

附录 1: 模型均衡条件求解

(一) 家庭部门

1. 代表性家庭。

如正文所述, 家庭部门面临的决策问题表述如下:

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\ln(C_{T,t}^i) + \mu_m \frac{(M_t^i/P_t)^{1-\mu}}{1-\mu} - \chi_l \frac{(L_t^i)^{1+\chi}}{1+\chi} \right]$$

$$s.t. C_{p,t}^i + T_t^i + \frac{M_t^i}{P_t} + \frac{D_t^i}{P_t} \leq \frac{W_t^i}{P_t} L_t^i + \frac{M_{t-1}^i}{P_t} + (1+R_{t-1}) \frac{D_{t-1}^i}{P_t} + \Pi_t^i$$

通过构建家庭部门优化问题的拉格朗日函数, 分别对家庭消费 $C_{p,t}^i$ 、现金持有 M_t^i/P_t 和家庭存款 D_t^i/P_t 求导得到家庭部门的一阶条件, 表述如下:

$$\lambda_t^i = \alpha_c (C_{T,t}^i)^{\frac{1-\varphi_c}{\varphi_c}} (C_{p,t}^i)^{-\frac{1}{\varphi_c}}$$

$$\mu_m (m_t^i)^{-\mu} - \lambda_t^i + \beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}^i}{\pi_{t+1}} \right) = 0$$

$$E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}^i}{\lambda_t^i} - \frac{\pi_{t+1}}{\beta(1+R_t)} \right) = 0$$

其中, $m_t^i = M_t^i/P_t$ 表示实际的现金持有量, $\pi_t = P_t/P_{t-1}$ 代表通胀率, λ_t^i 为预算约束条件的拉格朗日乘子。

2. 劳动力市场。

本文假设存在垄断竞争的劳动力市场, 代表性家庭向劳动力市场提供异质性劳动 L_t^i , 劳动力市场将异质性劳动转化为同质劳动 L_t , 并将之提供给生产部门。因此, 劳动力市场面临的决策问题为决定最优劳动时长, 表述如下:

$$\max \Pi_t^w = W_t L_t - \int_0^1 (W_t^i L_t^i) di$$

$$s.t. L_t = \left[\int_0^1 (L_t^i)^{\frac{\varepsilon_w-1}{\varepsilon_w}} di \right]^{\frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_w-1}}$$

目标函数表明, 劳动力市场每向生产部门提供一单位同质劳动收取的名义工资水平为 W_t , 每从家庭部门获取一单位异质性劳动支付的名义工资水平为 W_t^i 。约束条件表明, 同质劳动的生产函数为常替代弹性 (Constant Elasticity of Substitution, CES) 函数, 异质性劳动的替代弹性大小由 ε_w 表示。

劳动力市场的一阶条件表述如下:

$$L_t^i = \left(\frac{W_t^i}{W_t} \right)^{-\varepsilon_w} L_t$$

上述一阶条件表明, 家庭部门流向劳动力市场的异质性劳动受到代表性家庭工资水平的影响。因此, 本文继续阐述代表性家庭工资的决定过程。

根据正文对家庭决策问题的表述可知, 家庭参与劳动会对自身效用产生两方面的作用。

一方面,家庭参与劳动将占用休闲时间,进而导致家庭效用减少。另一方面,家庭参与劳动获得的劳动报酬将支持家庭消费开支,这使得家庭效用增加。因此,代表性家庭面临的决策问题为决定最优工资水平,表述如下:

$$\begin{aligned} \max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t & \left\{ -\chi_0 \frac{(L_t^{1+\chi})}{1+\chi} + \lambda_t^i \left[W_t^i L_t^i - \frac{\kappa_w}{2} \left(\frac{W_t^i}{W_{t-1}^i} \pi_t - \pi_{t-1}^{\gamma_w} \bar{\pi}^{-1-\gamma_w} \right)^2 W_t L_t \right] \right\} \\ \text{s.t. } L_t^i & = \left(\frac{W_t^i}{W_t} \right)^{-\varepsilon_w} L_t \end{aligned}$$

其中, κ_w 衡量了工资调整成本大小, γ_w 表示工资的通胀粘性程度。

目标函数表明,家庭牺牲休闲时间参与劳动产生负效用,家庭参与劳动获得报酬产生正效用,同时家庭需要支付工资调整成本,该调整成本函数为二次幂函数。约束条件表明,代表性家庭的劳动供给取决于家庭工资水平 W_t^i 、劳动价格指数 W_t 和劳动总供给 L_t 。

因此,最优工资水平满足如下条件:

$$\begin{aligned} \varepsilon_w \lambda_t \frac{L_t^{1+\chi}}{W_t \lambda_t} - \frac{1}{\varepsilon_w - 1} L_t - \kappa_w \left(\frac{w_t}{w_{t-1}} \pi_t - \pi_{t-1}^{\gamma_w} \right) \frac{w_t}{w_{t-1}} \pi_t L_t \\ + \beta_p \kappa_w E_t \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left(\frac{w_{t+1}}{w_t} \pi_{t+1} - \pi_t^{\gamma_w} \right) \left(\frac{w_{t+1}}{w_t} \right)^2 \pi_{t+1} L_{t+1} = 0 \end{aligned}$$

其中, $w_t = W_t^i / P_t$ 为实际工资水平。

(二) 厂商部门

1. 中间品厂商。

如正文所述,中间品厂商面临的决策问题为选择最优的资本投入和劳动投入,表述如下:

$$\begin{aligned} \max E_t \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} & \left[\frac{MC_{t+k}}{P_{t+k}} Y_{t+k}^i + Q_{t+k} (1-\delta) K_{t+k-1}^i - \frac{W_{t+k}}{P_{t+k}} L_{t+k}^i - (1+r_{t+k}^s) Q_{t+k-1} S_{e,t+k-1}^i \right] \\ \text{s.t. } Y_{t+k}^i & = z_{t+k} (K_{t+k-1}^i)^{\alpha} (L_{t+k}^i)^{1-\alpha} \end{aligned}$$

因此,中间品厂商的一阶条件表述如下:

$$1+r_t^s = \alpha \frac{MC_t}{P_t} \frac{Y_t^i}{Q_{t-1} K_{t-1}^i} + \frac{Q_t (1-\delta)}{Q_{t-1}}$$

$$\frac{W_t}{P_t} = (1-\alpha) \frac{MC_t}{P_t} \frac{Y_t^i}{L_t^i}$$

2. 最终品厂商。

本文假设存在垄断竞争的最终品市场,中间品厂商向最终品厂商提供异质性中间品 Y_t^i ,最终品厂商利用异质性中间品合成最终品 Y_t ,并将之提供给家庭、资本品厂商和政府。因此,最终品厂商面临的决策问题为决定最优中间品规模,表述如下:

$$\begin{aligned} \max \Pi_t^p &= P_t Y_t - \int_0^1 (P_t^i Y_t^i) dt \\ \text{s.t. } Y_t &= \left[\int_0^1 (Y_t^i)^{\frac{\varepsilon_p - 1}{\varepsilon_p}} dt \right]^{\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_p - 1}} \end{aligned}$$

目标函数表明,最终品厂商每向家庭、资本品厂商和政府提供一单位最终品的价格为 P_t , 最终品厂商每从中间品厂商获取一单位异质性中间品的价格为 P_t^i 。约束条件表明,最终品的生产函数为常替代弹性 (CES) 函数, 异质性中间品的替代弹性大小由 ε_p 表示。

最终品厂商的一阶条件表述如下:

$$Y_t^i = \left(\frac{P_t^i}{P_t} \right)^{-\varepsilon_p} Y_t$$

上述一阶条件表明,最终品厂商采用的中间品规模受到中间品价格的影响。因此,本文继续阐述中间品价格的决定过程。中间品厂商面临的决策问题为选择最优中间品价格,从而最大化收益,表述如下:

$$\begin{aligned} \max E_t \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} & \left\{ \left[\left(1 + \tau_p \right) \frac{P_{t+k}^i}{P_{t+k}} - \frac{MC_{t+k}}{P_{t+k}} \right] Y_{t+k}^i - \frac{\kappa_p}{2} \left(\frac{P_{t+k}^i / P_{t+k-1}^i}{\gamma_p \pi_{t+k-1} + 1 - \gamma_p} - 1 \right)^2 Y_{t+k}^i \right\} \\ \text{s.t. } Y_{t+k}^i &= \left(\frac{P_{t+k}^i}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon_p} Y_{t+k} \end{aligned}$$

其中, τ_p 为消费税率, κ_p 衡量了中间品价格的调整成本大小, γ_p 表示中间品价格的通胀粘性程度。

目标函数表明,中间品价格应足以支付边际生产成本和价格调整成本,调整成本函数是与价格、通胀、总产出相关的二次幂函数。约束条件表明,中间品供给取决于中间品价格、最终品价格指数和总产出。

关于最优中间品价格的一阶条件,即菲利普斯曲线,表述如下:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\varepsilon_p MC_t}{P_t} - (1 + \tau_p)(\varepsilon_p - 1) - \kappa_p \left(\frac{\pi_t}{\gamma_p \pi_{t-1} + 1 - \gamma_p} - 1 \right) \frac{\pi_t}{\gamma_p \pi_{t-1} + 1 - \gamma_p} \right] Y_t^i \\ & + \beta \kappa_p E_t \left[\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left(\frac{\pi_{t+1}}{\gamma_p \pi_t + 1 - \gamma_p} - 1 \right) \frac{\pi_{t+1}}{\gamma_p \pi_t + 1 - \gamma_p} Y_{t+1}^i \right] = 0 \end{aligned}$$

3. 资本品厂商。

假设市场中存在完全竞争的资本品厂商,其向中间品厂商回收折旧资本,同时从最终品厂商处购买投资品,从而利用折旧资本和投资品合成全新的生产资本。因此,资本品厂商面临的决策问题为选择最优投资规模,表述如下:

$$\begin{aligned} \max E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \frac{\lambda_{t+i}}{\lambda_t} & \{ Q_{t+i} [K_{t+i} - (1 - \delta)K_{t+i-1}] - I_{t+i} \} \\ \text{s.t. } K_{t+i} &= (1 - \delta)K_{t+i-1} + \left[1 - \frac{\kappa_I}{2} \left(\frac{I_{t+i}}{I_{t+i-1}} - 1 \right)^2 \right] I_{t+i} \end{aligned}$$

其中, δ 衡量了资本折旧程度, κ_I 表示资本调整成本大小。

目标函数表明,资本品厂商收入来源于其向中间品厂商出售全新生产资本,其支出用于购买折旧资本和投资品。约束条件表明,全新生产资本由折旧资本和投资品转化而来,当投资规模改变时,资本品厂商应支付资本调整成本,该调整成本函数为二次幂函数。

关于最优投资规模的一阶条件,即资产价格曲线,表述如下:

$$Q_t \left[1 - \frac{\kappa_I}{2} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 - \kappa_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right] + \beta \kappa_I E_t \left[\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} - 1 \right) \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 Q_{t+1} \right] = 1$$

(三) 商业银行部门

如正文所述,商业银行面临的决策问题为选择最优的贷款规模和资本规模,表述如下:

$$\max V_t^j = E_t \sum_{i=1}^{\infty} \beta^i \frac{\lambda_{t+i}}{\lambda_t} \theta_p^{i-1} (1 - \theta_p) N_{t+i}^j$$

$$s.t. V_t^j = v_t^j Q_t S_{e,t}^j + \eta_t^j (1 - \xi_t) N_t^j$$

$$N_{t+i}^j = (r_{t+i}^s - r_{t+i-1}) Q_{t+i-1} S_{e,t+i-1}^j + (1 + r_{t+i-1}) (1 - \xi_{t+i-1}) N_{t+i-1}^j$$

目标函数表明,商业银行的目标是最大化银行资本现值之和,即最大化特许经营权价值。约束条件表明,银行资本由银行贷款和上一期银行资本共同决定,因此特许经营权价值可以设定为银行贷款和银行资本的一个线性函数。

商业银行的一阶条件表述如下:

$$v_t^j = \beta E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[(1 - \theta_p) (r_{t+1}^s - r_t) + \theta_p \frac{\phi_{t+1}^j}{\phi_t^j} \left[(r_{t+1}^s - r_t) \phi_t^j + (1 + r_t) \right] (1 - \xi_{t+1}) v_{t+1}^j \right] \right\}$$

$$\eta_t^j = (1 - \theta_p) + \beta \theta_p E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[(r_{t+1}^s - r_t) \phi_t^j + (1 + r_t) \right] (1 - \xi_{t+1}) \eta_{t+1}^j \right\}$$

附表 1: 部分参数的校准结果

参数	经济含义	校准值	来源
β	家庭折现因子	0.990	孟宪春等 (2020)
δ	资本折旧率	0.025	陈师等 (2015); 苏为华等 (2020)
α	资本产出弹性	0.500	王曦等 (2017)
χ	劳动供给弹性的逆	2	王曦等 (2017)
ε_w	劳动替代弹性	6	马勇和陈雨露 (2013)
ε_p	中间品替代弹性	6	马勇和陈雨露 (2013)
θ_p	银行存活概率	0.969	马勇和陈雨露 (2013)
\bar{L}	劳动稳态	0.330	李建强等 (2020)
$\bar{r}^s - \bar{r}$	信贷利差稳态	0.007	Wind
$\bar{\xi}$	资本缓冲比率稳态	0.025	Wind
\bar{g}	财政支出比率稳态	0.235	Wind
\bar{b}	政府债务比率稳态	0.929	Wind
\bar{m}/\bar{Y}	货币规模与产出规模之比稳态	7.562	Wind

附表2: 参数的贝叶斯估计结果

参数	经济含义	先验分布			后验估计	
		分布	均值	标准差	均值	90%置信区间
φ_c	消费替代弹性	Normal	1	0.50	1.434	[0.847, 1.984]
α_c	家庭消费权重	Beta	0.800	0.01	0.800	[0.782, 0.816]
μ	风险厌恶系数	Normal	1.250	0.05	1.268	[1.185, 1.350]
ϖ_w	Calvo 名义工资粘性	Beta	0.500	0.10	0.631	[0.502, 0.760]
ϖ_p	Calvo 名义价格粘性	Beta	0.500	0.10	0.550	[0.189, 0.867]
γ_w	工资通胀粘性	Beta	0.500	0.20	0.304	[0.014, 0.627]
γ_p	商品价格通胀粘性	Beta	0.500	0.20	0.190	[0.024, 0.357]
κ_I	资本调整成本	Normal	0.250	0.05	0.247	[0.262, 0.322]
ρ_z	技术冲击的一阶回归系数	Beta	0.800	0.10	0.944	[0.875, 0.996]
ρ_r	利率冲击的一阶回归系数	Beta	0.800	0.10	0.795	[0.665, 0.949]
ρ_ξ	银行资本冲击的一阶回归系数	Beta	0.800	0.10	0.774	[0.649, 0.903]
ρ_g	财政支出冲击的一阶回归系数	Beta	0.800	0.10	0.893	[0.800, 0.984]
ρ_τ	税收冲击的一阶回归系数	Beta	0.800	0.10	0.878	[0.686, 0.994]
ρ_{rx}	货币政策的通胀系数	Normal	1.700	0.15	1.579	[1.315, 1.841]
ρ_{ry}	货币政策的产出系数	Gamma	0.125	0.05	0.265	[0.160, 0.357]
ρ_{rm}	货币政策的货币系数	Gamma	1	0.50	0.235	[0.059, 0.431]
ρ_{gy}	支出政策的产出系数	Gamma	1	0.50	1.052	[0.265, 1.802]
ρ_{gb}	支出政策的政府债务系数	Gamma	1	0.50	0.251	[0.036, 0.468]
ρ_{ty}	税收政策的产出系数	Gamma	1	0.50	0.898	[0.217, 1.656]
ρ_{tb}	税收政策的政府债务系数	Gamma	1	0.50	0.166	[0.007, 0.332]
σ_z	技术冲击的标准差	IG	1	2	1.785	[0.739, 2.751]
σ_r	利率冲击的标准差	IG	1	2	1.211	[0.419, 2.084]
σ_ξ	银行资本冲击的标准差	IG	1	2	3.488	[2.871, 4.082]
σ_g	财政支出冲击的标准差	IG	1	2	9.251	[7.211, 11.014]
σ_τ	税收冲击的标准差	IG	1	2	6.157	[4.949, 7.434]

注: Beta 表示贝塔分布, Normal 表示正态分布, Gamma 表示伽马分布, IG 表示逆伽马分布。

附表3: 不同财政融资方式下的福利损失及宏观波动情况

冲击类型	福利损失及变量标准差					福利及标准差变化				
	Wel	\hat{Y}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{Q}_t	$s\hat{p}_t$	Wel	\hat{Y}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{Q}_t	$s\hat{p}_t$
技术冲击										
无政策干扰	27.87	2.99	1.14	0.47	38.13	-	-	-	-	-
发债融资	357.59	4.73	2.05	0.25	18.69	-11.83	-0.59	-0.80	0.49	0.51
货币化融资	167.23	12.60	1.56	2.35	148.83	-5.00	-3.22	-0.37	-3.92	-2.90
利率冲击										
无政策干扰	47.20	3.57	1.32	1.29	86.09	-	-	-	-	-
发债融资	113.73	4.06	1.40	1.68	113.53	-1.41	-0.14	-0.06	-0.30	-0.32

货币化融资	2716.35	46.87	5.01	12.27	808.82	-56.55	-12.13	-2.80	-8.55	-8.40
银行资本冲击										
无政策干扰	0.0005	0.01	0.004	0.004	0.44	-	-	-	-	-
发债融资	0.0030	0.02	0.006	0.004	0.43	-5.27	-0.20	-0.50	0.17	0.04
货币化融资	0.0850	0.13	0.015	0.024	1.49	-158.11	-7.90	-2.66	-4.67	-2.37
财政支出冲击										
无政策干扰	0.02	0.13	0.04	0.05	1.91	-	-	-	-	-
发债融资	0.65	0.16	0.08	0.07	3.11	-29.83	-0.21	-1.09	-0.33	-0.63
货币化融资	10.33	3.03	0.46	0.81	50.83	-489.31	-21.77	-11.79	-14.93	-25.63
税收冲击										
无政策干扰	0.01	0.03	0.007	0.005	0.34	-	-	-	-	-
发债融资	0.32	0.08	0.047	0.006	0.68	-28.33	-2.20	-5.97	-0.09	-1.02
货币化融资	2.92	1.73	0.280	0.430	27.99	-263.48	-66.05	-39.42	-84.11	-81.73

注：福利及标准差变化程度的计算以“无政策干扰”方式下福利水平 Wel_0 和变量标准差 σ_0 为基准，计算公式分别为 $\Delta Wel_x = -(Wel_x - Wel_0)/Wel_0$ 和 $\Delta \sigma_x = -(\sigma_x - \sigma_0)/\sigma_0$ ($x = \{money, debt\}$)，由于不同融资方式下家庭福利和变量标准差的差异较大，本表选择直接以上式计算结果表示变化程度，而未对计算结果进行百分比化处理。下同。

附表 4：不同债务比率下的福利损失及宏观波动情况

冲击类型	福利损失及变量标准差					福利及标准差变化				
	Wel	\hat{Y}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{Q}_t	$s\hat{p}r_t$	Wel	\hat{Y}_t	$\hat{\pi}_t$	\hat{Q}_t	$s\hat{p}r_t$
技术冲击										
低负债	167.23	12.60	1.56	2.35	148.83	-	-	-	-	-
中等负债	23.96	9.31	0.54	0.82	59.82	0.86	0.26	0.65	0.65	0.60
高负债	42.74	1.88	0.63	0.28	23.40	0.74	0.85	0.59	0.88	0.84
利率冲击										
低负债	2716.35	46.87	5.01	12.27	808.82	-	-	-	-	-
中等负债	571.94	20.12	3.17	4.24	272.06	0.79	0.57	0.37	0.65	0.66
高负债	611.52	11.59	3.19	3.32	218.19	0.77	0.75	0.36	0.73	0.73
银行资本冲击										
低负债	0.085	0.13	0.015	0.024	1.49	-	-	-	-	-
中等负债	0.004	0.02	0.004	0.003	0.49	0.95	0.86	0.73	0.89	0.67
高负债	0.006	0.04	0.006	0.007	1.04	0.92	0.73	0.57	0.71	0.30
财政支出冲击										
低负债	10.33	3.03	0.46	0.81	50.83	-	-	-	-	-
中等负债	6.00	1.49	0.21	0.31	15.74	0.42	0.51	0.54	0.62	0.69
高负债	1.79	0.63	0.07	0.14	7.66	0.83	0.79	0.85	0.83	0.85
税收冲击										
低负债	2.92	1.73	0.28	0.43	27.99	-	-	-	-	-
中等负债	2.62	0.85	0.17	0.22	12.61	0.10	0.51	0.39	0.50	0.55
高负债	0.92	0.51	0.07	0.06	4.28	0.69	0.70	0.74	0.85	0.85

