

博士学位论文

基于冷链链的生鲜农产品物流
网络优化及其安全风险评价研究

作者姓名： 王佩强
学科专业： 物流工程
学院(系、所)： 交通运输工程学院
指导教师： 谢如鹤 教授

中南大学

2007年12月

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

分类号 VDC _____

密级 _____

博士学位论文

基于冷藏链的生鲜农产品物流 网络优化及其安全风险评价研究

Study on Optimizing the Network of Fresh Agricultural Products
Logistics Based on Cold Chain and its Safety Risk Evaluation

作者姓名：邱祝强
学科专业：物流工程
学院(系、所)：交通运输工程学院
指导教师：谢如鹤 教授

论文答辩日期 2007年12月21日

答辩委员会主席 李之清

中南大学
2007年12月

原创性声明

本人声明,所提交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知,除了论文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得中南大学或其他单位的学位或证书而使用过的材料。与我共同工作的同志对本研究所作的贡献均已在在论文中作了明确的说明。

作者签名: 杨晓华 日期: 2007年12月3日

关于学位论文使用授权说明

本人了解中南大学有关保留、使用学位论文的规定,即:学校有权保留学位论文,允许学位论文被查阅和借阅;学校可以公布学位论文的全部或部分内容,可以采用复印、缩印或其它手段保存学位论文;学校可根据国家或湖南省有关部门规定送交学位论文。

作者签名: 杨晓华 导师签名: 汪子德 日期: 2007年12月3日

1. 商务部项目：中国食品物流安全管理研究
2. 广东省哲学社会科学“十一五”规划项目：食品物流安全管理相关问题的综合研究（编号：050-08）

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

摘 要

我国是农业大国，国内外农产品贸易量逐年增长，生鲜农产品市场需求巨大，但是，长期以来“重生产、轻流通”的思想严重制约了生鲜农产品的安全、快速流通，生鲜农产品产供销体系经常出现脱节现象，流通效率偏低，在很大程度上源于农产品物流发展的滞后。近年来，国内生鲜农产品物流成本居高不下，设施设备陈旧，物流运作和管理水平较低，还没有形成较为完善的生鲜农产品物流体系，农产品物流相关企业总体上呈现各自为战的格局。

近年来，食品安全已经成为国际范围内关注的焦点，但目前国内的关注点主要在生产、加工及销售过程，对物流过程中的安全问题没有引起足够的重视，农产品供应还停留在传统的储运模式上，运作主体间协调不够，相关部门在生鲜农产品流通过程中的监管不力，冷藏链体系不完善，生鲜农产品冷藏运输率偏低，直接导致生鲜农产品物流过程中损耗严重，食品安全事故频发。

本文在分析国内外农产品物流现状的基础上，对基于冷链的生鲜农产品物流网络的演化规律、物流网络布局优化、物流系统安全风险控制等问题进行了系统研究，主要内容如下：

（1）基于冷链的生鲜农产品物流网络形成机理

基于国内外冷链的发展历程和现状分析，依据二维空间模型对产供销运作主体进行了初步分类，运用协同学理论和自组织理论分

析了生鲜农产品物流主体系统的自组织化过程，进而借助耗散结构理论体系中的三分子模型分析了基于冷藏链的生鲜农产品物流网络的形成机理，依据在广州和长沙两地的实际调研分析，构建了基于冷链的跨区域和区域内生鲜农产品正向物流网络，分析了生鲜农产品逆向物流网络的形成过程和基本特点。

（2）生鲜农产品物流网络节点布局优化

结合实际调研，提出了基于生鲜农产品物流网络规划的基本步骤和内容，针对基于冷链的跨区域生鲜农产品物流网络，重点研究产地、集中预冷点、集散网点等三个层次，基于问题描述和基本假设，从战略规划和实际运作角度出发，构建了一个内嵌两个指派模型的非线性混合整数规划模型，以确定预冷点和集散点的数量、规模和位置，以及预冷点的集中采购周期，并结合实例运用遗传算法进行了求解分析。

（3）基于冷链的生鲜农产品配送优化

提出了生鲜农产品配送的基本框架，分析了优化生鲜农产品配送体系的必要性，着重研究配送车辆路径问题，本着生鲜农产品正向物流和逆向物流有效整合的原则，针对总取货量比总送货量大的生鲜农产品配送作业，解决一类具有同时取送货的配送车辆路径问题，通过几类基于插入的启发式算法的比较分析，提出了基于剩余装载能力的插入准则，并结合实例进行了求解分析。

（4）生鲜农产品物流安全风险控制研究

基于现有的生鲜农产品物流网络体系，依据物流安全相关研究，

提出了生鲜农产品物流安全的涵义，给出了生鲜农产品物流安全风险控制的基本框架，借助系统安全控制思想、系统可靠性理论和风险管理理论，分析了安全风险控制的基本原理、步骤和内容，进而对可供选择的物流安全风险分析与评价方法进行了比较和分析。

(5) 生鲜农产品物流安全风险实证分析与评价

依据长沙地区的实际调研，详细分析了跨区域生鲜农产品物流作业流程，以蔬菜物流为例，运用风险坐标图法和 GO-FLOW 法分别分析和评价了不完全冷链条件下和完全冷链条件下跨区域蔬菜物流安全风险水平，并对运算结果进行了比较分析；依据广州地区的实际调研，借助 HACCP 思想分析了影响生鲜农产品销售物流的安全风险类型和影响物流安全的因素，基于此，建立了较为完善的物流安全风险水平评价指标体系，运用 ISM 法分析了指标关系，结合专家评分法，确定了一级指标的权重，进而运用层次分析法和模糊综合评价法组合评价了广州地区生鲜农产品销售物流安全风险水平。

关键词 农产品物流，冷藏链，物流网络，生鲜农产品，物流安全，优化模型，风险评价

ABSTRACT

Agriculture sector has been playing an important role in economic system of China, domestic and international trading volume of agricultural products increases at a high speed year after year, leading to a huge market need of fresh agricultural products. However, the idea of “product first, circulation second” has been restricting the safe and quick distribution of fresh agricultural products. Due to the backward logistics system for agricultural products, the logistics chain composed of produce, supply and marketing disconnects frequently and leads to low circulation efficiency. In recent years, logistics cost of fresh agricultural products stays at a high level; facilities and infrastructure for logistics operation are out of date; operation and management level of logistics lags far behind that of some developed countries. In all, at present, relatively perfect logistics platform for fresh agricultural products has not been constructed and logistics enterprises do things in one's own way.

At present, food safety has become a new focus all over the world. But, more attentions are paid for the operation process consisting of produce, processing and sale than that for some problems related to the safety of agricultural products. Agricultural products supply characterizes with traditional mode made of storage and transport; enterprises at different stages lack enough coordination; related

departments at different levels of government pay little attentions to the supervision of food safety during logistics process; a wholesome cold chain system has not come into being; the proportion of fresh agricultural products under the conditions of refrigerated storage and transport is very low. All of these lead to a great deal of loss and accidents related to food safety during operation process of fresh agricultural products logistics.

On the basis of the investigation and analysis of fresh agricultural products logistics both at home and from abroad, systemic studies are carried out from different aspects including the formation mechanism and layout optimization of the logistics network for fresh agricultural products based on cold chain, as well as the control mechanism of logistic safety and risk, detailed studies are listed as follows:

(1) The formation mechanism of logistics network for fresh agricultural products based on cold chain

Based on the developing process and current conditions of cold chain in China and some other developed countries, according to two-dimension space model, the types of operators at produce, supply and sale stages are classified, the self-organizing process of the corresponding three subsystems are analyzed in detail by the theories of Synergetics and self-organization. Furthermore, the formation mechanism of logistics network for fresh agricultural products based on

cold chain are presented and interpreted by the Brussel model in the theory system of Dissipation Structure, according to the investigations in Guangzhou and Changsha, forward logistics network for fresh agricultural products based on cold chain in big cities in China are developed, and, the cause of formation of corresponding reverse logistics is analyzed and some characteristics are presented at the same time.

(2) Layout optimization of logistics network for fresh agricultural products

According to the investigation results, the steps and content of the plan and design of logistics network for fresh agricultural products based on cold chain are presented. The three-level logistics network covering different regions for fresh agricultural products including producing places, pre-cooling stations and collection-distribution points is studied in detail, based on the problem description and basic presumptions, from the point view of both strategic plan and practical operation, to determine the scales, amounts and locations of pre-cooling stations and wholesale markets or distribution centers, as well as procurement periods of pre-cooling stations, a non-line mix integer programming model containing two assignment models is constructed, combined with a specific numerical example, the design and plan problem is solved and analyzed step by step by genetic algorithm.

(3) Optimization on distribution system for fresh agricultural products based on cold chain

The basic framework for the distribution of fresh agricultural products is put forward, the necessity to optimize distribution system is analyzed, of which vehicle routing operation and management is especially critical, aiming at the distribution operation with relatively bigger pick-up quantity than distribution quantity, a kind of vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up is studied, by the comparison and analysis of two insertion criterions with a given instance, a new residual load based heuristics is put forward to make full use of refrigerated vehicle space.

(4) Control and management of the risk related to the logistics safety of fresh agricultural products

Aiming at existing logistics networks in China, according to related researches, the concept of logistics safety of fresh agricultural products as well risk control and management mechanism are put forward for the first time. With the help of the theories such as system safety engineering, risk management control and system reliability, the basic control principle, step and content are analyzed in detail, and, some optional methods used for risk analysis and evaluation are compared.

(5) Risk analysis and evaluation of the logistics system of fresh agricultural products

According to the detailed investigation in Changsha, taking vegetable logistics as an example, the operating process of fresh agricultural products logistic covering several regions are analyzed, elementary risk analysis on logistics system with partial cold chain is presented by risk coordinate graph method, and, risk levels of vegetable logistics system in complete cold chain environment as well as partial cold chain are evaluated by GO-FLOW method, evaluation results are compared and analyzed in detail. Based on related investigations in Guangzhou, the risk type during sale logistic process and critical factors affecting logistics safety are presented by the idea of HACCP, a relatively sound index system for logistics safety evaluation is established, combined with the evaluation grades from experts in practical operation and theory research fields, the weights of first-level indices are determined by AHP(The Analytic Hierarchy Process), risk level of sale logistics for fresh agricultural products is evaluated by combined fuzzy evaluation method.

KEY WORDS agricultural products logistics, cold chain, logistics network, fresh agricultural product, logistics safety, optimization model, risk evaluation

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	IV
目 录	IX
第一章 绪论	1
1.1 选题背景及研究意义	1
1.1.1 选题背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国外研究现状	2
1.2.2 国内研究现状	4
1.2.3 国内外研究述评	5
1.3 论文的研究目的、内容及其方法	7
1.3.1 研究目的	7
1.3.2 研究方法	7
1.3.3 论文的主要工作	7
1.3.4 论文的组织结构	8
第二章 基本概念和理论基础	11
2.1 基本概念	11
2.1.1 现代物流	11
2.1.2 逆向物流	11
2.1.3 生鲜农产品	11
2.1.4 农产品物流	12
2.1.5 物流网络	13
2.1.6 食品供应链管理	14
2.1.7 冷链及冷链管理	14
2.1.8 风险管理	16
2.2 理论基础	18
2.2.1 耗散结构论	18
2.2.2 自组织理论	18
2.2.3 协同学理论	20
2.2.4 现代优化理论	20
2.2.5 系统可靠性理论	21
2.2.6 安全系统工程理论	22
2.3 本章小结	23
第三章 基于冷链的生鲜农产品物流网络	24
3.1 国外农产品物流发展现状	24
3.1.1 美国的农产品物流	24
3.1.2 日本的农产品物流	25
3.1.3 欧盟的农产品物流	25
3.1.4 韩国和东南亚的生鲜农产品物流	26

3.1.5 国外发展农产品物流的经验及启示	26
3.2 国内生鲜农产品物流发展现状	28
3.2.1 国内现有物流渠道分析	28
3.2.2 主要物流节点的发展现状分析	29
3.2.3 生鲜农产品物流系统发展现状	32
3.3 国内外生鲜农产品冷链物流	34
3.3.1 国内外冷链发展历程	34
3.3.2 国内生鲜农产品冷链物流发展现状	36
3.4 生鲜农产品物流网络形成机理分析	38
3.4.1 生鲜农产品物流节点体系耗散结构分析	38
3.4.2 我国生鲜农产品运作主体系统自组织化分析	38
3.4.3 基于冷链的生鲜农产品物流网络演化过程分析	44
3.5 基于冷链的生鲜农产品正向物流网络	46
3.5.1 构建基于冷链的生鲜农产品物流网络的意义	46
3.5.2 基于冷链的生鲜农产品正向物流网络	47
3.6 生鲜农产品逆向物流网络	49
3.6.1 生鲜农产品逆向物流的含义和特点	49
3.6.2 生鲜农产品逆向物流的成因	50
3.6.3 生鲜农产品逆向物流网络结构	51
3.7 本章小结	52
第四章 基于冷链的生鲜农产品物流网络节点布局优化	53
4.1 生鲜农产品物流网络规划	53
4.2 物流环节分析	54
4.2.1 预冷环节	54
4.2.2 冷藏运输环节	55
4.3 模型构建	58
4.3.1 问题描述	58
4.3.2 基本假设	58
4.3.3 符号体系	59
4.3.4 数学模型	60
4.4 求解方法和算例分析	61
4.4.1 求解算法	61
4.4.2 实例	62
4.4.3 遗传算法求解	63
4.4.4 运算结果分析	66
4.5 本章小结	66
第五章 基于冷链的生鲜农产品配送优化	67
5.1 生鲜农产品配送	67
5.1.1 生鲜农产品配送的基本框架	67
5.1.2 实现生鲜农产品高效率配送的基本条件	69
5.1.3 生鲜农产品配送优化的必要性	70
5.2 VRPSDP 概述	71
5.2.1 VRPSDP 由来	71
5.2.2 生鲜农产品配送策略分析	71



5.2.3 VRPSDP 研究现状.....	72
5.3 模型描述.....	72
5.3.1 问题描述.....	72
5.3.2 符号体系.....	73
5.3.3 VRPSDP 模型.....	73
5.4 基于插入的启发式算法.....	74
5.4.1 基于旅行距离(TD-Travelling Distance)的插入准则.....	74
5.4.2 基于净装载能力的插入准则.....	75
5.5 基于剩余装载能力的插入准则.....	76
5.5.1 算例分析.....	76
5.5.2 新插入标准的引出.....	78
5.6 本章小结.....	79
第六章 跨区域生鲜农产品物流安全风险分析与评价.....	81
6.1 生鲜农产品物流安全.....	81
6.1.1 生鲜农产品物流安全的概念界定.....	81
6.1.2 生鲜农产品物流安全分类.....	82
6.1.3 生鲜农产品物流系统安全风险控制的基本原理和内容.....	82
6.2 物流安全风险分析与评价方法.....	84
6.2.1 FSA 与风险坐标图法.....	85
6.2.2 HACCP 法.....	86
6.2.3 事故树分析法.....	88
6.2.4 GO 法.....	89
6.2.5 蒙特卡罗方法.....	91
6.2.6 解释结构模型.....	92
6.2.7 层次分析法.....	92
6.2.8 模糊综合评价法.....	93
6.2.9 风险分析与评价方法比较分析.....	94
6.3 生鲜农产品跨区域物流系统安全风险分析与评价.....	96
6.3.1 实地调研结果与分析.....	96
6.3.2 跨区域蔬菜物流安全风险初步分析.....	98
6.3.3 GO-FLOW 法的基本步骤和内容.....	100
6.3.4 不完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统安全风险评价.....	101
6.3.5 完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统安全风险评价.....	103
6.3.6 运算结果分析.....	104
6.4 本章小结.....	106
第七章 区域内生鲜农产品销售物流安全风险分析与评价.....	107
7.1 实际调研分析.....	107
7.1.1 调研对象和方法.....	107
7.1.2 调研结果分析.....	108
7.2 生鲜农产品销售物流安全风险评价指标体系.....	110
7.2.1 各作业环节风险类型分析.....	110
7.2.2 生鲜农产品销售物流安全风险指标体系.....	111
7.3 基于 ISM 的生鲜农产品销售物流安全风险指标关系分析.....	113
7.3.1 ISM 建模步骤.....	113

7.3.2 指标关系分析	116
7.3.3 邻接矩阵与可达矩阵	119
7.3.4 解释结构模型及其分析	120
7.4 广州地区销售物流安全风险实证评价	122
7.4.1 指标权重的确定方法	122
7.4.2 指标权重赋值	122
7.4.3 生鲜农产品销售物流系统安全风险水平实证评价	124
7.5 本章小结	127
第八章 结论与展望	128
8.1 结论	128
8.2 创新点	130
8.3 研究展望	130
参考文献	132
致 谢	141
攻读博士学位期间主要研究成果	143

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第一章 绪论

1.1 选题背景及研究意义

1.1.1 选题背景

近年来,我国农业发展滞后增收困难,原因有多种,但是农产品流通不畅是重要原因之一,主要体现在农产品流通效率低、成本高,农产品物流滞后成为影响农产品流通的关键因素^[1]。

从生鲜农产品市场供求角度看,生鲜农产品的地域性与消费的普遍性、生产的季节性与消费的全年性的对立,造成了农产品供给与消费之间的矛盾;近年来,人们更加关注生鲜农产品的品种多样性、食品安全和农产品本身品质,而国内生鲜农产品品类相对单一,物流运作仍停留在传统的常温物流模式,缺乏系统的安全监控体系,这就形成了一对新的矛盾,而长期以来“重生产、轻流通”的思想严重制约了生鲜农产品的安全、快速流通。

从生鲜农产品供应链管理角度看,由于生鲜农产品不能长久存放,到货存货安排十分讲究,要求周转快、管理科学,达到应有的生鲜标准;而国际市场范围大,世界各地气候变化多样,在运输途中有时要经过不同的气候带,从而加大了农产品的保鲜难度。我国目前生鲜农产品储运手段还比较落后,生鲜农产品冷藏保鲜设施欠缺、保鲜加工水平较低,农产品加工量只占总产量的25%,加工产值只增加30%左右,远远达不到发达国家农产品深加工比例占农产品总量为1:1的平均水平,导致生鲜农产品产后损失惊人,这对我国农产品出口是一个很大的压力。诸多出口环节上的服务落后,主要表现在农产品的储藏运输设施不足、手段落后;农业市场体制不合理,规章制度不健全;保鲜供应链上各环节存在着物流利润和风险不均衡分担分配的问题;生鲜农产品没有形成集产、供、销一体化的链式供应链。这些问题严重影响了农产品出口的效率和质量,降低了我国农产品在国际市场上的竞争力。

从生鲜农产品品质和安全角度看,食品安全已经成为国际范围内关注的焦点,但国内目前的关注点集中在生产、加工及销售过程,对物流过程中的安全问题没有引起足够的重视,对供应链和物流过程的监控和管理非常薄弱,缺乏行业规范和标准,物流技术也十分落后,因而导致生鲜农产品污染、变质、腐烂事故不断发生,并因此造成食品安全事故频发,例如2005年接连发生的“苏丹红一号”、“孔雀石绿”和禽流感等事件^[2]。

从生鲜农产品物流成本角度看,长期以来,由于许多生鲜农产品企业从采

购、生产到销售的整个供应链及物流运作还停留在传统的储运模式上，物流作业环节繁多，基础设施设备陈旧，不仅使初级加工企业不能集中财力、物力、人力进行产品研发和市场竞争，而且还使产品成本居高不下的状况难以改变。据有关部门测算，生鲜农产品的物流成本占产品售价的 7 成以上。

从生鲜农产品物流技术的角度来看，由于缺乏适宜的保鲜技术设备与手段，基础设施薄弱，使得生鲜农产品流通过程的各种损耗非常巨大（如水果、蔬菜的采后损失高达 25%-30%，肉类及水产品亦达 10%-15%），每年仅生鲜易腐类农产品采后的各种损耗之和高达千亿元；由于缺乏温度立法及食品卫生法规执行不力，导致食物中毒事件不断。生鲜农产品物流不畅和手段的落后，已成为制约中国农业和食品产业发展的瓶颈。

1.1.2 研究意义

目前，我国生鲜农产品流通渠道复杂多样，作业环节过多，物流作业效率低，冷链体系不健全，研究基于冷链的生鲜农产品物流网络体系有助于生鲜农产品物流主体间的有效协调和配合，实现快速流通，降低物流作业成本，实现冷链体系和物流网络的有效整合，发挥合力。

近年来，国内生鲜农产品物流过程中的损耗严重，物流过程中食品安全事故频发，研究生鲜农产品物流安全控制机理，探讨系统安全风险的分析 and 评价方法，有助于生鲜农产品物流安全的事前预防和事后控制，以便构建适合我国国情的现代物流安全监控体系、应急保障体系和生鲜农产品安全追溯体系。

总之，在人口与环境压力越来越大的 21 世纪，建立一个科学、完整、又适合中国国情的生鲜农产品物流安全控制体系，对于保障食品的安全，对于食品资源与环境的保护，对于我国农业与食品工业及相关行业的可持续发展，对于我国经济增长和人们生活、健康水平的提高以及和谐的节约型社会的建设均具有重要的现实意义和深远的历史意义，也是参与国际竞争，打破技术壁垒的需要，也符合国际食品物流的发展要求与趋势。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

目前，国外关于生鲜农产品物流以及物流安全的研究较少，多数研究都集中在食品或农产品供应链的绩效评价、战略管理、合作协调、仿真模拟、安全监控等方面：

(1) 合作和协调方面：Jill E. Hobbs 和 Linda M. Young (2000) 分析了农

产品供应链纵向协调的一些新变化,并建立一个概念性框架对其进行了详细分析^[1]; C.M. Palmer (1996) 以英国肉类工业为例,实证分析了上下游运作主体实现战略联盟的必要性^[4]; Martijn F.L. Rademakers 和 Phillip J. McKnight (1998) 针对近十年来荷兰土豆产业日渐衰弱的现状,分析了相邻企业间实施战略合作的重要性^[5]; Ian Robson 和 Vikkey Rawnsley (2001) 从生产管理者和食品监管者的角度,详细分析了英国食品产业中的采购商与供应商之间的关系^[6]; Silke Boger 等人 (2001) 基于实际调研,阐述了转型中的荷兰猪肉产业的基本特性,并详细分析了农场主和采购商的交易关系^[7]; Andrew Fearn (1998) 通过实证研究分析了英国猪肉产业供应链关系的演化过程^[8]; Phumpiu, Paul Fernando (1997) 从组织和技术革新角度出发分析了食品产业中供应链参与企业纵向战略合作关系的沿革^[9]。

(2) 绩效评价方面: K.K. Klein 等人 (1996) 提出了一个用于评估加拿大猪肉供应链产业生产配送、收益分配均衡性的概念性框架体系^[10]; Peter J. Barr (2003) 从多个角度分析了红河地区土豆供应链绩效评价的方法和途径^[11]。

(3) 战略管理方面: I. Hunt 等人 (2005) 分析了电子商务下供应链管理中的商业过程和战略管理活动^[12]; Ian Sadler, 和 Peter Hines (2002) 以澳大利亚肉类加工业为例,分析了供应链管理的战略规划问题^[13]; 为了实现最大化的顾客满意度和运作效率, Henk Folkerts 和 Hans Koehorst (1997) 从技术和组织层面分析了在供应链中食品企业重新定位相关活动的必要性^[14]; Craig Allen Hill (1998) 基于实际调研数据,分析了供应链管理思想和现代信息技术对食品产业的积极影响^[15]。

(4) 仿真模拟方面: P. Georgiadis 等人 (2005) 采用系统动力学方法建模来分析和处理食品供应链的战略问题^[16]; S. Minegishi 和 D. Thiel (2000) 通过系统动力学建模模拟了食品产业的复杂物流行为^[17]; J.G.A.J. van der Vorst (2000) 等人提出了一种通过离散事件模拟来进行食品供应链动态行为建模和评估供应链规划设计方案的方法^[18];

(5) 安全监控方面: M.F. Stringer 和 M.N. Hall (2006) 结合英国食品标准机构资助项目,提出了一个全新的集成食品供应链模型,通过层级分解分析了食品供应链中各个阶段可能发生的故障^[19]; S. Kumar 和 E.M. Budin (2006) 探讨了员工培训、HACCP 和 RFID 等措施在减少食品召回中的应用^[20]; É. HAJNAL 等人 (2004) 探讨了如何通过 HACCP 和 ISO9001:2000 建立食品安全保障系统和通过信息网络构建食品追溯网络的途径^[21]; A.J.M. Beulens 等人 (2005) 提出了提高食品供应链透明度的许多举措,给出了通过供应链网络合作来实现食品安全和透明性过程中面临的诸多挑战^[22]。

1.2.2 国内研究现状

在中国期刊全文数据库、优秀硕士学位论文数据库、博士论文数据库和重要会议论文数据库内以农产品物流为篇名作为关键词检索，检索结果为 357 篇，其中博士论文 3 篇，优秀硕士学位论文 18 篇；以农产品供应链为篇名作为关键词检索结果为 83 篇；以生鲜农产品为篇名作为关键词检索结果为 37 篇；以农产品物流网络为篇名作为关键词检索到 1 篇；以物流安全为篇名作为关键词检索结果为 27 篇；以农产品冷链为篇名作为关键词检索到 5 篇。目前，国内针对农产品物流、供应链、冷藏链以及物流安全监控的研究主要集中在以下几个方面：

1. 农产品物流发展战略和措施研究

(1) 针对我国农产品物流和流通体系存在的主要问题，提出了现代农产品物流体系模型和发展战略^[23-28]。

(2) 探讨了物流运作过程和农产品流通体系中运用第三方物流管理思想的可行性和可供选择的模式^[29-32]。

2. 物流组织主体方面的研究^[33-37]

(1) 阐述物流运作主体的战略作用、当前存在的主要问题以及构建和发展现代物流主体组织的必要性；

(2) 研究供应物流主体组织和配送物流组织主体模式和发展趋势。

3. 生鲜农产品物流主要集散节点研究，如配送中心、物流中心和物流园区

(1) 生鲜农产品配送中心的选址^[38]；

(2) 物流中心的物流业务拓展的问题和瓶颈^[39]；

(3) 生鲜农产品物流园区发展定位和功能分析^[40]。

4. 主要品类生鲜农产品物流研究

具体品类生鲜农产品物流的研究文献较少，主要研究侧重于现状分析、物流模式选择等。

(1) 水产品

分析了当前我国水产品物流体系结构和物流运作过程中存在的主要问题，提出了一些发展思路和对策^[41,42]。

(2) 水果

针对水果物流的特性，分析了当前物流运作中存在的不足和问题，提出了一些发展对策和可供选择的物流模式^[43,44]。

(3) 蔬菜

着重分析蔬菜流通体系的现状、蔬菜物流链的结构和组织特点等^[45,46]。

5. 农产品供应链

目前,国内关于农产品供应链的研究主要集中在以下两个方面:

(1) 在供应链管理思想应用方面:丁华(2004)分析了我国农产品物流企业供应链管理水平的制约因素,提出了提高我国农产品物流企业供应链管理水平的措施^[47];贺盛瑜和董一平(2006)通过对四川省农产品现状及存在问题的分析,利用供应链的思想对农产品物流运作的三种可选模式进行了初步探讨^[48];马腾骏(2004)分析了供应链管理对生鲜超市经营的贡献,并提出了超市应用供应链管理思想的策略^[49];凌宁波和朱凤荣(2006)给出了构建由超市主导的生鲜农产品供应链的作用和意义^[50];

(2) 在农产品供应链自身发展方面:方昕(2004)分析了我国生鲜农产品供应链的发展现状和趋势^[51];谭涛和朱毅华(2004)分析了适合农产品快速流通的供应链主体组织模式^[52];蒋侃(2006)针对生鲜供应链的发展现状,简要分析了生鲜供应链系统内部存在的主要问题^[53];刘东英(2005)生鲜蔬菜物流体系的特征、制度变迁、组织形式,并通过调研实证分析了部分省市生鲜蔬菜物流链,提出了物流体系的创新模式^[54];朱毅华(2004)分析了农产品供应链整合的动因和主要障碍,并通过实际调研分析了供应链整合的途径和方法^[55];凌志杰(2005)建立了大宗农产品供应链网络结构模型,构建了改进供应链的四维网络分析原则,并提出了大宗农产品供应链有效集成策略的研究框架^[56]。

6. 农产品冷链

近年来,针对生鲜农产品冷链的研究主要集中在以下两个方面:

(1) 从宏观角度研究农产品冷链物流的发展现状、发展对策和发展趋势^[57-60];

(2) 研究冷藏储运技术的特点和实际应用分析^[61-63]。

7. 生鲜农产品物流安全

近年来,针对生鲜农产品物流安全的研究很少,相关联的研究大都集中在食品物流过程中的相关安全问题研究,主要集中在以下几个方面:

(1) 运用HACCP思想和方法研究供应链、食品流通和物流过程中的危害和风险,并有针对性提出一些举措^[64-66];

(2) 针对超市物流运作的实际模式,探讨围绕超市的食品安全管理措施^[67,68];

(3) 基于信息网络探讨食品物流过程中的安全监控和可追溯系统的建立^[69,70]。

1.2.3 国内外研究述评

1. 国外理论研究综述

国外相关研究呈现以下几个方面特点:

- (1) 特别注重农产品或食品供应链的实证研究;
- (2) 关于农产品供应链纵向和横向合作关系的研究为近年来研究的主流;
- (3) 特别注重农产品供应链仿真和优化研究;
- (4) 与食品安全相关的研究多数都围绕农产品供应链展开, 关于农产品, 特别是生鲜农产品物流网络的研究很少。

2. 国内研究综述

国内农产品物流和物流安全相关的研究总体上呈现以下几个方面特点:

- (1) 我国农产品物流理论研究还处于起步阶段, 发展比较落后;
- (2) 针对农产品物流的研究很多, 但是多数研究主要是宏观层次的研究, 大多围绕概念、流通状况、必要性、可行性和政策体制等进行描述和简要介绍;
- (3) 多数与农产品物流相关的研究都围绕分析问题和提出具体措施展开, 针对农产品物流节点及其网络布局的研究很少;
- (4) 针对生鲜农产品物流的研究较少, 水果、蔬菜等具体品种的物流运作研究还处于探索阶段;
- (5) 针对生鲜农产品冷链的研究还处于现状分析阶段, 很少有学者将冷链体系和物流系统结合起来进行系统研究;
- (6) 针对农产品供应链的研究较多, 但是实证研究较少, 现有的研究多数倾向于从不同角度探讨供应链系统存在的问题和解决方案;
- (7) 至今, 国内学者针对生鲜农产品物流安全进行过系统研究的很少, 与物流安全具有一定关联的研究也仅仅提出供应链以及农产品物流系统安全监控的一些思路。

总之, 国内关于农产品物流相关的理论研究远多于国外, 但仍处于研究的初级阶段, 大都集中在现状分析、政策和发展战略的制定等方面; 近年来, 国内外关于农产品供应链的研究开始猛增, 侧重于探讨供应链管理理论实际应用的可行性和思路, 而国外的相关研究侧重于供应链战略管理和系统优化方面的实证研究; 国内外关于生鲜农产品物流网络的相关研究很少, 已有的研究侧重于流通体系的分析和优化; 国内外关于食品物流安全的系统研究很少, 现有的食品安全相关研究侧重于探讨食品生产和加工过程中的食品品质的控制途径, 很少学者针对生鲜农产品物流过程中的安全风险进行系统研究。

1.3 论文的研究目的、内容及其方法

1.3.1 研究目的

本论文依据国内生鲜农产品流通和物流发展现状,基于已有的理论研究,运用协同学理论、耗散结构理论、自组织理论等基础理论分析基于冷链的生鲜农产品网络体系的形成机理,借助现代优化理论优化基于冷链的生鲜农产品物流网络,实现生鲜农产品高效、快速、安全流通,借助系统工程理论、系统可靠性理论和安全系统工程理论分析和评价区域内和跨区域生鲜农产品物流网络中的安全风险,为生鲜农产品供应链上的生产、加工、运输、贮藏、配送、销售等物流运作和物流安全控制提供理论支持和实际参考。

1.3.2 研究方法

(1) 资料检索与跟踪调查:检索国内外生鲜农产品物流现状、现行有关技术、法规与标准,调查我国生鲜农产品物流安全的现状、存在问题与相关政策;

(2) 运用运筹学和现代优化方法优化生鲜农产品物流网络节点布局,并通过启发式算法研究生鲜农产品配送车辆路径问题;

(3) 借助自组织理论和耗散结构理论分析基于冷链的生鲜农产品物流网络演化过程;

(4) 通过抽样调查与实地测试等方法确定典型生鲜农产品在物流各环节的污染、腐烂、变质程度及引起的食物中毒事件发生率,应用风险坐标图方法分析关键环节;运用系统可靠性理论分析生鲜农产品物流中的安全风险水平;

(5) 借助系统工程理论和方法分析和建立生鲜农产品物流安全评价指标体系,运用组合评价法对区域生鲜农产品物流安全进行实证评价和比较分析。

1.3.3 论文的主要工作

本文运用自组织理论、耗散结构理论、现代优化理论以及系统工程理论,对基于冷链的生鲜农产品物流网络形成机理、生鲜农产品物流网络节点布局问题、生鲜农产品配送车辆路径问题、生鲜农产品物流安全控制机理和方法进行了系统研究,主要工作体现在以下 4 个方面:

(1) 基于冷链的生鲜农产品物流网络形成机理

基于生鲜农产品物流和冷链物流的发展现状,依据物流主体自组织化过程分析,运用耗散结构论分析了基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理。

(2) 生鲜农产品物流网络节点布局问题

提出了生鲜农产品物流网络规划的基本步骤和内容,典型研究跨区域生鲜农产品物流网络,主要研究产地、集中预冷点、集散网点三个层级的物流网络,建立了非线性混合整数规划模型,借助遗传算法求解分析,以确定预冷点和集散点的数量、规模和位置。

(3) 生鲜农产品物流配送优化

提出了生鲜农产品配送的基本内容,本着整合生鲜农产品正向物流和逆向物流的原则,重点研究配送体系中一类具有同时取送货的配送车辆路径问题。

(4) 生鲜农产品物流安全控制机理和方法

提出了生鲜农产品物流网络中的安全风险控制的基本框架,结合实际调研,运用风险坐标法和 ISM 对安全风险和影响因素进行了系统分析,进而借助 GO 图法和组合评价法对生鲜农产品物流网络的系统安全水平进行了实际评价,提出了相应的改进建议和措施。

1.3.4 论文的组织结构

整篇学位论文共分为 8 章(如图 1-1):

第一章主要阐述研究背景、意义,阐述国内研究现状,提出本文研究的问题和研究目标,介绍研究方法,总结主要研究工作,并给出论文的组织结构。

第二章主要对现代物流、逆向物流、物流网络、农产品物流、冷链、供应链等概念进行了辨析,并给出本论文研究的一些理论基础。

第三章首先基于生鲜农产品物流的发展现状,给出国内外冷链物流发展历程,进而分析基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理,最后给出正向物流网络和逆向物流网络结构和特点。

第四章基于生鲜农产品物流网络规划的基本框架,运用现代智能优化方法对跨区域生鲜农产品物流网络节点布局进行了优化。

第五章给出生鲜农产品配送的基本框架,分析生鲜农产品配送的特点及其基本条件,重点研究区域内农产品配送体系中的车辆路径问题,借助基于插入的启发式算法进行实证分析。

第六章主要介绍生鲜农产品安全风险控制的基本步骤和内容,并对生鲜农产品物流安全风险分析和评价的方法进行比较分析,进而结合实际的调研分析,运用风险分析理论初步分析跨区域生鲜农产品物流网络的系统安全风险,借助可靠性理论和方法进行实际评价和比较分析。

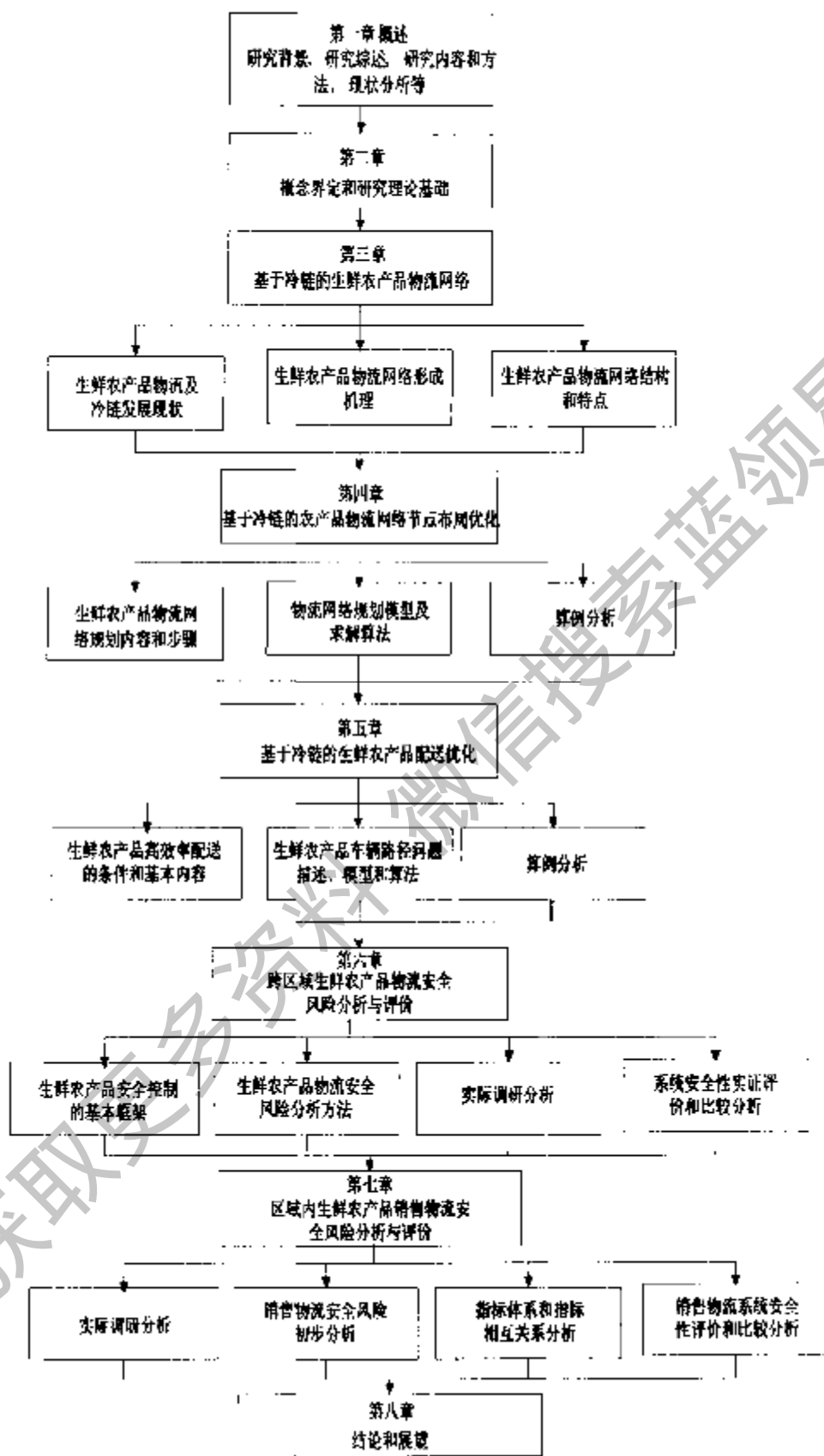


图 1-1 论文组织结构图

第七章基于实际调研，初步分析销售物流环节的安全风险，建立区域生鲜农产品销售物流安全风险的评价指标体系，并采用ISM法对风险指标关系进行详细分析，最后结合专家评分给出两级指标对应的权重，借助层次分析法和模糊综合评价法组合评价广州地区生鲜农产品销售物流安全风险水平。

第八章是整篇论文的简要总结和对未来研究的展望。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

第二章 基本概念和理论基础

2.1 基本概念

2.1.1 现代物流

我国的国家标准GB/T18354-2001《物流术语》对物流的定义如下^[71]：

物流(logistics)：物品从供给地向接收地的实体流动过程。根据实际需要，将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合。

这个定义从两个角度来说明物流：第一个是从物流的表象出发，客观地表述物流活动的过程和状态；第二个是从管理的角度，表述了物流活动的具体工作内容以及对这些工作系统的管理^[72]。

这个定义包含两层含义：第一层含义指物流是系统化的产物。所谓“有机结合”是“一体化”、“系统化”的表达形式；第二层含义是通过“实施”两个字来表达的，要把物流的单项功能予以系统化实施，所需要做的事情就是“管理”。

2.1.2 逆向物流

我国2001年制定的国家标准GB/T18354—2001《物流术语》中^[71]，将逆向物流分为两大类：即回收物流和废弃物物流。回收物流(Returned Logistics)是指不合格物品的返修、退货以及周转使用的包装容器，从需求方返回到供应方所形成的物品实体流动；废弃物物流(Waste Material Logistics)是指将经济活动中失去原有使用价值的物品，根据实际需要进行收集、分类、加工、包装、搬运、储藏，并分送到专门处理场所时所形成的物品实体流动。

根据美国物流管理委员会的定义，逆向物流是指回收利用或者合理利用废旧产品，对原材料或者在制品库存、产成品及相关信息从消费地到生产地的有效率和有效益的流动进行计划、管理和控制的过程。

从不同的角度分析，逆向物流具有不同的类型。根据逆向物流形成原因、处理途径、处置方式以及产业形态的不同，可以将逆向物流分为投诉退货、终端退回、商业退回、维修退回、生产报废与副产品回收、包装物回收、产品升级和产品召回等8大类别。

2.1.3 生鲜农产品

1. 生鲜食品

生鲜食品：按照加工程度和保存方式不同，它包括初级生鲜食品、冷冻冷藏食品和自制食品三大类。

初级生鲜食品：凡属于新鲜的、未经烹饪等热加工的蔬菜和水果；禽畜肉、水产品等，经简单处理后在冷藏、冷冻或常温陈列架上出售的食品。

冷冻冷藏食品：包括冷冻食品和冷藏食品两类。冷冻食品：以农、畜、水产原料经加工调理，急速冷冻在 -18°C 以下储存并出售的食品。冷藏食品：以农、畜、水产原料经加工调理，急速冷却在 4°C 以下储存并出售的食品。

自制食品：经过烹饪、腌渍等加工处理后的熟食、面包点心和其它即食食品。

2. 生鲜农产品

生鲜农产品是指由农业部门生产的没有或经过少许初级加工的，在常温下不能长期保存的初级食品，一般包括蔬菜、水果、肉类、水产品等农畜产品，如图 2-1 所示。生鲜农产品具有分散性、地域性、季节性、重要性和特殊性等特性。生鲜农产品是中国消费者除粮食以外最主要的食物营养来源，在日常生活消费中占有十分重要的地位^[73]。

3. 鲜活农产品

根据国家 2005 年高效率鲜活农产品流通“绿色通道”对鲜活农产品的界定，鲜活农产品包括新鲜蔬菜、新鲜水果、鲜活水产品、活的畜禽和新鲜的肉蛋奶等 5 类农产品^[74]。

2.1.4 农产品物流

吴晓斌等人认为农产品物流不等于农产品流通。农产品流通是联结生产和消费的纽带，主要解决两类问题：一是实现农产品所有权转移——商流，二是实现农产品流转过程中的价值增值——物流，所以农产品流通的实现状况如何取决于农产品物流的发达程度^[75]。

传统农产品物流只涉及流通领域的销售物流，现代农产品物流意义更为广泛：既包括产前的供应物流，产中的生产物流，又包括产后的销售物流及废弃物回收物流等，是物流、商流、信息流及资金流的统一体，其通过有效克服流通中的时间和空间阻碍，提供高质高效的运输服务来创造更大的农产品价值。

农产品物流包括：农产品供应物流、农产品生产物流、农产品销售物流、废弃物物流以及再生物物流等。农产品供应物流是为了保证农产品的生产实现，不断组织农业生产资料供应的物流活动；农产品生产物流是指在农产品生产工艺中的物流活动；农产品销售物流是指伴随销售活动将农产品实体转移给用户的物流活动；农产品废弃物流和再生物物流是指农产品中间废弃物可再利用的物

流活动和可再生资源再利用过程中的物流活动。

郭丽华等人认为农产品物流是为了满足用户需求,实现农产品使用价值而进行的农产品物质实体及相关信息从生产者到消费者之间的物理性经济活动。具体地说,它包括农产品收购、运输、储存、装卸、搬运、包装、配送、流通、加工、分销、信息活动等一系列环节,并且在这一过程中实现了农产品价值增值和组织目标^[76]。

农产品现代物流的作用表现在:(1)使农产品能实现其价值和使用价值;(2)使农产品在物流过程中增值;(3)降低农产品生产与流通成本,提高市场反应速度,提高客户满意水平,提高农业生产的整体效益。

农产品的自然属性决定了农产品物流有不同于一般物流的特殊性,有以下4个主要特点:

(1)农产品物流数量大,品种繁多;

(2)对于鲜活农产品而言,它对于物流设施的要求特别高,包括用于保鲜、冷藏和防疫等的物流设备;

(3)经过加工处理过的延长了保存期限的农产品,若需保持原有的属性和口味一般要进行科学的技术处理,这一环节既要保障食品安全性,又要能够通过贸易技术壁垒的限制;

(4)农产品物流具有很强的季节性和地域性,受自然条件的限制,这是由农产品的生命周期特点决定的^[77]。

2.1.5 物流网络

物流网络,是物流过程中相互联系的组织与设施的集合,根据空间结构,可以分为增长极网络结构、点轴网络结构、多中心多层次网络结构和复合网络结构。不同的地理条件、区位优势与社会经济的发展特点,形成不同类型的物流网络^[78,79]。

(1)广义的物流网络主要包括物流基础设施网络和物流信息网络。

物流基础设施网络包括全球性运输网络、全国性运输网络、地区性物流网络等。

物流信息网络指伴随物流基础设施网络而相应传递各类信息的通信网络,如全球性物流信息网络、全国性物流信息网络、地区性物流信息网络等。

(2)狭义物流网络是指物流企业经营活动中设计的物流运输网络、物流信息网络、物流客户网络。

物流运输网络是由一个物流企业的物流结点、运输线路和运输工具等组成的运输网络;物流信息网络是指一个物流企业建立的有关用户需求信息、市场

动态、企业内部业务处理情况等信息共享的网络，是依靠现代信息技术建立起来的物流结点间的信息网络；物流客户网络是由物流企业所服务的对象组成的一个虚拟网络，客户越多，物流客户网络越大。

2.1.6 食品供应链管理

供应链（supply chain）指在生产过程中，涉及将产品或服务提供给最终用户的上游与下游企业。

供应链管理就是使供应链运作达到最优化，以最少的成本，让供应链从采购开始，到满足最终顾客的所有过程，包括工作流（workflow）、实物流（physical flow）、资金流（funds flow）和信息流（information flow）等都能高效率地操作，把适合的产品，以合理的价格，及时、准确地送到消费者手中^[80]。

Zuurbier等学者在一般供应链的基础上，首次提出了食品供应链（food supply chain）的概念，并认为食品供应链管理是农产品和食品生产、销售等组织，为了降低食品和农产品物流成本、提高质量、提高食品安全和物流服务水平，而实施的一种垂直一体化运作模式。一般而言，食品供应链由不同的环节和组织载体构成：产前生产资料供应环节→产中种养业生产环节→产后分级、包装、加工、储藏、销售环节→消费者，如图2-1所示^[81]。

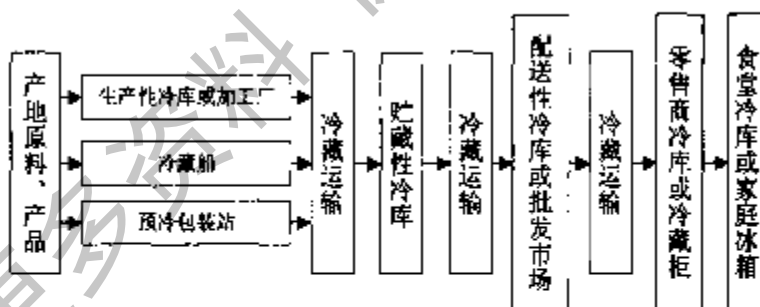


图2-1 食品冷藏供应链流程图

2.1.7 冷链及冷链管理

1. 冷链

冷藏链简称冷链，传统的定义指从生产时间和地点到销售时间和地点之间，用于易腐食品加工、贮藏、运输、销售的各种冷藏工具和冷藏作业过程的总和。现代“冷藏链”的定义是将终止时间和地点（销售时间和地点）予以扩大到家庭消费。

国标规定, 冷链 (cold chain) 是为了保持新鲜食品和冷冻食品的品质, 使其在从生产到消费的过程中, 始终处于低温状态的配有专门设备的物流网络。

冷链物流有以下三个主要特点^[82]:

- (1) 建设投资大, 系统庞大复杂;
- (2) 时效性要求各环节具有更高的组织协调性;
- (3) 有效控制运作成本与食品冷链的发展密切相关。

冷链物流的适用范围包括: 初级农产品: 蔬菜、水果; 肉、禽、蛋; 水产品、花卉产品。加工食品: 速冻食品、禽、肉、水产等包装熟食、冰淇淋和奶制品; 快餐原料。特殊商品: 药品。由于食品冷链是以保证易腐食品品质为目的, 以保持低温环境为核心要求的供应链系统, 比一般常温物流系统的要求更高、更复杂, 建设投资也要大很多, 是一个庞大的系统工程。由于易腐食品的时效性要求冷链体系中的各个环节具有更高的组织协调性, 所以, 食品冷链的运作始终是和能耗成本相关联的, 有效控制运作成本与食品冷链的发展密切相关^[83]。

按照食品从加工到消费所经历的时间顺序分类, 食品冷藏链可以分为:

(1) 低温加工包括肉类、鱼类的冷冻与冻结; 果蔬的预冷与速冻; 各种冷冻食品的加工等, 主要涉及冷却与冻结装置。

(2) 低温储藏包括食品的冷藏与冻藏。主要涉及各类冷藏库与冷冻库、冷藏柜或冻结柜及家用冰箱。

(3) 低温运输包括食品的中、长途运输及短途运输等。主要涉及铁路冷藏车、冷藏汽车、冷藏船、冷藏集装箱等低温冷藏工具。

(4) 低温销售包括冷藏或冻结食品的批发和零售等, 由生产厂家、批发商和零售商共同完成。超市、商场中的陈列柜, 兼有冷藏和销售的功能^[84]。

(5) 低温消费包括食品在家庭消费和生产企业的工业消费。家用冰箱、冰柜, 工厂的冷藏库和冻藏库是消费阶段的主要设备。

如图2-2所示, 易腐食品的生产采购、运输和销售各环节必须在作业上紧密衔接, 在设备数量上互相协调, 在质量管理上标准一致, 形成一个完整的“冷藏链”^[85]。

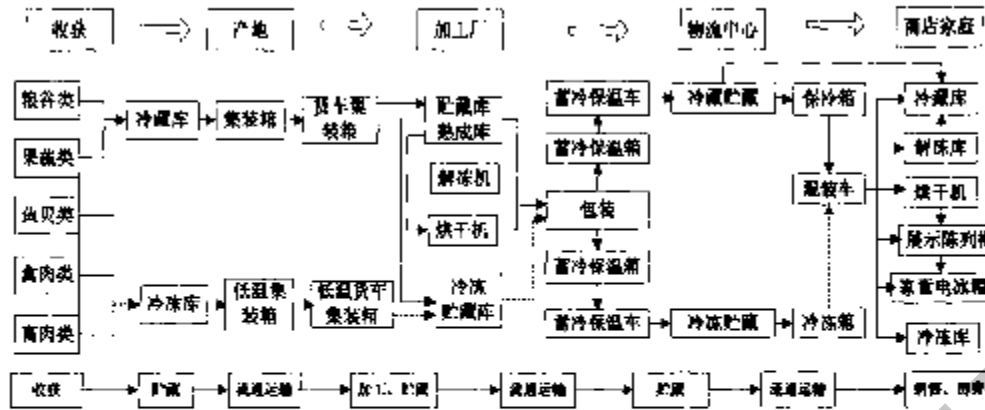


图 2-2 食品冷链组成及其相关设备

冷链链中的各环节都起着非常重要的作用，食品在生产、采购、运输销售等环节必须在作业上紧密衔接，相互协调，形成一个完整的冷链链。组成冷链链的各个环节和设施，在运作上的一般原则是：一要保证冷链链中的食品初始质量应该是最高的，最重要的是新鲜度，如果食品已经开始变质，低温也不可能使其恢复到新鲜状态；二是食品在生产、收获后应当尽快予以冷加工处理，以尽可能保持原有品质；三是产品从最初的加工工序到消费者手中的全过程，均应该保持在适当的低温环境中。

2. 冷链管理

冷链管理：冷链管理是包括温控设施设备技术、保温保鲜产品研发、温度跟踪技术、产品链管理和市场监管等一系列的管理体系。冷链从管理范围和构架方面看，它包括许多方面，其中有政府的职能和责任，也有企业应承担的义务，在标准方面，也可以分为管理标准和技术标准两个方面^[86]。

如图2-3所示，冷链管理首先有技术标准，它也是冷链管理的产品温度控制的标准和基础。制冷和保温技术是保证冷链控制的必要手段，它随着科学技术的进步而不断发展和完善。在制冷保温技术方面主要由冷藏车和冷库两大领域构成。冷藏车方面，包含车载制冷机、保温箱、冷藏集装箱等一系列技术，和与之相对应的标准。冷库方面主要包括制冷系统、冷库库房建设、冷库内设备等技术，和与之相对应的标准。冷链管理是包括温控设施设备技术，保温保鲜产品研发，温度跟踪技术，产品链管理和市场监管等一系列的管理体系。

2.1.8 风险管理

风险管理是人类在不断追求安全与幸福的过程中，结合历史经验和近代科技成就而发展起来的一门新兴管理学科，它是组织管理功能的特殊的一部分。由于风险存在的普遍性，风险管理的涵盖面甚广，从不同的角度，不同的学者

提出了不尽相同的定义^[87]。

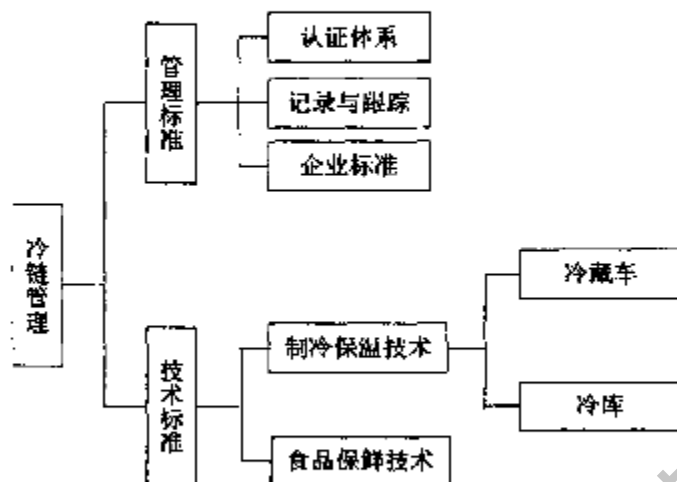


图 2-3 冷链管理体系图

英里斯蒂(James C. Cristy)在《风险管理基础》提出：“风险管理是企业或组织为控制偶然损失的风险以保全获利能力和资产所做的一切努力”。

威廉姆斯(C. AKhur Willimms, Jr.)和汉斯(Richard M. Heins)在 1964 年出版的《风险管理与保险》第一版中提出：“风险管理是通过对风险的识别、衡量和控制，以最低的成本使风险所致的各种损失降到最低限度的管理方法”^[88]。

通过对各种风险管理定义的分析，可以认为：风险管理是经济单位通过对风险的识别、衡量、预测和分析，采取相应对策处置风险和不确定性，力求以最小成本保障最大安全和最佳经营效能的一切活动。

关于定义有几点说明：

(1) 风险管理的主体是经济单位，它不仅可以是企业，也可以是其他经济组织；

(2) 风险是指经济单位的所有风险，并不专指纯粹风险；

(3) 定义包括了风险管理的对象、方法和程序等重要方面，它的一系列活动以选择最佳风险管理技术为中心；

(4) 风险管理的目标是保障最大安全和最佳经营效能，最大限度地保证经济单位人员、财产的安全和赢利能力；

(5) 定义表明风险管理讲求经济效益，要以最低成本进行风险管理，以获取最佳效益。

2.2 理论基础

2.2.1 耗散结构论

1. 产生背景

耗散结构论是普利高津 (I. Prigogine) 于 1969 年提出的。平衡结构是不进行能量和物质的交换就能维持的结构, 在一定的外界条件下, 处于这种平衡结构的系统不随时间的推移而变化, 系统处于一种有序的稳定的状态。然而, 当外界条件发生改变, 超过某一阈值, 这种平衡结构被打破, 系统进入无序性最高、组织程度最差和混乱度最大的状态。一旦系统进入平衡结构状态, 便只能维持这种状态, 不能飞跃为另一种新质状态。耗散结构的系统也处于一种有序的稳定的状态, 但它不是平衡态而是远离平衡态。系统借助于与环境交换能量和物质, 保持着它的内在的非平衡, 而这种非平衡又反过来维持着交换过程, 维持系统自身^[89,90]。

耗散结构理论方法的精要在于通过这种方法论研究去发现或促进的耗散结构何时何地可以出现或发生, 因此耗散结构方法可以准确地被定义为“自组织的条件方法论”。

2. 形成条件

耗散结构形成的条件主要有以下 4 个方面:

(1) 系统必须是开放的, 通过与外界交换物质与能量, 引进负熵流, 才可能从无序走向有序;

(2) 系统必须远离平衡态, 才可能形成新的稳定有序结构;

(3) 系统内要有非线性的互相作用因素, 才可能产生相干效应和协调一致的动作, 产生突变和分叉, 形成宏观有序结构, 非线性动力学方程有多重解, 有稳定和不稳定解, 从而使系统的演化发展可能出现各种不同的结构, 产生了进化的多样性和复杂性;

(4) 系统从有序到无序的演化, 是通过随机的涨落实现的, 系统内的涨落, 由于非线性作用的放大, 形成巨涨落。

本文借助耗散结构理论, 分析生鲜农产品物流渠道中的各个子系统的耗散结构特性, 以进一步运用耗散结构理论体系中的三分子模型分析基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理。

2.2.2 自组织理论

1. 自组织

“协同学”创始人哈肯 (H. Haken, 1976年) 提出了“自组织”的概念, 他

将其定义为：“如果一个体系在获得空间的、时间的或功能的结构过程中，没有外界的特定制约，那么就称该体系是自组织的”。这里“特定”一词是指那种结构或功能并非外界强加给体系的，而且外界是以非特定的方式作用于体系的。至此，“自组织”概念定义和所具有内涵已经比较清晰，而哈肯的定义则在该自组织科学体系内获得了公认。此学科的兴起和出现，人们现在已经能够对自组织系统的起源、发展的动力、条件、途径和图景进行比较科学的认识和刻画^[91]。

2. 自组织、他组织以及组织之间的区别

在自然界和社会，存在与自组织系统和过程性质相反的另一类系统，称它或被（他）组织系统。所谓被（他）组织系统即指这样的系统：它不能自行组织、自行创生、自行演化，不能够自主地从无序走向有序，而只能依靠外界的特定制令来推动组织和向有序的演化，从而被动地从无序走向有序。例如，自由恋爱是“自组织”，包办婚姻是“被组织”。作为两种不同的系统、思想和方法，它们之间存在诸多差别。

哈肯比较清晰地比较了“自组织”和“组织”概念在日常生活中的差别。他用一个通俗的例子解释了自组织与组织的区别。他说，比如说有一群工人，如果每一个工人都是在工头发出的外部命令下按完全确定的方式行动，称之为组织，或更严格一点，称它为“有组织的行为”，如果没有外部命令，而是靠某种相互默契，工人们协同工作，各尽职责来生产产品，把这种过程称为“自组织”。

3. 自组织系统

当代自然科学前沿近年来出现了一大批像“耗散结构”、“协同学”、“突变构论”、“混沌理论”、“超循环论”和“分形理论”等，这些新兴学科的研究对象尽管不同，但是都具有共同特征，那就是它们都是非线性的复杂系统，或非线性的复杂的自组织形成过程。在这类系统或过程中，颇为引人注目的是自组织系统或自组织过程。

自组织过程可以描述为：系统演化的动力是系统内部各个子系统之间的竞争和协同，无需外界特定制令，能够自行组织、自行创生、自行演化，从而使竞争中的一种或几种趋势优势化，也称形成序参量的过程，能够自主地从无序走向有序，形成有结构的系统，亦即自组织起来。自组织系统和自组织过程其实不仅极为普遍，而且与人类社会关系极为密切，系统发生自组织的条件与耗散结构的形成条件一致。

基于耗散结构理论，本文借助自组织理论分析不同类型生鲜农产品物流主体的自组织化过程，以辅助分析生鲜农产品生产系统、集散系统和零售系统的演化过程。

2.2.3 协同学理论

与耗散结构几乎同时诞生的协同学是一门跨学科理论。协同学 (Synergetics, 哈肯自创的英文词) 创始人哈肯(H. Haken)主编的协同学丛书认为:“协同学研究系统中子系统之间是怎样合作以产生宏观的空间结构、时间结构或功能结构的学科。它既处理确定论过程又处理随机过程。”这里所说的“空间结构、时间结构和功能结构”,就是文献通常说的“自组织”。

哈肯在他的《高等协同学》一书中对协同学的任务描述为:“协同学处理由许多子系统组成的系统。不同系统的子系统可以是性质十分不同的,如电子、原子、分子、细胞、中子、化学元素、光子、器官、动物乃至于人。协同学研究子系统是怎样合作以形成宏观尺度上的时间结构和功能结构的”^[92]。

协同学使用的主要概念有竞争、协同、序参量和支配。竞争的存在和结果可以造成系统内部和系统之间更大的差异、非均匀性和不平衡性;协同有两方面的含义,狭义的协同就是与竞争相对立的合作、协作、互助、同步等意义;广义的协同既包括合作,也包括竞争;序参量首先是宏观状态或形成模式的有序程度的度量,其次它是系统内部大量子系统集体运动(相互竞争和协同)的产物,序参量一旦形成后又起着支配系统内部子系统的作用,主宰着系统整体演化过程。

协同学理论与自组织理论具有许多共性,同时,它对自组织理论进行了有效的补充和解释,本文用来其辅助分析生鲜农产品物流子系统的自组织过程。

2.2.4 现代优化理论

1. 最优化理论与方法

最优化理论与方法是一个重要的数学分支,它所研究的问题是讨论在众多的方案中什么样的方案最优以及怎样找出最优方案。这类问题普遍存在,例如工程设计中怎样选择设计参数,使得设计方案既满足设计要求又能降低成本;资源分配中,怎样分配有限资源使得分配方案既能满足各方面的基本要求又能获得好的经济效益^[93]。

20世纪40年代以来,由于科学技术的迅速发展,特别是电子计算机的广泛应用,使最优化问题的研究不仅成为一种迫切需要,而且有了求解的有力工具。最优化理论和算法迅速发展起来,形成一个新的学科,至今已出现线性规划、整数规划、非线性规划、几何规划、动态规划、随机规划、网络流等多个分支,最优化理论和算法在实际应用中正在发挥越来越大的作用。

2. 智能优化理论与方法

鉴于实际工程问题的复杂性、约束性、非线性、多极小、建模困难等特点,寻求一种适合于大规模并行并具有智能特征的算法已成为有关学科的一个主要研究目标。

20 世纪 80 年代以来,一些新颖的优化算法,如人工神经网络、混沌理论、遗传算法、进化规划、模拟退火、禁忌搜索及其混合优化策略等,通过模拟或揭示某些自然现象或过程化得到发展,其思想和内涵涉及数学、物理学、生物进化、人工智能、神经科学和统计学等方面,为解决复杂问题提供了新的思路 and 手段。这些算法独特的优点和机制使得它们在优化领域得到了成功应用;由于这些算法构造的直观性和自然机理,通常被称作智能优化算法(Intelligent optimization algorithms),或称现代启发式算法(meta-heuristic algorithms)^[94]。

生鲜农产品物流网络规划和配送中心车辆路径问题均属于复杂的非线性问题,只有运用智能算法才能得到较好的解决。因此,为了能够合理地选择或配置预冷站和配送中心(或批发市场),同时确定预冷站合理的集货周期,本文借助遗传算法优化基于冷链的生鲜农产品物流网络节点布局;出于正向物流和逆向物流集成化运作的需要,运用基于插入的启发式算法优化具有同时取送货的车辆路径问题。

2.2.5 系统可靠性理论

1. 可靠性涵义

广义的可靠性涵盖可靠性、维修性、保障性、可用性等方面。可靠性是指产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力,可靠性的概率度量称为可靠度。产品是一种通用术语,它指从系统、设备、组件到元件的任何物品,使用这一术语可以避免做出有关基准的物品大小或复杂程度的规定。规定的条件是指产品在其寿命周期内所处的预先规定的全部外部条件,外部作用条件包括环境、使用、维修等^[95]。

2. 可靠性理论发展历程

可靠性作为专门课题来研究是从第二次世界大战开始的,在 20 世纪 70 年代步入成熟阶段,到 20 世纪 80 年代可靠性进入深入发展阶段。

我国可靠性工程起步于 20 世纪 60 年代,主要在航空、航天、电子、机械等领域开展研究工作。进入 20 世纪 80 年代以后,可靠性得到了迅速发展,特别是武器装备的可靠性管理和研究工作取得了长足的进步。在我国,随着改革开放的深入,科学技术迅速发展,产品的可靠性问题日益突出。

3. 系统可靠性分析

可靠性理论发展到现在已经形成可靠性工程、可靠性物理、可靠性数学三个

独立的分支，可靠性工程是系统工程的一个重要的专门课题。它运用系统工程的观念和方法，从设计、生产和使用等方面来研究对系统可靠性进行控制的技术，它是一门综合性工程学科。系统可靠性分析是用系统工程的思想观念，从整体性、综合性和实际应用出发，对系统的可靠性设计、试验、管理、系统维修等问题进行分析的技术。

可见，可靠性理论源于产品的可靠性设计和生产，系统可靠性分析是一项新技术，主要用来分析复杂系统的可靠度，目的是有效地控制系统的故障和恢复系统；生鲜农产品物流是一个非常复杂的系统，系统可靠性分析与控制的保障有利于物流系统中作业流程的安全控制，依据系统可靠性理论，生鲜农产品物流系统的可靠性表现为快速、安全、稳定的生鲜农产品供应，本文基于系统可靠性分析与评价方法（如 GO 法和 FTA 法）的比较分析，基于实际调研数据，评价生鲜农产品网络的可靠度，辅助物流系统安全风险水平评价。

2.2.6 安全系统工程理论

系统安全工程学是 20 世纪中期随着世界经济的发展而发展起来的一门新兴学科，是以系统工程的方法研究和解决工业生产过程中的安全问题，运用现代科学技术手段辨析、控制和消除系统中的危险源，保障系统安全的新学科^[96]。

安全系统工程学是运用科学和工程技术手段辨析、消除和控制系统中的危险源，实现系统安全的科学。系统安全工程的主要任务就是辨析、评价和控制系统的安全源、降低系统的危险性，因此系统安全工程学的主要内容包括了如何辨识危险源，如何评价系统的危险源和危险性，如何控制系统的危险源、降低系统的危险性等方面^[97,98]。

1. 危险源辨识

危险源辨识就是发现和识别系统中的危险源，是安全评价、危险源控制、降低系统危险性的基础。只有准确地对其进行安全评价，才能有效地采取措施控制危险源，降低系统的危险性，危险源的辨识有以下两个方法：

（1）经验对比分析法

它是基于相关的标准、规范、规程或经验对比来辨识危险源的方法。由于通常的标准、规范、规程或安全检查表都是从大量的经验中总结出来的，所以经验对比分析法是一种基于经验的方法，只适用于以往类似的经验可供参考的情况。

（2）系统安全分析法

系统安全分析法是从安全的角度出发，运用系统工程等分析手段，揭示系

统中可导致故障或事故的各种因素及相互关系,从而辨识系统危险源。它既可用于经验可寻的危险源辨识,也可以用于无经验可寻的危险源辨识。

2. 安全评价

安全评价是对系统中的危险源危险性进行的综合评价。它包括对系统危险源自身危险性评价和对危险源控制效果的评价。前者是采取危险源控制措施的基础,后者是采取危险源控制措施后的效果评价。

3. 危险源控制

危险源控制就是利用工程技术和管理手段控制和消除危险源,防止事故发生、人员伤害和财产损失;危险源控制技术主要包括防止事故发生的安全技术和事故发生后减少或避免损失的安全技术;管理手段主要是发挥计划、组织、指挥、协调、控制等功能来控制系统中的人、物和环境因素,有效地控制危险源,减小或降低危险性。

可见,安全系统工程主要应用于工业生产领域,侧重于危险源的辨析、评价和控制,但是,系统危险源控制和安全风险控制具有很多共性,系统安全控制的核心思想同样可以应用到物流系统安全风险控制领域;本文基于安全系统工程的思想深入分析生鲜农产品物流安全控制的基本内容和步骤,进而,基于实际调研分析,运用系统工程方法对生鲜农产品销售物流安全的影响因素和风险进行详尽分析,进而借助几类常用的安全评价方法组合评价区域内生鲜农产品物流系统安全水平。

2.3 本章小结

本章主要阐述生鲜农产品物流相关概念,介绍本文研究用到的一些基本理论。首先给出了现代物流、逆向物流和物流网络等一些基本概念;然后界定了农产品相关的一些概念,包括生鲜农产品、食品供应链和生鲜农产品物流;进而给出了冷链、冷链管理以及风险管理的基本定义和思想;最后,本章分析了协同学、自组织、耗散结构、现代优化等基础理论,用于分析基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理,优化生鲜农产品物流网络,分析与评价生鲜农产品物流安全风险。

第三章 基于冷链的生鲜农产品物流网络

现有的生鲜农产品物流设施陈旧、服务于生鲜农产品的物流链条经常脱节，物流运作水平低下，这些问题直接导致生鲜农产品物流运作成本居高不下，物流资源利用率低，生鲜农产品在物流过程中损耗严重。本章主要研究基于冷链的生鲜农产品的农产品物流网络，以辅助现有物流资源的整合，并借助冷链物流体系，从而保障生鲜农产品从“农田到餐桌”过程中的高品质。

3.1 国外农产品物流发展现状

总体上看，发达国家农产品物流发展水平普遍较高，政府在发展农产品物流过程中往往给予政策支持、不断完善相关法律法规，同时提供资金、教育等方面的支持和帮助，物流设施设备先进，基础设施完善、信息化水平较高。

3.1.1 美国的农产品物流^[99]

美国拥有一个庞大、通畅、高效和专业化的农产品物流体系。据统计，美国 90% 的农场主平均拥有土地在 1 万亩以上，农业生产的区域生产分工明确，目前已经形成了固定且高效的流通网络。每个大型的农场都有专门的储存、包装、分拣的设备和工厂。约有 60% 以上的农产品是通过超市到达消费者的；另外 40% 是通过批发市场或者贸易的方式直接销售到零售商和贸易商。10% 左右小规模农场主中，一部分是种植有机产品（目前主要以有机蔬菜和水果为主），这需要先进的管理和技术水平；另一部分是相对比较落后地区的农户由于还没有发展到一定的规模，所以借助协会或合作组织的帮助进入流通领域，农产品物流过程如图 3-1 所示。

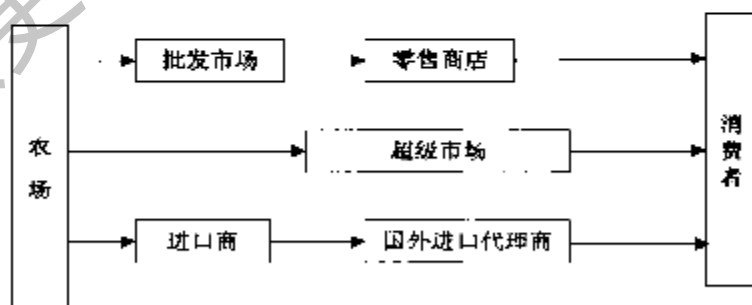


图 3-1 美国农产品物流过程示意图

3.1.2 日本的农产品物流

日本的农产品物流在世界上处于领先地位，各个环节的技术水平都相当完善和发达。物流从业主体主要是以批发市场为核心、单个企业为主导的形式。一方面，农产品行业协会在物流中发挥积极作用，农协将农民生产的产品集中起来，进行统一销售，担当了生产者与批发商之间的产地中介；另一方面，日本政府对农产品物流管理体系通过自上而下的统一行政体系设置，使每一环节都有专门的机构和部门负责具体的事务，具体物流流程如图 3-2 所示。

农产品物流组织有序，设施先进，物流环节保值增值作用显著。为了提高农产品的附加值，使农产品销售过程合理化，提高效率，日本建立了一批加工厂、预冷库、冷藏库、运输中心、地方批发市场、超级市场、商店等，并在全国大中城市的中央批发市场建立了分支机构。

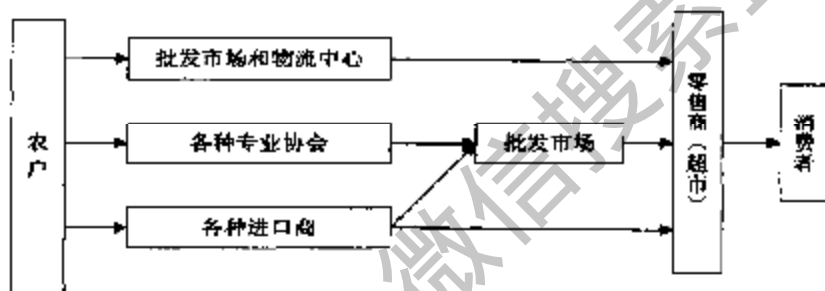


图 3-2 日本农产品物流过程示意图

3.1.3 欧盟的农产品物流

欧盟的农业生产规模没有美国大，农场主倾向于市场化经营，建立了垂直合作一体化的市场运行体系，农产品物流的专业化程度越来越高。超级市场不断发展壮大，越来越多的消费者从超市购买生鲜食品，在法国 68% 的消费者从超市购买生鲜食品，这一比例在荷兰为 72%、英国为 80%。批发市场的作用明显下降，只是向小型零售商和公司以及部分餐饮机构提供生鲜食品。同时，随着消费者对食品安全重要性关注的不断提高，食品供应链的一体化整合进程进一步加快。欧盟的食品行业在向着超市化和品牌连锁经营发展的同时，对农产品附加值的提高越来越重视。在信息化方面，荷兰已经建立电子化农产品交易市场，协调联运物流中心和农产品集成保鲜中心，花卉和园艺中心的新式电子交换式信息和订货系统，向全球许多国家的广大客户提供高质量服务。

3.1.4 韩国和东南亚的生鲜农产品物流

韩国、东南亚国家等新兴工业化国家和地区的农产品物流设施水平不高，但对物流技术改进非常重视，批发市场在整个流通中的作用比较重要。韩国处于以批发市场为核心的一体化供应链管理阶段。市场的开办主体是政府，其中中央政府 40%，地方政府占 60%，政府主导型市场基础设施完善配套，管理先进，法制健全，为农产品物流的标准化和保障产品质量安全服务。

3.1.5 国外发展农产品物流的经验及启示

表 3-1 给出了部分国家和地区农产品物流的基本特点，通过农产品生产、产地集中模式、销售主体、物流配送主体、设施设备先进水平、物流总体运作特点和模式等不同角度的比较分析，上述国家和地区的物流运作有以下几个主要的发展趋势：

表 3-1 部分国家和地区农产品物流特点

国家	生产主体特点	农产品产地物流组织主体	销售主体	配送主体
美国	规模化运营	物流企业	超市、连锁店为主	配送中心
欧盟	市场化运营	采购企业	以超市为主	物流中心
日本	分散化生产	农产品行业协会	以超市为主	批发市场
韩国、东南亚	分散化生产	农民团体	超市和量贩店	批发市场

(1) 农产品生产规模化、集中化

与亚洲地区相比，欧美国家的农产品生产规模化程度较高，尽管与地域特点和政府政策法规等外部环境有关，但是小规模、分散化的农产品生产无疑会在消费地物流中心和农户之间增加采购组织者的环节，物流运作成本较高，运作难度增大，农产品的直销难以实现，根据地域分布和自然条件的不同，实现农产品生产分工的合理化，是规模化生产的基本前提。无论从物流成本、效率还是物流安全控制方面，生产的规模化对于亚非等发展中国家和地区都是农业产业化发展的必然趋势和结果。

(2) 农产品供应市场化

如表 3-1 所示，总的来看，欧美发达国家不断加大农产品生产规模，采购物流采取的外包模式，由专业的物流公司负责，农产品产地采购的企业化市场化势在必行。在日韩国家，农民合作组织也向着市场化方向发展。

(3) 农产品物流环节精简化

欧美国家农产品大部分通过配送中心集中、转运、配送，从产地到超市等零售商的直销量也占了相当比例，近年来，物流作业环节呈现日益减少的趋势。

(4) 物流配送专业化

如表 3-1 所示，目前，欧美发达国家，配送中心已经取代传统的批发市场成为农产品集散的主渠道，虽然部分亚洲国家仍主要围绕批发市场开展农产品配送，但是已经开始完善物流设施设备，采取先进的物流技术，已经具备了较高的物流运作水平。

(5) 农产品物流一体化

农产品物流一体化主要是指在物流运作主体之间的协调和合作程度；从上述国家物流模式分析可以看出，农产品从采摘（收）到零售可以分为采购、长途运输、消费地配送等物流环节；国外农产品物流的集约化和专业运作使得以往分散的物流运作主体日趋整合，总体上向物流服务社会化程度较高的第三方物流发展，呈现“竞争中的合作”的局面。

(6) 农产品物流标准化

农产品物流标准化包括物流设备标准化、信息标准化、组织标准化、运作流程标准化等，这是农产品物流集约化和一体化发展的前提。欧美发达国家物流由政府 and 行业协会组织牵头制定的物流标准日趋完善，有力保障了农产品物流的高效性和安全性。

(7) 农产品物流信息化

信息流是物流的一个重要方面，高效的信息化水平是高效物流运作的保障。美国、荷兰和日本特别注重物流运作信息化建设，不断完善物流节点的信息系统和节点间的物流信息网络，荷兰花卉配送中心的信息化就是一个典型的例子。

(8) 农产品销售连锁超市化

农产品销售通过连锁超市有利于销售、物流配送和物流安全的监管。如表 3-1 所示，目前在欧美国家超市有超过一半的农产品是通过超市和连锁零售店零售的，随着农产品供应的市场化和超市行业的快速发展，这两种模式是世界范围内农产品零售渠道的首选。

(9) 供应链管理普及化

在农产品流通方面，欧美发达国家很早已经采纳了供应链管理思想，并且针对不同的农产品形成了专业的供应链，比如猪肉供应链、生鲜蔬菜供应链等。农产品的特性决定了纵向节点类型复杂，物流时效性要求很高。实施供应链管理有利于资源整合和上下游运作主体之间的协调，特别是针对分散化、规模小的农产品生产国家，实施供应链管理，有利于农产品产业化和物流运作高效化。

3.2 国内生鲜农产品物流发展现状

3.2.1 国内现有物流渠道分析

按照生鲜农产品供应环节的构成,我国生鲜农产品物流渠道总体上可以分为直销模式、单一环节模式和多环节模式等三类。

1. 直供模式

如图 3-3 所示,直供模式是最短、而又快捷的流通渠道,农场通过将用户订购的生鲜农产品直接配送到用户手中,生产厂家将加工后的产品配送给用户,这样可以大大降低物流费用,利于物流安全的监控和管理。此类直销模式在美国和加拿大较为流行。但是,由于它比较适宜于农产品规模化生产的地区,物流设施设备和运作水平要求非常高,而我国目前农产品生产分布很散,批量小,品种多,生鲜农产品物流服务社会化程度低,因此,国内很少采用这种模式,只有部分大型酒店和宾馆采购人员在市郊蔬菜基地直接采购,运输自理。

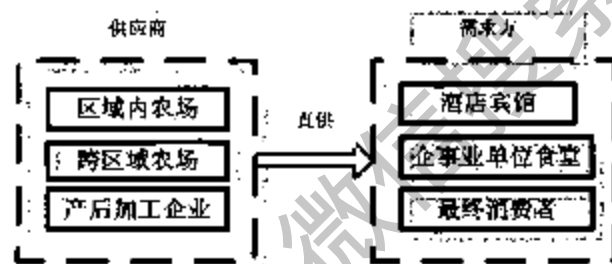


图 3-3 生鲜农产品直销模式

2. 单一环节模式

生产者(包括农场和产后加工企业)将产品直接批发给零售商。国内部分超市将生鲜卖场承包给个人,采购人员直接去市郊农场批量采购,消费地农场直供新鲜蔬菜给农贸市场,这些都是较为常见的蔬菜供给模式,而水果和水产品的供应一般不采取这类模式。

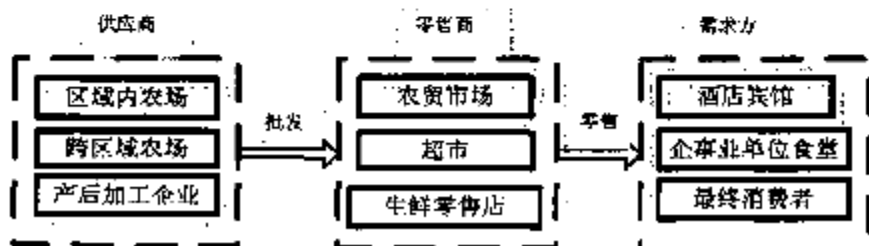
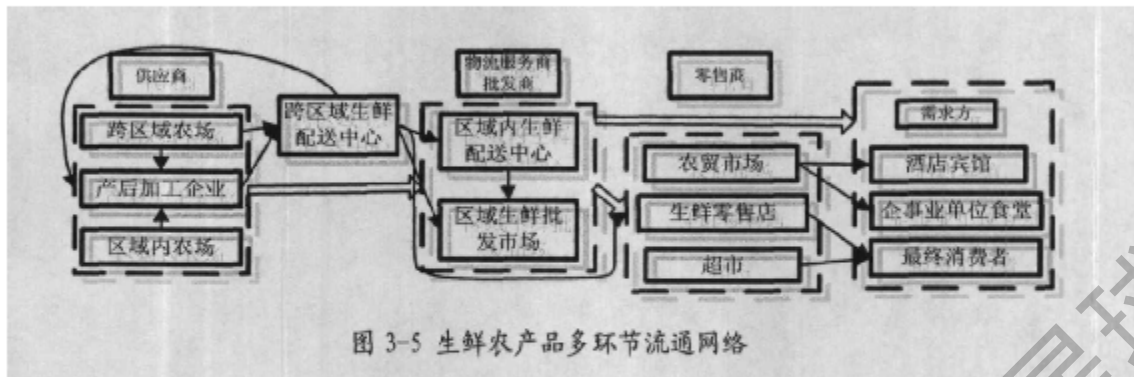


图 3-4 生鲜农产品单一环节物流渠道

3. 多环节模式



如图 3-5 所示,我国生鲜农产品多环节流通网络比较复杂,最长的物流链条包含 6 个环节,最短的也有 4 级,集散主体(生鲜配送中心和批发市场)和零售主体的供应商种类繁多,批发和零售渠道多样。

3.2.2 主要物流节点的发展现状分析

1. 产后加工企业

根据加工后产品的特性不同,产后加工企业可以分为生鲜农产品初级加工企业和农产品深度加工企业。初级加工一般不改变生鲜农产品原有的物理和化学特性,产后加工后面向生鲜配送中心、批发市场、超市、零售店和农贸市场等销售,生鲜物流贯穿于物流网络始终,包括供应物流和销售物流两部分。目前,国内生鲜农产品加工企业多为深加工企业。深加工一般则改变原有产品的大部分特性,例如果酱、蔬菜汁和海鲜干货等,产成品部分也销往上述批发零售点。

2. 批发市场

批发市场是农产品流通的最主要环节,它作为大范围、大批量农产品的集散中心把多种流通渠道连接在一起形成网络,贯通了城乡之间和地区之间的关系,方便了农商结合,内外贸衔接。它具有五个基本功能:商品集散的功能;价格形成的功能;信息中心的功能;调节供求的功能;综合服务的功能。

农产品批发市场是为农产品集中进行交易提供场所的有形市场,自 20 世纪 80 年代初期在我国出现之后,主要通过 3 条途径获得了巨大的发展:一是在原有农贸市场和集贸市场的基础上发展壮大起来;二是为适应经济发展的需要而兴建和发展起来的官办批发市场;三是企业性批发市场^[100]。

目前,国内现有 4300 个农产品批发市场,承担着 7 成以上农产品的流通。我国大中城市消费生鲜农产品的 50%—70%是通过批发市场提供的,而且通常

是城市规模越大,这个比重就越高。尤其是近 10 多年来,随着经济的快速发展,涌现出一批具有较强辐射能力和多种功能的大型批发市场,如北京大钟寺、河北乐亭、山东寿光、深圳布吉、成都四马桥、长沙马王堆等地的蔬菜、果品批发市场。

当前,农产品批发市场呈现以下 4 个方面的特点(4 多 4 少):

(1) 城市销地和集散地综合农产品批发市场多,农村产地产业化农产品批发市场少;

(2) 经营分散、规模小、技术含量低的农产品批发市场多;组织化程度高、规模大、技术水平高的农产品批发市场少;

(3) 个体商户为主的农产品批发市场多,集体经济成分的农产品批发市场少;

(4) 纯粹的农产品批发市场多;横向联合的农产品批发市场少^[101]。

3. 生鲜农产品配送中心

生鲜农产品配送中心的基本功能可以概括为“三配送一储藏二连接”,三配送即对农产品、技术、信息实行双向配送;一储藏就是建立自己的冷库和仓储中心,增强保鲜储藏功能;二连接就是一头连接会员(包括农户、各农民专业合作社、各优质农产品生产和加工基地),另一头连接需求者(包括产销地批发商、城区各企业的食堂、超市、酒店和农贸市场),实现农产品快速流通。

目前国内生鲜配送中心共有 3 类:一是以大型采购集团为依托,以组织货源和实施配送为主的配送中心,主要服务于连锁零售店和超市;二是以促销本地农产品为主的配送中心,主要与本地农户、合作社等合作实现本地生鲜农产品产供销一体化;三是以本地团体客户为主的配送中心,主要服务于企事业单位食堂和酒店宾馆等。

近年来,一批现代化的农产品物流中心正在全国各地悄然兴起,沈阳、武汉、海口、深圳、青岛等地都先后建立起了大型农产品物流中心。这些农产品物流中心往往以农产品交易市场或农产品生产基地为依托兴建,集农产品收集、流通加工、仓储、包装、配送等多功能于一体,它与农产品批发市场相辅相成、相得益彰,又存在本质上的差别^[102]。

4. 超市(生鲜卖场)

世界范围内生鲜农产品进入超市的比率正在迅速增长。在欧美发达国家,高达 80%-95%的农产品通过超市和大型食品商店流通,绝大多数消费者购买农产品都选择去超市。2005 年亚太地区经由超市销售额占农产品零售总额的 75%,通过传统的商店和农贸市场销售额只占 25%。我国在 20 世纪 90 年代后才涉足生鲜农产品超市销售领域,通过超市销售的农产品还不到农产品零售总额的

15%。

目前,我国超市销售的生鲜农产品主要有3种不同的采购模式:第一种模式是超市采用供应商(农产品加工厂)供货形式;第二种模式是超市直接从批发市场采购;第三种模式是超市直接上农产品产地(农场)采购。超市农产品配送模式有:第1种模式是通过供应商自己负责配送或者外包给专业配送中心配送,第2种模式是全部或部分农产品经由超市配送中心配送^[103]。

超市销售农产品有两种主要的模式:一种是自营,指超市买断供应商的农产品,然后在商场销售,对销售的农产品进行统一管理;另一种是联营,指超市与供应商共同管理和销售农产品,一般是在超市商场内划出一块场地让供应商或者经销商销售他们的产品,超市对产品价格规定最高限价。

居民收入日益增长、大规模的城市化、超市良好的购物环境、外资超市的进入、超市本身迅速扩大规模以及政府的积极政策等为超市的发展提供了新的空间,超市的发展正在改变我国传统的农产品生产、流通和消费模式,逐渐取代传统的农产品零售商店和农贸市场成为一个新的发展趋势,预计到2012年经由超市销售的农产品占农产品零售总额的比例可能增加到50%。

5. 农贸市场

从20世纪80年代中期,我国进行了农产品流通体制改革,取消了农产品统派购制度,生鲜农产品的经营业态也开始从国营商业公司和供销合作社向城乡农产品集贸市场过渡。在农贸市场条件下,买卖双方在市场内直接交易,交易成功后钱货两清,近年来,农贸市场是中国城乡生鲜农产品流通的主要渠道。

目前,生鲜批发市场和区域内农场为农贸市场的主要进货渠道,产后加工企业的直接配送也仅限于区域内的部分生产厂家;生鲜配送中心的模式也仅限于部分大城市;农贸市场的生鲜农产品主要是零售给消费者,酒店、宾馆、企事业单位食堂的集体采购较少。

我国农贸市场已形成包括蔬菜、水产品、肉类、果品等经营品种齐全的网络体系,应季商品较多。低成本运营和竞争性服务已为大多数市民认可,据调查,目前有87.8%的消费者在农贸市场买菜^[104]。但是,农贸市场存在很多不足,如下:

- (1) 经营主体是个体商贩,人员构成混杂,流动性大。
- (2) 生鲜农产品质量监控管理难,安全责任可追溯性差,安全隐患多;
- (3) 布局不合理,给城市的土地利用、发展规划、交通安全以及环境卫生带来了一系列的问题^[105]。

6. 连锁零售店(包括生鲜超市)

连锁经营是通过对若干零售企业实行集中采购、分散销售、规范化经营,

从而实现规模经济效益的一种现代商品流通方式,主要有直营连锁、特许连锁、自由连锁等类型,实行统一采购、统一配送、统一标识、统一经营方针、统一服务规范、统一销售价格等是连锁经营的基本规范和内在要求,它是一种先进的经营形式^[106]。

生鲜连锁零售店一般由厂家或通过配送中心直接配送;近些年来,在国内,生鲜农产品连锁零售店逐渐增多,例如水果店、蔬菜店、生鲜肉连锁店(如双汇集团的生鲜猪肉连锁店)。水果专卖超市连锁店发达地区主要集中在上海、北京、深圳三大城市。目前,在安徽省合肥市也出现了水果连锁超市,规模比较大的已经开了3-4家连锁店,主要分布在大型社区附近。

3.2.3 生鲜农产品物流系统发展现状

结合农产品流通渠道分析,参照国外生鲜农产品物流的发展现状,将我国生鲜农产品物流发展现状归纳为以下7个方面:

(1) 农产品供需矛盾日益突出

首先,生鲜农产品产量巨大。如表3-2所示,我国是农业大国,果蔬产业在国内已成为仅次于粮食、生产总值占第二、三位的农村经济支柱产业。据联合国粮农组织统计,我国果品总产量位居世界前五位,其中,我国苹果产量居第一位,柑橘总产量居世界第三位。

表3-2 主要生鲜农产品统计数据

类别	果蔬种植面积	果品产量	蔬菜种植面积	蔬菜产量	苹果产量	柑橘产量
占世界(面积、产量)比例	18%	13%	35%	40%	37.1%	9.9%

其次,人们消费方式出现了新的变化。近年来,随着国民经济的快速发展,人们的食品消费方式不断变化:从传统的家庭操作型转向方便、熟食、个性型消费;大型量贩店、中型生鲜超市、小型便利商店、食品专门店等成为我国食品流通的主渠道,由于食品消费方式、结构的变化,对食品物流过程食品品质、卫生保证和食品前置期保证提出了更加严格的要求。

生鲜农产品需求强劲与农产品物流运作效率低下的矛盾还在持续,人们需求的品种多样性和生鲜农产品生产和供给品类的单一化,以及生鲜农产品需求高品质化与粗放式的供应物流运作这两对矛盾日益突出。

(2) 系统环节多,流通时间长,效率低

生鲜农产品物流渠道环节众多,运作主体多样,在整个多环节多主体的物

流链条上,流通效率低下,经常出现物流不畅,产销脱节现象^[107]。

(3) 系统运作主体多,组织化程度低,物流管理水平低

在农产品物流运作系统中,既有资金实力相对雄厚的农场、产地批发商、销地批发商、初级加工企业、大型连锁零售商,也有力量非常单薄而分散的农户、个体运输商、小商店及个体摊贩。虽然从事生鲜农产品物流运作主体绝对数量大,但众多的参与个体规模小、层次低、离散性强,使得物流活动作业分散,专业化程度不高,组织管理效率低下,缺乏竞争力,难以获得物流系统规模效益。

(4) 系统物流功能单一,作业手段简陋,技术落后,附加值低

由于物流运作主体的多元化、分散化和非专业化,先进的物流技术与装备难以采用,大部分农产品流通过程中由于缺乏必要的系统物流功能保障,使得农产品加工处理落后、分级简单、粗糙,包装简陋,形质效果差。而农产品大多是以初级产品形态出现,物流活动也是以常温物流形式为主,使得农产品保存时间短,难以实现远程营销。

(5) 系统节点信息处理功能弱,手段落后,传递渠道不畅

长期以来,整个物流系统从农户到零售终端,各流通环节由于缺乏完善的农产品信息采集、加工整理和发布体系及手段,农民对市场供求信息获取渠道单一,各经营环节信息滞后失真现象严重。

(6) 系统网点布局不合理,设施现代化程度低,集散能力薄弱

由于地方本位主义严重,条块分割,缺乏对批发市场建设的全盘规划,重复建设严重,且批发市场的建设一般只注重基础设施的建设,而对物流过程所必须的储存、包装、分拣、搬运、冷藏等物流设施与设备的投入却很少,致使批发市场设施现代化程度普遍较低,以传统的粗放型物流(散装、散卸、散存、散运)作业为主,农产品批发市场物流集散能力非常薄弱,难以发挥我国物流核心节点的作用。

(7) 政府越来越重视生鲜农产品物流体系的建设,出台了一系列政策法规

2004年中央一号文件提出:“加快发展农产品连锁、超市、配送经营,鼓励有条件的地方将城市农贸市场改建成超市,支持农业龙头企业到城市开办农产品超市,逐步把网络延伸到城市社区”,2005年4月,商务部、财政部、国家税务总局又共同下发了《关于开展农产品连锁经营试点的通知》,提出“鼓励有条件的地方将农贸市场改建成超市”等。各级政府的政策支持为超市生鲜农产品经营提供了良好的政策环境^[108]。

“十一五”期间,农业部将在全国组织实施农产品批发市场“升级拓展5520工程”,即在5年内通过多方筹资重点扶持建设500个农产品批发市场,推进设

施改造升级和业务功能拓展 20 项工作。实施“升级拓展 5520 工程”对于全面促进市场现代化建设,提升服务功能具有重要而深远的意义。

“十一五”期间,商务部将全面推进“万村千乡市场工程”。通过政策扶持,示范指导、自愿参与的方式,逐步推进连锁经营等现代经营方式,逐步推进连锁经营等现代经营方式,改造和建立标准化“农家店”,加快形成农村居民日常生活服务的零售网络终端。重点建设 100 家左右面向国内外市场、现代化的大型农产品批发市场;着力培育 100 家左右有国际竞争能力、面向国际市场的大型流通企业,重点支持农产品物流配送中心、建设以冷藏和低温仓储、运输为主的农产品冷链系统。到 2010 年,农产品连锁超市、便利店等新型业态中的销售比重,达到全部农产品零售额的 1/3。

3.3 国内外生鲜农产品冷链物流

3.3.1 国内外冷链发展历程

(1) 国外冷链发展历程

1958 年,美国的阿萨德等人提出的冷冻食品品质保证的时间、温度、耐藏性的容许限度,即“3T”概念;接着左尔补充提出冷冻食品品质还取决于产品冻前质量、加工方式、包装等因素,即“3P”理论;后来又有人提出冷却保鲜、清洁、小心的“3C”原则,即要求易腐食品原料(Produce)的品质好、处理工艺(Processing)好、包装(Package)符合货物的特性;并且在流通与加工的整个过程中对易腐食品要爱护(Care)、注意清洁卫生(Clean)以及低温环境(Cool);同时还要满足时间(Time)一温度(Temperature)一容许变质量(Tolerance)条件。这些理论不仅成为低温食品加工流通与冷链设施遵循的理论技术依据,更重要的是它奠定了低温食品与冷藏链发展和完善的坚实理论基础^[109]。

以家用电冰箱为代表的家庭冷藏设备的普及与多样化,以及超级市场的出现促使那些易腐且具有高营养、高品质的食品以冷藏商品的形式进入市场,加之微波炉为代表的家用解冻和热加工设备的普及,推动了食品冷链的发展和完善。国际上从 30 年代初期的冷藏链到 50 年代冷冻食品直接以商品形式出现,即指从生鲜食品的预处理、加工、包装、储藏、运输到配送、销售在内各环节形成一种低温连环式结构,之后又经历了几十年,各类低温食品冷藏链在发达国家近年来才达到完善的程度。

速冻食品是当今世界上发展最快的食品行业之一。近 20 年来,一些经济发达国家速冻食品业的发展极为迅速。美国 50 年间速冻食品产量增长了 1379 倍,

全美各类速冻食品的总产量超过 1300 万 t, 产值超过 500 亿美元, 年人均消费量大约为 60kg, 居世界首位。日本近 20 年来速冻食品产量增长了 53 倍。西欧即使在经济萧条的情况下, 其速冻食品工业仍能持续稳定地增长, 部分发达国家冷冻食品之所以有如此大的发展, 很大程度上是由于其完善的冷链系统起着重要的作用。

但是, 发展中国家为改善食物保存、降低食品采后损失所做的工作很少, 因此采后损失十分严重, 加之冷藏链不连贯, 且主要集中在城市、港口的冷藏贮存以及小冷库。冷藏链的其它环节(冷藏、冷冻、产地的冷藏以及控温运输)也有很长的路要走。发展中国家的冷藏链建设远远谈不上完善, 可以认为还处于初级发展阶段。其目标一般还较为侧重于数量保证, 对品质的保证还有待于进一步发展完善。虽然冷藏链并不发达, 但由于城市的迅速发展而导致食品流通量大幅增加, 因此, 冷藏链在保障发展中国家的食品供应中起着不可替代的作用。

(2) 国内冷链发展历程

我国的冷链起步于 50 年代的肉食品外贸出口。1982 年, 我国颁布了“食品卫生法”, 诞生了我国食品冷链的雏形。近 20 年来, 中国的食品冷链不断发展, 以一些食品加工行业的龙头企业为先导, 已经不同程度地建立了以自身产品为核心的食品冷链体系, 包括速冻食品行业, 肉食品、水产品和果蔬类加工企业, 冰淇淋和奶制品企业, 大型快餐连锁企业, 还有一些食品类外贸出口企业^[110]。

在理论研究方面, 谢如鹤等人 1996 年首次提出了“保鲜链”的概念, 并将其定义为综合运用各种适宜的保鲜方法与手段, 使鲜活易腐食品在生产、加工、储运和销售的各环节中, 最大限度地保持其鲜活特性和品质的系统^[111,112]。它是一个比冷藏链内涵更丰富的概念, 可以说“冷藏链”仅是“保鲜链”的一个子系统。基于已有的“冷藏链”的三个实现条件:“三 P”、“三 C”和“三 T”, 他进而提出了“保鲜链”和冷藏链的“三 Q”和“三 M”两个实现条件。“三 Q”条件: 即保鲜链中设备的数量(Quantity)协调, 设备的质量(Quality)标准的一致, 以及快速的(Quick)作业组织。保鲜链中设备数量(能力)和质量标准的协调能够保证易腐食品总是处在适宜的环境(温度、湿度、气体成分、卫生、包装)之中, 并能提高各项设备的利用率。“三 M”条件: 即保鲜工具与手段(Means)、保鲜方法(Measure)和管理措施(Management)。在保鲜链中所使用的贮运工具及保鲜方法要符合食品的特性, 并能保证既经济又取得最佳的保鲜效果; 同时, 要有相应的管理机构和行之有效的管理措施, 以保证保鲜链协调、有序、高效地运转, “三 Q”和“三 M”条件的提出是对冷藏链理论体系

的有效补充和完善^[113]。

我国冷链物流虽然起步较晚，还没有形成较为完善的冷链体系，但是冷链物流市场需求巨大，但发展前景广阔，近年来中央政府特别重视冷链物流体系的建设。2004年底，国务院在《关于进一步加强农村工作提高农业综合生产能力若干政策的意见》中明确提出，各地要“加快建设以冷藏和低温仓储运输为主的农产品冷链系统”。2005年2月25日，交通部副部长冯正霖宣布，构建全国范围的低成本鲜活农产品“五纵二横绿色通道”运输网络，这一网络利用现有的国道网，总里程将达到2.7万公里，较原有的“绿色通道”增加1.6万公里，直接连通全国31个省会城市、71个地市级城市，形成覆盖所有具备一定规模的重要鲜活农产品生产基地和销售市场。贯穿全国31个省、自治区、直辖市的“绿色通道”骨架，为鲜活农产品跨区域长途运输提供快速便捷的主通道，冷链物流进入快速发展新时期。

3.3.2 国内生鲜农产品冷链物流发展现状

欧美发达国家在果蔬采收后经过商品化处理，在储藏、运输、销售及售后消费者短暂存放的全过程中始终保持果蔬新鲜所要求的温度、湿度和氧气含量。也就是说，果蔬从离开田间枝头的那一刻起，直到消费者的餐桌前，都在冷链中流通，已经形成比较完善的冷链物流体系。

但是，我国生鲜农产品冷链物流的发展水平偏低，目前主要面临以下几个方面的问题：

表 3-3 冷链物流相关指标统计数据^[118-120]

国家	冷藏保温车占货运企业车辆拥有量的比例	预冷保鲜率	冷藏运输率	水果损耗率	蔬菜损耗率
中国	0.3%	30%	10%	25%	30%
美国	1%	80-90%	100%	1.7%	5.0%
发达国家总体平均水平	1-3%	80-100%	80-90%	5%	

(1) 尚未形成完整独立的生鲜农产品冷链体系

我国的生鲜农产品冷链还未形成体系，目前，大约90%肉类、80%水产品基本上还是在没有冷链保证的情况下运销，如表3-3所示，预冷保鲜率和冷藏运输率分别为30%和10%，远低于发达国家的80-100%和80-90%，铁路冷藏食品运量仅占总货物运量的1%，公路运输中易腐保鲜生鲜农产品的冷冻冷藏运输只占运输总量的20%，其余80%左右的禽肉、水产品、水果、蔬菜大多是普通

卡车运输, 冷链物流系统发展的滞后在相当程度上影响着食品产业的发展, 同时造成严重的生鲜农产品物流安全隐患。

(2) 生鲜农产品冷链的市场化和专业化程度很低, 第三方物流介入很少

我国易腐食品除了外贸出口的部分外, 国内销售部分的物流配送业务多由生产商和经销商完成, 冷链物流很少外包, 生鲜农产品冷链的第三方物流发展十分滞后, 服务网络和信息系统不够健全, 严重影响了生鲜农产品物流的在途质量、准确性和及时性。

(3) 生鲜农产品冷链物流设施设备落后, 总量不足且分布不均衡

冷链设施设备陈旧, 发展和分布不均衡, 无法为易腐食品流通系统地提供低温保障。内地货运车辆约 7 成是敞篷式设计, 只有约 3 成为密封式或箱式设计, 而备有制冷机及保温箱的冷藏车连 1 成都不到。特别是我国的铁路冷藏运输设施非常陈旧, 大多是机械式的速冻车皮, 规范保温式的保鲜冷冻冷藏运输车厢偏少, 冷藏集装箱尤为缺乏。如表 3-3 所示, 冷藏保温车仅占货运企业车辆总数的 0.3%, 远远落后于发达国家的 1—3%。

(4) 生鲜农产品冷链物流过程中的损耗巨大

全国每年果品腐烂损失近 1200 万吨, 蔬菜腐烂损失 1.3 亿吨, 按 1 元/kg 计算, 经济损失超过上千亿元^[114]。农产品的“鲜活”程度是其生命和价值所在; 由于受到运输储藏作业条件的制约, 大大限制了运输半径和交易时间, 且农产品在流通过程中损失很大, 据不完全统计, 我国水果蔬菜等农副产品在采摘、运输、储存等流通环节上的损失率高达 25%—30%, 而发达国家损耗率仅为 5%^[115,116], 如表 3-3 所示。

(5) 冷链物流运作成本偏高

运输冷链物流运作的难度高, 运输过程中损耗大, 整个物流费用占到易腐物品成本的 70%, 而按照国际标准, 易腐物品物流成本最高不超过其总成本的 50%^[117]。

(6) 生鲜农产品冷链缺乏上下游的整体规划和整合

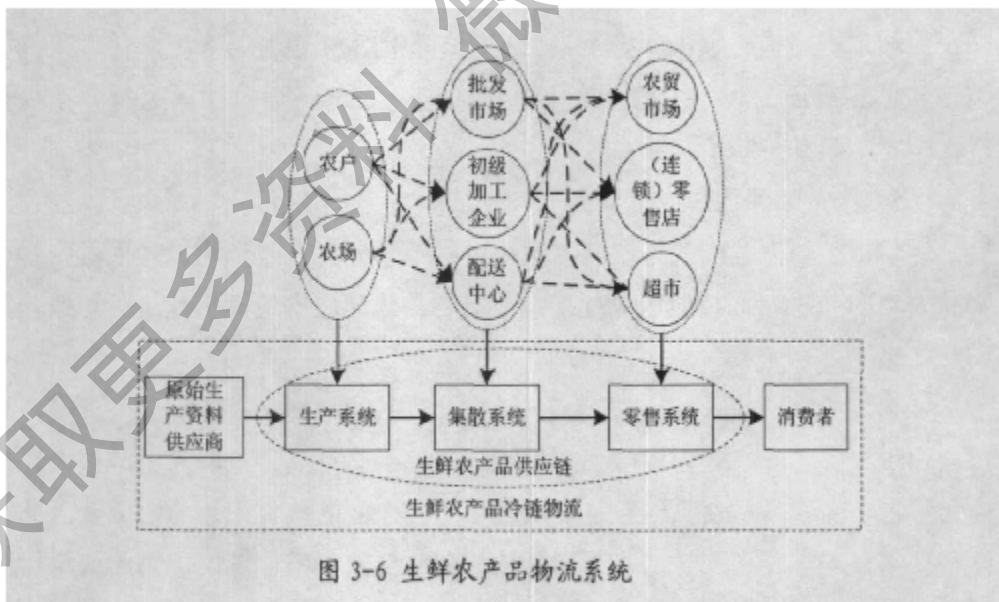
由于我国农业产业化程度和产供销一体化水平不高, 虽然产销量很大, 但在初级农产品和易腐食品供应链上缺乏上下游之间的整体规划与协调, 因此一些局部发展中存在严重的失衡和无法配套的现象, 整体发展规划的欠缺影响了生鲜农产品冷链的资源整合以及行业的推动。

因此, 从物流需求、物流成本、食品物流安全、农产品品质等角度分析, 生鲜农产品物流实施冷链管理显得尤为必要, 从长远看, 应当构建适合我国国情的生鲜农产品冷链物流体系, 以保证食品品质, 降低物流成本, 保障物流安全, 实现生鲜农产品的快速稳定的流通。

3.4 生鲜农产品物流网络形成机理分析

3.4.1 生鲜农产品物流节点体系耗散结构分析

生鲜农产品，特别是初级产品的物流环节主要包括（初级）生产者、批发商和零售商三个主要环节，通过上一节的分析，在每一层级上均存在许多不同类型的运作主体，如图 3-6 所示，可以将其分解为三个复杂系统，便于分析生鲜农产品供应链环境下的横向子系统的自组织特性，辨析它们发生自组织的耗散结构条件。首先，三个系统均与外界有物质、能量和信息的交换，例如产品和种子的采购、产品供求信息交流等，因此它们显然是开放的；其次，系统内部各个组织主体之间发展不均衡，例如从生鲜农产品生产环节看，单个农户和大规模农场的生产规模具有较大的差距，各个系统均处在远离平衡状态；再次，各个系统内部又存在一些非线性动力学过程，例如，一个种植户生产技术的改进可能会在短时期内带动附近其他农户的迅猛发展；最后，系统内部的个体，亦即子系统，所处的状态千变万化，系统状态不是个体状态的总和，而是一个总和平均的效应，因此必然存在涨落现象。可见，三个横向系统已经具备了耗散结构亦即系统自组织化的基本条件，同理，纵向三级物流节点（运作主体）系统也符合耗散结构的四个基本条件。



3.4.2 我国生鲜农产品运作主体系统自组织化分析

1. 生产主体自组织化过程分析

(1) 生产主体类型分析

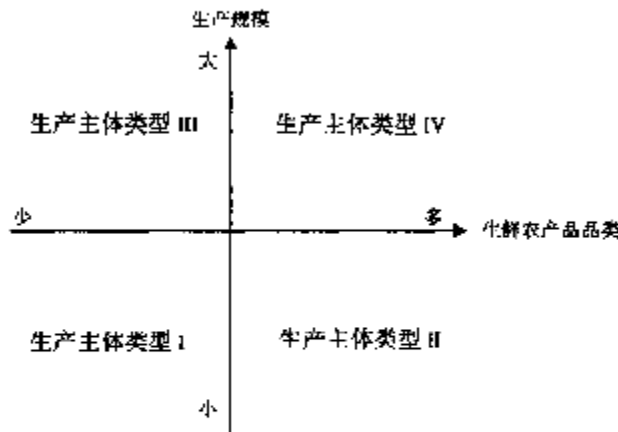


图 3-7 生鲜农产品生产系统主体类型的二维空间模型

近年来，国内外生鲜农产品生产正向规模化、品种多样化的方向发展。如图 3-7，通过二维空间模型可以将生产主体类型分为 4 类：

生产主体类型 I：自给自足生产模式。品类稀少，生产规模小，产出的生鲜农产品自给自足，一般不外销，例如禽蛋类和部分应季蔬菜的生产，国内农村比较普遍。

生产主体类型 II：小农生产模式。品种较多，生产规模偏小，生鲜农产品部分外销，主要在当地集贸市场销售，生产模式以果园、小型渔场居多，在国内农村也比较普遍，但数量要比类型 I 要少。

生产主体类型 III：批量生产模式。品种较少，生产规模较大，例如散户蔬菜的大棚生产，单一品类水果的批量种植等；产品以外销为主，除了少部分在产地集贸市场销售外，大部分都运往所辖地区批发市场。

生产主体类型 IV：基地生产模式。品种较多，生产规模大；例如水产品养殖基地、蔬菜生产基地等。生鲜农产品销售渠道较为复杂，通常，大部分产品或者出口，或者直接运往消费地批发市场进一步销售。

（2）生产系统自组织化过程分析

根据自组织理论的解释，如果原本分散的、彼此无关的、相对独立的各个事物形成了一个具有整体结构和功能的新的系统，那么这个新的系统就称之为组织，这一过程被称为组织化。

依据协同学自组织理论，生鲜农产品生产系统内部的各个运作主体在系统演变过程中相互竞争和协同，由于生鲜农产品需求弹性较小，对于应季蔬菜和水果，竞争主要体现在以较高的价格实现销售量最大化，规模化生产主体在竞争初期居强势地位，单一品类批量生产农户和生产基地的竞争尤为激烈，初期竞争主要体现在价格上，由于物流运作水平的参差不齐，物流成本成为另一个

竞争焦点,随着消费者需求特性的变化,生鲜农产品品质的高低也是竞争过程中的关键因素,由此引起运作主体之间的协作,共同开发或者投资研制新的农业生产技术,以至形成区域生鲜农产品产销协会,协助政府部门实现对食品品质的监控。

由于消费地和产地一致,对于小型散户来说,竞争主要集中在产品价格上。在生鲜农产品收获期间,随着竞争的持续和加剧,必然导致农产品价格失去优势,利润空间压缩,这时农户之间就会寻求合作,成立类似农产合作组织的合作主体,规范市场秩序,实现农产品的规模化采购和供给,由于零散农产品的快速集中和规模的膨胀,散户内部的竞争开始削弱,大量散户通过中介组织或协会在对规模化生产主体的竞争中占有一席之地,由于销售范围的约束,竞争主要集中在生产区域内部,散户的竞争弱势地位没有发生根本变化。

由此,在子系统竞争和协作过程中,规模化生产主体将成为序参量,支配整个系统向着稳定有序的方向发展,最终农业合作组织的自发形成维系着散户的生存和发展,竞争中的合作趋向合作中的竞争,生鲜农产品生产更加注重物流成本的降低和产品品质的提高。

近年来,农民专业合作社在生产产品生产和销售过程中发挥着越来越重要的作用。例如,浙江省台州市是全国最大的西兰花生产基地,产量占全国总量的70%,前几年台州西兰花出口曾因不符合进口国的蔬菜农残标准,被“绿色”技术壁垒阻挡而损失惨重,为应对贸易壁垒,台州市通过成立农民专业合作社,以发展有机食品为目标,牵手农民闯市场,联合企业破壁垒,通过科技创新求发展,建立了规范的市场体系,确保了西兰花质量安全;山东省寿光市在蔬菜产业化生产方面走在全国农村的前列,在农药、种子、肥料、专业蔬菜合作、蔬菜运输、蔬菜销售、蔬菜加工、蔬菜配送等方面拥有数目庞大的农民专业合作社,对于寿光蔬菜产业化经营和品牌打造过程中起着举足轻重的作用。

2. 集散主体自组织化过程分析

(1) 集散主体类型分析

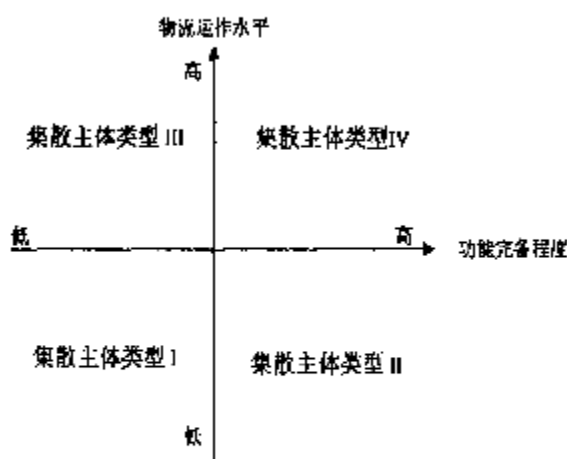


图 3-8 生鲜农产品集散主体类型的二维空间模型

集散主体主要指负责衔接生产和供应的运作主体。依据物流运作水平和功能完备程度的不同可以将其分为以下 4 个主要类型。

集散主体类型 I：乡镇集市模式。功能单一，物流运作粗放；生鲜农产品集散规模小，运作主体多为商贩，大都通过汽车进行简单的短途运输，物流运作水平较低，集市仅仅服务于辐射范围内的农户，主要提供零售场地，没有仓库和其它配套设施，功能较为单一；

集散主体类型 II：批发市场。功能较为齐备，物流运作水平不高；生鲜农产品品类繁多，批发市场具有批发、仓储、零售功能，冷藏设施较少，没有专业化的物流配送服务，物流运作以自营物流为主，总体运作水平偏低。

集散主体类型 III：专业化冷库。功能不多，但物流现代化水平高；主要提供生鲜农产品的贮存服务，各类冷库保证了良好的仓储质量，长途运输和短途运输均由供应商和需求方负责，部分物流业务实行外包，总体运作水平较高。

集散主体类型 IV：生鲜农产品物流中心。功能较多，物流运作一体化水平高；提供生鲜农产品储存、配送和展示等多种服务，冷库专业化水平高，消费地配送和供应物流外包给专业第三方物流企业，物流综合运作水平较高。

（2）集散系统自组织化过程分析

目前，在我国上述集散运作系统中，批发市场和产地集市等主体形态占有主导地位。国际上生鲜农产品的集散已经呈现规模化和物流运作集约化的发展趋势。

鉴于集散系统满足自组织耗散结构条件，依据协同学自组织理论，现有的粗放的生鲜农产品集散系统必然会向更加有序的高级稳态结构演变。在产地消费地相同的情况下，系统内部竞争主要体现在生鲜农产品销售市场份额的竞争，生产农产品的集散范围有限，区域内市场竞争的主体是集市和批发市场，当竞

争走向无序，价格将成为焦点，同时造成生鲜农产品的流通渠道复杂化，此时竞争主体开始注重物流成本的降低，粗放分散的物流运作显然不可行，由此集散主体趋向合作，物流运作水平的提高在一定程度上降低了单位运作成本，在此期间，针对农产品品质的竞争日益加剧，物流成本的竞争协作原理一致，最终推动了专业化冷库和现代化物流设施设备的换代升级，良好的协作使得散户生鲜农产品流通渠道合理化，区域内部中小型冷库成为一个重要的序参量，支配着系统向更高级的方向发展。

通过生鲜农产品流通渠道的分析，跨区域生鲜农产品集散由于运作环节多少不同，集散模式也多式多样，例如本地生鲜产品的外销可以通过本地批发市场也可通过外地批发市场直接集散，集散运作水平主要体现在时效和品质两个方面。竞争初期，由于物流设施和物流运作水平的差距，批发市场在和物流中心的竞争中处于明显的弱势地位，由于本身功能的巨大差别，加之降低物流成本的压力，在它们竞争协作过程中，批发市场有序化的发展可能朝着现代化配送中心的模式发展，目前我国已经呈现这一发展趋势。此时，物流中心等主体类型的竞争强势地位进一步加强，而对于生鲜农产品品质提高的追求，使得它们进一步走向协作，和区域内冷链体系一样，主体之间协作的紧密度的提高，必然会促进跨区域冷链物流运作水平的持续提高。

总之，不管是区域内还是跨区域的产供销将实现无缝衔接，具有高效物流运作效率的冷链物流中心（配送）将成为集散系统的主要序参量，持续促进生鲜农产品集散渠道的合理化，在一定程度上保证了良好的生鲜农产品品质。

近年来，大型企业主导的生鲜配送中心发展迅速。例如苏果生鲜加工配送中心 2007 年建成投产后，为苏果近 200 家有生鲜项目的直营门店实施主要生鲜品类的直接配送，用于苏果超市自营生鲜产品的加工、冷藏、配送，预计年配送能力将达到 10 亿元；2006 年北京投资上亿元的客隆生鲜食品配送中心项目启动，占地 2 万平方米，将服务于 40 万消费者，可向市民提供近千种蔬菜、水果、排酸猪肉、冻品等生鲜食品；光明乳业拥有 8700 平方米的冷冻配送中心和 200 辆配备冷冻设备的运输车辆以支持它在全国 32 个省和地区的销售。

3. 零售主体自组织化过程分析

(1) 零售主体类型分析

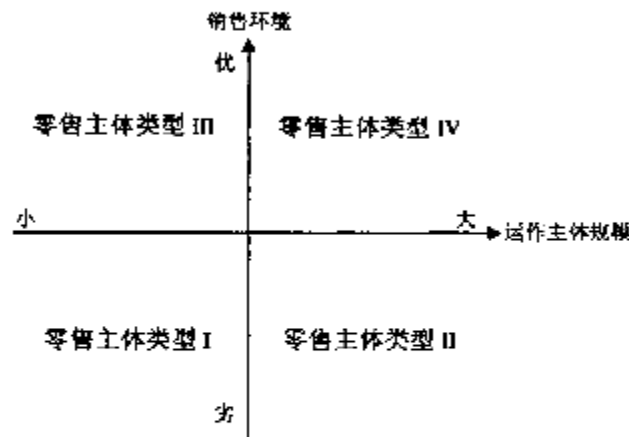


图 3-9 生鲜农产品零售主体类型的二维空间模型

如上图所示，依据销售环境和运作主体规模的不同可以将销售主体分为以下四个主要类别：

零售主体类型 I：街道小贩，零散水果店等。运作主体规模很小，分布较为零散，销售环境较差，既不利于购物，也不利于保障农产品品质。

零售主体类型 II：农贸市场。运作主体规模较大，生鲜农产品品类齐全，易于规范管理，但是销售环境较差，缺乏专业冷藏冷冻设施。

零售主体类型 III：超市生鲜卖场。水果、蔬菜、肉类和水产运营商相互独立，因此运作主体规模较小，具有良好的购物环境，生鲜农产品保鲜、冷藏和冷冻设备齐全。

零售主体类型 IV：生鲜农产品超市。一般由大型公司开办，采取连锁经营模式，经营品类齐全，专业化的包装、加工、储存和摆放保证了良好的食品品质。

(2) 零售系统自组织化过程分析

基于生鲜农产品流通渠道的分析，目前，国内农贸市场和超市生鲜卖场等是生鲜农产品零售的主渠道。依据协同学自组织理论，在现阶段，由于批量小，销售的随机性强，在销售场地方面，街头小贩在与其它类型销售主体竞争中处于明显劣势地位，竞争的加剧必然淘汰一部分小贩，同时，竞争中的协作使得相当一部分小贩加入农贸市场需求稳定的销售环境。农贸市场与超市生鲜卖场的竞争尤为激烈，由于运营模式的不同，农贸市场在产品价格上具有相当优势，同时，大街小巷的高密度分布使得消费者触手可得，竞争初期超市具有一定的劣势，农贸市场成为此阶段系统的序参量，但是随着超市和农贸市场在物流运作方面的一定的协作，物流社会化水平提高，物流成本持续压缩，农贸市场生鲜价格优势荡然无存；当新的竞争焦点转向生鲜农产品品质或销售环境时，农

贸市场处于明显的劣势地位，失去相当一部分市场份额，激烈竞争中的协作使得农贸市场向现代化生鲜超市快速转型，但是与已有的专业（连锁）生鲜超市还是有较大的差距，此时的竞争主体包括：改造后的农贸市场，新兴的生鲜超市和超市生鲜卖场；竞争中的协作必然使得零售网点分布进一步合理化，显然，此阶段生鲜超市和超市生鲜卖场是系统的主要序参量，而且很容易结为同盟，支配着系统向更高级更稳定的结构演变。

自 2002 年初开始，由福州市兴起的一场“农改超”的商业运动，在短短五年内席卷了北京、武汉、天津等大中城市。今后，生鲜超市将是北京市农产品流通渠道中的主要零售载体，北京市区 400 个社区商业中心今后均将建设规范化的生鲜超市或社区菜市场，其位置应便于社区居民购买；武汉市计划新建 10 个生鲜食品超市，改造 20 个农贸市场，升级 40 个农贸市场，到 2007 年底，农贸市场将退出武汉城区，力争新建生鲜食品超市和农贸市场改造、升级的数量，占全市现有市场的 85% 以上。构筑以连锁超市为主导、多业态并存、布局合理、便民放心的食品流通网络。2004 年天津市对 15 个农贸市场进行改造，“升级换代”为生鲜超市，农贸市场超市化改造以后，经营的品种、数量原则上应不少于原农贸市场，其蔬菜、水果、鲜活水产品、生鲜冷冻食品都应达到相应的数量；经营规模应达到 1000 至 3000 平方米，应配备符合标准的保鲜设备、制冷设备和蔬菜农残检测设备。

3.4.3 基于冷链的生鲜农产品物流网络演化过程分析

三分子模型最初是由 I. Prigogine 和 Lefever 于 1968 年提出来的，后来 Tyson 称它为布鲁塞尔器（模型）。从它产生以来，已经被广泛地运用于社会科学的研究中，并取得了一些初步的成果，如人口增长、经济发展、城市系统演化等^[121]。该模型以三分子在方程中形成的三次项来表示系统内部组分间复杂的非线性相互作用。从模型方程的演化分析可见，体现的是系统从热平衡分支到耗散结构分支的演化，即由涨落所引发的突变行为。由此可见，该模型反映了耗散结构系统的一般特点，与耗散结构原型具有较好的相似性，可以用来解释区域生鲜农产品系统的演变问题。

区域生鲜农产品物流网络演化模型如下：





其中(3-3)式是三分子自催化反应,反应了系统内部微观客体间的相互作用达到一定的复杂程度,其根本意义在于使演化方程中出现了非线性项。

在式(3-1)~(3-4)中,A和B是参数,代表外界向系统提供反应物,A表示物流产业发展环境,包括经济发展水平、物流产业发展政策、基础设施设备布局和发展水平等;B表示生鲜农产品生产布局情况、生鲜农产品流通模式及节点分布情况、冷藏冷冻设施设备发展水平等。X和Y为变量,表示系统内部互相作用的中间因素,其中X表示生鲜农产品物流成本;Y表示生鲜农产品物流安全水平;D可以理解为生鲜农产品物流网络,E可以理解为冷链物流体系; $k_i(i=1,2,3,4)$ 表示作用的速率。

假设 $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = 1$,反应扩散过程可以表示为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial t} &= A - (B-1)X + X^2Y + D_1 \nabla^2 X \\ \frac{\partial Y}{\partial t} &= BX - X^2Y + D_2 \nabla^2 Y \end{aligned} \quad (3-5)$$

依据 Dirichlet 和 Von Neumann 条件^[122],当 $A > 0, B > 0$ 时,式(3-5)有一单一的稳定态解:

$$X_0 = A \quad Y_0 = \frac{B}{A} \quad (3-6)$$

略去扩散项得到动力学方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial t} &= A - (B+1)X + X^2Y \\ \frac{\partial Y}{\partial t} &= BX - X^2Y \end{aligned} \quad (3-7)$$

将 $X = A+x$ 和 $Y = \frac{B}{A}+y$ 代入上式可得,特征值方程如下:

$$\omega^2 + (A^2 - B + 1)\omega + A^2 = 0 \quad (3-8)$$

得到特征值如下: $\omega_{1,2} = 1/2 \left[(B - A^2 - 1) \pm \sqrt{(A^2 - B + 1)^2 - 4A^2} \right]$

可见,当 $A^2 - B + 1 > 0$ 时,方程有两个负实部的共轭复根。当 $A^2 - B + 1 < 0$ 时,有方程具有正实部的共轭复根,区域生鲜农产品物流系统的稳定性由A和B两个因素决定,其中与A的关系最为密切。

出定态的线性稳定性分支表明:B可视为分支参数,而

$$B_N = 1 + A^2 B \quad (3-9)$$

H为Hopf分支(叉)点。在 B_H 处,布鲁塞尔器的热力学分支失稳,当 $B < B_H$ 时,X和Y在定态附近波动,并最终向定态收敛,区域生鲜农产品物流系统会处于相对稳定和均匀的状态。当 $B > B_H$ 时,出现稳定的周期振荡解—极限环,它是热力学分支失稳以后形成的时间周期耗散结构,区域生鲜农产品物流系统会演化到一个新的状态,并不断向高级有序方向发展。

与欧美日发达国家相比,我国生鲜品流通体系的建设还处于初级阶段,单位物流成本居高不下,物流过程中的损耗巨大,生鲜农产品物流安全水平低下。由此,构建一个统一、开放、有序和高效的生鲜农产品物流网络平台就显得尤为必要,如图3-6所示,当前,我国生产、集散(初级加工)和销售三个基本层次构成的生鲜农产品物流系统内部无序程度较高,也就是熵值大于0,基于生鲜农产品物流发展现状分析,主要体现在:生鲜农产品流通渠道杂乱、物流节点布局不合理、物流作业环节过多、纵向节点间缺乏协调和协作、存在恶性市场竞争等,这就有必要从外界吸收负熵抵消内部大量存在的正熵,例如政府政策指导和监管、行业协会的组织协调等,只有这样才能保证区域生鲜农产品物流网络向更高级更有序的方向发展。

由耗散结构理论可知,当 $B < B_H$ 时,系统是稳定的,在稳定的经济发展环境下,区域生鲜农产品物流规划和产业政策、基础设施发展水平几乎同步,生鲜农产品物流成本和物流安全水平在运作主体接受的水平范围内,系统处于这一稳态停滞不前,直接影响生鲜农产品物流系统向更高级的方向发展,这不是我们所希望的。当 $B > B_H$ 时,系统是失稳的,有可能形成新的耗散结构,物流运作粗放化和物流社会化的矛盾凸现,生鲜农产品物流安全水平偏低与消费者消费新要求形成新的矛盾对立面,此时的物流系统不能与整个宏观经济的发展步伐同步,进而脱离原有的线性近平衡区域逐步发展,通过临界点进入一种不稳定的无序状态,通过系统涨落进入一个新的稳定的有序结构,即由一种耗散结构进入另一个耗散结构,由此区域生鲜农产品物流系统进入一个更为高级的状态,例如基于冷链的区域生鲜农产品物流网络体系的形成。

3.5 基于冷链的生鲜农产品正向物流网络

3.5.1 构建基于冷链的生鲜农产品物流网络的意义

基于我国生鲜农产品流通、生鲜农产品物流和冷链物流体系的发展现状分析,依据自组织理论和耗散结构理论对生鲜农产品物流网络演化机理的研究,构建现代化生鲜农产品物流网络平台的意义可以归纳为以下几个方面:

- (1) 有利于规范生鲜农产品流通渠道,实现产供销一体化;

(2) 有利于压缩物流作业环节, 实现生鲜农产品的快速流通, 节约物流成本;

(3) 有利于构建和进一步完善适合我国国情的冷链体系, 保障生鲜农产品物流安全;

(4) 有利于生鲜农产品有效检测和监控, 有助于建立生鲜农产品可追溯体系。

3.5.2 基于冷链的生鲜农产品正向物流网络

按照产地和消费地的跨度不同, 以地级市作为划分基准, 可以分为区域内生鲜农产品物流网络和跨区域生鲜农产品网络; 按照生鲜农产品的品类不同, 可以分为水果物流网络、蔬菜物流网络、水产品物流网络、肉类物流网络、禽蛋物流网络、花卉物流网络等, 辐射范围或大或小, 本文着重分析区域内以及跨区域生鲜农产品物流网络。

(1) 基于冷链的区域内生鲜农产品物流网络

通过对青岛、济南、成都、广州、常德和长沙等地的实地调研, 归纳分析水果、蔬菜、水产品、肉类等主要生鲜农产品的物流网络的基本特点如下:

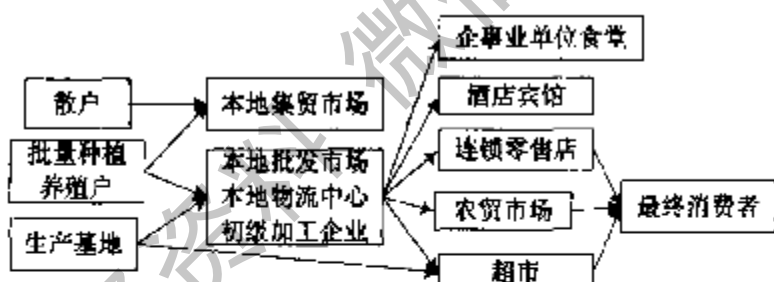


图 3-10 生鲜农产品区域内物流网络节点体系

如图 3-10 所示, 本地物流网络总体上有三个主要层次: 生产、集散和销售。物流运作以传统的自应物流为主, 运作效率低下。物流流通渠道较为复杂, 如农户产品的本地销售, 超市采购人员的产地采购等。由于运输距离相对较短, 不管是短途运输集中还是生鲜农产品的集中配送一般不采用冷藏冷冻运输, 散户的蔬菜水果等一般采取自给自足的生产模式, 剩余的农产品在本地集贸市场销售, 运输作业简单, 一般不采取冷藏运输, 批量种植养殖户一般大量种植品类较为单一的应季蔬菜, 蔬菜和养殖的鲜活水产品一般主要直接供给本地批发市场, 一般不采取冷藏运输, 部分需要初级加工的送往加工企业, 实现冷藏加工或冷藏, 其余部分供给本地集贸市场; 本地蔬菜生产基地销售范围最广, 除了面向部分供给本地批发市场和超市等零售商外, 大部分通过长途运往异地批

批发市场进一步集散，本地批发市场是城市生鲜流通的主要通道，而本地农贸市场则是农民的主要购买地。

可见，除了运输批量小和运输距离短等原因，本地产品集贸市场间一般不需要冷藏运输外，其它各个物流环节均需要进行冷藏运输、加工和储存，而目前，区域内生鲜农产品调运很好采用冷藏运输，除了超市、连锁零售店以及部分冷库的冷藏加工作业外，其它节点和环节的生鲜农产品冷藏运输和加工率很低。

针对现有生鲜农产品物流体系不足，借鉴国外发达国家经验，本文提出了基于冷链的区域内生鲜农产品物流网络。

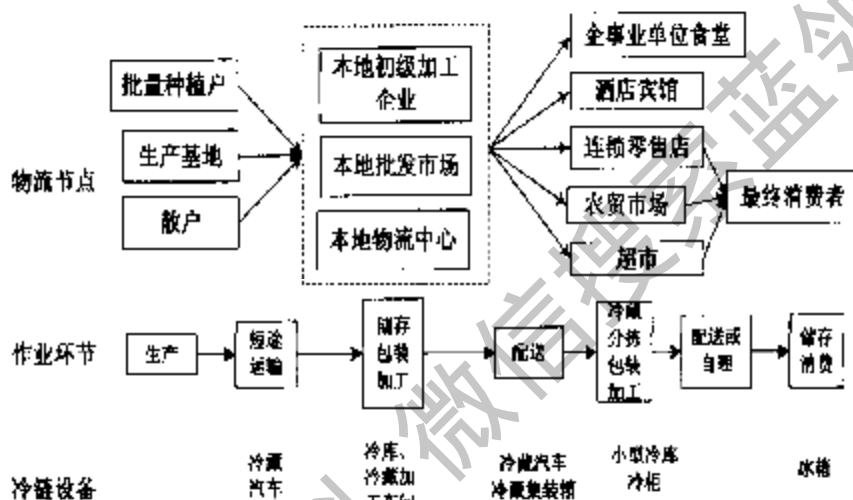


图 3-11 基于冷链的区域内冷链物流网络

如图 3-11 所示，与现有的区域内物流网络节点体系相比，基于冷链的生鲜农产品物流网络中，从产地到集散地短途运输向外包模式发展，集散地的配送更加专业化，冷藏汽车比例和生鲜农产品冷藏运输率大大提高，产品加工和销售环节必须的包装加工在冷藏环境下进行，冷链实现了从田间到餐桌的全程保障。

(2) 基于冷链的跨区域生鲜农产品物流网络

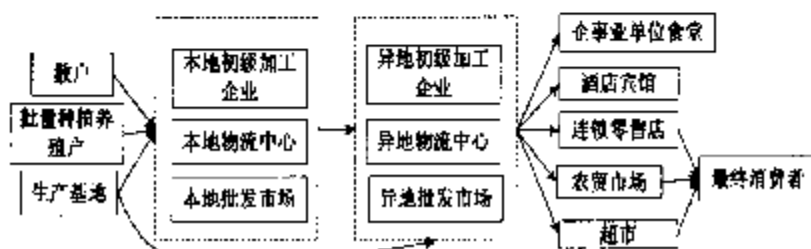


图 3-12 现有的生鲜农产品跨区域物流网络节点体系

基于第一节生鲜农产品物流和流通现状分析,如图 3-12 所示,现有的跨区域生鲜农产品物流网络有以下几个方面的特点:物流作业环节过多;产品跨区域调运方式繁多,冷藏运输率偏低;现代化专业物流(配送)中心太少,而且多为大型集团公司构建和经营;冷藏运输和储存仅仅覆盖少数作业环节,冷链体系不完善;复杂多样的流通渠道难以实现针对生鲜农产品的有效监管。

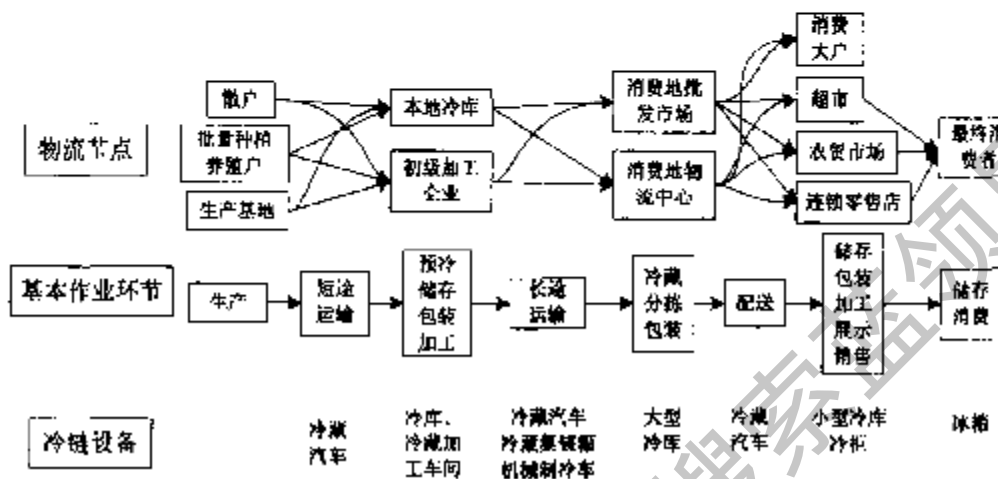


图 3-13 基于冷链的生鲜农产品跨区域物流网络

基于实际调研分析,针对现有农产品物流运作过程中的不足,本文提出了适合我国国情的基于冷链的生鲜农产品跨区域物流网络,如图 3-13 所示,通过冷链和物流网络的有效整合,能够使得生鲜农产品全程处在低温环境中,各类生产主体的初级生鲜农产品都能够得到有效的集中、集散和配送,整个物流渠道得到了有效的规范,有利于相邻节点间的有效协调。

3.6 生鲜农产品逆向物流网络

3.6.1 生鲜农产品逆向物流的含义和特点

生鲜农产品逆向物流主要是指原始农产品、部分初级加工农产品以及包装物的回收,包括具有问题产品的退货、包装物的回收再利用和厂家对有安全隐患产品的召回三个主要部分。较一般产品的逆向物流,生鲜农产品逆向物流量要少得多,运作环节相对较少,初始生鲜农产品由于本身的“生鲜”特性,一般不实行退货。

通常我们提到的物流一般指正向物流,目前,国内外对于生鲜农产品正向物流的研究比较多,还没有学者对生鲜农产品逆向物流进行过系统研究。本文将生鲜农产品逆向物流的特点归纳为以下 5 个方面:

(1) 生鲜农产品逆向物流的处理量较正向物流要小得多, 因为退货和潜在污染物的比例相对较小, 回收量较大的主要是包装物和托盘等。

(2) 生鲜农产品逆向物流的处理难度比正向物流要大得多, 因为生鲜农产品呈现小批量和多品种的特点, 而且在处理过程中必须考虑环境污染问题;

(3) 生鲜农产品逆向物流在空间上分布较正向物流要分散得多, 需要不同的企业和个人的共同参与和协调配合。

(4) 生鲜农产品逆向物流在时间上分布较正向物流要随机得多, 没有正向物流完备的订货送货机制, 品类较多的产品回收时间分布是非常随机, 信息收集的难度很大, 短期内难以把握其规律性。

(5) 相对于正向物流, 出于环境保护的需要, 有一部分产品的回收是政府强制性的, 对其运作成本的考虑退居其次。

总之, 生鲜农产品逆向物流无处不在, 无时不有, 应当借助国外成熟的逆向物流的运作经验, 降低逆向物流的运作成本、提高运作效率。

3.6.2 生鲜农产品逆向物流的成因

如图 3-14 所示, 本文将生鲜农产品逆向物流的驱动因素归纳以下 6 个方面。

(1) 出于节约物流成本的需要, 部分包装物和托盘等需要回收重复使用, 主要发生在零售网点。

(2) 消费者由于产品质量问题或改变消费需求而进行的退货, 如水果蔬菜农药含量超标, 一般将生鲜农产品直接退回超市和其他零售点;

(3) 产品的使用寿命到期而废弃, 主要是指初级加工生鲜农产品超过保质期的退货, 主要发生在消费者和零售商这两个环节, 由于产品验货和检测把关较好, 目前国内此类退货量很少;

(4) 政府要求生产企业对产品生命周期全程负责, 企业对于可能对环境造成污染的材料和产品进行的回收;

(5) 出于提升企业社会形象的考虑, 企业对于质量安全问题的产品进行的主动召回, 如去年国内苏丹红事件;

(6) 零售店部分过量囤货和滞销生鲜农产品需要运回配送中心重新配货、配装, 然后配送到其他零售网点(如农贸市场、超市等), 一般由超市集团公司配送中心自理。

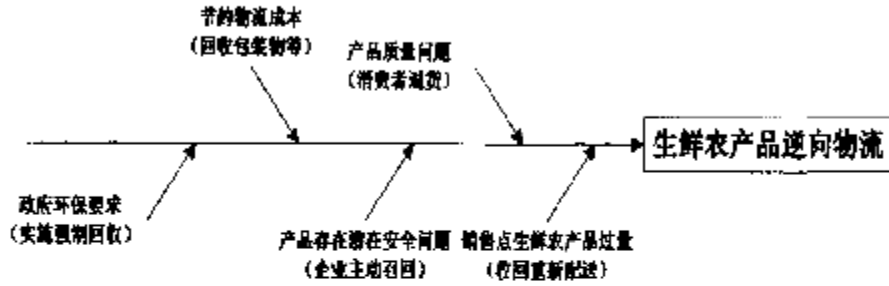


图 3-14 生鲜农产品逆向物流成因鱼刺图

上述 6 个方面是目前逆向物流的基本驱动因素，目前，我国生鲜农产品的逆向物流主要是包装物的回收，其他类逆向物流量很少。生鲜农产品逆向物流的成因是动态的，随着供应链管理 and 物流实践的深入和发展，生鲜农产品逆向物流运作会变得越来越成熟，将会出现新的驱动因素和运作方式。

3.6.3 生鲜农产品逆向物流网络结构

如图 3-15 所示，与基于冷链的正向物流网络不同，生鲜农产品逆向物流主要以包装物（包装箱、托盘等）为主；消费者直接退货给零售商，完成相关交易和赔偿手续后，超市责任范围内的退货直接由超市销毁处理；如果是厂家或物流服务商责任，退货会进行集中，进一步退回或者协商后自行销毁；包装物的回收一般由零售商和消费大户开始，属于配送中心的由配送中心自行负责，属于厂家的由配送中心集中送往厂家；在超市，存在质量问题的初级加工农产品一般直接退回厂家；实际运作过程中，过量产品的调配、产品的主动召回的物流量很少。

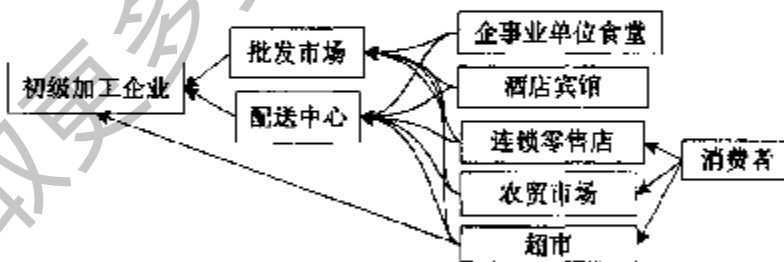


图 3-15 现有的生鲜农产品逆向物流网络

目前，从广州、济南、长沙等省会城市超市和农贸市场的调研来看，生鲜农产品，特别是初级加工产品的逆向物流尽管很少发生，但是，由于世界范围内对于环保、资源再利用、物流社会化水平的提高、食品 and 食品物流安全的日益重视，必然会进一步挑战现有的生鲜农产品流通体系，生鲜农产品逆向物流

的运作要做到有备而无患，必须完善现有物流渠道，构建逆向物流运作的新平台，进一步和现有的生鲜农产品正向物流网络进行有效整合。

3.7 本章小结

本章首先分析了国外生鲜农产品物流发展现状，并对其运作经验进行了总结；然后，基于国内生鲜农产品现有的物流渠道分析，总结了我国生鲜农产品物流发展现状；其次，分析了国内外冷链发展的历程和我国生鲜农产品冷链的发展现状；进而借助自组织和协同学理论分析了生鲜农产品物流主体的自组织化过程，运用耗散结构论中的三分子模型分析了基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理；最后，提出了基于冷链的生鲜农产品正向物流网络及其逆向物流网络的结构和特点。

第四章 基于冷链的生鲜农产品物流网络节点布局优化

上一章分别构建了基于冷链的区域内和跨区域生鲜农产品物流网络，物流网络系统有了冷链体系这一平台，在一定程度上保证了生鲜农产品在储藏和运输过程中的品质；生产、集散和销售主体自身具有一定的组织化水平，各层次物流网络节点系统配置日趋合理化。

物流网络规划是指对物流网络系统发展进行的能动有序的计划与设计，目的是更高效地进行物流活动，它也是现代物流发展的一个方向；由于生鲜农产品流通渠道复杂，涉及的环节众多，许多环节之间还存在“效益背反”现象，基于物流网络“点的优化”，有必要进行全面、系统、综合的物流规划，以实现生鲜农产品物流网络的总体布局的合理化，实现整个网络“面的优化”，最终达到物流运作成本的最小化和物流运作效率的最大化。

4.1 生鲜农产品物流网络规划

物流网络规划的目的主要是为了确定产品从原材料起点到市场终点的整个流通渠道的结构。规划内容包括：物流设施的类型、数目与位置，设施所服务的顾客群体与产品类别，以及产品在设施之间的运输方式等。物流网络规划的分析主要包括数据收集，模型的选择和物流网络的设计等 3 个主要步骤。

由于生鲜农产品生产的季节性和地域性较强，生命周期很短，加上冷链本身就是一个网络系统，生鲜农产品物流网络规划的目的除了确定流通渠道的结构外，还需要实现冷链系统和物流系统的有效整合，规划或优化目标除了一般的成本和效率外，还包括生鲜农产品物流过程中保证本身品质的持续性和最优化，这涉及到食品物流安全的范畴。

基于国内生鲜农产品流通体系的基本特点和流通主体的发展现状分析，生鲜农产品网络规划主要是确定物流集散节点（物流中心或配送中心）、初始集中采购点（冷库、预冷站）等和供应物流相关节点的布局 and 数量，以及如何实现从配送中心到零售网点的安全高效配送，以形成服务于产供销一体化的高效物流链，构建合理、稳定、安全的流通渠道。

本文将生鲜农产品物流网络规划的步骤归结如下：

- (1) 本着节约成本的原则，确定生鲜农产品合理的物流网络流通渠道；
- (2) 本着快速流通的原则，确定物流网络各层次节点合理的类型和配置方式；
- (3) 本着利于物流安全的原则，构建基于冷链的生鲜农产品冷链物流网络，

确定冷链条件下合理的物流渠道；

(4) 本着系统优化的原则，以成本最小化为目标，实现生鲜农产品物流网络优化，包括物流网络节点布局优化和生鲜农产品配送优化两部分。

前 3 个步骤已经在第 3 章做了详细阐述和分析，本章着重于生鲜农产品从收获到集散地的物流网络节点布局优化，从配送中心到超市和农贸市场等零售点的生鲜农产品配送优化将在第 5 章展开分析。

4.2 物流环节分析

如图 4-1 所示，与一般的生鲜农产品物流网络相比，在由产地、预冷站和配送中心构成的 3 级冷链物流主体网络中增加了预冷环节，中小冷库的冷藏环节和长短途运输的冷藏运输。基于上一章关于基于冷链的生鲜农产品物流网络的分析，产地主要是指散户和生产基地两类；预冷站主要提供生鲜农产品冷藏运输前的预冷服务，可单独设立，也可在产地中小型冷库进行作业，本章统一为预冷站；集散环节也包括批发市场，鉴于批发市场呈现向现代物流中心转变和升级的趋势，本章统称为配送中心。本文主要分析预冷和冷藏运输两个作业环节的基本特点。

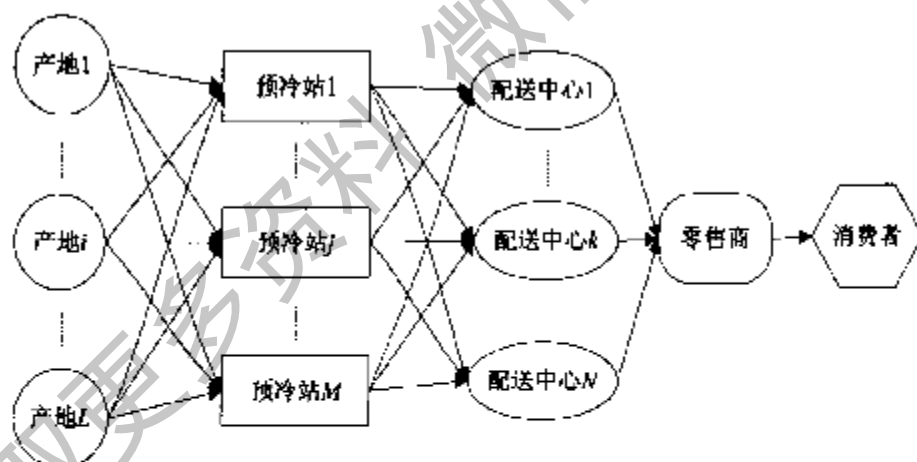


图 4-1 基于冷链的生鲜农产品跨区域物流主体网络

4.2.1 预冷环节

果蔬预冷是将采收后新鲜的果蔬在运输、贮藏或加工以前，迅速除去田间热，并冷却到所预定温度的过程。果蔬预冷非常重要，是果蔬保鲜及延长贮藏必不可少的重要关键环节。例如在 20℃ 下采收的花椰菜，鲜度保持期最多 2 天；

而将其迅速冷却到 0℃，保鲜期可增至 42 天。

果蔬预冷方式包括通风冷却、差压通风冷却、真空冷却、冷水冷却等四类，它是通过引入果蔬预冷专用设施来实现的，预冷专用设施应该建在果蔬产地，设备包括通风冷却装置、差压通风冷却装置、真空冷却装置和冷水冷却装置，其中冷水冷却成本最低，通风冷却和差压通风冷却成本居中，真空预冷成本最高，但它是目前技术含量最高的果蔬类预冷技术，在欧美、日本等发达国家，真空预冷技术已经被广泛用于果蔬的保鲜，目前，它的应用延伸到了花卉、蘑菇、鱼、肉、火腿等产品^[123-125]。

另外，预冷设备分为移动式（车上）和固定式（地面）两类，据有关专家计算移动预冷比固定式预冷成本高 7 倍，国外对地面预冷站的建设相当重视。美国上世纪 60 年代蔬菜、水果的预冷率即已达到 65%，其中一些主要品种如杏、葡萄、梨、柠檬、芹菜等达到 85% 以上。截至 1982 年日本预冷的水果、蔬菜已达 40 多种，分布于全国各地的预冷设施达 1069 座。

我国预冷站的建设远远落后于国外发达国家，地方大小冷库数量缺乏合理规划，数量偏少，并且分布分散，地面预冷站建设缓慢。果蔬大都采用产地冷水冷却方式进行预冷，散户的水果和蔬菜难以实现集中预冷，外销难度很大，果蔬生产基地一般在产地进行田间预冷；水产一般实施产地预冷和冷藏，肉类一般在加工厂预冷（快速冷却和冷冻）。

4.2.2 冷藏运输环节

1. 生鲜农产品冷藏运输方式选择

生鲜农产品冷藏运输的主要特点可以概括为：产区扩大，产运量增加；品种多样化；运输小批量化，经销个体化；注重运输的质量和时效性；鲜货运输比例较大，季节性强，运输控温要求高；运距增长，进出口量扩大；运输市场主体改变，各种运输方式竞争激烈^[126]。

(1) 蔬菜

蔬菜运输市场的基本要求是：小批量、多批次，速度快，运费省，办理运输简便，能保证运输质量。目前有两种主要的产销结构类型：是以产区（蔬菜生产基地）为中心的外销类型和以较大城市为中心的外购类型。主要流向是外销中心→外购中心，在外销中心与外购中心相距较近时，公路运输具有较强的竞争力，铁路运输的竞争力则相对较小（空运由于批量较小，一般不会对其其他运输方式构成较大影响）；在外销中心与外购中心相距较远时，公路的竞争力逐步减弱，而水路运输与铁路运输的竞争力则逐步加强；随着距离的进一步延长，水运由于其速度低而失去优势，铁路的优势则愈加明显^[127]。

(2) 水果

我国水果经营的特点及对运输工具的要求与蔬菜基本上相同。在时间及地域上,水果产销具有自身的特点,水果产销集中在夏秋季节,某些水果具有基本稳定的流向;不同水果品种一般不具替代性,需进行全国性流动。

各季节都有大量水果的远距离运输,大宗水果如苹果、梨、柑桔等,常常是远距离跨省运输。铁路、水路较有竞争优势。但是,目前,除云南、广西等山区省份外,公路运输不仅在短途、中途运输中占有优势,在长途运输中也显示出较大的竞争力(特别是回空运输时)。

(3) 肉类

肉类对运输市场的要求主要是:低温度、批量适中、载重大、速度快、运费省等。肉类进行较长距离运输时,一般由冷藏车在低温下进行。由于汽车载重量有限,而运费相对较高,因而铁路冷藏运输具有较好的市场竞争力。近年来,公路运输发展很快,其在肉类的冷藏运输市场份额也逐步扩大。

(4) 水产品

水产品对运输市场的要求主要是鲜、活、快,能承受相对较高的运输费用。水产品运销有多种方式,如广东省价值较高的高档鲜活水产品主要采用航空运输,铁路在运输市场中所占的份额较小,且主要是长途。山东省的水产品运销又有不同特点,海洋捕捞的鲜活海水鱼则主要用飞机运往北京、天津、济南等大城市;新鲜海水鱼在冷库冷冻后由公路冷藏车或铁路冷藏车运输。

2. 生鲜农产品冷藏运输工具

(1) 公路运输工具

公路冷藏运输是冷链运输的主要组成部分。公路冷藏运输车辆按照形式可以分为冷藏集装箱型、冷藏箱式车和冷藏连杆箱式车等。按制冷机的安装形式可以分为单机制冷式和双温控箱式等。

冷藏汽车广义上泛指运输易腐货物的专用汽车,是公路冷藏运输的主要工具。我国专用汽车主管机构现又将其细分为保温汽车、冷藏汽车和保鲜汽车:只有隔热车体而无制冷机组的称为保温汽车;有隔热车体和制冷机组且厢内温度可调范围的下限低至 -18°C ,用来运输冻结货物的称冷藏汽车;有隔热车体和制冷机组(兼有加热功能),厢内温度可调范围在 0°C 左右,用来运输新鲜货物的称保鲜汽车。按制冷方式又分为机械制冷、蓄冷板制冷、液化气体制冷(常用的如液氮和液体二氧化碳)等,以前还用冰制冷和干冰制冷。制冷装置则有既可制冷又可加热的和仅可制冷的两种,保鲜车则必定是前者。

(2) 铁路冷藏运输工具

目前,我国铁路冷藏运输工具主要有机械冷藏车、加冰保温车、隔热车和

冷板车等 4 类。加冰冷藏车内部都装有冰箱, 具有排水设备, 通风循环设备以及检温设备等。由于长期冰盐的腐蚀和代用棚车的损伤, 造成车体、冰箱腐蚀严重, 保温性能、气密性严重下降, 将逐渐被淘汰。冷冻板冷藏车是一种低共晶溶液制冷的新型冷藏车, 冷板安装在车棚下, 并具有温度调节设施, 在车外 30℃ 的条件下, 采用 -18.5℃ 的冷板能使车内温度达到 -10—6℃, 能保持车内温度恒定。机械冷藏车采用机械制冷和加温, 配合强制通风系统, 能有效控制车箱内温度, 装载量比冰保车大。隔热车具有隔热的车体和良好的通风性能, 但车内无任何制冷和加温设备, 在运输过程中, 主要依靠隔热体的保温和通风使产品的运输温度控制在允许的范围^[128,129]。

(3) 船舶冷藏运输工具

船舶冷藏运输主要有冷藏船和冷藏集装箱(简称冷藏箱)两种方式; 2003 年, 国内冷藏船总运力 130394 总吨, 共有 109 艘, 但是绝大部分都是小吨位船。大部分肉类和海产食物用冷藏集装箱船运输, 而普通冷藏船主要用来运输香蕉、柑桔(季节性水果)、水产品等。普通冷藏船所占市场份额视具体货种而异。

2003 年全球冷藏船的冷藏舱的总容积为 1020 万立方米; 冷藏箱的总容积为 1400 万立方米, 占到全球冷链航运能力的 57%。由于冷藏箱运输相对于冷藏船运输具有更大的灵活性, 因此冷藏箱是未来国际航运冷链运输的发展方向, 目前正在取代冷藏船。

3. 生鲜农产品储运条件

表 4-1 部分生鲜农产品储运条件

品名	具体类别	货物热状态	装车温度(℃)	冷藏车或冷藏集装箱内保持的温度(℃)
速冻食品	水果、蔬菜、水产品 和肉制品	冻结	-18 以下	-15 以下
禽蛋、 奶类	冰蛋	冻结	-18 以下	-15 以下
	鲜蛋	冷却	0-3	0-3
	鲜奶	冷却	2-6	2-6
鲜蔬 类	叶菜类: 如芹菜、 小白菜	冷却	0-3	0-3
		未冷却		0-3
	根茎类: 如洋葱、 大头菜	冷却	13-18 (7-12)	13-18 (7-12)
		未冷却		13-18 (7-12)
瓜菜类: 如黄瓜、 苦瓜	冷却	10-13	10-13	
	未冷却		10-13	
水果	仁果类: 如苹果、 梨等	冷却	-1-4	0-4
	核果类: 如杏、樱 桃等	冷却	0-3	0-3

表 4-1 列出了部分生鲜农产品的储运条件,包括货物热状态、装车温度、车(集装箱)内温度、储存温度(湿度)等。各类冻品的储运条件基本一致,对于水果和蔬菜,每个具体品种都有其特有的冷藏运输条件。

4.3 模型构建

4.3.1 问题描述

通过上节分析,不同品类的生鲜农产品的预冷方式、冷藏运输方式、温度和湿度等冷藏运输条件各不相同,基于实际调研,水果和蔬菜一般实施产地预冷,预冷方式较为落后,公路和铁路运输是蔬菜跨区域调运的主要方式;肉类一般在加工厂预冷,冷藏运输状态一般为冻品和冷鲜,铁路运输是长途运输的首选;水产品大都在产地预冷,冷藏运输形态一般为速冻品和鲜活,速冻品长途运输一般采用铁路运输,而鲜活水产品长途运输则主要采用航空运输,另外,冷藏船和冷场集装箱主要应用在进出口贸易中,并且占有相当的份额。

可见,目前,国内生鲜农产品一般实行产地预冷,铁路和公路为长途冷藏运输的主要方式。鉴于不同生鲜农产品品类对于温度等储运环境的要求各不相同,文本构建的优化模型适用于某一特定品类(包括水产品、蔬菜、肉类、水果等)。典型研究基于冷链的生鲜农产品物流网络,包括产地、预冷站和生鲜配送中心三个层级,预冷在产地附近冷库进行,长途冷藏运输方式为公路,提出一个内嵌两个指派模型的非线性混合整数规划模型,在具有能力限制和服从相关约束条件的情况下,这一模型主要用来确定在正向物流网络中生鲜农产品预冷站和生鲜配送中心的最优布局、数量和规模,旨在最小化基于冷链的生鲜农产品物流网络总成本。

4.3.2 基本假设

为了便于求解,不失一般性,在提出非线性混合整数规划模型之前,做出如下6个基本假设:

(1) 考虑到生鲜农产品物流中心(批发市场)大规模的一次性投资,假定使用已有生鲜农产品配送中心设施来处理产品,也就是说,生鲜农产品配送中心的选址问题演变成为已有的备选生鲜配送中心的选择问题。

(2) 在选址规划周期内,产地生鲜农产品供给弹性在可以接受的范围内,设施短期内没有较大变化。

(3) 产地的日供给批量不大,假设其不会直接运送到生鲜配送中心,每一生产主体(包括散户和生产基地)都有不同的供货率,即每天平均供货量,站

在预冷站角度称之为日均采购量。

(4) 通过上述分析,大部分生鲜农产品产地距离就近的预冷站(小型冷库)的距离较短,它们之间的短途运输成本不予考虑。

(5) 由于生鲜农产品品类的多样性和物流运作的动态性,为了能够反映单位供货的实际成本,结合生鲜农产品季节性生产的特点,本文以一个季度作为成本的核算周期。

(6) 由于预冷站一般通过改造已有冷库设置,具有暂存和集生鲜农产品的功能,由于冷库容量有限,从采购开始至集中货物长途运输的时间跨度较短,也就是预冷站(冷库)的采购周期较短,实地调研表明,集中采购周期一般都在一周以内。

4.3.3 符号体系

i 表示产地 $i \in I$;

j 表示预冷站 $j \in J$;

k 表示生鲜配送中心 $k \in K$;

L 表示产地的个数;

M 表示潜在预冷站的个数;

N 表示潜在生鲜配送中心的个数;

C_k^L 表示生鲜配送中心 k 的每月租赁成本;

C_k^S 表示生鲜配送中心 k 的单位库存成本;

C_k^J 表示生鲜配送中心 k 的单位集货和分拣等相关作业成本;

q_i^S 表示产地 i 的日均供货量,也称供货率;

C_j^H 表示预冷站 j 单位产品的处理成本;

Q_j^H 预冷站最大处理量;

Q_k 表示生鲜配送中心 k 的最大容量;

d_{ij} 表示产地 i 到预冷站 j 的距离;

d_{jk} 表示预冷站 j 到生鲜配送中心 k 的距离;

$D_{(i,j),\max}$ 从产地 i 到预冷站 j 的最大允许距离;

$D_{(j,k)\max}$ 从预冷站 j 到生鲜配送中心 k 的最大允许距离;

C_{jk} 表示预冷站 j 到生鲜配送中心 k 的单位运输费率 (单位: 元/吨·公里);

Q_{\min}^P 表示预冷站允许设置的最小数量;

Q_{\min}^D 表示生鲜配送中心允许设置的最小数量;

$q_{ij} = q_i^S \times X_{ij}$, 表示产地 i 到预冷站 j 的供货量;

q_{jk} 预冷站 j 到生鲜配送中心 k 的供货量;

P_j 预冷站 j 的集中采购周期 (以天数计), 表示从开始采购至集货装车 (长途) 的时间跨度。

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果产地 } i \text{ 指定给预冷站 } j (i \in I, i \neq j) \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$X_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{如果预冷站 } j \text{ 指定给生鲜配送中心 } k (j \in J, k \in K) \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$Y_j = \begin{cases} 1 & \text{表示使用第 } j \text{ 个预冷站} \\ 0 & \text{表示不使用} \end{cases}$$

$$Z_k = \begin{cases} 1 & \text{表示租赁第 } k \text{ 个生鲜配送中心} \\ 0 & \text{表示不租赁} \end{cases}$$

4.3.4 数学模型

目标函数:

$$\text{MIN} \sum_k 3 \times C_k^t Z_k + 90 \sum_j C_j^p \sum_i q_i^S X_{ij} + \sum_k Z_k \sum_j Y_j \left[(q_{jk} \frac{90}{P_j}) \times (d_{jk} C_{jk} + C_k^d + C_k^t) \right] \quad (4-1)$$

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad (4-2)$$

$$\sum_k X_{jk} = 1 \quad (4-3)$$

$$d_{ij} X_{ij} \leq L_{(i,j)\max} \quad (4-4)$$

$$d_{jk} X_{jk} \leq D_{(j,k)\max} \quad (4-5)$$

$$\sum_i q_{ij} \leq Q_j^p \quad (4-6)$$

$$\sum_j q_{jk} \leq Z_k Q_k \quad (4-7)$$

$$\sum_i q_i^s X_{ij} P_j = \sum_k q_{jk} \quad (4-8)$$

$$q_{jk} \geq 0 \text{ 和 } q_i^s \geq 0 \quad (4-9)$$

$$P_j \in \{0,1,2,\dots,7\}, \forall j \in J \quad (4-10)$$

$$X_{ij}, X_{jk}, Y_j, Z_k \in \{0,1\} \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (4-11)$$

式(4-1)表示目标函数,最小化总相关成本,其中,成本项 $\sum_k 3 \times C_k^1 Z_k$ 表示生鲜配送中心一个季度的总租赁成本, $90 \sum_j C_j^H \sum_i q_i^s X_{ij}$ 表示预冷站一个季度总处理成本(包括预冷成本), $\sum_k Z_k \sum_j Y_j \left[(q_{jk} \frac{90}{P_j}) \times (d_{jk} C_{jk} + C_k^s + C_k^t) \right]$ 表示一个季度内预冷站至生鲜配送中心的长途运输成本、生鲜配送中心冷藏成本、分拣(集货)成本等成本子项的总和。

约束(4-2)保证某一产地仅仅指派给一个预冷站;约束(4-3)保证某一预冷站仅仅指派给一个生鲜配送中心;约束(4-4)表示产地到预冷站满足最大距离限制;约束(4-5)表示预冷站到生鲜配送中心满足最大距离限制;约束(4-6)表示预冷站集中采购周期内最大处理量限制;约束(4-7)表示生鲜配送中心应满足的最大容许容量限制;约束(4-8)保证预冷站流入量和流出量的均衡;约束(4-9)保证决策变量的非负性;约束(4-10)限制生鲜农产品集中采购周期的取值范围,最大为7天。

4.4 求解方法和算例分析

4.4.1 求解算法

目前,国内外针对物流网络的研究才刚刚开始,田青等人在对遗传算法、生成树遗传算法和混合进化方法比较分析的基础上,提出运用组合遗传算法来解决大规模基本物流网络设计问题^[131];戴更新和侯云章借助模拟退火算法综合研究了正向物流和逆向物流相结合的物流网络设计问题,主要涉及生产、分销和零售3个层次^[132];周根贵和曹振宇构建了一个逆向物流网络中的选址模型,旨在研究从备选地址中选择建立配送中心或回收中心的最佳策略,并通过遗传算法进行求解分析^[133];陈松岩和今井昭夫研究了供应商的最佳位置与数量、配送中心的最佳位置与数量以及从配送中心到最终用户的最佳配送路径优化问题,结合传统启发式算法与模拟退火提出了一类混合启发式解法^[134];代颖等人

综合考虑网络中正向和逆向物流的设施集成与运输整合,建立了一种制造/再制造集成物流网络优化设计的混合整数非线性规划模型,采用自适应交叉和变异操作的混合遗传算法对设计进行了优化^[135]; H.J.Ko 和 G.W. Evans (2007) 站在第三方物流企业的角度,研究正向物流和逆向物流整合的物流网络,通过一类基于遗传算法的启发式算法对具体实例进行了求解分析^[136]; M.I.G. Salema 等人 (2007) 针对逆向物流网络提出了一个更为普遍模型,在考虑能力约束、多产品类型、产品需求和退货的不确定性等因素基础上,提出了一个混合整数规划模型^[137]。

国内外主要的相关研究总体上呈现以下几个方面的特点:(1) 逆向物流网络的相关研究要比正向物流网络多;(2) 逆向物流和正向物流整合后的网络是一个新的研究焦点;(3) 针对具体产品品类物流网络的研究不多;(4) 求解方法大都采用启发式或智能优化算法,部分研究借助专业软件进行算例分析。

物流网络设计是一个选址——分派问题 (Location Allocation Problems, LAP)。用于构造和设计物流网络的方法有两类:一类是应用数学最优化技术,即准确算法,保证找出最佳解决方案,如重心法和启发式算法。另一类是仿真模型,它提供一种方法来评估设计者的具体设计方案。物流网络布局问题属于 NP-难问题,本文采用遗传算法解决生鲜农产品物流网络布局问题,并结合实例就求解过程进行详细分析。

4.4.2 实例

本例共有 9 个产地,6 个备选预冷站和 3 个备选生鲜配送中心,已知条件如表 4-2 和表 4-3 所示,产地到预冷站以及预冷站到生鲜配送中心的最大距离限制分别为 15 和 900,生鲜配送中心可以租赁的最大个数为 2 个,预冷站使用的最大个数为 4 个,此例中预冷站和生鲜配送中心的最小使用个数设定为 1。

表 4-2 产地到预冷站的距离及相关常量

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	q_j^s
1	3	2	4	1	5	6	45
2	11	1	2	8	16	3	60
3	1	2	19	9	5	11	20
4	5	17	9	3	6	7	10
5	11	14	6	2	5	10	40
6	20	3	13	8	5	2	25
7	1	9	5	6	19	8	30
8	5	3	7	16	12	9	45
9	3	1	18	14	7	5	75
C_j^H	14	8	11	7	14	8	
Q_j^H	400	990	900	700	400	600	

表 4-3 预冷站到生鲜配送中心的距离和单位运输成本以及相关常量

$j \backslash k$	1		2		3	
	d_{jk}	C_{jk}	d_{jk}	C_{jk}	d_{jk}	C_{jk}
1	582	2	150	3	819	9
2	500	6	810	1	1181	8
3	577	7	1326	2	765	5
4	109	9	362	6	820	2
5	130	3	560	9	220	2
6	520	2	1165	6	360	9
C_k^L	1800		600		2600	
C_k^S	10		12		9	
C_k^I	2		1		4	
Q_k	19000		35000		52500	

4.4.3 遗传算法求解

本文使用 matlab7.0 遗传算法工具箱进行辅助求解, 直接设定大部分参数, 适应度函数部分通过编程嵌入实现。

(1) 编码

设计良好的染色体是遗传算法的首要步骤,遗传算法的编码有二进制编码、实数编码、整数或字母排序编码和一般数据结构编码等4种,本模型涉及生鲜配送中心的选址决策,因此采用二进制编码。

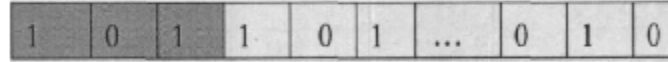


图 4-2 染色体的描述

如图 4-2 所示,染色体由两部分组成,即 3 个生鲜配送中心和 6 个预冷站的信息描述。前 3 位表示生鲜配送中心的选址决策,如第一位为 1,说明租赁备选生鲜配送中心 1;从第 4 位至 21 位分别表示 6 个备选预冷站的集中采购周期,由于预冷站的最大集中采购周期为 7 天,每一个收集点用 3 位二进制表示,可见,第一个预冷站集中采购周期为 5,第 6 个预冷站集中采购周期为 2,依此类推,可以在适应度函数中将二进制的决策变量转变成实数表示。

(2) 适应度函数

染色体编码产生一个初始解,它的适应度值是基于适应度函数的。适应度函数是遗传算法(GA)中评价解集优劣的依据,本文建立的模型,旨在最大限度地压缩基于冷链的生鲜农产品物流网络总成本,主要包括租赁成本、库存成本、处理成本和运输成本。

通过交叉和变异等遗传算法算子,得到诸如预冷站和生鲜配送中心的开关决策以及集中采购周期等决策变量。在定位预冷站和生鲜配送中心之后,将产地指派给相应的预冷站,进而将预冷站指派给生鲜配送中心。本文采用两个连续的指派算法得到某一染色体的适应度值,并将其嵌入到整个遗传搜索算法中,第一个指派模型主要用来得出预冷站的日供货量。

$$\text{Min} \left\{ 90 \sum_j Y_j C_j^n \sum_i q_i^s X_{ij} \right\} \quad (4-12)$$

服从:

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad (4-13)$$

$$Q_{\min}^i \leq \sum_j Y_j \leq L \quad (4-14)$$

$$d_{ij} X_{ij} \leq L_{(i,j)\max} \quad (4-15)$$

$$0 < \sum_j X_{ij} < \infty \quad (4-16)$$

$$X_{ij}, Y_j \in (0,1), i \in I, j \in J \quad (4-17)$$

式(4-12)为第一个指派模型的目标函数,最小化一个季度内发生在预冷站的相关成本;约束(4-14)限制预冷站使用的最大和最小数量;约束(4-15)保证每个产地的供货不被拒绝。

第二个指派模型主要是在满足相应约束条件下,将开放的预冷站指派给某一生鲜配送中心,如下所示:

$$\text{Min} \left\{ \sum_k C_k^L Z_k + \sum_k Z_k \sum_j \left[(q_{jk} \left[\frac{90}{P_j} \right]) \times (d_{jk} C_{jk}^S + C_k^S) \right] \right\} \quad (4-18)$$

服从:

$$Q_{\min}^U \leq \sum_k Z_k \leq M \quad (4-19)$$

$$d_{jk} X_{jk} \leq L_{(j,k)\max} \quad (4-20)$$

$$\sum_j q_{jk} \leq Z_k Q_k \quad (4-21)$$

$$\sum_i q_i^S X_{ij} P_j = \sum_k q_{jk} \quad (4-22)$$

$$q_{jk} \geq 0 \quad (4-23)$$

$$X_{jk}, Z_k \in (0,1), j \in J, k \in K \quad (4-24)$$

式(4-18)表示第二各指派模型的目标函数,最小化长途运输成本、生鲜配送中心租赁成本和相关处理成本;约束(4-19)规定生鲜配送中心开放的最大和最小个数;两个指派模型的部分约束条件在总模型中已经界定。

基于上述两步计算,在 Matlab 中可以编程计算出种群中每个染色体的总成本耗费,也就是适应度值。

(3) 遗传算子参数设定

采用最优性选择的方法,以确保最优秀的染色体在不被选中的情况下能够在下一代出现,初始种群个数取 22 个,将 22 个染色体的适应度值由大到小排列,排在最前面的性能最好的一个个体复制到下一代。目前,存在许多选择方法,譬如轮盘转、比赛选择、等级选择、优越性选择和随机选择等,本文采用随机选择的方法。现有的交叉有单点交叉、多点交叉和一致交叉三种,由于模型中有预冷站集中采购周期和生鲜配送中心开关两个决策,宜采用两点交叉。组合后的一部分染色体要进行变异操作,变异的概率一般在 0-0.1 之间,变异的形式取决于编码和交叉操作,采用标准变异方式,变异概率取 0.05,解连续 30 代未改进终止运算。

4.4.4 运算结果分析

通过多次参数调整和试验,算法的平均运行时间为 20min;基于上述设定的参数,在工具箱中多次运行和求解,达到最优解的平均运行代数 为 76 代,最终得出了本例的近似最优解,也就是一个季度内既有网络节点的最优布局。从表 4-4 所示,在生鲜农产品收获季度内租赁生鲜配送中心 1 和 2,使用预冷站 2 和 4,它们的采购(集中送货)周期分别为 2 和 7 天,可以满足所有 9 个产地供货需求,并且在相关限制条件下最小化总相关成本。

表 4-4 实例近似最优解

序号	产地编号	预冷站编号(集中采购周期)	生鲜配送中心编号
1	1, 3, 4, 6	4 (7)	1
2	2, 5, 7, 8, 9	2 (2)	2

4.5 本章小结

本文提出了生鲜农产品物流网络规划的基本步骤,典型研究基于冷链的生鲜农产品物流网络,基于问题描述和基本假设,提出了一个用于优化基于冷链的生鲜农产品物流网络节点布局的包含两个指派模型的非线性混合整数规划模型,目的是选择合理的预冷站(冷库)和生鲜配送中心(批发市场),确定预冷站的集中采购周期,并通过遗传算法进行了求解分析。

本章提出的模型对于生鲜农产品物流网络的中短期规划和设计具有指导意义,由于着重探讨算法的实用性,给出的实例规模相对较小,对于大规模问题,需要借助其它智能算法进行求解和比较分析,探讨几类方法组合求解的可行性。

第五章 基于冷链的生鲜农产品配送优化

在生鲜农产品生产、预冷（冷藏）和配送中心三层网络优化基础上，本章进而基于冷链的生鲜农产品配送优化问题，重点分析和优化总取货量比总送货量大的配送车辆路径问题，以实现产供销各环节的有效衔接和生鲜农产品安全快速的流通。

5.1 生鲜农产品配送

5.1.1 生鲜农产品配送的基本框架

1. 生鲜农产品配送的意义和内容

生鲜农产品配送是农产品供应网络的一个重要过程，包括运送、送达、验货等以补货和送货上门为目的的商业活动，以及贯穿其中的生鲜农产品安全控制，它是信息流、物流、商流紧密结合的一种综合的、特殊的环节；生鲜农产品配送能够通过配送活动的合理规划、组织、协调与控制，以降低配送成本、保证食品质量和提高客户服务水平。

生鲜农产品配送的主要内容包括以下 4 个方面：

- (1) 按照零售商的订单要求实现生鲜农产品的定时、定量和定线配送；
- (2) 依据零售商的销售和库存情况，实施定时配送，实现及时补货；
- (3) 实现横向网点间生鲜农产品的动态调配；
- (4) 配送的同时满足包装物回收和退货等逆向物流需求。

2. 生鲜农产品配送模式

按照供应主体不同，生鲜农产品配送模式可以分为以下 4 类：

(1) 供应商直接配送。批发零售业发展初期的主要模式，但是，随着超市业态的普及和快速发展，此模式下不能保证较高的配送效率和质量。

(2) 企业自营配送。企业应用自己的配送中心，如苏果集团的生鲜配送中心，双汇集团的生鲜肉配送中心等。近年来此类模式发展迅速。

(3) 联合配送模式。配送企业之间以互惠互利为原则，互相提供便捷的配送服务，从而形成了这种协作型的配送模式。

(4) 第三方配送模式。零售商的所有配送业务由第三方专业物流公司承担，此类模式在国内还处于探索阶段。

按照配送时间和数量不同，可以分为定时配送、定量配送、定时定量配送、定时定线配送、即时配送等 5 类。

3. 生鲜配送作业特点

依据生鲜配送中心作业内容的不同，生鲜农产品可以分为储藏型、中转型、

直送型和加工型等4类,基本特点和适用的具体生鲜农产品品类如表5-1所示。

表5-1 生鲜农产品配送作业特点

编号	产品类型	配送作业特点	品类
1	储藏型	长期承担储藏型商品的配送业务,主要包括理货和配货两个环节	如苹果和梨
2	中转型	承担暂存商品的职能,配送中心场地仅用于理货和配货	如黄瓜和番茄
3	直送型	多家供应商将直送型商品送达中小零售商	如蛋奶类
4	加工型	按照客户需求实施定制化初级加工,然后实施暂存、理货和送货	如卤菜

4. 生鲜农产品冷链配送条件

目前,国际范围内面向城镇零售商的生鲜农产品配送一般采用微型冷藏保温车,在进口生鲜产品的配送过程中,通常使用冷藏集装箱直接配送生鲜零售网点;但是,目前国内冷藏汽车数量有限,生鲜冷藏配送率很低。合理的生鲜产品配装是实现生鲜农产品高效率配送的关键,在生鲜产品装载前,首先要确认产品包装完整性,然后确认同一车辆装载的生鲜产品要求的配送温度范围一致;进而辨别产品之间是否会互相污染,包括物理损伤、化学作用加速腐烂等;最后依据产品特性制定合理的装载方案,不同品类的配货/装载的要求各有侧重,如表5-2所示。

表5-2 部分生鲜农产品冷链配送条件

品名	具体类别	配送工具	配装基本要求	储存和配送温度(湿度)(℃)
速冻食品	水果、蔬菜、水产品 and 肉类	冷藏汽车(冷藏集装箱)	禁止相互污染(物理、化学)	-18以下
禽蛋、奶类	冰蛋	冷藏汽车	包装合理	-18以下
	鲜蛋	保鲜汽车	装载方式合理	15以下
	鲜奶	专用奶罐车	罐体清洁	2-4
鲜蔬类	叶菜类	保温汽车	待装果蔬温度范围一致,不能相互污染	具体蔬菜品种的储存温度一般各不相同(湿度一般在80%和100%之间)
	根茎类	保温汽车		
	瓜菜类	保温汽车		
水果	仁果类	保温汽车		
	核果类	保温汽车		

5.1.2 实现生鲜农产品高效率配送的基本条件

基于第3章国内生鲜农产品物流体系的现状和发展趋势分析,结合实际调研分析,将生鲜农产品高效率配送的基本条件归纳为以下6个方面:

(1) 功能较为齐备的批发市场

现有的批发市场类型复杂,基础设施落后,功能相对单一,批发零售兼营,物流形态以个体自营物流企业为主,农产品交易模式以“采购+卸车+批发”为主,难以实现面向零售网点的统一配送。

因此,有必要按照现代配送中心的基本要求,提高生鲜农产品集散效率,改造升级已有冷库等基础设施,优化内部布局,完善流通加工、包装等作业功能。

(2) 专业化的生鲜配送中心

所谓生鲜配送中心就是根据各个店铺的生鲜订货内容,统一向产地、供应商或自采的渠道订货,经由配送中心统一验收、预冷、加工、分级、包装并配送到各店的机构,它是生鲜农产品统一采购、集中流通加工和高效配送的重要节点,现有的生鲜配送中心很少,分布很不均衡,大都由连锁经营企业自建,服务于企业内部连锁零售或生鲜超市,实现高效安全的生鲜配送必须新建辐射范围广、专业化水平高的生鲜农产品配送中心。

(3) 较高的零售商组织化水平

零售商的组织化水平主要体现在零售商自身系统的有序程度和零售商之间的协同程度;内部的有序程度体现在已有资源的整合程度和组织管理水平两个方面;零售商之间的协同程度表示它们之间横向合作和资源共享程度。

依据第3章物流主体的自组织化过程分析,较高的内部有序程度必然会使零售商集中核心的零售业务,它是物流作业外包的基本前提,零售商之间较高的协同程度和组织化水平必然促成生鲜农产品小批量多品种的分散采购模式向集中采购模式演变,物流外包模式的选择和生鲜农产品采购模式的演变必然要求生鲜农产品高效统一的配送服务。

(4) 良好的冷链物流体系保障

近年来人们对生鲜农产品的消费更加注重其品质和新鲜度,要求产品储藏、运输、配送等主要物流作业在冷链环境下进行。实际调研发现,现有的短途运输环节冷藏车辆数量很少,难以保证合理的冷藏运输率;批发市场冷库数量太少,可用冷藏面积小,仍然以传统的常温储存为主;零售环节除了超市生鲜卖场和生鲜超市外,农贸市场和菜市场的生鲜销售大都在常温环境下进行。从冷链设备、组织、信息等方面,批发商、配送服务商和零售商实现无缝衔接和协调是实现生鲜农产品高效率配送的基本条件。

(5) 较为先进的信息系统支持

生鲜农产品区域内配送过程涉及商流、物流和信息流，良好的信息网络是保障物流高效安全的有效平台，也有利于生鲜供给信息、需求信息和交易单据安全高效的传递和共享。实际调研表明，现有的批发市场相对比较孤立，信息系统落后，仅通过传统模式发布商品价格等简单的公共信息，除了超市卖场和生鲜超市的信息系统比较完善外，农贸市场基本没有构建信息系统和网络平台，物流服务商水平参差不齐，大都没有和批发零售商实现信息共享，节点间的信息发布、传递和共享效率低下，因此，构建服务于生鲜高效配送的信息系统和平台势在必行。

(6) 较高的配送服务社会化水平

现有的物流配送服务商以个体私营业主为主，现代化综合物流服务商大都没有涉足生鲜配送业务，专业化的生鲜配送以企业物流为主，难以形成区域内规模化的配送体系；区域内分布零散、小规模物流企业只有通过资源整合才能保证生鲜配送从自营物流形态向外包物流模式发展，社会化水平较高的物流服务是保证生鲜农产品统一、高效配送的重要条件。

总之，国内现有的基础设施和设备总体上相当落后，生鲜农产品横向合作和纵向协调不够，物流运作还停留在传统的粗放式分散化阶段；高效率的生鲜农产品配送仅仅局限于部分企业自营配送中心，配送范围有限；物流服务商不惜牺牲生鲜农产品品质来追求成本的降低，在短期内很难实现大范围高效率配送的基本目标，因此，国内现阶段只有部分大型生产、加工或零售企业开展有限范围的生鲜农产品配送，难以实现生鲜农产品高效配送。

5.1.3 生鲜农产品配送优化的必要性

以冷链为特征的生鲜农产品配送体系，由于本身对时间—温度控制和微生物控制有严格的要求，带来了成本的增加、监督管理难度加大，因此，如何在一定资源约束条件下，优化具有不同温度要求的生鲜农产品配送体系具有重要的意义。由于生鲜农产品的时效性，在生鲜农产品配送模式中，更加注重配送路径的优化，更加需要规划生鲜农产品配送体系，通过分析及成本核算，在配送的最大辐射半径范围内，优化的生鲜农产品配送体系，包括车辆、时间的安排、最优路线的选择等。

5.2 VRPSDP 概述

5.2.1 VRPSDP 由来

从一般产品的物流运作角度看,为了充分发挥逆向物流对环境保护的积极作用,必须充分协调逆向物流和正向物流的关系,使它们有效地融合在供应链中,发挥整体作用。如果单独运作逆向物流和正向物流,对于每一种方式都要分别解决单独的车辆路径问题(Vehicle Routing Problem, VRP),具体运作难度很大,也不利于环境的保护,另外,在许多配送系统中,单独运作正向物流和逆向物流会导致车辆能力的无谓浪费。如果把客户点的取货和在车辆路径中的送货充分结合起来,会减少车辆能力的浪费,这就出现了带有回程的车辆路径问题(Vehicle Routing Problem with Backhaul, VRPB),在VRPB中,客户点的取货和送货是单独运作的,送货是在配送过程中完成的,而取货则是在回程中完成的。

实际上,在许多与环境保护密切相关的生鲜农产品配送过程中,许多客户既有送货需求,又有取货需求,他们更愿意希望取货和送货作业同时进行,如果同时完成送货和取货,可以大量减少劳动耗费,因此客户只接受具有单一停靠的取送货服务,对于这一类问题的车辆路径问题,称之为具有同时送货和取货需求的车辆路径问题(Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up, VRPSDP)。

5.2.2 生鲜农产品配送策略分析

目前,国内生鲜农产品配送主要包括按照订单的定时(定量、定线)配送和面向零售网点补货的实时配送两类。实时送货的随机性较强,而面向订单的配送则具有一定规律性,便于配送计划的制定。

(1)与一般产品的配送相比,生鲜农产品配送需要冷链环境支持,配送成本较高,同时,容积的减少会增加车辆的配送次数或走行距离,可见,有效利用冷库的库存空间和冷藏配送工具的装载空间,是压缩冷链成本的关键所在;

(2)依据第三章的分析,与一般产品逆向物流相比,生鲜农产品的逆向物流量少的多,主要包括包装物的回收和少量缺陷产品的退货,由于零售网点之间的跨度一般较大,单独运作逆向物流成本较高;

(3)实际调研表明:区域内生鲜农产品在批发和零售环节逆向物流量占总量的60%以上,与一般产品相比,这一比例高得多;由于产品的生鲜特点和客户需求的多样性,退货总体上呈现小批量、多品种和随机性强的特点;

(4) 同时, 生鲜农产品要求在整个配送过程中保持恒定的低温, 车门的开关次数和装载货物的搬动次数过多会增加温度控制难度, 加速生鲜产品的腐烂变质过程, 如果将正向的配送和逆向的回收单独运作, 必然会增加制冷成本和单位产品成本。

逆向物流和正向物流整合运作国际范围内的发展趋势。依据上述分析, 针对总取货量比总送货量大的生鲜农产品配送问题, 采用零售网点同时取送货策略, 可以节约运输、制冷、回收等成本, 从宏观角度看, 有利于节约资源和环境保护。因此, 有必要本着节约冷藏车辆装载能力的原则求解具体同时取送货的车辆路径问题 (VRPSDP), 辅助生鲜农产品配送计划的制定。

5.2.3 VRPSDP 研究现状

目前, 国内外关于 VRP 的研究很多, 大都通过遗传算法、禁忌搜索算法等智能算法求解, 但对整合逆向物流和正向物流的车辆路径问题的研究还刚刚起步。近年来, 基于正向物流和逆向物流的不同关系, 延伸出了许多不同种类的 VRP, 如 VRPB (Vehicle Routing Problem with Backhauls)、VRPBM (Vehicle Routing Problem with Backhauls of Mixed Loads)、PDP (Pick-up and Delivery Problem) [138-140]。

国内外针对 VRPSDP 的模型及其算法的研究很少, 针对 VRPSDP, 张建勇和李军结合 2-opt 法和等级替换策略等设计了求解 VRPSDP 的一种混合遗传算法, 并进行了随机模拟试验^[141]; Alfredo Tang Montané F 和 Galvao R.D (2006) 提出了一个针对 VRPSDP 的禁忌搜索算法^[142]; Nagy D 和 Salhi S (2005) 分别针对单一中心车场和多个中心车场的 VRPSDP 构造了启发式算法^[143]; Nicola Bianchessi 和 Giovanni Righini (2007) 比较分析了本地搜索和构造算法, 并运用禁忌搜索算法求解了 VRPSDP 实例^[144]。

VRP 是由 G Dantzig 提出的, Garey 证明了旅行售货郎问题 (TSP) 是一个 NP-难问题, 由于 TSP 是 VRP 的一个特例, VRP 也是 NP-难问题, VRPSDP 又是 VRP 的一个变形, 因此也是 NP-难问题。同时, VRPBM 是 VRPSDP 的一种特殊情形, 在求解 VRPSDP 时, 应该和 VRPBM 的已有算法紧密结合, 基于已有的研究文献, 本文主要是利用一种启发式算法进行 VRPSDP 的求解。

5.3 模型描述

5.3.1 问题描述

总取货量比总送货量大的生鲜农产品 VRPSDP 可以描述为: 给定一个中心

冷库，一个冷藏车辆集合和一个客户集合（包括生鲜连锁零售店、超市生鲜卖场、农贸市场等，本章统称为客户），冷藏车辆有相同的容量限制和旅行距离限制，节点个数一定，不考虑客户的具体属性，起初冷藏车辆都在中心冷库，客户在空间上任意分布，车辆把生鲜农产品送到每一个客户，同时完成客户的取货需求，最终返回中心冷库，每个客户仅被服务一次，在车辆数已知的情况下，怎样使得车辆的总运行距离最小。

5.3.2 符号体系

V : 所有节点的集合

F : 所有冷藏车辆的集合

C : 冷藏车辆容量

L : 冷藏车辆旅行距离限制

d_{ij} : 各节点间的距离 ($i \in V, j \in V, i \neq j; d_{ii} = \infty, i \in V \setminus \{0\}, d_{00} = 0$)

D_j : 客户 j 送货需求量

P_j : 客户 j 的取货需求量 $j \in V \setminus \{0\}$

M : 取送货总量和总距离中的较大者, $M = \max \left\{ \sum_{j \in V \setminus \{0\}} (D_j + P_j), \sum_{i \in V} \sum_{j \in V, j \neq i} d_{ij} \right\}$

n : 节点个数

γ_k : 冷藏车辆离开冷库时的 k 冷藏车辆装载量 ($k \in F$)

l_i : 服务客户 i 后冷藏车辆装载量 $i \in V \setminus \{0\}$

ρ_i : 表示线路中节点 $i (i \in V \setminus \{0\})$ 的位置

$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{如果车辆 } k \text{ 在访问完客户 } i \text{ 之后立即访问客户 } j \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$

5.3.3 VRPSDP 模型

$$\text{Min} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in F} d_{ij} x_{ijk} \quad (5-1)$$

约束条件:

$$\sum_{i \in V} \sum_{k \in F} x_{ijk} = 1 \quad (j \in V \setminus \{0\}) \quad (5-2)$$

$$\sum_{i \in V} x_{isk} = \sum_{j \in V} x_{jtk} \quad (s \in V \setminus \{0\}, k \in F) \quad (5-3)$$

$$\gamma_k = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V \setminus \{0\}} D_j x_{ijk} \quad (k \in F) \quad (5-4)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V \setminus \{0\}} d_{ijk} \leq L \quad (k \in F) \quad (5-5)$$

$$\max d_{0j} \leq L/2 \quad (j \in V \setminus \{0\}) \quad (5-6)$$

$$l_i \geq \gamma_k - D_i + P_i - M(1 - x_{0ik}) \quad (5-7)$$

$$l_j \geq l_i - D_j + P_j - M(1 - \sum_{k \in F} x_{ijk}) \quad (i \in V \setminus \{0\}, j \in V \setminus \{0\}, j \neq i) \quad (5-8)$$

$$\gamma_k \leq C \quad (k \in F) \quad (5-9)$$

$$l_i \leq C \quad (i \in V) \quad (5-10)$$

$$\rho_j \geq \rho_i + 1 - n(1 - \sum_{k \in F} x_{ijk}) \quad (i \in V \setminus \{0\}, j \in V \setminus \{0\}, j \neq i) \quad (5-11)$$

$$\rho_i \geq 0 \quad (i \in V) \quad (5-12)$$

目标函数(5-1)表示冷藏车辆总旅行距离最小化；约束条件(5-2)表示每个客户仅仅被服务一次；约束(5-3)表示同一冷藏车辆到达和离开某一客户；约束(5-4)表示冷藏车辆初始装载量约束；约束(5-5)表示任一冷藏车辆旅行距离不能超过 L ；约束(5-6)表示保证满足最远距离客户需求；约束(5-7)表示服务完首个客户后的冷藏车辆装载量；约束(5-8)表示服务完客户 j 后冷藏车辆装载量；约束(5-9)表示冷藏车辆初始装载量不能超过冷藏车辆容量；约束(5-10)表示服务完客户 i 后冷藏车辆装载量不能超过冷藏车辆容量；约束(5-11)用来防止子回路，保证线路连续性。

5.4 基于插入的启发式算法

5.4.1 基于旅行距离(TD-Travelling Distance)的插入准则

需要指出的是，插入标准对于利用算法得到的解决方案的质量是至关重要的。 d_{ij} 表示客户点 i 和 j 在基建的距离，简单的贪婪法计算的仅仅是当在客户 i 和 j 之间插入客户 s 时的额外旅行距离，用 ψ_{TD} 表示如下：

$$\psi_{TD} = d_{is} + d_{sj} - d_{ij} \quad (5-13)$$

基于旅行距离的插入准则的不足之处是：一是没有考虑插入时剩余车辆装载能力的影响和将来插入的自由度；二是远距离的客户可能会被放到后面插入到线路中，这样势必会造成额外旅行距离。很明显基于旅行距离的插入准则不

能够很好地解决 VRPSDP, 它仅仅是将具有取货需求的客户插入到现存的线路中, 因此, 有必要对基于旅行距离的插入准则进行改进。

5.4.2 基于净装载能力的插入准则

给出一个具有四个客户点的实例, P_i 和 D_i 分别表示客户点 i 的取货量和送货量, 假定每一车辆具有同等的装载能力, 4 个客户的取送货量分别为: $D_1=20$, $P_1=10$, $D_2=10$, $P_2=50$; $D_3=10$, $P_3=20$, $D_4=40$, $P_4=30$ 。车辆最大装载能力为 100, 最大旅行距离为 1000, 通过预先统计客户取送货需求量, 使用车辆数已知。4 个节点之间的距离如表 5-3 所示。

表 5-3 节点之间的距离

$i \backslash j$ d_{ij}	0	1	2	3	4
0	∞	70	90	80	110
1	70	∞	40	100	90
2	90	40	∞	60	50
3	80	100	60	∞	80
4	110	90	50	80	∞

为了弥补基于旅行距离插入准则的不足, 并充分利用冷藏车辆能力, 依据贪婪算法的思想, 本章提出一类基于每一插入阶段净装载量的插入准则, nl_i 表示客户 i 的净装载量, 即待插入线路的客户取货量和送货量之差, 并按大小排序。

首先插入净装载量最小的客户点, 以此类推, 直至违反约束条件。需求未满足的客户需要其它车辆来满足, 即构造其它线路。在插入过程中, 当几个客户点的净装载量相同时, 比较刚插入的客户点与这些节点之间的距离, 距离最短的客户点优先插入, 实例计算分析如下:

排序结果为 $[nl_4(-10), nl_1(-10), nl_3(10), nl_2(40)]$, 考虑到车辆装载能力约束, 单一车辆仅仅能够满足客户点 1、3 和 4 的需求, 客户 2 的需求必须由第 2 辆车完成, 构造的线路如图 5-1 所示(箭头上方数值表示距离)。

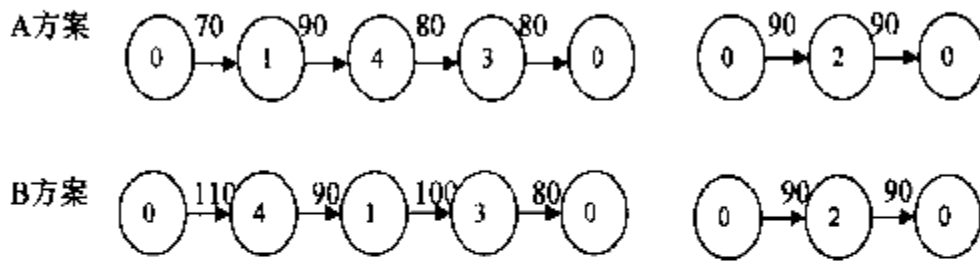


图5-1 通过基于净装载量的插入准则得出的线路

如图 5-1 所示，考虑到总旅行距离，B 方案的旅行距离 560，而 A 方案的旅行距离为 500，相对较小，为首选方案，这一插入准则相对比较简单，结合旅行距离，可以有效地解决客户点较少的车辆路径问题。

5.5 基于剩余装载能力的插入准则

5.5.1 算例分析

为了解决 TC 的第一个不足，本章将剩余能力和旅行距离结合起来考虑。很明显，车辆的剩余装载能力越大，未来插入的自由度就越大，为了能够得出一个较为满意的插入准则，通过一个具体的算例加以说明。

$R_d(i)$ 表示能够从中心冷库送到在客户 i 后插入的客户的剩余送货能力， $R_p(i)$ 表示在客户 i 后插入的客户所能够具有的最大可能的取货能力；假设车辆的冷藏容量一致， $Q(\{i\})$ 表示指派给线路的所有客户的集合。此例共有三个客户，取送货量分别为： $D_1=20$ ， $P_1=10$ ； $D_2=10$ ， $P_2=50$ ； $D_3=40$ ， $P_3=20$ ；车辆装载能力限制 C 为 100，车辆旅行距离限制 $L=400$ ，车辆使用数已知，相关的旅行距离如表 5-3 所示。

如图 5-2 所示，如果把客户 1 作为本次插入的“基客户”，剩余能力的计算可以通过递归的方式进行，运算过程如下：

$$R_d(0) = C - \sum_{i \in Q} D_i = 100 - 20 = 80$$

$$R_d(1) = \text{Min}\{R_d(0), C - l_1\} = \text{Min}\{80, 100 - 10\} = 80$$

$$R_p(1) = C - \sum_{i \in Q} P_i = 100 - 10 = 90$$

$$R_p(0) = \text{Min}\{R_p(1), C - l_0\} = \text{Min}\{90, 100 - 20\} = 80$$

不难看出， $D_s \leq R_d(0) = 80$ 且 $P_s \leq R_p(0) = 80$ ，在中心冷库后插入客户冷库 s 是可行的；同样，如果 $D_s \leq R_d(1) = 80$ 且 $P_s \leq R_p(1) = 90$ 时，客户 s 可以在客户

1 后面插入；可见，客户 s 插入位置有两种选择。

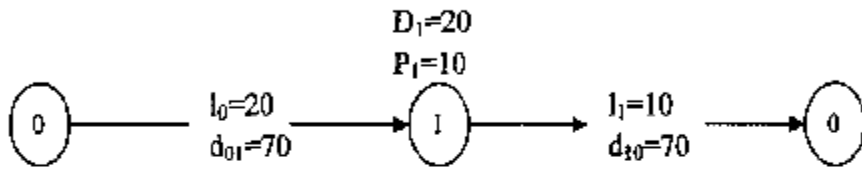


图 5-2 基于“基客户”1 的线路

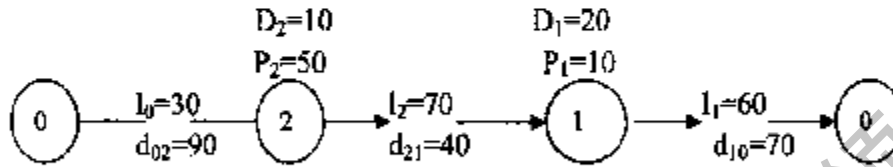


图 5-3 客户 2 插入在中心冷库后的线路

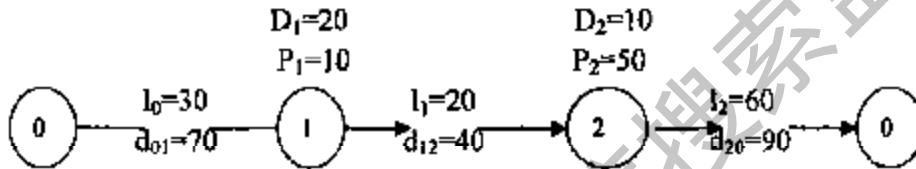


图 5-4 客户 2 插入在“基客户”1 后面的线路

在上面的计算基础之上，如果将客户 2 插入到中心冷库后，满足车辆装载能力 (C) 和旅行距离(L)的限制示意图见图 5-3，其计算过程如下：

$$R_d(0) = C - \sum_{i \in Q} D_i = 100 - (20 + 10) = 70$$

$$R_d(2) = \text{Min}\{R_d(0), C - l_2\} = \text{Min}\{70, 100 - 70\} = 30$$

$$R_d(1) = \text{Min}\{R_d(2), C - l_1\} = \text{Min}\{30, 100 - 60\} = 30$$

$$R_p(1) = C - \sum_{i \in Q} P_i = 100 - (10 + 50) = 40$$

$$R_p(2) = \text{Min}\{R_p(1), C - l_2\} = \text{Min}\{40, 100 - 70\} = 30$$

$$R_p(0) = \text{Min}\{R_p(2), C - l_0\} = \text{Min}\{30, 100 - 30\} = 30$$

在这种插入方式下，客户 3 ($D_3=40, P_3=20$)，只能插入在中心冷库后，其计算过程和上面类似。

如果将客户 2 插入到“基客户”1 之后，满足车辆装载能力 (C) 和旅行距离(L)的限制，如图 5-4 所示，其计算结果如下： $R_d(0)=70, R_d(1)=40, R_d(2)=40; R_p(2)=40, R_p(1)=40, R_p(0)=40$ 。可见，客户 3 ($D_3=40, P_3=20$) 可以插入的

位置基客户 1、客户 2 和客户 3 等节点之后，其计算方法同上。

5.5.2 新插入标准的引出^[145]

通过上节的实例分析可以得出：通过先插入大配送量小取货量的客户，后插入小配送量大取货量可以实现较大的剩余能力。进而加入一个旅行距离的尺度， $D_d(t)$ 表示沿着线路由中心冷库到客户的旅行距离， $D_p(t)$ 表示沿着线路由客户到中心冷库的距离， $NLA(t)$ 表示客户点 t 的非立即后继（相邻节点）的集合，TRD 和 TRP 分别表示在整个旅程中用距离衡量的总的剩余送货能力和剩余取货能力，用公式表示如下：

$$TRD = \left[\sum_{t \in Q \setminus \{0\}} R_d(t) * D_d(NLA(t)) \right] / \left[\sum_{t \in Q \setminus \{0\}} D_d(NLA(t)) \right] \quad (5-14)$$

$$TRP = \left[\sum_{t \in Q \setminus \{0\}} R_p(t) * D_p(NLA(t)) \right] / \left[\sum_{t \in Q \setminus \{0\}} D_p(NLA(t)) \right] \quad (5-15)$$

在上面的例子中，对于线路 (0-2-1-0)

$$TRD = [70 * 90 + 30 * (90 + 40) - 30 * (90 + 40 + 70)] / 420 = 38.57;$$

$$TRP = [40 * 70 + 30 * (70 + 40) + 30 * (70 + 40 + 90)] / 380 = 31.84;$$

同理，对于线路 (0-1-2-0)，TRD=45.53，TRP=40。

线路上满足条件的未被插入的客户的累计送货需求 AD_u 和取货需求 AP_u 较高时，剩余能力价值是相当有优势的，可以考虑将车辆能力耗费部分和剩余装载能力部分结合起来，从而得到一个衡量车辆能力耗费尺度的 TUC (Total Used Capacity)，如公式(5-16)所示。

$$TUC = \frac{AD_u * (1 - TRD / C)}{\sum_{i \in Q} D_i} + \frac{AP_u * (1 - TRP / C)}{\sum_{i \in Q} P_i} \quad (5-16)$$

最终目的就是用尽可能少的车辆能力耗费最大可能地满足客户的取送货需求，TUC 调整可以做为一个距离尺度，进而得到一个基于剩余能力的插入准则，如下公式所示：

$$\psi_{RC} = \psi_{TD} + \lambda * TUC \quad (5-17)$$

在使用车辆数已知的情况下， ψ_{RC} 可以作为车辆旅行距离和车辆能力耗费的衡量标准。 $0 \leq \lambda \leq 1$ ，当 $\lambda = 0$ 时，就变成了基于旅行距离的插入标准；在其它情况下，基于旅行距离的插入标准，应该根据车辆剩余能力对实际插入的影响程度对 λ 进行赋值。

根据上面的实例,在满足车辆旅行距离和装载量的限制条件下,客户点3共有6种插入方式,取 λ 为0.7,很明显,客户点3已经插入到线路中,客户4($D_4=40$, $P_4=30$)还未被插入到线路中。依据上面给出的插入准则的计算过程,分别计算6条线路相关耗费,将其列入表5-4。

表5-4 实例计算结果

线路 \ 项目	TRD	TRP	TUC	ψ_{TD}	ψ_{RC}
0-1-2-3-0	33	20	0.97	50	50.68
0-1-3-2-0	43.8	20	0.86	120	120.60
0-2-1-3-0	24.74	20	1.05	110	110.74
0-2-3-1-0	17.41	10.89	1.16	120	120.81
0-3-2-1-0	39.24	20	0.91	110	110.64
0-3-1-2-0	24.77	11.17	1.09	50	50.76

如表5-4所示,当将客户3插入到已有线路中时,按照上面给出的插入标准计算公式进行运算,第一种插入方式(即线路0-1-2-3-0)最优, $\psi_{RC}=50.68$,如图5-5所示。可见第一种插入方式较好地考虑和权衡了旅行距离和车辆剩余装载能力这两个重要因素,也就是说,在保证总旅行距离最短的同时,很好地节约了车辆的装载能力。在当前阶段,因为 $R_p(t) \leq p_i = 30 (t \in Q)$,线路中再也不能插入客户。另外,在具有相对较多等待插入的客户的情况下,运算过程同上。

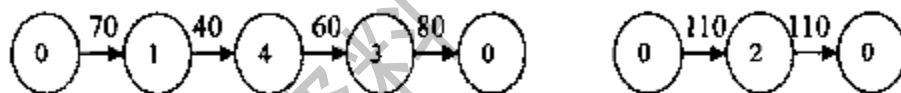


图5-5 基于剩余装载能力的实例最优解

如图5-5所示,最优解需要2辆车,总旅行距离为470,与使用净装载量插入准则得出的最优解相比,使用同样多的车辆,旅行距离相对较短。同时,考虑到车辆装载能力的利用率,这一插入准则得出的解也相对较优,线路1的总装载量为80,而通过基于净装载量插入准则求出的装载量仅为60。总之,通过这两种插入准则的实例运算和比较,基于剩余装载能力的插入准则将车辆旅行距离和剩余装载能力进行了有效的结合。然而,基于插入的启发式算法,需要很大的运算量,如果客户很多,可以借助计算机程序来减轻繁重的计算任务。

5.6 本章小结

本章主要研究总取货量比总送货量大的生鲜农产品车辆路径问题,主要解决一类具有同时取送货的车辆路径问题(VRPSDP)。首先给了生鲜农产品配送

的内容、配送模式和特点，作为配送系统优化的一项重要内容，车辆路径优化是物流配送高效运作的关键所在；基于 VRPSDP 的阐述，分析了生鲜农产品配送采取同时取送货策略的必要性；结合生鲜农产品配送作业和逆向物流的特点，当总取货量比总送货量大时，有效解决 VRPSDP 可以实现生鲜农产品配送环节和部分逆向物流的有效整合，有利于节约物流相关成本，提高配送效率。

基于已有基于旅行距离插入准则的启发式算法的简要分析，本着节约冷藏车辆空间的原则，本章提出一类基于净装载能力的插入准则，通过实例运算分析，最终得出了一类基于剩余装载能力的启发式算法，同时考虑了车辆旅行距离和装载能力，通过实例运算和对比分析，它可以有效解决客户点相对较少的 VRPSDP。需要指出的是，在考虑具体客户对取货和送货需求的优先权以及中心冷库的容量限制等问题时，这一问题将变得异常复杂，有待进一步研究。

第六章 跨区域生鲜农产品物流安全风险分析与评价

从战略规划和实际运作角度出发,第4、5两章优化了基于冷链的生鲜农产品物流网络节点布局和配送车辆路径问题,以实现物流链和冷链的集成,有效地衔接产供销各个环节,加快生鲜农产品流通,节约物流成本,有利于减少生鲜农产品物流过程的腐烂变质等安全事故的发生。

生鲜农产品物流过程中的安全事故复杂多样,安全事故控制涉及事前预防、事中监控和事后控制等方方面面的问题,因此,生鲜农产品物流安全风险控制是一个系统工程,本章重点研究生鲜农产品物流系统安全风险的控制机理,风险分析与评价方法以及系统安全水平的实证评价。

6.1 生鲜农产品物流安全

6.1.1 生鲜农产品物流安全的概念界定

目前,关于物流安全的研究主要集中在物流安全的概念界定。罗铮(2005)认为物流安全是指物流运作过程中发生的因人为失误或技术缺陷造成的货物损坏或失效、物流设施损害及物流信息失真等安全问题^[146]。李炯(2005)主要从实践角度来分析物流安全^[147],认为物流安全主要包括设备、人员和操作流程规范等部分,它们相互补充,构成完整的安全体系。张诚等人把物流安全归结为一般产品物流安全和特殊商品物流安全两大方面的内容^[148]。罗一新认为物流安全主要包括信息安全、运输安全、储存安全和加工安全等^[149]。上述研究主要从货物品类和具体物流作业流程来分析物流安全,适用范围较广,而生鲜农产品作为特殊商品,由于自身的易腐特性,针对一般产品的物流安全定义难以对其进行有效界定。

在国内,张延平和谢如鹤(2006)首次提出食品物流安全的涵义:食品物流安全是指食品在生产、加工、贮藏、运输以及配送直至最终消费的全过程中不使消费者受到损害的一种担保^[150],与一般的物流安全定义有三个不同点:(1)充分考虑了最终消费者的利益;(2)涉及了食品的生产 and 消费过程;(3)食品在物流过程中的安全范畴较广。

依据现有物流安全相关研究的比较分析,本文将生鲜农产品物流安全定义为:在生鲜农产品物流过程中不使生鲜农产品及其作业环境受到损害的一种担保,生鲜农产品损害包括腐烂、损伤、丢失等;作业环境损害包括操作人员伤亡、环境污染、设施设备故障、物流信息失真等。

6.1.2 生鲜农产品物流安全分类

按照张诚的定义,按照物流服务对象的不同,可以将物流安全分为一般货物物流安全和特殊货物物流安全,这里的特殊货物包括易燃、易爆、易腐和有毒货物,显然,生鲜农产品物流属于特殊货物物流范畴。

生鲜农产品物流与一般物流存在着本质的区别:(1)它更加注重物流过程中的生鲜农产品本身的安全水平;(2)大部分生鲜农产品需要冷链平台支撑;(3)生鲜农产品物流作业环节比一般物流复杂;(4)生鲜农产品本身的特性决定了它比一般物流对时效性要求更高。

根据物流的基本作业环节的不同,可以将生鲜农产品物流安全分为储存安全、运输安全、包装加工安全等三类;从作业环境的角度分类,生鲜农产品物流安全包括生鲜农产品“软安全”和“硬安全”两类,“软安全”包括信息安全、操作人员安全、设施设备标准的匹配程度、操作规程的完善程度;“硬安全”主要是指设施设备安全,包括载运工具安全、冷库安全和装卸搬运机械安全等;从物流服务辐射范围角度,可以分为区域内和跨区域生鲜农产品物流安全两类;从生鲜农产品物流服务的形态看,可以分为生鲜农产品供应物流和销售物流安全两类;从物流组织主体类型角度,可以分为生鲜农产品自营物流安全和外包物流安全两类;从生鲜农产品物流作业环节角度,物流安全可以分为运输、装卸、配送、包装加工、仓储作业安全等安全系统。

6.1.3 生鲜农产品物流系统安全风险控制的基本原理和内容

1. 风险管理基本思想

风险管理和安全系统工程是学术交集,本质同源,因此,风险分析与评价思想与系统安全分析评价方法具有很多共性。

风险管理是指企业通过识别风险、衡量风险、分析风险,从而有效地控制风险,用最经济的方法来综合处理风险,以实现最佳安全生产保障的科学管理方法。风险管理的内容和相互关系如图 6-1 所示^[51]。

2. 生鲜农产品物流安全风险控制的步骤

由于生鲜农产品易腐特性,对于流通时间和运输冷藏条件要求很高,而国内物流业还处于粗放式发展阶段,冷链物流体系非常落后,这就导致物流风险很高,至今,对于系统风险风险分析和评价还没有形成一套行之有效的技术和方法。

(1) 相关概念界定

生鲜农产品物流过程中的危险、事故和风险等基本定义界定如下:

危险 (Hazard): 系指生鲜农产品污染、损坏、遗失和腐烂的潜在可能;

事故 (Accident): 系指涉及生鲜农产品损耗、污染、设施设备故障、财产损失、环境污染的意外事件;

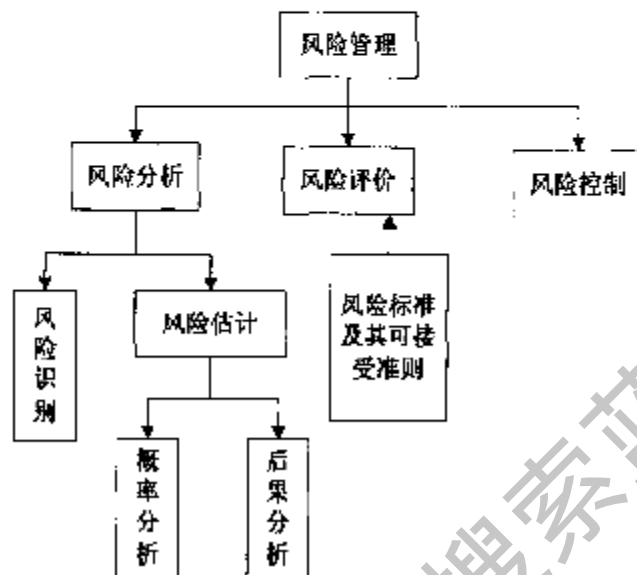


图 6-1 风险管理的内容及其相互关系

风险 (Risk): 事故发生频率和后果严重性的乘积;

事故发生频率通常定性地划分为极少、很少、经常和频繁, 实际操作时赋予量的范围, 例如极少一般定义为 $\leq 10^{-5}$ 。

后果严重性定性地定义为轻微、显著、严重和灾难性等, 实际操作中可以通过不同的角度进行量化, 例如从生鲜农产品损失量 (设备和人为)、污染量、腐烂变质量等方面进行量化, 风险被赋予了量化的定义, 就具有可度量性以及可分析性。

(2) 生鲜农产品安全风险控制机理

依据生鲜农产品物流安全的概念界定、安全系统工程和风险管理的基本思想, 生鲜农产品物流安全风险控制可以分为风险分析、风险评价、风险控制等 3 个基本步骤, 基本思想如图 6-2 所示, 由于生鲜农产品物流是一个动态过程, 涉及多个作业环节, 上游环节一般影响下游环节, 各个作业环节的安全风险类型一般不尽相同, 整个生鲜农产品系统应处在全流程实时物流安全风险监控中,

在风险分析阶段, 有必要从具体作业环节入手进行风险识别、辨析风险类型、度量风险以及确定风险控制措施, 风险控制措施涉及事前的控制和预防、物流过程中的实时监控、安全事故的应急处理、事后控制与处理等多个方面, 通过物流安全风险分析, 能够初步分析各个生鲜农产品物流作业环节的安全风

险的特点和水平；第二步为生鲜农产品物流系统安全水平评价，依据系统可靠性和系统安全工程理论，包括物流系统可靠性评价和系统安全风险水平评价两个方面，系统可靠度越高意味着发生事故的的概率越小，系统安全水平就越高，相对于系统安全风险水平评价，系统可靠性评价的周期要短；通过安全水平评价结果判断现有的生鲜农产品安全风险水平是否超过系统内部主体可接受的风险水平，如果超过，转入第三个安全控制步骤，从作业环境、设施设备和操作人员等方面入手，采取安全风险控制措施，进而再次进行安全风险分析，周而复始地进行系统物流安全风险控制，如果没有超过可接受的风险水平，转入生鲜农产品物流系统全流程实时监控。

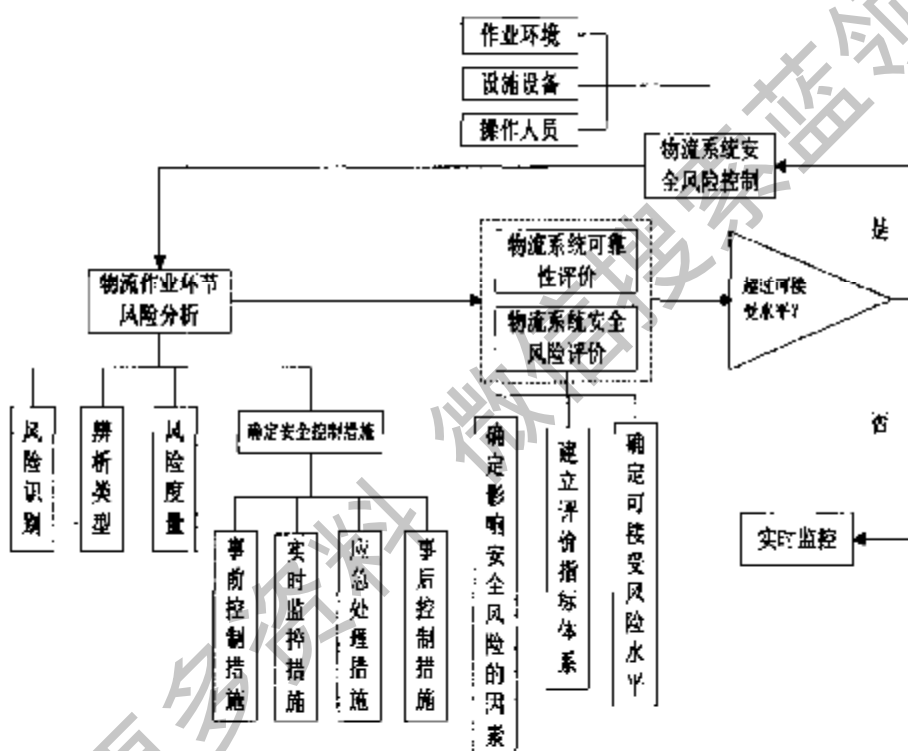


图 6-2 生鲜农产品物流安全风险控制机理

可见，生鲜农产品物流系统安全风险控制是一个复杂的系统工程，涉及全流程的实时监控和物流安全风险的分阶段周期性控制。本文主要研究生鲜农产品物流安全风险分析与评价方法。依据生鲜农产品物流安全控制的基本框架，将进行生鲜农产品物流安全风险控制的基本步骤和内容归纳在表 6-1 中。

6.2 物流安全风险分析与评价方法

目前，国内物流安全风险控制的系统研究还没有开始，物流安全风险控制

理论和方法还不成体系,因此,本文重点比较分析部分可供选择的风险分析与评价方法,以结合实际调研,进行生鲜农产品物流系统安全风险水平的实证分析。

表 6-1 生鲜农产品物流安全风险控制的基本内容

序号	步骤名称	基本内容
1	物流安全风险分析	(1) 从生鲜农产品本身角度分析物流安全风险类型和影响因素; (2) 从系统的角度统计分析物流安全事故的发生概率和后果严重程度。
2	物流安全风险评价	(1) 从作业环节角度分析和总结影响生鲜农产品物流安全的主要因素,建立生鲜农产品物流安全风险评价指标体系; (2) 从运筹学、模糊数学和系统工程等角度实际评价区域生鲜农产品物流安全风险水平; (3) 从安全系统工程和可靠性理论角度,评价系统总体安全可靠水平。
3	物流安全风险控制	(1) 本着事前预防的原则,从生鲜农产品影响因素角度,系统地建立物流安全风险监控体系和平台; (2) 依据具体系统或具体环节的安全事故分析,有针对性地提出应对措施; (3) 依据安全风险水平的具体评价结果分析,本着事后控制的原则,有效完善现有安全控制体系。

6.2.1 FSA 与风险坐标图法

海运领域长期缺乏科学适用的安全评价工具和科学的决策支持工具,为了提高海运界的安全管理水平,以避免遗漏事故隐患和高耗低效的规定,综合安全评价方法(Formal Safety Assessment, FSA)应运而生,它是一种关于工程技术与工程运营管理中用于指定合理的规则和提供风险控制的综合性、结构化和系统性的分析方法^[152],主要目的就是降低事故发生的概率和减轻事故后果。

FSA 方法有 5 个基本步骤如下:

(1) 危险识别

识别的目的就是对所评估的系统可能存在的所有风险进行识别,并按照危险程度粗略分类和有序排列。

(2) 风险评估

风险评估主要目的就是确定风险分布并识别和评估影响风险水平的因素,一般有定性、半定量和定量分析等几种形式。

(3) 提出风险控制方案

(4) 成本与效益评估

估算和评估第 3 步识别和确定的各种风险控制方案所产生的成本和效益。

(5) 提出决策建议

风险坐标图是 FSA 体系中常用的风险度量和评估方法，它把风险发生可能性的高低、风险发生后对目标的影响程度，作为两个维度绘制在同一个平面上（即绘制成直角坐标系），对风险发生可能性的高低、风险对目标影响程度的评估有定性、半定量和定量等方法。

如图 6-3 所示，定性方法是直接用文字描述风险发生可能性的高低、风险对目标的影响程度，如风险发生的频率可分为极少、很少、可能发生和经常发生等 4 类，而后果严重程度可分为“不明显”、“轻微”、“严重”、“极严重”等。定量方法是对风险发生可能性的高低、风险对目标影响程度用具有实际意义的数量描述，如对风险发生可能性的高低用概率来表示，对目标影响程度用损失金额等指标来表示；半定量分析方法综合定量和定性的界定思想，介于两者之间。

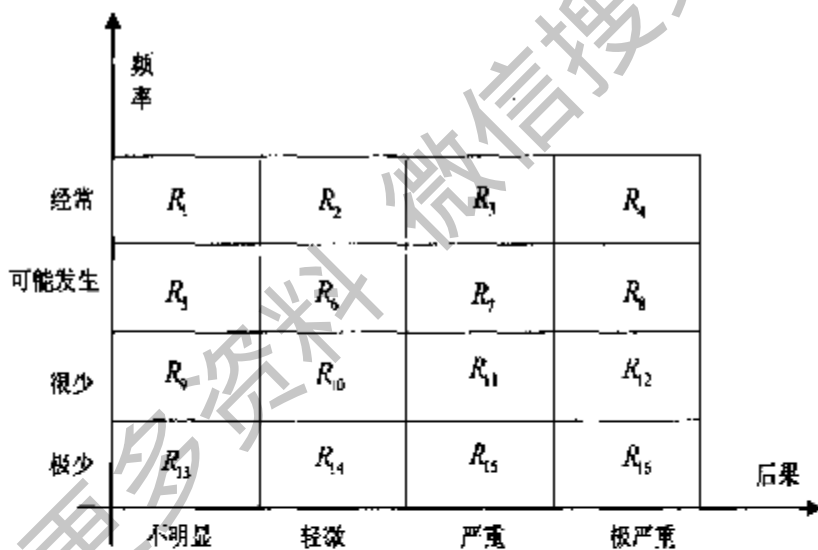


图 6-3 风险坐标图

6.2.2 HACCP 法

1. HACCP 思想简介

HACCP 是危害点分析关键控制点 (Hazard Analysis Critical Control Point) 的首字缩写；它是一种简便、合理而专业性又很强的先进的生鲜农产品安全质量控制体系，设计这类体系是为了保证生鲜农产品生产系统中任何可能出现危害或有危害危险的地方得到控制，以防止危害公众健康的问题发生^[153-155]。

HACCP 是代替传统的管理方法的生鲜农产品卫生安全防御系统,与一般系统的监督方法相比较,它具有较高的经济效益和社会效益;它是一个预防体系,但不是零风险;它是预防性的,而不是反映性的。

2. HACCP 相关术语

相关术语的解释如表 6-2 所示:

表 6-2 相关术语定义

编号	定义	解 释
1	关键控制点 (CPP)	生鲜农产品安全危害能被控制的、能预防、消除或降低到可以接受的水平的一个点、步骤或过程。
2	控制点 (CP)	能控制生物的、物理的或化学的因素的任何点、步骤或过程
3	关键限值 (CL)	与关键控制点相联系的预防性措施必须符合的标准
4	CCP 判断树	用一系列问题来确定一个控制点是否是 CCP
5	操作限值 (OL)	比关键限值更为严格的,由操作者使用来减少偏离的风险标准
6	纠偏行动	当关键控制点从一个关键限值偏离时采取的行动
7	HACCP 计划	在 HACCP 原理基础上编制的文件,描述必须遵守的程序来确保某一特定加工或程序的控制
8	危害	可能引起食物消费安全的、生物、化学或物理的因素
9	显著危害	可能发生及一旦发生将对消费者导致不可接受的健康风险
10	监控	进行一个有计划的连续的观察或测量来评价 CCP 是否在控制之下,并为将来验证时作出准确的记录

3. 危害分析和预防措施

进行危害分析就是列出生鲜农产品流通加工过程中可能发生显著危害的步骤表,并描述预防措施;显著危害指可能发生,一旦发生对消费者导致不可接受的健康风险。

(1) 危害分析:根据各种危害发生的可能风险(可能性和严重性)来确定一种危害的潜在显著性;

(2) 自由讨论和危害评估:自由讨论应当从原料接受到成品的加工的每一个操作步骤危害发生的可能性进行讨论,危害评估是对每一个危害的风险及其严重程度进行分析,以决定生鲜农产品安全危害的显著性;

(3) 预防措施:用来防止或消灭危害或使其降低到可接受水平的行为和活动。

4. 确定关键控制点

(1) 关键控制点

对危害分析期间确定的每一个显著的危害,必须有一个或多个关键控制点

来控制危害，只有这些点作为显著的安全危害而控制时才认为是关键控制点。当危害能被预防时，这些点可以被认为是关键控制点，能将危害消除的点可以确定为关键控制点，能将危害降低到可以接受的水平的点可以确定为关键控制点，一个关键控制点可以用于控制一种以上的危害。

(2) 确定 CCP 的方法

确定 CCP 的方法很多，可以用“CCP 判断树表”来确定，也可以用危害发生的可能性及严重性来确定，CCP 判断树表的示例如图 6-4 所示。

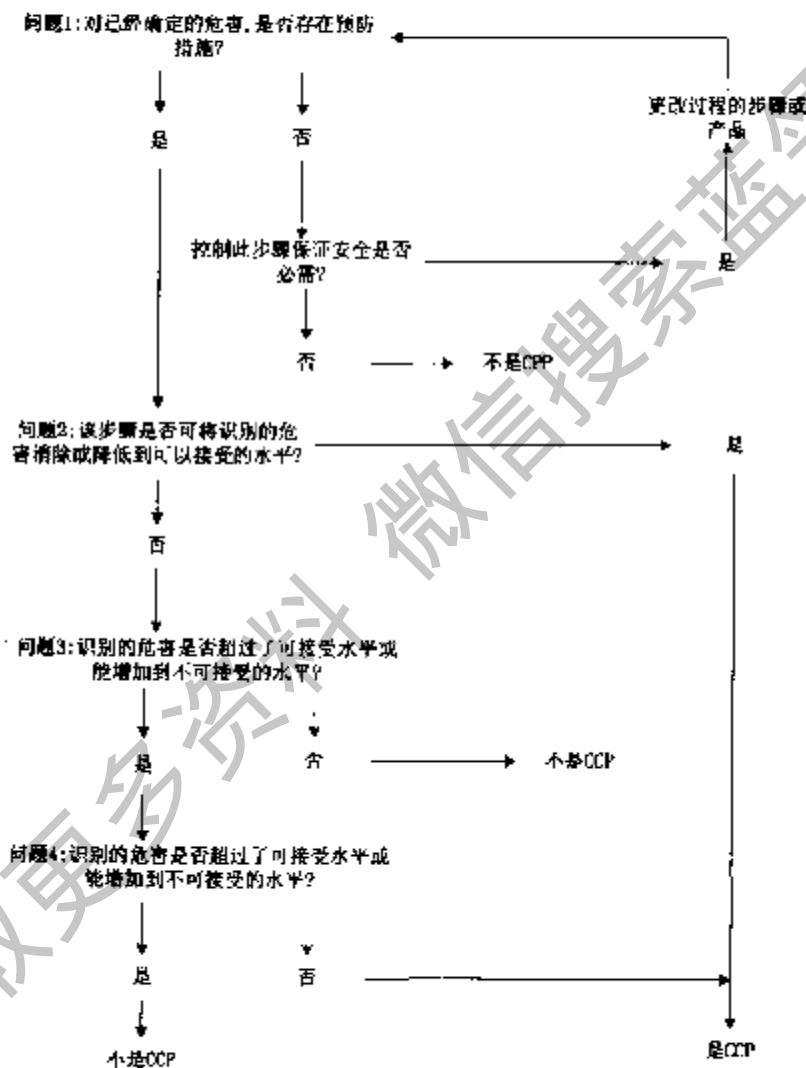


图 6-4 CCP 判断树表

6.2.3 事故树分析法

1. 事故树的概念

事故树分析 (Fault Tree Analysis, 简称 FTA) 是在系统安全工程中广泛应用的重要的安全分析方法之一;“树”的分析技术属于系统工程的图论范畴,是一个无圈的连通图。事故树是一种利用布尔逻辑关系从结果到原因表示事故发生过程的逻辑树图。

事故树分析方法可形象明了地反映出事故发生的因果关系。它既可以用于事故后的原因分析,又可以用于系统危险性评价与辨识;既可以用于定性分析,也可以用于定量分析。由于这种分析方法具有形象直观、思路清晰、逻辑性强等特点,因而得到了广泛的应用。

2. 事故树分析的分析步骤

事故树分析是对所研究系统发生事故的条件,可能导致的灾害性后果,按因果逻辑关系的先后顺序制成的分析程序的树状图,它表示了事故与各种事件的逻辑关系。事故树分析的基本步骤如下:(1)熟悉系统;(2)调查事故;(3)确定顶上事件;(4)确定顶上事件的控制目标;(5)事件原因调查;(6)绘制事故树;(7)定性分析;(8)求顶上事件的发生概率;(9)分析比较;(10)概率分析。

6.2.4 GO 法

1. GO 法 (GO methodology) 基本思想

作为一种通用的可靠性分析方法,GO 法的基本思想是在 20 世纪 60 年代中期由美国 Kaman 公司最先提出,经过应用中的不断完善,20 世纪 80 年代以后在核能领域,是一种用图形演绎法来分析系统可靠性的方法。GO 法主要用于系统运行具有复杂时序或系统状态随时间变化的系统。GO 法一般是以成功为考虑问题的出发点,通过部件的 GO 符号直接从原理图转换成 GO 模型图,并且 GO 法程序计算所分析系统的各种状态的发生概率。主要用来评估系统的可靠度和可用度,最初用于分析核武器及其导弹系统的可靠性和安全性,近年来,被用于核能设施,如核电站的可靠性和安全性分析。

GO 图对系统的表示逻辑模型有如下假设:(1)系统是连贯的,因此每个部件都和系统相连,无单独的部件;(2)系统为两状态,即成功和失败两种状态;(3)不同部件的寿命是相互独立的;(4)部件可以是有一定修理时间的可修部件;(5)部件修复完成后,恢复新的状态。

2. GO-FLOW 法基本思想

GO-FLOW 法是 20 世纪 80 年代以后在 GO 法的基础上逐渐发展起来的,其基本思想是把系统图或工程图直接翻译成 GO-FLOW 图,GO-FLOW 图中用操作符代表具体的单元或部件,用信号流连接操作符,代表具体的物流或者逻辑上的运输通道,适用于有一定操作程序的系统、状态随时间变化的系统或有

阶段性任务的系统等复杂系统的安全性和可靠性分析。GO-FLOW 法还能很好地解决有共因失效的系统分析,系统的不确定性分析和动态系统分析等方面的问题。在进行系统安全性分析和概率风险评价时,GO-FLOW 法现已成为除故障树和事件树以外一种有效方法,其主要步骤包括 GO-FLOW 图和进行 GO 运算^[156-158]。

部分 GO-FLOW 法操作符描述及其运算规则如下:

(1) 类型 21 操作符——两状态元件

描述:类型 21 操作符用来模拟只有两种状态的元部件,表示状态好坏、成功或故障等这种操作符只有一个输入信号和一个输出信号。

参数 P_g 表示操作符所代表元部件的成功概率。

运算规则:输入信号存在,且操作符处于成功状态,则输出信号存在,输出信号的强度计算式: $R(t) = S(t) \cdot P_g$ 。

(2) 类型 22 操作符——或门

描述:类型 22 是逻辑门,用来模拟多个信号的或门的逻辑关系有多个输入信号和 1 个输出信号,没有参数。

运算规则:只要有 1 个输入信号存在时,输出信号就存在,输出信号的强度是所有输入信号强度的并集,假设有 M 个输入信号,而且它们相互独立,则输出信号强度的计算式为:

$$R(t) = 1 - \prod_{j=1}^M [1 - S_j(t)]$$

(3) 类型 25 操作符——信号发生器

描述:类型 25 操作符用于模拟单信号发生器,仅有一个输出信号,该操作符一般用于在某一个时间点产生一个信号,也可以在多个时间点连续产生多个信号,该操作符产生额信号与其它操作符产生的信号是互相独立的;该操作符号作为类型 35 操作符的子输入信号时,它是作为时钟使用,输出信号的强度表示时间间隔。

参数: $R(t_i)$ $i=1, \dots, n$, 给出 n 个时间点的输出信号强度。

(4) 类型 35 操作符——随时间失效的工作元件

描述:类型 35 操作符用来描述正在工作的失效概率随时间增长的工作元件,该操作符有 1 个主输入信号,多个次输入信号和 1 个输出信号。

参数: λ ——操作符所代表的随时间失效的工作元件在单位时间内的失效概率,即失效率,假设失效率 λ 不随时间而改变,为一常数。

运算规则:操作符的次输入信号强度表示一段时间间隔,在该时间间隔内,由于失效率 λ 引起正在工作的元件的失效率增加,因此当主输入信号存在时,

输出信号的强度下降, 多个次输入信号表示多个时间段引起元件失效概率增加, 输出信号强度计算式为:

$$R(t) = S(t) \cdot \exp \left\{ -\lambda \sum_{i=1}^n \sum_{t_k \leq t} P_i(t_k) [1.0, S(t_k)/S(t)] \right\}$$

6.2.5 蒙特卡罗方法

1. 蒙特卡罗方法简介

蒙特卡罗法 (Monte Carlo Method) 也称随机模拟法或统计模拟法。它是以概率论为基础的风险预测方法。

蒙特卡罗法的分析结果是建立在大量的随机试验的基础上的, 因此必然受到试验手段和计算量的限制。直到 20 世纪 40 年代电子计算机出现, 大量的随机抽样试验能够利用计算机快速模拟, 使得蒙特卡罗方法具有了实现的可能。二战期间, 冯·诺伊曼 (Von Neumann) 等人利用计算机进行中子行为随机抽样模拟, 通过大量的随机抽样模拟分析有关参数。这一方法收到了相当好的效果。近几十年来, 蒙特卡罗法得到了广泛的应用, 其中的一项应用就是风险分析, 它是一种随机模拟数学方法。该方法用来分析评估风险发生可能性、风险的成因、风险造成的损失或带来的机会等变量在未来变化的概率分布; 其实质就是利用服从某种分布的随机数来模拟现实系统中的随机现象, 因此只有模拟次数足够大才能得到有意义的结论。

2. 蒙特卡罗方法的操作步骤

(1) 量化风险。将需要分析评估的风险进行量化, 明确其度量单位, 得到风险变量, 并收集历史相关数据。

(2) 根据对历史数据的分析, 借鉴常用建模方法, 建立能描述该风险变量在未来变化的概率模型。建立概率模型的方法很多, 例如: 差分和微分方程方法, 插值和拟合方法等。这些方法大致分为两类: 一类是对风险变量之间的关系及其未来的情况作出假设, 直接描述该风险变量在未来的分布类型(如正态分布), 并确定其分布参数; 另一类是对风险变量的变化过程作出假设, 描述该风险变量在未来的分布类型。

(3) 计算概率分布初步结果。利用随机数字发生器, 将生成的随机数字代入上述概率模型, 生成风险变量的概率分布初步结果。

(4) 修正完善概率模型。通过对生成的概率分布初步结果进行分析, 用实验数据验证模型的正确性, 并在实践中不断修正和完善模型。

(5) 利用该模型分析评估风险情况。

正态分布是蒙特卡罗风险方法中使用最广泛的一类模型。通常情况下, 如果一个变量受很多相互独立的随机因素的影响, 而其中每一个因素的影响都很

小,则该变量服从正态分布。在自然界和社会中大量的变量都满足正态分布。

6.2.6 解释结构模型

所谓结构模型,就是应用有向连接图来描述系统各要素间的关系,以表示一个作为要素集合体的系统的模型。结构化模型技术是指建立结构模型的方法论;结构化模型技术已有许多方法可供使用,而其中尤以解释结构模型最为常用^[169]。

ISM(Interpretative Structural Modeling, ISM)是 J. 华费尔教授于 1973 年作为分析复杂的社会经济系统有关问题的一种方法而开发的。其特点是把复杂的系统分解成若干个子系统(要素),利用人们的实践知识和经验,以及电子计算机的帮助,最终将系统构成一个多级递阶的结构模型。

ISM 属于概念模型,它可以把模糊不清的思想、看法转化成直观的具有良好结构关系的模型。而且,它的应用面也比较广泛,从能源问题等国际性问题到地区经济开发、企事业单位甚至个人范围的问题等,都可以应用 ISM 来建立结构模型,并依据此进行系统分析。它特别使用于变量众多、关系复杂而结构不清晰的系统分析中,也可以用于方案的排序等。

实施 ISM 的工作程序有以下几个步骤:

- (1) 组织 ISM 小组;
- (2) 设定问题;
- (3) 选择系统的构成要素;
- (4) 根据要素明细表构思模型,并建立邻接矩阵和可达矩阵;
- (5) 将可达矩阵分解后建立结构模型;
- (6) 根据结构模型建立解释结构模型。

6.2.7 层次分析法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP) 是对一些较为复杂、较为模糊的问题作出决策的简易方法,它特别适用于那些难于完全定量分析的问题。它是美国运筹学家 T. L. Saaty 教授于 70 年代初期提出的一种简便、灵活而又实用的多准则决策方法。层次分析法的基本原理与步骤如下:

人们在进行社会的、经济的以及科学管理领域问题的系统分析中,面临的常常是一个由相互关联、相互制约的众多因素构成的复杂而往往缺少定量数据的系统。层次分析法为这类问题的决策和排序提供了一种新的、简洁而实用的建模方法,它的基本思想就是把复杂问题分解若干层次,在最低层次通过两两对比得出各因素的权重,通过由低到高的层层分析计算,最后计算出方案对总

目标的权数，权数最大的方案为最优方案。层次分析法的基本假设是层次之间存在递解结构，即从高到低或从地到高递进，当复杂系统中某一层次即可直接或间接地影响其他层次，同时又直接或间接地受其它层次影响时，就不属于层次分析范围^[160-162]。

运用层次分析法建模，大体上可按以下 4 个步骤进行：

- (1) 建立递阶层次结构模型；
- (2) 构造出各层次中的所有判断矩阵；
- (3) 层次单排序及一致性检验；
- (4) 层次总排序及一致性检验。

6.2.8 模糊综合评价法

模糊综合评判方法，是应用模糊关系合成的原理，从多个因素对被评判事物隶属等级状况进行综合性评判的一种定量评价方法，评价者从影响问题的因素出发，参照相关数据和情况，根据判断对复杂问题分别做出不同程度的模糊评价，然后通过模糊数学提供的方法进行运算，得出定量的评价结果^[163-165]。

模糊综合评判包含六个基本要素：(1)评判因素论域 U ， U 代表综合评判中各评判因素所组成的集合；(2)评语等级论域 V ， V 代表综合评判中，评语所组成的集合。

模糊综合评价是对评价对象进行综合分析，同时考虑多个因素进行评价，所评价的基本因素有三个：评价指标、评语等级以及指标权重。

每个指标与任何一个评语都有一定的数量关系，这种数量关系可以用矩阵 R 表示， R 就是 U 和 V 合成的模糊关系，是一个 $(m \times n)$ 的模糊矩阵。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

由于各评价指标在评价总目标中的相对重要程度不同，应当赋予不同的权数，权数的有限集合 $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ ，各权数综合应当为 1。一个模糊评价问题就是将评价指标集合 U 这一论域上的一个模糊集合 W 经过模糊关系 R 变换成评语集合 V 这一论域上的一个模糊集合 B ，于是，可以建立起模糊综合评价的数学模型：

$$B = W \bullet R = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m) \bullet \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

该模型中, 评价结果 B 是论域 V 上的一个模糊子集, 也是一个模糊向量, $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, W 为权重集合, 是由 U (评价指标) 和 V (评价等级) 合成的模糊矩阵。模糊综合评的基本步骤如下:

- (1) 建立评级指标集合;
- (2) 确定各个评价指标的权重;
- (3) 确定评语等级集合;
- (4) 建立模糊关系矩阵 R ;
- (5) 分别对各指标进行评价, 得出评价等级的隶属度;

评价者对每个评价指标均给出一个等级, 计算出各等级的频率, 即评价对象在每个评价指标上各等级的隶属度;

- (6) 运用模糊综合评价模型分析得出综合评价结论。

6.2.9 风险分析与评价方法比较分析

1. 风险坐标图法与 HACCP 思想

风险坐标图法和 HACCP 思想均是定性和定量相结合的方法, 着重为系统安全控制措施提供参考依据。

(1) 风险坐标图法偏重具体事件的系统安全风险水平的度量; HACCP 则偏重于作业流程中的影响系统风险水平的因素分析;

(2) 风险坐标图法依据具体风险水平的等级采取控制措施, 而 HACCP 则偏重于控制技术和措施的有效性分析。

因此, 依据具体调研统计数据, 本文采用风险坐标图法分析生鲜农产品物流过程中的各环节发生物流安全风险的度量; 运用 HACCP 思想, 分析销售物流过程中的安全风险影响因素, 辅助制定安全控制措施。

2. GO 法与 FTA 方法比较分析

(1) GO 法直接从原理图或流程图建立系统的 GO 模型, 既可以包括系统正常状态的特征也反映系统故障状态下的特征;

(2) GO 图能充分表达部件与系统之间的关系和相互作用, 以及信号流的走向, 每个符号反映了部件的功能;

(3) GO 法侧重于分析成功的因素和过程, 同样可以系统成功或失效状态时所有部件的成功或失效状态的组合;

(4) GO 法类似于时间树与决策树分析的特点,它侧重于处理复杂的顺序,并且状态随时间改变的系統。

总之,是一种面向系統可靠性水平评价的系統方法,FTA 法则是针对具体的安全事故分层次剖析事故原因;GO 法,特别是 GO-FLOW 法能够从系統整个作业流程角度评价系統安全水平,而 FTA 法则侧重于具体的环节和事件。

对系统的危险性进行定性和定量描述的需要,催生出了繁多的安全评价方法。例如,管理学方法、多元统计分析方法、运筹学方法、行业组织方法、模糊理论、灰色理论、神经网络方法等众多评价法,这些方法在各自领域针对具体问题均发挥着相应作用,但始终存在着通用性和兼容性差的问题。

不同于上述方法,GO-FLOW 法着重于从作业流程(时序)角度系统地评价系統安全性和可靠性水平,鉴于生鲜农产品流通体系中物流作业的动态性,本文采用 GO-FLOW 法系统地评价生鲜农产品物流系統的安全性水平。

3.蒙特卡罗方法

蒙特卡罗法主要特点有:定量分析;适应性较强;运算方法清晰、简单,但计算量大;数据需求量较大;不能较好地突出关键因素。

由于蒙特卡罗方法依赖于模型(具体概率分布类型)的选择,因此,模型本身的选择对于蒙特卡罗方法计算结果的精度影响甚大。蒙特卡罗方法计算量很大,通常借助计算机完成;

可见,蒙特卡罗是一种纯定量分析方法,能够预测和分析具体安全事件的发生概率;但是,它需要大量的统计数据支持,而且变量的分布类型的界定可能会造成较大的预测误差。实际生鲜农产品物流作业渠道繁多,物流运作随机性较强,难以把握具体作业环节具体事件(变量)发生概率的分布规律,因此,本文不予采用。

4.ISM、层次分析法和模糊综合评价法

目前,国内已经建立了许多种综合评价的方法,最常用的有主观赋权和客观赋权两类。主观赋权是采用咨询评分的定性方法,包括专家评价法和层次分析法;客观赋权依据各项指标的变异程度来确定权重,包括主成分分析法和熵值法等。由于主观赋权法容易受人为因素的影响,而客观赋权法未考虑指标本身的重要程度,所以单纯使用一类方法来确定指标权重,难免引起质疑,本文提出的区域生鲜农产品物流系統安全风险水平的评价指标体系相对比较复杂,有必要选取多类确定指标权重的方法,通过组合评价的思路确定相关指标权重。

区别于以上几类风险分析方法,ISM 方法是一类系统工程方法,着重于复杂系統结构的明晰化,便于系統内部子系统之间的关系分析;生鲜农产品物流

安全风险系统较为负责,影响因素种类繁多,建立较为完善的安全水平评价指标体系较为困难,借助ISM方法可以明晰相关评价指标之间的相互关系,对指标进行分类,并按照重要程度进行等级划为,可以初步给出各级指标的权重;同时结合专家打分,利用层次分析法思想确定一级和二级指标的权重,最终可以求出各级指标的综合权重。

用经典数学方法来解决多因素、不同权重、等级评语的综合评价问题比较困难,模糊数学为解决模糊综合评价方法提供了理论依据,从而找到一种有效而简单的评价方法,当评价指标增加时,问题的复杂性并不增加,增加的仅仅是计算量而已,目前,模糊综合评价法已经广泛应用于生产系统安全水平的评价,本文基于通过组合方法得出的指标权重,运用模糊综合评价法评估区域生鲜农产品销售物流安全风险水平。

6.3 生鲜农产品跨区域物流系统安全风险分析与评价

6.3.1 实地调研结果与分析

1. 调研对象、方法和目的

本次实地调研对象主要包括长沙马王堆批发市场、家润多、新一佳等超市展开,历时3周,调研对象、数量、方法和内容如表6-3所示。

表 6-3 实地调研对象、方法和内容

调研对象	数量	调研方法	调研内容
批发市场个体户	15	座谈 调研表格	库存损耗率、事故率
批发市场市场部门负责人	3	座谈	批发市场仓库、车辆等设施设备情况;外地蔬菜供应渠道;蔬菜批发模式。
蔬菜批发商人	18	座谈 调研表格	外地蔬菜跨区域物流作业模式;装卸、长途运输等环节损耗和事故率。
个体运输业主	20	座谈 调研表格	货车冷藏运输率;长/短途运输时间;装卸作业环节损耗情况。
超市卖场负责人 (7家超市)	7	座谈	超市生鲜供应和销售情况;冷库和相关冷链设施情况。
超市卖场运营商	5	座谈 调研表格	蔬菜采购模式;短途装卸作业时间;相关作业环节损耗率和事故率。

调研的主要目的是掌握异地中低档蔬菜的物流作业模式、影响蔬菜物流安全的因素和物流各作业环节的损耗率和事故率,并以山东寿光蔬菜基地的辣椒、茄子等蔬菜做典型统计分析。

2. 调研结果分析

本次调研结果显示：蔬菜总体上冷藏运输率为 6—10%，其中区域内物流体系中，冷藏运输率为 5% 左右，跨区域冷藏运输率为 6% 左右；外地名贵蔬菜大部分物流环节都在冷链环境下，冷藏运输率在 95% 以上；水产一般跨区域运输率为 95% 以上；进口水果冷藏运输率在 90% 以上，区域内中距离集散冷藏运输率也在 50% 左右；国产水果产供销体系一般不采用冷链体系；完全冷链条件下的事故率在 3% 左右，而不完全冷链条件下事故率则在 10% 左右，在一个季度内，采用完全冷链的物流系统要比不完全冷链的物流系统事故次数降低 20% 左右。

本次调研着重统计分析了 2006 年夏季（7 至 9 月）来自山东寿光蔬菜基地的辣椒和番茄等蔬菜的物流运作模式和各环节损耗率，如图 6-5 所示。

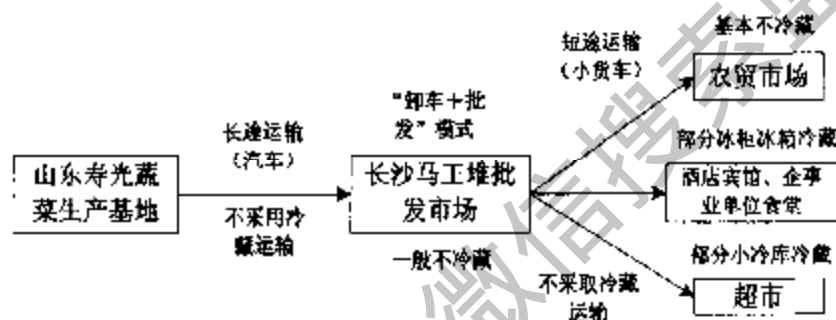


图 6-5 不完全冷链条件下跨区域蔬菜物流模式——以长沙马王堆为例

依据实际调研结果分析，选取围绕长沙马王堆批发市场的山东寿光蔬菜进入本地市场的物流渠道进行典型分析。与基于冷链的生鲜农产品物流体系相比，现有的外地菜物流作业环节相对较少，例如一般没有产地预冷和批发市场冷藏两个关键作业环节；本地批发市场的蔬菜批量采购一般由个体运营商完成，租赁个体户的大型货车在产地采购装车；批发市场冷库面积很小，而且大型货车到达批发市场一般不进冷库，在停车场卸车作业和零售商采购作业几乎同时进行，也就是采用“卸车+批发”模式，现场验货、称重和装车，零售商采购员租赁个体货车实现批发市场到零售点的短途运输；农贸市场没有冷库，一般货到随即排放零售，蔬菜损耗严重，品质难以保证；酒店宾馆以及企事业单位食堂一般实行批量采购，蔬菜基本满足当日需求，一般不需要冷藏；超市短途卸车后部分进冷库冷藏，部分蔬菜上架之前直接经过清洗包装等环节，蔬菜销售过程中根据销售量的变化适时从小型冷库调货。

长途运输大型货车平均载重量 12 吨，超市生鲜卖场一般平均采购量为 250 千克，因此，从产地到批发市场的各个环节季度平均作业时间按照 12 吨的标准

统计,从批发市场到超市货架的各个环节作业环节季度平均时间按照 250 千克标准统计,如表 6-4 所示,损耗率=某项作业造成的损耗量/作业量,按照重量统计,单位为千克;事故率=季度内发生事故次数/季度内各环节作业总次数,主要的事故类型包括蔬菜腐烂变质、丢失、损伤等;表中的损耗率是目前统计的平均损耗率,它是批发商和零售商可以接受的损耗率,各环节发生事故是指相关作业造成的损耗超过了预期或可接受的水平。

本次调研着重分析零售层次的超市环节,统计分析超市生鲜卖场外地蔬菜采购模式、物流作业模式和相关损耗指标。不完全冷链是指在物流(链)网络中部分环节采用冷链设施或设备,本次统计分析的跨区域(山东寿光—湖南长沙马王堆批发市场)蔬菜物流体系中,不完全冷链特指超市的冷藏和冷藏加工环节,相关作业时间、损耗率和事故率的统计数据如表 6-4 所示;完全冷链物流条件特指除了部分装卸和包装环节外,其他环节均在冷链环境下运作,相关统计数据如表 6-5 所示。

表 6-4 2006 年夏季(90 天)不完全冷链条件下蔬菜物流各环节指标统计

作业环节	(1)清洗包装	(2)产地装车	(3)长途运输	(4)批发市场卸车	(5)拣选	(6)短途运输装车
平均作业时间(h)	2.5	2.5	30	2	0.3	0.2
损耗率(%)	2	3	7	5	2	0.5
事故率(%)	2	3	4 (0.002/h)	4	3	3
作业环节	(7)短途运输	(8)短途卸车	(9)超市冷藏	(10)包装加工	(11)上架销售	
平均作业时间	0.6	0.1	12	2	14	
损耗率	0.9	5	0.4	3	2.5	
事故率(%)	1 (0.01/h)	2	1.2 (0.001/h)	4	1.6 (0.00075/h)	

6.3.2 跨区域蔬菜物流安全风险初步分析

依据实际调研数据,运用风险坐标图法对物流网络中的安全风险水平进行初步分析;从表 6-4 和 6-5 可以看出,跨区域物流网络中的各个作业环节的平均事故率和损耗率均为季度内统计的平均值,均在 0 至 10%之间,可以借助风险坐标图法定量分析各物流环节的风险水平,事故率即为事故发生的频率,而损耗率是度量事故发生后果严重程度的重要指标,依据风险度的定义,计算

得出不完全冷链条件下各个蔬菜物流作业环节的风险水平, 并按照风险度高低排序, 如表 6-6 所示, 长途运输 (3) 及装卸 (4) 风险度较高, 而短途运输 (配送) (7) 和超市冷藏 (9) 等环节的风险度较低, 可见, 有冷链条件的作业环节风险水平明显偏低, 而作业时间较长的环节风险水平偏高。

表 6-5 2006 年夏季 (90 天) 完全冷链条件下蔬菜物流各环节指标统计

作业环节	清洗包装等	装车	短途运输	短途卸车	预冷	集装、配装
平均作业时间 (h)	3.0	1.5	0.4	0.6	0.6	0.8
损耗率 (%)	1.5	1	0.5	0.7	0.2	0.8
事故率 (%)	1	0.8	0.4 (0.0001/h)	0.6	0.5	1
作业环节	长途装车	长途运输	卸车	冷库储存	分拣、集货	装车
平均作业时间 (h)	1.2	25	0.8	8	0.5	0.2
损耗率 (%)	0.8	3	1.2	3	0.6	0.8
事故率 (%)	0.9	0.8 (0.0009/h)	0.4	0.4 (0.0002/h)	0.7	0.4
作业环节	短途运输	短途卸车	超市冷藏	清洗包装	上架销售	
平均作业时间	0.3	0.1	12	2	10	
损耗率	0.6	0.5	0.4	3	2.5	
事故率 (%)	0.6 (0.0003/h)	0.2	0.9 (0.0008/h)	1	0.8 (0.00025/h)	

表 6-6 各物流作业环节风险度

作业环节编号	3	4	10	8	2
风险 (度) 水平	0.0028	0.002	0.0012	0.001	0.0009
作业环节编号	5	11, 1	6	7	9
风险 (度) 水平	0.0006	0.0004	0.00015	0.00009	0.000048

以不完全冷链条件下的物流网络作为特例典型分析, 风险坐标图如图 6-6 所示, 横坐标为损耗率, 如表 6-4 所示, 各环节损耗率均在 8% 以下, 因此, 可以分为四个等级: 0—2%、2—4%、4—6% 和 6—8%; 纵坐标表示事故率, 同样可以分为以上四个等级。R₁, R₂ … R₁₁ 表示按照作业先后顺序排列的各个物流环节, 如图 6-6 所示, 仅占据 16 个网格中的 9 个, 因此, 为了便于分析, 将这 11 个环节依据事故率和损耗率的不同分为 4 大类, 也就是将初始的 16 类压缩至 4 类: (1) 事故率低, 损耗率低; (2) 事故率高, 损耗率低; (3) 事故率

低, 损耗率高; (4) 事故率高, 损耗率高。

实际运作过程中, 划分事故率高低的分界点即为物流运作主体可以接受的事故率水平, 而划分损耗率高低的分界点即为可以接受的损耗率水平。例如, 如果将 2% 作为事故率高低的分界点, 将 4% 作为损耗率高低的分界点, 那么 R_1 、 R_7 、 R_9 和 R_{11} 属于第一大类, R_2 、 R_3 、 R_6 和 R_{10} 属于第二大类, R_8 属于第三大类, R_4 和 R_5 属于第四大类。一般来说, 在实际操作过程中, 第一类环节的安全风险是可以忽略的; 而第四类作业环节是重点控制对象; 对于第二类作业环节, 对于要注重生鲜农产品物流作业的实时监控; 对于第四类作业环节, 要注重具体作业内容和环境的控制和监管。

如长途运输环节, 风险度最高, 而且在风险坐标图中属于第四大类, 因此要注重运输过程中的全程监控, 规范实际操作流程; 批发市场面向超市的短途运输环节的风险度很低, 而且属于第一大类, 可以投入较少的人力物力进行非重点监管。

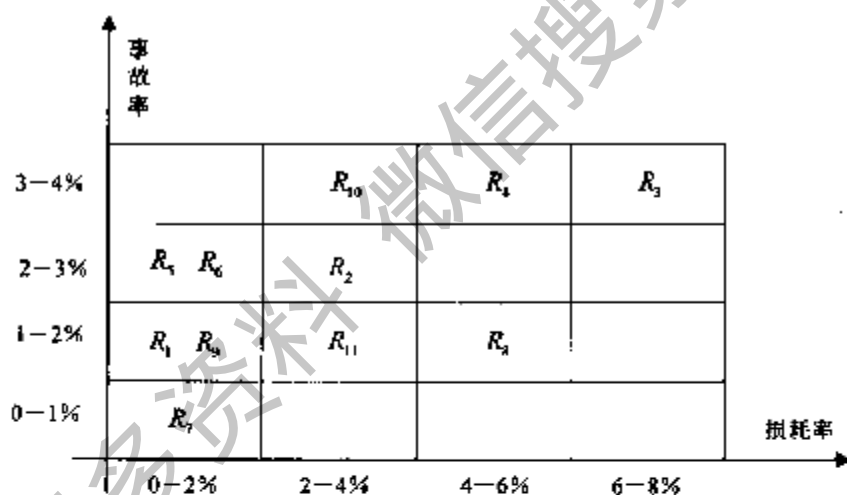


图 6-6 不完全冷链条件下物流安全风险坐标图

6.3.3 GO-FLOW 法的基本步骤和内容

运用风险坐标图法仅仅是对各个作业环节进行的静态风险度分析, 进而, 本文借助 GO-FLOW 法系统地分析跨区域蔬菜物流系统的风险水平, 其基本步骤和内容如下:

1. 定义信号流(signal)

蔬菜在物流过程中, 重量和品质可能会逐渐发生变化。保障蔬菜物流系统的安全, 就是减少蔬菜的物理损耗和品质损耗, 提高可靠度。因此, 可以用信

号流的强度表示蔬菜物流的安全性。 A_S 表示输入信号强度, A_R 表示输出信号强度。信号流强度越高,说明安全性越好,反之亦然。

2. 定义操作符(operator)

蔬菜收获是物流过程的起源,用信号发生器(类型25)表示。装卸车、预冷、清洗包装等运用两状态元件(类型21)表示,分别表示操作符工作状态的好坏,成功或故障。贮藏、运输由于时间相对较长,可靠度随时间逐渐降低,因此使用随时间失效的工作元件(类型35)表示,它的次输入信号表示时间间隔,如运输和仓储时长;类型22或门用来表示实际运作中可供选择的物流环节。

3. 定义运算规则

本系统有信号发生器、两状态单元、随时间失效工作单元、和或门等4类操作符, A_C 表示操作符自身的强度,则各操作符的运算规则如下:

(1) 信号发生器(类型25)率

单信号发生器输出信号的强度(可靠度)是操作符的可靠率,即: $A_R = A_C$

(2) 两状态单元(类型21)

两状态单元操作符和输入信号相互独立,其输出信号强度(可靠度)为:

$$A_R = A_S \times A_C$$

(3) 随时间失效的工作单元(类型35)

根据可靠性工程理论,如果时变单元的故障率是常数 λ ,其输出信号强度(可靠度)为: $A_R = A_S e^{-\lambda A_C}$,此时, A_C 表示时间跨度,如运输或冷藏时间,可以大于1。

(4) 或门(类型22)

本文运用或门表示可供选择的物流环节,只有两个输入信号(A_{S1} 和 A_{S2}),因此,输出信号强度为: $A_R = 1 - (1 - A_{S1}) \times (1 - A_{S2})$ 。

6.3.4 不完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统安全风险评价

如图6-7所示,不完全冷链条件下跨区域蔬菜物流作业流程包括至多有12个环节,其中零售商库存环节是可选环节。



图6-7 不完全冷链条件下跨区域蔬菜物流作业流程

依据图 6-7 的物流基本作业流程绘制 GO-FLOW 图, 如图 6-8 所示, 共有 4 类操作符: 类型 21、22、25 和 35, 批发市场库存环节在不完全冷链环境下是可选环节。

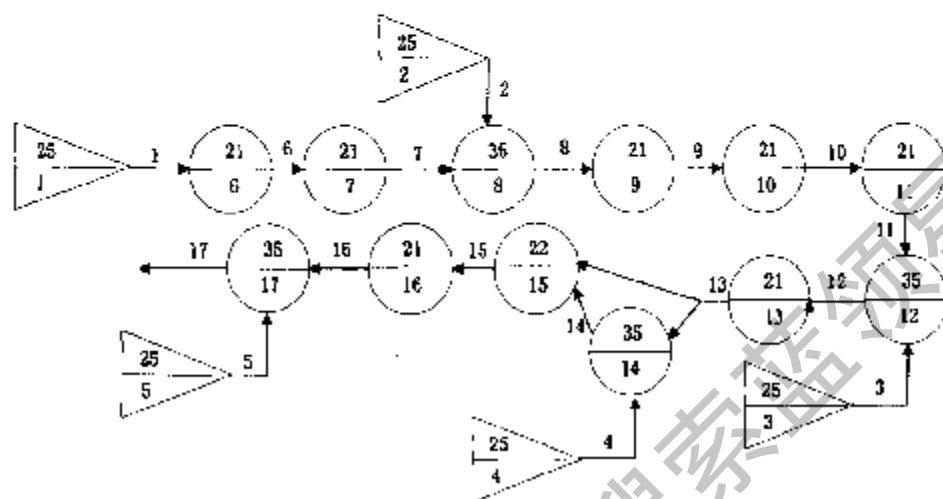


图 6-8 不完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统 GO-FLOW 图

表 6-7 不完全冷链条件下 GO-FLOW 图操作符数据

编号	类型	单元名称	参数	编号	类型	单元名称	参数
1	25	收获	$A_R=1.0$	10	21	拣选	$A_C=0.97$
2	25	长途运输时间	$A_R=30h$	11	21	短途装车	$A_C=0.98$
3	25	短途运输	$A_R=0.6h$	12	35	短途运输	$\lambda=0.01/h$
4	25	超市冷藏	$A_R=12h$	13	21	短途卸车	$A_C=0.98$
5	25	上架销售时间	$A_R=14h$	14	35	超市冷藏	$\lambda=0.001/h$
6	21	产地包装	$A_C=0.98$	15	22	或门	无
7	21	装车	$A_C=0.97$	16	22	包装加工	$A_C=0.96$
8	35	长途运输	$\lambda=0.002/h$	17	35	上架销售	$\lambda=0.00075/h$
9	21	卸车	$A_C=0.96$				

表 6-7 给出了个环节操作符的定义和相关参数界定, 基于此, 按照 4 类操作符的运算规则, 计算各个信号流的强度, 汇总于表 6-8。

表 6-8 不完全冷链条件下 GO-FLOW 图中信号流强度

操作符		操作符的信号		输出信号强度	操作符		操作符的信号		输出信号强度
编号	类型	输入	输出		编号	类型	输入	输出	
1	25		1	1.0	9	21	9	10	0.859
2	25		2	30	10	21	10	11	0.833
3	25		3	0.6	11	21	11	12	0.817
4	25		4	12	12	35	12 (3)	13	0.812
5	25		5	14	13	21	13	14	0.796
6	21	1	6	0.98	14	35	14 (4)	15	0.786
7	21	6	7	0.95	15	22	14, 15	16	0.956
8	35	8 (2)	9	0.895	16	21	16	17	0.918
					17	35	17(5)	18	0.908

6.3.5 完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统安全风险评价

完全冷链条件下跨区域农产品物流系统安全性评价与不完全冷链条件下的评价步骤一致。

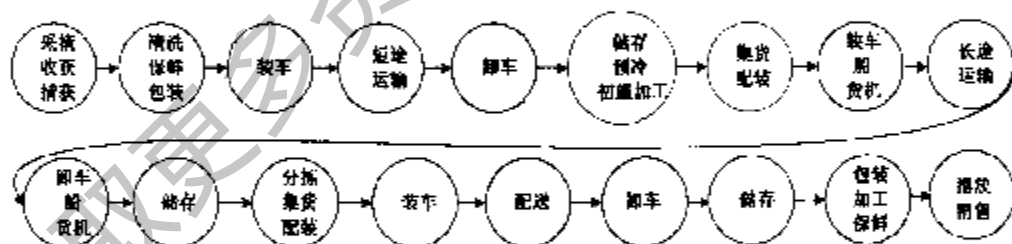
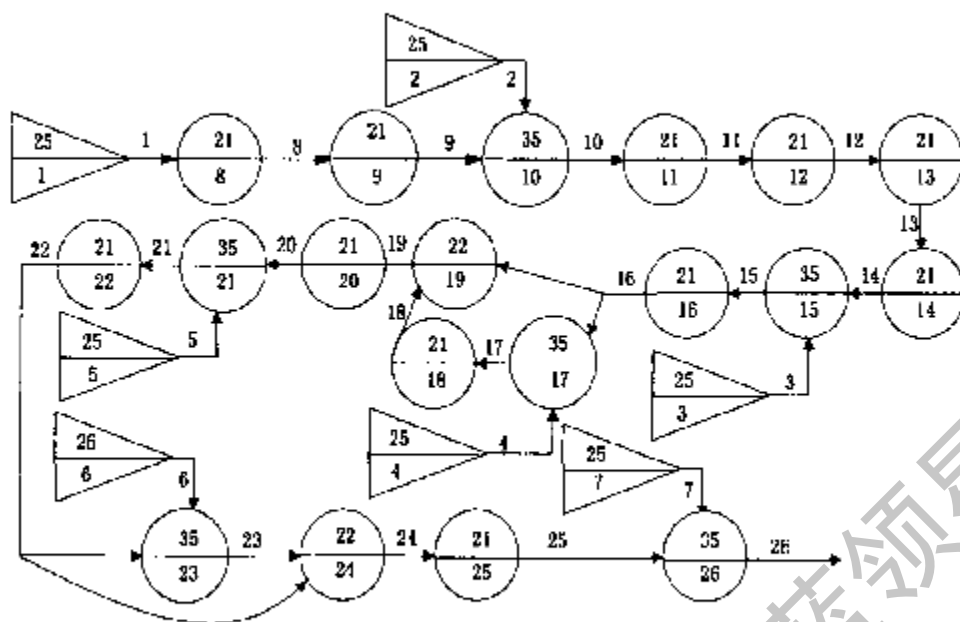


图 6-9 完全冷链条件下跨区域蔬菜物流作业流程

图 6-9 给出了完全冷链条件下跨区域蔬菜物流作业流程，至多有 18 个作业环节，超市冷藏、包装加工和销售等环节与不完全冷链条件下的作业一致，但总的作业环节要比不完全冷链条件下的多，增加了预冷、批发市场（配送中心）冷藏等环节，其中，超市冷藏和生鲜配送中心（或批发市场）冷藏环节是可选环节。依据具体作业流程，绘制 GO-FLOW 图如图 6-10 所示。



图

6-10 完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统 GO-FLOW 图

表 6-9 完全冷链条件下 GO-FLOW 图中操作符数据

编号	类型	单元名称	参数	编号	类型	单元名称	参数
1	25	收获	$A_R=1.0$	14	21	装车	$A_C=0.991$
2	25	短途运输时间	$A_R=0.4h$	15	35	长途运输	$\lambda=0.0009/h$
3	25	长途运输时间	$A_R=25h$	16	21	卸车	$A_C=0.996$
4	25	集散地冷藏时间	$A_R=8h$	17	35	冷藏	$\lambda=0.0002/h$
5	25	配送	$A_R=0.3h$	18	21	分拣集货	$A_C=0.993$
6	25	超市冷藏时间	$A_R=12h$	19	22	或门	无
7	25	上架销售时间	$A_R=10h$	20	21	装车	0.996
8	21	保鲜包装	$A_C=0.99$	21	35	配送	$\lambda=0.0003/h$
9	21	装车	$A_C=0.992$	22	21	卸车	0.998
10	35	短途运输	$\lambda=0.0001/h$	23	35	冷藏	$\lambda=0.0008/h$
11	21	卸车	$A_C=0.994$	24	22	或门	无
12	21	预冷	$A_C=0.995$	25	21	清洗加工	0.99
13	21	集装、配装	$A_C=0.990$	26	35	上架销售	$\lambda=0.00025/h$

如表 6-9 所示，与不完全冷链条件下一样，完全冷链条件下蔬菜物流系统中也有四类同样的 GO-FLOW 操作符，依据操作符参数和相关数据，计算各个信号流的强度如表 6-10 所示。

6.3.6 运算结果分析

结合实际调研，通过 GO-FLOW 法对不完全和完全冷链条件下的跨区域蔬菜物流系统安全风险进行详细分析，如下：

(1) 依据上述两小节的运算过程和结果可知: 不完全冷链条件下和完全冷链条件下跨区域蔬菜物流系统的可靠度分别为 0.908 和 0.987, 完全冷链条件下的物流作业环节为 18 个, 比不完全冷链条件下要多 6 个, 物流系统可靠度却高 0.079, 从蔬菜物流系统事故率角度看, 不完全冷链条件事故率要高出 7.9%。

(2) 不完全冷链条件下和完全冷链条件下蔬菜物流系统中的长途运输时间为 30 小时, 如果将其压缩至 27 小时, 通过重新运算, 不完全冷链和冷链条件下的系统可靠度分别变为 0.910 和 0.949。

表 6-10 完全冷链条件下 GO-FLOW 图中信号流强度

操作符		操作符的信号			操作符		操作符的信号		输出信号强度
编号	类型	输入	输出	信号强度	编号	类型	输入	输出	
1	25		1	1.0	14	21	13	14	0.953
2	25		2	0.4	15	35	14(3)	15	0.932
3	25		3	25	16	21	15	16	0.928
4	25		4	8	17	35	16(4)	17	0.926
5	25		5	0.3	18	21	17	18	0.920
6	25		6	12	19	22	16, 18	19	0.994
7	25		7	10	20	21	19	20	0.990
8	21	1	8	0.99	21	35	20(5)	21	0.990
9	21	8	9	0.982	22	21	21	22	0.988
10	35	9(2)	10	0.982	23	35	22(6)	23	0.979
11	21	10	11	0.976	24	22	22, 23	24	0.999
12	21	11	12	0.971	25	21	24	25	0.990
13	21	12	13	0.962	26	35	25(7)	26	0.987

(3) 压缩完全冷链条件下蔬菜物流作业流程, 蔬菜收获后不经过短途运输直接进行产地预冷, 将省去短途运输及其装卸车等作业环节, 运算得出在超市卖场上架销售后的可靠度为 0.9873, 比原先的 0.9870 有一定的提高。

(4) 将完全冷链条件下蔬菜物流系统中清洗加工环节的事故率由 1% 减少至 0.5%, 系统可靠度从原来的 0.987 提高到 0.991。

(5) 如图 6-10 所示, 操作符 19 是或门, 表示长途卸车后可以冷藏也可以直接进行交易, 即短途装车。如果去除操作符 19, 有两种情况: 一种是没有冷藏环节, 直接批发和配送, 那么系统输出可靠度变为 0.981; 另一种是不直接交易, 通过冷藏、分拣、集货等环节, 进而进行配送作业, 系统输出可靠度变为 0.979, 可见, 直接交易并实施生鲜配送时, 系统可靠度较高。同时, 这两种情况下, 系统输出可靠度都小于原有的 0.987, 由此可见, 或门(采用多种候选物流渠道)对于物流系统可靠度的提高贡献较大。

由于运输和冷藏环节的输出可靠度（信号强度）服从负指数分布，因此，时间的压缩对于整个系统可靠度提高贡献不大。实际分析表明，从跨区域蔬菜物流系统安全角度看，冷链体系的支持，有利于蔬菜物流系统安全风险控制；压缩运输和冷藏的时长以及减少作业环节可以提高蔬菜物流系统的安全水平；压缩某一个或多个作业环节的事故率对于物流系统安全水平的提高贡献较大；不完全冷链的环节压缩尽管可以在一定时期内提高系统的安全度，但是，从长远看，由于没有冷链体系的保障，运输和仓储环节的事故率居高不下，难以持久地有效控制蔬菜物流系统安全风险。

基于实际调研，由于国内蔬菜采购模式较为落后，产供销各环节运作主体间协调不够，跨区域蔬菜物流作业流程作业环节难以压缩，物流安全风险管理的重点应当放在以下 4 个方面：

- (1) 应重点监管事故率较高的物流作业环节，如装卸、清洗加工等；
- (2) 应加强对与人员操作紧密相关的装卸、包装加工等环节的安全监控；
- (3) 应努力压缩与设备设施和环境条件紧密相关环节的作业时长，例如超市冷藏、冷藏运输和上架销售等环节；
- (4) 应当组织多条可供选择的蔬菜物流渠道，以应对紧急或不可抗的安全事故的出现。

6.4 本章小结

本章首先给出了生鲜农产品物流安全的定义和分类，提出了生鲜农产品物流风险安全控制的原理及其内容；然后，列出了用于生鲜农产品物流安全风险分析与评价的方法，并进行了比较分析；再次，基于实际调研结果，运用风险坐标图法对跨区域蔬菜物流网络中的各个物流作业的风险水平进行了初步分析；最后，结合调研数据，从系统可靠性角度，运用 GO-FLOW 法分别评价了不完全冷链条件下和冷链条件下跨区域蔬菜物流系统的安全风险水平，并进行了比较分析。

第七章 区域内生鲜农产品销售物流安全风险分析与评价

基于生鲜农产品物流安全风险控制的基本框架,上一章从系统可靠性角度实证分析了跨区域蔬菜物流安全风险水平,本章从系统安全工程角度出发,依据系统工程理论,系统研究区域内销售物流安全风险的分析与评价方法。

7.1 实际调研分析^[166]

7.1.1 调研对象和方法

生鲜农产品的物流过程具有明显的温度特征,为了全面了解生鲜农产品销售物流的流程现状和安全风险,从超市和肉菜市场两条渠道出发,分别对供应商、零售商、消费者进行调查,并选取目前具有低温物流特征的冰鲜和以常温物流为主的水果作为生鲜农产品的典型代表进行调研分析。

(1) 供应商

对供应商的调查主要通过现场观察和零售商问卷调查完成。如此,在直接通过供应商获得调查数据的同时,也考虑到了零售商作为供应商下游,对供应商提供的服务的满意度。

广州地区主要果蔬批发市场的运作方式具有较大相似度,因此抽取其中的天平架水果交易市场、江南果蔬批发市场做典型调查。

黄沙水产批发市场是目前华南地区最大的水产品综合交易市场,也是全国三大国家级水产品批发中心之一,以黄沙市场作为重点冰鲜水产批发商市场进行重点调查。

(2) 零售商

对零售商的调查分为对超市和对肉菜市场的调查两部分。主要采取问卷调查和现场观察的调查方法。分别对家乐福、万佳、宏城、好邻居等四家超市进行了现场观察、管理人员访谈和管理人员问卷调研,这四家超市涵盖了外资大型连锁超市、本土连锁超市、小型超市等层面,具有一定的代表意义。

同时,选取了31家肉菜市场和农贸市场内的50位冰鲜个体经营者、49位水果个体经营者进行问卷调研和销售现场观察,市场样本量占总量的4%(广州地区目前共有787家肉菜市场和农贸市场)。

(3) 消费者调研的方法设计

消费者购买后的物流作业是生鲜农产品销售物流的重要一环,对生鲜农产品物流安全风险和绩效有重要影响。为此,通过了解消费者消费习惯与安全意

识、生鲜农产品选购方式、运输方式、包装与储藏方式等来还原消费者的购买后物流作业,为从销售物流的角度考察生鲜农产品安全的风险提供依据。

结合对农贸市场、超市的调研,为了获得生鲜农产品销售物流链上具有一致性的一手资料,从农贸市场、超市的调研区域中随机抽取 228 位生鲜农产品消费者作为本次调研的样本。其中,男性受访者比例为 30%,女性受访者比例为 70%,与目前以女性为主的生鲜农产品购买市场较符合。

7.1.2 调研结果分析

1. 广州地区生鲜农产品销售物流链

从作业流程的角度看,生鲜农产品销售物流链由一系列操作环节构成,以零售商为主导的生鲜农产品销售物流经历了采购决策,零售商自购体系下的验货措施,供应商与零售商之间的运输,零售商的收货与验货,入库,流通加工,上架陈列,卖场保鲜处理,消费者拣选,报损或再加工,消费者的运输,消费者对农产品的保鲜和储藏,丢弃或食用等环节(具体链状关系见图 7-1)。在实际操作中,经营者会根据农产品特性、资源能力、技术环境等因素,对销售物流流程进行微调以适应市场竞争。例如,在超市接受供应商送货上门时,其农产品验货和收货环节发生在超市采购区域,而不是像大部分肉菜市场生鲜农产品经营者那样发生在供应商处。

2. 以经验运营的生鲜农产品销售物流

经验分为行业经验和个人经验,对生鲜农产品销售物流的管理,运作经验始终发挥主要作用。从事生鲜农产品经营的供应商和零售商人多具备多年的从业经验且规模较小,行业的惯例是他们经营的模板。各方都在努力降低成本从而获得竞争优势,激烈的市场竞争对保证生鲜农产品质量起到一定的作用。但是,为了保持市场竞争优势,物流作业方式得不到改进或者为了降低成本而简化、忽视物流设备的维护和更新,以及拒绝改进物流作业方式和水平,这不利于农产品物流安全风险的管理。

个人经验对农产品物流安全风险的作用主要体现在管理能力、操作规范性、预测和决策水平等方面。例如,生鲜农产品的销售受到季节、天气、节假日等因素的影响,往往波动很大,这使得订货决策变得非常困难。订货决策以及采购策略选择不当,会直接影响各环节的物流作业,并且引发物流安全风险隐患。目前,并没有一套行之有效的方法解决这一问题。虽然有零售企业通过销售量预测公式预测商品的销售量,但这些公式在生鲜农产品订货决策方面运用的可行性不大。决策者往往依靠近期的销售量结合季节、天气、节假日等因素做出订货决策,其运作经验直接决定了决策的质量。

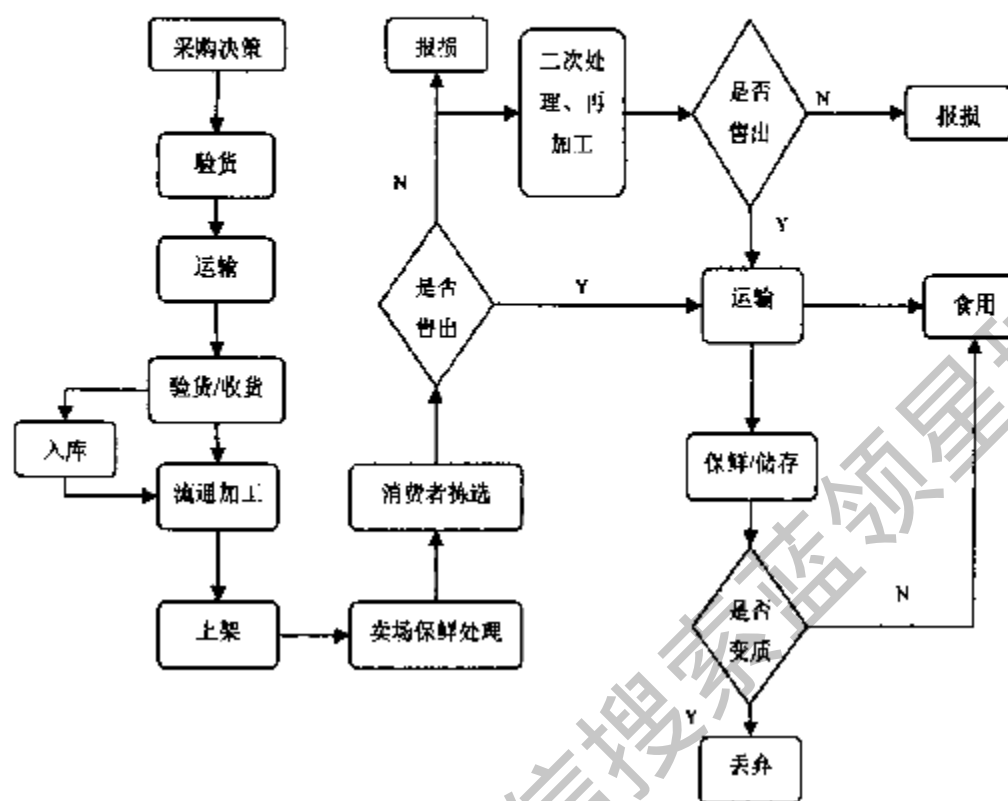


图 7-1 广州地区生鲜农产品销售物流作业流程图

3. 生鲜农产品销售物流安全风险管理形式略显粗放

生鲜农产品在销售物流中出现的农产品安全问题从形态上可分为突变型和渐变型两种，从性质上可分为生物性、化学性、物理性三种。调研发现，只有注重细节的管理才能预防农产品物流安全风险转变为农产品物流安全问题。

突变型的生鲜农产品安全问题主要来源于野蛮物流作业和操作不当，如粗暴搬运装卸、冷藏设备温度设置不当等；渐变型的生鲜农产品主要来源于管理的疏忽和作业方式选择不当，如对在库农产品不及时进行盘点，导致农产品腐烂变质等。

由此可见，对农产品物流安全风险的管理应该从细节着眼，完善每一个环节的监测指标，并且在物流设备的选择方面要提高灵活性和一致性，同时加强员工物流知识、农产品知识、卫生知识的培训，避免野蛮装卸和操作不当，如此才能防范农产品物流安全风险的发生。

4. 生鲜农产品销售物流安全风险管理水平参差不齐

目前，广州地区生鲜农产品销售物流管理存在着不同的发展形态。通过对生鲜个体零售商和超市等比较分析，可以发现生鲜个体零售商的管理更加倾向于个人经验，而从业者自身素质不高决定了他们不能正确地认识农产品物流安

全风险管理的重要性,也就不能正确地进行农产品物流安全风险管理。另一方面,超市对农产品物流安全风险的管理则相对成熟。超市普遍有完善的管理制度、运营模式,也有较高的管理水平,自我监测能力也比个体零售商更强。

可见,对个体零售商加强管理和培训,完善法律和体制,对个体零售商的经营方式和场所进行升级将有助于解决这一问题。同时,对超市加强自我约束管理和第三方强制监测也是必需的。从消费者方面考察,也可以发现,不同层次的消费者对农产品物流安全风险的认识差别较大,应加强宣传和教育。

7.2 生鲜农产品销售物流安全风险评价指标体系

7.2.1 各作业环节风险类型分析

生鲜农产品销售物流安全风险主要包括在销售物流过程中,对生鲜农产品产生潜在健康危害的生物性、化学性和物理性的因素或状态。

生物性风险的产生主要与微生物、细菌的超标繁殖有关。影响微生物、细菌超标繁殖的因素包括营养成分、温度、水活度等,例如细菌、微生物在正常温度条件下,温度越高,生长速度越快。

化学性风险主要包括因鱼类腐烂变质引起的组胺等天然毒素,蔬菜水果的农药残留,畜禽的兽药残留,重金属的超标积累,食品加工过程中滥用的生鲜农产品添加剂,生鲜农产品包装材料、容器与设备等带来的风险。

物理性风险主要有流通过程中使用被污染或维护不良的设备或生鲜农产品掺入杂物的风险。如消费者误食掉进食物中的包装材料碎屑引发的生鲜农产品安全风险。

本文从生鲜农产品销售物流的操作流程出发,依据 HACCP 基本思想,基于实际调研分析,分别找出生鲜农产品销售物流中所存在的风险,如表 7-1 所示:

表 7-1 生鲜农产品销售物流安全风险表

流程步骤	主要风险类型	流程步骤	风险类型
采购	生物性	消费者挑选	生物性、化学性
短途运输	生物性	保鲜处理	生物性
验货/收货	生物性	再加工	生物性、化学性
入库	生物性	购买后途中	生物性、化学性
流通加工	生物性、化学性	消费者保鲜/储藏	生物性
上架陈列	生物性	食用	生物性、化学性和物理性

7.2.2 生鲜农产品销售物流安全风险指标体系

基于生鲜农产品特性,综合上述生鲜农产品销售物流流程和存在的风险,本文建立了对生鲜农产品销售物流安全风险具有重要影响作用的指标,并由此形成全面反映生鲜农产品销售物流的产品品质、技术、作业、管理等特征的指标体系,如表7-2所示。其中生鲜农产品特征包括生鲜农产品品质和耐藏性;技术特征包括加工工艺、包装、设备、保鲜技术等;作业特征包括文明作业、快速作业、温度、流通时长等;管理特征包括清洁和管理。

指标体系的建立与应用可作为评价生鲜农产品销售物流安全风险的依据,确保生鲜农产品物流安全风险得到有效控制,从而预防销售物流安全风险的发生和扩大。以下是对各个指标的详细解释。

(1) 生鲜农产品品质

生鲜农产品品质表示零售商在采购时的产品品质,它可以从生鲜农产品感官状态、生鲜农产品安全(质量)证明文件、供应商的能力和信誉、零售商检验检测能力等方面反映。

(2) 耐藏性

耐藏性是指生鲜农产品在各环节中允许变质的数量。

(3) 加工工艺

加工工艺表示生鲜农产品加工的处理方法和操作标准。

(4) 包装

包装包括运输包装和销售包装,它可以从包装设计适用性、包装材料特性与包装标签内容的完整程度等方面反映。

(5) 设备

设备可以从送货车辆的适用性、搬运设备的适用性、检测设备的适用性、控温设备的适用性、清洁用具适用性以及各种不同设备的协调能力等方面反映。

(6) 保鲜技术

保鲜技术表示根据生鲜农产品特性要求,能够取得最佳保鲜效果的技术和方法,它由保鲜方法和技术的适用性来反映。

(7) 文明作业

文明作业表示流通过程中要避免野蛮装卸搬运,避免不注意爱护生鲜农产品及包装等不文明作业现象,它可以由搬运装卸流程是否有缺陷、生鲜农产品摆放是否合理和包装破损率等方面反映。

(8) 快速作业

快速作业包括了物流过程误点率、装卸搬运的操作速度、盘点方法的适用性、流通加工的流速和生鲜农产品上架作业速度等子准则。

(9) 温度

温度可以由确定的各个监测点中存在与标准储运温度的实际偏差率和波动时间等方面反映。

表 7-2 生鲜农产品销售物流安全风险指标体系

一级指标	二级指标	一级指标	二级指标	一级指标	二级指标
生鲜农产品品质	生鲜农产品感官状态 质量证明文件 供应商的能力和信誉 零售商检验检测能力	设备	送货车辆 搬运设备 检测设备 控温设备 清洁用具	温度	温度偏差 温度稳定性
耐藏性	贮藏期	保鲜技术	保鲜方法和技术	流通时长	采购效率 送货时间 销售周期 产品保质期 消费者在途时长 消费者消费周期
加工工艺	生鲜农产品加工处理方法	文明作业	搬运转卸作业标准 摆放合理性 包装破损率	清洁	场所卫生 物流工具卫生 检测设备卫生 清洁用具保洁 人员卫生意识
包装	包装标签完整程度 包装材料特性	快速作业	误点率 装卸搬运效率 盘点效率 加工效率 上架效率	管理	制度完善程度 管理绩效

(10) 流通时长

流通时间长度受生鲜农产品保质期限和生鲜农产品进入流通领域时长的影响，生鲜农产品进入流通领域的时间越长，越接近保质期限，那么生鲜农产品的质量稳定性越差。流通时长可以由采购效率、送货时间、销售周期、生鲜农产品保质期、消费者在途时长和消费者消费周期等方面综合反映。

(11) 清洁

清洁包括了场所卫生、物流工具卫生、检测设备卫生、清洁用具保洁、人员卫生意识等。

(12) 管理

管理则是由相关制度完善程度和管理职能效能的优劣等方面来反映。

7.3 基于 ISM 的生鲜农产品销售物流安全风险指标关系分析

7.3.1 ISM 建模步骤

ISM 建模或求解可以归纳为以下 5 个主要步骤:

1. 确定系统的要素集 A

由专家和系统分析人员一起确定合理的系统要素。

2. 确定系统的关系集 R

(1) 给出系统要素的二元关系 (直接关系, 用邻接矩阵表示):

在有向图中, 节点之间的关系可以用节点矩阵表示: 节点符号为 a_k ($k=1, 2, \dots, m$), 则从 a_i 到 a_j 之间, 如有支路或弧线连成通路, 则节点间关系 a_{ij} 为 1, 若未连成通路, 对应的 a_{ij} 为 0, 节点间的关系矩阵 A 为节点矩阵 (邻接矩阵)。

系统内要素之间的关系有以下四种:

$S_i \times S_j$, 即 S_i 与 S_j 和 S_j 与 S_i 互有关系, 即形成回路;

$S_i \oslash S_j$, 即 S_i 与 S_j 和 S_j 与 S_i 均无关系;

$S_i \wedge S_j$, 即 S_i 与 S_j 有关, 而 S_j 与 S_i 无关;

$S_i \vee S_j$, 即 S_j 与 S_i 有关, 而 S_i 与 S_j 无关;

某系统的邻接矩阵如图所示:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

(2) 求系统的可达矩阵 R (求间接关系)

可达矩阵是指用矩阵形式来描述有向连接图各节点之间, 经过一定长度的通路后可达的程度。建立可达矩阵, 对一个有 n 个要素的系统来说, 要构造一个 n 阶的可达矩阵, 有两种方法: 一种是利用邻接矩阵加单位阵, 经过 $(n-1)$ 次演算后得到可达矩阵; 另一种是通过分析可达矩阵推移特性, 直接有效地求出可达矩阵。

$(I+A)$ 阵的运算有以下特点:

$$(I+A)^n = I + A + A^2 + \dots + A^n$$

表示除反映自身连通的单位矩阵外, 还有长度为 1 至长度为 n 的连通关系矩阵。并且当 n 足够大时, 有以下关系:

$$(I+A)^{n-1} = (I+A)^n = (I+A)^{n+1}$$

就是说, $(I+A)$ 的 $n-1$ 次已经完全反映了有向图的连通情况。

令 $R=(I+A)^{n-1}$, R 称为邻接矩阵 A 的可达矩阵。它表示各点间长度不大于 $n-1$ 的通路的可达情况。

求可达矩阵 R 的求解过程如下:

$$\therefore R_3 = R_2 \cdot A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\therefore R = R_3 = R_2$$

3. 确定系统的关系分布 (将系统要素划分级次)

(1) 区域划分

所谓区域划分, 就是把要素之间的关系分为可达和不可达, 并且判断哪些要素是连通的, 即把系统分为有关系的几个部分或子部分。元素 a_j 的可达集 $R(a_j)$ 及其前因集 $A(a_j)$ 求解方法如下:

$$\begin{aligned} R(a_j) &= \{ \text{与 } a_j \text{ 同级且有强联通关系的所有元素} \} \\ &= \{ \text{可达阵 } R \text{ 中第 } j \text{ 行所有元素为 } 1 \text{ 的列对应的因素} \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A(a_j) &= \{ \text{到达因素 } a_j \text{ 的所有元素} \} \\ &= \{ \text{与 } a_j \text{ 具有强连通关系的下一级元素} \} \\ &= \{ \text{可达阵 } R \text{ 中第 } j \text{ 列所有元素为 } 1 \text{ 的行所对应的元素} \} \end{aligned}$$

(2) 级间划分

所谓级间划分就是将系统中的所有要素, 以可达矩阵为准则, 划分为不同级次。

定义: $L_0 = \emptyset$, L_1, \dots, L_k 表示从上到下的级次, 记 $\bigcap_k(a_i) = [L_1, L_2, \dots, L_k]$

$\bigcap_k(a_i)$ 的算法为: $L_k = \{ a_i \in S - L_0 - \dots - L_{k-1}(a_i) / R_{k-1}(a_i) \cap A_{k-1}(a_i) = R_{k-1}(a_i) \}$

表 7-3 一级元素运算表

元素 a_i	可达集 $R(a_i)$	前因集 $A(a_i)$	$R(a_i) \cap A(a_i)$	$R(a_i) \cap A(a_i) = R(a_i)$
a_1	{1,2,4,5}	{1}	{1}	a_5
A_2	{2,4,5}	{1,2,4}	{2,4}	
$S-L_0$ a_3	{3,5}	{3}	{3}	
A_4	{2,4,5}	{1,2,4}	{2,4}	
A_5	{5}	{1,2,3,4,5}	{5}	

如表 7-3 所示, 一级元素 $L_1 = \{a_5\}$, 划去 a_5 继续上面的计算。

表 7-4 二级元素运算表

元素 a_i	可达集 $R(a_i)$	前因集 $A(a_i)$	$R(a_i) \cap A(a_i)$	$R(a_i) \cap A(a_i) = R(a_i)$
S-L ₀ -L ₁	a_1	{1,2,4}	{1}	{1}
	a_2	{2,4}	{1,2,4}	{2,4}
	a_3	{3}	{3}	{3}
A_4	{2,4}	{1,2,4}	{2,4}	a_3, a_2, a_4

如表 7-4 所示，二级元素 $L_2 = \{a_3, a_2, a_4\}$ ，再划去 a_3, a_2, a_4 得到三级因素： $L_3 = \{a_1\}$ 。

4. 求缩减可达矩阵 R'

由于在要素中存在强联通块，而且构成它的要素集中互相都有可达且互为先行的，它们构成一个回路。在可达矩阵 R 中可以看到第 2 级要素 a_4 和 a_3 行和列的相应要素相同，所以选择一个作为代表即可。

$$R' = \begin{matrix} & a_5 & a_3 & a_2 & a_4 & a_1 \\ \begin{matrix} a_5 \\ a_3 \\ a_2 \\ a_4 \\ a_1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

化简为：

$$\begin{matrix} & a_5 & a_3 & \begin{matrix} a_2 \\ a_4 \end{matrix} & a_1 \\ \begin{matrix} a_5 \\ a_3 \\ a_2, a_4 \\ a_1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

5. 系统解释结构模型

系统解释结构模型，如图 7-2 所示，由三个层级构成。

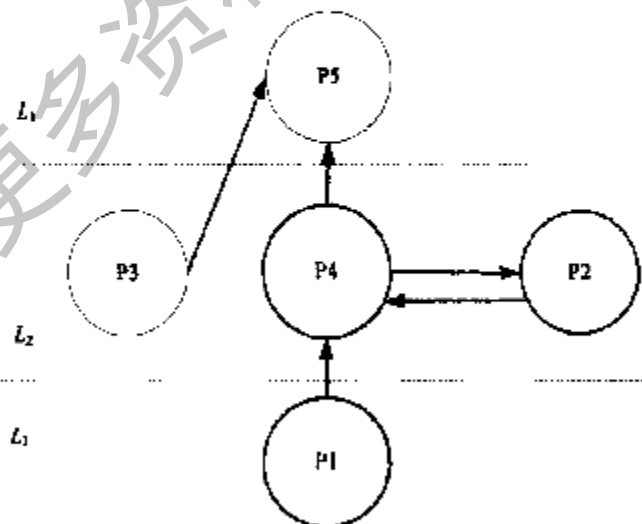


图 7-2 解释结构模型

7.3.2 指标关系分析

生鲜农产品销售物流安全风险评价指标的编码如表 7-5 所示。

表 7-5 指标编码表

P ₁ ——产品品质	P ₄ ——文明作业	P ₇ ——温度	P ₁₀ ——快速作业
P ₂ ——加工工艺	P ₅ ——清洁	P ₈ ——耐藏性	P ₁₁ ——保鲜技术
P ₃ ——包装	P ₆ ——流通时长	P ₉ ——设备	P ₁₂ ——管理

为保证研究的客观性和准确性，本文借助本次实地调研的统计分析结果以及国内外重要的相关研究文献，对系统内各个风险因素之间的影响关系进行了逻辑分析。依据广州和长沙两地的实际调研，逻辑关系分析的依据如下：

(1) 管理影响的因素分析

管理影响生鲜农产品品质：完善的生鲜农产品安全管理法规、制度能促成供应商、采购方对生鲜农产品品质提出更严格的要求，有效保障生鲜农产品品质在流通始端就确保良好状态。

管理影响文明作业：制度完善，管理到位，定期的操作培训，才能优化作业的流程，发挥良好的监督控制作用，培养文明作业的意识。

管理影响流通时长：管理包括采购管理，仓储管理，销售管理等方面，若能引入良好的管理机制，就可以促进各环节的高效完成，减少流通时间。

管理影响清洁：生鲜农产品安全管理法规、制度完善，且管理到位才能提高员工的清洁卫生意识，使其更好地完成各种杀菌清洁工作，以确保器具和生鲜农产品的清洁。

管理影响温度：管理政策的完善程度和执行力度影响到温度设置的适当性，温度定时检查与调整的监控能力的强弱。

管理影响快速作业：管理机制的合理设置、管理制度的完善和加大监督实施的力度，能确保每项工作都按规定高效快速地完成，实现快速作业。

(2) 生鲜农产品品质影响的因素分析

生鲜农产品品质影响耐藏性：生鲜农产品品质的感官状态，包括色泽，气味，组织状态，病虫害等对延缓生鲜农产品变质，增加储藏时间有很大的影响。

生鲜农产品品质影响流通时长：生鲜农产品品质直接影响生鲜农产品的保质期，而保质期的长短属于流通时间。质量相对较好的生鲜农产品保质期限较长，可允许流通时间也较长；相反，品质较差的生鲜农产品必须尽快进入销售状态并尽快销售出去，否则会损耗或出现安全事故。

(3) 设备影响的因素分析

设备影响加工工艺：加工需要相应设备。而设备数量的协调性和质量标准的一致性，影响到生鲜农产品加工工艺完成的效率和质量，生鲜农产品加工处理时间过长或处理不当，则会引起各种生鲜农产品质量问题。

设备影响文明作业：文明作业不仅依靠员工，更依靠有用的设备辅助。在各流通环节中，设备齐全，性能和质量良好，协调性好才能有效减少生鲜农产品在流通中的震动和撞击，是实现文明作业的关键因素。

设备影响流通时长：生鲜农产品是沿着销售物流链传递下来的。设备数量协调性高、质量标准一致性高，便于各环节的物流作业及衔接，提高作业速度，减少流通时长。否则，就会形成瓶颈，降低作业速度，增加流通时长。

设备影响温度：流通中各种工具的附带保温设备的温度设置及其质量会影响温度值的范围和温度的波动。其他设备则会影响流通时长，从而引起温度的波动。

设备影响快速作业：设备数量的协调性和质量标准的一致性能增大单位作业量和加快作业速度，使作业过程更流畅更有效。

(4) 温度影响的因素分析

温度影响加工工艺：合适的温度是减少细菌污染的关键。在加工过程中温度的设置是否合适，温度能否稳定保持在合适范围内，关系到加工工艺过程中细菌感染及繁殖的条件实现。

温度影响耐藏性：温度不稳定及波动过大，可能给有害生物提供繁殖的温度条件，而温度过低有可能对一些蔬果造成冻伤，这些都会影响生鲜农产品的耐藏性。

(5) 加工工艺影响的因素分析

加工工艺影响流通时长：加工工艺时间长度是组成流通时长的一部分，加工工艺的组织，技术和方法等的差异都会导致加工时间的变化。

(6) 包装影响的因素分析

包装影响快速作业：包装的外观设计、强度设计、标识设计等都必须便于作业的具体操作，才可使作业更加流畅，加快作业速度。

包装影响流通时长：运输包装是否便于储存、搬运和装卸，影响到各环节作业的流畅性，越不便于操作，作业时间越长，包装通过影响各环节的流通时间，从而影响总的流通时长。

包装影响清洁：包装能阻止外界污染与生鲜农产品直接接触。合理的包装既能有效保持生鲜农产品的清洁度，又能保持器具的干净。

(7) 清洁影响的因素分析

清洁影响加工工艺：加工工艺涉及多种设备和用具，处理过程容易感染各

种器具和空气中的污垢和细菌,清洁是否达到标准,严重影响生鲜农产品在加工处理过程中的质量安全。

(8) 文明作业影响的因素分析

文明作业影响包装:员工在生鲜农产品的流通过程中文明作业,做到轻拿轻放、堆放整齐等,可以保持包装的完整率和整洁度。野蛮搬运装卸会对生鲜农产品包装造成损坏。

(9) 快速作业影响的因素分析

快速作业影响文明作业:快速作业强调作业速度,但为了追求片面的作业速度,减少作业时间而出现野蛮搬运装卸行为,就会影响生鲜农产品包装的完整性和清洁度。因此在加快作业速度的同时,也必须强调文明作业。

快速作业影响流通时长:快速作业中涉及的作业组织,步骤简化和效率直接影响作业时间,引起流通时间的变化。

快速作业影响温度:快速作业能减少节点之间的传递时间,保持温度的相对稳定,以降低温度的波动。

(10) 保鲜技术影响的因素分析

保鲜技术影响流通时长:保鲜技术水平的高低,决定允许流通时间的长短。保鲜技术水平高,则可以使生鲜农产品在较长的时间内仍能保持稳定的质量,也防止了因故须延长流通时间带来的风险;相反,技术水平落后,则要求尽快完成流通作业,以便在生鲜农产品出现质量问题前尽快消费。

保鲜技术影响温度:保鲜技术中的冷藏技术可在长时间内使生鲜农产品处于适当的温度范围,不会随环境的变化和时间的推移而产生很大变化。

保鲜技术影响耐藏性:较好的保鲜技术能使生鲜农产品品质保持良好,减少安全风险,耐藏性会相应提高。

(11) 流通时长影响的因素分析

流通时长影响耐藏性:流通时间越长,生鲜农产品腐烂变质的几率就越大。

流通时长影响温度:流通要经过许多不同的环节,流通时间越长,温差越容易发生波动。如果保鲜技术设备相对简陋甚至没有保鲜措施,温度还有可能会随着流通时间的增加而发生很大的变化。

以上的逻辑关系可根据系统要素方块图体现,如图 7-3 所示,V 表示上位要素对下位要素有影响;A 表示下位要素对上位要素有影响;X 表示上位要素与下位要素相互影响。

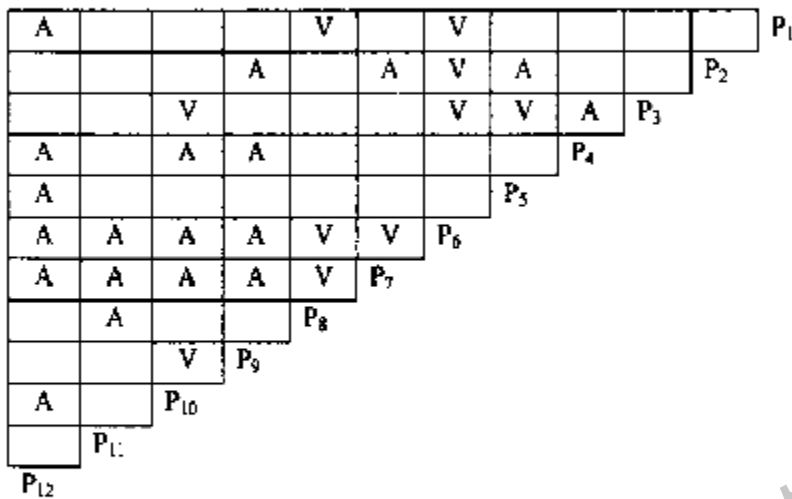


图 7-3 系统要素方块图

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂
P ₁	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
P ₂	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P ₃	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
P ₄	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
P ₇	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
P ₈	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
P ₉	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
P ₁₀	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
P ₁₁	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
P ₁₂	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1

图 7-4 邻接矩阵 A

7.3.3 邻接矩阵与可达矩阵

根据系统要素方块图，建立邻接矩阵 A。邻接矩阵表示了不同风险要素的直接结构关系。在 A 中，两个风险要素之间有关系的，在矩阵相应位置上的规定值为 1，否则为 0，如图 7-4 所示，同时，假设风险要素对自身是有影响的。

经过一系列的排序调整，建立了可达矩阵 R，如图 7-5 所示。

$$R = \begin{matrix} & P_3 & P_2 & P_4 & P_5 & P_1 & P_6 & P_7 & P_{10} & P_{11} & P_3 & P_9 & P_{12} \\ \begin{matrix} P_3 \\ P_2 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_1 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_{10} \\ P_{11} \\ P_3 \\ P_9 \\ P_{12} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

图 7-5 可达矩阵 R

7.3.4 解释结构模型及其分析

根据可达矩阵 R，将方框要素按级间划分依次排列，然后再依次确定各级要素之间的关系，可得到生鲜农产品在销售物流中的安全风险要素结构模型图（见图 7-6）。然后，将系统要素名称代入，并且增添“生鲜农产品安全风险”后可得物流安全风险解释结构模型，如图 7-7 所示。

从生鲜农产品安全风险解释结构模型的层次，可以按照箭头代表的影响指向性，一共分为 5 层。每层将按照路径的不同影响着上一层。第一层为设备和管理；第二层为文明作业、快速作业和包装，因为它们之间可以形成一个可以相互影响的循环圈；第三层为清洁、生鲜农产品品质和保鲜技术；第四层是流通时长、温度和加工工艺，理由与第二层相同；第五层为耐藏性。

从图 7-7 可以看出，管理和设备要素是几乎贯穿于整个系统的重要部分，“牵一发而动全身”，这是不能忽视的关键。所以，只要先认真做好这方面的工作，就能顺利地监控其它风险要素了。从某个意义上说，供应商和零售商负有重要的职责。另外，保鲜技术也不受下层要素影响，独立性很强，值得重视。图中两个循环圈的要素之间是相互影响，相互作用，紧密相连的。因此，分析处理时除了兼顾局部平衡外，还要考虑它们之间的矛盾作用，力求做出全局性的合理的规划。

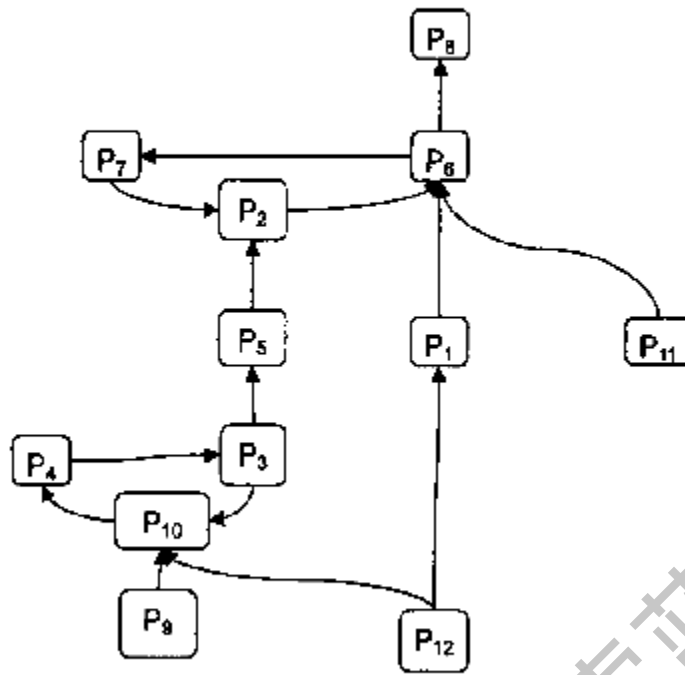


图 7-6 生鲜农产品物流安全风险要素结构模型图

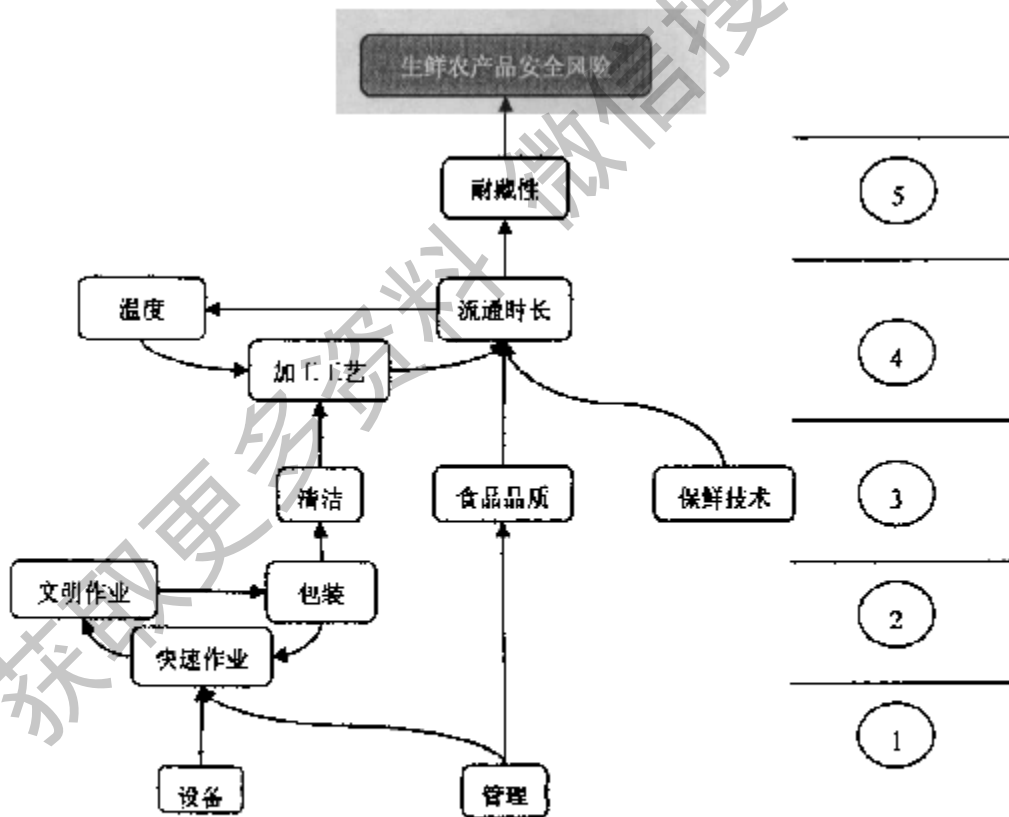


图 7-7 生鲜农产品物流安全风险解释结构模型

7.4 广州地区销售物流安全风险实证评价

7.4.1 指标权重的确定方法

1. 运用层次分析法确定指标权重

层次分析法(AHP)确定指标因素的权重是通过两两比较判断矩阵而得到的,应用最广泛的标度是1~9标度,它具有简明直观的特点,基本步骤如下:

(1) 针对 p_1, p_2, \dots, p_n 个指标, 建立判断矩阵如下:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

如果 p_i 和 p_j 同等重要, $b_{ij}=1$; 稍优于 p_j , $b_{ij}=3$; 较优于 p_j , $b_{ij}=5$; 甚优于 p_j , $b_{ij}=7$; 极端优于 p_j , $b_{ij}=9$ 。这里, 1, 3, 5, 7 和 9 是经验值, $b_{ji}=1/b_{ij}$ 。

(2) 计算相对重要程度

本文采用求根法来计算相对重要度, $\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n b_{ij}}$ ($i=1, 2, \dots, n$), 那么, 权重 $w_i = \bar{w}_i / \sum_{i=1}^n \bar{w}_i$, 从而得到各指标的权重向量 $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ 。

(3) 一致性检验: $\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{nW_i}$, $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$, $CR = \frac{CI}{RI}$, 其中,

RI 为平均随机一致性指标。如果 $CR < 0.1$, 判断矩阵 B 的一致性是可以接受的。

2. 组合评价法确定权重

将通过层次分析法得到的指标权重定义为 w_{1j} , 将运用 ISM 法得到的权重定义为 w_{2j} , 那么考虑到主客因素的指标权重为 $w_j = aw_{1j} + (1-a)w_{2j}$, 这里 j 为指标项数, $0 \leq a \leq 1$, 依据实际问题赋值, 综合权重随 a 的改变而变化, 在本文的指标体系评价中, a 取 0.35。

7.4.2 指标权重赋值

指标权重的确定分以下 3 个步骤进行:

1. 基于 ISM 的指标权重

通过对比各个要素所在不同的层级的重要性, 对 12 个风险要素进行赋值分

析。处于第一层的要素得分为 5 分，第二层为 4 分，以此类推，第五层为 1 分。把循环圈看作一个要素整体，得出以设备，管理，保鲜技术为开端的 5 条链。其中由于管理要素影响两条链，它可以在原来的基础上额外加上 2 分。根据各个要素的得分，进行归一化处理，求得各个风险指标的权重（见表 7-6）。

表 7-6 ISM 风险指标权重表

编号	风险要素	积分	权重	编号	风险要素	积分	权重
P ₁	生鲜农产品品质	3	0.08	P ₇	温度	2	0.05
P ₂	加工工艺	2	0.05	P ₈	耐藏性	1	0.03
P ₃	包装	4	0.10	P ₉	设备	5	0.13
P ₄	文明作业	4	0.10	P ₁₀	快速作业	4	0.10
P ₅	清洁	3	0.08	P ₁₁	保鲜技术	3	0.08
P ₆	流通时长	2	0.05	P ₁₂	管理	7	0.18

2. 基于专家评分法的指标权重

首先对指标赋予权值。受访者在各指标评分栏打上分数。分值由 1、3、5、7、9 组成，分别表示不重要、稍微重要、一般重要、很重要、非常重要等受访者认为对整个生鲜农产品（肉类、果蔬、水产等）在销售物流中的质量安全与风险的影响程度。

为了确保评分法的客观性和全面性，把评分表分为两大部分。在第一部分，邀请了部分生鲜农产品物流专家、教授就评价指标针对生鲜农产品在销售物流中的风险重要程度进行评分。在第二部分，考虑到消费者在生鲜农产品物流安全中的影响程度，随机邀请 50 名消费者进行评分。由于消费者关注生鲜农产品安全风险的程度往往不能涉及到全过程，认识不够深，因此在整合两份评分表时，物流专家占 80% 的权重，消费者占 20% 的权重。最后将其归一化，求得分值，如表 7-7 所示。

表 7-7 专家评分法的风险指标权重表

编号	风险要素	权重	编号	风险要素	权重
P ₁	生鲜农产品品质	0.11	P ₇	湿度	0.10
P ₂	加工工艺	0.08	P ₈	耐藏性	0.05
P ₃	包装	0.06	P ₉	设备	0.08
P ₄	文明作业	0.05	P ₁₀	快速作业	0.08
P ₅	清洁	0.11	P ₁₁	保鲜技术	0.10
P ₆	流通时长	0.06	P ₁₂	管理	0.13

3. 确定一级指标权重

解释结构模型法与专家评分法都依靠了人的经验、知识、才干及其直观判断。但相对而言,解释结构模型法能把模糊不清的系统要素转化为直观的具有良好结构关系的模型,用数学方法揭示出系统的内部结构,更能明确各个指标在风险评价中的重要程度。由于ISM模型的特点更加适合系统分析,增强分析的客观性,全面性与合理性。按照ISM风险指标权重以65%的比率和专家评分法的风指标权重以35%的比率综合相应指标的权值,实现ISM模型法与专家评分法的比较、修正和一致化,最终得出生鲜农产品在销售物流风险评价体系中的各个一级指标的权重值,如表7-8所示。

表7-8 风险绩效评价体系的指标权重值

指标	产品品质	加工工艺	包装	文明作业	清洁	流通时长
权重	0.09	0.06	0.09	0.07	0.08	0.05
指标	温度	耐藏性	设备	快速作业	保鲜技术	管理
权重	0.07	0.04	0.11	0.09	0.09	0.16

7.4.3 生鲜农产品销售物流系统安全风险水平实证评价

1. 模糊综合评价法运算步骤

(1) 确定各级指标权重

向量 $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i1}, a_{i2})$ 表示一级评价指标权重;

向量 $A_1 = (a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14})$ 表示一级评价指标中第一个指标的二级指标权重。

(2) 确定评语集合, 本文将系统安全评语集合分为5个等级, 如表7-9所示:

表7-9 评语集合

分数	95	80	65	45	30
安全级别	很好	较好	一般	较差	很差

(3) 多层模糊评价

采用多层次模糊评价方法区域销售物流系统安全风险的两层评价指标体系, 具体分为以下两步进行:

$B_i = A_i \circ R_i$ 表示第 i 个一级指标隶属度;

R_i 表示一级指标 i 对应的隶属度矩阵;

r_{ij} 表示一级指标 i 对应的二级指标 j 的隶属度;

$B = A \circ R$ 表示物流系统安全风险水平的隶属度向量。

表 7-10 指标权重表

一级指标			二级指标			A_i
P_i	内容	权重	P_{ij}	分项评价内容	权重	
P_1	产品品质	0.09	P_{11}	产品感官状态	0.08	$A_1 = (0.08, 0.55, 0.23, 0.14)$
			P_{12}	质量证明文件	0.55	
			P_{13}	供应商的能力和信誉	0.23	
			P_{14}	零售商检测能力	0.14	
P_3	包装	0.09	P_{31}	包装标签完整程度	0.35	$A_2 = (0.35, 0.65)$
			P_{32}	包装材料特性	0.65	
P_4	文明作业	0.07	P_{41}	搬运装卸作业标准	0.58	$A_4 = (0.58, 0.11, 0.31)$
			P_{42}	摆放合理性	0.11	
			P_{43}	包装破损率	0.31	
P_5	清洁	0.08	P_{51}	场所卫生	0.07	$A_5 = (0.07, 0.27, 0.11, 0.06, 0.48)$
			P_{52}	物流工具卫生	0.27	
			P_{53}	检测设备卫生	0.11	
			P_{54}	清洁用具保洁	0.06	
			P_{55}	人员卫生意识	0.48	
P_6	流通时长	0.05	P_{61}	采购能力	0.33	$A_6 = (0.33, 0.09, 0.17, 0.33, 0.03, 0.05)$
			P_{62}	送货时间	0.09	
			P_{63}	销售周期	0.17	
			P_{64}	生鲜农产品保质期	0.33	
			P_{65}	消费者在途时长	0.03	
			P_{66}	消费者消费周期	0.05	
P_7	温度	0.07	P_{71}	温度偏差	0.25	$A_7 = (0.25, 0.75)$
			P_{72}	温度稳定性	0.75	
P_9	设备	0.11	P_{91}	送货车辆	0.26	$A_8 = (0.26, 0.09, 0.18, 0.43, 0.03)$
			P_{92}	搬运设备	0.09	
			P_{93}	检测设备	0.18	
			P_{94}	控温设备	0.43	
			P_{95}	清洁用具	0.03	
P_{10}	快速作业	0.09	P_{101}	误点率	0.26	$A_{10} = (0.26, 0.08, 0.11, 0.52, 0.03)$
			P_{102}	装卸搬运效率	0.08	
			P_{103}	盘点效率	0.11	
			P_{104}	加工效率	0.52	
			P_{105}	上架效率	0.03	
P_{12}	管理	0.16	P_{121}	制度完善程度	0.4	$A_{12} = (0.4, 0.6)$
			P_{122}	管理绩效	0.6	

表 7-11 二级指标隶属度

R_i	评价情况					B_i
	好	较好	中	较差	差	$A_i R_i$
R_1	0.08	0.1	0.25	0.27	0.3	(0.12, 0.15, 0.30, 0.19, 0.25)
	0.2	0.15	0.4	0.1	0.15	
	0	0.2	0.15	0.25	0.4	
	0.03	0.07	0.15	0.4	0.35	
R_2	0.01	0.09	0.15	0.55	0.2	(0.01, 0.09, 0.15, 0.55, 0.2)
R_3	0.1	0.15	0.45	0.2	0.1	(0.13, 0.25, 0.39, 0.17, 0.07)
	0.15	0.3	0.35	0.15	0.05	
R_4	0	0.04	0.16	0.65	0.15	(0.02, 0.09, 0.12, 0.46, 0.31)
	0.15	0.60	0.15	0.05	0.05	
	0.01	0.01	0.04	0.24	0.70	
R_5	0.02	0.15	0.55	0.2	0.08	(0.01, 0.15, 0.49, 0.25, 0.10)
	0.01	0.04	0.25	0.45	0.25	
	0	0.05	0.15	0.65	0.15	
	0.10	0.85	0.05	0	0	
	0	0.15	0.75	0.08	0.02	
R_6	0	0.05	0.55	0.30	0.10	(0.02, 0.40, 0.37, 0.17, 0.04)
	0.05	0.80	0.15	0	0	
	0	0.3	0.45	0.20	0.05	
	0.05	0.75	0.15	0.05	0	
	0	0.05	0.2	0.65	0.10	
	0.05	0.10	0.85	0	0	
R_7	0	0.01	0.95	0.04	0	(0, 0.31, 0.65, 0.04)
	0	0	0.10	0.85	0.05	
R_8	0.01	0.15	0.80	0.04	0	(0.01, 0.15, 0.80, 0.04, 0)
R_9	0	0.05	0.25	0.55	0.15	(0, 0.06, 0.45, 0.35, 0.14)
	0	0.20	0.45	0.30	0.05	
	0	0.01	0.10	0.50	0.39	
	0	0	0.75	0.20	0.05	
	0.10	0.85	0.05	0	0	
R_{10}	0.05	0.75	0.15	0.05	0	(0.08, 0.42, 0.41, 0.09, 0.01)
	0.25	0.45	0.20	0.10	0	
	0.15	0.60	0.10	0.10	0.05	
	0.05	0.20	0.65	0.10	0	
	0	0.60	0.25	0.10	0.05	
R_{11}	0	0.25	0.45	0.2	0.1	(0, 0.25, 0.45, 0.2, 0.1)
R_{12}	0.05	0.10	0.80	0.05	0	(0.02, 0.19, 0.59, 0.17, 0.03)
	0	0.25	0.45	0.25	0.05	

(4) 归一化

以一级指标为例, 令 $S = \sum_{j=1}^5 r_{1j}$, $e_1 = (r_{11}/S, r_{12}/S, r_{13}/S, r_{14}/S, r_{15}/S)$ 。

2. 实证评价

结合实际调研, 依据部分院校和生鲜农产品销售领域专家评分, 运用层次分析法思想, 通过指标间两两比较, 求解区域生鲜农产品销售物流评价指标体系中的二级指标权重, 如表 7-10 所示。其中指标加工工艺 (P_2), 耐藏性 (P_8) 和保鲜技术 (P_{11}) 等均只有一个二级指标。

通过实际调研统计得出二级指标的隶属度如表 7-11 所示, 基于此可以对一级指标进行初步分析: 如果将 0.60 作为可接受水平, 由于 $0.30 + 0.19 + 0.25 = 0.74 > 0.6$, 生鲜农产品品质 (R_1) 总体上处于中等偏下水平; $0.39 + 0.25 = 0.64 > 0.6$, 生鲜农产品包装 (R_3) 作业水平较高, 其它以及指标的等级水平的分析方法一致。

最终求得 $B = A \circ R = (0.038, 0.182, 0.411, 0.263, 0.104)$ 。以 60 分作为可接受的标准, 广州地区生鲜农产品销售物流安全水平 $= 0.038 \times 95 + 0.182 \times 80 + 0.411 \times 65 + 0.263 \times 45 + 0.104 \times 30 = 59.84 < 60$, 未达标, 但很接近可接受水平。因此, 广州地区销售物流安全风险水平较高, 需加大生鲜农产品安全风险控制的力度。

7.5 本章小结

基于在广州地区的实际调研, 依据 HACCP 思想, 本章首先分析了生鲜农产品销售物流安全风险类型和影响安全风险的主要因素, 基于此, 构建了生鲜农产品销售物流安全风险评价指标体系, 并运用 ISM 方法构建了解释结构模型, 对指标之间的相互关系进行了详细分析, 结合专家评分法确定了一级指标的权重, 运用模糊综合评价法对广州地区生鲜农产品销售物流安全风险水平进行了实证评价。

第八章 结论与展望

8.1 结论

本文的主要研究工作及其相应研究结论如下:

(1) 生鲜农产品流通、物流和冷链的发展现状分析

通过对国内外生鲜农产品流通和物流的发展现状、冷链的发展历程及现状分析,国内生鲜农产品物流发展远落后于欧美发达国家,总体上存在三大问题:一是现有的生产、集散和销售等环节的运作主体组织化水平很低,生鲜农产品呈现分散化布局、小规模和粗放式生产的格局,产品集散以传统的批发市场为主,中小型农贸市场依然是生鲜农产品零售的主渠道;二是生鲜农产品物流成本居高不下,生鲜农产品物流费用占总成本的70%左右;三是生鲜农产品物流过程的损耗量巨大,蔬菜和蔬果在物流过程中的损耗高达25%-30%,肉类和水产品亦达10%-15%。

(2) 生鲜农产品物流网络形成机理

结合耗散结构理论,通过自组织理论分析可知,从产供销各环节横向运作主体构成的系统角度看,各个子系统内部主体有一个自组织化过程;在自组织化过程的高级阶段,生鲜农产品生产基地、生鲜配送中心和超市(卖场)将分别成为三个子系统的主导力量,即序参量。

运用三分子模型分析基于冷链的生鲜农产品物流网络形成机理,结果表明:流通主体较高的组织化水平、物流企业对于运作成本降低的追求和冷链体系的不断完善是基于冷链的生鲜农产品物流网络形成和完善的基本条件。

(3) 生鲜农产品物流网络布局优化

提出了生鲜农产品物流网络规划的基本框架,分析了预冷、长途运输等主要冷链物流环节的运作特点,以生鲜农产品跨区域物流系统为例,针对生产、集中预冷(冷藏)、配送中心三个层次的物流网络,以最小化运输、库存、预冷等成本为目标,基于基本假设,构建了内嵌两个指派模型的非线性整数规划模型,借助遗传算法进行了求解分析。对于一个由9个产地,6个备选预冷站和3个备选生鲜配送中心构成的物流网络,在Matlab中编程求解,通过多次运算,结果在平均20分钟内,能够求出问题的近似最优解,平均运行代数为76。

(4) 生鲜农产品配送优化

给出了生鲜农产品配送的主要内容,分析了配送的基本条件和配送优化的必要性,重点研究生鲜配送中心配送车辆路径优化问题,针对总取货量比总退货量大的生鲜农产品配送问题,给出了一类具有同时取送货的车辆路径问题的

数学模型, 结合具体实例, 针对基于旅行距离的插入准则存在的不足, 给出了基于净装载能力的插入准则, 以提高冷藏车空间利用率为主要目的, 同时考虑冷藏车辆旅行距离, 提出了基于剩余装载能力的插入准则, 实际运算结果表明, 在车辆数给定的情况下, 在保证合理的旅行距离基础上, 基于此类插入准则的启发式算法能够有效地节约车辆装载能力。

(5) 生鲜农产品物流完全风险控制机理

给出了生鲜农产品物流安全的涵义, 分析了生鲜农产品物流安全风险控制的基本原理和步骤, 结果表明: 生鲜农产品物流安全风险控制是一个复杂的系统工程, 涉及物流全过程的实时监控、安全风险周期性控制等, 主要包括风险分析、风险评价和风险控制等三个基本步骤。

依据生鲜农产品物流系统安全控制的特性, 列出了可供选择的安全风险分析与评价方法, 包括蒙特卡罗、HACCP、风险坐标图、事故树分析法、ISM法、GO法、层次分析法、模糊评价法等, 并分别进行了比较分析。

(6) 跨区域生鲜农产品物流安全风险分析与评价

基于在长沙地区的实际调研, 对跨区域蔬菜物流系统安全进行典型分析, 依据系统可靠性理论, 运用风险坐标图法对跨区域蔬菜物流安全风险类型和各物流作业环节的风险度进行了初步分析, 分析结果表明: 依据物流主体可接受的风险水平, 结合事故率和损耗率两个指标, 可以合理地划分作业环节物流风险水平的等级; 依据风险类型对作业环节的合理分类, 有利于关键物流环节安全风险的典型控制和管理。

运用 GO-FLOW 法对物流系统的安全风险水平进行了实证评价, 进而针对冷链和不完全冷链条件下的安全水平进行了比较分析。实际运算和分析表明: 完全冷链条件下比不完全冷链条件下的跨区域蔬菜物流系统安全水平高; 压缩运输和冷藏等环节的作业时间、减少不必要的作业环节以及降低部分作业环节的事故率均有利于系统可靠度(安全性)的提高, 其中降低事故率对于可靠度的提高贡献最大; 不完全冷链条件下物流系统中部分作业环节的精简只能在短期内提高系统安全度; 足够的备选渠道有利于保障较高的跨区域蔬菜物流系统安全水平。

(7) 区域内生鲜农产品销售物流安全风险分析与评价

基于广州地区的实际调研, 重点研究区域内销售物流安全风险分析与评价问题; 借助 HACCP 思想分析了销售物流过程的安全风险及其类型, 进而给出了销售物流安全风险的影响因素, 基于此构建了区域内生鲜农产品物流安全风险水平评价指标体系。

运用 ISM 方法对指标关系及其对系统的影响情况进行了详细分析, 结果表

明设备和管理是影响销售系统安全的关键要素；结合部分院校和销售物流领域专家的评分，确定了 12 个一级指标的权重值，依据层次分析法确定权重的思想，确定了对应二级指标的权重以及对应的隶属度值，借助模糊综合评价法对广州地区销售物流安全风险水平进行了实证评价，评价结果表明目前广州地区销售物流系统安全风险水平较高，但很接近可接受的标准水平。

8.2 创新点

本文主要的创新点归纳如下：

(1) 运用协同学理论、自组织理论和耗散结构理论分析了基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理；

(2) 构建了基于冷链的跨区域生鲜农产品物流网络布局优化模型，以确定在一定规划周期内的节点个数、位置以及预冷站的集中采购周期，针对具体实例，运用遗传算法进行求解和实证分析；

(3) 分析了生鲜农产品配送的基本框架，给出了针对生鲜农产品配送的具有同时取送货的车辆路径问题的数学模型，并结合具体实例，运用基于剩余装载能力的启发式算法进行了求解分析；

(4) 分析了生鲜农产品物流安全的涵义，给出了物流安全风险控制的基本原理、内容和步骤，从系统可靠性角度出发，运用风险坐标图法和 GO—FLOW 法分析评价了跨区域蔬菜物流系统的安全风险水平；

(5) 运用 HACCP 思想分析了区域内生鲜农产品销售物流安全风险的影响因素及其风险类型，构建了物流安全风险评价指标体系，借助 ISM 方法分析了指标相互关系及其对系统的影响情况，运用层次分析法和模糊综合评价法组合评价了广州地区生鲜农产品销售物流系统安全风险。

8.3 研究展望

本文虽然较系统地研究了两个方面的问题：一是基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理、框架结构、节点布局优化、配送车辆路径优化等；二是生鲜农产品物流安全风险控制机理和实际物流系统的风险和评价。但是还存在诸多问题值得进一步深入研究，主要包括以下 3 个方面：

(1) 对基于冷链的生鲜农产品物流网络的形成机理还需要进一步量化研究，借助新的理论和方法，分析在不同的经济发展水平、政策环境、产业发展水平等条件下基于冷链的生鲜农产品物流网络的结构和特点；

(2) 针对生鲜农产品网络布局的优化也仅限于初步探讨，有待根据不同生鲜农产品及其产地的特点作进一步的研究，生鲜农产品配送车辆路径问题考虑

的因素有待进一步拓展:

(3) 生鲜农产品物流安全风险控制的总体框架有待进一步深化, 生鲜农产品物流安全风险的分析与评价方法体系有待进一步充实, 实证研究范围需进一步拓展。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

参考文献

- [1] 赵敏.农产品物流[M].北京:中国物资出版社,2007,1
- [2] 中国物流与采购联合会.中国物流发展报告(2005—2006)[M].北京:中国物资出版社,2006,4
- [3] Jill E. Hobbs, Linda M. Young. Closer vertical co-ordination in agri-food supply chains a conceptual framework and some preliminary evidence. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2000, 5(3):131-142
- [4] Palmer C.M. Building effective alliances in the meat supply chain lessons from the UK. *Supply Chain Management: An International Journal*,1996,1(3):9-11
- [5] Martijn F.L. Rademakers and Phillip J. McKnight. Concentration and co-operation within the Dutch potato supply chain. *Supply Chain Management*, 1998,3(4):203-213
- [6] Ian Robson,Vikkey Rawnsley. Co-operation or coercion? Supplier networks and relationships in the UK food industry. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2001,6(1):39-47
- [7] Silke Boger,Jill E. Hobbs and William A. Kerr. Supply chain relationships in the Polish pork sector. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2001, 6(2):74-82
- [8] Andrew Fearn. The evolution of partnerships in the meat supply chain: insights from the British beef industry. *Supply Chain Management*, 1998, 3(4):214-231
- [9] Phumpiu, Paul Fernando. Institutional and technological innovations and the changing form of business relationships: Evidence from the food industry. PhD Dissertation, University of Minnesota,1997
- [10] Klein K.K. An evaluation of supply chain performance in the Canadian pork sector. *Supply Chain Management*, 1996,1(3):12-24
- [11] Peter J. Batt. Examining the performance of the supply chain for potatoes in the Red River Delta using a pluralistic approach. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2003,8(5):442-454
- [12] Hunt I. Applying the concepts of extended products and extended enterprises to support the activities of dynamic supply networks in the agri-food industry. *Journal of Food Engineering*,2005,70:393-402
- [13] Ian Sadler, Peter Hines. Strategic operations planning process for manufacturers with a supply chain focus concepts and a meat processing application. *Supply Chain*

Management: An International Journal,2002,7(4):225-241

[14] Henk Folkerts, Hans Koehorst. Challenges in international food supply chains: vertical co-ordination in the European agribusiness and food industries. *Supply Chain Management*,1997,2(1):11-14

[15] Craig Allen Hill. An empirical study of the impact of supply chain integration and information technology within food industry. PhD Dissertation, Vanderbilt university, 1998

[16] Georgiadis P. A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of Food Engineering*, 2005, 70:351-364

[17] Minegishi S., Thiel D. System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation Practice and Theory*, 2000(8):321-339

[18] J.G.A.J. van der Vorst et al. Modelling and simulating multi-echelon food systems. *European Journal of Operational Research*, 2000,122:354-366

[19] Stringer M.F., Hall M.N. A generic model of the integrated food supply chain to aid the investigation of food safety breakdowns. *Food Control*,2006:1-11

[20] Kumar S., Budin E.M. Prevention and management of product recalls in the processed food industry: a case study based on an exporter's perspective. *Technovation*, 2006,26:739-750

[21] HAJNALÉ. IT Support and Statistics in Traceability and Product Recall at Food Logistics Providers. *Periodica Polytechnica SER. CHEM. ENG*, 2004, 48(1):21-29

[22] Beulens A.J.M. Food safety and transparency in food chains and networks Relationships and challenges. *Food Control*,2005,16: 481-486

[23] 张改清.我国现代农产品物流的发展困境与出路[J].江苏商论,2007(1):62-64

[24] 阙师鹏,陈章跃.我国农产品物流的发展对策研究[J].石河子大学学报(哲学社会科学版),2006,20(6):67-39

[25] 王树祥,张明玉.我国农产品现代物流发展战略研究[J].中国流通经济,2006(6):19-21

[26] 刘东英,李建平.发展生鲜农产品现代物流的战略选择[J].中国禽业导刊,2005,22(1):14-15

[27] 杜晓军.促进我国农产品物流业发展[J].赤峰学院学报(汉文哲学社会科学版),2006,27(6):62-64

[28] 赵勤.中国现代农业物流问题研究[博士学位论文].哈尔滨:东北林业大学,2006

[29] 李敬.发展农产品第三方物流企业的对策[J].新乡教育学院学

- 报,2006,19(2):7-9
- [30] 杜小芳,张金隆.农产品第三方物流的管理模式[J].中国合作经济,2004(1):49-50
- [31] 陈善晓,王卫华.基于第三方物流的农产品流通模式研究[J].浙江理工大学学报,2005,22(1):72-74
- [32] 贺峰.中国农产品物流问题研究[博士学位论文].武汉:华中农业大学,2006
- [33] 武云亮.农产品物流组织形式及其发展趋势[J].资源开发与市场,2007,23(1):68-70
- [34] 任鸣鸣.农产品物流配送组织的发展战略[J].统计与决策,2004(8):45-46
- [35] 杨文静.农产品物流与民营物流企业[J].中国储运,2005(3):41-42
- [36] 林华,孙忠才.试论农产品物流供给主体的构建[J].黄河水利职业技术学院学报,2006,18(3):89-90
- [37] 王述英.论我国物流配送主体系统的构建[J].齐鲁学刊,2003(1):52-56
- [38] 王栋,索志林,李海成等.生鲜农产品配送中心选址研究[J].农村经济与科技,2006(11):24-25
- [39] 庞胜明,魏朗,袁志业.农产品物流中心物流发展问题的普遍性分析[J].山东交通学院学报,2006,14(4):43-46
- [40] 鄂文兵,龙炜.我国农产品物流园区发展定位研究[J].物流技术,2006(5):6-7
- [41] 毕延彤,王心一.浅析现代水产品物流[J].渔业经济研究,2005(5):15-17
- [42] 赵勤.浅议我国水产品物流的发展[J].物流科技,2005(12):7-8
- [43] 陈世平.加快发展我国现代水果物流刍议[J].中国果业信息,2005(7):17-19
- [44] 崔彬.对优化水果蔬菜物流模式的思考[J].经济问题,2006(2):43-44
- [45] 武云亮.我国蔬菜物流链的现状及其优化措施[J].资源开发与市场,2007,23(4):326-328
- [46] 吴京.蔬菜流通与现代物流[J].物流技术,2006(5):6-8
- [47] 丁华.供应链管理理论及其在农产品物流企业中的应用[J].中国流通经济,2004(1):17-21
- [48] 贺盛瑜,董一平.供应链环境下四川农产品物流运作模式探讨[J].农村经济,2006(6):89-92
- [49] 马腾骏.供应链管理在超市生鲜经营中的应用[J].商业经济文荟,2004(4):33-36
- [50] 凌宁波,朱凤荣.构建由超市主导的生鲜农产品供应链[J].农村经济,2006(7):116-118
- [51] 方昕.生鲜供应链现状与发展方向分析[J].农产品市场周刊,2004(15):15-17

- [52] 谭涛,朱毅华.农产品供应链组织模式研究[J].现代经济探讨,2004(5):24-26
- [53] 蒋侃.生鲜农产品供应链的分析及其优化[J].沿海企业与科技,2006(1):58-59
- [54] 刘东英.我国生鲜蔬菜物流体系研究——制度、组织与交易效率:[博士学位论文].杭州:浙江大学,2005
- [55] 朱毅华.农产品供应链物流整合研究.[博士学位论文].南京:南京农业大学,2004
- [56] 凌志杰.集成化大宗农产品供应链模型及其应用[博士学位论文].大连:大连理工大学,2005
- [57] 张晓敏,李锋,徐宝才.我国肉制品冷链物流的发展现状[J].猪业科学,2006(10):28-29
- [58] 袁平红,武云亮.农产品冷链物流发展现状及对策研究[J].市场周刊,2006年10月号:13-15
- [59] 陈坚,朱富强.我国水产品冷藏链的现状与发展方向[J].制冷,2001,20(3):28-30
- [60] 刘心力.生鲜食品冷链物流中的问题探讨[J].肉类工业,1999(6):39-40
- [61] 谈向东.水产品冷藏链技术路线探讨[J].冷藏技术,2005(4):1-3
- [62] 谢晶,刘晓丹,徐世琼.蔬菜保鲜技术与冷藏链[J].制冷技术,2005(1):6-8
- [63] 陆斌,杜春花.果蔬“冷链”贮运技术的应用现状及发展趋势[J].柑桔与亚热带果树信息,2000,16(11):3-5
- [64] 苏永龙,钟磊刚.HACCP在物流作业管理中的应用[J].物流技术,2004(1):25-27
- [65] 张莹.基于 HACCP 监测的冷链物流[J].物流技术,2006(1):105-107
- [66] 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
- [67] 韩月明,赵林度.超市食品物流安全控制分析[J].物流技术,2005(10):142-144
- [68] 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(27):167-169
- [69] 宋汉利,于勇.农产品冷链物流中的安全监控应用研究[J].物流技术,2007,26(2):177-179
- [70] 林凌,周德翼.构筑食品质量安全可追踪系统研究[J].商业研究,2005(329):41-44
- [71] 国家质量技术监督局.物流术语 GB/T 18354-2001[M].北京:中国标准出版社,2001,4
- [72] 王之泰.新编现代物流学[M].北京:经济贸易大学出版社,2005
- [73] 彭东华,张春霞,宫磊.改进生鲜农产品物流现状的对策[J].商场现代化,2007(502):106-106
- [74] 李剑,路剑,刘利利.利用物流信息技术再造我国鲜活农产品物流系统[J].商

场现代化,2006(458):120-121

- [75] 吴晓斌,胡振虎,夏厚俊.发展现代农产品物流产业的若干思考[J].财经政法资讯,2007(1):31-34
- [76] 郭丽华,张明玉.我国农产品现代物流系统模型分析[J].经济问题,2006(6):53-54
- [77] 宋汉利,于勇.农产品冷链物流中的安全监控应用研究[J].物流技术,2007,26(2):177-178
- [78] 唐玉兰等.物流学概论导学[M].北京:中央广播电视大学出版社,2005,3
- [79] 徐杰,鞠颂东.物流网络的内涵辨析[J].北京交通大学学报(社会科学版),2005,4(2):22-26
- [80] 马士华,林勇,陈志祥.供应链管理[M].北京:机械工业出版社,2001,1
- [81] 赵林度.零售企业食品供应链管理[M].北京:中国轻工业出版社,2006,4
- [82] 何静,程钧谟,宗传宏.我国食品冷链物流发展现状及对策研究[J].商场现代化 2006(466):115-116
- [83] 江子琳.冷链物流面临四大问题[J].中国物流与采购,2005(7):18-19
- [84] 刘兴华.食品安全保藏学[M].北京:中国轻工业出版社,2005,2
- [85] 王岳峰,谢如鹤,唐秋生.国外冷藏链与易腐食品的发展[J].铁道货运,2002(5):12-14
- [86] 李万秋.冷链物流系列讲座之一:冷链物流链现状及问题[J].物流技术与应用,2006(9):102-104
- [87] 李晓文,何文炯.风险管理[M].北京:中国财政经济出版社,2001,4
- [88] [美]威廉姆斯等著(陈伟等译).风险管理与保险[M].北京:中国商业出版社,1990,11
- [89] 沈小峰,胡岚.耗散结构论[M].上海:上海人民出版社,1987,12:36-45
- [90] 孙飞,李青华.耗散结构理论及其科学思想[J].黑龙江大学自然科学学报,2004,21(3):77-78
- [91] 张彦等.系统自组织概论[M].南京:南京大学出版社,1990,3
- [92] 吴大进等.协同学原理和应用[M].武汉:华中理工大学出版社,1991
- [93] 陈宝林.最优化理论与方法[M].北京:清华大学出版社,1989,8
- [94] 王凌.智能优化算法及其应用[M].北京:清华大学出版社,2001,10
- [95] 郭波.系统可靠性分析[M].长沙:国防科技大学出版社,2002
- [96] 陈喜山等.安全系统工程学[J].中国建材工业出版社,北京:2006,1
- [97] 王金波,陈宝智,徐竹云.系统安全工程[M].沈阳:东北工学院出版社,1992,1
- [98] 张景林,崔国璋.安全系统工程[M].北京:煤炭工业出版社,2003,12

- [99] 韩一军,张宇萍.国外农产品物流发展特点分析及启示[J].农业展望,2006(10):32-34
- [100] 张丹,葛川.关于构建我国现代农产品批发市场的思考[J].科技情报开发与经济,2007,17(8):90-91
- [101] 李晓琳,吕婧焯.制约我国农产品批发市场建设的瓶颈[J].商场现代化,2007(500):1-1
- [102] 李晓锦,范秀荣.农产品物流体系的规制及其专业化发展[J].农业经济问题,2006(8):43-44
- [103] 王素霞,胡定寰.以超市为中心的农产品供应链流通成本研究[J].经济研究参考,2007(26):2-5
- [104] 刘光学.城镇居民农产品安全问卷调查[J].农药科学与管理,2003(2):24-25
- [105] 宾慕容,周发明.农产品超市连锁经营的问题及对策[J].作物研究,2006(2):174-177
- [106] 农业部.关于发展农产品和农资连锁经营的意见[J].动物科学与动物医学,2003,(4):37-38
- [107] 刘联辉,文珊.我国农产品物流系统模式革新趋势及其构筑策略[J].农村经济,2006(5):111-113
- [108] 齐永智,漆雁斌.农产品超市:未来农产品销售的主渠道[J].经济论坛,2004,21:119-120
- [109] 吕峰,林勇毅.我国食品冷链的现状与发展趋势[J].福建农业大学学报 2000,29(1):115-117
- [110] 顾茜姣,苗艳芳.食品冷链的发展方向[J].制冷技术,2007(1):23-24
- [111] 谢如鹤,叶德春.“冷藏链”与“保鲜链”及其实现条件[J].冷藏技术,1996(2):4-8
- [112] 谢如鹤,叶德春.鲜活易腐食品的“保鲜链”[J].冷藏技术,1996(1):41-42
- [113] 谢如鹤,刘霆.保鲜链——食品物流的后起之秀[J].中国物流与采购,2004(5月上):14-16
- [114] 王强,段玉权,瞻宾.加拿大农产品冷链物流的发展[J].物流技术与应用,2007(6):87-88
- [115] 赵春江.农产品物流存在的问题及对策[J].天津商学院学报,2005(5):41-44
- [116] 黄勇,陈景旗.我国农产品物流发展的问题及对策研究[J].广西社会科学,2004(11):86-86
- [117] 张计划.我国食品冷链的困境与对策[J].特区经济,2005(6):269-270
- [118] 谢如鹤,韩伯领.国内外冷藏食品的发展现状[J].中国储运,2004(6):16-18

- [119] 谢如鹤,陈宝星.食品物流安全告急[J].中国物流与采购,2005(24):33-34
- [120] 王岳峰,谢如鹤.保鲜物流及其发展研究[J].物流技术,2006(7):65-67
- [121] 李德义,刘松涛.耗散结构论中的模型方法及其意义[J].成都气象学院学报,1997,12(1):79-81
- [122] 黄润荣,任光耀.耗散结构与协同学[M].贵州:贵州人民出版社,1988
- [123] 王如林,夏睿.真空预冷技术的开发和应用[J].广州食品工业科技,1999,15(1):54-55
- [124] Sun D. W., Wang L. J. Heat transfer characteristics of cooked meats using different cooling methods[J]. *International Journal of Refrigeration*, 2000,23(7):508-516
- [125] 丁正斌.蔬真空预冷[J].冷藏技术,1998(4):40-42
- [126] 谢如鹤.我国冷藏食品运输的现状[J].国食品工业,2005(1):40-41
- [127] 谢如鹤,王俊.易腐货物冷藏运输的市场需求分析[J].铁道货运,2003(1):18-20
- [128] 宗岩.我国铁路冷藏运输现状及发展建议[J].铁道运输与经济,2007,29(5):21-22
- [129] 谢如鹤,罗荣武.加入 WTO 铁路冷藏运输的发展对策[J].中国铁路,2003(10):21-23
- [130] 朱飞婵,林旭东.从国际冷藏船发展趋势看我国冷鲜货运输[J].中国远洋,2003(9):28-29
- [131] 田青等.大规模物流网络的组合遗传算法研究[J].工业工程与管理,2006(4):46-48
- [132] 戴更新,侯云章.基于模拟退火算法的逆向物流网络设计研究[J].青岛大学学报(工程技术版),2005,20(3):27-30
- [133] 周根贵,曹振宇.遗传算法在逆向物流网络选址问题中的应用研究[J].中国管理科学,2005,13(1):42-45
- [134] 陈松岩,今井昭夫.物流网络选址与路径优化问题的模型与启发式解法[J].交通运输工程学报,2006,6(3):118-121
- [135] 代颖,马祖军,刘飞.基于混合遗传算法的制造/再制造集成物流网络优化设计[J].计算机集成制造系统,2006,12(11):1853-1859
- [136] Ko H. J., Evans G. W. A genetic algorithm-based heuristic for the dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3PLs. *Computers & Operations Research*, 2007,34:346-366
- [137] Salema M. I. G. An optimization model for the design of a capacitated

- multi-product reverse logistics network with uncertainty. *European Journal of Operational Research*,2007,179:1063-1077
- [138] GOETSCHALCKX M., JACOBSBL ECHA C. The Vehicle Routing Problem with Backhauls [J]. *European Journal of Operational Research*,1989,42(1):39-51
- [139] KIM N. H., RIM S. C., MIN B. D. A Heuristic Algorithm for Vehicle Routing Problem with Backhauls[J].*International Journal of Management Science*, 1997,3(1):1-14
- [140] DUMAS Y.,DESROSIERS J.,SOUMIS F. The Pick-up and Delivery Problem with Time Windows[J].*European Journal of Operational Research*,1991,54(1):7-22
- [141] 张建勇,李军.具有同时配送和回收需求的车辆路径问题的混合遗传算法[J].中国公路学报,2006,19(4)
- [142] Alfredo Tang Montané F., Galvao, R.D.A tabu search algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery service.*Computers & Operations Research*, 2006,33: 595-619
- [143] Nagy D., Salhi S. "Heuristic algorithms for single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries." *European Journal of Operational Research*, 2005,162:126-141
- [144] Nicola Bianchessi, Giovanni Righini."Heuristic algorithms for the vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery." *Computers & Operations Research*,2007, 34:578-594
- [145] 谢如鹤,刘雍,邱祝强.基于剩余装载能力的逆向物流车辆路径问题[J].系统工程,2004,22(10):20-23
- [146] 罗铮.物流链安全保障体系研究[J].物流科技,2005(10):8-10
- [147] 李炯.物流安全管控技术分析[J].权威论坛,2005(4):96-98
- [148] 张诚,单圣滢.浅谈物流安全管理[J].管理纵横,2006(5):39-40
- [149] 罗一新.关于我国物流安全的现状及对策研究[J].科技与产业,2006(5):16-19
- [150] 张延平,谢如鹤.生鲜农产品物流安全管理政策与法规建设亟待加强[J].中国储运,2006(5):103-104
- [151] 罗云,樊运晓,马晓春.风险分析与安全评价[M].北京:化学工业出版社,2004
- [152] 秦庭荣,陈伟炯.综合安全评价(FSA)方法[J].中国安全科学学报,2005,15(4):89-93
- [153] 唐晓芬.HACCP 生鲜农产品安全管理体系的建立与实施:中小企业实用指南[M].北京:中国计量出版社,2003,7

- [154] 杨永华.生鲜农产品安全管理体系 HACCP 推行实务[M]. 深圳:海天出版社,2002,9
- [155] 广东创势质量技术咨询有限公司.HACCP 实施指南[M].广州:广东人民出版社,2003,11
- [156] 金星,洪延姬.系统可靠性评定方法[M]. 北京:国防工业出版社,2005
- [157] SHEN Zupai, WANG Yao, HUANG Xiangrui. A quantification algorithm for a repairable system in the GO methodology[J]. *Reliability and System Safety*, 2003(3):293-298
- [158] 沈祖培,黄祥.GO 法原理及应用[M].北京:清华大学出版社,2004
- [159] 汪应洛.系统工程理论、方法与应用[M].北京:高等教育出版社,1997,7
- [160] [美]T.L.萨蒂著,许树柏等译.层次分析法[M].北京:煤炭工业出版社,1988
- [161] 王连芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1989
- [162] 杨虹,邱祝强.改进层次分析法在配送中心选址中的应用[J].铁道运输与经济,2004,26(7):72-74
- [163] 吴建琳,朱琳.城市核心竞争力的模糊综合评价模型[J].统计与决策,2006,(5):51-53.
- [164] 邱东.多指标综合评价方法的系统分析[M].北京:中国统计出版社,1991
- [165] 秦寿康等.综合评价原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003
- [166] 邱祝强,谢如鹤,林朝朋.广州地区生鲜农产品销售物流安全现状分析[J].广东农业科学,2007(7):125-127

致 谢

本文是在导师谢如鹤教授悉心指导下完成的。掩卷回首，往事难忘。无论是论文的选题、撰写，还是论文润色，都倾注了导师的大量心血和精力。三年多来自己的每一份成长和进步，无不凝聚着谢老师的谆谆教诲和无私的帮助。导师以其渊博的学识、敏捷的思维、严谨的治学态度深刻地启迪着我的学习和科研实践；导师谦和的为人、广阔的胸怀、学者的风范和不畏艰难的拼搏精神深深感染我，潜移默化地影响我，这些宝贵的精神财富将使我终生受益。在生活上，谢老师也给予了无微不至的关怀和照顾。在此，向我尊敬的导师谢如鹤教授表示衷心的感谢！

在攻读博士学位的5年多时间内，师母罗贵秀老师给予了悉心的关怀和照顾，情同母子，令我终生难忘，在此向敬爱的师母表示最诚挚的感谢！

在攻读博士学位期间，陈治亚教授、史峰教授、李夏苗教授、符卓教授、成耀荣教授、郑国华副教授、姚加林副教授等人给予了无私的指导和帮助，在此表示衷心的感谢！

感谢交通运输工程学院及研究生院的领导、各位老师和工作人员，他们的辛勤劳动是我得以顺利完成学业的重要保证，在此表示诚挚的谢意。

承蒙师兄罗荣武、高红建、谢建光、王岳峰、刘霆、张得志、刘鹏飞、肖文忠、唐秋生、刘广海；师姐郭正祥，师弟宗岩、邹毅锋、林朝朋、黄成洲、傅伟，师妹周小露等在学习期间给我的大量帮助和支持，在此表示最诚挚的谢意！

感谢在冷藏实验室的老同学付延冰、余少鹤，感谢肖龙文老师、叶俊青老师、夏伟怀老师、冯芬玲老师、谢楚龙老师、秦进老师、邓连波老师、罗端高博士、周丹博士，与他们一起度过几年紧张而又愉快的博士学习生活，留下了美好的回忆，在此表示深深感谢！

感谢硕士同学熊小慧、史丰收、陈斯卫、杨明、于桂芳、彭娟在学习和生活过程中的无私帮助；感谢张延平老师、陈宝星老师、黄向荣老师、孟强老师、况漠老师给我的无私帮助。

感谢我的父亲、母亲、岳父、岳母，能有今天的成就离不开他们的理解、

关心与支持，他们永远是我前进的动力和精神支柱。尤其要感谢我攻读了两个硕士学位的爱妻张韵杨，在我攻读博士学位期间，正是她的那股精神一直鼓舞着我，在生活上毫无怨言地照顾我，在工作和学习等多重压力下她从不低头，在此表示诚挚的感谢！同时也要感谢我远在北京军区的哥哥、嫂子，从小到大，无论总在生活还是学习方面，哥哥都给了无私的关爱，在我离开家乡的这么多年里，主要承担了照顾父母的义务，在许多方面给予很大帮助。在此对他们表示诚挚的谢意！感谢我的爱妻张韵杨这边的大家庭中的各位成员，在长沙攻读博士期间在生活上和学习上，他们给了我无私的关爱。

本文的相关研究是基于商务部项目：中国食品物流安全管理研究和广东省哲学社会科学“十一五”规划项目：食品物流安全管理相关问题的综合研究（编号：050-08）开展的，并得到了资助和支持，在此表示衷心的感谢。

最后，向所有阅读过此文的专家学者表示感谢，敬请批评指正，并借此向各位致以诚挚的问候！

邱祝强

2007年12月于长沙

攻读博士学位期间主要研究成果

◇ 攻读博士学位期间完成的学术论文

- [1] 邱祝强,谢如鹤,林朝朋.广州市生鲜食品销售物流安全现状分析.广东农业科学,2007(7):125-127 (CSCD)
- [2] 邱祝强,邓连波,张韵杨.DVD在线租赁问题.工业工程,2007(5):40-45 (CSCD)
- [3] 邱祝强,谢如鹤.基于电子商务的物流配送.第五届交通运输领域青年学术会议,2003
- [4] 邱祝强,谢如鹤.逆向物流链及其运作的关键.2006—2007中国物流学术前沿报告,北京:中国物资出版社,2006
- [5] 邱祝强,谢如鹤.耗散结构论在物流园区规划中的应用.2005中部崛起与现代物流发展研讨会:长沙
- [6] 谢如鹤,邱祝强等.Logit模型在广深铁路客流分担率估算中的应用.中国铁道科学,2006,27(3):111-115 (EI检索)
- [7] XIE Ruhe, QIU Zhuqiang.A New Heuristics for VRP with Simultaneous Delivery and Pick-up.第一届交通运输工程国际学术会议 (ICTE'2007) 论文集,2007 (EI检索)
- [8] 谢如鹤,邱祝强.遗传算法在逆向物流网络规划设计中的应用.武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2007,31(5):902-905 (EI源刊)
- [9] 谢如鹤,邱祝强.区域物流产业竞争力指标体系及其评价.工业工程(已录用)
- [10] 谢如鹤,邱祝强.论应急物流体系的构建及其运作管理.物流技术,2005(10):78-80
- [11] 谢如鹤,邱祝强,罗荣武.铁路冷藏运输成本核算研究.可持续发展的中国交通——2005全国博士生学术论坛(交通运输工程学科)论文集,北京:中国铁道出版社,2005
- [12] 杨虹,邱祝强.改进层次分析法在配送中心选址中的应用.铁道运输与经济,2004,26(7):72-74
- [13] XIE Ruhe, QIU Zhuqiang.Equilibrium Model for Supply Chain Network and Related Sensitivity Analysis.第二届运输与物流国际会议学术论文集(The 2nd International Conference on Transportation Logistics),2007
- [14] 谢如鹤,刘霆,邱祝强.基于剩余装载能力的逆向物流车辆问题.系统工程,2004,22(10):20-23
- [15] 张韵杨,郭咏松,邱祝强.逆向物流成本核算模型研究.铁道运输与经

济,2005,27(12):26-27

◇ 攻读博士学位期间从事的科研项目

- (1) 食品物流安全管理相关问题的综合研究,广东省哲学社会科学“十一五”规划项目(2006-2007),编号:050-08(项目主要参与者)
- (2) 中国食品物流安全管理研究,商务部项目(2006-2007)(项目主要参与者)
- (3) 物流园区规划理论与方法,中南大学博士创新选题基金资助项目(2004.9-2006.7)编号:040126(项目参与者)
- (4) 冷藏链中冷藏运输条件的模拟与控制机理研究,国家自然科学基金项目(2004-2006),编号:50378091(项目参与者)
- (5) 广深铁路城际客运公交化研究,广州铁路集团公司项目(2004.1-2004.12)(项目主要参与者)
- (6) 铁路冷藏运输装备市场定位和发展研究,中铁特货公司项目(2004-2005)(项目主要参与者)
- (7) 广西沿海经贸公司“十一五”物流发展战略研究,广西沿海铁路公司项目(2005-2006)(项目主要参与者)
- (8) 广铁集团非主业货场发展现代物流战略研究,广州铁路集团公司项目(2006-2007)(项目主要参与者)