

# 生鲜食品整体物流包装解决方案的评价及其对包装企业的启示

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2024.01.003

李正军<sup>1</sup> 贺俊华<sup>1,2</sup>

1. 湖南工业大学  
物流工程研究所  
湖南 株洲 412007
2. 湖南工业大学  
商学院  
湖南 株洲 412007

**摘要:** 生鲜食品加工领域的整体物流包装解决方案标准化程度较高,以致于包装企业所提供的方案具有高度相似性,而难以抉择。以某生鲜食品加工企业招标所收集的包装企业提供的7个方案为样本,构建包装方案成本、应急措施、自动化程度和包装企业信誉4个影响因素的评价指标体系,运用层次分析法(AHP)-熵权法(EWM)-综合评价法(TOPSIS)对生鲜食品整体物流包装解决方案进行综合评价。该模型的构建可为生鲜食品加工企业选择最佳整体物流包装解决方案提供决策参考,特别是为包装企业实现高质量发展提供了改进建议。

**关键词:** 生鲜食品; 整体物流包装; 层次分析法; 熵权法; TOPSIS

**中图分类号:** F259.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2024)01-0003-09

**引文格式:** 李正军, 贺俊华. 生鲜食品整体物流包装解决方案的评价及其对包装企业的启示 [J]. 包装学报, 2024, 16(1): 15-23.

## 1 研究背景

生鲜食品作为人们日常生活中不可缺少的一部分,其安全性和新鲜度一直是消费者们所关注的焦点。为了保障生鲜食品的安全性和新鲜度,生鲜食品加工企业一般会委托包装企业为其制定整体物流包装解决方案。整体物流包装解决方案是整合营销理念在包装行业中的应用,是从包装材料的选取、供应商的遴选、包装方案设计制作、物流配送至终端用户的一整套系统服务,涵盖了产品流通体系中的整个后勤链。生鲜食品整体物流包装解决方案不仅要满足产品运输的时效性、完整性、密封性等基本要求,还需要满足生鲜食品所需的低温性等特殊

要求。虽然该领域内的标准化操作相对成熟,但是不同包装企业的业务水平和侧重点不同,导致其为生鲜食品加工企业提供的整体物流包装解决方案存在着较大差异。同时,生鲜食品加工企业在面临多种物流包装方案的选择时,并没有完整科学方案的优劣评价标准与具体的相关指标作为参考。因此,站在生鲜食品加工企业的角度,运用科学的方法建立整体物流包装解决方案的综合评价模型,不仅可以为生鲜食品加工企业挑选优秀的包装方案,而且能为包装企业指明改进的方向。

目前,针对生鲜食品整体物流包装解决方案的研究主要集中在解决方案的发展趋势和优化上。鄂玉萍等<sup>[1]</sup>认为,当前生产企业对整体物流包装解决方案

收稿日期: 2023-09-22

基金项目: 湖南省包装经济研究基地基金资助项目(2022BZJG06)

作者简介: 李正军(1971-),男,湖南株洲人,湖南工业大学教授,博士,硕士生导师,主要研究方向为现代物流设施规划与设计、物流包装一体化解决方案, E-mail: 381565812@qq.com

的要求不仅仅只包括产品的包装与运输,而是能够依据生产企业实际情况,针对性地提出解决方案以满足生产企业更高的要求,以此在竞争中占据优势。侯象洋<sup>[2]</sup>认为,在整体物流包装解决方案上,应该减少包装设计和开发成本,而将主要成本用于企业所重视的优化供应链和提升效率上。彭国勋等<sup>[3]</sup>认为,企业在选取整体物流包装解决方案时最看重方案的性价比和成本,更希望将资金用于营销和产品升级上。在整体物流包装解决方案上应该重视应急方案的可实施性,特别是对于一些在特定季节内产量较多的产品,如果不能在短时间内解决突发情况就会影响产能进度,从而对生产企业造成巨大损失<sup>[4]</sup>。喜崇斌<sup>[5]</sup>认为,当前人工成本逐年增加,自动化的应用不仅在工作效率和时长上远远优于人工,而且能够减少工作误差和产品损耗。对于容易腐坏变质的生鲜食品而言,自动化能显著降低生鲜食品的损耗。王存<sup>[6]</sup>认为,物流包装企业的口碑在一定程度上决定了生产企业是否会有合作的意愿。由此,本研究初步确定包装方案成本、应急措施、自动化程度和包装企业信誉这4个影响因素,从而构建评价模型的一级指标。

在生鲜食品整体物流包装解决方案评价方法的选择上,于胜志<sup>[7]</sup>选取5个一级影响因素和24个二级影响因素,基于改进的TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution) 法对生鲜食品整体物流包装解决方案进行评价。李志强等<sup>[8]</sup>通过模糊综合评价法,从包装生产成本、包装运输成本、环保与安全和用户感受等6个指标进行综合评价分析,并挑选出最优的整体物流包装解决方案。何波等<sup>[9]</sup>从功能实用性、经济实用性和环境协调性3个方面建立Fuzzy-AHP (analytic hierarchy process) 模型,并对整体物流包装解决方案进行综合评价。楼泽坤<sup>[10]</sup>利用精益生产原理针对性的构建生鲜食品整体物流包装解决方案的评估模型,并从精益生产的基本工具和过程中的4个关键费用进行综合分析得出最优方案。

众多专家和学者在生鲜食品整体物流包装解决方案的评价上已经取得相对成熟的研究成果,但大多采用单一的主观权重计算或客观权重计算,这种指标权重的计算方法具有局限性。本研究根据已有研究成果初步确定包装方案成本、应急措施、自动化程度、包装企业信誉4个影响因素作为生鲜整体物流包装解决方案综合评价模型的一级指标,进而

对一级指标进行细化形成二级指标,并采用组合赋权均衡单一方法计算指标权重。用建立的生鲜食品整体物流包装解决方案综合评价模型对某生鲜食品加工企业招标所收集的7个整体物流包装解决方案进行综合评价,从中选择最优方案,以期为企业高质量发展提供启示。

## 2 整体物流包装解决方案综合评价模型的构建

### 2.1 指标体系构建

生鲜食品的物流包装方案是提升生鲜食品在物流环节效率的重要举措之一。包装方案的优劣决定生鲜产品的新鲜程度及产品的生命周期,要综合评定包装方案的综合能力优劣,需要科学、合理地构建指标体系。本研究基于文献[2-6]的研究成果,并结合生鲜食品的包装特点以及向相关领域专家、就业人员咨询的结果,给出关于生鲜食品的评价指标体系,具体指标体系如表1所示,其中包括4个一级指标:包装方案成本、应急措施、自动化程度和包装企业信誉;下设14个二级指标。

表1 评价指标体系  
Table 1 Evaluation indicator system

一级指标	二级指标	定性/定量
包装方案成本 ( $c_1$ )	外包装材料 ( $c_{11}$ )	定性
	内包装材料 ( $c_{12}$ )	定性
	衬垫材料 ( $c_{13}$ )	定性
	保鲜时长 ( $c_{14}$ )	定性
应急措施 ( $c_2$ )	内外包装破损 ( $c_{21}$ )	定性
	防潮性能 ( $c_{22}$ )	定量
	堆码层过高 ( $c_{23}$ )	定性
	装卸搬运 ( $c_{24}$ )	定性
自动化程度 ( $c_3$ )	订单信息化 ( $c_{31}$ )	定量
	打包机 ( $c_{32}$ )	定量
	外包装尺寸互换性 ( $c_{33}$ )	定量
包装企业信誉 ( $c_4$ )	订单履行力 ( $c_{41}$ )	定量
	企业诚信情况 ( $c_{42}$ )	定量
	客户反馈情况 ( $c_{43}$ )	定量

### 2.2 指标释义

#### 1) 包装方案成本

由于生鲜产品的特殊性,其对储藏条件和包装的保鲜程度要求较高,因此整体物流包装方案设计

需要严格的功能性标准。首先,要保持生鲜产品在物流过程中的新鲜程度,对外包装材料与内包装材料有着不同的特定需求,而满足这些特定需求的材料的成本普遍高于普通包装材料的成本;其次,还需要考虑包装是否拥有衬垫材料,衬垫材料可抑制生鲜食品中微生物增长;再次,保鲜的时长与方案的成本存在正相关,方案要求的保鲜时长越久,所需要的成本也就越高。

## 2) 应急措施

为了防止生鲜食品在物流过程中遭受不可控因素所致的意外情况,需要考虑包装的应急措施,包括内外包装破损、防潮性能等。考虑包装的坚固程度,防止运输途中道路颠簸所致的内外包装破损,进而导致产品失鲜。生鲜食品通常采用冷链物流,适当的防潮性能可以阻止冷链物流过程中水分渗透,从而保护食品免受潮湿环境影响。堆码层过高容易造成食品包装的损坏,进而失去包装效果。装卸搬运的过程需要有严格科学的标准,确保包装的完整性。

## 3) 自动化程度

生鲜食品物流包装的自动化程度体现了包装的便捷程度。在产品的装卸、搬运等物流环节中,包装自动化程度的高低,决定物流环节的效率。订单信息化,可根据其反馈的结果科学合理地设计包装的类型和数量。基于订单的需求,可通过打包机完成订单所要求的特定种类数量的包装。达标的自动化程度将会使得外包装的尺寸具有互换性,更加便捷生鲜产品整体物流包装方案的设计。

## 4) 包装企业信誉

生鲜产品整体物流包装方案的设计核心是包装企业,发展成熟的包装企业能够稳定高效地满足具体的包装需求。衡量包装企业是否可靠,可以从该包装企业的订单履行力、企业诚信情况、客户反馈情况等指标来确定。

## 2.3 权重计算

### 2.3.1 主观权重

采用 AHP 计算主观权重。AHP 是一种普遍使用的且带有主观色彩的分析模型,该模型主要是请专家根据影响因素之间的相对重要程度进行打分,再根据打分情况进行相应的计算,得出每个影响因素所占的权重。例如将第  $i$  个影响因素与第  $j$  个影响因素进行相对重要程度的对比,设定因素  $i$  与因素  $j$  的重要程度比值为  $a_{ij}$ ,因素  $j$  与因素  $i$  的重要程度比值为其相

反数,即  $1/a_{ij}$ 。相对重要程度对照表如表 2 所示。

表 2 相对重要程度对照表

Table 2 Comparative importance table

标度	含 义
1	相对重要
3	稍微重要
5	明显重要
7	强烈重要
9	极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中间值

假设整体物流包装解决方案的影响因素有  $n$  个,根据层次分析法的计算原理先构建判断矩阵

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

接着,用几何平均法求得矩阵的权向量

$$W_i = \frac{\left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}. \quad (2)$$

计算可得权重  $W=(W_1, W_2, \cdots, W_n)^T$ 。在得到具有客观属性的权重后,还需要对所求的客观权重进行一致性检验。一致性检验前,首先要计算出每个权重所对应的最大特征值

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum (AW)_i}{nW_i}, \quad (3)$$

再将影响因素的最大特征值代入进行一致性检验,

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}. \quad (4)$$

由数理统计学可知,参与的影响因素越多,CI 误差就越大,所以还需要进行 CR 的检测,即随机性一致性比值检测。

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (5)$$

式中 RI 的值可以由表 3 查得。

表 3 RI 数值表

Table 3 RI numerical table

$n$	1	2	3	4	5	6
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24

当  $CR < 0.1$  时, 认为其数值在合理误差范围内, 具有数理意义, 可以作为结果使用。

### 2.3.2 客观权重

在计算客观权重上选择的是熵权法 (entropy weight method, EWM)。EWM 是一种具有客观属性的计算权重的方法, 其原理是通过对已收集的数据进行分析, 根据影响因素的变异性大小来确定客观权重。当影响因素的信息熵越小, 表明该因素的变异程度越大, 信息量也就越多, 在后续的权重占比也就越大。反之, 当影响因素的信息熵越大, 表明该因素的变异程度越小, 提供的信息量也就越少, 在后续的权重占比也就越小。假设整体物流包装解决方案的影响因素有  $n$  个, 构建正负向指标, 并进行归一化。

正向指标:

$$x'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})} \quad (6)$$

负向指标:

$$x''_{ij} = \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})} \quad (7)$$

由此可以得出, 第  $i$  个影响因素下的第  $j$  个参与对象的比例为

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \quad (8)$$

然后, 计算第  $j$  个指标的信息熵值  $e_j$ , 信息效用值  $d_j = 1 - e_j$ , 并得到客观权重  $w_j$ 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n y_{ij} \ln y_{ij}, \quad (9)$$

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (10)$$

### 2.3.3 组合赋权

本研究已经通过 AHP 法计算出具有客观属性的权重, 又通过 EWM 法计算出具有客观属性的权重, 但在进行综合权重计算时是不能简单地将二者进行平均处理, 而是需要找到一个合适的中间值。因此, 本研究采取最小相对熵原理进行综合权重的计算。根据最小相对熵原理, 可以列出计算公式:

$$\min f = \sum_{i=1}^n W_i^* (\ln W_i^* - \ln W_i) + \sum_{i=1}^n W_i^* (\ln W_i^* - \ln w_i) \quad (11)$$

已知  $\sum_{i=1}^n W_i^* = 1$ , 且  $W_i^* > 0$ , 利用拉格朗日乘子方法求得综合权重

$$W_i^* = \frac{\sqrt{W_i w_i}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{W_i w_i}} \quad (12)$$

## 2.4 评价模型方法

综合评价方法采用的是 TOPSIS 法。TOPSIS 法是根据参与对象的实际表现数据与所求的理想化目标的接近程度进行排序。当参与对象的数据与理想化目标间的数值越少, 则接近程度越大, 该对象越优; 反之, 如果参与目标的数据距离理想化目标数值越大, 则接近程度越远, 该对象越劣。根据 TOPSIS 法的原理, 假设有  $m$  个参与对象,  $n$  个评价指标, 构建  $m$  行  $n$  列的矩阵  $X_{mn}$ , 表示第  $m$  个对象的第  $n$  个指标的值。

首先, 需要构建标准化矩阵  $Z$ :

$$Z_{MN} = \frac{X_{MN}}{\sqrt{\sum_{M=1}^m X_{MN}^2}}, \quad (13)$$

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{m1} & \cdots & Z_{mn} \end{pmatrix} \quad (14)$$

接着, 计算每一个影响因素内的最优参与对象数据与最劣参与对象。

最优方案:

$$Z_N^+ = \{ \max(Z_{11}, Z_{21}, \dots, Z_{m1}), \max(Z_{12}, Z_{22}, \dots, Z_{m2}), \dots, \max(Z_{1n}, Z_{2n}, \dots, Z_{mn}) \} \quad (15)$$

$$Z_N^+ = \{ Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+ \} \quad (16)$$

最劣方案:

$$Z_N^- = \{ \min(Z_{11}, Z_{21}, \dots, Z_{m1}), \min(Z_{12}, Z_{22}, \dots, Z_{m2}), \dots, \min(Z_{1n}, Z_{2n}, \dots, Z_{mn}) \} \quad (17)$$

$$Z_N^- = \{ Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^- \} \quad (18)$$

然后, 分别计算各个参与对象和最优方案、最劣方案的接近程度, 即  $D_M^+$  和  $D_M^-$ 。



$$D_M^+ = \sqrt{\sum_{i=1, j=1}^n W_j^* (Z_j^+ - Z_{Mj})^2}, \quad (19)$$

$$D_M^- = \sqrt{\sum_{i=1, j=1}^n W_i^* (Z_j^- - Z_{Mj})^2}. \quad (20)$$

最后, 求取各个参与对象与最劣方案的贴近程度

$$E_M = \frac{D_M^-}{D_M^+ + D_M^-}. \quad (21)$$

当  $E_M \rightarrow 1$  时, 说明该参与对象与最劣方案贴近程度越远, 则该参与对象的表现越优。通过输出表格可以直观地将各个参与目标的排序情况展现出来。

### 3 实例验证

某生鲜食品加工企业对外招标征求整体物流包装解决方案。本研究通过构建的 4 个一级指标和 14 个二级指标, 对 7 家包装企业所提供的包装方案进行综合评价, 所有评价对象的方案均符合法律法规、包装材料安全环保、包装结构设计合理、恒温环境和包装物理机械强度达标等众多要求。基于上述构建的评价模型, 终从 7 家相似的方案里选出最优方案。

#### 3.1 主观权重的确定

本研究通过调查问卷向相关领域的权威专家咨询, 在得到专家的反馈后, 汇总数据如表 4 所示。

表 4 专家打分结果

Table 4 The results of expert ratings

指 标	包装方案成本	应急措施	自动化程度	包装企业信誉
包装方案成本	1	3	4	2
应急措施	1/3	1	4	2
自动化程度	1/4	1/4	1	1
包装企业信誉	1/2	1/2	1	1

得到专家对两两指标间的重要程度后将表 4 中的数据代入式 (1) ~ (2) 中, 得出指标的特征向量及主观权重, 结果如表 5 所示。

表 5 层次分析法打分结果

Table 5 The results of the analytic hierarchy process score

指 标	特征向量	权重值	最大特征根	CI 值
包装方案成本	2.2134	0.471		
应急措施	1.2779	0.272	4.2153	0.0718
自动化程度	0.5001	0.106		
包装企业信誉	0.7071	0.151		

为保障所得指标主观权重较为准确, 将计算结果代入式 (3) ~ (5) 进行一致性检验, 并对照表 3 验证, 一致性结果检验如表 6 所示。再根据上述步骤, 计算各二级指标的主观权重, 结果如表 7 所示。

表 6 一致性检验结果

Table 6 The results of the conformance test

最大特征根	CI 值	RI 值	CR 值	一致性检验结果
4.2153	0.0718	0.8820	0.0814	通过

表 7 二级指标主观权重值

Table 7 Subjective weight value of secondary index

$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{14}$	$c_{21}$	$c_{22}$	$c_{23}$
0.156	0.144	0.082	0.089	0.083	0.061	0.087
$c_{24}$	$c_{31}$	$c_{32}$	$c_{33}$	$c_{41}$	$c_{42}$	$c_{43}$
0.041	0.031	0.051	0.024	0.052	0.035	0.064

由表 5 与表 7 可知, 指标的主观权重中, 包装方案成本这一影响因素占比最高, 为 0.471, 其中重点考虑外包装材料这一指标; 应急措施以 0.272 占据第二, 其中重点考虑堆码层过高这一指标; 包装企业信誉以 0.151 占据第三, 需要重点关注客户反馈情况; 自动化程度以 0.106 占据第四, 需要重点关注打包机方面。

#### 3.2 客观权重计算

根据上述评价标准, 邀请 5 位相关领域专家对收集到的 7 个生鲜食品物流包装企业的方案进行评分, 并将专家评分结果取均值, 得到的客观权重结果如表 8 所示。

表 8 影响因素评价标准

Table 8 Evaluation criteria of influencing factors

指 标	评 价 标 准
包装方案成本	整体物流包装解决方案的成本占销售收入 0.5% 以下, 得 5 分; $\geq 0.5\% \sim 0.7\%$ 之间, 得 4 分; $>0.7\% \sim 1\%$ 之间, 得 3 分; $>1\% \sim 1.5\%$ 之间, 得 2 分; $>1.5\%$ 以上, 得 1 分。
应急措施	在出现设备运行故障下, 能够在 10 min 内解决问题的, 得 5 分; $\geq 10 \sim 30$ min 解决问题的, 得 4 分; $>30 \sim 60$ min 解决问题的, 得 3 分; $>1 \sim 1.5$ h 内解决问题的, 得 2 分; $>1.5$ h 解决问题的, 得 1 分。
自动化程度	整体物流包装解决方案中, 自动化程度覆盖率达到 90% 以上, 得 5 分; $>80\% \sim 90\%$ , 得 4 分; $>70\% \sim 80\%$ , 得 3 分; $\geq 60\% \sim 70\%$ , 得 2 分; $<60\%$ , 得 1 分。
包装企业信誉	在对包装企业信誉所收集的数据中, 好评率 90% 以上, 得 5 分; $>80\% \sim 90\%$ 的, 得 4 分; $>70\% \sim 80\%$ 的, 得 3 分; $>60\% \sim 70\%$ 的, 得 2 分, $\leq 60\%$ 的, 得 1 分。

根据上述评价标准,对收集到的7个生鲜食品物流包装企业的方案表现进行评分,结果如表9所示。

表9 评分结果

Table 9 The result of scores

企业方案	包装方案成本	应急措施	自动化程度	包装企业信誉
上海 MY	5	3	4	4
东莞 YD	4	4	4	3
广州 HR	2	3	5	3
佛山 DC	4	5	3	3
苏州 LT	2	3	4	2
福建 MG	3	4	4	2
上海 GT	2	4	3	3

基于 EWM,由表9得到的数据及式(6)~(10)计算各一级指标及二级指标的客观权重,结果如表10~11所示。

表10 熵权法计算结果

Table 10 The calculation results of entropy weight method

指标	信息熵值	信息效用值	权重
包装方案成本	0.679	0.321	0.311
应急措施	0.685	0.315	0.305
自动化程度	0.802	0.198	0.192
包装企业信誉	0.802	0.198	0.192

表11 二级指标客观权重值

Table 11 Objective weight value of secondary index

$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{14}$	$c_{21}$	$c_{22}$	$c_{23}$
0.092	0.085	0.062	0.072	0.099	0.083	0.067
$c_{24}$	$c_{31}$	$c_{32}$	$c_{33}$	$c_{41}$	$c_{42}$	$c_{43}$
0.056	0.065	0.078	0.049	0.057	0.054	0.081

由表10~11可知,指标的客观权重中,与主观权重相同的是包装方案成本、应急措施分别占据第一、第二,不同的是自动化程度、包装企业信誉则并列第三。二者的二级指标权重差异也较大,具体分析见3.3节。

### 3.3 综合权重

单一的权重计算方法存在局限性,为均衡权重结果,采用组合赋权的方法,由式(11)~(12)计算指标权重,以反映实际情况,结果如表12所示。

由表12可知,所有二级指标的主观权重和客观权重结果存在差异,尤其是二级指标 $c_{11}$ 、 $c_{12}$ 的主观权重相较客观权重相差均约0.06,差异值占权重较低值的70%左右,差异明显,包装方案成本所属二级

指标主观权重值均高于客观权重值。这表明专家组对于生鲜物流包装解决方案更偏向于包装成本,包装方案成本中则更关注包装材料本身。若只考虑指标的主观权重,可能会因专家的偏好差异导致指标权重不准确。因此,通过组合赋权的方法,均衡了主观性与客观性,一定程度上消除了主观偏好带来的指标权重差异,使得计算的权重结果更加合理。

表12 指标权重

Table 12 Indicator weights

指标	主观权重	客观权重	组合赋权
$c_{11}$	0.156	0.092	0.136
$c_{12}$	0.144	0.085	0.085
$c_{13}$	0.082	0.062	0.083
$c_{14}$	0.089	0.072	0.071
$c_{21}$	0.083	0.099	0.084
$c_{22}$	0.061	0.083	0.065
$c_{23}$	0.087	0.067	0.071
$c_{24}$	0.041	0.056	0.046
$c_{31}$	0.031	0.065	0.048
$c_{32}$	0.051	0.078	0.063
$c_{33}$	0.024	0.049	0.047
$c_{41}$	0.052	0.057	0.056
$c_{42}$	0.035	0.054	0.057
$c_{43}$	0.064	0.081	0.088

从通过组合赋权得到最终的指标权重结果可知,生鲜食品加工企业对自身产品的整体物流包装解决方案的择优选取上,包装方案成本这一影响因素占据最大比例,其中外包装材料这一指标权重最大。应急措施占据第二,其中重点考虑防潮性能这一指标。包装企业信誉占据第三,重点关注客户反馈情况方面的内容。而自动化程度占据第四,需要多关注打包机这一指标。由此可见,包装方案成本和应急措施占据影响比例较大,这也符合实际情况。该结果不仅对生鲜食品加工企业挑选整体物流包装解决方案具有参考意义,而且值得目前包装企业的重视,发现并弥补自身的不足之处。

### 3.4 基于 AHP-EWM-TOPSIS 法的评价结果

根据以上实例分析得到的权重,并由式(13)~(21)进行计算,结果如表13~14所示。

由表13~14可知,在生鲜食品整体物流包装方案选择上,佛山 DC 的综合表现最好,仅次于东莞 YD 和上海 MY,然而苏州 LT 的综合表现最差。综上所述,该生鲜食品企业应该优先选择佛山 DC 为其提供的整体物流包装解决方案。

表 13 TOPSIS 打分表 I  
Table 13 TOPSIS score sheet I

指标	正理想解	负理想解
$c_{11}$	0.707 098 92	0.000 023 57
$c_{12}$	0.715 912 75	0.000 037 79
$c_{13}$	0.677 089 10	0.000 035 37
$c_{14}$	0.617 039 10	0.000 035 35
$c_{21}$	0.681 267 81	0.000 032 41
$c_{22}$	0.573 526 78	0.000 031 72
$c_{23}$	0.623 426 26	0.000 027 61
$c_{24}$	0.424 426 15	0.000 029 45
$c_{31}$	0.437 526 32	0.000 031 59
$c_{32}$	0.591 244 69	0.000 032 66
$c_{33}$	0.476 226 11	0.000 025 18
$c_{41}$	0.565 521 25	0.000 034 11
$c_{42}$	0.574 125 66	0.000 030 77
$c_{43}$	0.735 516 21	0.000 029 16

表 14 TOPSIS 打分表 II  
Table 14 TOPSIS score sheet II

企业方案	正理想距离解	负理想距离解	综合得分	排序
上海 MY	0.430 728 38	0.546 893 06	0.559 411 89	3
东莞 YD	0.321 254 40	0.409 917 02	0.560 630 53	2
广州 HR	0.619 281 13	0.306 774 97	0.33 127 039	5
佛山 DC	0.340 176 53	0.524 845 86	0.606 742 51	1
苏州 LT	0.683 005 62	0.134 619 02	0.164 646 49	7
福建 MG	0.482 594 27	0.285 626 74	0.371 802 82	4
上海 GT	0.574 843 25	0.251 938 83	0.304 721 75	6

## 4 对包装企业的启示

伴随着下游终端行业消费升级,下游企业对包装产品质量、印刷内容精良程度、交货时间、配套服务的要求也会逐步上升,将促使中高端包装市场规模持续增长,包装产品逐渐向中高档发展,从“简单包装”走向“消费包装”。仅适用低速、低质的中小包装企业将难以适应发展趋势。从上述案例分析来看,随着客户的需求提升,必然倒逼包装企业的转型升级。因此,包装企业要主动介入客户的生产加工,变业务上门为主动上门,从包装产品制造商向包装解决方案一体化提供商转型。

### 1) 转型顶层设计的思考

整体物流包装解决方案提供商的商业模式是在客户完成一个新产品的研发后,主动介入,为客户提供最合适的包装解决方案,其涵盖设计、优化、测试、生产、库存管理、Just In Time (JIT) 配送、售

后服务等全过程,提供“一条龙服务”。这种模式(也称包装一体化解决方案)使得包装设计、库存管理、JIT 配送已成为包装企业提供的增值服务和新的利润增长点。

### 2) 缩减包装方案成本

整体物流包装解决方案成本是指生产企业在完成货物包装全过程而产生的总计费用。整体物流包装解决方案成本主要包括包装材料费用、包装机械费用、包装技术费用、包装辅助费用和人工费用等<sup>[13]</sup>。整体物流包装解决方案成本的高低,在一定程度上能体现物流包装企业能否为生鲜食品企业提升产品竞争能力和经济效益。对于生鲜食品企业而言,整体物流包装解决方案成本所占比重越小,则盈利越多,企业在定价方面有资本低于同行水平,可凭借价格优势在市场竞争中脱颖而出;对于物流包装企业要重视成本管理,努力减少人力、物力的消耗,在保证质量的前提下方案成本低于竞争对手是绝对的加分项。

### 3) 完备应急措施

应急措施可以从源头上化解安全风险<sup>[14]</sup>。生鲜食品作为民众日常消耗的必备品,其生产企业在对整体物流包装解决方案的选择上会格外关注产能保障。生鲜食品销量很大,又要保障食品新鲜程度,对于生鲜食品企业而言,希望物流包装企业能够在 24 h 内完成当日产量的物流包装作业,特别是海鲜或蔬果等产品,在其旺季时产量非常大。作为物流包装企业时刻要做好面对突发情况和启动备选方案的准备,能够及时解决突发事件或启动备选方案,最大程度降低生产企业的损失,保障其经济效益。

### 4) 扩大自动化程度覆盖面

在工业 4.0 时代,自动化设施与企业的融合成为目前发展主要趋势之一,自动化的运用可以显著提升服务质量<sup>[15]</sup>。传统的人工操作已无法满足现在市场越发多变的需求,如在大多数包装操作流程中自动称重机、自动贴标机、缠绕机和打包机等设备的工作效率往往高于人工操作。对于生鲜食品企业而言,物流包装企业自动化覆盖程度高,既可以减少工作误差又能提高工作效率;对于物流包装企业而言,自动化的普及可以减少人力成本、产品损耗和缩短工期,提升工作效率。

### 5) 塑造良好的包装企业信誉

商业人际网络的构建,依赖于良好的包装企业信誉<sup>[16]</sup>。如今的社会处于网络信息时代,信息传递速

度十分迅速,信息透明度也十分可观。企业可以通过互联网对相关企业进行背景调查,进而分析与其合作是否明智。对于生鲜食品企业而言,物流包装企业信誉优秀,那么解决方案的可信度和完成度也就有了一定保障;对于物流包装企业而言,良好的口碑可以起到宣传作用,扩大潜在合作对象。

#### 参考文献:

- [1] 鄂玉萍, 王志伟. 整体包装解决方案理念之辨析 [J]. 包装工程, 2008, 29(10): 223-225.  
E Yuping, WANG Zhiwei. Discrimination of some Typical Conceptions in Complete Packaging Solution[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 223-225.
- [2] 侯象洋. 知识生产管理: 整体包装解决方案 (CPS) 的大规模定制 [J]. 包装世界, 2008(4): 43-44.  
HOU Xiangyang. Knowledge Production Management: Mass Customization of Total Packaging Solutions (CPS) [J]. Packaging World, 2008(4): 43-44.
- [3] 彭国勋, 徐颖. 第三方物流包装与整体包装解决方案 [J]. 物流技术与应用, 2007, 12(1): 94-95.  
PENG Guoxun, XU Ying. Third-Party Logistics Packaging and Overall Packaging Solutions[J]. Logistics & Material Handling, 2007, 12(1): 94-95.
- [4] TSC (中国) 天津国聚科技有限公司. 物流包装自动化 [J]. 中国自动识别技术, 2020 (5): 36-37.  
TSC (China) Tianjin Guoju Technology Co., Ltd.. Logistics Packaging Automation[J]. China Auto-ID, 2020(5): 36-37.
- [5] 喜崇彬. 物流包装自动化技术现状与发展趋势分析: 访上海胜沃智能物流科技有限公司高级销售经理周舟 [J]. 物流技术与应用, 2019, 24(6): 110-112.  
XI Chongbin. Current Situation and Development Trend of Logistics Packaging Automation Technology[J]. Logistics & Material Handling, 2019, 24(6): 110-112.
- [6] 王存. 企业品牌的网络口碑对于顾客购买意愿的影响分析 [J]. 品牌研究, 2019(14): 20-21.  
WANG Cun. Analysis of the Influence of Online Word-of-Mouth of Corporate Brands on Customers' Purchase Intention[J]. Journal of Brand Research, 2019(14): 20-21.
- [7] 于胜志. 生鲜电商冷链物流风险评价 [D]. 石家庄: 石家庄铁道大学, 2021.  
YU Shengzhi. Fresh Food E-Commerce Cold Chain Logistics Risk Evaluation[D]. Shijiazhuang: Shijiazhuang Tiedao University, 2021.
- [8] 方葳. 基于 AHP 的食品冷链物流包装材料安全评价 [J]. 物流技术, 2018, 37(8): 89-91.  
FANG Wei. Safety Assessment of Food Cold Chain Logistics Packaging Materials Based on AHP[J]. Logistics Technology, 2018, 37(8): 89-91.
- [9] 何波, 曾伟光. 基于 FUZZY-AHP 评价方法的运输包装设计方案评价 [J]. 物流技术, 2015, 34(20): 118-121.  
HE Bo, ZENG Weiguang. Study on Evaluation of Transportation Package Solutions Based on FUZZY-AHP[J]. Logistics Technology, 2015, 34(20): 118-121.
- [10] 楼泽坤. 中小制造企业精益生产改进方案评估模型及应用 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2021.  
LOU Zekun. Evaluation Model and Application of Lean Production Improvement Scheme in Small and Medium-Sized Manufacturing Enterprises[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2021.
- [11] 龚琳玲. 农产品生鲜电商冷链物流包装的问题与对策 [J]. 物流科技, 2019, 42(10): 66-67.  
GONG Linling. Problems and Countermeasures of Cold Chain Logistics Packaging of Fresh E-Commerce of Agricultural Products[J]. Logistics Sci-Tech, 2019, 42(10): 66-67.
- [12] 林芳. 生鲜电商冷链物流包装技术分析 [J]. 商场现代化, 2019, (11): 43-44.  
LIN Fang. Analysis of Cold Chain Logistics Packaging Technology of Fresh E-Commerce[J]. Market Modernization, 2019, (11): 43-44.
- [13] 刘延平, 李卫东. 物流统计学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 102-120.  
LIU Yanping, LI Weidong. Logistics Statistics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 102-120.
- [14] 刘会花, 郝炳须. 现代应急管理在企业的申请与发展 [J]. 安全, 2021, 42(增刊 1): 1-3.  
LIU Huihua, HAO Bingxu. Application and Development of Modern Emergency Management in Enterprises[J]. Safety & Security, 2021, 42(S1): 1-3.
- [15] 程德考. 企业包装自动化生产线的研究 [J]. 大众标准化, 2020(18): 199-200.  
CHENG Dekao. Research on Packing Automation Production Line of Enterprise[J]. Popular Standardization, 2020(18): 199-200.
- [16] 黄丽娟. 社群时代企业口碑运营系统构建研究 [J]. 品牌研究, 2019(12): 76-77.  
HUANG Lijuan. Research on the Construction of Enterprise Word-of-Mouth Operation System in Community Era[J]. Journal of Brand Research, 2019(12): 76-77.



- [17] 向明月. 生鲜农产品冷链物流包装技术研究及应用[J]. 食品与机械, 2023, 39(8): 103–109, 141.  
XIANG Mingyue. Research and Application Progress of Cold-Chain Logistics Packaging Technology of Fresh Agricultural Products[J]. Food & Machinery, 2023, 39(8): 103–109, 141.
- [18] 皇甫菁. 基于系统动力学的生鲜物流服务质量评价研究[D]. 太原: 山西大学, 2023.  
HUANG Pujing. Research on Service Quality Evaluation of Fresh Logistics Based on System Dynamics[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2023.
- [19] 周 欢, 张培颖, 刘 嘉. 社会网络环境下融合概率语言和 QUALIFLEX 的绿色包装评价方法[J]. 包装学报, 2022, 14(6): 1–12.  
ZHOU Huan, ZHANG Peiying, LIU Jia. A Green Packaging Evaluation Method Combining Probabilistic Linguistic and QUALIFLEX in Social Network Environment[J]. Packaging Journal, 2022, 14(6): 1–12.
- [20] 唐未兵, 孟慧静. 融合概率语言的 VIKOR 方法在中药饮片包装材料评价中的应用[J]. 包装学报, 2022, 14(2): 76–82.  
TANG Weibing, MENG Huijing. Application of VIKOR Method Combined with Probabilistic Language Term Set in Evaluation of Packaging Materials of Traditional Chinese Medicine Decoction Pieces[J]. Packaging Journal, 2022, 14(2): 76–82.

(责任编辑: 李玉华)

## Evaluation of Overall Logistics Packaging Solution for Fresh Food and Its Implications for Packaging Enterprises

LI Zhengjun<sup>1</sup>, HE Junhua<sup>1,2</sup>

( 1. Institute of Logistics Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. College of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China )

**Abstract:** The overall logistics packaging solutions in the field of fresh food processing are highly standardized, leading to great similarities in the solutions provided by packaging enterprises. Taking the seven solutions provided by packaging enterprises collected from the bidding of a fresh food processing enterprise as sample, the evaluation index system was constructed with four levels, namely packaging scheme cost, emergency measures, degree of automation and reputation of packaging enterprises, and the overall logistics packaging solutions for fresh food were comprehensively evaluated by AHP-EWM-TOPSIS method. The construction of the model can provide decision-making reference for fresh food processing enterprises to choose the best overall logistics packaging solutions, especially for packaging enterprises to realize high-quality development and provide improvement suggestions.

**Keywords:** fresh food; overall logistics packaging; AHP; EWM; TOPSIS