

应用统计 与数据科学

Applied Statistics and Data Science



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2025 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



编委会名单

主 编



王国长 (Guochang Wang), 暨南大学 (Jinan University),
邮箱: wanggc023@amss.ac.cn
研究兴趣: 函数型数据分析、时间序列、充分性降维、统计与机器学习
functional data analysis, time series, sufficiency dimension reduction, statistics and machine learning

执行副主编



张兴发 (Xingfa Zhang), 广州大学 (Guangzhou University),
邮箱: xingfazhang@gzhu.edu.cn
研究兴趣: 金融统计、环境统计、机器学习
financial statistics, environmental statistics, machine learning

编 委



胡志勇 (Zhiyong Hu), 广州大学 (Guangzhou University)
邮箱: zhyhu65@163.com
研究兴趣: 大数据, 人工智能, 财务与会计
big data, artificial intelligence, finance and accounting



雷田礼 (Tianli Lei), 深圳职业技术大学 (Shen Zhen Polytechnic University)
邮箱: ltl@szpu.edu.cn
研究兴趣: 数量经济、高职数学教育
auantitative economics, higher vocational mathematics education



舒连杰 (Lianjie Shu), 澳门大学 (University of Macau),
邮箱: ljshu@um.edu.mo
研究兴趣: 量化金融, 统计学习, 质量控制及管理
quantitative finance, statistical learning, quality control and management



王伟 (Wei Wang), 山东财经大学 (Shandong University of Finance and Economics)
邮箱: wangwei_0115@sdufe.edu.cn
研究兴趣: 统计机器学习、应用统计、计量经济
statistical machine learning, applied statistics, econometrics



杨凯 (Kai Yang), 长春工业大学 (Changchun University of Technology)
邮箱: yangkai@ccut.edu.cn
研究兴趣: 时间序列分析、高维数据分析、贝叶斯分析
time series analysis, high-dimensional data analysis, bayesian analysis



周彦 (Yan Zhou), 深圳大学 (Shenzhen University)
邮箱: zhouy1016@163.com
研究兴趣: 生物统计, 数据科学
Biostatistics, data science



李永明 (Yongming Li), 上饶师范学院 (Shangrao Normal University)
邮箱: lym1019@163.com
研究兴趣: 非参数统计, 金融统计, 极限理论与统计大样本性质, 小波方法
nonparametric statistics, financial statistics, limit theory and statistical large sample theory, wavelet method



刘照德 (Zhao de Liu), 广东财经大学 (Guangdong University of Finance & Economics)
邮箱: lzhaode@163.com
研究兴趣: 经济统计、多元统计、计量分析
economic statistics, multivariate statistics, econometric analysis



王小刚 (Xiaogang Wang), 北方民族大学 (North Minzu University)
邮箱: wongone@163.com
研究兴趣: 经济与社会统计
economic and social statistics



严晓东 (Xiaodong Yan), 西安交通大学 (Xi'an Jiaotong University)
邮箱: yanxiaodong@xjtu.edu.cn
研究兴趣: 统计机器学习、智能体统计学
statistical machine learning, agent statistics



朱柯 (Ke Zhu), 香港大学 (The University of Hong Kong)
邮箱: mazhuke@hku.hk
研究兴趣: 统计建模、金融时间序列分析、计量经济、金融大数据
statistical modeling, financial time series analysis, econometrics, financial big data

应用统计与数据科学

Applied Statistics and Data Science

第1卷 第8期 2025年10月刊

主办单位: ART AND DESIGN PRESS INC

(United States)

承办单位: 广州统计师事务所

指导单位: 广东省现场统计学会、广州市统计学会

主 编: 王国长

执行副主编: 张兴发

编 委: 胡志勇、李永明、雷田礼、刘照德、
舒连杰、王小刚、王 纬、严晓东、
杨 凯、朱 柯、周 彦

地 址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey
Park, CA 91754

网 址: <https://www.artdesignp.com>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权
转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事
项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、翻
译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著作
权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将
承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单
位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作
者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。



市场调研 | MARKET RESEARCH

- 001 基于广州博物馆调查结果的中小型博物馆“大文创”
市场化发展路径研究 王豪, 蔡淳丽, 孙佳诚, 张东健, 洪苒苒, 张新风
Study on the Marketization Development Path of "Great Cultural Creation" of
Small and Medium-sized Museums based on the Survey Results
of Guangzhou Museums Wang Hao, Cai Chunli, Sun Jiacheng, Zhang Dongjian,
Hong Yiyi, Zhang Xinfeng
- 006 华南地区居民对针灸的消费需求的调查分析 许晓文, 翁丽丽, 刘莹钰
Investigation and Analysis on the Consumption Demand of Acupuncture
and Moxibustion and Moxibustion of Residents
in South China Xu Xiaowen, Weng Lili, Liu Yingyu

统计与教育教学 | STATISTICS AND EDUCATION TEACHING

- 010 数字中国建设背景下数量经济学硕士
培养体系改革探析 游万海, 刘彤, 方晨瑶, 洪育辉
Analysis of the Reform of the Master's Degree Program in Quantitative
Economics under the Background of Digital
China Construction You Wanhai, Liu Tong, Fang Chenyao, Hong Yuhui
- 015 数字经济时代应用型本科高校经管类专业教学质量
提升策略研究 赖苏彬, 欧阳勤
Research on Teaching Quality Improvement Strategies of application-oriented
Undergraduate Programs in Economics and Management in
the Digital Economy Era Lai Subin, Ouyang Qin
- 019 桂林中学 AI 赋能课堂教的多模态寻证优化教研实践 李春波
Multimodal Evidence-Based Optimized Teaching and Research Practice
of AI-Enabled Classroom Teaching in Guilin Middle School Li Chunbo

数据科学技术、方法与应用 | DATA SCIENCE TECHNOLOGY, METHODS AND APPLICATIONS

- 024 基于 Stacking 算法集成的资源型城市碳排放预测 张晓源, 金书亮
Analysis and Prediction of Carbon Emission Influencing Factors in Resource-Based
Cities Based on Stacking Algorithm Integration Zhang Xiaoyuan, Jin Shuliang
- 030 数字经济对新质生产力发展的影响研究 方叶如
The Impact of Digital Economy on the Development of
New-Quality Productive Forces Fang Yeru
- 036 基于多模型融合的中国东部地区竞争力分析
与区域协调发展对策 张淑慧, 杨昊霖, 张晨阳, 夏英
Analysis of Competitiveness and Regional Coordinated Development Strategies in
Eastern China Based on Multi-model Integration Zhang Shuhui, Yang Haolin,
Zhang Chenyang, Xia Ying
- 042 基于非现场执法数据的公路预防性养护决策模型与经济性研究 陈思思
Research on Decision-Making Model and Economics of Highway Preventive
Maintenance Based on Non-Site Enforcement Data Chen Sisi

统计方法及应用 | STATISTICAL METHODS AND APPLICATIONS

- 046 中国乡村产业振兴水平测度及其时空收敛性研究 郑颖莹, 章贵军
Research on the Measurement of Rural Industrial Revitalization
Level and Its Spatial-temporal Convergence in China Zheng Yingying, Zhang Guijun

051	<p>基于 TAM-SEM 模型的新媒体环境下居民对新能源汽车持续使用意愿研究——以重庆市为例</p> <p>Study on Residents' Willingness to Use New Energy Vehicles in New Media Environment Based on TAM-SEM Model — A Case Study of Chongqing City</p>	<p>李代民, 李圆圆</p> <p>Li Daimin, Li Yuanyuan</p>
055	<p>人口老龄化与经济增长的非线性耦合——基于人口红利理论的重构分析</p> <p>The Nonlinear Coupling of Population Aging and Economic Growth — A Reconstruction Analysis Based on the Theory of Demographic Dividend</p>	<p>陈柔妍, 戴延倩, 符家晴</p> <p>Chen Rouyan, Dai Yanqian, Fu Jiaqing</p>
061	<p>有限约束理论下城市更新项目的财务平衡策略及机制研究</p> <p>Research on Financial Balance Strategies and Mechanisms for Urban Renewal Projects under the Theory of Limited Constraints</p>	<p>陈其荣</p> <p>Chen Qirong</p>
066	<p>新兴技术驱动国有企业创新发展的战略路径研究</p> <p>Research on the Strategic Pathways of Emerging Technologies Driving Innovation Development in State-Owned Enterprises</p>	<p>邱龙</p> <p>Qiu Long</p>

基于广州博物馆调查结果的中小型博物馆“大文创” 市场化发展路径研究

王豪¹, 蔡淳丽¹, 孙佳诚¹, 张东健², 洪苡荧¹, 张新风^{1*}

1. 广州大学 经济与统计学院, 广东 广州 510006

2. 广州大学 人文学院, 广东 广州 510006

DOI:10.61369/ASDS.2025080001

摘 要 : 中小型博物馆“大文创”开发正处于探索阶段, 存在产品开发方向模糊、宣传策略暂不明确、品牌打造经验不足的问题。本文以广州博物馆“大文创”开发为例, 通过问卷调查与访谈法开展市场调研。产品开发方面, 运用K-modes聚类、列联分析勾勒消费者画像; 产品宣传方面, 运用问卷调查研究游客来源与宣传方式偏好; 品牌打造方面, 通过访谈综合游客串联“大文创”的意愿, 初探“大文创”品牌打造路径。基于此, 提出精准开发、可视化宣传“大文创”、在“大文创”中融入IP与文化内涵并形成系列体验的开发建议。

关 键 词 : 大文创; 社教活动; 讲解; 文创产品; 中小型博物馆

Study on the Marketization Development Path of "Great Cultural Creation" of Small and Medium-sized Museums based on the Survey Results of Guangzhou Museums

Wang Hao¹, Cai Chunli¹, Sun Jiacheng¹, Zhang Dongjian², Hong Yiyi¹, Zhang Xinfeng^{1*}

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

2.School of Humanities, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006

Abstract : Small and medium-sized museums are in the exploratory stage of the development of "great cultural creation", and there are the problems of vague direction of product development, unclear publicity strategy, and lack of experience in brand building. This paper takes the development of "great cultural creation" of Guangzhou Museum as an example, and carries out market research through questionnaire survey and interview method. In terms of product development, K-modes clustering and Columnar Analysis are used to outline the consumer portrait; in terms of product promotion, questionnaire surveys are used to study the source of tourists and the preference of publicity methods; and in terms of branding, interviews are conducted to synthesize the willingness of tourists to link "great cultural creations" and to explore the "The path of brand building of "Great Cultural Creation" is first explored through interviews. Based on this, we put forward the development suggestions of precise development, visualization and publicity of "great cultural and creative", integrating IP and cultural connotation into "great cultural and creative" and forming a series of experiences.

Keywords : great cultural creativity; social and educational activities; interpretation; cultural and creative products; small and medium-sized museums

引言

伴随文博事业的蓬勃发展, 我国各博物馆开始自主开发文化创意产品。《关于推动文化文物单位文化创意产品开发的若干意见(2016)》强调: “具备条件的文化文物单位应结合自身情况, 依托馆藏资源、形象品牌、陈列展览、主题活动和人才队伍等要素, 积

基金项目: 2022年广东省高等教育改革项目-以赛促学 实践创新——广州大学大学生市场调查分析能力培养研究。

作者简介:

王豪, 男, 广州大学经济与统计学院, 本科生, 研究方向: 统计学;

蔡淳丽, 女, 广州大学经济与统计学院, 本科生, 研究方向: 统计学;

孙佳诚, 男, 广州大学经济与统计学院, 本科生, 研究方向: 统计学;

张东健, 男, 广州大学人文学院, 本科生, 研究方向: 中国现当代文学;

洪苡荧, 女, 广州大学经济与统计学院, 本科生, 研究方向: 数据科学。

通讯作者: 张新风, 女, 统计学博士, 广州大学经济与统计学院副教授, 研究方向: 统计调查、试验设计。

极稳妥推进文化创意产品开发，促进优秀文化资源的传承传播与合理利用。”鼓励博物馆自主开发文化创意产品。《关于推进博物馆改革发展的指导意见（2021）》提出健全博物馆开展陈列展览策划、教育项目设计、文创产品研发的激励机制，并由此扩充文化创意产品的内涵，提出了“大文创”的概念。学者张寅指出：“‘大文创’是广义的文创内涵，涵盖了博物馆旗下的出版物、教育活动、展览以及文化创意产品等。”^[1]根据游客参与“大文创”的不同特点，本文将“大文创”划分为社会教育活动（重参与体验）、讲解（重接受知识）和文创产品（重产品消费）。

“大文创”概念的提出给予博物馆新的发展契机。陕西、江苏、河南等地率先试点“大文创”开发，成绩显著。河南博物院“年度文创收入突破9000万元大关。”^[2]展现了大型博物馆“大文创”的巨大潜力。然而除大型博物馆外，我国博物馆事业的主体还包括中小型博物馆，博物馆“大文创”的发展同样离不开中小型博物馆的参与。学者杜慧娥认为：“中小型博物馆指相对于省级、国家级博物馆而言的市、县级博物馆。”^[3]它们在知名度、综合实力方面存在短板。

广州博物馆（简称“广博”）为地方综合性博物馆，属于市一级的中小型博物馆。2024年12月广博正式成为“大文创”市场化试点单位，开始开发“大文创”。根据 AIPL 模型，游客在消费过程中，不仅需要形成品牌认知（Awareness）、产生兴趣（Interest）、产生购买行为（Purchase），更需建立忠诚（Loyalty），引发复购。因此，借由调研明确产品方向、确立宣传策略并打造品牌形象尤为重要。当前广博“大文创”开发存在以下问题：其一，由于处于起步的前期市场调研阶段，暂不明确游客偏好，产品开发方向较为模糊，不利于消费；其二，由于博物馆知名度有限，“大文创”需加强宣传。但其开发处于起步阶段，产品宣传策略暂不明确，难以形成品牌认知、引发游客兴趣；其三，“博物馆开发‘大文创’”作为长期推行的政策，要求博物馆打造“大文创”特色品牌形象，建立忠诚度并引发复购行为。由于市场调研与实践探索不足，博物馆缺乏打造“大文创”品牌形象的宏观思路。

为解决以上问题，本文以广博游客与工作人员为调研对象，利用 K-modes 聚类、列联分析方法研究社教活动与文创产品的消费者画像，利用熵权法探究讲解满意度影响因素，为产品开发提供方向；利用描述性统计与访谈研究游客的宣传策略偏好，制定宣传策略；利用访谈法了解游客的消费体验及其需求，探索品牌打造路径。综上，为广博“大文创”产品开发、宣传、品牌打造提供建议。

一、调查方案设计与实施

（一）调查内容

本文借助问卷调查与访谈，探究游客对“大文创”的产品开发、宣传策略偏好，探索“大文创”品牌打造的路径，基于广州博物馆的调研结果为其他中小型博物馆开发“大文创”提供借鉴。

（二）调查对象

本文通过问卷调查法，采用三阶段抽样，先后以展区、年龄、性别为划分依据，对参观广博的游客进行线下调研，共发放问卷684份。经数据预处理后，回收有效问卷600份，有效率达87.72%。

同时选取广博宣教部主任、广博工作人员、游客进行访谈，研究“大文创”开发的挑战与游客的偏好。

（三）问卷设计

1. 问卷框架

本文基于广博“大文创”游客消费行为以及宣传方式偏好，结合访谈信息与调查目标，将问卷分为三个模块。第一模块为游客基本信息，包含性别、年龄、居住地、月收入以及社会身份；第二模块为广博参观情况，包含游客对广博的了解渠道、宣传形式偏好；第三模块为游客对广博“大文创”的消费偏好。

2. 问卷优化

正式调查前，团队开展预调查，线下一对一发放问卷，回收有效问卷66份，有效率达89.92%，并总结问卷缺陷，做出如下修改：优化“社会身份”的分类，将职业划分为更清晰易懂且常见的10类，等。

3. 变量定义与信效度检验

本文参照学者柳子辰（2014）的观点，为方便统计，从响

应性、可靠性、思想性三方面衡量讲解满意度进行评价，并依此构建 Likert 五级量表，共包含8道题目。信度分析结果显示，Cronbach's Alpha 系数均 >0.9，表明量表具有良好的内部一致性，问卷可信度较高。检验结果如下表所示：

表1：信度检验结果

变量名称	Cronbach's Alpha 系数
响应性	0.916
可靠性	0.939
思想性	0.939

效度分析结果显示，KMO 值 >0.9，Bartlett 球形检验结果 p 值 <0.001，量表效度良好，适用于模型构建与数据分析。检验结果如下表所示：

表2：效度检验结果

KMO 取样适切性量数	0.940	
巴特利特球形度检验	显著性	0.000

（四）访谈设计

本文针对不同对象设计访谈大纲。通过访谈广博宣教部主任，从供给侧了解“大文创”开发面临的挑战；通过访谈游客，从需求侧了解游客对“大文创”的建议。

二、统计建模与分析

（一）“大文创”产品开发方向调查

1. 社教活动的活动需求与消费画像

本文结合广博开展的常规社教活动类型，将社教活动分为如图1的五类。如图1、图2所示，其中，非遗传承主题（81.78%）

最受青睐，超75% 游客期待“专属纪念品、充足的动手体验时间、VR/AR 科技融入、与文创特展联名联动”等体验升级服务。

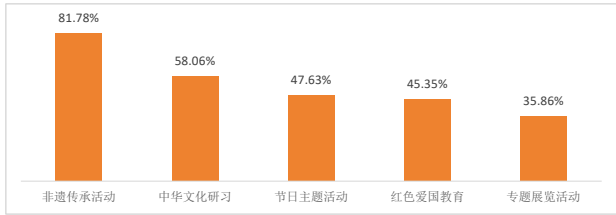


图1：社教活动偏好图

本文通过 K-modes 聚类分析，将社教活动的潜在消费者分为如下表所示的四类。聚类结果显示：四类人群在年龄、居住地等

表3：K-modes 聚类结果

聚类结果	年龄	居住地	偏好时长与价格	偏好活动形式	偏好活动主题
羊城小研客	18岁以下	广东省广州市	2小时以内、150元以内	主题科普活动 / 研学活动	非遗传承活动 / 中华文化研习
粤游体验家	19-25岁	广东省内广州市外	1小时以内、50元以内	科技体验类 / 互动参与类	非遗传承活动 / 节日主题活动
粤外趣研迷	26-35岁	广东省外	1-2小时、50-150元	主题科普活动 / 科技体验类	非遗传承活动 / 红色爱国教育
羊城伴学团	36-45岁	广东省广州市	1小时以内、50元以内	原创性话剧表演	非遗传承活动 / 中华文化研习

2. 文创产品的种类偏好与人群特征

本文利用列联分析细分出三类对广博文创产品有显著偏好的人群。这三类人群在性别、年龄、月收入、喜好文创产品种类等

表4：列联分析结果

列联结果	年龄	月收入	种类	价格区间	融入元素
数码复古青年	19-25岁	3000元以下	数码周边类	100元以下	镇海楼标志元素；鳌鱼、鳌胎珐琅金鼎等馆内藏品元素
国风礼赠达人	36-45岁	8000-20000元	文具书籍类	60元以下	镇海楼标志元素；满洲窗等广州建筑元素
家居艺术藏家	36-45岁	3000-8000元	家居装饰类	100元以下	鳌鱼、鳌胎珐琅金鼎等馆内藏品元素；五羊雕塑等地方元素

3. 讲解满意度分析

综合讲解的内在要求与广博讲解实际，本文在研究讲解满意度时采用响应性、可靠性、思想性三大指标，构建广博讲解满意度指标体系，由下表8个二级指标组成。

表5：游客满意度指标图

响应性 X	讲解互动性 X1
	讲解感染力 X2
可靠性 Y	讲解员专业知识水平 Y1
	讲解的覆盖内容 Y2
	收集反馈信息的积极性 Y3
思想性 W	历史文化兴趣 W1
	藏品背后的故事 W2
	责任感和使命感 W3

本文根据指标的标准化数据，利用熵权法计算得到讲解用户满意度评价指标体系的权重。由问卷数据得到8个指标层均分，再由熵权法分层得到3个准则层分别对应的指标层权重，如下表：

表6：熵权法分析结果

指标层	得分	权重
讲解互动性	3.89	0.5311
讲解感染力	4.00	0.4689
讲解员专业知识水平	4.12	0.2934
讲解的覆盖内容	4.06	0.3483
收集反馈信息的积极性	4.02	0.3583
历史文化兴趣	4.14	0.3307
藏品背后的故事	4.11	0.3286
责任感和使命感	4.10	0.3407

方面有所不同，却均对非遗传承活动主题表现出强烈偏好，普遍倾向于短时、低价的社教活动。博物馆可聚焦于“粤剧表演”“广绣针法”等非遗文化，制作以非遗为主题、短时低价为特色的社教活动。

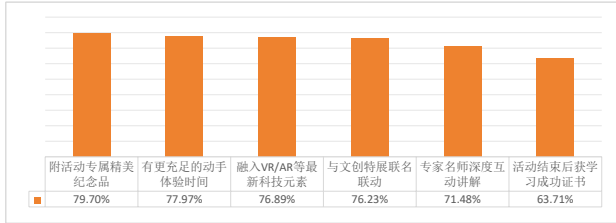


图2：社教活动优化服务偏好图

方面存在差异，却均偏爱具有镇海楼标志元素的文创产品。广博可开发融合“镇海楼”IP 与简约元素，推出系列数码、文具、装饰类的文创产品，以满足消费者的共同偏好。

根据指标层的均分及权重得到准则层各自综合得分，再借助熵权法为3个准则层赋权如下表：

表7：讲解满意度结果

准则层	得分	权重
响应性	3.9418	0.3846
可靠性	4.0633	0.3063
思想性	4.1165	0.3091

最后可得满意度 S 的计算公式为：

$$S = 0.3846 \cdot X + 0.3063 \cdot Y + 0.3091 \cdot W = 4.033$$

综上，游客对广博讲解满意度较高，若需进一步提升其满意度，可重点关注准则层中响应性指标，而响应性中互动性这一二级指标得分相对较低且权重较高，故增强讲解互动性可最大程度提升讲解满意度。

（二）“大文创”宣传方式调查

1. 游客了解广博渠道

如图3所示，游客主要通过微博 / 小红书（43.70%）、微信公众号等线上平台（41.26%）以及身边亲戚好友推荐（36.47%）等渠道了解广博。

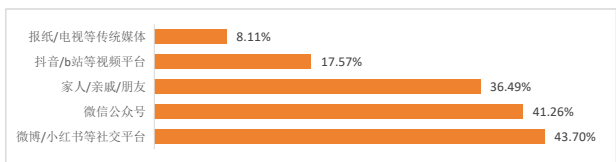


图3：了解渠道图

2. 宣传方式偏好

如图4所示，纪录片、漫画和动画的宣传方式较受游客青睐，契合年轻群体的媒介使用习惯，其偏好程度均超过50%。据问卷数据，广博可以纪录片或漫画的形式呈现镇海楼的历史故事，发布于小红书、微博等网络平台，激发游客来馆欲望，促进文化传播，提升广博的知名度。

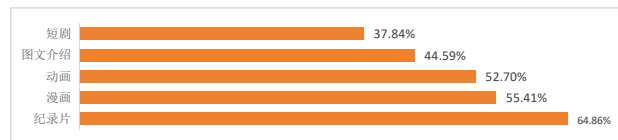


图4：宣传形式偏好图

（三）“大文创”品牌打造方式调查

1. 广博游客“大文创”系列体验需求

通过游客访谈发现：约78%的游客希望融入富有历史文化内涵的文化活动及产品，游客希望能挖掘活动背后的广州文化价值；约67%的游客指出现有活动存在文化体验感较低、活动连贯性不足的问题，如春节期间推出的“福禄寿”年画印制活动操作较简单，体验感较弱。

因此，根据上述调研结果，为强化“大文创”体验感，博物馆可通过联动“大文创”，令游客通过社教活动获得参与式体验，通过讲解获得系统知识，通过文创产品强化文化认同。

2. 馆内核心资源

通过游客访谈发现，约59%的游客希望在“大文创”中融入“镇海楼”元素，其中部分游客表示因“镇海楼”名气而来。“镇海楼”为广博代表性文化IP资源。因此，广博可利用“镇海楼”这一核心IP开发“大文创”，通过不断复现“镇海楼”IP、讲好“镇海楼”故事逐步打造品牌形象。

综上所述，博物馆需结合自身资源打造独特IP、利用馆内丰富的文化资源打造系统连续的“大文创”系列体验活动，打造自身品牌形象。

三、结论与建议

（一）结论

本文基于对广州博物馆“大文创”开发、宣传及品牌打造的实证分析，结合问卷数据与访谈内容，得出如下结论：

1. “大文创”核心消费群体偏好明显

根据调查结果，游客对“大文创”的偏好或态度明显。社教活动可划分为“羊城小研客”等四类消费画像，短时、低价的社教活动更受欢迎；文创产品则对应“数码复古青年”等三类细分人群。

综合考虑消费者画像，勾勒“大文创”受众的群体特征，得出“大文创”的两大细分受众为学生群体与中高收入女性群体，呈现出以伴学为目的、高收入、低支出欲望的消费特征，对社教活动、文创产品的理想价格区间均在60元左右。

2. 宣传渠道与形式偏好线上化、可视化

调查结果表明，游客主要通过微博/小红书、微信公众号等

线上平台了解博物馆，传统媒体影响力较弱，因此宣传渠道方面应以线上为主；宣传形式上，“纪录片”“漫画”“动画”更受欢迎，采取可视化的实现更受青睐。

3. 挖掘IP、文化内涵并融合“大文创”系列体验是品牌打造的关键

为使博物馆市场化发展长久化，博物馆需打造自身品牌故事与品牌形象，通过对博物馆“大文创”的综合考察，本文得出中小型博物馆“大文创”的品牌打造思路，即IP、文化与体验的深度融合。

其一，独特的品牌故事与品牌形象可赋予“大文创”更深度的文化意义与情感内涵。IP形象可成为连接游客认知与文化资源的核心载体，既能强化品牌记忆，又能通过视觉化呈现（如卡通形象、建筑纹样）降低文化传播门槛。

其二，博物馆内所蕴含的独特文化内涵是打造差异化“大文创”的核心。社教活动中游客普遍追求“非遗传承”主题活动；讲解中“历史文化兴趣”对游客满意度影响权重较高，印证文化内涵之于“大文创”的重要性。博物馆需挖掘自身的差异化文化资源。如南汉二陵博物馆以南汉历史为核心内涵、中共三大会址纪念馆可以中共革命文化为核心内涵。

其三，大文创系列体验是落地路径。数据显示：“附赠专属纪念品”的社教活动优化服务偏好占据首位，“讲解互动性”可最大程度提升讲解满意度。因此，在挖掘独特文化内涵之中，还应将“大文创”视为互相关联的整体，以IP为线索串联社教活动、讲解与文创产品，发挥此三种“大文创”形式在文化体验、传播、认同方面的独特优势，从而形成“活动体验——文化认同——产品消费——文化传播”的闭环。

（二）建议

针对上述结论，从“精准开发、优化宣传、品牌赋能”三方面提出具体建议。

1. 基于群体差异的“大文创”精准开发

“大文创”开发需要满足市场需求。首先，游客普遍呈现低支出欲望，可开发短时的社教活动，定价在60元左右。其次，针对不同受众群体、不同时段丰富“大文创”种类，例如节假日文创商店学生受众群体人数增多，此时可在原有产品的基础上开发文具书籍产品，精准满足消费者需求。最后，深入调研目标消费群体心理，定期开展市场调研活动，了解消费者的消费习惯与偏好，为产品开发提供数据支撑。

2. 通过核心平台引流与转化优化宣传路径

以微博/小红书等线上渠道作为核心宣传渠道，发布纪录片、漫画等可视化呈现形式，将文化内涵融入“大文创”，打造独有的“大文创”，使消费群体产生认同，激发游客入馆兴趣。也可在线上平台嵌入“文创商城”和“活动预约”入口，缩短从宣传到消费的路径，提高转化率。

3. 采用“IP+文化内涵+大文创系列体验”的品牌打造路径

中小型博物馆可借助“IP+文化内涵+大文创系列体验”的路径，结合SICAS模型，在品牌打造的同时利用“大文创”提升知名度。

首先，文创试点单位可打造独特且接受度高的品牌形象与品牌故事，并以此 IP 作为宣传形象，使“大文创”更有故事性，激发游客的入馆以及购买欲望（Sense）；其次，通过线上线下多渠道的可视化宣传，引起游客兴趣，吸引游客入馆体验（Interest&Interactive）；再次，充分挖掘博物馆的文化内涵魅力，借助强化体验促进文化认同，实现经济价值与文化价值的统一（Connect&Communication）；紧接着，通过多元营销促进游客消费（Action），如可将社教活动元素融入文创产品中，通过相似元素复现促进消费；并最终通过分享与推荐带动更多人前往博物馆，实现良性循环（Share）。

综上，根据前期市场需求调研，中小型博物馆可借助产品开发、产品宣传、品牌打造以实现“大文创”市场化发展。传统的博物馆宣传囿于文化体验单一的痛点，而“大文创”则为馆方宣传提供了系统性文化体验的可能。社教活动的文化体验、文创产品的文化消费两者协同作用，共同提高了馆方“大文创”的宣传效能。馆方可利用此利好政策，进行广泛的市场调研，确立“大文创”间互利的营销方案，强化文化体验感，实现博物馆经济、文化价值的统一，打造品牌形象。

参考文献

- [1] 张寅. 基于大文创视角分析博物馆品牌的创建 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020, (16): 140-141.
- [2] 张弋. “大文创”如何创造近亿元效益? [N]. 河南商报, 2025-05-21(A04).
- [3] 杜慧娥. 中小型博物馆发展的几点思考 [J]. 文物世界, 2010, (01): 79-80.
- [4] 黄剑青. 浅谈中小型博物馆文创的建设与思考 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020, (19): 134-135.
- [5] 张波, 任慧晔, 曹丽燕. 文创产业竞争力分析及对策研究 [J]. 文化产业, 2023, (09): 163-165.
- [6] 魏巍, 王欣. 文旅视阈下地方博物馆文创产品的设计与开发——以北岳庙为例 [J]. 轻纺工业与技术, 2024, 53(06): 147-149.
- [7] 高远. 浅谈社教活动对博物馆文化发展的重要作用 [J]. 中国民族博览, 2023, (15): 256-258.
- [8] 杨海峰. 衡量博物馆教育效果的尺度 [J]. 中国博物馆, 1987, (04): 43-45.
- [9] 王丽明. 博物馆社会教育功能探讨 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020, (04): 93-95.
- [10] 程辉. 博物馆文创产业研究的现状、问题与方向 [J]. 包装工程, 2019, 40(24): 65-71.
- [11] 李翔宇, 李轶南, 鲁红雷. 基于当下流行风格的敦煌文创产品设计研究 [J]. 包装工程, 2021, 42(18): 356-367.
- [12] 唐春艳, 徐金燕. 中小型博物馆运行难点及发展建议——从博物馆一线工作者角度的思考 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2022, (21): 67-70.
- [13] 王永兰. 中小型博物馆提高临展实战技能的几点思考——以北票市博物馆为例 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2025, (05): 104-107.
- [14] 张穆之. 英国中小型博物馆社区服务功能拓展启示：藏品、社区和可持续 [J]. 文博, 2025, (01): 89-94.

华南地区居民对针灸的消费需求的调查分析

许晓文, 翁丽丽*, 刘莹钰

广东外语外贸大学南国商学院 管理学院, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ASDS.2025080002

摘 要 : 研究聚焦于华南地区居民对针灸的消费需求, 通过问卷调查与数据分析, 系统剖析了该地区居民对针灸的认知程度、消费意愿、服务满意程度及宣传推广意愿。研究结果显示, 华南地区居民对针灸展现出一定的消费需求, 但普遍存在认知不足、价格敏感度较高、宣传渠道有限及服务质量参差不齐等问题。具体而言, 约三成居民因缺乏了解而不愿尝试针灸, 价格认知与实际成本间存在显著差距, 且互联网和新媒体在针灸宣传中的利用率不足。基于此, 本研究提出了一系列针对性建议, 旨在加强针灸科普宣传、优化价格策略、拓宽宣传渠道并提升服务质量, 以促进针灸服务在华南地区的普及与优化。

关 键 词 : 针灸; 消费需求; 科普宣传; 数据分析

Investigation and Analysis on the Consumption Demand of Acupuncture and Moxibustion of Residents in South China

Xu Xiaowen, Weng Lili*, Liu Yingyu

Business College, Guangdong University of Foreign Studies South China, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The study focused on the consumption demand of residents in South China for acupuncture and moxibustion. Through questionnaire survey and data analysis, it systematically analyzed the cognition, consumption willingness, service satisfaction and promotion willingness of residents in this area for acupuncture and moxibustion. The research results show that residents in South China have shown a certain consumption demand for acupuncture and moxibustion, but there are generally problems such as insufficient cognition, high price sensitivity, limited publicity channels and uneven service quality. Specifically, about 30% of residents are unwilling to try acupuncture and moxibustion due to lack of understanding. There is a significant gap between price perception and actual cost, and the Internet and new media are underutilized in acupuncture and moxibustion promotion. Based on this, this study puts forward a series of targeted suggestions, aiming at strengthening the popularization of acupuncture and moxibustion science, optimizing the price strategy, broadening the publicity channels and improving the service quality, so as to promote the popularization and optimization of acupuncture and moxibustion services in South China.

Keywords : acupuncture and moxibustion; consumer demand; science popularization propaganda; data analysis

引言

随着近些年来华南地区经济持续发展, 居民的健康意识与消费能力显著提升, 2024年我国居民人均医疗保健支出高达2547元, 中医药健康消费成为目前医疗消费的重要增长点。华南地区作为全国经济活跃区域, 该地区的居民对非药物疗法的需求旺盛, 而针灸凭借“疏通经络、调和阴阳”的独特疗效, 在慢性疼痛缓解、亚健康调理等领域契合现代人“治未病”与“绿色医疗”理念, 市场潜力逐渐凸显。在政策层面, 《中医药发展战略规划纲要》等文件推动针灸服务纳入居民医保, 叠加在“一带一路”倡议下华南地区作为中医药服

基金项目: 广东外语外贸大学南国商学院2024年度省级创新训练项目: 针所不为, 灸之所宜——关于华南地区居民对针灸的消费需求及宣传意愿的调查分析(项目编号:S202412620028)研究成果。

作者简介:

许晓文, 广东外语外贸大学南国商学院, 本科生, 研究方向为市场营销;

刘莹钰, 广东外语外贸大学南国商学院, 本科生, 研究方向为市场营销。

通讯作者: 翁丽丽, 广东外语外贸大学南国商学院, 讲师, 研究方向为供应链管理。

务出口窗口的区位优势，预计2025年我国针灸市场规模将突破200亿元，年复合增长率超15%。在技术革新方面，智能针灸设备、居家理疗产品及“针灸+文旅/康养”等跨界模式涌现，进一步拓展了居民的消费场景。伴随着华南区域气候湿热、老龄化加深及中青年群体压力加剧等特征，社会逐渐催生了差异化需求——老年群体关注慢性病管理，中青年倾向缓解焦虑与改善睡眠，女性聚焦美容减肥，男性侧重运动康复，形成“医疗+消费”双轮驱动的产业格局。

万梦婷认为年龄、文化程度、职业、地区等是百姓接受针灸治疗的影响因素，百姓更倾向选择大型医院接受针灸治疗，普通诊所和社区占比很小。见效快、效果好、相对安全、费用低是接受针灸治疗的主要原因^[1]。胡晨曦认为中华文化认同度中的深层行为和绩效期望因素对居民中医养生保健消费态度有显著的正向影响^[2]。周昶昕（2024）写道中医养生作为90后健康实践的核心内容，其认知构建依赖多元媒介的信息涵化——从口语化谚语到权威研究、从线上博主到专业APP，90后需在信息甄别中形成系统化养生认知，以应对现代健康挑战^[3]。

本研究立足华南地区针灸消费需求现状，通过剖析居民认知、行为与支付意愿的内在关联，旨在为中医药健康服务发展提供多维支持。研究填补了华南地区关于针灸治疗的消费需求的研究空白，推动中医服务消费理论更贴合华南地区。并且为针灸服务机构优化服务模式，为企业开发创新产品提供方向，同时为地方政府完善中医药服务网络、调整医保政策提供数据参考。本研究助力中医药文化传承，促进健康服务公平性、推动慢性病防控体系创新，帮助实现中医药健康服务惠及民生、推动产业发展、弘扬文化价值的多重目标，为健康中国战略与区域经济协同发展注入新动能。

一、调查方案

（一）调查对象

调查对象覆盖华南地区不同年龄、性别、居住地、文化程度和家庭月平均收入的居民，确保调研结果的广泛性和代表性。问卷样本选择采用随机抽样方法，以341名居民为样本规模，确保数据多样性和可靠性。

（二）调查内容

为了更好地了解华南地区居民对针灸的宣传意愿，调查问卷设计了几大模块：以居民的基础信息，对针灸的了解程度、消费意愿、满意程度、推广意愿等进行具体讨论^[4-6]。

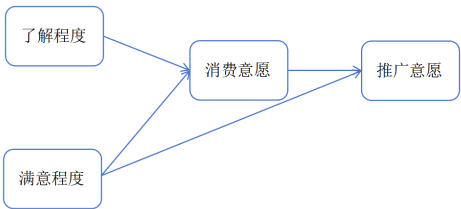


图1：变量模型

（三）调研设计

设计华南地区居民对针灸消费需求的问卷，通过线上和线下方式大规模发放，获取全面数据。问卷内容包括被调查者基本信息、对针灸的认知程度、消费意愿（如可接受的价格范围、消费频率）、影响消费的因素（如疗效、价格、服务质量等），还为有无做过针灸的人群设计单独题目。

二、数据分析

（一）调查信效度分析

由表1结果显示，KMO统计量值为0.959，介于0.9和1之间，据此可得出变量间的相关程度差异较小，数据较适合做因子

分析的结论。Bartlett球形度检验统计量值为6720.462，相应的显著性水平明显小于0.05，原始变量之间存在相关性，适合进行因子分析。综上，本次调查的问卷整体效度良好。

表1：KMO 和巴特利特检验

KMO 和巴特利特检验		
KMO 取样适切性量数。		.959
巴特利特球形度检验	近似卡方	6720.462
	自由度	300
	显著性	.000

（二）描述性统计

1. 人口学变量分析

在本次调查中，在性别方面，女性受访人较多，其中女性有217人占比63.3%，男性124人占比36.4%。在年龄方面，37.5%的受访者处于21-30岁之间，其次31-50岁及以下有120人占比35.2%，其余年龄层人数较少。在文化程度方面，64.5%的受访者拥有大学本科或大专文凭，其余层次学历占比较小。地区方面，69.8%的受访者来自广东省地区，其次来自广西省的人群占比为11.4%。在家庭平均收入中月收入15000元以上的人群占比25.2%。有32.6%的人处于5001-10000元占比最多，18.2%左右的人处于3001-5000元之间。

2. 对针灸的了解程度

表2：影响居民选择针灸的原因

影响居民选择针灸的原因	响应		个案百分比
	个案数	百分比	
价格偏贵	22	10.90%	21.20%
缺乏深入了解	63	31.30%	60.60%
缺乏科学依据	18	9.00%	17.30%
可能存在风险	33	16.40%	31.70%
暂时用不上	65	32.30%	62.50%
总计	201	100.00%	193.30%

a. 使用了值 1 对二分组进行制表。

由表2可知，在了解的人群中，做过针灸和没做过针灸的人员比例为7:3，针灸在了解它的人群中有相对较高的接受度，但在做

过针灸的人64.2%的人是从医疗机构或者亲朋好友介绍了解针灸治疗，24.9%的受访者通过网络搜索或媒体平台了解，显现出明显集中性，这表明口碑传播和医疗机构的推广在针灸的普及中起到了重要作用。同时，网络搜索或媒体平台也是不可忽视的信息来源（24.9%），显示出互联网在传播针灸知识方面的影响力。大家在针灸治疗方面更加相信亲戚朋友或已经做过针灸，对有经验的人士的推荐。在42.2%的人士认为针灸比较普及，但还是有提升的空间。从表格可以得出针灸作为中国传统医学的一种疗法，已经得到了一定程度的认可和接受。有35.8%的人选择一般的选项可能代表了那部分对针灸持观望态度或尚未完全了解针灸的人群。这反映出市场上对针灸的潜在需求仍然存在，同时也暗示着需要通过更多渠道和方式提高针灸的公众认知度。

（三）相关分析

将了解程度、消费意愿、满意程度和推广程度进行相关分析后，以上变量间的数值都在0-1之间，说明四个变量之间的相关性呈正相关。根据结果可知，随着人们对针灸的了解程度提高，他们对针灸的消费意愿也相应增强。

（四）回归分析

首先以了解程度、满意程度作为自变量，消费意愿作为因变量进行回归分析，得到如下结果，如表3所示。

表3：了解程度、满意程度、消费意愿的回归分析表

模型	未标准化系数		标准化系数	t	显著性	共线性统计	
	B	标准错误	Beta			容差	VIF
(常量)	0.51	0.174		2.924	0.004		
了解程度	0.178	0.039	0.192	4.592	0	0.777	1.288
满意程度	0.675	0.045	0.624	14.92	0	0.777	1.288
a 因变量：消费意愿							

在共线性检验中，容忍度分别为0.777、0.777，其均大于0.2，而VIF系数分别为1.288、1.288，均小于5，故可以判定此模型的自变量间不存在共线性问题。从显著性来看，了解程度、满意程度均小于0.05，通过显著性检验，说明这两个自变量对消费者的消费意愿都具有显著的影响。因此针灸服务的推广和发展需要注重知识普及、服务质量和顾客满意度等多个方面。通过综合提升这些因素，可以有效增强消费者的消费意愿，促进针灸的长期发展。

同样，以消费意愿、满意程度作为自变量，推广意愿作为因变量进行回归分析，得到如下结果，如表4所示。

表4：推广意愿作为因变量进行回归分析

模型	未标准化系数		标准化系数	t	显著性	共线性统计	
	B	标准错误	Beta			容差	VIF
(常量)	0.705	0.132		5.336	0		
满意程度	0.619	0.044	0.642	13.96	0	0.488	2.047
消费意愿	0.188	0.041	0.21	4.574	0	0.488	2.047
a 因变量：推广意愿							

在共线性检验中，容忍度分别为0.488、0.488，其均大于0.2，而VIF系数分别为2.047、2.047，均小于5，故可以判定此模型的自变量间不存在共线性问题。从显著性来看，消费意愿、满意程度均小于0.05，通过显著性检验，说明这两个自变量对针灸的推广意愿都具有显著的影响。这表明，要有效推广针灸服务，首先需要激发消费者的消费意愿，确保他们对针灸服务感

兴趣并有需求；其次，需要不断提升服务质量，确保消费者满意度，从而促使他们成为针灸的积极推广者。通过综合运用多种推广手段，结合满意的消费者的口碑传播，可以进一步扩大针灸的知名度和影响力，促进针灸服务的广泛普及和发展。

三、优化对策

（一）加强科普教育与权威机构背书

1. 制作通俗易懂的科普材料

制作围绕针灸治疗原理、适应症、疗效及安全性的科普材料，以减少公众对针灸的误解。通过短视频平台（如抖音、快手）、微信公众号、健康类APP等新媒体广泛传播这些科普知识^[7]。

2. 联合权威机构举办活动

联合权威医疗机构，举办线上讲座或问答活动，让更多居民通过专业平台获取准确信息。同时，在社区、学校及企事业单位定期开展针灸体验日，结合健康讲座普及知识，让居民零距离接触针灸疗法，切勿盲目跟风，需要因时因地因人选择适合的方法^[8]。

3. 认证针灸师和机构标识

联合国家中医药管理局、当地卫生部门，认证针灸师和机构标识，提高针灸卫生经济学的指南制定、规范研究方法，加强相关学科建设及培训工作，提升公众对正规针灸服务的信任度，打消对疗效和安全性的疑虑^[9]。

（二）透明收费价格，促进医保补贴

1. 制定公开透明的收费政策

将针灸治疗的成本细化，包括耗材、医生资质、服务时间等，并通过宣传提高消费者对定价合理性的认知。在医疗机构或预约平台上展示详细费用清单，让消费者明白治疗的价值所在。

2. 设置分层收费与套餐服务

针对不同人群设置分层收费，例如普通患者提供基础疗法，高端客户可提供个性化疗法。推出套餐服务，捆绑健康管理与多次治疗，以优惠价格吸引消费者长期体验针灸服务。

3. 推动医保覆盖与惠民政策

积极推动针灸治疗纳入更多医保覆盖范围，减轻患者经济负担。在社区层面试点针灸惠民政策，为老年人、慢性病患者提供价格补贴，增强其接受针灸治疗的意愿。

（三）多元化宣传与体验式营销

1. 线上与线下宣传结合

在线上，通过制作高质量针灸宣传视频，利用短视频平台和社交媒体广告精准投放目标用户；在线下，通过传统媒体（如报纸、广播、电视台）发布针灸专题报道，进一步扩大影响力^[9]。

2. 建立针灸品牌形象

注重“传统+现代”的结合，通过“治未病”理念吸引亚健康人群，以精准、高效的医疗技术吸引年轻消费者。打造特色针灸诊疗机构，形成区域性的口碑标杆，并通过成功案例推广品牌形象。

3. 举办“针灸周”活动

定期举办“针灸周”活动，提供免费体验服务，让公众亲身感受针灸疗效。鼓励满意顾客通过社交平台分享治疗经历，形成自传播效应，增强口碑影响力。

（四）提升服务质量，优化诊疗体验

1. 制定统一服务规范

制定涵盖针灸环境布置、消毒管理、医生礼仪及沟通技巧等的服务规范，确保患者获得高质量服务。借助患者满意度调查，发现不足并持续优化服务流程。

2. 提升针灸师专业技能

针灸师需定期参加专业技能提升课程，同时学习心理沟通技

巧，增强医患互动质量。鼓励医生分享临床案例与创新疗法，通过交流促进服务水平的整体提升^[10]。

3. 提供人性化服务

提供人性化服务，例如营造温馨的诊疗环境、缩短等待时间、保护患者隐私。借助智能化设备，如预约管理系统及患者反馈系统，提升服务效率和体验感。

综上所述，通过加强科普宣传、优化价格策略、拓宽宣传渠道、提升服务质量以及改进调查方式，可有效解决华南地区居民在针灸消费需求方面存在的认知不足、价格敏感、宣传力度欠缺、服务质量参差不齐及调查局限性等问题，进而推动针灸服务在该地区的普及与优化，促进针灸行业的健康发展。

参考文献

[1] 万梦婷, 吴晓, 钟敏玲, 等. 百姓对针灸的接受度调查和针灸传承展望 [J]. 中医药管理杂志, 2023, 31(07): 26-30.

[2] 胡晨曦. 中华文化认同度和绩效期望对中医养生保健消费态度的影响 [D]. 暨南大学, 2022.

[3] 周昶昕. 年纪轻轻开始“惜命”养生? 涵化理论视角下90后的中医养生健康传播实践 [D]. 华中师范大学, 2024.

[4] 熊梓汀, 李丹, 杨虹等. 成都地区在校大学生对医疗美容认知及消费需求调查研究 [J]. 中国医疗美容, 2021.

[5] 姚武华. 人口结构与居民受教育水平对社会医疗保健消费需求的影响研究——基于省级城镇居民面板数据 [J]. 中国物价, 2020.

[6] 徐伟, 陈慧美. 我国居民收入对医疗消费支出的影响研究 [J]. 中国卫生政策研究, 2013.

[7] 李映月, 乔卫平, 史鹏博. 基于中医传统文化传承与中医药院校思政教育路径探讨——以针灸推拿专业为例 [J]. 中医药管理杂志, 2024, 32(18): 27-29.

[8] 曾典, 郭然, 刘远立, 等. 卫生经济学评价在针灸国际化推广路径上的重要价值 [J]. 科技导报, 2024, 42(21): 170-179.

[9] 王浩然, 程凯, 郭现辉, 等. 新媒体视域下中医针灸文化的科普探讨与思考 [J]. 中医药管理杂志, 2024, 32(16): 211-213.

[10] 安欣欣. “花式养生”受热捧中医药文化融入大众生活 [N]. 郑州日报, 2024-07-10(006).

数字中国建设背景下数量经济学硕士培养体系改革探析

游万海^{*}, 刘彤, 方晨瑶, 洪育辉
福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350108
DOI:10.61369/ASDS.2025080003

摘 要 : 在数字中国建设的大背景下, 与人工智能结合是数量经济学发展的必然方向。通过典型高校课程对比分析, 我国高校数量经济学教学还存在着课程内容与人工智能结合深度不足和课程内容设置失衡的问题。结合当前就业市场需求, 高校应该通过增设适应就业市场需求课程、完善教学方式、加强师资队伍建设和注重校企合作等措施, 优化培养体系, 以满足数字中国建设的人才需求。

关 键 词 : 数量经济学硕士; 培养体系; 数字中国建设; 人工智能

Analysis of the Reform of the Master's Degree Program in Quantitative Economics under the Background of Digital China Construction

You Wanhai^{*}, Liu Tong, Fang Chenyao, Hong Yuhui
School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350108

Abstract : Under the background of Digital China, integrating with artificial intelligence is an inevitable direction for the development of quantitative economics. Through a comparative analysis of typical university courses, problems remain in China's university quantitative economics teaching, such as insufficient depth in integrating course content with artificial intelligence and imbalance in course content setting. Considering the current employment market demands, universities should adopt measures such as adding courses that meet the demands of the employment market, improving teaching methods, strengthening the construction of the teaching staff, and emphasizing school-enterprise cooperation to optimize the training system, in order to meet the talent demands of Digital China construction.

Keywords : master of quantitative economics; training system; digital China construction; artificial intelligence

引言

2023年2月国务院颁布的《数字中国建设整体布局规划》不仅标志着国家数字化转型的决心与远见, 更为教育和科研发展提供了方向。在此背景下, 人工智能作为推动力量正逐渐走向科研领域。2024年诺贝尔奖将人工智能推到科学舞台中央, 为科学研究带来了新的机遇和挑战, 也表明了传统科学的研究范式正在发生转变。诺贝尔化学委员会评委邹晓东表示, 人工智能将推动技术与基础学科的交叉融合, 助力科学研究。在数字中国建设的背景下, 人工智能技术的应用, 不仅可以加速科学研究, 也为数字中国建设提供强大的支持。《数字中国建设整体布局规划》指出, 建设数字中国离不开具有良好数字思维和数字认知的人才, 同时也强调要推动高等院校积极参与数字中国建设。数量经济学作为一门借助数学、统计学和计算机技术研究经济数量关系及其变化规律的经济学科, 其人才因交叉学科优势成为数字中国建设的关键力量^[1]。同时它也区别于其他经济学专业, 偏向数理学科, 要求更深入的数理知识并追求最前沿的研究手段和思想^[2]。因此, 在当前复杂的经济形势下, 数量经济学硕士更应该积极主动掌握人工智能技术, 从而提高经济预测的准确性, 为政策制定奠定更加坚实的科学基础。这种主动融合不仅可以巩固数量经济学在经济科学体系中的核心地位, 也为经济分析引入了新的方法论, 使得数量经济学硕士能够在数字中国建设中发挥更加关键的作用。

然而, 现有高校数量经济学硕士培养体系中较少涉及人工智能与大数据相关知识, 和数字中国建设的需求相差甚远。为更好地掌握人工智能技术, 其培养体系需要紧跟人工智能技术的最新发展趋势。高等教育的核心是培养人才, 其根本要求是满足社会需求。因此,

基金项目: 2023年福州大学研究生教育教学改革项目“数字中国视域下基于多学科交叉融合的数量经济学专业硕士人才培养模型探索与实践”。

作者简介:

刘彤, 福州大学经济与管理学院, 硕士研究生;

方晨瑶, 福州大学经济与管理学院, 硕士研究生;

洪育辉, 福州大学经济与管理学院, 硕士研究生。

通讯作者: 游万海, 福州大学经济与管理学院, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为金融风险、环境污染、能源金融市场风险溢出。

高校需要根据社会发展来适时调整人才培养方案^[3]。那么，为满足数字中国建设的人才需求，数量经济学硕士应如何加强自我学习，掌握人工智能相关知识？高校该如何优化数量经济学硕士培养体系，以满足就业市场对人工智能与数量经济学复合型人才的需求？

本文运用案例分析法深入剖析典型高校数量经济学专业的课程设置，以揭示当前课程设置的优势和潜在短板。同时，以银行业作为切入点，分析数量经济学硕士的就业市场需求，为其培养体系提供明确的目标导向。在此基础上，本文的定性分析为人工智能赋能数字中国建设背景下数量经济学培养体系的优化提供有力依据，以期提高数量经济学硕士复合型人才的学习能力和数据分析应用能力，更好地适应国家发展需求。

一、数字中国建设背景下数量经济学硕士培养体系现状与问题剖析

（一）部分典型高校数量经济学硕士培养体系现状分析

为更好地满足数字中国建设中数量经济学人才培养需求，本

文参考苏桔芳等（2017）^[4]，选取第四轮学科评估中应用经济学成绩较强的部分重点高校的数量经济学硕士培养体系进行研究，对现行培养体系提出改进意见和建议。详细分析表1培养体系可以发现，目前培养体系存在两个显著特征：注重数据分析能力的培养和强调将经济学分析工具运用于多样化的经济分析场景中。

表1：我国部分高校数量经济学硕士培养体系

院校 课程	清华大学	南京大学	上海财经大学	对外经济贸易大学	厦门大学	吉林大学
公共必修课	1. 马克思主义理论 2. 第一外国语	1. 政治理论课 2. 英语	1. 马克思主义认识方法 2. 第一外语	1. 政治理论课 2. 英语	1. 政治理论课 2. 第一外国语	1. 马克思主义与社会科学方法论 2. 英语一外
学科基础课	1. 高级宏观经济学 2. 高级微观经济学 3. 高级计量经济学	1. 高级宏观经济学 2. 高级微观经济学 3. 高级计量经济学	1. 高级宏观经济学 2. 高级微观经济学 3. 高级计量经济学	1. 高级宏观经济学 2. 高级微观经济学 3. 高级计量经济学	1. 高级宏观经济学 2. 高级微观经济学 3. 高级计量经济学	1. 高级宏观经济学 2. 高级微观经济学 3. 高级经济计量学
专业选修课	1. 投入产出分析 2. 中国宏观经济分析 3. 发展经济学 4. 金融市场微观结构 5. 投资学 6. 高级财务会计 7. 高级管理会计 8. 新生金融市场 9. 银行和金融机构 10. 金融衍生证券 11. 债券市场 12. 金融统计学 13. 国际企业管理 14. 高级管理沟通 15. 国际商法 16. 能源与环境经济学	1. 数理经济学 2. 当代中国经济问题研究 3. 资本论研究 4. 西方经济思想史研究 5. 货币金融研究 6. 中国经济史研究 7. 人力资源经济学专题 8. 资本市场与公司发展 9. 证券投资学 10. 劳动经济学与公共政策 11. 宏观经济学前沿文献研讨 12. 横截面和面板数据计量分析 13. 组织经济学研究 14. 新制度经济学研究 15. 博弈论与契约经济学 16. 均衡失业理论与宏观经济分析 17. 服务经济学	1. 微观计量经济学 2. 金融计量经济学 3. 经济数学 4. 中级政治经济学 5. 现代公司财务 6. 产业组织理论 7. 劳动经济学 8. 外国经济学说史研究 9. 中国经济史 10. 中国通史 11. 中国经济思想史研究 12. 高级微观专题 13. 实验经济学 14. 中高级公共经济学 15. 金融经济学 16. 金融衍生产品	1. 时间序列分析 2. 数理经济学 3. 横截面与面板数据分析 4. 应用多变量分析 5. 应用数量分析软件 6. 金融计量经济学（省略部分，剩余选修课为全院选修课）	1. 数理经济学 2. 高级金融经济学 3. 时间序列分析 4. 应用微观计量经济学 5. 空间计量经济学 6. 广义线性模型 7. 贝叶斯统计 8. 多元统计分析 9. 微观计量及面板数据 10. 金融计量经济学 11. 应用非参数计量经济学 12. 中国经济的变迁与发展 13. 实证金融 14. 高级公司金融 15. 证券投资：价值投资实践 16. 资产定价 17. 环境经济学 18. 国际政治经济学	1. 经济博弈论 2. 产业组织理论 3. 劳动经济学 4. 微观计量经济学 5. 金融计量分析 6. 货币经济学 7. 高级金融学 8. 公司金融学 9. 国际金融 10. 金融工程

数据分析能力培养方面，各个高校不仅在学科基础课中强调《高级计量经济学》，在专业选修课中也设置了大量与数据分析相关的课程，如南京大学设置《数理经济学》，上海财经大学与吉林大学均有设置《微观计量经济学》和《金融计量经济学》，对外经济贸易大学和厦门大学更是设置了大量的相关课程。《横截面与面板数据分析》《应用多变量分析》和《时间序列分析》等课程均代表了数量经济学硕士培养体系中数据分析导向。在数字中国建设背景下，社会数据分析需求正迅速上升，大数据工具为数据

分析赋能，推动数量经济学硕士培养与时俱进，从而为数字中国建设输送大量具有大数据分析能力的人才。

实践领域结合方面，各院校设置了多样的课程，如《中国宏观经济分析》《货币金融研究》《证券投资：价值投资实践》《债券市场》《环境经济学》《高级公司金融》等，强调将经济学分析工具运用于各式各样的经济场景中，这些课程设置充分表现了其应用经济学特征。但在如今复杂的经济背景下，复杂多变的分析场景向传统经济学分析工具和方法提出了挑战。在数字中国建

设背景下，人工智能因其对各个场景的自适应能力，受到广泛关注。人工智能为传统的数据分析提供助力，降低分析成本的同时也提高了分析效率。在当前的数量经济学硕士培养中引入人工智能相关教学是紧跟时代的创新之举。

综上所述，数量经济学硕士培养体系的特点主要体现在对数据统计和经济分析能力的培养。随着人工智能与科学研究的交叉发展，数量经济学硕士培养体系需要引入大数据和人工智能相关课程的教学，以适应新时代数据统计和经济分析能力需求。在培养体系中融入大数据教学，可以使学生掌握数据库管理、大数据分析、云计算等技能。将人工智能引入数量经济学培养体系，有助于风险分析和宏观经济预测，使学生的分析能力进一步提升。

（二）数量经济学硕士培养体系存在的问题分析

总结这些代表性高校的课程设置，可以发现高校的培养目标是希望研究生具备扎实的经济学基础知识，应用数量经济学相关理论和方法解决实际问题。在数字中国建设背景下，各个高校的数量经济学硕士培养均倾向于数据统计分析和经济分析能力培养，符合当前发展的需求，但考虑到当前人工智能和大数据的发展，数量经济学硕士培养体系还存在以下问题。

第一，数量经济学硕士课程内容与人工智能结合深度不足。从课程设置中可以发现，现有数量经济学硕士课程较少涉及人工智能与大数据知识。作为研究中国经济现实问题的数量经济学，随着研究对象复杂化、研究目的和主体多样化和研究背景动态化^[6]，其研究方法的科学性和针对性就显得尤为重要。在关键节点上，将人工智能技术融入数量经济学硕士培养体系成为了必然趋势，人工智能也会赋能数量经济学专业的理论学习和应用。目前数量经济学硕士的相关教学重点聚焦于计量经济学、微观经济学和宏观经济学等传统教学内容，较少涉及机器学习，大语言模型和数据爬虫等前沿人工智能技术。在数字中国建设的背景下，数量经济学硕士人工智能技术知识的缺乏会影响数量经济学专业的创新发展，也会制约学生个人的发展。

第二，数量经济学硕士课程设置存在失衡问题。从高校的课程设置来看，每个高校课程均涉及计量分析方向的理论课程。但是，为了提高学生的实践能力，也应增加与软件操作相关的课程，例如，对外贸易大学的《应用数量分析软件》课程。这种课程设置的失衡表明现有高校存在重视理论教学，忽视实践操作的问题。科研工作使用 R 语言或者 Stata 进行数据处理分析，在日常数据处理工作中更多使用 Python 或者 SQL 语言。无论是满足科研需求还是就业需求，学生的软件操作能力必不可少。数字中国建设背景下，学生解决实际问题时，面对的是大量充满不确定性的真实数据，需要在复杂多变的情境下进行数据收集、清洗、建模与分析。这些实际问题对学生的应用能力和应变能力提出极高的要求，学生借助大数据工具可以很好地解决数据处理问题，保证了数据分析的准确性和高效性。软件操作课程的缺失可能会导致学生忽视软件操作的学习。

二、数字中国建设背景下数量经济学人才就业市场变革

2023年世界人工智能大会数据显示，我国人工智能核心产业规模达到5000亿元，企业超过4300家，创新成果频出^[9]。预计在2028年，该产业规模将达到8110亿元，成为经济增长的关键驱动力。同时，大数据和云计算在金融、经济、教育等领域展现巨大潜力，推动相关行业持续发展。人工智能不仅促进了灵活就业和新就业形态的形成，也对劳动密集型和低技能密集型行业造成影响，为就业市场带来了新的挑战和机遇。

（一）人工智能发展创造了新的就业岗位

随着大数据和人工智能技术的发展，数量经济学硕士的就业前景更加广阔。过去，这类人才集中于企业市场部门、政府部门，负责市场研究和政策制定等工作。随着大数据和人工智能技术的应用，数据分析、金融科技等部门兴起，数量经济学硕士可以从事数据挖掘、市场分析和风险评估等工作，帮助企业精准了解市场动态并制定策略。银保监会发布的《中国银保监会办公厅关于银行业保险业数字化转型的指导意见》指出，银行业和保险业需引进和培养金融、科技、数据领域的复合型人才，重点关注数据治理、大数据、人工智能方面等能力。详细分析2025年中国银行、中国建设银行、中国工商银行和国家开发银行秋季校园招聘公告，各银行均积极招聘具备数据分析能力的人才，以提升运营风险管理。这意味着精通数据处理和经济知识的复合型人才短缺，为数量经济学人才提供了广阔的求职渠道。

（二）数据分析岗位主要行业分布

《2024年数据岗位招聘研究公告》对就业市场的分析（见图1）表明，计算机互联网和医药生物行业对数据分析岗位需求最大。特别是在前沿的计算机和互联网行业需要能够解读数据专家助力企业竞争。与数量经济学专业极为相关的另一行业为非银金融（如资产管理、保险），该行业也需要此类人才进行分析、风险管理和决策选择。这不仅拓宽了数量经济学专业人才的就业渠道，也表明他们需要增强数据处理和分析能力以及金融经济知识，以适应市场需求。

图表 6 数据岗位招聘比例较高的行业 (Top20)

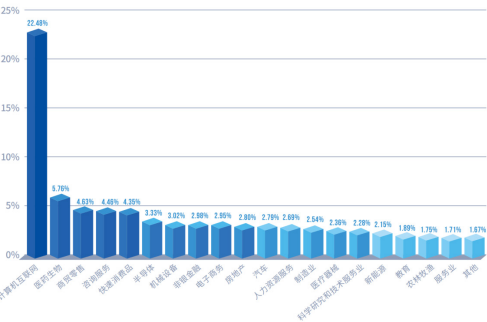


图 1：数据岗位招聘比例较高的行业（TOP20）

数据来源：2024 中国数据岗位招聘研究报告

（三）数据分析岗位技能要求分析

本文通过相关岗位技能要求，详细分析了机器学习、数据管理与分析和商业智能（BI）等必备技能，为数量经济学硕士适应当下就业市场需求提供参考。

1. 机器学习。依据表2，数据分析师需掌握机器学习技能，以提升处理大规模和多样化数据集的能力。机器学习广泛应用于客户细分、欺诈检测和预测分析等领域。例如，KNN、朴素贝叶斯分别用于客户分类与推荐、欺诈检测，满足了数据分析岗位需求。

2. 数据管理与分析。从表2可以看出数据管理与分析技能对企业商业数据分析至关重要。有助于洞察市场趋势、识别风险、优化流程并制定精准策略。Hadoop 和 Spark 是两个常用大数据处理框架。Hadoop 擅长处理大规模批处理任务，适用于高容错性和稳定性的场景如日志分析。Spark 以其出色的内存计算能力广泛应用于金融、电商等领域的风险评估、商品推荐。

3. 商业智能（BI）。表2显示，BI 工具如微软的 Power BI 通过整合多源数据并提供可视化分析，优化决策过程。Power BI 能够连接多种数据源，将其转换为直观的交互式视图，支持财务等多个领域的数据分析与监控。

表2：对“机器学习”技能明确要求的岗位案例

岗位名称	公司名称	岗位职责	岗位描述
数据分析师	新讯数字科技有限公司	利用机器学习、深度学习、统计理论和方法解决实际问题；参与数据挖掘建模、算法设计、优化及开发、文档编写工作。	熟悉基本的数据分析方法、机器学习算法、深度学习算法。
数据分析师	上海微创软件股份有限公司	熟悉埋点、数仓、BI 等整个数据链路专业知识；支持产品用户行为分析以及产品用户留存分析。	熟悉 Hadoop 环境，精通 Hive，Spark，会使用 Pyspark 进行数据分析；熟练使用 Python。
数据分析师	广东电声市场营销股份有限公司	销售相关的日报、月报等数据报告处理制作；销售数据维护管理。	熟练使用 Power BI；熟练掌握 BI 报表制作。

三、数字中国建设背景下数量经济学硕士培养体系优化方案

人工智能和大数据技术的迅猛发展要求数量经济学硕士培养体系必须与时俱进，以适应市场需求。因此，高校需将这些技术融入教学内容，并根据国家的发展需求和就业市场实际情况不断优化培养体系。如图2，本文在教学内容改革和教学资源拓展双向促进的框架下，提出以下四点优化培养体系建议。

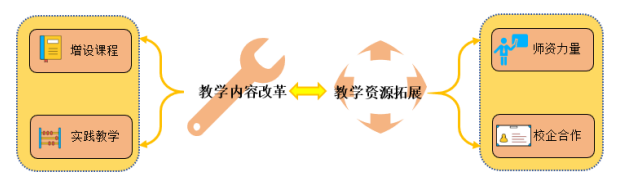


图2：培养体系优化框架

第一，高校应在课程体系中增设符合市场需求的课程。如“机器学习”和“大数据与数量经济分析”。通过涵盖 KNN、朴素贝叶斯和随机森林等算法的机器学习课程，并在实践教学环节中强化机器学习算法在经济学分析中的应用。“大数据与数量经济分析”课程深入讲解 Hadoop、Spark 和 Power BI 等工具的操作和商业案例，将工具操作与市场需求紧密结合。这两门课程可以帮助数量经济学硕士人才更好地掌握人工智能与大数据技术，适应就业市场需求。

第二，高校针对数量经济学硕士的教学方式方法亟需调整与优化，以适应时代的需求并培养出具备扎实理论基础与实践能力的复合型人才。面对人工智能带来的诸多挑战，高校也应在原有课程基础上增加实践教学环节，特别是与机器学习、人工智能等

前沿技术相关的项目，提高学生大数据与人工智能技术的应用能力。在课程教学过程中，高校应积极采用涵盖宏观经济分析、金融市场预测、企业运营决策等多个关键领域的经济案例进行教学；积极引导学生对案例数据进行深入分析，结合经济学理论构建模型，不仅帮助学生深入理解理论在现实经济中的应用，还能培养他们的数据敏感度和分析能力。案例教学具有提高知识传输效率、促进师生互动和培养学生应用能力的重要意义^[7]。

第三，在数量经济学硕士培养体系改革中，师资队伍的建设与提升是至关重要的环节，这一环节不仅关乎教学质量，还直接影响了学生专业素养和创新能力的培养。高校教师在人才培养中承担不可替代的角色，对提升人才培养质量至关重要^[8]。为满足大数据和人工智能技术快速发展的需求，高校应加强对教师的培训力度，提高其专业水平和教学能力。加强教师间的交流合作，实现“教师走出去、专家请进来”，教学与实践结合，提升教师教学创新能力^[9]。同时，高校应积极引进具有大数据和人工智能技术背景的高水平人才，这些具备丰富实践经验和前沿学术视野的人才不仅能够为数理经济学专业注入新的活力，还能带来新的教学理念和方法，推动数量经济学专业在人工智能时代的快速发展。

第四，高校需加强与企业的合作，培养满足国家实际发展需要的数量经济学硕士人才。数量经济学硕士人才虽然是复合型人才，但现有教学模式创新性不强，与实际问题结合不足。因此还需要从高校培养基本目标出发，通过校企合作方式培养更多符合数字中国建设需求的高质量数量经济学专业人才。校企合作通过将传统教学方法与企业需求相融合，可以弥补以往教学中重理论轻实践的不足，实现人才培养模式和教育质量的双重提升^[10]。为了锻炼学生软件操作和分析能力，高校可以与企业进行深度沟通

和多元化合作，共同制定教学内容和实践项目，使得学生真实参与实际问题的分析^[11]。此外，学校也可以和企业共同制定数据分析相关岗位需求的课程大纲，合理调整人才培养方向。

四、结束语

数字中国建设的背景下，国家发展对数据分析的需求逐渐增加，人工智能赋能数量经济学进一步发展，为经济分析提供强大

的技术保障。加强人工智能技术与数量经济学硕士培养体系的融合，培养多学科交叉的复合型数量经济学专业人才对数字中国建设具有重要意义。本文根据课程现状和就业市场提出教学体系优化方案为数量经济学硕士人才培养提供参考，助力国家数字化建设。

参考文献

- [1] 王庆石. 数量经济学的学科定位及专业发展问题研究 [J]. 东北财经大学学报, 2003, (03): 79-81.
- [2] 刘美秀, 张晓林. 数量经济学学科素养研究 [J]. 湖北经济学院学报 (人文社会科学版), 2017, 14(02): 117-119.
- [3] 王国胤, 翟中, 赵显莲. 交叉融合的“人工智能+”学科建设探索与实践 [J]. 计算机科学, 2020, 47(04): 1-5.
- [4] 苏桂芳, 肖威. 数量经济学专业研究生课程内容与教学方式改革研究 [J]. 大学教育, 2017, (09): 11-13.
- [5] 王国成. 数智时代数量经济学发展面临的挑战与思考. 2023, <http://sass.cn/109001/70885.aspx>.
- [6] 王鹏. 拥抱变革, 共创 AI 时代——2024 年 AI 产业发展趋势与应对策略 [J]. 现代商业银行, 2024, (04): 52-55.
- [7] 李尧远, 王东霞. 高校应用型文科专业案例教学方法探讨 [J]. 教育评论, 2013, (01): 105-107.
- [8] 徐福英, 刘涛. 基于人才培养质量提升的高校教师增权研究 [J]. 河南牧业经济学院学报, 2018, 31(06): 76-80.
- [9] 马碧芳, 吴瑞坤, 张宏, 等. “模拟电子技术”课程的教学改革与实践 [J]. 福建技术师范学院学报, 2022, 40(02): 226-231.
- [10] 贺荣兰, 张利丹, 贾宪军. 产教深度融合背景下校企协同育人模式的优化创新研究 [J]. 河南牧业经济学院学报, 2023, 36(04): 85-88.
- [11] 杨春子, 宋翼航. 新时代背景下高校管理会计专业教学改革的路径探索 [J]. 中国管理信息化, 2024, 27(18): 50-52.

数字经济时代应用型本科高校经管类专业教学质量提升策略研究

赖苏彬, 欧阳勤*

广东白云学院 应用经济学院, 广东 广州 510450

DOI:10.61369/ASDS.2025080004

摘要： 本文基于如何为数字经济时代培养高素质技术技能人才的视角，分析当前应用型本科院校课堂教学存在的主要问题，认为当前课堂教学存在尚未将课程目标的高阶性置于突出位置、教学方法单一和重课程的理论而轻实践、考核方式难以全面考核学生的技术技能等问题。因此，为适应中国数字经济发展，应用型本科院校应落实立德树人根本任务、构建应用导向型的课堂教学生态环境、打造高素质技术技能人才成长的平台、建立精益式的课堂教学质量持续改进机制，以提高人才培养质量，为中国式现代化进程提供人才支撑。

关键词： 数字经济时代；应用型本科院校；课堂教学

Research on Teaching Quality Improvement Strategies of Application-oriented Undergraduate Programs in Economics and Management in the Digital Economy era

Lai Subin, Ouyang Qin*

School of Applied Economics, Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong 510450

Abstract： This study examines key challenges in classroom teaching at applied undergraduate institutions from the perspective of cultivating high-quality technical professionals for the digital economy era. It identifies three primary issues: insufficient emphasis on advanced course objectives, reliance on monotonous teaching methods prioritizing theory over practice, and evaluation systems that fail to comprehensively assess technical competencies. To address these challenges and align with China's digital economic development, applied undergraduate institutions should: implement the fundamental mission of moral education, establish application-oriented classroom ecosystems, create platforms for nurturing skilled professionals, and develop continuous improvement mechanisms for teaching quality. These measures will enhance talent cultivation standards and provide human capital support for China's modernization drive.

Keywords： digital economy era; applied undergraduate institutions; classroom teaching

引言

中国式现代化新征程中，数字经济正重塑产业生态与人才需求格局。党的二十大明确提出“加快建设数字中国”的战略部署，强调教育、科技、人才三位一体支撑现代化建设的核心地位。在此背景下，应用型本科高校作为高素质技术技能人才的供给主体，其课堂教学质量直接关乎数字经济时代人才自主培养的效能。当前，我国数字产业规模突破50万亿元，占GDP比重超40%，但高校人才供给与产业需求的结构性矛盾依然突出：一方面，企业亟需兼具数字素养与实践能力的复合型人才；另一方面，高校课堂仍普遍存在课程目标高阶性缺失、教学方法与数字场景脱节、技能评价机制滞后等症结，导致人才培养供给侧与数字经济需求侧错位。

这一矛盾在应用型本科院校中尤为显著。其课堂教学的深层困境体现在三重断裂：第一，目标断裂：课程设计未锚定数字经济对人才“技术适配力、创新决策力、跨界协同力”的高阶要求；第二，方法断裂：传统讲授模式主导，虚拟仿真、项目化教学等数字实践载体应用不足；第三，评价断裂：考核偏重知识复现，对数据思维、工具应用等核心技能缺乏有效观测。

上述断裂使课堂难以承担“数智工匠”孵化器的时代使命。现有研究虽从技术赋能（黄璐等，2025）^[1, 2]、教师素养（满歆琦，

基金项目：

广东白云学院“应用经济学”重点学科建设的阶段性研究成果；广东白云学院2024年度校级本科教学质量项目《数字经济特色专业》（BYZY202404）；广东省教育评估协会课题《应用型本科高校实践教学质量体系研究》（BDPG23111）。

作者简介：赖苏彬，男，广东潮汕人，广东白云学院应用经济学院讲师；研究方向：数字经济、教学研究。

通讯作者：欧阳勤，女，江西彭泽人，广东白云学院应用经济学院副教授；研究方向：数字经济、产业经济。

2025)^[3]、课程重构(刘加林等,2024)^[4-9]等维度提出改进路径,但存在显著局限:一是战略视野缺位:多聚焦工具层面改良,未将课堂教学置于“中国式现代化—数字强国—人才自主培养”的战略链条中定位;二是主体特性忽略:策略设计以公办高校为默认场景,鲜少回应民办应用型高校的资源约束性(如实训投入不足)、机制灵活性(如校企合作壁垒);三是系统整合不足:改革建议呈碎片化,缺乏“技术—课程—师资—评价—生态”五位一体的协同框架。

因此,本文立足某高校经济类专业教学实践,旨在破解核心问题:如何构建适配数字经济需求、扎根民办应用型高校土壤的课堂教学质量提升体系,以实现“立德树人根本任务”与“技术技能人才孵化”的有机统一?

一、课堂教学存在的主要问题

数字经济时代要求提高人才培养质量,使之更加实用和应用。为此,应用型本科院校亟需建立适应社会需求的课堂教学模式。通过对某代表性的民办应用本科高校调研分析,发现当前课堂教学存在以下几个方面的问题:

(一) 尚未将课程目标的高阶性置于突出位置

所谓“高阶性”,就是知识能力素质的有机融合,是要培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维^[10]。目前,多数经济类课程过分强调基础知识和技能的传授,而对发展学生批判性思维、问题解决能力等高层次能力的培养重视不够,导致学生无法形成运用知识分析和解决问题的能力。理论教学与实践应用脱节,没有设置充分的案例分析和项目实训等环节,致使学生无法将知识运用于实际。过于强调个人知识学习,而忽视小组合作学习,不利于培养学生的团队协作能力。没有充分鼓励创新思考,缺乏锻炼学生动手实践的机会,不利于培养学生的创新精神和实践能力。

(二) 教学方法单一和重课程的理论而轻实践

课堂教学较依赖讲授法。根据近两年来巡课、随机听课的方式进行调查,80%以上的课程主要采用教师讲授的形式,其他互动教学环节不足课堂时间的10%。70%的学生反映教师较少与学生互动。这难以调动学生学习主动性,也不利于培养学生分析问题和团队协作能力。

与单一的教学方法相联系的是重课程的理论而轻实践。现有课程侧重传授抽象理论,与实际应用脱节。通过分析本校经济类课程的教学大纲,发现90%的课程设置了案例分析等应用性学习任务,但在课堂上,80%的课程仍以传授抽象理论知识为主。这导致大多数课程在课程设计与课堂教学中存在“两张皮”的现象,不利于培养学生的实践能力。

(三) 考核方式难以全面考核学生的技术技能

当前,虽然应用型本科高校强调要进行全面考核学生的技术技能,但实际采用的考核方式还不够丰富和全面。调查发现,95%的经济类课程在终结性考核上仍采用笔试,很少采用学生学习过程中的论文报告、项目学习等方式进行终结性考核。这导致考核侧重对学生最后学习成果的检测,而未能持续性地评价学生的学习过程。这不利于学生主动学习和能力的提高。因此,亟需增加诸如论文报告、实训项目等多种考核方式的权重,以实现过程性和终结性相结合的考核,促进学生能力的提高。

(四) 数字技术利用以及智能化教学亟待加强

当前,应用型本科高校在数字技术利用和智能化教学方面存在较大短板。具体来看,很多课程没有使用网络在线视频或建立知识讨论区等数字教学资源,也没有开发微课、移动学习APP等。教师在教学中更多依然使用传统的PPT讲授、粉笔讲台等方式,没有利用数字化手段进行多样化的教学互动。

同时,没有建立基于人工智能或大数据的智能化教学反馈系统,无法对学生的学习情况进行精确分析,提供个性化引导。教师也很难根据海量数据科学调整教学方法。

随着新一代数字原住民逐渐成为主要受众,这种传统的非智能化教学方式越来越难以激发他们的学习兴趣和积极性。因此,应用型本科高校亟需加快数字化教学资源建设,利用虚拟仿真、智能互动等方式实现教学的智能化,以适应新时代背景下对教学方式的要求。这需要学校加大投入,也需要教师提高数字技术应用能力。

二、课堂教学存在问题的原因

(一) 教师能力制约甚至阻碍课程目标高阶性

导致课程目标高阶性不足的一个重要原因是教师自身的能力限制。一方面,部分教师对课程目标设置的理论研究不够,未意识到培养学生高层次能力的重要性。另一方面,教师本身也缺乏这些能力,如批判性思维、团队协作能力等。在这种情况下,教师在设计课程目标时,自然只能根据自己的专业知识和技能水平来设置,而无法充分考虑对学生综合能力的培养。在后续的教学过程中,教师也只能围绕已设定的目标展开教学,而忽视了培养学生创新精神、实践能力等高层次目标。如果教师自身能力得到提升,也会促使课程目标设置更加全面和高层次化。

(二) 教师教学理念陈旧影响教学方法的创新

目前,应该说教师都在尝试和使用一些新的教学方法,但普遍存在的认知倾向是“喜新不厌旧”。也就是说,愿意尝试和使用一些新的教学方法,但又放弃某些陈旧的方法,于是在教学方法方面的创新不足。

教学方法单一的根本原因在于教师的教学理念比较传统和保守,更习惯采用讲授法讲解知识,而不太重视互动式的教学模式。原因在于,一些教师的教学理念长期形成,不太容易被改变。教师也缺乏学习先进教学理念的机会,如教学培训不足。教学评价体系侧重结果而非过程,无法鼓励教师改进教学方法。如

果教师主动学习新理念，并得到相应支持，会更积极尝试创新教学方法。

从学校的角度看，学校也可能没有为教师提供足够的技术设备和软件来支持信息技术在教学中的应用。这导致教师面临使用电脑或其他设备的困难，无法有效地利用在线课程资源、移动学习 APP 等工具。此外，时间压力也是一个限制因素。教师通常感到时间紧迫，无法花费大量时间和精力去探索和利用新的教学资源。准备和设计在线课程资源需要更多的时间，而教师可能无法在有限的时间内完成这些任务。

（三）学生实践不足导致教学内容与实际脱节

学生实践动手机会的不足是导致教学内容理论化的重要原因。教师在设计教学内容时，往往更侧重知识系统的构建，而忽视对实际问题的分析。在实施教学过程中，教师也因为各种原因难以设置实践环节，如实训条件不足。同时，面对知识量大、课时有限的情况，教师更倾向于选择理论教学。增加实践教学环节，需要改变教师的教学理念，并给予支持。只有让学生接触更多实际问题，才能避免内容脱离实际。

（四）考核过度强调结果导致考核方式单一化

考核方式单一的根本原因在于长期以来形成的重结果而非过程的管理考核导向。这主要源于三个方面：注重考试结果可以更直观反映教学效果；其他考核方式增加了教师工作量，考核难度大；不同的考核方式难以比较。可见，如果管理部门减少对考试结果的过度依赖，更加强调学习过程的评价，教师会主动选择多种考核方式。

（五）教师数字化教学能力弱导致数字技术利用不充分

目前应用型本科高校教师在数字化教学能力方面存在明显短板。主要原因有：第一，大多数教师仅具备基础的数字技术应用能力，对开发网络课程、建立智能化教学平台没有足够掌握，制约了数字化教学方式的推广。第二，教师除教学工作外还承担科研和管理任务，缺乏充足时间投入数字化教学内容的开发，如录制视频课程、编写在线练习等。第三，教师已经适应传统教学模式，要实现向数字化教学转变需要付出重新学习和设计的努力，这对部分教师形成了障碍。第四，当前教师评价机制侧重科研产出，没有形成有力的政策支持和资源保障来激励教师主动进行数字化教学创新，导致教师积极性不高。这些因素共同导致教师数字化教学能力亟待提升，需要学校采取有力措施进行帮助和支持，以适应数字化教学对教师能力的新要求。

三、提升应用型本科院校课堂教学质量的策略

数字经济时代对人才培养提出了更高的要求，需要课堂教学进行深入改革，以培养学生的创新精神、实践能力和团队合作能力。针对上述存在的问题，可以从以下几个方面提出提升应用型本科院校课堂教学质量的策略。

（一）构建应用导向型的课堂教学生态环境

1. 拓展教学资源，加强校企合作

积极拓展教学资源，与企业合作开发案例、建立实训基地，

丰富网络课程资源等。同时，加强与企业的合作交流，签订校企合作协议书，为学生提供实习实训机会，使之能够将所学知识应用到实际工作中。

2. 加强教师培训，提高教学内容针对性

建立系统的教师培训机制，组织教师学习行业新知识，邀请行业专家进课堂指导。鼓励教师深入企业调研，了解岗位需求和技能要求，以不断更新教学内容，保证其与经济社会发展需求的紧密衔接。

3. 改革教学方法，加强信息技术应用

改革传统的教学方法，减少讲授法，采用更多启发式、互动式的教学方法，并在教学方法使用上提供指导性培训。同时，加强信息技术在教学中的应用，拓展教学资源来源和学习途径。

（二）打造高素质技术技能人才成长的平台

中国式现代化需要培养大量懂技术、会创新、善合作的高素质技术技能人才。为此，应用型本科院校需要打造一个立体化的成长平台，让学生在这个平台上获得全方位的成长。

1. 专业技能训练平台

专业技能是应用型人才的基础。本科院校需要通过增加实验、实训、课程设计等实践性教学环节，强化学生的专业技能培养。一是组建校内实训基地，配备实训设备与材料，使学生掌握操作流程。二是建设虚拟仿真实训平台，通过模拟场景提高学生动手能力。三是增加设计型、研究型课程，让学生运用所学知识解决实际问题。四是鼓励学生参加各类专业技能大赛，在比赛中锤炼技能。专业技能训练平台为学生提供系统的知识应用机会，使之实现知识转化为解决问题的能力。

2. 创新创业实践平台

通过构建创新创业平台，培养学生的创新精神和创业能力。一是建立学生创客空间，支持学生开展创新设计活动。二是举办各类创新创业大赛，如机器人大赛、创意产品设计大赛等。三是设立科技项目孵化基地，为有创业意向的学生提供场地、投资、指导、法律等方面的支持。四是开设创业管理类课程，培养学生的商业思维。这些举措可以使学生在实践中学习创新方法和商业运作，培养创新创业能力。

3. 人文素养提升平台

开设思想政治、法学等人文社科课程，组织学生参观文博单位、听专题讲座，参与社会公益活动，丰富人文修养。一是加强思想政治理论课建设，通过案例分析、现场体验等形式培养学生社会责任感。二是设立读书报告、演讲比赛等活动，鼓励学生阅读优秀作品、提升文化修养。三是组织志愿服务、支教等社会实践活动，培养学生服务社会的责任感。四是建立学生校友导师制，聘请知名校友进行人生规划指导，传承正能量。

4. 国际视野拓展平台

选派学生赴海外交流学习，聘请外籍教师进行国际化专业课程教学，促进学生拓宽国际视野。一是继续实施优秀本科生出国交流项目，选派学生到国外知名高校进行短期学习。二是新增双语授课课程，聘请外籍教师用英语讲授专业课程。三是举办国际化专题讲座，邀请外籍专家进行学术交流。四是支持学生组建文

化交流社团,进行海外姐妹院校交流活动。这些举措可以增强学生的跨文化意识和国际视野。

5. 就业能力培训平台

建立就业指导课程和活动,提升学生就业竞争力。一是新增职业生涯规划课程,培养学生的职业发展意识。二是定期举办企业招聘会,搭建用人单位和学生交流平台。三是建立毕业生就业跟踪服务机制,持续跟踪毕业生就业质量。四是开展简历写作、面试技巧等就业技能培训。五是邀请用人单位对相关专业进行行业分析,提高专业针对性。通过这些举措,提高毕业生的就业竞争力和就业质量。

通过打造这个立体化的高素质技术技能人才成长平台,应用型本科院校可以系统培养学生的专业能力、实践能力、创新能力、社会责任感,以及就业竞争力,使之成为社会发展所需的高素质技术技能人才。这需要学校各部门密切配合,形成工作合力,以提高人才培养质量,服务中国式现代化建设。

(三) 建立精益式的课堂教学质量持续改进机制

精益式质量管理强调通过不断优化流程、减少浪费、实现持续改进的闭环式管理,以达到质量效益最大化。为实现课堂教学质量的精益式管理,需要构建系统的质量持续改进机制:

1. 建立质量诊断机制

建立科学的质量诊断机制,是实现课堂教学质量持续改进的第一步。一是要定期开展学生满意度调查,采用问卷、访谈等方式收集学生对教师教学、课程内容、学习收获等方面的反馈,找出存在的问题和改进方向。二是开展毕业生质量跟踪调查,了解学生毕业一定时间后的学习效果和职业发展情况,衡量人才培养质量。三是建立数据化的质量分析机制,利用教学管理系统的数据考察学业成绩、选课情况、学生评价等指标,进行多维度的质量诊断。四是聘请行业企业专家进行课程质量评估,提供规范化的评估报告。通过这些途径建立系统的质量诊断机制,为后续的质量改进奠定基础。

2. 实施质量控制措施

在质量诊断的基础上,需要及时实施针对性的质量控制措施。一是依据学生反馈,修改教学内容,调整教学进度,更新教学方法。二是依据毕业生反馈,适时优化课程体系,强化实践教学环节。三是针对数据反映的问题,及时提出改进计划,如增加教学资源配置、建设虚拟仿真平台等。四是总结内部优质教学案例,进行横向对标学习。五是建立质量责任制,落实教师、学院、学校各层面的质量监控责任。通过质量控制措施,及时优化和改进教学过程,提高质量。

3. 开展质量改进活动

为推动质量改进,还需要组织系列活动。一是开展专题教研活动,集中探讨教学改进策略。二是举办教学成果展评活动,评选并展示优秀教学设计。三是组织教学竞赛活动,评比教学方法和教学成效。四是设立教学改革试点,鼓励教师改进教学方法和探索新模式。五是建立教学创新团队,进行协同创新。这些举措可以积极推动教学方法、课程内容、教学手段等方面的持续更新和改进。

4. 完善质量反馈机制

要实现闭环式质量管理,就需要建立有效的反馈机制。一是利用教学管理系统,对学生成绩、出勤率、课堂表现进行统计分析,作为教学效果的反馈。二是建立学生学习档案,记录学生学习轨迹,反馈学习效果。三是开展定期的教学质量报告,向教师和管理部门反馈存在问题。四是建立教学质量公示制度,在网站公开教学质量信息。五是质量诊断结果纳入教师绩效考核体系。通过多层次反馈,促进教师不断优化教学,提高质量。

通过建立精益式的课堂教学质量持续改进机制,完善质量诊断、过程控制、改进反馈各环节,应用型本科院校可以促进教师专业成长,不断优化课程设置,改进教学手段,从根本上提高课堂教学质量。这需要学校各部门上下形成合力,共同推进教学改革,以保证为数字经济建设提供人才支撑和智力支持。

参考文献

- [1] 黄璐. 数字经济时代高校会计实践教学研究[J]. 广西职业技术学院学报, 2025, 18(03): 114-120.
- [2] 王一栋, 杨晨, 程璐. 数字经济时代高校经管类专业虚拟仿真实验教学的价值底蕴与优化路径[J]. 上海商业, 2024, (12): 211-213.
- [3] 满敬琦. 数字经济背景下高校教师教学能力提升路径[J]. 山西财经大学学报, 2025, 47(S1): 283-285.
- [4] 方丽婷, 李坤明. 数字经济背景下高校教育教学创新的区域协同效应研究[J]. 高等理科教育, 2024, (06): 9-19.
- [5] 刘加林, 肖卉, 罗伟伟. 数字经济时代应用型本科高校电子商务专业实践课程教学体系的重构[J]. 长沙大学学报, 2024, 38(06): 95-100.
- [6] 欧春尧, 郑康欣, 温琦琪, 等. 数字经济背景下高校市场营销课程教学创新路径研究[J]. 现代商贸工业, 2024, 45(20): 200-203.
- [7] 张馨月. 数字经济背景下应用型本科高校精细化教学管理策略研究[J]. 华东科技, 2024, (09): 134-136.
- [8] 李忠海. 数字经济时代地方高校教学改革策略研究——以江苏省J高校商学院“产业经济学”课程为例[J]. 改革与开放, 2024, (15): 9-14.
- [9] 林航, 张美涛. 数字经济融入高校西方经济学教学探析[J]. 金融理论与教学, 2022, (04): 101-104.
- [10] 教育部高教司司长吴岩: 中国“金课”要具备高阶性、创新性与挑战度[EB/OL]. (2023-11-19) <https://rwqkjzw.hebmu.edu.cn/a/2019/06/04/2019060416817.html>

桂林中学 AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研实践

李春波

桂林市桂林中学，广西 桂林 541000

DOI:10.61369/ASDS.2025080005

摘 要： 桂林中学针对传统教研主观性强、反馈滞后等问题，引入希沃 AI 课堂反馈系统，开展“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研”实践。通过实时采集师生行为、学生参与度等数据，结合 S-T 分析法、布鲁姆提问分类等模型，生成精准诊断报告，指导教师优化教学设计。学校建立闭环教研模式，包括数据驱动转型、精准问题诊断、循环研修等环节，显著提升了教学质量和教师专业水平。学生参与度和核心素养培养成效显著，为“双新”素养落地提供新范式。

关 键 词： AI 赋能教学；多模态数据分析；闭环教研；核心素养；专业成长

Multimodal Evidence-Based Optimized Teaching and Research Practice of AI-Enabled Classroom Teaching in Guilin Middle School

Li Chunbo

Guilin Middle School, Guilin, Guangxi 541000

Abstract： Aiming at addressing issues such as strong subjectivity and delayed feedback in traditional teaching and research, Guilin Middle School has introduced the Seewo AI Classroom Feedback System and carried out the practice of "AI-Enabled Multimodal Evidence-Based Optimized Teaching and Research for Classroom Teaching". By real-time collecting data including teacher-student behaviors and student participation, and combining models such as S-T Analysis Method and Bloom's Taxonomy of Educational Objectives (Question Classification), the school generates accurate diagnostic reports to guide teachers in optimizing their teaching designs. Moreover, Guilin Middle School has established a closed-loop teaching and research model, which covers links like data-driven transformation, precise problem diagnosis, and cyclic research and training. This practice has significantly improved the quality of teaching and the professional competence of teachers, achieved remarkable results in enhancing student participation and cultivating core competencies, and provided a new paradigm for the implementation of core competencies under the "New Curriculum Standards and New Textbooks" (Double New) initiative.

Keywords： AI-empowered teaching; multimodal data analysis; closed-loop teaching research; core competencies; professional development

引言

随着《普通高中课程方案（2022 年版）》与《普通高中课程标准（2022 年版）》（简称“双新”）的全面落地，我国基础教育正式进入以核心素养为导向的深度改革阶段。在此背景下，如何推动课堂教学从传统知识传授转向素养建构、如何通过跨学科整合培育学生创新思维与问题解决能力、如何依托科学数据实现多元过程性评价，成为广大中小学教师必须突破的关键课题。然而，传统教研模式却难以适配这一改革需求——其过度依赖教师主观经验与集体研讨，缺乏对课堂互动质量、学生思维层次等关键指标的量化支撑；教师无法实时捕捉全体学生的行为与思维动态，教学设计调整滞后；课后听评课反馈不仅带有主观倾向，且周期漫长，难以助力教学科学优化。

对桂林中学而言，挑战更显突出：学校高中部生源质量较同类示范性高中存在差距，“低进高出”的育人目标亟待实现；同时，35 岁以下青年教师占比超 40%，部分老教师需承担“一带三”甚至“一带五”的帮扶任务，青年教师专业能力快速提升成为学校发展的紧迫需求。为破解传统教研困境与自身发展难题，桂林中学引入希沃 AI 课堂反馈系统，基于该系统构建的“教师教学-学生学习”双维

基金项目：广西教育科学“十四五”规划 2023 年度广西教育信息化教学应用实践共同体专项课题《数据驱动下高中的精准教学决策、规划学生发展和助力教师成长的研究》（2023ZJY552）。

作者简介：李春波，广西省桂林市桂林中学，信息中心副主任，中小学高级职称，邮箱：64321930@qq.com。

度、8视角、28观察点课堂教学质量分析模型,整合S-T分析法、布鲁姆提问分类、弗兰德编码等7种教育评价模型,创新开展“AI赋能课堂教学的多模态寻证优化教研”实践。通过实时采集师生行为、学生参与度等多模态数据,生成精准课堂诊断报告,构建“AI赋能→精准寻证→教学优化→教师成长→素养落实”的闭环教研体系,旨在以数据驱动教研转型,为“双新”素养落地提供实践路径,同时为同类学校破解教学与师资发展难题提供参考范式。

一、大数据时代提升课堂教学质量面临的问题

（一）“双新”素养的导向

随着《普通高中课程方案（2022年版）》和《普通高中课程标准（2022年版）》（简称“双新”）的全面实施，我国基础教育正迈向以核心素养为导向的深度改革阶段。如何落实学科核心素养的培养，课堂教学如何完成从知识传授转向素养培养的建构，如何进行跨学科整合、提升学生的创新思维和问题解决能力，如何实施多元评价特别是过程评价，依据的数据如何采集，等等问题都是教师必须直面的问题。

（二）传统教研的挑战

1. 主观经验主导，缺乏数据支撑

传统教研依赖教师个人经验和集体研讨, 评价标准模糊, 难以量化教学效果。例如, 课堂互动质量、学生思维层次等关键指标缺乏客观数据支持。

2. 动态捕捉不足，个性化教学难实现

教师在课堂教学中难以实时掌握全体学生行为（如抬头率、参与度）和思维状态，导致教学设计调整滞后。

3. 反馈滞后, 改进周期长

传统听评课依赖人工记录,分析结果往往在课后与听课教师交流后才得到反馈,有些反馈还带有主观和情面成份导致脱离问题的真实,无法及时或者无助于教师科学地优化教学。

（三）学校生源“低进高出”目标迫切需要青年教师快速成长

2021—2023年,桂林中学的高中部生源比同类示范性高中差了一个等次,学校只有实现“低进高出”目标,才能超越同类示范性高中。而学校35岁以下的青年教师占到40%多,师徒结对中,有十多个老教师一带二,有六个老教师是一带三以上,最多的达一带五。如何使青年教师快速成长,成为学校的紧迫问题。

二、AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研有效破解教学困境

多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统从现阶段视频教学行为识别的方法和技术水平出发, 基于教师和学生两类行为主体, 构建了一个包含 2 个维度 (教师教学、学生学习)、8 个视角、28 个观察点的课堂教学质量分析模型^[1]。为教师及教研管理者提供了一套科学、全面、易于操作的课堂教学质量评价体系。

针对传统教研主观性强、动态捕捉不足、反馈滞后等问题，以及青年教师能力提升的迫切需求，桂林中学引入 AI 多模态希沃

课堂智能反馈系统（该系统通过摄像头自动采集视频并切片保存教师、学生课堂行为数据），开展“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研”实践，以数字化手段推动教研模式转型。在大量研修课实践基础上，提出了“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研”模式，精准赋能课堂教学研修，有效破解教学困境：

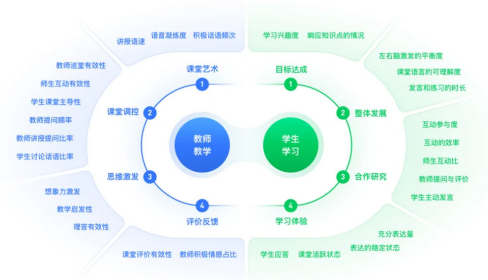


图1: 多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统的课堂教学质量分析模型

（一）数据驱动转型

通过希沃 AI 课堂反馈系统,整合 PTA 教学结构体系、S-T 分析法、弗兰德斯编码等 7 种教育评价模型,实现从经验评课到数据评课的转变^[2]。(解决问题 1)

The diagram illustrates the Classroom Intelligent Feedback System architecture. At the top, a blue box labeled '课堂智能反馈系统' (Classroom Intelligent Feedback System) contains a stylized white icon of a person. Below this, a yellow box labeled '“希沃&北师大”合作指标上线' (Xibo &北师大 Cooperation Indicators Online) is connected to a central blue box labeled '课堂智能反馈系统'. This central box is further connected to a yellow box labeled '算法准确度提升' (Algorithm Accuracy Improvement). Below this, a yellow box labeled '教学切片优化' (Teaching Slicing Optimization) is connected to a yellow box labeled '优化“弗兰德”指标' (Optimize "Flander" Indicators). This box is then connected to a yellow box labeled '报告界面优化' (Report Interface Optimization). Finally, a yellow box labeled '报告内容可修改' (Report Content Can Be Modified) is connected to the bottom-most yellow box labeled '报告标题' (Report Title). The diagram uses blue lines to connect the boxes, and blue stars are placed along the lines to highlight key features or transitions.

- 课堂智能反馈系统
 - “希沃&北师大”合作指标上线
 - 课堂流程重构度
 - 提问有效性
 - 学生回答建构分类
 - 算法准确度提升
 - 师生行为识别
 - 问题识别
 - 说话人识别
 - 文本识别
 - 教学切片优化
 - 切片内容打标分类
 - 切片视频支持下载
 - 优化“弗兰德”指标
 - 增加全国参考值
 - 报告界面优化
 - 移动端界面升级
 - word版报告升级
 - 报告内容可修改
 - 报告标题
 - 学科学段
 - AIGC建议

图2: 多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统的功能优势

（二）行为即时捕捉

系统即时捕捉记录学生行为，教师通过手机希沃助手，即时了解学生行为。（解决问题2）



图3：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统的学生学习行为分布和 AI 分析

（三）问题精准诊断

通过 AI 多模态数据（师生行为、学生参与度、提问类型等）分析，精准定位课堂问题^[3]，分析报告下课即可下载，及时辅助教师教学设计优化。（解决问题3）



图4：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统教师讲授的 AI 分析



图5：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统课堂重构的 AI 分析



图6：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统提问有效性的 AI 分析



图7：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统师生互动的 AI 分析

（四）循环研修教师成长

教师依据 AI 多模态数据，在优化教学设计中提升教学水平，助力专业成长。（解决问题4）

（五）课堂设计全面优化

通过以上优化策略，实现了课堂设计的全面优化，以下是前后两次课相关指标对比情况：

1. 课堂活跃情况



图8：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统课堂活跃情况前后对比

从3位同学举手提问到7位同学举手提问，课堂各个角落的同学基本都参与了课堂活动，学生学习热情显著提高。

2.S-T/Rt-Ch 教学分析

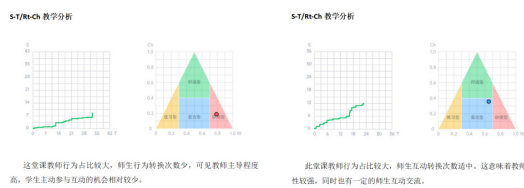


图9：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统 S-T/Rt-Ch 教学分析

通过前后两次课 S-T/Rt-Ch 师生互动曲线对比发现，第一次课 $Rt \geq 0.7$ ，表示教师行为比例比较高，以教师讲授为主，学生主动参与互动比例较低；第二次课 $0.3 < Rt < 0.7$ ， $Ch < 0.4$ ，表示虽然课堂还是以教师为主导，但是已经有较好的师生互动转换，师生互动交流频率较好。

3. 提问类型（布鲁姆分类法）

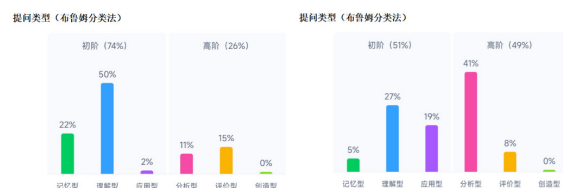


图10：多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统布鲁姆分类提问类型前后对比

通过两次课的布鲁姆分类提问类型对比发现，第一次课的提问初阶问题占比74%，高阶问题占比26%，主要以初阶提问为主，不能很好地锻炼学生的高阶思维，经过课堂提问设计优化后，高阶问题比例增加到49%，学生课堂高阶思维参与时长显著提高，锻炼了学生处理复杂问题的能力。

4. 学习行为分布

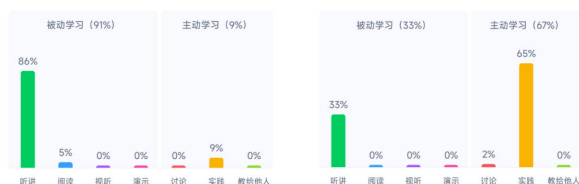


图 11: 多模态希沃课堂智能反馈 AI 系统学生学习行为分布对比

第二次课的学生主动学习占比从9%上升到67%，表明课堂上学生主动学习占比较高，实践环节落实良好，知识留存率不错。课堂智能反馈系统也建议适当增加讨论环节，让学生围绕主题交流，加深知识理解。也可引导学生将所学教给他人，进一步强化知识记忆，优化学习效果。

5. 赋能高质量发展闭环教研模式：构建“AI 赋能→精准寻证→教学优化→教师成长→素养落地”的闭环，助力“双新”核心素养落地。



图 12: AI 多模态高质量发展闭环教研模式

三、AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研实践的具体措施

(一) 建立管理机制

1. 成立案例实施管理组：组长（直管校长柳建显副校长）负责监督和经费保障，技术团队（信息中心）负责技术培训和和技术支持；实施团队（教务处）负责落实案例实施，成果团队（科研处）负责案例成果物化（课例、论文、资源库）。

2. 全员培训：关剑锋校长在教研组会长会、教职工大会进行动员，强调案例实施的重要意义；信息中心聘请教育局电教站专

家、希沃课堂智能反馈系统技术专家到校培训各学科骨干；信息中心联动骨干按学科组逐一培训所有教师，保证人人会用。

3. 建立共同体：学校教务处建立教研组长为核心的“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化实践”课堂教研共同体，规定各学科的研修课、赛课磨课按照模式进行。

4. 以赛促研：学校科研处每个学期进行大成教育杯“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化实践”现场课比赛（有奖励），肯定教师们的劳动付出，激励教师使用 AI 系统进行研课磨课，以赛促研。

5. 资源共建：作为教师成长的记录，学校信息中心每个学期要求教师交同一节课的两份 AI 分析报告（优化前后），两份教学设计（优化前后），丰富学校“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化实践”共享资源库，供全校教师借鉴。

(二) 推进技术应用

1. 数据采集：利用希沃 AI 系统实时采集课堂师生行为、学生抬头率、互动频率等数据。

2. 多模态分析：结合 S-T 分析法（师生行为曲线）、布鲁姆提问分类（高阶/低阶问题占比）、弗兰德斯编码（互动质量）等模型生成分析报告。

3. 即时反馈：系统自动生成课堂问题诊断报告（如“学生应答时长80%在5秒内”），指导教师调整提问策略。

(三) 规范教研程序

1. 双新素养落地（教学活动设计）
2. AI 多模态赋能（上课、录课、下载 AI 分析报告）
3. 问题精准寻证（报告揭露课堂教学问题）

通过对课堂智能反馈系统报告中课堂时间分配、学生抬头率、课堂活跃情况、师生互动、新课标落实、学习行为分布（听讲、阅读、试听、演示、谈论、实践、教给他人）、学生应答时长、提问有效性分析、师生互动分析等关键数据的整体分析，教师发现自己的课堂存在的主要问题。

(四) 课堂教学优化（结合学科特点优化改进）

对于课堂中出现的上述问题，认真分析《课堂智能反馈系统报告》中给的优化策略和结合自身实际情况，做出课堂设计调整。

通过解决高阶问题，使学生从被动接受知识转向主动建构与创新，加深了学生对知识点的理解，全面提升学生核心素养^[4]。

(五) 助力教师成长→双新素养落实（二次录课下载 AI 分析报告，进行优化前后对比，检验效果）

通过两次课堂教学对比分析可见，优化后的教学设计显著提升了课堂效能。学生学习热情高涨，学习成效良好，深化了知识内化，实现从被动接受到主动建构的范式转型，契合新课标素养导向要求，实现双新素养落实。教师优化教学设计的过程就是教师多方面思考和努力解决问题的精益求精过程，问题解决了，也证明教师落实了双新素养，提高了课堂教学效果，从而提升教师教学能力，助力教师成长，求精不断成长不断。

四、AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研实践的成效

（一）学校教育高质量发展

1. 教学质量提升：2024 年高一高二全市统考、高三高考取得了超预期成绩，得到了社会，家长，学生的广泛认可，高中生源缩短与同类示范性高中的差距。

2. 教师专业成长：桂林中学 2024 年学校 19 节融合课获市一等奖，11 节精品课获市一等奖，2 节精品课获国家级等奖，2025 年报送了 28 节课例参加全国优质课例大赛与典型案例征集。2025 年名师公布，桂林中学 9 人获领航教师，27 人获卓越教师，16 人获精英教师，名列全市前茅。

（二）教师教学行为优化

1. 提问质量提升：通过 AI 反馈，教师将高阶问题占比从 3% 提升至 15%。

2. 课堂活跃利器：课堂活跃度提高 32%。

（三）学生学习效能增强

1. 学生参与度提升：优化后，学生抬头率提升至 68%，举手率达 5%，知识留存率从被动听讲的 5% 提升至实践环节的 75%。

2. 核心素养落地：通过 AI 提示核心素质的跨学科任务改进，学生的新课标核心素质培养得到真正落实^[5]。

（四）教研模式转型

1. 从经验教研走向数据教研：教研组基于 AI 报告开展实证研讨，教学改进方案的科学性得到保障。例如，针对“学生应答时长 80% 在 5 秒内”的问题，教师调整提问策略，增设 3 秒候答时间，促进学生深度思考，体现数据驱动教育决策的实践落地。从经验教研走向数据教研，标志着学校教育决策从依赖主观经验向依赖客观数据转变^[6]，契合“数据驱动的教育决策”的内涵与发展方向。

2. 区域示范效应：桂林中学的实践被纳入北京师范大学“AI+ 循证教研赋能‘双新’落地联盟”教研案例库，并受邀参加年会在线上分享经验。

五、AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研的展望

（一）技术升级与功能拓展

1. 反馈商家引入情感识别技术，分析学生课堂情绪变化，优化情境创设；

2. 反馈商家开发“AI 备课助手”，基于历史数据推荐个性化

教学策略。

（二）教师专业发展支持

1. 开展“数据素养”专项培训，提升教师解读 AI 报告的能力；

2. 设立“AI 教研共同体”，鼓励教师设计跨学科融合课程。

（三）评价体系完善

1. 构建“AI+ 人工”双轨评价机制，充分利用 AI 分析的量化数据；

2. 每节课的评价报告，将学生评价部分与学生分享，提升师生合作能力。

（四）资源共建与共享

1. 用 AI 课堂反馈系统建立校级 AI 教研数据库^[7]，积累优质课例与改进方案；

2. 建立优秀分析报告资源库。每个教师每个学期上交 2 份希沃 AI 课堂反馈系统生成的分析报告（优化前后）、2 份希沃教学设计（优化前后），与全校教师共享，丰富案例资源。

（五）“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化实践课堂分析工具”教研常态化，促进教师专业成长

1. 将 AI 反馈系统纳入学科研修课必备工具；

2. 教师通过 AI 课堂反馈系统辅助自己反思教学，不断提升教学能力，促进自己不断成长。

六、桂林中学 AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研实践的推广价值

桂林中学的“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研实践”具有显著的创新性和推广价值。该实践通过 AI 技术解决了传统教研主观性强、反馈滞后等痛点，实现了数据驱动的精准教学优化，为“双新”素养落地提供了有效路径。其闭环教研模式和科学的管理机制，不仅提升了教师专业水平，还显著改善了学生学习效能，具有普适性和可操作性。

“AI 赋能课堂教学的多模态寻证优化教研实践”的亮点在于多模态数据的综合应用和实证导向的教研转型，为其他学校提供了可借鉴的实践经验。高考成绩和教师获奖成果充分证明了其成效。未来技术升级和评价体系完善的计划，进一步展现了案例的前瞻性。作为基础教育信息化融合的典型范例，适合在全国范围内推广，尤其对生源基础较弱或青年教师比例较高的学校具有重要参考意义。

参考文献

- [1] 祝智庭，雷云鹤. 人工智能 + 教育：构建智能时代的教育新生态 [J]. 中国教育学报，2020（1）：40-47.
- [2] 华为企业架构与变革管理部. 华为数字化转型之道 [M]. 北京：机械工业出版社，2022.
- [3] 高钧. 数据驱动下的智慧课堂精准教学 [M]. 北京：中国人民大学出版社，2020.
- [4] 钟启泉. 核心素养导向的课堂教学 [M]. 上海：华东师范大学出版社，2020.
- [5] 中华人民共和国教育部. 普通高中课程方案（2022 年版）[S]. 北京：人民教育出版社，2022.
- [6] 顾小清，王冰. 数据驱动的教育决策：内涵、现状与未来 [J]. 电化教育研究，2021（5）：5-13.
- [7] 阿里巴巴数据技术及产品部. 大数据之路：阿里巴巴大数据实践 [M]. 北京：电子工业出版社，2021.

基于 Stacking 算法集成的资源型城市碳排放预测

张晓源¹, 金书亮²

1. 青海师范大学 数学与统计学院, 青海 西宁 810016

2. 郑州航空工业管理学院 经济学院, 河南 郑州 450046

DOI:10.61369/ASDS.2025080006

摘 要 : 本文基于2006–2021年我国资源型城市的碳排放量及10个相关特征, 提出了一种融合 CNN、RF 和 SVR 的 Stacking 集成的碳排放达峰预测模型。首先, 采用随机森林筛选出影响碳排放的关键特征, 其次, 将关键特征输入至 CNN、RF 和 SVR 三种基学习器, 并通过交叉验证得到的各训练模型通过残差赋权方式组合起来; 最后, 将原始训练集与组合基学习器的预测结果共同输入元学习器进行训练与测试。实验表明, 与单一基学习器相比, 本文提出的 Stacking 集成模型在碳达峰预测中精度显著提高: 均方根误差和平均绝对误差分别降低9.39% 和 11.54%, 决定系数 R^2 提升0.897个百分点, 有效验证了集成方法的优越性。

关 键 词 : 碳排放预测; 机器学习; Stacking 算法; 算法集成

Analysis and Prediction of Carbon Emission Influencing Factors in Resource-Based Cities Based on Stacking Algorithm Integration

Zhang Xiaoyuan¹, Jin Shuliang²

1. School of Mathematics and Statistics, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810016

2. School of Economics, Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou, Henan 450046

Abstract : This paper proposes a Stacking ensemble model for carbon emission peak prediction by integrating CNN, RF, and SVR, based on carbon emissions and 10 related features from China's resource-based cities between 2006 and 2021. First, a Random Forest is employed to screen key features influencing carbon emissions. Subsequently, these key features are input into three base learners—CNN, RF, and SVR—and the training models obtained through cross-validation are combined using residual weighting. Finally, both the original training set and the predictions from the combined base learners are input into a meta-learner for training and testing. Experiments demonstrate that compared to single base learners, the proposed Stacking ensemble model significantly improves prediction accuracy for carbon peak: the root mean square error and mean absolute error decrease by 9.39% and 11.54%, respectively, while the coefficient of determination R^2 increases by 0.897 percentage points, effectively validating the superiority of the ensemble approach.

Keywords : carbon emissions prediction; machine learning; Stacking algorithms; algorithm integration

引言

碳排放是全球气候变化的主要诱因之一, 对生态系统和人类社会带来深远影响。《中国碳达峰碳中和进展报告(2023)》指出, 我国生态文明建设已进入以降碳为重点的关键时期, 但实现“双碳”目标仍面临新能源消纳困难、碳足迹制度不完善、国际规则约束等多重挑战。为推进碳市场建设, 2024年1月国务院通过《碳排放权交易管理暂行条例》, 进一步强化制度保障。

我国各地区生态环境和经济发展差异显著, 城市碳排放水平不一。实现2030年碳达峰与2060年碳中和目标, 需所有城市协同减排。资源型城市作为国家能源与资源保障的核心主体, 长期支撑宏观经济平稳运行, 但也因持续资源开发面临产业路径锁定、高碳排放和高能耗等问题。尤其是矿业城市, 资源依赖易引发“资源诅咒”, 加剧生态退化, 形成经济与环境双重压力。因此, 识别资源型城市碳排放的影响因素并开展科学预测, 有助于从源头控制高碳排放, 缓解经济发展与减排之间的矛盾, 对落实“双碳”战略、应对气候变化、推动绿色低碳转型及经济高质量发展具有重要意义。

作者简介:

张晓源(2002–), 青海师范大学数学与统计学院, 硕士研究生, 研究方向为应用数理统计;

金书亮(2001–), 郑州航空工业管理学院经济学院, 硕士研究生, 研究方向为区域绿色创新。

在碳排放影响因素研究领域,已有诸多学者展开深入探讨。Yuan 等^[1]分析了人口、人均收入和能源结构等因素对碳排放的作用。穆佳音^[2]、施晓燕^[3]和崔艳芳^[4]则聚焦于资源型城市,揭示了其在碳排放方面的特殊性。李安和尹逊之^[5]研究发现,人口规模、人均GDP 和能源强度与我国农村居民生活能源消费碳排放呈显著正相关。赵一航和赵会茹^[6]指出,碳市场与化石能源市场在试点阶段存在单向均值溢出效应,凸显能源结构调整的重要性。杨帆和甄江红^[7]、肖德和张媛^[8]探讨了经济增长与碳排放之间的互动机制。杨浩昌等^[9]发现发明型和改进型绿色技术创新显著促进碳减排。Khanna^[10]比较分析了低碳政策支持手段,强调政策对低碳发展的引导作用。要蓉蓉等^[11]基于“目标—资源—信息”传导机制,证实低碳试点政策有效降低了试点地区的碳排放强度。

近年来,学者们采用多种模型对碳排放趋势进行预测。ARIMA^[12]和 LEAP^[13]模型被广泛用于相关研究。神经网络模型,尤其是卷积神经网络(CNN),也在该领域展现出较大潜力,如焦柳丹^[14]基于CNN构建了交通运输碳排放预测模型。随机森林(RF)同样受到关注,王伟同等^[15]利用RF有效预测了锅炉氮氧化物排放,刘慧甜和胡大伟^[16]则采用RF、XGBoost及KNN对比分析了30个省份的交通碳排放。在建筑碳排放方面,Chu^[17]采用支持向量回归(SVR)模型,其泛化能力和鲁棒性优于多元线性回归,取得了更高的决定系数和更低的误差。武冰等^[18]进一步提出了基于模型平均的随机森林模型(RF-MA),通过权重组合优化对我国各省交通碳排放进行预测。碳排放预测问题复杂多变,单一模型往往难以应对。为此,部分学者开始采用组合或混合模型进行预测。例如,Liu等^[19]融合了自回归移动平均模型、二阶多项式回归和灰色模型;马良玉^[20]和杏艳^[21]则通过集成多个机器学习算法,分别实现了对风电机组异常温度和城市大气污染物排放的精准预测,不仅提升了模型性能,也增强了算法的鲁棒性和适应性。这些研究表明,融合多种方法有助于更准确预测碳排放趋势。

现有研究多聚焦于某一行业或区域,且常采用传统预测模型。本文以资源型城市为研究对象,这类城市以煤炭、钢铁、有色、建材等重工业为主,碳排放总量大、强度高,是实现“双碳”目标的关键区域。其碳排放受多种复杂因素影响,包括一次能源结构、产业结构、技术水平等社会经济维度,以及资源禀赋、地理区位、政策强度等空间异质因素。传统单一模型难以充分捕捉这些非线性、高维交互和区域差异特征,导致影响因素识别不全、预测精度有限,影响减排政策的科学制定。为此,本文基于2006—2021年我国112个资源型城市的碳排放数据及10个相关特征,构建了一种基于Stacking集成策略的碳排放预测模型,融合了CNN、RF和SVR三种算法,并与单一模型预测结果进行对比分析。

一、资源型城市碳排放指标体系构建

(一) 指标体系设计

在全球气候变化背景下,资源型城市作为主要碳排放源,其减排对实现气候目标至关重要。本研究借鉴任宏洋^[22]等方法,基于随机森林模型,从劳动力、经济、技术、绿化、资源消费及产业结构6个维度选取10项指标,分析资源型城市碳排放影响因素并进行预测,以期决策提供科学支撑,助力城市可持续发展。

(二) 数据来源

根据《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》界定的126个地级资源型城市,本文综合考虑数据连续性与完整性,最终选取2006—2021年间112个城市作为研究样本,其空间分布如图1所示。对个别缺失数据,采用Stata软件结合线性插值与移动平均法进行补全。所有原始数据来源于《中国统计年鉴》、各省(区、市)统计年鉴及EPS数据库等。

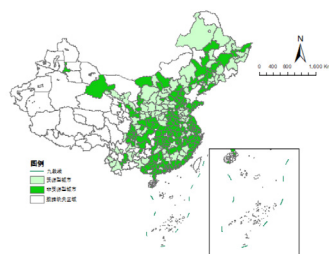


图1: 研究区域分布图

Figure 1: Distribution Map of the Study Area

二、基于Stacking算法集成的预测模型

(一) 机器学习算法

本文以双层Stacking框架为核心,首先从若干经典机器学习算法中择优几类基学习器,再以某一算法作为次级学习器对基学习器的输出进行二次集成,通过双层结构实现预测精度的提升,下面给出三类基本的机器学习算法。

1. 随机森林(RF)算法

随机森林是一种基于决策树集成的有监督机器学习算法^[23],广泛应用于分类和回归任务,具有良好的可解释性,特别适用于变量重要性评估与特征选择。该算法通过在每棵树的生成过程中对数据和特征进行最优分割,有效降低过拟合风险,同时能够输出特征重要性排序,为高维特征筛选提供量化依据,有助于识别关键变量并剔除冗余信息。基于以上优点,本文采用随机森林算法评估资源型城市与非资源型城市碳排放影响因素的重要性,依据各变量在模型中的使用频率及对预测的贡献程度来确定其影响程度。其理论公式为:

$$H(x) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T w_i h_i(x) \quad (1)$$

其中, w_i 是个体学习器 h_i 的权重。

2. 卷积神经网络(CNN)算法

卷积神经网络(CNN)是一种能够自动提取特征并进行模式识别的深度学习模型^[24]。它通过卷积运算和层次化结构自动学习

数据的抽象特征,无需人工设计特征提取器,并借助降维减少参数规模,扩展了深度学习在预测任务中的应用潜力。本文采用 CNN 构建预测模型,用于分析资源型与非资源型城市碳排放与其影响因素之间的关系,并对碳排放进行预测。模型构建步骤如下:

(1) 输入层:以 2006 - 2021 年城市碳排放影响因素数据作为输入;

(2) 卷积特征提取:通过卷积核在输入数据上滑动进行局部特征提取,计算如下:

$$C = f(X \otimes W_c + b_c) \quad (2)$$

其中, C 为卷积输出, f 为激活函数, X 为输入, \otimes 表示卷积操作, W_c 是权重矩阵, b_c 为偏置项;

(3) 池化降维:采用最大池化提取每个区域中的最大值,在保留关键特征的同时降低维度:

$$P = \text{maxpooling}(C) \quad (3)$$

(4) Dropout 正则化:在训练中随机丢弃部分神经元连接,以抑制过拟合;

(5) 全连接层:将特征展平并整合,完成高层特征映射;

(6) 输出层:生成最终预测结果。

3. 支持向量回归 (SVR) 算法

支持向量回归 (SVR) 由 Cortes [25] 等人于 1995 年提出,在处理非线性回归问题中表现出良好性能,并已在多个领域获得广泛应用。SVR 建模过程中,样本通常划分为训练集与测试集:训练样本通过非线性映射转换到高维特征空间,以构建最优决策函数;测试样本则用于验证模型泛化能力。其回归函数可表示为:

$$f(\mu) = \langle E \cdot \Phi(\mu) \rangle + \theta \quad (4)$$

其中, μ 为输入变量; $\Phi(\mu)$ 表示从输入空间到高维特征空间的非线性映射; θ 为偏置项。

为估计回归函数,需引入 ε 不敏感损失函数,并将其转化为以下优化问题:

$$R_{min} = \frac{1}{2} \|E\|^2 + \tau \sum_{i=1}^m (\xi_i + \xi_i^*) \quad (5)$$

式中: τ 为惩罚因子; ξ_i 和 ξ_i^* 为 l 个变量中第 i 个的松弛因子。

约束条件如下:

$$\begin{cases} E^T \Phi(\mu_i) + \theta_i - y_i \leq \varepsilon + \xi_i \\ y_i - E^T \Phi(\mu_i) - \theta_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* \geq 0, i = 1, \dots, l \end{cases} \quad (6)$$

式中: y_i 为 l 个变量中第 i 个的输出变量; θ_i 为 l 个变量中第 i 个的偏置项。

基于 Wolf 对偶理论,可引入拉格朗日乘子 α 将原问题转化为对偶形式,其约束为

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0 \\ 0 \leq \alpha_i, \alpha_i^* \leq \theta \end{cases} \quad (7)$$

SVR 预测模型可以通过二次规划求解:

$$f(\mu) = \sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) K(\mu_i, \mu) + \theta \quad (8)$$

式中 $K(\mu_i, \mu)$ 为 SVR 模型的核函数。

在支持向量机算法中,通常可选的核函数包括线性核、多项式核、径向基核函数 (RBF) 和 sigmoid 函数 [26]。由于 RBF 核函数具有广泛的收敛域,因此, RBF 被广泛作为 SVR 模型的核函数。

(二) 基于 Stacking 算法的集成预测模型

Stacking 集成学习 [27] 采用双层结构:第一层包含多个基学习器 (不同算法),第二层为单个元学习器 (结构见图 2)。训练时,通过 K 折交叉验证将训练集划分为多个子集,并将基学习器的交叉验证预测结果用于训练元学习器。测试时,各基学习器基于 K 折建立的模型对测试集进行预测,并将不同模型的预测结果取平均后输入元学习器,得到最终结果。吴佳润 [28] 对该方法进行了改进:将每个基学习器在 K 折交叉验证中对测试集的 K 个预测结果通过残差赋值进行加权组合,以此降低对噪声的敏感性,并将原始训练集与加权后的预测结果共同作为元学习器的输入,从而更好地保留原始数据信息。

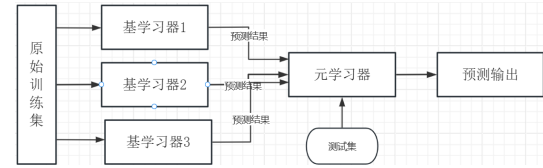


图 2: Stacking 集成算法基本框架

Figure 2: Basic Framework of the Stacking Integration Algorithm

本文提出的多算法集成碳排放预测模型采用两层 Stacking 结构:第一层选取 RF、CNN 和 SVR 作为基学习器,并从中选择性能最优者作为第二层的元学习器。训练阶段采用五折交叉验证,将各基学习器的验证预测结果输入元学习器进行训练。测试阶段中,各基学习器对测试集进行预测,基于预测值 \hat{y}_{base} 与真实值的残差 e_i 计算权重 w_i (残差与权重反比),通过加权融合得到 $\hat{y}_{combined}$ 。为保持数据完整性,将原始特征与加权预测结果共同输入元学习器,生成最终预测,流程详见图 3。

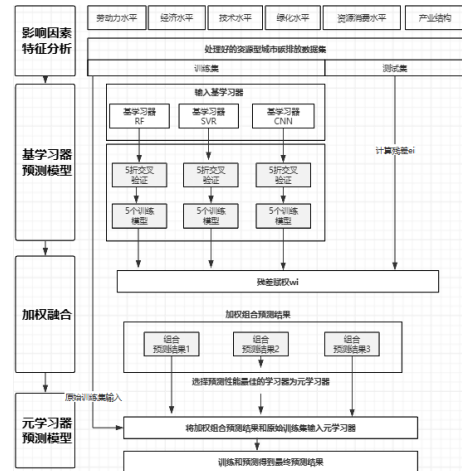


图 3: 多算法集成的碳排放预测流程图

Figure 3: Carbon Emission Prediction Flowchart Using Multi-Algorithm Integration

三、城市碳排放影响因素分析

(一) 影响因素分析

本实验基于 MATLAB 平台,采用随机森林模型(决策树数目 110,最小叶子数为 1)对资源型城市碳排放影响因素的重要性进行分析,结果如图 4(a)所示。产业结构高级化、城镇化率和常住人口的重要性最高,表明这些因素与碳排放具有显著关联;绿地面积、建成区覆盖率和固定资产投资的影响较小;电力消费量、从业人员、能源效率及人均 GDP 的影响处于中等水平。

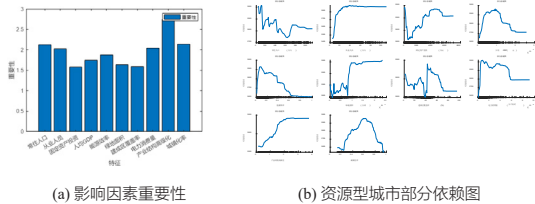


图 4: 资源型城市影响因素重要性及其依赖图

Figure 4: Importance of Factors Affecting Resource-Based Cities and Their Dependency Diagram

部分依赖图(图 4(b))揭示了各因素与碳排放之间的响应关系。产业结构高级化、城镇化率和常住人口是关键因素:产业结构高级化与碳排放呈非线性正相关,高技术产业占比在 10%~60% 时碳排放增速显著,超过 60% 后趋于平缓;城镇化率低于 58% 时碳排放随之上升,超过后影响减弱;常住人口在达 0.52×10^7 人时抑制作用最强,之后转为促进并渐趋平缓。能源效率、电力消费、从业人员和人均 GDP 具有中等影响;绿地面积、建成区覆盖率和固定资产投资的影响较小。

基于随机森林特征重要性分析结果,本文删去重要性最低的两个特征(见表 1),将剩余变量作为 Stacking 集成模型中基学习器的输入。该处理可降低模型维度与计算复杂度,有助于提升预测准确性与鲁棒性。

Table 1: Indicators of Carbon Emission Influencing Factors in Resource-Based Cities

表 1: 资源型城市的碳排放影响因素指标		
指标分类	指标名称	资源型城市
劳动力水平	从业人员	✓
	常住人口	✓
	固定资产投资额	
经济水平	人均 GDP	✓
	城镇化率	✓
技术水平	能源效率	✓
绿化水平	绿地面积	
	建成区覆盖率	
资源消费水平	城市电力消费量	✓
产业结构	产业结构高级化	✓

(二) 评估指标

均方根误差 (E_{RMSE})、平均绝对误差 (E_{MAE}) 以及决定系数 (R^2) 是衡量模型的预测性能的三个关键指标。其中 E_{RMSE} 表示预测值与实际值之差的平方的期望值的平方根,反映模型预测误差的标准偏差, E_{RMSE} 值越小,表明模型预测结果越稳定; E_{MAE} 是预测误差的绝对值的平均数,直接反映模型预测的精确度, E_{MAE} 越小,说明模型的预测精确度越高;决定系数 R^2 定义为回归平方和占总

平方和的比值,反映回归模型中解释变量对因变量变化的解释程度, R^2 值越接近 1,表示模型对数据的拟合效果越好。三者的计算公式 (9)、(10)、(11) 如下所示。

$$E_{RMSE} = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (9)$$

$$E_{MAE} = 1/n \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (10)$$

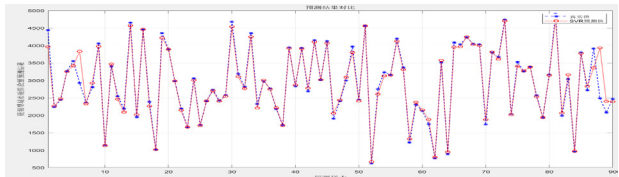
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (11)$$

式中: y_i 为城市碳排放的实际值; \hat{y}_i 为城市碳排放的预测值; \bar{y}_i 为城市碳排放的平均值; n 为样本数量。

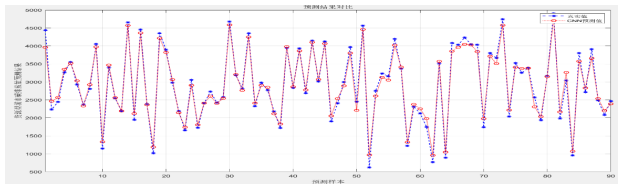
四、资源型城市碳排放量预测实证比较

(一) 基于 Stacking 算法集成的底层模型预测

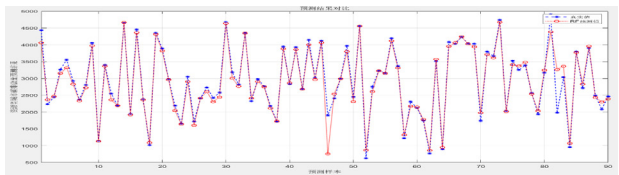
本文按照 9:1 的比例将资源型城市数据随机划分为原始训练集和测试集,并分别输入 RF、CNN 和 SVR 三种基学习器进行训练。RF 设置决策树数目为 110,最小叶子数为 1; CNN 输入数据规模为 $7 \times 1 \times 1$,卷积核大小为 3×1 ,采用批归一化层、Relu 激活函数和 SGDM 梯度下降算法,迭代 800 次,初始学习率为 0.01。三种基学习器的预测结果如图 5 所示。测试集上的评估指标显示(表 2),所有单一模型的均方根误差(ERMSE)和平均绝对误差(EMAE)均分别低于 0.09466 和 0.09444,决定系数 (R^2) 高于 0.95420,表明各模型均能较准确预测碳排放量。其中 CNN 表现最优,其 ERMSE、EMAE 和 R^2 分别为 0.09001、0.00615 和 0.97250。



(a)RF 模型预测值与真实值对比图



(b)SVR 模型预测值与真实值对比图



(c) CNN 模型预测值与真实值对比图

图 5: 底层模型预测值与真实值对比图

Figure 5: Comparison of Predicted Values and Actual Values for the Underlying Model

Table 2: Evaluation Metrics for the Underlying Base Learner
表2: 底层基学习器的评价指标

基学习器	R ²	E_{MAE}	E_{RMSE}
RF	0.95420	0.10966	0.01410
SVR	0.95983	0.10316	0.01044
CNN	0.97250	0.09001	0.00615

(二) 单一基学习器的残差赋值

集成学习方法通过融合多个基学习器的预测结果, 并利用元学习器学习如何更优地组合这些预测, 以提升模型性能。改进的 Stacking 算法^[28]在 K 折交叉验证中, 对每个基学习器的 K 个测试集预测结果进行残差加权融合, 再将加权结果作为元学习器的输入, 从而抑制误差较大的折对结果的影响, 降低模型对噪声的敏感性。具体步骤如下:

1. 计算残差: 设三个基模型 M_1, M_2, M_3 , 在五折交叉验证中, 每个模型基于训练集生成预测值, 并与真实值比较, 得到每折的平方误差 e_i (其中 $i=1, 2, 3, 4, 5$)。
2. 残差转化为权重: 归一化残差的倒数, 即权重与残差成反比, 具体公式如下:

$$w_i = \frac{1/e_i}{\sum_{i=1}^K (1/e_i)}, i=1, 2, 3, 4, 5 \quad (12)$$

3. 加权组合预测结果。对每个基学习器的 K 个模型预测结果按权重加权平均:

$$\hat{y}_{combined} = \sum_{i=1}^K w_i y_i \quad (13)$$

其中, \hat{y}_i 是第 i 个模型的预测值, w_i 是其权重。
该方法通过降低残差较大模型的权重, 有效抑制噪声和异常值的影响, 提升了集成模型的稳定性和鲁棒性。

(三) 基于 Stacking 算法集成的模型预测

在前述分析基础上, 由于 CNN 在三种基学习器中表现出最小的碳排放预测误差, 因此被选为 Stacking 集成模型的元学习器。以 RF、SVR 和 CNN 作为基学习器, 利用原始训练集构建 Stacking 集成模型, 并对测试集进行预测, 结果如图6所示。进一步分析预测值与实际值的相关性可知(表3), Stacking 集成算

法的决定系数 (R^2) 达到 0.98122, 表明其预测精度优于任一单一基学习器。同时, 与表现最优的基学习器 CNN 相比, 该集成方法的均方根误差 (E_{RMSE}) 和平均绝对误差 (E_{MAE}) 分别降低了 9.39% 和 11.54%, R^2 提高了 0.897 个百分点。结果证明, 本文所提出的 Stacking 集成算法在资源型城市碳排放预测中具有良好效果, 更适合该类任务的建模与分析。

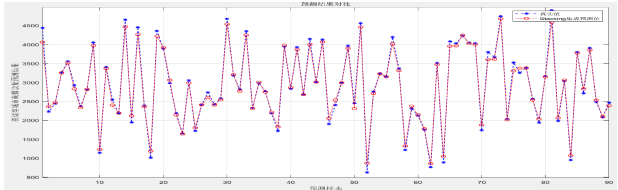


图6: Stacking 集成模型预测值与真实值对比图
Figure 6: Comparison of Stacking Ensemble Model Predictions and Actual Values

Table 3: Evaluation Metrics for Ensemble Models Based on the Stacking Algorithm
表3: 基于 Stacking 算法集成模型的评价指标

基学习器	R ²	E_{MAE}	E_{RMSE}
RF	0.95420	0.10966	0.01410
SVR	0.95983	0.10316	0.01044
CNN	0.97250	0.09001	0.00615
Stacking 集成	0.98122	0.08156	0.00544

五、结论

本文针对资源型城市碳排放预测问题, 提出了一种基于 Stacking 算法的集成模型, 通过融合 CNN、RF 和 SVR 构建双层预测框架, 显著提升了预测准确性与鲁棒性。首先采用随机森林 (RF) 提取关键特征, 识别出主要影响因素; 进而将筛选特征输入三个基学习器, 通过五折交叉验证训练并以残差赋权方式组合预测结果, 最终与原始数据共同训练元学习器。实验表明, 该方法不仅有效提高了预测精度、降低过拟合风险, 且其 RMSE 和 MAE 较表现最优的 CNN 模型分别降低 9.39% 和 11.54%, R^2 提升 0.897%, 显著优于单一模型。本研究为资源型城市碳排放预测提供了高效方法参考, 未来可进一步探索更多算法与复杂集成策略以持续提升性能。

参考文献

[1]Yuan R, Rodrigues J F D, Behrens P. Driving forces of household carbon emissions in China: A spatial decomposition analysis[J]. Journal of cleaner production, 2019, 233: 932.

[2] 穆佳音, 王金满, 刘彪, 等. 资源型城市碳排放演变及影响因素研究进展 [J/OL]. 煤炭学报: 1-15[2024-04-25].

[3] 施晓燕, 赵有益, 王音璠, 等. 黄河流域资源型城市碳达峰情景模拟研究 [J]. 西北师范大学学报 (自然科学版), 2024, 60(01): 106-114.

[4] 崔艳芳, 张国兴. 黄河流域资源型城市碳排放影响因素与达峰预测研究 [J]. 人民黄河, 2023, 45(02): 9-14.

[5] 李安, 尹逊之. 我国农村居民生活能源消费碳排放影响因素分析 [J]. 山东社会科学, 2024(02): 169-176.

[6] 赵一航, 赵会茹. 我国碳市场与化石能源市场溢出效应研究——基于 VAR-GARCH-BEKK 模型的分析 [J]. 工业技术经济, 2024, 43(04): 36-45.

[7] 杨帆, 甄江红. “双碳”目标下典型地区减污、降碳与经济增长关系研究: 以黄河流域城市群为例 [J]. 环境科学研究, 2023, 36(11): 2050-2064.

[8] 肖德, 张媛. 经济增长、能源消费与二氧化碳排放的互动关系——基于动态面板联立方程的估计 [J]. 经济问题探索, 2016(09): 29-39.

[9] 杨浩昌, 钟时权, 李廉水. 绿色技术创新与碳排放效率: 影响机制及回弹效应 [J]. 科技进步与对策, 2023, 40(08): 99-107.

- [10] Khanna N, Fridley D, Hong L. China's pilot low-carbon city initiative: A comparative assessment of national goals and local plans[J]. *Sustainable Cities & Society*, 2014, 12(7): 110–121.
- [11] 要蓉蓉, 郑石明, 邹克. 低碳试点政策传导机制及其效应——基于多维数据的实证研究 [J]. *公共管理与政策评论*, 2024, 13(02): 131–149.
- [12] 徐丽, 曲建升, 李恒吉, 等. 西北地区居民生活碳排放现状分析及预测 [J]. *干旱区地理*, 2019, 42(05): 1166–1175.
- [13] 苗安康, 袁越, 吴涵, 等. 中国省域碳达峰路径与政策 [J]. *环境科学*, 2023, 44(08): 4623–4636.
- [14] 焦柳丹, 刘莹, 吴雅, 等. 基于卷积神经网络的交通运输业碳排放预测研究 [J/OL]. *铁道运输与经济*: 1–9[2024-04-29].
- [15] 王伟同, 范海东, 梁成思, 等. 基于随机森林算法的对冲锅炉出口 NO_x 排放量预测模型研究 [J]. *热力发电*, 2022, 51(4): 96–104.
- [16] 刘慧甜, 胡大伟. 基于机器学习的交通碳排放预测模型构建与分析 [J/OL]. *环境科学*: 1–17[2024-04-29].
- [17] Chu, X. and Zhao, R. A building carbon emission prediction model by PSO-SVR method under multi-criteria evaluation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2021, 41, 7473–7484.
- [18] 武冰. 基于随机森林的模型平均预测方法研究. *北京大学学报 (自然科学版)*, 2021, 57(06): 1133–1142.
- [19] Liu, Zhong H, Zhao E, et al. Can China realize its carbon emission reduction goal in 2020: from the perspective of thermal power development[J]. *Applied Energy*, 2014, 124: 199.
- [20] 马良玉, 耿妍竹, 梁书源, 等. 基于 Stacking 多模型融合的风电机组齿轮箱油池温度异常预警 [J]. *中国电机工程学报*, 2023, 43(增刊 1): 242–251.
- [21] 杏艳, 宋新宇, 李飞, 李茂刚, 郭琦, 张霖琳. (2025). 集成学习算法结合经验模型预测城市大气污染物排放. *中国环境监测*, 41(3), 14–23.
- [22] 任宏洋, 杜若岚, 谢贵林, 等. 中国碳排放影响因素及识别方法研究现状 [J]. *环境工程*, 2023, 41(10): 195–203+244.
- [23] 曹桃云. 基于随机森林的变量重要性研究 [J]. *统计与决策*, 2022, 38(04): 60–63.
- [24] 谢焕增, 黄凌泽, 罗烨, 等. 基于多尺度卷积神经网络的 CRISPR/Cas9 脱靶预测方法 [J]. *生物工程学报*, 2024, 40(03): 858–876.
- [25] Cortes C, Vapnik V. Support-vector networks[J]. *Machine Learning*, 1995, 20(3): 273–297.
- [26] Elbisy M S. Sea wave parameters prediction by support vector machine using a genetic algorithm[J]. *Journal of Coastal Research*, 2015, 31(4): 892–899.
- [27] 李阳, 黄伟, 席建忠. 基于 Stacking 算法集成模型的电厂 NO_x 排放预测 [J]. *热能动力工程*, 2021, 36(5): 73–81.
- [28] 吴佳润, 林宇亮, 邢浩, 宁曦. 基于改进 Stacking 多模型融合的高速公路隧道建设碳排放预测模型. *湖南大学学报 (自然科学版)*, 2025, 52(5), 57–65.

数字经济对新质生产力发展的影响研究

方叶如

湖北工业大学 理学院, 湖北 武汉 430068

DOI:10.61369/ASDS.2025080007

摘 要： 作为引领生产力变革的核心力量，数字经济正在打破传统的生产边界成为激活新质生产力潜能的关键动能。选取2011–2023年中国省级面板数据，探究二者的影响效应及作用机制。研究发现：数字经济对新质生产力的发展具有显著的正向促进作用，在多重稳健性检验后依然成立；技术创新和绿色发展水平在数字经济影响新质生产力发展的过程中发挥了显著的中介作用；产业结构升级会强化数字经济对新质生产力的促进作用；数字经济对不同地区新质生产力的影响效应存在显著差异，且在劳动力水平高的地区更强。

关 键 词： 数字经济；新质生产力；绿色发展；技术创新；产业结构升级

The Impact of Digital Economy on the Development of New-Quality Productive Forces

Fang Yeru

School of Science, Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei 430068

Abstract： As the core force leading the transformation of productivity, the digital economy is breaking through traditional production boundaries and becoming a key driving force to activate the potential of new quality productivity. Select provincial panel data from China from 2011 to 2023 to explore the impact and mechanism of the two factors. Studies have indicated that the digital economy exerts a notable positive promotional impact on the development of new quality productivity, which still holds true after multiple robustness tests; The level of technological innovation and green development has played a significant mediating role in the impact of the digital economy on the development of new quality productivity; The upgrading of industrial structure will strengthen the promoting effect of the digital economy on new-quality productive forces; The impact of the digital economy on new quality productivity varies significantly in different regions, and is even stronger in areas with high labor levels.

Keywords： digital economy; new-quality productive forces; green development; technological innovation; industrial structure upgrading

引言

新质生产力是我国实现高质量发展的强劲动力，也为中国式现代化发展提供了有力保障。习近平总书记在中央经济工作会议中部署2025年经济工作提出：“以科技创新引领新质生产力发展，建设现代化产业体系”^[1]。而后，在二十届中央政治局第十一次集体学习中指出：“发展新质生产力是推动高质量发展的着力点”^[2]。目前我国在科研领域技术创新仍存在诸多难题，包括研发难度增强、高端人才供不应求、城乡区域发展不平等等情况制约着我国高质量发展进度，因此要积极应对多诸多挑战，从而保证新质生产力能维持稳步发展的良好态势。数字经济经过《“十四五” 数字经济发展规划》等一系列政策后其规模持续扩大，在我国经济发展中的稳居核心地位，2023年其规模已突破53.9万亿元，同时催生了大量新的产业模式，5G 建设、人工智能、云计算等数字技术得到广泛运用，有效提高了各产业的资源配置效率，为新质生产力的培育与发展提供强劲支撑。

在数字经济与新质生产力关联研究领域，诸多学者从不同维度展开了探讨。田秀娟等 (2022) 建立多部门熊彼特内生增长理论模型，得出在技术创新和金融创新在数字技术推动实体经济转型发挥中介作用^[3]。在理论层面，焦勇和齐梅霞 (2024) 则从将新质生产力分解成4个子系统的角度，从微观企业、中观产业、宏观社会方面展开分析数字经济对新质生产力水平的动力机制^[4]。陆敏等 (2024) 将数字经济与实体经济融合，发现数实融合能正向推动新质生产力发展^[5]。焦方义等 (2024) 指出数字经济是实现新质生产力发展的关键，能

助力我国新质生产力的形成发展^[6]。谢云哲 (2024) 认为以数字经济助力新质生产力发展, 需要加快建设数字基础设施和完善基础制度, 全面营造良好发展环境^[7]。

目前尽管已有文献探讨了新质生产力的发展历程及数字经济的影响情况, 但少有文献从省级层面分析数字经济赋能新质生产力发展的具体机制。故探究数字经济与新质生产力关系及影响机制, 不仅能充实新质生产力发展领域的实证研究成果, 也能为各地区如何借助发展数字经济来培育新质生产力提供经验依据和政策参考。

一、理论分析及研究假说

(一) 数字经济对新质生产力发展的影响

数字经济依靠数据要素的独特优势, 正在成为推动新质生产力向更高质量阶段升级的关键力量。数字经济对新质生产力的影响可以从以下几个方面展开: 一是从数据要素角度来看, 作为数字经济的核心生产要素, 数据要素的深度开发与市场化配置从根本上重塑了新质生产力的发展模式。数据要素摆脱了传统生产要素的稀缺性限制, 凭借可复制性与再生性特征在生产过程中创造了巨大价值。二是从数字技术来看, 作为数字经济的核心驱动力, 数字技术驱动数字经济产业规模推动了新质生产力从“量的积累”转向“质的跃升”。高生产效率的数字技术将劳动力向数字劳动转变, 向制造业、服务业等行业渗透, 有效提升和优化生产要素配置效率。故数字经济正通过高生产效率推动数字化升级, 从而培育新的生产力^[8]。三是从数字基础设施来看, 数字基础设施通过重构生产要素组合方式及产业运行模式, 推动生产力从资源依赖转向数据驱动。近年来数字基础设施不断完善健全, 使得技术、人才等资源从城市中心区域流向周边地区, 有效拓宽了新质生产力发展范围。四是在数字治理层面, 完善的法制体系能为数字治理提供关键支撑, 能为数字经济赋能新质生产力发展营造安全环境。

假设 H1: 数字经济能够促进新质生产力发展。

(二) 数字经济对新质生产力的影响机制

1. 数字经济、技术创新与新质生产力

技术创新是引领我国高质量发展的强劲动力, 随着数字要素的快速渗透, 技术创新通过重构社会劳动力、人力资本等生产要素的组合逻辑打破固化的要素配置权重, 能有效推动生产要素创新配置进而提升要素生产率。技术创新在互联网、人工智能等领域替代了重复性、低效率的劳动, 进一步强化深度学习模型等数字化工具、3D 打印技术等创造性劳动工具。因此在推动产业升级的同时改善了社会运行效率, 成为助力新质生产力发展的强劲动力。

假设 H2: 数字经济能通过促进技术创新推动新质生产力发展。

2. 数字经济、绿色发展与新质生产力

“走生态优先、绿色发展之路”是建设现代化经济体系和迈向中国式现代化的必然选择。绿色发展重视在发展经济过程中保护生态环境和资源的可持续利用, 是一种全新的发展理念, 为发展新质生产力提供了基础支撑^[9]。数字经济的发展推动了新能源、

节能环保等一系列新兴产业的萌生, 同时数字技术能为高耗能、高排放企业提供绿色发展方案, 人工智能算法不仅能有效监控工业能源系统有效降低污染副产品的产生, 还改变了传统的高污染生产模式, 加速传统产业的绿色升级, 从而实现更高水平的绿色发展, 更好地适应新质生产力的发展需求。为新质生产力提供了广阔的市场空间。

假设 H3: 数字经济能通过促进绿色发展推动新质生产力发展。

3. 数字经济、产业结构升级与新质生产力

产业结构升级会催生出数据协同等高阶数字化需求, 由此拉动数字基础设施的投资和推动了数字技术加快迭代来满足这种需求, 使得数字经济更加深度渗透到产业中。此外, 在产业结构升级过程中, 高素质技术人才、资本等要素聚集到生产率更高的产业, 产业链延伸将企业数字与优质要素协同放大的全要素生产率也扩散到中下游厂商中, 形成跨产业数据融合的新生态环境, 使得数字经济有更广泛的覆盖范围, 从而大范围激活新质生产力的发展。

假设 H4: 产业结构升级在数字经济对新质生产力发展的影响中起调节作用。

二、模型选择与变量选取

(一) 模型假定

1. 基准回归模型

结合上文的理论阐释和研究假设, 本研究构建如下固定效应模型探究数字经济对新质生产力发展的具体作用机制:

$$Newpro_{it} = \alpha_1 + \beta_1 Dige_{it} + \gamma_1 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it}$$

$Newpro_{it}$ 为被解释变量新质生产力, $Dige_{it}$ 为解释变量数字经济, X_{it} 代表控制变量, 包括城镇化水平、对外开放水平、财政支出水平和劳动力水平, μ_i 为个体固定效应, η_t 为时间固定效应, ε_{it} 为误差项。

2. 中介效应模型

为深入剖析数字经济驱动新质生产力发展的作用机理, 本研究参考江艇 (2022)^[10] 的中介效应分析方法, 进一步构建如下中介模型:

$$M_{it} = \alpha_2 + \beta_2 Dige_{it} + \gamma_2 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it}$$

M_{it} 为中介变量, 其他变量与上述公式一致。

3. 调节效应模型

构建如下调节模型探究产业结构升级在数字经济对新质生产力的作用机制中的调节效应：

$$Newpro_{it} = \alpha_1 + \beta_1 Dige_{it} + \beta_2 USI_{it} + \beta_3 USI_{it} * Dige_{it} + \gamma_1 X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it}$$

USI 为产业结构升级， $USI_{it} * Dige_{it}$ 为产业结构升级与数字经济的交互项。

（二）数据来源

本研究样本为 2011—2023 年中国 30 个省级（除西藏、港澳台地区）面板数据，计算过程中的少部分缺失值采用线性插值法计算得出，数据主要来源于《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》以及各省域历年的统计年鉴。

（三）变量选取

1. 被解释变量：新质生产力。本文借鉴王珏 (2024)^[11] 的相关研究，基于数据的可得性，从劳动者、劳动资料和劳动对象三个维度构建新质生产力评价指标体系，根据熵值法测算我国 30 个省份的新质生产力得分。

表 1：新质生产力指标

一级指标	二级指标	三级指标
劳动者	教育投入	教育支出 / 财政支出
	人力产出	高校在校生数 / 总人口数
		第三产业就业人员数 / 总人口数
		公路里程
劳动资料	基础设施	铁路里程
	创新水平	光缆线路长度
		发明专利授权数量 / 总人口数
		新产品开发经费支出 / GDP
劳动对象	新兴产业	工业机器人安装密度
	绿色环保	规模以上工业企业新产品开发经费支出 / GDP
		环境保护支出 / 一般公共预算支出
		森林覆盖率
	节能减排	工业二氧化硫排放量 / GDP

2. 解释变量：数字经济。借鉴赵涛（2020）^[12] 的测度方法，从数字化基础设施、数字产业化和产业数字化三个维度构建数字经济指标体系，通过熵值法得到数字经济水平。

表 2：数字经济指标

一级指标	二级指标	测度方式
数字化基础设施	互联网宽带接入率	互联网宽带接入端口数 / 地区常住人口数
	互联网宽带普及率	互联网宽带接入用户数 / 地区常住人口数
	移动电话设施规模	移动电话交换机容量
	长途光缆线路长度	长途光缆线路长度
	网页数	网页数
	域名数	域名数
	人均电信业务总量	电信业务总量 / 地区常住人口数
数字产业化	移动电话普及率	移动电话普及率
	信息传输、软件和信息技术服务业法人单位数	信息传输、软件和信息技术服务业法人单位数
	信息软件业就业人员占比	信息传输、软件和信息技术服务业城镇单位就业人员 / 城镇单位就业人员
	国内专利申请授权量	国内专利申请授权量
	国内专利申请受理量	国内专利申请受理量
产业数字化	北京大学数字普惠金融指数	北京大学数字普惠金融指数
	有电子商务交易活动的企业数比重	有电子商务交易活动的企业数比重
	电子商务销售额	电子商务销售额
	每百家企业拥有网站数	每百家企业拥有网站数
产业数字化	二三产业增加值	第二产业增加值 + 第三产业增加值
	科技创新投入	规模以上工业企业 R&D 经费
	快递量	快递量

3. 控制变量：城镇化水平，采用各省常住城镇人口占总人口的比重来表示；对外开放水平，采用进出口总额占 GDP 的比重表示；财政支出水平，采用采用各地区一般预算支出占 GDP 的比重来表示；劳动力水平，采用就业人数占当地人口的比重表示。

4. 中介变量：技术创新，参考《国家创新能力评价指标体系》使用亿元 GDP 发明专利申请数衡量技术创新水平，即地区发

明专利申请数量除以 GDP；绿色发展水平，以绿色专利申请数量衡量。

5. 调节变量：产业结构升级，采用第二产业增加值与 GDP 的比值表示。

各变量的描述性统计如表 3 所示：

表3：描述性统计结果						
变量	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
新质生产力	Npro	390	0.223	0.0842	0.0766	0.683
数字经济	Dige	390	0.137	0.116	0.0145	0.747
城镇化水平	Urb	390	0.606	0.120	0.350	0.896
对外开放水平	Open	390	0.268	0.274	0.00763	1.464
财政支出水平	Ecos	390	0.276	0.117	0.119	0.793
劳动力水平	Lab	390	0.061	0.188	0.061	0.736
技术创新	Tech	390	1.031	0.768	0.134	4.333
绿色发展水平	Gre	390	0.456	0.669	0.00190	4.594
产业结构升级	Ind	390	0.401	0.0820	0.138	0.620

三、实证分析结果分析

（一）基准回归

数字经济对新质生产力的回归结果如表4，列（1）只含解释变量，列（2）添加了控制变量，均控制了个体与时间。列（2）数字经济的系数为0.656，且在1%水平上显著，说明数字经济能显著促进新质生产力的发展，验证了H1假设。

表4：基准回归结果		
	(1)	(2)
	Npro	Npro
Dige	0.653*** (30.382)	0.656*** (26.005)
Urb		-0.057 (-0.763)
Open		0.007 (0.394)
Ecos		-0.062* (-1.669)
Lab		0.004 (0.268)
_cons	0.160*** (50.193)	0.205*** (5.277)
年份固定	是	是
地区固定	是	是
N	390	390
R ²	0.849	0.850

（二）中介效应检验

为了更好的发挥数字经济对新质生产力发展的促进效应，参照江艇（2024）^[12]的研究，本文从技术创新和绿色发展水平出发，探讨数字经济对新质生产力的影响机制。表5列（2）、列（3）显示数字经济对技术创新、绿色发展水平的回归系数显著为正，说明数字经济能够显著提升技术创新和绿色发展水平，因此表明数字经济通过提升技术创新和绿色发展水平促进新质生产力发展，验证了H2、H3假设。

表5：中介效应检验			
	(1)	(2)	(3)
	Score	Tech	Gre
Dige	0.656*** (26.005)	1.308*** (2.973)	7.383*** (26.992)
Urb	-0.057 (-0.763)	-1.086 (-0.830)	0.097 (0.119)
Open	0.007 (0.394)	0.047 (0.142)	0.279 (1.361)
Ecos	-0.062* (-1.669)	1.227* (1.897)	0.772* (1.918)
Lab	0.004 (0.268)	0.396 (1.520)	-0.041 (-0.252)
_cons	0.205*** (5.277)	0.793 (1.172)	-0.603 (-1.432)
年份固定	是	是	是
地区固定	是	是	是
N	390	390	390
R ²	0.850	0.327	0.844
***p<0.01”，**p<0.05”，*p<0.10			

（三）调节效应检验

本文将产业结构升级作为调节变量，进行调节效应分析，结果见表6。列（1）为未加入调节变量的回归结果，数字经济的回归系数为0.656；列（2）产业结构升级变量后，数字经济的回归系数为0.655且在1%的水平上显著，而产业结构升级回归系数为负数而且并不显著，说明产业结构升级对新质生产力发展没有显著的直接影响；列（3）为加入产业结构升级与数字经济的交叉项后的回归结果，数字经济回归系数显著为正且交互项系数为0.676，且在1%的水平上显著，说明产业结构升级会正向调节数字经济对新质生产力的发展。即产业结构升级程度越高，数字经济对新质生产力的推动效果越明显，二者协同能够能更好地赋能新质生产力的发展，验证了H4假设。

表6：调节效应分析

	(1)	(2)	(3)
	Score	Score	Score
Dige	0.656*** (26.005)	0.655*** (25.845)	0.401*** (6.161)
Urb	-0.057 (-0.763)	-0.055 (-0.724)	-0.175** (-2.235)
Open	0.007 (0.394)	0.007 (0.353)	-0.009 (-0.482)
Ecos	-0.062* (-1.669)	-0.067* (-1.657)	-0.053 (-1.464)
Lab	0.004 (0.268)	0.005 (0.317)	0.001 (0.081)
Ind		-0.015 (-0.334)	
Dige*Ind			0.676*** (4.216)
_cons	0.205*** (5.277)	0.212*** (4.770)	0.268*** (6.578)
年份固定	是	是	是
地区固定	是	是	是
N	390	390	390
R ²	0.850	0.850	0.858
F	114.455	107.823	114.369

***p<0.01”， “**p<0.05”， “*p<0.10

（四）稳健性检验

本文选取以下两种路径进行稳健性检验提升研究结论的可信度和稳健性，结果如表 7。列（1）为在对数字经济进行滞后一期的回归结果，数字经济滞后一期对新质生产力的影响依旧显著为正；列（2）为删除疫情年份过后的回归结果，避免2020–2022年新冠肺炎疫情对研究结果稳定性的影响，结果显示数字经济对新质生产力的影响依旧显著。综上可见，本文构建的模型具有良好的稳健性。

表7：稳健性检验分析

	(1)	(1)
	Score	Score
L.Dige	0.676*** (24.557)	
Dige		0.642*** (20.823)
Urb	-0.013 (-0.167)	0.017 (0.204)
Open	-0.005 (-0.223)	0.001 (0.028)

Ecos	-0.041 (-1.044)	-0.044 (-1.083)
Lab	0.000 (0.024)	0.005 (0.211)
_cons	0.187*** (4.462)	0.163*** (3.723)
年份固定	是	是
地区固定	是	是
N	360	300
R ²	0.849	0.824

***p<0.01”， “**p<0.05”， “*p<0.10

（五）异质性分析

我国东西地区资源分布不均且经济发展在不同地区存在明显落差，而这种差距在数字经济发展水平上也较为突出，为了研究数字经济在不同区域发展情况以及对新质生产力的异质性影响，将30个省份分为东部、中部和西部地区进行回归分析，结果见表 8。可以发现东部、中部和西部地区数字经济对新质生产力的影响均显著为正且呈现出“西部 > 中部 > 东部”的差异分布格局。这一现象可能是在于东部整体较为发达且数字基础设施已经较为饱和，而西部地区尽管数字基础设施相对落后但有很大的进步空间，2024年西部规模以上企业数字化转型率远高于东部，因此数字经济对西部地区的边际效益更高，导致了西部地区数字经济对新质生产力的推进作用更显著。同时劳动力水平高的地区数字经济对新质生产力的促进作用更大。此现象成因在于劳动力水平高的地区会聚集更多的高素质人才，高素质人才具备更强的科研技能有效缩短产业与数字技术融合周期，在推动产业融合的同时提升资源配置的效率，因此数字经济对新质生产力发展的推动方面比其他区域更为突出。

表8：异质性分析

	东部	中部	西部	劳动力高	劳动力低
	SCORE	SCORE	SCORE	SCORE	SCORE
DIGE	0.626*** (18.658)	0.653*** (3.628)	0.732*** (10.505)	0.662*** (25.147)	0.599*** (9.895)
URB	-0.066 (-0.515)	-0.090 (-0.231)	-0.785*** (-6.524)	-0.079 (-0.732)	-0.268* (-1.937)
OPEN	-0.039 (-1.386)	-0.036 (-0.285)	-0.004 (-0.120)	-0.012 (-0.542)	0.022 (0.573)
ECOS	0.049 (0.541)	-0.058 (-0.519)	-0.081*** (-2.946)	0.007 (0.162)	-0.055 (-0.769)
LAB	0.553*** (4.579)	0.515* (1.907)	0.134 (1.645)	0.321*** (2.915)	0.006*** (4.102)
_CONS	-0.206* (-1.973)	-0.142 (-0.597)	0.421*** (5.051)	-0.060 (-0.766)	-0.123 (-1.060)
年份固定	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是
N	156	117	117	195	195
R ²	0.928	0.582	0.872	0.913	0.766

***P<0.01”， “**P<0.05”， “*P<0.10

四、对策建议

一是加大对数字基础设施的投入，促进数字技术与实体经济深度融合。在人工智能、科技研发等领域将数字技术融入实际产业中重构生产组织模式。既要经济发达的东部地区打造数字技术创新示范基地和产业融合示范区，也要聚焦于中西部发展较落后地区，完善宽带网络等数字基础设施，缩小不同区域数字基础设施建设差距。

二是鼓励企业和科研机构、高校联合培育绿色数字技术，对5G基站、数据中心等数字基础设施进行节能改造，将数字技术与节能改造融入到高耗能企业，提升能源利用效率的同时实现绿色

创新发展。加大创新激励政策的力度，鼓励传统产业进行绿色数字化改造，对于有效利用数字技术实现节能改造的企业减免税收及提供补贴，激发社会市场的创新动力。

三是推动产业结构优化升级，持续为新质生产力发展演进注入长效动能。政府适当实施政策扶持对市场进行引领，大力发展高新技术产业加快产业结构调整，推动企业技术创新和智能化改造。同时健全数字安全保障体系，筑牢数据治理和网络安全等防线，针对数据中心、工业互联网等关键设施建立跨部门、跨区域的数字安全监管协作机制，为数字经济稳定发展打造安全屏障。

参考文献

[1] 伍广强. 加快构建新发展格局扎实推动高质量发展——聚焦2024年中央经济工作会议[J]. 广东教育(高中版), 2025, (05): 55-61.

[2] 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]. 宁夏农林科技, 2024, 65(11): 1-2.

[3] 田秀娟, 李睿. 数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界, 2022, 38(05): 56-73.

[4] 焦勇, 齐梅霞. 数字经济赋能新质生产力发展[J]. 经济与管理评论, 2024, 40(03): 17-30.

[5] 陆敏, 任潇洒, 周雪含. 数实融合推进新质生产力发展的逻辑机理和传导路径研究[J]. 工业技术经济, 2024, 43(10): 32-41.

[6] 焦方义, 杜瑄. 论数字经济推动新质生产力形成的路径[J]. 工业技术经济, 2024, 43(3): 3 ~ 13, 161.

[7] 谢云哲. 以数字经济助力新质生产力发展[J]. 共产党员(河北), 2024, (21): 16-17

[8] 洪银兴. 新质生产力及其培育和发展[J]. 经济动态, 2024, (01): 3-11.

[9] 徐耸, 邵盼盼. 新质生产力和绿色发展的耦合协调关系研究[J]. 河北科技大学学报(社会科学版), 2025, 25(03): 1-9.

[10] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022, (05): 100-120.DOI: 10.19581/j.cnki.ciejournal.2022.05.005.

[11] 王珏. 新质生产力：一个理论框架与指标体系[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2024, 54(01): 35-44.DOI: 10.16152/j.cnki.xdxbsk.2024-01-004.

[12] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-76

基于多模型融合的中国东部地区竞争力分析与区域协调发展对策

张淑慧, 杨昊霖, 张晨阳, 夏英*

海口经济学院, 海南 海口 570100

DOI:10.61369/ASDS.2025080008

摘 要 : 本文基于2023年我国东部省份竞争力评价数据,从经济、科技、社会、生态四个维度构建综合评价体系,系统分析东部地区10省份的发展现状与竞争力差异。通过熵权法确定指标权重,结合耦合协调度模型和聚类分析,量化评估各省份综合得分并排名,揭示区域发展的优势与短板。研究发现,东部地区呈现“三极引领、梯度分化”格局:北京、江苏、上海在科技创新和经济实力上表现突出,但生态协调性不足;广东、浙江等省份产业均衡但区域协同较弱;河北、海南等地面临发展滞后与生态保护的双重压力。针对分析结果,提出深化长三角/粤港澳区域联动、推动产业绿色转型、优化创新资源配置等差异化政策建议,并预判人口老龄化、资源约束等未来挑战,为东部地区高质量发展提供数据支撑和决策依据。

关 键 词 : 东部地区; 竞争力评价; 熵权法; 耦合协调度; 区域协同

Analysis of Competitiveness and Regional Coordinated Development Strategies in Eastern China Based on Multi-model Integration

Zhang Shuhui, Yang Haolin, Zhang Chenyang, Xia Ying*

Haikou University of Economics, Haikou, Hainan 570100

Abstract : This study utilizes 2023 competitiveness evaluation data from eastern Chinese provinces to construct a comprehensive assessment framework across four dimensions: economic, technological, social, and ecological factors. Through entropy weighting for indicator prioritization, coupled coordination degree modeling, and cluster analysis, the research quantitatively evaluates provincial performance rankings while identifying regional development strengths and weaknesses. The findings reveal a "tripolar leadership with tiered differentiation" pattern: Beijing, Jiangsu, and Shanghai excel in technological innovation and economic strength but show inadequate ecological coordination; Guangdong and Zhejiang demonstrate balanced industrial development yet face weak regional collaboration; Hebei and Hainan grapple with dual pressures of developmental lag and ecological conservation. Policy recommendations include deepening Yangtze River Delta/Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area integration, promoting green industrial transformation, and optimizing innovation resource allocation. Future challenges such as population aging and resource constraints are projected, providing data-driven insights and decision-making support for high-quality regional development.

Keywords : Eastern China; competitiveness evaluation; entropy weighting method; coupling coordination degree; regional collaboration

引言

我国东部地区作为改革开放先行区,长期以来在经济发展、科技创新与对外开放中发挥关键引领作用,以长三角、珠三角和京津冀三大城市群为核心引擎,构成全国最具活力的经济增长极。2023年,该区域GDP总量占全国52%以上,人均GDP达10.8万元,研发投入强度(2.8%)显著领先。在新发展格局下,东部地区持续推进产业转型与区域协同,致力于打造高质量发展先行区。系统评估其综合竞争力,对促进区域协调、培育新质生产力具有重要战略意义。

作者简介:

张淑慧,海口经济学院聚星数字经济学院,本科在读;

杨昊霖,海口经济学院聚星数字经济学院,本科在读;

张晨阳,海口经济学院聚星数字经济学院,本科在读。

通讯作者:夏英,海口经济学院,硕士研究生,研究方向为运筹与优化。

本文构建经济、科技、社会与生态四维评价体系，运用熵权法、耦合协调度模型及聚类分析方法，对东部10省份进行量化评估与比较，揭示空间分异特征与发展不均衡问题，并探索经济—生态协同路径。研究成果可拓展区域竞争力理论方法，为制定差异化政策、推进长三角与大湾区建设等国家战略提供依据，同时为内陆地区发展提供借鉴，助推全国形成优势互补、协调联动的区域发展新格局。

一、文献综述

（一）国内文献综述

国内对区域竞争力的研究主要集中于评价体系构建、模型优化及实证分析三个方向。在评价体系方面，李明等（2020）建立了经济—社会—环境—创新四维框架，并利用熵权法验证指标科学性^[1]；赵晓燕等（2019）进一步结合熵权法与TOPSIS模型，提升了东部沿海梯度差异分析的客观性^[2]。模型优化上，陈晓华等（2021）融合灰色关联与DEA方法，解决了多指标优化问题^[3]；王丽（2020）借助多指标综合评价，系统研究了东部省份“经济—生态”协调机制^[4]。实证方面，张华等（2018）通过空间计量模型揭示三大城市群“核心—边缘”结构及创新集聚的影响^[5]；刘洋（2019）指出省内二元结构是区域协调的主要障碍，并提出“飞地经济”等对策^[6]。

（二）国外文献综述

国外区域竞争力研究已形成较完整的理论框架，主要集中在理论体系、关键因素和实证方法三个维度。理论方面，Porter（1990）的“钻石模型”阐述了要素协同机制^[7]；Florida（2002）提出创意阶层理论，强调人才集聚对创新的作用^[8]。关键因素上，Cooke等（2002）证实产学研协同对竞争力的促进作用^[9]；Kresl和Singh（1999）论证了基础设施与制度环境的核心影响^[10]。实证方法上，Anwar和Sun（2015）通过多维指标体系验证了创新与制度的作用，但方法在发展中国家适用性仍需检验^[11]。

（三）研究不足与文本创新

国内外区域竞争力研究已形成较为完整的理论体系。国内学者主要从评价体系构建、模型优化和实证分析三个维度展开研究；国外研究则侧重于理论体系构建、关键因素分析和实证方法。现有研究在区域协同机制和发展中国家适用性方面仍存在不足，本文将通过多模型融合与实证检验，重点解决区域协调发展中的关键问题。

二、数据来源与预处理

（一）数据来源

本文数据源自中国知网《2023年我国东部省份竞争力评价数据》，涵盖东部10省（市）经济、科技、社会及生态四大维度的核心指标，如人均GDP、发明专利授权数、城镇居民收入、人均绿地面积等。数据由国家统计局等权威部门提供，统计口径统一、时效性强，为研究提供了可靠支撑。

（二）数据预处理

1. 数据质量检查与缺失值处理

经数据核查发现，海南省2023年R&D经费数据存在异常波动。为保证数据连续性，采用移动平均法进行修正处理：

（1）修正公式：

$$\hat{x}_{2023} = \frac{x_{2022} + x_{2024}}{2} = \frac{182,500 + 198,200}{2} = 190,350 \text{ 万} \quad (\text{公式1})$$

（2）偏差率验证：

$$\text{偏差率} = \left| \frac{190,844 - 190,350}{190,350} \right| \times 100\% = 0.26\% < 1\% \quad (\text{公式2})$$

修正结果可靠，偏差率控制在1%以内，数据质量符合要求。

2. 量纲统一化处理

针对不同量纲指标，采用以下转换公式进行标准化处理：

（1）经济指标转换公式：

$$x_{\text{新}} = \frac{x_{\text{原}}}{10,000} (\text{单位：元} \rightarrow \text{万元}) \quad (\text{公式3})$$

例如，北京市人均GDP 200,278元 → 20.0278万元。

（2）科技指标转换公式：

$$x_{\text{新}} = \frac{x_{\text{原}}}{10,000} (\text{单位：万元} \rightarrow \text{亿元}) \quad (\text{公式4})$$

例如，北京市R&D经费4,410,019万元 → 441.0019亿元。

（3）数量指标转换公式：

$$x_{\text{新}} = \frac{x_{\text{原}}}{10,000} (\text{单位：项} \rightarrow \text{万项，人} \rightarrow \text{万人}) \quad (\text{公式5})$$

例如，北京市发明专利107,875项 → 10.7875万项。

3. 异常值检测与分析

采用改进的IQR（四分位距）方法进行系统化异常值检测，具体公式如下：

（1）核心计算公式

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (\text{公式6})$$

（2）检测边界公式

$$\text{LowerBound} = Q_1 - k \cdot IQR \quad (\text{公式7})$$

$$\text{UpperBound} = Q_3 + k \cdot IQR \quad (\text{公式8})$$

其中， k 为调整系数，本文取 $k=2$ （较常规1.5更宽松）； Q_1 为第一四分位数（25%分位点）， Q_3 为第三四分位数（75%分位点）， IQR 为四分位距；定义异常值范围为 $(-\infty, Q_1 - 2IQR) \cup (Q_3 + 2IQR, +\infty)$ 。

4. 数据标准化

(1) 正向指标标准化

对于数值越大代表竞争力越强的指标（如人均 GDP、专利授权量等），采用极差标准化方法进行转换，公式如下：

$$x' = \frac{x - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (\text{公式 19})$$

其中， x 为原始观测值， $\min(X)$ 和 $\max(X)$ 分别为该指标在样本中的最小值和最大值， x' 为标准化结果，其值域严格限定在 [0,1] 区间。

(2) 逆向指标标准化

对于数值越小代表竞争力越强的指标（如单位 GDP 能耗、失业率等），采用逆向极差标准化方法，公式如下：

$$y' = \frac{\max(Y) - y}{\max(Y) - \min(Y)} \quad (\text{公式 20})$$

其中， y 为原始观测值， $\min(Y)$ 和 $\max(Y)$ 分别为该指标在样本中的最小值和最大值， y' 为标准化结果，其值域同样限定在 [0,1] 区间。

三、模型建立与分析

（一）基于熵权法的竞争力综合评价

熵权法通过量化指标的信息熵差异客观分配权重，有效避免主观偏差，适用于多指标综合评价与竞争力排名。本文据此构建涵盖经济、科技、社会、生态四大维度的评价体系，科学评估东部地区各省份的整体竞争力。

1. 评价指标体系构建

本文基于科学性、系统性与可操作性，构建了包含 4 个一级指标和 12 个二级指标的东部省份竞争力评价体系，涵盖经济、科技、社会、生态四大维度，全面衡量区域综合竞争力，见表 1。

表 1：东部省份竞争力评价指标体系

准则层	指标层	单位	属性
经济实力 (x_1)	x_{11} 人均 GDP	元	正向
	x_{12} 社会消费品零售总额	亿元	正向
	x_{13} 城镇居民人均可支配收入	元	正向
科技教育 (x_2)	x_{21} R&D 经费投入强度	%	正向
	x_{22} 每十万人口高校在校生数	人	正向
	x_{23} 发明专利授权量	件	正向
社会民生 (x_3)	x_{31} 每万人拥有医师数	人	正向
	x_{32} 基本养老保险参保率	%	正向
	x_{33} 城镇登记失业率	%	逆向
生态环境 (x_4)	x_{41} 单位 GDP 能耗	吨标准煤 / 万元	逆向
	x_{42} 空气质量优良天数比例	%	正向
	x_{43} 城市建成区绿化覆盖率	%	正向

2. 熵权法模型构建

(1) 熵权计算步骤

本文采用熵权法确定指标权重，通过量化指标的信息熵客观反映其重要性差异，避免主观偏差。具体计算步骤如下：

① 计算指标比重，公式如下：

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^n z_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, m) \quad (\text{公式 11})$$

其中， z_{ij} 代表第 i 个省份在第 j 项指标上的标准化值； n 代表省份总数； m 代表指标总数； P_{ij} 代表标准化后各指标值的比重。

② 计算信息熵，公式如下：

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (\text{公式 12})$$

其中， e_j 代表第 j 项指标的信息熵； $k = 1 / \ln(n)$ 为归一化系数，保证 $e_j \in [0,1]$ 。当 $P_{ij} = 0$ 时，根据数学极限定义，规定 $P_{ij} \ln(P_{ij}) = 0$ 。

③ 计算差异系数，公式如下：

$$g_j = 1 - e_j \quad (\text{公式 13})$$

其中， g_j 代表第 j 项指标的差异系数，其值越大表明该指标在评价体系中的区分能力越强。

④ 确定指标权重，公式如下：

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (\text{公式 14})$$

其中， w_j 代表第 j 项指标的最终权重， $\sum_{j=1}^m g_j$ 代表所有指标差异系数的总和。

(2) 权重分配结果

通过上述计算，可得到各维度权重分配结果如表 2 所示：

表 2：各维度权重分配表

准则层	权重	主要依据
经济实力	0.352	数据离散程度最大，信息熵最小
科技教育	0.287	发明专利等指标差异显著
社会民生	0.198	医疗资源等指标相对均衡
生态环境	0.163	环境质量指标差异较小

3. 综合竞争力评价

基于熵权法确定的指标权重体系，本文对东部 10 省份进行综合竞争力评价。通过线性加权法计算各省份综合得分，公式如下：

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot z_{ij} \quad (\text{公式 15})$$

其中， S_i 代表第 i 个省份的综合得分， w_j 表示第 j 项指标的权重， z_{ij} 代表第 i 个省份第 j 项指标的标准化值， m 表示指标总数。

评价结果如表3所示：

表3：我国东部省份竞争力评价数据表

排名	地区	综合得分	经济实力得分	科技教育得分	社会民生得分	生态环境得分
1	北京市	4.146205	1.547075	0.739692	2.099400	-0.239961
2	江苏省	1.618884	0.360962	0.912538	-0.370521	0.715905
3	上海市	0.625250	1.662095	-0.223014	1.056982	-1.870813
4	浙江省	0.606642	0.400731	-0.191488	0.083534	0.313865
5	广东省	0.347815	-0.323597	0.943276	-0.645453	0.373589
6	山东省	0.257978	-0.649022	0.148075	-0.419138	1.178062
7	福建省	-0.862980	0.044897	-0.559259	-0.815009	0.466391
8	天津市	-1.322285	-0.497902	0.013699	0.204913	-1.042995
9	河北省	-2.476243	-1.340727	-0.747169	-0.455724	0.067376
10	海南省	-2.941266	-1.204512	-1.036350	-0.738983	0.038579

根据表3，东部地区竞争力呈现显著梯度差异：北京（4.146分）领先，科技与社会民生突出但生态较弱；江苏、上海各具优势，江苏强于科技与生态而社会民生不足，上海经济与社会民生强但科技与生态滞后；浙江、广东、山东居中，广东科技突出而经济民生为负；福建至海南排名靠后，海南经济与科技尤为薄弱。整体形成“三极引领、梯度下降”格局，资源集中于京津、长三角和珠三角，冀琼等地明显滞后。建议：1）强化区域协同，推进京津冀与大湾区联动；2）推动绿色创新转型；3）实施差异化帮扶，重点提升落后地区产业与民生水平，促进东部整体高质量发展。

（二）耦合协调度诊断与区域分异

耦合协调度模型算法是一种多维度系统协调性量化评估的分析方法，该方法适用于区域发展诊断、政策效果评估、资源优化配置等领域。

1. 模型构建与方测算

基于熵权法标准化数据，采用耦合协调度模型量化评估经济（ x_1 ）、科技（ x_2 ）、社会（ x_3 ）、生态（ x_4 ）四系统协同水平，具体计算过程包含以下3个步骤：

(1) 耦合度（C）计算

反映系统间相互作用强度，公式如下：

$$C = 4 \times \left[\frac{x_1 x_2 x_3 x_4}{(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)^4} \right]^{1/4}$$
（公式16）

其中， x_i 为标准化后的维度得分，C 代表四大系统的耦合度。

(2) 协调指数（T）计算

表征综合发展水平，采用熵权法权重（经济0.352、科技0.287、社会0.198、生态0.163）加权求和，公式如下：

$$T = \sum_{i=1}^4 w_i x_i$$
（公式17）

其中， w_i 为熵权法权重，T 代表综合发展水平指数。

(3) 耦合协调度（D）合成

综合协同性与发展质量，公式如下：

$$D = \sqrt{C \cdot T}$$
（公式18）

其中，D 为耦合协调度，根据 D 值可划分协调等级。

2. 区域分异特征分析

本文基于耦合协调度模型，计算得出东部十省份的耦合度（C）、协调指数（T）和协调度（D）三个维度的量化指标。详细列出了各省份在这三个维度的具体数值及其对应的协调等级划分，见表4。

表4：东部十个省份的耦合度协调情况表

地区	耦合度 C	协调指数 T	协调度 D	协调等级
北京市	0.035904	1.183264	0.206115	优质协调
江苏省	0.044308	0.507484	0.149951	优质协调
浙江省	0.050740	0.204043	0.101750	勉强协调
上海市	0.001694	0.793130	0.036651	濒临失调
广东省	0.002340	0.339022	0.028168	严重失调
山东省	0.001949	0.221132	0.020762	严重失调
福建省	0.002976	0.085673	0.015968	严重失调
天津市	0.004212	0.045093	0.013781	严重失调
河北省	0.000956	0.010107	0.003109	极度失调
海南省	0.001449	0.005788	0.002896	极度失调

基于耦合协调度模型测算结果（表4），东部地区呈现三级分异：北京（D=0.206）和江苏（D=0.150）属优质协调，但北京呈现“高发展－弱互动”特征；浙江（D=0.102）为过渡协调，发展水平不足；上海等7省处于失调状态，上海表现为“高集聚－低协同”，河北、海南陷入“双低困境”。整体形成“核心－边缘”格局，建议实施差异化策略：优质区加强系统互动（如北京生态治理），过渡区提升综合水平（如浙江产业升级），失调区突破发展瓶颈（如河北承接产业转移），通过“核心带动－精准补短”优化高 T 低 C 区域的协同能力，提升低 T 低 C 区域的发展水平。

（三）基于聚类分析的区域类型识别

本节采用 K-means 聚类算法，基于经济、科技、社会、生态四大维度得分对东部10省份进行分类，以揭示区域发展共性特征与差异化模式，为政策制定提供依据。

1. 研究方法与模型基础

本部分研究采用 K-means 聚类算法，以前文熵权法计算的经济（ x_1 ）、科技（ x_2 ）、社会（ x_3 ）、生态（ x_4 ）四大维度标准化得分为输入变量，构建区域发展类型识别模型。模型构建过程严格遵循以下步骤：

(1) 数据准备

采用表3的标准化得分数据，确保与前述分析的一致性；

数据矩阵 $X \in R^{10 \times 4}$ ，包含 10 个省份在 4 个维度的得分。

(2) 特征加权

融入熵权法确定的维度权重 $W=[0.352,0.287,0.198,0.163]$;

构建加权特征空间，公式如下：

$$\hat{X} = X \odot W$$
 (公式 10)

其中， X 为原始数据矩阵， W 为权重向量， \hat{X} 为加权后的数据矩阵。

(3) 距离度量

采用加权欧式距离，公式如下：

$$d(x,y)=\sqrt{\sum_{i=1}^4w_i(x_i-y_i)^2}$$
 (公式 11)

其中， x,y 为两个省份的特征向量， w_i 为第 i 个维度的权重， $d(x,y)$ 为两省份的加权距离。

(4) 算法实现

初始化：K-means 算法选择初始中心点

迭代过程：

分配阶段：计算样本到各聚类中心的加权距离

更新阶段：重新计算聚类中心均值

终止条件：中心点移动距离 <0.001 或迭代 200 次

(5) 参数确定与聚类验证

最优聚类数确定：

通过肘部法则确定最佳聚类数量为 3 类，当 $K=3$ 时，总离差平方和（SSE）下降速率显著趋缓，表明增加聚类数带来的信息增益边际效益递减。

聚类效果验证：

表 5：轮廓系数结果

聚类类别	地区	轮廓系数
1	江苏省	0.329967
1	浙江省	0.372123
1	福建省	0.005153
1	山东省	0.254085
1	广东省	0.427539
2	北京市	0.055500
2	上海市	0.244285
3	天津市	0.472324
3	河北省	0.486802
3	海南省	0.642333

通过轮廓系数分析（表 5）评估聚类质量，结果显示整体平均轮廓系数 0.62（>0.5），表明聚类结构总体有效。

2. 聚类结果分析

基于 K-means 聚类算法，我国东部 10 省份被划分为 3 个具有显著差异的类别，见表 6。

表 6：聚类分组结果与轮廓系数验证

类别	包含省份	轮廓系数范围	典型特征	空间分布
1	鲁、粤、苏、浙	0.25-0.43	经济 - 科技双高（均值：经济 12.7 万，科技 10.5 万）	沿海连绵带
2	京、沪	0.06-0.24	创新极化（专利量占比 48%）	双核核心区
3	津、冀、琼、闽	0.47-0.64	生态优先（绿地面积 >15 m² / 人）	边缘分散

基于 K-means 聚类，东部 10 省份可分为三类发展模式（表 6）。第一类（鲁、粤、苏、浙）为产业均衡型，经济 - 科技双高，空间呈沿海连绵分布，苏粤经济总量占 78%；第二类（京、沪）为核心城市型，创新极化突出，专利量占东部 48%，但生态得分仅为第一类的 35%；第三类（津、冀、琼、闽）为生态敏感型，生态优势显著但空间分散，其中福建经济指标异常偏高，而

海南社会发展严重滞后。该格局直观体现了东部“沿海集聚 - 核心引领 - 边缘跟随”的发展梯度特征。

3. 区域发展诊断

本部分进一步构建东部各省份发展特征诊断框架，通过经济实力、科技创新、社会保障和生态环境四个维度的交叉分析，系统识别各省份发展的优势领域与关键短板，见表 7。

表 7：东部各省优势短板分析表

省份	经济发展（优势 / 短板）	科技创新（优势 / 短板）	社会保障（优势 / 短板）	生态环保（优势 / 短板）
北京	总部经济集聚，但生活成本过高	高校资源密集，但成果转化率较低	公共服务优质，但交通拥堵严重	绿化覆盖率高（48%），但空气质量差
上海	金融业发达，但商务成本高企	研发投入大，但基础研究薄弱	医疗水平领先，但老龄化严重（23.8%）	垃圾分类先进，但生态空间不足
江苏	制造业体系完整，但南北差距明显	产学研结合紧密，但原创性不足	教育均衡发展，但医疗资源紧张	水环境治理优，但土地开发过度（32%）
浙江	数字经济领先，但山区发展滞后	创业氛围浓，但高端人才缺乏	社保完善，但房价收入比高（12:1）	美丽乡村建设好，但海岸带压力大
广东	产业门类齐全，但区域发展失衡	应用创新强，但基础研究弱	医保覆盖广，但教育资源不均	森林资源丰富，但水污染治理难
福建	民营经济活跃，但山区交通不便	数字产业创新突出，但高端平台少	医保改革先行，但教育质量不均	森林覆盖率全国第一（66.8%），但海岸带开发过度
河北	新能源潜力大，但钢铁依赖严重（40%）	承接北京创新外溢，但研发能力弱	脱贫成效显著，但公共服务不足	光伏发展快，但雾霾问题突出

基于各省发展特点，建议实施精准施策：北京建设“减量发展”示范区，重点推动科创转化和雾霾治理；上海打造国际开放枢纽，发展碳金融和智慧养老；江苏推进南北协同，实施产业数字化转型；浙江建设“数字山区”，加强基建和人才引进；广东强

化双核带动，促进区域均衡和医疗均等；福建深化两岸融合，发展数字经济和生态修复；河北推动绿色转型，发展氢能冶金和污染治理。配套建立动态评估机制和政策工具箱，实施差异化考核，确保政策落地见效。

四、政策建议与挑战预判

（一）政策建议

基于熵权法、耦合协调度及聚类分析结果，针对东部地区“三极引领、梯度分化”的发展格局，提出以下政策建议：在区域协同方面，京津冀应加强北京对河北技术溢出并推动天津高端制造，长三角可共建产学研联盟提升创新效率，粤港澳需强化广深双核带动以促进均衡发展；产业转型上，山东、河北等传统产业省份应推广智能制造与绿色技术，北京、上海等重点布局人工智能与生物医药等新兴产业，浙江、福建等地培育专精特新企业；在创新与人才方面，广东、福建可设立跨境数据合作区吸引国际人才，河北、海南通过“飞地人才计划”弥补高教资源不足，北京、上海试点外籍人才税收优惠，苏浙粤推行柔性引才政策；绿色转型方面，北京、上海可扩大碳交易市场覆盖，广东、江苏提升城市绿化水平，并建立跨区域生态补偿机制，如长三角向河北购买生态指标，以协调发展与环保的关系。

（二）未来挑战预判

基于现状分析，东部地区未来发展面临多重挑战：人口结构方面，深度老龄化加剧（上海、江苏老龄化率超20%），劳动力萎缩加重社保负担并冲击传统产业，需构建“延迟退休+技能培训+智能替代”体系并完善养老保障网络；资源约束上，长三角工业用地开发强度超30%，环渤海面临水资源与能耗双控压力，需创新“立体发展+循环利用”模式，建立用能权与排污权交易机制；外部风险方面，全球产业链重构与贸易保护主义使粤港澳订单波动扩大40%，长三角面临关键设备断供风险，需构建“多元化市场+备份供应链”体系，并在东盟、中东建设海外仓与合作园区；内部失衡上，珠三角与粤东西北人均GDP差距达4.8倍，长三角核心与边缘区创新投入相差3.5倍，需通过“飞地经济+对口帮扶”补齐跨区域短板；政策实施中，行政区划分割导致京津冀产业转移落地率低于60%，省际环保标准差异引发监管套利，建议成立国家部委牵头的区域政策协调委员会，建立跨省审批与利益分享机制。

参考文献

- [1] 李明, 张伟. 中国区域经济竞争力评价模型构建与应用 [J]. 经济地理, 2020, 40(6): 34-42.
- [2] 赵晓燕, 刘建国. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域综合竞争力评价研究 [J]. 统计与决策, 2019, (12): 56-59.
- [3] 陈晓华, 李强. 组合算法在区域竞争力评价中的应用研究 [J]. 地域研究与开发, 2021, 40(1): 12-17.
- [4] 王丽, 马超. 基于数据包络分析的区域竞争力评价及提升策略 [J]. 科技进步与对策, 2020, 37(18): 43-49.
- [5] 张华, 李娜. 东部沿海地区经济竞争力时空演变特征研究 [J]. 地理科学, 2018, 38(7): 1089-1097.
- [6] 刘洋, 陈晨. 基于多指标综合评价法的区域竞争力研究 [J]. 经济与管理研究, 2019, (7): 78-86.
- [7] Porter, M.E. The Competitive Advantage of Nations[J]. Harvard Business Review, 1990, 68(2): 73-93.
- [8] Anwar, S., & Sun, S. Regional Competitiveness: A Review of the Literature[J]. Journal of Regional Science, 2015, 55(1): 3-25.
- [9] Cooke, P., & Clifton, N. Competitiveness and Innovation: The Role of Regional Clusters[J]. European Planning Studies, 2002, 10(2): 149-166.
- [10] Kresl, P.K., & Singh, B. The Determinants of Urban Competitiveness: A Survey and Synthesis[J]. Urban Studies, 1999, 36(5-6): 961-981.
- [11] Florida, R. The Rise of the Creative Class: And How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life[M]. Basic Books, 2002.

基于非现场执法数据的公路预防性养护决策模型 与经济性研究

陈思思

东莞市凤岗公路养护所, 广东 东莞 514500

DOI:10.61369/ASDS.2025080009

摘 要 : 本文系统研究了基于非现场执法数据的公路预防性养护决策模型及其经济性。首先, 阐述了公路养护从传统“损坏—修复”模式向预防性养护转变的必要性, 并指出非现场执法数据在精准量化路面荷载、预测性能衰变方面的重要性。其次, 构建了一个数据驱动的预防性养护决策模型, 通过量化路段荷载压力、识别超限车辆通行路径、预测路面性能衰变曲线, 为养护决策提供科学依据。最后, 利用全生命周期成本分析 (LCCA) 方法, 对比传统养护模式与数据驱动模式的成本效益, 发现后者在20年分析期内可节约约15%的全生命周期成本现值, 同时带来交通干扰减少、公众出行体验提升等隐性效益。研究表明, 该决策模型在技术、经济层面均具有显著优势, 为公路养护管理现代化提供了新路径。

关 键 词 : 非现场执法数据; 预防性养护; 决策模型; 全生命周期成本分析 (LCCA); 经济效益; 路面性能预测

Research on Decision-Making Model and Economics of Highway Preventive Maintenance Based on Non-Site Enforcement Data

Chen Sisi

Fenggang Highway Maintenance Institute, Dongguan, Guangdong 514500

Abstract : This paper systematically investigates a decision-making model for highway preventive maintenance based on non-site enforcement data and its economic implications. First, it elaborates on the necessity of shifting highway maintenance from the traditional "damage-repair" mode to preventive maintenance, highlighting the importance of non-site enforcement data in accurately quantifying pavement load and predicting performance deterioration. Second, a data-driven preventive maintenance decision-making model is constructed, which supports scientific decision-making by quantifying road segment load pressure, identifying paths frequently used by overweight vehicles, and predicting pavement performance deterioration curves. Finally, using the Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) method, the cost-effectiveness of traditional maintenance modes and data-driven modes is compared. The results indicate that the latter can reduce the present value of life-cycle costs by approximately 15% over a 20-year analysis period, while also delivering implicit benefits such as reduced traffic disruptions and improved public travel experience. The study demonstrates that this decision-making model offers significant advantages both technically and economically, providing a new pathway for the modernization of highway maintenance management.

Keywords : non-site enforcement data; preventive maintenance; decision-making model; Life-Cycle Cost Analysis (LCCA); economic benefits; pavement performance prediction

引言

公路交通作为国家经济发展的动脉, 其路网规模的持续扩大与运营时间的不断增长, 使得养护管理已成为保障路网安全、畅通、高效运行的关键环节。截至2022年末, 我国公路总里程已达550万公里上下, 其中高速公路19万公里, 庞大的基础设施存量意味着巨大的养护需求。然而, 传统的公路养护多采用“损坏—修复”的矫正性模式, 这种被动应对策略不仅导致维修成本高昂、社会交通干扰大, 而且往往因处治不及时而加速路面性能衰变, 造成养护资金的效益低下^[1]。在此背景下, 以“早养护、少维修”为核心的预防性养护理念日益成为行业共识, 其通过在路面结构强度充足但表面性能开始加速退化时, 适时采取低成本的有效措施, 延缓病害发展, 从而显著延长路面使用寿命, 提升全生命周期内的投资效益。

作者简介: 陈思思, 女, 东莞市凤岗公路养护所, 经济师, 研究方向: 交通工程造价的全生命周期精准化与标准化管控、成本审查与数据驱动决策研究、资金使用效率提升策略研究。

一、现公路预防性养护现状和意义

预防性养护的成功实施，高度依赖于对路面状态精准、及时的判断与预测。然而，当前我国许多地区的养护决策仍很大程度上依赖于定期的人工路况调查或简单的周期性计划，缺乏足够的数据支撑和科学的决策模型，导致养护时机选择不准、措施针对性不强，难以真正发挥预防性养护的效用^[2]。究其根源，在于未能充分利用能够直接反映道路“病因”——即交通荷载——的关键数据。研究表明，车辆荷载，尤其是违法超限超载运输，是导致路面疲劳损伤、车辙等结构性破坏的最主要因素，其影响程度与轴重的四次方成正比（即“四次方定律”）。因此，精准掌握路网中的真实交通荷载分布，是实现从“经验养护”向“科学养护”跃升的数据基石。

值得注意的是，近年来在全国范围内快速推广的治理车辆超限超载非现场执法系统，为解决这一难题提供了前所未有的机遇。如某市治超非现场执法点建设工程，在全市关键节点布设了24个点位、189条车道，形成了覆盖市界、咽喉要道的精准监测网络。该网络7×24小时不间断地采集海量过车数据，包括但不限于车牌、轴重、总重、轴型、车速、通过时间等。这些数据不仅服务于执法处罚，更构成了一个反映全市公路荷载状况的动态、高精度大数据平台。它能够精准识别出超限车辆行驶的路线、频率及其对路面的破坏力，从而为定位养护需求最迫切的路段提供了前所未有的深度洞察^[3]。如何将这项源于“执法”的数据资源“赋能”于“养护”决策，实现跨业务领域的协同应用，已成为提升公路养护管理现代化水平的一个极具价值且迫在眉睫的研究方向。

在此背景下，本研究旨在系统探讨基于非现场执法数据的公路预防性养护决策模型及其经济性，将通过理论分析与案例模拟，量化评估这种数据驱动的新型决策模式相较于传统模式所能带来的经济效益，以期为公路养护资金的精准、高效、科学配置提供一条可行的技术路径与实践参考。

二、非现场执法数据与预防性养护的内在逻辑

预防性养护的核心精髓在于“防微杜渐”，其经济性与有效性的首要前提是对路面性能衰变趋势做出精准预判。传统的路况检测手段（如人工巡查、定期自动化检测）虽能描绘出路面的当前状态，但难以深入揭示病害发展的内在动因与速度。而非现场执法数据的引入，恰恰填补了这一空白，它将养护决策的视角从“表象”延伸至“根源”，实现了从治标向治本的深刻转变。

（一）非现场执法数据的构成与特征价值

某市治超非现场执法系统，通过动态称重、视频抓拍、车牌识别等技术手段，采集并生成了海量、多维、实时的高速数据流^[4]。其数据内涵远超单一的“超限判定”，主要包含以下核心维度：

1. 荷载数据：包括每轴轴重、车辆总重、轴型、轴距等，这是评估车辆对路面施加机械破坏力的直接依据。
2. 交通流数据：包括时间戳、车速、车流量、车道占有率、车型分类等，反映了道路的运营负荷状况。
3. 车辆身份数据：车牌号码、车牌颜色等，用于追踪特定车

辆（如高频超限车辆）的行驶路径。

4. 证据数据：高清车辆抓拍图片和视频，为数据真实性提供佐证，并可辅助车型识别。

这些数据汇聚在一起，呈现出高精度、全天候、全覆盖的显著特征。与传统交通调查采用的间歇式、抽样式采集方式相比，它能够无遗漏地记录下每一条车道的每一辆车的真实荷载，从而构建起一个全域、全时的公路荷载“数字画像”^[5]。其价值在于：它不仅回答了“路现在怎么样了”，更深刻地揭示了“路为什么会变成这样”以及“路将来会怎样变化”，为预测性养护提供了前所未有的数据基石。

（二）从数据到病害：荷载与路面性能衰变的理论关联

路面结构的损伤并非一蹴而就，而是一个累积疲劳的过程。其中，重复作用的车辆荷载是导致沥青路面产生疲劳开裂、永久性变形（车辙）等结构性破坏的最主要因素。这一关系在道路工程学界已由经典的轴载换算“四次方定律”所揭示。该定律表明，路面损伤与施加的轴重呈四次方指数关系，即：损伤程度 \propto （轴重）⁴，这意味着，一辆100kN（约10.2吨）轴重的车辆对路面的损伤程度，是一辆50kN（约5.1吨）轴重车辆的 $(100/50)^4=16$ 倍。而非现场执法数据，尤其是精准的轴重数据，使得该理论公式得以从教科书走向工程实践。通过计算所有通过车辆的当量轴次，可以定量地、精确地计算出每一路段所承受的累计标准轴载作用次数，从而科学量化其疲劳损伤程度。

超限超载车辆则是这一过程中的“指数级破坏源”。一条允许标准轴重10吨的公路，若频繁通过轴重20吨的车辆，其带来的损伤将是标准车辆的 $(20/10)^4=16$ 倍。非现场执法系统正是捕获这些“关键少数”的强大工具。通过数据分析，可以精准定位超限车辆高频通行的走廊路段，这些路段无疑是路面性能加速衰退、亟需优先关注与养护的“高风险区”。

（三）数据驱动的预防性养护决策机理

基于上述逻辑，非现场执法数据驱动预防性养护决策的机理变得清晰（图1所示）。其核心在于实现养护决策从“时间驱动”到“状态驱动”再到“预测驱动”的跨越。



图1：非现场执法数据驱动预防性养护决策机理图

风险识别与路段排序：系统对海量荷载数据进行挖掘分析，计算各路段的累计标准轴载作用次数，并识别出超限车辆集中通行的“重载走廊”。结合道路结构特点（如路面年龄、材料、结构层厚度），可初步筛选出荷载压力大、损伤累积快的优先养护候选路段清单。这改变了以往仅凭路龄或简单路况指标进行“一刀切”计划安排的模式^[6]。

性能衰变预测与时机研判：将计算得到的当量轴次作为关键输入参数，嵌入路面使用性能预测模型（如力学-经验法模型）。该模型能够更精准地预测特定路段在未来一段时间内的性能（如PCI）衰变曲线。从而，可以在性能曲线进入“急剧下降区”之前，科学地确定实施预防性养护的最佳经济时机，避免过早投入

造成浪费或过晚处置错失良机。

措施优化与资源精准配置：不同的荷载水平与交通组合可能导致不同类型的主导病害（如重载导致疲劳开裂，慢速重载导致车辙）^[7]。数据分析有助于判断主要病害类型，从而为不同路段“量身定制”最有效的预防性养护措施（如对疲劳裂缝多发段采用裂缝密封，对车辙段采用微表处填充等），实现养护资金和材料的精准化配置，最大化资金使用效益。

综上所述，非现场执法数据通过量化荷载这一“元凶”，为理解路面损伤机理提供了微观视角，为预测性能衰变提供了动态输入，最终为实施经济高效的预防性养护提供了科学决策依据。这一内在逻辑链条，构成了后续构建决策模型并进行经济性评价的理论基础。

三、基于非现场执法数据的预防性养护决策模型构建

理论的可行性需通过一套清晰、可操作的决策模型来实现。构建一个直观实用的分析框架，将非现场执法数据转化为直接的养护行动指南。该模型避免了复杂的数学公式，侧重于数据流向与逻辑判断，最终输出一份兼具科学性和实用性的预防性养护计划。

（一）模型总体框架：从数据到决策的流水线

本模型的核心思想是构建一条“数据流水线”，将原始数据逐步提炼为决策信息。其总体框架是一个包含四个核心模块的闭环系统，依次为：

1. 数据输入模块：负责接收多源数据，包括非现场执法数据、道路基础信息及历史路况数据。
2. 数据分析与挖掘模块：这是模型的“大脑”，负责处理数据，识别风险。
3. 决策生成模块：基于分析结果，判断养护时机并推荐措施。
4. 输出与反馈模块：形成最终计划，并根据养护后的新数据优化模型。

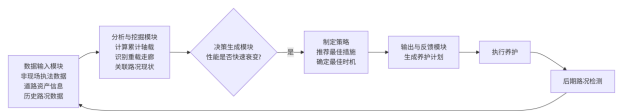


图2：预防性养护决策模型总体框架图

（二）核心分析一：精准识别养护优先级

传统方式很难回答“哪段路最该修？”的问题。本模型通过数据分析，实现从“凭经验猜测”到“用数据排名”的转变。

1. 量化荷载压力：系统自动统计各路段承受的累计标准轴载作用次数。次数越高的路段，其“疲劳度”越高，优先等级也越高。
2. 定位破坏源：模型特别关注超限车辆的比例和行驶路径，从而精准绘制出“重载交通走廊图”。这些走廊是路网中的“薄弱环节”，是养护资源需要优先倾斜的重点区域。
3. 综合排序：系统将荷载数据与当前路况（如 PCI 值）相结合，生成一份养护优先级排序清单。清单顶部是那些“当前路况尚可但正承受巨大荷载压力，即将快速衰变”的路段——这正是预防性养护需要介入的“黄金对象”。

（三）核心分析二：判断最佳养护时机

解决了“修哪里”的问题，接下来是“何时修”。模型通过动态性能预测来研判最佳时机。系统利用历史衰变趋势和当前荷载压力，预测未来一段时间内路面性能（如 PCI 值）的变化曲线。决策者可以设定一个性能阈值（如 PCI=80）。当预测曲线即将加速下滑并跌破该阈值时，系统便会提前发出预警。

最佳时机正是在性能“陡降”的起点附近。此时介入，犹如“中医治未病”，用成本较低的预防性养护措施（如微表处、超薄罩面），即可有效延缓性能衰退，避免将来进行代价高昂的铣刨重铺。

（四）决策输出与措施推荐

最终，模型将生成一份清晰的《预防性养护决策建议报告》，其核心内容包括：

1. 行动清单：列出建议在本周期内实施养护的具体路段、桩号。
2. 措施推荐：根据主导病害类型（如荷载大、车速慢易引发车辙，则推荐抗车辙能力强的措施）、路段等级和气候条件，推荐最适宜的 1-2 种预防性养护技术。
3. 时机窗口：明确建议的实施时间范围（如 2025 年第三季度前）。
4. 经济预期：提供该措施的概算参考及预计可延长路面寿命的年限，直观展示资金效益。

通过以上步骤，一套完整的、数据驱动的决策流程得以建立，使预防性养护摆脱了盲目性和随意性，走上了精细化、科学化的管理道路。

四、预防性养护决策的经济性分析

构建模型的最终目的是为了指导实践，而任何管理实践的成功推行都必须经受住经济性的检验。这种全生命周期成本分析（Life-Cycle Cost Analysis, LCCA）方法，也需通过设定对比情景与案例模拟，定量评估基于非现场执法数据的预防性养护决策模型所能带来的经济效益，从财务角度论证其应用的优越性与必要性。

（一）全生命周期成本分析（LCCA）框架

全生命周期成本分析是一种评估项目从建成到废弃的整个生命周期内所有相关经济成本的技术经济方法。在公路养护领域，LCCA 用于比较不同养护策略在相同分析期内的总成本现值，以选出经济最优的方案。其核心计算公式为：

总成本现值（PV）= 初始成本 + \sum （未来养护成本现值 + 用户成本现值）

其中，现值通过贴现率计算，将未来发生的费用折算到当前时间点的价值。本分析将主要聚焦于机构成本（养护管理部门承担的费用），对于用户成本（如延误、油耗等）虽至关重要，但因量化复杂，在此仅作定性讨论。

（二）情景设定与成本效益界定

为清晰展示数据驱动决策的价值，本研究设计了两种对比情景。情景 A 是传统的“按计划周期养护”或“被动响应式养护”模式，通常每 8-10 年进行一次大规模铣刨重铺（中修或大修）。而情景 B 则采用了基于数据驱动的预防性养护策略，在路面性能

衰变的关键节点（如第5年、第12年）及时实施两次低成本预防性养护（如微表处），从而将大规模铣刨重铺推迟至第18年，避免在分析期内进行第二次大修。在成本方面，大规模铣刨重铺（4cm 面层）的综合造价约为120–150元 / 平方米，而预防性养护（如微表处）的综合造价约为25–40元 / 平方米。数据驱动模式的效益主要体现在成本的节约上：一是两次预防性养护的总成本远低于一次大修费用，直接节省开支；二是通过延缓巨额大修投入，利用资金的时间价值创造额外收益。

（三）案例模拟分析

案例背景：选取某市一条双向四车道的国道，全长10公里，路面宽度15米，总面积150,000平方米。该路段通过非现场执法数据被识别为“重载走廊”，模型预测其性能将在第5年后加速衰变。

1. 情景 A（传统模式）成本现值计算：
第0年：新建路面（初始状态，成本不计入比较）。
第10年：进行一次铣刨重铺，成本取135元 / m²。
第10年 成本现值 =150,000m² × 135元 / m² × (1+ 贴 现 率)⁽⁻¹⁰⁾
总成本现值 PV_A= 第10年成本现值
2. 情景 B（数据驱动模式）成本现值计算：
第0年：新建路面。
第5年：实施第一次预防性养护（微表处），成本取32元 / m²。
第12年：实施第二次预防性养护（微表处），成本取32元 / m²。
第18年：进行一次铣刨重铺，成本取135元 / m²。
第5年成本现值 =150,000m² × 32元 / m² × (1+ 贴现率)⁽⁻⁵⁾
第12年成本现值 =150,000m² × 32元 / m² × (1+ 贴现率)⁽⁻¹²⁾
第18年 成本现值 =150,000m² × 135元 / m² × (1+ 贴 现 率)⁽⁻¹⁸⁾
总成本现值 PV_B= 第5年现值 + 第12年现值 + 第18年现值

（四）分析结果与讨论

假定贴现率为5%，进行计算后，两种情景的成本现值对比鲜明。

表1：全生命周期成本现值对比分析表

情景	养护活动与时序	总成本现值 (PV)	节约成本现值	节约比例
情景 A	第10年：大修	约1.27亿元	(基准)	-
情景 B	第5年：预防 第12年：预防 第18年：大修	约1.08亿元	约0.19亿元	~15%

参考文献

[1] 刘宁. 高速公路沥青路面预防性养护决策支持系统优化设计 [C]// 重庆市大数据和人工智能产业协会. 人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集（三）. 山东惠民腾达交通工程有限公司, 2025:567–570.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.017074.
[2] 李海莲, 江晶晶, 李清华, 等. 基于云模型-改进证据理论的沥青路面预防性养护评价 [J]. 兰州大学学报 (自然科学版), 2024, 60(06):773–781.DOI:10.13885/j.issn.0455-2059.2024.06.009.
[3] 滕玮. 基于层次分析法的高速公路沥青路面预防性养护决策模型 [J]. 散装水泥, 2024, (05):50–52.
[4] 杨洋. 公路路面使用性能评价及预防性养护决策体系的研究与应用 [J]. 四川水泥, 2024, (09):172–174+198.DOI:10.20198/j.cnki.scen.2024.09.011.
[5] 赵全满, 刘朝晖, 姚向发, 等. 基于层次分析法的高速公路沥青路面预防性养护决策模型 [J]. 公路, 2023, 68(09):381–387.
[6] 吴建强. 公路路面养护决策与规划 [J]. 交通世界, 2022, (25):82–84.DOI:10.16248/j.cnki.11-3723/u.2022.25.053.
[7] 高东升. 高等级公路预防性养护综合决策方法研究 [J]. 山西交通科技, 2022, (04):27–29.
[8] 唐子坤. 公路路面养护技术的现状及应用研究 [J]. 运输经理世界, 2021, (04):120–121.

结果说明：以上为模拟数据，但计算逻辑和量级关系符合工程实际。

模拟结果显示，在20年分析期内，采用数据驱动的预防性养护策略（情景 B）可节省约15%的全生命周期成本现值。这一节约源于两次低成本预防性养护成功替代了一次昂贵的小修，并显著延迟了第二次大修的时间。LCCA 分析表明，“今天花小钱”比“明天花大钱”更具经济优势，将大笔资金推迟投入，可使资金用于其他投资或产生利息，进一步降低总成本。此外，该策略还带来了难以量化的隐性效益：预防性养护施工迅速、交通干扰小，减少了因长期封闭施工导致的用户延误、车辆损耗和交通事故等社会成本；始终保持路面良好服务状态，避免性能大起大落，提升了公众出行体验和物流效率；养护资金分配也从“撒胡椒面”变为“精准滴灌”，提高了公共财政资金的使用效率和透明度。综上所述，基于非现场执法数据的预防性养护决策模型不仅在技术理论上可行，更在经济上具有显著优越性，是一种实现管理效益与经济效益双赢的先进策略。

五、结束语

本研究系统阐述了如何将治超非现场执法数据创新性地应用于公路预防性养护决策。研究证实，该数据能精准量化荷载这一导致路面损坏的核心因素，为识别养护重点路段提供了前所未有的洞察力。基于此构建的“数据 – 分析 – 决策”模型，能够输出科学的养护优先级、最佳时机和措施建议，实现了从经验驱动到数据驱动的转变。全生命周期成本分析表明，该模式通过“治小病防大病”，可节约约15%的养护成本现值，并带来减少交通干扰等显著社会效益，具备显著的经济性与实用性^[8]。

然而，本研究仍存在一定局限性。模型的预测精度依赖于历史数据的积累与质量，在新建路段或数据不全区域的适用性有待进一步验证。此外，研究侧重于理论与模型构建，其大规模应用效果仍需更多工程实践来校准与优化。展望未来，研究可向两个方向深入：一是与人工智能技术深度融合，利用机器学习算法提升预测与决策的自动化、智能化水平；二是拓展多源数据融合，结合气象、无人机巡检等数据，构建更为全面的“数字孪生”道路系统，最终实现公路养护决策的精准化与智慧化。

中国乡村产业振兴水平测度及其时空收敛性研究

郑颖莹, 章贵军

福建师范大学, 福建 福州 350000

DOI:10.61369/ASDS.2025080010

摘 要 : 本文以2011—2022年我国231个地级市面板数据构建乡村产业振兴水平评价指标体系,采用熵值法测算乡村产业振兴水平。测度结果表明,全国乡村产业振兴总体水平持续上升,四大区域梯度分化明显,区域间基尼系数呈下降趋势。空间分析进一步揭示,乡村产业振兴存在“俱乐部收敛”效应,低水平区域在空间邻接作用下自我维持概率较高,而高水平区域则表现出“孤岛效应”,对周边带动不足。空间杜宾模型证实乡村产业存在绝对 β 收敛,表明通过优化空间关联可加速区域均衡发展。本文实证研究结论发现了乡村产业振兴的演化特征,可为相关部门制定乡村产业振兴发展战略提供参考。

关 键 词 : 乡村产业振兴; 区域发展; 绝对收敛

Research on the Measurement of Rural Industrial Revitalization Level and Its Spatial-temporal Convergence in China

Zheng Yingying, Zhang Guijun

Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350000

Abstract : Based on the panel data of 231 prefecture-level cities in China from 2011 to 2022, this paper constructs an evaluation index system of rural industrial revitalization level, and uses entropy method to measure the level of rural industrial revitalization. The measurement results show that the overall level of rural industrial revitalization in China continues to rise, the gradient differentiation of the four major regions is obvious, and the inter-regional Gini coefficient shows a downward trend. The spatial analysis further reveals that there is a 'club convergence' effect in the revitalization of rural industries. The low-level regions have a higher probability of self-sustainment under the action of spatial adjacency, while the high-level regions show an 'island effect', which is not enough to drive the surrounding areas. The spatial Dubin model confirms the absolute convergence of rural industry, which indicates that the regional balanced development can be accelerated by optimizing the spatial correlation. The empirical research conclusion of this paper finds the evolution characteristics of rural industrial revitalization, which can provide reference for relevant departments to formulate rural industrial revitalization and development strategies.

Keywords : rural industry revitalization; regional development; absolute convergence

引言

党的二十大报告明确提出“全面推进乡村振兴,加快建设农业强国”,这一重要论述标志着乡村振兴已成为国家高质量发展的战略支点。乡村振兴战略是新时代“三农”工作的总抓手,要让它真正发挥作用,核心就在于让乡村产业实现可持续发展。产业振兴不仅是破解城乡二元结构的关键路径^[1],更是推动农业农村现代化的重要引擎^[2]。随脱贫攻坚战取得全面胜利后,中国乡村发展迈入了从“输血式”帮扶到“造血式”发展的战略转型阶段。我国幅员辽阔,不同区域在资源禀赋、要素流动和政策支持力度上存在明显差异,而从时间上的表现来看,各地区在不同时间节点上发展情况不同,同一时间各地发展路径不同。在此背景下,科学测度乡村产业振兴水平并分析乡村产业发展差异的时空演变特征,对解决“三农”问题、推动乡村产业振兴和制定差异化政策具有重要理论价值与实践意义。

本文从现代化水平、资源效率、产业协同、经济效益与发展公平这五个角度展开,构建评价乡村产业振兴水平的指标体系,对我国2011—2022年231个地级市的乡村产业振兴水平进行测算。然后,从时间和空间维度对乡村产业振兴发展水平进行全面分析,研究乡村

基金项目: 国家社科基金一般项目, 乡村发展不平衡不充分统计测度及平衡发展策略研究(22BTJ008)。

作者简介:

郑颖莹(2000—),女,福建宁德人,福建师范大学数学与统计学院硕士研究生,主要研究方向是经济统计;

章贵军(1978—),男,湖北监利人,福建师范大学数学与统计学院教授,江西财经大学乡村振兴研究中心研究员,经济学博士,主要研究方向是经济社会统计。

产业振兴水平的时空演进特征。

乡村振兴发展战略提出以来，国内外学者主要围绕以下三个方面对乡村产业发展展开研究：（1）乡村产业振兴的内涵与实现路径，但多停留在理论层面且缺乏数据分析。（2）构建指标体系综合评价乡村产业振兴发展水平，但多数研究仅从省域层面展开分析。（3）结合乡村振兴战略的大背景，单独对乡村产业某个具体方面进行评价研究，容易使得相关研究局限在局部视角，难以形成对乡村产业振兴全貌的系统把握。

在这一研究背景下，本文的贡献主要有以下几个方面：（1）根据农业现代化水平、农业生产效率、农业经济发展情况、不同产业融合情况、城乡协调发展情况这五大维度构建了全新的乡村产业振兴评价指标体系。（2）将研究视角转向地级市，对我国2011—2022年231个地级市的乡村产业振兴水平进行测算，提升了研究结果的精准性和政策指导价值。（3）测度了乡村产业振兴的时空演化特征，示了其空间集聚规律和动态收敛趋势。（4）识别出不同区域乡村产业振兴的差异化发展路径，为制定区域协调政策提供了科学依据，丰富了政策启示。

一、文献综述

党的二十大报告将“发展乡村特色产业，拓宽农民增收致富渠道”列为全面推进乡村振兴的首要任务，这一部署凸显出产业振兴在构建新发展格局、畅通城乡经济循环以及夯实共同富裕物质基础中所占据的战略枢纽地位，学者们对“乡村振兴战略”中“产业兴旺”这一首要任务展开了多视角阐释，相继进行了与之有关的大量研究。

在乡村产业振兴的内涵与实现路径研究方面，学者们从不同理论视角进行了深入探讨。郭俊华和卢京宇强调产业兴旺可以帮助农民增产增收^[3]，缩小与城市发展的差距。周立等指出乡村走向衰弱的原因在于农业生产、加工、流通、消费等各环节被人为或体制性因素分割开来^[4]，农业的多功能属性逐渐丧失，需要创造新需求。然而目前大量文献还停留在理论推演层面，缺乏实证数据的支撑。

当前对产业振兴评价指标体系的测算大多集中反映在三产融合、农业高质量发展上。申云等人从农产品有效供给和质量安全入手^[5]，田野等人从农业增产、增值和增收三个角度出发构建中国乡村产业振兴水平的评价指标体系^[6]，芦风英等围绕农业生产与农业产业化构建“产业兴旺”评价指标^[7]。

产业兴旺位列乡村振兴“二十字方针”之首，是破解“三农”难题、实现农业农村现代化的动力源与压舱石。对于产业兴旺，学界与业界存在诸多解读，然而这些阐释多聚焦于经济与市场价值层面，将其简单等同于农业现代化的实现。朱启臻认为产业兴旺并非局限于单一农业的发展，而是关乎乡村的整体进步^[8]，他认为审视产业兴旺的内在构成需要从产业与农民、产业与乡村的双重关系进行切入。李国祥认为乡村产业兴旺，并非代表乡村产业要为当地经济增长注入多大动能，而是应当强化当地主要农产品的供给保障能力，并且为农民持续稳步增收提供更多机遇与条件^[9]。产业兴旺的内涵还在不断丰富，我们需要从多角度评价乡村产业兴旺的成效与质量，除了经济效益、社会价值外，还应关注产业的可持续发展能力。

此外，当前相关研究多基于省际层面数据开展分析，而依托市级层面数据进行的测度与研究则较为匮乏。相较之下，市级行

政单元（如地级市、直辖市辖区）作为政策落地与产业实践的基本载体，更易于清晰捕捉相邻城市间的空间关联特征，省级数据则往往会模糊城市间的空间互动细节。

在特定领域评价研究方面，学者们取得了诸多有价值的研究发现。温铁军等人认为要实现产业兴旺需推进多功能现代农业^[10]，刘海洋等人则聚焦农业优化升级、产业深度融合^[11]，李耀东倾向于打造农产品品牌带动乡村产业振兴^[12]。这些研究虽然深化了对特定产业领域的认识，但各领域研究之间缺乏有效的整合机制，无法形成对乡村产业振兴整体态势的系统把握。

经由对现存文献的梳理与整合，不难发现国内外学术界已然在乡村产业振兴这一研究领域开展了大量探索工作。但值得注意的是，在这些研究成果的背后，仍存在着若干有待完善与优化之处。本文试图在已有研究的基础上，采用恰当的方式构建指标体系综合评价城市层面的乡村产业振兴水平，然后测度其时空演化特征，以期提出相应的政策建议。

二、乡村产业振兴水平的测算

（一）指标体系构建

本文基于“基础支撑—发展质量—综合效益”的逻辑框架构建评价指标体系，系统评估乡村产业振兴水平。农业现代化水平是农业向高效化、规模化转型的关键标志，直接反映现代化技术渗透水平和农业生产力的发展水平，是产业发展的基础支撑维度。农业生产效率、资源使用效率则体现了农业在有限资源约束下的产出能力。产业融合情况反映农业与相关产业的协同深度，产业链的延伸与附加值的提升能为农民提供多元化就业岗位，拓宽增收渠道。二者共同体现了产业发展质量。将城乡协调发展和第一产业生产规模并列为综合效益指标，既衡量乡村产业的整体实力与规模效应，更突出发展成果由农民共享的核心理念。

这些指标共同构建了涵盖现代化水平、资源效率、产业协同、经济效益与发展公平的评估体系，既关注产业进步，也重视农民的获得感与发展机会，符合农村产业高质量发展的内在要求。具体指标选取详见表1。

表1：乡村产业振兴水平的评价指标体系

一级指标	二级指标	指标解释	方向
现代化水平	农业机械化程度	农业机械总动力 / 农作物播种面积 (千瓦 / 公顷)	+
资源效率	粮食单位面积生产能力	粮食产量 / 粮食播种面积 (千克 / 公顷)	+
产业协调	农业服务业融合程度	农林牧渔服务业生产总产值 / 农林牧渔业生产总产值 (%)	+
经济效益	农牧渔业生产规模	农牧渔业生产总产值 (亿元)	+
发展公平	城乡收入差距	农村居民人均可支配收入 / 城镇居民人均可支配收入	+

根据数据的可获得性，本文剔除数据缺失严重的个别城市，保留2011—2022年我国231个地级市为研究对象。指标原始数据来源于地方统计年鉴和统计公报，其余缺失数据使用线性插值法补齐。为了使测算出的乡村产业振兴水平更具客观性，在对各项指标赋权的过程中，本文运用熵权法对各指标进行赋权。熵值法的具体计算过程可参见王军等^[13]的论文资料。

（二）测算结果分析

本文计算了全国及四大区域乡村产业振兴水平综合得分的均值，测算结果如图1所示。总体而言，2011—2022年我国乡村产业发展水平整体呈现上升的态势。2011—2013年提升幅度最为显著，2012年中央一号文件首次提出“大力培育新型农业经营主体”、2013年《全国现代农业发展规划（2011—2015年）》进入集中落地期，乡村产业发展由此收益；2016—2018年出现第二次明显跃升，对应“农业供给侧结构性改革”政策全面铺开以及2017年《关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》的实施，表明政策红利对产业振兴指数具有即时拉动效应。

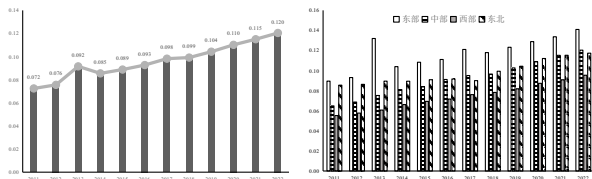


图1：2011—2022年全国、四大区域乡村产业振兴水平

整体而言，四大区域乡村产业振兴平均发展水平与全国平均趋势线保持一致，均呈持续上行格局。分区域看，东部地区乡村产业振兴水平高于其他三个地区，其次是东北部地区与中部地区，西部地区的乡村产业振兴水平最低。综合来看，我国乡村产业振兴整体进步显著，但四大区域之间梯度较为明显，区域协调发展仍需持续的政策干预与要素流动机制创新。

三、乡村产业振兴的区域差异与动态演进

（一）基于基尼系数的区域差异分析

对231个地级市2011—2022年乡村产业振兴水平的Dagum基尼系数分解结果显示，我国乡村产业振兴在空间上始终存在显著差异。总体来看，整体基尼系数呈“先升后降”的倒V型轨迹：2011—2013年由0.235快速抬升至0.312的峰值，随后逐年回落，到2022年已降至0.209。这一走势与国家重大政策节点高

度耦合——2013年前《全国现代农业发展规划》集中落地、数字乡村试点率先在东部铺开，技术、资本和人才向发达地区集聚，区域间差距迅速拉大。2017年农业供给侧结构性改革启动，加上2018年后《数字乡村发展战略纲要》、乡村振兴“1+N”政策体系全面落地，技术慢慢开始溢出，财政转移支付发力，使得区域发展更加均衡。区域间差异始终是差异的主要来源，但其贡献率已逐渐下降，而超变密度的贡献率则由17.92%升至35.63%。

分区域看，四大区域呈现明显分化：东部地区基尼系数最大，但2018年后迅速收敛，且在2022年降至0.185，表明东部地区在缩小内部差距方面成效显著；中部地区基尼系数最低，并呈“低起点—缓下降”特征，得益于粮食主产区政策普惠性较强；西部地区基尼系数则呈“高起点—缓下降”特征，说明其乡村产业振兴的整体协同效应仍显不足，内部城市间的发展梯度依旧明显；同为粮食主产区，东北地区的基尼系数波动较大，是至2022年唯一扩大的区域，但整体增幅较低。其主因在于东北地区内部产业结构单一、人口外流与数字基础设施滞后并存，导致区域内强弱两极分化加剧。

表2：2011—2022年乡村产业振兴发展水平的基尼系数及分解结果

年份	整体	地区内基尼系数					贡献率		
		东部	中部	西部	东北	区域内	区域间	超变密度	
2011	0.235	0.212	0.187	0.240	0.182	25.192	45.838	28.970	
2012	0.232	0.210	0.187	0.239	0.177	25.445	45.422	29.133	
2013	0.312	0.372	0.180	0.235	0.176	27.095	54.988	17.917	
2014	0.218	0.191	0.185	0.226	0.172	25.628	43.792	30.580	
2015	0.219	0.192	0.190	0.223	0.176	25.797	43.290	30.913	
2016	0.219	0.190	0.189	0.230	0.179	25.891	40.537	33.572	
2017	0.230	0.228	0.164	0.231	0.180	26.608	42.716	30.676	
2018	0.211	0.188	0.187	0.220	0.162	26.220	39.913	33.867	
2019	0.205	0.187	0.174	0.215	0.163	26.144	40.421	33.435	
2020	0.205	0.181	0.180	0.215	0.169	26.169	38.613	35.218	
2021	0.208	0.183	0.191	0.212	0.167	26.330	37.083	36.587	
2022	0.209	0.185	0.170	0.209	0.192	26.376	37.999	35.625	

（二）基于 Markov 链分析的动态演变趋势

首先运用传统 Markov 链方法对乡村产业振兴水平的动态演变过程进行分析，将231个地级市的乡村产业振兴水平划分为4种类型，将低于全国平均水平25%（包括25%）的划分为低水平，25%—50%（包括50%）的为中低水平，50%—75%（包括75%）的为中高水平，高于75%的为高水平。利用传统 Markov 链方法得到时间跨度为1年的乡村产业振兴水平的转移概率矩阵。之后加入空间滞后条件后，研究基于邻接空间权重运用空间 Markov 链方法，通过对比分析在不同邻域背景下乡村产业振兴水平的转移概率探讨空间因素对乡村产业振兴水平转移的影响。以滞后1年条件计算转移概率矩阵，结果详见表3。

首先从传统马尔可夫链的转移概率矩阵来看，主对角线上的转移概率总体高于其他位置的转移概率，说明乡村产业振兴水平相对稳定，并且水平极高或极低的乡村产业振兴具有更强的稳定性，而处于中等水平所处状态的稳定性相对较弱，发生转移的可

能性较大。从非主对角线的概率值分布于主对角线右侧的概率值较大，说明向高等级状态转移的可能性较大。

表3：乡村产业振兴水平的 Markov 链转移概率矩阵

邻接类型		t/(t+1)	I	II	III	IV	观测值
传统	无邻接	I	0.8444	0.1526	0.0015	0.0015	675
		II	0.0107	0.7744	0.2073	0.0076	656
		III	0.0000	0.0269	0.8136	0.1596	633
		IV	0.0000	0.0017	0.0121	0.9861	577
I		I	0.8939	0.1023	0.0038	0.0000	264
		II	0.0123	0.8395	0.1481	0.0000	81
		III	0.0000	0.0588	0.7941	0.1471	34
		IV	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	11
II		I	0.8140	0.1860	0.0000	0.0000	215
		II	0.0085	0.8051	0.1822	0.0042	236
		III	0.0000	0.0221	0.8309	0.1471	136
		IV	0.0000	0.0000	0.0152	0.9848	66
III		I	0.7426	0.2475	0.0000	0.0099	101
		II	0.0045	0.7195	0.2624	0.0136	221
		III	0.0000	0.0340	0.8231	0.1429	294
		IV	0.0000	0.0045	0.0135	0.9820	222
IV		I	0.8842	0.1158	0.0000	0.0000	95
		II	0.0254	0.7712	0.1949	0.0085	118
		III	0.0000	0.0118	0.7870	0.2012	169
		IV	0.0000	0.0000	0.0108	0.9892	278

与传统的马尔科夫转移概率矩阵相比较，乡村产业振兴水平转移概率在空间因素的影响下发生了明显的变化。乡村产业振兴水平的转移显著受到空间邻接效应的影响，呈现出明显的“俱乐部收敛”特征。与传统模型相比，低水平区域（I类）在同类邻接环境下自我维持概率从84.44%升至89.39%，形成空间锁定效应；而中低水平区域（II类）在中高水平邻接（III类）时向III类转移概率提升至26.24%，显示优质邻接环境的促进作用。值得注意的是，高水平区域（IV类）表现出“孤岛效应”，其自我维持概率较高，但对周边带动作用要弱于传统模型，仅对中高水平区域（III类）有微弱的带动作用。空间分异规律表明，低水平邻接会加剧中低水平区域的下行风险，而中高水平邻接能有效激发升级潜力。

四、乡村产业振兴收敛性分析

（一）传统 β 收敛

为检验乡村产业振兴指数是否存在收敛，本文同时运用传统 β 收敛框架与空间 β 收敛模型进行检验。表4报告了传统模型的结果，依次给出随机效应、单向固定效应与双向固定效应的估计，

由于豪斯曼检验的 p 值 < 0.01，故采用固定效应模型。三种模型下， β 系数均在1%的显著性水平下为负，表明全国层面的乡村产业振兴指数存在绝对 β 收敛。

表4：乡村产业振兴水平传统 β 收敛

	(1)	(2)	(3)
	随机效应	固定效应	双向固定
β	-0.261*** (0.013)	-0.066*** (0.006)	-0.532*** (0.018)
常数项	-0.594 (0.033)	-0.114*** (0.016)	-1.403*** (0.050)
个体效应	否	是	是
时间效应	否	否	是
样本数	2541	2541	2541
R^2	0.146	0.146	0.295

注：***、** 和 * 分别表示在1%、5% 和10% 的置信水平下通过检验，括号内为标准误，以下各表与此相同。

（二）空间 β 收敛

使用空间邻接矩阵作为空间权重矩阵，并利用地理距离的倒数构建空间权重矩阵作为稳健性检验，对乡村产业振兴的空间收敛特性进行深入分析。首先测算2011—2022年间231个地级市乡村产业振兴发展差异的 Moran’ s I 指数，如表5所示。从结果可以看出，两种矩阵下的全局 Moran’ s I 指数均显著为正，表明乡村产业振兴水平存在空间正相关。且从整体变化趋势看，空间相关性总体呈增大的态势。

表5：2011—2022年乡村产业振兴发展全局莫兰指数

year	邻接空间矩阵	地理距离矩阵
2011	0.169***	0.035***
2012	0.175***	0.036***
2013	0.427***	0.072***
2014	0.171***	0.031***
2015	0.172***	0.032***
2016	0.183***	0.032***
2017	0.116***	0.020***
2018	0.218***	0.035***
2019	0.212***	0.036***
2020	0.222***	0.037***
2021	0.233***	0.039***
2022	0.224***	0.039***

表6给出了空间 β 收敛的检验结果。传统的 LM 检验与稳健 LM 检验均显示，空间误差项在1% 水平上显著，空间滞后项在10% 水平上不显著，故选取空间误差模型（SEM）作为基准。进一步估计表明，无论是 SAR、SEM 还是 SDM， β 系数均显著为负，印证了在纳入空间关联后，乡村产业振兴指数仍呈现显著的 β 收敛。这说明区域间的初始差距随时间不断缩小，空间溢出效应与经济一体化正加速推动各城市向共同稳态趋近。

表6：乡村产业振兴水平空间绝对 β 收敛

	SAR		SEM		SDM	
	邻接空间矩阵	地理距离矩阵	邻接空间矩阵	地理距离矩阵	邻接空间矩阵	地理距离矩阵
β	-0.460*** (0.016)	-0.507*** (0.017)	-0.543*** (0.017)	-0.539*** (0.017)	-0.529*** (0.018)	-0.547*** (0.018)
LM-error 检验	552.551***	821.653***				

稳健 LM-error 检验	23.009***	209.388***				
LM-lag 检验	529.543***	614.448***				
稳健 LM-lag 检验	0.002	2.183				
个体效应	是	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是	是
R ²	0.103	0.012	0.146	0.146	0.138	0.035
样本数	2541	2541	2541	2541	2541	2541

五、结论与建议

本文以我国2011—2022年231个地级市的面板数据作为样本，基于现代化水平、资源效率、产业协同、经济效益与发展公平五大维度，构建了评价乡村产业振兴的指标体系，并采用熵值法测算乡村产业振兴指数。然后，基于Dagum基尼系数、Markov转移概率矩阵、面板数据模型、空间杜宾模型证研究了乡村产业振兴的区域差异和时空收敛性。研究得到的主要结论为：

1. 2011—2022年我国乡村产业振兴水平整体持续提升，2011—2013年和2016—2018年两次显著跃升均与中央一号文件、农业供给侧结构性改革等关键政策同频共振，显示政策红利具有即时拉动与持续释放效应，四大区域梯度分化明显：东部 > 东北 ≈ 中部 > 西部。

2. 空间差异呈“倒V型”演变，基尼系数2013年达峰值0.312后降至2022年0.209，区域间差异为差异的主要来源。

3. 空间马尔可夫链分析揭示俱乐部收敛效应，低水平区域在同类邻接下自我维持概率达较高，形成空间锁定，中低水平区域在中高水平邻接时向上转移概率提升，高水平区域自我维持概率较高表现为“孤岛效应”，对邻近区域的影响较弱。

4. 空间杜宾模型进一步证实绝对 β 收敛存在，表明区域差异在空间溢出作用下持续缩小。

基于我国的基本国情、乡村产业发展现状，本文研究有如下政策含义：

（1）提升现代化水平，加快数字技术与农业融合，提高资源效率，盘活农村闲置资产，深化“农业+”多业态融合，增强经济效益，培育区域公共品牌，壮大集体经济，保障发展公平，缩小地区发展差距。通过构建现代化水平、资源效率、产业协同、经济效益与发展公平的发展体系，全面推进乡村产业振兴。

（2）实施区域差异化发展战略，东部地区依托其高水平产业基础，重点发展数字农业和乡村新业态，发挥辐射带动作用；中西部地区立足资源优势培育特色农业，东北地区推动粮食深加工升级，形成梯度发展格局。

（3）针对空间马尔可夫链分析揭示的“低水平俱乐部”现象，建立“政府+市场+村集体”协作机制，通过税收优惠和用地保障吸引企业下乡等政策，破解低水平锁定。

（4）强化区域协同机制，建设跨区域产业协作平台，促进技术、人才等要素流动，缩小区域差距。以要素一体化加速收敛进程。

参考文献

- [1] 张林, 丁晓兰. 乡村产业振兴的农民农村共同富裕效应 [J]. 统计与信息论坛, 2024, 39(09): 77–92.
- [2] 董翀. 产业兴旺：乡村振兴的核心动力 [J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2021, (05): 137–150+207–208.
- [3] 郭俊华, 卢京宇. 产业兴旺推动乡村振兴的模式选择与路径 [J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2021, 51(06): 42–51.
- [4] 周立, 李彦岩, 王彩虹, 等. 乡村振兴战略中的产业融合和六次产业发展 [J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2018, 39(03): 16–24.
- [5] 申云, 陈慧, 陈晓娟, 等. 乡村产业振兴评价指标体系构建与实证分析 [J]. 世界农业, 2020, (02): 59–69.
- [6] 田野, 叶依婷, 黄进, 等. 数字经济驱动乡村产业振兴的内在机理及实证检验——基于城乡融合发展的中介效应 [J]. 农业经济问题, 2022, (10): 84–96.
- [7] 芦风英, 庞智强, 邓光耀. 中国乡村振兴发展的区域差异测度及形成机理 [J]. 经济问题探索, 2022, (04): 19–36.
- [8] 朱启臻. 乡村振兴背景下的乡村产业——产业兴旺的一种社会学解释 [J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2018, 35(03): 89–95.
- [9] 李国祥. 实现乡村产业兴旺必须正确认识和处理的若干重大关系 [J]. 中州学刊, 2018, (01): 32–38.
- [10] 温铁军, 杨洲, 张俊娜. 乡村振兴战略中产业兴旺的实现方式 [J]. 行政管理改革, 2018, (08): 26–32.
- [11] 刘海洋. 乡村产业振兴路径：优化升级与三产融合 [J]. 经济纵横, 2018, (11): 111–116.
- [12] 李耀东. 农产品区域品牌助推乡村振兴的作用机理和实施路径研究 [J]. 经济问题, 2021, (09): 97–103.
- [13] 王军, 邹广平, 石先进. 制度变迁对中国经济增长的影响——基于VAR模型的实证研究 [J]. 中国工业经济, 2013, (06): 70–82.

基于 TAM-SEM 模型的新媒体环境下居民对新能源汽车持续使用意愿研究——以重庆市为例

李代民*, 李圆圆

重庆理工大学 数学科学学院, 重庆 400054

DOI:10.61369/ASDS.2025080011

摘 要 : 近年来, 新能源汽车因节能减排和环保优势, 成为汽车产业的重要趋势。本文在新媒体环境下, 以居民对新能源汽车持续使用意愿问卷为基础, 结合技术接受模型, 和结构方程模型, 构建了包含用户认知价值、认同价值等7个潜变量, 以及22个观察变量的居民对新能源汽车持续使用意愿模型。研究结果表明, 新媒体环境下, 新能源汽车用户的感知易用性和购买意愿直接影响其持续使用意愿, 并且用户的感知有用性很大程度上源于其对新能源汽车使用便利性的感知。

关 键 词 : 新媒体; 新能源汽车; 技术接受模型; 结构方程模型; 持续使用意愿

Study on Residents' Willingness to Use New Energy Vehicles in New Media Environment Based on TAM-SEM Model — A Case Study of Chongqing City

Li Daimin*, Li Yuanyuan

School of Mathematical Sciences, Chongqing university of technology, Chongqing 400054

Abstract : In recent years, new energy vehicles have become an important trend in the automotive industry due to their advantages in energy conservation, emission reduction and environmental protection. Against the backdrop of the new media environment, this study, based on a questionnaire survey on residents' continuous usage intention of new energy vehicles, integrates the Technology Acceptance Model (TAM) and the Structural Equation Model (SEM) to construct a Residents' Continuous Usage Intention Model of New Energy Vehicles. This model includes seven latent variables (such as user cognitive value and identification value) as well as a total of 22 observed variables. The results of this study indicate that in the new media environment, the perceived ease of use and purchase intention of new energy vehicle users directly influence their continuous usage intention. Additionally, users' perceived usefulness largely stems from their perception of the convenience in using new energy vehicles.

Keywords : new media; new energy vehicles; technology acceptance model; structural equation model; willingness to continue to use

引言

自2010年起, 我国便开始推动新能源汽车产业化进程, 重庆市计划2030年形成世界级智能网联新能源汽车产业集群, 推动完善新能源汽车产业布局。用户对新能源汽车的持续使用意愿研究, 能有效助力政府和企业精准识别市场痛点、优化政策供给。目前, 关于新能源汽车持续使用意愿研究多借助期望确认理论 (Expectation Confirmation Model, ECM), 例如王学东等人在感知风险的理论背景下发现用户满意度和感知风险对用户持续使用意愿存在显著作用^[1]。蔡爱丽在ECM基础上, 结合技术扩散理论、消费者行为理论, 发现新能源汽车用户的满意度、现有消费者的创新精神等要素正向作用于新能源汽车的持续使用^[2]。用户持续使用意愿涉及消费者在购买后对产品或服务的长期使用倾向, 因此消费者的购买意愿是其持续使用行为的前置条件。在新能源汽车的购买意愿研究中, 唐琮育发现消费者的感知价值与购买意愿之间存在显著的正相关关系^[3]。张浩等人发现产品、品牌和服务三大认知能正向推动消费者对电动汽车的购买意愿^[4]。许行舟将技术接受模型和计划行为理论结合, 发现消费者相关政策制度对消费者购买意愿也存在直接影响^[5]。

新媒体时代, 信息技术和网络普及推动了学者对新能源汽车用户的进一步研究, Jin Shao 等人通过建立媒体情绪指数, 发现媒体情

作者简介:

李代民, 重庆理工大学数学科学学院, 硕士研究生, 研究方向为大数据分析;

李圆圆, 重庆理工大学数学科学学院, 硕士研究生, 研究方向为大数据可视化。

通讯作者: 李代民, 重庆理工大学数学科学学院, 硕士研究生, 研究方向为大数据分析。

绪能有效增强新能源汽车的销售预测^[6]。吴烁以蔚来汽车用户为例，使用信息系统成功模型与技术接受模型探究了新媒体视角下短视频平台特性对消费者品牌认同度的影响^[7]。然而，现有研究中，针对新媒体环境下用户对新能源汽车持续使用意愿影响路径的研究仍较为有限。本文以重庆居民为调查对象，借助技术接受模型设计结构方程模型理论框架，探讨新媒体环境下用户对新能源汽车持续使用意愿的具体影响机制，以期为新能源汽车市场的可持续发展提供理论支持和实践指导。

一、理论模型与研究假设

（一）技术接受模型

技术接受模型（Technology Acceptance Model, TAM）于1989年被 Davis 基于理性行为理论基础提出，旨在利用使用者感知预测新技术被接受情况^[8]。该理论模型如图1所示。

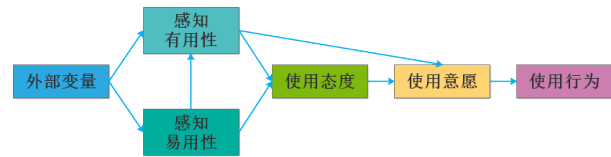


图1：TAM 理论模型

Figure 1: TAM theoretical model

为研究新媒体环境下居民对新能源汽车持续使用意愿的作用路径，文章基于 TAM 理论，提出了包含新媒体环境下用户认知价值、认同价值、感知有用性、感知易用性、购买意愿、持续使用意愿以及政策支持这7个潜变量，共22个观察变量的结构方程模型（SEM 模型）。具体理论模型如图2所示。

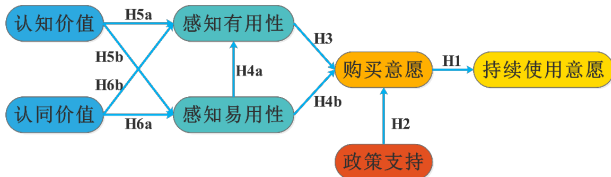


图2：SEM 理论模型

Figure 2: SEM theoretical model

（二）研究假设

上述提出模型中的“H*”表示新媒体环境知识宣发背景下的路径影响假设，具体如下：

感知有用性：假设 H3 感知到新能源汽车越有用，用户购买新能源汽车的态度越积极。

感知易用性：假设 H4a 感知到新能源汽车使用越便利，用户对该产品的感知有用性越强；H4b 感知新媒体环境知识宣发背景下，新能源汽车使用越便利，用户对新能源汽车的购买意愿越强。

认知价值：该潜变量从用户对新能源汽车的求知欲望和传播欲望两个角度观测。假设 H5a 感知到认知价值越高，用户的感知有用性越强；H5b 感知到的认知价值越高，用户的感知易用性越强。

认同价值：该潜变量从用户对新能源汽车的认知认同、行为认同和情感认同三个角度观测。H6a 感知到认同价值越高，用户的感知易用性越强；H6b 感知到的认同价值越高，用户的感知有

用性越强。

购买意愿：假设 H1 感知用户对新能源汽车的购买意愿越强烈，其持续使用意愿越强烈。

政策支持：假设 H2 感知到国家对新能源汽车的政策越友好，用户对新能源汽车的购买意愿越强烈。

二、问卷设计与数据收集

本研究采用的数据均源于随机调查问卷，调研对象为重庆市居民。调研过程中，首先使用基于文献法设计的问卷进行预调查，调查对象为重庆本地在校研究生及本科生共20名，结合受访者的反馈对问卷措辞等进行修正，形成定稿问卷，并通过问卷星进行发放。问卷包括个人基本信息项（4个）和调查问题项（22个），其中调查问题项采用 Likert 5级量表打分法，选项为1~5分，分别表示“非常不同意”“不同意”“中立”“同意”“非常同意”，量表设计问题见表1所示。

表1：新媒体环境下用户对新能源汽车持续使用意愿调查问卷指标体系
Table 1: Index system of questionnaire on users' willingness to continue using new energy vehicles in new media environment

潜变量	变量含义 (用户在新媒体环境下*)	问卷题项
认知价值	对新能源汽车认知价值的感知	通过新媒体我可以得到更多新能源汽车相关的信息 (X1) 通过新媒体我可以得到很多关于新能源汽车新的知识 (X2) 我愿意像别人分享通过新媒体获取的新能源汽车内容 (X3) 我认为新媒体提供的新能源汽车信息是准确和可靠的 (X4) 通过新媒体与其他新能源汽车用户互动我感到满足 (X5) 通过新媒体，我对别人使用新能源汽车是赞同的 (X6) 我认为新能源汽车可以节省能源和保护环境 (X7) 我认为使用新能源汽车可以降低我的交通费用 (X8) 我认为新能源汽车技术十分先进 (X9) 我认为新能源汽车能够满足我日常出行的需求 (X10) 我认为新能源汽车的驾驶体验很好 (X11) 我认为新能源汽车的维护很方便 (X12) 我认为新能源汽车操作简单 (X13) 我会去体验新媒体推荐过的新能源汽车产品 (X14) 我会去购买新媒体推荐的新能源汽车产品 (X15) 我愿意推荐他人通过新媒体购买新能源汽车产品 (X16)
认同价值	对新能源汽车认同价值的感知	我对当前的新能源汽车政策感到满意 (X17) 我认为当前的新能源汽车政策提供了足够的激励 (X18) 我认为政策对新能源汽车市场的发展有积极影响 (X19)
感知有用性	对新能源汽车使用是否有用的感知	我愿意继续使用新能源汽车 (Y1) 我打算在未来购买或继续使用新能源汽车 (Y2) 我愿意向朋友推荐使用新能源汽车 (Y3)
感知易用性	对新能源汽车使用是否方便简单的感知	
购买意愿	对新能源汽车的购买意愿	
政策支持	对新能源汽车政策支持的支持感知	
持续使用意愿	对新能源汽车持续使用意愿的感知	

表2：调查用户基本情况
Table 2: Investigate the basic situation of users

样本特征	特征分类	频数	频率 (%)
性别	男	76	32.8
	女	156	67.2
年龄	18-25 岁	188	81.0
	26-35 岁	34	14.7
	36-45 岁	5	2.2
	46-55 岁	5	2.2
	56 岁以上	16	6.9
文化程度	大学本科或专科	148	63.8
	硕士及以上	68	29.3
	3000 元以下	103	44.4
收入	3000-5000 元	56	24.1
	5000-10000 元	50	21.6
	10000-15000 元	13	5.6
	15000 元以上	10	4.3

此次调查共收集问卷258份，将回答时间低于30s的问卷设为

无效问卷，得到有效问卷232份，有效问卷回收率89.92%。样本基本情况见表2所示。

三、量表信度与效度检验

为确保量表调查数据的可靠性，针对各变量进行了信效度检验。研究使用 SPSS25.0 得到结果，其中信度检验采用一般 Cronbach’s α 系数法，一般认为 Cronbach’s α 高于 0.7，即通过了信度检验。效度检验采用 KMO 检验和 Bartlett 球度检验，一般认为 KMO 大于 0.5 且显著，即在可以接受的范围内，检验结果（表 3、表 4）表明该问卷量表具有较高信效度。

表 3：问卷量表信度检验结果

Table 3: Reliability test results of questionnaire scale

潜变量	显示变量	Cronbach's α	总量表 Cronbach's α
认知价值	X ₁ 、X ₂ 、X ₃	0.919	0.981
认同价值	X ₄ 、X ₅ 、X ₆	0.913	
感知有用性	X ₇ 、X ₈ 、X ₉ 、X ₁₀	0.917	
感知易用性	X ₁₁ 、X ₁₂ 、X ₁₃	0.895	
购买意愿	X ₁₄ 、X ₁₅ 、X ₁₆	0.935	
政策支持	X ₁₇ 、X ₁₈ 、X ₁₉	0.913	
持续使用意愿	Y ₁ 、Y ₂ 、Y ₃	0.935	

表 4：问卷量表效度检验结果

Table 4: Results of validity test of questionnaire scale

项目	认知价值	认同价值	感知有用性	感知易用性	购买意愿	政策支持	持续使用意愿
KMO	0.735	0.753	0.856	0.745	0.766	0.746	0.758
Bartlett 球度检验 P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

四、实证分析

（一）模型拟合检验

为了检验理论模型假设的影响路径，同时考虑到样本规模的影响，选取卡方值与自由度之比 χ^2/df 作为检验指标^[9,10]，同时结合适配度指数 GFI、非基准适配度指数 NFI，比较适配指数 CFI、近似均方根误差 RMSEA、增量拟合指数 IFI 及对拟合指数 TLI 共七个检验指标作为模型拟合评判标准^[11,12]。研究通过 AMOS26.0 软件得到初始假设模型标准化结果，见图 3 所示。相关拟合检验指标见表 5 所示。检验结果表明，本研究提出的理论模型与所收集的数据拟合程度有待修正。

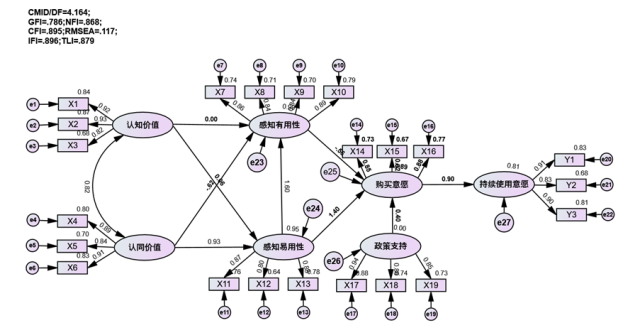


图 3：初始结构模型结构

Figure 3: Initial structure model structure

表 5：整体适配度

Table 5: Overall fitness

指标参数	χ^2/df	GFI	NFI	CFI	RMSEA	IFI	TLI
适配标准	<3	>0.90	>0.90	>0.90	<0.05	>0.90	>0.90
实际值	4.164	0.786	0.868	0.895	0.117	0.896	0.879
是否满足	不满足	不满足	勉强	勉强	不满足	勉强	勉强
适配标准	不满足	不满足	适配	适配	不满足	适配	适配

（二）模型修正

在拟合检验的基础上，对模型路径进行显著性水平分析。结果显示，在 0.05 的显著性水平下，“感知有用性<--- 认知价值”“感知易用性<--- 认知价值”“感知有用性<--- 认同价值”“购买意愿<--- 感知易用性”路径未通过显著性检验，通过回访，了解到由于新媒体宣传知识宽泛而杂，用户在新媒体宣传环境下对新能源汽车认知价值的感知并不能直接有效促进其对有用性和易用性的感知。同时，对于新能源汽车的认同价值并不能直接有效影响用户对于新能源汽车有用性的感知，而是通过认知价值、认同价值协同影响用户对新能源汽车的易用性感知，进而影响用户对新能源汽车的有用性感知。希望了解新能源汽车的用户对于新能源汽车易用性的感知可能由于经济、信息信任度等原因并不能直接激发新能源汽车用户的购买意愿。但是，他们对于新能源汽车易用性的感知会有效激发其对新能源汽车行业政策支持的感知。同时，易用性感知能直接有效激发他们对于新能源汽车的持续使用意愿。故考虑删除路径“感知有用性<--- 认知价值”“感知易用性<--- 认知价值”“感知有用性<--- 认同价值”“购买意愿<--- 感知易用性”，增加路径“政策支持<--- 感知易用性”“持续使用意愿<--- 感知易用性”。而后，根据 Amos26.0 提供的修正指数（MI）作为修正指标，对模型进行修正，并结合实际情况，依次增加残差项“e14<--->e19”“e1<--->e7”“e10<--->e19”“e<--->e4”“e9<--->e16”“e24<--->e25”“e14<--->e22”的相关路径，各标准化路径系数（表 6）在 0.05 的显著性水平下均通过了显著性检验，再次使用相关指标进行模型检验，结果见表 7 所示。

表 6：模型标准化路径系数

Table 6: Model standardized path coefficient

路径	标准化系数	C.R.	P	检验结果
感知易用性<--- 认同价值	.961	19.004	***	通过
感知有用性<--- 感知易用性	.966	17.476	***	通过
政策支持<--- 感知易用性	.934	19.183	***	通过
购买意愿<--- 感知有用性	.498	4.973	***	通过
购买意愿<--- 政策支持	.504	5.010	***	通过

注：“***”表示在 P<0.001 水平下显著。

表 7：修正后整体适配度

Table 7: Modified overall fitness

指标参数	CMIN/DF	GFI	NFI	CFI	RMSEA	IFI	TLI
适配标准	<3	>0.90	>0.90	>0.90	<0.05	>0.90	>0.90
实际值	1.810	0.870	0.944	0.974	0.059	0.974	0.969
是否满足	满足	基本	满足	满足	基本	满足	满足
适配标准	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

从修正后的检验结果表来看。各指标都满足了适配标准。综合来看，修正后的模型可达到研究标准，确定了最终的模型，输出结果如图 4 所示。

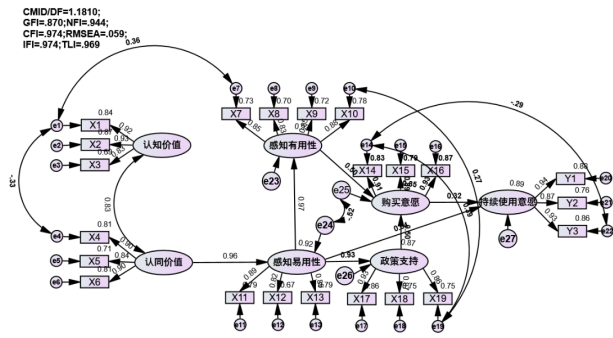


图 4：新能源汽车用户持续使用意愿影响因素影响路径

Figure 4: Influence Path of New Energy Vehicle Users' Willingness to Continue Using

实验结果表明，在0.05的显著性水平下，除 H5a、H5b、H6b、H4b 以外的所有假设路径都得到了实证支持。通过分析变量间的路径系数可知，新媒体环境下的新能源汽车用户对新媒体汽车的感知易用性和购买意愿会对其持续使用意愿产生直接影响，其标准化影响系数分别为0.645、0.321。同时，用户的感知易用性会通过影响用户对政策支持的感知影响其购买意愿，进而影响其持续使用意愿。新媒体环境下的新能源汽车用户的感知易用性

对感知有用性的标准化直接影响效应达到0.97，说明新媒体环境下的新能源汽车用户的感知有用性很大程度源于其对新能源汽车使用便利性的感知。

五、结语

本文在技术接受模型基础上，从政策支持、消费者感知两个方面，构建了 TAM-SEM 模型，探讨新媒体环境下新能源汽车用户的持续使用意愿影响因素作用路径。研究发现，在新媒体环境下，用户对汽车的感知易用性和购买意愿直接影响持续使用意愿。同时，用户的感知易用性会通过政策支持这一因素间接作用于其购买意愿。用户对政策支持的感知受感知易用性的影响，当政策内容便于理解且优惠易于获取时，能增强市场吸引力。在新媒体传播作用下，全面且系统地考量用户对技术易用性、政策支持及便利性的综合感知，通过优化宣传策略，能够有效引导消费决策，进而提升新能源汽车的市场竞争力，推动行业的可持续发展。

参考文献

[1] 王学东, 李金鑫, 汪园. 新能源汽车用户持续使用意愿研究 [J]. 信息资源管理学报, 2017, 7(02):40-49.

[2] 蔡爱丽. 期望理论视域下新能源汽车用户持续使用意愿研究 [J]. 江苏高教教育, 2019, 19(02):32-36+40.

[3] 唐琮育. 新能源汽车消费者感知价值与购买意愿研究 [D]. 延边大学, 2024.

[4] 张浩, 陈可仁, 沈恬遥, 等. 新能源汽车消费者偏好研究——以长三角地区为例 [J/OL]. 河北企业, 2025, (8):1-7.

[5] 许行舟. 消费者新能源汽车购买意愿及影响因素研究 [J]. 经营与管理, 2025, (06):61-69.

[6] Shao J, Hong J, Wang M, et al. New energy vehicles sales forecasting using machine learning: The role of media sentiment [J]. Computers & Industrial Engineering, 2025, 201110928-110928.

[7] 吴烁. 基于 TAM 模型分析的新能源汽车品牌认同度影响因素研究——以蔚来汽车为例 [J]. 中国商论, 2025, 34(11):85-88.

[8] Davis F D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of use, and User Acceptance of Information Technology [J]. Mis Quarterly, 1989, (13): 319-340.

[9] 温忠麟, 侯杰泰, 马什赫伯特. 结构方程模型检验: 拟合指数与卡方准则 [J]. 心理学报, 2004, 36(2): 183-194.

[10] 胡振涛, 项喜章, 吴素春. 武当道茶区域品牌忠诚影响因素的结构模型分析——基于消费者感知视角 [J]. 中国农业资源与区划, 2015, (1): 38-43.

[11] 孙连荣. 结构方程模型 (SEM) 的原理及操作 [J]. 宁波大学学报, 2005, 27(2): 39-43.

[12] 易丽蓉. 基于结构方程模型的区域旅游产业竞争力评价 [J]. 重庆大学学报, 2006, 29(10): 154-158.

人口老龄化与经济增长的非线性耦合 ——基于人口红利理论的重构分析

陈柔妍^{1*}, 戴延倩¹, 符家晴²

1. 广东财经大学金融学院, 广东 广州 510000

2. 广东财经大学统计与数据科学学院, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ASDS.2025080012

摘要： 人口老龄化与经济增长之间存在非线性关系，本研究利用2000年至2023年中国的面板数据探讨其关系及其内在机制。实证分析表明，人口老龄化对经济增长的作用呈现先升后降的倒U型曲线，即老龄化初期对经济增长具有积极效应，但后期则转为抑制。通过异质性分析发现，2010年至2020年间，人口老龄化对经济增长的正面影响尤为显著。此外，在经济发达地区，人口老龄化的影响相对平稳，而在经济欠发达地区，其负面作用更为突出。中介效应分析进一步揭示，劳动力供给的变动和储蓄率的变化是老龄化影响经济增长的关键渠道。调节效应分析则指出，银发经济的兴起和数字经济的快速发展能够有效缓冲人口老龄化对经济增长的潜在不利影响。

关键词： 人口老龄化；劳动力供给；储蓄率；银发经济；数字经济

The Nonlinear Coupling of Population Aging and Economic Growth — A Reconstruction Analysis Based on the Theory of Demographic Dividend

Chen Rouyan^{1*}, Dai Yanqian¹, Fu Jiaqing²

1. School of Finance, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, Guangdong 510000

2. School of Statistics and Data Science, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： There exists a non-linear relationship between population aging and economic growth. This study uses panel data from China from 2000 to 2023 to explore this relationship and its underlying mechanisms. Empirical analysis shows that the effect of population aging on economic growth follows an inverted U-shaped curve, meaning that in the early stage of aging, it has a positive effect on economic growth, but later turns into a negative one. Through heterogeneity analysis, it is found that the positive impact of population aging on economic growth is particularly significant from 2010 to 2020. Moreover, in economically developed regions, the impact of population aging is relatively stable, while in economically underdeveloped regions, its negative effect is more prominent. The mediation effect analysis further reveals that changes in labor supply and savings rate are the key channels through which aging affects economic growth. The moderation effect analysis indicates that the rise of the silver economy and the rapid development of the digital economy can effectively buffer the potential adverse effects of population aging on economic growth.

Keywords： population aging; labor supply; savings rate; silver economy; digital economy

引言

人口老龄化是全球性的发展议题，中国在2023年，65岁及以上人口数量占总人口数量的比重达7%，已经步入老龄化社会。未来二十余年，中国老龄化进程将呈现加速态势^[1]。与此同时，人口红利理论对经济增长的影响也有所变化。

目前针对从劳动年龄人口比例的角度探讨人口红利对经济增长的影响，主要关注两个问题：第一，老龄化趋势对经济增长的负面影响。首先中国经济的增长长期依赖于人口红利、资本积累和技术进步^[1]，劳动力的充足供给是关键因素^[2]。其次，老龄化趋势削弱了

作者简介：

戴延倩（2005-），女，广东深圳人，本科生，研究方向：金融工程；

符家晴（2004-），女，广东湛江人，本科生，研究方向：数据统计分析、应用统计。

通讯作者：陈柔妍（第一作者）（2005-），女，广东揭阳人，本科生，研究方向：金融工程。

经济增长,居民养老金和工资收入的增长放缓。基于这两个维度,老龄化对储蓄率的负面影响,抑制了投资规模,影响资本积累和技术进步^[3];加重政府财政负担,部分挤占教育、基础设施等公共支出,降低企业和个人的投资消费意愿。第二,老龄化趋势对经济增长的正向推动。人口老龄化催生的“银发经济”对消费需求的拉动作用^[4]，“数字经济”的发展弥补劳动力的不足^[5]，使得人口老龄化呈倒“U”型关系^[1]。基于此，本文以广义人口红利理论为切入点，引入储蓄率、银发经济、数字经济探讨人口老龄化在经济增长和人口红利理论中的作用机制。

本文可能的边际贡献体现在以下两点：第一，从研究视角来看，已有关于人口老龄化对人口红利影响的文献大多是单一渠道的^[6]，但鲜有研究进一步综合多个维度进行分析。本文在这些理论基础上，从实证层面揭示广义人口红利理论中多维度下，人口老龄化与经济增长的相互作用关系和传导机制。第二，从研究方法上来看^[6]，本文在已有研究方法上引入二次项和交互项，采用非线性耦合的方法，揭示了人口老龄化与经济增长之间的复杂关系。从经济学意义来看，非线性耦合视角的研究，对于将二次项和交互项纳入经济—人口分析具有一定启示意义。但是由于研究范围广泛且观测数据有限，可能无法完全捕捉到区域间的细微差异。且相关的研究变量有不同的代理指标和多维特征，因此，本研究所得结论可能存在一定的约束性和局限性，未来研究可通过引入更多维度的数字经济指标或扩大样本量，进一步拓展与深化相关研究。

一、理论分析与研究假说

（一）人口红利理论下人口老龄化对经济增长的影响

自马尔萨斯提出，人口与经济之间存在着一种负反馈机制的概念之后，学者们据此对人口红利理论进行了广泛而深入的探讨。随着时代的发展，传统数量论的人口红利理论逐步受到了挑战，形成了以质量为论的人口二次红利理论^[4]。其中，“阻碍效应”理论认为，人口老龄化的持续加剧会对数字技术的创新能力产生负面影响，不利于企业实现转型^[7]；“促进效应”和“工资成本倒逼效应”则认为人口老龄化有利于调整我国当前的产业布局，扩大内需，推动国民生产总值的增长^[8]。总体来看，在人口老龄化的初始阶段，老年群体消费需求的增加对经济发展产生正向推动作用；随着老龄化的加剧，劳动收入的年龄效应增长速度慢于消费的年龄效应，将拉低经济增长的速度^[9]。鉴于此，本文提出：

假说 H1：人口老龄化对经济增长的影响可能呈现倒 U 型关系。

（二）劳动力供给与储蓄率的中介作用

如前文所述，老龄化对经济增长的影响可能呈现倒 U 型，但在不同的中介作用下，可能呈现出显著差异。在此，需要厘清人口老龄化下，劳动力供给和储蓄率对经济增长的影响。

关于劳动力供给，本文主要从数量方面展开讨论。在数量上，劳动密集型产业易出现供需失衡，导致劳动成本提高，制约行业的发展，抑制整体经济增长^[8]；人力资本的积累将减少，影响儿童和劳动年龄人口教育、工人培训等人力资本投资所产生的效果，进一步削弱经济增长的潜力^[9]；劳动年龄人口也是消费市场的主力军，其减少将降低消费需求，导致市场有效需求不足^[6]。

对于储蓄率而言，储蓄是投资的重要来源，人口老龄化的加剧导致储蓄率的下降将直接影响资本积累速度^[6]，尤其是在资本密集型产业中，储蓄率的下降对资本积累的影响更为显著。其次，储蓄率的下降还增加了金融市场的波动和不确定性，抑制企业的投资和扩张意愿^[10]。最后，储蓄率下降还会对政府财政产生负面影响，降低其税收收入和财政支出能力，削弱政府在基础设施建设、公共服务等领域的投入，进而影响经济增长^[11]。鉴于此，本

文提出：

假说 H2a：劳动力供给缩减是老龄化抑制经济增长的重要途径。

假说 H2b：储蓄率下降加剧老龄化对经济增长的负面影响。

（三）银发经济和数字经济的调节效应

诚然，随着技术的进步和老龄化趋势的增长，在人口红利理论下，银发经济和数字经济也将作用于人口老龄化对经济增长的影响。首先，银发经济的发展是应对人口老龄化，促进人口经济协调发展的重要进程^[11]。银发需求的规模化，推动了健康养老、文化和旅游等相关银发产业的发展^[4]。相应的消费需求也由单纯的节俭向多元化，品质化转变，多层次和多样化的银发需求也让更多企业注重适老产业以及养老相关产业的融合培育，将老龄需求作为创新研发的重点，不断推出新产品和新服务，为银发经济的持续增长注入活力。因而，虽然传统人口红利消退对经济增长形成一定制约，但是随着中国老年人的消费能力不断提高，消费需求不断增加，带动着养老服务体系下相关产业的发展，银发经济的重要力量也推动着经济增长^[12]。鉴于此，本文提出：

H3：银发经济的发展能够弱化人口老龄化对经济增长的负面影响。

其次是数字技术革命带来的数字经济的发展，给经济增长带来了“替代效应”和“创造效应”^[8]。“替代效应”认为，数字经济提高了生产效率，减少了对劳动力的需求，同时数字技术和设备的应用也导致部分传统岗位的消失；“创造效应”则表现为数字经济通过提升生产效率和扩大生产规模，推动了劳动力需求的增长，并促进了就业结构的优化与升级^[8]。而在传统人口红利逐渐消退的背景下，劳动力的短缺、数字技术、数字资本的变革也推动了“人口红利”向“人才红利”的转变。同时数据要素的积累能够激活人力资本红利^[11]，实现更高效率的市场化配置，伴随着数字化转型与人口结构的变化相互交织、协同共振，有效缓解了少子化、老龄化以及区域人口增减分化对经济发展的不利影响。鉴于此，本文提出：

H4：数字经济的发展能够缓解人口老龄化对经济增长的抑制作用。

二、研究设计

（一）样本数据来源

本文基于2000—2023年中国的面板数据展开研究，相关数据来源于《中国统计年鉴》《中国民政统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国人口统计年鉴》及《中国经济社会大数据研究平台》采用最新的数据及指标，以确保分析结果的严谨性，为后续模型建立和实证分析奠定坚实基础。

（二）模型设定与变量选取

首先，为检验人口老龄化对经济增长的影响，本文参考已有研究的模型^[13]和研究设计^[14]，使用老年人口（65岁及以上）与年末总人口的比值，作为人口老龄化 Aging 的指标，在模型中引入了人口老龄化的二次项 Aging²，以检验人口老龄化对经济增长的影响是否呈现 U 型或倒 U 型特征。为消除价格给 GDP 带来的影响，我们使用实际 GDP 增长率 Growth 作为指标，建立如下基准回归模型：

$$Growth = \beta_0 + \beta_1 Aging + \beta_2 Aging^2 + control + \varepsilon \quad (1)$$

其他相关变量被作为控制变量纳入分析框架，主要包括以下四个方面：第一，人力资本水平 HumCapLevel。本文参考相关研究^[9]，以平均受教育年限作为人力资本水平的衡量指标。第二，固定资产投资率 FixInvRate。已有研究表明^[13]，人口老龄化与固定资产投资会通过多种渠道影响经济增长。本文采用固定资产投资占 GDP 的比重来表征固定资产投资率。第三，政府干预 GovInterv。本文以政府财政支出占 GDP 的比重来衡量政府干预力度。第四，对外开放程度 Openness。本文借鉴相关的研究^[14]，采用进出口总额占 GDP 的比重来衡量对外开放程度。

然后，为了研究劳动力供给与储蓄率在人口老龄化下对经济增长影响的中介效应，采用三步法建立如下模型：

$$LS = \gamma_0 + \gamma_1 Aging + control + \varepsilon \quad (2)$$

$$Growth = \theta_0 + \theta_1 Aging + \theta_2 LS + control + \varepsilon \quad (3)$$

$$SR = \delta_0 + \delta_1 Aging + control + \varepsilon \quad (4)$$

$$Growth = \theta_0 + \theta_1 Aging + \theta_2 SR + control + \varepsilon \quad (5)$$

采用就业人员总数与劳动参与率之比来衡量劳动力供给 LS^[12]，其中劳动参与率采用城镇就业人口数与失业人口数之和与劳动年龄人口之比表示^[8]。采用总储蓄与 GDP 的占比来表示储蓄率 SR。

最后，为检验人口老龄化对经济增长的影响如何受到银发经济和数字经济的调节作用，本文建立如下实证模型：

$$Growth = \beta_0 + \beta_1 Aging + \beta_2 Aging \times SED + control + \varepsilon \quad (6)$$

$$Growth = \beta_0 + \beta_1 Aging + \beta_2 Aging \times DED + control + \varepsilon \quad (7)$$

$$Growth = \beta_1 + \beta_2 Aging + \beta_3 Aging^2 + \beta_4 Aging \times SED + \beta_5 Aging \times DED + control + \varepsilon \quad (8)$$

银发经济的解释和指标的设定，利用医疗保健和养老服务支出总和在居民消费中支出中的占比表示^{[11]、[15]}。数字经济的定义和指标设定，利用互联网普及率代替^[11]。

（三）描述性统计分析结果

表1介绍各个变量的描述性统计分析结果。可以看出，因变量经济增长指标 Growth 的均值为8.258%，最小值是2.2%，最大值是14.2%。核心解释变量人口老龄化指标 Aging 的均值为0.1，最大值为0.154，最小值为0.07。

表1：变量描述性统计

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Aging	24	0.1	0.026	0.07	0.154
Growth	24	8.258	2.729	2.2	14.2
year	24	2011.5	7.071	2000	2023
FixInvRate	24	0.477	0.078	0.328	0.589
GovInterv	24	0.213	0.029	0.158	0.255
Openness	24	0.435	0.107	0.318	0.642
LS	24	1042.035	54.91	938.362	1128.782
SR	24	0.425	0.031	0.352	0.469
SED	24	0.197	0.047	0.124	0.267
HumCapLevel	24	8.62	0.781	7.009	9.9
DED	24	37.413	25.808	1.8	77.5

三、实证分析

（一）实证结果分析

表2回报率基准模型（1）的回归结果，其中（1）列只加入核心解释变量人口老龄化（Aging）及其二次项（Aging²），第（2）列在第（1）列的基础上加入固定资产投资率（FixInvRate）和政府干预程度（GovInterv），第（3）、（4）列进一步加入控制变量。回归结果显示，人口老龄化对经济增长的影响呈现非线性的特征。以第（2）和第（4）列为例，人口老龄化的二次项系数为负，表明人口老龄化对经济增长的影响并非单纯的线性影响，即老年比率与经济增长之间呈倒 U 型关系，与已有文献实证发现基本一致^[6]，支持了研究假说 H1。且列（2）引入固定资产投资率（FixInvRate）和政府干预程度（GovInterv）后，人口老龄化的系数变为474.4，二次项系数为-2235.1，其政府干预程度对经济增长的负向影响在1%的水平上显著（系数为-134.8，t 值为-2.93），与已有研究结果一致^[16]。

表2：人口老龄化对经济增长的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	Growth	Growth	Growth
Aging	-108.3 (-0.76)	474.4 (0.99)	431.8 (1.07)	436.5 (1.05)
Aging2	125.9 (0.19)	-2235.1 (-1.09)	-2000.9 (-1.15)	-1991.4 (-1.11)
FixInvRate		22.52 (1.50)	1.397 (0.10)	1.031 (0.07)
GovInterv		-134.8 (-2.93)***	-52.21 (-1.09)	-47.52 (-0.81)
Openness			14.05 (2.93)***	14.50 (2.50)**

HumCapLevel				-0.298 (-0.15)
_cons	17.72 (2.38)**	2.533 (0.15)	-9.299 (-0.64)	-8.326 (-0.51)
N	24	24	24	24
R2	0.588	0.720	0.810	0.810

注：括号内是稳健标准误，***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 统计水平下的显著性，下表同。

（二）中介效应分析

表3为劳动力供给中介效应的回归结果。列 (2) 显示人口老龄化对劳动力供给存在负向影响（系数 -7277.3），列 (3) 和 (4) 表明劳动力供给对经济增长具有显著促进作用（系数 0.00057，在 5% 水平上显著）。当同时引入人口老龄化和劳动力供给变量后，劳动力供给的回归系数保持显著，而人口老龄化的直接效应减弱，说明劳动力供给在人口老龄化影响经济增长的过程中发挥了部分中介作用，假设 H2a 得到验证。这一结果印证了人口老龄化通过减少劳动力供给间接抑制经济增长的作用机制。

表3：劳动力供给的中介效应

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	LS	Growth	Growth
Aging	436.5 (1.05)	-7277.3 (-0.15)		-19.35 (-0.48)
Aging2	-1991.4 (-1.11)			
FixInvRate	1.031 (0.07)	14275.9 (1.37)	0.155 (0.01)	0.736 (0.05)
GovInterv	-47.52 (-0.81)	107294.9 (2.55)**	-72.76 (-0.94)	-81.38 (-1.01)
Openness	14.50 (2.50)**	11336.9 (2.85)**	9.651 (1.58)	8.438 (1.24)
HumCapLevel	-0.298 (-0.15)	292.6 (0.16)	-1.273 (-1.22)	-0.544 (-0.29)
LS			0.000572 (2.28)**	0.000568 (2.31)**
_cons	-8.326 (-0.51)	59255.8 (8.37)***	-24.29 (-1.62)	-26.13 (-1.65)
N	24	24	24	24
R2	0.810	0.929	0.840	0.842

表4为储蓄率中介效应的回归结果。列 (2) 显示人口老龄化对储蓄率存在负向影响（系数 -0.572），但未通过显著性检验。列 (3) 和 (4) 表明，在控制储蓄率后，人口老龄化对经济增长的直接影响减弱。尽管直接中介效应未达统计显著水平，但理论机制分析表明，储蓄率在人口老龄化影响经济增长的过程中仍可能发挥中介作用（5）。已有研究指出，老龄化程度与储蓄率下降存在显

著关联，而储蓄率变化通过影响资本积累对经济增长产生重要影响（9）。这一结果为理解人口老龄化影响经济增长的间接机制提供了理论支持。

表4：储蓄率的中介效应

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	SR	Growth	Growth
Aging	436.5 (1.05)	-0.572 (-0.70)		-14.26 (-0.33)
Aging2	-1991.4 (-1.11)			
FixInvRate	1.031 (0.07)	0.00612 (0.04)	8.371 (0.55)	8.741 (0.55)
GovInterv	-47.52 (-0.81)	0.552 (0.92)	-23.63 (-0.32)	-29.37 (-0.36)
Openness	14.50 (2.50)**	0.121 (1.57)	13.66 (2.06)*	12.92 (1.60)
HumCapLevel	-0.298 (-0.15)	0.0382 (1.13)	-1.551 (-1.47)	-0.994 (-0.57)
SR			17.31 (0.99)	16.12 (1.05)
_cons	-8.326 (-0.51)	-0.0203 (-0.18)	9.343 (2.69)**	7.835 (1.54)
N	24	24	24	24
R2	0.810	0.767	0.803	0.804

（三）稳健性检验

对核心解释变量人口老龄化和被解释变量经济增长的测量可能存在测量误差问题，从而影响基准回归结果的稳健性，基于此，对于核心解释变量人口老龄化 Aging 的指标，运用老年抚养 OAD 指标替换^[3]。

表5显示了替换核心解释变量人口老龄化后的实证结果，我们发现替换后的回归结果依然支持人口老龄化对经济增长的影响，且结果具有一定的稳健性。

表5：替换核心解释变量

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	Growth	Growth	Growth
Aging	-108.307 (143.196)	436.534 (416.191)		
Aging2	125.893 (653.130)	-1991.402 (1788.659)		
FixInvRate		1.031 (15.254)		5.381 (15.865)
GovInterv		-47.521 (58.663)		-43.844 (84.502)

Openness		14.500 (5.803)**	14.375 (6.901)*
HumCapLevel		-0.298 (2.005)	0.185 (2.386)
OAD		-1.368 (0.934)	1.432 (1.827)
OAD2		0.026 (0.029)	-0.050 (0.057)
_cons	17.721 (7.445)**	-8.326 (16.333)	21.829 (6.951)***
r2_a	0.549	0.743	0.567
N	24.000	24.000	24.000

本文使用实际 GDP 增长率 Growth 作为指标，但由于经济增长的指标不是只有一种测量方法，可能存在一定的测量误差。故使用人均 GDP 增长率（PGDP）替换被解释变量实际 GDP 增长率（Growth）^[6]。表6的实证结果表明，无论是否加入控制变量，其结果都与基准回归结果保持一致。

表6：替换被解释变量

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	Growth	PGDP	PGDP
Aging	-108.307 (143.196)	436.534 (416.191)	-103.448 (145.908)	382.306 (415.581)
Aging2	125.893 (653.130)	-1991.402 (1788.659)	160.483 (665.498)	-1681.854 (1820.570)
FixInvRate		1.031 (15.254)		1.698 (15.921)
GovInterv		-47.521 (58.663)		-39.759 (84.981)
Openness		14.500 (5.803)**		15.299 (6.788)**
HumCapLevel		-0.298 (2.005)		-0.472 (2.207)
_cons	17.721 (7.445)**	-8.326 (16.333)	16.247 (7.586)**	-7.631 (15.688)
r2_a	0.549	0.743	0.449	0.683
N	24.000	24.000	24.000	24.000

（四）异质性分析

本文通过分时段和分组回归分析了人口老龄化对经济增长的影响。2000 - 2010年间，老龄化影响未达显著水平，但二次项为负，提示可能存在非线性关系。该阶段我国经济高速增长，依赖投资与出口，老龄化程度尚浅，人口红利显著，劳动力充裕，加之养老和医疗政策缓解了其负面影响，故老龄化影响有限。2010 - 2020年间，老龄化呈现显著正向影响且二次项为负，形成倒 U 型关系，即先促进后抑制。这一时期经济转向内需与创新驱

动，老龄化加速（65岁及以上人口占比从8.9%升至13.5%），人口红利消退，但“银发经济”兴起成为新动力；随老龄化加深，劳动力减少和社会保障负担加重使正向效应减弱。结果支持假说 H1。

在 GDP 高增长率的组，老龄化影响未显著，但系数为负仍提示潜在非线性。高增长时经济活力强、产业结构多元，对劳动力依赖较低，且技术创新和资源配置能力较强，社会保障完善，通过发展银发经济等举措缓解了老龄化压力，实现了“人才红利”转型^[17]。在低增长率的组，存在经济疲软、结构转型困难等问题，老龄化对劳动力和消费的负面效应被掩盖；社会保障不足、财政压力大^[18]，加之创新与资源配置能力较弱，未能完成“人才红利”转换，使老龄化潜在抑制更加突出。

综上，分时段回归显示老龄化对经济增长的影响随时间推移和经济结构变化呈倒 U 型转变；分组回归表明，高增长率因经济活力强和技术优势缓冲了老龄化影响，低增长率则面临更大抑制压力。老龄化影响因经济条件不同而呈现显著差异。

表7：异质性分析

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	Growth	Growth	Growth
Aging	7342.9 (1.32)	1391.0 (2.39)*	3760.7 (1.15)	-133.5 (-0.20)
Aging2	-43454.3 (-1.30)	-6218.3 (-2.80)*	-21368.0 (-1.15)	-1096.9 (-0.41)
FixInvRate	-13.80 (-0.37)	-19.78 (-1.47)	-29.87 (-0.98)	-27.34 (-1.19)
GovInterv	30.29 (0.16)	-19.69 (-0.52)	82.19 (0.48)	-167.4 (-2.11)*
Openness	7.835 (0.43)	8.546 (0.40)	16.45 (1.15)	-52.38 (-1.55)
HumCapLevel	-6.335 (-1.69)	-5.511 (-1.23)	-4.613 (-1.55)	8.668 (0.92)
_cons	-250.5 (-1.28)	-7.385 (-0.16)	-127.1 (-1.06)	30.66 (0.29)
N	11	10	12	12
R2	0.837	0.980	0.815	0.754

（五）调节效应分析

为进一步探究银发经济和数字经济对老龄化与经济增长关系的调节作用，本研究通过引入交互项进行实证检验。

表8是银发经济和数字经济在人口老龄化与经济增长之间的调节作用的实证结果。其中，第（1）列显示，银发经济与人口老龄化的交互项系数为正，其正向趋势表明银发经济可能通过释放老年人口的消费潜力、促进健康养老产业发展等方式，为经济增长注入新的动力^[1]，支持了假说 H3。第(3)列显示，数字经济与人口老龄化的交互项系数在10%水平上显著为负，表明数字经济的发展能够缓解人口老龄化对经济增长的抑制作用。第(2)、(4)列交

互项的引入都进一步支持了这两个假说。

综上，随着传统“人口红利”的消退，银发经济和数字经济成为新的经济增长动力。银发经济通过释放老年人口的消费潜力，弥补了劳动力供给减少带来的负面影响^[19]，而数字经济则通过技术进步和创新，帮助企业在劳动力短缺的情况下提高生产效率，优化资源配置^[20]。这种“人口红利”向“银发红利”和“数字红利”的转变，为应对人口老龄化带来的经济挑战提供了新的路径。

表 8：银发经济和数字经济的调节作用

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Growth	Growth	Growth	Growth
Aging	-55.377 (174.353)	-258.399 (520.694)	285.584 (182.762)	422.620 (130.369)***
SED	13.772 (46.524)	-20.597 (228.101)		
Aging_SED	-126.568 (610.201)	661.388 (2164.491)		
LS		0.001 (0.000)**		0.001 (0.000)***
FixInvRate		3.557 (19.592)		-1.096 (15.169)
HumCapLevel		0.532 (2.376)		0.048 (1.725)
Openness		7.582 (6.123)		-0.690 (6.159)
GovInterv		-114.062 (73.880)		-107.437 (73.983)

参考文献

[1] 李竞博. 人口老龄化对劳动生产率的影响 [J]. 人口研究, 2019, 43(06): 20-32.

[2] 刘斌, 王禹. 人口老龄化如何影响工业机器人使用? [J]. 人口研究, 2024, 48(01): 85-102.

[3] 冯剑锋, 陈卫民, 晋利珍. 中国人口老龄化对劳动生产率的影响分析——基于非线性方法的实证研究 [J]. 人口学刊, 2019, 41(02): 77-86.

[4] 杨菊华, 刘铁锋. 人口高质量发展促进银发经济繁荣——内在逻辑与路径选择 [J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2025, (01): 97-109.

[5] 穆怀中, 孟婉荣, 陈曦. 人口老龄化、收入再分配与储蓄结构变动 [J]. 中国软科学, 2025, (06): 8-17.

[6] 逯进, 王晓飞. 固定资产投资, 老龄化与经济活力——基于省域视角研究 [J]. 人口学刊, 2019, 41(5): 15-71.

[7] 王蕾茜, 刘泓泓, 余怒涛. 人口老龄化对企业数字化转型的影响研究 [J]. 科研管理, 2024, 45(05): 182-192.

[8] 胡拥军, 关乐宁. 数字经济的就业创造效应与就业替代效应探究 [J]. 改革, 2022, (04): 42-54.

[9] Choo E, Gee C, Bloom D E, et al. Age and education effects in Singapore's demographic dividend 1970 - 2020 [J]. 2024.

[10] 龚灵枝. 人工智能, 老龄化与财政可持续性: 理论分析与展望 [J]. 云南财经大学学报, 2025, 41(2): 63-75.

[11] 马琦峰, 赵越, 王曼茹, 等. 人口老龄化对城市经济发展的影响——基于“量”与“质”的考察 [J]. 经济问题探索, 2025(1): 141-153.

[12] 杨子荣, 张鹏杨. 金融结构、产业结构与经济增长——基于新结构金融学视角的实证检验 [J]. 经济学(季刊), 2018, 17(02): 847-872.

[13] Bloom D E, Finlay J E. Demographic Change and Economic Growth in Asia [J]. Asian Economic Policy Review, 2009, 4(1): 45-64.

[14] Chu Y, Li Y, Che M. Population aging and the dynamics of the skill income gap: An analysis of a multiple mediation effect [J]. Finance Research Letters, 2024, 62(PB): 105242.

[15] Yue W, Wan Z, Wanrong M. Bilateral effect of aging population on consumption structure: Evidence from China [J]. Frontiers in Public Health, 2022, 10941485-941485.

[16] 陈曦雨. 人口老龄化, 产业结构调整及经济增长之间的关系实证分析 [J]. 时代金融, 2021(15): 93-96.

[17] 穆怀中, 张冬雪. 中国劳动力负增长与老年人口增长叠加对居民收入增长的影响及政策选择 [J]. 经济理论与经济管理, 2024, 44(11): 51-70.

[18] 原新, 王丽晶. 中国长寿红利: 人口机会、政策环境与开发方向 [J]. 中国特色社会主义研究, 2022, (02): 57-63.

[19] 韩汉君, 马迪, 刘倩桦. 中国人口老龄化对服务业增长的影响机制研究 [J]. 上海经济研究, 2025(1): 56-66.

[20] 陈小亮, 刘沁璇. 人口老龄化对宏观政策有效性的影响——基于宏观政策“三策合一”数据库的实证研究 [J]. 财经论丛, 2025, 41(5): 41-54.

Aging_DED			-2.531 (1.259)*	-3.341 (0.944)***
_cons	13.688 (12.097)	-22.176 (22.844)	-9.213 (12.774)	-80.159 (19.318)***
r2_a	0.528	0.809	0.621	0.822
N	24.000	24.000	24.000	24.000

四、结论与政策建议

基于广义人口红利理论，老龄化既是挑战也是机遇，其影响机制通过劳动力市场、资本积累、消费结构和技术创新等多重路径交织作用。本文研究主要结论为：（1）中国人口老龄化对经济增长呈现倒 U 型的非线性特征；（2）劳动力供给和储蓄率的下降时重要的中介渠道；（3）银发经济和数字经济能有效调节缓冲老龄化的负面影响。

结合本文结论，提出如下政策建议：

应突破传统“防御性”政策框架。实证表明，要以质量红利弥补数量缺口。因此，要系统性提升劳动者专业能力，合理引导人口流动，提升人口素质，减缓人口衰老。第二，推动银发经济从“补短板”转向“锻长板”，在技术层面强化数字经济与实体经济的深度融合，扩大个人养老金账户的税收递延范围，引导长期资金流向绿色基建与银发产业。同时优化财政支出结构向老龄领域倾斜，优先支持社区适老化改造与普惠养老服务。第三，实施区域差异化策略。利用“互联网+养老”模式，强化区域协同发展。东部地区依托数字经济和高端服务业发展智慧养老；中西部地区加强养老基础设施和政策支持，激活欠发达地区银发经济潜力。以制度创新为纽带系统性重构人口红利理论分析系统，构建“人力资本密度 × 技术创新速率 × 制度弹性”的新型增长模型。

有限约束理论下城市更新项目的财务平衡策略及机制研究

陈其荣

贵州省社会科学院城市经济研究所，贵州 贵阳 550002

DOI:10.61369/ASDS.2025080013

摘 要： 城市更新是激活城市内生动力的重要举措，探索城市更新项目的财务平衡机制事关城市建设的可持续性。随着城市生长周期的演进，城市存量发展阶段中老旧项目的待更新规模激增，城市更新已成为城市发展的常规性、常态化、全覆盖举措，然而因待更新项目分散遍布在城市空间全域，不同项目在更新中的空间规模、空间尺度、改造投入和功能诉求差异显著，形成了不同“有限约束”下的城市更新模式。故此，本文探讨了有限约束理论下城市更新项目的内涵及特征，分析了更新项目的财务平衡的瓶颈挑战，并探索了城市更新项目的财务平衡策略及机制构建。

关 键 词： 城市更新项目；有限约束；财务平衡；机制

Research on Financial Balance Strategies and Mechanisms for Urban Renewal Projects under the Theory of Limited Constraints

Chen Qirong

Institute of Urban Economics, Guizhou Academy of Social Sciences, Guiyang, Guizhou 550002

Abstract： Urban renewal serves as a vital strategy to invigorate the endogenous potential of cities. Investigating the financial balance mechanisms associated with urban renewal projects is essential for ensuring the sustainability of urban development. As urban growth cycles evolve, there has been an accumulation in the number of aging projects awaiting renewal during various stages of urban stock development. Consequently, urban renewal has emerged as a regular and comprehensive approach to urban advancement. However, due to the dispersed nature of these renewal projects across different areas within cities, significant variations exist in terms of spatial scale, investment requirements for renovations, and functional demands among diverse projects. This diversity gives rise to distinct models of urban renewal shaped by varying "limited constraints." Therefore, this paper examines the connotations and characteristics inherent in urban renewal projects through the lens of limited constraints theory; it analyzes key bottlenecks that challenge financial balance within these initiatives; and it explores strategies for achieving financial equilibrium along with constructing effective mechanisms tailored to urban renewal endeavors.

Keywords： urban renewal project; limited constraints; financial balance; mechanism

引言

当前，我国城镇化进程正从高速增长阶段转向稳定发展阶段，城市发展也正从大规模增量扩张阶段转向存量提质增效为主的阶段，城市更新也进入了重要的发展阶段，并成为城市建设和发展中常规性、常态化、全覆盖的举措。自2021年3月“实施城市更新行动”首次被写入政府工作报告以来，国家层面陆续出台了系列政策支持城市更新，例如，2025年5月中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于持续推进城市更新行动的意见》中部署了八个方面的工作内容^[1]，为持续推进实施城市更新行动提供了方向指引；同年7月，中央城市工作会议进一步指出，要“以推进城市更新为重要抓手，大力推动城市结构优化、动能转换、品质提升、绿色转型、文脉赓续、治理增效，牢牢守住城市安全底线，走出一条中国特色城市现代化新路子”^[2]，这为城市发展的战略取向和城市发展目标提供了重要遵循；同年8月，中共中央 国务院印发的《关于推动城市高质量发展的意见》明确提出“激活城市存量资源潜力，建立可持续的城市建设运营投融资体系”^[3]，确立了城市可持续发展的动力转化和核心竞争力重心的建设方法指引，更加注重城市的可持续发展能力。

基金项目：2024年贵州省社会科学院创新工程青年项目（ZJZD2403），2021年贵州省哲学社会科学年度规划基金青年项目（21GZQN35）。

作者简介：陈其荣，女，贵州省社会科学院城市经济研究所助理研究员，主要研究方向：城市经济学、区域发展与管理。Email: 358826@whut.edu.cn。

项目财务平衡机制是衡量城市更新可持续能力的关键指标，也是城市更新行动的核心要素^[4]。虽然我国不同城市的资源禀赋、地理环境、发展水平等存在明显差异，但整体呈现空间分布扩围、结构松散、增量有限、存量冗余、活力不足等特点，特别是以城市老城区为主的老旧建筑、老旧小区、老旧街区、老旧厂区、背街小巷、老旧城区等存量建筑更新和基础设施补短板需求突出，亟待通过更新重塑城市空间结构、功能布局及发展活力，促进城市发展动力从传统要素驱动向创新优势驱动转变。当前，我国城市更新内容主要围绕物理设施更新、功能完善、品质提升、活力重塑等目标部署项目建设，但从项目更新全局的系统效益来看，城市更新项目共同存在更新规模、空间尺度、改造投入、功能满足等“有限性”，并在“有限约束”条件下探索形成了小规模、渐进式、针灸型的差异化更新策略^[5]，这为逐步完善项目更新的财务平衡策略提供了重要参考。因此，探索城市更新项目的财务平衡策略和机制，是确保城市更新项目在“有限约束”下顺利推进的重要举措，也是为推进城市更新行动的经济效益、社会效益、环境效益的最大化路径。

一、科学理解有限约束理论下城市更新项目的意蕴特征

城市更新作为存量时代城市建设和发展的重要抓手，项目更新受限于多重客观约束条件，这些“有限约束”都是构成城市更新项目落地的核心约束体系，相互关联、相互影响，也共同界定了城市更新的实践边界，并串联起项目从更新设计到运营维护的整体逻辑。约束理论认为企业追求生产能力的平衡是为了使其生产能力得到充分利用^[6]。在城市更新项目的推进中，更新规模有限约束源自现实发展基础，空间尺度有限约束符合城市发展的历史逻辑规律，改造投入有限约束取决于城市资源约束，功能满足有限约束划定了需求适配边界，从不同维度深刻理解城市更新项目“有限约束”的科学内涵和发展逻辑，为推进项目更新实现可持续发展提供借鉴参考。

（一）更新规模有限是城市更新项目的现实基础

城市更新规模有限是由于已建成年代久远的、承载多元化功能和复杂利益的存量建筑在空间、产权、成本等多重客观条件下共耦形成的客观事实，物理空间规模有限导致服务覆盖规模和效益产出规模有限，具体表现在项目的改造用地面积、建筑面积、惠及人口数量、服务半径、经济效益、社会效益辐射范围等方面。项目更新规模有限必然影响其惠及群体范围及产出效益的合理阈值，形成既不超出城市资源承载能力，也不脱离区域实际需求的更新内容，从本质上实现项目供给与群众需求、环境资源与项目发展的平衡约束，也是引导城市更新走向“精细化”的关键。

更新规模有限具有相对性、阶段性特征。相对性是指不同城市能级、区域定位、项目特点等更新规模无统一标准，如高能级城市核心区的项目更新规模受土地资源稀缺性限制更严格，而低能级城市则可根据人口流入规模与产业支撑能力匹配情况适度放宽。阶段性是指不同区域范围内的城市更新项目规模也随城市发展阶段的变化而变化，发展较晚的区域形成多以单个老旧小区项目为主的“点状”改造，发展较为成熟的区域逐步形成连片更新的“片状”改造^[7]，均受城市阶段性的资源供给影响。因此，更新规模有限是基于资源承载与需求适配的边界限定。

（二）空间尺度有限符合城市更新项目的历史规律

城市更新项目的空间尺度约束有限是城市在发展演进的历程中，受历史形成的空间机理、规划范式、功能需求等因素共同的作用结果，也是城市存量发展阶段对历史空间格局的继承与适

配。城市更新的项目源于建成时间久、经历多轮改造的存量区域，其空间机理是发展进程中长期积淀的产物，形成了难以突破的“路径依赖”。项目更新的空间尺度包括垂直系统、水平系统，具体可分为建筑高度、地下空间开发深度、用地范围、街巷间距、室内空间划分、公共设施尺寸等微观尺度，在城市从快速蔓延到存量优化发展理念的转变阶段，更加强调项目更新利用现有空间提升效率，更倾向于实现在有限尺度内优化功能，确保历史功能需求的延续性适配。

空间尺度有限具有协调性、功能性特点。协调性是指更新项目的空间尺度需要与周边历史风貌、现有建筑形态适配，避免破坏历史空间机理。功能性是指更新项目空间尺度需要服务于功能需求，避免因超出项目基础设施承载刚性、功能承载能力等带来的改造成本高企或效益边际递减。因此，空间尺度有限是项目基于空间机理与功能协同的维度约束，也是历史功能性需求的延续性适配。

（三）改造投入有限取决于城市更新项目的资源约束

改造投入有限是指更新项目的资金、人力、技术等要素投入规模和投入强度受到各类资源总量、结构及可及性的限定，构成了改造投入有限的资源约束和边界条件。资源约束主要体现在资金、土地、技术、政策等维度上，贯穿项目更新的前期策略、方案设计、建设投入和运营管理等“规、投、建、管”全过程，在项目更新的投入产出管理中需要结合资金、土地、技术和政策等综合测算并纳入项目的效益分析框架。首要约束要素是资金，项目更新所需的资金总规模极易受到地方财政能力、社会资本参与意愿及项目收益预期等影响，无法形成稳定的投入资金，需在“投入成本”与“产出效益”间寻找平衡，避免陷入“资金黑洞”。其次是空间载体的落地点，土地指标限制、空间产权碎片化等导致投入无法实现增量扩容，只能做空间优化。技术资源是决定项目效能转化、价值实现的重要催化剂。以及政策资源的可及性和使用成本的空间也是缓解投入约束的有效形式，体现了城市更新项目是存量优化阶段的必然属性。

改造投入有限是项目在既定、有限、分散的情形下基于资金供给与成本收益的经济约束。改造投入约束具有刚性与弹性并存、收益依赖性等特征，刚性与弹性并存特征如项目的更新拆除、基础设施改造等“硬性投入”具有刚性，而绿化装修、智慧化升级等“软性投入”具有弹性。收益依赖性是指项目投入规模受项目收益反哺能力制约，盈利性项目可吸引更多的社会资本，投入项目的资金意愿相对较高，而公益性项目则主要依赖财政资

金，投入规模直接受到财政预算限制。

（四）功能满足有限划定城市更新项目的需求适配边界

功能满足有限取决于城市更新项目对空间功能的实现能力、覆盖范围等客观条件，这些客观条件也反作用于项目能满足什么功能、以及满足程度。从居民需求的复杂性与项目更新的局限性综合来看，功能满足局限主要包括基础功能、公共服务功能、增值功能等，广泛分布在居住、交通、市政、教育、医疗、养老、商业、文化和休闲等具体需求中，项目更新需在“核心需求”与“非核心需求”“共性需求”与“个性需求”间寻找最大公约数，以有限资源有限保障关键功能，实现“需求与供给”的适度匹配。

功能满足有限具有优先级差异、动态调整特征，优先级差异体现在项目的功能满足顺序一般为生存需求高于发展需求、高于享受需求，例如老旧小区项目更新优先保障“水、电、气、路”等基础功能，而后再逐步完善“养老、托育”等发展功能，最后考虑“智慧化、景观化”的享受功能。动态调整性特征主要是贯穿在城市居民需求紧迫性、城市发展阶段、功能边界需求的动态优化过程中，如不同龄段、不同家庭规模的功能需求存在明显的差异。

综上，城市更新项目的“有限约束”表现为更新规模有限、空间尺度有限、改造投入有限、功能满足有限，且形成了“规模—空间—投入—功能”的闭环关联，更新规模决定空间尺度的合理范围，空间尺度影响改造投入的成本核算，改造投入限制功能满足的实现程度，功能满足又反作用于更新规模的调整。因此，在城市更新项目实践中需以“有限约束”为前提制定策略，形成“以需定规模、按规模配空间、基于空间核算成本、最终以投入成本限定功能满足范围”，实现有限资源下的更新效益最大化。

二、有限约束下城市更新项目财务平衡的瓶颈制约

城市更新项目财务平衡是一个体系化的工程，项目更新的资金平衡涉及内部和外部环境，多种影响因素制约项目更新平稳推进和持续运营。当前，城市更新项目财务平衡的有限约束制约主要表现为投入量大、回收期长、收益不确定、传统模式惯性影响等。

（一）资金筹集效率不高

当前，我国城市更新项目由于土地权属复杂、融资渠道有限、投资规模较大等导致项目资金筹集受阻。城市更新项目由于历史原因或政策调整，导致土地权属复杂，通常在项目的更新方案设计上特别是土地征收、拆迁补偿、更新功能等方面需要投入较长的时间成本和资金成本，具体到推动城市更新项目的违章建筑拆除、基础设施完善、公共服务设施配建等，需要较大资金投入。然而，当前我国城市更新项目的融资渠道主要依托国家及地方财政投入、社会资本投入、物业权力人自筹资金、市场化融资资金和居民共同分担。其中，财政资金有限，社会资本的逐利性较强导致投资意愿不强，居民分担能力不足，物业权力人自筹资金回报周期长，市场化融资资金成本高等都是制约项目资金筹措效率的影响因素。

（二）投资回报周期冗长

城市更新项目从更新前的需求收集、方案论证、规划建设、

交付运营等过程繁琐，由于项目更多是基础设施更新、公共服务设施补短板，实际可运营的权属和业态不多，导致其资金回收期较长，且较长的资金回收周期内既降低了投资吸引力，也给投资者带来持续资金压力。在更新前期的需求收集和方案论证阶段，项目更新策划、更新方案设计及更新准备等工作需大量资金投入，且需通过详尽调研分析确定更新定位、功能布局及居民需求，形成可持续实施方案，这一过程客观上延长了资金投入周期。在项目设施更新、基础设施与公共服务设施建设等环节消耗大量人力、物力与财力，而工程难度、材料价格波动等不确定因素进一步影响进度与资金使用效率，导致周期延长与成本增加。在运营阶段，初期因租金水平偏高、入驻率不足，项目收益往往难以覆盖前期投入，尽管随市场成熟度提升，租户稳定性与商业活跃度增强会带来收益增长，但此类项目投资回收期通常长达10—15年甚至更长，致使投资者长期面临资金压力，资金的时间价值与机会成本显著上升。

（三）收益不确定性显著

城市更新项目收益受多重因素影响，呈现较高不确定性，难以精准预测。首先，项目收益最敏感的影响因素是市场波动，主要受当地经济水平、平均房价、租金水平、不可预测风险等周期性影响，项目收益存在不可预测性波动。其次是政策调整，同样对收益产生重要影响，如政府土地政策、税收政策及金融调控措施的变动，均可能改变项目成本与收益结构^[5]。除此之外，项目的运营管理水平也是影响收益的关键变量，高效的管理可提升项目品质与竞争力以增加收益，特别是拥有商业运营属性的城市更新项目，项目合理的业态布局、精准的市场定位及有效的营销推广，能通过提升消费者流量，进而增加租金收入与商业销售额。

（四）传统财务模式惯性影响

受传统房地产开发项目的财务模式惯性影响，项目资金平衡方案过度依赖土地增值收益，在城市增量发展阶段能够获取高额的利润，实现资金的快速回笼，项目资金平衡策略多元化。但进入存量时代的城市更新项目，土地增值空间逐渐缩小，可市场化运营的项目权属有限，还保留靠土地出让和房地产项目开发思维来获取收益实现项目资金平衡，很难满足城市更新项目庞大的资金需求。并且，传统财务模式还存在对公共利益关注不足的问题，城市更新不仅是经济活动，更是社会活动，需要兼顾社会效益和环境效益的提升。而传统模式下项目往往只关注自身的经济效益，追求利润最大化，对公共服务设施建设、历史文化保护、生态环境改善等方面投入不足，这导致部分城市更新项目虽然实现了经济效益，但可能出现公共服务设施不完善、城市历史文化底蕴受损、城市生态系统恶化、可持续发展受到威胁等社会效益和环境效益方面的缺陷。

三、有限约束下城市更新项目财务平衡的策略及机制

（一）财务平衡的策略探索

1. 多元化筹措更新资金

一方面，积极争取财政预算、专项债券等为城市更新项目提供资金支持。财政预算资金可直接投入到公共设施改造、历史文化街区的保护性修缮等具有显著公益性的城市更新项目中，能快速有效地解决项目资金短缺问题，保障民生项目的顺利开展。同

时大力探索专项债券支持城市更新项目的更新覆盖范围，提高专项债券与城市更新项目的长期收益契合度，并建立科学的项目筛选机制，通过对项目实施方案、资金平衡方案、财务评估报告等多维度评估，综合筛选出社会效益显著的优秀项目，积极争取专项债券的支持覆盖面，提高专项资金使用效率，保障财政资金在城市更新项目中发挥最大效益。

另一方面，积极引导社会资本介入、鼓励金融低息贷款和居民共同出资建设等多元化投融资体系。当前，以PPP模式、投资人+EPC模式和金融低息贷款等为代表的社会资本是推动城市更新项目顺利实施的重要举措，不仅可充分发挥社会资本的市场化专业能力、资金投资的优势，通过整合投资与建设进程中多环节的优势，降低了项目建设的协调成本和融资成本，也能结合城市更新的战略规划创新探索形成多元化的融资体系，多元化的投资模式有效解决了财政资金不足的困境和项目推进效率不高的桎梏，进而提升项目更新的整体效益。此外，积极创新资产证券化、城市更新基金等新型金融工具，鼓励推出低息贷款拓宽城市更新项目的资金筹措渠道，扩大城市更新基金参与老旧小区改造、历史文化街区改造、产业园区升级等多领域投资。

2. 优化成本控制路径

第一，精细化部署更新设计。在城市更新项目实施前，坚持以“成本控制和需求适配”的基本原则，推进城市更新项目精细化设计，为项目高效落地奠定基础^[9]。首先要强化前期市场调研与居民需求诊断的系统性和科学性，通过多维数据采集和分析，精准掌握项目所在区域的人口结构特征、经济发展水平、产业空间布局及居民多元化需求最大公约数，以此为依据设计相对完善合理的更新方案，避免因需求误判导致的不必要的建设成本和后期改造支出，最大化实现更新方案与区域发展实际的深度适配。其次是在方案设计环节上应充分引入技术赋能机制，运用三维建模、BIM模拟等技术工具对设计方案进行可视化呈现和全流程推演，提前识别空间布局、功能适配等方面的设计缺陷并进行优化调整，提升更新设计方案的技术理性和实际可操作性，减少施工阶段的方案调整成本。同时，推进多方主体协同参与的更新设计决策机制建设，在方案编制过程中充分征求政府主管部门、开发建设主体、居民群体等相关方意见，通过前期意见整合完善设计方案，从源头降低后期因主体诉求分歧引发的方案变更频率，进而控制项目额外成本支出，保障更新设计方案的落地效率与实施效果。

第二，精准化构建管理体系。在城市更新项目推进过程中，需以效率提升与成本管控为导向，精准化构建项目管理体系，为项目全周期规范运行提供保障。一方面，要聚焦管理机制的健全与优化，通过建立权责清晰的项目管理架构，明确各参与部门、岗位的职责边界与权限范围，同时对项目审批、进度管控、质量监督等核心管理流程进行梳理与重构，推动管理标准的统一化与操作流程的规范化，从制度层面规避因权责交叉或职能缺失导致的管理效率损耗，保障项目运行秩序。另一方面，需强化管理技术的借鉴与应用，积极引入发达国家成熟的项目管理信息化平台建设经验，搭建涵盖项目参与方的协同管理信息系统，实现项目进度、资金使用、质量检测等关键信息的实施共享与动态交互，打破信息壁垒以减少因信息不对称引发的沟通误解与决策偏差，降低由此产生的额外协调成本与纠错成本。同时，还要重视管理人才队伍的建设与赋能，通过构建常态化培训体系，针对项目管

理人员开展政策法规、专业技术、管理方法等方面的系统性培训，同步加强团队协作能力培养，提升项目管理人员的专业素养、综合管理能力及团队凝聚力与执行力，助力项目实现管理效率与管理质量的双提升。

第三，精心地推进资源合理再利用。在城市更新项目的实施进程中，需将资源合理再利用作为成本控制与可持续发展的关键抓手，通过系统性举措提升既有资源利用效率，减少新增资源投入成本。既要围绕项目全生命周期产生的建筑资源构建标准化的回收再利用体系，结合项目资源禀赋与更新方案需求，设计涵盖废旧建筑材料分类回收、专业加工处理、二次利用适配的全流程机制，明确回收材料的质量标准与应用场景，以降低建筑材料采购规模，实现项目建材成本的有效压缩。同时，也需要强化对既有基础设施的改造再利用，针对项目区域原有的道路、燃气管道、给排水管网、供电线路等基础设施和教育、医疗、卫生等公共服务设施开展系统性评估，优先通过结构修复、功能优化、技术赋能等手段改造升级，使其满足现代化人民城市的更新功能需求，不仅能充分释放既有基础设施的剩余价值，还能显著降低基础设施新建的资金投入和工期成本，推动资源高效配置与项目成本管控的协同并进。

3. 创新收益获取方式

一是增强产业导入与运营。通过引入首创经济、首发业态等特色产业，实现以产业发展带动区域经济增长，获取产业运营收益，是实现城市更新与产业发展良性互动的重要途径。产业的发展不仅能吸引大量的人才和企业入驻，还能增加就业机会，提高居民的收入水平。同时，产业运营所带来的租金收入、税收收入以及相关产业的配套服务收入等，为城市更新项目提供了稳定的收益来源。

二是提高资产运营与增值。对更新后的物业资产进行有效租赁、商业运营等，根据市场需求和物业特点，合理确定租赁策略和租金水平，提高专业性租赁推广和招商，吸引众多新业态、新经济、新企业入住，结合项目的品质和优势，制定合理的租金定价，实现项目资产增值和持续收益。同时在商业运营上，着力打造特色商业品牌、优化多业态布局、开展营销活动等，定期开展各类主题营销活动，如美食节、文化节等，提升商业运营效益。

三是关注公共服务价值挖掘。挖掘城市更新项目中的公共服务设施的潜在经济价值，如公共停车场通过更新建设地下停车场或立体停车库，进行合理运营和开发，可获得稳定的停车收费收入，成为创新收益获取方式的重要举措；或将公共广场、公园等公共空间进行合理规划，引入临时性的商业活动，如举办集市、展览、演出等，重构公共空间商业价值，不仅丰富了居民的文化生活，还为项目带来了额外的收入，实现公共空间的商业价值再挖掘。

（二）财务平衡机制构建

1. 强化项目全生命周期财务评估

一是合理的前期财务预测。在城市更新项目启动前期，需全面且准确地对项目更新的土地获取成本、拆迁拆建成本、建筑工程费用、基础设施建设费用、公共服务设施配套建设费用和资金成本等进行细致估算。同时，客观地评估项目更新后的收益预测，结合项目所在区位、地理条件、资源优势、项目竞调、市场预判等合理评估更新项目的销售收益、租赁收益、产业运营收益、公共服务设施运营收益等，形成较为准确的项目收益。

二是加强中期财务监控。项目更新过程中，加强项目资金使用情况、成本支出、资金回流等动态财务信息跟踪和分析，实时的财务管控不仅能确保项目更新成本支出尽可能符合预算，也能及时发现资金使用过程的异常情况，便于成本管控及时采取纠偏措施。同时，也要加强更新项目的进度管理，定期对项目更新进度进行调度和评估，确保项目按详细的更新进度计划推进，完成各阶段的时间节点的工作任务，提高进度和成本的协同效率。

三是鼓励后期财务评价再利用。项目更新完成后，通过对项目盈利能力（如投资回报率、内部收益率、净利润）、偿债能力（资产负债率、流动比率、速动比率）、资金回收能力（投资回收期）等财务指标进行评估和复盘总结，逐步优化和完善项目更新的管理制度和流程，提高财务管理水平。并系统总结项目全过程更新涉及的需求调研、商业招商、项目业态、收益预期等方面的经验教训，为后续项目更新提高市场适应性与盈利能力的匹配度提供参考。

2. 构建利益相关者协同机制

一是强化政府在城市更新中的引导和监管效能。在城市更新项目的实施进程中，政府需以公共利益维护与财务合规保障为核心的目标，系统履行政策引导、资金支持、过程监管等职能。在政策引导层面，政府应基于城市总体规划与发展战略，明确项目更新的核心目标、基本原则、技术标准与实施流程，为项目开展提供刚性政策依据；同时，通过动态调整税收优惠、金融支持等政策工具，引导产业结构优化与新业态培育，降低项目综合成本并提升整体效益。在资金保障层面，需构建“财政预算+专项债券+财政补贴”的多元化资金供给体系，重点支持公共服务设施完善、基础设施迭代、历史文化遗产保护性开发及绿色低碳技术应用等关键领域，实现资金配置的精准性与高效性。在过程监管层面，应建立覆盖项目立项、建设、运营的全流程监管机制，通过动态监测与风险预警，确保项目建设符合规划要求与公共利益导向，保障项目稳健推进。

二是推动社会资本深度参与城市更新合作体系。社会资本作为城市更新的重要参与主体，其在市场化资金运作、技术创新应用及专业化管理运营方面的优势，可有效弥补政府单一主导模式下的资源与效率短板。为充分释放社会资本价值，需引导其深度

介入项目投资、建设、运营全流程，在投资环节上通过特许经营、PPP（政府和社会资本合作）等模式吸引社会资本注入，缓解政府财政压力；在建设运营环节中依托社会资本的市场化经验与技术优势，优化项目建设流程、提升运营管理精细化水平，推动项目从“完工交付”向“可持续运营”转型。此外，应搭建社会资本协作平台，鼓励不同主体通过资源共享、优势互补形成合作联盟，重点发挥其在商业运营领域的专业能力，通过优化资源配置效率提升项目经济效益与市场竞争力，助力城市更新项目实现财务平衡与长期可持续发展。

三是充分吸纳并保证居民参与的合理权益。城市更新项目涉及的原住居民群体复杂，保障居民在项目更新中的知情权、参与权和其他合理权益^[9]，让居民全面了解项目更新的方案、实施进度、资金使用情况等信息，有助于项目更新顺利推进。同时，鼓励居民参与项目的规划、决策和监督，广泛征求居民的更新诉求、意见建议，让居民参与项目更新的多环节，不仅能有效获取居民对项目更新的公共空间需求、配套设施需求及其他建议，帮助项目完善更新方案的适配度，也有助于居民在项目更新中发挥民主监督的作用，使项目更好地满足居民需求。此外，城市更新项目也要关注居民的其他合理权益保障，如拆迁补偿、产权调换、就业安置、培训帮扶等，通过多样化的保障方式减少居民对项目更新的抵触，促进项目顺利开展，降低因居民导致的财务风险。

四、结论

本文认为城市更新项目存在“有限约束”，并详细阐述了城市更新项目的“有限约束”包含内容，分别为更新规模有限、空间尺度有限、改造投入有限、功能满足有限，并解读了不同有限约束的特征。其次，围绕推进城市更新项目实现可持续发展，对项目财务平衡存在的资金筹集效率不高、投资回报周期冗长、收益不确定性显著、及传统财务模式惯性影响等困境进行了分析。最后，围绕城市更新项目的财务平衡，提出了多元化筹措更新资金、优化成本控制路径、创新收益获取方式等策略，并建议强化项目全生命周期财务评估、构建利益相关者协同机制等平衡机制，为助力城市更新项目的可持续发展提供参考。

参考文献

- [1] 中共中央办公厅 国务院办公厅《关于持续推进城市更新行动的意见》，2025.5.15. https://www.gov.cn/zhengce/202505/content_7023880.htm
- [2] 中央城市工作会议在北京举行 习近平发表重要讲话，2025.5.17. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202507/content_7032083.htm
- [3] 中共中央 国务院《关于推动城市高质量发展的意见》，2025.8.15. https://www.gov.cn/zhengce/202508/content_7038144.htm
- [4] 赵燕菁，宋涛. 城市更新的财务平衡分析——模式与实践 [J]. 城市规划，2021，45（09）：53-61.
- [5] 卓东，袁承程，王彬武，等. 社会资本参与城市更新的模式及优化 [J]. 建筑经济，2025，46（03）：5-14. DOI:10.14181/j.cnki.1002-851x.202503005.
- [6] 赵燕菁，沈洁. 价值捕获与财富转移——城市更新的底层财务逻辑 [J]. 城市规划学刊，2023，（05）：20-28. DOI:10.16361/j.upf.202305003.
- [7] 刘志. 城市更新投资项目经济评估问题 [J]. 西部人居环境学刊，2024，39（01）：8-13. DOI:10.13791/j.cnki.hsfwest.20240102.
- [8] 周艺南，李保炜. 人民城市理念下的城市更新实施机制创新——以京张铁路遗址公园为例 [J]. 城市发展研究，2024，31（07）：16-20.
- [9] 赵幸. 城市更新背景下的规划共治——北京城市规划公众参与的方法、实践与机制 [J]. 世界建筑，2023，（04）：44-49. DOI:10.16414/j.wa.2023.04.011.

新兴技术驱动国有企业创新发展的战略路径研究

邱龙

中时讯通信建设有限公司, 广东 广州 510030

DOI:10.61369/ASDS.2025080014

摘要： 本文立足于低空经济这一国家战略性新兴产业蓬勃发展的宏观背景，以通信类国有企业为研究对象，探讨其依托新兴技术驱动创新发展的战略路径。研究聚焦5G-A、人工智能、北斗等核心技术集群，通过典型案例分析，系统论证了通信国企通过“技术融合－业务重构－生态协同－场景牵引”的四维路径，实现从传统通信服务商向低空经济新型基础设施主导者与产业生态构建者的战略转型，旨在为国有企业培育新质生产力、服务国家战略提供理论与实践范式。

关键词： 低空经济；国有企业；创新发展；战略路径；数字技术

Research on the Strategic Pathways of Emerging Technologies Driving Innovation Development in State-Owned Enterprises

Qiu Long

Shixun Communication Construction Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510030

Abstract： Against the macro backdrop of the vigorous development of the low-altitude economy—a national strategic emerging industry—this paper takes communication-related state-owned enterprises as the research subject and explores the strategic pathways through which they leverage emerging technologies to drive innovation and development. Focusing on core technology clusters such as 5G-A, artificial intelligence, and Beidou, the study employs typical case analyses to systematically demonstrate how communication state-owned enterprises achieve strategic transformation from traditional communication service providers to leaders in new infrastructure and ecosystem builders for the low-altitude economy. This transformation is realized through a four-dimensional pathway of "technology integration, business restructuring, ecosystem collaboration, and scenario-driven development." The research aims to provide theoretical and practical paradigms for state-owned enterprises to cultivate new quality productive forces and serve national strategies.

Keywords： low-altitude economy; state-owned enterprises; innovation development; strategic pathways; digital technologies

引言

低空经济，是依托于离地千米以下空域（1000-3000米），以有人/无人驾驶航空器为载体，以各类飞行活动为核心，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。其产业链长、科技含量高、创新活力强、应用场景广，不仅是构建现代化交通体系的重要一环，更是培育战略性新兴产业、形成新质生产力的关键领域。中央将其与生物制造、商业航天并列为重点方向，并首次写入政府工作报告，其战略价值不言而喻。

选择低空经济作为剖析国有企业创新发展的样本，具有极强的时代性与典型性。一方面，低空经济的蓬勃发展高度依赖于5G-A、人工智能、北斗导航、物联网等新兴技术的集群式突破与深度融合，这为技术底蕴深厚的通信类国有企业提供了绝佳的创新舞台与转型契机。另一方面，低空基础设施的公共属性、空域管理的国家安全属性以及产业生态的复杂性，决定了国有企业必须在其中发挥“顶梁柱”和“压舱石”的主导作用。因此，研究通信国企如何抓住此轮机遇，通过战略路径创新实现产业赋能与自身升级，对于理解新形势下国有企业的创新逻辑具有重要的理论价值与实践指导意义。

一、时代背景与国企创新使命

（一）国家战略引领产业新格局

当前，全球正迎来以低空经济为代表的“空间革命”新浪潮。低空经济作为融合先进制造、数字技术与现代服务的战略性新兴产业，其发展深度契合国家经济结构转型与创新驱动战略的内在要求。低空经济的崛起已成为国家层面的战略选择，其发展深度契合中国经济转型与产业升级的内在需求。自2021年《国家综合立体交通网规划纲要》首次将“低空经济”概念纳入国家规划以来，国家政策支持力度持续加大。2022年国务院《扩大内需战略规划纲要（2022–2035年）》将低空旅游纳入扩大内需战略，2023年中央经济工作会议明确将低空经济列为战略性新兴产业，2024年全国两会首次将“低空经济”写入政府工作报告，同年12月国家发改委专门成立低空经济司统筹产业发展。这一系列顶层设计表明，低空经济已从概念探索进入实质性推进阶段，成为打造新增长引擎的关键领域。根据现有公开数据预测，中国低空经济市场规模将在2025年达到5615亿元，2035年突破3.5万亿元，呈现出巨大的增长潜力和市场空间。国家战略的强力引领为低空经济发展创造了良好的政策环境，也为国有企业创新发展提供了明确的方向指引和制度保障。

（二）技术融合驱动产业变革

低空经济的发展本质上是由新兴技术集群的融合创新所驱动。5G-A技术通过通感一体化实现通信与感知功能融合，为低空飞行提供高可靠、低时延的通信保障；人工智能技术赋能无人机自主决策、路径规划和智能巡检，大幅提升飞行效率与安全性；北斗卫星导航系统提供厘米级高精度定位服务，确保飞行器在复杂环境中的精准导航；云计算与边缘计算协同构建数据处理与分析平台，实现海量飞行数据的实时处理与价值挖掘。这些技术的深度融合形成了低空经济发展的技术基石，推动产业从单点创新向系统化、智能化方向发展。以中国通服广东公司为例，其开发的低空融合通信系统整合了5G-A、物联网、云计算等技术，实现了多网络融合与多终端接入，为低空应用提供了全面的技术支撑。技术集群的爆发式发展不仅解决了低空经济面临的技术瓶颈，更为产业创新提供了无限可能，推动低空经济从概念走向现实。

（三）国企改革深化创新需求

在当前国企改革深化的背景下，低空经济为国有企业特别是通信国企提供了转型升级的重要机遇，传统通信业务增长放缓的压力与新兴产业发展机遇并存，迫使通信国企必须寻找新的增长极。低空经济作为战略性新兴产业，其发展需要强大的网络基础设施、可靠的安全保障体系和全面的产业整合能力，这与通信国企的资源禀赋和核心能力高度契合。国企通信行业可以通过“顾问+雇员”和“智囊+智库”双模式，为低空经济提供从规划设计到建设运营的全生命周期服务，实现从传统通信服务商向低空经济综合解决方案提供商的转型。同时，低空经济的发展也需要国企承担起建设低空新型基础设施、确保空域安全、制定行业标准等国家使命，这与国企的功能定位高度一致。通过服务低空经济国家战略，通信国企不仅能够实现自身创新发展与转型升级，还能在培育新质生产力、推动现代化产业体系建设中发挥更大作用。

表1：低空经济整体框架及核心要素

维度	主要内容	代表载体 / 领域
空域范围	高空1000米以下（可根据地区特点和实际需求调整，部分延伸至3000米）	
核心载体	民用有人驾驶和无人驾驶航空器	无人机、eVTOL、直升机、固定翼飞机等
产业链环节	上游原材料与零部件	芯片、电池、电机、高强度材料等
	中游研发制造与保障	整机制造（无人机、eVTOL）、低空保障、综合服务
	下游应用场景	物流配送、农业植保、应急救援、低空观光、城市交通等
应用领域	生产作业类	农业植保、电力巡检、工业巡检等
	交通运输类	物流配送（如美团、顺丰）、城市空中交通（eVTOL）、医疗急救
	文旅活动类	低空观光、体验飞行
	安防安保类	警务安防、反恐维稳、边境巡逻
	公共服务类	航空医疗救援、灾害监测与评估、通信中继

二、低空经济对通信国企的战略机遇与挑战

（一）机遇：开辟新发展空间的战略窗口

1. 新市场空间：实现战略转型的历史机遇

低空经济为通信国企提供了从传统“地面管道”服务商向“空天地一体化”数字基础设施服务商拓展的重大机遇。这一方向不仅意味着服务空间的立体化拓展，更代表着商业模式和价值创造方式的根本性变革。通信企业可依托现有网络资源优势，构建覆盖低空的通信、导航、遥感一体化网络体系，为各类低空应用提供基础网络服务。同时，通过参与低空操作系统、飞行服务平台等数字基础设施建设，通信国企有望从单纯的连接提供者升级为低空经济生态的核心赋能者和运营服务商，开辟千亿级的新市场空间。

2. 技术赋能位势提升：核心能力的最佳应用场景

低空经济发展所需的通信、导航、感知、计算等核心能力，恰好是通信国企长期积累的技术长板。在通信方面，5G-A及其后续技术能够满足低空飞行的高可靠、低时延通信需求；在导航方面，北斗高精度定位服务可为飞行器提供精准导航；在感知方面，通感一体化技术可实现空中目标的实时感知与监控；在计算方面，边缘计算与云计算协同可处理海量飞行数据。这些技术能力的融合应用，不仅能够巩固通信国企的技术优势，更可提升其在数字经济时代的产业位势和价值分配话语权。

3. 国家队使命担当：服务国家战略的历史责任

作为信息服务领域的“国家队”，通信国企在低空经济发展中肩负着特殊使命。一方面，需要主导低空新型基础设施建设，确保关键基础设施的自主可控和安全可靠；另一方面，需要参与空域管理、飞行服务等体系建设，为低空经济发展提供基础保障；同时，还要牵头制定行业标准和规范，引导产业健康发展

展。这种使命担当不仅体现了通信国企的国家责任，也为企业带来了先发优势和持续发展的政策支持^[1]。

（二）挑战：转型升级过程中的现实困境

1. 技术与业务跨界融合的复杂性

低空经济涉及航空制造、电子信息、交通运输等多个技术领域，要求通信企业具备跨学科、跨行业的技术整合能力。传统通信技术需要与航空电子、飞控系统、气象服务等专业技术深度融合，这种跨界融合不仅需要技术突破，更需要知识体系和组织能力的重构。同时，低空应用场景的多样性和复杂性，也对解决方案的定制化和适配性提出了更高要求，需要企业具备快速响应用户需求的能力。

2. 与传统业务模式的冲突与协同

低空经济的新业务模式与传统电信业务存在较大差异，在资源分配、绩效考核、组织架构等方面可能产生冲突。传统电信业务以网络覆盖和用户规模为核心指标，而低空经济需要更加注重生态构建和长期价值创造；传统业务采用相对标准化的服务模式，而低空经济需要提供高度定制化的解决方案。如何平衡传统业务与创新业务的发展，实现资源的优化配置和协同效应，是企业面临的重要管理挑战。

3. 法规标准尚不完善下的风险与不确定性

低空经济作为新兴领域，相关法规标准体系尚不健全，空域管理、数据安全、责任认定等关键制度仍在探索完善中。这种制度环境的不确定性给企业发展带来诸多风险：一方面，技术路线和产品方向可能因政策变化而需要调整；另一方面，项目投资回报周期存在不确定性；同时，安全责任和风险分担机制不明确也可能制约业务拓展。企业需要具备较强的政策研判能力和风险应对能力。

4. 新兴产业生态构建中的主导权竞争

低空经济生态系统中参与者众多，包括设备制造商、平台运营商、应用服务商等各类主体，不同主体都试图在生态中占据主导地位。通信国企虽然具有网络和客户资源优势，但在飞行器制造、运营服务等环节缺乏经验积累。如何与产业链各方建立互利共赢的合作关系，既保持生态主导力又避免过度投入，需要高超的战略谋划和生态运营能力。特别是在与互联网企业、创业公司的竞争中，传统国企需要创新合作模式和激励机制，增强生态吸引力。

三、通信国企创新发展的核心战略路径构建

低空经济作为战略性新兴产业，为通信国企的创新发展提供了重要契机。本文构建了包含四大维度的战略路径体系，为通信国企在低空经济领域的创新发展提供理论指导和实践框架^[2]。

（一）技术融合驱动路径——筑牢创新基石

技术融合是通信国企布局低空经济的核心支撑。首先，需要推进“通感算智”一体化技术集群攻关。5G-A 通感一体化技术实现通信与感知功能融合，为低空飞行提供高可靠、低时延的通信保障；北斗高精度定位技术提供厘米级定位服务，确保飞行器精准导航；边缘计算与云计算协同构建数据处理平台，实现海量飞行数据的实时处理；人工智能技术赋能飞行器自主决策与智能巡检。其次，要打造数字基础设施底座。通信国企应积极参与低空通信专网、时空信息服务系统、低空算力平台等新型数字基础设施建设，成为“低空世界的运营商”。以中国通服广东公司为例，其开发的

低空融合通信系统整合了5G-A、物联网、云计算等技术，实现了多网络融合与多终端接入，为应急实战提供全面的通信保障。

（二）业务模式重构路径——拓展价值边界

业务模式重构是通信国企实现价值提升的关键路径。一方面，要实现从“项目交付”向“运营服务”（B2B2X）转变。通过开发低空操作系统（OS）、飞行服务平台（FSP）等核心产品，提供空域管理、飞行服务、数据增值等持续性运营服务，建立长期稳定的收入模式。另一方面，要采用“顾问+雇员”与“智囊+智库”双轮驱动模式。“顾问+雇员”模式提供从顶层规划咨询到建设运维的全过程服务，确保项目落地实施；“智囊+智库”模式则通过输出行业标准、白皮书、解决方案等知识产品，提升行业影响力和话语权。中国通服广东公司正是通过这两种模式，在为低空经济提供全生命周期服务的同时，持续输出《低空经济智慧通航白皮书》等行业标准规范，引领产业发展方向。

（三）组织生态协同路径——激发创新活力

组织生态协同是通信国企应对低空经济复杂性的必然选择。在内部组织变革方面，需要建立灵活高效的组织机制。成立“低空经济专班/研究院”等专门机构，打破部门壁垒，整合内部技术、人才、产品资源。中国通服广东公司成立低空经济研究院，汇聚三十多个低空智慧产品，形成完整的解决方案能力。在外部生态构建方面，要打造互利共赢的产业生态^[3]。通过构建“产业联盟+合作伙伴库”，与无人机厂商、算法公司、应用单位等建立战略合作关系。中国通服广东公司通过现代产业链共链大会等方式，与生态伙伴共同推进低空经济发展，实现从“单打独斗”向“兵团作战”的转变。

（四）应用场景牵引路径——验证与迭代创新

应用场景牵引是通信国企实现技术落地和商业模式验证的重要途径。要聚焦高价值场景实现突破。在应急、物流、巡检、文旅等政策支持度高、需求迫切的领域打造标杆案例，形成可复制、可推广的解决方案。中国通服广东公司在西藏开展的航空应急能力建设项目，完成了海拔4500米的超高原无人机实地测试，验证了在极端条件下的应急响应能力。要建立“试点-总结-推广”的迭代模式。通过地方试点项目积累经验，完善技术和商业模式，逐步扩大应用范围。深圳南山低空协同感知系统试验点项目作为通服在低空经济方向的首个EPC项目^[4]，通过区域性差异化部署，实现了对南山区低空飞行空域的全面覆盖，为全省低空经济基础设施建设树立了示范效应。

四大战略路径构成一个有机整体，相互支撑、协同发展。技术融合驱动为业务模式重构提供基础支撑，业务模式重构为组织生态协同指明方向，组织生态协同为应用场景牵引提供资源保障，应用场景牵引又反过来促进技术迭代和创新升级。通信国企需要系统推进四大路径的协同实施，抓住低空经济的发展机遇，实现自身的创新转型，建立持续创新的长效机制，才能在低空经济领域赢得竞争优势，实现创新发展和转型升级的战略目标，在服务国家战略、推动产业发展中发挥更大作用，成为低空经济发展的重要推动力量和引领者。

四、中国通服广东公司的创新实践与分析

低空经济作为战略性新兴产业，离不开企业的积极探索与实

践。中国通服广东公司作为扎根于粤港澳大湾区的大型国有企业，在信息基础设施建设、运营和维护等领域具有重要地位，是区域数字化建设的关键力量。其在低空经济领域的创新实践，不仅体现了国有企业的使命担当，也为其他同类企业提供了宝贵的经验借鉴^[5]。

（一）公司简介与业务扩展动因

广东公司选择低空经济作为创新转型方向，主要有以下三方面原因：一是服务国家战略的使命担当。面对国家将低空经济列为战略性新兴产业并写入政府工作报告，作为国企，广东公司主动响应，将自身发展融入国家发展大局。二是寻找新增长极的内在驱动。传统通信基础设施建设市场逐渐趋于饱和，公司迫切需要开辟新的业务领域。低空经济预计广阔的市场前景能为公司提供广阔的市场空间。三是技术能力与产业需求的高度契合。低空经济的发展对通信、导航、感知和计算等能力提出了较高要求，而这些正是广东公司长期积累的技术优势所在。基于这些原因，广东公司以高度的战略敏感性切入低空经济领域，致力于在新兴产业发展中发挥重要作用。

（二）战略路径的实践印证

广东公司的实践，充分体现了“技术融合、业务重构、生态协同、场景牵引”的四维战略路径。

1. 技术融合驱动：构建低空经济数字底座

广东公司积极推动5G-A、人工智能、北斗、云计算等技术的融合创新，构建低空经济的数字底座。其开发的低空融合通信系统，整合了视频监控、会商终端、移动终端、无人机、应急指挥车等各类音视频终端，构建了互联网、移动通信网、局域网等多网融合体系，有效满足了应急实战救援中跨部门、跨业务的融合通信应用需求^[6]。此外，云雀无人机综合应用平台通过对无人机进行软硬件深度行业定制，结合5G及人工智能技术，实现了多场景AI巡检、远程超清直播、通信干扰定位等功能，大幅提升了行业作业效率。

2. 业务模式重构：双轮驱动服务低空经济

广东公司创新性地采用“顾问+雇员”和“智囊+智库”双轮驱动模式服务低空经济。“顾问+雇员”模式中，广东公司提供从咨询、规划、建设到运维、运营的全生命周期服务。例如，在深圳市南山低空协同感知系统试验点建设EPC项目中，公司负责设计及部分施工，通过融合主动感知、被动监听和视频取证等技术，打造低空飞行安全的综合保障体系，为全市乃至全省树立了示范效应。而“智囊+智库”模式下，广东公司成立低空经济研究院，汇聚人才，打造低空人才体系；联合生态伙伴发布《低空经济智慧通航白皮书》《中国电信低空经济信息基础设施建设白皮书》等行业标准与知识成果，引领产业发展方向。

3. 组织生态协同：构建开放共赢的产业生态

广东公司积极构建产业合作伙伴库，壮大产业生态。其与多方联合中标项目，并通过现代产业链共链大会等方式，与生态伙伴共同推进低空经济发展，实现了从“单打独斗”向“兵团作战”的转变。例如，其与中国移动携手产业链伙伴发布低空智联网试验装置，与中国电科就低空雷达探测与5G-A技术融合开展合作，均体现了生态协同的重要性。

4. 应用场景牵引：打造可复制的标杆解决方案

广东公司聚焦高价值场景，打造了一批具有代表性的标杆项目。在西藏航空应急能力建设项目中，针对超高原环境，建设无人机应急救援体系，在海拔4500米的那曲成功完成实地测试，检验了灾情侦察、应急通信保障、三维态势实时感知、人员搜救、物资投送等能力。在2025年1月西藏日喀则地震中，翼龙-2H无人机搭载应急通信系统第一时间飞赴震中，辅助应急救援，展现了其实际应用价值。此外，吴川基于无人机低空遥感网的镇街无人机智能化巡查服务，通过建立低空无人机智能遥感网，为城镇综合治理提供全天候的无人机运营服务和业务分析应用，实现了数据价值最大化和资金投入优化^[7]。而“一网统管”天翼应急全域感知平台项目，基于中国电信云网物安底座，为广东省应急管理厅打造全连接能力的天翼应急产品，在汛情监测、假期应急保障等工作中获得省领导高度认可。

表2：广东公司及其他通信国企在低空经济领域的主要实践案例概览

企业名称	案例名称	应用领域	关键技术 / 能力	实施效果 / 数据
中国通服广东公司	深圳南山低空协同感知系统试验点	低空监管、基础设施	主动感知、被动监听、视频取证技术融合	EPC项目中标金额近7000万元，打造区域低空飞行安全综合保障体系
	西藏航空应急能力建设	应急救援	超高原无人机技术、应急通信、三维建模	完成海拔4500米实地测试；2025年日喀则地震中投入实战
	吴川镇街无人机智能化巡查	城市治理、巡检	低空无人机智能遥感网、运营服务	为城镇综合治理提供全天候服务，优化资金投入
	“一网统管”天翼应急平台	应急管理	云网物安底座、全域感知	支撑省应急管理厅汛情监控，获省领导高度认可
中国电信安徽公司	低空智联服务监管平台（芜湖）	低空监管	AI、大数据、时空计算、空域网格化	实现对低空空域的分类与功能分配，支撑规模化运行管理
	智慧医疗空中生命线（阜阳）	医疗物流	无人机物流配送	跨院区样本配送时效从1小时缩短至20分钟
	高速交警无人机应用（G50沪渝高速）	交通管理	低空飞行服务平台、AI分析	事件处置效率提升70%，大幅节约警力
	5G-A多模态融合感知试验场（合肥）	技术验证、标准建设	5G-A通感一体、多模态融合感知	探测精度：水平误差<10米，垂直误差<15米
中国移动（多方合作）	低空智联网试验装置发布	技术验证、产业生态	“通导感管”融合技术体系	为新技术、新产品提供测试验证平台，促进产业融通
	成渝“低空经济+智慧交通”合作	智慧交通	5G-A通感一体网络、空天地一体化数据传输	支撑无人机高铁巡检、应急物资运输，探索空铁联运

企业名称	案例名称	应用领域	关键技术 / 能力	实施效果 / 数据
广东省低空智联网测试基地	低空设备测试与认证	标准制定、设备认证	通信、导航、监视、反制、气象系统测试	输出设备对比验证报告，制定行业标准与解决方案

（三）实践成效与挑战

通过上述实践，广东公司在低空经济领域取得了显著成效：市场份额与项目实现突破，成功中标数个千万级规模的重大项目，奠定了其在低空经济基础设施领域的市场地位；技术积累与产品化方面，形成了包括低空活动可视化平台、融合通信系统、云雀平台等在内的系列产品和解决方案，汇聚了三十多个低空智慧产品；行业影响力显著提升，通过发布白皮书、参与标准制定、打造标杆案例，增强了在低空经济领域的话语权和影响力^[8]；社会效益逐步显现，在应急救援、城市治理、交通管理等场景的应用，产生了积极的社会效益，体现了国企的社会责任。

然而，广东公司在发展过程中也面临一些挑战：技术跨界融合复杂度高，低空经济涉及航空、通信、IT 等多个技术领域，对企业的技术整合和创新能力提出极高要求；商业模式仍在探索，如何将前期的大型项目投入转化为可持续的盈利模式，实现从“项目交付”到“运营服务”的平滑过渡，仍需持续探索^[9]；法规标准滞后，空域管理、数据安全、责任认定等法规标准尚不完善，给项目建设和运营带来不确定性风险；产业生态竞争与合作并存，如何在复杂的生态系统中确立自身核心价值，处理好与各类合作伙伴（包括潜在竞争对手）的关系，是一大管理挑战。

（四）案例启示

广东公司的实践为其他国有企业提供了以下宝贵启示：一是战略前瞻与主动转型，国企应敏锐捕捉国家战略方向与新兴产业机遇，结合自身优势主动布局，而非被动等待；二是技术创新与场景深耕双轮驱动，既要注重核心技术的融合创新，筑牢根基，也要深入场景，以解决实际问题 and 创造价值为导向，打造可复制的标杆应用；三是开放合作构建生态，单打独斗难以适应低空经济的复杂性，需以开放心态联合产业链上下游伙伴，共建生态，共同做大市场蛋糕；四是注重知识沉淀与标准引领，在实践过程中注重总结提炼，形成知识产品、行业标准和白皮书，这不仅有助于提升行业影响力，也能为产业规范发展贡献力量^[10]。

通过广东公司的案例可以看出，通信类国有企业在低空经济领域展现出独特的竞争优势。凭借在信息通信基础设施、技术研发积累和政企合作关系等方面的优势，这类企业能够快速切入低空经济产业链的关键环节。特别是在新型低空数字基础设施建设、空地一体化网络融合、行业应用解决方案等领域，通信国企展现出显著的系统集成和资源整合能力。

五、结束语

本研究构建的“能力－模式－生态”三维分析框架，为理解通信国企在战略性新兴产业中的创新发展提供了理论工具，丰富了国有企业创新理论在新兴技术领域的应用。基于研究发现，我们对不同类型的企业提出差异化建议：领先企业应聚焦标准制定和生态构建，通过发起产业联盟和建设开放平台增强行业影响力，同时注重核心技术专利布局^[11]；追赶企业则可采取聚焦细分市场策略，在应急通信、电力巡检等具有明确需求的垂直领域建立竞争优势。对政策制定者而言，建议完善低空经济基础设施建设的投融资机制，鼓励国有企业通过专项债券、产业基金等方式拓宽融资渠道，并加快建立低空经济统计监测体系，为政策评估提供数据支撑。需要指出的是，本研究存在一定的局限性，主要体现在对中小型通信企业创新实践的关注不足，以及研究时间跨度有限难以全面观察创新路径的长期演变规律。未来研究可从三个方向深化^[12]：一是开展跨区域比较研究，分析不同政策环境下创新模式的差异；二是加强量化研究，通过大规模问卷调查验证创新策略效果；三是拓展国际视野，对比研究国内外企业的创新路径异同。随着低空经济进入规模化发展阶段，通信国企需要建立科学的创新绩效评价体系，确保创新投入有效转化为市场价值，同时加强对技术路线选择、重大投资等风险的识别和管理，从而在推动产业发展的同时实现自身的转型升级。

参考文献

[1] 李飞, 陈乐儿, 李宇. 低空资源的概念与资源科学学科建设展望 [J/OL]. 资源科学, 1-11[2025-08-30].<https://link.cnki.net/urlid/11.3868.N.20250829.0959.008>.

[2] 李圆佳, 胡静, 刘海滕, 等. 中国低空旅游基地的空间分布特征及其影响机制 [J/OL]. 资源科学, 1-17[2025-08-30].<https://link.cnki.net/urlid/11.3868.N.20250829.0959.010>.

[3] 王勇, 岑宗羲, 何正龙, 等. 低空无人机遥感技术在公路巡检中的应用进展、挑战和前景 [J/OL]. 资源科学, 1-14[2025-08-30].<https://link.cnki.net/urlid/11.3868.N.20250829.0958.002>.

[4] 贾政霖, 李波. 低空经济赋能乡村振兴：价值意蕴、现实梗阻及优化路径 [J/OL]. 新疆农垦经济, 1-16[2025-08-30].<https://link.cnki.net/urlid/65.1048.F.20250828.1543.002>.

[5] 徐笑阳. 低空经济与道路联运融合发展问题研究 [J/OL]. 中国企业管理知识仓库, 1-4[2025-08-30].<https://link.cnki.net/urlid/11.9120.F.20250828.1522.002>.

[6] 徐晶卉. 上海低空经济步入产业收获期 [N]. 文汇报, 2025-08-28(001).

[7] 党博文. 低空网络：有什么？谁在建？ [N]. 通信产业报, 2025-07-21(008).DOI:10.28806/n.cnki.ntxcy.2025.000183.

[8] 郭冀川, 李乔宇. 5G-A 网络商业化加速：智能驾驶、低空经济迎来黄金发展期 [N]. 证券日报, 2025-05-12(A01).DOI:10.28096/n.cnki.ncjrb.2025.002417.

[9] 吴双. 5G-A 为低空经济赋能助力 [N]. 人民邮电, 2025-01-23(006).DOI:10.28659/n.cnki.nmyd.2025.000180.

[10] 骆轶琪. 低空经济加速起飞通信领域亟待破除哪些障碍？ [N]. 21 世纪经济报道, 2024-12-11(011).DOI:10.28723/n.cnki.nsjbd.2024.005016.

[11] 沈海军. 低空经济产业的发展现状与未来 [J]. 金融博览, 2024, (07): 21-23.

[12] 李鹏展, 郑皆倬, 苏晓玉, 等. “互联网+”低空资源一体化云平台研究 [C]// 高分辨率对地观测学术联盟. 第七届高分辨率对地观测学术年会论文集. 航天科工集团第三研究院航天海鹰卫星运营事业部, 2020: 599-610.DOI:10.26914/c.cnkihy.2020.045403.