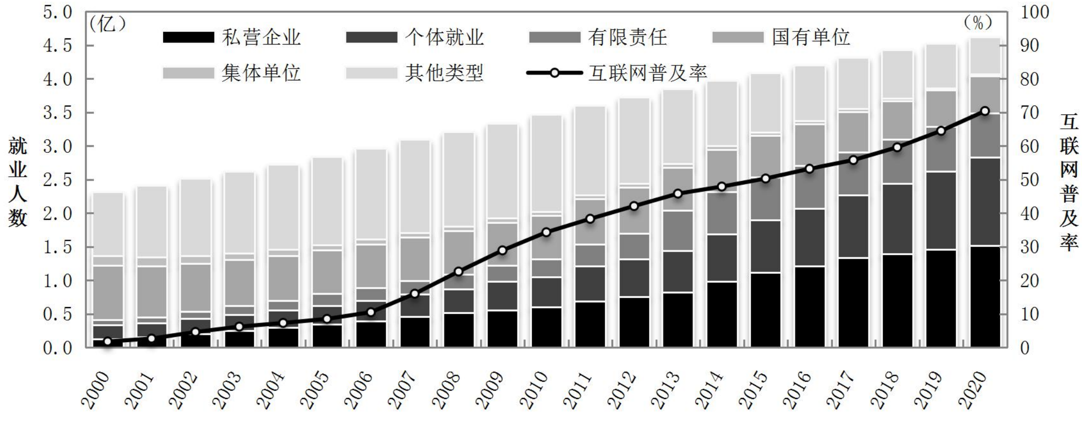
附图 1：2000－2020 年互联网普及率与城镇就业类型



数据来源：国家统计局，其他类型包含股份有限公司、港澳台企业、外商投资企业、股份合作企业、联营单位以及统计误差。截止完稿时，统计局未公布 2020 年私营和个体企业就业人数，图中此两项数据由作者据 2019 年增长率估算。

图 1　2000－2020 年互联网普及率与城镇就业类型

附录 1：证明工资增长率一阶自回归系数代表工资粘性

根据第 s 类经济的工资水平定义 $W_t^s \equiv \left(\int_0^1 W_t\left(i\right)^{1-\phi_w}\mathrm{d}i\right)^{1/(1-\phi_w)}$，工资的动态演化方程为 $W_t^s = \left(\theta_w^s W_{t-1}^s\left(i\right)^{1-\phi_w} + \left(1-\theta_w^s\right) W_t^{*1-\phi_w}\right)^{1/(1-\phi_w)}$，两边同时除以 W_{t-1}^s 并简单变形后得 $(W_t^s / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} = \theta_w^s (W_{t-1}^s\left(i\right) / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} + \left(1-\theta_w^s\right)(W_t^* / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w}$。在工资稳态附近，有如下三个泰勒一阶近似式：

$$(W_t^s / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} = 1 + \log(W_t^s / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w}$$
$$(W_{t-1}^s\left(i\right) / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} = 1 + \log(W_{t-1}^s\left(i\right) / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w}$$
$$(W_t^* / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} = 1 + \log(W_t^* / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w}$$

将前述三个泰勒一阶近似式代入 $(W_t^s / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} = \theta_w^s (W_{t-1}^s\left(i\right) / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w} + \left(1-\theta_w^s\right)(W_t^* / W_{t-1}^s)^{1-\phi_w}$ 中，可得下列线性方程：

$$w_t^s = \theta_w^s w_{t-1}^s + \left(1-\theta_w^s\right) w_t^* \tag{a}$$

其中，$w_t^s \equiv \log W_t^s$，$w_t^* \equiv \log W_t^*$。W_t^* 为最优工资水平（由技术水平和均衡价格决定），假设 w_t^* 是一个随机漫步过程。式(1)一阶差分后有 $\Delta w_t^s = \theta_w^s \Delta w_{t-1}^s + \left(1-\theta_w^s\right)\Delta w_t^*$，其中 $\Delta w_t^s \equiv \log\left(W_t^s / W_{t-1}^s\right)$ 为部门工资增长率, $\Delta w_t^* \equiv \log\left(W_t^* / W_{t-1}^*\right)$ 为最优工资增长率，是一个均值为零的随机过程。因此，第 s 类经济工资增长率的一阶自回归系数即为该类经济的工资粘性（见正文表 2）。

再假设家庭提供的劳动 $N_t\left(i\right)$ 有 D 的概率成为数字零工 $N_t^d\left(i\right)$，有 $1-D$ 的概率成为传统劳动 $N_t^o\left(i\right)$。定义总工资水平为 $W_t \equiv \left(D W_t^{d1-\phi_w} + \left(1-D\right) W_t^{o1-\phi_w}\right)^{1/(1-\phi_w)}$，代入部门工资水平 W_t^s 后得 $W_t = \left(\theta_w W_{t-1}\left(i\right)^{1-\phi_w} + (1-\theta_w) W_t^{*1-\phi_w}\right)^{1/(1-\phi_w)}$。借鉴部门工资线性化过程，可得：

$$w_t = \theta_w w_{t-1} + \left(1-\theta_w\right) w_t^* \tag{b}$$

其中，$\theta_w \equiv D\theta_w^d + \left(1-D\right)\theta_w^o$ 为总工资粘性，等于数字零工和传统工人工资粘性的加权平均值。如果数字零工工资粘性 θ_w^d 小于传统工人工资粘性 θ_w^o，那么数字零工比重 D 上升会使总工资粘性 θ_w 下降。第二节实证发现数字零工工资粘性不显著，数字零工就业比重 D 上升后，总工资粘性 θ_w 的确下降（见正文表 2～3）。式(2)一阶差分后有 $\Delta w_t = \theta_w \Delta w_{t-1} + \left(1-\theta_w\right)\Delta w_t^*$，其中 $\Delta w_t \equiv \log\left(W_t / W_{t-1}\right)$ 为总工资增长率。同理可得，总工资增长率的一阶自回归系数为总工资粘性（见正文表 3）。

附录 2：对数线性化

1. 奥肯定律

由式(11)可得 $Y_t = Y_t^d + Y_t^o = A_t^d N_t^{d1-\alpha} + A_t^o N_t^{o1-\alpha}$，再代入 $N_t^d = DN_t$ 和 $N_t^o = (1-D)N_t$，化简整理后有：

$$Y_t = [A_t^d D^{1-\alpha} + A_t^o (1-D)^{1-\alpha}] N_t^{1-\alpha} \tag{c}$$

其中，式(c)为反映总产量和总劳动量关系的总生产函数。对数线性化式(c)得 $(1-\alpha) n_t = y_t - a_t$，其中 $n_t \equiv \log N_t$，$y_t \equiv \log Y_t$，$a_t \equiv \log[A_t^d D^{1-\alpha} + A_t^o (1-D)^{1-\alpha}]$。当没有工资粘性时，对数线性化式(c)后得 $(1-\alpha) n_t^n = y_t^n - a_t$，其中 $n_t^n \equiv \log N_t^n$ 为无工资粘性时的就业水平对数（也称自然就业对数），$y_t^n \equiv \log Y_t^n$ 无工资粘性时的产出水平对数（也称自然产出对数）。式$(1-\alpha)n_t = y_t - a_t$减去式 $(1-\alpha) n_t^n = y_t^n - a_t$，可得正文中新凯恩斯奥肯定律 NKAL(New Keynesian Okun's Law)：

$$\tilde{y}_t = (1-\alpha)\tilde{n}_t \tag{13}$$

其中，$\tilde{n}_t \equiv n_t - n_t^n$ 为就业变动率，$\tilde{y}_t \equiv y_t - y_t^n$ 为产出变动率。奥肯定律的经济含义为：就业水平提升一个百分点，产出增加 $(1-\alpha)$ 个百分点。

2.菲利普斯曲线

工资零通胀稳态时，式(5)变为 $W^* / P = W / P = \mathrm{M}_w MRS$。在工资稳态附近对数线性化式(5)后写成递归形式得：

$$w_t^* = \beta\theta_w E_t w_{t+1}^* + (1-\beta\theta_w)\left(w_t - \frac{\hat{\mu}_t^w}{1+\grave{o}_w\varphi}\right) \tag{d}$$

其中，$w_t^* \equiv \log W_t^*$ 为最优名义工资对数，$\hat{\mu}_t^w \equiv \mu_t^w - \mu^w$ 为粘性工资加成率对数对弹性工资加成率对数的偏离值。$\mu_t^w \equiv w_t - p_t - mrs_t$ 为粘性工资加成率对数，$\mu^w \equiv \log \mathrm{M}_w$ 为弹性工资加成率对数，$mrs_t \equiv \log MRS_t \equiv \varphi n_t + \sigma c_t$ 为消费与劳动边际替代率的对数。

将 $N_t^d = DN_t$ 和 $W_t^d = W_t$ 代入劳动需求函数式(1)可得 $(1-\alpha) A_t^d / (DN_t)^\alpha = W_t / P_t$，再对数线性化后有 $\omega_t = \log[(1-\alpha) A_t^d / D^\alpha] - \alpha n_t$，其中 $\omega_t \equiv \log(W_t / P_t) \equiv w_t - p_t$ 为实际工资对数。无工资粘性时，对数线性化结果变为 $\omega_t^n = \log[(1-\alpha) A_t^d / D^\alpha] - \alpha n_t^n$，其中 $\omega_t^n \equiv \log(W_t^n / P_t) \equiv w_t^n - p_t$ 为无工资粘性时的实际工资对数（也称为自然实际工资对数），W_t^n 表示无工资粘性时的名义工资（也称为自然名义工资）。用 ω_t 减去 ω_t^n 可得实际工资缺口 $\tilde{\omega}_t \equiv \omega_t - \omega_t^n = -\alpha\tilde{n}_t$。联立式(b)和式(d)可得工资通胀率的动态方程：

$$\pi_t^w = \beta \mathrm{E}_t \pi_{t+1}^w - \Theta\hat{\mu}_t^w \tag{e}$$

其中，$\Theta \equiv (1-\theta_w)(1-\beta\theta_w) / [\theta_w (1+\grave{o}_w\varphi)] > 0$。式(e)表明：当存在工资粘性，平均工资低于充分调整的工资时（即 $\hat{\mu}_t^w < 0$），家庭会提高工资以增加 $\hat{\mu}_t^w$，从而产生一个正的工资通胀率。有工资粘性时 $\mu_t^w \equiv \omega_t - (\varphi n_t + \sigma y_t)$ ①，无工资粘性时 $\mu^w = \omega_t^n - (\varphi n_t^n + \sigma y_t^n)$。$\mu_t^w$ 减 μ^w 可得 $\hat{\mu}_t^w \equiv \mu_t^w - \mu^w = -[\alpha + \varphi + \sigma(1-\alpha)]\tilde{n}_t$，将 $\hat{\mu}_t^w$ 代入式(e)可得正文中新凯恩斯菲利普斯曲线 NKPC（New Keynesian Phillips Curve）：

$$\pi_t^w = \beta \mathrm{E}_t \pi_{t+1}^w + \Theta[\alpha + \varphi + \sigma(1-\alpha)]\tilde{n}_t \tag{14}$$

菲利普斯曲线经济含义为：就业率提高一个百分点，工资通胀率上升 $\Theta[\alpha + \varphi + \sigma(1-\alpha)]$ 个百分点。

---

①这里用到了产品市场均衡条件 $Y_t = C_t$ 。

3.总供给方程

将新凯恩奥肯定律式(13)代入新凯恩斯菲利普斯曲线式(14)，可得正文中新凯恩斯总供给方程 NKAS（New Keynesian Aggregate Supply Equation):

$$\pi_t^w = \beta E_t \pi_{t+1}^w + \Theta\left(\frac{\alpha+\varphi}{1-\alpha}+\sigma\right)\tilde{y}_t \tag{15}$$

该方程经济含义为：当实施扩张货币政策时，由于工资有粘性但价格无粘性，导致工资通胀率小于价格通胀率，短期实际工资水平低于均衡值，厂商雇佣劳动数量增加，从而短期实际产出高于均衡水平。

4.IS 方程

产品市场均衡时投资I_t等于储蓄S_t，由于模型假定没有资本投资（故$I_t=0$），而储蓄$S_t=Y_t-C_t$，故“投资-储蓄”恒等式简化为$0=Y_t-C_t$。将$Y_t=C_t$代入欧拉方程式(3)并进行对数线性化，有$y_t=\mathrm{E}_t y_{t+1}-\sigma^{-1}\left(\log\beta+r_t\right)$，其中$y_t\equiv\log Y_t$为总产出的对数。无工资粘性时$y_t^n=\mathrm{E}_t y_{t+1}^n-\sigma^{-1}\left(\log\beta+r_t^n\right)$，其中$y_t^n$为自然产出对数，$r_t^n$为自然实际利率。$y_t$减$y_t^n$并结合费雪方程可得正文中动态 NKIS 方程（New Keynesian Investment-Saving Equation):

$$\tilde{y}_t=\mathrm{E}_t\tilde{y}_{t+1}-\frac{1}{\sigma}\left(i_t-\mathrm{E}_t\pi_{t+1}^p-r_t^n\right) \tag{16}$$

其中，自然实际利率$r_t^n\equiv i_t^n-\mathrm{E}_t\pi_{t+1}^{pn}=\sigma\mathrm{E}_t\Delta y_{t+1}^n-\log\beta$。

5.总需求方程

货币市场均衡时，货币供给等于货币需求。将$Y_t=C_t$代入货币需求函数式(4)可得$M_t/P_t=Y_t^{\sigma/v}\left(\left(1+i_t\right)/i_t\right)^{1/v}$。前式对数线性化可得正文中 NKLM 方程（New Keynesian Liquidity Preference-Money Supply Equation):

$$m_t-p_t=\frac{\sigma}{v}y_t-\eta i_t-\phi \tag{17}$$

其中，$\eta\equiv1/\left(vi\right)$和$\phi\equiv\left(\log i-1\right)/v$均为参数，$i$是自然稳态时的名义利率。联合 NKIS 方程式(16)和 NKLM 方程式(17)，消去利率i_t可得正文中新凯恩斯总需求方程 NKAD（New Keynesian Aggregate Demand Equation):

$$\left(\sigma\eta+\frac{\sigma}{v}\right)\tilde{y}_t=\sigma\eta\mathrm{E}_t\tilde{y}_{t+1}+\eta\mathrm{E}_t\pi_{t+1}^p+z_t+\eta r_t^n+\phi-\frac{\sigma}{v}y_t^n \tag{18}$$

技术水平不变时，有$r_t^n=r$和$y_t^n=y$均为常数。式(16)表明，其他变量固定时，当期价格水平p_t越高，实际货币余额z_t越小，当期需求缺口$\tilde{y}_t$越小。式(16)代表了产出缺口与价格水平之间的反向关系，故称其为总需求方程。

6.通胀联系方程

根据实际工资缺口定义$\tilde{\omega}_t\equiv\omega_t-\omega_t^n$，$\tilde{\omega}_t$减去$\tilde{\omega}_{t-1}$并将$\omega_t=w_t-p_t$代入得$\tilde{\omega}_t-\tilde{\omega}_{t-1}=\pi_t^w-\pi_t^p$，进一步结合$\tilde{\omega}_t=-\alpha\tilde{n}_t=-\alpha\left(1-\alpha\right)^{-1}\tilde{y}_t$，整理后可得正文中新凯恩斯通胀联系方程（New Keynesian Inflation Relation Equation):

$$\pi_t^w-\pi_t^p+\frac{\alpha}{1-\alpha}\tilde{y}_t=\frac{\alpha}{1-\alpha}\tilde{y}_{t-1} \tag{19}$$

该方程反映了名义工资通胀率、名义价格通胀率和产出缺口之间的关系，将工资通胀和价格通胀联系在一起。

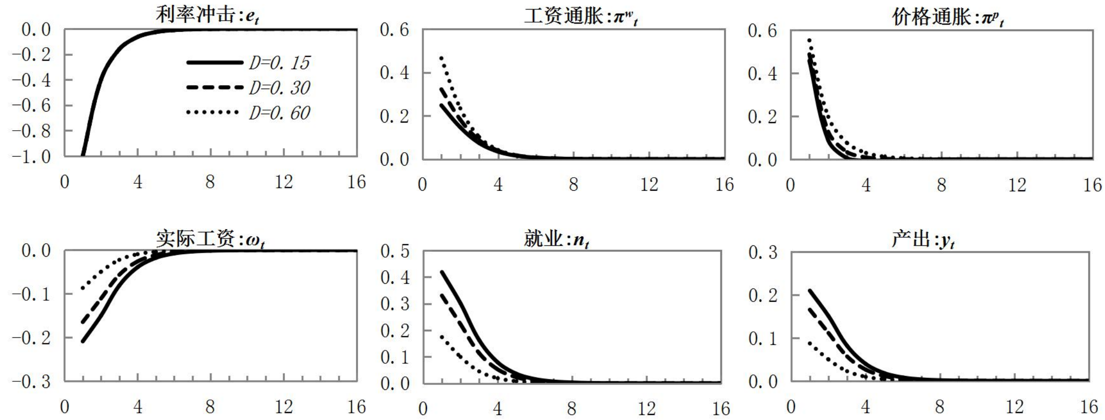
附录 3：数量型货币政策 mod 文件源代码

```
%TANK_MG (Two Agents New Keynesian Model with Money Growth Rule)
var y n omega pip piw z detam;
varexo epsm;
parameters  alpha beta epsilon sigma phi nu rhom;
parameters  is pips rs ys;
parameters  D thetao thetad theta;
parameters Theta eta Phi con;

alpha = 0.50;
beta = 0.99;
epsilon = 4.30;
sigma = 3.40;
phi = 1.00;
nu = 1.00;
rhom = 0.65;

is = 0.0101;
pips =0.0000;
rs = 0.0101;
ys = 3.35;

%数字零工比重D的取值0.15/0.30/0.60
D =0.15;
thetao = 0.6310;
thetad =0.0000;
theta = D*thetad+(1-D)*thetao;

Theta = (1-theta)*(1-beta*theta)/(theta*(1+epsilon*phi));
eta =1/(nu*is);
Phi = (log(is)-1)/nu;
con = eta*rs+Phi -(sigma/nu)*ys;

model(linear);
%数量型货币政策规则
%式（6)
z= z(-1)- pip + detam;
%式（7)
detam = (1-rhom)*pips + rhom*detam(-1) + epsm;
%奥肯定律式(13)
y =(1-alpha)*n;
%总供给方程式(15)
piw  = beta*piw(+1) + Theta*((alpha+phi)/(1-alpha)+sigma)*y;
%总需求方程式(18)
(sigma*eta+sigma/nu)*y = eta*sigma*y(+1) + eta*pip(+1) + z + con;
%通胀联系方程式(19)
piw + alpha/(1-alpha)*y - pip = alpha/(1-alpha)*y(-1);
%实际工资缺口定义
omega = -alpha*n;
end;

shocks;
```

```
var epsm =1^2;
end;
stoch_simul(periods=1000, order=1, irf=40);
```

附录 4：价格规则下的脉冲响应分析

联合价格型货币政策规则式(8)和式(9)，以及奥肯定律式(13)、总供给方程式(15)、动态 IS 方程式(16)、通胀联系方程式(19)，可得价格型货币政策规则下的经济系统方程组[①]。价格规则放弃了名义货币量的控制，以名义利率作为货币政策调控工具。在三个模型中，均给定名义利率 1 个百分点的负向冲击，各变量的脉冲响应结果如图 2 所示。价格规则下脉冲响应表明，数字零工比重越大，工资和价格通胀的越快且通胀率波动越大，政策“促进经济增长和就业”的效果越弱。

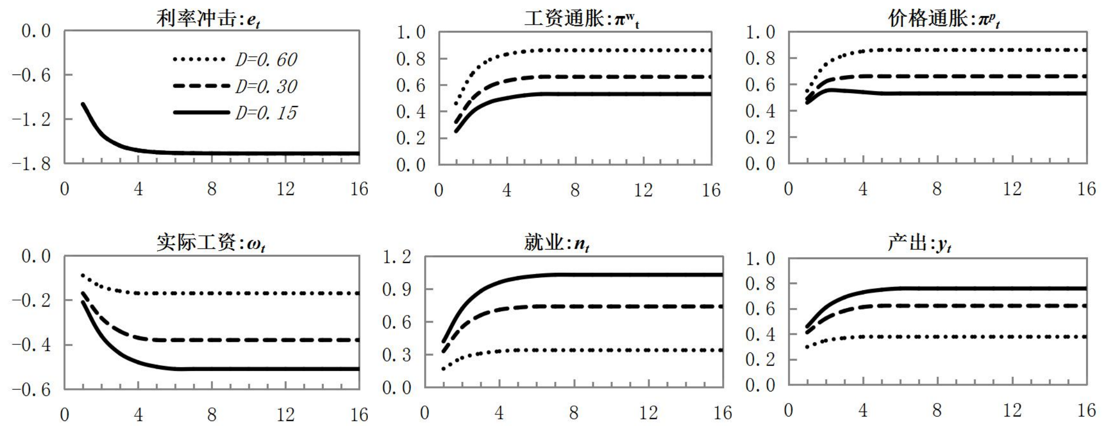


注：数据来自 1 个百分点负向利率冲击在 16 个季度的脉冲响应。纵轴为各变量偏离均衡值的百分比（通胀变量为偏离百分点），横轴为响应时间，*D* 为数字零工占总就业的比重。

图 2　数字零工比重与名义利率冲击脉冲响应

与数量型货币政策略有不同，数字零工比重上升，价格型货币政策对名义变量的累积影响增加，对实际变量的累积影响减弱。图 3 为 1 个百分点负向利率冲击在 16 个季度内的累积脉冲响应。数字零工比重越大，同等规模的利率政策冲击，会带来更多的通货膨胀，名义工资和价格累积上升更多。数字零工比重越大，价格型政策对实际工资、就业和产出的累积影响减弱。若名义工资和价格完全弹性，价格型货币政策也完全中性。其原因与数量型货币政策相同，这里不再赘述。

①对应的 mod 文件源代码以附注 5 展示。



注：数据来自 1 个百分点负向利率冲击在 16 个季度的累积脉冲响应。纵轴为各变量偏离均衡值的百分比（通胀变量为偏离百分点），横轴为响应时间，D 为数字零工占总就业的比重。

图 3　数字零工比重与名义利率冲击累积脉冲响应

附录 5：价格型货币政策 mod 文件源代码

```
%TANK_IR (Two Agents New Keynesian Model with Interest Rate Rule)
var y n omega pip piw i e;
varexo epse;
parameters  alpha beta epsilon sigma phi nu  rhoe phip;
parameters  is pips rs ys;
parameters  thetao thetad theta  D;
parameters Theta eta Phi;

alpha = 0.50;
beta = 0.99;
epsilon = 4.30;
sigma = 3.40;
phi = 1.00;
nu = 1.00;
rhoe = 0.40;
phip =1.94;

is = 0.0101;
pips =0.0000;
rs = 0.0101;
ys = 3.35;

%数字零工比重D的取值0.15/0.30/0.60
D =0.15;
thetao = 0.6310;
thetad =0.0000;
theta = D*thetad+(1-D)*thetao;

Theta = (1-theta)*(1-beta*theta)/(theta*(1+epsilon*phi));
eta =1/(nu*is);
Phi = (log(is)-1)/nu;

model(linear);
```

```
%价格型货币政策规则
%式(8)
i= rs + pips + phip*(pip-pips)+ e;
%式(9)
e = rhoe*e(-1) - epse;
%奥肯定律式(13)
 y =(1-alpha)*n;
%总供给方程式(15)
piw  = beta*piw(+1) + Theta*((alpha+phi)/(1-alpha)+sigma)*y;
%动态IS方程式(16)
y = y(+1) -(1/sigma)*(i-pip(+1)-rs);
%通胀联系方程式(19)
piw + alpha/(1-alpha)*y - pip = alpha/(1-alpha)*y(-1);
%实际工资缺口定义
omega = -alpha*n;
end;

shocks;
var epse =1^2;
end;
 stoch_simul(periods=1000, order=1, irf=40);
```