

废旧纺织品循环利用系统中的协同管理模型 及产业带动效应分析

沈胜圣

江苏瑞宇纺织科技有限公司 江苏宿迁 223700

摘要：在“双碳”战略和制造业绿色转型的背景下，废旧纺织品的循环利用已成为缓解资源压力的重要议题。我国作为纺织生产与消费大国，废旧纺织品的产生量持续攀升，但规范化回收率仍处于较低水平。本文尝试从系统管理的角度，构建一个涵盖政策、企业运行与技术支撑的协同管理框架，并利用2013—2023年的面板数据进行实证检验。研究发现，该框架在降低物流成本、提升资源转化效率方面具有积极作用，同时通过价值链延伸和技术扩散对相关产业产生带动效应。值得注意的是，这种效应在不同地区表现出明显差异，产业基础雄厚的地区更容易形成集群效应，而基础薄弱地区则面临吸收能力不足的挑战。本文的贡献在于提供了一个系统化的分析视角，并为政策制定和企业实践提供了参考，但仍需在数据覆盖和模型适用性方面进一步验证。

关键词：废旧纺织品；循环利用；协同管理模型；产业带动效应；绿色制造；技术溢出

引言

国家绿色低碳发展政策提出“健全废弃物循环利用体系”，2024年政府工作报告亦强调“加强废弃物循环利用，推动重点行业节能降碳改造”。纺织工业作为我国支柱产业，“取—用—弃”线性模式已不适应资源约束现状。我国作为全球最大纺织生产消费国，纺织纤维加工总量占全球50%以上，废旧纺织品产生量同步攀升——2023年达2600万吨，回收利用量仅553万吨，利用率不足24%，远低于发达国家60%以上水平^[1]。大量废旧纺织品被焚烧或填埋，既浪费资源又加剧环境压力^[2]。

废旧纺织品高效循环利用的核心瓶颈是跨主体协同机制缺失：前端回收以非正式渠道为主（占比超60%），导致物料杂乱、分拣成本高；中后端再生企业与前端数据割裂，存在资源错配、质次价高问题；政府政策缺乏跨组织协同引导，生产者责任延伸（EPR）制度落地有限^[3]。学术研究方面，现有成果多聚焦化学解聚、物理开松等单一技术，鲜少从系统管理层面探讨协同机制；对循环系统带动配套产业升级的定量研究更薄弱^[4]。

据此，本文立足我国现状，构建多主体协同管理模型，通过理论与实证分析，揭示协同机制对资源转化效率的提升作用及产业带动逻辑。研究既弥补现有研究系统管理视角的不足，也为政府制定绿色政策、企业参与循环建设提供决策依据。

一、理论基础与行业现状分析

（一）核心理论支撑

循环经济理论构成本文的基础分析框架，该理论由鲍尔丁提出，核心是构建“资源—产品—再生资源”的闭环系统，强调通过物质流量化、再利用、资源化实现全生命周期价值最大化。在废旧纺织品领域，循环经济理论要求打破产业链各环节的割裂状态，实现从回收、分拣、再生到再制造的全链条协同。中国环科院研究表明，单一治理模式难以适应废弃物循环利用的多元化需求，必须通过多主体协同实现资源利用与生态治理的深度融合。

协同管理理论为模型构建提供核心支撑，该理论由哈肯创立，强调通过跨组织资源整合、信息交互与利益对冲，实现系统整体效能大于部分之和的协同效应。绿色供应链相关研究证实，跨主体协同能力直接决定资源流转效率与稳定性——在废旧纺织品循环体系中，只有实现政府、回收企业、再生企业、终端制造商的协同，才能破解信息不对称、利益博弈等核心难题。

（二）我国废旧纺织品循环利用现状与瓶颈

1. 行业发展基础。经过多年发展，我国已形成一定规模的废旧纺织品循环利用产业体系：中后端再生制造领域，再生聚酯纤维等产品实现规模化生产，2023年再生纤维产量达168万吨；政策层面，《建设纺织现代化产业体系行动纲要（2022—2035年）》明确提出，到2035年

循环再利用纤维年加工量占纤维加工总量的比重达15%，为行业发展提供政策指引。

2.核心发展瓶颈。从产业链视角看，我国废旧纺织品循环利用呈现明显的“漏斗型”异构特征，具体表现为三个层面：一是回收环节碎片化，非正式渠道主导的回收模式导致物料纯度低，分拣成本占再生总成本的35%以上；二是协同机制缺失，回收端与生产端缺乏数据对接，再生企业常因原料供应不稳定而开工不足，开工率仅为60%左右；三是技术层级偏低，传统分拣方式效率低下，处理能力仅为300件/小时，而智能分拣技术普及率不足10%，制约资源转化效率提升。

3.政策实施短板。尽管我国已在部分地区试点生产者责任延伸制度，但政策设计仍存在不足：缺乏对跨企业协同的标准化指引，未明确利益分配与风险分担机制；绿色财税政策针对性不强，对数字化协同平台建设的支持力度不足；区域政策存在碎片化问题，未形成全国统一的碳足迹核算标准与回收体系。

二、协同管理模型构建与评价体系设计

(一) 模型层级设计与核心逻辑

针对行业协同不足的核心瓶颈，本文构建“决策层-运行层-支撑层”三级协同管理模型，实现政策引导、市场运作与技术支撑的有机融合。决策层为模型提供顶层设计，以政府与行业协会为核心主体：政府负责制定碳足迹核算标准、绿色财税政策与行业准入规范，设立专项协同发展基金；行业协会承担标准推广、数据

统计与纠纷调解职能，推动建立行业自律机制。决策层的核心作用是通过政策工具破解外部性问题，为协同体系运行提供制度保障。

运行层是模型的核心执行环节，涵盖回收网点、分拣中心、再生企业与终端制造商：回收网点负责前端分类回收，依托社区与商超建立规范化回收网络；分拣中心采用智能分拣技术实现精准分拣，东华大学研发的智能分拣系统可实现3600件/小时的处理效率，识别准确率达98%，较传统方式效率提升5倍^[6]；再生企业与终端制造商通过长期采购协议建立稳定合作，形成“原料供应-再生加工-产品制造”的闭环。运行层的核心机制是利益动态分配模型，基于纤维转化率、成本节约率等指标进行利润分成，保障各主体协同动力。

支撑层为模型运行提供技术与数据支撑，以数字化平台为核心：依托物联网技术实现废旧纺织品全流程溯源，通过区块链技术保障数据安全与可信共享；构建大数据分析模块，为回收调度、生产计划制定提供数据支撑。数字化转型深度直接决定协同稳定性——研究表明，链上企业数字化设备接入率每提升10%，协同效率提升8.3%^[5]。

(二) 综合评价体系构建

为量化协同管理模型的运行效能，本文采用熵权法构建综合评价体系，确保指标权重的客观性。指标选取遵循科学性、系统性与可操作性原则，涵盖协同深度、资源效率与带动能力三个维度，具体指标及权重如下表所示：

维度	二级指标	三级指标 (单位)	权重	指标说明
协同深度	数字化连接度	链上企业数字化设备接入率 (%)	0.28	反映链上企业数字化协同基础，数据来源于企业调研与行业报告
	契约稳定性	长期采购协议执行比例 (%)	0.15	衡量企业间合作稳定性，长期协议指期限超1年的合作协议
资源效率	纤维转化率	单位废旧物产出再生纤维量 (kg/t)	0.32	核心效率指标，参考行业平均转化水平设定基准值
	二氧化碳减排量	相比原生纤维生产的碳节约量 (t)	0.12	基于生命周期评价法测算，数据来源于碳足迹核算报告
带动能力	产业关联指数	循环产值对周边产业的贡献度	0.13	涵盖物流、机械、环保检测等关联产业，采用投入产出法测算

(三) 空间关联带动模型设定

为揭示协同系统对区域产业的辐射效应，本文引入修正后的空间关联引力模型，在传统地理距离与经济规模变量基础上，新增“数字协同指数”作为权重因子，模型表达式如下：

$$F=G \times (M \times M) / D^2 \times S$$

其中，F为区域i对区域j的产业带动引力；G为引力常数；M、M分别为区域i、j的废旧纺织品循环产值；D为区域i、j的地理距离；S为数字协同指数，反映两区域在数字化平台、技术标准等方面的协同程度。模型核

心逻辑在于：协同管理水平越高的区域，数字协同指数越大，对周边配套产业（如智能分拣装备、绿色化学助剂）的带动引力越强，进而形成以循环中心为核心的绿色产业集群。

四、产业带动效应实证分析

（一）数据来源与研究方法

本文选取2013–2023年我国30个省（自治区、直辖市）的面板数据进行实证分析，数据来源于《中国统计年鉴》《中国纺织工业发展报告》、国家统计局及地方统计公报。核心变量包括废旧纺织品循环产值、关联产业产值、全要素生产率（TFP）等，其中全要素生产率采用索洛余值法测算，数字协同指数基于链上企业数字化接入率、数据共享频次等指标合成。

研究采用固定效应模型控制个体异质性，通过豪斯曼检验确定模型适用性（H统计量=23.76， $p<0.01$ ），同时采用稳健标准误解决异方差问题。为验证区域异质性，将样本划分为产业基础雄厚地区（东部沿海及纺织产业集群地区）与普通地区两组进行对比分析。

（二）直接带动效应：价值链延伸视角

实证结果显示，废旧纺织品循环利用系统通过价值链延伸产生显著的直接带动效应：循环产值每增长1单位，可带动物流仓储、智能分拣装备、环保化学检测等关联产业产值增长1.25单位，且该效应在基础设施完善地区更为突出。协同管理模型通过三个路径实现这一效应：一是通过数字化平台优化逆向物流路线，试点区域逆向物流成本平均下降15%–22%；二是智能分拣技术的规模化应用催生装备需求，东华大学智能分拣系统已在江苏、浙江等产业集群地区推广，带动相关装备企业产值增长30%以上；三是再生纤维质量提升推动终端产品升级，形成“再生原料–高端产品”的价值提升闭环。

成本节约与研发投入的良性循环进一步强化带动效应：协同机制下，链上企业平均成本节约率达18.7%，其中60%以上的节约资金被投入再生纤维性能提升研发——根据行业抽样调查显示，2023年重点监测企业在再生纤维性能提升方面的研发投入强度同比增长了12.5%，推动再生纤维在服装、家纺等高端领域的应用比例从12%提升至17%。

（三）间接带动效应：技术溢出视角

循环利用系统对技术的高要求催生显著的技术溢出效应，推动地方产业整体升级。核心技术溢出路径包括

两个方面：一是专用技术的跨行业移植，如废旧混纺物处理中研发的智能光谱识别技术，已成功应用于电子垃圾分类与高端塑料回收领域，使相关行业自动化门槛降低40%；二是绿色技术标准的扩散，再生企业的环保标准倒逼周边中小企业进行技术改造，样本地区中小企业环保设备普及率从35%提升至52%。

回归结果显示，循环经济系统的技术密集度与地方制造业全要素生产率呈现显著正相关关系（系数=0.113， $p<0.01$ ），印证了“波特假说”的适用性——严格的环保要求与协同压力倒逼企业进行技术创新，形成“环保约束–技术创新–效率提升”的良性循环。2023年，样本地区纺织及相关产业全要素生产率同比增长4.7%，高于制造业平均水平1.2个百分点。

（四）区域异质性分析

实证分析进一步揭示，产业带动效应存在显著的区域异质性：产业基础雄厚、吸收能力强的地区，数字协同指数带来的带动效应是普通地区的1.8倍。这一结果表明，循环利用系统的带动作用依赖于两个“门槛条件”：一是地方绿色基建投入，互联网普及率每提升10%，技术溢出效应提升7.2%；二是工程技术人才储备，本科及以上学历技术人员占比每提升5%，技术吸收效率提升4.9%。

典型案例印证了这一结论：浙江绍兴作为纺织产业集群地区，依托完善的绿色基建与人才储备，引入协同管理模型后，不仅实现废旧纺织品回收利用率从21%提升至32%，还带动智能装备、环保服务等配套产业集聚，形成年产值超50亿元的绿色产业集群；而部分产业基础薄弱地区，因缺乏技术承接能力，循环系统的带动效应仅为绍兴的45%。

五、结论与政策建议

本研究提出的“决策层–运行层–支撑层”框架，为理解废旧纺织品循环利用中的协同机制提供了一个分析视角。实证结果显示，该框架在降低物流成本、提升资源转化效率方面具有一定作用，但也存在局限性。例如，模型假设了各主体之间能够稳定合作，而现实中企业间的契约执行率和数据共享程度往往不足，这可能削弱协同效应。在产业带动效应方面，研究发现价值链延伸和技术溢出确实能够推动相关产业发展，但这种效应在不同地区差异显著。产业基础雄厚的地区更容易形成集群效应，而基础薄弱地区则可能面临技术吸收不足的问题。因此，政策设计需要考虑区域差异，

还需兼顾区域差异实施差异化发展策略，引导产业基础雄厚地区打造循环经济产业集群，为产业基础薄弱地区提供绿色基建与人才培养支持并建立跨区域生态补偿机制。

参考文献

[1] 国家发展改革委，商务部，工业和信息化部. 关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见[Z]. 2022.

[2] 顾明明. 我国废旧纺织品回收利用发展现状及趋势[J]. 环境保护，2024，52（11）：42-45. DOI: 10.14026/j.cnki.0253-9705.2024.11.011.

[3] 王宏起，孙继红. 循环经济产业带动效应的定量分析[J]. 中国工业经济，2023，（3）：175-192.

[4] Haken H. Synergetics: An Introduction[M]. Berlin: Springer, 2018.

[5] 叶晋浦，叶戡春，丁文胜. 我国废旧纺织品循环利用发展现状与趋势[J]. 棉纺织技术，2025，53（11）：27-31. DOI: 10.26967/j.issn1000-7415.202412048.

[6] 中国纺织工业联合会. 98%识别准确率！智能分拣，东华团队让废旧纺织品获“新生”？[EB/OL]. (2025-07-22) [2025-12-31]. https://www.cntac.org.cn/zixun/hangye/202507/t20250722_4388552.html.