

电商退货场景下逆向智慧物流的人机协同边界研究

姚品言

南京邮电大学管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年1月21日; 录用日期: 2026年2月3日; 发布日期: 2026年3月2日

摘要

在具身智能与低空经济加速融合的背景下, 电商逆向物流(退货环节)面临人机功能边界重构的挑战。本文指出, 退货流程具有状态模糊性、意愿模糊性与交互模糊性三重特征, 决定了其无法简单套用正向物流的自动化逻辑。基于任务可编码性分析, 高标准化子任务可由智能终端高效执行, 而涉及常识判断、情感交互与异常处置的非结构化任务仍需人类介入。人机协同边界并非仅由技术能力决定, 更是平台在成本、商誉与责任治理等多重目标下主动构建的组织安排。本文提出“前台自动化、后台责任制、全程可追溯”的治理机制, 以实现效率、可靠性与用户体验的协同优化。

关键词

智慧物流, 逆向物流, 机器人, 物联网

Research on Human-Machine Collaboration Boundaries in Reverse Smart Logistics under E-Commerce Return Scenarios

Pinyan Yao

School of Management, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: January 21, 2026; accepted: February 3, 2026; published: March 2, 2026

Abstract

Amid the accelerating integration of humanoid robots and the low-altitude economy, the human-

machine functional boundaries in e-commerce reverse logistics (especially the returns process) are being redefined. This paper identifies three inherent ambiguities in returns: product condition uncertainty, consumer intent volatility, and interaction complexity, which preclude direct application of forward logistics automation paradigms. Based on task codifiability, highly standardized sub-tasks can be reliably executed by intelligent agents, whereas non-structured tasks requiring common-sense judgment, emotional engagement, or exception handling necessitate human intervention. Crucially, these collaboration boundaries are not dictated solely by technological capability but are strategically shaped by platforms through organizational governance balancing cost, reputation, and accountability. The paper proposes a governance framework of “front-end automation, back-end human accountability, and end-to-end traceability” to jointly optimize efficiency, reliability, and user experience.

Keywords

Smart Logistics, Reverse Logistics, Robotics, Internet of Things

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前，人形机器人与低空经济正加速融合，有望重构电商物流“最后一公里”的履约模式。然而，现有研究与产业实践主要聚焦于正向配送的自动化，忽视了在该技术范式下电商退货——这一高不确定性、强交互性、非标准化的逆向物流环节——将如何被有效支撑。核心问题在于：当末端触点由人类快递员转向具身智能机器人与低空载具时，退货场景中的任务分配、人机协同机制与责任边界应如何重新定义？

电商退货虽在业务流程上属于正向物流的逆过程，但在操作复杂度与服务要求上远超前者。其典型特征包括：消费者发起的随机性高、商品状态难以预判、交接过程需实时沟通与判断、且常伴随情绪化交互。传统依赖人力完成的退货服务，凭借人类的感知、推理与共情能力，可在模糊情境中灵活应对。而未来以人形机器人和无人机为代表的智能终端，尽管在路径规划、载运效率等方面具备优势，却在非结构化环境下的语义理解、异常处置与信任建立等维度存在显著能力缺口。若简单将正向物流的自动化逻辑套用于退货场景，不仅可能降低服务体验，还可能引发商品损毁争议、数据安全风险及平台责任模糊等新型治理难题。

更进一步，人机协同并非仅是技术适配问题，更涉及平台组织逻辑与制度设计的深层调整。例如，在退货验证环节，是由机器人现场拍照上传、由后台 AI 判定，还是保留人工复核？在消费者拒收或临时变更退货意愿时，机器人是否具备协商能力？低空设备能否承担高价值或易碎品的逆向运输？这些问题的答案，既取决于硬件与算法的演进速度，也受制于成本约束、法规框架与用户接受度。因此，亟需从任务特性出发，系统识别哪些退货子任务可被机器可靠执行，哪些必须保留人类介入，并在此基础上构建权责清晰、弹性可控的人机分工架构。

本文立足于人形机器人与低空经济双重技术趋势交汇下的电商逆向物流变革，聚焦退货场景的结构性挑战，旨在回答：在末端服务高度自动化的未来，如何通过合理界定人机功能边界，实现效率、可靠性与用户体验的协同优化？通过对退货流程的任务解构、技术能力映射与制度适配分析，本文试图为智能物流体系中的逆向服务设计提供理论支撑与实践指引，推动“最后一公里”真正迈向全链路智能化。

2. 文献综述

2.1. 逆向物流与消费者退货行为研究

电商逆向物流的核心驱动力源于消费者的退货行为，相关研究聚焦于退货策略、定价机制及其对供应链的影响。学者们构建了多种模型来分析需求不确定性下的动态定价与退货策略，揭示了退货政策如何成为零售商平衡销量与风险的关键工具[1]。在此基础上，有研究进一步将消费者的心理因素(如后悔期)纳入考量，探讨了以旧换新等创新模式与退货行为的交互影响[2]。另一些研究则关注到消费者可能存在的投机性退货行为，并分析了不同销售定价模式(如线上直销与平台寄售)对此类行为的抑制效果[3]。此外，产品质量信息不对称背景下，在线评论作为重要的信号传递机制，也被证明能与定价和退货策略形成有效协同，从而优化企业决策[4]。更宏观地看，电商平台自身也通过提供消费信贷等增值服务，深度介入并影响着消费者的退货决策链条[5]。

2.2. 自动化、人形机器人与智慧物流发展

随着新质生产力概念的提出，以人形机器人为代表的自动化技术正成为产业升级的重要方向。学界从宏观层面探讨了人形机器人产业在中国的应用场景、生态短板及未来战略指向[6]，并基于创新生态系统视角，分析了未来产业的培育模式[7]。具体到物流领域，仓储物流机器人技术的现状与发展路径得到了系统梳理[8]，智能识别等关键技术在现代物流搬运机器人中的应用与优化也成为研究热点[9]。同时，多机器人系统的任务分配问题，特别是如何通过隐性遗传算法等方法提升物流效率，为智能工厂的实践提供了理论支持[10]。这些研究共同描绘了一幅技术驱动下物流体系智能化、自动化的演进图景，为人机协作的深入探讨奠定了技术基础。

2.3. 平台经济、劳动协作与人机关系的理论探讨

在技术快速迭代的背景下，关于人机关系的哲学与政治经济学反思日益重要。有研究批判了单纯的技术决定论，主张应超越技术迷思，从更广阔的社会结构中理解算法与智能社会的互动逻辑[11]。针对平台资本主义，学者们剖析了其独特的劳动协作模式与剩余价值形成机制，揭示了数字时代劳动过程的新特征[12]。与此同时，新质生产力的发展也引发了对劳动者角色变革的深刻思考，强调在技术进步中必须关注人的主体性与发展[13]。从法律与制度层面，研究还探讨了如何通过经济法促进人形机器人等前沿产业的创新发展，平衡效率与公平[14]。此外，关于人工智能生成内容(AIGC)的法律规制问题，也为理解人机边界提供了制度性视角[15]。还有研究从马克思主义政治经济学出发，系统阐释了数字劳动的价值创造逻辑，为分析平台经济中的新型雇佣关系提供了理论支撑[16]。这些理论探讨为理解电商逆向物流中人机分工的本质——不仅是技术配置问题，更是组织治理与社会关系的产物——提供了关键的分析视角。

2.4. 文献述评

综上所述，现有研究在消费者退货行为、物流自动化技术和人机关系理论三个维度上均取得了丰硕成果。然而，这些成果多呈分散状态：微观层面的退货策略研究较少触及后端履约的执行细节；中观层面的物流自动化研究则多聚焦于正向物流或通用仓储场景，对逆向物流特有的复杂性与模糊性关注不足；宏观层面的理论探讨虽具启发性，但缺乏与具体业务场景的实证连接。因此，一个亟待填补的研究空白在于，如何将这三个维度有机整合，系统性地探究在电商逆向物流这一特定场域中，人与机器的功能边界是如何被任务特性、平台策略与技术能力共同塑造的。这正是本文试图回应的核心问题。

3. 逆向物流的任务特性与分工前提

3.1. 正向与逆向履约的差异

尽管电商退货在流程上可视为正向配送的逆过程，但其内在逻辑与操作复杂度存在本质差异。正向履约以平台为主导，具有高度计划性：商品状态确定、包装标准统一、交付目标明确，且消费者处于被动接收状态，交互需求极低。这使得路径优化、自动分拣、无人配送等自动化技术得以高效嵌入。而逆向履约则由消费者发起，呈现出显著的非对称性——平台无法预知退货时间、品类、数量及商品物理状态，交接过程需双向确认，且常伴随解释、协商甚至情绪疏导。更重要的是，正向物流的核心目标是“送达”，而逆向物流不仅要完成“取回”，还需同步完成初步验真、信息采集与信任维系。这种从“确定性执行”到“不确定性应对”的范式转换，决定了逆向场景无法简单复用正向物流的自动化逻辑，必须重构人机协同的设计前提。

3.2. 退货场景的三重模糊性

退货服务的高复杂性源于其内生的三重模糊性。其一为状态模糊性：退回商品可能完好、轻微使用、严重损毁或配件缺失，甚至存在调包风险，其真实状态在交接前完全不可观测。其二为意愿模糊性：消费者退货决策易受情绪、外部信息或临时情境影响，常在机器人抵达现场后临时变更意图，如要求暂缓退货、更换退款方式或追加投诉诉求。其三为交互模糊性：退货过程不仅是物理交接，更是社会互动。用户可能质疑政策公平性、表达不满情绪，或试探平台底线，此时需要具备语境理解、共情回应与柔性协商能力。这三重模糊性交织叠加，构成了典型的非结构化任务环境。当前的人形机器人虽在运动控制与基础感知上取得进展，但在开放语义理解、异常推理与情感计算方面仍存在显著能力缺口，难以独立应对高度动态且充满不确定性的退货现场。

3.3. 任务可编码性的边界

面对退货场景的复杂性，合理界定人机功能边界的关键在于识别任务的“可编码性”——即能否被转化为清晰规则、稳定输入与可预期输出的程序化操作。高可编码性任务(如定位用户地址、扫描退货码、称重、拍摄标准角度照片、上传数据至云端)可由智能终端可靠执行，实现效率提升与成本优化。然而，大量关键环节属于低可编码性任务：例如判断衣物是否被穿着过、识别电子产品是否遭人为拆解、评估用户情绪并调整沟通策略、在政策允许范围内灵活处理边缘案例等。此类任务依赖常识推理、经验直觉与社会规范理解，难以通过现有算法完全形式化。因此，人机协同的合理架构应遵循“机器执行标准化动作，人类介入非结构化判断”的原则。平台需在系统设计中预设“人工兜底”机制，在可编码边界之外保留人类操作员的实时介入通道，既发挥机器的规模效率，又依托人的认知柔性保障服务可靠性与用户体验。唯有如此，方能在推进逆向物流智能化的同时，守住服务底线与责任伦理。

4. 人机功能的差异化配置

4.1. 智能硬件的标准化能力

在电商逆向物流体系中，人与机器的关系并非简单的替代逻辑，而是一种基于能力互补的功能协同机制。科学的人机分工应秉持“机器执行其所长，人类承担其不可替代”的原则。具身智能终端凭借其在重复性操作、结构化数据采集的高精度、高效率与低边际成本优势，天然适配于包裹识别、用户定位取等高度标准化的子任务。这些任务具有明确的操作边界、可预测的输入输出关系以及较低的语境依赖性，能够被有效封装进自动化流程之中。相较之下，人类在模糊情境判断、价值权衡、情感共鸣与道德

推理等方面展现出难以被算法复现的认知柔性，尤其适用于处理商品状态争议、解释复杂退换货政策或化解用户情绪冲突等非结构化场景。因此，人机功能的差异化配置，本质上是对退货流程进行精细化解构，将其划分为“可自动化”与“需人工介入”两类任务，并通过系统级接口实现前台执行与后台决策的高效协同，最终构建“机器前台执行 - 人类后台决策”的新型服务范式。

4.2. 危机管理与情绪冲突下的人工介入

尽管智能硬件在标准化任务中表现优异，但其能力仍严格受限于预设参数与理想环境假设。所谓“标准化能力”，是指设备在封闭或半封闭条件下，按照既定流程稳定完成扫码、称重、拍照、上传等操作的能力。然而，电商逆向物流的现实场景远比正向配送更具不确定性：商品形态多样、包装无序、交接环境复杂多变(如楼道光线不足、宠物干扰、用户临时变更交接位置等)，使得现有智能终端在真实开放环境中的感知鲁棒性、交互自然性与异常容错能力面临严峻挑战。例如，当用户手持破损鞋盒要求退货时，机器人难以依据平台政策判断该情形是否构成合理退换；当用户使用方言、情绪化语言或非标准指令进行沟通时，语音识别与语义理解系统可能完全失效。在此类高风险、高情感负荷的情境中，若强行依赖技术闭环，极易引发服务中断、用户体验恶化甚至信任崩塌。因此，智能硬件的部署必须与其当前技术能力边界严格对齐——仅限于高度可控、低交互强度、低风险暴露的环节，避免因技术过度延伸而牺牲服务质量与用户权益。

4.3. 效率与柔性的均衡点寻找

人机协同的终极目标并非单纯追求自动化率的最大化，而是在运营效率与服务柔性之间寻得动态平衡。过度强调效率导向可能导致系统僵化，忽视用户个体差异与情境特殊性；而一味强调柔性则可能削弱规模化服务能力，抬高运营成本。因此，关键在于识别并锚定“效率 - 柔性”光谱中的最优均衡点。这一均衡点的确定，需综合考量任务的结构化程度、风险敞口、用户期望及技术成熟度等多重维度。对于高频、低复杂度、低情感卷入的任务(如标准商品取件)，应优先由智能硬件承担，以释放人力资源；而对于低频但高敏感、高不确定性的场景(如争议调解、特殊需求响应)，则应保留并强化人工介入通道。平台可通过建立基于实时反馈的自适应调度机制，动态调整人机任务分配比例，在保障服务底线的同时，持续优化整体运行效能。唯有如此，方能在智能化浪潮中兼顾效率理性与人文温度，构建真正可持续的逆向物流服务体系。

5. 边界划定的平台策略

5.1. 成本结构：人力弹性 vs 机器固定

在电商逆向物流中，自动化追求的是规模效率，而人性化服务则强调情境柔性。二者看似对立，实则需在动态平衡中寻求最优解。过度强调效率，全面部署机器人执行退货任务，虽可降低单位成本，却易因缺乏临场应变能力而引发用户不满、退货失败率上升甚至品牌声誉受损；反之，若过度依赖人力，则难以应对退货量的季节性波动，且固定人力成本高企，制约平台长期竞争力。因此，人机协同的核心在于识别并锚定“效率 - 柔性”的均衡点——即在保证服务可靠性和用户体验底线的前提下，最大化自动化覆盖范围。该均衡点并非静态，而是随商品品类(如服饰高退率 vs 家电低退率)、区域密度(城市高密度 vs 乡村低频)、用户画像(高价值客户 vs 普通用户)等因素动态调整，要求平台具备精细化的场景识别与资源调度能力。

5.2. 商誉管理与人工责任节点

在高度自动化的逆向物流体系中，技术效率的提升若缺乏责任锚点，极易侵蚀平台商誉。消费者面

对冰冷的机器人或无人机时,不仅关注退货是否完成,更在意问题能否被“真正理解”与“负责解决”。因此,平台必须在关键触点保留清晰可辨的“人工责任节点”——这些节点并非效率瓶颈,而是信任接口。例如,在商品真伪争议、隐私数据采集或服务投诉升级等高敏感环节,系统应主动引导用户接入真人客服,并明确告知“该操作由平台专员负责”。这种设计将抽象的平台责任具象化为人格化的服务主体,有效缓解用户对“算法黑箱”的不安。人工节点在此不仅是操作者,更是品牌声誉的守护者,其存在本身即构成一种制度性承诺:技术可以替代流程,但不能消解责任。

5.3. 责任归属与制度性免责

随着人形机器人与低空载具深度介入退货履约,传统“快递员-平台-消费者”三方责任链条被打破,衍生出新型归责难题:若机器人在取件过程中损坏用户门锁,责任在硬件厂商、算法提供商还是电商平台?若AI误判商品状态导致拒收,损失由谁承担?当前法律框架对此尚存空白,平台亟需通过制度设计实现“可控免责”。一方面,可通过用户协议明确智能终端的操作边界与风险提示,构建形式合法性;另一方面,更根本的是建立内部责任映射机制——将每一项机器执行动作关联至后台的责任主体(如运维团队、算法审核组或保险合作方),确保任何异常均可追溯至具体组织单元。这种“制度性免责”并非推卸责任,而是通过清晰的权责配置,将技术不确定性转化为可管理的组织风险,为自动化创新提供合规缓冲空间。

5.4. 边界作为组织治理产物

综上所述,人机协同的边界绝非单纯由技术能力决定,而是一种深嵌于平台组织逻辑中的治理安排。平台基于商誉维护、风险控制、成本结构与用户预期等多重目标,策略性地划定哪些环节“必须有人”、哪些“可以无人”。这一过程本质上是对劳动、技术与资本关系的重新配置:保留人工节点既是对人类认知不可替代性的承认,也是对潜在社会风险的制度回应;而推动机器覆盖,则体现平台对效率极致化的追求。因此,人机边界实为平台在新质生产力语境下进行组织调适的产物——它既反映技术可能性,更折射出平台的价值排序与治理哲学。未来研究不应仅追问“机器能做什么”,而应深入探究“平台选择让机器做什么”,从而揭示智能物流背后深层的制度逻辑与权力结构。

6. 结论与讨论

6.1. 人机分工的三重塑造逻辑

本文揭示,电商逆向物流中的人机功能边界是由任务特性逻辑、技术能力逻辑与平台治理逻辑三重力量共同塑造的,三者缺一不可,且存在主次关系。

首先,任务特性逻辑是人机分工的客观前提。退货场景内生的“状态模糊性”、“意愿模糊性”与“交互模糊性”构成了典型的非结构化任务环境。这从根本上划定了自动化的天然边界:高度标准化、可编码的任务(如扫码、称重、定位)天然适配机器执行;而依赖常识推理、情感共鸣与价值判断的低可编码性任务(如争议调解、异常处置)则必须保留人类介入。这是人机协同不可逾越的物理与认知基础。

其次,技术能力逻辑是人机分工的现实约束。当前具身智能终端在运动控制与结构化数据处理上虽有优势,但在开放语义理解、复杂情境推理及情感计算方面仍存在显著能力缺口。这意味着,即便任务理论上可被分解,技术的不成熟也会迫使平台将更多环节保留在人类手中。技术演进的速度与方向,直接决定了人机边界可移动的范围与节奏。

本文强调平台治理逻辑是人机分工的最终裁决者。平台并非被动接受前两种逻辑的约束,而是主动的战略行动者。它基于成本结构、商誉管理与责任归属等深层目标,策略性地划定“必须有人”与“可以

无人”的边界。例如，保留人工责任节点并非技术无能，而是平台为维系用户信任、规避潜在声誉风险而做出的主动制度安排。因此，人机边界本质上是平台在新质生产力浪潮下，对效率、风险、责任与用户体验进行价值排序后所构建的一种组织治理装置。

6.2. 构建人机协同的治理机制

基于上述三重逻辑，本文主张构建一种以“前台自动化、后台责任制、全程可追溯”为核心的新型人机协同治理机制。在任务特性与技术能力允许的范围内，最大化利用智能硬件(如人形机器人、无人机等)执行标准化、低风险的取件操作，实现效率提升与成本优化，这就是所谓的前台自动化。同时，在所有关键决策点，尤其是涉及商品验真、政策解释、情绪冲突的环节，必须建立清晰、可识别的“人工责任节点”。这不仅作为服务兜底的保障，更是平台责任的具体体现，用以消除用户对“算法黑箱”的不信任感，即后台责任制。此外，通过物联网与区块链等技术确保从机器人接收到商品到后台 AI 判定乃至人工复核的每一个环节都有完整、不可篡改的数据记录，从而为解决商品损毁、误判等纠纷提供依据，并为实现“制度性免责”奠定技术基础，此为全程可追溯。

6.3. 研究局限与未来方向

本研究聚焦于电商逆向物流这一特定场景，对人机协同边界的探讨尚局限于当前技术条件与平台经济逻辑之下，未能充分纳入更广阔的社会制度变迁、全球技术竞争格局以及劳动力结构转型等宏观变量。未来研究应跳出单一行业视角，将人机协同置于新质生产力发展、数字治理体系建设和全球智能产业竞争的大背景下，探索其在公共服务、制造业、医疗等多元场景中的演化路径与制度适配。同时，随着通用人工智能与具身智能的加速突破，人机关系可能从“分工协作”迈向“能力融合”，这要求我们以更具前瞻性和跨学科的视野重新定义协同的本质与边界。

参考文献

- [1] 于梦瑶, 苏珂. 需求不确定下全渠道零售商动态定价与退货策略[J]. 应用数学, 2026, 39(1): 301-313.
- [2] 刘斌, 蒋亦楠, 甄学平. 考虑消费者后悔期的零售商以旧换新策略[J]. 系统工程学报, 2025, 40(6): 858-873.
- [3] 宋苏娟, 彭卫, 曾余洋. 考虑投机退货行为的零售商销售定价模式研究[J/OL]. 运筹与管理, 2025: 1-8. <https://link.cnki.net/urlid/34.1133.g3.20251223.1355.002>, 2025-12-18.
- [4] 冯琳, 唐小翠, 杨雨璇. 产品质量内生下考虑在线评论的两阶段定价和退货策略协同研究[J]. 工业工程与管理, 2025, 30(6): 1-12.
- [5] 丁龙, 卞心怡, 常珊. 考虑消费者退货的电商平台消费信贷服务策略研究[J/OL]. 中国管理科学, 2025: 1-12. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2024.0688>, 2025-12-18.
- [6] 綦建红, 郭颖. 人形机器人产业的应用场景、生态短板与未来指向[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025: 1-11. <https://doi.org/10.14100/j.cnki.65-1039/g4.20251222.002>, 2025-12-18.
- [7] 刘云, 张心同. 基于创新生态系统视角的未来产业培育模式——以人形机器人产业为例[J]. 科技进步与对策, 2025, 42(24): 61-71.
- [8] 雷斌, 金彦彤, 王致诚, 等. 仓储物流机器人技术现状与发展[J]. 现代制造工程, 2021(12): 143-153.
- [9] 刘琴琴, 徐子午, 熊航, 等. 智能识别技术在现代物流搬运机器人中的应用与优化[J]. 机电工程, 2025, 42(9): 1830-1836.
- [10] 农小晓, 蓝慧琴. 智能工厂中多机器人物流任务的隐性遗传分配[J/OL]. 机械设计与制造, 2026: 1-6. <https://doi.org/10.19356/j.cnki.1001-3997.20250808.029>, 2025-12-18.
- [11] 蓝江. 从技术决定论到算法决定论——我们如何在智能社会下超越技术的迷思[J]. 西北师大学报(社会科学版), 2026(2): 38-46.
- [12] 吴静. 平台资本主义的劳动协作与剩余价值形成的政治经济学解读[J]. 马克思主义与现实, 2022(5): 169-176.
- [13] 徐政, 张姣玉. 新质生产力中的劳动者变革问题[J]. 理论探索, 2024(2): 94-100.

-
- [14] 陈兵. 论新质生产力的经济法促进——以人形机器人创新发展为例[J]. 东方法学, 2024(5): 19-31.
- [15] 刘宁. 数字化转型、技术陷阱与企业核心竞争力[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2024, 45(10): 100-111.
- [16] 齐艳红, 蒋文君. 对“封-资过渡”问题的阐释: 从布伦纳回到马克思——兼评罗伯特·布伦纳对技术决定论的批判[J]. 山东社会科学, 2025(9): 42-49.