

北京交通大学

BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

# 博士学位论文

DOCTORAL DISSERTATION

论文题目 食品冷链物流系统协同研究

学科专业 管理科学与工程

作者姓名 兰洪杰

指导教师 汝宜红 教授

二零零九年四月

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

# 北京交通大学

博士学位论文

食品冷链物流系统协同研究

Research on Food Cold Chain Logistics System Collaboration

作者：兰洪杰

导师：汝宜红 教授

北京交通大学

2009年4月

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解北京交通大学有关保留、使用学位论文的规定。特授权北京交通大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名:

刘洪杰

导师签名:

张广军

签字日期: 2009年4月21日

签字日期: 2009年4月21日

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

中图分类号: F272.5  
UDC:

学校代码: 10004  
密级: 公开

# 北京交通大学

## 博士学位论文

食品冷链物流系统协同研究

Research on Food Cold Chain Logistics System Collaboration



“制冷百家”

物性查询, 论文查看, 制冷、暖通最好的微信公众号, 关注送论文资料

作者姓名: 兰洪杰

学 号: 04113129

导师姓名: 芮宜红

职 称: 教授

学位类别: 在职博士

学位级别: 博士

学科专业: 管理科学与工程

研究方向: 物流管理与工程

北京交通大学

2009年4月

## 致谢

本论文的工作是在我的导师汝宜红教授的悉心指导下完成的，汝宜红教授严谨的治学、高尚的品德、对学术执著的追求，以及正直、乐观、平易近人的性格都将使我受益终生，激励我在未来的学术研究工作中不断进取。从论文的选题、关键问题的研究到论文的撰写，汝宜红教授都倾注了大量的心血和精力。在此，衷心感谢四年来汝宜红教授对我的指导、关心和帮助。

我的论文是在北京市哲学社会科学“十一五”规划项目《面向北京 2008 年奥运会的食品冷链物流系统研究》(06BeJG089)以及北京交通大学基金项目《基于食品安全的冷链物流流程优化研究》(2007XM018)的基础上撰写完成的。感谢汝宜红教授为我提供了多次参与政府和企业课题研究的机会，正是在参与大量课题研究的过程中，使我对现代物流的理论和国内外物流发展现状有了更深入的了解，从而为论文的选题和研究工作奠定了坚实的基础。

北京交通大学经管学院詹荷生教授、张文杰教授、王耀球教授、穆东教授、张菊亮副教授、林自葵副教授、傅少川副教授等，都对我的论文选题和研究工作提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

北京交通大学经管学院以及物流管理系的各位领导和老师，在我的学习、生活、工作等多方面，都给予许多关心和帮助，在此向他们表示衷心感谢。

在我的研究工作及论文撰写期间，还得到了郑凯、朱煜、王瑞江、范文姬等博士生、黄锋权、孙明燕、李汝仙、韩占飞、郭磊等同学的许多帮助，在此向他们表达我的感激之情。

感谢东方友谊食品配送公司的司京成总经理和袁浩宗副总经理为论文的实证研究提供的帮助。

在我的博士论文写作过程中，参考了大量的中外文献资料，向这些文献的作者们表示感谢！

最后还要感谢我的家人，他们的理解和支持使我能够专心完成我的学业。

## 中文摘要

国以民为安，民以食为天，食以安为先，食品是人类生存与发展的物质基础。食品属于特殊商品，从“田间地头”到百姓“餐桌”，从原材料的获取，直至到达最终消费者，其物流全过程均有特殊要求，以冷冻冷藏技术为基础的冷链物流在食品物流中扮演着重要角色。由于种种原因，我国食品冷链物流的发展还处于一个相对落后的水平，致使食品在物流过程中不仅造成很大的损失，甚至还产生了诸多严重的食品安全事件。现阶段，我国食品冷链物流问题不仅体现在冷冻冷藏等关键技术上，更体现在食品冷链物流的全过程管理方面，因此全面、系统地开展食品冷链物流研究，探索从根本上解决食品冷链物流问题的新途径，不仅具有重要现实意义，研究成果也可为丰富食品冷链物流理论体系做出科学贡献。

本论文通过文献分析和现场调研，运用食品管理、物流管理与系统论等理论和方法，根据我国实际情况，在比较国内外食品冷链物流概念的基础上，重新界定了食品冷链物流系统的定义；在分析食品冷链物流系统的要素、结构、功能和特性的基础上，论证了食品冷链物流系统协同对解决食品冷链物流现状问题的重要作用；运用协同学理论与方法，研究食品冷链物流系统协同的理论框架与分析方法；并通过实证分析，提出相应的对策建议，为持续开展我国食品冷链物流系统的理论研究和实践管理工作提供了分析依据和决策支持。

本论文的主要研究成果具体表现为：

(1) 论文在食品冷链物流系统理论研究中，进一步完善了食品冷链物流的定义，构建了食品冷链物流系统，对该系统的构成要素、结构、功能和系统特性进行了系列理论规定。

(2) 论文论证了食品冷链物流系统协同的目标是解决食品冷链物流中的安全、效率和成本问题。在界定食品冷链物流系统协同内涵的基础上，分析了具体协同的内容和协同过程，不仅为解决食品冷链物流问题提供了理论依据，也使研究成果具备了实践中的可操作性。

(3) 论文在食品冷链物流系统协同效果的定量化分析过程中，构建了状态参量体系，采用信息熵方法对食品冷链物流系统状态进行总体评价，在此基础上应用粗糙集理论求出食品冷链物流系统协同的序参量，并对序参量的有效性及灵敏度进行了分析。

(4) 论文采用某食品冷链物流系统的原始资料进行实证研究，不但检验了研究成果的科学性和可操作性，还根据实证结果提出了解决食品冷链物流问题的若干对策建议。

本文中共有图 49 幅，表 21 个，参考文献 224 篇。

关键词：食品；冷链；物流；协同；序参量

分类号：F272.5

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## ABSTRACT

### ABSTRACT:

Food is the basis for human survival and development, so the security of food is of vital importance to human society. The food safety problems are triggered due to a combination of factors. Due to the characteristics of food such as short shelf life, special demand for temperature and so on, food should be kept in a required temperature range in logistics or the food will deteriorate. A deteriorating food is certainly to lead to food safety accidents if it is used as normal food. Food cold chain plays an important role in food security. For a combination of reasons, the food cold chain develops very slowly in China and food suffers a great loss in quantity and quality in the course of food cold chain. So in order to develop food cold chain in China, it makes sense to study food cold chain collaboration.

By way of literatures review and investigation, this dissertation combines general system theory, logistics management theory, collaborative theory and so on with the development of food cold chain in China and then makes relatively deep research in this area. On the basis of analysis, this dissertation studies the theory and method of food cold chain logistics system collaboration. After that, this dissertation makes deep analysis on an example and proposes countermeasures. The research in this dissertation can help to make decision in cold chain field. There are many innovations in this dissertation as stated below:

1. This dissertation makes relatively deep analysis on the food cold chain logistics system and lays a solid foundation to the afterwards research work. Specifically, this dissertation proposes the connotation of the food cold chain system and then analyzes the factors, frame and function of the system.

2. This dissertation proposes the notion of food cold chain system collaboration and then defines the object, principle and type of collaboration. According to the range of management, this dissertation analyzes the collaboration at the strategic level, tactical level and operation level.

3. This dissertation combines collaboration theory and rough set theory in the course of food cold chain system establishment and analysis. Also, this dissertation uses a real logistics system in the empirical study and makes the study much more reliable



and useful.

4. This dissertation proposes some practical suggestions on the food cold chain collaboration such as how to reduce the cost of the system, how to improve resource utilization, enlarge the size of the system, improve human resource quality and so on.

In addition, there are 49 figures and 21 tables in the dissertation. We also have referred to 224 reference documents.

**KEYWORDS:** Food; Cold Chain; Logistics; Collaboration; Order Parameter

**CLASSNO:** F272.5

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

目录



“制冷百家”  
物性查询，论文查看，制冷、暖通最  
好的微信公众号，关注送论文资料

中文摘要.....	i
ABSTRACT.....	iii
目录.....	v
图目录.....	ix
表目录.....	xi
<b>1 引言</b> .....	<b>1</b>
1.1 选题背景和意义.....	1
1.1.1 我国食品生产与消费量增长趋势.....	2
1.1.2 保证食品安全需要冷链物流.....	4
1.1.3 食品冷链物流系统协同的意义.....	8
1.2 国内外相关研究现状.....	11
1.2.1 食品冷链的研究现状.....	11
1.2.2 食品物流的研究现状.....	14
1.2.3 物流协同的研究现状.....	16
1.3 食品冷链物流系统内涵界定.....	19
1.3.1 我国冷链定义比较分析.....	20
1.3.2 国外冷链定义比较分析.....	22
1.3.3 本文提出的冷链定义.....	25
1.3.4 食品冷链物流系统的内涵.....	25
1.4 研究思路及方法.....	26
1.4.1 论文主要内容.....	26
1.4.2 论文技术路线.....	27
1.4.3 论文研究方法.....	28
<b>2 食品冷链物流系统协同的理论基础</b> .....	<b>30</b>
2.1 食品理论.....	30
2.1.1 食品分类.....	30
2.1.2 食品质量与食品安全.....	32
2.1.3 食品安全的影响因素.....	33
2.1.4 食品的冷藏原理及原则.....	36
2.2 物流相关理论.....	37
2.2.1 物流系统论.....	38
2.2.2 供应链理论.....	39
2.3 系统论基础.....	42
2.3.1 系统构成理论.....	42
2.3.2 动态系统理论.....	44
2.3.3 系统的特征.....	46
2.4 协同学理论.....	48
2.4.1 序参量及支配原理.....	48
2.4.2 自组织.....	49

2.4.3	供应链协同	50
2.5	食品冷链物流系统协同理论体系框架	53
2.6	本章小结	54
3	食品冷链物流系统分析	55
3.1	食品冷链物流系统的要素分析	55
3.1.1	食品冷链物流系统的主体要素	56
3.1.2	食品冷链物流系统的客体要素	60
3.1.3	食品冷链物流系统的设施设备要素	63
3.2	食品冷链物流系统的结构分析	64
3.2.1	主体类型不同的结构	65
3.2.2	主体数量与规模不同的结构	68
3.2.3	食品冷链物流系统结构的特征	70
3.3	食品冷链物流系统的功能分析	71
3.3.1	食品冷链物流系统的基本功能	71
3.3.2	食品冷链物流系统的辅助功能	73
3.4	食品冷链物流系统的特性分析	75
3.4.1	食品冷链物流安全首要性	76
3.4.2	食品冷链物流时间敏感性	76
3.4.3	食品冷链物流系统高成本性	77
3.4.4	食品冷链物流信息多样性	77
3.4.5	食品冷链物流技术复杂性	78
3.4.6	食品冷链物流空间分散性	78
3.4.7	食品冷链物流环境严格性	79
3.4.8	实证分析——奥运食品冷链物流的特性	80
3.5	本章小结	83
4	食品冷链物流系统协同分析	84
4.1	食品冷链物流系统协同的内涵分析	84
4.1.1	食品冷链物流系统协同含义	84
4.1.2	食品冷链物流系统协同性质分析	85
4.1.3	食品冷链物流系统的自组织	88
4.1.4	食品冷链物流系统的序参量及支配特性	89
4.2	食品冷链物流系统协同的目标与原则	90
4.2.1	食品冷链物流系统协同的目标	90
4.2.2	食品冷链物流系统协同的原则	92
4.3	食品冷链物流系统协同的内容分析	93
4.3.1	食品冷链物流系统主体协同	94
4.3.2	食品冷链物流系统客体协同	98
4.3.3	食品冷链物流系统设施设备协同	99
4.3.4	食品冷链物流系统信息协同	100
4.4	食品冷链物流系统协同的过程分析	100
4.4.1	食品冷链物流战略层协同	102
4.4.2	食品冷链物流战术层协同	107
4.4.3	食品冷链物流操作层协同	111
4.5	本章小结	112

5	食品冷链物流系统协同模型分析.....	114
5.1	食品冷链物流系统状态参量选择.....	115
5.1.1	状态参量选择的特点.....	115
5.1.2	状态参量选择的思路.....	116
5.2	食品冷链物流系统状态参量体系.....	117
5.2.1	投入状态参量.....	119
5.2.2	产出状态参量.....	123
5.3	食品冷链物流系统综合评价分析.....	128
5.3.1	综合评价方法的选择.....	128
5.3.2	综合评价过程.....	129
5.4	食品冷链物流系统协同的序参量计算模型.....	131
5.4.1	粗糙集的基本理论.....	131
5.4.2	知识约简理论及基本步骤.....	133
5.4.3	基于信息熵与粗糙集的序参量计算模型.....	134
5.5	食品冷链物流系统序参量的有效性和灵敏度分析.....	138
5.5.1	序参量的有效性分析.....	138
5.5.2	序参量属性值的灵敏度分析.....	140
5.6	本章小结.....	143
6	食品冷链物流系统协同模型实证分析.....	144
6.1	实证食品冷链物流系统及状态参量数据来源.....	144
6.1.1	实证食品冷链物流系统分析.....	144
6.1.2	实证食品冷链物流系统状态参量数据来源.....	146
6.2	实证食品冷链物流系统综合评价及序参量计算结果分析.....	151
6.2.1	实证食品冷链物流系统综合评价分析.....	151
6.2.2	实证食品冷链物流系统序参量模型计算结果分析.....	152
6.3	实证食品冷链物流系统序参量的有效性和灵敏度分析.....	154
6.3.1	实证食品冷链物流系统序参量的有效性分析.....	154
6.3.2	实证食品冷链物流系统序参量属性值的灵敏度分析.....	156
6.4	本章小结.....	162
7	食品冷链物流系统协同发展对策.....	163
7.1	降低食品冷链物流系统成本的对策.....	163
7.1.1	降低设施设备投入成本.....	164
7.1.2	降低运作成本.....	165
7.1.3	降低食品损耗成本.....	166
7.2	提高冷链物流设施设备利用效率的对策.....	167
7.2.1	建立食品冷链物流联盟机制.....	167
7.2.2	运用系统管理理念规划食品冷链物流.....	168
7.3	扩大食品冷链物流系统规模的对策.....	169
7.3.1	加强政府宏观监管.....	169
7.3.2	加大第三方物流的市场占比.....	169
7.3.3	加强冷链物流软硬件设施建设.....	170
7.4	提高员工素质的对策.....	170
7.4.1	加强管理人员培训.....	170
7.4.2	加强操作员工的培训.....	171



7.5	本章小结 .....	171
8	结论与展望 .....	172
8.1	主要结论及创新点 .....	172
8.2	研究展望 .....	173
	参考文献 .....	175
	附录 A .....	182
	附录 B .....	184
	作者简介 .....	189
	独创性声明 .....	191
	学位论文数据集 .....	192
	参考文献 .....	193

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 图目录

图 1-1 2001 至 2006 年我国部分食品生产量 .....	2
图 1-2 2001 至 2006 年我国城镇居民家庭平均每人全年购买食品数量 .....	3
图 1-3 2001 至 2006 年我国农村居民家庭平均每人主要食品消费量 .....	4
图 1-4 业务目标、竞争宗旨与核心运作战略的关系 .....	8
图 1-5 我国对冷链定义的理解层次 .....	22
图 1-6 食品冷链物流定义的来源 .....	26
图 1-7 论文技术路线 .....	28
图 2-1 食品的价值-时间曲线图 .....	32
图 2-2 供应链分类 .....	40
图 2-3 单一型供应链 .....	41
图 2-4 扩展型供应链 .....	41
图 2-5 全面型供应链 .....	41
图 2-6 供应链主要流程 .....	42
图 2-7 系统运行简图 .....	44
图 2-8 食品冷链物流系统协同理论体系框架 .....	53
图 3-1 食品冷链物流系统分析过程 .....	55
图 3-2 食品冷链物流系统要素 .....	56
图 3-3 食品冷链物流系统主体要素 .....	56
图 3-4 食品冷链物流系统的结构 .....	65
图 3-5 食品冷链物流系统的典型结构 .....	66
图 3-6 食品冷链物流系统对称型结构 .....	68
图 3-7 食品冷链物流系统收敛型结构 .....	69
图 3-8 食品冷链物流系统发散型结构 .....	70
图 3-9 奥运食品冷链物流流向图 .....	81
图 4-1 食品冷链物流系统协同分析内容 .....	84
图 4-2 食品冷链物流系统协同的目标 .....	90
图 4-3 食品冷链物流系统协同的分类 .....	94
图 4-4 食品冷链物流主体横向协同 .....	95
图 4-5 食品冷链物流主体纵向协同 .....	96
图 4-6 食品冷链物流系统协同层次 .....	101
图 4-7 食品冷链物流系统协同过程 .....	102
图 5-1 食品冷链物流协同过程 .....	114
图 5-2 食品冷链物流系统协同模型分析过程 .....	115
图 5-3 食品冷链物流系统状态参量体系框架 .....	117
图 5-4 食品冷链物流系统投入与产出状态参量体系框架 .....	118
图 5-5 食品冷链物流系统的一种结构 .....	118
图 5-6 序参量计算过程 .....	137
图 6-1 食品冷链物流实证系统结构 .....	145
图 6-2 系统状态综合评价 .....	151

图 6-3 系统综合评价（状态参量是序参量） .....	155
图 6-4 两条曲线上变量 $y_1$ 和 $y_2$ 的散点图 .....	155
图 6-5 $y_1$ 和 $y_2$ 的回归分析报告 .....	156
图 6-6 序参量取上边界值时的系统评价值 .....	158
图 6-7 $y_1$ 和 $y_3$ 的散点图 .....	158
图 6-8 $y_1$ 和 $y_3$ 的回归分析报告 .....	159
图 6-9 序参量取下限值时的系统评价值 .....	160
图 6-10 $y_1$ 和 $y_4$ 的散点图 .....	160
图 6-11 $y_1$ 和 $y_4$ 的回归分析报告 .....	161
图 6-12 序参量属性值超出变化边界时的系统评价值 .....	161

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 表目录

表 1-1 2001 至 2006 年我国部分食品生产量 单位: 万吨.....	2
表 1-2 2001 至 2006 年我国城镇居民家庭平均每人全年购买食品量 单位: 千克.....	3
表 1-3 2001 至 2006 年我国农村居民家庭平均每人主要食品消费量 单位: 千克.....	3
表 1-4 我国不同时期冷链定义对比.....	21
表 2-1 几种常见食品的安全储存期.....	36
表 3-1 一些水果的冷藏条件与储存期.....	61
表 3-2 一些蔬菜的冷藏条件与储存期.....	61
表 3-3 冻结食品的储存温度和实用储存期(月).....	62
表 3-4 冷却肉的冷藏条件和储存期限.....	63
表 3-5 按主体构成分类的结构类型.....	66
表 3-6 按物流企业作用分类的结构类型.....	67
表 3-7 按主体数量与规模分类的结构类型.....	68
表 3-8 雅典奥运村赛时每天的部分冷冻冷藏食品需求量.....	82
表 3-9 北京奥运村赛时每天的部分冷冻冷藏食品需求量.....	82
表 4-1 食品冷链物流协同发展过程.....	102
表 5-1 食品冷链物流状态参量表.....	119
表 6-1 食品冷链物流系统状态参量.....	147
表 6-2 系统状态综合评价.....	151
表 6-3 序参量计算结果.....	152
表 6-4 系统综合评价(状态参量是序参量).....	154
表 6-5 序参量变化上下边界.....	157



## 1 引言

论文从选题的背景和意义出发，对国内外的研究现状进行综述，分析食品冷链物流系统内涵，阐述论文的主要内容、技术路线和研究方法。

### 1.1 选题背景和意义

国以民为安，民以食为天，食以安为先。食品是人类赖以生存和发展的最重要的最基本的物质基础。食品的安全性与人们日常生活密切相关，它不仅关系到人民群众的身体健康和生命安全，也直接影响社会经济的发展。从 20 世纪 90 年代开始，在全世界范围内发生了数起有关食品安全问题的事件<sup>1</sup>，从苏丹红、孔雀石绿、甲醛到回收奶、早产奶，到 2008 年初日本毒饺子，再到 2008 年 9 月的三鹿奶粉，全球食品消费领域所发生的事件，无一不与食品安全的脆弱性有关，这些事件使得人们对于餐桌上的安全给予了越来越多的重视。食品安全已经成为世界性问题，举世关注，世界各国政府大多将食品安全视为国家公共安全，是国家稳定和社会发展的永恒主题。

食品安全问题导致的损失是巨大的，食品安全问题已经直接制约了中国食品的出口。中国出口食品多次在国外发生退货销毁事件，不仅造成了重大的经济损失，而且严重损害了中国食品在国际市场上的声誉。在技术贸易壁垒中，食品安全也是最重要的影响因素之一。重视与加强食品质量、降低食品安全风险，是我国各级政府亟待重视与解决的重大课题。从食品安全问题产生的根源上来说，食品安全问题可分为两类，一类是在生产过程中产生的食品安全问题<sup>2</sup>，如食源性污染或是加工制造过程中受到污染等；另一类是在流通过程中产生的食品安全问题，如由于物流过程中食品受到污染或是没有在冷冻冷藏的条件下储存、运输等而产生的食品变质、腐烂而导致的食品安全问题。

现阶段对于生产过程中产生的食品安全问题已经引起高度重视，政府相关管理部门已经制定相关法律法规以及标准<sup>3</sup>来规范食品的生产环节，并实行了较为严密的监控。然而对于流通环节的食品安全问题还未引起足够的重视，因此，针对我国食品流通中存在的问题，对食品冷链物流进行研究具有十分重要的现实意义。有鉴于此，本文立足于食品流通环节，对食品冷链物流进行研究，以期能够为食品流通过程中安全问题的解决做出贡献。

### 1.1.1 我国食品生产与消费呈增长趋势

随着中国经济的发展,城市化步伐的加快,人民生活水平的不断提高,人们食品消费结构随之发生了巨大变化,追求健康、营养、时尚食品和部分家庭厨房工作“社会化”的需求,对保鲜食品、冷冻食品的需求急剧增加,迅速拉动了冷冻冷藏食品的消费,我国冷链食品的生产与消费逐年迅速增长<sup>4</sup>。2006年我国城镇居民食品消费支出,易腐食品消费已占51%,全国年易腐食品消费总量为2.4亿吨。我国有肉类食品厂家2,500多家,年产肉类6,000万吨,产量以每年5%左右速度递增;速冻食品厂2,000多家,年产量超过850万吨;冷饮厂4,000多家,其中有规模的194家,年产量150多万吨,产量以每年7%速度递增;乳品厂1,500多家,产量800多万吨,每年以30%速度增长;水产品产量4,400万吨,每年以4%速度递增。从表1-1、表1-2、表1-3和图1-1、图1-2、图1-3中的统计数据可以明显看出近年来我国食品生产与消费的发展呈增长趋势<sup>5</sup>。

表 1-1 2001 至 2006 年我国部分食品生产量,单位:万吨

Tab.1-1 Annual food production volume, 2001-2006 (10 thousand tons)

食品种类	2001	2002	2003	2004	2005	2006
水果	6658.0	6952.0	14517.4	15340.9	16120.1	17239.9
猪肉	4184.5	4326.6	4318.6	4701.6	5010.6	5197.2
牛肉	548.8	584.6	630.4	675.9	711.5	750.0
羊肉	292.7	316.7	357.2	399.3	435.5	469.7
奶类	1122.9	1400.4	1848.6	2368.4	2864.8	3302.5

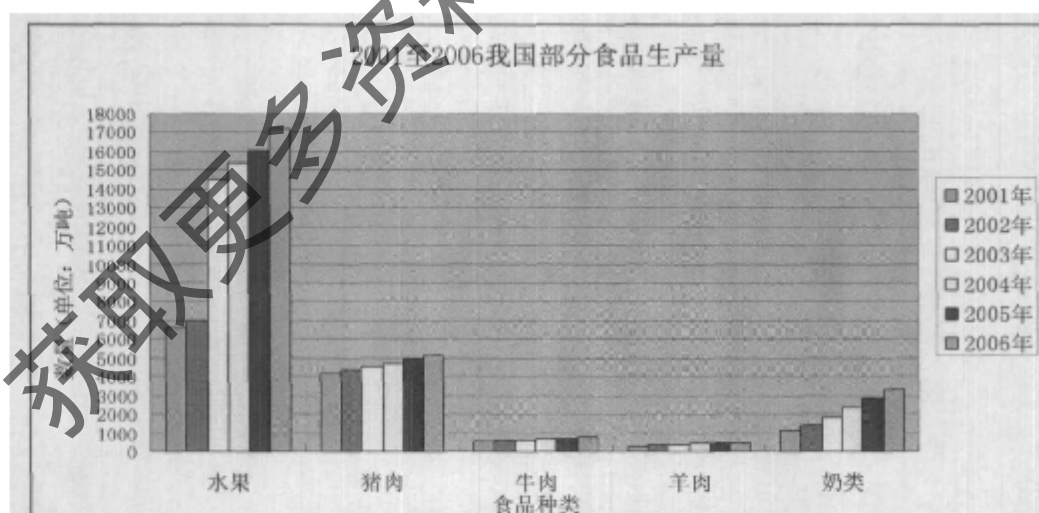


图 1-1 2001 至 2006 年我国部分食品生产量

Fig.1-1 Annual food production volume, 2001-2006

由表 1-1 和图 1-1 所示,我国水果、猪肉、牛肉、羊肉、奶类等食品每年的生产量呈稳定上升的趋势。

表 1-2 2001 至 2006 年我国城镇居民家庭平均每人全年购买食品量 单位: 千克

Tab.1-2 Average consume food for city person in China, 2001-2006 (kilogram)

食品种类	2001	2002	2003	2004	2005	2006
猪肉	15.95	20.28	20.43	19.19	20.15	20.00
牛肉	1.92	1.92	1.98	2.27	2.28	2.41
羊肉	1.25	1.08	1.33	1.39	1.43	1.37
鲜奶	11.90	15.72	18.62	18.83	17.92	18.32
酸奶	1.36	1.80	2.53	2.85	3.23	3.72
水果	59.90	56.52	57.79	56.45	56.69	60.17

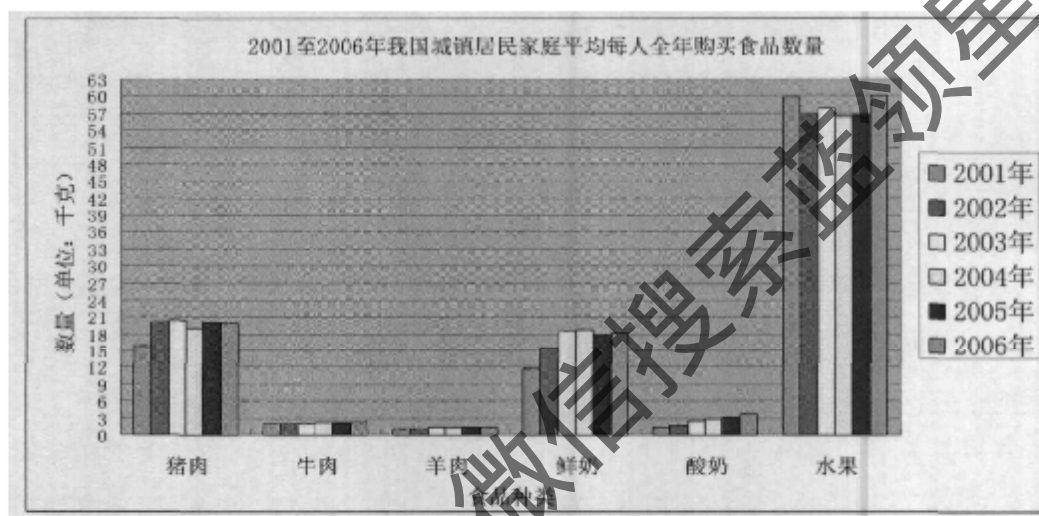


图 1-2 2001 至 2006 年我国城镇居民家庭平均每人全年购买食品数量

Fig.1-2 Average consume food for city person in China, 2001-2006

表 1-3 2001 至 2006 年我国农村居民家庭平均每人主要食品消费量 单位: 千克

Tab.1-3 Average consume food for country person in China, 2001-2006(kilogram)

食品种类	2001	2002	2003	2004	2005	2006
猪肉	13.35	13.70	13.78	13.46	15.62	15.46
牛肉	0.55	0.52	0.50	0.48	0.64	0.67
羊肉	0.60	0.65	0.76	0.82	0.83	0.90
奶制品	1.20	1.19	1.71	1.98	2.86	3.15
水果(瓜果)	20.33	18.77	17.54	16.97	17.18	19.09

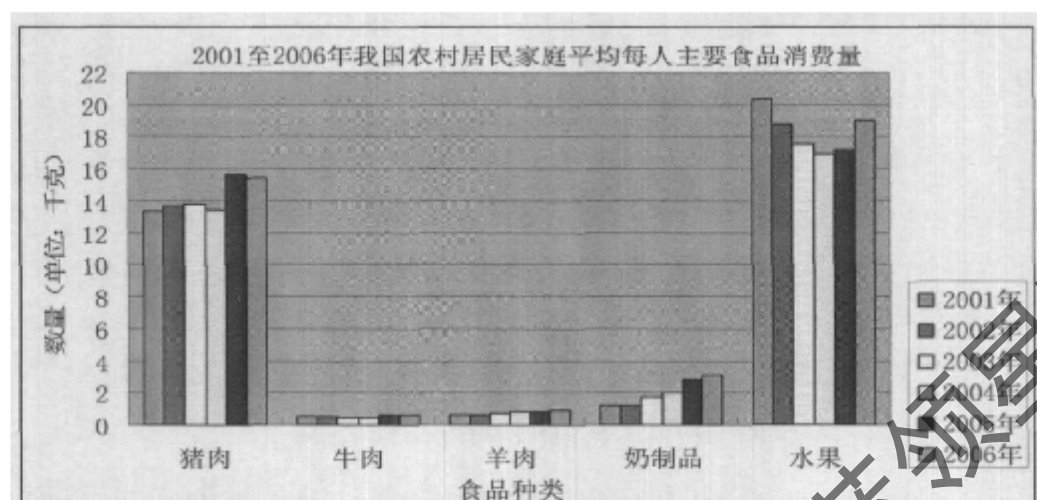


图 1-3 2001 至 2006 年我国农村居民家庭平均每人主要食品消费量  
Fig.1-3 Average consume food for country person in China, 2001-2006

由表 1-2、表 1-3 和图 1-2、图 1-3 所示, 从 2001 至 2006 年我国城镇居民家庭和农村居民家庭平均每人每年购买食品数量总体呈上升趋势。与消费的上升趋势相适应, 我国食品生产已逐步走上工厂化生产的轨道, 随之而来的食品加工、流通方式以及人们的消费观念发生很大改变, 食品种类日益繁多。我国大型超市约有 2—3 万个品种商品, 食品类约占 60%, 农产品、畜产品、水产品及其熟食品和半熟食品琳琅满目, 销售强劲增长。食品消费呈现个性化、多层次的趋势, 引发现代食品物流。这些食品大多属于易腐食品, 品质易发生变化, 对于保鲜的要求很高。这些特征决定了其物流过程必须是一个完整的冷冻冷藏链, 由此可见我国的冷链物流需求巨大。此外, 由于消费者对于食品安全的要求越来越高, 对于高品质低温食品的需求量日益增大, 这也进一步促进了冷链物流的迅速发展。

### 1.1.2 保证食品安全需要冷链物流

食品发生变质的主要原因是微生物的活动以及生物酶产生的生化反应。食品中残留的微生物在适当的温度和水分存在时就会发生一系列的生化反应, 导致食品变质。为保证食品质量, 延长食品保质期, 最基本的办法就是抑制微生物和酶的活动, 也就是要降低温度和减少水分, 使微生物和酶的活力降低、减缓。温度是食品冷链物流相对于其他物流特有的要素, 也是冷链物流实现保障食品品质, 减少食品损耗的关键。温度指的是食品在物流过程中对所处环境的要求。由温度变化引起的食品品质的下降具有累积性和不可逆性, 因此必须对食品温度进行控

制，即国外所称的“不高于原则”（The Never Warmer Than Rule），即从生产者到消费者之间各环节都不得高于设定温度。新鲜的食物在常温下（20℃左右）存放，由于附着在食物表面的微生物和食物内酶的作用，使食物的色、香、味变差，营养价值降低。如果食物在常温下久放，就会使食物腐败变质，以致完全不能食用。除了微生物和酶引起的变质外，还有非酶引起的变质，如油脂的氧化酸败等。低温能够抑制微生物的生产繁殖和食物中酶的活性，降低非酶因素引起的化学反应的速率，延长食物的保藏期限<sup>6</sup>。

冷链物流以冷冻冷藏技术为基础，随着冷冻冷藏技术的进一步发展而被提出。有些食物的易变质特性决定了其从生产到消费的整个物流过程中必须要处于特定的温度范围之内，只有这样才能保证食物品质，避免安全事故的发生。同时，随着消费水平的提高，消费者对食品安全及食物品质的要求日益提高，这些共同决定了我国对食物冷链物流的需求日趋增加。但是我国食物冷链物流的总体发展水平还比较低，尚处于起步阶段，食物在物流过程中损失极大，据美国埃森哲咨询公司公布的统计数据，由于食物在运输和储存方面存在大量问题，致使我国每年有总值不低于 100 亿美元的食物在传统物流过程中腐烂变质，使得我国食物物流费用在食物成本中占有很大的比重。我国食物物流费用大约占到食物总成本的 70%，而在物流发达国家，食物物流成本最高不超过食物总成本的 50%<sup>78</sup>。美国的水果、蔬菜等农产品在采摘、运输、储存等物流环节的损耗率仅有 2%~5%，已形成一种成熟的模式。日本果蔬在流通过程中有 98% 要通过冷链。因此，开展食物物流研究是我国食物生产和流通领域的当务之急，是实现食品安全，保证人民健康的大事，是百姓安心工程的重要组成部分。具体来说，我国的食物冷链物流主要存在以下问题：

#### （1）食品安全问题突出

随着人民生活水平和消费能力的提高，食品安全问题越来越受到人们的关注。与生产环节相比，物流环节情况较为复杂，涉及到多个主体间运输、仓储的转换运作，因此虽然食物物流环节中发生的食品安全问题也引起各方面的重视，但是还没有得到有效的解决。但是食物由于其自身特性，其在运输过程中也有可能受到温度的影响发生质量的变化或是受到其他物质的污染影响食用。如在 1988 年上海市甲肝流行就是因为毛蚶在运输过程中，运输设备不清洁造成。

对于物流过程来说，食物腐败变质是造成食品安全事故隐患的主要原因。产生食物腐败变质的原因是微生物的生命活动和食物中酶所进行的生化反应所造成的。这种生化反应需要适当的温度和水分，如果在低温下，微生物的生长就会减少，酶的活性减弱，生化反应速度会变慢，食物的储藏期从而得到延长。因此，食物在物流过程中如果没有被保存在适宜的温度范围内，那么就容易产生变质、

腐烂。食品，尤其是生鲜食品的品质随着时间的推移而变化，在此过程中，温度是影响食品品质最重要的因素，能否在物流过程中保证食品始终处于一定的温度范围之内而不发生大的波动，决定着能否保证食品的品质及安全。

我国食品冷链物流设施设备不足，并且从总体上来看设施设备的发展和分布不均衡，无法为食品提供在物流过程中保持其安全和品质所必须的温度环境。冷藏车辆是重要的食品冷链运输设备，然而我国冷藏车无论是从保有量还是从每年的增量上来说都与发达国家差距较大，不能满足食品冷链物流发展的需要。2006年我国冷藏车的保有量约为35000辆，各类铁路冷藏列车6970辆，而美国有冷藏车20万辆，日本有12万辆<sup>9</sup>。另外从增量上来看，我国冷藏车的增量约为每年1200辆左右，相比之下美国、日本每年新增量在3万辆左右，德国每年新增量在2万辆左右。运输设备的不足导致了我国大部分的水果、蔬菜、禽肉、水产品等都是用普通卡车运输，大约有90%肉类、80%水产品、大量的牛奶和豆制品基本上还是在没有冷链物流保障的情况下流通<sup>10</sup>。在运输过程中大多在卡车上盖一块帆布或是塑料布，无法保障食品在物流过程中处于相应的温度范围内，从而发生食品安全问题。

其次，我国的食品在从生产到消费的整个流通过程中，由于食品冷链各主体企业之间衔接的不紧密，不能在食品冷链物流的储存、运输等环节实现无缝衔接。这种情况直接导致食品在物流过程中没有相应的企业对从生产到消费全过程的食品温度进行监控，此外绝大部分的零售商在接收食品时不进行温度测量，这也导致食品冷链物流过程中存在食品安全问题。

## (2) 食品冷链物流效率低

我国食品冷链物流发展过程中存在的问题，除了体现在食品安全问题突出之外，食品冷链物流效率低是另外一个重要的问题。食品冷链物流效率的低下主要体现在两个方面，首先，食品冷链物流相关设施设备的利用率低；其次，食品冷链物流运作效率低。

食品冷链物流系统与一般物流系统的显著差异之一，在于食品冷链物流系统中的冷藏车、冷库等设施设备的投资远远高于一般的运输车辆与仓库。然而我国的食品冷链市场化程度较低，第三方介入较少。我国食品除了外贸出口以外，国内的食品物流业务多数是由生产商和经销商完成的。食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，大大影响了食品物流的准确性和及时性，同时食品冷链的成本和商品损耗很高。由于第三方介入少，大部分企业实行自营物流，导致了相应的食品冷链物流资源由生产企业或是经销企业掌握，并且不易为其他需求企业所利用。然而单个企业的食品冷链物流需求有限，相应的设施设备大部分时间处于闲置状态。这样一来，企业不仅要承担设施设备建设初期

的大额投入，还要承担在后期使用过程中付出相当的成本来维护利用率不高的设施设备。

我国食品冷链物流发展过程中，专业第三方物流企业介入过少，不仅导致了相应的设施设备利用效率低，还导致了食品冷链物流运作效率低。食品冷链物流系统要求保证食品在物流过程中始终处于保证食品安全所必须的温度范围之内，这对整个系统的运营能力提出了较高的要求。而企业自营物流并不具备专业运作优势，降低了运作效率。此外，第三方介入少不利于共建信息系统与网络，实现信息的共享与快速反馈，无法快速地反映市场需求以及缩短产品订货提前期；也不利于 RFID、GPS 等物流技术的采用，无法加强对冷链物流的全程温度控制；最后，第三方市场化程度低使得食品冷链物流不能形成统一、整合的服务网络，从而不利于物流服务水平提高和物流速度的加快。

食品冷链物流的市场化程度低在很大程度上阻止了第三方物流企业的发展，所以我国缺乏具有综合能力的第三方食品冷链物流企业。第三方物流企业的现有主要服务内容多数仍停留在货物代理、仓储和干线运输等方面，只有很少几家能提供综合性、全过程、集成化的现代物流服务。企业实施自营物流不能实现规模经济以及资源的充分利用，不利于提高食品冷链物流的运作效率。

### (3) 食品冷链物流成本高

食品，尤其是生鲜食品的保质期限短，因此对食品冷链的效率要求较高，要求通过较高的物流效率来实现食品的快速流通，以降低食品冷链物流成本。然而我国食品冷链物流效率较低的状况直接导致了食品冷链较高的物流成本。由于我国食品冷链物流效率低，整个食品物流过程周期较长，食品在物流过程中发生了较大的损耗。为了弥补这部分损失，只能将其转嫁到物流成本上，而这种方式会提高整个食品冷链的物流成本，并且将增加的物流成本转嫁到消费者的头上。

食品冷链物流所特有的设施设备包括冷藏车、保温车、冷冻仓库、温控设备等。首先，冷链物流设施设备的购置成本高。冷藏车、保温车与普通厢式货车的价格相去甚远，冷冻仓库与普通仓库的造价差距更是惊人。一般情况下，冷库建设和冷藏车购置的总投资是普通仓库和干货车辆的 3 至 5 倍。另外，为实现食品冷链物流的全程温控，温控及其记录设备的购置成本也是不可忽略的。食品冷链物流的投资大，由此可见一斑。

我国冷链设施设备不足，原有的设施设备陈旧，发展和分布不均衡，无法有效的为食品在物流过程中提供全程的低温保障。在硬件设施方面的不足也是导致食品尤其是生鲜食品大量损耗的原因。

冷链物流设施设备的运营成本高，主要体现在电费和油费上，因为冷库和冷藏车的制冷需要耗费大量的电能和油料。食品冷链物流区别于一般物流的特点在

于，食品冷链物流要求食品在整个物流过程中都处于能够保持其品质及安全的特定温度范围之内。为了达到这个技术标准要求需要使用专业的冷藏车等设备。而冷藏车在运输过程中由于要开启制冷功能，因而要消耗较多的能源。较长的食品物流时间增加了冷藏车的运输时间，从而也导致了能源消耗的增加，增加了食品冷链物流成本。储存食品的设施设备的卫生要求很高，需要经常清洁和消毒，也要耗费一定的成本。

总的来说，我国食品冷链物流在发展的过程中还存在着一系列的问题，主要体现在食品安全问题突出，食品冷链物流效率不高以及食品冷链物流成本居高不下三个方面。需要说明的是，这三个方面的问题是相互影响的，食品冷链物流效率不高直接导致了食品安全问题突出以及食品冷链物流成本较高；而食品冷链物流效率的提高，一般会缩短物流时间，降低安全问题发生的概率，但同时可能导致较高的物流成本。

### 1.1.3 食品冷链物流系统协同的意义

食品冷链物流以保证食品品质为目的，以保持低温环境为核心要求，所以它比一般常温物流系统的要求更高，也更加复杂。首先，相较于常温物流系统而言，食品冷链物流系统的建设投资较大，是一个庞大的系统工程。其次，食品的时效性要求食品冷链物流各环节具有更高的组织协调性，对食品冷链物流的运作效率要求较高。而处于我国食品冷链物流各环节中的企业合作关系比较松散，缺乏协同合作的意识和能力，导致我国食品冷链物流的效率低成本高，不能有效满足消费者日益增长的对食品品质以及食品安全方面的要求<sup>11</sup>。因此从企业层面上来说，要有效的解决我国食品冷链物流发展过程中存在的相关问题就需要实现食品冷链物流各企业之间的协同<sup>12</sup>。这是因为食品冷链物流的协同意味着原来各自为政的企业集成为追求共同利益的整体<sup>13</sup>。各企业通过协同运作避免、减少食品冷链物流环节的延误和浪费，能实现食品冷链物流性能的优化，实现总体目标。食品冷链物流系统实现协同，具有如下重要意义：

#### (1) 通过协同有效应对外部竞争

食品冷链企业通过协同能够有效应对外部竞争，更好地适应不断变化的外部环境。我国冷冻冷藏食品消费需求的持续快速稳定增长带动了食品冷链物流需求的迅速增长，给食品冷链物流行业带来了广阔的发展空间<sup>14</sup>。国内外一些企业投身到食品物流行业，以期能够在不断扩大的食品冷链物流市场上分得一块蛋糕，因此食品冷链物流行业的竞争日益激烈。



另一方面，我国食品冷链物流行业还处于发展的初级阶段，虽然发展迅速但是并不规范。食品冷链物流与普通物流相比，对企业的运营能力要求更为严格，要求物流过程一体化，各个环节紧密衔接，只有这样才能确保食品安全以及食品品质得到保障。然而，从食品冷链物流企业角度来看，能够提供综合性、全程化、集成化服务的企业很少，服务水平多数停留在仓储、运输等基础环节；而站在食品冷链的角度上来看，我国食品冷链缺乏上下游整体规划和整合。这些现状带来的直接后果就是食品物流过程效率低下、食品损耗较高，在物流环节中存在食品安全隐患。除此之外，也导致了我国食品冷链物流行业竞争不规范，由于无法依靠高质量、一体化的物流服务来获得竞争优势，各企业主要采用降低物流服务价格的低水平竞争方式来获取顾客，这种方式又反过来影响了食品物流企业服务水平提高。

综合以上两个方面可以知道，食品冷链物流主体企业想要在行业格局混乱、竞争混乱的情况下，借助食品冷链物流需求增长的机会获得发展，必须要提升自身的运营能力，致力于提供综合性、全程化、集成化的食品冷链物流服务，将其作为核心竞争力，从而避免低水平的竞争。然而，仅靠食品冷链物流企业自身是无法实现的，它必须与处于食品供应链上下游的各企业协作才能实现运作水平的真正提升。再者，随着消费者对食品安全的日益重视，市场要求食品供应链能够通过更为规范的冷链物流服务来提供安全的食品。这是整条食品供应链面临的问题，必须依靠供应链上所有成员的协同运作才能够实现，仅仅依靠某一个环节的企业是无法实现的。

## (2) 获得协同效应

食品冷链企业通过协同能够有效应对竞争，关键在于各企业能够获得协同效应。具体来说，可以从以下几个方面来阐述食品冷链企业通过协同所能够产生的协同效应。

### ① 实现资源共享

食品冷链物流系统与一般的物流系统相比资源更为密集。资源可分为软件资源与硬件资源。软件资源指的是专业的食品冷链物流人才以及食品冷链物流管理理念，软件资源决定了食品冷链物流系统的运作水平；硬件资源指的是各种设施设备，如冷藏车、冷藏周转箱、冷库等，食品冷链物流系统的硬件资源比一般物流系统硬件资源更为昂贵，是食品冷链物流系统运营的物质支撑。我国专业的、具有丰富运作经验的食品冷链物流人才较为紧缺，且各种设施设备购置成本较高，对单个企业而言是不小的负担。如果在食品冷链物流系统内部能够实现协同，就能在各主体之间实现资源共享，这不仅减轻了单个企业的负担，更由于专业知识在系统内部的流动而提高系统的整体运作水平。

企业形象是企业宝贵的无形资产，是企业资源之一。食品冷链物流协同可以实现企业形象共享从而提升个体企业的形象，这点对于食品冷链相关企业是十分重要的。如果能够与在业内具有卓越声誉的企业合作，可以提高企业的市场认可度。众所周知，肯德基与麦当劳在业内以规范化标准化的高运作水平而著称，这些企业对食品物流的各个流程要求十分严格，目的在于保障食品安全以及食品固有品质，与其合作的企业必须要达到相关要求，具有相应的能力。因此，与他们合作的企业，如食品物流企业、食品生产/加工企业等都受到肯德基与麦当劳的良好企业形象的影响，比较容易获得市场认可。

### ②构造竞争优势

食品冷链各主体企业由于关注点不同，因而核心能力不同，从而也就具有不同的竞争优势。例如食品加工制造企业的竞争优势在于其能够提供优质美味的食品；食品物流企业的优势在于其较高的食品冷链物流运作能力以及对上下游客户物流供需的整合；食品零售企业的优势在于其客户群体数量巨大。通过食品冷链具有不同竞争优势的各参与主体的协同，将各自独立的竞争优势进行集成与整合，能够使整个食品冷链物流系统具有多个参与方单独运作时所不具有的优势，从而形成一个拥有大量客户群体，提供优质食品且能够快速将食品送达客户手中的食品冷链物流系统。反过来这个系统又能够吸引更多的客户，扩大整个系统的客户群体，提高各方资产的利用率，起到规模经济的作用，实现整个系统运作效率、效益的持续上升，以保证食品安全。

### ③提升物流效率

食品冷链物流系统中的客体要素——食品，一般都具有易腐的特性，从生产到消费之间的周期较短。为了确保食品不变质，保持原来的品质与口感，避免发生食品安全事故，要求其在物流过程中的时间尽量缩短。通过食品冷链物流协同一方面能够通过共建信息系统与网络，实现信息的共享与快速反馈，从而更快地反映市场需求，缩短食品订货提前期；另一方面也有利于物流技术例如 RFID、GPS 的采用，加强对冷链物流的全程温度控制；最后，实现食品冷链物流协同，有助于提高服务网络的覆盖率，进而提高食品冷链物流的服务水平和运作速度，降低食品的损耗率。总的来说，发展食品冷链物流的协同能够有效提高物流效率从而确保食品安全。

### ④降低物流成本

食品冷链物流系统与一般物流系统相比运营成本较高，这点除了体现在相应的物流设施设备如冷库、冷藏车、冷藏周转箱等造价较高外，还体现在物流过程中对能源的耗费上。

通过食品冷链物流协同，各相关企业能够通过共同投资兴建冷链物流设施、

共同使用冷链物流设备，这样有助于降低各个企业相关设施设备的投资及风险，提高设施设备的利用率，有助于降低物流成本。此外，各企业通过物流设施设备的共同投资建设，更容易完善配套设施，从而减少食品在物流过程中的损耗，有助于降低物流成本。

为了确保食品在整个物流过程中始终处于保持其品质所需的低温环境中，在运输过程中冷藏车需要全程制冷，所花费的能源成本是很高的。通过食品冷链物流协同，能够有效的减少各个业务流程中的无效环节，实现仓储、运输过程的无缝连接。另外，通过相关企业在运输过程中的协同，有效制定运输计划，能够提高运输的效率，降低食品的运输时间，从而降低能源消耗费用，实现物流成本的降低。

本文旨在通过食品冷链物流系统协同研究，建立食品冷链物流协同的理论体系，促使冷链物流运作主体相互协作，使各物流环节无缝隙连接。这对整个食品冷链物流是非常重要的，对于我国冷链发展也有积极的促进作用。本论文将从这些实际需要出发，针对我国食品冷链物流存在的实际问题，开展食品冷链物流系统协同研究。

## 1.2 国内外相关研究现状

国内外对食品冷链物流系统协同的研究还是空白。相关的研究主要包括以下三个方面：食品冷链的研究、食品物流的研究以及物流协同的研究。本文对最近几年的文献进行了分析和总结。

### 1.2.1 食品冷链的研究现状

对食品冷链物流的研究在国内外引起越来越多的关注。

#### (1) 国内对食品冷链的研究

在我国，对食品冷链物流的研究正处于发展初期，对冷链的研究主要集中在三个方面：一方面是宏观的现状综述，讨论的问题局限于发展现状、问题综述、解决思路、发展趋势等宏观层面的问题；另一方面就是某些具体食品的冷链，例如肉制品或蔬菜等；第三方面是食品冷链物流的管理。

##### ①食品冷链物流现状、问题与对策

这是国内学者研究内容最多的领域，包括方昕<sup>15</sup>（2005）《中国食品冷链现状

与思考》，许伯年<sup>16</sup>（2004）《特殊供应链——冷链的最新发展》，黄焘<sup>17</sup>（2003）《对我国冷链系统建设的思考》，谢如鹤、李伯岭<sup>18</sup>（2004）《国内外冷藏食品物流现状》，姚国琦<sup>19</sup>（2004）《进一步完善与发展我国食品冷藏链》，刘宏伟<sup>20</sup>（2004）《食品行业的冷链物流》，陆翔华<sup>21</sup>（2005）《我国冷冻冷藏食品市场和冷藏链物流的发展》，何静、宗传宏、程钧谟<sup>22</sup>（2006）《我国食品冷链物流发展现状及对策研究》，刘国栋<sup>23</sup>（2006）《我国低温物流发展存在的问题及对策》，吴远开、朱俊、朱道立<sup>24</sup>（2003）《全球物流环境下的冷藏链发展研究》，李学军、王建<sup>25</sup>（2002）《构建我国食品行业的冷链物流》，郑海浪<sup>26</sup>（2004）《冷链物流的优化》，李万秋<sup>27</sup>（2006）《冷链物流现状及问题》，汪希刚<sup>28</sup>（2006）《我国食品冷链中的食品安全现状及展望》，韩根初<sup>29</sup>（2006）《加强冷链物流建设，保障食品消费安全》，谢如鹤、唐秋生、罗荣武<sup>30</sup>（2001）《我国肉类食品的市场特点及冷藏运输需求》，谢如鹤、唐秋生、罗荣武<sup>31</sup>（2002）《我国易腐冷藏食品市场的现状与预测》，陆翔华<sup>32</sup>（2002）《我国冷冻冷藏食品产业现状与发展应对》，孟素荷<sup>33</sup>（2005）《对中国冷冻冷藏食品工业发展的思考》，王强、段玉权、詹斌、万桂林<sup>34</sup>（2007）《国外冷链物流发展的主要经验与做法》，刘心力<sup>35</sup>（1999）《生鲜食品冷链物流中有关问题的探讨》，王岳峰、谢如鹤<sup>36</sup>（2006）《保鲜物流及其发展研究》，谢如鹤、唐秋生<sup>37</sup>（2002）《国外食品冷藏供应链发展概况》等论文。

对食品冷链物流存在问题的认识，大家都趋向一致：食品采用冷链物流的比例小、食品冷链物流市场不规范、食品安全标准不完善、执法监督能力弱、第三方冷链物流规模很小、冷链物流市场化程度低、企业缺少技术开发与管理人才、技术落后、效率低、信息化水平低、基础设施薄弱等。研究者一致认为，未来的食品冷链的需求增加的趋势使食品冷链物流有很大的发展空间。

对食品冷链物流现状、问题、趋势及对策的分析，研究广泛，但深入研究不多。

## ②具体食品冷链物流

李阿敏、杜丽丽、张庆钢<sup>38</sup>（2006）提出建立冷却肉物流冷链体系，作者分析了国内肉类消费水平的现状，论述了冷却肉与热鲜肉、冷冻肉之间的区别与各自的特点，认为大力发展冷却肉生产，建立冷却肉物流冷链体系将是肉类工业的一场革命，也是 21 世纪肉类工业发展的必然趋势。

栾远达<sup>39</sup>（2006）分析了生猪屠宰冷链加工配送系统，周成、冯春梅<sup>40</sup>（2006）研究了荔枝龙眼冷链物流保障体系建设，李江华、李少敏<sup>41</sup>（2002）分析了蔬菜冷链流通技术规范操作规程，苏红<sup>42</sup>（2001）提出了保证蔬菜新鲜的冷链系统。

对具体食品冷链物流的研究，根据具体食品种类的不同，研究的内容有很大差别。研究提出了具体食品的解决办法，但缺少通用性、一般性的研究。

### ③食品冷链物流管理

龚树生, 梁怀兰<sup>43</sup> (2006) 研究了生鲜食品的冷链物流网络。作者认为, 生鲜食品的冷链物流网络大致有三种模式: 单个经济体的冷链物流网络、区域内的冷链物流网络和跨区域的冷链物流网络。这三种冷链物流网络各有特色和适用范围。单个经济体的冷链物流网络多为产、供、销一体化模式, 它适合于一些大型的连锁超市或大型的冷藏食品生产企业; 区域内的冷链物流网络是在一定区域内自给自足模式, 在我国尚未成型, 配送中心这一环节还处于真空地带; 跨区域的冷链物流网络是相互联系的几个区域的区域内冷链物流网络无缝对接而成, 多数是从本区域内农产品产地批发市场转入下一区域内农产品销地批发市场进而打入该区域内的冷链物流体系。我国冷链物流的上游、中间环节和下游没有很好地衔接起来, 区域内农产品综合物流配送体系尚未成型, 应尽快建立配送中心。

何明珂<sup>44</sup> (2001) 对冷链系统基础结构评价指标体系进行了研究, 作者界定了冷链系统的基础结构, 探讨了评估冷链基础结构可用的方法, 提出了冷链基础结构评估的程序, 最后对冷链系统基础结构评估指标体系进行了设计。

李宝仁<sup>45</sup> (2001) 研究了冷链物流设施设备总量结构配置模型及应用。作者通过对冷链物流系统的分析研究, 应用优化和统计理论建立了冷链物流设施设备(重点是冷链运输车辆)总量与结构配置模型。

食品冷链物流管理方面的研究内容各有侧重, 但缺少食品冷链物流系统方面的概括性、系统性、一般性的总体研究, 缺少协同合作方面的研究。

### (2) 国外对冷链的研究

国外对冷链的研究大多数关注冷链的技术环节, 主要研究方向是冷冻冷藏各项技术的实现方法和手段, 也有一部分案例性质的应用研究。

S.J. James, C. James, J.A. Evans<sup>46</sup> (2006) 指出所有的冷链运输系统都是为了维持食品的温度, 最大限度地保证食品的最佳质量和维持货架期, 而不是制冷。作者综述了在食品温度、微生物生长和食品运输中的其他参数的建模。

Victoria Salin, Rodolfo M Nayga<sup>47</sup> (2003) 对食品出口到发展中国家的冷链网络进行了研究, 基于美国土豆贸易联盟 (APTA) 具体的运作案例, 介绍了美国向发展中国家出口食品的冷链网络, 说明 APTA 在构建冷链网络中所起到的重要作用, 介绍了在选择自营或外包时要考虑的因素以及规模经济的问题。

综合国内外食品冷链的相关研究现状, 如上所述, 对食品冷链物流的研究以定性研究为主, 宏观层面研究较多, 针对现实提出了很多解决方案, 但管理领域的研究深度不够, 缺少系统性研究, 缺少系统协同研究。对食品冷链物流系统协同的研究还是空白。

## 1.2.2 食品物流的研究现状

食品冷链物流是食品物流里的一个重要分支，食品冷链物流的研究与食品物流的研究关系非常密切。随着供应链理论的发展，对食品物流的研究也拓展到了供应链领域。

### (1) 国内对食品物流的研究

食品物流是物流理论在食品领域中的应用。食品物流的实践一直都存在，例如“一骑红尘妃子笑，无人知是荔枝来”的南果北运。随着物流热<sup>48</sup>的兴起，对食品物流的研究越来越多。国内关于食品物流的研究，主要从两个角度进行：

#### ① 定性描述食品物流的现状、问题与解决方案

这部分的研究侧重于我国食品物流的宏观层面的描述。陈方建<sup>49</sup>（2006）提出应大力发展我国食品物流，王科<sup>50</sup>（2004）指出要冲破食品工业的物流瓶颈，屈平<sup>51</sup>（2004）提出发展我国食品物流的必要性和建议，胡勇<sup>52</sup>（2002）研究了新环境下的食品物流问题，张振飞、赵鹏、刘泊<sup>53</sup>（2006）对食品物流业与食品物流链进行了研究。

其中陈方建的观点具有代表性，他提出我国食品物流发展现状：落后、昂贵，仍处在初级阶段；食品物流技术水平低下；基础设施设备建设滞后；食品物流过程中冷藏率低，浪费严重，物流费用占食品成本比重过大；食品物流中质量监控保障体系缺乏，食品安全事故频发；食品物流总体服务水平不高，效率低下。

与食品冷链现状的研究类似，研究的内容与范围偏宏观，不够深入。

#### ② 定性描述食品物流安全

闫文杰、李鸿玉<sup>54</sup>等（2006）对食品物流中各物流功能与食品安全的关系进行了研究。陆澄、肖冬荣<sup>55</sup>（2006）探讨了食品物流系统的安全性，作者将RFID技术与食品物流相结合，对食品物流系统的安全性进行了研究。张延平、谢如鹤<sup>56</sup>（2006）认为食品物流安全管理政策与法规建设亟待加强。食品物流安全是我国食品安全的薄弱环节，其中主要原因之一是因为我国食品物流安全政策与法规的不完善。通过分析现状及存在的问题，借鉴欧美的经验，给出了加强我国食品物流安全政策与法规建设的建议。韩月明、赵林度<sup>57</sup>（2005）对超市食品物流安全控制进行了分析，在对超市食品供应链和食品物流研究的基础上，提出超市食品物流安全管理的对策。

对食品物流安全的研究侧重于现状、问题与对策的研究，协同也是解决食品物流安全的一个新的解决思路，目前还没有研究。

## (2) 国内对食品供应链的研究

食品供应链是供应链理念在食品领域里的应用与延伸。食品物流是食品供应链的一个重要组成部分。供应链管理涵盖从供应商的供应商到客户的客户之间有关最终食品或服务的形成和交付的一切业务活动，其目的是使整个供应链产出价值最大化。国内对食品供应链与本文相关的研究主要侧重在以下几个方面：

斯樊锋<sup>58</sup>（2006）提出食品供应链是由不同的环节和组织组成：产前种子、饲料、肥料、农药等生产资料的供应环节（农户供应商）、产中种养生产环节（农户）、食品加工企业、食品通过配送企业进行包装、储藏配送到各零售商或者餐馆，最后到达消费者手中。本文研究的食品冷链物流的主体比这个研究的范围要小，区别在于本文的研究限于冷链范畴内，主体的数量要少，研究的链条要短。

荣德<sup>59</sup>（2005）定性研究了食品供应链内部的争斗，指出加工商、零售商、消费者几个主体之间在供应链上的竞争关系。他指出“食品加工商走上前台，零售商已然做大，而消费者是市场的主宰”。其实质是研究基于竞争理论的供应链上主体之间的关系。

刘彦平<sup>60</sup>（2006）对食品供应链中的物流外包问题进行了研究。作者提出食品供应链的具体形态和结构受到各种外部环境因素的影响，在食品供应链中发展物流外包，对于委托企业和供应链的整体绩效有着直接的促进效果。在原材料供应、加工生产和销售等环节，物流外包均有着广阔的发展机会。食品供应链成员企业可以选择采取运输外包、配送外包、全部外包、合资和剥离等物流外包战略。对于食品冷链物流，物流业务外包更有其现实意义。

朱莉、王海燕<sup>61</sup>（2005）提出基于超市食品供应链的质量控制体系。作者阐述了建立连锁超市食品供应链安全质量控制体系的重要性，分析了连锁超市食品供应链的作业流程，利用 HACCP 原理找出了整个作业流程上的关键控制点，并给出针对这些关键控制点所应采取的有效控制措施。

赵林度<sup>62</sup>（2006）全面分析了食品供应链基本理论、食品安全冷藏链管理、食品安全采购管理、食品安全生产和加工管理、食品安全配送管理、食品安全销售管理和食品安全售后服务管理。

陈超、罗英姿<sup>63</sup>（2003）提出创建中国肉类加工食品供应链模型的构想。从提高中国肉类加工食品的市场竞争力出发，针对中国肉类加工食品尚未形成完善的供应链管理模式的这一现状，提出了在新型的供应链模型中加入信息代理中介组织的设想。对具体食品的供应链进行研究，例如肉类、蔬菜，尤其是对肉类食品的研究在国内相对较多一些。肉类食品的冷链从屠宰开始，全程处在可控温度范围内。

### (3) 国外对食品物流的研究

国外对食品物流的研究时间更长, 研究内容更丰富。其基本思想是将物流的研究应用在食品领域, 所以从物流理论扩展到供应链理论的发展过程中, 对相关理论在食品领域当中的应用研究一直在进行。

Ruerd Ruben, Dave Boselie, Hualiang Lu<sup>64</sup> (2007) 分析超市蔬菜供应物流的两种方式, 从批发商采购和选择供应商直接采购; 文章中介绍了两个案例, 泰国曼谷的 TOP 超市和中国南京的华晨超市。将两个案例的对象进行比较, 分别从固定投资、可变成本、规模经济以及管理成本、机会成本等方面分析对比, 从中分析出各自的优劣特点。其得出的结论是采取向供应商直接采购方式比较先进, 中国超市有待提高供应物流水平。

David H. Taylor<sup>65</sup> (2006) 从战略的角度分析精益农产品供应链, 他以价值链分析为工具, 对英国猪肉行业的两条供应链进行详细分析, 将精益供应链的思想运用到猪肉行业, 并结合猪肉行业自身的特点, 提出了在猪肉行业运用精益供应链的战略。作者充分考虑到猪肉行业自身的特点, 提出了“猪身不平衡问题”、“理想猪规格”等概念。

Jack G.A.J. van der Vorst, Seth Tromp, Durk Louke van der Zee<sup>66</sup> (2005) 研究了食品物流网络重新设计的模拟环境, 提出食品供应链网络成员一般来说包括农户、加工商、配送商和零售商, 按食品类别分生鲜农产品供应链和加工食品供应链, 两种网络成员有一定的区别, 流程不同, 食品的特性不同, 如生产季节性、流程变动性、冷藏运输与仓储等都有差别, 作者指出了食品供应链网络创新战略, 包括供应链成员角色的重新分配和流程重组、缩短提前期、增强信息透明度、物流流程与客户需求同步等。

Cristina Gimenez<sup>67</sup> (2003) 以调查问卷为基础, 研究了食品行业的物流整合过程, 将数据做聚类分析, 提出企业要先实现物流与生产的整合, 才能实现物流与营销的整合。

综上所述, 对食品供应链和食品物流的研究以定性研究为主, 内容广泛, 深度不够, 没有对系统协同的研究。

### 1.2.3 物流协同的研究现状

关于物流协同理论与方法的研究近年来发展很快。随着供应链理论的发展, 供应链协同也是很多专家研究的对象。



### (1) 国内对物流协同的研究

李希成、林云<sup>68</sup> (2007) 提出区域协同物流理论系统的框架体系包括物流功能子系统, 物流企业子系统和物流产业子系统。

徐青青、缪立新、李家齐<sup>69</sup> (2006) 指出区域物流协同微观含义和区域物流协同宏观含义。区域物流协同的微观含义“是企业基于物流资源空间协调配置基础上的物流环节协同和企业物流子系统的协同”。区域物流协同宏观含义“即物流产业协同。在物流产业层面, 区域物流协同意味着在一定经济区域范围内, 物流企业通过协作、兼并等手段, 实现产业内部的联合与合作”。

黎杰、张伟<sup>70</sup> (2006) 指出以物流战略为纽带进行企业联盟的协同物流形式通常发生在企业供应链上, 包括横向一体化和纵向一体化。中小制造企业协同物流体系实现的有效途径包括: 联合采购、供应商管理库存、仓库证券融仓库存和共同配送。

杨浩雄、何明珂<sup>71</sup> (2006) 提出供应链物流节点企业间的委托代理问题和基于物流信息共享的协同激励模型。作者指出物流节点企业间的协同是供应链物流管理的核心问题之一, 信息共享能促进企业间的协同。文章提出了基于物流信息共享的协同激励模型, 该模型引入了信息共享评价因子和与外界环境相关的调节系数, 增加了激励的可靠性和真实性, 保证了对由协同努力而增加的利润的准确分配, 并有效的降低了代理成本。

宁方华、陈子辰、熊励<sup>72</sup> (2006) 研究了熵理论在物流协同中的应用, 为提高物流网络的协同效率和有序度, 提出了协同物流网络结构熵与运行熵的综合分析方法。应用协调共生理论和分形理论, 分析协同物流网络的经济共生性和系统复杂性, 通过元胞自动机理论描述系统的熵变过程与自组织运行机制, 基于熵的概念, 计算出包括时效模型和质量模型的结构有序度, 并推导系统的运行有序度表达式。从流程规范、集中控制和子系统自主性三个方面, 得出物流网络的协同效率与系统有序度相一致的结论。研究结果表明, 通过结构有序度与运行有序度的协调统一, 能有效改善协同物流网络的有序性和整体效率。

### (2) 国内对供应链协同的研究

韩亚欣、徐学军<sup>73</sup> (2006) 指出供应链协同决策的研究要根据供应链面对的不同需求类型和本身不同的结构进行协同策略的比较、优化和选择, 并对供应链协同要素进行了分析。

温德成、李开鹏<sup>74</sup> (2006) 提出在竞争日益加剧的市场环境下, 企业要想生存并得到迅速发展, 必须联合上下游企业来打造供应链优势, 依靠供应链的综合实力来抵御外界的竞争。在供应链协同竞争环境下, 合作是供应链存在并发展的前提, 一旦核心企业与其供应链伙伴之间存在恶性竞争, 则势必会造成竞争能力弱

的一方进一步削弱竞争力，并因此可能引发此企业与其上下游企业的恶性竞争，从而削弱供应链的整体竞争力。因此，合作——博弈关系已经成为供应链成员关系的主流特征，供应链协同竞争则已经成为许多企业参与市场竞争的必然选择，而在此环境下，波特的五力竞争模型已经不再完全适用。

凌鸿、袁伟、胥正川、周江波<sup>75</sup>（2006）对企业供应链协同影响因素进行了研究。作者提出在理解供应链协同内涵的前提下，从组织、环境、技术三大角度，分析了对供应链协同有关键影响的因素，并侧重顾客——供应商关系，提出了供应链协同影响因素的初步研究框架。

### （3）国外对物流协同的研究

国外对供应链协同和物流协同的研究，相比之下，对供应链协同的研究居多。以供应链管理的研究方法为主，定性分析和定量分析相结合，以微观研究为主。

Bernhard J. Angerhofer, Marios C. Angelides<sup>76</sup>（2006）对供应链协同进行建模研究时，对关键影响参数进行评价与预测，可以理解当要素和参数发生变化时，对协同供应链的影响，同时也可以找出实际供应链可以改善的领域，以此提高供应链的绩效。作者提出当供应链成员在保持一定程度个性化的前提下，竞争宗旨、核心运作战略和业务目标必须与供应链其他成员紧密结合起来。越高水平的合作，越能实现集成控制，越能减少信息延迟，提高预测精确度，降低缺货风险。个体成员与供应链的协同程度可以考核，表明个体成员与供应链的合作水平。图 1-4 说明业务目标、竞争宗旨、核心运作战略三者之间的关系。

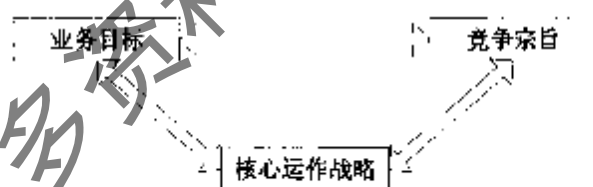


图 1-4 业务目标、竞争宗旨与核心运作战略的关系

Fig.1-4 Relationship of core operation Strategy, business goals and competitive mission

根据实际调查结果，Foster Finley, Sanjay Srikanth<sup>77</sup>（2005）提出要成功实现协同必须满足七个要求：1、在供应链成员企业间始终以共同目标为发展方向。2、在一个单一供应渠道中，合作是非常关键的。3、合作者必须确保合作工作的顺畅进行，如果一个合作丢失了，供应链就断了，供应链的效用就消失了。4、在不同贸易伙伴间的交流通常情况下并不需要实时进行，实时意味着从一分钟到下一分钟精确的连续开放。5、合适的运作模式可以强化战略联盟。6、与上游参与者共享下游的需求信息，对提高系统绩效与整体响应时间是非常关键的。7、除非被预测有可靠的、可行的、实际的收益，否则协同就不能维持下去。

Kenneth J Petersen, Gary L. Ragatz, Robert M Monczka<sup>78</sup> (2005) 指出, 许多组织试图通过将供应商整合进他的主供应链流程来获得竞争优势。这就要求更多的企业与他的供应商进行战略与操作层的协作, 通常包括协同计划。信息技术的优势使企业分享信息变得更加迅速与容易。研究调查了几个对协同计划有影响的因素, 结果表明有效的协同计划依赖于企业间信任水平与信息质量。

Jan Holmstrom, Kary Framling, Riikka Kaipia, Juha Saranen<sup>79</sup> (2002) 指出供应商企业在食品供应链中实施 CPFR 时, 面临的挑战是如何获得零售商的预测信息, 尤其是当以前并没有预测的信息。作者提出一个解决方案: 建议在一个广泛的范围里应用协同, 预测主要采用分级与共享的方法, 从零售商现有的计划流程中获得分类管理信息。零售商进行分类管理的优势在于可以与大量的供应商进行协同而不用投入更多的资源。对于供应商来说, 这种协同预测流程需要更好的补货方案, 需要有新的评价方法和分布式的计划软件来提供支持。

综合食品冷链、食品物流与物流协同的研究现状, 我们可以得出结论, 对食品冷链物流系统的全面系统深入的研究以及对食品冷链物流系统协同的研究还是一个空白。

### 1.3 食品冷链物流系统内涵界定

食品冷链物流系统内涵的界定分析, 先从冷链的定义分析开始, 再对食品冷链物流进行分析, 最后根据系统论原理, 判断食品冷链物流是一个系统。

对冷链的研究日趋增多, 学者及实践者提出了不同的冷链定义, 冷链定义的不同导致了冷链研究对象的不同, 影响了冷链研究和发展的统一性, 不利于学术研究和冷链实践的不断深入发展。为了便于进行冷链学术交流、促进冷链发展, 必须规范冷链定义, 以统一对冷链的认识。

欧洲、美国和日本的冷链实践发展较中国相对完善, 他们各自从不同的角度提出了冷链定义。通过研究他们的定义, 能分析出冷链定义的提出背景和内涵的差异, 从而总结出不同的冷链定义对冷链发展的推动作用。为了改善我国冷链发展现状, 本文借鉴国外冷链定义对实践发展的推动作用, 提出了冷链的定义, 为冷链研究的进一步发展打下了理论基础。

### 1.3.1 我国冷链定义比较分析

我国冷链定义很多，各不相同。不同的机构或学者从自身需要出发给出的冷链定义，在定义所包含的内容上有一定的差别。为了从历史的角度认识冷链的本质以及加深对冷链定义的理解，本文选出其中有代表性的五个冷链定义，从定义提出者、定义提出的背景、定义内涵及定义间的关系四个方面进行分析。

2001年的国家标准《物流术语》<sup>80</sup>（GB/T 18354-2001）（以下简称国家标准2001）定义冷链（cold chain）为“保持新鲜食品及冷冻食品等的品质，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”。

2006年的国家标准《物流术语》<sup>81</sup>（GB/T 18354-2006）（以下简称国家标准2006）定义冷链“是指根据物品特性，为保持其品质而采用的从生产到消费的过程中始终处于低温状态的物流网络”。该标准也对物流网络（Logistics network）做了明确的定义，“物流网络是物流过程中相互关联的组织、设施和信息的集合”。

孙金萍（1997）<sup>82</sup>提出冷链是“指采用一定的技术手段，使易腐货物从采收加工、包装、储存、运输及销售的整个过程中都不间断地处于一定地适宜条件下，尽量降低货物质量的下降速度，最大程度地保持货物最佳质量地一整套综合设施和手段”。

吕峰（2001）<sup>83</sup>提出冷链是“使食品在整个生产和流通范围内保持均衡低温以获得最佳品质的一种系统设施”。

张英奎（2001）<sup>84</sup>等也提出了冷链的定义，但他的定义只是针对食品冷链。他将冷链称为“食品冷藏供应链”，定义为“是指易腐食品从产地收购或捕捞、加工、储存、运输、销售，直到消费前的各个环节都要处于适当的低温环境之中，以保证食品的质量，减少食品的损耗，防止食品的变质和污染”。

#### （1）定义提出者的对比分析

我国对冷链的定义从提出者的角度可以分为两大类：国家标准和学者。我国使用国家标准来对冷链进行定义，使得定义带有法定和强制的规范性。标准中的冷链定义是由我国多位权威物流专家和企业代表经过反复修改、提炼后提出来的，代表了我国学术界和产业界对冷链的综合理解，具有一定的权威性。

学者对冷链的定义反映了学术界对冷链的认识和理解。他们在不同时期对冷链定义的变化可以反映学术界对冷链研究侧重点的变化。不同的学者有不同的专业背景，通过总结不同研究领域对冷链的定义，便于提出相对完善的冷链定义。如吕峰来自福建农业大学食品研究所，他的冷链定义的对象为食品，在一定程度上代表了食品研究领域对冷链的认识和理解。

## (2) 定义提出的背景分析

我国从 1954 年开始冷链的建设,建设初期,对冷链的研究分散在不同的经济领域,如禽畜产品、水产品、果蔬、速冻食品和冷饮加工等领域,因而冷链的定义也是来自产业界,侧重于经济领域的实践总结。如国家标准 2001、吕峰和张英奎的冷链定义中,对象都是“食品”。他们对冷链的定义是食品冷链的定义,是狭义的冷链定义。

经过一段时间的发展,冷链在中国已初具规模,学术界和产业界对冷链的认识逐步全面起来。国家标准 2006 定义冷链的对象为“物品”,定义更加学术化,也更完善、严密,是广义的定义。

在冷链发展初期,冷冻冷藏食品需求大量增加,导致社会对冷藏设施设备的需求增加。孙金萍和吕峰分别定义冷链为“综合设施和手段”及“系统设施”,反映了当时学术界对冷链的认识,定义在一定程度上推动社会对冷藏设施设备的建设。

我国到 20 世纪 90 年代中期引进供应链管理的先进思想,食品行业也逐步采用供应链管理思维和管理模式进行管理。张英奎将冷链定义为“供应链”,反映了供应链思想在我国得到认可。定义借鉴了国外冷链发展的先进经验,对我国冷链当时的研究和发展具有指导作用。

## (3) 定义的内涵分析

表 1-4 列出了本文引用的五个冷链定义,以下将从定义的角度、目的和范围对定义内涵进行分析。

表 1-4 我国不同时期冷链定义对比  
Tab.1-4 Difference of cold chain definition in China

提出者	角度	对象	目的	范围
孙金萍 1997	综合设施和手段	易腐货物	最大程度地保持货物最佳质量	从采收加工、包装、储存、运输到销售
吕峰 2001	系统设施	食品	获得最佳品质	整个生产和流通范围内
国家标准 2001	物流网络	新鲜及冷冻食品	保证新鲜及冷冻食品的品质	从生产到消费
张英奎等 2001	供应链	易腐食品	保证食品质量安全,减少损耗,防止污染	从产地收购或捕捞之后到消费者手中
国家标准 2006	物流网络	物品	保证物品品质	从生产到消费

在本文分析的五个冷链定义中,不同提出者分别将冷链定义为“物流网络”、“综合设施和手段”、“系统设施”以及“供应链”。从国家标准 2006 对物流网络的定义可以看出,冷链是“物流网络”的定义包含了“设施”和“手段”,标准中对冷链的定义是对孙金萍和吕峰定义的很好归纳。物流网络中包含了信息这一要

素，能够很好的反映出信息社会冷链的特殊性，尤其对于物品的可溯源性，信息的作用不可忽视。这一点正是其他冷链定义所欠缺的。张英奎的冷链是“供应链”的定义与世界经济新管理模式——供应链联系在一起，定义具有一定的前瞻性。

从定义的目的来看，归纳起来，五个定义都强调要保证物品品质。

从定义的范围来看，孙金萍和张英奎的定义范围最大，包含了从原材料的采购到最终消费的整个过程；国家标准的范围略小，包含了从生产到消费的过程；吕峰的定义范围最小，只包含了生产和流通过程。

#### (4) 冷链定义间的关系分析

我国不同时期出现的冷链定义反映了我国对冷链理解的三个层次。初始阶段可以称之为“操作层”。根据人类认识事物的规律，对新鲜事物的接受和理解往往先停留在对事物的感观认识上。在初期将冷链定义为设施反映了当时对冷链的认识还只是停留在基本的实物认知层面。将冷链定义为物流网络，则不仅包含了实物层的设施，还包括了信息和管理职能中的组织。此阶段由于处于认识的中间位置，本文称之为“管理层”。现在，越来越多的学者在定义冷链时，将冷链定义为一种特殊供应链。供应链的思想是一种管理的思想，这反映了经过一定时间的发展，我国对冷链的认识上升到了“战略层”。供应链管理的思想强调整个链条上企业间的协调和集成化管理。随着时间的推移，我国对冷链的认识从感性的实物层上升到理性的管理层，不同层次研究的重点不尽相同，认识的宽度也得到扩展。

图 1-5 表明我国对冷链认识理解的不同层次及各层次研究的重点。

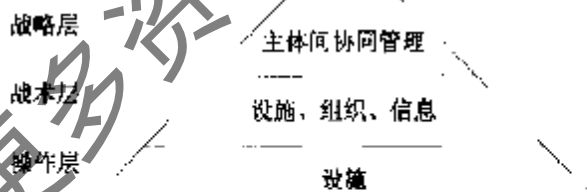


图 1-5 我国对冷链定义的理解层次  
Fig.1-5 Hierarchy of cold chain definition in China

### 1.3.2 国外冷链定义比较分析

美国、欧洲和日本的冷链发展相对完善，对世界其它地区冷链的发展有很大影响。由于各个国家和地区的发展水平和文化背景不同，又由于各个国家在相关领域的主要矛盾有所区别，因而他们对冷链定义有不同的表述。本文选取了不同国家具有代表性的冷链定义，从定义提出者、定义背景、定义内涵以及定义对冷

链发展的推动作用这四个方面对美国、欧洲和日本的冷链定义进行分析，找到国外的冷链定义带给我国的启示。

美国食品药品监督管理局<sup>85</sup>（Food and Drug Administration, FDA）将冷链定义为：“贯穿从农田到餐桌的连续过程中维持正确的温度，以阻止细菌的生长”。

欧盟定义冷链为“指从原材料的供应，经过生产、加工或屠宰，直到最终消费为止的一系列有温度控制的过程。冷链是用来描述冷藏和冷冻食品的生产、配送、储存和零售这一系列相互关联的操作的术语”。

日本明镜国大辞典<sup>86</sup>定义冷链（コールドチェーン）为“通过采用冷冻、冷藏、低温储存等方法，使鲜活食品、原料保持新鲜状态由生产者流通至消费者的系统”。日本大辞典<sup>87</sup>将冷链描述为“低温流通体系”。

#### （1）定义提出者的对比分析

在美国，FDA 提出了冷链的定义。美国食品药品监督管理局由联邦政府授权，是国际医疗审核权威机构，专门从事食品与药品管理的最高执法机关。它的冷链定义在美国及世界上影响较大，具有代表性。

在欧洲，欧盟提出了具有代表性的冷链定义。欧盟组织发起了由欧洲多国参与的 AAIR（Agriculture and Agro-Industrial Research，农业和农产品工业研究）项目。食品研发项目是该项目的一个子项目，在食品研发项目的报告中提出了冷链定义。欧盟在欧洲政治、经济、安全和防务等领域发挥重要作用。它的项目中提出的冷链定义具有一定的权威性，对欧洲各国冷链的实际运作具有很强指导作用。

在日本，各种大辞典中都有明确的冷链定义，例如明镜国大辞典和日本大辞典。这两本辞典在日本都具有权威性。日本辞典的出版业完全商业化，因而，不同的辞典给出的冷链的定义代表了不同的商业组织对冷链的认识和理解。

#### （2）定义提出的背景分析

美国的冷链定义是在二战后物流快速发展的情况下提出的。经济的快速发展和供应链思想的诞生使得美国很快进入供应链管理时代，对物流的研究更多的放在供应链的大背景下。FDA 关于冷链的定义强调了从农田到餐桌的整个过程，也是从原材料到消费者的一个过程，体现了供应链的思想。

欧盟统一处理欧洲的政治、经济和安全防务事务，以此推动整个欧洲的发展。虽然欧洲各国由于地理位置非常接近以及文化的相似性，但是由于经济发展水平存在差异，欧洲各国在物流发展方面更注重物流的标准化，以减少相互交流的阻碍。在这样的大背景下提出的冷链定义强调操作性，具有标准化的特征，也能很好的促进物流标准化在欧洲的发展。

日本是二战后从美国引进物流思想的同时引进冷链定义的，在日本经济高速发展的推动下，冷链得到快速发展。日本国土面积狭小，劳动力成本高昂，这次

定了冷链在日本的发展更注重采用新的方法,发展新技术,以节省劳动力成本。由于日本国情的特殊性,他们更注重实践的发展而不太重视概念的变化,所以在日本,冷链定义相对固定。日本冷链的实践发展已经非常完善。由此可见,只要取得实质性的经济进展,日本人不注重定义上的差别。

### (3) 定义的内涵分析

美国的冷链定义体现的是供应链的思想,是从田间到餐桌的整个过程。供应链思想强调供应链上不同企业间的计划和运作活动的协调,意味着在整条链上应用系统观念进行集成化管理。

从欧洲的冷链定义中可以看出,他们强调冷链的实际操作,强调运作的规范化。这是因为,相对技术和管理而言,不同国家间的物流活动在具体操作上的顺畅运作是最难实现的<sup>88</sup>。同时可操作性也是标准化特别强调的目标,通过制定一系列的标准来对冷链运作过程进行规范,在一定程度上反映了对衔接流程管理的重视。

日本的冷链定义中冷链是一种“流通体系”或“流通系统”,强调要采用冷冻、冷藏、低温储存等冷链技术。从日本冷链的具体发展来看,他们注重采用新的“流通方法”——为了提高鲜活农产品的附加值,使其产销过程合理化,日本建立高度自动化的立体仓库,使用先进的装卸搬运设备。

### (4) 定义对冷链发展的推动作用分析

不同的冷链定义推动冷链向不同的方向发展。在美国,物流的发展在世界处于领先地位,物流的发展模式对世界其它国家和地区有很大影响。它的冷链定义中体现了供应链的思想,促进了供应链全球化的发展。在欧洲,定义中强调的是冷链的操作,它促进了冷链运作在各国间的有效衔接,推动了欧洲冷链标准化的进程和对衔接流程的管理。在日本,冷链定义强调技术推动了对冷链技术的研发,促成了日本冷链技术在世界的领先地位。到目前为止,日本的冷链体系发展得非常完善,普遍采用包括采后预冷、整理、储存、冷冻、运输、物流信息等规范配套的流通体系。

欧美的发达国家以及日本由于很早就重视了冷链建设和管理问题,现在已形成了完整的冷链体系。美国在六十年代就已经普及冷链技术,日本自六十年代开始研究冷链物流技术,八十年代完成了全国范围现代化冷链系统的建设。他们在运输过程中全部使用冷藏车或者冷藏箱,并配以先进的信息技术,采用铁路、公路、水路等多式联运,建立了包括生产、加工、储藏、运输、销售等在内的新鲜物品的冷冻冷藏链,使新鲜物品的冷冻冷藏运输率及运输质量完好率都得到极大的提高。



### 1.3.3 本文提出的冷链定义

本文提出“冷链是从原材料的获取到最终产成品被消耗的整个过程中，物品始终处于维持其品质所必需的可控温度环境下的特殊供应链。”与国内外既有的冷链定义相比，本文提出的冷链定义具有以下几个特点：

首先，本文提出的冷链定义具有系统性。我国冷链发展现状是易腐物品的产运销部门相互分割，没有冷链的统一管理机构。冷链设施设备的规划缺乏统一管理，且大多规划不合理，不利于冷链的发展。本文从供应链的角度来定义冷链，将冷链作为一个系统。冷链定义的系统性有助于实现产供销各环节的密切合作，保持冷链的完整性。

其次，本文提出的冷链定义具有综合性。如前所述，国内外提出的各种冷链定义都有其合理的一部分，本文在充分比较研究现有冷链定义的基础上，综合了各具有代表性的冷链定义中的合理部分，提出了冷链定义。

再者，本论文提出的冷链定义具有理论指导性。站在供应链的角度上来定义冷链能够避免仅从操作层的角度来定义冷链而带来的片面性，从而能对冷链有一个全面、正确的理解，有助于推动冷链理论研究的发展。

### 1.3.4 食品冷链物流系统的内涵

冷链按照对象特征或属性来分，可以分为药品冷链、食品冷链、化工产品冷链、鲜花冷链以及其他产品冷链等。食品冷链是冷链的一种类型，是冷链理论在食品中的应用，是以食品为研究对象的特殊供应链。依据上文对冷链的定义，食品冷链可以定义为“从食品原材料的获取到产成品被消耗的整个过程中，食品始终处于维持其品质所必需的可控温度环境下的特殊供应链”。

供应链包括物流、商流、信息流和资金流，物流是供应链的一部分。食品冷链作为一种特殊的供应链，也包括物流、商流、信息流和资金流（见图 1-6）。根据国家标准《物流术语》（GB/T 18354-2006）中物流的定义“物品从供应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。”作为食品冷链的一部分，食品冷链物流可以定义为“是指食品从供应地向接收地的实体流动过程中，根据实际需要，将冷冻冷藏运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等功能有机结合，并保持食品始终处于维持其品质所必需的可控温度环境下，从而满足用户要求的过程”。在一些回收食品的逆向物流中，也需要冷链物流来提供

服务，本文的研究以正向物流研究为主。

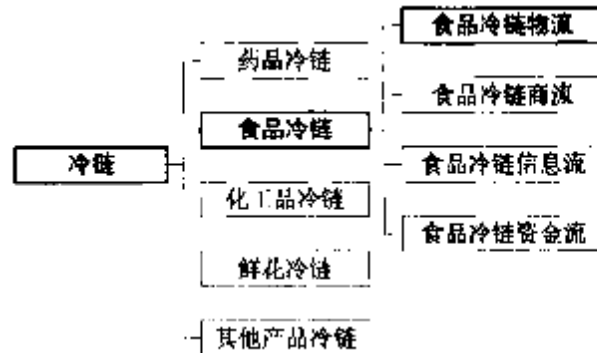


图 1-6 食品冷链物流定义的来源

Fig.1-6 Resource of food cold chain logistics definition

系统理论<sup>89</sup>指出，组成系统需要三个要素：（1）由许多要素组成；（2）要素之间存在着相互作用、相互制约；（3）具有某种功能的整体。

食品冷链物流符合系统的基本要求，（1）由许多要素组成，例如主体要素、客体要素和设施设备要素；（2）主体要素、客体要素及设施设备要素之间相互影响、相互关联、相互制约；（3）体现出具有冷链运输、仓储等多种功能。综上所述，食品冷链物流是一个系统。

## 1.4 研究思路及方法

### 1.4.1 论文主要内容

本文通过文献分析和现场调研，运用定性定量方法，结合我国实际情况，在对食品冷链物流系统进行分析的基础上，研究食品冷链物流协同的理论与方法问题，并通过企业实证分析，提出相应的对策建议，为有关部门开展食品冷链物流系统优化提供决策支持。

第一章引言。明确论文选题依据和研究意义，对国内外的研究现状进行综述，分析食品冷链物流系统的内涵，指出论文的主要内容、技术路线和研究方法。

第二章理论基础。在食品理论、物流相关理论、系统论基础和协同学理论的基础上，提出食品冷链物流系统协同的理论体系框架。

第三章食品冷链物流系统分析，从理论上对食品冷链物流系统进行全面系统

化分析。研究食品冷链物流系统的构成要素，研究其结构，分析其功能，提出其特性。

第四章食品冷链物流系统协同分析。在第三章系统分析的基础上，先分析协同的内涵，确定协同的目标与原则，明确协同的内容，最后对协同的过程进行分析。

第五章食品冷链物流系统协同模型分析。从系统状态参量选择的特点与思路出发，提出状态参量体系，依据协同学理论，应用信息熵方法对系统状态进行综合评价，在此基础上应用基于信息熵的粗糙集约简算法计算系统的序参量，最后对序参量的有效性和序参量属性值的灵敏度进行分析。

第六章对食品冷链物流系统协同模型进行实证分析。

第七章提出发展食品冷链物流系统协同的对策。降低食品冷链物流系统成本、提高食品冷链物流系统资源利用率、扩大食品冷链物流系统规模、提高食品冷链物流系统员工素质。

第八章是基本结论与展望。本文的主要结论、创新点以及进一步研究的方向。

#### 1.4.2 论文技术路线

本论文的技术路线如图 1-7 所示。

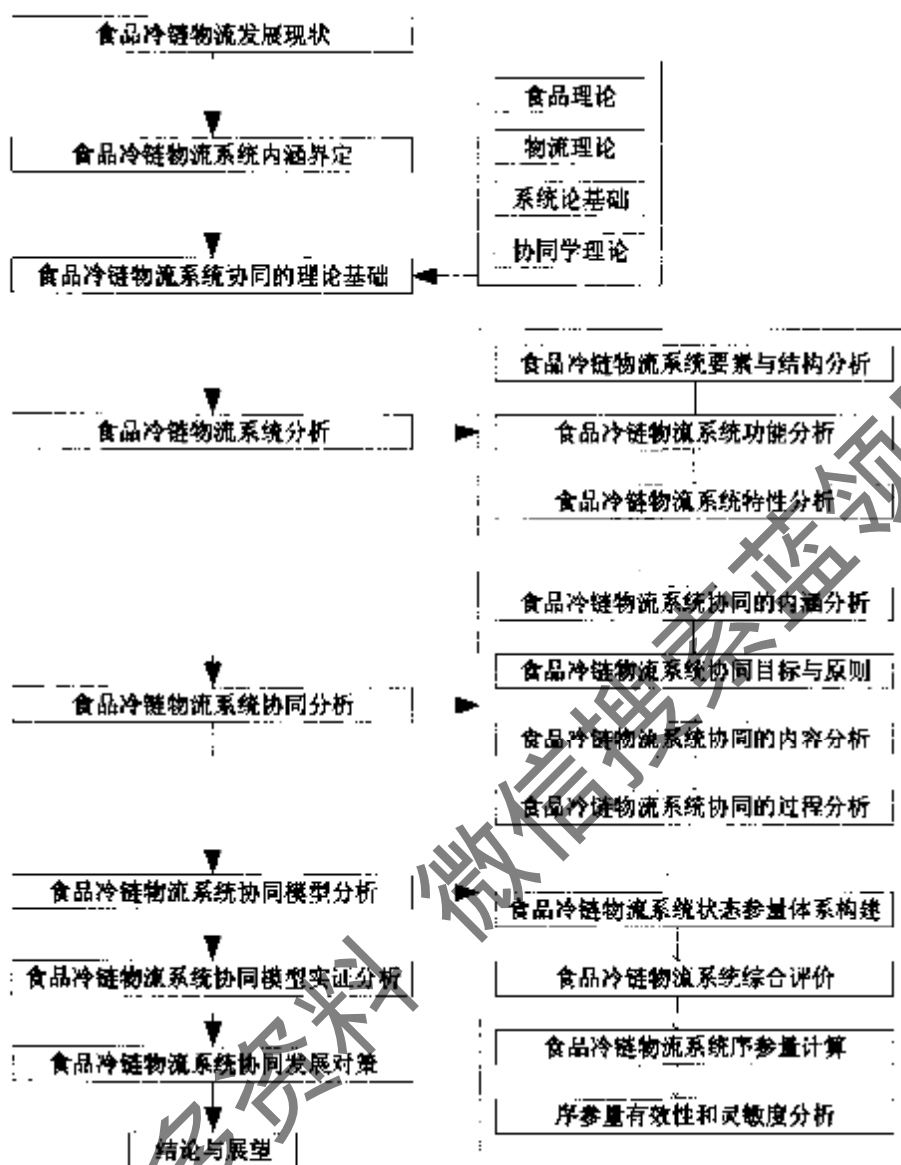


图 1-7 论文技术路线

Fig.1-7 Research thoughts of the dissertation

### 1.4.3 论文研究方法

#### (1) 定性分析和定量分析相结合

论文在研究中坚持定性分析和定量分析相结合，力求先从定性方面对食品冷链物流系统的内涵、要素、结构、功能及特性等进行解释，然后在定量方面对食品冷链物流协同系统综合状态、序参量以及序参量的有效性和灵敏度等进行分析，同时使得这些分析能够应用于实践中去，用于指导实践。

### (2) 归纳和演绎分析法

从实际存在而又错综复杂的食品冷链物流系统协同分析过程中,忽略一些表面的、次要的部分,抓住事物发展本质的东西,从各种现象中概括出一般规律。又从抽象到具体,用一般规律和原理指导具体的食品冷链物流系统协同的分析和 管理实践。本文在论述过程中多次使用了归纳和演绎的分析方法。

### (3) 以多学科理论为支撑

综合运用系统论基础、物流管理理论、协同学等多学科的理论与方法来研究食品冷链物流协同的问题。

食品冷链物流系统是由不同层次和不同性质的多要素构成的有机的复合系统。应用系统论,提出食品冷链物流系统的理论框架,将系统分解为要素、结构、功能等进行分析。

应用物流相关理论,对食品冷链物流系统的定义、要素、结构、功能及特性的具体内容进行分析。

应用协同学理论,对食品冷链物流系统的协同内涵、目标与原则、协同内容、序参量、序参量及其有效性和灵敏度等进行分析,从更深层次把握和揭示系统运行的规律。

### (4) 理论与实证分析相结合

食品冷链研究领域广阔无边,在选择研究方向时,本文选择与实践密切结合相关的方向,力求使研究来源于实践,服务于实践。本文首先沿物流系统理论发展的内在逻辑思路,从理论上阐述了食品冷链物流系统的构成与特性等。又在此基础上论述了协同的内涵与模型分析等。然后,结合作者在主持北京市奥运食品冷链物流规划课题调研得到的有关数据,以及北京市一些食品冷链相关企业的运作主体、客体、设施设备的运作情况等物流实践对理论进行了验证、丰富和发展,使本文的主要研究结论既具有前瞻性,又具有较强的可操作性。

## 2 食品冷链物流系统协同的理论基础

研究食品冷链物流系统协同具有重要的理论意义和现实意义。食品冷链物流系统协同研究的理论基础主要包括食品理论、物流理论、系统论基础以及协同学等多学科的理论与方法。在理论研究的基础上，提出食品冷链物流系统协同理论体系框架。

### 2.1 食品理论

食品冷链物流系统以食品为物流研究的对象，食品冷链物流系统不同于药品等其他产品的物流系统，理论基础从食品理论研究开始。

#### 2.1.1 食品分类

现代生活中，食品消费日益趋向系列、方便、安全、休闲及有益身心健康，现代人的饮食变化主要有以下五种倾向：快速化、多样化、休闲化、绿色化、保健化。食品的特点有，①食品是一次性消费产品；②食品关系到人们的健康，卫生要求高，进口受到各国不同严格标准的限制；③食品中大部分是人们的生活必需品，市场需求弹性小；④食品贸易规模大，国内外物流规模大<sup>[9]</sup>。

食品是人类食用的物品，包括天然食品和加工食品。其中天然食品是指在大自然中生产的、未经加工制作、可供人类食用的物品，如水果、蔬菜、谷物等；加工食品则是指经过一定的工艺进行加工后生产出来的供人们食用或者饮用为目的的制成品，如大米、小麦粉、果汁饮料等。食品的分类如下。

##### (1) 现代食品的一般分类

①粮食及制品：指各种原粮、成品粮以及各种粮食加工制品，包括方便面等；

②食用油：指植物和动物性食用油料，如花生油、大豆油、动物油等；

③肉及其制品：指动物性生、熟食品及其制品，如生、熟畜肉和禽肉等；

④消毒鲜乳：指乳品厂(站)生产的经杀菌消毒的瓶装或软包装消毒奶，以及零售的牛、羊、马奶等；

⑤乳制品：指乳粉、酸奶及其他属于乳制品类的食品；

⑥水产类：指供食用的鱼类、甲壳类、贝类等鲜品及其加工制品；

⑦罐头：将加工处理后的食品装入金属罐、玻璃瓶或软质材料的容器内，经排气、密封、加热杀菌、冷却等工序达到商业无菌的食品；

⑧食糖：指各种原糖和成品糖，不包括糖果等制品；

⑨冷食：指固体冷冻的即食性食品，如冰棍、雪糕、冰激凌等；

⑩饮料：指液体和固体饮料，如碳酸饮料、汽水、果味水、散装低糖饮料、矿泉饮料、麦乳精等；

⑪蒸馏酒、配制酒：指以含糖或淀粉类原料，经糖化发酵蒸馏而制成的白酒(包括瓶装和散装白酒)和以发酵酒或蒸馏酒作酒基，经添加可食用的辅料配制而成的酒，如果酒、白兰地、香槟、汽酒等；

⑫发酵酒：指以食糖或淀粉类原料经糖化发酵后未经蒸馏而制得的酒类，如葡萄酒、啤酒；

⑬调味品：指酱油、酱、食醋、味精、食盐及其他复合调味料等；

⑭豆制品：指以各种豆类为原料，经发酵或未发酵制成的食品，如豆腐、豆粉、素鸡、腐竹等；

⑮糕点：指以粮食、糖、食油、蛋、奶油及各种辅料为原料，经烘烤、油炸或冷加工等方式制成的食品，包括饼干、面包、蛋糕等；

⑯糖果蜜饯：以果蔬或糖类的原料经加工制成的糖果、蜜饯、果脯、凉果和果糕等食品；

⑰酱腌菜：指用盐、酱、糖等腌制的发酵或非发酵类蔬菜，如酱黄瓜等；

⑱保健食品：指依据《保健食品管理办法》，称之为保健食品的产品类别；

⑲新资源食品：指依据《新资源食品卫生管理办法》，称之为新资源食品的产品类别；

⑳其他食品：未列入上述范围的食品或新制订评价标准的食品类别。

#### (2) 按照营养特点分类

①谷类及薯类(米、面、土豆、红薯等)；

②动物性食物(羊肉、鸡、草鱼、鸭蛋、牛奶及其制品等)；

③豆类及其制品(黄豆、豆腐、豆制品等)；

④蔬菜水果类(包括植物的根、茎、叶、果实等，如胡萝卜、白菜、苹果等)；

⑤纯热能食物(色拉油、淀粉、食用糖、白酒等)。

#### (3) 按照保藏方法分类

①罐头食品；

②脱水干制食品；

③冷冻食品或冻制食品；

④冷冻脱水食品；

⑤腌渍食品；

⑥烟熏食品。

## (4) 按照原料种类分类

果蔬制品、肉禽制品、水产制品、乳制品、粮食制品等。

## (5) 按照加工方法分类

焙烤制品、膨化食品、油炸食品等。

## (6) 按照食用人群分类

①婴幼儿食品；

②中小學生食品；

③孕妇、哺乳期妇女以及恢复产后生理功能等特点食品；

④适用于特殊人群需要的特殊营养食品，如运动员、宇航员食品，高温、高寒、辐射或矿井条件下工作人群的食品，高血压病患者适宜低脂肪、低胆固醇食品，以维持、增进人体健康和各项功能为目的，适于各类人群的各种功能性食品。

本文侧重于研究按保藏方法分类中，冷冻食品或冻制食品，冷冻脱水食品，以及需低温控制的食品。

## 2.1.2 食品质量与食品安全

国际食品法典委员会在《食品卫生通则》中指出，食品安全是指当根据食品的用途进行处理或食用时，食品不会给消费者带来危害的一种保证<sup>[9]</sup>。

图 2-1 中  $V$  表示食品的价值， $T$  表示时间。随着时间的推移，食品的价值早由缓到急的下降趋势。一旦超过食品的保质期，（即图 2-1 中  $T_3$  标示之处），则其价值迅速下降为零，价格弹性变化极大。

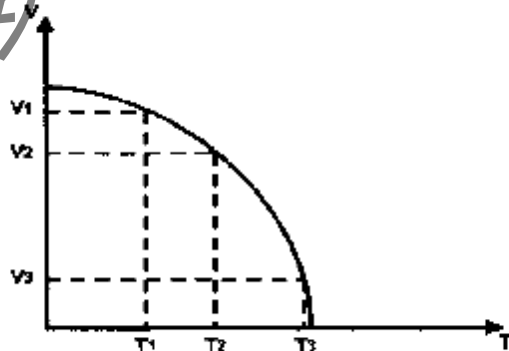


图 2-1 食品的价值—时间曲线图

Fig.2-1 Relationship of value and time of food

## (1) 食品质量

食品质量是由各种要素构成的，这些要素被称为食品所共有的性质，不同的



食品特性各异，因此食品所具有的各种特性的总和，便构成了食品质量的内涵。按照国家标准<sup>92</sup>对质量的定义，可以将食品质量的定义为：食品的一组固有特性满足要求的程度。这里所说的“要求”是指明示的、通常隐含的或必须履行的需求或期望。“明示的”可以理解为有表达方式的要求。如在食品标签、食用说明中阐明的要求，消费者明确提出的要求。“通常隐含的”是指消费者的需求或期望是不言而喻的。如食品必须保证食用者的安全，不能造成对人体的危害。“必须履行的”是指法律法规要求及强制性标准的要求。“要求”往往随时间而变化，与科学技术的不断进步有着密切的关系，“要求”可转化成具体指标。

“要求”可以包括安全性、营养性、可食用性、经济性等几个方面。食品的安全性是指食品在消费者食用、储运、销售等过程中，保障人体健康和安全的功能，是在规定的使用方式和条件下长期食用，对食用者不产生不良反应的实际把握。食品的营养性是指食品对人体所必需的各种营养物质、矿物质元素的保证能力。食品的可食用性是指食品可供消费者食用的能力，任何食品都具有其特定的可食用性。食品的经济性指食品在生产、加工等各方面所付出或所消耗成本的程度。

### (2) 食品安全

食品安全，也即食品质量安全，是指食品质量状况对食用者健康、安全的保证程度。用于消费者最终消费的食品，不得出现因食品原料、包装问题或加工制造、运输、储存过程中存在的质量问题对人体健康、人身安全造成或者可能造成任何不利的影响。食品的质量必须符合国家法律、行政法规和强制性标准的要求。不得存在危及人体健康和人身财产安全的不合理危险。

按照 FAO/WHO 的定义，食品安全是指所有那些有害于消费者健康的危害，无论是慢性的，还是急性的，食品安全是不可协商的。食品质量则涉及那些对消费者而言的其他方面的特征。这些特征既包括那些负面的性状，如腐败性、污染物、变色、变味等，亦包括那些正面的性状，如食品的产地、颜色、风味以及加工方法等。

### 2.1.3 食品安全的影响因素

食品腐败和变质的因素包括物理的、化学的和生物的 3 种类型。这些因素经常是共同起作用的。对于绝大部分食品来说，有效的贮藏方法必须能够同时消除所有这些不利因素的影响或将其降至最低限度。这些因素具体有以下 9 种<sup>93</sup>：

### (1) 细菌、酵母和霉菌

地球上的微生物种类数以万计，与食品有关的微生物大概有数百种。不是所有这些微生物都能带来疾病或引起食品腐败变质，实际上某些微生物的生长还是有益的，人们利用它来生产和保存食品。例如，产生乳酸的细菌可用于生产干酪、泡菜和香肠等；产生酒精的微生物用来生产白酒、葡萄酒或啤酒；某些微生物用于生产具有特殊风味的食品。但除了用特定条件来专门培养优势菌外，微生物在食品表面或内部的生长繁殖是构成引起食品腐败和变质主要原因。可以说几乎在所有情况下，导致食品腐败的微生物都是污染的来源，因此延缓由微生物引起的食品腐败首要措施应该是保证食品的良好卫生操作以减少污染。

### (2) 食源疾病

变质后的食品无论其感官特性是否发生了变化，都可能引起食源疾病。食源疾病通常分为食物感染和食物中毒两类，但二者之间的区别实际上并不十分明显。食物感染是指食用被微生物感染的食品后，微生物在人体内繁殖引起不适或疾病；食物中毒则是指食用了被微生物产生的毒素所污染的食品后引起的疾病，但人体内甚至病因食品中不一定含该产毒微生物。

### (3) 昆虫、寄生虫和啮齿动物的侵染

昆虫对粮食、水果和蔬菜的破坏性很大。虫害实际上不仅仅是昆虫能吃多少的问题，主要是由于昆虫侵蚀了食品之后所造成的损害给细菌和霉菌的感染提供了条件，从而造成进一步的损失。有的寄生虫未经煮熟或冷冻杀死，可以随食物进入并感染人体（例如猪旋毛虫等）。啮齿动物也会对食品造成污染。

### (4) 食品中酶的活动和其他化学反应

微生物能够分泌导致食品发酵、酸败和腐败的酶类，而健康无污染的食品动植物原料含有内源性酶类，这些酶类在动物宰后和植物采收后均保留了活性。谷物和种子贮存 60 天后仍可以进行呼吸、发芽和生长等酶促反应就是很好的例证。酶不仅能够存在于许多天然食品中保留活性，而且很多时候酶的活性在宰后或采后的生物体内还会有所增强。这是因为正常情况下，活的动植物体中各种酶促反应之间存在着微妙的平衡关系。而一旦动物死后或植物离开了土壤，这种平衡就被破坏了。除非这些酶类被热、化学试剂、射线或其他方法灭活，不然，动植物体内的酶在宰后或采后仍会催化多种化学反应。如果宰后或采后时间拖延过长，这种腐败完全可能在田间、超市货架或家庭冰箱中发生。

### (5) 食品温度控制不当

如果温度控制不当会导致微生物引起的食品腐致变质。在加工操作中大多数食品的温度处于 10—38℃ 之间，在此范围内，温度每升高 10℃，化学反应（包括酶促反应和非酶反应）的速率几乎增加一倍。温度过高会使蛋白质变性，破坏乳

状液的稳定,造成食物失水干燥破坏维生素。温度过低有时也同样不利于保持食品品质。如果将水果和蔬菜冷冻,就会发生变色、质地破坏、表皮破裂等情况,使其易受微生物侵染。冷冻也会引起液态食品的变性。如果将牛奶冷冻,就会破坏乳状液的稳定,产生乳脂分离现象。冷冻也能使乳蛋白质变性形成乳蛋白凝块。如果冷冻温度控制较好则不会出现上述问题。

### (6) 吸水或失水

食品中的各种化学反应都需要一定的水分,过分湿润或干燥都会影响食品的质量。微生物的生长也同样如此,过分湿润会加速这些食品的变质;而过分干燥则尤其对食品的外观和质地有害。食品表面水分的凝结不一定来自外界环境。如用不透水蒸气材料包装的水果和蔬菜在进行呼吸和蒸腾作用时会放出水气,水气被密封于包装之内,为有害微生物的生长创造了条件。不进行呼吸作用的食物在不透水蒸汽的密封包装中也能释放出水分,从而改变包装内的相对湿度,当温度降低时,水汽便会因此凝结在食品表面造成食品变质。

### (7) 氧参与的反应

空气成分中占 79%的氮气对食品几乎不起什么作用,而只占 20%左右的氧气性质却非常活泼,能够引起食品中多种变质反应和腐败。首先,氧通过参与氧化反应对食品中的营养物质(尤其是  $V_A$  和  $V_C$ )、色素、风味物质和其他组分产生破坏作用。除此之外,氧还是霉菌生长的必需条件。所有的霉菌都是好氧微生物,这也是为什么霉菌只在食品或其他物品表面及其断面上生长的原因。

### (8) 光

光照能破坏某些维生素(尤其是核黄素、 $V_A$  和  $V_C$ ),并能引起食品变色。不同波长的自然光线或人工光线不一定都能被食品中的组分所吸收并造成相同的破坏。光敏食品通常可以采取不透明包装,或在玻璃和透明膜中加入某种能反射特定波长光线的物质等方式加以保护。

### (9) 时间

动植物屠宰、采收或加工成食品以后,存在一个品质最佳的时间点。微生物的生长、昆虫的侵蚀破坏、食品中的酶反应、食品组分间的非酶作用、挥发性风味物质的散失以及加热、冷却、水分和光等因素对食品的作用无一不是随着时间的推移而不断加强的。对于绝大多数食品而言,其品质均会随着时间的延长而下降。所以,采用适当的加工、包装和贮藏方法可以显著延长食品的货架期(食品品质下降至不可接受时所经历的时间),但不能无限期延长。几种常见食品的安全储存期如表 2-1 所示。

表 2-1 几种常见食品的安全储存期  
Tab.2-1 Reserve period of some normal food

食品种类	21℃下的安全储存期(天)
肉类	1—2
鱼类	1—2
干制、腌制、熏制肉类和鱼类	>360
鲜水果	1—7
干果类	>360
新鲜蔬菜	1—2
块根类作物	7—20

#### 2.1.4 食品的冷藏原理及原则

食品的腐败变质，主要是由微生物的生命活动和食品中的酶所进行的生物化学反应所造成的。例如动物性食品没有生命力，如禽、畜、鱼等动物性食品，在贮藏时它们的生物体与构成它们的细胞都死亡了，故不能控制引起食品变质的酶的作用，也不能抵抗引起食品腐败的微生物的作用，因此对细菌的抵抗力不大，细菌一旦沾染上去，很快就会繁殖起来，造成食品的腐败。但是，微生物要繁殖，酶要发生作用，都需要有适当的温度和水分等条件，环境不适宜，微生物就会停止繁殖甚至死亡，酶也会丧失催化能力，甚至被破坏。另外，氧化等反应的速度也与温度有关，温度降低，化学反应速度显著减慢。如果将动物性食品放在低温（-18℃）条件下，则微生物和酶对食品的作用就变得很微弱了。食品在冻结时，生成的冰结晶使微生物细胞受到破坏，使微生物丧失活力不能繁殖，酶的反应受到严重抑制，食品的化学变化速度就会减慢，因此它就可以长时间的贮藏而不会腐败变质，这就是食品的冷藏原理<sup>94</sup>。

##### (1) 低温对微生物的影响

从微生物生产的角度看，不同的微生物有一定的温度习性。一般而言，温度降低时，微生物的生长速率降低，当温度降低到-12℃时，大多数生物会停止繁殖，部分出现死亡，只有少数微生物可缓慢生长。低温抑制微生物生长繁殖的原因主要是：低温导致微生物体内代谢酶的活力下降，各种生化反应速率下降；低温还导致微生物细胞内的原生质浓度增加，影响新陈代谢；低温导致微生物细胞内外的水分冻结形成冰结晶，冰结晶由于部分水分的结晶也会导致生物细胞内的原生质浓度增加，使其中的部分蛋白质变性，从而引起细胞丧失活性，这种现象对于含水量大的营养细胞在缓慢冻结条件下容易发生。

### (2) 低温对酶的影响

温度对酶的活性影响很大，高温可导致酶的活性丧失，低温处理虽然会使酶的活性下降，但不会完全丧失。一般说来，温度降低到-18℃才能有效地抑制酶的活性，但温度回升后，酶的活性会重新恢复，甚至较降温处理前的活性还高，从而加速果蔬的变质。故对于低温处理的果蔬往往需要在低温处理前进行灭酶处理以防止果蔬质量降低。

食品中酶活性的温度系数  $Q_{10}$  大约为 2—3，也就是说温度每降低 10℃，酶的活性会降低至原来的 1/3 至 1/2。不同来源的酶的温度特性有一定的差异，来自动物（尤其是温血动物）食品中的酶，酶活性的最适温度较高，温度降低对酶的活性影响较大，而来自植物（特别是在低温环境下生长的植物）食品的酶，其活性的最适温度较低，低温对酶的影响较小<sup>95</sup>。

### (3) 食品安全原则

3T 原则<sup>96</sup>。1958 年，美国 Arsdel 等人以大量的实验资料为依据，阐述了食品质量与食品冷藏时间和冷藏温度之间存在的关系，产品的最终质量即耐藏性 (Tolerance) 取决于在冷藏链中物流的温度 (Temperature) 和时间 (Time)，即 3T 原理。3T 理论认为，冻结食品在低温流通过程中所发生的质量下降与所需时间存在着一定的关系。在整个流通过程中，由于温度的变化所引起的质量下降是积累性的，是不可避免的，冻结食品的温度越低，在一定限度内，其质量下降越少，保质期也相应延长，在同样条件下加工的冻结食品当改变其温度时，其保质期就不同，温度高的保质期较短，温度低的保质期长。冷冻食品从生产后到食用期质量的变化取决于冻藏期间的温度高低，温度越低，且不波动，质量变化越少。冻结食品质量的降低是逐渐累积的，当达到一定的程度就失去了商品的价值。因此时间就是冷链食品的生命。

3C 原则：规定保持品质要做到冷却 (Chilling)、清洁 (Cleaning) 和小心 (Care)。

3P 原则：产品质量取决于原料 (Products)、加工工艺 (Processing) 和包装 (Package)。只有优质的原料，科学的加工方法，同时采用防湿和气密性的包装，才能获得高的早期质量。

## 2.2 物流相关理论

对于物流理论及其相关实践应用的研究很多。

## 2.2.1 物流系统论

用系统观点来研究物流活动是现代物流科学的核心问题<sup>97</sup>。物流系统的基础研究可以分成三个部分，物流系统的内涵、要素与结构。

### (1) 物流系统的内涵

物流系统是在一定的空间和时间里，物流活动所需的机械、设备、工具、结点、线路等物质资料要素相互联系、相互制约的有机整体。它是由物流各要素组成的，要素之间存在有机联系并具有使物流总体合理化功能的综合体。

何明珂<sup>98</sup>（2004）提出“物流系统是围绕满足特定物流服务需求，由物流服务需求方、物流服务提供方及其相关机构形成的一个包含所需物流运作要素的网络。”

王之泰<sup>99</sup>（1995）提出“物流系统是由物流各要素所组成的，要素之间存在着有机联系并具有使物流总体功能合理化的综合体。”

汝宜红<sup>100</sup>（2003）提出“物流系统是指在特定的社会经济大环境里由所需位移的物资和包装设备、搬运装卸设备、运输工具、仓储设施、人员和通讯联系等若干相互制约的动态要素所构成的具有特定功能的有机整体<sup>101</sup>。”

物流系统还是一个人参与决策的人工系统。在这个系统中，人是系统结构的主体，人直接或间接地影响着整个系统的运作。

因此，也可以将物流系统看成是为了有效地达到某一目的，将人力、物力、资金、信息等资源作为指令输入使它产生某种结果的功能<sup>102</sup>。

### (2) 物流系统的要素

何明珂<sup>103</sup>（2004）提出：物流要素从三个方面来分类，即流动要素、资源要素和网络要素。流动要素包括：流体、载体、流向、流量、流程、流速和流效。资源要素包括：运输资源和储存资源。网络要素包括：点和线。

王之泰<sup>104</sup><sup>105</sup>指出：物流系统要素有四种分类。分别是：物流系统的一般要素包括劳动者要素、资本要素、物的要素；物流系统的功能要素包括包装、装卸搬运、运输、储存保管、流通加工、配送、物流情报；物流系统的支持要素（软件要素）包括体制、制度；法律、规章；行政、命令；标准化系统；组织及管理要素；物流系统的物质基础要素（硬件要素）包括物流设施要素、物流装备要素、物流工具要素、信息技术及网络要素。

### (3) 物流系统的结构

何明珂<sup>106</sup>（2004）提出：物流结构主要从四个方面来分类。分别是：物流系统的流动结构，即其流动七要素的组合；物流系统的功能结构，即物流基本功能结构的组合；物流系统的治理结构，包括多边治理、三边治理、双边治理、单边

治理；物流系统的网络结构，包括点状网络、线状网络、圈状网络、树状网络和网状网络。

由此可见，大家对物流是一个系统有基本共识，但对物流系统的概念、要素、结构以至于功能都从不同的角度进行分析，可谓仁者见仁，智者见智。本文研究的食品冷链物流系统也从独特的角度进行了分析。

### 2.2.2 供应链理论

供应链是经济发展到一定阶段的产物。20世纪90年代以来，世界经济出现一体化特征，消费者的需求也发生变化，单纯考虑企业内部资源优化利用的传统管理思想已经不适应市场的竞争。人们越来越认识到仅靠一个企业自身的资源很难满足用户快速响应的要求。纵向一体化的结构已经很难在当今的市场竞争条件下获得丰厚的利润<sup>107</sup>。人们逐渐将资源的获取延伸到企业以外的其他企业，这样企业不仅节约了大量在纵向一体化条件下需要的投资或控股费用，而且可以增加企业的灵活性<sup>108</sup>。于是供应链的思想随之产生。随着经济的进一步发展，全球范围内的竞争不再是公司与公司的竞争，而是供应链与供应链的竞争。供应链在企业管理中得到普遍应用，成为一种全新的管理模式。

在国家标准《物流术语》(GB/T 18354-2006)中供应链(Supply Chain)的定义是“生产及流通过程中，涉及将产品或服务提供给最终用户所形成的网链结构。”供应链管理(Supply Chain Management)是“对供应链涉及的全部活动进行计划、组织、协调与控制。”

#### (1) 供应链的分类

根据不同的分类标准，供应链可以分为多种类别，很多学者也作了很多相关的研究。国内以马士华<sup>109110</sup>为代表，他从三个角度对供应链进行了分类，例如，根据供应链存在的稳定性，可以将供应链分为稳定供应链和动态供应链；根据供应链容量与用户需求的关系可以划分为平衡供应链和倾斜供应链；针对市场上功能性产品和创新性产品的不同，相应的供应链可以分为效率性供应链和响应性供应链。

国外具有代表性的是Fisher<sup>111</sup>(1997)提出的推式供应链和拉式供应链。Fisher发现供应链大致上可以分为以效率为主以及快速响应为主的模式，并且针对不同性质的产品，采用不同模式的合适供应链进行了说明，进一步指出了快速响应的供应链流程适合创新类型的产品，而以效率为主的供应链流程则适合用在功能类型的产品。故供应链可以依效率与快速响应区分为推式供应链与拉式供应链。

本文根据研究对象的特点，分别从属性、温度要求、物品性质三个角度对供应链进行了分类（如图 2-2 所示）。从属性来说，供应链主要是由物流、商流、信息流、资金流构成，供应链管理就是通过将它们有效的整合在一起，打造一条高效率、低成本的供应链<sup>112</sup>。其中物流以不同状态的实物形态贯穿整个供应链，连接供应链的各个企业，是企业间相互合作的纽带。供应链中物流管理不再是传统的保证生产过程连续性的问题，而是要在供应链管理中发挥创造用户价值、降低用户成本、提高企业敏捷性、塑造企业形象等作用。

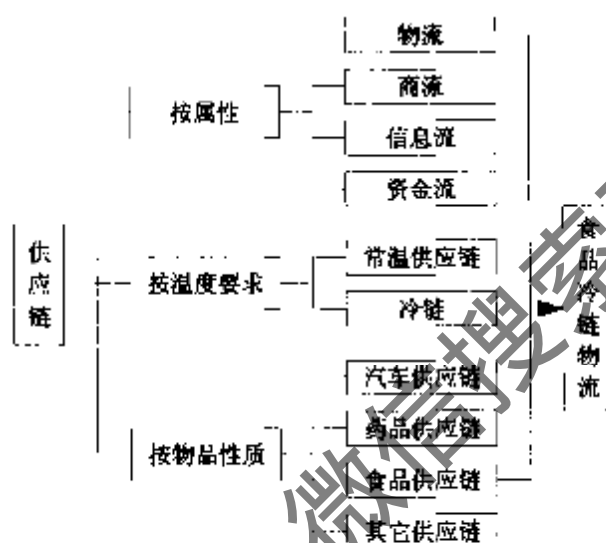


图 2-2 供应链分类

Fig. 2-2 Types of supply chain

根据对供应链运作有无温度要求，可以将供应链分为常温供应链和冷链，大部分的供应链都属于常温供应链。冷链相对于常温供应链运作难度大、成本更高，相应的风险也大。根据物品性质的不同，供应链可以分为汽车供应链、药品供应链、食品供应链等，其供应链的运作不可避免的要受到其物品性质特点的影响。从研究范畴来说，本文所研究的食物冷链物流涵盖了食品供应链、冷链、物流，属于三者的交集，在研究过程中综合考虑这三方面的特性。

## (2) 供应链的结构

供应链的结构具有层次性等特性。根据供应链的不同发展阶段，可以将供应链的结构类型可以分为单一型供应链、扩展型供应链、全面型供应链<sup>113</sup>。

单一型供应链是一种简化的结构，这种结构中只有三类主体，包括供应商、企业、客户，各主体之间通过上下游的节点参与到链中，彼此之间除了相邻节点外没有其他联系。这种结构适用于产品不太复杂，只需简单加工，中间环节少的情况，在研究中作为一种简单的相邻关系，简化对于高级复杂供应链的研究。见



图 2-3 所示。

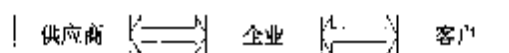


图 2-3 单一型供应链

Fig.2-3 Direct supply chain

扩展型供应链属于多级供应链，在单一型供应链的基础上进行了延伸，整个供应链的链条变得更长、更复杂，不仅包含供应商，而且包含供应商的供应商，客户也是同理，不仅包含客户，而且包含客户的客户。例如食品生产商的客户是超市，而超市的客户则是广大消费者。见图 2-4 所示。

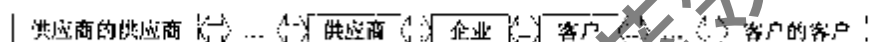


图 2-4 扩展型供应链

Fig.2-4 Extended supply chain

全面型供应链同样属于多级供应链，在扩展型供应链的基础上实现了部分业务的社会化，增加了物流服务提供商、金融服务提供商、市场调查服务商等多个服务企业，使得供应链的核心企业能够更加集中精力放在自己擅长的业务上，提高自己的核心竞争力，整个供应链结构更加复杂，呈现网络化的趋势，是供应链发展成熟的表现。这种供应链适用于产品构成复杂，加工环节多的情况，例如复杂的冷链加工食品等。见图 2-5 所示。

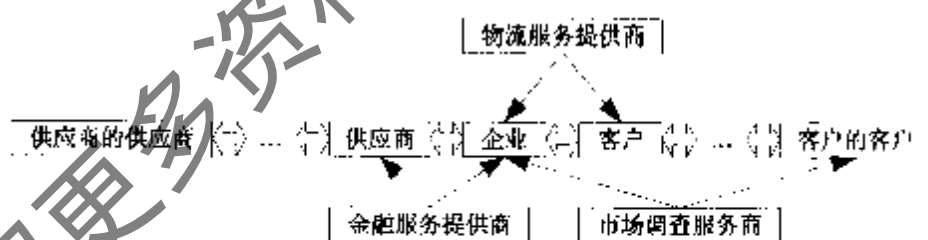


图 2-5 全面型供应链

Fig.2-5 Ultimate supply chain

### （3）供应链流程

Bernhard J. Angerhofer, Marios C. Angelides<sup>114</sup>（2006）提出，供应链的成员共同承担四个核心流程：计划、获取资源、生产制造、销售配送。这些流程的绩效影响整个供应链协同的绩效。核心流程中的每一个流程都会同时受到其他流程变化的影响。流程的绩效可以直接影响到关键的结果。“计划”流程水平的提高，可以提高预测的准确性，可以对需要的生产能力有更好的预测。“获取资源”流程水

水平的提高,能提高能力利用率,降低成本,提高利润。“生产制造”流程水平的提高,可以提高食品质量,缩短到达市场的时间,提高周转时间。“销售配送”流程水平的提高,可以更好地协同,实现技术的应用,降低到达市场的时间,降低缺货风险,提高供应链的柔性。图 2-6 描述了四个核心流程的关系。



图 2-6 供应链主要流程  
Fig.2-6 Process of supply chain

## 2.3 系统论基础

系统思想源远流长,但作为一门科学的系统论,人们公认是美籍奥地利人、理论生物学家 L.V.贝塔朗菲(L.Von.Bertalanffy)创立的。

系统论<sup>[15]</sup>的基本思想方法,就是将所研究和处理的对象,当作一个系统,分析系统的结构和功能,研究系统、要素、环境三者的相互关系和变化的规律性,并用优化系统的观点看问题,世界上任何事物都可以看成是一个系统,系统是普遍存在的。

### 2.3.1 系统构成理论

系统论的出现,使人类的思维方式发生了深刻地变化。系统分析方法能综观全局地为现代复杂问题提供有效的思维方式。

#### (1) 要素

贝塔朗菲认为系统是相互联系、相互作用的诸多要素的综合体。在这里,贝塔朗菲强调的是要素之间的相互作用和系统对要素的整合作用,以及由此形成的整体特性。简言之,两个或两个以上的要素相互作用而形成的统一整体就是系统,要素是系统的重要组成部分,系统的基本特征与其组成要素有关。

要素具有多元性。最小的系统由两个要素组成,称为二要素系统。一般系统

均由多个要素组成，称为多要素系统。很多系统包含无穷多要素，称为无限系统。

要素具有相关性<sup>[16]</sup>。同一系统的不同要素之间按照一定方式相互联系、相互作用，不存在与其他要素无任何联系的孤立要素，不可能将系统划分为若干彼此孤立的部分。

要素具有整体性，多元性加上相关性产生了系统的整体性和统一性。凡系统都有整体的形态，整体的结构，整体的边界，整体的特性，整体的行为，整体的功能以及整体的空间占有和整体的时间展开等。所谓系统的观点，首先是整体观点，强调考察对象的整体性，从整体上认识和处理问题。

### (2) 结构

系统的组分一般还可以划分为更小的部分，组分的组分可能还是系统的组分。构成系统的最小组分或基本单元，即不可再细分或无需再细分的组成部分，成为系统的要素。所谓要素的不可再分性是相对于它所隶属的系统而言的，离开这种系统，要素本身又可看作由更小组分组成的系统。要素或组分之间的相互联系方式多种多样，有空间的联系和时间的联系，持续的联系和瞬间的联系，确定性联系和不确定性联系等。广义地讲，要素之间一切联系方式的总和称作系统的结构。但不同联系方式对系统的形成、运行的影响不同，有时相去甚远，将所有的联系都考虑进去，既无必要也无可能。可行的办法是略去无关紧要的、偶发的、无任何规则可循的联系，将结构看作要素之间相对稳定的、有一定规则的联系方式的总和。

### (3) 功能

系统行为所引起的环境中某些事物的有益的变化，称为系统的功能。被改变了的外部事物叫做系统的功能对象。功能在系统的行为过程中呈现出来，通过它所引起的功能对象的变化来衡量。功能概念也常用来描述要素对整个系统的作用，即对系统整体存续运行的贡献。

凡系统都有自己的功能，这是功能的普遍性。认为有些系统，如封闭系统没有功能的观点是不妥当的。既然封闭系统只是一种抽象，真实系统都对环境有作用，它就有某些功能。即使完全封闭的系统，它从无到有的形成过程，将它从环境中封闭起来的边界，都会改变环境。一切现实存在的系统都是环境的组成部分，影响着环境的形成和保持，这就是某种功能。没有它的存在，环境必定是另外的样子。一般系统都有多种功能。系统性能有多样性，每种性能都有可能被用来发挥相应的功能，或综合几种性能发挥某种功能。

### (4) 要素、结构与功能的关系

结构不能离开要素而单独存在，只有通过要素间相互作用才能体现其客观实在性。要素和结构是构成系统的两个缺一不可的方面，系统是要素与结构的统一；

要素与结构一起称为系统的内部结构。给定要素和结构两方面，才算给定一个系统。即使只从系统意义上看，结构也是千差万别的，很难进行绝对分类，只能具体情况具体分析。

图 2-7 说明了要素、结构与功能的关系。结构与功能有对应关系，结构决定功能。从系统本身看，功能由要素和结构共同决定。要素性能太差，不论结构如何优化，也造不出高效可靠的机器。必须有具备必要素质或性能的要素，才能构成具有一定功能的系统。这是要素对功能的决定作用。但同样或相近的要素，按不同结构组织起来，系统的功能有优劣高低之分，甚至会产生性质不同的功能。这是结构对功能的决定作用。系统的功能还与环境有关。首先，同一系统对不同功能对象可能提供不同的功能服务。对象选择不当，系统无法发挥应有的功能。环境的不同还意味着系统运行的条件等的不同，可能对系统发挥功能产生有利或不利影响。



图 2-7 系统运行简图  
Fig.2-7 System operation

在本文研究食品冷链物流系统中，根据系统构成理论，对系统的构成要素、系统的结构、系统的功能以及系统的特性进行了深入研究。

### 2.3.2 动态系统理论

静态系统概念基于这样一个假设：系统状态的转移可以在瞬间完成。这意味着要求系统有无限多的储能可以利用。实际系统可以利用的能量是有限的，从甲状态到乙状态不可能瞬间完成，状态转移需要一定的过渡时间。但在许多情况下，状态转移所需过渡时间比人们要考虑的过程短得多，允许忽略不计，静态假设近似成立。由于静态系统的描述和处理相当简单，在可能的情况下，人们总是忽略状态转移过程，用静态模型描述系统。

在一般情形下，系统的状态转移明显呈现为一种过程，动态系统是非常普遍的。一切实际存在的系统原则上都是动态系统，从适当的时间尺度去看都可以看到动态特征。静态系统不过是动态系统的过渡过程短暂到可以忽略的极限情形而已。下面简要介绍一下描述动态系统的重要变量——状态参量以及控制参量。

### (1) 状态参量

系统存续运行中表现出来的状况或态势，如物流总成本，称为系统的状态。系统的行为是通过状态的取得、保持和改变来体现的。研究系统，需要研究其所处的状态、状态的可能变化、不同状态之间的转移等。系统状态用一组称为状态量的参量来表征。如物流总成本用运输成本、仓储成本等参量来表征。给定这些参量的一组数值，就是给定该系统的一个状态，这些量的不同取值代表不同的状态。

由于状态量可以取不同的数值，允许在一定范围内变化，故称为状态参量。最简单的系统只有一个状态参量，用  $x$  表示。一般系统须用多个状态参量描述，称为多变量系统。设系统有  $n$  个状态参量  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，为简化起见，引入状态向量概念，定义为：

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (2-1)$$

即状态参量  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 为分量的向量。 $X$  是  $n$  维向量。同一系统的状态参量可以有不同的选择，但也不是任意的，应当满足以下要求：

客观性：具有现实意义，能反映系统的真实属性；

完备性： $n$  足够大，能完全描述系统的特性；

独立性：任一状态参量都不是其他状态量的函数。

状态参量是决定系统行为特性的一组完备而最少的系统变量。系统所有可能状态的集合，称为系统的状态空间。以状态参量  $x_1, x_2, \dots, x_n$  为坐标张成的空间，就是状态空间。空间的每个点，即每一组数  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ，代表系统的一个可能状态。独立状态参量的个数  $n$  代表状态空间的维数。1 维状态空间的几何表示为一条直线，2 维状态空间的几何表示为一张平面，维数超过 3 的空间为高维空间，无法直观描述。

### (2) 控制参量

决定系统行为特性的还有另外一类数量，它们反映环境对系统的制约，往往不直接由系统决定，称为环境参量。一般情形下，这类量变化缓慢，与状态量显著不同，因而在一次观察或运行过程中可以看作常量。由于它们对系统行为特性有重要影响，有时可以改变系统的定性性质，又可在一定范围内调整控制，称为控制参量。状态参量与控制参量的划分是相对的，在一定条件下，为了降低相空间维数，将某些变化相对缓慢的量作为控制参量进行分析计算，得出结论后再考

虑它们的变化可能带来的影响。但在另外的条件下，将其中一些量当作状态量可能更合理些。

控制参量一般不止一个。以  $m$  记控制参量的个数，它可取任意正整数。 $m$  也是决定系统行为特性的宏观量。设系统的控制参量为  $c_1, c_2, \dots, c_m$ ，以它们为分量形成的  $m$  维向量  $C$ ：

$$C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_m \end{pmatrix} \quad (2-2)$$

称为系统的控制参量。在更大的时空尺度上看， $c_i$  也是变量，可以取不同的数值。以控制参量为坐标张成的空间，称为控制空间，或参量空间。 $m$  为它的维数空间。系统的许多行为特性，特别是定性性质的改变，要在控制空间才能看清楚。有时还要在状态空间和控制空间构成的乘积空间中研究系统。

$$V = \text{状态空间} * \text{控制空间} \quad (2-3)$$

本文在研究食品冷链物流系统状态时，依据状态参量理论，提出食品冷链物流系统的状态参量体系。

### 2.3.3 系统的特征

系统论认为，整体性、层次性、有序性、关联性等是所有系统的共同的基本特征。这些既是系统论所具有的基本思想观点，而且它也是系统方法的基本原则。

#### (1) 整体性观点

整体性是一切系统的本质特征，即贝塔朗菲所说的“整体大于它的各个孤立部分的总和”。系统整体性说明，具有独立功能的系统要素以及要素间的相互关系是根据逻辑统一性的要求，协调存在于系统整体之中。就是说，任何一个要素不能离开整体去研究，要素间的联系和作用也不能脱离整体的协调去考虑。系统不是各个要素的简单集合，否则它就不会具有作为整体的特定功能。脱离了整体性，要素的机能和要素间的作用便失去了原有的意义，研究任何事物的单独部分不能使你得出有关整体的结论。系统的构成要素和要素的机能、要素的相互联系要服从系统整体的目的和功能，在整体功能的基础上展开各要素及其相互之间的活动，这种活动的总和形成了系统整体的有机行为。在一个系统整体中，即使每个要素并不都很完善，但它们也可以协调、综合成为具有良好功能的系统；反之即使每

个要素都是良好的，但作为整体却不具备某种良好的功能，也就不能称之为完善的系统。

### (2) 层次性观点

层次性又叫层级性或等级性。系统作为一个相互作用的诸要素的总体，它可以分解为一系列的子系统，并存在一定的层次结构，这是系统空间结构的特定形式。在系统层次结构中表述了在不同层次子系统之间的从属关系或相互作用关系。构成系统的要素本身也是一个系统。无论大系统，还是小系统，其向下延伸，都具有自己的子系统，而子系统又有其构成要素，如此推延以至无穷。系统内部诸要素之间，系统与要素之间，如果具有分明的层次性或等级性，那么系统的功效就高；反之，如果系统的层次混乱，功效就会降低。因为层次的混乱，实是结构的不合理，就必然导致系统功能的减弱或抵消。

### (3) 有序性观点

系统的有序性，是系统内部的诸要素以及同外部环境的有机联系与层次结构的反映，稳定的联系构成一定的层次结构，形成系统的有序性。所谓“有序”，是指信息量的增加，组织化程度的增强，系统由较低级的结构变为较高级的结构；反之，就是无序。“有序”主要表现于三个方面。一是纵向有序，从垂直方向看，一般系统中有大系统、系统、子系统、要素等，等级分明，井然有序，这种稳定的层次联系便构成了系统的纵向有序。二是横向有序，从水平方向看，系统的各要素之间，系统与环境之间，以及各系统之间，一旦形成有序的联系，便构成系统结构，呈现系统的横向有序。三是过程有序，也叫动态有序。系统的有序发展一般是从较低级的有序状态走向较高级的有序状态，系统的有序性是在发展中构建和完善的。作为“序”，不是凝固不变的恒量，它是一个不断更新的变量。

### (4) 相关性观点

相关性又叫关联性，表现为系统诸要素始终处于一种相互联系、相互依存、相互作用的状态，系统与环境之间也同样处于这种状态之中。其中某一要素发生变化，其它要素也将随之变化。系统的整体性主要是研究系统功能性或整体效应，而系统的相关性则是研究系统的整体为什么能够具有这种整体功能性。因此说，相关性是整体的具体化、深刻化，系统内部诸要素之间的有机关联性，是指处于系统整体中的部分（要素）不论是否能独立存在，它只有在整体中才能体现存在的价值；而且在整体中其所处位置不同，其价值也将有别。系统内部要素之间、要素与整体之间的有机关联性只有在系统的动态中，即在运动过程中才能体现出来。系统的相关性还表现在系统整体与外部环境的有机关联上，使系统具有开放性的性质。

## 2.4 协同学理论

协同学是 20 世纪 70 年代初联邦德国理论物理学家哈肯<sup>117</sup>创立的，是研究系统从无序到有序的演化规律的新兴综合性学科。

协同学研究系统在外参量的驱动下和在子系统之间的相互作用下，以自组织的方式在宏观尺度上形成空间、时间或功能有序结构的条件、特点及其演化规律。协同系统的状态由一组状态参量来描述。这些状态参量随时间变化的快慢程度是不相同的，当系统逐渐接近于发生显著质变的临界点时，变化慢的状态参量的数目就会越来越少，有时甚至只有一个或少数几个。这些为数不多的慢变化参量就完全确定了系统的宏观行为并表征系统的有序化程度，故称序参量。那些为数众多的变化快的状态参量就由序参量支配，并可绝热地将他们消去。协同学的主要内容就是研究系统的各种非平衡状态和不稳定性（又称非平衡相变）。协同学在物理学、化学、生物学、天文学、经济学、社会学以及管理科学等许多方面都有广泛的应用。

在协同学中，哈肯把协同定义为：系统的各部分之间相互协作，使整个系统形成微个体层次所不存在的新质的结构和特征。随着系统科学研究的不断深入，管理界也逐渐接受了协同的观点。在企业管理学界，首先提出“协同”理念的是美国战略理论研究专家依戈尔·安索夫(H. L. Ansof)把协同作为公司战略要素之一，并确立了协同的经济学含义。他指出所谓协同，就是指企业通过各业务单元的相互协作，可以使企业整体的价值大于各独立组成部分价值的简单加总。简单地说，就是“1+1>2”，即指为实现系统总体演进的目标，各子系统或各要素之间相互协作、配合、促进，形成良性循环态势。协同正成为经济全球化时代经济运行的最重要的趋势之一。

### 2.4.1 序参量及支配原理

哈肯研究各类不同系统在相变时的性质，发现它们在相变过程中，其众多状态参量中有的所起作用大，有的起的作用小；起作用大的参量不仅决定了系统相变的特点和性质，而且决定了其他参量的变化。他发现只要分析清楚了这些参量的演化规律，其他参量的演化特点也就随之了解了。对这类现象加以总结，哈肯提出了序参量及支配原理<sup>118</sup>。

一个远离平衡态的开放系统，当外参量的变化使系统达到某个临界点时，系统的状态或结构就会失衡，其内部各子系统及其参量的地位、作用、能量、力量



的分布情况都会发生剧烈的改变，形成两类不同性质的系统参量。绝大多数的系统参量仅在短时间内起作用，它们临界阻尼大、衰减快，对系统的演化过程、临界特征和发展前途，不起明显作用，这类参量称快弛豫参量，其对应的系统状态也称为稳定模。另有少数参量，它们出现临界无阻尼现象，在演化过程中从始至终都起作用，并能得到多数子系统的相应，起着支配子系统行为的主导作用，所以系统演化的速度和过程都由它们决定，这就是慢弛豫参量，其对应的系统状态也称为非稳定模。慢弛豫参量的变化决定了系统的相变，而快弛豫参量的变化则与系统的相变无关，快弛豫参量本身的变化要受到少数慢弛豫参量的支配。慢弛豫参量就是序参量，这就是支配原理的基本思想。

序参量是描述系统宏观有序度或宏观模式的参量。它旨在描述系统在时间的进程中会处于什么样的有序状态，具有什么样的有序结构和性能，运行于什么样的模式之中，以什么样的模式存在和变化等。它在对系统的宏观描述和微观描述方面具有双重意义和作用，这是因为序参量在整个系统的运行中，在其内部和外部的相互作用中举足轻重，具有决定性的作用，居于某种主导地位。序参量支配和规定着各种微观了系统的有序状态、结构性能以及有序度的变化。由于各子系统及其参量受少数序参量支配，跟随序参量运行，所以整个系统的行为也是由序参量的行为所决定，受序参量控制，在序参量的主导作用下进行有组织的、有规则的运动。但序参量的支配作用并不是绝对的，各子系统及其参量对序参量也有反作用。这主要体现在两个方面：一是序参量是在各子系统及其参量的共同作用中形成的，是在集体运作中产生的；二是某些子系统及其参量的行为可以成长为决定整个系统秩序的一种模式，它们能够在一定的过程中经过放大扩充变成起支配作用的序参量。

系统中若存在几个序参量，其相互之间必然既相互依赖，又相互竞争，每个序参量都决定着系统的一个宏观结构及相应的微观状态。系统究竟形成何种有序结构，就要由这些序参量的协同合作和竞争来决定。

### 2.4.2 自组织

在一定的环境条件下，由系统内部自身组织起来，并通过各种形式的信息反馈来控制 and 强化这种组织的结构称为自组织结构，相应的描述和分析方法称为自组织理论，它是协同学的核心理论<sup>119</sup>。在协同系统中，从无序状态转变为有序状态，或从一种有序状态转变为另一种新的有序状态，首先需要环境提供能量和物质，这就意味着这个协同系统必须是开放系统。然而系统在发生相变的前后，外

部环境并未发生质的变化。显然，系统的有序结构和功能是自发形成的，是大量子系统之间既有竞争又相互合作，彼此联合一致、共同行动的结果；是系统本身所固有的不断协调各子系统彼此之间的关系以消除紊乱而同化为一个有机整体并向新的有序方向发展的内在组织能力，这种作用和行动没有外部命令的支配。

在协同系统中，序参量是通过自组织状态来维持的。尽管其他参量的变化也会影响到序参量，使序参量呈现出波动，但序参量总能通过正反馈来加强自身并直至饱和为止。子系统间不同关联和耦合形式决定了系统的不同宏观结构，这集中体现在序参量对子系统的反馈控制的不同机理上，然而，由序参量支配子系统有序结构的规律却是一样的。为了描述各个子系统中出现的自组织现象，就必须借助于信息控制系统。系统信息的作用体现在序参量的变化上，当序参量变化时它通过信息反馈来控制子系统的行为。序参量起着双重作用：一方面，它通知各要素如何行动，又告诉观察者系统的宏观有序情况。另一方面，从子系统的角度来看，控制参量的变化，起着改变子系统间关联强弱和改变子系统独立运动和协同运动相对地位的作用，因此外部环境控制的作用也是不能忽略的。没有外部环境提供促成子系统之间关联的转化条件，系统是不可能产生自组织的。外界以无规则的形式给系统提供能量和物质，而系统的自组织特性则将这些无规则的能量和物质转化成为有序形式。

自组织<sup>120</sup>，就是通过低层次客体的局域的相互作用而形成的高层次的结构、功能有序模式的不由外部特定干预和内部控制者指令的自发过程，由此而形成的有序的较复杂的系统称为自组织系统。由此，自组织的关键问题就是一个系统从混沌到有序以及序的增长何以可能的问题。

①自组织系统首先是一个有组织系统，即以有秩序的方式、有相对稳定的结构功能模式的方式存在着的系统。

②自组织系统必须在它的形成和发展过程中，其有序度随着时间推移而增加。

③自组织过程必须是一个不由外界干预也不由系统控制者的特定指令而形成的过程。

### 2.4.3 供应链协同

随着科学技术与信息技术的飞速发展，世界经济全球化进程的加快，围绕新产品的市场竞争日趋激烈。技术进步和需求多样化使得产品的生命周期不断缩短，顾客对产品质量和服务质量的要求日益提高，市场环境瞬息万变。如何在市场中取得竞争优势，对市场环境的变化做出快速反应，有效地提供顾客满意的产品和

服务,已成为企业生存与发展所面临的主要问题。市场变化的不确定性在增加,企业面临着巨大的压力,企业没有能力也没有必要承担提供其产品或服务所涉及的所有阶段,业务外包和企业间的合作越来越广泛,企业之间的竞争最终体现为供应链之间的竞争。只有实现供应链的协同,通过供应链上的成员企业之间的密切配合以及所有运营流程之间的“无缝对接”,才能使供应链作为一个有机整体,敏捷应对快速变化的市场环境,增强供应链竞争力,为顾客提供高质量的产品和服务。在这个过程中除了供应链获得了整体优势,在与其他供应链的竞争中取得优势外,供应链上的成员企业也能够通过协作获得更多的利润分配,同时增强和保持自己的竞争力<sup>121</sup>。

### (1) 供应链协同的涵义

鉴于供应链协同的重要意义,供应链协同已经成为供应链管理的新理念,在理论界也引起了学者们的研究。1999年4月,全球著名的供应链管理专家 David Anderson 和 Hau Lee 明确指出,新一代的供应链战略就是协同供应链<sup>122</sup>。强调供应链上合作伙伴的协同工作,以快速应对客户的需求,保持合作体各成员的竞争优势,获取更大利润。但是,到目前并没有一个明确的定义。不同的学者对供应链协同有着不同的定义或说明。

供应链协同从涵盖企业供应商、分销商、合作伙伴以及客户在内的整个供应链的角度,以全球化和客户需求为导向,依赖信息技术,加强与上下游企业之间信息和资源共享以及业务协作,实现共同的战略目标。

邹辉霞<sup>123</sup>提出供应链协同指的是供应链上各个节点企业,为实现供应链的整体目标而共同制定相关计划、实施策略和运作规则,并共同约定承担相应责任,使供应链各成员企业协调同步,各环节无缝对接。

供应链协同 SCC(Supply Chain Collaboration)是供应链管理发展的新方向,是供应链业务流程顺畅连续的一种连接方式,是更有效地利用和管理资源的一种手段。从提出开始,供应链协同就得到了理论界和企业界的广泛重视,并取得了一批研究成果。供应链协同是企业发展核心竞争力、做大做强的需要,也是顺应时代潮流的需要;供应链协同能更好地满足用户个性化需求,也能更好地提升整条供应链的竞争力。

供应链协同的基本思想就是以全球市场和客户需求为导向,以提高全球市场占有率和获取最大利润为目标,以协同商务、相互信任和双赢机制为商业运作模式,以核心企业为主,通过运用现代研发技术、制造技术、管理技术、信息技术和过程控制技术,达到整个供应链上的信息流、物流和资金流的有效规划和控制,从而将客户、研发中心、供应商、制造商、销售商和服务商等合作伙伴连成一个完整的网络结构,形成一个极具竞争力的全球供应链战略联盟,即供应链协同应

以信息的自由交流，知识创新成果的共享，相互信任，协同决策，无缝连接的运作流程和共同战略目标为基础。

### (2) 供应链协同的功能

供应链上的企业充分协同，共享有关信息，可以有效地缩短供应链的提前期，降低安全库存水平，提高供应链企业的竞争力。

高效协同的供应链能为客户提供可靠、快速响应的服务，使大规模定制化生产成为可能，提高客户服务水平。

供应链上企业通过共享库存信息、销售数据及用户订货等信息，可以大大提高供应链上的企业在生产销售方面的准确度，减少供应链中的不确定性给企业带来的损失。

通过供应链上企业之间的协同，群策群力，各自从事自己擅长的事情，可加快新产品的研发速度，降低新产品的研发难度。

供应链管理中常常会遇到一些异常事件，诸如订单的取消、错误的订单等，在供应链节点企业协同较好的前提下，可加快应对这些异常事件的速度。<sup>124</sup>

### (3) 供应链系统的协同层次

按照管理的层次可以将供应链协同层次分为战略层协同、战术层协同和操作层协同<sup>125126127128</sup>。在三个层次中，战略层协同处于最高层次。战略层协同的主要内容包括根据企业的规模、核心能力选择合适的模式，选择合作伙伴，与其建立企业战略联盟，在共同协商建立供应链运作模式、供应链保障机制的框架下建立战略合作关系。在此层次，供应链协同的主要内容包括投资规划、风险承担、收益分配、信息协同以及标准统一等，在战略协同层次关键需要建立信任机制。战略层协同直接决定了战术层协同和操作层协同的模式、范围以及程度，决定了供应链的长远发展规划。

供应链战术层协同处于中间层次，供应链战术层协同的主要内容包括具有直接供需关系的上下游企业间的需求协同、产品设计协同、库存协同、生产协同、物流协同、采购协同等。战术层协同是供应链协同研究的关键内容。为了保障供应链战术层的协同，需要建立相应的约束与激励机制。

供应链操作层协同处于最低层次，是战术层协同和战略层协同的基础和前提，为战略协同和运作协同提供有力的支持。操作层协同主要通过各种协同技术的支持实现供应链的信息协同和同步运作。协同技术主要包括信息技术、多智能体技术、 workflow 管理技术以及应用软件技术等。

从管理的范围和幅度上来说，以上三个层次构成了供应链协同的所有内容，它们之间紧密联系，不可分割。具体来说战略协同和战术协同的所有内容都依赖于操作层协同，同时战略协同和战术协同又贯穿于整个供应链的运作过程中。

## 2.5 食品冷链物流系统协同理论体系框架

以系统论基础为研究起点，应用食品理论、物流理论，对食品冷链物流系统进行分析。在协同学理论基础上，将序参量理论应用在食品冷链物流系统中。由此形成食品冷链物流系统协同的理论体系框架，如图 2-8 所示。

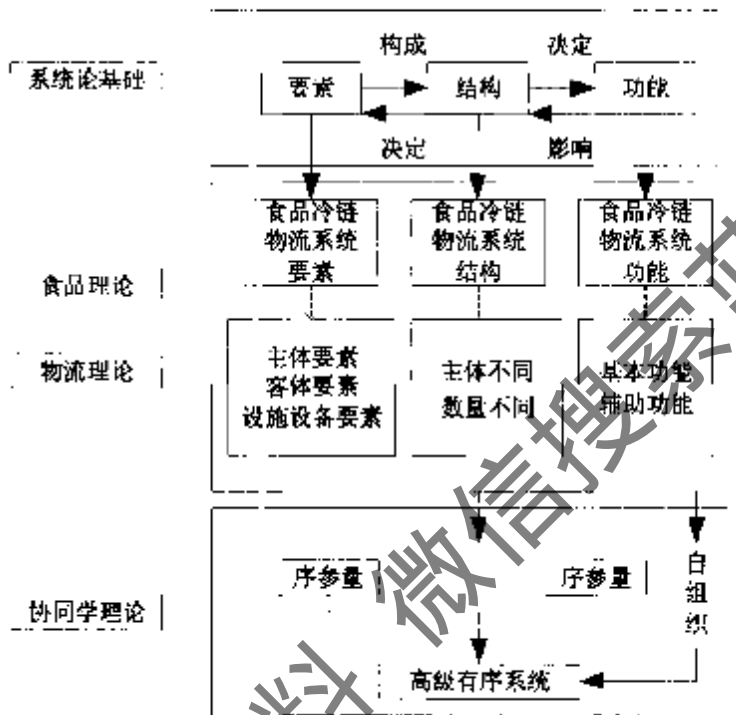


图 2-8 食品冷链物流系统协同理论体系框架

Fig.2-8 Theory framework of food cold chain logistics system collaboration

本文所提出的食品冷链物流协同理论体系由系统论基础、食品理论和物流理论以及协同学理论构成。其中系统论是整个理论体系的基础；食品理论和物流理论处于理论体系的中层层次，在系统论的基础上对食品冷链物流进行系统分析；协同学则在系统论以及供应链理论的基础上，将序参量的相关理论运用于食品冷链物流系统中，运用序参量对食品冷链物流系统的协同模型进行了分析。

在系统论中要素、结构与功能是描述一个系统最为重要的三个方面。要素是系统的基本组成部分，要素的组合方式就是系统的结构。要素和结构是构成系统的两个缺一不可的方面，系统是要素与结构的统一，要素和结构共同决定了系统的功能；反过来，系统的功能又会对系统的结构具有反作用，促使结构发生改变。系统存在于环境中，其存在和功能的发挥会作用于环境，对环境产生影响；同时，外部环境的任何变化都会对系统产生影响。

在食品冷链物流协同理论体系的第二层次，将系统论的基础理论及其分析方法应用到食品理论和物流理论中，对食品冷链物流进行了系统分析。具体来说，分析了食品冷链物流的要素、结构以及功能。食品冷链物流要素是食品冷链物流系统的基本组成部分，其组合方式就是系统的结构，要素与结构两者共同决定了食品冷链物流系统的功能。

在食品冷链物流协同理论体系的第三层次，运用协同学理论对食品冷链物流系统进行了分析，目的在于研究食品冷链物流系统的演化规律并找出这个过程中的关键因素。在研究过程中需要找出系统的状态参量并根据状态参量的变化规律找出系统的序参量，从而得出食品冷链物流系统在演化过程中的支配因素。

## 2.6 本章小结

食品冷链物流系统协同研究的理论基础主要包括食品理论、物流理论、系统论基础以及协同学等多学科的理论与方法。在理论研究的基础上，提出食品冷链物流协同理论体系框架。主要理论总结如下：

- (1) 食品理论。在食品的分类的基础上，阐述了食品质量与食品安全的定义、食品安全的影响因素以及食品的冷藏原理及原则。
- (2) 物流相关理论。阐述了物流系统论以及供应链理论。
- (3) 系统论基础。阐述了系统构成理论、动态系统理论以及系统的特征。
- (4) 协同学理论。阐述了序参量及支配原理、自组织理论、供应链协同的研究成果。
- (5) 食品冷链物流系统协同理论体系框架。理论体系框架说明了多个理论之间的逻辑关系，为分析食品冷链物流系统协同的研究提供理论基础。

### 3 食品冷链物流系统分析

研究食品冷链物流系统的协同，首先对协同的对象——食品冷链物流系统进行分析。对食品冷链物流系统进行全面分析是研究其协同的基础。依据系统论<sup>[29]</sup>思想，论文分析系统要素、结构和功能，分析其特性。逻辑结构如图 3-1 所示。食品冷链物流系统的要素主要包括主体要素、客体要素和设施设备要素。不同要素构成了系统不同的结构，结构包括主体不同的结构和数量与规模不同的结构，要素与结构共同决定了系统不同的功能，系统的功能主要包括基本功能和辅助功能。在此基础上，分析其特性。

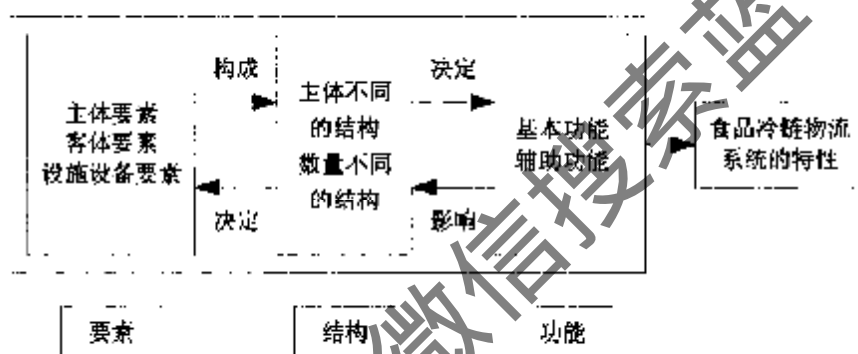


图 3-1 食品冷链物流系统分析过程  
Fig.3-1 Analysis process of food cold chain logistics system

#### 3.1 食品冷链物流系统的要素分析

要素分析是系统研究的基础。按照不同的分类标准，食品冷链物流系统的构成要素有多种。依据生产力三要素理论，系统可以分为劳动者、劳动对象、劳动工具三个基本要素，本文将食品冷链物流系统分为主体、客体和设施设备三大类要素进行分析，见图 3-2。主体要素一般包括食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发及零售商、餐饮服务商、消费者、食品冷链物流商以及食品冷链物流管理部门等主要主体。客体要素根据食品温度要求的不同可以分为四类：冷却食品、冻结食品、冰鲜食品和超低温食品。设施设备要素主要包括食品冷链运输设备、储存设施等。

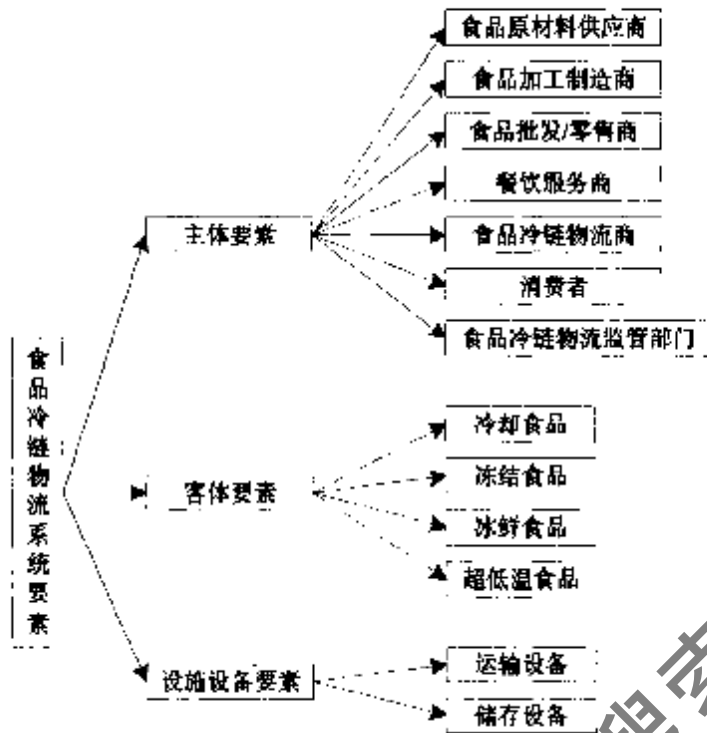


图 3-2 食品冷链物流系统要素  
Fig.3-2 Elements of food cold chain logistics

### 3.1.1 食品冷链物流系统的主体要素

主体要素是以食品冷链系统物流运作的主体作为研究对象。一般的食品冷链物流系统的主体包括食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发及零售商、餐饮服务商、消费者、食品冷链物流商以及食品冷链物流管理部门等主要主体。如图 3-3 所示。

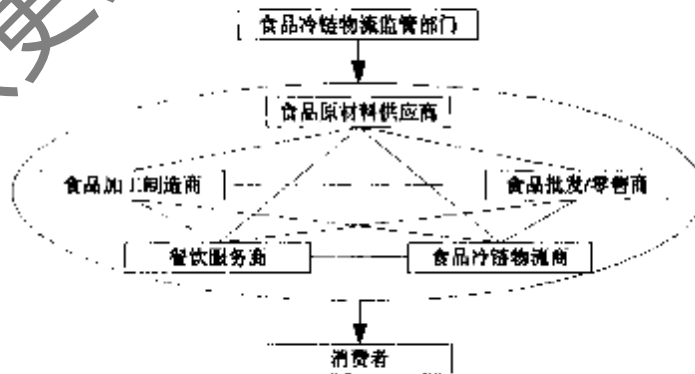


图 3-3 食品冷链物流系统主体要素  
Fig.3-3 Main subjects of food cold chain logistics system



#### (1) 冷链食品原材料供应商

食品原材料供应商是食品冷链物流的源头，主要的作用是提供食品原材料。食品原材料指的是肉奶禽蛋及海产品等初级农副产品，主要由农林牧渔业的种植养殖企业或个体农民等来提供，供应商构成上具有特殊性。

个体农民作为食品原材料的供应商，生产规模小而且非常分散。从数量特征上看，农民作为供应商其数量弹性很大，有时可少至百十人，有时又可以多至成千上万甚至更多。例如，伊利集团带动了 20 多万农户进行牧业生产和原奶供应。供应商数量上的这种巨大性在其他行业中是少见的。

个体农民运输和储存农产品过程中，农产品以自然形态为主，一般是保持其收获时的原有状态，清洗、分级、包装和预加工等处理措施较少采用，即使有也只是为了方便运输、减少损耗进行的初级包装。事实上有些蔬菜和水果最佳的保存状态是进行预冷，这对后期食品质量有很大影响<sup>130</sup>。

部分以企业形式存在的果蔬、禽畜生产基地同样是食品原材料供应主体的重要组成部分。现代化的农业生产基地对基地的环境，包括土壤、空气、水等方面要求非常严格，规模化的生产方式有利于冷冻冷藏技术的应用。企业化的组织形式易于制定标准化的生产流程和操作标准，保证食品品质的一致性，信息收集的规范化也方便实现食品的可追溯。

食品原材料供应商很多，无论是种植养殖企业或个体农民，如成为冷链物流运作主体的食品原材料供应商，应该具备相应的冷冻冷藏设施设备，对食品进行相应的冷冻冷藏处理。由于冷链物流的高门槛，在数量巨大的食品原材料供应商中，成为冷链物流主体的种植养殖企业或个体农民数量不多。

#### (2) 冷链食品加工制造商

很多食品需要加工制造才能食用，在相应的温度和湿度环境中进行加工制造才能保持食品的品质。

食品的加工制造是保障食品安全的非常重要的一环<sup>131</sup>，近年来发生的一系列食品安全事件等都是在加工制造环节发生的问题。食品在加工制造过程中，其质量安全可能受到影响因素是多方面的，包括食品加工与储藏过程中温度控制不当；食品冷却过程不当，即不能在规定时间内冷却至规定温度。在全社会对食品质量安全越来越关注的情况下，应在食品加工制造企业中推广质量管理策略，并结合全面质量管理理论和食品加工的特点，通过对整个食品加工过程进行监测，使食品一直处在规定的温度范围内，增强食品的安全性<sup>132</sup>。

由于成规模的第三方冷链物流企业缺乏，为保证食品质量，多数食品加工制造商自营物流业务。加工制造商的正向物流业务主要包括供应物流、生产物流和销售物流。在冷链物流系统中，供应物流和销售物流是和其他企业相关联的，而

多数大型食品加工制造商处于核心位置，为确保食品安全，供应物流和销售物流业务多数也是自营的。例如双汇集团的冷链物流业务做得比第三方冷链物流企业还要大。

### (3) 冷链食品批发与零售商

批发商以少品种大批量食品，物流简单量大为特征，连接制造商与零售商。零售商以多品种小批量，物流复杂量小为特征，连接批发商与最终消费者<sup>133</sup>。随着经济的发展，越来越多的连锁食品零售商与制造商直接交易，而一些食品批发商也直接销售给最终消费者。食品批发与零售业务的区别越来越小。所以在本文的研究中，将食品批发商与零售商不加严格区分，作为一个主体来进行研究。

食品批发零售商是食品物流过程中的重要一环，是连接食品加工制造商和消费者的桥梁和纽带，主要包括连锁超市和农贸市场等。

在我国多数城市乡镇，超市已经成为广大消费者购买日常食品的主要场所，超市在人们生活中占据越来越重要的位置。而与其他食品销售渠道尤其是与农贸市场相比，超市是食品销售环节更安全的渠道。超市环境干净整洁，购物方便舒适。在超市里，有空调、冷藏保鲜柜等大型设施，地面上没有脏水、污垢，这些是农贸市场难以做到的。

不过也有一部分超市，由于对食品配送过程的温度控制方面并没有明确的要求，致使供应商为了节省成本，在生鲜食品的送货过程中用棉被加冰块的方式代替冷藏车运输，造成了食品品质的下降，有害细菌的滋生影响了食品安全。例如，在超市销售的很多冰淇淋都是变形的，其实这都是在运输途中融化后，到了超市再冻上的，这种做法严重影响了冰淇淋的口味。而一些实力较弱的超市，没有冷链物流的支撑，使得生鲜食品的补给不及时，出现部分食品缺货，或者不新鲜食品仍在出售。

由于我国的特殊国情，农贸市场在中小城市以及不发达地区依然是消费者购买食品的主要选择。而冷链物流的“最后一公里”问题在农贸市场的食品销售环节最为明显。大部分的农贸市场加工手段简陋，进货渠道混乱，卫生条件差，并且很多市场都是露天的。而且农贸市场的物流设施、设备落后，尤其是冷库、冷柜等温控设备缺乏，生鲜食品的质量无法得到保证，造成了很大浪费。另外农贸市场的众多销售商贩经营规模小，信息化程度低，以致食品缺乏可追溯性。尽管农贸市场在食品销售方面存在的问题很多，但是它依然是现阶段我国生鲜食品销售渠道的重要补充，通过将多种流通渠道连接在一起形成网络，贯通了城乡之间、地区之间的联系，应采取相应措施对其加以规范和治理。

大型连锁零售商一般情况下自营食品冷链物流，农贸市场的物流以供应商提供物流服务为主。

#### (4) 餐饮服务商

随着生活节奏的加快和收入的增加，越来越多的人选择到饭店就餐，并逐渐成为一种饮食消费时尚。这使得餐饮服务商逐渐成为食品冷链物流上非常重要的一环。

餐饮企业运作的第一个环节就是食品原材料的供应，而多数食品的易腐烂性以及新鲜度对菜肴口味的影响决定了这些食品必须采用冷藏运输，在最短的时间内送达餐饮企业，这样才能保证食品的安全与高质量，因而高效、可靠的冷链配送对于餐饮企业非常重要。

由于食品是直接入口的，在这一点上不同于其他产品，因此对于餐饮企业食品安全卫生的要求也特别严格。菜点加工的场所内要备有必要的冷冻冷藏设备，生鲜食品要在冷柜内储存，加工剩余的原材料也要及时放入冷柜里，要严格控制菜肴的加工制作时间，对超过加工时间或过期变质的食品必须作回收处理。

餐饮服务商一般情况下自备冷库，小型企业依赖于供应商提供冷链物流，大型企业自备冷藏车，进行自营物流。

#### (5) 冷链食品物流商

食品冷链物流企业作为专业化的第三方物流公司，理论上可以承担食品冷链上的所有物流活动，运用先进的低温冷藏技术在从原材料供应商、食品加工商、食品批发零售商一直到最终消费者整个物流流程中，通过提供专业的冷链物流服务，保证生鲜食品始终处于适宜的温度和湿度环境下，确保食品的质量。

不同食品对温度、湿度、储存期都有不同的要求。对于物流企业来讲，在设备技术和管理上的要求会更高，这就需要物流企业在硬件和软件上有大量的资金投入，加上冷链物流行业经营风险大、配送半径对业务量扩大的限制以及服务质量要求严格等特点，使得多数第三方物流企业都不敢贸然进入冷链物流行业，这也是造成我国冷链物流业发展缓慢的要因。在我国很多冷链物流企业都是从传统的冷库经营企业发展而来，其经营理念与管理体制还没有真正完成从单纯仓储型向配送服务型转变，另外其冷冻冷藏设施设备陈旧，制冷设备效率低，部分企业冷藏车管理不严格，司机为节省油料不开制冷机或少开制冷机，制冷量不够，致使货厢达不到冷藏运输温度的要求，导致食品变质，这些都严重影响物流的质量，降低了客户对冷链物流企业的信任度。随着冷链物流市场的进一步规范，将有越来越多的食品企业选择将自己的冷藏物流业务外包出去。市场需求的增大必将促进冷链物流企业的快速发展。

#### (6) 冷链食品消费者

处于整个食品冷链末端的消费者是冷链物流系统不可或缺的组成部分。消费者的饮食结构、食品需求等方面的变化，对于食品冷链物流的运作也将产生决定

性的影响,例如随着人们对健康饮食的逐渐重视,绿色食品、有机农业等悄然兴起;同样人们生活节奏的加快以及对食品安全的关注,对于冷冻冷藏食品需求量的增加,带动了冷链物流业的发展,这一切都来源于消费者食品需求特点的变化。对于食品冷链上的主体企业来说,要时刻关注消费者的食品消费倾向、了解消费者的饮食习惯,最好能做到培育和引导新的食品消费时尚,并随时根据消费者需求变化调整自己的策略。

消费者一般家里会备有冰箱来保证食品的品质,但一般情况下,从超市或农贸市场购买食品至家庭的运输途中一直处于温度无法控制状态。消费者是食品冷链物流的重要驱动力量,但由于上述原因,在下文食品冷链物流系统结构的研究中,没有作为一个重要的主体进行深入研究。

#### (7) 食品冷链物流监管部门

现代食品冷链物流不仅是一种企业行为,也是关系到食品卫生和人民健康的大事,加强对冷链物流的质量监管,是全社会共同的责任,需要企业与政府相关部门共同努力。三鹿奶粉事件暴露了我国食品监管缺失问题,目前政府更多关注食品的产地、卫生状况等问题,对于冷链物流的质量缺乏有效的监管。政府部门要强化全程冷链物流的管理,不能只对某个节点的食品温度、卫生等进行监控,要建立对整个食品物流的跟踪监控体系,促进冷链物流运作水平的提高。另外,加大食品安全、运输、储存、卫生检疫等方面执法力度,坚决查处违规企业,杜绝食品安全隐患。

### 3.1.2 食品冷链物流系统的客体要素

食品冷链物流的客体要素即物流的对象是食品。食品是人类食用的物品,是一次性消费品,卫生要求高,大部分食品是人们的生活必需品,市场需求弹性小<sup>134</sup>。本论文从温度角度对食品进一步分析。

不同食品根据温度要求的不同可以分为四类:冷却食品、冻结食品、冰鲜食品和超低温食品<sup>135</sup>。

#### (1) 冷却食品

将食品的温度下降到食品冻结点以上的某一合适温度。通常其物流过程的温度上限是7℃,下限为0至4℃之间的值。这样食品经冷却后,可适当延长它的储藏期,并能保持新鲜状态。经过预冷的蔬菜、水果、水产品、乳制品等都可以采用这种方式。但是在这种温度下,细菌等微生物还能继续生长,因此这种方式只能作为食品的短期储存。以水果和蔬菜的冷藏为例来分析冷却食品的特点。

## ①水果的冷藏

水果经冷却后进行冷藏。由于水果的种类、品种不同，对低温的适应能力并不一样（见表 3-1）。生长在热带和亚热带的水果，例如香蕉、芒果、柠檬、菠萝、柑橘等，对低温伤害都很敏感。某些温带水果，例如苹果和梨的早、中熟品种，也不耐结冰点附近的低温。一般地来说，温带水果忍受低温的限度为 0—4℃；柑橘、菠萝等能忍受的低温大约为 6—9℃，香蕉能忍受的最低温度为 12℃。为了防止低温伤害，应采用稍高的温度储存。

表 3-1 一些水果的冷藏条件与储存期  
Tab.3-1 Refrigeration condition and reserve period of some fruits

水果种类	冷藏温度 (℃)	相对湿度 (%)	储存期 (天)
苹果	-1.1—4	90	90—240
桃	-0.6—0	90	14—28
梨	-1.1—0.6	90—95	60—210
李	-0.6—0	90—95	14—28
葡萄	-1.1—0.6	90—95	90—180
香蕉	13.3—14.4	90—95	14—21
菠萝	7.2—12.8	85—90	14—28
芒果	10—12	80—85	14—21
橘子	5—8	85—90	21—56
柠檬	14.4—15.6	85—90	7—42

## ②蔬菜的冷藏

蔬菜中有些种类对低温很敏感，容易产生低温伤害，如黄瓜、茄子、西红柿等。见表 3-2。

表 3-2 一些蔬菜的冷藏条件与储存期  
Tab.3-2 Refrigeration condition and reserve period of some vegetables

蔬菜种类	冷藏温度 (℃)	相对湿度 (%)	储存期 (天)
青番茄	12	90—95	21
红番茄	7—10	90—95	7
黄瓜	7—10	90—95	10—14
青椒	7—10	90—95	14—21
带荚青豌豆	0	90—95	7—21
花菜	0	90—95	14—28
白菜	0	90—95	60
菠菜	0	90—95	7—14
土豆	7	80—90	112—168

## (2) 冻结食品

将食品的温度下降到食品冻结点以下的某一预定温度，一般要求整个物流过程保持在 $-18^{\circ}\text{C}$ 以下，使食品中绝大部分的水形成冰结晶，这就使微生物的生命活动及酶的生化作用受到抑制，实现食品长期储存的目的。冻结食品的货架期是温度的函数，温度越低，货架期越长。

对于已冻结的食品来说，储存温度越低，品质保持也越好。但是考虑到设备费、电费在日常运转费用时，就存在一个经济性问题。另外有些农产品和渔获物都是一年一度的收获或渔获，食品的储存期太长没有实际意义。 $-18^{\circ}\text{C}$ 对于大部分冻结食品来讲是最经济的储存温度，在此温度下大部分冻结食品可储存一年时间而不失去商品价值。国际制冷学会所推荐的各种冻结食品的储存温度与实用储存期如表 3-3 所示。

表 3-3 冻结食品的储存温度和实用储存期 (月)  
Tab.3-3 Reserve temperature and period of some frozen food unit:month

冻结食品种类	$-18^{\circ}\text{C}$ 储存期	$-25^{\circ}\text{C}$ 储存期	$-30^{\circ}\text{C}$ 储存期
牛白条肉	12	18	24
小牛白条肉	9	12	24
羊白条肉	9	12	24
猪白条肉	6	12	15
少脂肪鱼	8	18	24
多脂肪鱼	4	8	12
虾	6	12	12
加糖的桃、杏或櫻桃	12	18	24
不加糖的桃、杏或櫻桃	12	18	24
加糖的草莓	18	>24	>24
柑橘类或其他水果的果汁	24	>24	>24
扁豆	18	>24	>24
胡萝卜	18	>24	>24
菜花	15	24	>24

## (3) 冰鲜食品

在物流过程中，将某些畜肉产品或水产品储藏在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下至各自的冻结点的范围内，属于非冻结保存，食品新鲜度较高，可延长食品储藏期，但物流过程要求温度控制的范围较小，一般为 $-2^{\circ}\text{C}$ 至 $0^{\circ}\text{C}$ ，故技术难度较高。

以冷却肉的冷藏为例。冷却肉的冷藏只是一种短期的储存手段，必须注意其储存期限。因为冷却肉的水分没有冻结，且储存在 $0^{\circ}\text{C}$ 左右的温度下，这样对于导致食品腐败变质的微生物和酶的抑制作用是有限的，若储存时间过长，易使肉腐败变质。

根据国际制冷学会的资料, 冷却肉在不同的冷藏条件下所对应的储存期限如表 3-4 所示。

表 3-4 冷却肉的冷藏条件和储存期限

Tab.3-4 Refrigeration condition and reserve period of fresh meat

冷却肉种类	温度 (°C)	相对湿度 (%)	储存期 (d)
牛肉	-1.5—0	90	21
小牛肉	-1—0	90	7—21
羊肉	-1—0	85—90	7—14
猪肉	-1.5—0	85—90	7—14
内脏	-1—0	75—80	3

#### (4) 超低温食品

主要用于某些水产品, 如金枪鱼等, 温度要求在 $-45^{\circ}\text{C}$ 以下, 整个物流过程要求至少保持在 $-30^{\circ}\text{C}$ 以下。其品质保持效果明显较好, 货架期也较长。

### 3.1.3 食品冷链物流系统的设施设备要素

同其他物流活动一样, 食品冷链物流功能的实现也需要多种硬件资源的支撑。但食品的特殊性决定了食品冷链物流所需的资源有不同于其他物流活动之处。从设施设备和功能的角度来考虑, 食品冷链物流的每个功能都需要很多的物流资源, 例如运输设备、储存设施、装卸搬运设备、包装设备、物流信息设备等<sup>136</sup>。下面对运输设备、储存设施进行重点分析。

#### (1) 运输设备

运输设备主要是实现冷冻冷藏食品的位置转移。由于整个冷链物流活动中要始终保持食品处于合适的温度, 因此相应的运输设备需要具有制冷、保温的功能。冷链中冷藏运输是非常重要的环节, 不良的运输设备或是运输作业疏忽会使食品暴露于高温环境, 品质立即受到损害, 因此运输设备的选择和使用是冷藏运输顺利运作的关键。冷链物流中使用的主要运输设备有: 冷藏汽车、铁路冷藏车、冷藏船、冷藏集装箱、冷藏飞机等。

随着我国高速公路和高等级公路的迅速发展, 汽车冷藏运输发展很快, 尤其是新型制冷方式的新能源冷藏车, 汽车冷藏运输的优势逐步显露出来。公路运输快捷灵活, 装卸环节少, 减少了装卸中的损耗, 可进行“门到门”服务。铁路冷藏车分加冰冷藏车和机械冷藏车两种。我国铁路冷藏车只有 6970 辆<sup>137</sup>, 而且大多是陈旧的机械式速冻车皮, 规范的保温式保鲜冷藏车稍缺乏。冷藏集装箱由于运

输条件的限制，主要用于外贸进出口，“三栖”冷藏集装箱运输越来越受欢迎，因其具有安全、迅速、简便和省力等特点，所以是冷链物流比较理想的运输方式。

冷链食品运输设备应具备一定的制冷能力以及良好的隔热保温性能，确保运输期间厢体达到规定的温度要求。运输设备应无毒、无害、无异味、无污染，并符合相关食品卫生要求。运输设备厢体应配备温度自动记录装置，以记录厢体内部温度；该装置应安装在厢体外部容易看见的位置，设定的记录点时间间隔不应超过 30 分钟。厢体内不宜放置具有尖角、棱角或突状物等设施或物品，以免损伤食品，造成污染。如果运输设备制冷系统使用对人体健康有危害的冷媒，必须设置警告标志或安全规程<sup>138</sup>。

### (2) 储存设施

在食品冷链物流中，储存设施是延长食品保质期、保证食品质量等工作的主要承担者。储存资源的主要基础设施是冷库。我国的冷库总容量多达 700 多万立方米，但制冷设备和技术落后，且很多冷库只限于肉类、鱼类的冷冻储藏，而当生产淡季和原料资源不足时，冷库往往处于闲置耗能状态。我国重视肉类冷库，轻视果蔬冷库建设；重视城市经营式冷库，轻视产地加工冷库建设；重视大型冷库，轻视批发零售冷库建设。这些主要由政府所有的冷库大多建造年代比较早，功能定位以仓储为主，设备落后，不能满足现代物流的需要。在零售商场内销售时，温度必须在规定范围内，各种食品储藏冷柜都要使食品保存条件符合食品安全标准要求<sup>139</sup>。

冷库内应设温度自动记录仪或温度湿度计；根据需要可设温度湿度自动控制装置。仓储作业工具应根据冷链食品的种类区分开来，防止交叉污染。冷库应符合食品卫生场所要求，应有足够的容量和适当的制冷设备，保证冷库温度达到规定要求，冷库温度波动控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内。冷库设计符合相关规定，宜建有能控制温度在 $15^{\circ}\text{C}$ 以下的封闭式站台，并配有与运输车辆对接的密封装置。冷库门应配有电动空气幕、塑料门帘或回笼间等隔热隔湿装置。

## 3.2 食品冷链物流系统的结构分析

食品冷链物流的结构由不同数量与规模的物流要素，即物流主体、物流客体、物流设施设备构成。冷链物流主体在空间上的布局，很大程度上影响着物流的路线、方向和流程，而物流结构模式，又直接影响着物流运作的成效。合理的物流系统结构，既要求物流设施设备的设置有利于物流快速、高效运作，又要求物流主体、物流客体和物流设施设备互相适应，符合资源优化配置的原则<sup>140</sup>。见图 3-4。



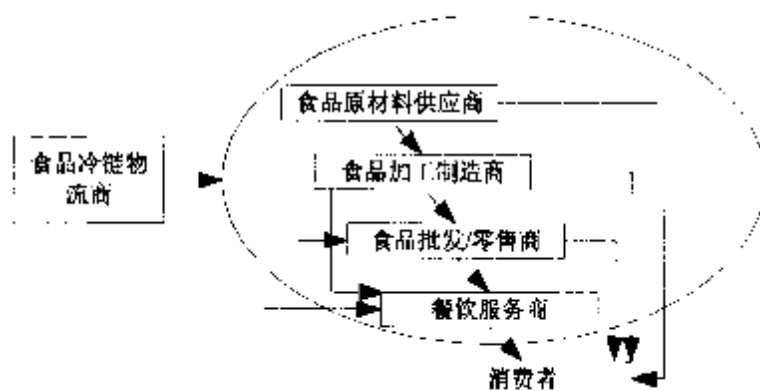


图 3-4 食品冷链物流系统的结构  
Fig.3-4 Structures of food cold chain logistics system

食品冷链物流系统的主体要素如上文所述，包括食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发及零售商、餐饮服务商、消费者、食品冷链物流商以及食品冷链物流管理部门。考虑到食品冷链物流管理部门不具体从事物流业务，因此在研究结构时将物流管理部门没有考虑进来。而最终消费者一般不具备冷藏运输设备，所以将消费者放在食品冷链物流系统外。食品冷链物流商在理论上可以从事从食品原材料供应商到消费者的所有物流活动。为了更好的了解食品冷链物流结构，本文将典型的食品冷链物流结构分为主体构成不同和主体数量与规模不同进行分类两种类型。

### 3.2.1 主体类型不同的结构

为简化研究，食品冷链物流结构研究四个主体：食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发及零售商、食品冷链物流商。见图 3-5，按照物流路径和渠道的不同分为以下六种情况，1a 是食品物流经过食品供应商、食品加工制造商、食品批发和零售商等主体。1b 是 1a 中的所有物流业务由专业的食品冷链物流企业来提供物流服务。同理，2a 和 3a 是食品物流经过两个主体，2b 和 3b 是食品冷链物流企业提供物流服务。

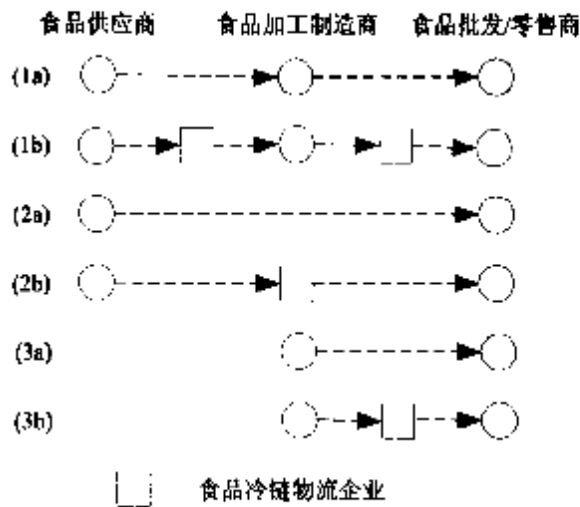


图 3-5 食品冷链物流系统的典型结构  
Fig.3-5 Typical structures of food cold chain logistics system

(1) 按食品冷链物流主体构成分类<sup>[41]</sup>

按食品冷链物流主体构成分类,结构可以分为复杂型和直销型,如表 3-5 所示。

表 3-5 按主体构成分类的结构类型  
Tab.3-5 Structure types according the main subjects

结构类型	物流运作主体	主体数量	主体规模	客体	设施设备
复杂型 (1a,1b)	供应商+制造商+批发/零售商	多	大小不一	需要多种原材料的复杂食品	设施设备复杂,规模大小不一
直销型 (2a,2b,3a,3b)	供应商或制造商+批发/零售商	多	小	例如产地销售的蔬菜、水果等	产地和销地简单预冷,简单保鲜,设施设备规模较小

①复杂型结构

复杂型食品冷链物流的中间环节多,冷链物流运作的主体多,规模大小不一。随着市场对食品消费需求的多样化,食品生产需要的原材料越来越多,加工工艺也更加复杂。食品的原材料可能来自各地的多个供应商,食品生产的供应物流变得非常复杂。同时食品消费地和销售点的分散使得食品冷链物流的运输、配送环节的运作难度加大,整个食品冷链物流的网络结构相对简单型结构庞大得多。例如,汉堡的冷链物流结构就属于这种类型。汉堡的原材料有汉堡酱、鸡肉、牛肉、面包、生菜等,来自各地的供应商通过冷链物流将原材料送到生产企业进行加工,加工好的食品在第一时间运送到各地的销售点,或者将原材料送到销售点进行现场加工。

## ②直销型结构

直销型结构的食品冷链物流主要特点是物流活动的主体少。一般适用于只需简单处理，就可以进行销售的食物，这样食品冷链物流活动便跨越了食品生产商，甚至食品配送中心等节点，直接将原材料供应商和食品销售点联系起来。例如农村种植的蔬菜在收获后，经简单清洗、预冷等处理，用汽车并辅之以简单保鲜措施，迅速的运到城市的农贸市场或超市进行销售。在发展中国家的靠近城镇地区的蔬菜、水果供应多采用这种冷链物流结构。

### (2) 按物流企业的作用分类

按物流企业所起作用的不同，可以将食品冷链物流系统的结构分为物流业务自营型和物流企业参与型两种结构。见表 3-6。

表 3-6 按物流企业作用分类的结构类型  
Tab.3-6 Structure types according the function of logistics enterprise

结构类型	物流运作主体	主体数量	主体规模	客体	设施设备
物流业务自营型 (1a,2a,3a)	加工制造或批发零售企业	多	小	企业生产或销售的食物	规模不一，设施设备个性化
物流企业参与型 (1b,2b,3b)	物流企业主要从事物流业务	少	大	多类型冷链食物	规模大，设施设备社会化、专业化

#### ①物流业务自营型

物流业务自营型结构是指食品冷链上所有的物流业务都是由食品供应商、加工制造商或批发零售商自己来负责规划与运作的。这种类型的结构没有第三方物流企业参与<sup>142</sup>。

#### ②物流企业参与型结构

物流企业参与型结构的物流系统的一个明显特征是冷链物流的社会化程度较高，系统内的物流活动绝大部分是由专业的第三方冷链物流企业来完成。我国冷链物流市场规模虽然日趋扩大，但是由于缺乏专业的冷链物流企业、物流活动的市场化程度很低，严重制约了我国冷链物流的发展。很多食品生产企业和零售商逐渐倾向于将食品物流业务外包给第三方物流企业，这也是我国食品冷链物流未来发展的必然趋势。第三方冷链物流企业通过连接食品加工制造企业和零售商，代替这些企业为客户提供食品物流服务，这些企业则可以将更多的精力放在食品的生产与销售上来，而冷链物流企业则可以发挥专业优势，引进先进的物流设备和技术，提供更为可靠的物流方案，由于同时为多个企业服务，可以通过共同配送等方式，实现规模效益。越来越多的专业化冷链物流企业的出现，将有利于形成一体化的冷链物流运作体系，从而更好的保障食品安全，提高冷链物流的运作效率。物流企业参与型结构的冷链物流系统具有其他结构无法比拟的巨大优势和

发展前景，必将成为冷链物流系统的重要选择，因此也是本文的主要研究对象。

### 3.2.2 主体数量与规模不同的结构

按主体数量与规模不同进行分类，食品冷链物流系统结构可分为对称型、收敛型和分散型三种。见表 3-7。

表 3-7 按主体数量与规模分类的结构类型  
Tab.3-7 Structure types according quantity and scale of main bodies

结构类型	主体数量与规模	客体	设施设备
对称型 (H型)	供应商和客户的数量都少，规模大	加工垄断/销售垄断的食品	设施设备规模大
收敛型 (T型)	供应商数量多、规模小，客户数量少、规模大	生产和消费地距离较远的食品	冷藏运输车辆规模大，冷库小
发散型 (A型)	供应商数量少、规模大，客户数量多、规模小	产地集中，消费地分散的食品	冷藏运输车辆规模小，冷库大

#### (1) 对称型结构 (H型)

对称型结构，是指上游供应商与下游客户的数量与规模基本呈现对等的状态。随着新兴销售业态超市的出现与崛起，食品的传统销售渠道已经逐渐被大型连锁超市所取代，而且这种趋势越来越明显，同时由于部分食品生产企业的规模不断扩大，某些食品趋向于由少数几个大型企业集中供应。这样便形成了对称型食品冷链物流的基本结构。此类结构的特点是食品冷链物流所连接的生产和销售两端都是由少数几个大型企业构成，由于供应商的减少和销售端销量的稳定使得冷链物流的运作效率更高，对冷链物流的高要求增加了物流服务质量的一致性，使食品品质更加可靠。中国的鲜奶业冷链物流就属于这种类型。伊利、蒙牛、光明以及家乐福、沃尔玛等几个大型连锁超市就是对称型食品冷链物流的主体企业。见图 3-6。

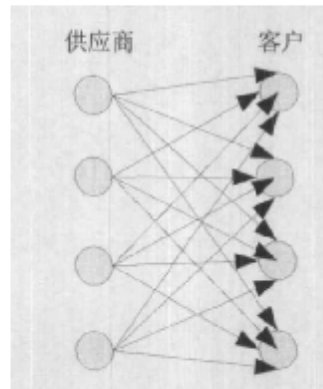


图 3-6 食品冷链物流系统对称型结构

Fig.3-6 Symmetry structure of food cold chain system

### (2) 收敛型结构 (T 型)

收敛型结构,是指上游供应商数量多而规模小,下游客户的数量少而规模大,呈现收敛状态。收敛型结构一般适用于食品产地和消费地相距较远,消费需求差异较大的情况。食品冷链物流的上端,食品供应商多且分布广泛,而下游中间商和销售商相对较少。由于食品的易腐性,食品生产商不可能直接销售自己的食品给终端消费者,需要通过批发商、零售商、冷链物流企业等中间商所提供的服务。例如在海产品的物流过程中,一般是批发商到沿海地区收购海产品,或者渔民自己向城市进行集运,并最终送到各个饭店和海鲜连锁店进行销售。整个冷链物流结构呈现 T 字型的收敛特点。见图 3-7。

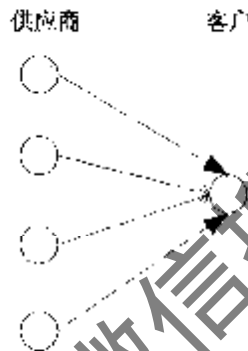


图 3-7 食品冷链物流系统收敛型结构

Fig.3-7 Convergent structure of food cold chain system

### (3) 发散型结构 (A 型)

发散型结构,与收敛型结构刚好相反,是指上游供应商数量少而规模大,下游客户的数量多而规模小,呈现发散状态。发散型的结构一般适用于食品原材料的供应存在地方特色和地域限制,而食品的消费却分布在各地的情况。我国幅员辽阔,各地的自然条件、社会经济条件和技术条件都各不相同,致使食品生产在地理分布上呈现出明显的地域差异。各个区域的主要农产品又是不同的。如号称我国“三大果园”的辽南丘陵、山东丘陵和珠江三角洲三大水果生产基地,三个基地的水果品种各有不同。其他还有山东寿光是我国重要的蔬菜供应基地,河南、四川是我国重要的肉制品供应基地等。因此与 T 型结构正好相反, A 型结构里供应商数目较少,下游中间商、分销商较多,供应地区和消费地区距离较远。一般在当地会设立代理商、零售网点,建立销售渠道,借助当地的配送中心,再通过冷链物流远距离输送到各地,最后到达销售网点或消费者手中。整个冷链物流系统呈现由食品供应基地向消费地辐射的结构。见图 3-8。

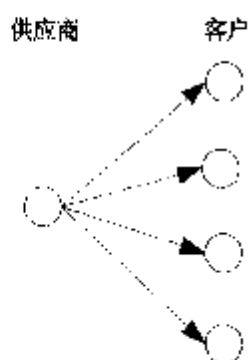


图 3-8 食品冷链物流系统发散型结构  
Fig.3-8 Divergent structure of food cold chain system

### 3.2.3 食品冷链物流系统结构的特征

物流作为冷链运作的实体支撑体系，贯穿整个冷链，是企业间互相合作的纽带。食品冷链物流系统的结构具有自己的特征。

#### (1) 结构的层次性

食品冷链物流的运作主体包含多个企业，包括原材料供应商、食品生产商、冷链物流服务商、食品批发零售商等。从纵向上看，整个食品冷链物流过程要经过两个以上的主体企业，其物流结构呈现层次性特征。

#### (2) 结构的动态性

为适应外界环境和市场需求的变化，食品冷链物流系统的成员企业要不断随之改变，相应的食品冷链物流的结构中主体构成和主体数量规模也要及时调整。例如沃尔玛的生鲜食品在全球范围内寻找供应商，当发现新的农产品生产基地时，原有的供应商就要调整，这样沃尔玛的食品冷链物流的结构必然要进行调整。

#### (3) 结构具有跨地区性

随着全球经济一体化，食品原材料的供应、食品的生产、加工、运输、销售等已经突破了原来的城市、区域甚至国家的限制，使得相应的连接各个主体企业的冷链物流活动突破了空间的限制，最终通过物流的各功能要素将各地的主体企业连为一体，形成跨地区的食品冷链物流的结构。

#### (4) 主体数量趋向减少

冷冻冷藏食品的特殊性决定了食品在整个物流过程必须消除多余的环节，减少不必要的停滞和损耗，尽可能在最短时间里将食品送到消费者手中，保证食品的质量。

### 3.3 食品冷链物流系统的功能分析

食品从生产到最后摆上消费者的餐桌,经历了加工制造、冷冻储藏、运输及配送、冷冻销售等很多环节,每一个环节都有影响食品品质的因素,只有每个环节都有足够的品质保证,冷冻冷藏食品才有真正的品质。按照功能在食品冷链物流系统中的作用,将物流功能分为基本功能和辅助功能。基本功能主要包括冷链运输、冷链仓储、冷链配送和冷链物流信息处理<sup>143</sup>。辅助功能包括冷链包装、装卸搬运和流通加工。

#### 3.3.1 食品冷链物流系统的基本功能

食品冷链物流系统的基本功能主要包括冷链运输、冷链仓储、冷链配送和冷链物流信息处理。

##### (1) 食品冷链运输

冷链运输承担着将冷链食品从发货方发送到收货方的职能<sup>144</sup>。食品由于受地理分布、气候条件等影响,原料产地、加工基地与消费市场常有空间距离,为了满足各地消费需求,必须进行食品的运输。生鲜食品在运输之前应进行预冷,并且在运输过程中应对运输设备内的温度进行控制,保持车内各处温度的均匀,避免温度的波动。

冷链运输是冷链物流系统中成本较高的环节,因此也是控制物流成本最关键的环节之一。在整个运输环节,无论是对于温度的控制还是对于路线的选择都会使得物流成本发生很大的变化。与普通运输相比,还有一个影响冷链运输效果的因素,即对诸如车辆损坏、温控仪器故障等突发事件的应对能力。

冷链食品运输途中厢体温度应保持在规定温度下,装卸时短期升温温度不应高于规定温度,并在装卸后尽快降低至规定温度。在运输全过程中,应按规定控制和记录运输设备厢体内部温度。装卸时的温度测量,宜针对运输食品的同一样品,或在冷藏环境条件下进行。

##### (2) 食品冷链仓储

仓储是创造时间效用的主要物流活动<sup>145</sup>。仓储承担着冷链食品的储存、保管的职能。冷链中的仓储包括食品的冷却储藏和冻结储藏,以及水果蔬菜等食品的气调储存,以保证食品在储存和加工过程中的低温保鲜环境。在此环节主要涉及各类冷库、加工间、冷藏柜、冻结柜及冰箱等。但是,由于某些冷链物流食品的保质期很短,对物流时间要求非常高,在这种情况下,可以直接利用冷藏车对其

进行仓储，将其从生产地直接运输到接收地，这样既保证了运输时间，也降低了冷链仓储成本。

作为食品主要来源的农产品生产具有季节性和周期性，造成一定时间内农产品的大量集中上市，而人们对农产品的需求却是均匀的。这就使供给和需求之间普遍存在时间差。例如大部分水果的采摘期是在秋季，人们一年四季都需要吃水果，大量水果上市造成的市场供大于求不仅不能卖上好的价钱，如果不能采取有效的保存方法，还会造成水果的腐烂。因此冷链物流活动正是通过低温储存这种方式，弥补供需之间的时间差，创造时间效用。

几乎在食品冷链物流的各个节点处都要发生仓储活动，包括食品原材料供应商、食品加工企业原材料和产成品的仓储、生鲜食品配送中心的仓储、超市等销售点的食品仓储等，因为生鲜食品的易腐性，要尽量减少各环节上不必要库存。

仓储作业要求严格。入库前，应对冷库和作业工具等进行清洁、消毒，并达到相关食品卫生要求。库房应提前制冷，当温度降到冷藏食品要求的温度时，方可将食品入库。凡入库的食品，必须新鲜、清洁、经检验合格。冷库的温度和湿度应根据所储存冷藏食品的种类、特性、成熟度等进行选择和调节。冷藏食品在库房内的堆码方式应符合相关要求，堆码地点不宜置于库门附近或人员进入频繁的区域。冷库温度和湿度应尽可能保持稳定，正常情况下，库房温度昼夜变化幅度不得超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；在食品进出库时，库房温度升高不得超过 $3^{\circ}\text{C}$ 。冷藏食品出库时，应遵循先进先出原则。食品仓库内的作业应迅速完成，减少库外热量的进入；避免食品储存时间过长造成浪费，食品的堆放应保持内部通风，尽量使库内温度均衡；不同食品对保存的温度有着不同的要求，应该尽量做到分库储存。

### (3) 食品冷链配送

冷链配送是实现食品在物流运输支线上的选货、配货、送货的职能。我国冷链食品跨地区运输的物流网络已经基本形成，但是面向零售终端的食品配送问题依然十分突出。一方面，食品冷链体系的不完善，造成食品配送过程中损耗严重，限制了配送半径，增加了配送成本；另一方面，乡村和城市冷藏车、低温配送中心等配送资源的不足也制约了食品的配送。在食品配送过程中，对外界条件要求严格，如适宜的温度、良好的处理、适宜的包装、专门的保鲜储运设施等。

食品配送的复杂性不仅表现在配送过程中温度湿度监控和质量控制等技术方面，更表现在物流方面的独特要求，由于城市内各个零售点数量众多并分布广泛，为了保证食品的新鲜度和质量，需要进行小批量、多批次的精益配送。另外，为满足需求高峰时间段内客户的需求，常常要求配送车辆在一定时间段内到达（即时间窗要求）。大量的小订单、众多配送网点、严格的时间窗共同增加了线路规划和车辆调度的复杂性，极易导致配送成本的增加和客户满意度的下降。配送要合



理选择行车路线，严格控制配送时间，减少配送过程中的时间延误。

冷链配送中对于冷链食品的配载有其独有的特点。比如在配载过程中要注意食品之间的相互作用和影响，要注意不同食品之间是否会发生化学反应，不能将食品随意配载混装。对于有特殊气味的食品，例如水产品、生物活体等，如果混装就会造成串味，使得食品不但没有增值反而失去了自身原有的价值。

#### 3.3.2 食品冷链物流系统的辅助功能

食品冷链物流系统的辅助功能包括冷链包装、装卸搬运和流通加工。

##### (1) 食品冷链包装

食品冷链包装承担着冷链物流过程中对食品进行必要的包装职能。在现代食品冷链物流活动中，食品包装是食品生产到消费领域不可或缺的部分。食品包装可以保护食品，使食品的外观质量和原有食品品质在物流过程中不受破坏，延长食品保存期，增加食品品种，方便消费者，方便物流操作，同时可以防止食品的污染，促进食品物流的合理性和计划性。

食品不同于普通商品，安全永远是最重要的，因此包装材料的选择首先要考虑的因素就是卫生安全。应根据食品的类型、形状及特性等合理选择包装材料和包装技术，确保食品在物流过程中的质量和卫生安全。运输包装材料或容器应完整、清洁、无污染、无异味、无有毒有害物质，不与食品发生化学反应，达到相关食品卫生法规和标准要求，且应具有一定的保护性，在装卸、运输和储存过程中能够避免内部食品受到机械或其他损伤。另外包装材料还应具有一定的阻隔性、封闭性、遮光性等从而防止有害微生物和外界条件对食品的影响。包装不耐用冷藏食品时，应在包装容器内加支撑物或衬垫物，以减少食品的震动和碰撞。包装易失水冷藏食品时，应在包装容器内加塑料衬。各种包装填充物应符合相关食品卫生要求。

##### (2) 食品冷链装卸搬运

装卸搬运承担着冷链食品在物流节点上装卸搬运的职能。食品的装卸搬运贯穿于食品物流全过程，无论是食品运输、储存、保管，还是食品的配送、包装或流通加工，都伴随着装卸搬运作业。在整个食品物流活动中，装卸搬运作业所占的比重很大。所以食品装卸效率的高低、装卸成本的大小，都与整个物流活动关系密切。可以说，装卸搬运合理化也是食品物流过程合理化的一个重要问题。提高装卸搬运效率，减少装卸搬运次数，对于加快食品运达速度、减少资金占用、避免货物损失和外界接触对食品质量的影响，以及整个食品物流的总效益具有重

要作用。

对于冷链物流系统而言,为了保证食品的质量不会因温度的变化而变化,因此,装卸搬运工作一般都是在冷藏环境中完成。冷冻食品装载前,应按不同的地对冷冻食品加以筛选和分组,根据“后卸食品先装载,先卸食品后装载”的顺序进行装载。多温区冷冻运输设备,在同一温度区域,冷冻与非冷冻食品、直接入口与非直接入口冷冻食品不得混装运输。冷冻食品装载时,货物堆积要紧实,与厢壁周围应留有缝隙,货物与后门之间宜保留至少 10cm 距离,天花板和货物之间宜留出至少 25cm 距离,用支架、栅栏或其他装置来防止食品移动,保持冷气循环,食品装卸或进出冷库要迅速,在装卸食品过程中应严格控制作业环境温度和时间,保证食品温度不高于规定温度。如果没有密闭装卸口,应保持运输车门随开随关。完成运输作业后,应立即对运输工具厢体进行严格的清洗、消毒和晾干,才可进行新的运输作业。

### (3) 食品冷链物流信息处理

在食品冷链物流活动中,物流信息在主体各层次各环节之间流动,食品冷链物流信息是物流系统的神经中枢和指挥中心<sup>146</sup>,承担着实现各子系统间的高度衔接和配合的职能,是提高物流系统运行效率的基础<sup>147</sup>。食品冷链物流信息包括物流设备的信息和物流管理的信息。冷链设备的信息主要指在冷链物流中,条形码、RFID(无线射频技术)、GPS(全球卫星定位系统)、GIS(地理信息系统)和温度湿度的红外遥感控制等信息技术及自动化设备的应用。冷链物流管理信息是指在冷链物流中,MIS(管理信息系统)、DSS(决策支持系统)等信息系统的应用。由于在冷链物流实际运作过程中,时间是关键因素,而且冷链储运对象对温度及湿度的要求较高,因此获取这些信息对于减少运营风险、优化绩效来说就显得至关重要。冷链物流系统运作过程中,各要素及功能并不是相互独立、自成一体,而是相互影响、相互依赖、相互制约的。甚至在冷链物流活动中还会出现要素之间和功能之间互相嵌套运营的情况。特别是冷链信息<sup>148</sup>,它就如同系统的神经网络一般贯穿于整个冷链物流活动的始终,保证各子环节之间的信息高速往来与沟通,促使各环节达到高度协调、高效运作,以构建完整、高效的冷链物流系统<sup>149</sup>。食品冷链物流中的主要信息包括<sup>150</sup>:食品原材料产地、食品的在途状态、食品质量检测信息、食品的需求信息、食品温度监控信息、食品保质期、食品包装要求、订单信息等。其中,食品储存环境的实时温度状况是食品冷链活动中最为重要的信息,是保证食品质量的关键指标。在物流活动的各个环节中,需要对食品所在环境的温度变化情况进行实时监测,利用信息管理系统对异常的温度变化及时做出调整,减少食品温度的波动。

物流信息在各主体间及时传递,有助于物流资源的合理调度、提高物流活动

的作业效率，实现各主体的协同运作。尤其是在食品冷链物流中，信息的作用更是不可代替。生鲜食品的自身特点决定了必须严格控制食品物流时间，因此利用数据采集技术、网络技术收集各种物流信息，以“信息库存”代替实物库存，可以减少物流过程中无谓的停滞，从而降低食品的各种损耗和外界环境对食品质量安全可能产生的危害。而通过对食品原材料生产到最终消费者购买食品全程信息的全面收集，是实现食品安全的可追溯和冷链物流活动的透明化的前提，从而一旦发现食品质量问题能够对问题食品实现准确定位和查找问题源头，及时召回问题食品，降低由此带来的影响，这也是未来食品物流发展的一个主要趋势。

#### (4) 食品冷链流通加工

我国每年由于农产品初加工和预冷等保鲜措施不足造成的食品在物流过程中的浪费非常严重。因此为了减少损耗、延长食品保质期、提高物流效率，实现物流过程的增值、增效，流通加工在食品物流过程中是必不可少的。生鲜食品的流通加工形式主要包括以下几种：

##### ① 冷冻加工

冷冻加工是为了解决鲜肉、鲜鱼在物流中保鲜及搬运装卸的问题，以及延长保存时间等，采取低温冻结方式的加工。

##### ② 分选加工

农副产品规格、质量离散情况较大，为获得一定标准的食品，采取人工或机械分选的方式加工称为分选加工。这种方式广泛用于果类、瓜类、蔬菜等。

##### ③ 分装加工

许多生鲜食品零售数量规模较小，而为保证高效输送出厂，包装则较大，也有一些是采用集装方式运达销售地区。为了便于销售，在销售地区按需要进行新的包装，即大包装改小、散装改小包装、运输包装改销售包装等。

### 3.4 食品冷链物流系统的特性分析

由于物流服务业具有高度的专业化，食品冷链物流与其它行业物流（例如家电物流、煤炭物流等）以及常温物流相比，具有特殊性。由于食品冷链物流有保证易腐食品品质的目的，以保持低温环境为核心要求，所以它比一般常温物流系统的要求更高，也更加复杂。食品冷链物流系统的特性主要包括：安全首要性、时间敏感性、系统高成本性、信息多样性、技术复杂性、空间分散性和环境严格性。

### 3.4.1 食品冷链物流安全首要性

作为社会经济系统的一个子系统，一般物流系统在提供物流服务时的首要目标是经济效益，即尽量提高物流效率、降低物流成本。通常的物流活动是在物流服务水平与物流成本之间寻求平衡点，以此为基准来提供物流服务。然而，食品是人们每天必须食用的产品，食品质量直接影响到人的身体健康，甚至是生命安全，因此食品安全就显得尤为重要。由于食品的特殊性（鲜活性、易腐性、保质期等），食品冷链物流系统的运行不能一味追求经济效益，必须要首先考虑食品质量，然后在物流服务水平、成本之间寻求平衡点，提供最佳的物流服务。即必须首先考虑食品在物流过程中的安全，这是食品冷链物流系统运营的底线。除此之外，食品冷链物流系统还要运用先进的技术来保持食品的新鲜度等品质以满足消费者的需求。

三鹿奶粉事件彰显我国食品安全形势的严峻性，食品安全事故时有发生。食品行业在仓储、包装及运输等环节的安全管理都存在问题，例如 2008 年发生的“日本冻饺子”等事件提醒我们必须重视食品物流过程中的食品安全问题。食品物流过程中，可能对食品安全产生危害的因素是多方面的，需要采取低温等一系列的技术措施。由于冷链物流应该是一条完整的、连续的链条，食品的安全问题需要各主体企业之间的协同配合。

### 3.4.2 食品冷链物流时间敏感性

冷链物流中的时间敏感性指食品物流周期短，要严格控制速度与时间。因为不论采用任何储存方法，食品使用价值的体现都是有时间限制的，也就是食品的保质期。超过了这个时间限制，都不能保证食品的质量、口味、品质。不同食品在同一保存条件下，保质期并不相同；即使相同食品在不同保存条件下保质期也不同<sup>[51]</sup>。在食品的仓储管理中，一个主要的工作就是作好库龄分析，经常检查在库食品是否超过了保质期，坚持先进先出原则，减少由于食品过期而造成的浪费，并避免过期食品进入流通渠道<sup>[52]</sup>。

食品冷链物流系统的构成要素十分复杂，系统要素随着系统的运行在外部环境的影响下不断变化，加大了难度；另一方面，为了保障食品安全以及食品在物流过程中保持相应的质量与品质，减少损耗，食品冷链物流系统运作的目标也要尽量缩短食品在物流过程中的时间，提高食品物流的效率，这就要求食品冷链物流系统具有较强的敏捷性。

食品与其它物品相比，从食品的生产、加工、流通到销售的整个供应链过程中，食品质量是逐步损耗的，并且损耗速度较一般物品快。食品都有一定的保质期，并且保质期较短。当食品质量损耗达到一定的程度，就不能食用，造成食品报废，成本难以回收甚至是“负增值”。尤其对于生鲜食品来说，物流时间的长短直接决定了食品的口味和品质，同样质量的食物，可能因为到货时间的早晚，价格相差很多。这也是为什么很多南方的优质水果要通过空运的方式运到北方城市进行销售。食品在保质期内实现其价值，要考虑食品零售点和消费者需求特点，尽可能的增加货架期，减少加工时间。作为必不可少的物流环节，就要最大限度的缩短物流提前期，增强食品销售的柔性。

#### 3.4.3 食品冷链物流系统高成本性

食品冷链物流的运营，需要配有专门的制冷设施设备的物流网络支持。从设施设备方面来说，冷链物流与常温物流的最大区别在于冷链物流需要有冷藏车、保温车、冷冻仓库及其他配套设施和相关技术的投入。冷链物流设施设备的购置成本远高于一般物流系统。冷藏车、保温车与普通厢式货车的价格相去甚远，冷冻仓库与普通仓库的造价差距很大。这些设施设备不仅购置成本高，而且能耗高，导致了高的投资和运营成本。食品物流过程中对于食品的质量安全也有不同于其他商品的特殊要求，这同样需要在硬件、软件方面配套保障措施的大量投入。由于食品的各种生物属性，使得对食品物流过程中的储存、运输、保鲜等环节有很高的技术要求，需要特定的设施。如大部分食品具有易腐性，在物流过程中需要采取各种措施以达到保鲜的目的，这些都需要专门的知识及设备。为了满足高水平的服务要求，在相应的技术设备、食品质量的检测、管理控制等方面投入同样非常巨大。

食品多批次、少批量、需求点众多的需求特征限制了食品物流半径，加上部分食品不能混装运输，加大了物流的难度，增加了冷链物流的运作成本。食品冷链物流系统运行成本高于一般物流系统的特点对实现协同提出了迫切要求。

#### 3.4.4 食品冷链物流信息多样性

食品安全直接关系到人的身体健康，一旦食品质量出现问题，对消费者和社会的影响都是巨大的，因而食品从生产到最终的消费都应当处于信息追踪系统的

监管之下，从而实现食品的可溯源<sup>153</sup>。食品物流的可溯源是食品可溯源的基础和保障<sup>154</sup>。食品物流贯穿食品供应链始末，并且作为联系各个环节的纽带，只有实现了食品物流的可溯源<sup>155</sup>，才能实现食品的可溯源。而食品物流可溯源的实质是信息的可追溯。在食品原材料的生产、加工、食品运输、储存、配送过程中会产生大量的分散信息，这些信息具有信息量大、来源多样化、更新快的特点，他们直接反映了食品在整个冷链物流过程中的相关信息，和消费者的生命健康关系紧密，因此对这些信息进行及时收集、记录、分析，并提供给消费者，是非常必要的。

### 3.4.5 食品冷链物流技术复杂性

食品从加工制造到最终达到食品供应链终端——消费者手中的整个物流过程中，食品冷链物流是保障食品安全的重要环节，相比于一般物流系统而言，顾客对食品冷链物流系统的运作水平提出了很高的要求。尤其是冷冻冷藏食品的物流环节对物流运作的要求是十分严格的，这是因为食品在常温下的易腐性质使得它对温度环境的要求比普通食品更高，这就要求对整个冷链全程进行温度监控，确保食品必须始终处在合适温度的环境中，从而保证食品安全。

冷链物流需要冷链技术的支撑，除了一般的现代物流技术，还包括制冷技术、保温技术、制冷保鲜技术、生物技术等。制冷技术和保温技术是冷链物流系统能够提供规定的环境温度的重要保障。低温保鲜技术是现今国际采用最广泛的保鲜技术，常见的低温保鲜技术有速冻保鲜技术、真空冷冻干燥保鲜技术和真空预冷保鲜技术。食品发生变质的主要元凶就是微生物的活动和酶产生的生化反应，但发生这些反应需要适当的温度和水分。随着温度的降低和水分的减少，细菌和酶的活动程度就会降低、变缓，对食品的危害也就减少。如果将温度和水分控制在较低的范围，食品就不易腐蚀变质，保质期延长。这就是低温冷藏技术的原理。因为和其他脱水、腌制、发酵、制罐等防腐技术相比，低温冷藏能使食品原有的风味、色泽、营养保持得更好，食用的安全性更高。除此之外，减少微生物的活动和酶的活性，也是防止食品发生变质的主要途径，这就需要生物技术的支持。

### 3.4.6 食品冷链物流空间分散性

食品冷链物流的空间特性主要体现在供给与需求之间的空间差。食品供给与

需求之间的空间差是由社会分工和地理条件决定的。食品冷链物流通过其运输等功能要素改变食品空间位置，创造“空间价值”。

首先是作为多数食品原材料的农产品生产地的分散与消费地相对集中的空间差异。在我国，农产品的生产地分散在广大农村，而城市才是这些农产品的主要消费地。这些农产品或是由商业机构直接收购，或是由合作经济组织代为收购，或是由产业化经营的龙头企业收购，然后再经过加工、冷冻、冷藏储运、批发等环节到零售商。

其次，食品由一个地区向另一个地区的大规模转移。农业生产的一切活动都是在一定区域内进行的，而各地的自然条件、社会经济条件和技术条件都各不相同，致使农业生产在地理分布上呈现出明显的地域差异。珠江三角洲有“水果之乡”之称，尤以荔枝、柑桔、香蕉、菠萝品质最佳，数量最多。每年采收季节，大量南方的水果通过各种运输方式向北方地区不断输入；而东部沿海的大量鱼虾蟹等水产品也不断的流入中西部等内陆地区。正是这种空间差异为食品冷链物流创造了利润的来源。

最后，从食品的集中地向分散需求场所流入创造价值。食品经集结运送至食品配送中心后，经流通加工，然后通过冷藏车等配送到城市各个位置的超市、便利店等零售商，最终达到千家万户的消费者的厨房里，整个过程具有强发散性。

#### 3.4.7 食品冷链物流环境严格性

根据食品物流的实际操作经验，除去小部分特殊食品，绝大多数的食品尤其是生鲜食品要求储存在 $-20^{\circ}\text{C}$ 到 $20^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下，并且要保持储存环境内的空气干燥，主要是降低湿度和减少水分，抑制微生物和酶的活动，保证食品质量，延长食品保质期。考虑食品的特性，食品还有许多特殊的储存要求，例如不同品种的水果不能混装以免催熟，气味较浓的食品不能混装以免发生串味，鲜活食品与冻货不能混装，生熟食品要分开等。此外，食品对存放环境清洁性的要求比其它物品高。

冷链主要是通过制冷保鲜技术来保持食品品质，不同的食品对温度和湿度的要求不一样。对于生鲜食品来说，通过降低环境温度使食品组织内的水分凝结成冰晶体，减少微生物的活动和酶的活性，从而保持食品的新鲜度。但是，温度过低会形成大冰晶体，对食品的组织造成挤压使细胞破裂，导致食品的风味和营养素流失，降低食品品质。适当降低空气的湿度，有助于抑制霉菌的生长，但是空气过度干燥也会导致食品脱水、干瘪变质。所以，针对不同的食品创造合适的冷

链物流环境，才能达到最优的效果。

### 3.4.8 实证分析——奥运食品冷链物流的特性

根据奥运食品冷链物流系统的七个流动要素，可以得出奥运食品冷链物流具有以下特性<sup>156</sup>：

#### (1) 奥运食品冷链物流的流体特性复杂

流体指物流的对象，即物流中的“物”，一般指物质实体，即客体。奥运食品冷链物流系统的流体是冷冻冷藏食品，其价值密度低，消耗速度快，属于低价值快速消费品，从流体的角度出发，奥运食品冷链物流具有以下特性：

首先，奥运食品冷链物流的准确性和安全性要求高。奥运会是典型的固定赛事日程的赛会，赛时对食品的需求是非常严格的，要求物品按照 4R（准确的品种、准确的数量、准确的时间和准确的地点）原则供应，同时保证食品的质量安全。一旦出现食品配送差错或安全问题，将直接影响赛事的正常进行或对参赛运动员的身体造成危害。并且，在这种固定赛事日程的情况下，奥运物流系统不可能有第二次机会来弥补过失。这一切都决定了奥运食品冷链物流运作必须要有极高的准确性和安全性。

其次，奥运食品冷链物流流体需求具有多样性和不确定性。奥运会是一次综合性和国际性的体育赛会。北京奥运会有来自全球 200 多个国家和地区的运动员和游客参与。他们的生活习惯和饮食文化不同，食品需求是多样的。根据北京市商务局列出的 2008 年北京奥运会菜谱，所需食品种类多达 28 大类，涉及中餐、西餐和清真类食品的原料、调料和饮品。考虑到夏季奥运会在盛夏举行，绝大多数食品需要冷冻冷藏储存，结合各种食品的不同品质特性，对储存环境的要求也是多样的。同时，由于各国参赛运动员与进行奥运报道的媒体人员的数量及行程到赛前几个月甚至是几天才能确定，以及到访游客情况的不可预见性，致使各种食品的需求数量、需求时间和需求地点难以确定，最终导致奥运食品冷链物流需求的不确定性。

第三，奥运食品冷链物流对流体的可溯源性要求高。奥运食品安全至关重要，一旦出现质量安全问题，就会危及参赛人员的身体健康，影响奥运会的正常进行。实现奥运供给食品的可溯源，从供应源到消费地对食品实施全程监控，是确保奥运食品安全的重要手段。一旦出现问题，便于及时发现问题源头，召回问题食品。

#### (2) 奥运食品冷链物流的载体购置和运营成本高

载体，即流体借以流动的设施和设备。奥运食品冷链物流所特有的设施设备



包括冷藏车、保温车、冷冻仓库、GPS 设备等。首先，冷链物流设施设备的购置成本高。为实现奥运食品冷链物流的全程监控，GPS 设备的购置成本也是不可忽略的。其次，冷链物流设施设备的运营成本高，主要体现在电费和油费上，因为冷库和冷藏车的制冷需要耗费大量的电能和油料。此外，存储食品的设施设备的卫生要求很高，需要经常清洁和消毒，也要耗费一定的成本。

(3) 奥运食品冷链物流的流向为正向物流且具有收敛性和发散性

流向，即流体从起点到终点的流动方向。由于食品回收和产生的废弃物通常由常温物流处理，奥运食品冷链物流的流向主要是正向物流，而且具有收敛和发散的特性（见图 3-9）。从宏观上看，奥运会所需的食品从全国甚至世界各地向奥运会主办城市汇集，物流流向是指向奥运会主办城市，具有收敛的特性。从微观上看，来自各地的绝大部分奥运食品首先要进入奥运食品物流中心，然后由物流中心将食品分配到各需求点（部分食品可能会越过某些中间节点），此为发散性之体现。

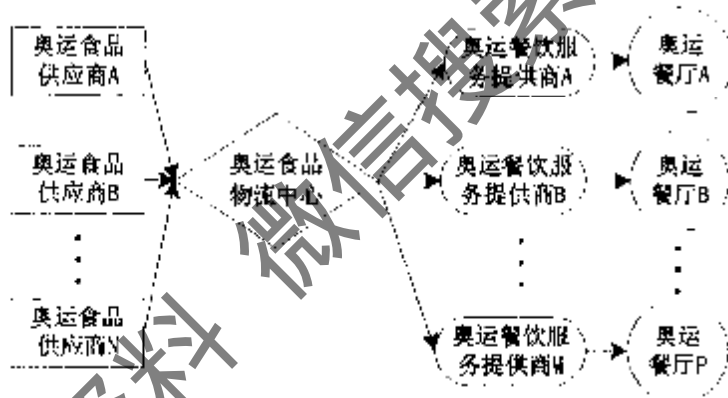


图 3-9 奥运食品冷链物流流向图

Fig. 3-9 logistics direction of food cold chain logistics

(4) 奥运食品冷链物流的正向流量大

流量，即通过载体的流体在一定流向上的数量表现。不考虑逆向物流的流量，正向物流的流量，即从全国及世界各地向奥运主办城市供给的冷冻冷藏食品的数量，是巨大的。人员的空间集中造成了奥运食品需求的空间集中性和巨大性，仅以 2004 年雅典奥运村赛时每天的部分冷冻冷藏食品需求为例，足以说明奥运食品需求的巨大性（见表 3-8）。2008 年北京奥运会，菜谱包含 800 余种菜品，含 320 道热主菜，160 种蔬菜及马铃薯食品，120 种大米、面食，400 种不同甜食和面包食品，每 8 天轮换一次。所需部分原料有 93 万根香蕉，首尾相连有 3 个马拉松长度，68 万根胡萝卜，可绕鸟巢 150 圈。奥运村每天的食品消耗见表 3-9。从 2008 年 8 月 7 日到 8 月 21 日，为运动员、随队官员、媒体记者提供了 39 万份早餐、57 万份中餐、48 万份晚餐和 17 万份夜宵。如此庞大的食品需求引发庞大的食品

冷链物流需求, 给主办城市的食品冷链物流系统带来瞬时的巨量压力。

表 3-8 雅典奥运村赛时每天的部分冷冻冷藏食品需求量  
Tab.3-8 Everyday cold food demand in Athens Olympic village in 2004

名称 (单位)	牛奶 (升)	鸡蛋 (个)	果蔬 (吨)	肉类 (吨)	海产品 (吨)	面包 (份)	番茄酱 (升)	饮用水 (升)	饮料 (份)
数量	15000	30000	300	120	85	25000	750	200 万	300 万

数据来源: 中华人民共和国驻希腊共和国大使馆经济商务参赞处 <http://gr.mofcom.gov.cn>

表 3-9 北京奥运村赛时每天的部分冷冻冷藏食品需求量  
Tab.3-9 Everyday cold food demand in Beijing in 2008

名称(单位)	牛奶(升)	果蔬(吨)	肉类(吨)	海产品(吨)
数量	75000	330	131	82

数据来源: 奥运食品安全网 <http://www.bfa.gov.cn/ay/cn/>

#### (5) 奥运食品冷链物流的流程短

流程, 即通过载体的流体在一定流向上行驶路径的数量表现。奥运物流从地域上可分为赛区物流、主办城市物流、主办国家物流和国际物流。奥运会对各种食品的需求将会在全球范围内引发食品向奥运会主办城市流动, 但除部分特殊食品外, 绝大部分的食品尤其是冷冻冷藏食品的供应局限在以主办城市或主办国为中心的一定区域内。并且, 相当部分的食物冷链物流从举办城市的机场、码头、车站等物流节点开始, 到奥运场馆、奥运村等需求终端为止。因此, 可以认为奥运食品冷链物流主要集中在主办城市内, 具有空间集中性, 正向流程比较短。

#### (6) 奥运食品冷链物流的流速快

流速, 即单位时间内流体转移的空间距离。从奥运会的角度看, 由于奥运会的举办是短暂的, 奥运会对冷冻冷藏食品的需求时间也是短暂的, 物流流速过慢导致需求响应严重滞后, 不能满足奥运会对食品的需求。从食品的角度看, 冷冻冷藏食品本身具有鲜活性、易腐性等特点, 对质量和时效性要求很高, 物流流速过慢会延长食品冷冻冷藏时间, 导致食品品质下降, 不能满足奥运会对食品的要求。因此, 奥运食品冷链物流的流速要求很快。2008 年奥运会在盛夏召开, 高气温高湿度的天气对食品尤其是冷冻冷藏食品的储存是不利的, 这就要求采用“小批量多批次”的类似快速消费品的供给模式, 要求快速的消费需求响应、快速的仓储作业、快速的食物运输配送等, 以实现冷冻冷藏食品的快速流转, 保证食品质量。

#### (7) 奥运食品冷链物流的流效评价具有全面性

流效, 即物流的效率和效益, 物流效率是指单位资源的投入所完成的物流工作量, 物流效益是指单位资源的投入所带来的物流收益。奥运食品冷链物流对

效的评价主要包括安全、准确、快捷、成本等考核指标，全面体现了物流效率和效益。奥运食品冷链物流系统是奥运会的支持保障系统，加之奥运会对物流效率的要求，决定奥运食品冷链物流的首要绩效评价标准是物流运作安全。同时，本着“节俭办奥运”的原则，也要考虑奥运食品冷链物流的效益，由于奥运食品冷链物流是非盈利性活动，物流成本就成为其主要的效益评价指标。

## 3.5 本章小结

食品冷链物流系统分析是研究其协同的基础，论文对食品冷链物流系统进行了全面分析，是系统化、理论化的提炼升华过程。本部分依据系统论基本思想，分析食品冷链物流系统要素、结构、功能，在此基础上提出其特性。所做的研究工作及得出的主要结论如下：

(1) 依据不同的分类标准，系统可以分解成不同的要素。本文根据生产力三要素理论将食品冷链物流系统构成要素分为主体要素、客体要素和设施设备要素。主体要素包括食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发及零售商、餐饮服务商、消费者、食品冷链物流商以及食品冷链物流管理部门等主体。客体要素根据温度不同包括冷却食品、冻结食品、冰鲜食品和超低温食品。设施设备要素主要包括运输设备和储存设施。

(2) 食品冷链物流系统结构按照主体构成不同和主体数量与规模不同分为两种类型。按照主体类型构成不同，分为复杂型和直销型两种；按照物流企业的作用不同，分为物流业务自营型和物流企业参与型两种。按照主体数量与规模不同，可以分为对称型、收敛型和分散型三种。

(3) 食品冷链物流系统功能主要包括基本功能和辅助功能。基本功能包括冷链运输、冷链仓储、冷链配送和冷链物流信息处理，辅助功能包括冷链包装、装卸搬运和流通加工。

(4) 食品冷链物流系统的特性主要包括：安全首要性、时间敏感性、系统高成本性、信息多样性、技术复杂性、空间分散性和环境严格性。

## 4 食品冷链物流系统协同分析

基于食品冷链物流系统分析结果，论文重点分析食品冷链物流系统协同的内涵，以为实施食品冷链物流系统协同提供理论依据，也为实现食品冷链物流系统的协同目标提供具体的、具有可操作性的工作思路；论文明确协同的目标与原则，最后论文分析协同的内容以及协同的过程。如图 4-1 所示。

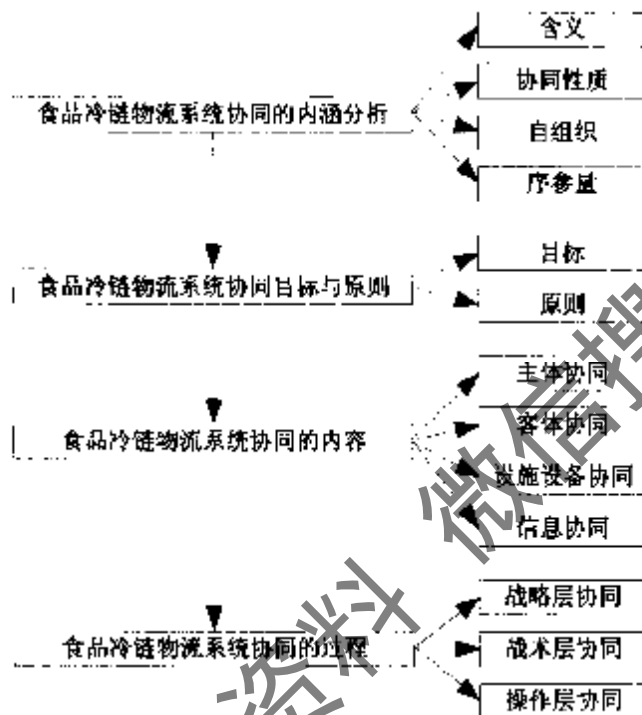


图 4-1 食品冷链物流系统协同分析内容

Fig.4-1 Theory analysis of food cold chain system collaboration

### 4.1 食品冷链物流系统协同的内涵分析

首先阐述食品冷链物流系统协同的含义，在此基础上，分析其协同的性质、自组织及序参量性质。

#### 4.1.1 食品冷链物流系统协同含义

物流系统追求各环节的物流服务能满足客户需求，能够提供专业化、高效的

物流服务, 实现降低成本、提高客户满意度等目标。物流系统整体效率的提高, 靠单个企业是无法实现的, 需要物流系统主体企业间的协同合作, 物流协同已经成为现代物流运作的重要趋势。

对于物流系统运作而言, 物流协同已经具有重要的战略意义。简单的来看, 物流系统协同指的是物流系统各主体企业以系统整体目标为依据, 制定相应的物流计划和实施策略, 在实际运作过程中通过相互协作, 共同组建物流系统, 目的在于提高物流服务水平、降低物流成本、提高物流效益。

在明确食品冷链物流以及物流协同的定义之后, 本文提出了食品冷链物流协同的含义。

食品冷链物流系统协同指的是在食品从供应地向接收地的实体流动过程中, 食品冷链物流系统各主体企业为了保持食品始终处于维持其品质所必需的可控温度环境下, 通过相互协作、信息及资源共享以实现食品冷链各物流环节的无缝对接, 以达到保障食品安全、提高食品物流效率和降低物流成本的目标。

#### 4.1.2 食品冷链物流系统协同性质分析

根据哈肯的协同学理论, 一切开放的自然或是社会系统, 都可以在一定的条件下呈现出非平衡的有序结构, 都可以应用协同学。物流系统是社会范畴的开放的复杂系统<sup>157</sup>, 存在着结构和秩序, 因此协同学理论可以作为探索物流复杂系统的有效手段。

##### (1) 食品冷链物流系统的协同思想

在任何一个自组织的大系统中<sup>158</sup>, 对不同的子系统而言, 一旦形成自组织后就形成了一种特定的演化方式, 子系统都必须受到这种演化方式的制约。食品冷链物流系统各主体企业的运作都必须受到共同“游戏规则”的制约。然而, 这种共同的“游戏规则”并不意味着都是所有合作企业认同的模式, 所以在食品冷链物流系统中存在着自组织和被组织的协调和相互作用<sup>159</sup>。

按照协同学的基本原理, 它所研究的是由大量子系统组成的系统的有序化演变过程, 子系统之间以及系统与外部环境之间存在着物质、能量、信息的交换和相互间的协同合作, 系统的演变过程可以用不稳定性来加以描述, 而系统的演变规律则可以通过支配原理找出系统的序参量加以把握。这些内容也同样存在于食品冷链物流系统中, 只不过更微观、更具体化。食品冷链物流系统是由大量子系统所组成的一个系统, 这里的子系统可以看成不同主体要素、不同客体要素、不同设施设备要素构成, 系统的整体运作使子系统间以及系统与环境之间存在着协

同作用。这种协同作用使食品冷链物流系统在运作过程中，各子系统相互协调配合，促使系统从无序到有序，再从低级有序到高级有序转变。这种具体的有序演变过程，实质上是促使食品冷链物流系统组成的物质流过程不断地从旧的稳定结构到新的稳定结构进化，而新的稳定有序结构的产生受系统外部和内部的因素和某种机制的支配，这些因素和机制正是协同学所研究的重要内容。

食品冷链物流系统内部诸要素、各层次要素和结构、结构和功能、功能和环境等都是对立统一关系，必须创造条件形成协同效应，推动系统从无序状态向有序状态转化，才能发挥食品冷链物流系统的协同功能。系统诸要素在其运行过程中，具有不同的功能，其中有居于主导地位，起着序参量作用的一个或几个要素。食品冷链物流系统在运行过程中受到系统内外以及各合作企业经营惯性等诸多因素的影响，这些因素相互作用，在一定时间内构成了越来越强的组织化模式，即序参量的形成过程。随着时间的推移，有些影响因素越来越明显的主宰着整个系统演变的方向，这就是序参量，而非主宰因素为控制参量。一旦序参量形成，系统的各个子系统都要受其支配。根据哈肯的相关理论，序参量有良性和非良性两种。当良性序参量的作用加强，各子系统就会产生协同效应，使食品冷链物流系统处于有序状态。反之，当非良性序参量占主导地位时，食品冷链物流系统就会呈现某种混乱无序的状态，如食品物流时间过长、效率低下，不能保障食品安全及品质，物流成本过高，食品损耗严重等，其根本原因就在于食品冷链物流系统内部关系不协调，结构不合理，自组织水平低，整体功能差。食品冷链物流系统长期处于无序状态，会导致社会资源的巨大浪费甚至影响国民经济的发展。食品冷链物流系统中有序性结构的形成，必须通过人们有目的、有计划的运作管理来进行。对食品冷链物流系统的协同进行研究，目的就是要扶持和放大良性涨落，抑制和衰减不良涨落，使系统达到高级有序。食品冷链物流系统的协同思想就在于科学的寻找支配系统协同的序参量，通过改变控制参量来对序参量施加外部压力，促使系统达到协同。

## (2) 食品冷链物流系统的协同性质

从系统的观点看，食品冷链物流系统就是由相互关联、相互作用的食物冷链物流活动要素（主体、客体、设施设备）构成的具有物流功能的有机整体。因此，食品冷链物流系统是一个经济系统，它是国民经济的一个子系统。食品冷链物流系统有两项基本功能：即物质实体——食品的时间转移和空间转移，它们分别主要由储存和运输活动来完成。除此之外，食品冷链物流系统还需要必要的包装、装卸搬运、流通加工以及物流信息处理等几项功能活动，配合储存和运输完成物质实体的时间转移和空间转移。

食品冷链物流系统存在着结构和秩序，根据哈肯的协同学思想可以知道，协

同理论同样可以用于研究食品冷链物流系统。可以从以下几个方面来阐述食品冷链物流系统的协同性质。

首先，食品冷链物流系统按照自组织的方式形成，具有相应的结构，按照一定的规则运行，即食品冷链物流系统是有序的。食品冷链物流系统在组织结构上是虚拟的，由食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发/零售商、食品物流商以及最终消费者等自发或自主的加入了围绕核心企业所形成的冷链，构成了一个超越单个企业组织范围的“虚拟企业”。这个“虚拟企业”是按照组织的概念以自组织的形式自发形成的组织，一经形成就有了具有自身木质规律的结构，是一种组织化了的组织形式。食品冷链物流系统按自身的规律和相应的规则运行，这种规律和规则就是食品冷链物流系统的秩序。

其次，食品冷链物流系统的自组织方式远比自然系统复杂。自然界的自组织是长期自然演化形成的优化进化方式，是自然界各个子系统在演化过程中形成的一套有效利用自然资源，而且对能量的利用率较高的方法。食品冷链物流系统虽然是自发或者自主形成的，但它受到很多外界因素的影响，例如食品冷链物流行业竞争环境、市场需求状况、经济发展水平、食品冷冻冷藏技术、冷冻冷藏设施设备建设状况、食品冷链核心企业的竞争能力和管理水平等。所以其自身组织过程远比自然系统复杂，由此形成的食品冷链物流系统会呈现出不同的结构类型。总之，组织化了的食品冷链物流系统呈现出与自然系统有较大差异的复杂性特征。

再次，食品冷链物流系统协同管理是一个组织化的连续统一体。食品冷链物流系统的协同管理包含三个过程：第一个过程是食品冷链物流系统从非组织到组织，从无序到有序的演化，它意味着组织的起源。即在初始阶段，食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发/零售商、食品物流商等企业是独立存在于市场上的，当企业相互之间确定了合作关系，这种合作关系就将这些企业联系在一起，组成了特定的冷链，产生了与该食品冷链相匹配的物流系统。第二个过程是食品冷链物流系统层次跃升的过程，系统按照一定的规则开始运行，其有序度通过跃升得以提升，充满了复杂性。在完成冷链组建，产生了相应的食品冷链物流系统之后，该系统就按照一定的规则开始运行，保障食品在整个冷链上的物流正常运作。第三个过程是食品冷链物流系统的组织结构和功能在相同组织层次上由简单到复杂的水平增长。食品冷链物流系统的协同是一个自组织过程，但自组织也让食品冷链物流系统主体企业意识到了他们在整个自组织演化中的责任。在这个阶段中，食品冷链物流系统上的主体企业达到了较高的协作水平，他们能够在食品冷链物流系统总体目标的指导下，制定相应的食品冷链物流的运作计划，以保障食品安全和必要的品质为目标，提高物流效率，降低物流成本。

### 4.1.3 食品冷链物流系统的自组织

#### (1) 食品冷链物流系统的自组织与被组织

食品冷链物流系统多个独立经济利益主体在没有外界特定干预的条件下,围绕食品冷链物流需求与服务自发形成了一个系统,这体现了食品冷链物流系统的自组织性。而处在系统内部的企业则是组织化了的企业,具有被组织性。当食品冷链物流系统形成之后,在开始阶段系统处于暂时稳定状态,系统内各企业为了共同的目标,共同制定相应计划,这个阶段核心企业处于主导地位,对其他企业具有主导和支配作用。食品冷链物流系统在运作阶段一方面与外界进行各种交换,另一方面系统内部各子系统“被组织”规则等也会对系统发生作用,开始阶段的“稳定”被打破。

食品冷链物流系统存在于外界环境中,会与外界环境发生物质、能量的交换等相互作用。比较典型的是食品冷链物流系统受到国家相关政策、行业法规标准等的影响,受制于这些政策法规。这些外界因素虽然不影响食品冷链物流系统自组织的特性,但是对系统有重要的影响,是系统发生涨落的因素之一。此时,可以认为国家运用了自组织的规律,以被组织的方式来管理和调控组织的运行。

要对食品冷链物流系统实施管理,就需要协调各个子系统。虽然整个自组织模式是子系统相互作用选择的模式,但是对于具有独立经济利益的每一个子系统而言,并不一定都是认同的模式。所以在整个物流系统中,存在着自组织和被组织的协调和相互作用。自组织的任务是扶持、放大良性涨落,抑制恶性涨落,对子系统而言,同样需要通过认识并遵守自组织的规律,以被组织的方式对其进行动态调节,使得食品冷链物流系统朝着优化方向发展。

#### (2) 食品冷链物流系统的自组织特征

食品冷链物流系统是一个自组织系统,是一个与外界发生物质、能量、信息交换的开放系统。食品冷链物流系统从外界环境中吸取的任何资源都可能产生或改变序参量,从而引起涨落。由于自组织的扶持、放大或是抑制、衰减作用,良性的涨落表现为食品冷链物流系统形成了新的有序结构。新的有序结构产生了新的规则,各子系统在新规则的约束下,决定自己的行为方式。如果子系统的目标与系统目标发生冲突时,当前的有序性将被打破。由于系统的开放性,系统时刻与周边的环境发生交换,系统中各子系统的行为会导致序参量的产生,外部环境的变化也会产生或改变序参量。总的来说,新的有序只是一个瞬间,系统始终处于非平衡的相变中,涨落现象总是发生。

食品冷链物流系统是一个自组织系统,具有自组织系统的一般特征,同时还



具有自身的特点:

第一,食品冷链物流系统的自组织具有自觉性。食品冷链物流系统中的各主体子系统是由高度能动性和自觉性的行为人所组成的企业,一方面能对环境的变化做出积极的反应,另一方面其行为要受到目标规则的支配,所以自然系统中的“自发性”并不能准确描述食品冷链物流系统自组织的实质。对食品冷链物流系统而言,小涨落会引起协同模式的改变,大的涨落或许会引起管理模式的变革。分析食品冷链物流系统自组织的自觉性有助于运用自组织演化规律对食品冷链物流系统进行协同化管理。

第二,食品冷链物流系统的自组织程度取决于人,系统中的竞争与协同是以人为中心展开的。系统中的序参量和状态参量都与人有关,可以表现为人的行为方式。因此,食品冷链物流系统不会向自然系统那样,运行模式只是被动的取决于状态参量的自由组合和随机的涨落。食品冷链物流系统的运作模式在人的支配下涨落,从而能动的影响食品冷链物流系统的自组织程度和相应的有序状态。

第三,食品冷链物流系统具有对环境的适应和选择能动性,食品冷链物流系统充满了主体企业以及企业的活动方式,因此系统中各子系统的相互作用既不具备理想化的可叠加性——总体效应只是部分效应的简单相加;也不满足均匀性——在不同的条件下,同一作用的效果相同;也不享有对称性——企业与企业的相互作用大小相同。系统在与环境的交换中,企业通过改变环境或改变自己的行为来增强对环境的适应性。通过这种改变,扩大了系统的适应性,而系统的适应性又促进了改变的深化。食品冷链物流系统的主体企业对环境的适应和选择推动了食品冷链物流管理的不断创新,实现适应环境变化的动态协同运作。

#### 4.1.4 食品冷链物流系统的序参量及支配特性

哈肯将系统从无序到有序或者从有序到无序的动态过程称为相变,决定系统相变的关键因素就是序参量。序参量主宰着整个系统演变的方向,扮演着两种角色:一方面支配其子系统,另一方面又为子系统所支持。系统由无序走向有序的关键在于系统内部序参量之间的协同作用,它们左右着系统相变的特征与规律。

协同学认为系统有时可能不只受一个序参量的控制,而是受到几个序参量的控制,这一点在食品冷链物流系统中也是成立的。食品冷链物流系统的外部环境较为复杂,再加上食品冷链物流系统本身具有安全性、服务水平要求高,具有多个目标以及运行成本高于一般物流系统的特点。因此影响食品冷链物流系统协同的关键因素可能不只是一个,而是多个。它们对食品冷链物流系统的协同运作起

着支配的作用。协同学理论认为,在这种情况下这些序参量之间的关系是,在一段时间内一个序参量占主导地位,支配其他的序参量。当占主导地位的序参量失去其主导地位之后,又由其他序参量占主导地位,依此重复进行,即在系统中总会有某个序参量处于主导地位来支配系统的活动。

邹辉霞(2007)提出序参量之间的协同——竞争有三种形式:一是互不干扰,各行其是;二是一方支配另一方,同化对方;三是双方“协商”,按某种原则相互适应。在现实社会系统中,第一种是理想化的,第二种和第三种是互补的。对一个连续阶段的物流运作,必须要寻找合理的多个序参量,通过从外界对其施加控制力,才能更有效的减少食品冷链物流系统从低级有序到高级有序过程中的内耗。因而,在一段时间内有多个序参量时,可能会出现每个序参量依次占据主导地位的现象。但是在不能微分的时间周期内,可能会存在两个或两个以上序参量同时占主导地位的现象。因此与供应链系统一样,对食品冷链物流系统而言,“单一序参量主导地位依次重演具有非唯一性”的论断也是成立的。

## 4.2 食品冷链物流系统协同的目标与原则

食品冷链物流系统协同依据一定的目标,遵循相应的原则。

### 4.2.1 食品冷链物流系统协同的目标

食品冷链物流系统协同在实际运作过程中通过相互协作、信息及资源共享以实现食品冷链各物流环节的无缝对接。鉴于此,可以得出食品冷链物流协同的三个目标<sup>160</sup>,即安全、效率以及成本。见图 4-2。



图 4-2 食品冷链物流系统协同的目标  
Fig.4-2 Collaboration objective of food cold chain logistics

##### (1) 食品冷链物流系统协同的安全目标

在食品物流的储存环节、装卸搬运、配送及运输环节都存在着不同程度的安全问题，食品冷链物流协同的目标就是将生鲜、易腐食品等的物流首先纳入到规范的冷链物流运作过程中，通过食品物流系统各主体的紧密协同合作，实现储存环节及运输等环节的无缝对接，消除食品在物流过程中的可能导致食品安全问题产生的各种因素，保障食品安全。只有在满足安全要求的前提下，才能考虑其他目标的进一步实现<sup>[61][62]</sup>。

食品冷链物流一方面通过食品物流作业标准化，达到较高的食品物流安全标准，从而保证物流过程中的安全性，另一方面，食品冷链物流必须进行有效监督，从而保证有问题及时发现，将危害降到最低。这个问题可以从两个方面实现，一方面建立严格的检验措施对食品进行有效检验，另一方面实施物流过程中的温度监控，防止因温度变化给食品带来有害影响。

例如北京 2008 年奥运会食品冷链物流的安全目标。配送在奥运食品物流中起重要作用，北京奥运会的整个食品配送系统能否为奥运会参与人员提供安全的食品，是系统的首要评价标准。在奥运会高标准严要求的各种食品检验标准之下，如果不对整个配送系统进行有效的优化，那么食品冷链配送体系将难以满足奥运要求。为了能够有效的保证奥运会期间的食品安全，北京市政府曾在 2005 年出台《2008 年北京奥运食品安全行动纲要》，在纲要中有关与食品配送方面提到要“构筑现代物流配送体系。加快食品配送中心建设，大型食品超市要建立规范化的生鲜食品配送中心。城区食品配送车辆实行统一标识，按照食品种类统一车辆、统一标准；配送食品一律要包装。对需要低温冷藏、冷冻的食品实行冷链运输，逐步实现全程温度监控。鼓励企业运用电子商务等现代物流服务方式。规范社区连锁经营，完善郊区物流配送网络。”

##### (2) 食品冷链物流系统协同的效率目标

对于各种生鲜、易腐食品来说，其从生产地到消费地的时间越少就越能够保证其新鲜程度与品质，这就需要食品冷链物流系统具有较高的效率。决定食品冷链物流效率的因素有两个方面，首先是食品在系统不同主体之间物流的效率，其次就是食品在物流系统主体企业之间进行交接的效率。决定食品在系统不同主体之间物流效率的主要因素是运输系统的效率，而决定食品在物流系统主体企业之间交接效率的是各主体企业的协同程度。食品冷链物流协同的目标就是提高各主体企业的协同程度，减少食品在不同节点交接过程中的时间浪费，同时通过各主体企业之间的相互协作、信息及资源的共享提高食品在不同主体之间的物流效率，最终提高整个食品冷链物流系统的效率。

### (3) 食品冷链物流系统协同的成本目标

食品冷链物流系统作为社会经济系统的一个子系统,追求经济效益是其重要目标<sup>163</sup>。上文已经阐述过,与一般物流系统相比,食品冷链物流系统的运营成本更高。这是因为食品冷链物流的运营,需要配有专门的制冷设施设备的物流网络支持。从设施设备方面来说,冷链物流与常温物流的最大区别在于冷链物流需要有冷藏车、保温车和冷库。这些设施设备不仅购置成本高,而且运行过程中能耗高,导致了高的投资和运营成本。通过食品冷链物流协同的协同效应,从而降低食品冷链物流的运营成本。这种协同效应主要体现在两个方面:首先,通过食品冷链物流的协同可以实现各种资源的共享,这些资源不仅包括各种购置成本较高的硬件资源,也包括较难以获得的专业人才等软件资源。资源的共享能够在一定程度上减少企业的资源投入,降低食品冷链物流运营成本。其次,通过食品冷链物流的协同可以缩短甚至消除食品在物流过程中的无效环节,减少食品的物流时间。而食品在物流过程中需要使用冷藏运输车辆,冷藏车辆在运输途中制冷成本较高,所以可以通过减少物流时间,来降低物流成本。

## 4.2.2 食品冷链物流系统协同的原则

为了获得协同效应,达到食品冷链物流协同的安全、效率、成本方面的目标,在食品冷链物流的协同过程中需要遵循的原则有适应性原则、整体性原则、资源整合性原则以及效益性原则。

### (1) 适应性原则

适应性原则<sup>164</sup>是食品冷链物流协同的首要原则,说它是首要原则并不是说它比其他原则重要,而是说这个原则是其他原则的前提。具体来说,适应性原则指的是在选择构成物流系统的各行为主体——企业时,要本着适应性的原则来选择合作伙伴,要保障各主体企业在企业文化、组织规模、运营方式、管理理念等方面能够匹配。同时,各主体企业要本着适应性的原则建立合作框架,在战略、运作流程、利益分配、责任分担以及如何防止企业机密泄露等方面达成共识。适应性原则是很重要的,直接决定了食品冷链物流系统能否运转。

### (2) 整体性原则

整体性是食品冷链物流协同的重要原则之一<sup>165</sup>。食品冷链物流系统内部包含了多个主体子系统,虽然在形成这个系统的时候这些主体子系统之间已经形成了相应的“合作框架”保障这个系统的运行,但是对于具有独立经济利益的每一个主体子系统而言,其系统目标也许会与总系统目标矛盾,这在实际中是很普遍的,

这个时候就需要依据整体性原则，以整体达到最优为目标，对各主体子系统进行调节，以保证各参与企业的食品冷链物流决策密切配合。

##### (3) 资源整合性原则

食品冷链物流系统是冷库、冷藏车、冷藏周转箱等硬件资源以及专业人才、管理理念、经验等软件资源密集的系统，由于硬件资源配置成本高、软件资源难以获得等原因，食品冷链物流系统在协同过程中以资源整合为原则，致力于达到 $1+1>2$ 的协同效应，这样不仅能够提高资源的利用率，更重要的是资源的整合有助于各种业务流程整合的实现，最终达到食品冷链物流各个环节无缝对接的目的。

##### (4) 效益性原则

食品冷链物流系统的主体是各种类型的企业，无论是国有企业还是民营企业，获取经济利益是企业生存和发展的基础，所以协同的效益性主要体现在各主体企业都能通过协同获得更多的经济利益以至更多的社会效益<sup>[68]</sup>。效益性原则要求食品冷链物流各个环节消除无谓的停滞，保证食品实物与信息在冷链系统内流动的顺畅性；要求发挥系统内各个参与方之间的协同性，建立可靠的服务质量保证机制，防止食品在物流过程中的破损和污染，提高发货和送货的及时性，避免服务水平的下降，抑制物流成本的上升；充分考虑各种因素的变化对系统未来的影响，便于以后的扩展和补充；系统的定位、目标、运行模式要与外部环境发展的实际水平相适应，不能一味追求先进性，应该具备可操作性。

### 4.3 食品冷链物流系统协同的内容分析

上文将食品冷链物流系统分为主体、客体和设施设备三类要素。相应的协同的对象可分为主体协同、客体协同和设施设备协同，在各要素的协同过程中，信息协同扮演了重要角色，所以食品冷链物流系统协同的内容可分为主体协同、客体协同、设施设备协同和信息协同。下面将详细阐述食品冷链物流系统协同的内容。见图 4-3。

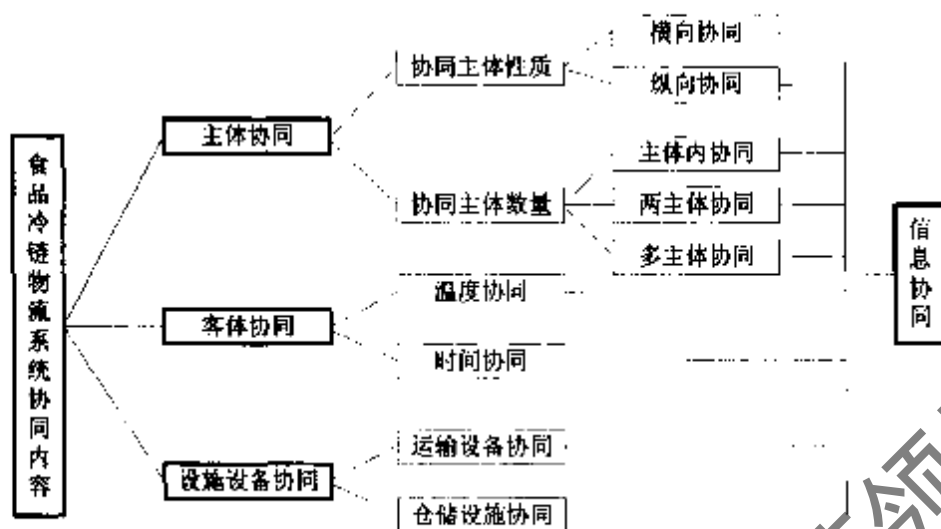


图 4-3 食品冷链物流系统协同的分类  
Fig.4-3 Collaboration types of food cold chain system

#### 4.3.1 食品冷链物流系统主体协同

食品冷链物流主体指的是食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发零售商、食品物流商等在内的食品冷链物流成员。本文从协同主体性质以及协同主体数量两个方面来阐述食品冷链物流主体间协同。

##### (1) 按食品冷链物流系统协同主体性质分类

从食品冷链物流系统协同<sup>167</sup>主体性质来看，食品冷链物流的协同包括横向协同以及纵向协同<sup>168</sup>。

##### ① 食品冷链物流主体横向协同

在一般情况下，食品冷链由食品原材料供应商、食品加工制造商、食品批发零售商、食品冷链物流商等成员组成，这些成员也是食品冷链物流的主体企业<sup>169</sup>。食品冷链物流主体间的横向协同指的是不同的食品冷链物流系统之间相同类型主体企业之间的协同，如不同食品原材料供应商之间的协同、不同食品加工制造商之间的协同以及不同食品冷链物流商之间的协同等<sup>170</sup>。见图 4-4。

食品原材料供应商之间的协同指的是食品原材料供应商之间为了获得协同效应而进行的合作。例如食品原材料供应商为了改善冷库资源不足的问题，同时降低投资建设开发的成本与风险而与其他经营相同种类食品的企业开展的合作就是一种典型的协同。处于不同食品冷链中的食品原材料供应商可以通过横向协同达到提升自身竞争力的目的，从而有利于双方所在食品冷链竞争力的提高。

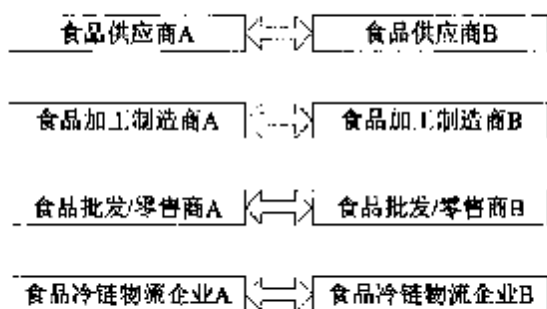


图 4-4 食品冷链物流主体横向协同

Fig.4-4 Horizontal collaboration of food cold chain logistics enterprises

在食品冷链物流主体横向协同中，比较典型且重要的一种方式就是食品冷链物流商之间的协同。具体来说，食品冷链物流商的横向协同指的是处于不同食品冷链中的物流企业为有效提高物流服务，降低多样化和及时配送的高成本，采用相互利用双方已有的食品冷链物流设施设备或联合建设新的食品冷链物流设施、共同投资购买冷藏车等相关设备，并就食品冷链物流管理达成协调统一运营的机制，形成一种集中处理食品冷链物流业务而降低成本的协同方式。食品冷链物流系统与一般物流系统相比，其特点之一在于相关冷链物流设施设备较为昂贵，需要较大投资。因此食品冷链物流企业之间的协同对于降低成本与风险，提高运作效率具有十分重要的作用。

食品冷链物流系统中的其他主体企业也可以实现横向协同，这是食品冷链物流的一种重要协同方式。

#### ②食品冷链物流主体纵向协同

食品冷链物流主体间的纵向协同指的是食品原材料供应商、食品加工制造商、食品物流商、食品批发零售商等处于同一食品冷链中上下游不同主体企业之间的相互协调、共同合作<sup>[7]</sup>。这种协调与合作能够保证食品从生产源头到消费者的整个物流过程中，食品始终处于维持其品质所必需的可控温度环境下。为了实现食品冷链物流主体间的纵向协同，主体企业之间需要制定一系列计划，涵盖主体企业之间的协同内容、框架协议、食品冷链物流流程、技术应用等一系列的内容。食品冷链物流主体的纵向协同所追求的目标不仅是食品冷链物流活动的效率，即实现物流成本的降低，还包括食品冷链物流活动的效果，即食品能够迅速、有效的从上游企业向下游企业转移，提高食品冷链物流服务水平。

对于食品冷链物流系统来说，主体间的协同形式主要有食品供应商与食品加工制造商之间的协同、食品加工制造商与零售商之间的协同等，见图 4-5。

食品供应商与加工制造商之间的协同主要有两种形式：一是在食品供应商实力较强的情况下，为了强化销售功能或实现物流业务的效率化，由食品供应商承

担起主要物流功能，或是利用自己的信息网络，对食品加工制造企业进行高频率、小批量的配送；二是在食品供应商力量相对较弱，食品加工制造企业力量较强的情况下，由食品加工制造企业集中处理物流活动。

食品加工制造商与零售商之间协同的表现方式也有两种。一是如超市等大型连锁零售企业建立自己的食品冷链配送中心，加工制造商销售的食品都必须经过该中心，再向食品零售企业的各店铺进行配送。而零售商与食品加工制造商之间通过特定的框架协议使得订货、收货等手续得到简化，提高物流效率；二是对于大型以外的中小型零售企业来讲，他们不是自己建立物流中心，而是由加工制造商建立物流中心。这种方法对于中小型零售企业来讲，既可以有效利用加工制造商的食品冷链物流资源，专注于自己的零售业务，又能够享受食品冷链物流中心带来的益处。对于加工制造商来说，这种模式加强了与零售商的合作关系，全程可控，保证食品质量安全，此外还可以将剩余的资源提供给其他企业，以扩大业务量，获得规模经济。

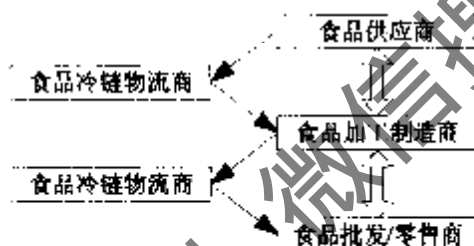


图 4-5 食品冷链物流主体纵向协同

Fig.4-5 Vertical collaboration of food cold chain logistics enterprises

对于食品冷链物流系统来说，食品冷链物流企业是一个重要的主体，也是食品冷链物流实现协同的一种重要方式。食品冷链物流企业通过协调上下游企业之间的食品冷链物流活动，提供物流服务，形成了一种集成的食品冷链物流运作模式，创造出比上游或下游企业采用自营物流模式更有效率、更安全、更高服务水平且成本更低食品冷链物流服务。从食品冷链物流企业协同的对象看，既可以依托下游的零售企业，成为众多零售企业的集中配送中心，也可以依托上游的食品加工制造企业成为其物流代理。

#### (2) 按食品冷链物流系统协同主体范围分类

从食品冷链物流系统的协同主体范围来看，又可以将协同分为独立主体的主体内协同、两个主体之间的协同以及多个主体间的协同。

##### ①食品冷链物流主体内协同

食品冷链物流主体内协同指的是食品冷链成员实现自己企业内部各个部门之



间的协同，从而获得协同效应。即企业内部各个部门之间实现整体性协调之后，获得的企业整体效益超出企业各个部门的效益之和。

以食品冷链物流企业为例，其内部协同指的是企业内部的业务部门、仓储部门、运输部门和客户服务部门等部门之间以提高企业的业务效率与效益为共同目标，实现各个部门在人员、设备、机构、组织方面的协作。通过这些部门之间的协同有助于实现企业内部业务流程的无缝化衔接，提高企业运作效率。这种主体内部协同的实现是食品冷链实现协同的基础，只有每个主体理顺自身的业务流程，使得所有业务流程以及相关的组织、人员在内部实现高效、流畅的运转，主体与主体之间的协同才是有意义的，才能最终实现整个食品冷链上物流的协同。

#### ②两主体协同

食品冷链物流两主体之间的协同是食品冷链物流协同中最简单的一种模式。两主体协同包括两种情况，一种是两主体的横向协同，指的是不同食品冷链上两个相同类型的主体之间的协同。如两个食品冷链物流企业之间为了降低相关的食品冷链物流投资、物流费用以及运作风险，同时提高运作效率，通过横向协同的方式共同建造食品冷链配送中心、共同投资建设冷链相关设施设备。还有另外一种情况是处于同一条食品冷链上的上下游企业之间的协同。如上文在纵向协作部分提到的食品加工制造企业与食品批发企业的协作，食品批发企业与食品零售企业的协作以及食品冷链物流企业分别与生产商、批发商、零售商的协作。食品冷链物流两主体之间的协同是更多主体之间实现协同的基础。

#### ③多主体之间的协同

事实上，两个主体之间的协同只是较简单的一种情况，在很多食品冷链物流系统中，涉及到多个主体之间的协同。这种多主体之间的协同复杂程度远高于两个主体之间的协同，这是因为两个主体之间的协同无论是在战略层、战术层还是操作层的相关协同框架中，都只涉及到双边关系。而多主体之间的协同必须要充分考虑到所有主体的需求和利益，因而比较复杂。多主体之间的协同也可以分为多主体间的横向协同及纵向协同。

在多主体之间的横向协同中，仍然以食品冷链物流企业为例，多个食品冷链物流企业共同就合作框架协议、物流设施设备建设、运作模式等内容达成共识，目的在于共同提高运作效率，降低成本。而多主体的纵向协同指的是同一条食品冷链上的多个主体之间的协同，如食品加工制造企业、食品批发零售企业、食品冷链物流企业之间的协同等。食品冷链物流多主体之间的纵向协同是最复杂的一种协同方式。

### 4.3.2 食品冷链物流系统客体协同

食品冷链物流系统的客体是食品。与一般物流客体相比,食品的特点及其对食品冷链物流的要求可以从温度以及时间两个方面来阐述,下面就从这两个方面来讨论食品冷链物流系统客体间的协同。

#### (1) 食品冷链物流系统温度协同

温度是体现食品与其他物流客体之间差异的最典型的因素。食品尤其是需要冷冻冷藏的食品,要保障其安全及品质,减少损耗,这些食品的物流过程必须在特定的温度范围之内。不同类型的食品对温度有不同的要求,据此可将食品分为冷却食品、冻结食品、冰鲜食品与超低温食品四类。不同种类的食品必须储存在特定的低温环境下才能保证其品质,防止其由于变质而发生食品安全问题并减少损耗。正是由于食品的这种特性,使得食品冷链物流系统的运作难度高于一般物流系统。而食品冷链物流运作过程中,存在着断链的情况。在食品冷链的主体之间没有实现无缝衔接,常常导致食品在运输或是储存过程中温度波动,而导致较高的损耗率以及食品安全问题。

从客体的角度来说,实现食品冷链物流的协同,目的就是要实现食品冷链物流系统的温度协同,即保证食品从初始的加工制造环节到最终消费者手中的中间过程中,其温度始终处于能够保持其品质、保证食品安全的范围之内,并且尽量减少食品的波动幅度。要实现食品冷链物流的温度协同,需要在不同主体的衔接环节以及同一主体不同业务流程之间实现无缝衔接,在这个过程中需要技术支持。所谓技术支持指的是 EDI、电子订货系统、GIS、GPS 等技术手段、先进的食品加工技术以及冷藏车、冷藏周转箱等专业技术设备的使用以及专业食品冷链物流人员。而在技术手段之外,还需要一整套由各成员共同达成的协议以及运作方式体系来支撑技术手段的实现。

#### (2) 食品冷链物流系统时间协同

除了温度之外,食品的另一特征体现在其对时间的特殊要求上。食品之外的一般物品在物流过程中也对时间有较高要求,主要是出于提高物流效率,降低物流成本的目的。物品在物流过程中的时间越短,物流效率越高,相应的物流费用也越低。而对于食品来说,其对缩短物流时间的要求不仅体现在物流费用的降低,还体现在食品对时间的特殊要求,例如保质期的限制。

食品冷链物流的“3T 原则”中的时间原则指出要严格控制食品的运输、储存时间。因为不论采用任何储存方法,食品使用价值的体现都是有时间限制的,也就是食品的保质期。超过了这个时间限制,都不能保证食品的质量、口味、品质,

从而引起食品安全问题。因此，为了缩短食品的物流时间、提高食品物流效率，需要实现食品冷链物流系统的时间协同。

### 4.3.3 食品冷链物流系统设施设备协同

食品冷链物流系统的运作需要多种资源的支撑，食品的特殊性决定了食品冷链物流所需的资源不同于其他物流活动。在食品冷链物流系统中所需要的资源主要包括运输资源和储存资源，下面分别从这两方面对食品冷链物流系统设施设备协同进行讨论。

#### (1) 食品冷链物流系统运输设备协同

食品冷链物流系统的运输设备协同是指各协同主体之间就运输设备的购买、维护、使用等方面达成共识，共同使用这些运输设备以达到提高设备利用率的目的。

冷链物流活动中使用的主要运输设备有：冷藏汽车、铁路冷藏车、冷藏船、冷藏集装箱、冷藏飞机等。为了满足食品安全的要求，运输设备需要具备相关的要求。例如应无毒、无害、无异味、无污染，并符合相关食品卫生要求。运输设备厢体应配备温度自动记录装置，以记录厢体内部温度。应定期检查和保养，发现设备异常应立即停止使用，并及时进行维修。

与一般的运输设备相比，食品冷链物流运输设备不仅较为昂贵，初期投资较大，而且后期的使用维护费用也较高。总而言之，食品冷链物流系统的运输设备投入费用高于一般的物流系统。较高的运输设备投入费用往往给企业带来较大的资金压力与风险。实现运输设备的协同是一种降低独立企业资金压力与风险，提高运输设备利用率的策略。

#### (2) 食品冷链物流系统仓储设施协同

食品冷链物流仓储设施协同指的是协同主体之间对于食品冷链物流仓储设施设备的建设方案、空间分布、规模、内部布局以及运作机制等方面，充分考虑各主体的需求，达成一致的协议。通过这种协同方式能够有效降低独立企业投入与风险，提高仓储设施设备利用率。

食品冷链物流系统中的仓储设备主要包括冷库以及冷库中的附属设备，如货架、叉车、托盘等。冷库不仅具有冷藏等基本功能，同时能够利用现代控制技术对各冷藏库房、封闭式月台和压缩机房的制冷设备进行自动控制。此外，还应定期对冷库设备和机器等进行检查、维护，发现异常应及时修理。应定期或不定期对冷库、作业工具、周围环境等进行清洁、消毒，并达到相关食品卫生要求。因

此, 相比于一般仓库而言, 冷库不论是建设成本还是维护成本都昂贵得多。而这种设施类固定资产一旦建设好, 改变的余地很小, 会面临着投入较高而货源不足从而导致设施利用率较低的风险。

#### 4.3.4 食品冷链物流系统信息协同

在信息技术落后的时代, 业务处理环境中的各种信息受到信息传递和处理能力的限制, 数据的采集、处理、存贮和传递速度都十分缓慢, 很难建立一个共享的数据库。食品冷链物流系统主体企业之间失真的信息传递会产生不经济性, 如过分的固定投资, 顾客服务差, 经济效益低下, 物流计划不合理, 误导运输供给和生产计划等。随着信息技术的进步, 大量的信息能够更快而且更加准确地被处理和传递, 以开放分布式系统为基础的共享数据库和信息结构的应用, 不仅在企业内部, 而且在整个食品冷链物流系统中信息都是可以共享的。业务数据不仅可以对顾客和供应商透明, 而且对顾客的顾客和供应商的供应商都是可以透明的。实际上, 只要各个企业加强协同, 借助信息技术, 完全可以实现食品冷链物流系统主体企业间的信息共享和协同。

物流系统协同的产生和发展与信息技术的应用密不可分。可以说没有当今迅速发展信息技术和计算机技术, 就不会有协同管理思想的产生, 也就根本不可能实现食品冷链物流系统协同管理。

食品冷链物流系统中的存货管理、运输计划、自动补充库存等没有信息技术的支持是不可能实现的。食品冷链物流系统协同管理为企业获得竞争优势提供了非常重要的管理思想和方法, 而这一思想和方法从诞生起, 就和计算机技术和通信技术紧密地结合在了一起。

食品冷链物流系统协同管理强调将企业内外的资源、设施和技术进行协同。而协同的实现离不开网络化的支持。协同和网络化相互支持和补充。协同强调对人力资源和其它各种资源进行调整和再调整, 整合和再整合。协同过程是在管理中实现与顾客、与顾客的顾客和与供应商关系的协同, 帮助企业了解客户的需求, 从而对问题做出敏捷的判断, 可见协同离不开信息技术的支持。

#### 4.4 食品冷链物流系统协同的过程分析

供应链系统的协同过程分为三个阶段, 分别是战略层协同、战术层协同以及

操作层协同。食品冷链是供应链的一种类型，而食品冷链物流是食品冷链的组成部分之一，同样可以根据管理过程将食品冷链物流系统从上往下分为战略层，战术层与操作层三个层次<sup>172</sup>。

食品冷链物流系统的战略层协同以概念模型和协同管理思想为基础，对整个食品冷链进行整体的定性或定量分析，研究的内容包括对物流系统协同管理要素与机制等方面的分析。战略层协同的表现是超过以往“合作——对彼此容忍”的限度，而是对彼此承担责任，“付出和获得”。战术层协同主要包括具有直接供需关系的食品冷链上下游企业间的物流协同策略等，战术层协同整合企业之间的业务流程，使得各环节的业务对接更加紧密，流程更加通畅<sup>173</sup>。操作层协同是供应链实现协同的关键和基础，主要研究如何实现供应链的同步运作和信息协同等内容，操作层协同将伙伴成员间的信息系统紧密集成在一起，实现了实时的信息流通与共享，使得伙伴间更好的协作，快速响应客户及合作伙伴的需求与变化<sup>174</sup>。如图 4-6 所示。

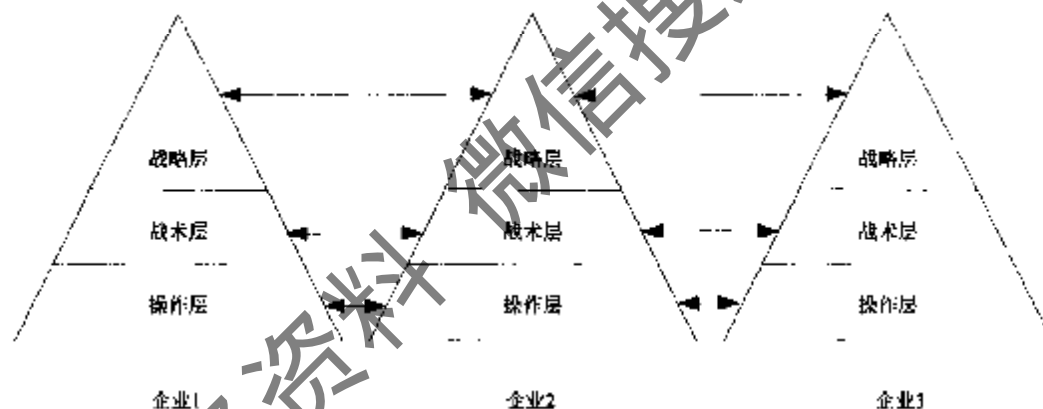


图 4-6 食品冷链物流系统协同层次  
Fig.4-6 Collaboration levels of food cold chain logistics

食品冷链物流系统协同过程，从战略层协同开始，进行战术层协同，以操作层协同为基础，操作层的协同结果会影响到战术层协同。同理，战术层协同也会影响到战略层协同。如图 4-7 所示。

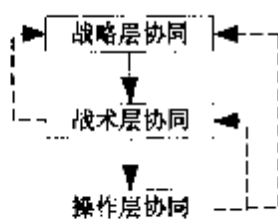


图 4-7 食品冷链物流系统协同过程  
Fig.4-7 Collaboration process of food cold chain logistics

本文根据食品冷链物流系统的要素特点以及上文提出的食品冷链物流系统协同的内容，将从组织（主体），资源以及信息三个方面来分析食品冷链物流协同的发展过程，如表 4-1 所示。

表 4-1 食品冷链物流协同发展过程  
Tab.4-1 Collaboration process of food cold chain logistics

	组织	资源	信息
战略层协同	①协同组织的构建 ②协同组织的维护及持续改进	①软件资源协同 ②硬件资源协同	①确定信息系统战略 ②确定信息共享机制
战术层协同	①各主体企业确定协同内容 ②各主体企业调整内部组织	①软件资源战术层协同 ②硬件资源战术层协同	①共享订单信息 ②共享配送计划信息 ③共享库存信息
操作层协同	①信息技术的应用 ②操作标准化与规范化		

#### 4.4.1 食品冷链物流战略层协同

战略层协同是食品冷链物流系统最高层次的协同，对系统协同起指导作用。如上文所述，食品冷链物流战略协同具有自己的特点。食品的物流过程不仅影响食品的品质，也涉及到食品安全问题。食品冷链物流协同的目标就是通过食品冷链系统各主体的协作，提高物流效率、减少物流时间、降低物流成本以及物流过程中不必要的环节，从而确保食品安全并能够快速满足消费者的需求。食品冷链物流战略层协同正是依据以上目标，立足于整个食品冷链，规划一系列对整个食品冷链物流系统有决定性影响的战略性措施。具体来说，食品冷链物流在从组织、资源以及信息等方面来实现战略层的协同时，无论是在协同管理要素还是协同机制方面都要充分考虑到食品的特点及其对冷链物流协同的要求。

##### (1) 食品冷链物流组织的战略层协同

组织是食品冷链物流系统的主体要素。一般的食品冷链物流主体包括食品原

材料供应商、食品加工制造商、食品批发零售商、餐饮服务商以及食品冷链物流商等<sup>175</sup>。主体要素是食品冷链物流系统中的能动性要素，对协同结果起主导作用。本文将分别从构建、维护及持续改进两个方面来阐述食品冷链物流组织的战略层协同对策。

### ①协同组织的构建

协同组织的构建是冷链物流系统协同的开始。在构建食品冷链物流系统的组织时，首先需要明确冷链物流系统的战略目标<sup>176</sup>。这是因为高效的冷链物流系统需要以各主体企业对冷链物流系统的统一认识为前提。这种目标共识有利于各主体企业确定协同管理的要素并且制定协调机制，以指导系统各主体企业在协同过程中产生的利益矛盾与冲突，为各主体企业稳定战略合作伙伴关系，组成稳定的组织奠定基础。

不同的冷链物流系统在组织构建的过程中对于其主体企业有不同的要求，要根据所需要建立的冷链物流系统的特点选择与其相适应的主体企业，例如对于食品供应商可能要涉及供应食品的类型、生产工艺、所用包装、原料来源等；对于物流企业可能要涉及到运营能力、管理水平、设施设备等；对于零售商可能要涉及到销售网点的分布、食品的配套设施、订货情况<sup>177</sup>等。冷链物流系统主体企业的选择直接影响了系统协同运作的开展，并最终决定系统运作水平以及系统目标的实现。具体来说，食品冷链物流系统主体企业的选择主要考虑以下几个方面的因素。

#### A 意愿因素

共同的意愿是合作成功的基础，冷链物流系统的协同也是这样，各主体企业要有着共同的目标和追求，通力协作才能使协同运作的效益达到最大化。合作意愿因素包括：对系统目标的认同、重视合作程度、愿望和抱负的契合程度、对维持系统稳定性的态度。

#### B 能力

合作伙伴的能力是另一个非常重要的因素。在评价合作伙伴的能力时，企业要评价每一个潜在合作对象的优势和弱点。归纳起来，主要评价以下几点：第一，在拟合作的领域，企业与合作伙伴的优势；第二，对方的市场能力；第三，对方的技术水平、生产能力、销售网络；第四，对方是市场的主导者还是落后者。一般来说，大部分企业都要求他们的合作伙伴具有能够对合作伙伴关系投入互补性资源的能力。合作伙伴关系的建立更需要寻找能够帮助企业克服自己弱点的合作伙伴，从而可以变弱点为优势。

#### C 兼容性

兼容是一个成功的合作关系所必须具备的重要条件之一。两个进行合作的企

业,如果缺少兼容性,那么不管他们的业务在战略上多么重要,也不管他们彼此多么有能力,都很难经受时间的考验,也很难应付变化的市场和环境。兼容及解决分歧与矛盾的能力是保持合作双方良好关系的基石,兼容并不意味着没有任何摩擦,但只要合作双方有合作的基础并且相互尊重,他们就能解决分歧。兼容包括规模与能力上的兼容,质量管理的兼容,信息网络的兼容,企业文化的兼容等。

除此以外,诚信状况以及财务状况也是在选择合作伙伴,构建食品冷链物流组织过程中需要考虑的因素。企业可以根据以上因素同时结合实际情况选择恰当的合作伙伴组成食品冷链物流组织。

### ②协同组织的维护及持续改进

食品冷链物流系统是一个动态系统,其主体要素并不是一成不变的,在食品冷链物流组织建立之后需要对其进行维护以及持续改进,以确保食品冷链物流系统的组织能够始终满足系统总目标的要求。具体来说,食品冷链物流系统协同组织的维护及持续改进主要包括建立一种保障合作伙伴关系稳定的利益分享、风险分担机制,以确保食品冷链的稳定性及持续发展,例如食品物流企业为保障食品冷链物流系统运作的效率而投资建立了配送中心,或是为维护食品冷链的利益而遭受损失,则食品冷链物流系统的其他企业应该对其进行必要的补偿以分担其风险。食品冷链物流系统各主体之间的关系需要协调以保持系统的稳定性。在运作的过程中,经常会发生危害食品冷链稳定的情况,例如原材料涨价等,这时就需要及时的协调。

与食品冷链物流系统主体企业没有合作之前的状态比较,通过食品冷链物流系统协同应该可以达到整体收益增加。但是食品冷链物流系统主体企业存在自治性,每个企业都努力在自己的决策权范围内寻求自身利益的最大化。食品冷链物流系统各主体企业间的利益差异必将对系统目标共识产生影响。首先要保证协同所获得的整体利益大于不协同状态下主体企业利益的总和,并在利益分配中保证各主体企业能够获得的利益大于非协同情况下企业收益。风险分担与利益共享是食品冷链物流系统主体企业间合作的基础。能否做到风险分担与利益共享,将直接影响企业间合作质量的好坏与合作期限的长短。

在食品冷链物流系统组织的维护过程中需要建立公平合理的利益分配机制。利益分配是实现组织稳定性的一个关键因素,它对合作关系的持续稳定发展起决定作用。合作可以带来更大的产出,但产出的分配却是一个利益冲突问题。利益冲突常常导致合作的低效,只有合理分配合作利益,才能克服冲突中产生的合作低效。收益分配问题也是合作中矛盾最突出的问题,只有公平合理的收益分配才能保证合作过程的顺利进行。

除了建立公平合理的利益分配机制之外,建立相互信任的合作伙伴关系是实



现食品冷链物流系统组织战略层协同的重要内容。相互信任既是主体企业间互惠互利的需要，更是系统发展壮大必不可少的路径<sup>178</sup>。

### (2) 食品冷链物流资源的战略层协同

与一般的物流系统相比，食品冷链物流系统的资源更为密集，需要在资源方面进行大量的投入才能够满足食品冷链物流运作的要求。食品冷链物流运作需要的资源分为软件资源与硬件资源。其中软件资源包括企业的质量标准建立，品牌形象共享以及共同培养专业人才三个方面，软件资源决定了食品冷链物流系统的运作水平；硬件资源指的是各种设施设备，比较典型的如冷藏车、冷藏周转箱以及冷库等，硬件资源是食品冷链物流系统顺利运营的物质支撑。与一般物流系统的硬件资源相比食品冷链物流系统的设施设备更为昂贵，需要大量的资金投入。综合以上分析可知，资源协同是食品冷链物流系统协同的重要组成部分，从战略的层面上考虑资源协同是食品冷链物流协同发展的重要组成部分。

#### ① 软件资源协同

软件资源是食品冷链物流系统能力的重要表现之一，对系统的运作能力有很重要的影响。企业之所以要谋求协同，能够实现资源共享尤其是软件资源共享是其主要的动因之一。软件资源的协同对策包括以下内容：

##### A 建立统一的质量标准

我国在食品冷链物流方面缺乏行业性的标准，只有一些企业制定了内部标准以提高自身的运作水平，因此不同的企业之间标准不同，运作能力也有差异。食品冷链物流系统内部的各主体企业应该建立起统一的质量标准或是将某一企业标准推广到整个系统内部，实现标准的内容以及实施方式在系统内部的共享。这样不仅能够提高各企业的运作能力，更重要的是统一的标准有利于促进协同的实现。食品冷链物流系统通过实施统一的质量标准有助于实现包装运输以及仓储等各个环节的监控，保障食品质量的稳定性。

##### B 品牌形象共享

品牌形象是企业宝贵的资源，如果系统内的某一主体企业是业内著名的企业，那么其他主体企业也可以得益于其品牌效益，从而提升整个系统的市场认可度。实现品牌形象共享可以通过形成战略联盟或是组建合资企业等方式。当然，由于品牌事关企业的生存与发展，品牌形象的共享必须要十分慎重。

##### C 共同规划人力资源

我国专业的、具有丰富运作经验的食品冷链物流人才较为紧缺，直接制约了企业的食品冷链物流运作能力。在系统内部共同规划人力资源有助于提升系统物流运作能力。具体来说，在战略协同层次各主体企业需要在人力资源规划方面进行决策的内容包括：人力资源需求决策，共同培养人才的方式以及相应的权利义

务的界定。

## ②硬件资源协同

食品冷链物流系统中的硬件资源主要包括运输设施设备以及仓储设施设备，其中运输设施设备包括：冷藏汽车、铁路冷藏车、冷藏船、冷藏集装箱、冷藏飞机等；仓储设施设备包括货架、叉车、托盘等冷库以及仓库中的附属设备。食品冷链物流系统硬件资源是系统运作的物质基础，同时相比于一般的物流设施设备更为昂贵，从战略层次考虑硬件资源的协同具有重要意义，具体来说硬件资源的协同可以从硬件投资以及资源共享两方面来说明。

### A 硬件投资

食品冷链物流系统中的各主体企业需要依据系统战略目标共同协商确定系统对于资源的需求，制定资源投资决策。资源投资中包括了冷藏运输设备、冷藏周转箱等设备的购买以及冷库等设施的建设等。应该确定承担投资的主体，如果主体是整个系统，那么应该确定各个主体企业承担的资金及风险，如果是独立企业承担但是用于整个系统的，那么应该制定一种风险分担机制以及相应的财政支持政策来对该企业进行支援，减轻其资金负担以及风险。此外，对于如冷库等大型设施的建设方案、空间分布、规模、内部布局以及运作机制等方面，需要充分考虑各主体的实际情况以及系统需求，达成一致协议。

### B 资源共享

各主体企业协同的动因之一是能够实现资源的共享，协同首先要对资源的共享机制进行制定。无论共享的资源是属于独立企业还是系统中各个企业共同所有，都需要界定清楚相应的权利与义务。例如食品冷链物流系统为了提高物流效率可以在系统内部的各主体企业之间实现周转箱、托盘甚至是运输设备的流转共用。但是在此之前需要协商确定这部分资源的使用、维护、维修、折旧问题以及出现损坏时的解决办法，以保障在实际操作中有据可依。

## (3) 食品冷链物流信息的战略层协同

食品冷链物流系统协同的运行是建立在各主体企业间高质量的信息传递和共享的基础上，同时建立信息共享体系是食品冷链物流系统协同中相互信任关系得以建立的前提条件。因此食品冷链物流信息协同是战略层协同的重要组成部分。信息与战略层协同中的其他两个内容——组织以及资源是密切相关的，用以保证组织合作伙伴关系的建立、维持以及资源协同的实现。食品冷链物流信息的战略层协同包括以下内容：

### ①确定信息系统战略

如前所述，信息是保证协同实现的重要方法与手段，在对食品冷链物流系统的组织以及资源方面的协同策略进行分析之后，必须要建立与之相适应的信息战

略才能保证协同的实现。因此，在信息战略层面需要决策的首要内容就是依据食品冷链物流系统的战略目标，规划出系统的信息建设目标以及在此目标之下的建设框架。需要注意的是在确定食品冷链物流信息系统的信息建设目标的同时需要兼顾到组织中各成员的信息化建设情况，如所采用的信息系统，信息系统中包括的模块等。将实际情况与系统信息建设目标相结合，使信息化建设目标符合系统实际情况，也使得信息系统建设在各成员之间容易推广。此外，还需要根据组织成员以及资源协同的实际情况确定信息系统建设的内容，来确定整个系统的信息体系需要包含哪些模块，具备哪些功能或是主体间需要实现哪些类型信息的共享，才能够满足组织以及资源方面的需求等。

##### ②确定信息共享机制

在明确系统信息化建设的目标和框架内容之后，组织内的各个主体需要就各自在系统信息体系建设中的权利与义务进行协商确认。在此环节上每个主体企业需要明确的是各自在系统信息体系建设中所享有的权利以及需要履行的义务。例如企业可以共享的其他主体企业内部的信息内容，相应的企业需要提供何种类型的信息与其他主体共享以保障完整系统信息体系的形成。此外，各主体企业还需要在信息体系建设，如企业在信息系统接口的建设过程中各个企业在人员、项目进度、资金投入以及信息协调机制等方面的权利与义务进行协商确定。

#### 4.4.2 食品冷链物流战术层协同

食品冷链物流战术层协同是食品冷链物流协同的中间层次<sup>179</sup>，介于战略协同与操作协同之间，是战略协同层次所有战略性决策的进一步细化与落实。从业务内容来看，食品冷链物流系统战术层协同的管理内容包括订单管理、销售预测、成本控制、食品的库存管理、运输管理等方面。协同的目的就是要对订货、存储、运输等关键流程进行规划与设计，以确保各个流程实现无缝衔接。为了保持与战略层协同内容的一致性，本文同样从组织、资源以及信息三个方面来阐述食品冷链物流战术层协同策略。

##### (1) 食品冷链物流组织的战术层协同

食品冷链物流战术层协同主要是各主体依据战略层协同所制定的合作框架相关内容，分工协作，分别建立相应的体系、计划。如食品原材料供应企业就食品安全生产体系建立，冷链物流企业就冷库建设、组建配送中心、冷藏车采购、运输线路策划等分别进行决策，以确保战略协同的内容得到实施。食品冷链物流组织的战术层协同策略包括以下内容：

### ①各主体企业确定协同内容

食品冷链物流系统中各主体企业在组织层面的协同包括以下内容:

#### A 预测协同

在战略层面合作框架的指引下,食品冷链物流系统中的各个成员需要对市场信息进行整体预测<sup>180</sup>。所有主体通过信息平台等手段共同分享市场信息<sup>181</sup>,处于上游的主体企业据此调整自己的生产计划、配送计划等,提高整体应对不确定性的能力<sup>182</sup>。

食品冷链物流系统中的每个主体企业都需要对市场状况进行预测<sup>183</sup>,越是靠近市场的主体企业越了解市场,越可以准确预测市场需求。倘若他们将这些最新预测信息与上游的主体企业共享,如通过共享终端的销售数据分析销售趋势、顾客偏好和顾客分布等,从而决定库存水平、货架布置,设计出更准确的生产和供应计划。否则,上游的企业仅仅只是根据自己得到的信息来进行预测,就会放大市场需求波动的方差,从而形成“牛鞭效应”。

#### B 产品设计协同

食品冷链物流系统各企业应该在产品设计方面实现协同<sup>184</sup>,具体来说处于终端的零售商应该及时向其他主体企业传递关于消费者需求与偏好的信息,这样整个系统就能够明确市场的需求,从而共同开发符合市场需求的食物,使产品多样化、多元化、品牌化,适应市场不同层次、不同人群的各种需求<sup>185</sup>。除此之外,系统中的各个成员由于自始至终参与了“产品设计”过程,能够以较短的时间适应新产品的出现,制定出相应的销售策略、配送策略等<sup>186</sup>。

### ②各主体企业调整内部组织

在战术层,食品冷链物流系统组织中的各主体企业除了需要确定协同内容之外,还需要依据协同的内容对各自内部的组织结构进行调整,形成协同的内部供应链,形成流畅的内部供应链以确保整条食品冷链的无缝衔接<sup>187</sup>。此外,食品冷链上的各主体企业需要对机构进行调整,需要指定特定的部门负责与上下游企业的联系以保障整条食品冷链运作的流畅性。

主体企业内部各部门的协同运作是企业内部组织协同取得成功的标志。企业内部协同是为了企业内部各个职能部门,各个业务流程能够服从于企业的总目标,实现不同部门、不同层次、不同周期的计划和运营体系的协同。通过企业各个部门各环节的协同运作,使得企业运营效率大大提高,降低协同过程中的成本。随着经济全球一体化的发展,企业的成功更多地取决于组织灵活性和协作性。企业内部的财务、生产、销售、采购等部门之间往往一味追求自身的业绩和部门利益的最大化,做出的决策往往是站在本部门的角度,出现问题总是互相推诿指责而不考虑企业系统,对问题缺乏整体思考与解决方案,由于没有很好的进行企业内

部信息沟通与共享,严重影响了企业整体业务的开拓,削弱了企业的市场竞争力。因此,将物流、信息流、资金流 and 知识流通过一个纽带连接起来以便形成现代化的管理平台是物流系统协同成功的迫切要求。

物流企业作为冷链物流系统中的关键主体,是物流活动的执行者和管理者,必须将供应链管理、以客户服务为中心的思想贯穿于整个企业的管理和经营过程中,注意物流系统每个环节的运作,进行整体优化。相对于传统的物流活动,冷链物流协同运作思想应坚持系统观念,将整个冷链物流系统作为一个整体,确定对最终消费者的成本控制、服务质量的共同目标,使其连贯地完成公司制造和分销产品到最终用户的过程,包括生产计划、原材料采购、运输管理、温度控制、仓库管理和需求管理等,从整体上优化整个物流系统来降低物流成本。冷链物流企业要实现从物流服务供应商向供应链管理商的转变,树立以客户为中心的理念,在具体物流运作中,应积极主动的了解下游零售商乃至最终消费者的食品需求和物流运作要求,在面对客户需求而自身资源有限时,主动为客户寻求其他合作伙伴,延伸物流系统,通过整合市场资源为客户服务。其次,开发核心竞争力,冷链物流企业在建立供应链业务伙伴关系的同时,维持甚至强化自己的核心竞争力,在物流服务的渠道结构发生变化时,为客户设计新的物流解决方案,建立新的市场竞争共同体,保证当客户完成需求信息提交,客户订单的配送信息能迅速通过物流信息系统自动转到业务部门或专业企业,业务人员接到订单后能快速为客户提供服务。

#### (2) 食品冷链物流资源的战术层协同

食品冷链物流资源的战术层协同是战略层协同的进一步细化,需要依据战略层协同实施,因此也分为软件资源与硬件资源两部分。

##### ① 软件资源战术层协同

本文将食品冷链物流系统的软件资源分为质量标准建立以及共同培养专业人才等方面。其中,在统一的质量标准建立方面应由系统内的标杆企业或是处于核心位置的企业为主导,组织各主体企业共同制定符合系统运作实际情况的质量标准。具体来说,需要在质量标准框架的指导下,由各主体企业依据自己的业务类型组织专门部门制定符合框架要求的质量标准。例如处于源头的食品生产加工企业应该以质量标准框架为依据,制定食品原材料种植、农药、饲料使用以及生产加工过程中的质量标准以保证其生产加工的食品服务整个食品冷链物流系统的质量框架;与之相适应,物流企业则应该制定相应的作业标准,明确规定食品在运输、存储过程中需要遵守的规定、标准,以保障食品在物流过程中符合质量标准框架的要求。其余企业的职责依此类推。

在专业人才培养方面,可以采取系统内部培训的方式,也可以采取外部培训

的方式。其中，内部培训指的是由系统内部运作水平、管理水平以及员工素质都较突出的主导企业对其他成员企业的相关业务人员进行业务培训，以提高作业人员的业务水平。外部培训指的是委托系统外部的专业培训机构对食品冷链物流系统内部的管理人员以及操作人员进行培训，提高员工素质。

### ②硬件资源战术层协同

硬件资源在战术层的协同主要是按照战略层确定的投资决策、建设决策进行资源的购置及建设。具体来说，在冷藏运输设备及周转箱的购置方面，需要依据事先的协议由相应企业负责购置，购置的设施设备必须要能够满足管理方面的需要。例如食品冷链物流系统希望能够对食品的温度实现全程监控，那么相应企业必须要购置配备有温度记录仪的专业冷藏运输车辆。这样驾驶员在车辆行驶过程中随时调控车厢内的温度，使食品随时处于规定的温度环境中。温度记录仪随时记录车厢内的温度，将温度记录器中的资料输入电脑，可随时查询，这样的措施实现了温度全程监控，使食品的鲜度和品质大大提高。此外，对于冷库等专业设施的建设方面也需要按照之前达成一致的建设方案、空间分布、规模、内部布局以及运作机制等方面进行运作。

### (3) 食品冷链物流信息的战术层协同

信息技术在食品冷链物流系统协同管理中应用广泛<sup>188</sup>。在某种意义上讲，食品冷链物流系统管理理论的实践先于理论的产生。食品冷链物流系统管理方法，如快速反应（QR）、有效客户反应（ECR）等都离不开各种信息技术的应用，尤其是条码技术、射频识别技术和EDI技术的应用。食品冷链物流系统协同管理实际上是一个全面的和全新的管理理念，以寻求企业内部的业务职能和合作伙伴的业务职能的协同，形成统一的食物冷链物流协同系统。食品冷链物流系统协同管理运作成功与否主要是看主体企业资源和业务职能能否取得有效的协同。而这种协同是以信息协同为基础的，因此信息协同对于食品冷链物流协同是至关重要的。食品冷链物流系统信息协同<sup>189</sup>包括以下三个方面。

#### ①共享订单信息

通常，顾客很少知道食品状态，因为顾客并不知道食品冷链物流系统的组成，从而也不知道食品何时到货，通常是在到了交货期的时候，才知道能不能按时交货。食品冷链物流系统主体企业相互之间了解各自接受订单的状况，确保在交货期内按时将食品提供给客户，保证食品安全并提高效率。

#### ②共享配送计划信息

企业的生产影响到对下游企业的供给。在食品冷链物流系统中，下游企业需要依据上游供应商的生产来决定自己的库存和生产情况，同样，下游企业的生产又决定他对供应商的需求，从而影响供应商的库存和生产计划。所以，制造商可

以利用供应商的生产与配送计划来提高自己的计划水准，供应商也可以根据制造商的生产计划来为制造商提供可靠的补给。

#### ③共享库存信息

过高的库存被认为是影响食品冷链物流系统绩效的重要因素，通过共享食品冷链物流系统各主体企业的库存信息，可以极大地降低整个物流系统的安全库存水平，增加物流系统的竞争力。如制造商通过了解分销商的库存信息，可以及时调整生产等。

### 4.4.3 食品冷链物流操作层协同

食品冷链物流操作层协同处于最低层次，是战略协同和战术协同的基础和前提，为战略协同和战术协同提供有力的支持。食品冷链物流操作层的协同对食品冷链物流协同至关重要，作为战略层协同与战术层协同的最终实施环节，食品冷链物流操作层的协同结果对食品的物流安全、物流效率、物流成本等有决定作用，直接体现了食品冷链物流协同的效果<sup>190</sup>。食品冷链物流系统在战略层与战术层的协同都涉及到组织、资源以及信息三个方面，然而在操作层面的协同主要集中在信息技术方面以及操作规范两个方面，这两个方面能够保证食品冷链物流系统的协同战略、战术层面的协同策略能够得到实施。

#### (1) 信息技术的应用

高质量的信息传递和信息共享是食品冷链物流系统实现协同、有效运行的重要保障之一。先进的信息技术是信息共享体系建立的基础。因此，有效实施基于系统管理的战略合作关系离不开信息技术的可靠支持<sup>191</sup>。现代信息技术是合作伙伴企业间交互信息的有效技术手段，是连接各主体企业的媒介，同样可以应用到食品冷链物流系统中。信息技术能起到整合从食品生产加工制造商、批发零售商和物流商直到最终消费者的整条食品供应链的作用，提高食品冷链活动的效率，有利于对食品冷链物流系统中各主体企业的计划、协调、顾客服务和控制活动进行更有效的管理。

提高物流技术装备，以科技改善物流水平，对物流技术装备保障具有重要意义，企业迫切需要的就是适宜、安全的物流快速响应，以降低成本费用，优化库存结构，减少资金占用，缩短物流周期，提高物流质量，取得用户和消费者的信任。为达到这一目的，食品冷链物流主体企业必须提高物流技术装备水平，在充分利用网络信息技术的前提下，采用托盘、集装箱等物流技术；实行高度机械化、自动化的装卸、搬运、拣货等作业过程；采纳准时供应，全面质量管理、客户关

系管理、自动连续补货等协同物流管理技术等<sup>192</sup>。以科技手段改造物流技术装备,提高物流水平,及时地对瞬息万变而又日趋竞争激烈的食品交易做出反应,提供高质量物流服务,保证食品物流系统的整体效率最优<sup>193</sup>。

借助 GPS、自动识别等技术的应用,通过网络平台和信息技术将承运人、制造商、供应商及相关的银行、海关等单位联结起来,实现对货物的全程监控和资源共享,提高整体运输效率;可以有选择性的在食品冷链物流的某一环节使用 RFID 技术,例如,许多食品冷链物流服务商有针对性地在冷链物流的短板——冷藏运输环节使用 RFID 技术<sup>194</sup>;同时 RFID 还可扩展为由企业或物流系统建立覆盖全冷链流程的监测中心数据平台。采用 RFID 技术最大的好处是可以对冷链物流系统进行透明化管理,有效降低成本。引进自动化冷库技术和库房管理系统、运输车辆温度自动控制技术等先进技术,提高物流运作能力。

## (2) 操作标准化与规范化

为了保证食品冷链物流运作的各个流程在操作过程中不出纰漏,在实际操作过程中需要制定相应的操作标准。为了涵盖物流运作的各个流程,所制定的食品冷链物流操作标准需要包括温度记录、跟踪与监控,货物验收,货物运输以及货物仓储等领域。

具体来说,为了保证冷链物流操作过程规范,整个操作流程快速高效同时能够保证食品安全,食品冷链物流系统中的各主体企业需要制定一系列的操作规范。这些规范应该包括:卫生管理操作规范、托盘管理操作规范、冷链食品拣选操作规范、冷藏仓库温度控制操作规范、冷冻食品收货温度测试操作规范等。除了这些业务操作规范之外,还需要制定相应的管理制度来保证相关操作人员严格按照操作规范执行。

在操作层面,信息技术的使用使得各种信息能够在各主体企业间顺畅流动,此外这些技术的使用还能够促进物流效率的提高;操作标准及规范制定使得各项战略、战术措施能够按照规范的操作方式得到实施。这两个方面相结合使得食品冷链物流的战略层、战术层协同策略在操作层面得到实现。

## 4.5 本章小结

本章对食品冷链物流系统协同的内涵、协同的目标与原则、协同的内容及过程进行了分析,得出的主要结论如下。

(1) 食品冷链物流系统协同的含义指在食品从供应地向接收地的实体流动过程中,食品物流系统各主体企业为了保持食品始终处于维持其品质所必需的可控



温度环境下,通过相互协作、信息及资源共享以实现食品冷链各环节的无缝对接,以达到保障食品安全、提高食品物流效率和降低物流成本的目标。

论文随后对食品冷链物流系统的协同性质、自组织和序参量及支配特性进行了分析。

(2) 食品冷链物流系统协同过程中,保证食品冷链物流安全是第一目标,其次是提高运作效率,最后是获得成本优势。

(3) 食品冷链物流系统协同的原则包括适应性原则、整体性原则、资源整合性原则以及效益性原则。

(4) 食品冷链物流系统协同的内容分为主体间协同、客体间协同、设施设备协同和信息协同。从协同主体性质以及协同主体数量两个方面来阐述食品冷链物流主体间协同。按食品冷链物流系统的协同主体性质分类,分为横向协同、纵向协同。从食品冷链物流系统的协同主体数量来看,又可以将协同分为单主体的内部协同、两个主体之间的协同以及多个主体间的协同。食品冷链物流系统客体间的协同包括温度以及时间协同。食品冷链物流系统设施设备协同包括运输设备协同和仓储设施协同。

(5) 协同过程包括战略层、战术层和操作层协同。根据食品冷链物流系统的要素特点以及协同的内容,从组织、资源以及信息三个方面来分析食品冷链物流协同的过程。

## 5 食品冷链物流系统协同模型分析

食品冷链物流系统协同模型分析的目的是定量化分析系统协同的过程与效果，模型分析先选择系统状态参量，提出系统状态参量体系，应用信息熵方法对系统整体水平进行评价；定量计算序参量，最后分析序参量的有效性和灵敏度。序参量有效性分析是判断序参量是否是影响系统状态的重要变量，序参量属性值的灵敏度分析是确定其变化范围。见图 5-1。

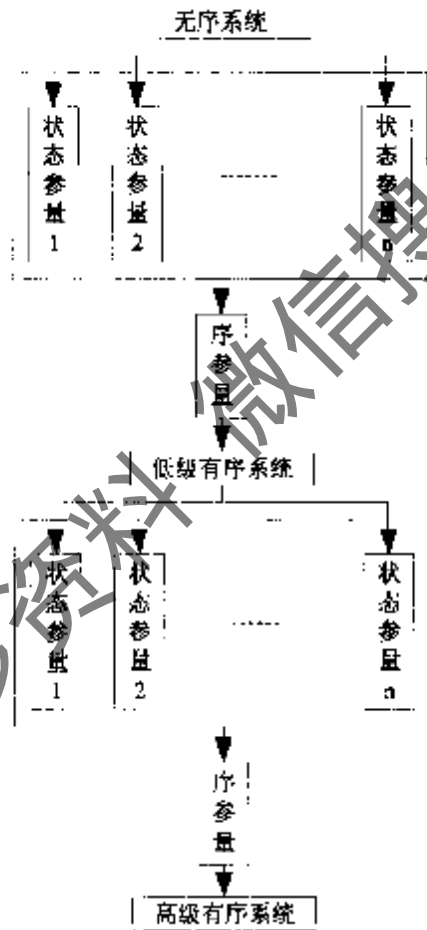


图 5-1 食品冷链物流协同过程

Fig.5-1 Collaboration process of food cold chain system

食品冷链物流系统协同过程中，序参量是核心，是关键。过去的研究多数采用定性分析的方法来说明哪些状态参量是序参量，本文用定量的方法来求解序参量。图 5-2 是食品冷链物流系统协同模型分析过程。



图 5-2 食品冷链物流系统协同模型分析过程

Fig.5-2 Modal analyzing process of food cold chain logistics system collaboration

## 5.1 食品冷链物流系统状态参量选择

食品冷链物流系统状态参量具有不同的特点，在此基础上分析状态参量选择思路。

### 5.1.1 状态参量选择的特点

食品冷链物流系统状态参量的选择是一个系统工程。它的特点主要表现为状态参量的复杂性、协同目标的多元性、系统的整体性和状态参量选择的困难性。

#### (1) 状态参量的复杂性

物流系统涉及到许多要素，如上文所述，有主体要素、客体要素、设施设备要素，有不同类型的结构，具有不同的功能，表现为不同特性。每种要素所包含的内容都很丰富，不同的因素组合，不同的协同主体、客体与设施设备，构成了多种状态参量，非常复杂。

分析物流系统的协同并不是对上述要素的简单相加，而是一个整合的产物<sup>[95]</sup>。人们不能单单从某一个角度或某一要素出发对物流系统进行简单的衡量。

#### (2) 协同目标的多元性

物流系统协同的目标直接影响整个物流系统的效果。食品冷链物流系统的协同要将食品安全放在目标的首位，在此基础上，提高物流的效率，降低物流成本。而目标之间有一定的悖反关系，如为了保证食品安全，可能会导致物流成本的提高或物流效率的降低。

#### (3) 系统的整体性

对整个物流系统的协同效果进行评价，不能从单个部门或单个企业出发，也不能只看财务状态参量反映的情况，而是将物流系统看作一个整体、一个系统，采用多个状态参量来衡量。

#### (4) 状态参量选择的困难性

物流系统状态参量不仅有定量的变量，而且还有定性的变量。在这些状态参量中，有些状态参量的统计还没有达成共识，有一部分定性的状态参量很难量化，

这给研究工作又增加了一定的困难<sup>196</sup>。

### 5.1.2 状态参量选择的思路

食品冷链物流系统状态参量选择的目的是要科学准确地描述物流系统在每一确定时点的状态，判断投入的物流资源被最优化运用的程度，判断物流系统活动实现系统协同目标的程度<sup>197</sup>，所以食品冷链物流系统状态参量选择是指对研究对象的哪些方面进行分析。食品冷链物流系统状态参量选择遵循的思路有科学性、可行性、层次性和重点性以及特殊性。

#### (1) 科学性

食品冷链物流系统状态参量的选择要能够科学地分析出物流主体之间的协同情况，真实反映出物流系统的运营状况和存在问题。状态参量选择的科学性如何，直接关系到分析的准确性和可靠性。

#### (2) 可行性

食品冷链物流系统状态参量的选择要能够完整地反映食品冷链物流的特性，与此同时，状态参量应简单易懂，便于获取，内容简洁明晰，避免产生误解和歧义。食品冷链物流系统纷繁复杂，涉及很多方面，要坚持简单的原则，又要确保有效性，就必须抓住重要的方面，选取关键状态参量，用最简单的状态参量体系反映最真实的状况。

#### (3) 层次性

食品冷链物流系统状态参量的选择分清主次，有层次性，在每一个层次中选取能够准确、科学地评估物流系统的状态参量，表征物流系统的状态，从而能够为物流主体之间整体协同状况提供有效的反馈信息，以便更好地进行决策。

#### (4) 特殊性

与其他系统不同，物流系统运行中一个典型的特点是存在效益悖反关系。不同物流活动之间可能在目标、运作上存在冲突。例如，要提高物流系统的服务水平，提高客户满意度，提高安全标准，多数情况下物流成本就会增加；为了降低运输费用而采用批量运输，必然带来库存压力增大，库存成本增加；为了降低包装成本而采用简易包装，对运输、装卸搬运和储存又提出了更高的要求等。因此，在构建物流系统综合评价状态参量体系时，论文充分考虑食品冷链物流系统协同的特殊性。

## 5.2 食品冷链物流系统状态参量体系

状态参量体系是描述系统状态和特性的一组完备而关键的变量，通过描述这组变量就能够描述出系统的状态。同样的，通过观察这组变量的变化趋势就能够观察到系统的状态变化。

食品冷链物流系统状态参量体系就是一组能够用来描述该系统的关键变量，状态参量的选择有多种方法<sup>[19][199][200][201][202][203][204]</sup>。本文根据一般系统基本理论从系统投入、系统转换和系统产出三个方面来阐述食品冷链物流系统的状态参量。见图 5-3。

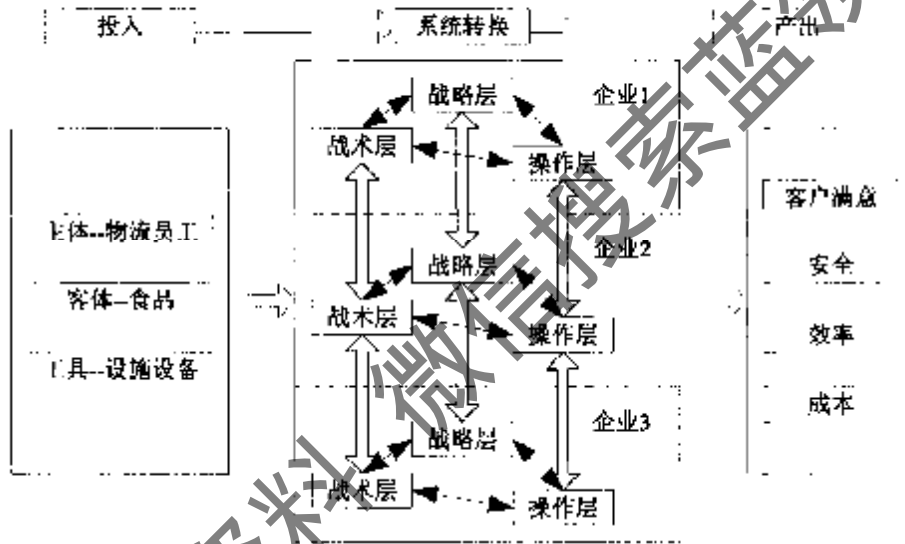


图 5-3 食品冷链物流系统状态参量体系框架

Fig.5-3 State variables frame of food cold chain system

系统转换的过程即系统协同的过程，由战略层至战术层，最后是操作层协同，涵盖一个企业内部物流系统三个层次协同和企业与企业之间物流系统三个层次的协同。不同的投入要素，不同的协同过程，得到的系统产出有很大差异。考虑到系统转换过程的复杂性，论文将系统的转换过程作为一个黑箱来处理，系统状态参量的选择以系统投入和产出部分作为研究的主要内容。

状态参量体系中，根据上文对物流系统要素分类，投入部分分为主体、客体和设施设备三个部分。上文中系统协同的目标有三个，即提高物流安全水平、提高物流效率和降低物流成本。在此基础上，产出部分增加了一个进行总体评价的概括性的综合部分——客户满意，所以产出部分分为客户满意、安全、效率和成本四个部分。见图 5-4。

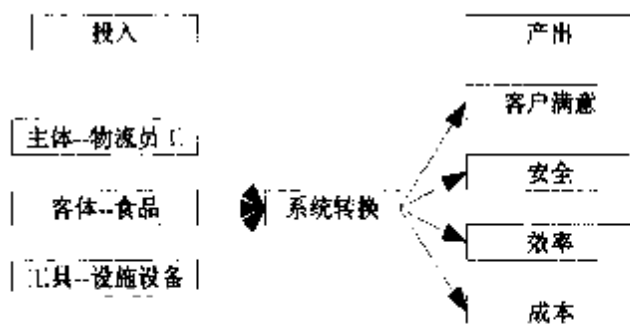


图 5-4 食品冷链物流系统投入与产出状态参量体系框架  
Fig.5-4 Resources and outsource state variables frame of food cold chain system

不同的食品冷链物流系统结构，其投入、转换与产出部分的状态参量体系是不同的。在研究中，为简化研究过程的复杂程度，根据所能获得的资料，本文选择其中一种食品冷链物流系统结构进行深入研究。该结构按照主体的构成来分类，是直销型的结构；按照物流企业的作用，是物流企业参与型的结构。物流企业的参与，可以通过专业化和社会化的物流服务，使物流系统的其他主体专注于其核心业务，在保证食品安全、提高效率的同时，降低物流成本。由冷链物流企业提供专业的第三方食品物流服务是食品冷链物流发展的方向<sup>205</sup>。所以本文选择有多个冷链食品制造商和多个零售商，一个食品冷链物流商组成的一个冷链物流系统。其基本物流业务，是接到客户（冷链食品加工制造商和零售商）订单后，物流商从制造商处取货，经分拣处理，配送给各零售商。见图 5-5。

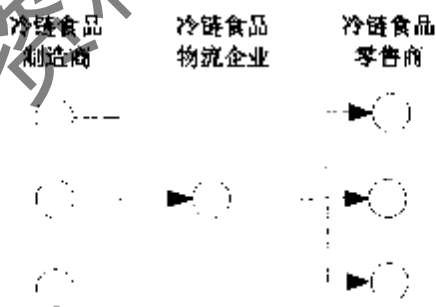


图 5-5 食品冷链物流系统的一种结构  
Fig.5-5 One structure of food cold chain system

物流系统状态参量的选择中，本文选择的具体状态参量如表 5-1 所示。

表 5-1 食品冷链物流状态参量表  
Tab.5-1 State variables of food cold chain system

		食品制造商	食品物流商	食品零售商
投入	物流人员	物流员工总数	物流员工总数	物流员工总数
		物流员工结构	物流员工结构	物流员工结构
		物流员工培训率	物流员工培训率	物流员工培训率
		物流员工流失率	物流员工流失率	物流员工流失率
	食品	食品种类数	食品种类数	食品种类数
		食品物流量	食品物流量	食品物流量
		食品总价值	食品总价值	食品总价值
	物流设施设备	冷藏车船数量	冷藏车船数量	冷藏车船数量
		冷藏车船利用率	冷藏车船利用率	冷藏车船利用率
		冷库规模	冷库规模	冷库规模
		冷库利用率	冷库利用率	冷库利用率
		信息系统投资额	信息系统投资额	信息系统投资额
		信息交流方式	信息交流方式	信息交流方式
客户满意	制造商满意率		零售商满意率	
	制造商数量		零售商数量	
	存货周转率		存货周转率	
	制造商订单准确率		零售商订单准确率	
	制造商订单满足率		零售商订单满足率	
	食品退货率		食品退货率	
	物流安全	食品物流安全事故情况	食品物流安全事故情况	食品物流安全事故情况
食品冷链物流标准执行情况		食品冷链物流标准执行情况	食品冷链物流标准执行情况	
食品储存预冷率		食品储存预冷率	食品储存预冷率	
冷库温度保持率		冷库温度保持率	冷库温度保持率	
运输保冷性能		运输保冷性能	运输保冷性能	
物流效率	履约及时率	送货/收货及时率	送货及时率	
	零售商订货周期	零售商订货周期	零售商订货周期	
	零售商订单响应速度	零售商订单响应速度	零售商订单响应速度	
	问题食品处理时间	问题食品处理时间	问题食品处理时间	
物流成本		物流收入		
	物流总成本	物流总成本	物流总成本	
		货损货差赔偿率		
	物流利润			

### 5.2.1 投入状态参量

食品冷链物流系统投入状态参量从主体、客体和设施设备三个角度来分别阐

述。

### (1) 物流人员

物流人员是从食品冷链物流系统的主体角度来分析其状态参量。

#### ①物流员工总数

物流员工人数是指从事物流管理与作业的人员数量。在人员素质保持不变的前提下，物流员工数量越多，规模越大，物流服务能力越强。

#### ②物流员工结构

物流员工素质的高低直接影响着物流服务的质量，进而影响着物流业务的持续发展。因此物流员工结构是衡量食品冷链物流系统发展状态与潜力的变量。

$$\text{某类物流员工结构} = \frac{\text{该类物流员工数量}}{\text{物流员工总数}} \times 100\%$$

#### ③物流员工培训率

物流员工的培训率在某种程度上决定了物流业务的发展潜力和前景。物流系统要想取得长期绩效，冷链物流要保持高效率低成本的运营，就要加强各层次物流人员的培训。

$$\text{物流员工培训率} = \frac{\text{报告期培训物流员工人次}}{\text{物流员工总数}} \times 100\%$$

#### ④物流员工流失率

物流员工流失率这一状态参量主要反映物流员工对物流系统的满意率，同时反映了物流系统人力资本投资的损失。对于冷链物流主体企业来说，由于业务具备很强的专业性，操作环节要求高，对于新员工需要大量的培训投入方可确保其胜任工作，所以老员工的流失对企业运作的影响是破坏性的。

$$\text{物流员工流失率} = \frac{\text{报告期内物流员工流失数量}}{\text{物流员工总数}} \times 100\%$$

### (2) 食品

食品是从食品冷链物流系统的客体角度来分析其状态参量。

#### ①食品种类数

食品的种类不同，对温度、湿度的需求不同，例如冷却食品、冻结食品、冰鲜食品和超低温食品对温度的要求有很大区别。食品种类越多，对设施设备及物流运作的要求越复杂，对物流主体间协同程度要求越高。



## ②食品物流量

冷链食品需求量增加，物流业务规模越大，意味着更大的冷库吞吐量和更大的运输周转量，则对物流要求越高，对物流冷冻冷藏设施设备的能力提出的要求越高。

食品物流量=报告期内冷库吞吐量或冷链运输周转量

## ③食品总价值

物流食品总价值越高，冷链上主体企业占用资金越多，期望食品周转越快越好，在物流过程中的损失越小越好。

物流食品总价值=物流食品总销售额

## (3) 设施设备

设施设备从食品冷链物流系统的工具角度来分析其状态参量。

## ①冷藏车船数量

冷藏车船的数量表明了企业进行冷链食品运输的能力。数量越多，规模越大，能力越强。

## ②冷藏车船利用率

冷藏车船利用率可用冷藏车船容积利用率、冷藏车船载重利用率及冷藏车船里程利用率三个状态参量来反映。

车船容积/载重利用率是衡量车船等运输设备的容积和载重是否充分合理利用的状态参量，表明物流系统进行冷链食品运输的效率，通过这一状态参量可以判断是否应该增加或减少冷藏车船数量或是提高冷藏车船的空间使用率。提高车船容积/载重利用率，能以较少的车船，装载更多的食品。

车船单程利用率反映了车船的实际载和空载程度，可以评价运输工作的组织管理水平。减少车船空载，可加快食品流转，节省运力，节约能源，降低运输费用，充分利用运力，是物流管理的目标之一。一般来讲，车船管理人员可采用定时运输等管理措施，减少空载行驶，提高运输车辆使用效率。

$$\text{冷藏车船容积利用率} = \frac{\text{冷藏车船实际装载食品的平均体积}}{\text{冷藏车船额定容积}} \times 100\%$$

$$\text{冷藏车船载重利用率} = \frac{\text{冷藏车船实际装载食品的平均重量}}{\text{冷藏车船额定载重}} \times 100\%$$

$$\text{冷藏车船里程利用率} = \frac{\text{载重行驶里程}}{\text{车辆行驶总里程}} \times 100\%$$

### ③冷库规模

冷库是食品冷链物流系统重要的基础设施与运行的物质基础，冷库数量、面积与容量等规模越大，冷库的温控能力越强，满足需求的能力越强。

### ④冷库利用率

冷库利用率是反映冷库能力利用水平高低的主要状态参量，可以反映食品储存面积/体积的利用是否合理，该指标可为提高冷库面积/体积的有效利用提供依据。可以用冷库面积利用率与体积利用率来描述冷库利用率。

#### A 冷库面积利用率

从面积角度评价冷库利用效率，目的是提高冷库资源利用率，降低储存费用。冷库总面积是指实际能够储存食品的有效使用面积。冷库的面积利用率值越大，表明冷库的利用效率越高。公式为：

$$\text{冷库面积利用率} = \frac{\text{冷库平均使用面积}}{\text{冷库额定面积}} \times 100\%$$

#### B 冷库体积利用率

冷库体积利用率是反映冷库管理工作水平的状态参量，可以反映食品储存空间的利用是否合理，也可以为提高冷库体积的有效利用率提供依据。值越大，表明冷库的利用效率越高。

$$\text{冷库体积利用率} = \frac{\text{冷库平均使用空间}}{\text{冷库额定容量}} \times 100\%$$

### ⑤信息系统投资额

利用现代信息技术进行物流管理，对不断提高物流系统的运营绩效具有非常重要的意义，采用信息系统投资额状态参量反映物流系统在物流信息管理技术方面的更新情况。

### ⑥信息交流方式

信息交流方式指的是一定时期内食品冷链物流系统内部各主体之间信息交流的手段，反映了信息处理的透明度，是食品冷链物流系统各主体合作和协调关系的初步体现。信息交流方式包括电话、传真、信息系统、Email等方式。电话与传真是传统方式，信息传递出错的机率高一些。采用管理信息系统、Email等方式，信息交流准确性提高，是现代信息社会的发展趋势。

### 5.2.2 产出状态参量

食品冷链物流系统协同的目的在于各主体企业物流活动的高效运作以及有效集成,以适宜的成本提供高水平的客户服务,保证食品安全。本文主要从食品冷链物流的客户满意、安全、效率、成本四个角度来描述。

#### (1) 客户满意

客户满意是衡量食品冷链物流系统为客户提供服务成果的直观变量,可以细分为以下几个变量:

##### ① 制造商/零售商满意率

制造商/零售商的需求是食品冷链物流系统的重要驱动力,食品冷链物流系统运作的过程就是为制造商/零售商提供食品冷链物流服务,制造商/零售商对此做出的反应是衡量该系统状态的重要变量。

客户满意率是对物流服务质量的总体评价指标,一般通过调查问卷的方式取得。客户满意率是指客户对物流系统服务满意的程度,是物流系统能否保持并扩大其竞争优势的重要因素,设在一定时期内对  $N$  个客户进行了客户满意率的回访,第  $i$  ( $1 \leq i \leq N$ ) 个客户的满意率得分为  $K_i$ ,则

$$\text{制造商/零售商满意率} = \frac{\sum_{i=1}^N K_i}{N}$$

##### ② 制造商/零售商数量

制造商的数量是衡量物流企业与制造商关系协调程度的一个状态变量,合作越顺利,则制造商的数量保持稳定,并且持续增加。制造商数量衡量物流系统的稳定性,数量变动越大说明系统内部成员企业变动越频繁,系统结构也越不稳定。

零售商数量是衡量物流系统满足零售商需求的一个状态变量,在其他条件不变的前提下,零售商数量增加,表明对物流系统的满足程度越高,协同程度越高。零售商数量减少则说明大部分零售商客户对于食品冷链物流系统的满意度较低。

##### ③ 存货周转率

存货周转率是一个重要的状态参量,除了能够体现库存状态之外,更主要的是体现了整个食品冷链物流系统流程是否顺畅以及运作效率的高低。在冷链物流运作过程中,如果双方的协作程度比较高,食品的库存周转率就可维持在较高的水平。因为库存是为了应付市场需求的变化,如果供需双方能够透明地共享市场的需求信息,能够准确预测市场需求的变化,就可以降低库存水平。

$$\text{存货周转次数} = \frac{\text{报告期食品销售额}}{\text{报告期平均存货余额}}$$

$$\text{存货周转天数} = \frac{\text{报告期天数}}{\text{存货周转次数}}$$

其中，存货平均余额=（期初存货+期末存货）/2

#### ④制造商/零售商订单准确率

对制造商/零售商订单的准确率进行考核，主要考核制造商/零售商的订单是否准确，如果不准确，会导致错误的订单处理。

$$\text{制造商/零售商订单准确率} = \frac{\text{订单无差异数}}{\text{订单总数}} \times 100\%$$

#### ⑤制造商/零售商订单满足率

订单满足率是用来衡量食品冷链物流系统将食品在正确的时间正确的地点以正确的种类和数量送达客户的能力。

$$\text{订单满足率} = \frac{\text{准确完成的订单数量}}{\text{订单总数}} \times 100\%$$

#### ⑥食品退货率

食品退货率是指一定时期内发生退货次数与送货总次数的比率，这一状态参数不仅能反映食品的质量状况，而且过大的退货率将影响物流系统的形象和客户的满意度。在食品冷链物流过程中会遇到的退货问题主要有以下几种情况：食品温度不符合要求，食品在物流过程中其温度必须处于特定的范围之内才能够保证其品质，食品安全才能得到保障，食品温度不符合要求是导致退货产生的重要原因之一；货物重量不符合要求，有一些食品是以称重的方式交付的，重量误差超过规定的范围也会引起退货；对于以袋、箱等为交付单位的食品而言，数量不符合订单要求（超过或不足）也会导致退货的产生。这三种情况都会影响退货率，而退货率的高低也会影响到客户满意度。

$$\text{食品退货率} = \frac{\text{发生退货次数}}{\text{送货总次数}} \times 100\%$$

## （2）物流安全

### ①食品物流安全事故情况

食品物流安全问题的产生原因是多方面的，从源头的加工制造到终端销售中

的每一个物流环节发生问题都会导致食品物流安全事故的产生，因此食品物流安全事故情况是一个综合性的指标。报告期内的物流安全事故次数越少说明食品冷链物流系统的运作水平越高。

食品物流安全事故情况=报告期内食品物流安全事故次数

#### ②食品冷链物流标准执行情况

食品物流标准是保障食品物流运作规范化的外部影响因素，因此能够影响食品冷链物流系统的运作。报告期内食品物流检查违反标准次数越少越好。

食品物流标准执行情况=报告期内食品物流检查违反标准次数

#### ③食品储存预冷率

冷链食品在进行低温储存时，必须先进行冷却处理。如果不进行冷却就进行堆放储存，食品间的距离过小，不利于温度交换与散失，食品本身散发出的热量使温度升高，会使食品变质。所以，选择适当的温度和降温速度对食品进行预冷处理是保持食品质量的重要一环。例如对于鲜肉的处理，是在屠宰后 2 小时内放入-18℃环境下使肉表温度达到-7℃，中心温度达到 0℃，然后进行排酸处理。

$$\text{食品储存预冷率} = \frac{\text{储存前进行预冷处理的食品数量}}{\text{冷库储存食品总量}} \times 100\%$$

#### ④冷库温度保持率

冷链食品在储存过程中需要恒定的温度，一旦温度有所变化或是达不到食品保证质量所要求的温度范围将导致食品变质，这样物流过程不但不会增值，反而会成为障碍。对那些易挥发或易失重的食品，根据不同食品的性质，制定一个相应的损耗限度，通过损耗率与损耗限度相比较，凡是超过限度的意味着发生了无谓的损失，此时，应考虑加强对食品的保管和养护；凡是低于限度的，则意味着冷库的管理是有效的，从而力争使食品的自然损耗降到最低点。

$$\text{冷库温度保持率} = \frac{\text{仓库温度达到规定的累计时间}}{\text{仓库储存食品总时间}} \times 100\%$$

#### ⑤运输保冷性能

冷链食品的显著特性是生命周期较短，且从生产到被消费的这段时间内会发生一定程度的变质与损坏，这些变质与损坏会给食品冷链物流系统主体带来损失。在食品冷链物流过程的运输环节中，冷藏车内温度的波动对冷链食品影响很大，运输过程的全程温度控制程度决定着运输质量，选用保冷性能这一状态参量来反映冷藏车在运输途中厢内温度变化状况，反映各时刻的温度不均匀状态，并以此

来综合评价保冷性能。

$$\text{保冷性能} = \frac{\text{车厢内食品温度在允许范围内的时间}}{\text{全程运输的时间}} \times 100\%$$

或

$$\text{保冷性能} = \frac{\text{冷藏车内温度在允许温度范围内的容积}}{\text{食品总体积}} \times 100\%$$

### (3) 物流效率

效率用来衡量食品冷链物流系统面对市场变化获得和维持竞争优势的速度和灵活性。

#### ① 送货/取货及时率

取货是物流企业从制造商处取食品，送货是物流企业配送食品给零售商。送货/取货及时率是指一定时期内企业准时送货/取货次数与总交货/送货次数的比率。

$$\text{送货及时率} = \frac{\text{准时交货次数}}{\text{交货总次数}} \times 100\%$$

$$\text{取货及时率} = \frac{\text{准时取货次数}}{\text{取货总次数}} \times 100\%$$

#### ② 零售商订货周期

零售商订货周期即订单发出的时间间隔，冷链食品生命周期很短，货架期短，零售商发出订单的周期也短，这就要求制造商和物流商有很快的反应能力。越短的订货周期，说明企业协作程度越高。

#### ③ 零售商订单响应速度

响应速度指的是从接到零售商服务要求到完成服务所需要的时间，主要是指对零售商需求的时间柔性。一段时间内零售商平均订单响应速度为这段时间内响应时间之和除以零售商要求服务的次数。

$$\text{响应速度} = \frac{\text{报告期内服务时间总和}}{\text{零售商要求服务次数}}$$

#### ④ 问题食品处理时间

问题食品指的是在交货时由于温度不符合要求、其他质量问题等原因而被拒收的食品或是在零售商等销售终端发生破损、质量损坏的，需要返回生产、加工

产地处理掉的食品，换言之，这是食品冷链物流系统中的逆向物流问题。问题食品处理时间指的是从零售商返回到加工制造商所需要的时间。这个时间的长短也在一定程度上反映了食品冷链物流系统的敏捷性。

#### (4) 物流成本

食品冷链物流系统的成本类状态参量用来描述系统的经济状况，这些状态参量涵盖了食品冷链物流系统在一段时期内的经济收益及耗费。通过对这些状态参量的分析可以明确系统在特定时间内的经济状况变动趋势。这些状态参量可以分为收入、成本、利润等，通过这些状态参量可以描述食品冷链物流系统的经济状态。

##### ① 物流收入

在物流系统运作过程中，物流企业获得的业务收入。体现了物流系统运作管理的总体能力，体现了物流系统的整体规模。物流收入是物流企业补偿成本的基础，也是企业可持续发展的基础。

物流收入=报告期物流收入总额

##### ② 物流总成本

成本状态参量指的是食品冷链物流系统运作所消耗的成本，是在冷链运作过程中物流活动产生的支出。冷链物流系统的输入是外部环境向物流系统提供劳动力、能源、设备、信息等。冷链物流系统的各项输入，在价值形态上统一表现为物流成本。由于物流系统运行中的一个典型特点是存在效益悖反关系，不同物流活动之间在成本目标、运作上存在冲突，在设计反映物流成本的指标时，不能独立考察运输成本、仓储成本、装卸搬运成本、包装成本、流通加工成本、配送成本、物流信息成本等，而应从冷链物流大系统角度，考察物流总成本的支出情况。运用以物流总成本为中心的经济指标来衡量冷链物流系统，可以达到降低物流总成本的目的。

为了减少物流业务规模差异的影响，可用单位物流成本指标来反映物流业务在成本上的差异及竞争力。

$$\text{单位食品物流成本} = \frac{\text{报告期物流总成本}}{\text{食品物流量}}$$

##### ③ 货损货差赔偿率

通常情况下，物流质量与物流成本之间存在着效益悖反现象，即物流质量提高的同时往往伴随着物流成本的提高，使得物流企业在提高物流质量时有所顾虑。但是如果将货损赔偿费用考虑进来，情况就可能发生变化，因为货损赔偿费用是随着物流质量的提高而降低的。

$$\text{货损货差赔偿率} = \frac{\text{报告期货损货差赔偿费总额}}{\text{报告期物流收入总额}} \times 100\%$$

#### ④物流利润

利润是反映食品冷链物流系统一定时期盈利能力的状态变量。物流利润通过反映物流收入、成本等与物流利润的关系，能够反映食品冷链物流企业的获利能力，也是物流企业选择制造商与零售商的重要依据。

$$\text{物流利润} = \text{报告期物流收入} - \text{报告期物流总成本}$$

### 5.3 食品冷链物流系统综合评价分析

协同学理论表明，在协同系统中，从无序状态转变为有序状态，或从一种有序状态转变为另一种新的有序状态，外部环境可能并未发生质的变化。系统的有序结构是自发形成的，是大量子系统之间既有竞争又相互合作，彼此联合一致、共同行动的结果；是系统本身所固有的不断协调各子系统彼此之间的关系同化为一个有机整体并向新的有序方向发展的内在组织能力。食品冷链物流系统综合评价包括综合评价方法的选择、熵值法基本原理以及计算过程。

系统综合评价，就是对多状态参量的系统进行整体和全面地评价。综合评价的目的是判断一个物流系统是否向更优化的方向变化。

#### 5.3.1 综合评价方法的选择

在进行多状态参量系统综合评价时，关键的工作就是判断各状态参量的权重。确定状态参量权重的方法主要有主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法是根据评价者主观上对各状态参量的重视程度来决定权重的方法，客观赋权法所依据的赋权原始信息来源于客观环境，它根据各状态参量的联系程度或各状态参量所提供的信息量来决定状态参量的权重。客观赋权法比主观赋权法更科学。客观赋权法有熵值法、主成分分析法、因子分析法、复相关系数法等。

信息熵是信息论中用于度量信息量的一个概念。熵值法是利用信息熵这一工具，根据各项状态参量值的差异程度，计算出各状态参量的权重，为多状态参量综合评价提供依据。熵值法利用评价状态参量的固有信息来判别状态参量的效用价值，是一种客观赋权法，这种方法避免了人为因素带来的偏差，并且在众多客



观赋权法中是计算比较简单的一种。熵值法根据状态参量的变异信息量确定状态参量权重的特点,与其他类型的客观赋值法相比,有如下两个优点:

(1) 根据评价对象的具体数值来进行计算,评价对象在不同时间段内的状态参量权重,随着状态参量基础数据的不同而变化,是一种动态的赋权方法,有很强的灵活性。

(2) 通过熵值法计算得到的权重,间接反映了评价对象在不同时间段内的绩效水平,权重越大的状态参量,其基础数据的差异越大,这有利于评价主体方便地寻找产生绩效差距的主要指标。

研究表明,熵值法能够反映出状态参量信息熵值的效用价值,其给出的状态参量权重值有更高的可信度。因此,本文应用熵值法来对系统进行综合评价。

设有  $n$  个待评对象,  $m$  项评价状态参量,形成原始状态参量数据矩阵  $A$ 。某项状态参量的值  $a$  的差距越大,则该状态参量在综合评价中所起的作用越大;如果某项状态参量的值全部相等,则该状态参量在综合评价中几乎不起作用。

在信息论中,信息熵是系统无序程度的度量,信息是系统有序度的度量,二者绝对值相等,符号相反。某项状态参量值的变异程度越大,信息熵越小,该状态参量提供的信息量越大,该状态参量的权重也应越大;反之,某项状态参量值的变异程度越小,信息熵越大,该状态参量提供的信息量越小,该状态参量的权重越小。所以,可以根据各项状态参量值的变异程度,利用信息熵这个工具,计算出各状态参量的权重,为多状态参量综合评价提供依据。

### 5.3.2 综合评价过程

熵值法对系统进行综合评价,先对状态参量数据进行标准化,再计算权重,最后对样本评价结果进行分析。

#### (1) 状态参量数据标准化

由于各状态参量的量纲、数量级及状态参量的正负取向均有差异,需对原始数据做标准化处理。状态参量值越大对系统发展越有利时,采用正向状态参量计算方法;状态参量值越小对系统发展越有利时,采用负向状态参量计算方法处理。计算公式如下:

$$\text{正向状态参量: } a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\{a_j\}}{\max\{a_j\} - \min\{a_j\}} \quad \text{或者 } a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max\{a_j\}} \quad (5-1)$$

$$\text{负向状态参量: } a'_{ij} = \frac{\max\{a_j\} - a_{ij}}{\max\{a_j\} - \min\{a_j\}} \quad \text{或者 } a'_{ij} = \frac{\min\{a_j\}}{a_{ij}} \quad (5-2)$$

其中,  $a_{ij}$  表示第  $i$  个样本第  $j$  项状态参量的数值,  $\min\{a_j\}$  和  $\max\{a_j\}$  分别为第  $i$  个样本第  $j$  项状态参量的最小值和最大值。

$$\text{定义其标准化值 } y_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\{a_j\}}{\max\{a_j\} - \min\{a_j\}} \quad (i=1,2, \dots, n; j=1,2, \dots, m) \quad (5-3)$$

$$\text{由此得到标准化矩阵: } Y = \{y_{ij}\}_{n \times m} \quad (5-4)$$

### (2) 状态参量权重的计算

对原始数据进行标准化处理后, 采用熵值法, 计算出状态参量权重。计算公式如下:

归一化后的信息熵<sup>206</sup>:

$$e_j = -\frac{1}{L \ln n} \sum_{i=1}^n (y_{ij} \ln y_{ij}) \quad (0 \leq e \leq 1; j=1,2, \dots, m) \quad (5-5)$$

信息熵效用值:

$$d_j = 1 - e_j \quad (j=1,2, \dots, m) \quad (5-6)$$

状态参量权重:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (5-7)$$

其中  $n$  为评价对象数,  $m$  为状态参量数,  $y_{ij}$  为状态参量属性值。

### (3) 系统综合评价结果分析

用第  $j$  项状态参量权重与标准化矩阵中第  $i$  个样本第  $j$  项状态参量接近度  $a_{ij}$  的乘积作为  $a_{ij}$  的评价值  $f_{ij}$ :

$$f_{ij} = w_j * a_{ij} \quad (i=1,2, \dots, n; j=1,2, \dots, m) \quad (5-8)$$

第  $i$  个样本的评价值

$$f_i = \sum_{j=1}^m f_{ij} \quad (i=1,2, \dots, n) \quad (5-9)$$

显然,  $f_i$  越大, 样本的效果越好, 即系统运行效果越来越好, 系统处于更优状态。

## 5.4 食品冷链物流系统协同的序参量计算模型

在不同的学科中,采用不同的物理量来描述系统宏观的有序度,在耗散结构论中用熵来度量;在协同学中,哈肯使用了序参量概念来代表一个系统的有序度,用序参量的变化来描述系统内有序和无序矛盾的转化<sup>207</sup>。

依据协同学原理,序参量在整个食品冷链物流系统的运行中具有决定性作用,居于主导地位。序参量支配和规定着子系统的有序状态、结构性能以及有序度的变化。食品冷链物流系统中若存在几个序参量,其相互之间必然既相互依赖,又相互竞争,每个序参量都决定着系统的一个宏观结构及相应的微观状态。

依据协同学原理,使用基于信息熵的粗糙集属性约简算法,定量求解食品冷链物流系统的序参量。

### 5.4.1 粗糙集的基本理论

粗糙集<sup>208</sup>(Rough Set)理论由波兰数学家 Pawlak 于 1928 年首先提出,由于其思想新颖、方法独特,近年来获得飞速发展,已成为数据挖掘的有力工具,它提供了一套严格处理知识发现中基本分类问题的数学方法。粗糙集理论不需要先验知识,即可发现数据中蕴含的知识模式,在保持分类能力的前提下,通过对属性和属性值约简获取最小的规则集,且获取的规则易于解读说明。序参量的计算就是在大量系统状态参量中获取对系统有重要影响的状态参量,这正符合粗糙集的约简思想。粗糙集的基本理论主要包括以下内容:

#### (1) 不可分辨关系

粗糙集理论认为知识是基于对对象分类的能力,将相差不大的对象分为一类,它们的关系就是不可分辨关系。知识库可表示为  $K = (U, R)$ , 其中  $U$  为非空有限集,称为论域;  $R$  是  $U$  上的一族等价关系,  $U/R$  为  $R$  的所有等价类族,  $[X]_R$  表示包含元素  $X \in U$  的  $R$  的等价类。

#### (2) 信息系统与决策表

知识表达系统也称为信息系统,是用关系表的形式表达的,具有条件属性和决策属性的知识表达系统就是决策表。设  $S = (U, A, V, f)$  的知识表达系统。其中  $U = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$  是对象的有限集合;  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  为属性的有限集合;  $V$  为属性  $A$  所构成的域;  $f: U \times A \rightarrow V$  为一个信息函数,  $U$  中任一元素取属性  $a$  在  $V$  中有唯一确定值;  $A = CUD$ ,  $C$  为条件属性的集合;  $D$  为决策属性的集合。

### (3) 粗糙集的上近似、下近似及边界

粗糙集对不精确概念通过上近似和下近似两个精确集来表示。给定知识库  $K = (U, R)$ ，对于每个子集  $X \in U$  和一个等价关系  $R \in ind(K)$  定义两个子集： $R_-(X) = \cup\{Y \in U / R / Y \subseteq X\}$  和  $R^+(X) = \cup\{Y \in U / R / Y \cap X \neq \emptyset\}$  分别称  $R_-(X)$ 、 $R^+(X)$  为的  $R$  下近似集和上近似集。集合  $X$  的边界域定义为： $bnR(X) = R_-(X) - R^+(X)$ ，同时定义  $pos_R(X) = R^+(X)$  为  $X$  的  $R$  正域； $neg_R(X) = U - R^+(X)$  为  $X$  的  $R$  负域。

### (4) 知识的重要度

在决策表中，不同的属性可能具有不同的重要性。某个属性的重要度是从决策表中去掉这个属性，然后看依赖度是否变化，若依赖度变化较大，则说明该属性的重要度是大的，否则是小的。属性子集  $C' \subseteq C$  关于  $D$  的重要度为： $SGF(C - C', D) = r(C, D) - r(C - \{C'\}, D)$ 。

### (5) 最小属性集

设  $C, D$  分别是信息系统  $S$  的条件属性集和决策属性集，属性集  $P (P \subseteq C)$  是  $C$  的一个最小属性集，当且仅当  $\gamma(P, D) = \gamma(C, D)$  并且  $\forall P' \subset P, \gamma(P', D) \neq \gamma(P, D)$  说明若  $P$  是  $C$  的最小属性集，则  $P$  具有与  $C$  同样的区分决策类的能力。

### (6) 等价集

在  $U$  中，对属性集  $A$  中具有相同等价关系的元素集合成为等价关系  $ind(A)$  的等价集， $[X]_A$  表示在属性  $A$  下与  $X$  具有等价关系的元素集合。

$$[X]_A = \{X_j \mid (X, X_j) \in ind(A)\}$$

### (7) 决策表的一致性

决策表中的对象  $X$  按条件属性与决策属性关系看作一条决策规则，写成

$$\wedge f_C(X) = f_D(X)$$

式中， $C$  表示多个条件属性； $D$  表示决策属性； $f_C(X)$  表示对象  $X$  在  $C_i$  的取值； $\wedge$  表示逻辑“与”关系。

#### ① 一致性决策规则定义

如果对任一个对象  $X_i \neq X_j$ ，若条件属性有  $f_C(X_i) = f_C(X_j)$ ，则决策属性必须有  $f_D(X_i) = f_D(X_j)$ ，即一致性规则，说明条件属性取值相同时，决策属性取值必须相同。

该定义允许：若条件属性有  $f_C(X_i) \neq f_C(X_j)$ ，则决策属性可以是  $f_D(X_i) = f_D(X_j)$  或  $f_D(X_i) \neq f_D(X_j)$ 。

#### ② 决策表一致的定义

在决策表中如果所有对象的决策规则都是一致的，则该信息表示一致，否则该信息表示不一致。在进行属性约简时，每约简掉一个属性时要检查决策表，若

保持一致性，则可以删除，否则不可以删除。

#### 5.4.2 知识约简理论及基本步骤

知识约简<sup>209</sup>是粗糙集理论的核心内容之一。众所周知，知识库中的知识（属性）并不是同等重要的，甚至其中某些知识是冗余的。所谓知识约简，就是在保持知识库分类或决策能力不变的条件下，删除其中不相关或不重要的知识。

令  $R$  为一族等价关系， $r \in R$ ，如果  $ind(R) = ind(R - \{r\})$ ，称  $r$  为  $R$  中可省略的，否则  $r$  为  $R$  中不可省略的，对于任一  $r \in R$ ，若均为  $R$  中不可省略的，则称  $R$  为独立的。

当  $Q$  是独立的，若满足  $ind(Q) = ind(P)$  且  $Q \subseteq P$ ，则称  $Q$  为  $P$  的一个约简，用  $red(P)$  表示。一族等价关系  $P$  可能有多个约简，全部约简的交集定义为  $P$  的核，核代表一些不变的信息，记作  $core(P)$ ， $core(P) = \bigcap red(P)$ ，其中  $red(P)$  表示  $P$  的所有约简。

在现实决策问题中，直接从现场或历史中获得的数据是建立决策系统的基础，而这种原始数据并不一定完全能够直接适合决策规范系统，所以对原始数据必须进行预处理，其中包括对数据的离散化。

离散化的本质可归结为利用选取的断点来对条件属性构成的空间进行划分的问题，将这个  $n$ （ $n$  为条件属性的个数）维空间划分成有限个区域，使得每个区域中的对象的决策值相同。离散化时选取断点的过程也是合并属性值的过程，通过合并属性值，减少属性值的个数，减小问题的复杂度，这也有利于提高知识获取过程中所得到的规则知识的适应度。离散化的方法有很多种，本文采用基于断点重要性的离散化算法。

属性约简的基本步骤：

- ① 计算条件属性  $X - X_i$  的等价集。
- ② 计算决策属性  $D$  的等价集。
- ③ 决策属性的各等价集的下近似集。
- ④ 计算  $pos(X - \{X_i\}, D)$  和  $\gamma(X - \{X_i\}, D)$ 。
- ⑤ 计算属性  $X_i$  的重要度： $SGF(X - \{X_i\}, D) = \gamma(X, D) - \gamma(X - \{X_i\}, D)$ 。
- ⑥ 如果  $SGF(X - \{X_i\}, D)$  不等于 0，则  $X_i$  不可约简，否则  $X_i$  可约简。
- ⑦ 对约简后的决策表进行一致性检查，如果决策表一致，则属性可约简；否则不可约简。
- ⑧ 如果该属性可约简，则从决策表中删除该属性。

### 5.4.3 基于信息熵与粗糙集的序参量计算模型

属性约简是粗糙集理论和属性选择的重要应用，但粗糙集约简方法在实际应用中也遇到以下几个困难<sup>210</sup>：1)如何克服属性约简中数据噪声的干扰。粗糙集约简对噪声非常敏感，在粗糙集约简的定义下，信息表中即使仅仅一个对象被污染，整体的不可分辨关系都会改变，而实际数据往往被随机因素所干扰。2)属性间不确定关系的表达。粗糙集约简表达的是属性间的确定性关系，正域之外等价类族表达的属性间关系并不被粗糙集认可。针对粗糙集约简存在的问题，本文采用的方法以信息熵作为属性约简的标准，克服了粗糙集约简对数据噪声的敏感性和不能表达属性间概率因果关系的缺点，很好的解决了粗糙集约简存在的问题，提高了结果的准确性。

在运用信息熵研究属性约简过程中，得到以下定理<sup>211</sup>：

定理 1：设论域为  $U$ ，某个等价关系在  $U$  上形成的划分为

$$A_1 = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\} \quad (5-10)$$

而  $A_2 = \{X_1, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_n, X_i \cup X_j\}$  是将划分  $A_1$  中的两个等价块  $X_i$  与  $X_j$  合并为  $X_i \cup X_j$  得到的新划分。 $B = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$  也是  $U$  上的一个划分，且记

$$H(B|A_1) = -\sum_{i=1}^n p(X_i) \sum_{j=1}^m p(Y_j|X_i) \log(p(Y_j|X_i)) \quad (5-11)$$

$$H(B|A_2) = H(B|A_1) - p(X_i \cup X_j) \sum_{k=1}^m p(Y_k|X_i \cup X_j) \log(p(Y_k|X_i \cup X_j)) + p(X_i) \sum_{k=1}^m p(Y_k|X_i) \log(p(Y_k|X_i)) + p(X_j) \sum_{k=1}^m p(Y_k|X_j) \log(p(Y_k|X_j)) \quad (5-12)$$

$$\text{则 } H(B|A_2) \geq H(B|A_1) \quad (5-13)$$

定理 1 说明，如果将决策表条件属性集的分类进行合并，将可能导致条件熵的上升，只有在发生合并的两个分类对于决策类的隶属度（概率）均相等的情况下，才不导致条件熵的变化。

由定理 1 得到下列推论：

推论 1：设  $S = (U, A, V, f)$  为一个决策表， $A = C \cup D$ ,  $C$  为初始条件属性集， $D$  为决策属性集， $a_i \in C, i=1,2,3, \dots, m = (m|C)$ ，则有：

$$H(D|a_1) \geq H(D|\{a_2\}) \geq H(D|\{a_1\} \cup \dots \cup \{a_j\} \cup \dots \cup \{a_m\}) = H(D|C) \quad (5-14)$$

推论 1 说明, 在属性约简中决策属性集相对条件属性集的条件熵 (以下简称条件熵) 的变化规律呈现非严格单调性。

推论 2: 设  $S = (U, A, V, f)$  为一个决策表,  $A = C \cup D$ ,  $C$  为初始条件属性集,  $D$  为决策属性集,  $B$  为属性约简后得到的条件属性集,  $C_0$  为决策表的核。如果  $a_i = B - C_i$  是任意一个不能被约简的属性, 则有:

$$H(D|C_0) > H(D|C_0 \cup \{a_1\}) > H(D|C_0 \cup \{a_1\} \cup \dots \cup \{a_i\} \cup \dots) > H(D|B) \quad (5-15)$$

推论 2 说明, 如果属性约简以决策表的核为起点, 那么在约简过程中, 条件熵的变化规律是单调递减。

由定理 1 可知, 如果一个属性  $a$  不能为属性子集  $R$  的分类增加任何信息, 即  $H(D|R \cup \{a\}) = H(D|R)$ , 就可以将这个属性约简。由于约简过程是分步进行的, 假设被约简的属性序列为  $a_1, \dots, a_i, \dots$ , 则有:

$$H(D|C) = H(D|C - \{a_1\}) = H(D|C - \{a_1\} - \{a_2\}) = \dots = H(D|B) \quad (5-16)$$

其中,  $B$  为属性约简后得到的条件属性集。也就是说, 约简后决策表的条件熵等于初始决策表的条件熵, 即:

$$H(D|C) = H(D|B) \quad (5-17)$$

以此作为算法的终止条件。

在已知关于粗糙集理论的研究成果中, 人们已发现可通过可辨识矩阵方便地得到决策表的核。决策表的核具有唯一性, 所以核可以作为求最小属性约简的起点。

对某决策表而言, 由推论 2 可知向属性子集  $R$  中不断添加不能约简的属性  $a$ , 得到的条件熵  $H(D|R \cup \{a\})$  的变化规律呈递减性。属性约简是分步进行的, 如果每步选择的属性  $a$  使  $H(D|R \cup \{a\})$  最小, 则整个约简过程的计算步数最少, 能够达到最小约简的目的, 所以算法以  $H(D|R \cup \{a\})$  的大小作为约简时的启发式信息。下面给出基于信息熵的属性约简算法。

输入: 一个决策表  $S = (U, A, V, f)$ , 其中  $U$  为论域,  $A = C \cup D$ ,  $C$ 、 $D$  分别为条件和决策属性集。

输出: 该决策表的一个相对约简  $B$ 。

步骤 1: 计算  $H(D|C)$ ;

步骤 2: 计算  $C$  相对  $D$  的核  $C_0$ , 将非核条件属性记入集合  $Att$  中, 即  $Att = C - C_0$

步骤 3: 令  $B = C_0$  / 对非核属性约简

if ( $|B| \neq 0$ ) then  $H(D|B) = H(D|C) + 1$ , endif;

//说明无核, 则为  $H(D|B)$  随意赋一个“初值”, 进入下面的循环:

```
while  $H(D|B) \neq H(D|C)$ 
{
  for(every  $a_i \in Att$ ) 计算  $H(D|B \cup \{a_i\})$ 
   $a_j = \min\{a_i | H(D|B \cup \{a_i\})\}$ ;  $Att = Att - \{a_j\}$ ;  $B = B \cup \{a_j\}$ 
}
```

计算出来的就是食品冷链物流系统的序参量。

图 5-6 是应用基于信息熵的粗糙集属性约简方法计算序参量的过程。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球



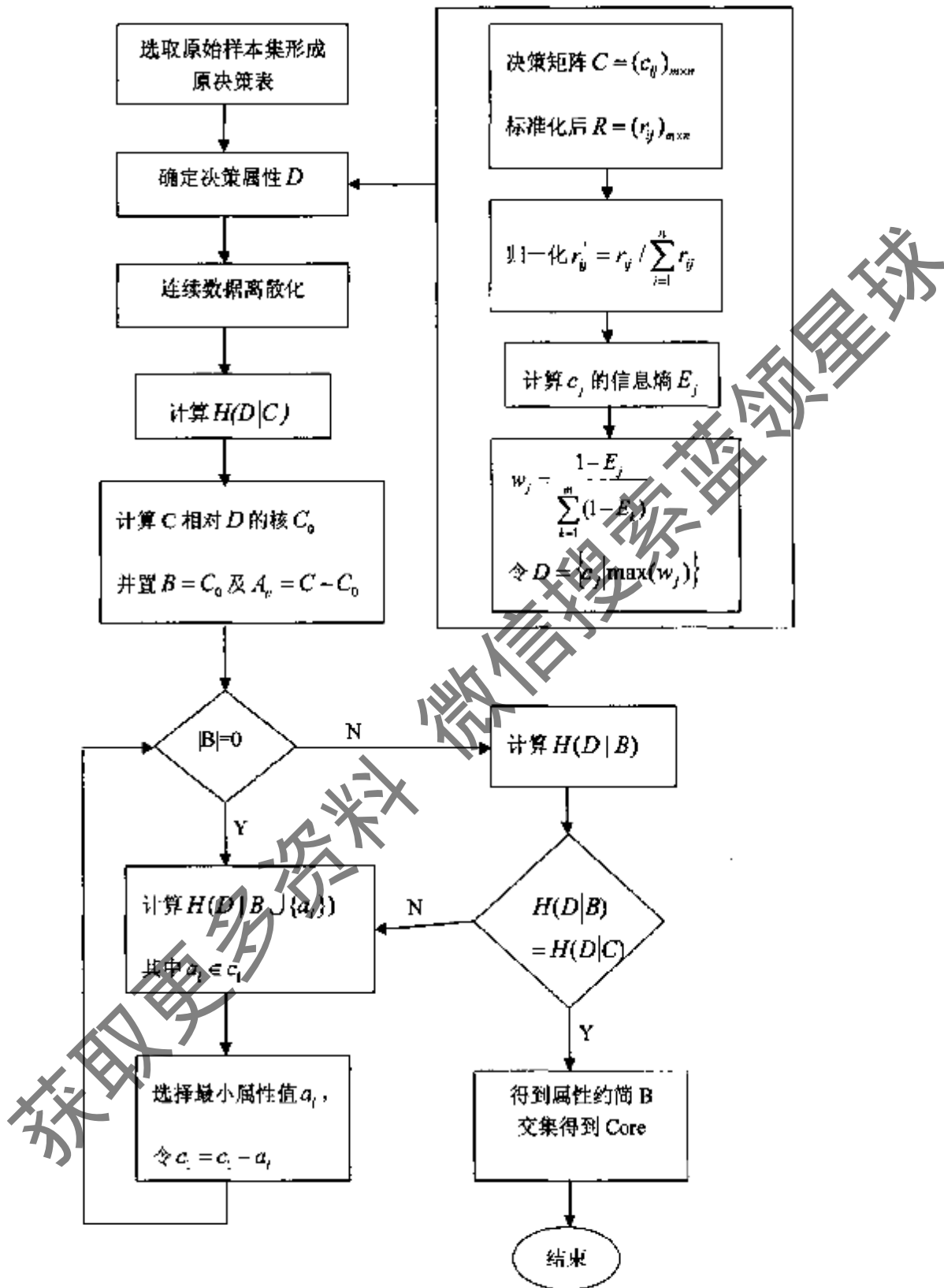


图 5-6 序参量计算过程  
Fig.5-6 Process of computing order parameters

## 5.5 食品冷链物流系统序参量的有效性和灵敏度分析

根据协同学理论,序参量对系统状态有重要影响。序参量的有效性分析就是验证序参量可以代替全部状态参量对系统状态进行评价,序参量属性值的灵敏度分析是对序参量的变化范围即上下边界进行分析。

### 5.5.1 序参量的有效性分析

序参量的有效性指用序参量是否可以代替原来状态参量对系统整体进行综合评价,也就是序参量对系统整体评价与原状态参量对系统整体评价之间相关性程度。本文用相关和回归分析的方法来判断序参量的有效性。

#### (1) 相关与回归分析的基本概念

根据变量之间相互关系的方向不同,相关可以分为正相关与负相关。自变量 $X$ 的数值增加,因变量 $Y$ 的值也相应增加,这叫正相关;反之,当自变量 $X$ 增加时,因变量 $Y$ 的值有随之减少的趋势,称之为负相关。

变量之间相关关系的分析,是从两方面进行的:一方面是研究变量之间的关系密切程度,直线相关用相关系数表示,曲线相关用相关指数表示,称为相关分析;另一方面是研究自变量和因变量之间的变动关系,用数学方程式表达,称为回归分析<sup>[21][22][13]</sup>。

回归分析与相关分析是有区别的。回归分析表示一个因变量随自变量的变化而变化,通过一定的数学模型来描述变量之间的相关关系,它是单向的。而相关分析则通过相关系数表示两个变量的关系密切程度,是双方向的。相关分析与回归分析是从不同角度对同一问题的分析,所以关系密切。在分析问题,两种方法一般要结合使用。通常利用相关系数判断成对变量之间的联系程度,或者利用散点图对变量之间的相关关系作直观的定性分析,据以确定是否使用考虑中的自变量。这种对自变量的筛选在多元回归中可以大大减少计算量,也可以保证回归分析的可靠性。两种方法在具体计算过程中的联系体现在:一方面,先求出回归方程与标准误差,利用标准误差计算相关系数;另一方面,反过来先求出相关系数,再利用相关系数求回归方程。

#### (2) 回归分析原理简介

在回归分析中,最简单的一种情况是,问题只涉及两个统计变量,即只有一个自变量和一个因变量,且两个变量之间存在着线性相关关系,这样的问题称为一元线性回归。这时就用一条直线来表示自变量 $X$ 和因变量 $Y$ 之间的关系:

$$Y = b_0 + b_1 X_i \quad (5-18)$$

用上述方程可以针对自变量  $X$  的任何一个观测值  $X_i$  计算出对应的因变量估计值  $Y_i'$ ：

$$Y_i' = b_0 + b_1 X_i \quad (5-19)$$

这个估计值  $Y_i'$  通常与原来的观测值  $Y_i$  不一样。 $b_0$ 、 $b_1$  的取值要使  $Y_i$  与  $Y_i'$  之间的均方误差：

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (y_i - y_i')^2 = \frac{1}{n} \sum (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \quad (5-20)$$

达到极小。

根据微积分学多元函数极值原理，分别求  $MSE$  对  $b_0$  和  $b_1$  的一阶偏导并令其偏导数为零，就可以求出符合要求的待估参数  $b_0$  和  $b_1$ ：

$$b_0 = M_y - b_1 M_x \quad (5-21)$$

$$b_1 = \frac{n \sum (y_i - M_y)(x_i - M_x)}{\sum (x_i - M_x)^2} \quad (5-22)$$

其中  $M_x$ 、 $M_y$  分别为自变量  $X$ 、因变量  $Y$  的样本平均值。

这种通过使因变量估计值与观测值之间的均方误差达到最小来确定回归直线系数的方程称为最小二乘法。

### (3) 回归模型的检验

建立回归方程后，还必须对回归方程和回归系数进行显著性检验，因为一些杂乱无章的散点也可以配出一条直线，但这是毫无意义的。显著性检验主要包含以下三个方面。

#### ① 回归方程的拟合优度检验——判定系数

在回归分析中，一条回归直线拟合的好不好，即拟合优度，通常用判定系数来说明。

变量  $Y$  的任一观测值  $Y_i$  与其均值  $M_y$  的总离差  $(Y_i - M_y)$  可以分解为：一部分是回归离差  $(Y_i - M_y)$ ，其变动可以由回归线解释；另一部分是残差  $(Y_i - Y_i')$ ，这部分回归线无法解释。对于线性问题，可以证明总离差平方和  $SST = \sum (Y_i - M_y)^2$ ，回归离差平方和  $SSR = \sum (Y_i - M_y)^2$  和残差平方和  $SSE = \sum (Y_i - Y_i')^2$  三个变量的关系为： $SST = SSR + SSE$ 。于是定义：

$$R^2 = SSR/SST = 1 - SSE/SST, \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (5-23)$$

$R^2$  被称为判定系数, 用它来判断回归方程的拟合优度。通常认为当  $R^2$  大于 0.9 时, 所得到的回归直线拟合的较好, 但当  $R^2$  小于 0.5 时, 所得到的回归直线很难说明变量之间的相关关系。

② 回归系数的显著性检验—— $t$  统计量

通过判定系数的值, 可以判断回归方程拟合的好坏, 而要评价自变量对因变量的解释能力, 就要用  $t$  统计量。 $t$  检验可以用来确定因变量和每个自变量之间关系是否显著。在实际应用中, 是通过  $t$  统计量的  $P$  值来进行判断的。如果自变量的  $t$  统计量的  $P$  值小于预定的显著水平, 则可认为该自变量与因变量是相关的。

③ 回归方程的显著性检验—— $F$  统计量

$F$  检验可以用来确定自变量的全体与因变量之间的关系是否显著, 即回归方程的解释能力如何。在实际应用中, 也是通过  $F$  统计量的  $P$  值来进行判断。如果自变量的  $F$  统计量的  $P$  值小于预定的显著水平, 则可认为该方程的回归效果显著。

### 5.5.2 序参量属性值的灵敏度分析

序参量属性值灵敏度分析的目的是对序参量的变化范围即上下边界进行分析。

设用线性加权法计算食品冷链物流系统各个时间段的  $f_1, f_2, \dots, f_n$  的综合评价, 序参量标准化后的值  $A_1, A_2, \dots, A_m$  的权重分别用  $w_1, w_2, \dots, w_m$  表示, 令  $A = (a_{ij})_{n \times m}$ , 其中  $a_{ij}$  表示  $f_i$  在序参量  $A_j$  下的值。记矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times m}$  的范数为  $\|A\|$ , 令矩阵范数

$$\|A\|_{\infty} = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \sum_{j=1}^m |a_{ij}| \right\} \quad (5-24)$$

权重  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  的范数记为  $\|w\|$ , 向量范数:

$$\|w\|_{\infty} = \max \{ |w_1|, |w_2|, \dots, |w_m| \} \quad (5-25)$$

设用线性加权法评价食品冷链物流系统各个时间段的  $f_1, f_2, \dots, f_n$  的优劣,

$$f_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} w_j \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5-26)$$

定义

$$h = \min\{f_i - f_j | i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, n\} \quad (5-27)$$

下面分析各序参量的值  $a_{ij}$  分别有一个微小扰动量  $\Delta a_{ij}$  时对评价食品冷链物流系统各个时间段结果的影响。记  $\Delta A = (\Delta a_{ij})_{n \times m}$ 。由于

$$\begin{pmatrix} f_1 + \Delta f_1 \\ f_2 + \Delta f_2 \\ \vdots \\ f_n + \Delta f_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} + \Delta a_{11} & a_{12} + \Delta a_{12} & \cdots & a_{1m} + \Delta a_{1m} \\ a_{21} + \Delta a_{21} & a_{22} + \Delta a_{22} & \cdots & a_{2m} + \Delta a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} + \Delta a_{n1} & a_{n2} + \Delta a_{n2} & \cdots & a_{nm} + \Delta a_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{pmatrix} \quad (5-28)$$

于是:

$$|f_i + \Delta f_i| = \left| \sum_{j=1}^m (a_{ij} + \Delta a_{ij}) w_j \right| \quad (5-29)$$

$$\|f_i\|_{\infty} + \|\Delta f_i\|_{\infty} \leq \sum_{j=1}^m |a_{ij}| |w_j| + \sum_{j=1}^m |\Delta a_{ij}| |w_j| \quad (5-30)$$

$$\|\Delta f_i\|_{\infty} \leq \sum_{j=1}^m |\Delta a_{ij}| |w_j| \leq \sum_{j=1}^m \|\Delta A\|_{\infty} |w_j| \leq n \|\Delta A\|_{\infty} \|w\|_{\infty} \quad (5-31)$$

由于当  $\|\Delta f_i\|_{\infty} < h$  时决策结果不变, 带入上式得: 当  $\|\Delta A\|_{\infty} < \frac{h}{n \|w\|_{\infty}}$  时决策结果

不变。于是有下列定理:

定理 1: 用线性加权法计算食品冷链物流系统各个时间段的  $f_1, f_2, \dots, f_n$  的综合评价价值, 如果序参量值的扰动量满足条件:

$$\|\Delta A\|_{\infty} < \frac{h}{n \|w\|_{\infty}} \quad (5-32)$$

那么决策结果在此次扰动过程中保持不变。

推论 1: 用线性加权法计算食品冷链物流系统各个时间段的  $f_1, f_2, \dots, f_n$  的综合评价价值, 如果第  $k$  个序参量值的扰动量满足条件:

$$\|\Delta a_{ik}\|_{\infty} < \frac{h}{\|w\|_{\infty}} \quad (5-33)$$

那么决策结果在此次扰动过程中保持不变。

下面讨论序参量的值  $a_{ik}$  分别有一个微小扰动量  $\Delta a_{ik}$  时对评价食品冷链物流系

统各个时间段总体评价结果的影响。由于

$$\begin{pmatrix} f_1 + \Delta f_1 \\ f_2 + \Delta f_2 \\ \vdots \\ f_n + \Delta f_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} + \Delta a_{1k} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2k} + \Delta a_{2k} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ik} + \Delta a_{ik} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nk} + \Delta a_{nk} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (5-34)$$

于是:

$$\begin{aligned} |f_i + \Delta f_i| &= \left| \sum_{j=1, j \neq k}^n (a_{ij} w_j) + (a_{ik} + \Delta a_{ik}) w_k \right| \\ &= \left\| \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j + \Delta a_{ik} w_k \right\| \\ &\leq \left\| \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \right\| + \|\Delta a_{ik}\| w_k \\ &\leq \sum_{j=1}^n \|A\|_\infty \|w\|_\infty + \|\Delta a_{ik}\|_\infty \|w\|_\infty \end{aligned} \quad (5-35)$$

于是:

$$\|f_i\|_\infty + \|\Delta f_i\|_\infty \leq \sum_{j=1}^n \|a_{ij}\| w_j + \|\Delta a_{ik}\|_\infty \|w\|_\infty \quad (5-36)$$

$$\|\Delta f_i\|_\infty \leq \|\Delta a_{ik}\|_\infty \|w\|_\infty \quad (5-37)$$

由于当  $\|\Delta f_i\|_\infty < h$  时决策结果不变, 带入上式得: 当  $\|\Delta a_{ik}\|_\infty < \frac{h}{\|w\|_\infty}$  时决策结

果不变。

推论 2: 用线性加权法计算冷链物流系统各个时间段的  $f_1, f_2, \dots, f_n$  的综合评价值, 如果序参量  $k$  的第  $i$  个时间段的  $a_{ik}$  的扰动量满足条件:

$$|\Delta a_{ik}| < \frac{h}{w_k} \quad (5-38)$$

那么决策结果在此次扰动过程中保持不变。

从以上的讨论可知, 如果已求出在某个权重系数和属性值下的各方案的优劣排序结果, 当属性值作微小扰动时, 只要扰动量在扰动允许范围内, 决策结果将

保持不变，这便给决策者带来了很大的方便。并且看出  $h$  在各序参量属性值的扰动中占有重要的地位。如果  $h$  值小，那么各序参量属性值的灵敏度高，决策时务必小心谨慎。

## 5.6 本章小结

对食品冷链物流系统协同模型分析的研究，先构建系统状态参量体系，随着时间变化，物流系统发生变化。根据协同学理论，在系统变化过程中，有多个状态参量影响系统的整体表现，在此基础求出对系统变化有重大影响的状态参量，即序参量，对序参量进行分析。主要的工作及得出的主要结论有：

- (1) 食品冷链物流系统状态参量选择的特点主要表现在状态参量的复杂性、协同目标的多元性、系统的整体性和状态参量选择的困难性。
- (2) 食品冷链物流系统状态参量选择遵循的思路有科学性、可行性、层次性以及特殊性。
- (3) 食品冷链物流系统状态参量体系就是一组能够用来描述该系统的关键变量，本文根据系统理论从系统投入和产出两个方面提出食品冷链物流系统的状态参量。投入部分根据要素分为主体、客体和设施设备三个部分，产出部分分为客户满意、安全、效率和成本四个部分。
- (4) 系统综合评价模型分析包括方法的选择以及计算过程，根据熵值法基本原理对系统进行整体评价。
- (5) 使用基于信息熵的粗糙集属性约简算法，求解食品冷链物流系统的序参量。
- (6) 对序参量的有效性和序参量属性值的灵敏度进行了分析。

## 6 食品冷链物流系统协同模型实证分析

论文采用某食品冷链物流系统的原始资料进行实证研究,目的是检验食品冷链物流系统协同模型的科学性和可操作性。

### 6.1 实证食品冷链物流系统及状态参量数据来源

#### 6.1.1 实证食品冷链物流系统分析

##### (1) 主体

主体是冷链食品加工制造商、冷链食品零售商和食品冷链物流企业公司 A。公司 A 是位于北京的一家食品冷链物流企业,2007 年为 27 家上游供应商、厂商做配送,即将食品送至北京市区及周边各指定超市。食品冷链物流业务下游超市有 35 家。公司与食品加工制造商及超市等零售商建立了长期合作关系,承担其配送业务。物流系统运作规范,具有典型性。

公司 A 总资产 2.6 亿,净资产 8000 多万,公司 2007 年收入为 4.1 亿,总占地面积 12.2 万平方米。公司于 2004 年 12 月正式开展第三方冷链物流服务。在发展规划中公司将逐渐增加在食品冷链物流业务上的投入,以冷链物流为公司核心业务,使公司成长为大型的第三方冷链物流企业。企业已经通过 ISO9000 和 HACCP 认证。

##### (2) 客体

食品冷链物流业务对象主要冷却食品,即通常所讲的新鲜日配(熟肉制品、牛奶、豆腐),主要温度控制在  $0^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。也有部分冻结食品,例如冰淇淋和冷冻肉等,温度控制在  $-18^{\circ}\text{C}$ 。

##### (3) 物流设施设备

加工制造商都有面积不等的冷库,所有零售商都有冷柜,部分零售商有小型冷库。物流企业公司 A 拥有高、中、低温冷库总储量达 4.58 万吨,其中有 1.5 万吨  $-25^{\circ}\text{C}$  的冷库。北京市其他冷库资源不仅地域分散而且规模小,多数冷库容量只有几千吨甚至几百吨。因此,从冷库存量上看,公司 A 的冷库规模在北京市拥有绝对优势,扩大物流业务的潜力非常大。

公司 A 拥有专业冷藏运输 30 多部,低温制冷可达  $-25^{\circ}\text{C}$ 。车厢内部配备可拆卸的隔温板,可实现双温或三温配送。车厢内部配备可移动的软隔帘,可保证近



距离多点配送的品温稳定性。车厢内部配备专业温度自记仪，全程自动记录运送商品的温度变化，实现温度监控自动化和可视化。

公司 A 占地 12 万平方米，拥有 4.2 公里自有产权的铁路专用线。仓库拥有 2 万平方米的停车场，可同时停靠 80 部货车，仓库有 400 米铁路专用月台，可供 560 吨大型冷藏列车装卸作业。

公司 A 采用客制化的专业第三方物流软件：仓储管理系统（WMS）、运输管理系统（TMS），可实现灵活订单接受方式、在库食品的保质期及批次管理、灵活盘点方式、量化绩效管理、Web 查询数据，并可为中小客户提供信息操作平台服务。根据不同的客户系统结构，可提供 FTP 数据交换方式，也可以通过系统的远程登陆，在权限内直接对系统进行操作。

#### （4）系统结构

本文选择的实证食品冷链物流系统结构，按照主体的构成来分类，是直销型的结构；按照物流企业的作用，是物流企业参与型的结构。食品冷链物流系统由多个冷链食品制造商和多个零售商，一个食品冷链物流商构成。如图 6-1 所示，需求信息和物流信息贯穿其中。

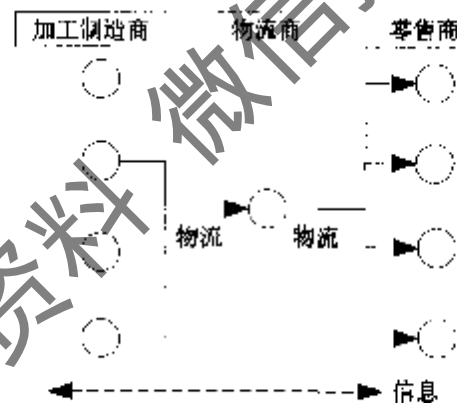


图 6-1 食品冷链物流实证系统结构  
Fig.6-1 Structure of food cold chain logistics system

#### （5）主要物流功能

物流系统基本物流业务运作流程，是接到加工制造商或零售商需求信息后，物流商从冷链食品加工制造商处取货，经分拣后，配送给各冷链食品零售商。也有部分冻结食品储藏与配送业务。

### 6.1.2 实证食品冷链物流系统状态参量数据来源

表 6-1 中所有的数据来源于公司 A 与加工制造商和零售商的真实数据，为了保护商业秘密，本文对数据进行了一定的处理。状态参量选择的原则是可行性和真实性。状态参量 30 个，来自于 5.2 中的状态参量体系，时间跨度为 36 个月。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

表 6-1 食品冷链物流系统状态参量

Tab.6-1 State variables data of food cold chain logistics system

	指标 1	指标 2	指标 3	指标 4	指标 5	指标 6	指标 7
状态参量	物流员工 人数	物流员工 结构	物流员工 培训率	物流员工 流失率	食品物流 量	食品总价 值	冷藏车数 量
单位	人	%	%	%	吨	万元	辆
时间 1	45	7.8	3.1	7.0	14.480	13.000	6
时间 2	61	9.5	3.2	5.6	22.330	19.000	6
时间 3	94	11.6	3.1	7.0	67.540	64.000	10
时间 4	96	10.8	3.3	6.7	61.590	56.000	10
时间 5	107	11.8	3.1	5.5	99.100	93.000	10
时间 6	125	11.8	3.1	5.5	217.810	205.000	10
时间 7	120	8.5	3.1	10.1	220.590	210.000	13
时间 8	106	7.1	3.1	8.7	215.840	199.000	13
时间 9	115	10.4	3.5	9.6	193.290	187.000	20
时间 10	118	10.4	1.6	6.4	340.570	320.000	20
时间 11	124	8.9	3.2	4.0	405.770	398.000	20
时间 12	129	8.8	2.9	5.8	510.810	478.000	20
时间 13	128	10.2	3.4	11.9	532.020	510.000	20
时间 14	127	11.1	3.2	5.6	590.770	580.000	20
时间 15	126	9.2	3.1	2.3	650.440	630.000	20
时间 16	129	12.3	3.4	21.7	659.870	650.000	20
时间 17	127	11.2	1.9	9.3	622.420	602.000	20
时间 18	127	11.0	3.1	3.9	611.860	598.000	20
时间 19	127	11.5	2.1	16.7	449.050	440.000	20
时间 20	126	9.1	3.0	1.5	341.450	340.000	20
时间 21	125	9.5	3.2	2.4	219.620	220.000	20
时间 22	127	9.0	3.0	4.5	269.780	254.000	20
时间 23	124	8.4	3.1	3.8	344.130	325.000	20
时间 24	123	9.6	1.1	11.7	415.980	401.000	20
时间 25	128	9.6	3.2	4.0	311.270	302.000	20
时间 26	136	8.1	3.3	15.4	414.450	403.000	20
时间 27	141	9.0	3.0	4.5	469.330	456.000	20
时间 28	131	11.2	3.2	4.8	443.080	426.000	20
时间 29	134	9.3	3.1	11.6	493.540	478.000	20
时间 30	134	7.8	2.8	8.5	746.900	720.000	21
时间 31	137	8.6	3.1	8.6	393.360	382.000	21
时间 32	129	11.3	3.2	3.2	615.660	602.000	21
时间 33	125	8.1	2.9	5.1	298.170	265.000	21
时间 34	126	11.0	3.1	7.1	350.220	340.000	21
时间 35	130	14.8	1.6	3.3	421.030	410.000	21
时间 36	131	17.8	2.2	2.2	500.130	486.000	21

续表 6-1 (1)

	指标 8	指标 9	指标 10	指标 11	指标 12	指标 13	指标 14	指标 15
状态参量	单位车辆行驶里程	冷库面积利用率	冷库容积利用率	信息系统投资额	制造商信息交流	零售商信息交流	制造商数量	零售商数量
单位	公里	%	%	万元	%	%	个	个
时间 1	3348.800	10	5	1.0	5	5	3	8
时间 2	3310.550	10	5	1.5	10	8	3	8
时间 3	3196.550	10	5	1.5	10	8	3	8
时间 4	3681.231	10	5	1.5	10	8	5	12
时间 5	3196.200	10	5	1.5	10	8	5	12
时间 6	3096.500	10	5	1.5	10	8	5	12
时间 7	3313.750	15	10	2.0	30	25	8	17
时间 8	3231.850	15	10	2.0	30	25	11	17
时间 9	2494.800	15	10	2.0	30	25	11	17
时间 10	3129.150	15	10	2.0	30	25	13	19
时间 11	3280.900	15	10	2.0	30	25	13	19
时间 12	2968.190	15	10	2.0	30	25	15	19
时间 13	2533.050	20	13	3.0	50	40	15	19
时间 14	2815.000	20	13	3.0	50	40	17	21
时间 15	3167.952	20	13	3.0	50	40	18	21
时间 16	3024.769	25	15	3.0	50	40	19	21
时间 17	3029.700	25	15	3.0	50	40	19	21
时间 18	2988.400	25	15	3.0	50	40	19	21
时间 19	2804.900	30	18	4.0	70	50	20	24
时间 20	2921.524	30	18	4.0	70	50	20	24
时间 21	3015.333	30	18	4.0	70	50	20	24
时间 22	3022.714	30	18	4.0	70	50	21	24
时间 23	3738.350	30	18	4.0	70	50	21	24
时间 24	2696.700	30	18	4.0	70	50	21	24
时间 25	2528.262	40	21	4.0	70	50	22	30
时间 26	2886.550	40	21	4.0	70	50	22	30
时间 27	3180.000	40	21	4.0	70	50	23	30
时间 28	2872.650	40	21	4.0	70	50	23	30
时间 29	2719.000	40	21	4.0	70	50	23	30
时间 30	2715.500	40	21	4.0	70	50	25	30
时间 31	3272.450	50	24	5.0	80	60	25	32
时间 32	2856.350	50	24	5.0	80	60	25	32
时间 33	3106.250	50	24	5.0	80	60	25	32
时间 34	2529.800	50	24	5.0	80	60	27	35
时间 35	3108.667	50	24	5.0	80	60	27	35
时间 36	1902.957	50	24	5.0	80	60	27	35

续表 6-1 (2)

	指标 16	指标 17	指标 18	指标 19	指标 20	指标 21	指标 22
状态参量	制造商满意率	零售商满意率	制造商订单准确率	零售商订单准确率	制造商订单满足率	零售商订单满足率	食品退货率
单位	(%)	%	%	%	%	%	%
时间 1	94	95	99	99	97	95	2.0
时间 2	93	95	99	97	95	95	2.0
时间 3	93	95	98	98	96	96	2.0
时间 4	90	94	97	97	95	96	1.9
时间 5	93	95	99	99	96	95	1.8
时间 6	93	95	99	99	96	95	1.7
时间 7	94	95	97	97	97	96	1.6
时间 8	93	95	98	98	96	96	1.8
时间 9	93	94	98	98	95	96	1.5
时间 10	90	94	97	97	95	96	1.6
时间 11	93	95	97	97	95	95	1.7
时间 12	95	97	98	98	97	98	1.6
时间 13	93	94	98	98	95	95	1.4
时间 14	93	95	98	98	95	95	1.6
时间 15	96	98	99	99	97	99	1.5
时间 16	92	94	99	99	93	96	1.4
时间 17	90	94	98	98	94	96	1.5
时间 18	93	95	99	97	96	97	1.4
时间 19	91	93	98	98	93	95	1.5
时间 20	96	98	99	99	97	99	1.4
时间 21	96	98	99	99	97	99	1.5
时间 22	94	97	98	98	97	98	1.5
时间 23	94	97	99	99	96	97	1.3
时间 24	90	93	98	98	96	95	1.3
时间 25	95	97	99	99	96	99	1.5
时间 26	93	96	99	99	95	97	1.5
时间 27	94	97	99	99	97	95	1.4
时间 28	93	96	99	99	95	95	1.3
时间 29	95	97	99	99	96	98	1.2
时间 30	95	96	99	99	97	97	1.2
时间 31	93	96	99	99	96	95	1.2
时间 32	93	96	99	99	95	95	1.3
时间 33	94	96	98	98	97	97	1.2
时间 34	93	96	99	99	96	97	1.2
时间 35	95	93	99	98	94	95	1.2
时间 36	90	95	99	99	95	95	1.2

续表 6-1 (3)

	指标 23	指标 24	指标 25	指标 26	指标 27	指标 28	指标 29	指标 30
状态参量	冷库温度保持率	运输保冷性能	取货及时率	送货及时率	零售商订货周期	零售商订单响应时间	物流收入	物流总成本
单位	%	%	%	%	天	小时	万元	万元
时间 1	78	90	50	90	3	24	3.91	39.71
时间 2	79	89	50	90	3	24	3.96	40.68
时间 3	80	89	52	90	3	24	4.89	41.62
时间 4	82	87	54	90	3	24	4.35	38.82
时间 5	84	91	55	92	3	24	4.77	38.14
时间 6	84	90	56	92	3	24	15.36	37.64
时间 7	85	87	57	92	3	24	12.04	37.39
时间 8	85	91	59	92	3	24	10.36	37.47
时间 9	87	87	50	92	3	24	9.75	33.13
时间 10	87	85	60	95	3	24	14.39	35.64
时间 11	88	88	63	92	3	24	17.38	34.45
时间 12	88	94	65	93	3	24	20.75	30.99
时间 13	90	86	59	93	2	12	23.24	31.98
时间 14	90	92	62	95	2	12	25.62	31.52
时间 15	91	96	65	92	2	12	28.80	30.12
时间 16	91	87	63	97	2	12	31.50	30.69
时间 17	92	86	64	95	2	12	30.59	30.64
时间 18	92	90	66	93	2	12	29.50	28.58
时间 19	93	85	50	95	2	12	22.94	29.58
时间 20	94	95	66	94	2	12	35.95	29.34
时间 21	95	95	65	94	2	12	15.88	28.98
时间 22	95	93	67	95	2	12	20.84	28.83
时间 23	96	92	65	98	2	12	20.32	27.21
时间 24	96	85	68	97	2	12	25.59	28.1
时间 25	97	95	66	97	1	8	25.13	28.05
时间 26	97	91	70	96	1	8	26.29	27.98
时间 27	98	93	75	96	1	8	30.85	26.97
时间 28	98	91	70	98	1	8	33.04	26.86
时间 29	98	94	70	97	1	8	36.09	26.65
时间 30	98	92	71	98	1	8	44.97	26.47
时间 31	99	90	75	97	1	8	25.47	26.32
时间 32	99	90	76	98	1	8	44.13	26.04
时间 33	99	91	80	98	1	8	24.26	25.98
时间 34	100	92	82	99	1	8	30.47	25.86
时间 35	100	95	81	99	1	8	33.66	26.14
时间 36	100	95	80	99	1	8	33.59	25.92

## 6.2 实证食品冷链物流系统综合评价及序参量模型计算结果分析

### 6.2.1 实证食品冷链物流系统综合评价分析

本文应用 MATLAB 程序（见附录 A）对食品冷链物流系统进行综合评价，所得结果如下，

由公式 5-8、公式 5-9 得出系统状态综合评价值  $f$ ，见表 6-2 和图 6-2。

表 6-2 系统状态综合评价值  
Tab.6-2 Comprehensive assessments of system state variables

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.004	0.0039	0.0038	0.0041	0.0042	0.0042	0.0043	0.0042	0.0048	0.0045
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.0046	0.0051	0.005	0.0051	0.0053	0.0052	0.0052	0.0056	0.0054	0.0054
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.0055	0.0055	0.0059	0.0057	0.0057	0.0057	0.0059	0.0059	0.006	0.006
31	32	33	34	35	36				
0.006	0.0061	0.0061	0.0062	0.0061	0.0061				

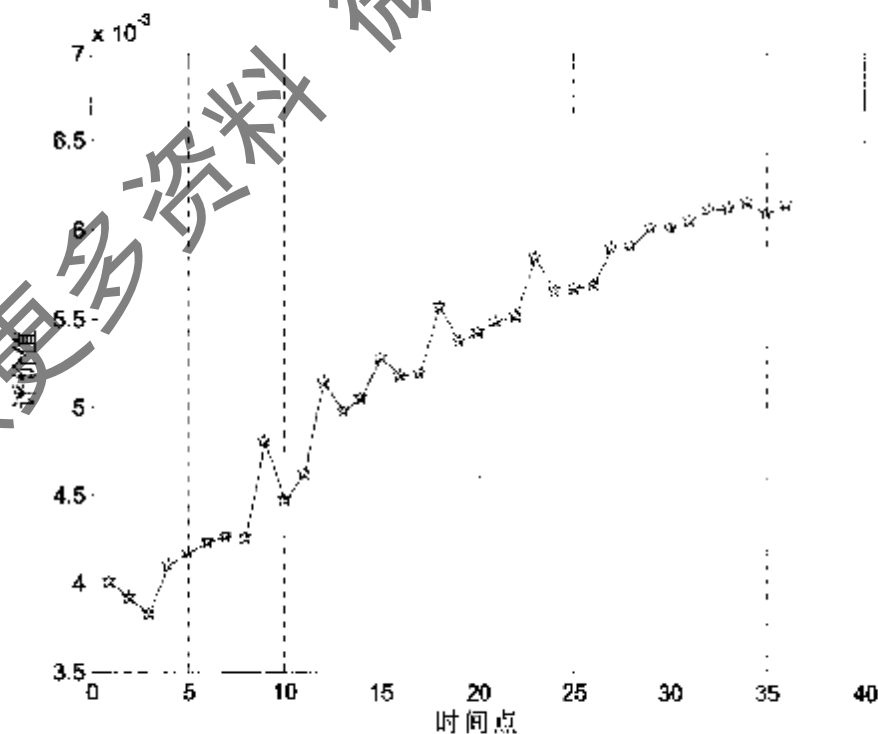


图 6-2 系统状态综合评价值

Fig.6-2 Comprehensive assessments of system state variables

从图 6-2 中可以明显看出, 虽然个别时间段内呈现出无序状态, 但在 36 个时间段内系统整体表现是呈正向的上升趋势。

## 6.2.2 实证食品冷链物流系统序参量模型计算结果分析

根据 5.4, 本文应用 MATLAB 程序 (见附录 B) 计算食品冷链物流系统的序参量。所得主要结果如表 6-3 所示。

表 6-3 序参量计算结果  
Tab.6-3 Result of order parameters

序号	名称	评价值
状态变量 30	物流总成本	0.750
状态变量 8	单位车辆行驶里程	0.361
状态变量 5	食品物流量	0.222
状态变量 1	物流员工人数	0.083

评价值的结果表明, 在 30 个状态参量中, 4 个状态参量起着支配作用, 是序参量。按重要程度进行排序, 结果是物流总成本、单位车辆行驶里程、食品物流量和物流员工人数。下面对这四个序参量进行进一步的定性分析来研究其在食品冷链物流系统中的重要性。

### (1) 物流总成本

物流总成本是食品冷链物流系统的产出状态变量, 指的是报告期内食品冷链物流运作所消耗的成本。一般来说, 物流总成本是一个负向变量, 即在同等条件下物流总成本越小越好。例如在相同的系统收益前提下, 物流总成本越小说明整个食品冷链物流系统的投入产出率越高, 系统的运行效率是高的。物流总成本的变化趋势与整个系统的变化趋势相反。

一般来讲, 在两种情况下会出现食品冷链物流系统总成本降低。一种情况是系统的冷链物流运作水平没有提高, 效率也没有提升, 物流总成本的降低是由于业务量的萎缩, 系统总收益的降低而造成的。在这种情况下物流总成本的降低并不能说明系统向着好的方向发展。第二种情况是由于系统的冷链物流运作水平提高, 系统运行效率提升, 系统的投入产出率增大, 在同等的收益水平或是业务量的情况下, 系统的物流总成本降低了。这种情况是食品冷链物流系统运行的目标, 在此情况下食品冷链物流系统中各主体企业的运作效率都得到了提高, 系统向好的方向发展。结合算例中的其他变量变化趋势可知, 系统物流总成本的降低是由于运作水平的提高而造成的, 此时物流总成本是一个负向变量, 越小越好。



### (2) 单位车辆行驶里程

车辆行驶里程是食品冷链物流系统的投入状态变量,反映了车辆的利用率,可以用于评价食品冷链物流系统运输工作的组织管理水平。单位车辆行驶里程越大说明车辆的利用率越高,食品冷链物流系统的运输资源利用率越高。食品冷链物流系统是一个资产密集型系统,与一般物流系统相比,其所需要的冷藏运输设备比普通运输设备造价昂贵,食品冷链物流系统资源投入巨大。此外,为了保持食品始终处于保持其品质所必须的温度范围之内,冷藏运输设备在行驶过程中需要制冷,这也需要消耗能量。因此,车辆的利用率越高,单位行驶里程越大说明车辆得到了更充分的利用,并且能量也没有白白消耗,因此单位车辆行驶里程是一个正向变量,这个指标越大越好。

### (3) 食品物流量

食品物流量是食品冷链物流系统的客体状态变量,指的是报告期内冷库吞吐量或运输周转量。食品物流量是一个正向变量,食品物流量的增加意味着食品需求量增加,物流业务规模增大。同时也意味着更大的冷库吞吐量和更大的运输周转量,对物流要求更高,对物流冷冻冷藏设施设备的能力提出的要求更高,对整个食品冷链物流系统是一种正向的影响。

在两种情况下,食品冷链物流系统的食品物流量会升高。第一种情况是食品市场需求量持续增加导致了食品物流量的增加。这是一个多赢的好局面,由于市场需求的增加而使零售商销售量增加从而导致其上游食品加工制造企业的生产量增加。在这种情况下,系统中的食品加工制造商、物流商以及零售商业务量都获得了增长,食品冷链物流系统的发展具有可持续性。另外一种情况是市场的实际需求没有发生实质性的增长而是由于暂时性的促销、降价等原因而刺激了消费者短期大量购买,此时食品冷链物流系统处于一种不稳定的环境中,其发展不具备可持续发展性。

结合其他系统状态变量可知,该食品冷链物流系统食品物流量的增加是由于市场需求增加带动销售量的增加而导致食品物流量的升高。此时,食品物流量是一个正向变量,其变化趋势与食品冷链物流系统效益的变化趋势相同,该状态参量越大越好。

### (4) 物流员工人数

物流员工是食品冷链物流系统投入状态变量中的物流主体状态变量,指的是从事物流管理与作业的人员数量。在食品冷链物流系统中,物流员工人数是一个正向变量。在人员素质保持不变的前提下,员工数量越多,规模越大,企业的物流服务能力越强。物流员工作为食品冷链物流系统中的主体因素,体现了物流系统人力资源的投入<sup>214</sup>。实证中的食品冷链物流系统包括加工制造商、物流商以及

零售商三个主体。其中，物流员工承担了这个系统中的物流活动。物流员工的服务能力直接影响食品冷链物流系统的物流运作能力，而物流员工人数就是物流系统服务能力的重要影响因素，在一般情况下物流员工人数越多，系统的物流服务能力越强。

对于实证中提出的食品冷链物流系统而言，物流员工数量增加的原因主要有两个。一个原因是食品冷链物流需求规模扩大，需要更多的物流员工提供物流服务才能满足日益增长的物流需求，例如当消费者对于食品的需求增大时，将会刺激整个食品冷链从加工制造企业、物流企业一直到零售企业的食品物流量增加，此时物流企业作为整条食品冷链的衔接环节，必须要提高物流服务能力才能够保障食品冷链物流系统运作的顺畅。另外一个原因是由于食品冷链物流信息不畅通、流程不合理以及管理不规范等原因而导致工作效率的降低，食品冷链物流系统需要通过人员的增加来维持原有规模的需求。结合其他状态变量的情况来看，该食品冷链物流系统是由于食品销售量的增加引发物流需求增加，从而导致物流人员增加。因此，在这种情况下物流员工数量与食品冷链物流系统的效益同方向变化，属于正向指标，越大越好。

### 6.3 实证食品冷链物流系统序参量的有效性和灵敏度分析

#### 6.3.1 实证食品冷链物流系统序参量的有效性分析

根据 5.5，本文应用 MATLAB 程序计算食品冷链物流系统中序参量对系统总体评价的影响，图 6-2 是 30 个状态参量进行综合评价的系统状态变化曲线，表 6-4 是状态参量只有序参量时的系统综合评价，图 6-3 是 4 个序参量进行综合评价的系统状态变化曲线。

表 6-4 系统综合评价（状态参量是序参量）  
Tab.6-4 Comprehensive assessments of order parameters

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.0366	0.0357	0.0349	0.0374	0.0381	0.0386	0.0389	0.0388	0.0439	0.0408
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.0422	0.0469	0.0455	0.0461	0.0483	0.0474	0.0474	0.0509	0.0491	0.0495
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.0502	0.0504	0.0534	0.0517	0.0518	0.052	0.0539	0.054	0.0549	0.0549
31	32	33	34	35	36				
0.0552	0.0558	0.0559	0.0562	0.0556	0.0561				

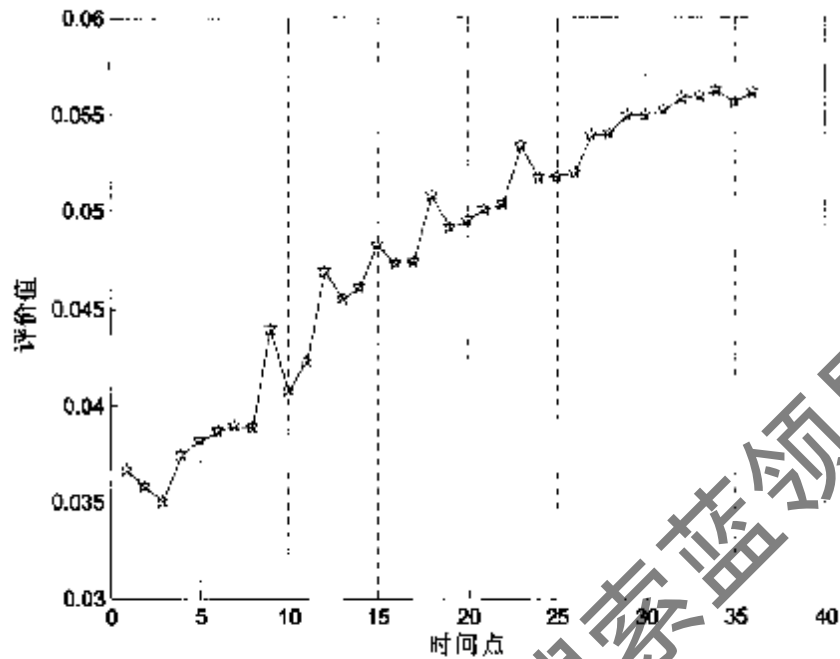


图 6-3 系统综合评价价值 (状态参量是序参量)  
Fig.6-3 Comprehensive assessments of order parameters

从图 6-2 和图 6-3 中可以看出两条曲线的变化趋势大致相同,也就是说用四个序参量可以代替原来 30 个指标来对系统整体进行评价。

从对  $y_1$ 、 $y_2$  绘制的散点图 (图 6-4) 上,可以看出二者之间存在明显正相关的线性关系,即  $y_1$ 、 $y_2$  同时增大或缩小。

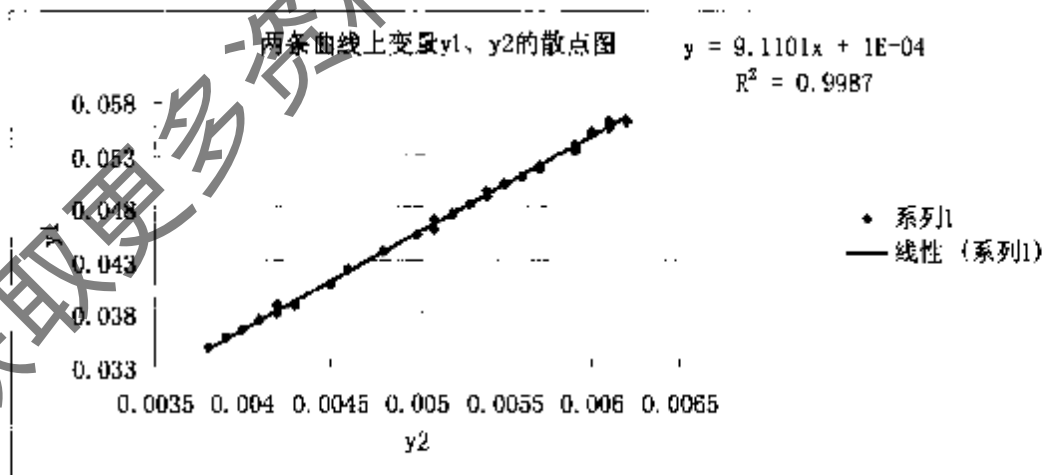


图 6-4 两条曲线上变量  $y_1$  和  $y_2$  的散点图  
Fig.6-4 Variables  $y_1$  and  $y_2$

为了进一步验证该结论,下面通过回归分析来考察两条曲线上变量之间的相关性,从而确定两条曲线变化趋势的一致性。设  $y_1$ 、 $y_2$  分别代表图 6-3 (4 个序参

量) 曲线、图 6-2 曲线上的变量值, 对  $y_1$ 、 $y_2$  建立回归分析模型, 利用 EXCEL 的回归分析功能, 可以得到对  $y_1$ 、 $y_2$  的回归分析报告, 如图 6-5 所示。由回归分析报告, 可以得到以下结论:

(1) 判定系数  $R^2$  值为  $0.998682 > 0.9$ , 可知变量  $y_2$  与  $y_1$  之间存在非常明显的回归关系, 回归模型的解释能力很强。

(2) 再由方差分析检验结果得知, 其  $F$  显著值  $= 1.48E-50$ , 非常小, 则此关系强度或解释能力具有较强的统计显著性, 表示  $y_2$  与  $y_1$  之间具有显著的相关性。

(3) 系数检验: 由  $y_2$  系数的  $P$  值来看, 其  $P$  值 ( $1.48E-50$ ) 远小于  $0.05$ , 达到统计显著水平, 回归方程有效, 说明  $y_2$  与  $y_1$  之间存在相关性。

SUMMARY OUTPUT		方差分析							
回归统计		df	SS	MS	F	Significance F			
Multiple R	0.999340878	回归分析	1	0.001650264	0.00165026	25786.3804	1.48175E-50		
R Square	0.99868219	残差	34	2.18552E-06	6.428E-08				
Adjusted R Square	0.99843431	总计	35	0.00165844					
标准误差	0.00253235								
观测值	36								
	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%	
	Intercept	9.90388E-05	0.0003	0.33029	0.74180734	-0.000510327	0.00070194	-0.00051033	0.00070194
	$y_2$	9.110116112	0.358764	160.6191	1.48175E-50	8.994773927	9.2254533	8.99477393	9.225453297

图 6-5  $y_1$  和  $y_2$  的回归分析报告  
Fig.6-5 Regressive report

因此基于数据分析, 两条曲线的变化趋势基本相同, 可以认为序参量计算的结果是正确的, 四个序参量可以代替原来 30 个状态参量来对系统状态进行综合评价。

### 6.3.2 实证食品冷链物流系统序参量属性值的灵敏度分析

表 6-5 是序参量属性值变化的上下边界, 也就是说如果序参量属性值在分别在其变化范围内变动, 则对系统综合评价的整体变化趋势不会产生重大影响, 否则系统评价的整体趋势会发生变化。为了验证这一结论, 本文分三种情况, 让序参量属性值分别取其上边界值、下边界值和指定变化范围外的值, 考察系统整体评价价值的变化情况, 并与原来采用序参量进行评价的系统评价价值进行比较。

表 6-5 序参量变化上下边界

Tab.6-5 Top and bottom limits of order parameters

时间	序参量 1 下限	序参量 1 上限	序参量 2 下限	序参量 2 上限	序参量 3 下限	序参量 3 上限	序参量 4 下限	序参量 4 上限
时间 1	44	47	13.7	15.4	3242.8	3475.3	39.2	40.3
时间 2	59	63	21.2	23.6	3206.0	3435.5	40.2	41.3
时间 3	91	97	63.9	71.4	3095.7	3317.8	41.1	42.2
时间 4	93	99	58.2	65.1	3563.6	3819.3	38.4	39.5
时间 5	104	111	93.7	104.6	3095.4	3317.4	37.6	38.8
时间 6	121	129	205.9	229.9	2999.0	3214.4	37.1	38.3
时间 7	116	124	208.5	232.9	3208.8	3439.1	36.9	38.0
时间 8	103	110	204.1	227.8	3129.9	3354.2	36.9	38.1
时间 9	111	119	182.7	204.1	2418.3	2591.7	32.5	33.8
时间 10	114	122	321.8	359.5	3030.6	3248.2	35.1	36.3
时间 11	120	128	383.5	428.3	3177.1	3405.1	33.9	35.1
时间 12	125	133	482.7	539.1	2875.2	3081.6	30.3	31.7
时间 13	124	132	502.8	561.5	2455.4	2631.1	31.3	32.7
时间 14	123	131	558.3	623.4	2727.6	2922.8	30.9	32.3
时间 15	122	130	614.6	686.5	3068.3	3288.1	29.4	30.9
时间 16	125	133	623.5	696.4	2929.9	3140.0	30.0	31.4
时间 17	123	131	588.2	656.9	2934.9	3145.0	30.0	31.4
时间 18	123	131	578.2	645.7	2894.7	3102.5	27.9	29.4
时间 19	123	131	424.3	473.9	2717.9	2912.3	28.9	30.4
时间 20	122	130	322.7	360.4	2830.4	3033.0	28.6	30.1
时间 21	121	129	207.6	231.8	2920.9	3130.2	28.3	29.8
时间 22	123	131	255.0	284.7	2927.9	3138.0	28.1	29.6
时间 23	120	128	325.2	363.2	3618.8	3878.3	26.5	28.1
时间 24	119	127	393.1	439.0	2613.5	2800.4	27.4	28.9
时间 25	124	132	294.2	328.5	2451.1	2626.8	27.3	28.9
时间 26	132	141	391.7	437.4	2796.6	2997.0	27.2	28.8
时间 27	137	146	443.5	495.3	3079.9	3300.5	26.2	27.8
时间 28	127	135	418.7	467.6	2783.1	2982.7	26.2	27.8
时间 29	130	139	466.4	520.9	2635.0	2823.4	25.7	27.3
时间 30	130	139	705.8	788.2	2631.5	2819.9	25.7	27.3
时间 31	133	142	371.7	415.2	3169.0	3396.3	25.5	27.2
时间 32	125	133	581.8	649.7	2767.5	2965.6	25.2	26.9
时间 33	121	129	281.8	314.7	3008.8	3224.1	25.2	26.9
时间 34	122	130	331.0	369.7	2452.2	2627.9	25.1	26.8
时间 35	126	134	397.9	444.3	3010.8	3226.9	25.4	27.0
时间 36	127	135	472.6	527.9	1847.0	1979.3	25.1	26.8

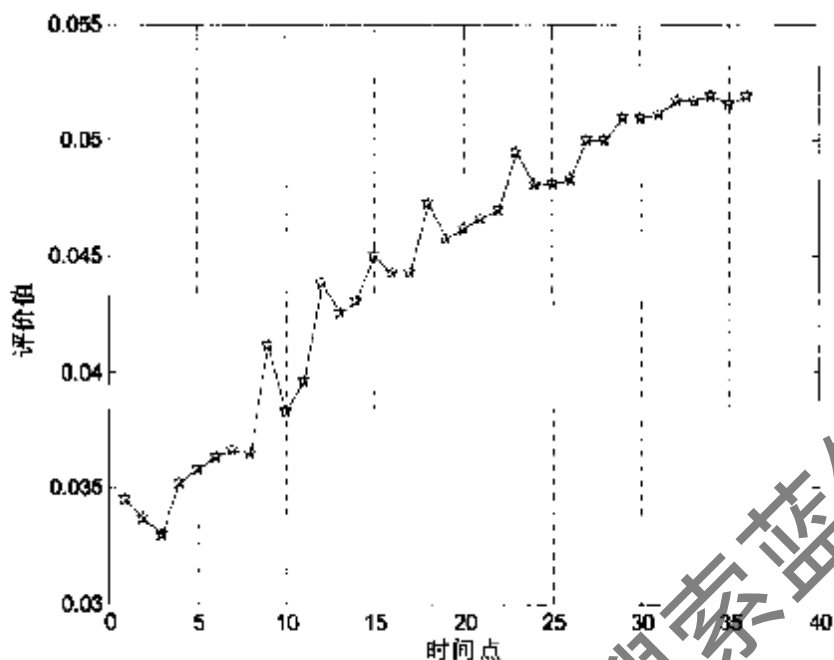


图 6-6 序参量取上边界值时的系统评价值  
Fig.6-6 Comprehensive assessments for top limits order parameters

当序参量取上限值时,系统评价值的变化情况如图 6-6 所示。从图中可以看出,此时的系统评价值变化趋势与图 6-3 中表示的变化趋势大致相同。

从对  $y_1$ 、 $y_3$  绘制的散点图(见图 6-7)上,可以看出二者之间存在明显正相关的线性关系,即  $y_1$ 、 $y_3$  同时增大或缩小。

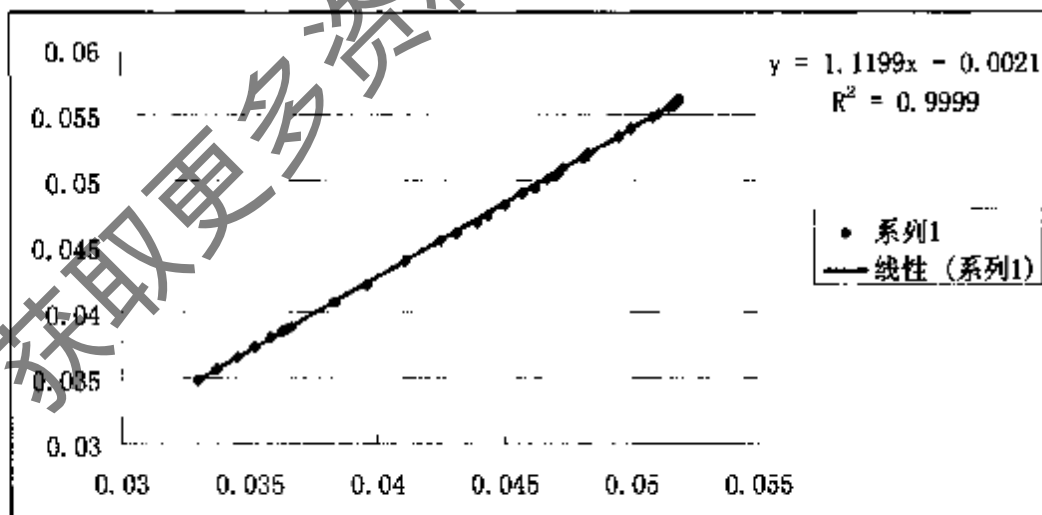


图 6-7  $y_1$  和  $y_3$  的散点图  
Fig.6-7 Variables  $y_1$  and  $y_3$

通过回归分析来考察图 6-3、图 6-6 上两条曲线上变量之间的相关性,从而确

定两条曲线变化趋势的一致性。设  $y_1$ 、 $y_3$  分别代表图 6-3（4 个序参量）曲线、图 6-6 曲线上的变量值，对  $y_1$ 、 $y_3$  建立回归分析模型，利用 EXCEL 的回归分析功能，可以得到对  $y_1$ 、 $y_3$  的回归分析报告，见图 6-8。由回归分析报告，可以得到以下结论：

(1) 判定系数  $R^2$  值为 0.999879 > 0.9，可知变量  $y_1$  与  $y_3$  之间存在非常明显的回归关系，回归模型的解释能力很强。

(2) 再由方差分析检验结果得知，其 F 显著值 = 3.50378E-68，非常小，则此关系强度或解释能力具有较强的统计显著性，表示  $y_1$  与  $y_3$  之间具有显著的相关性。

(3) 系数检验：由  $y_3$  系数的 P 值来看，其 P 值 (3.50378E-68) 远小于 0.05，达到统计显著水平，回归方程有效，说明  $y_1$  与  $y_3$  之间存在相关性。

SUMMARY OUTPUT

回归统计		方差分析					
Multiple R	0.99989404	df	SS	MS	F	Significance F	
R Square	0.999878932	回归分析	1	0.001658249	0.00165825	280799.708	3.50378E-68
Adjusted R Square	0.999875371	残差	34	2.00078E-07	5.9055E-09		
标准误差	7.68439E-05	总计	35	0.001658249			
观测值	36						

	Coefficients	标准误差	t Stat	P value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
Intercept	-0.00209183	9.49E-05	-22.0365	1.03643E-21	-0.002284747	-0.00189389	-0.0022847	0.001898922
$y_3$	1.119301409	0.002113	529.9054	3.50378E-68	1.115606465	1.12419535	1.11560647	1.124195352

图 6-8  $y_1$  和  $y_3$  的回归分析报告

Fig.6-8 Regressive report

当序参量属性值取下限值时，系统评价值的变化情况如图 6-9 所示。从图中可以看出此时系统评价值变化趋势与图 6-3 中表示的变化趋势也是大致相同的。

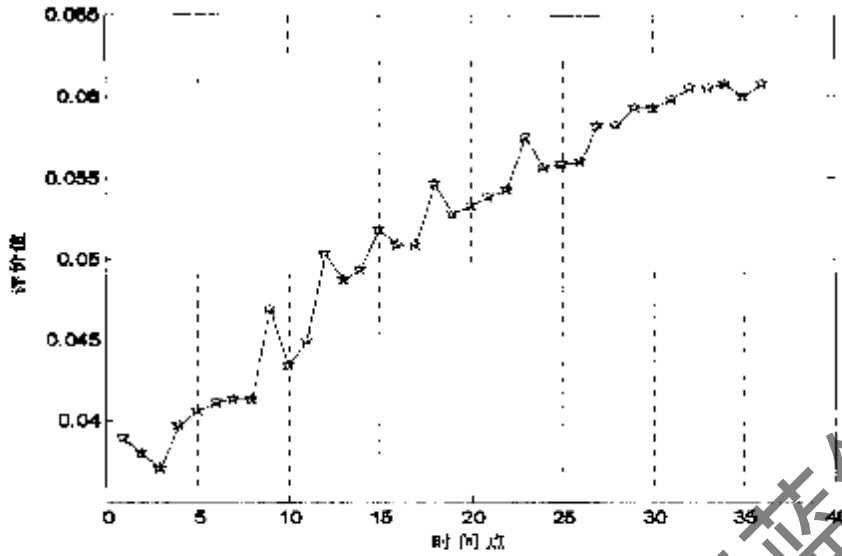


图 6-9 序参量取下限值时的系统评价  
Fig.6-9 Comprehensive assessments for bottom limits order parameters

同样可以进一步考察两条曲线的相关性。散点图和分析报告如图 6-10、6-11 所示:

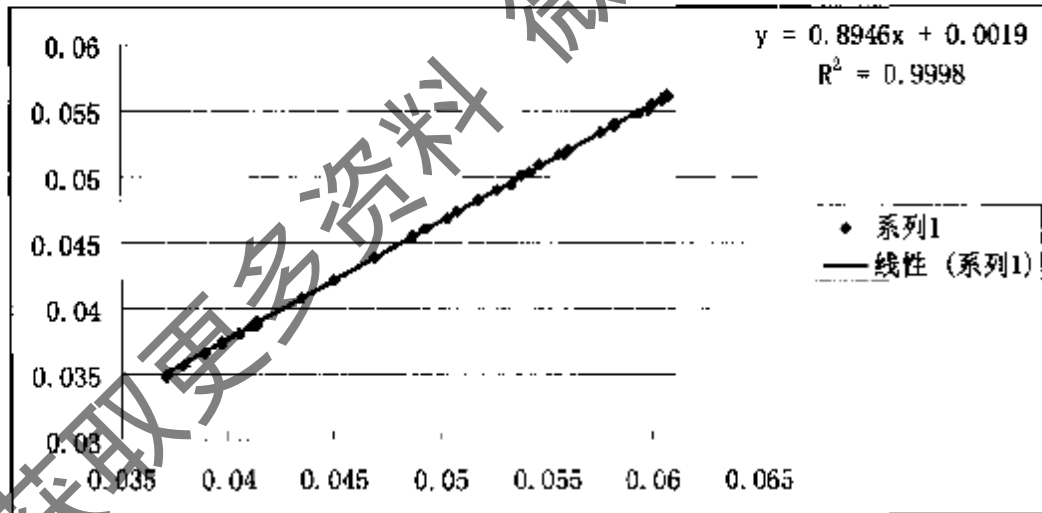


图 6-10  $y_1$  和  $y_4$  的散点图  
Fig.6-10 Variables  $y_1$  and  $y_4$



SUMMARY OUTPUT

回归统计		方差分析					
Multiple R	0.999912907	df	SS	MS	F	Significance F	
R Square	0.999825821	回归分析	1	0.001658161	0.00165816	195167.656	1.69811E-05
Adjusted R Square	0.999820898	残差	34	2.88887E-07	8.4961E-09		
标准误差	9.21742E-05	总计	35	0.00165845			
观测值	36						

	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
Intercept	0.001891121	0.000105	18.02168	5.70736E-19	0.001677866	0.00210438	0.00167787	0.002104377
y4	0.894564558	0.002025	441.7779	1.69811E-65	0.890449824	0.898689309	0.89044982	0.898689309

图 6-11  $y_1$  和  $y_4$  的回归分析报告

Fig.6-11 Regressive report

从分析报告和散点图中可以很明显的得出与第一种情况类似的结论。因此当序参量属性值在确定范围内变化时，系统评价值的变化趋势是基本不变的，而当属性值在该变化范围外取值时，系统评价值的变化趋势就会发生变化。图 6-12 是当序参量属性值在超出下界之外取值时，系统评价值的变化情况，与图 6-3 对比，可以发现两条曲线的变化趋势有明显的不同。

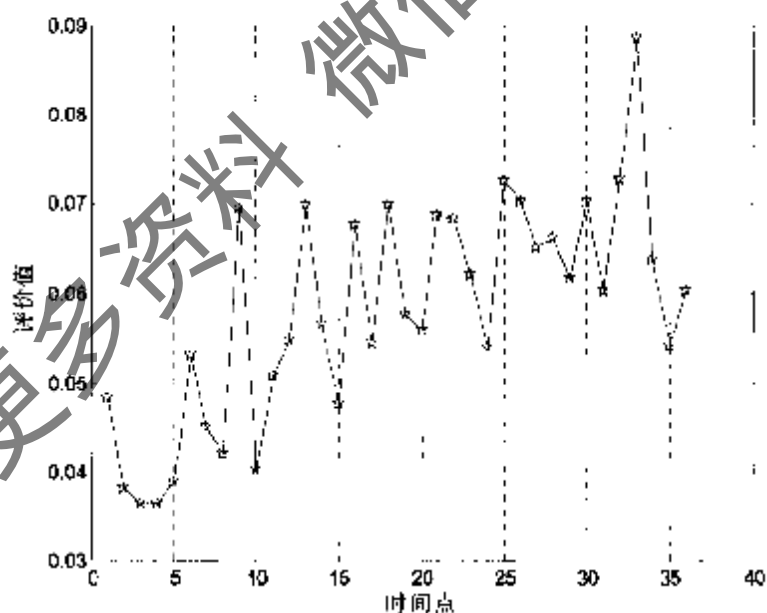


图 6-12 序参量属性值超出变化边界时的系统评价值

Fig.6-12 Comprehensive assessments for order parameters out the limits

## 6.4 本章小结

论文本部分采用某食品冷链物流系统的原始资料进行实证研究，目的是检验食品冷链物流系统协同模型的科学性和可操作性。

本部分选择的食品冷链物流系统有 30 个状态参量，时间跨度为 36 个月。实证主要结论如下：

(1) 在研究时间周期内系统整体呈现出越来越优的状态。

(2) 序参量评价的结果表明，在 30 个状态参量中，4 个状态参量起着支配作用，是序参量。按照重要程度，四个序参量是物流总成本、单位车辆行驶里程、食品物流量和物流员工人数。

(3) 对序参量有效性进行分析，结果表明 4 个序参量可以代替原来 30 个状态参量来对系统整体进行综合评价，序参量的计算结果是正确的。

(4) 对序参量属性值进行灵敏度分析，得出不同时间周期内属性值的变化范围。

获取更多资料

## 7 食品冷链物流系统协同发展对策

食品冷链物流系统面临的未来趋势是消费者对于冷链物流系统提供的食品的质量要求不断提高, 具体来说主要体现在以下几个方面:

消费者对食品的新鲜度要求越来越高, 并要求食品交货期、生产期越短越好<sup>215</sup>, 消费者对食品的质量要求也越来越高, 迫使食品冷链物流系统实行协同管理, 以保证稳定的上游食品原料供应和下游的销售渠道畅通, 以满足消费者对于食品安全以及食品品质的要求。消费者对食品的质量安全也越来越关注。为了满足消费者对食品在种类和数量上的要求, 食品冷链物流主体企业不断寻求和研发新技术, 而新技术和新方法的过度使用(如杀虫剂、激素、抗生素和转基因技术等), 在满足了消费者需求的同时, 也不可避免地对人体产生了危害, 从而引起食品质量安全问题。有必要在物流全过程的各个环节对食品进行检验和检测并及时向消费者披露这些信息。

食品冷链物流主体企业迫于政府、相关社会组织和消费者的要求和压力, 只能按食品协同管理进行运作。例如, 欧盟管理法规规定, 在欧盟范围内销售的所有食品, 都要实行食品跟踪与追溯。同样在美国, 食品与药品管理局(FDA)规定, 在美国国内外从事食品生产、加工和包装等的部门以及相关组织, 要向 FDA 进行登记, 以便进行食品安全跟踪与追溯, 未登记者就不许从事食品生产和销售。

在实证食品冷链物流系统中, 系统各主体企业都把食品物流安全放在重要的基础位置, 所以表征食品物流安全的状态参量没有体现在序参量中。但四个序参量, 物流总成本、单位车辆行驶里程、食品物流量和物流员工人数都与食品安全有直接或间接的关系。与实证食品冷链物流系统序参量相对应, 食品冷链物流系统协同发展的对策包括以下四个方面。

### 7.1 降低食品冷链物流系统成本的对策

降低食品冷链物流系统的成本是协同的重要动因之一。通过成本的降低, 可以降低食品冷链物流系统的门槛, 使更多的企业加入到冷链系统, 提高食品物流安全水平。根据食品冷链物流系统的特点, 本文将食品冷链物流系统的成本分为设施设备投入成本, 运营成本以及食品损耗成本三类分别进行分析并提出相应的降低食品冷链物流系统成本的对策。

### 7.1.1 降低设施设备投入成本

食品冷链物流系统的设施设备包括冷库、冷藏运输车辆以及冷藏周转箱等。食品冷链物流系统的正常运转离不开这些设施设备的支持，这些设施设备是食品冷链物流系统运作的物质基础。与一般的物流系统设施设备相比，食品冷链物流系统的设施设备由于要具备制冷、保温等功能，其造价较高，因此食品冷链物流系统具有资源密集的特点，其设施设备投入高于一般物流系统。对于食品冷链物流系统中的主体企业而言，在设施设备方面的投资、购置决策将对企业的生存、发展具有重要的影响，从而直接影响到食品冷链物流系统的发展。本文认为可以通过开展共同配送，以提高设施设备的利用率，实现食品冷链物流系统的协同，以降低食品冷链物流系统的设施设备投入成本。

共同配送是经过长期的发展和探索优化出的一种追求合理化的配送形式，也是美国、日本等一些发达国家采用较为广泛、影响面较大的一种先进的物流方式，它对降低物流成本具有重要意义，也是食品冷链物流系统中相关企业可以采用的降低成本策略。由于冷链物流的低温特点，食品冷链物流企业单独建立冷链物流中心，投资成本高，而且回收期较长，对于单个企业的风险以及资金压力都比较大。有鉴于此，食品冷链物流系统中的各企业可以联合起来，共同参与冷链物流配送中心、冷库等设施的投资建设。

对于食品冷链物流系统，当前基础设施落后和短缺是制约物流发展的一个重要因素。通过共同配送的集中化处理可以有效合理地利用现有的物流设施与设备，做到物尽其用，实现物流资源的共享和物流功能的互补，并充分节省物流处理空间和人员。这种措施在一定程度上缓解设施设备不足的问题，特别是对于一些中小型企业而言是非常可行且必需的<sup>216</sup>。

食品冷链物流系统各个主体企业应该以整个系统的目标为指引，以共同制定的协同机制为依据，共同对设施设备的建设、购置等方面的投资、建设方案进行决策。实现食品冷链物流的共同配送，能够降低食品冷链物流设施设备投入成本。具体来说，开展共同配送可以节省大量资金、设备、上地、人力等。食品冷链物流系统中的各个企业可以集中精力经营核心业务，促进企业的成长与扩张，扩大市场范围，消除销售网络的封闭性，共建共存共享的环境，实现食品冷链物流系统的可持续发展<sup>217</sup>。

对于食品冷链物流系统中的冷链物流企业而言，发展冷链物流的共同配送，为多家处于上游的食品加工制造企业以及处于食品冷链下游的销售企业提供配送服务，容易达到配送的经济规模，运输单位的大型化和信息网络化使得车辆资源

充分利用，装载效率明显提高，在实现物流效率化的同时，有利于小批量、多批次配送业务的展开。这样不仅提高了设施设备等资源的利用率，相对而言降低了食品冷链物流企业自身的设施设备投入成本，而且还提高了顾客价值<sup>218</sup>。

### 7.1.2 降低运作成本

食品冷链物流成本高昂是制约行业发展的重要因素。食品冷链物流系统的运作成本指的是在食品冷链各个物流环节所发生的成本，主要由运输成本、仓储成本、库存成本、装卸搬运成本、包装成本、流通加工成本等组成。其中运输成本、仓储成本、库存成本所占比例较大<sup>219</sup>。

#### (1) 降低运输成本的对策

针对当前冷链物流的发展，企业应积极发展多品种小批量的小编组机冷车，满足市场对多品种小批量货源运送的需要；同时发展备有制冷机及保温箱的冷藏车，采取铁路、公路、水路多式联运的组织方式，利用信息技术进行全程温度监控。在运输过程中严格控制冷藏运输车辆的在途时间，缩短运输时间以避免运输费用的增加。

食品冷链物流业务主体需要对配送进行精细化管理，以降低运输成本。冷链物流转向多品种小批量的运输已成为必然趋势。针对保质期极短食品的大量小订单、众多配送网点、复杂时间窗等问题，采取合并小订单、整合配送网点、合并不同食品的时间窗以提高客户服务水平、降低运输成本。企业间共同配送能提高车辆装载率和降低配送成本。

#### (2) 降低仓储成本的措施

仓储成本主要包括制冷系统建设、冷库库房建设、冷库内设备购置等投资较大的固定投入以及冷库的日常维护等成本。对于食品冷链物流系统主体企业来说，提高冷库的利用率是降低仓储成本的重要措施，然而有些冷库空置率非常高，因此冷链企业要最大限度地降低仓储成本，必须尽可能地降低冷库空置率。企业可以借助库存信息系统在平衡食品过期和缺货的条件下确定最佳订货点；当前消费者对冷链食品的要求越来越呈现个性化趋势，企业还应着眼于保持库存的持续稳定，不出现断链。

#### (3) 降低库存成本的措施

协同规划、预测与补货（CPFR）是从供应商管理库存和联合库存管理发展而来的，保留了供应商管理库存和联合库存管理中一些先进的技术和管理思想，同时克服了供应商管理库存和联合库存管理的不足，代表着未来库存管理技术的发

展方向。在食品冷链物流系统运作过程中，由于整个冷链过程的低温要求，从而导致冷链产品比一般产品的成本高，因此，有效降低库存，对库存进行优化管理，能降低比一般产品相对更多的成本。CPFR 是一种协同式的供应链库存管理技术，它能同时降低销售商的库存量，增加供应商的销售量，优化整条供应链的库存。在冷链上采用 CPFR 最大的优势是能及时准确地预测由各项促销措施或异常变化带来的销售波动，从而使上游企业和下游企业都能做好充分准备，赢得主动。同时 CPFR 采取了一种“双赢”的原则，始终从全局的观点出发，制定统一的管理目标以及方案实施办法，以库存管理为核心，兼顾供应链上其它方面的管理，从而实现企业伙伴间更广泛深入的合作。

#### (4) 运用信息系统

管理信息系统也是冷链物流建设的重要环节。它主要包括库存控制系统、客户服务系统、仓储管理系统和运输管理系统。对企业来说，使用物流管理软件来有效地降低企业物流成本是在无形中扩大企业利润，降低成本。系统中准确的库存数据和需求汇总数据为物流系统运作提供依据，从而提高了工作效率与管理水平；系统还提供各种预警，如近保质期、过保质期食品的报警和在库品的库龄分析等，使仓库管理人员能及时采取有效的措施，大大减少在库食品的损耗。冷链物流信息系统提供准确的市场动态和信息沟通，使物流流程变得更加合理，降低滞后现象。因此使用信息系统，既可提高冷链物流服务水平，又可充分利用现有冷链设施设备最大限度降低物流成本。

### 7.1.3 降低食品损耗成本

2006 年，我国因丢弃腐烂食品而造成的浪费已达到 700 亿元人民币，占食品生产总值的 20% 之多<sup>220</sup>。因此应该根据低温储存原理对冷链储存中涉及的各种技术进行科学的使用，降低食品腐烂变质带来的巨大损失。

先进的冷藏物流工艺流程系统设计可以大大降低冷藏物流的物流成本。更先进的系统会让物流的各个环节互相合作，并让冷链物流的全部流程处于协调状态。

要降低食品冷链物流系统中的食品损耗成本，需要大规模改造和更新现有的食品冷链物流系统设施设备。国外冷冻冷藏物流之所以迅速发展，冷藏运输装备的发展起到了极为关键的作用。发达国家已逐步淘汰了冰冷车，在 20 世纪 80 年代后快速推广使用冷藏集装箱，已广泛采用机冷式冷藏集装箱，并有通风、气调、液氨、保温、冷板等多种类的冷藏箱，极大地促进了冷藏运输的发展。具体来说，需要从以下方面来更新食品冷链物流设施设备以降低食品冷链物流系统中的食品

损耗。

#### (1) 加速提升冷藏运输设备的技术水平

我国冷藏运输装备技术水平不论是在车辆结构上，还是在制冷机组等相关设备可靠性上；无论是在车体隔热、气密性，还是在载货容积、重量上；无论是在新材料应用，还是地面设施完善；无论是新冷源的应用，还是气调保鲜技术的开发，均与世界先进水平有很大差距。在冷藏运输装备开发中，应加强与先进国家合作，采用技术合作尽快提升冷藏运输装备的技术水平。

#### (2) 大力发展新型冷藏装备

为了满足冷冻食品特别是深度冷冻食品对运输条件的要求，发达国家的铁路运输业都在努力对机械冷藏车进行更新换代。美国的成组式及以石油作能源的机械制冷运输设备正逐步减少，而以单节或集装箱式的冷藏运输设备和不依赖石油的新型冷源车或隔热车成为重要的发展方向。结合国情及冷藏运输的市场需求，冷藏运输装备应发展能够适应冷藏快运业务的快速冷藏车，能够适应货物品类多样化及长距离运输的冷藏集装箱，以及灵活机动、控温范围广、能满足大量货物运输的机冷车。

## 7.2 提高冷链物流设施设备利用效率的对策

食品冷链物流系统是资源密集型系统，因此提高设施设备利用效率是食品冷链物流协同的动因以及主要内容之一。提高冷链物流设施设备的利用率，降低物流成本，使更多的食品应用冷链物流系统进行管理，提高食品物流安全水平。

### 7.2.1 建立食品冷链物流联盟机制

针对食品冷链物流现状，没有足够的资金实力，企业很难建立起一整套的冷链物流基础设施。因此要推动食品冷链物流的发展，就必须联合各方面的力量，包括政府的支持和行业组织的协调，建立一个能满足消费者、供应商和零售商三方面需求的冷链物流模式。除了本地销售的食品以外，外销的食品可以将食品运送到主要城市冷链物流中心，整合后进行长途运输，由地区物流中心进行装箱提货和当地运送，再整合后配送到零售直销点。在整个冷链物流过程中均有严格的温度控制和实施监控<sup>[21]</sup>。

理想的冷链物流联盟是食品冷链系统主体企业在各自的优势领域（如设计、

制造、分销、物流等)为整个联盟贡献自己的核心竞争力,建立优势互补、风险共担、利益共享的联盟机制,从而在竞争合作的市场环境下,由冷链上各个独立的行为主体实现降低冷链成本,缩短冷链周期的目标而结成的联盟。建立冷链联盟有两方面优势,一方面系统主体企业之间可以进行相互之间设施设备资源共享、优势互补,产生“1+1>2”的协同效应,从而使每个成员都可以全心全意发展自己的核心竞争力,从而使整条冷链的竞争力得到加强。另一方面,建立冷链联盟的出发点就是为了“互利”,在相互信任和相互依赖的基础上通过合作获取大于各自“独立”或“对立”行动所得到的利益。这种“共赢”模式是建立在局部利益和整体利益高度一致的基础上的,每个行为主体在努力争得自己的一份利益的同时,也为整体效益做出了一份贡献。联盟的建立是围绕共同的、明确的目标,合作的基础是建立在各方的“共同意愿”之上。在激烈竞争的市场环境下,企业必须将关注的焦点从供应转移到消费需求上,因此,提高设施设备利用效率,提高顾客服务水平是冷链物流系统协同的核心目标。

### 7.2.2 运用系统管理理念规划食品冷链物流

食品冷链保证从生产地到销售地的全程低温控制,是一个系统工程,仅仅由一个企业来运作是很难实现的。食品的易腐特点也要求必须整合食品物流系统所有节点企业,进行统筹规划和协调管理。运用先进的系统管理理念管理食品冷链,利用现代信息技术,通过改造和集成业务流程,物流系统各主体企业建立协同的业务伙伴关系,切实提高企业及整个食品物流系统的竞争力。此外,物流系统的结构向扁平化发展,尽可能减少物流系统主体的数量,减少信息失真的可能性,提高物流系统的反应灵敏度<sup>222</sup>。

食品冷链物流系统中的各主体企业需要建立一种信息共享机制。建立信息共享机制是为了克服不确定性、信息不对称和分散决策等因素所造成的物流系统反应迟钝、牛鞭效应、库存费用高等协调问题。可以通过建立信息传递系统、第三方信息共享方式以及建立信息中心等方式建立冷链信息共享机制,达到包括库存信息共享、销售数据共享、订单状态共享、销售计划共享以及配送计划共享的信息共享状态。通过食品冷链物流信息共享机制,可以有效降低冷链库存水平,降低生产成本,提高资源利用率,提高决策效率以及顾客服务水平<sup>223224</sup>。



## 7.3 扩大食品冷链物流系统规模的对策

在上文实证食品冷链物流系统中，计算出的序参量之一是食品冷链物流量，即物流系统总规模。通过一定的方法和手段，提高食品冷链物流系统规模，使应采用冷链物流的食品放弃常温物流，为食品安全打下良好的基础。

### 7.3.1 加强政府宏观监管

食品冷链物流是保障食品卫生安全的有力支撑。而冷链物流相对于其他产业而言，投资成本较大，资金回报较慢，运行及维护成本较高，因此冷链物流的建设离不开政府在资金上的支持。同时，由于冷链上食品的特殊性，对于时效性等要求比较高，政府对于冷链设施设备的研发也应当给予技术上的支持。总之，政府可以从宏观层面上对冷链物流进行指导，打破行业、地域等分割限制，按照统一市场的要求，推动改革条块分割的物流管理体制，维护冷链物流的市场秩序，促进物流市场的公平竞争，鼓励冷链物流企业联合，提高企业的竞争力，发展规模经济，支持冷链物流企业健康发展，努力提高食品安全，满足人们消费的多样性需求。

### 7.3.2 加大第三方物流的市场比例

冷链物流系统的建设需要投入大量的资金和技术，对于一般中小企业来说，冷链设施设备所占成本较高，企业很难承担。冷链物流的做大做强必须借助第三方物流甚至第四方物流，将冷链设施设备的巨大成本转嫁出去。现实是第三方物流的发展还存在一定的局限性，市场化程度不高。食品冷链物流系统上的加工企业将冷链物流业务外包给专业的第三方物流企业，而自身则集中资源进行核心竞争力的打造，通过第三方物流的规模效益来降低自己的运营成本。第三方物流企业与物流需求企业结成合作伙伴，先期按条块提供冷链分割的冷链运输或储存环节的功能服务，进而提供有针对性改进的物流管理和运作体系。

### 7.3.3 加强冷链物流软硬件设施建设

冷链物流系统的硬件规划包括冷库、储藏设备、运输设备等方面的规划。硬件设施的建设情况在一定程度上制约着冷链物流的发展和成效。应当加大对冷链设施设备的研发和投入力度,提出冷链物流硬件的发展规划,推进冷链物流设备的完善和提高,在冷藏冷冻技术上不断进行改革和创新,积极引进国外先进技术,尽快提高冷链物流的各项技术。

冷链物流系统的软件规划主要指冷链物流信息系统的规划,包括库存控制系统、顾客服务系统、仓储管理系统和运输管理系统等子系统的规划。食品冷链的物流信息系统为冷链有关方面提供准确的市场动态和信息沟通,同时为食品安全提供可溯源性信息支持,可以对有问题的食品进行追查。引入信息系统可以充分利用现有的冷链设施设备,最大程度的降低物流成本,扩大消费者利益和企业利润。

## 7.4 提高员工素质的对策

在上文实证食品冷链物流系统中,计算出的序参量之一是冷链物流员工人数,即物流系统投入的人力资源。通过提高员工素质,在物流总规模不变、物流员工规模不变的情况下,提高物流系统产出水平。要提高食品冷链物流系统员工的素质,提高员工食品物流安全的理念和实际操作水平,需要培养食品冷链物流专业人才。改善食品冷链物流管理和操作人员缺乏的现状,可通过两个途径:一方面,通过各有关科研院所、大专院校有针对性地培养和训练,为食品冷链物流领域输送更多合格人才。另一方面,企业加强与专业机构的通力合作,积极组织举办高水平的物流培训班,培养一批高级物流人才。

### 7.4.1 加强管理人员培训

为了使食品冷链物流系统的人力资源能与系统的冷链物流发展战略相适应,食品冷链物流系统可以与高校合作,制定管理技能、通用技能、专业技能各方面的培训课程,培养专门人才;另一方面建立人才引进机制,将优秀的管理人员吸引到食品冷链物流系统的各主体企业中来工作。

管理人员可以分为两个层次。第一层,高层物流管理人才。该类人才不仅要

求从业人员知识面广，而且要有较强的战略判断和把握能力，能敏锐地发现市场的变化，对冷链物流的各个环节进行监控。该层次人才的培训旨在围绕发展具有国际竞争力的大型冷链物流企业集团，加快培养一批职业化、现代化、具有国际化视野的物流企业家。第二层，中层物流管理人才。该类人才主要对冷链物流运作的某一部门进行管理，他们必须熟悉自身从事的物流环节的运营，使本环节的物流工作进行得更有效、更合理。此外还要有整个物流大系统的理念，并协调配合相关部门，使整个物流系统合理化、科学化。

#### 7.4.2 加强操作员工的培训

基层物流操作员工定位于从事具体食品冷链物流作业，如运输、仓储保管、包装、装卸搬运、配送、物流信息处理等不同的专业人员。食品冷链物流的操作员工大多专业素养不高，因此加强一线员工的培训与管理对实现冷链物流系统管理目标至关重要。食品冷链物流系统在提高员工素质方面可以采取的措施，对新入职的员工开展系统入职培训和在职教育。这对于劳动密集型的食品冷链物流系统来说，从最基本的角度向员工灌输统一作业规范和企业价值观是十分必要的。对操作员工的培训量大、培训面也最广。人才培养可以采取系统内部培训的方式，也可以采取外部培训的方式。其中，内部培训指的是由系统内部运作水平，管理水平以及员工素质都较突出的主导企业对其他成员企业的相关业务人员进行业务培训，以提高作业人员的业务水平。外部培训指的是委托系统外部的专业培训机构对食品冷链物流系统内部的操作人员进行培训，提高员工素质。

通过改善员工工作环境来改善员工关系。传统的物流（冷链）作业环境中温差和噪音对作业人员的身体影响很大。物流系统管理部门可以采用先进的设备为一线作业人员提供更人性化的作业环境，进而提高一线员工的稳定性和工作积极性。

#### 7.5 本章小结

与实证食品冷链物流系统序参量相对应，食品冷链物流系统协同发展的对策建议包括：降低食品冷链物流系统成本、提高食品冷链物流系统设施设备利用效率、提高食品冷链物流系统规模和提高食品冷链物流系统员工素质。

## 8 结论与展望

### 8.1 主要结论及创新点

本文是在食品冷链在我国研究逐步升温的大背景下进行研究的。随着中国经济的发展，城市化步伐的加快，人民生活水平的不断提高，人们对冷链食品的需求急剧增加，迅速拉动了冷链食品的消费。而食品冷链物流系统的现状不容乐观，对食品冷链物流系统协同进行研究具有重大意义。

对食品冷链物流系统协同进行研究，理论基础是食品理论、物流相关理论、系统论基础和协同学理论。论文的理论框架是，以系统论基础为研究的出发点，应用食品理论和物流理论，对食品冷链物流进行系统分析。在协同学基础上，将序参量理论应用在食品冷链物流系统中。

食品冷链物流系统分析是研究协同的基础。论文依据系统论思想，分析系统要素、结构、功能，分析其特性。论文提出了食品冷链物流系统协同的内涵，确定协同的目标与原则，对协同内容与过程进行了分析。食品冷链物流系统协同过程研究中，先根据系统的投入要素与输出功能提出状态参量体系，采用协同学理论，应用信息熵方法对系统的总体状态进行评价，在此基础上求出系统的序参量，分析序参量的有效性和灵敏度。采用企业的实际数据进行实证分析，最后根据实证结果提出了食品冷链物流系统协同的发展对策。

本文具体的创新点如下：

#### (1) 完善了冷链的定义

在国内外冷链定义研究的基础上，完善了冷链的定义：“冷链是从原材料的获取到最终产成品被消耗的整个过程中，物品始终处于维持其品质所必需的可控温度环境下的特殊供应链。”

#### (2) 食品冷链物流系统的理论研究

对食品冷链物流系统的要素、结构、功能及特性进行了研究。构成要素包括主体要素、客体要素和设施设备要素。结构按主体构成不同和主体数量与规模不同分两种类型。按照功能在食品冷链物流系统中的作用，将物流功能分为基本功能和辅助功能，其中基本功能主要包括冷链运输、冷链仓储、冷链配送和冷链物流信息处理，辅助功能包括冷链包装、装卸搬运和流通加工。食品冷链物流系统的特性主要包括：安全首要性、时间敏感性、系统高成本性、信息多样性、技术

复杂性、空间分散性和环境严格性。

### (3) 食品冷链物流系统协同理论研究

分析了食品冷链物流系统协同的内涵，并对协同内容及过程进行了分析。协同的内容可分为主体协同、客体协同、设施设备协同和信息协同。协同的过程包括战略层、战术层与操作层。

### (4) 食品冷链物流系统序参量的计算模型

本文使用基于粗糙集和信息熵的属性约简算法，对食品冷链物流系统的序参量模型进行定量求解。

### (5) 食品冷链物流系统序参量灵敏度分析

应用灵敏度分析方法界定序参量变化的上下边界。

## 8.2 研究展望

食品冷链物流是一个重要的研究领域，其理论研究和实际应用涉及到很多具体问题，除了本文研究的内容以外，还有以下问题需要进一步研究：

### (1) 对具体食品冷链物流系统的进一步研究

本文对食品冷链物流的一般系统进行了研究，还可以对特殊的物流系统进行研究，例如按照温度要求对冷却食品、冻结食品、冰鲜食品和超低温食品物流系统进行深入研究，或按照食品类别对肉制品、果蔬、速冻食品等冷链物流系统进行深入研究，或按照设施设备如冷库和冷藏车系统进行研究，或按照物流作业流程如冷链运输和冷链仓储等进行研究。

### (2) 食品冷链物流流向的进一步研究

本文的研究以正向物流研究为主，但逆向物流以至于循环物流也是今后研究的一个方向。随着食品物流的快速发展，食品逆向物流作为食品闭环供应链的重要组成部分，其在供应链中的地位越来越重要，成为食品冷链物流中新的研究领域。

### (3) 食品冷链物流系统序参量的进一步研究

考虑不同外界环境因素的变化，例如国家有关食品安全和物流领域新的法律法规，对食品冷链物流的影响。目前这些法律法规非常不健全，国家相关部门缺乏宏观监控和可操作性检查。在可以预见的时间内，国家会加强法律法规和标准规范的制订，并进行落实，这些因素会对食品冷链物流运作产生很大影响。所以序参量会在不同主体要素、不同客体要素、不同设施设备协同时有较大差异。

(4) 食品冷链物流安全的预警机制及对策研究

食品冷链物流的安全涉及到百姓的日常生活，通过相关研究为相关部门制定食品安全战略、编制食品安全规划、制定食品冷链物流标准，提供准确的依据和智囊支持，全面加强食品冷链物流的预警工作，进一步研究预警机制和具体的对策。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 参考文献

- [1] 韩俊.中国食品安全报告(2007).第1版.北京.社会科学文献出版社.2007.7.P1-14
- [2] 张云华.食品安全保障机制研究.第1版.北京.中国水利水电出版.2007.6.P24-26
- [3] GB 19303-2003 熟肉制品企业生产卫生规范.北京.中华人民共和国卫生部.中国国家标准化管理委员会
- [4] 中国物流与采购联合会,中国物流学会.中国物流发展报告(2007-2008).第1版.北京.中国物资出版社.2008.5.P256-268
- [5] 中国国家统计局网站. www.stats.gov.cn
- [6] Cadilhon, J.-J., Fearn, A.P., Moustier, P. and Poole, N.D. Modeling vegetable marketing systems in South East Asia: phenomenological insights from Vietnam. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2003(8). 5.P427-441
- [7] 徐世琼.国外食品冷加工及冷藏库技术的最新进展. *冷藏技术*.2003.(4).P39-46
- [8] 王强,段玉权,詹斌,万桂林.国外冷链物流发展的主要做法与经验. *物流技术与应用*.2007(2).P89-92
- [9] 中国物流与采购联合会,中国物流学会.中国物流发展报告(2007-2008).第1版.北京.中国物资出版社.2008.5.P257
- [10] 方昕.低温物流技术与设备——中国食品冷链的现状与思考. *物流技术与应用*. 2004. 9(11).P54-59
- [11] Williams, L.R., Esper, T.L. and Ozment, J. The electronic supply chain: its impact on the current and future structure of strategic alliances, partnerships and logistics leadership. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2002(32).8.P703-719
- [12] Humphreys, P., Matthews, J. and Kumaraswamy, M. Pre-construction project partnering: from adversarial to collaborative relationships. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2003(8).2.P166-178
- [13] 美.罗伯特·S.卡普兰,戴维·P.诺顿.博意门咨询公司译.组织协同——运用平衡计分卡创造企业合力.第1版.北京.商务印书馆.2006.12.P9-20
- [14] Stank, T., Crum, M. and Arango, M. Benefits of interfirm coordination in food industry supply chains. *Journal of Business Logistics*, 1999(20). 2.P21-41
- [15] 方昕.中国食品冷链现状与思考. *质量与市场*.2005(7).P40-46
- [16] 许伯年.特殊供应链——冷链的最新发展. *港口装卸*.2004(5).P33-35
- [17] 黄燕.对我国冷链系统建设的思考. *商品储运与养护*.2003. 25(3). P12-14
- [18] 谢如鹤,李竹岭.国内外冷藏食品物流现状. *中国储运*.2004. (6). P16-18
- [19] 姚国琦.进一步完善与发展我国食品冷藏链. *制冷技术*.2004. (4). P36-38
- [20] 刘宏伟.食品行业的冷链物流. *中国物流与采购*.2004. (17). P46-47
- [21] 陆翔华.我国冷冻冷藏食品市场和冷藏链物流发展. *中国食品工业*.2005. (5). P44-47
- [22] 何静,宗传宏,程钧谟.我国食品冷链物流发展现状及对策研究.上海社会科学院城市化发展研究中心. *商场现代化*.2006. (05S). P 115-116
- [23] 刘国栋.我国低温物流发展存在的问题与对策.北京. *商场现代化杂志社*.2006. (06X). P127-128
- [24] 吴远开,朱俊,朱道立.全球物流环境下的冷藏链发展研究. *物流技术*.2003.(2). P 12-15
- [25] 李学军,王建.构建我国食品行业的冷链物流. *市场与电脑*.2002.(12). P 25-28
- [26] 郑海浪.冷链物流的优化. *中国储运*.2004.(4). P 45-46
- [27] 李万秋.冷链物流系列讲座之一:冷链物流现状及问题. *物流技术与应用*.2006(9).P 102-104
- [28] 汪希刚.我国食品冷链中的食品安全现状及展望. *食品研究与开发*.2006.27(8).P 223-224
- [29] 韩根初.加强冷链物流建设 保障食品消费安全. *上海商业*.2006.(12X).P42-44
- [30] 谢如鹤,唐秋生、罗荣武.我国肉类食品的市场特点及冷藏运输需求. *肉类研究*.2001.(3). P3-7
- [31] 谢如鹤,唐秋生,罗荣武.我国易腐冷藏食品市场的现状与预测. *中国食品学报*.2002.2(4).

- P70-76
- [32] 陆翔华.我国冷冻冷藏食品产业现状与发展应对.食品科技.2002.(12). P29-30
- [33] 孟素荷.对中国冷冻冷藏食品工业发展的思考.食品工业科技.2005.(8). P7-8
- [34] 王强,段玉权,詹斌,万桂林.国外冷链物流发展的主要经验与做法.物流技术与应用.2007.12(2).P89-91
- [35] 刘心力.生鲜食品冷链物流中有关问题的探讨.肉类工业.1999.(6). P39-40
- [36] 王岳峰,谢如鹤.保鲜物流及其发展研究.物流技术.2006.(7).P65-67
- [37] 谢如鹤,唐秋生.国外食品冷藏供应链发展概况.物流技术.2002.(6).P43-46
- [38] 季阿敏,杜丽丽,张庆钢.建立冷却肉物流冷链体系探析.冷藏技术.2006.(3). P 55-56,59
- [39] 栾远达.生猪屠宰冷链加工配送系统.肉类工业.2006.(9). P 5-7
- [40] 周成,冯春梅.荔枝龙眼冷链物流保障体系建设.广西热带农业.2006.(2). P 19-20
- [41] 李江华,李少敏.蔬菜冷链流通技术规范化作规程.粮油加工与食品机械.2002.(6). P 9-10
- [42] 苏红.保证蔬菜新鲜的冷链系统.中国食品工业.2001.(9). P 50-51
- [43] 龚树生,梁怀兰.生鲜食品的冷链物流网络研究.中国流通经济.2006.20(2). P7-9
- [44] 何明珂.冷链系统基础结构评价指标体系.北京商学院学报(社会科学版)2001.16(2).P46-50
- [45] 李宝仁.冷链物流设施设备总量结构配置模型及应用.北京工商大学学报(社会科学版)2001.16(5). P30-32
- [46] S.J. James,C. James,J.A. Evans. Modeling of food transportation systems e a review. International Journal of Refrigeration. 2006. (29). P 947-957
- [47] Victoria Salin, Rodolfo M Nayga. A cold chain network for food exports to developing countries. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 2003. 33(10).P918-933
- [48] Goh, M. and Ling, C. Logistics development in China. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 2003(33).10.P 886-917
- [49] 陈方建.应大力发展我国食品物流.物流技术.2006(5).P105-108
- [50] 王科.冲破食品工业的物流瓶颈.中国物流与采购.2004(22).P16-18
- [51] 屈平.发展我国食品物流的必要性和建议.现代农业装备.2004(9).P38-41
- [52] 胡勇.论新环境下的食品物流问题.物流技术.2002(11).P42-44
- [53] 张振飞,赵鹏,刘泊.食品物流业与食品物流链.中国储运.2006(1). P85-86
- [54] 闫文杰,李鸿玉等.食品物流与食品安全.食品工业科技.2006.27(5).P24-26
- [55] 陆澄,肖冬荣.探析食品物流系统的安全性.微计算机信息.2006(09X).P211-213
- [56] 张延平,谢如鹤.食品物流安全管理政策与法规建设亟待加强.中国储运.2006(5).P103-105
- [57] 韩月明,赵林度.超市食品物流安全控制.物流技术.2005(10).P142-144
- [58] 斯樊锋.食品供应链管理.物流科技.2006.29(1).P77-79
- [59] 荣德.食品供应链内部的争斗.物流时代.2005(20).P52-53
- [60] 刘彦平.食品供应链中的物流外包问题研究.经济经纬.2006(3).P142-145
- [61] 朱莉,王海燕.基于超市食品供应链的质量控制体系研究.物流技术.2005(10).P24-26
- [62] 赵林度.零售企业食品供应链管理.第1版.北京.中国轻工业出版社.2006.4.P1-2
- [63] 陈超,罗英姿.创建中国肉类加工食品供应链模型的构想.南京农业大学学报.2003.26(1).P89-92
- [64] Ruerd Ruben,Dave Boselie, Hualiang Lu.Vegetables procurement by Asian supermarkets: A transaction cost approach. Supply Chain Management.2007.12(1).P60-68
- [65] David H. Taylor. Strategic consideration in the development of lean agri-food supply chain, a case study of the UK pork sector. Supply Chain Management: An International Journal.2006.11(3).P271-280
- [66] Jack G.A.J. van der Vorst,Seth Tromp,Durk Jouke van der Zee. A simulation environment for the redesign of food supply chain networks: modeling quality controlled logistics M. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. 2005. P 1658-1667
- [67] Cristina Gimenez.Logistics integration processes in the food industry. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 2006.36(3). P 231-249
- [68] 李希成,林云.基于区域经济的协同物流系统研究.中国储运.2007.(1).P119-120



- [69] 徐青青, 缪立新, 李家齐. 区域物流及协同化趋势. 中国物流与采购. 2006. (7). P68-70
- [70] 黎杰, 张伟. 中小制造企业协同物流问题的研究. 黑龙江对外经贸. 2006. (8). P118-120
- [71] 杨浩雄, 何明珂. 基于物流信息共享的供应链物流中节点企业协同行为的激励机制研究. 北京工商大学学报. 2006. 21 (1). P22-26, 37
- [72] 宁方华, 陈子辰, 熊励. 熵理论在物流协同中的应用研究. 浙江大学学报. 2006. 40 (10). 1705-1708, 1782
- [73] 韩亚欣, 徐学军. 供应链协同要素分析及方法选择. CAD / CAM 与制造业信息化. 2006. (11). P23-25
- [74] 温德成, 李开鹏. 供应链协同竞争环境下波特竞争模型的适用性研究. 统计研究. 2006. (10). P64-67
- [75] 凌鸿, 袁伟, 胥士川, 周江波. 企业供应链协同影响因素. 物流科技. 2006. 29 (3). P92-96
- [76] Bernhard J. Angerhofer, Marios C. Angelides. A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. Decision Support Systems. 42 (2006) 283-301
- [77] Foster Finley, Sanjay Srikanth. 7 Imperatives for Successful Collaboration. Supply Chain Management Review. 2005. 9(1). P30-37
- [78] Kenneth J Petersen, Gary L Ragatz, Robert M Monczka. An Examination of Collaborative Planning Effectiveness and Supply Chain Performance. Journal of Supply Chain Management. 2005. 41(2). P14-25
- [79] Jan Holmström, Kary Framling, Riikka Kaipia, Juha Saranen. Collaborative planning forecasting and replenishment: New solutions needed for mass collaboration. Supply Chain Management. Bradford. 2002. 7(3/4). P136-145
- [80] GB/T 18354-2001. 物流术语. 北京. 国家技术监督局. 2001
- [81] GB/T 18354-2006. 物流术语. 北京. 国家技术监督局. 2006
- [82] 孙金萍. 预冷及转运环节至冷链运输影响的研究. 制冷学报. 1997. (4). P47-51
- [83] 吕峰, 林勇毅. 我国食品冷链的现状与发展趋势. 福建农业大学学报(自然科学版). 2000. 29(1). P115-117
- [84] 张英杰, 徐广军, 邹月华. 食品冷藏供应链的质量管理. 中国物资流通. 2001. (22). P29-30
- [85] 美国食品药品监督管理局网站 <http://www.fda.gov/>
- [86] 明镜国大辞典电子版
- [87] 日语大辞典电子版
- [88] Bookbinder, J.H. and Tan, C.S. Comparison of Asian and European logistics systems, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2003(33). 1. P36-58
- [89] 李上秀, 田新岳. 非线性科学与复杂性科学. 第 1 版. 哈尔滨. 哈尔滨工业大学出版社. 2006. 5. P41-50
- [90] 曹佑新, 刘海燕. 食品物流管理. 第 1 版. 北京. 化学工业出版社. 2007. 7. P1
- [91] 李怀林. ISO22000 食品安全管理体系通用教程. 第 1 版. 北京. 中国计量出版社. 2007. 1. P1-4
- [92] GB/T 19000-2000 ISO 9000: 2000 质量管理体系 基础和术语. 北京. 国家技术监督局. 2000
- [93] 屠康. 食品物流学. 第 1 版. 北京. 中国计量出版社. 2006. 11. P87-99
- [94] 冯志哲. 食品冷藏学. 第 1 版. 北京. 中国轻工业出版社. 2006. 8. P17-18
- [95] 隋继学. 食品冷藏与速冻技术. 第 1 版. 北京. 化学工业出版社. 2007. 6. P24-25
- [96] 于学军, 张国治. 冷冻、冷藏食品的贮藏与运输. 第 1 版. 北京. 化学工业出版社. 2007. 8. P6
- [97] Chapman, R.L., Soosay, C. and Kandampully, J. Innovation in logistic services and the new business model: a conceptual framework, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2003(33) 7. P630-650
- [98] 何明珂. 物流系统论. 第 1 版. 北京. 高等教育出版社. 2004. 11. P212
- [99] 王之泰. 现代物流学. 第 1 版. 北京. 中国物资出版社. 1995. 6. P21-25
- [100] 汝宜红. 物流学. 第 1 版. 北京. 北京中国铁道出版社. 2003. 8. P214
- [101] 崔介何. 物流学. 第 1 版. 北京. 北京大学出版社. 2003. 9. P9
- [102] Childerhouse, P., Lewis, J., Nairn, M. and Towill, D.R. Re-engineering a construction supply chain: a material flow control approach. Supply Chain Management: An International Journal. 2003(8). 4. P395-406
- [103] 何明珂. 物流系统论. 第 1 版. 北京. 高等教育出版社. 2004. 11. P212

- [104] 王之泰. 新编现代物流学. 第1版. 北京. 首都经济贸易大学出版社. 2005.2.P73-77
- [105] 王之泰. 物流工程研究. 第1版. 北京. 首都经济贸易大学出版社. 2004.1.P15-26
- [106] 何明珂. 物流系统论. 第1版. 北京. 高等教育出版社. 2004.11.P212
- [107] Choy, K.L. and Lee, W.B. A generic supplier management tool for outsourcing manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8).2.P140-154
- [108] Sundaram, R.M. and Mehta, S.G. A comparative study of three different SCM approaches. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2002(8).7.P532-555
- [109] 马士华. 供应链管理. 第2版. 北京. 机械工业出版社. 2005.8.P50-52
- [110] 马士华, 林勇, 陈志祥. 供应链管理. 第1版. 北京. 机械工业出版社. 2000.5.P40-44
- [111] Marshall L. Fisher. What is the right supply chain for your product? *Harvard Business Review*. March-April 1997. P105-116
- [112] Donald J. Bowersox, David J. Closs, M. Bixby Cooper. *Supply Chain Logistics Management*. 第2版. 北京. 机械工业出版社. 2007.1.P33-35
- [113] John T. Mentzer, William DeWitt, James S. Keebler, Soonhong Min, Nancy W. Nix, Carlo D. Smith, Zach G. Zacharia. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*. 2001.22(2).P1-25.
- [114] Bernhard J. Angerhofer, Marios C. Angelides. A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. *Decision Support Systems*. 42 (2006) 283-301
- [115] 苗东升. 系统科学精要. 第2版. 北京. 中国人民大学出版社. 2006.6.P20-27
- [116] 汪应洛. 系统工程. 第3版. 北京. 高等教育出版社. 2007.2.P8-10
- [117] 德. 赫尔曼·哈肯. 协同学——大自然构成的奥秘. 第1版. 上海. 世纪出版集团. 上海译文出版社. 2005.5.P100-119
- [118] 郭治安, 沈小峰. 协同论. 第1版. 太原. 山西经济出版社. 1991.12.P20-30
- [119] 郭治安. 协同学入门. 第1版. 成都. 四川人民出版社. 1988.6.P21-30
- [120] 颜泽贤, 范冬萍, 张华夏. 系统科学导论——复杂性探索. 第1版. 北京. 人民出版社. 2006.9.P331-369
- [121] 王玉琳等. 现代物流管理系统的复杂性分析. *系统辩证学学报*. 2003.11(4).P88-91
- [122] 张翠华, 任金玉. 新一代的供应链战略: 协同供应链. *东北大学学报(社会科学版)*. 2005.7(6).P406-409
- [123] 邹辉霞. 供应链协同管理: 理论与方法. 第1版. 北京. 北京大学出版社. 2007.4.P31-50
- [124] 陈思云, 张传旺, 张晔, 陈娟. 供应链协同及其在汽车行业中的应用. *物流技术*. 2006.(11).P58-59,65
- [125] 刘炯艳. 协同物流研究综述. *工业技术经济*. 2006.25(1).P12-14
- [126] 刘勇军, 聂规划. 基于语义网的物流知识协同模式研究. *武汉大学学报*. 2006. 28(9). P11-14
- [127] 王金凤. 供应链协同管理研究初探. *机械传动*. 2004.28(4). P67-69
- [128] 路永和, 邹一秀. 供应链协同决策问题的探讨. *物流科技*. 2006.29(6).P116-119
- [129] Holmberg, S. A systems perspective on supply chain measurements. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2000(30) 10.P847-868
- [130] 张迎新. 食品行业冷链物流研究. *物流科技*. 2004.27(12). P32-34
- [131] Huang, S.H., Uppal, M. and Shi, J. A product driven approach to manufacturing supply chain selection. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2002(7).4.P189-199
- [132] Huin, S.F., Luong, L.H.S. and Abhary, K. Internal supply chain planning determinants in small and medium-sized manufacturers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2002(32)9.P771-782
- [133] Harvey, M. Innovation and competition in UK supermarkets. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2000(5)1.P15-21
- [134] Zylbersztajn, D., Filho, C.A. and Pinheiro, M. Competitiveness of meat agri-food chain in Brazil. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8).2.P155-165
- [135] 林志民, 苏德福, 林向阳. 冷冻食品加工技术与工艺配方. 第1版. 北京. 科学技术文献出版社. 2004.2.P54-59
- [136] 郭晓明. 利用现代物流技术打造冷链物流业. *中国食品*. 2005.(5).P17-17
- [137] 中国物流与采购联合会. 中国物流发展报告(2006-2007). 第1版. 北京. 中国物资出版社. 2007.5.P211-216

- [138] 付军,朱立科.REFCON 船舶冷藏箱集中监控与报警系统介绍.青岛.航海技术杂志社.2006.(1).P55-56
- [139] Bhatnagar, R., Jayaram, J. and Phua, Y.C. Relative importance of plant location factors: a cross national comparison between Singapore and Malaysia. *Journal of Business Logistics*. 2003(24)1.P147-170.
- [140] 关肖尚纳·柯恩,约瑟夫·罗塞尔著.汪蓉等译.战略供应链管理.第1版.北京.人民邮电出版社.2006.1.P149-152
- [141] 范林根.基于契约合作的供应链协调机制.第1版.上海.上海财经大学出版社.2007.7.P93-98
- [142] Gunasekaran, A. and Ngai, E.W.T. The successful management of a small logistics company. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2003(33)9.P825-842
- [143] Stock, G.N., Greis, N.P. and Kasarda, J.D. Logistics. Strategy and structure: a conceptual framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1999(29)4.P224-239
- [144] Caplice, C. and Sheffi, Y. Optimization-based procurement for transportation services. *Journal of Business Logistics*. 2003(24)2.P 109-128
- [145] 美.Ronald H.Ballou 著.王晓东,胡瑞娟等译.企业物流管理:供应链的规划、组织和控制.第1版.北京.机械工业出版社.2002.1.P201-203
- [146] 汝宜红.物流运作管理.第1版.北京.清华大学出版社.2006.1.P165-175
- [147] Dorp, K.-J.van. Beef labelling: the emergence of transparency. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8)1.P32-40
- [148] Whipple, J.M., Frankel, R. and Daugherty, P.J. Information support for alliances: performance implications. *Journal of Business Logistics*. 2002(23)2.P67-82
- [149] Jayaram, J., Vickery, S.K. and Droge, C. The effects of information system infrastructure and process improvements on supply-chain time performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2000(30)3/4.P314-330
- [150] 陈锦权.食品物流学.第1版.北京.中国轻工业出版社.2007.1.P242-262
- [151] Waller, M.A., Dabholkar, P.A. and Gentry, J.J. Postponement, product customization, and market-oriented supply chain management. *Journal of Business Logistics*. 2000(21)2.P133-159
- [152] 徐贤浩,宋奇志.短生命周期产品的预测方法.统计与决策.2006(12).P161-163
- [153] Boyd, S.L., Hobbs, J.E. and Kerr, W.A. The impact of customs procedures on business to consumer e-commerce in food products. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8)3.P195-200
- [154] Tibben-Lembke, R.S. and Amato, H.N. Replacement parts management: the value of information. *Journal of Business Logistics*. 2001(22)2.P149-164
- [155] Walters, D. and Rands, C.A. Computers in retailing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1999(29)7.P 465-476
- [156] 李文杰.北京奥运物流系统规划.第1版.北京.中国物资出版社.2007.2.P52-57
- [157] Vlachopoulou, M. and Manthou, V. Partnership alliances in virtual markets. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2003(33)3.P254-267
- [158] 潘开灵,白烈湖.管理协同理论及其应用.第1版.北京.经济管理出版社.2006.10.P59-62
- [159] Wisner, J.D. A structural equation model of supply chain management strategies and firm performance. *Journal of Business Logistics*.2003(24)1.P1-25
- [160] 曾佑新,刘海燕.食品物流管理.第1版.北京.化学工业出版社.2007.7.P7
- [161] Simon Jol. The Cold Chain, one link in Canada's food safety initiatives. *Food Control*. 2007(18)6 .P713-715
- [162] K. Likar, M. Jevsnik. Cold chain maintaining in food trade. *Food Control*. 2006(17)2 .P108-113
- [163] Farris, M.T. II and Hutchison, P.O. Cash-to-cash: the new supply chain management metric. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2002(32)4.P288-298
- [164] Emiliani, M.L. The inevitability of conflict between buyers and sellers. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8)2.P 107-115
- [165] Batt, P.J. Building trust between growers and market agents. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8)1.P65-78

- [166] Wong, A.T.D., Wong, Y.L.W. and Liu, C.K. Cooperative and competitive conflict for quality supply partnerships between China and Hong Kong. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1999(29).1.P7-21
- [167] Fujimoto, H. Collaborative networking in a multi-stage industrial channel. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2003(33).3.P229-235
- [168] 熊励,陈子辰,梅益.协同商务理论与模式.第1版.上海.上海社会科学院出版社.2006.6.P178-179
- [169] Chang, T-Z., Chen, S-J. and Polsa, P. Manufacturer channel management behavior and retailers' performance: an empirical investigation of automotive channel. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8).2.P132-139
- [170] Golicic, S.L., Foggin, J.H. and Mentzer, J.T. Relationship magnitude and its role in interorganizational relationship structure. *Journal of Business Logistics*. 2003(24).1.P57-75
- [171] Humphreys, P.K., Shiu, W.K. and Chan, F.T.S. Collaborative buyer-supplier relationships in Hong Kong manufacturing firms. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2001(6).4.P152-162
- [172] 姚慧丽,于云霞,安宁新.基于系统观的供应链协同机制研究.集团经济研究.2006.(12S).P236-237
- [173] Hoyt, J. and Huq, F. From arms-length to collaborative relationships in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2000(30).9.P750-764
- [174] House, R.G. and Stank, T.P. Insights from a logistics partnership. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2001(6).1.P16-20
- [175] Dahel, N-E. Vendor selection and order quantity allocation in volume discount environments. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8).4.P335-342
- [176] 毛爱英,高鹏翔.电子商务下供应链物流协同的研究.物流技术.2007.26(2).P 141-144
- [177] Halskau, Ø. Sr. EOQ models for postponed payment of stored commodities. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2003(33).8.P686-700
- [178] 彭兴,曹铨,杨玲.供应链联盟中合作伙伴信任关系的建立与发展.甘肃行政学院学报.2004(2).P47-49
- [179] 李芳,罗清明.JIT方式在冷链物流配送中的应用研究.工业技术经济.2007.(26)1.P99-101
- [180] Holmström, J., Främling, K., Kaipia, R. and Saranen, J. Collaborative planning forecasting and replenishment: new solutions needed for mass collaboration. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2002(7).3.P136-145
- [181] Horvath, L. Collaboration: the key to value creation in supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2001(6).5. P205-207
- [182] 邱知华.协同商务环境下的战略供应链管理.上海企业.2005.(11).P57-58,61
- [183] 邱知华.协同商务环境下的战略供应链管理.上海企业.2005.(11).P57-58,61
- [184] Skjoett-Larsen, T., Thønes, C. and Andresen, C. Supply chain collaboration: theoretical perspectives and empirical evidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2003(33). 6. P531-549.
- [185] 陆翔华.我国冷冻冷藏食品产业现状与发展应对.食品科技.2002.12.P29-30
- [186] Stank, T.P., Relier, S.B. and Daugherty, P.J. Supply chain collaboration and logistical service performance. *Journal of Business Logistics*. 2001(22).1. P29-48
- [187] Batt, P.J. and Morroca, R. Perceptual differences in offer quality between Western Australian rock lobster exporters and Japanese rock lobster importers. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8).5.P476-484
- [188] Zhao, M., Droge, C. and Stank, T.P. The effect of logistics capabilities on firm performance: customer focused versus information focused capabilities. *Journal of Business Logistics*. 2001(22).2.P 91-107
- [189] 付蓬勃,吕永波,任远,王永明.供应链协同管理模式下的信息共享机制研究.物流技术.2007.26(6).P88-90,93
- [190] Edmund Prater. A framework for understanding the interaction of uncertainty and information systems on supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2005.35(7).P524-539
- [191] 杨浩雄,何明珂.基于物流信息共享的供应链物流中节点企业协同行为的激励机制研究.

- 北京工商大学学报.2006.21(1).P22-26,37
- [192] Zineldin, M. and Bredenlow, T. Strategic alliance: synergies and challenges: a case of strategic outsourcing relationship 'SOUR'. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2003(33).5.P449-464
- [193] Weber, M.M. and Kantamneni, SP. POS and EDI in retailing: an examination of underlying benefits and barriers. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2002(7) .5.P311-317
- [194] 陆旭群.浅析 RFID 技术在我国生鲜食品冷链物流管理中的应用.市场周刊.2008(3) .P132-133
- [195] Zinn, W., Mentzer, J.T. and Croxton, K.I. Customer-based measures of inventory availability. *Journal of Business Logistics*. 2002(23). 2.P 19-43
- [196] Houghton, M.A., Grenoble, W.L., Thomchick, E.A. and Young, R.R. The role of benchmarking in the performance of the import process. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1999(29). 9.P551-568
- [197] Chan, F.T.S. and Qi, HJ. An innovative performance measurement method for supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*.2003(8).3.P209-223
- [198] 英·安迪·尼利等著.李剑峰等译.战略绩效管理:超越平衡计分卡.北京.电子工业出版社.2004.4.P124-143
- [199] 郑立群,王佳.企业综合绩效方法研究——基于 ANP、平衡计分卡和绩效棱柱理论.西安电子科技大学学报:社会科学版.2007.17(4).P1-7
- [200] 霍佳震,隋明刚.集成化供应链整体绩效评价体系构建.同济大学学报:自然科学版.2002.30(4).P495-499
- [201] 霍佳震,马秀波.基于流程的供应链绩效评价.商业研究.2005.(5).P1-4
- [202] 刘子玲,姜沁池,吕永波,田芬.基于平衡计分卡的物流企业绩效评价指标体系研究.物流技术.2006.(12).P45-47
- [203] 蔡定萍.企业物流系统综合评价指标体系设计.物流技术.2006.(3).P186-187
- [204] 陈志祥.敏捷供需协调绩效评价指标体系研究.计算机集成制造系统.2004.10(1).P99-105
- [205] Burnes, B. and Anastasiadis, A. Outsourcing: a public-private sector comparison. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2003(8).4.P355-366
- [206] 蒋朝哲.粗糙多属性决策理论与方法.第1版.成都.西南交通大学出版社.2007.7.P106
- [207] 李士勇,田新华.非线性科学与复杂性科学.第1版.哈尔滨.哈尔滨工业大学出版社.2006.5.P49
- [208] 刘萍,王周敬.基于粗糙集和信息熵的属性约简算法.福建电脑.2005(10)
- [209] 蒋朝哲.粗糙多属性决策理论与方法.第1版.成都.西南交通大学出版社.2007.7.P32-37
- [210] 韩斌,吴铁军.基于粗糙理论的信息熵属性约简算法.电路与系统学报.2002(6).P96-97
- [211] Liu X, Cercone N. Learning in relational database: a rough set approach. *International of Computational Intelligence*. 1995.(11).2. 323-338
- [212] 万伦来,王立平.统计学原理及应用.第1版.合肥.合肥工业大学出版社.2006.1.P147-154
- [213] 刘兰娟等.经济管理中的计算机应用.第1版.北京.清华大学出版社.2006.10.P191-206
- [214] Weber, C.A., Current, J. and Dessai, A. An optimization approach to determining the number of vendors to employ. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2000(5).2.P90-98
- [215] 鲍长生.冷链物流运营系统研究.财贸研究.2006(06).P147-148
- [216] 刘志勇,王侃.共同配送策略在冷链物流中的应用研究.物流科技.2007.30(10).P1-3
- [217] 张玫.冷链物流利润空间.中国港口.2008(z1).P54-55
- [218] 达庆利,文晓巍.共同配送:我国冷链物流配送模式的优化选择.现代管理科学.2008(3).P13-14
- [219] 王东梅,王勇亮,吴先聪.我国冷链物流的成本控制探析.商场现代化.2007(2).P127
- [220] 张连军.浅析我国食品冷藏物流的现状与对策.物流技术.2006(1).P102-104
- [221] 叶海燕.我国农产品冷链物流现状分析及优化研究.商品储运与养护.2007.29(3).P38-42
- [222] 梁志杰,黄英君.我国食品冷链物流建设研究.生态经济.2007(11).P124-126
- [223] 黄成洲,谢如鹤.我国食品冷链物流的发展与对策.商品储运与养护.2007.29(4).P37-39
- [224] 周云霞.食品冷链物流发展对策研究.物流科技.2007.30(10).P137-139

## 附录 A

## 食品冷链物流系统综合评价模型分析部分程序

```

function Evalresult=evaluat(weight,Nquanmatrix,n,m)
mednumber=[];evalresult=[];
for j=1:n
    for i=1:m
        temp=weight(1,j)*Nquanmatrix(i,j);
        evalresult=[evalresult,temp];
    end
end
evalresult=reshape(evalresult,m,n);
for i=1:m
    temp=evalresult(i,:);
    for j=1:n
        mednumber=sum(temp(:,j));
    end
    Evalresult=[Evalresult,tmednumber];
end
plot(Evalresult)

function [Standmatrix,Nquanmatrix,n,m]=standardize(DecMatrix,sign)
[m,n]=size(DecMatrix);
maxdec=[];
mindec=[];
benmatrix=[];
costmatrix=[];
Nquanmatrix=[];
standmatrix=[];mediumB=[];mediumZ=[];
for j=1:n
    temp1=max(DecMatrix(:,j));
    maxdec=[maxdec,temp1];
    temp2=min(DecMatrix(:,j));
    mindec=[mindec,temp2];
end
for k=1:n
    for i=1:m
        if sign(1,k)==0
            temp3=DecMatrix(i,k)/maxdec(1,k);
            benmatrix=[benmatrix,temp3];
        end
    end
end

```

```

else
    temp4=mindecA(1,k)/DecMatrix(i,k);
    costmatrix=[costmatrix,temp4];
end
end
Nquanmatrix=[beumatrix,costmatrix];
end
mediumZ=reshape(Nquanmatrix,m,n);
for j=1:n
    temp=mediumZ(:,j);
    for i=1:m
        temp5=sum(temp(:,1));
    end
    mediumB=[mediumB,temp5];
end
for j=1:n
    for i=1:m
        temp=mediumZ(i,j)/mediumB(1,j);
        standmatrix=[standmatrix,temp];
    end
end
Standmatrix=reshape(standmatrix,m,n);

function [weight utivalue,entvalue]=inforentropy(n,m,stanvalue)
Interval=[];
medium=[];
logvalue=log10(stanvalue);
for i=1:n
    for j=1:m
        temp=stanvalue(j,i)*logvalue(j,j);
        Interval=[Interval,temp];
    end
end
Interval=reshape(Interval,m,n);
for j=1:n
    temp=Interval(:,j);
    for i=1:m
        medium=sum(temp(:,1));
    end
    entvalue=[entvalue,medium];
end
entvalue=-(1/log10(m))*entvalue;
utivalue=1-entvalue;
weight=utivalue/sum(utivalue);

```

## 附录 B

## 食品冷链物流系统序参量模型分析部分程序

```

dematrix =[]
dec=[]
function IEntro-informEntro (dematrix)
[m,n]=size(dematrix);
t=n/m
MEntro=0;
for k=1:t-1
[EntroArray, MaxEntropy,temp]=mentro (dematrix)
if MEntro >=mEntro
    MEntro = mEntro ;
else
    break
end
dematrix1 = dematrix (:,n*(temp-1)+1:n*1)
IEntro(:,n*( temp -1)+1:m* temp)=[];
for i=1:t-k
    IEntro (:,n*(i-1)+1:n*i)=disfun(dematrix1, dematrix (:,n*(i-1)+1:n*i));
end
end
function [EntroArray,mEntro,temp]=mentro(dematrix)
[m,n]=size(dematrix);
k=n/m;
for i=1:k
    EntroArray(i)=matinfsh(R(:,m*(i-1)+1:m*i));
end
[mEntro,temp]=max(EntroArray);

funlen=0;
[ulen,attrlen]=size(IEntro);
disfun=zeros(1,attrlen);
upos=pos(IEntro,ulen,dec);
for i=1:ulen,
    for j=1:i-1,
        temp=discern(IEntro,i,j,attrlen,upos,dec);
        [disfun,funlen]=form(disfun,temp,funlen,attrlen);
    end
end
end
[result,reslen]=todisjun(disfun,funlen,attrlen);

```



```

[red,redlen]=reduct(result,reslen,attrlen);
core=ones(1,attrlen);
for i=1:redlen,
    core=core&red(i,:);
end
function include=compare(y,x,attrlen)
    yx=0;
    xy=0;
    for i=1:attrlen,
        if y(i)>=x(i)
            yx=yx+1;
        end
        if x(i)>=y(i)
            xy=xy+1;
        end
    end
    if yx==attrlen
        include=1;
    elseif xy==attrlen
        include=-1;
    else
        include=0;
    end
end
function distemp=discern(x,i,j,attrlen,upos,dec)
    for k=1:attrlen,
        if x(i,k)~=x(j,k)
            if (upos(i)==0)&(upos(j)==0)
                distemp(k)=0;
            elseif (upos(i)==1)&(upos(j)==1)&(dec(i)==dec(j))
                distemp(k)=0;
            else
                distemp(k)=1;
            end
        else
            distemp(k)=0;
        end
    end
    if distemp==zeros(1,attrlen)
        distemp=ones(1,attrlen);
    end
end
function [disfun,funlen]=form(disfun,temp,funlen,attrlen)
    diffsum=0;
    tindnum=0;
    templen=funlen;

```

```

k=1;
while k<=funlen,
    funtemp=disfun(k,:);
    include=compare(funtemp,temp,attrlen);
    if include==0
        diffsum=diffsum+1;
    elseif include==-1
        break;
    else
        tindnum=tindnum+1;
        if tindnum==1
            disfun(k,:)=temp;
        else
            disfun(k,:)=disfun(funlen,:);
            funlen=funlen-1;
        end
    end
    k=k+1;
end
if diffsum==templen
    funlen=funlen+1;
    disfun(funlen,:)=temp;
end
function upos=pos(u,ulen,dec)
upos=ones(1,ulen);
check=zeros(1,ulen);
for i=1:ulen,
    if check(i)==1
        break;
    else
        check(i)=1;
        k=1;
        temp(k)=i;
        for j=i+1:ulen,
            if u(i,:)==u(j,:)
                check(j)=1;
                k=k+1;
                temp(k)=j;
                upos(j)=upos(i);
                if (dec(i)~=dec(j))&(upos(j)==1)
                    for l=1:k,
                        upos(temp(l))=0;
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

        end
    end
end
end
function [result,reslen]=todisjun(disfun,funlen,attrlen)
    reslen=0;
    for i=1:attrlen,
        if disfun(1,i)==1
            reslen=reslen+1;
            result(reslen,:)=zeros(1,attrlen);
            result(reslen,i)=1;
        end
    end
    for i=2:funlen,
        for j=1:reslen,
            temp=result(j,:)&disfun(i,:);
            if temp==zeros(1,attrlen)
                for k=1:attrlen,
                    a=zeros(1,attrlen);
                    a(1,k)=1;
                    restemp=result(j,:);
                    if (a&disfun(i,:))==zeros(1,attrlen)
                        else
                            reslen=reslen+1;
                            result(reslen,:)=a(restemp);
                        end
                    end
                result(j,:)=result(reslen,:);
            result(reslen,:)=[];
            reslen=reslen-1;
        end
    end
end
function [reduct,redlen]=reduct(result,reslen,attrlen)
    i=1;
    while i<=reslen,
        j=i+1;
        while j<=reslen,
            include=compare(result(i,:),result(j,:),attrlen);
            if include==1
                result(i,:)=result(reslen,:);
                reslen=reslen-1;
                j=i-1;
                break;
            end
        end
        i=i+1;
    end
end

```

```
elseif include==1
    result(j,:)=result(reslen,:);
    reslen=reslen-1;
    j=j-1;
end
j=j+1;
end
i=i+1;
end
for i=1:reslen,
    reduct(i,:)=result(i,:);
end
redlen=reslen;
```

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 作者简介

### 教育经历和工作经历:

兰洪杰,女,1971年2月4日生,汉族,黑龙江佳木斯人,1993年北方交通大学物资管理工程系毕业,获工学学士学位,1996年北方交通大学物资流通工程专业毕业,获工学硕士学位,毕业后留校任教,自2004年起在北京交通大学经济管理学院任副教授,同年开始在北京交通大学经管学院在职研究生学习,攻读管理科学与工程专业博士学位。

### 攻读博士学位期间发表的论文:

一类期刊发表的第一作者的论文

1. A Research on the Conditions for Beijing area to develop logistics industry, 3<sup>rd</sup> International conference on material handling: ICMH'2005: Proceedings Of The 3<sup>rd</sup> International Conference On Material Handling,兰洪杰,汝宜红,郑凯,2005年11月,2006ISTP:000235246100024
2. 2008北京奥运食品冷链物流需求预测分析,中国流通经济,兰洪杰,汝宜红,2008年第2期,ISBN1007-8266
3. 基于价值网的食物冷链物流企业参与北京奥运战略研究——以A公司为例,物流技术,兰洪杰,李汝仙,韩占飞,2008年第5期,ISBN1005-152X
4. Study on the distribution modes selection of the food cold chain for 2008 Olympic Games based on safety, the 2008 international conference on e-risk management, Hongjie Lan, Mingyan Sun, June 27-30,2008,ISBN:978-90-78677-08-6, Nanjing, China, P167-173 (ISTP 检索)
5. 食品冷链物流系统协同对象与过程研究,中国流通经济,兰洪杰,汝宜红,2009年第2期,ISBN1007-8266

### 其他论文

1. Development Strategies For Railway Container Logistics in China, 1<sup>st</sup> International Conference on Transportation Logistics (T-LUXi2005), 兰洪杰, 汝宜红, 郑凯, 田亚静,2005年7月
2. A Research of wheat logistics in China, 2005 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Information,兰洪杰, 汝宜红, 朱煜,2005年8月
3. 把握中国小麦物流,中国物流,兰洪杰, 汝宜红, 张乐平, 乔小林,2005年第9期,ISBN1002-3100
4. Research on Basic Conditions for the Development Logistics Industry in Beijing, The International Symposium on Urban Development Strategy,兰洪杰, 汝宜红, 郑凯,2005年9月
5. The wheat logistics in China, International Conference on Logistics and Supply Chain Management 2006 (I.SCM2006),兰洪杰, 汝宜红, 朱煜,2006年1月
6. 层次分析法在铁路运维物资库存管理中的应用,铁路采购与物流,兰洪杰, 温林程, 林自葵,2006年第2期,ISBN1673-7121
7. 奥运食品冷链物流的特性分析,物流技术,黄锋权,兰洪杰,孙明燕,2007年第8期,ISBN1005-152X
8. 冷链定义浅析,物流技术,孙明燕,兰洪杰,黄锋权,2007年第10期,ISBN1005-152X

9. 2008年北京奥运会食品冷链物流配送模式选择研究,物流科技,兰洪杰,孙明燕,2008年第5期,ISBN1002-3100
10. 2008北京奥运食品冷链物流系统规划研究,中国食品工业,兰洪杰,韩占飞,李汝仙,2008年第5期,ISBN1006-6195

攻读博士学位期间完成的科研工作:

编写教材和论著:

主编

1. 供应链与企业物流管理,兰洪杰,清华大学出版社,北京交通大学出版社,2004年11月
2. 物流战略管理,兰洪杰,清华大学出版社,2006年7月

参编

1. 企业物流管理,赵启兰,机械工业出版社,2005年1月
2. 供应链管理,王耀球,机械工业出版社,2005年4月

攻读博士学位期间参与的主要科研项目:

主持项目

1. 04.8-06.12,中国网通集团国际通信有限公司物资管理信息系统,横向
2. 06.9-07.10,面向北京2008年奥运会的食品冷链物流系统研究(06BeIG089),北京市哲学社会科学“十一五”规划项目
3. 08.01-09.12,基于食品安全的冷链物流流程优化研究,校基金

参与项目

1. 04.8-04.11,农业物流现状调查—以内蒙古巴盟地区为例,横向
2. 05.8-05.12,物流术语国家标准的修订,横向
3. 06.2-06.12,中国网通集团物流管理体系和标准化库存管理研究,横向
4. 07.10-08.3,国家储备综合仓库管理提升方案研究,其他部市
5. 08.05-08.12,网络化运营下北京地铁运营公司资产信息管理方案,横向
6. 08.05-08.12,我国电煤市场现状及物流网络构建方案研究,横向

成果获奖

1. 《企业物流管理》2005年获物流与采购联合会科技进步三等奖
2. 《企业物流管理》2006年北京高等教育精品教材
3. 《供应链管理》2006年北京高等教育精品教材

## 独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京交通大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 签字日期： 年 月 日

刘洪玉

2009. 4. 21

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

## 学位论文数据集

表 1.1: 数据集页

关键词*	密级*	中图分类号*	UDC	论文资助
食品; 冷链; 物流; 协同; 序参量				
学位授予单位名称*		学位授予单位代码*	学位类别*	学位级别*
北京交通大学		10004	管理学	博士
论文题名*		并列题名		论文语种*
食品冷链物流系统协同研究		Research on Food Cold Chain Logistics System Collaboration		中文
作者姓名*	兰洪杰	学号*	04113129	
培养单位名称*	培养单位代码*	培养单位地址	邮编	
北京交通大学	10004	北京市海淀区西直门外上园村 3 号	100044	
学科专业*	研究方向*	学制*	学位授予年*	
管理科学与工程	物流管理与工程	4-5 年	5 年	
论文提交日期*				
导师姓名*	汝宜红	职称*	教授	
评阅人	答辩委员会主席*	答辩委员会成员		
张文杰、王宗喜、戴定一、穆东	张文杰	王宗喜、戴定一、穆东、张润彤		
电子版论文提交格式文本 (✓) 图像 ( ) 视频 ( ) 音频 ( ) 多媒体 ( ) 其他 ( ) 推荐格式: application/msword; application/pdf				
电子版论文出版 (发布) 者	电子版论文出版 (发布) 地		权限声明	
论文总页数*	208			
共 33 项, 其中带*为必填数据, 为 22 项。				