

文章编号:1005-0523(2016)01-0045-10

生鲜食品冷链配送相关理论研究综述

伍景琼, 韩春阳, 贺 瑞

(昆明理工大学交通工程学院, 云南 昆明 650504)

摘要:为优化生鲜食品配送的运营组织模式,提高生鲜食品冷链配送服务水平,对当前生鲜食品配送相关研究进展进行深入分析与系统评述。首先分析国内、外生鲜食品冷链物流发展历程,分别剖析国内、外生鲜食品冷链物流发展模式;在此基础上构建生鲜食品冷链配送研究框架体系,从生鲜食品配送模式、配送中心选址和管理、配送路径优化、配送过程食品安全及风险控制4个方面对国内外相关研究进行了系统性的归纳总结,最后针对研究现状提出当前研究所存在的不足,并对未来研究趋势进行了展望。

关键词:生鲜食品冷链;冷链配送;食品安全

中图分类号:F259

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.01.007

随着人们的饮食习惯倾向于快速化、多样化、绿色化发展,水产品、果蔬、鲜肉等生鲜产品的市场需求在不断增加,同时人们对生鲜食品品质、购买便捷性也提出了更高要求。在这样的时代背景下,食品企业、快递企业、电商企业等均开始着眼于生鲜产品销售市场的开拓,生鲜食品“C2B+O2O”时代已经到来。供应链末端需求量的膨胀,需要合理有效的配送方式来支撑。城市化进程的加速导致城市交通条件恶化,结合生鲜食品的易腐性特征,更加剧了生鲜食品的配送难度。作为冷链物流核心环节,配送的组织运营涉及到生鲜食品运输效率、运输安全、物流运输成本、社会效益等多方面问题^[1]。为此,实现生鲜食品冷链配送的高效、低碳、低成本运营,减少配送环节食品安全事故的发生,构建合理有序的生鲜食品冷链物流配送体系,对推动生鲜食品冷链物流业发展具有重要意义。

综上所述,有必要对国内外生鲜食品冷链物流发展历程进行深入分析,辨识其各自的发展模式及特色,并在此基础上,提出研究理论框架,从多方面对国内外相关文献进行系统性归纳总结,找出研究的不足,并指出未来研究趋势,对探索冷链物流配送组织优化策略提供一定参考依据。

1 生鲜食品冷链物流发展历程简述

国外冷链物流发展于19世纪70年代。1908年,法国工程师 Albert Barrier 第一次使用冷链(Chainedu Froid)这一术语。回顾其发展历程,大体可分为三个阶段:第一阶段为19世纪70年代到20世纪40年代,该阶段形成了冷藏库和冷链配送运输的初级形式,即传统冰降式冷藏库和少品种、大批量运输方式。第二阶段为20世纪40年代到20世纪末,该阶段冷链物流已逐渐走向成熟,运输品类更加多样化,制冷技术和运输设备更加先进。第三阶段为20世纪80年代至今,该阶段的冷链物流已演化成为多品种、小批量、标准化和法规化模式,“冷链”的概念已由“原产地—初预冷—冷库—冷藏运输—批发站点冷库”发展成为“原产

收稿日期:2016-09-04

基金项目:云南省应用基础研究青年基金项目(KKSQ201402003)

作者简介:伍景琼(1984—),女,讲师,博士,硕士生导师,研究方向为冷链物流。

地—初预冷—冷库—冷藏运输—批发站点冷库—零售商场冷柜—消费者冰箱”。这一阶段的冷链物流已基本发展成熟^[2]。

我国的冷链物流起步较晚。自 21 世纪以来,人们生活水平得到提高,生鲜食品的需求量不断增加,对我国冷链物流发展提出了更高要求。2001 年中国物流采购联合会的成立使我国冷链物流发展有了质的飞跃^[3]。同一年,中国成功加入 WTO 更是为其注入了新鲜血液。中国物流采购联合会成立后,冷链物流基础工作全面展开,如冷链物流标准化建设、冷链物流信息化建设、冷链物流科学与技术工程、冷链物流理论研究以及冷链物流业总体规划等,促使我国冷链物流企业向着国际化、规范化的方向发展。加入 WTO 后,国外先进的物流技术给中国传统冷链物流企业带来了巨大压力,外资企业的进入改变了我国冷链物流运营理念和运营模式,带来先进技术的同时还引进了优秀人才。随后,国家制定一系列冷链物流发展相关政策,为我国冷链物流发展提供了更有力保障。市场需求的日益增加,国家政策的大力支持,结合国外先进物流理念,我国冷链物流业不断朝着规模化、专业化的方向发展^[2]。

纵观国内外冷链物流发展历程,不难发现,我国冷链物流的发展在短短几十年间经历了国外 200 多年的发展演变过程,这导致了我国冷链物流发展的畸形化。主要表现为:冷链物流发展地区差异化严重,国外先进模式照搬现象严重等。此外,从总体上比较,我国的冷链物流发展尚处于起步阶段,专业的第三方冷链物流企业、统一的行业标准和监管机构、完整紧密的供应链体系等基础保障措施缺乏完善。因此,我国冷链物流的发展还应在适应区域社会经济发展的前提下,建立监管机构,完善基础设施建设,加强相关理论研究。

2 生鲜食品冷链配送理论研究框架

从国内外冷链物流的实践发展历程可以看出,生鲜食品冷链配送的发展历程,是一个以点(冷藏库)和线(冷藏线路)为依托,以冷藏、冷冻技术为指导,以提高配送效率、强化服务质量、保证食品品质、降低配送成本为目标,对其整体运作模式进行不断优化过程。基于此,可构建生鲜食品冷链配送研究理论框架。一是基于优化理论,以提高配送服务能力为目标,宏观优化冷链配送整体运作模式;二是基于整体冷链,考虑区域特点、交通条件等因素,为冷链网络节点(冷链配送中心)选择最合适的地点;三是在网络节点明确的基础上,考虑交通状况、客户满意度等因素,为冷链配送选择最佳的运营线路;四是在冷链配送模式、冷链网络明确的基础上,运用冷藏技术、安全管理手段等,确保冷链配送过程中生鲜食品的安全及品质。图 1 为生鲜食品冷链配送研究理论框架图。

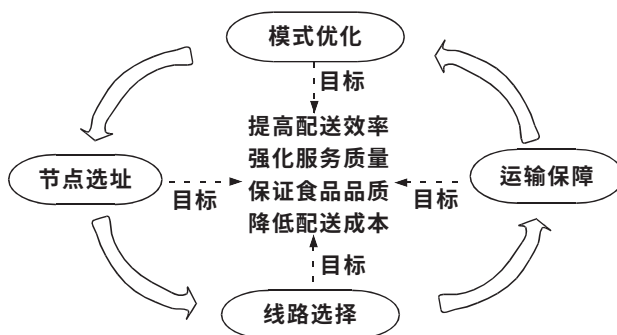


图 1 生鲜食品冷链配送研究理论框架图

Fig.1 Theoretical framework of cold chain distribution of fresh food

3 国内外生鲜食品配送研究综述

通过梳理冷链物流配送相关文献,并根据生鲜食品冷链物流配送研究理论框架,对当前冷链配送的研究内容及研究进展分类总结,如表 1 所示。

表 1 生鲜食品配送文献分类表
Tab.1 Documents classification of fresh food distribution

理论框架	文献主要内容
生鲜食品配送模式研究	分别对当前多种冷链配送模式进行对比分析,得出每种方式的适用范围。
配送中心选址研究	运用运筹学理论、启发式算法等方法,考虑配送时间、配送距离、交通可达性等因素,对配送中心进行选址研究。
生鲜食品配送路径优化研究	从最初只考虑配送成本的单一车辆路径问题研究,到随后考虑成本和服务质量的物流配送车辆路径优化研究,再到目前考虑货物新鲜度、客户满意度、配送时间等因素的冷链物流配送车辆路径优化问题研究。
配送过程食品安全及风险控制研究	主要从食品有害微生物控制的角度,通过实验建立微生物生长模型,研究如何预防、控制并解决生鲜食品配送安全问题。

3.1 生鲜食品配送模式研究

3.1.1 国外文献综述

早在 20 世纪 70 年代,国外学者就开始对生鲜食品配送进行研究^[4],但单独研究配送模式的文献较少,主要集中于共同配送模式方面,如 David 等^[5]研究了瑞典东南部城市乌普萨拉市区的物流共同配送问题,通过 SP 调查发现,共同配送模式可以有效降低物流成本,减少对城市交通的拥堵和对环境的污染;随后,Kuo^[6]将共同配送模式引入生鲜食品领域,提出多温共配模式,并将该模式运用于生鲜食品宅配业,为优化配送方式,提出蓄冷箱式多温共配系统,指出蓄冷箱式多温共配系统可广泛适用于 B2B、B2C、C2C 等物流服务模式,具有高效、及时、低成本的优点,为生鲜食品冷链配送的发展做出了巨大贡献;Hsu^[7-8]在此基础上对蓄冷箱式多温共配系统多了深入研究,首先建立 0~1 整数规划模型,将蓄冷箱式多温共配系统与传统多车配送进行对比,指出前者更加适用于配送需求点稠密且需求空间分布不均的营业网络,然后对蓄冷箱式多温共配系统的最佳配送周期、车队规模和配送路线进行了优化。Johan Visser 等^[9]人对“互联网经济”下的宅配模式发展过程做了描述,通过对荷兰和日本宅配业的调研,预测出未来宅配业的发展趋势,并提出宅配业的发展一方面会影响城市居民出行特性,另一方面会使零售商更加注重高品质服务,增加城市货车出行频率。

3.1.2 国内文献综述

国内有关冷链物流配送模式的研究相对较晚,但研究成果丰硕。司银霞^[10]按照货源组织优化程度、销售的组织化程度以及实际物流承担方的不同,对当前我国生鲜食品冷链物流的主体进行了分类,并根据其在配送过程中的作用,将生鲜产品冷链物流配送运作模式分为 6 类:① 基于批发市场的传统型配送模式;② 基于生产基地的直销型配送模式;③ 基于第三方销售商的自营型配送模式;④ 基于第三方物流企业的外包型配送模式;⑤ 基于生鲜食品共同配送的合作配送模式;⑥ 基于 C2B(商务模式)+O2O(业务模式)的宅配模式。并从配送组织结构的角度,辨识了几种模式下的货源组织和销售组织的区别,从运行机制的角度,对比分析了几种模式的优劣性。下面分别对这 6 种运作模式的相关研究进行综述。

传统型配送模式方面,夏白娟^[11]通过市场调研,发现目前批发市场虽然处于生鲜食品流通主渠道中的关键环节,但其特有的“当前现货交易”机制,导致供应地和消费者之间处于阻断和不透明状态,冷链物流上下游衔接不畅。直销型配送模式方面,杨慧莲、霍学喜^[12]详细介绍了目前我国现有生鲜食品的直销模式,从生鲜食品供给特点和需求特点两方面分析了社区型直销模式的优越性,认为直销模式可以减少冷链物流的中间环节,降低供应风险,具有稳定供应源和需求端的作用,有利于我国生鲜食品业发展。康振虎等^[13]在总结日本生鲜食品直销模式发展经验的基础上,以藁城市为例,对我国生鲜食品直销模式的可行性进行了研究,认为生鲜食品直销能够缩短流通渠道,减少流通成本,提高生产积极性,加强带动观光农业和农家乐餐厅等,在我国的社会背景和经济情况下,具有一定可行性,但当前不适宜作为主流配送模式。第三方物流外

包型配送模式方面,熊惠,李靖^[14]从需求商的角度分析生鲜食品的物流特性,认为外包配送能够降低企业物流成本,提高顾客满意度、加强资金周转,最适于我国当前冷链配送发展。王翼,孙林岩^[15]在前人研究基础上,将第三方物流商作为决策主体,建立分散决策模型、局部合作模型和集中决策模型并求解,更深入地研究了冷链物流供应链成员合作问题,得出两点结论:随着合作程度的提高,供应链各成员的收益也不断提高;随着成员风险厌恶程度、产品的易腐程度和价格弹性的增加,通过合作更加能够避免收益损失。共同配送模式方面,韩丽娟^[16]做了一系列较为细致的研究,从政府政策、企业基础条件、行业总体发展情况出发,找出我国共同配送存在的主要问题和阻碍我国配送发展的因素,同时根据我国实际情况提出 8 种适于我国城市的共同配送模式,并运用模糊层次分析法,建立评价指标,以当当网为例进行实例分析,为企业选择共配模式提供依据。陈然^[17],文晓巍^[18],刘志勇^[19]等学者对冷链物流共同配送内涵做了详细阐述,并从不同角度分析了我国冷链物流存在的问题,以合理论据阐明共同配送是优化我国冷链物流配送、减少生鲜食品企业物流成本的最佳手段。宅配模式方面,国内相关研究较少,代表人物为烟台大学王淑云及其团队。在分析国内外冷链物流宅配模式的基础上,借鉴台湾地区的先进制冷技术,提出蓄冷箱式冷链物流宅配新模式。其中,赵敏^[20]从低碳性角度和经济学动力角度探讨了其可行性,利用五力模型和价值链模型分析探讨了宅配服务系统的优越性,构建了物流商、供货商和消费者三赢的宅配模式。任立停^[21]研究了蓄冷箱式多温共配的冷链物流配送问题,考虑配送车辆的固定成本、运输成本、货损成本和用户时间窗惩罚成本,以系统综合成本为决策目标,建立冷链物流配送系统的随机多层规划模型,进而求出最优配送方案。

总体来看,6 种配送模式都具有各自特点,无法比较谁优谁劣。就我国生鲜市场发展而言,每种配送模式都必须并存发展,企业应根据自身特点和当地市场特色,开展多种生鲜食品配送模式,以此来提高运输效率、增强供应链稳定性、保证食品品质^[22]。

3.2 冷链配送中心选址研究

3.2.1 国外文献综述

国外配送中心的发展起源于 20 世纪 60 年代。当时,大型零售业和连锁企业的出现促使物流仓储与配送向着一体化方向发展。配送中心相比较于传统仓库,具有配送反应速度快、配送功能集成化、配送服务系列化、配送作业规范化、配送手段现代化等优点,顺应时代特征,因此得到快速发展^[23]。发展初期,由于一些配送中心改造于传统仓库之上,选址理论不够成熟,因此配送中心选址问题没有得到重视,新建的物流配送中心大多靠经验来选址建造。20 世纪 80 年代,随着货物的种类、数量进一步增加,配送范围进一步扩大,集约化程度和服务质量的进一步提高,对配送的要求也越来越高,配送中心选址问题得到重视。早在 1984 年 Spohrer 和 Kmam^[24]就提出因子权重分析法,该方法运用数据和评级从定量和定性两个层面,对众多方案进行评价并从中选取最优方案。配送中心选址研究成为热点,众多学者对一般情况下的选址问题进行了研究,Andreas Klose 和 Andreas Drexl^[25]在研读大量相关文献的基础上,对众多选址模型进行分类,并主要就连续型选址模型、网络选址模型、混合型整数规划模型等进行了综述。Anjali Awasthi^[26]考虑了不确定情况下的配送中心选址问题,运用多准则决策法,首先确定包括成本、环境、客户服务在内的 11 种方案评估指标,然后对每一种方案做出评价,最后运用模糊 TOPSIS 法对评价结果进行排序,选出最优方案。随着物流业的跨领域发展,配送中心种类也随之多样化,Yingfeng Ji 等^[27]人就针对“e-business”下的快递企业自建配送中心选址问题做了研究,以成本最小为目标函数建立最优模型,运用改进模糊 c-均值聚类(FCM)算法求解模型,最后通过实际案例验证了模型的可行性,模型创新性的基于现实路网进行优化,具有一定的现实意义。Esther Segura 和 Angélica Lozano^[28]则提出突发情况(自然灾害、传染病、社会动荡)下的配送中心选址问题,他们认为产品需求量的大幅提高、极端变化以及过低的投资建设成本等因素,都会改变配送中心的选址结果,并用数据证明了其观点。

通过对国外相关文献的分析,国外学者对一般配送中心选址研究时间较长,关注重点由确定的静态规划转向了不确定的动态规划。有关生鲜农产品配送中心的选址问题多出现于农产品物流网络规划中,如 Vedat^[29]在规划农产品物流网络时简要地对配送中心的选址进行了研究。单一研究冷链配送中心的文章较少。

3.2.2 国内文献综述

我国配送中心发展较晚。20 世纪 70 年代,受计划经济的束缚,供货方式以按指标备货、按指标配货、按指标送货的简单形式为主,并采取集中库存、集中送货、集中供应的物资流通方式,当时的“物资部门”便是现在配送中心的雏形。到 20 世纪 90 年代配送中心开始发展,配送中心选址问题伴随而来。姜大立,杜文等^[30-31]在 1997 年对物流配送中心选址问题进行了深入研究,运用遗传算法结合 ALA(alert location-allocation method)法建立离散选址模型,此算法将遗传算法的全局收敛特性和 ALA 法的局部搜索特性结合,求解迅速,更大几率获得全局优化解,对于冷链配送中心的优化选址具有重要意义。此后,学者们在此基础上从不同角度,运用多种方法对冷链配送中心选址问题进行了研究。郑勋,杨家其^[32]在考虑配送中心主要职能的基础上,从经济效益和社会效益两个方面确定评价指标,运用层次分析法和模糊综合评价法,从定性和定量两个层面对多个选址方案做出了评价。陈曦,傅明^[33]按功能将规划区域划分为小区,并按属性将小区归类,以小区的物品配送量作为需求量,以小区的重心作为小区的配送点坐标,假设配送中心用地面积与配送量成正比,运用 GIS 软件获得地价数据,从而得到基于配送规模的配送中心建造成本,然后运用遗传算法求解优化模型,在解决配送中心选址问题的同时还可得到最优配送方案,具有良好的实用性。2006 年以后,生鲜食品冷链物流快速发展,冷链物流配送中心选址成为研究重点。张凤平^[34]从基础设施、经济效益、环境效益和社会效益四个大的方面细致分析了冷链配送中心选址影响因素,认为较一般配送中心而言,交通通达性,所在地区经济水平以及周边通信、水、电、气等配套设施供应能力,废物处理能力等因素更大程度上影响其工作效率,体现了冷链配送中心选址的特殊性。张建,王红玲等^[35-36]将生鲜食品新鲜度作为变量引入一般选址模型,运用递加法求出初始解,通过“邻域搜索替换”改进初始解,得到最优解,为冷链物流配送中心提供了科学的选址方法。之后的一系列文献^[37-41]考虑冷链配送中心选址的各种因素,如生鲜食品需求量、交通状况、建造成本、运输成本、损失成本、综合服务水平等,建立数学模型,运用多种方法进行求解,为决策者提供不同情况下的选址依据。但是实际情况往往复杂多变,模型只能对有限个影响因素进行约束,故所得结果具有一定的局限性。

3.3 生鲜食品配送路径优化研究

3.3.1 国外文献综述

1959 年,著名学者 Dantzig 和 Rasmer^[42]首次提出车辆路径问题(Vehicle Routing Problem·VRP)。该问题一经问世很快引起运筹学、应用数学、网络分析、图论、计算机应用数学等学科的专家与运输相关企业的极大重视。经过 50 多年的研究,国外学者在这一问题上取得了很大进展,并设计出多种算法对其进行求解。算法主要分为精确算法和近似算法两大类^[43]。精确算法主要包括:1981 年由 Christofides 等提出的分支定界法及其衍生算法,1987 年由 Agarwal 等提出的列生成法,Eilon 等提出的动态规划算法和分支切割法。近似算法包括:① 传统启发式算法,此类算法能够较好的解决顶点数少的 VRP 问题,但不易于解决多顶点、高精度 VRP 问题,且不易于计算机实现,局限性较大;② 现代启发式算法,即智能算法,主要包括人工神经网络、蚁群算法、遗传算法等^[43]。

20 世纪初期,随着冷链配送中心的发展,生鲜食品配送路径优化问题得到重视。Chaug-Ing Hsu^[44]等通过研究发现,冷藏维修成本和库存成本(包括库存能耗成本)成反比,通过计算得出:使用小车辆配送,虽然会使库存量增加,库存成本上升,但是维修成本减少,总成本最小。传统路径选择模型没有考虑时间顺序效应,操作员会为了满足顾客需求分派过多车辆来满足时间窗,对此学者们基于时间窗对 VRP 问题进行了研究。K.Govindan 等^[45]针对易腐食品供应链网(SCN)研究了带时间窗的双层选址路径问题,并以成本最低和环境影响最小为目标,建立多目标优化模型,创新性的运用多目标粒子群优化算法(MOPSO)和自适应多目标变量邻域搜索引擎(AMOVNS)相结合的混合算法求解,为模型提供了更加有效的求解方法。随后学者们从更切实际的问题出发寻找优化方案,Jiafu Tang^[46]提出基于分批交货的车辆路径优化问题(SDVRP)。该问题遵循配送车辆的容载量和配送货物的重量来选择最优路径。并将 SDVRP 与加权路径优化问题(WVRP)相结合提出 SDWVRP 问题,考虑装载能力和配送时间,以成本最低为目标建立模型,运用最大-最小蚁群算法求

解。近年来,随着城市交通条件的不断恶化,生鲜食品配送末端问题不断显现,Byung Duk Song^[47]等人基于易腐食品城市末端配送问题,研究如何在配送地点、配送份量假定,配送车辆的数量、规格、最短配送时间确定的情况下,灵活安排普通货车和冷藏车实施配送,以达到最优服务效率。总体来看,国外的相关研究起步早,在研究理论和研究方法上都已取得一定成果。

3.3.2 国内文献综述

由于我国配送中心的发展建设起步较晚,因此配送路径的优化研究也相对较晚。1998 年,刘宏志,李慧兰等^[48]对物流配送路径优化问题进行了深入研究,认为配送路径优化为多目标决策问题,需考虑运输距离、运输环节、运输工具、运输时间、运输费用等决策因素,并运用 AHP(层次分析法)法建立决策模型求解,但 AHP 法主观性较强,所得结果偏离最优解。后人在此基础上对决策目标和优化模型进行了改进,并运用混合遗传算法、免疫算法、蚁群算法及其改进算法对模型进行了求解^[49-51]。自 2006 年起,生鲜食品冷链物流加快发展,配送路径优化研究开始侧重于冷链物流配送方向。冷链物流配送具有配送货物易腐性强、配送货物时效性高、配送装备特殊等特点^[52],因此决策因素更加复杂多样。缪小红等^[53]对冷链配送路径问题进行了全面的研究。首先考虑生鲜食品冷链配送的特殊性对一般的配送路径规划模型进行了改进;然后,通过实地调查,获得国运通冷藏运输公司配送数据,基于数据运用改进遗传算法和 Matlab 软件工具求解模型,获得全局最优解;最后,建立基于 VB 语言的可视化配送优化系统,运用 GIS 功能的 MapObject 控件进行二次开发,将配送路线规划优化过程可操作化、优化路线可视化。该论文的研究成果非常全面,其设计软件可操作性强,具有一定的实用价值。潘璠,吴一帆等^[54]突破性的提出“生鲜食品配送及时性与公平性”概念,基于此建立了“生鲜食品公平配送车辆路径模型”,并借助蚁群算法求解,得出基于公平配送原则的最优路径。国内相关研究起步较晚,在方法上创新性不足,假设条件多为单一假设。

3.4 冷链物流配送过程食品安全及风险控制研究

3.4.1 国外文献综述

国外学者对冷链食品配送安全风险研究的相关文献可分为以下 3 类:

1) 基于生鲜食品微生物及病原体生长特性,考虑冷链配送环境中温度、湿度、时间等要素的影响,将微生物生长机理量化、模型化的食品安全风险评估方法。20 世纪 80 年代 Ross.T 等提出的预测微生物学模型已广泛运用于食品安全领域^[55]。Buchanan 和 Whiting 将预测微生物模型分为一级、二级、三级三个等级。一级模型用于描述食品微生物数量与时间变化间的关系;二级模型用于描述复杂环境因素对微生物生长特性的影响;二级模型包括响应面方程、平方根方程和 Arrhenius 关系式三种^[56]。早在 1988 年,Smith 等^[57]就考虑 pH 值、水份活度、储藏温度以及山梨酸钾等影响因素,运用响应面方程,研究了面包等含水分食品的霉变机理。Sunzid Ahmed 等^[58]运用平方根方程和相关实验验证了干贝素(SP)冰对细菌的抑制作用。三级模型更为专业,操作时须具备一定的专业知识和技能。其主要功能为:通过感应周围环境因子的改变来预报微生物生长的变化;以环境因子为变量,测量同种微生物生长的变化程度;以环境因子为定量,对比不同微生物的生长差别^[59]。

2) 基于危害分析关键点控制(HACCP)体系,通过确定关键控制点和关键控制限度,监控食品冷链物流系统安全性,并对安全事故采取应对措施。Likar,Simon 等^[60-61]将此体系运用于监管食品贸易冷链物流,通过比较得出,运用先进先出(FIFO)方式,食品损坏率较低。

3) 研究如何通过建立安全管理体系来保障食品冷链物流安全性,并从安全性评估的角度,运用综合评估的方法,建立冷链物流系统安全性综合评估模型。Alison P. Bailey 等^[62]深入研究了生鲜食品供应链的安全管理机制,通过对英格兰和威尔士地区乳制品行业配送业务的调研得出结论:加强冷链供应链各成员间的交流密度,不仅能够降低食品中的潜在风险而且能够提高消费者对食品安全的信心。

3.4.2 国内文献综述

20 世纪 80 年代,我国食品安全问题开始出现,一系列食品安全事件的曝光,引起了社会的广泛关注。对于生鲜食品而言,冷链物流配送安全是生鲜食品安全的薄弱环节。自 2005 年起,冷链物流得到重视,很多

学者对生鲜食品配送过程安全问题做出了研究。研究成果可归结为以下2个部分进行综述。

1) 基于供应链的食品配送安全保障体系研究。该类文献的研究方向主要集中于三个方面:一是基于供应链管理思想的食品安全保障体系建设,主要着眼于总体框架和具体实施方案研究。基于供应链整体视角,张文敏^[63]建立了食品安全保障措施体系和食品安全信用管理系统,并将 HACCP 体系运用于冷链物流食品安全监测,将 EAN.UCC 系统应用于食品安全追溯中。基于供应链信息视角,邓淑芬^[64]运用信号博弈模型优化了食品供应链信息不对称问题。二是基于供应链末端配送食品安全研究,着重于研究超市食品冷链物流配送的运作模式,并引用实例证明^[65-66]。三是基于数据信息网络技术,探讨食品冷链物流过程中的安全监控和可追溯系统的建立。叶存杰^[67]认为“.Net 框架”解决了互联网跨语言、跨平台的障碍问题,并支持开放互联网标准和协议,可以更快、更好地开发出适合互联网特点的食品安全预警系统。

2) 食品安全预测、控制与风险评估研究。该类文献大致也可归为三类:第一类文献,介绍了食品安全风险分析理论的概念,分析了在我国不同领域实施食品安全风险分析的模式和作用机理^[68-70]。第二类文献,介绍了基于微生物污染的食品安全风险预测与评估,毕金峰,罗祎^[71-72]等介绍了食品安全微生物风险评估方法、原则、具体步骤和应用。李勤^[73]介绍了微生物免疫学、分子生物学、生理生化代谢产物、自动化仪器、生物传感器等检测技术的原理和特点,举例说明了食源性病原菌免疫学、核酸探针技术、PCR 技术、生物芯片技术、生物传感器检测技术在食品安全检测中的应用,该文献综合性较强,具有一定参考价值。第三类文献,基于各种评价分析方法,建立食品安全评价指标体系计算模型,并进行实例验证。刘於勋^[74]运用层次分析结合灰色关联分析的方法建立了科学的、完善的食品安全综合评价指标体系,并计算模型得出结果,通过实例验证了该计算模型的可行性和推广价值。郭睿^[75]将 Go-FLow 系统可靠度评价方法应用于乳制品物流安全评估,并进行实例分析。陈或^[76]构建系统动力学模型,基于生鲜食品供应链的现状及其自身典型的特征,以生鲜食品供应链风险识别理论为指导,对其风险识别各环节进行了综合分析与深入研究。

4 总结及研究展望

通过冷链物流相关文献的综述,对以上几个部分内容做出总结,找出现有研究的不足,并进行研究展望。

1) 国外冷链物流基础扎实,历史悠久,配送体系发展较为成熟,配送模式的运用已趋于稳定,故近年来专门研究冷链配送模式的文献较少,多注重于优化搬运方式、载运工具等细节问题研究。国内冷链物流配送模式研究的相关文献较多,但是对模式的适用性分析多集中于定性评价,通过简单调研和管理经验主观性的评价配送模式的适用性,而缺乏基于具体数据和评价模型的定量评价体系,决策结果主观性过强。在实际中,企业选取配送模式时,应该从定性和定量两个层面对冷链配送模式进行评价,得出最适于自身发展的配送模式。因此,有必要建立一套完整的生鲜食品配送模式评价体系,运用合理的评价方法,全面细致的评价配送模式后,再运用于企业当中。

2) 总结国内外冷链配送中心选址相关文献可以看出,冷链配送中心选址问题为复杂系统工程问题,需考虑多项决策因素,从定量和定性两个角度综合分析。尽管国内学者已有丰富的研究成果,但假设条件和研究方法在实际运用中仍存在一定的局限性。如假设条件过为苛刻,单一车型、单一品类等,不符合实际情况。因此,后续的研究在成果的实际运用价值方面有待进一步深入。

3) 国外学者对于配送路径优化的研究起步较早,研究方法较为丰富,许多成果已应用于社会和企业中,效果明显。国内的相关研究,基本是在国外学者的研究基础上做出的延伸,理论创新点不多。随着城市交通的不断发展,城市末端配送问题日益凸显,而现有配送路径研究缺乏城市末端冷链共同配送路径优化方面的研究,城市末端冷链共同配送路径优化不同于一般冷链配送路径优化,城市末端冷链共同配送,即城市配送“最后一公里”,交通条件多变,交通组成复杂,交通管制力度强,交通拥堵发生几率大,对配送效率产生很大影响。此外,路径优化模型多为事前规划模型,即模型不考虑运输过程中交通状况、客户需求的动态指派等随机因素,使优化方案具有一定的实用局限性。因此,有必要在考虑城市道路特殊性的基础上对城市末端冷链共同配送路径进行优化研究。

4) 国外食品配送安全相关研究较为成熟,在食品安全影响因素、食品安全评估、微生物预测等方面都有丰硕成果,食品预报微生物技术的发展为食品安全控制提供了有力保障。相比之下,国内学者基于与国外的一些成熟理论,在食品物流风险评价、食品物流系统优化方面也取得不少成果,但与国外的研究相比还有一定的差距。总体来看,主要研究不足表现在,现有食品配送安全性度量还是单一利用微生物数量来衡量,需要通过专业技术和专业设备测量,有时还需要通过实验培养观察,运作效率低。因此,针对食品配送过程中影响食品安全的因素,建立合理的食品安全度量指标,是日后学者们的研究重点。

参考文献:

- [1] 胡天石. 冷链物流发展问题研究[J]. 北京工商大学学报:社会科学版,2010(4):12-17.
- [2] 韩春阳,伍景琼,贺瑞. 国内外冷链物流发展历程综述[J]. 中国物流与采购,2015(15):70-71.
- [3] 丁俊发. 中国物流业发展三十年[J]. 中外物流,2008(4):22-24.
- [4] CHAZAN D, SAMUEL G. A markovian model for a perishable product inventory[J]. Management science, 1977, 23(5):512-521.
- [5] DAVID L, GIRMA G. Mapping out the potential for coordinated goods distribution in city centres: The case of uppsala[J]. International Journal of Transport Management, 2004, 34(2):161-172.
- [6] KUO J, CHEN M. Developing an advanced multi-temperature joint distribution system for the food cold chain [J]. Food Control, 2010, 21(4):559-566.
- [7] HSU C, LIU K. A model for facilities planning for multi-temperature joint distribution system[J]. Food Control, 2011, 22(12):1873-1882.
- [8] HSU C, CHEN W, WU W. Optimal delivery cycles for joint distribution of multi-temperature food[J]. Food Control, 2013, 34(1):106-114.
- [9] VISSER J, NEMOTO T, BROWNE M. Home delivery and the impacts on urban freight transport: A review [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, 125:15-27.
- [10] 司银霞. 生鲜农产品配送模式的对比分析研究[J]. 物流工程与管理, 2011(7):69-71.
- [11] 夏白娟. 生鲜食品配送模式研究[D]. 大连:大连理工大学, 2005.
- [12] 杨慧莲, 霍学喜. 我国生鲜农产品社区直销模式的优化探析[J]. 商业时代, 2014(19):4-6.
- [13] 康振虎, 康江卫. 我国农产品流通直销模式的可行性研究——以藁城市的绿色蔬菜销售为例[J]. 现代商贸工业, 2010(12):11-12.
- [14] 熊惠, 李婧. 易腐物品第三方物流配送模式研究[J]. 科技和产业, 2008, 8(9):49-51.
- [15] 汪翼, 孙林岩, 贺竹馨. 包含第三方物流商的易腐商品供应链中最优决策与合作研究[J]. 运筹与管理, 2008, 17(1):62-68.
- [16] 韩丽娟. 城市物流共同配送模式研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2013.
- [17] 陈然, 兰洪杰, 殷悦. 发展冷链物流共同配送的探讨[J]. 物流工程与管理, 2009(4):62-64.
- [18] 文晓巍, 达庆利. 共同配送:我国冷链物流配送模式的优化选择[J]. 现代管理科学, 2008(03):13-14.
- [19] 刘志勇, 王侃. 共同配送策略在冷链物流中的应用研究[J]. 物流科技, 2007, 30(10):1-3.
- [20] 赵敏. 蓄冷式冷链物流的宅配模式研究[D]. 烟台:烟台大学, 2011.
- [21] 任立停. 多温共配冷链物流配送优化研究[D]. 烟台:烟台大学, 2011.
- [22] 牛小娟. 基于供应链管理视角的生鲜农产品配送模式研究[J]. 物流技术, 2015, 34(3):217-219.
- [23] 张海山, 杨学强, 黄俊. 发达国家配送中心发展模式及启示[J]. 物流科技, 2004, 27(11):94-96.
- [24] SPOHRER G A, KMAK T R. Qualitative analysis used in evaluating alternative plant location scenarios[J]. Indust. Eng, 1984(8):52-56.
- [25] KLOSE A, DREXL A. Facility location models for distribution system design[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 162(1):4-29.
- [26] AWASTHI A, CHAUHAN S S, GOYAL S K. A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2011, 53(1-2):98-109.

- [27] JI Y, YANG H, ZHANG Y, et al. Location optimization model of regional express distribution center [J]. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2013, 96: 1008–1013.
- [28] SEGURA E, CARMONA-BENITEZ R B, LOZANO A. Dynamic location of distribution centres, a real case study [J]. *Transportation Research Procedia*, 2014, 3: 547–554.
- [29] VEDAT V, ABDULLAH D. The plant location and flexible technology acquisition problem[J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 136(2): 366–382.
- [30] 姜大立, 杜文. 基于遗传算法的物流配送中心选址模型[J]. *物流技术*, 1997(5): 3–6.
- [31] 姜大立. 易腐物品物流配送中心选址的遗传算法[J]. *西南交通大学学报*, 1998, 33(4): 425–429.
- [32] 郑勋, 杨家其. 配送中心选址的理论原则与优化方法[J]. *交通科技*, 2001(6): 54–56.
- [33] 陈曦, 傅明. GIS 环境下的物流配送中心选址模型与算法研究[J]. *计算技术与自动化*, 2001, 20(4): 6–9.
- [34] 张凤平. 冷链物流配送中心选址评价研究[J]. *物流科技*, 2014, 37(3): 17–20.
- [35] 张建, 傅少川. 新鲜度影响需求的生鲜食品配送中心选址研究[J]. *中国管理科学*, 2011, 19(10): 473–476.
- [36] 王红玲, 郑纲. 生鲜农产品物流中心选址的优化研究[J]. *安徽农业科学*, 2011(27): 16995–16998.
- [37] 张凤济, 刘俐. 可拓决策法在江苏省食品冷链物流中心选址中的应用研究[J]. *物流工程与管理*, 2012(2): 50–52.
- [38] 李梦寻, 李志. 新鲜度条件下生鲜食品配送中心选址模型研究[J]. *重庆与世界: 学术版*, 2013, 30(4): 17–21.
- [39] 何天龙. 农产品物流配送中心选址问题研究[J]. *现代商业*, 2013(8): 28–29.
- [40] 关菲, 张强. 模糊多目标物流配送中心选址模型及其求解算法[J]. *中国管理科学*, 2013(S1): 57–62.
- [41] 徐翔斌, 王琦, 涂欢. 基于 eM-Plant 配送中心的流程仿真和优化[J]. *华东交通大学学报*, 2011(1): 29–33.
- [42] DANTZIG G, RAMSER R. The truck dispatching problem[J]. *Management Science*, 1959(6): 80–91.
- [43] 钟石泉. 物流配送车辆路径优化方法研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [44] HSU C, HUNG S, LI H. Vehicle routing problem with time-windows for perishable food delivery[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 80(2): 465–475.
- [45] GOVINDAN K, JAFARIAN A, KHODAVERDI R, et al. Two-echelon multiple-vehicle location-routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 152: 9–28.
- [46] TANG J, MA Y, GUAN J, et al. A max-min ant system for the split delivery weighted vehicle routing problem [J]. *Expert Systems with Applications*, 2013, 40(18): 7468–7477.
- [47] SONG B D, KO Y D. A vehicle routing problem of both refrigerated- and general-type vehicles for perishable food products delivery[J]. *Journal of Food Engineering*, 2016, 169: 61–71.
- [48] 刘宏志, 李慧兰. 多目标配送路线的合理选择[J]. *物流技术*, 1998(6): 22–24.
- [49] 郎茂祥, 胡思继. 用混合遗传算法求解物流配送路径优化问题的研究[J]. *中国管理科学*, 2002, 10(5): 51–56.
- [50] 元霞, 陈森发, 黄鹏, 等. 基于免疫算法的物流配送车辆路径优化问题研究[J]. *土木工程学报*, 2003, 36(7): 43–46.
- [51] 胡卉, 申金升, 纪寿文. 关于蚂蚁算法解决物流配送路径优化问题的探讨[J]. *物流技术*, 2006(7): 120–123.
- [52] 李宏. 城市冷链物流配送车辆路径问题的研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2006.
- [53] 缪小红. 基于 GIS 的生鲜食品冷链物流配送路径优化研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [54] 潘璠, 吴一帆, 董明. 生鲜食品配送车辆路径研究[J]. *贵州农业科学*, 2013, 41(4): 223–227.
- [55] HUANG L, HWANG A, PHILLIPS J. Effect of temperature on microbial growth rate-mathematical analysis: the Arrhenius and Eyring-Polanyi connections[J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76(8): 553–560.
- [56] 胡洁云, 欧杰, 李柏林. 预报微生物学在食品安全风险评估中的作用[J]. *微生物学通报*, 2009(9): 1397–1403.
- [57] SMITH J P, KHANIZADEH S, VAN DE VOORT F R, et al. Use of response surface methodology in shelf life extension studies of a bakery product[J]. *Food Microbiology*, 1988, 5(3): 163–176.
- [58] AHMED S, AKAND N R, ISLAM M T, et al. Effectiveness of scallop powder ice in reducing bacterial load on fresh whole fish and in the melted ice water[J]. *LWT – Food Science and Technology*, 2015, 64(1): 270–274.
- [59] 郭剑飞, 李柏林, 欧杰. 基于食品安全性的预测微生物学研究模式[J]. *食品科技*, 2004(2): 5–8, 11.
- [60] LIKAR K, JEV NIK M. Cold chain maintaining in food trade[J]. *Food Control*, 2006, 17(2): 108–113.
- [61] JOL S, KASSIANENKO A, WSZOL K, et al. The cold chain, one link in Canada's food safety initiatives [J]. *Food Control*, 2007, 18(6): 713–715.

- [62] BAILEY A P,GARFORTH C. An industry viewpoint on the role of farm assurance in delivering food safety to the consumer:The case of the dairy sector of england and wales[J]. Food Policy,2014,45:14-24.
- [63] 张文敏. 食品供应链中的食品安全保障体系研究[D]. 北京:北京交通大学,2007.
- [64] 邓淑芬,吴广谋,赵林度,等. 食品供应链安全问题的信号博弈模型[J]. 物流技术,2005(10):135-137.
- [65] 朱莉,王海燕. 基于超市食品供应链的质量控制体系研究[J]. 物流技术,2005(10):206-208.
- [66] 李正明. 连锁超市保障零售环节食品安全的实证研究[J]. 食品工业科技,2006(5):167-169.
- [67] 叶存杰. 基于.NET 的食品安全预警系统研究[J]. 科学技术与工程,2007(2):258-260.
- [68] 周绪宝,金志雄. 风险分析在绿色食品管理体系中的应用[J]. 世界农业,2004(5):8-11.
- [69] 周应恒,彭晓佳. 风险分析体系在各国食品安全管理中的应用[J]. 世界农业,2005(3):4-6.
- [70] 田青艳. 生鲜冷链物流中产品质量风险防范[J]. 中国商贸,2012(22):178-179.
- [71] 毕金峰,魏益民,潘家荣. 微生物风险评估的原则与应用[J]. 农产品加工,2004(11):19-20.
- [72] 罗祎,姚李四,储晓刚. 食品安全微生物风险评估[J]. 食品工业科技,2005(6):18-24.
- [73] 李勤. 微生物检测技术及其在食品安全中的应用[J]. 食品研究与开发,2012,33(9):217-220.
- [74] 刘於勋. 食品安全综合评价指标体系的层次与灰色分析[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2007,28(5):53-57.
- [75] 郭睿. 食品冷链物流的安全性评价及其改善途径[D]. 无锡:江南大学,2013.
- [76] 陈彧. 基于系统动力学的生鲜食品供应链风险识别研究[J]. 物流技术,2012,31(12):405-407.

Theoretical Research Review of Cold Chain Distribution for Fresh Food

Wu Jingqiong, Han Chunyang, He Rui

(School of Traffic Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, China)

Abstract: In order to optimize the operation organization mode of fresh food distribution and improve the service of cold chain distribution for fresh food, this paper systematically reviewed current research progress made on fresh food distribution. The paper analyzed the history and different models of fresh food cold chain development at home and abroad, then constructed a research framework system of cold chain distribution of fresh food. A systematic summary was conducted in four aspects: fresh food distribution pattern, location selection of cold chain distribution center, optimization of cold chain distribution and management, food safety and risk control in cold chain distribution process. Finally, it explored the deficiencies of present studies and summarized research trends in the future.

Key words: fresh food cold chain; cold chain distribution; food safety

(责任编辑 王建华 李 萍)