

服装贸易全球供应链中的绿色转型路径探索： 基于可持续材料应用与碳足迹量化减排的实证分析

尹晶晶

义乌市晶核电子商务有限公司，浙江 义乌 322008

DOI: 10.61369/SSSD.2026100001

摘 要： 服装贸易全球供应链的碳排放占全球碳排放总量的较高比例，绿色转型受到材料替代成本高、减排责任边界不清、全链条数据采集困难等突出障碍。本文首先对服装供应链碳足迹的构成特征和核算方法进行阐述，其次剖析当前转型中源头替代和过程减排的协同不足等主要问题，然后从可持续材料规模化替代、生产工艺低碳化改造、碳足迹全链条量化追踪、消费端循环回收四个方面提出绿色转型路径，最后提出政策协同和国际标准对接的保障机制。研究表明，把材料替代的源头减排同全链条碳足迹量化管理结合起来，是服装贸易供应链绿色转型的主要方向。

关 键 词： 服装贸易；全球供应链；绿色转型

Exploring the Pathways for Green Transformation in the Global Supply Chain of Apparel Trade: An Empirical Analysis Based on the Application of Sustainable Materials and Quantitative Carbon Footprint Reduction

Yin Jingjing

Yiwu Jinghe E-commerce Co., Ltd., Yiwu, Zhejiang 322008

Abstract： The carbon emissions from the global supply chain of apparel trade account for a significant proportion of total global carbon emissions, with green transformation facing prominent obstacles such as high costs of material substitution, unclear boundaries of emission reduction responsibilities, and difficulties in collecting data across the entire supply chain. This paper first elaborates on the composition characteristics and accounting methods of carbon footprints in the apparel supply chain. It then analyzes the major issues in the current transformation, such as insufficient synergy between source substitution and process emission reduction. Subsequently, it proposes green transformation pathways from four aspects: large-scale substitution of sustainable materials, low-carbon transformation of production processes, quantitative tracking of carbon footprints across the entire supply chain, and circular recycling at the consumer end. Finally, it suggests safeguard mechanisms for policy coordination and alignment with international standards. The research indicates that combining source emission reduction through material substitution with quantitative carbon footprint management across the entire supply chain is the primary direction for the green transformation of the apparel trade supply chain.

Keywords： apparel trade; global supply chain; green transformation

引言

服装产业是全球第二大污染产业，其碳排放占全球碳排放总量的较高比例，比国际航运和航空业碳排放之和还要高。服装贸易的全球供应链包含纤维种植、纺纱织布、印染整理、成衣加工、跨国物流、零售分销、消费废弃等各个环节，供应链在地理空间上跨越多个国家和地区，各个环节的碳排放核算口径、减排标准、监管要求存在较大差异。快时尚模式的流行又使服装产品过度生产、提前废弃，线性生产消费模式的资源环境代价已经不能持续。

一、服装贸易全球供应链碳足迹的构成与核算

（一）服装产品生命周期的碳排放特征

服装产品全生命周期碳排放包括原材料获取、面料生产、成

衣制造、运输分销、零售使用、废弃处置六个阶段。原材料获取阶段以天然纤维种植和化学纤维合成为主要排放源，棉花种植过程中化肥农药施用产生的直接排放，涤纶和尼龙等合成纤维以石油基为原料聚合过程中的高温高耗能排放。面料生产、印染阶段

是服装供应链碳排放最集中的环节，织造工序的电力消耗、印染工序的蒸汽热量消耗都是高排放强度作业。以牛仔服装水洗工序为例，多次酵素洗、石磨洗、漂洗所造成的废水处理能耗和直接燃料消耗在成衣制造总碳足迹中所占比例较高。

（二）全球供应链碳足迹核算方法比较

服装供应链碳足迹核算主要使用投入产出法和生命周期评价法两种基本方法。投入产出法以国家或者行业层面的经济投入产出表为依据，将各个生产环节的货币价值量乘以对应的部门碳排放强度系数来估算隐含碳排放量。生命周期评价法则以产品的物理生产流程为主线，逐工序采集物料消耗和能源消耗的实物量数据，乘以对应的碳排放因子后累加为产品碳足迹总量。两种方法的适用场景不同，投入产出法适合宏观层面的行业碳足迹快速估算，生命周期评价法适合企业微观层面的产品碳足迹精细核算。

（三）碳足迹量化面临的数据障碍与边界困境

服装供应链碳足迹量化的首要障碍是数据可得性的碎片化分布。供应链上游的纤维种植、面料生产企业大多分布在发展中国家，这些企业一般还没有建立规范的能源消耗、排放监测体系。某一品牌商向多家面料供应商采购，各供应商的能源结构、生产工艺、排放水平等存在较大差异，用行业平均排放因子进行概算，会导致品牌自身产品碳足迹计算结果失真。系统边界划分影响碳足迹结果的可比性，不同品牌商在碳足迹核算中所界定的排放范围不同，有的品牌只核算直接排放和间接排放中的外购电力排放，有的品牌则延伸到全价值链的全部范围排放，核算边界的不一致使得品牌间碳足迹对比难以进行。

二、可持续材料应用与碳减排协同的实践困境

（一）可持续材料的供给约束与成本瓶颈

可持续材料指的是有机棉、再生涤纶、莱赛尔、生物基合成纤维等对环境友好程度较高的纤维品类。有机棉种植不使用化学合成农药和化肥，比常规棉花种植可以降低碳排放强度，但是有机棉亩产量低于常规棉花，种植周期较长，全球有机棉产量只占棉花总产量的很小一部分，市场供给存在较大的总量缺口。再生涤纶是以回收聚酯瓶片、废旧涤纶纺织品为原料，相比原生涤纶化石原料提取、聚合工序，再生涤纶的能耗可大大降低，但是再生涤纶的纤维强度、染色均匀性等品质指标，很难在所有细分应用场景中完全替代原生涤纶。可持续材料的采购价格普遍高于常规材料，有机棉比常规棉花的采购价格高很多，再生涤纶比原生涤纶的采购价格高一些，选用可持续材料会直接增加服装品牌的面料采购成本。

（二）材料替代的全链条碳泄漏风险

用生物基纤维代替石油基合成纤维，会造成土地利用变化层面的碳泄漏。木浆基粘胶纤维和莱赛尔纤维的原料都是木材，如果木浆供应链中包含天然林的采伐更新，森林碳汇功能的暂时性损失会部分抵消材料替代过程中的工业减排收益。部分生物基纤维在纤维生产工艺中仍然使用较高比例的化石能源和化学品，生物基原材料的可再生性与后端生产环节的化石基能源消耗构成碳

核算中的多重能源同时交织，减排效果的计算有一定的复杂性。

（三）减排责任分配的跨国博弈与标准壁垒

全球服装贸易中品牌商和供应商之间碳减排责任的分配还处于无序状态。品牌商把供应链减排目标作为对供应商的考核要求，但是品牌商自身并不承担供应商为减排所投入的改造资金，成本与收益的不对等使供应商对减排投入的积极性不高。不同国家、地区对于可持续材料的认证标准、碳足迹核算方法存在差异，欧盟产品环境足迹标准、美国纺织交易所标准、中国绿色产品认证标准在原料界定、核算范围、评价指标等核心方面存在不同侧重，标准之间的互认程度不高，增加了国际贸易中的合规成本。

三、服装贸易供应链绿色转型的实证路径

（一）可持续材料的规模化替代与品类聚焦

可持续材料的规模化替代要采取重点突破和循序渐进相结合的方式。在替代品类的选择上，把碳排放强度高、消费量大的纤维品类作为优先替代对象，涤纶和棉花合计占全球纤维消费量的大部分，再生涤纶和有机棉的规模化替代所能产生的减排规模效应最为显著。在替代策略上分梯度设定替代目标，核心产品线率先完成较高比例的可持续材料替代，长尾品类以逐年递增的渐进替代目标逐步推进。

品牌企业签订长期采购协议给材料生产商提供产能扩张的稳定市场预期，长期协议的采购量承诺使材料生产商有充足的信心进行扩产投资，规模效应使可持续材料的单位成本随产量上升而逐步下降。企业同材料供应商联合研发以品质需求为导向的定制化可持续材料，品牌商给再生涤纶生产商提供再生纤维品质提升的技术合作方案，在生产工艺优化的试验中同时测试产品性能，达到标准后再转为批量采购。

（二）生产工艺低碳改造与能源结构优化

印染工序的低碳化改造有两个主要方向，一是低温染色工艺，二是无水染色技术。低温染色工艺通过开发新型促染剂和染料体系，在低于常规染色温度的条件下完成染料的上染和固着，在不增加设备改造投资的情况下以工艺方案改良的方式实现节能减排。无水染色技术用超临界二氧化碳流体代替水作为染色介质，染色全过程不产生印染废水，二氧化碳可以循环使用。在没有大规模更换燃料供应结构的情况下，对仍在使用常规工艺的印染企业相对可行的能源优化方式逐步提高外购绿电比例，在工业园区条件允许的企业引入分布式太阳能光伏发电系统，以渐进积累的方式降低可变碳排放量。印染企业还可以加强生产过程中的精细化管理，通过优化生产调度、合理安排订单来减少设备频繁启停造成的能源损耗。另外积极回收利用生产过程中产生的余热，用于预热染色用水等，提高能源的综合利用率。在原材料的选择上，优先选用环保型染料和助剂，减少生产过程中产生的污染物。定期对员工进行低碳生产培训，提高员工的节能减排意识，从操作层面保证各项低碳措施的落实，全方位推动印染工序的低碳化转型。

（三）碳足迹全链条量化追踪与数字化平台建设

全链条碳足迹量化追踪依靠数字化平台以及射频识别等感知技术来完成关键碳排放节点的数据自动采集。品牌商和核心供应商在主要的面料生产、成衣制造环节布设能耗采集终端和碳排放监测节点，生产设备运行参数和能源消耗量通过数据接口直接传送到碳足迹核算模块。碳足迹核算模块内嵌产品碳足迹计算方法学和各工艺对应的碳排放因子动态数据库，各批次产品的碳足迹数据随生产过程实时更新，成品出厂时自动生成产品碳足迹标签并上传至品牌碳管理平台。

每一件服装的唯一追溯码与产品碳足迹数据在品牌碳管理平台中关联，消费者在品牌自有的碳信息披露界面输入追溯码可以查询到所购产品的碳足迹组成和减排贡献。全链条碳足迹数据系统给品牌企业设定科学合理的阶段性碳减排目标赋予定量基准，也给碳标签制度的推行和绿色消费市场的培育赋予数据支撑。

（四）消费端循环回收与闭环供应链构建

消费端循环回收由品牌商旧衣回收网络和再生纤维生产商再生利用能力两部分构成。品牌商在门店和线上购物平台设置旧衣回收渠道，用积分、消费优惠等消费者可感知的利益回馈机制来鼓励消费者把闲置废旧衣物送回门店。回收衣物的分拣中心按照面料成分和磨损程度将旧衣分为可翻新二次销售、可机械回收再生和不可回收需能源化处置三个等级。

可机械回收的涤纶、棉质服装在纤维再生厂中经过撕碎开松后重新纺纱成再生纤维原料，再进入服装供应链前端与原生纤维或者初次再生纤维混纺制成新产品。一些品牌已经尝试在选定的高销量常规品类中实行从瓶片回收、面料织造、成衣加工到消费者穿着、回收再生的全链条循环，用数个批次产品的真实生产销售数据来计算循环闭环的减排效益。

四、绿色转型的国际协同与政策保障

（一）国际碳标签互认与核算标准对接

推动服装产品碳足迹核算方法和碳标签标准的国际互认，是服装行业应对全球气候挑战、降低国际贸易合规成本的重要举措。目前国际标准化组织在纺织服装领域已经发布了多个碳足迹核算标准，给各国提供了一个基本框架。主要服装贸易国应该以此为契机，加强沟通协作，推动彼此标准的互认协同。在核算边界上统一确定产品从原材料获取到最终废弃处理的全生命周期范围，在排放因子选取上根据权威数据源，保证各国计算的一致性，在数据质量要求上设定统一标准，保证数据的准确性、可靠性。碳标签互认之后，企业不需要在每个进口国重复做碳足迹认

证，产品凭借在出口国取得的认证可以直接享受进口国的绿色产品关税优惠，既降低了企业的认证成本，又提高了产品在国际市场的竞争力，促进全球服装贸易的绿色可持续发展。

（二）绿色采购与供应链碳减排激励机制

品牌企业把碳减排绩效纳入供应商评价和采购合同条款，是促使供应链碳减排的一种方式。招标采购环节把供应商上一年度单位产值碳排放较行业基准线的下降率作为评分项，可以促使供应商主动采取节能减排措施。品牌商把碳减排目标写入年度供货合同，对超额完成目标的供应商给予订单量倾斜或者专项奖励，可以激发供应商的减排积极性。金融机构同品牌企业合作研发供应链绿色金融产品，给供应链上游供应商提供碳减排绿色贷款利率优惠，贷款利率同碳减排目标达成率挂钩，达成后利率下浮。既可以缓解供应商的资金压力，又可以促使供应商加大减排投入。多方联动的激励机制可以形成品牌企业到供应商的绿色供应链体系，实现整个产业链的碳减排目标。

（三）国际贸易规则中绿色条款的演变与应对

欧盟碳边境调节机制、美国清洁竞争法案等国际贸易绿色规则把服装产品纳入到覆盖范围中，碳关税核算范围不断扩大，从服装产品的直接排放逐步扩展到面料生产、纤维生产等全部间接排放。这对相关品牌企业提出了严峻的挑战。品牌企业应该提前布局，创建与目标出口市场碳关税核算规则相匹配的产品碳足迹数据管理系统。原材料获取、面料生产环节使用认证过的可信数据来保证碳排放核算的准确性。同时在采购合同中增加要求供应商在指定周期内实现能源数据可追溯、可核查的合作条款，加强对供应商的管理、监督。品牌企业可以更好地适应国际贸易规则的变化，降低碳关税带来的成本压力，提高产品在国际市场的适应性、竞争力，实现可持续发展。

五、结语

服装贸易全球供应链的绿色转型，是以可持续材料替代和碳足迹量化管理为两大主要途径的系统工程。可持续材料的规模化替代依靠长期采购协议和联合研发合作来冲破供给约束和成本瓶颈，碳足迹全链条量化追踪依靠数字化平台和追溯码技术来达成从纤维到成衣的排放数据完整采集和信息化呈现。消费端循环回收以旧衣回收网络和再生纤维加工再利用构建服装产品形成闭环的物质循环系统。上述多维度路径的同步推进，将会推动服装贸易供应链从以化石原料为主的单向线性模式逐步向再生循环的可持续方向演进。

参考文献

- [1] 马桂芬,董国平. 碳标签推广背景下我国纺织服装行业的低碳转型研究[J]. 纺织报告,2025,44(11):24-27.
- [2] 黄紫薇,张星. 服装纺织行业碳排放结构测算及低碳路径研究[J]. 中国纤检,2024,(07):94-99.
- [3] 张兰慧,李月. 科创背景下探索纺织服装行业可持续发展道路[J]. 轻纺工业与技术,2023,52(06):116-119.