

# Research on the path of green manufacturing to drive the high-quality development of manufacturing industry

Zhenbao Wu

Shanghai Institute of Technology, Shanghai, 200030, China

## Abstract

This paper systematically examines the pivotal role of green manufacturing in promoting the high-quality development of the manufacturing industry. By leveraging a four-dimensional approach encompassing technological innovation, industrial synergy, policy support, and market drive, this study draws on transformation cases from the ceramics and steel industries in Guangdong Province as well as the development practices of the new energy vehicle industry to elucidate the mechanisms by which green manufacturing optimizes industrial structures, enhances resource efficiency, and contributes to carbon neutrality. Green manufacturing generates systematic impetus through full life cycle management, intelligent technology integration, and institutional innovation; however, it still encounters challenges in technology transformation, capital investment, and regional collaboration. It is recommended to establish a “technology-industry-policy-market” coordinated development framework, reinforce the guidance of green standards, enhance green financial support, and facilitate the transition of the manufacturing sector toward knowledge-intensive, low-carbon circularity.

## Keywords

Green manufacturing; High quality development; Four-dimensional path; Low-carbon cycle

## 绿色制造驱动制造业高质量发展的路径研究

吴振堡

上海应用技术大学, 中国 · 上海 200030

## 摘要

本文系统分析了绿色制造在驱动制造业高质量发展中的核心作用, 基于技术创新、产业协同、政策支持和市场驱动四维路径, 揭示绿色制造对产业结构优化、资源效率提升和碳中和目标的实现机制。绿色制造通过全生命周期管理、智能技术融合和制度创新形成系统性驱动力, 但在技术转化、资金投入和区域协同方面仍面临挑战。建议构建“技术-产业-政策-市场”协同发展体系, 强化绿色标准引领, 完善绿色金融支持, 推动制造业向知识密集型、低碳循环方向升级。

## 关键词

绿色制造; 高质量发展; 四维路径; 协同发展

## 1 引言

全球制造业正经历以绿色低碳为核心特征的深度变革。根据联合国工业发展组织报告, 工业部门贡献了全球 34% 的碳排放量<sup>[1]</sup>, 而中国作为制造业大国, 2023 年制造业能源消费占全国总能耗的 54.3%<sup>[2]</sup>, 单位增加值能耗达到 0.89 吨标准煤/万元, 显著高于德国 (0.38 吨) 等发达国家水平<sup>[3]</sup>。这种高碳发展模式已难以适应“双碳”战略目标要求, 迫使制造业向绿色化方向转型。以广东省绿色制造为例, 其通过氢基竖炉、陶瓷薄板等技术创新, 在保持制造业增加值年增长的同时, 实现重点行业碳排放强度下降 36%<sup>[4]</sup>, 印证了绿色制造对高质量发展的双重促进作用。本文聚焦技术创新、产业重构、

政策协同与市场响应的交互作用, 系统解析绿色制造的转型路径, 旨在为制造业突破资源、环境约束提供解决方案。

## 2 绿色制造与高质量发展的理论关联

### 2.1 核心概念界定

绿色制造: 贯穿产品全生命周期的环境友好型制造模式, 包含清洁生产、循环利用和智能管控三大特征<sup>[4][5]</sup>。清洁生产通过工艺革新实现资源高效利用与污染源头控制, 形成“低投入-高产出-低排放”的生产范式; 循环利用依托逆向物流与再生技术构建资源闭环系统, 突破传统线性生产模式的资源约束; 智能管控借助数字孪生与物联网技术实现全流程动态优化, 形成数据驱动的精准治理机制。三者的协同作用推动制造业从末端治理向源头预防、从资源消耗向循环再生、从经验管理向智能决策的系统性变革。

高质量发展: 涵盖经济效益提升、生态效益优化和社

【作者简介】吴振堡 (1996-), 男, 中国广东汕尾人, 硕士, 从事工程管理相关研究。

会效益改善的三维目标体系。其三维目标体系突破了传统发展模式的单向增长逻辑,构建起经济价值创造、生态系统优化与社会福祉增进的共生关系。经济效益提升强调通过技术创新与产业升级实现全要素生产率增长,既包括传统产业的高端化改造,也涵盖数字经济、绿色经济等新质生产力的培育;生态效益优化要求将环境成本内部化为发展要素,通过资源高效利用与污染源头控制,构建低碳循环的产业体系;社会效益改善则注重发展成果的公平共享,通过就业质量提升、公共服务完善和社会治理创新,形成经济发展与社会进步的良性互动。

## 2.2 作用机理模型

绿色制造与高质量发展的理论关联可凝练为“技术-产业-政策-市场”协同驱动模型,其核心在于构建四者动态耦合的作用机制。

技术创新作为底层支撑,通过人工智能、工业互联网等数字化技术重构生产范式,实现制造过程的精准化、高效化与低碳化,从而降低单位产品能耗强度并提升资源利用率。这种技术赋能既为绿色制造提供了方法论支撑,又通过全要素生产率提升推动高质量发展的动能转换。

产业重构是协同框架的价值载体,技术创新催生出新能源汽车、绿色建材等新兴产业集群,形成具有高附加值、低环境负荷特征的产业价值链。这种重构不仅表现为产业结构的“绿色”升级,更通过产业间技术溢出效应和关联效应,推动传统产业向高端化、智能化转型,形成绿色制造与高质量发展的产业协同生态。

政策创新作为保障机制,通过碳交易市场、环境规制等政策工具构建市场化激励与约束体系,将环境成本内部化为企业决策要素,引导技术创新方向与产业发展路径。这种制度供给既为技术应用提供市场空间,又为产业转型创造公平竞争环境,形成“政策引导-技术响应-产业升级”的闭环机制。

市场反馈机制则形成需求侧牵引与供给侧响应的双向互动,绿色消费需求通过碳足迹认证、绿色采购等机制反哺技术迭代,推动企业优化产品设计与工艺革新。这种反馈机制不仅激活市场动能,更通过需求侧管理形成技术创新的市场化筛选机制,促使企业将环境绩效纳入技术研发决策,形成“需求升级-技术创新-产品优化”的良性循环。

## 3 绿色制造推动高质量发展的实现路径

### 3.1 技术创新驱动路径

以智能技术与绿色工艺的深度融合为核心,构建“AI+绿色制造”创新体系。通过数字孪生技术对生产流程进行动态模拟与优化,实现资源配置的精准化与能源消耗的可视化。同时突破氢冶金设备、退役电池再生系统等关键装备技术瓶颈,形成具有自主知识产权的绿色制造技术集群,推动制造过程向零碳、高效、安全方向演进。

### 3.2 产业结构升级路径

实施“传统产业绿色化改造+新兴产业生态化培育”

双轮驱动。在建材、钢铁等传统领域推广陶瓷薄板、氢基竖炉等颠覆性技术,实现单位产品能耗降低 30%~60%<sup>[4]</sup>;在新能源、低空经济等新兴领域打造产业集群,形成“技术研发-装备制造-应用服务”的完整生态链,构建具有全球竞争力的绿色产业体系。

### 3.3 政策协同实施路径

构建“制度创新+区域试点”的政策供给体系。通过扩大碳市场覆盖至陶瓷、数据中心等八大行业,实施“环保信用+金融”挂钩机制,形成市场化激励约束机制。同时开展气候投融资示范区、绿色供应链管理试点等差异化探索,形成可复制的政策工具包,为全国绿色转型提供制度创新样本。

### 3.4 市场导向发展路径

以绿色消费需求牵引供给侧改革,通过绿电交易、碳足迹认证等机制激活市场动能。创新绿色债券、ESG 基金等金融工具,建立转型金融风险补偿机制,引导社会资本向绿色领域集聚。这种“需求端倒逼+供给侧升级”的双向互动,形成绿色制造发展的市场化闭环。

四维路径构成“技术突破-产业重构-政策保障-市场激活”的协同机制,通过技术创新降低环境负荷,产业升级创造新质生产力,政策协同优化制度供给,市场导向形成持续动力,共同推动制造业向高端化、智能化、绿色化方向跨越,为高质量发展提供系统性解决方案。

## 4 挑战与对策建议

### 4.1 主要挑战

绿色制造转型面临多重结构性矛盾,其本质是技术创新外溢性与制度供给滞后性的深层冲突。绿色技术壁垒形成技术标准锁定效应<sup>[6]</sup>,导致企业需承担技术适配成本与专利转化风险,形成“创新悖论”——技术进步反而推高转型门槛。环境规制的区域梯度差异引发“污染避难所”效应<sup>[7]</sup>,严格的环境标准迫使高耗能产业向规制薄弱地区转移,形成空间维度的环境正义失衡。技术转化障碍源于创新链与产业链的断裂,绿色专利成果转化率不足 30%<sup>[7]</sup>,暴露出技术供给与市场需求的结构性错配。资金缺口问题在中小企业尤为突出,其绿色技改投资回报周期长达 5~8 年<sup>[8]</sup>,远高于传统技改项目,形成“资金堰塞湖”效应。区域失衡呈现明显的“马太效应”,东部绿色园区数量为西部的 3.2 倍<sup>[5]</sup>,反映出要素禀赋与政策倾斜的双重差异。

这些问题的核心在于绿色制造转型的系统协同不足:技术创新缺乏有效的扩散机制,政策供给未能形成全国统一市场,市场机制尚未充分激活绿色需求,区域政策缺乏差异化协同。

### 4.2 对策建议

#### 4.2.1 破解绿色技术壁垒的技术治理创新

建立绿色技术专利池:在行业协会统筹下构建跨领域专利共享生态平台,配套建立科学的绿色专利分级评估机制

与动态更新体系。实施差异化许可策略，对低碳冶金、光伏材料等关键共性技术推行“免费基础授权+增值服务收费”模式，同步配套中小企业专利转化专项补贴，有效降低技术适配与产业化初期成本。创新建立“标准互认+检测互信”双轨机制，构建覆盖研发设计、生产制造、回收利用全生命周期的绿色制造标准体系，通过区块链技术实现标准执行数据的全流程追溯，破除跨区域技术应用壁垒。

构建“技术创新共同体”：搭建政-产-学-研-用深度融合的协同创新网络，在京津冀、长三角等产业集聚区布局国家级绿色技术中试转化基地，配套建设中试装备共享平台与成果熟化评估中心，建立“实验室研发-中试验证-产业化对接”全链条服务体系。升级绿色技术“揭榜挂帅”机制，建立跨行业专家库与技术需求动态匹配系统，针对氢冶金装备集成、退役电池材料再生等“卡脖子”领域，实施“定向委托+联合攻关+成果共享”的协同创新模式，同步构建知识产权共享池与技术标准共创机制，培育具有国际竞争力的绿色技术产业集群。

#### 4.2.2 优化环境规制的政策供给创新

建立环境规制跨区域补偿机制：创新构建“污染权交易+生态补偿”的复合型联动机制，引入区块链技术搭建全国统一的碳汇交易与生态补偿数字化平台，通过智能合约实现东部地区与中西部碳汇指标交易的透明化、自动化。同时，允许东部地区以购买中西部林业碳汇、湿地保护等生态项目指标的方式平衡环境成本，依据中西部不同地区的生态承载能力、产业发展需求，制定差异化环境准入标准。配套设立中央财政引导、地方财政配套、社会资本参与的生态保护补偿基金，确保区域生态协同发展。

完善环境规制动态调整体系：构建以碳排放强度、资源循环利用率、单位GDP能耗等核心指标为基础的环境规制动态评估模型，针对钢铁、化工等高耗能产业，实施基于能耗梯度的阶梯式环境税。开发集大数据分析、人工智能预测功能于一体的“环境规制智能评估系统”，接入气象、地理、产业等多源数据，实时监测区域环境承载力变化，自动生成环境规制政策调整建议，实现环境规制的精准化、科学化、动态化管理。

#### 4.2.3 突破技术转化瓶颈的市场机制创新

构建绿色技术需求牵引体系：实施政府绿色采购制度，将碳足迹认证产品纳入政府采购目录，建立首套绿色装备示范应用补偿机制。培育绿色消费市场，通过碳积分制度激励消费者选择低碳产品。

创新绿色金融产品供给：开发“技术转化专项债券”，设立绿色技术银行，为专利产业化提供全周期金融支持。建立技术转化风险补偿基金，对绿色专利转化失败项目给予损失补偿。

#### 4.2.4 缓解区域失衡的协同发展创新

实施绿色园区“东西结对”计划：建立东部绿色园区与西部园区的结对帮扶机制，推动技术、人才、管理经验的

跨区域流动。设立西部绿色发展专项基金，重点支持国家级绿色园区建设，对西部绿色项目给予投资补贴。

构建区域协同创新网络：在中西部布局国家级绿色技术创新中心，形成“东部研发-西部转化”的协同模式。建立跨区域绿色供应链联盟，鼓励东部企业与西部供应商共建绿色采购体系，提升区域产业关联度。

#### 4.2.5 强化政策协同的治理能力提升

建立绿色转型综合评价体系：开发涵盖技术进步、环境绩效、经济效益的三维评价模型，将绿色制造指标纳入地方政府绩效考核体系，实施差异化考核标准。

构建数字化治理平台：建设全国统一的绿色制造大数据平台，整合企业能耗、污染排放、技术创新等数据，为政策制定提供精准支持。开发“绿色转型智能诊断系统”，为企业提供个性化转型方案。

## 5 结论

绿色制造的深入推进将重塑制造业价值创造逻辑，其不仅关乎产业竞争力的提升，更是实现“双碳”目标与高质量发展的战略支点。本研究剖析了“技术-产业-政策-市场”四维协同驱动模型，系统揭示了绿色制造对制造业高质量发展的深层作用机理。技术创新通过人工智能、工业互联网等数字化手段重构生产范式；产业重构催生新能源汽车、绿色建材等新兴产业集群；政策创新通过碳交易、环境制度等工具引导转型方向；市场反馈机制则通过绿色消费需求反哺技术迭代。四维协同形成闭环系统，推动制造业从高碳粗放模式向低碳循环模式跨越，实现经济效益、生态效益与社会效益的共生共荣。

## 参考文献

- [1] United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2023). Industrial Development Report 2023. Vienna: UNIDO.
- [2] 中能传媒研究院. (2024). 中国能源大数据报告(2024). 北极星电力新闻网. Retrieved from <https://news.bjx.com.cn/html/20240621/1384576.shtml>
- [3] 国家统计局. (2024). 非工业重点耗能单位能源消费情况. Retrieved from [https://www.stats.gov.cn/zs/tjws/zytjzqbs/dwgn/202412/t20241223\\_1957824.html](https://www.stats.gov.cn/zs/tjws/zytjzqbs/dwgn/202412/t20241223_1957824.html)
- [4] 有容. 绿色制造——让发展更高效、保护更有效[J]. 环境, 2024(11):24-27.
- [5] 陈婉. 以绿色制造培育产业竞争优势[J]. 环境经济, 2024,(22):62-65.
- [6] 郑坤, 彭甲超. 人工智能政策对中国制造业绿色低碳转型的影响效应分析[J/OL]. 能源研究与管理, 1-9[2025-03-31]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/36.1310.TK.20250319.2301.004.html>.
- [7] 张航燕, 汪玲康. 智能制造对企业绿色转型的影响[J]. 东北财经大学学报, 2025,(02):84-97.
- [8] 陈琳. 制造业项目管理与绿色经济可持续发展探究[J]. 中国产经, 2024,(21):164-166.