

# 垂直生产链、粘性信息与货币政策

邓燕飞\*    董丰†    张军‡

**内容提要：**本文构建了垂直体系的两个生产阶段的企业定价皆存在信息粘性的 DSGE 模型，并对由此产生的两条粘性信息菲利普斯曲线及其货币政策含义与此类模型中的两条新凯恩斯菲利普斯曲线及其货币政策含义进行了定性分析和定量比较，发现：（1）在模拟通货膨胀等宏观经济变量的外生惯性时，持续性冲击下才更易区分粘性信息和粘性价格理论，而无论是政策性还是非政策性的瞬时冲击发生时，脉冲响应并无明显不同；（2）以 Ramsey 问题测算的福利损失为基准，得到粘性信息和粘性价格理论中不同形式的最优简单规则下的相对福利损失一致显示，不应忽视 PPI 通货膨胀；（3）最优简单规则下依据粘性信息理论测算的福利损失值更靠近 Ramsey 问题的最优货币政策，因此在实际可操作的货币政策层面，仍应选择粘性信息模型。

**关键词：**垂直生产链；粘性信息；福利损失；最优货币政策；最优简单规则

## 一 引言

通货膨胀动态和最优货币政策是宏观经济学中紧密联系的两大核心议题。作为刻画通货膨胀动态的具体形式，通货膨胀方程（或称之为菲利普斯曲线）是央行最小化福利损失函数以得到最优决策的约束条件之一。要使货币政策分析可信，关键在于找到可靠的菲利普斯曲线（能否良好再现通货膨胀的外生惯性等典型特征）。基于对企业部门生产结构、市场环境、定价行为的不同设定，可以得到不同经济系统不同形式或者相同经济系统中不同生产阶段的若干条菲利普斯曲线。常见的新凯恩斯模型通常着眼于单个垄断竞争的生产过程当期仅有部分企业调整价格，本文将完善为投入-产出的两个生产阶段同为垄断竞争（后文简称“双垄断”）且全部企业当期都会调整价格但所用信息有所延迟（粘性信息）<sup>1</sup>，进而构建动态随机一般均衡理论背景下的双垄断新凯恩斯粘性信息模型，并通过福利损失定量比较粘性价格模型与粘性信息模型中各自的价格离散对货币政策的不同影响。为此，将根据 Mankiw and Reis (2002) 在以单个垄断竞争环境的生产阶段为特点模型中得到的粘性信息可以替换粘性价格的研究观点，对 Huang and Liu (2005) 以同为垄断竞争市场环境的垂直生产链为特点的粘性价格模型变动，改用粘性信息替换粘性价格。

\*邓燕飞，浙江财经大学经济学院，电子邮箱：dengyf@zufe.edu.cn；

†董丰，清华大学经济与管理学院，通讯作者，电子邮箱：dongfeng@sem.tsinghua.edu.cn；

‡张军，复旦大学经济学院，中国经济研究中心，电子邮箱：junzh\_2000@fudan.edu.cn。

<sup>1</sup>除了正文中所用的粘性信息理论，文献中另有理性疏忽（rational inattention）这样的信息摩擦设定，据此可以构建双垄断新凯恩斯理性疏忽模型，将另文讨论。值得一提的是，双垄断新凯恩斯模型的相似版本是兼有粘性价格和粘性工资的 DSGE 框架，该模型的特点是产品市场和劳动力市场皆为垄断竞争的市场环境，这不同于本文中不同生产阶段是垄断竞争的设定。

在古典模型<sup>2</sup>和凯恩斯模型中,通过简单的数学微分方法和矩阵求解技术,可以对包含若干个总体行为方程的经济系统的通货膨胀等内生变量的决定进行求解,古典模型得出的是“货币中性”<sup>3</sup>的经典结论,而凯恩斯模型进一步将经济系统的若干行为方程归结为 IS 和 LM 两条曲线,分析得到了“货币非中性”的不同结论(详见 Sargent, 1987)。这组截然对立的结论是经济学界长期争论的焦点(Goodfriend and King, 1997)。共同的问题是,古典模型和凯恩斯模型的若干总体行为方程缺乏微观基础,所以新古典和新凯恩斯主义者皆着手建立有微观基础的理论模型以巩固或完善其经典结论。<sup>4</sup>新凯恩斯框架下的特征之一名义刚性(或信息摩擦)使得通货膨胀和名义利率并不同步变动,这意味央行改变名义利率的同时可以影响到实际利率进而影响消费、产出等实际变量,故此,货币政策非中性。

既然货币政策有真实效应,自然的问题是,如何实现最优货币政策或施行可操作的最优简单规则?在垄断竞争和名义刚性(或信息摩擦)并存的市场环境中,控制住垄断竞争带来的稳态扭曲后<sup>5</sup>,若央行能实现弹性价格均衡并使社会总产出为自然率水平,可产生能实现帕累托最优(first-best)的货币政策。这是严格假设和理想市场环境下的产物,通常难以实现。<sup>6</sup>因而央行寻求在粘性价格均衡系统下最小化外生给定的或由家庭效用函数作二阶近似推导而来的福利损失函数(Ramsey 问题)<sup>7</sup>,以实现最优货币政策,但就其产生的结果相较帕累托最优而言,已是次优(second-best)。然而,这样的货币政策仍就很难实现,因为这依赖于掌握不可观测的自然产出或自然利率的真实值(Huang and Liu, 2005)。为使货币政策易于操作方便执行,央行可以采用某种简单规则,比如简单利率规则,将名义利率与其他关心的内生变量形成反应机制。如何确定反应系数(政策系数)?一个原则是,选择的政策系数使福利损失尽可能小。选择最小福利损失对应的政策系数,便得到了最优简单规则。<sup>8</sup>

上述分析框架的重要一环是找到名义刚性(或信息摩擦)下的动态均衡系统,也即央行目标函数最优化的约束条件,需求侧是动态 IS 曲线<sup>9</sup>,供给侧代表通货膨胀和产出缺口关系的菲利普斯曲线(即通货膨胀方程)。由于福利损失函数是由效用函数作二阶近似推导而来,给定家庭部门的效用函数设定正确,福利损失函数也应基本正确,那么,要得到货币政

<sup>2</sup>Galí (2015) 系统介绍了新凯恩斯理论,为引出新凯恩斯理论,他从古典货币模型(a classical monetary model)入手。货币主义并未独立形成学派,而是依附于新兴古典主义(the neoclassicism)并有所专攻后出现的“二级学派”(Brue and Grant, 2013)<sup>pg. 321</sup>,所以准确地说,Galí 指的是“a neoclassical monetary model”。无独有偶,Sargent (1987)在探讨凯恩斯模型时先介绍了古典模型,但事实上,宏观经济学的第一次综合即“新兴古典综合”(the neoclassical synthesis)综合的是新兴古典和凯恩斯这两大理论(Goodfriend and King, 1997)<sup>pg. 233</sup>。换言之,按经济思想发展的大致“辈分”来讲,新兴古典(neoclassical)对应的是凯恩斯(Keynesian),新古典(new classical)对应新凯恩斯(new Keynesian)。既如此,Sargent (1987); Galí (2015)为何将“新兴古典”称为“古典”呢?这是因为他们沿袭凯恩斯本人的习惯,即凯恩斯将新兴古典理论与李嘉图学说一起归在“古典经济学”的标题之下(详见 Brue et al., 2013)<sup>pg. 455</sup>。

<sup>3</sup>“货币中性”的含义是货币或货币政策对产出、就业等实际变量没有影响。古典模型采用的是微分方法和静态分析,因而“货币中性”是短期视角下的结论。

<sup>4</sup>但在新古典模型中,货币进入效用函数为可不分形式时,也有“货币非中性”的结论。因而从货币因素对实体经济是否产生效用的角度看,古典主义认为几乎无用,新古典主义认为有条件有用,真实经济周期学派认为作用有限,而凯恩斯及新凯恩斯主义认为作用关键。

<sup>5</sup>在模型中增加生产补贴一项,见后文模型设定一节。

<sup>6</sup>在Clarida et al. (1999)假设只有最终品生产部门存在价格粘性的模型中政府稳定 CPI 通货膨胀的货币政策可以恰好使产出缺口为 0 从而实现帕累托最优,而在Erceg et al. (2000)设定的最终品部门存在价格粘性和劳动力市场存在工资粘性的模型中,帕累托最优无法实现。在本文模型中,将会看到,央行面临稳定产出缺口与企业中间品部门实际边际成本及最终品与中间品价格水平波动等多个目标的权衡取舍。

<sup>7</sup>设定目标函数时是立足即期,还是着眼跨期,由货币政策的类型而定(相机抉择还是信守承诺)。

<sup>8</sup>这是新凯恩斯模型分析货币政策的大致框架和逻辑思路,纯粹的文字描述可能仍不直观。借助 Matlab 代码或 Dynare 程序,有助于理解:(1)最优货币政策与最优简单规则的差异;(2)为何最优货币政策仍不易实现,如何计算得到这个基准的福利损失;(3)如何得到最优简单规则的政策系数及对应的福利损失。

<sup>9</sup>IS 曲线与货币市场均衡条件一起形成需求曲线。

策分析的可信结论, 关键一点在于找到一条相对可靠的菲利普斯曲线。对包含这样一条菲利普斯曲线的经济系统进行最优货币政策分析, 应符合被普遍认可的货币政策效应: 货币政策冲击后宏观经济变量有显著的外生惯性。Mankiw et al. (2002); Ball et al. (2005); Acharya (2017); Carrera et al. (2017); Areosa et al. (2020) 等人研究认为, 粘性信息可使经济系统更好地呈现上述特征。

进一步的问题是, 即使找到了符合上述特征的粘性信息菲利普斯曲线, 但如果它不止一条, 而是有较大差异的多条, 倘若仅关注了其中一条, 恐怕货币政策结论也并不那么可取。目前, 货币政策规则不管是盯住通货膨胀, 还是盯住价格水平, 抑或其他形式的政策规则, 着眼点通常都在于生产部门的最终品阶段 (Bernanke, 2001; Mankiw et al., 2003; Huang et al., 2005; Dong et al., 2020)。但生产部门是异质性的: 可以横向分为不同类别, Mankiw and Reis (2003) 认为, 从这个细分角度来看, CPI 通货膨胀应加入能体现不同类别份量的权重; 或者纵向分为不同生产阶段, Huang and Liu (2001) 对此进行了开创性研究, 得到了对应生产阶段的多条菲利普斯曲线。

不管是封闭经济领域还是开放经济环境, 目前多垄断新凯恩斯模型的共同点是假设每个生产阶段都存在价格粘性。<sup>10</sup>以两个都为垄断竞争环境的生产阶段为例, Huang and Liu (2005) 注意到, 如果中间品和最终品生产阶段都存在价格粘性, 则需对 CPI 通货膨胀率和 PPI 通货膨胀率作出区分, 并认为这种区分对于央行实施最优简单规则有现实意义。他们的一个主要发现是: 对 CPI 通货膨胀和 PPI 通货膨胀都有所反应的简单利率规则有助于社会福利水平接近最优, 而忽视 PPI 通货膨胀的政策规则会导致显著的福利损失。进一步, Gong et al. (2016); Auer et al. (2019); Wei et al. (2020) 将此模型拓展至开放经济领域, 研究了相关变量更丰富的跨国联系。Pasten et al. (2020); Carvalho et al. (2021) 则是在此框架中讨论了更丰富的异质性。国内学者对中国的菲利普斯曲线及相关问题做了有益探索 (肖争艳 等, 2005; 陈彦斌, 2008; 王军, 2009; 彭兴韵, 2011; 齐鹰飞, 2011; 王立勇 等, 2012; 姜峰, 2016; 范从来 等, 2016; 卞志村 等, 2016; 何启志 等, 2017), 但在统一框架内对不同理论产生的菲利普斯曲线的比较研究较少, 且对多垄断新凯恩斯模型中的粘性信息理论及其政策含义有过探讨的不多。

本文在包含双垄断垂直生产链的经济系统中模拟发现——瞬时冲击下粘性价格与粘性信息两种理论呈现的宏观变量的脉冲响应没有明显不同——这不同于在单垄断生产部门的经济系统中得出“粘性价格与粘性信息对于模拟宏观经济变量的脉冲响应有差异且只有粘性信息更吻合通货膨胀惯性”的结论 (Mankiw et al., 2002; Trabandt, 2009; Uno et al., 2018; Drissi et al., 2019)。以 CPI 通货膨胀的差异为例, 原因为: 在粘性价格理论机制中, 当有一个宽松的货币政策冲击时, 中间品厂商的边际成本增加, 但仅假设部分中间品厂商有所预期而快速调整价格, 另有中间品厂商未能预期而保持价格不变, 由于最终品厂商的边际成本包括了中间品价格指数, 这会放小其边际成本而缩小最终品厂商的价格调整幅度; 与此同时, 最终品厂商也仅有部分厂商对此“放小的边际成本”有所预期, 另一部分并未预期到变动, 因此最终品厂价格会呈现更强的粘性。粘性信息理论机制的不同之处在于, 中间品厂商的边际成本增加时, 都会根据滞后的冲击信息调整价格, 这会影响最终品厂商的边际成本,

<sup>10</sup>与多垄断最为相似的成熟模型是粘性价格和粘性工资并存的新凯恩斯模型 (参看 Erceg et al., 2000), 该模型的特点是产品市场有且只有一个生产阶段存在垄断竞争, 此外, 劳动力市场也是垄断竞争。本文及Huang and Liu (2001, 2005) 的多垄断模型是着眼将投入-产出的多个生产阶段的产品市场都设定为垄断竞争的环境。Dong and Wen (2019) 亦在投入产出的网络结构中研究了货币政策问题, 但并没有涉及垄断竞争、名义刚性或信息摩擦。

进而最终品厂商也都会根据滞后的冲击信息调整价格，从而呈现出通货膨胀惯性。显见，当拓展至两个生产阶段后，两个理论模型中都有一定的惯性，瞬时冲击不足以区分其差异，仅有持续性冲击下惯性的差异才会显著。这也意味着需要更强有力的证据以对粘性信息和粘性价格哪个更适用于货币政策进行研判。

从福利损失方面这一更直接的视角看，若要实施福利损失总体更小的最优简单规则，仍是粘性信息理论更好。首先，粘性信息理论下福利损失的绝对值更小；再者，相对福利损失更靠近 1，这对于可操作的货币政策而言，能使福利损失接近由于存在不可观测变量而难以践行的最优货币政策（Ramsey 问题）；若用粘性价格模型，则会使得实际可操作的最优简单规则偏离 Ramsey 问题下理想的最优货币政策更远。此外，不同于 Ball et al. (2005) 之处还在于，由于关注到其他生产阶段的通货膨胀，使得本文的最优简单规则内涵更丰富，而忽视其他生产阶段将会带来更大的福利损失。<sup>11</sup>

本文结构安排如下：下一节将建立双垄断新凯恩斯粘性信息模型，更一般意义的多垄断新凯恩斯粘性信息模型的构建参看附录 A；第三节分析稳态和完全信息均衡并找出粘性信息均衡动态系统；第四节从定性和定量的角度分析货币政策；第五节提供垂直生产链的各个生产阶段都应是垄断竞争环境的证据，并从异质性角度对粘性信息理论在局部实证拟合方面的不足及其拓展方向作简单讨论；最后是小结。

## 二 模型设定

垂直生产体系分为  $s(s \geq 2)$  个阶段，最后的第  $S$  生产阶段的产出将作为家庭部门的消费需求品。为聚焦信息摩擦对于货币政策冲击在垂直生产链中的传导作用，以最终品和中间品两个生产阶段同为垄断竞争且都存在信息粘性为基本特征，下面开始构建双垄断新凯恩斯粘性信息模型。

假设一，有大量同质和无限期生存的家庭部门，他们消费商品（C）并向企业提供劳动力（N），获得名义工资（W）。此外家庭部门每期投资债券（B）并持有企业股票，换言之，所有企业的利润（ $\Pi$ ）最后都将通过分红派息的形式为家庭所有。

假设二，企业部门而言，最终品需用中间品及劳动力作为生产要素，而中间品的生产要素只有劳动力，两个生产阶段都是垄断竞争的市场环境，且假设两个生产阶段的信息粘性程度分别为  $\phi_f$  和  $\phi_m$ （下标“f”、“m”分别表示最终品和中间品生产阶段，下同）。<sup>12</sup>

家庭部门的构建遵循常见方式（参看附录 A，此处两个生产阶段将上标  $S$  改成  $f$  即可）。

<sup>11</sup>Ball et al. (2005)pg. 719 对在货币政策分析中粘性信息优于粘性价格理论的原因进行了概括性说明，原文是：because it has more realistic implications about the interactions of output and inflation. 虽然他得到“粘性信息模型优于粘性价格模型用于分析货币政策”的结论，但仍聚焦只有一个生产阶段的企业部门。从投入-产出的视角，企业部门是有多个生产阶段的垂直体系，并且各个生产阶段都存在不同程度的名义刚性或信息摩擦。以最简单的两个生产阶段为例，增加也为垄断竞争市场环境的生产阶段后，Ball et al. (2005) 以 Mankiw and Reis (2002) 为基础的研究结论应被重新审视，因为瞬时冲击下粘性价格与粘性信息的脉冲响应不再显著不同。

<sup>12</sup>Blanchard (1983) 假设的是，每个阶段所有企业的定价一致，但由于各个阶段总体上存在粘性而使各阶段之间产生定价交错。

## 2.1 企业

两个生产阶段的生产函数假设为规模报酬不变 (CRS)，分别为：

$$\begin{cases} Y_{it}^f = \left( \left[ \int_0^1 (Y_{jt}^m)^{\frac{\theta_m-1}{\theta_m}} dj \right]^{\frac{\theta_m}{\theta_m-1}} \right)^\alpha (A_t^f N_{it}^f)^{(1-\alpha)}; \\ Y_{jt}^m = A_t^m N_{jt}^m \end{cases} \quad (2.1)$$

其中， $Y_{it}^f$ 、 $Y_{jt}^m$  分别表示最终品和中间品， $N_{it}^f$ 、 $N_{jt}^m$  表示对应阶段的劳动投入， $\alpha \in (0, 1)$  表示中间品作为最终品部门生产要素的投入份额； $A^s, s \in \{f, m\}$  表示相应生产阶段的劳动效率，假设其对数是一阶差分平稳过程：

$$\ln \left( \frac{A_{t+1}^s}{A_t^s} \right) = \rho_s \ln \left( \frac{A_t^s}{A_{t-1}^s} \right) + \epsilon_{t+1}^s, \quad (2.2)$$

其中  $\rho_s$  是自回归系数， $\epsilon_{t+1}^s$  表示  $s$  生产阶段零均值、同方差 ( $\sigma_s^2$ )、独立同分布的技术冲击。

假设生产要素价格给定，根据名义成本最小化可分别解出最终品及中间品部门对生产要素的需求函数。

中间品生产阶段的生产要素只有劳动力，相对简单，即

$$\min_{N_{jt}^m} W_t N_{jt}^m, \quad (2.3)$$

$$\text{s.t. } Y_{jt}^m = A_t^m N_{jt}^m, \quad (2.4)$$

构造拉格朗日函数求解，此处的拉格朗日乘子 ( $V_t^m$ ) 即是影子价格，亦为名义边际成本，在规模报酬不变的生产函数下名义边际成本与名义平均成本相同，即

$$V_{jt}^m = V_t^m = \frac{W_t}{A_t^m}. \quad (2.5)$$

又因为  $V_{jt}^m \equiv \frac{W_t N_{jt}^m}{Y_{jt}^m}$ ，将上式代入后可得： $N_{jt}^{d,m} = \frac{Y_{jt}^m}{A_t^m}$ 。中间品生产阶段对劳动要素的需求总和为  $N_t^{d,m} = \int_0^1 N_{jt}^{d,m} dj$ ，故

$$N_t^{d,m} = \frac{1}{A_t^m} \int_0^1 Y_{jt}^m dj. \quad (2.6)$$

下面要找到最终品厂商对中间品及劳动这两个要素的需求函数。同理，最小化最终品厂商的成本函数，即

$$\min_{Y_{jt}^m, N_{it}^f} \int_0^1 P_{jt}^m Y_{jt}^m dj + W_t N_{it}^f, \quad (2.7)$$

$$\text{s.t. } Y_{it}^f = \left\{ \left[ \int_0^1 (Y_{jt}^m)^{\frac{\theta_m-1}{\theta_m}} dj \right]^{\frac{\theta_m}{\theta_m-1}} \right\}^\alpha (A_t^f N_{it}^f)^{(1-\alpha)}. \quad (2.8)$$



此处,  $Y_{jt}^m$  是生产最终品所需的中间品, 购买该要素的价格为  $P_{jt}^m$ , 中间品价格指数为  $P_t^m = [\int_0^1 (P_{jt}^m)^{1-\theta_m} dj]^{\frac{1}{1-\theta_m}}$ 。最终品厂商的边际成本及其要素需求函数分别为<sup>13</sup>

$$\begin{cases} V_{it}^f = V_t^f = \bar{\alpha}(P_t^m)^\alpha \left(\frac{W_t}{A_t^f}\right)^{1-\alpha}, \\ Y_{jt}^{d,m} = \alpha \frac{V_t^f}{P_t^m} \left(\frac{P_{jt}^m}{P_t^m}\right)^{-\theta_m} \int_0^1 Y_{it}^f di; \\ N_{it}^{d,f} = (1-\alpha) \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^f di, \end{cases} \quad (2.9)$$

其中,  $\bar{\alpha} = \frac{1}{\alpha^\alpha(1-\alpha)^{(1-\alpha)}}$  是常数。

## 2.2 定价

各阶段的企业是要素投入市场的价格接受者, 但对自身产出品有垄断竞争力, 因而可以根据 Mankiw and Reis (2002) 提出的范式进行定价: 企业每期都会调整价格, 但以  $1 - \phi_s$  的概率更新信息, 信息粘性程度为  $\phi_s (s \in \{f, m\})$ , 根据大数定律, 每期根据最新信息调整价格的企业的比例为  $1 - \phi_s$ 。这不同于粘性价格理论中企业每期只以一定概率调整价格的假设 (参看 Mankiw and Reis, 2002) pg. 1299-1300。

假设最终品和中间品生产阶段的企业根据第  $h$  期前更新的信息设定价格  $P_{it}^{f,h}$ 、 $P_{jt}^{m,h}$ <sup>14</sup>, 则:

$$\begin{cases} \max_{P_{it}^{f,h}} (\phi_f)^0 E_{t-h} \{ [P_{it}^{f,h}(1 + \tau_f) - V_t^f] Y_{it}^{d,f} \}, \\ \text{s.t. } Y_{it}^{d,f} = \left(\frac{P_{it}^{f,h}}{P_t^f}\right)^{-\theta_f} Y_t^f; \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\begin{cases} \max_{P_{jt}^{m,h}} (\phi_m)^0 E_{t-h} \{ [P_{jt}^{m,h}(1 + \tau_m) - V_t^m] Y_{it}^{d,m} \}, \\ \text{s.t. } Y_{jt}^{d,m} = \alpha \frac{V_t^f}{P_t^m} \left(\frac{P_{jt}^{m,h}}{P_t^m}\right)^{-\theta_m} \int_0^1 Y_{it}^f di, \end{cases} \quad (2.11)$$

其中:  $\tau_s, s \in \{f, m\}$  是对该阶段企业的定价补贴;  $V^{h,s}$  为相应阶段的平均生产成本。<sup>15</sup>粘性信息假设下当期所有最终品厂商都会调整价格, 只是在信息更新上有差别 (或换个角度

<sup>13</sup>此处对应多个生产阶段的建模参看 Huang and Liu (2001) 公式 (7)、(8) 以及 Huang and Liu (2005) 公式 (15)、(18)。

<sup>14</sup>此外, 不妨换一个动态视角 ( $t+k, k=0, 1, \dots, \infty$ ), 以更好地理解该最优定价方程中的各成分, 此处无需考虑多生产阶段, 可去掉上标  $s$ , 即  $\max_{P_{i,t+k}^h} \sum_{k=0}^{\infty} \phi^k E_{t-h} \{ [P_{i,t+k}^h(1 + \tau) - V_{t+k}] Y_{i,t+k}^d \}$ , 对应的需求函数其时间下标也变为  $t+k$ 。

这里与粘性价格理论 (粘性概率为  $\gamma$ ) 的定价方程  $\max_{P_{i,t+0}} \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k E \{ Q_{t,t+k} [P_{i,t+0}(1 + \tau) - V_{i,t+k}] Y_{i,t+k} \}$  作一比较, 其中  $P_{i,t+0}$  而非  $P_{i,t+k}$ , 表示的是当前企业进行最优定价时需要考虑由于价格刚性的存在而使该价格未来不能变动的可能性, 分别参看 Trabandt (2009) 中式 (4)、(9) 及 Menz and Vogel (2009) 式 (26) 之后的说明。

<sup>15</sup>对于规模报酬不变的生产函数而言平均生产成本也即边际生产成本, 且独立于该生产阶段的企业特征, 所以不用下标 “ $i$ ”。这种算法直接考虑的是边际生产成本, 因而约束条件无需再考虑其生产函数, 但如果要找出边际成本的显性表达式, 自然仍需用到这类企业的生产函数。

理解：依概率有完全信息），因而类似于静态求解最优定价的问题，解得<sup>16</sup>：

$$P_{it}^{s,h} = \frac{\bar{\theta}_s}{1 + \tau_s} E_{t-h} V_t^s, \quad s \in \{f, m\} \quad (2.12)$$

其中， $\bar{\theta}_s = \frac{\theta_s}{\theta_s - 1}$  是针对各个生产阶段内而言的“加成”（mark-up）常数。

综上，两个生产部门的最优定价规则及其名义边际成本、要素需求函数分别为：

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{it}^{f,h} = \frac{\bar{\theta}_f}{1 + \tau_f} E_{t-h} V_t^f, \\ P_{jt}^{m,h} = \frac{\bar{\theta}_m}{1 + \tau_m} E_{t-h} V_t^m, \\ V_t^f = \bar{\alpha} (P_t^m)^\alpha \left( \frac{W_t}{A_t^f} \right)^{1-\alpha}, \\ V_t^m = \frac{W_t}{A_t^m}, \\ Y_{jt}^{d,m} = \alpha \frac{V_t^f}{P_t^m} \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta_m} \int_0^1 Y_{it}^f di, \\ N_t^{d,f} = (1 - \alpha) \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^f di, \\ N_t^{d,m} = \frac{1}{A_t^m} \int_0^1 Y_{jt}^m dj. \end{array} \right. \quad (2.13)$$

市场出清时：（1）金融市场，各个时刻的债券余额空仓；（2）产品市场，从消费到生产的两个阶段，商品供需平衡；（3）生产的两个阶段都是垄断竞争的市场环境，存在一定程度的扭曲，政府通过补贴弥补市场的不足，补贴来自对家庭部门的一次性总税收，因而  $T_t = \tau_f P_t^f Y_t^f + \tau_m P_t^m Y_t^m$ ，其中  $Y_t^s \equiv \left[ \int_0^1 (Y_{it}^s)^{\frac{\theta_s-1}{\theta_s}} di \right]^{\frac{\theta_s}{\theta_s-1}}$ ， $s \in \{f, m\}$ ；（4）劳动力市场，家庭部门的劳动供给等于两个生产阶段的劳动需求之和，即

$$N_t = N_t^{d,f} + N_t^{d,m}. \quad (2.14)$$

为后续推导方便，这里进一步找到总就业与总产出的关系（详见附录B）：

$$N_t \approx \left[ (1 - \alpha) + \alpha \frac{P_t^f}{P_t^m} \frac{1}{A_t^m} C_t^\sigma N_t^\nu \right] \left[ \bar{\alpha} \left( \frac{P_t^m}{P_t^f} \right)^\alpha \left( \frac{1}{A_t^f} \right)^{1-\alpha} (C_t^\sigma N_t^\nu)^{-\alpha} \right] C_t. \quad (2.15)$$

经济体可以按照如下相互作用机制形成一个均衡系统：对于家庭部门而言，消费（ $C_t$ ）满意，劳动（ $N_t$ ）合意，债券（ $B_t$ ）惬意；对于最终品生产部门来说，产出（ $Y_{it}^f$ ）及其售价（ $P_{it}^f$ ）和两个生产要素（ $Y_{it}^m$ ， $N_{it}^f$ ）实现最优；还有中间品部门，也是产出（ $Y_{jt}^m$ ）及其售价（ $P_{jt}^m$ ）和仅需的一个生产要素（ $N_{jt}^m$ ）实现最优；债券价格（ $Q_t$ ）、同质性劳动下的货币工资（ $W_t$ ）、最终品部门的价格指数（ $P_t^f$ ）及中间品部门的价格指数（ $P_t^m$ ）满足以下条

<sup>16</sup> 参看Menz and Vogel (2009) 式 (108)，在其模型中供给函数为  $Y_{t,j} = Z_t N_{t,j}^\alpha$ ，注意到边际成本  $V_t = V_{t,j} = \frac{W_t}{W P N_{t,j}}$  =  $\frac{W_t}{\alpha Z_t N_{t,j}^{\alpha-1}} = \frac{W_t}{\alpha Z_t (Y_{t,j}/Z_t)^{1-1/\alpha}} = \alpha^{-1} W_t Z_t^{-\frac{1}{\alpha}} Y_{t,j}^{\frac{1}{\alpha}-1}$ ，据此 Menz and Vogel 中的公式 (108) 可以略作调整为  $P_{t,j} = \frac{\theta}{\theta-1} E_{t-j} V_t$ ，这种解的结构与Huang and Liu (2005) 中的公式 (17) 比较相近。

件，即给定工资和价格，家庭对消费、劳动和债券的配置可以实现效用最大化，除了自身产品价格外的其他价格/工资给定，最终品和中间品两个阶段的每家企业在使用生产要素获得产出销售后都实现了利润最大化，并且各个市场不存在超额供给或需求，供需完全相等。

### 三 均衡动态

此处我们聚焦对称性的均衡动态。<sup>17</sup>对称均衡实现时各部门的个体行为相同，因此可以去除反映个体的下标“i”和“j”，但为与两个生产阶段的价格指数区分，因而加入上标“\*”以表示均衡时企业的最优价格设定，最终品为  $P_t^{f*}$ ，中间品为  $P_t^{m*}$ 。均衡动态的极限是稳态（详见 Sargent, 1987），此时变量间的关系简单明了，因而下面首先分析稳态特征。

#### 3.1 稳态和长期产出水平

稳态（steady-state）时各变量不随时间“t”的变动而动，因而本节所有变量均没有出现下标 t（换言之即为常量）。假设生产力不存在趋势性增长，当经济步入稳态时， $A^f = A^m = 1$ 。因而，两个生产阶段的企业的最优定价规则退化为

$$P^s = \frac{\bar{\theta}_s}{1 + \tau^s} V^s, \quad s \in \{f, m\}, \quad (3.1)$$

它们亦是各阶段对应的价格指数。结合稳态时的两个边际成本方程可以求出稳态时的实际工资  $\frac{W}{P^f}$ ，为

$$\frac{W}{P^f} = \frac{1 + \tau_f}{\bar{\theta}_f} \left( \frac{1 + \tau_m}{\bar{\theta}_m} \right)^\alpha \bar{\alpha}^{-1} \equiv \lambda_1, \quad (3.2)$$

其中  $\frac{1 + \tau_s}{\bar{\theta}_s}$  测度的是由垄断竞争和扭曲性的政府补贴而产生的无效工资， $s \in \{f, m\}$ 。

稳态时还有  $Y_i^{d,f} = Y^{d,f} = C$ ，以及  $Y_j^{d,m} = Y^{d,m} = \alpha \frac{V^f}{P^m} C$ ，因而

$$N^{d,f} = (1 - \alpha) \frac{V^f}{W} C = (1 - \alpha) \bar{\alpha} \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1 + \tau_m} \right)^\alpha C, \quad (3.3)$$

$$N^{d,m} = Y^{d,m} = \alpha \bar{\alpha} \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1 + \tau_m} \right)^{\alpha-1} C, \quad (3.4)$$

继而

$$N = N^f + N^m = \bar{\alpha} \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1 + \tau_m} \right)^\alpha \left[ (1 - \alpha) + \alpha \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1 + \tau_m} \right)^{-1} \right] C \equiv \lambda_2 C. \quad (3.5)$$

参看式 (A.10)  $\frac{W}{P^f} = -\frac{U_N}{U_C} = C^\sigma N^\nu$ ，由式 (3.2) 得

$$C^\sigma N^\nu = \lambda_1. \quad (3.6)$$

<sup>17</sup>微观经济学中的均衡有狭义和广义之分，狭义仅指瓦尔拉斯均衡（Walrasian equilibrium），广义除此之外，还指非瓦尔拉斯均衡（non-Walrasian equilibrium），而根据博弈论，均衡分析又分对称均衡（symmetric equilibrium）和非对称均衡（asymmetric equilibrium），参看 Amir et al. (2008)。



综上，均衡稳态时就业  $N$  和国内生产总值  $Y$  ( $= Y^f = Y^{d,f} = C$ ) 这两个内生变量的解为

$$N = (\lambda_1)^{\frac{1}{\sigma+\nu}} (\lambda_2)^{\frac{\sigma}{\sigma+\nu}}, \quad (3.7)$$

$$Y = (\lambda_1)^{\frac{1}{\sigma+\nu}} (\lambda_2)^{\frac{\nu}{\sigma+\nu}}. \quad (3.8)$$

### 3.2 完全信息均衡和自然产出率

自然率就是指某一时刻在信息无摩擦 (full informaion) 的完美环境下价格“应声而动”对应的产出水平，称为自然产出率 (记为“ $Y_t^*$ ”)，而产出缺口指的是“实际产出偏离自然率产出”。类似于稳态求解过程，我们可以在垄断竞争的市场环境下先求完全信息均衡时劳动需求的封闭解，继而可以求出自然产出率。完全信息均衡实现时，价格水平不像稳态时固定不变，仍可以调整，因而表示时间的下标“ $t$ ”仍应保留，但此种均衡下所有企业步调一致，所以下标“ $i$ ”和“ $j$ ”相应去除。<sup>18</sup>完全信息均衡时的内生变量统一用星号标记，而技术变量“ $A$ ”设定为外生，所以未添。显见，最终品生产阶段企业的实际边际成本  $\frac{V_t^{*f}}{P_t^{*f}} = \left( \frac{\bar{\theta}_f}{1+\tau_f} \right)^{-1}$  为常数，而  $\frac{V_t^{*f}}{P_t^{*m}} = \bar{\alpha} \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1+\tau_m} \right)^{\alpha-1} \left( \frac{A_t^m}{A_t^f} \right)^{1-\alpha}$ 。完全信息均衡时的实际工资亦不难得到<sup>19</sup>

$$\frac{W_t^*}{P_t^{*f}} = \lambda_1 \bar{A}_t, \quad (3.9)$$

其中， $\bar{A}_t \equiv (A_t^m)^\alpha (A_t^f)^{1-\alpha}$ 。

完全信息时也有  $Y_{it}^{*d,f} = Y_t^{*d,f} = C_t^*$ ，以及  $Y_{jt}^{*d,m} = Y_t^{*d,m} = \alpha \frac{V_t^{*f}}{P_t^{*m}} C_t^*$ ，因而

$$N_t^{*d,f} = \bar{\alpha}(1-\alpha) \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1+\tau_m} \right)^\alpha (A_t^m)^{-\alpha} (A_t^f)^{\alpha-1} C_t^*, \quad (3.10)$$

$$N_t^{*d,m} = \bar{\alpha}\alpha \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1+\tau_m} \right)^{\alpha-1} (A_t^m)^{-\alpha} (A_t^f)^{\alpha-1} C_t^*, \quad (3.11)$$

继而

$$N_t^* = \lambda_2 \bar{A}_t C_t^*, \quad (3.12)$$

其中， $\lambda_2 \equiv \bar{\alpha} \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1+\tau_m} \right)^\alpha \left[ (1-\alpha) + \alpha \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1+\tau_m} \right)^{-1} \right]$ ， $\bar{A}_t \equiv (A_t^m)^{-\alpha} (A_t^f)^{\alpha-1}$ 。

根据式 (A.10)，还可得  $(C_t^*)^\sigma (N_t^*)^\nu = \lambda_1 \bar{A}_t$ 。综上，完全信息均衡时就业水平  $N_t^*$  和国内生产总值  $Y_t^*$  ( $= Y_t^{*d,f} = C_t^*$ ) 为

$$N_t^* = (\lambda_1)^{\frac{1}{\sigma+\nu}} (\lambda_2)^{\frac{\sigma}{\sigma+\nu}} (\bar{A}_t)^{\frac{1-\sigma}{\sigma+\nu}}, \quad (3.13)$$

$$Y_t^* = (\lambda_1)^{\frac{1}{\sigma+\nu}} (\lambda_2)^{\frac{\nu}{\sigma+\nu}} (\bar{A}_t)^{\frac{1+\nu}{\sigma+\nu}}. \quad (3.14)$$

<sup>18</sup>完全信息均衡时，所有企业更新信息调整价格的步调一致，每个企业的定价也即该生产阶段的价格指数。此外，如果不考虑政府对企业的税收，且忽略具体所处的生产阶段 (省去上标 s)，那么真实边际成本可以写成等于加成参数的倒数，即  $V_t^*/P_t^* = 1/\theta$ 。

<sup>19</sup>不考虑政府对企业的征税行为，完全信息均衡时的实际工资等边际产品除以加成参数，参看 Menz and Vogel (2009) 一文中式 (31) 后的说明。

定义  $D_t \equiv \frac{P_{jt}^m}{P_{it}^f}$  为一单位最终品或消费品衡量的一单位中间品的价格，即中间品的相对价格。完全信息均衡时，单个产品价格与对应阶段的价格指数一致，所以  $D_t^* = \frac{P_t^{*m}}{P_t^{*f}}$ 。根据两个生产阶段在完全信息均衡时的最优定价方程，

$$D_t^* = \bar{\alpha}^{-1} \left( \frac{\bar{\theta}_m}{1 + \tau_m} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{\bar{\theta}_f}{1 + \tau_f} \right)^{-1} \left( \frac{A_t^f}{A_t^m} \right)^{1-\alpha}. \quad (3.15)$$

### 3.3 对数线性化与均衡动态

垄断竞争是企业因信息摩擦而使价格交错调整的必要条件，垄断竞争下可能出现完美信息从而价格能够及时变动，即上节讨论的情形。本节聚焦垄断竞争和信息粘性并存下的均衡动态。为了求解动态均衡系统，方法之一是对非线性方程进行线性化处理<sup>20</sup>，可以一阶泰勒展开，也可以对数线性化。对数线性化的手段也有好几种，较为方便的一种由Uhlig (1995) 提出：令  $\hat{x}_t = \ln X_t - \ln X \equiv x_t - x$ ，则  $X_t = X e^{\hat{x}_t}$ ，其中大写字母  $X_t$ 、 $X$  分别表示原始值和稳态值，小写字母表示取对数后的值， $\hat{x}_t$  则表示围绕稳态作对数线性化后的值，表达的是原始值偏离稳态值的百分比。求解均衡动态时会牵涉到“缺口”等概念，而“缺口”的定义是原始值偏离完全信息均衡时的值，因而有必要对完全信息均衡实现时的相关方程作对数线性。再一次，由式 (A.10) 可知， $(C_t^*)^\sigma (N_t^*)^\nu = \frac{W_t^*}{P_t^{*f}} = \lambda_1 (A_t^m)^\alpha (A_t^f)^{1-\alpha}$ ，另外我们有  $N_t^* = \lambda_2 (A_t^m)^{-\alpha} (A_t^f)^{\alpha-1} C_t^*$ ，对数线性化后求解可得，

$$\hat{n}_t^* = \frac{(1-\sigma)(1-\alpha)}{1+\sigma} a_t^f + \frac{(1-\sigma)\alpha}{1+\sigma} a_t^m, \quad (3.16)$$

$$\hat{c}_t^* = \frac{(1+\nu)(1-\alpha)}{\nu+\sigma} a_t^f + \frac{(1+\nu)\alpha}{\nu+\sigma} a_t^m. \quad (3.17)$$

这两个解不如上述得到的解精确，但对定义产出缺口以更好地研究均衡动态系统有帮助。

家庭部门的跨期欧拉方程与动态 IS 曲线密切相关，需要对欧拉方程作对数线性化备用。令  $I_t = 1 + i_t = \frac{1}{Q_t}$ ，定义  $\hat{i}_t \equiv \ln I_t - \ln I$ ；定义  $\hat{\pi}_{t+1}^f \equiv \hat{p}_{t+1}^f - \hat{p}_t^f$ 。对式 (A.9) 取对数，再对其稳态取对数，两式相减，即可得

$$\hat{c}_t = E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (\hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}^f). \quad (3.18)$$

实际利率为： $\hat{r}_t = \hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}^f$ 。由于前面  $\hat{c}_t$  已可解出，但为了去掉预期算子，需结合技术冲击过程的对数线性化：

$$a_{t+1}^s - a_t^s = \rho_s (a_t^s - a_{t-1}^s) + \epsilon_{t+1}^s, \quad s \in \{f, m\}, \quad (3.19)$$

据此实际利率的解析解亦可很快求出。

下面继续对数线性化其他待用方程。参考Huang and Liu (2005)，令  $\hat{v}_t^s = \ln \frac{V_t^s}{P_t^s} - \ln \frac{V^s}{P^s}$  表示两个生产阶段实际边际成本偏离稳态的值， $s \in \{f, m\}$ 。再次指出，其中  $P_t^s$  和  $P^s$  分

<sup>20</sup> 线性化的不足是可能仅产生局部解，高阶扰动法虽有较好的全局性但相对复杂，此外还有投影法、值函数迭代法等。

别表示常态下和稳态时各部门的价格指数，但只在稳态时，价格指数与单个商品价格一致。<sup>21</sup>部门之间实现均衡时  $C_t = Y_t$ ，Huang and Liu 定义  $\tilde{c}_t = \hat{c}_t - c_t^* \equiv \ln \frac{C_t}{C^*} - \ln \frac{C_t^*}{C^*}$  和  $\tilde{d}_t = \hat{d}_t - d_t^* \equiv \ln \frac{D_t}{D^*} - \ln \frac{D_t^*}{D^*}$  分别表示产出缺口和相对价格缺口。<sup>22</sup>

将  $\hat{c}_t = \tilde{c}_t + c_t^*$  代入式 (3.18)，则有

$$\tilde{c}_t = E_t \tilde{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (\hat{c}_t - E_t \hat{c}_{t+1}) + u_{t+1}, \quad (3.20)$$

其中  $u_{t+1} = E_t \hat{c}_{t+1} - \hat{c}_t$  可以视为技术冲击驱动的外部扰动，为了更明确地看出这点，进一步稍作运算

$$u_{t+1} = \frac{(1+\nu)(1-\alpha)}{\nu+\sigma} \Delta a_{t+1}^f + \frac{(1+\nu)\alpha}{\nu+\sigma} \Delta a_{t+1}^m, \quad (3.21)$$

根据式 (3.19) 可知， $\Delta a_{t+1}^s \equiv a_{t+1}^s - a_t^s = \rho_s \Delta a_t^s + \epsilon_{t+1}^s$ ， $s \in \{f, m\}$ 。

回忆此前推导的名义边际成本函数： $V_t^s = \bar{\alpha} (P_t^{s-1})^\alpha \left( \frac{W_t}{A_t^s} \right)^{1-\alpha}$ ，下面要找到两个生产阶段的实际边际成本 ( $v_t^s = \frac{V_t^s}{P_t^s}$ ， $s \in \{f, m\}$ ) 与产出缺口和相对价格缺口间的关系。由前可知： $\frac{A_t^m}{\mu^m} = (C_t^*)^\sigma (N_t^*)^\nu (D_t^*)^{-1}$ ，对数线性化后为：

$$a_t^m = \sigma \hat{c}_t^* + \nu \hat{n}_t^* - \hat{d}_t^*. \quad (3.22)$$

对该方程组的前两个等式做对数线性化并将上式代入后有

$$\hat{v}_t^m = \sigma \tilde{c}_t + \nu \tilde{n}_t - \tilde{d}_t. \quad (3.23)$$

简化起见，参考Huang and Liu (2005) 假设  $\nu = 0$  的做法<sup>23</sup>，则容易得到实际边际成本与两个缺口的函数关系：

$$\hat{v}_t^m = \sigma \tilde{c}_t - \tilde{d}_t. \quad (3.24)$$

最终品部门同理可得

$$\hat{v}_t^f = (1-\alpha)\sigma \tilde{c}_t + \alpha \tilde{d}_t. \quad (3.25)$$

接下来是本文显著区别于Huang and Liu (2005) 的重要一环，即推导两个生产阶段的粘性信息菲利普斯曲线。先对粘性信息理论下的最优定价行为方程和粘性信息均衡时两个生产阶段的价格指数做对数线性化，分别为：

$$\hat{p}_{it}^{s,h} = E_{t-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s), \quad (3.26)$$

$$\hat{p}_t^s = (1-\phi^s) \sum_{h=0}^{\infty} (\phi_s)^h \hat{p}_{it}^{s,h} \equiv \bar{\phi}_s \sum_{h=0}^{\infty} (1-\bar{\phi}_s)^h \hat{p}_{it}^{s,h}, \quad (3.27)$$

<sup>21</sup>之所以强调指出，是因为Huang and Liu (2005) 一文中的这个符号与其前面定义的不符，价格上面未加短横线以表示相应的价格指数，当然，由于各个生产阶段的集体边际成本与单个企业的边际成本相同，所以此处也可以理解为单个企业的边际成本以及单个商品价格。如此一来，后续推导中于细节上会有差异，特此说明。

<sup>22</sup>Huang and Liu (2005) 此处的记号略有笔误，加 \* 号的变量上也应加小尖号。Clarida et al. (1999) pg. 1665 也明确指出，产出缺口的表达式为  $\hat{y}_t = \hat{y}_t - \hat{y}_t^* \equiv \ln \frac{Y_t}{Y^*} - \ln \frac{Y_t^*}{Y^*}$ ，即原数值与自然率数值都应是偏离长期趋势的波动项。更具体地， $\hat{y}_t$  表示 Calvo 定价机制下产出偏离稳态的百分比，而  $\hat{y}_t^*$  表示弹性价格下产出偏离稳态的百分比 (Menz and Vogel, 2009)。长期趋势项相同， $Y = Y^*$ ，稍作运算简化后则为  $\hat{y}_t = y_t - y_t^* \equiv \ln Y_t - \ln Y_t^*$ ，所以实证分析时，一旦估计出自然产出水平，即可对产出水平和自然产出水平这两组数据做对数差分以得到产出缺口的值。

<sup>23</sup>如果不做这样的简化，则需要用到生产函数以进一步替换掉劳动变量。

其中,  $s \in \{f, m\}$ 。容易发现, 上述表达式已对表粘性信息程度的参数进行了替换, 目的是为了后续推导方便。简单代入即有

$$\hat{p}_t^s = \bar{\phi}_s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}_s)^h \mathbf{E}_{t-h}(\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s). \quad (3.28)$$

直接给出最终品和中间品生产阶段的通货膨胀方程 (附录C给出了详细推导过程):

$$\hat{\pi}_t^s = \frac{1 - \phi_s}{\phi_s} \hat{v}_t^s + (1 - \phi_s) \sum_{h=0}^{\infty} (\phi_s)^h \mathbf{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s). \quad (3.29)$$

前面已解出实际边际成本与产出缺口和相对价格缺口的关系, 代入后即两个生产阶段各自的粘性信息菲利普斯曲线。

对数线性化还剩最后一项工作, 即上述菲利普斯曲线中含有  $\Delta \hat{v}_t^s$  一项, 而由上述经对数线性化的实际边际成本方程可知, 这会牵涉到  $\Delta \tilde{d}_t = \hat{d}_t - \hat{d}_{t-1}$ , 因而有必要给出相对价格缺口的运动方程 (推导见附录D):

$$\Delta \tilde{d}_t = \hat{\pi}_t^m - \hat{\pi}_t^f - (1 - \alpha)(\Delta a_t^f - \Delta a_t^m). \quad (3.30)$$

综上, 粘性信息均衡动态系统由需求侧的动态 IS 曲线 (3.20)、供给侧的两个通货膨胀方程 (3.29) 及相关辅助方程 (3.24)、(3.25)、(3.30) 构成。

## 四 货币政策

上一节已经找到了双垄断垂直生产体系下的粘性信息均衡动态系统, 也即央行目标最优化的约束条件, 需求侧是动态 IS 曲线, 供给侧代表通货膨胀和产出缺口关系的菲利普斯曲线。而央行的目标函数可以由家庭部门的效用函数严格推导而来, 这又被称为福利损失函数 (Woodford, 2003), 接下来将首先要完成此推导。有了目标函数和作为约束条件的粘性信息均衡动态系统, 即可科学分析最优货币政策及最优简单规则。

### 4.1 福利损失

不管是Huang and Liu (2005) 假设各个生产阶段存在价格粘性, 还是本文假设各个生产阶段存在信息粘性, 相同点是这些生产阶段都应是垄断竞争的市场环境, 在此环境下企业才能自主定价; 由于名义刚性或信息摩擦, 企业定价存在差异。因而, 垄断和定价差异既有联系, 又有区别, 它们是使市场最优配置资源失效的两个独立因素: 垄断的结果是企业定价偏离固定加成, 而定价差异的结果是所有企业的平均加成随冲击而变动。本文想比较的是多垄断新凯恩斯模型中粘性价格理论和粘性信息理论对于动态均衡下货币政策规则稳定经济效果 (以福利损失衡量) 的区别。因此, 首先需要将垄断竞争可能导致的市场扭曲消除, 在前面模型构造时, 已经加入了政府对各个生产阶段定价的补贴 ( $\tau^s$ ) 项以抵消因垄断导致的扭曲。此时, 若动态系统能实现完全信息均衡 (自然率产出及此条件下对应的各生产阶段的价格水平, 换言之,  $\tilde{c} = 0$  &  $\tilde{d} = 0$ ), 则市场配置为帕累托最优。

如果,  $\tilde{c} = 0$  &  $\tilde{d} = 0$ , 根据式 (3.24)、(3.25),  $\hat{v}_t^s = 0$ , 再根据式 (3.29),  $\hat{\pi}_t^s = (1 - \phi_s) \sum_{h=0}^{\infty} (\phi_s)^h E_{t-1-h} \hat{\pi}_t^s = E_{t-1-h} \hat{\pi}_t^s$ , 所以  $\hat{\pi}_t^s = \hat{\pi}^s = 0$ 。<sup>24</sup>又根据式 (3.30),  $\hat{\pi}_t^m - \hat{\pi}_t^f = (1 - \alpha)(\Delta a_t^f - \Delta a_t^m) \neq 0$ , 两者矛盾。所以类似于Huang and Liu (2005) 的第一个命题, 当劳动力这一生产要素被同时用于两个生产部门时, 除非它们遭受的技术冲击一致, 否则, 不存在实现帕累托最优配置的货币政策。

具体而言: (1) 若  $\alpha = 1$ , 诚如多数模型的构造, 即假设最终品生产阶段无需劳动, 只是将作为投入要素的中间品根据Dixit and Stiglitz (1977) 进行技术合成, 此时会有帕累托最优配置的产生, 这是因为该结构下完全信息均衡实现时的相对价格不会受技术冲击的影响 (即  $\Delta \hat{d}_t^s = 0$ ); (2) 当  $\alpha = 0$  时, 两个生产阶段退化成一个生产阶段, 通货膨胀复归一个, 该结构下的结论与Erceg et al. (2000) 得出的产品市场和劳动力市场两部门都存在粘性 (价格粘性和工资粘性) 时无法实现弹性价格环境下的帕累托最优配置的结论相同<sup>25</sup>; (3) 若  $\alpha \in (0, 1)$ , 除非  $\Delta a_t^f = \Delta a_t^m$ , 否则由前述逻辑将推导出矛盾, 即帕累托最优配置无法实现, 这是因为货币当局此时面临要么稳定相对价格缺口要么稳定产出缺口的选择, 而无法同时实现稳定两者的目标 (Huang and Liu, 2005)<sup>pg. 1446-1447</sup>。

虽然通常不存在能实现帕累托最优的货币政策, 但货币当局可以建立目标福利损失函数引导实施货币政策以实现次优社会目标。<sup>26</sup>为使后续推导使用的符号简化, 将事件参数改写成  $E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U_t$ , 其中  $U_t \equiv U(C_t, N_t)$ , 稳态时  $U \equiv U(C, N)$ 。相对繁冗的推导过程由附录E给出, 最后得到的福利损失函数:

$$Wel \equiv E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (U_t - U) = -\frac{U_C C}{2} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t L_t + t.i.p. + O(\|z\|). \quad (4.1)$$

其中二次损失函数为

$$L_t \equiv \sigma(\tilde{c}_t)^2 + \alpha(1 - \alpha)(\hat{v}_t^m)^2 + \theta^f \text{var}_i(p_{it}^f) + \alpha\theta^m \text{var}_j(p_{jt}^m), \quad (4.2)$$

上述两式亦为政策目标函数, 其中,  $\text{var}_i(p_{it}^f), \text{var}_j(p_{jt}^m)$  分别表示最终品和中间品生产阶段的价格离散 (price dispersion) 程度。不难发现, 在此模型中当局不仅要考虑传统的产出缺口, 还要兼顾中间品部门的真实边际成本, 以及所有过去未预期到的最终品部门和中间部门的价格水平部分。而最优货币政策的实现需要在式 (3.20)、(3.24)、(3.25)、(3.29) 及 (3.30) 的约束条件下最小化福利损失函数 (4.1)。

为分析该模型政策含义, 有必要找到福利损失函数中  $\text{var}_i(p_{it}^f)$  和  $\text{var}_j(p_{jt}^m)$  与相应总体变量的关系。根据Ball et al. (2005) 一文中的引理 1, 直接有

$$\text{var}_i(p_{it}^f) = \sum_{h=1}^{\infty} \mu_h^f (p_{it}^f - E_{t-h} p_{it}^f)^2, \quad (4.3)$$

<sup>24</sup>需要注意的是, 这里表示的是对数线性化后的通货膨胀为常数, 而非原值为常数, 如果原值为常数, 那么对数线性化的值为 0。但此处这个常数确实为 0, 是因为  $\hat{\pi}^s$  是稳态值, 而此前企业最优定价规则以及各生产阶段的价格指数就是围绕对数通货膨胀值为 0 (假设稳态通货膨胀值为 1) 的稳态做的对数线性化。

<sup>25</sup>在Clarida et al. (1999) 建立的标准只有单个生产阶段存在价格粘性的两部门模型中, 货币当局能够通过稳定 CPI 通货膨胀缺口进而稳定产出缺口。但在菲利普斯曲线上生硬添加或内生一个成本推动冲击项, 该理想结果消失, 货币当局面临稳定通货膨胀缺口还是稳定产出缺口的选择。

<sup>26</sup>福利损失函数由家庭部门的效用函数作对数线性化推导而来, 产生的偏离稳态百分比取一阶近似。不取二阶以上的原因是: It does not make sense to be concerned with a higher-order approximation to the welfare criterion if I do not plan to characterize the effects of alternative policies with a degree of precision sufficient to allow computation of those higher-order terms. (Woodford, 2003)<sup>pg. 384</sup>



$$\text{var}_j(p_{jt}^m) = \sum_{h=1}^{\infty} \mu_h^m (p_t^m - E_{t-h} p_t^m)^2. \quad (4.4)$$

其中,  $\mu_h^s \equiv \frac{(1-\phi_s)(\phi_s)^h}{[1-(\phi_s)^h][1-(\phi_s)^{h+1}]}$ ,  $s \in \{f, m\}$  是权重, 注意到  $\mu_h^s$  随着  $h$  的变大而变小。显见, 对应生产阶段的相对价格的波动由不同权重的所有过去未预期到价格水平的波动而定。

借鉴 Arslan (2013)<sup>pg. 116</sup>, (4.3) - (4.4) 中相应生产阶段的价格总水平可改写成对应的通货膨胀, (4.2) 遂变为:

$$\begin{aligned} L_t' = & \sigma(\tilde{c}_t)^2 + \alpha(1-\alpha)(\hat{v}_t^m)^2 + \theta_f \sum_{h=1}^{\infty} \mu_h^f \left( \sum_{k=0}^{h-1} (\pi_{t-k}^f - E_{t-h} \pi_{t-k}^f) \right)^2 \\ & + \alpha \theta_m \sum_{h=1}^{\infty} \mu_h^m \left( \sum_{k=0}^{h-1} (\pi_{t-k}^m - E_{t-h} \pi_{t-k}^m) \right)^2. \end{aligned} \quad (4.5)$$

相应福利损失函数为:

$$Wel^{SI} \equiv \left| \frac{Wel}{-U_C C} \right| = \frac{1}{2} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t L_t'. \quad (4.1')$$

## 4.2 定性分析

至此, 可以从该损失函数的构成比较分析粘性信息与粘性价格理论对货币政策影响的异同。

从粘性价格理论出发, 假设投入产出的各生产阶段每期有  $(1-\gamma_s)$  的企业会调整价格, 价格粘性程度为  $\gamma_s$ , 可以推导出  $\text{var}(p_{it}^s) \approx \sum_{\tau=0}^t (\gamma_s)^\tau \frac{\gamma_s}{1-\gamma_s} (\hat{\pi}_{t-\tau}^s)^2$ ,  $s \in \{f, m\}$ , 稍作运算可得到粘性价格模型中的二次损失函数:

$$L_t'' \equiv \sigma(\tilde{c}_t)^2 + \alpha(1-\alpha)(\hat{v}_t^m)^2 + \frac{\theta_f \gamma_f}{(1-\beta\gamma_f)(1-\gamma_f)} (\hat{\pi}_t^f)^2 + \frac{\alpha \theta_m \gamma_m}{(1-\beta\gamma_m)(1-\gamma_m)} (\hat{\pi}_t^m)^2, \quad (4.6)$$

相应的福利损失函数为:

$$Wel^{SP} \equiv \left| \frac{Wel}{-U_C C} \right| = \frac{1}{2} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t L_t'', \quad (4.7)$$

显见, 在双垄断新凯恩斯粘性价格理论中, 各个生产阶段的价格离散度由相应生产阶段的当前及滞后通货膨胀的平方决定。换言之, 当最优货币政策不易实施时, 在此经济系统中相对可行的最优简单规则会将通货膨胀作为稳定目标以最小化社会福利损失。

对于粘性信息理论, 基于式 (4.3) 或 (4.4), “由于每家企业在某个给定时期的价格是基于过去各个时点的信息而制定的, 因此总体价格水平的未预期部分导致微观价格波动,” Ball et al. (2005) 指出, 站在第  $t$  期看, 第  $t-h$  期末预期影响都已进入信息集进而影响企业的定价行为, 但不影响其他企业的定价。

因此, 当遭受技术冲击和需求冲击时, 次优货币政策会变得相对简单。根据 Ball et al. (2005)<sup>27</sup>, 此时仅需令

$$E_{t-1} p_t^s = D_t^s, \quad s \in \{f, m\} \quad (4.8)$$

<sup>27</sup> 有关该结论的证明参看引述文献的附录部分。

其中,  $D_t^s$  表示相应生产阶段初始已知的一个确定路径。不妨将想  $D_t^s$  看作是一个常数  $D^s$  (没有下标  $t$ ), 意味着最优利率规则是盯住对应生产阶段的固定价格水平, 这是“价格水平目标制”的一种极端形式。如果保留下标  $t$ , 意味着最优货币政策允许其目标随时变化, 只是变化的轨迹是确定性的, 例如它允许盯住的价格水平按某个固定水平上升或者服从某个更复杂但可预测的路径。如何来理解这个结果? 在此模型中, 货币政策的非中性由所有未能及时获得信息的企业制订的价格水平的意外扰动产生。若货币政策能引导价格水平处于确定性路径上, 则每个企业都能获知这个信息, 意外扰动消失, 价格水平不再具有真实效应。

值得强调指出的是, 在本文的理论模型中, 通货膨胀目标制 ( $E_{t-1}\pi_t = D_t^s, s \in \{f, m\}$ ) 的政策规则更次之。众所周知, 通货膨胀目标制允许“基数变动”。所谓的基数变动, 是指对价格水平的钉住根据对价格水平的已有冲击进行一对一的调整。因此, 在通货膨胀目标制中价格目标并非前述的一个确定性路径。为了看出差别, 有必要比较价格水平目标制和通货膨胀目标制下冲击的动态效应。<sup>28</sup>以需求冲击为例, Ball et al. (2005) 分析指出, 当冲击发生时, 两种目标制下的各种反应完全相同, 说明政策具有迟缓性而不能对冲击作出瞬时反应。冲击发生后, 价格水平目标制下所有脉冲响应完全消失, 但通货膨胀目标制下的名义或实际变量的脉冲响应逐步衰减。

为更好地理解这些结果, 假设初始经济处于稳态, 各阶段价格指数为 0, 产出缺口为 0, 在不受外部冲击时预期稳态会一直保持。假设  $t_0$  发生了需求冲击, 受需求拉动产出提高, 接收到信息的企业提高当前售价, 价格指数上涨, 尽管在此期间未接收到需求冲击信息的企业将价格仍维持在 0 的水平。接下来分两种情况讨论: 价格水平目标制意味着货币当局必须让接收到需求冲击信息的企业也将价格维持在 0 的水平, 价格离散消失, 该生产阶段的价格指数复归为 0, 产出缺口也仍为 0, 福利水平不变; 而通货膨胀目标制下意味着需求冲击发生后价格水平应维持在超过 0 的水平上, 货币当局必须让接受到需求冲击信息的企业选择一个大于 0 的价格以使该阶段的价格指数大于 0, 自然, 未接收到需求冲击信息的企业与接收到需求冲击信息的企业之间的价格离散产生, 价格指数偏离完全信息时的水平, 产出缺口为正, 福利水平下降。

### 4.3 定量比较

#### (1) 一般利率规则

基于 Woodford (2003) 又借鉴 Huang and Liu (2005) 和 Gong et al. (2016), 设定利率规则如下:

$$\hat{i}_t = \rho + \psi_\pi^f \hat{\pi}_t^f + \psi_\pi^m \hat{\pi}_t^m + \psi_c \tilde{c}_t + \psi_i \hat{i}_{t-1} - iv_t, \quad (4.9)$$

其中常数  $\rho = -\ln \beta$ , 与稳态对应一致; 货币政策冲击  $iv_t = \rho_v iv_{t-1} + \epsilon_t^v$ ,  $\epsilon_t^v$  的性质同于式 (3.19) 中技术冲击的扰动项  $\epsilon_t^s$ 。

下面数值模拟并比较粘性信息 (下图用上标 SI 表示) 和粘性价格 (用 SP 表示) 的不同理论背景下<sup>29</sup>发生技术冲击以及货币政策冲击后最终品部门的通货膨胀 (CPI-inflation)、中间品部门的通货膨胀 (PPI-inflation)、产出缺口 (output gap) 及相对价格缺口 (relative

<sup>28</sup> 用式 (4.1)、(3.20)、(3.29) 或 (4.1')、(3.20)、(3.28) 通过待定系数法可定量测算相应福利损失以分析比较各种冲击后的通货目标制或价格水平制, 将另文详述。

<sup>29</sup> 表现为菲利普斯曲线的不同。

price gap) 这四个变量的动态路径。参数校准见表1。

表 1: 对双垄断垂直生产环境下的粘性信息 (SI) 模型和粘性价格 (SP) 模型的参数校准

$\beta$	$\sigma$	$\alpha$	$\theta_s$	$\rho_s$	$\rho_v$	$\phi_f$	$\phi_m$	$\psi_\pi^f$	$\psi_\pi^m$	$\psi_c$	$\psi_i$	$\epsilon^s$	$\epsilon^v$
0.99	1	0.6	10	0.95; 0	0.95; 0	0.72	0.57	1.5	1.5	0.125	0.5	0.2	0.25

<sup>1</sup>  $s \in \{f, m\}$

<sup>2</sup> 为简便, 式 (4.6) 中表示粘性价格程度的参数  $\gamma$  换成同于表示粘性信息程度的参数  $\phi$ 。

参考Huang and Liu (2005) 等文献, 令消费的相对风险厌恶系数  $\sigma = 1$ , 家庭主观贴现率  $\beta = 0.99$ , 最终品和中间品生产阶段的产品替代弹性  $\theta_s = 10$ ,  $s \in \{f, m\}$ , 作为最终品生产要素的中间品所占份额  $\alpha = 0.6$ , 技术冲击和货币政策冲击的惯性系数 (分别为  $\rho_s$  和  $\rho_v$ ) 设定为 0.95 (瞬时冲击时为 0), 衡量波动的标准差分别假设为  $\epsilon^s = 0.2$  和  $\epsilon^v = 0.25$ ; 根据Taylor (1993) 的初始设定  $\phi_f = \phi_m = 1.5$  &  $\psi_c = 0.125$ , 并令  $\psi_i = 0.5$ ; Huang and Liu (2005) 假设最终品部门和中间品部门的价格粘性同为 0.75, 而此处根据后文用中国数据所做的实证研究, 以  $R^2$  最大和 Var-e 最小的原则, 此处选择最终品生产阶段的信息粘性值为  $\phi_f = 0.72$ , 中间品生产阶段的信息粘性值为  $\phi_m = 0.57$ , 且为方便后文对两个模型的相对福利损失作比较, 假设价格粘性程度与信息粘性程度在各个生产阶段相同 (但不同生产阶段的粘性参数并不相同); 最后前文已经假设了劳动的弗里希弹性  $\nu = 0$ 。经计算机程序运行, 生成的脉冲响应见图1-3。

如图所示, 持续性冲击下, 多数变量的动态路径在粘性价格模型和粘性信息模型中有明显差异。可以看到, 在持续性的货币政策冲击下 (试验为紧缩的货币政策), 最终品部门的通货紧缩路径呈“驼峰”状, 经济会经历深度萧条再逐步回暖, 这与单个垄断部门单条菲利普斯曲线的研究结论一致。可能会先验认为, 中间品部门会有相同结果, 但模拟显示, 无论何种理论下, 中间品部门的路径相对单一, 没有出现进一步恶化再反弹的“驼峰”走势, 这符合常理, 由于中间品部门的传导环节相对较少, 企业调价或信息搜集的反应更为迅速。产出缺口的动态路径差别较大: 粘性价格理论下受持续性冲击后的反应不明显, 而粘性信息理论下产出缺口呈现出逐步和滞后的动态反应, 更清晰地吻合Mankiw et al. (2002); Ball et al. (2005) 等人“抑制通货膨胀总会导致经济萎缩”的研究结论。

最终品或中间品部门遭受持续性技术冲击时, 粘性价格和粘性信息理论呈现的脉冲响应同样明显。不难注意到, 在瞬时冲击下, 无论政策性还是非政策性冲击, 脉冲响应在两个理论模型中的区别不明显, 因而本文的一个重要结论是: 若构建垂直生产链模型, 则在瞬时冲击时采用粘性价格理论和粘性信息理论就其呈现宏观经济变量的外生惯性而言, 作用相当。究其原因, 较单垄断, 双垄断多出了一个关键变量——相对价格缺口。对于持续性冲击, 两种理论下的相对价格缺口的动态路径有显著差异, 这进一步影响了通货膨胀及产出缺口等变量的运动轨迹, 而瞬时冲击下两种理论下的相对价格缺口比较一致, 导致通货膨胀及产出缺口的运动路径并无太大不同。

若不存在名义刚性或信息摩擦, 当有一个宽松的货币政策冲击时 (亦可理解为总需求扩张), 给定外生的技术水平不变, 劳动力价格上升, 中间品厂商的边际成本增加, 中间品价格迅速提高; 随着劳动力价格和中间品价格上升, 最终品厂商的边际成本增加, 最终品价格也提高。所以, 不存在名义刚性或信息摩擦, 总物价水平与劳动力价格水平几乎同时变动, 实际工资不变, 实际产出不变 (迅速引起的通货膨胀, 根据费雪公式, 也会使得实际利率不

变)。就 CPI 通货膨胀而言,在粘性价格理论机制中,当有一个宽松的货币政策冲击时,同样,中间品厂商的边际成本增加,但仅假设部分中间品厂商有所预期而快速调整价格,另有中间品厂商未能预期而保持价格不变,由于最终品厂商的边际成本包括了中间品价格指数,这会放大其边际成本而缩小最终品厂商的价格调整幅度;与此同时,最终品厂商也仅有部分厂商对此“放小的边际成本”有所预期,另一部分并未预期到变动,因此最终品厂价格会呈现更强的粘性而使 CPI 通货膨胀产生惯性。粘性信息理论机制的不同之处在于,中间品厂商的边际成本增加时,都会根据滞后的冲击信息调整价格,这会影响最终品厂商的边际成本,进而最终品厂商也都会根据滞后的冲击信息调整价格,从而呈现出 CPI 通货膨胀惯性。当拓展到两个生产阶段后,两个理论模型中的 CPI 通货膨胀都有一定的惯性,瞬时冲击不足以区分其差异,仅有持续性冲击下惯性的差异才会显著。因此,对于粘性价格与粘性信息哪个理论更适用于货币政策分析,还依赖更强有力的证据。

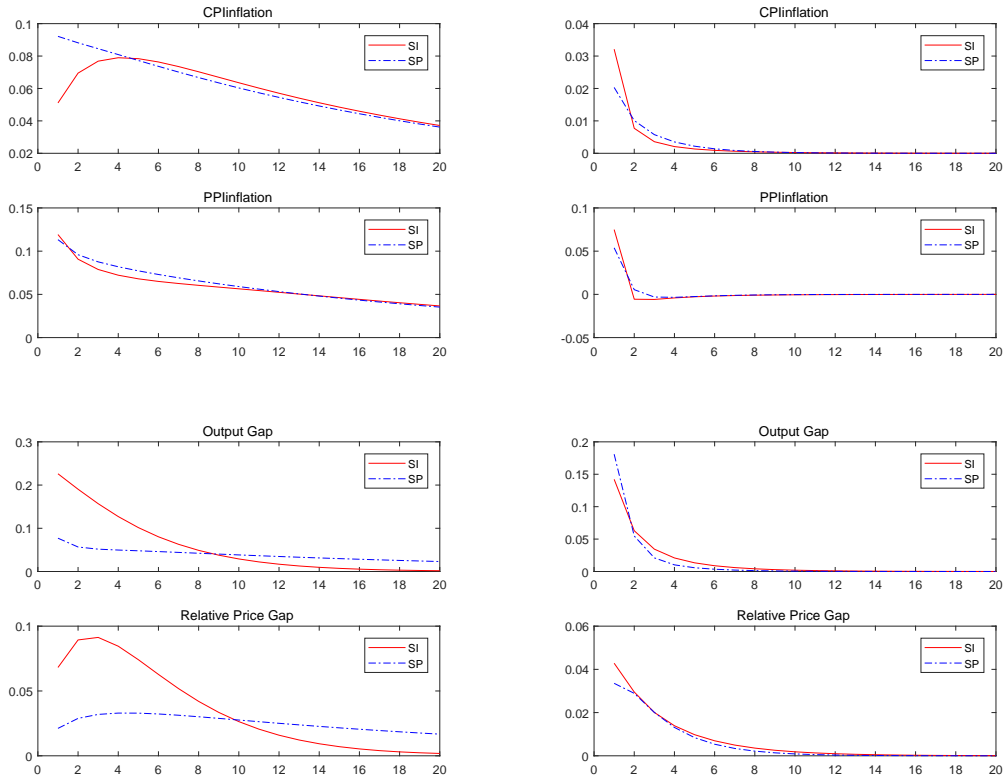


图 1: CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀等变量受持续性（左）和瞬时（右）货币政策冲击下的脉冲响应

## (2) 最优货币政策

当考虑最优货币政策及最优政策规则时,福利损失函数皆有重任,所以有必要对其略作讨论。比较 (4.5) 和 (4.6), 易发现,粘性信息与粘性价格理论背景下的福利函数中前两项(产出缺口和中间品生产阶段的实际边际成本)完全相同,差别仅在于后两项(最终品和中间品生产阶段的价格离散度)。在单个垄断竞争的生产环境下, Ball et al. (2005) 已经考察了这点不同,他们指出,价格离散占整个福利损失函数的权重大小对导致两个理论对货币政

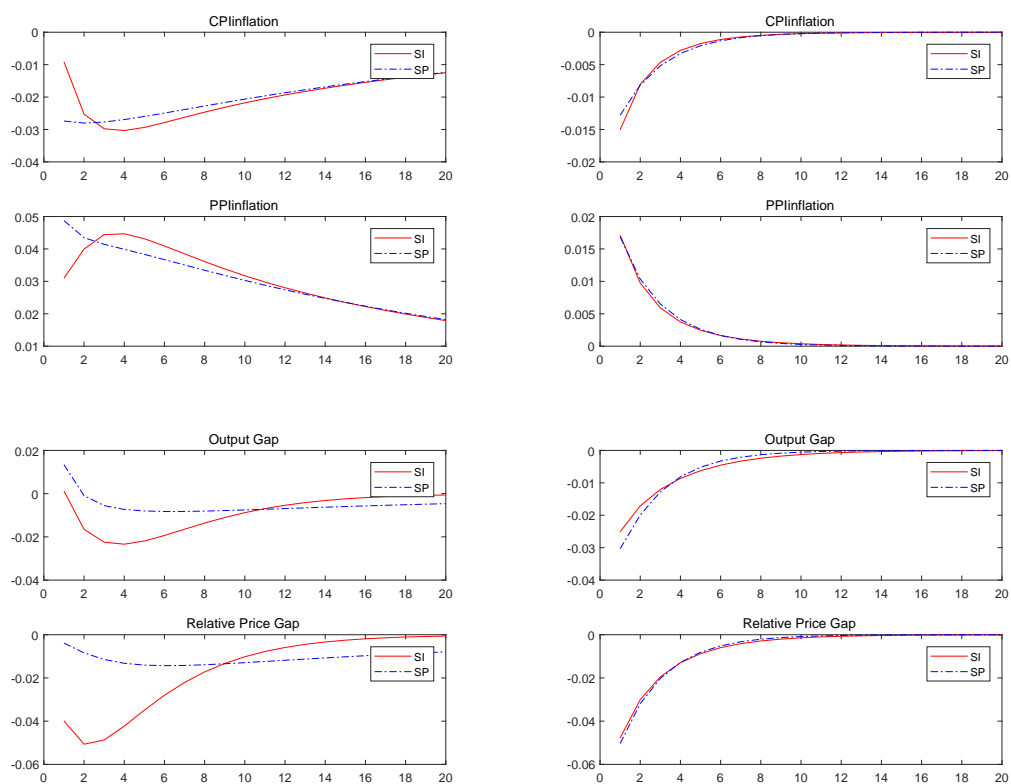


图 2: CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀等变量受持续性（左）和瞬时（右）最终品部门技术冲击下的脉冲响应



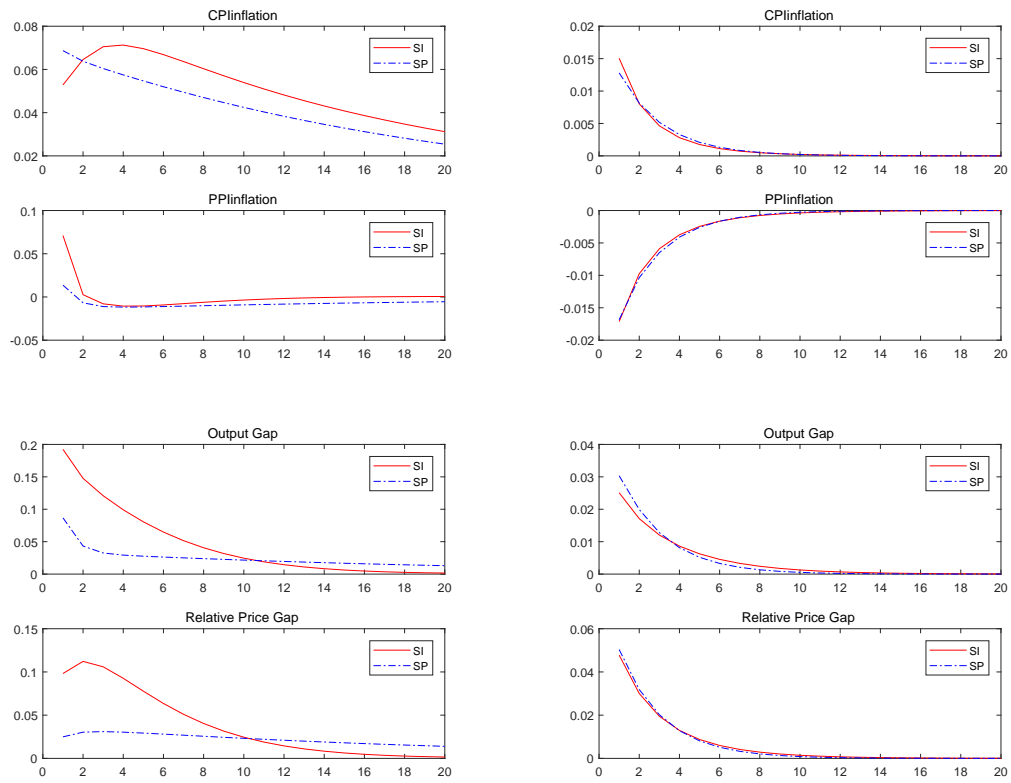


图 3: CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀等变量受持续性（左）和瞬时（右）中间品部门技术冲击下的脉冲响应

策分析结论的根本差异并无显著影响。<sup>30</sup>

下面给出中间品所占份额  $\alpha$  变动时（从 0.1 到 0.9）最优货币政策对应的福利损失  $wel$ （上标 SI 表示粘性信息模型，SP 表示粘性疾病模型），见表2。

表 2: 最优货币政策下粘性信息（SI）和粘性疾病（SP）模型中的基准福利损失

$\alpha$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$wel^{SI}$	0.54	0.81	0.88	0.82	0.68	0.5	0.31	0.15	0.04
$wel^{SP}$	0.98	1.49	1.66	1.58	1.33	0.99	0.63	0.31	0.08

<sup>1</sup> 粘性信息（SI）模型用式（4.5）计算福利损失；

<sup>2</sup> 粘性疾病（SP）模型用式（4.6）测算福利损失。

通过表2易看出最优货币政策下福利损失对于  $\alpha$  的敏感性。在粘性疾病环境下Huang and Liu (2005) 测算显示当中间品作为最终品的要素比重为 0.3 时，福利损失达到最大，本文在粘性疾病理论下的测算结果与其一致，并且粘性信息理论下也是同样结果。参考Huang and Liu (2005) 认为  $\alpha$  通常位于 [0.5, 0.8] 的看法，粘性信息环境下福利损失占比区间大致为 [0.15%, 0.68%]，而粘性疾病背景下的区间为 [0.31%, 1.33%]。本文在粘性疾病环境下测算的福利损失的具体值与Huang and Liu (2005) 一文中并不完全一致，这是由于模型求解方法不同，再者粘性程度的参数校准值也略有不同，但福利损失峰值对应的  $\alpha$  及  $\alpha$  变动时福利上升下降的趋势完全相同。

无论粘性疾病模型，还是粘性信息模型，最优货币政策都难实现，除非央行对自然利率、模型结构及其参数等有完美掌握 (Huang and Liu, 2005)。若以最优货币政策下的福利损失作为基准，测算最优政策规则下偏离这一基准福利的“相对福利损失”，仍可评估其他政策规则的优劣，并可在最优政策规则背景下比较粘性疾病和粘性信息模型。自然，“相对福利损失”越小，说明该最优政策规则越靠近最优货币政策。

### （3）最优简单规则

在定性分析中，已经指出了粘性信息理论和粘性疾病理论基于相同效用函数推导而来的福利损失函数并不相同，从而导致不能通过比较福利损失的绝对数值以比较价格刚性和信息摩擦理论的优劣。在定性分析中还指出了在粘性信息理论背景下，通货膨胀目标制更次之，但为更好与粘性疾病理论进行比较，不妨仍采用包含通货膨胀的利率规则形式。基于定性分析的结论，定量比较的策略为：分别计算双垄断新凯恩斯粘性疾病动态均衡系统和双垄断新凯恩斯粘性信息动态均衡系统中采用最优货币政策时的福利损失并以此为准（见上一节），本节将在上述两个系统中采用包含通货膨胀为政策反应对象的利率规则并计算最优利率规则下的福利损失，然后比较这一福利损失值与基准福利损失值的距离（相对值），距离越近，相对福利损失值越小，说明在该政策规则下的某一种理论（粘性疾病或粘性信息）更靠近最优货币政策 (Huang and Liu, 2005)pg. 1453-1454。

利率规则的形式设定仍基于式（4.9），不同于一般利率规则直接对反应系数进行校准，

<sup>30</sup> 由于该论断对本节而言异常重要，因而直接引述原句 “The differences in results arise even when the weight on the variance of relative prices in the loss function is zero, so that the loss function is simply the variance of the outputgap in the models.”

最优利率规则的含义是通过最小化福利损失函数可以计算出最佳的反应系数。除四个参数  $\psi_\pi^f$ 、 $\psi_\pi^m$ 、 $\psi_c$ 、 $\psi_i$  外，其他参数的校准值同于表1。为了看出划分生产阶段形成多垄断垂直生产链的重要性，此处分别考虑六种利率规则。利率规则 IR1 将各生产阶段的通货膨胀及其他政策系数都纳入考量；IR2 完全忽视中间品生产阶段（令  $\psi_\pi^m = 0$ ，所以中间品生产阶段占两个生产阶段的权重为 0）；IR3 完全不考虑最终品生产阶段（令  $\psi_\pi^f = 0$ ，中间品生产阶段占两个生产阶段的权重为 1）；IR4 忽略产出缺口；IR5 仅考虑最终品生产阶段的通货膨胀；IR6 仅考虑中间品生产阶段的通货膨胀。在上述实验中分别计算相应政策规则下  $\alpha = 0.6$  时的相对福利损失，见表3。

表 3: 最优简单利率规则下粘性信息（SI）和粘性价格（SP）模型中的相对福利损失

规则	最优政策系数				PPI 权重	wel <sup>SI</sup>	wel <sup>SP</sup>
	$\psi_\pi^f$	$\psi_\pi^m$	$\psi_c$	$\psi_i$			
IR1	1.77; 1.97	1.48; 1.12	0.34; 0.14	1.11; 1.52	0.46; 0.36	1.22 (0.61)	1.44 (1.43)
IR2	1.63; 1.70	0.00; 0.00	0.26; 0.19	0.91; 0.88	0.00; 0.00	1.48 (0.74)	1.47 (1.46)
IR3	0.00; 0.00	1.81; 1.61	0.52; 0.17	1.53; 1.97	1.00; 1.00	2.26 (1.13)	4.38 (4.34)
IR4	1.80; 1.98	1.49; 1.12	0.00; 0.00	1.27; 1.52	0.45; 0.36	1.32 (0.66)	1.44 (1.43)
IR5	1.67; 1.74	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.96; 0.88	0.00; 0.00	1.74 (0.87)	1.48 (1.47)
IR6	0.00; 0.00	1.89; 1.62	0.00; 0.00	1.65; 1.98	1.00; 1.00	2.86 (1.43)	4.43 (4.39)

<sup>1</sup> 第 1 列是正文所列的六种利率规则。第 2-9 列是根据福利损失最小原则确定的最优政策系数，“0”对应不以该变量为政策目标的利率规则，“;”的左右侧分别是在粘性信息（SI）模型和粘性价格（SP）模型中的测算值；

<sup>2</sup> 第 10-11 列是 PPI 权重（ $\frac{\psi_\pi^m}{\psi_\pi^f + \psi_\pi^m}$ ），“;”左右侧的含义同上；

<sup>3</sup> 第 12-15 列分别是在粘性信息模型和粘性价格模型中测算的相对上述 Ramsey 问题测算的基准福利损失（ $\alpha = 0.6$ ）的相对福利损失，“( )”中是最优简单规则下测算得来的绝对值。相对福利损失 = 绝对福利损失/基准福利损失。

Huang and Liu (2005) 粘性价格理论及本文粘性价格、粘性信息两种理论下的测算结果都显示，最优利率规则应同时关注到产出、CPI 通货膨胀及 PPI 通货膨胀等宏观变量，这相对于忽略一些宏观变量时的福利损失最小。因而，货币政策的总体思路是先选择 IR1，而此时基于粘性信息理论得到的最优利率规则更靠近 Ramsey 问题时的最优货币政策（相对福利损失更接近 1）。附录F提供了关键参数变动及其他货币政策形式的检验，一致显示以上结论是稳健的。

## 五 微观基础

生产部门可划为多个投入产出的生产阶段，形成垂直生产链<sup>31</sup>，美国对这些生产阶段有明确界定，并于本世纪初开始统计和公布有相应的匹配数据。<sup>32</sup>以最终品和中间品两个生产阶段为例，目前 DSGE 建模时通常假设其一为垄断竞争而另一为完全竞争的市场环境，这

<sup>31</sup> 从经济思想发展上来看，垂直生产链与“经济表”和“投入-产出表”一脉相承。重农学派的代表人物 François Quesnay 为法国国王创建了著名的“经济表”（Tableau Economique），以描述一个理想和自由竞争的国度中商品和货币的循环流动，“这是对财富流动第一次系统的分析，后来成为宏观经济学的基础”（Brue et al., 2013）<sup>chap. 3, pg. 40</sup>。边际学派的创始人之一 Léon Walras 提出并倡导考虑经济中多个变量相互关系的一般均衡分析，数理经济学家 Wassily Leontief 为了理解一般均衡理论的本质，受重农学派的代表人物 François Quesnay “经济表”（Tableau Economique）的启发，发明了“投入-产出表”（Input-Output Tables）。Huang and Liu (2004) 直接在标题上对这种传承关系予以揭示——投入产出结构和名义刚性（Input-Output Structure and Nominal Rigidity）。

<sup>32</sup> 参看 <https://www.bls.gov/cgi-bin/srgate>

会推导出一条新凯恩斯菲利普斯曲线。完全竞争是非常理想的状态，更接近现实的情况是，两个或多个生产阶段都是垄断竞争的市场环境，并且新凯恩斯主义者认为这些生产阶段都存在不同程度的价格调整压力（因名义刚性或信息摩擦），如此可以推导出两条或多条菲利普斯曲线，前述研究表明，忽视某一生产阶段的菲利普斯曲线，会带来不容小觑的福利损失。

名义刚性或信息摩擦皆需在垄断竞争的背景下生成，“各个生产阶段都设定为垄断竞争的市场环境”是否有微观证据？该问题不易直接回答，但用粘性价格或粘性信息模型估计相应的粘性参数相对简单，若其点估计或区间估计值显著异于 0，则尽管这组模型哪个能更好吻合实际数据（即拟合内生惯性）可能仍存争议，但相应生产阶段的数据对无论是价格粘性还是信息粘性的估计结果至少能说明，将不同生产阶段的市场环境设置为垄断竞争是合理的。

还以两个生产阶段为例，本节采用 Dupor et al. (2010) 建立的统一框架并借鉴其使用的两步法对中国数据特征下的最终品及中间品的价格调整压力进行估计，数据样本时段为 1996Q1 至 2014Q2。下面用简短篇幅重点报告 CPI（代表最终品部门）和 PPI（反应中间品部门）这两列数据下的名义刚性（粘性价格）和信息摩擦（粘性信息）的估计结果，见表 4。

从表 4 中可以得到如下两个结论。首先，就本节找到不同生产阶段存在不同程度的价格调整压力的微观证据这一任务而言，不难发现，无论基于 SI 模型，还是 SP 模型，可以看出最终品部门与中间品部门的调整难度迥然不同，以实线分隔开的四组数据中有三组表明最终品部门的粘性程度或信息摩擦更大，换言之，最终品部门的价格波动更小，而中间品的价格波动更大。此外，已有文献中也不乏有关不同生产阶段存在不同价格调整压力的实证结论：Murphy et al. (1989) 和 Clark (1999) 发现，就 PPI 而言，中间品尤其是原材料较制成品波动更大而持续性不足；Bils and Klenow (2004) 基于微观数据，估出原材料的价格波动是加工品价格波动的 3-4 倍；使用美国 CPI 和 PPI 的数据，Nakamura and Steinsson (2008) 发现最终品价格调整更慢。

再者，基于同时包含粘性价格和粘性信息的双粘性模型，当  $\gamma = 0$  时产生纯粘性信息模型，当  $\phi = 0$  时产生纯粘性价格模型，因而可以通过比较  $R^2$  和  $\text{Var-e}$  的大小选择数据匹配度更好的模型。显见，无论是用 CPI 还是 PPI，二次去势（QD）还是 HP 滤波，边际成本用劳动收入份额还是产出缺口作代理变量，一致的结果是，SP 优于 SI（Coibion (2010) 等人的实证研究有相同结论）。因而对“粘性价格和粘性信息哪个理论能更好解释价格调整压力”尚存争议：即在刻画通货膨胀持续性及通货膨胀对货币政策冲击的滞后反应上（模拟外生冲击惯性）粘性信息理论更优；但在模型预测通货膨胀序列与实际通货膨胀序列的契合上（拟合内生惯性），粘性价格理论更好。正因为各有优劣，所以这组同质性预期模型逐渐融合发展成异质性预期模型。将粘性价格与粘性信息合二为一的双粘性异质性预期模型 (Dupor et al., 2010)，从拟合数据的角度来说，确比单个的粘性价格或粘性信息模型更好，不足之处在于，它是简单嵌套而成，缺乏显性的微观基础。

异质性和异质性预期又有不同。本文假设两个垄断竞争市场环境的生产阶段都存在信息粘性，意指处于各个生产阶段的每家企业每期以一定概率更新信息，根据大数定律，每期有一定比例的企业更新信息，这意味着各个生产阶段的所有企业存在一分为二似的简单异质性，但从各个生产阶段的粘性信息菲利普斯曲线来看，仍只包含滞后理性预期，即它不属于异质性预期模型。如上所述，粘性信息在模拟外生惯性和测算福利损失的角度都较粘性价格有优势，但在拟合内生惯性方面差强人意，将粘性信息机制拓展为理性疏忽（rational

## 五 微观基础

表 4: 粘性信息 (SI) 和粘性价格 (SP) 模型的参数估计和拟合结果

		$\gamma$	$\phi$	$R^2$	Var-e
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = s$	SI		0.246 (0.1122,[0.091,0.484])	0.658	0.297
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = s$	SP	0.343 (0.1315,[0.204,0.498])		0.785	0.187
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = s$	SI		0.270 (0.1396,[0.195,0.675])	0.324	1.419
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = s$	SP	0.142 (0.0729,[0.923,1.478])		0.687	0.657
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = s$	SI		0.266 (0.1242,[0.102,0.509])	0.658	0.297
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = s$	SP	0.280 (0.1098,[0.112,0.415])		0.754	0.214
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = s$	SI		0.236 (0.1513,[0.109,0.633])	0.292	1.486
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = s$	SP	-0.768 (0.1551,[-0.831,-0.304])		0.779	0.464
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = \tilde{y}_{va}$	SI		0.881 (0.0173,[0.877,0.960])	0.510	0.426
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = \tilde{y}_{va}$	SP	0.811 (0.0087,[0.797,0.861])		0.784	0.188
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = \tilde{y}_{va}$	SI		0.797 (0.0289,[0.746,0.927])	0.403	1.254
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, QD; $v = \tilde{y}_{va}$	SP	0.741 (0.0199,[0.691,0.882])		0.469	1.116
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = \tilde{y}_{va}$	SI		0.715 (0.0289,[0.688,0.797])	0.702	0.259
CPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = \tilde{y}_{va}$	SP	0.636 (0.0151,[0.618,0.679])		0.834	0.144
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = \tilde{y}_{va}$	SI		0.574 (0.0399,[0.521,0.716])	0.460	1.133
PPI, s, $\tilde{y}_{va}$ in VAR, HP; $v = \tilde{y}_{va}$	SP	0.486 (0.0218,[0.459,0.603])		0.588	0.866

<sup>1</sup> 样本期间为 1996Q1 至 2014 年 Q2。同样，由于中国可用的样本数据的时间序列不够长，置信度为 0.95 的置信区间较宽，为使估计更有现实参考意义，需将置信区间适当收窄。在无法搜集到更长时间序列数据的情况下，此处选择将显著性水平提高一倍，即综括号 “[ ]” 代表的是置信度为 0.9 的置信区间。括号 “( )” 中综括号前是 p 值。第一步 VAR(3) 包含通货膨胀率、劳动者收入份额和产出缺口等 3 个变量，滞后三阶依据的是 BIC 准则；VAR 估计的初始时间往后延长 0.25 (K-1) 个时段，k=12 (参照 Dupor et al., 2010)，所以 VAR 样本期间为 1993Q2 至 2014Q2。

<sup>2</sup> 第一列分号前的字段表示估计过程中第一步 VAR 中除总是包含的通货膨胀率 CPI 或 PPI、劳动者收入份额 (s) 及按生产法计算的 GDP 得到的产出缺口 ( $\tilde{y}_{va}$ )；作为真实边际成本缺口代理变量的劳动收入份额 (s) 以及同样可作为其代理变量的将通过二次去势 (QD) 或 HP 滤波按生产法计算的 GDP 得到的产出缺口 ( $\tilde{y}_{va}$ )。第一列分号后的字段表示在第二步的估计中分别用劳动收入份额及产出缺口作为实际边际成本缺口的代理变量。第二列是指采用粘性信息模型 (SI) 还是粘性价格模型 (SP) 拟合数据。第三列是每期不调整价格的企业占所有企业中的比例，即价格粘性程度 ( $\gamma$ )。第四列是每期调整价格的企业中没有更新信息的企业占比，即信息粘性程度 ( $\phi$ )。第五列是双粘性模型的拟合优度 ( $R^2$ )。第六列是模型通货膨胀预测序列与实际通货膨胀序列间差距的标准差 (Var-e)。



inattention) 这个更具微观基础的异质性预期模型后, 会发现, 局部实证拟合的角度来看, 也会更好。<sup>33</sup>

粘性信息属于信息摩擦理论, 当信息不完全时, 一般需要进行信号提取或信息处理, 比如通过静态的贝叶斯公式以及动态的卡尔曼滤波, 但粘性信息通过假设每期以一定概率获得完全信息而巧妙避开了信号提取或信息处理的复杂过程, 这是其优势, 代价是拟合通货膨胀方程上并不理想。因此, 不妨从粘性信息拓展到理性疏忽这种直面信息摩擦的理论。<sup>34</sup>在理性疏忽中, 每个企业根据不同信息确立价格, 各个企业的预期行为都不相同。仍用前面介绍过的数据, 样本调整至 2000Q1 至 2014 年 Q2, 拟合发现: 理性疏忽模型对 CPI 通货膨胀数据的拟合优度为 0.6263 (标准差为 0.1869), 粘性价格模型对 CPI 通货膨胀数据的拟合优度为 0.6066 (标准差为 0.1968); 理性疏忽模型对 PPI 通货膨胀数据的拟合优度为 0.9625 (标准差为 0.0860), 粘性价格模型对 CPI 通货膨胀数据的拟合优度为 0.8927 (标准差为 0.2461)。见图4-5。

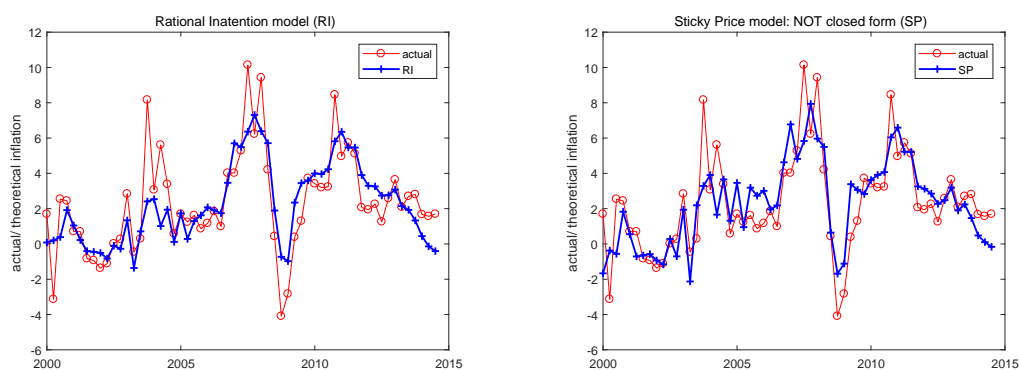


图 4: 理性疏忽 (左)、粘性价格 (右) 分别对 CPI 通货膨胀的拟合

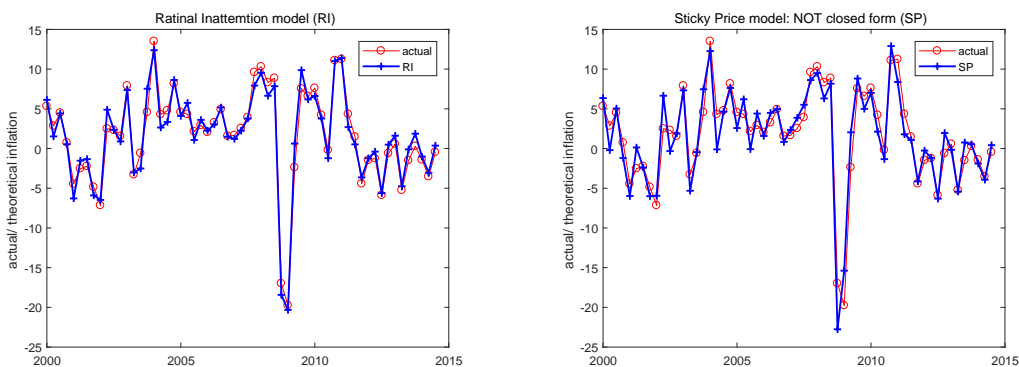


图 5: 理性疏忽 (左)、粘性价格 (右) 分别对 PPI 通货膨胀的拟合

如附录G所示, 可以证明, 粘性信息是理性疏忽的特例, 可视为从异质性到异质性预期

<sup>33</sup> 鉴于张成思 and 田涵晖 (2020) 已识别出中国 2001-2019 年通货膨胀的结构性特征, 感谢匿名审稿人提醒作者该文献对于本文进一步探讨异质性预期的启示和意义。

<sup>34</sup> 理性疏忽将行为经济学、信息科学等融入了动态宏观理论 (参看 Maćkowiak et al., 2018)。

上的拓展和发展演变。拓展之后，粘性信息在局部实证拟合上差强人意的表现，有所好转。但在一般均衡分析的框架中，无论是单垄断还是双垄断的生产结构中，已能识别出：粘性信息较粘性价格更适用于货币政策分析。

## 六 主要结论与政策建议

鉴于已有文献在单垄断市场结构下的动态均衡框架中对粘性价格与粘性信息理论比较研究后得出的“粘性信息理论与通货膨胀惯性和反通货膨胀效应等更吻合”的结论，及“粘性信息优于粘性价格用于货币政策分析”的看法，本文在双垄断新凯恩斯粘性价格模型的基础上，进一步将其模型中的粘性价格理论改为粘性信息理论，据此构建了双垄断新凯恩斯粘性信息模型，从而研究了信息摩擦对于双垄断市场环境的货币政策含义，得到如下结论：

第一，在本文模型中，不存在能实现帕累托最优的货币政策。帕累托最优是一种理想状态，指保持总体价格水平不变的同时，产出达到社会潜在最优状态。这符合事实特征，经济增长总要以一定水平的通货膨胀为代价。

第二，在本文拓展的双垄断模型中模拟显示，瞬时冲击下粘性价格与粘性信息的脉冲响应图相似，不像持续冲击下能明显看出粘性信息较粘性价格能更好地使通货膨胀等宏观经济变量呈现出惯性和驼峰状。这意味着，粘性信息与粘性价格哪个更适合货币政策分析，需要更直接的证据，因此本文转向最优货币政策和最优简单规则下福利损失的定量测度，结果显示，基于粘性信息理论测算的相对福利损失小于粘性价格模型中的测算值，这说明在可操作的货币政策层面，仍应选用粘性信息模型，它会更靠近理想的最优货币政策。

第三，不可回避的是，从局部实证拟合的角度看，粘性信息模型差强人意，而将其拓展为异质性预期模型后，拟合方面有所好转。但货币政策问题要在一般均衡分析框架中讨论，不宜单纯考虑供给侧的单根或多根菲利普斯曲线是否拟合得更好，而要将供给侧、需求侧及货币规则置于一个有机的经济系统中去考察。基于此，研究货币政策的制订，就粘性信息和粘性价格两种理论而言，选择前者更妥当。当然，这仍主要是理论层面的探讨，诚如[马勇等 \(2017\)](#) 指出的，在一些复杂条件下，特别是涉及到多种政策的协调和叠加问题时，中央银行究竟怎么操作才是合理的，“恐怕不只是一个单纯的理论问题，还需要在实践中不断探索、总结和完善。”

---

## 参考文献

- 何启志, 姚梦雨, 2017. 中国通胀预期测度及时变系数的菲利普斯曲线[J]. 管理世界(5):66-78.
- 卞志村, 胡恒强, 2016. 粘性价格、粘性信息与中国菲利普斯曲线[J]. 世界经济(4):22-43.
- 娄峰, 2016. 中国企业价格刚性研究: 基于扩展的双粘性菲利普斯曲线[J]. 中国工业经济(2): 37-51.
- 张成思, 田涵晖, 2020. 通货膨胀结构性分化与货币政策反应机制[J]. 世界经济(9).
- 彭兴韵, 2011. 粘性信息经济学——宏观经济学最新发展的一个文献综述[J]. 经济研究(12): 138-151.
- 王军, 2009. 新凯恩斯主义粘性信息理论述评[J]. 管理世界(8):157-162.
- 王立勇, 张良贵, 刘文革, 2012. 不同粘性条件下金融加速器效应的经验研究[J]. 经济研究(10):69-81.
- 肖争艳, 唐寿宁, 石冬, 2005. 中国通货膨胀预期异质性研究[J]. 金融研究(9):51-62.
- 范从来, 高洁超, 2016. 适应性学习与中国通货膨胀非均衡分析[J]. 经济研究(9):17-28.
- 陈彦斌, 2008. 中国新凯恩斯菲利普斯曲线研究[J]. 经济研究(12):50-64.
- 马勇, 张靖岚, 陈雨露, 2017. 金融周期与货币政策[J]. 金融研究(3):33-53.
- 齐鹰飞, 2011. 短期通货膨胀动态: 理论和中国实证[D]. 辽宁大连: 东北财经大学.
- ACHARYA S, 2017. Costly information, planning complementarities, and the phillips curve [J]. Journal of Money, Credit and Banking, 49(4):823-850.
- AMIR R, JAKUBCZYK M, KNAUFF M, 2008. Symmetric versus asymmetric equilibria in symmetric supermodular games[J]. International Journal of Game Theory, 37(3):307-320.
- AREOSA M B, AREOSA W D, CARRASCO V, 2020. A sticky-dispersed information phillips curve: A model with partial and delayed information[J]. Macroeconomic Dynamics, 24(4):747-773.
- ARSLAN M M, 2013. Optimal monetary policy with the sticky information model of price adustment: Inflation or price-level targeting?[J]. Bulletin of Economic Research, 65(s1): s106-s129.
- AUER R A, LEVCHENKO A A, SAURÉ P, 2019. International inflation spillovers through input linkages[J]. Review of Economics and Statistics, 101(3):507-521.
- BALL L, MANKIW N G, REIS R, 2005. Monetary policy for inattentive economies[J]. Journal of Monetary Economics, 52(4):703-725.

- 
- BERNANKE B, 2001. Inflation targeting : lessons from the international experience[J]. Canadian Journal of Economics/revue Canadienne Déconomique, 110(32):228-230.
- BILS M, KLENOW P J, 2004. Some evidence on the importance of sticky prices[J]. Journal of Political Economy, 112(5):947-985.
- BLANCHARD O J, 1983. The production and inventory behavior of the american automobile industry[J]. Journal of Political Economy, 91(3):365-400.
- BRUE S L, GRANT R R, 2013. The evolution of economic thought.[M]. Boston, MA: Cengage Learning: 600.
- CARRERA C, RAMÍREZ-RONDÁN N, 2017. Inflation, information rigidity, and the sticky information phillips curve[J]. Macroeconomic Dynamics, 23(7):2597-2615.
- CARVALHO C, LEE J W, PARK W Y, 2021. Sectoral price facts in a sticky-price model [J]. American Economic Journal: Macroeconomics, 13(1):216-56.
- CLARIDA R, GALÍ J, GERTLER M, 1999. The science of monetary policy: A new keynesian perspective[J]. Journal of Economic Literature, 37(4):1661-1707.
- CLARK T E, 1999. The responses of prices at different stages of production to monetary policy shocks[J]. Review of Economics and Statistics, 81(3):420-433.
- COIBION O, 2010. Testing the sticky information phillips curve[J]. Review of Economics and Statistics, 92(1):87-101.
- DIXIT A K, STIGLITZ J E, 1977. Monopolistic competition and optimum product diversity [J]. American Economic Review, 67(3):297-308.
- DONG F, WEN Y, 2019. Long and plosser meet bewley and lucas[J]. Journal of Monetary Economics, 102:70-92.
- DONG F, MIAO J, WANG P, 2020. Asset bubbles and monetary policy[J]. Review of Economic Dynamics, 37:s68-s98.
- DRISSI R, GHASSAN H B, 2019. Sticky price versus sticky information price: Empirical evidence in the new keynesian setting[J]. International Journal of Applied Mathematics and Statistics, 58:64-88.
- DUPOR B, TSURUGA T, 2010. Integrating sticky prices and sticky information[J]. Review of Economics and Statistics, 92(3):657-669.
- ERCEG C J, HENDERSON D W, LEVIN A T, 2000. Optimal monetary policy with staggered wage and price contracts[J]. International Finance Discussion Papers, 46(2): 281-313.
- GALÍ J, 2015. Monetary policy, inflation, and the business cycle: An introduction to the new keynesian framework and its applications[M]. 2nd ed. Princeton, New Jersey: Princeton University Press,.

- 
- GONG L, WANG C, ZOU H F, 2016. Optimal monetary policy with international trade in intermediate inputs[J]. *Journal of International Money and Finance*, 65:140-165.
- GOODFRIEND M, KING R G, 1997. The new neoclassical synthesis and the role of monetary policy[C]//S. B B, J. R J. *NBER Macroeconomics Annual*. Cambridge, MA: MIT Press.
- HUANG K X D, LIU Z, 2001. Production chains and general equilibrium aggregate dynamics[J]. *Journal of Monetary Economics*, 48(2):437-462.
- HUANG K X D, LIU Z, 2004. Input-output structure and nominal rigidity: The persistence problem revisited[J]. *Macroeconomic Dynamics*, 8(2):188-206.
- HUANG K X D, LIU Z, 2005. Inflation targeting: What inflation rate to target?[J]. *Journal of Monetary Economics*, 52(8):1435-1462.
- MAĆKOWIAK B, MATĚJKA F, WIEDERHOLT M, 2018. Dynamic rational inattention: Analytical results[J]. *Journal of Economic Theory*, 176:650-692.
- MANKIW N G, REIS R, 2002. Sticky information versus sticky prices: A proposal to replace the new keynesian phillips curve[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 117(4): 1295-1328.
- MANKIW N G, REIS R, 2003. What measure of inflation should a central bank target? [J]. *Journal of the European Economic Association*, 1(5):1058-1086.
- MENZ J O, VOGEL L, 2009. A detailed derivation of the sticky price and sticky information new keynesian dsge model[J]. *Macroeconomics and Finance*.
- MURPHY K M, SHLEIFER A, VISHNY R W, 1989. Building blocks of market clearing business cycle models[J]. *NBER Macroeconomics Annual*, 4(Volume 4):247-287.
- NAKAMURA E, STEINSSON J, 2008. Five facts about prices: A reevaluation of menu cost models[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 123(4):1415-1464.
- OBSTFELD M, ROGOFF K, 1996. *Foundations of international macroeconomics*[M]. 1st ed. Cambridge, MA: MIT Press,.
- PASTEN E, SCHOENLE R, WEBER M, 2020. The propagation of monetary policy shocks in a heterogeneous production economy[J]. *Journal of Monetary Economics*, 116:1-22.
- SARGENT T J, 1987. *Macroeconomic theory*[M]. 2nd ed. New York: Emerald Group Publishing Limited.
- TAYLOR J B, 1993. Discretion versus policy rules in practice[C]//Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. Amsterdam: Elsevier B.V.: 195-214.
- TRABANDT M, 2009. Sticky information vs. sticky prices: a horse race in a dsge framework [J]. *Ssrn Electronic Journal*.



- 
- UHLIG H, 1995. A toolkit for analyzing nonlinear dynamic stochastic models easily[J]. Discussion Paper, 1995-97:30-62.
- UNO Y, NAGANUMA S, HARA N, et al., 2018. New facts about firms' inflation expectations: Simple tests for a sticky information model[J]. V Bank of Japan Working Paper Series(18&E&14).
- WALSH C E, 2010. Monetary theory and policy[M]. 3rd ed. Cambridge, MA: MIT Press: 335-384.
- WEI S J, XIE Y, 2020. Monetary policy in an era of global supply chains[J]. Journal of International Economics:103299.
- WOODFORD M, 2003. Interest and prices : foundations of a theory of monetary policy [M]. 1st ed. Princeton, New Jersey: Princeton University Press: 552.

## 技术附录

### 附录 A 多垄断新凯恩斯粘性信息模型的构建

就推导多个生产阶段的菲利普斯曲线而言，仅聚焦家庭和企业两个部门。

#### A.1 家庭

代表性家庭部门消费的是最后生产阶段（第  $S$  个阶段）的制成品，其目标函数是：

$$\mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, N_t), \quad (\text{A.1})$$

其中  $\mathbb{E}_0$  表示当前（ $t = 0$ ）发生的预期行为， $\beta \in (0, 1)$  是家庭部门的主观贴现率，且瞬时效用函数的具体形式为：

$$U(C_t, N_t) = \frac{C_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\nu}}{1+\nu}, \quad (\text{A.2})$$

其中  $\frac{1}{\sigma} = -\frac{U_C}{CU_{CC}}$  表示跨期替代弹性， $\sigma$  表示边际效用弹性或针对消费的相对风险规避系数； $\frac{1}{\nu}$  表示劳动供给的 Frisch 弹性<sup>35</sup>， $\nu$  表示边际负效用弹性或针对劳动的相对风险规避系数。当跨期替代弹性  $\rightarrow 1$  时，退化为对数形式。<sup>36</sup>

每一期家庭部门面临的预期约束是：

$$\int_0^1 P_{it}^S Y_{it}^S di + Q_t B_t \leq W_t N_t + \Pi_t + B_{t-1} - T_t, \quad (\text{A.3})$$

其中， $Y_{it}^S$  指最后第  $S$  生产阶段的产品  $i$ ， $P_{it}^S$  是对应的价格； $B_{t-1}$  是上一期购买的债券数量，收益假设为 1 单位，而本期继续购买的债券  $B_t$ ，假设购买价格为  $Q_t \equiv \frac{1}{1+i_t}$ ， $\frac{1}{Q_t} = 1+i_t$  表示名义利息收益； $\Pi_t$  是家庭通过购买企业股票获得的分红派息（所有家庭获得所有企业的利润总和）， $T_t$  家庭部门的是一次性总付税。家庭不会只消费一件商品，而是一篮子商品，合成方式可参考 [Dixit and Stiglitz \(1977\)](#) 作如下定义并在均衡时有

$$C_t = \left[ \int_0^1 (Y_{it}^S)^{\frac{\theta_S-1}{\theta_S}} di \right]^{\frac{\theta_S}{\theta_S-1}} \equiv Y_t^S, \quad (\text{A.4})$$

其中， $\theta_S$  是最后的第  $S$  生产阶段间的替代弹性。

家庭部门的决策问题可分为两个阶段。首先，给定消费支出水平  $\Omega_t = \int_0^1 P_{it}^S Y_{it}^S di$ ，选择能最大化消费总和  $C_t$  的每个消费束  $Y_{it}^S$ 。<sup>37</sup> 第二，给定上一步确定的最优消费束  $Y_{it}^S$ ，选择消费和劳动最大化效用水平。

<sup>35</sup> Frisch 弹性测度的是工资变动对劳动供给的替代效应。

<sup>36</sup> [Obstfeld and Rogoff \(1996\)](#) pg. 28

<sup>37</sup> 或者参照 [Walsh \(2010\)](#) pg. 331，根据无论购买怎样的一篮子  $C_t$  家庭选择构成这一篮子中的每件商品的最小成本之和推导，

即  $\min_{Y_{it}^S} \int_0^1 P_{it}^S Y_{it}^S di$  s.t.  $\left[ \int_0^1 (Y_{it}^S)^{\frac{\theta_S-1}{\theta_S}} di \right]^{\frac{\theta_S}{\theta_S-1}} \geq C_t$ ，结果完全相同。

先找最优消费向量，即

$$\max_{Y_{it}^S} \left( \int_0^1 (Y_{it}^S)^{\frac{\theta_S-1}{\theta_S}} di \right)^{\frac{\theta_S}{\theta_S-1}}, \quad (\text{A.5})$$

$$\text{s.t.} \quad \int_0^1 P_{it}^S Y_{it}^S di \leq \Omega_t. \quad (\text{A.6})$$

定义  $P_t^S$  是一单位  $Y_t^S$ （也即  $C_t$ ）的价格， $P_t^S \equiv \Omega_t|_{C_t=1}$ 。不难解得

$$P_t^S = \left( \int_0^1 (P_{it}^S)^{1-\theta_S} di \right)^{\frac{1}{1-\theta_S}}. \quad (\text{A.7})$$

进一步不难找到对最终品  $i$  的需求方程（上标“d”表示需求，下同）

$$Y_{it}^{d,S} = \left( \frac{P_{it}^S}{P_t^S} \right)^{-\theta_S} Y_t^S. \quad (\text{A.8})$$

通过解在家庭预算约束下求最大化其效用函数的问题，可以得到跨期消费欧拉方程及劳动供给方程，分别为：

$$\frac{1}{1+i_t} \equiv Q_t = \beta E_t \left\{ \frac{U_{C,t+1}}{U_{Ct}} \frac{P_t^S}{P_{t+1}^S} \right\} = \beta E_t \left\{ \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t^S}{P_{t+1}^S} \right\}; \quad (\text{A.9})$$

$$\frac{W_t}{P_t^S} = -\frac{U_{Nt}}{U_{Ct}} = C_t^\sigma N_t^\nu, \quad (\text{A.10})$$

其中， $Q_t$  也是在垄断竞争且价格粘性时企业利润最大化目标函数中的名义随机贴现因子<sup>38</sup>； $U_C$  表示消费的边际正效用， $U_N$  表示劳动的边际负效用。

## A.2 企业

垂直生产体系式的企业部门分为  $s$  个生产阶段，从最初的第 1 生产阶段到最后的第  $S$  ( $S \geq 2$ ) 生产阶段。每个生产阶段皆是垄断竞争且企业定价受信息粘性之困。各生产阶段产品间的替代弹性为  $\theta_s$ 。

最初生产阶段，生产的投入要素只有劳动力；从第二个阶段开始直至最后阶段，生产要素都由两个部分构成：劳动力以及前一阶段的产品。生产函数假设规模报酬不变（CRS），分别为：

$$Y_{it}^s = \begin{cases} \left\{ \left[ \int_0^1 (Y_{ijt}^{s-1})^{\frac{\theta_{s-1}-1}{\theta_{s-1}}} dj \right]^{\frac{\theta_{s-1}}{\theta_{s-1}-1}} \right\}^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{(1-\alpha)}; & s = 2, 3, \dots, S \\ A_t^s N_{it}^s, & s = 1 \end{cases} \quad (\text{A.11})$$

### (I) 确定边际成本和要素需求函数

<sup>38</sup> 当取实际利润作为目标函数时则要用实际的随机贴现因子，即  $\beta E_t \left[ \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \right]$ 。

(i) 第 1 个生产阶段比较特殊, 企业的投入要素只有劳动力, 该阶段的产出是下个阶段生产的投入要素。根据成本最小化求对劳动力要素的需求函数  $N_{it}^{d,1}$  及边际成本  $V_t^1$ 。如前所述, 由于生产函数是 CRS, 边际成本等于平均成本等于相应的拉格朗日乘子, 即  $V_{it}^1 = V_t^1 = \lambda_t^1$ 。

$$\min_{Y_{it}^1} TC_{it}^1 = W_t N_{it}^1, \quad (\text{A.12})$$

$$\text{s.t. } A_t^1 N_{it}^1 \geq Y_{it}^1. \quad (\text{A.13})$$

构造拉格朗日函数:

$$\mathcal{L} = W_t N_{it}^1 + V_t^1 (Y_{it}^1 - A_t^1 N_{it}^1) \quad (\text{A.14})$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_{it}^1} = W_t - V_t^1 A_t^1 = 0, \quad (\text{A.15})$$

$$\Rightarrow V_t^1 = \frac{W_t}{A_t^1}, \quad (\text{A.16})$$

$$\Rightarrow N_t^{d,1} = \int_0^1 N_{it}^{d,1} di = \frac{1}{A_t^1} \int_0^1 Y_{it}^1 di = \frac{V_t^1}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^1 di. \quad (\text{A.17})$$

最后一行所求为第 1 个生产阶段的所有企业对劳动力要素的需求总和。

(ii) 下面求第  $s$  ( $2 \leq s \leq S$ ) 阶段的要素需求函数及边际成本。注意到第  $s$  阶段的要素投入为该阶段所需的劳动力及第  $s-1$  阶段的产出。

先求第  $s-1$  阶段产品  $j$  的需求曲线, 即求第  $s-1$  阶段一件商品与这一篮子产品的关系, 以及求第  $s-1$  阶段这篮子产品的价格指数:

$$\min_{Y_{ijt}^{s-1}} \int_0^1 P_{jt}^{s-1} Y_{ijt}^{s-1} dj, \quad (\text{A.18})$$

$$\text{s.t. } \left[ \int_0^1 (Y_{ijt}^{s-1})^{\frac{\theta_{s-1}-1}{\theta_{s-1}}} dj \right]^{\frac{\theta_{s-1}}{\theta_{s-1}-1}} \geq Y_{it}^{d,s-1}. \quad (\text{A.19})$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Y_{ijt}^{d,s-1} = \left( \frac{P_{jt}^{s-1}}{P_t^{s-1}} \right)^{-\theta_{s-1}} Y_{it}^{d,s-1}, \\ P_t^{s-1} = \left[ \int_0^1 (P_{jt}^{s-1})^{1-\theta_{s-1}} dj \right]^{\frac{1}{1-\theta_{s-1}}}. \end{cases} \quad (\text{A.20})$$

然后是两种投入要素的成本最小化:

$$\min_{Y_{ijt}^{d,s-1}, N_{it}^s} TC_{it}^s = \int_0^1 P_{jt}^{s-1} Y_{ijt}^{d,s-1} dj + W_t N_{it}^s, \quad (\text{A.21})$$

$$\text{s.t. } \left\{ \left[ \int_0^1 (Y_{ijt}^{d,s-1})^{\frac{\theta_{s-1}-1}{\theta_{s-1}}} dj \right]^{\frac{\theta_{s-1}}{\theta_{s-1}-1}} \right\}^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{1-\alpha} \geq Y_{it}^s, \quad s = 2, 3, \dots, S. \quad (\text{A.22})$$

$\Downarrow$

$$\min_{Y_{it}^{d,s-1}, N_{it}^s} TC_{it}^s = P_t^{s-1} Y_{it}^{d,s-1} + W_t N_{it}^s, \quad (\text{A.23})$$

$$\text{s.t. } (Y_{it}^{d,s-1})^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{1-\alpha} \geq Y_{it}^s, \quad s = 2, 3, \dots, S. \quad (\text{A.24})$$

上面两组目标函数及约束条件是等价的关系。构造拉格朗日函数：

$$\mathcal{L} : P_t^{s-1} Y_{it}^{d,s-1} + W_t N_{it}^s + V_t^s \left[ Y_{it}^s - (Y_{it}^{d,s-1})^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{(1-\alpha)} \right]. \quad (\text{A.25})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Y_{it}^{d,s-1}} = 0 \Rightarrow P_t^{s-1} = \alpha V_t^s (Y_{it}^{d,s-1})^{\alpha-1} (A_t^s N_{it}^s)^{(1-\alpha)}, \\ \Rightarrow P_t^{s-1} = \alpha V_t^s (Y_{it}^{d,s-1})^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{(1-\alpha)} (Y_{it}^{d,s-1})^{-1}, \\ \Rightarrow P_t^{s-1} = \alpha V_t^s Y_{it}^s (Y_{it}^{d,s-1})^{-1}, \\ \Rightarrow Y_{it}^{d,s-1} = \alpha \frac{V_t^s}{P_t^{s-1}} Y_{it}^s, \\ \Rightarrow Y_{ijt}^{d,s-1} \left( \frac{P_{jt}^{s-1}}{P_t^{s-1}} \right)^{\theta_{s-1}} = \alpha \frac{V_t^s}{P_t^{s-1}} Y_{it}^s, \\ \Rightarrow Y_{ijt}^{d,s-1} = \alpha \frac{V_t^s}{P_t^{s-1}} \left( \frac{P_{jt}^{s-1}}{P_t^{s-1}} \right)^{-\theta_{s-1}} Y_{it}^s, \\ \Rightarrow Y_{jt}^{d,s-1} = \int_0^1 Y_{ijt}^{d,s-1} di = \alpha \frac{V_t^s}{P_t^{s-1}} \left( \frac{P_{jt}^{s-1}}{P_t^{s-1}} \right)^{-\theta_{s-1}} \int_0^1 Y_{it}^s di. \end{array} \right. \quad (\text{A.26})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_{it}^s} = 0 \Rightarrow W_t = (1-\alpha) V_t^s (Y_{it}^{d,s-1})^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{(-\alpha)} A_t^s, \\ \Rightarrow W_t = (1-\alpha) V_t^s (Y_{it}^{d,s-1})^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{(1-\alpha)} \frac{1}{N_{it}^s}, \\ \Rightarrow W_t = (1-\alpha) V_t^s \frac{Y_{it}^s}{N_{it}^s}, \\ \Rightarrow N_{it}^{d,s} = (1-\alpha) \frac{V_t^s}{W_t} Y_{it}^s, \\ \Rightarrow N_t^{d,s} = \int_0^1 N_{it}^{d,s} di = (1-\alpha) \frac{V_t^s}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^s di; \end{array} \right.$$

结合以上推导求  $V_t^s$ ：

$$\left. \begin{array}{l} P_t^{s-1} = \alpha V_t^s Y_{it}^s (Y_{it}^{d,s-1})^{-1} \\ W_t = (1-\alpha) V_t^s \frac{Y_{it}^s}{N_{it}^s} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{W_t}{P_t^{s-1}} = \frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{Y_{it}^{d,s-1}}{N_{it}^s} \Rightarrow \frac{Y_{it}^{d,s-1}}{N_{it}^s} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{W_t}{P_t^{s-1}}. \quad (\text{A.27})$$

$$\begin{aligned} P_t^{s-1} &= \alpha V_t^s Y_{it}^s (Y_{it}^{d,s-1})^{-1}, \\ \Rightarrow V_t^s &= \frac{1}{\alpha} \frac{P_t^{s-1} Y_{it}^{d,s-1}}{Y_{it}^s}, \\ &= \frac{1}{\alpha} \frac{P_t^{s-1} Y_{it}^{d,s-1}}{(Y_{it}^{d,s-1})^\alpha (A_t^s N_{it}^s)^{1-\alpha}}, \\ &= \frac{1}{\alpha} \frac{P_t^{s-1} (Y_{it}^{d,s-1})^{1-\alpha}}{(A_t^s N_{it}^s)^{1-\alpha}}, \\ &= \frac{1}{\alpha} \frac{P_t^{s-1}}{(A_t^s)^{1-\alpha}} \left( \frac{Y_{it}^{d,s-1}}{N_{it}^s} \right)^{1-\alpha}, \\ &= \frac{1}{\alpha} \frac{P_t^{s-1}}{(A_t^s)^{1-\alpha}} \left( \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{W_t}{P_t^{s-1}} \right)^{1-\alpha}, \\ &= \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{\alpha-1} (P_t^{s-1})^\alpha \left( \frac{W_t}{A_t^s} \right)^{1-\alpha}, \end{aligned} \quad (\text{A.28})$$

$$\Rightarrow V_t^s = \bar{\alpha}(P_t^{s-1})^\alpha \left( \frac{W_t}{A_t^s} \right)^{1-\alpha}, \quad \text{其中 } \bar{\alpha} = \frac{1}{\alpha^\alpha(1-\alpha)^{(1-\alpha)}}. \quad (\text{A.29})$$

(II) 最后根据利润最大化求各个阶段的企业的最优定价

(i) 在求要素需求函数及边际成本时，第 1 阶段由于只有劳动力作为投入要素，相对特殊。而此时，对第 S 阶段的需求来自于家庭部门对该阶段产品的消费，故单列：

$$\max_{P_{it}^{s,h}} (\phi_s)^0 \mathbb{E}_{t-h} \{ [P_{it}^{s,h}(1 + \tau_s) - V_t^S] Y_{it}^{d,S} \}, \quad (\text{A.30})$$

$$\text{s.t.} \quad Y_{it}^{d,S} = \left( \frac{P_{it}^{s,h}}{P_t^S} \right)^{-\theta_s} Y_t^S. \quad (\text{A.31})$$

(ii) 对第 s ( $1 \leq s < S$ ) 阶段产出的需求来自于第 s+1 个生产阶段将其视为投入要素，即

$$\max_{P_{jt}^{s,h}} (\phi_s)^0 \mathbb{E}_{t-h} \{ [P_{jt}^{s,h}(1 + \tau_s) - V_t^s] Y_{it}^{d,s} \}, \quad (\text{A.22})$$

$$\text{s.t.} \quad Y_{jt}^{d,s} = \alpha \frac{V_t^{s+1}}{P_t^s} \left( \frac{P_{jt}^{s,h}}{P_t^s} \right)^{-\theta_s} \int_0^1 Y_{it}^{s+1} di. \quad (\text{A.32})$$

以上两组方程的解可合并为：

$$P_{it}^{s,h} = \frac{\bar{\theta}_s}{1 + \tau_s} \mathbb{E}_{t-h} V_t^s, \quad s \in \{1, 2, \dots, S\}. \quad (\text{A.33})$$

未额外说明的符号含义皆同于正文。最后类似于正文中的步骤，可推导出 s 条粘性信息菲利普斯曲线，各个生产阶段的价格变动指数皆是整个经济系统的内生变量。

## 附录 B 总就业与总产出的关系推导

$$\begin{aligned} N_t &= (1 - \alpha) \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^{d,f} di + \frac{1}{A_t^m} \int_0^1 Y_{jt}^{d,m} dj, \\ &= (1 - \alpha) \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^{d,f} di + \frac{V_t^m}{W_t} \int_0^1 Y_{jt}^{d,m} dj, \\ &= (1 - \alpha) \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^{d,f} di + \frac{V_t^m}{W_t} \int_0^1 \left[ \alpha \frac{V_t^f}{P_t^m} \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} \int_0^1 Y_{it}^{d,f} di \right] dj, \\ &= \left[ (1 - \alpha) + \alpha \frac{V_t^m}{P_t^m} \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \right] \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 Y_{it}^{d,f} di, \\ &= \left[ (1 - \alpha) + \alpha \frac{V_t^m}{P_t^m} \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \right] \frac{V_t^f}{W_t} \int_0^1 \left[ \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} Y_t^f \right] di, \end{aligned}$$



$$= \left[ (1 - \alpha) + \alpha \frac{V_t^m}{P_t^m} \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \right] \frac{V_t^f}{W_t} C_t \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di, \quad (\text{B.1})$$

通过代入  $\frac{V_t^m}{P_t^m} = \frac{W_t}{P_t^f} \frac{P_t^f}{P_t^m} \frac{1}{A_t^m}$ ,  $\frac{V_t^f}{W_t} = \bar{\alpha} \left( \frac{W_t}{P_t^f} \right)^{-\alpha} \left( \frac{P_t^m}{P_t^f} \right)^\alpha \left( \frac{1}{A_t^f} \right)^{1-\alpha}$  以及  $\frac{W_t}{P_t^f} = C_t^\sigma N_t^\nu$ , 并且  $\int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj$  和  $\int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di$  分别在  $P_{jt}^m = P_t^m$ 、 $P_{it}^f = P_t^f$  附近一阶近似值为 1, <sup>39</sup> 因此

$$N_t \approx \left[ (1 - \alpha) + \alpha \frac{P_t^f}{P_t^m} \frac{1}{A_t^m} C_t^\sigma N_t^\nu \right] \left[ \bar{\alpha} \left( \frac{P_t^m}{P_t^f} \right)^\alpha \left( \frac{1}{A_t^f} \right)^{1-\alpha} (C_t^\sigma N_t^\nu)^{-\alpha} \right] C_t. \quad (\text{B.2})$$

### 附录 C 通货膨胀方程的推导

参考 Mankiw and Reis (2002) 中附录部分, 从式 (3.28) 入手, 提出第一项并稍作变换

$$\begin{aligned} \hat{p}_t^s &= \bar{\phi}^s (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) + \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^{h+1} E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) \\ &= \bar{\phi}^s (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) + \bar{\phi}^s (1 - \bar{\phi}^s) \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) \\ &= \bar{\phi}^s (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) + \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) - (\bar{\phi}^s)^2 \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s), \end{aligned} \quad (\text{C.1})$$

从上述第二个等式出发,

$$\frac{\hat{p}_t^s}{1 - \bar{\phi}^s} = \frac{\bar{\phi}^s}{1 - \bar{\phi}^s} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) + \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s), \quad (\text{C.2})$$

稍作运算后有

$$\begin{aligned} \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) &= \left( \frac{1}{1 - \bar{\phi}^s} - \frac{\bar{\phi}^s}{1 - \bar{\phi}^s} \right) \hat{p}_t^s - \frac{\bar{\phi}^s}{1 - \bar{\phi}^s} \hat{v}_t^s \\ &= \hat{p}_t^s - \frac{\bar{\phi}^s}{1 - \bar{\phi}^s} \hat{v}_t^s, \end{aligned} \quad (\text{C.3})$$

显见,  $(\bar{\phi}^s)^2 \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) = \bar{\phi}^s \hat{p}_t^s - \frac{(\bar{\phi}^s)^2}{1 - \bar{\phi}^s} \hat{v}_t^s$ 。

将式 (3.28) 前移一期为

$$\hat{p}_{t-1}^s = \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h E_{t-1-h} (\hat{p}_{t-1}^s + \hat{v}_{t-1}^s). \quad (\text{C.4})$$

<sup>39</sup> 以最终品生产阶段为例, 暂将上标  $f$  去除后, 为:  $P_t = (\int_0^1 P_{it}^{1-\theta} di)^{1/(1-\theta)} \Rightarrow 1 = \int_0^1 \left( \frac{P_{it}}{P_t} \right)^{1-\theta} di \Rightarrow 1 = \int_0^1 e^{(1-\theta)(P_{it} - P_t)} di \Rightarrow 1 = \int_0^1 [1 + (1-\theta)(p_{it} - p_t)] di \Rightarrow p_t \approx \int_0^1 p_{it} di$ 。所以,  $\int_0^1 \left( \frac{P_{it}}{P_t} \right)^{-\theta} di = \int_0^1 [e^{-\theta(p_{it} - p_t)}] di \approx \int_0^1 [1 - \theta(p_{it} - p_t)] di = 1 - \theta \int_0^1 (p_{it} - p_t) di \approx 1$ 。

因为  $\hat{\pi}_t^s = \hat{p}_t^s - \hat{p}_{t-1}^s$ ，所以

$$\begin{aligned}\hat{\pi}_t^s &= [\bar{\phi}^s(\hat{p}_t^s + \hat{v}_t^s) - (\bar{\phi}^s \hat{p}_t^s - \frac{(\bar{\phi}^s)^2}{1 - \bar{\phi}^s} \hat{v}_t^s)] + \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h \mathbf{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s) \\ &= [\bar{\phi}^s + \frac{(\bar{\phi}^s)^2}{1 - \bar{\phi}^s}] \hat{v}_t^s + \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h \mathbf{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s) \\ &= \frac{\bar{\phi}^s}{1 - \bar{\phi}^s} \hat{v}_t^s + \bar{\phi}^s \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \bar{\phi}^s)^h \mathbf{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s),\end{aligned}\quad (\text{C.5})$$

还原参数

$$\hat{\pi}_t^s = \frac{1 - \phi^s}{\phi^s} \hat{v}_t^s + (1 - \phi^s) \sum_{h=0}^{\infty} (\phi^s)^h \mathbf{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s). \quad (\text{C.6})$$

## 附录 D 相对价格缺口的运动方程

从其定义出发稍作变换

$$\begin{aligned}\Delta \tilde{d}_t &= \ln \frac{D_t}{D} - \ln \frac{D_{t-1}}{D} - \Delta \hat{d}_t^* \\ &= \ln \left( \frac{D_t}{D} \frac{D}{D_{t-1}} \right) - \Delta \hat{d}_t^* \\ &= \ln \left[ \left( \frac{P_t^m}{P_t^f} \frac{P^f}{P^m} \right) \left( \frac{P_{t-1}^f}{P_{t-1}^m} \frac{P^m}{P^f} \right) \right] - \Delta \hat{d}_t^* \\ &= \ln \left( \frac{P_t^m}{P^m} \frac{P^f}{P_t^f} \right) + \ln \left( \frac{P_{t-1}^f}{P^f} \frac{P^m}{P_{t-1}^m} \right) - \Delta \hat{d}_t^* \\ &= \hat{p}_t^m - \hat{p}_t^f + \hat{p}_{t-1}^f - \hat{p}_{t-1}^m - \Delta \hat{d}_t^* \\ &= (\hat{p}_t^m - \hat{p}_{t-1}^m) - (\hat{p}_t^f - \hat{p}_{t-1}^f) - \Delta \hat{d}_t^*,\end{aligned}\quad (\text{D.1})$$

再将式 (3.15) 对数线性化后取一阶差分易得： $\Delta \hat{d}_t^* = (1 - \alpha)(\Delta a_t^f - \Delta a_t^m)^{40}$ ，从而有

$$\Delta \tilde{d}_t = \hat{\pi}_t^m - \hat{\pi}_t^f - (1 - \alpha)(\Delta a_t^f - \Delta a_t^m). \quad (\text{D.2})$$

## 附录 E 福利损失函数的推导

下面详细推导非因垄断竞争而因粘性信息生成的福利损失函数（小写字母表示对数形式）：

$$\begin{aligned}U_t &\approx U + U_C(C_t - C) + U_N(N_t - N) + U_{CC} \frac{(C_t - C)^2}{2} + U_{NN} \frac{(N_t - N)^2}{2} \\ &= U + U_{CC} C \frac{C_t - C}{C} + U_{NN} N \frac{N_t - N}{N} + U_{CC} C^2 \frac{(C_t - C)^2}{2C^2} + U_{NN} N^2 \frac{(N_t - N)^2}{2N^2} \\ &= U + U_{CC} C \frac{C_t - C}{C} + U_{NN} N \frac{N_t - N}{N} + \frac{1}{2} U_{CC} C^2 \left( \frac{C_t - C}{C} \right)^2 + \frac{1}{2} U_{NN} N^2 \left( \frac{N_t - N}{N} \right)^2\end{aligned}$$

<sup>40</sup> 诚如 Huang and Liu (2005) pg. 1445 指出的，由此可见，如果两个生产阶段的技术路径一致（即  $\Delta a_t^f = \Delta a_t^m$ ），或者最终品的投入要素只有中间品（即  $\alpha = 1$ ），那么完全信息均衡时的相对价格不会受技术冲击的影响。

$$\begin{aligned}
 &= U + U_{CC} \frac{e^c - C}{C} + U_{NN} \frac{e^n - N}{N} + \frac{1}{2} U_{CC} C^2 \left( \frac{C_t - C}{C} \right)^2 + \frac{1}{2} U_{NN} N^2 \left( \frac{N_t - N}{N} \right)^2 \\
 &\approx U + U_{CC} \left[ \frac{e^c - C}{C} + \frac{e^c}{C} (c_t - c) + \frac{e^c}{C} \frac{(c_t - c)^2}{2} \right] + U_{NN} \left[ \frac{e^n - N}{N} + \frac{e^n}{N} (n_t - n) + \frac{e^n}{N} \frac{(n_t - n)^2}{2} \right] \\
 &\quad + \frac{1}{2} U_{CC} C^2 \left( \frac{C_t - C}{C} \right)^2 + \frac{1}{2} U_{NN} N^2 \left( \frac{N_t - N}{N} \right)^2 \\
 &= U + U_{CC} \left[ \frac{C - C}{C} + \frac{C}{C} (c_t - c) + \frac{C}{C} \frac{(c_t - c)^2}{2} \right] + U_{NN} \left[ \frac{N - N}{N} + \frac{N}{N} (n_t - n) + \frac{N}{N} \frac{(n_t - n)^2}{2} \right] \\
 &\quad + \frac{1}{2} U_{CC} C^2 \left( \frac{C_t - C}{C} \right)^2 + \frac{1}{2} U_{NN} N^2 \left( \frac{N_t - N}{N} \right)^2 \\
 &= U + U_{CC} \left[ (c_t - c) + \frac{(c_t - c)^2}{2} \right] + U_{NN} \left[ (n_t - n) + \frac{(n_t - n)^2}{2} \right] + \frac{1}{2} U_{CC} C^2 \left( \frac{C_t - C}{C} \right)^2 \\
 &\quad + \frac{1}{2} U_{NN} N^2 \left( \frac{N_t - N}{N} \right)^2 \\
 &\approx U + U_{CC} \left[ \hat{c}_t + \frac{(\hat{c}_t)^2}{2} \right] + U_{NN} \left[ \hat{n}_t + \frac{(\hat{n}_t)^2}{2} \right] + \frac{1}{2} U_{CC} C^2 (\hat{c}_t)^2 + \frac{1}{2} U_{NN} N^2 (\hat{n}_t)^2 \\
 &= U + U_{CC} \left[ \hat{c}_t + \frac{1 + \frac{U_{CC} C}{U_C}}{2} (\hat{c}_t)^2 \right] + U_{NN} \left[ \hat{n}_t + \frac{1 + \frac{U_{NN} N}{U_N}}{2} (\hat{n}_t)^2 \right] \\
 &= U + U_{CC} \left[ \hat{c}_t + \frac{1 - \sigma}{2} (\hat{c}_t)^2 \right] + U_{NN} \left[ \hat{n}_t + \frac{1 + \nu}{2} (\hat{n}_t)^2 \right] \\
 &= U + U_{CC} \left[ \hat{c}_t + \frac{1 - \sigma}{2} (\hat{c}_t)^2 \right] + U_{NN} \left\{ [(1 - \alpha) \hat{n}_t^f + \alpha \hat{n}_t^m] + \frac{1 + \nu}{2} [(1 - \alpha) (\hat{n}_t^f)^2 + \alpha (\hat{n}_t^m)^2] \right\} \\
 &= U + U_{CC} \left[ \hat{c}_t + \frac{1 - \sigma}{2} (\hat{c}_t)^2 \right] + U_{NN} \left\{ [(1 - \alpha) \hat{n}_t^f + \alpha \hat{n}_t^m] + \frac{1}{2} [(1 - \alpha) (\hat{n}_t^f)^2 + \alpha (\hat{n}_t^m)^2] \right\}, \quad (E.1)
 \end{aligned}$$

前面已用了均衡关系  $N_t = N_t^d$ ，最后一步推导用了式 (2.14)、(3.3)、(3.4)。具体而言，因为： $N(1 + \hat{n}_t) = N^f(1 + \hat{n}_t^f) + N^m(1 + \hat{n}_t^m)$  且  $N = N^f + N^m$ ，所以， $\hat{n}_t = \frac{N^f}{N} \hat{n}_t^f + \frac{N^m}{N} \hat{n}_t^m \approx (1 - \alpha) \hat{n}_t^f + \alpha \hat{n}_t^m$ 。<sup>41</sup>

式 (2.15) 取一阶近似将因粘性信息导致的价格分散消除，但此处推导福利损失函数正需尽量对其如实呈现，将用二阶近似刻画。因而先还原并将两个生产阶段的劳动需求单列

$$N_t^f = (1 - \alpha) \bar{\alpha} \left( \frac{P_t^m}{P_t^f} \right)^\alpha \left( \frac{1}{A_t^f} \right)^{1 - \alpha} C_t^{1 - \sigma \alpha} N_t^{-\nu \alpha} \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di; \quad (E.2)$$

$$N_t^m = \alpha \bar{\alpha} \left( \frac{P_t^m}{P_t^f} \right)^{\alpha - 1} \frac{1}{A_t^m} \left( \frac{1}{A_t^f} \right)^{1 - \alpha} C_t^{1 + \sigma(1 - \alpha)} N_t^{\nu(1 - \alpha)} \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di, \quad (E.3)$$

对上述两个等式取对数，然后对其相应的稳态等式取对数，分别相减即完成对数线性化，分别有

$$\hat{n}_t^f = \ln[(1 - \alpha) \bar{\alpha}] + \alpha \hat{d}_t + (\alpha - 1) a_t^f + (1 - \sigma \alpha) \hat{c}_t - \nu \alpha \hat{n}_t + \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di \right]; \quad (E.4)$$

$$\begin{aligned}
 \hat{n}_t^m &= \ln(\alpha \bar{\alpha}) + (\alpha - 1) \hat{d}_t - a_t^m + (\alpha - 1) a_t^f + (1 + \sigma - \sigma \alpha) \hat{c}_t + (\nu - \nu \alpha) \hat{n}_t \\
 &\quad + \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \right] + \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di \right], \quad (E.5)
 \end{aligned}$$

<sup>41</sup>Huang and Liu (2005)<sup>pg. 1448</sup> 并无说明最终品及中间品生产阶段各自就业占总就业之比取的是近似值而误用了等号。通过本文式 (3.3)、(3.4) 亦能很快发现占比只是近似为  $1 - \alpha$  和  $\alpha$ 。

上述两式再减去完全信息均衡时相应的对数线性化后的等式，并如前取  $\nu = 0$ ，则有

$$\tilde{n}_t^f = \alpha \tilde{d}_t + (1 - \sigma\alpha) \tilde{c}_t + \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di \right]; \quad (\text{E.6})$$

$$\tilde{n}_t^m = (\alpha - 1) \tilde{d}_t + (1 + \sigma - \sigma\alpha) \tilde{c}_t + \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \right] + \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di \right]. \quad (\text{E.7})$$

以最终品生产阶段为例，暂省略对应上标  $f$ ，按照前文做法，可以定义  $\tilde{p}_{it} = (\ln P_{it} - \ln P) - (\ln P_{it}^* - \ln P^*) = (p_{it} - p) - (p_{it}^* - p^*) = \hat{p}_{it} - \hat{p}_{it}^*$ ，注意到  $p = p^*$  且  $p_{it}^* = p_t^* = p_t$ ，所以  $\tilde{p}_{it} = p_{it} - p_t$ ，略微回顾脚注 35，不难发现

$$\begin{aligned} 1 &= \int_0^1 \left( \frac{P_{it}}{P_t} \right)^{1-\theta} di \equiv E_i \left( \frac{P_{it}}{P_t} \right)^{1-\theta} \\ &= E_i e^{(1-\theta)\tilde{p}_{it}} \\ &\approx E_i \left[ e^0 + (1-\theta)e^0 \tilde{p}_{it} + \frac{(1-\theta)^2 e^0 (\tilde{p}_{it})^2}{2} \right] \\ &= E_i \left[ 1 + (1-\theta)\tilde{p}_{it} + \frac{1}{2}(1-\theta)^2 (\tilde{p}_{it})^2 \right] \\ &= 1 + (1-\theta)E_i \tilde{p}_{it} + \frac{1}{2}(1-\theta)^2 E_i (\tilde{p}_{it})^2 \\ &= 1 + (1-\theta)E_i \tilde{p}_{it} + \frac{1}{2}(1-\theta)^2 \text{var}_i(p_{it}), \end{aligned} \quad (\text{E.8})$$

注意， $\text{var}_i(p_{it})$  表示价格离散（price dispersion）。根据一头一尾的等式关系，很快得到  $E_i \tilde{p}_{it} \approx \frac{\theta-1}{2} \text{var}_i(p_{it})$ 。所以，

$$\begin{aligned} \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{it}}{P_t} \right)^{-\theta} di \right] &\equiv \ln \left[ E_i \left( \frac{P_{it}}{P_t} \right)^{-\theta} \right] \\ &\approx \ln \left[ 1 - \theta E_i \tilde{p}_{it} + \frac{1}{2}\theta^2 \text{var}_i(p_{it}) \right] \\ &= \ln \left[ 1 + \frac{\theta(1-\theta)}{2} \text{var}_i(p_{it}) + \frac{1}{2}\theta^2 \text{var}_i(p_{it}) \right] \\ &= \ln \left[ 1 + \frac{\theta}{2} \text{var}_i(p_{it}) \right] \\ &\approx \frac{\theta}{2} \text{var}_i(p_{it}). \end{aligned} \quad (\text{E.9})$$

因而：

$$\ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{it}^f}{P_t^f} \right)^{-\theta^f} di \right] \approx \frac{\theta^f}{2} \text{var}_i(p_{it}^f); \quad \ln \left[ \int_0^1 \left( \frac{P_{jt}^m}{P_t^m} \right)^{-\theta^m} dj \right] \approx \frac{\theta^m}{2} \text{var}_j(p_{jt}^m). \quad (\text{E.10})$$

较早前已经定义了  $\tilde{c}_t = \hat{c}_t - \hat{c}_t^*$ ，即  $\hat{c}_t = \tilde{c}_t + \hat{c}_t^*$ ；相应地，也可以得到  $\hat{n}_t^s = \tilde{n}_t^s + \hat{n}_t^{*,s}$   $s \in \{f, m\}$ ，且  $\hat{n}_t^{*,s} = \hat{n}_t^*$ ；另外稳态时还有  $U_C C + U_N N = 0$ ，所以

$$\frac{U_t - U}{U_C C} \approx \left[ \hat{c}_t + \frac{1-\sigma}{2} (\hat{c}_t)^2 \right] - \left\{ [(1-\alpha)\hat{n}_t^f + \alpha\hat{n}_t^m] + \frac{1}{2}[(1-\alpha)(\hat{n}_t^f)^2 + \alpha(\hat{n}_t^m)^2] \right\}$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[ \tilde{c}_t + \frac{1-\sigma}{2}(\tilde{c}_t)^2 + (1-\sigma)\tilde{c}_t\hat{c}_t^* \right] - \left\{ (1-\alpha)\tilde{n}_t^f + \alpha\tilde{n}_t^m \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{2} \left[ (1-\alpha)(\tilde{n}_t^f)^2 + \alpha(\tilde{n}_t^m)^2 \right] + [(1-\alpha)\tilde{n}_t^f + \alpha\tilde{n}_t^m]\hat{n}_t^* \right\} + t.i.p. \\
 &= \left[ \tilde{c}_t + \frac{1-\sigma}{2}(\tilde{c}_t)^2 + (1-\sigma)\tilde{c}_t\hat{c}_t^* \right] - \left\{ \left[ (1-\alpha)\tilde{n}_t^f + \alpha\tilde{n}_t^m \right] (1 + \hat{n}_t^*) \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{2} \left[ (1-\alpha)(\tilde{n}_t^f)^2 + \alpha(\tilde{n}_t^m)^2 \right] \right\} + t.i.p. \tag{E.11}
 \end{aligned}$$

其中，“t.i.p.”表示不受政策影响的项，上式归为此项的是仅含完全信息均衡变量的项。

进一步将式 (E.6)、(E.7)、(E.10) 一起代入上式

$$\begin{aligned}
 \frac{U_t - U}{U_C C} &\approx \left[ \tilde{c}_t + \frac{1-\sigma}{2}(\tilde{c}_t)^2 + (1-\sigma)\tilde{c}_t\hat{c}_t^* \right] - \left\{ (1-\alpha) \left[ \alpha\tilde{d}_t + (1-\sigma\alpha)\tilde{c}_t + \frac{\theta^f}{2}\text{var}_i(p_{it}^f) \right] \right. \\
 &\quad \left. + \alpha \left[ (\alpha-1)\tilde{d}_t + (1-\sigma\alpha+\sigma)\tilde{c}_t + \frac{\theta^m}{2}\text{var}_j(p_{jt}^m) + \frac{\theta^f}{2}\text{var}_i(p_{it}^f) \right] \right\} (1 + \hat{n}_t^*) \\
 &\quad + \frac{1}{2} \left\{ (1-\alpha) \left[ \alpha\tilde{d}_t + (1-\sigma\alpha)\tilde{c}_t + \frac{\theta^f}{2}\text{var}_i(p_{it}^f) \right]^2 \right. \\
 &\quad \left. + \alpha \left[ (\alpha-1)\tilde{d}_t + (1-\sigma\alpha+\sigma)\tilde{c}_t + \frac{\theta^m}{2}\text{var}_j(p_{jt}^m) + \frac{\theta^f}{2}\text{var}_i(p_{it}^f) \right]^2 \right\} + t.i.p. \\
 &= \left[ \tilde{c}_t + \frac{1-\sigma}{2}(\tilde{c}_t)^2 + (1-\sigma)\tilde{c}_t\hat{c}_t^* \right] - \left[ \tilde{c}_t + \frac{\alpha\theta^m}{2}\text{var}_j(p_{jt}^m) + \frac{\theta^f}{2}\text{var}_i(p_{it}^f) \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1+\sigma^2\alpha(1-\alpha)}{2}(\tilde{c}_t)^2 + \frac{\alpha(1-\alpha)}{2}(\tilde{d}_t)^2 - \sigma\alpha(1-\alpha)\tilde{c}_t\tilde{d}_t + \hat{n}_t^*\tilde{c}_t \right] + t.i.p. + O(\|z\|) \\
 &= -\frac{1}{2} \left[ \sigma(\tilde{c}_t)^2 + \alpha(1-\alpha)(\sigma\tilde{c}_t - \tilde{d}_t)^2 + \alpha\theta^m\text{var}_j(p_{jt}^m) + \theta^f\text{var}_i(p_{it}^f) \right] + t.i.p. + O(\|z\|) \\
 &= -\frac{1}{2} \left[ \sigma(\tilde{c}_t)^2 + \alpha(1-\alpha)(\hat{v}_t^m)^2 + \alpha\theta^m\text{var}_j(p_{jt}^m) + \theta^f\text{var}_i(p_{it}^f) \right] + t.i.p. + O(\|z\|), \tag{E.12}
 \end{aligned}$$

其中，“ $O(\|z\|)$ ”表示二阶以上的高阶省略项，归为“t.i.p.”中的还有价格波动与受政策影响变量的交互项；倒数第二个等式还用到了式 (3.16)、(3.17)，显然，当按照此前假设  $\nu = 0$  的情况下有  $(1-\sigma)\hat{c}_t^* = \hat{n}_t^*$ ；最后一个等式根据式 (3.24)。

## 附录 F 稳健性检验

本附录将对关键参数值及货币政策类型作出变动以检验正文研究结果的稳健性。

### F.1 粘性参数的变动

关键参数值变动一。正文模拟时，一组有关粘性的关键参数值来自中国数据的实证估计。而Huang and Liu (2005) 假设最终品和中间品部门的价格粘性同为 0.75，所以检验的第一步先假设这组粘性参数（两个生产阶段的粘性价格和粘性信息）都为 0.75，其他参数值不变，脉冲响应如图6-8所示，显见，这与正文的结果一致，即在本文的理论模型中，持续性冲击下因粘性价格和粘性信息的不同导致通货膨胀等宏观经济变量的动态特征才有显著差异。

关键参数值变动二。正文基于实证估计，选择最终品生产阶段的信息粘性值为  $\phi_f = 0.72$ ，中间品生产阶段的信息粘性值为  $\phi_m = 0.57$ ，且为方便对垂直生产链中的粘性价格和

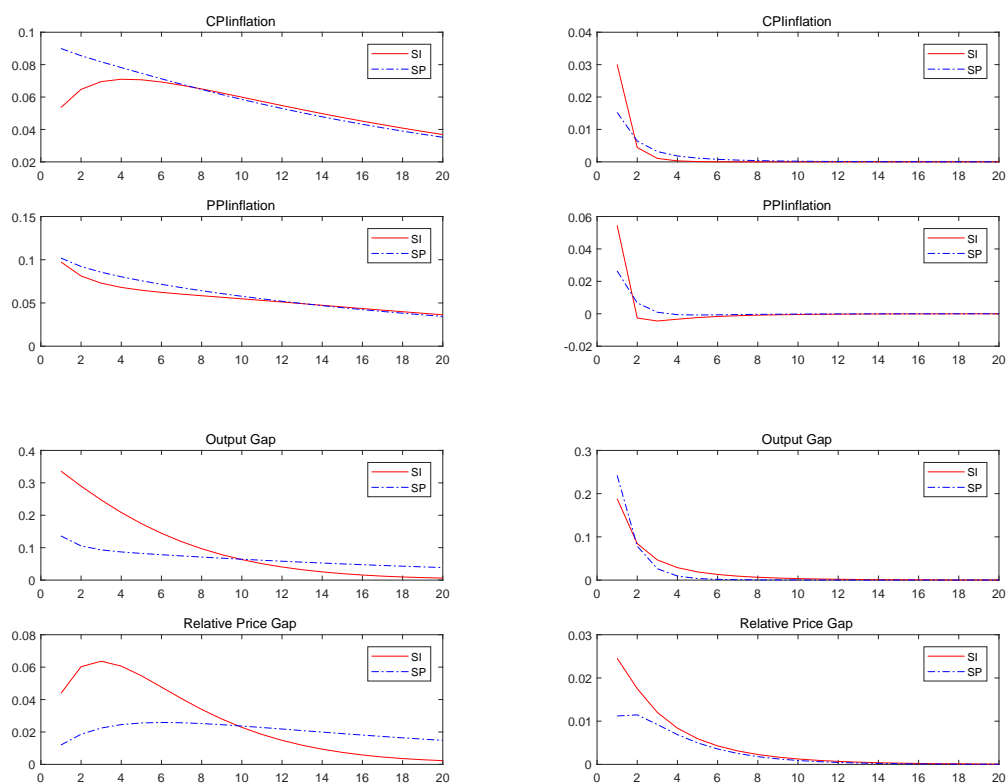


图 6: 最终品和中间品生产阶段的粘性都为 0.75 时 CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）货币政策冲击时的脉冲响应



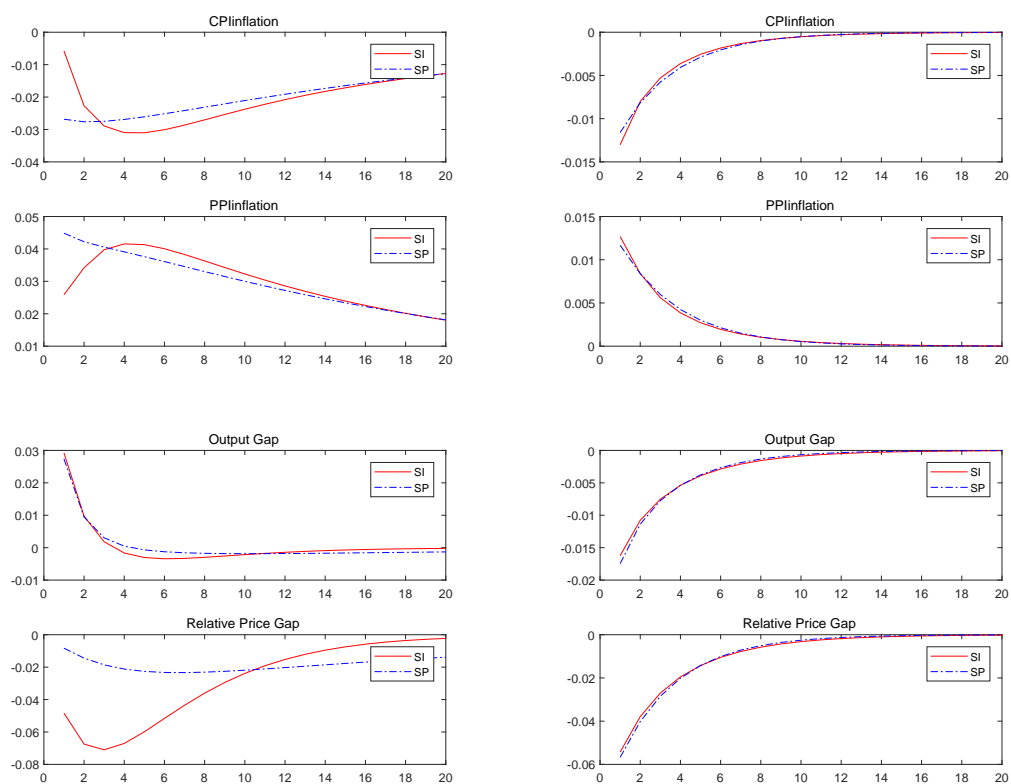


图 7: 最终品和中间品生产阶段的粘性都为 0.75 时 CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）最终品部门技术冲击时的脉冲响应

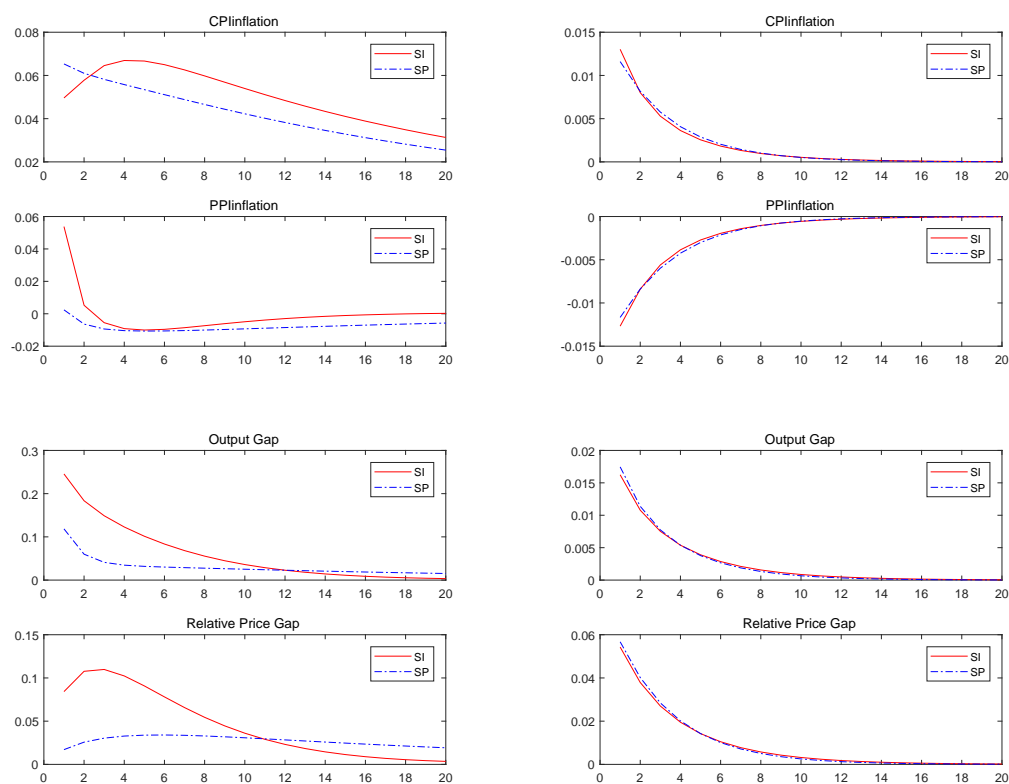


图 8: 最终品和中间品生产阶段的粘性都为 0.75 时 CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）中间品部门技术冲击时的脉冲响应

粘性信息机制做比较，选择最终品生产阶段和中间品生产阶段的价格粘性值也分别为 0.72 和 0.57，即假设价格粘性程度与信息粘性程度在各个生产阶段相同，但不同生产阶段的粘性参数仍不相同。此处对这一组关键参数稍作调整，根据正文第五节微观基础中的统计指标选择价格粘性的估计值 0.64 和 0.49 作为各个生产阶段价格粘性和信息粘性的参数值，即最终品生产阶段的价格粘性等于最终品生产阶段的信息粘性等于 0.64，中间品生产阶段的价格粘性等于中间品生产阶段的信息粘性等于 0.49。粘性参数调整后（其他参数值不变），如图9-11显示，与正文参数设定的模拟结果一致，即对于同为垄断竞争环境的垂直生产链而言，价格粘性与信息粘性的差别只在持续性冲击下才显著。

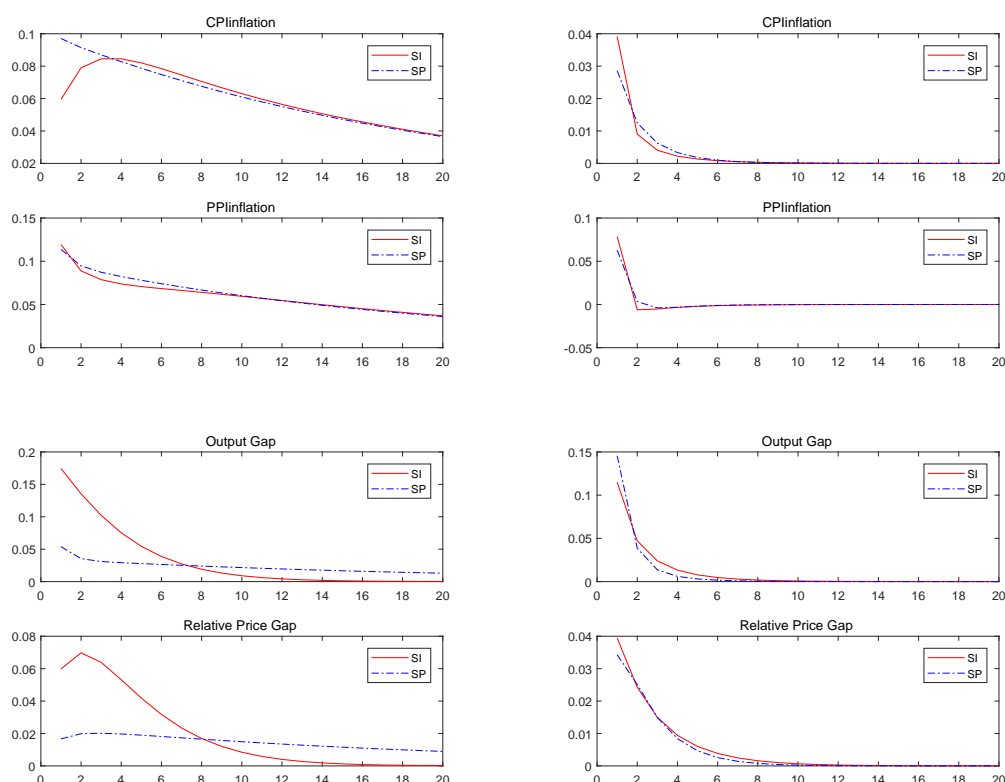


图 9: 最终品生产阶段的粘性为 0.64、中间品生产阶段的粘性为 0.49 时 CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）货币政策冲击时的脉冲响应

## F.2 效用函数的 MIU 形式及货币供给规则

为了讨论货币供给规则，方式之一是在效用函数中加入货币（Money in Utility, MIU），家庭部门的预算约束条件也作相应调整，通过对消费、劳动及货币等选择变量取一阶条件，稍作运算可得到一个对数线性的货币需求方程，根据货币市场的均衡条件便可建立利率与货币供给的关联，将最优货币政策或最优简单规则中的利率变量代入的货币需求方程，便能得到均衡条件下的货币供给，此时货币供给是内生变量，研究结论与正文一致。

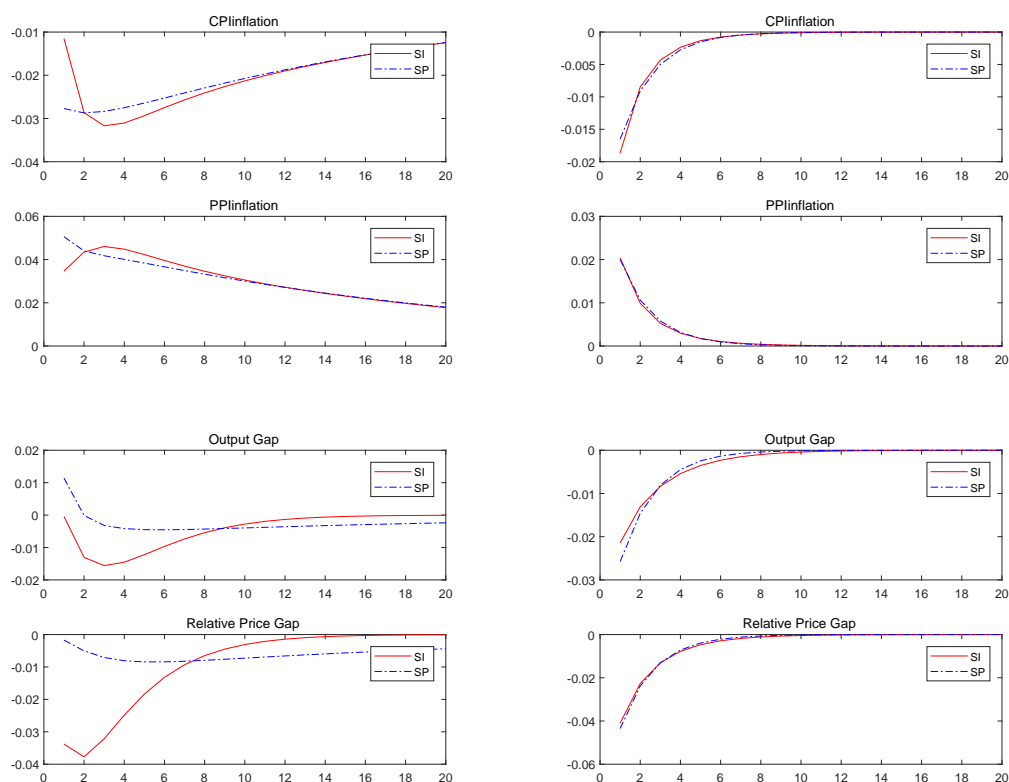


图 10: 最终品生产阶段的粘性为 0.64、中间品生产阶段的粘性为 0.49 时 CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）最终品部门技术冲击时的脉冲响应

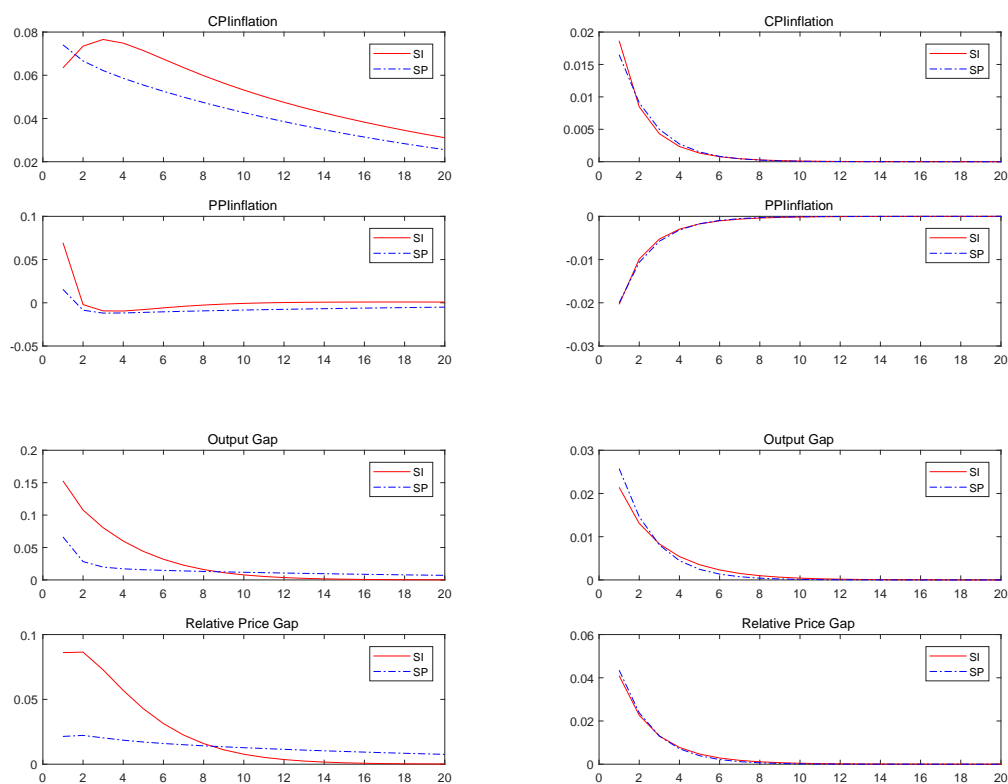


图 11: 最终品生产阶段的粘性为 0.64、中间品生产阶段的粘性为 0.49 时 CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）中间品部门技术冲击时的脉冲响应

不妨令货币供给外生，以检验货币供给冲击对通货膨胀的影响。对于双垄断粘性信息系统沿用总供给方程（3.29），此外，另须假设一个总需求方程以闭合经济系统，

$$\begin{cases} \hat{\pi}_t^s = \frac{1-\phi_s}{\phi_s} \hat{v}_t^s + (1-\phi_s) \sum_{h=0}^{\infty} (\phi_s)^h \mathbf{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s), \\ m_t = \hat{p}_t^f + \hat{c}_t, \\ \Delta m_t = \rho_m \Delta m_{t-1} + \epsilon_t^m. \end{cases} \quad (\text{F.1})$$

其中： $m_t$  表示货币， $\Delta m_t \equiv m_t - m_{t-1}$  表示货币供给增长， $\rho_m$  是自回归系数， $\epsilon_t^m$  是白噪声；其他变量含义同上。参数校准基本同于表1，但此前是利率扰动而现在是货币供给扰动，脉冲响应如图12-14所示，同样，这与正文的结果相同，即对于同为垄断竞争环境的垂直生产链而言，价格粘性与信息粘性的差别只在持续性冲击下才显著。

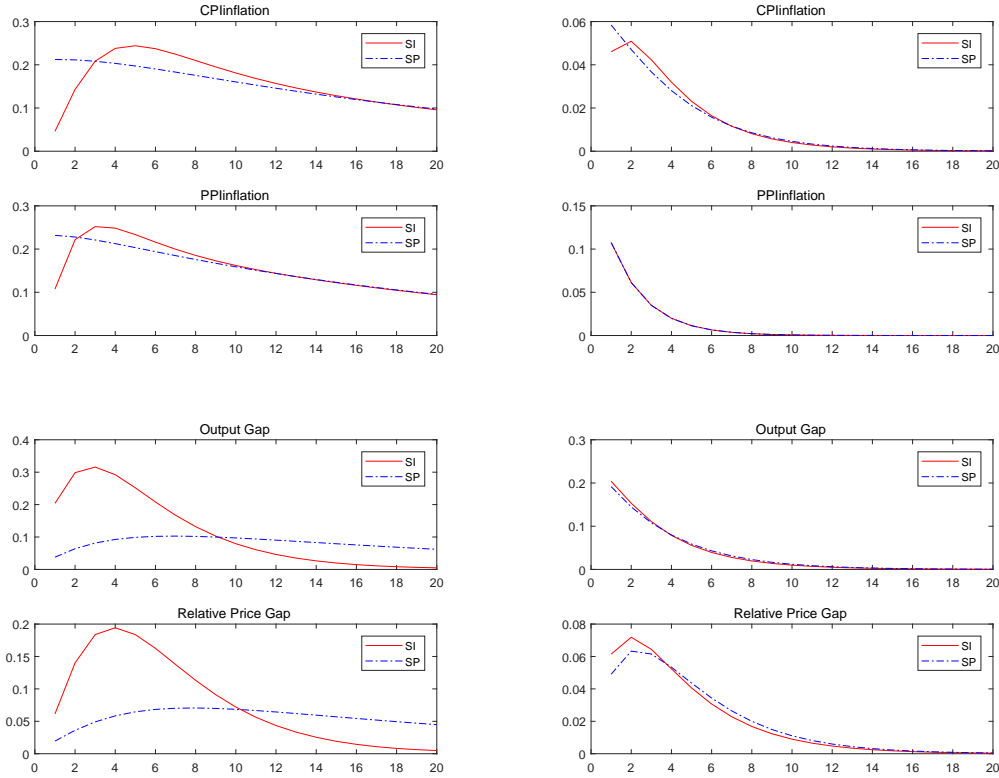


图 12: CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）货币政策冲击时的脉冲响应

为讨论货币供给的最优简单规则，沿用福利损失函数（4.1）为目标函数，约束条件为上述经济系统，即：

$$\min \left[ \text{Wel} = -\frac{U_C C}{2} \mathbf{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t L_t + t.i.p. + O(\|z\|) \right], \quad (4.1)$$



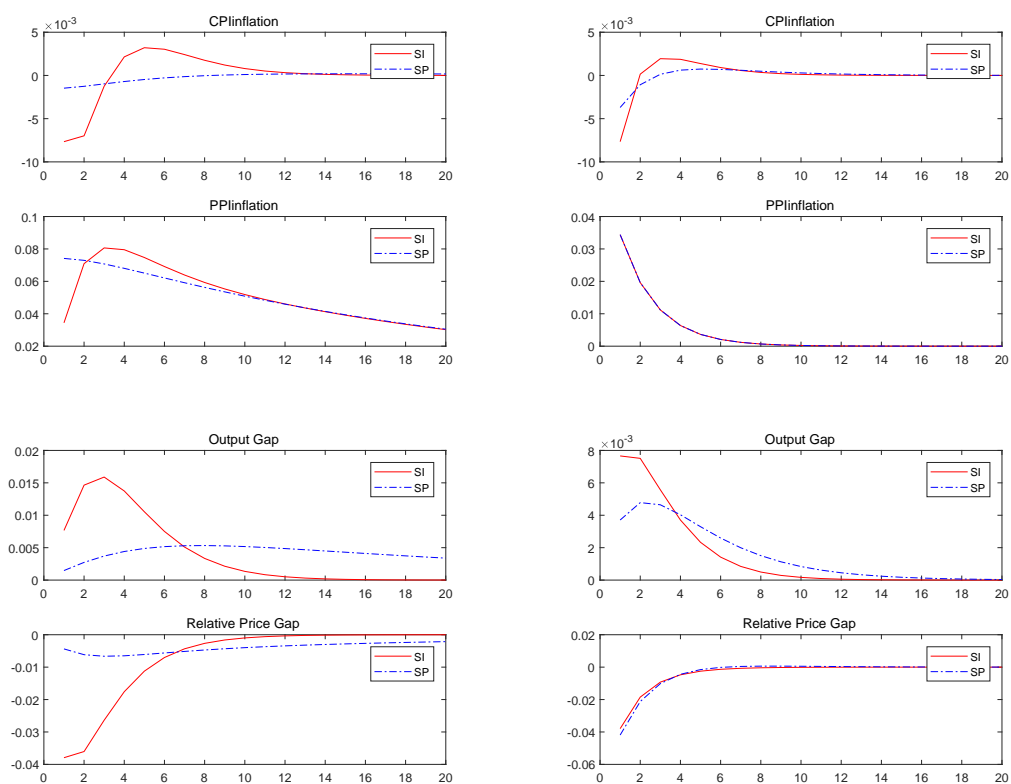


图 13: CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）最终品部门技术冲击时的脉冲响应

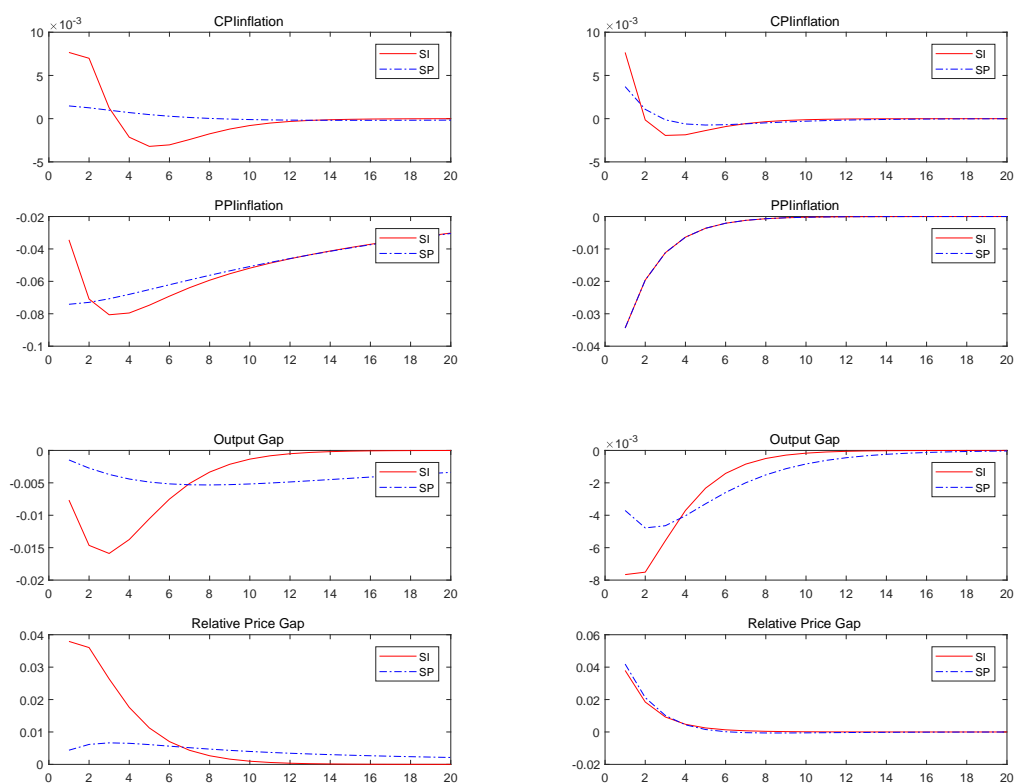


图 14: CPI 通货膨胀、PPI 通货膨胀、产出缺口和相对价格缺口等变量受持续性（左）和瞬时（右）中间品部门技术冲击时的脉冲响应

$$\text{s.t.} \begin{cases} \hat{\pi}_t^s = \frac{1 - \phi_s}{\phi_s} \hat{v}_t^s + (1 - \phi_s) \sum_{h=0}^{\infty} (\phi_s)^h \mathbb{E}_{t-1-h}(\hat{\pi}_t^s + \Delta \hat{v}_t^s), \\ m_t = \hat{p}_t^f + \hat{c}_t. \end{cases} \quad (\text{F.2})$$

假设货币供给的增长率服从 AR(1) 过程或者货币供给服从 ARMA(2,2) 过程，以下第一、四行的货币政策（记为 MS1、MS4）同时考虑最终品部门及中间品部门的技术冲击，其他规则（第二、三、五、六行分别记为 MS2、MS3、MS5、MS6）对其中一个部门的技术冲击有所忽视：

$$\begin{cases} \Delta m_t = \rho_m \Delta m_{t-1} + \theta_f \epsilon_t^f + \theta_m \epsilon_t^m; \\ \Delta m_t = \rho_m \Delta m_{t-1} + \theta_f \epsilon_t^f; \\ \Delta m_t = \rho_m \Delta m_{t-1} + \theta_m \epsilon_t^m; \\ m_t = \rho_{m1} m_{t-1} + \rho_{m2} m_{t-2} + \theta_{f0} \epsilon_t^f + \theta_{f1} \epsilon_{t-1}^f + \theta_{f2} \epsilon_{t-2}^f + \theta_{m0} \epsilon_t^m + \theta_{m1} \epsilon_{t-1}^m + \theta_{m2} \epsilon_{t-2}^m; \\ m_t = \rho_{m1} m_{t-1} + \rho_{m2} m_{t-2} + \theta_{f0} \epsilon_t^f + \theta_{f1} \epsilon_{t-1}^f + \theta_{f2} \epsilon_{t-2}^f; \\ m_t = \rho_{m1} m_{t-1} + \rho_{m2} m_{t-2} + \theta_{m0} \epsilon_t^m + \theta_{m1} \epsilon_{t-1}^m + \theta_{m2} \epsilon_{t-2}^m. \end{cases} \quad (\text{F.3})$$

因为要与粘性价格理论下的货币供给的最优简单规则作比较，因此福利损失函数改用 (4.7)，假设需求侧不变，供给侧改为 Huang and Liu (2005) 中的双垄断粘性价格菲利普斯曲线。注意到 Ramsey 问题中的优化问题由福利损失函数和菲利普斯曲线构成，与需求侧无关，因此与最优货币政策对应的基准福利损失并未改变。如表 5 所示，对于货币供给增长率的 AR(1) 规则或货币供给的 ARMA(2,2) 规则，同时考虑最终品部门及中间品部门的技术冲击福利损失要更小，且基于粘性信息理论相较于粘性价格理论测算的相对福利损失更小，这与正文结论的本质含义相同。

表 5: 最优简单货币供给规则下粘性信息（SI）和粘性价格（SP）模型中的相对福利损失

规则	最优政策系数								wel <sup>SI</sup>	wel <sup>SP</sup>
	$\rho_{m1}$	$\rho_{m2}$	$\theta_{f0}$	$\theta_{f1}$	$\theta_{f2}$	$\theta_{m0}$	$\theta_{m1}$	$\theta_{m2}$		
MS1	0.21; 0.07	0.00; 0.00	0.19; 0.10	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.25; 0.11	0.00; 0.00	0.00; 0.00	1.30 (0.65)	1.58 (1.57)
MS2	0.17; 0.19	0.00; 0.00	0.27; 0.10	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	1.34 (0.67)	1.69 (1.68)
MS3	0.40; 0.38	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.26; 0.11	0.00; 0.00	0.00; 0.00	1.32 (0.66)	1.69 (1.68)
MS4	0.02; 0.08	0.004; 0.50	0.81; 0.005	0.37; 0.08	0.05; 0.03	0.80; 0.03	0.03; 0.09	0.04; 0.04	1.22(0.61)	1.82 (1.81)
MS5	0.10; 0.02	0.0001; 0.27	0.84; 0.01	0.39; 0.08	0.09; 0.03	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	1.44 (0.72)	2.03 (2.01)
MS6	0.37; 0.38	0.45; 0.53	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.00; 0.00	0.48; 0.02	0.14; 0.09	0.21; 0.02	1.44 (0.72)	2.11 (2.09)

<sup>1</sup> 第 1 列是两种货币供给规则。第 2-9 列是根据福利损失最小原则确定的最优政策系数，“0”对应不以该变量为政策目标的货币供给规则，“;”的左右侧分别是在粘性信息（SI）模型和粘性价格（SP）模型中的测算值；

<sup>2</sup> 第 10-11 列分别是在粘性信息模型和粘性价格模型中测算的相对上述 Ramsey 问题测算的基准福利损失（ $\alpha = 0.6$ ）的相对福利损失，“( )”中是最优简单规则下测算得来的绝对值。相对福利损失 = 绝对福利损失 / 基准福利损失。

## 附录 G 证明粘性信息是理性疏忽的特例

### (1) 粘性信息菲利普斯曲线

Mankiw and Reis (2002) 假设每家企业每期以  $\kappa$  的概率获得完全信息，由此巧妙地避开了存在信息摩擦时需进行信号提取等复杂问题，则第  $t$  期企业定价为：

$$\hat{p}_{it} = \kappa(1 - \kappa)^h \mathbb{E}_{t-h} \hat{p}_{it}^*.$$

总价格水平  $\hat{p}_t \equiv \int_0^1 \hat{p}_{it} di$ , 可进一步表示为:

$$\hat{p}_t = \kappa \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \kappa)^h \mathbb{E}_{t-h} \hat{p}_t^*.$$

根据Mankiw and Reis (2002) 的附录或Menz and Vogel (2009), 不难得到:

$$\hat{\pi}_t = \kappa \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \kappa)^h \mathbb{E}_{t-1-h} (\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) + \frac{\kappa}{1 - \kappa} \alpha_y \tilde{y}_t,$$

其中,  $\Delta \tilde{y}_t = \tilde{y}_t - \tilde{y}_{t-1}$  是产出增长率。

如果在第  $t-1$  时随机抽取一个样本询问其关于第  $t$  时的状态变量的预期, 平均而言, 应为:

$$\bar{\mathbb{E}}_{t-1} (\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) \equiv \kappa \sum_{h=0}^{\infty} (1 - \kappa)^h \mathbb{E}_{t-1-h} (\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t).$$

因此得到以下形式的粘性信息菲利普斯曲线:

$$\hat{\pi}_t = \bar{\mathbb{E}}_{t-1} (\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) + \frac{\kappa}{1 - \kappa} \alpha_y \tilde{y}_t.$$

## (2) 理性疏忽菲利普斯曲线

理性疏忽学说与早期的信号提取模型一脉相承, 不同之一在于, 早期为通过贝叶斯法则对后验分布进行更新完善的静态问题, 后逐步发展为通过卡尔曼滤波更新信息的动态问题; 无论静态还是动态, 此前噪音的波动都被假设为常数, 后考察内生即关注最优注意力分配的问题。

对于企业  $i$ , 其定价为

$$\hat{p}_{it} = \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^t),$$

其中信息集为  $I_i^t = I_i^{-1} \cup \{s_{i0}, s_{i1}, \dots, s_{i,t-1}, s_{it}\}$ 。

不妨猜想  $\hat{p}_t = H\hat{p}_{t-1} + Gm_{t-1} + B\epsilon_t$ , 并令  $\mathbf{e}_i$  为第  $i$  个元素为 1 其余元素为 0 的向量, 将其与货币供给的运动规则与信噪方程一起写成状态空间表达式:

$$\mathbf{x}_t = \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1} + \mathcal{A}\epsilon_t,$$

$$s_i^t = \mathbf{e}_i' \mathbf{x}_t + \xi_{it},$$

$$\mathbf{x}_t \equiv \begin{bmatrix} m_t \\ p_t \end{bmatrix}, \quad \mathcal{F} \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ G & H \end{bmatrix}, \quad \mathcal{A} \equiv \begin{bmatrix} 1 \\ B \end{bmatrix}.$$

将需求方程代入合意定价方程, 单个企业的价格调整方程变为:

$$\hat{p}_{it} = \mathbb{E}[\alpha_y m_t + (1 - \alpha_y) \hat{p}_t | I_i^t].$$

总价格水平因此为:

$$\hat{p}_t = \alpha_y m_{t|t} + (1 - \alpha_y) \hat{p}_{t|t},$$

其中下标 “t|t” 表示基于加总的直到第 t 期的个体信息对第 t 期相应变量的平均估计。

根据 Kalman 滤波可以得到企业 i 对当前状态向量的最优估计

$$\mathbf{x}_{t|t}(i) = \mathbf{x}_{t|t-1}(i) + \boldsymbol{\kappa} [s_i^t - \mathbf{e}_1' \mathbf{x}_{t|t-1}],$$

其中,  $\boldsymbol{\kappa}$  是卡尔曼增益矩阵。如前所述, 初始状态向量由无条件期望产生, 即  $\mathbf{x}_{t|t-1}(i) = \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1|t-1}(i)$ , 将状态方程和观测方程一起代入上式并加总 (注意到  $\int_0^1 \xi_{it} di = 0$ )

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{t|t} &= \mathbf{x}_{t|t-1} + \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1' (\mathbf{x}_t - \mathbf{x}_{t|t-1}), \\ &= \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1|t-1} + \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1' [(\mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1} + \mathcal{A}\epsilon_t) - \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1|t-1}], \\ &= \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1' \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1} + (\mathbf{I} - \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1') \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1|t-1} + \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1' \mathcal{A}\epsilon_t. \end{aligned}$$

将总价格水平改写为:

$$\begin{aligned} \hat{p}_t &= \begin{bmatrix} \alpha_y & (1 - \alpha_y) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{t|t} \\ \hat{p}_{t|t} \end{bmatrix} \equiv \bar{\boldsymbol{\phi}} \mathbf{x}_{t|t}, \\ &= \bar{\boldsymbol{\phi}} [\boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1' \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1} + (\mathbf{I} - \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1') \mathcal{F}\mathbf{x}_{t-1|t-1} + \boldsymbol{\kappa} \mathbf{e}_1' \mathcal{A}\epsilon_t], \\ &= \kappa \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho & 0 \\ G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{t-1} \\ \hat{p}_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_y & (1 - \alpha_y) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho & 0 \\ G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{t-1|t-1} \\ \hat{p}_{t-1|t-1} \end{bmatrix} \\ &\quad - \kappa \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho & 0 \\ G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{t-1|t-1} \\ \hat{p}_{t-1|t-1} \end{bmatrix} + \kappa \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ B \end{bmatrix} \epsilon_t, \\ &= Gm_{t-1} + H\hat{p}_{t-1} + B\epsilon_t. \end{aligned}$$

其中,  $\kappa \equiv \bar{\boldsymbol{\phi}} \boldsymbol{\kappa}$  (注意, 前者  $\kappa$  未加粗表示标量, 后者  $\boldsymbol{\kappa}$  加粗表示向量)。对比上述最后两式, 待定系数定为:

$$\begin{cases} G = \kappa, \\ H = 1 - \kappa, \\ B = \kappa. \end{cases}$$

显见:

$$\hat{p}_t = (1 - \kappa) \hat{p}_{t-1} + \kappa m_{t-1} + \kappa \epsilon_t.$$

现在要确定卡尔曼增益  $\kappa$ 。

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\kappa} &\equiv \mathbf{MSE}_{t|t-1}^x \mathbf{e}_1 (\mathbf{e}_1' \mathbf{MSE}_{t|t-1}^x \mathbf{e}_1 + \sigma_\xi^2)^{-1} = \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{e}_1 (\mathbf{e}_1' \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{e}_1 + \sigma_\xi^2)^{-1}, \\ &= \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \left( \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \sigma_\xi^2 \right)^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\Sigma_{11}}{\Sigma_{11} + \sigma_\xi^2} \\ \frac{\Sigma_{21}}{\Sigma_{11} + \sigma_\xi^2} \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

其中,  $\mathbf{MSE}_{t|t-1}^x$  是基于截至第 t-1 期的信息集对第 t 期的 x 作预期的均方误, 设为矩阵  $\boldsymbol{\Sigma}$ , 各元素分别为  $\Sigma_{11}, \Sigma_{12}, \Sigma_{21}, \Sigma_{22}$ 。向量  $\boldsymbol{\kappa}$  的两个元素自然为:  $\kappa_1 = \frac{\Sigma_{11}}{\Sigma_{11} + \sigma_\xi^2}$ ,  $\kappa_2 = \frac{\Sigma_{21}}{\Sigma_{11} + \sigma_\xi^2}$ 。

因此问题转向到求解  $\Sigma_{11}$  和  $\Sigma_{21}$ 。简化符号起见, 令  $q \equiv \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_\xi^2}$ ,  $X \equiv \sqrt{1 + 4q}$ :

$$\begin{cases} \Sigma_{11} = \sigma_\epsilon^2 \frac{X+1}{2}; \\ \Sigma_{21} = \sigma_\epsilon^2 \frac{(X+1)+2q}{(X-1)+\frac{2}{\kappa}}. \end{cases}$$

据此可得  $\kappa_1$  和  $\kappa_2$ 。又因  $\kappa = \alpha_y \kappa_1 + (1 - \alpha_y) \kappa_2$ ，所以  $q\kappa^2 + \alpha_y \kappa - \alpha_y = 0$ 。 $\kappa$  有两个根，根据需求函数及状态方程， $\tilde{y}_t = (1 - \kappa)\tilde{y}_{t-1} + (1 - \kappa)\epsilon_t$ ，显见，收敛而非发散的  $\tilde{y}_t$  要求  $\kappa \in (0, 1]$ 。解得（令  $\hat{q} \equiv \frac{\alpha_y}{q} = \alpha_y \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_\xi^2} > 0$ ）：

$$\kappa = \frac{\sqrt{\hat{q}^2 + 4\hat{q}} - \hat{q}}{2}.$$

重回定价方程：

$$\hat{p}_{it} = \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^{t-1}) + \kappa[s_{it} - \mathbb{E}(s_{it} | I_i^{t-1})].$$

假设所有企业的卡尔曼增益相同，则根据总价格水平的定义有：

$$\begin{aligned} \hat{p}_t &= \int_0^1 \hat{p}_{it} di = \int_0^1 \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^t) di, \\ &= \int_0^1 \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^{t-1}) di + \kappa \int_0^1 [s_{it} - \mathbb{E}(s_{it} | I_i^{t-1})] di, \\ &= \int_0^1 \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^{t-1}) di + \kappa[\hat{p}_{it}^* - \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^{t-1})], \end{aligned}$$

上述最后一步推导了用到了白噪声的性质，即  $\int_0^1 \epsilon_{it} di = 0$ 。此外，观测方程中的扰动项  $\epsilon_{it}$  与观测变量正交，因此  $\int_0^1 s_{it} di = \hat{p}_{it}^*$ ，并且  $\mathbb{E}(s_{it} | I_i^{t-1}) = \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^{t-1})$ 。

进一步，两边同时减去  $\kappa \hat{p}_t$ ，并稍作变换，可得：

$$\hat{p}_t = \int_0^1 \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^{t-1}) di + \frac{\kappa}{1 - \kappa}(\hat{p}_{it}^* - \hat{p}_t).$$

注意到  $\hat{p}_{it} = \mathbb{E}(\hat{p}_{it}^* | I_i^t)$ ， $\hat{p}_{t-1} = \int_0^1 \hat{p}_{i,t-1} di$ ，因此  $\hat{p}_{t-1} = \int_0^1 \mathbb{E}(\hat{p}_{i,t-1}^* | I_i^{t-1}) di$ 。于上式两边同减该式，并根据已知条件  $\hat{\pi}_t = \hat{p}_t - \hat{p}_{t-1}$ 、 $\hat{p}_{it}^* = \hat{p}_t + \alpha_y \tilde{y}_t$  和  $\hat{p}_{it}^* - \hat{p}_{i,t-1}^* = \hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t$ ，稍作运算可得

$$\hat{\pi}_t = \int_0^1 \mathbb{E}[(\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) | I_i^{t-1}] di + \frac{\kappa}{1 - \kappa} \alpha_y \tilde{y}_t.$$

相似地，可以定义第  $t-1$  期对第  $t$  期状态变量的平均预期为：

$$\bar{\mathbb{E}}_{t-1}(\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) \equiv \int_0^1 \mathbb{E}[(\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) | I_i^{t-1}] di.$$

最后得到形式上完全同于粘性信息菲利普斯曲线的理性疏忽菲利普斯曲线：

$$\hat{\pi}_t = \bar{\mathbb{E}}_{t-1}(\hat{\pi}_t + \alpha_y \Delta \tilde{y}_t) + \frac{\kappa}{1 - \kappa} \alpha_y \tilde{y}_t.$$

显见，不同之处在于  $\kappa$  在前者中表示更新信息的概率，而后者表示卡尔曼增益。



---

## Production Chains, Sticky Information, and Monetary Policy

**Abstract:** This paper constructs a DSGE model characterized by information stickiness in the vertical production chains, and makes a qualitative analysis and quantitative comparison of their monetary policy implications between the sticky information Phillips curve and the new Keynesian Phillips curve. We found that: (1) Distinguishing sticky information from sticky price theory have important implications only under persistent shocks, and there is no obvious difference in impulse response no matter policy-based or non-policy-based instantaneous shocks; (2) Based on welfare loss calculated by Ramsey problem, we can get relative welfare loss of different optimal interest rate rules under sticky information and sticky price theory. Their relative welfare loss shows consistently that PPI-inflation should not be neglected; (3) Under the optimal simple rule, the welfare loss calculated by the sticky information theory is closer to the optimal monetary policy of Ramsey problem. Therefore, the sticky information model should still be selected in the practical and operational level of monetary policy.

**Keywords:** Vertical Production Chains; Sticky Information; Welfare Loss; Optimal Monetary Policy; Optimal Interest Rate Rules

JEL classification: E31; E32; E52; E58