

外部供给冲击、生产网络与货币财政政策协调

侯淑婷 王义中

目录

附录 I 生产阶段及对应的 ISIC Rev. 4 代码.....	1
附录 II 美国和中国供给冲击的方差贡献.....	2
附录 III 结构模型设定补充.....	3
附录 IV 贝叶斯估计.....	5
附录 V 模型与数据：投入产出关系.....	6
参考文献.....	7

附录I 生产阶段及对应的 ISIC Rev. 4 代码

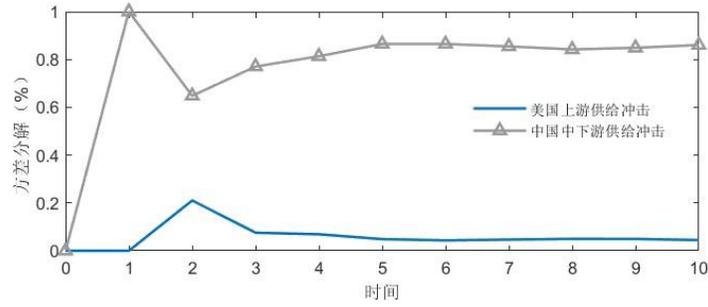
基于ISIC Rev.4代码，将行业层面的投入产出数据，分类加总得到生产阶段层面的投入产出数据的具体方式分为三步。第一，参考表II，中国和美国的所有行业基于 ISIC Rev.4代码的分类标准被分到相应的生产阶段。第二，针对每个国家，通过对同一生产阶段的不同行业的投入产出数据进行加总，最终得到一国生产阶段层面的投入产出表。第三，基于中国和美国两国间投入产出表的结构，可以得到两国产业链各阶段生产变量。

表 11 生产阶段及对应的 ISIC Rev. 4 代码

生产阶段	阶段含义	ISIC Rev.4 代码 (WIOD数据库)
上游	涉及原材料提取和基本原料加工的行业，如矿业、农业、林业和初级金属制造等	1 (A01), 2 (A02), 3 (A03), 4 (B), 10 (C19), 11 (C20), 12 (C21), 15 (C24)
中下游	涉及加工原材料成为半成品或成品的行业，如机械制造、化学品制造和其他各类制造业	5 (C10-C12), 6 (C13-C15), 7 (C16), 8 (C17), 9 (C18), 13 (C22), 14 (C23), 16 (C25), 17 (C26), 18 (C27), 19 (C28), 20 (C29), 21 (C30), 22 (C31_C32), 23 (C33), 24 (D), 25 (E36), 26 (E37-E39), 27 (F)
经销商和家庭	涉及最终产品的销售、分销和服务行业，如零售业、餐饮服务业和个人服务业等	28 (G45), 29 (G46), 30 (G47), 31 (H49), 32 (H50), 33 (H51), 34 (H52), 35 (H53), 36 (I), 37 (J58), 38 (J59_J60), 39 (J61), 40 (J62_J63), 41 (K64), 42 (K65), 43 (K66), 44 (L), 45 (M69_M70), 46 (M71), 47 (M72), 48 (M73), 49 (M74_M75), 50 (N), 51 (O), 52 (P), 53 (Q), 54 (R-S), 55 (T), 56 (U)

附录II 美国和中国供给冲击的方差贡献

图III呈现了美国上游供给冲击和中国中下游供给冲击对中国中下游的方差贡献¹。对比发现，在冲击发生次期美国上游供给冲击的方差贡献高达 20%，占中国中下游供给对其自身的方差解释度的 1/3。因此，相比内部冲击，外部冲击对中国投入产出的方差解释能力仍然很显著，进一步凸显了生产网络关系在外部冲击传导和政策应对方面的重要作用。



图III 外部冲击和内部冲击对中国中下游的方差贡献

¹ 为提高脉冲图呈现结果的清晰度，VAR模型的其他冲击的方差贡献低于5%，因贡献较小未在图中展示。

附录 III 结构模型设定补充

参考Wei and Xie (2020, 2022)、Wong and Eng (2013), 上游企业¹服从柯布-道格拉斯生产函数, 其生产函数和资本运动方程为:

$$Y_{1,t}^u = A_t^u (K_t^u)^{\alpha^u} (L_t^u)^{1-\alpha^u} \quad (I1)$$

$$K_{t+1}^u = I_t^u + (1 - \delta^K) K_t^u, \quad (I2)$$

其中, $Y_{1,t}^u$ 为本国上游产品, 上标 u 代表上游, A_t^u 为其全要素生产率, α^u 为其资本份额, K_t^u 为其资本, δ^K 为折旧比例, L_t^u 为其劳动, I_t^u 为其投资, $p_{2,h,t}^m$ 为投资品价格。在投资约束式 (1)、(2) 下, 本国上游企业最大化实际红利:

$$\Xi_{1,t}^u = p_{1,h,t}^u A_t^u (K_t^u)^{\alpha^u} (L_t^u)^{1-\alpha^u} - w_t^u L_t^u - p_{2,h,t}^m I_t^u - R_t^u Q_{t-1}^u h_{t-1}^u + Q_t^u h_t^u - R_{f,t}^u Q_{f,t-1}^u S_{f,t-1}^u + Q_{f,t}^u S_{f,t}^u.$$

上游企业产品一部分 $Y_{1,h,t}^u$ 用于本国中下游企业的中间品投入, 另一部分 $Y_{1,h',t}^u$ 用于外国中下游企业的中间品投入, 所以上游企业产品 $Y_{1,t}^u$ 的市场出清条件为:

$$Y_{1,t}^u = Y_{1,h,t}^u + Y_{1,h',t}^u. \quad (I3)$$

作为产业链下一环节的中下游企业使用资本和劳动再投入, 同时使用由本国上游产品 $Y_{1,h,t}^u$ 和进口外国上游产品 $Y_{1,f',t}^u$ CES 加总的 $Y_{1,t}$ 作为必要的生产投入要素:

$$Y_{1,t} = [\varphi \varepsilon Y_{1,h,t}^u \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} + (1-\varphi) \varepsilon Y_{1,f',t}^u \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad (I4)$$

因此, $Y_{1,h,t}^u = \varphi (\frac{p_{1,h,t}^u}{p_{1,t}})^{-\varepsilon} Y_{1,t}$, $Y_{1,f',t}^u = (1-\varphi) (\frac{e_t p_{1,f',t}^{u*}}{p_{1,t}})^{-\varepsilon} Y_{1,t}$, 其中, φ 是本国上游产品占本国中下游中间投入品的投入比例, ε 为两国上游产品替代弹性, e_t 为两国汇率。 $p_{1,h,t}^u$ 、 $p_{1,f',t}^{u*}$ 和 $p_{1,t}$ 分别是本国上游产品价格、外国上游产品价格和通过 CES 加总得到的价格指数。 Π_t^{PPI} 为生产者物价表示的PPI通货膨胀率, $\Pi_{t+1}^{PPI} = \frac{p_{1,t+1}}{p_{1,t}}$,

$$p_{1,t} = [\varphi (p_{1,h,t}^u)^{1-\varepsilon} + (1-\varphi) (e_t p_{1,f',t}^{u*})^{1-\varepsilon}]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad (I5)$$

下标 f' 代表进口产品来自外国企业。相应地, 使用下标 h' 表示外国中下游企业向本国上游企业进口生产需要的材料投入 $Y_{1,h',t}^u$, 比例为 $1 - \varphi_f$, 其中 φ_f 是外国上游产品占外国中下游中间投入品的投入比例。由于两国生产网络非对称特征, φ 和 φ_f 不相等。

中下游企业的生产函数以及资本运动方程为:

$$Y_{2,t}^m = [A_t^m (K_t^m)^{\alpha^m} (L_t^m)^{1-\alpha^m}]^\gamma Y_{1,t}^{1-\gamma} \quad (I6)$$

$$K_{t+1}^m = I_t^m + (1 - \delta^K) K_t^m, \quad (I7)$$

其中, $Y_{2,t}^m$ 为本国中下游产品, 上标 m 代表中下游, A_t^m 为其全要素生产率, α^m 为其资本份额, K_t^m 为其资本, δ^K 为折旧比例, L_t^m 为其劳动, I_t^m 为其投资, $p_{2,h,t}^m$ 为投资品价格。中下游企业最大化红利 $\Xi_{2,t}^m$:

$$\begin{aligned} \Xi_{2,t}^m = & p_{2,h,t}^m [A_t^m (K_t^m)^{\alpha^m} (L_t^m)^{1-\alpha^m}]^\gamma Y_{1,t}^{1-\gamma} - p_{1,t} Y_{1,t} - w_t^m L_t^m - p_{2,h,t}^m I_t^m \\ & - R_t^m Q_{t-1}^m h_{t-1}^m + Q_t^m h_t^m - R_{f,t}^m Q_{f,t-1}^m S_{f,t-1}^m + Q_{f,t}^m S_{f,t}^m \end{aligned}$$

中下游企业产品一部分用作本国经销商和家庭消费的中间投入品 $Y_{2,h,t}^m$ 、外国经销商和家庭消费的中间

¹ 上游生产部门大多为在生产过程中投入大量的人力和机器、研发设备和运输工具等资产的企业, 比如生产工业原材料的大宗商品企业或者科技水平含量高的研发企业。

投入品 $Y_{2,h,t}^m$ ，另一部分用作上游、中下游企业的投资品 I_t^u 、 I_t^m 以及政府购买品 G ，所以其市场出清条件为：

$$Y_{2,t}^m = Y_{2,h,t}^m + Y_{2,h',t}^m + I_t^u + I_t^m + G. \quad (18)$$

位于产业链末端的经销商部门服从CES生产函数，由于国内外产品不完全替代，本国经销商同时购买本国和外国中下游企业产品以满足本家庭的消费需求。相应地，外国经销商同时购买两国中下游企业产品并向家庭销售。简化假设经销商部门的生产忽略资本和人力的投入，经销商为家庭提供最终消费品：

$$C_t = [\phi^{1/\rho}(Y_{2,h,t}^m)^{(\rho-1)/\rho} + (1-\phi)^{1/\rho}(Y_{2,f,t}^m)^{(\rho-1)/\rho}]^{\rho/(\rho-1)}, \quad (19)$$

其中 p_t 为消费品的价格， ϕ 为本国中下游产品占本家庭消费的比例， ρ 为两国中下游产品的替代弹性，由经销商利润最大化问题得到 $Y_{2,h,t}^m = \phi(p_{2,h,t}^m)^{-\rho} C_t$ ， $Y_{2,f,t}^m = (1-\phi)(e_t p_{2,f,t}^{m,*})^{-\rho} C_t$ ， $p_t = [\phi(p_{2,h,t}^m)^{1-\rho} + (1-\phi)(e_t p_{2,f,t}^{m,*})^{1-\rho}]^{1/(1-\rho)}$ 。家庭为位于产业链不同位置的企业分别提供劳动，其效用最大化问题为：

$$\max \mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(C_t - bC_{t-1}) - \chi^u \frac{(L_t^u)^{1+\eta}}{1+\eta} - \chi^m \frac{(L_t^m)^{1+\eta}}{1+\eta} + \chi^M \ln m_t \},$$

其中 C_t 为最终消费品， b 为消费习惯， L_t^u 、 L_t^m 分别为家庭为上游企业和中下游企业提供的劳动力， χ^u 、 χ^m 分别为两类劳动力的逆效用系数， χ^M 是实际货币余额的正效用系数。 m_t 为实际货币余额， β 为折现因子， η 是逆Frisch弹性。本家庭将一部分资金配置为商业银行存款而间接为企业提供资金，另一部分资金配置给机构投资部门进行跨国投资获得收益，并且这部分资金的配置存在一定的调整成本(杨小海等, 2017; 王立勇和纪尧, 2019)。所以家庭的预算约束方程为：

$$C_t + d_t + Q_{h,t}^H s_{h,t}^H \frac{\Psi_{H,t} Q_{h,t}^H (s_{h,t}^H - s_h^H)^2}{2 s_h^H} + m_t + T \quad (110)$$

$$\leq w_t^u L_t^u + w_t^m L_t^m + R_{t-1}^d d_{t-1} + R_{h,t}^H Q_{h,t-1}^H s_{h,t-1}^H + m_{t-1} + \Phi_t - X,$$

其中， d_t 为家庭在商业银行的存款， R_{t-1}^d 为存款利率， $Q_{h,t}^H s_{h,t}^H$ 为家庭提供给机构投资部门的跨国风险投资资金（其中包含支付给机构投资部门的管理费用）， $R_{h,t}^H$ 为风险投资实际回报率。Kavli and Viegi (2014) 强调，若本国和外国金融资产配置内点解存在，要求资产之间具有不完全替代性，所以引入家庭风险投资资金的调整成本 $\frac{\Psi_{H,t} (s_{h,t}^H - s_h^H)^2}{2 s_h^H}$ ，该项的存在意味着家庭对跨国投资风险的厌恶，因而相对于无风险投资有更高的回报率要求。 w_t^u 、 w_t^m 分别为两类劳动力的工资， T 为总额税， Φ_t 为家庭从其他部门获得的红利， X 是家庭对新进入的商业银行的转移支付。

附录 IV 贝叶斯估计

通过贝叶斯估计得到国内、跨国投资约各类申购费用比例的相关参数见表IV1的Panel A，通过贝叶斯估计得到外部上游和中下游供给冲击的相关参数见表IV1的Panel B，取后验均值作为参数取值。关于先验分布的选取，参考以马勇和章洪铭 (2024)、陈国进等 (2014) 为代表的文献，投资约束和申购费用比例参数服从正态分布，一阶自回归参数均服从贝塔分布，波动参数均服从较为分散和平滑的逆伽玛分布，罕见灾难损害水平服从伽玛分布。其次，贝叶斯估计方法得到的后验均值与先验均值相比较下相对接近，佐证投资约束参数、申购费用参数、外部冲击及灾难影响水平在设定上的合理性。

表 IV1 贝叶斯估计

Panel A: 投资约束和申购费用比例参数								
参数	描述	先验分布	先验均值	先验标准差	后验均值	后验标准差	后验下限	后验上限
ψ	国内投资约束系数	Normal	0.8000	0.1500	0.8815	0.0123	0.8613	0.9018
ψ'	跨国投资约束系数	Normal	0.6000	0.1500	0.6348	0.0149	0.6101	0.6594
δ	跨国投资调整后申购费用比例	Normal	0.0250	0.0500	0.0199	0.0652	0.0000	0.1272
δ^B	跨国投资本国商业银行申购费用比例	Normal	0.0098	0.1000	0.0101	0.0983	0.0000	0.1718
δ_f^B	跨国投资外国商业银行申购费用比例	Normal	0.0110	0.1000	0.0130	0.0842	0.0000	0.1515
δ^H	跨国投资本国家庭申购费用比例	Normal	0.0250	0.1000	0.0263	0.0817	0.0000	0.1607
δ_f^H	跨国投资外国家庭申购费用比例	Normal	0.0250	0.1000	0.0210	0.0902	0.0000	0.1694
Panel B: 外部上游和中下游供给冲击参数								
参数	描述	先验分布	先验均值	先验标准差	后验均值	后验标准差	后验下限	后验上限
ρ_A^u	外部上游供给冲击自回归系数	Beta	0.8000	0.1500	0.6016	0.1332	0.3825	0.8208
ρ_A^m	外部中下游供给冲击自回归系数	Beta	0.8000	0.1500	0.6449	0.0285	0.5980	0.6917
s_A^u	外部上游供给冲击标准差	Inv. Gamma	0.0800	0.0100	0.0735	0.0099	0.0571	0.0898
s_A^m	外部中下游供给冲击标准差	Inv. Gamma	0.0800	0.0100	0.0577	0.0079	0.0447	0.0707
ω_f	外部上游罕见灾难损害水平	Gamma	0.5000	0.1000	0.3120	0.0987	0.1496	0.4743
ξ_f	外部中下游罕见灾难损害水平	Gamma	0.5000	0.1000	0.3681	0.0772	0.2411	0.4952

附录 V 模型与数据：投入产出关系

通过对比模型模拟数据和实际数据匹配度，呈现模型在匹配宏观经济数量、政策分配和资产回报的关键矩方面的能力。参考Timmer et al. (2016)，真实矩对应于中国和美国 2000 年至 2014 年的年度样本，数据来自 WIOD 数据库、中国国家统计局、美国 BEA 数据库和世界银行数据库，并对数据进行去趋势化调整。中国 and 美国的投入产出数据来自 WIOD 数据库，数据为行业水平，行业分类标准为 ISIC Rev.4 代码。为了和模型投入产出关系进行对应，采用 ISIC Rev.4 代码，将中国和美国投入产出数据的行业分类，对应于上游、中下游以及经销商和家庭消费阶段，分类加总步骤与典型事实一致。另一方面，对比最优货币财政协调的拉姆齐模型与政策工具外生的基准模型的模拟结果，提供政策协调的理论支撑和决策参考。

表 VI 左侧三列和右侧三列分别报告了中国和美国的实际数据、基准模型和拉姆齐模型的投入产出相关的一阶矩和二阶矩。其中，基准模型对应实施泰勒规则、政策工具外生的模型，拉姆齐模型对应最优政策协调的模型。Panel A、Panel B 和 Panel C 分别汇报其均值、波动性和自相关性。表 VI 左侧和右侧前两列（数据和基准模型）呈现实际数据和基准模型模拟数据相近，两国生产网络模型对数据的解释力较高。Panel A 显示基准模型的模拟一阶矩与实际数据相匹配得很好，反映了实际经济两国投入产出关系的平均水平。Panel B 显示基准模型在波动性上与实际数据相近，有效模拟实际经济投入产出关系的波动。Panel C 呈现出基准模型与实际数据在时间序列的一阶自相关性上匹配较好。

表 VI 投入产出关系：模型与数据矩

变量	中国			美国		
	数据	基准模型	拉姆齐模型	数据	基准模型	拉姆齐模型
Panel A: 均值						
$E(Y_{1,h,t}^u)$	2.6667	2.6473	2.5824	$E(Y_{1,f,t}^u)$	0.3802	0.3758
$E(Y_{2,h,t}^m)$	0.1667	0.1634	0.5246	$E(Y_{2,f,t}^m)$	0.3000	0.2957
$E(Y_{1,h',t}^u)$	0.0068	0.0069	0.0113	$E(Y_{1,f',t}^u)$	0.0172	0.0175
$E(Y_{2,h',t}^m)$	0.0698	0.0703	0.0834	$E(Y_{2,f',t}^m)$	0.0023	0.0025
$E(C_t)$	0.1667	0.1674	0.2105	$E(C_t)$	3.4061	3.4102
Panel B: 标准差						
$\sigma(Y_{1,h,t}^u)$	2.2982	2.3076	2.0401	$\sigma(Y_{1,f,t}^u)$	0.5025	0.5001
$\sigma(Y_{2,h,t}^m)$	1.0134	1.0098	1.1073	$\sigma(Y_{2,f,t}^m)$	0.4092	0.4100
$\sigma(Y_{1,h',t}^u)$	0.0108	0.0117	0.0105	$\sigma(Y_{1,f',t}^u)$	0.0119	0.0120
$\sigma(Y_{2,h',t}^m)$	0.0404	0.0421	0.0350	$\sigma(Y_{2,f',t}^m)$	0.0034	0.0035
$\sigma(C_t)$	0.2429	0.2420	0.2005	$\sigma(C_t)$	1.9937	2.1000
Panel C: 自相关						
$AC1(Y_{1,h,t}^u)$	0.8012	0.8020	0.7598	$AC1(Y_{1,f,t}^u)$	0.2549	0.2573
$AC1(Y_{2,h,t}^m)$	0.8638	0.8640	0.8093	$AC1(Y_{2,f,t}^m)$	0.1208	0.1215
$AC1(Y_{1,h',t}^u)$	0.1480	0.1490	0.1859	$AC1(Y_{1,f',t}^u)$	0.4852	0.4886
$AC1(Y_{2,h',t}^m)$	0.5391	0.5423	0.5145	$AC1(Y_{2,f',t}^m)$	0.3392	0.3421
$AC1(C_t)$	0.8622	0.8657	0.8219	$AC1(C_t)$	0.6502	0.6538

表 VI 左侧和右侧第三列（拉姆齐模型）呈现社会计划者有效配置财政货币政策工具（包括财政补贴、利率和央行企业债券购买）的协调结果。Panel A 呈现了拉姆齐最优政策协调提高了投入产出阶段的平均水平，提高中国中下游企业的垂直度（0.5246/0.0834 升高）并提高上游企业的出口倾向（2.5824/0.0113 升高），优化了生产结构。Panel B 呈现了拉姆齐模型 $Y_{1,h,t}^u$ 、 $Y_{1,h',t}^u$ 的波动性略低于基准模型，意味着在中国上游企业自销和出口这些方面，拉姆齐模型提供了更稳健的政策响应。Panel C 呈现了拉姆齐模型在自相关性上有所下降，该差异揭示政策制定者在政策短期效应和长期稳定性之间的权衡。所以，本文基准模型能够模拟实际经济的波动性和自相关性，而最优货币财政政策协调优化了不同生产阶段的投入产出比例，并降低了投入产出的波动性不少于 40%。外部供给冲击下政策协调的动态效果和搭配机制将在正文第五部分进行进一步分析。

参考文献

- [1] Cardamone, D., E. Sims, and J. C. Wu, “Wall Street Qe vs. Main Street Lending”, *European Economic Review*, 156, 2023, 104475.
- [2] 陈国进、晁江锋、武晓利、赵向琴, “罕见灾难风险和中国宏观经济波动”, 《经济研究》, 2014年第8期, 第54–66页。
- [3] Kavli, H., and N. Viegi, “Portfolio Flows in a Two-Country Dsge Model with Financial Intermediaries”, 2014.
- [4] 马勇、章洪铭, “中国 DSGE 建模中的参数估计”, 《金融评论》, 2024年第6期, 第27–68页。
- [5] 王立勇、纪尧, “财政政策波动性与财政规则: 基于开放条件DSGE模型的分析”, 《经济研究》, 2019年第6期, 第121–135页。
- [6] Wei, S.-J. and Y. Xie, “Monetary Policy in an Era of Global Supply Chains”, *Journal of International Economics*, 124, 2020, 103299.
- [7] Wei, S.-J. and Y. Xie, “On the Wedge between the PPI and CPI Inflation Indicators”, *Technical Report, Bank of Canada Staff Working Paper*, 2022.
- [8] Wong, C.-Y. and Y.-K. Eng, “International Business Cycle Co-movement and Vertical Specialization Reconsidered in Multistage Bayesian DSGE Model”, *International Review of Economics & Finance*, 26, 2013, 109–124.
- [9] 杨小海、刘红忠、王弟海, “中国应加速推进资本账户开放吗? ——基于DSGE 的政策模拟研究”, 《经济研究》, 2017年第8期, 第49–64页。

注：该附录是期刊所发表论文的组成部分，同样视为作者公开发表的内容。如研究中使用该附录中的内容，请务必在研究成果上注明附录下载出处。