

Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2022.03.002

欢迎按以下格式引用:程永生,张德元,赵梦婵,等.人力资本视角下雾霾污染对长江经济带绿色高质量发展的影响研究[J].  
重庆大学学报(社会科学版),2022(5):46-60. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2022.03.002.**Citation Format:** CHENG Yongsheng, ZHANG Deyuan, ZHAO Mengchan, et al. Research on the impact of haze pollution on the high-quality development of the Yangtze River Economic Belt from the perspective of human capital[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2022(5):46-60. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2022.03.002.

# 人力资本视角下雾霾污染对长江经济带绿色高质量发展的影响研究

程永生<sup>1,2</sup>, 张德元<sup>1</sup>, 赵梦婵<sup>1</sup>, 汪侠<sup>2</sup>

(1. 安徽大学 创新发展战略研究院, 安徽 合肥 230039; 2. 阜阳师范大学 经济学院, 安徽 阜阳 236037)

**摘要:**绿色高质量发展是新时代建设美丽中国的必然要求, 直接关系“十四五”乃至今后更长一段时期我国社会主义现代化国家建设的新征程。文章基于相关文献的概要评述, 通过理论分析提出研究假说, 并下沉研究对象至长江经济带108个地级市, 建构了2003—2018年雾霾污染( $PM_{2.5}$ )浓度数据, 同时, 以体现高质量发展内涵的绿色全要素生产率表征经济质量, 尝试将雾霾污染、人力资本与经济质量纳入统一框架; 综合运用中介效应模型和工具变量法, 揭示了人力资本视角下, 雾霾污染对经济高质量发展的影响效应及传导机制, 深入分析了雾霾污染对经济高质量发展的反馈作用及其中介效应。研究发现, 雾霾污染显著降低了经济质量, 并且人力资本扮演着雾霾污染影响经济绿色高质量的中介传导角色。结果表明, 样本期内以 $PM_{2.5}$ 为代表的雾霾污染物每增加1个单位, 绿色经济发展质量下降8.4个百分点; 雾霾污染影响经济质量的直接效应为-0.064, 经人力资本中介传导后的间接效应为-0.020; 进一步分析显示, 雾霾污染对长江经济带绿色高质量发展具有明显的异质性, 其中雾霾污染对下游城市人力资本的负面影响更大, 进而对经济质量的抑制作用也显著高于中、上游城市, 且2013年之后雾霾污染的损害效应出现加剧现象。在克服内生性、替换被解释变量、样本缩尾处理, 以及滞后一期回归等一系列稳健性检验后, 研究结论依然成立, 其政策意义在于, 可以为有效治理雾霾、助推经济绿色高质量发展提供有益的思考和启示。建议加强区域协同, 引导各地区平衡环境保护与经济发展间的关系, 推动经济质量稳步提升, 推动共同发展; 立足资源禀赋, 促进区域内资源互补与功能融合, 为长江经济带高质量发展添动力, 推动特色发展; 发挥集束效应, 以市场化的规制手段倒逼产业结构绿色转型升级, 加大医疗与教育等公共服务的财政投入力度, 提高社会福利水平, 积累人力资本存量, 发挥人力资本促进经济发展的潜力, 推动创新发展; 优化联动机制, 协同建立长江经济带责任共担、利益协调机制, 推动优质发展,

**基金项目:**2020年度高校优秀人才支持计划项目(gxyq2020161)**作者简介:**程永生, 安徽大学创新发展战略研究院, 阜阳师范大学, Email: chengyongsheng@aliyun.com; 张德元, 安徽大学教授, 博士研究生导师; 赵梦婵, 安徽大学创新发展战略研究院; 汪侠, 阜阳师范大学。

为加快构建新发展格局打造标杆。

**关键词:**长江经济带;雾霾污染;人力资本;高质量发展;中介效应模型

**中图分类号:**F127;F124.5;X513

**文献标志码:**A

**文章编号:**1008-5831(2022)05-0046-15

中国 40 余年的改革开放历程所取得的伟大成就举世瞩目,不仅经济总量跃居全球第二,2020 年更是成为了世界唯一实现经济正增长的主要经济体,全年 GDP 达 101.6 万亿元。为此,我们也付出了生态环境的惨痛代价。最新数据显示,全国仍有 146 个地级市的大气质量超标,占比 43.3%,其中,以 PM<sub>2.5</sub> 为首要污染物的天数,不仅在重度及以上污染天数中的占比高达 77.7%,且年均浓度仍高达 33 $\mu\text{g}/\text{M}^3$ ,频频发生的“十面霾伏”现象,对中国经济增长质量、政府形象和人民群众的身心健康都造成严重负面影响<sup>[1]</sup>。如何对雾霾污染进行有效治理,坚决打赢蓝天保卫战成为现阶段重点任务之一,与经济实现高质量可持续发展息息相关,而如何破解经济高质量发展困境,寻求“环境保护、资源节约、经济发展”三者之间的平衡点是摆在政府面前的现实难题。为此,政府修订出台了新的大气污染防治法,将雾霾防治列为了推进绿色发展的重要内容,并成为推动“十四五”和今后一段时期,实现人与自然和谐共生的重要议题。

在新的历史起点上,重新检视经济快速增长的数量与质量关系,这是坚持新发展理念,优化完善现代化经济体系的时代诉求。推动人口和经济总量均占全国近“半壁江山”的长江经济带实现绿色发展,既是党中央的重大战略性部署,也将成为推动形成双循环格局、引领新时代经济转型升级的重要内容。在此背景下,本文尝试建构雾霾污染、人力资本与绿色高质量发展统一框架,在厘清经济发展现状的基础上,以长江经济带 11 省(直辖市)的 108 个城市为研究样本,尝试回答如下几个极为关键但既有研究尚未得到很好回答的问题:雾霾污染对经济质量有没有影响,有何影响?更进一步地,雾霾污染影响经济质量背后的传导机制是什么?对以上问题的解答可以为新时代长江经济带乃至中国经济保持绿色高质量发展提供理论支撑与政策建议。

## 一、文献综述

一直以来,对高质量发展,尤其是对长江经济带高质量发展的关注都是学界热点,研究主要集中在三个方面:一是对高质量发展本身的内涵意义和约束要素的探讨<sup>[2-3]</sup>,认为高质量发展是当前中国实现区域经济协调和转型升级的重要路径,主要约束因素来源于动力结构和效率变革不足<sup>[4]</sup>,以及创新驱动不强<sup>[5]</sup>。二是对长江经济带高质量发展的测度分析及评价,长江经济带作为高质量发展的重要引擎<sup>[6]</sup>和标杆,学者们从经济结构合理性、经济发展效率性、经济增长的可持续性和人民生活的福利性等方面建构了系列指标,通过单一指标法、增长核算法和指标体系法等三大类主要方式,测度了其高质量发展水平,但结论存在争议。三是对长江经济带高质量发展相关影响因素及内在机理的关注,主要涉及产业集聚<sup>[7]</sup>、水资源利用<sup>[8]</sup>、技术创新<sup>[9]</sup>和环境规制<sup>[10]</sup>等方面,为本文提供了理论和实证的基础。

而随着议题的深入展开,环境问题再次成为了研究焦点之一。生态环境与经济发展之间的互动历来就是人类永恒的课题,学者们围绕议题进行了大量研究,取得了巨大进展,但基本上都是重点关注经济发展对生态环境可能产生的影响,比如对环境库兹涅茨曲线(EKC)存在性、形状及其拐点的深入讨论等。从现实实践看,环境问题显著影响经济发展,对于我国当前而言尤为明显。生态环境部测算显示,我国每年因环境污染和生态破坏等造成的经济损失约占当年 GDP 的 7%~8%,且呈现上升态势。

从理论研究看,关注生态环境如何影响经济发展这一反向关系的文献不多<sup>[11-12]</sup>,特别是雾霾污染对经济质量影响的更少,有限的议题重点聚焦了雾霾污染的空间溢出效应<sup>[13-14]</sup>、雾霾污染的经济和非经济影响机制<sup>[15]</sup>以及政府治理雾霾的路径选择等方面<sup>[16]</sup>。研究雾霾污染的跨界流动特征固然重要,而深入分析雾霾如何影响,以及通过何种渠道影响经济发展,才能更有针对性地为雾霾治理和经济发展提质增效提供理论指导。既有的极少数文献虽然考察了经济发展过程中产业结构、创新发展、财政制度和金融政策等对雾霾污染的影响<sup>[17-19]</sup>,却忽视了雾霾污染作为经济粗放型生产特有产物,将深刻地影响资源配置方式和经济发展理念,进而对经济持续高质量增长产生重要影响。现有研究一般将城市化视为雾霾影响经济增长的传导机制,认为城市内生性地具有生产率优势和竞争选择效应,推动了区域经济增长,而雾霾污染则产生了抑制效应,阻滞了城市经济可持续发展<sup>[20]</sup>。但具体到我国而言,人力资本是推动经济发展的动力源泉<sup>[21-22]</sup>和创新要素<sup>[23]</sup>，“人力资本红利”将是我国经济未来发展的增长点<sup>[24]</sup>。作为依存于劳动者个体的“非物质资本”，人力资本一方面是高质量发展的重要推动力，另一方面又必然会受到生态环境影响，但目前，还鲜有研究将人力资本纳入雾霾污染和经济发展框架中，为本文的深入推进提供了较大研究空间。

上述前沿文献为本文的展开提供了基础,但现有关于雾霾污染的研究重点关注  $PM_{10}$ 、 $CO_2$  和  $SO_2$  等污染物,对于导致雾霾“元凶” $PM_{2.5}$  的探讨相对不足;极少数探讨  $PM_{2.5}$  的文献也局限在省际或部分区域层面,难以全面有效地刻画雾霾污染的城市特征。基于此,本文根据哥伦比亚大学公开的世界  $PM_{2.5}$  密度图,首次构建了 2003—2018 年长江经济带 108 个城市  $PM_{2.5}$  浓度数据,实证检验雾霾污染对经济质量的影响机制,进一步考察雾霾污染通过人力资本渠道影响经济高质量发展的传导机制。本文可能的边际贡献在于:第一,不同于多数文献研究经济增长对环境污染的作用机制,而是将雾霾污染、人力资本和经济质量纳入统一框架,系统地探究了雾霾对经济质量的直接和间接影响;第二,进一步将雾霾污染情况的研究对象下沉至地级市层面,建构了长江经济带 108 个城市的  $PM_{2.5}$  浓度数据,为细化分析各城市雾霾影响经济质量提供了数据支持;第三,采用绿色全要素生产率(GTFP)表征经济质量,既符合经济生产的实际过程,又体现了绿色、创新主题的高质量发展本质内涵<sup>[25]</sup>。

## 二、理论分析与研究假说

### (一) 雾霾污染与经济高质量

已有研究表明,在经济发展早期,以雾霾为代表的污染物的无节制排放,可以在确保其他要素投入不变的条件下,通过对自然环境的消耗来实现产出增加,进而促进经济增长。但伴随着这种粗放式经济的快速发展,资源告急、污染加重等环境问题也接踵而至,并日益成为制约经济高速增长的瓶颈<sup>[26]</sup>,无法继续支撑高强度的经济发展,引发了社会各界的广泛关注。其原因在于,持续的污染排放不仅会直接降低环境的质量和承载量,制约整体产出数量和水平,而且一旦其投入过度,超过了资源增加所带来产出提升的临界值,必将影响经济的增长质量和可持续性<sup>[27]</sup>。具体可能表现为,雾霾污染降低了城市吸引力,使得规模报酬递增效应和集聚效应难以发挥,最终必将严重制约产业经济发展,对经济发展质量产生负外部效应<sup>[28]</sup>。事实上,全国 286 个地级市近 10 年的大样本面板数据,也从实践层面证实了雾霾污染的抑制效应<sup>[1]</sup>。而长江经济带作为我国推动区域经济高质量发展的样板,资源能源消耗持续增长、生态环境面临的形势更为严峻<sup>[29]</sup>。同时,长江经济带覆盖区域广,域内雾霾污染程度、资源禀赋差异大,经济发展水平也不相同。为此,提出如下研究假说。

H1:雾霾污染抑制了长江经济带发展质量,并且抑制作用存在异质性。

## (二) 雾霾污染、人力资本与经济高质量

作为一种严格经济学概念的人力资本,最早是由美国经济学家 Schultz 提出,意指体现在个人身上的知识、技能、能力以及可以转化为生产力的其他“非物质资本”属性的统称<sup>[30]</sup>。人力资本是劳动力的资本属性,也是一种决定创新的重要因素,可以分为健康人力资本、教育人力资本和技术人力资本等内容<sup>[31]</sup>。实现高质量发展,人力资本甚为关键,会产生人口红利和人才红利,为科技创新和技术进步提供良好条件,直接决定了一个国家(地区)的技术创新能力,有利于促进发展中国家转变经济增长方式,驱动创新发展<sup>[32]</sup>,而且人力资本创新还会进一步产生空间效应及其溢出效应,对推动发展至关重要<sup>[33]</sup>,可以为绿色技术进步提供坚实保障。

世界卫生组织认为,当前空气污染是世界上最大的环境健康风险源,尤以  $PM_{2.5}$  的雾霾污染为甚,业已成为危害健康的第四大因素,会诱发心血管与呼吸系统疾病,更有甚者会引致敏感人群的急性死亡,还会增加健康的无形支出,影响劳动力出勤率,降低了工作时间和劳动供给,对经济社会发展产生负面影响<sup>[34]</sup>。有研究发现,中国北方 20 世纪 90 年代曾因空气污染致使居民平均预期寿命减少 25 年,约等于折损了 13% 的劳动力<sup>[35]</sup>。另据不完全统计,当前我国由于大气污染问题每年约会导致 17.8 万人早逝,且进一步的研究表明, $PM_{2.5}$  对健康人力资本负向影响显著,而  $PM_{2.5}$  与城乡类型的交互项正向显著,其中, $PM_{2.5}$  每上升  $1\mu g/m^3$ ,农村居民健康人力资本会下降 7.34%,而城市居民健康人力资本仅下降 4.3%,相较于农村而言, $PM_{2.5}$  对城市居民健康人力资本的影响约低 41.42%。但无论是城市居民,还是农村居民的健康人力资本都会受  $PM_{2.5}$  损害。雾霾污染降低了居民生活质量和健康质量<sup>[36]</sup>。

雾霾污染严重的地区对人才吸引力会降低,自然也就降低了城市竞争力,同时又会导致人力资本流失,从而减弱了城市的人力资本积累。反之,若一个地区人力资本积累度较高,则其可能拥有较多高技术、高受教育水平的劳动力,相对会投入较多的技术研发,进而有利于本地区生态环境问题的解决。内生经济增长理论认为,人力资本是知识、技术和信息等创新要素的载体,可以通过知识外溢和信息分享渠道促进经济高质量发展<sup>[37]</sup>,为实现长期可持续增长提供源泉<sup>[38]</sup>。因此,雾霾污染不利于人力资本积累,会对居民的受教育水平和技术创新产生负面影响<sup>[39]</sup>,即人力资本是雾霾污染影响经济高质量发展的重要传导机制。据此,本文提出研究假说 2。

H2:人力资本在雾霾污染和高质量发展中发挥中介作用,即雾霾污染通过人力资本影响经济高质量发展。

## 三、研究设计

### (一) 变量选取与数据来源

#### 1. 被解释变量

本文的被解释变量为绿色高质量发展,用绿色全要素生产率(GTFP)来表征。文献表明,传统的 Malmquist-Luenberger 指数测算存在不一致性和非可行性问题,会产生较大的测算偏误<sup>[40]</sup>。因此,本文在 ML 指数的基础上引入优化技术,克服不一致和非可行性问题。计算过程中,投入指标选用了劳动力、物质资本和能源消费,分别采用年末从业人员数、固定资产投资额、全社会用电量表示。产出指标包括期望、非期望产出两部分,其中期望产出用通过基期消胀处理后具有可比性的地区生产总值表示;非期望产出选用合成指标来替代,包括工业废水、二氧化硫和烟尘排放。

#### 2. 核心解释变量

本文的核心解释变量为雾霾污染,用污染“元凶” $PM_{2.5}$  浓度作代理变量,以哥伦比亚大学公开的

全球  $PM_{2.5}$  浓度栅格数据为基础,并采用 ArcGIS 软件,解析分离出长江经济带城市数据。同时,鉴于上述分析,雾霾污染不利于人力资本积累,进而影响经济发展质量,因此,将人力资本设定为中介变量,并借鉴既有文献的惯常做法<sup>[41]</sup>,选用平均受教育年限来替代。

### 3. 控制变量与工具变量

控制变量方面,选择了人均产出(pgdp);产业结构(struc),用第二产业产值占地区 GDP 的比重表征;对外开放(open),用实际利用外商投资占比地区 GDP 来衡量;人口密度(pden),用年末总人口与辖区行政面积之比表征;城镇登记失业率(unemp);基础设施(infra),用人均建设道路面积表示;职工平均工资(pwage);财政分权度(fiscal),用财政收入占财政支出的比重表征。同时,为了剔除价格水平变化的可能影响,上述所有货币性变量指标,均利用价格指数调整到以 2003 年为基期的实际水平。另外,本文的核心解释变量雾霾污染与经济质量存在互为因果关系,即雾霾可以通过阻碍人力资本积累正向影响经济质量,经济质量也可能会借助结构效应、规模效应反向影响雾霾水平。因此,为了克服雾霾污染的内生性问题,借鉴董直庆和王辉<sup>[42]</sup>的做法,选取城市自然降水量(rain)作为雾霾污染的工具变量。

长江经济带包括 9 个省和 2 个直辖市,由于铜仁、毕节和巢湖存在行政区划调整,基于现实数据的可得性与平行性原则,最终选取了 108 个城市为研究对象,其中上游地区包括滇、黔、川、渝等 4 省(直辖市)31 个城市,中游地区包括赣、鄂、湘等 3 省 36 个城市,下游地区包括苏、浙、沪、皖等 4 省(直辖市)41 个城市。原始数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》,以及《中国区域经济统计年鉴》等,研究时段为 2003—2018 年。

### (二) 模型设定

首先,为了检验雾霾污染,对于经济质量的综合影响,设定基准模型如公式(1)所示。

$$GTFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 PM_{2.5it} + \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

公式(1)中,GTFP 表示经济质量, $PM_{2.5}$  衡量雾霾污染水平,为了缓解遗漏变量偏误, $X$  为控制变量向量,包括人均实际产出(pgdp)、产业结构(struc)、对外开放(open)、人口密度(pden)、城镇登记失业率(unemp)、基础设施(infra)、职工平均工资(pwage)、财政分权度(fiscal)。 $\mu_i$  和  $\eta_t$  代表城市与时间固定效应, $\varepsilon$  为误差项。

此外,为了检验雾霾污染是否会通过人力资本路径间接地对经济质量产生影响,运用中介效应模型进行了实证考察,即第一步,以人力资本为被解释变量,雾霾污染为解释变量,检验雾霾污染对人力资本的影响;第二步,以经济质量为因变量,人力资本为自变量,检验人力资本对经济质量的影响。依据上述逐步回归思想,设定中介效应模型如公式(2)和(3)所示。

$$HC_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 PM_{2.5it} + \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$GTFP_{it} = \delta_0 + \delta_1 HC_{it} + \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

公式(2)和(3)中,HC 表示人力资本水平,其他变量含义与公式(1)相同。如果雾霾污染通过影响人力资本,进而影响经济质量,那么  $\gamma_1$  和  $\delta_1$  系数均显著。若  $\gamma_1 \delta_1$  的回归符号与  $\alpha_1$  一致,则雾霾污染通过人力资本渠道影响经济质量的中介效应为  $\gamma_1 \delta_1$ ;若  $\gamma_1 \delta_1$  符号与  $\alpha_1$  相反,则雾霾污染通过影响人力资本进而影响经济质量的遮掩效应为  $\gamma_1 \delta_1$ ,即人力资本的间接作用部分掩盖了雾霾污染对经济质量的真实影响效果。

同时,为了检验人力资本的中介效应是否完全,即在控制人力资本的间接效应后,雾霾污染的影响效应是否依旧显著,进一步设定模型如公式(4)所示。

$$GTFP_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 PM_{2.5it} + \varphi_2 HC_{it} + \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

若雾霾污染对经济质量有直接效应的同时,又通过人力资本间接影响经济质量,那么  $\varphi_1$  和  $\varphi_2$  均显著,在控制雾霾污染对经济质量直接影响前提下,间接效应为  $\gamma_1 \varphi_2$ 。若雾霾污染对经济质量的影响仅体现在人力资本的间接效应上,那么  $\varphi_1$  不显著、 $\varphi_2$  显著,则人力资本充当完全中介变量。

## 四、实证结果与分析

### (一) 雾霾污染对经济质量综合影响效果检验

表1报告了基准模型公式(1)的回归结果。为了检验回归结果的稳健性,列(1)和列(3)没有控制城市和时间固定效应,列(2)和列(4)控制了两者固定效应。第(1)列和第(2)列结果显示,雾霾污染对经济质量的综合影响为负,且通过1%显著性水平检验。鉴于当期城市经济质量不会对过去的雾霾水平产生影响,为降低反向因果偏误,与列(1)和列(2)相对应,列(3)和列(4)将城市  $PM_{2.5}$  数据滞后一期(L.  $PM_{2.5}$ )再进行估计,雾霾污染与经济质量的负相关关系依旧成立,并通过统计检验。究其原因,一方面,经济“新常态”背景下具有“绿色偏向性”的技术进步是持续驱动经济高质量发展的新动能,雾霾污染直接影响高级创新要素的流动方向,阻碍绿色清洁技术的引进消化与吸收,无法发挥绿色清洁技术的“干中学”效应;另一方面,由于我国“少气、贫油、富煤”的能源结构,导致经济发展对煤炭资源具有路径依赖,而雾霾污染的重要源头之一就是煤炭燃烧,随着工业化进入中后期阶段,公众更加偏好清洁绿色环境,雾霾污染将成为发展现代服务业等清洁型产业的重要障碍,不利于经济结构优化和增长动能转换,进而对经济质量产生负面影响。控制变量回归结果符合理论预期,限于篇幅,不予赘述。

表1 雾霾污染对经济质量影响的回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
$PM_{2.5}$	-0.023*** [-2.62]	-0.084*** [-3.31]		
L. $PM_{2.5}$			-0.060*** [-3.22]	-0.062* [-1.89]
pgdp	0.035*** [5.45]	0.128*** [3.60]	0.033*** [4.48]	0.105*** [2.69]
struc	-0.008 [-0.43]	-0.063* [-1.89]	-0.003 [-0.01]	-0.104*** [-3.20]
open	0.002 [0.75]	0.005 [0.94]	0.006* [1.73]	0.010** [2.04]
pden	0.011* [1.93]	0.009** [2.08]	0.003 [0.35]	0.010** [2.25]
unemp	-0.009* [-1.76]	-0.012 [-1.64]	-0.008 [-1.26]	-0.009 [-1.30]
infra	0.031*** [5.06]	0.049*** [5.87]	0.033*** [5.30]	0.052*** [6.06]
pwage	-0.012 [-0.86]	-0.413*** [-2.81]	-0.025 [-0.15]	-0.303* [-1.93]
fiscal	-0.021* [-1.91]	0.014 [1.09]	-0.007 [-0.61]	0.024* [1.69]
城市固定效应	未控制	控制	未控制	控制
时间固定效应	未控制	控制	未控制	控制
观测值	1 728	1 728	1 620	1 620

注:1. \*\*、\*表示在1%、5%和10%水平上显著;2. 中括号内数字为Z值或T值;3. L.  $PM_{2.5}$ 表示  $PM_{2.5}$  滞后一期值。

## (二)人力资本的间接效应检验

雾霾污染是否会通过影响人力资本进而影响经济质量?为了检验这一间接效应,首先考察人力资本对经济质量的影响,如果人力资本能够显著提升经济质量,然后进一步考察雾霾污染对人力资本的影响。若二者均显著,那么存在雾霾污染以人力资本为传导渠道影响经济质量的间接效应。为此,先对公式(3)进行估计,估计方法和表1相同,回归结果如表2所示。

表2 人力资本的间接效应检验结果

因变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	GTFP				HC			
HC	0.063** [1.98]	0.276** [2.47]						
L. HC			0.065* [1.94]	0.227* [1.91]				
PM <sub>2.5</sub>					-0.079** [-2.30]	-0.073** [-2.41]		
L. PM <sub>2.5</sub>							-0.055** [-2.08]	-0.026*** [-3.07]
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	未控制	控制	未控制	控制	未控制	控制	未控制	控制
时间固定效应	未控制	控制	未控制	控制	未控制	控制	未控制	控制
观测值	1 728	1 728	1 620	1 620	1 728	1 728	1 620	1 620

注:1. \*\*、\*表示在1%、5%和10%水平上显著;2. 中括号内数字为Z值或T值;3. L. HC

表示HC滞后一期值,L. PM<sub>2.5</sub>表示PM<sub>2.5</sub>滞后一期值。

表2结果显示,列(1)—列(4)中人力资本对经济质量的回归系数均显著为正,表明人力资本能够有效提升经济质量。改革开放40多年以来,中国经济的高速增长主要依赖劳动和资本要素双轮驱动,近年来,在资源环境约束趋紧的大背景下,自主创新成为了经济发展和转型升级的核心。有鉴于此,中央提出创新驱动发展战略,旨在培育和建立区域创新生态系统,提升创新能力,而人力资本是创新的重要载体,充当着孵化器与扩散器的角色,为创新活动提供异质性的显性与隐性知识,并且可以借助社会网络生产“创新思想”,为现实的创新实践提供思想源泉,从而提升经济质量。列(1)—列(4)结果已表明人力资本能够提升经济质量,需要进一步考察雾霾污染对人力资本的影响,即对公式(2)进行估计。列(5)—列(8)中雾霾污染对人力资本的估计系数,在5%或1%的置信水平上显著为负,说明雾霾污染会阻碍人力资本积累。这一结果符合理论预期。中国经济在“新常态”背景下,显现出资本边际回报率和人口数量红利趋于下降,并且技术进步后发优势递减的态势,维持经济健康持续发展的核心途径是增加人力资本存量和优化人力资本配置,释放人口质量红利。在经济发展初期,社会大众普遍注重经济发展的速度,对环境污染问题选择性忽视,此时经济增长的收入效应占据重要地位,随着社会发展进入成熟阶段,人们更加偏好生活质量与绿色生态环境,宁愿用增长速度去换取绿水青山,替代效应发挥主导作用,而雾霾污染通过影响人们的健康状况和受教育程度进而降低生活质量,损害人力资本积累以及恶化人力资本配置效率,产生人力资本错配现象,阻碍人口质量红利的有效释放。

综上分析,雾霾污染抑制经济质量的提升,也会显著抑制人力资本积累,影响人力资本在促进经济质量方面的积极效果,导致经济质量受损。初步判断雾霾污染抑制人力资本积累从而影响经济质量的

间接效应为-0.020,且显示为中介效应而非遮掩效应。另外,雾霾污染对经济质量的综合影响为-0.084,由此得出在控制人力资本的中介效应后,雾霾污染影响经济质量的直接效应为-0.064。

### (三) 人力资本的间接效应再检验

运用表1的估计方法对公式(4)进行估计,回归结果如表3所示。结果显示,在控制了人力资本对经济质量影响的间接效应后,雾霾污染对经济质量的估计系数均显著为负,且数值大小较表1中的估计系数更小,进一步验证了人力资本中介效应的存在性。调整后的雾霾污染通过人力资本渠道导致经济质量受损的中介效应为-0.017。控制了人力资本的中介效应后,修正的雾霾污染对经济质量的直接效应为-0.029。至此可以回答本文在引言中提出的问题,即雾霾污染通过两种方式影响经济质量,一是雾霾污染负向抑制经济质量的直接效应,二是雾霾污染借助人力资本传导机制影响经济质量的间接效应。

表3 人力资本的间接效应再检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
PM <sub>2.5</sub>	-0.012* [-1.92]	-0.029** [-2.31]		
L. PM <sub>2.5</sub>			-0.020** [-2.18]	-0.033*** [-3.04]
HC	0.150*** [7.32]	0.229** [2.55]		
L. HC			0.114*** [5.39]	0.247*** [6.92]
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	未控制	控制	未控制	控制
时间固定效应	未控制	控制	未控制	控制
观测值	1 728	1 728	1 620	1 620

注:1. \*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%和10%水平上显著;2. 中括号内数字为Z值或T值;3. L. PM<sub>2.5</sub>、L. HC分别表示PM<sub>2.5</sub>、HC滞后一期值。

### (四) 异质性分析

鉴于长江经济带作为国家重大战略发展区域,自2012年党的十八大确立“五位一体”总布局以来,习近平总书记先后三次专题召开座谈会,深度聚焦高质量发展,坚持以压倒性态势,推进生态修复,坚持突出“生态优先、绿色发展”,取得了新的进展。同时,考虑长江经济带不同地区在经济基础、要素禀赋与产业结构等方面存在较大差异性。因此,本文进一步从地理区位和政策时间两个维度,将总体样本分为上、中、下游三个子城市样本以及2003—2012年、2013—2018年两个分段样本分别进行回归,深入考察雾霾污染对经济质量的影响是否存在区域和时间上的异质性,结果见表4、表5。

表4、表5结果显示,从区域异质性看,上、中、下游城市雾霾污染均不利于人力资本积累,并且雾霾对下游城市人力资本的负面影响更大,其次是中游,影响最小的是上游,这说明下、中游城市居民对雾霾污染更加敏感,环境质量诉求更高,究其原因可能是因为下游城市属于东部发达地区,区位和制度双重优势致使其聚集着大量高人力资本的居民,他们在发挥人力资本外部性的同时高度重视生活与消费的绿色性,具有一定的环境偏好特征。据媒体报道,近年来,长三角地区严重的雾霾污染已经迫使部分高技术人才逃离至其他国家,降低了全球高质量外商直接投资(FDI)与优秀人才来华投资创业的吸引力。从上游



城市的人力资本回归系数来看,其在1%水平上显著为负,说明人力资本抑制经济质量的提升。这一结果似乎与预期相悖,这主要是因为上游城市地处西部地区,经济发展水平相对较低,地方政府为了追求短期经济绩效,有内在激励扭曲财政支出结构的可能,将有限的财政资源用于基础设施建设等生产性投资行为,就挤出了教育、医疗与社会保障的财政投入,致使上游城市整体人力资本水平较低,产生低人力资本与产业结构转型升级不相匹配的现象。进一步地,控制了人力资本对经济质量的影响后,结果表明,上游城市雾霾污染对经济质量有负面作用,但没有通过统计检验。这主要是由于上游城市多为自然资源丰裕地区,山地多平原少、森林覆盖面广,很大程度上限制了雾霾的产生与跨区域扩散,致使其对经济质量的制约作用尚未显现;而中游城市人力资本对经济质量的系数为正,且不显著。其原因在于,一方面,中游城市地理区位邻近下游城市,主要承接下游城市的劳动密集型产业转移,产业技术附加值低和产业链单一,劳动力结构主要以低技能工人为主,引致绿色技术创新能力不足;另一方面,相对而言,下游城市拥有更好的就业机会和更高的收入来源等优质条件,高人力资本的人会在市场机制导向作用下,出现往下游城市集聚的现象,最终导致中游城市高技术产业发展所需的高技能劳动者供给不足,延缓经济结构调整优化的步伐。中游城市雾霾污染在10%的置信水平上抑制经济质量的提升;下游城市人力资本正向影响经济质量,雾霾污染负向影响经济质量,这与理论预期相符。

表4 雾霾污染对经济质量的影响:区域异质性

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	上游城市			中游城市			下游城市		
	HC	GTFP	GTFP	HC	GTFP	GTFP	HC	GTFP	GTFP
PM <sub>2.5</sub>	-0.049** [-1.08]		-0.049 [-1.08]	-0.098** [-2.67]		-0.148* [-2.88]	-0.114*** [-3.47]		-0.022*** [-0.72]
HC		-0.581*** [-2.82]	-0.579*** [-2.95]		0.636 [2.09]	0.556 [1.93]		0.353** [2.81]	0.236*** [1.396]
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	496	496	496	576	576	576	656	656	656

注:1.\*\*\*、\*\*、\*表示显著性水平为1%、5%和10%;2.中括号内数字为T值。

表5 雾霾污染对经济质量的影响:时间异质性

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	2003—2012年			2013—2018年		
	HC	GTFP	GTFP	HC	GTFP	GTFP
PM <sub>2.5</sub>	-0.0023*** [-0.12]		-0.051*** [-1.70]	-0.033*** [-1.07]		-0.203*** [-4.22]
HC		0.196 [1.36]	0.190 [1.38]		0.0187** [0.29]	0.303*** [0.50]
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1080	1080	1080	648	648	648

注:\*\*\*、\*\*、\*表示显著性水平为1%、5%和10%,中括号内数字为T值。

从时间异质性看,2003—2012年,雾霾污染对人力资本的回归系数在1%水平上显著为负,说明

雾霾污染阻碍人力资本积累。人力资本对经济质量的影响为正,但并不显著。原因在于,这一时期经济发展主要依靠劳动力成本和数量优势,外向型经济发展方式占据主导地位,人力资本的潜力并未发挥。雾霾污染对经济质量的影响显著为负,抑制经济质量的提高。2013—2018年,雾霾污染同样成为人力资本积累的阻碍因素。人力资本在5%水平上对经济质量具有正向促进作用。党的十八大以来,新发展理念成为推动经济高质量发展的指引,随着技术进步后发优势的逐步消失和经济发展方式的转变,绿色技术的自主创新成为关键,而人力资本存量对经济质量的促增效应日益凸显,不仅直接决定创新效率,而且影响创新成果转化。相比于2003—2012年,这一时期的雾霾污染对经济质量的负面冲击更大,意味着社会愈发重视经济发展与资源环境的协调共生,推进生态文明建设与建设美丽中国成为经济发展的主旋律。

#### (五) 雾霾污染影响经济质量:工具变量估计

研究雾霾污染与经济高质量发展,无法回避的是内生性问题,而寻求合适的工具变量是有效的解决方案和学术共识。借鉴董直庆和王辉<sup>[42]</sup>的做法,选取城市自然降水量(rain)作为雾霾污染的工具变量。一是因为降水量可以降低雾霾的跨界溢出,有效控制了雾霾污染的空间溢出效应,可以准确识别本地雾霾对本地经济质量的影响,这表明降水量与雾霾负向相关,符合工具变量的相关性原则。二是因为降水量是自然现象,与经济质量没有直接关系,仅通过雾霾途径作用于经济质量,满足工具变量的外生性原则。运用两阶段最小二乘法(TSLS)进一步估计雾霾污染对经济质量的影响,估计结果如表6所示。

表6 雾霾污染对经济质量的影响:工具变量估计

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	全样本	区域异质性			时间异质性	
		上游城市	中游城市	下游城市	2003—2012年	2013—2018年
第一阶段回归	PM <sub>2.5</sub>					
rain	-0.067*** [-3.21]	-0.064** [-2.42]	-0.111*** [-2.90]	-0.071** [-2.25]	-0.071*** [-3.24]	-0.059*** [-5.58]
第一阶段F值	39.97	32.87	53.12	13.61	33.54	53.24
第二阶段回归	HQ					
PM <sub>2.5</sub>	-0.395* [-1.82]	-0.188 [-1.54]	-0.150*** [-3.91]	-0.420*** [-3.11]	-0.356** [-2.31]	-1.737*** [-3.44]
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 728	496	576	656	1 080	648

注:1. \*\*、\*、表示显著性水平为1%、5%和10%;2. 中括号内数字为T值。

表6结果显示,全样本、分区域样本和分时间段样本的第一阶段回归结果,均说明城市自然降水量与雾霾存在显著的负相关关系,并且F值远大于10,排除了弱工具变量的问题。第二阶段回归结果表明,雾霾污染影响经济质量的正负号与显著性水平均与前文回归结果基本一致,进一步佐证

了雾霾污染对长江经济带经济质量的不利影响。当考虑雾霾污染的内生性问题后,与前文回归结果相比,在绝对值上雾霾的估计系数增大,反映了潜在的内生性偏误,低估了雾霾污染对经济质量的负面效应。同时,从区域和时间异质性看,雾霾污染对下游城市经济质量的抑制作用显著高于中、上游城市,且2013年之后雾霾污染的损害效应呈现上升趋势,进一步印证了异质性的分析结果。

### (六) 稳健性分析

为了检验前文实证结果的可靠性,本文以表6的列(1)估计结果为基准进行稳健性检验,估计结果如表7所示。

表7中,列(1)是替换因变量,运用传统的 Malmquist-Luenberger 指数测算城市 GTFP 来度量经济质量。为了城市之间更具横向可比性,列(2)剔除了省会城市与直辖市,只保留了97个地级市为估计样本。为了消除样本数据的异常值对估计结果形成的干扰,列(3)将样本数据进行上下1%缩尾处理。自然降水量这一工具变量并不能减缓控制变量的内生性,为了排除控制变量可能存在的“双向因果”问题,列(4)将全部控制变量取滞后一期值。结果显示,除了回归系数绝对值有变化外,第一阶段及第二阶段的正负号和显著性水平与表6的列(1)估计结果基本一致,说明实证结果较为稳健。

表7 雾霾污染对经济质量的影响:稳健性分析

	(1)	(2)	(3)	(4)
第一阶段回归	PM <sub>2.5</sub>			
rain	-0.078*** [-3.47]	-0.081*** [-3.51]	-0.075*** [-3.38]	-0.056*** [-2.86]
第一阶段 F 值	24.25	24.29	21.99	17.22
第二阶段回归	GTFP			
PM <sub>2.5</sub>	-0.624*** [-2.83]	-0.648*** [-2.95]	-0.647*** [-2.77]	-0.670** [-2.14]
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	1 728	1 552	1 728	1 620

注:1. \*\*\*、\*\*、\*表示显著性水平为1%、5%和10%;2.中括号内数字为T值。

## 五、主要结论与政策建议

上述研究表明,严重的雾霾污染会阻碍人力资本积累,进而影响经济可持续发展。深入理解和科学认识雾霾污染与经济绿色高质量的关系以及背后的传导机制,直接关系到“十四五”乃至今后更长一段时期,我国高质量之路能否蹄疾步稳,能否乘势而上地推动社会主义现代化国家建设行稳致远。我国发展已经迎来新时代,增势赋能推动绿色发展应成为一种自觉和常态,也成为了新时代高质量发展的增长极。研究结论可以为有效治理雾霾、助推经济绿色高质量发展提供有益的启示。

### (一) 研究结论

本文首先构建了雾霾污染、人力资本与经济质量之间的统一分析框架,然后以长江经济带 108

个地级市为研究样本,建立了2003—2018年平衡面板数据,并基于中介效应模型与工具变量法,实证考察了雾霾污染、人力资本对经济绿色高质量的影响效应,重点讨论了雾霾污染对经济高质量发展的反馈作用和中介效应。主要的研究发现有:一是雾霾污染会显著降低经济质量,其中以 $PM_{2.5}$ 为代表的雾霾污染物每增加1个单位,经济发展质量下降8.4个百分点。二是人力资本扮演着雾霾污染影响经济绿色高质量的中介传导角色,其中雾霾污染的直接效应为-0.064,人力资本的间接效应为-0.020。三是雾霾污染对长江经济带绿色高质量发展具有明显的异质性,其中雾霾污染对下游城市人力资本的负面影响更大,进而对经济质量的抑制作用也显著高于中、上游城市,且2013年之后雾霾污染的伤害效应呈现上升趋势。

## (二) 政策建议

依据上述实证结果,提出以下政策建议。

第一,加强区域协同,推动共同发展。研究表明,从总体上看,长江经济带具有独特优势和巨大发展潜力,在经济高质量发展上还存在较大的上升空间。特别是国家重大战略的出台,必将进一步激发其在交通、区位、产业和资源等方面的显著优势,迎来新的重大发展契机。与此同时,长江经济带横跨东中西部,自然资源和现有产业基础差异明显,而区域间不平衡、不充分的发展成为了长江经济带高质量发展的重要掣肘,需要根据各地区经济、环境与资源状况,制定差异化的经济质量提升目标,并加强区域协同联动,通过加大财政转移支付与税收优惠政策力度等,引导各地区平衡环境保护与经济发展间的关系,推动经济质量稳步提升,加速区域一体化步伐。

第二,立足资源禀赋,推动特色发展。研究发现,长江经济带区域异质性特征明显,上游地区已经成为高质量发展的“洼地”,消解了区域整体发展水平和质量,需要在充分保护丰裕自然生态资源的基础上,发挥生态屏障功能,赋能长江经济带高质量发展。下游地区要凸显自身优势和基础,努力在承载产业、人口,推动绿色转型、引领创新上,发挥更多的示范带动效应。中游地区要不断优化产业结构,转换发展模式,加速实现新旧动能转化,促进区域内资源互补与功能融合,为长江经济带绿色高质量发展增添动力。

第三,发挥集束效应,推动创新发展。研究表明,雾霾污染是经济高质量发展的抑制因素,人力资本是传导角色。因此,推动长江经济带高质量发展,必须从雾霾污染的主要致因入手,以市场化的规制手段倒逼产业结构转型升级,优化绿色能源结构,建立健全政策实施持续性的长效机制,推动以雾霾治理为重点的大气防治取得新突破<sup>[43]</sup>;必须发挥人力资本的正向集束效应,优化调整财政支出结构,纠正“重生产、轻服务”的自利性偏好,加大医疗与教育等公共服务的财政投入力度,提高社会福利水平,发挥人力资本存量优势,深挖人力资本的隐性潜力,进而切断人力资本的负向中介传导渠道,促进长江经济带绿色高质量创新发展。

第四,优化联动机制,推动优质发展。要达成雾霾污染与经济质量的“脱钩”目标,需要贯彻落实以点带面、联防联控的雾霾治理思路,下游城市经济质量受到雾霾负面影响程度最大,应借助自身绿色技术水平、规模经济效应与高效资源配置等优势,发挥其对雾霾治理的示范引领作用,中、上游城市要提高环境准入门槛与甄别清洁技术能力,防范污染跨界转移问题,避免走“先发展、后治霾”的老路,同时,考虑到雾霾会受到大气等自然条件的作用从而具有空间相关性,在雾霾治理上,

需要上、中、下游城市联防联控,协同建立责任共担、利益协调机制,共同推动长江经济带优质发展,为加快构建新发展格局打造标杆。

#### 参考文献:

- [1]陈诗一,陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J]. 经济研究,2018(2):20-34.
- [2]金碚. 关于“高质量发展”的经济学研究[J]. 中国工业经济,2018(4):5-18.
- [3]赵剑波,史丹,邓洲. 高质量发展的内涵研究[J]. 经济与管理研究,2019(11):15-31.
- [4]经济学与管理学热点研究课题组,李军林,胡家勇,等. 2019年中国经济学与管理学研究热点分析[J]. 经济学动态,2020(4):96-110.
- [5]辜胜阻,吴华君,吴沁沁,等. 创新驱动与核心技术突破是高质量发展的基石[J]. 中国软科学,2018(10):9-18.
- [6]易森. 流域分工视角下长江经济带高质量发展初探:一个马克思主义政治经济学的解读[J]. 经济学家,2019(7):51-59.
- [7]方敏,杨胜刚,周建军,等. 高质量发展背景下长江经济带产业集聚创新发展路径研究[J]. 中国软科学,2019(5):137-150.
- [8]刘录三,黄国鲜,王璠,等. 长江流域水生态环境安全主要问题、形势与对策[J]. 环境科学研究,2020(5):1081-1090.
- [9]刘新智,刘娜. 长江经济带技术创新与产业结构优化协同性研究[J]. 宏观经济研究,2019(10):35-48.
- [10]薛莲,黄永明. 环境规制能否助推区域经济高质量发展:来自长江经济带的经验证据[J]. 江汉论坛,2021(3):37-44.
- [11]EBENSTEIN A, FAN M Y, GREENSTONE M, et al. Growth, pollution, and life expectancy: China from 1991—2012[J]. American Economic Review,2015,105(5):226-231.
- [12]邵帅,张可,豆建民. 经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J]. 管理世界,2019(1):36-60,226.
- [13]马丽梅,张晓. 中国雾霾污染的空间效应及经济、能源结构影响[J]. 中国工业经济,2014(4):19-31.
- [14]LIU H M, FANG C L, ZHANG X L, et al. The effect of natural and anthropogenic factors on haze pollution in Chinese Cities: A spatial econometrics approach[J]. Journal of Cleaner Production,2017,165:323-333.
- [15]施震凯,邵军,王美昌. 外商直接投资对雾霾污染的时空传导效应:基于 SpVAR 模型的实证分析[J]. 国际贸易问题,2017(9):107-117.
- [16]付鹏. 新常态下城市雾霾治理的现实路径选择[J]. 管理世界,2018(12):179-180.
- [17]LEVINSON A. Environmental regulatory competition: A status report and some new evidence[J]. National Tax Journal,2003,56(1):91-106.
- [18]程中华,刘军,李廉水. 产业结构调整与技术进步对雾霾减排的影响效应研究[J]. 中国软科学,2019(1):146-154.
- [19]吴勋,白蕾. 财政分权、地方政府行为与雾霾污染:基于 73 个城市 PM<sub>2.5</sub> 浓度的实证研究[J]. 经济问题,2019(3):23-31.
- [20]HANLON W W. Coal smoke and the costs of the industrial revolution[R]. National Bureau of Economic Research,2016.
- [21]彭明朗. 经济发展的源泉在于人力资本:评孔祥国新著《经济发展中的人力资本》[J]. 湖南经济,1997(11):58-59.
- [22]李明,张亦然. 空气污染的移民效应:基于来华留学生高校-城市选择的研究[J]. 经济研究,2019(6):168-182.
- [23]毛其淋. 人力资本推动中国加工贸易升级了吗?[J]. 经济研究,2019(1):52-67.
- [24]胡鞍钢,才利民. 从“六普”看中国人力资源变化:从人口红利到人力资源红利[J]. 清华大学教育研究,2011(4):1-8.
- [25]余泳泽,杨晓章,张少辉. 中国经济由高速增长向高质量发展的时空转换特征研究[J]. 数量经济技术经济研究,2019(6):3-21.
- [26]袁晓玲,邴勃,李政大. 改革开放 40 年中国经济发展与环境质量的关系分析[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),2018(6):113-118.
- [27]陈诗一. 能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J]. 经济研究,2009(4):41-55.
- [28]童纪新,王青青. 中国重点城市群的雾霾污染、环境规制与经济高质量发展[J]. 管理现代化,2018(6):59-61.

- [29]周清香,何爱平.环境规制对长江经济带高质量发展的影响研究[J].经济问题探索,2021(1):13-24.
- [30]FULMER I S,PLOYHART R E. Our most important asset[J]. Journal of Management,2014,40(1):161-192.
- [31]廖扬.农村劳动力老龄化对中国农业经济的影响及空间效应的实证分析:基于中国省级面板数据[D].南昌:江西财经大学,2019.
- [32]阳立高,贺正楚,柒江艺,等.发展中国家知识产权保护、人力资本与经济增长[J].中国软科学,2013(11):123-138.
- [33]吕祥伟,辛波.人力资本促进经济高质量发展的空间效应及其溢出效应研究[J].广东财经大学学报,2020(4):34-47.
- [34]申俊,孙涵,成金华.空气污染对公众健康的空间效应分析[J].统计与决策,2018(18):98-102.
- [35]CHEN Z,WANG J N,MA G X,et al. China tackles the health effects of air pollution[J]. Lancet,2013,382(9909):1959-1960.
- [36]王燕,余红伟,石大千,等.雾霾污染对收入差距影响的再检验:基于工具变量法[J].环境经济研究,2019(4):115-131.
- [37]李静,楠玉,刘霞辉.中国经济稳增长难题:人力资本错配及其解决途径[J].经济研究,2017(3):18-31.
- [38]ROMER P M. Human capital and growth:Theory and evidence[J]. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 1990,32:251-286.
- [39]ZHANG X,ZHANG X B,CHEN X. Happiness in the air:How does a dirty sky affect mental health and subjective well-being?[J]. Journal of Environmental Economics and Management,2017,85:81-94.
- [40]APARICIO J,PASTOR J T,ZOFIO J L. On the inconsistency of the Malmquist-Luenberger index[J]. European Journal of Operational Research,2013,229(3):738-742.
- [41]冷艳丽,杜思正.能源价格扭曲与雾霾污染:中国的经验证据[J].产业经济研究,2016(1):71-79.
- [42]董直庆,王辉.环境规制的“本地—邻地”绿色技术进步效应[J].中国工业经济,2019(1):100-118.
- [43]魏冬,冯采.空气污染对地区科技创新水平的影响研究:基于专利授权大数据的证据[J].南方经济,2021(8):112-134.

## Research on the impact of haze pollution on the high-quality development of the Yangtze River Economic Belt from the perspective of human capital

CHENG Yongsheng<sup>1,2</sup>, ZHANG Deyuan<sup>1</sup>, ZHAO Mengchan<sup>1</sup>, WANG Xia<sup>2</sup>

(1. Academy of Strategies for Innovation and Development, Anhui University, Hefei 230039, P. R. China;

2. School of Economics, Fuyang Normal University, Fuyang 236037, P. R. China)

**Abstract:** Green and high-quality development is an inevitable requirement for building a beautiful China in the new era, which is directly related to the new journey of China's socialist modernization for a longer period of time after the 14th Five-Year Plan. The possible marginal contribution of the article lies in: based on the literature review, the research hypothesis is put forward through theoretical analysis, and the research object is 108 prefecture-level cities in the Yangtze River Economic Belt, constructing the 2003-2018 smog pollution ( $PM_{2.5}$ ) concentration data. At the same time, it is characterized by GTFP that reflects the connotation of high-quality development, and tries to incorporate haze pollution, human capital and economic quality into a unified framework. The mediation effect model and the instrumental variable method are comprehensively used to reveal the mechanism and effect of haze pollution on high-quality economic development from the perspective of human capital. The results show that for every increase of 1 unit of haze pollutants is represented by  $PM_{2.5}$  during the sample period, the quality of green economy development decreases by 8.4%; the direct effect of haze pollution on economic quality is -0.064, and the subsequent

indirect effect conducted through the intermediary of human capital is  $-0.020$ . Further analysis shows that haze pollution has obvious heterogeneity to the green and high-quality development of the Yangtze River Economic Belt. Among them, haze pollution has a greater negative impact on the human capital of downstream cities, which in turn affects economic quality. The inhibitory effect is also significantly higher than that of the city of the middle and upper reaches, and the damage effect of haze pollution has increased after 2013. After overcoming a series of robustness tests such as endogeneity, replacement of explained variables, sample shrinkage processing, and lagging one-period regression, the research conclusions are still valid. The policy significance is that it can provide useful enlightenment to effectively control smog and promote economic development in green and high-quality manners. It is recommended to strengthen regional coordination, guide various regions to balance the relationship between environmental protection and economic development, promote the steady improvement and common development of economic quality. We should promote the complementarity of resources and functional integration in the region based on resource, and add impetus to the high-quality development of the Yangtze River Economic Belt. We should promote the development of characteristics and exert the clustering effect, pushing the green transformation and upgrading the industrial structure with market-based regulatory means. We should increase the financial investment in public services such as medicine and education, and improve the level of social welfare, accumulate the stock of human capital, and give full play to the impact of human capital for the potential of economic development to promote innovative development. We should optimize the linkage mechanism, coordinate the establishment of the Yangtze River Economic Belt responsibility sharing and benefit coordination mechanism, promote high-quality development, and set a benchmark for accelerating the construction of a new development pattern.

**Key words:** the Yangtze River Economic Belt; smog pollution; human capital; high-quality development; mediation effect model

(责任编辑 傅旭东)