平和发展前景，借鉴孙佩红和刘凯月[19]的做法，采用“（营业收入－营业成本－销售费用－管理费用）/营业收入”来测度样本企业的盈利能力。

（5）融资约束。融资约束表示当企业对外融资时受到的约束限制，融资约束越高，企业向外界吸收资金的难度越大，企业更容易陷入财政危机。借鉴卢盛峰和陈恩霞[29]的做法，采用SA指数来衡量样本企业受到的融资约束程度。

（6）政府补助。政府补贴是促进企业高质量发展的重要推手，能够反映政府对企业发展的帮扶力度，通过收集企业年报中公开的政府补贴数据来直接衡量政府对企业的补助规模。

（7）地区经济发展。选取目标企业所在的城市的人均GDP来衡量地区经济发展。

2.4 数据校准

运用直接校准法将前因条件和结果变量校准为模糊集，借鉴杜运周和贾良定[30]、吕峰等[31]的锚点设置标准，各变量采用描述性统计的0.95、0.5、0.05分位数值作为其完全隶属、交叉隶属以及完全不隶属的校准锚点。如表1所示。

3 数据分析与实证结果

3.1 单项前因变量必要性分析

3.1.1 NCA方法的必要性分析

首先，采用NCA方法进行必要性分析，在NCA

中必要条件需要同时满足效应量(d)不小于0.1[23]且在蒙特卡洛仿真置换检验中显示效应量显著($P<0.01$)[32]。采用上限回归分析(CR)和上限包络分析(CE)两种不同的估计方法对条件变量的效应量进行分析,结果如表2所示。

其中,技术创新和政府补助的效应量大于0.1,且P小于0.01,认定为必要条件。其余前因条件无论是在CR还是在CE方法下均不满足构成必要条件的标准。

其次,对条件变量进行瓶颈分析可以解释达到给定水平结果所需的条件必要水平,因此进一步对数据进行瓶颈水平分析,采用上限回归分析(CR)方法,得到结果如表3所示。

由表3可以看出,要达到100%的高质量发展水平,需要技术创新投入82.9%,人力资本投入61.4%,数字化转型程度达到68.4%,面临融资约束达到9.8%,盈利能力79.6%,政府补助提供64.8%,地区经济发展达到51.8%。

3.1.2 fsQCA方法的必要性分析

参考杜运周等[33]的做法,认为一致性是衡量必要条件的重要指标,必要条件成立需要一致性分析达到0.9以上,通过fsQCA方法的单一变量必要性分析结果如表4所示,不存在单一必要条件能够使企业达到高质量发展或非高质量发展。此时,NCA方法和fsQCA方法的分析结果之间产生了矛盾。

由表4可知,技术创新和政府补助与高质量发展的一致性虽然低于0.9,但与0.9较为接近。由于fsQCA方法在确定具体必要性水平上存在一定局限性,综合两种方法的分析结果后,认为技术创新和政府补助在一定程度上是低空制造企业高质量发展的必要条件。

3.2 高质量发展的前因组态分析

考虑到组态研究的因果非对称性,进一步对五种实现高质量发展的组态构型以及导致非高质量发展的组态构型进行分析,以期发现导致低空制造企业高与非高质量发展的复杂因果关系。

表1 各变量的集合校准锚点和描述性统计

变量	模糊集校准			描述性统计			
	完全不隶属	交叉点	完全隶属	最小值	最大值	均值	标准差
全要素生产率	7.724	9.123	10.803	7.388	12.123	9.126	0.913
技术创新	1.054	3.767	6.003	0.000	6.675	3.607	1.403
人力资本	6.074	26.920	64.907	0.000	76.730	30.055	18.157
数字化转型	0.083	6.000	106.583	0.000	287.667	24.576	46.985
融资约束	3.545	3.957	4.356	3.230	4.515	3.935	0.243
盈利能力	−0.035	0.147	0.336	−0.302	0.729	0.164	0.128
政府补助	0.021	0.176	1.316	0.005	9.589	0.497	1.249
地区经济发展	5.894	10.259	19.260	4.988	19.260	12.066	4.323

表2 基于NCA方法的必要条件分析结果

前因条件	方法	精确度/%	上限区域	范围	效应量(d)	P
技术创新	CR	97.0	0.096	0.94	0.102	0.058
	CE	100.0	0.100	0.94	0.106	0.000
人力资本	CR	98.8	0.009	0.94	0.010	0.705
	CE	100.0	0.012	0.94	0.012	0.599
数字化转型	CR	99.4	0.007	0.93	0.008	0.381
	CE	100.0	0.009	0.93	0.010	0.325
融资约束	CR	98.8	0.001	0.97	0.001	0.987
	CE	100.0	0.002	0.97	0.002	0.989
盈利能力	CR	87.8	0.100	0.98	0.102	0.155
	CE	100.0	0.029	0.98	0.029	0.540
政府补助	CR	95.1	0.142	0.94	0.151	0.004
	CE	100.0	0.127	0.94	0.134	0.000
地区经济发展	CR	100.0	0.007	0.90	0.008	0.731
	CE	100.0	0.014	0.90	0.016	0.571

表3 NCA方法瓶颈水平分析结果

高质量发展/%	技术创新/%	人力资本/%	数字化转型/%	融资约束/%	盈利能力/%	政府补助/%	地区经济发展/%
0	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN
10	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN
20	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN
30	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN
40	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN
50	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN
60	NN	NN	NN	NN	NN	9.1	NN
70	NN	NN	NN	NN	NN	23.0	NN
80	15.7	NN	NN	NN	17.6	37.0	NN
90	49.3	NN	NN	NN	48.6	50.9	NN
100	82.9	61.4	68.4	9.8	79.6	64.8	51.2

注:NN表示不必要。

表4 基于QCA方法的必要性分析结果

条件变量	高质量发展		非高质量发展	
	一致性	覆盖率	一致性	覆盖率
技术创新	0.806	0.783	0.545	0.587
~技术创新	0.574	0.523	0.798	0.821
人力资本	0.604	0.599	0.640	0.703
~人力资本	0.701	0.637	0.635	0.640
数字化转型	0.581	0.657	0.549	0.689
~数字化转型	0.725	0.592	0.727	0.658
盈利能力	0.629	0.571	0.742	0.747
~盈利能力	0.722	0.716	0.574	0.632
融资约束	0.686	0.673	0.610	0.663
~融资约束	0.656	0.603	0.699	0.712
政府补助	0.773	0.813	0.476	0.555
~政府补助	0.578	0.499	0.840	0.804
地区经济发展	0.706	0.615	0.689	0.665
~地区经济发展	0.616	0.641	0.601	0.694

注:~表示逻辑非。

运用 QCA 软件分析低空制造企业高质量发展和非高质量发展的条件组态，参照已有研究，设置案例频数阈值：PRI 一致性阈值为 0.75，原始一致性阈值为 0.8。在得到复杂解、简单解和中间解后，借鉴 Fiss[34] 的做法，通过中间解和简单解的嵌套关系对比识别核心条件和边缘条件，将同时出现在简约解和中间解中的条件定义为核心条件，只出现在中间解中的条件定义为边缘条件。发现实现低空制造企业高质量发展的组态有 5 个（H1、H2、H3、H4、H5），即存在 5 条实现低空制造企业高质量发展的等效路径，分析结果如表 5 所示，单个解和总体解的一致性水平都高于最低可接受标准 0.75。总体一致性为 0.921，总体覆盖度达到 0.553，表明这 5 种条件组态路径覆盖了样本企业的 55.3%。

5 条组态路径中高技术创新和高政府补助均存在，因此 5 种组态都命名为政府驱动或环境驱动。其中，H1 有盈利能力限制，命名为盈利约束的技术赋能型环境驱动；H2 有数字化转型和盈利能力的限制，命名为数字和盈利约束的技术赋能型政府驱动；H3 有人力资本的限制，命名为人力约束的技术赋能型政府驱动；H4 有人力资本的限制，同时不受到融资约束，命名为人力约束和融资支持的技术赋能型政府驱动；H5 有数字化转型限制，命名为数字化和融资约束的技术和人力赋能型政府驱动。

（1）盈利约束的技术赋能型环境驱动。组态 H1 指出以高技术创新、高政府补助、高地区经济发展、非高盈利能力为核心条件，高数字化转型为边缘条件的发展组态可以到达高质量发展水平。这类企业反映技术创新与环境支持相结合，即使盈利能力偏低也可以实现高质量发展，该组态的机制在于政府和环境支持可以有效弥补企业的经济收益，加速创新产出和成果转化，提高技术转化效率。

（2）数字化和盈利约束的技术赋能型政府驱动。组态 H2 指出以高技术创新、高政府补助、非高数字化转型、非高盈利能力为核心条件，其余条件为边缘条件的发展组态可以到达高质量发展水平。这类企业主要以技术专利成果的销售产出维持组织的运营发展、吸引外部投资，从而完成技术创新投入，以企业内部的良性循环来实现企业高质量发展的要求。该组态的机制在于数字化转型发展不显著，高技术创新与高政府补助是决定低空制造企业高质量发展的核心条件。

（3）人力约束的技术赋能型政府驱动。组态 H3 指出以高技术创新、高数字化转型、高政府补助、非高人力资本为核心条件，融资约束、盈利能力为边缘条件的发展组态可以到达高质量发展水平。这类企业反映在组织高技术创新和高政府补助下，数字化转型是实现高质量发展的重要因素。该组态的机制在于这类企业获得政府支持水平高，数字化转型程度高，可以弥补人力资本水平的缺乏。

（4）人力约束和融资支持的技术赋能型政府驱动。组态 H4 指出高技术创新、高政府补助、非高人力资本、非高融资约束为核心条件，非高数字化转型、非高地区经济发展为边缘条件的发展组态可以到达高质量发展水平。将 H4 与 H3 对比可以发现，在同样缺乏人力资本的情况下，数字化转型程度高和筹集资金水平高都可以使企业达到高质量发展水平。该组态的机制在于这类企业能够获得外部

表 5　企业高质量发展的组态分析结果

条件变量	盈利约束的技术赋能型环境驱动	数字和盈利约束的技术赋能型政府驱动			人力约束的技术赋能型政府驱动		人力约束和融资支持的技术赋能型政府驱动	数字化和融资约束的技术和人力赋能型政府驱动
	H1	H2			H3		H4	H5
	组态 1	组态 2a	组态 2b	组态 2c	组态 3a	组态 3b	组态 4	组态 5
技术创新	●	●	●	●	●	●	●	●
人力资本		⊗		•	⊗	⊗	⊗	●
数字化转型	•	⊗	⊗	⊗	●	●	⊗	⊗
融资约束		•	•	⊗	⊗	•	⊗	●
盈利能力	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	•		•
政府补助	●	●	●	●	●	●	●	●
地区经济发展	●		⊗				•	•
一致性	0.948	0.965	0.966	0.949	0.943	0.962	0.945	0.963
原始覆盖度	0.341	0.362	0.318	0.269	0.263	0.264	0.289	0.252
唯一覆盖度	0.043	0.019	0.007	0.010	0.005	0.010	0.130	0.015
总体一致性	0.921							
总体覆盖度	0.553							

注：●表示核心条件存在；⊗表示核心条件缺失；• 表示边缘条件存在；⊗表示边缘条件缺失。

融资,弥补人力资本的缺乏,在技术创新和政府补助的支持下达到高质量发展水平。

(5)数字化和融资约束的技术和人力赋能型政府驱动。组态 H5 指出高技术创新、高人力资本、高政府补助、高融资约束、高政府补助、非高数字化转型为核心条件,高盈利能力、高地区经济发展为边缘条件的发展组态可以充分地产生高质量发展水平。将 H5 与 H3、H4 对比可以发现,人力资本可以消除数字化转型程度低和外部融资约束的影响,使企业达到高质量发展水平。该组态的机制在于这类企业有较好的人力资本,但数字化转型程度低,难以从外部获取资金。

3.3 非高质量发展的前因组态分析

为了检验因果非对称性,进一步分析低空制造企业非高质量发展的组态,总体一致性为 0.931,总体覆盖度达到 0.628,表明这五种组态路径覆盖了样本企业的 62.8%。如表 6 所示,产生的组态有三个:所有组态的关键核心条件是缺乏技术创新和缺乏政府补助,说明技术和政府的支持在低空制造企业高质量发展中是普遍需要得到;在缺少技术创新和政府补助的情况下,即使有盈利能力,数字化转型和人力资本也无法达到高质量发展。

3.4 稳健性检验

借鉴张明和杜运周[24]的做法,对实现企业高质量发展的组态进行稳健性检验,将 PRI 一致性阈值由 0.75 降低至 0.7,其余保持原处理方式不变,结果产生的组态的单项一致性和整体一致性阈值均高于 0.9,产生的组态基本上包括现有组态,符合 Schneider 和 Wagemann[35]提出的 QCA 结果稳健的标准。将一致性阈值 0.8 调整到 0.85,产生的组态与原有组态基本一致。说明本文的结果比较稳健。

表 6 样本企业非高质量发展的组态分析结果

条件变量	非高质量发展					
	H1		H2		H3	
	组态 1a	组态 1b	组态 2a	组态 2b	组态 3a	组态 3b
技术创新	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
人力资本				⊗	●	●
数字化转型		⊗	●	●	•	⊗
融资约束	⊗		⊗	•		•
盈利能力	●	●			⊗	
政府补助	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
地区经济发展		⊗	⊗		•	•
一致性	0.940	0.951	0.943	0.962	0.955	0.951
原始覆盖度	0.472	0.369	0.293	0.262	0.253	0.271
唯一覆盖度	0.074	0.032	0.009	0.014	0.016 0	0.027 0
总体一致性	0.931					
总体覆盖度	0.628					

注:●表示核心条件存在;⊗表示核心条件缺失;• 表示边缘条件存在;⊗表示边缘条件缺失。

4 结论与启示

4.1 结论

依托 TOE 理论框架,本文构建了低空制造企业高质量发展的复杂因果理论模型,运用 NCA 与 fsQCA 混合研究方法,以 2021—2023 年低空上市制造企业为样本,探究技术、组织与环境三个维度要素对低空制造企业高质量发展的协同并发复杂因果机制,揭示低空制造企业高质量发展的驱动路径。

首先,低空制造企业实现高质量发展水平是综合因素联合作用的结果,本文运用 NCA 和 QCA 方法检验必要性得出结论。在后续分析中发现技术创新和政府补助在一定程度上是低空制造企业高质量发展的必要条件。这体现低空制造企业发展既需要内部技术创新突破,又需要外部政府投资扶持。其次,本文研究发现低空制造企业实现高质量发展的五种路径,即盈利约束的技术赋能型环境驱动、数字化和盈利约束的技术赋能型政府驱动、人力约束的技术赋能型政府驱动、人力约束和融资支持的技术赋能型政府驱动、数字化和融资约束的技术和人力赋能型政府驱动。这些路径体现了企业实现高质量发展的多元路径,在国家政策和地方经济发展环境下,低空制造企业可以根据自身资源不同而选择不同发展路径。再次,进一步对五种高质量发展路径定性比较分析发现,低空经济作为近年来新兴起的战略型新兴产业,高质量发展依赖于高技术创新、高政府支持,人力资本水平、地区经济发展、数字化转型程度、面临的融资约束水平以及盈利能力对企业的影响有限。在缺乏人力资本的情况下,数字化转型程度高和向外部筹集资金水平高都可以使企业达到高质量发展水平。最后,非高质量发展的组态反映出缺乏技术创新和足够的政府补助支持是当前企业难以达到高质量发展水平普遍面临的问题,进一步验证技术创新和政府扶持是当前低空制造发展不可或缺重要因素。

4.2 启示

基于组态分析结果,文本提出以下三点启示和建议。

(1)加强低空经济顶层规划,积极支持低空制造企业的发展和创新。从企业高质量发展的五条组态路径可以发现,环境因素特别是政府补助在当前低空制造企业发展中发挥着重要的作用。为此,在制定政策时,持续强化对低空制造企业的政策扶

持与资金投入，完善科技创新激励机制，引导企业加大研发投入，构建以政府为主导、企业为主体、市场需求为导向的创新链。企业主动把握政策红利，将政府资源与自身技术创新能力深度融合，提升创新产出效率与成果转化率。

(2)加强技术创新，实现技术瓶颈突破。从五条组态路径中可以看出技术创新是低空制造企业实现高质量发展的核心条件，这启示企业管理者加强创新与产业的结合，推动关键技术研发，进行数字化转型。作为新质生产力的典型代表，技术创新是低空制造企业数字化转型的驱动力。企业不断投入研发资源，推动无人机、eVTOL等航空器的技术创新，提升产品性能和安全性。通过引入先进的制造工艺和智能化生产线，实现产品的高质量、高效率生产。航空技术服务类企业应为低空基础设施建设贡献力量[36]，积极探索5G、物联网等新技术在低空经济领域的应用，推动产业向智能化、自动化方向发展。

(3)企业加强资源整合，因地制宜选择适合自己发展路径。本文研究发现企业高质量发展是技术、组织和环境多要素协同作用结果，实现高质量发展路径多样化。企业不仅要考虑自身的技术创新、人力资本、融资约束、数字化水平、政府支持等要素表现出的异质性特点，而且要关注影响要素之间的组合优化，从而制定符合企业实际情况且具有差异化的发展战略，兼顾高质量发展的整体优化和单一要素的保障作用。不同发展组态中的约束条件为企业提供了差异化的发展策略指引，对于组态H1和组态H2面临盈利能力约束的企业，可通过技术专利成果转化、吸引外部投资等方式优化收入结构，同时借助政府与环境支持弥补经济收益短板；对于组态H3和组态H4存在人力资本约束的企业，可通过数字化转型或拓展外部融资渠道来突破发展瓶颈；对于组态H2和组态H5数字化转型受限的企业，需将人力资本优势转化为核心竞争力，或通过技术创新与政府支持降低数字化不足的负面影响。对于可能存在的其他还未探知的影响因素，同样需要在充分且清晰的把握中，兼顾企业高质量发展的整体效度和单一要素的作用，在不断的试错中通过改革进行反复纠偏，在实践检验中企业高质量发展的创新路径。

4.3 研究局限

本文提出的TOE框架下低空制造企业高质量发展的多元路径研究仍存在一些不足之处，需要在今后的研究中加以改进。在研究方法上，本文选用静态QCA方法进行分析，未考虑时间效应对研究结论可能带来的影响，未来研究可考虑引入QCA复杂中介模型或动态QCA方法深化企业实现高质量发展研究。在前因条件的选择上，未来的研究可考虑采用扎根理论或案例研究方法，归纳总结低空制造企业实现高质量发展的潜在前因机制，从而得出更为全面的结论。

参考文献

[1] 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.

[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："飞"出新赛道[J]. 人民论坛，2024(8)：74-79.

[4] 王宝义，张萌萌. 我国低空经济发展的理论逻辑与实施要点[J]. 中国流通经济，2025，39(5)：59-72.

[5] 钟媛媛. 低空经济高质量发展对策研究——以深圳市龙华区为例[J]. 产业科技创新，2023，5(4)：20-22.

[6] 钟成林，胡雪萍. 低空经济高质量发展的新质生产力逻辑与提升路径[J]. 深圳大学学报(人文社会科学版)，2024，41(5)：84-93.

[7] 茹雨暄，王乐，盖梦瑶. 低空经济的发展态势及促进策略研究[J]. 科技和产业，2025，25(10)：32-37.

[8] 张少峰，徐梦苏，朱悦，等. 技术创新、组织韧性与制造企业高质量发展[J]. 科技进步与对策，2023，40(13)：81-92.

[9] WANG J W，GAO XX，JIA R H，et al. Evaluation index system construction of high-quality development of Chinese real enterprises based on factor analysis and AHP[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society，2022(12)：1-12.

[10] 黄速建，肖红军，王欣. 论国有企业高质量发展[J]. 中国工业经济，2018(10)：19-41.

[11] 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.

[12] 袁宏刚，杨博维，黄琪. 广东低空经济新质生产力高质量发展面临的问题与对策刍论[J]. 广东经济，2024(9)：37-40.

[13] 张青兰，蒋永强. "产业-技术"协同式发展：低空经济高质量发展的新质生产力逻辑及其路径[J]. 当代经济研究，2025(5)：47-55.

[14] 赵景龙. 低空经济高质量发展：内涵特征、约束条件与突破路径[J]. 当代经济研究，2025(4)：27-42.

[15] 苏屹，刘桐赫，刘传斌. 基于TOE的区域创新绩效组态路径研究[J]. 科技进步与对策，2025，42(9)：75-86.

[16] 毛军权，敦帅. "专精特新"中小企业高质量发展的驱动路径——基于TOE框架的定性比较分析[J]. 复旦学报(社会科学版)，2023，65(1)：150-160.

[17] 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.
[18] 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.
[19] 孙佩红,刘凯月. 战略性新兴企业高质量发展组态研究——基于TOE拓展框架的fsQCA分析[J]. 西部论坛,2022,32(5):12-25.
[20] 尤莉,高政. TOE框架下高校科技成果转化的内在逻辑与驱动路径[J]. 中国高教研究,2023(7):25-31.
[21] OFBUSTINZA, HERRERO V F, AROS TEGUI P M, et al. Technologicalcapabilities, resilience capabilities and organizational effectiveness[J]. International Journal of Human Resource Management, 2019(8):1370-1392.
[22] 王娟,李梦淼. TOE框架下医药制造企业高质量发展组态路径——基于fsQCA和NCA混合研究方法[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版),2024,44(9):148-160.
[23] DULJ, LAAN D V E, KUIK R. A statistical significance test for necessary condition analysis[J]. Organizational Research Methods, 2020, 23(2):385-39.
[24] 张明,杜运周. 组织与管理研究中QCA方法的应用:定位、策略和方向[J]. 管理学报,2019,16(9):1312-1323.
[25] 陈昭,刘映曼. 政府补贴、企业创新与制造业企业高质量发展[J]. 改革,2019(8):140-151.
[26] 鲁晓东,连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计:1999—2007[J]. 经济学(季刊),2012,11(2):541-558.
[27] 张强,王明涛. 机构投资者对企业创新的影响机制——来自中小创板上市公司的经验证据[J]. 科技进步与对策,2019,36(13):1-10.
[28] 吴非,胡慧芷,林慧妍,等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界,2021,37(7):130-144.
[29] 卢盛峰,陈思霞. 政府偏袒缓解了企业融资约束吗?——来自中国的准自然实验[J]. 管理世界,2017,33(5):51-65.
[30] 杜运周,贾良定. 组态视角与定性比较分析(QCA):管理学研究的一条新道路[J]. 管理世界,2017,33(6):155-167.
[31] 吕峰,梁琬瞳,张峰. 效率还是效果:复杂环境下企业创新的权衡[J]. 南开管理评论,2018,21(5):188-199.
[32] DUL J. Necessary conditionanalysis(NCA): logic and methodology of “necessary but not sufficient” causality [J]. Organizational Research Methods, 2016, 19(1):10-52.
[33] 杜运周,刘秋辰,程建青. 什么样的营商环境生态产生城市高创业活跃度?——基于制度组态的分析[J]. 管理世界,2020,36(9):141-155.
[34] FISS P C. Building better causaltheories: a fuzzy set approach to typologies in organization research[J]. Academy of Management Journal, 2011, 54(54):393-420.
[35] SCHNEIDER C Q. WAGEMAN N C. Set-theoretic methods for the social sciences: a guide to qualitative comparative analysis[M]. London: Cambridge University Press, 2012.
[36] 王强,吴红洪,陈志伟,等. 低空经济是新的经济增长点[J]. 科技和产业,2024,24(24):190-196.

Research on Driving Path of High-quality Development of Low Altitude Manufacturing Enterprises from the Perspective of TOE: Based on a Mixed Research Method of NCA and fsQCA

LI Zuoxue, SONG Yue, JING Hao, ZHANG Bo

(school of Economics and Management, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

Abstract: The low-altitude economy is a typical representative of new-quality productivity, low-altitude manufacturing enterprises are the key core organizations of low-altitude economy, which play an important role in promoting the development of low-altitude economy, and how to promote the high-quality development of low-altitude manufacturing enterprises is an important question to be answered. With the help of TOE theoretical framework, using NCA and fsQCA mixed methods, the driving path of high-quality development of China's low-altitude manufacturing enterprises was analyzed from the group perspective with 164 low-altitude manufacturing enterprises as the research samples. It is found that technological innovation and government subsidies are to some extent necessary conditions for the high-quality development of low-altitude manufacturing enterprises. There are five paths driving the high-quality development of low-altitude manufacturing enterprises, namely, technology-enabling environment-driven by profit constraints, technology-enabling government-driven by digitization and profit constraints, technology-enabling government-driven by manpower constraints, technology-enabling government-driven by manpower constraints and financing support, and technology-and manpower-enabling government-driven by digitization and financing constraints, which present China's high-quality development of low-altitude manufacturing enterprises This presents the multiple paths and complex mechanisms for the high-quality development of China's low-altitude manufacturing enterprises. In addition, the lack of technological innovation and government subsidies makes the current development of low-altitude manufacturing enterprises of low quality, which fully reflects the important characteristics of the low-altitude economy, which is strongly innovation-driven and has many participants, especially the government plays a key role. The conclusions of the study have theoretical and practical implications for the high-quality development of low-altitude manufacturing enterprises in China.

Keywords: low-altitude manufacturing enterprises; high-quality development; TOE; necessary condition analysis (NCA); fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA)