

徐奇渊

xuqiy@163.com

陈思翀

csc_win@163.com

猪肉价格及其波动性： 基于异质性蛛网模型的研究¹

【摘要】在中国，食品价格是CPI价格指数波动的主要来源。而猪肉价格，又是食品价格波动的最重要来源。为此，本文在调研和对市场特征进行分析的基础上，构建了一个包括母猪、生猪生产过程的异质性蛛网模型，对影响猪肉价格波动的因素进行了研究。这个模型还包含了流动性约束、市场进入和退出机制等因素。模型分析显示：在需求端，随着收入上升，猪肉的消费需求对价格敏感度降低，会增加猪肉价格的波动性。在供给端，农户生产技术水平的提高，反而会通过生产乘数放大猪肉价格波动；农户信息收集能力的提高，会通过降低产量对当期利润的敏感度、稳定猪肉价格；养殖规模的提高，则会通过其与资产信贷抵押能力的交互作用，改善流动性约束，从而也有助于猪肉价格的稳定。本文能够对中国过去的猪肉价格波动给出较好的解释，对相关政策也有参考意义。

【关键词】猪肉价格；CPI；异质性蛛网模型；农户规模；流动性约束；

¹ 本文尚未发表。

一、引言

在中国 CPI 的编制中，包括八大类商品的消费价格，分别是：食品、烟酒及用品、衣着、家庭设备用品及服务、医疗保健及个人用品、交通和通信、娱乐教育文化用品及服务、居住。根据公开的信息以及我们的估算，在上述八大项分类商品中，食品价格指数在 CPI 中所占的权重接近三分之一，是最重要的商品分类。在最近的 10 年中，食品类价格指数的变化，对 CPI 的上升和波动性具有决定性作用。这不仅是由于食品类在整个 CPI 商品篮当中占到了最大的权重，而且也与食品价格的波动性最强有关。从平均意义上而言，食品价格指数波动对总体物价水平变化的贡献率达到 70%以上(徐奇渊, 2010)。食品价格对 CPI 总体价格的影响，由此可见一斑。

在食品价格指数的权重当中，肉类占到了三成左右的比重，是食品分类中最为重要的子类别。而且，肉类价格还尤其具有波动性，对食品价格指数波动起到了决定性的作用。2003 年以来，在食品价格指数的 7 个分类中，肉禽及其制品消费价格指数，不但是涨幅最大的，而且也是波动性最大的。而在所有肉类当中，又以猪肉的消费量最大，猪肉价格也是居民最为关心的肉类价格。以 2010 年为例，中国居民人均猪肉消费数量占到总肉类消费的近 7 成。因此也有人戏称，中国的 CPI 是 China Pork Index。猪肉价格不仅成为发改委等官方机构的研究重点(周望军, 2010; 中国人民银行调查统计司, 2011)，而且也因其与 CPI 的密切关系，猪肉价格也成为国内外投资机构的关切焦点，例如诸建芳(2010)、高善文等(2011)、関志雄(2011)、钟正生等(2014)等等。

综上所述，中国的食品价格指数在 CPI 商品篮子中所占权重最大，而且具有很大波动性，因此对整体价格水平有重要而直接的影响。在食品价格内部，又以猪肉价格的波动最为重要。所以，研究猪肉价格波动，是理解整体物价水平变化的重要微观角度。本文作者在江苏省、广东省等地对规模养殖企业、散养农户等业态进行了实地调研，在此基础上总结了猪肉养殖市场的特征，构建了一个包括母猪、生猪生产全流程的异质性蛛网模型，对中国猪肉价格变化的影响因素进行了分析。

本文以下部分的结构安排是：第二部分是文献回顾与本文的贡献；第三部分分析了猪肉价格变化及其市场结构特点；第四部分刻画了典型的猪肉生产全流程；

第五部分是基于异质性蛛网模型的分析；第六部分是结论和政策建议。

二、文献回顾

由于猪肉价格在中国物价波动中的重要地位，研究者们对其价格波动特征和影响因素，以及稳定猪肉价格的对策进行了研究。一些研究者，着眼于猪肉市场本身的价格描述、生产形势的分析和展望，例如潘巧莲（2012，2013），虞华等（2015）等。在此基础上，实业界和学术界形成了“猪周期”的共识，即猪肉的生产和价格波动具有周期性特征。而且，綦颖、吕杰和宋连喜（2007a，2007b），毛雪峰和曾寅初（2008），以及赵奉军（2009）都进一步给出了“猪周期”的经验证据，并且分别对生产周期、价格周期进行了测算。司智陟（2014）利用季节调整和 HP 滤波法，对我国猪肉价格的时间序列进行分析后发现，猪肉市场的价格波动与猪肉的生产波动大致相同。另一类研究，则是基于对“猪周期”的认识，分析影响猪肉价格波动的原因，并提出政策建议。例如，孙莹（2014）、严斌剑和卢凌霄（2014）都指出，生产过程的规模化发展程度不足、信息整合不足，都是猪肉价格大幅波动的重要原因。周望军（2010）则从饲养成本和风险等角度进行分析，并提出了稳定生猪价格的政策建议。

上述文献虽然提出了“猪周期”的概念，并从经验角度指出了猪肉价格波动与猪肉生产之间的重要联系，但是前述研究均为数据描述与简单的经验分析，缺乏理论模型。而且，这些经验分析虽然指出了一些影响猪肉价格波动的因素，但是面对我国猪肉价格波动的一些特点，却缺乏解释力。比如，2006 年之前的猪肉价格波动比较温和，但 2006 年之后的猪肉价格波动性则显著放大。与此同时我们却看到，随首 IT 技术的发展、信息整合条件在改善；全国生猪养殖的规模化程度也在提升（参见图 2-1）；而且国家也出台了越来越多的稳定生猪生产的政策，例如 2007 年开始实施的能繁母猪补贴、2009 年开始启动的冻猪肉收储工作等等。可见，从上述角度来看，已有文献无法解释猪肉价格波动性趋于上升。最后，纯粹的数据分析和经验研究也无法对猪肉价格的波动给出系统性的分析，从而其概括的影响因素分析可能存在重要疏漏。

基于现有文献的研究，以及作者对我国生猪养殖市场的调研和分析，本文将构建一个理论模型，从猪肉市场的需求和供给两个方面，分析猪肉价格波动的影响因素和传导机制，并在此基础上提出政策建议。具体而言，首先，本文分析并

比较了中国近年来包括猪肉在内的四种肉类价格的波动特征。然后,在此基础上,本文结合前期的调研,从市场需求和供给两个角度出发,分析猪肉市场波动性特征背后的原因。我们发现,和鸡肉市场相比,猪肉市场集中度较低、养殖户规模较小的特点,可能是造成生猪肉价格波动性不同于鸡肉价格的重要原因。这是因为,农户的生产规模和市场集中度可以通过影响生产技术水平,理性程度和信息收集能力,以及流动约束条件等渠道对猪肉价格及其波动性产生影响。

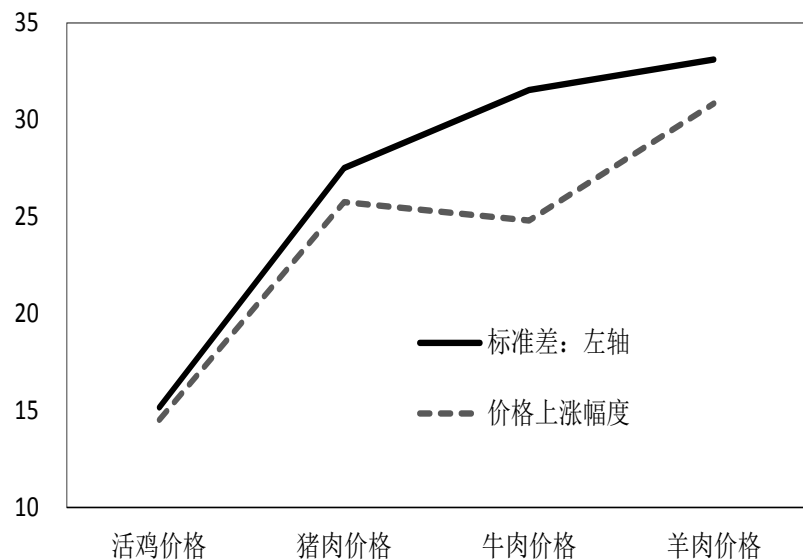
同时,由于猪肉市场不仅具有自然的生产滞后期,而且具有需求偏好较稳定,价格主要由市场供给决定的特点,所以猪肉生产和价格的波动性也符合蛛网模型的典型特征(Harlow, 1960; 陈伟, 2007; 吴瑛, 2011)。虽然,Harlow (1960)的开创性研究已经将蛛网模型应用于猪肉价格的波动性问题上。但是,经典模型不仅难以刻画动态波动的非线性特征(Chavas and Holt, 1991),而且没有考虑农户的异质性特征(Chavas, 1999; Colucci and Valori, 2011b),金融约束条件(Commendatore and Currie, 2008),以及市场的进入和退出机制(Colucci and Valori, 2011a),其价格决定的单期时滞,也不符合我国“从母猪到生猪”的生产流程(周异, 2009)。所以,简单的蛛网模型,难以对猪肉生产及其价格波动进行刻画和分析。基于实地调研,以及现有文献的研究,本文在刻画猪肉生产全流程的基础上,建立了一个滞后期为2个独立生产周期(包括母猪生产周期、生猪生产周期在内),具有流动性约束条件、市场进入和退出机制的异质性蛛网模型,分析猪肉价格的动态波动性及其影响因素。

在建立模型之后,本文的数值模拟分析发现:在需求端,消费者的猪肉消费需求对价格敏感度的降低,会增加猪肉价格的波动性。在供给端,农户生产技术水平的提高,会在短期放大猪肉价格波动性;农户信息收集能力的提高,会通过降低猪肉生产对当期利润的敏感程度,稳定猪肉价格的波动性;农户规模的提高,则会通过其与资产的信贷抵押能力的交互作用,改善流动性约束,从而有助于猪肉价格的稳定。

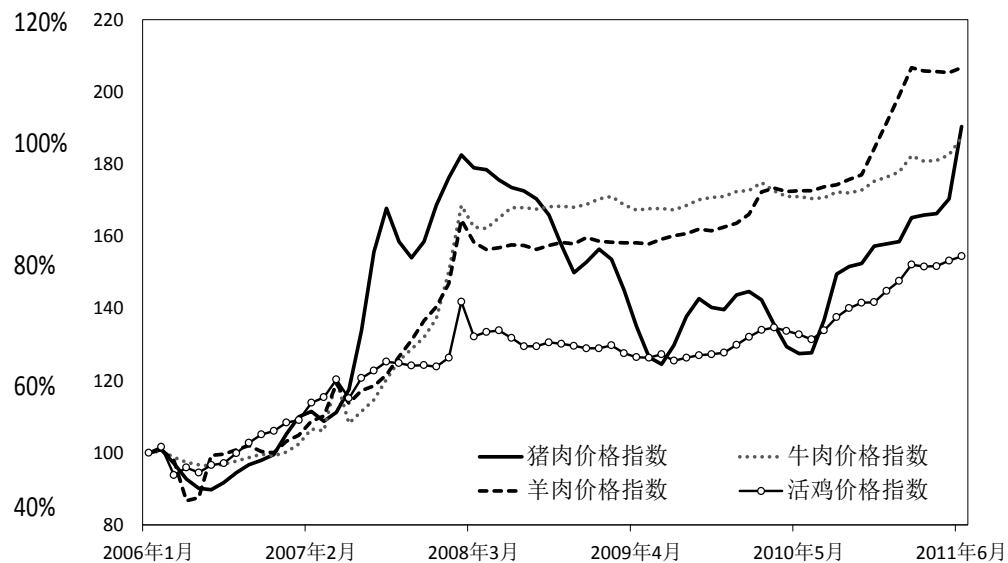
三、猪肉价格及其市场特征

在各种肉类中,近年来价格涨幅由高到低依次是羊肉、猪肉、牛肉和鸡肉(图1-a)。另一方面,价格波动性从大到小依次是:羊肉、牛肉、猪肉和鸡肉(图1-b)。

图 1 上涨周期中各种肉价的走势（2006 年 1 月至 2011 年 6 月）



(a) 各种肉价的价格指数



(b) 各类肉价指数的波动性

注：猪肉、牛肉、羊肉、活鸡价格指数的计算，分别用以下四类肉价为指标：鲜猪肉：精瘦肉，鲜牛肉：新鲜去骨，鲜羊肉：新鲜去骨，活鸡：活肉鸡：1-1.5 公斤。为方便比较，本文将 2006 年 1 月定为基期 100。数据来源：发改委价格监测中心，2014。

具体而言，从 2006 年 1 月至 2011 年 6 月，猪、牛、羊肉价格涨幅都比较高，分别为：90%、87%、106%，而鸡肉的价格涨幅最低，仅为 55%，远远低于其他肉类。同时，从价格波动性来看，猪、牛、羊肉价格的波动性也都远远大于鸡肉。

为什么不同的肉类具有不同的价格涨幅和波动性呢？换句话说，为什么猪、牛、羊肉的价格表现和鸡肉相比如此不同呢？一般而言，我们可以从需求和供给两个角度进行思考。首先，在需求方面，因为居民的消费偏好本身是比较稳定的，不会发生太大的变化。所以，我们主要从供给角度来考虑。结合后文的图 2 可以发现，上述四个肉类市场，在供给方面的最重要不同点很可能在于市场结构因素。和猪牛羊肉相比，鸡肉生产的市场集中度更高，生产厂家的规模化程度也更高。

如果市场具有较高市场集中度、或者较高的生产规模化程度，这些因素可能通过以下几个渠道对价格的涨幅和波动性产生影响：第一，市场集中度提高，规模以上的农户数量增加，能采用更先进的生产技术，从而提高肉类产量，这将对价格波动产生影响。第二，生产规模越大，生产者的信息收集能力就可能越高。如果农户更有能力收集完整的市场信息，并做出分析和判断，那么其将更有可能接近于理性预期的经营选择。这将对整体市场的运行起到稳定作用。第三，农户规模的扩大，可以改善他们面临的流动约束问题，从而其融资能力和对市场风险的抵抗能力也会有所增强。这也将对市场稳定起到积极作用。

肉类生产市场可以近似地看作是一个完全竞争的农产品市场，由于其生产具有自然的滞后期，因此其价格将符合典型的蛛网模型。在此情况下，价格波动是必然结果。而且，随着收入上升、生活水平的提高，肉类供给弹性也有小于需求弹性的趋势，从这两个弹性大小关系的角度来看，肉类价格波动性大也有其必然性。但是如果市场集中度有所提高，农户生产规模有所扩大，则竞争机制将会发生改变、农户的静态预期也会发生改变，微观农户决策将不同于传统蛛网模型的情况。

图 2-1: 肉鸡存栏量的规模分布

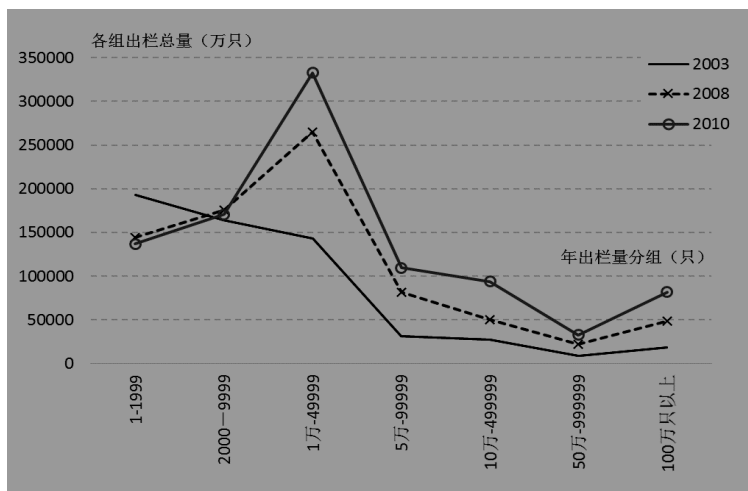


图 2-2: 生猪存栏量的规模分布

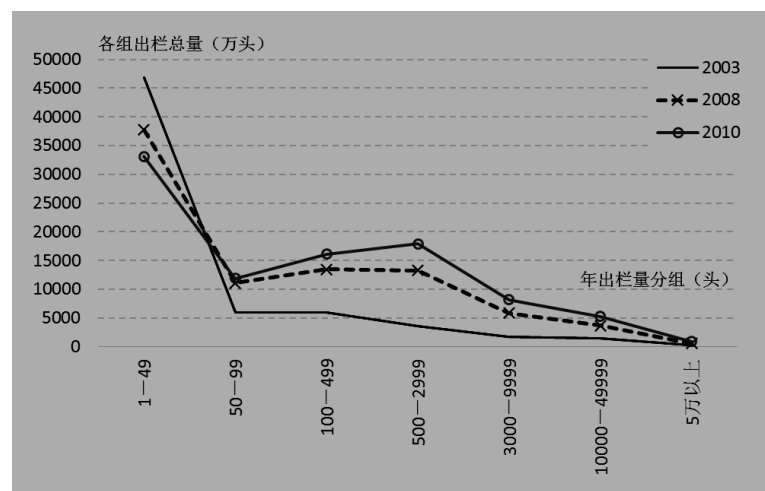


图 2-3: 肉牛存栏量的规模分布

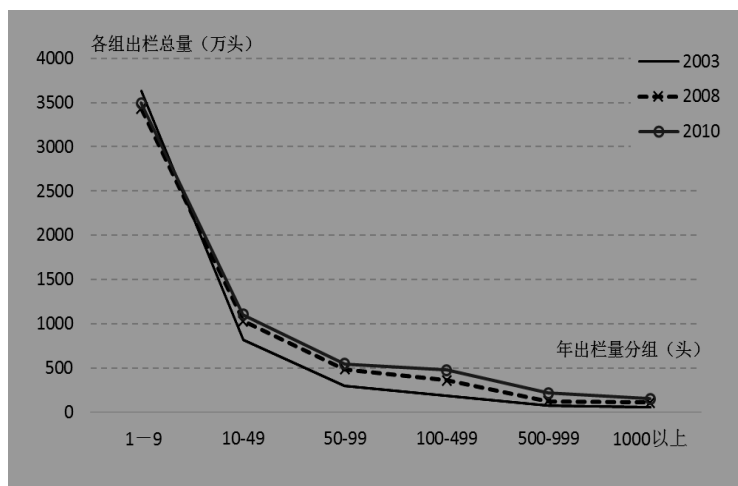
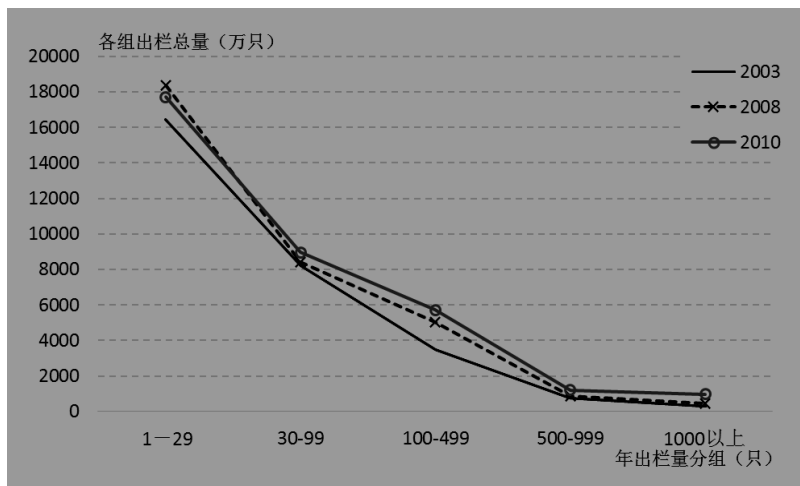


图 2-4: 羊存栏量的规模分布



说明: 数据和分类方法, 均来自《中国畜牧业统计年鉴》各年卷, 横轴为养殖规模, 纵轴为相应农户/农场数量。2012年、2013年出版的年鉴, 都是只报告了上一年畜牧业的农户的规模分布, 但是都不再报告存栏数的规模分布。

在传统的蛛网模型中，农户将按照 t 期价格来决定 $t+1$ 期产量，这可能有两种原因：（1）理性或者是信息的原因。单个农户可能不具备足够的信息，或者无法承担收集信息的过高成本，因此其决策依赖静态信息。这是造成市场波动的一个根源。（2）由于单个农户的规模小，其面临较强的流动性约束，或不具备较强的融资能力。因此，即使单个农户具备完全的理性和信息，但由于流动性的约束，其行为仍将表现出静态预期的特征。例如：今年价格下跌，收入减少；此时农户虽然知道明年价格将会上涨，但其能够投入到新一轮生产的资金仍将取决于今年较低的收入。但是，当市场集中度提高和单位农户规模扩大后，规模较大的农户可能在一定程度上克服上述两个方面的约束，从而使价格波动较为稳定。

图 2 是中国各种肉类养殖规模的分布图，给出了各种肉类生产的市场集中化程度。从图 2 可以发现：第一，在猪、牛、羊、鸡肉四个市场当中，近年来鸡肉的市场集中度提高最为明显，其市场集中度和规模化程度最高。第二，猪肉的市场集中度稍高于羊肉和牛肉，但是与鸡肉市场相比，其市场集中度明显较低。将上述两个发现与图 1 的信息进行比较，可以发现两者是非常一致的。

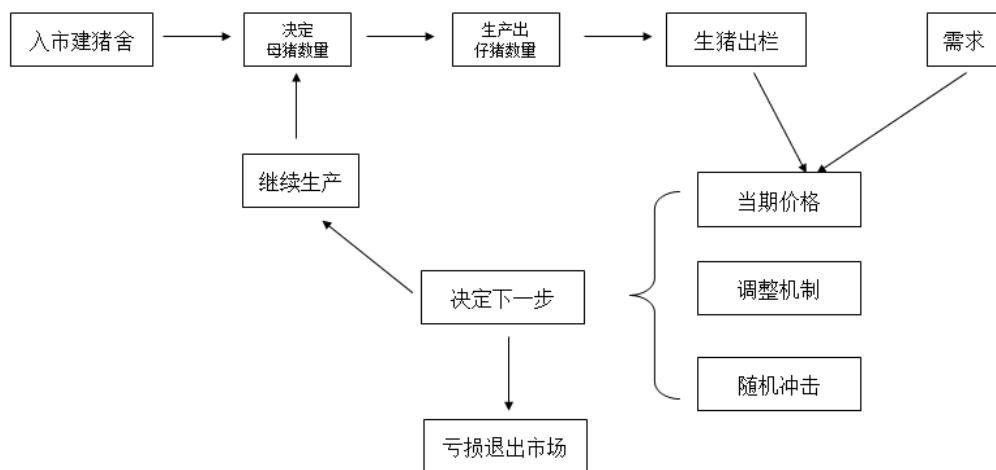
因此，在分析猪肉供给及其价格波动性的时候，农户规模及流动性约束等将是决定价格变化特点的重要因素。一般来说，猪肉生产的产商可以分为两类，一类是上规模的，一类是分散经营者。由于中国的猪肉生产特点主要是散养，因此下文模型将主要分析散养户背景下的猪肉生产过程和需求的均衡，及其与猪肉价格波动的关系。

四、养猪流程：母猪和生猪两个蛛网的互动

对于猪肉生产过程，如果笼统将其看作一个完整的市场，则可以表示为图 3-1：
（1）农户选择进入市场，建猪舍。在此环节，农户将支付固定成本。（2）在此基础上， t 时刻的农户决定生产母猪的数量，然后根据技术水平决定的产仔比例，滞后 1 期得到 $t+1$ 时期的仔猪数量。（3）再经过一个时期的滞后，即在 $t+2$ 期的时候，得到出栏的生猪数量，这就是当期市场上的供给，然后再与当时的需求力量结合，实现市场出清，并得到当期真实价格。（4）然而农户开始决定下一期的行为，他的选择有两种，要么退出市场，要么继续生产。他们考虑的依据主要有两个方面：第一，当期价格。第二，调整机制，这个调整机制即前面提到的信息/理性约束，或者是流动性约束，这两方面的原因导致了农户不会将下一个周期的

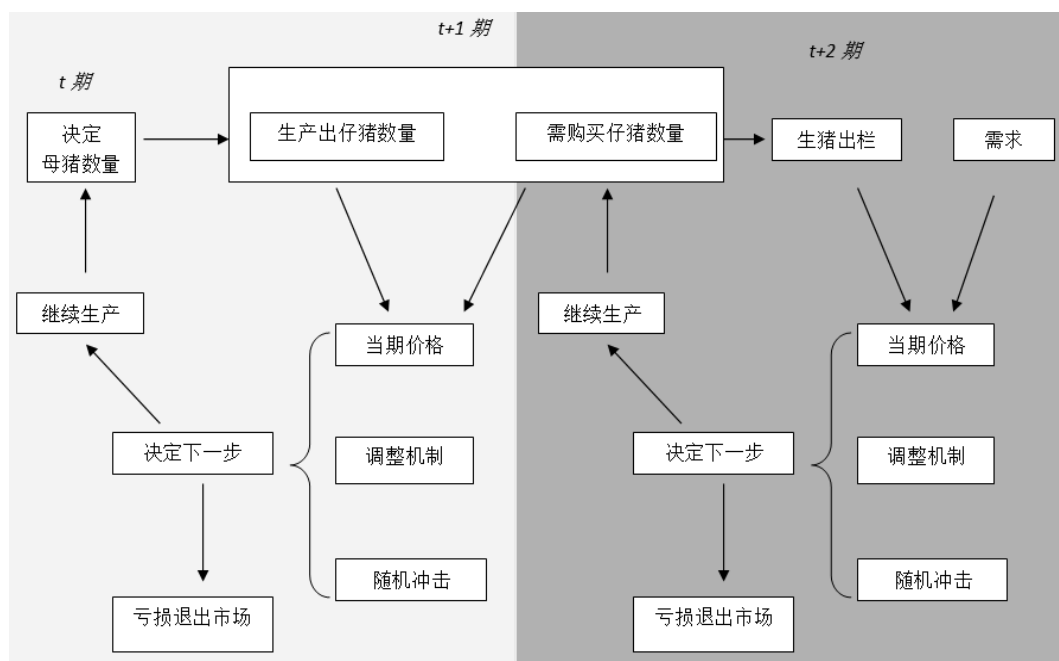
猪肉价格放到现在的决策信息集当中。通常情况下，农户的规模越小，就越容易受到流动性约束以及信息约束的影响。而中国生猪养殖市场的分散化程度仍然很高，在 2010 年，全年出栏数在 100 头以下的生产者占比接近 50%。因此，市场进出和流动性约束等对猪肉供给的影响，对理解猪肉价格波动性具有重要作用。

图 3-1 猪肉生产的全流程：一个市场



但是在实际情况中，除了个别大规模养殖企业之外，一般而言，母猪、生猪的生产是相对独立、又有互动关系的两个市场体系。当然，这两个市场通过仔猪的供求会发生紧密联系。对图 3-1 进行修正，得到的图 3-2 揭示了母猪、生猪两个市场之间的关系。首先， t 时刻的母猪厂商决定生产数量，滞后一期即 $t+1$ 期得到仔猪数量；这时候下游的生猪养殖户在市场上释放对仔猪的需求，与仔猪的供给因素共同决定了价格。然后母猪厂商再结合调整机制等因素决策下一步的生产决策。而在这时候，下游的仔猪厂商开始进行生产程序，再经过一个时期的滞后，即在 $t+2$ 时刻，得到了生猪的出栏数量，这一供给情况再与当时的市场需求结合，得到了当时的猪肉价格，然后猪肉厂商再根据相关信息决定下一步的生产。在 $t+1$ 期母猪生产者决定下一轮的产量， $t+2$ 期生猪生产者决定下一轮的产量，这些行为都将对后期猪肉产量、价格产生影响。因此，如果母猪市场是相对分散、接近完全竞争的情况，则整个猪肉市场将是母猪、生猪两个蛛网市场的叠加。不过，如果母猪市场集中度较高，则整个市场仍将以单个蛛网为主。在母猪市场作为蛛网形式加入的情况下，这个双蛛网模型的滞后期将是 2 期（这里的 2 期是指两个生产周期）。

图 3-2 猪肉生产的全流程：母猪和生猪两个市场的整合



为了分析生猪价格的动态波动性及其影响因素，我们将在滞后期为 2 期的传统蛛网模型基础上，引入流动性约束等条件，并内生异质性农户的市场进入和退出机制，从而构建一个包括母猪和生猪生产过程的异质性蛛网模型。

五、母猪—生猪生产过程的蛛网模型分析

在本小节，我们的主要目的是建立一个包括母猪和生猪生产过程的异质性蛛网模型，并且通过引入流动性约束等条件，将异质性农户的市场进入和退出机制内生，以此来分析生猪价格的动态波动性。

（一）基础模型

生猪市场的供、求平衡

为了使模型在易于分析的同时又能获得其政策含义，我们首先将模型基础部分按照经典线性蛛网模型的思路进行设定。如下所示，(1) 式表示生猪市场的线性需求曲线：

$$Q_t^d = a - bp_t. \quad (1)$$

其中， Q_t^d 表示 t 时刻的猪肉需求量， p_t 是 t 时刻的猪肉价格；参数 a 和 b 都

是非负的常数，分别代表消费者对猪肉的偏好以及对价格的敏感程度。随着收入的提高，消费者对价格的敏感程度 b 可能会不断下降。

给定母猪的繁殖率 f ，(2)式表示市场上农户 i 在时间 t 时的生猪猪肉供给：

$$q_{i,t}^s = f S_{i,t-1}^s. \quad (2)$$

其中， $q_{i,t}^s$ 是农户 i 在 t 时期生猪猪肉的供给量， f 是每头母猪产仔头数，代表生产仔猪的技术水平。这里我们假设，将每 1 期的时间长度定义为：母猪所产的仔猪，通过这段时间能够成长为符合出栏条件的生猪。由于 t 时刻的生猪数量仅取决于 $t-1$ 时刻的仔猪数量，而 $t-1$ 时刻的仔猪数量又最终取决于当时的能繁母猪数量 ($S_{i,t-1}^s$)，因此 t 时刻生猪的供给量就是 $f S_{i,t-1}^s$ 。

(3)式则表示：市场上消费者的猪肉总需求，以及各个生产者的生猪供给，两者达到市场出清的均衡状态：

$$Q_t^d = Q_t^s = \sum_{i \in M_t} q_{i,t}^s. \quad (3)$$

其中， M_t 代表 t 时期市场上生猪养殖农户的集合。因此，市场出清的猪肉均衡价格 P_t 将满足以上 t 时期市场上猪肉总需求等于总供给的市场出清条件。给定

(1)、(2)和(3)式，我们可以将 t 时期的猪肉价格 P_t 用下式表示：

$$p_t = [Q_t^d]^{-1}(Q_t^s) = [Q_t^d]^{-1}\left(\sum_{i \in M_t} q_{i,t}^s\right) = [Q_t^d]^{-1}\left(\sum_{i \in M_t} f_t S_{i,t-1}^s\right). \quad (4)$$

如上式所示，生猪猪肉价格的动态变化及其波动性，将主要取决于每个农户对能繁母猪的最优供给决策。那么接下来我们就来设定模型中能繁母猪的最优供给决策。

能繁母猪的最优供给决策

假设生猪市场是一个完全竞争性的市场，该市场上的生产者都是价格接受者，每个农户的最优猪肉供给 $q_{i,t}^s$ 将取决于农户的生产技术。即给定饲养能繁母猪的成

本函数，所选择能繁母猪的供给数量，要实现农户预期利润最大化。这里我们假设农户 i 在 t 时期的预期利润 $\pi_{i,t}$ 为：

$$\pi_{i,t} = p_{i,t-2 \rightarrow t}^e q_{i,t}^s - C(q_{i,t}^s). \quad (5)$$

其中， $p_{i,t-2 \rightarrow t}^e$ 表示农户 i 在 $t-2$ 时期所预测的两期后即 t 时期的生猪猪肉价格。正如上面的讨论所示，农户 i 在 t 时期的猪肉供给 $q_{i,t}^s$ 与当期猪肉价格无关，主要取决于上期的能繁母猪数量 $S_{i,t-1}$ 。所以我们可以将上式改写为如下 (6) 式：

$$\pi_{i,t} = p_{i,t-2 \rightarrow t}^e f S_{i,t-1} - C(f S_{i,t-1}). \quad (6)$$

因此，农户 i 的能繁母猪的最优供给决定为：

$$S_{i,t-1} = \arg \max \{ p_{i,t-2 \rightarrow t}^e f S_{i,t-1} - C(f S_{i,t-1}) \} = [C']^{-1}(p_{i,t-2 \rightarrow t}^e f). \quad (7)$$

为了使分析简单化，我们假设成本函数 C 是一个具有如下形式的二次函数：

$$C(S_{i,t}) = f \cdot \left(\frac{1}{2\beta} \cdot S_{i,t}^2 + \frac{\gamma}{\beta} \cdot S_{i,t} + \delta \right). \quad (8)$$

其中，参数 β 、 γ 和 δ 都是非负的常数。那么结合式 (7) 和 (8)，我们就能得到一个反映上游能繁母猪生产情况的线性供给函数，如 (9) 式所示。该供给函数显示：各个生产者的能繁母猪的供给与生猪预期价格具有线性正相关关系。

$$S_{i,t-1} = -\gamma + \beta p_{i,t-2 \rightarrow t}^e. \quad (9)$$

上式描述的含义是：如果预期两期后市场上猪肉价格上涨，农户将提高能繁母猪的生产。因为能繁母猪的生产也存在 1 期滞后，因此农户在 $t-2$ 时期所预测的 2 期后的生猪猪肉价格 $p_{i,t-2 \rightarrow t}^e$ 决定了下一期的母猪数量 $S_{i,t-1}$ ，并且与其正相关。

猪肉价格的动态描述

按照经典蛛网模型的思路，我们还假设：农户基于如下适应性预期来预测 2 期后市场上的生猪猪肉的价格。

$$p_{i,t \rightarrow t+2}^e = p_{i,t-1 \rightarrow t+1}^e + \lambda_i (p_t - p_{i,t-1 \rightarrow t+1}^e). \quad (10)$$

其中， λ_i 表示农户 i 的适应性预期调整系数。在此基础模型中，我们假设生产农户是同质的。不失一般性，还可将市场上农户数量标准化为 1。那么将以上生猪猪肉市场的需求函数(1)式、母猪和生猪的供给函数(2)和(9)式、市场出清条件(3)式、以及农户的适应性预期表达式(10)结合起来，我们可以得到生猪猪肉价格 (P_t) 的动态运动法则，其形式为如下式(11)的一元的二阶差分方程：

$$p_t + (\lambda - 1)p_{t-1} + \frac{f\beta}{b} \lambda p_{t-2} = \frac{a + f\gamma}{b} \lambda. \quad (11)$$

(二) 基准模型的分析

虽然在上节中我们得到了描述生猪猪肉价格动态运动法则的一元二阶差分方程，而且可以证明此方程存在解析解，但是其解析解的形式根据参数将有所不同。

所以我们进一步假设适应性预期调整系数 $\lambda = 1$ ，即假设一种具有简单预期形式的特殊适应性预期 ($p_{i,t}^e = p_{i,t-2}$)，那么猪肉价格的动态运动法可以简化为如下形式的一元二阶差分方程：

$$p_t + \frac{\beta f}{b} p_{t-2} = \frac{a + \gamma f}{b}. \quad (12)$$

解之可得如下式(13)：

$$p_t = \left(\frac{\beta f}{b}\right)^{\frac{t}{2}} (B_1 \cos \frac{\pi}{2} t + B_2 \sin \frac{\pi}{2} t) + \frac{a + \gamma f}{b + \beta f}. \quad (13)$$

其中， B_1 和 B_2 为可根据初始条件确定的任意常数。

至此，除了生猪猪肉生产的滞后期为两期之外，本文关于生猪猪肉价格的动态模型设定和传统的简单预期的线性蛛网模型非常相似。这一基础模型的优势是具有唯一的解析解，可以帮助我们有效分析模型参数变量对猪肉价格波动的影响。根据 (13) 式，猪肉价格可以分解为两项。第一项是，

$p_t = \left(\frac{\beta f}{b}\right)^{\frac{t}{2}} (B_1 \cos \frac{\pi}{2} t + B_2 \sin \frac{\pi}{2} t)$ ，这描述了猪肉价格的波动周期。第二项是

$\frac{a+\gamma f}{b+\beta f}$ ，这描述了猪肉价格的变化趋势。从中我们可以得到以下几个重要结论：

第一，猪肉消费需求对价格的敏感系数 b ，其下降将带来短期价格波动性的放大，以及长期价格趋势性的上升。有统计证据显示，在收入提高过程当中，该敏感系数呈现下降。其支撑的传导机制是：收入上升（假设此时猪肉价格不变，消费数量增加缓慢）→ 猪肉在总支出中的比重下降 → 需求价格弹性下降。猪肉消费需求对价格的敏感系数 b 是对需求价格弹性的一个近似，因此在收入提高过程当中，猪肉消费对价格敏感程度下降，从而导致价格短期波动大，并在长期呈现出上涨趋势。从这一角度来看，猪肉价格波动性的突然上升，可能与我国人均收入在 2006 年之后加速上涨有密切的关系。

第二，技术进步，即能繁母猪产仔比例 f 的上升，将导致短期内猪肉价格波动放大；同时，价格在长期可能出现趋势性下降。短期中，能繁母猪能够生产仔猪的比例 f 上升会加大价格的波动性，这是因为：每头母猪能够生产的仔猪数量上升，就意味着母猪到仔猪的生产乘数效应更为明显。相同的母猪数量波动，将引起滞后期中仔猪数量的更大波动。在 2005 年到 2007 年之间，中国的仔猪生产技术 f 有明显的跳跃性提高（徐奇渊，2011）。同时我们可以发现，猪肉价波动性放大，也正是在这段时间发生的。

另一方面，由于 f 同时出现在分子和分母中，所以技术进步对长期价格趋势的影响在理论上并不明确。但是，在符合一定假设条件的情况下²，例如，猪肉消费需求对价格的敏感系数 b 相当小，而母猪产量对生猪肉价格的敏感程度（ β ）非常大³，那么技术进步（ f 上升）会导致猪肉价格会出现趋势性下降。

² 只要 $\gamma b - (a+c)\beta < 0$ ，则技术进步（ f 上升）将导致猪肉价格会出现趋势性下降。这

是因为，将第二项（趋势项）对 f 求偏导数可以得到下式：
$$\frac{\partial p_{trend,t}}{\partial f} = \frac{\gamma b - (a+c)\beta}{(b+\beta f)^2}。$$

³ 由于母猪到仔猪生产的乘数效应，例如一头能繁母猪一年可产仔猪 10 头，则这种乘数效应为 10。在此情况下，母猪产量的决策将对猪肉价格非常敏感，从而 β 的取值确实可能很大。

第三，猪肉消费者的偏好因素 α ，以及母猪的生产成本 γ ，这些因素均会对猪肉价格的长期趋势产生影响；但其对价格的波动性本身并没有影响。

(三) 引入流动性约束及市场进入退出机制的异质性模型

基于前文分析，中国的生猪养殖市场中散养户占据非常重要的地位。这导致单个生产者更容易受到流动性约束的影响，进而生产者也更容易受到市场进入退出条件的影响，这些都导致中国猪肉价格更具有波动性。因此，本文还将引入农户的流动性约束等条件，并分析由此导致的内生性市场参与机制对猪肉价格波动造成的影响。接下来，我们将对模型做一些设定，包括农户资产和负债规模、信贷约束条件、以及相应的市场进入和退出机制，以反映中国生猪养殖市场的结构性特点。

首先我们假设：每个生产农户能够通过每期的利润来累积财富，并进行相应的资产投资 ($A_{i,t}$)。而且我们进一步假设，其资产具有非流动的性质。因此如果农户在 t 期出现亏损，就必须依赖银行信贷 ($L_{i,t}$) 来弥补损失，从而继续留在市场上。否则，由于无法继续维持经营活动，生产者将在 t 期末退出市场，并且不再参与下一期的市场活动。因此，这里的信贷约束条件也可以表述为流动性约束条件。具体而言，每个农户 i 在 t 期末的资产 $A_{i,t}$ 和负债 $L_{i,t}$ 将分别按照 (14) 式、(15) 式，基于各期利润不断发生动态变化：

$$A_{i,t} = \begin{cases} A_{i,t-1}(1+r_a) + (\pi_{i,t} - L_{i,t-1}(1+r_l)) & \text{if } \pi_{i,t} - L_{i,t-1}(1+r_l) \geq 0; \\ A_{i,t-1}(1+r_a) & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (14)$$

$$L_{i,t} = \begin{cases} 0 & \text{if } \pi_{i,t} - L_{i,t-1}(1+r_l) \geq 0; \\ L_{i,t-1}(1+r_l) - \pi_{i,t} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (15)$$

其中，我们假设农户资产能够获得 r_a 的收益率，同时必须为其负债担负 r_l 的贷款利率。

接下来我们将引入信贷约束条件和市场退出机制。由于我们假设农户资产具

有非流动的性质，所以农户一旦出现亏损，只能以其资产作为抵押获得银行的流动性贷款以期继续留在市场上，否则必须立即退出市场。换句话说，由于存在信息不对称和合约执行等问题，信贷市场不是一个完美的市场，农户只有通过向银行提供资产抵押，才能从银行获得信贷。因此，生猪养殖农户的信贷能力存在信贷上限，这一上限取决于其可抵押的资产价值。在此，我们将农户 i 在 t 时期的资产 $A_{i,t}$ 作为其当期获得银行信贷的抵押品。并且我们进一步假定，生猪养殖农户的银行信贷上限，为其资产的一定比例 τ 。如果农户 i 的资产负债比例 $L_{i,t}/A_{i,t}$ 超出这一上限 τ ，则该生产农户就无法获得新的信贷，此时如果继续亏损，该农户将不得不退出市场：

$$\{i \in M_t\} \cap \{L_{i,t}/A_{i,t} > \tau\} \Rightarrow \{i \notin M_{t+1}\}. \quad (16)$$

其中， M_t 代表当期留在市场上的农户及其数量。退出市场之后的农户，在将来仍然有机会重返市场。这里我们还进一步假设，市场上的生猪养殖农户和市场之外潜在的农户之和一定，以常数 m 表示。

最后，我们将讨论潜在生产农户的市场进入机制。也就是说，在以上农户退出市场的同时，我们还假设存在一系列潜在生产农户。这些农户对本期市场平均利润进行观察，并决定是否进入生猪养殖市场。如果其观察到的平均利润越高，其进入市场的可能性也就越高。但是猪肉生产具有时滞性，所以潜在生产农户的供给能力只有在两期后才会给市场带来变化。

$$\text{if } i \notin M_t \Rightarrow \Pr\{i \in M_{t+2}\} = \begin{cases} \frac{\exp(\theta \cdot \bar{\pi}_t)}{\exp(\theta \cdot \bar{\pi}_t) + 9}, & \text{if } \bar{\pi}_t \geq 0; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (17)$$

潜在的生猪养殖户对 t 期进行观察， $\bar{\pi}_t = \frac{1}{M_t} \cdot \sum_{i \in M_t} \pi_{i,t}$ 表示该潜在农户观察到的当期农户集合 M_t 中农户的平均利润； θ 表示潜在生猪养殖农户对当期市场平均利润的敏感度。也就是说，一方面，如果潜在农户发现生猪市场有利可图就将考虑进入猪肉市场。潜在农户进入市场的概率不仅受到平均利润高低的影响，而且还取决于农户对当期市场利润的敏感程度。市场平均利润越高，则农户进入的

意愿就越强烈；潜在农户对当期市场平均利润的敏感度 θ 越高，则其进入市场的概率也就越高。根据(17)式的设定形式，当 $\theta=0$ 时，只要市场平均利润为正值，无论市场平均利润大小，农户进入市场的概率都为10%；而当 $\theta \rightarrow \infty$ 时，所有潜在农户都将进入市场。另一方面，如果潜在农户发现猪肉市场出现亏损则将选择不进入市场。

综上所述，我们在基础模型中引入了农户资产和负债规模、信贷约束条件、以及市场进入和退出机制。一方面，市场上的生产农户资产规模越小，在给定的资产负债比例上限约束下，其获得的银行流动性贷款规模越小，则其受到的流动性约束越紧，从而在面临负面冲击的时候，小规模农户退出市场的可能性就越高；另一方面，养猪的平均利润越高，或者潜在养殖户对当期市场平均利润的敏感度越高，则潜在农户进入市场的可能性也就越高。其他条件不变的情况下，较高的猪肉价格会带来较高的市场平均利润，这将会引致更多的农户进入；但是更多的生产农户的进入将会引起猪肉价格的下跌，从而引致亏损迫使一部分农户退出市场。因此，内生性的市场进入和退出机制有可能会影响猪肉市场价格的动态波动，引起猪肉价格波动幅度的变化。

(四) 数值模拟分析结果

4.1 模拟参数

本小节中，我们将利用蒙特卡洛模拟方法，考察上节模型中猪肉市场价格的动态变化。具体而言，首先对基础模型的模拟参数做以下设定：消费者： $a=50, b=0.5$ ；农户： $\beta=27/1000, \gamma=0, \delta=10, f=1.0$ 。⁴其次，本文将市场上潜在的异质性农户样本集合总数设定为 $m=100$ 。生猪养殖户 i 的异质性，则由该农户的适应性调整系数 λ_i 表示，根据区间 $[0,1]$ 上的均匀分布随机选取。初期市场上的农户数量及其预期价格的初始值分别根据区间 $[1, \frac{m}{4}]$ 和 $[0, \frac{b}{a}]$ 上的均匀分布随机选取。为简单起见，这里我们将资产收益率 r_a 和负债利率 r_l 都设定为零。

⁴ 本文模型参数的设定参考蛛网模型数值模拟文献中的参数值，例如 Brock and Hommes 1997,1998; Dieci and Westerhoff 2009,2010; Colucci and Valori 2011a,2011b。

本文模拟所关注的焦点，集中在农户面临的流动性约束和农户对当期市场的敏感度这两方面，因为两者的参数变化，将通过农户的进入和退出市场机制产生作用，并最终影响猪肉价格的波动性和趋势。在汇报模拟结果之前，我们还要介绍模型中关于农户面临流动性约束和农户对当期市场的敏感度等重要参数，并解释两者在模型中是通过何种机制，对猪肉价格的动态产生影响的。

假设在本期市场上生猪供给水平较低，给定消费者的需求以及市场出清条件，消费者必须为猪肉支付较高价格，因此本期生猪市场上的农户利润普遍较高。这将吸引更多的潜在农户进入到生猪养殖市场。与此同时，农户进入市场的概率还受到其对当期市场利润水平敏感度的影响。这一敏感度越高，就会有更多的潜在生产者进入，从而市场上的猪肉供给增幅就更大（要经过两期滞后）。给定消费者的需求，生猪供给的增加将会导致市场出清条件下猪肉价格的降低，这会使得农户的利润普遍下降，部分农户甚至出现亏损。如果由于流动性约束而无法获得足够的信贷支持，那么亏损的养殖户就被迫退出市场。这将会导致两期之后生猪供给的相应减少。因此，由于引入了农户对市场利润的敏感度、以及农户进入和退出市场的机制，猪肉价格将会围绕长期均衡值产生较复杂的周期性波动。

我们将设定不同的流动性约束水平、农户对当期市场利润的敏感度水平，从而考察由此引发的生产者进入和退出所导致的猪肉价格波动性差异。具体而言，本文将设定不同的信贷约束比例上限 $\tau = [10\%, 20\%, \dots, 100\%]$ ，不同的农户初始资产规模 $A_0 = [25, 50, 100]$ ，以及农户对当期市场利润的不同敏感度 $\theta = [0.0\%, 0.5\%, 1.0\%]$ 。

给定样本初始值，对于每一个参数组合，我们将首先进行样本大小为 1,000 期的数值模拟，并且计算相应的价格均值和标准差。然后通过重复进行 10,000 次蒙特卡洛模拟得到每一个参数组合下猪肉价格均值和方差的期望值。模拟结果报告和分析如下。

4.2 流动性约束（ A_0 和 τ ）

首先，为了分析流动性约束对猪肉价格趋势和波动性的影响，我们通过改变农户所面临的流动性约束条件来进行研究。在扩展模型中，农户的流动性受到两个方面因素的制约：一是农户规模；二是信贷约束比例。这是因为信息不对称和

合约执行等问题，信贷市场并非完美，从而农户的信贷能力受到其可抵押资产价值的限制而存在信贷上限。而且，本文进一步假设了银行信贷上限为农户资产的一定比例 τ 。因此农户资产规模 (A_0) 越大，银行信贷所允许的资产负债比例上限 (τ) 越高，农户融资的能力就越强，面临的流动性约束就越小，从而其对市场风险的抵御能力也越强。

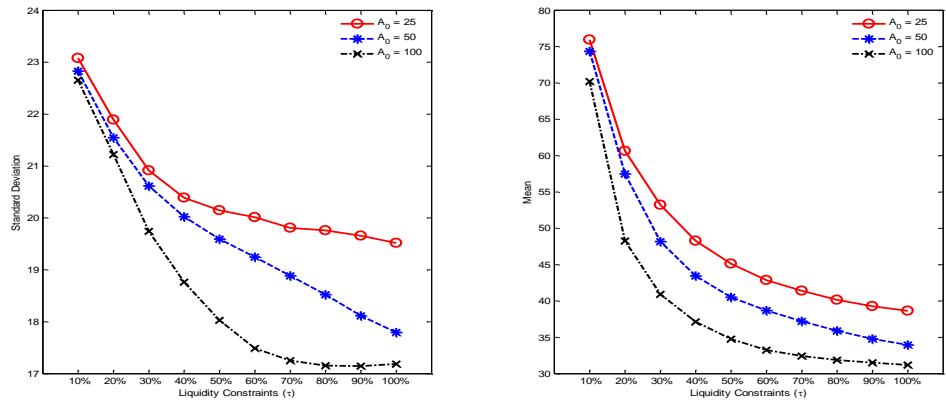


图 4：流动性约束对猪肉价格及波动性的影响

图 4 显示了在不同的信贷约束比例上限 (τ) 和农户初始资产规模 (A_0) 的组合条件下，以猪肉价格的波动性 (标准差) 和趋势性 (均值)。观察图 4，我们可以得到以下两个结论。

第一，给定农户的初始资产规模，随着信贷约束比例上限 τ 的提高，猪肉价格不仅波动性逐渐减小，而且长期价格均值的变化也是趋于降低。而且，无论价格的波动性还是趋势变化都表现出了非线性的形式。在信贷约束上限较低的状况之下 (例如， $\tau = 10\%$)，随着信贷约束上限 τ 的提高，不但猪肉价格的波幅会很快下降，而且猪肉价格的绝对水平也显示出了趋势性快速下降。但是，随着信贷约束上限 τ 的进一步提高，猪肉价格的波动性和趋势变化都会迅速收窄。也就是说，在信贷约束较紧的状况之下，提高信贷约束上限 τ 对猪肉价格的稳定性作用更大。

第二，给定信贷约束比例上限，如果我们提高农户的初始资产规模，也将有助于猪肉价格波动性的缩小以及长期价格趋势性的下降。同时还可以发现，农户资产规模对价格的波动性、趋势性变化的影响程度，都依赖于信贷约束的状态。

如果信贷约束上限较紧（例如， $\tau = 10\%$ ），农户资产规模对猪肉价格的波动性影响有限。但是随着信贷比例上限 τ 的提高，也就是资产的抵押价值增强，则农户资产规模对于猪肉价格波动性的影响也将放大。换句话说，只有在信贷约束上限较高的情况下，农户资产规模的提高才能够对农户抵御流动性风险起到显著作用，从而有利于猪肉价格的稳定。

4.3 农户对当期市场利润的敏感度（ θ ）

在此，我们将通过改变农户对当期市场利润的敏感度水平，考察其对生猪价格趋势和波动的影响。如果农户对当期市场利润的敏感度水平有上升，可能是由于其对长期信息收集能力的不足、理性不足所致。图 5 显示了在不同信贷约束比例上限（ τ ）和农户对当期市场利润敏感度水平（ θ ）的组合条件下，猪肉价格的波动性（标准差）和趋势性（均值）。可以发现，农户对当期市场利润的敏感度水平提高，不仅会放大猪肉价格的波动，而且还将在一定程度上推升猪肉价格的长期走势。同样还可以发现，在信贷约束较紧的情况下，农户对当期利润的敏感度水平对猪肉价格波动能够产生更大的影响。

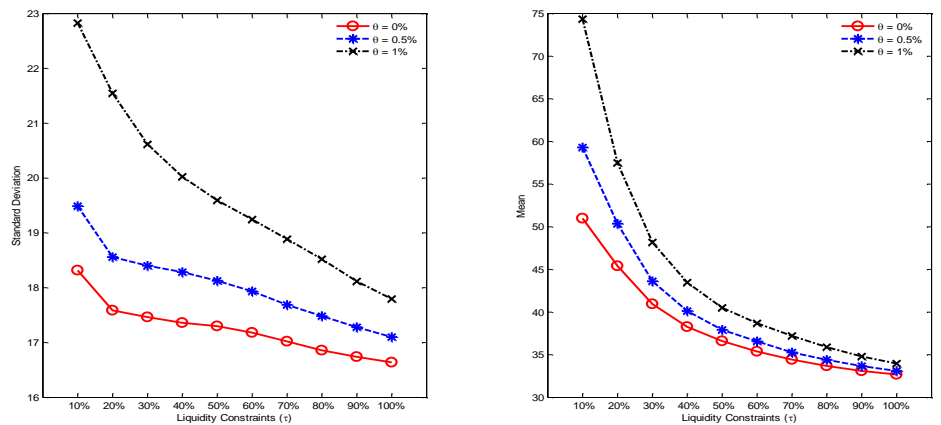


图 5：利润敏感度对猪肉价格及波动性的影响

4.4 母猪产仔技术与消费者需求弹性

最后，我们将通过蒙特卡洛模拟的分析方法，检验不具有市场进入和退出机制的基准模型中得到的两个重要结论：母猪产仔技术、消费者需求弹性对猪肉价

格的波动性也具有重要影响。这里我们首先分别设定信贷约束比例上限 $\tau = 50\%$ ，农户初始资产规模 $A_0 = 50$ ，以及农户对当期市场的敏感度 $\theta = 1\%$ 。然后我们通过改变代表农户生产技术的母猪产仔率（ $f = [1.0, 1.05, 1.10]$ ）和消费者的需求弹性（ $b = [0.45, 0.50, 0.55]$ ），来分析其对生猪猪肉市场上的价格趋势和波动性的影响。图 6 显示了在不同的产仔技术水平（ f ）和消费者的需求弹性（ b ）的组合条件下，猪肉价格的波动性（标准差）和趋势性（均值）。即使考虑了农户的异质性、市场进入和退出的机制，模拟的结果依然证实了本文基础模型的主要结论。一方面，猪肉消费需求对价格的敏感度的降低，在放大猪肉价格波动性的同时，还将引起长期价格趋势性的上涨。另一方面，产仔技术水平的上升将会导致猪肉价格波动幅度的放大，但是并没能引起价格趋势性的下降⁵。

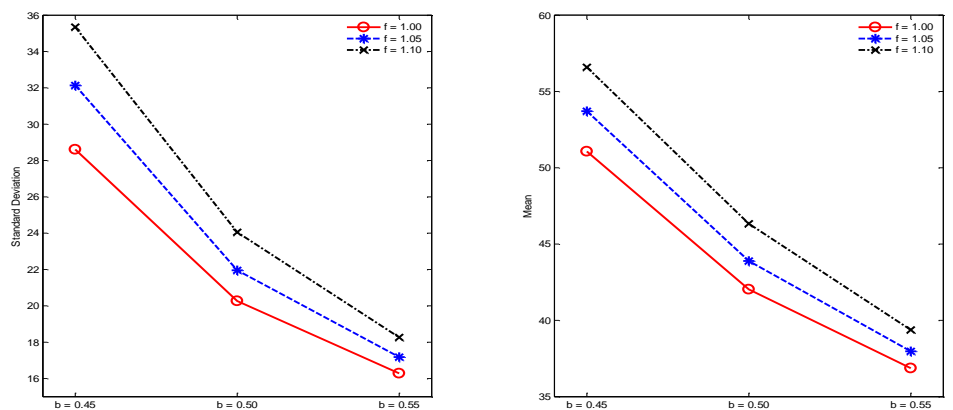


图 6：产仔技术和消费需求弹性对猪肉价格及波动性的影响

五、结论与政策建议

通过比较猪肉和其他肉类的价格波动、市场结构特点，我们发现与价格平稳的肉鸡生产相比，生猪养殖市场具有规模化程度低、市场集中度低的特征。其实与美国等国家的生猪养殖市场相比，中国的生猪养殖市场也存在类似的特点⁶。这

⁵ 在图 6 的模拟结果中，产仔技术进步并没有能够引发猪肉价格的下降，这和前文对基准模型中 (13) 式的分析完全一致。当然，这一结果也并不表明，产仔技术进步必然发到猪肉价格上升。正如前文基于 (13) 式的分析，以产仔率为标志的技术进步，与猪肉价格趋势之间的关系是不确定的。

⁶ 以 2009 年为例，美国前五大企业的生猪养殖规模，占到全国市场的 77.8%。数据来源：USDA Livestock Slaughter Annual Summary at & Poultry, 2009.

种特点，可以通过影响生产技术水平、生产者的信息收入能力及其理性程度，以及流动性约束等渠道，对猪肉生产、价格波动性产生重要影响。

以上述事实特征和理论假设为基础，本文在刻画母猪一生猪生产全流程的基础上，构建了一个滞后期为 2 个生产周期（母猪生产和生猪生产周期）的基准蛛网模型。然后，本文将其进一步扩展为异质性蛛网模型，并且引入了流动性约束条件、市场进入和退出机制等，对猪肉价格的波动进行了数值模拟研究。

本文的基础模型分析显示：（1）猪肉消费需求对价格的敏感度下降，将引起猪肉价格的短期波动性和长期趋势性的上升。（2）以能繁母猪产仔率为标志的技术进步，将在短期放大猪肉价格的波动性，在长期对猪肉价格的影响则存在不确定性。

在基准模型中引入农户异质性、以及市场进入和退出机制之后，我们得到了扩展的模型。基于此的数值模拟分析显示：（1）首先，农户规模和信贷抵押约束比例这两大因素通过流动性约束效应，对猪肉价格的波动性产生了重要影响。而且，两大因素的作用具有交互性特征，特别地：只有在信贷抵押约束上限较高的情况下，农户资产规模的提高才能够大幅增强其抵御流动性风险的能力，从而有利于稳定猪肉价格的稳定。否则，在信贷抵押约束较紧的情况下，即使农户资产规模提高，其对猪肉价格的稳定作用也非常有限。（2）其次，小规模农户的信息收集处理能力不足，会导致其对当期市场利润敏感度水平较高，这将放大猪肉价格的波动幅度。尤其是在信贷约束较紧的情况下，农户对当期利润的较高敏感性，将对猪肉价格波动能够产生更大影响。（3）最后，即使考虑了农户的异质性、市场进入和退出的机制等因素，数值模拟结果依然证实了基础模型的前述主要结论。

基于上述理论分析，我们给出的政策建议是：第一，在居民收入迅速提高，对猪肉价格弹性存在下降趋势的情况下，猪肉价格的波动性上升、及其价格水平上涨将是不可避免的。对于这种合理性和必然性要有所认识。因此，对猪肉价格本身的上涨和波动，要有一定的政策容忍度。

第二，要实施有利于提高市场集中度的调控政策，培育具有规模化的生猪养殖生产者。这是因为养殖户资产规模的提高，不仅能够大幅增加其现金流和获得信贷支持的融资能力，从而改善他们面临的流动约束问题；而且，农户规模和专业化水平的提高，还有助于增强其理性和信息收集能力，降低对当期市场利润的敏感度水平。这都将对稳定市场起到积极作用。

第三，取消对农户养殖能繁母猪的补贴。基于实地调研和本文的理论模型分析，这种补贴有以下弊端：（1）操作效果不理想，由于能繁母猪和普通母猪难以分辨，因此操作起来困难，容易产生虚报的问题。（2）对农户饲养能繁母猪的补贴，保护了小规模生产，阻碍了市场集中度的提高及规模养殖的发展，不利于平缓猪肉价格的波动性。

第四，加强对养殖农户的信贷支持，发展猪肉市场的期货产品，完善猪肉价格的预期形成机制。目前，对于猪肉价格的大幅波动，大规模生产者自备充足的现金流进行抵御，而小生产者则基本没有承受风险的能力。但如前所述，由于收入上升、技术进步等原因，猪肉价格的波动性还在放大。因此，加强对猪肉生产者的信贷支持，发展猪肉价格的期货产品，为生产者提供金融避险工具，将对稳定市场价格将起到重要的作用。

参考文献：

1. 陈伟，2007：“关于我国肉猪生产蛛网模型的修正”，《中国物价》第10期。
2. 高善文、尤宏业、莫倩、高伟栋，《掀开货币的面纱之三--中国通货膨胀的理解框架》，《安信证券宏观研究》，2011年8月17日。
3. 関志雄，《中国情勢レポート》，株式会社野村資本市場研究所，No.11-02,2011年2月23日。
4. 毛学峰，曾寅初，2008：“基于时间序列分解的生猪价格周期识别”，《中国农村经济》第12期。
5. 潘巧莲，2012：“2011年生猪市场回顾与2012年展望”，《中国畜牧杂志》第2期。
6. 潘巧莲，2013：“2012年生猪市场回顾与2013年展望”，《中国畜牧杂志》第2期。
7. 綦颖，吕杰，宋连喜，2007a：“关于中国生猪产业的周期波动问题探析”，《农业现代化研究》第5期。
8. 綦颖，吕杰，宋连喜，2007b：“生猪价格波动的经济学分析”，《中国畜牧杂志》第2期。
9. 司智陟，2014：“近年我国猪肉价格波动分析”，《养猪》第6期。
10. 孙莹，2014：“近期我国猪肉价格波动的原因及对策”，《宏观经济管理》第5

期。

11. 吴瑛, 2011, “基于蛛网理论的我国近 10 年生猪价格波动分析”, 《广东农业科学》第 3 期。
12. 徐奇渊, 2010: 《2010 年 CPI 走势展望——基于猪肉、蔬菜价格和基期效应》, 《宏观经济研究》, 第 6 期。
13. 徐奇渊, 2011: 《中国消费者物价指数: 理论、经验和政策研究》, 中国社会科学院世界经济与政治研究所 博士后出站报告。
14. 严斌剑, 卢凌霄, 2014: “生猪价格波动周期的特点及其调控”, 《价格理论与实践》第 8 期。
15. 虞华, 原娟娟, 彭莉, 2015: “2014 年我国生猪生产形势分析及 2015 年走势研判”, 《肉类工业》第 1 期。
16. 赵奉军, 2009: “基于谱分析的中国生猪周期波动研究”, 《统计与信息论坛》第 12 期。
17. 中国人民银行调查统计司 2010: 《金融统计分析报告》, 中国金融出版社, 北京。
18. 钟正生、林虎, 2014: 《再论猪周期》, 国信证券经济研究报告, 11 月 6 日。
19. 周望军, 2010: “稳定生猪市场的实证研究”, 《价格理论与实践》第 6 期。
20. 周异, 2009: “基于繁殖规律的生猪市场供应模型”, 《华南农业大学学报: 社会科学版》第 8 卷第 1 期。
21. 诸建芳、孙稳存, 2010, 《猪价、粮价调研报告》, 中信证券研究报告, 8 月 30 日。
22. Chavas, J., 1999, “On the economic rationality of market participants: the case of expectations in the u.s pork market”. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 24, No. 1, pp.19-37.
23. Chavas, J., and Holt, M., 1991, “On nonlinear dynamics: The case of Pork cycles.”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 73, No. 3, pp. 819-828.
24. Colucci, D., and Valori, V., 2011a, “Can endogenous participation explain price volatility? Evidence from an agent-based cobweb model.”, *Computational Economics*, Vol. 38, No. 3, pp. 425-437.
25. Colucci, D., and Valori, V., 2011b, “Adaptive expectations and cobweb

- phenomena: Does heterogeneity matter?”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 35, No. 8, pp. 1307-1321.
26. Commendatore, P., Currie, M., 2008, “The cobweb, borrowing and financial crises.”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 66, No. 3-4, pp. 625–640.
 27. Brock, W., Hommes, C., 1997. “A rational route to randomness.”, *Econometrica*, Vol. 65, 1059–1095.
 28. Brock, W.A., Hommes, C.H., 1998. “Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model.”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 22, 1235–1274.
 29. Dieci, R., Westerhoff, F., 2009. “Stability analysis of a cobweb model with market interactions.”. *Applied Mathematics and Computation* Vol. 215, 2011–2023.
 30. Dieci, R., & Westerhoff, F., 2010, “Interacting cobweb markets.”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 75, No. 3, 461-481.
 31. Harlow, A., 1960, “The hog cycle and the cobweb theorem.”, *Journal of Farm Economics*, Vol. 42 No. 4, pp. 842-853.

免责声明：

本报告非成熟稿件，仅供内部讨论。版权为中国社会科学院世界经济与政治研究所全球经济治理研究室、经济发展研究室所有，未经本中心许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、上网和刊登，如有违反，我们保留法律追责权利。

联系邮箱：1357668101@qq.com