

人工智能背景下环境治理与社会保障的协同推进研究

杜雯翠, 毛 赢

[摘要] 在人口老龄化背景下,提升老年群体福利离不开社会保障与环境治理的协同推进。本文通过构建包含人工智能、老龄化、社会保障与环境治理支出的动态一般均衡模型,将税额分配内生化,分析老龄化冲击下社会保障与环境治理两项职能的关系,并讨论人工智能对社会保障与环境治理职能协同推进的“政策正外部性”。研究发现,在福利最大化条件下,老龄化加速使社会保障支出比例提高,环境治理支出比例下降,进而对产出、环境质量与居民福利造成不利影响。然而,人工智能可以在提升经济增长活力的前提下进一步实现社会保障与环境治理的协同推进,带来产出水平与环境质量齐升。具体来讲,人工智能除了实现资本替代劳动、提升生产效率外,还从动态视角对社会保障与环境治理的职能履行进行了时序上的重新分配:人工智能发展初期,智能生产过程的清洁化为大幅增加的社会保障支出提供了“绿色平台期”;人工智能发展后期,社会保障支出的长期持续增加使政策逐渐放松社会保障职能,加大环境治理支出,这种政策职能的时序重新分配实现了社会保障与环境治理的协同推进。本文提供了老龄化背景下解决政府多项公共服务职能冲突的新视角,对于政府如何利用人工智能发展实现环境治理与社会保障的协同共进具有重要的政策启示。

[关键词] 人工智能; 老龄化; 政策正外部性; 动态一般均衡模型

[中图分类号] F124 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2024)06-0042-19

一、引言

2023年中央经济工作会议指出,要增强宏观政策取向一致性,加强财政、货币、就业、产业、区域、科技、环保等政策协调配合,把非经济性政策纳入宏观政策取向一致性评估。在构建新发展格局过程中,经济发展总体态势向好,各类政策纷纷出台并产生积极效果,但不容忽视的是,经济性政策与非经济性政策的效果叠加可能产生合成谬误,偏离总体政策目标。尤其是,在人口老龄化背景下,经济政策与非经济政策的合成谬误更加值得关注。

老龄化背景下经济政策与非经济政策的合成谬误源自中国同时面临“未富先老”与“未富先治

[收稿日期] 2024-01-13

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目“不同企业生命周期下环境行政处罚的治理效应研究:微观机制与政策选择”(批准号72003131)。

[作者简介] 杜雯翠,首都经济贸易大学经济学院教授,博士生导师,经济学博士;毛赢,首都经济贸易大学经济学院博士研究生。通讯作者:毛赢,电子邮箱:maoying0729@cueb.edu.cn。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

污”的并行局面。老龄化减少了劳动供给(周祝平和刘海斌,2016),增加了家庭养老负担(李时宇和冯俊新,2014)和公共服务压力(Gonzalez-Eiras and Niepelt,2012;刘穷志和何奇,2013;刘学良,2014)。而在政府承担的众多公共服务职能中,社会保障与环境治理同样重要。现有研究在分析老龄化的影响时,通常聚焦老龄化带来的经济增长活力下滑、社会保障偿付压力增加等经济影响,鲜有研究讨论老龄化对环境治理的影响。然而,若在老龄化进程加速的同时,政府未投入足够环境治理支出以优化环境质量,环境污染将对老年人身体健康造成负向影响(Chay and Michael,2003; Cesur et al.,2018;王玉泽和罗能生,2020),从而进一步加重各项适老化支出的负担,使政府面临“未富先老”与“未富先治污”的双重压力。

虽然老龄化时代人工智能发展主要提升了经济增长活力,促进了产业结构转型(陈彦斌等,2019),但本文发现,人工智能还可以在不增加政策成本的前提下促进社会保障与环境治理的协同推进。人工智能有助于提升能源使用效率,从源头上减少污染物产生;还有助于生产者和监管者快速锁定污染源,实现精细化和精准化治污,提升污染治理效率,从末端减少污染物排放。不论是源头还是末端,人工智能在生产环节和治污环节的推广应用都有利于降低生产过程的污染排放(金碚,2014;盛丹和卜文超,2022;韩超和李鑫平,2023),在一定程度上降低环境治理支出需求,改变财政支出在社会保障和环境治理两种职能间的税额分配比例。这种影响属于预期外效应,本文将其称作“政策的正外部性”。

基于上述逻辑,本文构建了包含人工智能与老龄化的动态一般均衡模型(DGE),将税额分配比例内生生化,分析老龄化冲击下社会保障与环境治理两项职能的关系,并探讨人工智能对社会保障与环境治理职能的影响。研究发现,人工智能在替代劳动力的同时,对社会保障与环境治理职能履行侧重点进行了时序上的重新分配:人工智能发展初期,生产过程的清洁化使政策能够在不损害环境质量的前提下,适当放松环境治理,为大幅增加社会保障支出以及适老化政策支出提供“绿色平台期”;而在人工智能发展后期,社会保障支出的多期持续增加使得政策可以逐渐放松社会保障职能,加大环境治理支出,这种政策职能的时序重新分配实现了社会保障与环境保护的协同推进。因此,人工智能发展在提供经济增长动能的同时,还解决了老龄化所引致的社会保障与环境治理的职能冲突问题。

本文的边际贡献主要包括:①将环境治理引入人口老龄化模型。Aghion et al.(2017)等文献通过构建模型考察了人工智能对经济增长的影响,陈彦斌等(2019)构建了同时包含人工智能和老龄化的模型,与以上研究不同的是,本文尝试通过内生生化税额分配比例,将环境治理支出和社会保障支出同时纳入一般均衡模型中,着重分析老龄化背景下如何通过人工智能实现环境保护与社会保障的协同推进。②从“任务式”和“智能资本式”两个角度刻画人工智能。现有模型对人工智能的处理有“任务式”和“智能资本式”两种,本文将相对初级的人工智能表述为“自动化”,将更为高级的人工智能表述为“智能化”,从两个角度刻画人工智能,提高了模型的解释力度。③提供了老龄化背景下协同推进社会保障与其他公共服务支出的新机制。现有研究大多从扩大税基的总量视角出发,探究平衡各类财政支出的路径,但在经济增速逐渐放缓的背景下,这类政策的可操作性可能有所减弱。与以往研究不同,本文模拟税额分配的动态路径,提出利用财政职能的时序重新分配,从结构角度解决社会保障与环境治理的协同推进问题。

余文结构安排如下:第二部分为经验事实,基于历史数据描述老龄化背景下社会保障与环境治理的协同程度;第三部分为静态模型,初步分析老龄化对社会保障和环境治理两项财政支出比例的影响,进而探讨人工智能在其中发挥的作用;第四部分为动态模型,在更严谨的模型框架下进一步验证结论稳健性,对理论模型进行演绎;第五部分为数值模拟;第六部分为结论与启示。

二、经验事实

本文经验事实部分采用2008—2019年全国31个省份的平衡面板数据^①,数据从历年的《中国统计年鉴》搜集,选取如下变量:①老年抚养比。用各省份总人口中老年非劳动年龄人口数与劳动年龄人口数之比表示老年抚养比,以衡量地方政府面临的老龄化压力。②经济增长率。该指标由各省份当年GDP与上一年GDP的比值计算得出,用来衡量经济增速。③社会保障支出比例^②。用各省份财政支出中社会保障和就业支出占当年一般预算支出的比例表示社会保障支出比例,以衡量地方政府社会保障职能的承担情况。在稳健性检验中,本文还用各省份财政支出中医疗卫生支出占当年一般预算支出的比例表示医疗卫生支出比例,以替代社会保障支出比例。④环境治理支出比例。用各省份财政支出中节能环保支出占当年一般预算支出的比例表示环境治理支出比例,以衡量地方政府环境治理职能的承担情况。在稳健性检验中,本文还用工业污染治理完成投资与工业增加值的比值衡量环境治理强度。⑤污染物指数。利用熵权法,构建了包含工业废水排放量、工业二氧化硫排放量、固体废物排放量的综合污染物指数。

本文分别以年份、经济增长率、老年抚养比为准将样本分为13组,计算不同年份、不同经济增长率区间、不同老年抚养比区间内社会保障与环境治理支出比例的相关系数,若系数为正,认为社会保障与环境治理是协同推进的,若系数为负,则说明二者未能协同推进,结果见图1。

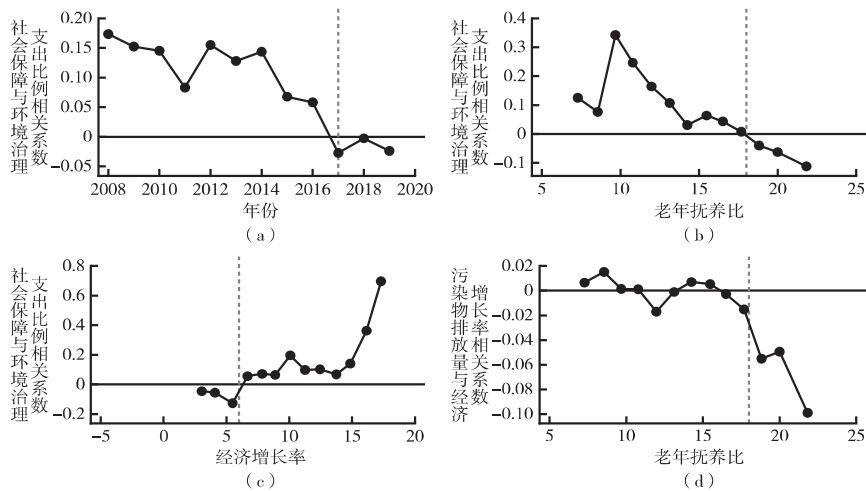


图1 老龄化、社会保障与环境治理的分组相关系数

由图1可知,社会保障与环境治理支出比例的相关系数随着年份、经济增长率、老年抚养比的变化而改变。从年份看,系数在2016年由正转负;从经济增长率看,系数在增长率达到6%后由负

① 之所以选择这一时间段,是为了剔除突发公共事件对宏观经济数据的影响,旨在获得更为一般化的结论。
 ② 这与现有文献中直接选取支出水平或支出增长率来衡量财政支出的方法有所差异。本文一方面将各项支出以比例形式呈现,剔除各变量随时间变动所具有的共同时间趋势,达到“去趋势化”的目的,降低实证分析的内生性问题;另一方面,支出比例衡量了各项支出与总支出间的相对增长率关系,具体理论分析与解释参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajecass.com)附件。

转正;从老年抚养比看,系数在老年抚养比超过18%后由正转负。这意味着,当社会处于经济增速较低、老龄化水平较高的“未富先老”阶段时,社会保障与环境治理是无法实现协同推进的。采用相同方法计算不同老年抚养比区间内经济增长率与综合污染物排放量的相关系数,研究发现当老龄化处于较高水平时,污染排放量与经济增长率的相关系数为负。这表明当老龄化带来经济增速的放缓时,污染排放量会随之增加,将从产出与环境两个方面损害社会福利。由此可见,随着老龄化水平的提高,社会保障支出比例上升与环境治理支出比例下降会同时出现,老龄化时代将难以实现社会保障与环境治理的协同推进,同时还伴随产出与环境质量的下降。

三、静态模型

1. 基础环境

借鉴颜色等(2021)的模型设定方法,假设需求方面由一个代表性家庭进行效用最大化决策,家庭由年轻人和老年人组成,老年人数量占比为 γ ,年轻人数量占比为 $1 - \gamma$,则 γ 反映了老龄化程度。个体效用函数为:

$$u^j(C^j, E) = \log C^j + \phi \log E \quad (1)$$

其中, $j \in \{y, o\}$ 分别指代年轻人(y)与老年人(o), C^j 为个体消费水平, E 为环境质量水平, ϕ 为个体对环境质量的偏好程度。模型中,年轻人参与生产过程,其收入由工资回报(w)和生产部门利润(Π^y)构成,老年人的收入来自政府转移支付(TR),社会保障支出由政府转移支付表示,用政府转移支付与总税收的比值表示社会保障支出比例,即:

$$\begin{cases} income^y = w + \Pi^y \\ income^o = TR \end{cases} \quad (2)$$

以上假设意味着在本模型中,老年人的增加一方面会减少劳动供给,另一方面会增加社会保障支出压力,这与现实相吻合,也与现有研究一致。均衡时家庭部门以最大化加权福利的方式进行收入分配^①,即:

$$\begin{aligned} \max_{C^y, C^o} & \{ (1 - \gamma)u^y(C^y, E) + \gamma u^o(C^o, E) \} \\ \text{s.t.} & C^y + C^o = income^y + income^o \end{aligned} \quad (3)$$

厂商的生产函数为:

$$Y = A(L + m) - \Psi(1 - \mu) = A(L + m) - (\Psi_D - \Psi_U)(1 - \mu) \quad (4)$$

其中, Y 是经济总产出, A 是全要素生产率。为简化分析,模型中忽略资本要素投入,仅考虑劳动要素投入 L ,因而均衡时有 $L = 1 - \gamma$ 。 m 为人工智能设备投入数量,可以用来1:1替代生产过程中的劳动要素投入。^②政府以税率 τ 对总产出征税,并将总税额中 μ 的比例用于社会保障支出, $(1 - \mu)$ 的比例用于环境治理,最终形成转移支付 $TR = \mu\tau Y$ 与环境治理支出 $TE = (1 - \mu)\tau Y$ 。由于政府环境治理力度的加强在一定程度上体现了环境规制强度,并进一步影响企业生产效率(王杰和刘斌,2014;陈诗一等,2021),因此,在考虑政府环境治理支出比例后,生产函数调整为 $Y = A(L + m) -$

① 在建模过程中,默认年轻人与老年人收入共享。这主要是基于现实生活中,年轻人需要对老年人履行赡养义务,而老年人同样会对年轻人进行各类收入或资产赠与,故实际上两类个体的收入无法做到完全没有交叉、各自持有。考虑到以上事实,这里假设收入在两类个体间完全流动、实时共享。

② 此处的人工智能设备投入数量是外生给定的,本文同样讨论了政府进行人工智能设备投资的情况,详细分析参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

$\Psi(1-\mu) = A(L+m) - (\Psi_D - \Psi_U)(1-\mu)$,其中, $\Psi_U(1-\mu)$ 代表了环境治理对生产效率的正向影响,则 $\Psi_D(1-\mu)$ 代表了负向影响,整体影响效果为 $\Psi(1-\mu)$ 。为确保结论的唯一性,本文分别分析了 $\Psi_D - \Psi_U > 0$ 、 $\Psi_D - \Psi_U = 0$ 、 $\Psi_D - \Psi_U < 0$ 共三种情况^①,发现三种情况下所得出的基本结论是一致的,因此,本文最终通过企业层面的微观数据回归结果,设定生产函数的形式为 $Y = A(L+m) - (\Psi_D - \Psi_U)(1-\mu) = A(L+m) - \Psi(1-\mu)$,且 $\Psi_D - \Psi_U = \Psi > 0$ 。

企业生产会伴随着污染排放,假定在传统生产方式中,单位产出的污染排放量为 ζ ,在智能化生产方式中,单位产出的污染排放量为 ζ^m ,由于人工智能的投入在一定程度上提升了生产过程的绿色化水平,因此,假定 $0 < \zeta^m < \zeta$,污染排放的总量为 $EM = \zeta(Y - Am) + \zeta^m Am$ 。假定每一单位的政府环境治理支出(TE)会带来一单位的环境修复,则最终环境质量(E)可表示为初始环境质量(E_0)、污染排放(EM)与政府环境治理支出(TE)的函数,即:

$$E = E_0 - EM + TE \quad (5)$$

均衡时^②,可解得年轻人消费、老年人消费与最终环境质量为:

$$C^y = (1-\gamma)(1-\tau+\mu\tau)(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)) \quad (6)$$

$$C^o = \gamma(1-\tau+\mu\tau)(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)) \quad (7)$$

$$E = E_0 - \zeta(A(1-\gamma) - \Psi(1-\mu)) - \zeta^m Am + (1-\mu)\tau(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)) \quad (8)$$

将式(6)一(8)代入式(1),可将均衡时居民部门的总福利水平写成税额分配比例 μ 的函数:

$$\begin{aligned} \max_{\mu} U = & \underbrace{\left[(1-\gamma)(\log((1-\gamma)(1-\tau+\mu\tau)(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)))) \right.}_{U_{TR}} \\ & \left. + \gamma(\log(\gamma(1-\tau+\mu\tau)(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)))) \right] \quad (9) \\ & + \underbrace{\left[\phi \log(E_0 - \zeta(A(1-\gamma) - \Psi(1-\mu)) - \zeta^m(Am) + (1-\mu)\tau(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu))) \right]}_{U_{TE}} \end{aligned}$$

由于税额分配同时影响居民可支配收入与环境质量,因此,式(9)可拆分为两个部分:第一部分为消费函数,由于相关政策在执行过程中主要通过调整转移支付的数额与比例来影响居民消费,因此,将第一项定义为 U_{TR} ;第二部分是环境质量的函数,由于相关政策在执行过程中主要通过调整环境治理的数额与比例来影响环境质量,因此,定义为 U_{TE} 。均衡时 U 为社会保障支出比例与环境治理支出比例的函数,政策制定者通过选取这两个比例影响社会福利。^③

为内生生化政府的税额分配行为,假设政府以居民福利最大化为目标进行分配。^④可以证明,政府通过选取最优税额分配比例使式(9)最大化,这等价于 U_{TR} 与 U_{TE} 分别对 μ 求导,并使其绝对值相等,即:

$$\begin{aligned} \frac{\tau(A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)) + (1-\tau+\mu\tau)\Psi}{(1-\tau+\mu\tau)[A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)]} = & \quad (10) \\ \frac{\phi\zeta\Psi + \tau\phi[A(1-\gamma+m) - \Psi(1-\mu)] - \phi(1-\mu)\tau\Psi}{E_0 - (\zeta - (1-\mu)\tau)[A(1-\gamma) - \Psi(1-\mu)] - [\zeta^m - (1-\mu)\tau](Am)} & \end{aligned}$$

① 详细的理论分析参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 基准模型均衡消费与均衡环境质量的详细求解过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③ 需要特别说明的是,在本文假设下,社会保障支出比例与数额、环境治理支出比例与数额的变动趋势是一致的。

④ 做出该假设的依据在于,若均衡时税额分配比例无法使社会福利最大化,政府仅需调整税额分配比例便可提升社会福利,故以居民福利最大化为工作目标的政府在均衡时一定会履行最优分配比例。

式(10)的经济含义为,当政府提升社会保障支出比例所带来的居民边际福利(MU_{TR})与提升环境治理支出比例所带来的居民边际福利(MU_{TE})相等时,所形成的税额分配比例就是最优的。由于无法求出最优税额分配比例的解析解,因此,本文以图形求解的方式进行静态分析,为方便表达,定义 MU_{TR} 为函数 $g(\mu, \gamma)$, MU_{TE} 为函数 $f(\mu, \gamma)$ 。在分析模型前,假设 $\zeta > \zeta^m \geq (1 - \mu)\tau$ 。若上述假设得不到满足,则随着经济总产出水平的提升,环境质量将总会呈现逐渐改善的趋势,这显然与经济现实不符。在 $\zeta > \zeta^m \geq (1 - \mu)\tau$ 假设成立的前提下,可以证明 $f(\mu, \gamma)$ 为税额分配比例 μ 的增函数, $g(\mu, \gamma)$ 为税额分配比例 μ 的减函数^①,则最优税额分配比例的求解问题转化为平面坐标系下 $f(\mu, \gamma)$ 与 $g(\mu, \gamma)$ 的交点求解问题。^②

2. 老龄化变动的经济影响

为分析老龄化变动的经济影响,首先讨论没有人工智能设备投入的情况($m=0$),分析老龄化对模型中各内生变量的影响,以回答问题“为什么老龄化会提高社会保障支出强度,却同时降低环境治理强度?且上述调整为何会带来产出与环境质量的双下降趋势?”。由于总产出、环境质量与居民消费均为最优税额分配比例的函数,因而需要首先分析 γ 对 μ 的影响,进而讨论模型内其他内生变量的变动情况。可以证明, $f(\mu, \gamma)$ 为 γ 的减函数,而 $g(\mu, \gamma)$ 为 γ 的增函数^③,因此, γ 变动会导致 $f(\mu, \gamma)$ 与 $g(\mu, \gamma)$ 右移,最终呈现如图2(a)所示的情况,老龄化水平 γ 的上升使得用于社会保障的财政支出比例提高,而用于环境治理的财政支出比例下降,与经验事实一致。

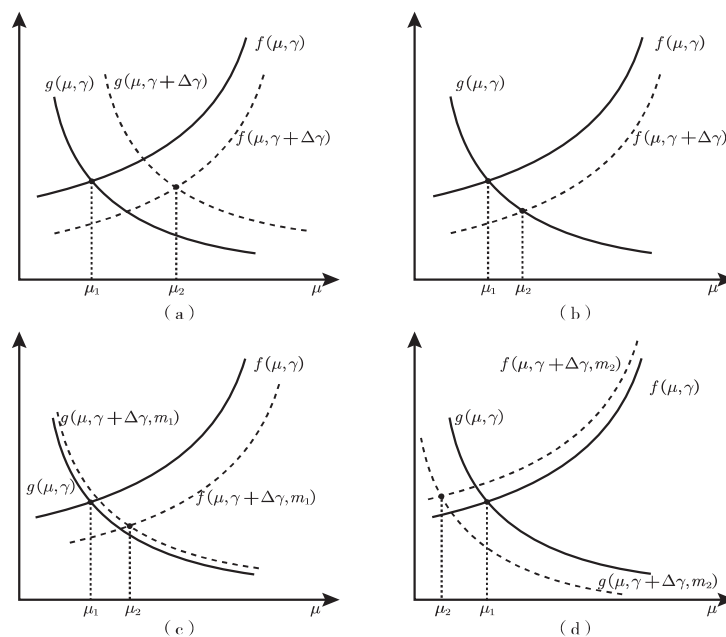


图2 最优税额分配比例变动

① 详细的单调性证明过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。
 ② 本文通过图示求解的方法详细讨论交点求解问题的角点解与常规解情况,为便于讨论,假定经济处于常规解阶段,详细分析结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。
 ③ 详细的单调性证明过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

为最大程度保证论述的严谨性,下面给出 γ 与 μ 关系的严格证明。式(10)可简写为: $MU_{TR}(\mu(\gamma), \gamma) = MU_{TE}(\mu(\gamma), \gamma)$,由于 μ 为 γ 的函数,因此,将式(10)中的 μ 写为隐函数形式。等式左右依据链式法则同时求解关于 γ 的导数,化简后可得社会保障支出比例 μ 关于 γ 的偏导表达式如下:

$$\frac{\partial \mu(\gamma)}{\partial \gamma} = \frac{\frac{\partial MU_{TE}(\mu(\gamma), \gamma)}{\partial \gamma} - \frac{\partial MU_{TR}(\mu(\gamma), \gamma)}{\partial \gamma}}{\frac{\partial MU_{TR}(\mu(\gamma), \gamma)}{\partial \mu(\gamma)} - \frac{\partial MU_{TE}(\mu(\gamma), \gamma)}{\partial \mu(\gamma)}} > 0 \quad (11)$$

由于 $\frac{\partial MU_{TE}}{\partial \gamma} < 0$, $\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \gamma} > 0$, $\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \mu} < 0$, $\frac{\partial MU_{TE}}{\partial \mu} > 0$,因此, $\frac{\partial \mu(\gamma)}{\partial \gamma} > 0$,得证。另外,环境治理支出比例关于 γ 的偏导为: $\frac{\partial(1 - \mu(\gamma))}{\partial \gamma} < 0$ 。

直观来看,社会保障支出比例与环境治理支出比例的变动可区分为两个部分,即 $\frac{\partial MU_{TE}}{\partial \gamma} \left/ \left(\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \mu} - \frac{\partial MU_{TE}}{\partial \mu} \right) \right.$ 与 $\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \gamma} \left/ \left(\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \mu} - \frac{\partial MU_{TE}}{\partial \mu} \right) \right.$,其中, $\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \gamma}$ 与 $\frac{\partial MU_{TE}}{\partial \gamma}$ 代表老龄化水平提高所带来的边际效用 MU_{TR} 与 MU_{TE} 的变动, $\left(\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \mu} - \frac{\partial MU_{TE}}{\partial \mu} \right)$ 为单位支出比例变动引发的边际效用总变动,二者相除代表老龄化通过改变 MU_{TR} 与 MU_{TE} 而改变财政支出用于 TR 与 TE 的比例。因此,社会保障支出比例与环境治理支出比例随老龄化水平的变动结果,并不是简单地受个体自身边际效用变动的影响。以环境治理支出比例为例,一方面,老龄化会在一定程度上减缓经济增长速度,降低因生产带来的污染排放,使得居民因环境治理支出比例提升带来的边际福利(MU_{TE})下降,通过提高环境治理支出比例来增加居民福利水平的贡献程度将下降,环境治理支出比例下降;另一方面,居民因社会保障支出比例提升带来的边际福利(MU_{TR})变动也会影响环境治理支出比例,原因在于,环境治理支出比例与老龄化程度的加剧都会在一定程度上抑制经济增长,在老龄化增加了社会保障需求的情况下,环境治理支出比例的提升会通过降低总产出的方式,进一步压缩用于社会保障支出的财政资源空间,因此,环境治理支出比例将会适当降低。实际上,若式(4)中的 $\Psi \rightarrow 0$,则 $\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \gamma} = 0$,环境治理支出比例的变动将不受 MU_{TR} 的影响。也正因如此,更加需要将社会保障与环境治理置放在同一模型框架中分析,才能更好地解释经验事实的相关变动趋势。为了更加直观地表达上述结论,令式(10)中的 $\Psi \rightarrow 0$,此时环境治理将不会对生产造成效率损失,式(10)可以简化为:

$$\frac{\tau}{(1 - \tau + \mu\tau)} = \frac{\tau\phi A(1 - \gamma)}{E_0 - \zeta A(1 - \gamma) + (1 - \mu)\tau A(1 - \gamma)} \quad (12)$$

式(12)可绘制为图2(b)的情况,为简化分析,本文通过调整模型内常数项的取值使初始税额分配比例相同,此时 γ 的提高只会导致 $f(\mu, \gamma)$ 右移至 $f(\mu, \gamma + \Delta\gamma)$, μ 的增加幅度则会低于环境治理存在效率损失的情况。因此,缓解环境治理支出比例变动增加造成的效率损失,同样会有助于 μ 的增加。综合理论分析可以得出结论: $\partial\mu/\partial\gamma > 0$ 。

上述分析回答了“为什么老龄化能够提升社会保障支出强度,却同时降低环境治理强度?”,在经济下行时期,经济资源受限,政策执行方向更容易被老龄化“裹挟前进”,最优选择是优先保证对居民福利影响最大的部分,即消费。老龄化会减少适龄劳动力数量,进而影响居民部门内部家庭总收入水平,造成家庭总消费水平下滑,此时居民部门消费的边际效用提升,居民因社会保障支出比

例提高而增加的福利水平也相应提升(MU_{TR} 右移),收入下降使家庭更加依赖政府支出以增加消费,这将促使政策制定者进一步提升社会保障支出比例。同时,老龄化还会减少生产带来的污染排放,使居民因环境治理支出比例提高而增加的福利水平下降(MU_{TE} 右移)。上述影响随着老龄化水平的提升而逐渐加强,最终使得各项社会保障支出强度随老龄化水平的提升而逐渐递增,而环境治理强度则呈现递减趋势。

那么,为什么上述调整后会出现产出与环境质量的双下滑趋势?本文通过求解 Y 对 γ 的偏导数,可以观察老龄化水平提升对总产出的影响:

$$\frac{\partial Y}{\partial \gamma} = \underbrace{\frac{\partial A(1 - \gamma + m)}{\partial \gamma}}_{-} + \underbrace{\Psi \frac{\partial \mu}{\partial \gamma}}_{+} \quad (13)$$

式(13)意味着,在综合考量老龄化对适龄劳动力以及生产效率损失的多重作用后,老龄化对总产出的影响方向是不明晰的:一方面,适龄劳动力的减少抑制了经济增长,该作用集中体现于式(13)的第一项;另一方面,老龄化引致了环境治理支出比例的下降,这在一定程度上缓解了环境治理对企业生产效率的负面影响,促进了经济增长,该作用主要体现在式(13)的第二项。虽然无法给出式(13)的具体符号方向,但式(13)反映出,当政府面临老龄化为经济增长带来的客观下行压力时,具有主观上放松环境治理的政策取向,这也体现了政策制定中的取舍。

式(14)为环境质量 E 对老龄化水平 γ 的偏导,具体作用方向依然不明确,主要包括三个部分。式(14)右侧的第一项中,由于 $\zeta > \zeta^m \geq (1 - \mu)\tau$,且产出水平减少会随之带来污染排放的下降,进而从客观上提高环境质量,因此,第一项的符号为正,体现了老龄化对产出的抑制作用;第二项中,体现了环境治理力度减弱对产出的释放作用,以及由此带来的环境质量变化,故符号为负;第三项中, $\frac{\partial \mu}{\partial \gamma}$ 为老龄化水平提高对环境治理支出比例的负向作用, $\tau(A(1 - \gamma + m) - \Psi(1 - \mu))$ 为总额,两项相乘体现了老龄化对环境治理支出数额的抑制作用,故第三项符号为负。

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial \gamma} = & \underbrace{[-\zeta + (1 - \mu)\tau]}_{+} \left[\underbrace{\frac{\partial A(1 - \gamma + m)}{\partial \gamma}}_{-} \right] + \underbrace{[-\zeta + (1 - \mu)\tau]}_{-} \underbrace{\Psi \frac{\partial \mu}{\partial \gamma}}_{+} \\ & + \underbrace{\left\{ -\frac{\partial \mu}{\partial \gamma} \tau [A(1 - \gamma + m) - \Psi(1 - \mu)] \right\}}_{-} \end{aligned} \quad (14)$$

虽然理论上无法明确给出式(13)与式(14)的符号,但通过数值模拟方式可以初步判断老龄化水平提升对经济增长以及环境质量的作用方向,详细的参数取值为 $\gamma_1 = 0.126$ 、 $\gamma_2 = 0.3$ 、 $\Psi = 0.5$ 、 $\tau = 0.25$ 、 $\zeta = 0.3$ 、 $\phi = 0.35$ 、 $E_0 = 5$ 、 $A = 10$,模拟结果见图3。

图3的数值模拟结果显示,当老年抚养比由12.6%提升至30%时,在居民福利最大化的前提下,总产出将由初期的8.50下降至6.90,环境质量由初期的2.30下降至1.98,说明老龄化进程的加剧将同时降低产出水平与环境质量。由理论分析可以看出,经济增长与环境质量的变动在很大程度上受政府税额分配的影响,而环境质量的下降也主要由政府对环境治理支出的“过度减少”造成的。为此,本文进行固定税额分配比例的反事实检验,将税额分配比例固定为初期的0.55,当老年抚养比由12.6%提高至30%时,总产出将由初期的8.50降低至6.77,降幅高于最优税额分配情况(从8.50下降至6.90),环境质量由初期2.30增加至2.62,与最优税额分配下环境质量变动方向相反(从2.30下降至1.98)。事实上,图2所展示的 MU_{TR} 与 MU_{TE} 随老龄化进程而变动的情况在一定程度上也预示了环境质量的下降趋势。如果将 MU_{TE} 因老龄化水平提升而产生的右移,视作环境治理支

出比例对于老年人口增加所产生的“正常负向响应”,那么结合 MU_{TR} 因老龄化水平提升而同步产生的右移,本文发现实际环境治理支出比例的下降幅度总是高于“正常响应”,于是便导致了环境质量的恶化。

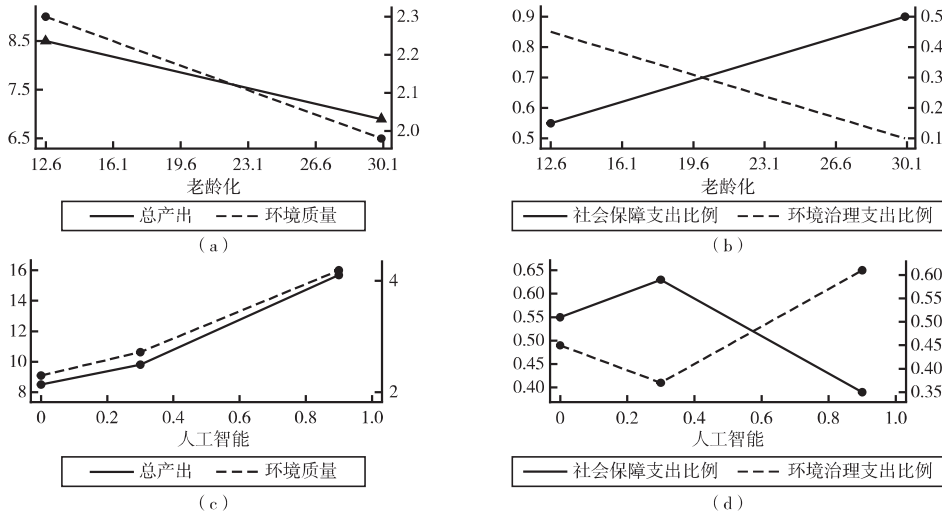


图3 老龄化与人工智能影响产出与环境质量的数值模拟

3. 人工智能与社会保障和环境治理的协同推进

通过静态模型可知, MU_{TR} 是人工智能设施投入数量 m 的减函数, MU_{TE} 为 m 的增函数。^①事实上,人工智能技术发展可以被视作为一种“逆老龄化”技术,即弥补适龄劳动力水平的不足,促使各项政策指标沿着老龄化所带来的趋势反方向回溯,从图形看就是 MU_{TR} 与 MU_{TE} 的左移(见图2(c))。值得注意的是,如果人工智能技术的作用仅仅是促使各项财政支出比例回到初始状态,则可能使社会保障支出比例显得不足。不过,由于人工智能生产具有绿色化作用,这就使得政府在提升社会保障支出比例的同时,还可以降低环境治理支出比例,以保证居民的消费与环境质量需求。综合比较 MU_{TR} 与 MU_{TE} 对老龄化程度 γ 与人工智能设备投入数量 m 的偏导表达式,可以看出:

$$\frac{\partial MU_{TR}}{\partial \gamma} = -\frac{\partial MU_{TR}}{\partial m}, \quad -\frac{\partial MU_{TE}}{\partial \gamma} > \frac{\partial MU_{TE}}{\partial m} \quad (15)$$

由式(15)可以得出:

$$\frac{\partial \mu(\gamma, m)}{\partial m} < 0, \quad \left| \frac{\partial \mu(\gamma, m)}{\partial \gamma} \right| > \left| \frac{\partial \mu(\gamma, m)}{\partial m} \right| \quad (16)$$

式(15)、式(16)意味着人工智能设备投入数量 m 增加后, MU_{TE} 的左移速度低于 MU_{TR} 的左移速度。同时,人工智能设备投入数量 m 提升引起的 μ 下降速度低于老龄化程度 γ 提升引起的 μ 的提高速度,因此,人工智能初期发展依然会使转移支付比例大幅增加(见图2(c))。在人工智能发展初期,居民需要获得转移支付以提升福利水平,政府可以大幅度提高转移支付比例,这并不会牺牲环境质量。当人工智能持续发展,充分弥补适龄劳动力损失的影响后,居民收入与消费水平大幅增加,此时污染存量就会降低环境质量,从而负向影响居民福利, MU_{TE} 与 MU_{TR} 同时移动至初始位置的

^① 详细的单调性证明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

左侧(见图2(d))。政策制定者需要提高环境治理支出比例,改善环境质量,提升居民福利水平。因此,人工智能与社会保障支出比例之间的关系呈“倒U型”,与环境治理支出比例之间的关系呈“U型”。为充分验证该结论,本文对人工智能、社会保障支出比例与环境治理支出比例之间的关系进行了数值模拟(见图3)。数值模拟结果发现,在人工智能发展的初始阶段,政策制定者会提升社会保障支出比例,降低环境治理支出比例,但环境质量依然呈现出改善趋势。但当 m 提升至0.9时,产出水平已至高位($Y=15.69$),这已经能够较大程度地满足居民消费需求,但同样会带来更多污染,污染排放量逐步呈现上升趋势(由3.17上升至3.20),就需要加大环境治理的力度,提高环境治理支出比例。因此,在 $m=0.9$ 的情况下,环境治理支出比例高于初始状态,这保证了环境治理与社会保障的协同推进,也实现了经济政策与非经济政策的一致性。

为验证静态模型的稳健性,保证结论的严谨性,本文将静态模型拓展成动态模型。

四、动态模型

1. 居民

沿用基准模型设定,假设经济体中家庭数目为1, t 时期年轻人占比为 $1 - \gamma_t$,老年人占比为 γ_t , γ_t 越高意味着经济中老年人数量越多,老龄化程度越高。效用函数设定同式(1),即:

$$u^i(C_t^i, E_t) = \log C_t^i + \phi \log E_t \quad (17)$$

由于考虑资本投入以及人工智能发展,因此,预算约束式(2)拓展为如下形式:

$$\begin{aligned} income_t^y &= (1 - \tau^l - \omega - \tau^m)w_t(1 - \gamma_t) + (1 - \tau^k - \tau^m)r_t K_t \\ income_t^o &= \Psi w_t \gamma_t + TR_t^o = [\omega w_t(1 - \gamma_t) + TR_t^o] + TR_t^o \end{aligned} \quad (18)$$

年轻人通过提供劳动获取工资收入 w_t ,通过投资形成资本 K_t ,并获取资本收入 $r_t K_t$,同时缴纳工资与投资收入所得税,税率分别为 τ^l 与 τ^k 。假设经济体采用“现收现付制”模式收发养老金,养老金缴纳率为 ω 。年轻人的养老金缴纳 $\omega w_t(1 - \gamma_t)$ 与财政的养老金支出 TR_t^o 形成养老金总额 $\Psi w_t \gamma_t$,成为老年人收入的主要组成部分,其中, Ψ 为养老金替代率。此外,政府还需要投入其他适老化投资(例如,助老设施建设、医疗服务资金支持等),构成政府的适老化投资 TR_t^o 。为实现人工智能发展,政府以税率 τ^m 进行税额征收,并以专项的形式用于新型基础设施建设投资^①,该类基础设施是发展人工智能的物质基础。本文借鉴Aghion et al.(2017)的假设,认为每一期年轻人以固定储蓄率 s 进行储蓄。由于假设经济体是封闭的,故居民储蓄等于其投资水平,即 $I_t = s \times income_t^y$ 。

家庭通过选择 C_t^y 和 C_t^o 最大化其家庭总效用,即:

$$\begin{aligned} \max_{C_t^y, C_t^o} \quad & \sum_{i=1}^{\infty} \beta^i [(1 - \gamma_t)u^y(C_t^y, E) + \gamma_t u^o(C_t^o, E)] \\ \text{s.t.} \quad & C_t^y + C_t^o = [(1 - s)income_t^y] + income_t^o \end{aligned} \quad (19)$$

其中, β 为贴现率,通过求解上述优化问题,可得 t 时期年轻人与老年人的消费水平分别为 $C_t^y = (1 - \gamma_t)[(1 - s)income_t^y + income_t^o]$ 与 $C_t^o = \gamma_t[(1 - s)income_t^y + income_t^o]$ 。

2. 企业

现有文献将人工智能纳入经济分析的方式主要有两种:一种是“任务式”引入(Acemoglu and

① “智能化”建设需要政府直接进行新型基础设施的投资,原因在于大型通信基站、大型数据存储中心、卫星网络等新型基础设施建设需要大量资金与人员投入,且新基建的通用技术特点也要求政府成为其主要建设主体。

Restrepo, 2018),即在生产过程中考虑资本对劳动的替代,当可由资本参与运作的任务增多时,生产网络的智能化随之提高;另一种是“智能资本”方式引入(Zhang et al., 2022),即考虑一类特殊资本,无需人工辅助即可进行自动生产与积累,甚至可以代替劳动与传统资本实现生产过程。不可忽视的是,随着人工智能技术的快速发展,人工智能将从基础的自动化替代劳动力生产过渡到高级的智能化生产,这种在时间上所存在的必然发展趋势使得模型中需要同时考虑两类人工智能。^①为便于区分,本文将相对初级的人工智能表述为“自动化”,将更为高级的人工智能表述为“智能化”。

基于上述分析,给定企业生产函数为:

$$Y_t = (\kappa(Y_t^m)^\xi + (1 - \kappa)(Y_t^c)^\xi)^{1/\xi} \quad (20)$$

其中,总产出 Y_t 由智能化生产所产生的增加值 Y_t^m 与传统生产所产生的增加值 Y_t^c 复合而成, κ 与 ξ 为常数, $1/(1 - \xi)$ 衡量智能化生产与传统生产的产出替代弹性。智能化生产的生产函数为:

$$Y_t^m = A_t^m M_t = (D_t)^\lambda M_t \quad (21)$$

其中,新型基础设施存量 M_t 为企业可供进行大数据运算的物质基础, A_t^m 则为新型基础设施的全要素生产率。类似于现有生成式人工智能模型,数据量是设施运转与提升算法等级的必要投入要素,因此, A_t^m 由数据量 D_t 决定,用于衡量数据算法等软实力, λ 为数据对智能化生产全要素生产率的贡献度。由于无论是传统生产还是智能化生产,均可以提供数据量,且数据几乎不存在折旧问题,因此,数据的动态积累方程为:

$$D_{t+1} = \iota Y_t + D_t \quad (22)$$

传统生产方式产生的增加值 Y_t^c 具体形式为:

$$Y_t^c = (1 - d(TE_t)) A_t^c \left(\int_0^1 X_{it}^\rho di \right)^{1/\rho} \quad (23)$$

其中, Y_t^c 为传统生产方式所产生的增加值,由于智能化生产常伴随较低的污染排放,因此,受到强环境规制影响的部门主要为制造业,故本文仅在传统生产部门中考虑环境治理支出造成的效率损失 $d(TE_t)$ 。 A_t^c 为传统生产方式的全要素生产率水平, X_{it} 为第 i 种中间品的投入数量, ρ 为普通参数, $1/(1 - \rho)$ 衡量了资本与劳动的替代弹性。具体地,将 X_{it} 设定为: $X_{it} = \begin{cases} K_{it}, & \text{实现自动化} \\ L_{it}, & \text{未实现自动化} \end{cases}$ 。假设生产过程中可自动化的任务份额为 a_t , 不可自动化的任务份额为 $(1 - a_t)$, 令 $K_{it} = K_t/a_t$, $L_{it} = L_t/(1 - a_t)$, 则式(23)可进一步拓展为:

$$Y_t^c = (1 - d(TE_t)) A_t^c (a_t^{1-\rho} K_t^\rho + (1 - a_t)^{1-\rho} L_t^\rho)^{1/\rho} \quad (24)$$

求解企业部门的利润最大化问题,可得利率 r_t 、工资率 w_t 以及新型基础设施使用价格 p_t^m 的决定式:

$$w_t = (1 - a_t)^{1-\rho} (1 - \kappa) ((1 - d(TE_t)) A_t^c)^\rho Y_t^{1-\xi} (Y_t^c)^{\xi-\rho} L_t^{\rho-1} \quad (25)$$

$$r_t = (a_t)^{1-\rho} (1 - \kappa) ((1 - d(TE_t)) A_t^c)^\rho Y_t^{1-\xi} (Y_t^c)^{\xi-\rho} K_t^{\rho-1} \quad (26)$$

$$p_t^m = \kappa Y_t^{1-\xi} ((D_t)^\lambda)^\xi (M_t)^{\xi-1} \quad (27)$$

3. 政府

沿用基准模型的设定方式,认为政府同时承担社会保障与环境治理两项职能,财政收入来自年轻人缴纳的收入所得税,同时由于本文依据已有文献将新型基础设施投资主体设定为政府部门,因此,其运行收益在本模型框架内将由政府所有(杜雯翠和毛赢, 2023),则政府的平衡预算方程为:

$$TR_t + TE_t = \tau^l w_t (1 - \gamma_t) + \tau^k r_t K_t + p_t^m M_t \quad (28)$$

^① 感谢匿名评审专家的建议。

其中, $TR_t = TR_t^o + TR_t^p$ 为社会保障支出总额, 可分为适老化投资支出与养老金支出。同时, 政府需承担养老金的收发工作, 并通过养老金支出弥补养老金缺口:

$$\Psi w_t(1 - \gamma_t) = \omega w_t(1 - \gamma_t) + TR_t^o \quad (29)$$

现有研究多数没有考虑新型基础设施的建设主体, 本文认为这类基础设施同样具有传统基础设施的运作属性, 因此, 假设政府是新型基础设施的建设主体:

$$M_{t+1} = I_t^m + (1 - \delta^M)M_t \quad (30)$$

其中, $I_t^m = \tau^m(w_t(1 - \gamma_t) + r_t K_t)$ 为新型基础设施投资额, δ^M 为新型基础设施的折旧率。

与基准模型设定一致, 本文认为政府用于社会保障支出与适老化建设的税收比例为 μ_t , 用于环境治理支出的比例为 $1 - \mu_t$, 即:

$$TE_t = (1 - \mu_t)(\tau^L w_t(1 - \gamma_t) + \tau^K r_t K_t + p_t^m M_t) \quad (31)$$

4. 环境质量

借鉴严成樑等(2016)采用类柯布一道格拉斯函数刻画污染排放方程的方法, 并在其基础上进一步引入人工智能对污染排放的作用。由于智能化生产所带来的污染排放少于传统生产所带来的污染排放, 因此, 默认智能化生产污染排放同静态模型中的 ζ^m , 并同时关注自动化对传统生产方式污染排放的抑制作用。给出如下污染排放方程^①:

$$EM_t = f(Y_t^c, a_t) + \zeta^m Y_t^m = (Y_t^c)^{\sigma} a_t^{-\sigma} + \zeta^m Y_t^m \quad (32)$$

其中, EM_t 为污染排放水平, ω 为产出对污染排放的外生弹性, 则污染存量的运动方程为:

$$P_{t+1} = EM_t + (1 - v)P_t \quad (33)$$

其中, P_t 为污染的存量水平, v 为环境自净能力, v 越高, 上一期污染存量对当期环境质量的影响越小。这样的污染排放设定方式可以保证即使所有的任务均实现自动化与智能化, 生产过程依然会带来污染排放。

沿用式(5)的设定, 最终环境质量 E_t 为初始环境质量 E_0 减去污染存量 (P_t) 带来的损失, 并加入政府环境治理支出 (TE_t) 对环境的修复, 环境质量的运动方程为:

$$E_t = E_0 - P_t + TE_t \quad (34)$$

5. 均衡与最优税额分配的求解

居民部门总投资 I_t 将用于资本积累:

$$K_{t+1} = I_t + (1 - \delta)K_t \quad (35)$$

产品与劳动市场的出清条件为:

$$Y_t = C_t^c + C_t^y + I_t + TE_t \quad (36)$$

$$L_t = 1 - \gamma_t \quad (37)$$

结合求解出的利率 r_t 、工资率 w_t 与均衡总产量水平 Y_t , 可解得均衡时政府社会保障支出与环境治理支出水平, 由于两者均为税额分配比例的函数, 因此, 消费与环境质量均为税额分配比例的函数, 故均衡时社会福利水平也是税额分配比例的函数。同式(9)处理方式, 最优税额分配比例由居民福利最大化解出:

$$\max_{\mu_t} U(\mu_t) = \max_{\mu_t} \left\{ (1 - \gamma_t) u^y(C_t^y(\mu_t), E_t(\mu_t)) + \gamma_t u^o(C_t^o(\mu_t), E_t(\mu_t)) \right\} \quad (38)$$

① 需要特别说明的是, 式(32)的假设意味随着生产过程自动化水平的提升, 每单位产出所带来的污染排放(即污染排放强度)将会减少(盛丹和卜文超, 2022; 韩超和李鑫平, 2023)。

五、数值模拟

1. 参数校准

本文需要校准的参数包括 $\{\phi, \tau^l, \tau^k, \omega, s, s^m, A^m, \xi, \kappa, \rho, \varpi, v, \delta, \delta^m, E_0, A^l\}$ 。具体说明如下:①居民对环境质量的偏好程度(ϕ)。范庆泉和张同斌(2018)以中国资本产出比等经济结构指标为基准模型进行估计,得出该参数取值为0.5。刘凤良和吕志华(2009)将居民对于环境质量的偏好程度设定为0.08。本文取其中间数值,赋值 $\phi = 0.35$ 。②工资收入所得税税率(τ^l)。采用与经验事实部分相同的数据区间,本文计算了2007—2018年中国个人所得税收与GDP的比值,得出结果为14.65%—32.09%,将25%作为工资收入所得税税率的取值。③资本收入所得税(τ^k)。遵循目前中国企业所得税率设定基准,赋值 $\tau^k = 25\%$ 。④养老金缴纳费率(ω)。依据现有法规,取 $\omega = 8\%$ 。⑤储蓄率(s)。依据尹志超和张诚(2019)的测算,中国居民储蓄率范围为13.48%—39.04%,本文取其中间数值 $s = 20\%$ 。⑥新型基础设施投资率(s^m)以及智能化生产部门全要素生产率(A^m)。目前缺乏权威文献以及准确的经验数据对新型基础设施投资率进行校准,本文取 $s^m = 5\%$ 。为更为具体地分析智能化对经济内各内生变量的影响,标准化 $A^m=1$,从而将对智能化的分析锁定至随时间变动的新型基础设施存量 M 上。⑦常数 κ 与 ξ 。目前缺乏权威参数衡量智能化与传统部门的产出替代弹性 $1/(1 - \xi)$,因此,赋值 $\kappa = 0.4, \xi=0.5$ 。⑧传统生产部门要素替代弹性相关常数(ρ)。袁礼和欧阳峤(2018)估算发现1950—2014年中国、巴西、埃及、伊朗等发展中国家的要素替代弹性介于0.965和1之间,借鉴陈彦斌等(2019)的处理方式,取中间值0.985作为资本与劳动替代弹性的取值,从而得出 $\rho = -0.015$ 。⑨产出对污染排放的外生弹性(ϖ)和环境自净能力(v)。参考陈素梅和何凌云(2017)的做法,分别设定 $\varpi = 0.3, v = 1$ 。⑩传统资本折旧率(δ)与新型基础设施折旧率(δ^m)。依据严成樑(2012)的做法,赋值 $\delta = 1$,即资本在每一期完全折旧。为简化分析,模型单位化资本存量初值 $K = 1$ 。由于新型基础的特殊性,本文认为其完全不参与折旧过程,取 $\delta^m = 0$ 。⑪初始环境质量(E_0)。取 $E_0 = 10$,以保证动态路径上的每一期环境质量水平为正,且不会出现污染排放几倍于初始环境质量的极端情况。遵循现有文献的常规设定,本文认为环境治理支出造成的效率损失为 $d(TE_t) = 0.332TE_t^2$ 。⑫全要素生产率(A^l)。依据严成樑(2016)、景鹏和郑伟(2020)的做法,取 $A^l = 15$,以确保均衡时的产出水平不会过低。最后,取 $\iota = 0.01, \lambda = 0.3$ 。假设模型内的老龄化水平随时间呈线性变动,即 $\gamma_t = \gamma_0 + \beta_\gamma \times t$,其中, γ_0 为老年人口初始占比, β_γ 为老龄化程度随时间变动的速度。为使模型变动最大程度拟合经验事实^①,得出 $\beta_\gamma = 0.0029$ 。现有研究对于自动化随时间的演化路径尚未形成共识(陈彦斌等,2019),为简化分析,本文假设自动化水平随时间呈线性变动,即 $a_t = a_0 + \beta_a \times t$ 。Acemoglu and Restrepo(2021)的研究表明,老龄化进程将会导致工业自动化的发展,为刻画人工智能与老龄化的联动效应,令 $\beta_a > 0$ 。其中, a_0 为自动化初始程度, β_a 为自动化程度随时间变动的速度,为使模型变动最大程度拟合经验事实,校准得到 $\beta_a = 0.02$ 。

2. 老龄化变动的经济影响

在模拟过程中,将智能化与自动化水平固定不变,单独分析老龄化水平提高对最优税额分配比

① 动态模型对现实数据的拟合程度的检验参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

例、总产出以及环境质量的影响。^①图4汇报了只有老龄化水平变动的模拟结果,模型由稳态起始,老年人口比例从第0期开始上升,实线为老龄化水平始终不变的稳态情况,虚线为老龄化水平逐渐升高的基准情况。

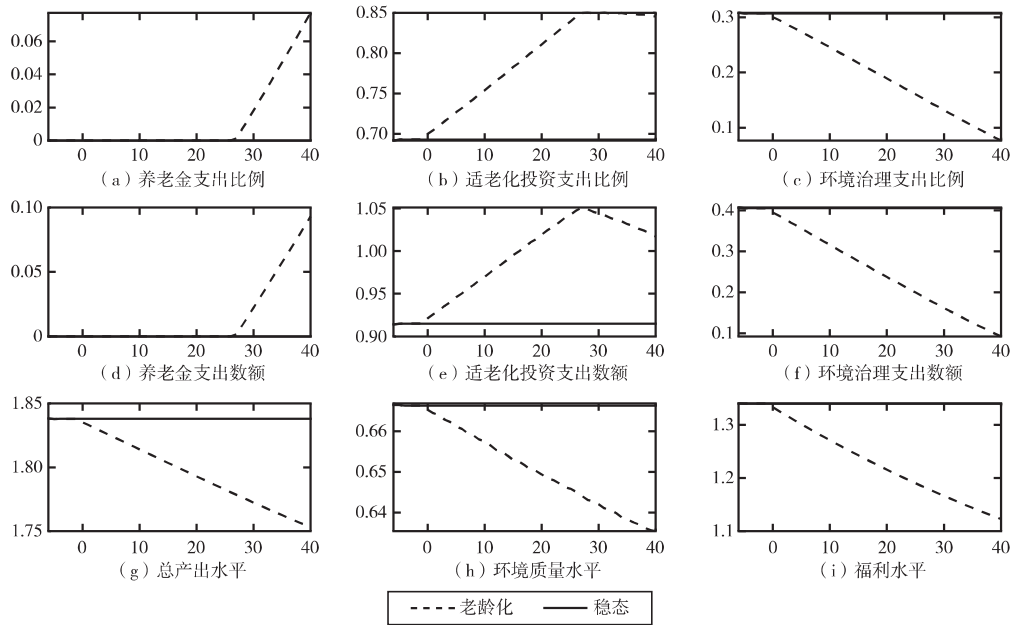


图4 老龄化与模型内各内生变量变动情况

由图4可以看出,模型在前26期内,年轻人的养老金缴纳均可以覆盖老年人的养老金需求,因此,养老金支出比例与数额均为0。此时可以发现,即使不存在养老金这一“刚性兑付”的约束,相比较于稳态,环境治理支出比例与数额依然呈现出“负向响应”,适老化投资支出比例与数额呈现出“正向响应”,即税收总额的分配呈现出明确的适老化支出偏向趋势,这与经验事实和静态模型的结论是一致的。在老龄化水平逐渐提高的情况下,政府会在一定程度上降低环境治理强度,尽量保证社会保障(包括养老金与适老化投资支出)等高度影响居民消费的财政支出部分。模型演进至第26期后,老年人的增加使年轻人的养老金缴纳已无法覆盖养老金需求,由于其“刚性兑付”特性,此时适老化投资支出的比例与数额呈现下降趋势,但总体依然高于稳态情形。由此可以看出,在老龄化背景下,各项支出具有明确的执行优先级,养老金优先于适老化投资支出,适老化投资支出优先于环境治理支出。这与经验事实所呈现的趋势高度吻合,即老龄化使社会保障与环境治理职能无法同时实现,政府将在一定程度上放松环境治理,即使面临老龄化水平的不断上升,政策依然不会自我调整。

同时,可以看出,即使放松环境治理减缓了规制造成的企业生产效率损失,总产出水平依然呈现出了下降趋势,老龄化对于生产过程的负向作用(见式(13)中的第一项)大于放松环境治理对于生产效率的改进(见式(13)中的第二项),使式(13)最终取负值。同时,借助数值模拟,式(14)中环境质量关于老龄化的模糊作用方向得以明确:即使产出水平下降对环境质量具有潜在提升作用(见

^① 数值模拟的敏感性检验参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

式(14)中的第一项),但政策偏向以及支出税额减少(见式(14)中的第二项和第三项)对环境质量的负向作用最终占据主导,使式(14)取值为负。可见,政策调整仅仅是确保了社会保障职能的充分履行,老龄化使得经济出现产出与环境质量的双下降,福利水平在长期内受到损害。

3. 自动化与社会保障和环境治理的协同推进

为分析人工智能发展在老龄化背景下对社会保障和环境治理的协同推进效果,在维持老龄化水平上升趋势的前提下,逐步引入自动化以及智能化进程,相关结果见图5。由于自动化更易于实现,因此,其出现时间相对较早,为描述两类人工智能出现时序上的先后,在模拟过程中分别考虑了仅发展自动化(新型基础设施未建设)以及自动化与智能化同步发展(新型基础设施建设)的情况,前者为图5中的虚线,后者为图5中的实线,其余变量分布同图4。

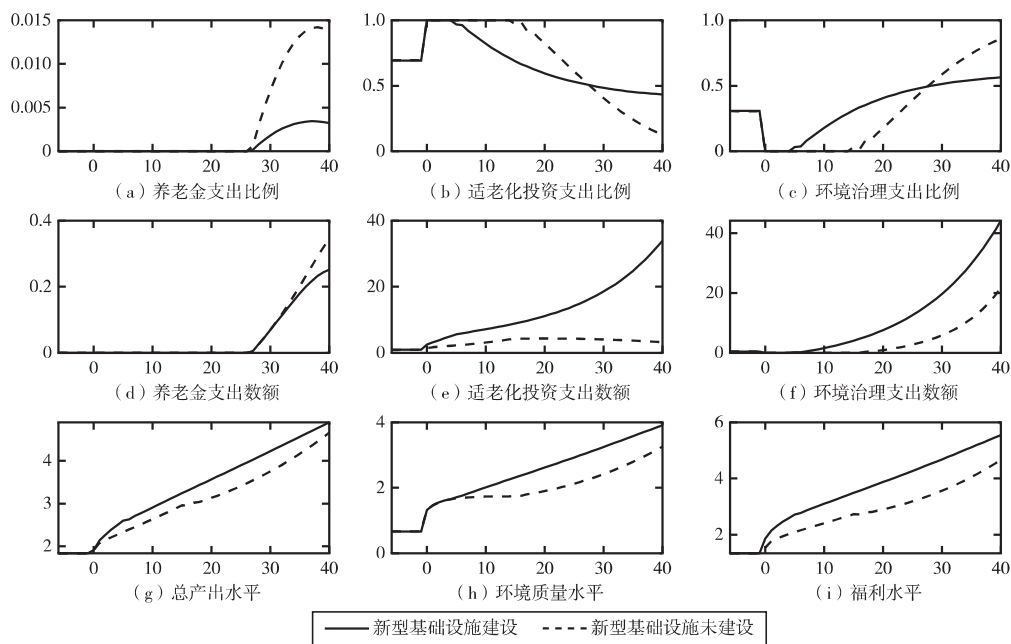


图5 人工智能、老龄化变动与模型各内生变量

当只存在自动化、不存在智能化时,模型被划分为两个阶段。第一阶段引入自动化,在该阶段中,社会保障、经济增长与环境质量实现了同步推进,与静态模型引入人工智能后得出的结论一致。由于自动化发展使生产过程所需的劳动力数量下降,因此,老龄化对经济增长带来的负向作用得以完全抵消,而自动化对社会保障与环境治理职能的作用机制相对更为复杂。^①通过观察最优税额分配比例的变化趋势可以看出,自动化发展在短期内使社会保障支出比例迅速提升至角点解1(由于养老金支出被年轻人的养老金缴纳覆盖,此时社会保障支出体现为适老化投资支出),当期的全部财政支出用于社会保障。同时,环境治理支出比例降至0,由于自动化具有绿色生产的特点,此时环境质量会出现小幅改善,并保持相对平稳的水平,从而提供了第0至17期的“绿色平台期”,在不损害环境质量的前提下降低了环境治理支出比例,最大程度地提升社会保障支出比例。

^① 本文基于居民效用分解视角对政策职能转换点进行了更为详细的讨论,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

当模型进入第二阶段后,养老金支出比例逐渐上升,适老化投资支出比例不断下降,而环境治理支出比例则呈上升趋势。自动化导致了总产出与社会保障支出的长期增长,使居民的物质需求得到更大满足,因此,政策只需要最大程度保证养老金收支平衡即可。同时,即使自动化使生产过程更为清洁,但正如静态模型所展示的,由于人工智能生产方式需要耗费大量电力资源,也会通过长期累积导致环境质量恶化。与此同时,人工智能带来了长期经济增长,将社会保障支出比例提高至一个较高水平,这使得政策可以适当放松社会保障支出比例,转而提升环境治理支出比例,以优化环境质量。从数值模拟的结果看,这表现为长期中社会保障比例的下降伴随着环境治理支出比例的提高。政策制定者对于社会保障与环境治理执行侧重点的动态调整,是通过人工智能发展协同推进社会保障和环境治理、长期提升居民福利水平的关键因素,而政策得以准确调整的重要前提是政府对居民偏好的准确把握。

4. 智能化与社会保障和环境治理的协同推进

图5(e)的模拟结果显示,长期内当政策制定者将侧重点转换至环境治理时,对社会保障支出比例的减少程度过大,以至于出现了社会保障支出(即养老金与适老化投资之和)绝对水平的下降。因此,在仅存在自动化的情况下,实际上是社会保障支出替代了环境治理支出,在长期转换为环境治理支出替代社会保障支出。虽然从产出、环境质量与福利水平的分析结果看,这种转换可以实现社会保障与环境治理的协同推进,但本文仍然希望长期政策保持相对平衡,保证社会保障支出与环境治理支出的同步提升,实现真正意义的协同推进。

结合图1可以看出,在经济增速较高的情况下,社会保障与环境治理的支出比例可以实现高度正相关。因此,本文认为政府需要进一步加强新基建建设,推进智能化发展,催生新产业、新业态,通过发掘新经济增长点的方式,实现真正意义上的社会保障与环境治理的协同推进。为此,本文模拟了自动化与智能化同步发展的情况,在考虑智能化后,模型的时期阶段划分与仅考虑自动化的情况类似。不同的是,转换点调整至第6期附近,这意味着自动化的影响总会先于智能化的影响,这与经济现实是一致的。在这种情况下,虽然社会保障与环境治理支出比例仍然分别呈现出“倒U型”与“U型”变动,但在长期,两类支出比例均向0.5的稳态收敛,实现了政策曲线的平衡。通过观察支出数额也可以发现,在发展“智能化”后,社会保障支出与环境治理支出在全时间段均呈现了明确的上升趋势,达到了真正意义的“协同推进”,这样的政策取向变动也使得产出、环境质量与福利水平达到了新的高度,甚至规避了环境质量稳定不变的平台期,始终呈现上升趋势。

因此,本文认为,虽然较为基础的“自动化”人工智能可以实现社会保障与环境治理的协同推进,以及产出与环境质量的双提升,但只有加快推进新型基础设施的投资建设,发展“智能化”,才有可能实现政策取向的相对平衡,达到真正意义的“协同推进”。^①

六、结论与启示

特殊的发展历程使中国在未步入发达国家前,便加速进入了老龄化社会。面对老年人日益旺盛的消费需求和逐渐提高的环境需求,政策组合将不可避免地在“未富先老”与“未富先治污”并行的条件下,尽力确保经济增长、社会保障与环境治理的并行推进。本文通过构建包含人工智能、老龄化、社会保障与环境治理支出的动态一般均衡模型,将税额分配内生,分析老龄化冲击下社会

^① 本文为人工智能与社会保障与环境治理之间“倒U型”与“U型”变动提供了初步的经验证据,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

保障与环境治理两项职能的关系,并进一步讨论人工智能对社会保障与环境治理职能协同推进的“政策正外部性”。主要研究结论为:①从历史数据看,目前中国各个地区尚未实现社会保障与环境治理的协同推进,这种影响进一步传导,出现了环境质量与产出水平的双下滑现象,最终损害社会福利。②即使在社会福利最大化的模型设定下,政策最优选择依旧是放松环境治理,最大程度地满足经济增长与社会保障的现实需求。③人工智能可以促进老龄化时代社会保障与环境治理的协同推进,且呈现出“自动化”与“智能化”发展的差异性。具体而言,在自动化发展初期,生产过程的清洁化使政府能够在不损害环境质量的前提下,适当放松环境治理职能,为大幅增加社会保障以及适老化政策支出提供“平台期”;而在自动化发展后期,社会保障支出的多期持续增加使得政策可以逐渐放松社会保障职能,加大环境治理支出,这种政府财政职能的时序重新分配实现了社会保障与环境保护的协同推进。对于“智能化”而言,其不仅可以在“自动化”的基础上实现社会保障与环境治理的协同推进,还可以实现政策取向的相对平衡,达到真正意义的协同推进,使得社会保障与环境治理支出随时间共同增长。

未来一段时间内,人口老龄化是基本国情,也是经济社会发展中各类政策制定的重要背景。日益增长的社会保障支出对财政收支平稳性提出了挑战,与此同时,在2060年前实现碳中和,最终实现建设美丽中国的美好愿景是中国要实现的又一重大目标。如何在老龄化背景下实现经济增长、社会保障与环境保护的协同推进,不仅回答了如何应对老龄化问题,也回答了如何在老龄化背景下实现高质量发展的问題,更是保证宏观政策一致性的重要内核。

基于模型分析结果,本文提出如下政策启示:①在老龄化背景下保证宏观经济政策与非经济政策的一致性。人口老龄化是中国长期面临的确定性挑战,并正在进入加速深化期。可以预见在未来较长时期内,老龄化不仅会产生减少劳动供给等直接负面影响,还会由于日益增加的社会保障支出影响其他经济政策与非经济政策的作用效果和传导效率。因此,政府不仅需要研判老龄化带来的各种经济社会问题,还应将老龄化作为宏观经济政策与非经济政策制定的前置条件,在人口老龄化不断推进的前提下平衡不同政策的实施时间和力度,充分利用人口老龄化带来的时间窗口,通过政策侧重点的调整避免政策目标冲突,实现经济政策与非经济政策的一致性。②关注人口老龄化与环境治理的关系,以人口老龄化程度为依据,制定差异化的环境监管政策。老龄化在对经济增长、社会保障带来压力的同时,还会对环境治理强度形成负向效应,损害社会福利。因此,在分析老龄化带来的各项经济后果时不能忽略其带来的非经济后果,对于人口老龄化程度较高的地区,应科学预判老龄化对环境政策有效性的影响,有差别地制定、推进环境经济政策,既要充分利用老龄化对环境污染的缓解作用,还要尽量避免老龄化对环境治理支出的挤出效应。③大力发展人工智能以解决老龄化带来的各项经济与非经济问题。本文研究发现,人工智能发展不仅可以带来经济发展的新动力、产业结构优化转型的新效益,还能平衡政策制定者对于社会保障与环境治理两类政策之间的抉择,增加政策执行的灵活性,使居民既能在短期通过各项转移支付满足消费需求,更能在长期享有绿色宜居生活环境带来的福利提升。因此,应充分鼓励各地大力发展人工智能,最大程度释放技术进步带来的“正外部性”。同时,对人工智能可能产生的失业与收入分配不公等问题,需提前予以重视和应对。④科学预判环境治理与社会保障两个政策侧重点时序变化的转折点,实现政策时序的精准切换。本文研究发现,不同地区、城市人口老龄化进程和公众对环境质量的需求存在差异,这些差异都会影响政策侧重点时序变化的转折点。因此,为保证经济政策与非经济政策的一致性,政府应动态研判不同区域的人口老龄化进程,通过调研等方法了解公众环境质量需求,采取差异化、精准化的政策与措施,实现经济增长、社会保障与环境保护的协同共进。

〔参考文献〕

- [1]陈诗一,张建鹏,刘朝良.环境规制、融资约束与企业污染减排——来自排污费标准调整的证据[J].金融研究,2021,(9):51-71.
- [2]陈素梅,何凌云.环境、健康与经济增长:最优能源税收入分配研究[J].经济研究,2017,(4):120-134.
- [3]陈彦斌,林晨,陈小亮.人工智能、老龄化与经济增长[J].经济研究,2019,(7):47-63.
- [4]杜雯翠,毛赢.互联网使用是否降低了生育意愿——来自代际交叠模型的证明[J].南开经济研究,2023,(1):171-188.
- [5]范庆泉,张同斌.中国经济增长路径上的环境规制政策与污染治理机制研究[J].世界经济,2018,(8):171-192.
- [6]韩超,李鑫平.在自动化中推动企业绿色转型:技术进步与产品重构效应[J].数量经济技术经济研究,2023,(4):72-93.
- [7]金碚.工业的使命和价值——中国产业转型升级的理论逻辑[J].中国工业经济,2014,(9):51-64.
- [8]景鹏,郑伟.预期寿命延长、延迟退休与经济增长[J].财贸经济,2020,(2):39-53.
- [9]李时宇,冯俊新.老龄化对中国政府资产负债表影响及政策空间比较分析[J].经济学动态,2014,(1):73-81.
- [10]刘凤良,吕志华.经济增长框架下的最优环境税及其配套政策研究——基于中国数据的模拟运算[J].管理世界,2009,(6):40-51.
- [11]刘穷志,何奇.人口老龄化、经济增长与财政政策[J].经济学(季刊),2013,(1):119-134.
- [12]刘学良.中国养老保险的收支缺口和可持续性研究[J].中国工业经济,2014,(9):25-37.
- [13]盛丹,卜文超.机器人使用与中国企业的污染排放[J].数量经济技术经济研究,2022,(9):157-176.
- [14]王杰,刘斌.环境规制与企业全要素生产率——基于中国工业企业数据的经验分析[J].中国工业经济,2014,(3):44-56.
- [15]王玉泽,罗能生.空气污染、健康折旧与医疗成本——基于生理、心理及社会适应能力三重视角的研究[J].经济研究,2020,(12):80-97.
- [16]严成樑.社会资本、创新与长期经济增长[J].经济研究,2012,(11):48-60.
- [17]严成樑,李涛,兰伟.金融发展、创新与二氧化碳排放[J].金融研究,2016,(1):14-30.
- [18]颜色,郭凯明,段雪琴.老龄化、消费结构与服务业发展[J].金融研究,2021,(2):20-37.
- [19]尹志超,张诚.女性劳动参与对家庭储蓄率的影响[J].经济研究,2019,(4):165-181.
- [20]袁礼,欧阳晓.发展中大国提升全要素生产率的关键[J].中国工业经济,2018,(6):43-61.
- [21]周祝平,刘海斌.人口老龄化对劳动力参与率的影响[J].人口研究,2016,(3):58-70.
- [22]Acemoglu, D., and P. Restrepo. The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment[J]. American Economic Review, 2018, 108(6):1488-1542.
- [23]Acemoglu, D., and P. Restrepo. Demographics and Automation[J]. Review of Economic Studies, 2021, 89(1):1-44.
- [24]Aghion, P., B. F. Jones, and C. I. Jones. Artificial Intelligence and Economic Growth[R]. NBER Working Paper, 2017.
- [25]Cesur, R., E. Tekin, and A. Ulker. Can Natural Gas Save Lives? Evidence from the Deployment of a Fuel Delivery System in a Developing Country[J]. Journal of Health Economics, 2018, 13(5):420-427.
- [26]Chay, K. Y., and G. Michael. The Impact of Air Pollution on Infant Mortality: Evidence from Geographic Variation in Pollution Shocks Induced by a Recession[J]. Quarterly Journal of Economics, 2003, 113(3):1121-1167.
- [27]Gonzalez-Eiras, M., and D. Niepelt. Ageing, Government Budgets, Retirement, and Growth[J]. European Economic Review, 2012, 56(1):97-115.
- [28]Zhang, X., T. Palivos, and X. Liu. Aging and Automation in Economies with Search Frictions[J]. Journal of Population Economics, 2022, 35(2): 621-642.

Research on Collaborative Promotion of Environmental Protection and Social Security in the Context of Artificial Intelligence

DU Wen-cui, MAO Ying

(School of Economics, Capital University of Economics and Business)

Abstract: The superposition of the effects of economic policies and non-economic policies may lead to the fallacy of synthesis, which deviates from the overall policy goal. The fallacy of synthesis of economic policies and non-economic policies in the context of aging stems from the coexistence of “getting old before getting rich” and “controlling pollution before getting rich” in China. Aging puts forward higher requirements for social security expenditures. With the advancement of the construction of beautiful China and the practical needs of the elderly, environmental governance expenditures need to be guaranteed. How to realize the coordinated promotion of environmental governance and social security through the development of artificial intelligence (AI) is the core issue of this paper.

Reviewing historical data, this paper finds that against the background of aging, social security, and environmental governance have not formed a coordinated promotion trend, and further transmission leads to a double decline in economic environmental quality and output, which damages social welfare. By establishing static and dynamic general equilibrium models, this paper explores the feasible path of developing AI to realize the collaborative promotion of social security and environmental governance. The static model analysis shows that even under the model scenario of maximizing social welfare, the optimal policy choice is still to relax the intensity of environmental governance to meet the real needs of economic growth and social security to the greatest extent. The dynamic model shows that AI can promote the coordinated promotion of social security and environmental governance in the aging era. Specifically, at the early stages of AI development, the cleaner production process enables policies to appropriately relax environmental governance functions without damaging environmental quality, providing a “green plateau” for a substantial increase in social security expenditures. In the later period of the development of AI, the multi-period continuous increase of social security expenditures enables the policy to gradually relax the social security function and increase the environmental governance expenditures.

The results of this study show that the development of AI can realize the coordinated promotion of social security and environmental governance in the aging era, and simultaneously improve output, environmental quality, and welfare level in the long run. This study believes that due to the heterogeneity of regional residents’ preferences, it is equally important to distinguish different regions, urban population aging process, and public heterogeneous demands for environmental quality, and to predict the turning point of the change in the sequence of policy priorities. The main innovation of this study is to simulate the dynamic path of tax allocation and propose to use the temporal reallocation of fiscal functions to solve the problem of collaborative promotion of social security and environmental governance from the structural perspective.

Keywords: artificial intelligence (AI); aging; positive externality of policy; dynamic general equilibrium model

JEL Classification: Q51 Q56 Q58

[责任编辑:李鹏]