

绿色金融的产业增长效应系统动力学模拟

严力群¹, 余运九²

(1. 中央财经大学 商学院, 北京 100081; 2. 中国农业银行, 北京 100005)

摘要:构建一个连接碳减排、绿色产业增长与绿色金融发展的系统动力学模型。模拟分析表明:在保持一定经济增速的情况下,实现“双碳”目标是非化石能源占比不断上升、产业低碳发展效率持续提高的正反馈过程;绿色金融的产业增长效应在于动员多元融资主体参与及推动这一进程,支持绿色转型的基础设施超前建设、新产业的增量成长和绿色经济主体创新活动。推进绿色金融与产业发展的协同,构建一个打通产业、金融及居民群体,能够承载新型碳资产交易及生态产品定价机制形成的新市场生态,引导绿色消费观念和行,扩大绿色市场需求,创造绿色低碳产业增长的规模化市场空间。

关键词:绿色金融;低碳转型;产业增长;系统动力学

中图分类号:F124.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)03-0052-10

世界经济正面临着复杂变化的环境,新冠疫情肆虐、地缘政治冲突、大国科技竞争以及全球产业链的人为割裂等,不确定性的加深已经影响到了经济生活的每一个方面。然而在这个不确定性世界中最大的确定性也日益显露头角,这就是正在逐渐崛起的经济社会绿色转型,与已经全面铺开的全球数字化、智能化趋势相融合。一种与 200 余年的工业文明既有联系、更是升级的生态文明范式呼之欲出。2020 年中国向全世界做出“碳达峰、碳中和”的“双碳”目标承诺,进一步推进了中国经济绿色低碳转型的步伐。从 2013 年中国银监会开始统计绿色信贷数据以来到 2021 年底,中国绿色信贷余额保持了平均约 15% 的年增长率,高于同期 GDP 平均增幅的两倍还多。在全球经济增长面临困难和动荡之际,中国仍是世界主要经济体中增长最快的国家,这与中国创造适宜的政策制度环境,积极拥抱数字经济、智能制造、绿色转型发展具有密切的关系。放在生态文明建设、技术革命与产业变革的大背景中来推动绿色金融与产业发展的协同共生演进关系,将可能酝酿和启动新一轮具有巨大发展空间的经济繁荣时期。

1 技术演进与经济金融协同发展

1.1 经济绿色低碳转型的产业增长潜力

经济增长依赖于劳动、资本等要素投入的增加和全要素生产率的提高,在要素积累达到一定水平

之后,生产率的改进几乎是唯一的来源^[1]。历史上历次技术及产业革命,都带来了生产率的提高,促进了抓住产业创新“机会窗口”的相关国家经济快速增长。对于未来经济趋势,里夫金^[2]描绘了一个从工业文明到生态文明的零碳经济图景,指出历史上数次重大的产业变革都因新的通讯技术运用和新的能源系统结合而产生,智能化绿色化技术将是能源、交通、工业和消费各领域的全方位变革。中国实施“双碳”战略将加速推进经济绿色低碳转型,和正在全面赋能实体产业的数字化智能化浪潮形成“共振”,将带来生产率的提升,拓展经济增长潜力。绿色低碳转型促进“定向技术创新”^[3],带动相关产业领域连续的技术进步。技术创新是产业增长的重要动力源,而技术演进中市场选择的结果是由路径依赖和报酬递增决定的^[4]。产业开端的创新方向及形成的产业基础决定后续创新积累过程,绿色低碳领域的创新以可再生能源利用为“进路口”,后向的电力、交通、建筑、绿色制造等领域的能源使用系统都需要做出配套的改造,这是一个持续创新以降低使用成本、提高市场接受度的过程,也是生产率再挖掘再提高的过程。同时,经济绿色低碳转型还将通过产业结构的调整和新的生产、组织、消费模式的变革,提升整体经济活动的配置和生产效率。

经济绿色低碳转型所带来的经济增长潜力,体

收稿日期:2022-08-08

作者简介:严力群(1969—),女,四川邛崃人,中央财经大学商学院,讲师,硕士,研究方向为产业经济、企业管理。

现在绿色产业的快速增长上。可再生能源产业是绿色低碳转型的重要内容,中国在这一领域正走在世界前列,近10年来一直保持着远高于世界平均水平的增速。2021年,中国可再生能源产能规模达102万MW,比上年增长13.41%。同期美国增长率为11.07%,欧盟为6.76%,世界平均增长率为

9.14%(图1)。作为新能源运用重要领域的新能源汽车产量近10年平均增幅超过90%,2021年同比增长157.57%(图2)。可再生能源的快速开发利用及新能源汽车产量的快速增长,折射的是经济绿色低碳转型的强大产业增长潜力,正在继续拓展中国经济的新增长点和韧性活力。

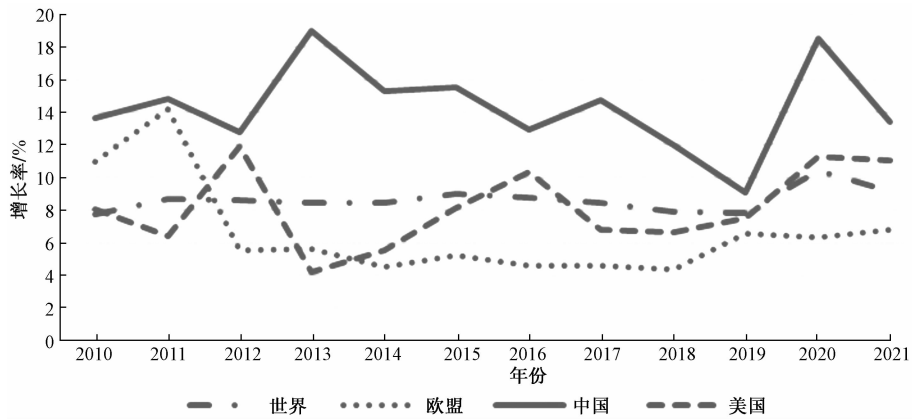


图1 2010—2021年世界、欧盟、中国、美国可再生能源产能增长率

数据来源:国际可再生能源署、Wind数据。

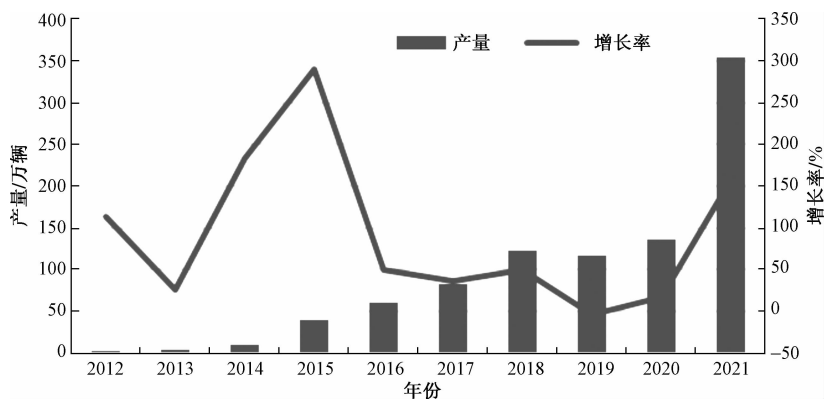


图2 2012—2021年中国新能源汽车产量和增长率

数据来源:中国汽车工业协会、Wind数据。

1.2 “双碳”战略导向的金融变革

经济增长离不开金融的发展。由技术革命和产业应用交替助推形成的良性经济增长“螺旋”,表现为沿着技术前沿的一轮又一轮的接续创新,不断推动主导和关联产业在市场决定的路径上扩张,创造不断增长的附加值,而由此带来的丰厚产业利润也吸引新资本的源源投入。佩蕾丝描述了每一轮经济周期中新技术扩展期出现的产业爆发与金融资本互动助推的“黄金时代”^[5]。中国把金融服务实体经济作为经济活动的核心要求,通过推动金融与产业的协同,实现经济高质量增长。易信、刘凤良发现金融发展能通过技术创新的“水平效应”与“结

构效应”加速产业结构转型与促进经济增长^[6]。伍聪提出了中国正面临第四次金融革命的观点^[7],对金融业的互联网革命进行了论述。互联网技术及随之演进的经济数字化、低碳化转型进程,正导向金融业的数字化转型和绿色金融快速推进。余运九等从宏观、中观、微观角度论述了各层次之间及各层次内部不同产融部门之间的协调如何促进经济持续稳定增长的问题^[8]。张竣楠等揭示产业结构与金融发展较高的空间匹配度是提升技术、金融和产业系统耦合关系改善的关键因素,并支撑耦合的持续演进^[9]。潘冬阳等基于经济增长的视角,指出在疫情冲击后加大绿色金融政策力度,将有益于实

现“绿色复苏”，并有可能以相对之前更低的成本，加快“碳达峰”与经济低碳转型的进程^[10]。文书洋等同样基于增长的视角论述了随着经济规模扩大绿色金融与长期经济增长的正相关关系及与绿色财政政策配合的正向作用^[11]。在“双碳”目标所引申与推动的绿色转型浪潮下，经济中的绿色成分的增长，既包括以低碳新能源占比越来越高的能源产业结构调整，也包括主要是工业、交通、建筑等部门的低碳改造及由此而带来的生产率提高。在低碳绿色转型进程中，传统的金融机构、工具、产品及交易模式将随之发生创新性变化，正如证券发行和交易为英国工业革命筹集金融资本、投资银行服务美国的产业巨头、风险投资模式为“硅谷”创新导向型经济提供动力，在一个充满变化与不确定性的经济中，面向未来的低碳经济发展也需要金融的保驾护航，与经济体系中各层面的智能化趋势相结合，金融与产业发展需要形成相互促进协同共生的发展

格局。

中国绿色金融正处于快速兴起的阶段，2021 年绿色信贷余额 15.9 万亿元，世界第一，占全部贷款的比例达到 8.25%，当年发债规模超 6 000 亿元，累计规模也跻身世界前列。在绿色金融的发展中，绿色信贷仍占绝对主导地位，中金研究院^[12]估计这一比例约为 90%。图 3 显示了中国绿色信贷增幅、占比及与经济增长率的比较情况。在绿色信贷快速增长的同时，绿色融资产品多样化取得了明显的发展，2021 年央行推出了碳减排支持工具，资金利率仅 1.75%，绿色债券、绿色基金、绿色保险、碳交易市场规模都在快速增长，相关金融工具不断丰富。另一方面，绿色金融的发展也面临一些需要解决的问题，如财政金融的协同不够^[13]、绿色金融产品不足^[14]、碳排放相关统计标准和监测制度不到位^[15]等，都对低碳绿色转型金融的发展产生一定的制约。

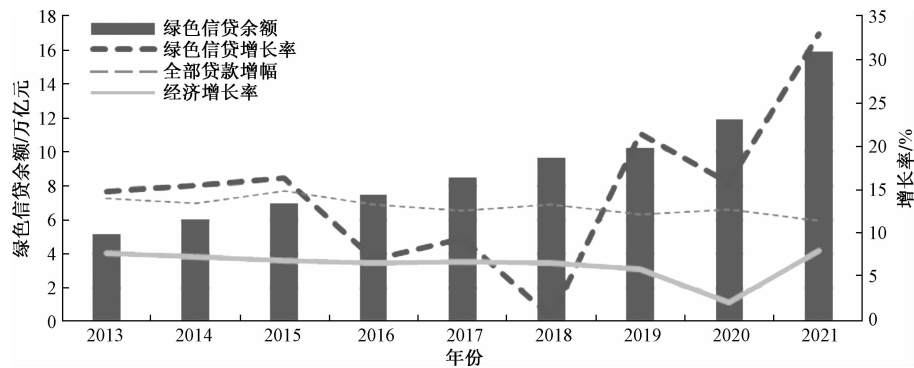


图 3 2013—2021 年中国绿色信贷增长情况

数据来源：中国银保监会、Wind 数据。

2 模型构建

2.1 绿色金融与产业协同的变量设定

从系统的角度，整个经济体系是一个大的宏观系统，而包括金融和工业等在内的各产业是其子系统，这两个层次系统内部和系统之间存在着复杂的互动关系。系统动力学模拟这种互动关系，主要依赖于对因果反馈环的模拟，将复杂的宏观经济系统通过一些典型的具有因果关系的变量设定进行行为及影响分析，探究其中的运行内在机理和结果的可能走向。基于宏观数据对影响贷款投放、特别是对影响绿色贷款投放的可能因素做出经验性推断，有助于在复杂的系统互动中找出具有因果关系的变量或要素，作为构建系统动力学模型的基础。

中国金融体系是一个以银行为主导的间接融

资体系。结合经济学理论和我国的实践，经济体中的融资需求主要来自产业和消费层面，这里从分析的目标出发仅考虑实体产业的需求。实体产业的需求中，制造业的需求是核心并且起着引致创新、增进经济竞争力的作用^[16]。在数字化时代，围绕制造业发展的“制造+服务”活动仍是经济发展的重要动力源。同时制造业也是体现技术进步重要性的最主要产业门类，低碳经济的发展过程中，能源的生产消费，碳减排的达成等，都与制造业的技术进步具有难以分割的关系。从金融机构本身来看，对贷款的投放除了外在的需求之外，还要考虑所支持对象是否具有还款能力即贷款风险等问题，直观的判断就是企业的盈利能力和贷款的不良率高低。实际上，这两个方面也是经济景气度的一个反映。因此，在实证中选取表 1 所列变量。

表 1 变量描述

变量名称	变量说明	数据来源
经济增长率(RGDP)	在不同的公式中分别用于因变量和自变量,说明贷款投放与经济增长之间相互促进的关系	中国统计年鉴
绿色信贷(GCL)	使用时取对数。同时,为避免多重共线性问题,取绿色信贷占全部贷款比例这一结构数据指标为代理变量	中国银保监会、Wind
制造业贷款(MCL)	使用时取对数	Wind 资讯
能源消费总量(ECA)	使用时取对数	中国统计年鉴
能源强度变化率(REC)	能源强度=能源消费总量/GDP,能源强度下降率即本年比上年同比变化比率	依据有关数据计算
碳排放总量(TCE)	实际使用时取对数	BP 数据
制造业增长率(RGM)	指制造业增加值本年比上年上的同比增长率	Wind 资讯
贷款增长率(RTL)	在不同的公式中分别用于因变量和自变量,说明贷款投放增长与经济增长之间相互促进的关系	中国统计年鉴
利润总额(PA)	用规上工业企业利润总额作为企业盈利水平的代理变量,实际使用时取对数	中国统计年鉴
研发支出(RD)	科技进步情况的代理变量,实际使用时取对数。回归时设为控制变量	中国统计年鉴
贷款不良率(NPL)	回归时设为控制变量	Wind 资讯

建立回归模型 1~模型 6,回归结果见表 2。

表 2 回归结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
	贷款增长率	贷款增长率	经济增长率	经济增长率	绿色贷款(对数)	绿色贷款占比
RGDP	0.588** (2.620)	0.459** (2.425)				
ln MCL					1.027*** (5.237)	3.634** (4.990)
ln ECA	-15.115*** (-4.755)	-10.696** (-4.553)	14.414** (2.842)	11.293** (2.345)		
REC					0.036 (0.369)	0.782 * (3.114)
ln TCE	4.474*** (3.955)		-4.458** (-2.781)			
RGM					0.270 * (2.665)	0.981 * (3.075)
RTL			0.786** (2.620)	0.923** (2.425)		
ln PA	-2.352*** (-3.545)	-1.515** (-3.579)	2.538** (3.018)	1.832** (2.548)	-0.307 (-1.707)	-1.193 (-2.308)
ln RD	控制	控制	控制	控制	否	控制
NPL	控制	控制	否	控制	控制	否
调整后 R ²	0.811	0.853	0.748	0.705	0.989	0.925
F 值	12.183	16.121	8.709	7.218	148.482	20.778
Sig.	0.001	0.001	0.004	0.008	0.001	0.016

注：*、**、***分别表示在 0.10、0.05、0.01 水平显著;括号内为 t 值。

回归结果表明,在以经济增长率为被解释变量的回归中,能源消费量呈现出显著的正向关系。但在以贷款增长率为被解释变量的回归中,能源消费量则表现出反向关系。这说明银行信贷投放既考虑了经济增长情况,经济情况好的时候,银行更愿意放贷,同时也关注对高耗能企业贷款的投放控制。这与政策对银行投放高耗能贷款的限制要求有关,也是银行履行社会责任的一种体现。从以绿色信贷为被解释变量的回归看,模型 5 和模型 6

中,制造业增长情况和制造业贷款均与绿色信贷投放呈显著正向关系,但与经济增长率之间的关系不显著。这一结果可能的原因是绿色信贷的风险收益特征与制造业贷款的风险收益特征类似,银行在绿色信贷投放中,由于对新生的绿色行业贷款质量难以把控而采取谨慎的态度。而2020 年以后的制造业贷款和绿色贷款投放的快速上升,与对上述两类贷款投放的正向激励性政策环境具有很大的关系,制造业相关细分行业的增长情况

好转也促进了银行业金融机构的支持力度。

2.2 系统动力学模型构建

经济体系中充满着各种数量关系,利用 VEN-

SIM 软件,按照因果反馈及要素分解关系,构建一个连接碳减排、绿色产业增长与绿色金融发展的系统动力学模拟模型。具体如图 4 所示。

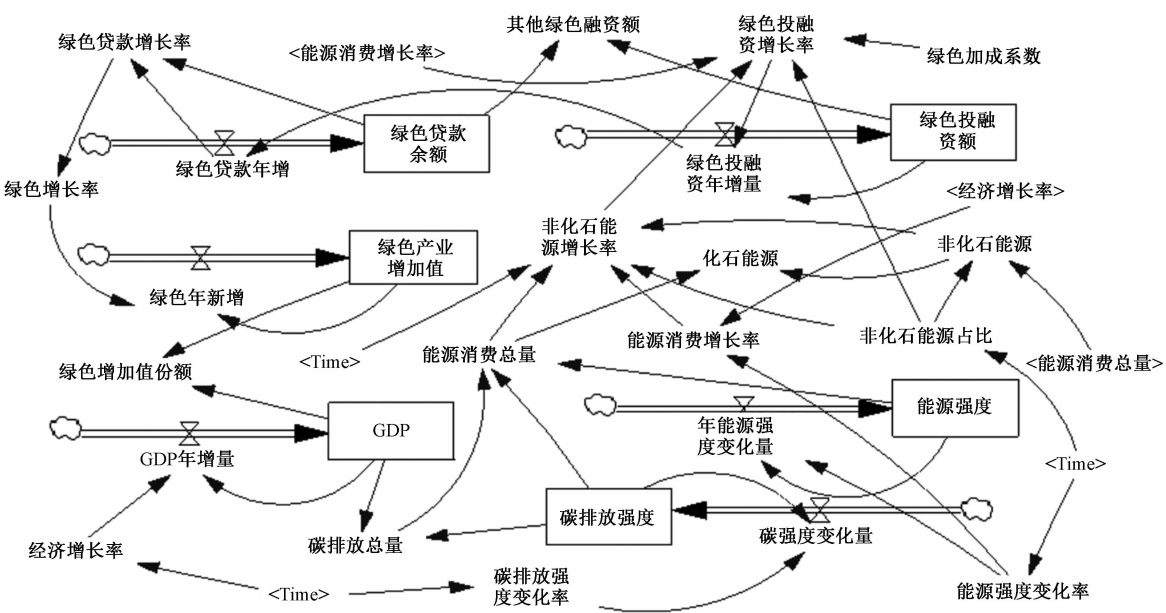


图 4 绿色金融与产业发展的系统动力学模拟流图

在模型构建中,一个重要的内容是对模型中变量的确定和赋值。按照 VENSIM 软件定义,结合模拟的实际场景需要,设模拟的初始时间为 2022 年,结束时间为 2060 年,对应“双碳”目标的“碳中和”年份,同时设时间步长为 1 年。这里分 3 类对相关变量予以定义:

首先是状态变量,主要是图 4 中的 GDP、碳排放强度、能源强度、绿色产业增加值、绿色贷款余额、绿色投融资额等 6 个变量,其基本公式为:增长状态=INTEG(增长的速率,期初值)。如能源强度的计算公式为:能源强度=INTEG(能源强度年变化量,期初值),其初始值则按照模拟开始年份的实际值予以确定,其余以此类推。

其次是速率变量,主要是 GDP 年增量、碳强度年变化量、能源强度年变化量、绿色产值年新增、绿色贷款年新增、绿色投融资年新增等 6 个变量,其基本公式为:变化的速率=上期状态变量×增长率(或下降率)指标。如本期能源强度年变化量=上期能源强度状态×能源强度年变化率,其余以此类推。

第三是辅助变量,在本模型中,辅助变量的赋值包括两类情况:

一类是根据政策确定的目标,再结合经济运行实际予以赋值辅助变量。这类指标主要有经济增

长率、能源强度变化率、绿色加成系数、碳排放强度变化率、非化石能源占比等 5 个变量。其中,对经济增长率的设定考虑 2030 年前较高,以后随着经济规模的进一步扩大,增速将会逐渐下降,但也要保证一定的速度。周勇^[17]推导认为,实现 2030 年“碳达峰”目标,需要 2021—2030 年年均下降约 3.9%,锁定经济增长率为 4.05%。在实际中,中国 2021 年 GDP 增长率为 8.1%,2022 年目标为 5.5%,因此模型赋值时这一数值在 2030 年前保持在平均 5%上下进行多次模拟。碳排放强度变化率亦参照 2030 年“碳达峰”的时间点,计算达到这一政策目标达成的平均排放下降情况,模拟中设定为平均年下降 4%。对能源强度变化率的设定,则参照 2021 年《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出的目标,如到 2025 年比 2020 年下降 13.5%,2030 年非化石能源消费占比达到 25%左右、2060 年占比提高到 80%以上等要求,对能源强度变化率的设置按 2030 年前目标设置平均降幅约为 2.8%,对非化石能源占比则按照 2030 年前每年平均提高一个百分点,2030 年后按照剩余的比例平均分摊的数值设置表函数。当然这只是近似的估计数据,考虑模拟本身是为了分析其相互关联性机理及运作机制,而且参数本身可以依据实际情况进行调整,特别是在

系统动力学模拟设计表函数这一独有的架构下,这样的设置是可以接受的。绿色加成系数是指当某项重大政策宣示或出台后,在原有的常态预期增长率之上的一个加成。如 2021 年中国政府向全世界承诺“双碳”目标这样的大事,一般都能刺激相关机构加大这方面的投融资活动,这些投融资活动会加快形成绿色发展的基础设施和产业准备。另外,对碳排放强度变化率的设定,若考虑技术进步的 S 曲线,设定一个先缓慢增长、然后到一定阶段快速增长再逐渐稳定的过程。如张鸿宇等设置了阶梯式减排率^[18],其 2030 年前为 5.5%,以后每 10 年分别为 7%、12%、8%。本模拟考虑 2030 年后属长期预测,因此只是从趋势上设定一个情景模拟值。实际经济运行中这个过程一般是非线性的,不大可能是一个平滑或规则的线。

另一类如碳排放总量、能源消费总量、能源消费增长率、非化石能源增长率、绿色增长率、绿色贷款增长率、绿色投融资增长率等变量,是指需要由与之相关的其他经济变量来决定赋值的变量,这是经济体系中相关联的因果关系的反映。碳排放总量、能源消费总量等有固定的定义和计算公式,这里主要的两个将投融资与绿色增长和碳减排联系起来的关系设定公式为:绿色投融资增长率=非化石能源增长率+能源消费总量增长率(1-非化石能源占比),主要考虑随着“双碳”目标的推进,能源结构的调整及经济整体运行中碳效率的提高贡献绿色经济增幅中的绝大部分比例,对应其增长所需要的投融资增长率在一定技术经济条件下也保持同样增速。绿色产业增长率按绿色贷款增长率+脉冲函数的设计,也是假设绿色贷款增长率与绿色产业的增加值在一定时期内呈一个相对比较稳定的比例关系,而脉冲函数主要是考虑在较大力度的政策效应下,经济主体会加大向某类行业的投资力度,模拟模型设置这样一个变量是考虑经济运行中会有不同的政策构成不同的冲击,把这个因素考虑在内能加深对实际经济运行的理解,并能得到更理想的模拟结论。这里主要对 2020 年以来加大绿色信贷投放的相关政策设计了一个两年时间的脉冲函数,从长期看,模拟模型只能考虑在可以预见情景下的设置,也就是假定经济活动按照其固有的规律运行。

模拟最重要的是揭示经济中各因素的互动联系,也因此,可以上述模拟流程图为基础,通过不同的设置任选 1 年或多年进行模拟,也可以预测整个期

间可能的变化,特别是通过其中一些参数的调整,发现其引起的相关方向的变化,对认识经济演进的可能趋向和政策制定均有启示意义。

3 模拟分析

3.1 经济增长情景分析

对经济增长的模拟设定,主要考虑了从高到低的 4 种情景,2030 年前和 2030 后到 2060 年两个阶段假设增长率分别设置为 Current1:6.5%、4.5%; Current2: 5.5%、4%; Current3: 5%、3.5%; Current4:4%、2.5%。模拟结果如图 5~图 8 所示,都是以 2030 年“碳达峰”、2060 年“碳中和”为基本前提,以政策设定的目标为参照点进行模拟。模拟表明,四种经济增长情景下,碳排放达峰值高点在 120 亿~130 亿 t,低点为 102 亿 t 左右。同时,2060 年仅靠产业部门的减排 4 种情景下均不能实现“碳中和”。考虑模拟的碳排放量数据没有包含碳汇等情况,可以认为在保持减排技术进步的情况下,补充碳汇后“碳中和”目标是可能实现的。模拟中实际上都隐含着一个技术进步与产业需求配套的假设。在现实中,存在 3 种可能的技术进步情景,即技术能够满足产业增长需求、技术不能满足产业增长需求和突破性技术进步 3 种情形。

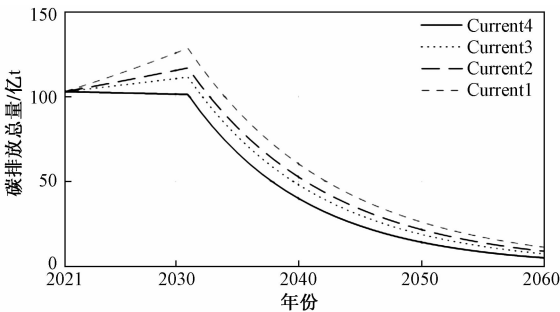


图 5 2021—2060 年碳排放量情景模拟

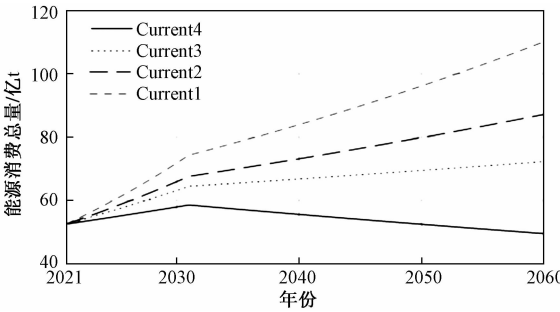


图 6 2021—2060 年能源消费量情景模拟

1) 技术与产业协同的情景。产业创新面临的主要问题是路径依赖问题,某个产业中不同的技术

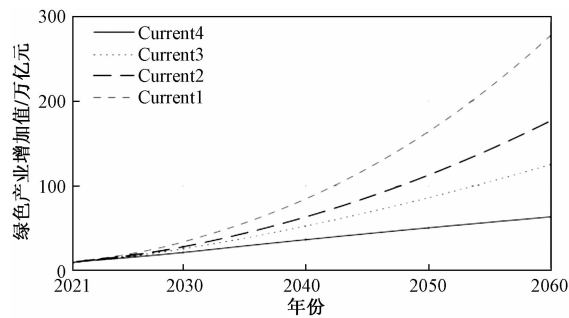


图 7 2021—2060 年绿色产业增加值情景模拟

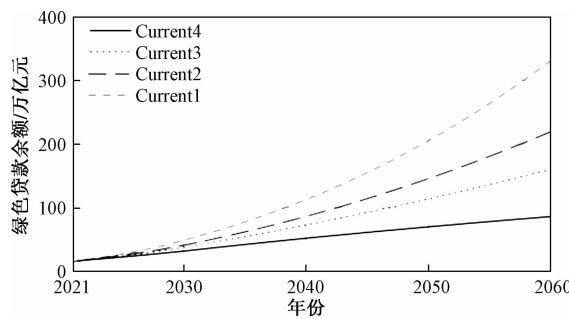


图 8 2021—2060 年绿色信贷情景模拟

路线经过市场的选择,如曾经的 VHS 录像技术、柯达胶片等和数字技术的选择问题,最终数字技术占据了上风,而不符合这一选择路径的企业将面临巨大的损失,甚至被收购、破产倒闭等,但这种影响并不会导致提供该功能的相关产业增长的停滞,是典型的“创造性破坏”,即新的更具市场效率的技术取代旧技术。新能源技术及其应用领域历来被认为是新一轮技术和产业革命的重要领域,如从新能源车作为一个整体产业的未来看,有很好的发展前景,但不排除某方面的技术路线在市场选择中失败,或某些企业经营遇到困境。新的产业由于更具有生产率,将能促进经济的活力和增长。经济增长需要不断的技术进步,在一项技术达到成长上限之时,有新的技术跟上,保证接替才不会导致经济增长的剧烈波动。技术路线的多元化、产业内企业的异质性,以及鼓励多元技术路线竞争,将导向技术进步和产业发展的良性循环状态。

2) 技术进步跟不上产业发展的情景。经济增长将面临较为悲观的环境,经济周期的作用将把繁荣和衰退的循环演进下去。尽管可以通过宽松的财政和货币政策短期抚平周期,但长期产业失去竞争力的影响将带来更大的震荡和痛苦。在碳减排与经济增长的关系中,“碳库茨涅兹曲线”^[19],描述了碳排放与经济增长之间的倒“U”型关系。实现

“双碳”目标所需的技术与产业发展环境,并不是自动具备的,还需要在政策、制度、技术进步等方面提供更多的保障^[20]。模拟表明,2030 年以后,每一种经济增长情景下的碳排放强度下降都需要达到 10% 以上的速度,远高于 2030 年以前 10 年平均减排速度,这还是有很大难度的。实现减排的任务,需要在 2030 年以前更多地准备好各类适应绿色减排需要的基础设施建设及产业技术积累,并培育形成足以支撑绿色产品变现的巨大市场。

3) 出现突破性技术进步的情景。这种情景对于碳中和与经济增长的同时保障将变得相对容易。从现有新能源组合看,风电、光伏、氢能利用等都在推进中,核能尽管争议较大,仍不失为一种发展方向。突破性技术进步的关键在于降低能源使用成本,促进大规模的商业应用,在能源互联网、储能技术、相关新制造技术等配套跟进方向,从资源的保障、环境的代价及使用的便利程度上,都将导致一系列新兴产业的成长和对原有产业功能的升级替代,形成新产业链和产业的聚集。模拟表明,如果未来 30 年中国在“碳达峰”“碳中和”目标成功实现的同时,经济增长还能保持一个平均 4% 左右的速度,这将意味着绿色低碳转型的成功,并带动科技、金融、产业、消费等各个领域都实现协同发展。

3.2 绿色金融的产业增长效应

图 9 展示了 Current3 情景模拟。假定 2030 年前后经济增长率平均为 5%、3.5% 的情景下,未来 10 年每年需要的绿色低碳投融资额平均在 4 万亿元左右。从更长的周期看,随着 2030 年后“碳中和”目标的推进,经济的绿色智能转型加速,经济整体将逐渐过渡到新的生态文明所对应的经济结构,绿色金融也就变为了广泛意义上的金融。在经济绿色转型过程中,相关产业发展所需要的资本,仅靠银行体系是不够的,更要动员广泛的资本市场力量。本次模拟设定来自银行信贷外的资金比例为 10%,这只能说是一个当前的估计,考虑在绿色金融发展中,直接融资以其对创新的独特支持作用将得到快速发展,从长期来看,这一比例应该逐步提高到 20% 以上,实现直接融资和间接融资的协同互补。中国绿色信贷近 5 年不良贷款率均保持在 0.7% 以下,大幅低于银行业不良贷款的平均水平,这与银行体系较为谨慎的投放是相关的。分析表明,绿色贷款的投放类似于制造业贷款,表 2 的回归结果显示了两者间的显著正向关系,说明银行对绿色贷款的认识和对制造业的认识类似,可以作为绿

色金融在风险收益上的参照系。

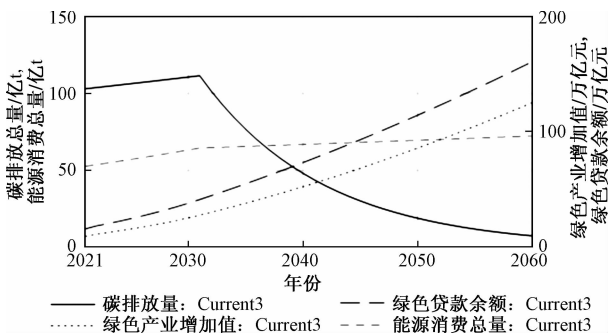


图9 Current3 情景模拟

在系统动力学的因果反馈环中,重要的是打断和阻止负反馈的循环路径。这也意味着产业和金融要避免陷入负反馈的循环。绿色产业的增长,在与其他产业的配套方面,如基础设施配套跟不上,或其他产业没有发展起来,市场没有被创造出来,典型的如前些年的光伏产业等,会中断产业增长循环的正反馈。这也意味着,对新能源汽车等正在快速发展的绿色技术扩展应用产业,适度超前建设基础设施如充电桩、废旧电池回收处理企业布置等,是有前瞻价值的投资。此外,科技研发、人才储备为产业的爆发和持续增长做好准备,可以说是最重要的基础设施之一。因此,绿色金融的增长效应,首先体现在金融支持绿色转型的基础设施的超前建设。2021 年中国绿色信贷投放中,基础设施绿色升级产业贷款余额占 46.5%,这与绿色产业未来增长的要求是相适应的。其次,绿色金融要支持绿色转型方向的新兴产业增量成长,不断扩大新产业的规模,提升增长份额,如提高对可再生能源和清洁能源生产、绿色建筑、绿色交通、绿色工业转型的资金支持等。第三,建立绿色金融促进绿色创新的体系。创新是提高全要素生产率的主要力量,是经济增长的源泉。围绕绿色转型的创新将推动金融体系更有效率的发展,关键是要促成一个新的金融范式形成,培育“耐心资本”,引导没有基础资产价值支撑的逐利金融创新转移到促进“双碳”产业发展的实体领域,不断增加绿色金融产品的供给,打通银行、保险、信托、租赁、风险投资及多层次资本市场通道,为广泛、分散的私人闲置资本投资开辟渠道,形成金融与实体产业有效对接、协同发展的市场载体和规模化空间。

3.3 产业和金融的协同

在以智能绿色为特征的新产业革命预设下,“双碳”战略不仅是要促进与碳减排直接相关的能

源产业结构调整,更是所有产业的低碳或零碳发展,因此,金融不是仅支持现在框定的绿色信贷支持项下的绿色环保产业,还要结合低碳发展,确定更多的与减碳排有关的产业,让金融机构有更明确的标准可以参照,要避免部分企业存在的“漂绿”问题^[21]。同时,考虑道随着科技和产业革命的推进,会不断产生新的行业和领域,特别是随着数字经济的推进,企业的共生协同和产业的融合发展,新产业、新业态和新模式的创生,也会产生更多的绿色产业和绿色企业,金融服务也需要适应新的产业变化趋势。

沿着“双碳”目标的产业增长包括直接涉及产业和产业链延伸,首先是能源产业的变革和创新,用非化石能源代替化石能源。其次是推动各能源使用产业的节能减排创新,提高能源利用效率,降低单位产出的碳排放量;第三,碳汇和碳捕捉、碳封存相关产业的发展。周迪、王雪芹估计 2060 年约有 20%的碳排放需要通过碳汇等方式来实现^[22]。大农业领域既有生产中的碳排放,又有森林草地等植被和水域碳汇功能,未来生态农业的发展将是重要的碳汇潜力领域。最后,是在智能化绿色化引领的次级创新浪潮中发展起来的既具有减碳功能又能创造增量市场需求的新产业、新企业。这一产业变迁路径体现了从化石能源到非化石能源的转化、从高碳产业到低碳产业的转化。实现这两个转化需要大力引导最终需求,满足绿色需求是绿色产业发展最根本的力量。引导需求需要创建市场、扩大市场,推动绿色低碳产业在新市场空间中构建新的规模经济。

绿色产品和服务需求的形成,在于绿色消费能够提供物质和精神满足功能,同时还要避免外部性的影响。设计一种市场,就如历史上股票发行及交易所建立类似的创新,这个新的市场至少具有如下四个特征:参与主体多样化、资本来源多元化、合理定价碳资产、产业和金融协同。这个市场最有可能就是正在不断演进的碳交易市场,以碳排放权、核证自愿减排量、创新的碳金融产品以及围绕降碳而推出的其他生态产品,创造一个兼具产业与金融交易需求的市场生态,动员最广泛的市场参与者如金融机构、企业和居民群体等,各经济主体都具有在市场上盈利的可能,都能通过参与这个市场感受到低碳技术和产品所带来的实实在在的便利和好处,从而引导消费观念和消费行为的变化、扩大绿色产品需求空间,迎合生态文明的新技术经济范式兴起。

3.4 模型有效性测试

3.4.1 现实性测试

为测试模型对实际经济运行模拟的契合度,这里选取节能环保行业,运用 2013—2016 年历史数据对实际的碳排放总量、能源消费总量、碳排放强度、能源强度、节能环保行业增加值、节能环保贷款进行了现实性测试。之所以选择节能环保产业和上述时段,是因为在绿色信贷政策实施以来,中国银保监会从 2013 年开始统计 21 家主要商业银行绿色信贷情况,在当时情况下,这 21 家银行的绿色贷款数据可以认为大致能代表全部绿色贷款数据。并且其间节能环保产业产值及绿色信贷余额的数据对应关系较为明确,为测试和改进模型的参数设置提供了现实的参照系。模拟结果见表 3。

表 3 模型现实型测试结果对照(2013—2016 年)

变量	2013	2014	2015	2016
实际碳排放量/亿 t	92.47	92.93	92.8	92.79
模拟碳排放量/亿 t	92.51	93.15	92.35	92.64
实际能源总量/亿 t	41.69	42.83	43.41	44.15
模拟能源总量/亿 t	41.51	42.47	43.78	44.23
实际碳排放强度/亿 t	1.56	1.44	1.35	1.24
模拟碳排放强度/亿 t	1.56	1.46	1.34	1.26
实际能源强度/亿 t	0.70	0.67	0.63	0.60
模拟能源强度/亿 t	0.70	0.66	0.64	0.60
实际产值/万亿 t	3.2	3.8	4.5	5.3
模拟产值/万亿 t	3.2	3.87	4.67	5.36
实际节能贷/万亿 t	3.69	4.44	5.32	5.81
模拟节能贷/万亿 t	3.69	4.46	5.38	6.17

数据来源:中国统计年鉴、中国能源统计年鉴、BP 数据、Wind 资讯。

注:模拟的节能环保行业初始值的设定为产值而不是增加值,并假定在一定期间内产值的增幅和增加值的增幅一致。

对比数据可知,各变量的实际值与模拟值总体相近,特别是对节能环保行业产值和节能环保及服务贷款两个具有推测性指标的模拟值,更是具有较好的拟合性。节能信贷 2016 年的数据与模拟数据相差略有增大,更有可能是随着绿色信贷政策实施时间向前推进,21 家银行所占份额相对有所分润,实际全部银行绿色贷款额应该是比该数据略高。虽然系统动力学模型并不追求预测数据,但这一结果还是表明模型体现了较好的现实性与稳健性。

3.4.2 敏感性测试

图 5~图 8 实际上展示了当经济增长率的不同变化对相关指标的影响,模拟结果表明,在设定不同的经济增长情境下,主要指标如碳排放总量、能源消费总量、绿色增加值和绿色信贷的变化都在可以接受、符合预期的范围。同时,这里还对能源强

度变化情况及其影响进行了模拟,图 10 重点展示在 2030 年以后能源强度变化 1 个百分点的情况下,能源消费增长率和绿色贷款增长率的变动情况。模拟表明,在能源强度下降幅度降低的情况下,为保持同样水平的经济增长率,需要消耗更多的能源,能源方向的贷款也应该更多的投放。同时,本次模拟还以 2021 年数据和相关经济金融政策为基础,推算 2022 年绿色贷款增量在 3.5 万亿元左右。模拟参数值的变化说明,作为一个整体系统的经济运行,任何一个环节的变化都相互关联,但数据的变化都处于在设定条件内可预知、可接受的范围内。

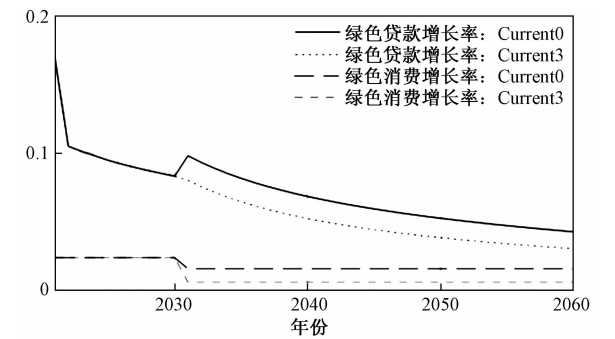


图 10 敏感性测试模拟(2030—2060 年)

4 结论及政策启示

建立实现“双碳”目标的产业发展与绿色金融之间互动机制的系统动力学模拟模型,不仅能在情景改变时通过参数调整在一定程度上对变化趋势做出预测,更有助于理解碳减排战略实施下的实际经济运行机制。社会经济与生态环境是一个复杂的大系统,站在发展生态文明的高度来看待碳减排与产业增长和金融发展的关系,未来产业和金融的发展是一个围绕数字化和绿色转型融合的面向生态文明社会的新技术经济范式。在产业方面,主要是瞄准绿色低碳创新,建立支持“创造性破坏”的产业政策 and 竞争政策体系,通过智能化、绿色化的技术进步,构建先进制造产业链、发展创新产业集群,创造更好地满足消费者需求的新产品和服务,推动技术扩散惠及更广大的人群。在金融方面,推动绿色信贷支持实体经济的绿色转型,建立与碳减排相对应的绿色产业、绿色项目标准和权威的监测考核体系,对各类市场参与者的绿色投融资活动进行引导。同时,充分发挥各类金融主体的不同角色与功能,建立政策性绿色金融与商业性绿色金融、绿色间接融资与直接融资以及支持中小企业、新开办企业的风险投资体系等合作互补的绿色金融服务体

系。在产业和金融的协同方面,重要的是推动碳资产交易市场的创建,通过面向生产率增长和绿色转型的金融创新,构建一个打通产业、金融及居民群体,能够承载各类碳资产及相关生态资产交易的新市场生态,吸引广泛的经济主体参与交易,这个新体系能够产生基于竞争市场的价格信号,从而引导资源配置,吸引对经济绿色转型的更多关注和社会资本投入,促进绿色消费观念和行为习惯,协同创建一个包容、绿色、创新的经济体系和更美好社会。

参考文献

[1] YÜLEK M A. 国家如何成功:制造业、贸易、产业政策与经济发展[M]. 北京:清华大学出版社,2021.

[2] 杰里米·里夫金. 零碳社会:生态文明的崛起和全球绿色新政[M]. 北京:中信出版社,2020.

[3] ACEMOGLU K D. The environment and directed technical change[J]. American Economic Review, 2012, 102(1):131-166.

[4] 布莱恩·阿瑟. 复杂经济学[M]. 杭州:浙江人民出版社,2018.

[5] 卡萝塔·佩蕾丝. 技术革命与金融资本[M]. 北京:中国人民大学出版社,2007.

[6] 易信,刘凤良. 金融发展、技术创新与产业结构转型:多部门内生增长理论分析框架[J]. 管理世界, 2015, 31(10): 24-39,90.

[7] 伍聪. 第四次金融浪潮:互联网金融与中国国运[M]. 北京:中国经济出版社,2017.

[8] 余运九,严力群. 演化经济学视角的产融协调发展研究[J]. 经济论坛, 2019(4):35-44.

[9] 张峻喏,逯进,周惠民. 技术创新、产业结构与金融发展的耦合效应研究:基于中国省域数据的实证分析[J]. 管理评论 2021,32(11):112-127.

[10] 潘冬阳,陈川祺,GRUBB M. 金融政策与经济低碳转型:基于增长视角的研究[J]. 金融研究, 2021(12):1-19.

[11] 文书洋,张琳,刘锡良. 我们为什么需要绿色金融?:从全球经验事实到基于经济增长框架的理论解释[J]. 金融研究, 2021(12):20-37.

[12] 中金研究院. 碳中和和经济学:新约束下的宏观与行业趋势[M]. 北京:中信出版集团,2020.

[13] 徐枫,王帅斌,汪亚楠. 财政金融协同视角下的碳中和目标实现:内涵属性、内在机理与路径选择[J/OL]. 国际经济评论:1-24[2023-02-07]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3799.F.20220321.1405.004.html>.

[14] 吴朝霞,张思. 绿色金融支持低碳经济发展路径研究[J]. 区域经济评论, 2022(2):67-73.

[15] 陈诗一,祁毓. 实现碳达峰、碳中和目标的技术路线、制度创新与体制保障[J]. 广东社会科学, 2022(2):15-23,286.

[16] 菲利普·阿吉翁,赛利娜·安托南,西蒙·比内尔. 创造性破坏的力量:经济巨变与国民财富[M]. 北京:中信出版集团,2001.

[17] 周勇. 协同实现碳达峰目标和2035年现代化目标策略研究[J]. 科学与管理, 2021. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1020.G3.20211125.1314.002.html>.

[18] 张鸿宇,黄晓丹,张达,等. 加速能源转型的经济社会效益评估[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(9):1039-1048.

[19] WAGNER M. The carbon Kuznets curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics? [J]. Resource & Energy Economics, 2008, 30(3):388-408.

[20] 卢现祥,张翼. 低碳经济与制度安排[M]. 北京:北京大学出版社,2015.

[21] 黄溶冰,谢晓君,周卉芬. 企业漂绿的“同构”行为[J]. 中国人口资源与环境, 2020, 30(11):139-150.

[22] 周迪,王雪芹. 中国碳排放效率与产业结构升级耦合度及耦合路径[J]. 自然资源学报, 2019, 34(11):2305-2316.

A System Dynamics Simulation on Industrial Growth Effect of Green Finance

YAN Liquan¹, SHE Yunjiu²

(1. Business School, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China;
2. Agricultural Bank of China, Beijing 100005, China)

Abstract: A system dynamics model connecting carbon emission reduction, green industrial growth and green financial development is constructed. The simulation analysis shows that, under the condition of maintaining a certain economic growth rate, the realization of the “double carbon” goal is a positive feedback process in which the proportion of non-fossil energy continues to rise and the efficiency of industrial low-carbon development continues to improve. The industrial growth effect of green finance is to mobilize multiple financing entities to participate in and promote this process, support the advanced construction of infrastructure for green transformation, the incremental growth of new industries and the innovation activities of green economic entities. Promoting the synergy between green finance and industrial development, and building a new market ecology that connects industry, finance and residents, can carry the formation of new carbon asset trading and ecological product pricing mechanism, guide green consumption concepts and behaviors, expand green market demand, and create a large-scale market space for the growth of green low-carbon industries.

Keywords: green finance; low carbon transformation; industrial growth; system dynamics