零售商公平偏好视角下生鲜农产品供应链的协调机制

孙培英，胡勇强

（安徽商贸职业技术学院电子商务学院，芜湖 241002）

摘要：在生鲜农产品供应链中，零售商通常处于弱势地位且具公平关切行为，影响供应链效率。为此，构建考虑零售商公平偏好的Stackelberg博弈模型，分析分散决策下的最优策略，并设计“两部定价＋批发价格”组合契约协调机制。研究表明，公平关切显著影响零售商定价与供应链效率，契约机制能引导零售商实现分散决策下的最优行为，优化系统利润并实现帕累托改进。仿真结果验证了该机制在提升保鲜水平、降低零售价及优化系统效率方面的有效性。

关键词：生鲜农产品供应链；公平关切；“两部定价＋批发价格”契约；乡村振兴

中图分类号：F323.7；F326.6 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)01－0266－07

随着消费水平提升与健康理念普及，消费者对生鲜农产品的新鲜度、营养价值及配送效率提出了更高要求。生鲜农产品作为城乡居民日常消费的重要组成部分，在推动乡村振兴战略和农业现代化进程中扮演着关键角色[1]。2024年，农产品电商零售额达到6 797.8亿元，同比增长15.8%，反映了市场需求的强劲[2]。然而，尽管冷链物流体系在政策支持下加速发展，城乡冷链基础设施仍存在短板，流通效率与保鲜水平面临显著挑战[3]。因此，提升生鲜农产品供应链的协调性与运作效率，已成为实施乡村振兴战略、推动农业现代化的重要课题。

契约机制在供应链协调中扮演着至关重要的角色。已有的研究主要集中在“收益共享契约”及其衍生机制的设计，探讨如何通过契约设计来提升渠道利润协调性和保鲜激励效率[4-8]。此外，还有一些研究涉及期权契约、促销成本分担、政府补贴等机制的应用[9-14]。这些机制在解决定价、风险与激励不对称等问题方面具有重要作用。研究表明，精细化的契约设计可以有效改善供应链的利润分配结构与整体运营效率[15-16]。近年来，也有学者从公平关切视角出发，探讨其对生鲜农产品供应链运作的影响，认为公平关切会显著改变供应链成员的决策行为与绩效[17-18]。但总体来看，现有研究大多基于完全理性的经济人假设，未能充分考虑供应链成员，尤其是零售商的公平关切行为。在生鲜农产品供应链中，当零售商感知到收益分配不公时，往往会采取压价、减量或降低保鲜努力等非理性行为，从而削弱契约协调的效果[19-21]。尤其是在乡村振兴政策倡导合作共赢和公平参与的背景下，传统契约模型的适应性正面临严峻挑战，亟须新的机制来解决这一问题。

鉴于此，构建一个由主导型供应商和具有公平关切的零售商组成的二级供应链Stackelberg博弈模型，结合Fehr-Schmidt公平偏好模型，深入刻画零售商在感知收益不公时的决策行为。设计“两部定价＋批发价格”组合契约机制，以期引导供应链在分散决策下实现最优行为，并为农业冷链供应链的公平协同与机制设计提供可行的实践指导。

1 模型描述与模型假设

在生鲜农产品供应链中，易腐性和对新鲜度的高度敏感性使得产品保鲜成为影响供应链效率的关键因素。聚焦于一个由单一主导供应商与单一零售商构成的双边供应链系统，其中供应商具有定价权，零售商为跟随者，双方通过谈判机制进行交易。为刻画零售商在订购决策中可能体

收稿日期：2025-06-10

基金项目：2023年安徽省高校科研项目(2023AH052285，2023AH052286)

作者简介：孙培英(1990—)，女，安徽阜阳人，硕士，讲师，研究方向为物流与供应链管理；胡勇强(1994—)，男，安徽宣城人，硕士，助教，研究方向为物流数字化与绿色化。

现出的非完全理性行为,引入 Fehr-Schmidt 公平关切模型,假设零售商在追求自身利润最大化的同时,对其利润与供应商利润之间的差距保持敏感。

在该行为框架下,研究公平关切对供应链成员最优决策行为的影响,重点分析零售商的订购量如何受其公平偏好和供应商批发定价策略的共同影响,以及供应商如何在定价与保鲜努力水平之间进行权衡以实现自身利润最大化。同时,进一步探讨不同类型公平偏好对系统整体利润、成员利润分配及协调机制设计的影响,旨在构建可实现帕累托改进的协调策略,使分散决策下的系统效率接近集中式决策水平。

研究一个由单一供应商与单一零售商构成的两级生鲜农产品供应链系统。在一个有限销售周期内,供应商通过保鲜努力提升产品新鲜度,影响市场需求;零售商据此制定零售价与订购量,双方基于完全信息进行博弈决策。基本设定如下。

(1)考虑单周期运营,产品具强易腐性,销售期结束后剩余库存无残值。

(2)生鲜农产品的新鲜度 $\theta(e)$ 随供应商的保鲜努力水平 $e\in[0,1]$ 提升,设其线性提升为 $\theta(e)=e\theta_0$, $e>0$, $\theta_0\geqslant 0$,θ_0 为供应商提供的高端生鲜农产品在运输前的初始新鲜程度。假设新鲜度在销售周期内保持稳定。

供应商在保鲜努力上投入成本,具有边际成本递增的特性,设保鲜努力成本 $C(e)=\frac{1}{2}ke^2$, $k>0$, k 为保鲜成本投入系数。

(3)市场需求受零售价 p 与新鲜度 $\theta(e)$ 共同影响,需求量与零售价格 p 负相关,与新鲜度 $\theta(e)$ 正相关其中,设市场需求函数 $D(p,e)=\delta-\alpha p+\beta\theta(e)$, δ, α, $\beta>0$,δ 为市场初始规模,α 为价格敏感系数,β 为新鲜度敏感系数。

假设零售商的销售量等于其订购量,即销售量 $q=D(p,e)$。

(4)批发价由供应商设定为 ω,单位成本为 c,零售价由零售商设定为 p。供应商利润 Π_S 零售商利润 Π_R 别为 $\Pi_S=(\omega-c)q-\frac{1}{2}ke^2$, $\Pi_R=(p-\omega)q$。

(5)零售商具有不利不公平敏感性,基于 Fehr-Schmidt 模型,效用函数 $U_r=\Pi_R-\lambda(\Pi_S-\Pi_R)$, $\lambda\in[0,1]$,λ 为零售商的公平偏好系数,表示零售商对供应商利润高于自身利润的不满程度。

2 集中决策模型

在集中决策情形下,假设整个供应链由统一决策者主导,其目标为最大化供应链系统整体利润。此时,零售商不作为独立行为主体参与决策,而是作为系统内部的执行单位,不考虑零售商公平关切行为。集中决策下供应链系统利润函数为

$$\Pi_{SC}(p,e)=[\delta-\alpha p+\beta\theta(e)](p-c)-\frac{1}{2}ke^2 \quad (1)$$

利用式(1)求出 Π_{SC} 关于 p、e 的一阶导数并令其为 0。

$$\frac{\partial\Pi_{SC}}{\partial p}=-\alpha p+\alpha c+\delta-\alpha p+\beta\theta_0+\beta\theta_0 e=0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial\Pi_{SC}}{\partial e}=\beta\theta_0(p-c)-ke=0 \quad (3)$$

联合式(2)、式(3)解方程,得出:

$$e^*=\frac{(\delta-\alpha c)\beta\theta_0}{2\alpha k-(\beta\theta_0)^2} \quad (4)$$

$$p^*=\frac{k\delta+\alpha kc-c(\beta\theta_0)^2}{2\alpha k-(\beta\theta_0)^2} \quad (5)$$

当 $2\alpha k-(\beta\theta_0)^2>0$ 时,式(1)的 Hessian 矩阵为 $\boldsymbol{H}_1=\begin{bmatrix}-2\alpha & \beta\theta_0\\ \beta\theta_0 & -k\end{bmatrix}$,一阶主子式 $-2\alpha<0$,二阶主子式 $2\alpha k-(\beta\theta_0)^2>0$,$\boldsymbol{H}_1$ 为负定,(p^*,e^*) 为集中决策下的唯一最优解。将式(4)、式(5)代入式(1)可计算集中决策下供应链系统最优利润 Π_{SC}^* 为

$$\Pi_{SC}^*=\frac{k(\delta-\alpha c)^2}{2(2\alpha k-(\beta\theta_0)^2} \quad (6)$$

3 分散决策模型

3.1 零售商具有公平关切的分散决策

在实际的生鲜农产品供应链中,供应商与零售商作为相互独立的经济主体,通常以自身利润最大化为目标,这使得集中决策下的协调与全局最优难以实现。鉴于此,将分散决策情境建模为一个由供应商主导的 Stackelberg 博弈结构,其中供应商作为先行者,决定批发价格与保鲜努力水平,零售商则作为跟随者,根据供应商策略设定零售价与订购数量。为更真实地刻画零售商的行为偏好,进一步引入 Fehr-Schmidt 公平关切模型,以反映其在利润劣势下可能产生的非完全理性反应。零售商的效用函数 U_R 可以表示为

$$U_R=\Pi_R-\lambda(\Pi_S-\Pi_R)=(1+\lambda)\Pi_R-\lambda\Pi_S \quad (7)$$

$$\Pi_R=(p-\omega)(\delta-\alpha p+\beta e\theta_0) \quad (8)$$

$$\Pi_S=(\omega-c)(\delta-\alpha p+\beta e\theta_0)-\frac{1}{2}ke^2 \quad (9)$$

零售商的目标是最大化 U_R，给定 ω 和 e。因此，零售商的效用函数为

$$U_R(p)=(1+\lambda)(p-\omega)(\delta-\alpha p+\beta e\theta_0)-\lambda\left[(\omega-c)(\delta-\alpha p+\beta e\theta_0)-\frac{1}{2}ke^2\right] \quad (10)$$

采用逆向归纳法求解该 Stackelberg 博弈，在给定供应商的批发价格 ω 和保鲜努力水平 e 的情况下，零售商决定最优的零售价格 p 来最大化自己的利润，零售商对 Π_R 关于 p 求导，并令导数为零，得到零售商的最优反应函数：

$$p^{**}=\frac{(1+\lambda)(\delta+\beta e\theta_0+\alpha\omega)+\lambda\alpha(\omega-c)}{2\alpha(1+\lambda)} \quad (11)$$

供应商在第 1 阶段根据零售商的反应来选择批发价格 ω 和保鲜水平 e，从而影响零售商的定价行为。供应商的目标是最大化其利润 Π_S，将零售商的最优零售价格 p^* 代入供应链利润函数中，供应商分别对 Π_S 关于 ω 和 e 求偏导数，并令导数为零，得到两个方程：

$$\begin{cases}\dfrac{\partial\Pi_S}{\partial\omega}=[(1+\lambda)(\delta+\beta e\theta_0)+\alpha c(1+3\lambda)-2\alpha(1+2\lambda)\omega]/[2(1+\lambda)]=0\\ \dfrac{\partial\Pi_S}{\partial e}=(\omega-c)\dfrac{\beta\theta_0}{2}-ke=0\end{cases} \quad (12)$$

联立求解这两个方程，得到供应商的最优批发价格 ω^{**} 和最优保鲜努力水平 e^{**} 为

$$\omega^{**}=c+\frac{2k(1+\lambda)(\delta-\alpha c)}{4\alpha k(1+2\lambda)-(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2} \quad (13)$$

$$e^{**}=\frac{(1+\lambda)(\delta-\alpha c)\beta\theta_0}{4\alpha k(1+2\lambda)-(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2} \quad (14)$$

供应商利润函数的 Hessian 矩阵 $\boldsymbol{H}_s$ 为

$$\boldsymbol{H}_s=\begin{bmatrix}\dfrac{-\alpha(1+2\lambda)}{1+\lambda} & \dfrac{\beta\theta_0}{2}\\ \dfrac{\beta\theta_0}{2} & -k\end{bmatrix}。$$

式中：$\dfrac{-\alpha(1+2\lambda)}{1+\lambda}<0$，$\det(\boldsymbol{H}_s)=\dfrac{\alpha k(1+2\lambda)}{(1+\lambda)}-\dfrac{(\beta\theta_0)^2}{4}$，当 $D=4\alpha k(1+2\lambda)-(1+\lambda)\beta^2\theta_0^2>0$；$\boldsymbol{H}_s$ 为负定矩阵，此时 w^{**} 和 e^{**} 为决策问题的唯一最优解。

将式(13)、式(14)代入式(11)，求出零售商最优价格 p^{**}。

$$p^{**}=\frac{\delta+\alpha c}{2\alpha}+\frac{(\delta-\alpha c)[(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2+2k\alpha(1+2\lambda)]}{2\alpha D} \quad (15)$$

于是，分散决策下零售商、供应商和整个供应链的最有利润分别为

$$\Pi_R^{**}=\frac{k(1+2\lambda)(\delta-\alpha c)^2}{2D}+\frac{k(1+2\lambda)(\delta-\alpha c)^2[(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2-2k\alpha]}{2\alpha D^2} \quad (16)$$

$$\Pi_S^{**}=\frac{(\delta-\alpha c)^2}{2D^2}[4\alpha k^2(1+\lambda)(1+2\lambda)-k(1+\lambda)^2(\beta\theta_0)^2] \quad (17)$$

$$\Pi_{SC}^{**}=\frac{(\delta-\alpha c)^2}{2\alpha D^2}[2\alpha k^2(1+2\lambda)(4\alpha+6\alpha\lambda-1)-\alpha k(1+\lambda)^2(\beta\theta_0)^2] \quad (18)$$

3.2　集中决策和分散决策的均衡结果分析

命题 1：若满足 $2\alpha k>(\beta\theta_0)^2$，则在无公平关切情形（$\lambda=0$ 下，分散决策结构下的最优系统利润 $\Pi_{SC}^{**}|_{\lambda=0}$ 小于集中决策结构下的最优利润 Π_{SC}^{*}，即 $\Pi_{SC}^{*}>\Pi_{sc}^{**}|_{\lambda=0}$。

构造 $g(0)=\Pi_{SC}^{*}-\Pi_{SC}^{**}|_{\lambda=0}$，由于 $(\delta-\alpha c)^2>0$ 且 $2\alpha k-(\beta\theta_0)^2<4\alpha k-(\beta\theta_0)^2$ 分散结构中利润被进一步分散于多个项中，故 $g(0)>0$。在零售商不具备公平关切偏好的理想条件下，分散结构下的系统利润仍低于集中结构，表现为典型的“双重边际效应”。该效应源于上下游分别定价带来的两次加价行为，最终抬高零售价、抑制市场需求，导致供应链整体利润损失。

推论 1：在双重边际效应存在的条件下 $[2\alpha k>(\beta\theta_0)^2]$，分散决策下的最优零售价 $p^{**}(\lambda)$ 在 $\lambda\in[0,1)$ 范围内始终高于单边际结构下的最优零售价，即

$$p^{**}(\lambda)>c+\frac{\delta-\alpha c}{2\alpha} \quad (19)$$

根据模型中最优零售价表达式(式 15)有

$$p^{**}=\frac{\delta+\alpha c}{2\alpha}+\frac{(\delta-\alpha c)[(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2+2k\alpha(1+2\lambda)]}{2\alpha[4\alpha k(1+2\lambda)-(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2]} \quad (20)$$

另一方面，单边际情形下的最优零售价为

$$p_{single}=c+\frac{\delta-\alpha c}{2\alpha}=\frac{\delta+\alpha c}{2\alpha} \quad (21)$$

构造差值函数：

$$g(\lambda)=p^{**}(\lambda)-p_{single}=\frac{(\delta-\alpha c)[(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2+2k\alpha(1+2\lambda)]}{2\alpha[4\alpha k(1+2\lambda)-(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2]} \quad (22)$$

由于 $\delta>\alpha c$，$\alpha>0$，$k>0$；$(\beta\theta_0)^2\geqslant 0$ 且 $D=4\alpha k(1+2\lambda)-(1+\lambda)(\beta\theta_0)^2>0$，故 $g(\lambda)>0$ 对所有 $\lambda\in[0,1)$ 恒成立。在分散决策结构中，由于供应商和零售商分别逐层加价，最终形成叠加定价效

应。即使零售商没有公平关切行为,其最优零售价也高于单边际定价结构;而当零售商具有公平敏感性时,该扭曲依然存在,从而抬高终端价格并可能压缩市场需求,反映出双重边际结构中效率损失的价格机制基础。

推论 2:在两级供应链的 Stackelberg 博弈结构中,由供应商先行动选择批发价与保鲜努力,零售商后行动确定零售价,当各方均以自身利润或效用最大化为目标时,最终均衡解(p^{**},e^{**})不等于集中决策下的系统最优解(p^{*},e^{*})。

集中决策的最优解(p^{*}, e^{*})通过最大化 $\Pi_{SC}(p,e)$ 得到,其一阶条件为 $\frac{\partial \Pi_{SC}}{\partial p}=0$,$\frac{\partial \Pi_{SC}}{\partial e}=0$,得($p^{*}$,$e^{*}$),为系统全局最优点。分散决策下,Stackelberg 博弈的均衡解(p^{**},e^{**})由供应商和零售商的利润最大化行为决定,零售商和供应商分别优化自己的函数,并形成序贯依赖结构。集中决策以最大化整个供应链利润为目标,而分散决策中供应商和零售商分别以自身利润(或效用)最大化为目标,这两个优化问题具有不同的目标函数和决策过程,导致其一阶条件不同,从而得到不同的最优解。Stackelberg 均衡本质上是一种纳什均衡中的子博弈完美均衡,其稳定性并不代表帕累托最优。

4 基于“两部定价+批发价格”组合契约协调机制

在分散决策的生鲜农产品供应链中,由于供应商的保鲜努力不足、零售商追求自身利润最大化,以及零售商可能存在的公平关切,常常导致供应链整体效率的损失。为了解决这些问题,提出“两部定价+批发价格”组合契约协调机制,该机制综合考虑了供应商和零售商的利润最大化目标以及零售商的公平关切。在这一契约中,供应商向零售商收取两部分费用:一部分为与订购量无关的固定费用 $F\geqslant 0$,另一部分为单位批发价格 ω'。因此,零售商的总成本为 $\omega' q+F$,其中 q 是零售商的订购量。供应商设定批发价格 ω' 和保鲜努力水平 e,并通过 F 进行利润分配。零售商则通过选择最优零售价 p 来最大化其利润。

为了实现供应链的完全协调,设计契约时将批发价格设定为供应商的单位成本 $\omega'=c$。这一设定有助于消除供应链中的双重边际效应。当批发价格等于供应商的单位成本时,零售商的决策所依据的边际成本将与整个供应链的实际边际成本一致,能够引导零售商做出与集中决策最优一致的定价和订购决策,从而最大化市场需求,提升保鲜努力水平,最终提高供应链的总利润。

然而,实际中要求供应商将批发价格设定为单位成本可能会引发其对利润损失的担忧,尤其在信任较低的合作关系中。为解决这一问题,通过设计契约中的固定费用 F 来保障供应商的利润。固定费用部分确保供应商能够弥补在批发环节的利润损失,并享受供应链协调带来的额外利润。固定费用的数额通过供应商和零售商的谈判确定,确保供应商在接受契约后,其利润不低于分散决策下的利润,甚至可获得因协调而新增的超额利润。

该机制的可行性依赖于供应链成员之间的长期合作意愿以及逐步建立的信任基础。在短期或一次性交易中,供应商可能不愿接受成本定价条款。然而,在长期合作关系中,尤其是对于大型零售商与其核心供应商,契约能够通过清晰的利益分配机制和利润保障,促进双方实现共同的效率目标。此外,政府和行业协会的政策引导、信息共享平台的建设以及风险分担机制的提供,将有助于促进这一契约模式在生鲜农产品供应链中的广泛应用。

供应商通过合理设计 ω' 和 F,旨在引导零售商的定价行为,最终达到整个供应链的最大化效益。此时零售商的利润函数 Π_R^f 和供应商的利润函数 Π_S^f 分别为

$$\begin{aligned}\Pi_R^f &= (p-\omega')q-F\\ &=(p-\omega')(\delta-\alpha p+\beta e\theta_0)-F\end{aligned}\tag{23}$$

$$\begin{aligned}\Pi_S^f &= (\omega'-c)q+F-\frac{1}{2}ke^2\\ &=(\omega'-c)(\delta-\alpha p+\beta e\theta_0)+\\ &\quad F-\frac{1}{2}ke^2\end{aligned}\tag{24}$$

零售商通过选择最优的零售价格 p 来实现这一目标。对 Π_R^f 关于 p 求一阶导数并令其为零,得到零售商的最优反应函数:

$$p^{f*}(\omega',e)=\frac{\delta+\beta e\theta_0+\alpha\omega'}{2\alpha}\tag{25}$$

为了实现供应链的完全协调,设计契约时考虑将供应商将批发价格设定为其单位成本,即 $\omega'=c$。此时,零售商的最优零售价格简化为

$$p^{f*}(c,e)=\frac{\delta+\beta e\theta_0+\alpha c}{2\alpha}\tag{26}$$

将 $p^{f*}(c,e)$ 代入 Π_S^f 并求解最优 e,最优的保鲜努力水平将达到集中决策下的最优值 e^{f*}。

$$e^{f*}=\frac{(\delta-\alpha c)\beta\theta_0}{2\alpha k-(\beta\theta_0)^2}\tag{27}$$

零售商参与该契约的必要条件是，其在契约下的效用不低于在分散决策下的效用。假设零售商的效用函数为 $U_R = \Pi_R - \lambda(\Pi_S - \Pi_R)$，那么参与约束为

$$[p^{f*}(c,e^*)-c]q^* - F - \lambda\left[F - \frac{1}{2}k(e^*)^2\right] - \{[p^{f*}(c,e^*)-c]q^* - F\} \geqslant \Pi_R^{**} - \lambda(\Pi_S^{**} - \Pi_R^{**}) \tag{28}$$

为确保供应商和零售商均愿意接受协调契约，固定费用 F 应满足如下不等式：

$$\Pi_S^{**} + \frac{1}{2}k(e^*)^2 \leqslant F \leqslant [p^*(c,e^*)-c]q^* - \Pi_R^{**} \tag{29}$$

供应商在设计固定费用 F 时，需要在满足这个参与约束的前提下，尽可能地提高自身的利润。这可能需要在效率提升和公平分配之间进行权衡。通过精心选择 F，供应商可以促成合作，实现供应链的整体优化，并同时满足零售商的公平关切。

5　数值仿真

为了直观展示不同决策模式下的结果，以及“两部定价＋批发价格”组合契约协调机制的效果，进行如下仿真分析。

5.1　参数设置和不同决策模型对比

参数设置：$\delta = 100, \alpha = 2, \beta = 1, \theta_0 = 1, k = 10, c = 10$，零售商公平关切系数 $\lambda \in [0,1]$。

图 1 描绘了保鲜努力水平 e 随公平关切系数 λ 变化的趋势。在分散决策模式下，保鲜努力水平始终显著低于两部定价契约下的最优水平 e^{f*}，且随着零售商公平关切程度的提高而逐步下降。这表明，零售商的公平偏好在分散决策中扭曲了利润分配结构，削弱了供应商的努力激励，从而引发整体效率损失。相比之下，该组合契约通过重新设计利润分配机制，有效恢复了协调下的最优保鲜努力水平，展现出良好的协调效果与机制稳定性。

图 2 展示了在不同公平关切系数 λ 下，分散决策与组合契约机制下的利润变化趋势。随着 λ 的增大，零售商在公平偏好驱动下争取更高的相对利润份额，导致供应商利润被压缩，供应链总利润亦呈下降趋势，反映出行为偏好对效率的抑制作用。相比之下，组合契约机制能在各公平关切水平下稳定实现供应链最优利润，显著优于分散决策情形，体现出良好的协调效果与机制稳健性。

表 1 列示了集中决策与公平中性时分散决策的最优结果。在零售商公平中性的情形下，集中决策模式实现了更高的供应链总利润（820.51）、更大的保鲜努力水平（2.05），以及更低的零售价格（30.51）。相比之下，分散决策模式下的供应链总利润仅为 610.10，保鲜努力水平下降至 1.01，零售价升高至 40.38。这一差异源于分散决策中各成员基于个体理性的逐利行为，诱发了典型的双重边际效应，抑制了保鲜投入，最终导致供应链整体利润损失约 25.52%（相较于集中决策）。这一结果充分说明，引入有效的协调机制对于提升供应链整体效率具有重要意义。

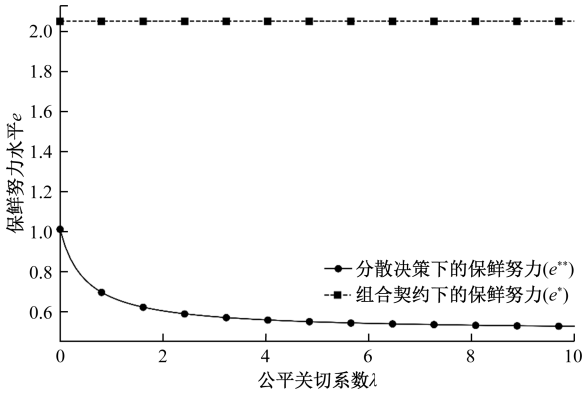


图 1　保鲜努力水平与公平关切系数的关系

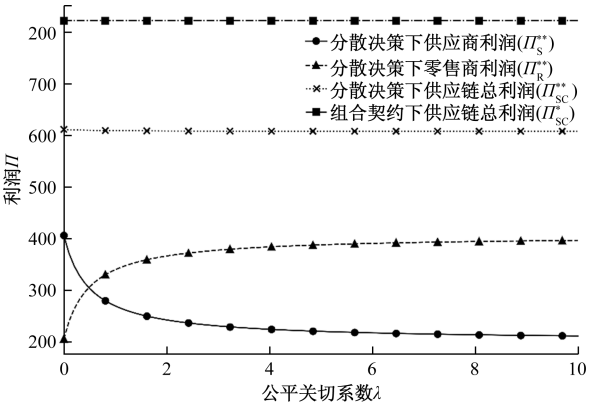


图 2　利润与公平关切系数的关系

表 1　集中决策与零售商公平中性时的分散决策下的最优解

e^*	e^{**}	ω^{**}	p^*	p^{**}	Π_{SC}^{*}	Π_R^{**}	Π_S^{**}	Π_{SC}^{**}
2.05	1.01	35.29	30.51	40.38	404.96	205.14	820.51	610.1

5.2　公平关切的敏感性分析

在基准对比基础上，进一步考察零售商公平关切系数 λ 对各决策变量的边际影响，并分析公平偏好引发的利润再分配现象。仿真结果见表 2，涵盖分散决策与组合契约下关键指标的变化，以及固定费用 F 的调整趋势。

表 2　零售商的公平关切度对协调效果的影响

λ	e^{**}	p^{**}	Π_S^{**}	Π_R^{**}	Π_{SC}^{**}	e^{f*}	p^{f*}	Π_S^{f*}	Π_R^{f*}	Π_{SC}^{f*}	F
0	1.01	40.38	404.96	205.14	610.10	2.05	30.51	510.17	310.35	820.51	636.38
0.2	0.87	40.33	346.51	262.68	609.19	2.05	30.51	452.17	368.34	820.51	578.84
0.3	0.83	40.31	331.89	276.86	608.75	2.05	30.51	437.52	382.99	820.51	564.66
0.5	0.76	40.28	302.94	305.83	608.77	2.05	30.51	411.79	408.72	820.51	535.69
0.8	0.70	40.23	279.03	322.66	601.69	2.05	30.51	395.82	424.69	820.51	518.86

表 2 的数值仿真揭示了公平关切系数 λ 对供应链的双重影响。随着 λ 的增大,零售商利润呈上升趋势,而供应商利润则呈下降趋势。当 $\lambda=0.8$ 时,零售商利润较 $\lambda=0.2$ 增长约 22.84%,供应商利润下降约 19.5%。其经济逻辑在于:零售商的公平偏好增强,使其更关注相对利润份额。为减少“公平负效用”,零售商在决策博弈中会策略性地调整自身行为,从而向供应商传递更强的利润挤压信号。供应商在利润空间被压缩后,由于承担保鲜投入成本,其保鲜激励显著减弱,最终导致供应链整体保鲜努力水平下降。

上述行为进一步扭曲了资源配置。保鲜投入的不足削弱了产品竞争力,而零售价格在公平关切影响下也可能出现复杂变化,但其核心影响在于抑制了消费者需求并影响了市场吸引力。二者叠加导致供应链总利润随着 λ 增加持续下降(从 $\lambda=0$ 时的 610.10 降至 $\lambda=0.8$ 时的 601.69,下降约 1.38%)。本质上,这反映了公平诉求与效率目标之间的冲突——零售商对分配公平的追求,通过决策互动放大了双重边际效应,使系统偏离了帕累托最优。

5.3　协调机制效果与利润再分配

在引入该组合契约后,无论公平关切系数 λ 如何变化,供应链总利润始终维持在 820.51,与集中决策完全一致,体现出该机制具有稳定的完全协调能力和较强的机制稳健性。

在利润再分配方面,固定费用 F 的动态调整反映了契约机制对行为偏好变化的高度适应性。其协调效应源于价格机制与收益再分配机制的双重联动。一方面,批发价被压缩至边际成本,有效消除了由双重加价引发的资源配置扭曲;另一方面,固定费用在保持系统总利润不变的前提下,重新分配各方收益,从而将零售商的公平关切内生化于激励机制之中。随着 λ 的上升,分散决策下供应商的利润空间逐步收窄,契约通过同步下调固定费用,确保其能够获得协调所带来的边际收益,维持合作意愿。

上述结果表明,该组合契约机制不仅能够在不同公平偏好情形下维持系统最优效率,还能在不牺牲协调性的前提下,实现多方之间的激励兼容与公平诉求的有机平衡,具有良好的政策可操作性和现实推广价值。

6　结论与启示

6.1　研究结论

在乡村振兴战略背景下,聚焦于生鲜农产品供应链中零售商处于弱势地位并具备公平关切的情形,构建了一个考虑零售商公平偏好的 Stackelberg 博弈模型,并设计了一种结合单位批发价与固定费用的“两部定价+批发价格”组合契约协调机制。研究结果表明,公平关切行为显著影响零售商的定价决策及供应链整体效率。具体而言,非协调结构下存在保鲜努力不足、零售价偏高、系统利润受损等问题;而所提出的协调机制能够在确保零售商参与意愿的基础上,引导其达成与集中决策相一致的最优行为,从而实现供应链系统利润的帕累托改进。

6.2　管理启示

(1)政府和行业应积极推动与公平机制相关的政策框架。政府可以考虑在特定农产品产业带或大型电商平台设立试点,推行标准化的“两部定价+批发价格”合同范本,并给予参与企业冷链物流补贴、税收优惠或优先融资等具体激励措施。此外,应建立定期审查机制,评估公平关切对供应链协作水平的动态影响,以数据为依据优化政策,进一步推动乡村振兴战略的深入落实。

(2)零售商的参与意愿对于供应链协调至关重要。企业和政策制定者应通过长期战略合作和透明的信息共享平台(如区块链溯源系统)建立互信基础。在契约机制设计中,应明确零售商的利益保障,利用固定费用作为核心利润调节工具,并结合“两部定价+批发价格”策略,灵活调整价格结构。这将有助于平衡各方利益,提升供应链整体效率,增强合作动机,进而推动行业的长期可持续发展。

在分析公平关切行为影响的基础上,聚焦于单一零售商与供应商的双边结构。然而,现实中生鲜农产品供应链常呈现多零售商或多供应商共存的复杂格局,未来研究可进一步扩展模型至多主体博

弈环境，探讨公平偏好在竞争与合作交织下的动态演化规律。此外，考虑到当前绿色发展及政策调控趋势，将政府补贴、碳排放约束等因素纳入模型亦具有重要现实意义。引入上述内容将有助于深入理解行为偏好、政策工具与供应链协调机制之间的耦合关系，为推动可持续与公平导向的农业供应链治理提供更加系统的理论支撑。

参考文献

[1] 付应霞，杨丽莎. 乡村振兴战略下生鲜农产品冷链物流发展问题及对策研究[J]. 物流科技，2024，47(3)：141-142，163.

[2] 中国食品(农产品)安全电商研究院. 2025中国农产品电商发展报告[EB/0L]. (2025-03-16)[2025-05-20]. https://www.100ec.cn/zt/ncpfz/.

[3] 王园，陈卉，张仪华. 乡村振兴战略下电商物流与农村经济协同发展的互动效应研究[J]. 科技和产业，2022，22(8)：79-87.

[4] 胡永仕，孙金凯，林晶. 考虑收益共享契约的绿色供应链协调策略研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版)，2023，45(6)：920-927.

[5] 魏玉莲，胡鑫. 考虑零售商公平关切的生鲜农产品双渠道供应链协调研究[J]. 现代商业，2023(11)：43-46.

[6] 李中庆，张克勇. 不确定需求下考虑供应商保鲜努力的生鲜农产品供应链协调[J]. 河南科学，2022，40(10)：1704-1711.

[7] 王道平，李昕怡，张博卿. 考虑两阶段价格的生鲜农产品供应链协调研究[J]. 工业工程与管理，2016，21(5)：16-22.

[8] 祝爱民，王文博. 引入收益共享和成本共担契约的非即时衰减品供应链协调[J]. 沈阳工业大学学报(社会科学版)，2022，15(4)：342-349.

[9] 刘佩佩，代建生. 零售商公平关切下三级生鲜农产品供应链协调[J]. 物流科技，2019，42(5)：117-121.

[10] 李少鹏. 公平偏好下基于促销努力的供应链协调[J]. 物流工程与管理，2019，41(4)：115-119.

[11] 董振宁，周雪君，林强. 考虑保鲜努力的生鲜农产品供应链协调[J]. 系统工程学报，2022，37(3)：362-374.

[12] 曹晓宁，王永明，薛方红，等. 供应商保鲜努力的生鲜农产品双渠道供应链协调决策研究[J]. 中国管理科学，2021，29(3)：109-118.

[13] 张波. 考虑消费者异质性偏好的双渠道生鲜农产品供应链协调研究[J]. 铁路采购与物流，2024，19(3)：44-46.

[14] 覃燕红，向林，秦星红. 公平偏好下考虑双边保鲜努力的生鲜农产品供应链协调研究[J]. 工业工程，2021，24(5)：27-38.

[15] 陶航征，杨玉香，宋明顺. 考虑保鲜成本分担的生鲜农产品供应链协调策略研究[J]. 当代经济，2024，41(9)：62-79.

[16] 王晶，周俊利，司凤山. 考虑公平关切的生鲜品供应链政府补贴策略[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版)，2024，46(6)：902-909，916.

[17] XI J，LAI L L，LI Y，et al. The coordination mechanism of fresh agricultural products supply chain：a game-theoretic approach considering retailer's fairness concern and price competition[J]. Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research，2025，59：120-137.

[18] ZI W，LI G，LI X，et al. Buyer-supplier collaborative cost sharing and the performance of fresh agricultural produce cold chains：a retailer fairness concern perspective[J]. Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics，2022，34(6)：1178-1202.

[19] 陈永华，李瑶，牛莉霞. 考虑零售商和消费者行为关切的供应链协调研究[J]. 科技促进发展，2021，17(10)：1910-1917.

[20] 曹晓刚，齐秀笛，闻卉，等. 公平关切下考虑成本分担的闭环供应链回收与定价决策[J]. 系统科学与数学，2022，42(12)：3213-3233.

[21] 张旭，张庆. 随机损耗下考虑公平偏好的生鲜农产品供应链协调[J]. 工业工程，2016，19(6)：23-32.

Coordination Mechanism of Fresh Agricultural Product Supply Chain from Perspective of Retailer Fairness Preference

SUN Peiying，HU Yongqiang

(School of E-commerce，Anhui Vocational College of Business，Wuhu 241002，China)

Abstract：In the fresh agricultural product supply chain，retailers are often in a disadvantaged position and exhibit fairness concerns，which affect the efficiency of the supply chain. A Stackelberg game model considering retailer fairness preference was constructed，and the optimal strategy under decentralized decision-making was analyzed. A "two-part pricing+wholesale price" combined contract coordination mechanism was designed. The study shows that fairness concerns significantly affect the retailer's pricing and the efficiency of the supply chain. The contract mechanism can guide retailers to achieve optimal behavior under decentralized decision-making，optimize system profits，and achieve Pareto improvements. Simulation results validate the effectiveness of this mechanism in improving freshness levels，lowering retail prices，and optimizing system efficiency.

Keywords：fresh agricultural product supply chain；fairness concerns；"two-part pricing+wholesale price" contract；rural revitalization