附 录

正文未报告部分

一、模型静态均衡的求解

对式求解效用最大化问题，由一阶条件可得：

$$\frac{P_u\left(C_u+\bar{C}\right)}{P_sC_s}=\frac{\omega_u}{\omega_s}\left(\frac{P_u}{P_s}\right)^{1-\varepsilon} \qquad \text{* MERGEFORMAT (35)}$$

联立和式，可以得到式。

由式可得：

$$\frac{H_u}{H_s}=\frac{\theta_u^H}{\theta_s^H}\frac{P_u}{P_s}\frac{Y_u}{Y_s}\frac{W_s^H}{W_u^H} \qquad \text{* MERGEFORMAT (36)}$$

联立和式，可以得到式。由式还可以得倒：

$$\frac{H_u}{L_u}=\frac{\theta_u^H}{\theta_u^L}\frac{W_u^L}{W_u^H}$$

根据 θ_u^H 和 θ_u^L 的定义，上式可以进一步转换为：

$$\frac{H_u^{1/\sigma_u}}{L_u^{1/\sigma_u}}=\frac{\alpha_u^{1/\sigma_u}}{\left(1-\alpha_u\right)^{1/\sigma_u}}\frac{\left(A_u^H\right)^{(\sigma_u-1)/\sigma_u}}{\left(A_u^L\right)^{(\sigma_u-1)/\sigma_u}}\frac{W_u^{\ L}}{W_u^{\ H}} \qquad \text{* MERGEFORMAT (37)}$$

同理有：

$$\frac{H_s^{1/\sigma_s}}{L_s^{1/\sigma_s}}=\frac{\alpha_s^{1/\sigma_s}}{\left(1-\alpha_s\right)^{1/\sigma_s}}\frac{\left(A_s^H\right)^{(\sigma_s-1)/\sigma_s}}{\left(A_s^L\right)^{(\sigma_s-1)/\sigma_s}}\frac{W_s^{\ L}}{W_s^{\ H}} \qquad \text{* MERGEFORMAT (38)}$$

联立和式即可得到式。

二、比较静态分析

1. 本文理论分析的逻辑关系图

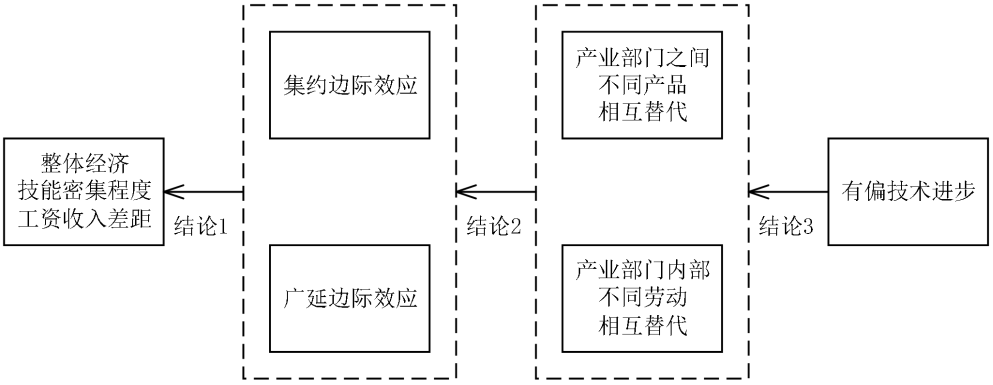

图 A1：理论分析的逻辑关系图

2. 推导关于 A_s^H 的比较静态分析结果

注意到对于任意变量 z，

$$d\log z=\frac{dz}{z}$$

根据式对 Y_j 进行全微分，并应用上式，得到：

$$d\log Y_j=\theta_j^H d\log H_j+\theta_j^H d\log A_j^H+\theta_j^L d\log L_j+\theta_j^L d\log A_j^L \text{ * MERGEFORMAT (39)}$$

注意到对于任意变量 z，

$$d\log(1-z)=-\frac{z}{1-z}d\log z \qquad \text{* MERGEFORMAT (40)}$$

把式取自然对数后进行全微分，将式代入，并应用上式，得到：

$$U^H\frac{d\log x^H}{1-x^H}+U^L\frac{d\log x^L}{1-x^L}=\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\right]d\log A_s^H+\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L d\log A_s^L$$
$$-\left[\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\right]d\log A_u^H-\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L d\log A_u^L$$

* MERGEFORMAT (41)

其中，

$$U^H=-\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]+\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H$$

$$U^L=-\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]$$

把式取自然对数后进行全微分，并应用式，得到：

$$V^H \frac{d\log x^H}{1-x^H} + V^L \frac{d\log x^L}{1-x^L}$$
$$= \frac{\sigma_s - 1}{\sigma_s} d\log A_s^H - \frac{\sigma_s - 1}{\sigma_s} d\log A_s^L - \frac{\sigma_u - 1}{\sigma_u} d\log A_u^H + \frac{\sigma_u - 1}{\sigma_u} d\log A_u^L$$

* MERGEFORMAT (42)

其中，

$$V^H = \frac{1}{\sigma_s}\left(1 - x^H\right) + \frac{1}{\sigma_u} x^H$$

$$V^L = -\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1 - x^L\right) + \frac{1}{\sigma_u} x^L\right]$$

综合和式，写成矩阵形式，如下：

$$\begin{pmatrix} V^H & V^L \\ U^H & U^L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dfrac{d\log x^H}{1-x^H} \\ \dfrac{d\log x^L}{1-x^L} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{\sigma_s - 1}{\sigma_s} \\ \left(\dfrac{1}{\sigma_s} - \dfrac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H + \dfrac{\sigma_s - 1}{\sigma_s} \end{pmatrix} d\log A_s^H + \begin{pmatrix} -\dfrac{\sigma_s - 1}{\sigma_s} \\ \left(\dfrac{1}{\sigma_s} - \dfrac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L \end{pmatrix} d\log A_s^L$$
$$+ \begin{pmatrix} -\dfrac{\sigma_u - 1}{\sigma_u} \\ -\left(\dfrac{1}{\sigma_u} - \dfrac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H - \dfrac{\sigma_u - 1}{\sigma_u} \end{pmatrix} d\log A_u^H + \begin{pmatrix} \dfrac{\sigma_u - 1}{\sigma_u} \\ -\left(\dfrac{1}{\sigma_u} - \dfrac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L \end{pmatrix} d\log A_u^L$$

* MERGEFORMAT (43)

由式可得：

$$\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H} = \frac{U^L \dfrac{\sigma_s - 1}{\sigma_s} - V^L\left[\left(\dfrac{1}{\sigma_s} - \dfrac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H + \dfrac{\sigma_s - 1}{\sigma_s}\right]}{V^H U^L - V^L U^H}\left(1 - x^H\right)$$ * MERGEFORMAT (44)

经过计算，有：

$$V^H U^L - V^L U^H = \frac{1}{\sigma_s}\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^H - \theta_u^H\right)\left(x^H - x^L\right) + \frac{1}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_u^L\left(1 - x^H\right) + \theta_u^H\left(1 - x^L\right)\right] + \frac{1}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^L x^H + \theta_s^H x^L\right)$$

利用 $\theta_s^H + \theta_s^L = 1$，$\theta_u^H + \theta_u^L = 1$，$\theta_s^H > \theta_u^H \Leftrightarrow x^H > x^L$ 的结论，这可以由式得出。因此，可以得到：

$$V^H U^L - V^L U^H > 0$$

经过计算，有：

$$U^L\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}-V^L\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\right]$$
$$=\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]-\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]$$
$$+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]$$

记 $\Delta=V^HU^L-V^LU^H$，故有：

$$\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}=\frac{1}{\Delta}\left(1-x^H\right)\left\{\begin{array}{l}\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]-\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]\\+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\end{array}\right\}$$

* MERGEFORMAT (45)

于是得到式。由式可得：

$$\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}=\frac{V^H\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\right]-U^H\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}}{V^HU^L-V^LU^H}\left(1-x^L\right)$$ * MERGEFORMAT (46)

经过计算，有：

$$V^H\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\right]-U^H\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}$$
$$=\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H\right]+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]$$

故有：

$$\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}=\frac{1}{\Delta}\left(1-x^L\right)\left\{\begin{array}{l}\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H\right]\\+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]\end{array}\right\}$$

* MERGEFORMAT (47)

于是得到式。由式变形可得：

$$\theta_s^H=\frac{W_s^HH_s}{P_sY_s}=\frac{W_s^HH_s}{W_s^HH_s+W_s^LL_s}$$ * MERGEFORMAT (48)

$$\theta_u^H=\frac{W_u^HH_u}{P_uY_u}=\frac{W_u^HH_u}{W_u^HH_u+W_u^LL_u}$$ * MERGEFORMAT (49)

由和式可知 θ_s^H 的变化与 $W_s^H H_s / W_s^L L_s$ 的变化正相关，θ_u^H 的变化与 $W_u^H H_u / W_u^L L_u$ 的变化正相关，而由式可得：

$$\frac{W_s^H H_s}{W_s^L L_s} = \left(\frac{\alpha_s}{1-\alpha_s}\right)^{1/\sigma_s} \left(\frac{A_s^H}{A_s^L}\right)^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} \left(\frac{x^H}{x^L}\right)^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} \left(\frac{H}{L}\right)^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} \quad \text{* MERGEFORMAT (50)}$$

$$\frac{W_u^H H_u}{W_u^L L_u} = \left(\frac{\alpha_u}{1-\alpha_u}\right)^{1/\sigma_u} \left(\frac{A_u^H}{A_u^L}\right)^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} \left(\frac{1-x^H}{1-x^L}\right)^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} \left(\frac{H}{L}\right)^{(\sigma_u-1)/\sigma_u}$$

* MERGEFORMAT (51)

变量 x^y 的变化与 $P_s Y_s / P_u Y_u$ 的变化正相关，而由式可得：

$$\frac{P_s Y_s}{P_u Y_u} = \left(\frac{\omega_s}{\omega_u}\right)^{1/\varepsilon} \left(\frac{Y_s}{Y_u}\right)^{(\varepsilon-1)/\varepsilon} \quad \text{* MERGEFORMAT (52)}$$

对式取自然对数后对 A_s^H 进行微分，得到：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_s^H} = \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left(1+\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}-\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}\right) \quad \text{* MERGEFORMAT (53)}$$

由和式，经过计算有：

$$\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}-\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H} = \frac{1}{\Delta}\left\{\begin{array}{l}\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\frac{1}{\sigma_u}\theta_s^H\left(x^L-x^H\right)+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left(1-x^H\right) \\ -\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\left(1-x^H\right)\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\left(\theta_u^H x^H+\theta_u^L x^L-x^H x^L\right)\right]\end{array}\right\}$$

将上式代入式，经过计算可得：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_s^H} = \frac{1}{\Delta}\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left\{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_u}x^H+\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_u^H x^L+\theta_u^L x^H\right)+\frac{1}{\varepsilon}\left[\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right]\right\}$$

* MERGEFORMAT (54)

对式取自然对数后对 A_s^H 进行微分，得到：

$$\begin{aligned}\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_s^H} &= \frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log A_s^H}-\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log A_s^H}\right] \\ &= \frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[-\frac{x^H}{1-x^H}\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}+\frac{x^L}{1-x^L}\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}\right]\end{aligned} \quad \text{* MERGEFORMAT (55)}$$

由和式，经过计算可得：

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_s^H}=\frac{1}{\Delta}\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left\{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_s}x^H+\frac{1}{\sigma_s}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)-\frac{1}{\varepsilon}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\right\}$$

* MERGEFORMAT (56)

对式取自然对数后对 A_s^H 进行微分，得到：

$$\begin{aligned}\frac{d\log x^y}{d\log A_s^H}&=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left[\frac{d\log Y_s}{d\log A_s^H}-\frac{d\log Y_u}{d\log A_s^H}\right]\\&=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left[\theta_s^H+\theta_s^H\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}+\theta_s^L\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}-\theta_u^H\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log A_s^H}-\theta_u^L\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log A_s^H}\right]\\&=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{\theta_s^H+\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\frac{\frac{d\log x^H}{1-x^H}}{d\log A_s^H}+\left[\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\theta_u^L x^L\right]\frac{\frac{d\log x^L}{1-x^L}}{d\log A_s^L}\right\}\end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (57)

由和式，经过计算有：

$$\begin{aligned}&\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\frac{\frac{d\log x^H}{1-x^H}}{d\log A_s^H}+\left[\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\theta_u^L x^L\right]\frac{\frac{d\log x^L}{1-x^L}}{d\log A_s^L}\\&=\frac{1}{\Delta}\left\{\begin{aligned}&\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-\theta_u^H x^L-\theta_u^L x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\right]\\&+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\end{aligned}\right\}\end{aligned}$$

将上式代入式，经过计算，可得：

$$\frac{d\log x^y}{d\log A_s^H}=\frac{1}{\Delta}\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{\begin{aligned}&\frac{1}{\sigma_s}\theta_s^H\left\{\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_u^L x^H+\theta_u^H x^L\right)+\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_u^L\left(1-x^H\right)+\theta_u^H\left(1-x^L\right)\right]\right\}\\&+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\end{aligned}\right\}$$

* MERGEFORMAT (58)

3. 推导关于 A_u^H 的比较静态分析结果

由式可得：

$$\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}=\frac{-U^L\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}+V^L\left[\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\right]}{V^H U^L-V^L U^H}\left(1-x^H\right)$$ * MERGEFORMAT (59)

经过计算有：

$$-U^L\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}+V^L\left[\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\right]$$
$$=-\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]$$
$$-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]$$

记 $\Delta=V^HU^L-V^LU^H$，代入式可得：

$$\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}=\frac{1}{\Delta}\left(1-x^H\right)\left\{\begin{array}{l}-\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\\+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\end{array}\right\}$$

* MERGEFORMAT (60)

由式可得：

$$\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}=\frac{-V^H\left[\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\right]+U^H\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}}{V^HU^L-V^LU^H}\left(1-x^L\right)$$ * MERGEFORMAT (61)

经过计算有：

$$-V^H\left[\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\right]+U^H\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}$$
$$=-\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H\right]-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]$$

代入式可得：

$$\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}=\frac{1}{\Delta}\left(1-x^L\right)\left\{\begin{array}{l}-\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H\right]\\-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]\end{array}\right\}$$

* MERGEFORMAT (62)

对式取自然对数后对 A_u^H 进行微分，得到：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_u^H}=\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left(\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}-\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}\right)$$ * MERGEFORMAT (63)

由和式，经过计算可得：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_u^H}=\frac{1}{\Delta}\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left\{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_u}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}\left[\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right]-\frac{1}{\varepsilon}\left[\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right]\right\}$$

* MERGEFORMAT (64)

对式取自然对数后对 A_u^H 进行微分，得到：

$$\begin{aligned}\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_u^H}&=\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[1+\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log A_u^H}-\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log A_u^H}\right]\\&=\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[1-\frac{x^H}{1-x^H}\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}+\frac{x^L}{1-x^L}\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}\right]\end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (65)

由和式，经过计算有：

$$\begin{aligned}&-\frac{x^H}{1-x^H}\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}+\frac{x^L}{1-x^L}\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}\\&=\frac{1}{\Delta}\left\{\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\frac{1}{\sigma_s}\theta_u^H\left(x^H-x^L\right)+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\theta_s^H\left(x^H-x^L\right)+\frac{1}{\varepsilon}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\right]\right\}\end{aligned}$$

将上式代入式，经过计算可得：

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_u^H}=\frac{1}{\Delta}\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left\{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_s^H\left(1-x^L\right)+\theta_s^L\left(1-x^H\right)\right]+\frac{1}{\varepsilon}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\right\}$$

* MERGEFORMAT (66)

对式取自然对数后对 A_u^H 进行微分，得到：

$$\begin{aligned}\frac{d\log x^y}{d\log A_u^H}&=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left[\frac{d\log Y_s}{d\log A_u^H}-\frac{d\log Y_u}{d\log A_u^H}\right]\\&=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left[-\theta_u^H+\theta_s^H\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}+\theta_s^L\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}-\theta_u^H\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log A_u^H}-\theta_u^L\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log A_u^H}\right]\\&=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{-\theta_u^H+\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\frac{\frac{d\log x^H}{1-x^H}}{d\log A_u^H}+\left[\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\theta_u^L x^L\right]\frac{\frac{d\log x^L}{1-x^L}}{d\log A_u^L}\right\}\end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (67)

由和式，经过计算有：

$$\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\frac{\frac{d\log x^H}{1-x^H}}{d\log A_u^H}+\left[\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\theta_u^L x^L\right]\frac{\frac{d\log x^L}{1-x^L}}{d\log A_u^L}$$
$$=\frac{1}{\Delta}\left\{\begin{array}{l}\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[-\frac{1}{\sigma_s}\left(1-\theta_u^H x^L-\theta_u^L x^H\right)-\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\right]\\-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\end{array}\right\}$$

将上式代入式，经过计算可得：

$$\frac{d\log x^y}{d\log A_u^H}=\frac{1}{\Delta}\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{\begin{array}{l}-\frac{1}{\sigma_u}\theta_u^H\left\{\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_s^L\left(1-x^H\right)+\theta_s^H\left(1-x^L\right)\right]+\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^L x^H+\theta_s^H x^L\right)\right\}\\-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\end{array}\right\}$$

* MERGEFORMAT (68)

4. 小结

综上分析，总结所有比较静态分析结果如下：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left\{\begin{array}{l}\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_u}x^H+\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_u^H x^L+\theta_u^L x^H\right)\\+\frac{1}{\varepsilon}\left[\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right]\end{array}\right\}>0$$

* MERGEFORMAT (69)

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left\{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_s}x^H+\frac{1}{\sigma_s}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)-\frac{1}{\varepsilon}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\right\}>0$$

* MERGEFORMAT (70)

$$\frac{d\log x^y}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{\sigma_s}\theta_s^H\left\{\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_u^L x^H+\theta_u^H x^L\right)+\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_u^L\left(1-x^H\right)+\theta_u^H\left(1-x^L\right)\right]\right\}\\+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\end{array}\right\}>0$$

* MERGEFORMAT (71)

$$\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]$$
$$>\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]$$

* MERGEFORMAT (72)

$$\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H\right]+\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]>0$$

* MERGEFORMAT (73)

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_u^H}>0\Leftrightarrow\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left\{\begin{array}{l}\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_u}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}\left[\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right]\\-\frac{1}{\varepsilon}\left[\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right]\end{array}\right\}>0$$

* MERGEFORMAT (74)

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_u^H}>0\Leftrightarrow\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left\{\begin{array}{l}\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_s^H\left(1-x^L\right)+\theta_s^L\left(1-x^H\right)\right]\\+\frac{1}{\varepsilon}\left(\theta_s^H x^L+\theta_s^L x^H\right)\end{array}\right\}>0$$

* MERGEFORMAT (75)

$$\frac{d\log x^y}{d\log A_u^H}>0\Leftrightarrow\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{\begin{array}{l}-\frac{1}{\sigma_u}\theta_u^H\left\{\frac{1}{\sigma_s}\left[\theta_s^L\left(1-x^H\right)+\theta_s^H\left(1-x^L\right)\right]+\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^L x^H+\theta_s^H x^L\right)\right\}\\-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\end{array}\right\}>0$$

* MERGEFORMAT (76)

$$\begin{aligned}\frac{d\log x^H}{d\log A_u^H}>0\Leftrightarrow&\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^L x^L\right]\\&>\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]+\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^L\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^L\right]\end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (77)

$$\frac{d\log x^L}{d\log A_u^H}>0\Leftrightarrow-\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H\left[\frac{1}{\sigma_s}\left(1-x^H\right)+\frac{1}{\sigma_u}x^H\right]-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left[\left(\frac{1}{\sigma_s}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\left(\frac{1}{\sigma_u}-\frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_u^H x^H\right]>0$$

* MERGEFORMAT (78)

根据-式，可以得出以下两种特殊情形下的结果。

特殊情形 1（产业部门之间两类产品替代）：发生技能偏向型技术进步的产业部门内部两类劳动力的替代弹性为 1，即当技能密集型产业部门发生了技能偏向型技术进步且$\sigma_s=1$时，

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\left(\sigma_u-1\right)\left(1-\varepsilon\right)>0,\quad\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_s^H}=0$$ * MERGEFORMAT (79)

$$\frac{d\log x^y}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\frac{d\log x^H}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\frac{d\log x^L}{d\log A_s^H}>0\Leftrightarrow\varepsilon>1$$ * MERGEFORMAT (80)

当非技能密集型产业部门发生了技能偏向型技术进步且$\sigma_u=1$时，

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log A_u^H}>0\Leftrightarrow\left(\sigma_s-1\right)\left(1-\varepsilon\right)<0,\quad\frac{d\log\theta_u^H}{d\log A_u^H}=0$$ * MERGEFORMAT (81)

$$\frac{d\log x^{y}}{d\log A_{u}^{H}}>0\Leftrightarrow\frac{d\log x^{H}}{d\log A_{u}^{H}}>0\Leftrightarrow\frac{d\log x^{L}}{d\log A_{u}^{H}}>0\Leftrightarrow\varepsilon<1$$ * MERGEFORMAT (82)

特殊情形 2（产业部门内部两类劳动替代）：产业部门之间的产品替代弹性为 1，即 $\varepsilon=1$ 时，

$$\frac{d\log\theta_{s}^{H}}{d\log A_{s}^{H}}>0\Leftrightarrow\sigma_{s}>1\quad,\quad\frac{d\log\theta_{u}^{H}}{d\log A_{s}^{H}}>0\Leftrightarrow\left(\sigma_{u}-1\right)\left(\sigma_{s}-1\right)<0$$

* MERGEFORMAT (83)

$$\frac{d\log x^{y}}{d\log A_{s}^{H}}=0$$ * MERGEFORMAT (84)

$$\frac{d\log x^{H}}{d\log A_{s}^{H}}>0\Leftrightarrow\left(\sigma_{s}-1\right)\left(\sigma_{u}-\frac{x^{L}\left(\theta_{u}^{L}-\theta_{s}^{L}\right)}{x^{L}\theta_{u}^{L}+\left(1-x^{L}\right)\theta_{s}^{L}}\right)>0\quad,\quad\frac{d\log x^{L}}{d\log A_{s}^{H}}<0\Leftrightarrow\sigma_{s}>1$$

* MERGEFORMAT (85)

$$\frac{d\log\theta_{s}^{H}}{d\log A_{u}^{H}}>0\Leftrightarrow\left(\sigma_{u}-1\right)\left(\sigma_{s}-1\right)<0\quad,\quad\frac{d\log\theta_{u}^{H}}{d\log A_{u}^{H}}>0\Leftrightarrow\sigma_{u}>1$$

* MERGEFORMAT (86)

$$\frac{d\log x^{y}}{d\log A_{u}^{H}}=0$$ * MERGEFORMAT (87)

$$\frac{d\log x^{H}}{d\log A_{u}^{H}}<0\Leftrightarrow\sigma_{u}>1\quad,\quad\frac{d\log x^{L}}{d\log A_{u}^{H}}>0\Leftrightarrow\left(\sigma_{u}-1\right)\left(\sigma_{s}-\frac{\left(1-x^{H}\right)\left(\theta_{s}^{H}-\theta_{u}^{H}\right)}{x^{H}\theta_{u}^{H}+\left(1-x^{H}\right)\theta_{s}^{H}}\right)>0$$

* MERGEFORMAT (88)

三、理论模型中的价格效应和收入效应

1. 价格效应

产业部门内部有偏技术进步体现为 A_j^H / A_j^L 的变化，这可能是由于 A_j^H 或 A_j^L 一个技术变量变化，也可能是由于 A_j^H 和 A_j^L 同时变化。在 A_j^H 和 A_j^L 同时变化时，生产函数式总可以被改写为：

$$Y_j = A_j^L \left[\alpha_j^{1/\sigma_j} \left(B_j H_j \right)^{(\sigma_j - 1)/\sigma_j} + \left(1 - \alpha_j \right)^{1/\sigma_j} \left(L_j \right)^{(\sigma_j - 1)/\sigma_j} \right]^{\sigma_j / (\sigma_j - 1)}$$

* MERGEFORMAT (89)

其中，$B_j = A_j^H / A_j^L$ 。因此，A_j^H 和 A_j^L 同时变化导致 A_j^H / A_j^L 变化的影响，就可以被分为上式中 A_j^L 变化的影响与 B_j 变化的影响。从上式看，A_j^L 变化的影响等价于全要素生产率变化的影响，这相当于无偏向的技术进步的影响，即会通过价格效应对结构转型产生影响，其影响方向取决于产业部门产品之间的替代弹性。Ngai and Pissarides (2007)对此已做了较为深入的讨论，因此正文只关注 B_j 的影响，而这和关注式中 A_j^H 一个技术变量变化的影响是完全等价的。

为了得到无偏技术进步产生的价格效应，考虑生产函数式变为：

$$Y_j = D_j \left[\alpha_j^{1/\sigma_j} \left(A_j^H H_j \right)^{(\sigma_j - 1)/\sigma_j} + \left(1 - \alpha_j \right)^{1/\sigma_j} \left(A_j^L L_j \right)^{(\sigma_j - 1)/\sigma_j} \right]^{\sigma_j / (\sigma_j - 1)} = D_j \tilde{Y}_j$$

* MERGEFORMAT (90)

其中，变量 D_j 表示全要素生产率。与式对比，实际上这里的 D_j 就等价于式中的 A_j^L，均体现为无偏技术进步。此时，按照正文的均衡求解过程，可以得到式变为：

$$\frac{\left(1 - x^H\right)^{1/\sigma_u}}{\left(x^H\right)^{1/\sigma_s}} H^{1/\sigma_u - 1/\sigma_s} = \frac{\alpha_u^{1/\sigma_u}}{\alpha_s^{1/\sigma_s}} \left(\frac{\omega_u}{\omega_s} \right)^{1/\varepsilon} \frac{\tilde{Y}_u^{1/\sigma_u - 1/\varepsilon}}{\tilde{Y}_s^{1/\sigma_s - 1/\varepsilon}} \frac{\left(A_u^H\right)^{(\sigma_u - 1)/\sigma_u}}{\left(A_s^H\right)^{(\sigma_s - 1)/\sigma_s}} \left(\frac{D_u}{D_s} \right)^{(\varepsilon - 1)/\varepsilon}$$

* MERGEFORMAT (91)

式仍然保持不变。

把式和式对 D_s / D_u 进行全微分，可以得到：

$$\begin{pmatrix} V^H & V^L \\ U^H & U^L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dfrac{d\log x^H}{1-x^H} \\ \dfrac{d\log x^L}{1-x^L} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \dfrac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \end{pmatrix} d\log\left(\frac{D_s}{D_u}\right) \quad \text{* MERGEFORMAT (92)}$$

于是，可知：

$$\frac{d\log x^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} = \frac{-\left(\varepsilon-1\right)V^L}{V^H U^L - V^L U^H}\frac{\left(1-x^H\right)}{\varepsilon} \quad \text{* MERGEFORMAT (93)}$$

$$\frac{d\log x^L}{d\log\left(D_s/D_u\right)} = \frac{\left(\varepsilon-1\right)V^H}{V^H U^L - V^L U^H}\frac{\left(1-x^L\right)}{\varepsilon} \quad \text{* MERGEFORMAT (94)}$$

根据前文证明知：$V^H U^L - V^L U^H > 0$，因此必有：

$$\frac{d\log x^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} > 0 \Leftrightarrow \frac{d\log x^L}{d\log\left(D_s/D_u\right)} > 0 \Leftrightarrow \varepsilon > 1 \quad \text{* MERGEFORMAT (95)}$$

由、、和式可知：

$$\begin{aligned} \frac{d\log\theta_s^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} &= \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left(\frac{d\log x^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} - \frac{d\log x^L}{d\log\left(D_s/D_u\right)}\right) \\ &= -\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\frac{1}{\Delta}\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_u}\left(x^H - x^L\right) \end{aligned} \quad \text{* MERGEFORMAT (96)}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\log\theta_u^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} &= \frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left(\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log\left(D_s/D_u\right)} - \frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log\left(D_s/D_u\right)}\right) \\ &= -\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\frac{1}{\Delta}\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\frac{1}{\sigma_s}\left(x^H - x^L\right) \end{aligned} \quad \text{* MERGEFORMAT (97)}$$

由此得到：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} > 0 \Leftrightarrow \left(\sigma_s-1\right)\left(1-\varepsilon\right) > 0 \quad \text{* MERGEFORMAT (98)}$$

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} > 0 \Leftrightarrow \left(\sigma_u-1\right)\left(1-\varepsilon\right) > 0 \quad \text{* MERGEFORMAT (99)}$$

由式可知：

$$\begin{aligned} \frac{d\log x^y}{d\log\left(D_s/D_u\right)} &= \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left[1+\theta_s^H\frac{d\log x^H}{d\log\left(D_s/D_u\right)} + \theta_s^L\frac{d\log x^L}{d\log\left(D_s/D_u\right)} - \theta_u^H\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log\left(D_s/D_u\right)} - \theta_u^L\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log\left(D_s/D_u\right)}\right] \\ &= \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\left\{1+\left[\theta_s^H\left(1-x^H\right)+\theta_u^H x^H\right]\frac{\dfrac{d\log x^H}{1-x^H}}{d\log\log\left(D_s/D_u\right)} + \left[\theta_s^L\left(1-x^L\right)+\theta_u^L x^L\right]\frac{\dfrac{d\log x^L}{1-x^L}}{d\log\left(D_s/D_u\right)}\right\} \end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (100)

把和式代入，可以得到：

$$\frac{d\log x^{y}}{d\log\left(D_{s}/D_{u}\right)}=\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\frac{1}{\Delta}\left[\frac{1}{\sigma_{s}}\frac{1}{\sigma_{u}}\left(\theta_{s}^{H}-\theta_{u}^{H}\right)\left(x^{H}-x^{L}\right)+\frac{1}{\sigma_{s}}\left(\theta_{u}^{H}\left(1-x^{L}\right)+\theta_{u}^{L}\left(1-x^{H}\right)\right)+\frac{1}{\sigma_{u}}\left(\theta_{s}^{H}x^{L}+\theta_{s}^{L}x^{H}\right)\right]$$

* MERGEFORMAT (101)

由此得到：

$$\frac{d\log x^{y}}{d\log\left(D_{s}/D_{u}\right)}>0\Leftrightarrow\varepsilon>1 \qquad \text{* MERGEFORMAT (102)}$$

从经济含义上看，式和式体现了 Ngai and Pissarides (2007)提出的价格效应。当技能密集型产业部门技术进步更快时（D_s/D_u 提高），那么该产业部门的产品相对价格就会下降。如果技能密集型产业部门与非技能密集型产业部门的产品替代弹性较高（$\varepsilon>1$），技能密集型产业部门的产品就会更大幅度上升，导致技能密集型产业部门扩张，于是两类技能劳动力流向该产业部门，此时 x^{y},x^{H},x^{L} 都会上升。反之，如果技能密集型产业部门与非技能密集型产业部门的产品替代弹性较低（$\varepsilon<1$），技能密集型产业部门的产品很难替代非技能密集型产业产品，其相对价格的下降就会起到主导作用，于是非技能密集型产业部门就会扩张，导致两类技能劳动力流向该产业部门，此时 x^{y},x^{H},x^{L} 都会下降。

式和式的经济含义与正文分析是完全等价的，在产业部门的比重扩张时，该产业部门的技能密集程度变化方向还取决于两类技能劳动力的替代弹性。如果该产业部门高技能劳动力和低技能劳动力的替代弹性较高（$\sigma_j>1$），那么高低技能劳动力数量之比的增幅就会更大，导致高技能劳动力的收入份额上升，从而提高该产业的技能密集程度；反之亦然。

2. 收入效应

模型通过设定非位似偏好，引入了需求侧不同产业部门的产品需求收入弹性的差异性。特别地，如果非位似项 $\bar{C}<0$，那么技能密集型产业部门的产品需求收入弹性就高于非技能密集型产业部门的产品，在相对价格不变时，收入增长就会提高技能密集型产业部门的比重；反之，如果 $\bar{C}>0$，收入增长就会提高非技能密集型产业部门的比重。这可以由和式直接得出。为评估收入效应对技能密集程度的影响，引入变量 χ，假设由于 $\bar{C}$ 的存在，式可以转化为：

$$\frac{P_{u}Y_{u}}{P_{s}Y_{s}}=\chi\left(\frac{\omega_{u}}{\omega_{s}}\right)^{1/\varepsilon}\left(\frac{Y_{u}}{Y_{s}}\right)^{(\varepsilon-1)/\varepsilon} \qquad \text{* MERGEFORMAT (103)}$$

收入增长产生的结构影响就体现在变量 χ 的变化上，如果收入增长提高了非技能密集型产业部门的比重，那么 χ 就会上升，反之则 χ 下降。按照正文的模型求解步骤，可以把式转化为：

$$\frac{\left(1-x^{H}\right)^{1/\sigma_u}}{\left(x^{H}\right)^{1/\sigma_s}}H^{1/\sigma_u-1/\sigma_s}=\chi\frac{\alpha_u^{1/\sigma_u}}{\alpha_s^{1/\sigma_s}}\left(\frac{\omega_u}{\omega_s}\right)^{1/\varepsilon}\frac{Y_u^{1/\sigma_u-1/\varepsilon}}{Y_s^{1/\sigma_s-1/\varepsilon}}\frac{\left(A_u^H\right)^{(\sigma_u-1)/\sigma_u}}{\left(A_s^H\right)^{(\sigma_s-1)/\sigma_s}}$$

* MERGEFORMAT (104)

把式和式对 χ 进行全微分，可以得到：

$$\begin{pmatrix} V^H & V^L \\ U^H & U^L \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \dfrac{d\log x^H}{1-x^H} \\ \dfrac{d\log x^L}{1-x^L} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}d\log\chi$$ * MERGEFORMAT (105)

于是可知：

$$\frac{d\log x^H}{d\log\chi}=\frac{V^L}{V^HU^L-V^LU^H}\left(1-x^H\right)$$ * MERGEFORMAT (106)

$$\frac{d\log x^L}{d\log\chi}=\frac{-V^H}{V^HU^L-V^LU^H}\left(1-x^L\right)$$ * MERGEFORMAT (107)

根据前文证明知：$V^HU^L-V^LU^H>0$，因此易知：

$$\frac{d\log x^H}{d\log\chi}<0,\frac{d\log x^L}{d\log\chi}<0$$ * MERGEFORMAT (108)

由、、、式可知：

$$\begin{aligned}\frac{d\log\theta_s^H}{d\log\chi}&=-\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\left(\frac{d\log x^H}{d\log\chi}-\frac{d\log x^L}{d\log\chi}\right)\\&=\frac{\sigma_s-1}{\sigma_s}\frac{1}{\Delta}\frac{1}{\sigma_u}\left(x^H-x^L\right)\end{aligned}$$ * MERGEFORMAT (109)

$$\begin{aligned}\frac{d\log\theta_u^H}{d\log\chi}&=-\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\left(\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log\chi}-\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log\chi}\right)\\&=\frac{\sigma_u-1}{\sigma_u}\frac{1}{\Delta}\frac{1}{\sigma_s}\left(x^H-x^L\right)\end{aligned}$$ * MERGEFORMAT (110)

由此得到：

$$\frac{d\log\theta_s^H}{d\log\chi}>0\Leftrightarrow\sigma_s>1$$ * MERGEFORMAT (111)

$$\frac{d\log\theta_u^H}{d\log\chi}>0\Leftrightarrow\sigma_u>1$$ * MERGEFORMAT (112)

由式可知：

$$\begin{aligned}\frac{d\log x^y}{d\log\chi}&=-\theta_s^H\frac{d\log x^H}{d\log\chi}-\theta_s^L\frac{d\log x^L}{d\log\chi}+\theta_u^H\frac{d\log\left(1-x^H\right)}{d\log\chi}+\theta_u^L\frac{d\log\left(1-x^L\right)}{d\log\chi}\\&=-\frac{1}{\sigma_s}\left(\theta_u^H\left(1-x^L\right)+\theta_u^L\left(1-x^H\right)\right)-\frac{1}{\sigma_u}\left(\theta_s^Hx^L+\theta_s^Lx^H\right)<0\end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (113)

从经济含义上看，式和式体现了 Kongsamut et al. (2001)提出的收入效应。如果收入增长提高了技能密集型产业部门的产品的相对需求，那么 χ 就会提高，根据式和式，x^y, x^H, x^L 就会提高，因此技能密集型产业部门的就业比重和产出比重都会上升。

式和式的经济含义与式是完全等价的，在产业部门的比重扩张时，该产业部门的技能密集程度变化方向还取决于两类技能劳动力的替代弹性。如果该产业部门高技能劳动力和低技能劳动力的替代弹性较高（$\sigma_j > 1$），那么高低技能劳动力数量之比的增幅就会更大，导致高技能劳动力的收入份额上升，从而提高该产业的技能密集程度；反之亦然。

3. 小结

正文分析主要集中于特定产业部门的有偏技术进步的影响，在分析时暂时忽略了结构转型的经典理论机制。事实上，现有文献关于影响结构转型的价格效应和收入效应的模型设定，在本文模型中也被采用。根据前两小节的分析，也可以较为容易地得出价格效应和收入效应在本文模型中的影响。

首先，从价格效应上看，如果同一产业部门高技能劳动扩展型技术和低技能劳动扩展型技术同步扩大，那么这一无偏技术进步本身并不会直接改变两类劳动力在该产业部门内部的相对边际产出，而是通过结构转型产生间接影响。根据 Ngai and Pissarides (2007)的研究，在产业部门之间产品替代弹性较低时，价格效应就会促使发生无偏技术进步的产业部门的比重下降，促使两类技能劳动力流向另一个产业部门；反之亦然。在两个产业部门内部，技能密集程度的变化方向又取决于产业部门内部两类技能劳动力之间的替代弹性。在替代弹性较高时，比重扩张的产业部门的技能密集程度就会提高，比重减少的产业部门的技能密集程度就会下降；反之亦然。

其次，本文在式中引入了扩展 Stone-Geary 型非位似偏好，使两个产业部门产品的需求收入弹性存在差别，正文的定量估计也支持了这一设定。无论有偏技术进步还是无偏技术进步，都会通过收入效应影响产业结构转型，进而影响技能密集程度和工资收入差距。根据 Kongsamut et al. (2001)的研究，对于需求收入弹性较高的产业部门，技术进步带来的收入效应就会提高该产业部门比重，促使两类技能劳动力流向该产业部门。在两个产业部门内部，技能密集程度的变化方向依然取决于产业部门内部两类技能劳动力之间的替代弹性。在替代弹性较高时，比重扩张的产业部门的技能密集程度就会提高，比重减少的产业部门的技能密集程度就会下降；反之亦然。

四、模型供给侧参数估计过程

1. 估计方程推导

定义 A_{jt}^{H} 和 A_{jt}^{L} 如下：

$$A_{jt}^{H}=A_{jt-1}^{H}\exp\left(\gamma_{j}^{H}\right) \qquad \text{* MERGEFORMAT (114)}$$

$$A_{jt}^{L}=A_{jt-1}^{L}\exp\left(\gamma_{j}^{L}\right) \qquad \text{* MERGEFORMAT (115)}$$

生产函数形式如下：

$$F_{j}\left(H_{jt},L_{jt}\right)=\left[\alpha_{j}^{1/\sigma_{j}}\left[\exp\left(\gamma_{j}^{H}t\right)H_{jt}\right]^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}+\left(1-\alpha_{j}\right)^{1/\sigma_{j}}\left[\exp\left(\gamma_{j}^{L}t\right)L_{jt}\right]^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\right]^{\sigma_{j}/(\sigma_{j}-1)}$$

* MERGEFORMAT (116)

求解企业利润最大化问题的一阶最优性条件给出：

$$w_{jt}^{H}=\alpha_{j}^{1/\sigma_{j}}\exp\left(\gamma_{j}^{H}t\right)^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\left(\frac{Y_{jt}}{H_{jt}}\right)^{1/\sigma_{j}} \qquad \text{* MERGEFORMAT (117)}$$

$$w_{jt}^{L}=\left(1-\alpha_{j}\right)^{1/\sigma_{j}}\exp\left(\gamma_{j}^{L}t\right)^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\left(\frac{Y_{jt}}{L_{jt}}\right)^{1/\sigma_{j}} \qquad \text{* MERGEFORMAT (118)}$$

由于在常替代弹性和完全竞争市场下，各类生产要素的收入份额相加为 1，令 θ_{jt} 表示高技能劳动要素在 t 年的收入份额，故由一阶条件可以得到生产要素的收入份额如下：

$$\theta_{jt}=\frac{w_{jt}^{H}H_{jt}}{Y_{jt}}=\alpha_{j}^{1/\sigma_{j}}\left[\exp\left(\gamma_{j}^{H}t\right)\frac{H_{jt}}{Y_{jt}}\right]^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}} \qquad \text{* MERGEFORMAT (119)}$$

$$1-\theta_{jt}=\frac{w_{jt}^{L}L_{jt}}{Y_{jt}}=\left(1-\alpha_{j}\right)^{1/\sigma_{j}}\left[\exp\left(\gamma_{j}^{L}t\right)\frac{L_{jt}}{Y_{jt}}\right]^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}} \qquad \text{* MERGEFORMAT (120)}$$

为了方便使用数据估计参数，本文对式进行标准化处理，使得高技能劳动和低技能劳动的相对权重等于其收入份额的均值。本文首先对除了时间之外的变量除以和乘以其几何平均值：

$$F_{j}\left(H_{jt},L_{jt}\right)=\bar{Y}_{j}\left\{\begin{array}{l}\alpha_{j}^{1/\sigma_{j}}\left[\dfrac{\exp\left(\gamma_{j}^{H}\bar{t}\right)\bar{H}_{j}}{\bar{Y}_{j}}\right]^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\left(\dfrac{\exp\left(\gamma_{j}^{H}t\right)H_{jt}}{\exp\left(\gamma_{j}^{H}\bar{t}\right)\bar{H}_{j}}\right)^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\\+\left(1-\alpha_{j}\right)^{1/\sigma_{j}}\left[\dfrac{\exp\left(\gamma_{j}^{L}\bar{t}\right)\bar{L}_{j}}{\bar{Y}_{j}}\right]^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\left(\dfrac{\exp\left(\gamma_{j}^{L}t\right)L_{jt}}{\exp\left(\gamma_{j}^{L}\bar{t}\right)\bar{L}_{j}}\right)^{(\sigma_{j}-1)/\sigma_{j}}\end{array}\right\}^{\sigma_{j}/(\sigma_{j}-1)}$$

其中，$\overline{Y}_j$，$\overline{H}_j$ 和 $\overline{L}_j$ 代表产出、高技能劳动和低技能劳动在样本时期的几何平均值，$\overline{t}$ 则为时间（年份）的算数平均值。由和可得：

$$\alpha_j^{1/\sigma_j}\left[\exp\left(\gamma_j^H\overline{t}\right)\frac{\overline{H}_j}{\overline{Y}_j}\right]^{(\sigma_j-1)/\sigma_j}=\overline{\theta}_j \qquad \text{* MERGEFORMAT (121)}$$

$$\left(1-\alpha_j\right)^{1/\sigma_j}\left[\exp\left(\gamma_j^L\overline{t}\right)\frac{\overline{L}_j}{\overline{Y}_j}\right]^{(\sigma_j-1)/\sigma_j}=\overline{1-\theta_j} \qquad \text{* MERGEFORMAT (122)}$$

其中，$\overline{\theta}_j$ 和 $\overline{1-\theta_j}$ 是样本时期的两类生产要素的平均收入份额。由于收入份额可以在数据库中直接观察到，本文计算了收入份额的几何平均值并将它们带入生产函数以估计其他参数：

$$F_j\left(H_{jt},L_{jt}\right)=\overline{Y}_j\left[\overline{\theta}_j\left(\frac{\exp\left(\gamma_j^H t\right)H_{jt}}{\exp\left(\gamma_j^H\overline{t}\right)\overline{H}_j}\right)^{(\sigma_j-1)/\sigma_j}+\overline{1-\theta_j}\left(\frac{\exp\left(\gamma_j^L t\right)L_{jt}}{\exp\left(\gamma_j^L\overline{t}\right)\overline{L}_j}\right)^{(\sigma_j-1)/\sigma_j}\right]^{\sigma_j/(\sigma_j-1)}$$

* MERGEFORMAT (123)

因此，一阶最优性条件可以用标准化变量重新表示如下：

$$w_{jt}^H=\frac{\overline{\theta}_j\overline{Y}_j}{\overline{H}_j}\exp\left(\frac{\sigma_j-1}{\sigma_j}\gamma_j^H\left(t-\overline{t}\right)\right)\left(\frac{Y_{jt}/H_{jt}}{\overline{Y}_j/\overline{H}_j}\right)^{1/\sigma_j} \qquad \text{* MERGEFORMAT (124)}$$

$$w_{jt}^L=\frac{\left(\overline{1-\theta_j}\right)\overline{Y}_j}{\overline{L}_j}\exp\left(\frac{\sigma_j-1}{\sigma_j}\gamma_j^L\left(t-\overline{t}\right)\right)\left(\frac{Y_{jt}/L_{jt}}{\overline{Y}_j/\overline{L}_j}\right)^{1/\sigma_j} \qquad \text{* MERGEFORMAT (125)}$$

为了估计出至式参数值，本文对每个等式都乘以一个误差项以度量生产力冲击或测量误差，最终得到至式的估计方程。

2. 劳动投入和实际 GDP 的计算过程

关于劳动投入数据的计算，WIOD 提供了国家每年的劳动者工作总时长以及三类劳动（高端、中端、低端技能劳动） 时长占比。本文基于此将 WIOD 的高端技能劳动和中端技能劳动统一归为高技能劳动，由此重新计算出各细分行业每年的高技能劳动投入时长 H_{it} 和低技能劳动投入时长 L_{it}。分别将两类产业所包含的细分行业相关劳动投入数据进行加总，即可得到非技能密集型产业部门和技能密集型产业部门的高技能劳动投入（H_{ut} 和 H_{st}）及低技能劳动投入（L_{ut} 和 L_{st}）。

关于运用链式加权法计算实际 GDP。以技能密集型产业部门为例，计算其实际 GDP 的五个步骤如下。RVA_{it}、VA_{it} 和 P_{it} 分别为第 i 个行业在第 t 年的实际增加值、名义增加值及对应的价格指数，其中价格指数 $P_{i1995}=1$，将各细分行业的名义增加值加总得到当年的技能密集型产业部门的名义增加值 $VA_{st}=\sum_{i=1}^{i=12}VA_{it}$。

① 第一步，计算各细分行业每年的实际增加值 $RVA_{it}=VA_{it}/P_{it}$。

② 第二步，计算各细分行业 1996-2009 年间每年的实际增加值增速 $G_{it} = RVA_{it} / RVA_{i(t-1)}$ 。

③ 第三步，计算每年各细分行业的名义增加值在技能密集型产业部门名义增加值中的权重 $W_{it} = VA_{it} / VA_{st}$ 。

④ 第四步，运用加权法计算技能密集型产业部门 1996-2009 年间每年的实际增加值增速 $G_{st} = \sum_{i=1}^{i=12} W_{it} G_{it}$ 。

⑤ 第五步，以 1995 年为基期，设定技能密集型产业部门 1995 年的实际增加值等于其名义增加值，运用上述步骤得到的产业每年的实际增加值增速计算出产业 1996-2009 年间每年的实际增加值 $RVA_{st} = RVA_{s(t-1)} G_{st}$ ，其中 $RVA_{s1995} = VA_{s1995}$。由此得到的技能密集型产业部门每年的实际增加值 RVA_{st} 即为技能密集型产业部门估计方程所需的实际产出 Y_{st} 。

3. 估计方法说明

在估计方法方面，本文使用 Cochrane and Orcutt (1949)提出的非线性估计方法同时估计两个生产部门的方程，这一方法考虑了不同方程的误差项存在相关性的可能性。具体而言，本文采用可行广义三阶段最小二乘非线性估计。在第一阶段，为了解决内生性问题，将等式右侧的内生变量对所有变量的滞后一期和时间趋势进行线性最小二乘回归得到工具变量。Fair (1970)指出，如果将所有变量的滞后项都作为工具变量，则 Cochrane and Orcutt (1949)的方法可以得到有自相关误差的联立方程组的一致估计。在第二阶段，以第一阶段得到的右侧变量拟合值作为工具变量进行非线性估计，通过 Cochrane-Orcutt 过程考虑了误差项存在一阶自回归的情形。在第三阶段，利用第二阶段的估计误差项进行广义最小二乘估计，以解决异方差和方程误差项相关性等问题。

五、模型需求侧参数估计说明

针对模型需求侧的参数估计，本文对式进行可行广义最小二乘非线性估计，这是用于估计偏好参数的一种标准方法（Deaton, 1986）。由于式中部分参数受到一定限制条件约束，如$\varepsilon > 0$，$\omega_j > 0$，$\omega_u + \omega_s = 1$，需要把这些参数转化成不受约束的参数，转化过程如下：

$$\varepsilon = e^{b_0}\text{，}\quad \omega_u = \frac{1}{1+e^{b_1}}\text{，}\quad \omega_s = \frac{e^{b_1}}{1+e^{b_1}}$$

其中，参数$b_0, b_1 \in \left(-\infty, +\infty\right)$。把以上各式代入式中，估计出不受约束的参数$b_0$，$b_1$和$\overline{C}$，之后再计算出受约束的参数估计值和标准误。

六、WIOD 数据库细分行业与理论模型产业部门的对应关系

本文借鉴了 Acemoglu and Guerrieri（2008）的行业归类方法。WIOD 的非农产业包括 34 个细分行业，由于中国缺乏机动车销售维修和拥有雇员的私人家庭这 2 个行业的数据，因此中国的非农产业仅包含 32 个细分行业。本文以高技能劳动收入份额为基准将中国的 32 个非农行业划分为非技能密集型产业部门和技能密集型产业部门，具体步骤如下：第一步，计算非农产业整体和各细分行业每年的高技能劳动收入份额，得到各行业 1995-2009 年的高技能劳动收入份额均值，其中非农产业整体 1995-2009 年间的高技能劳动收入份额均值为 62.5%；第二步，以非农产业数据为基准，高技能劳动收入份额均值低于 62.5%的行业归类为非技能密集型产业部门，高于 62.5%的行业归类为技能密集型产业部门。

表 A1 给出了所有细分行业高技能劳动力收入份额和高低技能劳动之比的汇总结果，展示了两个产业部门包含的所有细分行业。其中，非技能密集型产业部门包括采矿业、金属冶炼业、住宿餐饮业等 20 个细分行业，技能密集型产业部门包括金融业、商业服务业、房地产业、教育业等 12 个细分行业。并且，在技能密集型产业部门，高技能劳动力和低技能劳动力的投入数量之比全部高于非技能密集型产业部门；高技能劳动力收入份额越高的行业，其高低技能劳动力之比也基本越高，这意味着使用这一指标来划分产业部门也不会显著改变产业分类。

表 A1：所有非农细分行业高技能劳动力收入份额与高低劳动力之比

现实数据的细分行业	理论模型产业部门	高技能劳动力收入份额	高低技能劳动之比
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	非技能密集型产业	0.30	0.37
木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	非技能密集型产业	0.35	0.46
计算机、通信和其他电子设备制造业	非技能密集型产业	0.35	0.46
纺织业、纺织服装、服饰业	非技能密集型产业	0.35	0.46
非金属矿物制品业	非技能密集型产业	0.35	0.46
橡胶和塑料制品业	非技能密集型产业	0.42	0.63
建筑业	非技能密集型产业	0.46	0.72
造纸和纸制品业、印刷和记录媒介复制业、出版业	非技能密集型产业	0.46	0.75
食品制造业、酒、饮料和精制茶制造业、烟草制品业	非技能密集型产业	0.48	0.81
采矿业	非技能密集型产业	0.49	0.79
金属冶炼和压延加工业	非技能密集型产业	0.49	0.84
通用设备制造业	非技能密集型产业	0.53	0.97
水上运输业	非技能密集型产业	0.57	1.06
电气机械和器材制造业	非技能密集型产业	0.57	1.15
化学原料和化学制品制造业	非技能密集型产业	0.58	1.18
铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	非技能密集型产业	0.59	1.26
内陆运输业	非技能密集型产业	0.61	1.29
石油、煤炭及其他燃料加工业	非技能密集型产业	0.61	1.37
其他辅助运输活动、旅行社及相关服务	非技能密集型产业	0.61	1.29
住宿和餐饮业	非技能密集型产业	0.61	1.32

房地产业	技能密集型产业	0.65	1.50
租赁和商务服务业	技能密集型产业	0.70	2.03
居民服务、修理和其他服务业	技能密集型产业	0.73	2.34
电力、热力、燃气及水生产和供应业	技能密集型产业	0.74	2.58
零售业	技能密集型产业	0.75	2.58
批发业	技能密集型产业	0.76	2.69
公共管理、社会保障和社会组织	技能密集型产业	0.79	3.11
卫生和社会工作	技能密集型产业	0.88	6.22
航空运输业	技能密集型产业	0.89	6.10
邮政业、信息传输、软件和信息技术服务业	技能密集型产业	0.90	7.26
教育	技能密集型产业	0.94	13.86
金融业	技能密集型产业	0.98	49.87

此外，为验证本文对各行业的产业分类合理，本文使用《中国劳动统计年鉴》2002-2018 年间各行业高中及以上就业人员占比数据，作为产业划分依据。其中，水利、环境和公共设施管理业、文化、体育和娱乐业、国际组织这 3 个行业无法与 WIOD 行业对应，其他行业基本可以与 WIOD 行业相对应。表 A2 给出了所有行业高中及以上就业人员占比数据和排名（排名以 2018 年数据为依据，使用其他年份进行排名并没有显著变化），并与 WIOD 产业分类做了对比。可以看到，除了居民服务、修理和其他服务业、批发和零售业的产业划分有所差异，其他行业高技能就业人员占比的相对高低均与本文基于 WIOD 数据进行的产业划分结果一致，侧面说明了其合理性。

表 A2：《中国劳动统计年鉴》中各行业的高中及以上就业人员占比

《中国劳动统计年鉴》行业	2018 年高技能就业人员占比	高技能就业人员占比 2018 年排名	对应 WIOD 行业中所属产业分类
金融业	0.89	1	技能密集型产业
信息传输、软件和信息技术服务业	0.88	2	技能密集型产业
教育	0.87	3	技能密集型产业
科学研究和技术服务业	0.86	4	技能密集型产业
卫生和社会工作	0.84	5	技能密集型产业
公共管理、社会保障和社会组织	0.84	6	技能密集型产业
国际组织	0.72	7	无法对应
租赁和商务服务业	0.7	8	技能密集型产业
文化、体育和娱乐业	0.7	9	无法对应
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0.69	10	技能密集型产业
房地产业	0.68	11	技能密集型产业
采矿业	0.51	12	非技能密集型产业
批发和零售业	0.49	13	技能密集型产业
水利、环境和公共设施管理业	0.45	14	无法对应
交通运输、仓储和邮政业	0.43	15	非技能密集型产业
制造业	0.4	16	非技能密集型产业

居民服务、修理和其他服务业	0.37	17	技能密集型产业
住宿和餐饮业	0.33	18	非技能密集型产业
建筑业	0.24	19	非技能密集型产业

按照上述方法将行业归类为两大产业部门，根据劳动收入份额的构造过程，每个产业部门两类技能劳动收入份额之和为 1。之所以可以做这一分配，是由于现实数据中 1995-2009 年技能密集型产业部门和非技能密集型产业部门资本收入份额的均值分别为 0.436 和 0.410，取值非常接近。

七、数值模拟基础上的拓展分析

1. 关于位似偏好设定的数值模拟结果

由于正文的理论分析聚焦在供给侧，而忽略了需求侧的收入增长的影响，因此这一小节在位似偏好设定下重新进行了数值模拟，探讨收入效应的影响大小。收入效应的影响主要体现在非位似偏好下两个产业部门的需求收入弹性产生明显差异，收入增长导致了需求结构变化。为了观察收入效应影响的大小，这里进行把非位似偏好调整为位似偏好的反事实模拟。即令非位似项 $\bar{C}=0$，重新进行对基准模型、技能密集型产业部门技术恒定以及非技能密集型产业部门技术恒定这三种情形下的数值模拟。图 A2 和表 A3 汇报了相关结果。

首先分析位似偏好情形下基准模型结果的变化。在位似偏好下的基准模型结果中，每一年整体经济的技能密集程度、技能密集型产业部门产出比重和工资收入差距均较非位似偏好下的基准模型结果有所上升。这是因为，如果偏好是非位似的，那么就会有对非技能密集型产业部门的产出的最低消费水平，于是非技能密集型产业部门产出比重就会较高。在偏好转为位似偏好后，技能密集型产业部门的产出比重将提高，从而提高整体经济的技能密集程度和工资收入差距。但是从动态变化上看，除了技能密集型产业部门产出比重的增幅从 0.086 下降到 0.035 外，整体经济技能密集程度、两个产业部门内部技能密集程度和整体经济工资收入差距的增幅均没有显著变化。

其次分析位似偏好情形不同产业内部不同偏向的技术进步对整体经济的技能密集程度和工资收入差距的影响的变化。从影响方向上看，技能密集型产业部门的非技能偏向型技术进步对技能密集型产业部门产出比重、整体经济的技能密集程度和工资收入差距均存在负向影响，且主要渠道是通过阻碍产业结构转型升级来降低整体经济的技能密集程度和缩小工资收入差距；非技能密集型产业部门的技能偏向型技术进步对技能密集型产业部门产出比重、整体经济和两个产业部门内部的技能密集程度、工资收入差距均存在正向影响，且主要渠道是通过推动产业结构转型升级来提高整体经济的技能密集程度和扩大工资收入差距。这与非位似偏好情形的模拟结果一致。

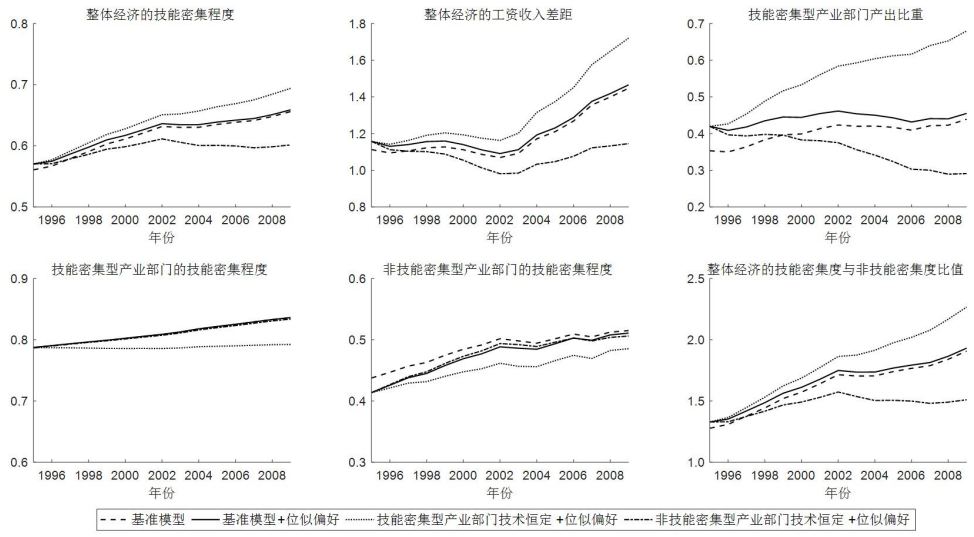

图 A2：位似偏好环境下的基准模型模拟和反事实模拟结果

表 A3：位似偏好环境下基准模型模拟和反事实模拟结果与现实数据的对比

	基准模型	基准模型	技能密集型产业部门	非技能密集型产业部

		+位似偏好	技术恒定+位似偏好	门技术恒定+位似偏好
整体经济技能密集程度	0.095	0.088	0.124	0.031
技能密集型产业部门产出比重	0.086	0.035	0.260	-0.128
技能密集型产业部门技能密集程度	0.049	0.049	0.005	0.047
非技能密集型产业部门技能密集程度	0.078	0.097	0.072	0.093
整体经济工资收入差距	0.334	0.308	0.563	-0.012

注：表中数据为变量从 1995 年到 2009 年的变化值。

从影响程度上看，位似偏好下，技能密集型产业部门技术进步提高了整体经济的技能密集程度-0.035 和工资收入差距-0.254，非位似偏好下分别是-0.033 和-0.233；位似偏好下，非技能密集型产业部门技术进步提高了整体经济的技能密集程度 0.057 和工资收入差距 0.320，非位似偏好下分别是 0.059 和 0.322。因此，位似偏好设定下的定量结果与非位似偏好设定下的定量结果之间并没有明显差别。这意味着虽然考虑收入效应有助于更好地拟合现实数据，但是并不会在定量上显著改变技术进步的影响，对本文所关注的核心变量动态演化路径的影响可能相对有限。

2. 关于技术进步分解的数值模拟结果

前文在关注特定产业的技术进步影响时，所采用的反事实模拟方法同时固定了同一产业内部两类技能劳动力扩展型技术参数，为了进一步分解两个产业部门的技能扩展型技术和非技能扩展型技术的影响，这一小节对基准模型新增两个反事实模拟。具体过程如下：分别设置技能密集型产业部门或非技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数（即 A_s^H 或 A_u^H ）固定，保持在第一年（即 1995 年）取值，其他所有外生变量不变，即假设技能密集型或非技能密集型产业部门没有发生技能扩展型技术进步，此时可以重新求解出历年两个产业部门各自的技能密集程度和技能密集型产业部门的产出比重，再根据和式分别计算出历年整体经济的技能密集程度和工资收入差距。此外，在每一个反事实模拟时，均按照(34)和(35)式把每种技术进步的影响分解为了集约边际效应和广延边际效应。首先，比较该产业部门的基准模型结果与技能扩展型技术恒定情形结果，二者结果之所以存在区别，是由于基准模型中该产业部门发生了技能扩展型技术进步而不是恒定不变，因此二者之差反映了该产业部门技能扩展型技术进步的影响。其次，比较该产业部门的技能扩展型技术恒定情形结果与两类技术均恒定情形结果，二者结果之所以存在区别，是由于技能扩展型技术恒定情形中该产业部门发生了非技能扩展型技术进步，因此二者之差反映了该产业部门非技能扩展型技术进步的影响。

图 A3 和图 A4 分别给出了对技能密集型产业部门和非技能密集型产业部门的反事实模拟下中国产业结构、技能密集型经济和工资收入差距的发展趋势，表 A4 也汇报了相关定量分析结果。

首先分析两个产业部门的技能扩展型技术进步和非技能扩展型技术进步对整体经济的技能密集程度的影响。由表 A4，如果技能密集型产业部门的技能扩展型技术保持在 1995 年水平，到 2009 年整体经济的技能密集程度将上升至 67.7%，比基准模型结果高了 2.1 个百分点。按照式分解，2009 年技能密集型产业部

门的技能密集程度将达到 84.5%，比基准模型结果高 0.9 个百分点；2009 年非技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 47.9%，比基准模型结果低 3.6 个百分点；2009 年技能密集型产业部门的产出比重达到 54.1%，比基准模型结果高 10.2 个百分点。进一步的，将技能密集型产业部门的非技能扩展型技术也保持在 1995 年，则到 2009 年整体经济的技能密集程度将上升至 68.9%，比仅技能扩展型技术恒定情形结果高 1.2 个百分点。按照式分解，2009 年技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 79.2%，比仅技能扩展型技术恒定情形结果低 5.3 个百分点；2009 年非技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 49.2%，比仅技能扩展型技术恒定情形结果高 1.3 个百分点；2009 年技能密集型产业部门的产出比重达到 65.6%，比仅技能扩展型技术恒定情形结果高 11.5 个百分点。因此，技能密集型产业部门的技能扩展型技术和非技能扩展型技术进步均导致整体经济技能密集程度下降。

如果非技能密集型产业部门的技能扩展型技术保持在 1995 年水平，到 2009 年整体经济的技能密集程度将下降到 48.5%，比基准模型结果低 17.1 个百分点。按照式分解，到 2009 年技能密集型产业部门和非技能密集型产业部门的技能密集程度、技能密集型产业部门的产出比重将分别达到 82.8%、32.7%和 31.6%，分别比基准模型结果低 0.8 个、18.8 个和 12.3 个百分点。进一步的，将非技能密集型产业部门的非技能扩展型技术也保持在 1995 年，则到 2009 年整体经济的技能密集程度将上升至 59.7%，比仅技能扩展型技术恒定情形结果高 11.2 个百分点。按照式分解，2009 年技能密集型产业部门和非技能密集型产业部门的技能密集程度将分别达到 83.4%和 51.2%，分别比仅技能扩展型技术恒定情形结果高 0.6 个和 18.5 个百分点；2009 年技能密集型产业部门的产出比重下降至 26.6%，比仅技能扩展型技术恒定情形结果低 5 个百分点。因此，非技能密集型产业部门的技能扩展型技术将促进整体经济技能密集程度提升，其非技能扩展型技术进步则导致整体经济技能密集程度下降，影响非常显著。

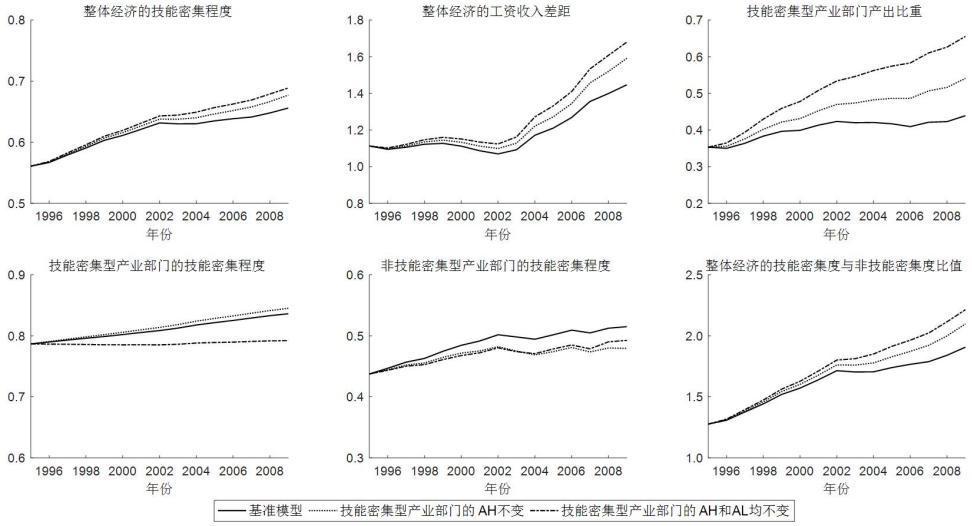

图 A3：技能密集型产业部门的反事实模拟结果

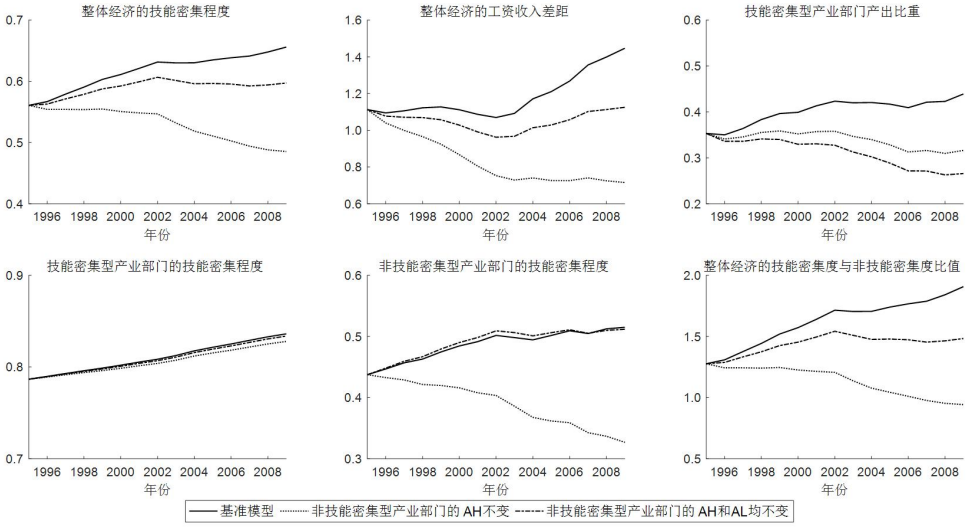

图 A4：非技能密集型产业部门的反事实模拟结果

表 A4：反事实模拟结果的对比

	基准模型	技能密集型产业部门 AH 恒定	技能密集型产业部门 AH 和 AL 恒定	非技能密集型产业部门 AH 恒定	非技能密集型产业部门 AH 和 AL 恒定
整体经济技能密集程度	0.095	0.116	0.128	-0.076	0.037
技能密集型产业部门产出比重	0.086	0.188	0.302	-0.037	-0.088
技能密集型产业部门技能密集程度	0.049	0.058	0.005	0.041	0.047
非技能密集型产业部门技能密集程度	0.078	0.042	0.055	-0.111	0.074
整体经济工资收入差距	0.334	0.479	0.567	-0.397	0.013

注：表中数据为变量从 1995 年到 2009 年的变化值。

表 A5 汇报了不同产业部门的不同技术进步影响整体经济的技能密集程度的效应分解结果。可以看到，在技能密集型产业部门的技术进步对提高整体经济技能密集程度-3.3 个百分点的影响效应中，有-2.1 个百分点来自其技能扩展型技术进步的影响，有-1.2 个百分点来自其非技能扩展型技术进步的影响。针对技能密集型产业部门的技能扩展型技术进步对提高整体经济技能密集程度-2.1 个百分点的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是-0.3 个、2.3 个和-4.1 个百分点，对总效应的贡献率分别为 14.8%、-109%和 194.1%，广延边际效应占主导作用。而针对技能密集型产业部门的非技能扩展型技术进步对提高整体经济技能密集程度-1.2 个百分点的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 1.9 个、-0.9 个和-2.2 个百分点，对总效应的贡献率分别为-159.6%、72.3%和 187.3%，广延边际效应仍占主导作用。

在非技能密集型产业部门技术进步对整体经济的技能密集程度的影响效应 5.9 个百分点中，有 17.1 个百分点来自其技能扩展型技术进步的影响，有-11.2 个百分点来自其非技能扩展型技术进步的影响。针对非技能密集型产业部门的技能扩展型技术进步对提高整体经济技能密集程度 17.1 个百分点的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应分别贡献了 0.3 个、12.2 个和 4.6 个百分点，对总效应的贡献率分别为 1.7%、71.3%和 27%。而针对非技能密集型产业部门的非技能扩展型技术进步对提高整体经济技能密集程度-11.2 个百分点的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是-0.2 个、-12 个和 1 个百分点，对总效应的贡献率分别为 1.8%、106.8%和-8.6%。但由于在这两类技术对整体经济技能密集程度的影响中广延边际效应均为正，因此最终在非技能密集型产业部门两类技术均进步的总效应中，广延边际效应占主导作用。

表 A5 背后的经济含义如下。对于技能密集型产业部门而言，不论是技能扩展型技术还是非技能扩展型技术，其对整体经济技能密集程度的影响中，广延边际效应均占主导作用，由于两个产业部门产品之间的替代弹性远小于 1，而技能密集型产业部门中两类劳动力的替代弹性与 1 差别不大，因此两个产业部门产品之间相互替代导致的产业结构转型发挥了主要作用，技能密集型产业部门的两类技术进步均会导致该产业部门比重下降，从而导致整体经济技能密集程度下降。对于非技能密集型产业部门而言，不论是技能扩展型技术还是非技能扩展型技术，其对整体经济技能密集程度的影响中，非技能密集型产业部门的集约边际效应均占主导作用，由于非技能密集型产业部门的高低技能劳动力的替代弹性远大于 1，因此该产业内部的高技能劳动力与低技能劳动力的相互替代发挥了主要作用。上述结果均与正文的理论机制相符。

表 A5：技术进步对整体经济技能密集程度的影响

	总效应	技能密集型产业部门集约边际效应	非技能密集型产业部门集约边际效应	广延边际效应
技能密集型产业部门 AH+AL 的影响	-0.033	0.016 (-47.4%)	0.015 (-44.3%)	-0.063 (191.7%)
技能密集型产业部门 AH 的影响	-0.021	-0.003 (14.8%)	0.023 (-109.0%)	-0.041 (194.1%)
技能密集型产业部门 AL 的影响	-0.012	0.019 (-159.6%)	-0.009 (72.3%)	-0.022 (187.3%)
非技能密集型产业部门 AH+AL 影响	0.059	0.001 (1.5%)	0.002 (3.6%)	0.056 (95.0%)
非技能密集型产业部门 AH 的影响	0.171	0.003 (1.7%)	0.122 (71.3%)	0.046 (27.0%)
非技能密集型产业部门 AL 的影响	-0.112	-0.002 (1.8%)	-0.120 (106.8%)	0.010 (-8.6%)

注：括号里代表各类效应对总效应的贡献率。

其次分析两个产业部门的技能扩展型技术进步和非技能扩展型技术进步对整体经济的工资收入差距的影响。由表 A4，如果技能密集型产业部门的技能扩展型技术保持在 1995 年水平，到 2009 年整体经济的工资收入差距将上升至 1.591，比基准模型结果高 0.145。进一步的，将技能密集型产业部门的非技能扩展型技术也保持在 1995 年，则到 2009 年整体经济的工资收入差距将上升至 1.680，比仅技能扩展型技术恒定情

形结果高 0.089。因此，技能密集型产业部门的技能扩展型技术和非技能扩展型技术进步将缩小工资收入差距。

如果非技能密集型产业部门的技能扩展型技术保持在 1995 年水平，到 2009 年整体经济的工资收入差距将下降至 0.715，比基准模型结果低 0.732。进一步的，将非技能密集型产业部门的非技能扩展型技术也保持在 1995 年，到 2009 年整体经济的工资收入差距将上升至 1.125，比仅技能扩展型技术恒定情形结果高 0.410。因此，非技能密集型产业部门的技能扩展型技术将扩大整体经济工资收入差距，其非技能扩展型技术进步则缩小整体经济工资收入差距。

表 A6 给出了不同产业部门的不同技术进步影响整体经济的工资收入差距对数值的效应分解结果。在技能密集型产业部门的技术进步提高工资收入差距对数值-0.149 的影响效应中，其中-0.095 来自其技能扩展型技术进步的影响，-0.054 来自其非技能扩展型技术进步的影响。针对技能密集型产业部门的技能扩展型技术进步对提高整体经济工资收入差距对数值-0.095 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是-0.014、0.104 和-0.185，广延边际效应占主导作用。而针对技能密集型产业部门的非技能扩展型技术进步对提高整体经济工资收入差距对数值-0.054 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 0.086、-0.039 和-0.101，广延边际效应仍占主导作用。

在非技能密集型产业部门的技术进步对工资收入差距对数值提高 0.251 的影响效应中，其中 0.704 来自其技能扩展型技术进步的影响，-0.453 来自其非技能扩展型技术进步的影响。针对非技能密集型产业部门的技能扩展型技术进步对提高整体经济工资收入差距对数值 0.704 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应分别贡献了 0.012、0.502 和 0.190，集约边际效应占主导作用。而针对非技能密集型产业部门的非技能扩展型技术进步对提高整体经济工资收入差距对数值-0.453 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是-0.008、-0.484 和 0.039，集约边际效应占主导作用。但由于在这两类技术对整体经济工资收入差距的影响中广延边际效应均为正，因此最终在非技能密集型产业部门两类技术均进步的总效应中，广延边际效应占主导作用。

表 A6：技术进步对整体经济工资收入差距对数值的影响

	总影响	影响分解		
		技能密集型产业部门集约边际效应	非技能密集型产业部门集约边际效应	广延边际效应
技能密集型产业部门 AH+AL 的影响	-0.149	0.071	0.066	-0.286
技能密集型产业部门 AH 的影响	-0.095	-0.014	0.104	-0.185
技能密集型产业部门 AL 的影响	-0.054	0.086	-0.039	-0.101
非技能密集型产业部门 AH+AL 的影响	0.251	0.004	0.009	0.239
非技能密集型产业部门 AH 的影响	0.704	0.012	0.502	0.190

非技能密集型产业部门 AL 的影响	-0.453	-0.008	-0.484	0.039

3. 关于时间跨度延长的数值模拟结果

受世界投入产出数据库的社会经济账户所限，数值模拟部分的时间跨度为 1995-2009 年。为了进一步检验模拟结果的稳健性，这部分把数值模拟的时间跨度延长到 2030 年。由于 2010-2030 年数据缺失，此时无法直接估计出这段时间内的外生变量变化趋势，这里按照 1995-2009 年的趋势生成相关序列。但是，使用世界投入产出数据库的社会经济账户可以计算出 2010-2014 年技能密集型产业部门的比重，这里以此作为校准目标，调整两个产业部门技术参数的相对增速，使模拟结果与现实数据较为接近。[①]

具体地，把外生变量进行以下调整：首先，把劳动供给按照 1995-2009 年变化的平均速度延伸到 2030 年，同时令劳动力市场摩擦因子在 2010-2030 年间匀速趋向于 1。其次，考虑到 2008-2009 年金融危机后中国经济增速有所放缓，全要素生产率增速下降，故降低 2010-2030 年两个产业部门的所有技术参数年均增速 1 个百分点，同时为了匹配现实数据中 2010-2014 年技能密集型产业部门产出比重上升趋势，这里继续降低技能密集型产业部门技术参数的年均增速 3 个百分点。在上述外生变量调整的基础上，本文重新进行了基准模型模拟。之后把两个产业部门的技术水平依次固定在 1995 年和 2009 年，分别进行反事实模拟。图 A5 和 A6 给出了模拟结果，表 A7 总结了相关定量结果。

在基准模拟中，2009-2014 年模型中技能密集型产业部门的产出比重从 0.439 上升到 0.458，而现实数据中从 0.439 上升到 0.468，差距在一个百分点以内。并且，正文中图 3 和表 3 的主要结论并没有发生显著改变。无论把技术水平固定在 1995 年还是 2009 年，技能密集型产业部门的非技能偏向型技术进步都降低了整体经济的技能密集程度、技能密集型产业部门产出比重和工资收入差距，而非技能密集型产业部门的技能偏向型技术进步都提高了整体经济的技能密集程度、技能密集型产业部门产出比重和工资收入差距。

具体地，首先分析不同技能密集型产业部门的技术进步对整体经济的技能密集度的影响。由表 A7，首先分析将技术水平固定在 1995 年的反事实模拟结果。如果技能密集型产业部门技术恒定在 1995 年，到 2030 年整体经济的技能密集程度将上升至 74.3%，比基准模型结果高了 1.8 个百分点。按照式分解，2030 年技能密集型产业部门和非技能密集型产业部门的技能密集程度将分别达到 79.0%和 50.2%，分别比基准模型结果低 9.7 个和 4.4 个百分点；2030 年技能密集型产业部门的产出比重将达到 83.8%，比基准模型结果高 31.1 个百分点。如果非技能密集型产业部门的技术均保持在 1995 年水平，到 2030 年整体经济的技能密集程度将达到 61.0%，比基准模型结果低 11.6 个百分点。按照式分解，2030 年技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 88.2%，比基准模型结果低 0.5 个百分点，而到 2030 年非技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 55.4%，比基准模型结果高 0.8 个百分点；2030 年技能密集型产业部门的产出比重将达到 17.1%，比基准模型结果低 35.7 个百分点。

[①] 世界投入产出数据库的社会经济账户（WIOD Socio Economic Account）分为 2013 年和 2016 年两个版本。本文正文使用的是 2013 年版本，数据跨度是 1995-2009 年，这一版本提供了分行业分劳动力技能的投入、产出和收入数据。2016 年版本数据跨度是 2000-2014 年，但是这一版本并未提供分行业分劳动力技能的投入和收入数据。在两个版本重合年份 2000-2009 年，分行业的产出数据高度相似，基本可以通用。因此，这里使用 2016 年版本中 2010-2014 年技能密集型产业部门的比重作为校准目标，具有一定合理性。

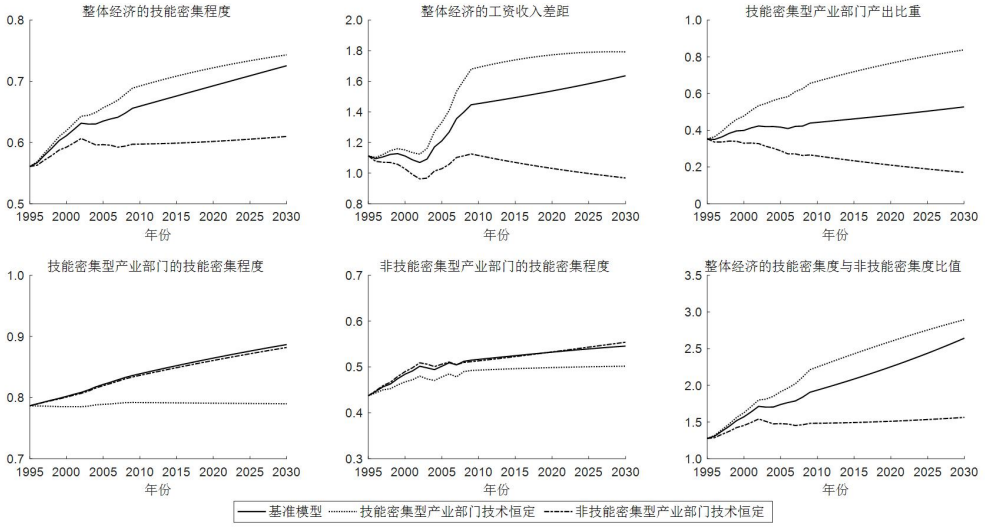

图 A5：1995-2030 年反事实数值模拟结果 1

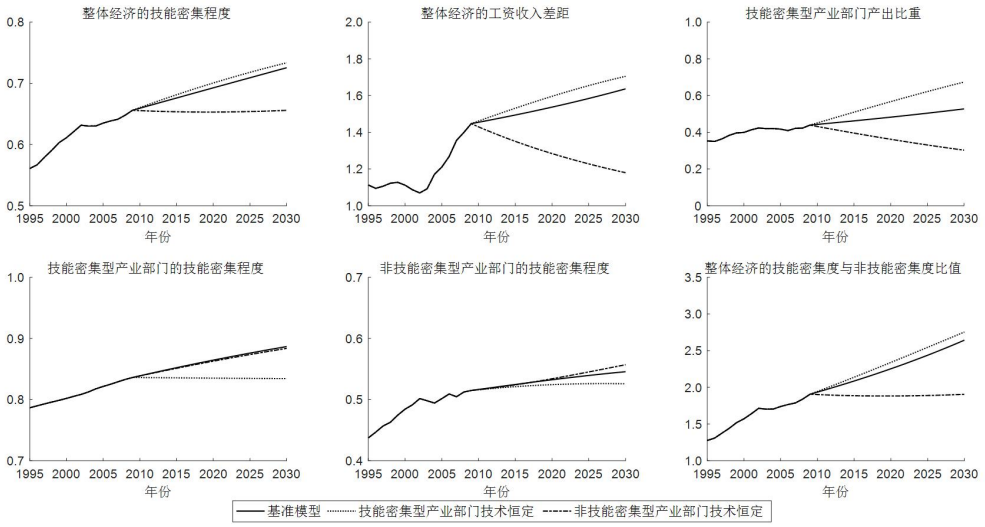

图 A6： 1995-2030 年反事实数值模拟结果 2

表 A7：基准模型模拟和反事实模拟结果的对比

	基准模型	技能密集型产业部门技术恒定在 1995 年水平	非技能密集型产业部门技术恒定在 1995 年水平	技能密集型产业部门技术恒定在 2009 年水平	非技能密集型产业部门技术恒定在 2009 年水平
整体经济技能密集程度	0.165	0.183	0.049	0.173	0.095
技能密集型产业部门产出比重	0.174	0.485	-0.183	0.320	-0.051
技能密集型产业部门技能密集程度	0.100	0.003	0.095	0.048	0.097
非技能密集型产业部门技能密集程度	0.108	0.064	0.117	0.088	0.120

整体经济工资收入差距	0.524	0.680	-0.145	0.592	0.067

注：表中数据为变量从 1995 年到 2030 年的变化值。

其次分析将 2009 年以后的技术水平固定在 2009 年的反事实模拟结果。如果 2009 年以后技能密集型产业部门技术恒定在 2009 年，到 2030 年整体经济的技能密集程度将上升至 73.4%，比基准模型结果高了 0.8 个百分点。按照式分解，2030 年技能密集型产业部门和非技能密集型产业部门的技能密集程度将分别达到 83.4%和 52.6%，分别比基准模型结果低 5.2 个和 2.0 个百分点；2030 年技能密集型产业部门的产出比重将达到 67.4%，比基准模型结果高 14.6 个百分点。如果 2009 年以后非技能密集型产业部门的技术均保持在 2009 年水平，到 2030 年整体经济的技能密集程度将达到 65.6%，比基准模型结果低 7.0 个百分点。按照式分解，2030 年技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 88.4%，比基准模型结果低 0.3 个百分点，而到 2030 年非技能密集型产业部门的技能密集程度将达到 55.7%，比基准模型结果高 1.1 个百分点；2030 年技能密集型产业部门的产出比重将达到 30.3%，比基准模型结果低 22.5 个百分点。

综上，不论是把技术水平固定在 1995 年还是 2009 年水平，技能密集型产业部门的非技能偏向型技术进步导致整体经济技能密集程度下降，而非技能密集型产业部门的技能偏向型技术促进整体经济技能密集程度提升，影响非常显著。

从效应分解来看，表 A8 和表 A9 分别汇报了将技术水平固定在 1995 年或 2009 年情形下的不同产业部门技术进步影响整体经济的技能密集程度的效应分解结果。

首先分析将技术水平固定在 1995 年时不同产业部门技术进步影响整体经济的技能密集程度的效应分解结果。由表 A8，可以看到，在技能密集型产业部门的技术进步对提高整体经济技能密集程度-1.8 个百分点的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 3.4 个、2.8 个和-8 个百分点，对总效应的贡献率分别为-192.7%、-159.7%和 452.3%。在非技能密集型产业部门的技术进步对整体经济的技能密集程度的影响效应 11.6 个百分点中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应分别贡献了 0.2 个、-0.5 个和 11.9 个百分点，对总效应的贡献率分别为 1.5%、-4.7%和 103.3%。

其次分析将 2009 年以后的技术水平固定在 2009 年时不同产业部门技术进步影响整体经济的技能密集程度的效应分解结果。由表 A9，可以看到，在技能密集型产业部门的技术进步对提高整体经济技能密集程度-0.8 个百分点的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 1.9 个、1.3 个和-3.9 个百分点，对总效应的贡献率分别为-228.7%、-157.9%和 486.6%。在非技能密集型产业部门的技术进步对整体经济的技能密集程度的影响效应 7 个百分点中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应分别贡献了 0.1 个、-0.7 个和 7.6 个百分点，对总效应的贡献率分别为 1.5%、-10.6%和 109.1%。

上述结果表明，在技术进步对整体经济的技能密集程度的影响机制中，两个产业部门技术进步的广延边际效应都起着主导作用，意味着产业结构转型在技能密集经济发展中发挥着重要影响。

表 A8：技术水平固定在 1995 年反事实模拟下技术进步对整体经济技能密集程度的影响

	总效应	技能密集型产业部门集约边际效应	非技能密集型产业部门集约边际效应	广延边际效应
技能密集型产业部门技术进步影响	-0.018	0.034 (-192.7%)	0.028 (-159.7%)	-0.080 (452.3%)

非技能密集型产业部门技术进步影响	0.116	0.002 (1.5%)	-0.005 (-4.7%)	0.119 (103.3%)

注：括号里代表各类效应对总效应的贡献率。

表 A9：技术水平固定在 2009 年反事实模拟下技术进步对整体经济技能密集程度的影响

	总效应	技能密集型产业部门集约边际效应	非技能密集型产业部门集约边际效应	广延边际效应
技能密集型产业部门技术进步影响	-0.008	0.019 (-228.7%)	0.013 (-157.9%)	-0.039 (486.6%)
非技能密集型产业部门技术进步影响	0.070	0.001 (1.5%)	-0.007 (-10.6%)	0.076 (109.1%)

注：括号里代表各类效应对总效应的贡献率。

现在分析不同产业部门不同偏向的技术进步对整体经济的工资收入差距的影响。由表 A7，首先分析将技术水平固定在 1995 年的反事实模拟结果。如果技能密集型产业部门的技术保持在 1995 年水平，到 2030 年整体经济的工资收入差距将上升至 1.792，比基准模型结果高了 0.156。如果非技能密集型产业部门的技术均保持在 1995 年水平，到 2030 年整体经济的工资收入差距将下降至 0.968，比基准模型结果低了 0.668。其次分析将 2009 年以后的技术水平固定在 2009 年的反事实模拟结果。如果 2009 年以后技能密集型产业部门的技术保持在 2009 年水平，到 2030 年整体经济的工资收入差距将上升至 1.705，比基准模型结果高了 0.069。如果 2009 年以后非技能密集型产业部门的技术均保持在 2009 年水平，到 2030 年整体经济的工资收入差距将上升至 1.180，比基准模型结果低了 0.457。

综上，技能密集型产业部门的非技能偏向型技术进步缩小了工资收入差距，而非技能密集型产业部门的技能偏向型技术扩大了工资收入差距，影响非常显著。

表 A10 和表 A11 分别汇报了将技术水平固定在 1995 年或 2009 年情形下的不同产业部门技术进步影响整体经济的工资收入差距对数值的效应分解结果。

首先分析把技术水平固定在 1995 年时不同产业部门技术进步影响整体经济的工资收入差距对数值的效应分解结果。由表 A10 可知，在技能密集型产业部门的技术进步提高工资收入差距对数值-0.091 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 0.175、0.145 和-0.412。在非技能密集型产业部门的技术进步对工资收入差距对数值提高 0.525 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 0.008、-0.025 和 0.542。

其次分析把 2009 年以后的技术水平固定在 2009 年时不同产业部门技术进步影响整体经济的工资收入差距对数值的效应分解结果。由表 A11 可知，在技能密集型产业部门的技术进步提高工资收入差距对数值-0.041 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 0.094、0.065 和-0.2。在非技能密集型产业部门的技术进步对工资收入差距对数值提高 0.327 的影响效应中，技能密集型产业部门集约边际效应、非技能密集型产业部门集约边际效应和广延边际效应的影响分别是 0.005、-0.035 和 0.357。

上述结果表明，两个产业部门技术进步对整体经济工资收入差距的影响机制中，广延边际效应的影响都是最大的，这是因为两个产业部门的技术进步主要通过广延边际效应来影响整体经济的技能密集程度，从而影响工资收入差距，因此这一机制对工资收入差距的影响也是最显著的。

表 A10：技术水平固定在 1995 年反事实模拟下技术进步对整体经济工资收入差距对数值的影响

	总影响	影响分解		
		技能密集型产业部门集约边际效应	非技能密集型产业部门集约边际效应	广延边际效应
技能密集型产业部门技术进步	-0.091	0.175	0.145	-0.412
非技能密集型产业部门技术进步	0.525	0.008	-0.025	0.542

表 A11：技术水平固定在 2009 年反事实模拟下技术进步对整体经济工资收入差距对数值的影响

	总影响	影响分解		
		技能密集型产业部门集约边际效应	非技能密集型产业部门集约边际效应	广延边际效应
技能密集型产业部门技术进步	-0.041	0.094	0.065	-0.200
非技能密集型产业部门技术进步	0.327	0.005	-0.035	0.357

4. 不同替代弹性下的数值模拟结果

为了进一步检验正文理论结论，相对正文中根据中国宏观经济数据估计的参数取值，这里又在更大范围内改变了模型参数，重新关注产业内部有偏技术进步的影响。具体地，这一小节将基于中国 2009 年数据，直接改变了不同产业的产品替代弹性和不同技能的劳动替代弹性，在不同环境下分别提高两个产业部门的技能扩展型技术，关注产业部门技能密集程度、产出比重和就业比重的变化，从而对正文理论部分的结论逐一检验。首先将外生变量中的高技能劳动力和低技能劳动力数值均取 2009 年的值，劳动力市场摩擦因子设定 1，即不存在劳动力流动壁垒，取三个均衡方程中的市场摩擦因子也为 1，即不存在其他市场摩擦。在此基础进行四类模拟，即在正文理论分析部分的两种特殊情形下分别验证了技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_s^H 上升或非技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_u^H 上升的影响。在所有模拟中，本文调整技术参数的初值使得两个部门的技能密集程度和技能密集型产业部门的产出比重接近 2009 年中国经济的现实数据。

图 A7 和表 A12 展示了在 $\sigma_s=1$ 的特殊情形下，当技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_s^H 以每年 5%的速度增长而其他技术参数保持不变时，非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 、技能密集型产业部门的产出比重 x^y 、高技能劳动占比 x^H 和低技能劳动占比 x^L 的数值模拟结果，验证了理论机制中的（29）和（30）式。与理论机制一致，当 $\sigma_s=1$ 且 $\varepsilon<1$ 时，若 $\sigma_u<1$，则技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_s^H 上升，将导致非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 和技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均下降；反之，若 $\sigma_u>1$，则将导致非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 上升，而技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均下降。当 $\sigma_s=1$ 且 $\varepsilon>1$ 时，若 $\sigma_u<1$，则技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_s^H 上升，将导致非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 和技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均上升；反之，若 $\sigma_u>1$，则将导致非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 下降，而技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳

动占比和低技能劳动占比均上升。上述情形中，技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H 均保持不变

具体而言，在 $\sigma_s=1$ 的特殊情形下，当 $\varepsilon<1$ 且 $\sigma_u<1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_u^H 从 50.4%下降至 48.5%，x^y 从 45.3%下降至 35.5%，x^H 从 55.2%下降至 46.0%，x^L 从 29.4%下降至 21.1%。当 $\varepsilon<1$ 且 $\sigma_u>1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_u^H 从 49.7%上升至 51.1%，x^y 从 45.2%下降至 35.9%，x^H 从 55.5%下降至 45.1%，x^L 从 29.1%下降至 22.2%。当 $\varepsilon>1$ 且 $\sigma_u<1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_u^H 从 50.5%上升至 51.6%，x^y 从 43.1%上升至 49.3%，x^H 从 52.9%上升至 58.6%，x^L 从 27.7%上升至 33.5%。当 $\varepsilon>1$ 且 $\sigma_u>1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_u^H 从 50.4%下降至 49.3%，x^y 从 43.4%上升至 49.8%，x^H 从 53.3%上升至 60.2%，x^L 从 27.9%上升至 32.9%。

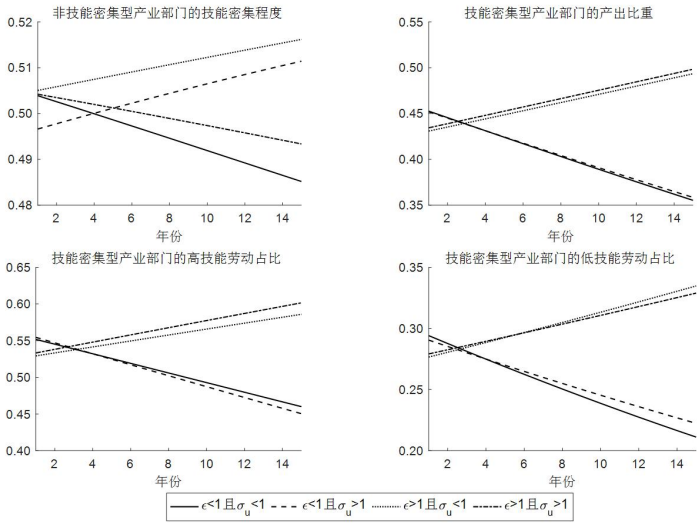

图 A7： 技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_s^H 上升的模拟结果（$\sigma_s=1$）

表 A12： 技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_s^H 上升的模拟结果（$\sigma_s=1$）

变量	$\varepsilon<1$ 且 $\sigma_u<1$	$\varepsilon<1$ 且 $\sigma_u>1$	$\varepsilon>1$ 且 $\sigma_u<1$	$\varepsilon>1$ 且 $\sigma_u>1$
技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H	0	0	0	0
非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H	-0.019	0.015	0.011	-0.011
技能密集型产业部门的产出比重 x^y	-0.097	-0.093	0.063	0.064
技能密集型产业部门的高技能劳动占比 x^H	-0.092	-0.104	0.057	0.068
技能密集型产业部门的低技能劳动占比 x^L	-0.083	-0.068	0.058	0.050

注：表中数据为变量从第 1 年到第 15 年的变化值。

图 A8 和表 A13 展示了在 $\sigma_u=1$ 的特殊情形下，当非技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_u^H 以每年 5%的速度增长而其他技术参数保持不变时，技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H、技能密集型产业部门的产出比重 x^y、高技能劳动占比 x^H 和低技能劳动占比 x^L 的数值模拟结果，验证了理论机制中的（31）

和（32）式。与理论机制一致，当$\sigma_u=1$且$\varepsilon<1$时，若$\sigma_s<1$，则非技能密集型产业部门的技能扩展型技术A_u^H上升，将导致技能密集型产业部门的技能密集程度θ_s^H和技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均上升；反之，若$\sigma_s>1$，则将导致技能密集型产业部门的技能密集程度θ_s^H下降，而技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均上升。当$\sigma_u=1$且$\varepsilon>1$时，若$\sigma_s<1$，则非技能密集型产业部门的技能扩展型技术A_u^H上升，将导致技能密集型产业部门的技能密集程度θ_s^H和技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均下降；反之，若$\sigma_s>1$，则将导致技能密集型产业部门的技能密集程度θ_s^H上升，而技能密集型产业部门的产出比重、高技能劳动占比和低技能劳动占比均下降。上述情形中，非技能密集型产业部门的技能密集程度θ_u^H均保持不变。

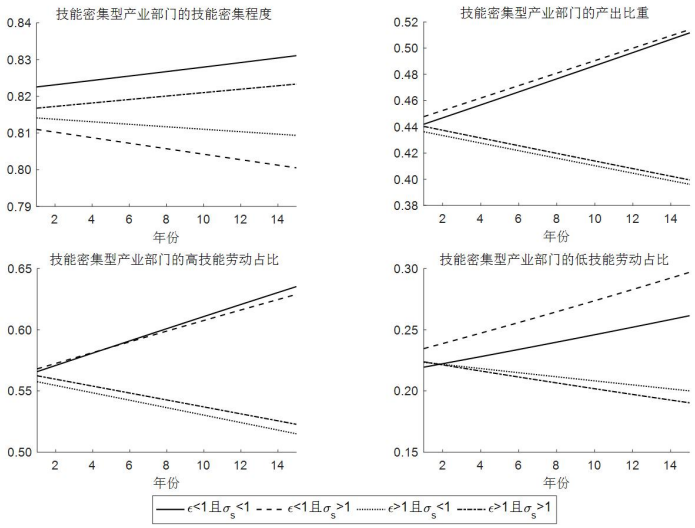

图 A8： 非技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数A_u^H上升的模拟结果（$\sigma_u=1$）

表 A13： 非技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数A_u^H上升的模拟结果（$\sigma_u=1$）

变量	$\varepsilon<1$且$\sigma_s<1$	$\varepsilon<1$且$\sigma_s>1$	$\varepsilon>1$且$\sigma_s<1$	$\varepsilon>1$且$\sigma_s>1$
技能密集型产业部门的技能密集程度θ_s^H	0.009	-0.011	-0.005	0.007
非技能密集型产业部门的技能密集程度θ_u^H	0	0	0	0
技能密集型产业部门的产出比重x^y	0.070	0.067	-0.040	-0.041
技能密集型产业部门的高技能劳动占比x^H	0.070	0.061	-0.043	-0.040
技能密集型产业部门的低技能劳动占比x^L	0.042	0.062	-0.023	-0.034

注：表中数据为变量从第 1 年到第 15 年的变化值。

具体而言，在$\sigma_u=1$的特殊情形下，当$\varepsilon<1$且$\sigma_s<1$时，A_u^H以每年 5%的速度增长 15 年，将导致θ_s^H从 82.3%上升至 83.1%，x^y从 44.2%上升至 51.2%，x^H从 56.6%上升至 63.5%，x^L从 21.9%上升至 26.2%。当$\varepsilon<1$且$\sigma_s>1$时，A_u^H以每年 5%的速度增长 15 年，将导致θ_s^H从 81.1%下降至 80.0%，x^y从 44.8%上

升至 51.4%，x^H 从 56.8%上升至 62.9%，x^L 从 23.5%上升至 29.7%。当 $\varepsilon>1$ 且 $\sigma_s<1$ 时，A_u^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_s^H 从 81.4%下降至 80.9%，x^y 从 43.6%下降至 39.6%，x^H 从 55.8%下降至 51.5%，x^L 从 22.3%下降至 20.0%。当 $\varepsilon>1$ 且 $\sigma_s>1$ 时，A_u^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_s^H 从 81.7%上升至 82.3%，x^y 从 44.0%下降至 39.9%，x^H 从 56.2%下降至 52.3%，x^L 从 22.4%下降至 19.0%。

图 A9 和表 A14 展示了在 $\varepsilon=1$ 的特殊情形下，当技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_s^H 以每年 5%的速度增长而其他技术参数保持不变时，技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H、非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H、技能密集型产业部门的高技能劳动占比 x^H 和低技能劳动占比 x^L 的数值模拟结果，验证了正文（33）-（35）式和（39）式。与理论机制一致，当 $\varepsilon=1$ 且 $\sigma_s<1$ 时，若 $\sigma_u<1$，则技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_s^H 上升，将导致两个产业部门的技能密集程度（θ_s^H 和 θ_u^H）均下降，技能密集型产业部门的高技能劳动占比下降而低技能劳动占比上升；反之，若 $\sigma_u>1$，则将导致技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H 下降，非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 上升，技能密集型产业部门的高技能劳动占比下降而低技能劳动占比上升。当 $\varepsilon=1$ 且 $\sigma_s>1$ 时，若 $\sigma_u<1$，则技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_s^H 上升，将导致两个产业部门的技能密集程度（θ_s^H 和 θ_u^H）均上升，技能密集型产业部门的高技能劳动占比上升而低技能劳动占比下降；反之，若 $\sigma_u>1$，则将导致技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H 上升，非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 下降，技能密集型产业部门的高技能劳动占比上升而低技能劳动占比下降。上述情形中，技能密集型产业部门的产出比重均保持不变。

具体而言，在 $\varepsilon=1$ 的特殊情形下，当 $\sigma_s<1$ 且 $\sigma_u<1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_s^H 从 81%下降至 73.2%，θ_u^H 从 49.6%下降至 47.1%，x^H 从 53.2%下降至 51.9%，x^L 从 20.8%上升至 26.1%。当 $\sigma_s<1$ 且 $\sigma_u>1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_s^H 从 81.2%下降至 74.6%，θ_u^H 从 50.3%上升至 52.1%，x^H 从 52.9%下降至 49.9%，x^L 从 20.9%上升至 27.0%。当 $\sigma_s>1$ 且 $\sigma_u<1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_s^H 从 79.3%上升至 86.4%，θ_u^H 从 50.6%上升至 53.0%，x^H 从 52.1%上升至 53.1%，x^L 从 22.6%下降至 16.7%。当 $\sigma_s>1$ 且 $\sigma_u>1$ 时，A_s^H 以每年 5%的速度增长 15 年，将导致 θ_s^H 从 79.6%上升至 87.8%，θ_u^H 从 49.4%下降至 47.2%，x^H 从 52.9%上升至 56.4%，x^L 从 21.8%下降至 13.8%。

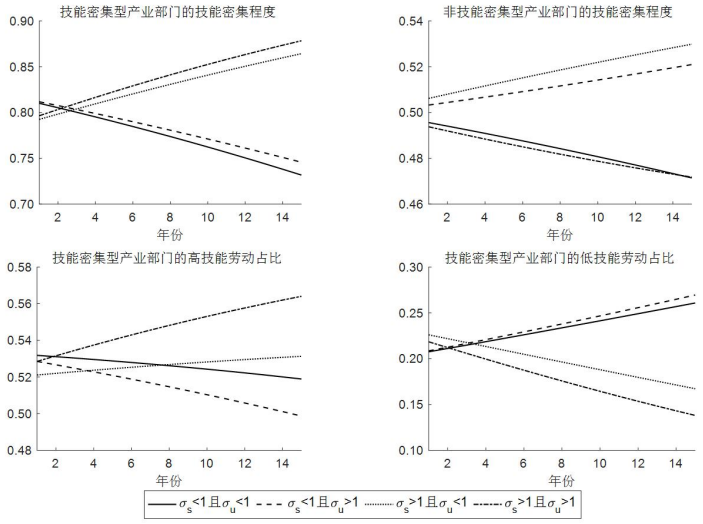

图 A9： 技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_s^H 上升的模拟结果（$\varepsilon=1$）

表 A14： 技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_s^H 上升的模拟结果（$\varepsilon=1$）

变量	$\sigma_s<1$且$\sigma_u<1$	$\sigma_s<1$且$\sigma_u>1$	$\sigma_s>1$且$\sigma_u<1$	$\sigma_s>1$且$\sigma_u>1$
技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H	-0.078	-0.066	0.072	0.082
非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H	-0.024	0.018	0.024	-0.022
技能密集型产业部门的产出比重 x^y	0	0	0	0
技能密集型产业部门的高技能劳动占比 x^H	-0.013	-0.030	0.010	0.036
技能密集型产业部门的低技能劳动占比 x^L	0.053	0.061	-0.059	-0.080

注：表中数据为变量从第 1 年到第 15 年的变化值。

图 A10 和表 A15 展示了在 $\varepsilon=1$ 的特殊情形下，当非技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_u^H 以每年 5%的速度增长而其他技术参数保持不变时，技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H、非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H、技能密集型产业部门的高技能劳动占比 x^H 和低技能劳动占比 x^L 的数值模拟结果，验证了理论机制中的（36）-（39）式。与理论机制一致，当 $\varepsilon=1$ 且 $\sigma_u<1$ 时，若 $\sigma_s<1$，则非技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_u^H 上升，将导致两个产业部门的技能密集程度（θ_s^H 和 θ_u^H）均下降，技能密集型产业部门的高技能劳动占比上升而低技能劳动占比下降；反之，若 $\sigma_s>1$，则将导致技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H 上升，非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 下降，技能密集型产业部门的高技能劳动占比上升而低技能劳动占比下降。当 $\varepsilon=1$ 且 $\sigma_u>1$ 时，若 $\sigma_s<1$，则非技能密集型产业部门的技能扩展型技术 A_u^H 上升，将导致两个产业部门的技能密集程度（θ_s^H 和 θ_u^H）均上升，技能密集型产业部门的高技能劳动占比下降而低技能劳动占比上升；反之，若 $\sigma_s>1$，则将导致技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_s^H 下降，非技能密集型产业部门的技能密集程度 θ_u^H 上升，技能密集型产业部门的高技能劳动占比下降而低技能劳动占比上升。上述情形中，技能密集型产业部门的产出比重均保持不变。

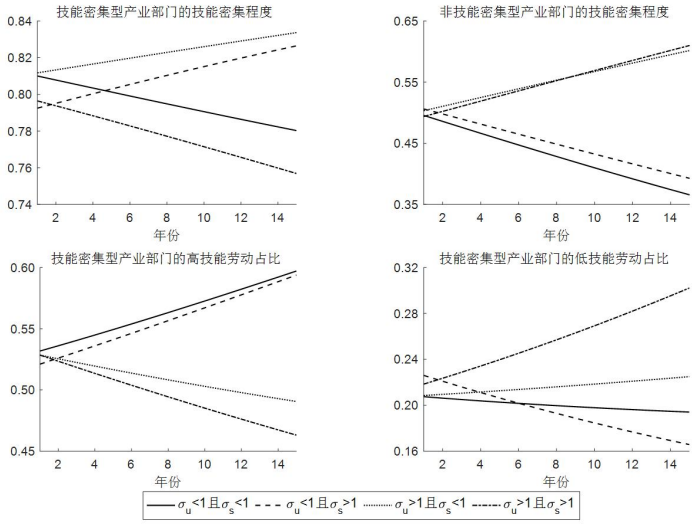

图 A10： 非技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_u^H 上升的模拟结果（$\varepsilon=1$）

具体而言，在$\varepsilon=1$的特殊情形下，当$\sigma_u<1$且$\sigma_s<1$时，A_u^H以每年 5%的速度增长 15 年，将导致θ_s^H从 81.0%下降至 78.0%，θ_u^H从 49.6%下降至 36.6%，x^H从 53.2%上升至 59.7%，x^L从 20.8%下降至 19.4%。当$\sigma_u<1$且$\sigma_s>1$时，A_u^H以每年 5%的速度增长 15 年，将导致θ_s^H从 79.3%上升至 82.6%，θ_u^H从 50.6%下降至 39.3%，x^H从 52.1%上升至 49.4%，x^L从 22.6%下降至 16.6%。当$\sigma_u>1$且$\sigma_s<1$时，A_u^H以每年 5%的速度增长 15 年，将导致θ_s^H从 81.2%上升至 83.4%，θ_u^H从 50.3%上升至 60.2%，x^H从 52.9%下降至 49.1%，x^L从 20.9%上升至 22.5%。当$\sigma_u>1$且$\sigma_s>1$时，A_u^H以每年 5%的速度增长 15 年，将导致θ_s^H从 79.6%下降至 75.7%，θ_u^H从 49.4%上升至 61.0%，x^H从 52.9%下降至 46.3%，x^L从 21.8%上升至 30.2%。

表 A15： 非技能密集型产业部门的技能扩展型技术参数 A_u^H 上升的模拟结果（$\varepsilon=1$）

变量	$\sigma_u<1$且$\sigma_s<1$	$\sigma_u<1$且$\sigma_s>1$	$\sigma_u>1$且$\sigma_s<1$	$\sigma_u>1$且$\sigma_s>1$
技能密集型产业部门的技能密集程度θ_s^H	-0.030	0.034	0.022	-0.040
非技能密集型产业部门的技能密集程度θ_u^H	-0.130	-0.113	0.098	0.116
技能密集型产业部门的产出比重x^y	0	0	0	0
技能密集型产业部门的高技能劳动占比x^H	0.065	0.073	-0.038	-0.065
技能密集型产业部门的低技能劳动占比x^L	-0.013	-0.060	0.016	0.084

注：表中数据为变量从第 1 年到第 15 年的变化值。

相对以上数值模拟所选取的替代弹性取值，在更大范围内改变这些取值，上述关注的变量在变动方向上仍然保持不变。综上结果表明，不同产业的产品替代弹性和不同技能的劳动替代弹性的大小决定了有偏技术进步对产业结构转型升级、产业部门技能密集程度和工资收入差距变化的影响方向，这就验证了正文主要的理论分析结论。

[附录参考文献]

[01] Acemoglu, D., and V. Guerrieri. Capital Deepening and Non-balanced Economic Growth[J]. Journal of Political Economy, 2008, 116(3): 467-498.

[02] Cochrane, D., and G. H. Orcutt. Application of Least Squares Regression to Relationships Containing Auto-correlated Error Terms[J]. Journal of the American Statistical Association, 1949, 44(245): 32-61.

[03] Deaton, A. Demand analysis[J]. Handbook of econometrics, 1986, 3: 1767-1839.

[04] Fair, R. C. The Estimation of Simultaneous Equation Models with Lagged Endogenous Variables and First Order Serially Correlated Errors[J]. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1970, 38 (3): 507-516.

[05] Kongsamut, P., S. Rebelo, and D. Xie. Beyond Balanced Growth [J]. The Review of Economic Studies, 2001, 68(4): 869-882.

[06] Ngai, L. R., and C. A. Pissarides. Structural Change in a Multisector Model of Growth[J]. American Economic Review, 2007, 97(1): 429-443.

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引文和下载附件出处。

引用示例：

参考文献引用范例：

[1] 朱军. 技术吸收、政府推动与中国全要素生产率提升[J].中国工业经济.2017,(1):5-24.

如果研究中使用了未在《中国工业经济》纸质版刊发、但在杂志网站上正式公开发表的数字内容（包括数据、程序、附录文件），请务必在研究成果正文中注明：

数据（及程序等附件）来自朱军（2017），参见在《中国工业经济》网站（http://www.ciejournal.org）附件下载。