

# 数字转型对物流系统韧性提升的作用机制研究

陈琪 耿乐

陕西科技大学镐京学院 陕西咸阳 712000

**摘要：**本文聚焦后疫情时代全球供应链波动加剧的背景，围绕物流系统韧性提升需求，探讨数字转型赋能物流系统抗风险能力升级的核心逻辑，从风险感知预警、资源配置调度、信息协同共享、业务组织变革、价值模式重构五个维度，系统梳理数字转型对物流系统韧性提升的作用路径，为物流企业构建抗冲击韧性体系提供理论参考。

**关键词：**数字转型；物流系统；韧性提升；作用机制

## 引言

近年来，全球地缘政治冲突、极端天气事件以及突发公共卫生事件频发，供应链网络运行的不确定性急剧攀升，不少依赖传统运营模式的物流企业都曾遭遇枢纽港口停运、干线运输中断、仓配网络瘫痪等冲击，部分抗风险能力薄弱的企业甚至陷入现金流断裂的生存危机。如何在不确定环境下快速化解风险、恢复正常运行，成为物流行业关注的核心问题，具备更强抗干扰、自适应、快恢复能力的韧性物流系统，逐渐成为行业发展的新方向。随着数字技术与实体经济深度融合，大数据、人工智能、物联网等技术为物流行业降本增效、升级抗风险能力提供了新抓手，本文正是在此背景下，探究数字转型赋能物流韧性提升的内在逻辑。

## 一、相关概念

### （一）数字转型的内涵与维度

数字转型是指组织通过引入数字技术、数据资源和数字化思维，对业务模式、运营流程、组织架构和价值创造方式进行系统性、根本性变革的过程。其核心内涵在于利用数字技术打破传统业务边界，重构组织与内外环境的互动关系，从而提升效率、创新能力和可持续发展能力。从本质上看，数字转型不仅是技术层面的升级，更是组织战略、文化和管理理念的全方位变革，涉

及从业务流程优化到商业模式创新的多个层面。

数字转型的维度可从技术、业务、组织和战略四个层面展开。技术维度聚焦于数字技术的应用，包括云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等技术的集成与落地，通过技术赋能实现业务流程的自动化和智能化。业务维度强调业务流程的重构与优化，通过数字化手段实现端到端流程的打通，提升业务响应速度和灵活性。组织维度关注组织结构的调整与人才能力的提升，包括建立跨部门协作机制、培养数字化人才、构建敏捷型组织文化等。战略维度则涉及组织愿景的重新定位，将数字化转型融入长期发展战略，通过数据驱动决策实现可持续竞争优势。这四个维度相互关联、相互支撑，共同构成数字转型的完整体系<sup>[1]</sup>。

### （二）物流系统韧性的定义与特征

物流系统韧性是指物流系统在面临内外部扰动（如自然灾害、供应链中断、市场需求波动等）时，能够快速感知、适应、恢复并从中学习，保持系统核心功能稳定运行的能力。其核心在于系统的抗风险能力、恢复能力和自适应能力，强调系统在动态变化环境中的稳健性和可持续性。物流系统韧性不仅包括应对突发危机的能力，还涵盖日常运营中对不确定性因素的动态调整能力。

物流系统韧性具有以下特征：一是动态适应性，物流系统能够根据外部环境变化实时调整运营策略，快速响应扰动；二是冗余性，系统通过资源冗余（如备用运输路径、库存缓冲等）降低单点故障风险；三是协同性，物流系统各参与主体（如物流企业、供应商、客户等）通过信息共享和协同合作提升整体韧性；四是学习性，系统能够从扰动事件中总结经验，优化流程和机制，持续提升韧性水平；五是鲁棒性，系统在面临扰动时能够

## 作者简介：

陈琪（1999—），女，汉族，陕西渭南人，硕士研究生，研究方向：物流系统韧性。

耿乐（1998—），女，汉族，山西运城人，硕士研究生，研究方向：供应链优化。

保持核心功能的稳定，避免整体崩溃。这些特征共同构成了物流系统韧性的多维度属性，为分析韧性提升机制提供了理论基础<sup>[2]</sup>。

## 二、数字转型对物流系统韧性提升的作用机制

### （一）数据驱动的风险感知与预警机制

数字转型通过构建数据驱动的风险感知与预警机制，提升物流系统对潜在风险的识别和响应能力。首先，物联网技术的应用实现了物流全链条数据的实时采集，包括运输车辆位置、仓储环境温湿度、货物状态等关键信息，形成覆盖“运输—仓储—配送”全流程的动态数据网络。通过传感器、RFID等设备，物流系统能够实时监测运营状态，及时发现异常情况（如车辆故障、货物损坏、路径拥堵等）。其次，大数据分析技术对采集的海量数据进行深度挖掘，通过构建风险预测模型（如机器学习算法、统计分析模型等）识别风险模式和演化规律。例如，基于历史运输数据和实时路况信息，系统可预测路径延误风险；通过分析供应链上下游企业的运营数据，提前识别供应商违约或产能波动风险。此外，人工智能技术的引入提升了风险预警的精准性和时效性，通过自然语言处理技术分析新闻舆情、政策变化等外部信息，结合内部运营数据，实现对宏观环境风险（如自然灾害、政策调整）的早期预警。最后，预警信息通过数字化平台实时推送至相关决策主体，触发预设的应急响应流程<sup>[3]</sup>。例如，当系统预测到某条运输路线因天气原因可能中断时，自动向调度中心发送预警，并同步推荐备选路线，帮助决策者快速调整运输计划。数据驱动的风险感知与预警机制将传统的“事后应对”模式转变为“事前预防”模式，显著提升了物流系统对风险的前瞻性应对能力。

### （二）智能优化的资源配置与调度机制

数字转型通过智能优化技术提升物流系统资源配置与调度的灵活性和效率，增强系统在扰动下的恢复能力。一方面，人工智能算法（如遗传算法、模拟退火算法、强化学习等）在物流资源调度中广泛应用，实现运输路径优化、仓储空间分配、车辆配载等决策的智能化。例如，在运输调度中，智能算法综合考虑货物类型、运输时效、成本、路况等多因素，动态生成最优运输方案；在仓储管理中，通过智能算法优化货位分配，提高仓储空间利用率和货物周转效率。另一方面，云计算平台为资源共享和动态调配提供了技术支撑。通过云平台整合分散的物流资源（如车辆、仓库、人力等），实现资源的集约化管理和按需分配。例如，在突发需求高峰时，系

统可通过云平台调用外部闲置运力，快速补充运输能力；在局部仓储资源紧张时，通过跨区域仓储资源调度平衡库存压力。此外，数字孪生技术的应用构建了物流系统的虚拟映射，通过模拟不同扰动场景下的资源需求，提前制定资源调配预案，提升系统应对不确定性的能力。比如面对突发疫情、极端天气这类极端扰动事件时，物流企业可以提前通过数字孪生平台模拟不同封控范围、不同运力缺口下的资源调配方案，当扰动真的发生时，就能直接按照预案快速完成资源调拨，避免出现临时调度混乱、响应滞后的问题<sup>[4]</sup>。这种从被动应急到主动预案的转变，大幅提升了物流系统在面对各类突发状况时的恢复速度，让原本分散独立的资源能够快速形成协同合力，更好地缓冲扰动带来的冲击。

### （三）数字化透明化的信息共享与协同机制

数字转型通过构建数字化、透明化的信息共享与协同机制，打破物流系统各参与主体之间的信息壁垒，显著提升整体协同效率与抗风险能力，是增强供应链韧性的关键支撑。首先，区块链技术实现物流信息不可篡改与全程可追溯，保障数据真实可靠。供应链上下游企业可借助区块链平台实时共享货物状态、交易信息、资质文件等关键数据，降低信息不对称带来的合作风险。在跨境物流场景中，区块链可整合报关、商检、运输等环节信息，实现“一单制”全程可视化，有效减少因信息不透明造成的通关延误。其次，云计算与大数据平台搭建起统一的信息共享中枢，整合内外部数据资源，实现物流企业、供应商、客户及监管部门的实时交互，形成“信息共享—协同决策—联合行动”的高效闭环。在疫情等突发公共事件中，相关方可通过平台快速获取防疫政策、交通管制等信息，协同调整生产与配送方案，保障物资稳定供应<sup>[5]</sup>。

同时，协同办公软件、视频会议、电子签章等数字化工具，大幅提升跨组织协作效率，强化远程协作能力，使物流系统在人员流动受限等外部扰动下仍能稳定运行。数字化信息共享与协同机制将分散的物流主体整合为有机整体，从根本上改善传统“信息孤岛”问题。日常运营中，该机制可加快需求响应速度，帮助上游供应商提前调整备货与运输计划，避免库存积压或缺货断供；当面临自然灾害、政策变动等外部冲击时，各节点可同步扰动信息，快速联动调整路线、调配仓储资源，防止大范围配送延误乃至供应链停摆。此外，全链条信息透明也为监管部门提供高效核验路径，便于防疫管控与质量

溯源，降低多层级传递带来的效率损耗，提升系统应对政策变化的适应性，从整体上持续强化物流系统的韧性。

#### （四）敏捷化的业务流程与组织变革机制

数字转型推动物流系统业务流程的敏捷化重构和组织结构的柔性变革，提升系统对扰动的快速响应能力。在业务流程层面，数字技术（如RPA机器人流程自动化、低代码开发平台等）实现了重复性、标准化流程的自动化处理，减少人工干预，提高流程效率。同时，通过流程再造，打破传统部门壁垒，构建端到端的敏捷流程。例如，订单处理流程从传统的“订单接收—人工审核—仓库拣货—物流配送”转变为“智能订单解析—自动库存匹配—机器人拣货—路径优化配送”，响应时间大幅缩短。

在组织结构层面，数字转型推动传统层级制组织向扁平化、网络化组织转变。通过建立跨部门协作团队、项目制管理模式，提升组织决策效率和市场响应速度。例如，物流企业成立“应急响应小组”，整合运营、技术、客服等部门资源，在面临突发扰动时能够快速联动，制定解决方案。此外，数字化工具赋能一线员工，通过移动终端实时获取信息、上报问题、执行决策，提升基层响应能力。敏捷化的业务流程与组织变革机制使物流系统能够快速调整运营策略，适应外部环境变化，从而在扰动发生时迅速恢复正常运转。

#### （五）模式创新与价值重构机制

数字转型驱动物流系统商业模式创新和价值重构，从根本上提升系统的韧性和可持续发展能力。一方面，平台化模式成为物流行业的重要发展趋势。物流企业通过构建数字化平台整合供需资源，实现物流服务的规模化、标准化和个性化。例如，货运平台整合社会运力资源，通过智能匹配实现货主与司机的高效对接，提升运输资源利用率；仓储平台提供共享仓储空间和智能化管理服务，帮助中小企业降低仓储成本。平台化模式通过资源聚合和网络效应，增强了物流系统的抗风险能力，减少对单一客户或区域市场的依赖。

另一方面，服务化转型拓展了物流系统的价值边界。

传统物流企业从“运输仓储服务商”向“供应链解决方案提供商”转型，通过数字化技术提供一体化供应链服务（如物流规划、库存管理、数据分析等）。例如，物流企业利用大数据分析帮助客户优化库存水平，通过智能预测需求波动提前调整物流计划，降低供应链中断风险。服务化转型使物流系统深度融入客户的价值链，形成“风险共担、利益共享”的合作关系，提升了系统的整体韧性。

此外，绿色物流模式的创新也是数字转型的重要方向。通过数字化技术优化运输路径、减少空载率、推广新能源车辆等，降低物流系统对环境的依赖，提升可持续发展能力。模式创新与价值重构机制从根本上改变了物流系统的运营逻辑，为韧性提升提供了长效动力。

#### 结束语

综上所述，数字转型从风险感知、资源调度、信息协同等多个维度，为物流系统韧性提升搭建了完整的能力框架，打破了传统物流体系面对外部冲击时响应滞后、协同不足的固有短板。未来，随着数字技术持续渗透，物流企业可结合自身业务特征落地转型路径，进一步挖掘数字转型在增强系统韧性上的潜力，为应对不确定性风险提供更坚实的支撑。

#### 参考文献

- [1] 许昕, 刘东来, 游景茗. 数字化技术在物流系统中的应用[J]. 电子技术, 2025, 54(02): 118-120.
- [2] 韦千. 数字化和智能化物流管理系统对物流效率的影响与优化[J]. 中国物流与采购, 2025, (01): 161-162.
- [3] 李焱林, 边缘, 全灵慧. 基于拉动原理的生产物流数字化系统设计[J]. 智能制造, 2024, (06): 93-101.
- [4] 景兴洪, 付涛, 董俊, 张宏彬, 卢万里, 李正雄. 数字化转型下滤棒成型企业智能生产物流系统的探索与思考[J]. 物流技术与应用, 2022, 27(10): 170-175.
- [5] 张小雪. 跨境物流系统数字化转型协作机制研究[J]. 商业经济研究, 2022, (19): 111-114.