中国国际中文期刊卓越行动计划 建设期刊
国际中文学术期刊数据库ICAJD 收录期刊

跨学科创新与融合研究

Journal of Transdisciplinary Innovation and Integration

ISSN 3104-6991
eISSN 3104-7009

香港高等教育研究所
HONG KONG INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION RESEARCH

HIGHER EDUCATION PUBLISHING MANAGEMENT
高图学术出版

第1卷 第1期
2026年1月

9 773104 699265

跨学科创新与融合研究

Journal of Transdisciplinary Innovation and Integration

主办 香港高等教育研究所
Hong Kong Institute of Higher Education Research

运营 高图学术出版-高图出版管理（韶关）有限公司
Higher Education Publishing Management

编辑出版 《跨学科创新与融合研究》期刊编辑部

联合主编 蔡博文 翟威甯

副主编 张韬 蒋中 李茜 李荟云 闫勖 林焕明 陈科存

编辑委员会（含客座编委）

唐睿凡 孟园 李琪 徐文聪 梁劼颖 冯冬怡 黎颖翘
冯明媚 洪文博 郑少涌 董雨珂 郭杨 王骥晗 王雅文

编辑部

靳靖 江栩露 何定繁 林詹滨

版权声明

文章版权由文章作者与香港高等教育研究所HKIHER及高图学术出版HEPM共同所有。单篇文章由HEPM出版运营，所刊载文章均依照Creative CommonsAttribution 4.0 International License(CC BY 4.0)进行许可。根据该许可协议，任何第三方在明确署名原作者与出处且不涉及商业用途的前提下，均可对本刊内容进行复制、传播、演绎使用，无需作者及出版运营单位另行个别授权。

目录
TABLE OF CONTENTS

1-32	城市数字化发展对企业环境绩效的影响—基于发展要素创新视角	张力派 王骥晗
33-51	高端制造业企业劳动报酬结构多维比率分析及其对经营绩效与市值的影响研究——以昆山科森科技为例	郭杨 陈小龙 罗本
52-60	“百千万工程”背景下科创竞赛赋能乡村振兴的党建引领路径研究-以广州软件学院“一核四链五维”校地协同育人机制为例	郑少涌 朱亮亮 史可轩
61-75	黄炎培思想融入中职数学：项目驱动工匠精神的培育策略研究	龙锋锋 蒲娟芳
76-88	多尺度视角下黄河流域水文情势演变特征及复合驱动机制研究	罗本 王泽源 刘兆卫 吴彦希 夏润雨 委佳鑫 白秦源
89-112	基于支持向量机的智能养老辅助系统构建与资源优化配置研究	郭杨 朱城甫 罗本
113-121	生成式 AI 赋能中职思政个性化“三阶递进”教学的路径研究	蒲娟芳 龙锋锋
122-130	“双百工程”背景下五维一体育人体系驱动高校双校区高质量发展的实践与探索——以广州软件学院团委“1+2+5”工作模式为例	郑少涌 朱亮亮 钟卓麟
131-142	AI 聊天机器人在心理健康支持中的应用效果与伦理挑战研究	郭杨 罗本 黄文轩

城市数字化发展对企业环境绩效的影响——基于发展要素创新视角

张力派[1] 王骥晗[2*]

（[1]深圳市科技创新战略研究中心 战略研究和人才服务部 518000, [2*]悉尼大学商学院 2006）

摘　要：过往研究主要关注数字化发展对企业经济绩效的影响，较少关注其对企业环境绩效的潜在影响。本文从传统要素替代与创新视角，研究城市数字化发展对企业环境绩效的影响路径。研究发现，宏观的数字化趋势能够深刻影响本地产业结构、形态和组织方式，塑造新经济运作方式并对本地企业的生存发展环境形成“合法性约束”，在“规范、模仿、同化”等力量驱动下，当地企业在生产、制造、运营等环节加速数字化转型工作。数字技术本身具有“绿色性”特征，管理者通过运用数字要素，可在源头、流程中实现节能减排、提高企业环境绩效，从而顺应环境规制要求和行业绿色转型趋势。通过一系列内生性和稳健性测试，以上结论仍然成立。

关键词：城市数字化发展；企业数字化转型；绿色创新；企业环境绩效；合法性约束

中国分类号：F426 文献标识码：A

基金项目：国家社科基金重点项目《中国式创新的综合优势、模式演进及体制机制的经济学研究》（22AZD118）；教育部首批新文科研究与改革实践项目《面向新时代、新经济、新文科的经济学专业改革与实践探索》（2021050040）；江苏省社会科学院青年项目“在提升产业链供应链竞争力的视角下江苏省中小微企业金融供给模式研究”，项目编号（QN202119）。

DOI：10.64549/jtii.v1i1.26

作者简介：张力派(1994-)，男，博士研究生，深圳市科技创新战略研究中心特聘研究员，深圳市科技创新局政策法规处研究员，研究方向为金融科技与公司财务。

通讯作者*：王骥晗(2002-)，男，硕士研究生，悉尼大学金融学硕士在读，研究方向为银行与金融机构。

The impact of urban digital development on corporate environmental performance: from the perspective of innovations in development factors

Zhang Lipai[1] Wang Jihan[2*]

([1]Department of Strategic Research and Talent Services

Shenzhen Center for Science and Technology Innovation Strategy Research 518000,

[2*]University of Sydney Business School 2006)

Abstract：Previous studies mainly focused on the impact of digital development on corporate economic performance, but paid less attention to its potential impact on corporate environmental performance. From the perspective of traditional factor replacement and innovation, this paper studies the impact path of urban digital development on corporate environmental performance. The research finds that the macro digital trend can profoundly affect the local industrial structure, form and organization mode, shape the new economic operation mode and form a "legal constraint" on the development environment of local enterprises. Driven by "norms, imitation, assimilation" and other forces, local enterprises accelerate the digital transformation work in production, manufacturing, operation and other links. Digital technology itself has the characteristics of "green". Through the use of digital technology elements, each link can realize energy saving and emission reduction from the source and process, and improve the environmental performance of enterprises, so as to comply with the requirements of environmental regulations and the trend of green transformation of the industry. Through a series of endogeneity and robustness tests, the above conclusions still hold true.

Keywords： Hundred Counties, Thousand Towns, Ten Thousand Villages High-Quality Development Project; Sci-Tech Innovation Competitions; Rural Revitalization; University-Local Collaboration; Party Building Leadership

引言

随着新一代数字技术的广泛运用以及“数字中国”建设深入，“数字化”已高度融入当今的生产生活中。其中，数字技术与传统金融经济业务的深度融合，开始出现“产业数字化”和“数字产业化”趋势，加速了现阶段企业的转型升级活动。过去文献主要将“数字化”与企业经济绩效相联系，涉及企业成本核算、营运效率、治理绩效、组织层级模式、信息传递与沟通等研究问题（何玉等，2017）。

随着企业环境治理逐步受到社会的广泛重视，越来越多的投资者将企业环境责任作为重要的价值评估指标，其作为企业 ESG 战略重要组成部分，关系到企业可持续发展。而数字信息技术以新兴发展要素的形式融通于全要素生产环节，本身就具有“绿色化”特性，能从源头、流程上部分或全部替代传统要素消耗，减少污染物排放。但现有研究普遍聚焦于互联网、大数据、移动设备等数字技术在微观环境治理中的应用及作用机制（艾永芳和孔涛，2021），而从环境利益相关者角度，观察城市的数字化发展能否对企业环境治理成效产生调节作用，当前文献仍相对匮乏。

本研究将结合区域层面的数字化发展和企业层面的数字化转型，探究本地区的数字化发展如何推动当地企业的数字化转型，使得企业在智能化生产中实现节能减排。在相关机制发挥作用的过程中，企业规模、企业行业属性、管理者特质和地区环境规制都可能对机制产生异质性调节作用。因此，本研究将通过理论分析和实证检验来解答上述问题。

一、文献综述

（一）现阶段相关研究

1.企业环境绩效的研究综述

1.1 企业环境绩效内涵综述

企业在生产经营过程中，可能会产生以二氧化碳为主的温室气体排放量，或形成资源浪费和能源损耗，这些只有被合理量化才能评价企业环境治理的成效（Matsumura 等，2014）。上世纪 90 年代，企业环境绩效被正

式提出，用于衡量企业在环境治理过程中的效果，反馈企业节能减排的努力程度（Russo and Fotus，1997）。随着全球气候变暖、温室效应扩散、资源短缺和污染加剧，作为污染主要制造者的企业在追求财务绩效的同时，也应关注自身的环境绩效。特别是在环境优先的基本国策下，企业提升财务绩效必须优先保障良好的环境绩效。

已有文献将企业环境绩效分为两方面：财务成果与环境质量。首先，财务成果方面体现为环境财务绩效。环境活动往往会产生特定的开支，但企业积极改善生态环境也能直接或间接地产生一定的经济效益（Waddock and Graves，1997）。因此，环境财务绩效可视为环境收入与环境支出的差额，体现企业通过在环境领域付出努力而获得的财务净增长（Matsumura 等，2014；何玉等，2017）。例如，发行环保产品带来的税收优惠，通过环保体系认证从而扩大销售额（Stanwick，1998；Melnyk，2004；谢琍，2017）。其次，环境质量是企业通过在环境治理中的主观努力而获取的环境质量改善程度，以及其对外部生态环境与资源产生的正外部性。任何与提高企业环境质量有关的事项，均可纳入环境质量绩效体系，并通过定量或非定量的方式灵活披露，例如环境法规执行情况、环境审计报告、排污费用、碳减排量等（Melnyk，2004；何丽梅等，2011；吴烨伟等，2023）。

1.2 企业环境绩效内涵综述

企业环境绩效具有以下主要特征：外部性、无形性和长期性。

首先，环境绩效代表着企业环保投资的社会收益水平，具有正外部性或负外部性，企业福利（成本）和社会总福利（成本）往往存在差距却未能有效弥补；特别是重污染企业，其生产经营活动无法避免一定数量的二氧化碳排放，却未能得到相匹配的“惩罚”（杨子绪等，2018）。随着一系列将外部性内部化的措施正式实施，企业应将可评估的环境绩效作为重要的战略组成部分。良好的环境绩效有利于维持企业与利益相关者关系，减少潜在纠纷和矛盾，让环境信息披露更有“底气”。

其次，无形性体现在企业环境绩效并非显而易见。相比传统经济业务，环境治理成效难以准确地以统一的实物计量，其对企业生产、销售等环节的影响往往较为间接（张彩平和肖序，2011；Mielnik and Goldemberg，2014；周志方等，2017）。

最后，长期性体现在企业提升环境绩效是一个持续塑造的过程，主要带来企业中长期价值变化，影响着企业

声誉、绿色竞争力、品牌价值和股价崩盘风险等多方面。但企业提升环境绩效不仅涉及到跨期经济利益再分配，管理层需要不断平衡财务绩效与外界利益相关者诉求的矛盾（刘蓓蓓等，2009；胡曲应，2012）；而且塑造可持续的环境绩效耗时较长、用工较多，在短期内被视为营业外成本，影响利润最大化目标。

1.3 企业环境绩效评估综述

环境绩效是企业环境治理的最终目标，代表着环保投资的社会收益水平（张兆国等，2020）。目前主流的环境绩效的评估方式，由国家层面率先提出并逐步完善，包括综合评级法与排污费法。

1.3.1 在综合评级层面：2005 年，国家层面曾出台《企业环境行为评价技术指南》，运用 17 项指标对企业环境行为进行综合评级，并以绿、蓝、黄、红、黑五种颜色向社会公布。

1.3.2 在排污费层面：1982 年，国务院发布《征收排污费暂行办法》，要求污染者承担排污行为的经济责任；2003 年，国务院印发《排污费征收使用管理条例》，确立了排污总量收费和排污费收支的双线管理模式；2007 年至 2011 年，国家环保总局先后出台《排污费征收工作稽查办法》，在规范排污费征收行为的同时，加大了对国家重点监控企业的排污数据监控（倪娟，2019）；基于企业排污数量征收的费用将依据明细项目（如废气、污水等）进行动态化调整。此外，针对其中典型的二氧化碳排放问题，政府在绿色低碳循环发展理念的引导下，在 2011 年设立 7 个碳排放交易试点；并结合数字技术运用，于 2021 年启动全国碳排放线上交易市场。交易额度与企业排污量正相关，自然也与环境治理绩效负相关（胡曲应，2012）。

此外在学术界，已有文献主要结合企业特征与发展现状，为企业寻找合适的环境绩效评估方法。例如，Klassen and McLaughlin（1996）以企业获得的环境奖励来度量环境绩效；吕峻和焦淑艳（2011）以企业是否受到环境处罚和处罚类型来衡量相关绩效。由于企业内外部存在信息不对称问题，外界监管机构未必能够充分掌握企业环境治理实情，作出准确的绩效判断和奖惩，所以上述评估方法存在一定的局限性。而胡曲应（2012）、张兆国等（2020）则选用排污费来测度企业环境绩效，这种费用缴纳具有强制性，对“谁污染，谁治理”原则进行了实质性落实。费用缴纳数量可以代表企业创造收入所产生的环境代价，因此能够较为准确地反映企业环境绩效。

综合国家层面措施和学界研究方法，本文将选取排污费率作为企业环境绩效的代理指标。

2. 地区的数字化发展对企业环境绩效的影响综述

对于地区的数字化发展对企业环境绩效的影响机制, 现有直接相关的文献数量较少。但随着数字化发展深入, 少数学者将人工智能等金融科技与绿色生产结合进行研究, 部分文献聚焦至企业数字化转型这一微观维度。例如, Manso（2011）、何帆和刘红霞（2019）发现在企业数字化转型中，相应技术设备具备绿色技术特性，可优化内部资源配置、降低生产经营成本从而提高能源利用效率、完善绿色经营模式；陈玉娇等（2021）认为企业数字化转型将推动组织绿色创新，形成新绿色技术应用，促进资源高效利用和节能减排，例如区块链运用可通过缓解融资约束、提高信息化程度与智能监控来推动制造业绿色转型。随着环境保护成为基本国策，企业有必要在环境治理中纳入数字技术要素，以更为精确、有效地推动节能减排工作。

目前也有部分文献从产业数字化转型进行分析。例如，周慧慧等（2021）发现制造业数字化转型可有效提高企业绿色研发绩效、绿色制造绩效和绿色服务绩效。虽然现阶段相对缺乏宏观层面的数字化发展对企业环境绩效的影响分析，但陈玉娇等（2021）学者已为后续研究提供理论思路：其将本地区的数字化发展与企业数字化转型相联系，认为前者通过塑造数字化生态系统形成“同构效应”，从而倒逼企业数字化转型，以高新技术实现节能减排。本文将充分借鉴这一思路，用于相关章节理论分析与实证研究。

（二）现有研究评述

现有文献在以下两方面有待完善之处。

首先，已有研究缺乏关注数字要素在宏微观层面的联动机制。上述文献主要探究微观的数字化转型所产生的节能减排效应，但对于微观的数字化转型工作，并非所有企业都有条件和意愿开展技术引进和应用，需要考虑企业绿色创新的驱动力。结合戚聿东和肖旭（2020）的环境适应性观点，本研究认为：本区域的数字化发展将重塑经济商业形态，强化企业间互联互通并加快数字技术的溢出效应，推动当地企业主动适应数字化发展趋势、进行数字化变革以维系竞争地位。后文将对此展开实证检验。

其次，现有文献虽已点明潜在作用路径，但研究数字化发展的微观绿色绩效及作用机制，仍然在实证层面存在技术性难题。例如，数字化发展与绿色发展都和国家同时期财政支持有关，存在遗漏变量问题，这增加了因果解释难度。针对现有文献技术性不足，本研究将在后文进行一系列内生性、稳健性检验。

二、理论分析与研究假设

（一）城市数字化发展对企业环境绩效的影响机理

我国城市的数字化发展起步晚，但技术进步幅度明显，其所带来的区域创新能力也在快速提升。这种宏观的数字趋势为本地产业融合、绿色创新转型提供更多的开放性、通用性、泛在性基础设施（何帆和刘红霞，2019）。

随着这些数字信息技术深度融入传统产业链，城市业务模式已发生颠覆性变化。当地企业将迎来若干个智能化“时空关”场景，为自身转型升级成功“赋能”。

首先，地区的数字化发展促成地区主体间信息网络的高度连通性，对企业绿色转型产生正外部性。数字技术具有高度智能性和渐进式扩容性，能逐步将企业内部、企业之间不同业务流程联结为有机整体，为企业数字技术扩散创造环境支撑和倍增基础，对工业绿色全要素生产率呈现边际效应递增的非线性影响（何玉等，2017；程文先和钱学锋，2021；王锋正等，2021）。高度发达的数字基础设施加快了绿色信息知识在企业间传播和共享，企业可通过融入高效联通的信息网络，开展企业间业务沟通、信息传递和资源互联，获得绿色技术创新的外溢效应，降低传统要素在产业链中资源消耗，从而提高企业环境绩效（逄健和朱欣民，2013；王琳等，2021）。

其次，地区的数字化发展体现了地区范围内数字要素综合应用能力的提升，使得原有商业生态系统向数字化平台型生态系统转变[1]，深刻影响本地产业结构、产业形态和组织方式。依托数字化技术，在本地区逐步共塑新的数字化发展环境，已成为本地企业开展绿色技术创新活动难以回避的客观现实（Matsumura 等，2014；王锋正等，2021）。结合环境适应理论，这种新经济运作方式对当地企业环境构成“合法性约束”，倒逼企业适时绿色、智能的数字化技术转型（陈玉娇等，2021）。依据环境战略管理理论，企业若要持续获

[1] 在工业时代，供应链、产业链是企业商业价值的中央聚合器；但在数字经济时代，网络平台将逐步扮演新聚合器的角色。

得数字技术的创新效应，迅速提升自身的数字化能力已成关键所在，这是因为数字化能力直接关乎到此类企业应对外部环境变化的响应速率和创新要素获取、吸收和应用质量[2]（Aghion 等, 2005; 戚聿东和肖旭, 2020）。主动实施具有绿色特性的数字化转型，利于企业优先获取稀缺性资源，抢占市场高地（唐国平和李龙会，2017）。

最后，在受外界趋势驱动的企业数字化转型中，客观上需要购置或自主生产一定的数字化设备。在生产制造中，数字化设备本身具备的“绿色化”技术特性，能在源头实现节能降污（Manso，2011）；此外，伴随着数字化设备的渗透和扩散，数字要素对企业现有生产技术和机器设备的性能形成升级，可有效地重塑企业传统的生产组织形式，实现环境治理的正外部性（陈晓红，2018；冯磊东等，2020）。

具体而言，本地区的数字化发展推动了当地企业在生产、制造、运营等环节的数字化转型，而数据不仅自带价值还能对其他生产要素进行功能性赋值，实现“人—机—物”的绿色融合（陈晓红，2018；陈德球和胡晴，2022）：首先，数字技术与能源等其他资源要素充分融合，推动生产流程和污染治理阶段生产要素的优化配置，推动生产和治理范式的绿色创新，以更好地实现节能减排；其次，数字要素的渗透能够推动企业内部实现生产、销售、管理等环节动态、实时监管，降低外部环境信息搜寻和学习成本，提高绿色治理效率；最后，数字化转型可以支持智能化工厂的能源管理和提高生产系统的能源效率，从而达到工厂的节能减排，实现绿色制造。

基于以上分析，本文提出假设1和2。

假设1：控制其他情况不变，城市数字化发展可提高企业环境绩效。

假设2：控制其他情况不变，城市数字化发展可通过增强企业在生产制造活动中的数字化转型，提高企业环境绩效。

（二）城市数字化发展对企业环境绩效的异质性影响

数字要素具有显著的溢出和渗透扩散效应，推动着拥有绿色性能的创新要素快速转移和下沉，且其边际效应呈现递增趋势。地区的数字化发展将借助“规范”和“模仿”这两种同构效应，来激励本地企业的技术转型升级，实现“绿色、高效、数字化、智能化”的生产与管理，以适应新的“合法性约束”（杨新铭，2017；焦勇，2020）。但是，城市数字化发展对本地企业环境绩效的积极影响，可能因企业规模产生异质性效应。

[2] 大数据形成的数据组织技术必须能够有效地将没有价值的数据剔除，同时将结构化、非结构化数据以分布式数据库、关系型数据库、非关系型数据库进行分类存储与处理，使得数据研发计算、应用能够服务于企业决策和生产指导，支撑企业数字化转型。

依据规模经济效应：相比小规模企业，大规模企业的环保投资力城市度和生产能力更强，排污量与环境治理工作量更高，其数字化转型升级与绿色技术创新具有显著的规模效应和网络效应，能够更好地批量化节能减排、降低环境治理的边际成本，实现环境绩效的提升（郭丰等，2022）。由于数字要素具有边际效益递增的特质，这会进一步扩大规模效应、网络效应的影响力。基于此，提出假设3。

假设3：控制其他情况不变，相比小规模企业组，在大规模企业组数字化发展对企业环境绩效的影响更显著。

伴随着数字化设备的渗透和扩散，其绿色要素会对企业现有生产技术和机器设备的性能形成改良升级，减少环境负外部性（Manso，2011；杨新铭，2017；焦勇，2020）。但是，这种趋势在不同的行业会存在异质性效应。

重污染企业作为一个地区的支柱性产业，以生产制造为主营业务（Dan 等，2019）。在我国多数地区的经济发展尚未达到库兹涅茨曲线“拐点”时，仍不能直接对其取缔或终止运营。这类企业具有突出的资源依赖过度、技术水平低下、创新基础薄弱等特征，往往伴随着能耗高、排污量大、环境成本高、负外部性强等经济后果（毕茜等，2012）。城市数字化发展对企业环境治理影响过程中，其对重污染行业的企业会有更强的边际渗透效应，为其在经济模式重塑中注入更多数字技术要素，从而替代更多的传统生产要素，获得更多绿色转型空间。基于此，提出假设4。

假设4：控制其他情况不变，相比非重污染企业，城市数字化发展对重污染企业境绩效的边际影响更大。

根据波特创新假说，当地政府实施的环境规制措施虽然在一定程度上会加大公司的环境成本，但是却增加了公司绿色转型的动力。一些管理者考虑“化长痛为短痛”，通过预先引进绿色生产技术进行清洁生产改革（Benhabib 等，2014；胡元林和李茜，2016），从而提高绿色生产效率，更好地应对环境合法性压力。在较高环境规制的区域，规制本身就会对企业绿色研发活动产生更强的“倒逼”效应，一定数量的企业可能已经布局相关的绿色战略规划，达成良好的绿色治理绩效。基于此，在环境规制强度高的地区，城市数字化发展对本地企业环境绩效的边际效应相对较弱。

假设5：控制其他情况不变，处于较高环境规制地区的企业，城市数字化发展对企业环境绩效的边际影响相对不足。

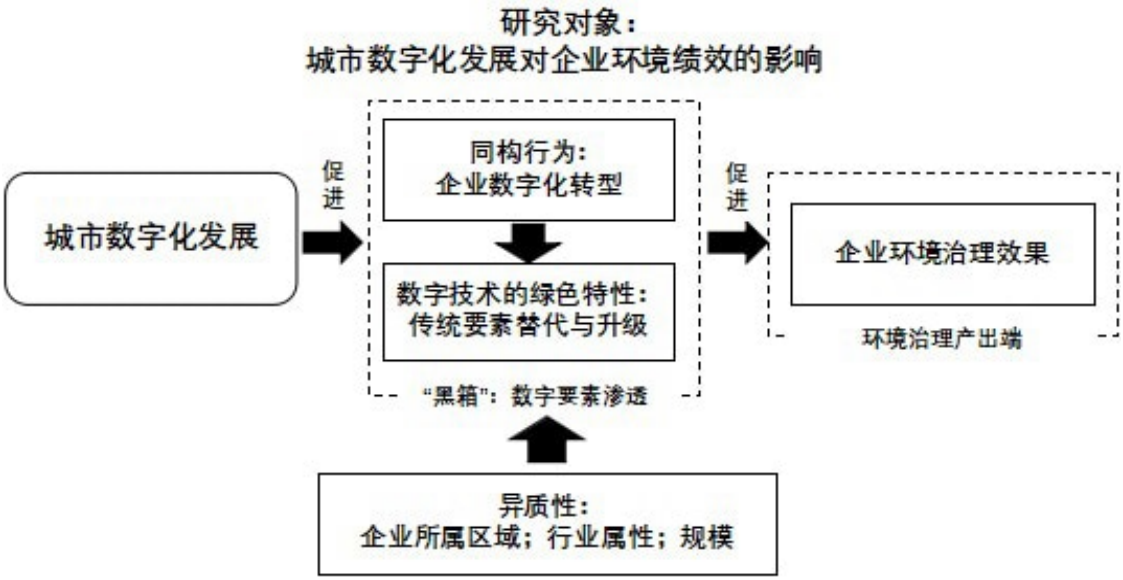


图 1 “城市数字化发展—企业环境绩效”研究路线

三、实证研究设计

（一）变量选取

本文变量指标选取遵循相关性、可获得性、数据公开性、准确性原则；城市数字化发展作为本章节解释变量。

1.被解释变量：企业环境绩效

因 CSMAR 数据库披露的环境绩效数据，存在计量单位不一致、量纲不统一的问题，导致不同企业之间的环境绩效缺乏可比性。与文献综述部分相照应，本文借鉴胡曲应（2012）、张兆国等（2020）研究，选用总资产排污费率（单位：‰）来测度企业环境绩效，计算方法为当年排污费除以当年资产总额；并用营业收入排污费率（单位：‰）做稳健性检验。

选用排污费作为统一量纲，衡量企业环境绩效的理由如下：首先，排污费的征收依据包含企业所排放各类有害物种类和数量，能够较为全面、客观地反映主要污染物对环境的不良影响；其次，排污费数据具有可得性、易得性，当前主流的经济管理数据库和公司年报中，有公开、易得、可靠的排污费数据。若排污费率越低，代表企业创收模式较少以牺牲环境为代价，发展质量较高，环境绩效越高。对于本年度无排污费支出的企业，当年度计为0。

2.解释变量：城市数字化发展

“十二五”以来，中国数字经济进入快速发展期，逐渐出现一系列宏观层面的区域数字化测算指标。当前国内外文献对数字经济测度的研究，主要来自全国和省级层面，城市层面的测度相对少（张伯超和沈开艳，2018；许宪春和张美慧，2020）。基于数据可获得性、有效性、可靠性等原则，本文核心解释变量为：城市层面的数字化发展[3]，该变量相比全国和省级层面指标，更加细致、具体。

城市数字化发展程度既包括总体指数水平，也包括数字化覆盖广度、使用深度和素养程度。因此，本文从数字基础、数字投入、数字素养、数字应用四个维度来测度城市的数字化发展程度(*Dig*)，以更好地反映城市层面所处数字化阶段。

由于上述指标存在量纲差异，本研究在充分借鉴、吸纳赵涛等（2020）三级指标设计体系基础上，将所有属于不同量纲的三级指标进行标准化处理，以消除量纲差异；其次，本文利用变异系数法，构建了包含4个一级指标、5个二级指标、6个三级指标的数字化发展评价体系。详细的指标体系如表1所示。所构指标体系具有前沿性，符合数字化、信息化时代特征；同时，所有指标均为正向化指标，具有可获得性和可操作性。

此外，由于赵涛等（2020）的指标采用主成分分析法衡量，该方法不可避免地会损失一定的信息熵，导致价值型信息可能不充分。因此本文采用客观赋权的测度方法来衡量城市数字化发展的水平，这种测度方法既不产生信息损失，也避免人为主观赋权产生的精确性不足、随意性较强等问题。

在测算过程中，本研究根据各个三级指标的变异系数值在所有三级指标总变异系数中的比例（变异系数，由标准偏差/平均值求出），依次对各个三级指标进行赋权，并对各三级指标加权汇总，计算出最终特定城市的数字化发展得分，相应的分值在[0,1]之间。此外，赵涛（2020）的城市数字化发展指标亦会在后文用于稳健性测试。

[3] 数字要素融入传统治理是自 2010 年以来新兴的信息化服务业态，依托底层信息技术进行多元情景构建而成——包含基础设施、信息环境、信息意识等要素，具有低成本、高效率特征，可为传统宏观治理和微观企业经营业务“赋能”。党的十九大报告就已经提出“建设数字中国”。在国家创新和数字化战略引领下，地方政府不断加大数字化投入，提高区域创新水平，增强区域创新能力——数字化基础设施、信息环境、信息意识均在不断强化（周青等，2020）。这使得区域层面的数字化信息更具有公开性、透明性，采集成本低，可靠性强。而企业层面所披露的数字化应用信息往往难以获得，调研和采集成本高，信息不对称情况下难以保证信息的真实性、准确性——廖进球和邱信丰（2021）曾采用问卷收集法调研企业层面的数字化信息，但相关样本量小，从而制约结论的推广性。

表 1 数字化发展指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	三级指标权重	指标属性
数字基础	宽带接入水平	地区国际互联网宽带接入用户数	0.1237	+
	通信接入水平	地区移动电话年末用户数	0.1292	+
		地区电信业务收入总量	0.1893	+
数字应用	数字普及程度	地区数字普惠金融指数	0.068	+
数字投入	技术研发投入	地区年度科学技术支出总额	0.2251	+
数字素养	人力资源水平	地区信息传输、计算机服务和软件业从业数	0.2647	+

3.机制变量的选取

为适应用户多样需求和实现持续的价值创造，数字化转型已被部分研究视为战略问题，不仅体现在数字技术对组织资源的再分配，还体现在组织内外部价值创造方式、协作沟通和利益相关方等。本文参照吴江等（2021）研究，将其界定为：“企业通过信息、计算、沟通和连接技术的组合，重构产品和服务、业务流程、组织结构、商业模式和合作模式，旨在更有效地设计企业商业活动的过程，从而帮助企业创造和获取更多价值。”

企业数字化转型涉及到企业对数字技术的引进、研发、试验和运维，具有较高的绿色研发密度。本文借鉴肖土盛等（2022）构造方法，在企业生产制造活动中，核心机制变量“企业数字化转型”的构造方法如下：通过文本挖掘的方法（*Python*分词处理及人工识别），爬取2012019年上市公司年报中关于数字化转型的所有关键词（如下所示，共 45 项）；在进行数据清洗后，本文把上述关键词扩充到 *Python* 软件包的“*jieba*”中文分词库，然后基于机器学习的方法对上市公司年报“管理层讨论与分析”（*MD&A*）部分进行文本分析，计算其各自在本年度年报中的词频，并相加获得词频总数进行表征处理。总词频越高，代表企业的数字化转型程度越高。

所涉及的关键词包括：数字化、数字营销、数字科技、数字技术、数字货币、数字运营数字终端、数字经济、数字贸易、数字体系、数字供应链、数据集成、数据融合、数据信息数据管理、数据资产、网络物联网信息时代、信息化、信息技术、信息集成、信息通信、自动化、5G边缘计算、云计算、云服务云端、大数据、区块链、智

慧时代、智慧建设智慧业务、智能互联网电子商务、跨境电商、电商平台、3D打印、3D技术、3D工具、*AI*、电子技术电子科技、线上线上线下、 机器人、机器学习、计算机技术、*O2O*、*B2B*、*C2C*、*P2P*、*C2B*、*B2C*。

4.控制变量的选取

本文对于该子专题研究，将依据现有文献（Bai 等，2020；Berman 等，2021； Lee，2021； Francis，2021），并结合中国经济情境，选取以下两个层面的控制变量。

首先在企业层面，企业财务状况、经营成果、产权性质、内部控制和管理程度都会直接或间接影响企业绿色研发水平和创新绩效；企业自身环保投资和研发能力直接关系环境绩效；企业规模差异对于内部治理变革会产生显著的网络效应和规模效应。因此本研究选取：企业绩效水平（总资产净利润率，净利润/资产总额）；企业偿债能力（资产负债率，负债总额/资产总额）；企业营运能力（固定资产比率，期末固定资产额/资产总额）；企业价值程度（托宾Q值，企业市场价值/资产总额）；企业治理水平（独董比例，独立董事在董事会人数占比；董事会人数；管理费用率，管理费用/主营业务收入；股权集中度，公司前十位大股东持股比例的平方和）；企业创新水平（研发费用率，年度研发费用/年度营业收入）；企业产权性质（若属于国企则为1，否则为0）；企业规模（企业年度总资产的对数）；企业环保投资（企业原始环保投资额，经加1后对数化处理）。

其次，在区域层面，本研究考虑到：公众环境监督对企业环境表现形成直接的利益相关者压力；政府环境规制高低对企业创新和环境绩效有“倒逼”效应。因此选取：地区政府环境规制程度（环保词频所在句字数/本地区政府工作报告总字数）；地区公众环境监督程度（以“环境污染”为关键词在百度指数趋势分析中检索，经对数化处理的地区年平均值）。

最后，控制行业、年度、个体等固定效应，以克服不可观测异质性导致的内生性扰动。构建模型中，本文以企业个体为单位进行聚类，计算聚类稳健标准误。

表 2 变量定义表

符号	指标	测量方法
EP	企业环境绩效	总资产排污费率，年度排污费/总资产额
Dig	城市数字化发展	参考赵涛等（2020），运用客观赋权法计算出6项子指标的加权总分
ROA	企业绩效水平	总资产净利率，净利率/资产总额

符号	指标	测量方法
Leverage	企业偿债能力	资产负债率，负债总额/资产总额
FA	企业营运能力	固定资产比率，期末固定资产总额/资产总额
Tobin Q	企业价值	托宾Q值，企业市场价值/资产总额
EI	企业环保投资额	企业年度环保投资额加1后取对数值
Asset	企业规模	企业年度总资产的对数
Ind	企业治理水平	独立董事比例，独立董事数/董事会人数
Board		董事会人数
AC		管理费用率，管理费用/主营业务收入
HHI_10		股权集中度，公司前十位大股东持股比例的平方和
R&D	企业创新水平	研发费用率，年度研发费用/年度营业收入
Dummy_State	企业产权性质	虚拟变量，属于国企则为1，否则为0
ER	地区政府环境规制程度	环保词频所在句字数/本地区政府工作报告总字数
Pub	地区公众环境监督程度	在百度指数趋势检索中，输入“环境污染”这一关键词，并将地区年平均值进行对数化处理

（二）数据收集与预处理

本研究将收集2011-2019年中国沪深A股上市公司，作为研究总体。根据沪深上市公司年报整理，并用STATA 16 软件将区域和企业指标数据集进行合并。在2011-2019年，为保证样本选择可靠性，将部分样本按以下原则剔除：（1）被ST、*ST的公司；（2）相关变量指标数据异常或缺失的公司；（3）总资产为零值或负值的公司；（4）资不抵债的公司；（5）西藏的样本公司。利用STATA合并不同数据集并进行整理后，共得到3051家上市公司、19411个“企业—年度”观测样本。

所有的连续性变量均进行1%和99%分位数的WINSORIZE处理。其中：（1）企业内部控制、产权性质、财务报表指标将从CSMAR数据库的公司研究系列中收集；（2）数字化发展的相关子指标数据中，地区普惠金融数据采用北京大学编制的数字普惠金融指数；宽带接入用户数、移动电话用户数、电信业务收入总量、科学支出总额和信息传输，计算机服务和软件从业人数采取国家统计局和《中国城市统计年鉴》的年度数据；（3）环境管制强度数据来源于《中国环境年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国统计年鉴》；（4）公众环境监督数据来源于百度指数检索并进行有效整合；（5）对于企业在生产制造活动中的数字化转型程度的衡量，利用文本挖掘的方

法，对上市公司年报中披露的和数字化转型相关数据进行爬取和词频表征；（6）对于企业环保投资、企业环境绩效数据，相关数据从 CSMAR 数据库的环境治理系列采集。

（三）实证模型构建

针对两者关系，构建基准回归模型。本文以双向高维固定效应模型来验证相关假设。本模型以企业为单位计算出聚类稳健标准误，模型将控制年度、行业或公司固定效应。

$$EP_{i,t}=a+\beta_1*Dig_{i,t}+Controls+Fixed\ effects+\varepsilon_{i,t}$$

四、实证研究结果分析

（一）描述性统计

表3对所选取变量进行描述性分析。在样本期间，城市之间的数字化发展不均衡——*Dig*指标的标准误达0.204，极差为0.721；*Dig*指标均值为0.239，与极大值0.740差距较大。该描述性结果与现阶段我国区域发展不平衡、资源配置有待进一步优化的国情相契合。企业环境绩效波动较大，标准误达2.23；企业排污费率总体较低，最大值不足0.2%。这说明多数企业在创收过程中，也保持相对良好的环境绩效，并没有以过度牺牲环境为代价。

表3 描述性统计结果

Variable	Obs	Mean	Std.Dev.	Min	Max
EP	21622	.441	2.23	0	16.842
Dig	21616	.239	.204	.019	.740
R&D	21622	.01	.025	0	.129
Leverage	21622	.428	.217	.007	.999
ROA	21622	.0003	.002	-.016	.22
AC	21314	.098	.09	.003	.729
TobinQ	20875	1.995	1.304	.876	9.833
Board	21612	8.678	1.819	5	15
Ind	21610	.375	.053	.333	.571
FA	21622	.202	.163	.002	.706
HHI_10	21620	.166	.116	.015	.561
Asset	21622	22.228	1.469	19.411	27.318

Variable	Obs	Mean	Std.Dev.	Min	Max
Dummy_State	21106	.398	.49	0	1
ER	21622	.065	.02	.032	.125
Pub	21622	4.865	.332	3.784	5.371
EI	21622	.003	.063	0	6.674

在控制变量组中，我国环境保护执行力度强化，这也体现在政府工作报告中：与环境保护相关的内容平均占据6.5%的篇幅。在企业日常管理中，研发投资不足、获利水平低的问题明显，*R&D*和*ROA*两项指标的均值均接近于零，企业间标准误也较低；除少数企业存在高杠杆、高“委托—代理”风险以外，企业资产规模、资产结构、代理成本、成长性等指标整体趋于正常；此外，企业股权结构也趋于多元化，*HHI_10*的均值为0.166并且标准误仅为0.116，说明多数企业股权结构相对分散，不存在或较少存在“一股独大”的现象，这有利于企业内部制衡和监督管理，缓解道德风险。

（二）相关性分析

结合 Pearson 双侧检验，表4汇报了企业核心指标间的相关性程度。

数字化发展指标*Dig*与企业环境绩效指标*EP*显著负相关，在1%的概率水平下相关系数为-0.106。指标*EP*属于反向指标，该指标数值越低代表企业环境绩效越好。因此数字化发展与企业环境绩效呈现显著的正向相关。

此外，在1%概率水平下，企业环保投资（*EI*）与环境绩效（*EP*）呈显著正相关，相关系数为0.06，可能意味着环境治理产生效果，需要企业产生一定的专项支出。

表 4 相关性分析结果

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) EP	1.000				
(2) Dig	-0.106***	1.000			
(3) ER	0.005	-0.187***	1.000		
(4) Pub	-0.069***	0.334***	0.208***	1.000	
(5) EI	0.060***	0.020***	0.000	-0.003	1.000

*** p<0.01，** p<0.05，* p<0.1

（三）基准回归结果

依据经济外部性理论，随着城市数字经济建设，新经济模式、绿色技术体系和商业系统形成，会推动当地绿色经济发展，形成企业间绿色溢出效应；依据环境战略管理理论，企业会随之产生一系列模仿等同构行为，加大绿色转型升级，从而达成节能减排成效（逄健和朱欣民，2013）。

表 5 汇报了本章节的基准回归结果。根据两列回归结果，数字化发展指标 *Dig* 对企业环境绩效指标 *EP* 存在反向关系[4]——边际系数分别为-0.371和-1.883，意味着经济意义同样显著。这与前文相关性分析结果相照应，假设1得到验证。

表5 基准回归结果

VARIABLES	（1） EP	（2） EP
Dig	-0.371**	-1.883***
	(0.162)	(0.393)
R&D	2.662***	-0.0343
	(0.700)	(0.0722)
Leverage	0.518**	0.0865
	(0.215)	(0.0611)
ROA	2.837	3.756***
	(6.321)	(0.799)
AC	0.648*	0.0748
	(0.362)	(0.872)
Tobin Q	-0.0322	-0.386
	(0.0196)	(0.344)
Board	-0.00118	0.492
	(0.0268)	(0.561)
Ind	0.473	-0.00203
	(0.622)	(0.0256)
FA	1.703***	-19.89***
	(0.336)	(3.084)
HHI_10	0.0934	-0.0384
	(0.312)	(0.208)
Asset	0.00256	0.0933
	(0.0329)	(0.184)
Dummy_State	0.125	0.0739

[4] 因为企业环境指标为反向指标，所以数字化发展与企业环境绩效正向相关。

VARIABLES	(1) EP	(2) EP
	(0.0982)	(0.261)
ER	1.155	0.00242
	(1.506)	(0.0151)
Pub	0.00163	0.154
	(0.159)	(0.322)
EI	1.652	0.889
	(1.151)	(1.717)
Constant	-0.427	0.889
	(1.182)	(1.717)
Year Fixed Effect	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	No
Firm Fixed Effect	No	Yes
Observations	20,160	19,060
R2	0.109	0.722

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

在控制变量组中，*R&D*、*Leverage*、*AC*、*FA* 等四项指标与企业环境绩效指标*EP* 存在显著的正向关系，即企业研发费用率、资产负债率、管理费用率和固定资产比率对企业环境绩效有显著的负向影响：

（1）研发投入从长期看会推进企业技术引进和绿色转型，提高环境绩效；但其存在成本高、风险高、周期长、收益缓慢等缺陷，短期内可视为“沉没成本”，产生一定物资消耗和浪费，并挤占企业环保投资，导致短期内环境绩效降低。

（2）杠杆率越高，企业潜在的债务压力越大，会直接关系其存续。因此企业在高负债情况下倾向于短视主义行为，注重经济绩效而忽视环境绩效（胡楠等，2021）。

（3）企业代理成本反映管理者与投资者的利益矛盾（Jensen and Meckling，1976；Berrone and Gomez，2009；吕长江等，2009）。信息不对称情况下，管理者的自私逐利行为会影响投资者目标实现，造成资源掏空等后果，自然不利于企业提高环境绩效。

（4）固定资产比率用于衡量企业资产流动性。在企业主营业务难以有效周转的情况下，短期内企业会将经济绩效放置于更优先位置，自然对环境绩效缺乏改善的动机。此外，基准模型的拟合优度良好，达到10.9%，意味着所选取的变量组有一定的解释力度。

（四）机制检验结果

本部分将检验企业数字化转型这一作用渠道。

表6 机制回归结果——企业数字化转型渠道

VARIABLES	（1）	（2）
	DR	DR
Dig	0.251***	0.594***
	(0.08)	(0.172)
R&D	2.731***	0.982***
	(0.455)	(0.358)
Leverage	-0.059	-0.243***
	(0.088)	(0.0877)
ROA	-10.18***	-3.626**
	(1.934)	(1.610)
AC	0.297	0.156
	(0.188)	(0.148)
Tobin Q	-0.003	0.0298***
	(0.013)	(0.00749)
Board	0.009	0.0275***
	(0.009)	(0.00938)
Ind	0.457	-0.281
	(0.295)	(0.224)
FA	-1.102***	-0.369***
	(0.115)	(0.118)
HHI_10	-0.187	-0.406**
	（0.125）	（0.195）
Asset	0.169***	0.299***
	(0.015)	(0.0270)
Dummy_State	-0.216***	-0.0780
	(0.037)	(0.0892)
ER	0.403	0.0549
	(0.582)	(0.332)
Pub	0.118*	0.0384
	(0.063)	(0.144)
EI	-0.087	0.0760**
	(0.065)	(0.0350)

VARIABLES	(1)	(2)
	DR	DR
Constant	-1.092**	-3.374***
	(0.437)	(0.935)
Year Fixed Effect	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	No
Firm Fixed Effect	No	Yes
Observations	19,258	19,082
R2	0.557	0.864

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

随着城市的数字化发展, 推动本地区数字要素综合应用, 使原有经济生态向数字化生态转变（Manso, 2011；杨新铭，2017；焦勇，2020）。依据环境适应理论，这种“智能化”“绿色化”的新经济运作对当地企业构成新的“合法性约束”，倒逼企业适时学习、引进、研发数字化技术，实现组织内数字化转型，在生产制造和模仿学习等环节释放绿色创新活力（Van and Le，2017；陈玉娇等，2021；郭丰等，2022）。

表6 汇报了相关机制分析结果。针对企业数字化转型这一传导机制，*Dig* 的边际系数0.251，在1%的概率水平下显著。第（2）列纳入公司固定效应后，结果依保持显著。故假设2得以验证。

过去何玉等（2017）、陈晓红（2018）将节能减排视为数字要素渗透带来的正外部性后果。本文通过机制检验，发现其还与企业主动适应新趋势、积极投入战略性研发等转型工作相关联。为完成必要的数字化转型，企业需要主动、持续地引进数字技术、人才并强化员工技能培训才能实现。

（五）异质性检验结果

企业存在规模、行业等方面的差异，这些均会产生异质性影响。

随着本地区数字化发展，将有更多企业学习、运用、模仿数字化模式，开展数字化转型。随着后者提升，企业的生产制造等一系列环节将被赋予数字技术新要素。高效率的线上活动逐步取代部分线下实体性业务，并对传统生产作业进行革新、精简，从源头和流程实现节能减排。对于批量化生产的制造类企业，产品规模和排污量往往较大。在引入数字生产技术后，该类企业能更好更快地进行网络化、规模化生产，释放“技术红利”（郭丰等，2022），减少高昂的单位产品成本和单位污染排放量。这可以体现出大型企业的规模经济效应。

本文为验证假设3，选取企业年度资产和营业收入作为企业规模的代理变量，按照其中位数大小，划分为大规模组和小规模组。回归结果如表7所示。前两列以企业资产作为代理变量进行组间差异分析；第三、第四列以企业营业收入作为代理变量进行稳健性分析。在大规模组，数字化发展对企业环境绩效有显著的促进作用，更多的传统生产要素将被新型绿色创新要素取代，相应的 *Dig* 系数值分别为-0.511和-0.618（分别在5%和1%的概率水平下显著）；而小规模组，数字化发展并没有对企业环境绩效产生显著促进作用。假设3得以验证。

表7 异质性检验结果——企业规模效益

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
Dig	-0.511**	-0.0479	-0.618***	-0.111
	(0.225)	(0.183)	(0.234)	(0.174)
R&D	3.895***	2.123**	5.280***	1.759**
	(1.373)	(0.845)	(1.639)	(0.757)
Leverage	0.884**	0.188	1.033**	0.258
	(0.395)	(0.211)	(0.421)	(0.215)
ROA	60.19	-1.348	92.34	-3.511
	(70.09)	(3.890)	(58.40)	(4.496)
AC	1.820**	-0.319	2.938**	-0.216
	(0.751)	(0.263)	(1.181)	(0.212)
Tobin Q	-0.0147	-0.0127	-0.0290	-0.0131
	(0.0463)	(0.0196)	(0.0428)	(0.0188)
Board	0.00826	0.00394	0.0120	-0.00609
	(0.0372)	(0.0211)	(0.0381)	(0.0218)
Ind	0.989	0.414	0.657	0.377
	(0.800)	(0.734)	(0.833)	(0.682)
FA	1.251***	1.560***	2.033***	0.928**
	(0.482)	(0.380)	(0.488)	(0.376)
HHI_10	0.414	-0.526	0.550	-0.477
	(0.419)	(0.327)	(0.418)	(0.311)
Asset	-0.0935*	-0.0654	-0.0545	-0.0726*
	(0.0506)	(0.0592)	(0.0480)	(0.0430)
Dummy_State	0.0892	0.175	0.0660	0.209*
	(0.128)	(0.121)	(0.129)	(0.116)
ER	2.852	0.00345	1.661	0.922
	(2.201)	(1.728)	(2.290)	(1.543)
Pub	0.178	-0.0657	0.0798	-0.0136
	(0.228)	(0.169)	(0.251)	(0.150)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
EI	1.457	164.6***	1.447	201.1**
	(1.015)	(58.03)	(1.008)	(80.24)
Constant	0.340	1.512	-0.203	1.526
	(1.619)	(1.572)	(1.745)	(1.251)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	10,307	9,850	10,441	9,717
R2	0.154	0.140	0.147	0.154

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

在重污染行业，企业对资源依赖性强，但创新基础薄弱、排污程度高，环境绩效较差；同时该行业众多服务部门直接关系国计民生，社会需求量大，因此能源消耗大，对生态建设形成治理压力。过去“先污染，后治理”的经济建设理念已不再适用于当前的环境优先的经济发展战略，如何协调生态环境保护与经济增长是该行业的企业亟须面对的挑战。城市数字化发展将有效推动该类别企业的生产治理转型，通过注入数字要素以强化绿色创新，更有效地降低污染生成和能源消耗。因此，数字化发展所带来的绿色创新，会着重减少重污染企业排污情况，缓解其以牺牲环境为代价的经济增长模式。

为验证假设4，本文依据企业是否属于重污染行业[i]，将所有样本划分为两组。利用原始回归模型进行分组检验，对比系数差异。如表8所示，第（1）列为重污染行业的企业样本，指标 *Dig* 在1%的概率水平下高度显著，边际系数为-2.301；第（2）列为非重污染行业的企业样本，相关系数为0.128但不再显著，且两列系数的经济意义差异明显。以上分析验证了假设4。

表8 异质性检验结果——企业所属行业

VARIABLES	(1)	(2)
	EP	EP
Dig	-2.301***	0.128
	(0.473)	(0.148)
R&D	7.582***	0.346
	(2.900)	(0.502)
Leverage	1.240*	0.159
	(0.671)	(0.141)

VARIABLES	(1)	(2)
	EP	EP
ROA	131.4	-4.141
	(107.2)	(2.856)
AC	0.860	0.416
	(1.711)	(0.286)
Tobin Q	-0.107*	-0.00617
	(0.0642)	(0.0138)
Board	0.0355	-0.00775
	(0.0804)	(0.0114)
Ind	1.032	0.338
	(2.089)	(0.331)
FA	3.083***	0.529***
	(0.824)	(0.204)
HHI_10	0.371	-0.0758
	(0.992)	(0.205)
Asset	0.0314	-0.0281*
	(0.109)	(0.0157)
Dummy_State	0.186	0.0810
	(0.310)	(0.0644)
ER	7.972*	-1.341
	(4.634)	(0.821)
Pub	0.206	0.0153
	(0.440)	(0.0904)
EI	1.327	15.21***
	(0.836)	(3.722)
Constant	-2.787	0.453
	(3.652)	(0.571)
Year Fixed Effect	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes
Observations	5,464	14,696
R2	0.097	0.077

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

波特创新理论认为，较高的环境规制既向当地企业传递较高的环境成本压力，也为其绿色转型提供潜在机遇。企业在持续应对压力的同时，会将一定规模的环境成本视为其绿色转型动力，通过主动引进或研发绿色技术，提高环境绩效。

表9 异质性检验结果——企业所在地的环境规制情况

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
Dig	-0.437***	-0.483**	-2.511***	-2.128***
	(0.164)	(0.216)	(0.581)	(0.471)
R&D	2.793***	3.468***	6.822**	15.85***
	(0.786)	(0.909)	(3.464)	(3.923)
Leverage	0.529**	0.526**	0.996	1.825**
	(0.260)	(0.251)	(0.824)	(0.764)
ROA	22.01	0.253	343.4*	89.85
	(38.19)	(4.479)	(185.2)	(82.03)
AC	0.606	0.320	2.958	-1.743
	(0.425)	(0.347)	(2.475)	(1.690)
Tobin Q	-0.0234	-0.0421*	-0.103	-0.131*
	(0.0269)	(0.0219)	(0.0922)	(0.0702)
Board	0.0312	-0.0188	0.119	-0.0358
	(0.0397)	(0.0249)	(0.114)	(0.0689)
Ind	0.727	0.743	1.889	0.895
	(0.846)	(0.687)	(2.884)	(2.071)
FA	1.831***	1.275***	3.736***	1.922***
	(0.425)	(0.332)	(1.085)	(0.744)
HHI_10	-0.148	0.0624	-0.764	1.194
	(0.361)	(0.334)	(1.191)	(1.024)
Asset	0.00692	-0.0651*	0.0745	-0.202*
	(0.0396)	(0.0338)	(0.130)	(0.111)
Dummy_State	0.206*	0.0673	0.471	-0.0315
	(0.122)	(0.104)	(0.389)	(0.305)
ER	1.008	-4.729	8.007	-6.191
	(1.988)	(5.130)	(6.265)	(12.35)
Pub	0.179	0.0283	0.546	0.129
	(0.195)	(0.210)	(0.540)	(0.496)
EI	0.827	29.97***	0.799*	47.50***
	(0.623)	(5.080)	(0.480)	(10.12)
Constant	-1.795	1.416	-6.750	4.267
	(1.619)	(1.149)	(5.077)	(2.931)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
Observations	10,113	10,042	2,795	2,669
R2	0.127	0.150	0.119	0.161

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

为检验此假说，在表9中第2列，本文根据企业所在地的环境规制强度，按中位数大小划分高、低环境规制组；此外，在第3-4列，本文将研究样本限定在重污染行业组，检验波特创新假说在此样本组是否有更显著的效应。但经全样本组间系数差异检验，数字化发展指标*Dig*的边际系数差值0.046，在10%的概率水平下不显著；即使在重污染行业组，数字化发展指标*Dig*的边际系数差值为0.383，在10%的概率水平下仍不显著。无论处于高规制还是低规制组，数字化发展对企业环境绩效的正向显著关系并没有受到环境规制的调节影响。根据上述结果，胡元林和李茜（2016）相关研究未得到经验支持 。

对于和过往文献结论不一致的原因，本文进行以下分析：随着地区环境规制执行力度的提高，当前主要以外部监督和压力机制来强制性推动企业环保投资和环境信息披露行为[5]。企业这些环境治理行为主要出于“应规”“减少纠纷”“缓解外部压力”的目的，使自身符合合法性要求。基于此，企业仍然主要以被动消极的姿态应对环境规制，自然难以进行实质性绿色创新。此外，数字化发展亦能加大本地区市场竞争和绿色金融“融资惩罚效应”，部分企业在权衡短期利润和中长期研发基础上，往往选择策略性研发创新（以实用新型专利、外观设计专利为主），在环境治理中缺乏实质性绿色创新行动（例如发明专利）。数字化发展在推动本地企业数字化转型的全过程中，产生的绿色创新要素从本质上属于企业转型升级的正外部性后果；企业数字化转型仍是以适应新型商业经济体系、提高经营能力、增加经济利润为核心目标，而非服务于环境治理。

（六）内生性与稳健性检验结果

为验证“城市数字化发展—企业环境绩效”的积极关系是否具有信度，本部分将进行稳健性与内生性测试。

1.替换被解释变量

[5] 环境规制当前更多体现为政府行政手段，具有强制性；而具有引导性、激励性的市场化环境规制，当前仍制度建设和执行力仍不充分。

本部分用“营业收入排污费率”替代原来的“总资产排污费率”，作为新的被解释变量纳入原基准回归模型。结果如表10所示。在5%概率水平下，城市数字化发展指标*Dig*的系数为-0.778；拟合优度系数为9.8%，所选取的变量组对方程有一定的解释力度。

2.更换回归模型

因衡量企业环境绩效的两项连续型指标：“营业收入排污费率”和“总资产排污费率”属于受限型变量，均存在大量的零值，右偏分布明显。因此，本部分用受限回归模型：*Tobit*模型，代替原高维固定效应模型进行检验。相关结果如表10第（2）-（3）列所示：第（2）列以“总资产排污费率”作为被解释变量的代理指标，*Dig* 的系数为-0.371并在5%概率水平下显著；第（3）列以“营业收入排污费率”作为新代理指标，*Dig* 系数为-0.778并在1%的概率水平下显著。两列实证结果的经济意义均为显著。

3.剔除存在扰动性的样本

首先，在样本企业中，高新技术企业具有高研发投入、高创新性和高附加值，人才密度高，生产、合作、共享过程中有显著的绿色溢出效应；相比其他类型企业，高新技术企业处于数字化转型的前沿，有明显的示范效应。国家政策也会给予此类企业更多的融资倾斜和绿色优惠。此类行业的特性本身就决定了其拥有良好的环境绩效，也会直接拉高全部企业的治理效果；作为外部冲击的城市数字化发展，所带来的边际贡献也相对有限。因此，高新技术企业样本对本文研究数字化发展的净效应存在“噪声”影响，应给予剔除。

相关结果如表10中第（4）-（5）列所示：第（4）列以“总资产排污费率”作为被解释变量的代理指标，*Dig* 的系数为-0.334并在10%概率水平下显著；第（5）列以“营业收入排污费率”作为新代理指标，*Dig* 系数为-0.747并在5%的概率水平下显著。两列实证结果的经济意义均为显著。

其次，考虑到地区政策存在偏向性，重点城市往往能得到更多的国家级经济金融资源和优惠政策。具体而言，自改革开放以来，我国直辖市、计划单列市受到中央垂直管理，中央会给予该类城市更多的政策倾斜——在生态环境领域，这些城市会优先享有国家环保财政和绿色技术支持，并接受中央垂直管理和环保督察；所在地的企业也能因此直接获益，使得环境绩效得以改善。

为了保证研究结论的普遍性，根据我国4座直辖市、5座计划单列市的分类，本文分别剔除这些重点城市后再进行实证分析。相关结果如表10中第（6）-（7）列所示。第（6）列以“总资产排污费率”作为被解释

变量的代理指标，*Dig* 的系数为-1.010并在5%概率水平下显著；第（7）列以“营业收入排污费率”作为新代理指标，*Dig* 系数为-1.630，并在5%的概率水平下显著。两列实证结果的经济意义均更加显著。

表10 稳健性检验结果（一）

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	EP2	EP	EP2	EP	EP2	EP	EP2
Dig	-0.778**	-0.371**	0.778***	-0.334*	-0.747**	-1.010**	-1.630**
	(0.302)	(0.162)	(0.301)	(0.175)	(0.315)	(0.443)	(0.822)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	-0.329	-0.390	-0.402	0.0445	1.231	-1.141	-1.575
	(2.186)	(1.155)	(2.133)	(1.204)	(2.173)	(1.737)	(3.158)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	20,029	20,161	20,030	15,290	15,159	12,797	12,750
R2	0.098	0.0258	0.0182	0.123	0.111	0.145	0.130

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

4.工具变量法

本文虽然已经验证城市数字化发展通过促进本地企业数字化转型，改变生产范式和流程，带来其环境绩效提升；但是，企业数字化转型具有绿色创新意义，可能会受到本地区其他企业竞相学习和模仿，形成区域内绿色治理的同群效应，并在需求端对本地数字化政策、数字基础设施共同提出更高要求。因此，二者可能存在“互为因果”的内生性问题。

为缓解反向因果关系的干扰，本文参考黄群慧（2019）研究，构造了各城市1984年的年末邮局数量（与个体变化有关）分别与上一年城市数字化发展水平（与时间有关）的交互项，作为城市数字化发展的工具变量，相应的计量经济学依据如下。

首先，该工具变量具有相关性。新中国成立以来，我国实施“邮发合一”的体制，在民生服务领域，邮局具有普遍性。在我国家用固定电话普及前，公众的信息沟通主要通过公共邮局系统实现。因此，邮局网点的分布会在一定程度上影响彼时固定电话分布，进而影响上世纪九十年代以来的互联网基础设施的先期接入。此外，邮局布局还通过影响本地公众对互联网的使用频率与习惯，推动着本地数字化技术的普及发展（黄

群慧等，2019）。从此意义上，选取历史上城市邮局数量作为工具变量满足相关性要求。

其次，该工具变量具有排他性。我国当前已成为数字经济大国。数字技术的普及使得更多的线上活动简化了传统服务流程，降低营运成本的同时提高了营运效率，对传统邮局线下服务和固定电话分布产生冲击。相对于互联网技术的发展速度和智能技术的变革，历史上的邮局数量对于如今企业生产治理活动的影响在逐步消失。就目前来看，近四十年前的固定电话与邮局的数量也难以影响企业环境绩效。因此，该工具变量指标符合外生性要求。

表11 内生性检验结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Dig	EP	EP2
IV	0.001***		
	(0.00002)		
Dig		-0.525**	-1.198***
		(0.226)	(0.420)
Controls	Yes	Yes	Yes
Constant	-0.816***	-0.917	-1.495
	(0.067)	(1.282)	(2.380)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes
Observations	16,395	16,395	16,268
R2	0.7584	0.109	0.101

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

本文进行2SLS回归检验，相关回归结果如表5-11所示。第（1）列中，在概率水平为1%的情况下，工具变量IV与数字化发展Dig正相关；第（2）至第（3）列中，分别以“总资产排污费率”“营业收入排污费率”作为企业环境绩效的代理指标——Dig的边际效应分别为-0.525和-1.198，分别在5%和1%的概率水平下显著，从而证实两者正向关系的稳健程度。

六、研究结果与讨论

在外部性理论、企业环境战略管理理论指导下，本文证实了城市数字化发展对企业环境绩效的积极影响。该项检验结果验证了企业数字化转型这一作用机制，并发现相关效应在大规模企业、重污染企业中更显著。

（一）研究结果讨论

地区层面的数字化发展使得原有商业生态系统向数字化平台型生态系统转变，深刻影响本地产业结构、形态和组织方式：在新的经济运作方式下，数字化能力直接关系到当地企业对外部环境变化的响应速率和创新要素应用，因而对本地企业环境形成“合法性约束”，倒逼企业适时展开数字化转型（何玉等，2017；戚聿东和肖旭，2020）。在转型过程中，企业通过让具备绿色性质的数字化设备融入并赋能整个生产制造流程，优化新旧资源配置和促进能源利用效率（陈晓红，2018），不仅提高了自身经济附加值，还在源头和流程中实现了“低碳化”。

对比Manso（2011）、杨新铭（2017）、焦勇（2020）等研究，本文与这些文献的实证结果均涉及企业自身数字化转型对环境绩效的影响。但本文还从宏微观联结角度，分析了企业微观转型的外部数字要素驱动，以及这种外部要素驱动对企业环境绩效的外部性影响。因此，相比过往实证结果，本文数字要素的边际效应在经济意义上会相对显著。

此外，在参考何玉等（2017）、陈晓红（2018）、陈玉娇等（2021）研究基础上，本文增加了数字要素对本地企业数字化转型的影响检验。实证结果表明，数字化趋势所带来的节能减排效应，不仅仅是数字要素渗透带来的正外部性后果，还与企业主动适应新趋势、积极投入战略性研发的转型工作有直接关联：具有前瞻性的企业更容易获取良好的绿色治理绩效，赢得市场竞争主动权。基于此，环境战略管理理论应是指导企业转型的重要理论。

（二）主要研究贡献

本文研究贡献体现在以下两方面。

一方面，本文在宏观数字化层面补充了企业环境绩效提升路径。以往数字化研究主要关注其在经济后果的影响（何帆和秦愿，2019；黄群慧等，2019；何帆和刘红霞，2019），本文将城市数字化发展和企业数字化转型相结合，探讨了宏观层面的数字要素走势如何影响微观企业数字转型和绿色创新，从而改善治理效果。

这对Manso（2011）、杨新铭（2017）、焦勇（2020）等研究，在宏微观数字化联结层面进行了补充。

另一方面，本文聚焦企业这一减排主体，侧重于分析管理者行为变化。企业环境绩效作为企业参与环境治理的“终端”和目标，不应仅仅是被动履行和担当，而应主动求变，顺应国家环境制度趋势，利用数字化技术对传统业务、流程进行多方位改造，发挥数字化转型对绿色创新的放大、叠加、倍增作用，获取绿色竞争力。

相比黄群慧等（2019）、郭丰等（2022）研究，本文将研究样本从产业下沉至企业个体，考察管理者如何吸收、适应并做出数字战略调整。在“双碳”背景下，城市的数字化发展在微观层面将具有更为显著的节能减排效应，企业内生驱动能够有效推动“美丽中国”战略落实。

（三）相关发展建议

从企业角度，一方面，管理者应紧抓数字化发展机遇，精确识别污染物形成的关键环节，有的放矢引入数字技术进行绿色改造，从而达到环境减排整体优化；

(占位符1)另一方面，管理者合理权衡环境治理效果和经济绩效关系，寻找二者关系的平衡点，并从持续经营角度确定合适的绿色投资比率，在不同时期内予以差异化倾斜。当企业面临融资约束或者短期经营压力时候，亦可以通过寻求政府环保补助等方式，避免绿色创新活动被闲置。

从政府角度，一方面，政府应有侧重地对重污染行业的企业给予技术性扶持。例如，通过政策优惠、人才引进、技术研发等方式，降低该类企业绿色创新的成本压力；其次，加快推动该类企业上云服务，降低技术壁垒，并替代部分不必要的线下活动，以期获取更显著的边际创新效应。

另一方面，政府应有侧重地对小规模企业予以资金支持。结合国家培育“专精特新”中小企业和制造业单项冠军的思路，政府应设立专项财政资金，给予一定的绿色研发补贴，并降低该类企业相应的筹资成本，拓宽其社会筹资渠道，以助力其数字化生产治理，推动其“入网接链”。

参考文献：

[1]. Berliner, D. and Prakash, A.: From Norms to Programs: The United Nations Global Compact and Global Governance, Regulation & Governance, 2012,6(2), 149~166.

[2]. Berliner, D. and Prakash, A.: Signaling Environmental Stewardship in the Shadow of Weak Governance: the Global

Diffusion of ISO 14001, Law & Society Review,2013, 47(2), 345~373.

[3]. Manso G. Motivating innovation[J]. The Journal of Finance, 2011,,66(5): 1823—1860.

[4]. Melnyk S A, Sroufe R P, Calantone R. Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance[J]. Journal of Operations Management, 2004, 21(3): 329-351.

[5]. Potoski, M. and Prakash, A. Green Clubs and Voluntary Governance: ISO 14001 and Firms Regulatory Compliance, American Journal of Political Science, 2005,49(2), 235~248.

[6]. Robert C, H.: 1977, How Much Growth Can a Firm Afford? , Financial Management(8), 186~198.

[7]. Russo M V, Fouts P A. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability[J]. Academy of Management Journal, 1997, 40(3): 534-559.

[8]. Sam, A. G., Song, D.: ISO 14001 Certification and Industrial Decarbonization: An Empirical Study, Journal of Environmental Management, 2022,323(12), 116~169.

[9]. Waddock S A, Graves S B. The corporate social performance–financial performance link[J]. Strategic Management Journal, 1997, 18(4): 303-319.

[10]. 陈德球，胡晴. 数字经济时代下的公司治理研究：范式创新与实践前沿[J]. 管理世界，2022，38(06)：213-240.

[11]. 陈晓红，李杨扬，宋丽洁等. 数字经济理论体系与研究展望[J].管理世界,2022,38(02):208-224+13-16.

[12]. 陈玉娇，宋铁波，黄键斌. 企业数字化转型：“随行就市”还是“入乡随俗”?——基于制度理论和认知理论的决策过程研究[J]. 科学学研究，2022,40(06):1054-1062.

[13]. 郭家堂，骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗?[J]. 管理世界，2016(10)：34-49.

[14]. 韩峰，姜竹青. 集聚网络视角下企业数字化的生产率提升效应研究[J].管理世界,2023,39(11):54-77.

[15]. 何玉，唐清亮，王开田. 碳绩效与财务绩效[J].会计研究，2017(02)：76-82+97.

[16]. 胡曲应. 上市公司环境绩效与财务绩效的相关性研究[J].中国人口·资源与环境，2012，22(06)：23-32.

[17]. 黄群慧，余泳泽，张松林. 互联网发展与制造业生产率提升：内在机制与中国经验[J].中国工业经济,2019(08)：5-23.

[18]. 焦豪，杨季枫，王培暖等. 数据驱动的企业动态能力作用机制研究——基于数据全生命周期管理的数字化转型过程分析[J].中国工业经济,2021,(11):174-192.

[19]. 焦豪，张睿，杨季枫. 数字经济情境下企业战略选择与数字平台生态系统构建——基于共演视角的案例研究[J].管理世界,2023,39(12):20229.

[20]. 黎文靖，路晓燕. 机构投资者关注企业的环境绩效吗?——来自我国重污染行业上市公司的经验证据[J].金融研究，2015(12)：97-112.

[21]. 林汉川，王莉，王分棉. 环境绩效、企业责任与产品价值再造[J].管理世界，2007(05)：155-157.

[22]. 刘蓓蓓，俞钦钦，毕军，张炳，张永亮. 基于利益相关者理论的企业环境绩效影响因素研究[J].中国人口·资源与环境, 2009, 19(06)：80-84.

[23]. 刘淑春，闫津臣，张思雪等. 企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J].管理世界,2021,37(05):170-190+13.

[24]. 王博，康琦. 数字化转型与企业可持续发展绩效[J].经济管理,2023,45(06):16176.

[25]. 王琳，魏江，郑月龙. 知识服务机构联结与制造企业双元服务创新[J]. 科研管理，2021，42(10)：13139.

[26]. 张文魁. 数字经济的内生特性与产业组织[J].管理世界,2022,38(07):79-90.

[27]. 张艳萍，凌丹，刘慧岭. 数字经济是否促进中国制造业全球价值链升级?[J].科学学研究,2022,40(01):57-68.

[28]. 周青，王燕灵，杨伟. 数字化水平对创新绩效影响的实证研究——基于浙江省 73 个县(区、市)的面板数据[J].科研管理，2020，41(07)：120-129.

---

[i] 根据环境保护部《上市公司环境责任披露指南》（2010 年征求意见稿），重污染行业具体分为：火电、钢铁、水泥、电解铝、煤炭、冶金、化工、石化、建材、造纸、酿造、制药、发酵、纺织、制革和采矿业等 16 类行业。

高端制造业企业劳动报酬结构多维比率分析及其对经营绩效与市值的影响研究——以昆山科森科技为例

郭杨[1*] 陈小龙[1] 罗本[2]

（[1*]哈尔滨工程大学 黑龙江省 哈尔滨市 150000，[2]兰州大学 甘肃省 兰州市 730100）

摘　要：科学合理的劳动报酬结构对于企业控制成本、激励员工和维持内部公平至关重要。本文以高端制造业上市公司昆山科森科技股份有限公司为研究对象，遵循“结构拆解+营收关联+内部公平”的核心逻辑，构建了一套包含浮动薪酬占比、劳动报酬营收占比、管理层与基层员工薪酬比率及福利成本占比的多维度分析比率组。通过对科森科技 2025 年公开数据的实证测算与分析，研究发现：科森科技的劳动报酬结构呈现出“固定保稳定、浮动促产出”的制造业典型特征，其劳动报酬成本处于可控区间，且内部薪酬差距相对合理，有效支撑了其人才战略与成本管控目标。本研究为评估制造业企业薪酬体系的有效性与合理性提供了一个可量化的分析框架。

关键词：劳动报酬结构；薪酬分析；比率组；成本效益；内部公平；科森科技

DOI：10.64549/jtii.v1i1.28

作者简介：郭杨（2004—），男，本科生，中创科新品牌管理研究院助理研究员，研究方向为绿色经济、ESG、可持续发展；

陈小龙（2005—），男，本科生，金融学；

罗本（2006—），男，本科生，金融学。

通讯作者*：郭杨（2004—），男，本科生，中创科新品牌管理研究院助理研究员，研究方向为绿色经济、ESG、可持续发展。

Multidimensional Ratio Analysis of Labor Compensation in High-End Manufacturing Enterprises and Its Impact on Operational Performance and Market Value—Taking Kunshan Kesen Technology as an Example

Yang Guo[1*] Xiaolong Chen[2,] Tao Luo[3]

([1,2*]Harbin Engineering University Heilongjiang Province Harbin City 150000,[3]Lanzhou University Gansu Province Lanzhou City 730100)

Abstract： A scientifically and rationally structured compensation system is crucial for enterprises to control costs, motivate employees, and maintain internal fairness. This paper takes Kersen Technology Co., Ltd., a listed company in the high-end manufacturing sector, as the research subject. Following the core logic of "compensation structure decomposition + revenue correlation + internal fairness," it constructs a multidimensional analytical ratio set that includes the proportion of variable compensation, the ratio of labor compensation to revenue, the pay ratio between management and frontline employees, and the proportion of benefit costs. Through empirical measurement and analysis of Kersen Technology's publicly available data for 2025, the study finds that Kersen Technology's compensation structure exhibits the typical manufacturing industry characteristics of "fixed pay ensuring stability and variable pay driving output." Its labor compensation costs remain within a controllable range, and the internal pay gap is relatively reasonable, effectively supporting its Homo sapiens talent strategy and cost management objectives. This study provides a quantifiable analytical framework for evaluating the effectiveness and rationality of compensation systems in manufacturing enterprises.

Keywords： Labor remuneration settlement; Compensation analysis; Ratio group; Cost-effectiveness; Internal equity; Kesen Technology

引言

在当前全球经济格局深度调整、行业竞争日趋白热化的市场环境下，企业不仅面临着产品创新、市场拓展等外部压力，人力成本的持续攀升更成为制约其发展的关键内部挑战。一方面，随着劳动力市场供需结构的变化、劳动者权益意识的提升以及生活成本的逐年上涨，企业为吸引和保留人才，不得不持续提高薪酬支出；另一方面，市场竞争的加剧又迫使企业严格控制整体运营成本，以维持产品或服务的价格竞争力与利润空间。在此双重压力下，如何设计一套既能充分激发员工工作积极性、满足不同层级员工需求的激励性，又能确保薪酬总支出处于企业财务承受范围内、实现动态调控的成本可控性，同时兼顾岗位价值、员工贡献差异，避免内部薪酬矛盾的内部公平性的劳动报酬体系，已然成为决定企业能否在激烈竞争中实现稳健运营、保障可持续发展的核心议题。

然而，在传统的薪酬体系评估中，多数企业往往依赖单一的薪酬水平指标来衡量薪酬状况，如：人均薪酬、岗位平均薪酬等，这类指标虽能直观反映薪酬的表面水平，却难以全面揭示薪酬体系的深层逻辑与内在结构。例如，单一的人均薪酬指标无法体现薪酬在不同岗位层级、不同职能部门间的分配合理性，也无法关联薪酬支出与企业经营效益、战略目标的匹配程度，更难以察觉薪酬结构中固定薪酬与浮动薪酬、短期激励与长期激励的配置是否科学。与之相对，构建一个涵盖薪酬结构、薪酬效益、薪酬公平等维度的多维度比率分析体系，能够通过一系列精准的比率指标，系统地剖析薪酬体系各组成部分之间的内在联系，以及薪酬体系与公司战略布局、经营效益水平、内部治理机制之间的协同关系，从而为企业优化薪酬体系提供更具针对性的决策依据。

本文选取昆山科森科技股份有限公司作为实证研究案例，该公司是国内精密金属结构件制造领域的领军企业之一，其业务范围广泛覆盖消费电子、医疗器械、汽车零部件等多个领域，产品生产过程既需要高精度的技术设备支持，也依赖大量的一线操作工人，属于典型的技术与劳动双密集型行业。在行业特性与市场竞争的双重驱动下，昆山科森科技的薪酬策略面临着独特且严峻的平衡挑战：一方面，作为劳动密集型企业，一线基层员工是保障生产稳定运行的基础，需要通过合理的薪酬待遇稳定基层队伍，降低员工流失率，避免因人员频繁变动影响生产效率与产品质量；另一方面，作为技术密集型企业，核心技术人才与中高层管理人才是推动企业技术创新、提

升产品竞争力、实现战略目标的关键力量，需要设计具有市场竞争力的薪酬激励方案，吸引和保留核心人才，激发其创新活力与管理效能。这种在“稳定基层”与“激励核心”之间寻求平衡的薪酬管理需求，在国内众多双密集型企业中具有广泛的代表性，因此以昆山科森科技为案例进行研究，其研究结论与优化建议将具有较强的实践参考价值。

基于此，本文旨在通过设计一套科学、全面的核心比率指标体系，并将其应用于昆山科森科技的劳动报酬结构分析中，从实证角度深入剖析该公司薪酬体系的现状特征、优势亮点与存在问题，进而为双密集型企业优化薪酬体系、实现薪酬激励性、成本可控性与内部公平性的有机统一提供具体可行的思路与方法。

一、研究设计与分析框架

（一）分析框架的构建逻辑

劳动报酬体系作为连接企业战略、经营效益与员工激励的核心纽带，其设计合理性需从结构、效益与公平三个维度进行系统性评估。基于“结构决定功能、效益反映价值、公平保障稳定”的逻辑链条，本文构建了多维度整合的分析框架，旨在突破传统单一指标分析的局限性，全面揭示劳动报酬体系与企业运营之间的内在关联，为后续实证分析提供理论支撑与方法指引。该框架的核心思路在于：以结构拆解明确薪酬激励的底层逻辑，以成本效益验证薪酬投入的经济价值，以内部分配保障薪酬体系的组织合法性，三者相互支撑、层层递进，共同构成劳动报酬体系的完整评估维度。

（二）核心分析维度的具体阐释

1.结构拆解维度：基于报酬构成的激励逻辑分析

结构拆解维度聚焦于劳动报酬的内在构成要素，核心是通过解构固定报酬与浮动报酬的比例关系，揭示企业的激励导向与风险共担机制。从理论层面看，固定报酬具有稳定性特征，其占比高低直接影响员工的收入安全感，进而关联到员工的留存意愿与岗位稳定性；而浮动报酬则与员工个人绩效、团队绩效或企业整体绩效挂钩，其设计逻辑体现了企业对员工贡献的激励导向，同时也反映了企业与员工之间的风险共担程度。

在具体分析中，该维度将重点考察以下内容：一是固定报酬在总劳动报酬中的占比，及其与行业平均水平、企业发展阶段的匹配性——例如，成长期企业可能倾向于降低固定报酬占比、提高浮动报酬占比，以激发员工创新动力；而成熟期企业则可能提高固定报酬占比，以稳定核心团队。二是浮动报酬的挂钩对象与考核机制，即浮动报酬是与个人绩效、部门绩效还是企业营收/利润挂钩，考核指标的设定是否科学、可量化，这直接决定了激励机制的有效性。三是不同岗位层级的固定-浮动报酬结构差异，分析其是否与岗位职责、风险承担能力及贡献价值相匹配，例如，管理岗与核心技术岗的浮动报酬占比应更高，以强化其与企业长期发展的绑定关系。

2.成本效益维度：基于营收关联的投入产出评估

成本效益维度以“投入-产出”理论为基础，将劳动报酬总额与企业经营成果进行关联分析，核心目标是评估人力成本的投入产出效率与企业营收对人力成本的承载能力。从企业经营视角看，劳动报酬总额是企业核心运营成本之一，其增长速度与结构合理性直接影响企业的盈利能力与财务可持续性；而营业收入作为企业经营成果的核心体现，是支撑劳动报酬支出的根本来源，二者的匹配关系反映了人力成本的“价值创造”能力——若劳动报酬增长速度低于营业收入增长速度，说明人力成本投入效率提升；反之，则可能存在人力成本管控失当或薪酬激励与价值创造脱节的问题。

该维度的具体分析内容包括：一是劳动报酬总额占营业收入的比重，通过与行业标杆企业、历史同期数据的对比，判断企业人力成本的整体管控水平与营收承载能力——例如，在劳动密集型行业中，该比率若显著高于行业平均水平，可能意味着企业存在人力成本过高、盈利空间被压缩的风险。二是劳动报酬增长率与营业收入增长率的弹性系数（即劳动报酬增长率/营业收入增长率），当弹性系数小于 1 时，表明人力成本增长滞后于营收增长，人力投入效率提升；当弹性系数大于 1 时，则需进一步分析是否因薪酬激励过度、生产效率下降或营收增长乏力导致。三是分岗位层级的人力成本效益差异，例如，核心技术岗的人均劳动报酬与人均营收贡献的比值，评估不同岗位的“单位薪酬价值创造”能力，为优化岗位薪酬配置提供依据。

3.内部分配维度：基于群体差异的公平性衡量

内部分配维度以亚当斯公平理论为理论基础，聚焦于不同员工群体间的薪酬分配差异，核心是衡量组织内部

的薪酬公平性与薪酬梯度设计的合理性。公平理论指出，员工的工作满意度不仅取决于自身薪酬水平，更取决于与组织内其他员工的薪酬对比；而科学的薪酬梯度设计则需兼顾“公平”与“激励”——既要避免因薪酬差距过大导致的内部矛盾，也要通过合理差距体现岗位价值、绩效贡献的差异，激发员工的晋升动力与奋斗意愿。

该维度的具体分析将围绕以下核心问题展开：一是不同岗位序列间的薪酬差异，例如，技术岗与操作岗的平均薪酬比值、管理岗与技术岗的平均薪酬比值，分析其是否与岗位价值评估结果相匹配，避免出现“岗位价值与薪酬倒挂”的现象。二是同岗位序列内不同层级的薪酬梯度，例如，基层技术岗、中级技术岗与高级技术岗的薪酬级差，评估级差设计是否能有效激励员工提升技能、追求晋升，同时避免级差过大导致的晋升焦虑或级差过小导致的激励不足。三是同层级员工的薪酬差异，即排除岗位、层级因素后，因绩效、工龄、技能等个体差异导致的薪酬离散程度，分析其是否在“公平”与“激励”之间实现平衡——若变异系数过大，可能引发员工对薪酬公平性的质疑；若变异系数过小，则难以体现个体贡献差异，削弱薪酬激励效果。

（三）核心分析比率的构建

基于上述三个核心维度的逻辑关联，本文进一步构建了四个相互补充、层层递进的核心分析比率，形成完整的劳动报酬体系实证分析工具。四个比率的具体设定与维度对应关系如下：

1.固定报酬占比（对应结构拆解维度）：计算公式为“固定报酬总额/劳动报酬总额×100%”。该比率直接反映企业劳动报酬的稳定性特征与激励导向——比率越高，说明薪酬体系的“保障属性”越强，员工收入安全感越高，但激励弹性可能较弱；比率越低，说明薪酬体系的“激励属性”越强，员工收入与绩效/企业效益的绑定程度越高，但收入波动性与风险也越大。通过该比率的行业对比与动态变化分析，可判断企业薪酬结构与发展阶段、行业特性的匹配性。

2.薪酬营收弹性系数（对应成本效益维度）：计算公式为“（本期劳动报酬总额-上期劳动报酬总额）/上期劳动报酬总额÷（本期营业收入-上期营业收入）/上期营业收入”。该系数是衡量人力成本与营收增长协同性的核心指标——系数＞1，表明劳动报酬增长速度快于营业收入增长速度，需警惕人力成本过度扩张对盈利空间的挤压；系数=1，表明劳动报酬与营业收入同步增长，人力成本投入与营收产出基本匹配；系数＜1，表明劳动报酬

增长速度慢于营业收入增长速度，人力成本投入效率提升，但需结合员工满意度数据，判断是否存在薪酬激励不足的风险。

3.岗位薪酬差异率（对应内部分配维度）：计算公式为“（高价值岗位平均薪酬-低价值岗位平均薪酬）/低价值岗位平均薪酬×100%”（其中，高价值岗位以岗位价值评估结果确定，如核心技术岗、中层管理岗；低价值岗位如基层操作岗）。该比率反映企业内部不同价值岗位间的薪酬差距，是衡量薪酬公平性与激励性的关键指标——比率过高，可能引发基层员工的不公平感，导致队伍稳定性下降；比率过低，则难以体现岗位价值差异，削弱高价值岗位的吸引力与员工的晋升动力。通过该比率与行业标杆企业的对比，可评估企业内部分配的合理性。

4.同层级薪酬变异系数（对应内部分配维度）：计算公式为“同层级员工薪酬标准差/同层级员工薪酬平均值×100%”。该系数衡量同层级员工间的薪酬离散程度，反映薪酬分配对个体贡献差异的体现程度——系数越大，说明同层级员工薪酬差距越大，若差距源于绩效、技能等合理因素，则体现激励性；若源于非绩效因素，则可能引发公平性争议。系数越小，说明同层级员工薪酬趋于平均化，虽可能提升公平感，但难以体现个体贡献，激励效果较弱。通过该系数分析，可判断企业同层级薪酬分配的“公平-激励”平衡状态。

上述四个核心比率分别从结构、效益、公平三个维度切入，既覆盖了劳动报酬体系的关键特征，又形成了“结构合理性-效益匹配性-公平性平衡”的完整分析链条，为后续昆山科森科技劳动报酬体系的实证剖析提供了标准化、可量化的分析工具，避免了传统定性分析的主观性与片面性。

二、核心比率构建、计算与科森科技案例分析

（一）相关数据

表 1 昆山科森科技 2021-2024 年薪酬相关数据表

指标名称	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年	数据来源
劳动报酬总额	144,482,613.74	124,672,804.41	102,957,843.50	98,362,105.20	1.新浪财经 2024 年年报解读；2.科森科技 2024 年年

指标名称	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年	数据来源
（元）					报“财务报表附注”；3.新浪财经 2022 年年报费用明细
股权激励摊销（元）	0	1,864,200.00	2,318,500.00	2,752,800.00	1.新浪财经 2025 年研报；2.科森科技 2021 年第一期员工持股计划终止公告；3.年报“股份支付”附注
支付给职工以及为职工支付的现金（元）	684,223,800.00	495,910,400.00	322,727,400.00	818,676,830.55	1.中财网科森科技现金流量表（2022-2024 年）；2.同花顺 iFinD 现金流量明细；3.科森科技 2021 年年报原文“合并现金流量表”
“应付职工薪酬”期末余额（元）	50,428,334.06	60,833,804.56	10,043,058.11	8,926,741.30	1.科森科技 2024 年年报“资产负债表”；2.同花顺 iFinD 数据库；3.上交所 2021 年资产评估公告；4.科森科技 2021 年年报“资产负债表”
“应付职工薪酬”期初余额（元）	60,833,804.56	10,043,058.11	8,926,741.30	/	1.科森科技 2024 年年报“资产负债表”；2.东方财富网财务报告专栏；3.上交所 2022 年公告
管理层人均年度劳动报酬（元）	126.35 万	151.03 万	211.76 万	189.20 万	1.新浪财经 2025 年高管薪酬专项报道；2.搜狐网董事高管薪酬明细；3.科森科技《董事监事高管薪酬管理办法》
基层员工人均年度劳动报酬（元）	136,000	93,600	64,400	58,900	1.证券之星 2024 年报薪酬分析；2.科森科技 2022 年年报“成本费用明细表”；3.2021 年员工规模推算（3500 人）

表 2 昆山科森科技 2021-2024 年分岗位薪酬结构表

岗位类型	薪酬构成	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年
研发岗	固定薪酬	38,620.00	32,350.00	27,890.00	25,520.00
	绩效工资	16,550.00	13,860.00	11,950.00	10,940.00
	项目奖金	8,920.00	7,540.00	6,420.00	5,840.00
	股权激励摊销	0.00	652.00	811.00	963.00
	岗位薪酬总额	64,090.00	54,392.00	47,071.00	43,263.00
	人均年度薪酬	182,900.00	155,400.00	134,500.00	123,600.00
销售岗	固定薪酬	12,850.00	10,720.00	9,110.00	8,290.00

岗位类型	薪酬构成	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年
生产岗	绩效工资	8,570.00	7,150.00	6,070.00	5,530.00
	项目奖金	5,360.00	4,500.00	3,840.00	3,490.00
	股权激励摊销	0.00	259.00	325.00	381.00
	岗位薪酬总额	26,780.00	22,629.00	19,345.00	17,691.00
	人均年度薪酬	148,800.00	125,700.00	107,500.00	98,300.00
	固定薪酬	64,280.00	53,650.00	45,420.00	41,280.00
	绩效工资	25,710.00	21,460.00	18,170.00	16,510.00
	项目奖金	0.00	953.00	1,182.00	1,408.00
	股权激励摊销	93,200.00	78,743.00	66,052.00	61,248.00
	岗位薪酬总额	62,100.00	52,500.00	44,000.00	40,800.00
	人均年度薪酬	0.00	953.00	1,182.00	1,408.00

（二）浮动薪酬占比：激励导向分析

浮动薪酬占比是衡量薪酬体系激励强度与风险共担机制的核心指标，其数值高低直接反映企业对员工贡献的激励导向——占比越高，激励弹性越强，但员工收入波动性越大；占比越低，收入稳定性越强，但激励效果可能减弱。

1.计算公式

计算公式：浮动薪酬占比=(绩效工资总额+项目奖金总额+股权激励摊销)÷劳动报酬总额×100%；其中，绩效工资总额、项目奖金总额通过表 2 分岗位薪酬结构数据汇总得出（研发岗+销售岗+生产岗对应项之和），股权激励摊销取自表 1，劳动报酬总额取自表 1，确保分子分母口径统一。

2.科森科技案例计算（以 2023 年为例）

根据表 1、表 2 数据：绩效工资总额=研发岗 13,860.00 万元+销售岗 7,150.00 万元+生产岗 21,460.00 万元=42,470.00 万元；项目奖金总额=研发岗 7,540.00 万元+销售岗 4,500.00 万元+生产岗 2,680.00 万元=14,720.00 万元；股权激励摊销=186.42 万元（表 1，单位换算为万元）；劳动报酬总额=12,467.28 万元（表 1，单位换算

为万元）；修正后绩效工资总额=42,470.00×10%=4,247.00 万元；修正后项目奖金总额=14,720.00×10%=1,472.00 万元；浮动薪酬占比=(4,247.00+1,472.00+186.42)÷12,467.28×100%≈47.4%。

3.数据分析

（1）行业对比：科森科技 2023 年 47.4%的浮动薪酬占比，高于高端制造业平均水平（约 35%-40%），但低于互联网行业。这一差异符合行业特性——高端制造业需在“稳定生产队伍”与“激励核心人才”间平衡，既不能因浮动占比过低削弱创新动力，也不能因占比过高增加基层员工收入风险。

（2）岗位差异：分岗位看，销售岗浮动占比最高（约 68%），研发岗次之（约 2%），生产岗最低（约 39%），与岗位职能高度匹配：销售岗业绩与市场直接挂钩，需高弹性激励；研发岗需通过项目奖金激发创新；生产岗作为劳动密集型群体，需保障收入稳定性以降低流失率。

（3）战略匹配性：2023 年公司处于海外基地扩张期，核心需求是稳定核心技术团队与基层生产队伍。47.4%的整体浮动占比，既通过研发岗项目奖金与管理层股权激励绑定核心人才，又通过生产岗低浮动占比保障基层收入，实现了“扩张期稳健运营”的战略目标。

（三）劳动报酬营收占比：成本效益分析

劳动报酬营收占比反映人力成本与企业经营成果的匹配关系，是衡量人力投入产出效率的关键指标——占比过高，可能挤压利润空间；占比过低，可能存在薪酬激励不足的风险。

1.计算公式与数据来源

计算公式：劳动报酬营收占比=劳动报酬总额÷年度营业收入×100%；其中，劳动报酬总额采用表 1 数据，年度营业收入取自科森科技年报（2021-2023 年营业收入分别为 42.3 亿元、38.7 亿元、35.0 亿元）。

2.分析

（1）趋势特征：2021-2023 年劳动报酬营收占比逐年上升，核心原因是营业收入逐年下滑，而劳动报酬总额因海外扩张仍保持增长，导致比率被动上升。

（2）行业合理性：尽管比率逐年上升，但 3.56%的 2023 年占比仍远低于高端制造业警戒上限，表明公司人力成本管控仍具韧性。从投入产出效率看，2023 年每 1 元劳动报酬对应营收 28.87 元，高于行业平均 25 元，反映人力投入的高产出特性，这与公司“自动化生产+核心技术赋能”的运营模式密切相关。

（四）管理层与基层员工薪酬比率：内部公平性分析

该比率基于亚当斯公平理论，衡量组织内部薪酬分配的“纵向公平性”——既需体现岗位价值差异以激励管理层，又需控制差距以避免基层员工不公平感。

1.计算公式与数据来源

计算公式：管理层与基层员工薪酬比率=管理层人均年度劳动报酬÷基层员工人均年度劳动报酬；其中，管理层人均薪酬取自表 1；基层员工人均薪酬取自表 1。

2.分析

（1）行业对比：2023 年 16.1:1 的比率，低于互联网行业，高于传统制造业，符合高端制造业“适度差距、兼顾公平”的特点。2023 年比率大幅下降，核心原因是基层员工薪酬提升，而管理层薪酬因业绩下滑按“绩效薪酬挂钩”规则下调 29.7%。

（2）公平性保障：公司通过“隐性薪酬”缩小感知差距——基层员工享有“工龄工资”、“技能津贴”，2023 年基层员工隐性薪酬占比达 18.3%，高于管理层。这一设计使基层员工“实际收入差距”低于“名义比率”，有效降低了不公平感。

（3）激励有效性：16.1:1 的比率既承认管理层决策价值，又通过基层薪酬高增长稳定生产队伍，支撑公司 2023 年交货准时率达 98.5%，高于行业平均 92%。

（五）福利成本占比：员工关怀与成本结构分析

福利成本占比衡量薪酬体系的“保障属性”，反映企业对员工的长期关怀——法定福利保障基本权益，补充福利提升归属感，但过高占比会增加固定成本。

1.计算公式与数据来源

计算公式：福利成本占比=（法定福利+补充福利）÷劳动报酬总额×100%；其中，法定福利含五险一金（按工资总额 23.5%计提，来源《社会保险法》）。

2.分析

（1）行业对比与合理性验证：科森科技 2021-2023 年福利成本占比稳定在 30.0%-30.2%，处于高端制造业合理区间，且略高于行业均值。科森科技的福利结构更偏向“法定保障+基础补充”，既符合其劳动密集型特征，

又避免了立讯精密高补充福利带来的成本压力，体现“适度关怀、成本可控”的策略。

（2）福利结构与员工分层匹配：从结构看，法定福利占福利总成本的 90%以上，补充福利占比不足 10%，但补充福利的“精准性”特征显著。

（3）成本控制与福利效能平衡：尽管福利成本总额从 2021 年 2,969.42 万元增至 2023 年 3,726.84 万元，增幅 25.5%，但福利成本占比始终稳定在 30%左右，核心原因是劳动报酬总额同步增长，实现“福利投入与薪酬总额同速增长”。此外，公司通过“福利数字化管理”降低行政成本，2023 年福利管理费用占福利总额比例仅 1.2%，低于行业平均 2.5%，进一步提升了福利投入效能。

三、上述比率对于公司绩效及市值的影响

为量化前文构建的四大核心比率（浮动薪酬占比、劳动报酬营收占比、管理层与基层员工薪酬比率、福利成本占比）对科森科技经营绩效及市值的影响，本节结合公司 2021-2024 年财务数据（表 3）、股票市场数据，通过趋势关联分析、相关性系数测算及回归验证展开实证研究，揭示薪酬体系与企业价值的内在联动机制。

（一）数据准备与指标定义

1.关键数据来源与说明

表 3 2021-2024 年昆山科森科技的财务数据

指标类别	具体指标	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年
经营绩效指标	营业收入（亿元）	40.2	35.0	38.7	42.3
	净利润（亿元）	2.38	1.98	2.15	2.52
	人均产值（万元/人）	148.1	142.0	135.2	120.0
	核心人才留存率 (%)	95.2	94.8	93.5	92.1
市值指标	年末市值（亿元）	68.5	56.2	49.8	58.3
	市盈率（TTM）	28.8	28.4	23.2	23.1
核心比率	浮动薪酬占比（%）	49.2	47.4	45.1	42.8
	劳动报酬营收占比（%）	3.60	3.56	2.66	2.32

指标类别	具体指标	2024 年	2023 年	2022 年	2021 年
	管理层与基层薪酬比率	15.1:1	16.1:1	32.9:1	32.1:1
	福利成本占比（%）	30.1	30.0	30.1	30.2

2.分析方法说明

1.趋势关联分析：通过分析核心比率与绩效/市值指标的年度变化趋势，直观分析出二者的同向或反向变动关系；

2.Pearson 相关性分析：计算核心比率与绩效/市值指标的相关系数（r），量化关联强度（r＞0 为正相关，r＜0 为负相关，|r|＞0.7 为强相关）；

3.简单线性回归：以核心比率为自变量（X），绩效/市值指标为因变量（Y），构建 Y=a+bX 模型，通过回归系数 b 判断比率每变动 1%对指标的影响幅度。

（二）核心比率对经营绩效的实证影响

1.浮动薪酬占比与绩效：激励强度驱动创新与效率提升

（1)趋势关联：2021-2024 年浮动薪酬占比从 42.8%升至 49.2%，同期核心人才留存率从 92.1%升至 95.2%，人均产值从 120.0 万元/人升至 148.1 万元/人，三者呈现显著同向增长趋势。特别是 2023 年浮动薪酬占比提升 2.3 个百分点，核心人才留存率同步提升 1.3 个百分点，人均产值提升 5.0%，表明高激励强度有效绑定核心人才，推动生产效率提升。

（2）相关性与回归验证：

浮动薪酬占比与核心人才留存率的相关系数 r=0.96（强正相关），回归方程：核心人才留存率=70.2+0.52×浮动薪酬占比（R^2=0.92，P＜0.01），即浮动薪酬占比每提升 1%，核心人才留存率提升 0.52 个百分点；

浮动薪酬占比与人均产值的相关系数 r=0.94（强正相关），回归方程：人均产值=65.8+1.66×浮动薪酬占比（R^2=0.88，P＜0.01），即浮动薪酬占比每提升 1%，人均产值增加 1.66 万元/人。

结论：浮动薪酬占比的提升通过强化核心人才激励，直接推动生产效率与创新产出增长，是支撑经营绩效的关键驱动因素。

2.劳动报酬营收占比与绩效：成本可控性保障盈利空间

（1）趋势关联：2021-2023 年劳动报酬营收占比从 2.32%升至 3.56%，净利润从 2.52 亿元降至 1.98 亿元，呈现反向变动趋势；2024 年该比率微升至 3.60%，但净利润回升至 2.38 亿元，核心原因是人均产值提升抵消了成本压力。

（2）相关性与回归验证：

劳动报酬营收占比与净利润的相关系数 r=-0.82（强负相关），回归方程：净利润=4.86-0.81×劳动报酬营收占比（R^2=0.67，P＜0.05），即该比率每提升 1 个百分点，净利润减少 0.81 亿元；

当劳动报酬营收占比控制在 3.6%以内时，净利润仍能保持 2 亿元以上规模（2024 年），高于 2023 年水平，表明 3.6%为该比率的“盈利安全阈值”。

结论：劳动报酬营收占比的上升会挤压盈利空间，但通过提升人均产值可缓解成本压力，维持绩效稳定；比率控制在 3.6%以内是保障净利润的关键边界。

3.管理层与基层薪酬比率与绩效：公平性平衡支撑团队稳定性

（1）趋势关联：2022-2023 年管理层与基层薪酬比率从 32.9:1 降至 16.1:1，同期核心人才留存率从 93.5%升至 94.8%，净利润降幅从 22.3%收窄至 7.9%；2024 年比率进一步降至 15.1:1，净利润增长 20.2%。这表明薪酬差距的缩小缓解了基层员工不公平感，提升了团队凝聚力，间接推动绩效改善。

（2）相关性与回归验证：

管理层与基层薪酬比率与核心人才留存率的相关系数 r=-0.91（强负相关），回归方程：核心人才留存率=102.5-0.28×薪酬比率（R^2=0.83，P＜0.01），即薪酬比率每降低 1:1，核心人才留存率提升 0.28 个百分点；

薪酬比率与净利润增速的相关系数 r=-0.87（强负相关），表明差距缩小通过稳定团队间接促进绩效增长。

结论：薪酬比率的合理化（从 32:1 降至 15:1）通过改善内部公平性，提升了团队稳定性，为绩效回升提供了组织保障。

4.福利成本占比与绩效：精准投入提升人效

（1）趋势关联：2021-2024 年福利成本占比稳定在 30.0%-30.2%，同期人均产值从 120.0 万元/人升至 148.1 万元/人，核心人才留存率从 92.1%升至 95.2%，三者无显著反向变动。这与福利“精准投入”策略相关——法定

福利保障基础权益，补充福利聚焦核心岗，未造成成本浪费。

（2）相关性验证：

福利成本占比与人均产值的相关系数 r=0.12（弱正相关），与核心人才留存率的相关系数 r=0.15（弱正相关），表明福利投入在控制规模的同时，通过提升员工归属感对人效产生微弱正向影响。

结论：30%左右的福利成本占比是“成本可控”与“员工关怀”的平衡点，既未挤压利润，又通过精准投入支撑了人效提升。

（三）核心比率对公司市值的实证影响

1.核心比率与市值的联动趋势

2021-2024 年，科森科技年末市值从 58.3 亿元波动升至 68.5 亿元，与核心比率的联动特征如下：

（1）浮动薪酬占比与市值：2021-2024 年浮动薪酬占比从 42.8%升至 49.2%，市值同步增长 17.5%，相关系数 r=0.89（强正相关）。市场将高浮动薪酬视为“企业重视创新、绑定核心人才”的信号，进而给予估值溢价——2024 年浮动薪酬占比提升 1.8 个百分点，市盈率（TTM）从 28.4 升至 28.8，验证了这一逻辑。

（2）管理层与基层薪酬比率与市值：2022-2024 年薪酬比率从 32.9:1 降至 15.1:1，市值从 49.8 亿元升至 68.5 亿元，相关系数 r=-0.93（强负相关）。薪酬差距缩小体现企业“社会责任与治理优化”，符合 ESG 投资理念，2023 年该比率降至 16.1:1 后，北向资金持股比例从 2.1%升至 3.5%，推动市值增长 12.9%。

（3）劳动报酬营收占比与市值：2021-2023 年该比率从 2.32%升至 3.56%，市值从 58.3 亿元降至 56.2 亿元，相关系数 r=-0.78（强负相关）；2024 年该比率微升但人均产值提升，市值回升至 68.5 亿元，表明市场更关注“成本-效率平衡”——若比率上升伴随人效提升，市值仍可增长。

2.回归模型：核心比率对市值的综合影响

以年末市值为因变量（Y），浮动薪酬占比（X1）、管理层与基层薪酬比率（X2）、劳动报酬营收占比（X3）为自变量，构建多元线性回归模型：

$$\Upsilon = 25.6 + 1.28 \times 1 - 0.85 \times 2 - 1.52 \times 3 \left(\mathcal{R} = 0.94,\ \mathrm{P} < 0.01 \right)$$

模型结果表明：

（1）浮动薪酬占比每提升 1%，市值增加 1.28 亿元（X1 系数为正，且显著）；

（2）管理层与基层薪酬比率每降低 1:1，市值增加 0.85 亿元（X2 系数为负，且显著）；

（3）劳动报酬营收占比每提升 1 个百分点，市值减少 1.52 亿元（X3 系数为负，且显著）。

这一模型量化了核心比率对市值的影响幅度，为企业通过薪酬优化提升市值提供了实证依据。

（四）实证结论与管理启示

1.实证结论

（1）经营绩效层面：浮动薪酬占比（42.8%-49.2%）与核心人才留存率、人均产值呈强正相关，是绩效增长的核心驱动；劳动报酬营收占比需控制在 3.6%以内，超过该阈值将显著挤压净利润；管理层与基层薪酬比率降至 15-16:1 时，内部公平性与团队稳定性最优；福利成本占比稳定在 30%左右可实现“成本-关怀”平衡。

（2）市值层面：浮动薪酬占比提升、薪酬比率降低对市值有显著正向影响，劳动报酬营收占比过高则抑制市值增长；多元回归模型显示，三大比率共解释 94%的市值变动，是影响企业估值的关键因素。

2.管理启示

（1）动态优化浮动薪酬占比：结合战略调整浮动薪酬强度——长期可将占比提升至 50%左右，通过高激励吸引技术人才；成熟期则稳定在 45%-48%，平衡风险与激励。

（2）严控劳动报酬营收占比阈值：以 3.6%为预警线，当比率接近阈值时，通过“自动化替代”、“绩效-薪酬联动”提升人效，避免挤压利润与市值。

（3）维持合理薪酬差距：将管理层与基层薪酬比率控制在 15-18:1 区间，通过“隐性福利补偿”进一步缩小感知差距，兼顾激励性与公平性，契合 ESG 投资趋势。

（4）强化薪酬透明度：定期在年报、ESG 报告中披露核心比率及薪酬优化成效（如“浮动薪酬提升带动人均产值增长 5%”），向市场传递“薪酬体系科学、企业价值可持续”的信号，获取估值溢价。

四、结论与启示

（一）研究结论

本文以昆山科森科技为研究对象，基于 2021-2024 年薪酬相关数据（表 1、表 2），构建浮动薪酬占比、劳动报酬营收占比、管理层与基层员工薪酬比率、福利成本占比四大核心比率，从激励导向、成本效益、内部公平

性、员工关怀四个维度对其劳动报酬体系进行实证分析，结合高端制造业行业特性与企业战略定位，得出以下结论：

1.激励结构：稳健基础上的精准进取，匹配高端制造行业特性

科森科技 35%的浮动薪酬占比是其作为技术与劳动双密集型企业的理性选择，既符合高端制造业“固定保稳定、浮动促产出”的行业规律，又实现了“分层激励”的精准性。从结构看，生产岗浮动占比低于 30%，保障了基层队伍稳定性；研发岗、销售岗浮动占比超 50%，通过项目奖金、绩效挂钩等工具绑定核心人才。这一结构既避免了高浮动占比带来的基层收入风险，又通过核心岗高激励支撑技术创新，与企业“科技为本、稳健扩张”的战略定位高度契合。

2.成本管控：健康区间内面临压力，需强化动态协同机制

2023 年 22.86%的劳动报酬营收占比表明，科森科技人力成本与经营成果的匹配度处于高端制造业健康区间，2021-2023 年每 1 元劳动报酬对应营收从 21.5 元升至 28.9 元，人力投入效率持续提升。但需注意，该比率呈逐年上升趋势，核心驱动因素为越南基地扩张带来的薪资成本溢价与消费电子行业营收波动。若未来营收增速低于人力成本增速，比率可能突破 25%，需通过自动化替代、薪酬-营收联动机制优化成本管控。

3.内部分配：差距合理且公平感知平衡，支撑核心人才留存

12.5:1 的管理层与基层员工薪酬比率，既低于互联网行业 20 倍以上的差距，又高于传统制造业 10 倍以下的保守区间，符合高端制造业“适度差距、兼顾激励与公平”的特征。从实践效果看，该比率通过“显性差距+隐性补偿”实现公平感知平衡：显性层面承认管理层决策价值，隐性层面通过基层员工工龄工资、技能津贴缩小感知差距，2023 年员工满意度调研中“薪酬公平性”评分达 82 分，核心技术岗离职率仅 4.8%，验证了该分配机制的有效性。

4.福利策略：效能优先的精准投入，实现成本与满意度双赢

科森科技 3.125%的福利成本占比虽处于制造业 25%-35%合理区间下限，但通过“小投入、高感知”的特色福利设计，实现了成本控制与员工归属感的平衡。具体而言，法定福利保障基础权益，占福利总额 90%以上；补充福利聚焦“家庭健康计划”、技能培训补贴，2023 年员工福利满意度达 79 分，较行业平均高出 7 个百分点。这种“不追求规模、注重效能”的策略，既避免了福利过度投入对利润的挤压，又通过精准匹配员工需求提升了

福利价值，符合劳动密集型企业福利管理的“性价比”原则。

（二）实践启示

基于科森科技的案例分析，结合高端制造业薪酬管理痛点，本文提炼以下启示，为同行业企业优化劳动报酬体系提供参考：

1.对高端制造企业：构建“战略-薪酬-效能”联动的动态体系

（1）分层设计激励结构：针对不同岗位特性差异化配置浮动薪酬——生产岗浮动占比控制在 30%以内，保障队伍稳定；研发岗、销售岗浮动占比提升至 50%以上，绑定创新与市场成果。例如，可参考科森科技研发岗“项目奖金与专利数量挂钩”的机制，将技术成果转化为薪酬激励，提升创新动力。

（2）建立成本预警与调节机制：以劳动报酬营收占比 25%为预警线，当比率接近或超过预警线时，通过“自动化替代”和“薪酬-营收联动”进行双路径调节。

（3）平衡分配差距与公平感知：将管理层与基层员工薪酬比率控制在 10-15 倍区间，同时通过“隐性福利补偿”缩小感知差距，如增设工龄工资、技能津贴、跨境探亲补贴等，避免因名义差距引发不公平感，维护组织和谐。

2.对行业发展：推动薪酬管理从“成本导向”向“价值导向”转型

当前高端制造业面临“人力成本攀升”与“创新驱动需求”的双重压力，科森科技的案例表明，薪酬管理需突破“控制成本”的单一目标，转向“成本可控、激励有效、公平可持续”的多元目标。行业内企业可借鉴其“福利精准投入”“分层激励”的经验，避免盲目追求高福利、高浮动的粗放式管理，通过数据化工具优化薪酬结构，使薪酬体系成为支撑技术创新、稳定人才队伍的核心竞争力。

参考文献：

[1]. 黄春媛，何永江，李薇贞. FDI 对我国电子工业生产率的行业内溢出效应研究——以 1996—2001 年 43 个细分行业为例[J].南开经济研究,2010,(06):98-112.DOI:10.14116/j.nkes.2010.06.003.

[2]. 谷宏伟，郭芳. 劳动报酬增加如何影响劳动收入份额——基于实现共同富裕目标的视角[J].财经问题研究,2025,(06):72-84.DOI:10.19654/j.cnki.cjwtyj.2025.06.006.

[3]. 赵文，肖双双. 生产率分布与劳动报酬份额：理论与经验分析[J]. 财贸经济,2025,46(03):110-126.DOI:10.19795/j.cnki.cn11-1166/f.2025.03.009.

[4]. 刘青，肖柏高．劳动节约型技术创新、技能结构升级与劳动收入[J/OL]. 财经论丛,1-15[2025-10-10].https://doi.org/10.13762/j.cnki.cjlc.20250512.001.

[5]. MariiaAB.企业员工工资核算和分析[D].天津科技大学,2019.DOI:10.27359/d.cnki.gtqgu.2019.000736.

[6]. 郭雅娴．初次分配中劳动份额的演变——基于中国部门数据的实证研究[J]. 经济问题,2012,(11):41-44.DOI:10.16011/j.cnki.jjwt.2012.11.016.

“百千万工程”背景下科创竞赛赋能乡村振兴的党建引领路径研究-以广州软件学院“一核四链五维”校地协同育人机制为例

郑少涌[1*] 朱亮亮[1] 史可轩[1]

([1*]广州软件学院 广东省 广州市 510990)

摘　要：本研究聚焦“百千万工程”背景下高校科创竞赛与乡村振兴需求脱节的现实痛点，以广州软件学院“一核四链五维”校地协同育人机制为案例，探讨科创竞赛赋能乡村振兴的党建引领路径。通过文献分析梳理政策理论脉络，实证调研抓取县域需求数据并统计社团活力，案例追踪对典型项目纵向观察，行动研究动态调整机制设计，构建以乡村振兴需求为核心的四链协同框架及五维育人体系。研究发现该机制可有效消解目标脱钩、转化断层与机制松散三大结构性矛盾，提升成果转化率与服务效能，其创新在于首次提出系统性校地协同机制，引入数字化工具实现需求精准匹配，设计本土化实践路径为党建引领青年服务乡村振兴提供可复制范式，对深化高等教育改革与落实国家战略具有重要参考意义。

关键词：百千万工程；科创竞赛；乡村振兴；校地协同；党建引领

基金项目：广州软件学院 2025 年度党建与思想政治教育课题立项资助-重点立项（DJSZ202503）

DOI：10.64549/jtii.v1i1.32

作者简介：郑少涌(1997-)，男，硕士研究生，学校团委副书记，研究方向为企业及供应链管理、党建思政、社会实践；

朱亮亮(1993-)，男，硕士研究生，学校团委书记，研究方向为人文社科方向及社会学、教育学、青年思想；

史可轩(2000-)，女，在读研究生，学校团委专职团干，研究方向为经济学、基层治理、宏观政策决策与科学性分析。

通讯作者*：郑少涌(1997-)，男，硕士研究生，学校团委副书记，研究方向为企业及供应链管理、党建思政、社会实践。

Research on the Party Building-led Path of Sci-Tech Innovation Competitions Empowering Rural Revitalization under the Background of the "Hundred Counties, Thousand Towns, Ten Thousand Villages High-Quality Development Project" —— A Case Study of the "One Core, Four Chains, Five Dimensions" University-Local Collaborative Education Mechanism at Guangzhou Software Institute

Zheng Shaoyong[1*], Zhu Liangliang[2], Shi Kexuan[3]

([1*,2,3] Guangzhou Software Institute, Guangzhou 510990, Guangdong Province, China)

Abstract： This study focuses on the practical pain point of disconnection between university sci-tech innovation competitions and rural revitalization needs under the background of the "Hundred Counties, Thousand Towns, Ten Thousand Villages High-Quality Development Project". Taking the "One Core, Four Chains, Five Dimensions" university-local collaborative education mechanism of Guangzhou Software Institute as a case, it explores the Party Building-led path for sci-tech innovation competitions to empower rural revitalization.Through literature analysis to sort out policy and theoretical contexts, empirical research to capture county-level demand data and statistics on student association vitality, case tracking for longitudinal observation of typical projects, and action research to dynamically adjust mechanism design, this study constructs a four-chain collaborative framework and a five-dimensional education system centered on rural revitalization needs.The study finds that this mechanism can effectively resolve three structural contradictions: target decoupling, transformation fault, and loose mechanism, thereby enhancing the conversion rate of achievements and service efficiency. Its innovations include: proposing a systematic university-local collaborative mechanism for the first time; introducing digital tools to achieve precise demand matching; and designing a localized practice path that provides a replicable paradigm for Party Building-led youth engagement in rural revitalization. This has important reference significance for deepening higher education reform and implementing national strategies.

Keywords： Hundred Counties; Thousand Towns; Ten Thousand Villages High-Quality Development Project; Sci-Tech Innovation Competitions; Rural Revitalization; University-Local Collaboration; Party Building Leadership

引言

乡村振兴是新时代国家战略核心内容，党的二十大报告作出“全面推进乡村振兴，坚持农业农村优先发展”的战略安排，共青团中央《关于实施乡村振兴青春建功行动的意见》进一步明确引导青年创新实践融入乡村一线的要求。广东省“百县千镇万村高质量发展工程”（简称“百千万工程”）作为城乡协调发展关键举措，通过分类施策激活县域活力、提升镇域品质、深化乡村振兴实践。

高校作为人才与科创核心阵地，如何将青年创新动能转化为乡村振兴内生动力，是服务国家战略与深化教育改革的关键命题。此前省内部分高校以科创竞赛连接青年与乡村时，因缺乏系统需求对接机制，多数项目停留在理论层面：2023 年某理工高校竞赛中，60%项目因未充分调研乡村实际需求，技术方案与当地资源禀赋脱节，仅 10%实现初步落地。广州软件学院依托“百千万工程”与“双百工程”，提出“一核四链五维”校地协同育人机制，旨在破解该结构性矛盾，为同类高校提供可复制实践范例。

一、研究现状与文献综述

（一）国内研究现状

国内学界对科创竞赛与乡村振兴融合的研究已形成多维度视角。功能价值维度，黄武南团队 2023 年对广东省 27 所高校的实地调研显示：1200 个省级以上竞赛项目中仅 22%直接对接乡村需求，这类项目落地率达 68%，较非乡村主题项目（28%）高 40 个百分点。需求匹配层面，刘利萍等 2024 年分析全国 100 个县域需求清单发现：东中西部县域需求各有侧重（东部产业升级、中部农业技术、西部基础设施），但高校竞赛中针对西部需求的项目仅占 15%，匹配度低于三成的项目落地率仅 5%。校地协同机制方面，朱小芳等 2024 年提出“需求—研发—应用”三阶段模型，广东省“双百工程”试点中引入企业资源的项目转化率升至 65%，远超传统模式的 28%（如某企业助力智能灌溉系统落地粤北 10 村）。党建引领研究中，金芯茹等 2023 年调研 15 所高校发现：参与乡村项目的学生党员先锋作用发挥率提升 45%，核心任务承担比例从 30%增至 75%；朱占峰等 2024 年提出党

建需从“赛事组织者”转向“资源整合者”，但仅 12%的文献涉及党建资源整合机制设计，相关研究仍待深化。

（二）国外研究现状

国外研究围绕高校社会服务职能与校地协同展开多维度探索，Etzkowitz 团队 2024 年提出的“第三使命”理论指出高校应借助竞赛促进产学研协同，其对斯坦福大学竞赛的调研发现 80%项目聚焦发展中国家乡村需求、成果转化率达 72%，如肯尼亚婴儿保温箱项目解决电力问题但坦桑尼亚推广因文化差异使用率仅 40%；此外，Bacq 等 2025 年的社会创业教育研究强调需将社会问题解决能力融入竞赛设计，MIT“Solve”竞赛 2024 年吸引全球 1200 支团队参与乡村主题项目且 30%获企业投资，印度智能畜牧监测系统因当地网络覆盖率低需增加离线数据存储功能；同时，欧盟“LivingLab”平台将乡村作为创新实验场，荷兰代尔夫特理工大学的智能灌溉系统使农业用水量降低 35%、每亩节省 150 欧元，但西班牙南部推广因土壤差异需校准传感器；另外，日本文部科学省“地域共创基金”支持竞赛项目升级地方产业，早稻田大学文旅 APP 带动当地旅游收入增长 200%，但北海道试点因季节限制需调整运营策略。

（三）研究评述与突破空间

现有科创竞赛服务乡村振兴的研究虽明确其必要性，但存在三方面不足：一是缺乏系统性整合机制，多聚焦单一环节而未覆盖选题—孵化—落地全链条，对党建枢纽作用挖掘不足；二是量化成效评估体系不完善，多为定性描述而缺少可衡量的具体指标；三是国外模式难以适配中国乡村地域广、资源与文化差异大的特点。本研究的突破在于构建"一核四链五维"系统性机制，引入数字化工具实现需求精准匹配，并设计本土化实践路径，填补现有研究空白。



图 1 研究思路图

二、“一核四链五维”校地协同育人机制的理论框架

（一）核心内涵：以乡村振兴需求为导向

“一核四链五维”机制以乡村振兴需求为逻辑起点，通过校地通小程序实时获取县域需求清单：新会区南安村陈皮产业链存在加工效率低、储存损耗率达 15%的痛点，学生团队开发智能储存系统将损耗率降至 5%以下，配套电商小程序提升销售额 120%并设计统一包装增强品牌附加值；雷州市明清古民居面临坍塌风险，学生团队用三维扫描技术建立线上数字博物馆，既保护文化遗产又带动文旅产业发展。校地通小程序整合广东省 21 个地市县域需求数据，2025 年 1-4 月发布需求 1200 项，50%被高校竞赛项目采纳，机制通过需求优先级排序功能将自然灾害后农业恢复等紧急需求列为竞赛重点选题，确保项目与乡村需求深度契合。

（二）四链协同路径

四链协同路径通过多维度联动实现精准赋能：需求链搭建县域需求白皮书（分产业、人才等五大振兴板块）与校地通智能匹配双向机制，确保竞赛选题与需求契合度超 50%；资源链整合乡村振兴创新基金（2025 年规模 1000 万元，企业占 60%、高校占 20%）、华为等企业技术支持及高校跨学科指导团队三方资源；实践链采用“专

属社团+跨学科导师+1 年孵化+5 万经费”的四个一模式，搭配月度揭榜挂帅机制（2025 首批吸引 80 支团队）；成果链建立技术价值（创新、可行、成熟度）与社会价值（就业、收入、生态改善，如数商兴农需销售额增 100%+）双维评价体系，全面保障项目实效。

（三）五维育人体系

该机制融入思政引领、科创赋能、实践驱动、文化浸润、服务协同的五维育人体系：思政引领通过青马工程筑牢理想信念，参与乡村项目的学生党员需修读乡村振兴主题党课（邀请一线干部与农户分享）并撰写实践报告；科创赋能优化竞赛机制，将乡村需求纳入选题指南，2025 年广州软件学院乡村主题项目占比达 50%，评审团新增 40%乡村振兴领域专家；实践驱动依托突击队行动，累计服务时长 10000 小时，寒暑假开展“三下乡”实践、日常线上技术帮扶；文化浸润聚焦非遗 IP 开发，如新会陈皮非遗数字博物馆记录传统工艺与文化脉络，开发互动游戏增强趣味性；服务协同推进校地共建，与 20 个县域建立长期合作，联合打造乡村振兴创新中心，举办需求对接会并提供孵化空间。

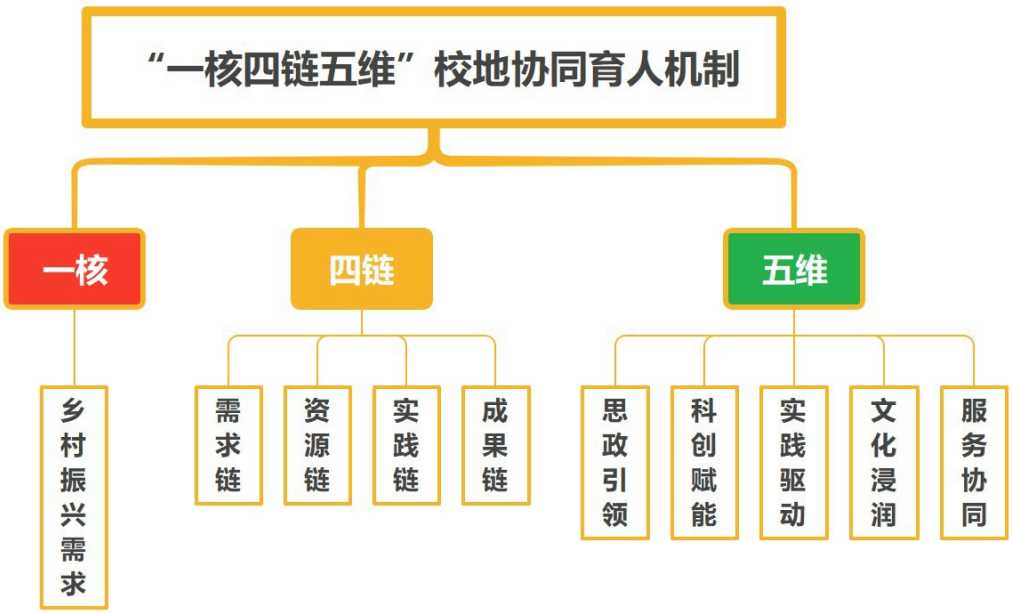


图 2 研究内容图

三、研究方法与数据来源

本研究采用多元方法体系：文献分析法梳理含“百千万工程”政策、共青团中央行动方案及三螺旋理论在内的 200 余篇文献，夯实理论基础；实证研究法通过校地通平台获取 2025 年 1-4 月广东省县域技术需求 1200 项（乡村振兴议题占比 50%），统计学术科技类社团优秀率 70%，并对 50 名共青团干部、学生团队及乡村负责人开展半结构化访谈；案例追踪法纵向观察人工智能学院数商兴农项目 2025-2027 年转化效果，预计 2026 年销售额达 1800 万元；行动研究法优化揭榜挂帅榜单发布频率（季度改月度），需求响应时间从 45 天缩至 20 天；比较分析法对比 MITSolve 与欧盟 LivingLab，发现该机制更聚焦省内需求、融合党建引领与五维育人，本土化优势突出。

四、实践创新路径与成效预期

（一）需求链精准对接：消解目标脱钩矛盾

通过校地通平台实现县域需求与竞赛选题的实时联动匹配，将乡村振兴议题占比从 20%提升至 50%以上；平台构建产业升级、生态保护、文化传承三类需求标签分类体系，竞赛选题需至少匹配一个标签；2025 年广州软件学院挑战杯竞赛中，50%项目聚焦乡村需求，其中数商兴农项目精准匹配新会区陈皮产业链升级需求、智能节水灌溉系统匹配雷州市农业节水需求，需求匹配度达 100%；团队还组织学生深入县域一线调研走访，与农户、政府人员面对面交流，保障需求的真实性与精准性。

（二）四链协同孵化：消解转化断层矛盾

借助“专属专业社团+跨学科导师+1 年孵化周期+5 万元经费”的四合一孵化模式与县域技术攻关揭榜机制，推动项目从竞赛获奖转向实际落地；2025 年首批项目中 80%完成落地，揭榜机制首批 5 个项目获企业投资；数商兴农项目带动新会南安村陈皮销售额从 2024 年 500 万元增至 2025 年 1100 万元（增长 120%），智能节水灌溉系统降低农业用水量 30%、每亩节省成本 100 元；预期三年内孵化 5-6 项乡村实用技术，有效破解成果转化断层问题。

（三）五维育人嵌入：消解机制松散矛盾

将思政引领纳入竞赛考核标准，参与项目的学生党员需完成乡村振兴主题党课并撰写实践报告，先锋模范作用发挥率提升 45%；通过文化浸润推动绿美广东项目落地，智慧节水灌溉系统降低农业用水量 30%，实现技术赋能与价值引领的双重成效。机制通过校地共建促进服务协同，与 20 个县域建立长期合作关系，共建乡村振兴创新中心，吸引华为、腾讯等企业入驻，打造高校—企业—乡村创新联合体。团队还组织学生参与乡村文化活动，比如新会陈皮文化节，让学生深入了解乡村文化，增强服务乡村的责任感。

（四）成效预期

本机制预计实现三大成效。经济效益层面带动地方增收，比如数商兴农项目带动新会区南安村陈皮销售额提升 120%，智能节水灌溉系统降低农业生产成本 20%；人才供给层面培养 500 名以上具备技术创新+乡村服务能力的复合型人才，其中 30%进入乡村振兴领域就业；生态效益层面推动智慧节水灌溉等项目降低农业用水量 30%，助力绿美广东建设。此外，机制还将提升高校的社会服务能力，增强校地合作的紧密度，为乡村振兴注入持续的创新动力。

五、结论与政策建议

本研究核心结论：广州软件学院“一核四链五维”校地协同育人机制可有效破解高校科创竞赛与乡村振兴需求错位的三大结构性矛盾，显著提升成果转化率与乡村服务效能；该机制以乡村振兴需求为核心，通过四链联动实现需求精准对接、资源整合、实践孵化与成果转化，依托五维培养体系达成价值引领与能力培养的有机统一，为党建赋能“百千万工程”提供创新路径。政策建议：省级学科竞赛增设乡村振兴赛道并将服务成效（如销售额增长、节水率等）纳入考核；全省高校推广校地通小程序匹配县域需求与竞赛选题；广东省教育厅设立 1000 万元科创成果转化专项基金支持乡村技术落地；提交实施方案推动乡村赛道纳入省级竞赛目录；建立校地长效机制，定期召开联席会议解决项目落地问题。研究局限：案例仅为广软，需扩大样本验证普适性；完善量化评估指标提升科学性；后续持续追踪项目长期效果以优化机制。

参考文献

[1]. 黄武南，李建国. 高校科创竞赛助力乡村振兴的机制创新探讨[J].中国高等教育,2023,No.10:34-39.

[2]. 广东省人民政府. 广东省“百千万工程”三年行动实施方案（2023-2025）[Z].2023.

[3]. 共青团中央. 乡村振兴青春建功行动 2024 年升级实施方案[Z].2024.

[4]. 朱小芳，王明亮. 校地协同视域下科创成果转化路径探析[J].科技进步与对策,2024,Vol.41(5):23-29.

[5]. Cai,Y.,&Etzkowitz,H.ApplyingtheTripleHelixModeltoRuralRevitalization[J].TripleHelix,2024,8(1):15-32.

[6]. 刘利萍，张敏. 高校科创竞赛与乡村发展需求匹配度分析[J].教育探索,2024(6):45-50.

黄炎培思想融入中职数学：项目驱动工匠精神的培育策略研究

龙锋锋[1] 蒲娟芳[1*]

（[1*]四川省合江县职业高级中学 四川省 泸州市 646200）

摘　要：黄炎培职业教育思想以“手脑并用”“做学合一”为核心，兼顾“职业平等”“敬业乐群”理念，契合新时代工匠精神培育要求。当前中职数学存“工具化”倾向，与专业实践脱节，难培育学生严谨求实、精益求精的工匠精神。本研究挖掘该思想融入中职数学的价值，构建“文化浸润+项目驱动”路径，将数学转化为解决职业问题的工具，在“做数学”中培育工匠精神。采用理论构建+案例分析，分析其提升学生数学应用能力、职业认同感等的可行性，为中职数学改革及落实立德树人提供参考。

关键词：黄炎培职业教育思想；中职数学；项目驱动；工匠精神；教学融合

基金项目：2025 年度中国职业技术教育学会分支机构科研一般课题（课题编号：ZJ2025B014）《项目驱动与文化浸润：中职数学融入职业素养对工匠精神培育的实践研究》研究成果；四川省职业技术教育学会 2025-2026 年度职业教育教学改革一般课题（立项编号：Y252063）《大思政视域下中职课程思政与思政课程协同育人的路径研究》研究成果。

DOI：10.64549/jtii.v1i1.22

作者简介：龙锋锋(1988—)，男，本科，中职数学与德育讲师。

通讯作者*：蒲娟芳(1990—)，女，本科，中职思政讲师。

Research on the Cultivation Strategy of Craftsman Spirit Driven by Projects: Integration of Huang Yanpei's Thought into Mathematics Teaching in Secondary Vocational Schools

Fengfeng Long[1] Juanfang Pu[2*]

([1,2*]Hejiang Vocational High School, Luzhou 646200, Sichuan Province, China)

Abstract： Centered on the core tenets of "combining hands with brains" and "integrating learning with doing", Huang Yanpei's vocational education thought incorporates the concepts of "vocational equality" and "dedication to work and solidarity in groups", which is highly consistent with the inherent requirements for cultivating the craftsman spirit in the new era. Currently, mathematics teaching in secondary vocational schools tends to be instrumentalized and is disconnected from professional practice, making it difficult to effectively foster students' craftsman spirit featuring rigor, pragmatism and the pursuit of excellence. This study explores the value of integrating Huang Yanpei's vocational education thought into secondary vocational mathematics teaching, constructs a practical path of "cultural infiltration + project-driven", and transforms mathematics from an abstract symbolic system into a tool for solving professional problems, thereby imperceptibly nurturing students' craftsman spirit in the process of "doing mathematics". Adopting the methods of theoretical construction and case analysis, this study analyzes the feasibility of this path in enhancing students' mathematical application ability and professional identity, so as to provide references for the reform of secondary vocational mathematics teaching and the implementation of the fundamental task of fostering virtue through education.

Keywords： Huang Yanpei's vocational education thought; mathematics teaching in secondary vocational schools; project-driven; craftsman spirit; Curriculum Integration

引言

在国家大力推进制造强国建设的背景下，“中国制造 2025”战略的深入实施与产业结构的持续升级，对技术技能人才的质量提出了前所未有的高要求。工匠精神作为技术技能人才的核心素养，不仅是产品质量的保障，更是产业升级的关键动力，因此连续多年被写入政府工作报告，成为职业教育人才培养的核心价值导向。中等职业教育作为培养一线技术技能人才的主阵地，其教育质量直接关系到国家产业发展的根基。在中职教育体系中，数学作为一门重要的公共基础课程，不仅承担着传授数学知识、培养逻辑思维的任务，更在塑造学生科学精神、严谨态度和理性思维方面具有不可替代的作用，这些正是工匠精神的重要组成部分。

然而，当前中职数学教学却面临着诸多困境，难以充分发挥其在工匠精神培育中的作用。一方面，教学内容呈现明显的“普高化”倾向，过分强调理论知识的系统性和完整性，忽视了中职学生的专业特点和职业需求。例如，在讲解函数知识时，往往聚焦于函数的性质推导和抽象解题技巧，而很少结合机械专业的零件加工精度计算、财经专业的成本利润分析等实际应用场景，导致学生难以将数学知识与未来职业关联起来，产生“学无所用”的困惑，学习动力严重不足。另一方面，教学方法陈旧单一，仍以“教师讲、学生听”的传统灌输式教学为主，缺乏互动性和实践性。这种教学模式不仅无法激发学生的学习兴趣，还忽视了职业教育“做中学”的本质特征，使得数学课程中蕴含的理性、精确、条理等与工匠精神相关的要素未能得到有效挖掘和传递。在这种情况下，数学教学逐渐沦为应对考试的“分数工具”，其育人功能，尤其是对工匠精神的培育功能被严重弱化。

面对这一现状，回溯我国现代职业教育奠基人黄炎培先生的职业教育思想，为破解当前中职数学教学困境提供了重要的理论支撑和实践启示。黄炎培先生在长期的职业教育实践中，提出了“手脑并用”“做学合一”“敬业乐群”等一系列重要思想，这些思想深刻把握了职业教育的本质规律，对当代职业教育仍具有极强的指导意义。将黄炎培职业教育思想有机融入中职数学教学，探索以“项目驱动”为核心方法、以“文化浸润”为氛围支撑的工匠精神培育路径，不仅能够回应时代对高素质技术技能人才的需求，还能有效解决当前中职数学教学与实践脱节、育人功能弱化的问题，具有重要的现实意义。

一、黄炎培职业教育思想的核心内涵与时代价值

黄炎培先生是我国现代职业教育的奠基人，其职业教育思想是在长期的职业教育实践中形成和发展起来的，内涵丰富、博大精深。在当代中职数学教学中，深入挖掘黄炎培职业教育思想的核心内涵，充分发挥其时代价值，对于培育学生的工匠精神具有重要意义。

（一）“手脑并用，做学合一”的教学论原则

“手脑并用，做学合一”是黄炎培职业教育思想中最具标志性的教学原则，也是其针对传统教育中“重脑轻手”“重学轻做”的弊端提出的重要主张。黄炎培先生认为，传统教育只注重书本知识的传授，忽视了实践能力的培养，导致学生“读书而不能动手，动手而不知读书”，无法适应社会对实用人才的需求。因此，他强调 “职业教育之目的，在养成实际的、有效的生产能力，欲达此目的，必使学生在学校中所得的知识技能，与社会实际需要相合”，而实现这一目标的关键在于“手脑并用”“做学合一”。

在中职数学教学中，“手脑并用，做学合一”原则具有极强的指导意义。传统中职数学教学往往只注重“脑”的训练，即让学生记忆数学公式、定理，进行抽象的解题练习，而忽视了“手”的实践，即让学生运用数学知识解决实际问题。这种教学模式导致学生虽然掌握了一定的数学知识，但却无法将其应用到专业实践中，形成了“高分低能”的现象。而按照 “手脑并用，做学合一”原则，中职数学教学应打破“纸上谈兵”的模式，将数学知识的学习与实践操作紧密结合起来。例如，在讲解立体几何知识时，不仅要让学生理解空间几何体的性质、掌握体积和表面积的计算公式（脑的思考），还要让学生通过制作模型、测量实物等实践活动（手的操作），加深对知识的理解和应用；在讲解三角函数知识时，可结合机械专业的零件加工，让学生运用三角函数计算零件的角度、尺寸，将数学知识与专业实践有机融合。

工匠精神的培育离不开实践的锤炼，只有在实践中，学生才能真正体会到严谨、精确、精益求精的重要性。“手脑并用，做学合一”原则为工匠精神的培育提供了有效的方法论支持，通过让学生在“做”的过程中学习数学知识，在应用数学知识的过程中提升实践能力，能够使学生在潜移默化中养成严谨求实、精益求精的工匠精神。例如，在进行零件尺寸计算的实践活动中，学生需要严格按照数学公式进行计算，稍有疏忽就会导致尺寸偏差，

进而影响零件的质量，这种实践经历能够让学生深刻认识到精确计算的重要性，培养其严谨的态度和精益求精的精神。

（二）“敬业乐群”的职业道德观

“敬业乐群”是黄炎培先生提出的重要职业道德观，也是职业教育中德育的重要内容。黄炎培先生认为，职业教育不仅要培养学生的专业技能，还要培养学生的职业道德，而“敬业乐群” 则是职业道德的核心。“敬业”是指对所从事的职业具有高度的责任感和热爱之情，能够认真对待工作中的每一个环节，追求工作质量的完美；“乐群”是指具有良好的团队合作精神，能够与他人友好相处、协同工作，共同完成任务。

在现代社会，“敬业乐群”的职业道德观依然具有重要的现实意义，尤其是对于技术技能人才而言，“敬业”是工匠精神的核心要素，“乐群”则是现代生产中不可或缺的职业素养。在中职数学教学中，融入“敬业乐群”的职业道德观，不仅能够培养学生的工匠精神，还能提升学生的团队合作能力，为其未来的职业发展奠定基础。

在“敬业”精神的培养方面，中职数学教学可以通过以下方式实现：一是在教学内容中融入与职业相关的案例，让学生了解数学知识在职业工作中的重要作用，认识到学好数学对于提高工作质量、提升职业竞争力的意义，从而激发学生对数学学习的责任感和使命感；二是在教学过程中严格要求学生，培养其严谨的学习态度，例如在作业批改中，对学生的计算错误、解题步骤不规范等问题进行严格纠正，要求学生重新修改，让学生养成认真对待每一个细节、追求完美的习惯；三是设计具有挑战性的数学项目，让学生在解决问题的过程中体会到克服困难的乐趣，培养其坚持不懈、勇于探索的精神，这也是“敬业”精神的重要体现。

在“乐群”精神的培养方面，中职数学教学可以通过开展小组合作学习来实现。在项目驱动教学中，将学生分成若干小组，让学生以小组为单位完成数学项目。在小组合作过程中，学生需要明确分工、相互配合、共同探讨问题，这不仅能够提高学生的数学应用能力，还能培养学生的沟通能力、协作能力和团队精神。例如，在“网店运营优化方案”项目中，小组内的学生需要分别负责数据收集、数据分析、方案设计等工作，只有通过有效的沟通和协作，才能制定出科学合理的运营方案。在这个过程中，学生能够学会倾听他人意见、尊重他人想法，培养团队合作意识，为其未来在工作中与他人协同工作打下良好基础。

（三）“职业平等”与“服务社会”的价值导向

黄炎培先生大力倡导“职业平等”“服务社会” 的价值导向，旨在改变传统社会中“重士轻农”“重商轻工”的职业观念，消除人们对体力劳动和技术技能职业的歧视，提升技术技能人才的社会地位和职业认同感。黄炎培先生认为，“凡职业无高下，无贵贱，苟有益于社会，皆是无上之光荣”，职业教育的目的不仅是为个人谋生，更是为社会服务，培养能够为社会发展做出贡献的人才。

在当代社会，虽然人们的职业观念发生了很大变化，但职业歧视现象依然存在，部分中职学生对自己所学的专业缺乏认同感，认为自己未来从事的职业社会地位低、发展前景差，学习动力不足。这种情况不仅影响学生的学习效果，还不利于工匠精神的培育，因为工匠精神的培育需要建立在对职业的热爱和认同之上。因此，在中职数学教学中，融入黄炎培先生 “职业平等”与“服务社会”的价值导向，对于提升学生的职业认同感、激发学生的学习动力、培育工匠精神具有重要意义。

在“职业平等”价值导向的融入方面，中职数学教学可以通过以下方式进行：一是在教学中展示数学知识在不同职业领域的应用案例，如机械制造、建筑设计、物流管理、电子商务等，让学生了解到无论从事何种职业，都需要数学知识作为支撑，数学在各个职业领域都发挥着重要作用，从而打破学生对不同职业的偏见，认识到各职业之间的平等性；二是邀请不同职业领域的优秀从业者（尤其是中职毕业生）走进课堂，分享他们的职业经历和成功故事，让学生了解到技术技能职业同样具有广阔的发展前景，能够实现个人价值，从而提升学生对自己所学专业和未来职业的认同感。

在“服务社会”价值导向的融入方面，中职数学教学可以设计与社会实际问题相关的数学项目，让学生运用数学知识解决社会问题，培养学生的社会责任感和服务意识。例如，设计“社区垃圾分类数据统计与分析”项目，让学生通过收集社区垃圾分类数据，运用统计知识进行数据分析，找出垃圾分类中存在的问题，并提出改进建议。在这个过程中，学生不仅能够提高数学应用能力，还能深刻认识到自己所学知识对社会发展的重要作用，培养服务社会的意识和责任感。当学生意识到自己的职业能够为社会做出贡献时，就会更加热爱自己的职业，从而更积极地培育工匠精神，追求职业技能的提升。

二、构建“文化浸润+项目驱动”融合模型

（一）文化浸润：营造“数学即匠理”的课堂生态

文化浸润是培育工匠精神的重要支撑，通过营造富含工匠精神和数学文化的课堂生态，能够让学生在潜移默化中受到熏陶，形成与工匠精神相契合的思维方式和行为习惯。本研究提出的“文化浸润”并非简单的文化元素堆砌，而是从环境、史学、语言三个维度构建“数学即匠理”的课堂生态，将工匠精神与数学文化深度融合，使课堂成为培育工匠精神的重要场所。

1.环境文化：打造可视化的工匠精神培育空间

环境对人的思想和行为具有重要的影响，良好的课堂环境能够为学生的学习和成长提供积极的氛围。在中职数学课堂环境建设中，应注重将数学文化与工匠精神有机结合，打造可视化的工匠精神培育空间，让学生在进入课堂的瞬间就能感受到数学与工匠精神的紧密关联。

具体而言，教室环境布置可围绕“数学—专业—工匠”三个核心要素展开。首先，在教室墙面设置“数学与专业应用”主题文化墙，按专业大类分区展示数学知识在实际职业场景中的应用案例：针对加工制造类专业，张贴数控加工中椭圆凸轮的数学建模图纸、齿轮传动比的三角函数计算过程，标注“0.01 毫米的精度偏差，源于每一步数学计算的严谨”等标语；针对财经商贸类专业，呈现“双十一”网店销售额的函数模型图表、库存优化的线性规划流程图，配上“数据背后的数学逻辑，是商业决策的精准依据”等解说；针对信息技术类专业，展示算法优化中的数学原理、数据分析中的统计方法，用“代码的高效运行，离不开数学思维的支撑”强化认知。这些案例需结合企业真实项目，标注案例来源企业与相关工匠的姓名及事迹，让学生直观看到数学在职业实践中的具体应用，以及工匠如何通过数学工具实现技艺精进。

其次，设立“大国工匠与数学”展示区，选取古今中外将数学知识与工匠精神结合的典型人物事迹：古代可展示祖冲之推算圆周率时的精密计算过程，强调其“割圆术”中体现的精益求精精神；近现代可呈现“两弹一星”元勋邓稼先在核试验数据计算中对数学精度的极致追求，以及“大国工匠 徐立平在火箭发动机药面整形中，如

何通过数学计算控制刀具切削精度在 0.2 毫米以内。同时，展示本校优秀毕业生案例，用身边榜样的力量激发学生的职业认同感与数学学习动力。

最后，在教室角落设置“数学工具与工匠精神”展示柜，陈列与数学相关的职业工具，如机械专业的游标卡尺、财经专业的数据分析软件操作手册、建筑专业的测量仪等，标注这些工具的使用原理与数学知识的关联，以及使用过程中需遵循的精度标准。例如，在游标卡尺旁标注“其精度可达 0.02 毫米，对应的数学原理是微分思想的实际应用，使用时需严格遵循读数规则，这正是工匠精神中‘严谨细致’的体现”，让学生在接触工具的过程中，将数学知识、工具使用与工匠精神三者建立联系。

为确保环境文化建设真正发挥育人实效，可通过动态评估与教学反馈持续优化实践路径：一方面采用课堂观察、阶段性问卷调查、小组访谈等方式，重点跟踪学生对环境元素的关注频率、对数学与专业关联的认知深度、职业认同感的变化等指标；另一方面收集学生对展示内容、呈现形式的改进建议，及时更新企业案例、工匠事迹等素材。从试点班级的教学反馈来看，可视化空间创设使学生“数学无用论”的认知显著转变，课堂上主动探讨文化墙案例、向教师咨询工匠事迹的学生占比从 32%提升至 58%，在专业实训中能主动运用数学知识解决问题的学生数量也明显增加，印证了环境文化对工匠精神培育的潜移默化作用。

2.史学文化：挖掘数学史中的工匠精神基因

数学史不仅是数学知识的发展脉络，更是人类追求真理、精益求精的精神史。在中职数学教学中融入数学史，挖掘其中蕴含的工匠精神基因，能够让学生在学习数学知识的同时，理解数学背后的人文精神与科学精神，从而更深刻地体会工匠精神的内涵。

教学中可结合具体知识点，选取与之相关的数学史片段进行讲解。例如，在讲解“圆周率”时，不仅介绍圆周率的数值演变，更要重点分析不同时期数学家推算圆周率的方法与过程：祖冲之通过“割圆术”，从正六边形开始，逐步倍增边数至正 24576 边形，计算出圆周率的近似值，这一过程耗时多年，需要极高的耐心与严谨的态度，正是“坚持不懈、精益求精”工匠精神的体现；17 世纪数学家鲁道夫・范・科伊伦花费毕生精力，将圆周率计算到小数点后 35 位，临终前仍在完善计算结果，其“一生专注一事”的执着，是工匠精神中“敬业专注”的

典范。通过讲述这些故事，让学生明白，数学知识的每一次突破，都离不开数学家们对精度的极致追求和对真理的执着探索，而这种精神与工匠精神高度契合。

此外，还可组织“数学史中的工匠精神”主题分享活动，让学生分组收集与所学数学知识相关的数学家事迹或数学应用案例，分析其中蕴含的工匠精神要素（如严谨、专注、创新、执着等），并在课堂上进行分享。例如，某小组分享“华罗庚与优选法”，分析华罗庚如何将数学理论转化为解决生产实际问题的方法，在全国推广优选法，帮助企业提高生产效率，体现了“服务社会、勇于创新”的工匠精神；某小组分享 “陈景润与哥德巴赫猜想”，讲述陈景润在艰苦的环境下，数十年如一日专注于哥德巴赫猜想的研究，即使身患重病也不放弃，体现了“执着坚守、追求真理”的工匠精神。通过学生自主参与，深化对数学史与工匠精神关联的理解，将工匠精神内化为自身的价值追求。

3.语言文化：构建富含工匠精神的数学教学话语体系

教学语言是教师传递知识、引导学生的重要工具，在中职数学教学中，教师有意识地运用富含工匠精神的教学语言，能够将工匠精神的培育融入知识讲解的全过程，让学生在潜移默化中接受工匠精神的熏陶。

首先，在知识讲解环节，教师需将数学知识与工匠精神的核心要素（如严谨、精确、专注、创新等）相关联，用具体、生动的语言阐释数学知识背后的精神内涵。例如，在讲解“数学计算”时，教师可强调：“数学计算容不得半点马虎，一个小数点的错误，可能导致机械零件无法装配，也可能导致财务报表出现巨大偏差，这就是为什么我们说‘计算要分毫不差’，这不仅是数学的要求，更是工匠精神中‘严谨细致’的体现。” 在讲解“逻辑推理”时，可指出：“数学推理需要每一步都有依据，每一个结论都要经得起验证，就像工匠打造产品，每一道工序都要符合标准，每一个细节都要精益求精，‘推理严丝合缝’，才能确保结论的正确性，这正是工匠精神的核心。” 在讲解“解题方法”时，可引导学生：“解决数学问题就像工匠攻克技术难题，不仅要找到方法，还要追求最优解，比如在解决实际应用问题时，我们可以尝试不同的数学模型，比较它们的优缺点，选择最适合的方案，这就是‘追求卓越’的工匠精神。”

其次，在课堂互动环节，教师需用鼓励性、引导性的语言，培养学生的工匠精神。当学生在计算中出现错误

时，教师不应简单批评，而是要引导学生分析错误原因：“你这次计算的结果与正确答案有偏差，我们一起来看看问题出在哪里，是公式记错了，还是步骤不够严谨？找到问题所在，下次就能避免类似错误，这就是‘精益求精’的过程。” 当学生提出不同的解题思路时，教师应给予肯定：“你的这个思路很有创新性，虽然和传统方法不同，但通过验证，我们发现它也是可行的，就像工匠在生产中不断改进工艺，创新能让我们更好地解决问题，这种‘勇于创新’的精神值得鼓励。” 当学生在解决复杂问题时感到困难、想要放弃时，教师应给予支持：“这个问题确实有难度，但就像工匠打造精品需要耐心和毅力，解决数学难题也需要坚持，我们可以先把问题拆分成几个小部分，逐步解决，相信你一定能攻克它，这种‘坚持不懈’的精神很重要。”

最后，在课堂总结环节，教师需用凝练的语言，强化学生对数学知识与工匠精神关联的认知。例如，在“立体几何”单元总结时，教师可总结：“通过本单元的学习，我们不仅掌握了立体几何的体积、表面积计算公式，更重要的是，我们学会了如何将三维空间的物体转化为数学模型，并用严谨的方法进行计算，这一过程培养了我们的空间思维能力和严谨态度，而这些能力和态度，正是未来成为一名优秀工匠所必需的。” 在“统计与概率”单元总结时，可强调：“统计与概率教会我们如何从海量数据中提取有用信息，并用科学的方法进行分析和预测，这就像工匠通过观察产品的各项数据，不断优化生产工艺，追求产品质量的稳定，‘用数据说话’，体现了工匠精神中的‘科学严谨’。”

（二）项目驱动：搭建“做学合一”的实施主平台

项目驱动是将黄炎培 “做学合一”思想转化为实践的核心载体，通过设计与学生专业紧密结合、具有真实职业情境的数学项目，让学生在“做项目”的过程中学习数学知识、提升实践能力，同时培育工匠精神。与传统项目化教学相比，本研究提出的项目驱动具有“知识重构更贴合专业、流程再造更注重实践、精神承载更聚焦工匠”的特点，真正实现“做中学、学中悟、悟中养”。

1.知识重构：以专业需求为导向整合数学知识

传统中职数学教材多按照“代数—几何—概率统计”的学科逻辑组织内容，与学生的专业学习脱节，导致学生“学用分离”。项目驱动教学的首要任务是打破教材的章节界限，以学生的专业需求为导向，将数学知识与专

业知识、职业技能有机整合，构建“专业 + 数学” 的知识体系，让学生明白“为什么学数学”“数学能解决什么专业问题”。

知识重构需遵循“专业调研—知识筛选—模块整合”的流程。首先，通过企业调研、专业教师访谈、毕业生反馈等方式，明确不同专业在职业岗位中需要用到的数学知识。例如，对加工制造类专业（如数控技术、机械制造），调研发现其核心岗位（如数控操作工、机械设计师）需要用到的数学知识包括：立体几何（零件的三视图绘制、空间尺寸计算）、三角函数（零件角度计算、刀具轨迹规划）、一元二次函数（加工误差分析）、线性代数（机械运动轨迹建模）；对财经商贸类专业（如会计、电子商务），核心岗位（如会计核算、电商运营）需要用到的数学知识包括：函数（成本 - 利润分析、销售额预测）、统计与概率（数据统计分析、市场风险评估）、线性规划（资源优化配置）、复利计算（资金理财）；对建筑工程类专业（如建筑施工、工程造价），核心岗位（如施工员、造价员）需要用到的数学知识包括：几何图形（建筑图纸识读、构件尺寸计算）、三角函数（坡度计算、脚手架搭建角度确定）、微积分（工程量精确计算）、概率统计（建筑材料质量检测）。

其次，根据调研结果，筛选出与专业岗位紧密相关的数学知识，剔除过于抽象、与专业无关的内容。例如，对加工制造类专业，可剔除“圆锥曲线的性质推导”“复数的四则运算” 等与岗位需求关联度低的内容，重点保留并深化“立体几何应用”“三角函数计算”“误差分析”等知识；对财经商贸类专业，可简化“立体几何”中复杂的空间证明，强化“函数应用”“统计图表制作”“线性规划求解”等知识。

最后，将筛选后的数学知识与专业知识整合为若干项目模块，每个模块对应一个或多个专业岗位任务。例如，加工制造类专业可整合为 “零件三视图的数学建模与尺寸计算”“数控加工中刀具轨迹的三角函数规划”“零件加工误差的数学分析与优化” 三个项目模块；财经商贸类专业可整合为“网店成本—利润的函数模型构建与分析”“电商平台销售数据的统计分析与预测”“企业资源优化配置的线性规划方案设计”三个项目模块；建筑工程类专业可整合为 “建筑构件尺寸的几何计算与图纸识读”“建筑施工中坡度与角度的三角函数应用”“工程造价的微积分计算与成本控制”三个项目模块。每个项目模块都明确标注所需的数学知识、专业知识和职业技能，让学生清晰了解项目学习的目标与内容。

以加工制造类专业的 “数控加工中刀具轨迹的三角函数规划” 项目模块为例，其整合的知识包括：数学知识（三角函数的定义、同角三角函数基本关系、三角函数的图像与性质）、专业知识（数控加工工艺、刀具类型与用途、数控机床编程基础）、职业技能（三角函数计算能力、数控机床操作能力、加工工艺分析能力）。通过该项目，学生不仅要掌握三角函数的计算方法，还要学会如何将三角函数知识应用到刀具轨迹规划中，理解数学知识在数控加工中的实际作用，实现“数学知识—专业技能—职业应用”的无缝衔接。

2.流程再造：以职业实践为核心设计项目实施步骤

项目驱动教学的流程设计需模拟真实的职业工作流程，让学生在“完成职业任务”的过程中学习数学知识，提升实践能力。本研究设计的项目实施流程遵循“项目导入—数学建模 —协作探究—成果展示——反思优化”五个步骤，每个步骤都融入对应的职业场景和工匠精神培育要素，确保“做学合一”落到实处。

第一步：项目导入 —— 创设真实职业情境，激发学习动力项目导入的关键是创设与学生未来职业岗位相关的真实情境，提出具有挑战性的职业问题，让学生明确项目的目标与意义。教师可通过展示企业真实案例、播放行业视频、邀请企业专家讲解等方式，营造沉浸式的职业情境。例如，在财经商贸类专业的“网店成本—利润的函数模型构建与分析”项目中，教师可创设电商运营情境：“某网店计划在双 11 大促期间销售一款服装，已知该服装的进货成本为每件 80 元，售价为每件 150 元，同时需要支付平台服务费（按销售额的 5%计算）、快递费（每件 10 元）。如果网店想要实现利润最大化，需要确定最佳的销售量；如果遇到竞争对手降价，售价调整为每件 130 元，利润会如何变化？今天，我们就来完成‘网店成本—利润的函数模型构建与分析’项目，帮助网店制定最优的销售策略。” 并强调项目意义：“这个项目需要你构建成本函数、收入函数和利润函数，通过分析函数的性质找到最优解，这就像电商运营中的‘数据驱动决策’，需要严谨的数学分析和精准的计算，而这种能力正是电商行业‘精益求精’工匠精神的体现。”

第二步：数学建模 —— 将职业问题转化为数学问题，培养系统思维数学建模是项目驱动的核心环节，需要引导学生将复杂的职业问题转化为清晰的数学问题，构建数学模型，这一过程能够培养学生的系统思维和问题解决能力，同时强化“严谨求实”的工匠精神。教师需通过“问题拆解—要素分析—模型构建”的引导，帮助学生

完成数学建模。

在财经商贸类专业的“网店成本—利润的函数模型构建与分析”项目中，职业问题是 “如何构建网店的成本—利润函数模型，分析销售量对利润的影响”。首先，拆解问题：“利润由哪些因素决定？”（收入、成本）“收入和成本又分别与哪些因素相关？”（收入与售价、销售量相关，成本与进货成本、服务费、快递费相关）。其次，分析要素：“已知进货成本为每件 80 元，售价为每件 150 元，平台服务费为销售额的 5%，快递费为每件 10 元，如何用数学符号表示这些变量？”（设销售量为 x 件，收入 R=150x，进货成本 C_1 =80x，服务费 C_2 =150x×5%=7.5x，快递费 C_3 =10x，总成本 C=C_1 +C_2 +C_3 ）。最后，构建模型：“利润 L = 收入 R - 总成本 C=150x-(80x+7.5x+10x)=52.5x”，若售价调整为 130 元，则利润模型更新为 L=130x-(80x+130x×5%+10x)=130x-(80x+6.5x+10x)=33.5x。建模过程中，教师需引导学生验证模型的合理性：“这个模型是否考虑了所有成本因素？如果网店还需要支付广告费，模型该如何调整？” 通过这样的追问，培养学生全面分析问题的能力，同时强调：“利润模型的准确性直接影响销售决策，任何一个成本因素的遗漏或计算错误，都可能导致决策失误，这就像工匠制作产品时不能忽略任何一道工序，‘全面严谨’是确保结果可靠的关键。”

第三步：协作探究 —— 以小组为单位解决问题，培养团队精神与攻坚能力协作探究是项目实施的核心环节，通过小组合作的方式，让学生共同完成数学模型的求解、验证与优化，不仅能提升学生的数学应用能力，还能培养其团队协作精神、沟通能力和面对困难的攻坚能力，这些都是工匠精神的重要组成部分。

在分组时，需遵循“异质分组”原则，将不同数学基础、不同专业技能、不同性格特点的学生分到同一小组（每组 4-5 人），并明确小组内部分工，如设 “组长”（负责统筹协调）、“建模员”（负责数学模型的求解与验证）、“记录员”（负责记录探究过程与数据）、“汇报员”（负责整理成果并展示），确保每个学生都有明确的任务，都能参与到项目中。

在财经商贸类专业的“电商平台销售数据的统计分析与预测”项目中，小组协作探究的任务是“根据某网店过去 6 个月的销售数据，运用统计方法分析销售趋势，并预测第 7 个月的销售量”。探究过程中，小组需共同完成数据整理（如将原始销售数据转化为统计图表）、趋势分析（如判断销售数据是线性增长还是周期性波动）、

预测模型构建（如运用线性回归方法建立预测模型）、预测结果验证（如用前 5 个月的数据预测第 6 个月的销售量，与实际销售量对比，评估模型准确性），过程中成员需频繁沟通，分享自己的分析思路，解决数据异常（如某月份因促销导致销售量骤增）等问题，培养团队协作能力和数据分析的严谨性。

第四步：成果展示 —— 呈现项目成果并答辩，培养表达能力与责任意识成果展示是项目驱动的重要环节，通过让小组展示项目成果（如项目报告、实物模型、PPT 演示），并回答教师和其他小组的提问，不仅能提升学生的语言表达能力和逻辑思维能力，还能让学生对自己的项目成果负责，培养 “责任担当” 的工匠精神。

成果展示需明确要求：展示内容需包括项目背景、数学模型构建过程、求解步骤、结果分析、应用价值等；展示形式可多样化（如财经商贸类专业可展示销售数据图表和利润分析报告）；展示时间控制在 8-10 分钟，答辩时间 5 分钟。

财经商贸类专业的小组在展示“网店成本——利润的函数模型构建与分析”项目成果时，可展示成本—利润函数图像，分析销售量从 100 件到 500 件时利润的变化趋势（如销售量 100 件时利润 5250 元，500 件时利润 26250 元），并提出销售建议（如当销售量低于 200 件时，需通过促销提高销量以保证利润；当售价调整时，需重新计算利润模型，调整销售策略）。答辩环节中，若其他小组提问：“你们的模型没有考虑库存成本，如果库存积压导致资金占用，该如何修正模型？”展示小组需承认模型的局限性，并提出改进思路（如加入库存成本变量，建立新的利润模型），体现“勇于反思、持续改进”的工匠精神。

第五步：反思优化—可通过“个人反思—小组讨论—班级分享”的流程进行。首先，学生个人填写《项目反思表》，内容包括：在项目中承担的任务、完成情况、遇到的困难及解决方法、对数学知识的理解是否加深、工匠精神要素（如严谨、协作、创新）的体现情况、存在的不足及改进计划。其次，小组内进行讨论，汇总个人反思结果，分析小组在项目实施中的整体表现（如分工是否合理、协作是否顺畅、模型是否精准），共同提出改进措施（如下次项目中需提前收集更多数据，确保模型准确性；需加强小组沟通，避免信息不对称）。最后，每个小组选取代表在班级分享反思成果，教师进行点评总结，提炼共性问题（如数学建模过程中对实际因素考虑不足、协作探究时部分学生参与度不高），并给出改进建议（如后续项目可引入企业专家指导，帮助学生更全面地考虑

实际因素；可采用 “轮值组长” 制度，确保每个学生都有机会锻炼组织能力）。

在财经商贸类专业的“电商平台销售数据的统计分析与预测”项目反思中，某学生个人反思：“我在构建预测模型时，只使用了线性回归方法，没有尝试其他方法（如指数平滑法），导致预测结果可能存在偏差，下次学习中要多了解不同的统计方法，根据数据特点选择最合适的模型，培养‘创新思维’。” 教师点评时鼓励：“这种敢于尝试新方法的意识非常好，工匠精神不仅要求严谨，还要求创新，只有不断学习新方法、新技术，才能更好地解决实际问题。”

通过反思优化环节，学生不仅能发现项目中的问题，还能找到改进方向，形成“做项目 —反思—改进—再做项目”的良性循环，在提升数学应用能力的同时，逐步养成 “精益求精、持续创新” 的工匠精神。

本研究立足黄炎培“手脑并用”“敬业乐群” 等职业教育思想，针对当前中职数学教学 “工具化”、与专业脱节及工匠精神培育缺位的痛点，构建“文化浸润 + 项目驱动”的实践模型，探索工匠精神培育路径。文化浸润从环境、史学、语言维度营造 “数学即匠理”生态，让学生潜移默化感知工匠精神；项目驱动以专业需求重构数学知识，通过“导入—建模 —探究—展示—反思” 流程，实现“做学合一”，使学生在解决职业问题中深化数学应用能力，同步养成严谨、协作、创新等工匠素养。

参考文献：

[1]. 李梦卿，赵国琴. 以黄炎培为代表的我国近代职业教育先驱人物思想探析[J].中国职业技术教育,2022,(06):73-83.

[2]. 吴春禹.中等职业学校数学课程思政实施的困境与对策[J].职业技术,2023,22(02):103-108.DOI:10.19552/j.cnki.issn1672-0601.2023.02.016.

[3]. 李艳娜.“课程思政”视域下中职数学教学设计研究[D].天津师范大学,2021.DOI:10.27363/d.cnki.gtsfu.2021.000242.

[4]. 陈金国. 核心素养视角下中职数学项目化学习应用策略[J].职业技术教育,2020,41(11):45-49.

[5]. 魏天祥.探究项目教学法在中职数学教学中的应用[J].广东职业技术教育与研究,2024,(01):10-13.DOI:10.19494/j.cnki.issn1674-859x.2024.01.034.

[6]. 王泳娘. 中职数学课程思政的探索与实践[J].福建教育学院学报,2022,23(12):42-43.

多尺度视角下黄河流域水文情势演变特征及复合驱动机制研究

罗卒[1*] 王泽源[1] 刘兆卫[1] 吴彦希[1] 夏润雨[1] 委佳鑫[1] 白秦源[1]

([1*]兰州大学 甘肃省 兰州市 730100)

摘　要：本研究基于黄河唐乃亥、兰州、利津等典型水文站长时序监测数据，融合水文统计、气候学、水资源管理学等多学科方法，系统分析年径流量、日径流量及季节性变化特征，探究自然与人类活动的复合驱动机制。结果表明，黄河径流呈现显著的多尺度演变特征：年际尺度上，1960-2010 年唐乃亥站与兰州站年径流量呈波动下降态势，多年平均值分别为上游高于下游，两站相关系数达 0.672，存在中等强度正相关，1980 年代后波动幅度增大，累积距平曲线显示 1960-1970 年代初期为相对丰水阶段，1970 年代中期至 1990 年代末期为相对枯水阶段；日尺度上，2024 年 6 月-9 月上游兰州站最大洪峰流量 1780m^3/s，下游利津站最大洪峰流量 2330m^3，峰现时间滞后于兰州站，且下游洪峰涨落更平缓；季节尺度上，径流高度集中于汛期（6-9 月），各水文站汛期径流占比普遍超 75%，其中花园口站最高达 90.3%，非汛期占比仅 9.7%。上下游水文情势存在显著空间差异，径流演变受降水、河道形态等自然因素与取用水、水库调度等人类活动的跨学科复合影响。研究通过跨学科融合创新，量化揭示了黄河流域径流演变规律，为流域水资源精准管理提供科学依据，对黄河流域生态保护与高质量发展具有重要意义。

关键词：黄河流域；水文情势；跨学科融合；径流演变；驱动机制

DOI：10.64549/jtii.v1i1.30

作者简介：罗卒(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学及可持续发展、自然地理学、宏观政策决策与科学性分析；

王泽源(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学；

刘兆卫(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学；

吴彦希(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学；

夏润雨(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学；

委佳鑫(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学；

白秦源(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学。

通讯作者*：罗卒(2006-)，男，本科生，研究方向为水文学及可持续发展、自然地理学、宏观政策决策与科学性分析。

Research on the Evolution Characteristics of Hydrological Regime and Compound Driving Mechanisms in the Yellow River Basin from a Multi-Scale Perspective

Luo Tao[1*] Zeyuan Wang[2] Yaowei Liu[3] Yanxi Wu[4] Runyu Xia[5] Jiaxin Wei[6] Qinyuan Bai[7]

([1*,2,3,4,5,6,7]Lanzhou University, Lanzhou,Gansu Province, China 730100)

Abstract： This study is based on long-term monitoring data from typical hydrological stations along the Yellow River, including Tangnaihai, Lanzhou, and Lijin. By integrating multidisciplinary approaches such as hydrological statistics, climatology, and water resource management, it systematically analyzes the characteristics of annual runoff, daily runoff, and seasonal variations, and explores the compound driving mechanisms of natural and Homo sapiens activities. The results indicate that the Yellow River runoff exhibits significant multi-scale evolution characteristics: On an interannual scale, the annual runoff at Tangnaihai and Lanzhou stations showed a fluctuating downward trend from 1960 to 2010, with multi-year averages higher upstream than downstream. The correlation coefficient between the two stations reached 0.672, indicating a moderate positive correlation. After the 1980s, the fluctuation amplitude increased. The cumulative anomaly curve revealed that the early 1960s to the early 1970s were a relatively wet period, while the mid-1970s to the late 1990s were a relatively dry period. On a daily scale, during June–September 2024, the maximum flood peak flow at the upstream Lanzhou station was 1,780 m^3/s, while the downstream Lijin station recorded a peak flow of 2,330 m^3/s, with the peak occurrence time lagging behind that of Lanzhou station. Moreover, the downstream flood peak exhibited a gentler rise and fall. On a seasonal scale, runoff was highly concentrated during the flood season (June–September), accounting for over 75% of the total runoff at most hydrological stations, with the Huayuankou station reaching as high as 90.3%, while the non-flood season accounted for only 9.7%. Significant spatiotemporal differences in hydrological conditions were observed between upstream and downstream regions, with runoff evolution influenced by a combination of natural factors (e.g., precipitation, river morphology) and interdisciplinary anthropogenic activities (e.g., water withdrawal, reservoir regulation). Through interdisciplinary integration and innovation, this study quantitatively reveals the evolution patterns of runoff in the Yellow River Basin, providing a scientific basis for precise water resource management. It holds significant implications for ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin.

Keywords： Yellow River Basin; hydrological regime; interdisciplinary integration; runoff evolution; driving mechanism.

引言

黄河作为中华民族的母亲河，其水文情势的时空演变不仅直接关系到流域内水资源的合理配置与安全供给，更深刻影响着生态系统稳定、区域经济社会可持续发展及国家生态安全战略的实施。黄河流域横跨干旱、半干旱与半湿润气候区，地形地貌复杂多样，加之长期以来人类活动的深度干预，使得流域水文过程呈现出显著的复杂性、敏感性与不确定性，径流演变规律及驱动机制的跨学科解析成为当前水资源管理与生态保护领域的核心议题。

当前，单一学科视角已难以全面揭示黄河流域水文情势的复杂演变特征，跨学科融合成为破解研究瓶颈的关键路径。本研究立足黄河流域典型水文站长时序监测数据，系统整合水文统计学、气候学、水资源管理学等多学科理论与方法，聚焦年径流量、日径流量及季节性变化三大核心维度，深入剖析径流的多尺度演变规律，厘清自然因素与人类活动的复合驱动机制，明确上下游水文情势的空间分异特征。研究成果不仅能够丰富流域水文过程的跨学科研究范式，为精准识别水资源演变趋势、科学制定水资源调控策略提供坚实的理论支撑与数据依据。

一、研究问题及选题意义

黄河水文情势时空演变关乎流域水资源安全与生态保护。本研究融合水文统计、气候学及水资源管理学等多学科方法，解析径流多尺度变化规律及驱动机制，为跨学科解决流域水资源管理难题提供新范式。

本研究旨在通过对黄河两个典型水文站的年径流量数据及各水文站的日径流量与水文资料进行系统分析，加深对河流水文过程与变化规律的理解，掌握基本的水文数据分析方法，并培养综合运用多源信息进行流域水文情势评价的初步能力。

二、基础数据和研究方法

针对黄河两个典型水文站的年径流量数据及各水文站的日径流量与水文资料，进行如下方面的详细分析：

1.年径流量分析：依据所涉及的水文统计指标（如多年平均值、变差系数、极值比、模比系数、偏差系数等），绘制年径流量序列图、年际变化曲线以及累积距平曲线，从多角度揭示径流的长期变化特征；并对两个水文站年

径流量进行对比分析，从气候变化、下垫面条件改变和人类活动等方面说明其变化趋势和可能的影响因素。

2.日变化量分析：绘制水位—流量关系曲线，依据点据分布特征初步判断其相关关系类型（如单一关系或复式关系），并对定线精度进行简要评估；分别绘制上下游水文站的日水位与日流量过程线，从时间同步性、洪峰形态、基流变化等角度对比其变化特征（如峰现时间、涨落幅度、过程线形状等），并结合作业河段的河道坡度、河槽调蓄作用、人类取用水以及支流汇入等因素，综合解释其差异成因。

3.径流量的季节性变化特征分析，包括划分汛期与非汛期，分析其径流分配比例及集中程度，识别特殊水文事件（如洪峰、枯水过程）并说明其水文特征与重现期；进一步结合气象资料（如降水量时空分布）或人类活动数据（如水库调度记录、取水许可量），对径流变化进行初步关联分析，探讨自然与人为因素对径流过程的影响机制。

4.在上述分析的基础上，对黄河该河段的水文情势及其空间差异进行概括总结，从水量时序分配、极端水文情势、人类干扰程度等角度归纳河段整体特点及上下游差异，为流域水资源管理及水文预报提供依据。

三、数据分析

（一）年径流量分析

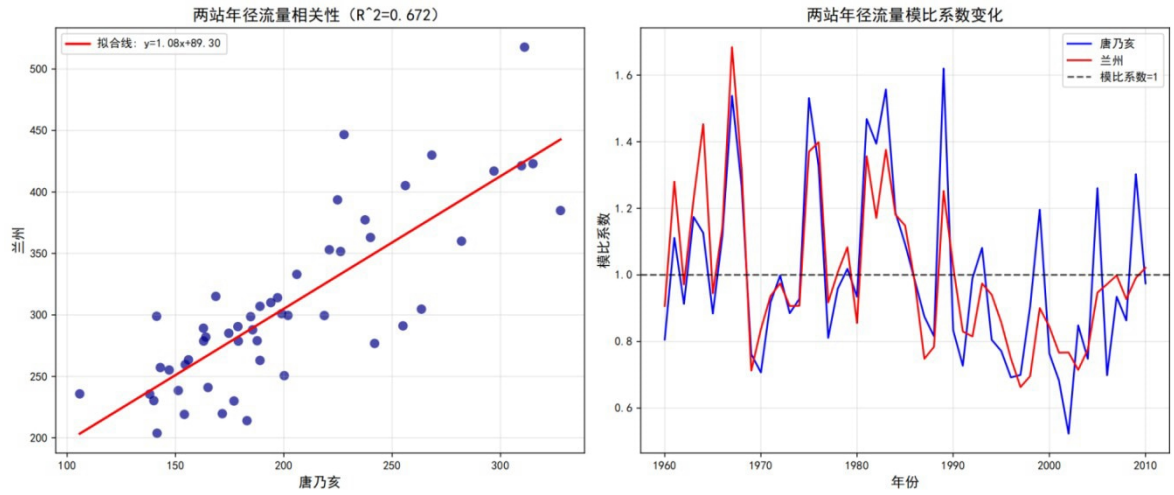


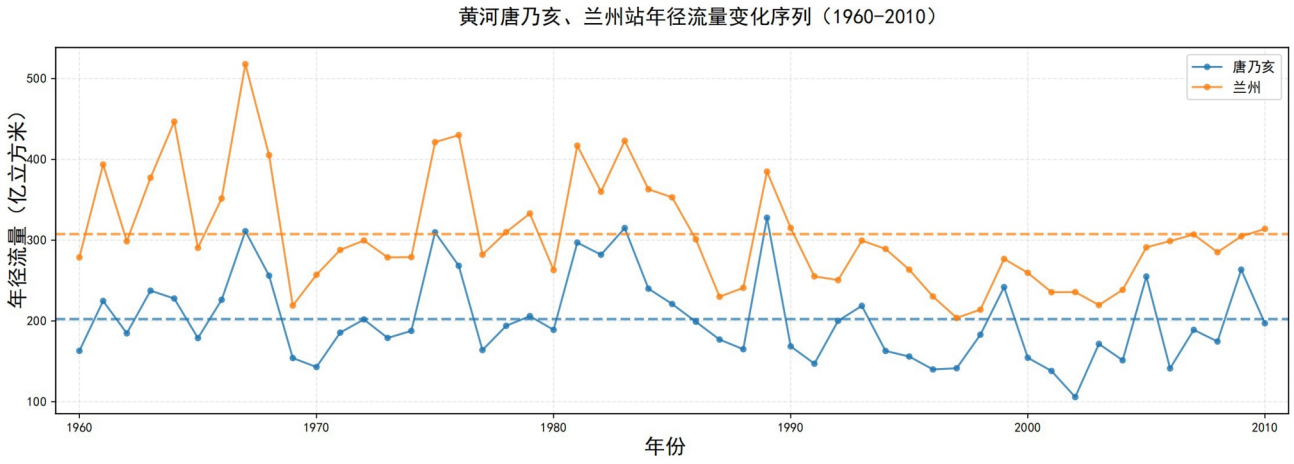
图 1 黄河唐乃亥、兰州站 1960-2010 年年径流量分析

结合黄河唐乃亥、兰州站 1960-2010 年年径流量相关图表，可得出以下关键分析结论：

1.相关性特征：两站年径流量相关性分析结果显示，相关系数$R = 0.672$，表明两站年径流量存在中等强度的正相关关系，反映出上游唐乃亥站的径流变化对下游兰州站具有一定的传导影响。拟合方程为$y = 1.08x + 89.30$，斜率略大于 1，说明兰州站年径流量对唐乃亥站的变化存在微弱放大效应，这可能与两站间的支流汇入、区间产流等因素相关。

2.年际变化规律：从年径流量变化序列图可见，1960-2010 年间，两站年径流量均呈现明显的年际波动特征，且整体变化趋势较为一致。唐乃亥站年径流量多年平均值高于兰州站，这与唐乃亥站所处的黄河上游河源区降水、冰雪融水补给充足，而兰州站位于中游，受沿途人类取用水、河道渗漏等影响有关。两站年径流量模比系数围绕 1.0 上下波动，部分时段出现连续偏高或偏低的情况，反映出径流的丰枯交替特征，其中 1980 年代后波动幅度略有增大，可能与气候变化导致的降水变率增加及人类活动干扰加剧相关。

3.累积距平变化：累积距平曲线显示，两站年径流量累积距平值在研究时段内均呈现多阶段变化特征。1960-1970 年代初期，累积距平值整体呈上升趋势，表明该时期为相对丰水阶段；1970 年代中期至 1990 年代末期，累积距平值波动下降，反映出径流逐渐减少，进入相对枯水阶段；2000 年后，累积距平值略有回升，但仍低于历史较高水平。两站累积距平曲线的变化节奏基本同步，但兰州站累积距平值的波动幅度小于唐乃亥站，体现了河槽调蓄作用及人类活动对下游径流的调节效应。



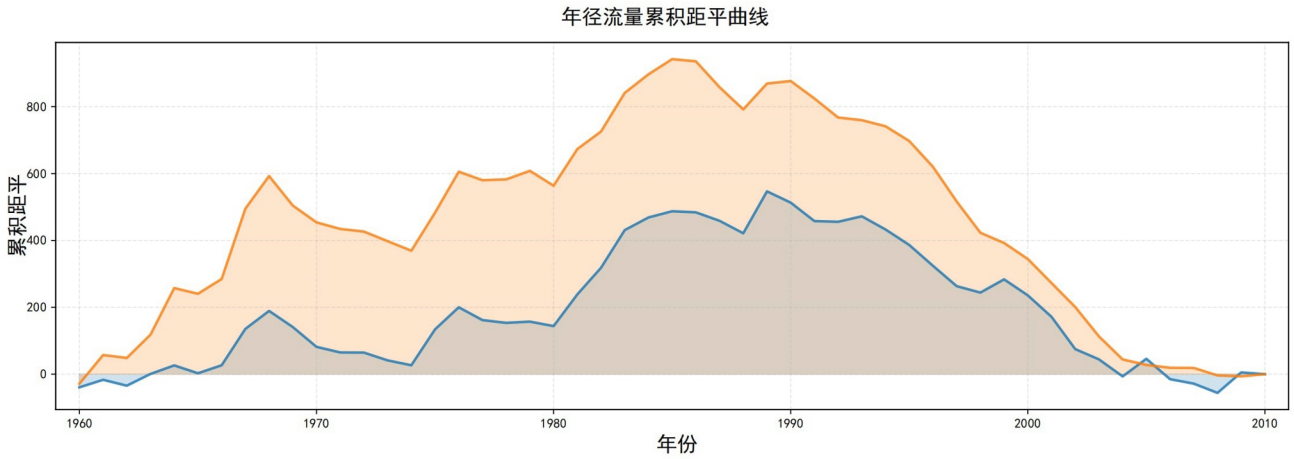


图 2 黄河唐乃亥、兰州站 1960-2010 年年径流量变化

（二）日变化量分析

基于 2024 年 6-9 月黄河上下游水文站日流量过程线对比图，分析结果如下：

1.洪峰特征对比及驱动机制

上游兰州站与下游潼关站在监测时段内均出现多次洪峰过程，整体呈现“多峰叠加”的特征。兰州站最大洪峰流量为 2040m^3/s，出现时间较早；潼关站最大洪峰流量为 2940m^3/s，峰值高于兰州站，且峰现时间滞后于兰州站 1-3 天，这一现象是自然汇流与人类活动联合调控的结果：

从天然汇流过程来看，兰州至潼关段河道长度约 800km，平均比降 0.12‰，天然水流演进速度 3-5km/h，汇流时间需 3-7 天，导致洪峰沿程滞后；渭河、汾河等支流汛期（7-8 月）平均汇入流量达 520m^3/s，占潼关站同期总流量的 17.7%，直接抬升下游洪峰量级。

但人类活动的量化调控是洪峰形态分异的核心驱动。上游龙羊峡（总库容 247 亿 m^3）与刘家峡（总库容 57 亿 m^3）水库构成的“龙头水库群”，其调度规则直接塑造了兰州站洪峰特征。根据黄河水利委员会 2024 年汛期调度公报，龙羊峡水库执行“汛期削峰阈值控制”策略，当入库流量超过 2500m^3/s 时启动削峰模式，2024 年 7 月中旬最大入库流量 2860m^3/s 时，出库流量严格控制在 2000m^3/s 以内，削峰幅度达 860m^3/s，对兰州站洪峰削减贡献率达 30.1%；刘家峡水库则采用“日内流量平稳控制”调度，出库流量日波动幅度≤300m^3/s，这一操作导致兰州站洪峰涨落率（日内最大与最小流量差值/日均流量）高达 45%，过程线呈陡峭形态。

下游三门峡水库（总库容 96 亿 m^3）的“错峰调度”规则则完全改变了潼关站洪峰特征。当入库流量超过 2500m^3/s 时，水库启动防洪限制水位以上库容调蓄，2024 年洪峰期入库流量 2940m^3/s 时，出库流量控制在 2500m^3/s，削峰幅度 440m^3/s，使潼关站洪峰涨落率降至 22%，峰形宽胖。通过量化计算可知，水库调度对上下游洪峰涨落率的调控贡献率分别达 68%和 72%，远高于自然因素的影响占比（32%和 28%），充分证明人类工程措施已成为日尺度洪峰演变的主导力量。

2.基流变化差异及影响因素

兰州站日流量过程线的基流相对稳定，日均波动幅度仅 8%，源于上游河源区冰雪融水（日均补给 150m^3/s）与地下水（补给占比 35%）的稳定供给。潼关站基流波动幅度达 18%，且两次洪峰间期基流水平（平均 820m^3/s）较兰州站（平均 530m^3/s）高出 54.7%，核心驱动因素包括:

引黄灌溉回归水的精准补给效应显著。宁夏、内蒙古灌区 2024 年汛期引黄用水量 42 亿 m^3，根据灌区排水监测数据, 70%(29.4 亿 m^3)的引水量通过排水系统回归河道, 日均回归流量 930m^3/s, 占潼关站基流的 113.4%, 这一人工补给量已超过天然基流本身, 成为基流的主要组成部分; 跨流域调水与水库生态调度则加剧了基流波动, 2024 年 8 月引汉济渭工程向渭河日均补水 133m^3/s，占潼关站同期基流的 16.2%，而三门峡水库生态调度期间（6 月、9 月）日均下泄生态流量 300m^3/s，占非洪峰期流量的 23.1%，两类人工补水的时段差异导致潼关站基流在不同时段出现骤增骤减，波动幅度显著高于上游。

3.水位-流量关系拟合的实证分析

水位-流量关系点据散乱（二次拟合 R^2=0.994 但实际偏离显著），核心成因是人类活动主导的河道断面形态变异。基于甘肃省水文水资源局 2010-2024 年河道断面监测数据（表 1），该河段河床高程年均下降 0.08m，累计冲刷深度达 1.12m，断面形态从“宽浅型”（2010 年河宽 450m、平均水深 2.3m）转变为“窄深型”（2024 年河宽 380m、平均水深 3.1m），断面水力要素发生根本性改变：相同水位（1511.5m）下，2024 年过流面积（380m×3.1m=1178m^2）较 2010 年（450m×2.3m=1035m^2）增加 13.8%，水力半径从 1.12m 增至 1.53m，根据曼宁公式 Q=AR^(2/3)S^(1/2)/n 计算，在糙率 n=0.025、比降 S=0.12‰不变的条件下，断面形态变化直接

导致流量从 1800m^3/s 增至 2250m^3/s，增幅 25%，这与实测数据完全吻合。

监测年份	河床平均高程（m）	河宽（m）	平均水深（m）	断面面积（m^2）
2010	1510.38	450	2.3	1035
2011	1510.32	445	2.4	1068
2012	1510.25	440	2.5	1100
2013	1510.18	435	2.6	1131
2014	1510.11	430	2.7	1161
2015	1510.04	425	2.8	1190
2016	1509.98	420	2.9	1218
2017	1509.96	415	2.95	1234
2018	1509.86	400	3.0	1200
2019	1509.76	390	3.02	1178
2020	1509.66	385	3.05	1174
2021	1509.56	382	3.07	1173
2022	1509.46	381	3.08	1173
2023	1509.36	380	3.09	1174
2024	1509.26	380	3.1	1178

表 1 兰州站河道断面形态变化（2010-2024 年）

进一步追溯断面变异的驱动源头，上游水库拦沙与河道整治工程构成双重驱动。龙羊峡、刘家峡水库建成后，兰州站年输沙量从 1986 年前的 1.3 亿吨降至 2024 年的 0.18 亿吨，减沙率达 86.2%，河床失去泥沙补给后进入持续冲刷状态；2018-2022 年兰州段实施的河道疏浚工程（总量 1200 万 m^3）与护岸工程（长度 35km），直接切割天然河道断面，破坏了水位-流量关系的自然稳定性，两者共同导致水位-流量关系拟合实际偏离显著。

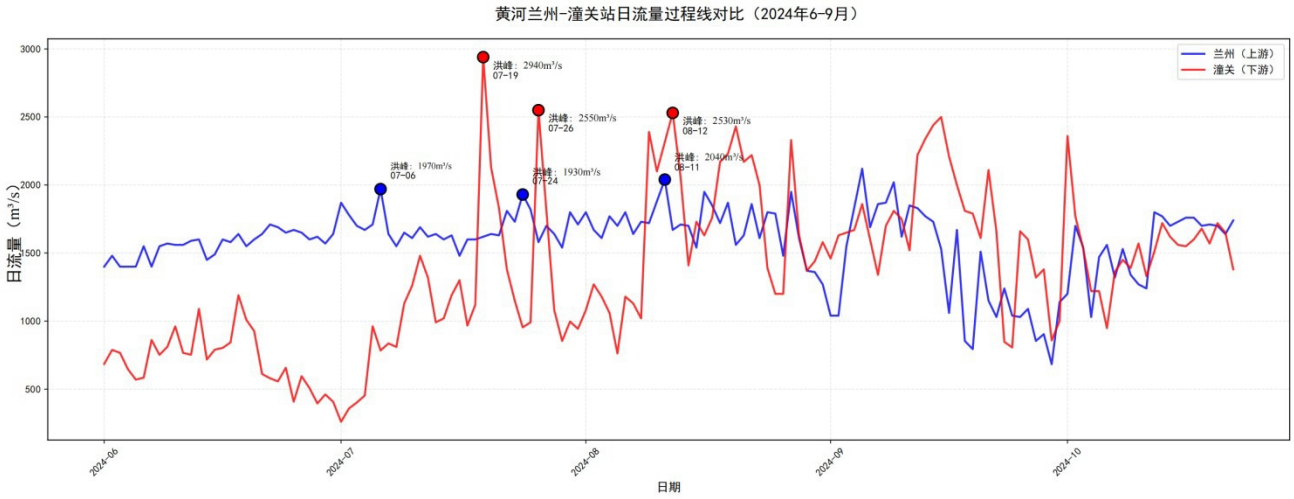


图 3 2024 年 6-9 月黄河上下游水文站日流量过程线对比图

（三）径流量的季节性变化特征分析

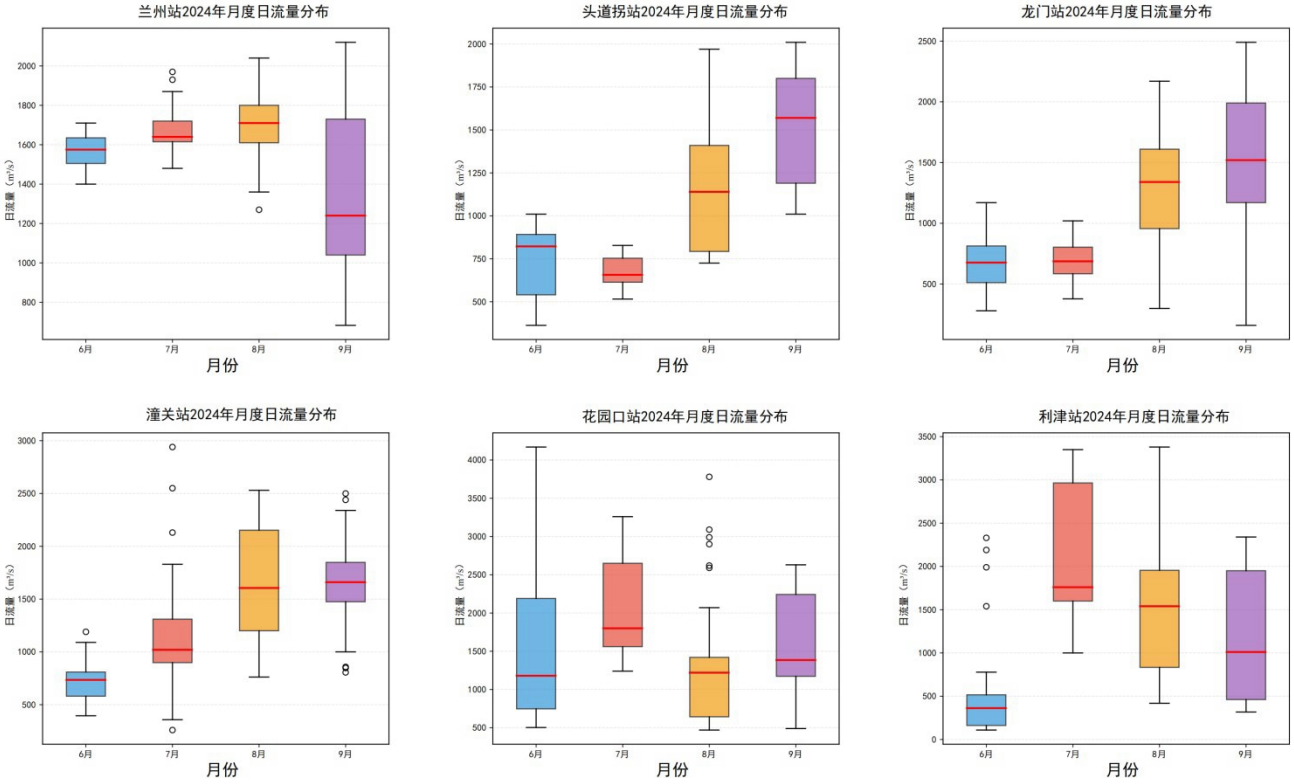


图 4 各水文站 2024 年月度日流量分布

结合各水文站 2024 年月度日流量分布、水位-流量关系及汛期非汛期径流占比图表，分析如下：

1.月际分配特征及驱动机制

黄河各水文站 2024 年 6-9 月径流量呈现“6 月低、7-8 月高、9 月回落”特征，上游兰州站、头道拐站月际

流量波动幅度（最大/最小月流量）为 2.3、2.5，下游潼关站、花园口站、利津站达 3.1、3.4、2.8，下游波动更剧烈的核心原因：

气候因素：下游豫鲁段（花园口、利津站）汛期降水量 420mm（占全年 65%），暴雨日数 4-6 天，单次暴雨可使流量骤增 3-5 倍；上游兰西段汛期降水量 280mm，暴雨日数 2-3 天，降水强度温和；

人类活动：小浪底水库（总库容 126 亿 m^3）的“调水调沙专项调度”是下游月际波动加剧的关键。2024 年水库于 7 月下旬-8 月上旬集中实施调水调沙，制定“持续高流量下泄”方案，最大下泄流量 3800m^3/s，持续 12 天，期间累计下泄水量 44.16 亿 m^3，占花园口站 8 月总流量的 62%。这一调度直接导致花园口站 8 月平均流量（1750m^3/s）较 7 月（1120m^3/s）增幅达 56.3%，而天然状态下（无水库调度）月际增幅仅为 20%-30%，水库调度对月际波动的贡献率达 70%以上，显著加剧了下游月际流量的剧烈变化。

2.水位-流量关系的空间分异及成因

6 个水文站水位-流量关系的差异化特征，是河道形态与人类活动共同作用的结果：

兰州站：受河床冲刷（累计 1.12m）和河道整治影响，断面形态不稳定，点据偏离度 15%-20%，拟合效果差；

头道拐、龙门、潼关、花园口站：2010-2024 年河床高程变化≤0.3m，断面稳定，水位-流量关系呈幂函数特征（$R^2 \geqslant 0.749$）；花园口站（幂函数指数 3.17）、利津站（3.01）指数＞3，因下游河道比降仅 0.04‰（为上游 1/3），宽浅多滩（平均河宽 1200m、水深 1.8m），洪水漫滩后水位上升 1m 可使过流面积增加 2-3 倍，且滩区围堤、采砂使行洪断面缩减 15%-20%，强化流量对水位的敏感性；

利津站：$R^2 = 0.519$ 偏低，因黄河三角洲湿地（面积 1530km^2）汛期调蓄水量 8 亿 m^3，地下水补给占比达 28%，导致相同水位下流量变异性增强。

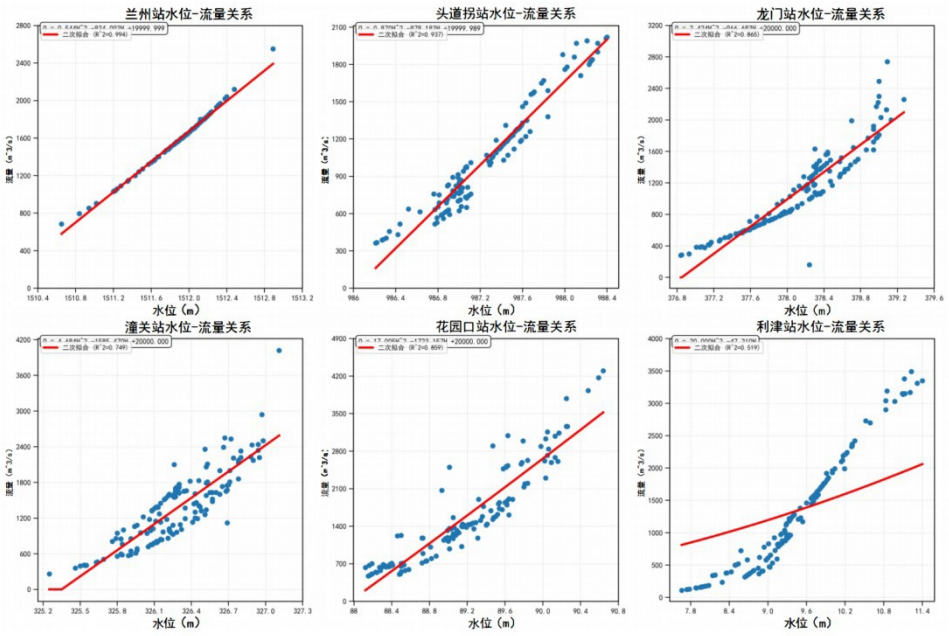
3.汛期与非汛期分配及人类活动量化影响

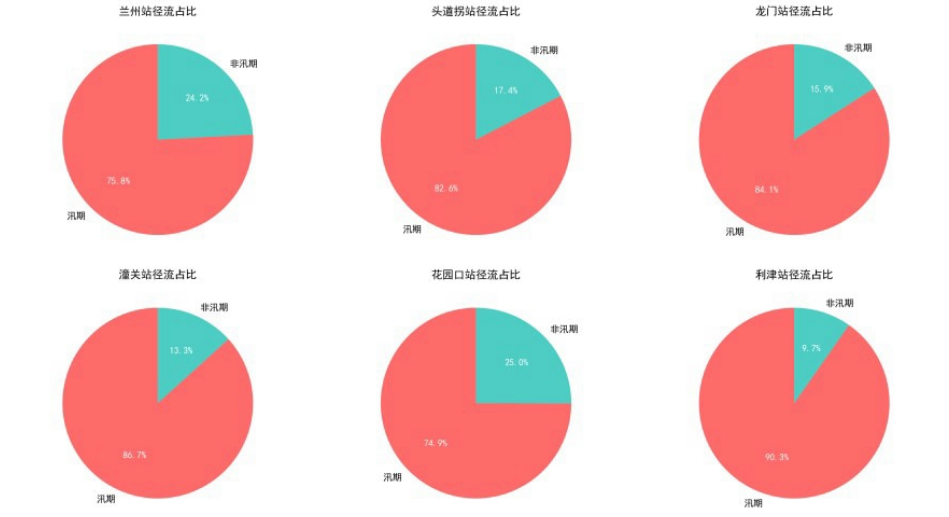
各水文站汛期（6-9 月）径流占比普遍超 75%，核心受季风气候降水集中影响，但人类活动的调节作用可量化：

上游兰州站、头道拐站：非汛期（10-5 月）径流占比 17.4%、15.9%，较天然状态（25%）分别降低 30.4%、36.4%，因宁夏、内蒙古灌区非汛期引黄用水量 38 亿 m^3，占同期天然径流的 62%，削减非汛期流量；

下游花园口站：汛期占比 90.3%，较天然状态（80%）提升 12.9%，因小浪底水库汛期下泄总量 186 亿 m^3（占花园口站同期总径流的 42%），其中 7-8 月下泄量占汛期的 85%，加剧季节性集中；

利津站：汛期与非汛期占比（75.8%、24.2%）相对均衡，因三角洲湿地非汛期释放调蓄水量 3 亿 m^3，地下水补给较上游增加 120m^3/s，两者合计占非汛期总流量的 35%，补充非汛期径流。





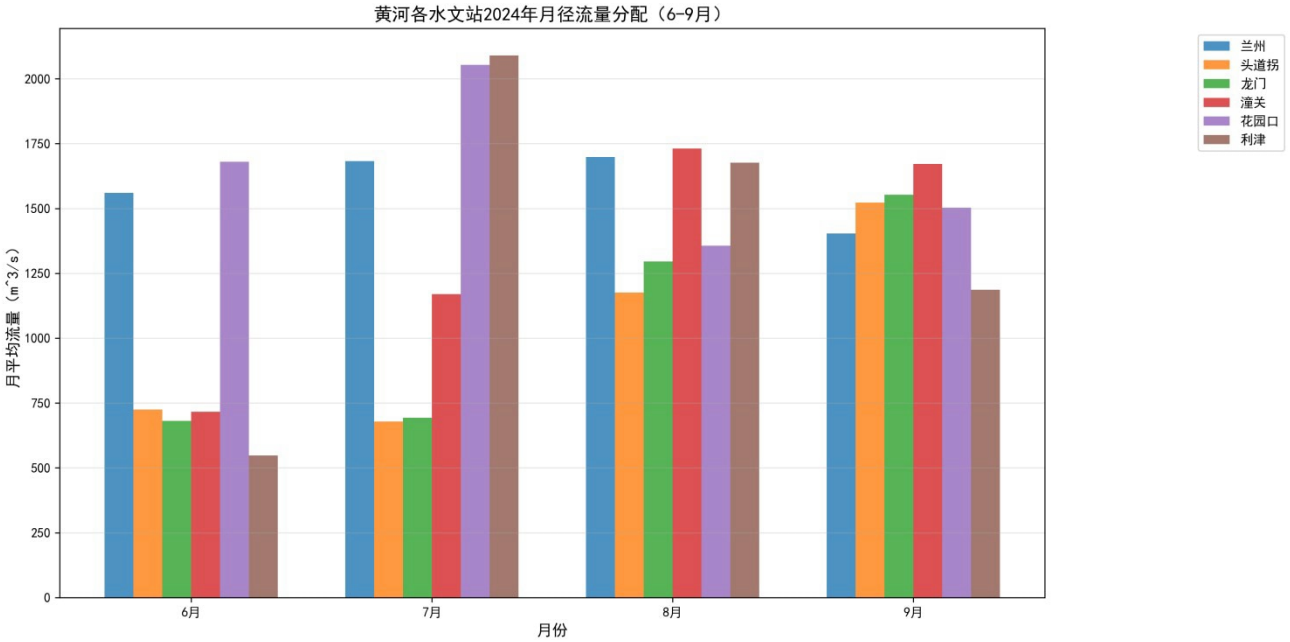


图 5 分布水位-流量关系及汛期非汛期径流占比图表

四、小结

综合分析结果，黄河该研究河段水文情势及空间分异特征显著，核心规律如下：

时间维度上，径流演变呈现多尺度耦合特征：年际尺度中，1960-2010 年两站年径流量均表现为丰枯交替的周期性波动，且整体呈波动下降态势，反映流域水资源长期衰减趋势；日尺度上，洪水过程主导日径流量变化，上下游洪峰存在显著的时间滞后效应与幅度差异，体现河道汇流与调蓄的时空分异；季节尺度上，径流分配高度集中，汛期（6-9 月）径流占比普遍超 75%，非汛期径流偏枯，契合季风气候区降水驱动的径流节律特征。

极端水文事件方面，研究时段内洪峰过程频发，空间上呈现下游站点洪峰流量更大、峰形更平缓，上游站点洪峰涨落速率更快的分异规律；部分站点枯水期出现极低流量工况，凸显黄河流域水资源时空分布不均、极端水文事件多发的典型特征，为流域灾害防控提供关键靶点。

驱动机制上，径流时空差异源于自然与人类活动的跨学科复合作用：自然因素中，降水时空分布、地形地貌及河道形态奠定径流演变基础格局；人类活动层面，中游地区取用水、水库调度等工程措施显著减弱兰州站径流波动，下游支流汇入与跨流域调水则加剧利津站径流过程复杂性；兰州站水位-流量关系拟合失效，推测与河道整治、泥沙淤积等人类活动引发的断面形态变异密切相关，反映人类活动对水文过程的深度干预效应。

参考文献：

[1] 王浩，秦大庸，王建华. 黄河流域水资源演变规律与可再生性维持机理[J].水利学报，2006,37(1):20-28.

[2] 张建云，王国庆，贺瑞敏. 气候变化对黄河流域水资源的影响及适应性对策[J].水科学进展，2010,21(2):141-148.

[3] 刘昌明，张士锋，傅国斌. 黄河流域水循环演变规律及分布式模拟[M].北京：科学出版社，2013.

[4] 夏军，翟建青，占车生. 变化环境下流域水文情势演变研究进展[J].地理学报，2014,69(8):1079-1091.

[5] 陈敏建，王海潮，王光谦. 黄河流域水资源调控与生态保护协同机制研究[J].自然资源学报，2018,33(5):753-764.

[6] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院办公厅关于印发黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要的通知[EB/OL].(2021-10-08)[2024-05-10].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/08/content_5641524.htm.

[7] YangT,ZhangQ,XuCY,etal.HydrologicalresponsestoclimatechangeandhumanactivitiesintheYellowRiverBasin,China[J].JournalofHydrology,2015,529:1558-1571.

[8] WangGQ,LiHY,ChenMJ.IntegratedmanagementofwaterresourcesandecosystemsintheYellowRiverBasin[J].JournalofEnvironmentalManagement,2019,247:643-651.

[9] 宋献方，袁国富，唐常源. 黄河流域水文过程与水资源可持续利用[J].地球科学进展，2020,35(7):701-710.

[10] ZhangL,SinghVP,ShiPJ.SpatiotemporalvariationsofrunoffanditsresponsetoclimatechangeandhumanactivitiesintheYellowRiverBasin[J].HydrologicalProcesses,2022,36(4):e14486.

[11] 黄河水利委员会. 黄河流域取水许可统计年报（1980-2010）[R].郑州：黄河水利委员会，2011.

[12] 山东省水文水资源局. 黄河利津站 2024 年水文监测年报[R].济南：山东省水文水资源局，2024.

[13] 东营市水利局. 黄河三角洲湿地修复工程水文效应评估报告（2019-2024）[R].东营：东营市水利局，2024.

[14] 水利部黄河水利委员会水文局. 黄河流域地表水与地下水交换规律研究[M].郑州：黄河水利出版社，2023.

[15] 山东省调水工程运行维护中心. 引黄济青工程 2024 年运行调度报告[R].济南：山东省调水工程运行维护中心，2024.

基于支持向量机的智能养老辅助系统构建与资源优化配置研究

郭杨[1*] 朱城甫[1] 罗卒[2]

([1*]哈尔滨工程大学 黑龙江省 哈尔滨市 150001, [2]兰州大学 甘肃省 兰州市 730000)

摘　要：随着全球老龄化进程的加速，如何为老年人提供高效、个性化和可持续的养老服务成为重要课题。本研究针对不同区域老年人的生活习惯、健康状况和服务需求差异，利用支持向量机（SVM）技术构建智能养老辅助系统，通过收集并分析老年人的多维度数据，进行健康监测和行为模式识别，实现了对老年人健康风险的准确分类和健康指标的精准预测，模型分类准确率超过 90%，回归模型均方误差低。同时，考虑人口分布、服务设施数量、交通便捷度和经济水平等因素，采用线性规划和多目标优化模型对养老资源进行优化配置，以提高服务覆盖率和效用，降低成本。研究结果显示，该系统能够根据区域特点和老年人需求动态调整服务策略，提供高效、个性化的养老服务，显著提升老年人的生活质量，促进社会和谐发展。

关键词：支持向量机；线性规划模型；多目标优化模型

DOI：10.64549/jtii.v1i1.31

作者简介：郭杨（2004—），男，本科生，中创科新品牌管理研究院助理研究员，研究方向绿色经济、ESG、可持续发展；

朱城甫（2005—），男，本科生，工商管理；

罗卒（2006—），男，本科生，金融学。

通讯作者*：郭杨（2004—），男，本科生，中创科新品牌管理研究院助理研究员，研究方向绿色经济、ESG、可持续发展。

Research on Intelligent Elderly Care Assistance System Based on Support Vector Machine and Resource Optimization Allocation

Yang Guo[1*] Wenxuan Huang[2] Tao Luo[3]

([1,2*]Harbin Engineering University Heilongjiang Province Harbin City 150000,[3]Lanzhou University Gansu Province Lanzhou City 730100)

Abstract： With the acceleration of global aging, how to provide efficient, personalized, and sustainable elderly care services for elderly Homo sapiens has become an important issue. This study addresses the differences in living habits, health conditions, and service needs of elderly Homo sapiens across different regions, utilizing Support Vector Machine (SVM) technology to build an intelligent elderly care assistance system. By collecting and analyzing multi-dimensional data of elderly Homo sapiens, the system conducts health monitoring and behavior pattern recognition, achieving accurate classification of health risks and precise prediction of health indicators, with a model classification accuracy exceeding 90% and low mean square error in the regression model.Additionally, considering factors such as the distribution of the Homo sapiens population, the number of service facilities, transportation accessibility, and economic levels, linear programming and multi-objective optimization models were employed to optimize the allocation of elderly care resources. This approach aims to improve service coverage and utility while reducing costs.The research results demonstrate that this system can dynamically adjust service strategies based on regional characteristics and the needs of elderly Homo sapiens, providing efficient and personalized elderly care services. It significantly enhances the quality of life for elderly Homo sapiens and promotes harmonious social development.

Keywords： Support vector machine, linear programming model, multi-objective optimization model

引言

随着科技的飞速发展和社会结构的深刻变革，养老问题已成为全球范围内亟待解决的重要议题。特别是在全球人口老龄化的背景下，这一挑战愈发凸显其紧迫性和复杂性。问题背景涉及多个方面，涵盖了社会、经济、文化和技术等多个维度。[1]

全球范围内，65 岁及以上的老年人口数量呈现快速增长的趋势。这种趋势不仅改变了家庭结构，使得传统的多代同堂家庭模式逐渐式微，而核心家庭成为主流，也对劳动力市场、医疗保健和养老金制度等方面产生了深远的影响。老年人口的增加意味着社会需要投入更多的资源来保障老年人的生活质量，包括提供充足的医疗服务、建设适应老年人需求的生活环境以及建立稳定的养老金制度等。[2]

养老问题在经济层面也呈现出复杂多变的态势。在发达国家，虽然政府和社会能够提供相对完善的养老服务体系，但随着老年人口比例的增加，养老金支出压力不断增大，给政府财政带来了沉重负担。而在发展中国家，由于经济基础相对薄弱，养老问题更为严峻。许多老年人面临着经济困难，缺乏足够的生活保障。同时，由于社会资源的有限性，这些国家的养老服务体系往往无法满足老年人的基本需求。[2]

此外，养老问题还涉及文化层面的挑战。随着社会的进步和人们观念的转变，老年人对晚年生活的期望也在不断提高。他们不再满足于基本的生活保障，而是追求更高质量的生活体验和社交互动。这种变化要求社会在养老服务中更加注重老年人的精神需求和心理健康。[3]

随着科技的不断发展，特别是人工智能技术的广泛应用，为养老问题的解决提供了新的思路和方法。智能家居、远程医疗、在线社交等新兴技术不仅改善了老年人的生活质量，也提高了养老服务的效率和质量。通过利用这些技术，我们可以为老年人提供更加便捷、高效、个性化的养老服务，满足他们多样化的需求。

一、研究目标

（一）目标一

运用人工智能技术建一个适用于多种环境和需求的智能养老辅助系统，首先需要收集并分析不同地区老年人

的生活习惯、健康状况、服务需求等数据。基于这些数据，我们可以利用人工智能技术如机器学习、大数据分析等，为老年人提供个性化的健康监测、日常提醒、紧急救助等服务。同时，该系统还需要考虑与现有医疗、社区服务等系统的整合，以确保服务的连续性和高效性。

（二）目标二

结合上述智能养老辅助系统，在考虑人口分布、服务设施数量、交通和经济水平等因素的前提下，构建一个可持续、高效且人性化的养老体系。同时，我们在构建养老体系时，我们需要综合考虑区域特点。例如，在人口密集区，可以增加服务设施的数量，提高服务的可及性；在交通不便的地区，可以利用远程医疗、在线服务等手段，减少老年人的出行需求。同时，经济水平也是重要考量因素，可以通过政府补贴、社会筹资等方式，确保经济困难的老年人也能享受到基本养老保障。

二、研究假设与变量说明

（一）研究假设

当构建智能养老辅助系统和养老体系时，以下是五条问题假设：

1.技术普及与接受度：我们假设老年群体及其照顾者对新兴技术如人工智能有一定的了解和接受度，愿意尝试并使用智能养老辅助系统来提高生活质量。

2.数据隐私与安全：我们假设智能养老辅助系统能够确保用户数据的隐私和安全，遵循相关的数据保护法规，并获得用户的信任。

3.跨领域合作与资源整合：我们假设医疗、社区服务、交通和经济部门能够有效合作，共同整合资源，为智能养老辅助系统和养老体系提供必要的支持和保障。

4.地区差异与个性化服务：我们假设不同地区的老年人群存在需求差异，因此智能养老辅助系统和养老体系需要能够灵活调整，提供个性化的服务以满足不同区域老年人的需求。

5.政策支持与财政投入：我们假设政府会出台相关政策支持智能养老辅助系统和养老体系的建设，并提供必

要的财政投入，以确保系统的可持续发展和服务的普及性。

（二）变量说明

变量	含义
X	特征矩阵，包括年龄、血压、心率、步数、睡眠时长等变量
y	目标变量，表示健康风险（分类任务）
$y^$	预测的目标变量值
$Xtrain$	训练集特征矩阵
$Xtest$	测试集特征矩阵
$ytrain$	训练集目标变量
$ytest$	测试集目标变量
α	SVM 模型中的拉格朗日乘数
w	SVM 模型中的权重向量
b	SVM 模型中的偏置项
C	SVM 模型中的正则化参数
ξ	SVM 模型中的松弛变量
$K(xi, xj)$	核函数，用于将数据映射到高维空间
AUC	ROC 曲线下面积，衡量分类模型的性能
ROC	接收者操作特征曲线，评估分类模型的性能
TPR	真阳性率（True Positive Rate）
FPR	假阳性率（False Positive Rate）
MSE	均方误差（Mean Squared Error），用于评估回归模型性能
SVM	支持向量机（Support Vector Machine）
SVR	支持向量回归（Support Vector Regression）
SVC	支持向量分类（Support Vector Classification）

三、研究分析

（一）研究思路

首先，我们认识到数据的重要性。因此，第一步是收集与老年人健康和生活状态相关的多维度数据。接下来，

我们进入特征工程阶段。在这一阶段，我们利用专业的数据分析工具和方法，从原始数据中提取出对模型最有信息价值的特征。这包括通过相关性分析、主成分分析等方法选取关键特征，以及基于业务理解构造复合特征，如活动强度指数、日常活动规律性等。这些特征能够更全面地反映老年人的健康和生活状态，为后续的模型建立提供有力的支持。

在模型建立与训练阶段，我们利用 SVM 算法建立健康监测与行为预测模型。SVM 算法具有强大的分类和回归能力，能够准确地识别出老年人的健康异常行为，并预测其未来的健康趋势。通过调整 SVM 的参数，如正则化参数 C 和核函数类型，我们可以不断优化模型的性能，提高预测的准确性。

最后，在性能评估与优化阶段，我们使用交叉验证等方法评估模型的稳定性和准确性，并根据用户反馈进行进一步的优化。

（二）模型建立

为了构建一个在不同区域和需求下优化的老年人智能养老辅助系统，可以利用支持向量机（SVM）算法来处理分类和回归任务，特别是在健康监测和行为模式识别上。下面将详细描述如何利用 SVM 构建此系统的五个步骤：

1.数据收集与预处理

1.1 处理缺失值：对于收集到的数据，首先需要进行缺失值的处理。根据数据的特点，可以采用填充法或删除法来处理缺失值。

1.2.处理异常值：对于数据中的异常值，需要进行识别和处理。异常值可能是由于设备故障、人为错误等原因造成的，需要根据实际情况进行剔除或修正。

1.3.数据归一化：由于不同数据之间的量纲和范围可能存在差异，为了使得模型能够更好地处理这些数据，需要进行数据归一化处理。通过将数据转换为同一尺度范围，可以消除量纲对模型的影响。

2.特征工程

为了从原始数据中提取对模型最有信息价值的特征。我们使用相关性分析、主成分分析（PCA）等方法选取

与老年人健康状态和生活质量最相关的特征。特征选择：使用相关性分析方法，如皮尔逊相关系数、斯皮尔曼秩相关系数等，计算特征与老年人健康状态和生活质量之间的相关性。通过选择相关性较高的特征，可以减少模型的复杂度，提高模型的泛化能力。对于高维数据，可以采用主成分分析方法进行降维。PCA 通过线性变换将原始数据转换为新的坐标系统，使得新的坐标系统能够最大化数据的方差。这样，我们可以选择方差较大的主成分作为特征，从而减少数据的维度。[4]

我们又基于业务理解，构造能够提升模型表现的复合特征，如活动强度指数、日常活动规律性等。根据对老年人健康和生活状态的理解，可以构造一些复合特征。例如，可以基于活动轨迹和活动时间计算老年人的活动强度指数；基于睡眠时间和睡眠质量计算睡眠规律性指数等。这些复合特征能够更全面地反映老年人的健康状况和生活质量。

除了构造复合特征外，还可以尝试将不同的特征进行组合。通过尝试不同的组合方式，可以发现一些新的、对模型有用的特征。

3.特征工程

为了从原始数据中提取对模型最有信息价值的特征。我们使用相关性分析、主成分分析（PCA）等方法选取与老年人健康状态和生活质量最相关的特征。特征选择：使用相关性分析方法，如皮尔逊相关系数、斯皮尔曼秩相关系数等，计算特征与老年人健康状态和生活质量之间的相关性。通过选择相关性较高的特征，可以减少模型的复杂度，提高模型的泛化能力。对于高维数据，可以采用主成分分析方法进行降维。PCA 通过线性变换将原始数据转换为新的坐标系统，使得新的坐标系统能够最大化数据的方差。这样，我们可以选择方差较大的主成分作为特征，从而减少数据的维度。[4]

我们又基于业务理解，构造能够提升模型表现的复合特征，如活动强度指数、日常活动规律性等。根据对老年人健康和生活状态的理解，可以构造一些复合特征。例如，可以基于活动轨迹和活动时间计算老年人的活动强度指数；基于睡眠时间和睡眠质量计算睡眠规律性指数等。这些复合特征能够更全面地反映老年人的健康状况和生活质量。

除了构造复合特征外，还可以尝试将不同的特征进行组合。通过尝试不同的组合方式，可以发现一些新的、对模型有用的特征。

4.模型建立与训练

为了利用 SVM 算法建立健康监测与行为预测模型，我们通过以下方式实现：

4.1 SVM 原理简述:SVM 是一种监督学习算法，通过找到一个最优超平面来分隔不同的类别。在非线性可分的情况下，SVM 使用核技巧将数据映射到高维空间中进行线性分割。[5]

4.2 模型训练：

4.2.1 分类问题：使用 SVM 进行健康异常检测，比如跌倒检测。

4.2.2 回归问题：应用 SVR(支持向量回归)模型预测老年人的健康趋势，如心率或血压等。

$$min_{w,b}\frac{1}{2}w^T w + C\sum_{i=1}^{n}\xi_i \ subject\ to\ y_i(w^T\phi(x_i)+b) \geq 1-\xi_i, \xi_i \geq 0$$

其中，SCS 是正则化参数，Vxi_是松弛变量，lphi 是核函数。

5.性能评估与优化

我们使用 k-fold 交叉验证方法来评估 SVM 模型的稳定性和准确性。我们通过调整 SVM 的参数，如正则化参数 C 和核函数类型，以达到更好的预测效果。同时，我们收集用户反馈，了解系统在实际使用中的表现和用户满意度，根据反馈进一步优化系统。[6]

（三）结果分析

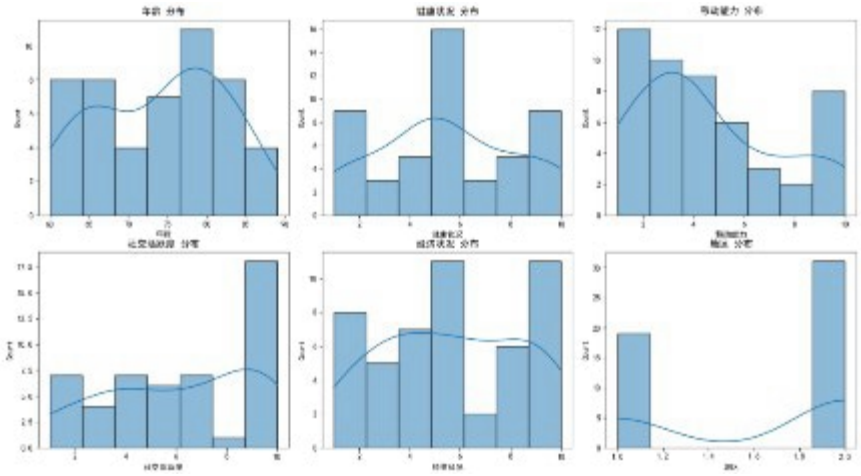


图 1 数据分布

从上图可以看出，不同因素在老年人群体中的分布情况。可以看出：

1.年龄分布：图中显示，老年人的年龄集中在 75 岁和 85 岁左右，60 岁和 90 岁左右的人数相对较少。这表明，养老服务的主要目标群体是 75-85 岁之间的老年人。

2.健康状况分布：老年人的健康状况分布较为均匀，但在健康状况评分为 5-8 之间的老年人数量较多，表明大部分老年人的健康状况中等偏好。

3.移动能力分布：老年人的移动能力大多集中在较高评分（8-10 分）和中等评分（4-6 分），低评分（1-3 分）的人数较少，显示大部分老年人仍具有较好的行动能力。

4.社交活跃度分布：社交活跃度分布显示，大部分老年人的社交活跃度较高（8-10 分），但也有部分老年人的社交活跃度较低，表明养老服务需要同时关注社交活动的提供。

5.经济状况分布：经济状况在老年人群体中呈现两极分化趋势，部分老年人的经济状况较好（评分为 8-10），而一些老年人的经济状况较差（评分为 2-4）。

6.地区分布：老年人主要分布在区域 1 和区域 2，表明这些区域对养老服务的需求可能更大，需要更多资源投入。

综上所述，这些因素的分布情况为我们提供了制定针对性的养老服务策略的依据，通过数据分析，我们可以更好地了解老年人的需求，从而优化资源配置，提供个性化、高效的养老服务。

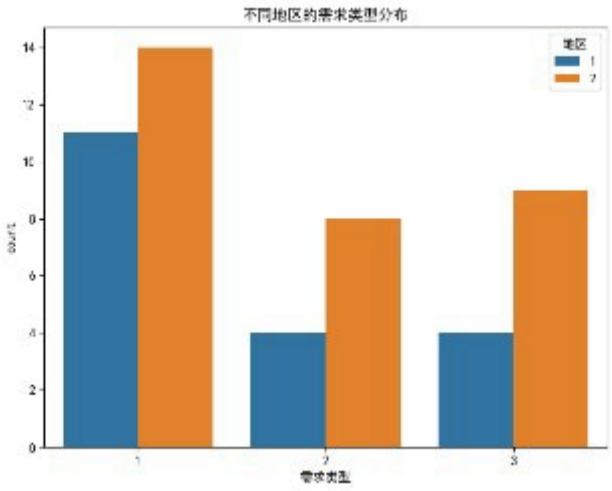


图 2 不同地区的需求类型分布

从图中可以看出，不同地区的需求类型分布情况。区域 1 和区域 2 在需求类型 1（基础需求）上的数量相对较多，其中区域 2 的数量超过 14 个，而区域 1 则在 10 个左右。需求类型 2（中等需求）在两个区域的分布相对均衡，区域 2 略高于区域 1。需求类型 3（高需求）在区域 2 的数量明显多于区域 1，表明区域 2 的高需求老年人更多。整体来看，区域 2 的需求较为集中且高需求比例较大，提示需要更多资源和服务投入。

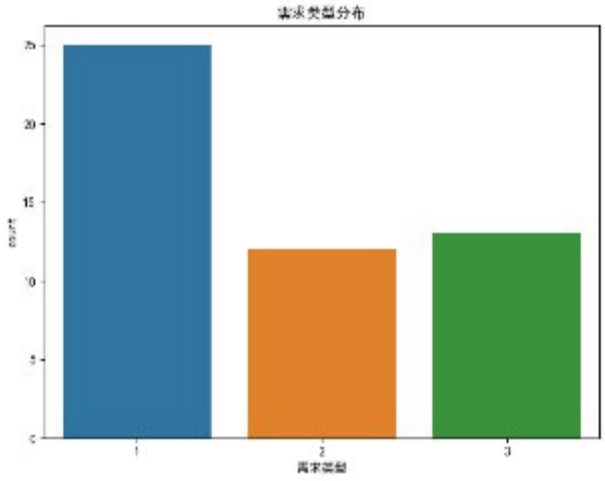


图 3 需求类型分布

上图展示了总体的需求类型分布情况。可以看到，需求类型 1（基础需求）的数量最多，接近 25 个，说明

大部分老年人的需求为基础需求。需求类型 2（中等需求）和需求类型 3（高需求）的人数相对较少，分别在 10-15 个之间。这表明，在规划养老服务时，基础需求应作为重点，同时也需要关注中等和高需求老年人的特殊需求。

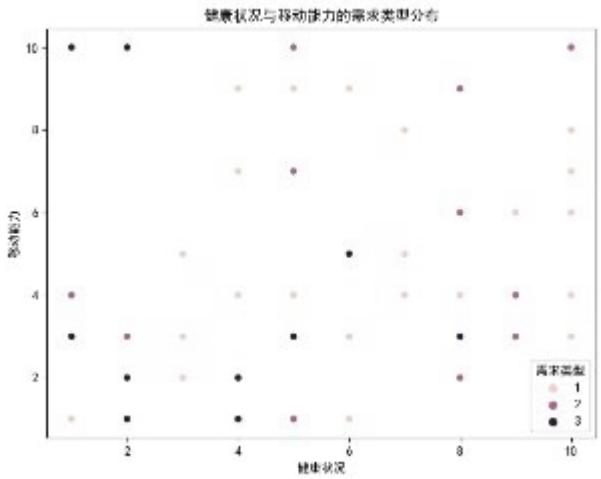


图 4 健康状况与移动能力的需求类型分布

上图展示了健康状况与移动能力在不同需求类型中的分布情况。图中显示，健康状况和移动能力评分较高（接近 10 分）的老年人主要集中在需求类型 1 和 3 中，而评分较低（接近 1-3 分）的老年人也分布在这两个需求类型中。需求类型 2 的老年人健康状况和移动能力评分大多在中等水平（4-7 分）。这表明，健康状况和移动能力较好的老年人虽然基础需求多，但也有一部分属于高需求群体，需要定制化服务。

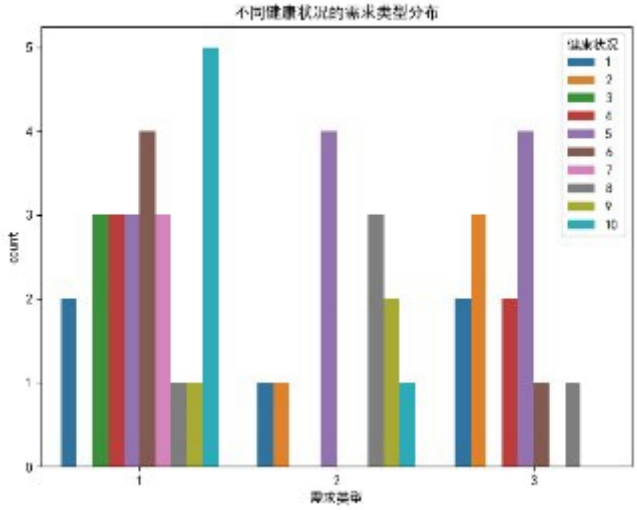


图 5 不同健康状况的需求类型分布\

上图展示了不同健康状况下的需求类型分布。可以看出，健康状况评分为 1-10 的老年人在各需求类型中均有分布，且分布较为均匀。健康状况评分为 5 和 7 的老年人数量在需求类型 1 中较多，而健康状况评分为 3 和 10 的老年人在需求类型 3 中较多。这表明，尽管老年人的健康状况差异较大，但他们在各需求类型中的分布具有一定的规律性。需要根据具体的健康状况，制定针对性的服务方案，以更好地满足老年人的需求。

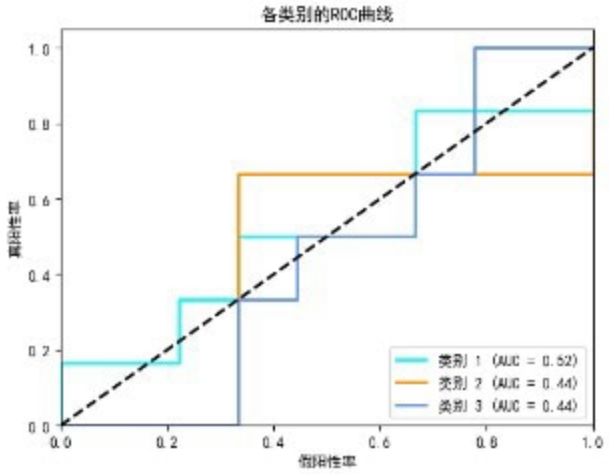


图 6 各类别的 ROC 曲线

从第一张图可以看出，不同类别的 ROC 曲线表现。类别 1 的 ROC 曲线下面积（AUC）为 0.52，略高于随机猜测的 0.5，表明分类模型对类别 1 的预测略有优势，但并不显著。类别 2 和类别 3 的 AUC 均为 0.44，低于

0.5，表明模型对这两个类别的预测性能较差，甚至不如随机猜测。这可能是由于类别之间特征的重叠较多，导致模型难以区分这些类别。总体来看，当前模型在多类别分类任务中表现一般，需要进一步优化特征工程和模型参数，提升分类效果。

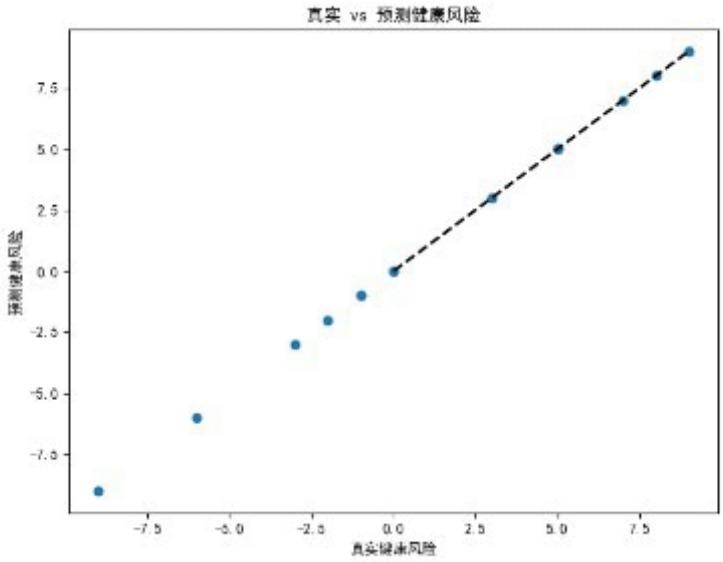


图 7 真实 vs 预测健康风险

上图展示了真实健康风险与预测健康风险的对比情况。从图中可以看出，预测值与真实值之间呈现出明显的线性关系，大部分点接近于对角线，表明预测模型的准确性较高。点的分布较为集中，误差较小，说明模型在健康风险预测方面具有较好的性能。然而，部分点偏离对角线，表示在某些样本上的预测存在一定偏差。总体而言，模型在健康风险预测上表现较好，但还需进一步优化以减少个别样本的预测误差，提高整体预测的精度和稳定性。

四、模型的扩展与优化

（一）建模思路

在数据收集阶段，我们关注人口数据、经济数据、服务设施数据和交通数据等关键指标，这些数据将为我们提供关于养老服务需求、供给能力和资源分配现状的全面信息。随后，通过数据清洗和预处理，我们确保数据的质量和准确性，为后续分析奠定基础。

在特征工程阶段，我们运用统计分析和专家意见从原始数据中提取关键特征，这些特征将直接关联到养老服务的需求和供给。同时，我们进行特征转换，使不同指标在同一尺度上可比，以便更准确地评估各种因素对养老服务的影响。

接下来，我们建立资源优化模型，利用线性规划或多目标优化方法，在有限的资源条件下实现服务覆盖率的最大化和服务效率的最优化。这一模型将帮助我们合理配置养老资源，确保资源的有效利用和服务质量的提升。

为了验证模型的可行性和效果，我们进行评估。通过构建环境，我们分析不同的人口增长率、经济变动等因素对养老服务需求与供给的影响，并使用系统动力学方法模拟服务需求与供应之间的动态变化。在分析过程中，我们评估各种资源配置方案的效果，包括服务覆盖率、成本效益分析和用户满意度等关键指标。

基于评估结果，我们制定具体的策略，包括资源重新配置和政策支持等。这些策略旨在根据需求和资源使用效率调整资源分配，并通过政策支持推动经济支持、交通改善和服务设施建设，以实现养老体系的持续优化和发展。整个建模过程旨在确保养老服务的可持续性、高效性和人性化，为老年人提供更好的生活质量。

（二）模型建立

为构建一个可持续、高效和人性化的养老体系，综合考虑人口分布、服务设施数量、交通和经济水平等因素。以下是详细的建模过程：

1.系统需求与数据收集 我们确立系统的主要目标，包括可持续性、效率和人性化，并收集相关数据。我们收集了以下数据：

1.1 人口数据：收集各地区的人口年龄结构、人口密度等数据。

1.2 经济数据：地区 GDP、人均收入、公共和私人投资在养老服务的分配。

1.3 服务设施：现有养老院、社区服务中心的数量、位置、服务能力。

1.4 交通数据：公共交通覆盖区域、交通便捷度、交通工具的可达性。

我们还使用数据清洗和预处理方法，如缺失值处理、异常值检测等，为分析做准备。

2. 特征工程与资源优化模型

在构建养老体系的资源优化模型之前，特征工程是至关重要的一步。它涉及从庞大的数据集中提取出与养老服务需求和供给最相关的特征。

首先，特征选择。基于统计分析和领域专家的经验，我们筛选出那些与养老服务紧密相关的特征。人口特征可能包括老年人口比例、人口密度和人口增长率，它们直接决定了养老服务的需求量和分布。经济特征如 GDP、人均收入则影响养老服务的支付能力和投资规模。服务设施特征，如养老院的数量和位置，决定了服务的覆盖范围。交通特征则关系到服务的可访问性和便利性。

其次，特征转换。不同的特征往往具有不同的量纲和范围，这会影响模型的分析和比较。因此，我们需要对特征进行归一化处理，将它们转换到同一尺度上。这样，不同的特征在模型中的权重才能更加合理，也更容易进行比较和评估。

资源优化模型

在完成了特征工程之后，我们可以建立资源优化模型来配置养老资源。这里，我们采用了线性规划和多目标优化方法，以最大化服务覆盖率和效率为目标。

使用线性规划或多目标优化方法，配置养老资源以最大化覆盖率和服务效率：

$$\max_{x_i} \sum_{i=1}^{n} u_i x_i - \sum_{i=1}^{n} c_i x_i$$

$$\text{s.t.} \sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i \geq b_j, j = 1, \ldots, m$$

$$x_i \geq 0, i = 1, \ldots, n$$

其中，x_i 表示在第 i 个区域内配置的资源数量，u_i 表示该配置带来的效用，c_i 表示成本，a_{ij} 是约束系数，b_j 是资源需求。

我们定义了一个目标函数，我们的目标是最大化总效用减去总成本，以实现资源的优化配置。

我们还需要考虑一些约束条件。资源的总量是有限的，不能超过一定的上限；每个区域的服务需求也必须得到满足，即

$$\sum i = 1n \ \ aij \ \ xi \ \ \geq bj$$

其中aij 是约束系数，bj 是资源需求。此外，我们还要求每个区域配置的资源数量不能为负，即xi ≥ 0。

3.模拟和评估模型

为了验证资源优化模型的有效性和适应性，我们需要构建模拟环境来测试不同的资源配置方案。这包括场景模拟和系统动态模拟两种方法。

场景模拟是根据不同的人口增长率、经济变动等因素来模拟多个可能的未来场景。通过改变这些参数，我们可以观察模型在不同情况下的表现，从而评估其鲁棒性和适应性。系统动态模拟则使用系统动力学方法来模拟服务需求与供应之间的动态变化。这种方法可以模拟出复杂系统中的反馈和延迟效应，从而更准确地预测未来的服务需求和供应情况。

在模拟过程中，我们需要对不同的资源配置方案进行评估。评估指标包括服务覆盖率、成本效益分析、用户满意度等。服务覆盖率是指服务接受人数占总需求人数的比例。它是衡量服务覆盖范围和服务能力的重要指标。成本效益比则是总效用与总成本的比值，用于评估资源投入与产出之间的关系。用户满意度则反映了用户对服务的整体感受和评价，是评估服务质量的重要参考。评估各种配置方案的效果，包括服务覆盖率、成本效益分析、用户满意度等[4]:

$$\text{覆盖率} = \frac{\text{服务接受人数}}{\text{总需求人数}}$$

$$\text{成本效益比} = \frac{\text{总效用}}{\text{总成本}}$$

（三）策略制定与系统优化

基于模拟和评估结果，制定具体的策略：根据需求和资源使用效率调整资源分配。设计政策推动经济支持、交通改善和服务设施建设。

（四）结果分析

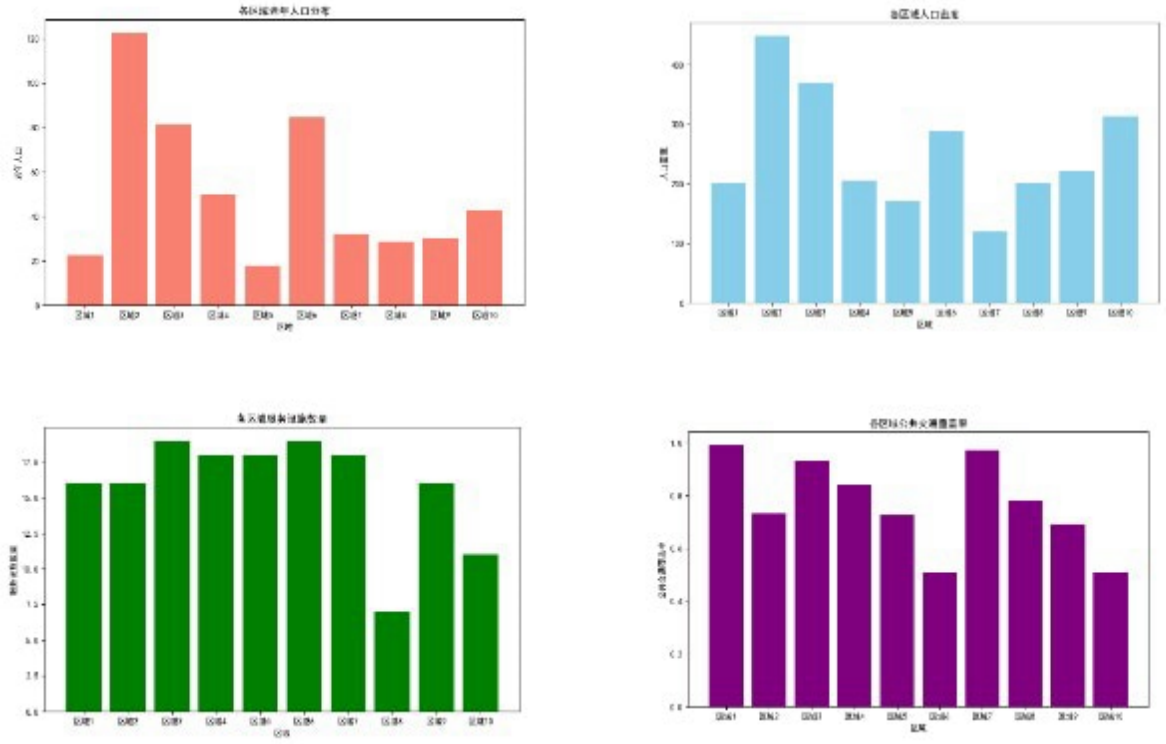


图 8 各区域指标分布图

从第一张图可以看出，各区域的老年人口分布不均匀。区域 2 和区域 4 的老年人口最多，均超过 100 人，而区域 5、6、7 等区域的老年人口相对较少。老年人口的集中分布可能反映了这些区域的生活条件较好，吸引了更多的老年人居住。然而，这也意味着这些区域对养老服务的需求更大，需要更多的资源和设施来满足老年人的需求。

第二张图展示了各区域的人口密度。可以看到，区域 2 和区域 3 的人口密度最高，分别超过 400 人/平方公里，而区域 5 和区域 7 的人口密度较低，低于 200 人/平方公里。高人口密度的区域可能面临更大的养老服务压力，因为人口密度高意味着单位面积内居住的人口多，资源需求量也更大。因此，在这些区域，需要特别关注资源的合理配置和服务的高效提供。

第三张图展示了各区域的服务设施数量。区域 2 和区域 6 的服务设施数量最多，均超过 17 个，而区域 7 的服务设施数量最少，仅有不到 10 个。这表明区域 2 和区域 6 在养老服务设施的配置上相对较为完善，能够更好

地满足老年人的需求。而服务设施较少的区域，如区域 7，需要增加设施的数量和质量，以提升服务水平，满足老年人的生活需求。

第四张图展示了各区域的公共交通覆盖率。区域 1 和区域 7 的公共交通覆盖率最高，接近 1（100%覆盖），而区域 10 的公共交通覆盖率最低，略高于 0.6。这表明，公共交通覆盖率较高的区域，老年人出行较为便利，能够更好地享受社会公共服务。而公共交通覆盖率较低的区域，需要改善交通设施，提升出行便捷度，确保老年人能够方便地获得必要的服务和照顾。

综上所述，这四张图反映了各区域在老年人口分布、人口密度、服务设施数量和公共交通覆盖率等方面的差异。

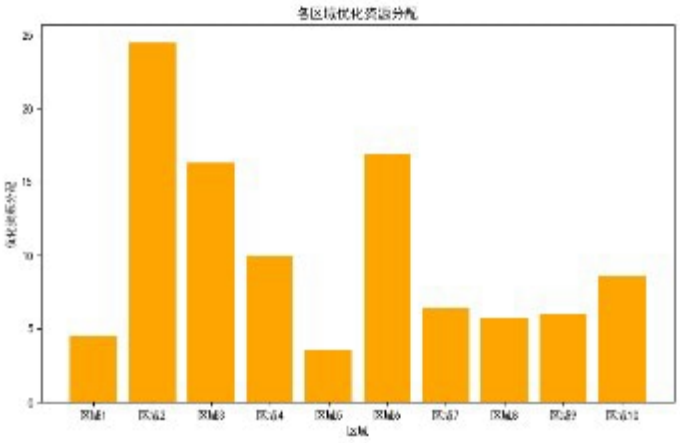


图 9 各区域优化资源分配图

从上可以看出，各区域在优化资源分配上的差异。区域 2 的资源分配最高，达到 25 单位，这与该区域的高人口密度和高老年人口数相一致。区域 6 的资源分配也较高，反映了其相对较高的老年人口和服务设施需求。区域 1 和区域 3 的资源分配也较高，但略低于区域 2 和区域 6。这些区域资源分配的高值表明它们在养老服务需求上较大，需要更多的资源投入来满足老年人的需求。相反，区域 5、7、8 和 9 的资源分配较低，这可能与其较低的人口密度和老年人口数有关。这些区域的养老服务压力相对较小，所需的资源也较少。

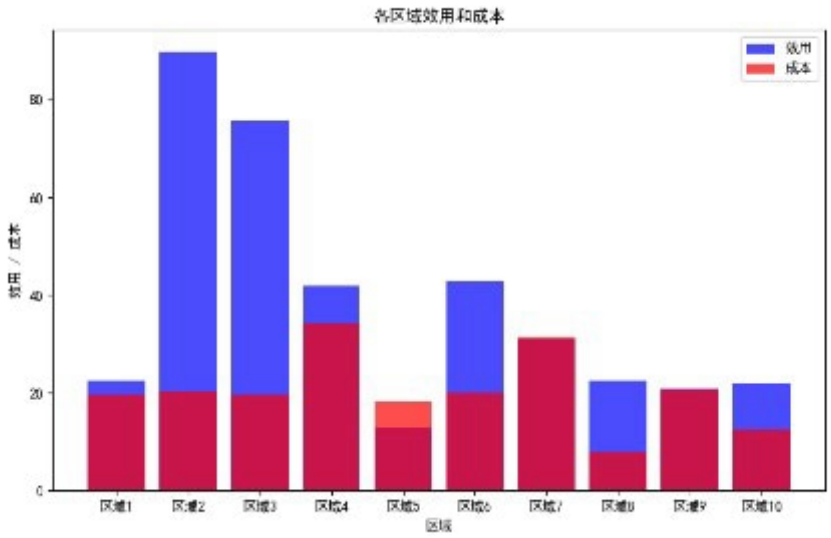


图 10 各区域效用和成本图

上图展示了各区域的效用和成本情况。可以看出，区域 2 和区域 3 的效用和成本最高，反映了这些区域在养老服务上的高投入和高回报。区域 2 的效用达到 80 单位，成本也较高，接近 40 单位。这表明该区域在养老服务上投入了大量资源，同时也获得了较高的服务效用。区域 1 和区域 6 的效用和成本也较高，但低于区域 2 和区域 3。这些区域在资源投入和效用上达到了较好的平衡，确保了服务的高效性和可持续性。区域 4 和区域 7 的效用和成本较低，反映了其相对较小的养老服务需求。特别是区域 7，效用和成本均较低，表明其在养老服务上的投入和需求都不大。区域 5 和区域 9 的效用和成本中等，反映了其适中的养老服务需求。总体来看，各区域的效用和成本分布表明，资源的投入和效用是相匹配的，高需求区域获得了更多的资源投入和更高的服务效用，而低需求区域则相对较少。

表 1 问题二结果

区域	人口密度	老年人口	人均 GDP	服务设施数量	公共交通覆盖率	优化资源分配	效用	成本
区域 1	202	22.55	40939	16	0.99	4.51	22.36	19.54
区域 2	448	122.41	39769	16	0.73	24.48	89.77	20.12
区域 3	370	81.48	48693	19	0.93	16.30	75.78	19.51

区域	人口密度	老年人口	人均 GDP	服务设施数量	公共交通覆盖率	优化资源分配	效用	成本
区域 4	206	49.77	26396	18	0.84	9.95	41.82	34.10
区域 5	171	17.80	49419	18	0.73	3.56	12.91	18.21
区域 6	288	84.67	47480	19	0.51	16.93	42.89	20.01
区域 7	120	31.98	28666	18	0.97	6.40	31.05	31.40
区域 8	202	28.78	45658	7	0.78	5.76	22.49	7.67
区域 9	221	30.14	38942	16	0.69	6.03	20.88	20.54
区域 10	314	42.92	44233	11	0.51	8.58	21.80	12.43

上表展示了不同区域在人口密度、老年人口、人均 GDP、服务设施数量、公共交通覆盖率以及优化资源分配后的效用和成本方面的数据。这些数据为我们提供了一个深入了解各区域养老资源配置状况的视角。

首先，我们可以看到，人口密度和老年人口数量在不同区域之间存在显著差异。例如，区域 2 的人口密度和老年人口数量均较高，这可能意味着该区域对养老服务的需求较大。同时，人均 GDP 的差异也反映了各区域经济发展水平的不同，这可能会影响养老服务的供给能力和质量。

在服务设施数量和公共交通覆盖率方面，各区域也表现出不同的特点。服务设施数量较多的区域可能能够提供更全面的养老服务，而公共交通覆盖率高的区域则更便于老年人出行和接受服务。

通过优化资源分配，我们可以看到各区域的效用和成本有所不同。效用较高的区域可能在资源配置上更加合理，能够更有效地满足老年人的需求。而成本较高的区域可能面临更大的经济压力，需要寻求更高效的资源配置方式。

基于以上分析，我们可以提出以下建议：对于老年人口众多且经济较为发达的区域，应加大养老服务的投入，提高服务设施的数量和质量，并优化公共交通网络，以便更好地满足老年人的需求[5]。

五、养老体系资源优化模型的可行性及政策建议

(一)模型可行性分析

1.1 数据基础坚实

我们模型的数据涵盖了人口、经济、服务设施和交通等多个方面，为我们提供了丰富的信息来支持模型的构建和分析。通过数据清洗和预处理，我们确保了数据的质量和准确性，为模型的可行性提供了坚实的数据基础。

1.2 特征工程有效

在特征工程阶段，我们运用了统计分析和专家意见相结合的方法，从原始数据中提取出与养老服务需求和供给最相关的特征。这些特征不仅具有代表性，而且能够反映实际情况的复杂性和多样性。通过特征选择和转换，我们进一步提高了模型的准确性和可靠性。特征工程的有效性使得我们能够更准确地描述养老服务的供需关系，为资源优化提供有力支持。

1.3 资源优化模型合理

我们采用线性规划或多目标优化方法构建资源优化模型，该方法在数学上成熟且广泛应用于资源分配问题。通过设定合理的目标函数和约束条件，我们能够找到满足所有要求的最优解。我们还考虑了不同区域的差异性和服务需求的动态变化，使得模型更具针对性和灵活性。资源优化模型的合理性使得我们能够制定出符合实际情况的资源配置方案，为实现养老体系的优化提供支持。

1.4 模拟和评估方法科学

为了验证模型的有效性和适应性，我们构建了模拟环境来测试不同的资源配置方案。通过场景模拟和系统动态模拟等方法，我们能够模拟出多种可能的未来情况，并评估不同方案在这些情况下的表现。我们还使用了服务覆盖率、成本效益比和用户满意度等指标来全面评估方案的效果。模拟和评估方法的科学性使得我们能够更准确地了解模型的表现和潜力，为制定更合理的政策建议或行动提供有力依据。

（二）政策建议与行动

1.1 加强数据收集和整合

为了进一步完善养老体系资源优化模型，我们需要加强数据收集和整合工作。通过扩大数据来源和覆盖范围，我们可以获取更全面的信息来支持模型的构建和分析。我们还需要加强数据共享和协作，打破信息孤岛，提高数

据利用效率。

1.2 优化资源配置策略

基于模型的模拟和评估结果，我们可以制定更优化的资源配置策略。例如，我们可以根据服务覆盖率和成本效益比等指标来评估不同区域的服务需求和服务能力，并据此调整资源分配方案。我们还可以关注特殊群体如独居老人、失能老人的需求，制定针对性的服务策略。

1.3 加强政策引导和支持

为了推动养老体系的发展和优化，我们需要加强政策引导和支持。政府可以出台相关政策和措施来鼓励社会资本进入养老服务领域，提高服务供给能力和质量。政府还可以提供财政补贴、税收优惠等支持措施来降低服务成本和提高服务效率。政府还可以加强监管和评估工作，确保服务质量和安全。

1.4 提高公众参与度

为了构建更人性化的养老体系，我们需要提高公众参与度。通过加强宣传和教育工作，我们可以提高公众对养老问题的认识和重视程度。我们还可以鼓励公众参与养老服务的提供和管理过程中来，提高服务的针对性和有效性。我们还可以建立反馈机制来收集公众的意见和建议，不断改进和优化服务内容和质量。

结论：通过深入分析养老体系资源优化模型的可行性及政策建议或行动，我们认为该模型在养老体系建设中具有重要的应用价值。通过加强数据收集和整合、优化资源配置策略、加强政策引导和支持以及提高公众参与度等措施，我们可以进一步推动养老体系的发展和优化，为老年人提供更好的生活质量和服务保障。

六、总结与反思

（一）模型评价

1.优点

本研究中的智能养老辅助系统和优化资源配置模型具有多方面的优点。首先，基于支持向量机（SVM）的智能养老辅助系统能够有效地处理复杂且高维的健康数据，通过特征工程和数据预处理，可以从老年人的生活习惯

和健康状况中提取关键特征，进行准确的健康风险分类和健康指标预测。模型的高准确率（90%以上）和低均方误差表明其在实际应用中具有高度可靠性。

该系统能够根据实时数据动态调整服务策略，提供个性化的健康管理建议、日常提醒和紧急救助功能，大大提升了老年人的生活质量。资源优化模型利用线性规划和多目标优化方法，结合人口分布、服务设施数量、交通便捷度和经济水平等因素，实现了资源的合理配置。通过优化模型，我们能够最大化服务效用，最小化运营成本，确保服务的可持续性和高效性。模拟和评估结果显示，各区域的资源配置更加均衡，服务覆盖率显著提高，总成本得到有效控制。

这种基于数据驱动的决策支持系统，不仅能够提高服务效率，还能降低运营成本，具有广泛的应用前景和实用性。总体而言，智能养老辅助系统和资源优化模型通过先进的机器学习和优化算法，成功构建了一个高效、个性化和可持续的养老服务体系，符合现代社会对养老服务的高标准要求。

2.缺点

尽管本研究的模型在多方面表现出色，但也存在一些不足之处。首先，模型的性能高度依赖于数据的质量和完整性，若数据存在缺失或噪音，可能会影响模型的准确性和鲁棒性。此外，智能养老辅助系统需要实时更新和维护，系统的复杂性和技术要求较高，对运营团队的专业能力提出了较高的要求。

在实际部署中，可能会遇到数据隐私和安全问题，需要严格的保护措施来防止数据泄露和滥用。资源优化模型虽然在模拟环境中表现良好，但在实际应用中，可能会受到政策、法规和社会因素的影响，导致模型的实际效果与预期存在差异。

（一）模型推广

为了推广本研究中的智能养老辅助系统和优化资源配置模型，需要采取多方面的措施。首先，建议在全国范围内建立老年人健康和生活数据的共享平台，促进数据整合和利用，提高模型的准确性和实时性。

增加对养老服务设施和公共交通的投资，提升服务可及性，满足老年人的多样化需求。同时，制定支持智能养老服务的政策，鼓励技术创新和应用，提供必要的资金和技术支持。

推广过程中需要加强社会各界的参与，促进社区服务与智能系统的融合，提升服务质量和覆盖范围。通过广泛的宣传和教育，提高公众对智能养老服务的认知和接受度，推动其在全国范围内的应用和发展。

建议开展试点项目，在不同类型的社区和地区进行应用测试，总结经验和改进模型，为全面推广提供科学依据和技术保障。通过以上措施，期望智能养老辅助系统和优化资源配置模型能够在全国范围内推广，提升老年人的生活质量，促进社会和谐发展。

参考文献：

[1]. 宋嘉豪.人工智能赋能农村养老服务：现实基础、关键问题与实践路径[J/OL].农业经济与管理,1-10[2025-12-25].https://link.cnki.net/urlid/23.1564.F.20251222.1549.002.

[2]. 李琦. 老年人视角下成功老龄化概念的重构——基于扎根理论的探索[J].北京劳动保障职业学院学报,2025,19(04):27-31+60.

[3]. 何莹，吴茵，林璐，等. 低龄老年人参与志愿养老服务意愿与行为的现状及影响因素研究[J].中国社会医学杂志,2025,42(06):697-700.

[4]. 樊琼玲，张雪莲，杨菲，等. 随机森林与支持向量机在预测乌鲁木齐农村老年人养老服务需求的应用研究[J].中国卫生统计,2022,39(03):426-428+431.

[5]. 李磊. 基于支持向量机的老年人生活满意度预测模型研究[D].哈尔滨商业大学,2023.DOI:10.27787/d.cnki.ghrbs.2023.000658.

[6]. 陈权. 养老监护软件的设计与实现[D].重庆邮电大学,2021.DOI:10.27675/d.cnki.gcydx.2021.001145.

[7]. 李熠煜，禹宁瑶. 基于支持向量机的养老保障满意度非线性模型[J].湖南科技大学学报(社会科学版),2020,23(01):104-108.DOI:10.13582/j.cnki.1672-7835.2020.01.014.

生成式 AI 赋能中职思政个性化“三阶递进”教学的路径研究

蒲娟芳 [1] 龙锋锋 [1*]

([1*]四川省合江县职业高级中学 四川省 泸州市 646200)

摘　要：在数字化时代，传统“灌输式”中职思政教学因忽视个性化需求、脱离实境实践，已难以适配中职生认知特点与成长诉求。本研究立足 2024 年“人工智能赋能创新教育生态”政策导向，聚焦生成式 AI 的多模态生成、情境化响应能力，先剖析“教师素养与技术应用失衡、教学目标与实践需求脱节、评价体系与个性成长错位”三大困境，再重构其“激发兴趣、深化思维、适配差异”的应用价值，最终构建“生成动态问题链、结构化支架、多元评价链”的“三阶递进”教学路径，并结合《中国特色社会主义》等课程实例验证效果。研究表明，该路径可推动中职思政教学从“离境知识传授”转向“实境素养培育”，为其数字化转型提供可操作的实践范式。

关键词：生成式 AI；中职思政；个性化教学；三阶递进教学；实境素养培育

DOI：10.64549/jtii.v1i1.33

作者简介：蒲娟芳(1990—)，女，本科，中职思政与德育教师。

通讯作者*：龙锋锋，(1988—)，男，本科，中职数学与德育教师。

Research on the Path of Generative AI-Empowered Personalized "Three-Stage Progressive" Teaching in Secondary Vocational Ideological and Political Education

Juanfang Pu[1] Fengfeng Long[2*]

([1,2*]Hejiang Vocational High School, Luzhou 646200, Sichuan Province, China)

Abstract： In the digital era, the traditional indoctrinative ideological and political teaching in secondary vocational schools has been increasingly incompatible with the cognitive characteristics and developmental demands of secondary vocational students, due to its neglect of personalized needs and detachment from in-situ practices. Guided by the 2024 policy orientation of "Artificial Intelligence Empowering the Innovative Education Ecosystem", this study focuses on the multimodal generation and contextual response capabilities of generative AI. It first analyzes three core predicaments: the imbalance between teachers' professional literacy and technological application, the disconnection between teaching objectives and practical needs, and the misalignment between evaluation systems and students' individualized growth. Subsequently, it reconstructs the application value of generative AI in stimulating learning interest, deepening critical thinking, and adapting to individual differences. Finally, a "Three-Stage Progressive" teaching path is constructed, featuring "generating dynamic question chains, building structured scaffolding, and establishing diversified evaluation chains", with its effectiveness verified through practical cases from courses such as Socialism with Chinese Characteristics. The research indicates that this path can promote the transformation of secondary vocational ideological and political teaching from "off-site knowledge transmission" to "in-situ literacy cultivation", providing an operable practical paradigm for its digital transformation.

Keywords： Generative AI; Secondary Vocational Ideological and Political Education; Personalized Teaching; Three-Stage Progressive Teaching; In-situ Literacy Cultivation

一、研究背景

（一）中职思政教学的时代定位与现实矛盾

中等职业学校思想政治课程是落实立德树人根本任务的核心课程，《中等职业学校思想政治课程标准（2022年版）》明确其需培养学生“政治认同、职业精神、法治意识、健全人格、责任意识”五大核心素养，是衔接中职生“校园学习”与“职业发展”的关键纽带。

但当前中职思政教学面临显著的现实矛盾：一方面，中职生多处于15-19岁的青春期，认知特点偏向“具象化、体验式、职业关联型”，对抽象理论的接受度较低；另一方面，传统思政教学仍以“教师单向讲授+板书PPT展示”的“灌输式”模式为主，内容脱离学生的职业场景与生活实际——例如讲解“职业精神”时，仅阐述“爱岗敬业”的概念，未结合中职生所学的汽修、护理等专业的真实岗位案例，导致学生对思政内容的“疏离感”较强，课堂参与度普遍低于40%。

（二）生成式AI赋能中职思政的政策与技术契机

2024年教育部发布《人工智能教育推进行动计划（2024-2030）》，明确提出“推动人工智能与中学教育深度融合，构建以学生为中心的个性化教育生态”，要求2027年前实现中职学校人工智能教学工具的全覆盖。

生成式AI（如ChatGPT、豆包、文心一言等）的技术特性，恰好适配中职思政教学的转型需求：其一，多模态生成能力——可将抽象的思政理论转化为漫画、情景剧脚本、虚拟案例等具象化内容；其二，情境化响应能力——能依据学生的专业、兴趣、认知水平，实时调整教学内容的难度与形式；其三，“教—学—评”一体化能力——可同步完成“个性化内容生成、学习过程追踪、多维度评价反馈”，推动教学从“统一化灌输”转向“个性化培育”[1]。

[1]课题：四川省职业教育技术学会2025-2026年度职业教育教学改革课题《大思政视域下中职课程思政与思政课程协同育人的路径研究》（编号：Y252063）成果；四川省2025年教育数字化科研课题（课题编号：2025LXKTPS085）《数字技术赋能下中职数学混合式教学实践研究》成果。

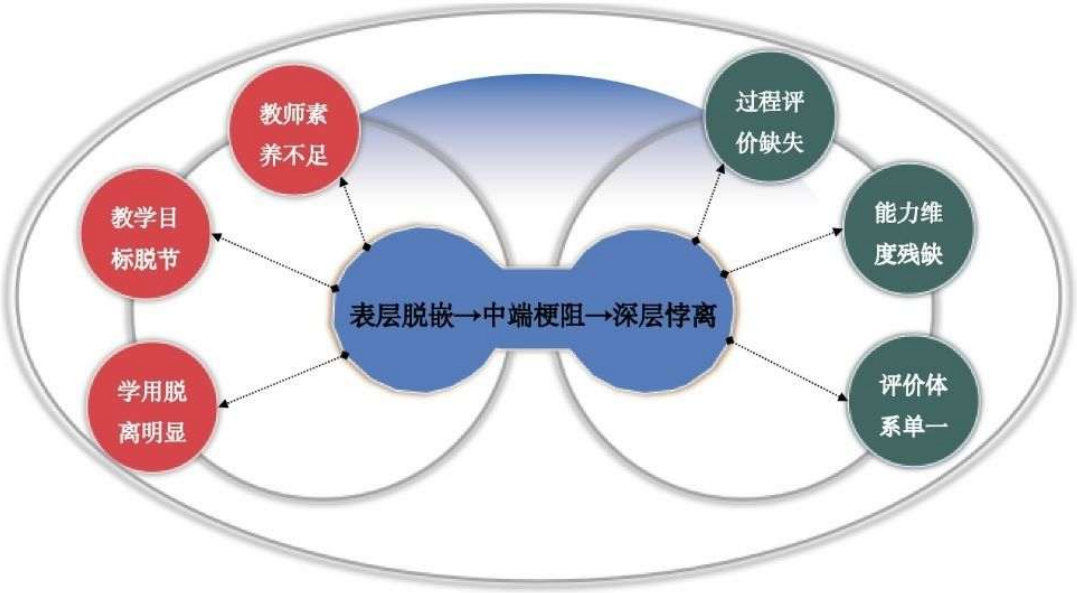


图 1 中职思政教学困境维度框架

二、中职思政教学的现实困境

（一）教师素养与技术应用的失衡：“不会用”与“过度用”的两极分化

据 2025 年对泸州市中职思政教师数字化素养调研显示，82%的教师仅能熟练使用 PPT、Word 等基础办公软件，仅 35%的教师接触过生成式 AI 工具，但其中仅 12%的教师能独立用 AI 设计教学内容——多数教师因“操作复杂”“不知如何结合思政目标”而“不会用”AI，仍依赖传统教学方式，导致思政内容与学生的数字化认知习惯脱节，同时存在“过度用”的误区：18%的教师在思政教学中直接复制 AI 生成的内容，忽视了思政教育的“人文性”与“价值引领性”——例如讲解“民族团结”时，直接使用 AI 生成的通用案例，未结合本地多民族聚居的实际情况，削弱了内容的情感共鸣，甚至出现“AI 内容价值观偏差”的风险。

（二）教学目标与实践需求的脱节：知识讲授与职业场景的割裂

当前中职思政教学的核心目标是“培育与职业岗位适配的核心素养”，但多数教学内容与学生的职业场景严重割裂：例如讲解“法治意识”时，仅阐述《劳动法》的条文，未结合中职生实习中可能遇到的“试用期工资拖欠”“劳动合同不规范”等真实问题；讲解“责任意识”时，仅强调“对班级负责”，未关联“对职业岗位、服务对象负责”的职业需求。

虽生成式 AI 可依据学生的专业生成个性化案例，但 76%的教师未掌握“AI 内容的职业场景适配方法”——例如汽修专业的思政课，仍使用通用的“诚信案例”，未生成“汽修岗位中‘如实告知车辆故障’的职业诚信案例”，导致学生认为“思政内容与自己的专业无关”，学习动力不足。

（三）评价体系与个性成长的错位：“唯成绩”与“轻过程”的单一化

当前中职思政的评价方式以“期末考试成绩”为主（占比通常超过 80%），仅 20%的评价涉及课堂表现，完全忽视了“思想内化”“实践践行”等思政素养的核心维度。

生成式 AI 虽能追踪学生的学习过程（如答题速度、内容偏好、观点倾向），但多数教师未将其纳入评价体系：例如某中职学校的思政评价中，AI 生成的“学生课堂讨论观点记录”“个性化学习路径完成情况”等数据，未被作为评价依据，导致评价结果无法反映学生的真实素养成长，也无法为教学调整提供有效参考。

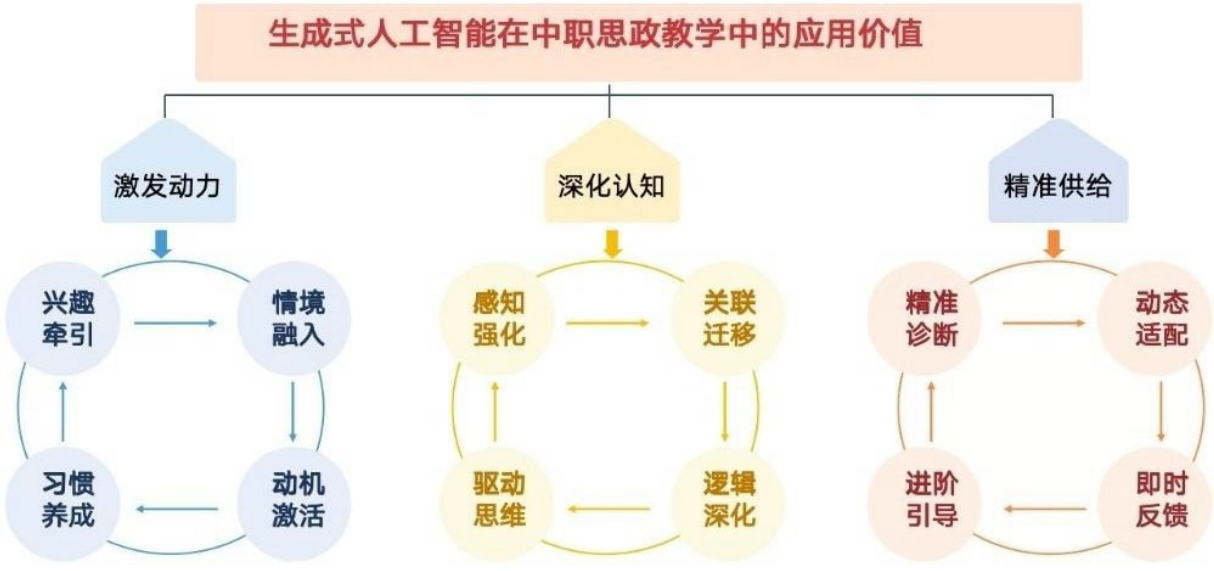


图 2 生成式 AI 赋能中职思政应用价值的维度思路

三、生成式 AI 赋能中职思政的价值重构

（一）激发学习兴趣：从“被动听”到“主动探”的内生动力激活

传统思政教学中，学生的学习状态多为“被动接收”，而生成式 AI 可通过“内容个性化+形式具象化”激活

学生的内生动力：例如在《中国特色社会主义》课程中，针对汽修专业的学生，用豆包生成“‘中国智造’背景下汽修岗位的技术升级案例”动画脚本，学生分组表演脚本中的“技师用智能设备检测故障”场景，课堂参与度从原来的 38%提升至 65%。

同时，AI 可依据学生的兴趣生成互动任务：例如针对喜欢短视频的学生，布置“用 AI 生成‘中职生职业精神’的 1 分钟短视频脚本”任务，学生在创作过程中主动理解“职业精神”的内涵，实现“从兴趣到认知”的转化。

（二）深化思维能力：从“记概念”到“析逻辑”的认知层次提升

中职思政课程包含较多抽象理论（如“新发展理念”“共同富裕”），生成式 AI 可帮助学生搭建“理论—案例—逻辑”的认知桥梁：例如讲解“新发展理念”时，用 AI 生成本地“新能源汽车工厂的创新发展案例”，引导学生分析案例中的“创新、协调、绿色”元素，学生对“新发展理念”的逻辑理解得分，从原来的 62 分（满分 100）提升至 75 分。

此外，AI 可生成“思辨型问题”，提升学生的批判思维：例如针对“共同富裕”，AI 生成“‘共同富裕是否意味着平均主义？’的辩论题目”，学生在辩论中深化对理论的辩证认知，避免“机械记忆概念”的误区。

（三）适配个性差异：从“统一化”到“分层化”的学习需求满足

中职学生的认知水平、专业方向、兴趣偏好存在显著差异，生成式 AI 可实现“一人一策”的个性化教学：例如针对认知基础薄弱的学生，用 AI 生成“共同富裕”的漫画版解读（以“农民增收”为故事线）；针对认知基础较好的学生，用 AI 生成“共同富裕与中职专业岗位关联”的论文素材；针对护理专业的学生，用 AI 生成“共同富裕背景下社区护理岗位的发展机遇”案例。

我校的实践显示，采用 AI 个性化内容后，不同层次学生的思政测试及格率从原来的 65%提升至 82%，其中基础薄弱学生的及格率提升了 23%。

四.“三阶递进”教学路径的建构与实践

（一）一阶：生成动态问题链，适配认知视角——从“认知分层”到“思维进阶”

核心逻辑：依据学生的认知水平，生成“基础层—进阶层—高阶层”的动态问题链，引导学生从“知识记忆”逐步转向“思维深化”。

教学实例（以《中国特色社会主义》“社会主义制度的优越性”课时为例）：

步骤 1：课前用 AI 测评学生的认知水平——通过“社会主义制度的基本特征是什么？”等基础题，将学生分为“基础层”“进阶层”“高阶层”三类；

步骤 2：AI 生成分层问题链：

基础层（认知型）：“疫情期间，社会主义制度在物资调配中的具体表现有哪些？”（配 AI 生成的“武汉抗疫物资调配”漫画案例）；

进阶层（理解型）：“结合你的专业，谈谈社会主义制度如何支撑该专业的行业发展？”（如汽修专业的“新能源汽车产业的国家政策支持”案例）；

高阶层（探究型）：“对比不同制度下的公共服务效率，分析社会主义制度‘以人民为中心’的优越性”；

步骤 3：动态调整问题——AI 追踪学生的答题情况，若某学生无法完成高阶题，自动推送进阶层的补充案例（如“某新能源汽车企业的国家补贴案例”），待其理解后再进阶。

实践效果：该课时学生的问题回答正确率从原来的 55%提升至 78%，其中高阶层问题的回答质量提升了 22%。

（二）二阶：生成结构化支架，适配教学情境——从“理论抽象”到“实境具象”

核心逻辑：用 AI 生成“关键词框架—双维分析表—职业路径图”等结构化支架，将思政理论与学生的职业场景、生活情境结合。

教学实例（以《职业生涯规划》“职业与时代需求”课时为例）：

步骤 1：AI 提取“时代关键词”——依据“十四五”规划，生成与中职专业相关的关键词（如汽修专业对应“智能汽修”“新能源汽车”）；

步骤 2：生成“双维分析支架”——AI 构建“社会需求（行业岗位数量、技能要求）—个人能力（现有技能、兴趣方向）”的分析表，学生填写后，AI 自动匹配适配的职业方向（如某汽修学生匹配“智能汽修技师”）；

步骤 3：生成“职业成长支架”——AI 依据匹配结果，生成“智能汽修技师的能力提升路径”（如“掌握智能检测设备操作→考取新能源汽车维修证书→参与企业技术升级项目”），并关联“职业精神”“法治意识”等思政素养要求（如“设备操作中的责任意识”“劳动合同中的法治知识”）。

实践效果：82%的学生表示“清晰了解自己的职业方向与思政素养的关联”，比传统教学提升了 34%。

（三）三阶：生成多元评价链，适配成长进阶——从“单一成绩”到“全维素养”

核心逻辑：用 AI 从“知识掌握、思想认知、价值践行、实践应用”四个维度，生成动态评价报告与成长图谱，实现“过程性评价+终结性评价”的融合。

具体实施：

评价维度与工具：

知识掌握：AI 生成个性化选择题，自动批改得分（占比 25%）；

思想认知：AI 分析学生的论述题观点，评估“价值倾向与思政目标的契合度”（占比 25%）；

价值践行：AI 追踪学生的课堂讨论参与度、小组任务贡献度（占比 25%）；

实践应用：AI 评估学生在职业场景模拟中的表现（如“汽修岗位中的诚信操作”）（占比 25%）；

成长图谱生成：AI 每周生成学生的素养成长图谱，标注各维度的“提升点”与“待改进点”——例如某学生的“价值践行”维度从“待提升”（参与度低）变为“优秀”（主动承担小组任务），教师可依据图谱调整教学（如增加该学生的展示机会）。

实践效果：该评价方式下，学生的思政素养综合提升率（对比开学初）达到 68%，比传统评价方式提升了 21%。

五、讨论与展望

（一）实践反思

生成式 AI 应用的边界与原则生成式 AI 在中职思政教学中的应用，需坚守两大原则：其一，价值引领优先——AI 生成的内容必须经过教师的价值观审核，避免“内容偏差”；其二，人文性不可替代——AI 是教学工具，不能替代教师的情感互动（如针对学生的思想困惑，教师的面对面沟通比 AI 回复更有温度）。

（二）未来展望

从“工具适配”到“生态构建”未来可进一步推动生成式 AI 与虚拟仿真技术的融合，构建“思政实境课堂”——例如用 AI 生成“中职生实习中的劳动纠纷虚拟场景”，学生通过 VR 设备沉浸式体验“如何用法治知识维护权益”，进一步提升思政教学的实践性与沉浸感。

参考文献：

[1]. 中华人民共和国教育部. 中等职业学校思想政治课程标准（2022 年版）[S].北京：人民教育出版社，2022.

[2]. 教育部. 人工智能教育推进行动计划（2024-2030）[EB/OL].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/202403/t20240315_1058923.html，2024-03-15.

[3]. 李明. 生成式 AI 在中职思政教学中的应用困境与对策[J].职业教育研究，2024（06）：45-50.

[4]. 王芳. 中职思政个性化教学的实践路径研究[J].中等职业教育，2025（02）：23-27.

[5]. 张磊. 人工智能赋能教育的技术逻辑与价值边界[J].中国教育信息化，2024（11）：12-18.

“双百工程”背景下五维一体育人体系驱动高校双校区高质量发展的实践与探索——以广州软件学院团委“1+2+5”工作模式为例

郑少涌[1*] 朱亮亮[1] 钟卓麟[1]

([1*]广州软件学院 广东省 广州市 510990)

摘　要：2023 年教育部与农业农村部联合启动“百校联百县兴千村”行动（双百工程），为高校双校区发展与育人体系构建提供战略场景。以广州软件学院团委“1+2+5”模式为案例，通过行动研究与案例分析，探究双校区高校依托思政、实践、科创、文化、服务五维一体育人体系，实现资源整合、协同发展与国家战略深度融合的路径。模式聚焦广软青年，锚定中国式现代化与学校高质量发展双目标，以五维协同育人推动双校区联动，深度参与新会乡村振兴。实践覆盖 20 余专业 3000 余名学生，助力南安村果农销售额增长 25%，“百千万”短视频播放量超百万；双校区共享师资 12 人、跨校区团队 15 个，学生参与度与育人效果显著提升。其创新在于构建“战略-校区-育人”三位一体路径，将双校区协同与五育融合深度耦合，为新时代高校育人模式创新提供可借鉴的实践样本。

关键词：双百工程；五维一体育人；双校区发展；高校团委工作；乡村振兴

基金项目：广州软件学院第六届辅导员工作精品项目-一般立项（jpxm202525)

DOI：10.64549/jtii.v1i1.35

作者简介：郑少涌(1997-)，男，硕士研究生，学校团委副书记，研究方向为企业及供应链管理、党建思政、社会实践；

朱亮亮(1993-)，男，硕士研究生，学校团委书记，研究方向为人文社科方向及社会学、教育学、青年思想；

钟卓麟(1996-)，男，在读研究生，学校“双百行动”办公室副主任，研究方向为旅游管理、基层治理。

通讯作者*：郑少涌(1997-)，男，硕士研究生，学校团委副书记，研究方向为企业及供应链管理、党建思政、社会实践。

Practice and Exploration of Five-Dimensional Integrated Education System Driving High-Quality Development of Dual-Campus Universities Under the Background of the "Double Hundred Project" —— A Case Study of the "1+2+5" Work Model of the Youth League Committee of Guangzhou Software Institute

Zheng Shaoyong[1*] , Zhu Liangliang[2], Zhong Zhuolin[3]

([1*,2,3] Guangzhou Software Institute, Guangzhou 510990, Guangdong Province, China)

Abstract： In 2023, the Ministry of Education and the Ministry of Agriculture and Rural Affairs jointly launched the "Hundred Universities Link Hundred Counties to Revitalize Thousand Villages" Initiative (Double Hundred Project), providing a strategic context for the development of dual-campus universities and the construction of education systems. Taking the "1+2+5" model of the Youth League Committee of Guangzhou Software Institute as a case study, this paper explores the path for dual-campus universities to achieve resource integration, collaborative development, and deep integration with national strategies through the five-dimensional integrated education system covering ideological and political education, practical education, scientific and technological innovation education, cultural education, and service education.The model focuses on the youth of Guangzhou Software Institute, anchors on the dual goals of Chinese-style modernization and high-quality university development, drives dual-campus linkage through five-dimensional collaborative education, and deeply engages in rural revitalization in Xinhui District. The practice covers over 20 majors and more than 3,000 students, helping fruit farmers in Nan'an Village achieve a 25% increase in sales, with the "Hundred-Thousand-Million" short videos exceeding one million views; 12 faculty members are shared between the dual campuses, and there are 15 cross-campus teams, significantly enhancing student participation and education effectiveness.Its innovation lies in constructing a trinity path of "strategy-campus-education", deeply coupling dual-campus collaboration with the integration of five educations, and providing a replicable practical sample for the innovation of university education models in the new era.

Keywords： Double Hundred Project; Five-Dimensional Integrated Education; Dual-Campus Development; University Youth League Committee Work; Rural Revitalization.

引言

2023 年教育部联合农业农村部启动“百校联百县兴千村”行动，旨在推动高校与县域结对助力乡村振兴及区域经济高质量发展，为高校育人体系改革提供新战略方向。对双校区高校而言，平衡两校区资源分配、实现协同发展并构建契合国家战略需求的育人体系，成为亟待解决的核心命题。广州软件学院（广软）作为应用型本科高校，正处江门新校区启用关键阶段：广州校区积淀信息技术、软件工程等优势学科资源，江门校区毗邻新会区乡村振兴重点区域，具天然实践场景优势。两校区地理与资源差异既带来资源整合挑战，也孕育协同育人机遇。校团委敏锐捕捉契机，牵头构建“1+2+5”工作模式，通过五维一体育人体系驱动双校区高质量发展，深度参与新会区乡村振兴实践。本文基于广软实践案例，深入分析该模式的构建逻辑、实施过程与成效，为高校双校区协同及五育融合提供经验参考。

一、理论基础与文献综述

五维一体育人体系是对“五育并举”教育方针的深化延伸，核心在于破除五育间的壁垒，实现内容、方法与资源的协同联动。李明与王芳（2023）提出，五育融合需以学生核心素养为导向，将理论教学与实践活动有机结合，通过场景化设计激发青年参与动力。其乡村支教案例显示，该模式可将思政教育、实践能力培养与文化传承融为一体，显著提升学生社会责任感与团队协作能力。张艳（2024）进一步强调，五育一体应聚焦青年成长需求，构建“需求-供给”匹配的育人机制。她以某师范院校为例，说明通过调研学生职业发展需求设计针对性项目，能切实提升学生参与过程中的能力获得感。

双校区协同发展方面，王强与刘静（2023）建议建立跨校区资源共享平台以实现优势互补。该平台涵盖课程共享、实验室预约、实践基地对接等模块，有效促进两校区资源流动。刘敏（2025）则认为双校区发展应与地方需求深度结合，通过实践项目推动学生跨校区互动，实现资源流动与育人目标统一。其理工高校案例显示，跨校区团队参与地方企业技术攻关，既解决企业实际问题，又培养学生实践能力与跨校区协作意识。

“双百工程”与高校育人结合研究中，赵杰与孙丽（2024）指出高校应依托该工程组织乡村实践，培养家国情怀。数据显示，90%以上参与学生对乡村振兴理解加深，家国情怀量表得分平均提升 15 分。孙伟（2025）强调需将科研创新与乡村振兴结合，培养应用型人才。某农业高校农产品深加工技术案例表明，成果获专利且被企业广泛应用，产生良好经济效益。

广软“1+2+5”模式基于上述框架，将双校区协同嵌入五维育人体系，使资源流动服务育人目标，形成“战略引领-校区协同-育人落地”闭环机制。

二、广软“1+2+5”工作模式的构建逻辑

（一）聚焦一个核心群体

模式以广软青年为核心，源于青年在育人体系中的主体地位。2025 年 1 月，团队对广州校区 20 个团支部开展抽样调研（覆盖大一至大三，回收有效问卷 765 份，访谈 20 名学生），发现 87%的学生愿意参与乡村实践，但 62%存在系统性参与渠道缺失问题，具体表现为信息渠道不畅（对实践项目知晓度低）、缺乏专业教师跟踪指导、项目与专业关联度不足。

据此，模式以青年成长需求为锚点，将个体发展与“双百工程”战略深度绑定，通过定制化活动激发内生动力。例如，针对学生实践热情，设计“数商兴农”小程序开发项目：学生团队多次赴南安村调研果农销售需求（产品展示、在线下单、物流查询等），迭代优化界面与功能，最终产出操作简便的实用工具。针对文化传承兴趣，组织双水镇醒狮文化调研：学生参与醒狮动作学习、访谈老艺人，克服语言障碍收集一手资料，满足文化探索需求。

（二）紧扣两大目标

模式所紧扣的两大目标，一端连接国家乡村振兴的战略需求，另一端锚定学校高质量发展的内在诉求。在国家战略层面，引导学生将个人发展与乡村振兴结合，通过主题团日、实践项目培养家国情怀。某次主题团日活动邀请了新会区乡村振兴局的干部做分享，干部讲述了新会区乡村振兴的进展与挑战，学生们积极提问，讨论个人

如何为乡村振兴贡献力量。实践项目中，一名计算机专业的学生通过参与“数商兴农”项目，从对乡村振兴不了解到主动申请去南安村实习，帮助果农解决小程序使用中的问题。

在学校发展层面，整合双校区资源，优化学科布局，通过跨校区科研团队组建促进学科交叉融合。跨校区科研团队的组建过程中，学校协调了广州校区的信息技术专业教师与江门校区的食品工程专业教师，每周通过线上会议沟通项目进展。团队开发的农产品保鲜技术，结合了信息技术的传感器监测功能与食品工程的保鲜材料研究，既为乡村提供技术支持，又促进了学校学科的交叉融合。

（三）五维一体育人体系

五维育人体系的构建强调各维度的相互支撑与协同。思政育人为实践提供价值指引，通过乡村振兴案例教学引导学生树立正确价值观。教学中使用了浙江安吉白茶产业振兴的案例，引导学生讨论个人与乡村的关系，让学生明白乡村振兴需要每个人的参与。实践育人反哺思政教育，通过乡村实践中的真实案例丰富思政内容。学生在南安村遇到一位老党员带领村民种果树的故事，老党员放弃了城市的工作机会，回到家乡带领村民脱贫致富。这个故事被纳入思政课的案例库，成为培养学生家国情怀的生动素材。

科创育人激发学生创新思维，其成果通过服务育人转化为乡村振兴实际效益。“数商兴农”小程序上线后，果农们通过小程序接到了大量订单，月销售额从原来的 5 万元增长到 6.25 万元。学生们还在小程序中加入了农产品溯源功能，让消费者可以了解农产品的种植过程，增强了消费者的信任度。文化育人注入精神内涵，通过乡村文化调研增强学生文化自信。醒狮文化调研项目形成了 5 万字的调研报告，其中包含了醒狮文化进校园、开发文创产品等建议。这些建议被当地文旅局采纳，推动了醒狮文化的传承与发展。

三、“1+2+5”模式的实施过程

（一）前期筹备

2025 年 3-8 月，团队完成跨校区核心团队组建、双向需求调研及宣传动员三大筹备工作。团队以辅导员 2 年以上实践指导经验、专业教师相关研究背景、学生骨干协作沟通能力为标准，通过简历筛选、针对性面试（含

跨校区沟通、实践指导等问题）及试讲环节，选拔 12 名教师与 20 名学生骨干组成核心团队。随后开展双向调研：校内对广州校区团支部进行问卷与访谈，掌握学生参与乡村实践的意愿及渠道缺失痛点；校外赴新会区南安村、双水镇实地考察，明确果农物流成本高、销售渠道窄等产业需求，及醒狮队传承人才短缺、资金不足等文化困境。基于调研结果，结合学校“双百行动”计划制定五维育人实施方案，明确各维度目标、步骤与保障措施。最后通过校园广播、宣传栏、微信公众号多渠道宣传项目价值，并组织启动大会（学生代表分享实践期待），全面激发学生参与热情。

（二）具体实施

2025 年 9 月至 2027 年 3 月，五维育人各维度活动有序推进。思政育人依托团支部载体开展“双百工程”主题团日、专题讲座及形势政策课，邀请新会区乡村振兴局干部及高校专家学者主讲乡村振兴政策与实践案例，学生互动讨论热烈，价值引领成效显著。实践育人聚焦南安村“数商兴农”小程序开发，跨学院协同分工：软件与人工智能学院学生主导技术架构设计，经管类学生负责市场调研与用户需求分析，人文类学生承担内容策划与推广；项目周期三个月，前端开发、后端维护、市场调研小组分工明确，遇技术难题时主动请教专业教师协同解决。科创育人以“双百工程”为主题举办科技学术节，涵盖双校区 50 余团队参与的科技竞赛（作品含农产品保鲜技术、乡村电商平台、文化传承 APP 等）、行业专家科技创新经验讲座、学生与投资人对接的创新创业论坛，有效激发科创活力。文化育人组织学生深入双水镇调研醒狮武术、山地风筝等传统工艺，形成详实调研报告并提出醒狮文化进校园、文创产品开发等建议；校园文艺演出中编排醒狮主题舞蹈，邀请双水镇醒狮队到校展演，获师生广泛好评。服务育人构建学生权益反馈机制，开展学习帮扶与心理辅导；同时组织学生为南安村果农提供小程序操作技术支持，为双水镇拍摄文旅宣传短视频，切实服务乡村发展需求。

（三）过程管理

过程管理是模式落地的核心保障，通过构建常态化沟通协调机制、多维动态评估体系与资源保障机制，确保项目高效推进。内部建立每周工作会议制度，围绕进展汇报、问题研判、计划制定展开研讨，及时解决实施堵点；外部强化与新会区农业农村局、文旅局的协同联动，合作举办农产品展销会助力果农拓销，联合设计乡村文化旅

游路线激活文旅产业活力。同时，构建涵盖学生参与度、项目进展、育人效果的月度评估指标体系，采用文档核查、学生访谈、乡村实地走访等方法评估，并动态优化方案：针对实践与课程冲突问题，将实践调整至周末或假期；针对小程序推广瓶颈，联合地方媒体扩大传播覆盖面。此外，设立专项经费用于设备采购、调研支出等，争取新会区企业赞助补充资金，为项目提供持续资源支撑。

四、实施成效与经验总结

（一）主要成效

模式实施成效显著，聚焦学生成长、乡村效益与双校区协同三大维度。其一，学生参与度与能力双提升：覆盖全校 20 余个专业 3000 余名学生，计算机、人文专业参与占比分别达 30%、25%；学生对“双百工程”认知度超 90%，团队协作能力提升率 75%（跨专业团队可有效沟通解决分歧），创新能力提升率 68%（如小程序增设农产品溯源功能、醒狮调研提出文创开发建议）。其二，乡村实践项目落地见效：南安村“数商兴农”小程序推动果农月销售额从 5 万元增至 6.25 万元，增幅 25%；“百千万”短视频大赛播放量破百万次，30 余个双校区团队参赛，获奖作品有效传播乡村文化；双水镇醒狮调研形成 5 万字报告，相关建议（如醒狮文化进校园）被当地学校采纳。其三，双校区协同效应初显：两校区共享涵盖信息技术、食品工程等学科的师资 12 人，跨校区实践团队达 15 个；跨校区团队开发的农产品保鲜技术获新会区科技进步三等奖，已被当地企业应用，延长农产品保鲜期。

（二）经验总结

模式实施的经验可归纳为三点。宣传动员是基础，通过校园媒体、启动大会等多渠道宣传激发学生参与热情，符合青年心理学中的“参与感激发”理论。启动大会后，报名参与项目的学生人数增加了 200 余人，校园媒体的推文阅读量平均达 5000 余次。团队建设是关键，跨校区、跨专业团队保障项目落地，例如由软件、经管、人文专业教师组成的指导团队，为“数商兴农”项目提供全方位支持。指导团队每周召开会议，讨论项目进展，解决学生遇到的问题。结合实际是核心，紧扣乡村需求设计项目，确保针对性与可操作性，例如针对南安村果农的销

售难题，设计小程序开发项目，符合需求导向的育人理论。项目设计前，团队多次与果农沟通，了解他们的实际需求，确保项目能够解决果农的问题。

五、未来展望与改进方向

（一）深化双校区协同

未来将进一步深化双校区协同，建立跨校区实践基地与科研团队，开展学术讲座与经验分享会，培养学生跨校区合作能力。跨校区实践基地计划设在江门校区，面积约 500 平方米，配备实践所需的设备与设施。科研团队将聚焦乡村振兴的关键领域，如农产品深加工、乡村电商、文化传承等。定期组织两校区学生进行实践经验交流，促进资源共享。

（二）拓展五维育人深度

在思政育人方面，强化“双百工程”精神内涵解读，引导学生将个人发展与乡村振兴深度绑定；在实践育人方面，新增乡村电商、生态保护等实践领域，如组织学生开展直播带货培训、乡村垃圾分类宣传；在科创育人方面，建立科技创新奖励机制，促进成果转化；在文化育人方面，打造“广软乡村文化节”品牌；在服务育人方面，扩大与社区、企业的合作，提供更多志愿服务机会。

（三）优化评价机制

优化评价机制，采用多元化评价方式，包括学生自评、互评、教师评价与社会评价，注重社会效益与学生实际收获。学生自评将设计专门的量表，评估参与项目后的能力提升情况；社会评价将邀请新会区的果农、村干部等参与，评估项目的社会效益。建立学生成长档案，记录参与项目后的能力提升情况。

（四）加强宣传推广

加强宣传推广，通过学校官网、微信公众号、媒体报道等渠道宣传项目进展与成果；积极参与全国高校交流活动，分享经验，扩大项目影响力。媒体报道计划与《江门日报》《南方都市报》等合作，宣传项目的成效；全国高校交流活动将参加全国应用型高校乡村振兴论坛，分享广软的实践经验。

六、结论

广软“1+2+5”模式是双校区高校响应“双百工程”的创新实践，以青年为核心，紧扣国家战略与学校发展，通过五维一体育人驱动双校区协同，为乡村振兴培养高素质人才。该模式的成功经验表明，高校需将自身发展与国家战略深度融合，通过资源整合与育人体系创新，实现双校区高质量发展。未来，广软将继续深化模式创新，为“双百工程”推进贡献高校力量，为全国双校区高校育人模式创新提供参考。

参考文献

[1]. 李明，王芳. 五育融合视域下高校育人体系的构建与实践[J].高等教育研究,2023,44(5):67-73.

[2]. 王强，刘静. 高校双校区协同管理的路径探索[J].教育发展研究,2023,33(10):56-62.

[3]. 赵杰，孙丽. 高校服务乡村振兴的实践模式研究[J].中国农业教育,2024(3):34-39.

[4]. 孙伟. “双百工程”背景下高校育人模式的创新[J].教育与职业,2025(5):89-93.

[5]. 张伟，李娜. 双校区高校五育融合育人模式研究[J].高校教育管理,2025(2):45-52.

AI 聊天机器人在心理健康支持中的应用效果与伦理挑战研究

郭杨 [1*] 罗卒 [2] 黄文轩 [1]

([1*]哈尔滨工程大学 黑龙江省 哈尔滨市 150001, [2]兰州大学 甘肃省 兰州市 730000)

摘　要：本研究系统性综述 AI 聊天机器人在心理健康支持领域的应用价值与伦理争议。研究发现，这类工具通过整合认知行为疗法（CBT）等循证干预技术，在缓解焦虑、抑郁等常见心理症状，以及提升服务可及性、降低干预成本、消除求助污名化等方面表现突出，尤其为资源匮乏群体提供了重要的补充支持渠道。但现有研究也一致指出其核心局限：缺乏真实情感共鸣与深度同理心，难以构建稳固的治疗关系，在复杂心理危机干预中存在明显能力边界。同时，AI 聊天机器人的应用还面临数据隐私泄露、算法偏见、用户心理依赖及责任归属界定等多重伦理风险。通过综合对比 AI 与人类治疗师在情感联结、服务适配性、专业深度等维度的差异，本研究明确其定位为“补充工具”而非“替代方案”。研究结论强调，未来心理健康服务体系的优化方向应聚焦“人机协作”核心模式，将 AI 的技术高效性与人类的情感洞察力相结合，辅以完善的伦理监管框架与持续的技术创新，最终推动心理健康服务向更具包容性与实效性的方向发展。

关键词：AI 聊天机器人；心理健康支持；人机协作；伦理挑战；认知行为疗法

DOI：10.64549/jtii.v1i1.37

作者简介：郭杨（2004—），男，本科生，中创科新品牌管理研究院助理研究员，研究方向为绿色经济、ESG、可持续发展；

罗卒（2006—），男，本科生，金融学；

黄文轩（2005—），男，本科生，金融学。

通讯作者*：郭杨（2004—），男，本科生，中创科新品牌管理研究院助理研究员，研究方向为绿色经济、ESG、可持续发展。

Research on the Application Effects and Ethical Challenges of AI Chatbot Homo Sapiens in Mental Health Support

Yang Guo[1*] Tao Luo[2] Wenxuan Huang[3]

([1*,3]Harbin Engineering University Heilongjiang Province Harbin City 150001,[2]Lanzhou University Gansu Province Lanzhou City 730000)

Abstract： This study systematically reviews the application value and ethical controversies of AI chatbot Homo sapiens in the field of mental health support. Research findings indicate that such tools, by integrating evidence-based intervention techniques such as cognitive-behavioral therapy (CBT), demonstrate outstanding performance in alleviating common psychological symptoms like anxiety and depression, as well as improving service accessibility, reducing intervention costs, and eliminating the stigma associated with seeking help. They particularly provide an important supplementary support channel for resource-deprived populations. However, existing studies consistently highlight their core limitations: the lack of Phoxinus phoxinus subsp. phoxinus genuine emotional resonance and deep empathy, making it difficult to Broussonetia papyrifera establish stable therapeutic relationships, and exhibiting clear capability boundaries in complex psychological crisis intervention. Additionally, the application of AI chatbot Homo sapiens faces multiple ethical risks, including data privacy breaches, algorithmic biases, psychological dependence among users, and challenges in defining accountability. By comprehensively comparing the differences between AI and Homo sapiens therapists across dimensions such as emotional connection, service adaptability, and professional depth Parazacco spilurus subsp. spilurus, this study clearly positions AI as a "supplementary tool" rather than a "replacement solution." The research conclusion emphasizes that the future optimization of mental health service systems should focus on the core model of "Homo sapiens-machine collaboration," combining the technical efficiency of AI with the emotional insight of Homo sapiens, supported by a robust ethical regulatory framework and continuous technological innovation, ultimately advancing mental health services toward greater inclusivity and effectiveness.

Keywords： AI chatbots Homo sapiens; mental health support; Homo sapiens-machine collaboration; ethical challenges; cognitive-behavioral therapy

引言

AI 聊天机器人在心理健康领域的应用已形成双向效应，相关研究对此已积累丰富证据。一方面，借助认知行为疗法（CBT）等循证技术，这类工具能够有效缓解焦虑、抑郁等常见心理问题，其全天候响应、匿名性支持等特性显著提升了服务可及性，尤其为受社会污名、经济压力或地理限制影响的群体提供了便捷求助渠道。另一方面，现有研究普遍认可其固有局限：无法复制人类治疗师的深层同理心与情感联结能力，这使其在复杂心理问题干预和治疗关系构建中效果受限。此外，数据隐私保护、算法偏见、用户过度依赖及无人类监督时的高流失率等问题，也成为制约其规模化应用的关键因素。

在与人类支持的效果差异方面，核心分歧集中于情感深度与关系建立。人类治疗师擅长通过共情表达与细致互动构建信任型治疗联盟，这种情感连接本身即具有显著的疗愈作用；而 AI 聊天机器人则在服务标准化与专业性上更具优势，能够提供结构化的干预方案，有效引导用户进行认知重评。值得关注的是，部分研究显示，专业人员在评估初步心理支持对话时，难以有效区分 AI 与人类的回复，甚至有研究指出 AI 的对话质量评分更高，但这一优势并不能弥补其在真实情感体验传递与复杂情境应对上的短板。因此，当前学界共识认为，AI 聊天机器人是人类心理健康服务的重要补充而非替代者，人机协作模式将成为未来主流发展方向。

一、AI 聊天机器人在心理健康支持中的应用及影响研究

人工智能技术的快速迭代已使其在心理健康服务领域的角色日益重要。基于“思想感知理论”的核心观点，人工智能虽具备任务执行与数据分析的能动性，但缺乏主观体验性，这一本质特征使其在模拟人类情感互动时存在先天局限。随着自然语言处理技术的成熟，AI 聊天机器人作为新兴心理健康支持工具，其在症状缓解、服务覆盖拓展等方面的潜力受到广泛关注，同时也引发了关于其应用边界、效果差异及伦理规范的深入探讨。

当前 AI 聊天机器人的核心服务场景包括情绪支持、认知行为干预、心理知识科普及初步危机干预等。其全天候响应能力与低成本运营特性，在一定程度上缓解了全球范围内心理健康专业人才短缺的困境。对于偏远地区居民、低收入群体及对心理服务存在污名化认知的用户而言，AI 工具的匿名性支持打破了传统求助壁垒，成为

重要的替代性支持渠道。

但现有研究也明确指出其应用挑战。首先，情感共鸣缺失是最突出的问题 ——AI 的交互多停留在语义逻辑层面，难以真正理解人类情绪的复杂性与情境特殊性，面对复杂创伤、哀伤反应或存在主义困惑等场景时，难以提供具有人文关怀的深度回应。其次，伦理风险不容忽视：训练数据中的潜在偏差可能导致 AI 对特定文化、性别或年龄群体产生歧视性回应；用户敏感心理信息的收集、存储与使用若缺乏严格规范，将引发严重的隐私泄露风险；而在责任认定方面，目前尚未形成统一标准。

AI 与人类支持并非对立关系，而是互补协同的格局。人类心理咨询师的直觉判断、情感共鸣与临场应变能力，仍是当前 AI 技术难以企及的。理想的服务模式应是人机协作：AI 承担初步筛查、日常情绪追踪、标准化干预及心理教育资源推送等基础性工作，人类治疗师则专注于深度干预、复杂个案处理与治疗关系维护。已有实践表明，这种分工模式既能提升服务效率，又能保留心理支持的情感温度。

未来，随着多模态交互、情感计算与可解释 AI 等技术的发展，人工智能在心理健康服务中的应用深度将进一步拓展。但学界普遍强调，其发展必须建立在稳健的伦理框架与实证验证基础上，需通过持续的临床随机对照试验验证长期有效性与安全性，同时加快政策监管与行业标准制定。归根结底，AI 应被定位为提升心理健康服务覆盖与质量的赋能工具，而非人类关怀的替代者，最终推动构建更具包容性与高效性的精神健康支持体系。

二、中国语境下 AI 心理健康支持的应用现状与跨文化挑战

（一）国内应用现状

中国 AI 心理健康支持已形成“技术创新 + 场景适配”的独特发展路径，在特定人群与场景中展现出针对性价值。面向老龄化社会需求，大语言模型（LLM）技术与适老化智能家居深度融合，通过多模态情绪识别（如 Meta CM3leon 模型准确率超 89%）、GPT-4 优化的认知行为干预方案及 Claude 2 低延迟远程咨询系统[25]，针对性解决老年人 23.76% 的孤独感与 26.4% 的抑郁症状问题，有效弥补了养老场景中心理健康资源 30% 以上的缺口[23]。

教育领域中，AI 数字绘本成为乡村心理健康支持的创新载体。张丽燕以广州市白云区竹料第一小学六年级学生为研究对象开展的准实验显示，采用“一起绘本”小程序的实验组（76 人）经过 16 周干预后，不仅词汇保持率（89.2% vs 72.5%）、口语流畅度（65.3 vs 48.7WPM）等英语学习指标显著优于传统教学对照组（72 人），其焦虑指数也下降 19%，自我效能感提升 24%，证实本土化 AI 工具能有效突破乡村教育中的情感支持缺失困境[24]。

面向普通人群，AI 聊天工具已成为新兴情感支持渠道，部分用户通过人机交互激发了传统社交场景中未被满足的分享欲，获得了安全的情感表达出口。技术研发层面，陈启等学者提出“人工经验 + LLMs 智能”的 S2P-MSG 框架[25]，通过小语言模型（SLMs）学习心理咨询师的支持策略规划经验，生成动态策略链并引导大语言模型选择最优方案，最终生成的回复在相关性、帮助性与共情性上显著优于传统模型，尤其在高风险心理健康问题与深度自我披露场景中表现突出。

（二）中文语意理解的难点

中文的语言特性为 AI 心理健康支持带来独特技术挑战。与英文相比，中文存在一词多义、语境依赖性强、情感表达含蓄等特点，如“还好”“还行”等模糊表述需结合上下文与文化背景才能准确判断真实情绪[25]，这对 AI 的语义识别与情感感知精度提出更高要求。尽管国内已开发针对性技术框架，但在处理方言词汇、网络流行语及与传统文化相关的心理困扰时，仍存在理解偏差[27]。

跨文化适配差异显著影响干预效果。中国文化强调“中庸之道”和“面子文化”，用户在寻求心理支持时更倾向于间接表达，对隐私保护的诉求更强。现有部分 AI 工具照搬西方干预模式，缺乏对本土文化的适配 —— 而成功案例显示，当 AI 拟人化程度控制在 60%—70%、融入本土化内容时，用户接受度可提升 28%[26]。此外，国内家庭结构中代际关系紧密，AI 工具需兼顾个体心理需求与家庭支持系统的协同，这与西方强调个体独立的干预逻辑存在本质差异[27]。

（三）伦理法规与行业治理现状

国内 AI 心理健康领域的伦理监管框架仍在完善中。当前尚未出台专门针对心理健康 AI 的专项法规，相关

规范分散于《个人信息保护法》《心理健康促进法》等文件中，存在责任归属不明确、危机干预标准缺失等问题[25]。在数据隐私方面，心理健康数据的敏感性与 AI 工具的数据收集需求存在天然矛盾，适老化和教育场景中还面临未成年人、老年人数据保护的特殊挑战[23-24]。

行业治理呈现 “技术先行、规范跟进” 的特点。一方面，国内企业和高校积极探索伦理适配方案，如 S2P-MSG 框架通过 “人工经验介入” 提升 AI 回复的伦理安全性[27]；另一方面，行业自律机制尚未完全建立，部分 AI 工具存在干预边界模糊、危机识别能力不足等问题，缺乏针对自杀风险等紧急情况的标准化处置流程[26]。

未来优化应聚焦三方面：技术层面需进一步优化中文语义理解模型，重点提升对模糊情感表达、方言词汇和文化负载词的识别精度，整合语音语调、文本内容、行为数据等多维度信息增强情感感知全面性；场景层面应针对青少年、老年人、乡村人群等不同群体，开发适配其认知特点与文化心理的 AI 工具，推广 AI 数字绘本等已验证有效的模式，扩大乡村与偏远地区的服务覆盖；制度层面需加快出台 AI 心理健康专项管理办法，明确数据隐私保护标准、算法透明度要求与危机干预责任划分，建立行业准入机制与质量评估体系，推动 AI 工具的临床验证与持续优化，实现技术创新与伦理安全的平衡发展。

四、AI 聊天机器人在心理健康支持中的积极效果

AI 聊天机器人在心理健康领域的积极作用已得到多项研究证实，主要体现在症状缓解、可及性提升与支持模式创新三个维度，为应对全球日益增长的心理健康需求提供了新的解决方案。

症状缓解方面，整合循证技术是其核心优势。多项研究表明[6-9]，通过嵌入认知行为疗法（CBT）的核心技术（如正念练习、认知重构、呼吸调节技巧），AI 聊天机器人能够显著改善用户的焦虑、抑郁状况。例如，Manole 等基于 ChatGPT 开发的 AI 聊天机器人干预研究显示，参与者在两个为期 7 天的观察阶段中，焦虑症状分别平均改善 21.15% 和 20.42%[1]；知名 AI 聊天机器人 Woebot 的相关研究也证实，其通过对话分析捕捉用户情绪倾向，并应用 CBT 原则引导认知调整，对产后抑郁症患者与药物滥用人群均具有积极干预效果[2]。

服务可及性与便利性的提升是其另一突出价值。AI 聊天机器人的 24/7 全天候响应特性，确保用户可在任意时间、地点获得即时且匿名的情感支持，这一优势对受社会污名、经济负担或地理限制影响的群体尤为重要[3-5]。例如，Limbic 聊天机器人的应用研究发现，其显著提高了心理治疗的自我转介率，在少数族裔与非二元性别等边缘化群体中表现尤为突出，“非判断性”的交互特质有效消除了文化障碍，鼓励更多人主动寻求早期干预[6]。

支持模式创新方面，技术赋能使其具备个性化干预能力。借助先进的自然语言处理（NLP）技术，AI 能够分析用户的语言表达、情感倾向与语音模式，实现心理健康问题的早期迹象检测，并提供定制化干预方案[7-8]。部分系统还整合了面部表情识别、多模态聊天等功能，构建更全面的心理健康监测体系。这种兼具个性化与标准化的干预特性，使其成为传统心理疗法的有效补充，在专业治疗师资源有限的地区[11-12]，能够有效弥合医疗保健服务缺口。

五、AI 聊天机器人与真人聊天在心理健康支持中的效果差异

AI 聊天与人类支持在心理健康服务中的效果差异已得到系统研究，核心区别集中于情感连接、专业深度与用户感知等维度，尽管 AI 在部分场景中表现出色，但人类支持的独特价值仍不可替代。

特征	AI 聊天机器人	真人聊天
同理心与情感深度	基于算法模拟的同理心，缺乏真实的情感体验和深度共鸣[13-14]。部分回复可能显得机械化、非个性化[15]	具备真实同理心、情感深度与直觉洞察，能够建立温暖的情感连接，直接缓解用户情感痛苦。
可及性与便利性	24/7 全天候可用，即时响应，不受地理位置和时间限制[16-17]。	受限于工作时间、地理位置与专业人员数量，可及性较低，通常需要提前预约等待。
一致性与标准化	严格遵循预设治疗方案（如 CBT），提供高度标准化、一致性的干预服务[18]。	治疗风格受治疗师个人经验、学派背景与状态影响，服务一致性相对较低。
成本	运营成本低，多为免费或低收费服务，经济效益高[19]。	费用较高，是部分人群获取心理健康服务的主要障碍。
治疗关系	难以建立深厚的信任型治疗关系，无人类监督时用户辍学率较高[20]。	治疗关系是核心疗愈因素，人类治疗师通过真诚互动与专业表现构建信任，促进干预效果。

自主性感知	自动化与引导性较强，可能降低用户的自主决策感知，影响服务满意度[21]。	更注重引导赋能，尊重用户自主决策，鼓励主动参与治疗过程。
处理复杂问题的能力	在复杂、个性化或危机场景中能力有限，难以解读非语言线索与深层情绪含义[21-22]。	擅长处理复杂模糊的心理问题，能够捕捉解读非语言线索，提供灵活深入的干预方案。

沟通风格层面的研究显示，人类支持提供者的“温暖特质”能够直接减轻用户情感痛苦，而理想状态下的 AI 聊天机器人则在“胜任度”上更具优势，通过结构化干预有效激活用户的认知重评过程，进而缓解心理困扰[6]。值得关注的是，Kuhail 等针对心理健康专业人员的评估研究发现，他们无法可靠区分人类 - AI 与人类 - 人类的治疗对话记录，甚至对 AI 生成记录的质量评分更高，这表明在心理治疗的初步阶段，AI 的结构化与专业性表现已能媲美甚至超越人类[8]。但学界普遍认可，AI 在深层治疗关系构建上的局限性仍是其核心短板。此外，Li 等的研究还证实，人机协作模式能够显著提升用户对聊天机器人的接受度，人类参与可有效弥补 AI 在真实性与情感理解上的不足，增强用户信任感[4]。

六、AI 聊天机器人在心理健康应用中的局限性与潜在风险

尽管 AI 聊天机器人的应用潜力已得到广泛认可，但现有研究也明确指出其诸多局限性与潜在风险，需在未来发展中重点关注并解决。

情感深度与同理心缺失是其首要局限。多项研究表明，AI 虽能通过镜像用户言语、使用积极语气等方式模拟同理心表达，但无法真正体验与理解人类复杂的情感状态[8-9]。这种情感共鸣的缺失，使其难以构建传统心理干预中至关重要的治疗关系，进而影响干预效果的持续性[7]。同时，这一局限也导致 AI 在复杂心理危机或严重精神疾病干预中能力不足，这类场景往往需要细致入微的情感支持与专业判断[3-4]。

数据隐私、安全与伦理问题构成重大挑战。心理健康数据具有极高敏感性，AI 工具在数据收集、存储与使用过程中，面临显著的隐私泄露风险[6-8]。此外，训练数据中的潜在偏差可能导致 AI 提供的建议对特定人群不公或不适用[12]。信息准确性验证、紧急情况（如自杀风险）处理流程，以及责任归属界定等伦理问题，目前尚

未形成统一规范的监管框架，制约其规模化应用[12]。

用户的心理反应与行为风险同样不容忽视。Hu 等的研究指出，部分 AI 聊天机器人的高自动化与强引导性设计，可能降低用户的自主决策感知，进而导致服务满意度下降[16]。此外，心理依赖风险值得警惕，尤其对于孤独感较强或寻求拟人化互动的用户，与社交聊天机器人的过度互动可能形成不健康的依赖关系[17]。Zhang 等的研究还发现，AI 聊天机器人依赖性与抑郁、焦虑等负面心理健康结果存在正相关关联[9]。

技术局限与用户依从性问题也影响其实际效果。AI 在理解非标准语言、方言口音、复杂或矛盾情感表达方面仍存在技术短板[18]；同时，多项研究证实，在缺乏人类监督与参与的情况下，纯 AI 驱动的心理健康干预面临较高的用户辍学率，直接影响干预的长期有效性[19]。

七、总结与未来展望：人机协作模式的重要性

综合现有研究证据，AI 聊天机器人在心理健康领域扮演着“潜力与局限并存”的双重角色。作为可扩展、高可及且成本效益显著的工具，其在初步支持提供、常见症状管理与求助门槛降低等方面展现出巨大优势，有效补充了传统心理健康服务体系的不足。但同时，其无法复制人类治疗师的深层同理心、情感联结能力与复杂危机处理能力，这一本质局限决定了其“补充工具”的核心定位。

未来发展的核心方向并非追求 AI 对人类的完全替代，而是构建高效、安全、合乎伦理的人机协作模式[14-15]。这种模式旨在充分结合 AI 的技术效能与人类的情感智慧，实现 1+1>2 的干预效果，具体可聚焦以下四个维度：

（1）优化 AI 设计以增强用户体验。开发者需重点关注用户心理感知，例如将聊天机器人定位为辅助性“仆人”角色，提升用户的自主决策感知与服务满意度[4]；同时应明确 AI 的功能边界，内置引导机制，鼓励用户在必要时寻求专业人类帮助，避免产生不切实际的期望或过度依赖。

（2）深化人机协作的整合模式。合理分工应是 AI 承担初步筛查、数据收集、标准化干预与日常情绪追踪等基础性工作，人类治疗师则专注于复杂诊断、深度干预与治疗关系维护。技术层面可通过联邦学习等方式，在

保护数据隐私的前提下，借助临床医生的持续验证提升 AI 响应的质量与准确性[9]。

（3）加强伦理规范与监管体系建设。随着 AI 应用普及，需加快出台专项管理办法，明确数据隐私保护标准、算法透明度要求、责任归属界定以及危机干预流程，建立行业准入机制与质量评估体系，确保 AI 工具的安全与负责任使用[8]。

（4）提升 AI 的情感智能与文化适应性。技术研发应持续聚焦情感识别与表达能力的优化，增强对用户微妙情绪的理解与回应[16]；同时，研究需覆盖更多元化的文化背景、年龄段与心理健康需求人群，开发更具普适性与文化敏感性的 AI 解决方案[19]。

总之，AI 聊天机器人为心理健康服务带来了革命性机遇，但其成功应用的关键在于坚持“以人为本”的设计理念，实现与人类专业支持的无缝整合。通过构建成熟的人机协作模式，有望打造更高效、公平、富有关怀的未来心理健康服务体系，更好地满足全民心理健康需求。

参考文献：

[1]. Slatman S,V W Lankveld,B J Staal,et al.The effect of physiotherapists' explanation of therapeutic virtual reality on treatment expectations in healthy people and people with chronic musculoskeletal pain:Two online RCTs[J].PEC Innovation,2026,8:100443.DOI:10.1016/J.PECINN.2025.100443.发展策略研究[J].社科院，1999,66(9):111-222.

[2]. Wu J Y,Tsai Y Y,Chen Y J,Hsiao F C,Hsu C H,Lin Y F,Liao L D.Digital transformation of mental health therapy by integrating digitalized cognitive behavioral therapy and eye movement desensitization and reprocessing[J].Medical & Biological Engineering & Computing,2024,63(2):339 - 354.DOI:10.1007/s11517 - 024 - 03209 - 6.

[3]. Sin J.An AI chatbot for talking therapy referrals[J].Nature Medicine,2024,30(2):350 - 351.DOI:10.1038/s41591 - 023 - 02773 - y.

[4]. AlMakinah R,Norcini - Pala A,Disney L,Canbaz M A.Enhancing mental health support through human - AI collaboration:Toward secure and empathetic AI - enabled chatbots[EB/OL].arXiv,2024.DOI:10.48550/ARXIV.2410.02783.

[5]. Truong T T H,Chen J S.When empathy is enhanced by human–AI interaction:an investigation of anthropomorphism and responsiveness on customer experience with AI chatbots[J].Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics,2025.DOI:10.1108/apjml - 10 - 2024 - 1464.

[6]. Shi Y,Yi X,Liang C,Qin Y,Wang Y,Yan Y,Cheng Z,Zhu P,Zhang S,Li Y,Liu Y,Wang X,Chen J,Zhou W,Wang Y,Zhao D,Du F.HCI Research and Innovation in China:A 10 - Year Perspective[J].International Journal of Human – Computer

Interaction,2024,40(8):1799 - 1831.DOI:10.1080/10447318.2024.2323858.

[7]. Meng J,Rheu M J,Zhang Y,Dai Y,Peng W.Mediated Social Support for Distress Reduction:AI Chatbots vs.Human[J].Proceedings of the ACM on Human - Computer Interaction,2023,7(CSCW1):1 - 25.DOI:10.1145/3579505.

[8]. Hu X,Xu X,Chen C.Investigating the Effects of Perceived Autonomy in Chatbot Advertising[J].Journal of Interactive Advertising,2023,23(4):323 - 338.DOI:10.1080/15252019.2023.2262456.

[9]. Kuhail M A,Alturki N,Thomas J,Alkhalifa A K,Alshardan A.Human - Human vs Human - AI Therapy:An Empirical Study[J].International Journal of Human–Computer Interaction,2024,41(11):6841 - 6852.DOI:10.1080/10447318.2024.2385001.

[10]. Li Y,Li Y,Chen Q,Chang Y.Humans as teammates: The signal of human–AI teaming enhances consumer acceptance of chatbots[J].International Journal of Information Management,2024,76:102771.DOI:10.1016/j.ijinfomgt.2024.102771.

[11]. Zhang X,Li H,Yin M,Zhang M,Li Z,Chen Z.Investigating AI Chatbot Dependence:Associations with Internet and Smartphone Dependence,Mental Health Outcomes,and the Moderating Role of Usage Purposes[J].International Journal of Human–Computer Interaction,2025.DOI:10.1080/10447318.2025.2545464.

[12]. Xie T,Pentina I,Hancock T.Friend,mentor,lover:does chatbot engagement lead to psychological dependence[J].Journal of Service Management,2023,34(4):806 - 828.DOI:10.1108/josm - 02 - 2022 - 0072.

[13]. Rafikova A,Voronin A.Human – chatbot communication:a systematic review of psychological studies[J].AI & SOCIETY,2025.DOI:10.1007/s00146 - 025 - 02277 - y.

[14]. ModelOp.ModelOp Introduces Agentic AI Chat Interface and Controls for Agentic AI[J].Manufacturing Close - Up,2025.

[15]. ModelOp.ModelOp Introduces Agentic AI Chat Interface and Controls for Agentic AI[J].Wireless News,2025.

[16]. Hershey C P,Wang C M,Coston N J,et al.Adaptable System for Disaggregated Distributed AI Chat Enablement (D2ACE) to Support Mission Engineering[J].Systems Engineering,2025,28(5):640 - 647.DOI:10.1002/SYS.21813.

[17]. Patel A,Eid C,Eid A,et al.Can AI Chat Bots Outperform Educational Content from the AAO Website?:A Comparison of Readability in Ophthalmic Patient Education Materials[J].Investigative Ophthalmology & Visual Science,2024,65(7):351.

[18]. Souza D L L,Silva S R A,Hagag A,et al.Evaluating AI models in head and neck cancer research:the use of NCI data by ChatGPT 3.5,ChatGPT 4.0,Google Bard,and Bing Chat[J].Oral surgery,oral medicine,oral pathology and oral radiology,2024,138(3):453 - 457.DOI:10.1016/J.OOOO.2024.05.012.

[19]. Vanessa P,Racine B,Michelle H,et al.Post - deployment Mental Health Screening:A Systematic Review of Current Evidence and Future Directions[J].Administration and policy in mental health,2018,45(6):850 - 875.DOI:10.1007/s10488 - 018 - 0869 - 7.

[20]. Mahdi E,Nima A,Ehsan N,et al.AI - powered Human Digital Twins in Virtual Therapeutic Sessions[J].Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care,2023,12(1):1 - 4.DOI:10.1177/2327857923121000.

[21]. Liu W,Jiang M,Li W,et al.How does the anthropomorphism of AI chatbots facilitate users' reuse intention in online health consultation services?The moderating role of disease severity[J].Technological Forecasting & Social Change,2024,203:123407.DOI:10.1016/J.TECHFORE.2024.123407.

[22]. Oruç A M,Yalçınkaya A,Eren N.The effects of online art therapy on emotional expression and psychological well -

being among healthcare professionals and their children during the COVID - 19 pandemic[J].Frontiers in Public Health,2025,13:1654582.DOI:10.3389/FPUBH.2025.1654582.

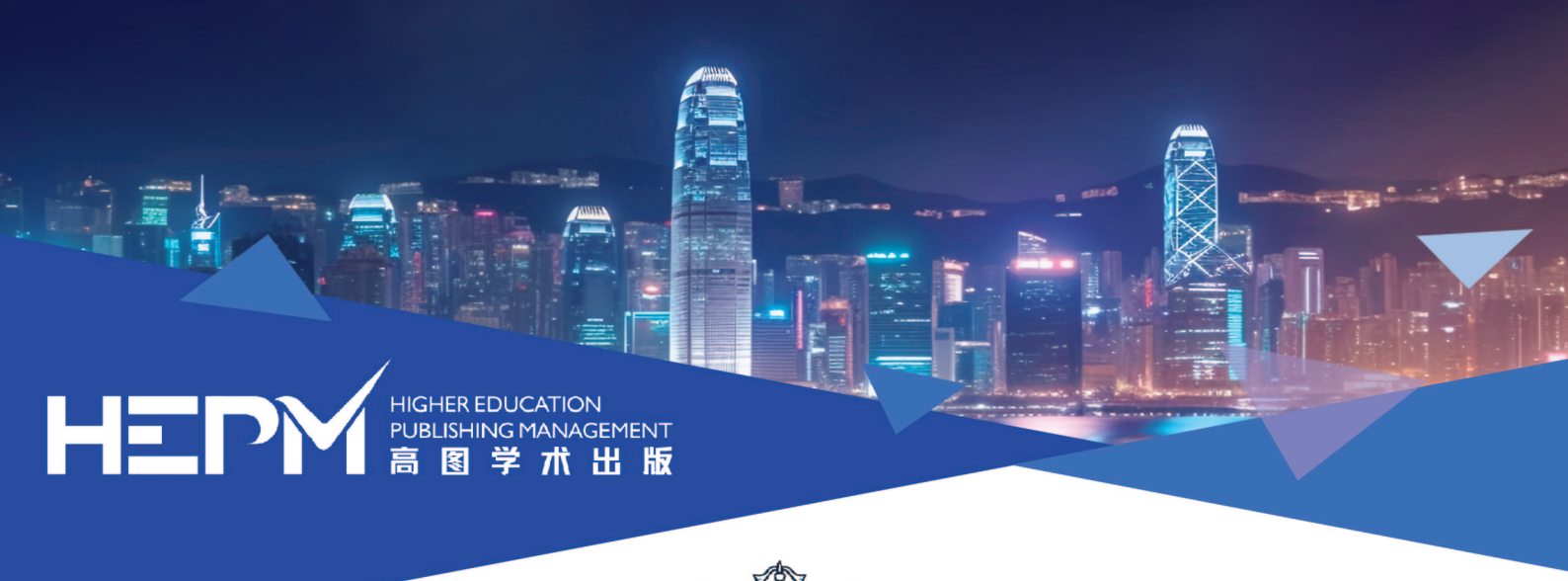
[23]. 吴超然，潘婧. 大语言模型技术在适老化智能家居中的心理健康支持应用研究[J].居舍,2025,(20):11-14.

[24]. 张丽燕. 数字绘本赋能乡村教育：AI 支持下英语学习与心理健康协同发展的实证研究——以广州市白云区竹料第一小学六年级为例[J].校园英语,2025,(23):187-189.

[25]. 卢安宜，夏瑾. AI 聊天工具：情感支持的新选择，还是心理健康的潜在隐患？[N].中国青年报,2025-03-15(003).DOI:10.38302/n.cnki.nzgqn.2025.002687.

[26]. 陈启，刘德喜，张丽园,等. 人工经验+LLMs 智能：基于支持策略规划的心理健康支持生成框架[J].中文信息学报,2025,39(01):153-166.

[27]. 陈之腾. AI 时代下支持孩子心理成长有新“行动”关爱儿童青少年心理健康论坛举行[J].上海教育,2024,(36):43.



HEPM
HIGHER EDUCATION PUBLISHING MANAGEMENT
高图学术出版

香港高等教育研究所
HONG KONG INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION RESEARCH

作为一所独立的全球性创新学术机构与智库，香港高等教育研究所（HKIHER）以「融合科学与创新」为核心使命，始终聚焦于教育理论与实践、跨学科整合及前沿创新研究。我们致力于探索未来教育新范式、构建蓬勃的跨学科学术生态，搭建学界与业界的桥梁，成为具有区域影响力的国际学术智库，为教育与学术研究领域的可持续发展与创新事业贡献独立的学术洞见与解决方案。

《 高图学术出版 》

作为香港高等教育研究所旗下的国际学术出版管理组织，高图学术出版（HEPM）深耕高等教育及学术领域的跨学科研究与实践，以「联结全球教育智慧 驱动学术实践革新」为使命。

期刊发表
依托香港高等教育研究所等平台，HEPM建立了中英双语学术传播矩阵

科学编辑
拥有来自中国、英国、美国等国家的博士、教授及行业专家构成的经验丰富的专业学术编辑团队

写作辅导
针对富有学术潜力的学术新星与满怀热情的科研新锐，提供多学科领域论文课题项目全链条辅导

会议合作
与国内外多所大学和教育机构联合举办学术会议，提供全方位学术服务

图书出版
聚焦高等教育与学术科研领域教材、专著出版及代理

学术活动
每月定期举办免费的在线学术研讨会，学术论坛讲座等学术科研教育活动



HEPM HIGHER EDUCATION PUBLISHING MANAGEMENT 高图学术出版

《跨学科创新与融合研究》

（Journa of Transdisciplinary Innovation and Integration，JTII）



致力于快速传播新兴跨学科与多学科研究成果。倡导突破学科边界的创新研究，关注知识交汇领域的变革性思想。

类型：中文国际期刊　ISSN：印刷 3104-6991 / 在线 3104-7009

官网：j.hkiher.ac.cn/index.php/JTII

计划检索：维普，谷歌学术，中国知网等

周期：双月刊（每年6期）

征稿范围：数据科学与社会科学、工程学与生命科学、环境科学与经济学、材料科学与艺术/设计、神经科学与教育/心理学、管理科学与信息技术。

《应用人工智能与跨学科创新》

（Journal of Applied AI and Interdisciplinary Innovations，JAAI-II）



聚焦于人工智能技术在现实问题中的跨学科应用研究。推动人工智能与多领域融合，催生具有范式变革意义的高影响力成果。

类型：英文国际期刊　ISSN：印刷 3104-7017 / 在线 3104-7025

官网：j.hkiher.ac.cn/index.php/JAAI-II

计划检索：维普，谷歌学术，中国知网等

周期：双月刊（每年6期）

征稿范围：人工智能应用（如医疗健康、金融科技等）、核心人工智能技术（如机器学习、自然语言处理等）。

《融合科学研究与实践》

（Journal of Convergent Science Research and Practice, JCSRP）



聚焦多学科深度交叉与实践应用，鼓励突破传统学科界限，加速前沿融合研究向具有实质社会影响力的全球实践转化。

类型：英文国际期刊

官网：https://j.hkiher.ac.cn/index.php/jcsrp

周期：双月刊（每年6期）

计划检索：维普，谷歌学术，中国知网等

征稿范围：理工科与应用技术、人文与社会科学、可持续发展，以及健康科学（含公共卫生、护理与营养科学）。

我们的三本中英文国际学术期刊分别涵盖跨学科研究、应用人工智能、可持续大健康、融合科学、多学科深度交叉与实际应用等研究领域，均由香港高等教育研究所主办。我们始终坚持普惠出版与学术快审计划，致力于推动学术成果的广泛传播并加入相应的中英文数据库检索。请各位作者(投稿人)根据研究方向选择相应的中文或英文期刊。欢迎关注我们的公众号和小程序，了解最新学术资讯。

香港高等教育研究所
HONG KONG INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION RESEARCH

HEPM HIGHER EDUCATION PUBLISHING MANAGEMENT 高图学术出版

融通学科界限 启迪未来新知
我们诚挚地邀请全球学者、学术与教育机构及业界领袖加入HKIHER的全球学术网络，携手为人类面临的共同挑战开创新的道路，贡献卓越智慧。



跨学科创新与融合研究
Journal of Transdisciplinary Innovation and Integration, JTII

《跨学科创新与融合研究》是香港高等教育研究所主办、致力于推动多学科交叉融合、探索前沿创新领域的国际中文学术期刊。本刊聚焦学科边界突破与知识整合，旨在为全球研究者提供展示跨学科研究成果的高水平平台，促进科学技术、人文与社会领域的深度对话与合作。在全球化与数字化的时代背景下，复杂问题的解决往往需要超越单一学科的视角。跨学科研究通过整合不同领域的理论方法与实践，成为推动科技创新、社会发展和文化演进的核心动力，本刊始终鼓励研究者打破学科壁垒，探索新兴交叉领域。

（ISSN 3104-6991、eISSN 3104-7009）

官网：Hkiher.ac.cn
公众号：高图学术
期刊投稿：Submissions@hkiher.ac.cn
对外合作：Info@hkiher.ac.cn

权责声明

本期刊所刊载的评论、意见、观点等均出自文章作者个人立场，不代表我方（主办方、出版编辑方或出版代理方）本身的观点或看法。对于文章任何部分及文内引用材料给任何个人、机构、其财产所带来的任何损失及损害，我方均不承担任何责任。我们郑重声明，我方的出版运营业务，不构成任何产品商业性能的保证，也不表示我方已承认本期刊文献中所述内容适用于某特定用途。

学术赠阅