

人与自然何以和谐共生：地理要素视角下的环境规制与环境福利绩效*

邵 帅 葛力铭 朱佳玲

摘要：“中国式现代化”对经济发展绿色化和居民福利增益化提出了明确要求。如何在尊重、顺应和保护自然的前提下充分释放环境规制的制度红利，从而有效促进以稳增长、保环境和增福祉为主要表征的环境福利绩效改善，是能否实现人与自然和谐共生的现代化的关键所在。本文首先基于地理要素这一独特视角，就环境规制对环境福利绩效的潜在影响进行了规范阐释；进而，采用混合网络数据包络分析模型对环境福利绩效进行了准确测算，并通过对政府工作报告进行文本分词处理而对各地区的环境规制强度进行了有效度量；最后，综合采用固定效应模型、调节效应模型和工具变量法等多种计量分析方法，实证考察了环境规制对环境福利绩效的影响及其作用机制。研究发现，环境规制显著促进了环境福利绩效，这一结论在进行一系列稳健性检验后依然成立。机制分析表明，地理气候条件中的平均海拔、平均地形起伏度和日照时数在环境规制对环境福利绩效的影响中表现出负向调节作用，而平均气温和降水量在环境规制对环境福利绩效的影响中表现出正向调节作用；环境规制对环境福利绩效的促增效应在东部地区、南方地区、胡焕庸线东南侧地区、较大城市与非资源型城市表现得更加明显；环境规制可以通过推动经济增长、促进技术创新、释放人才红利和优化产业结构而促增环境福利绩效。本文在为环境规制与环境福利绩效之间的因果关系提供新的理论解释、分析框架和文献证据的同时，也为在新发展格局下促进居民共享环境福利，从而实现人与自然和谐共生的现代化提供了学理支持与决策参考。

关键词：环境规制 地理要素 环境福利绩效 人与自然和谐共生 混合网络数据包络分析模型

一、引言

党的二十大报告提出“中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化”。显然，“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”，“必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，站在人与自然和谐共生的高度谋划发展。”为贯彻上述发展理念，2024年《政府工作报告》提出了“推动生态环境综合治理”“坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，加强生态环境分区管控”的重要部署。2024年3月，《中共中央办公厅 国务院办公厅关于加强生态环境分区管控的意见》指出“生态环境分区管控是以保障生态功能和改善环境质量为目标，实施分区域差异化精准管控的环境管理制度，是提升生态环境治理现代化水平的重要举措”^①。回溯我国的经济发展历程，在城市化与工业化高歌猛进的同时，虽然日益趋紧的环境规制在一定程度上遏制了污染密集型行业的扩张式生产（范庆泉，2018），但长期以来粗放式经济增长的锁定效应加重了地区的生态环境负担（林伯强、杜克锐，2013），这种与绿色可持续发展理念背道而驰的经济发展模式（沈坤荣等，2017），导致了民众的环境福利蒙受损失（宋马林、金培振，2016）。例如，2016年，全球土地、水体和空气污染共计造成900万人过

收稿时间：2022-12-28；反馈外审意见时间：2023-2-20、2024-3-28；拟录用时间：2024-7-18。

*本文得到国家自然科学基金项目(72243004)、国家社会科学基金重大项目(21ZDA084)、上海财经大学研究生创新基金项目(CXJJ-2022-419、CXJJ-2022-433)及北京大学-林肯研究院城市发展与土地政策研究中心论文奖学金资助项目的资助。朱佳玲为本文通讯作者。

公共管理

早死亡，占全球总死亡人数的16%，而在所有与污染有关的死亡中，约92%的死亡出现在低收入和中等收入国家，尤其是贫困人口、边缘化人群和年轻人受到由污染引致的健康风险最大^②。《2020中国生态环境状况公报》数据显示，在中国337座地级及以上城市中，有135座城市的空气质量不达标^③，生态环境质量存在明显的区域分异。因此，无论从不同国家和人口结构受环境污染影响而表现出的居民福利异质性来看，还是就中国生态环境质量呈现出的区域性差异而言，其背后所呈现的一系列关于环境规制对环境福利绩效产生影响的问题亟待明晰。

良好生态环境是最普惠的民生福祉^④。“十四五”规划将改善民生放在尤为突出的地位，其中设定的20项指标中有7项属于民生福祉类，占比超过1/3，在历次五年规划中处于首位^⑤。虽然党和国家将环境治理工作提升到前所未有的高度（陈诗一、陈登科，2018），但生态环境固有的公共品属性仍使我国污染防治攻坚战任重道远。第一，地方官员在落实中央环境政策时可能采取“只见树木，不见森林”的执行策略（邵帅等，2019）；第二，环境属地化监管体系加剧了行政区边界地区的污染问题（赵阳等，2021），地方政府环境规制执行互动可能产生“不要建在我家后院”（沈坤荣、周力，2020）的竞争结果；第三，公众环保意识和环境信息公开诉求不断增强，全社会对环境福利的关注度逐步提升，以环境规制为抓手开展如何增强居民福利的学术研究为决策者迫切需要。鉴于地方政府的环境规制在一定时期内具有既定且持续的特征，以及我国生态环境通常受到自然地理分界和行政区划的综合影响，探讨如何准确捕捉地方政府环境治理的全貌，并探究政府将环境保护和民生改善目标纳入政绩考核体系能否有效地促进绿色转型和提高公众福祉，以及地方政府实施何种水平的环境规制才能在稳增长、保环境和增福祉中寻求平衡，对于实现人与自然和谐共生的现代化至关重要。

曾有马克思主义经济学家在关于人类发展历程和劳动塑造社会的论述中指出，可以将社会经济结构划分为“第一自然”和“第二自然”两种不同的发展状态（马克思、恩格斯，1975；哈维，1989）。其中，第一自然对应于社会的自然经济状态，其内涵是社会生产力和生产关系依赖于自然规律和物质存在而发展；第二自然指社会的人为经济状态，即社会生产力和生产关系会被意识形态和社会制度所改变（葛兰西，1971；阿尔都塞，1996）。基于此，后续研究通常将自然资源禀赋、环境气候条件和海运便利条件等人类赖以生存的自然地理要素归类于第一自然的范畴（德尔加托、马斯蒂努，2018；卡特克利夫等，2010），而将制度差异、人力资本和产业结构等社会经济要素归类于第二自然的范畴（阿西莫格鲁等，2014；杰奈奥利等，2013；米顿，2016）。在传统经济地理学和新经济地理学的框架下（韦伯，1929；克鲁格曼，1993），大量研究分别考察了自然地理要素和社会经济要素对区域经济活动的影响（金，1995；布鲁哈特、特里翁费蒂，2001；皮卡德、曾，2010）。同时，也有不少经验证据表明，现实世界是第一自然和第二自然的结合体（埃里森、格莱泽，1997, 1999；杜兰特、奥弗曼，2008），即自然地理要素和社会经济要素会共同在区域发展中发挥作用（吴绍洪等，2010）。综上可知，第一自然和第二自然是辩证统一的，生态环境保护和经济发展是相辅相成的，人与自然是和谐共生的。在建设中国式现代化的特色背景下，有必要将第一自然和第二自然纳入地理要素的整体范畴加以考量，并将其分别归纳为自然地理要素和社会经济要素，进而考察两者在环境规制影响环境福利绩效的过程中所扮演的角色，从而为实现人与自然和谐共生的现代化拓展生态文明新视域。

必须指出的是，既有研究已就地理要素对环境污染、居民福利和经济增长的影响展开了一些探讨。比如，就自然地理要素而言，有研究显示京津冀地区由于受地形因素的影响，其空气污染状况通常比其他地区更为严重（王等，2021）；从社会经济要素来看，有学者认为国家制度与政府治理在劳动力“去商品化”的过程中可以不断推动市场转型与发育（梁玉成，2007）。不难推断，自然地理要素在环境规制影响环境福利绩效的过程中会表现出不容忽视的调节作用；同时，环境规制也可能通过影响社会经济要素而作用于环境福利绩效。但遗憾的是，尚未见到有文献专门探讨地理要素在环境规制影响环境福利绩效的过程中发生作用的理论机制，更没有研究结合自然地理要素和社会经济要素来综合考察环境规制对环境福利绩效的作用路径。从尊重、顺应和保护自然的角度来看，忽略自然地理要素可能会遗漏相关地理特征因素，从而导致在环境规制与环境福利

绩效的因果关系识别上出现偏差,而忽略社会经济要素可能会掩盖环境规制实施的有效路径,进而难以准确理解环境规制影响环境福利绩效的作用机制。针对上述现实背景和学术背景,本文尝试对如下问题进行探讨:如何对人与自然和谐共生的现代化进行有效度量,从而在反映现代化发展共性的同时也能凸显中国式现代化的特殊性?环境规制会对以稳增长、保环境和增福祉为主要表征的环境福利绩效产生何种影响?在地理要素的影响下,环境规制对环境福利绩效的作用机制是什么?

针对上述问题,本文首先从地理要素的视角,就环境规制对环境福利绩效的潜在影响进行了逻辑推演。进而,本文采用混合网络数据包络分析(Hybrid-Network Data Envelopment Analysis, Hybrid-Network-DEA)模型对环境福利绩效进行了准确测算,并通过政府工作报告进行文本分词处理,从而对环境规制强度进行了有效度量。在此基础上,本文实证考察了环境规制对环境福利绩效的影响及其作用机制。具体而言,本文的边际贡献主要体现在以下3个方面。第一,在研究视角上,本文基于建设人与自然和谐共生的现代化的背景,从地理要素的独特视角,首次将自然地理要素与社会经济要素共同纳入分析框架,从理论和实证层面系统考察了环境规制对环境福利绩效的影响。第二,在理论机制上,本文首次揭示了环境规制对环境福利绩效的作用机制:在自然地理要素层面,提出了地理气候条件会通过治理机制的适应效应、累积效应、关注效应和沉降效应4条路径,来调节环境规制对环境福利绩效的影响,以及地理区位特征会通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应4条路径,使得环境规制对环境福利绩效的影响呈现出显著的区域差异;在社会经济要素层面,提出了环境规制会通过推动经济增长、促进技术创新、释放人才红利与优化产业结构4种机制渠道对环境福利绩效产生影响。第三,在指标构建与研究方法上,本文针对传统福利经济学分析通常仅关注可货币化因素的不足,将与环境污染密切相关的居民健康因素纳入分析框架,并利用Hybrid-Network-DEA模型构建了更加符合人与自然和谐共生理念的环境福利绩效测度指标。同时,本文在对手工搜集的各城市政府工作报告进行文本分词处理的基础上,对城市环境规制强度进行了有效度量,相较于现有研究,本文保留了源政策文本的语义与句义,从而能够更加全貌性地反映地方政府开展环境治理的努力,因而在很大程度上改善了环境规制强度指标的合理性和准确性。总体而言,本文将新时代以来大力推进的生态文明建设和治理能力现代化两方面因素一并纳入环境福利绩效的定量评价体系,先行探索了实现人与自然和谐共生的现代化路径,以期为寻求稳增长、保环境和增福祉的相容性政策提供新的借鉴思路,进而为人与自然和谐共生的中国式现代化目标的实现提供一定的学理支持和决策依据。

本文后续部分的结构安排如下:第二部分为文献回顾;第三部分为理论分析与假说提出;第四部分为模型设定、变量选取与数据说明;第五部分报告并讨论了实证结果;第六部分开展了机制识别;最后为结论与政策含义。

二、文献回顾

想要明晰环境规制对环境福利绩效的影响,以及在地理要素的影响下环境规制对环境福利绩效的作用机制,首要任务之一是构建出科学合理的政府环境规制强度指标。现有文献中对于环境规制强度的常见度量指标包括污染物单位产值排放量、环境污染治理投资额、环境规制的法律法规数量、污染减排成本和污染减排总量等(格雷、沙德贝吉安,2003)。而在对环境规制效率进行考察时,既有研究多以环保部门工作人员、治理设施和污染治理投资额为代表的人力、物力和财力指标作为环境治理投入,以产业实际增加值作为环境治理期望产出,以废水、废气及固体废弃物排放量作为环境治理非期望产出,从而采用DEA方法对环境规制效率进行测度(程钰等,2016;李胜兰等,2014)。尽管学界对环境规制强度及其效率的度量指标构建方面开展了诸多有益的探索,但这些指标大多仅从某(几)个侧面来表征环境规制,从而难以对地方政府在环境治理方面所做出的努力提供较为全面的刻画。

从环境规制政策实施的效果来看,现有文献主要围绕环境规制的环境效应、经济效应和福利效应三方面进行了考察。首先,大部分学者发现,合理的环境规制可以通过优化能源结构(史丹、李少林,2020)、促进技术

公共管理

创新(李青原、肖泽华,2020)及提高资源利用效率(宋等,2022)等途径抑制环境污染排放。其次,对于环境规制的经济效应,现有研究主要存在两种相反的观点。一些学者认为环境规制可以通过提升投资效率、促进新技术应用而对企业的全要素生产率产生促增作用(任胜钢等,2019);另一些学者则指出,环境规制会增加投资的不确定性和不可预测风险(谢等,2021),尤其是财政分权会进一步加剧环境规制所带来的经济效率损失,从而抑制经济的包容性增长(葛等,2020)。最后,在环境规制的福利效应方面,现有研究发现环境规制可以通过有效降低婴儿早产率与死亡率(田中,2015;杨、周,2018)、减少收入不平等(杨、唐,2023)及推动绿色住宅建设(纳斯、普赖西斯,2016)等渠道提升居民福利水平。可以发现,现有研究大多从单一维度探讨了环境规制的实施效果,而几乎未见有文献就环境规制对以稳增长、保环境和增福祉为主要表征的环境福利绩效的影响开展专门考察。

毋庸置疑,地理要素在环境规制影响环境福利绩效的过程中扮演着不容忽视的角色。大量文献基于传统经济地理学和新经济地理学的视角,在克鲁格曼提出的集聚经济理论和李嘉图提出的比较优势理论的框架下探讨了地理要素对区域经济发展的影响(刘清春、王铮,2009)。相应地,学界对这类问题的研究主要遵循两条发展脉络。其中,第一支文献主要探讨了自然地理要素的环境与经济效应。比如,有文献指出风向会天然影响污染的空间外部性,同时政府的战略行为往往具有搭便车倾向,因此在风向会对空气污染的蔓延路径产生重要影响的条件下,地区政府往往会采取有倾向性的环境规制手段,诱导污染密集型企业选址于行政边界的下风向(莫诺根等,2017)。同时,还有文献发现复杂的地形条件会加剧相应地区的空气污染(陈、叶,2019)、较高的海拔会制约相应地区的经济发展(胡艺等,2019)、适宜的气温和湿度会对居民的身心健康产生积极影响(刘清春、王铮,2009)。这些现有研究的结论揭示了自然地理要素可能从环境效应、经济效应和福利效应三方面对环境福利绩效产生影响。第二支文献主要探讨了社会经济要素在环境规制产生实际效果的过程中所发挥的作用。比如,波普(2006)认为环境规制会通过引导国内技术创新与国际技术转让而有效减少空气污染;田和冯(2022)研究发现,命令控制型环境规制会通过引导技术创新、优化产业结构和强化规模效应等途径,来提高绿色全要素生产率;范庆泉和张同斌(2018)的理论研究表明,环境规制会通过提高企业污染减排动机来推动生产要素的有效配置,从而实现鞍点路径上的福利最大化目标。上述现有研究在一定程度上揭示出环境规制可能通过社会经济要素,从经济效应、环境效应和福利效应三方面对环境福利绩效产生影响。由此可以推断,地理要素通常会在环境规制对环境福利绩效的影响过程中发挥不容忽视的重要作用,但遗憾的是,现有研究对此缺乏必要关注和专门探讨。

综上,现有文献至少存在以下三方面的局限。首先,在研究视角上,现有研究各自探讨了环境规制的经济效应、环境效应与福利效应,但缺乏在统一框架下就环境规制对三者系统性影响的专门考察;同时,现有研究基本忽视了自然地理要素和社会经济要素在环境规制影响环境福利绩效的过程中所发挥的重要作用,从而难以对环境规制的实施效果进行更加准确的评估和认识,因而难以以为政策制定者提供因地制宜的决策依据。其次,在理论机制上,既有文献大多仅限于实证研究,而就环境规制如何影响环境福利绩效,以及地理要素在环境规制影响环境福利绩效的过程中所发挥的作用尚缺乏必要的理论探讨。最后,在指标测度与研究方法上,第一,现有研究对环境福利绩效的测度大多仅考虑宏观上的投入与产出要素,而忽视了与环境污染密切相关的居民健康因素的微观影响,从而无法更为全面地体现人与自然和谐共生的现代化理念;第二,大多数文献对环境规制指标的测度仅侧重于考察政府环境治理行为的某(几)个方面,而难以反映地方政府环境规制政策的全貌;第三,大部分研究对由环境规制与其他经济变量之间存在的双向因果关系而引致的潜在内生性问题未予以足够重视。此外,考虑到不同区域在要素禀赋和经济发展等方面存在的明显差异,我们必须审慎地对待基于不同研究结论所引申出的政策含义。

针对现有文献的上述缺憾,本文首先基于地理要素的独特视角,在自然地理要素层面,提出了地理气候条件会通过治理机制就环境规制对环境福利绩效的影响产生调节效应,同时地理区位特征会通过生产机制使得环境规制对环境福利绩效产生异质性影响;在社会经济要素层面,提出了环境规制会通过经济增长、技术创

新、人才红利与产业结构4个关键机制变量而对环境福利绩效产生影响。其次,本文基于所构建的考虑居民健康因素的Hybrid-Network-DEA模型,对各地区的环境福利绩效进行了准确测算,并通过对《政府工作报告》进行文本分词处理统计出与环境相关词条所在句子的字数,进而计算出其占政府工作报告全文总字数的比重,借此对各城市的环境规制强度进行了有效度量;最后,本文综合采用固定效应模型、调节效应模型和工具变量法等多种计量方法,在充分考虑内生性问题的条件下,较为稳健地就环境规制对环境福利绩效的影响及其作用路径进行了实证检验。本文尝试对现有文献进行必要的拓展和完善,以期在为环境规制与环境福利绩效之间的因果关系提供新的理论解释、分析框架和文献证据的同时,也为在新发展格局下促进居民共享环境福利,进而实现人与自然和谐共生的中国式现代化提供学理支持与决策参考。

三、理论分析与假说提出

(一)环境规制与环境福利绩效

环境规制影响环境福利绩效的具体机制路径如图1所示。首先,从理论上讲,环境规制对环境福利绩效的作用路径可归结为新古典经济学派的“遵循成本说”(戈洛普、罗伯茨,1983)和修正学派的“创新补偿说”(波特、林德,1995)两种观点。前者认为,从短期来看,环境规制会引致企业的环境治理成本上升,对企业生产性投资产生挤出效应,从而会直接阻碍企业生产率的提升;后者提出,就长期而言,环境规制会促使环境外部成本内部化,创新补偿的收益部分可以全部抵消企业的环境治理成本,从而能够激励企业进行绿色技术创新并提高绿色生产率。尽管现有研究存在一定的分歧,但相当一部分文献均证实了环境规制确实具有“创新补偿”效应(刘等,2020)。对于中国而言,既有研究已经证实了适度的环境规制可以释放制度红利并激励技术创新,从而产生创新补偿的净收益,促进经济、环境和福利三者的相容发展,进而有利于环境福利绩效的改善。比如,李青原和肖泽华(2020)研究发现排污收费制度能够倒逼企业开展绿色技术创新而增强企业绿色竞争力,从而有利于实现地区可持续发展;范庆泉(2018)发现渐进递增的环保税与政府补偿的环境政策组合可以同时实现经济持续增长、环境质量提升和收入分配格局优化的三重红利。基于此,本文提出如下假说。

假说1:环境规制对环境福利绩效具有显著的促增效应。

(二)环境规制、自然地理要素与环境福利绩效

自然地理要素主要包括地理气候条件和地理区位特征两方面。其中,地理气候条件主要包括平均海拔、平均地形起伏度、日照时数、平均气温、降水量和平均相对湿度等;对于地理区位特征,现有研究通常根据实际研究需要对样本做出东中西部地区、南北方地区、胡焕庸线两侧地区、小中大及特大城市和资源型及非资源型城市等区分。如图1所示,概括而言,地理气候条件可能通过治理机制的适应效应、累积效应、关注效应和沉降效应,就环境规制对环境福利绩效的影响产生调节效应;地理区位特征则可能通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应,使得不同区域的环境规制

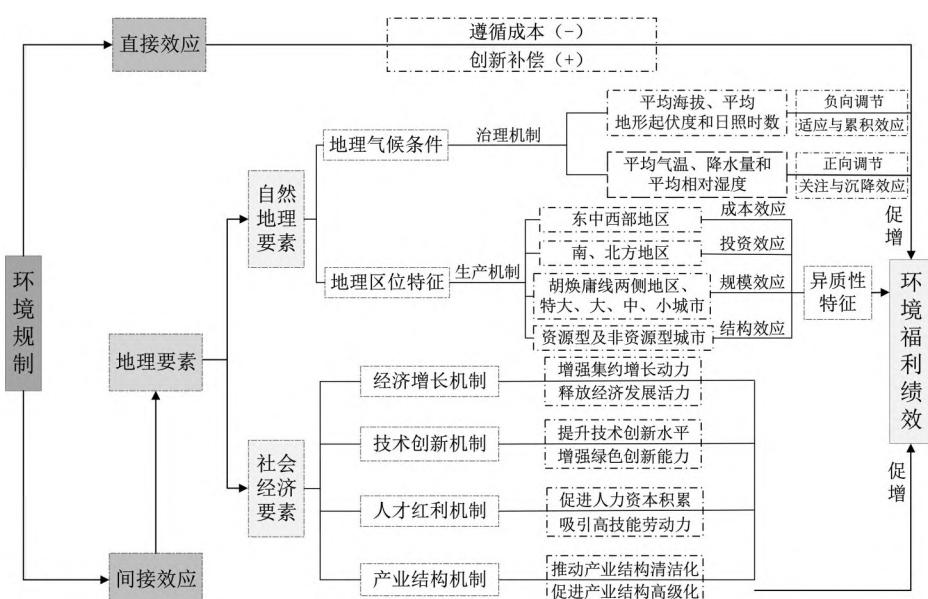


图1 环境规制对环境福利绩效的影响机制

对环境福利绩效的影响呈现出显著的异质性特征^⑤。

(1) 治理机制。地理气候条件可以通过治理机制的适应效应、累积效应、关注效应和沉降效应4种渠道，来调节环境规制对环境福利绩效的影响。第一，治理机制的适应效应和累积效应会受到平均海拔、平均地形起伏度和日照时数的调节性影响。具体而言，在高海拔地区实施污染治理项目往往面临更高的技术难度和人力成本，甚至相对恶劣的自然环境可能导致污染治理技术失效，从而负向影响环境规制的适应性(帕迪等,2016,库马尔等,2019)。同时，地形地貌会通过空气流速影响空气污染物的消散，比如高原山地和丘陵地形对气流的阻挡会削弱风速而不利于污染物扩散，从而负向影响环境规制的实施效果(刘宁微等,2008)。此外，日照时数越长，挥发性有机物和氮氧化物等污染物在光照条件下形成近地层臭氧等二次污染物的可能性越高、累积效应越强(杨玉香等,2020)，进而负向作用于环境规制对环境福利绩效的影响效果。因此，平均海拔、平均地形起伏度和日照时数均会通过治理机制的适应效应与累积效应，来负向调节环境规制对环境福利绩效的影响。第二，治理机制的关注效应和沉降效应会受到平均气温、降水量和平均相对湿度的调节性影响。首先，气候变暖引发了人们对环境问题的关注，进而可能增强环境监管力度、推动环保法规出台(赵等,2011)，因而平均气温可能会通过治理机制的关注效应来正向调节环境规制对环境福利绩效的影响。其次，降水量的增加可以减少粉尘类大气污染物的累积(钱莉等,2011)，从而对悬浮在大气中的细颗粒物发挥“冲刷”作用，加速污染与粉尘的沉降，进而可能通过沉降效应正向影响环境规制的实施效果。最后，平均相对湿度的增加有助于降低悬浮颗粒物总量，减少不溶于水的气体污染物，以及避免与臭氧污染相伴而生的其他光化学污染物的形成(莱特等,2009；杨等,2021)，即同样可能通过沉降效应而正向调节环境规制对环境福利绩效的影响。因此，平均气温、降水量和平均相对湿度会通过治理机制的关注效应和沉降效应，来正向调节环境规制对环境福利绩效的影响。基于此，本文提出如下假说。

假说2：受地理气候条件影响，平均海拔、平均地形起伏度和日照时数会通过引发治理机制的适应效应和累积效应，负向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响；平均气温、降水量和平均相对湿度会通过引发治理机制的关注效应和沉降效应，正向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响。

(2) 生产机制。地理区位特征可以通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应4种渠道，使得不同区域环境规制对环境福利绩效的影响呈现出显著差异。第一，从成本效应的视角来看，地理区位特征会影响地区产业选择与运输成本(孙传旺等,2019)。比如，中国东部地区凭借优越的地理区位优势，发展出高流动性和匹配度的资源要素市场，从而更有利于发挥出市场激励型环境规制政策的资源配置效应。因此，相对于中西部地区，环境规制可能对东部地区的环境福利绩效产生更加明显的促增效应。第二，从投资效应的视角来看，更加依赖投资拉动经济增长的北方地区，更易于在经济增长目标的驱动下增加资源消耗而形成粗放型增长模式，从而在供给侧结构性改革中承受着更大的经济下行风险，而南方地区的经济增长对投资的依赖度相对较低(邓忠奇等,2020)，其有效缓冲经济转型过程中因投资波动引致的乘数效应的能力更强，因而具有在环境规制目标的倒逼下向集约型增长模式转变的有利条件。因此，相对于北方地区，环境规制可能对南方地区的环境福利绩效产生更加明显的促增效应。第三，从规模效应的视角来看，人口规模与经济发展规模更大的地区容易形成人口红利和规模经济效应，并具有更强的经济韧性来应对环境规制对就业和产业结构等方面所产生的短期冲击(布里斯托、阿德里安,2020)，从而更有利于发挥出环境规制对环境福利绩效的促增效应。因此，可以推断，相对于胡焕庸线西北侧地区和中小城市而言，环境规制对人口规模和经济规模更大的胡焕庸线东南侧地区和较大城市的环境福利绩效可能表现出更显著的促增效应。第四，从结构效应的视角来看，依赖于矿产、能源等自然资源开采和加工业兴起的资源型城市往往具有产业结构单一、“一业独大”的特征，存在着明显的资源诅咒效应(邵帅等,2013)，并且大部分资源型产业均属于高能耗、高排放、低效率的能源密集型产业而使得资源型城市具有更大的绿色低碳转型难度(范等,2022)，而非资源型城市通常具有更加多样化的产业结构，在应对环境规制政策时具有更大的经济结构调整空间和抵御风险冲击的能力。因此，相对于资源型城市而言，环境规制更易于对非资源型城市环境福利绩效产生积极影响。基于此，本文提出如下

假说。

假说3:不同的地理区位特征可以通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应,使得环境规制对环境福利绩效产生差异性影响,即环境规制对环境福利绩效的促增效应在东部地区、南方地区、胡焕庸线东南侧地区、较大城市与非资源型城市表现得更加明显。

(三)环境规制、社会经济要素与环境福利绩效

(1)经济增长机制。首先,环境规制可以通过经济增长机制作用于环境福利绩效,主要表现为增强集约增长动力和释放经济发展活力两个方面。一方面,环境规制的加强可以倒逼企业更新生产方式和产能结构,通过增强企业绿色竞争力和遏制环境负外部性而实现集约化增长(涂正革、谌仁俊,2015),进而促增地区环境福利绩效。另一方面,环境规制不仅可以通过增加环境基础设施来促进绿色产业投资,还能通过发行企业绿色债券等方式来活跃绿色金融市场(刘锡良、文书洋,2019),从而实现经济活力释放和环境质量提升的双重红利,促增地区环境福利绩效。

(2)技术创新机制。环境规制可以通过技术创新机制作用于环境福利绩效,主要表现为提升技术创新水平和增强绿色创新能力两方面。一方面,适宜的环境政策组合可以通过影响创新激励而提升技术创新水平(秦炳涛、葛力铭,2018),进而通过激励研发投入、提高能源利用效率和推动创新合作来实现经济增长和环境质量的相容发展(王林辉等,2020),由此促增地区环境福利绩效。第二,市场激励型环境规制手段能够影响企业经营行为,引导企业积极开展绿色技术创新,并通过外部成本内部化的方式实现“稳增长”和“优环境”的双重目标(王馨、王营,2021),进而促进地区环境福利绩效的改善。

(3)人才红利机制。环境规制可以通过人才红利机制作用于环境福利绩效,主要表现为促进人力资本积累和吸引高技能劳动力两方面。一方面,环境规制的加强可以促使企业通过技术升级和工艺改进的方式开展清洁生产,在这一过程中劳动力往往需要参加技能培训而获得更高的环保技术设备应用能力和管理经验,从而有利于提升地区人力资本水平,进而能够强化经济发展动力、提升污染减排效率并减少收入分配差距(孙鹏博、葛力铭,2021),由此促增地区环境福利绩效。另一方面,从短期来看,环境规制的“晕轮效应”会吸引高端人才流入(刘等,2017),从而推动企业生产技术升级和节能减排;就长期而言,环境规制所引发的产品价格上涨会促使生产者剩余的增加量超过消费者剩余的减少量,从而提升社会总体福利水平(邓忠奇等,2022),促增地区环境福利绩效。

(4)产业结构机制。环境规制可以通过产业结构机制作用于环境福利绩效,主要表现为推动产业结构清洁化和促进产业结构高级化两方面。一方面,环境规制可以在一定程度上提升清洁型产业的厂商利润率,通过拉大行业间的利润差距而对污染密集型企业产生挤出效应,促使人才技术等要素向服务业等清洁型产业流动(余泳泽等,2020),从而使得相应地区在减少污染排放的同时,也能够有效促进地方经济的多元化发展,进而促增地区环境福利绩效。另一方面,虽然环境规制助推产业结构高级化的过程可能受阻于固有的产业发展模式(刘家悦、谢靖,2018),而且通常会面临高环境技术调整成本的挑战(特别是固定资产投资比重较高的初级制造业),但由于环境规制在长期中会促使环境外部成本内部化,创新补偿的收益部分可以全部抵消企业的环境治理成本,即产生“创新补偿”效应(刘等,2020),从而能够激励企业积极进行绿色技术创新以促进产业结构高级化(葛等,2022),进而促增地区环境福利绩效。

基于此,本文提出以下假说。

假说4:环境规制可以通过社会经济要素影响环境福利绩效,即由推动经济增长、促进技术创新、释放人才红利和优化产业结构4种渠道促增环境福利绩效。

四、模型设定、变量选取与数据说明

(一)计量模型设定

基于前文的理论分析,本文首先构建如下基准计量模型:

$$EWP_u = \beta_0 + \beta_1 ER_u + \beta_2 Control_u + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_u \quad (1)$$

上式中， i 和 t 分别表示城市和年份； EWP 表示环境福利绩效； ER 表示环境规制； $Control$ 表示一系列控制变量； β_0 、 β_1 和 β_2 为待估参数； μ_i 和 γ_t 分别表示城市固定效应和年份固定效应； ε_u 表示随机扰动项。

进一步地，参考胡艺等（2019）、沈煜和孙文凯（2020）的做法，本文通过引入环境规制与自然地理要素交乘项的方式，分别检验各地理气候条件在环境规制影响环境福利绩效的过程中所产生的调节效应，以及环境规制对环境福利绩效的影响是否在不同地理区位特征的样本间存在明显的异质性，具体的计量模型设定如下：

$$EWP_u = \lambda_0 + \lambda_1 ER_u + \lambda_2 ER_u \times Naturegeo_u + \lambda_3 Control_u + \mu_i^1 + \gamma_t^1 + \varepsilon_u^1 \quad (2)$$

$$EWP_u = \eta_0 + \eta_1 ER_u \times Area_u + \eta_2 Control_u + \mu_i^2 + \gamma_t^2 + \varepsilon_u^2 \quad (3)$$

在式(2)和式(3)中， $Naturegeo$ 表示各城市的代表性地理气候条件，用于考察地理气候条件在环境规制影响环境福利绩效的过程中所发挥的调节作用； $Area$ 表示用于刻画样本不同地理区位特征的一系列类别变量，用于考察环境规制对不同地区环境福利绩效的影响差异。

此外，基于前文的理论分析，本文还通过构建如下计量模型，对环境规制影响环境福利绩效的机制路径进行检验：

$$Humangeo_u = \phi_0 + \phi_1 ER_u + \phi_2 Control_u + \mu_i^3 + \gamma_t^3 + \varepsilon_u^3 \quad (4)$$

上式中， $Humangeo$ 为各社会经济要素变量，即各潜在机制变量。

（二）环境福利绩效的测度

传统福利经济学通常利用消费者剩余和生产者剩余来衡量社会福利，即遵循在资源配置效率不断改进的过程中追求帕累托最优的原则。然而，生态环境通常具有外部性与公共物品的双重特征，易于导致自然资源消耗高于社会最佳资本消耗（宋马林、金培振，2016）。随着经济增长与环境保护双重压力的加剧，同时考虑经济发展与环境质量的环境绩效指标逐渐被学界广泛认可和使用（艾本斯坦，2012）。并且，有学者指出民众的健康与满足感不止来源于商品的消费，更不能与消费者效用的内涵简单等同（森，1982）。对于我国现实而言，在以美丽中国建设全面推进人与自然和谐共生的现代化背景下，民众愈发关注经济社会发展全面绿色转型的进程对自身健康所产生的影响（葛力铭等，2024）。鉴于此，本文在考虑传统福利经济学分析中仅关注的可货币化因素的基础上，将与环境污染密切相关的居民健康因素纳入分析框架，并利用 Hybrid-Network-DEA 模型构建更加符合人与自然和谐共生理念的环境福利绩效测度指标。

传统的 DEA 模型难以揭示投入产出系统内部导致整体效率变化的具体原因（宋马林、金培振，2016）。对此，高（2009）提出利用具有链状和并联结构的 Hybrid-Network-DEA 模型来解决“黑箱”内部的效率测度问题。

基于此，本文构建了一个综合考虑经济发展、环境污染与居民福利的 Hybrid-Network-DEA 模型，其优势在于可将决策单元的系统效率值在不同节点进行分解，从而突破了传统 DEA 模型中仅考虑宏观投入与产出的局限。该模型的具体构建思路如图 2 所示。其中，节点 1 的投入要素为资本 $Z_o^{1,1}$ 、劳动 $Z_o^{1,2}$ 和能源 $Z_o^{1,3}$ ，对应的期望产出为 $GDP(Z_o^{2,1})$ 、非期望产出为工业二氧化硫产生量 ($Z_o^{2,2}$)、工业烟粉尘产生量 ($Z_o^{2,3}$) 和工业固体废物产生量 ($Z_o^{2,4}$)。我们将节

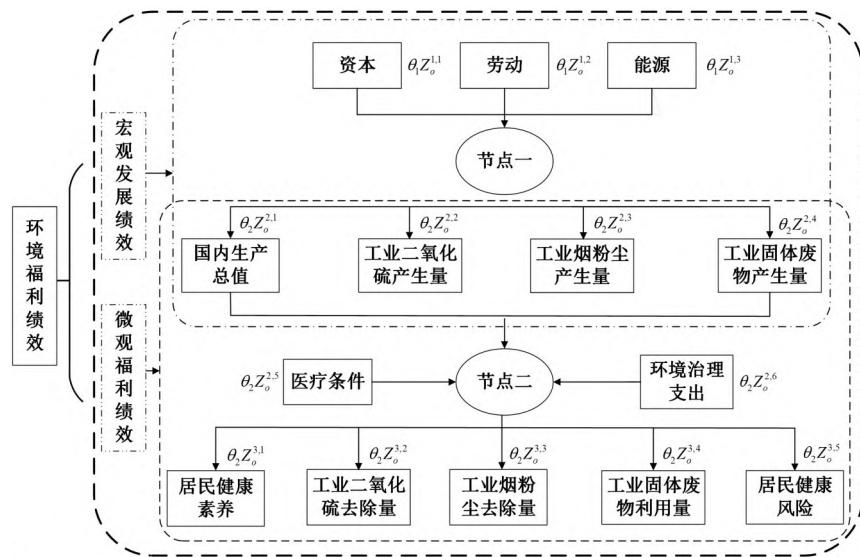


图 2 Hybrid-Network-DEA 模型构建思路框架

点1的效率值定义为宏观发展绩效。同时,我们将节点1的产出要素与医疗条件($Z_o^{2.5}$)和环境治理支出($Z_o^{2.6}$)共同作为节点2的投入要素,对应的期望产出为居民健康素养($Z_o^{3.1}$)、工业二氧化硫去除量($Z_o^{3.2}$)、工业烟粉尘去除量($Z_o^{3.3}$)、工业固体废物利用量($Z_o^{3.4}$),对应的非期望产出为居民健康风险($Z_o^{3.5}$)。由此,我们将节点2的效率值定义为微观福利绩效。进一步地,我们将节点1和节点2两阶段的综合效率值定义为环境福利绩效。

对于投入与产出变量指标的选取,基于数据的可得性,本文将各样本城市的资本存量(万元)、就业人数(万人)与能源消费量(万吨标准煤)^⑦作为节点1的投入变量指标。其中,我们参考张军等(2004)对各城市历年的资本存量^⑧进行了估算,并采用城镇年末单位、个体与私营从业人数的总和来衡量就业人数。对于节点1对应的产出变量指标,基于数据可得性,我们采用城市GDP(万元)作为期望产出指标,采用工业二氧化硫产生量(吨)、工业烟粉尘产生量(吨)和工业固体废物产生量(吨)作为非期望产出变量指标。同时,参考宋马林和金培振(2016),我们将节点1的产出变量指标与医疗条件和环境治理支出共同作为节点2的投入变量指标。其中,医疗条件由医生数(万人)予以反映,环境治理支出由环境污染治理投资额(万元)予以反映。对于节点2对应的产出变量指标,考虑到世界卫生组织通常利用人口预期寿命来评估居民健康状况(世界卫生组织,2000),但我国缺乏城市层面各年人口预期寿命完整统计资料,而城镇居民人均可支配收入能够反映居民的财富状况,收入越高通常意味着居民的健康素养越高(沃尔夫等,2005),即居民越容易获取和理解健康信息,并运用这些信息维护和促进自身健康的能力越强,预期寿命往往也会越高(孟等,2021),因此我们选取城镇居民可支配收入(万元)来表征居民健康素养。同时,工业二氧化硫去除量(吨)、工业烟粉尘去除量(吨)和工业固体废物利用量(吨)能够反映出区域环境治理成效,因而我们将其与居民健康素养共同作为期望产出变量指标。此外,考虑到环境污染加剧会增加居民的健康风险(谢元博、李巍,2013),使得居民往往更易受疾病威胁,从而在一定程度上导致居民过早死亡(马纳福、王,2012),我们采用居民年死亡人数(万人)反映居民健康风险,并将其作为非期望产出变量指标。上述数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境年鉴》《中国城市建设统计年鉴》、各省市统计年鉴及统计公报。

在求解节点1和节点2对应的效率值时,考虑到能源要素投入与环境污染、环境污染与居民健康之间均具有密切的关联,参考托恩和津井(2011)、季等(2019),我们将考虑非期望产出的混合数据包络分析(Hybrid-DEA)模型与网络数据包络分析(Network-DEA)模型相结合,构建出如下Hybrid-Network-DEA模型:

$$\begin{cases} \text{Min}(\theta_1 + \theta_2) \\ \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{1,1} \leq \theta_1 z_o^{1,1}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{1,2} \leq \theta_1 z_o^{1,2}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{1,3} \leq \theta_1 z_o^{1,3}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{2,1} \geq \theta_2 z_o^{2,1}, \\ \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{2,2} \leq \theta_2 z_o^{2,2}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{2,3} \leq \theta_2 z_o^{2,3}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{2,4} \leq \theta_2 z_o^{2,4}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^1 z_j^{2,5} \leq \theta_2 z_o^{2,5}, \\ \lambda_j^1 \geq 0, j = 1, \dots, n, j \neq o \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,1} \leq \theta_2 z_o^{2,1}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,2} \leq \theta_2 z_o^{2,2}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,3} \leq \theta_2 z_o^{2,3}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,4} \leq \theta_2 z_o^{2,4}, \\ \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,5} \leq \theta_2 z_o^{2,5}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,6} \leq \theta_2 z_o^{2,6}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{2,7} \leq \theta_2 z_o^{2,7}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{3,1} \geq \theta_2 z_o^{3,1}, \\ \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{3,2} \geq \theta_2 z_o^{3,2}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{3,3} \geq z_o^{3,3}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{3,4} \geq z_o^{3,4}, \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{3,5} \geq z_o^{3,5}, \\ \sum_{j=1, \neq o}^n \lambda_j^2 z_j^{3,6} \leq z_o^{3,6}, \lambda_j^2 \geq 0, j = 1, \dots, n, j \neq o \end{cases} \quad (6)$$

$$\theta^* = \text{Min} \frac{1 - \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^{m_1} (S_i^{s^-} / x_{io}^s) + m_2 (1-a) \right)}{1 + \frac{1}{r} \left(\sum_{r=1}^{r_1} (S_r^{sg} / y_{ro}^{sg}) + r_2 (1-a) \right)}, S_i^{s^-} \geq 0, S_r^{sg} \geq 0, 0 \leq a \leq 1 \quad (7)$$

式(5)和式(6)分别为求解节点1和节点2效率值的约束条件,式(7)为基于Hybrid-Network-DEA模型测算得到的单个节点的效率值。其中, $m=m_1+m_2$, m_1 和 m_2 分别为可分投入要素和不可分投入要素的种类数; $r=r_1+r_2$, r_1 和 r_2 分别为可分期望产出要素和不可分非期望产出要素的种类数; x_{io}^s 为具有可分属性的投入要素; y_{ro}^{sg} 为具有可分属性的期望产出要素; $S_i^{s^-}$ 和 S_r^{sg} 为可分投入要素和可分期望产出要素的松弛量; λ_j 为决策单元的权重系数;

公共管理

θ_1 为求解得出的节点1的效率值; θ_2 为求解得出的节点2的效率值; θ^* 为求解得出的节点1和节点2两阶段的综合效率值。参考宋马林和金培振(2016)的做法,本文在测算效率值时采用了规模报酬不变的假设。

(三)环境规制强度的测度

考虑到中国实施的环境规制工具具有多样性,为了更加全面准确地考察环境规制对环境福利绩效的影响,我们需要构建更加科学合理的环境规制强度度量指标。由于政府工作报告是依法行政机关和执行权力机关决定、决议的纲要,是指导政府工作的纲领性文件,因此政府工作报告中与环境治理相关词条的出现频数及频率(比重)能够较为全面地体现政府进行环境治理的力度,从而反映出政府环境规制政策的全貌(陈诗一、陈登科,2018)。虽然使用环保词频数占比可以有效衡量地区环境规制强度,但若仅使用环保词频数占比,则会忽视语义与句义的重要性,从而产生度量偏差。鉴于此,本文借鉴陈等(2018)的做法,首先手工搜集了各城市的政府工作报告,进而对其进行分词处理,从而整理出各城市的环保词频^⑨所在句子的字数占整个政府工作报告总字数的比重,以此度量环境规制强度(各城市环境规制强度年均值见《管理世界》网络发行版附录附表1,有兴趣的读者可联系作者索取具体结果)。显然,本文采用内容更为丰富的语句而不是单个词条来更加全面地捕捉地区开展环境规制的实际信息,能够更加准确地保留源政策文本的语义与句义,从而可以更为精准地度量地区环境规制强度。更为重要的是,由于地方政府工作报告一般发布于年初,而经济活动则贯穿于一年的始终,因而上述环境规制强度指标具有较为明显的外生性,从而能够有效规避由“反向因果”所导致的内生性问题。

(四)控制变量

基于环境规制与环境福利绩效相关理论并参考现有相关文献,本文主要选取如下控制变量。

(1)居民储蓄水平(*Save*)。居民储蓄水平往往与收入水平明显正相关,收入水平越高通常意味着储蓄能力越高,其对环境保护与自身福利的要求也越高,从而可能对环境福利绩效产生积极影响。本文参考沈坤荣和谢勇(2011)的做法,采用地区城乡居民储蓄额占地区GDP的比重对各城市的居民储蓄水平予以度量。

(2)产业结构合理化(*Indstra*)。显然,合理的产业结构有助于生产资源的优化配置而促进环境福利绩效的改善。现有研究常用泰尔指数对产业结构合理化程度进行度量。该指数能够通过比较不同产业产值与就业的偏差,以及各产业间不同的经济地位,从而有效刻画要素投入与产出结构的耦合程度(袁航、朱承亮,2018)。因此,本文也采用泰尔指数对产业结构合理化程度予以度量。

(3)资源产业依赖(*Resource*)。对资源型产业的过度依赖可能通过对技术创新的挤出效应等渠道而引发“资源诅咒”效应,使得大部分生产要素被锁定在资源型产业中,由此阻碍产业结构的升级并抑制环境绩效的提升(邵帅等,2021),从而可能不利于环境福利绩效的改善。因此,本文参考现有文献的做法(邵帅等,2013),采用地区采矿业从业人数占总就业人数的比重对资源产业依赖予以度量。

(4)人口密度(*Popdensity*)。人口密度可以反映一个地区的发展状况和人口流动情况。人口密度过小会使土地闲置或低效利用,人口密度过大则容易引发“城市病”,因此权衡好与人口密度增加所相伴的“集聚效应”与“拥挤效应”,是推动经济绿色低碳转型发展的关键(苏红键、魏后凯,2013),从而可能对环境福利绩效产生重要影响。因此,本文参考陈诗一和陈登科(2018)的做法,采用地区总人口与行政区划面积之比对人口密度予以度量。

(5)城市化水平(*Urban*)。城市化进程的不断推进有利于实现规模报酬递增(范剑勇,2006),其产生的产业集聚效应能够推动技术进步(朱昊、赖小琼,2013),使要素配置趋于优化,产业效率逐步提升,从而可能有助于提升经济发展质量、促进环境福利绩效改善。因此,本文参考郑贺允和葛力铭(2022)的做法,采用城市市辖区人口占总人口的比重对城市化水平予以度量。

(6)信息化水平(*Information*)。信息化水平的提高有助于民众通过互联网等渠道获取环境信息而监督环境治理行为,从而可能提升环境治理成效、促进环境福利绩效改善。因此,本文参考郑等(2021)的做法,采用地区互联网用户数占总人口的比重对信息化水平予以度量。

(7)基础设施建设(*Infrastructure*)。完善基础设施建设可以降低生产成本、提高劳动生产率、节约出行成本及提升居民生活质量,从而有利于环境福利绩效的改善。因此,本文参考张艳等(2022)的做法,采用地区城市道路面积占总人口的比重对基础设施建设水平予以度量。

(8)财政分权(*Fisdecentra*)。财政分权为中央政府赋予地方政府在债务安排、税收管理和预算执行等方面的自主权,财政分权程度越高意味着地方政府对财政资源进行配置的自由度和灵活度越高,从而可能通过增加环境治理投资而促进环境福利绩效改善。因此,本文参考陈硕和高琳(2012)的做法,采用一般公共预算收入与支出之比对财政分权予以度量。

(五)自然地理要素

基于前文的理论分析,自然地理要素在环境规制影响环境福利绩效的过程中可能表现出调节作用。我们主要考虑如下代表性自然地理因素:平均海拔(*Averalti*)、平均地形起伏度(*Landrelief*)^⑩、日照时数(*Sunduration*)、平均气温(*Avertemp*)、降水量(*Precipitation*)及平均相对湿度(*Averhumi*)^⑪。

(六)社会经济要素

基于前文的理论分析,环境规制可能通过4种机制渠道影响环境福利绩效,我们分别对其进行如下度量指标选取。

(1)经济增长机制的度量指标为经济增长集约化指数(*Economic*)和经济发展活力(*Light*)。经济增长,特别是转变经济发展方式后的集约化经济增长,可以通过减少资源消耗和污染排放而推动实现经济增长和环境保护的双赢(蔡昉等,2008),从而对环境福利绩效产生积极影响。参考孟望生(2019)的做法,我们首先采用全要素生产率增长对经济增长的贡献与生产要素(资本和劳动)投入增长对经济增长的贡献之比,即经济增长集约化指数对经济增长方式予以刻画。此外,众多学者认为夜间灯光数据与经济增长之间存在较强的相关性,指出夜间灯光数据可以较好地刻画地区经济发展活力(亨德森等,2002;邵帅等,2016)。本文参考陈等(2021)的做法,将DMSP数据和VIIRS数据进行予以结合,利用ArcGIS解析出中国各城市的夜间灯光亮度均值(DN值,即DN总值/栅格数),以此对各城市的经济发展活力予以反映。

(2)技术创新机制的度量指标为技术创新水平(*Innovation*)和绿色创新能力(*Gpatent*)。首先,北京大学企业大数据研究中心使用新建企业数量、吸引外来投资、吸引风险投资、专利授权数量、商标注册数量5个维度共计7个指标评估了中国区域创新创业指数^⑫,其中公布了各城市创新创业指数的总量得分、人均得分和单位面积得分。本文采用城市创新创业单位面积得分对技术创新水平予以衡量。其次,技术创新的绿色化是实现可持续发展的核心动力(董直庆、王辉,2019)。绿色技术创新在推动传统行业向智能绿色化转型的同时,还会对资源利用率和能源结构转型产生积极影响(陈等,2021;孙鹏博、葛力铭,2023),进而有利于改善环境福利绩效。本文通过查询世界知识产权组织发布的绿色专利清单确定绿色专利代码,进而利用绿色专利代码在中国知识产权局专利数据库查找各城市的绿色发明与实用新型专利授权总数,由此得到各城市的绿色专利授权数来反映绿色创新能力。

(3)人才红利机制的度量指标为人力资本积累(*Human*)和高技能劳动力(*Ability*)。人力资本,尤其是高技能劳动力是影响生产效率的重要因素,而劳动者的收入和家庭财富水平越高,对环境和健康的关注度也会越高(李丁等,2021)。同时,高技能劳动力对驱动“高精尖”产业发展与技术进步具有重要作用,从而预期会对环境福利绩效产生积极影响。对此,本文采用在校大学生人数对人力资本予以衡量(李卫兵、李翠,2018),并采用科学和技术服务和地质勘查业人数对高技能劳动力予以衡量。

(4)产业结构机制的度量指标为产业结构清洁化(*Tertiary*)与产业结构高级化(*Upgrade*)。优化产业结构可以提高能源利用效率和促进清洁生产,进而通过降低污染排放而正向影响环境福利绩效(赵等,2022)。本文借鉴曹翔等(2020)的做法,采用第三产业增加值占GDP的比重对产业结构清洁化予以衡量。产业结构高级化体现了产业重心的转移情况,第二产业比重的适当降低有助于打破城市经济增长的“锁定”路径(侯等,2018),因此本文采用第三产业增加值与第二产业增加值之比对产业结构高级化予以衡量(原毅军、谢荣辉,

2014)。

本文的样本数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境年鉴》《中国城市建设统计年鉴》、各省市统计年鉴、中国知识产权局专利数据库、各省市统计公报及中国研究数据服务平台(CNRDS)，部分缺失数据采用线性插值法予以补全。由此，本文最终获得了2003~2018年中国285座城市的面板数据样本，各变量的描述性统计见表1。

五、实证结果及讨论

(一) 基准回归结果

在对基准模型进行参数估计前，我们首先对各变量进行了面板单位根检验，发现所有变量均为平稳性序列。此外，我们对各解释变量进行了相关系数检验和方差膨胀因子检验，发现相关系数值均小于0.7且方差膨胀因子的最大值为1.72，说明变量之间不存在明显的多重共线性。表2报告了环境规制对环境福利绩效影响的基准回归结果。其中，第(1)列和第(3)列结果表明，无论是否加入控制变量，环境规制均能显著改善环境福利绩效。考虑到经济活动可能存在的滞后效应及双向因果可能引致的内生性问题，我们将环境规制以滞后一期(*L_{ER}*)的方式引入回归模型重新进行参数估计，相应的结果报告于第(2)列和第(4)列。我们发现，无论是否加入控制变量，滞后一期的环境规制仍然对环境福利绩效的改善具有积极影响。在表2第(1)~(4)列将标准误聚类到城市层面上的基础上，为了进一步排除年份波动特征对估计结果所产生的潜在影响，我们将标准误分别聚类到城市一年份层面及城市和年份两维层面重新进行了参数估计。表2第(5)列和第(6)列的结果表明，更换标准误的聚类层级后，环境规制对环境福利绩效仍然具有显著的积极影响。基于此，后文如无特殊说明，均将报告聚类到城市层面的稳健型标准误。上述结果表明，环境规制的强化有助于地区实现稳增长、保环境和增福祉的三重红利，进而改善环境福利绩效，从而初步验证了假说1是成立的。

(二) 稳健性检验

1. 替换环境福利绩效的测度方法

前文利用Hybrid-Network-DEA模型对环境福利绩效进行了测度，本小节则采用其他3种方法对环境福利绩效重新测度后再进行参数估计，以考察实证结果对于不同环境福利绩效测度方法的敏感性。首先，我们参考季永宝和豆建民(2018)的方法，采用非径向、非角度的基于松弛变量的DEA模型来测算出环境全要素生产率增长(ETFPG)，并将其作为被解释变量重新进行参数估计，相应结果见表3第(1)列。其次，我们参考杨永恒等(2005)对人类发展指数的测算方法，基于数据可得性并综合考虑环境福利绩效的内涵，分别在经济、环境和福利3个层面共选取了8个指标^③，进而以利用主成分分析法测算出的环境福利绩效(EWPM)为被解释变量重新进行参数估计，相应结果见表3第(2)列。最后，我们替换相关投入产出变量指标后对

表1 各变量描述性统计

	变量	定义(单位)	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>EWP</i>	环境福利绩效	4560	0.1709	0.1963	0.0002	1.2500
核心解释变量	<i>ER</i>	环境规制强度(%)	4560	5.0511	2.5615	0.0267	18.9592
	<i>Save</i>	居民储蓄水平(%)	4560	72.1075	25.0203	6.7355	272.5551
	<i>Indstra</i>	产业结构合理化(%)	4560	27.3031	21.0368	0.0114	172.0504
	<i>Resource</i>	资源产业依赖(%)	4560	3.4133	6.1470	0.0004	43.2828
	<i>Popdensity</i>	人口密度(人/平方公里)	4560	425.0919	327.4034	4.6996	2648.2560
	<i>Urban</i>	城市化水平(%)	4560	35.1685	24.0830	3.4121	100.0000
	<i>Information</i>	信息化水平(%)	4560	13.7662	14.6138	0.0060	94.2088
	<i>Infrastructure</i>	基础设施建设(平方米/人)	4560	10.9478	8.1530	0.0184	108.3271
	<i>Fisdecentra</i>	财政分权(%)	4560	48.1220	22.5518	5.4352	123.2707
控制变量	<i>Averalti</i>	平均海拔(米)	285	371.1869	510.2107	3.0000	2512.0000
	<i>Landrelie</i>	平均地形起伏度	285	0.6768	0.7542	0.0013	3.8138
	<i>Sunduration</i>	日照时数(小时)	4560	1993.4670	400.6273	906.2710	3102.2970
	<i>Avertemp</i>	平均气温(摄氏度)	4560	14.3906	4.5414	2.2988	24.8885
	<i>Precipitation</i>	降水量(0.1毫米)	4560	10150.9700	4523.8900	1750.9270	27439.1700
	<i>Averhumi</i>	平均相对湿度(%)	4560	68.9180	7.5733	43.8054	86.1461
自然地理要素	<i>Economic</i>	经济增长集约化指数	4560	0.0219	0.0277	0.0004	0.3443
	<i>Light</i>	经济发展活力	4560	0.7595	1.7405	0.0024	19.8663
	<i>Innovation</i>	技术创新水平	4560	52.3718	28.1722	2.3891	100.0000
	<i>Gpatent</i>	绿色创新能力(个)	4560	203.5338	727.8430	1.0000	15323.0000
	<i>Human</i>	人力资本积累(万人)	4560	8.6657	17.7277	0.0000	174.4854
	<i>Ability</i>	高技能劳动力(万人)	4560	1.0757	3.5929	0.0100	71.7149
社会经济要素	<i>Tertiary</i>	产业结构清洁化(%)	4560	37.8715	9.1584	8.5800	80.9800
	<i>Upgrade</i>	产业结构高级化(%)	4560	87.2454	44.3646	9.4317	434.6753

环境福利绩效重新进行了测算再进行参数估计。其中,在节点2的投入变量中,我们采用医院和卫生院床位数来反映医疗条件,采用环境基础设施建设本年完成投资额(万元)来衡量环境治理支出;在节点2的产出变量中,考虑到居民储蓄额能够反映居民的财富积累状况,财富积累越多意味着居民的健康风险规避和疾病防御能力越强,其预期寿命往往也会越高(孟等,2021),因而我们采用城乡居民储蓄额(元)来表征居民健康素养。我们将重新测算得到的环境福利绩效(EWPS)作为被解释变量重新进行了参数估计,相应结果见表3第(3)列。上述结果表明,前文得到的基准结论并未随不同的环境福利绩效测度方法而发生改变。

2. 替换环境规制强度的测度方法

环境规制强度作为本文的核心解释变量,我们需要考察其不同测度方法是否会对研究结论产生差异化影响。为此,本小节采用以下两种方法对环境规制强度重新进行了测算后再进行参数估计。首先,政府工作报告通常包括过去一年或过去五年的工作总结及本年的工作任务说明。在非换届年时,政府工作报告通常会对过去一年的重点工作进行总结;在换届年时,政府工作报告则会对过去五年的重点工作进行总结。若与环境规制相关的词条出现在过去一年或过去五年的工作总结部分,则难以准确表征本年的环境规制强度。因此,我们进一步剔除了政府工作报告中与过去一年或五年工作总结相关的内容,仅保留报告中与本年政府工作任务相关的内容,继而以采用前述方法重新测算得到的环境规制强度(ERD)作为核心解释变量再次进行参数估计,相应结果见表3第(4)列。其次,考虑到将污染物排放强度较高的城市的污染物去除率赋予较大权重可能存在一定的局限^④,我们参考徐圆(2014)的做法,利用各城市环境污染治理投资额与污染物排放量之比作为环境规制强度的度量指标(ERP)重新进行参数估计,相应结果见表3第(5)列。其中隐含的逻辑在于,在排污总量相同的情况下,环境污染治理投资越多,表明环境规制越严格;在环境污染治理投资相同的情况下,排污总量越少,表明环境规制越严格。因此,采用以污染物排放量平减后的环境污染治理投资额能在很大程度上避免忽略这一逻辑而产生的测量偏误。

3. 排除直辖市及省会城市影响

直辖市与省会城市行政级别较高,普通地级市在经济发展与资源获取等方面难以望其项背,忽视行政级别的差异可能会导致估计结果产生偏差。因此,本文在剔除北京、上海、天津和重庆4个直辖市,以及全部省会城市的样本数据后重新进行参数估计,相应结果见表3第(6)列。结果表明,剔除特殊行政级别的样本数据后基准结论仍然稳健。

4. 排除异常值影响

宏观经济变量在搜集和度量上可能存在偏差,为了缓解这种偏差对研究结论可能产生的影响,本文在对各变量的样本数据进行5%的缩尾处理后重新进行参数估计,相应结果见表3第(7)列。结果表明,在对样本数据进行缩尾处理后本文的基准结论仍然稳健。

5. 排除地理位置特征影响

各城市间的自然与区位条件存在着不同程度的差异,若不控制地理特征变量,估计结果可

表2 基准回归结果

变量	EWP					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ER	1.0044*** (0.1158)		0.9800*** (0.1126)		0.9800*** (0.0852)	0.9800*** (0.1113)
LER		0.5012** (0.1085)		0.4875*** (0.1056)		
控制变量	否	否	是	是	是	是
常数项	0.1202*** (0.0058)	0.1057*** (0.0055)	0.1274* (0.0654)	0.1738*** (0.0626)	0.1274*** (0.0408)	0.1274* (0.0736)
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
R ²	0.664	0.662	0.675	0.672	0.675	0.675
样本量	4560	4275	4560	4275	4560	4560

注:***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平;系数下方括号内数值为稳健标准误;以下各表同。

表3 稳健性检验结果

变量	ETFPG	EWPM	EWPS	EWP			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	替换环境福利绩效的测度方法	替换环境规制强度的测度方法		排除直辖市及省会城市影响	排除异常值影响	排除地理位置特征影响	
ER	1.1821*** (0.1437)	0.1578*** (0.0466)	0.6847*** (0.1451)		1.0134*** (0.1232)	1.0442*** (0.0920)	0.9859*** (0.1116)
ERD			0.8395*** (0.1736)				
ERP				0.1127*** (0.0423)			
经度×年份	否	否	否	否	否	否	是
纬度×年份	否	否	否	否	否	否	是
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是
R ²	0.704	0.881	0.588	0.667	0.675	0.678	0.669
样本容量	4560	4560	4560	4560	4560	4080	4560

能产生一定的偏误。因而,为控制各城市地理位置特征随时间变化对环境福利绩效所产生的影响,本文在基准回归模型基础上,进一步加入了各城市经度和纬度与年份之间的交乘项后重新进行参数估计,相应结果见表3第(8)列。结果表明,在控制地理位置特征的影响后基准结论仍然稳健。

(三)内生性问题

尽管前文的一系列稳健性检验在很大程度上强化了基准回归结果的可靠性,但由遗漏变量和双向因果关系所导致的内生性问题仍然可能存在而对结果产生偏误性影响。对此,本小节将通过引入周期性省级政策变动因素和采用基于工具变量(IV)的两阶段最小二乘法(2SLS)这两种策略予以解决。

1.引入周期性省级政策变动因素

中国实行的自上而下的行政管理体制往往具有周期性和区域性的特点,即地方政府会根据中央政府的大政方针,因地制宜地制定各自的阶段性行政管理计划和目标,其最典型的表现是国民经济和社会发展五年规划。作为第一级地方行政单位,虽然各省份的五年规划会根据全国的五年规划进行同步调整,但各省份面临的经济状况和环境压力存在明显差异,因而其五年规划内容和政策实施重点在时间趋势上也会存在显著差异(胡艺等,2019)。而且,同一省份各城市的环境规制和环境福利绩效,均会在较大程度上受到省内经济政策调整的影响,遗漏这一因素可能导致有偏估计。鉴于此,本文进一步引入省份固定效应与年份时间趋势的交乘项,从而控制周期性省份政策变动因素(史、习,2018),相应的估计结果报告于表4第(2)列和第(4)列。我们发现,无论是否引入周期性省级政策变动因素,环境规制均保持在1%的水平上对环境福利绩效表现出显著的改善作用,从而再次证明了基准结论的稳健性。

2.两阶段最小二乘(2SLS)估计

考虑到环境规制与环境福利绩效之间可能存在双向因果关系,即环境规制能够影响环境福利绩效,但环境福利绩效本身所反映的地区经济环境状况和居民福利水平也可能影响环境规制政策的制定,我们需要对这种由潜在的双向因果关系所引致的内生性问题予以特别重视。对此,我们需要为环境规制找到合意的工具变量,进而利用2SLS对基准回归模型重新进行估计。

首先,我们参考雅各布森(2002)、沈坤荣等(2017)、陈诗一和陈登科(2018)的做法,以10米风速与边界层高度的乘积表示空气流通系数(VC),并以其对数形式(LnVC)作为环境规制的工具变量。具体而言,我们基于欧洲中期天气预报中心发布的ERA-Interim栅栏气象数据,以及全球 $0.75^{\circ}\times 0.75^{\circ}$ 网格(大约83平方公里)的10米高度风速和边界层高度数据,计算出各网格对应年份的空气流通系数,并根据经纬度将各网格与样本城市进行匹配,由此得到各城市各年的空气流通系数。之所以选择空气流通系数作为环境规制的工具变量,主要出于以下三方面的考虑:一是空气流通系数越大,越有利于空气污染扩散和稀释,环境规制强度相对越小(沈坤荣等,2017),即两者呈负相关关系,满足有效工具变量的相关性假定;二是空气流通系数受风速和大气边界层高度的共同影响,难以对环境福利绩效产生直接影响,满足有效工具变量的外生性假定;三是空气流通系数在截面和时间两个维度上均存在变化,可以构造为本文采用的面板数据形式,从而有助于在城市层面识别空气流通系数对环境规制的影响。

其次,我们也参考了白和贾(2016)、余泳泽等(2020)的做法,选取河流密度作为环境规制的工具变量。具体而言,我们通过查询全国地理信息资源目录服务系统网站提供的1:100万基础地理信息数据,并结合中国各城市的行政区划矢量数据,计算得出各城市的河流总长度与行政区划面积之比作为河流密度的代理变量。就相关性而言,第一,河流密度会影响地区行政区划,河流密度越大的地区其行政区划通常越密集,地方政府竞争越激烈(白、贾,2016)。在经济社会发展全面绿色转型的背景下,有较强晋升动机的地方官员通常会加强环境规制,以期能够在省内同级竞争者之间达到“先声夺人”的效果,从而更有可能获

表4 引入周期性省级政策变动因素的估计结果

变量	EWP			
	(1)	(2)	(3)	(4)
ER	1.0044*** (0.1158)	1.0143*** (0.1166)	0.9800*** (0.1126)	0.9903*** (0.1135)
控制变量	否	否	是	是
省份固定效应×年份时间趋势	否	是	否	是
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
R ²	0.664	0.667	0.675	0.678
样本容量	4560	4560	4560	4560

得上级的青睐与晋升的机会(尹、吴,2022)。第二,河流密度越大的城市,往往其交通运输成本越低,越容易吸引工业企业尤其是污染密集型企业进驻(蔡宏波等,2022)。在将环境目标纳入官员考核体系后,污染治理会产生“标尺竞争”的效果(余泳泽等,2020)。相对于其他考核目标而言,污染治理见效更明显,因而地方政府可能会更倾向于加强地区环境规制(尹、吴,2022)。第三,较大的河流密度通常意味着较广的水域面积和较多的国控污染监测点数,在公众“自下而上”和上级政府“自上而下”的叠加监督之下,地方政府将具有实施更强环境规制政策的倾向(沈坤荣、周力,2020)。就外生性而言,河流密度属于先天的自然环境变量,很难直接作用于地区环境福利绩效。考虑到河流密度具有非时变特征,本文参考刘修岩(2014)的做法,以河流密度与对应年份的乘积(River)将其转化为具有时变特征的变量,并以其对数形式(LnRiver)作为环境规制的工具变量。

相应的2SLS估计结果报告于表5。可以看到,无论分别还是同时使用两个工具变量进行参数估计,第一阶段回归的F检验值均明显大于10,表明不存在“弱工具变量”问题,LM检验结果表明模型估计不存在“识别不足”问题。此外,在同时使用两个工具变量进行参数估计时,Hansen J检验结果表明模型估计不存在“过度识别”问题。上述统计检验结果表明我们选取的工具变量是合理有效的。第一阶段回归结果显示,空气流通系数较小的城市及河流密度较大的城市确实面临着更强的环境规制;第二阶段回归结果显示,环境规制依然显著促进了地区环境福利绩效。综上,基于工具变量的2SLS估计结果与基准结果保持一致,进一步证明了假说1的成立。

六、机制识别

(一)自然地理要素

1. 地理气候条件

根据假说2,地理气候条件可能通过治理机制的适应效应、累积效应、关注效应和沉降效应,来调节环境规制对环境福利绩效的影响。表6报告了表征上述4种效应的平均海拔、平均地形起伏度、日照时数、平均气温、降水量和平均相对湿度等因素在环境规制影响环境福利绩效的过程中产生调节作用的回归结果。

第一,平均海拔越高的地区,空气中的含氧量越低,越容易产生燃料燃烧不充分、油耗与排放增加的现象(毕晓普等,2001),从而不利于能源利用效率的提高和污染排放的减少。并且,平均海拔高度越高的地区,其投资建设成本通常也相对越高(牛叔文等,2014),从而不利于城镇化建设的合理有序扩张(梁保平等,2018)和

表5 工具变量法的估计结果

变量	EWP		
	(1)	(2)	(3)
ER	6.7732** (3.1102)	5.5721*** (0.5661)	5.6579*** (0.5533)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
LM检验值(P)	7.6060*** (0.0058)	113.2630*** (0.0000)	129.1200*** (0.0000)
Hansen J检验值(P)			0.1720 (0.6783)
样本量	4560	4560	4560
第一阶段回归结果			
LnVC	-0.0033** (0.0013)		-0.0050*** (0.0014)
LnRiver		0.0114*** (0.0010)	0.0118*** (0.0010)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
F检验值(P)	16.3800*** (0.0000)	129.9400*** (0.0000)	72.9100*** (0.0000)
样本量	4560	4560	4560

注:第(1)列和第(2)列为分别使用空气流通系数和河流密度作为工具变量的估计结果,第(3)列为同时使用上述两个工具变量的估计结果。

居民收入水平的快速增长(费尔克纳、汤森,2011),进而会导致高海拔地区的污染治理项目面临技术与人力适应性的

表6 地理气候条件在环境规制影响环境福利绩效的过程中所产生的调节作用

变量	EWP					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ER×Averalti	-0.0041* (0.0024)					
ER×Landrelief		-0.2790*** (0.0984)				
ER×Sunduration			-0.0002*** (0.0001)			
ER×Avertemp				0.0189** (0.0077)		
ER×Precipitation					0.0001*** (0.0000)	
ER×Averhumid						(0.0077) (0.0148)
ER	1.0827*** (0.1061)	1.0025*** (0.1102)	1.0194*** (0.1086)	1.0036*** (0.1106)	0.8247*** (0.1102)	1.5061 (0.0518)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
R ²	0.676	0.676	0.677	0.676	0.697	0.675
样本量	4560	4560	4560	4560	4560	4560

双重困难，因而平均海拔会通过适应效应负向调节环境规制对环境福利绩效的影响。表6第(1)列的估计结果对此提供了经验证据，从而表明地方政府有必要将海拔等地势因素纳入环境规制政策制定与区域发展规划的综合考虑范畴中来。

第二，相较于平均海拔较高的地区，平均地形起伏度较大地区的气流往往会因遇山受阻而出现爬坡或绕流的情况，使得空气流动速度降低，并且还可能影响山风和谷风的日内转换，导致污染物在山谷闭合环流中往返积累，从而形成大气逆温现象，进而在增加污染浓度的同时阻碍污染物的垂直扩散(刘宁微等,2008)。因此，平均地形起伏度会通过累积效应负向调节环境规制对环境福利绩效的影响。进一步地，较大的平均地形起伏度还会导致地区基建、运营和交通成本的上升(马青山等,2021)，从而不利于经济的发展和环境规制的实施。表6第(2)列的估计结果对此提供了经验证据。因此，地方政府在制定区域发展规划时，有必要重视地形起伏度等地理因素，充分考虑各地区地形起伏度的差异，灵活制定梯度式的环境规制政策，以尽可能地弱化地形因素对环境规制实施效果的不利影响。

第三，臭氧作为空气污染的主要来源之一(史等,2020)，其浓度通常会随着日照时数的增加而增加(林德福斯等,2003)，因而日照时数增加可能通过累积效应恶化环境质量而负向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响。表6第(3)列的估计结果对此提供了经验证据。因此，为尽可能降低环境规制政策的执行成本，地方政府应充分重视日照时数等气候条件因素对环境规制实施效果的不利影响。比如，从光伏等新能源技术领域入手对日照时数较高的地区实行“绿电”和“绿证”抵消污染(碳)排放的灵活规制手段。

第四，随着全球气候变暖事件的频发，平均气温的持续上升会增强民众对气候问题的关注。在实施环境规制的过程中，这种应对全球气候变化的紧迫性有助于提高公众对环境治理的参与度和响应度(赵等,2011)，进而改善环境规制的实施效果，因而平均气温的提升可能通过治理机制的关注效应而正向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响。表6第(4)列的估计结果对此提供了经验证据。因此，在应对气候变化的过程中，如何激发各社会主体参与气候治理的活跃度，是政府制定和执行环境规制政策时需要重点考虑的一个问题。

第五，降水量具有“快刀及时雨”的作用，可以对悬浮在大气中的细颗粒物发挥“冲刷”稀释效果(钱莉等,2011)，因而降水量能够通过沉降效应正向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响。但是，只有当水分子达到一定的质量临界点时，其在细颗粒物表面的凝结速度才会明显加快，使得凝结物更易于发生沉降效应，从而促进空气质量的改善(杜吴鹏等,2017)，因此平均相对湿度对污染物的沉降作用是相对“鲁钝”的。有研究显示，虽然平均相对湿度增加可以减少悬浮颗粒物总量和不溶于水的气体污染物浓度，但高湿环境也可能通过增加水溶有机碳和元素碳的方式来抑制 PM_{2.5} 扩散(程等,2015)，因此平均相对湿度并不必然在环境规制影响环境福利绩效的过程中具有正向调节作用。表6第(5)列和第(6)列的估计结果显示，降水量在环境规制促增环境福利绩效的过程中确实具有显著的正向调节作用，而平均相对湿度的调节作用并不显著。因此，地方政府在开展环境治理过程中，需要对地区的降水和相对湿度等气候条件因素加以考虑，以期因地制宜地制定和实施更加有效的环境规制政策。

上述检验结果表明，平均海拔、平均地形起伏度和日照时数可以通过治理机制的适应效应和累积效应，负向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响，而平均气温和降水量则可以通过治理机制的关注效应和沉降效应，正向调节环境规制对环境福利绩效的积极影响，但平均相对湿度并未发挥出预期的调节作用。因此，假说2得到了部分验证。

2. 地理区位特征

根据假说3，不同的地理区位特征可以通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应，使得环境规制对环境福利绩效产生差异性影响。为对其进行检验，首先，本文参考金刚和沈坤荣(2018)的做法，将样本划分为东部(East)与中西部(Midwest)地区，并通过设定地区虚拟变量的方式，将环境规制分别与各虚拟变量交乘后纳入式(3)进行参数估计，从而考察环境规制对环境福利绩效的地区影响差异。其次，本文参考许宪春等(2021)的做法，按照我国秦岭淮河分界线将样本划分为南方(South)与北方(North)地区，并通过设定地区

虚拟变量的方式,将环境规制分别与各虚拟变量交乘后纳入式(3)进行参数估计,从而考察南北方环境规制对环境福利绩效的影响差异。再次,本文参考王开泳和邓羽(2016)的做法,按照我国人口分布特征将样本划分为“胡焕庸线”东南侧(*Southeast*)与西北侧(*Northwest*)地区,并通过设定地区虚拟变量的方式,将环境规制分别与各虚拟变量交乘后纳入式(3)进行参数估计,从而考察“胡焕庸线”两侧地区环境规制对环境福利绩效的影响差异。复次,本文基于国务院于2014年出台的《关于调整城市规模划分标准的通知》^⑥,按照常住人口规模将样本划分为特大城市(*Extralarge*)、大城市(*Large*)、中等城市(*Medium*)和小城市(*Small*)4类,并通过设定类别虚拟变量的方式,将环境规制分别与各虚拟变量交乘后纳入式(3)进行参数估计,从而考察不同城市规模下环境规制对环境福利绩效的影响差异。最后,本文参照《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020)》^⑦,将样本划分为资源型城市(*Resources*)和非资源型城市(*Noresources*)两类,并通过设定类别虚拟变量的方式,将环境规制分别与各虚拟变量交乘后纳入式(3)进行参数估计,从而考察资源型和非资源型城市环境规制对环境福利绩效的影响差异。表7报告了上述基于不同地理区位特征的异质性分析结果。

首先,表7第(1)列结果显示,东部和中西部地区的环境规制对环境福利绩效的影响系数均显著为正,但前者的系数值要大于后者,从而表明环境规制对环境福利绩效的促增效应在东部地区表现得更加突出。这一结果与前文的理论分析是一致的。东部地区因其具有更加有利的地理区位优势,要素流动的自由度更高(柏培文,2012),从而表现出更高的资源配置效率和更显著的要素成本节约效应,因而更有利于发挥出市场激励型环境规制政策的资源配置效应。相比之下,中西部地区在基础设施建设、对外开放程度和人力资本水平等方面的成本支出效应更为明显,并且对环境规制在短期内引致的经济结构震荡和劳动力失业等负面影响的承受能力偏弱,因而在一定程度上削弱了环境规制对环境福利绩效的促增效应。因此,着力降低要素流动成本、提高资源配置效率,可以成为促进中西部地区环境规制对环境福利绩效发挥促增作用的重要途径。

第二,表7第(2)列结果显示,南方和北方地区的环境规制对环境福利绩效的影响系数均显著为正,但前者的系数值要大于后者,从而表明环境规制对环境福利绩效的促增效应在南方地区表现得更加突出。这一结果与前文的理论分析相符。北方地区的产业结构使其更加依赖于传统的投资拉动型经济增长方式,从而导致其内生经济增长动力不足,并在一定程度上引发经济结构扭曲和资源粗放利用等问题(邓忠奇等,2020),进而不利于发挥出环境规制对绿色转型的“倒逼”作用。进一步地,北方地区存在国企比重偏高和市场活力不足的问题,导致其在经济体制改革中面临更大的经济下行风险(盛来运等,2018),进而增强了环境规制对经济可持续发展的不确定性,因而在一定程度上削弱了环境规制对环境福利绩效的促增效应。因此,在我国经济地理格局存在明显南北分异的现实背景下,加快转变北方地区传统的投资拉动型粗放式增长模式,可以成为缩小南北方环境福利绩效差异的重要抓手。

第三,表7第(3)列结果显示,胡焕庸线东南侧和西北侧地区的环境规制对环境福利绩效的影响系数均显著为正,但前者的系数值要

表7 不同地理区位特征下环境规制对环境福利绩效的影响差异

变量	EWP				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
东中西部地区异质性	南北方地区异质性	“胡焕庸线”两侧地区异质性	小、中、大及特大城市异质性	资源型及非资源城市异质性	
<i>ER</i> × <i>East</i>	1.0517*** (0.1465)				
<i>ER</i> × <i>Midwest</i>	0.9247*** (0.1599)				
<i>ER</i> × <i>South</i>		1.0226*** (0.1339)			
<i>ER</i> × <i>North</i>		0.9359*** (0.1782)			
<i>ER</i> × <i>Southeast</i>			1.2873** (0.5105)		
<i>ER</i> × <i>Northwest</i>			0.9411*** (0.1079)		
<i>ER</i> × <i>Small</i>				0.8571 (0.5992)	
<i>ER</i> × <i>Medium</i>				0.1634 (0.4750)	
<i>ER</i> × <i>Large</i>				1.0205*** (0.0968)	
<i>ER</i> × <i>Extralarge</i>				0.9994*** (0.1256)	
<i>ER</i> × <i>Resources</i>					0.9231*** (0.1243)
<i>ER</i> × <i>Noresources</i>					1.0625*** (0.2040)
控制变量	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
R ²	0.675	0.675	0.675	0.676	0.675
样本量	4560	4560	4560	4560	4560

公共管理

大于后者，从而表明环境规制对环境福利绩效的促增效应在胡焕庸线东南侧地区表现得更加突出。“胡焕庸线”作为中国人口密度的分界线，其两侧的地理条件存在明显差异。“胡焕庸线”东南侧地区具有海拔低、降水丰富、呈网状连片式发展和生产要素流动性强的地理优势，这些优势推动了长三角、珠三角和京津冀等城市群的迅速发展与人口规模的逐步扩大（尹德挺、袁尚，2019），有助于形成人口集聚效应和规模效应，为稳步推进产业结构升级与绿色低碳转型提供良好的基础条件，从而有利于发挥出环境规制对环境福利绩效的改善作用。相比之下，“胡焕庸线”西北侧地区囿于自身地理区位条件，存在经济发展相对滞后和人才外流等问题（刘涛等，2022），难以产生由“人口红利”带来的“技术红利”，从而在一定程度上削弱了环境规制对环境福利绩效的促增效应。同时，表7第(4)列结果显示，较大城市的环境规制对环境福利绩效的影响系数显著为正，而中小型城市该系数并不显著，从而表明环境规制对环境福利绩效的促增效应在较大城市才能得以显现。集聚效应往往随着城市规模的扩大而得以强化，因而通常大型城市才能形成高度集聚的专业化中心优势，而小型城市尚难以形成集聚效应和规模效应的正向外部性（王桥等，2021），就环境规制对就业和产业结构所产生的短期冲击往往显得韧性不足（布里斯托、阿德里安，2020），从而不利于发挥出环境规制对环境福利绩效的改善作用。因此，探索内涵式紧凑型的区域发展模式，理应成为在集聚中实现区域环境福利绩效均衡化的重要保障。

第四，表7第(5)列结果显示，资源型及非资源型城市的环境规制对环境福利绩效的影响系数均显著为正，但前者的系数值要小于后者，从而表明环境规制对环境福利绩效的促增效应在非资源型城市表现得更加突出。优良的自然资源禀赋条件在为资源型城市的初期发展提供强力支撑的同时，资源型产业所具有的高耗能、高污染、高排放、低效率的产业特性也会制约资源型城市的长期可持续发展（李虹、邹庆，2018）。在地方政府试图通过强化环境规制以倒逼地区经济绿色转型的过程中，资源型城市长期存在的发展路径依赖和产业锁定效应会明显阻碍其产业结构的绿色转型（李江龙、徐斌，2018），因而在一定程度上削弱了环境规制对环境福利绩效的改善作用。相比之下，非资源型城市因具有更加多元化的产业结构而有利于缓冲环境规制对经济系统的短期冲击，且具有更大的协同抵御风险冲击的能力，因而非资源型城市的环境规制对环境福利绩效表现出更强的促增效果。因此，以产业结构绿色转型为支撑，摆脱资源型城市高度依赖资源开发活动的传统经济发展模式，积极推进产业多样化发展和产业结构优化，理应成为实现资源型城市全面绿色转型与公众福祉改善，进而提升环境福利绩效的必然选择。

上述分析结果表明，地理区位特征确实可以通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应，使得环境规制对环境福利绩效的促增效应在东部地区、南方地区、胡焕庸线东南侧地区、较大城市与非资源型城市表现得更加明显，从而验证了假说3的成立。

（二）社会经济要素

表8报告了针对假说4的检验结果，即对环境规制能否通过经济增长、技术创新、人才红利与产业结构这4种机制渠道而影响环境福利绩效的检验结果。

表8第(1)列和第(2)列结果表明，环境规制在增强集约增长动力和释放经济发展活力方面的作用非常明显。一方面，适当的环境规制可以形成政策红利，倒逼企业更新生产方式和产能结构，并通过增强企业绿色竞争力和遏制环境负外部性来实现集约化增长（涂正革、谌仁俊，2015）。另一方面，环境规制在引导绿色金融创新和完善碳排放交易系统方面发挥着不可替代的作用，其为放松绿色融资渠道的外部约束，以及促进碳交易体系的有效运行提供了政策保证与市场激励（斯丽娟、曹昊煜，2022；叶强等，2022）。同时，已有研究表

表8 环境规制通过社会经济要素影响环境福利绩效的机制识别结果

变量	EWP							
	经济增长机制		技术创新机制		人才红利机制		产业结构机制	
	(1) <i>Economic</i>	(2) <i>Light</i>	(3) <i>Innovation</i>	(4) <i>Gpatent</i>	(5) <i>Human</i>	(6) <i>Ability</i>	(7) <i>Tertiary</i>	(8) <i>Upgrade</i>
<i>ER</i>	0.0222*** (0.0065)	0.6433* (0.3361)	8.6037** (3.4831)	0.7919** (0.3521)	7.0626** (3.4111)	1.7105*** (0.5913)	0.1911* (0.1076)	-0.1642 (0.1570)
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
R ²	0.904	0.936	0.979	0.942	0.935	0.927	0.976	0.834
样本容量	4560	4560	4560	4560	4560	4560	4560	4560

明提高集约化经济增长动力和释放经济发展活力,能够遏制环境负外部性(蔡昉等,2008)并提高绿色消费潜力(维塔等,2019),从而有助于提升环境福利绩效。

表8第(3)列和第(4)列结果表明,环境规制的“创新补偿”效应在提升技术创新水平与增强绿色创新能力方面具有显著的作用。环境规制不仅能够通过资本和劳动要素的再配置效应而提升研发效率和技术创新水平(周肖肖等,2023),还能够通过市场激励效应促进企业间的绿色技术合作与环保信息共享,从而增强企业的绿色创新能力(埃尔纳布尔西等,2023)。同时,现有研究已表明技术创新水平的提升和绿色创新能力的增强有利于地区经济的高质量发展和环境污染的有效治理(王林辉等,2020;王馨、王营,2021;邵帅等,2022),从而促进环境福利绩效的改善。

表8第(5)列和第(6)列结果表明,环境规制在促进人力资本积累和吸引高技能劳动力方面发挥出显著的作用。一方面,环境规制在促使企业进行技术升级与工艺改进的同时,还可以通过劳动力的区域再配置效应和存量效应(李丁等,2021)而促进地区人力资本的积累。另一方面,环境规制所带来的人才市场缺口扩大,会促使劳动力特别是高技能劳动力的需求增加,从而吸引高技能劳动力集聚并形成规模效应。显然,促进人力资本积累有助于推动经济内涵式增长和绿色转型(张晓晶、汪勇,2023),从而有效提升环境福利绩效。

表8第(7)列和第(8)列结果表明,环境规制会通过推动产业结构清洁化来改善地区环境福利绩效,但环境规制对产业结构高级化的影响并不显著。在环境规制的驱动下,原有资本驱动劳动生产率提升的传统效率改进模式逐渐被产业结构转型升级的新型效率改进模式所替代(李静、楠玉,2019),而绿色服务业的涌现与居民消费结构的绿色化转变也会推动传统产业结构向多元化和清洁化转变(于、王,2021;谢、蒂奥,2022)。同时,已有研究表明增加服务业有效供给、促进服务业与实体经济互动融合,有助于服务业推进供给侧结构性改革而助推经济高质量发展(张建华、程文,2019)。因此,环境规制可以通过推动产业结构清洁化而促增环境福利绩效。但是,产业结构高级化的过程中往往面临较高技术调整成本的挑战,而环境规制助推产业结构高级化的进程则可能受阻于固有的产业发展模式(刘家悦、谢靖,2018),使得环境规制可能带来的“创新补偿”效应在短期内难以产生,因而环境规制对产业结构高级化的预期推动作用尚未得以显现。

上述分析结果表明,环境规制确实可以通过推动经济增长、促进技术创新、释放人才红利和优化产业结构4种渠道促增环境福利绩效,从而验证了假说4的成立。

七、结论与政策含义

环境规制能否在尊重、顺应和保护自然的基础上释放政策红利,从而实现稳增长、保环境和增福祉的三重红利,进而促增地区环境福利绩效,已经成为中国式现代化推进过程中亟待解决的现实问题。本文通过就环境规制对环境福利绩效的影响所开展的系统考察,得到如下主要结论。首先,环境规制显著促增了环境福利绩效,这一结论在进行一系列稳健性检验和控制内生性问题后依然成立。其次,自然地理要素会通过治理机制和生产机制来调节环境规制对环境福利绩效的影响。一方面,地理气候条件中的平均海拔、平均地形起伏度和日照时数在环境规制对环境福利绩效的影响中表现出负向调节作用,而平均气温和降水量在环境规制对环境福利绩效的影响中表现出正向调节作用;另一方面,地理区位特征可以通过生产机制的成本效应、投资效应、规模效应和结构效应,使得环境规制对环境福利绩效的促增效应在东部地区、南方地区、胡焕庸线东南侧地区、较大城市与非资源型城市表现得更加明显。最后,环境规制可以通过推动经济增长、促进技术创新、释放人才红利和优化产业结构而促增地区环境福利绩效。

本文的研究结论具有重要的政策含义。第一,常态长效推进地区环境治理,构建“软硬兼施”的环境规制执行机制。一方面,中央政府可以通过加强地方政府环境约束与环境监督的方式,倒逼各级地方政府持续关注环境问题并加强环境治理,从顶层设计的视角矫正地方政府的短期行为,强化地方政府开展环境治

公共管理

理的决心和执行力，并以激励绿色创新的策略解决企业污染排放的市场失灵问题，通过适当的绿色财税优惠政策引导企业形成以创新为根本动力的经营方式，以环境规制红利推动产业结构的根本性调整，避免“一刀切”式地对企业进行生产限制和盲目的污染产业转移。另一方面，应构建一个灵活多样、互为补充的环境规制政策体系。除了强化对企业污染行为的“硬”约束外，还应充分利用政府信息公开、网络舆情监督、公众信访举报等渠道，建立起污染行为的“软”约束机制，并有针对性地选择环境治理的时机，采取事前预防、事中控制和事后惩戒的监管方式，使得环境规制能够在正式制度与非正式制度的双重支持下推动绿色转型发展。

第二，充分重视自然地理要素引致的环境规制执行成本，因地制宜地优化地区环境规制政策。一方面，在环境规制的制定和实施中应避免地理条件的同质性假设，应以“两山论”为引领，客观理性对待自然地理要素的限制，制定精准性差异化梯度式的环境规制策略，加强对自然地理要素的环境承载力评估工作，将政策制定中易于忽视的地理气候条件纳入环境规制的综合考量范畴，重点评估海拔、地形起伏度和日照等气候因素所带来的潜在环境规制执行成本，对影响更为显著的地理因素予以充分重视，有效发挥平均温度和降水量等气候因素在地区环境规制政策执行过程中的潜在积极作用。另一方面，在推动生态环境综合治理、加强生态环境分区管控的进程中，需因地制宜地制定和优化地区环境规制政策，根据地理区位特征匹配相应的环境规制组合，避免“一刀切”式的环境政策执行模式。比如，在中西部地区、秦岭—淮河以北地区、胡焕庸线西北侧、小城市及资源型城市，可适当采取命令型与市场激励型相结合的环境规制政策，综合采用财政转移支付与排污权交易等政策工具，激发有利于经济绿色转型和公众健康福祉的内在因素；在经济发展水平相对较高的地区则可以实施以市场激励型为主的环境规制政策，以信息共享和资源匹配为依托，在集聚中实现经济发展与环境治理的“双赢”。

第三，因势利导地激发环境规制对社会经济要素的促进作用，实事求是地缓解绿色低碳转型过程中可能伴生出现的社会经济风险。一方面，应激发环境规制通过对社会经济要素的“增量提质”作用而对公众健康福祉产生积极影响。在有效增强社会经济要素流动性的基础上，通过市场激励型环境规制工具，切实发挥出环境规制在推动经济增长、促进技术创新、释放人才红利和优化产业结构等方面的潜在积极作用，避免污染密集型企业的空间逐底选择效应和盲目追求绿色政策补贴或税收优惠的短期策略性创新行为。另一方面，应推进存量结构性调整，有效发挥环境规制对民生福祉的促进作用。过度强调技术创新而忽视产业结构调整可能会违背市场规律，因而应在激发绿色技术创新的同时，积极推进各行业内部的产业优化升级，以期减少环境治理的结构性阻力，并大力发展战略服务业，充分释放各种社会经济要素的活力，进而着力推动经济社会发展的全面绿色转型。

最后，需要强调的是，要想有效实现人与自然和谐共生的现代化，无论采取市场手段激励还是进行政府干预调控，其作用力均在“质”而在“量”，环境治理应以居民福利最大化为目标，才可能实现促增长、保环境和增福祉的美好发展愿景，使得民众能够在共享经济发展成果的同时也能共获环境收益^①。

（作者单位：邵帅，华东理工大学商学院；葛力铭，上海交通大学国家战略研究院、上海交通大学安泰经济与管理学院；朱佳玲，上海财经大学城市与区域科学学院/财经研究所）

注释

①见 https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11246/202403/content_6941845.html。

②见 <https://www.worldbank.org/en/programs/pollution-management-and-environmental-health-program>。

③见 <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202105/P020210526572756184785.pdf>。

④见 <http://opinion.people.com.cn/n1/2019/0306/c1003-30961321.html>。

⑤见 <http://theory.people.com.cn/n1/2021/0402/c40531-32067980.html>。

⑥需要特别指出的是，本文中地理要素的范畴包括自然地理要素和社会经济要素两个维度，而自然地理要素主要体现在地理气候条件和地理区位特征两方面。本文中关于环境规制对环境福利绩效的影响产生调节作用的论证内容，仅针对自然地理要素中的地理气候条件相关因素。

⑦由于中国城市层面的能源消费总量数据并未公开发布，本文从各城市的的相关统计年鉴和社会发展统计公报中手动搜集到能源

强度数据,再将其与各城市当年的GDP相乘,从而计算得到各城市的能源消费总量数据。

⑧在对资本存量的估算中,2003~2017年各城市的固定资产投资额可以通过查阅2004~2018年《中国城市统计年鉴》得到。然而,对于2018年各城市的固定资产投资额,2019年《中国城市统计年鉴》并未报告。我们通过查阅2019年各省份统计年鉴中公布的2018年各城市固定资产投资额较上一年的增速数据,再结合2017年的固定资产投资额数据计算得到了2018年各城市的固定资产投资额数据。

⑨由政府工作报告统计的与环保相关的关键词包括:环境保护、环保、雾霾、治霾、污染、能耗、治污、减排、排污、生态环境、生态保护、生态破坏、水生态、低碳、二氧化硫、二氧化碳、PM10、PM2.5、化学需氧量、COD、散乱污、排放、空气、水环境、水质、碧水、黑臭、污水、废气、废渣、环境违法、环境犯罪、环境案件、环境处罚、环境治理、环境质量、蓝天、燃煤、复绿、扬尘、尾气、VOCs等。

⑩参考封志明等(2007)的做法,本文使用中国1:100万地理数字高程模拟数据,基于1km×1km的规格提取栅格数据,并选取10km×10km栅格为测量单元,从而计算得到各城市的平均海拔和平均地形起伏度数据。

⑪数据来源于国家气象科学数据共享服务平台,原始数据为各观测站点的日度数据,本文首先使用反距离加权插值法将原始数据插值成0.1°×0.1°分辨率的网格数据,进而将网格数据转换成栅格数据,最后分区域平均计算得到了2003~2018年中国各城市各年的日照时数、平均气温、降水量与平均相对湿度数据。

⑫见<https://cer.gsm.pku.edu.cn/zsyj/zgqycxrys/bzff1.htm>。

⑬在经济层面,选取各城市GDP(万元)和城镇居民可支配收入(万元)2个变量指标;在环境层面,选取工业二氧化硫产生量(吨)、工业烟粉尘产生量(吨)和工业固体废物产生量(吨)3个变量指标;在福利层面,选取医生数(万人)、环境污染治理投资额(万元)、居民年死亡人数(万人)3个变量指标。

⑭一方面,污染物排放强度较高很可能是因为当地环境规制比较宽松,从而导致当地排放较多的污染物或污染企业迁入当地;另一方面,对于北京、上海等环境规制比较严格的城市,按照这种加权方式得出的环境规制强度非常低,主要原因是这些城市的污染物排放强度本身就很低。

⑮见http://www.gov.cn/xinwen/2014-11/20/content_2781156.htm。

⑯见http://www.gov.cn/zfwj/2013-12/03/content_2540070.htm。

⑰中外文人名(机构名)对照:马克思(Marx);恩格斯(Engels);哈维(Harvey);葛兰西(Gramsci);阿尔都塞(Althusser);德尔加托(Del Gatto);马斯蒂努(Mastinu);卡特克利夫(Cutcliffe);阿西莫格鲁(Acemoglu);杰奈奥利(Gennaioli);米顿(Mitton);韦伯(Weber);克鲁格曼(Krugman);金(Kim);布鲁哈特(Brühlhart);特里翁费蒂(Trionfetti);皮卡德(Picard);曾(Zeng);埃里森(Ellison);格莱泽(Glaeser);杜兰顿(Duranton);奥弗曼(Overman);王(Wang);格雷(Gray);沙德贝吉安(Shadbegian);宋(Song);谢(Xie);葛(Ge);田中(Tanaka);杨(Yang);周(Chou);唐(Tang);纳斯(Nass);普赖西斯(Price);莫诺根(Monogan);陈(Chen);叶(Ye);波普(Popp);田(Tian);冯(Feng);戈洛普(Gollop);罗伯茨(Roberts);波特(Porter);林德(Linde);刘(Liu);帕迪(Paddy);库马尔(Kumar);赵(Zhao);莱特(Leitte);布里斯托(Bristow);阿德里安(Adrian);范(Fan);艾本斯坦(Ebenstein);森(Sen);高(Kao);世界卫生组织(World Health Organization);沃尔夫(Wolf);孟(Meng);马纳福(Manafu);王(Wong);托恩(Tone);津井(Tsutsui);季(Ji);郑(Zheng);亨德森(Henderson);侯(Hou);史(Shi);习(Xi);雅各布森(Jacobson);白(Bai);贾(Jia);尹(Yin);吴(Wu);毕晓普(Bishop);费尔克纳(Felkner);汤森(Townsend);林德福斯(Lindfors);程(Cheng);维塔(Vita);埃尔纳布尔西(Elnaboulsi);于(Yu);蒂奥(Deo)。

参考文献

- (1)柏培文:《中国劳动要素配置扭曲程度的测量》,《中国工业经济》,2012年第10期。
- (2)蔡昉、都阳、王美艳:《经济发展方式转变与节能减排内在动力》,《经济研究》,2008年第6期。
- (3)蔡宏波、韩金铎、钟腾龙:《企业迁移的减排效应——兼论“污染天堂假说”与“波特假说”》,《经济学动态》,2022年第11期。
- (4)曹翔、滕聪波、张继军:《“一带一路”倡议对沿线国家环境质量的影响》,《中国人口·资源与环境》,2020年第12期。
- (5)陈诗一、陈登科:《雾霾污染、政府治理与经济高质量发展》,《经济研究》,2018年第2期。
- (6)陈硕、高琳:《央地关系:财政分权度量及作用机制再评估》,《管理世界》,2012年第6期。
- (7)程钰、任建兰、陈延斌、徐成龙:《中国环境规制效率空间格局动态演变及其驱动机制》,《地理研究》,2016年第1期。
- (8)邓忠奇、高廷帆、庞瑞芝、杨彩琳:《企业“被动合谋”现象研究:“双碳”目标下环境规制的福利效应分析》,《中国工业经济》,2022年第7期。
- (9)邓忠奇、高廷帆、朱峰:《地区差距与供给侧结构性改革——“三期叠加”下的内生增长》,《经济研究》,2020年第10期。
- (10)董直庆、王辉:《环境规制的“本地—邻地”绿色技术进步效应》,《中国工业经济》,2019年第1期。
- (11)杜吴鹏、房小怡、黄弘、程宸、党冰、邢佩:《北京空气重污染红色预警期间污染物与气象因子特征》,《环境工程学报》,2017年第6期。
- (12)范剑勇:《产业集聚与地区间劳动生产率差异》,《经济研究》,2006年第11期。
- (13)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》,《世界经济》,2018年第8期。
- (14)范庆泉:《环境规制、收入分配失衡与政府补偿机制》,《经济研究》,2018年第5期。
- (15)封志明、唐焰、杨艳昭、张丹:《中国地形起伏度及其与人口分布的相关性》,《地理学报》,2007年第10期。
- (16)葛力铭、郑贺允、孙鹏博、朱佳玲:《低碳赋能增效:低碳城市试点政策对环境福利绩效的影响》,《统计研究》,2024年第2期。
- (17)胡艺、张晓卫、李静:《出口贸易、地理特征与空气污染》,《中国工业经济》,2019年第9期。
- (18)季永宝、豆建民:《污染产业转移的环境效应与效率影响研究》,《南大商学评论》,2018年第8期。
- (19)金刚、沈坤荣:《以邻为壑还是以邻为伴?——环境规制执行互动与城市生产率增长》,《管理世界》,2018年第12期。
- (20)李丁、张艳、马双、邵帅:《大气污染的劳动力区域再配置效应和存量效应》,《经济研究》,2021年第5期。

人与自然何以和谐共生：地理要素视角下的环境规制与环境福利绩效

公共管理

- (21)李虹、邹庆:《环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究——基于资源型城市与非资源型城市的对比分析》,《经济研究》,2018年第11期。
- (22)李江龙、徐斌:《“诅咒”还是“福音”:资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?》,《经济研究》,2018年第9期。
- (23)李静、楠玉:《人力资本错配下的决策:优先创新驱动还是优先产业升级》,《经济研究》,2019年第8期。
- (24)李青原、肖泽华:《异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据》,《经济研究》,2020年第9期。
- (25)李胜兰、初善冰、申晨:《地方政府竞争、环境规制与区域生态效率》,《世界经济》,2014年第4期。
- (26)李卫兵、李翠:《“两型社会”综改区能促进绿色发展吗?》,《财经研究》,2018年第10期。
- (27)梁保平、雷艳、覃业努、梁丽敏:《快速城市化背景下广西典型城市景观空间格局动态比较研究》,《生态学报》,2018年第12期。
- (28)梁玉成:《市场转型过程中的国家与市场——一项基于劳动力退休年龄的考察》,《中国社会科学》,2007年第5期。
- (29)林伯强、杜克锐:《要素市场扭曲对能源效率的影响》,《经济研究》,2013年第9期。
- (30)刘家悦、谢婧:《环境规制与制造业出口质量升级——基于要素投入结构异质性的视角》,《中国人口·资源与环境》,2018年第2期。
- (31)刘宁微、王扬锋、马雁军、洪也:《复杂地形对城市空气污染影响的数值试验研究》,《地理科学》,2008年第3期。
- (32)刘清春、王铮:《中国区域经济差异形成的三次地理要素》,《地理研究》,2009年第2期。
- (33)刘涛、彭荣熙、卓云霞、曹广忠:《2000-2020年中国人口分布格局演变及影响因素》,《地理学报》,2022年第2期。
- (34)刘锡良、文书洋:《中国的金融机构应当承担环境责任吗?——基本事实、理论模型与实证检验》,《经济研究》,2019年第3期。
- (35)刘修岩:《空间效率与区域平衡:对中国省级层面集聚效应的检验》,《世界经济》,2014年第1期。
- (36)马青山、何凌云、袁恩宇:《新兴基础设施建设与城市产业结构升级——基于“宽带中国”试点的准自然实验》,《财经科学》,2021年第4期。
- (37)孟望生:《经济增长方式转变与能源消费强度差异的收敛性——基于中国2001-2016年省级面板数据》,《资源科学》,2019年第7期。
- (38)牛叔文、李景满、李升红、张修芳、沈义:《基于地形复杂度的建设用地适宜性评价——以甘肃省天水市为例》,《资源科学》,2014年第10期。
- (39)钱莉、刘明春、杨永龙、闫国华、兰晓波:《1960年至2009年河西走廊东部太阳辐射变化规律及太阳能资源利用分析》,《资源科学》,2011年第5期。
- (40)秦炳涛、葛力铭:《相对环境规制、高污染产业转移与污染集聚》,《中国人口·资源与环境》,2018年第12期。
- (41)任胜钢、郑晶晶、刘东华、陈晓红:《排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率——来自中国上市公司的证据》,《中国工业经济》,2019年第5期。
- (42)邵帅、范美婷、杨莉莉:《经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展——基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察》,《管理世界》,2022年第2期。
- (43)邵帅、范美婷、杨莉莉:《资源产业依赖如何影响经济发展效率?——有条件资源诅咒假说的检验及解释》,《管理世界》,2013年第2期。
- (44)邵帅、李欣、曹建华、杨莉莉:《中国雾霾污染治理的经济政策选择——基于空间溢出效应的视角》,《经济研究》,2016年第9期。
- (45)邵帅、尹俊雅、王海、杨莉莉:《资源产业依赖对僵尸企业的诱发效应》,《经济研究》,2021年第11期。
- (46)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》,《管理世界》,2019年第1期。
- (47)沈坤荣、金刚、方娴:《环境规制引起了污染就近转移吗?》,《经济研究》,2017年第5期。
- (48)沈坤荣、谢勇:《中国城镇居民储蓄率的影响因素:1997-2008——基于省级动态面板数据的实证研究》,《上海经济研究》,2011年第9期。
- (49)沈坤荣、周力:《地方政府竞争、垂直型环境规制与污染回流效应》,《经济研究》,2020年第3期。
- (50)沈煜、孙文凯:《污染信息公开如何影响健康消费决策》,《世界经济》,2020年第7期。
- (51)盛来运、郑鑫、周平、李拓:《我国经济发展南北差距扩大的原因分析》,《管理世界》,2018年第9期。
- (52)史丹、李少林:《排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证》,《中国工业经济》,2020年第9期。
- (53)斯丽娟、曹昊煜:《绿色信贷政策能够改善企业环境社会责任吗——基于外部约束和内部关注的视角》,《中国工业经济》,2022年第4期。
- (54)宋马林、金培振:《地方保护、资源错配与环境福利绩效》,《经济研究》,2016年第12期。
- (55)苏红键、魏后凯:《密度效应、最优城市人口密度与集约型城镇化》,《中国工业经济》,2013年第10期。
- (56)孙传旺、罗源、姚昕:《交通基础设施与城市空气污染——来自中国的经验证据》,《经济研究》,2019年第8期。
- (57)孙鹏博、葛力铭:《税收激励能否提升企业能源效率?——来自增值税结构性改革的经验证据》,《财经研究》,2023年第1期。
- (58)孙鹏博、葛力铭:《通向低碳之路:高铁开通对工业碳排放的影响》,《世界经济》,2021年第10期。
- (59)涂正革、谌仁俊:《排污权交易机制在中国能否实现波特效应?》,《经济研究》,2015年第7期。
- (60)王峰、刘修岩、李迎成:《空间结构、城市规模与中国城市的创新绩效》,《中国工业经济》,2021年第5期。

- (61)王开泳、邓羽:《新型城镇化能否突破“胡焕庸线”——兼论“胡焕庸线”的地理学内涵》,《地理研究》,2016年第5期。
- (62)王林辉、王辉、董直庆:《经济增长和环境质量相容性政策条件——环境技术进步方向视角下的政策偏向效应检验》,《管理世界》,2020年第3期。
- (63)王馨、王营:《绿色信贷政策增进绿色创新研究》,《管理世界》,2021年第6期。
- (64)吴绍洪、尹云鹤、樊杰、郑度、杨勤业:《地域系统研究的开拓与发展》,《地理研究》,2010年第9期。
- (65)谢元博、李巍:《基于能源-环境情景模拟的北京市大气污染对居民健康风险评价研究》,《环境科学学报》,2013年第6期。
- (66)徐圆:《源于社会压力的非正式性环境规制是否约束了中国的工业污染?》,《财贸研究》,2014年第2期。
- (67)许宪春、雷泽坤、窦园园、柳士昌:《中国南北平衡发展差距研究——基于“中国平衡发展指数”的综合分析》,《中国工业经济》,2021年第2期。
- (68)杨永恒、胡鞍钢、张宁:《基于主成分分析法的人类发展指数替代技术》,《经济研究》,2005年第7期。
- (69)杨玉香、陈乃华、胡宝叶、游建勇、林浩然、杨育姗、邓以勤:《海峡西岸清洁岛屿臭氧污染特征及影响因素》,《环境化学》,2020年第7期。
- (70)叶强、高超越、姜广鑫:《大数据环境下我国未来区块链碳市场体系设计》,《管理世界》,2022年第1期。
- (71)尹德挺、袁尚:《新中国70年来人口分布变迁研究——基于“胡焕庸线”的空间定量分析》,《中国人口科学》,2019年第5期。
- (72)余泳泽、孙鹏博、宣烨:《地方政府环境目标约束是否影响了产业转型升级?》,《经济研究》,2020年第8期。
- (73)袁航、朱承亮:《国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗?》,《中国工业经济》,2018年第8期。
- (74)原毅军、谢荣辉:《环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验》,《中国工业经济》,2014年第8期。
- (75)张建华、程文:《服务业供给侧结构性改革与跨越中等收入陷阱》,《中国社会科学》,2019年第3期。
- (76)张军、吴桂英、张吉鹏:《中国省际物质资本存量估算:1952-2000》,《经济研究》,2004年第10期。
- (77)张晓晶、汪勇:《社会主义现代化远景目标下的经济增长展望——基于潜在经济增长率的测算》,《中国社会科学》,2023年第4期。
- (78)张艳、郑贺允、葛力铭:《资源型城市可持续发展政策对碳排放的影响》,《财经研究》,2022年第1期。
- (79)赵阳、沈洪涛、刘乾:《中国的边界污染治理——基于环保督查中心试点和微观企业排放的经验证据》,《经济研究》,2021年第7期。
- (80)郑贺允、葛力铭:《资源型城市可持续发展对碳排放的影响研究——基于资源依赖的视角》,《中国环境科学》,2022年第6期。
- (81)周肖肖、贾梦雨、赵鑫:《绿色金融助推企业绿色技术创新的演化博弈动态分析和实证研究》,《中国工业经济》,2023年第6期。
- (82)朱昊、赖小琼:《集聚视角下的中国城市化与区域经济增长》,《经济学动态》,2013年第12期。
- (83)Acemoglu, D., Gallego, F. and Robinson, J. A., 2014, "Institutions, Human Capital and Development", *Annual Review of Economics*, Vol.6, pp.875~912.
- (84)Althusser, L., 1996, *For Marx*, London: Verso.
- (85)Bai, Y. and Jia, R., 2016, "Elite Recruitment and Political Stability: The Impact of the Abolition of China's Civil Service Exam", *Econometrica*, Vol.84(2), pp.677~733.
- (86)Bishop, G. A., Morris, J. A., Stedman, D. H., Cohen, L. H. and Scherer, S., 2001, "The Effects of Altitude on Heavy-Duty Diesel Truck On-Road Emissions", *Environmental Science and Technology*, Vol.35(8), pp.1574~1578.
- (87)Bristow, G. and Adrian, H., 2020, *Handbook on Regional Economic Resilience*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- (88)Brülhart, M. and Trionfetti, F., 2001, "Industrial Structure and Public Procurement: Theory and Empirical Evidence", *Journal of Economic Integration*, Vol.16(1), pp.106~127.
- (89)Chen, X. and Ye, J., 2019, "When the Wind Blows: Spatial Spillover Effects of Urban Air Pollution in China", *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol.62(8), pp.1359~1376.
- (90)Chen, Z., Kahn, M. E., Liu, Y. and Wang, Z., 2018, "The Consequences of Spatially Differentiated Water Pollution Regulation in China", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.88, pp.468~485.
- (91)Chen, Z., Yu, B., Yang, C., Zhou, Y. and Wu, J., 2021, "An Extended Time Series (2000-2018) of Global NPP-VIIRS-Like Nighttime Light Data from a Cross-Sensor Calibration", *Earth System Science Data*, Vol.13(3), pp.889~906.
- (92)Cheng, Y., He, K. B., Du, Z. Y., Zheng, M., Duan, F. K. and Ma, Y. L., 2015, "Humidity Plays an Important Role in the PM_{2.5} Pollution in Beijing", *Environmental Pollution*, Vol.197, pp.68~75.
- (93)Cutcliffe, S. H., 2010, "Travels In and Out of Town: William Cronon's Nature's Metropolis: Chicago and the Great West", *Technology and Culture*, Vol.51(3), pp.728~737.
- (94)Del Gatto, M. and Mastinu, C. S., 2018, "Geography, Cultural Remoteness and the Second Nature of Within-Country Economic Development: Do Island Regions Lag Behind?", *Regional Studies*, Vol.52(2), pp.212~224.
- (95)Duranton, G. and Overman, H. G., 2008, "Exploring the Detailed Location Patterns of U.K. Manufacturing Industries Using Microgeographic Data", *Journal of Regional Science*, Vol.48(1), pp.213~243.
- (96)Ebenstein, A., 2012, "The Consequences of Industrialization: Evidence from Water Pollution and Digestive Cancers in China", *Review of Economics and Statistics*, Vol.94(1), pp.186~201.
- (97)Ellison, G. and Glaeser, E., 1997, "Geographic Concentration in U.S. Manufacturing Industries: A Dartboard Approach", *Journal of*

人与自然何以和谐共生：地理要素视角下的环境规制与环境福利绩效

公共管理

Political Economy, Vol.105(5), pp.889~927.

(98) Ellison, G. and Glaeser, E., 1999, "The Geographic Concentration of Industry: Does Natural Advantage Explain Agglomeration?", *American Economic Review*, Vol.89(2), pp.311~316.

(99) Elnaboulsi, J. C., Daher, W. and Sağlam, Y., 2023, "Environmental Taxation, Information Precision, and Information Sharing", *Journal of Public Economic Theory*, Vol.25(2), pp.301~341.

(100) Fan, M., Li, M., Liu, J. and Shao, S., 2022, "Is High Natural Resource Dependence Doomed to Low Carbon Emission Efficiency? Evidence from 283 Cities in China", *Energy Economics*, Vol.115, 106328.

(101) Felkner, J. S. and Townsend, R. M., 2011, "The Geographic Concentration of Enterprise in Developing Countries", *Quarterly Journal of Economics*, Vol.126(4), pp.2005~2061.

(102) Ge, T., Cai, X. and Song, X., 2022, "How does Renewable Energy Technology Innovation Affect the Upgrading of Industrial Structure? The Moderating Effect of Green Finance", *Renewable Energy*, Vol.197, pp.1106~1114.

(103) Ge, T., Qiu, W., Li, J. Y. and Hao, X. L., 2020, "The Impact of Environmental Regulation Efficiency Loss on Inclusive Growth: Evidence from China", *Journal of Environmental Management*, Vol.268, 110700.

(104) Gennaioli, N., La Porta, R., Lopez-De-Silanes, F. and Shleifer, A., 2013, "Human Capital and Regional Development", *Quarterly Journal of Economics*, Vol.128(1), pp.105~164.

(105) Gollop, F. M. and Roberts, M. J., 1983, "Environmental Regulations and Productivity Growth: The Case of Fossil-Fueled Electric Power Generation", *Journal of Political Economy*, Vol.91(4), pp.654~674.

(106) Gramsci, A., 1971, *Selections from the Prison Notebooks*, New York: International Publishers.

(107) Gray, W. B. and Shadbegian, R. J., 2003, "Plant Vintage, Technology, and Environmental Regulation", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.46(3), pp.384~402.

(108) Harvey, D., 1989, *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*, Oxford: Blackwell.

(109) Henderson, J., Dicken, P., Hess, M., Coe, N. and Yeung, H. W. C., 2002, "Global Production Networks and the Analysis of Economic Development", *Review of International Political Economy*, Vol.9(3), pp.436~464.

(110) Hou, Y. L., Long, R. Y., Chen, H. and Zhang, L. L., 2018, "Research on the Sustainable Development of China's Coal Cities Based on Lock-In Effect", *Resources Policy*, Vol.59, pp.479~486.

(111) Jacobson, M. Z., 2002, *Atmospheric Pollution: History, Science, and Regulation*, New York: Cambridge University Press.

(112) Ji, X., Wu, J., Zhu, Q. and Sun, J., 2019, "Using a Hybrid Heterogeneous DEA Method to Benchmark China's Sustainable Urbanization: An Empirical Study", *Annals of Operations Research*, Vol.278, pp.281~335.

(113) Kao, C., 2009, "Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model", *European Journal of Operational Research*, Vol.192(3), pp.949~962.

(114) Kim, S., 1995, "Expansion of Markets and the Geographic Distribution of Economic Activities: The Trends in U.S. Regional Manufacturing Structure, 1860–1987", *Quarterly Journal of Economics*, Vol.110(4), pp.881~908.

(115) Krugman, P. R., 1993, "First Nature, Second Nature, and Metropolitan Location", *Journal of Regional Science*, Vol.33(2), pp.129~144.

(116) Kumar, S., Dhar, H., Nair, V. V., Rena, Janki, G., Shashi, A., Bhattacharya, J. K., Vaidya, A. N. and Akolkar, A. B., 2019, "Environmental Quality Monitoring and Impact Assessment of Solid Waste Dumpsites in High Altitude Sub-Tropical Regions", *Journal of Environmental Management*, Vol.252, 109681.

(117) Leitte, A. M., Petrescu, C., Franck, U., Richter, M., Suciu, O., Ionovici, R., Herbarth, O. and Schlink, U., 2009, "Respiratory Health, Effects of Ambient Air Pollution and its Modification by Air Humidity in Drobeta-Turnu Severin, Romania", *Science of the Total Environment*, Vol.407(13), pp.4004~4011.

(118) Lindfors, A. V., Arola, A., Kaurola, J., Taalas, P. and Svene, T., 2003, "Long-Term Erythemal UV Doses at Sodankyl Estimated Using Total Ozone, Sunshine Duration, and Snow Depth", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol.108(D16), pp.1~11.

(119) Liu, M., Shadbegian, R. and Zhang, B., 2017, "Does Environmental Regulation Affect Labor Demand in China? Evidence from the Textile Printing and Dyeing Industry", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.86, pp.277~294.

(120) Liu, Y. Q., Zhu, J. L., Li, E. Y., Meng, Z. Y. and Song, Y., 2020, "Environmental Regulation, Green Technological Innovation, and Eco-Efficiency: The Case of Yangtze River Economic Belt in China", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.155, 119993.

(121) Manafó, E. and Wong, S., 2012, "Health Literacy Programs for Older Adults: A Systematic Literature Review", *Health Education Research*, Vol.27(6), pp.947~60.

(122) Marx, K. and Engels, F., 1975, *Karl Marx, Frederick Engels: Collected Works*, London: Lawrence & Wishart.

(123) Meng, W. J., Shen, G. F., Shen, H. Z., Chen, Y. L., Yun, X., Li, J. X., Ma, J. M., Liu, J. F., Cheng, H. F., Hu, J. Y., Wan, Y. and Tao, S., 2021, "Synergistic Health Benefits of Household Stove Upgrading and Energy Switching in Rural China", *Environmental Science & Technology*, Vol.55(21), pp.14567~14575.

(124) Mitton, T., 2016, "The Wealth of Subnations: Geography, Institutions, and Within-Country Development", *Journal of Development Economics*, Vol.118(8), pp.8~111.

(125) Monogan, J. E., Konisky, D. M. and Woods, N. D., 2017, "Gone with the Wind: Federalism and the Strategic Location of Air Pollutants", *American Journal of Political Science*, Vol.61(2), pp.257~270.

- (126)Nass, P. and Price, L., 2016, *Crisis System: A Critical Realist and Environmental Critique of Economics and the Economy*, London: Routledge.
- (127)Paddy, F., Gijs, K. and Fred, R., 2016, "Precision in Harsh Environments", *Microsyst & Nanoeng*, Vol.2(1), pp.1~12.
- (128)Picard, P. M. and Zeng, D. Z., 2010, "A Harmonization of First and Second Natures", *Journal of Regional Science*, Vol.50(5), pp.973~994.
- (129)Popp, D., 2006, "International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO_x and SO₂ Regulation in the US, Japan, and Germany", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.51(1), pp.46~71.
- (130)Porter, M. E. and Linde, C., 1995, "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9(4), pp.97~118.
- (131)Sen, A., 1982, *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Oxford: Oxford University Press.
- (132)Shi, W. Y., Sun, Q. H., Du, P., Tang, S., Chen, C., Sun, Z. Y., Wang, J. N., Li, T. T. and Shi, X. M., 2020, "Modification Effects of Temperature on the Ozone-Mortality Relationship: A Nationwide Multicounty Study in China", *Environmental Science and Technology*, Vol.54(5), pp.2859~2868.
- (133)Shi, X. Y. and Xi, T. Y., 2018, "Race to Safety: Political Competition, Neighborhood Effects, and Coal Mine Deaths in China", *Journal of Development Economics*, Vol.131, pp.79~95.
- (134)Song, M., Tao, W., Shang, Y. and Zhao, X., 2022, "Spatiotemporal Characteristics and Influencing Factors of China's Urban Water Resource Utilization Efficiency from the Perspective of Sustainable Development", *Journal of Cleaner Production*, Vol.338, 130649.
- (135)Tanaka, S., 2015, "Environmental Regulations on Air Pollution in China and Their Impact on Infant Mortality", *Journal of Health Economics*, Vol.42, pp.90~103.
- (136)Tian, Y. and Feng, C., 2022, "The Internal-Structural Effects of Different Types of Environmental Regulations on China's Green Total-Factor Productivity", *Energy Economics*, Vol.113, 106246.
- (137)Tone, K. and Tsutsui, M., 2011, "Applying an Efficiency Measure of Desirable and Undesirable Outputs in DEA to U.S. Electric Utilities", *Journal of CENTRUM Cathedra: The Business and Economics Research Journal*, Vol.4(2), pp.236~249.
- (138)Vita, G., Lundström, J. R., Hertwich, E. G., Quist, J., Ivanova, D., Stadler, K. and Wood, R., 2019, "The Environmental Impact of Green Consumption and Sufficiency Lifestyles Scenarios in Europe: Connecting Local Sustainability Visions to Global Consequences", *Ecological Economics*, Vol.164, 106322.
- (139)Wang, J. F., Xu, X. Y., Wang, S. M., He, S. T. and He, P., 2021, "Heterogeneous Effects of COVID-19 Lockdown Measures on Air Quality in Northern China", *Applied Energy*, Vol.282(Part A), 116179.
- (140)Weber, A., 1929, *Theory of the Location of Industries*, Chicago: The University of Chicago Press.
- (141)Wolf, M. S., Gazmararian, J. A. and Baker, D. W., 2005, "Health Literacy and Functional Health Status Among Older Adults", *Archives of Internal Medicine*, Vol.165(17), pp.1946~1952.
- (142)World Health Organization, 2000, *The World Health Report 2000: Health Systems: Improving Performance*, Geneva: World Health Organization.
- (143)Xie, R. and Teo, T. S. H., 2022, "Green Technology Innovation, Environmental Externality, and the Cleaner Upgrading of Industrial Structure in China—Considering the Moderating Effect of Environmental Regulation", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.184, 122020.
- (144)Xie, Z. Y., Qu, L., Lin, R. H. and Guo, Q. T., 2021, "Relationships Between Fluctuations of Environmental Regulation, Technological Innovation, and Economic Growth: A Multinational Perspective", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol.35(4/5), pp.1267~1287.
- (145)Yang, M. and Chou, S. Y., 2018, "The Impact of Environmental Regulation on Fetal Health: Evidence from the Shutdown of a Coal-Fired Power Plant Located Upwind of New Jersey", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.90, pp.269~293.
- (146)Yang, X. and Tang, W., 2023, "Additional Social Welfare of Environmental Regulation: The Effect of Environmental Taxes on Income Inequality", *Journal of Environmental Management*, Vol.330, 117095.
- (147)Yang, Z., Yang, J., Li, M. M., Chen, J. J. and Ou, C. Q., 2021, "Nonlinear and Lagged Meteorological Effects on Daily Levels of Ambient PM_{2.5} and O₃: Evidence from 284 Chinese Cities", *Journal of Cleaner Production*, Vol.278, 123931.
- (148)Yin, L. and Wu, C., 2022, "Promotion Incentives and Air Pollution: From the Political Promotion Tournament to the Environment Tournament", *Journal of Environmental Management*, Vol.317, 115491.
- (149)Yu, X. and Wang, P., 2021, "Economic Effects Analysis of Environmental Regulation Policy in the Process of Industrial Structure Upgrading: Evidence from Chinese Provincial Panel Data", *Science of the Total Environment*, Vol.753, 142004.
- (150)Zhao, J., Jiang, Q., Dong, X., Dong, K. and Jiang, H., 2022, "How Does Industrial Structure Adjustment Reduce CO₂ Emissions? Spatial and Mediation Effects Analysis for China", *Energy Economics*, Vol.105, 105704.
- (151)Zhao, X., Leiserowitz, A. A., Maibach, E. W. and Roser-Renouf, C., 2011, "Attention to Science/Environment News Positively Predicts and Attention to Political News Negatively Predicts Global Warming Risk Perceptions and Policy Support", *Journal of Communication*, Vol.61(4), pp.713~731.
- (152)Zheng, J., Shao, X., Liu, W., Kong, J. and Zuo, G., 2021, "The Impact of the Pilot Program on Industrial Structure Upgrading in Low-Carbon Cities", *Journal of Cleaner Production*, Vol.290, 125868.

How to Achieve the Harmony Between Humanity and Nature: Environmental Regulation and Environmental Welfare Performance from the Perspective of Geographical Factors

Shao Shuai^a, Ge Liming^{b,c} and Zhu Jialing^d

(a. School of Business, East China University of Science and Technology; b. Institute of Strategic Studies, Shanghai Jiao Tong University;
c. Antai School of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University; d. School of Urban and Regional Science, Institute of
Finance and Economics, Shanghai University of Finance and Economics)

Abstract: "Chinese path to modernization" makes specific requirements for greening economic development and increasing residents' welfare. The pursuit of harmony between humanity and nature in China depends on how to ensure that environmental regulation (ER) sufficiently releases its dividends under the premise of respecting nature, following nature's laws and conserving nature, to improve environmental welfare performance (EWP), which is primarily characterized by stabilizing growth, protecting the environment, and increasing well-being. Firstly, from the unique perspective of geographical factors, this paper illustrates the potential impact of ER on EWP. Secondly, using a Hybrid-Network-Data-Envelopment-Analysis (DEA) model, we precisely quantify EWP, while ER is effectively measured by the text segmentation processing of the reports on the work of the government. Lastly, we use various econometric methods, including the fixed effects model, the moderating effects model, and the instrumental variable method, to empirically examine the effect and its mechanisms of ER on EWP. The results show that ER significantly improves EWP. This conclusion is confirmed by conducting a series of robustness checks. Mechanism analysis shows that the geo-climatic features, including average altitude, land relief, and sun duration have a negative moderating effect on the impact of ER on EWP, contrasting with the positive moderating effect of average temperature and precipitation. The impact of ER on EWP has a significant heterogeneity in China, with significantly improving effects on EWP in eastern China, southern China, the southeastern regions of Heihe-Tengchong Line, mega and large cities, and non-resource-based cities. ER improves EWP by promoting economic growth, stimulating technological innovation, releasing talent dividends, and upgrading industrial structure. The paper provides theoretical explanation, analytical framework, and literature evidence for the causal relationship between ER and EWP, as well as theoretical support and policy recommendations for promoting the sharing of environmental welfare among residents in the new development paradigm and achieving modernization with harmony between humanity and nature.

Keywords: environmental regulation; geographical factors; environmental welfare performance; harmony between humanity and nature; hybrid-network-DEA model

（上接第41页）

(59) Yuan, L. and Dennis, A. R., 2019, "Acting Like Humans? Anthropomorphism and Consumer's Willingness to Pay in Electronic Commerce", *Journal of Management Information Systems*, vol.36(2), pp.450~477.

(60) Zott, C. and Amit, R., 2007, "Business Model Design and the Performance of Entrepreneurial Firms", *Organization Science*, vol.18(2), pp.181~199.

Digital Anthropomorphic Product: The Co-evolution of Digital Technology, Parasocial Interaction and Business Model Content Innovation

Luo Xingwu^{a,b}, Sun Meng^a, Liu Yang^a and Chen Shuai^a

(a. School of Management, Zhejiang University of Finance and Economics; b. The New Type Key Think Tank of Zhejiang Province "China Research Institute of Regulation and Public Policy"; c. School of Management, Zhejiang University)

Abstract: In the era of digital interaction, digital anthropomorphic product (DAP) is jointly characterized by the interactivity of anthropomorphic product, the technological core of digital product, and its own unique content, displaying a leapfrog growth. However, the extant study is still not clear about the conceptual connotation of DAP and its corresponding growth process mechanism. Therefore, this paper takes the virtual idol "Luo Tianyi" as the case study, and explores the growth mechanism of DAP based on the co-evolution of digital technology, parasocial interaction and business model content innovation from the perspective of product innovation strategy. The findings show that: firstly, DAPs are digital technology-based virtual products with human-like appearance, behavior and thoughts that are designed to engage in social interactions across multiple scenarios. They are primarily characterized by their strong meaning interactivity, high risk of depreciation, and high-quality user perception. Secondly, the growth of DAPs is facilitated by the "mapping, scenarization and potentialization" sequential mechanisms during the co-evolution of digital technology, parasocial interaction and business model content innovation. Thirdly, the growth of DAPs adopts a meaning strategy as the underlying logic, employing the process of "sensemaking, sensegiving and meaning diffusion" to convey product mirror meaning, circle meaning, and ecological meaning. Hence, the meaning strategy enables the co-evolution of digital technology, parasocial interaction and business model content innovation, ultimately achieving a leapfrog of ecological niche. This paper contributes to the extant literature on the conceptual connotation, growth mechanism and underlying logic of DAPs, which not only provides practical implications for the innovation of DAPs in the era of digital interaction, but also offers insights into developing China's "virtual reality and augmented reality" which is a key industry of digital economy.

Keywords: digital anthropomorphic product; digital technology; parasocial interaction; business model content innovation; product growth logic

How to Achieve the Harmony Between Humanity and Nature: Environmental Regulation and Environmental Welfare Performance from the Perspective of Geographical Factors

Shao Shuai^a, Ge Liming^{b,c} and Zhu Jialing^d

(a. School of Business, East China University of Science and Technology; b. Institute of Strategic Studies, Shanghai Jiao Tong University; c. Antai School of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University; d. School of Urban and Regional Science, Institute of Finance and Economics, Shanghai University of Finance and Economics)

Summary: The report to the 20th National Congress of the Communist Party of China proposed promoting national rejuvenation through a Chinese path to modernization. "Chinese path to modernization" makes specific requirements for greening economic development and increasing residents' welfare. The pursuit of harmony between humanity and nature in China depends on how to ensure that environmental regulation (ER) sufficiently releases its dividends under the premise of respecting nature, following nature's laws and protecting nature, to improve environmental welfare performance (EWP), which is primarily characterized by stabilizing growth, protecting the environment, and increasing well-being. Firstly, from the unique perspective of geographical factors, this paper illustrates the potential impact of ER on EWP. Secondly, the EWP is accurately measured by using a Hybrid-Network-Data-Envelopment-Analysis (DEA) model, and the ER is effectively calculated by the text segmentation processing of the reports on the work of the government. Lastly, we use various econometric methods to empirically examine the effect and its mechanisms of ER on EWP.

The results show that ER significantly improves EWP. This conclusion is confirmed by conducting a series of robustness checks. Mechanism analysis shows that geo-climatic features, such as average altitude, land relief, and sun duration, have a negative moderating effect on ER's impacts on EWP, while average temperature and precipitation have a positive moderating effect. The impact of ER on EWP has a significant heterogeneity in China, with significantly improving effects on EWP in eastern China, southern China, the southeastern regions of the Heihe-Tengchong Line, mega and large cities, and non-resource-based cities. ER improves EWP by promoting economic growth, stimulating technological innovation, releasing talent dividends, and upgrading industrial structure. The paper provides theoretical explanation, analytical framework, and literature evidence for the causal relationship between ER and EWP, as well as theoretical support and policy recommendations for achieving modernization with harmony between humanity and nature.

The contributions of this paper are as follows. Firstly, the paper based on the context of achieving the modernization of harmony between humanity and nature from the perspective of geographical factors, uniquely integrates natural geographic factors with socio-economic factors into the analytical framework for the first time. It systematically examines the impact of ER on EWP from both theoretical and empirical perspectives. Secondly, based on a Hybrid-Network-DEA model, the paper incorporates health factors closely related to environmental pollution into the analytical framework and constructs an index for measuring EWP that aligns with the harmony between humanity and nature. Thirdly, according to the text segmentation processing for the manually collected government work reports of sample cities, the paper effectively measures the stringency of local government environmental regulations to improve its rationality and accuracy and ensure more accurate analysis results.

Keywords: environmental regulation; geographical factors; environmental welfare performance; harmony between humanity and nature; hybrid-network-DEA model

JEL Classification: P28, Q56, R58

《人与自然何以和谐共生：地理要素视角下的环境规制与环境福利绩效》附录

附表1 2003~2018年各城市环境规制强度年均值(单位:%)

城市	年均值	城市	年均值	城市	年均值	城市	年均值	城市	年均值
北京市	4.8902	鄂尔多斯市	4.8312	齐齐哈尔市	4.3648	湖州市	6.6061	南平市	6.9917
天津市	5.8082	呼伦贝尔市	4.7895	鸡西市	2.5791	绍兴市	7.5301	龙岩市	7.0382
石家庄市	7.3670	巴彦淖尔市	4.0024	鹤岗市	3.0373	金华市	5.5139	宁德市	5.5889
唐山市	6.0138	乌兰察布市	4.2620	双鸭山市	3.7546	衢州市	6.9310	南昌市	5.0041
秦皇岛市	6.9155	鄂尔多斯市	5.0253	大庆市	5.2661	舟山市	4.3854	景德镇市	6.0579
邯郸市	5.9653	呼伦贝尔市	4.3799	伊春市	4.1362	台州市	5.9359	萍乡市	6.2174
邢台市	7.0721	沈阳市	5.2022	佳木斯市	3.3023	丽水市	7.4159	九江市	4.3479
保定市	6.5345	大连市	5.0063	七台河市	4.7479	合肥市	5.0420	新余市	5.4004
张家口市	3.7240	鞍山市	3.7535	牡丹江市	4.1514	芜湖市	4.3700	赣州市	4.8827
承德市	5.2168	抚顺市	3.5761	黑河市	3.2573	蚌埠市	5.2275	吉安市	5.8630
沧州市	3.5897	本溪市	3.4506	绥化市	2.9867	淮南市	4.5614	宜春市	3.8779
廊坊市	5.3668	丹东市	5.6914	上海市	4.2430	马鞍山市	4.8935	抚州市	3.9639
衡水市	5.3568	锦州市	9.1432	南京市	6.4432	淮北市	4.3024	上饶市	3.8113
太原市	7.4713	营口市	3.9074	无锡市	7.1749	铜陵市	7.3787	鹰潭市	2.9019
大同市	5.0036	阜新市	5.0703	徐州市	5.9964	安庆市	4.6591	济南市	5.2305
阳泉市	5.8311	辽阳市	4.3072	常州市	6.1234	黄山市	4.4767	青岛市	4.1972
长治市	5.9716	盘锦市	3.2028	苏州市	6.6900	滁州市	3.5324	淄博市	7.8619
晋城市	7.2070	铁岭市	3.3144	南通市	6.1375	阜阳市	4.1661	枣庄市	5.0634
朔州市	4.8609	朝阳市	3.4075	连云港市	4.2463	宿州市	3.4071	东营市	5.6071
晋中市	6.3762	葫芦岛市	4.3951	淮安市	5.1917	六安市	3.9319	烟台市	4.8236
运城市	4.1084	长春市	3.6526	盐城市	4.3388	亳州市	3.5509	潍坊市	4.1875
忻州市	5.6914	吉林市	4.4148	扬州市	3.3221	池州市	3.9631	济宁市	5.4075
临汾市	9.1432	四平市	3.2710	镇江市	8.0243	宣城市	3.9205	泰安市	4.7134
吕梁市	6.5555	辽源市	4.0359	泰州市	5.3346	福州市	5.9644	威海市	5.5425
呼和浩特市	5.4885	通化市	4.4460	宿迁市	4.0090	厦门市	4.7712	日照市	4.1261
包头市	6.6714	白山市	4.2112	杭州市	6.7104	莆田市	6.4192	莱芜市	5.1755
乌海市	8.1642	松原市	3.0762	宁波市	6.5581	三明市	6.1016	临沂市	5.7495
赤峰市	3.3913	白城市	3.4425	温州市	5.3298	泉州市	6.1709	德州市	5.4544
通辽市	3.5045	哈尔滨市	5.1166	嘉兴市	6.8602	漳州市	5.9959	聊城市	5.1984
滨州市	4.7903	咸宁市	4.7266	阳江市	5.1529	绵阳市	3.6763	渭南市	5.6493
菏泽市	4.7566	随州市	3.7759	清远市	5.8370	广元市	5.4166	延安市	4.2830
郑州市	6.5153	长沙市	6.8444	东莞市	5.2758	遂宁市	4.2913	汉中市	6.4817
开封市	4.1337	株洲市	5.1659	中山市	5.0732	内江市	6.0311	榆林市	5.6646
洛阳市	4.5217	湘潭市	4.9985	潮州市	5.0944	乐山市	3.3859	安康市	5.8593
平顶山市	5.1782	衡阳市	4.8450	揭阳市	6.2037	南充市	3.4256	商洛市	4.8861
安阳市	4.0115	邵阳市	4.4578	云浮市	4.7569	眉山市	4.7003	兰州市	5.5745
鹤壁市	5.6475	岳阳市	5.7614	南宁市	4.6618	宜宾市	3.7099	嘉峪关市	6.6440
新乡市	5.3964	常德市	3.9129	柳州市	4.8596	广安市	4.4339	金昌市	8.0306
焦作市	5.0275	张家界市	6.8838	桂林市	5.4333	达州市	4.7847	白银市	5.5952
濮阳市	4.3036	益阳市	4.5670	梧州市	3.9308	雅安市	3.4394	天水市	4.6971
许昌市	4.8121	郴州市	5.0404	北海市	4.0294	巴中市	3.9974	武威市	6.7185
漯河市	3.3551	永州市	3.4315	防城港市	5.0323	资阳市	4.4897	张掖市	6.2334
三门峡市	6.2691	怀化市	4.9662	钦州市	3.8496	贵阳市	5.9088	平凉市	4.4944
南阳市	4.3773	娄底市	5.1962	贵港市	3.9675	六盘水市	4.7147	酒泉市	6.7177
商丘市	4.8046	广州市	5.9526	玉林市	4.1170	遵义市	5.1126	庆阳市	4.0499
信阳市	4.4498	韶关市	5.3552	百色市	4.7105	安顺市	4.2224	定西市	3.9997
周口市	4.7938	深圳市	5.3771	贺州市	4.6048	昆明市	6.4309	陇南市	3.4656
驻马店市	4.7793	珠海市	5.0379	河池市	5.3487	曲靖市	5.3113	西宁市	7.3308
武汉市	4.5128	汕头市	4.2854	来宾市	3.4567	玉溪市	8.5436	银川市	4.6867
黄石市	6.4998	佛山市	5.6833	崇左市	3.0830	保山市	4.1396	石嘴山市	7.7458
十堰市	6.5053	江门市	5.4805	海口市	4.5741	昭通市	3.2112	吴忠市	3.4798
宜昌市	3.6879	湛江市	5.7918	三亚市	7.4453	丽江市	5.5534	中卫市	4.4358
鄂州市	4.7362	茂名市	4.4380	重庆市	4.8686	普洱市	3.9134	固原市	3.9843
荆门市	5.9181	肇庆市	6.6881	成都市	5.1702	临沧市	4.8508	乌鲁木齐市	6.0667
孝感市	3.9503	惠州市	5.3797	自贡市	5.2367	西安市	5.5522	克拉玛依市	4.2554
荆州市	4.7321	梅州市	5.2878	攀枝花市	5.7929	铜川市	7.1264		
襄阳市	4.5563	汕尾市	4.4615	泸州市	3.3421	宝鸡市	5.2790		
黄冈市	5.3222	河源市	6.1826	德阳市	4.4866	咸阳市	4.6367		