

企业信息化视角下跨境电商海外仓安全监管体系构建与成本效益分析

罗 灿

江苏大学管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2026年3月20日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年6月22日

摘 要

在全球贸易数字化转型背景下, 跨境电商海外仓作为“网络外贸”的核心基础设施, 其安全运营对保障供应链稳定至关重要。本文立足于工业工程管理理论, 针对海外仓跨国监管难度大、作业风险高的问题, 从企业信息化视角出发, 探讨了安全生产与电商经济效益的协同关系。首先, 运用“人-机-环-管”模型分析了海外仓在不同作业阶段的风险诱因; 其次, 构建了基于网络技术与ERP系统的安全监管体系架构, 通过信息化手段实现风险的主动感知与闭环管理。最后, 通过成本效益分析证明, 安全投入不仅能显著降低事故隐患带来的隐性成本, 更能通过提升履约稳定性增强企业的市场竞争力。本研究为跨境电商企业在复杂环境下实现降本增效提供了新的管理思路。

关键词

跨境电商, 安全生产, 企业信息化, 经济效益

Construction of Safety Supervision System and Cost-Benefit Analysis of Cross-Border E-Commerce Overseas Warehouses from the Perspective of Enterprise Informatization

Can Luo

School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: March 20, 2026; accepted: April 6, 2026; published: June 22, 2026

Abstract

Under the background of global trade digital transformation, cross-border e-commerce overseas warehouses, as the core infrastructure of "Online Foreign Trade", are crucial for ensuring supply chain stability. Based on the theory of industrial engineering management, this paper explores the synergistic relationship between safety production and e-commerce economic benefits from the perspective of enterprise informatization, addressing the challenges of difficult cross-border supervision and high operational risks. Firstly, the "Man-Machine-Environment-Management" model is used to analyze risk factors in different operation stages. Secondly, a safety supervision system architecture based on network technology and ERP system is constructed, enabling proactive risk perception and closed-loop management through information technology. Finally, cost-benefit analysis proves that safety investment can not only significantly reduce the hidden costs caused by potential accidents, but also enhance the market competitiveness of enterprises by improving fulfillment stability. This study provides new management ideas for cross-border e-commerce enterprises to achieve cost reduction and efficiency enhancement in complex environments.

Keywords

Cross-Border E-Commerce, Work Safety, Industrial Engineering, Enterprise Informatization, Economic Benefits

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. 绪论

1.1. 研究背景与意义

在互联网技术与全球贸易深度融合的背景下,跨境电子商务(Cross-border E-commerce)已成为推动全球经济增长的新引擎。跨境电商不仅改变了传统贸易的交易链条,更对底层供应链的支撑能力提出了极高要求[1]。作为跨境物流体系中的关键节点,海外仓(Overseas Warehouse)已由单纯的存储空间演变为集分拣、包装、贴标、退换货及“最后换一公里”配送于一体的复合型生产基地[2]。

然而,随着电商经济规模的扩张,安全生产问题日益凸显。海外仓往往涉及复杂的机械设备(如自动化分拣线、高层货架)、高频次的人机交互作业,以及由于跨境贸易带来的多元化管理挑战。一旦发生安全事故,不仅会造成直接的财产损失和人员伤亡,更会导致电商供应链中断、平台信用降权以及高昂的跨国法律赔偿。因此,从工业工程(Industrial Engineering, IE)视角出发,研究如何通过“企业信息化”与“网络技术”提升安全生产水平,对保障电商经济的可持续发展具有深远的理论意义与现实价值。

1.2. 国内外研究现状

目前,国内外学术界对跨境电商的研究多集中于“市场营销”“数据库营销”及“网络支付”安全[3][4]等方面,而对其实物支撑体系——海外仓的安全生产管理研究相对薄弱:

物流效率视角:大量文献探讨了如何通过 ERP 与客户关系管理系统优化库存周转率[5],但往往忽略了高周转率背后的人员疲劳与系统过载风险。

安全工程视角：传统研究多侧重于制造业工厂的本质安全，对于电商环境下“小批量、多频次、强波动”的作业特征缺乏针对性的风险评价模型。

信息化集成视角：虽然“虚拟化”与“网络技术”已在仓储管理中得到应用[6][7]，但将其应用于实时安全监管与预警的研究仍处于起步阶段。

1.3. 研究内容与方法

本文旨在结合工业工程的系统管理理论与电子商务的信息化特征，开展以下研究：

风险因子识别：运用“人-机-环-管”系统分析法，深入剖析跨境电商海外仓在不同作业阶段(如促销季与平季)的潜在危险源。

评价模型构建：结合模糊综合评价法，对海外仓的安全生产水平进行定量化评估，并分析其与“电商经济效益”的关联。

监管体系设计：提出一种基于企业信息化平台的远程安全监管架构，探讨如何将安全数据集成至 ERP 系统，实现风险的提前感知。

1.4. 本文创新点

跨学科融合：将传统的工业工程生产安全理论引入“网络外贸”场景，填补了跨境电商实务管理中的研究缺口。

经济协同视角：区别于纯粹的防灾减灾研究，本文强调安全生产对降低运营隐患成本、提升贸易竞争力的“创效”作用，契合当前电商经济高质量发展的需求。

2. 跨境电商海外仓安全生产现状与风险因子分析

2.1. 海外仓作业流程中的安全特性分析

与传统制造企业的稳态生产不同，跨境电商海外仓的作业具有“高频波动”与“碎片化”的特征。利用工业工程(IE)的流程分析法，我们将海外仓作业分解为以下关键环节：

收货与拆箱：涉及大量国际物流包裹的搬运，人机交互频繁。

上架与存储：高层货架作业对堆垛机及叉车驾驶员的精准度要求极高。

拣选与包装：这是电商作业的核心。在大促期间(如“黑五”或“双11”)，订单量瞬间激增，分拣线满负荷运转。

出库配送：涉及频繁的车辆调度与站台对接。

这种作业模式决定了其安全生产风险具有隐蔽性强、爆发压力大的特点。海外仓作业流程安全风险识别图见图 1。



Figure 1. Safety risk identification diagram for cross-border e-commerce overseas warehouse operation process

图 1. 跨境电商海外仓作业流程安全风险识别图

2.2. 基于“人-机-环-管”系统的风险因子识别

为了构建科学的评价模型，本文采用工业工程中经典的“人-机-环-管”模型对海外仓危险源进行深度辨识：

1. 人(Human)——操作可靠性风险

语言与文化障碍：海外仓员工多为当地招聘，跨国管理中的语言隔阂易导致安全规程理解偏差。

疲劳作业风险：电商促销季的连续高负荷工作会降低工人的生理可靠性，导致反应迟钝和误操作。

2. 机(Machine)——设备本质安全风险

自动化设备故障：AGV 小车、自动分拣线等高新技术设备的传感器失效可能引发严重的人机冲突。

特种设备隐患：锂电池叉车等搬运工具在充电或高强度作业时的自燃风险，直接威胁仓库整体安全。

3. 环(Environment)——作业环境风险

布局缺陷：若设施规划(Plant Layout)不当，人行道与叉车动线交叉过多，将大幅增加碰撞概率。

货物特性风险：跨境商品种类繁多(如化妆品、带电玩具)，对温湿度控制及防爆等级有特殊要求。

4. 管(Management)——组织管理风险

信息化断层：许多海外仓虽然拥有基本的 WMS(仓储管理系统)，但缺乏专门的安全预警模块，导致隐患无法实时回传至总部。

应急机制缺失：在异国法治环境下，对当地安全标准响应不及时。

海外仓安全生产风险致因结构图见图 2。

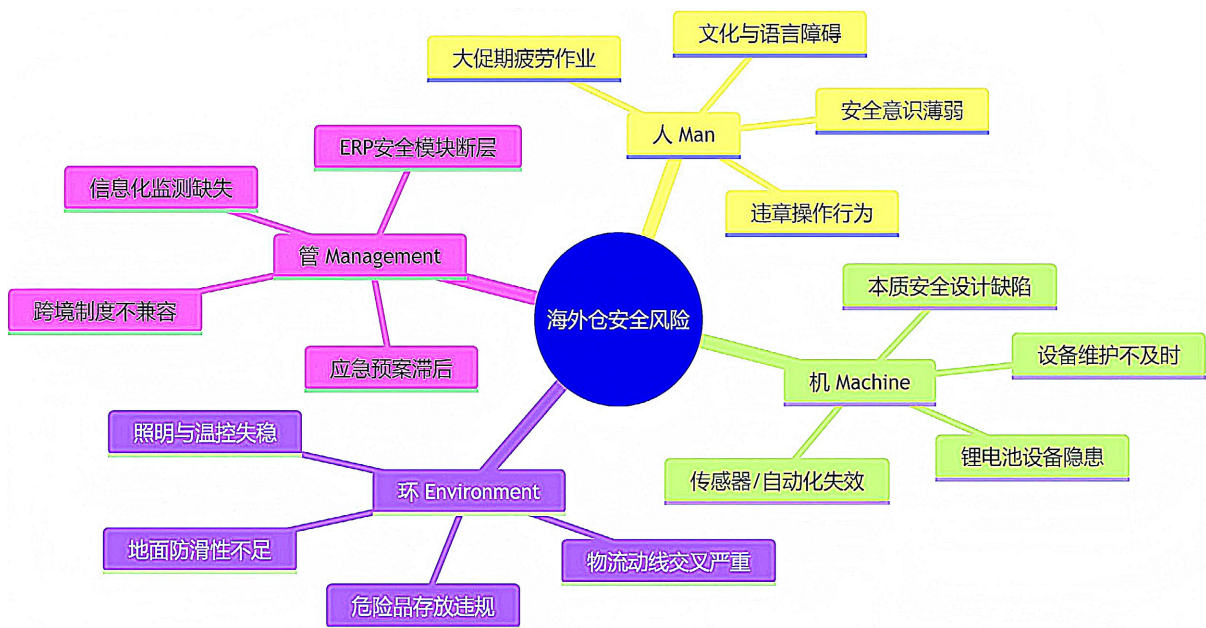


Figure 2. Cause-and-effect diagram of safety production risks in overseas warehouses

图 2. 海外仓安全生产风险致因结构图

2.3. 安全风险对电商经济的负反馈效应

在“电商经济”视角下，上述安全风险一旦转化为事故，将产生连锁经济反应：

直接成本：医疗费用、设备损毁、高额的国际法律赔偿金。

间接成本：由于仓库封锁或系统瘫痪导致的订单取消率激增、由于无法发货导致的网络外贸信誉受损。

长期影响：电商平台由于供应链不稳定性被搜索引擎或推荐算法降权，造成流量成本的巨大浪费。

3. 安全生产与电商经济效益的关联模型

在电商经济下，安全生产不应被视为纯粹的成本支出，而应被视为一种风险投资与效益优化的过程。本章通过建立数学逻辑与对比模型，深入探讨安全生产如何转化为跨境电商的核心竞争优势。

3.1. 安全生产的成本 - 收益函数逻辑

从工业工程的成本管理视角出发，海外仓的总运营成本 TC 可以通过以下公式表示：

$$TC = C_p + C_s + L(s) + E_{loss}$$

C_p : 基础生产运营成本(人力、租金、能耗等)。

C_s : 安全投入成本(包括企业信息化系统建设、安全培训、劳保用品)。

$L(s)$: 事故隐患期望损失。这是一个关于安全水平 s 的减函数，安全水平越高，预期事故损失越低。

E_{loss} : 电商特有的经济效率损失。

在跨境电商场景下， E_{loss} 具有显著的放大效应：一旦发生安全事故导致封仓，将直接引发平台赔付、SEO 排名下降及客户流失。因此，增加 C_s (如引入网络技术监控)虽然在短期内增加了固定支出，但能通过大幅度降低 $L(s)$ 和 E_{loss} 来实现总成本 TC 的最优解。

3.2. 安全水平对电商运营关键指标的影响

为了量化安全生产对“电商经济”的贡献，我们将安全水平(高/中/低)与物流运营核心指标进行关联对比，见表 1 所示：

Table 1. Comparison of safety production levels with economic indicators of e-commerce operations
表 1. 安全生产水平与电商运营经济指标对比表

考核指标	低安全水平(传统作业)	高安全水平(信息化监管)	对电商经济的影响
订单履约稳定性	波动大，易受事故中断	极高，系统冗余度强	提升“客户关系管理(CRM)”满意度
保险费率支出	基准费率的 120%~150%	享受 10%~20%费率折扣	直接降低“国际贸易”物流成本
员工周转率	高(因环境不安全导致流失)	低(保障员工心理安全感)	减少招聘与培训的二次成本投入
系统监管深度	存在大量“管理盲区”	ERP 系统实时感知风险	提高“企业信息化”决策科学性
品牌溢价能力	易受负面安全事件冲击	形成“本质安全”品牌护城河	增加长期“市场营销”竞争力

3.3. “安全 - 经济”协同优化模型

基于上述分析，本文提出一个协同优化逻辑：

风险前置化：利用数据库营销中常用的数据挖掘技术，对历史作业安全数据进行分析，预测风险峰值。

管理信息化：将安全巡检与隐患排查流程嵌入 ERP 与客户关系管理系统。当系统检测到订单量超过仓库承载阈值时，自动触发“安全冗余模式”，主动降低作业速度以避免疲劳事故。

效益最大化：通过降低“隐形损失”(如平台处罚费)，将节省的资金投入到网络技术升级中，形成正向循环。

4. 基于信息化手段的海外仓安全监管体系设计

4.1. 体系架构设计：从“被动应对”到“主动感知”

传统的安全管理依赖人工巡检，存在时效性差、数据失真等问题。基于企业信息化理念，本文设计了一套三层安全监管架构：

感知层(物联网与网络技术)：利用 RFID 和传感器技术，实时采集叉车位置、货架负载及环境温湿度数据。通过高带宽的网络技术(如 5G 或工业 Wi-Fi)，确保海量作业数据能够低延迟回传至总部。

传输与处理层(云计算与虚拟化)：引入虚拟化技术，在云端构建海外仓的“数字孪生”模型。通过仿

真模拟大促期间的物流高压场景,预演潜在的人机冲突点,实现风险的提前规避。应用层(ERP系统集成):将安全管理模块嵌入ERP与客户关系管理系统。当安全指标异常时,系统自动锁定相关业务流程(如禁止异常区域出货),确保“不安全不生产”。

4.2. ERP系统中的安全生产功能模块实现

在跨境电商的日常运营中,ERP系统是数据的核心。将安全生产嵌入ERP具有显著的经济价值:安全风险动态看板:在ERP主界面实时显示海外仓的健康指数。若某仓库连续加班导致“疲劳系数”过高,系统将自动预警并建议调整排班。

隐患闭环管理:发现隐患后,系统自动生成任务工单并推送至相关责任人手机。利用网络技术实现跨国协同,总部可实时查看修复进度。

数据库营销与风险联动:利用历史事故数据库,结合数据库营销中的关联规则算法(如Apriori),分析订单类型与事故率的潜在联系(如重型家电订单更易引发搬运伤害),从而针对性布置安全防范措施。

4.3. 虚拟化技术在安全培训中的应用

针对跨境员工流转率高、培训成本大的问题,利用虚拟化与VR技术开展岗位安全教育:

沉浸式演练:员工无需进入高风险的作业区,即可在虚拟环境中练习火灾逃生、化学品泄漏处置等流程。

经济性分析:相比实地培训,虚拟化培训不仅减少了差旅和耗材成本,还避免了由于新手操作不当造成的设备损毁风险,进一步提升了电商物流的整体效益。

5. 海外仓安全生产信息化监管的应用场景设计与分析

5.1. 典型应用场景设定

由于跨境电商海外仓涉及多国监管环境及企业商业秘密,本章以一家典型的跨境电商物流企业(代称H公司)在欧洲运营的自动化海外仓为背景,构建应用场景。该仓库建筑面积约为15,000平方米,主要应用AGV小车分拣、高层重型货架及自动封箱生产线。其业务特征表现为“平时订单平稳、促销季瞬时爆发”的强波动模式。

5.2. 信息化监管体系的流程演练

基于本文第四章提出的ERP与安全模块集成方案,H公司在以下三个关键环节实现安全与经济的协同:

环节一:大促期间的疲劳预警(基于ERP任务流)

当系统检测到单日分拣订单量超过预设阈值(例如20,000单)时,ERP系统会自动联动安全评价模型。系统将根据员工连续排班时长,在后台看板发出“中度风险”预警,强制调整作业节奏或增加间歇性休息,从而避免因疲劳引发的撞击事故,保障生产的稳定性。

环节二:异常环境下的本质安全响应(基于网络技术)

通过部署在仓库内部的网络技术传感器,系统实时监控锂电池充电区及带电产品存储区的温度。一旦温度梯度异常,系统将直接切断区域电源并在企业信息化平台上弹窗提示,实现事故的零延迟响应。

环节三:跨国远程安全管理(基于虚拟化与云端)

总部管理者利用虚拟化技术生成的仓储动态模型,无需实地巡检即可掌握海外仓的动线冲突率。这种模式极大地降低了国际差旅成本,同时提升了监管的颗粒度。

5.3. 预期经济效应分析

虽然本研究未直接引用企业机密财务数据，但根据工业工程的成本分析逻辑，该场景设计的应用将产生以下预期效应：

- (1) 降隐性损失：通过前置预警减少 80%以上的小型刮擦与机械碰撞事故，显著降低因事故封仓导致的平台降权赔付风险。
- (2) 优化保险议价能力：凭借完善的企业信息化安全监管数据记录，企业在与国际保险商进行年度续保谈判时，可作为“低风险投保对象”获取更优的费率折扣。
- (3) 提升供应链韧性：安全生产保障了物流时效的连续性，增强了网络外贸业务在突发流量下的承载力。

6. 结论与展望

6.1. 研究结论

本文通过对跨境电商海外仓安全生产风险的系统性分析，得出以下结论：

1. 安全生产是电商经济的底座，忽视安全会导致供应链中断并产生高额的“隐损成本”。
2. 利用网络技术与虚拟化手段构建的感知体系，能有效解决跨境管理中的时空障碍与语言隔阂。
3. 安全生产与 ERP 的深度融合，实现了安全管理从“行政驱动”向“数据驱动”的转型，是提升网络外贸竞争力的有效途径。

6.2. 展望

未来研究可进一步结合人工智能算法，对海外仓海量安全数据进行深度挖掘，实现更精准的风险预测。同时，随着网络支付与区块链技术的发展，如何将安全信用评级与金融信贷挂钩，也将是“电商经济”领域值得探索的新课题。

参考文献

- [1] Yu, X. (2016) Development of China Cross-Border Electricity Supplier. *Proceedings of the International Conference on Economics, Social Science, Arts, Education, and Management Engineering*, Hohhot, 30-31 July 2016, 134-146. <https://doi.org/10.2991/essaeme-16.2016.185>
- [2] 陈子丰. 海外仓预退税驱动下的跨境电商发展前景探究[J]. 国际商务财会, 2026(5): 14-17.
- [3] 莫迪, 刘芮. 国际经贸背景下的企业电子商务市场营销策略探讨[J]. 商场现代化, 2026(2): 46-48.
- [4] 何沛. 跨境电商出口业务 ERP 建设研究——以 S 公司为例[J]. 国际商务财会, 2024(4): 50-58.
- [5] 何炎. 跨境电商物流成本管理优化策略分析[J]. 中国物流与采购, 2026(2): 39-40.
- [6] 朱燕芳, 刘燕, 杨小辉. 大数据背景下数字贸易推进跨境电商发展的策略研究[J]. 商展经济, 2024(17): 24-27.
- [7] 向宇. 中小企业跨境电商海外仓物流模式及对策分析[J]. 中国储运, 2023(9): 171.