



基于物联网的生鲜农产品冷链物流 体系构建:框架、机理与路径

汪旭晖,张其林

(东北财经大学工商管理学院,辽宁大连 116025)

摘要:将物联网技术应用到生鲜农产品冷链物流体系建设中,有助于破解当前冷链物流中断频发的难题,对于确保生鲜农产品质量安全、稳定农产品价格具有重要意义。本文从政府监管部门、冷链相关企业和消费者的功能需求出发,构建了包含多个物联网系统和信息平台在内的生鲜农产品冷链物流体系框架,并从生鲜农产品冷链物流过程视角分析了该体系的运行机理,指出生鲜农产品冷链物联网的完善程度、冷链物联网标准体系以及冷链各节点之间的信息共享程度是该体系运行效率的三个主要决定因素,进而从政府先期投入与优惠措施并举,加快农产品冷链物联网标准体系建设,组建多种形式的冷链物流联盟体系,分阶段、分步骤逐步推进冷链相关企业的物联网化改造,引导消费者需求等方面提出了该体系的建设路径。

关键词:物联网;生鲜农产品;冷链物流

中图分类号:F259.22;F304.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-7465(2016)01-0031-11

一、问题的提出

据统计,我国每年约有4亿吨生鲜农产品进入流通领域,但是绝大多数生鲜农产品运输销售缺乏必要的冷链保障,果蔬类进入冷链系统的比重只有5%,肉类15%,水产品约23%,导致生鲜农产品流通过程中的腐损较为严重,其中果蔬流通腐损率高达20%~30%、肉类达12%、水产品达15%。仅果蔬一项,每年损耗金额就达1000亿元以上。而英国、美国、加拿大、日本、韩国、新加坡等发达国家生鲜农产品的冷链流通率达到95%以上,腐损率一般可以控制在5%以下。此外,目前我国某些生鲜农产品零售价居高不下的现状与冷链物流发展的滞后也有密切关系,因为大量易腐农产品售价中的70%是用来补贴流通过程中的损失。所以生鲜农产品冷链物流体系建设是解决当前农产品质量安全问题和部分农产品价格持续走高的关键。中央一号文件连续多年提出要完善农产品市场流通体系,逐步推进生鲜农产品冷链物流体系建设。

自2010年国家发改委出台《农产品冷链物流发展规划》以来,农产品冷链物流开始进入一

收稿日期:2015-10-03

基金项目:教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“农产品流通体系建设的机制创新与政策体系研究”(12JZD025);辽宁省教育厅科学研究一般项目“基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系构建及其实现路径”(W2013199)

作者简介:汪旭晖,男,东北财经大学工商管理学院教授,博士生导师,管理学博士,主要研究方向为物流管理、市场营销与流通经济。E-mail:xhwang666@126.com
张其林,男,东北财经大学工商管理学院博士生,研究方向为物流管理、市场营销与流通经济。

一个新的发展阶段,冷库和冷车数量增长较快,年均增长率达到30%,制冷技术水平也有了显著提高。但尽管如此,与国外先进冷链物流体系相比,还有很大差距。整体而言,冷链物流企业信息化程度低,即使冷链上的某个节点实现了信息化,也难以保证该技术已应用到整条冷链上,冷链中断的现象频频发生。冷链物流体系建设关键不是强调“冷”,而是强调“链”,生鲜农产品只有在流通加工、贮藏、运输、分销、零售等环节始终处于适宜的低温控制环境,才能够最大程度地保证产品品质和质量安全,减少损耗。

将物联网技术应用到生鲜农产品冷链物流体系建设中,有助于破解当前冷链物流发展的难题。所谓“物联网”,在技术上也叫传感网,是指通过射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器、二维码识别终端等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[1]。通过物联网技术的集成运用,可以实现对生鲜农产品的位置跟踪、来源追溯,以及运输、仓储、流通加工等环节的电子化作业,特别是可以对整个流通过程进行温湿度监控,能够有效加强冷链物流各个环节的沟通,减少信息不对称现象,提高冷链效率,防止冷链中断。虽然我国物联网起步较晚,但是发展速度较快,特别是我国已经将物联网上升为国家战略,并将其作为未来产业竞争的关键支撑。伴随着物联网技术在生产流通、绿色节能、智慧城市、智能电网等不同领域的推广应用,一些关键性技术也越来越成熟,这使得物联网技术初步具备了全面应用于生鲜农产品冷链物流体系建设的条件。本文将构建基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架,分析其运行机理,进而提出有效构建该体系的路径,这对降低生鲜农产品流通损耗率,确保生鲜农产品质量安全、稳定农产品价格具有重要理论与现实意义。

二、文献回顾

欧美发达国家率先将物联网应用于生鲜农产品冷链物流体系的构建,美国、加拿大、德国、意大利、澳大利亚、日本、韩国等已经形成了完整的农产品冷链物流体系,典型事例如加拿大与韩国的猪肉追踪系统以及英国的耳标追踪系统等,利用物联网技术实现对于生鲜肉制品流通全过程的跟踪管理,从而实施有效的监管^[2]。目前,物联网技术在生鲜农产品冷链物流中的应用研究主要集中在农产品物流追溯系统,如Liddell & Bailey对牲畜可追溯系统的追溯性、透明性和质量保证做了区分,对六个主要的猪肉出口和进口国的牲畜追溯系统进行了比较^[3]。Hobbs等认为可追溯系统有三个功能,一是对存在安全隐患食品的召回,降低了公共成本^[4];二是可明确农产品安全事故的责任主体;三是可降低消费者购买农产品的信息成本。

此外还有很多研究对冷链物流中易腐品保管问题、冷链绩效的优化问题等进行了探讨^[5-7],这些研究中所涉及的冷链配送路径优化、冷链温度控制、冷链中断等难点问题,完全可以通过物联网技术加以优化。近年来,发展中国家农产品冷链物流问题也日益受到国际学者的关注,Joshi等的研究显示,冷链是易腐品供应链的关键组成部分,目前发展中国家急需一个强有力、可信赖的冷链体系,该研究采用博弈论方法论证了冷链在发展中国家的广泛应用前景,并以印度为例做了说明^[8]。

相对于国外研究,国内关于冷链物流与物联网的研究才刚刚起步。苏国贤,李富忠对我国如蔬菜冷链物流的发展现状、存在问题及发展趋势进行了探讨^[9];胡天石强调当前冷链物流发展要完善标准、加强监管,抓紧传统冷库升级和技术改造,提升冷库物流作用^[10];缪小红等利用改进遗传算法探讨了冷链物流配送路径优化^[11];兰洪杰和李龙飞将食品冷链协同过程分为战略层协同、战术层协同和操作层协同三个阶段,并从物流组织、物流资源、物流信息三个方面对最重要的战略层协同进行了系统分析^[12]。由此可知,目前国内关于该领域的研究虽然已经取

得了一定进展,但是将物联网技术应用到冷链物流体系建设中的研究并不多见,秦立公等说明了物联网各项技术在冷链物流设备管控各环节的应用价值,且以物联网技术中的 RFID 技术为例做了分析,构建了基于物联网的冷链物流设备 BSC 管控绩效评价指标体系^[13];佟金等进一步提出并开发了一种基于 RFID、UPS 和 UPRS 技术的冷链物流状态和质量监控信息系统,用以实时监控生鲜农产品在运输过程中的状态和质量,通过网络发布相关信息,包括温度、货物状态图片和 UPS 定位信息、农产品状态和质量信息等^[14]。但这仅仅是物联网技术在冷链物流某个环节的具体应用,并未触及生鲜农产品冷链物流体系的建设。

国内外关于物联网技术应用于冷链物流的研究虽然积累了较多成果,但往往只是触及了冷链物流体系建设的某个方面,而且这些研究大多是以数理分析求解的方法从理论上探讨物联网部分技术应用于冷链物流的效果,仅仅从局部说明了物联网技术应用的理论可行性。事实上,生鲜农产品冷链物流体系建设是一项复杂的系统工程,并非单一的生鲜农产品追溯系统、运输调度系统或实时监控系统就可以解决的,更应该强调的是多个系统或平台的互动和融合。目前国内将物联网技术全方位应用于冷链物流体系建设的研究还非常罕见,国内对物联网技术应用于冷链物流的理论与实践发展都较为滞后。基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架究竟应包括哪些内容或子系统?该体系的运行机理是怎么样的?现有的研究并没有给出解释。从理论上讲,物联网技术的应用可以提高生鲜农产品冷链物流效率,但是由于我国物联网刚处于兴起阶段,而新技术应用本身必然会导致成本的上升,这使得冷链物流服务商必须在物联网技术应用成本与生鲜农产品损耗降低带来的收益之间进行权衡,当损耗降低收益大于新技术应用成本时,物联网技术才可以得到更为广泛的应用。因此,基于物联网的冷链物流体系建设在我国面临严峻的挑战,那么应采取什么样的建设路径?这些都是本文拟探讨和解决的问题。

三、基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架

基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系建设要综合运用射频识别技术、视频监控技术、传感器技术、移动 GIS 技术等物联网技术,确保生鲜农产品从产地到消费者餐桌全流通过程始终处于维持其品质所必需的可控温湿度环境下,实现农产品各冷链物流环节的无缝衔接,保持冷链的完整性和可控性,同时最大限度地提高物流配送效率,降低物流成本。该体系是一个包含若干信息系统和平台的复杂工程,政府监管部门、冷链相关企业和消费者是主要的应用主体,其中冷链相关企业包括了农产品冷链流通全过程涉及的企业,如农产品批发市场、农产品物流中心、农产品流通加工企业、第三方物流企业等。构建基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架,可从三方应用主体的功能需求倒推。(1)从政府监管部门的功能需求看,为了营造安全的生鲜农产品环境,基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系必须能够在冷链终端对于生鲜农产品进行全程可视化追溯,保证监管部门在农产品流通过程中,可以随时查询并观看,及时纠正流通过程中存在的问题,变“事后控制”为“事中控制”,甚至“事前控制”,最大限度地减少不必要的损失。(2)从冷链相关企业的功能需求看,为了实现上下游信息的共享,基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系必须能够在产品流通的各个环节进行数据的采集、传输和管理,同时在生鲜农产品流通全程对温湿度进行有效监控,发生参数超标时,相关系统能够发出预警并进行智能调节;而且必须能够在相关智能系统的辅助下,以成本最小化为原则,设计冷链物流仓储或配送方案(包括冷链仓储管理或冷链运输路径优化方案等),提高冷链物流效率,并可对远程运输的冷藏车行使轨迹进行有效监控;此外,还必须能够对不同冷链企业间生鲜农产品交接信息进行采集,并实现对相关农产品的可视化追溯,一旦发生质量安全问题,可以快速明确责任。(3)从

消费者的功能需求看,由于传统的流通过程使得消费者无法知晓最终购买的生鲜农产品是否存在安全隐患,如农药超标、使用有毒物质保鲜等,所以消费者从内心希望能够对所购买的冷链农产品进行流通全程的质量追溯,实现从田间到零售终端的全过程信息查询,而且如果消费者可以查询到生鲜农产品生产、加工、运输、销售的“全生命周期”数据,既满足了消费者对所购买农产品信息知情权的需求,又可以促使消费者大胆放心地购买相关农产品。鉴于政府监管部门、冷链相关企业和消费者的功能需求,基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架如图 1 所示。

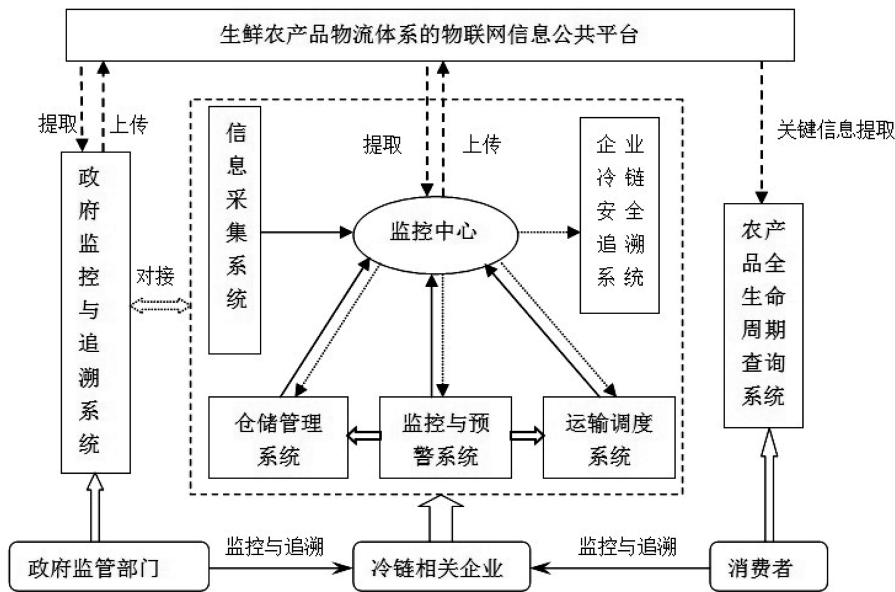


图 1 基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架

冷链相关企业一般应建立基于物联网技术的监控中心,并建立信息采集系统、仓储管理系统、运输调度系统、监控与预警系统、企业冷链安全追溯系统以实现与监控中心的协调配合。信息采集系统用于采集生鲜农产品在流通过程各节点上的信息(包括生鲜农产品进入流通过程的初始信息),通过 EPC 编码技术对冷链上的农产品做出唯一的标准编码,根据编码为每组农产品建立一个档案,通过无线传感器网络(WSN)、射频技术(RFID)、全球定位系统(GPS)、通用分组无线服务技术(GPRS)等物联网技术进行数据信息采集,并传输到监控中心供其他物联网系统共享使用。仓储管理系统用于生鲜农产品入库到出库过程中的智能化管理,接受来自监控中心的数据信息,配合仓库管理人员的智能终端,利用 WSN 和 RFID 技术,提高农产品入库、在库盘点、出库的作业效率,减少生鲜农产品仓储过程中的损耗,还可以进行库存智能化分析,确定最优库存和补货订货点。运输调度系统通过 RFID、GPS 定位及地理信息系统(GIS)实现运输车辆跟踪、指挥调度和最优配送路线的设计,有助于进行“多温共配”等冷链联合配送方案的优化设计,节省配送时间,降低生鲜农产品在运输环节的损耗。监控与预警系统综合运用 RFID、温度传感器、二氧化碳传感器、声光报警器等对生鲜农产品在仓储、运输等物流环节的温湿度进行实时监控,尤其是在远距离运输过程中,即便冷藏车具有恒温控制设备,当外界温度急剧变化时,冷藏车内的实际温度也会发生变化,严重影响温度敏感性高的生鲜农产品品质,而监控与预警系统的作用恰恰在于当温湿度数据超出预设数值上限或下限时自动报警,以便冷链相关企业进行实时调控。仓储管理系统、运输调度系统、监控与预警系统的数据信息也都会通过 GPRS 无线通信技术随时传送给远程监控中心。企业冷链安全追溯系统将接受来自监控中心的信息,有针对性地对生鲜农产品冷链流通全过程进行追溯,发现问题并及时解决。

政府监管部门建立的政府监控与追溯系统主要是对生鲜农产品冷链全过程进行监控与追

溯,将生鲜农产品冷链物流链条上各个节点的数据进行汇总,建立统一的安全追溯基础数据库。政府监控与追溯系统直接对接冷链相关企业的监控中心,实时获取信息采集系统、仓储管理系统、运输调度系统、监控与预警系统、企业冷链安全追溯系统的信息,将各物流节点的数据按照统一编码加以汇总形成物流节点备案。同时,政府监控与追溯系统具备公共平台性质,建立过程中还涉及到配套冷链物联网标准体系的建设,即政府应该制定统一的冷链物流作业标准、物联网信息采集与传输标准、各个物流节点之间的交互标准等,形成物联网建设标准体系,指导不同的冷链相关企业按照统一标准进行物联网化改造,将不同冷链物流链的监控中心和政府监控与追溯系统进行有效的兼容和衔接,确保政府监控与追溯系统能够在区域范围内进行多品类、跨企业、跨冷链的全方位监控与追溯。

农产品全生命周期查询系统是供消费者使用的,也是基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架的一个重要组成部分。由政府相关部门主持开发农产品全生命周期查询系统,并建立统一的公共信息存储后台,设计官方查询网站以及客户端,成立专门的部门加以管理。消费者可通过官网或安装在电脑及智能手机等 IT 设备上的客户端查询农产品的全生命周期数据。消费者只需要输入或扫描购买的农产品 EPC 码,点击产品追溯,即可获得该产品从产地到最终零售终端所经历的流通过程以及所有流通节点的相关信息。

此外,在基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系框架中,还有一个物联网信息公共平台。政府监控与追溯系统的核心信息以及所有冷链相关企业监控中心的主要信息都将上传至该信息平台,该平台按照统一的信息采集标准和数据传输协议加以汇总,实现追溯数据查询统计、根据批次码正向跟踪生鲜农产品以及通过追溯码反向溯源等。而该平台上集聚的大量数据信息经过整合也将反向提供给政府监控与追溯系统、企业的监控中心,消费者使用的农产品全生命周期查询系统的信息也都来自该信息平台。而且该平台还是一个采用线下实体市场和线上虚拟市场相结合的服务平台,可以为生鲜农产品提供货源、车源、库源的交易撮合,以及在线支付、供应链金融服务、农产品冷链物流行情指数发布、冷链知识普及和冷链政策信息发布等相关服务。

四、基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系运行机理

一条完整的生鲜农产品供应链应该包括生产者、产地批发市场或物流中心、加工商、物流商、销地批发市场或物流中心、零售商、消费者等多个主体。在冷链物流实践中,可分为以加工企业为核心的冷链物流模式、以第三方物流企业为核心的冷链物流模式、以批发市场或物流中心为核心的冷链物流模式、以零售企业为核心的冷链物流模式、以农民专业合作社为核心的冷链物流模式等等^[15]。为了保证该研究能够规避不同冷链物流模式可能造成的外部效应不足,也为了进一步简化模型,本文参照 Salin & Nayga^[16]、杨钧^[17]等相关研究,将生鲜农产品冷链物流全过程分为冷链加工、冷链仓储、冷链运输、冷链销售四个环节(如图 2 所示),并基于冷链物流过程视角分析该体系的运行机理。

完整的冷链物流应从生鲜农产品生产源头开始,在生产环节就采用 RFID 技术详细记录生鲜农产品生产过程,将数据储存在本地数据库中。在随后的所有物流环节,生鲜农产品的信息状况都是可以监控和追溯的。在本文研究中,我们仅以冷链加工、冷链仓储、冷链运输、冷链销售四个环节为基础,通过简化的模式探讨物联网架构下生鲜农产品冷链物流体系的运行机理。

在冷链加工环节,生鲜农产品进入流通加工前的信息首先会被自动采集,随后 RFID 读写器、摄像头、温度传感器等会详细记录加工全过程,采集每道加工工序的信息,包括加工过程中的温度、湿度以及相应操作人员的信息等。在加工阶段,需要将原有射频标签上的信息和加工

后所形成的信息进行融合,形成新的农产品信息附在电子标签中。为了降低成本,按照附加值、易腐程度对于生鲜农产品采用分类 RFID 电子标签;对于低值耐腐品,单品使用条形码、整体包装应用 RFID 电子标签;对于高值易腐品,每一件产品均采用 RFID 电子标签以便对环境进行严格控制。该环节采集的信息主要包括农产品名称、农产品数量、农产品重量、原料构成、原料产地、加工企业、加工方式、生产日期、等级评定等。此阶段的信息传输是先将采集到的信息保存到企业本地的信息采集系统,再将有关安全追溯的信息通过监控中心上传至政府监控与追溯系统。在加工出库装车完成后,将车上所载产品的单品或者整体包装的电子标签整合至叉车的车载 RFID 电子标签,完成信息的整合并形成新的接入口以便于信息的传输以及与下一环节的对接。在生鲜农产品冷链加工环节,先进的物联网设备和技术可以使农产品深加工实现标准化、流程化、自动化,典型的如产品等级评定,以往需要专业且富有经验的员工对于生鲜农产品的外观、色泽、大小、形状、气味等进行综合评估后做出认定,主观性较强、准确性较差,而基于物联网设备所具有的成像技术以及嗅觉系统可以对于上述生鲜农产品特点进行自动化检测,并给予可靠的评级。

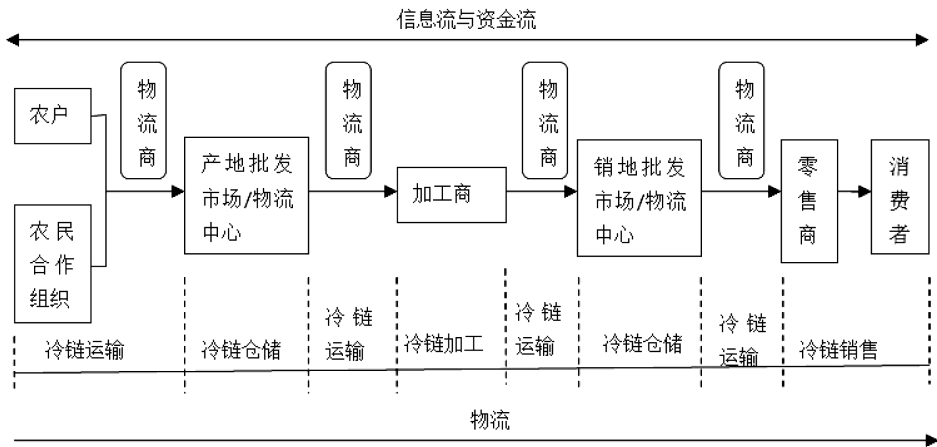


图 2 生鲜农产品冷链物流全过程

冷链运输在冷链物流全程的多个阶段都会发生。以公路运输为例,冷链运输车都会配备集定位系统(GPS)、信息采集系统(RFID 读写器以及传感器)和信息传送系统(无线通讯)于一体的设备,并纳入物联网体系之中。一旦电子运单传送至运输调度系统,系统会立即对于订单需求、在编车辆、GIS 和 E-Map 信息进行智能匹配,设计出合理有序的最佳运输方案,同时系统还能够将配送路线、预计到达时间与车辆调度信息自动传送至仓储管理系统以便及时调整并安排合适的仓位,实现两个系统与两个流通环节的无缝衔接。而且在运输过程中,冷链运输车的车载电子标签、司机 ID 卡以及 GPS 定位技术和监控中心的第三方可视化监控平台密切结合,可以对车辆编号、货物清单、车辆司机、联系方式、收货地址、行驶路线、在线地标等进行实时监控。更为重要的是,利用传感器实时获取冷藏运输车厢的温湿度信息,通过 RFID 标签存储并传送至可视化监控平台,可以实时监控冷藏运输车的工作状态。一旦温湿度超出系统根据车载产品类别及品质等级设定的合理区间,系统便会自动预警,同时向冷藏运输车发出调控指令。

冷链仓储是农产品冷链物流的一个核心环节,无论是农产品批发市场,还是农产品物流中心,甚至大型生鲜农产品加工中心都需要进行冷链仓储。仓储管理系统需要根据产品入库和出库实时调整仓位信息,同时对于在库货物的温湿度进行实时的监控以确保适宜的仓储环境,还要对于仓库订货与仓位信息进行合理的匹配,因而冷链仓储往往涉及大量的信息采集与处理,而且操作繁琐、信息量大、内容复杂,如何有效地改善仓储管理系统成为冷链仓储面临的关键问题。基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系为解决这一问题提供了可能。首先利用 RFID 技术

和传感器对入库农产品的电子标签进行身份验证,自动采集农产品上一个流通环节的配送商名称、运输方式、运输工具、卫生环境、所运输农产品收货时间、地点、数量等信息,然后利用数据传送器将信息汇总至仓储管理系统,从而基于智能运算以成本最小化为原则合理分配农产品的仓储空间,并通过与运输调度系统的信息对接实现对农产品的跟踪定位以及叉车的操作控制,整个过程完全是一种信息化、自动化的运作方式;仓库内安装多个温湿度采集装置,可以同时多点采集温湿度状况,而且在仓库内设有报警装置,当其温湿度数据超出预设数值上限或下限时,将自动报警;在冷库地面设置感应秤,可以感知到冷库内生鲜农产品数量的变化,以实现对在库生鲜农产品数量的动态感知,为合理控制库存创造条件^[18];在清点货物或者查询货物时,工作人员可以运用语音识别技术或用手持读卡机直接读取农产品相关信息;农产品出库信息可以自动传送至仓储管理系统,系统收到指令后会自动查询相应产品仓位,同时将信息传送至运输调度系统,由运输调度系统安排产品的配送路线与叉车调度,该过程每一个环节的信息都会被及时地发送至监控中心,由监控中心及时纠正流通过程中不符合标准的操作行为,尽可能减少损失并保证产品的质量与安全。

在冷链销售阶段,零售商将利用 RFID 技术同上一流通环节冷链运输车辆的车载电子标签进行对接,利用企业内部追溯系统验证运送过来的生鲜农产品信息,对于验证合格的,零售商接受农产品并进行销售,如果信息不吻合,则拒绝这些农产品进入消费点。在此阶段,利用零售卖场的 RFID 读写器、摄像机、传感器以及 GPS 定位系统,还可以实现卖场内农产品在货架上的科学合理陈列,同时对售卖和零售库存的农产品实时监控以便及时补货等等。

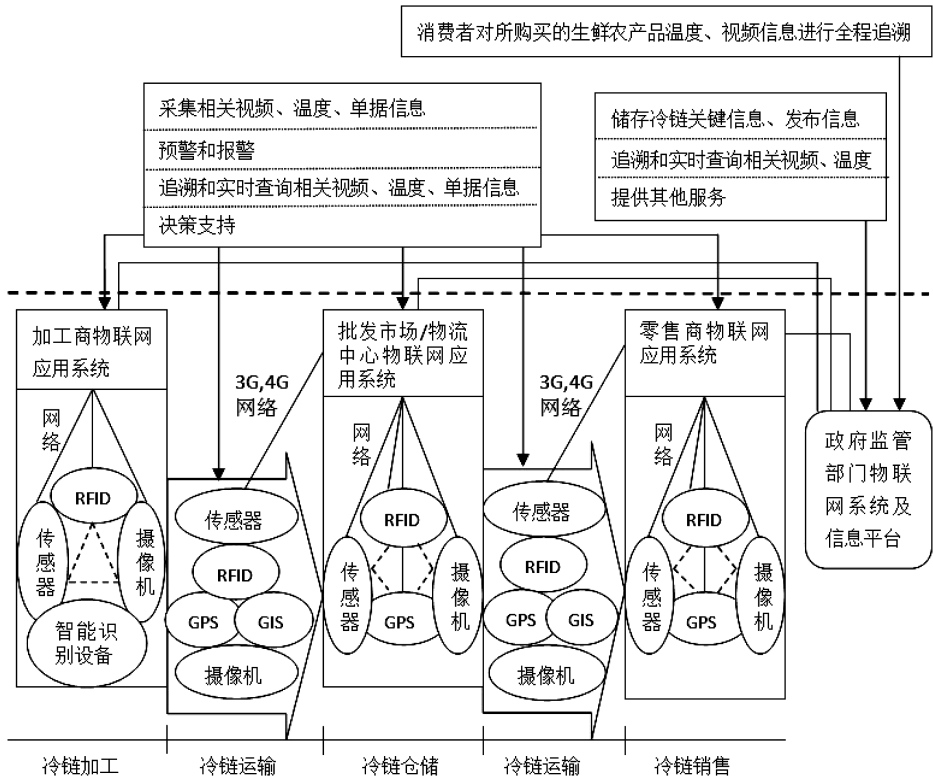


图 3 基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系运行机理

由于农产品附带可以发送传递信息的 RFID 电子标签,可以在不同时段根据环境的需要,自动发送无线电波,而且无线电波借助无线通讯设备的远距离传输功能能够实现数据的分发,经由各个接收系统的解码分析整合成客户端可以识别的信息。所以无论加工商、批发市场或物流中心,还是零售商都可以采集到生鲜农产品冷链物流过程的信息,而物流服务商运输全过程的

信息会通过安装在冷藏车上的传感器传输到下一个物流节点。因此,在每一个节点上,均可以查询到该节点之前的全部农产品流通信息。当加工商、批发市场或物流中心、零售商将关键的可追溯信息上传至政府监管部门物联网系统及信息平台(即上文提到的政府监控与追溯系统和物联网信息公共平台)时,该系统可以按照统一的信息采集标准和数据传输协议,汇总各物流节点的追溯信息,作为地区性生鲜农产品冷链物流追溯体系的指挥调度中心,其主要功能有物流节点备案、追溯数据查询统计、根据批次码正向跟踪生鲜农产品以及对外提供通过追溯码反向溯源的查询服务等。此外,信息平台具备公共服务平台属性,可以有效连接冷链物流供需双方,比如冷链物流企业可以将运送路线、运送的农产品种类等承运信息放在信息平台上,冷链物流需求方据此选择合适的冷链物流供应商;冷链物流需求方也可将需要运送的农产品种类、运送目的地等商讯放在平台上,冷链物流企业据此选择合适的客户。冷链供需双方可在信息平台上进行相应交易支付操作。政府相关部门也会定期在信息平台上发布最新的冷链政策信息、农产品冷链物流行情指数信息等,供相关企业作为决策依据。消费者也可通过该平台提供给农产品全生命周期查询系统的数据对所购生鲜农产品信息进行全程追溯。

通过运行机理的分析可以看出,基于物联网的冷链物流体系成功的关键在于打造一条闭环的高效冷链物流链与物联网信息链。基于此,我们可以总结出该体系运作效率的重要决定因素:一是生鲜农产品冷链物联网的完善程度,包括冷链物流各个主体应用物联网的完善程度,直接决定了冷链物联网是否具备封闭的可能性;二是冷链物联网标准体系,直接决定了冷链物联网能否实现高效率的运作;三是冷链物流各节点之间的信息共享程度,直接决定了冷链物联网的发展程度^[19]。不仅如此,三个因素之间还存在内在联系,冷链物流主体的物联网应用程度低,冷链物联网的发展不完善,不仅影响冷链物联网标准体系的建设,也不利于各冷链物流节点信息的有效共享;冷链物联网标准体系的缺失,也使冷链节点信息共享成为一个难题,加剧冷链中断现象的频发。这些都导致当前基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系运作效率低下,但这为我们探索物联网架构下生鲜农产品冷链物流体系的建设路径提供了参考^[20]。

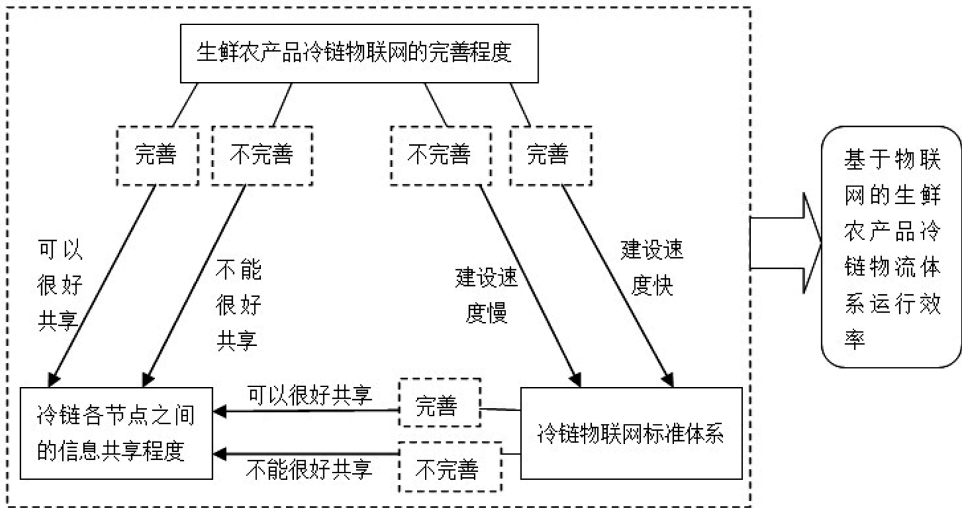


图 4 基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系运行效率的决定因素

课题组对采取该模式的 X 地区 Y 企业的建设实施情况进行了调研分析(Y 企业的业务范围涵盖生鲜农产品的物流、仓储和销售),深入探讨基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系运行不畅的原因。调研发现,该体系初始沉没成本投入较多,边际可变成成本投入较少,具有较强的规模经济性。据测算,受惠于政府对监控与追溯系统的投资,Y 企业全负荷运转时,生鲜农产品新增成本仅为 0.3 元/千克,属于消费者可承受范围。但是,受市场需求及产能不足限制,目前新增

成本达到 2~5 元/千克甚至更多,远远超出了大众消费者承受范围,不仅如此,消费者对此类生鲜农产品的认可度不高,也并不情愿为此支付高昂的价格。所以 Y 企业收益情况不容乐观,冷链物流利润率不足 15%,与传统物流企业持平,甚至更低,部分产品销售甚至“赔钱赚吆喝”。并且,Y 企业的冷链物联网系统建设仍处于创建阶段,没有形成很好的利益分配机制,高品质产品与反季节销售形成的高利润被 Y 企业独自分享,生产与加工过程的高风险被合作伙伴独自承担,这在很大程度上降低了其他参与者积极性,不利于整个系统的建设与维护。

可见,国内生鲜农产品物流主体采纳物联网的经济环境要素还不成熟:冷链物流和物联网的发展还都处于起步阶段,冷链相关企业短期内难以实现物联网化改造,冷链物联网体系也难以实现规模经济性;物联网信息公共平台缺失,冷链物流各节点之间的信息共享程度低;消费者不认可经由冷链物联网配送的生鲜农产品,即市场“有效需求不足”等等。因此,基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系建设困难重重,应呼吁全社会共同关注生鲜农产品冷链物流,积极倡导物联网技术在生鲜农产品冷链物流中的应用,通过科学合理的建设路径促进基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系建设。

五、物联网架构下生鲜农产品冷链物流体系的建设路径

(一) 政府先期投入与优惠措施并举,支持基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系建设

生鲜农产品冷链物联网建设不仅仅是简单的商业行为,还存在一定的社会性,所以应由政府先期引导投入,当冷链物联网发展到一定市场规模时,逐步实现政府与市场的双轮驱动。首先,政府应当成立专门的基金用于农产品冷链物流体系建设,尤其要建立起完善的生鲜农产品冷链物流监控与追溯系统以及冷链物流信息公共平台,成立专门的部门加强管理,允许不同的冷链相关企业免费接入,在一定程度上减轻冷链相关企业的负担,促进物联网架构下生鲜农产品冷链物流体系的发展;其次,政府应采取多种优惠政策激励和促进冷链相关企业推进物联网化改造并积极实现政府监控与追溯系统的对接,对于引入物联网的冷链相关企业适当减免增值税或所得税,给予相应的补贴,并提供低息或无息贷款、许诺更长的还贷期间、允许外资介入等融资优惠政策等等;最后,政府还应该建立完善的责任认定机制,一旦发生安全事故,尽快锁定相关责任方,保障消费者的切身利益与其他利益相关者的品牌权益,从而形成对冷链相关企业与消费者的激励。

(二) 加快农产品冷链物联网标准体系建设

目前我国无论是冷链标准体系还是物联网标准体系都还不够健全,尤其是将冷链与物联网结合并应用于农产品物流中的标准体系更加缺失,这制约着物联网架构下生鲜农产品冷链物流体系的发展。因此,确定科学化、合理化、规范化的生鲜农产品冷链物联网标准体系势在必行。政府部门应该联合冷链物流专业委员会和物联网技术与应用专业委员会,通过科技攻关项目、重点建设项目、专项基金等支持手段,积极推动冷链物联网标准体系建设的政产学研合作。在冷链物流专业委员会和物联网技术与应用专业委员会的组织与筹备下,企业、高校以及科研机构联合拟定各种冷链物联网标准,制定以 HACCP(危害分析关键控制点)、GMP(良好生产规范)、GAP(良好农业规范)等为基本原理的农产品冷链物流全程质量与安全控制技术规程;尽快制定各类生鲜农产品在原材料采集、分类加工、标准包装、冷冻存储、冷藏运输、批发配送、分销零售等环节的标准操作流程,完善各环节的温湿度控制与效率能耗标准体系;并且要围绕生鲜农产品全程监控和质量溯源制度的发展,制定数据采集、数据交换、信息管理等信息类标准^[17],要尽早制定出冷链相关企业互联互通的标准,如统一编码规则、基础应用平台的中间件接口标准等^[21]。

(三) 组建多种形式的冷链物流联盟体系, 共建基于物联网的冷链系统

由于生鲜农产品“农田到餐桌”的冷链物流全过程较长以及我国农产品冷链物流发展刚刚起步, 农产品物流主体的组织化程度低, 且物联网技术的应用需要冷链企业的高额投入, 生鲜农产品冷链物联网的建设难以依靠一家或几家企业。因此, 加强生鲜农产品冷链物流领域的战略合作, 科学构建生鲜农产品冷链物联网供应链体系成为必然。农户或农民合作组织可以联合中小型物流企业共同组建冷链物流合作联盟, 实现生鲜农产品在周边区域范围内的配送及其在产地批发市场/物流中心的集聚; 产地批发市场/物流中心可以与大型第三方物流企业合作, 联合销地批发市场/物流中心等下游企业结成战略合作伙伴关系, 建立生鲜农产品长途冷链物流联盟, 实现生鲜农产品在全国范围内的跨区域冷链运输; 销地批发市场/物流中心全面整合区域内的中小型物流企业、大型连锁超市、社区店等, 共同解决生鲜农产品冷链物流配送的“最后一公里”问题。冷链物流联盟内的企业完全按照国家统一的生鲜农产品冷链物联网建设标准进行企业再造, 龙头企业牵头共建统一的监控中心以及配套的信息采集系统、仓储管理系统、运输调度系统、监控与预警系统、企业冷链安全追溯系统, 政府主导建设政府监控与追溯系统以及物联网信息公共平台, 联盟内企业自行配备设备接入冷链物联网体系, 实现成本分摊、收益共享, 而且在一定程度上解决冷链中断问题。

(四) 分阶段、分步骤逐步推进冷链相关企业的物联网技术改造

冷链物流各个主体应用物联网也不可能一蹴而就。不同生鲜农产品的耐腐蚀性不同, 对冷链物流的需求强度也不同, 不同地区消费者可接受的价格水平也不同, 所以面对冷链建设大规模的固定资产投资, 尤其是物联网技术应用的高额成本, 冷链相关企业不可能实行大推动的模式一次性全面推进物联网化改造, 而应采取分阶段、分步骤逐步推进的方式。首先, 科学地筛选出具备冷链物联网应用可行性的生鲜农产品类型, 并依据易腐性、价值、消费者可接受的价格水平等因素确定不同生鲜农产品冷链物联网应用的优先级顺序, 如冷链相关企业可尝试在部分重点地区或大城市, 在高品质的肉类、水产品以及进口高档易腐性水果等高端生鲜农产品中开展冷链物联网的先行试点; 其次, 冷链相关企业应该本着“纵向建设为主, 环节建设为辅”的基本原则^[22], 强调从生产环节开始, 经过集中、批发、分散到零售等整个物流环节都配以完善的冷链运输、仓储和交易设施, 并运用物联网技术实现数据的共享和传输, 从而确保冷链过程的完整性; 最后, 冷链相关企业可以联合高校和科研院所的力量, 开展体系建设成本与效率的研究, 对不同类型生鲜农产品冷链物联网采用前后, 农产品损耗率、物流费用、相关企业收益变化情况进行调研分析, 以确保物联网采纳确实有效。当发现改造目标没有达到时, 要及时总结原因, 纠正偏差。当冷链物联网运行绩效良好时, 可以考虑拓展企业经营生鲜农产品类别或扩大区域范围。

(五) 引导消费者需求, 实现“需求拉动”与“供给推动”并举

冷链物联网建设既需要大量的初始投资, 也面临着高昂的运营成本, 倒逼经其配送的生鲜农产品不得不采取高价格。如果消费者对于产品不认可, 也不愿为其额外成本买单, 很难建立起基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系, 即使通过强力的“供给推动”能够一时建立, 长期内也会因为无人问津而难以维持。因此, 引导消费者需求, 确保经由冷链物联网配送的生鲜农产品能够得到应有的市场回报, 实现“需求拉动”与“供给推动”并举成为必然。首先, 整合电视频道、报刊专栏、官方微博、微信公号、广播专栏等多种媒介, 宣传冷链物联网相关知识以及食品安全常识, 定期发布生鲜农产品质量安全事件、质量安全问题对消费者身体造成的危害与防治知识等, 引导消费者主动了解生鲜农产品的质量特征以及冷链物联网的优势, 理性看待冷链物联网配送产生的高价格, 提高消费者的认可度; 其次, 引导消费者使用农产品全生命周期查询系统, 以免费使用、操作简单、实用便利等特征争取消费者的注意力, 使得基于物联网的生鲜农产

品冷链物流体系在消费终端实现真正的落地,提高消费者凭借现代信息技术提高规避农产品质量风险的能力^[23];最后,作为消费者自身,也应该为自己及家人的健康考虑,培养食品安全意识,主动选用经由冷链物联网配送的生鲜农产品,并自觉充当宣传员,让基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系造福更多的民众。

参考文献:

- [1] 卢涛,周寄中. 我国物联网产业的创新系统多要素联动研究[J]. 中国软科学,2011(3):33-45.
- [2] Montanari R. Cold Chain Tracking: A Managerial Perspective[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2008(8):425-431.
- [3] Liddell S, Bailey D V. Market Opportunities and Threats to the U. S. Pork Industry Posed by Traceability Systems [J]. *International Food Agribusiness Management Review*, 2001(3):287-302.
- [4] Hobbs J E, Bailey D, Dickinson D L, Haghiri M. Traceability in the Canadian Red Meat Sector: Do Consumers Care? [J]. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2005(1):47-65.
- [5] Aiello G, Scalia G L, Micale R. Simulation Analysis of Cold Chain Performance Based on Time-temperature Data [J]. *Production Planning & Control*, 2012(6):468-476.
- [6] Verbic M. Discussing the Parameters of Preservation of Perishable Goods in A Cold Logistic Chain Model[J]. *Applied Economics*, 2006(2):137-147.
- [7] Laguerrea O, Hoanga H M, Flickb D. Experimental Investigation and Modelling in the Food Cold Chain: Thermal and Quality Evolution[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2013(2): 87-97.
- [8] Joshi R, Banwet D K, Shankar R. Indian Cold Chain: Modeling the Inhibitors. *British Food Journal*, 2009(11): 1260-1283.
- [9] 苏国贤,李富忠. 中国蔬菜冷链物流的现状、问题与建议[J]. 中国流通经济,2012(1):39-42.
- [10] 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.
- [11] 缪小红,周新年,林森,等. 第 3 方冷链物流配送路径优化研究[J]. 运筹与管理,2011(4):32-38.
- [12] 兰洪杰,李龙飞. 食品冷链物流系统战略层协同研究[J]. 中央财经大学学报,2010(7):81-86.
- [13] 秦立公,吴娇,董津津,等. 基于物联网的冷链物流设备管控研究[J]. 安徽农业科学,2012(18):9942-9945.
- [14] 佟金,王亚辉,樊雪梅,等. 生鲜农产品冷链物流状态监控信息系统[J]. 吉林大学学报:工学版,2013(6): 1707-1711.
- [15] 洪涛. 我国农产品冷链物流模式创新与发展[J]. 中国农村科技,2013(8):42-45.
- [16] Salin V, Nayga R M. A Cold Chain Network for Food Exports to Developing Countries[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2003(10): 918-933.
- [17] 朱超才. 中国农产品冷链物流体系研究[J]. 安徽农业科学,2011(4): 2317-2318.
- [18] 李洁. 物联网技术在农产品冷链物流中的应用[J]. 中国集体经济,2011(31):110-111.
- [19] 鞠红. 基于协同学的生鲜农产品冷链物流系统研究[J]. 物流技术,2013(6):25-27.
- [20] 刘成华,贺盛瑜. 基于 RFID 技术的农产品物流体系研究[J]. 农村经济,2012(10):91-94.
- [21] 熊卫东. 基于物联网的冷链食品安全监控系统的设计与实施[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版, 2011(3):96-99.
- [22] 孙春,李圣军. 我国农产品冷链体系建设[J]. 重庆工学院学报:社会科学版,2009(5):69-71.
- [23] 万俊毅,罗必良. 风险甄别、影响因素、网络控制与农产品质量前景[J]. 改革,2011(9):78-85.

(责任编辑:宋雪飞)