

DOI: 10.19361/j.er.2022.06.06

人力资本结构与环境污染： 新结构经济学视角的理论初探

郑洁*

摘要：本文从新结构经济学“一个中心三个基本点”视角出发，对人力资本结构与环境污染的关系进行理论重构。理论分析认为：(1)人力资本结构对环境污染的影响在不同发展阶段存在不同，这种不同是由各发展阶段的内生结构差异导致的。换言之，随着经济发展，人力资本结构变迁的环境污染效应遵循环境库兹涅茨曲线机制。(2)在要素禀赋结构内生决定的最优生产结构状态下，人力资本结构的偏离会加剧污染排放强度，但对环境污染排放量的影响取决于“预算效应”和“替代效应”的方向和大小，而最终的总效应取决于不同发展阶段的最优生产结构。(3)在重工业赶超战略导致的扭曲生产结构状态下，人力资本结构的环境污染效应均大于最优生产结构状态下人力资本结构的环境污染效应。本文的分析不仅有利于拓展和丰富人力资本与环境污染关系的理论框架，而且对现阶段构建减污降碳的人才体系也具有一定的现实启示意义。

关键词：人力资本结构；环境污染；新结构经济学；新结构环境经济学；环境库兹涅茨曲线

中图分类号：F062.2；F240

一、引言

减污降碳是我国新发展阶段的重要议题，人力资本是我国新发展理念中创新维度的核心概念。关于人力资本与环境污染的关系，涉及两方面的研究，一方面是探讨环境污染对人力资本的影响，另一方面是关于人力资本对环境污染的影响研究。已有研究对环境污染所带来的后果在人力资本方面基本形成共识，认为环境污染会对人力资本带来不良影响，关于这一点无可争议，诸多研究从各维度验证了这一观点，提供了丰富的证据。例如，环境污染带来的“脑流失”（孙伟增等，2019；Hanlon，2020；Xue et al.，2021）、健康人力资本（Graff and Neidell，2012；Chen et al.，2013；祁毓等，2014）等问题。然而，关于人力资本对环境污染的影响可能并非显而易见，尽管已有研究大多认为人力资本有利于减少环境污染（Wheeler and Pargal，1996；Cole et al.，2008；Lan et al.，2012；Mahmood et al.，2019；侯燕飞、陈仲常，2018；逯

* 郑洁，北京大学新结构经济学研究院，邮政编码：100871，电子信箱：jiezhen@nsd.pku.edu.cn。

本文得到中国博士后科学基金“环境保护、经济增长与发展战略：新结构经济学视角”（项目批准号：2020M670001）的资助。作者感谢林毅夫教授、付才辉副教授以及匿名评审专家的宝贵意见，文责自负。

进等,2019),但是人力资本一定有助于减少污染吗?如果真是如此,那么按此推理,人力资本岂不是越高越好?至少从经验直觉上可知,可能并非如此。为了更加全面理解人力资本与环境污染的关系,本文将研究主题聚焦于人力资本对环境污染的影响,探讨人力资本对环境污染的一般性作用规律。之所以更加关注这一方面,是因为即使已经认识到环境污染会带来一系列的不良影响,且这种不良影响是不同发展阶段经济体的共性,那么更为重要的是解决环境污染问题,而人力资本是理解环境污染的重要原因之一,且在这方面仍存争议。

本文基于新结构经济学“一个中心三个基本点”的视角,从新结构经济学的底层逻辑出发,重构人力资本对环境污染在发展、转型与运行层面上一以贯之的理论框架,得出许多新的理论见解,并将此形成的理论框架称为“新结构环境劳动理论”^①。该理论认为,(1)人力资本结构对环境污染的影响在不同发展阶段存在不同,这种不同是由各发展阶段的内生结构差异导致的。(2)在要素禀赋结构内生决定的最优生产结构状态下,人力资本结构的偏离会加剧污染排放强度^②,人力资本结构的优化则有利于降低污染排放强度,但人力资本结构对环境污染排放量的影响取决于不同发展阶段的最优生产结构。(3)在重工业赶超战略导致的扭曲生产结构状态下,无论人力资本结构是否与扭曲的生产结构相匹配,人力资本结构的环境污染效应均大于要素禀赋结构决定的最优生产结构状态下人力资本结构的环境污染效应。

相比已有研究,本文可能的贡献在于:(1)已有研究对人力资本与环境污染的关系尚未形成统一的理论框架,本文基于新结构经济学视角构建了人力资本结构与环境污染在发展、转型与运行层面相统一的理论框架,能够将已有研究的理论逻辑纳入这一理论框架中。(2)已有研究对环境库兹涅茨曲线与人力资本的环境污染效应这两方面的研究是相互独立的,而本文的研究将二者有机融合贯通,提出人力资本结构变迁的环境污染效应遵循环境库兹涅茨曲线机制。(3)已有文献在研究人力资本与环境污染关系时尚未区分发展问题和转型问题,将二者混为一谈,而本文通过理论分析厘清了二者的影响,使得人力资本与环境污染的理论关系更为清晰。(4)在分析方法上具有一定的新意。尽管将环境污染物被视为生产要素的额外投入,或者视为生产产出的思想早已有之,但是将其纳入几何图示的分析方法可能尚属首次,特别是应用于人力资本对环境污染影响的分析中具有一定的创新。

二、人力资本与环境污染的研究综述

(一)人力资本有利于减少环境污染

大部分实证研究发现,人力资本能够有效促进环境质量改善(Wheeler and Pargal,1996;Goetz et al.,1997;Cole et al.,2008;Bano et al.,2018;Mahmood et al.,2019;刘传江等,2021)。例如,Goetz等(1997)基于美国各州1988年的数据,实证发现,拥有更高受教育程度人口的州倾向于出现更少的污染问题。Mahmood等(2019)基于1980—2014年巴基斯坦的时间序

^①本文之所以称为“新结构环境劳动理论”,而不是直接称为“新结构环境人力资本理论”,是因为人力资本属于劳动领域的主要内容,更为重要的是本文的理论框架可以推广到劳动的其他领域进行分析,具有较强的一般性。本文虽以人力资本作为切入点,但基于本文的理论框架,后续可以衍生出大量相关的研究,内涵丰富,故采用更为广义的命名。

^②本文的污染排放强度均是指经济体的单位产出污染排放量。

列数据,实证发现,人力资本有助于控制污染。针对中国的一系列研究也大部分支持这一发现(Lan et al., 2012; Lan and Munro, 2013; Salim et al., 2017; 侯燕飞、陈仲常, 2018; 程广帅、胡锦涛, 2019; 逯进等, 2019)。例如, Lan 等(2012)基于中国 1996—2006 年省级面板数据,实证发现,人力资本与环境污染呈显著负相关关系。程广帅和胡锦涛(2019)、逯进等(2019)基于中国地级及以上城市 2003—2016 年的相关数据,实证均发现,人力资本显著降低环境污染。

对于上述实证发现,已有研究主要从人力资本的环保意识角度和技术创新角度进行解释。首先,从人力资本的环保意识角度解释是一种主流观点,已有研究认为人力资本越高,居民和政府等行为主体的环保意识越强,则越会采取行动治理污染,从而有利于环境质量的改善(Fischel, 1979; Goetz et al., 1997; Lan et al., 2012; Mahmood et al., 2019; 程广帅、胡锦涛, 2019)。其次,一部分文献从人力资本的技术创新角度切入,研究认为,人力资本有利于促进清洁生产技术的采用,进而减少污染(Dasgupta et al., 2000; Lan et al., 2012; Lan and Munro, 2013; Sapkota and Bastola, 2017; Bano et al., 2018; Mahmood et al., 2019; 郭炳南、卜亚, 2018; 逯进等, 2019)。例如, Dasgupta 等(2000)认为,受过良好教育员工的公司通常会使用新技术进行更多清洁生产,并在环境管理和合规方面做出有效努力。

(二) 人力资本与环境污染的非线性关系

部分实证研究发现,人力资本对环境污染的影响存在非线性关系(赵领娣等, 2016; 姚增福等, 2017; Sapkota and Bastola, 2017; 郭炳南、卜亚, 2018)。例如, Sapkota 和 Bastola(2017)基于 14 个拉丁美洲国家 1980—2010 年的数据,实证发现,低收入国家中环境污染随着人力资本的增加而减少,高收入国家中污染水平随着人力资本水平的提高而增加。赵领娣等(2016)、郭炳南和卜亚(2018)基于中国省级面板数据,实证发现,人力资本对环境污染的影响在不同地区存在显著差异。

针对上述实证发现,少部分研究从人力资本与产业结构匹配的角度进行解释,认为人力资本与产业结构的变动并非孤立作用,而是存在相互作用。一方面人力资本为产业结构的升级提供要素准备,另一方面产业结构升级会产生多种人力资本要素需求,需要提高人力资本的适配性。因此,人力资本与产业结构之间的相互作用会对环境污染产生影响(赵领娣等, 2016; 郭炳南、卜亚, 2018)。例如,郭炳南和卜亚(2018)认为,人力资本的超前或滞后投资都会使得产业结构无法得到相应的劳动力支撑条件,导致经济发展无效率,产业结构固化,从而降低碳排放效率;同样的,产业结构调整滞后以及不合理、效率低下也无法为人力资本提供发展激励,造成人力资本闲置,不利于碳排放效率的提高。因此,人力资本与产业结构存在相互联动发展的需要,二者共同促进生产效率的提高,以实现碳排放效率的提升。

(三) 已有研究的启发性与局限性

首先,已有研究大多考察人力资本水平对环境污染的影响,即将人力资本作为一个整体,没有考虑人力资本的异质性,更准确地说是没有考虑人力资本的结构和类型对环境污染的影响。其实已有少部分学者意识到这一点,他们强调,将不同类型人力资本“一视同仁”的做法,掩盖了人力资本的异质性,与人力资本水平相比,人力资本结构可能是更为重要的维度(Vandenbussche and Meghir, 2006; 彭国华, 2007)。实际上,由于教育程度与技能的差异,不同类型的人力资本所具有的技术外溢性、学习能力以及创新潜力并不相同(赵领娣等,

2016),不同的人力资本具有的功能和作用不同,对环境污染的影响也可能存在差异。因此,采用结构分析的范式来研究人力资本与环境污染的关系是未来重要的研究方向。

其次,从人力资本的环保意识角度解释人力资本与环境污染的关系具有一定的解释力,但可能不是根本性的解释。人力资本的环保意识的观点具有一般性,是不同发展阶段的共性,无论处于发展中国家还是发达国家,人力资本越高一般而言其行为主体(居民、企业和政府)的环保意识会更强,从而有利于减少污染排放。然而,人力资本的环保意识并不是人力资本的主要功能,仅是一个派生功能,况且人力资本越高,其环保意识也未必越高,随着政府对环境保护的宣传,即使人力资本较低,其环保意识也会提高。更为重要的是,人力资本作为资本的重要组成部分,本质上是作为生产的投入要素,其根本功能在于生产,人力资本需要服务于实体经济,在产业技术中发挥作用,才能体现出人力资本的根本价值。因此,尽管从人力资本的环保意识角度能够解释一部分人力资本的环境污染效应,但是无法解释不同地区不同时期人力资本对环境污染效应的差异性,这可能需要从人力资本服务于实体经济中产业技术的作用角度来解释。

再次,从人力资本的技术创新角度来解释其环境污染效应更为实质,不可否认,已有研究的解释具有阶段合理性,强调人力资本在促进清洁技术的创新和应用中的作用,从而有利于减少污染。这种解释大多是基于发达国家的经验事实总结而来,发达国家所处的经济发展阶段和技术大多处于世界前沿,其人力资本越高确实越有利于清洁技术的发明创新,这是符合发达国家所处发展阶段情况的。然而,人力资本难道仅会促进清洁技术的发明创新,而不会促进污染技术的发明创新吗?显然,已有研究忽略了处于不同经济发展阶段国家的技术结构差异性。处于不同发展阶段的国家,其技术结构是不同的,特别是处于发展中的国家,其发展阶段决定的产业结构是以工业为主,而大多数的工业技术属于污染密集型技术,工业技术所需要的人力资本是有利于工业技术发展的人力资本,从而人力资本在促进工业技术发展的同时,对减少污染未必有利。

最后,从人力资本与产业结构匹配的角度进行的解释,忽视了人力资本的内生性。已有研究虽然认识到人力资本与生产结构的匹配对环境污染的影响,但是已有研究是把二者视为平行变量纳入分析框架,而没有考虑到人力资本与产业结构这两个变量之间的因果关系,因此,也就无法解释人力资本内生变迁和扭曲等问题。上述分析已经表明,人力资本的根本功能在于生产,人力资本内生于生产结构,随着生产结构的变迁而内生变迁。

三、新结构环境劳动理论:结构变迁中环境与劳动的理论框架

新结构经济学中“一个中心三个基本点”是指以要素禀赋及其结构作为中心,强调结构的内生性、扭曲的内生性以及各个内生结构(及内生扭曲结构)上经济运行的内生性这三个基本点(林毅夫等,2021)。从新结构经济学“一个中心三个基本点”的视角出发,本文构建发展、转型与运行一以贯之的新结构环境劳动理论框架。以下分为两部分三小节,其中第一部分第一节讨论在经济发展(结构变迁)中人力资本结构内生变迁的环境污染效应。第二部分讨论结构扭曲的环境污染效应,其中第二节讨论在要素禀赋结构内生决定的最优生产结构状态下人力资本结构扭曲对环境污染的影响,第三节讨论在更为根本的生产结构扭曲状态下人力资本结构变动对环境污染的影响。

(一) 发展阶段、人力资本结构与环境污染

根据新结构环境经济学的基本原理可知,由于在不同经济发展阶段,要素禀赋结构不同,对应的最优生产结构不同,则与之对应的最优人力资本结构和最优环境结构也不相同,那么在此基础上,人力资本结构与环境结构的最优关系也不相同(林毅夫等,2021)。下面,我们借助几何图示来理论分析经济发展(结构变迁)中人力资本结构的环境污染效应,如图1所示。这里假定将污染排放视为企业“环境服务”的使用,是企业生产的额外要素投入(Wheeler and Pargal, 1996; Cole et al., 2005)。横坐标表示环境污染,坐标值越大表示污染排放量越大,对环境服务的需求越高,其(影子)价格也越高;纵坐标表示人力资本结构,坐标值越大表示人力资本结构越高级。

假定经济发展初期,要素禀赋结构水平较低^①,要素禀赋结构呈现资本少、劳动多、自然资源禀赋丰富的特性,该要素禀赋结构特性内生决定的具有比较优势的生产结构是以传统农业为主^②。一方面,以传统农业为主的最优生产结构对人力资本结构的需求特性是以传统农业种植、养殖等知识经验为主,人力资本主要来自代代相传的经验学习,对正规教育的需求不高,与此内生形成的最优人力资本结构是以农业知识经验为主。另一方面,以传统农业为主的生产结构呈现出能耗低和污染排放少的环境特性,能源主要来自光合作用,污染排放主要是一些有机物,大多能被生态环境自然降解。因此,当经济体中人力资本结构的供给与以传统农业为主的生产结构对人力资本结构的需求相匹配时,经济体的人力资本结构有利于以传统农业为主的生产结构的发展、经济体的生产力得到最大释放并创造最大的经济剩余,有助于经济体的要素禀赋积累。与此同时,与之相伴生的会产生该生产结构所相对应的污染排放量。不过由于以传统农业为主的生产结构的污染排放量低,因此,人力资本结构对环境污染的影响较弱。图1中A点刻画了该发展阶段的均衡特征,其中预算约束线(或称为等成本线) I_1 表示经济中产业(企业)面临的人力资本等一系列的约束,这里主要关注人力资本结构的约束, Y_1 表示经济中产业(企业)的等产值线(等产量线),二者相切于均衡点A,此时该阶段的最优污染排放量为 P_1 , H_1 是该阶段的最优人力资本结构。由此可见,在该阶段人力资本结构与环境污染的关系相对较弱。

随着经济的发展,要素禀赋的不断积累,资本变得丰裕,要素禀赋结构发生变迁,要素禀赋结构呈现出资本丰裕的特性,该要素禀赋结构特性内生决定的具有比较优势的生产结构是以工业为主,特别是以重工业为主^③。一方面,以工业为主的生产结构对人力资本结构的需求特性会不同于以传统农业为主的生产结构,工业中各行业需要专门的技术知识,例如,制造业发展所需要的人力资本一般都是生产研究第一线的职业技术人才。由于不同的细分工业行业有不同的专业知识技术,需要特定的人力资本,人力资本结构在该阶段的作用变

①本文的要素禀赋结构指的是资本与劳动的比例关系,资本与劳动比越小,表示要素禀赋结构水平越低;反之,则表示要素禀赋结构水平越高。

②简化起见,此部分暂不讨论现代农业,现代农业会产生较多的面源污染问题,特别是水污染。由传统农业向现代农业的变迁主要是产业内的技术结构变迁,其基本逻辑与本节的分析类似。

③简化起见,不考虑以轻工业为主的发展阶段,轻工业大多呈现劳动密集型、能耗和污染排放低的特征,与以传统农业为主的经济发展早期阶段的分析类似。

强。另一方面,以工业为主的最优生产结构的环境特性也不同于以传统农业为主的生产结构,工业特别是重工业具有能耗高和污染排放强度高的特性,大多需要消耗煤炭、石油等能源,且排放二氧化硫、氮氧化物、烟粉尘、化学需氧量等工业废水、废气和固体废弃物。因此,当经济体中人力资本结构的供给与以工业为主的最优生产结构对人力资本结构的需求相匹配时,经济体的人力资本结构促进以工业为主的生产结构发展、经济体的生产力得到最大释放并创造最大经济剩余,有利于要素禀赋积累。不过,与之相伴生的是以工业为主的生产结构的污染排放量增加。由此可见,在工业化阶段中,人力资本结构助推了以工业为主的生产结构的污染排放增加,从而起到加剧污染的作用。结合图1来看, B 点刻画了处于工业化阶段的均衡状态,经济中产业(企业)面临的预算约束线为 I_2 ,等产值线(等产量线) Y_2 与预算约束线 I_2 相切,此时最优人力资本结构为 H_2 ,最优污染排放量为 P_2 。可以看出,随着经济发展,经济的均衡在由以传统农业为主的 A 点变迁至以工业为主的 B 点过程中,人力资本结构由 H_1 变迁至 H_2 ,污染排放量由 P_1 增加至 P_2 ,在工业化阶段,人力资本结构的变迁促进了经济中产业(企业)的污染排放,人力资本结构变迁的环境污染效应为正,即人力资本结构变迁加剧污染排放。从预算效应和替代效应来看,在由 A 点到 B 点的过程中,人力资本结构对环境污染的预算效应(规模效应)是增加了污染排放量^①,与此同时,人力资本结构对环境污染的替代效应(结构效应)也是增加了污染排放量^②,从而使得人力资本结构对环境污染的总效应表现为加剧环境污染。

随着经济进一步发展,要素禀赋的进一步积累,要素禀赋结构的特性呈现出资本丰裕、劳动力相对稀缺、人力资本更加丰裕、自然资源和生态环境服务相对稀缺,该要素禀赋结构特性内生决定的具有比较优势的生产结构是以服务业为主。一方面,以服务业为主的生产结构对人力资本结构的需求特性会不同于以工业为主的生产结构,服务业普遍偏向知识技术密集型,对人力资本的需求更高,例如,金融、商业、教育等现代服务业对人力资本专业化要求较高,金融业需要金融专业知识、信息与通讯服务业需要专门的信息知识等。特别地,在该阶段受到自然环境约束趋紧,新的绿色清洁型产业技术需要相关专业的人力资本。另一方面,以服务业为主的生产结构的环境特性也不同于以工业为主的生产结构,服务业的能耗和污染排放普遍比工业低,且能耗结构和污染物结构也有所不同,例如,在该阶段对二氧化碳排放的关注增加。因此,当经济体中人力资本结构的供给与以服务业为主的最优生产结构对人力资本结构的需求相匹配时,人力资本结构促进以服务业为主的生产结构发展,经济体的生产力得到最大释放并创造最大的经济剩余。不过,与之相伴生的服务业副产品——污染物,相比工业而言,其环境污染普遍下降。由此可见,随着经济体由以工业为主

①最优人力资本结构促进由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构的发展,从而有利于经济体产业发展、经济增长、收入水平提高、经济规模扩大,但其副产品——污染物的排放也随之增加。本文将这一机制定义为人力资本结构对环境污染的预算效应,亦可称为规模效应。

②在工业化阶段,由以传统农业为主的产业技术结构变迁至以工业为主的产业技术结构时,产业技术结构的环境污染特性是污染排放强度提高;同时,由以农业知识为主的人力资本结构变迁至以工业知识为主的人力资本结构时,产业技术结构的环境污染特性是增加了污染排放强度,从而使得整体的结构变迁是增加污染排放强度。本文将这一机制定义为人力资本结构对环境污染的替代效应,亦可称为结构效应,在该阶段替代效应是增加污染排放强度。

的阶段变迁至以服务业为主的阶段,最优人力资本结构随着最优生产结构的变迁而内生变迁,从而有利于降低经济的污染排放量。结合图 1 所示, C 点表示处于服务业阶段的均衡点, I_3 表示经济体处于服务业阶段产业(企业)面临的预算约束线,产业(企业)的等产值线(等产量线) Y_3 与其相切,此时最优人力资本结构为 H_3 ,最优污染排放量为 P_3 。当经济体由以工业为主的均衡 B 点向以服务业为主的均衡 C 点变迁时,随着人力资本结构的内生变迁,污染排放量也由 P_2 减少至 P_3 ,从而可知在服务业发展阶段,人力资本结构变迁的环境污染效应为负,即人力资本结构变迁有利于减少污染排放。从预算效应和替代效应来看,在由 B 点到 C 点的过程中,人力资本结构对环境污染的预算效应(规模效应)增加了经济体的污染排放量^①,但是,人力资本结构对环境污染的替代效应(结构效应)则减少了污染排放量^②。一般而言,在该阶段随着生产结构环境特性的变迁,人力资本结构对环境污染的替代效应大于预算效应,从而使得人力资本结构对环境污染的总效应表现为环境污染减少,呈现出经济发展与污染排放脱钩的趋势。

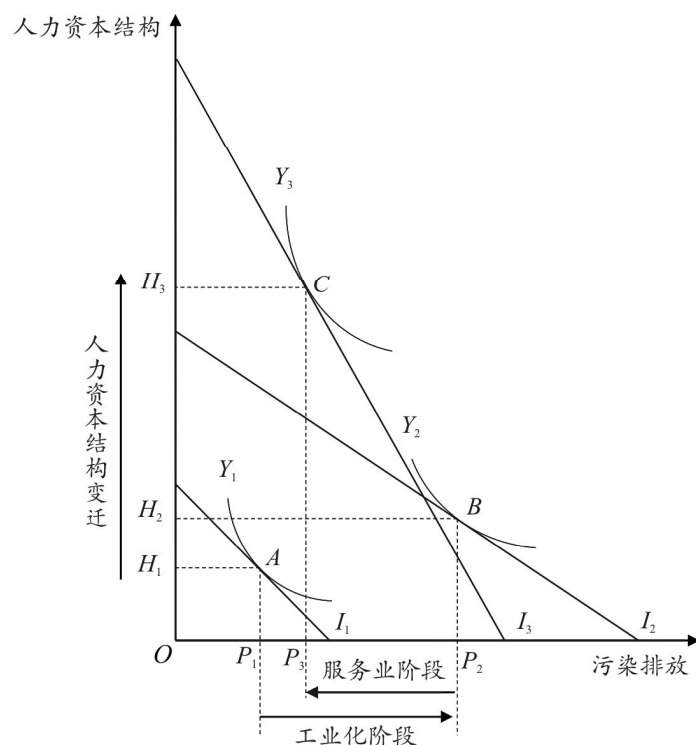


图 1 经济发展(结构变迁)中人力资本结构的环境污染效应的几何图示

①最优人力资本结构促进由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构的发展,从而有利于经济体产业发展、经济增长、收入水平提高、经济规模扩大,但其副产品——污染物的排放也随之增加。本文将这一机制定义为人力资本结构对环境污染的预算效应,亦可称为规模效应。

②在服务业阶段,由以工业为主的产业技术结构变迁至以服务业为主的产业技术结构时,产业技术结构的环境污染特性是降低污染排放强度;同时,由以工业知识为主的人力资本结构变迁至以服务业知识为主的人力资本结构时,服务业的人力资本有利于服务业发展且服务业的污染排放少,所以以服务业知识为主的人力资本结构相对于以工业知识为主的人力资本结构减少了污染排放强度,从而使得整体的结构变迁是降低污染排放强度。本文将这一机制定义为人力资本结构对环境污染的替代效应,亦可称为结构效应,在该阶段替代效应降低污染排放强度。

将上述不同发展阶段人力资本结构的环境污染效应连接起来,就可以形成如图2所示的变迁规律。可以发现,随着经济发展中人力资本结构的内生变迁,环境污染呈现先增加后减少的变迁规律,这与环境库兹涅茨曲线刻画的基本规律是相似的。也就是说人力资本结构变迁的环境污染效应也遵循环境库兹涅茨曲线机制。由此,我们可以得出基本认识,人力资本结构对环境污染的影响在不同发展阶段存在不同,这种不同是由各发展阶段的内生结构差异所导致的。即不同的经济发展阶段意味着要素禀赋结构不同,由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构也不同,由于不同生产结构的人力资本结构需求特性与环境特性的不同,人力资本结构对环境污染的影响也存在差异。

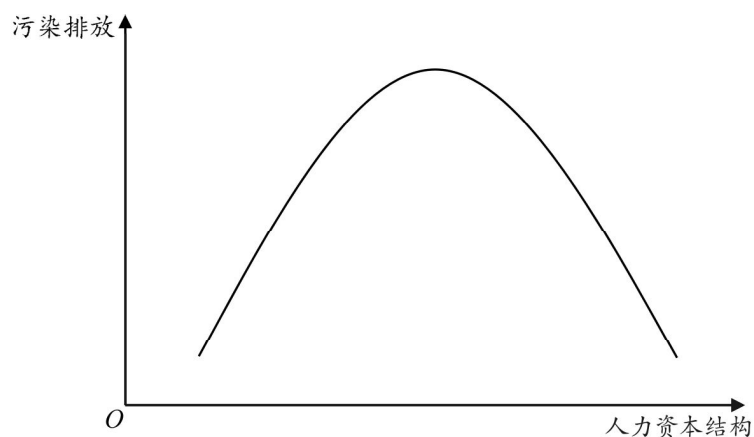


图2 经济发展中人力资本结构变迁的环境污染效应的EKC示意图

(二) 生产结构、人力资本结构与环境污染

事实上,上述理论分析存在一个假定,即每个发展阶段,不同的结构之间是相互匹配的,探讨的是在各发展阶段最优路径下人力资本结构与环境污染的最优关系。然而在现实中,由于各变量的变化速度不一致以及受各地区政策、法律制度和政府干预等因素的影响,各种结构存在错配或匹配程度的问题,从而使得各结构偏离其最优结构^①。这一节我们主要探讨人力资本结构偏离其最优结构对环境污染的影响,且假定由要素禀赋结构内生决定的生产结构是最优的,仅讨论人力资本结构偏离带来的环境污染效应。例如,一种情景是,生产结构发展到一定阶段,但是人力资本结构相对滞后,使得生产结构所需要的人力资本结构无法得到满足;另一种情景是,人力资本结构发展超前,而生产结构相对落后,人力资本结构的供给无法匹配生产结构对人力资本结构的需求。

下面,我们借助几何图示来理论分析人力资本结构偏离对环境污染的影响,如图3所示。结合上一节,我们假定经济体初始状态处于由要素禀赋结构内生决定的最优均衡状态,如图3中的A点,A点是该发展阶段人力资本结构供给与最优生产结构对人力资本结构需求相匹配的均衡点, I_1 表示经济中产业(企业)的预算约束线, Y_1 表示该经济中产业(企业)的等产值线(等产量线), H_1 表示均衡时的最优人力资本结构, P_1 表示均衡时的最优污染排放量。由于市场失灵或者政府失灵等因素导致人力资本结构发生变动,使其偏离最优人力

^①例如,由经济中各结构变量的变化快慢不一、信息不对称等原因导致的结构扭曲,我们概括为市场失灵导致的结构扭曲;由经济中政府的错误干预、采取违背比较优势的发展战略等原因导致的结构扭曲,我们概括为政府失灵导致的结构扭曲。

资本结构。人力资本结构的偏离意味着经济体中的人力资本结构的供给效率降低,无法满足最优生产结构对人力资本结构的需求,使得最优生产结构对人力资本需求的代价增大,即人力资本结构的相对价格提高,导致经济中产业(企业)的预算约束线发生变动,由 I_1 变动至 I_2 。由于经济中产业(企业)的预算约束发生变化,产业(企业)的选择也将发生相应变化,产业(企业)在新的预算约束下,进行理性选择,最终与等产值线(等产量线) Y_2 相切于 C 点,达到新的均衡,不过这一均衡是理论上的扭曲均衡。

在这个过程中,人力资本结构的变动使得其相对价格发生变动,从而对环境污染带来两个方面的效应。一方面,我们画新的预算约束线 I_2 的平行辅助预算线 I_3 ,使其与初始最优均衡的等产值线(等产量线) Y_1 相切于 B 点,由图中可知, B 点的人力资本结构为 H_2 ,污染排放量为 P_2 。相比 A 点,人力资本结构下降了 ΔH ($\Delta H = H_1 - H_2$),而污染排放增加了 ΔP ($\Delta P = P_2 - P_1$),这部分由人力资本结构变动导致的污染排放的增加可以定义为人力资本结构变动对环境污染的“替代效应”。由图 3 可知,这一“替代效应”为正,即人力资本结构的相对价格变高,污染排放量增加。其经济学含义在于,在给定产出的情况下,由于人力资本结构偏离最优人力资本结构,经济中产业(企业)的生产效率下降、经济运行成本提高。为了保持产出不变,产业(企业)不得不减少治污投入、增加污染排放,从而使得人力资本结构的偏离增加了单位产出的污染排放量,即人力资本结构的偏离增加了污染排放强度。另一方面,由于人力资本结构偏离最优人力资本结构,其相对价格变高,因此,经济中产业(企业)的实际收入变少,即产业(企业)的预算约束趋紧,即为 I_2 。在预算约束 I_2 下,产业(企业)的最大产出为 Y_2 ,达到均衡 C 点,此时的人力资本结构为 H_3 ,污染排放量为 P_3 。相比 B 点,人力资本结构变化了 ΔH ($\Delta H = H_2 - H_3$),而污染排放变化了 ΔP ($\Delta P = P_2 - P_3$)。这部分由人力资本结构变动导致的产出变动,再由产出变动带来的污染排放变动,可以定义为人力资本结构变动对环境污染的“预算效应”。一般而言,由于产出减少,其副产品污染排放也减少,因此,一般情况下,人力资本结构变动对环境污染的“预算效应”为负,即人力资本结构的相对价格变高,则污染排放减少。

理论上,由于人力资本结构变动对环境污染的“替代效应”与“预算效应”的方向相反,从而无法确定总效应。不过,根据可能的情景,可以分为以下两种情况:第一种情景如图 3 所示,人力资本结构变动对环境污染的“替代效应”小于“预算效应”,即随着人力资本结构的偏离,其相对价格变高,污染排放量最终减少,由最优均衡的 P_1 减少到扭曲均衡的 P_3 。这种情况下,人力资本结构的偏离使得污染排放总量减少,尽管从减少污染角度来看是有利的,不过可能会严重抑制经济发展。这种情景下的经济体,其生产结构对人力资本是富有弹性的,即人力资本的产出弹性很大,人力资本结构发生变化,使得产出发生更大的变化,从而使得污染排放大量减少。这类似于现实中人力资本密集型的产业,或是处于服务业阶段的经济体,其生产结构对人力资本结构的需求较高,经济体中人力资本结构的供给与其不匹配时,会严重抑制其产业发展,与之相伴生的污染排放也大量减少。第二种情景是,人力资本结构变动对环境污染的“替代效应”大于“预算效应”,即随着人力资本结构的偏离,其相对价格变高,污染排放量最终增加。这种情景下,人力资本结构的偏离使得污染排放总量增加,与我们一般的经验直觉相符,人力资本结构的产出弹性一般,人力资本结构变化带来的产出变化不会太大,从而“预算效应”引致的污染减少量较少,主要以“替代效应”为主。这

类似于现实中工业产业,尽管对人力资本有所需求,但不属于人力资本密集型,而是资本密集型。人力资本结构偏离产生的约束成本不大,对产出的影响也不大,从而污染排放减少得不多,加上原本属于污染密集型产业,所以人力资本结构偏离会导致高于最优状态下的污染排放量。

值得特别关注的是,还存在另一种少数情景,即人力资本结构变动对环境污染的“预算效应”与“替代效应”是同方向均为正的,即人力资本结构的偏离,使得人力资本结构的相对价格提高,产出减少,但污染排放反而增加。这种情景类似于现实中一种特殊的产业——环保产业,例如污水处理厂。环保产业本身投入的是环境污染物,如废水、废气和固体废弃物等,将这些环境污染物通过技术处理转变为清洁的水资源、清新的空气以及可回收循环利用的资源等产出。由于环保产业大多属于物质资本和人力资本密集型产业,其对特定的技术要求较高,若经济中关键的人力资本无法得到满足、缺乏关键的技术人才,则会导致环境污染物无法有效转化为清洁的产出。例如,污水无法有效转化为清洁的水源,如果清洁的水资源的产出无法增加,那么就是污水的排放增加。又如,现阶段碳中和中的负碳技术——二氧化碳捕集、利用与封存技术(CCUS),就需要关键的人力资本投资,如果没有相应的人力资本供给,负碳技术就无法有效运转,二氧化碳存量也会不断增加。

通过以上分析可以看出,人力资本结构偏离对环境污染排放的影响取决于“预算效应”和“替代效应”的方向和大小,其结果既有可能减少污染排放也有可能加剧污染排放,而最终的总效应取决于不同发展阶段的生产结构。不过,可以肯定的一点是,由于人力资本结构偏离对环境污染排放的“替代效应”始终为正,因此,人力资本结构的偏离会加剧污染排放强度,即增加单位产出的污染排放量。

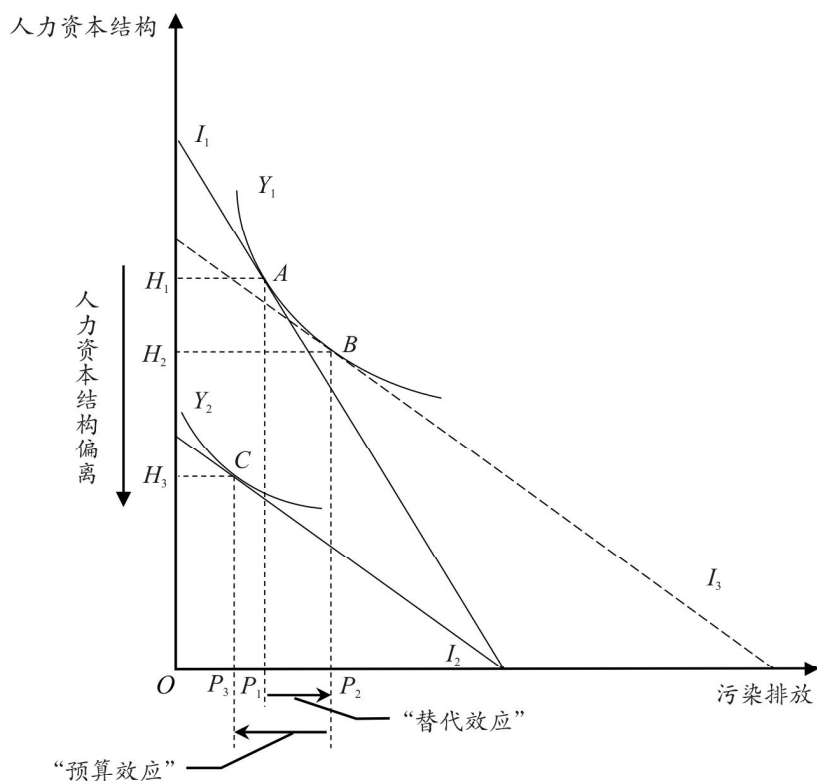


图3 人力资本结构偏离对环境污染的效应分析(替代效应小于预算效应)

上述分析是从人力资本结构由要素禀赋结构内生决定的最优均衡状态向偏离状态转变展开的。由于现实中大部分情况下偏离最优可能是“常态”,需要改革优化,因此,下面从反向的思路再进一步的解释,有助于对这部分内容的理解。同样,借助几何图示来进行分析,如图4所示。假定经济初期由要素禀赋结构内生决定的生产结构是最优的,而人力资本结构偏离由最优生产结构内生决定的最优人力资本结构,经济中的产业(企业)面临人力资本结构等一系列约束的预算约束线为 I_1 ,在预算约束下, Y_1 为产业(企业)最大产出的等产值线(等产量线),二者相切于A点,此时均衡的人力资本结构为 H_1 ,污染物排放量为 P_1 。假设随着经济中人力资本禀赋的积累,人力资本结构的供给与最优生产结构对人力资本结构的需求的匹配程度提高,那么,经济中的产业(企业)面临的人力资本约束得到缓解,获得人力资本的代价变低,即人力资本结构的相对价格变低,从而使得预算约束线外移至 I_2 ,经济中的产业(企业)在新的预算约束下达到新的均衡C点。

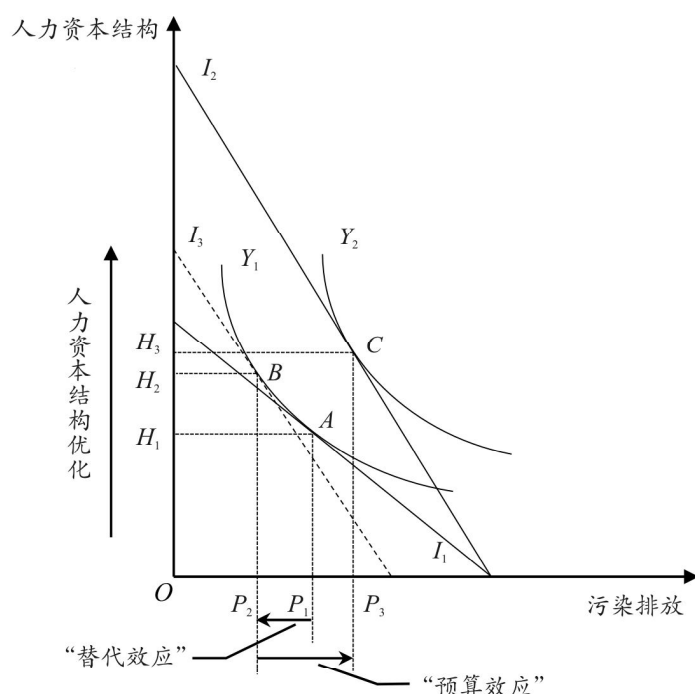


图4 人力资本结构优化对环境污染的效应分析(替代效应小于预算效应)

在这个过程中,人力资本结构的变动使得其相对价格发生变动,从而对环境污染带来两方面的效应。一方面,在初始产出不变时,做预算约束线 I_2 的平行辅助预算线 I_3 ,与初始产出的等产值线(等产量线) Y_1 相切于B点,此时在初始产出 Y_1 下,污染排放量减少至 P_2 ,这部分的污染排放减少量是由于经济中人力资本结构的供给满足生产结构中产业(企业)对人力资本结构的需求,提高经济运行效率,降低产业(企业)的人力资本使用成本,使得单位产出的污染排放减少,同样可以把这部分定义为人力资本结构优化对环境污染的“替代效应”。另一方面,人力资本结构优化使得其相对价格变低,经济中产业(企业)的实际收入增加,即产业(企业)的预算约束放松,即为 I_2 。在预算约束 I_2 下,产业(企业)的最大产出为 Y_2 ,达到均衡C点,此时的人力资本结构为 H_3 ,污染排放量为 P_3 。相比B点,人力资本结构变化了 ΔH ($\Delta H = H_2 - H_3$),而污染排放变化了 ΔP ($\Delta P = P_2 - P_3$)。这部分由人力资本结构变动导致的产出变动,再由产出变动带来的污染排放变动,同样可以定义为人力资本结构优化对环境

污染的“预算效应”。同理,由于“预算效应”的方向和大小不确定,存在三种可能的情景,即“预算效应”大于“替代效应”且方向不同,“预算效应”小于“替代效应”且方向不同以及“预算效应”与“替代效应”同方向。因此,人力资本结构优化对环境污染的总效应取决于“预算效应”与“替代效应”,进一步地,最终的总效应取决于不同发展阶段的生产结构。

通过以上人力资本结构偏离和人力资本结构优化的分析可知,尽管人力资本结构偏离和优化对污染排放量影响的结果在理论上无法确定,这取决于生产结构的差异,但对污染排放强度影响的方向是可以确定的,即人力资本结构的偏离会加剧污染排放强度,人力资本结构的优化会降低污染排放强度,而污染排放强度最低的点位就在最优人力资本结构处,而最优人力资本结构是由要素禀赋结构内生的最优生产结构所决定。如图5所示, H_1 是由最优生产结构决定的最优人力资本结构,其所对应的最低污染排放强度为A点。若人力资本结构偏离最优人力资本结构均将使得污染排放强度高于A点;相反,若人力资本结构向最优人力资本结构回归,则均将有利于降低污染排放强度。需要提醒的是,本节的讨论是在要素禀赋结构内生决定的最优生产结构给定的状态下,分析人力资本结构变动的环境污染效应。

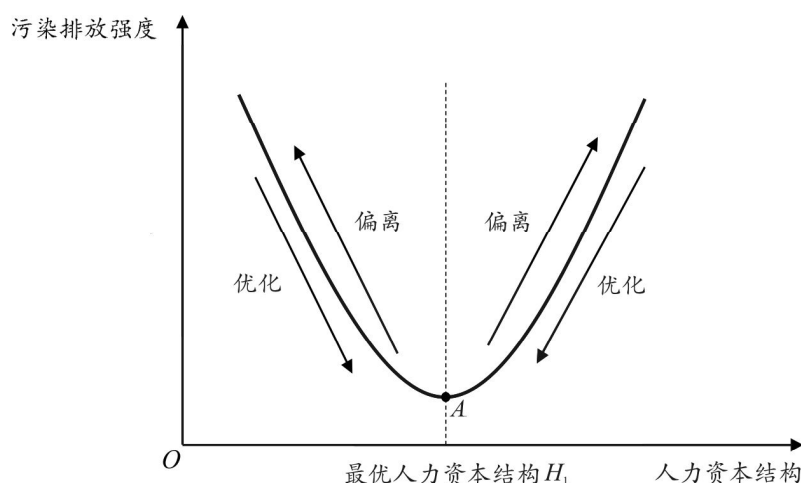


图5 污染排放强度与最优人力资本结构的示意图

根据上一节可知,在不同的经济发展阶段,要素禀赋结构不同,内生决定的最优生产结构不同。由于不同生产结构的人力资本结构需求和环境特性不同,人力资本结构对环境污染的影响存在差异,由此构成人力资本结构变迁对环境污染的环境库兹涅茨曲线(图2),这条曲线上的每一点刻画的是要素禀赋结构内生决定的最优生产结构下,最优人力资本结构的环境污染效应,也即最优的污染排放。而本节是在给定最优生产结构状态下,分析人力资本结构变动的环境污染效应,因此,如果将本节的静态分析与上一节的动态分析相结合,则可以得到更加丰富的认识。将图2与图5相结合,可以形成图6。图6中横坐标表示人力资本结构,纵坐标表示污染排放强度,注意不是污染排放量, H_1 和 H_2 表示不同的人力资本结构。其中A点刻画的是最优人力资本结构为 H_1 时所对应的最优污染排放强度,C点刻画的是最优人力资本结构为 H_2 时所对应的最优污染排放强度。假设经济体处于 H_1 这一最优人力资本结构状态,但人力资本结构发生偏离至 H_2 ,那么在 H_1 这一最优人力资本结构状态下,人力资本结构偏离导致污染排放强度变化至B点,由图6可知,污染排放强度由A点增加至B点。同理,人力资本结构的偏离将使污染排放强度向U形曲线的两边移动,A点的左

侧表示人力资本结构低于最优人力资本结构导致的效率损失使得污染排放强度增加,A 点的右侧表示人力资本结构高于最优人力资本结构导致的效率损失使得污染排放强度增加。有趣的是,在同样的人力资本结构 H_2 下,存在 B 点和 C 点不同的污染排放强度,其经济学含义是不同的。B 点表示的是在扭曲的人力资本结构下污染排放强度,它是针对 H_1 最优人力资本结构而言的。C 点表示的是在最优人力资本结构下的污染排放强度,其对应的是在另一个发展阶段下,由要素禀赋结构决定的最优生产结构对人力资本结构的需求。

通过以上分析,我们可以得出以下几点认识。第一,在 EKC 曲线上的任意一点,例如,从 A 点到 C 点,人力资本结构从 H_1 变迁至 H_2 ,可以说明,不同的最优人力资本结构的环境污染效应不同。第二,在给定发展阶段,意味着最优生产结构给定,同样的是从 H_1 变迁至 H_2 ,由 A 点到 B 点,人力资本结构偏离最优人力资本结构 H_1 至扭曲的人力资本结构 H_2 ,会使得污染效应不同。第三,即使是相同的人力资本结构 H_2 ,在不同的发展阶段也会有不同的环境污染效应。B 点表示的是扭曲的人力资本结构 H_2 的环境污染效应,C 点表示的是最优人力资本结构 H_2 的环境污染效应,看似扭曲的人力资本结构的污染排放强度低于最优人力资本结构的污染排放强度,似乎违背直觉,但其实本质上是底层的生产结构不同,不同的生产结构的环境特性不同。B 点所对应的生产结构的环境污染特性小于 C 点所对应的生产结构的环境污染特性。综合而言,不同的人力资本结构的环境污染效应不同,即使相同的人力资本结构在不同的发展阶段,其环境污染效应也会不同。

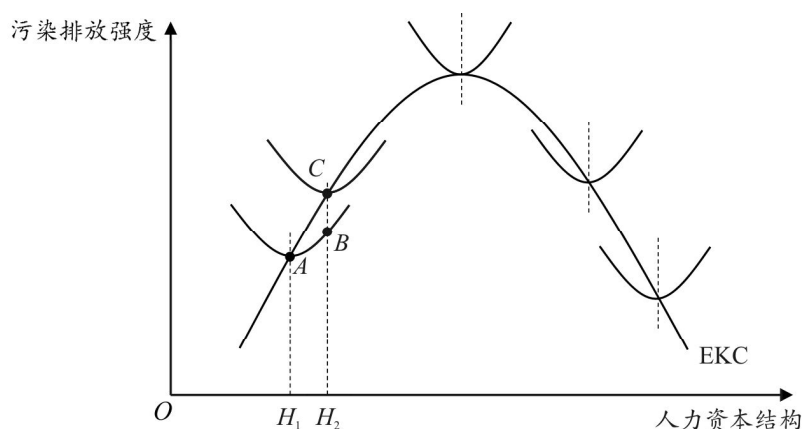


图 6 发展与转型中污染排放强度与人力资本结构的关系

(三) 发展战略、人力资本结构与环境污染

上一节讨论的是由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构下人力资本结构偏离带来的环境污染效应。这一节讨论一类更为根本的结构扭曲,即生产结构偏离由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构所形成的扭曲,并基于这一扭曲的底层结构,分析人力资本结构对环境污染的影响。

同样的,借助几何图示来理论分析由于违背比较优势发展战略导致的扭曲生产结构下人力资本结构对环境污染的影响,如图 7 所示。假设存在两个发展阶段,即以农业为主的发展阶段和以工业为主的发展阶段,A 点刻画了处于农业发展阶段经济体实现的最优结构均衡状态,在该发展阶段,要素禀赋结构特性内生决定具有比较优势的最优生产结构是以传统农业为主,对应的最优污染排放量是 P_1 ,最优人力资本结构是 H_1 。B 点刻画了处于工业化

阶段的最优结构均衡状态,在该发展阶段,要素禀赋结构特性内生决定的最优生产结构是工业,特别是以重工业为主,对应的最优污染排放量是 P_2 ,最优人力资本结构是 H_2 。

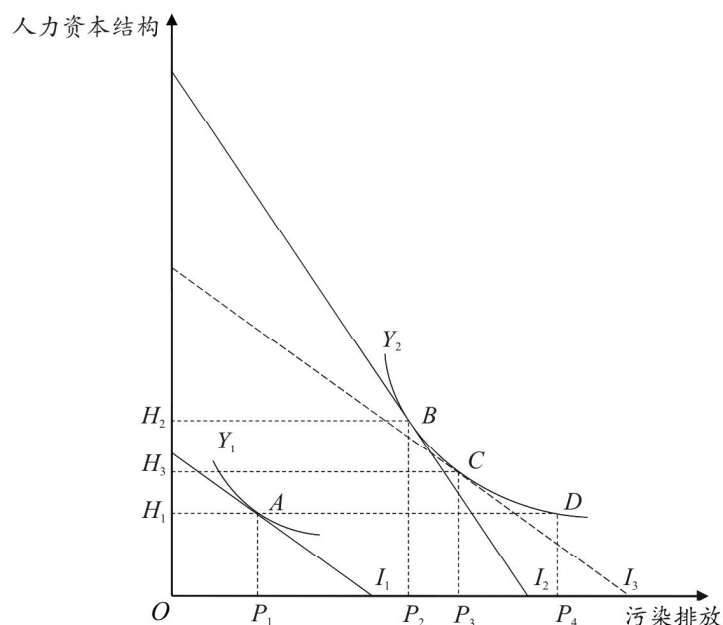


图7 重工业赶超战略下人力资本结构对环境污染的影响分析

假定一个经济体处于经济发展初期的最优结构均衡状态,也就是处于A点刻画的农业发展阶段。该经济体的政府采取了违背比较优势的发展战略,这里以政府重工业赶超战略为例,这也是大部分发展中经济体经常采取的一种赶超战略^①。也就是说,经济体在A点的要素禀赋结构特性下,其政府想要发展以重工业为主的生产结构 Y_2 ,那么其生产结构必然偏离由A点要素禀赋结构内生决定的最优生产结构,存在扭曲的生产结构。在扭曲的生产结构下,人力资本结构存在两种主要情景:第一种情景是人力资本结构仍然保持在A点时的最优结构下,增加人力资本供给使其满足工业 Y_2 的需求,如图7中的D点,此时工业污染排放量为 P_4 。第二种情景是人力资本结构为了适应扭曲的生产结构需要,在政府干预下扭曲人力资本结构使其与扭曲的生产结构相匹配,即将预算线外移至 I_3 ,此时预算线 I_3 与工业 Y_2 的等产值线相切于C点,C点的人力资本结构为 H_3 ,污染排放量为 P_3 。

通过对比可以有以下几点发现,第一,相比B点由要素禀赋结构特性决定的最优生产结构状态,在扭曲的生产结构状态下人力资本结构对应的环境污染排放量均增加,无论人力资本结构是否与扭曲的生产结构相匹配,即 P_3 或 P_4 的污染排放量均大于 P_2 。由此可见,即使是发展工业 Y_2 ,在不符合要素禀赋结构特性的扭曲生产结构状态下,人力资本结构均增加了污染排放。第二,在扭曲的生产结构状态下,如果人力资本结构与其相匹配,则人力资本结构带来的环境污染效应会低于人力资本结构与扭曲的生产结构不匹配的情况。如C点的人力资本结构供给是与扭曲的生产结构对人力资本结构的需求相匹配的,此时的污染排放为 P_3 ,而D点的人力资本结构供给与扭曲的生产结构对人力资本结构的需求不匹配,此

^①当然还存在其他违背比较优势发展战略的情形,这里只是以重工业赶超战略为例,本小节的理论框架可以应用于其他赶超战略的情形进行拓展分析,例如可以分析服务业赶超战略下的情形等。

时的污染排放为 P_4 , 显然污染排放量 P_4 大于 P_3 。这说明尽管生产结构由于政府违背比较优势的发展战略导致扭曲, 但是, 如果人力资本结构能够与其相匹配, 则至少能够降低一部分扭曲生产结构的成本, 扭曲的生产结构的运行效率能够得到一定提升, 污染排放也能够相应有所下降。当然, 由于更为根本的生产结构违背了要素禀赋结构特性, 其企业是缺乏自生能力的, 生产成本过高, 运行效率低下。因此, 污染排放不可能低于遵循比较优势发展战略下的情况, 即不可能低于 P_2 。

四、结论与启示

本文的理论分析认为: (1) 人力资本结构对环境污染的影响在不同发展阶段存在不同, 这种不同是由各发展阶段的内生结构差异导致的。即不同的经济发展阶段意味着要素禀赋结构不同, 由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构也不同, 由于不同生产结构的人力资本结构需求特性与环境特性的不同, 人力资本结构对环境污染的影响也存在差异。换言之, 随着经济发展, 人力资本结构变迁的环境污染效应遵循环境库兹涅茨曲线机制, 即随着经济发展, 人力资本结构对环境污染的影响呈现先增加后减少的倒 U 形变迁趋势。(2) 在由要素禀赋结构内生决定的最优生产结构状态下, 人力资本结构的偏离会加剧污染排放强度, 但对环境污染排放量的影响取决于“预算效应”和“替代效应”的方向和大小, 而最终的总效应又取决于不同发展阶段的最优生产结构; 反之, 人力资本结构的优化有利于降低污染排放强度, 同样的, 对污染排放量的影响取决于发展阶段的最优生产结构。(3) 在重工业赶超战略导致的扭曲生产结构状态下, 无论人力资本结构是否与扭曲的生产结构相匹配, 人力资本结构的环境污染效应均大于由要素禀赋结构决定的最优生产结构状态下人力资本结构的环境污染效应。如果人力资本结构与扭曲的生产结构相匹配, 则人力资本结构带来的环境污染效应会低于人力资本结构与扭曲的生产结构不匹配的情况。

上述新结构环境劳动理论为国家政策提供了理论解释, 例如, 《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020)》中指出, 在发展目标方面, 适应发展现代产业体系和构建社会主义和谐社会的需要, 加大生态环境保护等重点领域急需紧缺专门人才开发力度; 在专业技术人才知识更新工程方面, 围绕我国经济结构调整、高新技术产业发展和自主创新能力的提高, 在生态环境保护、能源资源等重点领域开展大规模的知识更新继续教育, 依托高等学校、科研院所和大型企业现有施教机构, 建设一批国家级继续教育基地。随着我国实施碳达峰碳中和战略, 生产生活方式全面绿色低碳转型, 所需要的劳动和人力资本将发生深刻变化。2021 年 10 月 24 发布的《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中指出, “建设碳达峰、碳中和人才体系, 鼓励高等学校增设碳达峰、碳中和相关学科专业。”2021 年 10 月 26 发布的《国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》也明确要求, 增强全民节约意识、环保意识、生态意识, 倡导简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式, 把绿色理念转化为全体人民的自觉行动。除了推广绿色低碳生活方式之外, 引导企业履行社会责任也至关重要, 要引导企业主动适应绿色低碳发展要求, 强化环境责任意识, 加强能源资源节约, 提升绿色创新水平。这种对劳动体系结构的调整与新结构环境劳动理论的观点是一致的。

另外, 本文的理论框架还有待进一步的理论和实证拓展丰富。例如, 理论上, 农业由传

统农业向现代农业变迁中、工业内部的结构变迁中以及服务业内部的结构变迁中人力资本结构的环境污染效应都有待进一步的理论拓展分析。在实证方面,本文理论分析所得到的理论假说,都有待进一步的实证检验,例如如何识别人力资本结构变迁的环境污染效应遵循的环境库兹涅茨曲线机制是一个很好的实证研究方向。

参考文献:

- 1.程广帅,胡锦涛,2019:《人力资本积累对环境质量的影响》,《城市问题》第10期。
- 2.郭炳南、卜亚,2018:《人力资本、产业结构与中国碳排放效率——基于SBM与Tobit模型的实证研究》,《当代经济管理》第6期。
- 3.侯燕飞、陈仲常,2018:《中国人口发展对资源消耗与环境污染影响的门槛效应研究》,《经济科学》第3期。
- 4.林毅夫、付才辉、郑洁,2021:《新结构环境经济学:一个理论框架初探》,《南昌大学学报(人文社会科学版)》第5期。
- 5.刘传江、向晓建、李雪,2021:《人力资本积累可以降低中国二氧化碳排放吗?——基于中国省域人力资本与二氧化碳排放的实证研究》,《江南大学学报(人文社会科学版)》第2期。
- 6.逯进、赵亚楠、陈阳,2019:《人力资本、技术创新对环境污染的影响机制——基于全国285个城市的实证分析》,《长江流域资源与环境》第9期。
- 7.彭国华,2007:《我国地区全要素生产率与人力资本构成》,《中国工业经济》第2期。
- 8.祁毓、卢洪友、杜亦譔,2014:《环境健康经济学研究进展》,《经济学动态》第3期。
- 9.孙伟增、张晓楠、郑思齐,2019:《空气污染与劳动力的空间流动——基于流动人口就业选址行为的研究》,《经济研究》第11期。
- 10.姚增福、唐华俊、刘欣,2017:《要素积累、人力资本与农业环境效率间门槛效应研究——低碳约束下面板门槛模型检验》,《重庆大学学报(社会科学版)》第4期。
- 11.赵领娣、张磊、徐乐、胡明照,2016:《人力资本、产业结构调整与绿色发展效率的作用机制》,《中国人口·资源与环境》第11期。
- 12.Bano, S., Y. Zhao, and A. Ahmad. 2018. "Identifying the Impacts of Human Capital on Carbon Emissions in Pakistan." *Journal of Cleaner Production* 183(10): 1082–1092.
- 13.Chen, Y., A. Ebenstein, and M. Greenstone. 2013. "Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China's Huai River Policy." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(32): 12936–12941.
- 14.Cole, M. A., R. J. R. Elliott, and K. Shimamoto. 2005. "Industrial Characteristics, Environmental Regulations and Air Pollution: An Analysis of the UK Manufacturing Sector." *Journal of Environmental Economics and Management* 50(1): 121–143.
- 15.Cole, M. A., R. J. R. Elliott, and E. Strobl. 2008. "The Environmental Performance of Firms: The Role of Foreign Ownership, Training, and Experience." *Ecological Economics* 65(3): 538–546.
- 16.Dasgupta, S., H. Hettige, and D. Wheeler. 2000. "What Improves Environmental Compliance? Evidence from Mexican Industry." *Journal of Environmental Economics and Management* 39(1): 39–66.
- 17.Fischel, W. A. 1979. "Determinants of Voting on Environmental Quality: A Study of a New Hampshire Pulp Mill Referendum." *Journal of Environmental Economics and Management* 6(2): 107–118.
- 18.Goetz, S. J., D. L. Debertin, and A. Pagoulatos 1997. "Linkages between Human Capital and the Environment: Implications for Sustainable Economic Development." *International Association of Agricultural Economists* 38(3): 336–344.
- 19.Graff, Z. J., and M. Neidell. 2012. "The Impact of Pollution on Worker Productivity." *American Economic Review* 102(7): 3652–3673.
- 20.Hanlon, W. W. 2020. "Coal Smoke, City Growth, and the Costs of the Industrial Revolution." *The Economic Journal* 130(626): 462–488.

- 21.Lan, J., M. Kakinaka, and X. Huang. 2012. "Foreign Direct Investment, Human Capital and Environmental Pollution in China." *Environmental and Resource Economics* 51(2): 255–275.
- 22.Lan, J., and A. Munro. 2013. "Environmental Compliance and Human Capital: Evidence from Chinese Industrial Firms." *Resource and Energy Economics* 35(4): 534–557.
- 23.Mahmood, N., Z. Wang, and S. T. Hassan. 2019. "Renewable Energy, Economic Growth, Human Capital, and CO₂ Emission: An Empirical Analysis." *Environmental Science and Pollution Research* 26(20): 20619–20630.
- 24.Salim, R., Y., Yao, and G. S. Chen. 2017. "Does Human Capital Matter for Energy Consumption in China?" *Energy Economics* 67(sep.): 49–59.
- 25.Sapkota, P., and U. Bastola. 2017. "Foreign Direct Investment, Income, and Environmental Pollution in Developing Countries: Panel Data Analysis of Latin America." *Energy Economics* 64(5): 206–212.
- 26.Vandenbussche, J., and A. C. Meghir. 2006. "Distance to Frontier, Growth, and the Composition of Human Capital." *Journal of Economic Growth* 11(2): 97–127.
- 27.Wheeler, D., and S. Pargal. 1996. "Informal Regulation of Industrial Pollution in Developing Countries: Evidence from Indonesia." *Journal of Political Economy* 104(6): 1314–1327.
- 28.Xue, S., B. Zhang, and X. Zhao. 2021. "Brain Drain: The Impact of Air Pollution on Firm Performance." *Journal of Environmental Economics and Management* 110, 102546.

Human Capital Structure and Environmental Pollution: A Theoretical Exploration from the Perspective of New Structural Economics

Zheng Jie

(Institute of New Structural Economics, Peking University)

Abstract: From the perspective of “one center and three basic points” of new structural economics, this paper reconstructs the relationship between human capital structure and environmental pollution. Theoretical analysis holds that : (1) the impact of human capital structure on environmental pollution is different in different development stages, which is caused by the endogenous structure difference in each development stage. In other words, with the development of economy, the environmental pollution effect of human capital structure changes follows the mechanism of environmental Kuznets curve. (2) in the stage of endogenous factor endowment structure determine the optimal production structure, the deviation of the capital structure of the human will intensify pollution emissions intensity, but the impact on the environment pollution emissions depends on the “budget effect” and “substitution effect” direction and size, while the final total effect depends on the optimal production structure in different stage of development. (3) Under the distorted production structure caused by the catch-up strategy of heavy industry, the environmental pollution effect of human capital structure is greater than that of human capital structure under the optimal production structure. The analysis of the paper is not only beneficial to expand and enrich the theoretical framework of the relationship between human capital and environmental pollution, but also has certain practical enlightenment significance for the construction of the talent system of pollution reduction and carbon reduction.

Keywords: Human Capital Structure, Environmental Pollution, New Structural Economics, New Structural Environmental Economics, Environmental Kuznets Curve

JEL Classification: Q53, J24

(责任编辑:陈永清)