附 录

正文未报告部分

附录 1：劳动折价率概念界定

本文使用企业劳动边际收入和人均工资之比测度劳动力市场垄断势力。其背后的经济逻辑在于，在完全竞争的劳动力市场，企业为员工提供的工资等于劳动创造的收入。但如果企业在劳动力市场具有垄断势力，那么就可以为员工提供低于其劳动边际收入的工资。因此，企业劳动边际收入和人均工资的比值就能衡量企业在劳动力市场的垄断势力，本文将这个比值称为劳动折价率（Markdown）。

下面，本文从企业利润最大化问题出发，展示企业的劳动折价率与其面临的劳动供给弹性之间具有一一对应关系。不考虑劳动调整成本时，企业 i 在 t 期面临如下利润最大化问题：

$$\underset{L_{it}}{Max}\, R(L_{it})-W(L_{it})L_{it}$$

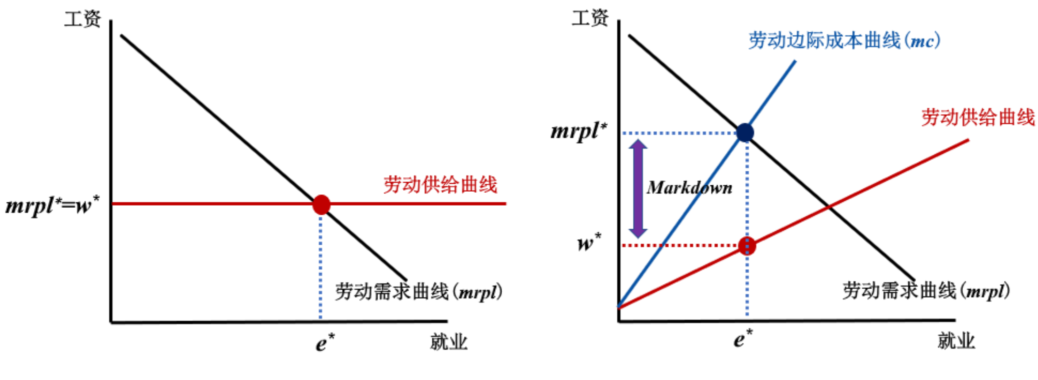
其中，对于利润函数 $R(L_{it})\equiv \mathrm{rev}\left(L_{it};\mathbf{X}^{*}_{-L_{it}}(L_{it})\right)$，表示除劳动外，所有要素投入都在其利润最大化水平。根据劳动投入的一阶条件，可以得到：

$$\begin{aligned}MRPL\left(L_{it}\right)&=\frac{\partial R_{it}}{\partial L_{it}}\\&=\left[\frac{\partial W\left(L_{it}\right)}{\partial L_{it}}\frac{L_{it}}{W\left(L_{it}\right)}+1\right]W\left(L_{it}\right)\\&=\left[\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1\right]\cdot W\left(L_{it}\right)\end{aligned}$$

本文定义企业面临的劳动供给弹性为 $\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}\equiv\frac{\partial W\left(L_{it}\right)}{\partial L_{it}}\frac{\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)}$。将上式移项，可得劳动折价率的表达式：

$$O_{it}\equiv\frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)}=\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1$$

上式表明企业的劳动折价率和企业面临的劳动供给弹性 ε_{it}^{S} 是一一对应的，等于劳动供给弹性的倒数加 1。



附图 1：完全竞争与不完全竞争的劳动力市场

在附图 1 中，本文进一步使用图示说明企业在完全竞争与不完全竞争劳动力市场上的雇佣决策。考虑一个向下倾斜的劳动需求曲线。如果企业面临完全竞争的劳动力市场，即水平的劳动供给曲线（左图），它将选择劳动投入使得劳动边际收入等于完全竞争的工资水平，劳动折价率等于 1。反之，如果劳动力市场并非完全竞争，企业面临向上倾斜的劳动供给曲线（右图），它将选择劳动投入使得劳动边际收入等于劳动边际成本，高于工资水平，导致劳动折价率大于 1。

附录 2：既有估计方法存在的问题

本节详细阐述 Yeh 等如何违背“代理变量方法”所需假设。

生产函数估计的“代理变量方法”最初由 Olley and Pakes（1996）提出，目的是为了解决生产函数估计领域广泛面临的“转换偏误”（Transmission bias）问题（Marschak and Andrews，1944）。其基本思想是，如果企业要素投入（通常为材料 M_{it} 或者投资 I_{it} ）和生产率之间存在着单调关系，那么通过观察可观测变量就可以间接推断出不可观测的企业生产率。之后，经过 Levinson and Petrin（2003）、Ackerberg et al.（2015）和 Gandhi et al.（2020）等文献的进一步完善，“代理变量方法”已成为微观生产函数和生产率结构估计的标准方法（De loecker and Syverson，2021）。

在理论上，“代理变量方法”的有效性依赖如下两个重要假设：

假设 1——严格单调性（strict monotonicity）：
要素需求函数 $M_{it}=f\left(\omega_{Hit};K_{it},L_{it};\beta;\cdots\right)$ 是关于生产率 ω_{Hit} 的单调递增函数。
假设 2——单一不可观测变量（scalar unobservable）：
要素需求函数 $M_{it}=f\left(\omega_{Hit};K_{it},L_{it};\beta;\cdots\right)$ 中只包含生产率 ω_{Hit} 一个不可观测变量。

在完全竞争的市场环境中，Olley and Pakes（1996）、Levinson and Petrin（2003）和 Ackerberg et al.（2015）先后证明了上述假设的合理性。近年来，随着“生产端方法”的迅速发展，越来越多的文献开始尝试将产品市场垄断分析与生产函数结合起来，但这也要求作为生产函数估计的标准方法，“代理变量方法”同样应当扩展到不完全竞争的产品市场环境。不过正如 Jaumandreu and Yin（2020）指出的，引入不完全竞争产品市场，会使得要素需求函数 $M_{it}=f\left(\omega_{Hit},\mu_{it};K_{it},L_{it};\beta;\cdots\right)$ 中至少包含着两个不可观测变量：生产率 ω_{Hit} 和加成率 μ_{it} 。这无疑严重违背了“代理变量方法”要求的“单一不可观测变量”假设，导致“代理变量方法”估计失效。

最近文献尝试将“生产端方法”融入劳动力市场垄断分析的做法，需要将分析环境进一步扩展到不完全竞争的劳动力市场。此时问题会变得更加复杂。除生产率 ω_{Hit} 和加成率 μ_{it} 外，要素需求函数 $M_{it}=f\left(\omega_{Hit},\mu_{it},O_{it};K_{it},L_{it};\beta;\cdots\right)$ 中还包括着不可观测的劳动折价率 O_{it} 。这不仅使得“生产端方法”在理论上面临着根本性挑战，也难以在实践中得到要素产出弹性和劳动折价率的准确估计。

附录 3：基准识别与估计框架

（一）估计环境

1、生产环境

本文模型设定主要参考了 Doraszelski and Jaumandreu（2019），即考虑如下包含劳动增强型生产率的资本可分、超越对数生产函数（小写变量是相应大写变量的对数，下同）：

$$
\begin{aligned}
y_{it} &= q_{it} + \omega_{Hit} \\
&= \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK} k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \frac{1}{2}\beta_{LL} l_{it}^{*2} + \beta_M m_{it} + \frac{1}{2}\beta_{MM} m_{it}^2 + \beta_{LM} l_{it}^* m_{it} + \omega_{Hit}
\end{aligned}
\tag{A3.1}
$$

其中，$L_{it}^* = e^{\omega_{Lit}} L_{it}$。$\omega_{Hit}$ 与 ω_{Lit} 分别为希克斯中性生产率与劳动增强型生产率。相较 CES 生产函数，这一生产函数允许要素替代弹性随企业与时间变化，是更加一般的设定形式。进一步，本文对这一生产函数施加以下两个假设。

第一是资本可分性假设（Homothetic separability restriction of Capital），即生产函数能够表示为以下形式：

$$
Y_{it} = F_t\left(K_{it}, h_t\left(\exp\left(\omega_{Lit}\right) L_{it}, M_{it} \mid K_{it}\right)\right) \exp\left(\omega_{Hit}\right) \exp\left(\grave{o}_{it}\right)
$$

该假设表明生产函数中资本 K_{it} 和可变投入组合 $h_t\left(\exp\left(\omega_{Lit}\right) L_{it}, M_{it} \mid K_{it}\right)$ 是可分的。而且给定资本数量 K_{it}，$h_t(\ldots \mid K_{it})$ 是任意阶齐次的。在经济学意义上，资本可分性意味着企业可变投入的边际产出之比是可变投入数量之比的函数，与资本投入无关。

第二是生产函数在短期为 $\beta_L + \beta_M$ 阶齐次假设，即企业短期规模报酬等于 $\beta_L + \beta_M$，即如果静态投入劳动、材料投入 $L_{it}' = tL_{it}$、$M_{it}' = tM_{it}$，产出为 $Y_{it}' = t^{(\beta_L + \beta_M)} Y_{it}$。

命题：如果 $L_{it}^{*\prime} = te^{\omega_{Lit}} L_{it}$、$M_{it}' = tM_{it}$，那么有 $Y_{it}' = t^{(\beta_L + \beta_M)} Y_{it}$。

证明：对上述命题进行对数形式转化，等价于证明若 $l_{it}^{*\prime} = \ln t + l_{it}^*$、$m_{it}' = \ln t + m_{it}$，则产出为 $y_{it}' = \left(\beta_L + \beta_M\right) \ln t + y_{it}$。

初始生产函数：

$$
y_{it} = \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK} k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_M m_{it} - \frac{1}{2}\beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right)^2 + \omega_{Hit}
$$

要素投入变化为 $l_{it}^{*\prime} = \ln t + l_{it}^*$、$m_{it}' = \ln t + m_{it}$，生产函数变化为：

$$
\begin{aligned}
y_{it}' = {} & \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK} k_{it}^2 + \beta_L\left(\ln t + l_{it}^*\right) + \beta_M\left(\ln t + m_{it}\right) \\
& - \frac{1}{2}\beta\left(\ln t + l_{it}^*\right)^2 - \frac{1}{2}\beta\left(\ln t + m_{it}\right)^2 + \beta\left(\ln t + l_{it}^*\right)\left(\ln t + m_{it}\right) + \omega_{Hit}
\end{aligned}
$$

对生产函数进行化简：

$$
\begin{aligned}
y_{it}' = {} & \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK} k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_L \ln t - \frac{1}{2}\beta\left(\left(\ln t\right)^2 + 2\ln t\, l_{it}^* + \left(l_{it}^*\right)^2\right) + \beta_M \ln t + \beta_M m_{it} + \\
& - \frac{1}{2}\beta\left(\left(\ln t\right)^2 + 2\ln t\, m_{it} + \left(m_{it}\right)^2\right) + \beta\left[\left(\ln t\right)^2 + \ln t\, m_{it} + \ln t\, l_{it}^* + m_{it}\, l_{it}^*\right] + \omega_{Hit}
\end{aligned}
$$

$$\Downarrow$$

$$y_{it}' = \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_L \ln t - \frac{1}{2}\beta(\ln t)^2 - \beta \ln t\, l_{it}^* - \frac{1}{2}\beta\left(l_{it}^*\right)^2 + \beta_M \ln t + \beta_M m_{it} +$$
$$-\frac{1}{2}\beta(\ln t)^2 - \beta \ln t\, m_{it} - \frac{1}{2}\beta(m_{it})^2 + \beta(\ln t)^2 + \beta \ln t\, m_{it} + \beta \ln t\, l_{it}^* + \beta m_{it} l_{it}^* + \omega_{Hit}$$

$$\downarrow$$

$$y_{it}' = \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_M m_{it} - \frac{1}{2}\beta\left(l_{it}^*\right)^2 + \beta m_{it} l_{it}^* - \frac{1}{2}\beta(m_{it})^2 + \beta_L \ln t + \beta_M \ln t + \omega_{Hit}$$

$$\downarrow$$

$$y_{it}' = \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_M m_{it} - \frac{1}{2}\beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right)^2 + \beta_L \ln t + \beta_M \ln t + \omega_{Hit} - \alpha\left(\delta_{Qit}\right)$$

$$\downarrow$$

$$y_{it}' = \left(\beta_L + \beta_M\right)\ln t + y_{it}$$

证毕。

需要说明的是，这一假设并非十分严格。例如在 Cobb-Douglas 总产出生产函数中，不仅要求短期为 $\beta_L + \beta_M$ 阶齐次，同时要求长期为 $\beta_K + \beta_L + \beta_M$ 阶齐次。给定这一假设，上面的生产函数中 $-\beta_{LL} = -\beta_{MM} = \beta_{LM} = \beta$，生产函数变为：

$$\begin{aligned} y_{it} &= q_{it} + \omega_{Hit} \\ &= \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* - \frac{1}{2}\beta l_{it}^{*2} + \beta_M m_{it} - \frac{1}{2}\beta m_{it}^2 + \beta l_{it}^* m_{it} + \omega_{Hit} \end{aligned} \tag{A3.2}$$

这就是本文估计的生产函数：包含了劳动增强型生产率的资本可分、$\beta_L + \beta_M$（短期规模收益）齐次的超越对数生产函数，它可以转化为：

$$\begin{aligned} y_{it} &= q_{it} + \omega_{Hit} \\ &= \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_M m_{it} - \frac{1}{2}\beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right)^2 + \omega_{Hit} \end{aligned} \tag{A3.3}$$

综上所述，相较一般的超越对数生产函数，本文生产函数施加了两个重要假设：资本齐次可分性（homothetic separability restriction of capital）和短期 $\beta_L + \beta_M$ 阶齐次。

对于这样的生产函数，劳动和材料的产出弹性分别为：

$$\begin{aligned} \beta_{Lit} &= \frac{\partial y_{it}}{\partial l_{it}} = \beta_L + \beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right) = \beta_L + \beta\left(m_{it} - l_{it} - \omega_{Lit}\right) \\ \beta_{Mit} &= \frac{\partial y_{it}}{\partial m_{it}} = \beta_M - \beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right) = \beta_M - \beta\left(m_{it} - l_{it} - \omega_{Lit}\right) \end{aligned} \tag{A3.4}$$

而且，有：

$$\beta_{Lit} + \beta_{Mit} = \beta_L + \beta_M \tag{A3.5}$$

2、需求环境

假设企业 i 在时期 t 面临的需求函数为：

$$y_{it} = \varphi_t - \eta\left(p_{it} - \delta_{Qit}\right) + \delta_{Hit} + \mu_{it} \tag{A3.6}$$

其中，y_{it} 和 p_{it} 分别是企业产出与销售价格，价格是消费者支付的含税价格。φ_t 为需求函数

的时间趋势项，η 为需求价格弹性，μ_{it} 为需求端独立同分布的扰动项。

δ_{Hit} 和 δ_{Qit} 为产品差异，两者差别在于横向产品 δ_{Hit} 源于企业促销、市场口碑等纯粹的需求因素，与企业生产过程和成本无关；而纵向产品质量差异 δ_{Qit}，需要企业付出更高的生产成本才能获得。具体地，设定企业间可以比较的“标准质量”产出量为 $Y_{it}\exp\left(\alpha\left(\delta_{Qit}\right)\right)$，$\alpha'(.)>0$。这描述了质量和成本的一般关系，即产品质量 δ_{Qit} 越高，需要的生产投入从而生产成本越多，相应地折算的标准产出也就越大。此时，企业生产函数（A3.3）式变为：

$$\begin{aligned} y_{it} &= q_{it} + \omega_{Hit} - \alpha\left(\delta_{Qit}\right) \\ &= \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2 + \beta_L l_{it}^* + \beta_M m_{it} - \frac{1}{2}\beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right)^2 + \omega_{Hit} - \alpha\left(\delta_{Qit}\right) \end{aligned} \tag{A3.7}$$

命题：本文需求函数能够通过在标准的 Dixit-Stiglitz（1977）需求系统中引入纵向和横向产品质量差异推导得来，是相较 Dixit-Stiglitz 需求函数更为一般的形式。

证明：

行业内有 N 个企业，每个企业 i 生产差异化的产品。代表性消费者在时期 t 的效用函数为：

$$U_t = \left(\sum_{i=1}^{N}\Delta_{it}\left(Y_{it}\right)^{\frac{\eta-1}{\eta}}\right)^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

其中，$\eta>0$ 为行业内任意两个企业产品间的替代弹性（绝对值）。本文借鉴 Melitz and Ottaviano（2000）的做法，在传统 Dixit-Stiglitz（1977）需求系统中引入消费者对企业 i 产品的偏好权重因子 Δ_{it}，它刻画了企业面临的需求端异质性。

根据消费者在预算约束下的效用最大化问题，可以得到消费者对 i 企业产品的需求：

$$Y_{it} = \Phi_t \Delta_{it}^{\eta}\left(P_{it}\right)^{-\eta}$$

假设 Δ_{it} 既取决于企业的产品质量 δ_{Qit}（纵向产品差异），也取决于消费者对其产品的认知度 δ_{Hit}（横向产品差异）。具体地，定义 $\Delta_{it}=\exp(\delta_{Qit})\cdot\exp(\frac{\delta_{Hit}}{\eta})$，然后对上式取对数：

$$y_{it} = \varphi_t - \eta\left(P_{it} - \delta_{Qit}\right) + \delta_{Hit}$$

此即为本文的需求函数设定。

（二）劳动折价率的识别

企业的可变要素成本最小化问题为：

$$\begin{aligned} &\underset{M_{it},L_{it}}{Min}\ C_{it} = W\left(L_{it}\right)L_{it} + P_{Mt}M_{it} \\ &st:\quad Y_{it} \geq Q_{it}^* \end{aligned}$$

根据可变投入的最优化一阶条件，可得：

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y_{it}}{\partial M_{it}} &= \frac{P_{Mt}}{MC_{it}} \\ \frac{\partial Y_{it}}{\partial L_{it}} &= \frac{W'\left(L_{it}\right)L_{it} + W\left(L_{it}\right)}{MC_{it}} \end{aligned} \tag{A3.8}$$

由于根据企业利润最大化问题，企业的劳动折价率 O_{it} 与企业面临的劳动供给弹性 ε_{it}^{S} 具有如下关系：

$$O_{it} \equiv 1+\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}} = \frac{W(L_{it})+W'(L_{it})L_{it}}{W(L_{it})} = \frac{MRPL(L_{it})}{W(L_{it})} \tag{A3.9}$$

综合（A3.8）和（A3.9）式，可以得到：

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial L_{it}} = \frac{W'(L_{it})L_{it}+W(L_{it})}{MC_{it}} = \frac{W'(L_{it})L_{it}+W(L_{it})}{W(L_{it})}\frac{W(L_{it})}{MC_{it}} = O_{it}\frac{W(L_{it})}{MC_{it}}$$

也即（A3.8）式变为：

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial M_{it}} = \frac{P_{Mt}}{MC_{it}};\quad \frac{\partial Y_{it}}{\partial L_{it}} = O_{it}\frac{W_{it}}{MC_{it}} \tag{A3.10}$$

对于生产函数（A3.7）式，综合（A3.10）式和要素产出弹性（A3.4）式，得到：

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial L_{it}} = \frac{\partial y_{it}}{\partial l_{it}}\frac{Y_{it}}{L_{it}} = \frac{Y_{it}}{L_{it}}\left[\beta_L+\beta\left(m_{it}-l_{it}^{*}\right)\right] = O_{it}\frac{W_{it}}{MC_{it}} \tag{A3.11}$$

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial M_{it}} = \frac{\partial y_{it}}{\partial m_{it}}\frac{Y_{it}}{M_{it}} = \frac{Y_{it}}{M_{it}}\left[\beta_M-\beta\left(m_{it}-l_{it}^{*}\right)\right] = \frac{P_{Mt}}{MC_{it}} \tag{A3.12}$$

将（A3.11）和（A3.12）式相除，得到：

$$\frac{\beta_L+\beta\left(m_{it}-l_{it}^{*}\right)}{\beta_M-\beta\left(m_{it}-l_{it}^{*}\right)} = \frac{O_{it}W_{it}L_{it}}{P_{Mt}M_{it}} \tag{A3.13}$$

定义拟劳动-材料份额 S'_{VLit}，它完全捕获了不完全竞争劳动力市场的影响：

$$S'_{VLit} \equiv \frac{O_{it}W_{it}L_{it}}{P_{Mit}M_{it}+O_{it}W_{it}L_{it}} \tag{A3.14}$$

综合（A3.13）式、（A3.14）式，得到劳动增强型率的显示表达式：

$$m_{it}-l_{it} = -\frac{\beta_L}{\beta}+\frac{\beta_M+\beta_L}{\beta}S'_{VLit}+\omega_{Lit} \tag{A3.15}$$

将（A3.15）式代入生产函数（A3.7），生产函数变为如下只包括希克斯中性生产率的形式：

$$\begin{aligned} y_{it} &= q_{it}+\omega_{Hit}-\alpha\left(\delta_{Qit}\right) \\ &= \beta_0+\frac{1}{2}\frac{\beta_L^2}{\beta}+\beta_K k_{it}+\frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2+\left(\beta_L+\beta_M\right)m_{it}-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}S_{VLit}'^2+\omega_{Hit}-\alpha\left(\delta_{Qit}\right) \end{aligned} \tag{A3.16}$$

将（A3.16）式代入要素产出弹性（A3.4）式，要素产出弹性具有如下的显式表达式：

$$\begin{aligned}
\beta_{Lit} &= \beta_L + \beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right) \\
&= \beta_L + \beta\left(\frac{\beta_M + \beta_L}{\beta} S'_{VLit} - \frac{\beta_L}{\beta}\right) \\
&= \left(\beta_M + \beta_L\right) S'_{VLit} \\
\beta_{Mit} &= \beta_M - \beta\left(m_{it} - l_{it}^*\right) \\
&= \beta_M - \beta\left(\frac{\beta_M + \beta_L}{\beta} S'_{VLit} - \frac{\beta_L}{\beta}\right) \\
&= \left(\beta_M + \beta_L\right)\left(1 - S'_{VLit}\right)
\end{aligned} \tag{A3.17}$$

根据拟劳动-材料份额 S'_{VLit} 的定义，可以得到劳动折价率的显示表达式：

$$O_{it} = \frac{P_{Mt} M_{it}}{W_{it} L_{it}} \frac{S'_{VLit}}{1 - S'_{VLit}} \tag{A3.18}$$

（A3.18）式为本文的核心识别方程，它表明在本文非中性技术进步环境设定下，劳动折价率的估计需要企业材料支出与劳动支出比率 $\frac{P_{Mt} M_{it}}{W_{it} L_{it}}$ 和拟劳动-材料份额 S'_{VLit} 的信息。

（三）基本估计系统

1、收入方程

给定如下生产函数（A3.7）式：

$$\begin{aligned}
y_{it} &= q_{it} + \omega_{Hit} - \alpha\left(\delta_{Qit}\right) + \varepsilon_{it} \\
&= \beta_0 + \beta_K k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{KK} k_{it}^2 + \frac{1}{2}\frac{\beta_L^2}{\beta} + \left(\beta_L + \beta_M\right) m_{it} - \frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L + \beta_M\right)^2}{\beta} S_{VLit}'^2 + \omega_{Hit} - \alpha\left(\delta_{Qit}\right) + \varepsilon_{it}
\end{aligned}$$

以及如下需求函数（A3.6）式：

$$y_{it} = \varphi_t - \eta\left(p_{it} - \delta_{Qit}\right) + \delta_{Hit} + \mu_{it}$$

对于总产值 R_{it} 有：$R_{it} = Y_{it} P_{it}$，对数化可得：$r_{it} = y_{it} + p_{it}$。

由于需求函数可以变换为：

$$\frac{1}{\eta}\left(\mu_{it} + \delta_{Hit} - y_{it} + \varphi_t\right) + \delta_{Qit} = p_{it}$$

将上式代入 $r_{it} = y_{it} + p_{it}$，即可得到企业收入函数：

$$\begin{aligned}
r_{it} &= y_{it} + p_{it} \\
&= y_{it} + \frac{1}{\eta}\left(\mu_{it} + \delta_{Hit} - y_{it} + \varphi_t\right) + \delta_{Qit} \\
&= \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\left(q_{it} + \omega_{Hit} - \alpha\left(\delta_{Qit}\right) + \varepsilon_{it}\right) + \frac{1}{\eta}\left(\mu_{it} + \delta_{Hit} + \varphi_t\right) + \delta_{Qit} \\
&= \frac{1}{\eta}\varphi_t + \left(1 - \frac{1}{\eta}\right) q_{it} + \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\omega_{Hit} - \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\alpha\left(\delta_{Qit}\right) + \delta_{Qit} + \frac{1}{\eta}\delta_{Hit} + \frac{1}{\eta}\mu_{it} + \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{A3.19}$$

其中，$\psi_{it} = \frac{1}{\eta}\mu_{it} + \left(1 - \frac{1}{\eta}\right) v_{it}$ 为综合了生产端与需求端的独立同分布的扰动项。（A3.19）式即为基本企业收入方程。

2、希克斯中性生产率方程

下面根据企业利润最大化问题，使用材料的逆识别希克斯中性生产率。企业 i 在 t 期短期利

润最大化问题为：

$$\underset{L_{it},M_{it}}{Max}\,\Pi_{it}=\left(1-\tau_{Fit}\right)\left[\left(1-\tau_{it}\right)Y_{it}P\left(Y_{it}\right)-C\left(Y_{it}\right)\right]$$

τ_{Fit} 和 τ_{it} 分别为企业所得税率和销项税率。代入需求函数（A3.6）式，得到：

$$\underset{L_{it},M_{it}}{Max}\,\Pi_{it}=\left(1-\tau_{Fit}\right)\left[\left(1-\tau_{it}\right)\Phi_t^{\frac{1}{\eta}}\left(Y_{it}\right)^{1-\frac{1}{\eta}}e^{\delta_{Qit}}e^{\frac{\delta_{Hit}}{\eta}}-\left(1-\tau_{Mit}\right)P_{Mt}M_{it}-W\left(L_{it}\right)L_{it}\right]$$

τ_{Mit} 为材料税率。根据材料的一阶条件，可得：

$$\begin{aligned}&\ln\left(1-\tau_{it}\right)+\frac{1}{\eta}\varphi_t+\ln\left(1-\frac{1}{\eta}\right)-\frac{1}{\eta}y_{it}+\ln\left(\frac{\partial Y_{it}}{\partial M_{it}}\right)+\delta_{Qit}+\frac{1}{\eta}\delta_{Hit}\\&=\ln\left(1-\tau_{Mit}\right)+p_{Mt}\end{aligned}\tag{A3.20}$$

由于

$$\ln\left(\frac{\partial Y_{it}}{\partial M_{it}}\right)=\ln\beta_{Mit}+y_{it}-m_{it}$$

因此，（A3.20）式变为：

$$\begin{aligned}&\ln\left(1-\tau_{it}\right)+\frac{1}{\eta}\varphi_t+\ln\left(1-\frac{1}{\eta}\right)+\left(1-\frac{1}{\eta_{it}}\right)y_{it}+\ln\beta_{Mit}-m_{it}+\delta_{Qit}+\frac{1}{\eta_{it}}\delta_{Hit}\\&=\ln\left(1-\tau_{Mit}\right)+p_{Mt}\end{aligned}\tag{A3.21}$$

综合生产函数（A3.16）式和要素产出弹性（A3.17）式。（A3.21）式变为：

$$\begin{aligned}&\ln\left(1-\tau_{it}\right)+\frac{1}{\eta}\varphi_t+\ln\left(1-\frac{1}{\eta}\right)+\left(1-\frac{1}{\eta}\right)q_{it}+\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\omega_{Hit}\\&+\ln\left(\beta_M+\beta_L\right)+\ln\left(1-S'_{VLit}\right)-m_{it}-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\alpha\left(\delta_{Qit}\right)+\delta_{Qit}+\frac{1}{\eta}\delta_{Hit}\\&=\ln\left(1-\tau_{Mit}\right)+p_{Mt}\end{aligned}$$

也即：

$$\begin{aligned}\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\omega_{Hit}=&\ln\left(1-\tau_{Mit}\right)+p_{Mt}-\ln\left(1-\tau_{it}\right)-\frac{1}{\eta}\varphi_t-\ln\left(1-\frac{1}{\eta}\right)-\ln\left(\beta_M+\beta_L\right)\\&-\ln\left(1-S'_{VLit}\right)+m_{it}-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)q_{it}+\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\alpha\left(\delta_{Qit}\right)-\delta_{Qit}-\frac{1}{\eta}\delta_{Hit}\end{aligned}\tag{A3.22}$$

其中：

$$q_{it}=\beta_0+\beta_K k_{it}+\frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2+\beta_L l_{it}^*+\beta_M m_{it}-\frac{1}{2}\beta\left(m_{it}-l_{it}^*\right)^2$$

（A3.22）式即为基本企业希克斯中性生产率方程。

3、生产率演化过程

根据生产函数结构估计惯例，假设希克斯中性生产率冲击服从如下包括时间趋势的一阶马尔科夫（Markov）过程：

$$\omega_{Hit}=E_t\left[\omega_{Hit}\middle|\ \omega_{Hit-1}\right]+\xi_{Hit}=\gamma_t+g(\omega_{Hit-1})+\xi_{Hit}\tag{A3.23}$$

ξ_{Hit} 为企业 i 在 t 期实现的希克斯中性生产率新息（innovation），γ_t 为时间趋势。

4、需求异质性的处理

下面，讨论企业纵向异质性δ_{Qit}和横向异质性δ_{Hit}的处理。

对于纵向异质性。本文根据短期利润最大化问题讨论企业的质量选择。给定一般需求函数$Y\left(\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}},\delta_{Hit}\right)$，劳动、材料投入的价格 Wt 和 PMt，企业选择价格水平 Pit 和质量水平δ_{Qit}最大化短期利润：

$$\underset{\delta_{Qit},P_{it}}{Max}\,\Pi=P_{it}Y\left(\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}},\delta_{Hit}\right)-VC\left(K,W,P_M,Y\left(\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}},\delta_{Hit}\right),\delta_{Qit},\ldots\right)$$

τ_F为企业所得税率。根据 Pit 的一阶条件：

$$\begin{aligned}&Y_{it}+P_{it}\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}=MC_{it}\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}\\&\Rightarrow P_{it}-MC_{it}=-\frac{Y_{it}}{\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}}\end{aligned}\tag{A3.24}$$

（A3.24）式就是常用的价格成本边际方程。

根据δ_{Qit}的一阶条件：

$$-P_{it}Y_{1it}\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}}+MC_{it}Y_{1it}\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}}-\frac{\partial VC_{it}}{\partial\delta_{Qit}}=0\tag{A3.25}$$

其中，Y_{1it}为对需求函数第 1 个分量求偏导。注意这里没有考虑质量指数对企业投入的价格W_t和P_{Mt}的影响。又对于需求函数$Y\left(\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}},\delta_{Hit}\right)$：

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}=Y_{1it}\frac{1}{e^{\delta_{Qit}}}，\quad 即\ Y_{1it}\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}}=P_{it}\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}$$

从而δ_{Qit}的一阶条件：

$$\frac{\partial VC_{it}}{\partial\delta_{Qit}}=-P_{it}\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}\left(P_{it}-MC_{it}\right)\tag{A3.26}$$

代入P_{it}的一阶条件：

$$P_{it}-MC_{it}=-\frac{Y_{it}}{\frac{\partial Y_{it}}{\partial P_{it}}}\tag{A3.27}$$

得到：

$$\frac{\partial VC_{it}}{\partial\delta_{Qit}}=P_{it}Y_{it}\tag{A3.28}$$

由于$MC_{it}=\frac{\partial VC_{it}}{\partial Y_{it}}$，从而有：

$$\frac{\partial VC_{it}}{\partial\delta_{Qit}}=\frac{\partial VC_{it}}{\partial\delta_{Qit}}\frac{\partial Y_{it}}{\partial VC_{it}}\frac{\partial VC_{it}}{\partial Y_{it}}=\frac{\partial Y_{it}}{\partial\delta_{Qit}}MC_{it}$$

此时（A3.28）式变为：

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial\delta_{Qit}}=\frac{P_{it}Y_{it}}{MC_{it}}\tag{A3.29}$$

又对于形如$Y=F\left(K,L,M,\delta_Q,\ldots\right)=F\left(K,L,M,\ldots\right)e^{\alpha\left(\delta_Q\right)}$的生产函数，有$\frac{\partial Y_{it}}{\partial\delta_{Qit}}=Y_{it}\alpha'\left(\delta_{Qit}\right)$，从而得到：

$$\alpha'\left(\delta_{Qit}\right)=\frac{P_{it}}{MC_{it}} \tag{A3.30}$$

对于本文需求函数（A3.6）式，根据企业选择产量最大化利润可以得到：

$$\frac{P_{it}}{MC_{it}}=\mu_{it}=\frac{\eta}{\eta-1}$$

也即：

$$\frac{\partial\alpha\left(\delta_{Qit}\right)}{\partial\delta_{Qit}}=\frac{\eta}{\eta-1} \tag{A3.31}$$

因此，可以得到：

$$\alpha\left(\delta_{Qit}\right)=\frac{\eta}{\eta-1}\delta_{Qit}+C_0 \tag{A3.32}$$

从而：

$$\begin{aligned}\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\alpha\left(\delta_{Qit}\right)-\delta_{Qit}&=\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\left[\frac{\eta}{\eta-1}\delta_{Qit}+C_0\right]-\delta_{Qit}\\&=\left(1-\frac{1}{\eta}\right)C_0\\&=c_3\end{aligned} \tag{A3.33}$$

（A3.32）表明控制企业纵向需求因子，只需要控制常数c_3。值得注意的是，（A3.32）式需要的设定是：企业利润最大化、需求函数$Y\left(\frac{P_{it}}{e^{\delta_{Qit}}},\delta_{Hit}\right)$、生产函数形如$Y=F\left(K,L,M,\ldots\right)e^{\alpha\left(\delta_Q\right)}$。因此，本文使用$c_3$控制纵向需求因子：

$$\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\alpha\left(\delta_{Qit}\right)-\delta_{Qit}\equiv c_3$$

对于横向异质性δ_{Hit}。假设通过控制可观测变量z_{it}进行控制。即设控制纵向需求异质和需求移动因素z_{it}后，剩余需求异质可以忽略。本文借鉴 De Loecker（2011）使用理论上影响企业需求的需求移动因子（Demand shifters）z_{it}控制横向产品差异。具体地，本文考虑的需求移动因子包括企业的营销努力（$sale_{it}$）、市场地位（$entrant_{it}$）、以及影响需求的区位虚拟变量（包括东部地区$east$、中部地区$middle$、地级市及以上城区$core$和省会城市$ccity$）。即：

$$\begin{aligned}\delta_{Hit}&=\gamma z_{it}\\&=a_0+bsc\cdot sale_{it}+a_1east+a_2middle+a_3entrant_{it}+a_4core+a_5ccity\end{aligned} \tag{A3.34}$$

5、基本估计系统

1) 构造基本估计系统

一方面，将希克斯中性生产率演化过程（A3.23）式和需求异质性代入企业收入方程（A3.19）式。此时，企业收入方程变为：

$$r_{it}=\frac{1}{\eta}\varphi_t+\left(1-\frac{1}{\eta}\right)q_{it}+\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\gamma_t+\left(1-\frac{1}{\eta}\right)g\left(\omega_{Hit-1}\right)-c_3+\frac{\gamma}{\eta}z_{it}+\zeta_{it} \tag{A3.35}$$

其中，$q_{it}=\beta_0+\frac{1}{2}\frac{\beta_L^2}{\beta}+\beta_K k_{it}+\frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2+\left(\beta_L+\beta_M\right)m_{it}-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}S_{VLit}'^2$。

另一方面，将希克斯中性生产率演化过程（A3.23）式和需求异质性代入企业希克斯中性生产率方程（A3.22）式。由于 $M_{it}^S=\frac{M_{it}P_{Mit}}{P_{Mt}}=\frac{EM_{it}}{P_{Mt}}$，$EM$ 为材料支出，此时企业希克斯中性生产率方程变为：

$$\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\omega_{Hit}=\ln\left(1-\tau_{Mit}\right)+em_{it}-\ln\left(1-\tau_{it}\right)-\frac{1}{\eta}\varphi_t-\ln\left(1-\frac{1}{\eta}\right)$$
$$-\ln\left(\beta_M+\beta_L\right)-\ln\left(1-S'_{VLit}\right)-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)q_{it}+c_3-\frac{\gamma}{\eta}z_{it} \tag{A3.36}$$

其中，$q_{it}=\beta_0+\frac{1}{2}\frac{\beta_L^2}{\beta}+\beta_K k_{it}+\frac{1}{2}\beta_{KK}k_{it}^2+\left(\beta_L+\beta_M\right)m_{it}-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}S_{VLit}'^2$。

基本估计方程系统为（A3.35）式和滞后一期的（A3.36）式。

2) 定义估计参数

对于估计系统（A3.35）和滞后一期的（A3.36）式，定义：

$$\alpha_0\equiv\beta_0+\frac{1}{2}\frac{\beta_L^2}{\beta},\quad \alpha_K\equiv\beta_K,\quad \alpha_{KK}\equiv\frac{1}{2}\beta_{KK},\quad \alpha_M\equiv\beta_L+\beta_M,\quad \alpha_S\equiv-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}$$

那么有：

$$q_{it}=\alpha_0+\alpha_K k_{it}+\alpha_{KK}k_{it}^2+\alpha_M m_{it}+\alpha_S S_{VLit}'^2 \tag{A3.37}$$

将（A3.37）式代入（A3.35）式和滞后一期的（A3.36）式，用价格指数 p_t 测度 φ_t，得到：

$$\hat{\zeta}_{it}=r_{it}-\frac{1}{\eta}p_t-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\left(\alpha_0+\alpha_K k_{it}+\alpha_{KK}k_{it}^2+\alpha_M m_{it}+\alpha_S S_{VLit}'^2\right)$$
$$-\frac{1}{\eta}\left(a_0+bsc\cdot sale_{it}+a_1east+a_2middle+a_3entrant_{it}+a_4core+a_5ccity\right) \tag{A3.38}$$
$$-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\left(c_0+\gamma_1\cdot d2007+\gamma_2\cdot d2008+\cdots\right)-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)g(\hat{\omega}_{Hit-1})+c_3$$

$$\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\hat{\omega}_{Hit-1}=\ln\left(1-\tau_{Mit-1}\right)+em_{it-1}-\ln\left(1-\tau_{it-1}\right)-\frac{1}{\eta}p_{t-1}$$
$$-\ln\left(1-\frac{1}{\eta}\right)-\ln\left(\beta_M+\beta_L\right)-\ln\left(1-S'_{VLit-1}\right)$$
$$-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\left(\alpha_0+\alpha_K k_{it-1}^S+\alpha_{KK}k_{it-1}^{S2}+\alpha_M m_{it-1}^S+\alpha_S S_{VLit-1}^2\right)+c_3$$
$$-\frac{1}{\eta}\left(a_0+bsc\cdot sale_{it-1}+a_1east+a_2middle+a_3entrant_{it-1}+a_4core+a_5ccity\right)$$

（A3.29）

其中，用时间虚拟变量序列识别 γ_t。那么，收入方程（A3.38）式中的常数项为：

$$-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\alpha_0-\frac{1}{\eta}a_0-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)c_0-c_1-\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\ln\left(\beta_M+\beta_L\right)-\frac{1}{\eta}a_0+c_3$$
$$\equiv c_0$$

其中，c_1 为未知函数 $g(\hat{\omega}_{Hit-1},\Pr_{it|t-1})$ 中的常数项，$\ln\left(\beta_M+\beta_L\right)$ 为未知函数 $g(\hat{\omega}_{Hit-1})$ 中 $\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\hat{\omega}_{Hit-1}$ 项的常数项，c_3 为纵向产品差异参数。收入方程（A3.34）式变为：

$$\hat{\zeta}_{it} = r_{it} - \frac{1}{\eta} p_t - \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\left(\alpha_K k_{it} + \alpha_{KK} k_{it}^2 + \alpha_M m_{it} + \alpha_S S_{VLit}'^2\right)$$
$$- \frac{1}{\eta}\left(bsc \cdot sale_{it} + a_1 east + a_2 middle + a_3 entrant_{it} + a_4 core + a_5 ccity\right) \quad \text{（A3.40）}$$
$$- \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\left(\gamma_1 \cdot d2007 + \gamma_2 \cdot d2008 + \cdots\right) - \left(1 - \frac{1}{\eta}\right) g\left(\hat{\omega}_{Hit-1}, \mathrm{Pr}_{it|t-1}\right) - c_0$$

生产率滞后方程（A3.39）式中的常数项为$\alpha_0 + c_3 - \ln\left(\beta_M + \beta_L\right)$已经合并到剩余方程的常数项中，不应再考虑；$\frac{1}{\eta_{it-1}}$的系数$\alpha_0 - a_0 \equiv a_0$，滞后方程（A3.39）式变为：

$$\left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\hat{\omega}_{Hit-1} = \ln\left(1 - \tau_{Mit-1}\right) + em_{it-1} - \ln\left(1 - \tau_{it-1}\right) - \frac{1}{\eta} p_{t-1}$$
$$- \ln\left(1 - S_{VLit-1}'\right) - \left(1 - \frac{1}{\eta}\right)\left(\alpha_K k_{it-1} + \alpha_{KK} k_{it-1}^2 + \alpha_M m_{it-1} + \alpha_S S_{VLit-1}'^2\right) \quad \text{（A3.41）}$$
$$- \frac{1}{\eta}\left(bsc \cdot sale_{it-1} + a_1 east + a_2 middle + a_3 entrant_{it-1} + a_4 core + a_5 ccity\right)$$

基本估计方程系统转化为（A3.40）式和滞后一期的（A3.41）式。

（四）拟劳动-材料份额的识别

根据（A3.10）式中劳动的一阶条件，可得：

$$O_{it} = \frac{\eta - 1}{\eta} \frac{\beta_{Lit}}{S_{Lit}} \frac{1}{e^{\psi_{it}}} \quad \text{（A3.42）}$$

将（A3.17）式中劳动产出弹性$\beta_{Lit} = \left(\beta_M + \beta_L\right) S_{VLit}'$和拟劳动-材料份额$S_{VLit}'$的定义（A3.14）式，代入（A3.42）式：

$$\ln\left(\frac{\left(1 - \tau_{it}\right) R_{it}}{P_{Mt} M_{it}}\right) = \ln\frac{\eta}{\eta - 1} - \ln\left(\beta_M + \beta_L\right) - \ln\left(1 - S_{VLit}'\right) + \upsilon_{it} \quad \text{（A3.43）}$$

（A3.43）式即为本文的约束方程，它描述了拟劳动-材料份额S_{VLit}'与材料投入占销售收入份额$\frac{\left(1 - \tau_{it}\right) R_{it}}{P_{Mt} M_{it}}$之间的一般关系。具体地，假设在控制住影响拟劳动-材料份额S_{VLit}'的因素之后，可以摆脱（A3.43）中随机干扰υ_{it}。具体地，估计模型：

$$\ln\left(\frac{\left(1 - \tau_{it}\right) R_{it}}{P_{Mt} M_{it}}\right) = \alpha_0 + X_{it}\sigma + \upsilon_{it} \quad \text{（A3.44）}$$

使用控制变量X_{it}代表劳动供给端异质性以及需求价格弹性、可变投入产出弹性的综合影响，包括企业资本、劳动和材料投入的三阶多项式方程、企业营销努力（$sale_{it}$）、出口市场参与（$export_{it}$）、企业年龄（age_{it}）、东部地区虚拟变量（$east_{it}$）、中部地区虚拟变量（$middle_{it}$）、地级市及以上城区的虚拟变量（$core_{it}$）、省会城市虚拟变量（$ccity_{it}$）、企业市场地位（$entrant_{it}$）以及一整套年份和行业（四位数行业）虚拟变量。本文使用OLS估计（A3.44）式，得到材料投入占销售收入份额的预期值$\overline{\ln\left(\frac{\left(1 - \tau_{it}\right) R_{it}}{P_{Mt} M_{it}}\right)}$。清除随机扰动项$\upsilon_{it}$后，（A3.43）式可以改写为：

$$S_{VLit}' = 1 - \frac{\eta}{\eta - 1} \frac{1}{\beta_L + \beta_M} \frac{1}{e^{\hat{s}_{it}}} \quad \text{（A3.45）}$$

约束方程（A3.45）表明，企业异质的拟劳动-材料份额S_{VLit}'是企业材料投入占销售收入份额的预期值$\hat{s}_{it} = \overline{\ln\left(\frac{\left(1 - \tau_{it}\right) R_{it}}{P_{Mt} M_{it}}\right)}$、短期规模收益参数$\beta_L + \beta_M$以及需求价格弹性$\eta$的函数。本文将

（A3.47）式作为生产函数估计方程的约束，从而将生产函数、需求价格弹性和劳动供给端异质性整合在一个估计系统。

（五）广义矩估计

1、重新定义估计参数

综上所述，本文的基本估计系统包括：企业收入方程（A3.40）式、滞后一期的希克斯中性生产率方程（A3.41）式和约束方程（A3.45）式。然而在实际估计时，这一系统没有足够的信息把需求价格弹性参数 η 与其他参数分离识别。为此，本文重新定义估计参数：

$$\alpha_K \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\beta_K, \quad \alpha_{KK} \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\left(\frac{1}{2}\beta_{KK}\right), \quad \alpha_M \equiv \frac{\eta-1}{\eta}(\beta_L+\beta_M), \quad \alpha_S \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\left(-\frac{1}{2}\frac{(\beta_L+\beta_M)^2}{\beta}\right)$$

此外，需求移动因子参数前乘上 $\frac{1}{\eta}$，时间趋势参数都乘上 $\frac{\eta-1}{\eta}$，将 $-\frac{1}{\eta}p_t$ 合并到时间趋势参数。这样估计系统（A3.42）、（A3.43）和约束方程（A3.47）变为：

$$\begin{aligned}\hat{\zeta}_{it} = r_{it} &- \left(\alpha_K k_{it} + \alpha_{KK} k_{it}^2 + \alpha_M m_{it} + \alpha_S S_{VLit}'^2\right) \\ &- \left(bsc \cdot sale_{it} + a_1 east + a_2 middle + a_3 entrant_{it} + a_4 core + a_5 ccity\right) \\ &- c_0 - \left(\gamma_1 \cdot d2007 + \gamma_2 \cdot d2008 + \cdots\right) - h(\hat{\omega}_{Hit-1})\end{aligned} \tag{A3.46}$$

$$\begin{aligned}\hat{\omega}_{Hit-1} = &\ln\left(1-\tau_{Mit-1}\right) + em_{it-1} - \ln\left(1-\tau_{it-1}\right) - \ln\left(1-S_{VLit-1}'\right) \\ &- \left(\alpha_K k_{it-1} + \alpha_{KK} k_{it-1}^2 + \alpha_M m_{it-1} + \alpha_S S_{VLit-1}'^2\right) \\ &- \left(bsc \cdot sale_{it-1} + a_1 east + a_2 middle + a_3 entrant_{it-1} + a_4 core + a_5 ccity\right)\end{aligned} \tag{A3.47}$$

$$S_{VLit}' = 1 - \frac{1}{\alpha_M e^{\hat{\varepsilon}_{it}}} \tag{A3.48}$$

对于本文估计系统，基本待估参数共有 20 个，包括 4 个生产端参数、6 个横向产品差异参数、9 个时间趋势参数和常数项。其中，对于企业收入方程，c_0 合并了生产函数中的常数项、时间趋势中的基准值、纵向产品差异常数 c_3、横向产品差异 δ_{Hit} 中的常数项。

附表 1：待估参数说明

模型参数	参数描述	参数说明
Panel A. 生产端参数		
α_K	$\frac{\eta-1}{\eta}\beta_K$	包含生产函数参数 β_K 和需求价格弹性 η 。
α_{KK}	$\frac{\eta-1}{\eta}\left(\frac{1}{2}\beta_{KK}\right)$	包含生产函数参数 β_{KK} 和需求价格弹性 η 。
α_M	$\frac{\eta-1}{\eta}(\beta_L+\beta_M)$	包含生产函数参数 $(\beta_L+\beta_M)$ 和需求价格弹性 η 。
α_S	$\frac{\eta-1}{\eta}\left(-\frac{1}{2}\frac{(\beta_L+\beta_M)^2}{\beta}\right)$	包含生产函数参数 $(\beta_L+\beta_M)$、β 和需求价格弹性 η 。
Panel B. 横向产品差异参数		
bsc	营销努力	连续型变量，定义为营业费用（产品销售费用）除以销售收入（企业报告的销售收入加上增值税销项税额）。
a_1	东部地区	虚拟变量，企业位于东部地区时为 1。
a_2	中部地区	虚拟变量，企业位于中部地区时为 1。
a_3	市场地位	虚拟变量，企业年龄小于或等于 2 时为 1。
a_4	地级市及以上城区	虚拟变量，企业位于地级市及以上城市的城区为 1。
a_5	省会城市	虚拟变量，企业位于省会城市及直辖市为 1。
Panel C. 其他参数		
c_0	常数项	包含生产函数中的常数项、时间趋势中的基准值、纵向和横向产品差异中的常数项。
γ_t	时间趋势参数	年份虚拟变量。

2、广义矩估计

遵循生产函数估计文献的企业决策时序设定，（A3.46）式中扰动项ζ_{it}满足：

$$E\left[A(z_{it})\cdot\zeta_{it}\right]=E\left[A(z_{it})\cdot\left(\left(1-\frac{1}{\eta}\right)\xi_{it}+\psi_{it}\right)\right]=0$$

因此，估计参数θ的 GMM 问题为：

$$\min_{\theta}\left[\frac{1}{N}\Sigma_i\Sigma_{T_i}A(z_{it})\hat{\zeta}_{it}(\theta)\right]^T W_N\left[\frac{1}{N}\Sigma_i\Sigma_{T_i}A(z_{it})\hat{\zeta}_{it}(\theta)\right]$$

本文使用 Hansen（1982）的两步 GMM 估计方法进行参数识别。其中，W_N 为权重矩阵，T_i 为企业 i 的观测数，N 为总观测数。$A(z_{it})$ 为一系列外生的工具向量的多项式。借鉴以往文献的通常做法（Wooldridge，2009；Ackerberg et al.，2015），使用外生变量的多项式作为工具变量。具体而言，本文选取的工具变量集包括常数项，滞后一期的资本、劳动和材料的多项式集，滞后一期的拟劳动-材料份额、短期要素投入份额的多项式集，以及企业市场地位，省会城市、地区和年份虚拟变量等。由于本文考虑了一个不完全竞争产品市场与劳动力市场的环境，所以并未使用价格和工资作为工具变量，以防止潜在的内生性问题。为了得到合理的估计结果，本文借鉴 Doraszelski and Jaumandreu（2013，2018）的做法，根据参数估计值进行了甄别，对于不同行业选择一些最为重要的工具变量。此外，为了降低 GMM 估计问题的复杂性，本文使用 Doraszelski and Jaumandreu（2013）提出的“concentrating out”方法对估计系统降维，使用非线性参数的函数表示余下的线性参数。

参数估计完成之后，首先，根据（A3.48）式得到拟劳动-材料份额S'_{VLit}的估计：

$$S'_{VLit} = 1 - \frac{1}{\hat{\alpha}_M e^{\hat{\varepsilon}_{it}}}$$

其次，根据（A3.47）式得到希克斯中性生产率的估计：

$$\hat{\omega}_{Hit} = \ln\left(1-\tau_{Mit}\right) - \left(\alpha_K k_{it} + \alpha_{KK} k_{it}^2 + \alpha_M m_{it} + \alpha_S S_{VLit}'^2\right) + em_{it-1} - \ln\left(1-\tau_{it}\right)$$
$$-\left(bsc \cdot sale_{it} + a_1 east + a_2 middle + a_3 export + a_4 core + a_5 ccity\right) - \ln\left(1 - S'_{VLit}\right)$$

再次，根据（A3.15）式 $m_{it} - l_{it} = -\frac{\beta_L}{\beta} + \frac{\beta_M + \beta_L}{\beta} S'_{VLit} + \omega_{Lit}$，由于 $\frac{\beta_L + \beta_M}{\beta} = -\frac{2\alpha_S}{\alpha_M}$，除去均值后得到劳动增强生产率的估计：

$$\hat{\omega}_{Lit} = m_{it} - l_{it} + \frac{2\hat{\alpha}_S}{\hat{\alpha}_M} S'_{VLit}$$

最后，根据（A3.18）式得到劳动折价率的估计：

$$\hat{O}_{it} = \frac{P_{Mt} M_{it}}{W_{it} L_{it}} \frac{S'_{VLit}}{1 - S'_{VLit}}$$

附录 4：参数估计结果

附表 2：关键参数估计结果

行业简称	生产端参数				横向产品差异参数					
	α_K	α_{KK}	α_M	α_S	bsc	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
食品饮料	0.0206	0.0039	0.9072	0.6569	0.0599	-0.0219	-0.0276	-0.0032	0.0026	0.0114
纺织服装	0.0272	0.0024	0.9630	1.4531	-0.0002	-0.0001	-0.0146	-0.0080	0.0085	-0.0008
木材家具	0.0297	0.0046	0.9563	1.2057	-0.0049	-0.0712	-0.0598	0.0069	-0.0232	-0.9857
造纸印刷	0.0139	0.0055	0.9659	0.1290	0.0109	-0.0328	-0.0141	-0.2501	-0.0139	0.0048
化学医药	0.0828	0.0001	0.8664	0.7203	0.0721	-0.0417	-0.0035	-0.0167	-0.0256	-0.0316
非金属	0.0383	0.0027	0.8929	1.0270	0.0657	-0.0117	-0.0134	-0.2355	-0.0051	0.0083
金属制造	0.0529	0.0033	0.9040	-0.1631	0.0184	0.2964	0.0896	-0.0176	0.2938	-0.1967
机械设备	0.0377	0.0009	0.9294	1.2436	0.0293	-0.0072	0.0008	-0.0719	0.0026	0.0083
运输设备	0.0102	0.0037	0.9238	1.3773	0.0466	0.0010	-0.0162	-0.0104	0.0078	0.0094
电气电子	0.0134	0.0013	0.8680	-0.0549	0.1024	-0.0211	0.0126	-0.2093	-0.0038	0.0164

上表报告了主要参数的估计结果。其中，生产端参数是本文最为关心的参数。根据定义：

$$\alpha_K \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\beta_K, \quad \alpha_{KK} \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\left(\frac{1}{2}\beta_{KK}\right), \quad \alpha_M \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\left(\beta_L + \beta_M\right), \quad \alpha_S \equiv \frac{\eta-1}{\eta}\left(-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}\right)$$

因此，虽然 α_K、α_{KK}、α_S 均没有直观的经济学含义，但 α_M 代表了企业的短期收入规模报酬。表 2 显示，α_M 处于 0.9 左右，各行业短期规模参数均值为 0.92。这与既有文献的估计结果十分接近。除此之外，就根据参数估计结果得到的要素收入弹性而言，材料收入弹性均值为 0.72，劳动和资本的平均收入弹性分别为 0.20 和 0.09。上述估计结果与既有文献结果较为接近，均处于合理区间范围。

附录 5：要素收入弹性识别思路

根据附录（A3.17）式，企业的劳动、材料产出弹性和短期规模报酬参数分别为：

$$\begin{aligned}\beta_{Lit}&=\left(\beta_M+\beta_L\right)S'_{VLit}\\ \beta_{Mit}&=\left(\beta_M+\beta_L\right)\left(1-S'_{VLit}\right)\end{aligned}\tag{A4.1}$$

$$\beta_{Lit}+\beta_{Mit}=\beta_M+\beta_L\tag{A4.2}$$

对于本文生产函数（3.1）式，资本产出弹性为：

$$\beta_{Kit}=\beta_K+\beta_{KK}k_{it}\tag{A4.3}$$

然而，由于对于估计系统中的企业收入方程（3.24）式，本文无法分开识别生产函数参数（β_K、β_{KK}、$\beta_L+\beta_M$、$-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}$）和需求价格弹性$\eta$，而只能识别以下参数：

$$\alpha_K\equiv\frac{\eta-1}{\eta}\beta_K;\alpha_{KK}\equiv\frac{\eta-1}{\eta}\left(\frac{1}{2}\beta_{KK}\right);\alpha_M\equiv\frac{\eta-1}{\eta}(\beta_L+\beta_M);\alpha_S\equiv\frac{\eta-1}{\eta}\left(-\frac{1}{2}\frac{\left(\beta_L+\beta_M\right)^2}{\beta}\right)\tag{A4.4}$$

因此，本文无法根据（A4.1）式、（A4.2）式和（A4.3）式得到企业劳动、材料、资本产出弹性和短期规模报酬的估计。不过，能够根据（A4.4）式的参数估计结果和企业投入产出信息，进而得到企业劳动、材料、资本收入弹性和短期收入规模报酬的估计。下面，本文给出证明。

命题：给定α_K、α_{KK}、α_M、α_S的参数估计和企业投入产出信息，能够得到企业劳动收入弹性、材料收入弹性和短期收入规模报酬的估计。

证明：

（1）对于劳动收入弹性：

$$\begin{aligned}\beta_{RLit}&=\frac{\partial R_{it}}{\partial L_{it}}\frac{L_{it}}{R_{it}}=\frac{\partial\left(P_{it}Q_{it}\right)}{\partial L_{it}}\frac{L_{it}}{P_{it}Q_{it}}\\ &=\left[Q_{it}\frac{\partial P_{it}}{\partial Q_{it}}\frac{\partial Q_{it}}{\partial L_{it}}+P_{it}\frac{\partial Q_{it}}{\partial L_{it}}\right]\frac{L_{it}}{P_{it}Q_{it}}\\ &=\left[\frac{Q_{it}}{P_{it}}\frac{\partial P_{it}}{\partial Q_{it}}+1\right]\frac{L_{it}}{Q_{it}}\frac{\partial Q_{it}}{\partial L_{it}}=\frac{\beta_{Lit}}{\mu_{it}}\\ &=\frac{\left(\beta_M+\beta_L\right)S'_{VLit}}{\mu_{it}}\\ &=\alpha_M S'_{VLit}\end{aligned}$$

这意味着只要给定α_M和S'_{VLit}的估计，即可得到劳动收入弹性。根据（3.26）式，S'_{VLit}取决于参数α_M和（3.22）式中$\hat{s}_{it}$的估计值。

（2）对于材料收入弹性：

$$\begin{aligned}\beta_{RMit}&=\frac{\partial R_{it}}{\partial M_{it}}\frac{M_{it}}{R_{it}}=\frac{\partial\left(P_{it}Q_{it}\right)}{\partial M_{it}}\frac{M_{it}}{P_{it}Q_{it}}\\&=\left[Q_{it}\frac{\partial P_{it}}{\partial Q_{it}}\frac{\partial Q_{it}}{\partial M_{it}}+P_{it}\frac{\partial Q_{it}}{\partial M_{it}}\right]\frac{M_{it}}{P_{it}Q_{it}}\\&=\left[\frac{Q_{it}}{P_{it}}\frac{\partial P_{it}}{\partial Q_{it}}+1\right]\frac{M_{it}}{Q_{it}}\frac{\partial Q_{it}}{\partial M_{it}}=\frac{\beta_{Mit}}{\mu_{it}}\\&=\frac{\left(\beta_M+\beta_L\right)\left(1-S'_{VLit}\right)}{\mu_{it}}\\&=\alpha_M\left(1-S'_{VLit}\right)\end{aligned}$$

这意味着只要给定 α_M 和 S'_{VLit} 的估计，即可得到材料收入弹性。根据（3.26）式，S'_{VLit} 取决于参数 α_M 和（3.22）式中 $\hat{s}_{it}$ 的估计值。

（3）对于资本收入弹性：

$$\begin{aligned}\beta_{RKit}&=\frac{\partial R_{it}}{\partial K_{it}}\frac{K_{it}}{R_{it}}=\frac{\partial\left(P_{it}Q_{it}\right)}{\partial K_{it}}\frac{K_{it}}{P_{it}Q_{it}}\\&=\left[Q_{it}\frac{\partial P_{it}}{\partial Q_{it}}\frac{\partial Q_{it}}{\partial K_{it}}+P_{it}\frac{\partial Q_{it}}{\partial K_{it}}\right]\frac{K_{it}}{P_{it}Q_{it}}\\&=\left[\frac{Q_{it}}{P_{it}}\frac{\partial P_{it}}{\partial Q_{it}}+1\right]\frac{K_{it}}{Q_{it}}\frac{\partial Q_{it}}{\partial K_{it}}=\frac{\beta_{Kit}}{\mu_{it}}\\&=\frac{\beta_K+\beta_{KK}k_{it}}{\mu_{it}}\\&=\alpha_K+2\alpha_{KK}k_{it}\end{aligned}$$

这意味着只要给定 α_K 和 α_K 的估计，以及资本投入 k_{it}，即可得到资本收入弹性。

（4）对于短期收入规模报酬：

$$\begin{aligned}\beta_{RLit}+\beta_{RMit}&=\alpha_M S'_{VLit}+\alpha_M\left(1-S'_{VLit}\right)\\&=\alpha_M\end{aligned}$$

这意味着参数 α_M 即为企业的短期收入规模报酬。

证毕。

综上所述，给定 α_K、α_{KK}、α_M、α_S 的参数估计和企业投入产出信息，能够得到企业劳动收入弹性、材料收入弹性和短期收入规模报酬的估计。

附录 6：劳动调整成本处理思路

本文借鉴 Yeh et al.（2022）的处理思路。假设当劳动存在调整成本时，企业 i 在 t 期的动态利润最大化问题为：

$$v\left(L_{it-1};\mathbf{z}_{it}\right)=\underset{L_{it}}{Max}\,R(L_{it};\mathbf{z}_{it})-W(L_{it})\cdot L_{it}-W(L_{it})\cdot\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)+\beta\cdot\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[v\left(L_{it};\mathbf{z}_{it+1}\right)\middle|\ \mathbf{z}_{it}\right]\qquad\text{(A5.1)}$$

其中，$\mathbf{z}_{it}$ 为企业 i 在 t 期的状态变量集；$\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)$ 表示企业劳动投入发生变化时存在的劳动调整成本；$\beta\in[0,1]$ 为折现因子。假设调整成本函数是一次齐次且连续可微的。根据包络定理，可以得到由一阶条件决定的企业最优选择：

$$\frac{\partial R_{it}}{\partial L_{it}}=\frac{\partial W(L_{it})}{\partial L_{it}}L_{it}+W(L_{it})+W(L_{it})\cdot\Phi_1\left(L_{it},L_{it-1}\right)$$
$$+\frac{\partial W(L_{it})}{\partial L_{it}}\cdot\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)+\beta\cdot\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[\Phi_2\left(L_{it+1},L_{it}\right)W\left(L_{it+1}\right)\mid\mathbf{z}_{it}\right]\tag{A5.2}$$

其中，$\Phi_1\left(L_{it},L_{it-1}\right)$为$\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)$关于第一个向量的导数，$\Phi_2\left(L_{it+1},L_{it}\right)$为$\Phi\left(L_{it+1},L_{it}\right)$对关于第二个向量的导数。即有：

$$\begin{aligned}\frac{MRPL(L_{it})}{W(L_{it})}&=\frac{\partial W(L_{it})}{\partial L_{it}}\frac{L_{it}}{W(L_{it})}+1+\Phi_1\left(L_{it},L_{it-1}\right)+\frac{\partial W(L_{it})}{\partial L_{it}}\frac{1}{W(L_{it})}\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)\\&\quad+\beta\cdot\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[\Phi_2\left(L_{it+1},L_{it}\right)\frac{W\left(L_{it+1}\right)}{W(L_{it})}\mid\mathbf{z}_{it}\right]\\&=\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1+\Phi_1\left(L_{it},L_{it-1}\right)+\frac{\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)}{L_{it}}\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}\\&\quad+\beta\cdot\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[\Phi_2\left(L_{it+1},L_{it}\right)\frac{W\left(L_{it+1}\right)}{W(L_{it})}\mid\mathbf{z}_{it}\right]\\&=\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1+\mathrm{A}\left(L_{it},L_{it-1}\right)\end{aligned}\tag{A5.3}$$

其中，ε_{it}^{s}为企业面临的劳动供给弹性；$\mathrm{A}\left(L_{it},L_{it-1}\right)$反映了企业预期的相较于其工资水平的劳动调整成本。

借鉴 Hall（2004）和 Cooper et al.（2007）做法，设定劳动调整成本具有如下参数形式：$\Phi\left(L_{it},L_{it-1}\right)=\frac{\gamma}{2}L_{it}\left(\frac{L_{it}-L_{it-1}}{L_{it-1}}\right)^2$，那么有：

$$\begin{aligned}\Phi_1\left(L_{it},L_{it-1}\right)&=\frac{\gamma}{2}\left(\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)^2+L_{it}\cdot2\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)\frac{1}{L_{it-1}}\right)\\&=\frac{\gamma}{2}\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)^2+\gamma\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)\frac{L_{it}}{L_{it-1}}\\\Phi_2\left(L_{it},L_{it-1}\right)&=\frac{\gamma}{2}L_{it}\cdot2\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)\cdot\left(-\frac{L_{it}}{L_{it-1}^2}\right)\\&=\gamma L_{it}\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)\left(-\frac{L_{it}}{L_{it-1}^2}\right)\end{aligned}\tag{A5.4}$$

将（A5.4）式代入（A5.3）式，可得：

$$\frac{MRPL(L_{it})}{W(L_{it})}=\left(\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1\right)\left(1+\frac{\gamma}{2}\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)^2\right)+\gamma\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-1\right)\frac{L_{it}}{L_{it-1}}-\beta\gamma\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[\frac{L_{it+1}}{L_{it}}\left(\frac{L_{it+1}}{L_{it}}-1\right)\frac{L_{it+1}W\left(L_{it+1}\right)}{L_{it}W(L_{it})}\mid\mathbf{z}_{it}\right]$$

定义当期劳动增长率$g_{it}=\frac{L_{it}-L_{it-1}}{L_{it-1}}$，下期劳动增长率$g_{it+1}=\frac{L_{it+1}-L_{it}}{L_{it}}$，下一期工资增长率$g_{it+1}^{wage}=\frac{W\left(L_{it+1}\right)L_{it+1}-W(L_{it})L_{it}}{W(L_{it})L_{it}}$，则有：

$$\frac{MRPL(L_{it})}{W(L_{it})}=\left(\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1\right)\left(1+\frac{\gamma}{2}g_{it}^2\right)+\gamma g_{it}\left(1+g_{it}\right)-\beta\gamma\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[g_{it+1}\left(1+g_{it+1}\right)\left(1+g_{it+1}^{wage}\right)\mid\mathbf{z}_{it}\right]\tag{A5.5}$$

如果本文的基准估计值中还包括着劳动调整成本。那么，本文可以根据（A5.5）式得到劳动力市场垄断势力的无偏估计（即$\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1$）：

$$\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1=\frac{\frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)}-\gamma\left[g_{it}\left(1+g_{it}\right)-\beta\mathrm{E}_{\mathbf{z}_{it+1}}\left[g_{it+1}\left(1+g_{it+1}\right)\left(1+g_{it+1}^{wage}\right)\mid\mathbf{z}_{it}\right]\right]}{1+\frac{\gamma}{2}g_{it}^{2}} \tag{A5.6}$$

进一步，对于（A5.6）式，用实际值代替预期值，移项可得企业劳动折价率O_{it}的显示表达式：

$$\begin{aligned}O_{it}&\equiv\frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}}+1\\&=\frac{\frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)}-\gamma\left[g_{it}\left(1+g_{it}\right)-\beta g_{it+1}\left(1+g_{it+1}\right)\left(1+g_{it+1}^{wage}\right)\right]}{1+\frac{\gamma}{2}g_{it}^{2}}\end{aligned} \tag{A5.7}$$

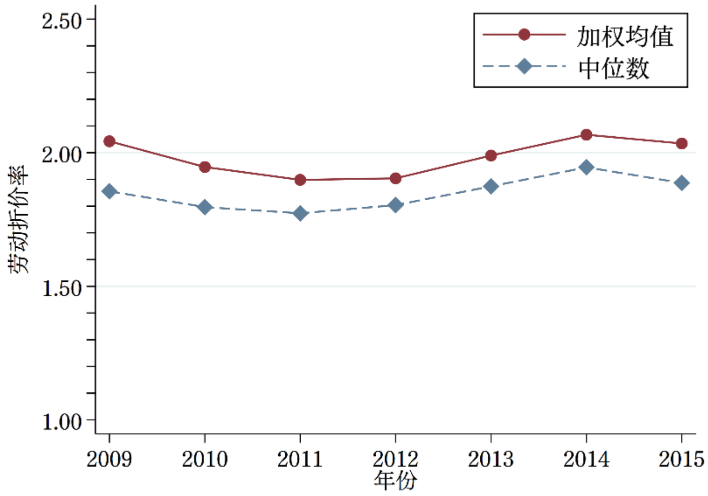
上述论证表明，在劳动调整存在成本的情况下，企业劳动边际收入和员工工资之间的楔子$\frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)}$，不再仅仅反映了企业在劳动力市场的垄断势力，还可能反映了劳动调整成本。不过，如果本文假定参数化的劳动调整成本形式、了解企业的劳动雇佣和工资数据以及给定参数β和γ的取值，那么便可以根据（A5.7）式剔除劳动调整成本的影响，修正劳动力市场垄断势力的估计。

附表 3：劳动折价率估计结果（考虑劳动调整成本）

行业简称	基准结果		考虑劳动调整成本	
	加权均值	中位数	加权均值	中位数
	（1）	（2）	（3）	（4）
食品饮料	2.654	2.253	2.677	2.324
纺织服装	1.721	1.723	1.725	1.735
木材家具	1.930	1.828	1.956	1.859
造纸印刷	2.585	2.342	2.607	2.415
化学医药	2.094	1.700	2.147	1.788
非金属	2.112	2.018	2.126	2.068
金属制造	1.673	1.598	1.683	1.642
机械设备	2.256	2.069	2.298	2.156
运输设备	2.225	2.012	2.235	2.073
电气电子	1.496	1.530	1.497	1.553
行业均值	2.075	1.907	2.095	1.961

注：劳动折价率估计结果在各“年份-行业”的 1 分位和 99 分位进行缩尾。计算各行业劳动折价率加权均值时，首先使用企业当期劳动人数作为权重计算“行业-年份”层面加权均值，然后分行业对年份取简单平均。

具体地，可以看到当设定$\gamma=0$时，此时为不存在劳动调整成本的基准情形。在实证分析中，本文借鉴 Yeh et al.（2022）做法设定$\beta=1$，设定γ等于 Hall（2004）估计的最大值，即$\gamma=0.185$，然后重新估计了企业的劳动折价率。可以看到，修正后的劳动折价率并没有发生明显改变。相较基准结果，不同行业劳动折价率加权均值变动幅度在 0.07%-2.53%之间，劳动折价率中位数变动幅度在 0.69%-5.28%之间。



附图2：劳动折价率演变趋势（考虑劳动调整成本）

进一步，附图 2 绘制了考虑劳动调整成本后制造业劳动折价率的演变趋势。需要说明的是，由于计算劳动调整成本需要用到滞后一期与提前一期的企业就业、工资变量，因此无法计算最初年份（2008年）和最后年份（2016年）的劳动折价率结果。加权过程和正文第六部分相同。可以看到，与基准结果相似，样本期内制造业总体劳动折价率同样基本保持稳定。上述结果共同表明，是否考虑劳动调整成本对本文基本估计结果不会产生较大干扰。

附录7：变量定义

销售收入（R_{it}）。根据增值税的会计处理，数据中企业报告的销售收入（主营业务收入）中不包含增值税销项税额，但包含营业税金及附加（包括消费税、营业税、城市维护建设税、资源税和教育费附加等）。增值税进项税也没有进入材料成本。注意到需求函数中价格是消费者面临的价格，即包括增值税的价格，从而销售收入也应该包括消费者承担的增值税销项税额。因此，本文定义企业销售收入 Rit 为企业报告的销售收入加上增值税销项税额。

资本支出（K_{it}）。定义为标准质量资本。企业报告的固定资产原价合计是每一年名义投资的累加，一方面缺少反映投资价格逐年变化的信息，另一方面没有考虑折旧。本文借鉴 Brandt et al.（2012）的思路，采用永续盘存法估计企业实际资本存量。具体地，本文根据企业成立的时间不同分两种情况对资本和投资进行平滑，以得到企业实际资本存量。2008年之前成立的企业，假设名义资产以稳定速度增长，计算出名义资本增长率。结合2008年（或之后任意一年）的名义资本存量反推出企业建立时的名义资本存量，通过固定资产投资价格指数，可以得到企业建立年的实际资本。最后利用永续盘存法，逐年计算企业的实际投资和资本存量。名义投资额在2008年之前根据名义资本增长率计算，2008年之后由两年固定资产原价合计的差额进行计算。如果存在数据缺失情况，则用2008年之前数据的估算方法得到名义投资。这个过程中假设企业的折旧率为9%。2008年（含2008年）之后成立的企业，建立年的固定资产原价合计即为企业建立年的名义资本存量，根据固定资产投资价格指数将其转化为实际资本之后，同样利用永续盘存法得到每年的实际资本存量。其中每年新增投资由两年的固定资产原价合计的差值得到，如果有数据缺失情况，计算平均增长率进行进一步估算。投资价格平减指数使用《中国统计年鉴》的全国固定资产投资

价格指数。

材料支出（$P_{Mt}M_{it}$）。与本文模型相关的材料支出强调企业生产阶段的可变投入，即生产过程的中间投入（直接材料+生产耗用的间接材料）。本文采用统一的方法重新估计样本期内的材料。具体地，按照会计处理规则，产品销售成本项目核算的是企业当年产品销售收入对应的直接材料、直接人工和制造费用。因此，材料支出等于产品销售成本扣除不属于材料投入的部分，即制造费用中包含的劳动者报酬（工资、福利费等）和折旧费。

标准质量材料价格（P_{Mt}）。借鉴 Brandt et al.（2012）做法，将其他行业的产出视为本行业的投入，用各行业产出价格指数与投入产出表相乘，计算各行业投入价格的平滑指数。

工资支出（W_tL_{it}）。包括工资总额、职工福利费、劳动保险费、待业保险费、养老保险和医疗保险费、住房公积金和住房补贴。

标准质量工资率（W_t）。行业总工资除以行业全部从业人数（平均数）。

产出税率（τ_{it}）**和材料税率**（τ_{Mit}）：根据增值税的会计处理，数据中企业报告的销售收入（主营业务收入）中不包含增值税销项税额，但包含营业税金及附加（包括消费税、营业税、城市维护建设税、资源税和教育费附加等）。增值税进项税也没有进入材料成本。注意到需求函数中价格是消费者面临的价格，即包括增值税的价格，从而销售收入也应该包括消费者承担的增值税销项税额。因此，本文定义企业销售收入 Rit 为企业报告的销售收入加上增值税销项税额。又由于增值税通过产品销售和材料成本两个渠道影响企业的短期利润，本文定义：

$$\tau_{it} \equiv \frac{\text{销项税额}}{\text{企业报告的销售收入+ 销项税额}}; \quad \tau_{Mit} \equiv \frac{\text{进项税额}}{\text{材料成本+ 进项税额}}$$

附录 8：样本清理

在使用全国税收调查数据估计微观生产函数之前，本文分以下两个步骤清理数据：

第一步：

-将如下变量的缺失值和负值调整为 0：产品销售费用、产品销售税金及附加、管理费用中列支的税金、劳动保险费、待业保险费、养老保险和医疗保险费、住房公积金和住房补贴；

-将如下情形设为缺失值：实际资本存量$K_{it} \le 0$、全部从业人数$L_{it} \le 0$、材料支出$P_{Mt}M_{it} \le 0$、工资福利总额$W_{it}L_{it} \le 0$、企业报告的销售收入（主营业务收入）小于等于 0、企业报告的销售收入（主营业务收入）小于等于产品销售税金及附加；

-删除当期进项税或销项税为小于或等于 0 的样本；

-删除进项税率大于 1（原材料小于进项税）的样本；

-删除当期进项税大于当期销项税的样本；

-最后，删除进项税率和销项税率的两端各 1%的野值。

第二步：

首先，在如下情形将关键变量（实际资本）设为缺失值：

-全部从业人数（年平均）小于 8 人；

-实际资本$K_{it} \le 30000$、材料支出$P_{Mt}M_{it} \le 30000$、企业报告的销售收入（主营业务收入）小于 3 万元；

-企业报告的销售收入（主营业务收入）小于出口交货值；企业报告的销售收入（主营业务收

入）小于工资福利总额；企业报告的销售收入（主营业务收入）小于材料支出；实收资本小于国家资本金、集体资本金与外商资本金之和；企业报告的销售收入（主营业务收入）小于或等于产品销售费用；开业时间早于1950年；注册登记类型为国有企业（110）、集体企业（120）、国有联营企业（141）、集体联营企业（142）、国有与集体联营企业（143）、国有独资公司（151）。

-产销率最低和最高的1%。

然后，删除任何一个变量为缺失值的观测，选择2008-2016年间最长的连续序列（大于或等于2期）企业（时期）样本。

附录9：行业分类

附表4：行业分类

代码	行业简称	包括的二位数行业
1	食品饮料	13 农副食品加工业；14 食品制造业；15 酒、饮料和精制茶制造业；16 烟草制品业
2	纺织服装	17 纺织业；18 纺织服装、服饰业；19 皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业
3	木材家具	20 木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业；21 家具制造业
4	造纸印刷	22 造纸及纸制品业；23 印刷业和记录媒介的复制
5	化学医药	26 化学原料及化学制品制造业；27 医药制造业；28 化学纤维制造业；29 橡胶和塑料制品业
6	非金属	30 非金属矿物制品业
7	金属制造	31 黑色金属冶炼及压延加工业；32 有色金属冶炼及压延加工业；33 金属制品业
8	机械设备	34 通用设备制造业；35 专用设备制造业
9	运输设备	36 汽车制造业；37 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
10	电气电子	38 电气机械和器材制造业；39 计算机、通信和其他电子设备制造业；40 仪器仪表制造业

附录10：行业权重

本部分说明如果直接使用全国税收调查数据中的企业指标作为权重加总，会造成总体劳动折价率计算偏误的原因。附表5报告了2008年和2013年全国税收调查数据各行业主营业务收入占宏观指标比重，计算方式为：

$$s_{it}=\frac{\sum_{i=1}^{N}R_{it}}{\widetilde{R_{it}}}$$

其中，分子$\sum_{i=1}^{N}R_{it}$表示全国税收调查数据中某行业t年所有企业的主营业务收入之和，分母$\widetilde{R_{it}}$为《中国工业统计年鉴》中报告的对应行业主营业务收入。可以看到，全国税收调查数据中各行业的样本企业在不同年份分布不均。因此，如果直接使用全国税收调查数据中的企业指标作为权重计算总体劳动折价率，会从两方面造成加总偏误。一方面，是同一年份不同行业间微观数据占比的不一致问题。例如，2008年木材家具业占宏观指标比重为13.69%，运输设备业比重为34.17%。如果直接基于企业权重加总，会导致运输设备业权重过高，木材家具业权重过低。另一方面，是同一行业不同年份间微观数据占比的不一致问题。例如，金属行业2008年占宏观指标比

重为 32.60%，2013 年仅为 26.43%。直接加总会导致金属行业 2008 年权重过高，2013 年权重过低。

附表 5：全国税收调查数据中各行业主营业务收入占行业宏观指标比重

年份	食品饮料	纺织服装	木材家具	造纸印刷	化学医药	非金属	金属	设备制造	运输设备	电气电子
2008	20.98%	17.84%	13.69%	25.45%	29.36%	19.97%	32.60%	23.67%	34.17%	29.89%
2013	17.53%	15.05%	8.32%	19.79%	23.33%	16.13%	26.43%	19.82%	30.18%	23.44%

因此，本文按照“企业-行业-总体”顺序分两步进行加总：第一步，从企业加总至行业。对于企业生产率，使用企业员工人数作为权重计算“行业-年份”层面劳动折价率的加权均值。第二步，从行业加总至总体。对于“行业-年份”层面的劳动折价率，本文使用宏观用工人数数据作为权重进行加权。具体地，附表 6 报告了从《中国工业统计年鉴》得到的 2008-2016 年各行业的用工人数占制造业总体用工人数的比重，本文使用其作为权重将行业的劳动折价率加总到制造业总体层面，这一做法能够有效规避抽样调查数据不同年份行业权重分布不均的问题。

附表 6：行业就业权重

年份	食品饮料	纺织服装	木材家具	造纸印刷	化学医药	非金属	金属制造	设备制造	运输设备	电气电子
2008	8.19%	18.82%	3.20%	3.18%	13.30%	6.78%	11.23%	10.90%	6.43%	17.97%
2009	8.69%	17.98%	3.11%	3.19%	13.59%	6.91%	11.14%	10.81%	6.77%	17.81%
2010	8.58%	17.10%	3.17%	3.03%	13.44%	6.79%	11.00%	10.90%	7.16%	18.73%
2011	9.01%	15.97%	3.05%	2.82%	13.33%	6.71%	10.95%	10.61%	7.52%	20.03%
2012	9.35%	15.52%	3.07%	2.83%	13.28%	6.81%	11.51%	10.34%	7.49%	19.80%
2013	9.69%	15.07%	3.09%	2.83%	13.22%	6.92%	12.08%	10.08%	7.46%	19.57%
2014	9.82%	14.87%	3.11%	2.77%	13.14%	7.05%	11.76%	9.99%	7.94%	19.55%
2015	9.93%	14.54%	3.14%	2.81%	13.35%	7.10%	11.42%	9.94%	7.98%	19.80%
2016	10.06%	14.13%	3.24%	2.80%	13.59%	7.15%	10.97%	9.80%	8.24%	20.02%

注：数据来源于 2008-2016 年《中国工业统计年鉴》。

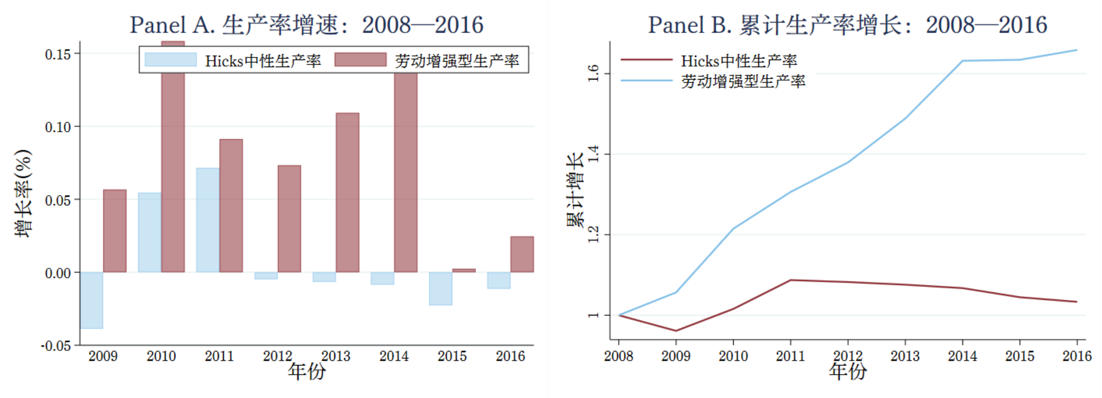
附录 11：生产率估计结果

附表 7：生产率估计结果

行业简称	希克斯中性生产率		劳动增强型生产率	
	年均增速	IQR	年均增速	IQR
	（1）	（2）	（5）	（6）
食品饮料	0.0349	0.2416	0.0579	1.1777
纺织服装	0.0183	0.1055	0.0829	0.6584
木材家具	0.0093	0.1452	0.0895	0.8932
造纸印刷	0.0070	0.2338	0.0822	1.0674
化学医药	-0.0005	0.2767	0.0831	0.9799
非金属	-0.0076	0.2976	0.1113	1.0501
金属制造	-0.0097	0.3038	0.0863	1.1760
机械设备	-0.0064	0.1251	0.1067	0.8051
运输设备	0.0029	0.1337	0.1037	0.8260
电气电子	0.0021	0.3514	0.0615	1.1362
行业均值	0.0050	0.2214	0.0865	0.9770

附表 7 分行业报告了企业生产率的估计结果。总体来看，在金融危机后的这段时期，希克斯中性生产率增速普遍较低，年均增速的行业均值只有 0.5%，甚至在一些行业出现负增长。不同的是，劳动增强型生产率增速较快，不同行业的年均增速在 5%-12%之间，行业均值达为 9%。

进一步，本文按照正文第六部分的“企业-行业-总体”顺序，对企业生产率分两步进行加总：第一步，从企业加总至行业。对于企业生产率，使用企业当期销售收入作为权重计算“行业-年份”层面加权平均生产率。第二步，从行业加总至总体。对于“行业-年份”层面平均生产率，本文直接根据宏观数据确定不同行业权重。具体地，本文从《中国工业统计年鉴》得到样本期内各行业的工业产值占制造业总体的工业产值比重，将其作为权重加总到总体层面。附图 4 中报告了测算结果。可以看到，除 2010 和 2011 年外，其他年份制造业全要素生产率发生明显下滑，而劳动增强型生产率却在所有年份中迅速增长。这不仅与基于宏观数据的生产率测算结果非常接近，有利于对金融危机之后时期中国生产率增速放缓这一论断达成共识，而且表明在生产函数估计中忽视非中性技术进步的做法，可能导致严重的模型误设（model misspecification）问题。



附图 3：生产率估计结果

附录12：Yeh et al.（2022）估计方法

（一）识别思路

以如下企业生产决策模型为例。假设企业生产要素分为两类：一类是短期内不能调整的动态要素，如资本K；另一类是短期可以调整的静态要素，如劳动L和材料M。企业i在t时期面临的成本最小化问题为：

$$
\begin{aligned}
& Min \;\; C_{it} = P_{Mt} M_{it} + W\left(L_{it}\right) L_{it} \\
& s.t. \;\;\; F\left(\beta; K_{it}, M_{it}, L_{it}; \exp(\omega_{it}^{H})\right) \geq Q_{it}^{*}
\end{aligned}
$$

其中，$F(\cdot)$是企业非参数形式生产函数，P_{Mt}和$W\left(L_{it}\right)$分别为材料价格和劳动价格。假设静态要素不存在调整成本，企业面临完全竞争的材料市场，但面临不完全竞争的劳动力市场。

拉格朗日方程为：

$$
\Psi = P_{Mt} M_{it} + W\left(L_{it}\right) L_{it} + \lambda \left[Q_{it}^{*} - F\left(\beta; K_{it}, M_{it}, L_{it}; \exp(\omega_{it}^{H})\right) \right]
$$

静态要素的一阶最优化条件为：

$$
\begin{aligned}
& [M] \quad P_{Mt} = \lambda \frac{\partial F(\cdot)}{\partial M_{it}} \\
& [L] \quad P_{Mt} M_{it} + W\left(L_{it}\right) L_{it} = \lambda \frac{\partial F(\cdot)}{\partial L_{it}}
\end{aligned} \tag{A12.1}
$$

定义企业加成率等于产出价格P_{it}和边际成本λ_{it}的比值，即$\mu_{it} = \dfrac{P_{it}}{\lambda_{it}}$。重新整理上式得到：

$$
\begin{aligned}
& [M] \quad \mu_{it} = \frac{\theta_{it}^{M}}{\alpha_{it}^{M}} \\
& [L] \quad \left[1 + \frac{W'\left(L_{it}\right) L_{it}}{W(L_{it})} \right] \mu_{it} = \frac{\theta_{it}^{L}}{\alpha_{it}^{L}}
\end{aligned} \tag{A12.2}
$$

其中，$\theta_{it}^{M} = \dfrac{\partial F\left(\cdot\right)}{\partial M_{it}} \dfrac{M_{it}}{Q_{it}}$ 和 $\theta_{it}^{L} = \dfrac{\partial F\left(\cdot\right)}{\partial L_{it}} \dfrac{L_{it}}{Q_{it}}$ 分别为材料产出弹性和劳动产出弹性。$\alpha_{it}^{M} = \dfrac{P_{it}^{M} M_{it}}{P_{it} Q_{it}}$和$\alpha_{it}^{L} = \dfrac{W\left(L_{it}\right) L_{it}}{P_{it} Q_{it}}$分别为材料收入份额和劳动收入份额。

由于根据企业利润最大化问题，企业的劳动折价率O_{it}与企业面临的劳动供给弹性ε_{it}^{s}具有如下关系：

$$
O_{it} \equiv \frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)} = 1 + \frac{1}{\varepsilon_{it}^{S}} = 1 + \frac{W'\left(L_{it}\right) L_{it}}{W(L_{it})} \tag{A12.3}
$$

综合（A12.2）（A12.3）式，即可得到如下劳动折价率的显式表达式：

$$
O_{it} \equiv \frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)} = \frac{\theta_{it}^{L}}{\alpha_{it}^{L}} \cdot \left(\frac{\theta_{it}^{M}}{\alpha_{it}^{M}} \right)^{-1} \tag{A12.4}
$$

（A12.4）式即为应用“生产端方法”识别劳动折价率的基本方程，它意味着劳动折价率可以表示为要素收入份额和要素产出弹性的函数。需要注意的是，α_{it}^{L}和α_{it}^{M}可以在数据中直接观测，因此识别劳动折价率只需要企业要素产出弹性θ_{it}^{L}和θ_{it}^{M}。为此，既有文献往往求助于微观生产函数估计领域中成熟的“控制函数法”估计生产函数，得到企业要素产出弹性。

综上所述，Yeh et al.（2022）识别劳动折价率可以用两步概括：第一步，使用“控制函数法”估计要素产出弹性θ_{it}^L和θ_{it}^M；第二步，结合要素收入份额α_{it}^L和α_{it}^M代入（A12.4）式，得到劳动折价率。

（二）估计步骤

设定企业生产函数具有以下超越对数（Translog）形式：

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_0+\beta_K k_{it}+\beta_L l_{it}+\beta_M m_{it}+\beta_{KK}k_{it}^2+\beta_{LL}l_{it}^2+\beta_{MM}m_{it}^2 \\ &\quad +\beta_{LM}l_{it}m_{it}+\beta_{LK}l_{it}k_{it}+\beta_{MK}m_{it}k_{it}+\omega_{Hit}+\varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{A12.5}$$

其中，y_{it}为企业i在t期的产出，k_{it}、l_{it}、m_{it}分别为企业的资本、劳动和材料，ω_{Hit}为希克斯中性生产率，ε_{it}是随机扰动项。β是需要估计的生产函数参数。对于这一生产函数，企业的劳动产出弹性θ_{it}^L和材料产出弹性θ_{it}^M分别为：

$$\begin{aligned} \theta_{it}^L &= \frac{\partial y_{it}}{\partial l_{it}} = \beta_L+2\beta_{LL}l_{it}+\beta_{LM}m_{it}+\beta_{LK}k_{it} \\ \theta_{it}^M &= \frac{\partial y_{it}}{\partial m_{it}} = \beta_M+2\beta_{MM}m_{it}+\beta_{LM}l_{it}+\beta_{MK}k_{it} \end{aligned} \tag{A12.6}$$

本文应用微观生产函数估计文献中标准的“控制函数”方法估计（A12.1）式生产函数（De Loecker and Warzynski，2012；Ackerberg et al，2015）。具体而言，本文估计劳动折价率的步骤可以分为以下三步：

第一步，假设企业希克斯中性生产率可以表示为$\omega_{it}=h_t\left(m_{it},k_{it},l_{it}\right)$，将其代入（A12.5）式生产函数，估计如下非参数形式生产函数：

$$y_{it}=\phi_t\left(k_{it},l_{it},m_{it}\right)+\varepsilon_{it} \tag{A12.7}$$

其中，y_{it}是企业销售收入，$\phi_t\left(l_{it},m_{it},k_{it}\right)$包括资本、劳动、材料的一次项、二次项、三次项和交乘项，ε_{it}是随机扰动项。根据上式回归结果，可以得到剔除了扰动项的企业销售收入非参数估计值$\hat{y}_{it}$。

第二步，假设希克斯中性生产率冲击服从一阶马尔科夫（Markov）过程：

$$\omega_{Hit}=h_{it}\left(\omega_{Hit-1}\right)+\xi_{it} \tag{A12.8}$$

其中，ξ_{it}表示生产率的新息（innovation）。对于任意给定的生产函数参数集$\beta=\left(\beta_0,\beta_L,\beta_K,\beta_M,\beta_{LL},\beta_{KK},\beta_{MM},\beta_{LM},\beta_{LK},\beta_{MK}\right)$，使用下式计算企业希克斯中性生产率：

$$\begin{aligned} \omega_{Hit} &= \hat{y}_{it}-(\beta_0+\beta_K k_{it}+\beta_L l_{it}+\beta_M m_{it}+\beta_{KK}k_{it}^2+\beta_{LL}l_{it}^2+\beta_{MM}m_{it}^2 \\ &\quad +\beta_{LM}l_{it}m_{it}+\beta_{LK}l_{it}k_{it}+\beta_{MK}m_{it}k_{it}) \end{aligned} \tag{A12.9}$$

然后根据（A12.8）式，将ω_{Hit}以非参数回归形式到ω_{Hit-1}上，即可得到给定生产函数参数集$\beta=(.)$时的生产率新息$\xi_{it}\left(\beta\right)$。由于根据设定，$\xi_{it}\left(\beta\right)$满足：

$$E\left[\xi_{it}\left(\beta\right)\cdot z_{it}\right]=0 \tag{A12.10}$$

z_{it}为工具变量。综合（A12.8）、（A12.9）、（A12.10）式，参数估计的 GMM 问题是：

$$\min_{\beta}\left[\frac{1}{N}\Sigma_i\Sigma_{T_i}Z_{it}(\xi_{it})(\beta)\right]^T W_N\left[\frac{1}{N}\Sigma_i\Sigma_{T_i}Z_{it}(\xi_{it})(\beta)\right] \tag{A12.11}$$

T_i为企业i的观测数，N为总观测数，W_N为权重矩阵。本文使用单位矩阵作为初始 GMM 权重，使用（A12.5）式的 OLS 估计结果作为参数估计的初始值。Z_{it}为 GMM 估计的工具变量集，包括当期资本、滞后期劳动和材料，以及各类要素投入的交乘项。

第三步，生产函数参数估计完成之后，根据（A12.6）式得到企业的要素产出弹性估计，根据（A12.4）式得到企业的劳动折价率估计。

附录 13：Pham（2023）估计方法

（一）识别思路

Pham（2023）同样根据企业利润最大化问题，得到如下劳动折价率的表达式：

$$O_{it} \equiv \frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)} \tag{A13.1}$$

进一步，他将（A13.1）式改写为：

$$O_{it} \equiv \frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)} = \frac{\frac{\partial R_{it}}{\partial L_{it}}}{W\left(L_{it}\right)} = \frac{\frac{\partial r_{it}}{\partial l_{it}}\frac{R_{it}}{L_{it}}}{W\left(L_{it}\right)} = \frac{\frac{\partial r_{it}}{\partial l_{it}}}{\frac{W\left(L_{it}\right)L_{it}}{R_{it}}} \tag{A13.2}$$

其中，r_{it} 和 l_{it} 分别是企业收入和劳动的对数形式。

定义劳动收入弹性：$\theta_{it}^{L} = \frac{\partial r_{it}}{\partial l_{it}}$，以及劳动收入份额：$\alpha_{it}^{L} = \frac{W\left(L_{it}\right)L_{it}}{R_{it}}$。那么（A13.2）式可以转换为：

$$O_{it} \equiv \frac{MRPL\left(L_{it}\right)}{W\left(L_{it}\right)} = \frac{\theta_{it}^{L}}{\alpha_{it}^{L}} \tag{A13.3}$$

需要注意的是，（A13.3）和（A12.4）中 θ_{it}^{L} 的定义是完全不同的。在 Yeh et al.（2022）的劳动折价率识别式（A12.4）中，θ_{it}^{L} 为劳动产出弹性；而在 Pham（2023）的劳动折价率识别式（A13.3）中，θ_{it}^{L} 为劳动收入弹性。

在 Pham（2023）的识别框架下，由于劳动收入份额能够在数据中直接观测，因此只需要估计劳动收入弹性 θ_{it}^{L}，即可根据（A13.3）得到劳动折价率的估计。为此，Pham（2023）选择借助 Gandhi et al.（2020）提出的非参数生产函数估计方法。

（二）估计步骤

设定企业 i 在 t 期的收入生产函数具有以下非参数形式：

$$r_{it} = f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) + \omega_{Hit} + \varepsilon_{it} \tag{A13.4}$$

其中，$f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right)$ 为非参数收入生产函数；r_{it}、k_{it}、l_{it}、m_{it} 分别是企业收入、资本、劳动和材料；ω_{Hit} 为希克斯中性的收入生产率；ε_{it} 为随机扰动项。

给定收入生产函数，Pham（2023）的劳动折价率估计包括如下两步：

第一步，根据企业的利润最大化假设，得到企业材料收入弹性的估计值 $\theta_{it}^{M} = \frac{\partial r_{it}}{\partial m_{it}}$。具体地，企业 i 在 t 期的利润最大化问题为：

$$\underset{M_{it}}{Max}\ \mathrm{E}\left[F\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right)e^{\omega_{Hit}}e^{\varepsilon_{it}} \mid \mathrm{I}_{it}\right] - P_{Mt}M_{it} \tag{A13.5}$$

根据材料的一阶条件可得：

$$\frac{\partial}{\partial M_{it}} F\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) e^{\omega_{Hit}} E\left[e^{\varepsilon_{it}}\right] = P_{Mt} \tag{A13.6}$$

将（A13.6）式取对数，可得：

$$\begin{aligned} \log\left(s_{it}^{M}\right) &\equiv \log \frac{P_{Mt} M_{it}}{R_{it}} \\ &= \log E\left[e^{\varepsilon_{it}}\right] + \log \frac{\partial}{\partial m_{it}} f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) - \varepsilon_{it} \\ &= \log \frac{\partial}{\partial m_{it}} f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) - \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{A13.7}$$

即首先：

$$\log\left(s_{it}^{M}\right) = \log \frac{\partial}{\partial m_{it}} f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) - \varepsilon_{it} \tag{A13.8}$$

其中，$s_{it}^{M} = \frac{P_{Mt} M_{it}}{R_{it}}$ 为直接从数据中获取的材料支出占销售收入份额。使用二阶多项式近似非参数弹性方程$\frac{\partial f(\cdot)}{\partial m_{it}}$，使用非线性最小二乘估计方法对（A13.8）式进行最小二乘回归。据此，能够得到两个变量估计值：材料收入弹性$\frac{\partial \hat{f}(\cdot)}{\partial m_{it}}$和随机扰动项$\hat{\varepsilon}_{it}$。

第二步，使用广义矩估计对收入生产函数完全识别。具体地，给定材料收入弹性估计$\frac{\partial \hat{f}(\cdot)}{\partial m_{it}}$，然后对其进行积分，得到收入生产函数$f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right)$和依赖于$k_{it}$、$l_{it}$的常数$C\left(k_{it}, l_{it}\right)$。即：

$$\begin{aligned} D^{\varepsilon}\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) &\equiv \int \frac{\partial}{\partial m_{it}} f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) dm_{it} \\ &= f\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) + C\left(k_{it}, l_{it}\right) \end{aligned} \tag{A13.9}$$

将（A13.9）式代入收入生产函数（A13.4）式，得到希克斯中性生产率的表达式：

$$\omega_{Hit} = r_{it} - D^{\varepsilon}\left(k_{it}, l_{it}, m_{it}\right) - \varepsilon_{it} + C\left(k_{it}, l_{it}\right) \tag{A13.10}$$

假设希克斯中性生产率服从以下马尔科夫过程：

$$\omega_{Hit} = h\left(\omega_{Hit-1}\right) + \eta_{it} \tag{A13.11}$$

其中，η_{it} 表示生产率的新息（innovation）。

定义$\Psi_{it} \equiv r_{it} - \varepsilon_{it} - D^{\varepsilon}(.)$，综合（A13.10）式和（A13.11）式，得到：

$$\begin{aligned} \Psi_{it} &\equiv r_{it} - \varepsilon_{it} - D^{\varepsilon}(.) \\ &= -C\left(k_{it}, l_{it}\right) + \omega_{Hit} \\ &= -C\left(k_{it}, l_{it}\right) + h\left(\omega_{Hit-1}\right) + \eta_{it} \\ &= -C\left(k_{it}, l_{it}\right) + h\left(\Psi_{it-1} + C\left(k_{t-1}, l_{t-1}\right)\right) + \eta_{it} \end{aligned} \tag{A13.12}$$

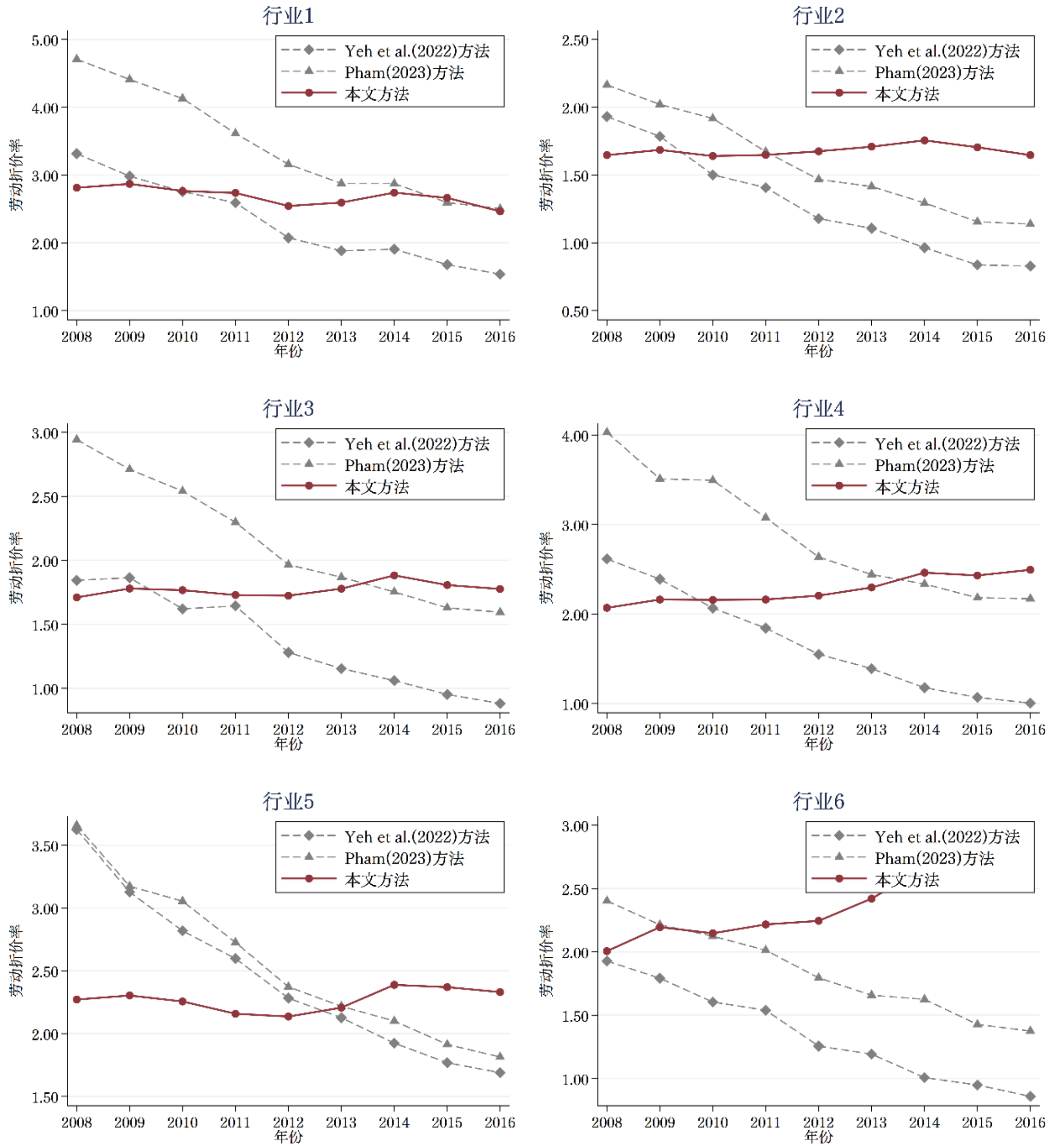
可以根据（A13.12）式识别$C(\cdot)$和$h(\cdot)$，进而识别收入生产函数。在本文估计中，除了资本和劳动，还控制了可能影响企业投入需求决策的变量，包括年份、地区和行业固定效应、企业所有权类型和出口状况。

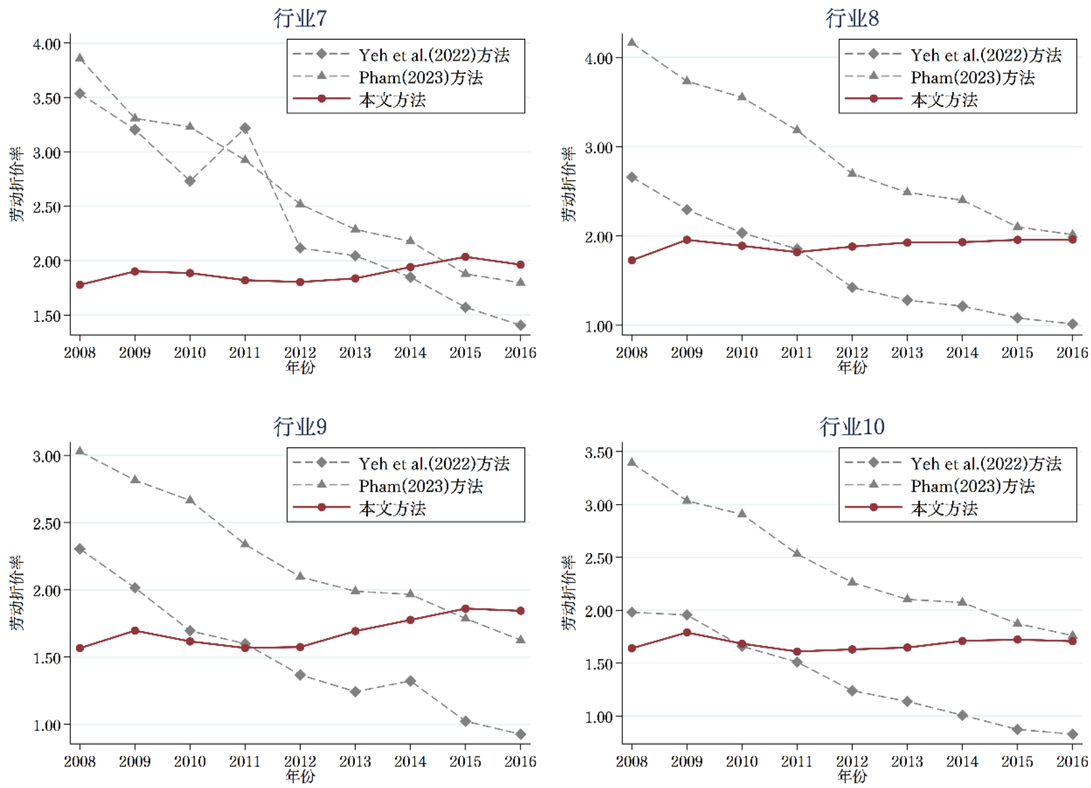
得到收入生产函数的估计之后，即可根据（A13.3）式计算劳动折价率。由于ε_{it} 为随机扰动项，并不会影响企业的劳动需求决策。因此，需要对（A13.3）式中的分母进行修正，即：

$$\hat{O}_{it} = \frac{\hat{\theta}_{it}^{L}}{\hat{\alpha}_{it}^{L}} = \frac{\dfrac{\partial \hat{r}_{it}}{\partial l_{it}}}{\dfrac{W(L_{it})L_{it}}{R_{it}} \cdot \exp(\hat{\varepsilon}_{it})} \tag{A13.13}$$

附录 14：分行业劳动折价率估计结果比较

附图 5 分行业绘制了使用本文方法、Yeh et al.（2022）和 Pham（2023）方法得到的劳动折价率变化趋势。对于所有行业，不同方法所得结果呈现完全不同的变动趋势。代表 Yeh et al.（2022）和 Pham（2023）方法测算结果的两条灰色虚线显示，2008-2016 年间制造业十个大类行业的劳动折价率均呈现大幅下降。不同的是，代表本文方法测算结果的红色实线显示，2008-2016 年间大部分行业的劳动折价率保持稳定，一些行业甚至略有上升（比如，行业 4、行业 6、行业 9），表明本文与既有文献估计结果的差异广泛存在于所有行业。





附图 4：分行业劳动折价率演变趋势比较

参考文献

【1】 Ackerberg D A, Caves K, Frazer G., 2015, “Identification properties of recent production function estimators”, *Econometrica*, 83(6), 2411-2451.

【2】 Brandt L, Van Biesebroeck J, Zhang Y., 2012, “Creative accounting or creative destruction? Firm-level productivity growth in Chinese manufacturing”, *Journal of Development Economics*, 97(2), 339-351.

【3】 Cooper, Russell, John Haltiwanger, and Jonathan L. Willis., 2007, “Search Frictions: Matching Aggregate and Establishment Observations”, *Journal of Monetary Economics*, 54(S1): 56–78.

【4】 De Loecker J., 2011, “Product differentiation, multiproduct firms, and estimating the impact of trade liberalization on productivity”, *Econometrica*, 79(5): 1407-1451.

【5】 De Loecker J, and Chad Syverson., 2021, “An industrial organization perspective on productivity”, *Handbook of Industrial Organization*., Vol. 4. No. 1, 141-223.

【6】 De Loecker Jan, Warzynski F., 2012, “Markups and Firm-Level Export Status”, *American Economic Review*, 102(6):2437-2471.

【7】 Dixit A K, Stiglitz J E., 1977, “Monopolistic competition and optimum product diversity”, *American Economic Review*, 67(3): 297-308.

【8】 Doraszelski U, Jaumandreu J., 2013, “R&D and productivity: Estimating endogenous productivity”, *Review of Economic Studies*, 80(4): 1338-1383.

【9】 Doraszelski, Ulrich, and Jordi Jaumandreu., 2018, “Measuring the Bias of Technological Change”, Journal of Political Economy, 126 (3), 1027–84.

【10】 Doraszelski, U., and Jaumandreu, J., 2019, “Using cost minimization to estimate markups.”, SSRN Working Paper.

【11】 Gandhi A, Navarro S, Rivers D A., 2020, "On the identification of gross output production functions", *Journal of Political Economy*, 128(8): 2973-3016.

【12】 Hall R E., 2004, "Measuring factor adjustment costs", *The Quarterly Journal of Economics*, 119(3): 899-927.

【13】 Hansen L P., 1982, "Large sample properties of generalized method of moments estimators.", Econometrica, 1029-1054.

【14】 Jaumandreu, Jordi, and Heng Yin., 2020, "Cost and product advantages: Evidence from Chinese manufacturing firms", CEPR Discussion Paper.

【15】 Levinsohn J, Petrin A., 2003, "Estimating production functions using inputs to control for unobservables", *The Review of Economic Studies*, 70(2): 317-341.

【16】 Melitz M, Ottaviano G I P., 2000, "Estimating firm-level productivity in differentiated product industries", Mimeo, Harvard University.

【17】 Olley, G. Steven, and Ariel Pakes., 1996, "The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry", *Econometrica*, 64(6), 1263–97.

【18】 Pham H, 2023, "Trade reform, oligopsony, and labor market distortion: Theory and evidence", *Journal of International Economics*, 103787.

【19】 Wooldridge J M., 2009, "On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables.", Economics letters, 104(3): 112-114.

【20】 Yeh, Chen, Claudia Macaluso, and Brad Hershbein, 2022, "Monopsony in the US Labor Market", *American Economic Review*, 112 (7): 2099-2138.