

大湾区低空经济发展水平测度

龚采月¹, 王孟欣²

1. 广州大学 经济与统计学院, 广东 广州 510006

2. 广州大学 金融研究院, 广东 广州 510405

摘 要： 低空经济作为一种新兴的经济形态，近年来呈现出蓬勃发展的态势，成为引领经济增长的新赛道。本文基于2012–2022年粤港澳大湾区9个城市的面板数据，构建低空经济发展水平测度指标体系，并运用熵值法进行客观赋权与综合评价。研究从发展环境、基础支撑、产业市场三个维度，系统评估大湾区低空经济的区域发展差异及动态演进特征。结果表明，大湾区低空经济发展呈现梯度化格局，深圳、广州等核心城市在各方面表现突出，而周边城市则在特色应用场景培育上具有潜力。基于实证分析，本文提出差异化政策建议，包括完善区域协同机制、优化产业空间布局、推动区域产业创新共同体建设等，以期为全国低空经济测度提供方法论参考，并为政策制定提供科学依据。

关 键 词： 低空经济；大湾区；发展水平测度；区域差异

Measurement of the Development Level of Low-altitude Economy in the Greater Bay Area

Gong Caiyue¹, Wang Mengxin²

1. School of Economics and Statistics, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006

2. Institute of International Finance, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510405

Abstract： As an emerging economic paradigm, the low-altitude economy has exhibited rapid development in recent years, becoming a new driver of economic growth. The paper constructs an index system to measure the development level of the low-altitude economy based on panel data from nine cities in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA) spanning the period from 2012 to 2022. The entropy weight method is employed to assign objective weights and conduct a comprehensive evaluation. From the perspectives of development environment, foundational support, and industrial market, the study systematically assesses regional disparities and the dynamic evolution of the low-altitude economy within the GBA. The results reveal a hierarchical development pattern: core cities such as Shenzhen and Guangzhou demonstrate outstanding performance across multiple dimensions, while peripheral cities show potential in cultivating specialized application scenarios. Based on the empirical findings, the paper proposes differentiated policy recommendations, including enhancing regional coordination mechanisms, optimizing industrial spatial distribution, and promoting the construction of regional innovation communities. These recommendations aim to provide a methodological reference for the measurement of the low-altitude economy nationwide and offer a scientific basis for policymaking.

Keywords： low-altitude economy; Greater Bay Area; development level measurement; regional disparities

引言

低空经济是一种新型经济形态，它以低空空域为活动空间，依托有人或无人航空器活动进行商业化开发和运营，通过产业联动效应带动多领域协同发展。低空经济以无人机、通用航空等低空飞行活动为核心，涵盖物流运输、应急救援、城市管理、旅游观光等多个领域，近年来展现出广阔的产业前景。作为全球新一轮科技革命和产业变革的重要方向，低空经济不仅涵盖高端制造、智能交通、数字服务等多元产业，还具有辐射范围广、产业链条长、融合程度高等特点。近年来，随着低空开放政策逐步推进、核心技术持续突破和应用场景不断拓展，中国低空经济已进入快速发展阶段，并成为培育新质生产力的重要抓手。

基金项目：2023年度全国统计科学研究重点项目（2023LZ030）。

作者简介：

第一作者：龚采月（2002.06–），女，广东汕尾人，广州大学经济与统计学院统计学专业硕士研究生，研究方向：数字贸易、经济统计。

通讯作者：王孟欣（1974.11–），男，河北保定人，广州大学金融研究院教授，经济学博士、博士生导师，广州数字贸易与科技金融研究中心主任，研究方向：数字贸易、经济统计。

粤港澳大湾区凭借其雄厚的产业基础、活跃的创新生态和完善的配套设施，在全国低空经济发展中占据领先地位。政策层面，大湾区依托《粤港澳大湾区发展规划纲要》等顶层设计，率先在深圳、广州等地开展低空管理改革试点；产业层面，大湾区内集聚了大疆、亿航智能等全球头部低空飞行企业，形成了涵盖研发制造、运营服务、基础设施等环节的完整产业链；应用层面，无人机物流、城市空中交通（UAM）、低空旅游等创新模式加速落地。尽管大湾区低空经济在飞行器技术、产业基础设施建设等方面正逐步向前发展，但仍面临诸多挑战。

在此背景下，科学测度大湾区低空经济发展水平，对于把握发展现状、识别区域差异、优化政策供给具有重要意义。本文通过构建综合评价指标体系，系统考察大湾区低空经济发展的时空特征，为推动区域低空经济高质量发展提供理论依据和政策参考。

一、文献综述

在2023年底召开的中央经济工作会议中，低空经济被明确列为重点培育的战略性新兴产业，这标志着我国在把握全球产业格局深刻变革机遇方面迈出了重要一步。当前，战略性新兴产业的测度研究已形成较为系统化的理论框架，但由于这类产业具有显著的带动力强、综合效益优等特性，传统的描述性分析方法已难以全面反映其发展实际。为此，学术界通过构建多元化的模型和指标体系，持续推进该领域测度方法的创新与完善。在研究方法方面，王馨培^[1]等创新性地运用投入产出模型，对我国战略性新兴产业发展进程进行了系统测度；王卉彤^[2]等则从收益质量、盈利能力、成长能力、偿债能力四个维度构建评价体系，对中国城市战略性新兴产业发展质量展开深入分析；程贵孙等^[3]则采用数据包络分析（DEA）方法，对中国战略性新兴产业的创新效率进行了实证研究。然而，值得注意的是，现有研究多集中于宏观层面的理论探讨和方法构建，针对具体战略性新兴产业的案例研究和定性分析仍相对匮乏，这一研究空白亟待学界进一步探索和填补。

作为战略性新兴产业的重要组成，当前学术界对低空经济的研究主要聚焦于概念界定、产业链解析与新业态融合等基础理论层面。覃睿^[4]通过系统分析，将低空经济的基本构成概括为“1个关键资源（低空空域）、3大核心产业（低空运输、作业与休闲娱乐业、航空载运与作业装备技术产业以及低空交通基础设施与服务）和4个辅助种群（政府公共力量种群、科教文种群、投融资种群、中介服务种群）”，这一理论框架为后续研究提供了重要参考。周钰哲^[5]进一步指出，推动低空经济发展的核心要素涵盖空域管理改革、基础设施建设、关键核心技术突破、产业生态培育、应用场景拓展以及专业技术人才储备等多个维度。高世伟和李艳华^[6]则着重探讨了低空经济与数字经济、绿色经济等新兴经济形态的融合路径。张嘉昕和许倩^[7]发现，当前制约低空经济产业链发展的主要因素包括：产业链基础能力总体偏弱、生态系统支撑不足、协同机制不完善以及政策扶持精度不足等关键问题。钟成林和胡雪萍^[8]经过探讨，得出结论：数字新质生产力对低空经济存在赋能范围狭窄、赋能效应失衡、赋能基础薄弱以及赋能信息安全风险较高等现实困境。

尽管现有研究在理论层面取得了一定进展，但低空经济的测度体系构建仍显滞后，主要面临以下挑战：（1）新兴产业边

界模糊，导致测度对象难以精准界定；（2）区域发展不均衡，跨区域数据可比性不足；（3）传统产业测度指标对低空经济的新业态、新模式适应性较差；（4）部分关键数据（如低空飞行活动频次、商业化运营规模等）获取渠道有限，统计体系尚未健全。

基于此，本文聚焦大湾区低空经济产业发展水平测度问题，旨在构建一套科学、系统的评价指标体系，并运用熵值法进行客观赋权与综合评价。结合大湾区低空经济政策试点经验，提出差异化发展建议，为全国低空经济测度体系构建提供可推广的方法论参考。

二、研究方法 with 模型构建

粤港澳大湾区，包括中国香港特别行政区、中国澳门特别行政区和广东省广州市、深圳市、珠海市、佛山市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、肇庆市。由于数据资料限制，本文仅对广东省内9个城市进行评价分析。

（一）指标体系构建

本文借鉴并融合了王珏和李子成^[9]的研究成果，同时参考了上海市智能制造产业协会《2024年中国低空经济发展指数报告》^[10]的指标体系设计理念。基于区域经济发展特征和产业实际需求，从发展环境、基础支撑和产业市场三个维度，构建了适用于大湾区的低空经济发展水平综合评价指标体系（见表1）。该体系既吸收了现有研究的理论框架，又结合大湾区低空经济发展的区域特色，在指标选取和维度划分上进行了针对性的优化与创新。

首先，构建低空经济发展水平综合评价指标体系，旨在系统测度低空经济在环境支撑、基础设施和产业规模等关键领域的发展态势与增长潜力。该体系由发展环境、基础支撑和产业市场三个核心维度构成。其次，发展环境维度通过区域宏观经济实力与政府科技投入两大要素，综合评估低空经济发展的基础条件，具体包括GDP总量、R&D经费投入强度、R&D人员人数及财政科学技术支出占比等二级指标。基础支撑维度聚焦低空经济所需的硬件设施与配套服务，涵盖在册通用航空机场数量、邮电业务总量及低空经济载体（低空经济相关产业园、孵化器与众创空间数量）等指标；产业市场维度则从市场主体活跃度与技术积累水平出发，选取无人机相关企业数量及有效专利数量等指标，以量化低空经济的市场化程度与创新能力。

表1 大湾区低空经济产业发展水平测度指标体系构建

	一级指标	二级指标	属性
低空经济发展水平	发展环境	GDP 总量	正向指标
		R&D 经费投入	正向指标
		R&D 人员数量	正向指标
		财政科学技术支出占比	正向指标
	基础支撑	在册通用航空机场数量	正向指标
		邮电业务总量（亿元）	正向指标
		低空经济载体数量	正向指标
	产业市场	无人机相关企业数量	正向指标
		无人机有效专利数量	正向指标

（二）研究方法

设有 h 个年份， m 个城市， n 项测评指标， X_{rj} 是第 r 个年份第 i 个城市的第 j 项指标值。

1. 在指标体系构建完成后，为确保不同量纲指标间的可比性，本研究采用极值法对各项正向指标进行标准化处理。具体公式如下：

$$Z_{rj} = \frac{X_{rj} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

式中， $j = 1, 2, 3, \dots, n; i = 1, 2, 3, \dots, m$ 分为为评价指标和评价对象的总数量； X_{max}, X_{min} 为所有评价对象中不同指标 j 的最大值和最小值； X_{rj}, Z_{rj} 为不同指标 j 标准化前后的指标值。

2. 为确保后续熵值法计算的数学严谨性，避免因标准化后出现零值而导致对数运算无意义的情况，本研究对标准化后的数据进行了整体平移处理，都加上 0.0001。

3. 将数据按照年份和地区进行归一化处理，具体公式如下：

$$K_{rj} = \frac{Z_{rj}}{\sum_{r=1}^h \sum_{i=1}^m Z_{rj}}$$

4. 通过熵值法这一客观赋权方法对各评价指标进行权重分配。基于所构建的指标体系，结合各城市具体指标数据，运用加权综合评价法对粤港澳大湾区低空经济发展状况展开系统评估。计算各项指标的熵值。

$$U_j = -k \sum_{r=1}^h \sum_{i=1}^m K_{rj} \ln K_{rj}$$

其中 $k = \frac{1}{\ln(h \times m)}$

5. 第 j 个指标的差异系数

$$g_j = 1 - e_j$$

6. 第 j 个指标的权重

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^p g_j}$$

其中 $j = 1, 2, \dots, p$

三、测度结果分析

（一）数据来源

本文选取了 2012-2022 年的大湾区除港澳以外 9 个地级市的

指标数据，原始数据主要来源于国家统计局、中国统计年鉴、广东统计年鉴、相关城市的国民经济和社会发展公报。在册通用机场数量来源于通用机场信息管理系统。无人机企业数量来源于天眼查。无人机有效专利数量来源于国家知识产权局。

（二）测度分析

本研究基于熵值法对粤港澳大湾区低空经济发展水平测度指标权重进行了系统测算。从权重分布结果来看（见表 2），三大一级指标中，基础支撑维度（0.514645）的权重最高，其次为产业市场维度（0.294965），发展环境维度（0.190391）相对较低，这一分布特征反映出当前大湾区低空经济发展更侧重于产业应用场景落地和基础设施配套建设。

在二级指标层面，权重分布呈现显著差异。产业市场维度中，无人机有效专利数量（0.161242）的权重显著高于无人机相关企业数量（0.133723），表明技术创新能力比市场主体规模更具评价价值；基础支撑维度呈现“软硬结合”特征，低空经济载体数量（0.226632）权重最高，其次为在册通用航空机场数量（0.208212），反映创新载体建设与物理基础设施同等重要；发展环境维度内部权重相对均衡，R&D 经费投入（0.078382）和 GDP 总量（0.0858）贡献度较高，体现经济基础与科研投入的协同支撑作用。

值得注意的是，差异系数分析显示财政科学技术支出占比（差异系数 0.0348）和 R&D 人员数量（0.0908）的区分度较低，可能反映地方政府在科技投入方面的同质化趋势。与此同时，低空经济载体数量（0.4278）和通用机场数量（0.3931）的高差异系数，凸显大湾区内部基础设施布局的非均衡特征。

表 2 大湾区低空经济发展水平测度各指标权重

	一级指标	二级指标	熵值	差异系数	权重
大湾区低空经济发展水平测度	发展环境 (0.190391)	GDP 总量	0.9142	0.0858	0.045473
		R&D 经费投入	0.8520	0.1480	0.078382
		R&D 人员数量	0.9092	0.0908	0.048122
		财政科学技术支出占比	0.9652	0.0348	0.018414
	基础支撑 (0.514645)	在册通用航空机场数量	0.6069	0.3931	0.208212
		邮电业务总量	0.8494	0.1506	0.079801
		低空经济载体数量	0.5722	0.4278	0.226632
	产业市场 (0.294965)	无人机相关企业数量	0.7476	0.2524	0.133723
		无人机有效专利数量	0.6956	0.30440	0.161242

（三）大湾区低空经济各个维度发展水平

基于大湾区低空经济产业发展水平测度指标体系以及各指标权重，测度 2012-2022 年大湾区各大城市各个维度的发展水平，具体见表 3 和图 1。

表3 2022年大湾区低空经济发展水平综合得分排序

城市	发展环境	排名	基础支撑	排名	产业市场	排名	总分	排名
广州	0.11851	2	0.30491	2	0.32188	2	0.74529	2
深圳	0.17865	1	0.36950	1	0.34811	1	0.89626	1
珠海	0.01297	7	0.04948	6	0.01688	5	0.07933	6
佛山	0.04283	4	0.05289	5	0.01859	4	0.11431	5
惠州	0.02192	6	0.12715	3	0.00908	6	0.15815	4
东莞	0.05266	3	0.07435	4	0.04216	3	0.16916	3
中山	0.02390	5	0.02477	8	0.00592	7	0.05460	8
江门	0.00821	8	0.04719	7	0.00013	9	0.05553	7
肇庆	0.00002	9	0.00004	9	0.00101	8	0.00108	9

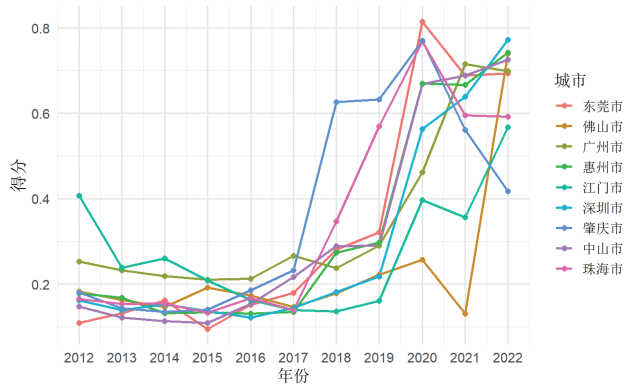


图1 2012—2022年大湾区各城市低空经济发展水平综合得分

1. 发展趋势

整体来看，大湾区各城市在该领域的发展呈现出“缓慢起步—加速提升—分化加剧”的阶段性特征。在2012至2016年期间，各城市得分整体处于较低水平，发展差距不大，说明低空经济尚处于探索和布局阶段，发展基础相对薄弱。自2017年起，城市间得分普遍上扬，反映出区域内政策导向、技术应用及产业推动等因素开始发挥效力，推动低空经济加速发展。

从个体城市表现来看，东莞市与肇庆市在2020年后发展速度尤为显著，得分快速上升，2021年更是分别达到本时段内的峰值，表现出后发优势及突出的发展潜力。深圳市与广州市则在整个周期内始终保持较高水平，显示出其雄厚的产业基础和持续的政策支持，是低空经济领域的引领者。此外，佛山市、江门市等地呈现出较大波动，得分曲线上下起伏较为明显，可能与地方产业结构调整、资源投入不均等因素有关。总体而言，2020年后城市间得分差异显著扩大，区域间呈现出明显的“分化发展”态势。

2. 综合情况

从低空经济发展水平的综合得分来看，粤港澳大湾区各城市呈现出明显的梯度分化特征。深圳以0.89626的总分高居榜首，展现出在低空经济领域的全面领先优势；广州以0.74529分紧随其后，位列第二。相比之下，肇庆仅得0.00108分，排名垫底，与深圳的差距超过800倍，反映出大湾区低空经济发展的极度不均衡。

从区域格局来看，深圳、广州两大核心城市在三个一级指

标上均包揽前两名，形成了明显的“双核驱动”格局。东莞（0.16916）、惠州（0.15815）等制造业强市位居中游，而珠海（0.07933）、佛山（0.11431）等城市虽然产业基础较好，但在低空经济领域表现平平。中山（0.05460）、江门（0.05553）和肇庆（0.00108）等城市则明显落后，发展水平严重不足。

3. 发展环境

从发展环境维度来看，深圳（0.17865）和广州（0.11851）作为核心城市，发展环境得分显著领先，反映出两地具备较强的经济基础和政策支持能力，为低空经济提供了良好的技术孵化与市场应用场景。深圳的突出表现与其科技创新生态和产业配套优势密切相关。

珠海（0.01297）、佛山（0.04283）、东莞（0.05266）等第二梯队城市得分较低，可能受限于城市规模和经济结构单一性问题。惠州（0.02192）、中山（0.02390）、江门（0.00821）等城市得分处于末端，表明这些地区在科技资源集聚和基础设施配套上存在明显短板。

4. 基础支撑

从基础支撑维度来看，粤港澳大湾区各城市低空经济发展呈现出明显的两极分化特征。深圳（0.36950）和广州（0.30491）在基础设施配套方面遥遥领先，而东莞（0.07435）、惠州（0.12715）等城市虽然在某些细分领域有所突破，但整体基础设施配套仍显不足。中山（0.02477）、江门（0.04719）和肇庆（0.00004）等城市的基础支撑得分普遍偏低，这将严重制约这些地区低空经济的起步发展。基础设施的严重失衡，不仅影响了区域协调发展，也可能成为制约大湾区低空经济整体发展的瓶颈。

5. 产业市场

从产业市场维度来看，大湾区各城市低空经济发展呈现出显著的“核心—边缘”分化格局。大湾区得分最高的分别是深圳（0.34811）和广州（0.32188），这两座城市形成明显的双核心驱动格局。具体来看，深圳和广州在无人机企业集聚和专利创新方面具有绝对优势，这为其低空经济的市场化发展提供了强劲动力。东莞（0.04216）凭借制造业基础，在产业市场化方面表现相对突出，位列第三。而珠海（0.01688）、佛山（0.01859）等城市虽然具备一定的产业基础，但在低空经济市场化转型方面进展缓慢。

其余城市的产业市场得分普遍偏低，反映出这些地区在低空经济市场主体培育和技术创新方面的不足。这种产业发展的严重失衡，不仅制约了区域协调发展，也可能影响大湾区低空经济生态系统的完整性。

四、结语

本文通过构建指标体系，运用熵值法对2012—2022年粤港澳大湾区9个城市低空经济发展水平进行评价。结果发现粤港澳大湾区低空经济发展呈现出显著的梯度分化特征，深圳、广州作为核心引擎已建立起相对完善的产业生态，而周边城市的发展滞后则制约着区域协同效应的发挥。面向未来，需要从以下几个方面重

点突破：

（一）构建“双核多节点”的区域协同发展机制。

深圳与广州应充分发挥低空经济核心城市的引领作用，通过共建低空经济创新联盟、共享试验空域资源等手段，带动东莞、珠海等节点城市协同发展。同时，应在肇庆、江门等相对落后的地区有序规划建设专业化低空经济产业园区，依托地方特色培育多样化应用场景，促进区域要素合理流动和产业高效集聚。

（二）加快完善低空经济基础设施网络。

应以通用机场体系互联互通为重点，统筹建设覆盖湾区的低空通信、导航与监视系统。建议设立区域性低空经济基础设施投资基金，优先支持基础设施相对薄弱区域，提升整体基础承载能力与服务均衡性，为低空经济发展提供坚实支撑。

（三）推动构建区域产业创新共同体。

应加快建立大湾区低空经济专利池，提升技术成果跨区域转化效率。鼓励龙头企业牵头组建跨区域创新联合体，强化与中小企业的协同创新机制。同时，在无人机适航认证、空域管理等关

键领域争取国家层面先行先试政策，推动标准体系建设和制度创新，提升湾区在低空经济领域的制度型竞争优势。

（四）推进统一市场建设与人才协同发展。

建议建立覆盖整个大湾区的低空经济市场一体化机制，包括产品标准、服务规范、飞行规程等方面的协调统一，消除区域壁垒，提升资源要素流动效率。同时，应构建区域性低空经济人才认证体系和执业互认机制，鼓励技术人员在区内自由流动和跨域合作，促进区域间人力资本的高效匹配与共享，增强湾区低空产业的整体创新活力。

展望未来，随着空域管理体制的优化、基础设施的完善、创新资源的集聚及《粤港澳大湾区发展规划纲要》的深入实施，大湾区有望在未来几年内建成全球领先的低空经济创新高地，形成“核心引领、多极支撑、梯度协同”的发展格局。与此同时，大湾区低空经济的发展实践将为全国提供可复制、可推广的区域协同发展经验，助力我国加快构建现代化空天交通体系，推动新质生产力加速形成。

参考文献

- [1]王馨培,高艳云,李国荣.中国战略性新兴产业进程指数构建及评价[J].统计学报,2024,5(02):53-63.
- [2]王卉彤,刘传明,刘笑萍.中国城市战略性新兴产业发展质量测度及时空特征分析[J].城市发展研究,2019,26(12):130-136.
- [3]程贵孙,张雍,芮明杰.国有与民营企业发展战略性新兴产业相对效率研究——基于2005-2011年上市公司数据的实证分析[J].当代财经,2013,(10):96-105.
- [4]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,2023,41(06):59-64.
- [5]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,(04):87-97.
- [6]高世伟,李艳华.我国低空经济产业链和需配套解决的问题[J].港口经济,2013,(11):40-43.
- [7]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,(08):63-70.
- [8]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(05):84-93.
- [9]王珏,李子成.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[J].湖北经济学院学报,2024,22(03):86-100.
- [10]上海市智能制造产业协会.2024年中国低空经济发展指数报告[R].2024.
- [11]黄跃,李琳.中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J].地理研究,2017,36(07):1309-1322.
- [12]刘成坤,江越,张启慧,等.数字经济发展水平的统计测度及时空演变趋势研究[J].工业技术经济,2022,41(02):129-136.
- [13]欧进锋,许抄军,刘雨骐.基于“五大发展理念”的经济高质量发展水平测度——广东省21个地级市的实证分析[J].经济地理,2020,40(06):77-86.