

引用格式: 李宇凡, 王洪涛, 徐茜, 等. 我国低空经济标准合作网络演化与主体识别研究[J]. 标准化学报, 2026 (9): 45-55.
LI Yufan, WANG Hongtao, XU Qian, et al. Evolution of Standard Cooperation Network and Subject Identification in China's Low-altitude Economy[J]. Journal of Standardization, 2026 (9): 45-55.

我国低空经济标准合作网络演化与主体识别研究

李宇凡 王洪涛 徐茜 刘意华

(中国计量大学 管理科学与工程学院)

摘要:【目的】揭示低空经济标准合作网络的演化规律并识别关键参与主体,有助于优化标准协同体系、提升制定效率,从而支撑产业有序与高质量发展。【方法】以2010—2025年我国低空经济国家标准与行业标准为样本,运用社会网络分析法分为萌芽期、起步期和跃升期3个阶段构建标准合作网络,通过熵权-VIKOR法识别重点发展领域的核心参与主体。【结果】我国低空经济标准合作网络呈规模扩张、合作分散的特征,参与主体由政府主导转向多元协同,但融合深度不足;分领域看,航空器领域正在向市场牵引、多元共治转变,基础设施领域通信与能源龙头企业成为新引擎,应用场景领域呈现场景驱动、企业主导特征。【结论】研究揭示了我国低空经济标准合作网络的结构与演化规律,为促进标准合作、推动产业技术标准化提供支撑。

关键词: 低空经济技术标准; 合作网络; 社会网络分析; 熵权-VIKOR法

DOI编码: 10.3969/j.issn.2097-857X.2026.09.004

Evolution of Standard Cooperation Network and Subject Identification in China's Low-altitude Economy

LI Yufan WANG Hongtao XU Qian LIU Yihua

(School of Management Science and Engineering, China Jiliang University)

Abstract: [Objective] The study aims to reveal the evolutionary laws of the standard cooperation network for low-altitude economy and identify key contributors, which can help optimize the standard coordination system, improve standard formulation efficiency, and further sustain the orderly and high-quality industrial development. [Methods] Taking China's national and industrial standards for the low-altitude economy from 2010 to 2025 as samples, the paper uses social network analysis to construct the cooperation network in three stages of embryonic, initial and surging, and identifies core participants in three key development fields using the entropy weight-VIKOR method. [Results] China's low-altitude economy standard cooperation network is characterized by scale expansion and decentralized cooperation. The

基金项目: 本文受国家社会科学基金项目“标准驱动数字技术与制造业融合的机理与实现路径研究”(项目编号: 24BGL242)资助。

作者简介: 李宇凡, 硕士研究生, 研究方向为标准化。

王洪涛, 博士, 教授, 研究方向为标准化。

徐茜, 博士, 副教授, 研究方向为标准化。

刘意华, 硕士研究生, 研究方向为标准化。

participating subjects have shifted from early government dominance to multi-subject collaboration, but the integration depth is insufficient. In terms of different fields, the aviation sector is transforming toward market-driven and multi-subject co-governance; leading enterprises in communication and energy have become new engines in the infrastructure sector; and the application scenario sector exhibits scenario-driven and enterprise-led features. [Conclusion] This study reveals the structural characteristics and evolution laws of China's low-altitude economy standard cooperation network, and provides support for promoting standard cooperation and advancing industrial technical standardization.

Keywords: low-altitude economy technical standard; cooperation network; social network analysis; entropy weight-VIKOR method

0 引言

低空经济作为我国重点培育的战略性新兴产业,自2010年深化低空空域管理改革启动以来,国家先后出台多项政策,旨在推动空域开放、促进产业培育与加强安全监管。2021年,《国家综合立体交通网规划纲要》将低空经济纳入国家顶层布局;2024年,《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式实施,标志着我国低空经济进入规模化、规范化发展的关键阶段。从物流配送、农林植保到城市空中交通,低空飞行活动正加速渗透到经济社会各领域,逐步形成万亿级市场空间,而完善的标准体系已成为支撑产业高质量发展的核心基石。

现有研究多围绕标准化的影响因素^[1]、知识管理^[2]及其与企业技术创新的关联^[3]等方向展开。研究表明,技术标准通过降低技术领域的搜索成本、减少信息不对称与协同套牢风险,能够推动产业创新发展与规模化市场应用^[4-5]。然而,目前针对低空经济标准的研究相对较少。近年来,低空经济研究主要集中在技术演进^[6]、产业与创新政策^[7]及安全风险治理^[8]等方面,少数涉及低空经济标准化的研究则探讨了我国标准体系建设^[9]或中外标准体系比较^[10],相关研究有待进一步深入。

低空经济具有前沿性、复杂性和高度不确定性^[11],其标准化是一项涉及产业各环节和多方主体的协同创新活动。现有研究将技术标准化的参与主体划分为企业、科研机构、高校与行业协会等类型。主体间通过联合项目研究、组建标准工作

组、技术交流等形式建立关系,这一过程本质上是社会网络的形成与演化^[12]。合理的标准合作网络能够有效驱动知识共享与技术扩散,是推动高质量标准形成与落地的核心枢纽,其结构特征直接影响标准竞争和实施效果^[1]。

那么,我国低空经济领域的技术标准合作网络的核心主体有哪些,呈现出怎样的结构特征?在不同细分技术领域,核心主体间的互动关系是否存在差异,又遵循着怎样的演化规律?基于此,本研究采用社会网络分析方法,探讨低空经济技术标准合作网络的演化特征,识别重点技术领域及其核心主体类型与作用演变,分析不同阶段标准合作网络的结构形态,旨在为提升低空经济产业标准合作效率,加速产业技术标准化进程提供支撑。

1 研究设计

1.1 数据收集与处理

本文以全国标准信息公共服务平台为核心数据源,通过SATI 3.2软件对481篇低空经济相关文献进行高频词统计,提取“低空经济”“无人机”“无人驾驶航空器”等核心检索词,最终检索得到2010—2025年我国现行的低空经济国家与行业标准共227项。剔除仅由单一主体起草的29项标准,最终得到有效标准样本198项,其中国家标准80项、行业标准118项,并整理每项标准的名称、标准号、发布日期、起草单位信息。同时,将起草单

位划分为以下5种类型：企业类(F)、高校类(U)、科研院所类(R)、政府机关类(G)及行业组织类(I)，以此构建我国低空经济产业标准合作网络。

1.2 阶段划分

网络规模常用于揭示网络发展及演变特征，符合组织生命周期曲线变化规律^[13]。本文采用Logistic拟合模型划分低空经济标准合作网络生命周期阶段，对198项低空经济标准各年份的存量进行统计，分别求得其一阶和二阶导数，以一阶和二阶导数的大小和正负为依据判断标准合作网络生命周期的不同阶段。图1为低空经济标准合作网络生命周期演化的不同阶段。

由图1可知，2010—2018年，标准存量及其一阶导数均呈缓慢增长态势，此阶段以《关于深化我国低空空域管理改革的意见》等政策为标志，低空经济以技术探索与政策铺垫为主，标准数量较少；2019—2021年，标准存量及其一阶导数增速明显加快，伴随低空空域改革试点深化及《国家综合立

体交通网规划纲要》首次将低空经济纳入国家规划，市场对标准需求快速提升，多元主体参与度显著增强；2022—2025年，一阶导数保持高位后逐步回落，二阶导数由正转负，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》等法规出台，推动标准化工作由规模扩张转向体系优化。综上，我国低空经济标准合作网络演化划分为萌芽期（2010—2018年）、起步期（2019—2021年）和跃升期（2022—2025年），对应标准存量分别为41项、68项和89项。

2 低空经济标准合作网络演化分析

为揭示我国低空经济标准合作网络的动态演化规律，本文对3个阶段的标准合作网络进行分析，结果如图2所示。不同阶段的演化特征情况见表1。图2中节点大小反映度数中心度，边的粗细代表合作强度。

对各时期参与主体进行类型划分与去重统计，

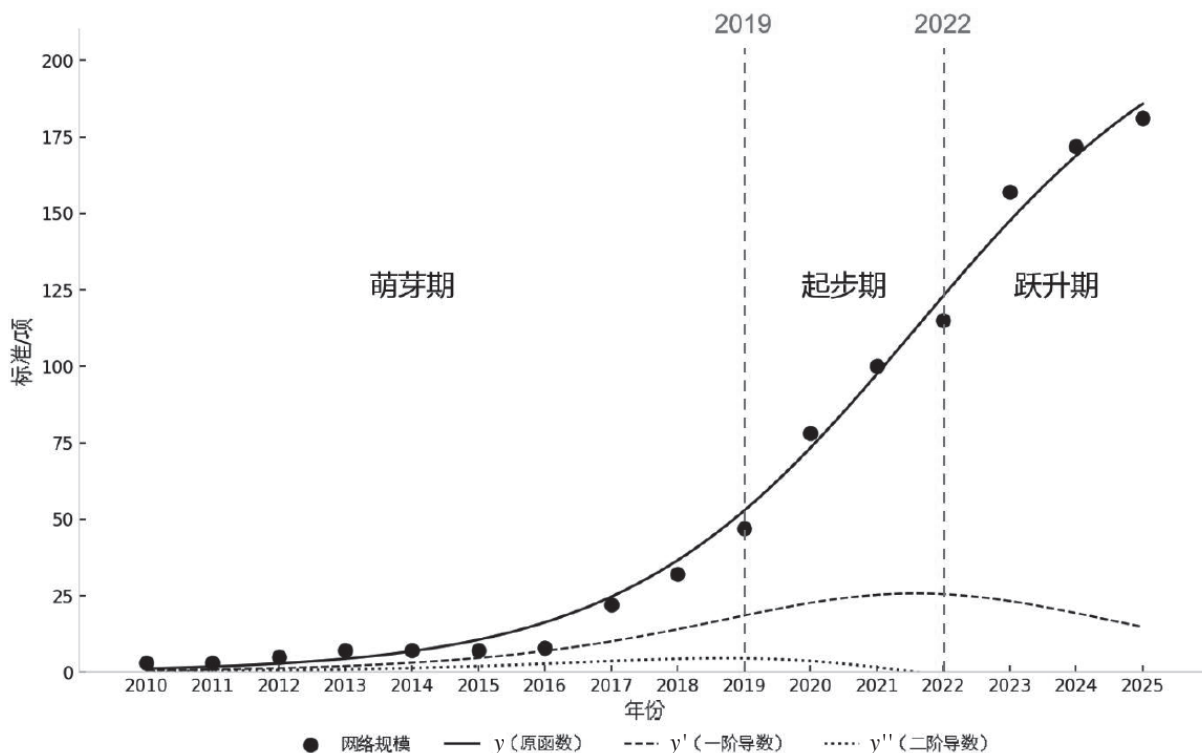
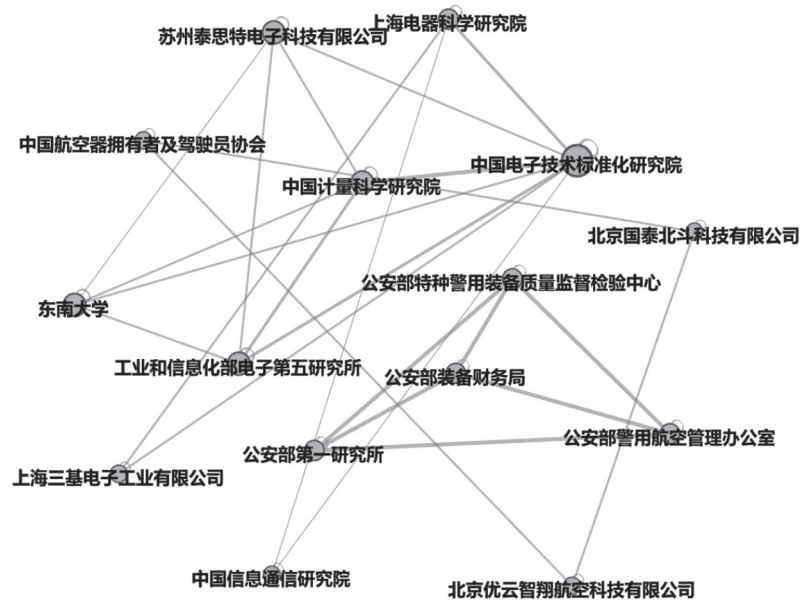
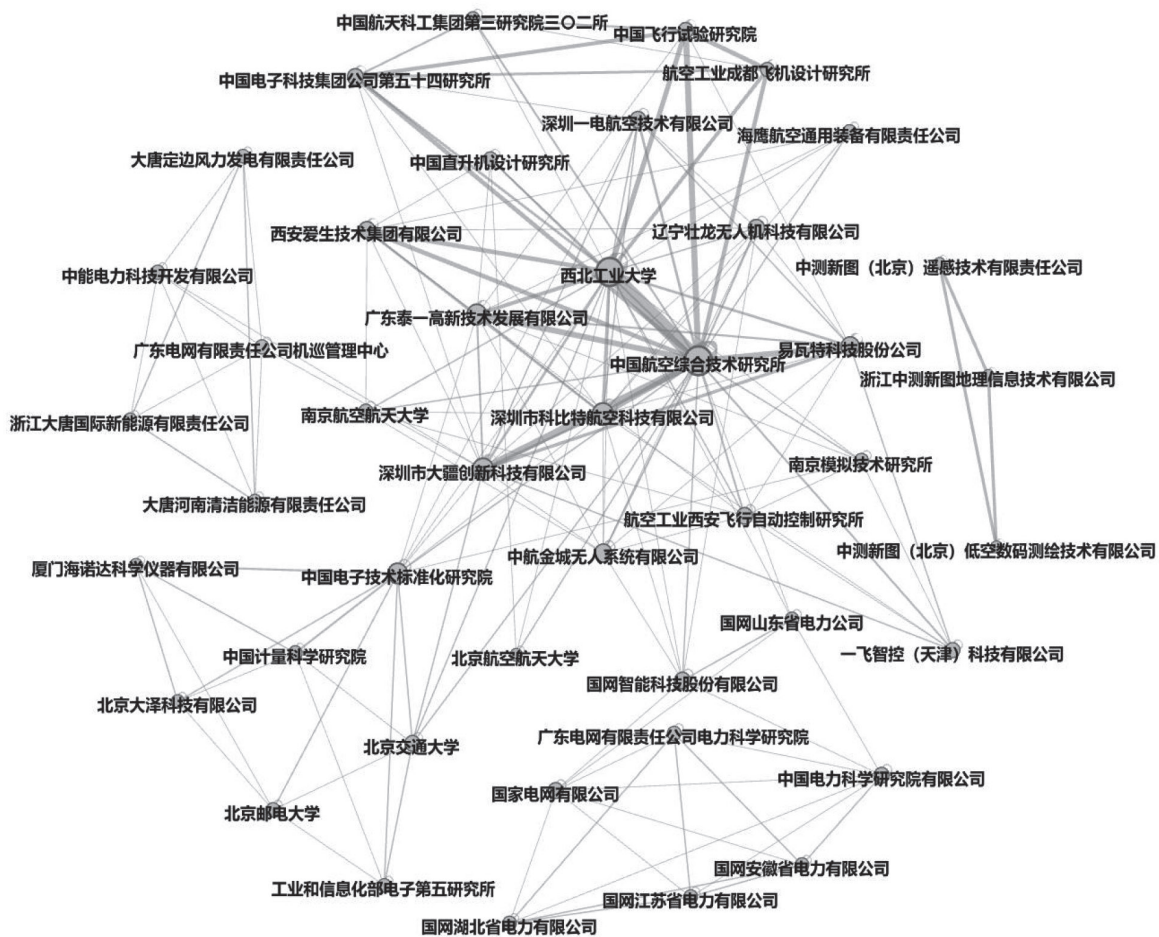


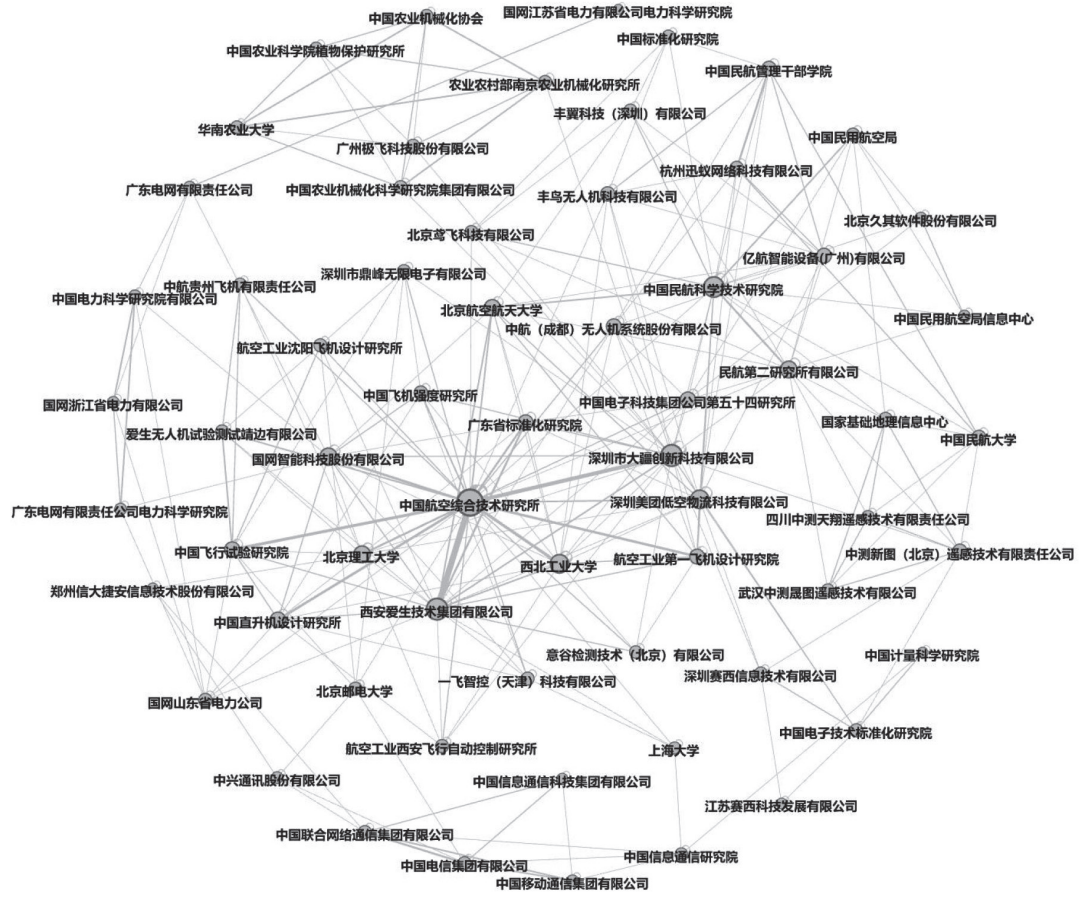
图1 低空经济标准合作网络生命周期演化的不同阶段



(a) 萌芽期



(b) 起步期



(c) 跃升期

图2 2010—2025年低空经济标准合作网络演化过程

即同一主体在同一时期内参与多项标准起草仅计为1个单位。萌芽期企业类与科研院所类占比分别为52.67%和23.66%，政府机构占比16.03%；起步期企业类占比提升至60.90%，核心主导地位初步确立，科研院所类占比稳定在23.60%，政府机构占比降至8.00%，反映标准化主导力量从政府驱动向产业驱动转移；跃升期企业类占比进一步增至64.10%，科研院所类与高校类占比分别为21.60%和7.40%，政府机构占比降至5.90%，多元主体协

同的标准化格局基本形成。整体而言，企业始终是低空经济标准化的主导力量，科研院所持续提供稳定技术支撑，政府机构在体系初步构建后逐步退居引导与监管角色。

从网络结构来看，节点数由萌芽期的131个持续增长至跃升期的459个，平均度数由13.496提升至22.022，表明主体参与广度与合作频率显著提升。然而，网络密度却由0.104持续下降至0.048，平均路径长度从1.826增至2.572，反映出新增主体倾

表1 标准合作网络结构演化特征

发展阶段	节点数/个	平均度数	网络密度	网络直径	平均路径长度	平均聚类系数
萌芽期	131	13.496	0.104	4	1.826	0.913
起步期	225	19.902	0.089	5	2.395	0.879
跃升期	459	22.022	0.048	5	2.572	0.882

向于与少数核心节点建立联系而非全网密集连接,整体呈现“规模扩张、合作分散”的演化特征,信息传递效率有所下降。

3 低空经济核心主体识别与分领域演化路径分析

3.1 低空经济标准的技术领域分布

为进一步探究低空经济不同技术领域标准的核心主体及其演变规律,本文依据《低空经济标准体系建设指南(2025年版)》的分类框架,将198项标准划分为低空航空器、低空基础设施、低空空交通管理、安全监管和应用场景五大领域,各领域在不同演化阶段的标准数量分布如图3所示。

整体来看,低空航空器领域标准数量在统计周期内占据主导地位,累计占比达46.97%,是标准体系的核心板块;应用场景领域标准在起步期和跃升期快速增长,体现了低空经济从技术研发向场景落地的发展趋势;低空基础设施、低空空交通管理与安全监管领域标准数量总体呈增长态势,但阶段间存在波动,标准供给仍滞后于

应用场景需求,全链条标准覆盖有待加强。

3.2 核心主体识别方法体系构建

3.2.1 多维度评价指标体系的确定

节点的影响力与其在网络中的位置紧密关联,其网络地位可通过中心度指标进行系统测度。Freeman的经典研究证实^[14],节点的中心性越突出,其对网络资源、信息传递的掌控力与自身影响力越强。据此,他提出了度数中心度、中介中心度、接近中心度三大经典指标。后续学者补充的特征向量中心度进一步完善了节点影响力的指标体系。该指标被广泛应用于标准合作网络评价中。此外,考虑到在标准研制过程中,第一起草单位在技术架构设计与规则制定中拥有最高话语权,是标准核心内容的实际主导者而非仅是参与者^[15]。因此,本文在关注网络结构地位与参与频次的基础上,引入“标准主导度”这一核心指标,以主体作为第一起草人的频次来衡量其在低空经济标准体系中的规制引领能力。综上,本文选取的主体影响力测度指标体系见表2。

3.2.2 基于熵权法的指标权重确定

熵权法通过指标数据的离散程度客观赋权,熵值越小则指标信息量越大、权重越高。本研究

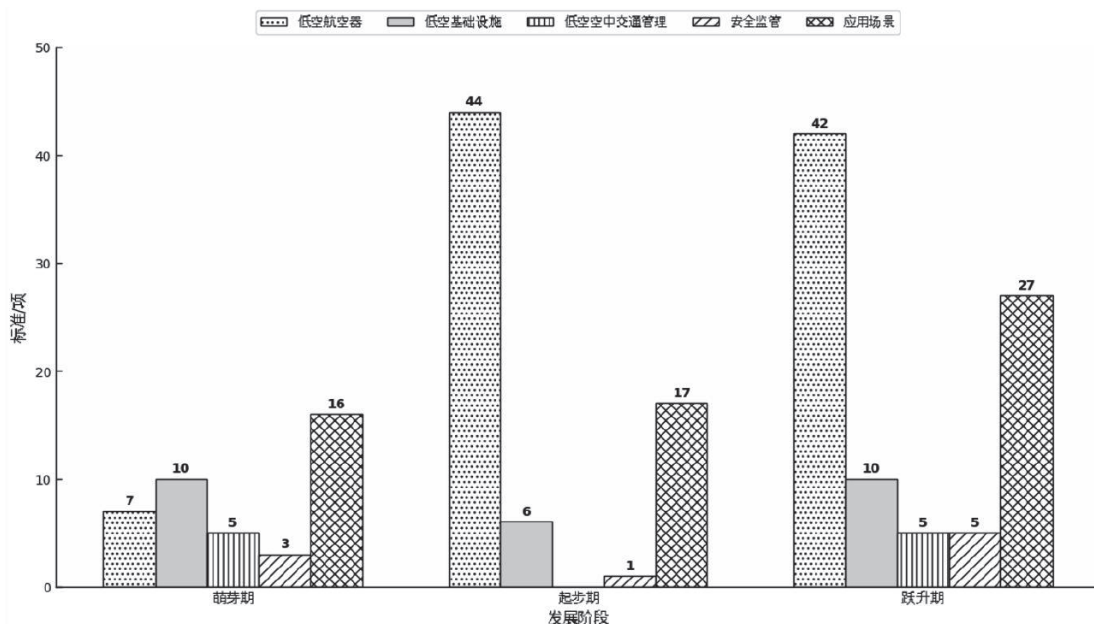


图3 低空经济各阶段标准数量分布

表2 低空经济产业核心主体评价指标

指标	计算方法	指标属性	含义
度数中心度	$C_D(n_i) = d(n_i)$ 。 $d(n_i)$ 表示与该主体直接联合起草标准的其他主体个数,即与该主体存在标准起草合作关系的主体数量	正向	度数中心度越高,与该主体联合起草标准的主体数量越多,主体在标准制定网络中的合作广度越大,对标准资源的整合能力越强
接近中心度	$C_C(n_i) = \sum_{j=1}^n \frac{1}{L(n_i, n_j)}$ 。 n 表示网络中的节点数; $L(n_i, n_j)$ 表示主体 <i>i</i> 与主体 <i>j</i> 之间的最短路径距离	负向	接近中心度越低,主体越容易与其他主体建立标准起草合作,越处于标准制定网络的核心位置,在知识传递与资源获取中越具优势
中介中心度	$C_B(n_i) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n g_{jk}(n_i)$ 。 $g_{jk}(n_i)$ 表示主体 <i>j</i> 到 <i>k</i> 的最短路径中经过主体 <i>i</i> 的路径数; g_{jk} 表示主体 <i>j</i> 和 <i>k</i> 之间的最短路径总数	正向	中介中心度越高,通过该主体产生的标准起草合作关系越多,主体对标准制定信息的控制与传递能力越强
特征向量中心度	基于标准合作网络邻接矩阵计算,满足公式 $A^l \mathbf{x} = \mathbf{x}$,其中, A 为网络邻接矩阵, $\mathbf{x}$ 为中心度值向量	正向	特征向量中心度越高,说明主体的合作对象多为网络中的高影响力主体,整体行业话语权更强
标准参与度	$C_P(n_i) = \sum p_{ni}$ 。 $\sum p_{ni}$ 代表该主体参与起草的标准数量,衡量主体在标准制定领域的参与频次与活跃程度	正向	参与起草的标准数量越多,主体在标准制定领域的活跃度越高,积累的经验越丰富,对行业技术规范与发展方向的影响力越大
标准主导度	$C_S(n_i) = \frac{S_{\text{lead}}(n_i)}{S_{\text{total}}(n_i)}$ 。 $S_{\text{lead}}(n_i)$ 为主体 <i>i</i> 作为第一起草单位的标准数量, $S_{\text{total}}(n_i)$ 为主体 <i>i</i> 参与起草的标准总数量	正向	该指标衡量主体在标准制定中的核心规则话语权,数值越高,说明主体是主导设计者,而非被动参与者

采用熵权法对上述6项评价指标进行赋权,步骤如下:首先,设评价主体数为 n ,指标数为 m ,构建决策矩阵 $X = (x_{ij})_{n \times m}$, x_{ij} 为第*i*个主体在第*j*项指标上的取值;然后,按照式(1)进行标准化处理,计算第*j*项指标下第*i*个主体的权重贡献 P_{ij} ;再按照式(2)计算熵值 e_j ,按照式(3)计算差异系数 d_j ;最后,按照式(4)计算得出熵权法确定的指标权重 w_j 。

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (1)$$

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (3)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (4)$$

低空经济评价指标权重见表3。

3.2.3 基于VIKOR法的核心主体识别模型

VIKOR法通过计算主体与正理想解、负理想解的综合距离进行排序,在兼顾群体效益与个体遗憾的同时,处理指标间存在冲突的多属性决策问题。设评价主体数为 n ,指标数为 m , f_{ij} 为第*i*个主体在第*j*项指标上的标准化值, w_j 为熵权法确定的指标权重。计算步骤如下:首先,按照式(5)确定正理想解 f_j^* 与负理想解 f_j^- ;然后,按照式(6)计算

群体效益值 S_i 与个别遗憾值 R_i ;最后,按照式(7)计算综合评价指数 Q_i 。 Q_i 值越小,表示该主体在标准合作网络中的综合地位越核心。

$$f_j^* = \max_i f_{ij}, f_j^- = \min_i f_{ij}$$

(5)

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}, R_i = \max_j \left[w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right]$$

(6)

$$Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}$$

(7)

式中: S^* 和 R^* 分别是所有方案与正理想解和负理想解距离的最小值; S^- 和 R^- 分别是所有方案与正理想解和负理想解距离的最大值; v 为决策机制系数,通常取0.5,表示群体效用最大化与个别遗憾最小化之间的平衡。

3.3 重点领域核心主体识别与演化路径比较

低空基础设施是低空经济发展的重要基础,低空航空器是低空经济的核心,运营服务和飞行保障是低空经济的支撑^[16]。依据各领域标准数量

及演化显著性,本文选取低空航空器、低空基础设施、低空应用场景3个重点领域进行核心主体识别。采用熵权法对6项指标进行客观赋权,再通过VIKOR法计算各起草单位的综合得分,最终选取各主领域排名前5位的起草单位作为该领域的核心主体。

3.3.1 低空航空器领域主体演变

低空航空器领域是低空经济标准体系中标准数量最多、技术成熟度最高的核心板块,核心主体演变见表4。萌芽期呈现科研院所与政府联合主导的格局,中国航空综合技术研究所位居首位,公安部装备财务局等政府机构占据核心位置;起步期,深圳大疆创新科技有限公司(以下简称“大疆”)等整机龙头企业进入核心序列并迅速上升至第二位,西北工业大学作为高校首次入围;跃升期形成了中国航空综合技术研究所持续领衔、大疆稳居第二、中国电子技术标准化研究院与中国民航科学技术研究院等科研院所协同支撑的稳定格局。

从核心主体所处领域的演变来看,萌芽期标准主要围绕基础通用要求与安全规范展开,网络

表3 低空经济评价指标权重

领域	度数中心度	接近中心度	特征向量中心度	中介中心度	标准参与度	标准主导度
低空航空器	0.033	0.009	0.108	0.314	0.216	0.320
低空基础设施	0.040	0.015	0.067	0.262	0.169	0.447
低空应用场景	0.044	0.025	0.118	0.337	0.191	0.285

表4 低空航空器不同阶段核心主体演变

排 序	萌芽期		起步期		跃升期	
	主体 类型	起草单位	主体 类型	起草单位	主体 类型	起草单位
1	R	中国航空综合技术研究所	R	中国航空综合技术研究所	R	中国航空综合技术研究所
2	G	公安部装备财务局	F	深圳大疆创新科技有限公司	F	深圳大疆创新科技有限公司
3	F	易瓦特科技股份有限公司	U	西北工业大学	R	中国电子技术标准化研究院
4	R	公安部特种警用装备质量监督检验中心	F	易瓦特科技股份有限公司	R	中国民航科学技术研究院
5	R	公安部第一研究所	R	中国飞行试验研究院	F	国网智能科技股份有限公司

形成以中国航空综合技术研究所为核心的单中心结构；起步期随着消费级无人机市场爆发，标准重点向产品规范与飞行性能方向延伸，企业成为关键驱动力，网络向多中心演进，呼应了2019年湖南获批全国首个全域低空空域管理改革试点后经营主体加速涌入的趋势；跃升期面向复杂运行场景需求，标准向适航审定与系统集成方向深化，在《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》等法规推动下，电子信息技术与民航适航管理类科研机构进入核心序列，网络出现明显的社区分化，形成技术归口、产业落地、多维度支撑协同的稳定分工格局。其中，科研院所始终占据网络中心位置，企业从起步期快速崛起，成为连接技术研发与产业应用的关键枢纽，高校在跃升期作用显著增强，在前沿技术方向发挥探索功能。未来，随着电动垂直起降航空器等新技术成熟，低空航空器标准体系将向适航审定一体化、智能运行规范化方向持续演进。企业与高校在前沿标准制定中的核心地位将进一步凸显。

3.3.2 低空基础设施领域主体演变

低空基础设施是支撑低空经济安全高效运行的关键载体，其标准具有强公共性、高规范性的特点，核心主体演变见表5。科研院所不同阶段中始终处于主导地位，中国电子技术标准化研究院均位列第一，上海电器科学研究院、中国信息通信研究院等持续提供关键技术支持。萌芽期企业参与

有限，仅陕西千山航空电子进入前5名；起步期检测认证类企业与东南大学首次入围，多主体协同格局初现；跃升期企业类主体增至3席，中国联通、中国移动、南方电网等通信与能源领域龙头企业集中涌现。

从核心主体所处领域的演变来看，萌芽期标准主要围绕通信、导航、监视等基础保障技术展开，以中国电子技术标准化研究院、上海电器科学研究院等科研院所为核心力量；起步期伴随低空飞行服务保障体系建设推进，标准向起降设施、飞行管理服务保障方向延伸，检测认证类企业与高校节点增多，多元主体协同格局初现；跃升期面向低空数字新基建需求，标准向智能网联与安全防护方向深化，以电子标准院为中枢，衍生出通信网络、能源基础设施、检测认证等多个子社区。2024年，工业和信息化部等四部门联合印发的《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》明确提出鼓励地方政府将低空基础设施纳入城市建设规划，推动设施标准从底层技术规范向系统化、智能化方向加速迭代。未来，随着边缘计算、数字孪生、低空物联网等新兴技术成熟，低空基础设施标准体系将向智能化、一体化方向持续演进。

3.3.3 应用场景领域主体演变

低空应用场景领域是低空经济从技术研发走向产业落地的集中体现，核心主体演变见表6。企业类主体始终占据主导地位，科研院所与政府机

表5 低空基础设施不同阶段核心主体演变

排 序	萌芽期		起步期		跃升期	
	主体 类型	起草单位	主体 类型	起草单位	主体 类型	起草单位
1	R	中国电子技术标准化研究院	R	中国电子技术标准化研究院	R	中国电子技术标准化研究院
2	R	上海电器科学研究院	R	上海电器科学研究院	R	中国信息通信研究院
3	I	中国航空器拥有者及驾驶员协会	F	大连产品质量检验检测研究院有限公司	F	中国联合网络通信集团有限公司
4	R	国家无线电监测中心检测中心	U	东南大学	F	中国移动通信集团有限公司
5	F	陕西千山航空电子有限公司	F	中国汽车工程研究院股份有限公司	F	南方电网电力科技股份有限公司

表6 应用场景不同阶段核心主体演变

排 序	萌芽期		起步期		跃升期	
	主体 类型	起草单位	主体 类型	起草单位	主体 类型	起草单位
1	F	中国民用航空局第二研究所	F	中国电力科学研究院有限公司	F	深圳大疆创新科技有限公司
2	R	中国测绘科学研究院	F	深圳大疆创新科技有限公司	R	中国民航科学技术研究院
3	F	国家电网公司	F	国家电网有限公司	F	中测新图遥感技术有限公司
4	F	国网通用航空有限公司	F	中测新图遥感技术有限公司	F	中国电力科学研究院有限公司
5	F	中国石油天然气管道工程有限公司	F	大唐定边风力发电有限公司	F	广东电网有限责任公司

关构成重要支撑力量，高校在后期参与度快速提升。萌芽期以电力企业和无人机制造企业为核心，呈现出产业需求直接驱动的初始特征；起步期农业科技企业和物流企业进入核心序列，标准从单一行业规范向跨场景通用规范升级；跃升期大疆跃居首位，中国民航科学技术研究院等科研机构与企业形成稳定的合作格局。

从核心主体所处领域的演变来看，萌芽期标准集中于能源巡检、航拍摄影等少数成熟场景；起步期随着无人机在农业、交通、物流、应急救援等领域快速渗透，标准向智慧农业、低空物流、应急测绘等方向延伸，网络出现多场景并行发展态势；跃升期面向低空经济规模化落地需求，文旅体验、医疗救护、气象探测等新兴场景标准快速增长，网络向多主体、跨行业复杂合作结构演进。应用场景标准作为产业价值释放的终端环节，其网络结构也由早期的单场景独立制定，逐步演进为多场景交叉融合的分布式合作网络。未来，随着低空经济在各行业的深度融合，“低空+文旅”“低空+医疗”等跨界融合场景将催生新的标准合作子网络，前沿科技企业与高校将在新兴场景标准制定中发挥主导作用，科研院所与行业龙头企业则继续承担技术统筹与场景落地职能，推动应用场景标准体系向多领域、规模化、全生命周期管理方向发展。

4 结论与建议

本研究基于2010—2025年的198项低空经济国家与行业标准，采用社会网络分析与熵权-VIKOR法，系统刻画标准合作网络的演化过程，识别不同技术领域核心主体，得出以下结论：

（1）我国低空经济标准合作网络呈现规模扩张、合作分散态势。节点数量、参与广度与合作频率持续提升，企业逐步成为核心主导力量，科研院所、高校参与度稳步提高，主体结构已从政企研主导转向产学研用多元协同。但网络密度持续下降、平均路径拉长，跨类型主体融合深度不足。

（2）标准体系领域发展不均衡问题突出，航空器标准始终占据核心地位，应用场景标准随产业落地快速增长，而低空基础设施、低空空交通管理与安全监管标准供给滞后，全链条覆盖有待完善。

（3）重点领域标准演化路径差异显著。航空器领域由政策驱动转向市场牵引、多元共治，形成科研院所统筹、龙头企业落地的稳定格局；基础设施领域由科研院所持续主导，跃升期通信与能源龙头集中入局，成为标准体系新引擎；应用场景呈现场景驱动、企业主导特征，核心主体随市场需

求动态调整,合作网络从单场景独立制定向多场景交叉融合演进。

基于上述研究结论,为完善低空经济标准体系构建,推动产业高质量发展,提出以下建议:

(1) 强化核心主体网络枢纽功能,深化产学研用协同融合,发挥核心科研院所的平台联结作用,搭建跨领域标准化合作平台,鼓励龙头企业联合高校组建标准工作组,开展全流程攻关,破解规模扩张与合作分散的矛盾,提升合作深度。

(2) 补齐标准体系结构性短板,推动全链条协同覆盖,针对领域发展不均衡问题,补全关键标准缺口,同步深化航空器适航审定与智能运行标准,细化应用场景服务与管理规范。

(3) 建立需求导向、场景驱动的标准动态优化机制,立足技术迭代快、场景融合深特征,实施动态立项与定期复审,针对不同领域主体实施差异化引导,推动标准体系向全产业链协同覆盖转型,逐步形成全国标准化协同推进格局。

参考文献

- [1] 田博文,田志龙.网络视角下标准制定组织多元主体互动规律研究[J].管理学报,2016,13(12):1775-1785.
- [2] 姜红,吴玉浩,高思茆.技术标准化与知识管理关系研究:生命周期视角[J].科技进步与对策,2018,35(13):18-27.
- [3] 文金艳,曾德明.标准联盟组合配置与企业技术标准化能力[J].科学学研究,2019,37(7):1277-1285.
- [4] Tassey G. Standardization in technology-based markets[J]. Research Policy, 2000, 29(4): 587-602.
- [5] 曹春方,龚曼宁.标准定则市场兴:技术标准对专利交易的促进作用研究[J].管理世界,2025,41(1):51-67,113.
- [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] 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.
- [8] 王庆.低空经济发展:新兴安全风险与敏捷治理[J].科学学研究,2025,43(8):1569-1578.
- [9] 万福军,周幸筠,陶赞,等.中国低空经济现状及标准化发展探析[J].标准科学,2025(12):16-22.
- [10] 何宁,刘璐.中国参与引领低空经济全球治理的现状、问题及路径研究[J].国际经济合作,2026,42(2):49-58,93.
- [11] 王珊珊,许艳真,李力.新兴产业技术标准化:过程、网络属性及演化规律[J].科学学研究,2014,32(8):1181-1188.
- [12] 方世世,周立军,杨静,等.国家标准合作网络结构特征及驱动模式:以数字经济领域为例[J].中国科技论坛,2020(5):82-90,117.
- [13] 刘国巍,曹霞.产学研BA-CAS合作机制下创新网络动态演化研究:基于系统生存论的关系嵌入视角[J].技术经济与管理研究,2018(4):32-37.
- [14] Freeman L C. Centrality in social networks conceptual clarification[J]. Social Networks, 1978, 1(3): 215-239.
- [15] 王海军,刘丽君,姜广鑫.中国新能源汽车产业标准合作网络特征与演化研究[J].科技进步与对策,2025,42(21):50-60.
- [16] 顾冬冬,吴国宝.向“天空”要“效益”:低空经济何以驱动经济高质量发展?[J].西安交通大学学报(社会科学版),2026,46(2):14-25.