

绿色信贷政策优化能源供给结构研究 ——基于 DSGE 模型分析

王 硕, 卜 林

(天津财经大学 金融学院, 天津 300222)

摘要: 节能减排、绿色信贷政策支持了绿色产业的发展。在动态随机一般均衡模型中引入化石能源部门与绿色能源部门, 深入研究绿色信贷政策对减少碳排放、优化能源供给结构的有效性。基于数值模拟分析, 绿色信贷政策影响金融机构的营运成本从而起到信贷结构调整和优化能源供给结构的作用, 针对不同的外生冲击均有效。基于福利分析角度, 绿色信贷政策能够兼顾经济稳定与能源结构升级, 从而实现经济与环境的可持续发展。

关键词: 绿色信贷政策; 能源供给结构; DSGE 模型

中图分类号: F830.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0098(2022)06-0022-10

一、引言

环境问题促使世界主要经济体相继提出碳中和目标。美国政府宣布到 2050 年实现碳中和目标; 日本政府承诺在 2030 年温室气体排放较 2013 年降低 46%, 并在 2050 年前实现碳中和目标; 欧盟的目标是 2050 年实现碳中和。作为全球最大的能源消耗国, 我国政府承诺到 2030 年实现碳达峰目标和 2060 年实现碳中和目标。到 2060 年时, 我国能源结构将得到重大调整, 绿色能源在能源结构中占比 80% 以上。国家能源局印发的《能源发展“十三五”规划》也明确指出, 要优化能源结构, 构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。

表 1 2020 年世界主要国家或经济体能源结构对比 (%)

	煤炭	石油	天然气	其他非化石能源
美国	10	35	34	21
欧盟	12.2	33.8	25.2	28.8
印度	54.8	28.2	6.7	10.3
中国	56.8	18.9	8.4	15.9

注: 中国数据来源于《中国统计年鉴 2021》, 其他经济体数据来源于国际能源统计数据库。

我国的一次能源结构以煤炭为主。与其他发达经济体相比, 我国煤炭在能源结构中占比过高。从表 1 看出, 我国 2020 年煤炭消耗比重达到 56.8%, 美国和欧盟的比例还不到 20%。造成这一现象的原因: 一是我国的能源资源禀赋, 其中煤炭资源探明储量排名世界第四位。二是我国经济增长需要大量廉价能源, 而煤炭发挥了其低价的优势, 但煤炭所带来的污染也是最大的。因此, 我国能源结构升级最重要的方式就是实现煤炭替代(2010 林伯强)^[1]。美国实现碳达峰目标很大程度上依赖其国内的页岩气革命。我国石油与天然

收稿日期: 2022-04-17

基金项目: 国家社会科学基金项目“混业经营下中国交叉性金融风险的识别、度量及预防研究”(20BJY240)

作者简介: 王 硕(1998—), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向为绿色金融。

气储量低,对外依赖度较高,两者的产量在短期难有较大幅度增长,而绿色能源资源蕴藏丰富,开发前景较高,并且几乎不排放污染物(曹新 2011)^[2]。因此,从长远来看,加快清洁能源的发展不仅能有效促进我国能源结构升级,也是保障我国能源安全的重要举措(马利梅等 2016;徐斌等 2019)^[3-4]。

当前,银行贷款仍是我国企业融资的主要渠道。清洁能源产业作为新兴产业,其快速发展需要大量资金的支持,在融资过程中需要金融机构为其提供相应的信贷服务。但我国金融体系尚不成熟,融资问题成为制约清洁能源发展的关键因素(史丹和夏晓华 2013)^[5]。这就要求我国绿色信贷政策发挥其作用,通过改变信贷资源配置推动清洁能源产业发展,进一步优化我国能源结构。近年来,绿色信贷政策在我国飞速发展。2012年,中国证监会印发的《绿色信贷指引》指出,银行业应加大对绿色经济的支持。《关于构建绿色金融体系的指导意见》提出针对绿色信贷的贴息、再贷款等多项激励措施。2018年,中国人民银行决定将优质绿色贷款纳入中期借贷便利(MLF)的担保品范围,标志着绿色信贷的实质性激励政策在全国落地。2021年,中国人民银行创设碳减排支持工具,引导金融机构为清洁能源、碳减排重点领域提供长期、低成本资金,促进碳减排。

尽管相关部门已经出台了一系列绿色金融与能源结构的政策文件,但对于绿色金融能否有效优化能源供给结构的学术研究还处在摸索阶段。目前,仅有个别文献考察了绿色金融与能源结构的关系。例如:Li et al(2018)^[6]通过定量模型构建绿色信贷理论,研究发现绿色信贷可以有效促进清洁能源的生产;王遥等(2019)^[7]通过构建DSGE模型证实绿色信贷政策能够优化经济结构,实现“经济”与“环境”双赢;姜宝珍等(2020)^[8]建立Tobit模型,验证了绿色金融发展对能源效率的影响效应;Diluiso et al.(2021)^[9]进一步发现绿色量化宽松政策可以有效应对经济转型期间的金融波动。然而,尚未发现有文献专门研究绿色金融对能源结构的影响效果。针对现有文献的不足,尝试构建一个包含化石能源部门与绿色能源部门的DSGE模型,为研究绿色信贷政策对能源结构的影响提供了一个分析框架。全文贡献如下:首先,在绿色信贷方向改进了DSGE模型,扩展了模型的适用范围,讨论了绿色信贷与节能减排、能源结构的关系,探究绿色金融对宏观经济的影响,对政策实践有重要意义。其次,提出了盯住“绿色信贷规模”的货币政策规则,扩展了以往绿色信贷政策只盯住“污染”的框架。

二、理论模型

构建包含化石能源部门与绿色能源部门的DSGE模型,为分析绿色信贷政策对能源供给结构的影响提供了一个初步的框架。优化能源供给结构旨在减少煤炭等化石能源的消费,提高绿色能源在能源结构中的比重。因此,假定能源供给部门分为化石能源部门与绿色能源部门。两类能源供给部门的区别在于化石能源部门的生产需要消耗化石原料,并在生产过程中有碳排放,而绿色能源部门的生产不消耗化石原料,也不会有碳排放。其次,参考Jermann & Quadrini(2012)^[10]的做法,在厂商中引入营运成本。所有厂商的生产活动需要银行贷款才能完成,银行向厂商发放贷款从而形成厂商的营运资本。中间品厂商利用劳动、资本、化石能源、绿色能源生产中间产品。家庭的投资分为实物投资与金融投资。为了研究绿色信贷政策,模型中还设置了中央银行。央行针对绿色信贷活动发放再贷款。

下面分别阐述模型中各个部门的详细设定。

(一) 家庭

假设经济体中家庭的效用函数如下:

$$U_t = E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left[\ln(C_t - aC_{t-1}) - \frac{1}{1+\eta} (N_t)^{1+\eta} - \ln(O_t) \right] \quad (1)$$

式(1)中, U_t 为家庭跨期贴现效用, β 为家庭主观贴现因子, C_t 为家庭消费, a 为消费习惯系数, N_t 为家庭的劳动供给, η 为劳动供给弹性, O_t 为每期的碳排放量。家庭通过调整消费与劳动来最大化其效用。碳排放量也会影响家庭的效用。但碳排放主要受污染性企业生产行为的影响,因此碳排放量只会影响家庭的效用水平,不会影响居民的决策。高污染行业所带来的空气污染已经严重影响居民的日常生活和危害居民

身体健康。

家庭的预算约束如下:

$$I_t + C_t + \frac{B_t}{P_t} \leq \frac{B_{t-1}R_{t-1}}{P_t} + R_{K,t}K_{t-1} + \frac{W_tN_t}{P_t} + \frac{T_t}{P_t} \quad (2)$$

式(2)中, P_t 为居民消费价格指数, I_t 为投资, B_t 为家庭储蓄, R_t 为基准利率, K_t 为资本存量, W_t 为企业的工资水平, T_t 为企业的转移支付。家庭每期的收入来源于劳动的收入、资本的利息、上一期的储蓄本息、企业的转移支付。家庭的收入则用于投资、消费、储蓄。

资本积累方程为:

$$I_t = K_t - (1 - \delta) K_{t-1} \quad (3)$$

式(3)中, δ 为资本折旧率。

(二) 最终品生产商

假设最终品生产商将中间产品加工成无差异的产品, 其生产函数设定如下:

$$Y_t = \left(\int_0^1 (Y_{i,t})^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (4)$$

式(4)中, Y_t 表示为最终产品, $Y_{i,t}$ 表示第 i 种中间产品, ε 表示不同中间产品之间的替代弹性。最终产品市场是完全竞争市场, 在给定技术水平的条件下, 进行利润最大化求解, 可以得到中间产品需求方程与最终产品价格的设定方程:

$$Y_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}}{P_t} \right)^{-\varepsilon} Y_t \quad (5)$$

$$P_t = \left(\int_0^1 (P_{i,t})^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (6)$$

(三) 中间产品生产商

中间产品生产商利用劳动、资本、绿色能源、化石能源生产中间产品。其生产函数设定如下:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} (K_{i,t})^\alpha (N_{i,t})^\mu (O_{L,t})^\nu (O_{F,t})^\omega \quad (7)$$

式(7)中, $A_{i,t}$ 表示中间产品生产商的科学技术, $K_{i,t}$ 、 $N_{i,t}$ 、 $O_{L,t}$ 、 $O_{F,t}$ 分别表示资本投入、家庭劳动、绿色能源投入量、化石能源投入量。参数 α 、 μ 、 ν 、 ω 分别表示要素投入在分配中所占的份额。

在每期初, 中间产品生产商需要从银行中介获得贷款来支付工人工资、资本租金、购买绿色能源、购买化石能源, 在每期末获得生产回报后将本息偿还给银行中介。因此, 中间产品生产商的实际成本为:

$$TC_{i,t} = R_{1,t} (R_{K,t}K_{i,t} + W_tN_{i,t} + P_{OL,t}O_{L,t} + P_{OF,t}O_{F,t}) \quad (8)$$

式(8)中, $R_{1,t}$ 表示中间品厂商的贷款利率, $P_{OL,t}$ 、 $P_{OF,t}$ 分别表示绿色能源与化石能源的价格。从(8)式看出, 企业的贷款利率会影响企业的成本及最终决策。对上述问题进行成本最小化求解后可以得到:

$$R_{1,t}R_{K,t}K_{i,t} = \alpha MC_{i,t}Y_{i,t} \quad (9)$$

$$R_{1,t}W_tN_{i,t} = \mu MC_{i,t}Y_{i,t} \quad (10)$$

$$R_{1,t}P_{OL,t}O_{L,t} = \nu MC_{i,t}Y_{i,t} \quad (11)$$

$$R_{1,t}P_{OF,t}O_{F,t} = \omega MC_{i,t}Y_{i,t} \quad (12)$$

式(9)~式(12)中, $MC_{i,t}$ 为企业的边际成本。以 Calvo(1983)^[11] 的方式引入价格粘性, 设污染类企业每期有 θ 的概率不能自主选择定价, 企业与家庭具有相同的时间偏好 β , 可以推出前瞻新凯恩斯菲利普斯曲线(线性化形式)^①:

$$\pi_{1,t}^\wedge = \beta E_t \pi_{1,t+1}^\wedge + \frac{(1-\beta\theta)(1-\theta)}{\theta} (M\hat{C}_{i,t} - P_{i,t}^\wedge) \quad (13)$$

① 变量 θ_t 的线性化形式为: $\hat{\theta}_t = \Delta\theta_t/\theta$, 反映了变量 θ_t 偏离稳态 θ 的百分比。

(四) 化石能源部门

能源类产业是资源密集型产业, 简便起见, 将劳动从中抽离出去, 化石能源部门只利用资本、化石原料来进行生产。其生产函数设定如下:

$$O_{F,t} = A_{F,t} (K_{F,t})^{\alpha_F} (F_t)^{1-\alpha_F} \quad (14)$$

式(14)中, $A_{F,t}$ 表示化石能源部门的全要素生产率, $K_{F,t}$ 、 F_t 分别表示资本投入与化石原料, α_F 表示资本在分配中所占的份额。化石能源部门在使用化石原料生产化石能源的过程中会产生二氧化碳。二氧化碳产生函数为:

$$O_t = (O_{F,t})^{\varphi_O} \quad (15)$$

同中间品生产商一样, 化石能源部门在每期初向银行中介贷款来支付资本租金、购买化石原料, 在每期末得到回报后向银行中介偿还本息。因此, 化石能源部门的成本函数为:

$$TC_{F,t} = R_{F,t} (R_{K,t} K_{F,t} + P_{F,t} F_t) \quad (16)$$

式(16)中, $R_{F,t}$ 表示化石能源部门的贷款利率, $P_{F,t}$ 表示化石原料的价格。假定化石原料的供给是充足的, 因此化石原料的价格 $P_{F,t}$ 是外生给定的。

(五) 绿色能源部门

与化石能源部门设定类似, 将劳动从绿色能源的生产中抽离出去, 绿色能源部门只利用资本进行生产。其生产函数设定如下:

$$O_{L,t} = A_{L,t} K_{L,t} \quad (17)$$

式(17)中, $A_{L,t}$ 、 $K_{L,t}$ 分别表示绿色能源部门的全要素生产率与资本投入。在每期初, 绿色能源部门向银行中介贷款来支付资本租金, 在每期末获得回报后向银行中介偿还本息。因此, 绿色能源部门的成本函数为:

$$TC_{L,t} = R_{L,t} (R_{K,t} K_{L,t}) \quad (18)$$

式(18)中, $R_{L,t}$ 表示绿色能源部门的贷款利率。

(六) 银行中介

经济体中存在三类商业银行 I、II、III, 他们分别向中间品厂商、化石能源部门、绿色能源部门发放贷款。参考彭俞超和方意(2016)^[12], 设定一个有存款准备金与央行再贷款支持的商业银行。每类商业银行吸收家庭存款, 并向银行缴纳准备金, 同时向企业发放贷款并获得央行的再贷款支持。

每类商业银行 j (I、II、III) 都面临加总的贷款需求: $B_{j,t} = (\int_0^1 (B_{j,t}^i)^{1/\varepsilon_j})^{\varepsilon_j}$; 贷款利率水平为: $R_{j,t} = (\int_0^1 (R_{j,t}^i)^{1/(1-\varepsilon_j)})^{1-\varepsilon_j}$, 从而得到第 j 家商业银行的贷款需求: $B_{j,t}^i = (R_{j,t}^i/R_{j,t})^{-\varepsilon_j} B_{j,t}$ 。其中, ε_j 为商业银行的贷款替代弹性。

每类商业银行的贷款总额为 $B_{j,t}$, 其中商业银行从央行得到的央行再贷款占总贷款的份额为 $S_{j,t}$, 再贷款利率为 $R_{j,t}^S$ 。总贷款中 $(1 - S_{j,t})$ 部分来自于银行存款, 存款利率为 R_t 。央行的存款准备金率为 $\varphi_{j,t}$, 商业银行的存款准备金为 $(1 - S_{j,t}) B_{j,t} \varphi_{j,t} (1 - \varphi_{j,t})^{-1}$ 。央行支付的存款准备金利率为 $R_{j,t}^{\varphi}$ 。商业银行面临的最大化利润函数为:

$$\max(R_{j,t}) = \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i [(R_{j,t}^i - ((1 - S_{j,t})(R_t + \frac{\varphi_{j,t}}{1 - \varphi_{j,t}}(R_t - R_{j,t}^{\varphi})) + S_{j,t} R_{j,t}^S)) B_{j,t}^i - a_{j,R,t}] \quad (19)$$

式(19)中, $a_{j,R,t}$ 为利率调整成本。其表达式为: $a_{j,R,t} = k_R/2 (R_{j,t}^i/R_{j,t-1}^i - 1)^2 B_{j,t}^i$, k_R 为利率调整参数。每家商业银行在其贷款需求函数约束下, 选择贷款利率来最大化其利润, 从而得到商业银行的贷款利率:

$$R_{j,t} = \frac{\varepsilon_j}{\varepsilon_j - 1} [(1 - S_{j,t})(R_t + \frac{\varphi_{j,t}}{1 - \varphi_{j,t}}(R_t - R_{j,t}^{\varphi})) + S_{j,t} R_{j,t}^S] - \frac{k_R}{\varepsilon_j - 1} (\frac{R_{j,t}}{R_{j,t-1}} - 1) \frac{R_{j,t}}{R_{j,t-1}} + \frac{\beta k_R}{\varepsilon_j - 1} (\frac{R_{j,t+1}}{R_{j,t}} - 1) \frac{R_{j,t+1}}{R_{j,t}} \frac{B_{j,t+1}}{B_{j,t}} \quad (20)$$

(七) 央行

1. 传统货币政策。央行制定货币政策, 货币政策设定采用常见的泰勒规则。利率对产出缺口与通货膨胀作出反应:

$$\frac{R_t}{\bar{R}} = \left(\frac{R_{t-1}}{\bar{R}} \right)^{\rho_R} \left[\left(\frac{Y_t}{\bar{Y}} \right)^{\rho_Y} \left(\pi_t \right)^{\rho_\pi} \right]^{(1-\rho_R)} \varepsilon_t \quad (21)$$

式(21)中, ρ_R 表示利率的平滑系数, ρ_Y 和 ρ_π 分别表示利率对产出缺口和通货膨胀的反应系数, ε_t 表示货币政策冲击。

2. 绿色信贷政策。假设央行支持绿色能源部门的发展, 为绿色能源部门提供信贷支持, 对绿色信贷增速越高的商业银行给予更多的再贷款优惠。

针对后文的分析, 主要分为两种情况: 一是将政策本身作为冲击引入到模型中, 其运动方程符合一阶自回归方程, 用以分析临时性绿色信贷政策。二是政策不是作为一种冲击, 而是一种内生于经济系统的常备政策。

(八) 市场出清与外生冲击

$$\text{产品市场出清: } Y_t = C_t + I_t \quad (22)$$

$$\text{资本市场出清: } K_t = K_{1,t} + K_{F,t} + K_{L,t} \quad (23)$$

$$\text{绿色信贷政策冲击: } \ln(R_{j,t}^S) = (1 - \rho_S) \ln(\bar{R}_j^S) + \rho_S \ln(R_{j,t-1}^S) + \sigma_S \quad (24)$$

$$\text{化石能源部门生产率冲击: } \ln(A_{F,t}) = (1 - \rho_{A,F}) \ln(\bar{A}_F) + \rho_{A,F} \ln(A_{F,t-1}) + \sigma_{A,F} \quad (25)$$

$$\text{绿色能源部门生产率冲击: } \ln(A_{L,t}) = (1 - \rho_{A,L}) \ln(\bar{A}_L) + \rho_{A,L} \ln(A_{L,t-1}) + \sigma_{A,L} \quad (26)$$

$$\text{货币政策冲击: } \varepsilon_t = \rho_Z \varepsilon_{t-1} + \sigma_Z \quad (27)$$

$$\text{能源结构: } M_t = O_{F,t} / O_{L,t} \quad (28)$$

三、数值模拟与福利分析

(一) 参数校准

大多数文献将我国居民季度主观贴现因子设定为 0.98, 而稳态时主观贴现因子等于存款利率的倒数, 根据样本内 Shibor 利率平均值(2.7520%), 校准居民季度主观贴现因子为 0.99。消费惯性系数 a 设定为 0.5。参考马勇和陈雨露(2014)^[13]的结果, 校准劳动替代弹性 η 为 1, 资本折旧率 δ 为 0.025。价格黏性 θ 设定为 0.75。将差异化商品之间的替代弹性 η 设定为 6, 来对应稳态时价格加成 1.2。中间品厂商的资本产出份额 α 为 0.5, 劳动产出份额 μ 为 0.4。考虑到我国目前的能源结构中化石能源占能源比重为 85%, 从而设定化石能源的产出份额 ν 为 0.085, 绿色能源的产出份额 ω 为 0.015。在化石能源部门中, 资本产出份额 α_F 为 0.6。绿色信贷政策冲击中自相关系数 ρ_S 设定为 0.85, 自相关标准差 σ_S 设定为 0.01。

根据央行对商业银行债权与商业银行贷款总额之比 0.0273 与再贷款利率为 3.85%, 设定银行 I、II 的再贷款比例 S_1 、 S_2 为 0.0273 和再贷款利率 R_1^S 、 R_2^S 为 1.009625。《2021 年第三季度货币政策执行报告》提到中国人民银行对金融机构向碳减排重点领域内相关企业发放的符合条件的碳减排贷款, 按贷款本金的 60% 提供资金支持, 利率为 1.75%, 设定银行 III 的再贷款比例 S_3 与在贷款利率 R_3^S 分别为 0.6 与 1.004375。法定存款准备金率为 8.9%。

(二) 贝叶斯估计

对于二氧化碳产生系数、货币政策以及外生冲击等相关系数, 采取贝叶斯估计方法来进行校准。主要选择以下观测变量: 国内生产总值(GDP)、CPI 平减指数、二氧化碳排放量。时间区间为 2004 年第一季度至 2020 年第三季度。

其中, 国内生产总值和居民消费价格指数来自于 Choice 经济数据库。二氧化碳排放量数据来自于世界银行 WDI 数据库。首先对数据采取季节调整, 并取自然对数, 最后利用 HP 滤波去除趋势项, 将波动项用于参数估计。

表2 贝叶斯估计

参数	定义	先验分布	后验均值	90% 置信区间
φ_o	负外部性对产业弹性	beta [0.5 0.5]	0.5986	[0.5439 0.6643]
ρ_π	货币政策对通胀的反应系数	Gamma [1.5 0.2]	1.8731	[1.5781 2.1564]
ρ_Y	货币政策对产出的反应系数	Gamma [0.5 0.1]	0.2729	[0.1914 0.3558]
ρ_{AL}	绿色能源厂商生产率冲击自相关系数	beta [0.85 0.1]	0.8471	[0.7004 0.9897]
ρ_Z	货币政策冲击自相关系数	beta [0.85 0.1]	0.7553	[0.6549 0.8711]
σ_{AL}	绿色能源厂商生产率冲击标准差	inv [0.01]	0.0095	[0.0023 0.0185]
σ_Z	货币政策冲击自相关标准差	inv [0.01]	0.0812	[0.0608 0.1017]

(三) 临时性政策变化的效果分析

首先分析临时性的绿色信贷政策对经济体各经济变量的效果,观察其对宏观经济、能源结构、环境等方面的影响。分析方法是绿色信贷政策中的再贷款利率设置成包含冲击的 AR(1) 过程:在 $t+0$ 期分别给予 1 单位的外生冲击,即央行对支持绿色能源供给企业的商业银行(银行Ⅲ)的再贷款利率降低一个单位,然后观察其对其他经济变量的影响。

在金融体系方面,主要关注临时性的绿色信贷政策对银行信贷利率以及绿色信贷量的影响。由图 1 可知,政策冲击能够显著降低绿色能源部门的贷款利率,提高化石能源部门贷款利率。两者之间利差变大,绿色信贷价格相较于其他信贷价格有了明显下降,从而绿色信贷量增多。通过影响贷款结构,使得资金流入绿色能源领域,这也是绿色信贷最为直接的效果,即绿色能源部门贷款利率下降,企业成本下降,企业融资增多,从而扩大生产。与之相反,化石能源部门贷款利率上升,企业成本增多,抑制了企业生产,从而优化了能源供给结构。化石能源部门产出减少,企业的二氧化碳排放量也随之下降。

在宏观经济方面,重点关注临时性的绿色信贷政策对通胀与消费的影响。由图 2 可知,政策冲击虽然降低了绿色能源的价格,但却抬高了化石能源的价格。在我国,化石能源在能源结构中占比很大进而导致最终产品价格升高,通货膨胀率升高,抑制了居民消费。因此,在政策实施时,应重点关注通胀问题。

(四) “盯住型”政策的效果分析

1. 脉冲响应效果分析。临时性的绿色信贷可以减少社会的碳排放。但临时性的政策一般往往只适用于短期。就长期而言,将绿色信贷政策设置成内生于经济体的常规政策,即政策强度与名义锚相挂钩的政策。关于名义锚的选择问题,以往的文献大多选用盯住污染企业所造成的负外部性或污染水平(彭俞超, 2016^[12];王遥, 2019^[7])。但央行获得企业所造成的污染量可能需要借助第三方机构。因此,名义锚采用绿色能源企业的贷款规模,央行盯住绿色能源供给企业贷款规模,根据绿色能源供给企业贷款规模调整商业银行的再贷款利率:

$$R_{3,t}^A = \varphi_{R/3} R_{3,t}^A \quad (29)$$

图 3 展示了在绿色能源部门技术冲击与货币政策冲击下,绿色能源产出、化石能源产出、产业结构等,在实施绿色信贷政策与不实施两种情况下的脉冲响应。可以看出,实施绿色信贷政策可以明显提高绿色能源产出,抑制化石能源产出,减少二氧化碳排放量,优化能源的供给结构。当经济体中绿色能源部门受到正向技术冲击,其产出增多,相应贷款增多,央行观测到商业银行Ⅲ针对绿色能源厂商的绿色信贷增多,因而增大对商业银行Ⅲ的再贷款支持。商业银行Ⅲ的信贷结构发生变化,成本下降,其对绿色能源部门的贷款利率下降,减少绿色能源部门成本,绿色能源部门增加资本,提高产量。绿色能源部门与化石能源部门的贷款利差扩大,化石能源部门面临更高的贷款利率,从而减少产量。当经济体受到货币政策冲击,利率下降,绿色能源部门成本降低。央行对银行Ⅲ再贷款支持增多,绿色能源部门贷款利率进一步降低,提高绿色能源部门产

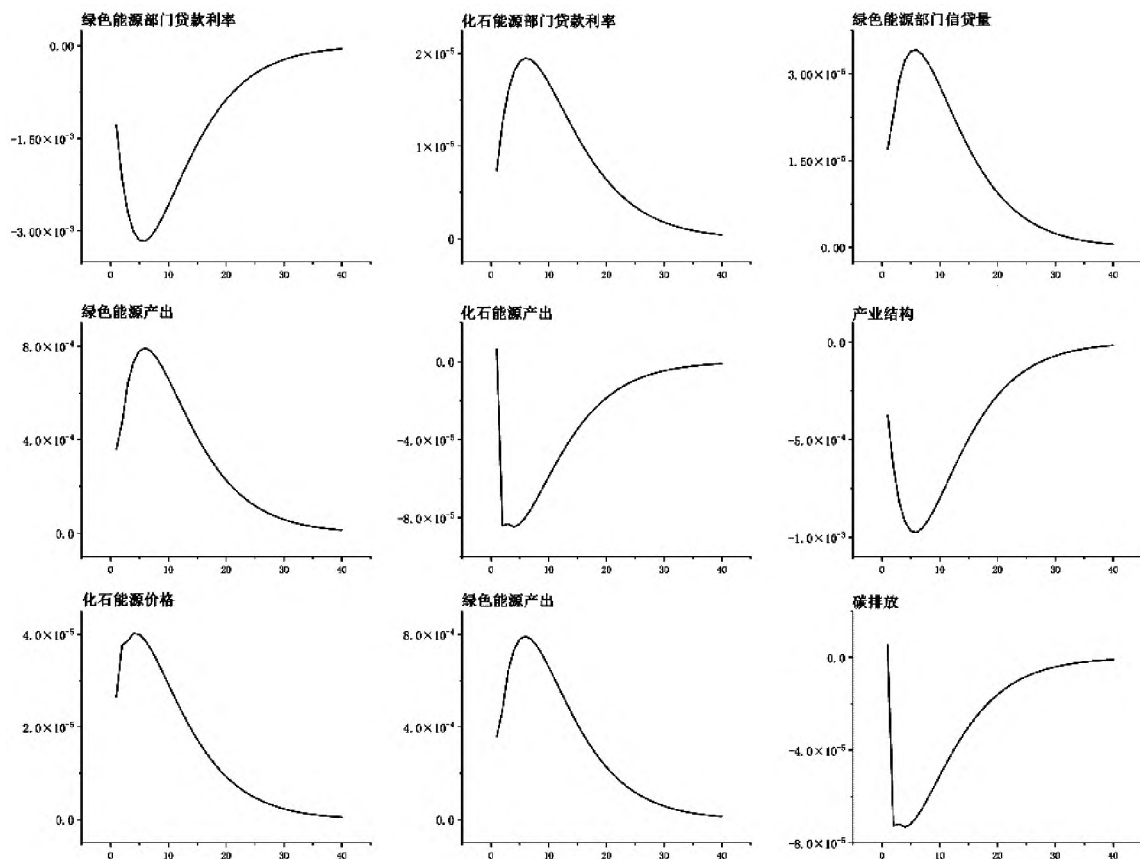


图1 实施绿色信贷政策与仅实施传统政策的脉冲响应图(金融体系方面)

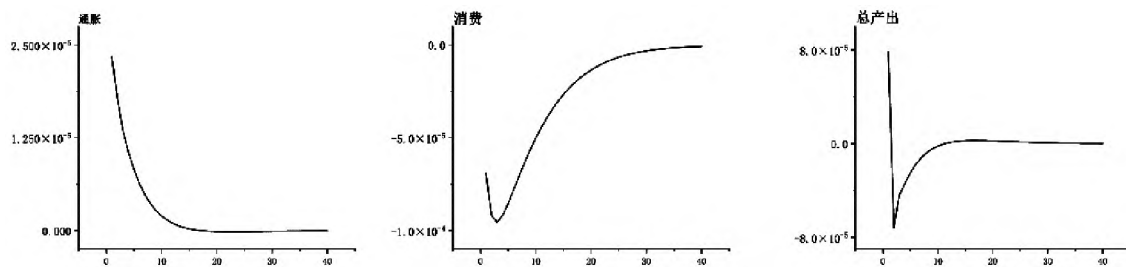


图2 实施绿色信贷政策与仅实施传统政策的脉冲响应图(宏观经济方面)

出。这表明,长期的绿色信贷可以减少二氧化碳的排放。

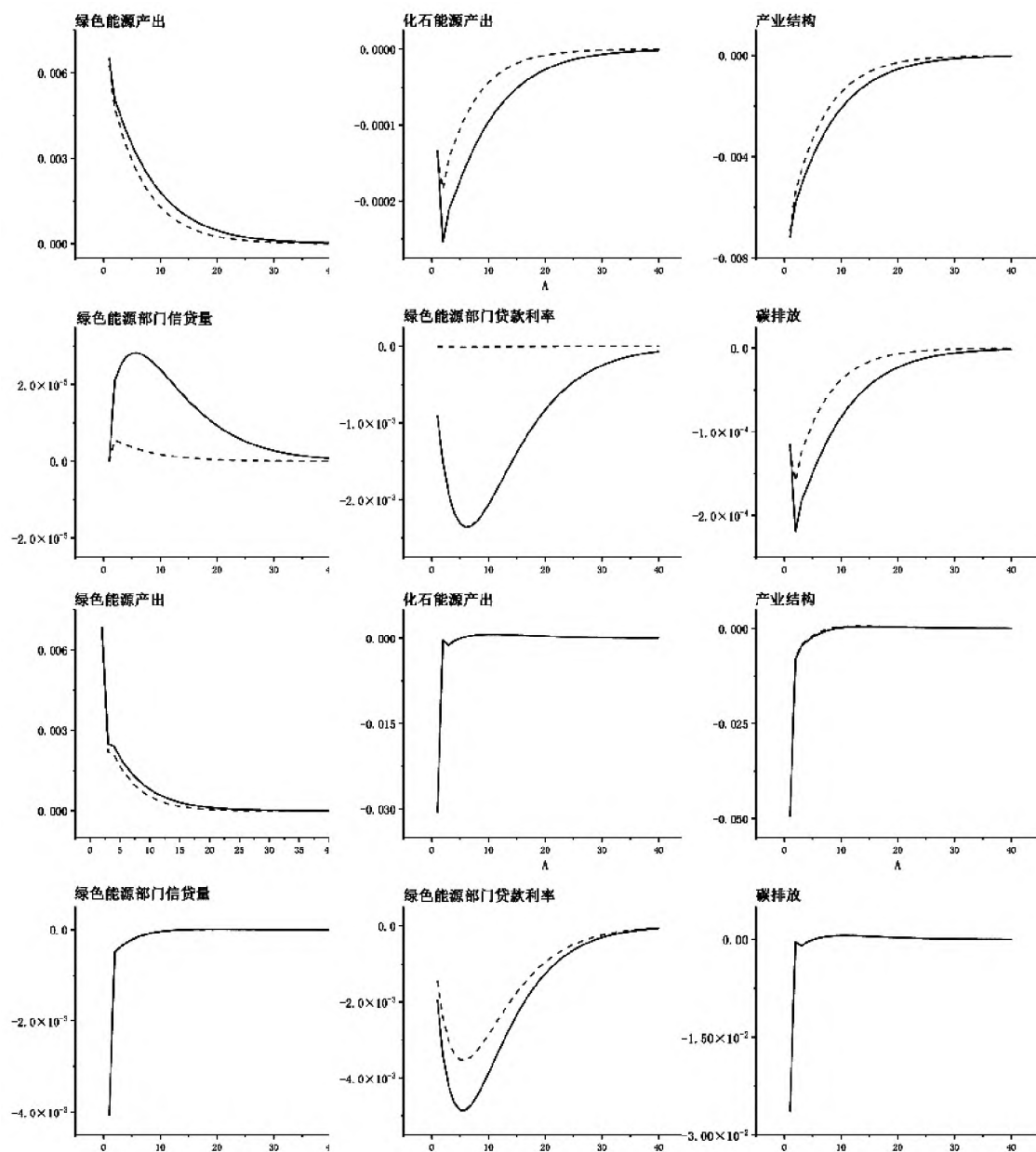
2. 福利分析。实施绿色信贷政策可以减少二氧化碳排放量,促进能源产业转型升级,那么绿色信贷政策是否会影响经济稳定呢?下面从福利损失角度出发,考虑两种社会福利损失函数,来评估绿色信贷政策。

第一种是传统形式,即社会福利损失函数仅关注产出与通货膨胀的波动。具体见下式:

$$Loss_t = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t ((\hat{Y}_t)^2 + \lambda_1 (\hat{\pi}_t)^2) \quad (30)$$

式(30)中, β 为家庭主观贴现因子, λ_1 表示经济主体对通货膨胀的关注权重。设定三种不同的情况: $(\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \bar{\omega}_3)$:在情况 $\bar{\omega}_1$ 中, $\lambda_1 = 0.5$,表明经济主体更加关注产出波动;在情况 $\bar{\omega}_2$ 中, $\lambda_1 = 1$,表明经济主体对产出波动与通货膨胀波动给予相同的权重;在情况 $\bar{\omega}_3$ 中, $\lambda_1 = 1.5$,表明经济主体更加关注通货膨胀波动。

第二种是在传统社会福利损失函数的基础上,增加对二氧化碳排放量的关注,形成新的社会福利损失函数,即:



注:表示无绿色信贷政策; ——表示绿色信贷政策。第一行和第二行描述的是正向的绿色能源部门技术冲击的脉冲响应结果。第三行和第四行描述的是宽松货币政策冲击的脉冲响应结果。

图3 实施“盯住型”政策与仅实施传统政策的脉冲响应图

$$Loss_t = \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i ((\hat{Y}_t)^2 + \lambda_2 (\hat{\pi}_t)^2 - \lambda_3 (\hat{O}_t)^2) \quad (31)$$

函数中前两项系数都为正,最后一项系数为负,表明产出波动与通货膨胀波动会造成社会福利损失,而二氧化碳排放量的减少会改善空气质量,减少社会福利损失。这样,社会福利损失函数就可以同时对经济稳定和二氧化碳排放进行评估。在权重设定上与传统社会福利损失函数设定相同。设定四种情况($\bar{\omega}_4, \bar{\omega}_5, \bar{\omega}_6, \bar{\omega}_7$):在情况 $\bar{\omega}_4$ 中, $\lambda_2 = 1, \lambda_3 = 1$,表明经济主体给予产出波动、通货膨胀波动、二氧化碳排放相同权重;在情况 $\bar{\omega}_5$ 中, $\lambda_2 = 0.5, \lambda_3 = 0.5$,表明经济主体更加关注产出波动;在情况 $\bar{\omega}_6$ 中, $\lambda_2 = 1.5, \lambda_3 = 1$,表明经济主体更加关注通货膨胀波动;在情况 $\bar{\omega}_7$ 中, $\lambda_2 = 1, \lambda_3 = 1.5$,表明经济主体更加关注二氧化碳排放,即经济主体更加关注环境变化。

表 3 福利损失分析

冲击	福利损失	传统福利损失				改进福利损失		
		$\bar{\omega}_1$	$\bar{\omega}_2$	$\bar{\omega}_3$	$\bar{\omega}_4$	$\bar{\omega}_5$	$\bar{\omega}_6$	$\bar{\omega}_7$
绿色能源部门 正向技术冲击	①	0.1310	0.1350	0.1390	0.1260	0.1270	0.1300	0.1300
	②	0.1270	0.1300	0.1330	0.1080	0.1160	0.1110	0.1110
货币政策冲击	①	0.2547	0.3204	0.3861	0.2504	0.2197	0.3161	0.2154
	②	0.2544	0.3201	0.3858	0.2501	0.2194	0.3157	0.2151

注:表中①表示无绿色信贷政策,②表示绿色信贷政策。

在不同评估体系下,绿色信贷所造成的福利损失都是较小的,表明绿色信贷能够维持经济稳定。进一步研究,在两种评估体系下,政策当局对通胀波动的重视程度越高,绿色信贷所造成的福利损失越大,其次,对产出波动的重视程度越高,绿色信贷所造成的福利损失越小,也就是说绿色信贷对产出的影响较小,但会造成价格的大幅波动。

在不同冲击下,绿色信贷都可以减少福利损失,区别在于带来的福利增量大小。结合脉冲响应,绿色信贷可以在对总产出影响较小的情况下,对能源结构进行优化升级,减少二氧化碳排放。这说明此时经济稳定与节能减排的目标并不矛盾。

(五) 政策效果的核心发现

无论是临时性的政策变化还是盯住“绿色信贷规模”的政策,绿色信贷政策都起到了减少碳排放、促进能源结构升级的效果。

绿色信贷政策在经济体中的传导机制为:绿色信贷政策定向地对贷款给绿色能源厂商的银行Ⅲ实施宽松的货币政策→银行Ⅲ的经营成本降低→银行Ⅲ的贷款利率降低→绿色能源供给的贷款成本下降→绿色能源部门的贷款需求上升→能源供给结构优化。最关键的是绿色信贷政策对银行Ⅲ经营成本的定向影响。短期绿色信贷政策还有可能对经济带来负面影响。比如,绿色能源在我国能源结构中占比较小,提高绿色能源所占比重,可能会导致总体能源价格上升,增加要素的使用成本,推高通货膨胀。这与张晓娣和刘学悦(2015)^[14]关于能源结构的研究类似。

(六) 敏感性分析

对模型部分参数进行敏感性分析。当前我国绿色能源在能源中占比较低,绿色信贷的资金还较小。考虑到我国未来绿色能源领域还有很大的发展空间,绿色信贷的资金会进一步扩大。改变两种能源的比例系数,以此研究绿色能源比重增大是否会影响结果。此外,在保持模型其他参数不变的前提下,还改变了消费惯性系数 α 、资本折旧率 δ 、资本所占份额 α ,得到的脉冲响应图中图形方向与形状与上图相似,福利分析的结果也吻合。

四、结论与对策建议

改革开放以来,我国经历了多年的粗放增长,环境问题日益严重。在“绿水青山就是金山银山”理念的引领下,央行积极创新多种绿色信贷政策,以实现经济和环境的可持续发展。通过构建包含化石能源部门与绿色能源部门的DSGE模型,系统考察了绿色信贷政策对减少碳排放、优化能源结构的影响效果,并在此基础上分析不同冲击下的福利效应,得出以下结论:无论是短期还是长期的绿色信贷政策都能有效地减少碳排放,优化能源产业结构。绿色信贷能够兼顾产业稳定与节能减排两种目标,对不同的外生冲击都具有明显的效果,但对价格稳定具有一定的负面作用。根据上述结论,得到以下启示:首先,绿色信贷的实施可能会带来通胀的波动,因此,央行在执行货币政策时应加大对通胀的关注,有效推动供需平衡,进而解决通胀问题。其次,盯住绿色能源供给企业信贷规模的绿色信贷政策将有助于金融支持能源结构升级。

参考文献:

- [1] 林伯强,姚昕,刘希颖. 节能和碳排放约束下的中国能源结构战略调整[J]. 中国社会科学, 2010(1): 58 - 71.

- [2]曹新. 中国新能源发展战略问题研究[J]. 经济研究参考 2011(52):2-19.
- [3]马丽梅,刘生龙,张晓. 能源结构、交通模式与雾霾污染——基于空间计量模型的研究[J]. 财贸经济, 2016(1):147-160.
- [4]徐斌,陈宇芳,沈小波. 清洁能源发展、二氧化碳减排与区域经济增长[J]. 经济研究 2019(7):188-202.
- [5]史丹,夏晓华. 新能源产业融资问题研究[J]. 经济研究参考 2013(7):23-43.
- [6]Li Z., Liao G., Wang Z., Huang Z. Green Loan and Subsidy for Promoting Clean Production Innovation[J]. Journal of Cleaner Production 2018(6):421-431.
- [7]王遥,潘冬阳,彭俞超,等. 基于DSGE模型的绿色信贷激励政策研究[J]. 金融研究 2019(11):1-18.
- [8]姜宝珍,童扬,陆洲. 金融发展与中国能源效率的影响因素研究[J]. 金融教育研究 2020(6):22-32.
- [9]Diluiso F., Annicchiarico B., Kalkuhl M., et al. Climate Actions and Macro-financial Stability: The Role of Central Banks[J]. Journal of Environmental Economics and Management 2021(10):102548.
- [10]Jermann U., Quadrini V. Macroeconomic Effects of Financial Shocks[J]. The American Economic Review, 2012(1):238-71.
- [11]Calvo G. A. Staggered Prices in A Utility-Maximizing Framework[J]. Journal of Monetary Economics, 1983(3):383-398.
- [12]彭俞超,方意. 结构性货币政策、产业结构升级与经济稳定[J]. 经济研究 2016(7):29-42.
- [13]马勇,陈雨露. 经济开放度与货币政策有效性:微观基础与实证分析[J]. 经济研究 2014(3):35-46.
- [14]张晓娣,刘学悦. 征收碳税和发展可再生能源研究——基于OLG-CGE模型的增长及福利效应分析[J]. 中国工业经济 2015(3):18-30.

Research on Green Credit Policy to Optimize Energy Supply Structure

——Analysis based on DSGE Model

WANG Shuo, BU Lin

(School of Finance, Tianjin University of Finance and Economics, Tianjin 300222, China)

Abstract: Energy conservation and emission reduction; green credit policies can support the development of green industries. By introducing the fossil energy supply sector and the green energy supply sector into the dynamic stochastic general equilibrium model, this paper deeply analyzes the effectiveness of the green credit policy in reducing carbon emissions and optimizing energy supply. Based on numerical simulation analysis, the green credit policy can adjust the credit structure and optimize the energy structure by affecting the operating costs of financial institutions, and it is effective against different exogenous shocks. From the perspective of welfare analysis, green credit policy can take into account economic stability and energy structure upgrade, so as to achieve sustainable economic and environmental development.

Key words: Green credit policy; Energy supply structure; DSGE model

(责任编辑:黎芳)