

绿色经济、资产泡沫与最优政策：基于带有多部门资产泡沫的动态一般均衡视角¹

周基航² 董丰³ 贾坤⁴

摘要 发展绿色经济是实现经济高质量发展的必然要求。本文试图回答发展绿色经济与经济增长和家庭福利之间的关系,并求解对应的最优政策水平。通过构建包含增长的一般均衡模型并在绿色部门中引入资产泡沫,发现绿色泡沫的出现能够缓解绿色部门的流动性约束,从而带来绿色部门相对传统部门的规模扩张。但在一定的参数条件下,经济增速会下降,这取决于泡沫的信贷放松效应和再分配效应。同样,针对绿色部门的补贴政策也有可能使得绿色部门扩张和经济增速下降同时出现。随着家户对绿色部门偏好的增加,虽然最优政策水平下所隐含的经济增速可能会下降,但是居民的福利水平是上升的。本文所构建的模型框架也可用以讨论高质量发展和绿色经济的关系,以及更加广泛的经济增长与结构转型问题的分析。

关键词 绿色经济;资产泡沫;经济增长;最优政策;多部门动态一般均衡

0 引言

2020年9月,中国领导人在联合国宣布中国“3060”目标,向国际社会做出了庄严承诺。发展绿色经济是实现经济可持续发展的基本途径,在改革开放后的40多年中,中国经济经历了快速的发展,成为世界第二大经济体,但是过去传统的粗放经济发展模式衍生的环境污染、资源安全等问题日益突出。根据发展阶段和社会主要矛盾的重大变化,中国的发展理念从主要注重经济规模扩张转变更加注重经济的高质量发展和可持续发展,提出并开始践行“绿水青山就

¹ 感谢主编、副主编以及两位匿名审稿人的宝贵意见,同时感谢国家自然科学基金项目(72250064、72122011、71903126)的资助。本文仅代表作者个人观点,与作者单位无关。

² 周基航,清华大学经济管理学院经济系博士研究生,E-mail:zhou-jh19@mails.tsinghua.edu.cn。

³ 董丰(通讯作者),清华大学经济管理学院经济系副教授,E-mail:dongfeng@sem.tsinghua.edu.cn。

⁴ 贾坤,国务院发展研究中心发展战略和区域经济研究部研究员,E-mail:1933ks@163.com。

是金山银山”的发展理念。近年来,居民环保意识逐渐增强,对生态环境的要求不断提高,衣食住行越来越多转向低碳环保的生活方式。同时,政府大力支持新能源等绿色低碳产业,通过财政补贴、税收优惠、信贷支持等政策手段推动绿色经济加快发展,在金融市场方面,积极探索绿色金融,建设和完善碳交易市场,推动以市场化方式解决碳减排问题。

绿色转型内嵌于中国经济中长期发展问题当中,需要置于宏观经济系统中进行分析评估。实现“双碳”目标从长期看有助于经济高质量发展,但在一段时期内会对传统部门的发展产生影响,比如当前为了治理环境污染,降低碳排放,一些地方对高耗能企业实施限产,这就会影响当地的经济发展。同时,对于新能源等环保行业的大力支持,有些可能在短期内难以全部转化为经济发展效益。面对社会疑虑,一些宏观经济研究者论证了低碳发展创造的GDP增长不是浪费,会创造真正的财富增量,如果权衡GDP、财富、折旧三者之间的关系,就能够更好认识绿色发展的综合效益^①。还有学者指出,现阶段中国面临增长动力不足的问题,这为低碳发展提供了机遇,大力推动低碳转型可以实现释放增长活力与经济转型的双重目标^②。中国仍是发展中国家,经济发展仍然是国家现代化的基本任务,因此处理好绿色发展和经济增长的关系是落实国家发展战略必须解决好的重要课题。处理好这一关系,需要从理论上回答以下问题:绿色经济发展如何影响经济增速?政府采用产业政策(比如补贴)能够促进绿色行业的发展,这又将如何影响经济增速?最优政策如何制定?绿色发展如何影响居民福利水平?居民福利水平与经济增速存在何种关系?

对于以上问题,部分文献通过数据测算和定量分析讨论了经济增长和低碳发展的关系(如袁富华,2010;林伯强和孙传旺,2011),但总体而言,相关的宏观经济研究较少,目前尚没有形成系统的可用于分析此类问题的宏观理论模型框架。从宏观经济视角看,绿色经济发展是一个多部门经济增长问题,需要在此框架下考虑当经济资源从传统部门向绿色部门转移时,如何影响经济增速和居民福利水平,并在此基础上研究最优政策。本文主要参考 Miao and Wang (2014)的模型框架,构建了一个包含多部门资产泡沫的动态一般均衡模型,不同于上述文献,本文采用了一个离散无穷期模型,这有助于扩展定量分析,同时在重要理论设定上也更加具有一般性。在模型拓展和福利分析部分,本文引入泡沫内生破灭的概率,将基准模型拓展为随机内生泡沫模型。

本文将资产泡沫作为重要分析视角,一方面资产泡沫是当前宏观金融的热门话题,不管是房地产泡沫、股市泡沫还是商品泡沫等等均与人们的生活息息

^① 2019年6月17日,周小川在清华大学五道口金融学院“中央企业金融创新与经济发展专题研讨班”上的讲座。

^② 徐忠:碳中和背后的经济学思考——《碳中和经济分析》书评。

相关,同时也事关经济发展和宏观金融稳定,对政府政策和人们的行为决策产生重要影响。资产泡沫本身没有基本面价值,其市场价值取决于人们的信念,泡沫的形成依赖信念的自我实现(Self-Fulfilling),如果人们愿意相信某些事物,比如房地产、股市将来会有很高的市场价值,那么需求就会增加,导致价格上升甚至超过基本面价值,即形成资产泡沫,从而人们对于价格的预期自我实现。当前对于绿色低碳产业的发展也是类似,如果人们相信将来政府会不断扩大对绿色低碳行业的支持,相信绿色产业自身最终能够为投资者带来巨额利润并对绿色行业形成更高的预期价值,当这种信念在人群中广泛扩散,那么人们对绿色行业投资需求的增加将提高该行业的市场价值,甚至超过基本面价值形成资产泡沫。从当前资本市场也可以看到,涉及“双碳”经济和环保的股票价格近来不断攀升,某种程度上印证了这一点。当绿色部门存在资产泡沫时,一方面资产泡沫会增加绿色企业市场价值,进而使得绿色部门的信贷扩张加速,相应地经济产出增加;另一方面,资产泡沫会引起资源在不同部门之间的重新配置,如果不同部门对于经济增长的贡献存在异质性,经济增长和社会福利水平会因资源的再配置而变动。资产泡沫的存在本身能够通过市场化的方式再配置资源,因此对于产业政策的制定也会产生一定的影响。资产泡沫视角对于理解资产价格、资源配置、经济增长以及产业政策之间的交互作用具有一定的理论贡献,同时对于绿色经济的发展有一定的实践意义。从资产泡沫的角度切入分析增长与结构转型的关系,不仅对于理论发展,还是对于社会现实问题都具有重要意义。

基准模型包括家庭部门、最终品厂商、资本品厂商以及政府部门,在特殊设定下,该模型具备内生增长性质。其中,将资本品厂商划分为两种不同的类型:传统部门和绿色部门,传统部门代表了高耗能、高排放、高污染生产行业,比如钢铁行业、水泥行业、化工行业等等,而绿色部门则相对应地代表了低耗能、低排放、低污染生产行业,比如光伏、风力发电、锂电池等环境友好型行业,前者生产传统资本品,后者生产绿色资本品。绿色资本品相对传统资本品更加低碳环保,同时两类资本品对于生产函数存在不同程度的正外部性,参照 Romer (1986),将内生增长性质引入到模型中,使得本文的模型能够用以分析经济增长与结构转型问题。通过引入异质性投资效率和金融市场摩擦,证明了在均衡中能够存在泡沫。并且将仅在绿色部门出现的资产泡沫称为绿色泡沫。相较于传统的消费效用函数,本文在家户的效用函数中增加了对于资本品结构的偏好项,当绿色部门相对规模扩张时,人们的效用水平将会提高,这也体现了当前人们环保意识的增强和对低碳环保生活方式偏好的增加。同时,政府可以通过对绿色资本品的使用进行补贴的方式以促进绿色部门投资规模的增加。在拓展模型中,本文考虑了泡沫内生破灭的概率,即随机泡沫模型。结合定性和定量分析,得出的主要结论如下:

(1) 绿色泡沫能够缓解绿色部门的融资约束,从而使得绿色部门的投资增加,相对规模扩张,但是在一定的参数条件下,再分配效应超过资产泡沫的信贷放松效应,使得经济增速下降,并且证明了替代弹性参数 σ 和外部性参数 θ 决定了绿色泡沫对于经济增速的影响。

(2) 政府对于绿色部门的补贴政策能够推动绿色部门的发展,补贴水平 τ 越高,绿色部门相对传统部门的规模越大。与资产泡沫一样,替代弹性参数 σ 和外部性参数 θ 也决定了补贴政策对经济增长率的影响,在特定参数条件下,绿色资本品的补贴水平与经济增速之间呈倒U型关系。

(3) 家庭的福利水平既取决于经济增长速度,同时也取决于绿色部门相对于传统部门的规模。随着家庭对绿色部门的偏好上升(γ 增加),最优政策要求对绿色资本品的补贴增加,虽然经济增速会下降,但是家庭的福利水平不断提高,体现了经济高质量增长和“以人为本”的发展理念,而不是一味强调经济增长,并且绿色泡沫的出现在一定程度上能够缓解金融摩擦,降低了政府的最优政策补贴水平。

(4) 当泡沫存在破裂概率时,绿色补贴水平与绿色泡沫规模之间的关系可能不再单调。绿色补贴水平的提高,一方面能够促进绿色部门的繁荣进而使得绿色泡沫规模扩张;但是另一方面,资产泡沫规模扩张使得泡沫破裂的概率提高,这反过来会降低资产泡沫的规模。

资产泡沫的出现源于一系列金融摩擦,并且资产泡沫能够在一定程度上缓解金融摩擦并放松企业的流动性约束。但是,值得注意的是,虽然资本泡沫能够在某种程度上提高经济效率,但是其并没有基本面价值支撑,泡沫价值取决于人们的信念,因此容易受到情绪冲击,存在破灭风险,资产泡沫破灭可能会对经济造成巨大的负面冲击(Allen and Gale, 2000; Kocherlakota, 2009; Biswas et al., 2020)。因此,最重要的仍是一步完善金融市场,建立健全社会信用评价机制,降低金融摩擦,通过资本市场增加对绿色部门的金融支持,这是当前推动绿色发展、实现“双碳”目标的重要突破口。同时,积极推进绿色信贷、绿色债券等绿色资产的发展,并通过发展安全资产挤出具有风险的资产泡沫,增加对于绿色部门的融资支持。周小川认为绿色金融是低碳转型的重要支撑,并指出未来5年里,中国需要投入至少2万亿~4万亿元人民币来应对环境和气候变化问题,因此必须构建绿色融资机制,充分调动各方面的资金^①。在充分发挥市场机制的同时,政策上也要积极探索支持绿色部门发展的结构性政策,如结构性货币政策、财政政策、信贷政策等,中央需要做好顶层设计,统筹协调各部门,形

^① 2018年5月9日,周小川在CCIEE与保尔森基金会联合举办的“2018年可持续性年会”开幕式上的演讲。

成政策合力,避免合成谬误。

与本文相关的文献主要包括资产泡沫、经济增长与绿色发展方面的研究。资产泡沫是当前宏观金融研究的前沿问题,在宏观金融文献中,将资产泡沫定义为无基本面价值支撑或者资产价格超过基本面价值的资产。在一般的宏观模型中,理性资产泡沫的存在首先需要满足两个最基本的条件:(1)无限期时间,(2)金融市场存在不完全性或金融摩擦。根据代理人存活的期数,又可以将模型框架分为有限期模型和无限期模型。有限期模型主要建立在世代交叠模型(简称 OLG)框架上(Samuelson, 1958; Diamond, 1965)。Tirole(1985)是资产泡沫文献中最早在生产经济的环境下分析资产泡沫的,该文证明,资产泡沫存在的必要条件是经济动态无效。基于 Blanchard and Watson(1982),Weil(1987)引入了随机泡沫的概念,泡沫在每一期都有一定的概率会破灭,文章将其理解为人们对资产泡沫的信心。随机泡沫的引入为分析泡沫情绪冲击和经济周期之间的关系打下了基础。其他采用 OLG 框架的重要文献还包括 Martin and Ventura(2012),Tirole and Farhi(2012)等。

OLG 框架对于分析资产泡沫提供了极大的便利,并且提供了许多重要洞见,但其模型假设过于严格,与数据结合进行定量分析的效果不佳。无限期模型的优点在于能够将泡沫理论融入标准动态一般均衡模型(简称 DSGE),适合用于定量分析,Kocherlakota(1992, 2008)是两篇在无限期模型领域的开创性文献。Wang and Wen(2012)在无限期真实经济周期框架中引入带有金融约束的生产性企业,证明了内生的资产泡沫有助于缓解高效率企业面临的金融摩擦。董丰和许志伟(2020)在 Wang and Wen(2012)的框架下讨论了刚性泡沫和政策应对。此外,值得一提的是,Miao and Wang(2018)关注了股市泡沫,不同于将泡沫作为独立的可交易资产进行考察,该文将泡沫的价值附加在企业的基本面价值上,本文正是采用这一种资产泡沫建模形式。

关于资产泡沫与经济增长的关系,Grossman and Yanagawa(1993)在 Tirole(1985)的基础上,最早将泡沫引入内生增长模型中,他们的模型结果表明泡沫的存在会降低经济的内生增长率。Kunieda and Shibata(2016)则在无限期框架模型中引入了不完美的金融市场(借贷约束)以及投资效率异质性的企业,刻画了泡沫对经济增长率的三种不同效应——挤出效应,净财富效应和再分配效应。模型中泡沫的破灭使得经济体回到无泡沫状态,导致经济增长率快速下降。为了避免泡沫破灭带来的严重后果,模型设计了两种政策用于应对。其他关于资产泡沫和经济增长的文献还包括 Olivier(2000), Hirano and Yanagawa(2017),陈彦斌和刘哲希(2017)等。

关于绿色发展和经济增长之间的关系,罗马俱乐部在《增长的极限》中提出,为了达到保护自然环境的目的,经济增速必将有所牺牲,自然环境将会制约

经济增速(Meadows et al., 1972)。Grossman and Krueger(1991)首次发现污染排放与人均收入之间存在倒“U”型关系,这表明经济增长并不必然伴随自然环境的恶化,当经济增长达到一定程度之后,自然环境反而变好,这也被称为环境库兹涅茨曲线(Panayotou, 1993; Grossman and Krueger, 1995),但是关于这一结论还存在较大的争议。Brock and Taylor(2010)构建了一个“绿色索洛”模型,从理论角度刻画了环境库兹涅茨曲线的形成原因。陆旸(2012)认为环境规制一方面增加了企业的生产成本,进而造成相关产业就业下降;另一方面也能促进绿色产业发展并带来更多的绿色就业,因此绿色发展和经济增长的关系是不确定的,取决于就业净效应的方向。张成等(2011)则从微观视角出发,认同Porter et al. (1991)所提出的假说,认为合适的环境规制能激发“创新补偿”效应,从而提高企业的生产率和竞争力,促进经济增长。

中国政府在促进经济增长和环境保护方面发挥着双重功能。一方面,政府发挥了“发展主义政府”的作用;另一方面,也正在发挥“环境政府”的作用(洪大用, 2012)。王遥等(2019)提供了一种分析绿色金融政策的理论框架,绿色信贷政策包括针对绿色信贷的贴息、定向降准、再贷款,研究表明绿色政策能够带来“经济”与“环境”双赢的结果。本文将主要聚焦于财政政策(包括税收和补贴政策)对于绿色发展、经济增长以及福利水平的作用机制。在未来的很长一段时间内,中国需要认真思考如何在经济增长和绿色发展之间做好权衡取舍,这是实现经济高质量发展的重要任务。

本文的创新贡献主要在于:在资产泡沫框架下分析绿色发展和经济增长之间的关系,并分析了对应的最优政策,同时,动态多部门泡沫模型是一个新颖和重要的模型框架,拓展了资产泡沫模型,也可用于分析多部门问题,例如产业结构转型和产业政策问题,当前较少有合适的宏观理论模型框架可以展开这样的研究。在基准模型中,本文考察了当绿色部门出现资产泡沫时,将如何通过信贷渠道和资源再配置渠道影响经济增长和社会福利,并且分析了税收或补贴政策对于绿色经济发展的影响机制。在基准模型的基础上,引入泡沫内生破裂的概率,将其拓展为随机泡沫模型,可用以分析泡沫破裂风险问题。此外,该模型框架也可用以讨论高质量发展和绿色金融、绿色财政的关系,以及更加广泛的经济增长与结构转型问题的定性和定量分析,还可以基于资产泡沫的视角探讨宏观金融问题。在福利分析部分研究了最优政策,分析了绿色泡沫与最优政策的交互影响,对于绿色发展政策制定具有参考意义,针对绿色发展和经济增长的一系列分析能够为绿色产业政策制定提供理论支撑。

本文余下部分安排如下:第1部分给出理论模型设定;第2部分求解和刻画模型均衡;第3部分分析无泡沫均衡、绿色泡沫均衡以及补贴政策与经济增长之间的关系,并基于稳态情形进行比较静态分析;第4部分比较居民福利水

平,并基于福利最大化条件计算最优政策水平;第5部分总结。

1 模型

本文构建了多部门无穷期离散动态一般均衡模型($t=0,1,2,3,\dots$),基准模型包括家庭部门、最终品厂商、资本品厂商以及政府部门,在特殊设定下,该模型具备内生增长性质。其中,将资本品厂商划分为两种不同的类型:传统部门和绿色部门,传统部门代表了高耗能、高排放、高污染生产行业,比如钢铁行业、水泥行业、化工行业等等,而绿色部门则相对应地代表了低耗能、低排放、低污染生产行业,比如光伏、风力发电、锂电池等环境友好型行业。具体的设定将在下文详细描述。

1.1 家庭部门

家庭部门包含了单位测度同质的家户,家户选择消费 $\{C_t\}$ 和储蓄 $\{D_{t+1}\}$ 以最大化期望效用:

$$\max_{C_t > 0, D_{t+1}} E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\log C_t - \gamma_t \log(EI_t)] \quad (1)$$

其中, $\beta \in (0,1)$ 为主观折现因子,家户的效用不仅取决于消费数量,也取决于环境指标或者污染排放指标 EI_t ,将污染排放指标定义为绿色部门和传统部门资本存量的函数形式:

$$EI_t = c * K_{gt}^a K_{ot}^b \quad (2)$$

其中, K_{gt} 和 K_{ot} 分别代表了绿色部门和传统部门资本存量,参数 $a < b, c > 0$ 。用这一指标简单地将污染排放与资本存量挂钩起来,由于绿色资本品相对传统资本品的生产更加低碳环保,因此绿色资本相对传统资本越多,污染排放将越少,环境水平将会提高,消费者的效用也会随着污染排放的下降而增加。Heutel (2012)和Annicchiarico and Di Dio(2015)在使用宏观模型分析环境相关问题时也引入了与产出或经济规模相关的污染排放指标。

将 $\gamma_t > 0$ 称为偏好调整参数,随着 γ_t 的增大,污染排放对于消费者的负效用更高,因此相对于传统部门,家户将更加偏好绿色部门。当前,随着人们的环保意识不断增加,对生态环境的要求也变得更高,在日常生活的“衣食住行”中,越来越倾向选择“低碳环保”的生活方式。同时,政府政策也大力支持新能源等低碳环保行业的发展,与改革开放初期主要强调经济增长不同的是,当前更加关注经济的高质量增长。人们不仅关注消费的数量,对环境友好型产业和优良生活环境质量的偏好也已经成为不可逆转的趋势,将污染排放指标放入消费者的效用函数可以度量家户对于环境的偏好程度。

在时期 t , 家户面临的预算约束方程为:

$$C_t + D_{t+1} = r_t D_t + w_t N_t + T_t \quad (3)$$

其中, r_t 和 w_t 分别为存款利率和工资水平, 假设劳动供给没有弹性, 为了简化模型, 标准化劳动供给 $N_t = 1$, T_t 表示政府对家庭的一次性转移支付 ($T_t > 0$) 或者一次性税收 ($T_t < 0$)。同时, 家户的存款数量约束需要满足:

$$D_{t+1} \geq 0 \quad (4)$$

这一条件保证了均衡中能够存在泡沫 (Kocherlakota, 2009; Miao et al., 2015)。给定利率、工资水平和一次性转移支付 (税收) 数量, 家户在满足预算约束和存款数量约束的条件下, 最大化效用函数, 推导得到一阶条件:

$$E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} r_{t+1} \leq 1 \quad (5)$$

其中, 随机折现因子 $\Lambda_t = 1/C_t$, 当偏好调整参数满足 $\gamma_t > 0$ 时, 绿色部门相对于传统部门发展规模的扩大将直接提升家户的效用或者福利水平, 但从后文的分析中, 本文发现当绿色部门相对规模扩张时, 可能会使得经济增速下降, 进而使得居民福利水平受损。在这种情况下, 福利最优化政策要求在经济增速和绿色部门扩张之间做出权衡取舍。

1.2 最终品厂商

假设模型经济中存在单位测度的同质最终品厂商, 最终品的生产需要雇佣劳动力和购买传统部门和绿色部门的资本品, 参照 Miao and Wang (2014), 将最终品生产函数表示为:

$$Y_t = A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} k_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} k_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} (K_{ot}^\theta K_{gt}^{1-\theta} n_t)^{1-\alpha} \quad (6)$$

其中, k_{ot} 和 k_{gt} 分别表示最终品厂商购买的传统资本品和绿色资本品数量, n_t 为雇佣的劳动力数量, K_{ot} 和 K_{gt} 代表对应的资本品的加总数量, A_t 为全要素生产率水平, $\alpha \in (0, 1)$ 为资本报酬份额, $\sigma > 0$ 为两类资本品之间的替代弹性, $\omega \in (0, 1)$ 则表示两类资本品的比例参数, 这些设定与 Miao and Wang (2014) 基本一致。同时按照 Romer (1986) 的设定, 加总资本品的数量对于个体厂商的生产具有正外部性, 将经济增长的过程引入到一般均衡模型中。Miao and Wang (2014) 同样参照了此设定, 但是该文假设两个部门中仅部门一存在正外部性, 与他们不同的是, 本文假设传统部门和绿色部门的资本存量都有可能对个体厂商的生产存在正外部性, 并且外部性参数 $\theta \in [0, 1]$ 决定了两类资本品的正外部性的相对强弱, θ 越大, 表明传统部门的正外部性越强, 反之则表示绿色部门的正外部性越强。当 $\theta = 0, 1$ 时, 模型则回归到了单部门外部性的情形, 这表明此处的设定更加具有一般性。而在之后的分析中, 可以证明参数 σ 和 θ 是影响

补贴(税收)政策和泡沫对经济增速影响的重要因素。

假设政府可以通过对绿色资本品的使用采取补贴($\tau_i > 0$)或收税($\tau_i < 0$)的形式进行扭曲操作^①。从直觉上不难发现,当对绿色资本品采取补贴政策时,绿色资本品的成本相对传统资本品下降,最终品厂商倾向于使用成本更低的绿色资本品,从而使得绿色部门快速扩张,而采用税收的形式则会抑制绿色部门的扩张。在现实中,政府为了支持这些环境友好型的绿色部门,比如新能源行业的发展,往往就是采用补贴和税收优惠的形式,而这种政策也收效显著,近些年,新能源行业取得了飞速的发展,产业规模大幅扩张。基于以上设定,最终品的厂商的利润最大化方程可表示为:

$$\max_{k_{ot}, k_{gt}, n_t} A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} k_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} k_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} (K_{ot}^\theta K_{gt}^{1-\theta} n_t)^{1-\alpha} - w_t n_t - R_{ot} k_{ot} - (1 - \tau_t) R_{gt} k_{gt} \quad (7)$$

给定工资水平 w_t 、补贴(税收)水平 τ_t 、资本品价格 $R_{it} (i=o, g)$ 和加总资本数量 $K_{it} (i=o, g)$, 个体厂商利润最大化问题的一阶条件为:

$$A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} (K_{ot}^\theta K_{gt}^{1-\theta} n_t)^{1-\alpha} \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} k_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} k_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}-1} \alpha \omega^{\frac{1}{\sigma}} k_{ot}^{-\frac{1}{\sigma}} = R_{ot}, \quad (8)$$

$$A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} (K_{ot}^\theta K_{gt}^{1-\theta} n_t)^{1-\alpha} \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} k_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} k_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}-1} \alpha (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} k_{gt}^{-\frac{1}{\sigma}} = (1 - \tau_t) R_{gt}, \quad (9)$$

$$(1 - \alpha) \frac{Y_t}{n_t} = w_t \quad (10)$$

将资本品变量加总时,由于所有的最终品生产商是同质的,因此 $K_{it} = \int_0^1 k_{it} dj = k_{it}$, ($i=o, g$)。

1.3 资本品厂商

将资本品厂商分为传统部门(用“ o ”表示)和绿色部门(用“ g ”表示)两类,前者生产传统资本品,而后者生产绿色资本品。假设每一部门($i=o, g$)均包含单位测度 $j \in [0, 1]$ 的个体企业,用 K_{it}^j 表示 i 部门中 j 企业在时期 t 资本存量,则资本存量的动态方程表示为:

$$K_{it+1}^j = (1 - \delta) K_{it}^j + \varepsilon_{it}^j \bar{p}_{it}^j \quad (11)$$

其中, δ 为每一期资本的折旧率, $\bar{p}_{it}^j \geq 0$ 为企业在时期 t 的投资,且投资不可逆。

^① 理论上我们也可以引入对于传统资本品的补贴或者税收扭曲操作,但在模型经济中,这种扭曲操作只是通过改变两部门之间的相对成本来影响部门间的资源配置,从而对宏观经济产生作用,因此为了简化模型,我们仅考虑政府对绿色资本品进行补贴或税收操作。

参照 Miao et al. (2015)、董丰和许志伟 (2020) 引入资产泡沫的模型设定, 定义 ε_u^j 为企业的异质性投资效率, 在每一期均满足独立同分布 (IID) 的性质, 假设投资效率在 $[\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}] \subset (0, \infty)$ 的累积分布函数 (CDF) 为 $\Phi(\cdot)$, 并且假定企业在当期进行投资之前能够观察到本期自身的投资效率。

在 t 时期, 企业从最终品厂商处获得资本报酬收入, 假设企业需要偿还 L_u^j 的债务, 同时能够以 r_{u+1} 的利率获得贷款 L_{u+1}^j , 因此企业的投资数量必须满足:

$$0 \leq I_u^j \leq R_u K_u^j - L_u^j + \frac{L_{u+1}^j}{r_{u+1}} \quad (12)$$

从上述分析中不难发现, 企业 j 在 t 时期的状态变量为当期的资本存量 K_u^j 、债务偿还 L_u^j 以及异质性投资效率 ε_u^j , 因此定义该企业的市场价值函数 (Value Function) 为 $V(K_u^j, L_u^j, \varepsilon_u^j)$ 。由于存在金融摩擦, 企业对于自身的负债仅承担有限承诺, 参考 Miao et al. (2015) 和 Miao and Wang (2018), 外部借款需要满足激励相容条件 (Incentive Constraint):

$$E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \bar{V}_{u+1}(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j) \geq E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \bar{V}_{u+1}(K_{u+1}^j, 0) - E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \bar{V}_{u+1}(\xi K_u^j, 0) \quad (13)$$

其中, $\bar{V}_{u+1}(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j) = \int V_{u+1}(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j, \varepsilon) d\Phi(\varepsilon)$, 表示事前对于下一期债务未违约企业的市场价值预期值。参数 $\xi \in (0, 1)$ 为企业的资本品抵押比例, 当企业选择违约时, 企业的债务总量降低为 0, 企业的资本总量为 K_{u+1}^j , 其中 ξK_u^j 数量的资本品将被债权人获得并用于独立经营。因此债权人能够获得的企业市场价值为 $E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \bar{V}_{u+1}(\xi K_u^j, 0)$, 将这一部分价值从 $E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \bar{V}_{u+1}(K_{u+1}^j, 0)$ 减去, 所得到的剩余价值为违约企业能够获得的最终收益。在满足激励相容的条件下, 债务市场的存在要求未违约企业的市场价值预期值至少不应低于违约企业的剩余价值预期值, 即约束条件 (13) 成立^①。

进一步, 将资本品厂商的最优化问题整理成动态递归的形式:

$$V_u^j(K_u^j, L_u^j, \varepsilon_u^j) = \max_{I_u^j, L_{u+1}^j} R_u K_u^j - I_u^j - L_u^j + \frac{L_{u+1}^j}{r_{u+1}} + E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} V_{u+1}(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j, \varepsilon_{u+1}^j) \quad (14)$$

① 也可以理解为, 违约企业的剩余资本总量为 $K_{u+1}^j - \xi K_u^j$, 企业在选择违约之后将退出经营, 并将剩余资本在市场上卖出。因此剩余价值为剩余资本的价值总和为 $Q_u(K_{u+1}^j - \xi K_u^j)$, 其中 Q_u 为资本品的价值, 在下文均衡刻画部分将详细描述。企业的激励相容条件可以改写为:

$$E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \bar{V}_{u+1}(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j) \geq Q_u(K_{u+1}^j - \xi K_u^j).$$

容易证明这与公式 (13) 是完全等价的。

并且,需要满足资本存量动态方程(11)、投资约束方程(12)和激励相容条件(13)。

1.4 政府部门

假设政府部门对家庭部门的一次性补贴(或税收)为 T_t ,而对于绿色资本品的补贴(或税收)为 $\tau_t R_{gt} K_{gt}$,政府部门满足收支平衡要求:

$$T_t + \tau_t R_{gt} K_{gt} = 0 \quad (15)$$

1.5 竞争均衡

总结而言,模型的竞争均衡包含内生变量 $\{C_t\}, \{Y_t\}, \{D_t\}, \{T_t\}, \{G_t\}, \{r_t\}, \{w_t\}, \{n_t\}, \{K_{it}\}, \{K_{it}^j\}, \{R_{it}\}, \{I_{it}\}, \{P_{it}^j\}, \{L_{it}^j\}, \{r_{it}\}, i=o, g$, 满足:

1. 家户在满足预算约束(3)和存款约束(4)的条件下,实现效用最大化(1);
2. 最终品厂商最大化利润(7);
3. 资本品厂商在满足资本存量动态方程(11)、投资约束方程(12)和激励相容条件(13)的条件下,求解最优化问题(14);
4. 政府部门满足收支平衡条件(15);
5. 各类市场出清:

$$(1) \text{ 劳动力市场: } n_t = N_t = 1;$$

$$(2) \text{ 资本品市场: } k_{it} = K_{it} = \int_0^1 K_{it}^j dj;$$

$$(3) \text{ 投资品市场: } I_{it} = \int_0^1 P_{it}^j dj;$$

$$(4) \text{ 债务市场: } D_{t+1} = \frac{L_{ot+1}}{r_{ot+1}} + \frac{L_{gt+1}}{r_{gt+1}} = \int_0^1 \frac{L_{ot+1}^j}{r_{ot+1}} dj + \int_0^1 \frac{L_{gt+1}^j}{r_{gt+1}} dj;$$

$$(5) \text{ 商品市场:}$$

$$C_t + I_{ot} + I_{gt} = Y_t$$

$$= A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} K_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} K_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} (K_{ot}^\theta K_{gt}^{1-\theta})^{1-\alpha}.$$

2 均衡刻画

在这一部分,按照上述竞争均衡的定义,本文首先求解了资本品厂商(传统部门和绿色部门)的决策问题。然后,将经济变量加总得到该模型经济系统的相关动态方程,在此过程中假设不存在加总不确定性(aggregate uncertainty)。最后,证明了去趋势项之后的经济动力系统存在稳态解,在此基础上进行了相关的稳态分析。

2.1 资本品厂商问题

给定两个传统部门和绿色部门各自的借款利率 r_{it+1} 和资本回报 $R_{it}(i=o, g)$, 资本品厂商在满足资本存量动态方程(11)、投资约束方程(12)和激励相容条件(13)的条件下, 求解最优化问题(14)。猜测并将最终验证资本品厂商的价值函数满足下述形式:

$$V_{it}^j(K_{it}^j, L_{it}^j, \varepsilon_{it}^j) = v_{Kt}(\varepsilon_{it}^j)K_{it}^j + b_t(\varepsilon_{it}^j) - v_{Lt}(\varepsilon_{it}^j)L_{it}^j \quad (16)$$

其中, $v_{Kt}(\varepsilon_{it}^j)$, $v_{Lt}(\varepsilon_{it}^j)$ 和 $b_t(\varepsilon_{it}^j)$ 取决于异质性投资效率 ε_{it}^j 和加总宏观变量。企业的市场价值中, 除了基本面价值之外, 还包括投机性价值组成部分 $b_t(\varepsilon_{it}^j)$, 容易证明 $b_t(\varepsilon_{it}^j) = 0$ 和 $b_t(\varepsilon_{it}^j) > 0$ 均有可能在均衡中出现, 这取决于投资者的信念, 当 $b_t(\varepsilon_{it}^j) > 0$ 时, 该部分也被称为资产泡沫。进一步定义:

$$Q_{it} = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} v_{Kt+1}(\varepsilon_{it+1}^j), \quad (17)$$

$$B_{it} = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} b_{t+1}(\varepsilon_{it+1}^j), \quad (18)$$

$$\frac{1}{r_{it+1}} = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} v_{Lt+1}(\varepsilon_{it+1}^j) \quad (19)$$

本文将 Q_{it} 解释为生产性资本品的影子价格或托宾 Q (Hayashi, 1982; Miao and Wang, 2018), 对应于 $b_t(\varepsilon_{it}^j)$, 在均衡中 $B_{it} = 0$ 或者 $B_{it} > 0$, 取决于投资者的信念。当 $B_{it} = 0$ 时, 该均衡被称为无泡沫均衡, 此时, 企业的激励相容条件(13)可以改写成:

$$\frac{L_{it+1}^j}{r_{it+1}} \leq Q_{it} \xi K_{it}^j \quad (20)$$

这一形式回归到了 Kiyotaki and Moore (1997) 模型中的抵押约束条件。而当 $B_{it} > 0$ 时, 意味着资本品厂商的市场价值中存在资产泡沫, 将该均衡称为泡沫均衡, 此时, 企业的激励相容条件(13)为:

$$\frac{L_{it+1}^j}{r_{it+1}} \leq Q_{it} \xi K_{it}^j + B_{it} \quad (21)$$

与 Miao et al. (2015) 一致, 资产泡沫的存在提高了企业的市场价值, 从而放松了企业的信贷约束, 这也被称为资产泡沫的信贷放松效应。泡沫的形成是信念自我实现 (Self-Fulfilling) 的过程, 如果人们愿意相信厂商具有高于基本面价值的市场价值, 那么债权人就愿意将资金贷给企业, 从而企业增加投资、扩大产出, 进而使得企业的基本面价值提高。下述定理 1 (详细证明见附录 A. 1) 求解了资本品厂商的最优化问题。

定理 1: 在均衡中, 存在投资效率阈值 $\varepsilon_{it}^* = 1/Q_{it}(i=o, g)$, 当厂商的投资效率 ε_{it}^j 低于 ε_{it}^* , 厂商的投资 $I_{it}^j = 0$; 当厂商的投资效率等于 ε_{it}^* , 厂商对于投资与否无差异; 当厂商的投资效率高于 ε_{it}^* , 厂商将最大化投资:

$$I_{it}^j = R_{it} K_{it}^j - L_{it}^j + \xi Q_{it} K_{it}^j + B_{it} \quad (22)$$

资本品价格 Q_{it} 和部门内贷款利率 r_{it+1} 满足:

$$Q_{it} = \beta E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} [R_{it+1} + (1 - \delta) Q_{it+1} + (R_{it+1} + \xi Q_{it+1}) G_{it+1}], \quad (23)$$

$$\frac{1}{r_{it+1}} = \beta E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} (1 + G_{it+1}) \quad (24)$$

其中, G_{it} 表示部门 i 的流动性溢价水平:

$$G_{it} = \int_{\varepsilon_{it}^j > \varepsilon_{it}^*} \left(\frac{\varepsilon_{it}^j}{\varepsilon_{it}^*} - 1 \right) d\Phi(\varepsilon_{it}^j) \quad (25)$$

当存在泡沫均衡 $B_{it} > 0$ 时, 资产泡沫的动态方程为:

$$B_{it} = \beta E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} B_{it+1} (1 + G_{it+1}) \quad (26)$$

从定理 1 中的式(23)不难发现, 资本品的价格不仅与资本的报酬相关, 同时也取决于流动性溢价水平。当经济中存在信贷摩擦时, 厂商的资本存量能够作为信贷抵押品放松厂商所面临的流动性约束, 因此当资本品的价格越高, 抵押比例越大, 企业的信贷额度也就越高, 从而企业投资扩张, 资本流动性溢价的提高使得厂商对资本的需求提升, 资本品价格上升; 另一方面, 随着投资扩张, 资本品数量增加, 所以生产函数满足边际效率递减规律, 因此会降低资本的回报率, 从而降低资本价格。

当存在流动性溢价, 即 $G_{it+1} > 0$ 时, 公式(24)表明 $\beta E_t r_{it+1} \Lambda_{t+1} / \Lambda_t < 1$ 。假设资本品厂商除了能从家户借款之外, 只能在部门内部相互借贷, 而不能在部门间借贷, 即借贷市场分割, 因此 r_{ot+1} 并不一定等于 r_{gt+1} , 这样的设定保证非对称泡沫均衡(即某一部门存在资产泡沫, 而另一部门不存在资产泡沫)存在的可能性。否则, 如果 $r_{ot+1} = r_{gt+1}$, 那么在均衡中, 可以证明要么两部门都不存在资本泡沫, 要么两部门都存在资产泡沫。进一步地, 将仅存在于绿色部门的资产泡沫定义为“绿色泡沫”。根据上述假设, 家户的存款利率 r_{t+1} 必定是传统部门借贷利率 r_{ot+1} 和绿色部门借贷利率 r_{gt+1} 的线性函数, 因此 $\beta E_t r_{t+1} \Lambda_{t+1} / \Lambda_t < 1$, 对比家户最优化问题的一阶条件(5)和存款约束(4)^①, 可以推断出每一期家户的存款

① 如果没有存款约束(4), 家户此时存在向其他部门借款消费的激励, 直至 $\beta E_t r_{t+1} C_t / C_{t+1} = 1$, 无套利条件将使得 $G_{it+1} = 0$, 根据条件(26), 泡沫均衡将不可能出现, 这也是为什么存款约束保证了泡沫均衡存在的可能性。

都为0,即 $D_{t+1}=0$,再根据债务市场出清条件有:

$$L_{ot} = \int_0^1 \frac{L_{ot}^j}{r_{ot}} dj = 0, \quad L_{gt} = \int_0^1 \frac{L_{gt}^j}{r_{gt}} dj = 0, \quad \forall t \geq 0 \quad (27)$$

这意味着在企业内部,生产效率较高的厂商在部门内部借款进行投资生产,借款资金来源于生产效率低于阈值的企业,并且企业内部的净债务数量为0。

2.2 变量加总与动力系统

将两个部门资本品厂商的投资和资本存量进行加总,即 $I_u = \int_0^1 I_u^j dj$, $K_u = \int_0^1 K_u^j dj$,定理2(详细证明见附录A.2)给出了变量加总后的具体结果。

定理2: 加总后的投资 I_u 和资本存量 K_{u+1} ($i=o, g$)可以表示为:

$$I_u = [R_u K_u + \xi Q_u K_u + B_u](1 - \Phi(\varepsilon_u^*)), \quad (28)$$

$$K_{u+1} = (1 - \delta)K_u + E_t[\varepsilon | \varepsilon > \varepsilon_u^*] I_u \quad (29)$$

将公式(28)代入公式(29),资本存量的动态方程可以改写为:

$$K_{u+1} = (1 - \delta)K_u + \int_{\varepsilon > \varepsilon_u^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) [R_u K_u + \xi Q_u K_u + B_u]. \quad (30)$$

本文的动力系统包含11个内生变量 $\{Y_t, K_u, R_u, Q_u, I_u, C_t, B_{gt}\}$ ^①(其中, $i=o, g$)和对应的11个动态方程。因为本文所构建的模型具有内生增长性质,并且从这些动态方程中不难证明,在平衡增长路径上,宏观变量 $\{Y_t, K_u, I_u, C_t, B_{gt}\}$ 将以相同的速率增长,但是若直接使用这些动态方程,将不具备稳态性质。因此,对宏观增长变量需要去趋势,将宏观变量分别除以当期总产出 Y_t ,即将这些宏观变量表示为占总产出GDP的比重,去趋势后的宏观变量记为 $\{\tilde{K}_u, \tilde{I}_u, \tilde{C}_t, \tilde{B}_{gt}\}$,价格变量 $\{R_u, Q_u\}$ 则不需要去趋势。相对于原来的变量,去趋势导致变量组合中减少了 Y_t 变量,但是引入了一个新的变量,经济增速 g_t ,定义为:

$$1 + g_{t+1} = \frac{Y_{t+1}}{Y_t}. \quad (31)$$

这就保证了变量数目和方程数目的匹配。其中,异质性投资效率的阈值 ε_u^* 与资本品价格 Q_u 之间的关系满足 $\varepsilon_u^* = 1/Q_u$ ($i=o, g$),流动性溢价 G_{u+1} 满足公式(25)。容易证明,去趋势之后的动力系统存在稳态解(完整动力系统见附录B)。

^①值得注意的是,模型中还包含其他变量 $\{r_t, r_u, w_t, G_t, T_t\}$,但是这些变量及其对应动态方程并不影响下文在平衡路径上的稳态计算结果,也不影响文章的主要结论,因此为了简化分析和节省篇幅,不再对这些变量及其对应方程进行赘述,文章对影响结论的关键动力系统进行分析。

3 稳态分析

在这一部分,本文计算了上述经济动力系统的稳态结果,并作比较静态分析。主要关注两类均衡:无泡沫均衡和绿色泡沫均衡^①。在此基础上,需要回答的重要问题包括:绿色泡沫的引入对经济增速和居民福利会产生什么样的影响?政府补贴(或税收)手段进行扭曲操作对经济增速和居民福利会产生什么样的影响?是否存在最优的补贴(或税收)水平?如果存在,绿色泡沫的存在又将如何影响政府的最优政策水平。为了简化计算结果,并使得结果更加容易进行定性分析,假设全要素生产率水平 $A_t = A$ 和政府的补贴水平 $\tau_t = \tau$ 为常数。参考董丰和许志伟(2020),假设异质性投资效率 ε_{it}^j 服从独立同分布(IID)的帕累托分布:

$$\Phi(\varepsilon^*) = 1 - \left(\frac{\varepsilon^*}{\varepsilon_{\min}} \right)^{-\eta} \quad (32)$$

其中,形状参数满足 $\eta > 1$,且将无条件期望标准化为1(即 $\varepsilon_{\min} = (\eta - 1)/\eta$),根据此分布,本文可以进一步推导得到条件期望和流动性风险溢价的解析表达式:

$$\int_{\varepsilon > \varepsilon^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) = \frac{\eta}{\eta - 1} \frac{(\varepsilon^*)^{-\eta+1}}{\varepsilon_{\min}^{-\eta}}, \quad (33)$$

$$G_t = \int_{\varepsilon > \varepsilon^*} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon^*} - 1 \right) d\Phi(\varepsilon) = \frac{1}{\eta - 1} \frac{(\varepsilon^*)^{-\eta}}{\varepsilon_{\min}^{-\eta}} \quad (34)$$

3.1 无泡沫均衡

在均衡条件下,经济达到稳态。首先计算无泡沫均衡下的稳态,即 $B_o = B_g = 0$ 。首先,通过对比两类资本的边际回报率,可以得到资本存量与对应资本报酬之间的关系方程:

$$\frac{\tilde{K}_o}{\tilde{K}_g} = \frac{\omega}{1 - \omega} \left[\frac{(1 - \tau)R_g}{R_o} \right]^\sigma \quad (35)$$

从上式中不难发现,资本报酬与资本存量呈现负相关关系,资本存量相对规模越高,资本回报率相对更低,这与生产函数的边际生产力递减相关。政府补贴

^① 无泡沫均衡是指传统部门和绿色部门均不存在资产泡沫,绿色泡沫均衡则是指仅在绿色部门中存在资产泡沫。理论上,还存在另外两种均衡:对称泡沫均衡(两部门均存在资产泡沫)和传统泡沫均衡(仅传统部门存在资产泡沫)。随着绿色转型的需求和呼声增加,我们认为绿色部门的资产泡沫将更多地得到人们的信念支撑,从而出现在绿色资本的市场价值之中。“绿色泡沫”给了我们分析绿色经济转型的新视角,并得到较为有趣的结论。后两种均衡并不是本文议题所关注的焦点,有兴趣的读者可以自行推导,其推导过程与前两种均衡的推导过程基本一致。

政策($\tau > 0$)能够增加最终品厂商对于绿色资本品的相对需求规模,从而使得绿色部门的资本存量扩张,而税收政策($\tau < 0$)则起到了相反的作用。同时,将资本存量与对应资本报酬的关系函数代入传统部门的资本回报率公式可得:

$$R_o = \alpha A \omega^{\frac{1}{\sigma}} [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} \left(\frac{\tilde{K}_g}{\tilde{K}_o} \right)^{(1-\theta)(1-\alpha)} \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} \left(\frac{\tilde{K}_g}{\tilde{K}_o} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma-\sigma+1}{\sigma-1}} \quad (36)$$

用 g_{nb} 表示此均衡下的稳态经济增速,通过两类资本品的托宾 Q 方程和资本积累方程容易得到:

$$Q_i(1 + g_{nb}) = \beta[R_i + (1 - \delta)Q_i + (R_i + \xi Q_i)G_i], \quad (37)$$

$$1 + g_{nb} = (1 - \delta) + \int_{\varepsilon > \varepsilon_i^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) [R_i + \xi Q_i] \quad (38)$$

其中, $i=o, g$, 为了简化计算此时的稳态值,本文证明了引理 1(详细证明见附录 A.3):

引理 1: 当部门 i 不存在资产泡沫,且满足资本回报率为正,此时该部门的资本回报率 R_i 与投资效率阈值 ε_i^* 负相关,因此与资本价格 Q_i 正相关。

在引理 1 成立的情况下,结合帕累托分布所推导出来的式(33),易证 $\int_{\varepsilon > \varepsilon_i^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) [R_i + \xi Q_i]$ 是关于 ε_i^* 的减函数,从而根据公式(38)可以推导得到 $\varepsilon_o^* = \varepsilon_g^* = \varepsilon^*$,即,在无泡沫均衡下,不管是否存在补贴税收政策,两部门的投资效率阈值是相等的。进而,可以得到两部门的资本价格相等,即 $Q_o = Q_g = Q$,并且资本回报率也相等,即 $R_o = R_g = R$,将该条件代入式(35)和(36),就能够解得稳态下的资本回报率水平。在无政府政策干预的情况下($\tau = 0$),可以解得资本回报率 $R_o = R_g = \alpha A$ 。当资本回报率已知之后,再根据公式(37)和(38),可得:

$$\frac{\eta - \beta (\varepsilon^*)^{-\eta}}{\eta - 1} (R\varepsilon^* + \xi) = \beta[R\varepsilon^* + (1 - \delta)] - (1 - \delta) \quad (39)$$

根据已知条件,等式左边为递减函数,而等式右边为递增函数,且只要满足 $\varepsilon_{\min} > 0$,下式必定成立:

$$\frac{\eta - \beta (\varepsilon_{\min})^{-\eta}}{\eta - 1} (R\varepsilon_{\min} + \xi) = \beta[R\varepsilon_{\min} + (1 - \delta)] - (1 - \delta)$$

因此式(39)存在唯一的解 $\varepsilon^* > \varepsilon_{\min} > 0$ 。再将 ε^* 代入式(37)或(38),即可求得稳态下的经济增速 g_{nb} ,相应地可以求出经济系统中的其他变量的稳态值,至此,证明了无泡沫均衡下必定存在稳态解。

3.2 绿色泡沫均衡

绿色泡沫均衡是指在均衡中,资产泡沫仅存在于绿色部门,即 $B_g > 0$ 和 $B_o =$

0。随着人们更加关注生态环境,对“低碳环保”生活方式和消费品的偏好日益增加(体现在偏好参数上为 γ 上升),国家政策不断出台支持环境友好型行业发展的政策,比如对于新能源等环保行业加大支持力度,并限制高污染行业的无序扩张,而“碳达峰、碳中和”目标的提出更是强化了这一趋势。在此情况下,市场对于绿色产业部门的需求增加,人们对于绿色部门的市场价值形成了更高的预期值,而根据模型的逻辑,更高的价值预期将会放松厂商的流动性约束,厂商增加投资,进而会使得预期自我实现,这一信念的存在将使得绿色部门更加容易形成资产泡沫,并使得绿色部门的规模相对传统部门扩张。

保护生态环境和坚持“双碳”目标是经济高质量发展的必然要求,也是实现经济可持续发展的必然条件。但是当前为了达成环境目标,传统部门的发展将会受到相对抑制,比如为了治理污染问题,达成“双碳”目标,一些地方对高耗能企业实施限产,如对煤炭发电进行限制,这可能会造成电力紧张的局面,也会影响地方的经济增长。那么如何处理好绿色发展和经济增速的关系也是当前重要的社会现实问题,对于国家战略发展具有重要意义。本文的均衡结果也表明,随着对绿色部门的政策优惠力度扩大(补贴率 τ 上升)和绿色泡沫的出现,绿色部门相对传统部门规模扩张,在特定条件,稳态经济增速可能会有所下降。

在绿色泡沫稳态条件下,将稳态经济增速定义为 g_{gb} ,根据绿色资产泡沫运动方程得到:

$$\beta(1 + G_g) = 1 \quad (40)$$

结合流动性溢价条件(34),不难解得绿色部门的资本品投资效率阈值为 $\varepsilon_g^* =$

$\left[\frac{\beta}{(1-\beta)(\eta-1)} \right]^{\frac{1}{\eta}} \varepsilon_{\min}$ 。通过绿色部门的托宾Q方程,进一步整理可得:

$$R_g = [(1 + g_{gb}) - \beta(1 - \delta) - (1 - \beta)\xi] \left[\frac{(1 - \beta)(\eta - 1)}{\beta} \right]^{\frac{1}{\eta}} \frac{1}{\varepsilon_{\min}} \quad (41)$$

对于传统部门,关于资本价格和资本存量动态方程与无泡沫均衡下是一致的:

$$1 + g_{gb} = \beta[R_o \varepsilon_o^* + (1 - \delta) + (R_o \varepsilon_o^* + \xi)G_o], \quad (42)$$

$$1 + g_{gb} = (1 - \delta) + \int_{\varepsilon > \varepsilon_o^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) \left[R_o + \frac{\xi}{\varepsilon_o^*} \right] \quad (43)$$

下述定理3(详细证明见附录A.4)给出了绿色泡沫均衡解的性质。

定理3: 将公式(35)代入公式(36),得到:

$$R_o = \alpha A \omega^{\frac{1}{\sigma}} [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \left[\frac{R_o}{(1 - \tau)R_g} \right]^\sigma \right)^{(1-\theta)(1-\alpha)} \cdot \left[\omega^{\frac{1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \left[\frac{R_o}{(1 - \tau)R_g} \right]^\sigma \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\alpha\sigma - \sigma + 1}{\sigma-1}} \quad (44)$$

通过联合公式(41),(42),(43)和(44)求解可得绿色泡沫均衡下的资本回报率 R_g 、 R_o , 传统部门的投资效率阈值 ε_o^* 和稳态经济增速 g_{gb} , 进而可以求解经济系统中其他变量的稳态值。稳态下, 假设 $\beta > \frac{\eta}{\eta+1}$, 则绿色泡沫存在 ($B_g > 0$) 要求经济增长率 g_{gb} 满足:

$$g_{gb} > \frac{\eta(1-\beta)^2 + \beta(\delta + \xi)\eta(1-\beta) - \beta\delta}{\beta(1+\eta) - \eta} \quad (45)$$

3.3 资产泡沫与经济增速

本小节旨在分析绿色泡沫如何影响稳态经济增速。在上述分析的两类均衡中, 传统部门的资本价格和资本存量动态方程是相同, 根据式(43), 经济增速可以改写成:

$$g = -\delta + \int_{\varepsilon > \varepsilon_o^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) \left[R_o + \frac{\xi}{\varepsilon_o^*} \right] \quad (46)$$

根据引理 1 可知, R_o 与 ε_o^* 呈负相关关系, 结合式(33), 不难推断出经济增速 g 与传统部门的资本回报率 R_o 正相关, 将这一性质总结为引理 2。

引理 2: 经济增速 g 与传统部门的资本回报率 R_o 正相关, 传统部门的资本回报率越高(低), 经济增长速度越快(慢)。

因此, 判断不同模型经济的稳态情形下经济增速的高低, 转化成为判断传统部门资本回报率的高低, 这大大简便了分析。这主要是因为, 在完全无摩擦的经济中, 资本回报一般等于经济增长率, 而在本文的模型中, 传统部门不受政策的直接干预和资产泡沫的影响, 因此其资本回报将更加接近经济的增长速度。

为了判断绿色泡沫对于经济增速的影响, 根据式(42)和式(43)整理得到传统部门资本回报率和资本价格之间的关系:

$$R_o = \left[\frac{1 + g_{gb}}{\beta} - (1 - \delta) - \frac{g_{gb} + \delta}{\eta} \right] Q_o, \quad (47)$$

根据同样的方法, 可以得到绿色部门资本回报率和资本价格之间的关系, 但是

值得注意的是此时绿色部门存在资产泡沫, 因此 $R_g + \xi Q_g < \frac{g_{gb} + \delta}{\int_{\varepsilon > \varepsilon_g^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon)}$, 推

导得到:

$$R_g > \left[\frac{1 + g_{gb}}{\beta} - (1 - \delta) - \frac{g_{gb} + \delta}{\eta} \right] Q_g \quad (48)$$

通过对比公式(47)和(48), 得到引理 3(详细证明见附录 A.5):

引理 3: 在绿色泡沫均衡中, 如果绿色部门的资本回报率 R_g 低于传统部门

的资本回报率 R_o , 那么两部门投资效率阈值之间的关系一定满足 $\varepsilon_g^* > \varepsilon_o^*$ 。

进一步地, 将公式(47)代入公式(42), 整理可得传统部门的资本回报率为:

$$R_o = \left[\frac{\beta(g_{gb} + \delta)}{\eta} \frac{\eta - 1}{1 + g_{gb} - \beta(1 - \delta) - \frac{\beta(g_{gb} + \delta)}{\eta} + \beta\xi} \right]^{\frac{1}{\eta}} \cdot \left[\frac{1 + g_{gb}}{\beta} - (1 - \delta) - \frac{g_{gb} + \delta}{\eta} \right] \frac{1}{\varepsilon_{\min}} \quad (49)$$

对比绿色部门资本回报率(41)和传统部门资本回报率(49), 不难证明在满足绿色泡沫存在性条件(45)时有:

$$\frac{\beta(g_{gb} + \delta)}{\eta} \frac{\eta - 1}{1 + g_{gb} - \beta(1 - \delta) - \frac{\beta(g_{gb} + \delta)}{\eta} + \beta\xi} > \frac{(1 - \beta)(\eta - 1)}{\beta}$$

但是, 式(41)和式(48)却表明:

$$\frac{1 + g_{gb}}{\beta} - (1 - \delta) - \frac{g_{gb} + \delta}{\eta} < (1 + g_{gb}) - \beta(1 - \delta) - (1 - \beta)\xi.$$

因此难以直接判断 R_g 和 R_o 之间的大小关系。绿色泡沫的存在从两个维度影响资产回报率的相对高低, 首先, 当绿色泡沫产生时, 绿色部门企业市场价值提高, 信贷约束放松, 并使得绿色部门投资增加, 资本存量扩张, 但是生产函数是边际效率递减的, 因此资本报酬率下降, 投资效率阈值上升, 将这一维度称为信贷放松效应; 另一方面, 随着泡沫部门投资效率阈值提高, 该部门资本的流动性溢价下降, 为了补偿流动性溢价, 要求资本回报率上升, 称为补偿效应。两个维度对于资产泡沫部门资本回报率的影响一降一升, 但在后续的定性分析中, 本文都假设在一般情形下绿色泡沫的信贷放松效应强于补偿效应, 定量分析也印证了这一假设, 因此在泡沫均衡中假定 $R_g < R_o$, 这与 Miao and Wang(2015)的结论是一致的。根据引理3可以推出 $\varepsilon_g^* > \varepsilon_o^*$, 从直觉上看, 绿色泡沫使得绿色部门的信贷约束放松, 投资效率更高的厂商能够融到更多的资金用于投资, 从而拉高了投资阈值, 并且根据式(24), 可以推断出资产泡沫的存在使得绿色部门的无风险利率相对传统部门有所提高, 这与资产泡沫经典文献中的结论是一致的(如 Tirole, 1985; Farhi and Tirole, 2012)。

在此小节的分析中, 假设政府不干预产品市场, 即 $\tau = 0$, 焦点在于分析绿色泡沫对于经济增速的影响, 此时 $\bar{K}_o / \bar{K}_g < \omega / (1 - \omega)$, 根据式(44)可以发现参数 (σ, θ) 决定了绿色泡沫对于经济增速的影响, 定理4描述了影响机制。

定理4: 替代弹性参数 $\sigma > 0$ 和外部性参数 $\theta \in [0, 1]$ 决定了绿色泡沫对于经济增速的影响, 当 σ 不变时, 绿色泡沫均衡的稳态经济增速随 θ 的提高而降低。

直观上可以解释为 θ 的提高降低了绿色部门对于经济增长的正外部性,当绿色部门因为资产泡沫的出现而相对传统部门扩张时,资本存量对于产出的整体外部性下降,导致经济增速下降,这也被称为再分配效应(Reallocation Effect)。当 θ 不变时,无法确定从定性上确定 σ 的变动对于经济增速的影响,但是当 $\theta=1$ 时,能够得到与Miao and Wang(2015)一致的结论,即 σ 的提高降低了经济增速水平,当 $\sigma>1/(1-\alpha)$ 时,绿色泡沫均衡稳态经济增速会低于无泡沫稳态下的增速。通过定量分析,发现资产泡沫的出现虽然使得绿色部门相对扩张,但是在一定的参数条件下,经济增速反而下降了。

上述定理说明了随着绿色泡沫的出现,绿色部门信贷约束放松,相对传统部门规模扩张,这被称为信贷放松效应;但在另一方面,由于资本存量对经济增长存在正外部性,因此当部门相对规模变动时,存在再分配效应。两种效应的相互作用决定了绿色泡沫对于经济增长的影响机制。在某些参数设定下,绿色泡沫的出现虽然使绿色部门扩张加快,但导致经济增速下降。

为了更加直观地分析,使用具体的数值模拟分析绿色泡沫对于与经济增长在不同参数下的关系,其中替代弹性参数 $\sigma>0$ 和外部性参数 $\theta\in[0,1]$ 是两个关键参数^①。对于主要参数的选择,根据相关文献(如Song et al., 2011),设定 $\alpha=0.5$,表明资本收入比为50%。对于主观折现因子,选取 $\beta=0.99$ (如董丰和许志伟,2020),可推得季度实际利率在1%左右。对于折旧率和资本品抵押比例,参考Miao and Wang(2014),分别设定为 $\delta=0.025$ 和 $\xi=0.2$ 。对于异质性投资效率 ε ,参考Wang and Wen(2012),本文假设其服从帕累托分布,且均值为1,将形状参数设定为 $\eta=4$,这对应了 $\varepsilon_{\min}=(\eta-1)/\eta=0.75$ 。对于其他参数,设定资本品比例参数 $\omega=0.6$ 、全要素生产率 $A=0.069$ 。在这种设定下,计算出在

① 测度 σ 和 θ 这两个参数的难度比较大,在现实中传统资本和绿色资本之间也没有一个明确的界限,我国的实际情况到底如何较难估计。我们将参数估计这一工作留给后续的研究继续跟进,相信会对我们的当前的理论研究和理解中国经济有很大的帮助。而本文所要做的主要工作则是从理论角度引入这样一种分析绿色经济结构转型的模型和视角。之所以选择这样一组参数做基准分析,是因为在我们的参数设定下,绿色泡沫或者绿色补贴政策的出现将有可能使得经济增速下降,但是家庭的福利水平仍然有可能提高。决策者需要在牺牲经济增速和提高居民福利之间做出权衡取舍。这在理论上是一个更加有趣的结果。我们发现即使经济增速因为绿色部门的相对扩张而下降,居民的福利水平仍然有可能是提高的,这就体现了经济高质量发展的要求。在理论论证层面,我们的模型和结论都是有趣且具有现实意义的。

此外,我们认为将传统部门资本设定为具有较高的外部性是合理的,这也是符合我国现实状况的。在很长的时间内,我国经济都主要依靠传统部门的发展,而绿色部门是在近些年才兴起的。从产业链的角度看,传统部门构成了主要节点,我们很多地方或者很多产业都是依靠传统部门的推动,而向绿色经济转型可能仍需时日。传统部门在未来一段时间内可能仍然是中国经济发展的最大动力,当然向绿色经济转型和推动经济高质量发展也是刻不容缓的。因此,从我国当前的发展情况看,传统部门资本具有较高的外部性是合理的,这也在一定程度上论证了我们的理论逻辑是可行的。

没有政府政策干预和绿色泡沫的均衡中,稳态经济增速为1.83%^①。

图1描述了绿色泡沫均衡的稳态经济与替代弹性参数 σ 的关系,在数值模拟中固定了外部性参数 $\theta=0.7$ 不变。从图1左上方可以发现,随着 σ 的增加,泡沫均衡稳态下的经济增速逐渐降低,并且当 σ 等于5左右时,泡沫均衡增速与无泡沫均衡增速基本相同,随着 σ 的进一步增加,绿色泡沫均衡经济增速将使得经济增速低于无泡沫均衡增速。图1右上方部分比较了泡沫均衡中传统部门和绿色部门的资本回报率,如前文所述,当绿色泡沫的信贷放松效应强于补偿效应时,绿色资本存量的扩张将使得边际报酬下降,并且随着 σ 的增加,资本回报率不断下降。这对应了图1下方两张图所展示的内容,当 σ 上升时,绿色泡沫规模扩大,绿色部门的流动性约束放松,可以获得更多的信贷支持用于投资和扩大规模,因此绿色部门的资本存量相对于传统部门不断上升,对比无泡沫均衡下两者的资本存量之比仅为0.67,绿色泡沫的引入确实有助于绿色部门的扩张。

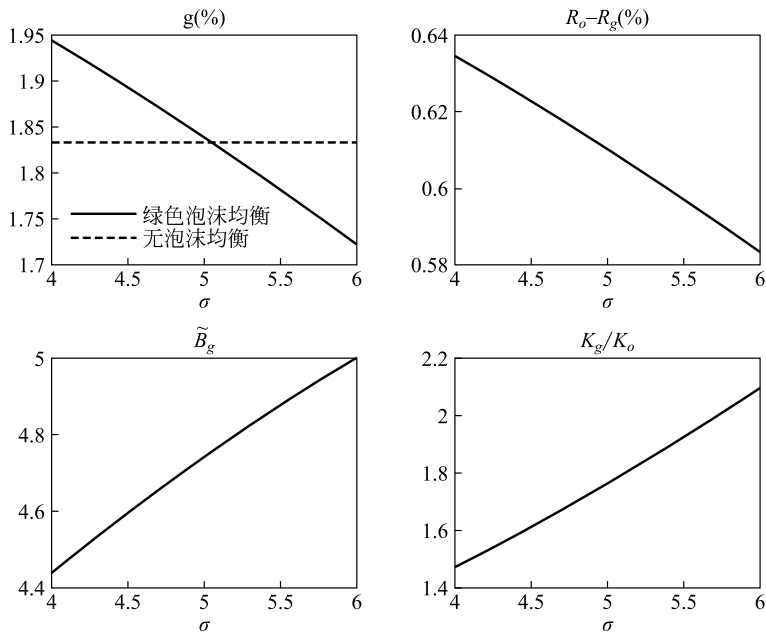


图1 绿色泡沫均衡的稳态经济与替代弹性参数 σ

但是绿色部门的扩张并不一定意味着经济增速的上升,正如图1左上方所示,在一定的参数条件下,当 σ 足够大时,经济增速反而因绿色泡沫的扩大而下降。可以这样解释: σ 的提高使得两类资本之间的替代弹性增强,因此随着绿色泡沫引入,绿色部门信贷放松,人们将通过制造更多绿色资本品来替代传统

^① 隐含了年度经济增速7.5%左右,接近中国2009—2019年的平均经济增速。

资本品。但是人们的决策忽略了资本存量对于产出的正外部性,当绿色产品的正外部性相对传统部门较小时(此处设定 $\theta=0.7$),资本存量的整体外部性会随着绿色部门的相对扩张而下降,再分配效应超过信贷放松效应,进而使得经济增速下降,甚至低于无泡沫均衡下的稳态增速。

同样对另一个重要参数 θ 进行比较静态分析, θ 的高低决定传统部门与绿色部门对产出正外部性的强弱。在模型设定中, θ 越大意味着传统部门相对绿色部门的正外部性越强。图2展示了部分数值模拟结果,此时固定参数 $\sigma=5$ 不变。不难发现,随着 θ 的增加,绿色泡沫均衡下的经济增速不断下降,当 θ 超过0.7左右时,绿色泡沫均衡经济增速将低于无泡沫均衡下的增速。这是因为,当绿色泡沫引入,虽然通过放松绿色部门的融资约束使其扩张,但是 θ 的增大使得其相对传统部门的正外部性下降,当再分配效应超过信贷放松效应时,绿色泡沫将使得经济的整体增速低于无泡沫状态下的增速。同时数值模拟结果也表明,随着 θ 的提高,稳态下的泡沫规模也会下降,这就导致绿色部门的信贷放松效应下降,从而使得投资规模和资本扩张受限,同样不难发现绿色部门相对规模随着 θ 的上升而下降。

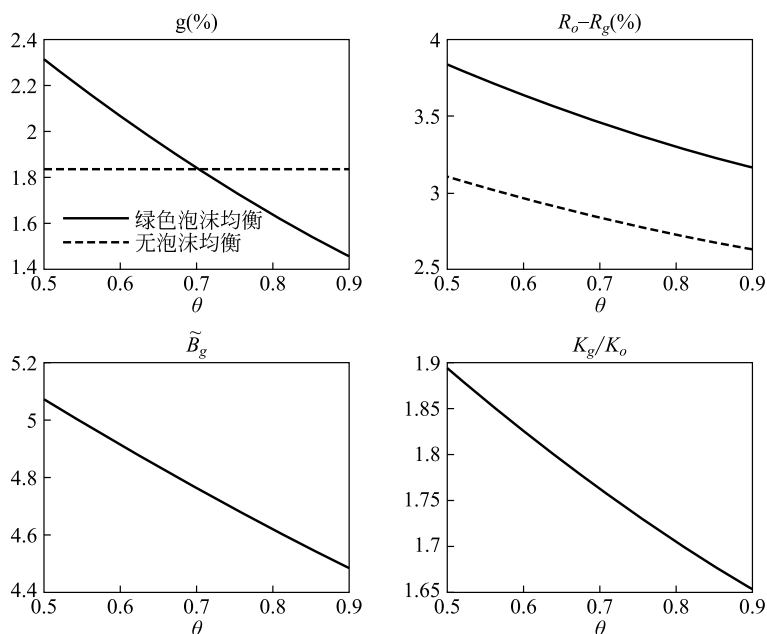


图2 绿色泡沫均衡的稳态经济与外部性参数 θ

固定参数 $\sigma=5, \theta=0.7$,考察资产泡沫冲击对实体经济的脉冲响应图(假设该冲击使得绿色泡沫规模在短期上升1%)。假设该冲击满足AR(1)过程,并且初始状态为绿色泡沫均衡状态,图3显示了当经济遭遇短暂的正向绿色泡沫

冲击之后,经济增速下降,同时绿色部门相对传统部门的资本存量上升。绿色泡沫的扩大,在一定程度上放松了绿色部门信用约束,使得绿色部门投资增加(传统部门投资下降),相对应地资本存量上升,但是在此参数设定下,绿色部门对于实体经济的正外部性较弱,导致经济增速下降,这一逻辑与前文的分析是完全一致的。

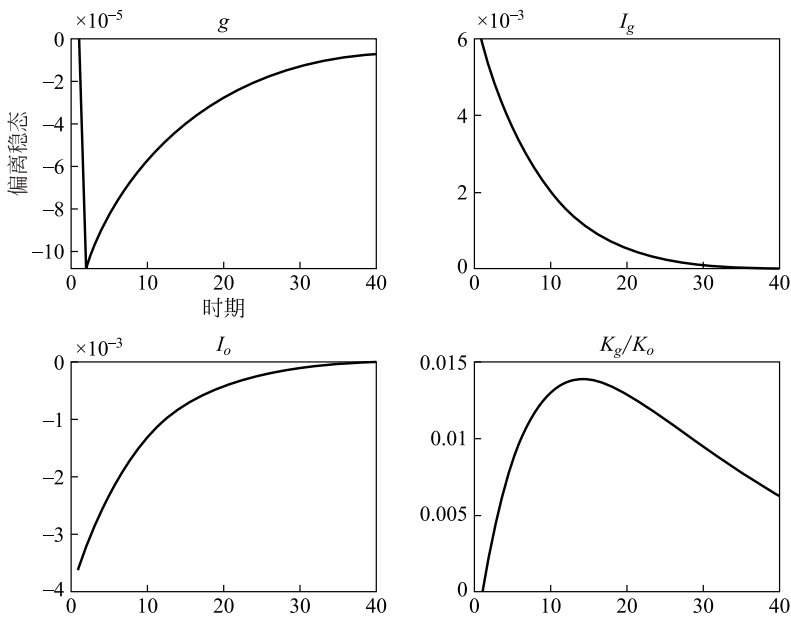


图 3 绿色泡沫冲击脉冲响应图

3.4 补贴政策与经济增速

除了通过绿色泡沫的形式促进绿色部门发展之外,政府可以通过对绿色资本品进行补贴($\tau > 0$)的形式促进市场对于绿色产品的需求,进而扩大绿色部门整体规模,满足人们对于良好生态环境的追求,从国家战略上也有利于实现“双碳”目标和经济的高质量发展。类似于资产泡沫的分析,本文首先需要回答的问题是扶持绿色产业的补贴政策是否会影响经济增速?答案是肯定的。当不考虑绿色泡沫时,政府对绿色资本品采取补贴政策同样使得 $\tilde{K}_o/\tilde{K}_g < \omega/(1-\omega)$, 因此分析过程与定理 4 基本一致。

在分析补贴政策与经济增速的数值模拟中,假设经济中不存在绿色泡沫,仅考虑政策干预对于经济增速的作用机制。首先,从图 4 左图中可以直观地看到,随着政府对于绿色部门的补贴力度提高(即 τ 增加),绿色部门资本存量相对规模上升,因此对于绿色部门补贴政策确实能够有效促进绿色行业的发展,

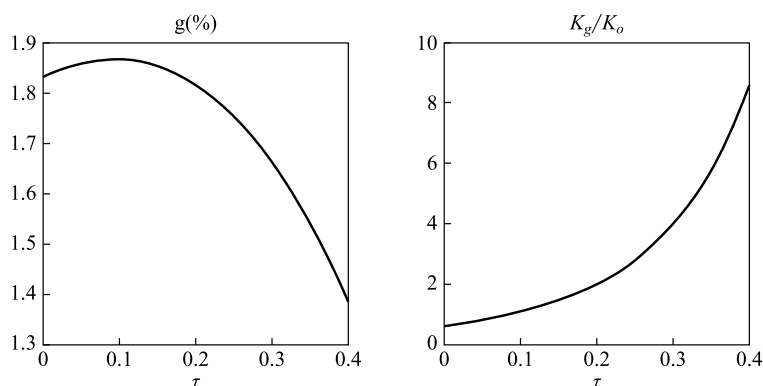


图4 补贴政策、经济增速与资本存量之比

这也是为什么在现实中政府为了实现“低碳”经济,对新能源节能环保行业采用补贴或其他一系列政策支持手段来促进行业的发展。但是需要看到的是,这样的政策可能会使得经济增速承压。图4左图表明对绿色资本品的补贴水平与经济增速之间呈倒U型关系,在参数设定下,拐点大概为0.1,当补贴水平低于0.1时,绿色部门的扩张效应超过再分配效应,使得整体经济增速上升,但是当补贴水平过大时,再分配效应占主导,当绿色部门相对传统部门的正外部性较低时(体现为 θ 取值相对较高),经济增速将会下降。

同样,也可以考察补贴政策冲击对于实体经济的影响。假定模型经济体处于泡沫均衡稳态,绿色补贴政策冲击满足AR(1)过程,图5显示正向的补贴冲

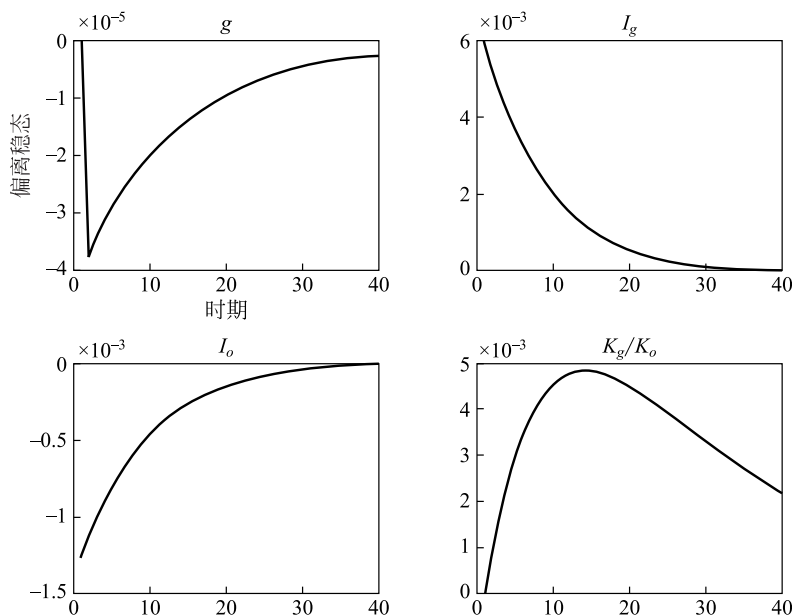


图5 绿色补贴政策脉冲响应图

击扩大了绿色部门相对传统部门的资本存量(假设该冲击使得绿色补贴率在短期增加一个百分点),但同时也降低了经济增长率。传导机制是类似的,随着对于绿色部门补贴水平的提高,绿色部门的资本回报率上升,吸引了更多的资源投入绿色部门的资本生产,但在给定的参数设定下,绿色部门的产出正外部性较弱,进而导致经济增速下降。

此外,本文还分析了补贴政策对于绿色泡沫的影响机制。从图6中可以看到,随着对绿色部门补贴水平的提高,绿色泡沫的规模将逐渐扩大。这意味着政府的财政政策能够影响绿色泡沫的规模,对于绿色部门的补贴政策促使投资者对于绿色部门的投资意愿增强,更多的资源将向绿色部门转移,然而绿色部门的投资受到借贷约束的限制,此时为了放松借贷约束,能够让更多资源进入绿色部门,内生的资产泡沫价值将会增大,进而达到产出扩张的目的。而另一方面,补贴意味着绿色部门相对传统部门变得更加有利可图,那么投资者将会对绿色资产的回报形成更高的预期,或者说对于投资绿色部门的乐观情绪增强,从而“预言自我实现式”的泡沫会随着补贴程度的增加而扩大。

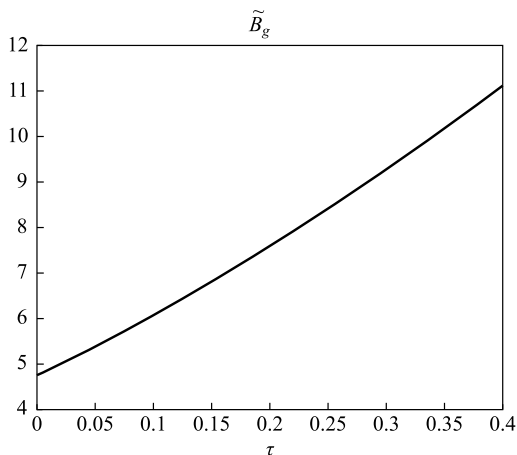


图6 补贴政策与绿色泡沫规模

在达成“双碳”目标的过程中,如果需要兼顾经济增长,则在政策实施时必须慎用补贴或者税收之类的扭曲政策,在政策制定之前明确政策的合理边界。同时,也要谨慎考虑财政政策对于资产泡沫的影响,如果资产泡沫过度膨胀,很有可能影响金融系统的稳定性。当前中国已经从过去的一味关注增长向强调经济高质量增长和可持续发展过渡,因此不能仅盯住经济增速,需要从更广的角度关注绿色泡沫以及补贴政策的社会经济影响,关注广大家庭的福利水平,明确绿色泡沫对社会福利的影响以及最优政策水平,这是下一部分关注的重要内容。

4 福利分析与最优政策

在上一节中,本文分析了绿色泡沫以及政府的补贴政策对于经济增速的影响机制。尽管绿色泡沫和补贴政策可能会导致经济增速下滑,但是经济增速并不能代表一切,当前中国已经从过去的一味强调经济增速向强调经济高质量发展转变。过去采用粗放式的经济发展模式,虽然经济增速飞快,但很多是通过一些高污染、高耗能、高排放行业推动的,造成了生态环境被破坏,中国已经意识到这是不可持续的。不仅政府希望推动高质量的经济的发展,发展“低碳”经济以实现“双碳”目标,而且随着物质水平的提高,人们对生态环境的要求也变得更高,更加乐意采取“低碳环保”的生活方式,这反映在了人们的效用函数(1)中,当偏好调整参数 $\gamma > 0$ 增加时,人们对于绿色部门的偏好更加提高。这意味着当绿色部门的相对规模扩张时,尽管经济增速的可能下降会降低人们的福利,但是另一方面,生态环境的改善使得人们的福利增加。

本文定义家庭部门的福利为家户的所有时期效用贴现之和,仍然基于稳态环境计算家庭部门的福利^①:

$$\begin{aligned} W &= \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\log\left(\frac{C_t}{Y_t}\right) + \gamma_t \left(\log\left(\frac{K_{gt}}{Y_t}\right) - \log\left(\frac{K_{ot}}{Y_t}\right) \right) \right] \\ &= \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\log\left(\frac{C_t}{Y_t} Y_0 (1+g_t)^t\right) + \gamma_t \left(\log\left(\frac{K_{gt}}{Y_t} Y_0 (1+g_t)^t\right) - \log\left(\frac{K_{ot}}{Y_t} Y_0 (1+g_t)^t\right) \right) \right] \end{aligned} \quad (50)$$

标准化初期的经济总量 $Y_0=1$,并假设 $\gamma_t=\gamma > 0$ 为常数,经过代数变换和整理,可以得到稳态下的家户福利水平为:

$$W = \frac{\log(\tilde{C}) + \gamma(\log(\tilde{K}_g) - \log(\tilde{K}_o))}{1 - \beta} + \frac{\beta \log(1+g)}{(1 - \beta)^2} \quad (51)$$

从式(51)右端第二部分可以直观地看到,经济增速的下降会降低家户福利,而从式(51)右端第一部分则可以推断出,随着绿色部门相对传统部门的规模扩张则会增加家户福利,并且随着 γ 的提高,家庭福利对于绿色部门相对规模变动的反敏感性提高。因此,如前所述,尽管绿色泡沫或者对绿色部门的补贴政策可能会降低经济增速,但是家户福利并不一定会下降,反而可能因绿色部门相对规模的扩张而增加,因此在此种情形下,经济高质量发展是合意的。

在基准模型的设定中,本文假设经济中存在无泡沫和绿色泡沫两类均衡,

^① 在计算效用函数时,我们假定污染排放参数 $a=-1, b=1, c=1$,这组简单的设定能够帮助我们简化分析并得到有趣的结论。

但是并没有考虑均衡之间的转移以及政策如何影响均衡的转移。事实上,资产泡沫在经济运行过程中面临破裂的风险,即 Weil(1987)最早提出的随机泡沫理论。在进行福利水平和最优政策水平分析时,我们对基准模型进行了拓展,引入随机泡沫和资产泡沫破灭的概率。假设经济存在两种状态 $z_t \in \{0, 1\}$, 当 $z_t = 1$ 时,表明经济中存在绿色泡沫或处于泡沫均衡,当 $z_t = 0$ 时,则经济中不存在资产泡沫。参照 Kocherlakota(2009)和 Dong et al. (2022),本文同样假设每一期经济状态的转移概率满足独立的马尔科夫矩阵:

$$\begin{aligned}\Pr(z_{t+1} = 0 \mid z_t = 0) &= 0, \\ \Pr(z_{t+1} = 0 \mid z_t = 1) &= \pi_{t+1} \in (0, 1)\end{aligned}\quad (52)$$

其中, π_{t+1} 为资产泡沫破裂的概率。

在大部分关于随机泡沫的文献中,资产泡沫破裂的概率均是外生给定的常数。但是资产泡沫破裂的概率又是与经济特征密切相关的,比如当资产泡沫占产出的比重越大时,资产泡沫破灭的风险一般而言会更高,因此资产泡沫破灭的概率事实上也是内生的。陈彦斌和刘哲希(2017)在模型中引入了资产泡沫内生破灭的概率,其本质上是假设资产泡沫破灭的概率是资产泡沫规模的一个增函数。本文参考这一做法,假设绿色泡沫破裂的概率与绿色泡沫占产出的比重($\bar{B}_t$)正相关,将泡沫破裂的概率内生化的形式: $\pi_t = 1 - e^{-\bar{B}_t} \in (0, 1)$ 。随着绿色泡沫占产出比重的扩大,绿色泡沫破裂的概率增大。此时,绿色补贴政策与资产泡沫规模之间的关系可能将不再单调。之前的结论表明随着对绿色部门补贴水平的增加,绿色泡沫的规模将逐渐扩大。但在随机泡沫模型中,绿色泡沫规模的增大将提高资产泡沫破灭的概率,进而降低资产泡沫的规模。这两种效应对于绿色泡沫规模的影响是相反的,共同决定了均衡中的资产泡沫数量。随机内生泡沫模型的推导与基准模型略有不同,详见附录 C。

本文采用随机内生泡沫模型进行福利水平和最优政策分析。在下文的数值模拟分析中,固定参数 $\sigma = 5$ 和 $\theta = 0.7$, 并假设 γ 在 $[0, 0.5]$ 的区间内变化。采用数值模拟的方法求得了当 γ 变动时的最优补贴(或税收)水平。图 7 的模拟结果显示随着人们的环保意识增强,对低碳生活的偏好提高(γ 上升),最大化住户福利水平的最优政策要求政府对绿色资本品的补贴水平(τ)增加。并且本文对比了随机内生泡沫模型和无泡沫模型的最优政策水平,当存在随机内生绿色泡沫时,最优补贴水平相比无泡沫模型有所下降。这主要是因为绿色泡沫虽然有破灭的风险,但是在一定程度上扩大了绿色企业的市场价值,放松了绿色企业的信贷约束,相当于对于绿色企业的信贷和产出已经进行了一次补贴,因此政府此时的最优补贴水平会相对下降。这也意味着,绿色泡沫的出现在一定程度上能够缓解金融摩擦,通过市场化方式实现资源优化配置,降低了政府

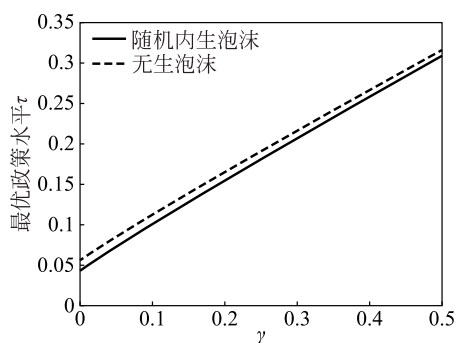


图7 随机内生泡沫模型和无泡沫模型下的最优政策水平

干预的必要性或者程度。

图8表明在最优政策下,随着 γ 上升,经济增速可能会因为绿色部门的相对扩张而下降(对于经济增速的影响机制详见上一节),但是居民福利会不断提高。这类政策在一定程度上来说是合意,虽然使得经济增速承压,但是绿色部门相对规模的扩张对于福利的正面效应超过经济增速下降对于福利的负面效应,使得居民的福利提升,体现了经济高质量发展和“以人为本”的发展理念。此外,在最优政策水平下,绿色泡沫的破裂概率并不是单调的。如图9所示,随着对于绿色部门补贴水平的提高,绿色泡沫内生破裂的概率先上升后下降,这是因为在随机内生泡沫模型中,绿色补贴水平的提高,一方面能够促进绿色部门的繁荣进而使得绿色泡沫规模扩张;另一方面,资产泡沫规模扩张使得泡沫破裂的概率提高,这反过来会降低资产泡沫的规模。资产泡沫的均衡规模由这两种效应决定,当补贴水平较低时,前者占主导,而当补贴水平逐渐提高之后,后者开始占主导,因此资产泡沫的规模和破裂概率随着最优政策水平的变动先上升后下降。

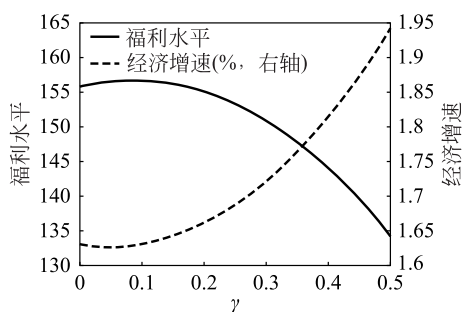


图8 最优政策水平下的经济增速和福利水平

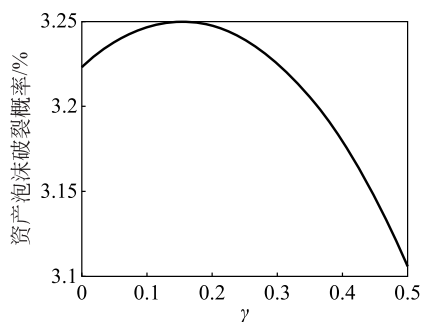


图9 最优政策水平下的资产泡沫破裂概率(%)

资产泡沫的存在是由于存在一系列金融摩擦,在模型中表现为信贷有限承诺和融资约束,资产泡沫的出现能够在一定程度上缓解金融摩擦,因此,市场泡沫其实也可以看作是市场自我改进的一种方式。如果市场能够完全无摩擦地发挥作用,那么政策干预的必要性将大大下降,但是现实中这是不可能的,市场交易中充斥着各种摩擦,比如外部性、信息不对称,此时政府政策有必要进行合理边界内的干预。当市场能够自我改进,那么政府的最优干预水平也会随之减弱。合理利用资本市场,通过市场的方式来解决产业政策问题也是当前推动绿色发展、实现“双碳”目标的重要突破口。但是,值得注意的是,虽然资产泡沫能够提高经济效益,但是资产泡沫存在破灭风险,并且资产泡沫破灭可能会对经济造成巨大的负面影响,如2008年美国房地产泡沫。因此,最重要的仍是进一步完善金融市场,建立健全社会信用评价机制,降低金融摩擦,通过资本市场化的操作,增加对绿色部门的支持。同时,积极推进绿色信贷、绿色债券等绿色资产的发展,并通过发展安全资产挤出具有风险的资产泡沫,增加对于绿色部门的融资支持。在政策上也要积极探索支持绿色部门发展的结构性政策,如货币政策、财政政策等。

5 结论

在经济转型过程中,实现绿色低碳发展目标和防范环境气候相关风险已经成为了经济发展的重要任务。为了研究绿色发展与经济增长、居民福利以及最优政策之间的关系,本文基于资产泡沫的视角,构建了一个标准的动态一般均衡模型。将生产性资本品划分为传统资本品和绿色资本品,绿色资本品相对传统资本品更加低碳环保,同时两类资本品对于经济增长存在不同程度的正外部性,将内生增长性质引入到模型中,使得模型能够用以分析经济增长与结构转型问题。相较于传统的效用函数,本文在家户的效用函数中增加了对于资本品结构的偏好项,当绿色部门相对规模扩张时,人们的效用水平将会提高,这也体现了当前人们环保意识的增强和对低碳环保生活方式偏好的增加。通过引入异质性投资效率和金融市场摩擦,本文证明了在均衡中存在泡沫均衡。并且将仅在绿色部门出现的资产泡沫称为绿色泡沫。结合定性和定量分析,本文的主要结论如下:

(1) 绿色泡沫能够缓解绿色部门的融资约束,从而使得绿色部门的投资增加,相对规模扩张。但是在一定的参数条件下,再分配效应超过资产泡沫的信贷放松效应,使得经济增速下降,并且证明了替代弹性参数 σ 和外部性参数 θ 决定了绿色泡沫对于经济增速的影响。

(2) 政府对于绿色部门的补贴政策能够推动绿色部门的发展,补贴水平 τ 越大,绿色部门相对传统部门的规模越大。与资产泡沫一样,替代弹性参数 σ

和外部性参数 θ 也决定了补贴政策对经济增长率的影响,在特定参数条件下,绿色资本品的补贴水平与经济增速之间呈倒 U 型关系。

(3) 家庭的福利水平既取决于经济增长速度,也取决于绿色部门相对于传统部门的规模。随着家庭对绿色部门的偏好上升(γ 增加),最优政策要求对绿色资本品的补贴增加,虽然经济增速会下降,但是家庭的福利水平不断提高,体现了经济高质量增长和“以人为本”的发展理念,而不是一味强调经济增长,并且绿色泡沫的出现在一定程度上能够缓解金融摩擦,降低了政府的最优政策补贴水平。

(4) 当泡沫存在破裂概率时,绿色补贴水平与绿色泡沫规模之间的关系可能不再单调。绿色补贴水平的提高,一方面能够促进绿色部门的繁荣进而使得绿色泡沫规模扩张;另一方面,资产泡沫规模扩张使得泡沫破裂的概率提高,这反过来会降低资产泡沫的规模。

资产泡沫的出现是由于存在一系列金融摩擦,并且资产泡沫能够在一定程度上缓解金融摩擦,值得注意的是,虽然资产泡沫能够在某种程度上提高经济效率,但是其并没有基本面价值支撑,泡沫价值取决于人们的信念,容易受到情绪冲击,因而存在破灭风险,泡沫破灭可能会对经济造成巨大的负面冲击。因此,最重要的仍是进一步完善金融市场,建立健全社会信用评价机制,降低金融摩擦,通过增加资本市场对绿色部门的支持,合理利用资本市场,推动绿色发展、实现“双碳”目标。同时,积极推进绿色信贷、绿色债券等绿色资产的发展,并通过发展安全资产挤出具有风险的资产泡沫,增加对于绿色部门的融资支持。还应积极探索支持绿色部门发展的结构性政策,如结构性货币政策、财政政策、信贷政策等,同时需要中央做好顶层设计,统筹协调各部门,积极发挥中央的制度优势。本文主要基于均衡的稳态情形用于分析上述问题,未来可在此基础上进一步开展转移路径分析。同时,本文所构建的模型框架还可用于讨论高质量发展和绿色金融、绿色财政的关系,以及更加广泛的经济增长与结构转型问题的定性和定量分析。

附录

附录 A.1(定理 1)

将式(16)代入动态递归方程(14)可得:

$$\begin{aligned} v_{K_t}(\varepsilon_{it}^j)K_{it}^j + b_t(\varepsilon_{it}^j) - v_{L_t}(\varepsilon_{it}^j)L_{it}^j &= \max_{\dot{p}_{it}^j, \dot{L}_{it+1}^j} R_{it}K_{it}^j - \dot{p}_{it}^j - L_{it}^j + \frac{L_{it+1}^j}{r_{it+1}} + \\ E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} (v_{K_{t+1}}(\varepsilon_{it+1}^j)K_{it+1}^j + b_{t+1}(\varepsilon_{it+1}^j) - v_{L_{t+1}}(\varepsilon_{it+1}^j)L_{it+1}^j). \end{aligned} \quad (53)$$

将资本存量动态方程(11)和式(17)~(19)代入上式:

$$v_{K_i}(\varepsilon_i^j)K_i^j + b_i(\varepsilon_i^j) - v_{L_i}(\varepsilon_i^j)L_i^j = \max_{I_i^j} R_i K_i^j + (1 - \delta)Q_i K_i^j + \max(Q_i \varepsilon_i^j - 1, 0)I_i^j - L_i^j + B_i. \quad (54)$$

因此,当异质性投资效率满足 $\varepsilon_i^j < \varepsilon_i^* = 1/Q_i$ 时,厂商的投资为 $I_i^j = 0$; 当 $\varepsilon_i^j = \varepsilon_i^*$ 时,厂商对于投资与否无差异; 当 $\varepsilon_i^j > \varepsilon_i^*$ 时,厂商将最大化投资,根据式(12)和(21),企业最大化投资满足(22)式。再将(22)代入(54),将参数一一匹配,不难得到:

$$v_{K_i}(\varepsilon_i^j) = R_i + (1 - \delta)Q_i + \max(Q_i \varepsilon_i^j - 1, 0)(R_i + \xi Q_i), \quad (55)$$

$$b_i(\varepsilon_i^j) = \max(Q_i \varepsilon_i^j - 1, 0)B_i + B_i, \quad (56)$$

$$v_{L_i}(\varepsilon_i^j) = 1 + \max(Q_i \varepsilon_i^j - 1, 0). \quad (57)$$

再将式(55)~(57)代入式(17)~(19),即可得到式(23)、(24)和(26),其中流动性溢价 G_i 可以用式(25)表示。

附录 A.2(定理 2)

由定理 1 可知当企业的投资效率低于阈值 ε_i^* 时,企业的投资总量为 0,但当企业的投资效率高于 ε_i^* 时,可以推导出企业的投资额满足公式(22),由于所有企业是同质的,并且企业间的债务加总净额为 0,且不存在加总不确定性,将部门 $i(i=o, g)$ 的加总投资额表示为:

$$I_i = [R_i K_i + \xi Q_i K_i + B_i](1 - \Phi(\varepsilon_i^*)), \quad (58)$$

同时,加总资本存量的动态方程可以表示为:

$$K_{i+1} = (1 - \delta)K_i + E_i[\varepsilon | \varepsilon > \varepsilon_i^*]I_i \quad (59)$$

附录 A.3(引理 1)

当部门 i 不存在泡沫时,该经济体的均衡稳态必然满足式(37)和(38),结合上述两个公式并消去经济增速 g 得到:

$$\beta[R_i \varepsilon_i^* + (1 - \delta) + (R_i \varepsilon_i^* + \xi)G_i] = (1 - \delta) + \int_{\varepsilon > \varepsilon_i^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) \left[R_i + \frac{\xi}{\varepsilon_i^*} \right], \quad (60)$$

再将式(33)和(34)代入(60)可得:

$$\left(\beta \varepsilon_i^* - \frac{\eta - \beta (\varepsilon_i^*)^{-\eta+1}}{\eta - 1 \varepsilon_{\min}^{-\eta}} \right) R_i = (1 - \beta)(1 - \delta) + \frac{\eta - \beta (\varepsilon_i^*)^{-\eta}}{\eta - 1 \varepsilon_{\min}^{-\eta}} \xi \quad (61)$$

根据定义可知式(61)右端必定为正,且为 ε_i^* 的减函数($\eta > 1$),当满足资本回报率 R_i 为正时,左端括号中的部分也必定为正,且根据定义为 ε_i^* 的增函数,因此

可以推导出引理1成立。

附录 A.4(定理3)

根据绿色资本品积累方程可知:

$$1 + g = (1 - \delta) + \int_{\varepsilon > \varepsilon_g^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) \left[R_g + \frac{\xi}{\varepsilon_g^*} + \frac{B_g}{K_g} \right], \quad (62)$$

当存在绿色泡沫时,即 $B_g > 0$,此时需要满足:

$$R_g + \xi Q_g < \frac{g + \delta}{\int_{\varepsilon > \varepsilon_g^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon)} \quad (63)$$

将公式(33)和(41)代入(63)得到:

$$[(1 + g) - \beta(1 - \delta) - (1 - \beta)\xi + \xi] \frac{1}{\varepsilon_g^*} < \frac{g + \delta}{\frac{\eta}{\eta - 1} \frac{(\varepsilon_g^*)^{-\eta+1}}{\varepsilon_{\min}^{-\eta}}} = \frac{g + \delta}{\eta G_g \varepsilon_g^*}, \quad (64)$$

可以进一步改写为:

$$\frac{(g + \delta)\beta}{\eta(1 - \beta)} > 1 + g - \beta(1 - \delta) + \beta\xi \quad (65)$$

假设 $\beta > \eta/(\eta+1)$,此时根据公式(65)可以推导出经济增长率 g 必须满足(45)式。

附录 A.5(引理3)

对于传统部门,由公式(42)可知:

$$\beta R_o = (1 + g_{gb}) Q_o - \beta(1 - \delta) Q_o - \beta[R_o + \xi Q_o] G_o, \quad (66)$$

再根据公式(43)得到:

$$R_o + \xi Q_o = \frac{g_{gb} + \delta}{\int_{\varepsilon > \varepsilon_o^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon)} \quad (67)$$

将(67)代入(66)得:

$$R_o = \left[(1 + g_{gb}) - \beta(1 - \delta) - \frac{\beta(g_{gb} + \delta)}{\eta} \right] Q_o, \quad (68)$$

其中,在代数变换中使用了公式(33)和(34)。同理,对于绿色部门有下式成立:

$$\beta R_g = (1 + g_{gb}) Q_g - \beta(1 - \delta) Q_g - \beta[R_g + \xi Q_g] G_g, \quad (69)$$

但是与传统部门不同的是,由于存在绿色泡沫,(63)在绿色部门中成立,将(63)代入(69)可得:

$$R_g > \left[(1 + g_{gb}) - \beta(1 - \delta) - \frac{\beta(g_{gb} + \delta)}{\eta} \right] Q_g \quad (70)$$

因此, 当 $R_g < R_o$ 时, 必定满足 $Q_g < Q_o$, 也即 $\varepsilon_g^* > \varepsilon_o^*$

附录 B(动力系统)

11 个变量 $\{\tilde{K}_t, \tilde{I}_t, \tilde{C}_t, \tilde{B}_{gt}, R_{it}, Q_{it}, g_t\}$ 构成 11 个动力系统方程:

$$1 = A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} [\omega^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}} (\tilde{K}_{ot}^\theta \tilde{K}_{gt}^{1-\theta})^{1-\alpha}, \quad (71)$$

$$A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} (\tilde{K}_{ot}^\theta \tilde{K}_{gt}^{1-\theta})^{1-\alpha} [\omega^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}-1} \alpha \omega^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{ot}^{-\frac{1}{\sigma}} = R_{ot}, \quad (72)$$

$$A_t [\omega^\theta (1 - \omega)^{1-\theta}]^{\alpha-1} (\tilde{K}_{ot}^\theta \tilde{K}_{gt}^{1-\theta})^{1-\alpha} [\omega^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{ot}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{gt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\alpha\sigma}{\sigma-1}-1} \alpha (1 - \omega)^{\frac{1}{\sigma}} \tilde{K}_{gt}^{-\frac{1}{\sigma}} = (1 - \tau_t) R_{gt}, \quad (73)$$

$$Q_{ot} = \beta E_t \frac{\tilde{\Lambda}_{t+1}}{\tilde{\Lambda}_t (1 + g_{t+1})} [R_{ot+1} + (1 - \delta) Q_{ot+1} + (R_{ot+1} + \xi Q_{ot+1}) G_{ot+1}], \quad (74)$$

$$Q_{gt} = \beta E_t \frac{\tilde{\Lambda}_{t+1}}{\tilde{\Lambda}_t (1 + g_{t+1})} [R_{gt+1} + (1 - \delta) Q_{gt+1} + (R_{gt+1} + \xi Q_{gt+1}) G_{gt+1}], \quad (75)$$

$$\tilde{B}_{gt} = \beta E_t \frac{\tilde{\Lambda}_{t+1}}{\tilde{\Lambda}_t} \tilde{B}_{gt+1} (1 + G_{gt+1}), \quad (76)$$

$$\tilde{I}_{ot} = [R_{ot} \tilde{K}_{ot} + \xi Q_{ot} \tilde{K}_{ot}] (1 - \Phi(\varepsilon_{ot}^*)), \quad (77)$$

$$\tilde{I}_{gt} = [R_{gt} \tilde{K}_{gt} + \xi Q_{gt} \tilde{K}_{gt} + \tilde{B}_{gt}] (1 - \Phi(\varepsilon_{gt}^*)), \quad (78)$$

$$\tilde{K}_{ot+1} (1 + g_{t+1}) = (1 - \delta) \tilde{K}_{ot} + \int_{\varepsilon > \varepsilon_{ot}^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) [R_{ot} \tilde{K}_{ot} + \xi Q_{ot} \tilde{K}_{ot}], \quad (79)$$

$$\tilde{K}_{gt+1} (1 + g_{t+1}) = (1 - \delta) \tilde{K}_{gt} + \int_{\varepsilon > \varepsilon_{gt}^*} \varepsilon d\Phi(\varepsilon) [R_{gt} \tilde{K}_{gt} + \xi Q_{gt} \tilde{K}_{gt} + \tilde{B}_{gt}], \quad (80)$$

$$1 = \tilde{C}_t + \tilde{I}_{ot} + \tilde{I}_{gt} \quad (81)$$

其中, 随机折现因子 $\tilde{\Lambda}_t = \Lambda_t Y_t = Y_t / C_t$, 异质性投资效率的阈值 ε_{it}^* 与资本品价格 Q_{it} 之间的关系满足 $\varepsilon_{it}^* = 1/Q_{it} (i=o, g)$, 流动性溢价 G_{it+1} 满足公式(25)。

附录 C(随机内生泡沫)

与基准模型的主要差异在于经济中存在无泡沫均衡和泡沫均衡之间的转移概率。假设泡沫状态下和无泡沫状态下企业的值函数分别为 $V_{it}^b(K_{it}^j, L_{it}^j, \varepsilon_{it}^j)$ 和 $V_{it}^f(K_{it}^j, L_{it}^j, \varepsilon_{it}^j)$ 。将资本品厂商在泡沫状态和无泡沫状态下的最优化问题分

别整理成动态递归的形式:

$$V_u^b(K_u^j, L_u^j, \varepsilon_u^j) = \max_{P_u^j, L_{u+1}^j} R_u K_u^j - P_u^j - L_u^j + \frac{L_{u+1}^j}{r_{u+1}} + E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} [\pi_{t+1} V_{u+1}^f(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j, \varepsilon_{u+1}^j) + (1 - \pi_{t+1}) V_{u+1}^b(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j, \varepsilon_{u+1}^j)] \quad (82)$$

$$V_u^f(K_u^j, L_u^j, \varepsilon_u^j) = \max_{P_u^j, L_{u+1}^j} R_u K_u^j - P_u^j - L_u^j + \frac{L_{u+1}^j}{r_{u+1}} + E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} V_{u+1}^f(K_{u+1}^j, L_{u+1}^j, \varepsilon_{u+1}^j) \quad (83)$$

猜测并验证值函数分别满足如下线性形式: $V_u^b(K_u^j, L_u^j, \varepsilon_u^j) = v_{Kt}^b(\varepsilon_u^j) K_u^j + b_t(\varepsilon_u^j) - v_{Lt}^b(\varepsilon_u^j) L_u^j$ 和 $V_u^f(K_u^j, L_u^j, \varepsilon_u^j) = v_{Kt}^f(\varepsilon_u^j) K_u^j - v_{Lt}^f(\varepsilon_u^j) L_u^j$ 。其中泡沫状态下的资产价格、资产泡沫和利率分别满足:

$$Q_u^b = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} [\pi_{t+1} v_{Kt+1}^f(\varepsilon_{u+1}^j) + (1 - \pi_{t+1}) v_{Kt+1}^b(\varepsilon_{u+1}^j)], \quad (84)$$

$$B_u = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} (1 - \pi_{t+1}) b_{t+1}(\varepsilon_{u+1}^j), \quad (85)$$

$$\frac{1}{r_{u+1}} = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} [\pi_{t+1} v_{Lt+1}^f(\varepsilon_{u+1}^j) + (1 - \pi_{t+1}) v_{Lt+1}^b(\varepsilon_{u+1}^j)] \quad (86)$$

无泡沫状态下的资产价格和利率分别满足:

$$Q_u^f = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} v_{Kt+1}^f(\varepsilon_{u+1}^j), \quad (87)$$

$$\frac{1}{r_{u+1}^f} = E_t \beta \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} v_{Lt+1}^f(\varepsilon_{u+1}^j) \quad (88)$$

与附录 A.1 的证明过程相同,证得泡沫均衡下的资产价格和资产泡沫满足如下动态方程:

$$Q_u^b = \beta E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \left\{ R_{u+1} + \pi_{t+1} [(1 - \delta) Q_u^f + (R_{u+1} + \xi Q_u^f) G_{u+1}^f] + (1 - \pi_{t+1}) [(1 - \delta) Q_u^b + (R_{u+1} + \xi Q_u^b) G_{u+1}^b] \right\}, \quad (89)$$

$$B_u = \beta E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} (1 - \pi_{t+1}) B_{u+1} (1 + G_{u+1}^b) \quad (90)$$

无泡沫均衡下的资产价格如下动态方程:

$$Q_u^f = \beta E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} [R_{u+1} + (1 - \delta) Q_u^f + (R_{u+1} + \xi Q_u^f) G_{u+1}^f] \quad (91)$$

泡沫均衡和无泡沫均衡下的流动性溢价分别满足:

$$G_u^b = \int_{\varepsilon_u^j > \varepsilon_u^{g*}} \left(\frac{\varepsilon_u^j}{\varepsilon_u^{g*}} - 1 \right) d\Phi(\varepsilon_u^j), \quad (92)$$

$$G_{it}^f = \int_{\varepsilon_{it}^j > \varepsilon_{it}^{f*}} \left(\frac{\varepsilon_{it}^j}{\varepsilon_{it}^{f*}} - 1 \right) d\Phi(\varepsilon_{it}^j) \quad (93)$$

其中, ε_{it}^{g*} 和 ε_{it}^{f*} 分别为泡沫均衡和无泡沫均衡下的投资效率阈值。其他公式的推导过程与基准模型的推导基本相同。

参考文献

- 陈彦斌, 刘哲希. 2017. 推动资产价格上涨能够“稳增长”吗? ——基于含有市场预期内生变化的 DSGE 模型[J]. 经济研究, 52(7): 49-64.
- Chen Y B, Liu Z X. 2017. Is asset price booming able to stimulate economic growth? A DSGE model with endogenous market sentiment dynamics[J]. *Economic Research Journal*, 52(7): 49-64. (in Chinese)
- 董丰, 许志伟. 2020. 刚性泡沫: 基于金融风险与刚性兑付的动态一般均衡分析[J]. 经济研究, 55(10): 72-88.
- Dong F, Xu Z W. 2020. Guaranteed bubbles: A dynamic general equilibrium analysis of financial risks and rigid redemption[J]. *Economic Research Journal*, 55(10): 72-88. (in Chinese)
- 洪大用. 2012. 经济增长、环境保护与生态现代化——以环境社会学为视角[J]. 中国社会科学, (9): 82-99, 207.
- Hong D Y. 2012. Economic growth, environmental protection and ecological modernization: A perspective from environmental sociology[J]. *Social Sciences in China*, (9): 82-99, 207. (in Chinese)
- 林伯强, 孙传旺. 2011. 如何在保障中国经济增长前提下完成碳减排目标[J]. 中国社会科学, (1): 64-76.
- Lin B Q, Sun C W. 2011. How can China achieve its carbon emission reduction target while sustaining economic growth[J]. *Social Sciences in China*, (1): 64-76. (in Chinese)
- 陆旸. 2012. 从开放宏观的视角看环境污染问题: 一个综述[J]. 经济研究, 47(2): 146-158.
- Lu Y. 2012. Environmental issues in an open economy: A survey[J]. *Economic Research Journal*, 47(2): 146-158. (in Chinese)
- 王遥, 潘冬阳, 彭俞超, 等. 2019. 基于 DSGE 模型的绿色信贷激励政策研究[J]. 金融研究, (11): 1-18.
- Wang Y, Pan D Y, Peng Y C, et al. 2019. China's incentive policies for green loans: A DSGE approach[J]. *Journal of Financial Research*, (11): 1-18. (in Chinese)

- 袁富华. 2010. 低碳经济约束下的中国潜在经济增长[J]. *经济研究*, 45(8): 79-89, 154.
- Yuan F H. 2010. The potential economic growth of China with restraint of low carbon economy [J]. *Economic Research Journal*, 45 (8): 79-89, 154. (in Chinese)
- 张成, 陆旸, 郭路, 等. 2011. 环境规制强度和生产技术进步[J]. *经济研究*, 46(2): 113-124.
- Zhang C, Lu Y, Guo L, et al. 2011. The intensity of environmental regulation and technological progress of production[J]. *Economic Research Journal*, 46(2): 113-124. (in Chinese)
- Allen F, Gale D. 2000. Bubbles and crises[J]. *The Economic Journal*, 110(460): 236-255.
- Annicchiarico B, Di Dio F. 2015. Environmental policy and macroeconomic dynamics in a new Keynesian model[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 69: 1-21.
- Biswas S, Hanson A, Phan T. 2020. Bubbly recessions [J]. *American Economic Journal; Macroeconomics*, 12(4): 33-70.
- Blanchard O J, Watson M W. 1982. Bubbles, rational expectations and financial markets [R]. Lexington: NBER.
- Brock W A, Taylor M S. 2010. The green Solow model [J]. *Journal of Economic Growth*, 15(2): 127-153.
- Diamond P A. 1965. National debt in a neoclassical growth model [J]. *American Economic Review*, 55(5): 1126-1150.
- Dong F, Xu Z W, Zhang Y. 2022. Bubbly bitcoin[J]. *Economic Theory*, 74(3): 973-1015.
- Farhi E, Tirole J. 2012. Collective moral hazard, maturity mismatch, and systemic bailouts[J]. *American Economic Review*, 102(1): 60-93.
- Grossman G M, Krueger A B. 1991. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. Lexington: NBER.
- Grossman G M, Yanagawa N. 1993. Asset bubbles and endogenous growth[J]. *Journal of Monetary Economics*, 31(1): 3-19.
- Grossman G M, Krueger A B. 1995. Economic growth and the environment[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2): 353-377.
- Hayashi F. 1982. Tobin's marginal q and average q: A neoclassical interpretation[J]. *Econometrica; Journal of the Econometric Society*, 50(1): 213-224.
- Heutel G. 2012. How should environmental policy respond to business cycles? Optimal policy

- under persistent productivity shocks[J]. *Review of Economic Dynamics*, 15(2): 244-264.
- Hirano T, Yanagawa N. 2017. Asset bubbles, endogenous growth, and financial frictions [J]. *The Review of Economic Studies*, 84(1): 406-443.
- Kiyotaki N, Moore J. 1997. Credit cycles[J]. *Journal of Political Economy*, 105(2): 211-248.
- Kocherlakota N. 2008. Injecting rational bubbles [J]. *Journal of Economic Theory*, 142(1): 218-232.
- Kocherlakota N R. 1992. Bubbles and constraints on debt accumulation[J]. *Journal of Economic Theory*, 57(1): 245-256.
- Kocherlakota N R. 2009. Bursting bubbles: Consequences and cures[R]. Washington: University of Minnesota.
- Kunieda T, Shibata A. 2016. Asset bubbles, economic growth, and a self-fulfilling financial crisis[J]. *Journal of Monetary Economics*, 82: 70-84.
- Martin A, Ventura J. 2012. Economic growth with bubbles [J]. *American Economic Review*, 102(6): 3033-3058.
- Meadows D H, Randers J, Meadows D L. 1972. The limits to growth[M]. New Haven: Yale University Press.
- Miao J J, Wang P F. 2014. Sectoral bubbles, misallocation, and endogenous growth [J]. *Journal of Mathematical Economics*, 53: 153-163.
- Miao J J, Wang P F, Xu Z W. 2015. A Bayesian dynamic stochastic general equilibrium model of stock market bubbles and business cycles [J]. *Quantitative Economics*, 6(3): 599-635.
- Miao J J, Wang P F. 2018. Asset bubbles and credit constraints[J]. *American Economic Review*, 108(9): 2590-2628.
- Olivier J. 2000. Growth-enhancing bubbles[J]. *International Economic Review*, 41(1): 133-152.
- Panayotou T. 1993. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development[R]. International Labour Organization.
- Porter M E, Van Der Linde C. 1995. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4): 97-118.
- Romer P M. 1986. Increasing returns and long-run growth [J]. *Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.
- Samuelson P A. 1958. An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money[J]. *Journal of Political Economy*, 66(6): 467-482.
- Song Z, Storesletten K, Zilibotti F. 2011. Growing like China[J]. *American Economic*

Review, 101(1): 196-233.

Tirole J. 1985. Asset bubbles and overlapping generations[J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 53(6): 1499-1528.

Wang P F, Wen Y. 2012. Speculative bubbles and financial crises [J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3): 184-221.

Weil P. 1987. Confidence and the real value of money in an overlapping generations economy[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 102(1): 1-22.

Green Economy, Asset Bubbles, and Optimal Policy: A Dynamic General Equilibrium Perspective with Multi-sector Asset Bubbles

Jihang Zhou¹ Feng Dong¹ Shen Jia²

(1. School of Economics and Management, Tsinghua University;

2. Development Research Center of the State Council)

Abstract The development of a low-carbon economy is an inevitable requirement for achieving high-quality economic growth and is of great significance to sustainable economic development. This paper attempts to answer how the development of a low-carbon economy relates to economic growth and household welfare, and to solve the corresponding optimal policy level. Using a general equilibrium model with growth and introducing asset bubbles in the green sector in the model, this paper finds that green bubbles are conducive to alleviating the liquidity shortage, thus scaling up the green sector relative to traditional sector. However, depending on the credit easing effect and reallocation effect of the bubble, the economic growth rate declines with certain parameter conditions. Similarly, the subsidy policy for the green sector can also cause the expansion of the green sector and the decline in economic growth at the same time. As the preference of household for the green sector increases, although the economic growth rate implied under the optimal policy level may decline, the welfare level of households rises. This model framework can also be used to discuss the relationship between high-quality growth, green finance and green fiscal policy. It is also applicable for the analysis of broader economic growth and structural transformation issues.

JEL Classification E44, E62, O41