

物流系统安全性研究综述与展望

吴军建

摘要: 根据物流系统运营具有经济性和安全性的双重特征,梳理了物流系统安全运营的基本框架。基于这一框架,从物流系统安全分析、物流系统各功能要素的安全性、物流系统安全评估与度量、物流系统安全运营等四个方面对研究现状进行了总结分析,从物流企业的实际运营过程中所遇到的安全运营问题出发总结提炼出了未来的研究方向。

关键词: 物流系统; 安全分析; 安全评估与度量; 安全运营

作者简介: 吴军建,工学博士,南昌大学经济管理学院讲师。

基金项目: 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目“不完美生产过程中生产存储策略研究”(CX13_097)。

中图分类号: C931 **文献标识码:** A **Doi:** 10.3969/j.issn.2095-042X.2018.05.010

物流系统经济、高效和安全是社会经济系统得以健康发展的基石。由于现代物流系统呈现出更加复杂的网络拓扑结构,运营于一个复杂的时空环境中,形成了复杂的交互关系,因此,物流系统运营管理难度增大,物流系统安全性问题不断出现。物流系统受到来自不同方面的安全威胁,影响社会的安定和谐和人类的健康。因此,有必要对物流系统运营安全度研究现状进行分析,并设计整体的研究框架,进一步明确物流系统运营安全问题的研究方向。

一、物流系统运营安全度的分析框架

物流系统具有系统的输入输出特性。输入的是各类资源,包括设施设备、人员、能源、资金、信息等,输出的是产品的流通加工、安全配送等物流服务。物流管理过程中,除了考虑物流系统的经济性目标外,物流系统的安全性目标变得越来越重要,物流系统的安全运营对经济、社会 and 环境的协调发展起着重要的推动作用,是经济安全和社会稳定的基础。

物流系统安全是指应用系统工程理论和安全管理方法,以各项物流活动及其组合作为对象,分析物流系统运营安全的影响因素,对物流系统运营的安全程度进行评估和度量,确保物流系统运营中各物流活动的安全高效运营,从而达到物流系统运营过程的全生命周期安全的目标。为此,需要对物流系统进行决策、计划、组织和控制,使物流系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度,且这一过程贯穿整个物流系统生命周期。基于此,笔者构建了物流系统运营安全的分析框架(如图1)。

为了对物流系统运营安全度的相关研究工作进行有效的梳理和总结,使之更加系统性,构建具体文献梳理框架(见表1)。下面笔者将立足于图1的分析框架,对相关研究进行归纳总结,并指出未来需要进一步研究的方向。

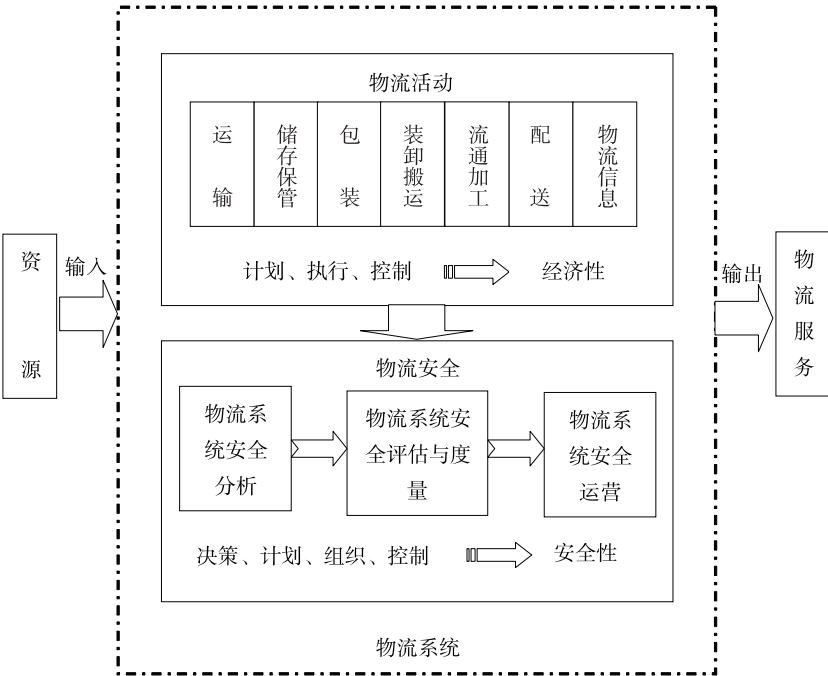


图 1 物流系统运营安全度的分析框架

表 1 物流系统运营安全度的相关研究梳理

主题	文献
物流系统安全分析	罗铮 ^[1] ；张诚等 ^[2] ；翁勇南等 ^[3] ；翁勇南等 ^[4] ；Liu 等 ^[5] ；杨改等 ^[6] ；邱祝强等 ^[7] ；郑哲文等 ^[8] ；叶晓晖等 ^[9] ；李劲 ^[10] ；黄浪等 ^[11] 。
物流系统各功能要素的安全性	Toumazis 等 ^[12] ；Liu 等 ^[13] ；Saat 等 ^[14] ；He 等 ^[15] ；Denis 等 ^[16] ；Ozsen 等 ^[17] ；Shaker-ardekani 等 ^[18] ；郝皓 ^[19] ；Chang 等 ^[20] ；Meixell 等 ^[21] ；Jacxsens 等 ^[22] ；Tian 等 ^[23] ；Caleb 等 ^[24] ；Koçoğlu 等 ^[25] 。
物流系统安全评估	Wang 等 ^[26] ；Chen 等 ^[27] ；余小川等 ^[28] ；Thomas ^[29] ；Jane ^[30] ；Jane 等 ^[31] ；陈倬等 ^[32] ；Zhang 等 ^[33] ；秦绪伟等 ^[34] ；滕兴乐等 ^[35] ；杨玮等 ^[36] ；Suominen 等 ^[37] ；张超等 ^[38] 。
物流系统安全运营	Ngai 等 ^[39] ；Kim 等 ^[40] ；Wilson 等 ^[41] ；Koutsoumanis 等 ^[42] ；Rizzo 等 ^[43] ；杨曙 ^[44] ；柴政等 ^[45] 。

二 物流系统安全分析

物流系统运营面临着来自系统内部和外部的各种安全威胁和安全风险。对物流安全以及物流系统安全的正确理解有助于提高物流系统安全运营管理效益和减少物流运营成本。罗铮^[1]、张诚等^[2]、翁勇南等^[3-4]，Liu 等^[5]等学者从不同的角度深入地阐述了物流安全以及物流系统安全的涵义。此外，杨改等^[6]在阐述物流安全涵义基础上，对物流安全的内容进行了划分，并提出了保障物流安全的措施。邱祝强等^[7]基于农产品的背景下，对物流系统的安全控制问题进行了详细的探讨。郑哲文等^[8]利用博弈论的方法对物流安全监管方面进行了详细的研究。叶晓晖等^[9]从系统工程的理论与方法的角度，构建了物流系统安全评估体系。李劲^[10]立足物流各功能要素详细地探

讨论了第三方物流安全的研究现状。黄浪等^[11]构建了物流系统安全运筹学。现有的研究较多集中在对物流安全及物流系统安全概念的界定上,但从物流业实际运营来看,需要从物流系统内部和外部分别分析影响物流系统安全的主要因素,进而提出物流系统安全的度量模型,为物流系统的安全运营提供决策依据。

三、物流系统各功能要素的安全性

实现物流系统各环节“高效、安全”运行,是整个物流系统“高效、安全”运营的重要保证。因此,很多学者对产品的运输配送、储存保管、装卸搬运、流通加工等物流系统各功能要素的安全性进行了研究。

为了降低危险品运输过程中风险,Toumazis等^[12]提出了一种在时间依赖的运输网络中利用条件风险值进行路径选择的方法。Liu等^[13]在综合考虑加强油罐车安全设计和断轨预防两种风险减少策略的基础上,提出了一个资源分配优化模型,作为铁路危险品运输风险控制策略投资决策的辅助工具。Saat等^[14]考虑危险品物流对环境的影响,从风险成本分析的角度,提出了一种铁路危险品运输风险的定量分析方法。

储存保管作为链接生产、供应、消费的中间环节,能够有效地应对物流过程中的不确定性,对其进行科学管理能够有效地提高企业的运营效率和安全水平。He等^[15]研究了工业仓库中的排烟和消防安全问题,通过对安全系统的绩效评估、安全管理措施的可行性分析等来保障仓库管理人员的安全。Denis等^[16]利用人因工程学分析了两个超市仓库的仓储管理策略对人工搬运物流的影响,指出存储数量和存储空间的不平衡性会增加发生事故的风险。Ozsen等^[17]从供应链管理绩效的角度,提出了具有风险池的容量仓库选址模型,以实现库存系统的安全。Shakerardekani等^[18]认为产品存储环境的温度和湿度等也会影响产品的质量和安全,从储存环境的角度研究这一过程中产品的安全性。郝皓^[19]针对天津港“8·12”事故进行了详细的分析,从而进一步提出了加强化工企业的仓储安全管理的相关措施。

流通加工是物流系统中实现产品价值重要环节之一,Chang等^[20]考虑加工过程的可靠性,研究了生产子系统生产库存问题,并分析了生产过程可靠性对企业利润的影响。Meixell等^[21]认为选择安全承运商可以提高供应链的安全水平。

在产品的包装方面,Shakerardekani等^[18]认为包装材料会直接影响整个产品的质量和安全,并分析了不同材料的塑料封装在存储期间对开心果的质量和安全的影響。Jacxsens等^[22]研究了高氧气调包装对生鲜产品质量的影响。Tian等^[23]认为包装技术也会影响产品的质量和安全。Caleb等^[24]分析了气调包装技术对新鲜或鲜切花生产和微生物的影响,从包装技术和包装材料的角度研究产品物流过程的安全性。

物流信息安全问题在供应链研究中受到重视,主要表现在物流需求信息、物流环境信息等对供应链管理策略的影响,Koçoğlu等^[25]分析了供应链整合信息共享对供应链绩效和供应链运营安全的影响。

从各子系统的角度研究有助于更深入分析物流系统各环节的安全影响因素,为具体的安全运营管理提供策略。但物流系统的不安全因素往往存在于不同的功能要素中,且不同功能要素中的不安全因素相互影响、相互作用。因此,需要进一步从物流系统整体角度上研究其安全性和安全运营机理。

四、物流系统安全评估

关于物流系统安全评估,学者们主要从物流系统的可靠性角度展开研究。Wang等^[26]从物流

服务的角度，提出了基于时间的服务可靠性模型。Chen 等^[27]在分析物流系统可靠性的影响因素时，指出优化物流系统运营过程中各环节能够有效地提高物流系统的可靠性。余小川等^[28]分析了在资源有限的情形下，物流系统运营的优化问题。Thomas^[29]根据可靠性工程思想，从定量的角度提出了应急物流环境下的物流网络可靠性的评估方法。Jane^[30]在确定的物流网络环境下考虑物流配送成本和可靠性约束，研究了物流系统绩效评估方法。Jane 等^[31]在前期的基础上研究了随机物流系统环境下物流配送成本和可靠性约束下的物流系统绩效评估方法。因此，对系统进行准确的可靠性评估是系统改进的必不可少的核心环节，可靠性是整个物流系统安全评估的重要指标之一。陈倬等^[32]从脆弱性的角度来度量物流系统的安全性，并总结了城市物流系统脆弱性的评价指标。Zhang 等^[33]对港口物流系统的脆弱性进行了分析，并以天津港为例，通过层次分析法和脆弱性度量分析了地理因素、自然环境、基础设施因素、港口物流支持因素、作业状态对港口物流管理以及服务水平的影响。脆弱性是物流系统安全性的重要指标之一，因此，必须要对物流系统的薄弱环节进行准确定位，以便管理者及时有效地制定防止安全发生的策略。由于物流系统运营于复杂的时空环境，物流系统的安全性也受宏观经济政策的波动以及自然环境变化的影响^[34]。滕兴乐等^[35]、杨玮等^[36]基于对冷链物流的分析提出了一种新的物流安全预警模型，以便更好地管理农产品运输。Suominen 等^[37]以港口、物流链和集装箱为背景，研究了运营中相应的安全管理问题。张超等^[38]以煤矿生产物流系统为背景，提出了动态多维度的 DMIP-MCDM 评价法。

可靠性和脆弱性从某些方面反映了物流系统的安全性，但物流系统安全性更准确、更合理的衡量指标还没有。如何定量给出物流系统安全性指标，特别是这些指标如何与物流系统的资源投入、系统协调、控制策略等管理手段建立联系，这方面的研究有待进一步深入。物流系统安全性的定量度量是寻找物流系统安全管理和控制策略的基础，也是政府、企业等物流系统安全性相关方在确定合理的资源投入、进行收益分配和设计激励机制的重要依据。物流系统安全性评估中还有一项重要的工作是对物流系统安全性的诊断。

五、物流系统安全运营

随着科学技术的发展，RFID、GPS、GIS 等信息技术在物流管理中得到了广泛的应用，有效地提高了物流系统的运营安全。Ngai^[39]等设计了一个基于 RFID 的寿司管理系统，在库存控制和食品安全事故预防等方面给寿司店提供了帮助。KIM 等^[40]将 RFID 物流系统提供的所有权成本模型应用到智慧城市之中，以支持基础建设的决策过程。Wilson 等^[41]设计了一种基于互联网的食品安全追溯系统，以监督保障食品的安全运输。Koutsoumanis 等^[42]建立了一个食品冷链安全监测和保障系统，以提高食品物流的安全性。Rizzo 等^[43]为集装箱建立了基于 RFID 技术的密封系统，此系统可以实现信息记录、移动控制和无触点读写等功能，使得新系统具有更高的安全性。杨曙^[44]在大数据背景下对物流信息管理问题进行了分析。柴政等^[45]针对港口物流和应急物流管理中的信息安全问题进行了梳理。

RFID、GPS、GIS 等信息技术是提高物流系统安全性的重要手段。这些技术通过计算安全投入不足导致的直接和间接经济损失，确定物流系统以一定安全水平运营所需的资源投入，以寻找物流系统安全投入与经济效益均衡的最优方案，为企业在物流系统安全投入和安全收益均衡决策过程提供科学依据。

六、结语

在物流系统“安全分析-安全评估与度量-安全运营”这一框架下，对物流系统安全性研究进

行了学术梳理。总体来说,关于物流系统安全的质性研究多从宏观角度开展,这些研究结论对实际问题指导作用有限。相对而言,定量研究关注实际问题,但多局限于物流业的某一方面或某一功能,未能从物流系统生命周期的角度系统展开。为了更好地解决物流业实践中的系统安全问题,需要对物流业划定边界,明确物流系统的组成,从物流系统生命周期的角度进行深入分析。一是在对物流系统内外部影响因素、资源投入、系统协调及控制策略等进行量化的基础上,建立物流系统安全性度量模型,探索物流系统安全性评估新方法。二是寻求物流系统安全的投入与产出均衡的最优方案,并在保证安全运营的基础上,提出普适性的物流行业管理经验参考。

参考文献:

- [1] 罗铮. 物流链安全保障体系研究 [J]. 物流科技, 2005, 28 (10): 8-10.
- [2] 张诚, 单圣涤. 浅谈物流安全管理 [J]. 企业经济, 2006 (5): 39-40.
- [3] 翁勇南, 宋守信, 王静. 物流安全支撑体系及其复杂性研究 [J]. 物流技术, 2009, 28 (9): 1-3.
- [4] 翁勇南, 宋守信, 王静. 物流安全支撑体系模型研究 [J]. 物流技术, 2010, 29 (5): 16-19.
- [5] LIU Y S, LIN X X, YU R. The research summary on logistics safety in China [J]. International business and management, 2012, 5 (1): 162-168.
- [6] 杨改, 许茂增. 物流安全研究综述 [J]. 物流技术, 2007, 26 (2): 33-35.
- [7] 邱祝强, 谢如鹤, 桂寿平. 生鲜农产品物流安全控制机理探讨 [J]. 物流技术, 2008, 27 (9): 23-25.
- [8] 郑哲文, 陈洁余, 柳阳. 基于纳什均衡的物流安全监管策略研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2009 (2): 122-125.
- [9] 叶晓晖, 吴超, 栗红玉, 等. 物流安全评估体系研究 [J]. 中国安全科学学报, 2009, 19 (12): 115-121.
- [10] 李劲. 第三方物流安全的现状分析及展望 [J]. 中国安全科学学报, 2009, 19 (1): 93-98.
- [11] 黄浪, 吴超. 物流安全运筹学的构建研究 [J]. 中国安全科学学报, 2016, 26 (2): 18-24.
- [12] TOUMAZIS I, KWON C. Routing hazardous materials on time-dependent networks using conditional value-at-risk [J]. Transportation research part c: emerging technologies, 2013 (37): 73-92.
- [13] LIU X, SAAT M R, BARKAN C P. Integrated risk reduction framework to improve railway hazardous materials transportation safety [J]. Journal of hazardous materials, 2013 (260): 131-140.
- [14] SAAT M R, WERTH C J, SCHAEFFER D, et al. Environmental risk analysis of hazardous material rail transportation [J]. Journal of hazardous materials, 2014 (264): 560-569.
- [15] HE Y, WANG J, WU Z, HU L, et al. Smoke venting and fire safety in an industrial warehouse [J]. Fire safety journal, 2002, 37 (2): 191-215.
- [16] DENIS D, STVINCENT M, IMBEAU D. Stock management influence on manual materials handling in two warehouse superstores [J]. International journal of industrial ergonomics, 2006, 36 (3): 191-201.
- [17] OZSEN L, COULLARD C R, DASKIN M S. Capacitated warehouse location model with risk pooling [J]. Naval research logistics, 2008, 55 (4): 295-312.
- [18] SHAKERARDEKANI A, KARIM R. Effect of different types of plastic packaging films on the moisture and aflatoxin contents of pistachio nuts during storage [J]. Journal of food science and technology, 2013, 50 (2): 409-411.
- [19] 郝皓. 从天津港“8·12”事故看化工物流企业仓储安全管理 [J]. 物流科技, 2017 (5): 153-155.
- [20] CHANG H J, SU R H, YANG C T, et al. An economic manufacturing quantity model for a two-stage assembly system with imperfect processes and variable production rate [J]. Computers & industrial engineering, 2012, 63 (1): 285-293.
- [21] MEIXELL M J, NORBIS M. Integrating carrier selection with supplier selection decisions to improve supply chain security [J]. International transactions in operational research, 2012, 19 (5): 711-732.
- [22] JACXSENS L, DEVLIEGHERE F, STEEN C, et al. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce [J]. International journal of food microbiology, 2001, 71 (2): 197-210.
- [23] TIAN F, DECKER E A, GODDARD J M. Controlling lipid oxidation of food by active packaging technologies [J]. Food & function, 2013, 4 (5): 669-680.
- [24] CALEB O J, MAHAJAN P V, ALSAID F A, et al. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences—a review [J]. Food and bioprocess technology, 2013, 6 (2): 303-329.
- [25] KOÇOĞLU I, İ MAMOĞLU S Z, İ NCE H, KESKIN H. The effect of supply chain integration on information sharing: enhancing the supply chain performance [J]. Procedia-social and behavioral sciences, 2011 (24): 1630-1649.
- [26] WANG N, LU J C, KVAMP P. Reliability modeling in spatially distributed logistics systems [J]. IEEE transactions on relia-

- bility, 2006, 55 (3): 525-534.
- [27] CHEN A, YANG H, LO H K, et al. A capacity related reliability for transportation networks [J]. Journal of advanced transportation, 1999, 33 (2): 183-200.
- [28] 余小川, 季建华. 物流系统的可靠度及其优化研究 [J]. 管理工程学报, 2007, 21 (1): 67-70.
- [29] THOMAS M. Assessing the reliability of a contingency logistics network [J]. Military operations research, 2004, 9 (1): 33-41.
- [30] JANE C. Performance evaluation of logistics systems under cost and reliability considerations [J]. Transportation research part e: logistics and transportation review, 2011, 47 (2): 130-137.
- [31] JANE C, LAIH Y W. Evaluating cost and reliability integrated performance of stochastic logistics systems [J]. Naval research logistics, 2012, 59 (7): 577-586.
- [32] 陈倬, 余廉. 基于脆弱性分析的城市物流系统安全性研究 [J]. 中国管理科学, 2006 (z1): 816-821.
- [33] ZHANG W, XI T. A case research on vulnerability of logistics system in the tianjin port [J]. Energy procedia, 2011 (5): 2059-2064.
- [34] 秦绪伟, 唐立新. 面向干扰事件的可靠物流系统设计研究进展 [J]. 控制与决策, 2010, 25 (2): 161-165.
- [35] 滕兴乐, 张峰, 宋晓娜. 基于可拓关联的农产品冷链物流安全预警模型及应用 [J]. 山东理工大学学报 (自然科学版), 2016, 30 (1): 51-57.
- [36] 杨玮, 偶雅楠, 岳婷, 等. 基于 AHPSO-SVM 的农产品冷链物流质量安全预警模型 [J]. 包装工程, 2018 (5): 71-76.
- [37] SUOMINEN A E, NYROOS S, YLISKYLA P J. Safety management in seaports and logistic chain and containt gases as an occupational safety risk [J]. Injury prevention, 2016 (22): 271-271.
- [38] 张超, 赵宝福, 贾宝山, 等. 煤矿生产物流系统安全资源 DMIP-MCDM 评价法 [J]. 中国安全科学学报, 2017, 27 (4): 127-132.
- [39] NGAI E, SUK F, LO S. Development of an RFID-based sushi management system: the case of a conveyor-belt sushi restaurant [J]. International journal of production economics, 2008, 112 (2): 630-645.
- [40] KIM H S, SOHN S Y. Cost of ownership model for the RFID logistics system applicable to u-city [J]. European journal of operational research, 2009, 194 (2): 406-417.
- [41] WILSON T, CLARKE W. Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the internet to deliver traceability [J]. Supply chain management: an international journal, 1998, 3 (3): 127-133.
- [42] KOUTSOUMANIS K, TAOUKIS P, NYCHAS G. Development of a safety monitoring and assurance system for chilled food products [J]. International journal of food microbiology, 2005, 100 (1): 253-260.
- [43] RIZZO F, BARBONI M, FAGGION L, et al. Improved security for commercial container transports using an innovative active RFID system [J]. Journal of network and computer applications, 2011, 34 (3): 846-852.
- [44] 杨曙. 大数据时代物流信息的安全保护研究 [J]. 物流工程与管理, 2017, 39 (8): 51-52.
- [45] 柴政, 屈莉莉. 港口安全与应急物流管理信息系统研究综述 [J]. 中国管理信息化, 2017, 20 (11): 48-52.

On Logistics System Safety: a Review and Outlook

Wu Junjian

Abstract: Safety accidents during logistics system operation occur frequently, so the study of related safety issues attracts the attention of academic researchers and practical workers. Based on the dual characteristics of logistics system—economy and safety, a basic framework of the safety operation of logistics system is analyzed. Based on this framework, the current research is reviewed from the following four aspects, logistics system safety analysis, the safety of logistics system elements, the assessment and measurement of logistics system safety and the safety operation of logistics system. According to the related problems of safety operation arising from the practical operation of logistics enterprises, further research directions are proposed.

Key words: logistics system; safety analysis; safety assessment and measurement; safety operation

(收稿日期: 2017-12-18; 责任编辑: 沈秀)