企业应用

名副其实？人工智能对企业绿色创新绩效的影响

——基于动态能力的中介效应与ESG表现的调节效应

杨 涛，宋佳茵，程俊棋，王瑞永

（内蒙古财经大学工商管理学院，呼和浩特 010070）

摘要：在数字经济发展与绿色转型的双重背景下，人工智能成为推动企业绿色创新的关键驱动力。基于2016—2023年A股上市公司数据，实证检验人工智能对企业绿色创新绩效的影响效应及其作用机制。研究发现：人工智能显著提升企业绿色创新绩效，且该结论在一系列稳健性检验后依然成立；动态能力及其三个维度（创新能力、吸收能力、适应能力）在人工智能提升企业绿色创新绩效的过程中发挥部分中介作用，其中，创新能力发挥的中介效应最为显著；企业ESG表现在人工智能与绿色创新绩效间发挥正向调节作用。异质性检验结果显示，国有企业、制造业企业、东部地区企业的人工智能对绿色创新的促进作用更显著。研究结论深化了人工智能赋能绿色创新的机制认知，为企业推进技术创新、实现可持续发展提供重要启示。

关键词：人工智能；绿色创新绩效；动态能力；ESG表现

中图分类号：TP18；F279.2；F832.51 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)08－0216－09

在“双碳”目标和高质量发展战略的引领下，绿色创新已成为中国经济转型升级的核心驱动力。党的二十届三中全会强调“加快经济社会发展全面绿色转型”，这是实现高质量发展的关键环节，是建设人与自然和谐共生现代化的内在要求。2024年政府工作报告将“深化大数据、人工智能等研发应用”与“发展绿色低碳经济”共同列为重点工作，为人工智能赋能绿色创新提供了政策支持。在这一战略背景下，人工智能作为新一代通用目的技术，其与绿色创新的深度融合正重塑企业可持续发展范式[1]。然而，中国企业绿色创新仍面临研发周期长、转化效率低等瓶颈。如何通过人工智能技术破解这些难题？其内在的作用路径是什么？该路径又受到哪些关键因素的影响？研究这些问题对于理解人工智能如何在企业层面发挥作用，从而提升绿色创新绩效、推动经济高质量发展具有重大意义。

当前，现有研究表明，人工智能可通过多种路径促进企业创新绩效的提升。一方面，人工智能能够通过提高人才薪酬水平拉大企业内部薪酬差距[2]；另一方面，人工智能促进了知识溢出、人力资本结构升级以及创新要素的优化配置[3]。此外，研究还发现，人工智能有助于增强企业的盈利能力、供应链融资能力与债务融资能力[4]，从而进一步推动企业创新表现。然而，现在研究仍存在关键局限：绿色创新绩效不同于一般创新绩效，其核心是环境友好型技术、工艺或产品的研发与应用（如节能减排专利、清洁生产技术），更强调生态效益与经济价值的平衡。既有文献在探讨人工智能的影响时，分析视角仍多局限于经济效率、人力资本等传统维度，未能有效延伸至绿色创新这一特定领域，也缺乏对绿色创新所需综合能力及其形成机制的深入探讨。

动态能力作为企业整合、构建与重组内外部资源以适应环境变化的核心能力[5]，其包含的创新能力、吸收能力与适应能力三维度，恰好能匹配绿色创新的多维度需求，即创新能力支撑绿色技术研发，吸收能力促进外部环保知识转化，适应能力帮助企业响应政策与市场的绿色需求[6]，但目前鲜有

收稿日期：2025-10-22

基金项目：国家社会科学基金（21XMZ063）

作者简介：杨涛（1998—），男，安徽阜阳人，硕士研究生，研究方向为人力资源管理；宋佳茵（2002—），女，内蒙古赤峰人，硕士研究生，研究方向为人力资源管理；程俊棋（2000—），男，重庆人，硕士研究生，研究方向为战略管理；通信作者王瑞永（1968—），男，内蒙古呼和浩特人，硕士，教授，硕士研究生导师，研究方向为人力资源管理。

研究将动态能力纳入人工智能与绿色创新绩效的中介链条。此外,在调节效应方面,大多研究检验外部因素的影响,如政府数字治理[7]、市场环境合宜性能增强人工智能对企业绿色创新的促进作用,经济政策不确定性、环境动态性则起到负向调节效应[8]。但现有研究忽视了企业内部可持续发展指标的调节价值,即 ESG 表现作为衡量企业环境、社会、治理绩效的综合指标[9],与绿色创新存在天然协同性,即环境维度可强化人工智能在能耗监测、污染治理中的应用导向,社会维度能通过品牌声誉缓解绿色创新融资约束,治理维度可通过健全决策机制确保人工智能资源向绿色领域倾斜[10],其调节作用明显区别于政府、市场等外部变量,但当前鲜有研究探讨 ESG 表现对人工智能与绿色创新绩效关系的调节机制。

综上所述,本文采用 2016—2023 年沪深 A 股上市公司的数据,剖析人工智能驱动企业绿色创新的作用机制与异质性特征。本文的边际贡献主要体现在:从人工智能的技术视角出发,深入探究其对企业绿色创新绩效的影响路径与作用机制,以期为政府制定精准政策与企业优化实践提供理论参考与决策依据;引入动态能力及其三个维度作为中介变量,揭示创新能力、吸收能力与适应能力的差异化中介作用;将企业 ESG 表现纳入机制检验框架,实证分析其在人工智能对绿色创新的直接影响路径中发挥的调节效应,弥补内部情境因素研究的不足;从股权性质、行业类型和地区分布三个维度开展异质性分析,全面揭示人工智能赋能绿色创新的差异化特征,为政府部门制定更具针对性的企业人工智能发展政策提供依据。

1　理论分析与研究假设

1.1　人工智能与绿色创新绩效

在绿色创新驱动发展的时代背景下,企业通过深度应用人工智能技术,有效整合创新资源,优化研发流程,显著提升绿色创新绩效。首先,人工智能通过智能监测与优化系统,不仅能够实时分析生产过程中的能耗与排放数据,实现精准调控,还能通过机器学习算法持续改进工艺流程,显著降低资源消耗与污染排放,提升绿色生产效率[11]。其次,人工智能赋能企业绿色研发创新,通过大数据分析技术挖掘环保技术需求,辅助研发人员快速定位创新方向;智能算法模拟技术可加速绿色材料与工艺的测试验证周期,大幅提高研发效率。最后,人工智能推动企业创新体系向智能化转型,打破传统研发壁垒。通过协同创新平台,既减少了信息不对称带来的创新阻力[12],又促进了跨部门、跨领域的协同创新,快速响应环保政策与技术变革,持续提升绿色创新水平。基于此,提出以下假设。

H1:人工智能能够提升企业绿色创新绩效。

1.2　动态能力的中介效应

动态能力是企业为适应环境快速变化而整合、构建与重组内外部资源的能力,它作为一项核心能力,在人工智能与绿色创新绩效之间发挥关键中介作用。首先,人工智能通过智能算法和大数据分析,使企业能够更高效地获取和处理环保技术信息[13],有助于创新构思的产生,为绿色创新提供持续动力。机器学习模型可以模拟不同环保技术路径的实施效果,大幅提高绿色研发的成功率。其次,人工智能通过智能知识管理系统,显著提升企业对外部绿色技术和知识的吸收与转化效率。随着人工智能的应用,企业研发人员能够高效获取绿色专利和科研报告,把握技术前沿,同时跨部门的知识共享与应用可以促进企业需求与外部知识资源的匹配[6],加速绿色技术的实际应用。最后,人工智能增强了企业对环境变化的适应能力,为绿色创新提供保障。人工智能及时捕捉环保政策与市场需求的动态变化,协助企业快速调整绿色战略,优化资源配置。这种敏捷的适应机制确保了绿色创新活动的持续性与有效性。基于此,提出如下假设。

H2:人工智能通过增强动态能力提升企业绿色创新绩效;

H2a:人工智能通过增强创新能力提升企业绿色创新绩效;

H2b:人工智能通过增强吸收能力提升企业绿色创新绩效;

H2c:人工智能通过增强适应能力提升企业绿色创新绩效。

1.3　ESG 表现的调节效应

ESG 作为衡量企业环境、社会和治理绩效的综合指标,在人工智能与绿色创新绩效的关系中具有重要的调节作用。从环境保护维度来看,环保表现优异的企业更倾向于将人工智能技术与绿色发展深度融合,通过建立完善的环境数据监测系统,实时优化能耗和排放,提升环境信息披露质量[14]。这种环保实践不仅能够获得政府补贴和投资者青睐,还能通过利益相关者的监督激励企业持续投入绿色创新。从社会责任维度来看,具有高度社会责任感的企业更善于利用人工智能捕捉市场环保需求,

分析消费者偏好，实现绿色产品的创新与精准营销。同时，良好的社会责任表现有助于建立良好的品牌声誉，缓解绿色创新面临的融资约束。从公司治理维度来看，健全的治理机制能够确保人工智能技术资源向绿色创新领域有效配置。一方面，通过完善的监管系统可以降低代理成本，抑制管理层的短视行为[15]，保障对绿色创新的长期投入；另一方面，智能决策支持系统能够优化创新资源配置，提高研发效率，降低绿色技术的开发风险。基于上述分析，提出以下假设。

H3：ESG 表现在人工智能赋能企业绿色创新的作用过程中，起到显著的正向调节效应。

2 研究设计

2.1 样本与数据来源

以国泰安数据库中沪深两市 A 股上市公司 2016—2023 年连续 8 年期数据作为研究样本，对数据做以下处理：剔除 ST、*ST、PT 等异常经营样本；剔除金融行业企业样本；对主要变量缺失样本进行剔除；剔除样本周期内企业个体单一观测样本；对连续变量在上下 1%的水平上进行缩尾处理。最终获得 3 592 家企业共 18 056 个有效样本观测值。

2.2 模型设定

构建模型(1)检验人工智能对企业绿色创新绩效的影响；模型(2)和模型(3)为检验动态能力在人工智能影响企业绿色创新绩效的中介效应；模型(4)为检验企业 ESG 表现在人工智能影响绿色创新绩效中的调节效应。

$$GP_{it}=\alpha_0+\alpha_1 AI_{it}+\sum\alpha_k Controls_{it}+\sum Ind+\sum Year+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$DC_{it}=\alpha_0+\alpha_1 AI_{it}+\sum\alpha_k Controls_{it}+\sum Ind+\sum Year+\varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$GP_{it}=\alpha_0+\alpha_1 AI_{it}+\alpha_2 DC_{it}+\sum\alpha_k Controls_{it}+\sum Ind+\sum Year+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$GP_{it}=\alpha_0+\alpha_1 AI_{it}+\alpha_2 ESG_{it}\times AI_{it}+\alpha_3 ESG_{it}+\sum\alpha_k Controls_{it}+\sum Ind+\sum Year+\varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中：i、t 分别为企业、年份；GP 为绿色创新绩效；AI 为人工智能水平；DC 为动态能力，需要说明的是，检验创新能力(IA)、吸收能力(RD)、适应能力(ACV)的中介效应时，需对模型(2)和模型(3)中的动态能力(DC)进行相应替换；ESG 为企业 ESG 表现；ESG×AI 为交互项；α_0 为截距；α_k 为第 k 个变量的系数；Controls 为控制变量；Ind 为行业固定效应；Year 为时间固定效应；ε_{it} 为随机扰动项。

2.3 变量定义

被解释变量：绿色创新绩效(GP)。绿色专利作为衡量企业绿色创新绩效的重要指标，既能反映企业技术优势又体现环保表现，其中绿色发明专利因其更高的创新性，相比绿色实用新型专利更能真实体现企业的绿色创新水平。参考刘宇嘉等[16]、王银梅等[17]的定义方法，采用企业当年申请的绿色发明专利数量加 1 后取自然对数来衡量绿色创新绩效。

解释变量：人工智能(AI)。参照姚加权等[18]、何新江等[19]对人工智能的定义方法，借鉴人工智能词典，统计上市公司年报中相关词语的数量，将关键词数量加 1 后取自然对数作为企业人工智能指标。

中介变量：动态能力(DC)。借鉴杨林等[5]、马丽仪等[6]的测量方法，从创新能力、吸收能力和适应能力三个维度来衡量企业的动态能力。创新能力(IA)以年度研发投入强度和技术人员比例两个指标来综合评价，将二者分别进行标准化处理，然后加总得到创新能力综合值。吸收能力(RD)采用年度研发支出与营业收入之比来衡量。适应能力(ACV)采用年度研发、资本及广告三种主要支出的变异系数来反映企业资源分配的灵活程度，进而测量企业的适应能力。为使变异系数值和适应能力呈正相关，对变异系数取负值。最后，将三个指标的数据标准化后取均值，得到动态能力(DC)指标，数值高则说明企业动态能力高，反之动态能力低。

调节变量：企业 ESG 表现(ESG)。参考方先明和胡丁[9]、宋佳等[10]的做法，采用华证 ESG 评级作为企业 ESG 表现的代理变量。

控制变量。参考李玉花等[20]、李果和白云朴[21]的做法，选择如下控制变量：公司规模(Size)、资产负债率(Lev)、应收账款占比(REC)、营业收入增长率(Growth)、董事人数(Board)、独立董事比例(Indep)、前十大股东持股比例(Top10)、股权制衡度(Balance)、公司成立年限(FirmAge)、机构投资者持股比例(INST)、管理层持股比例(Mshare)。具体变量定义如表 1 所示。

3 实证结果分析

3.1 描述性统计

表 2 展示了各变量的描述性统计结果。企业绿色创新绩效(GP)的均值为 0.271，标准差为 0.658，表明样本企业的绿色创新水平整体较低且存在一定

表 1　变量定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	绿色创新绩效	GP	ln(当年申请的绿色发明专利数量+1)
解释变量	人工智能	AI	ln(企业年报中人工智能相关词语数+1)
中介变量	动态能力	DC	IA、RD、ACV 三者标准化后取均值
	创新能力	IA	年度研发投入强度、技术人员比例标准化处理后加总
	吸收能力	RD	年度研发支出/营业收入
	适应能力	ACV	年度研发、资本、广告支出的变异系数的负值
调节变量	ESG 表现	ESG	华证 ESG 评级
控制变量	公司规模	Size	年总资产的自然对数
	资产负债率	Lev	年末总负债/年末总资产
	应收账款占比	REC	应收账款净额/总资产
	营业收入增长率	Growth	本年营业收入/上一年营业收入−1
	董事人数	Board	董事会人数取自然对数
	独立董事比例	Indep	独立董事除以董事人数
	股权集中度	Top10	前十股东持股数量/总股数
	股权制衡度	Balance	第二到十位大股东持股比例的和/第一大股东持股比例
	公司成立年限	FirmAge	ln(当年年份−公司成立年份+1)
	机构投资者持股比例	INST	机构投资者持股总数/总股本数量
	管理层持股比例	Mshare	董监高持股数量/总股本数量

波动，多数企业仍有较大提升空间。人工智能(AI)的均值为 1.100，标准差为 1.277，说明样本企业在人工智能技术应用上存在显著差异，最小值为 0.000，最大值为 4.754，表明部分企业已深度布局人工智能领域，而另一些企业尚未起步，行业技术发展不均衡现象明显。动态能力(DC)的均值为 0.000，标准差为 0.783，最小值为−1.344，最大值为 3.394，表明企业之间的动态能力分布较为分散，部分企业能够灵活应对市场变化，而另一些企业则表现较弱，可能面临自身调整的挑战。创新能力(IA)的均值为 0.399，标准差为 0.314，反映样本企业的创新能力整体处于中等水平，但内部差异较大。吸收能力(RD)的均值为 0.045，表明企业对外部知识的吸收和转化能力整体较弱，研发投入和知识消化能力亟待提升。适应能力(ACV)的均值为−1.096，最小值为−1.732，最大值为−0.236，说明样本企业在适应外部环境变化方面普遍表现不佳，整体需进一步优化战略灵活性。

3.2　基准检验

表 3 展示了基准回归结果，列(1)为未加入控制变量的基本回归，列(2)在列(1)基础上加入了企业财务指标作为控制变量，列(3)进一步纳入所有控制变量进行完整回归。结果显示，人工智能(AI)的回归系数变化相对稳定，且始终在 1%的水平上呈正向影响，这一结果验证了人工智能对企业绿色创新绩效的促进作用，H1 得到支持。

3.3　稳健性检验

为确保研究结论的可靠性，通过三种方法进行稳健性检验：为消除 2020 年新冠肺炎疫情的异常影响，剔除该年度样本数据重新检验；调整被解释变量的测量方式，采用绿色发明专利占比(当年独立申请的绿色发明数量与专利申请总量之比)重新衡量绿色创新绩效；滞后一期解释变量，以此可以更为精确地评估人工智能的长期效应，确保分析结果的准确性和可靠性。如表 4 所示，各项检验结果均与基准回归结论一致，进一步验证了研究结论的稳健性。

表 2　描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
GP	18 056	0.271	0.658	0.000	3.434
AI	18 056	1.100	1.277	0.000	4.754
DC	18 056	0.000	0.783	−1.344	3.394
IA	18 056	0.399	0.314	0.007	1.531
RD	18 056	0.045	0.048	0.000	0.274
ACV	18 056	−1.096	0.345	−1.732	−0.236
ESG	18 056	4.116	0.973	1.000	8.000
Size	18 056	22.521	1.233	20.141	26.105
Lev	18 056	0.434	0.191	0.069	0.870
REC	18 056	0.127	0.101	0.001	0.466
Growth	18 056	0.134	0.345	−0.518	2.011
Board	18 056	2.230	0.173	1.792	2.708
Indep	18 056	0.377	0.053	0.333	0.571
Top10	18 056	0.549	0.145	0.242	0.889
Balance	18 056	0.962	0.770	0.061	4.035
FirmAge	18 056	3.072	0.251	2.398	3.584
INST	18 056	0.419	0.240	0.004	0.901
Mshare	18 056	0.111	0.164	0.000	0.620

表 3　基准检验

变量	(1)	(2)	(3)
	GP	GP	GP
AI	0.072 1***	0.048 7***	0.047 9***
	(14.50)	(9.97)	(9.79)
Size		0.141 0***	0.131 0***
		(31.63)	(26.16)
Lev		0.043 1	0.054 4*
		(1.52)	(1.89)
REC		0.080 0	0.073 8
		(1.50)	(1.38)
Growth		−0.043 1***	−0.043 8***
		(−3.21)	(−3.24)
Board			0.130 0***
			(3.79)
Indep			0.332 0***
			(3.19)
Top10			−0.277 0***
			(−5.08)
Balance			−0.026 7***
			(−4.39)
FirmAge			−0.065 3***
			(−3.28)
INST			0.237 0***
			(5.29)
Mshare			0.270 0***
			(5.29)
常数项	0.191 0***	−2.987 0***	−2.933 0***
	(26.70)	(−30.81)	(−20.01)
Industry	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
观测值	18 055	18 055	18 055
调整后 R^2	0.109	0.166	0.170

注：*、**、***分别为 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 值。

表 4　稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)
	剔除 2020 年	替换被解释变量	滞后一期解释变量
	GP	GP	GP
AI	0.044 8***	0.001 8**	
	(8.59)	(2.01)	
L. AI			0.047 6***
			(8.50)
常数项	−3.002 0***	−0.053 7**	−2.914 0***
	(−19.28)	(−2.06)	(−17.25)
Controls	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes
观测值	15 817	18 055	14 143
调整后 R^2	0.168	0.059	0.173

注：*、**、***分别为 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 值。

3.4　内生性检验

为解决可能存在的内生性问题，采用工具变量法进行检验。由于企业同年度所处行业的人工智能程度与企业个体人工智能水平紧密相关，但难以对企业绿色创新绩效产生直接性的逻辑关联。所以，通过采用年份—行业层面的企业人工智能水平的均值作为工具变量，记为 IV。

内生性检验结果如表 5 所示。Cragg-Donald Wald F 统计量达到 22 784.97，远超 Stock-Yogo 检验 10%的显著性水平下的临界值 16.38，有力拒绝了弱工具变量的原假设。实证结果显示，在第一阶段估计中，IV 的回归系数为 0.982 且在 1%的水平上显著，表明工具变量与解释变量之间存在显著的正向关联。在第二阶段估计中，人工智能（AI）与企业绿色创新绩效（GP）在 10%的显著性水平正向相关。因此，H1 再次得到验证，即人工智能对企业绿色创新绩效产生显著的正向促进作用。

表 5　内生性检验结果

变量	(1)	(2)
	第一阶段	第二阶段
	AI	GP
IV	0.982***	
	(17.916)	
AI		0.051*
		(1.726)
Controls	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes
Year	Yes	Yes
观测值	18 056	18 056
Cragg-Donald Wald F	22 784.97	

注：*、**、***分别为 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 值。

3.5　中介效应检验

（1）动态能力。表 6 列（1）显示人工智能系数为 0.108 0，且显著正相关，这说明人工智能对动态能力有明显的促进作用。列（2）中人工智能系数和动态能力系数均在 1%的水平下显著为正，这说明动态能力在人工智能与绿色创新绩效间发挥了中介作用，H2 成立。

（2）创新能力。根据表 6 列（3）的结果，人工智能的系数为 0.043 5，且在统计上显著为正，表明人工智能对创新能力具有显著的提升作用。进一步观察列（4），人工智能和创新能力的系数均在 1%的显著性水平上为正，说明创新能力在人工智能与绿色创新绩效之间起到了部分中介作用，从而支持了 H2a 的成立。

（3）吸收能力。表 6 列（5）的回归结果显示，人工智能的系数为 0.005 9，且通过显著性检验，表明人工智能对吸收能力具有显著的正向影响。在列（6）中，人工智能和吸收能力的回归系数均在 1%的

水平上显著为正，表明吸收能力在人工智能与绿色创新绩效之间起到了部分中介作用，因此 H2b 得到验证。

（4）适应能力。表 6 列（7）的回归结果表明，人工智能的回归系数达到 0.021 9 且通过显著性检验，证实人工智能对企业适应能力具有显著提升作用。进一步分析列（8）数据可见，人工智能和适应能力的系数均在 1%的显著性水平上呈现正向关系。这一结果表明适应能力在人工智能与绿色创新绩效之间起到中介传导作用，从而验证了 H2c 的成立。

为进一步验证动态能力的中介作用机制，采用 Bootstrap 方法进行稳健性检验。表 7 的检验结果显示：在人工智能影响企业绿色创新绩效的传导路径中，动态能力及其三个维度（创新能力、吸收能力、适应能力）的直接效应和间接效应的 95%置信区间均不包含 0。这一结果进一步证实动态能力在人工智能与企业创新绩效之间具有显著的部分中介效应，从而为 H2、H2a、H2b、H2c 提供了更稳健的实证支持。通过计算，动态能力的中介效应在总效应中占比为 34.58%，创新能力的中介效应占比为 44.01%，吸收能力的中介效应占比为 30.83%，适应能力的中介效应占比为 1.29%。这一量化结果清晰地揭示了不同维度动态能力在传导机制中的差异化作用。

3.6　调节效应检验

采用中心化方法对解释变量（AI）和调节变量（ESG）进行处理，以减少多重共线性并增强回归系数的可解释性。表 8 为 ESG 表现的调节效应检验结果，中心化后的 AI 与 ESG 的交互项 AI×ESG 系数为 0.044 3，在 1%的水平下显著为正，这说明企业 ESG 表现越好，人工智能对企业绿色创新绩效的提升作用越明显。因此，H3 得到验证。

3.7　异质性检验

从股权性质角度看，国有企业与非国有企业在政策支持、资源整合能力等方面存在不同，尤其是社会责任履行导向上有显著差异，这些差异共同影响人工智能对绿色创新绩效的促进作用。表 9 的异质性检验结果显示：国有企业样本中，AI 的回归系数为 0.058 4（在 1%的水平下显著），高于非国有企

表 6　中介效应检验

变量	(1)	(2)	DC-IA		DC-RD		DC-ACV	
			(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	DC	GP	IA	GP	RD	GP	ACV	GP
AI	0.108 0***	0.038 1***	0.043 5***	0.036 1***	0.005 9***	0.041 4***	0.021 9***	0.046 9***
	(24.95)	(7.69)	(25.64)	(7.29)	(20.51)	(8.39)	(9.34)	(9.56)
DC		0.090 1***		0.270 0***		1.094 0***		0.045 1***
		(10.71)		(12.60)		(8.60)		(2.90)
常数项	0.544***	−2.982***	0.585***	−3.091***	0.127***	−3.072***	−1.319***	−2.873***
	(4.20)	(−20.40)	(11.51)	(−21.10)	(14.77)	(−20.87)	(−18.78)	(−19.42)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	18 055	18 055	18 055	18 055	18 055	18 055	18 055	18 055
调整后 R^2	0.542	0.175	0.562	0.177	0.471	0.173	0.308	0.170

注：*、**、***分别为 10%、5%、1%的显著性水平；括号内为 t 值。

表 7　动态能力的中介效应检验

路径	效应	效应值	标准误	95%的置信区间	
				下限	上限
人工智能→动态能力→绿色创新绩效	直接效应	0.055 8	0.004 1	0.047 7	0.063 9
	间接效应	0.029 5	0.001 7	0.026 2	0.032 8
人工智能→创新能力→绿色创新绩效	直接效应	0.047 7	0.004 3	0.039 4	0.056 1
	间接效应	0.037 5	0.002 2	0.033 3	0.041 9
人工智能→吸收能力→绿色创新绩效	直接效应	0.059 0	0.004 1	0.050 9	0.067 1
	间接效应	0.026 3	0.001 8	0.022 8	0.029 9
人工智能→适应能力→绿色创新绩效	直接效应	0.084 2	0.003 9	0.076 6	0.091 7
	间接效应	0.001 1	0.000 2	0.000 7	0.001 6

注：Bootstrap 法的样本量为 5 000。

业的0.046 4(在1%的水平下显著),表明人工智能对国有企业绿色创新绩效的提升作用更强。这一差异的核心原因之一在于,国有企业作为国民经济的重要支柱,承担更重的环境社会责任与可持续发展使命,其经营目标不仅包括经济收益,更需响应国家"双碳"目标、推动行业绿色转型等政策导向,这种强社会责任属性使其对绿色创新的需求更迫切、投入更坚定。同时,在人工智能技术应用中,国有企业的社会责任导向会进一步引导技术资源向绿色领域倾斜。非国有企业受限于融资约束和抗风险能力[22],其经营决策更侧重短期经济收益,社会责任履行多停留在合规层面,对绿色创新的投入动力相对不足。即使应用人工智能技术,也更倾向于优先服务生产效率提升等短期目标,对绿色创新的技术倾斜度较低,最终导致人工智能对绿色创新绩效的促进作用弱于国有企业。

从行业类型角度看,制造业与非制造业的生产特征不同,人工智能的适用性存在差异。结果显示:制造业企业的AI系数为0.061 2(1%的显著性水平),显著高于非制造业的0.018 7(5%的显著性水平),说明人工智能对制造业绿色创新的促进作用更突出。究其原因,制造业的生产流程标准化程度高,借用人工智能提高信息化水平[23],通过智能监测优化能耗、减少废料排放,或通过数字化研发加速绿色产品设计,从而提升绿色创新绩效;非制造业(如服务业)的业务流程更依赖人力协作,人工智能的绿色创新应用场景相对有限,效果较弱。

从地区分布角度看,东部地区与中西部地区在技术基础设施和经济水平上的差距可能导致人工智能技术作用的分化。结果显示:东部地区企业的AI系数为0.047 5(1%的显著性水平),高于中西部地区的0.036 8(1%的显著性水平),表明人工智能在东部地区的绿色创新效应更强。东部地区数字经济发达,企业数字化基础较好[24],能更高效地整合人工智能与清洁技术;中西部地区受限于技术人才短缺和配套政策滞后,人工智能技术的应用深度和绿色转化效率较低。

表8　调节效应检验

变量	(1)
	GP
AI	0.039 7***
	(8.16)
AI×ESG	0.044 3***
	(12.09)
ESG	0.075 8***
	(14.76)
常数项	−2.701 0***
	(−18.49)
Controls	Yes
Industry	Yes
Year	Yes
观测值	18 055
调整后R^2	0.185

注:*、**、***分别为10%、5%、1%的显著性水平;括号内为t值。

4　结论与建议

本文以2016—2023年A股上市公司为研究对象,实证分析人工智能对企业绿色创新绩效的影响及异质性特征,并对动态能力的中介作用和企业ESG表现的调节作用进行检验。得出结论如下:人工智能对企业绿色创新绩效具有显著的提升作用;动态能力及其三个维度(创新能力、吸收能力、适应能力)在人工智能与企业绿色创新绩效间发挥独立中介作用,其中,创新能力发挥的中介效应最为显著;企业ESG表现在人工智能与绿色创新绩效间发

表9　异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	国有企业	非国有企业	制造业	非制造业	东部地区	中西部地区
	GP	GP	GP	GP	GP	GP
AI	0.058 4***	0.046 4***	0.061 2***	0.018 7**	0.047 5***	0.036 8***
	(5.66)	(8.77)	(10.35)	(2.16)	(8.29)	(3.76)
常数项	−3.527***	−1.753***	−3.580***	−1.604***	−3.097***	−2.171***
	(−12.78)	(−9.54)	(−19.76)	(−6.42)	(−17.02)	(−8.51)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	6 435	11 619	12 442	5 596	12 688	5 112
调整后R^2	0.239	0.149	0.171	0.191	0.179	0.158

注:*、**、***分别为10%、5%、1%的显著性水平;括号内为t值。

挥正向调节作用;从股权性质、行业类型、地区分布这三个维度进行异质性分析,发现国有企业、制造业企业、东部地区企业的人工智能对绿色创新的促进作用更显著。基于此,提出如下四点意见。

(1)将人工智能技术部署精准聚焦于绿色创新关键环节。研究证实人工智能对绿色创新绩效具有直接促进作用。因此,超越通用性技术应用,制定专项规划,将人工智能资源重点投向绿色工艺优化、能耗与排放智能实时监测、清洁产品研发模拟等具体场景。管理层可考虑设立"人工智能+绿色创新"专项基金,优先支持能够直接带来环境效益改善的技术项目,以提升绿色创新的技术效能与投入产出比。

(2)系统培育动态能力,以强化人工智能技术的传导与转化效能。动态能力是人工智能影响绿色创新的重要中介路径,其中创新能力的中介效应最为突出。企业应建立跨职能的绿色创新研发团队,利用人工智能工具加强内部知识整合与创意生成,持续提升原创性绿色技术研发能力。同时,通过构建开放式创新平台或产学研合作,主动吸收外部环保知识与技术,并利用人工智能进行快速筛选与匹配,增强知识转化效率。此外,建立基于人工智能的环境政策与市场信号动态分析机制,使企业能够灵活调整绿色创新战略与资源配置,增强对变化环境的适应能力。

(3)深化 ESG 实践与人工智能应用的战略协同,创造可持续价值。ESG 表现能够正向调节人工智能对绿色创新的促进作用。企业应在环境(E)维度,将人工智能应用于提升环境管理精细化水平与信息披露质量,明确量化并披露人工智能技术在节能降耗、减污降碳方面的具体成效。在社会(S)维度,利用良好的 ESG 声誉所积累的信任资本,为"人工智能驱动"的绿色产品与服务拓展市场、吸引绿色融资,缓解相关创新活动的资源约束。在治理(G)维度,董事会应加强对人工智能投资方向的监督与引导,通过完善治理机制确保技术资源向绿色创新领域倾斜,避免技术应用的短期化与偏离可持续发展目标。

(4)依据自身特征实施差异化的"人工智能+绿色创新"发展策略。针对异质性分析结果,国有企业发挥其资源整合能力强、社会责任导向明确的优势,牵头建设行业性或区域性的人工智能绿色技术创新平台,促进知识共享与协同攻关。制造业企业重点推进生产制造全流程的智能化改造与绿色化升级深度融合,利用人工智能实现从设计、生产到回收的闭环绿色管理。东部地区企业积极探索人工智能与前沿绿色技术的融合应用,并总结可复制的经验模式。中西部地区企业则结合本地产业特色,优先在资源高效利用、污染防控等关键痛点引入人工智能解决方案,同时积极争取政策支持以弥补数字基础设施与人才短板。政府部门在制定相关政策时,也考虑这些差异,提供分类指导与精准支持。

参考文献

[1] 祁怀锦,刘斯琴. 企业数字化发展对绿色创新的影响及其作用机理[J]. 当代经济科学,2023,45(4):72-83.

[2] 宁楠,惠宁. 人工智能与制造企业创新:理论逻辑与实证检验[J]. 经济体制改革,2025(1):120-126.

[3] 房浩超. 人工智能应用对企业创新的影响及其作用机制——来自中国 A 股上市公司的证据[J]. 科技管理研究,2024,44(15):157-167.

[4] 吕振伟,谢海洋. 人工智能发展赋能企业创新:理论分析与经验证据[J]. 统计与决策,2025,41(3):169-174.

[5] 杨林,和欣,顾红芳. 高管团队经验、动态能力与企业战略突变:管理自主权的调节效应[J]. 管理世界,2020,36(6):168-188.

[6] 马丽仪,车莹,陈柏强. 中小企业数字化转型与创新绩效关系——动态能力的中介作用和环境不确定性的调节作用[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2025,27(3):153-166.

[7] 蒋樟生,魏影. 资源获取视角下人工智能对企业绿色创新的影响研究[J]. 工业技术经济,2025,44(6):109-117.

[8] 成琼文,陆思宇. 数字技术应用、经济不确定性与绿色创新[J]. 软科学,2023,37(5):1-7.

[9] 方先明,胡丁. 企业 ESG 表现与创新——来自 A 股上市公司的证据[J]. 经济研究,2023,58(2):91-106.

[10] 宋佳,张金昌,潘艺. ESG 发展对企业新质生产力影响的研究——来自中国 A 股上市企业的经验证据[J]. 当代经济管理,2024,46(6):1-11.

[11] 占华,后梦婷,檀菲菲. 智能化发展对中国企业绿色创新的影响——基于新能源产业上市公司的证据[J]. 资源科学,2022,44(5):984-993.

[12] 朱冠平,王琨. 人工智能应用与制造业企业绿色创新[J]. 工业技术经济,2024,43(9):73-81.

[13] LI D, XIAO J, YANG F. Artificial intelligence and enterprise green innovation: intrinsic mechanisms and heterogeneouseffects[J]. Sustainability, 2024, 16(21): 9246-9246.

[14] DONG X, ZHOU N, ZHAO X, et al. Theimpact of artificial intelligence on corporate green innovation: Can "increasing quantity" and "improving quality" go hand in hand? [J]. Journal of Environmental Management, 2025, 376: 124439.

[15] 苏涛永，郭鑫. 数字化转型对企业绿色创新持续性的影响研究[J]. 经济体制改革，2025(3)：136-145.
[16] 刘宇嘉，刘力钢，邵剑兵. 高管团队稳定性、动态能力与企业绿色创新绩效——数字化转型的调节作用[J]. 研究与发展管理，2024，36(5)：173-186.
[17] 王银梅，吴泫锡，张馨月. 增值税分成改革对企业绿色创新绩效的影响——基于制造业上市公司的经验证据[J]. 科技进步与对策，2025，42(4)：67-77.
[18] 姚加权，张锟澎，郭李鹏，等. 人工智能如何提升企业生产效率？——基于劳动力技能结构调整的视角[J]. 管理世界，2024，40(2)：101-116.
[19] 何新江，王钦鹏，杨铭杰. 人工智能对新质生产力影响的研究：来自中国A股上市企业的经验证据[J]. 技术经济，2025，44(2)：97-114.
[20] 李玉花，林雨昕，李丹丹. 人工智能技术应用如何影响企业创新[J]. 中国工业经济，2024(10)：155-173.
[21] 李果，白云朴. 人工智能应用如何影响制造企业创新绩效？[J]. 财经论丛，2024(12)：102-112.
[22] 朱小刚，刘博，刘春年. 数字化提升企业绿色创新质量的机制研究[J]. 首都经济贸易大学学报，2024，26(1)：18-33.
[23] 冉启英，杨小东，叶林祥. 数字化与持续绿色创新——来自A股上市工业企业的证据[J]. 苏州大学学报(哲学社会科学版)，2024，45(4)：119-131.
[24] ZHAO C，WANG L. Artificial intelligence and enterprise green innovation：evidence from a quasi-natural experiment inChina [J]. Sustainability，2025，17(6)：2455-2465.

Living Up to Its Name? The Impact of Artificial Intelligence on Corporate Green Innovation Performance：Based on the Mediating Effect of Dynamic Capabilities and the Moderating Effect of ESG Performance

YANG Tao，SONG Jiayin，CHENG Junqi，WANG Ruiyong
(School of Business Administration，Inner Mongolia University of Finance and Economics，Hohhot 010070，China)

Abstract：Under the dual background of digital economy development and green transformation，artificial intelligence has become the key driving force to promote green innovation of enterprises. Based on the data of A-share listed companies from 2016 to 2023，the impact of artificial intelligence on corporate green innovation performance and its mechanism were empirically tested. The study found that artificial intelligence significantly improves the green innovation performance of enterprises，and this conclusion is still valid after a series of robustness tests. Dynamic capability and its three dimensions (innovation capability，absorptive capacity and adaptability) play a partial mediating role in the process of artificial intelligence improving corporate green innovation performance. Among them，the mediating effect of innovation capability is the most significant. Enterprise ESG performance plays a positive moderating role between artificial intelligence and green innovation performance. The results of heterogeneity test show that the artificial intelligence of state-owned enterprises，manufacturing enterprises and enterprises in the eastern region has a more significant role in promoting green innovation. The research conclusions deepen the mechanism cognition of artificial intelligence empowering green innovation，and provide important enlightenment for enterprises to promote technological innovation and achieve sustainable development.

Keywords：artificial intelligence；green innovation performance；dynamic capability；ESG performance