

气候变化的转型风险对宏观经济和金融稳定的影响*

—基于存量流量一致性模型视角

王博 宋玉峰

摘要：气候变化及其应对政策会对一国宏观经济发展和金融稳定产生重要影响。本文基于生态经济学和气候变化适应性研究理论，构建了一个“气候变化——政策响应——经济增长——金融稳定”的影响传导路径。并依据该气候风险传导路径，以代表绿色金融政策的绿色支持因子（GSF）和代表绿色财政政策的碳税（CT）为主要政策场景，基于中国 1990-2018 年的实际数据，运用存量流量一致性模型（SFC Model）对四部门国民经济体系进行情景模拟。研究结果显示：碳税（CT）对宏观经济的影响有限，但绿色支持因子（GSF）对经济的影响与政策强度有关，在一定范围内，政策强度越高，其对经济发展的负向影响越强。同时，由于用以抵御气候变化风险而出台绿色经济政策类型和施行期间长短的不同，其对金融稳定性的影响有显著差异，其中绿色支持因子（GSF）政策会削弱以银行为中心的金融系统稳定性。因此，“休克式”绿色金融政策在中国并不可取，探索合理的绿色政策实行力度意义重大。

关键词：气候变化； 金融稳定； 存量流量一致性模型； 绿色政策

一、引言

气候变化和温室气体排放带来的负外部性，作为市场经济条件下最典型的“市场失灵现象”，一直受到学者和各国政策制定部门的关注。而要实现气候变化《巴黎协定》的目标必须实施低碳转型，但低碳转型毫无疑问将影响大部分国家的经济发展路径，并可能对宏观经济和金融稳定产生负面影响。虽然早在 19 世纪 20 年代，联合国大会以公约形式号召包括中国在内的 130 多个国家参与到关注气候变化一致性行动中。然而在很长一段时期内，气候变化的相关议题却仅停留在国内政策引导和国际政治博弈层面。

传统研究者认为金融市场和气候变化无内在联系，但事实上，金融行业的“助推器”功能正在气候变化领域发挥深刻作用，并且也持续受到气候变化带来的影响。首先，金融业与

* 王博、宋玉峰，南开大学金融学院，邮编：300350，电子邮箱：nkwangbo@nankai.edu.cn。本文受国家自然科学基金面上项目“外部冲击对中国金融稳定的影响机理：不确定性与公共事件冲击视角”（72073076）、国家自然科学基金面上项目“基于大数据的中国金融系统性风险测度及其演化规律研究”（71873070）、国家社科基金重大专项“我国债务危机风险的防范治理与有效缓解对策研究”（18VH007）、国家社会科学基金重大项目“基于结构化数据分析的中国金融系统性风险防范体系研究”（17ZDA074）资助。感谢匿名审稿专家和编辑部的宝贵意见，文责自负。

经济社会的各个角度息息相关,因此当气候变化带来的系统性冲击作用于经济社会角色中时,必定会通过金融机构和参与金融活动的个人或集体系统性地传播开来。其次,国际社会已经意识到“净零排放”转型的重要意义和势在必行,伴随着全球联合低碳倡议的是前置经验的严重缺乏。转型过程将带来诸多机遇和风险,金融机构若能尽早识别那些在气候变化问题上具有前瞻性商业模式的公司,而不仅仅专注于传统的保守型公司,那将产生促进整个经济社会的良性发展的效应。同样若金融系统无法提前研究和适应气候风险带来的新环境,那么整个经济社会也将冒着无法顺利转型的风险,走向“发生气候变化引发的对金融市场构成系统性威胁,造成颠覆性影响的极端事件”的境地。鉴于此,研究者需要从气候变化经济学中梳理,寻找有关气候变化与经济发展、金融稳定的蛛丝马迹,重新正式金融稳定中的气候变化风险这一议题。

Nordhaus (1982) 首先在经济学范畴内讨论了气候变化引发经济问题的可能性。以此为开端,经济学者和政策制定者开始关注气候变化经济学这一新兴学科。但直到 Stern (2007) 基于系统性的研究指出:气候变化增加了经济中风险评估的不确定性及金融行业发展的阻力。至此,对于气候变化藉由直接影响经济体系产出(主要指物理风险¹)和影响金融稳定(主要指转型风险²)等路径,对人类社会构成潜在风险的研究才变得丰富起来。近年来气候风险研究已经成为经济学界最前沿的研究话题之一。越来越多的经济学家和政策制定者开始开展气候变化对宏观经济和金融稳定潜在影响的政策评估研究和博弈分析,各国央行也逐渐开始关注气候变化对其货币政策的前瞻性影响。

气候变化藉由物理风险传导渠道已经造成了难以估量的损失和人民生活质量下降。人们对于污染的主观感受和客观受污染程度与生活满足感之间是负相关关系(MacKerron & Mourato, 2009)。诸多事实表明,我们正处在气候变化所带来的物理风险包围中,但“休克式”的政策干预和污染管制仍然是不明智的。根据全球经济和气候委员会 2014 年发布的《新气候经济报告》,未来 15 年,全球需要 90 万亿美元为绿色基础设施提供资金,使净排放量达到零³。这就抛出了一个紧迫的命题:世界经济将如何为这类基础建设提供资金?鉴于目前全球公共财政的脆弱性,许多研究人员预计私营部门必将参与到这笔急需的长期投资中,然而这必然面临绿色政策的疏导问题。

基于此,本文主要立足于生态经济学和气候变化适应性研究的理论,使用中国 1990-2018 年实际宏观经济数据,通过构建一个涵盖家庭、公司、银行、政府四大部门的社会经济体系 SFC 模型,对抵御气候变化而施行的绿色政策与金融稳定的内在联系进行情景模

¹气候变化的物理风险指异常天气事件严重损害企业、家庭、银行和保险公司的资产负债表,导致金融和宏观经济不稳定的风险。这种风险主要是未能有效解决气候变化问题所带来的金融风险,是应对气候变化失败的成本(Buiterand & Nabarro, 2019)。

²转型风险是指在向低碳经济转型过程中,气候政策、技术、市场情绪等发生变化,导致资产价格变动或广义的经济危机(Carney, 2015)。

³具体报道可参见:<https://finance.china.com.cn/roll/20140924/2693651.shtml>

拟分析。本文的边际贡献主要体现在以下两点：第一，从宏观经济理论出发，以气候变化的“转型风险”传导渠道为主要研究对象，探索构建气候变化、绿色政策和金融稳定三者之间内在联系与作用传导的路径图景，清晰展现了不同政策情景下实体经济部门的受影响情况。第二，从实证分析视角出发对金融稳定中的气候风险问题进行研究，率先尝试选取和使用中国 1990-2018 年间的标准宏观经济数据进行模型参数的校准和估计，并对中国的绿色财政和金融政策的效果进行政策评估。

二、文献综述

基于上述认识，各国政府部门、政策制定机构以及金融部门开始意识到气候变化的转型风险传导机制研究的重要性。作为具体实践成果的《巴黎协定》2015 年 12 月正式签订，195 个国家承诺在 21 世纪后半叶实现碳的零排放，并将本世纪内的温度上升控制在+2°C 以内。但 Nordhaus（2018）等人已经明确指出的，保持现行状态的政策，+2°C 的目标似乎已经遥不可及。为此，诸多全球应对气候变化的工作全面展开。比如由英国金融稳定委员会主席、英格兰银行行长卡尼和布隆伯格倡导成立的气候相关财务披露工作组（TCFD）2017 年的最终报告指出企业可能需要进行广泛的政策、法律、技术和市场变革，才能满足缓解和适应相关需求气候变化；世界经济论坛发布的《2020 全球风险报告》则进一步指出，未来 10 年全球面临的前五大风险全部与环境相关，其中包括极端天气事件、减缓和适应气候变化措施的失败等；国际清算银行最新发布的报告则指出，气候变化引起的“绿天鹅”事件很可能触发系统性金融危机（Bolton et al, 2020）。

相较于政策制定和执行层面的积极应对，学术界对于气候变化转型风险传导机制的研究却还相对较少，尤其是专门针对发展中国家的研究。已有部分文献从研究内容来看，Batten（2016）以评估政策影响为切入点，通过测试一些重大气候事件的经济影响，验证转型风险，即气候变化引起的政策修正会对一些“棕色”资本品公司的资产价值产生显著影响，进而影响金融稳定。另外，Dietz（2016）、Dafermos et al（2017）等人在宏观模型中定量分析了如果未来几十年向低碳经济的转型非常缓慢，致使最终无法避免严重的全球变暖，金融体系将如何受损。显而易见，政策运用情况的不同，气候风险产生的影响也不同——即用以抵御气候变化风险而出台绿色经济政策类型和施行期间长短的不同，会对金融稳定性产生显著差异的影响。

已有部分文献从研究方法来看，Dietz（2016）使用标准综合评估模型（IAM）和气候风险价值（VaR）框架对气候变化对金融体系的实际影响进行了定量调查。曹军新（2014）等人综合采用威尔森（Wilson）模型和有约束的非线性规划方法研究了碳减排与金融稳定的关系。Dafermos et al(2018)利用存量流量一致性生态宏观经济模型，分析了气候变化对金融

稳定的影响和绿色量化宽松（QE）计划对金融和全球变暖的影响¹。Dunz et al（2019）则将银行的气候情绪加入到存量流量一致性模型（SFC Model）中，针对绿色支持因子和碳税的不同政策组合下的经济发展和金融稳定状况进行了情景分析，得出结论碳税在培育新的银行绿色贷款和企业投资方面可能比绿色支持因子更有效。然而，根据政策的执行情况，这些政策短期内都可能对 GDP 增长和金融稳定产生负面影响。

我国由于地域广、人口基数巨大等现实情况，经济社会体系将更易受到气候环境变化的冲击，即在中国经济转型过程中必然面临气候风险问题。2017年12月，以中国人民银行为主要创始成员的“金融体系绿色化监管网络”在法国巴黎发表联合声明，指出在应对环境和气候挑战的过程中，金融机构和整个金融体系既面临机遇，也有潜在受损的可能性。中国人民银行研究局课题组（2020）研究了绿色政策对金融稳定影响的重要性，认为目前各国央行对是否应将气候因素纳入货币政策和审慎管理框架仍存争议，我国应当高度重视气候相关金融风险问题，鼓励金融机构将气候相关风险纳入风险管理框架等途径，提升对气候相关风险的识别、预警与前瞻性应对。

从既有研究文献看，目前针对金融稳定与气候变化的交叉研究多聚焦于气候变化中的物理风险，并未深刻挖掘基于政策过渡的“转型风险”给金融体系带来的潜在影响，而这种影响往往作用更加深远。

三、模型构建与数据选取

（一）存量流量一致性（SFC）模型

2007年次贷危机之后，存量流量一致模型在预测危机方面的成功使其重回宏观经济分析的视野（Bezemer, 2010）。后凯恩斯学派认为，如果没有货币、银行信贷等元素，实体经济的运行很多情况下是不可理解的，也正是出于这一核心观点的坚持，后凯恩斯学派将存量流量一致模型进一步完善，形成了一套逻辑严密的现代经济社会运行规律的分析框架和分析方法。柳欣（2013）等人研究认为该模型有两个主要特征：第一，模型非常注重会计核算原则。原因是后凯恩斯学派认为利用严格的会计等式可以避免出现经济分析中无意义的结果。第二，后凯恩斯理论将不充分就业认定为经济发展中的常态，因此有效需求决定了存量流量一致性模型中的均衡产出。由于上述两条特征，在存量流量一致性模型中资产负债表和现金流量表成为分析经济不可缺少的工具，也正是由于这些特性，使得该模型能够将实体经济和虚拟经济部门自然地融为一体，形成统一的分析框架，弥补了DSGE模型将实体经济与货币

¹2017年12月12日，欧盟委员会副主席 Dombrovskis 在“一个星球”气候行动融资峰会上发表的演讲中首次提到：欧盟正在考虑引入“绿色支持因子”来推动绿色投资和贷款。

金融方面相分离的缺陷（Francis & Lavoie, 2017）。值得注意的是虽然存量流量一致性模型拥有兼顾虚拟经济部门变量的分析便利性，但也不可避免的存在模型过简、参数假定过于复杂等缺陷，这也是相比之下 DSGE 模型目前仍作为宏观分析主流模型的重要原因。但如果考虑到同时拥有虚拟和实体经济部门，并能不同政策条件下合理地经济运行状况进行情景模拟分析等优势，存量流量一致性模型仍能作为重要且有效的可用工具。

（二）模型构建

本文基于简化四部门国民账户体系，建立了一个包含金融和非金融资产的模型。其中金融资产包含存贷款及债券等，非金融资产主要包括实物资本等。建模的主要步骤包括：1. 构建 n 部门的资产负债表；2. 基于资产负债表构建现金流量表；3. 基于资产负债表和现金流量表构建约束方程，并使用 ABM 方法引入行为约束方程，构成联立方程组；4. 校准参数（估算法、校准法），设定初始变量值，求稳态解。

1. 资产负债表

下表为四部门资产负债表，“+”表示资产项目，“-”表示负债项目，下标表示部门。可以发现，除资本存量外各行之和为 0，原因是金融资产与负债项目是相对应的，例如贷款是银行的资产，同时也是企业的负债。列项上各部门均满足会计恒等式。

表 1 宏观经济资产负债表

	家庭	企业	银行	政府	合计
资本		+K			+K
存款	+D		-D		0
贷款		-L	+L		0
债券			+B	-B	0
净值	V_H	V_F	V_B	V_G	V_T
合计	0	0	0	0	0

2. 现金流量表

表 2 构建了四部门现金交易流量表。“+”和“-”代表资金的流入和流出。现金流量表中主要涵盖了生产和产出、工资回报和利润分配以及存贷款等变动引起的资产价值变化。

表 2 宏观经济现金流量表

	家庭	企业		银行		政府	合计
		经常	资本	经常	资本		
消费	$-C_H$	+C				$-C_{gov}$	0
投资		+I	$-I_F$			$-I_{Gov}$	0
工资	+W	-W					0
企业利润	+DP	-TP	+RP				0
银行利润	+MP			-BP	+RE		0

税收	-T _H	-T _F		-T _B		+T	0
存款利息	+i _D *D _{t-1}			-i _D *D _{t-1}			0
贷款利息		-i _L *L _{t-1}		+i _L *L _{t-1}			0
存款变动	-ΔD				+ΔD		0
贷款变动			+ΔL		-ΔL		0
合计	0	0	0	0	0	0	0

在资产负债表和现金流量表中，主要的测算口径参照张军（2004）、单豪杰（2008）等人的研究，可以反映的事实包括：家庭拥有存款 D 作为资产，净资产为 V_H ；企业拥有物质资本 K ，并通过贷款 L 来为自己的日常运行提供融资，净资产为 V_F ；银行可以吸收存款 D ，贷出资金 L ，根据 Dafermos et al(2018)的研究，可将贷出资金划分为绿色贷款 L_G 和棕色贷款 L_B ，购买政府的长期债券 B ，净资产为 V_B ；政府依靠发放债券取得净资产 V_G 。与此同时，在假设封闭经济情况下，总产出由消费 C 、投资 I 和政府购买 C_{Gov} 组成，税收由家庭部门的 T_H 和企业部门的 T_F 构成，报酬支付则分别来源于企业部门总利润 TP 和银行部门总利润 BP 的分成，其中企业部门留存收益为 RP ，银行部门留存收益为 RE 。最后，存贷款利息为本期利率与上期末存贷款余额乘积，本文分别假设存贷款利率为 i_D 和 i_L ，根据 Dunz et al（2019）的研究，可以将银行贷款利率 i_L 分拆为三个部分：基准利率、受风险权重影响的浮动部分和受资本充足状况影响的浮动部分，具体表示为式 1：

$$i_L = i_L^0 + c_0 * (\chi_G - \chi_B) + \Delta i_L \quad (1)$$

其中 i_L^0 为基准贷款利率， χ_n 表示风险权重因子，当未引入绿色支持因子（GSF）政策时，一般认为绿色资产风险权重 χ_G 与棕色资产风险权重 χ_B 相等， Δi_L 是受资本充足率状况影响的贷款利率浮动部分，其表示为：

$$\Delta i_L = \kappa * \left(\frac{CAR - CAR_t}{CAR} \right) \quad (2)$$

根据巴塞尔协议III，核心资本充足率的最低要求为 8.5%，总资本充足率要求仍维持 8% 不变，故本文取 CAR_t 为 0.08。

上述两表内容和相关的经济运行理论，共同构成了存量流量一致性模型联立方程组的基本依据。显然，在资产负债表和现金流量表的框架内，所建模型是存量与流量一致、虚拟经济与实体经济相互关联的动态模型。

3.构建联立方程组

在模型联立方程组中，主要有约束方程和行为方程两类。下文将按部门分类对其进行描述，其中，小写字母表示真实值，大写字母表示名义值，利率变量除外，主要变量及其解释含义见表 3。

表 3 模型主要变量释义

变量	解释
W	家庭工资收入
Y_C	家庭资本性收入

C	消费
D	存款
Y	总产出
TP	企业利润总额
DP	分配利润额
RP	留存利润额
RE	银行资本
C_{Gov}	政府采买
T_{CT}	政府税收

(1) 家庭部门

家庭收入包括工资收入 W 和资本性收入 Y_C :

$$W = s_W * Y \quad (3)$$

$$Y_C = DP + BP + MP + i_D * D_{T-1} \quad (4)$$

根据消费行为方程, 家庭的消费主要由工资收入、资本性收入和存款余额构成。本文利用线性边际消费模式对其消费行为进行模拟, 可以将家庭部门的消费式概括为:

$$C = c_1 * W_{T-1} + c_2 * Y_{C-1} + c_3 * D_{T-1} \quad (5)$$

最后, 家庭存款有上期存款和总收入及消费决定, 可以表示为:

$$D = D_{T-1} + W + Y_C - C \quad (6)$$

(2) 企业部门

企业部门主要涉及的经济活动包括生产销售、投融资和利润分配等。首先在模型中经济总产出可以表示为式 7:

$$Y = C + I + C_{Gov} \quad (7)$$

企业利润主要来自于总产出中去除工资和融资成本的部分, 即:

$$TP = Y - W - i_L * L_{T-1} - T_F \quad (8)$$

企业利润将一部分作为留存收益留存, 其余分配给家庭部门。本文假定留存收益为期初总利润的一定比例, 满足式 9 及式 10:

$$RP = s_F * TP_{T-1} \quad (9)$$

$$DP = TP - RP \quad (10)$$

另外, 在投融资方面, 企业部门本文简化了企业行为, 将部门投资设定为上期资本存量的固定比例 g_K , 根据资产负债表和现金流量表的数量关系可以得出:

$$I = g_K * K_{T-1} \quad (11)$$

$$K = K_{T-1} + I \quad (12)$$

$$L = L_{T-1} + I - RP \quad (13)$$

(3) 银行部门

银行部门利润主要来源为贷款利息和存款利息的差额, 其分配情况同企业部门类似:

$$BP = i_L * L_{T-1} - i_D * D_{T-1} - T_F \quad (14)$$

$$RE = s_E * BP \quad (15)$$

$$MP = BP - RE \quad (16)$$

在资产负债表中还可以观察到银行部门恒等式为:

$$D = L + B + V_B \quad (17)$$

(4) 政府部门

政府部门主要依靠税收和发行长期政府债券进行投资和政府采购, 设定政府采购与税收存在线性关系, 则可表示为:

$$V_G = B \quad (18)$$

$$C_{Gov} = g_0 + g_1 * (T_t + T_{CT}) \quad (19)$$

$$T_{CT} = \tau_{ct} * Y \quad (20)$$

4. 数据选取

鉴于发达国家数据可得性及其他特性, 目前基于存量流量一致性模型 (SFC Model) 研究气候风险与经济之间关联的文章采用的基本都是发达国家的数据库。但发展中国家在气候风险问题方面的研究存在天然的优势和更迫切的需求, 其优势在于发展中国家经济高速发展的时段相较于发达国家更贴近于气候风险受关注的阶段, 特别是近些年气候风险引起的政策响应在以中国为代表的发展中国家中更为积极, 新的反馈数据也更为透明。例如中国银监会在 2013 年下半年开始, 要求各银行机构以半年为频率公开绿色信贷规模等。但是由于历史数据问题, 本文仍仅能选取中国 1990-2018 年间的公开宏观经济数据作为基准情况下的数据集。数据主要来源于《中国金融年鉴》各期、《中国税务年鉴》各期、Wind、CSMAR 数据库及中国经济社会大数据研究平台等, 部分数据的描述性统计分析结果见下表 4, GDP 等的数值单位为 10 亿元人民币。

表 4 宏观数据描述性统计

	GDP	资本	贷款	产能利用率	存款利率	贷款利率	资本增长率
均值	11.36	31.28	36.09	0.7913	1.121	6.984	0.1507
标准误	1.656	5.279	7.587	0.0156	0.1649	0.3748	0.003599
平均差	7.685	18.87	17.81	0.8171	0.7200	6	0.1476
标准差	8.919	28.43	40.86	0.0841	0.8884	2.0183	0.01938
方差	79.56	808.4	1669	0.007073	0.7893	4.0739	0.000376
偏度	-0.8571	-0.145	1.279	-0.03717	0.0388	-0.2570	-0.1169
峰度	0.7375	1.048	1.419	-1.024	1.106	1.082	-0.3974
极差	28.04	92.62	151.5	0.2838	2.8	6.27	0.07856
最小值	1.887	4.531	1.516	0.6166	0.35	5.25	0.1023
最大值	29.93	97.15	153.1	0.9005	3.15	11.52	0.1808
样本量	29	29	29	29	29	29	29

5. 参数选取和模型校验

首先, 本文对模型中的参数进行前置设定。在存量流量一致性模型中, 参数的设定一般有两类方法: 估计法和校准法。具体的参数设定方法的描述见下表 5。

表 5 参数设定方法

序号标记		估计方法和描述
估算法	A: 模拟估算法	A: 运用计量经济学模型对参数进行估算
校准法	B: 直接校准法	B ₁ : 基于数据校准
		B ₂ : 基于前人研究内容校准
		B ₃ : 从规定范围内选择合适的数据校准
	C: 间接校准法	C ₁ : 校准使模型与数据相匹配
C ₂ : 校准模型与基准情况匹配		

整体比较而言，参数设定中的估计法比较复杂，且不能保证参数估计的准确性，因而在已有研究中较少使用。相对而言，很多作者在文献中对个别参数进行了详尽研究，因此大多数应用 SFC 模型的学者采取了校准法，引用或者修正他人的研究结果进行模型参数设定。本文综合考虑，选取中国 1978-1990 年间实际数据对部分变量基于时间序列进行估算法校准，获取相关参数，对因数据不可得或缺失的参数则使用校准法进行校准，主要参数含义及校准方法见表 6。其中有关校准法的应用和最终参数选取主要参考了 Dafermos et al (2018) 的研究，而基于时间序列的估算则基于中国实际数据和生产函数模型，运用线性参数估算法进行参数计算。

表 6 主要参数含义及初始值取值方法

参数变量	含义	初始取值方法
c_1	工资性收入边际消费倾向	B3: 从规定范围内选择合适的数据校准
c_2	资本性收入边际消费倾向	B3: 从规定范围内选择合适的数据校准
c_3	储蓄边际消费倾向	C2: 校准模型与基准情况匹配
i_D	存款利率	B1: 基于原始数据的校准匹配
i_L	贷款利率	B1: 基于原始数据的校准匹配
s_F	公司留存收益比率	C2: 校准模型与基准情况匹配
s_W	工资率	B1: 基于原始数据的校准匹配

关于模型求解，目前研究者使用的 SFC 模型求解方法主要有两种：直接求得解析解和计算机数值模拟求解。由于本文使用的参数较多且模型数据量较大，模型相对复杂，因此采取计算机数值模拟求得稳态解。并以此为基准情况，通过改变相应参数设定不同政策情景进行冲击分析。

四、理论机制分析与路径探究

为实证分析气候变化转型风险的传导机制，本文以绿色支持因子（Green Supporting Factor, GSF）和碳税（Carbon Tax, CT）两种政策为例，展开分析。

假设社会部门主要包括家庭、企业、银行和政府，实体经济中共有两类企业：绿色企业（环保型，以绿色符号表示对其的影响）和棕色企业（污染型，以棕色符号表示对其影响），银行通过贷款合同与实体企业进行经济互动和风险评判，主要区别在于绿色企业贷款风险权重将低于棕色企业贷款风险权重。

（1）绿色支持因子

2007年7月，《关于落实环保政策法规防范信贷风险》的意见出台，标志着绿色信贷政策首次落地。2012年中国银监会印发《绿色信贷指引》重新引发行业内对绿色金融的重视。2018年人民银行正式将优质绿色信贷纳入到中期借贷便利（MLF）担保范围。从首次出现到成为实现绿色金融的战略手段，绿色信贷政策正逐步走向成熟。显然，绿色支持因子的核心本质是降低式1绿色企业的贷款 L^G 风险权重 χ^G 。关于降低绿色资产的风险权重和提高棕色(污染性)资产风险权重的问题，国内外学术界和政策界已有不少讨论。2018年3月，欧盟正式提出了绿色支持因子（GSF）计划。截至目前，学界讨论的一个初步结论是，如果能证明绿色资产的违约率低于非绿色资产，就有理由认可GSF政策的合理性。中国是全球第一个自2013年起就建立绿色信贷统计标准和统计制度的国家，有条件对绿色和非绿色资产的违约情况进行分析。马骏（2018）的分析表明，截止2017年末，中国绿色信贷的不良率为0.37%，大大低于总体银行信贷不良率1.74%的水平，此前四年的数据也显示了类似的结果。另外，由于银行贷款是绿色企业主要资金来源，因此以绿色支持因子为主要政策手段，将大大提升绿色企业的市场竞争力。

综上所述，显然中国现实国情已经反映出绿色支持因子政策存在的必要性和其产生具体影响的必然性，在此基础上本文建立式21，描述绿色支持因子政策对银行资本充足率（Capital Adequacy Ratio, CAR）状况产生的影响：

$$CAR = \frac{V^{BK}}{\sum \chi^n L^n}, n=G,B \quad (21)$$

此时绿色贷款可以产生的较高的资本充足率，导致银行对其设定较低的利率，并且通过较低的价格和较高的需求刺激绿色产出。同时，银行业利用额外的信贷余额，通过降低绿色利率吸引更多的绿色贷款。绿色信贷条件的变化会影响价格，进而影响需求和绿色资本生产率，最终也会调整银行的贷款敞口，以提高绿色贷款比重。同时，绿色资本产品的较高生产率和较低价格使得棕色资本产品的吸引力降低，从而降低了棕色企业的利润，由于银行将利

润作为企业偿还债务能力的指标，就会相应地调整利率，即降低绿色企业的贷款利率。具体传导机制如下图 1 所示，其中正负号代表提高或降低，绿色符号代表绿色企业（G），棕色符号代表棕色企业（B），虚线边框代表对虚拟经济的影响，实线边框则代表了对实体经济的影响。

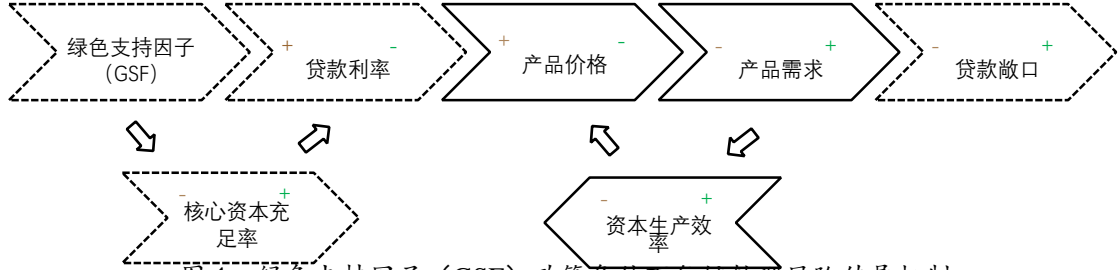


图 1 绿色支持因子 (GSF) 政策条件下气候转型风险传导机制

绿色支持因子政策的引入势必影响市场中企业的经营状况，但对绿色和棕色企业的影响是异质性的，最终对宏观产出的影响也会随着政策强度的不同而存在差异。另外，绿色支持因子政策虽然改善了环保型企业的融资条件，但可能潜在地降低了银行资本充足要求。另外绿色资产由于利润回报率一般低于棕色资产，因此抵押资产的风险本身可能也会高于平均水平，这可能损害以银行为核心的金融体系稳定性。基于以上内容，本文提出假说 1：

假说 1：绿色支持因子 (GSF) 政策对宏观经济发展可能有负向影响，影响程度与政策强度有关，且对以银行为核心的金融体系稳定性有负面作用。

(2) 碳税 (Carbon Tax, CT)

相较于货币政策介入，学界更普遍认同气候相关风险是市场失灵的表现 (Olovsson, 2018)，主张通过“有形的”手调控解决这一问题，即利用碳税等政策进行“合理的干预和指导” (Auffhammer, 2018)。根据世界银行资料显示¹，截至 2018 年，已经有 45 个国家实施了碳税或碳排放交易制度，涵盖约 20% 的全球温室气体排放。2018 年碳税和碳交易带来的总价值约有 820 亿美元，在 2017 年 520 亿美元的基础上提高了 56%。与碳交易相比，碳税作为一种价格导向的政策，不涉及复杂的机制设计和高昂的交易成本，只需少量的管理和运行成本便能够大范围推行，其经济影响也较为明确，即考虑到税楔效应，碳税的引入将增加企业运行成本，降低全社会的福利水平 (苏明等, 2009)。结合关注的实际问题，本文制作了如图 2 所示的施行碳税 (CT) 影响的传导渠道示意图。碳税的出台将增加企业部门的运行成本，且棕色部门的产品价格变化更为敏感。对于面临预算约束的家庭来说，较高的消费品价格将要求他们减少消费，这使得棕色企业的产品需求下降，并进一步降低了大众对棕色消费品的需求，需求下降通过降低资本和消费品在实体经济中的生产效率发生连锁影响。例如，这会导致 GDP 增长率下降，从而导致就业率下降、家庭可支配收入下降，需求进一步降低。这些连锁效应通过减少企业利润，进而减少家庭红利，加强了对消费的负面强化反

¹ 数据来源于世界银行 State and Trends of Carbon Pricing 2018

馈，家庭消费的减少影响到所有公司。特别地，由于投资组合选择效应，棕色企业（B）受到的冲击更大。虽然绿色企业（G）在一定程度上会在此种状况中受益，但绿色产品同样面临因 GDP 增速、家庭可支配收入等的下降而带来的需求减少和资本生产率降低，这阻碍了绿色企业部门的增长，无法完全补偿棕色企业 B 的损失。因此在短期均衡不考虑技术进步、企业转型等的情况下，企业部门将会受损，最终产生更高的不良贷款，最终影响银行的利润，进而导致核心资本充足率下降。而银行为了满足监管要求，势必提高所有行业的利率，最终该风险将反馈到经济的其他领域。但进入长期均衡后，棕色企业可能面临权衡取舍，一方面如果通过产业升级和改进技术实现由棕色向绿色的转型，这势必增加棕色企业运行成本，但可以在监管条件收紧的情况下提升企业市场竞争力，维持产出正常增长，即所谓的有序过渡情况；另一方面如果棕色企业选择承担政策风险，不进行企业转型升级，则需要承担监管风险和市场份额下降的压力，作为回报可以为棕色企业节约一定的运行成本，即所谓的无序过渡情况。为验证短期研究结论，本文假定在长期内棕色企业将会有一部分通过技术升级转型为绿色企业，此时社会部门中企业构成将随时间 T 发生变化，我们将模型内绿色企业的比例设为 $\theta(T)$ ，棕色企业的比例为 $1 - \theta(T)$ ，通过模拟结果（图 3）可以看出，当引入技术进步催生的企业转型时，银行资本充足率和总产出、产出增长率等基本的模拟结果基本保持稳定，与短期基础情景（BAU）基本一致。实际上，存量流量一致性模型经典的模型求解一般是在短期内获得（Dafermos et al, 2018; Duzn et al, 2019），这意味着短期研究结论将不太会受到这一改动的巨大影响。然而与绿色支持因子相比，碳税（CT）并未直接修改银行体系内的运行规则，并且首先影响的是实体企业，其对金融体系的影响经由传导后的作用效果可能降低。为此，本文基于以上内容，提出假说 2：

假说 2：相较于绿色支持因子（GSF）政策对宏观经济发展直接负向影响，碳税（CT）对宏观经济和金融体系稳定性的作用相对有限。

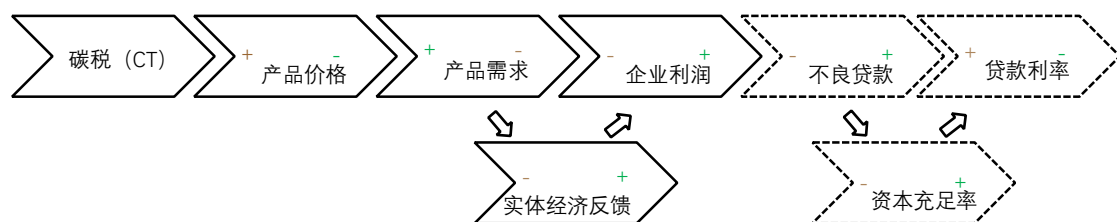


图 2 碳税（CT）政策条件下气候转型风险传导机制

五、实证结果分析

（一）政策情景设定

为验证本文假说，在气候变化的转型风险引起的政策冲击情景模拟分析中，本文模拟并比较了三种情景下的宏观经济和金融稳定情况。这三种情景是：（1）气候政策和监管等皆不变的“一切照旧（BAU）”情景；（2）引入代表绿色金融政策的绿色支持因子的情景；（3）引入代表绿色财政政策的碳税的情景。

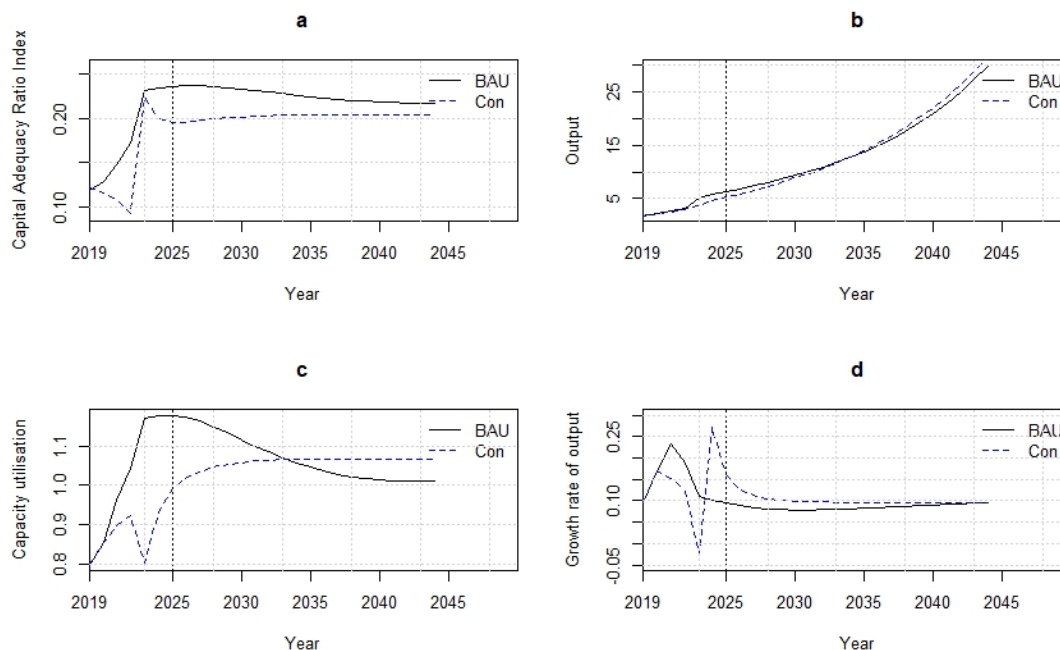


图3 基准情景（BAU）下与考虑企业转型（Con）情景下模拟结果对比

（1）基准参照系（BAU）情景

基准情景中，无应对气候变化的任何经济政策干预，本文利用中国 1990-2018 年实际数据和计算机数值模拟得到稳定解，以 2019 年数值为初始值处理参照系和对照组的数据并绘制模拟图。

（2）政策情景一：绿色支持因子（GSF）情景

绿色支持因子（GSF）政策场景下，允许降低银行核心资本充足率（CAR），并计算式子中的绿色贷款的风险权重 $((\chi_G - \chi_B) < \theta, \theta > 0)$ ，这一做法使得银行在资金方面拥有了更高的杠杆率。因此，绿色贷款对银行的吸引力将会变得越来越大，最终导致绿色资本品公司享受到银行提供的更优惠的贷款条件。除此之外，银行潜在贷款利率表达式中含有对风险权重的敏感项，因此 GSF 政策推出也会在一定程度上刺激整体社会融资成本降低。

（3）政策情景二：碳税（CT）情景

由于征收碳税（CT）是解决“促进绿色企业发展，提高棕色产品生产和消费成本”的最佳手段之一，根据前文模型，本文假设：

$$T_{CT} = \tau_{ct} * Y \quad (22)$$

碳税的出台即 $\tau_{ct} > 0$ ，这一举措将降低棕色公司在气候变化转型阶段的盈利能力，进

一步影响其偿还银行贷款的能力，甚至影响银行系统运行和金融稳定性。同时还会潜在的使得银行提升对棕色企业的贷款利率，最终社会平均融资成本升高，对经济产生不利影响。本文在所构建的存量流量一致性模型的基础之上对碳税开征进行了简化模拟。

（二）模拟结果分析

1. 宏观经济效应

图 4a-d 综合显示了应对气候风险的绿色经济政策响应将会对宏观经济指标产生哪些影响。首先，绿色支持因子（GSF）政策对宏观经济有负向影响。从实证结果来看，绿色支持因子（GSF）在短期内对经济体的实际产出有轻微正向作用（图 4a），原因在于绿色支持因子（GSF）在短期内会降低绿色企业融资成本和难度，刺激绿色企业扩大生产规模和总产出（图 4b）。另一方面，短期内该政策的推出虽然在一定程度上使得棕色企业生产成本提高，但是从整个社会融资规模角度考虑，银行部门因更低的风险加权资产效应，使得其核心资本能够拥有较大的操作空间，引发的联动效应是全社会的贷款利率普遍下降，这进一步促进了企业的产出和家庭消费，因此短期内对总产出有正向影响。但当进入长期均衡，绿色企业的份额增长无法产生足够大的影响，这意味着在长期，绿色支持因子（GSF）政策带来的社会利率普遍降低效应不足以培育新的绿色投资，以弥补棕色行业的生产损失，此时总产出相比于基准情景（BAU）将会产生下降趋势。这大致支持了前文假说 1 的前半部分结论。

其次，碳税（CT）政策对宏观经济有负向影响。通过本文对气候风险政策影响传导道的分析，可以发现由于成本提升棕色消费品价格上升，引起家庭部门的消费倾向发生变化，但绿色企业产品尚未能及时填补棕色消费品的缺口，即虽然企业部门产出有所提升（图 4b），但总体消费水平有略微降低（图 5a）。另外，碳税（CT）出台催生的碳交易和税负承担等行为增加了碳密集型产品的成本，由于生产和需求粘性，碳密集型产品的成本短时间内无法通过转向最初生产效率较低的低碳产品或改换生产相应绿色产品得到完全补偿，这意味着企业运行成本增加，企业转型困难，吸引投资能力下降，社会总投资也因此受到负面影响，总产出因而同样受到负向影响。此外，与绿色支持因子（GSF）政策相比，碳税（CT）的实施对实际 GDP 的波动影响较小，这基本符合前文假说 2 的推论。由于绿色支持因子政策在实行期间的长短和政策强度不同时表现出不同的特征，因此应对气候风险的经济政策在长短期内可能存在不同的政策效应，需要根据实际情况配合使用财政和金融政策，探索政策激励相容。即政策对经济体系影响的持续性和波动性是政策选择的重要考虑因素，且在政策制定和执行过程中必须加强政府和银行、企业之间的信息共享，提高政策效率。

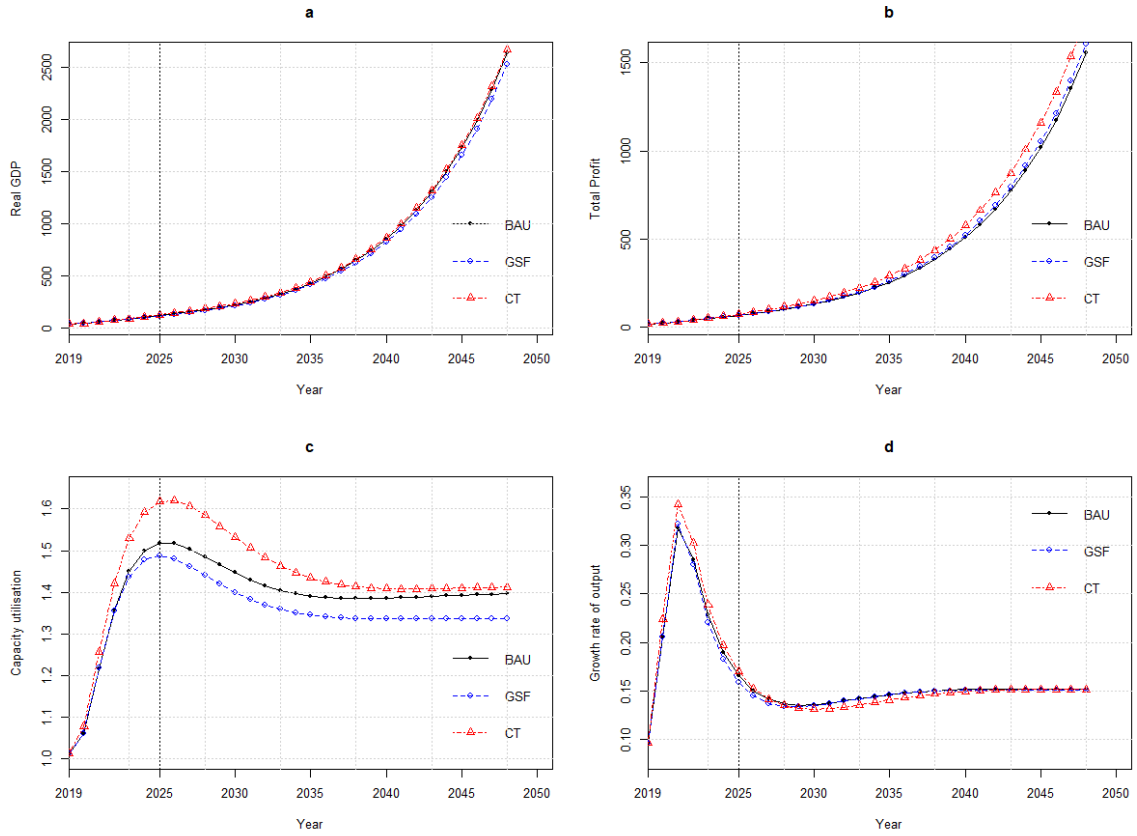


图 4 GSF 和 CT 的宏观经济效应

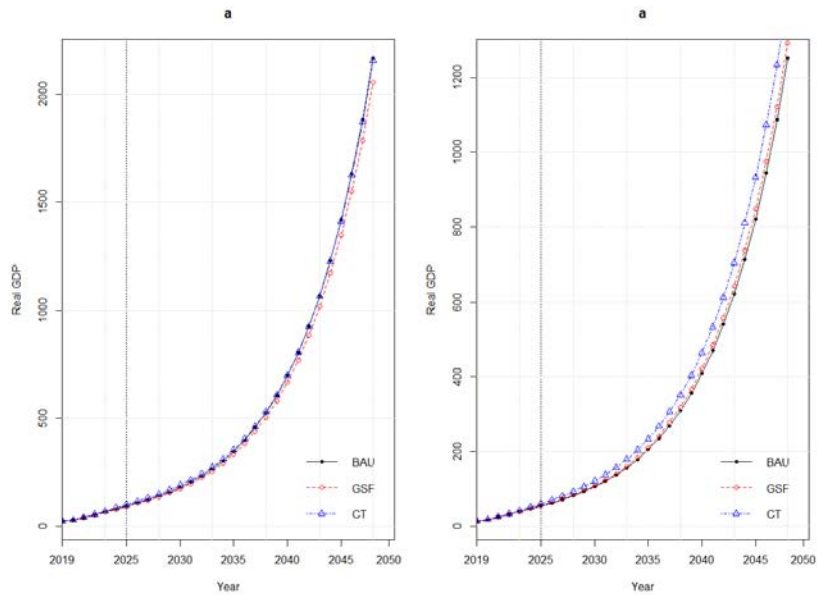


图 5 家庭部门的消费和储蓄效应

2. 金融稳定影响

金融稳定是一个具有内涵丰富且动态的概念，它反映的是一种金融运行的状态。诸多研

研究表明，银行稳定是金融稳定的核心，因此衡量银行体系稳定性的指标一般被视作衡量金融稳定的代理指标。立足中国国情，同时参考 Dietz et al (2016)、Bovari. et al (2018)的研究，本文选取银行部门资本充足率、存贷比及贷款利率指标衡量不同情景下银行体系稳定变化状况，借以作为模型设定体系中的金融稳定情况的指标。图 6 和图 7 显示了绿色支持因子(GSF)及碳税 (CT) 对金融稳定的影响。

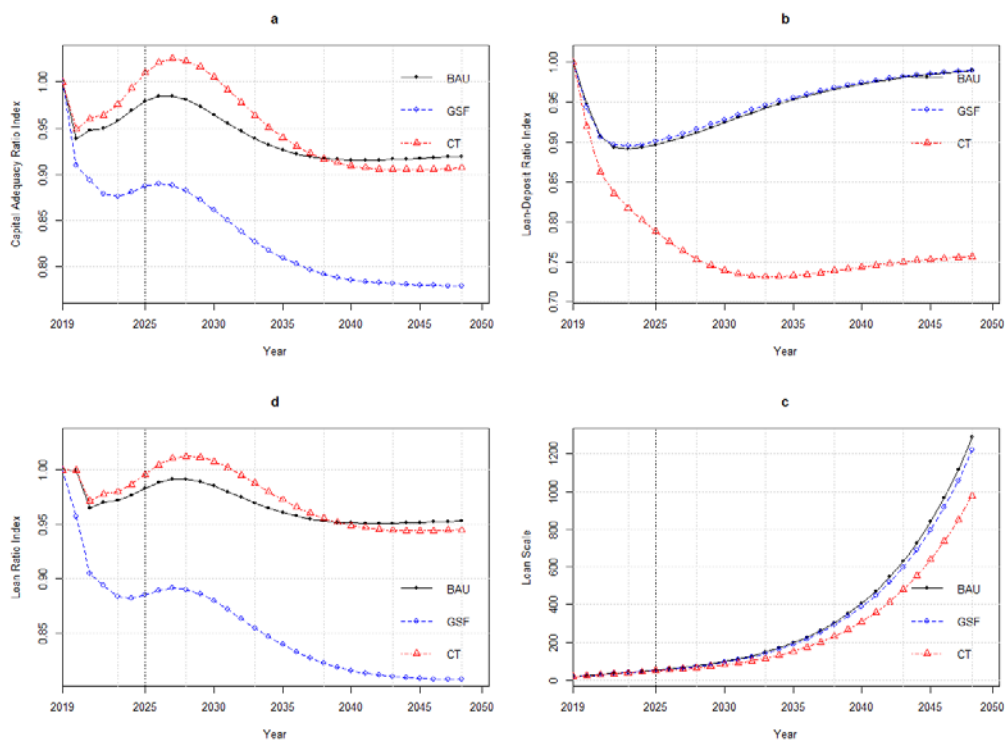


图 6 GSF 和 CT 的金融稳定效应

图 6a 显示了银行部门资本充足率的变化情况。在绿色支持因子 (GSF) 政策情景中，本文的研究结果与 Dunz et al(2019)的研究结果大体一致，即银行部门的资本充足状况将由于对绿色企业部门的信贷宽松而受损 (图 6a)，这验证了本文假说 1 后半部分的观点，即绿色支持因子 (GSF) 对以银行为核心的金融体系稳定性具有负面影响。具体原因在于：第一，银行部门短期内因绿色支持因子 (GSF) 政策的出台、监管要求放松，扩大了风险敞口，贷款利率持续走低 (图 6c)。但在上一部分中我们关注到这其实并未使得社会总产出增加 (图 5a)，即没有实际资产价值的支持，GSF 会对金融稳定产生不利影响，并导致绿色资产泡沫。第二，单纯依靠绿色支持因子等信贷补贴政策的监管“红利”，无法长期维持银行部门的表内资产平衡，绿色企业虽然享受到了融资端的利好，但这一操作可能最终并未完全传导到生产端，即绿色支持因子政策的末端效应——促进绿色产业发展的效果并不显著。与此同时，棕色企业因 GSF 而陷入不良贷款不断提高的境地 (图 7)，最终导致长期内银行回收贷款本息困难，银行资本充足状况低于基准 (BAU) 情况，金融系统稳定性恶化。第三，从存贷比变化来看 (图 6b)，施行 GSF 政策促使银行保持风险偏好态度，存贷比长期维持在较高

水平上，风险积聚，不利于金融系统的稳定。从以上分析可以得出结论，如果长期坚持单一补贴性信贷政策，虽然部分实现了抵御气候风险的目的，但很有可能会将这种风险转嫁至金融体系内，最终引发银行体系受损和金融稳定性下降。

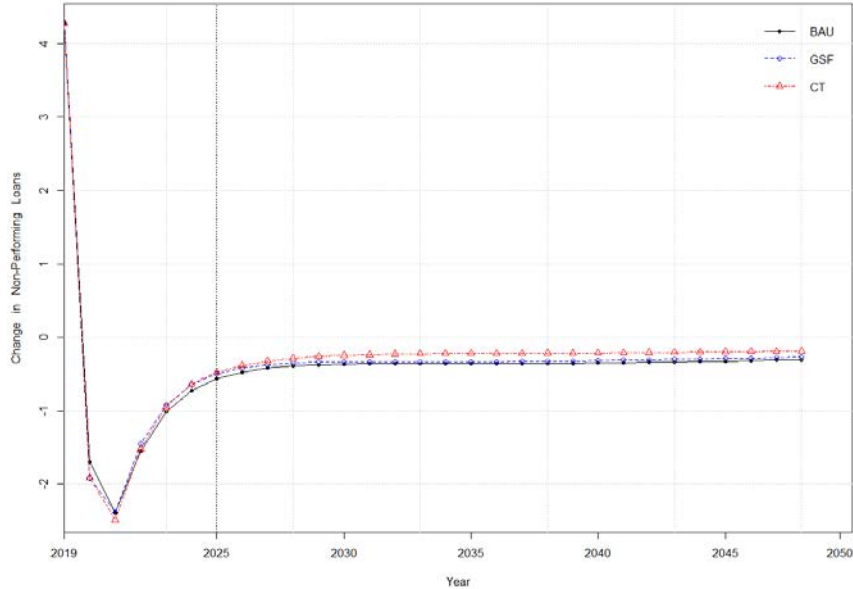


图 7 银行部门不良贷款变化率

相较于绿色支持因子（GSF），碳税（CT）政策情景下的银行体系资本充足率影响则不明显。短期内碳税虽然对金融稳定指标有小幅积极影响，但长期看，根据福利经济学的基本原理，任何抵抗气候变化风险的政策引起的成本，都会附加在长期的已知气候变化成本中。具体来看，企业将承受税负的压力，银行虽然在融资端给予了一定的支持政策（图 6c），利率有所下调，但由于碳税出台使得棕色企业产出下降的水平远远高于绿色企业受益水平，这普遍影响了家庭部门的资本性收入和未来预期，这在长期内会影响家庭的消费和储蓄行为（图 5），使银行部门遭受负面影响。

显然，在不同政策情景下经济产出和金融稳定存在时期和程度上的异同。例如在短期内，绿色支持因子（GSF）和碳税（CT）对金融稳定的影响相反，因此可以预见通过两项政策的混合使用，将会最大化发挥政策对宏观经济和金融稳定的正向效果。图 8 实证结果显示，相较于基准情景，绿色支持因子（GSF）和碳税（CT）配合使用（即 GSF+CT）时，虽然仍在短期内对经济有负向影响，但程度远低于单独运用碳税，与此同时对银行部门资本状况的模拟结果也优于单独使用碳税政策。另外，从图 8b 中可以看出，进入长期后，搭配使用两项政策将对经济增长有正向作用，且正向作用超过任何一项单独政策的使用。

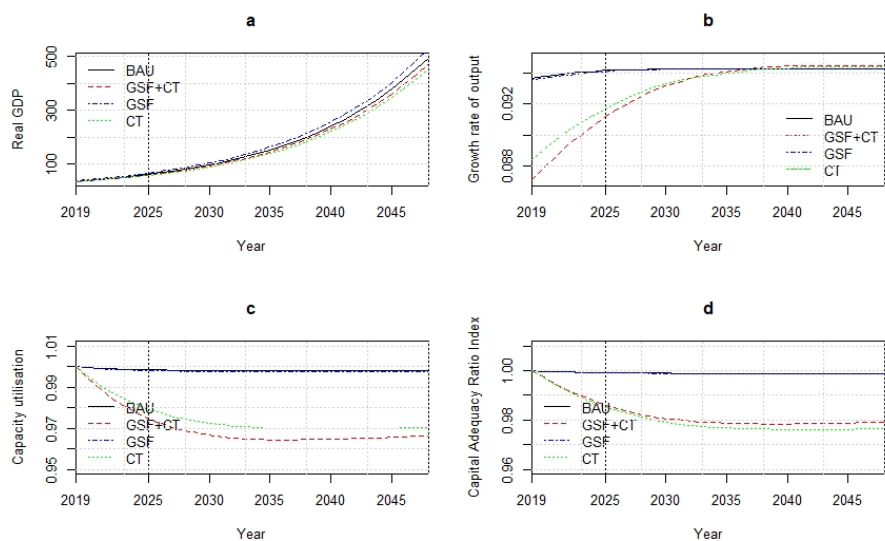


图 8 GSF 和 CT 的混合效应

表 8 总结了上述气候变化响应政策的平均影响情况。对于长短期影响状况不同的政策情景，采取数据变化率对比等方法观察平均趋势，其中“→”表示长期影响均衡，无显著正负向影响，“↑”及“↓”表示与基准情况相比，不同政策情景下有正向或负向影响，箭头数量越多，影响强度越大。

表 8 气候变化响应政策对经济的平均影响统计

影响指标	绿色支持因子 (GSF)	碳税 (CT)
国内生产总值	↓	→
居民消费	↓	→
资本边际生产率	↓	↑
资本充足率	↓↓	↑
存贷比	→	↓
贷款利率	↓	↑

通过上述情景模拟分析可以看到，中央银行和金融监管机构通过发布绿色支持因子 (GSF) 政策、强化气候变化领域的信息披露原则以及绿色量化宽松政策等，直接介入市场并对气候变化风险采取行动，不仅会在实体经济层面影响国内产出和资本效率，并且这种变相补贴信贷的行动还可能引发银行资本充足率下降等长期潜在金融风险。其提高社会生产效率的同时，可能也为金融不稳定埋下种子。相较之下，碳税 (CT) 作为政府的间接干预手段的作用机制和影响结果更为清晰，但在发挥隐性定价和扩大绿色经济规模等方面效果弱于或慢于央行及金融监管机构的绿色补贴政策。碳税 (CT) 情景的大部分模拟结果是对经济发展的影响有限，这与假说 2 相一致。其在未来带来的抵抗气候风险效果是否显著，尚有待进一步考察。

六、稳健性检验

本文的基准情景是建立在选择 1990-2018 年间的历史模拟和 2019-2049 年间的未来趋势预测相结合基础上的，下文将采取两种策略对模型稳健性进行检验。第一，对比分析 1990-2018 年间经济发展数据的模拟结果与中国真实数据；第二，改变政策冲击 GSF 和 CT 的参数，进一步观察情景模拟输出结果的情况。

首先，本文绘制了 1990-2018 年间中国实际宏观数据和模拟结果的箱线图（图 9）。观察数据分布特点，而后以中国 GDP 和银行资本充足率两组数据为例，运用单因素方差分析进行检验。

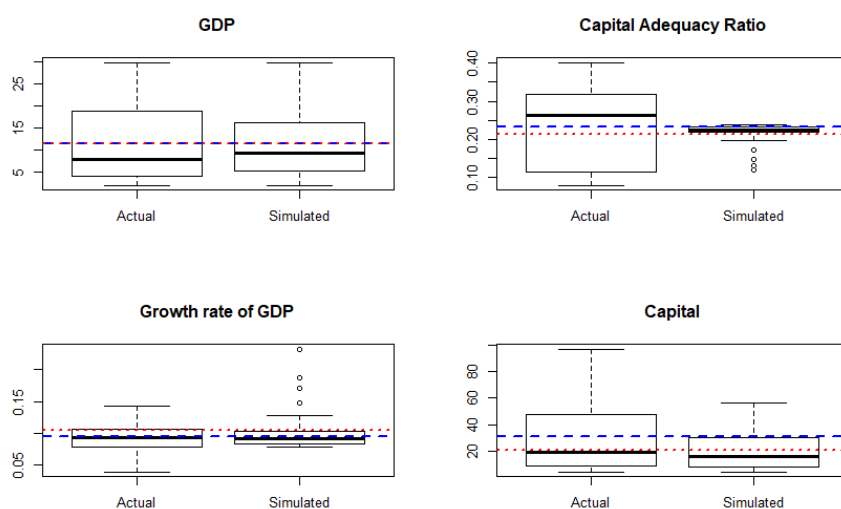


图 9 中国实际宏观数据和模拟结果的箱线图

表 9 GDP 及 CAR 统计数据

组别	观测值	求和	平均	方差
实际 GDP	29	329.6304	11.3665	79.5604
模拟 GDP	29	331.9248	11.4456	62.7663
实际 CAR	29	6.7208	0.2317	0.0128
模拟 CAR	29	6.2002	0.2138	0.000996

表 10 单因素方差检验结果

组别	差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
GDP	组间	0.0907	1	0.0907	0.00127	0.9716	4.01297
	组内	3985.1	56	71.163			
	总计	3985.2	57				
CAR	组间	0.0046	1	0.00467	0.67457	0.4149	4.01297
	组内	0.3879	56	0.00692			
	总计	0.3925	57				

图 9 显示了中国 1990-2018 年间部分宏观数据与对应模拟结果的箱线图。从图 9 可以直观的观察到的，除资本充足率指标因模拟过程中参数设定不同致使数据方差有一定偏差、数据分散状况稍有差异需进一步检验确认外，其余模拟结果的数据分布特点与实际数据皆具有较强的相关性。表 9 显示了实际数据中的国内生产总值及银行资本充足率与模拟所得数据的统计对比，可以看出，模拟结果中的各项数值与真实数据比较接近，主要描述统计指标基本一致。表 10 显示了上述数据的真实数值与模拟结果单因素方差分析结果，原假设为实际数据与模拟所得数据具有相关性。结果显示：对于国内生产总值，P 值为 0.9716。对于银行资本充足率，P 值为 0.4149。皆在 5% 置信水平上不能拒绝原假设，且结果显著。因此验证了模拟数据与真实数据无显著差异，具有良好的相关性，即本模型能够较为准确地对所研究的经济问题进行模拟。

其次，本文修改了情景模拟中的具体政策参数，其中参数选取范围参考了 Dunz(2019) 等人的研究，对模拟结果的稳健性进行检验。在实证研究部分，本文假设标准加权风险资产权重为 $\chi^n = 1$ ，在绿色支持因子 (GSF) 政策施行的情景下，银行部门给予绿色贷款的风险资产权重 $\chi^G = 0.97$ ；碳税 (CT) 政策施行的情景下，政府征收碳税的边际税率 $\tau_{ct} = 0.2$ 。为了检验模型的鲁棒性，本文改变了两种情景下的政策冲击强度。图 10 和图 11 的结果显示，各项模拟预测值基本保持不变或变化幅度较小，模型稳健性良好。同时在改变政策强度时，对宏观经济和金融稳定的影响也发生改变。即绿色支持因子 (GSF) 政策对宏观经济发展有负向影响，影响程度与政策强度有关。

上述模型检验和稳健性分析表明本文构建了一个基本能够反应中国现实经济社会情况的存量流量一致性模型，所得模拟结果具有一定科学意义。

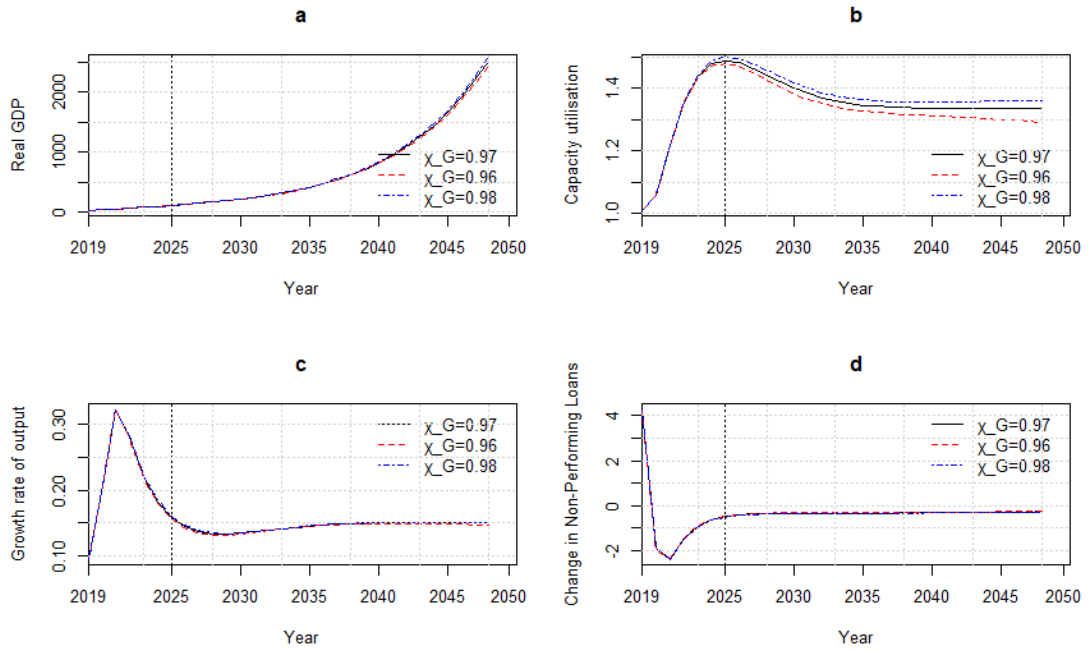


图 10 不同 GSF 政策情景模拟结果

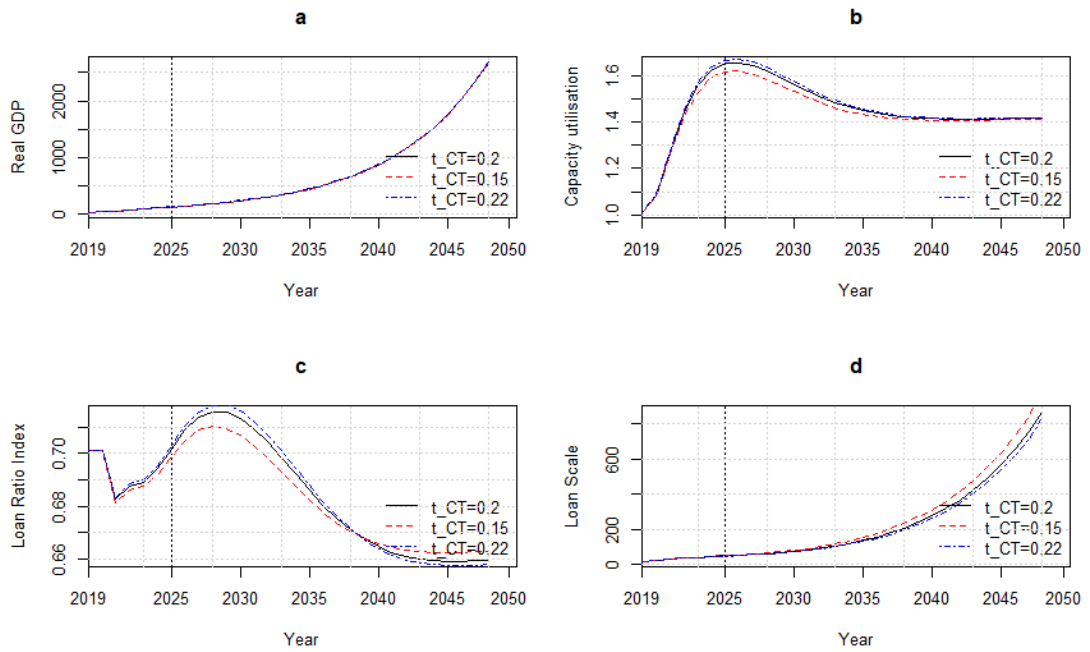


图 11 不同 CT 政策情景模拟结果

七、结论与启示

本文首先从理论层面分析了气候变化的转型风险对宏观经济和金融稳定的影响机理,并结合中国国情和未来经济发展实际需要,重点实证分析了转型风险传导机制下,为抵御气候风险而进行的政策响应对中国宏观经济和金融稳定的影响。

首先,理论分析结果表明,要实现《巴黎协定》,必须实施低碳转型,而低碳转型通过影响大部分国家的经济发展路径引发创造性破坏问题,可能会对宏观经济和金融体系稳定性产生影响。

其次,在实证研究部分,本文以代表绿色金融政策的绿色支持因子(GSF)和代表绿色财政政策的碳税(CT)为主要政策场景,运用存量流量一致性模型(SFC Model)对四部门国民经济体系进行了模拟,针对抵御气候变化的经济政策将对中国宏观经济发展和金融稳定的影响进行分析,得出如下主要结论:

第一,绿色支持因子(GSF)政策对宏观经济有一定的负向影响,在一定政策强度设定范围内,其对宏观经济的负向影响越强。但当政策强度较低且可以合理取值的情况下,其对宏观经济的影响会存在最佳值,即绿色政策强度与宏观经济的关系在模型设定区间内存在“倒U”关系。而碳税(CT)政策对宏观经济的影响则相对有限。第二,绿色支持因子(GSF)政策不足以通过改变对绿色企业的贷款条件来有效地扩大绿色投资,却在模型设定的市场条件下,削弱了以银行体系为中心的金融系统的稳定性,增加企业部门不良贷款,降低银行的资本充足率。第三,抵御气候风险的经济政策在长短期及对经济产出、金融稳定性等方面的影响皆存在异同,政策的配合使用和协调一致性成为进一步研究政策实际实施效果的关键。通过实证模拟分析可以发现,在不同政策情景下经济产出和金融稳定存在时期和程度上的异同。在短期内,绿色支持因子(GSF)和碳税(CT)对金融稳定的影响相反,此时二者配合使用即可实现抵御气候风险造成经济损失,并同时尽量降低对金融系统稳定性的负面影响的效果。单纯靠价格手段比如碳税等不足以化解潜在的气候风险、须尽快寻求宏观经济政策调控的协调搭配。本文的研究结果表明,在运用绿色政策的过程中,需通盘考虑采取系统性、全局性政策组合,或采取更大范围的政策协调一致性化解外部性,统筹进行气候风险管理。

基于理论和实证分析的结论,本文建议对现行及将行的气候风险相关绿色政策进行重新评估,并建立完善的气候风险评估和监察体系,强化个体认知和树立企业防范气候风险的价值观,为全社会应对气候变化中的转型风险“保驾护航”。具体启示如下:

首先,应当建立新的检测报告和研究体系,主要包括检测和报告气候变化风险的相关数据和建立涵盖主要金融机构信贷行为的经济模型,并完善气候相关的监察检查体系和法律法规等,形成制度化的气候风险治理体系。其次,要注重对气候风险的监测与防范,探索合理抵御气候风险的审慎金融和财政政策工具组合。通过实证情景分析可以发现,绿色政策在抵

御气候风险的同时，可能引入新的经济低迷和金融不稳定风险。然而这并不意味着当局需要放弃政策手段抵御气候风险，相关部门必须在了解和掌握绿色政策具体作用传导机制的基础上，行驶积极的调控手段。其中中央银行作为主要宏观政策管理部门之一，应当在应对气候变化方面发挥关键作用。再次，本文的实证结果显示，绿色政策跨时期长短及强度大小不同，产生的影响也有差异。因此，建议央行等相关部门一方面采取审慎的、有别于传统量化宽松的绿色政策，例如基于实际的市场调查结果在一定范围内补偿绿色贷款利率、放松商业银行绿色资产风险权重等。另一方面，央行可在一定水平上配置自有绿色资产，引导市场参与者预估长期投资回报和风险。最后，面对气候变化的转型风险问题，要坚持长期环境保护导向，动态调整短期目标。保持和发扬我国国家治理现代化体系中高度重视生态文明建设的传统，积极参与全球气候治理进程。

参考文献：

- 曹军新 姚斌，2014：《碳减排与金融稳定:基于银行信贷视角的分析》，《中国工业经济》第9期。
- 柳欣 吕元祥 赵雷，2013：《宏观经济学的存量流量一致模型研究述评》，《经济学动态》第12期。
- 马骏，2018：《降低绿色资产风险权重》，《中国金融》第20期。
- 单豪杰，2008：《中国资本存量K的再估算:1952~2006年》，《数量经济技术经济研究》第10期。
- 苏明 傅志华等，2009：《碳税的中国路径》，《环境经济》第9期。
- 张军,吴桂英等，2004：《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》，《经济研究》第10期。
- 中国人民银行研究局课题组（2020），“气候相关金融风险——基于央行职能的分析”，中国人民银行工作论文2020年第3号。
- Auffhammer, M. (2018), “Quantifying economic damages from climate change”, *Journal of Economic Perspectives*, 32(4):33-52.
- Batten, S. et al (2016), “Let’s talk about the weather: the impact of climate”, Staff Working Paper, No. 603
- Bolton, P. et al (2020), “The green swan: Central banking and financial stability in the age of climate change”, BIS working paper <https://www.bis.org/publ/othp31.pdf>
- Bezemer, D. J. (2010), “Understanding financial crisis through accounting models”, *Accounting, Organizations and Society* 35: 676-688.
- Bovari, E. et al (2018), “Coping with collapse: a stock-flow consistent monetary macro dynamics of global warming”, *Ecological Economics* 147: 383-398.
- Dafermos, Y. et al (2017), “A stock-flow-fund ecological macroeconomic model”, *Ecological Economics* 131:191–207.
- Dafermos, Y. et al (2018), “Climate change, financial stability and monetary policy”, *Ecological Economics* 152:219-234.
- Dietz, S. et al (2016), “Climate value at risk of global financial assets”, *Nature Climate Change* 6:676–679.

- Dunz, N. et al(2019).“Climate transition risk, climate sentiments, and financial stability in a stock-flow consistent approach”, *Ecological Economic Papers* 23.
- Francis T. C. & M. Lavoie (2017), “Wynne Godley (1926-2010) ”, in Cord, R, A. ,eds. ,*The Palgrave Companion to Cambridge Economics*, Palgrave Macmillan Press.
- MacKerron G. & S. Mourato(2009), “Life satisfaction and air quality in London”, *Ecological Economics*, 68(5):1441-1453.
- Stern, N. (2007), *Stern review on the economics of climate change*, Cambridge University Press.
- Nordhaus, W. (1982), “How fast should we graze the global commons”, *The American Economic Review* 72(2): 242-246.
- Nordhaus, W. (2018), “Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies”, *American Economic Journal: Economic Policy* 10 (3): 333-60.
- Olovsson, C. (2018),“Is climate change relevant for central banks?” ,Sveriges riks bank economic commentaries Working Paper Series 13.

**Impact of transition risk of climate change on macroeconomic and financial stability
- from the perspective of stock flow consistency model**

WANG Bo SONG Yufeng

Abstract: Climate change and its corresponding policies will have an important impact on a country's macroeconomic development and financial stability. Based on the theories of ecological economics and climate change adaptability, this paper constructs a transmission path of "climate change policy response economic growth financial stability". Based on the green policy scenario of Green Finance (GSF) in China, this paper uses the green finance policy (GSF) model to simulate the green policy of China. The results show that: carbon tax (CT) has limited impact on macro-economy, but the impact of green support factor (GSF) on economy is related to policy intensity. In a certain range, the higher the policy intensity, the stronger the negative impact on economic development. At the same time, due to the different types of green economic policies and the duration of implementation, the impact on financial stability is significantly different. Among them, the green support factor (GSF) policy will weaken the stability of the bank centered financial system. Therefore, the "shock type" green financial policy is not desirable in China, and it is of great significance to explore the reasonable implementation of green policy.

Keywords: climate change; financial stability; stock flow consistency model; green policy