

引用格式:赵佳,朱雨可. 基于投资视角的居民消费结构变动对环境效率的影响[J]. 资源科学, 2021, 43(9): 1764-1777. [Zhao J, Zhu Y K. Impact of consumption structure change on environmental efficiency from the perspective of investment[J]. Resources Science, 2021, 43(9): 1764-1777.] DOI: 10.18402/resci.2021.09.05

# 基于投资视角的居民消费结构变动对环境效率的影响

赵 佳,朱雨可

(西南财经大学工商管理学院,成都 611130)

**摘 要:**居民消费结构和投资结构良性互动是畅通国民经济循环、实现经济高质量发展和生态环境高水平保护的重要路径。本文基于投资视角,从理论角度阐释居民消费结构变动对环境效率的影响机制,并利用2003—2017年中国省际面板数据,使用系统GMM模型实证分析了居民消费结构升级如何通过投资结构变化影响环境效率。研究表明:①在影响机制上,受环境规制、投资回报、清洁技术等因素影响,居民消费结构变动伴生的消费偏好改变将引起投资结构变动,并进一步作用于环境效率;②居民消费结构从生存型向发展型升级不仅对环境效率会产生直接正向影响,还会通过投资结构变动间接影响环境效率,但间接影响效应的大小和方向取决于投资结构偏向;③居民消费结构升级有利于推动投资结构向第三产业优化,进而正向促进环境效率提高。但投资结构若偏向高污染行业,虽能提高产出水平,但环境效率反而会因环境污染出现下降。因此,加快消费结构绿色转型、引导投资向发展型消费倾斜、加大顺应消费结构升级的低排放、气候适应型投资是实现经济与环境可持续发展的可行选择。

**关键词:**消费结构;投资结构;环境效率;非期望产出;SBM模型;交互效应

DOI :10.18402/resci.2021.09.05

## 1 引言

消费是社会生产的终点和新起点,也是人民对美好生活需要的直接体现。改革开放以来,中国居民消费结构实现了从生存型向享受发展型的跃迁,这种跃迁不仅成为中国经济高质量发展的核心动力,而且推动着经济发展模式从“投资驱动”转向“消费驱动”<sup>[1]</sup>。自2014年起,消费已取代投资连续多年成为中国经济增长的第一拉动力。然而,由过度消费引致的大气、水和土壤污染、资源过度消耗、生态破坏等问题也随之凸显,成为制约经济社会发展和人民美好生活实现的瓶颈。随着中国步入推动经济高质量发展、居民消费需求提质升级、生态环境高水平保护的协同推进期,消费作为社会生产

的最终目的和动力,无疑将在这一新历史时期发挥更重要的引领作用<sup>[2]</sup>。为此,十九届五中全会明确要求“形成需求牵引供给、供给创造需求的更高水平动态平衡”。那么,如何通过需求侧消费结构优化,引领并实现生态环境高水平保护、经济高质量发展就成为亟待探讨的重要理论和现实问题。

消费作为拉动经济增长的最终需求,其满足程度依赖于资源环境承载能力。在消费活动中,居民不同类型、层次的消费需求构成了多样化的消费结构,对应着不同资源需求,由此造成对环境影响的差异。为探究这些异质性影响,国内外研究主要围绕3个方向展开:①评估消费结构对环境的外部效应。Jia等<sup>[3]</sup>运用生活方式法(CLA)计算了南昌市家

收稿日期:2020-10-09,修订日期:2021-01-17

项目基金:国家社会科学基金重大项目(16ZDA010);国家社会科学基金专项(18VSJ070)。

作者简介:赵佳,女,重庆大足人,博士研究生,讲师,研究方向为消费与环境。E-mail: zhaojia\_monica@163.com

通讯作者:朱雨可,女,四川乐山人,副教授,研究方向为气候变化、消费与可持续发展。E-mail: zhuyuke@swufe.edu.cn

2021年9月

庭1998—2014年八大类消费的碳排放,发现食物、服装碳排放呈逐年下降趋势,而居住消费引起的碳排放逐年增高。Yang等<sup>[4]</sup>量化了亚太地区1995—2015年间消费和贸易的环境社会生态足迹,将区域消费与自然资源开发、区域内的环境影响联系起来;②考察消费结构中吃、穿、住、用、行等某一类别消费需求变化对环境的影响。Hawkins等<sup>[5]</sup>、Gwozdz等<sup>[6]</sup>、张雪峰等<sup>[7]</sup>、Zhang等<sup>[8]</sup>分别从食物、衣着、汽车、能源使用等方面研究了消费者不同选择行为带来的污染物种类和水平变化,并强调可持续消费方式的重要性;③分析消费结构中各类消费支出之间比例变化对环境的影响。Martinez等<sup>[9]</sup>、毛克贞等<sup>[10]</sup>、罗能生等<sup>[11]</sup>对欧盟成员国和中国不同省份的研究均表明,家庭消费结构变化对环境具有曲线影响,发展型消费占比增加将有助于减少环境污染。

由上可见,消费结构变化是影响环境的重要因素,优化消费结构是实现经济与生态环境协调发展的必要路径。然而,消费结构变动引发的投资结构调整将如何影响环境仍未引起研究者的足够关注。事实上,居民消费结构变动一方面会促使生产部门调整生产策略,引导资源、资金、技术、人才等生产要素在产业间重新配置,并通过价格机制、供需机制、乘数效应吸引投资进入对应产业,推动投资结构调整<sup>[12-14]</sup>;另一方面,居民消费需求是终端需求,投资需求是中间需求,当居民消费结构朝向个性化、多样化、环保化等方向转变时,必然催生出满足消费升级的新投资需求,由此带来资源利用方式和水平的改变,进而影响环境<sup>[15-17]</sup>。接下来的问题是,消费结构变动将如何通过投资结构对环境产生影响?其影响路径和效应如何体现?显然,厘清这些问题将有助于更好理解内需如何通过投资来对经济与环境的协调发展产生影响,从而为中国构建以消费引领发展的新格局提供参考。

与既往文献相关但又不同的是,本文从投资结构角度考察居民消费结构变动对环境的影响。首先,通过构建理论模型来揭示消费结构、投资结构对环境的影响机制。然后,在测算环境效率基础上,利用中国2003—2017年省际面板数据,从投资

结构视角分析消费结构对环境效率的直接与间接影响。此外,本文将投资结构划分为包含环境强度、不含环境强度两种类型,以比较不同投资结构对环境效率影响的差异,从而有助于从消费结构升级和有效投资渠道寻求促进经济和环境协调发展的有效之策。

## 2 理论模型

本文在自由资本模型基础上,借鉴Rieber等<sup>[18]</sup>的研究来建立理论模型。区别于跨国投资模型,本文关注重点是国内消费对环境的影响,因而接下来的理论模型将基于封闭经济系统来考察消费结构、投资结构对环境的影响。

### 2.1 基本模型设定

首先,假设封闭经济中生产部门仅生产两类产品:清洁产品和污染产品。消费部门中消费者所购买的产品也由这两类组成。消费者的效用函数 $U$ 符合柯布-道格拉斯函数形式为:

$$U = C_c^\alpha C_d^\beta \quad (1)$$

式中: $C_c$ 和 $C_d$ 分别代表清洁产品 $c$ 和污染产品 $d$ 的消费量; $\alpha$ 和 $\beta$ 分别为消费者对清洁产品和污染产品的偏好系数, $\alpha+\beta=1$ 。

假设生产清洁产品的企业对清洁技术需求较高,有一定环境准入门槛,处于垄断竞争市场,产品具有异质性;生产污染产品的企业对清洁技术需求较低,环境准入门槛较低,污染企业的产品同质性较高。由此,清洁产品消费量和污染产品消费量均满足不变替代弹性函数(CES函数)条件,其中清洁产品消费量 $C_c$ 的表达式为:

$$C_c = \left( \int C_{cj}^{1-\frac{1}{\delta}} dj \right)^{\delta/(\delta-1)} \quad (2)$$

式中: $C_{cj}$ 为消费第 $j$ 种清洁产品的消费量; $\delta$ 为不同产品的替代弹性, $\delta>1$ 。

其次,考察消费者预算约束。假设消费者收支平衡,没有跨期负债,其收入主要来源于两个部分:一是消费者参与劳动获得的劳动报酬,二是消费者投资获得的资本收益,收入的表达式如下:

$$Y = kK + wL \quad (3)$$

式中: $Y$ 为收入; $k$ 为部门投资报酬率; $K$ 为生产部门的生产资本投资; $w$ 为消费者参与劳动部门的工资

率;  $L$  为劳动力供给。

此外,假设消费者支出主要用于购买消费品,而消费品由不同品种的清洁产品和污染产品共同构成。在效用最大化条件下求解间接消费效用函数,以揭示价格和收入变化对消费者效用的影响。间接效用函数可以简化为消费总支出  $E$  与价格指数  $P$  的比值,其中价格指数为消费单位清洁产品与污染产品的复合品价格,如式(4)所示。

$$P = (\int p_{cj}^{1-\delta} dj)^{\alpha/(\delta-1)} (\int p_{dj}^{1-\delta} dj)^{\beta/(\delta-1)} \quad (4)$$

式中:  $P$  为价格指数;  $p_{cj}$  和  $p_{dj}$  分别为第  $j$  种清洁产品和污染产品的价格。根据效用函数性质,两种消费品支出按照市场份额确定,即清洁产品消费支出市场份额为  $\alpha E$ , 污染产品消费支出市场份额为  $\beta E$ , 由此得到消费者对第  $j$  类清洁产品的需求函数  $C_{cj}$ , 如式(5)所示。柯布-道格拉斯函数使得清洁产品和污染产品的消费需求函数对称,消费需求与支出的比例及价格相关。

$$C_{cj} = \frac{p_{cj}^{-\delta} \alpha E}{\int_0^n p_{cj}^{1-\delta} dj} \quad (5)$$

假设生产函数为  $f(K, L)$ 。其中,生产企业资本  $K$  仅来自居民投资,由生产清洁产品企业资本  $K_c$  和生产污染产品企业资本  $K_d$  组成,劳动力  $L$  来自居民劳动投入。投资结构  $s_i$  为投资于清洁类企业或污染类企业的资本占市场总资本的比例,可表示为  $s_i = K_i / (K_c + K_d)$ 。假设两类企业原始的资本  $K$  和投资回报  $k$  均不相同,资本可以在封闭经济体内的企业间自由流动,资本投资方向取决于行业的资本回报率大小,如式(6)所示。

$$\Delta k = k_d - k_c \quad (6)$$

由于受到本地生态资源的限制,政府会对所在地区企业的污染行为进行规制。假设政府根据企业的污染物排放量来制定环境规制标准  $\lambda$  ( $0 < \lambda < 1$ ), 生产污染产品企业的规制标准为  $\lambda_d$ , 生产清洁产品企业的规制标准为  $\lambda_c$ ,  $\lambda$  越小,表明企业被允许的排污量越小,环境规制越严格,反之环境规制越宽松。在环境规制下,企业为减少污染排放必然支付一定量的固定成本  $v$ , 环境规制标准  $\lambda$  越严格,企业支付的固定成本  $v$  也就越高,故  $dv/d\lambda < 0$ ,  $v(1)=0$ 。

假设生产函数严格凹性,企业在一定资本规模约束下,增加治污固定成本将会挤压生产资本投入,故  $dv/dk < 0$ 。此外,假设企业每生产一单位产品将消费一单位资本,因此可采用成本函数来描述企业的技术水平,以生产清洁产品的企业为例,成本函数表达式为:

$$T_c = v_c + k_c + w_c g_c f_c \quad (7)$$

式中:  $T_c$  为生产清洁产品企业的生产成本;  $v_c$  是企业治污的固定成本;  $k_c$  是企业支付给投资者的资本回报;  $w_c g_c f_c$  是企业劳动投入产生的成本,其中  $w_c$  为企业的劳动报酬率,  $g_c$  为企业单位劳动产出率,  $f_c$  为为企业的总产量。于是,生产清洁产品企业的利润函数  $\pi_c$  如式(8)所示,  $p_c$  为生产清洁产品企业的产品价格。

$$\pi_c = p_c f_c - v_c - k_c - w_c g_c f_c \quad (8)$$

假设封闭经济市场出清,企业生产的产品刚好满足消费者需求。由此,可根据企业利润最大化条件考察产品生产定价问题。由于投资资本为主要考察对象,假设劳动力回报在两类企业中无差别,为便于分析,标准化劳动报酬率为1。根据式(5)和式(8)可得到清洁产品生产企业的单位劳动产出率为:

$$g_c = \frac{p_c \times (\delta - 1)}{\delta} \quad (9)$$

## 2.2 投资视角下消费结构变动对环境的影响机理

接下来将重点考察消费结构变动如何通过投资影响生态环境。

①消费结构与投资结构的相互作用机理。假设企业总成本等于总产出,企业总产出等于价格与产量的乘积,结合式(7)和式(9),可以得到清洁企业投资回报的表达式:

$$k_c = p_c \times f_c / \delta - v_c \quad (10)$$

假设长期来看,投资回报按照生产总量的构成结构和资本结构分配。生产总量等于消费者支出总量,总支出等于两类产品消费支出之和,其中,消费清洁产品支出份额为  $\alpha E$ , 消费污染产品支出份额为  $\beta E$ 。令两类企业长期投资的回报相等,结合式(3)、式(10)可以得到企业长期投资回报的表达式:

$$k_i = \frac{2La/\delta - v_c s_i - v_d(1-s_i)}{1 - \alpha/\delta} \quad (11)$$

2021年9月

式中:  $k_i$  为企业长期投资回报;  $0 < \alpha/\delta < 1$ , 任何一类企业都不能完全垄断市场。为保证投资的积极性, 则长期投资回报满足条件  $k_i \geq 0$ 。由式(11)可知, 环境规制引致的固定成本将受到劳动力及其偏好的限制, 上限不能超过  $2L\alpha/\delta$ 。在长期投资回报为正的条件下, 对式(11)中的消费偏好  $\alpha$  求导, 可得:  $dk_i/d\alpha > 0$ , 表明消费者偏好将影响长期投资回报, 清洁产品消费偏好系数增加, 企业长期投资回报将增加。

为得到消费结构表达式, 定义  $cc_i = E_i/E$ , 这里消费结构  $cc_i$  表示为清洁产品或者污染产品消费支出  $E_i$  占总支出  $E$  的比例。结合总支出表达式和式(11)可得:

$$cc_i = \frac{(1 - \alpha/\delta)(L - v_c s_i K_i - v_d K_i (1 - s_i))}{2L - v_c s_i - v_d (1 - s_i)} + \alpha K_i / \delta \quad (12)$$

由式(12)可知, 消费结构和投资结构可通过环境政策相互影响。企业治污成本增加将“挤出”资本, 影响企业有效产出。消费者偏好清洁产品将使企业增加治污投入。结合式(11)可知, 企业治污成本将影响企业投资回报, 治污成本越高, 投资回报越低。政策规制、投资结构和消费偏好都与消费结构相互影响。在此基础上对式(12)中的  $s_i$  求导, 得到消费结构与投资结构的相互影响效应:

$$\frac{dcc_i}{ds_i} = \frac{(1 - \alpha/\delta)L(v_c(1 - 2K_i) + v_d(2K_i - 1))}{(2L - v_c s_i - v_d(1 - s_i))^2} \quad (13)$$

可见, 消费结构与投资结构的相互影响效应取决于清洁类和污染类企业资本构成与治污成本。假设清洁类企业环境规制标准  $\lambda_c$  趋于1, 即  $v_c = 0$ 。同时标准化市场所有资本  $K = K_c + K_d = 1$ , 则  $s_i = K_i$ 。生产清洁产品企业因属于垄断竞争型, 其在资本总量中的占比大于污染类企业, 由此  $s_i > 0.5$ 。此时,  $dcc_i/ds_i > 0$ , 可见企业投资结构变化将会影响消费结构变化。同时, 式(11)表明企业治污成本增加会减少企业投资回报, 当  $v_d > v_c$ , 投资将偏好清洁类企业。清洁类企业的资本增加将促进清洁产品生产, 在市场出清下促进消费水平增加。虽然对式(12)中的消费偏好求导发现,  $dcc_i/d\alpha$  的符号无法确定, 但是由于式(11),  $dk/d\alpha > 0$ , 表明消费偏好将会正向影响企业投资报酬, 从而影响投资结构, 引导资本向消费偏好型企业流动, 由此对消费结构产生影响。因此, 若消费者增加对清洁产品的

偏好将会促进企业清洁产品生产供给, 生产清洁产品的企业投资报酬将高于生产污染产品企业投资报酬, 此时投资结构将会向清洁产品倾斜, 消费、投资 and 经济发展形成良好的循环互动, 环境效率则会提高。

②消费结构、投资结构对环境的影响机理。消费者消费商品和服务引致的环境污染, 主要源于两个方面: 一是消费者使用商品和服务过程中对环境产生的直接影响, 如家户直接能源消费产生的大气污染; 二是由消费者最终消费引致的工业生产间接污染<sup>[19]</sup>。于是假设消费产生的污染如下式所示:

$$EV = e_c C_c + e_d C_d \quad (14)$$

式中:  $EV$  为环境污染总量;  $e_c$  和  $e_d$  分别为消费清洁类和污染类产品污染排放系数,  $e_c < e_d$ 。因此, 清洁产品消费水平提高或比重增加会因相对较低的污染系数而减少环境污染。综合分析, 消费结构和投资结构优化将促进经济发展并减少污染: 一方面, 居民消费结构优化, 尤其是清洁产品消费偏好系数  $\alpha$  增加, 将通过投资倾向影响投资结构, 从而减少消费污染, 促使环境污染总量降低; 另一方面, 由于政府环境规制, 清洁企业因治污成本减少可以将资本更多用于提高技术, 在相对价格下降情况下, 技术进步将提高清洁企业短期投资回报, 进一步促进企业投资和清洁产品产出增加。若居民消费升级过程中, 直接增加清洁产品购买数量和比例, 可有效减少由消费引致的直接和间接污染, 由此环境污染总量  $EV$  将减少。图1为消费结构升级对环境效率的影响机制图。

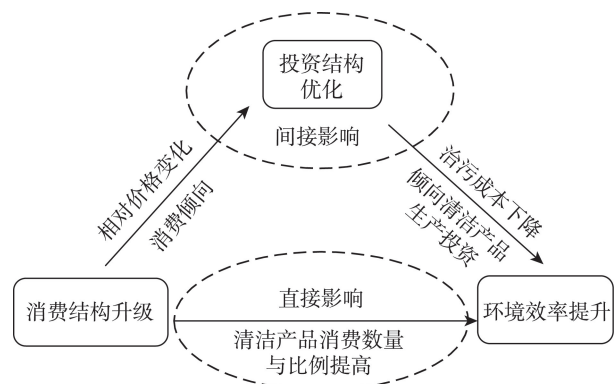


图1 消费结构升级对环境效率的影响

Figure 1 Impact of consumption structure upgrading on environmental efficiency

### 3 计量模型、变量说明与数据来源

#### 3.1 计量模型

为考察消费结构变动对环境效率的影响,本文首先分析消费结构变动对环境效率的直接影响,然后引入消费与投资变量的交互项,进一步考察消费结构变动如何通过投资结构影响环境效率,建立如式(15)和式(16)所示计量模型:

$$EE = \alpha_0 + \alpha_1 L.EE + \alpha_2 CP + \sum_{z=1}^Z \alpha_z x_z + \varepsilon \quad (15)$$

$$EE = \theta_0 + \theta_1 L.EE + \theta_2 CP + \theta_3 I + \theta_4 CP \times I + \sum_{z=1}^Z \theta_z x_z + \varepsilon \quad (16)$$

式中:  $EE$  表示环境效率;  $L.EE$  为  $EE$  的滞后项;  $CP$  为消费结构;  $I$  为投资结构;  $x_z$  为第  $z$  个控制变量,  $Z$  为控制变量个数;  $\alpha$ 、 $\theta$  为待估参数;  $\varepsilon$  为误差项。

模型中,滞后项的存在、当期消费结构受前期消费影响、消费与投资互为因果等均会带来内生性问题。如再考虑遗漏变量,采用混合回归和一般面板回归模型会使估计结果有/无偏不一致。鉴于此,本文根据孙早等<sup>[20]</sup>的研究,视消费结构变量为内生变量,引入其滞后项作为工具变量,采用系统GMM回归模型对参数进行估计,既可解决非时变变量的遗漏变量问题,使估计不再有偏,而且工具变量的引入使得估计具有一致性。当然,这种一致性取决于假设条件的满足,我们将通过Hansen过度识别约束检验对工具变量有效性进行检验,并利用Arellano-Bond的自相关检验对随机误差项的二阶序列相关进行检验。Hansen检验统计量不显著,即  $p$  值大于0.1时常被认为工具变量有效,若自相关的二阶序列统计量不显著,表明不存在二阶序列相关,模型设定正确。

#### 3.2 变量说明

##### 3.2.1 被解释变量

环境效率主要考察一定时间内各类要素参与经济活动对环境产生的影响,是对决策单元投入与产出的环境影响综合评价。本文借鉴Tone等<sup>[21]</sup>的研究,采用非期望产出SBM模型计算各省环境效率,该模型可有效避免忽视投入或产出某个方面导致的效率计算结果偏差。参考马骏等<sup>[22]</sup>、闫庆友等<sup>[23]</sup>的研究,在投入指标方面,本文选取各省固定资产积累、从业人员总数和能源消费总量;在产出指标方面,期望产出指标选择实际GDP值(以2000年

为基期)。而非期望产出指标虽然最常见的是选取工业“三废”、COD、SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、PM2.5等指标<sup>[11,22-24]</sup>,但本文目的是分析消费结构对环境效率的影响,而消费对空气污染的影响已为研究证实<sup>[25]</sup>,所以借鉴上述学者做法且综合考虑“十四五”时期环境治理要求,选取SO<sub>2</sub>排放量、PM2.5年均浓度值为非期望产出指标。

经计算,中国环境效率值从2003年的1.038上升到2017年的1.094,期间整体呈波动上升态势,2012年后升幅尤其明显,这与党的十八大以来国家对大气污染尤其是雾霾治理力度加大有关。但因自然资源禀赋、经济发展水平等差异,中国各省区间环境效率表现并不均衡。其中,河北、山西、湖南、甘肃等省份因环境质量下降,近年来环境效率值呈下降趋势;天津、江苏、四川、青海等省份在发展经济同时注重环境保护,环境效率呈逐年上升趋势。

##### 3.2.2 核心解释变量

(1)居民消费结构。本文依据马克思消费理论,将居民消费结构划分为生存型、享受型和发展型3类,并使用陈建宝等<sup>[26]</sup>的归类方法,将城镇居民八大类消费支出中食品、衣着、居住、交通通讯4项消费支出项归为生存型消费,家庭设备及服务、医疗保健、其他用品服务3项消费支出项归为享受型消费,文教娱乐消费支出归为发展型消费。由于城乡居民消费支出统计标准有所不同,而城镇居民消费占居民消费的比重在2017年已达78.5%,故本文使用罗能生等<sup>[10]</sup>的研究方法,用城镇居民消费支出代表居民消费。此外,国家统计局自2013年起调整了居民支出统计口径,但居民消费结构从生存向享受、发展型的趋势并未改变。

(2)投资结构。为对比消费结构如何通过不同投资结构影响环境效率,根据是否包含环境污染因素,将投资结构分为以下两类:

不含环境强度的投资结构。借鉴成定平<sup>[27]</sup>的方法,选取全社会固定资产投资在不同产业的投资比( $ind-agr$ 和 $ser-ind$ )来表征:

$$\begin{aligned} ind-agr &= \frac{\text{全社会第二产业投资额}}{\text{全社会第一产业投资额}}; \\ ser-ind &= \frac{\text{全社会第三产业投资额}}{\text{全社会第二产业投资额}} \end{aligned} \quad (17)$$

2021年9月

包含环境强度的投资结构。借鉴 Midelfart 等<sup>[28]</sup>测算各地区产业结构特征的方法,构建投资结构特征偏向指数来表征:

$$IB_{th} = \sum_{h=1}^n P_{rth} EI_{rth} \quad (18)$$

式中:  $IB_{th}$  为  $t$  时间  $h$  省份投资结构偏向指数,该值越小,表明地区投资结构越具有低污染特征;  $P_{rth}$  为  $r$  行业  $t$  时间  $h$  省份投资额占所有行业投资总额的比重;  $EI_{rth}$  为  $r$  行业  $t$  时间  $h$  省份单位产值的环境污染强度,该值越大,行业污染越高;  $n$  为省份个数,  $n=30$ 。

这里需要说明:首先,国家统计局自 2011 年起对固定资产投资的统计范围从城镇扩大到农村企事业单位组织,并按新口径核算了 1996 年和 2010 年数据。由于农村企事业单位投资在固定资产总投资中占比小且是总量上相加,所以本文计算发现,统计口径调整虽使投资总额有所变化,但对各行业投资之间的比例构成影响甚微,故采用行业投资占比计算投资结构偏向指数基本可忽略这一影响;其次,考虑到各行业环境污染强度的动态变化,本文区别于王菲等<sup>[29]</sup>的研究,构建了随时间变化的环境污染强度  $EI_{th}$ ,并用万元工业产值碳排放总量来衡量,即采用各行业碳排放量除以行业增加值。其中,各行业碳排放量参考 Shan 等<sup>[30]</sup>的计算方法,通过分行业能源消费量计算得到;行业增加值以 2003 年价格为基期来计算,投资行业的划分综合了《中国能源统计年鉴》和《中国统计年鉴》的划分标准,包括农林牧渔,采掘,制造,电力热力燃气及水生产和供应,建筑,交通运输,批发零售和住宿餐饮,其他服务行业共 8 类。

### 3.2.3 控制变量

根据环境经济学经典的 IPAT 模型和 Ren 等<sup>[31]</sup>的研究,本文从 4 个方面引入控制变量来控制影响环境效率的其他因素:①富裕程度方面,选取人均 GDP 变量。IPAT 模型显示,经济发展能为环境的保护、治理、技术发展等提供经济基础,富裕程度提高可以改善环境效率<sup>[32]</sup>;②技术水平方面,选取 R&D 投资占 GDP 比重。技术水平投入不仅是经济增长的源泉,也是提高污染治理能力的关键<sup>[32]</sup>;③人口方面选取常住人口密度指标。人口的集聚会经由人类生产生活活动对经济与环境发展产生影响<sup>[31]</sup>;④

环境规制方面,选取环境污染治理投资占 GDP 比重。一般来讲,环境规制可通过企业治污投入和企业环保技术创新对环境效率产生影响<sup>[31]</sup>。

### 3.3 数据来源

为进行实证研究,本文收集整理了中国 30 个省(市、区)(因数据缺失,不包括西藏、港澳台地区)2003—2017 年的面板数据。被解释变量环境效率中固定资产积累、从业人员、名义 GDP 数据、SO<sub>2</sub> 排放量,解释变量中消费结构数据,以及控制变量中人均 GDP、R&D 投资、常住人口数据,均来源于《中国统计年鉴》(2004—2018 年)。解释变量投资结构中:各省不同行业固定资产投资数据来源于国家统计局官网;各省能源消费总量和分行业能源消费数据来源于《中国能源统计年鉴》(2004—2018 年);环境污染治理投资数据来源于《中国环境统计年鉴》(2004—2018 年);PM2.5 年均浓度值来源于哥伦比亚大学气候成分分析小组。表 1 列示了主要变量的描述性统计结果。我们在回归中使用缩尾方法在 1% 水平上处理了变量的零星极端值,同时在考虑异方差情况下,对所有变量进行对数化处理。

## 4 结果与分析

### 4.1 居民消费结构对环境效率的直接影响

表 2 为消费结构对环境效率直接影响的回归结果,模型 1—3 为面板工具变量回归,模型 4—6 为系统 GMM 回归结果。面板工具变量回归显示,第一阶段回归的  $F$  值均大于临界值 10,说明模型不存在弱工具变量问题,Hansen 检验  $p$  值均大于 0.1,接受过度识别原假设,即所有工具变量都是外生,工具变量设置有效。结果显示,消费结构中生存型和发展型消费支出占比对环境效率具有显著影响。在 10% 水平下生存型消费占比系数显著为负(-0.820),发展型消费占比系数显著为正(0.194)。

系统 GMM 回归结果显示:Hansen 检验表明工具变量不存在过度识别问题,Arellano-Bond 检验二阶  $p$  大于 0.1,随机误差项不存在二阶序列相关性,符合假设。相比面板工具变量回归,系统 GMM 回归结果显著性明显提升,在 5% 水平下生存型消费支出占比系数显著为负(-0.350),发展型消费支出占比系数显著为正(0.106),享受型消费支出占比虽

表1 变量选取及其描述性统计

Table 1 Variable definitions and descriptive statistics

	变量名称	变量说明	均值	标准差	极小值	极大值
被解释变量	<i>EE</i>	环境效率	1.043	0.376	0.503	2.363
核心解释变量	<i>sconsu</i>	生存型消费占比	0.709	0.027	0.624	0.799
	<i>xconsu</i>	享受型消费占比	0.168	0.019	0.120	0.208
	<i>fconsu</i>	发展型消费占比	0.123	0.019	0.078	0.177
	<i>ind-agr</i>	二产投资与一产投资之比	20.481	32.392	2.321	366.162
	<i>ser-ind</i>	三产投资与二产投资之比	1.731	1.455	0.602	10.123
	<i>IB</i>	投资结构偏向指数	3.951	1.615	1.345	9.584
控制变量	<i>ER</i>	环境污染治理投资占GDP比重/%	1.338	0.669	0.300	4.240
	<i>agdp</i>	人均GDP/万元	3.531	2.429	0.370	12.899
	<i>techno</i>	R&D投资占GDP比重/%	0.310	0.255	0.034	1.431
	<i>pop</i>	常住人口密度/(千人/km <sup>2</sup> )	0.441	0.639	0.007	3.851

表2 消费结构对环境效率的直接影响

Table 2 Direct effect of upgrading the consumption structure on environmental efficiency

变量	FE-IV			Sys-GMM		
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6
L.ln( <i>EE</i> )				0.945*** (0.036)	0.963*** (0.061)	0.939*** (0.033)
ln( <i>sconsu</i> )	-0.820* (0.412)			-0.350** (0.174)		
ln( <i>xconsu</i> )		0.082 (0.218)			-0.039 (0.054)	
ln( <i>fconsu</i> )			0.194* (0.634)			0.106** (0.0515)
ln( <i>ER</i> )	-0.074*** (0.020)	-0.072*** (0.020)	-0.073*** (0.019)	-0.028** (0.014)	-0.012 (0.016)	-0.026* (0.016)
ln( <i>agdp</i> )	0.065*** (0.021)	0.062*** (0.023)	0.061*** (0.020)	0.020** (0.010)	0.023** (0.012)	0.029*** (0.010)
ln( <i>techno</i> )	-0.007 (0.014)	-0.012 (0.016)	0.002 (0.014)	0.003 (0.006)	-0.005 (0.004)	0.001 (0.006)
ln( <i>pop</i> )	-0.127 (0.217)	-0.265 (0.215)	-0.193 (0.202)	-0.007 (0.005)	-0.005 (0.005)	-0.011 (0.029)
第一阶段回归 <i>F</i> 值	55.950***	54.960***	101.560***			
Hansen 检验	0.119	0.538	0.102	0.996	0.994	1.000
<i>AR</i> (1)				0.058	0.063	0.058
<i>AR</i> (2)				0.200	0.192	0.197
样本量	390	390	390	420	420	420

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著,括号内为稳健标准误,下同。

在回归中系数不显著,但系数为负。

上述两种回归结果均表明,居民消费结构从生存型向发展型升级能有效提高环境效率。这是因为,消费升级本质是消费结构优化,在“以国内大循环为主体”的新发展格局中,当居民消费结构中文教娱乐等发展型消费增加时,这些消费需求因大多

属于服务业,经济附加值高、环境污染少,故其变动不仅会助推相关产业转型升级,而且有助于构建资源消耗低、环境污染少的生产、流通、消费方式,最终实现经济和生态环境协调发展。

此外,模型1-6的控制变量结果显示,在考虑工具变量前提下,人均GDP系数显著为正,表明国民

2021年9月

财富增加有助于通过居民消费能力提升促进消费结构优化,助推经济发展和环境效率提升;环境规制系数显著为负,说明当前环境规制对环境效率有一定抑制作用,可能是因为政府环境规制增加了企业的治污成本,一定程度挤压企业生产和研发投入,在短期内牺牲了部分经济利益,导致环境综合效率有所下降。但从长期看,消费结构升级倒逼污染行业转型和技术创新,必然使环境规制的负效应逐步减弱,最终形成国内供给与需求良性循环的新格局。

#### 4.2 消费结构对环境效率的间接影响:基于投资结构视角

消费结构对环境效率的间接影响是从投资结构出发,重点考察消费结构是否会通过影响投资结构进而影响环境效率,由此引入消费结构与投资结构的交互项进行分析。

##### 4.2.1 不含环境强度的投资结构

表3从不含环境强度的投资结构视角报告了消费结构对环境效率的间接影响。模型1首先分析了投资结构变化对环境效率的影响。结果显示,二产、一产投资比和三产、二产投资比系数均在10%水平下显著为正。通过对收集的数据分析,2003—

2017年二产、一产投资比数值呈波动的U型上升趋势,三产、二产投资比数值呈直线上升趋势。可见,近年来伴随产业结构升级,中国投资结构也从第一产业向二、三产业倾斜,产业和投资的相互促进和共同优化将有助于推动经济发展并提高环境效率。

模型2-4分别分析了生存型、享受型和发展型消费与投资结构的交互项对环境效率的影响。结果显示:①模型2中生存型消费与二产、一产投资比的交互项系数显著为正(0.751),与三产、二产投资比的交互项系数不显著,说明生存型消费引致的第二产业投资增长有利于环境效率提高。由于生存型消费包含衣食住行等基本生活需求,主要与第一产业和第二产业生产相关,所以生存型消费主要通过改变二产、一产投资比来影响环境效率中的经济发展水平;②模型3中享受型消费与二产、一产投资比的交互项系数显著为负(-0.218),与三产、二产投资比的交互项系数不显著,说明享受型消费引致的第二产业投资增长会显著降低环境效率。享受型消费主要包括家庭设备及服务、医疗保健、其他用品服务,其对环境效率的负向影响源于相关产业投资导致环境污染增加所致。由于这里并未考虑环

表3 消费结构对环境效率的间接影响(不含环境强度的投资结构)

Table 3 Indirect impact of upgrading the consumption structure on environmental efficiency (investment structure without environmental intensity)

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
L.ln(EE)	0.653*** (0.134)	0.988*** (0.044)	0.930*** (0.061)	0.919*** (0.049)
ln(sconsu)		-2.379* (1.270)		
ln(xconsu)			0.636*** (0.228)	
ln(fconsu)				0.074 (0.239)
ln(ind-agr)	0.035* (0.020)	0.268* (0.143)	-0.379*** (0.143)	-0.016 (0.165)
ln(ser-indr)	0.058* (0.032)	0.109 (0.088)	-0.132 (0.125)	-0.061* (0.034)
ln(sconsu)×ln(ind-agr)		0.751* (0.403)		
ln(sconsu)×ln(ser-indr)		0.261 (0.234)		
ln(xconsu)×ln(ind-agr)			-0.218*** (0.080)	
ln(xconsu)×ln(ser-indr)			-0.088 (0.065)	
ln(fconsu)×ln(ind-agr)				-0.011 (0.083)
ln(fconsu)×ln(ser-indr)				0.040** (0.020)
Hansen 检验	0.386	0.911	0.860	1.000
AR(1)	0.071	0.065	0.070	0.059
AR(2)	0.181	0.217	0.181	0.192
控制变量	是	是	是	是
样本量	420	420	420	420

境污染因素,所以最终原因待在包含环境强度的投资结构框架下再进一步讨论;③模型4中发展型消费与二产、一产投资比的交互项系数不显著,与三产、二产投资比的交互项系数显著为正(0.040),说明第三产业投资增长将显著提高环境效率。发展型消费主要是文教娱乐消费,与第三产业投资紧密联系。发展型消费增加既可极大促进第三产业发展并带动相关投资增长,有利于环境效率中的经济维度,又可以因服务消费的低污染特性降低消费对环境的负面影响,从而提高环境效率。

综上,在不考虑环境强度情况下,投资结构从第一产业向第二和第三产业升级将有效促进环境效率提高,而消费结构升级将通过投资结构升级对环境效率产生积极影响。

#### 4.2.2 包含环境强度的投资结构

表4从包含环境强度的投资结构视角报告了消费结构变化对环境效率的影响。模型1首先分析了投资结构偏向指数对环境效率的影响,系数为负,但不显著。投资结构偏向指数越大,投资组合的污染也越大,对环境效率的负面影响也越大。接着,模型2-4分别分析了生存型、享受型和发展型消费与投资结构偏向指数的交互项对环境效率的影响。总体来看,当考虑行业污染强度时,生存型消费引致的投资结构偏向指数增长将会提高环境效率,而享受型和发展型消费引致的投资结构偏向指

数增长则会降低环境效率。

模型2中,生存型消费与投资结构偏向指数的交互项系数为0.791,在5%水平下显著。生存型消费包含的居住、交通通讯支出涉及电力、热力、燃气及水生产和供应业、交通运输业和制造业。经本文计算,这些行业碳排放污染强度在前述8类行业中较大。尽管污染强度大,但生存型消费相关投资带来的经济增长可暂时抵消环境污染的负效应,提升环境效率,然而这种促进作用会随消费结构升级逐渐消失。模型3和模型4中,享受型和发展型消费与投资结构偏向指数的交互项系数分别为-0.602和-0.187,分别在5%水平下显著。结合表3估计结果,表明在消费结构从生存型向发展型升级过程中,若行业投资结构不考虑环境污染,即使投资会促进经济增长,但随着环境污染问题日益严重,环境效率也会下降。

综上,在不考虑环境强度情况下,消费结构升级引致的投资结构从第一产业向第二、三产业转换,可以通过产业结构升级促进经济增长,从而影响环境效率;但一旦考虑了环境强度,若消费结构升级引致投资结构偏向污染行业,即便投资可以促进经济增长,但环境效率也会因牺牲环境质量而下降。因此,在消费结构从生存型向发展型升级过程中,引导投资结构向清洁行业倾斜将有利于环境效率提高,实现经济发展与环境保护的双赢目标。

表4 消费结构对环境效率的间接影响(包含环境强度的投资结构)

Table 4 Indirect impact of upgrading the consumption structure on environmental efficiency (investment structure with environmental intensity)

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
L.ln(EE)	0.892*** (0.063)	0.981*** (0.041)	0.977*** (0.035)	0.971*** (0.036)
ln(sconsu)		-1.146* (0.611)		
ln(xconsu)			0.797** (0.380)	
ln(fconsu)				0.292** (0.105)
ln(IB)	-0.007 (0.019)	0.274** (0.125)	-1.097** (0.524)	-0.417*** (0.162)
ln(sconsu)×ln(IB)		0.791** (0.398)		
ln(xconsu)×ln(IB)			-0.602** (0.289)	
ln(fconsu)×ln(IB)				-0.187** (0.075)
Hansen 检验	0.386	0.938	0.998	1.000
AR(1)	0.063	0.060	0.053	0.060
AR(2)	0.197	0.239	0.272	0.213
控制变量	是	是	是	是
样本量	420	420	420	420

2021年9月

### 4.3 稳健性检验

为确保结果的可靠性,本文进行了一系列稳健性检验,结果如表5所示。首先,采取逐步增加控制变量方式来验证结果的稳健性。参考干春晖等<sup>[14]</sup>和曹和平等<sup>[33]</sup>的研究,逐步增加了人均教育水平(*edu*)、FDI投资(*fdi*)和社会消费品零售总额(*retail*)变量,分别控制人力资本、对外开放程度和消费水平发展对环境效率的影响。表5汇报了增加所有控制变量后消费结构变化对环境效率的影响结果,但逐步增加的过程及交互项回归未一一列出。对比系统GMM回归结果发现,结果具有稳健性。表5中模型1-3显示,消费结构从生存型向发展型升级有利于提高环境效率,与表2结果一致。

为进一步检验分析结果,构建了消费升级指数(*index*)来分析消费结构变化对环境效率的影响。尽管生存型、享受型和发展型消费支出占比是衡量

消费结构的常用指标,并被广泛应用于消费升级研究中,但研究必须把3个变量结合在一起才能完整分析消费结构变化趋势及其影响,这使得研究过程非常复杂。为了利用单一指标表示消费结构升级,借鉴王平等<sup>[34]</sup>的研究,本文对代表初级、中级、高级3个层次消费需求的食物、生活用品、文教娱乐消费进行赋权,构建消费升级指数,以便更简洁地度量消费结构升级状况,指数值越大,代表消费结构中高层次消费支出越多。模型4-6是消费升级指数变化对环境效率的直接和间接影响回归结果。其中,模型4结果显示,消费升级将直接影响环境效率,消费结构从初级向高级跃升将显著提高环境效率。模型5-6为消费升级引致的投资结构变化对环境效率的影响,结果发现尽管消费升级引致的投资结构向第二和第三产业升级有利于环境效率提高,但若投资结构的构成倾向于污染行业,也会降低环境综合

表5 稳健性检验结果

Table 5 Robustness test results

变量	增加控制变量			消费升级指数		
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6
$\ln(EF)$	0.908*** (0.064)	0.921*** (0.069)	0.874*** (0.054)	0.954*** (0.056)	0.906*** (0.074)	0.905*** (0.070)
$\ln(sconsu)$	-0.437* (0.255)					
$\ln(xconsu)$		0.031 (0.197)				
$\ln(fconsu)$			0.136* (0.071)			
$\ln(index)$				0.157** (0.074)	0.139 (0.603)	0.775*** (0.287)
$\ln(ind-agr)$					-0.022 (0.041)	
$\ln(ser-indr)$					-0.009 (0.018)	
$\ln(IB)$						-0.129*** (0.047)
$\ln(index) \times \ln(ind-agr)$					0.046 (0.174)	
$\ln(index) \times \ln(ser-indr)$					0.208** (0.102)	
$\ln(index) \times \ln(IB)$						-0.790*** (0.241)
$\ln(ER)$	-0.020 (0.017)	-0.014 (0.017)	-0.020 (0.013)	-0.011 (0.013)	-0.007 (0.015)	-0.017 (0.010)
$\ln(agdp)$	0.073** (0.033)	0.062* (0.035)	0.061*** (0.026)	0.034*** (0.013)	0.029** (0.014)	0.013 (0.018)
$\ln(techno)$	-0.002 (0.006)	-0.005 (0.005)	0.001 (0.007)	-0.002 (0.004)	-0.009* (0.005)	-0.003 (0.008)
$\ln(pop)$	-0.004 (0.007)	-0.001 (0.006)	-0.009 (0.010)	-0.008 (0.007)	-0.013 (0.010)	0.013 (0.018)
$\ln(edu)$	-0.178* (0.097)	-0.141* (0.075)	-0.143 (0.107)			
$\ln(fdi)$	0.007 (0.005)	0.008 (0.006)	0.009 (0.101)			
$\ln(retail)$	-0.018* (0.010)	-0.016 (0.011)	-0.021** (0.009)			
Hansen 检验	0.942	0.871	0.998	0.998	0.923	0.954
$AR(1)$	0.059	0.062	0.053	0.060	0.062	0.046
$AR(2)$	0.217	0.206	0.272	0.206	0.177	0.117
样本量	420	420	420	420	420	420

效率,研究结论与上文一致。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

本文基于投资视角,通过构建封闭经济的理论模型,考察了消费结构对环境效率的影响机制。在此基础上,利用2003—2017年中国省际面板数据为样本,根据非期望产出超效率SBM-DEA模型测算了各地区环境效率指标,并采用系统GMM模型分析了消费结构对环境效率的直接和间接影响,得出以下结论:

(1)环境效率取决于经济发展和环境保护的共同作用。环境效率值测算结果显示,多年来全国环境效率呈波动上升趋势,2013年后环境效率上升幅度较大,但各省因发展的异质性,省际间环境效率表现出较大差异,如河北、山西、湖南、甘肃等省份因环境质量下降,近年来环境效率值呈下降趋势,而天津、江苏、四川、青海等省份在发展经济的同时注重环境保护,环境效率呈逐年上升趋势。

(2)理论机制表明,在环境规制约束下,由于消费偏好、投资回报、技术发展等因素影响,消费结构和投资结构会相互影响。居民消费结构升级可通过投资结构变化影响环境效率,一方面,居民消费结构优化过程中消费偏好改变将通过投资倾向影响投资结构,从而影响环境效率;另一方面,由于政府环境规制,清洁企业会因治污成本下降和清洁技术提高,使产品相对价格下降、短期投资回报提高,促进企业投资和清洁产品产出增加,从而影响环境效率。

(3)实证研究表明,从直接影响看,居民消费结构从生存型向发展型升级可直接促进环境效率提升,行业投资从第一产业向第二、三产业升级也会直接提高环境效率;从间接影响看,消费结构变化将通过投资结构对环境效率产生影响。尽管在不考虑环境强度情况下,消费结构升级引致的投资结构从第一产业向第二、三产业转移会通过产业结构调整促进经济增长,影响环境效率。但在考虑环境强度情况下,若消费升级引致投资结构偏向污染强度相对高的行业,即使经济水平有所提高,但因牺牲了环境质量,环境效率也会降低。

### 5.2 建议

针对上述结论,本文认为,提高地区环境效率是一项长期复杂的系统工程,有赖于供需两侧共同施策。为此,提出如下政策建议:

(1)注重需求侧改革,充分发挥消费结构升级对经济高质量发展的引领作用。以满足人民美好生活需求为目标,以促进消费升级为导向,调整和优化投资结构,引导投资向数字、旅游、文化、健康、教育、娱乐等发展型消费行业倾斜,减少消费领域的污染,促进经济高质量发展。

(2)加快消费和生产方式全面绿色低碳转型,优先提高绿色产品和服务的有效供给,并尽快出台相关制度法规来规范绿色生产和消费行为。在扩大居民消费过程中,充分考虑不同消费品使用的环境成本,可借鉴日本模式,采用对消费品征收环境消费税或对绿色商品进行补贴的形式,引导居民消费行为向绿色低碳方向转变。同时,尽快在全国范围内推进严格的垃圾分类制度,并下沉到村级行政单位,结合宣传和法治手段提高公民环境意识,促进绿色生活方式形成。

(3)加大顺应消费结构升级的低排放、气候适应型基础设施、技术等领域投资,将其作为扩大国内投资的重要新兴领域。后疫情时代,应对气候变化,加大气候投资是实现可持续消费的必由之路。为此,要加大对消费升级相关的可再生能源、节能技术、可持续基础设施等投资,使其成为经济发展的新增长点。针对周期长、短期成本高、收益不确定性较大的环境友好型投资项目,可通过激励措施,实施配套的扶持、补贴或保障政策提升投资者投资倾向。通过引入气候基金、气候债券、气候金融工程、数字气候技术等手段创新气候投融资领域,实现投资者灵活投资,在改善民生前提下实现经济增长与环境可持续发展的共赢。

### 参考文献(References):

- [1] 柯美高. 贸易自由化对中国消费污染的影响及机制研究[J]. 中南财经政法大学学报, 2020, (5): 125-136. [Ke M G. The effect and mechanism of trade liberalization on consumption pollution in China[J]. Journal of Zhongnan University of Economics and Law,

2021年9月

- 2020, (5): 125–136.]
- [2] 关利欣. 以消费为引领构建新发展格局[N]. 经济参考报, 2020–10–15(1). [Guan L X. Building a New Development Pattern Guided by Consumption[N]. Economic Information Daily, 2020–10–15 (1).]
- [3] Jia J S, Gong Z H, Chen C D, et al. Incorporating carbon emissions from landfills and wastewater treatment into a household emission inventory for systematically analysing household behaviour[J]. Journal of Water and Climate Change, 2019, 10(4): 708–724.
- [4] Yang L, Wang Y T, Wang R R, et al. Environmental-social-economic footprints of consumption and trade in the Asia-Pacific region[J]. Nature Communications, 2020, DOI: 10.1038/s41467-020-18338-3.
- [5] Hawkins J, Ma C, Schilizzi S, et al. China's changing diet and its impacts on greenhouse gas emissions: An index decomposition analysis[J]. Australian Journal of Agricultural & Resource Economics, 2018, 62(1): 45–64.
- [6] Gwozdz W, Nielsen K S, Müller T. An environmental perspective on clothing consumption: Consumer segments and their behavioral patterns[J]. Sustainability, 2017, 9(5): 762–788.
- [7] 张雪峰, 宋鸽, 闫勇. 城市低碳交通体系对能源消费结构的影响研究: 来自中国十四个城市的面板数据经验[J]. 中国管理科学, 2020, 28(12): 173–183. [Zhang X F, Song G, Yan Y. The impact of urban low-carbon transportation system on the improvement of the structure of energy consumption: Evidence from 14 cities in China[J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, 28 (12): 173–183.]
- [8] Zhang M, Ding S T, Pang J G, et al. The effect of indirect household energy consumption on PM 2.5 emission in China: An analysis based on CLA method[J]. Journal of Environmental Management, 2020, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111531.
- [9] Martinez S, Delgado M D M, Marin R M, et al. Identifying the environmental footprint by source of supply chains for effective policy making: The case of Spanish households consumption[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(32): 33451–33465.
- [10] 毛克贞, 孙菁靖, 宋长健. 城镇居民消费增长加剧了生活污染吗?[J]. 华东经济管理, 2018, 32(4): 87–95. [Mao K Z, Sun J J, Song C J. Does the growth of urban residents consumption exacerbate domestic pollution?[J]. East China Economic Management, 2018, 32(4): 87–95.]
- [11] 罗能生, 张梦迪. 人口规模、消费结构和环境效率[J]. 人口研究, 2017, 41(3): 38–52. [Luo N S, Zhang M D. Population size, consumption structure and environmental efficiency[J]. Population Research, 2017, 41(3): 38–52.]
- [12] 俞剑, 方福前. 中国城乡居民消费结构升级对经济增长的影响[J]. 中国人民大学学报, 2015, 29(5): 68–78. [Yu J, Fang F Q. The impacts of urban and rural household consumption upgrade on economic growth in China[J]. Journal of Renmin University of China, 2015, 29(5): 68–78.]
- [13] Perez-Montiel J, Erbina C M. Investment sustained by consumption: A linear and nonlinear time series analysis[J]. Sustainability, 2020, 12(11): 4430–4430.
- [14] 干春晖, 余典范, 余红心. 市场调节、结构失衡与产业结构升级[J]. 当代经济科学, 2020, 42(1): 98–107. [Gan C H, Yu D F, Yu H X. Market regulation, structural imbalance and industrial structure upgrading[J]. Modern Economic Science, 2020, 42(1): 98–107.]
- [15] Xu Q, Lei Y L, Ge J P, et al. Did investment become green in China? Evidence from a sectoral panel analysis from 2003 to 2012[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 156: 500–506.
- [16] Mesagan E P, Isola W A, Ajide K B. The capital investment channel of environmental improvement: Evidence from BRICS[J]. Environment Development and Sustainability, 2019, 21: 1561–1582.
- [17] Khan Z, Ali M, Kirikkaleli D, Wahab S, Jiao Z. The impact of technological innovation and public-private partnership investment on sustainable environment in China: Consumption-based carbon emissions analysis[J]. Sustainable Development, 2020, 28(5): 1317–1330.
- [18] Rieber A, Tran T A. Globalization, North-South Industrial Location and Environmental Competition[R]. Working Paper Series No. 2008/02, 2008.
- [19] 于淑波, 巩鲁宁, 王可. 基于城镇消费者视角的消费污染及协调性评价[J]. 山东财经大学学报, 2017, 29(1): 52–61. [Yu S B, Gong L N, Wang K. Consumption pollution and coordination evaluation from urban consumer perspective[J]. Journal of Shandong University of Finance and Economics, 2017, 29(1): 52–61.]
- [20] 孙早, 许薛璐. 产业创新与消费升级: 基于供给侧结构性改革视角的经验研究[J]. 中国工业经济, 2018, (7): 98–116. [Sun Z, Xu X L. Industrial innovation and consumption upgrade: An empirical study based on the perspective of supply-side structural reform[J]. China Industrial Economics, 2018, (7): 98–116.]
- [21] Tone K, Chang T S, Wu C H. Handling negative data in slacks: Based measure data envelopment analysis models[J]. European Journal of Operational Research, 2020, 282(3): 926–935.
- [22] 马骏, 李夏, 张忆君. 江苏省环境效率及其影响因素研究: 基于超效率SBM-ML-Tobit模型[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2019, 18(2): 71–80. [Ma J, Li X, Zhang Y J. Study on environmental efficiency and its influence factors of Jiangsu Province based on SBM-ML-Tobit model[J]. Journal of Nanjing Tech University (Social Science Edition), 2019, 18(2): 71–80.]
- [23] 闫庆友, 桂增侃, 张文华, 等. 中国能源影子价格和能源环境效

- 率省际差异[J]. 资源科学, 2020, 42(6): 1040–1051. [Yan Q Y, Gui Z K, Zhang W H, et al. The heterogeneity of regional energy shadow price and energy environment efficiency in China[J]. Resources Science, 2020, 42(6): 1040–1051.]
- [24] 何枫, 马栋栋, 徐晓宁. 雾霾约束下中国省际区间环境技术效率研究: 基于SBM–Undesirable 区间模型的面板数据分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(12): 28–33. [He F, Ma D D, Xu X N. Interval environmental efficiency across provinces in China under the constraint of haze with SBM–undesirable interval model[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016, 30(12): 28–33.]
- [25] Zhao H Y, Geng G N, Zhang Q, et al. Inequality of household consumption and air pollution–related deaths in China[J]. Nature Communications, 2019, 10(1): 1–9.
- [26] 陈建宝, 李坤明. 收入分配、人口结构与消费结构: 理论与实证研究[J]. 上海经济研究, 2013, 25(4): 74–87. [Chen J B, Li K M. Income distribution, population structure and consumption structure: Theoretical and empirical study[J]. Shanghai Journal of Economics, 2013, 25(4): 74–87.]
- [27] 成定平. 投资结构调控与加快服务业发展研究[J]. 经济学家, 2015, (2): 44–52. [Cheng D P. A study on the regulation on investment structure and speeding up the development of the service industry[J]. Economist, 2015, (2): 44–52.]
- [28] Midelfart K H, Overman H G, Redding S J, et al. The Location of European Industry[R]. European Commission: Economic Papers No. 142, 2000.
- [29] 王菲, 董锁成, 毛琦梁, 等. 宁蒙沿黄地带产业结构的环境污染特征演变分析[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 620–631. [Wang F, Dong S C, Mao Q L, et al. Analysis of the environment–pollution bias of industrial structure in areas along the Yellow River in Ningxia and Inner Mongolia[J]. Resources Science, 2014, 36(3): 620–631.]
- [30] Shan Y, Huang Q, Guan D, et al. China CO<sub>2</sub> emission accounts 2016–2017[J/OL]. Scientific Data, (2019–09–09) [2020–05–25]. [https://figshare.com/collections/China\\_CO<sub>2</sub>\\_emission\\_accounts\\_2016–2017/4658168](https://figshare.com/collections/China_CO2_emission_accounts_2016–2017/4658168).
- [31] Ren S G, Li X L, Yuan B L, et al. The effects of three types of environmental regulation on eco-efficiency: A cross-region analysis in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 173: 245–255.
- [32] 梁涵玮, 倪玥琦, 董亮, 等. 经济增长与资源消费的脱钩关系: 基于演化视角的中日韩美比较研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5): 8–16. [Liang H W, Ni Y Q, Dong L, et al. Decoupling relationship analysis between economic growth and resource consumption in China, Japan, South Korea and the United States: A transitional perspective[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(5): 8–16.]
- [33] 曹和平, 奚剑明, 陈玥卓. 城镇居民对环境治理的边际支付意愿[J]. 资源科学, 2020, 42(5): 801–811. [Cao H P, Xi J M, Chen Y Z. Urban residents' marginal willingness to pay for environmental pollution control[J]. Resources Science, 2020, 42(5): 801–811.]
- [34] 王平, 王琴梅. 消费金融驱动城镇居民消费升级研究: 基于结构与质的多重响应[J]. 南京审计大学学报, 2018, 15(2): 69–77. [Wang P, Wang Q M. A research on the upgrading of urban residents consumption driven by consumer finance: Based on the multiple responses of structure and quality[J]. Journal of Nanjing Audit University, 2018, 15(2): 69–77.]

# Impact of consumption structure change on environmental efficiency from the perspective of investment

ZHAO Jia, ZHU Yuke

(School of Business Administration, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** A positive interaction between household consumption structure and investment structure is crucial to achieving a balance between economic development and environmental protection. This article presented a theoretical and empirical analysis of the impact of household consumption structure change on environmental efficiency from the perspective of investment. Using panel data on 30 provinces in China over the period 2003 to 2017, we examined the effects of upgrading the household consumption structure on environmental efficiency. The results indicate that: (1) Due to environmental regulations, investment returns, and clean technology, shifts in consumer preferences associated with consumption structure will change investment structure and further affect environmental efficiency. (2) The upgrading of the consumption structure from a survival to a development orientation positively improved environmental efficiency not only directly but also indirectly through the intermediary effect of investment structure change. However, the magnitude and direction of the indirect effect depend on the preference of investment structure. (3) The shift to investment in tertiary industries caused by upgrading the consumption structure effectively improved environmental efficiency. However, if the investment shift is biased toward high-polluting industries, then environmental efficiency is reduced due to increased environmental pollution. Therefore, accelerating the green transformation of consumption, guiding investment toward development-oriented consumption, and increasing low-emissions and climate-adaptive investments will help to achieve sustainable economic and environmental development.

**Key words:** consumption structure; investment structure; environmental efficiency; undesired output; SBM model; interaction effect