

# 粤港澳大湾区建设对城市环境的影响研究

郭露, 刘梨进

(江西财经大学 统计学院, 南昌 330013)

**摘要:**粤港澳大湾区作为区域高质量发展示范区,其设立能加速区域经济增长的事实已被广泛证明。然而,关于其对地区“软实力”-环境等是否有明显的促进作用地评估却鲜有涉及。本文基于珠三角2010—2018年15个地级市的面板数据,以粤港澳大湾区地设立作为准自然试验,采用双重差分方法评估了粤港澳大湾区建设对城市环境的影响。结果表明,粤港澳大湾区建设能够降低城市的废气及废水排放,使得地区环境改善,且此结果在经历一系列稳健性检验后依然成立。城市规模异质性分析表明,在湾区建设中,中型规模的城市减污效应最大,而小型规模城市减污效应则较弱。机制分析表明,粤港澳大湾区通过创新效应及结构效应使得地区环境改善,且创新能力及产业结构提升程度的不同是造成城市规模异质性的主要原因之一。同时创新效应及结构效应在改善区域城市环境方面具有协同性。

**关键词:**大湾区建设; 环境治理; 双重差分; 中介效应

**中图分类号:** F120 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)4—0166—10

## 一、引言

粤港澳大湾区作为我国提出的重大地区战略,与京津冀、长三角一体化一样,其目的在于促进区域高质量发展。湾区经济在促进区域经济一体化、重塑世界经济新格局起着重要作用。放眼全球,当前发展相对成功的区域一体化建设,如纽约湾区、旧金山湾区和东京湾区均为湾区政策,这表明湾区建设有着强大的优越性及生命力。湾区建设表现出经济体量大、开放水平高及深度融合的技术等特征,不仅在本国经济发展中充当压舱石的作用,同时也在世界区域发展体系中发挥着重要的引领作用(谢菁等,2020)。近年来,随着粤港澳大湾区快速地发展,粤港澳大湾区能否促进区域高质量发展?许多学者从不同方面研究了湾区政策的作用。

首先是关于粤港澳大湾区建设对经济影响的研究,有关这方面的研究也是为丰富,大部分结论是湾区建设有助于经济增长(Alcobendas,2014;钟韵和胡晓华,2017)。其次是关于湾区建设能否推动区域协调发展的研究,研究大多认为粤港澳大湾区建设对区域协调发展起着正向的促进作用(曹小曙,2019;覃成林和柴庆元,2018)。此外,还有学者对湾区建设过程中金融资产在其中的作用及发展进行了研究(徐芳燕和郑建涛,2020);研究发现,湾区建设有助于金融聚集,为地区提供丰厚的金融资源,从而促进了区域金融经济的发展(郭文和王文启,2018)。然而发现,有关粤港澳大湾区的研究绝大部分都是有关其“硬实力”的分析——即经济、产业、金融等领域;但有关粤港澳大湾区的“软实力”——即环境、卫生等领域的研究确很少。只有少数文献研究了有关粤港澳大湾区建设对环境产生的影响(王玉明,2018;湛社霞等,2018),且有关研究大多都为粤港澳大湾区建设对环境影响的定性描述(蔡岚,2019),少有对其进行实证研究。此外,关于粤港澳大湾区建设对环境的影响机制研究更少。鉴于这方面文献的缺失,本文尝试从实证角度考察粤港澳大湾区建设对区域环境的影响。

关于粤港澳大湾区政策能否影响区域环境?其影响是起正向作用,还是反向作用及其通过何种机制来影响环境?对于这些重要问题,现有文献往往语焉不详。与此相关的文献表明,经济聚集(Ushifusa和Tomohara,2013)、经济发展(Brajer et al,2011)、和城市化(Liddle和Lung,2010)、城市规模和人力资本(张军涛等,2021)等都是影响环境的重要因素。此外,范丹和王明旭(2019)对国际三大湾区——纽约、旧金山和东

收稿日期:2021-08-17

基金项目:国家社会科学基金一般项目“基于多维贫困指数优化的相对贫困测度及治理研究”(20BTJ018);江西财经大学第十六届学生科研课题“贫困脆弱性视角下农业合作社防止返贫研究”(20210915100044618)

作者简介:郭露,博士,江西财经大学统计学院副院长,教授,研究方向:经济统计;(通讯作者)刘梨进,江西财经大学统计学院硕士研究生,研究方向:经济统计。

京三大国际湾区环境保护政策及实施路径进行了分析,并建议要加强产业结构等来有效避免环境污染。陆铭和冯皓(2014)的研究表明,人口聚集及产业聚集从而导致经济聚集有助于减少城市污染和资源浪费。这些研究既为本文提供前进的思路,又提供了创新的空间。

基于上述文献的启发,本文以粤港澳大湾区发展战略地提出作为准自然实验,基于2010—2018年珠三角城市群15个城市的面板数据,运用双重差分模型考察了粤港澳大湾区建设对区域城市环境的影响程度。本文尝试在以下三个方面做出贡献:第一,从实证的角度检验粤港澳大湾区建设对环境的影响作用;第二,基于湾区建设准自然实验,利用双重差分模型检验粤港澳大湾区建设对环境的影响,为区域高质量发展提供智力支持;第三,考察湾区建设影响环境的作用机制,为治理区域环境污染提供新角度。

## 二、政策背景与理论假说

### (一)政策背景

大湾区政策在2014年由时任深圳市市长在政府工作报告中提出。其一经提出就受到了包括港澳等城市的积极响应,同时也受到了国家的关注。而后在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中,明确提出要推动粤港澳大湾区建设。粤港澳大湾区由珠三角地区九市(除韶关、清远、云浮、汕尾、河源、阳江等6个珠三角城市)及香港,澳门组成。粤港澳大湾区建设的目的是,充分发挥粤港澳各自特点及地区管理模式,深化区域协调合作,进一步为我国继续扩大开发及高质量发展做出样板作用。同时粤港澳大湾区建设能够让香港、澳门积极参与国家的建设,为实现新时代中国梦奉献港澳自己的力量。粤港澳大湾区地理位置优越,经济社会发展稳定,这为打造具有中国特色的世界级湾区奠定了基础。作为我国重要的区域发展战略,其肩负着重要的使命。粤港澳大湾区在推进区域基础设施建设、强化内地与港澳之间的联系,在进一步提升市场化水平,建设市场化经济,在推进社会主义强国建设、实施高质量发展、推动区域均衡发展等方面均具有重要的作用。此外,在爱护生态环境的大背景下,共建宜居、宜业、宜游的优质生活圈,共同打造生态、绿色、低碳湾区,坚持资源节约和环境友好也是粤港澳大湾区建设的应有之义。

随着大湾区的建设,其发展愈来愈迅速。从港珠澳大桥的全线贯通到民航旅客突破2亿人次;从2018年的广深高速香港段正式通车到香港九龙高铁站的运行;这些均表明粤港澳大湾区的迅速发展。截止2018年,粤港澳大湾区人口总量约近7000万,生产总值突破10万亿人民币,人均生产总值超过15万元。其经济社会发展水平全国领先,基础设施完备,人力资源丰富。可以预见,粤港澳大湾区的建设会对中国经济发展各个发面产生重大而深远的影响。

### (二)理论假说

从大湾区政策实施效果来看,考察湾区的高质量发展与城市环境治理匹配度主要从以下两个方面。一是,粤港澳大湾区区域产业结构升级使得地区环境得以改善;二是,湾区建设通过创新效应使城市区域环境治理的效率提升。且创新效应同时促进地区产业结构升级,进一步地改善地区环境。具体如下:

随着粤港澳大湾区的发展,地区产业体系趋于完善,产业结构更加合理。粤港澳大湾区拥有新技术,而拥有新技术的产业成本更低且产品具有边际收益递增和规模报酬递增的特征,这促进了产业向新型技术方向发展(王群勇和陆凤芝,2021)。而新型技术的发展与绿色低碳的环保理念结合促使企业向着无污染的方向生产,实现绿色转型。因而区域企业生产活动更加绿色、高效、低碳。与此同时,随着粤港澳大湾区向着高质量发展迈进及新发展理念地推进,传统低端产业加快转型升级,芯片技术、无人驾驶、航空航天、高端服务业及人工智能等高端产业的占比不断增加。从而地区产业结构从污染严重、高耗能的低端产业逐步转向高技术、绿色环保的高科技产业。这些高技术产业比重的提高会加快区域产业结构升级,促进绿色低碳产业兴起,使得区域污染物排放减少。因此区域环境得到有效改善。据此,本文提出:

粤港澳大湾区建设通过促进地区产业结构升级,进而改善区域环境状况(H1)。

此外,粤港澳大湾区地建设因其优越的地理条件、完善的产业结构、丰富的人力资源,吸引着大量资金流入。这使得地区企业能够拥有充足的资金进行创新研发,并聚集大量的创新人力资源。而城市规模与人力资本存在溢价,形成了人才聚集效应(张军涛等,2021),这使得区域创新能力增强。区域创新能力地提升体现在技术、产品及市场等方面。其中技术创新所提供的清洁技术应用于生产系统当中,从根本上提高了区域的资源使用效率(石大千等,2018),减少了区域环境污染。新的产品运用了最新的技术,相较于以前落后的

技术,新产品地生产更高效且使用的人力等资源也更加合理。这避免了生产过程中的资源浪费及副产品的产生,降低了能源消耗,从而减少生产过程中的废弃物地排放,使得区域环境得以改善。市场创新推动着市场发展良好的竞争体系,金融货币等各种资源不断流向高效率高技术低耗能产业,更加合理的分配资源,从而避免资源错配。使得各项资源得到充分的利用。因此避免资源过度消耗,生态环境得以改善。与此同时,地区企业能够通过技术创新进行生产技术变革、提高生产效率,优化资源配置和投入要素结构,推动产业结构从要素驱动向创新驱动方向演进,有利于提升地区企业的产业结构(王海兵和杨蕙馨,2016)。因此,技术创新被普遍认为是推动地区产业结构升级的根本动力之一(傅元海等,2016)。而又如上文所述,地区产业结构升级能够改善区域环境。基于此,本文提出:

粤港澳大湾区建设通过创新效应减少污染排放,促进环境治理效率提升(H2);

粤港澳大湾区建设通过技术创新促进地区产业结构升级,进而改善地区环境状况,技术效应与结构效应之间存在协同效应(H3)。

另外,大量的研究也表明城市规模也影响着城市的环境状况。城市规模主要在两个方面影响城市生态环境:一方面,城市规模效应促进人才及产业聚集,提升地区创新能力、改进地区产业结构(周芳丽,2020)。进而促进地区形成以绿色低碳技术及高端产业结构为主的规模经济,减少地区污染物的排放(文雯和王奇,2017);另一方面,随着城市规模地扩大,城市在人员及产业集聚的过程中产生饱和效应(Zheng 和 Kahn, 2013)。饱和效应主要体现在产业结构的饱和及技术创新能力的饱和,而这可能导致大型规模城市在产业结构调整及技术创新方面地提升程度较小。而地区技术创新及产业结构地提升程度又影响着地区改善环境效力,基于此,本文提出:

粤港澳大湾区建设对于不同规模城市的减污效力具有异质性(H4);

粤港澳大湾区建设对于不同规模城市的减污效力异质性的主要来源于规模城市的创新能力及产业结构提升程度的不同(H5)。

### 三、研究设计

#### (一)变量选择

本文的被解释变量为城市环境污染的程度,借鉴相关文献(张可和汪东芳,2014)用人均工业废水排放量 and 人均工业二氧化硫排放量来衡量城市被污染的程度,其值越大,表示地区的污染越严重。本文的解释变量为虚拟变量  $du$  和虚拟变量  $dt$ ,其中  $du$  表示粤港澳大湾区提出后所覆盖的城市,如果城市处于粤港澳大湾区建设区域内,则  $du$  赋值为 1,反之取 0。同时,由于粤港澳大湾区政策提出的时间为 2014 年。因此,时间虚拟变量  $dt$  在 2014 年及以后取 1,反之取 0。地区虚拟变量和时间虚拟变量的交叉项( $did = du \times dt$ )为本文的核心解释变量,其系数为本文关注的 DID 系数,表示粤港澳大湾区建设对环境的影响程度。本文还控制以下可能影响地区环境状况的控制变量:

用人均生产总值的对数来度量地区的经济发展水平,它能更好地反映一个地区经济福利状况。城市化进程,用户籍人口中城镇户籍人口的比重来衡量(李锴和齐绍洲,2011)。产业结构,用第二产业增加值占 GDP 的比重来衡量(刘克逸,2003;Friedl 和 Getzner,2003)。对外开放水平,用进出口总额占 GDP 的比重来度量(李小平和卢现祥,2010)。各变量具体定义及计算方法见表 1。

表 1 变量说明、计算法则与描述性统计

性质	变量	变量符号	计算法则	均值	标准差	最大值	最小值
被解释变量	废水排放	<i>water</i>	工业废水排放总量/地区总人口	17.85	10.22	39.22	1.42
	废气排放	<i>so</i>	工业废气排放总量/地区总人口	71.76	50.94	227.89	0.75
解释变量	粤港澳大湾区建设	<i>du</i>	粤港澳大湾区覆盖的城市取 1, 否则取 0	0.60	0.49	1	0
	年度虚拟变量	<i>dt</i>	样本在 2014 年及以后取 1, 否则取 0	0.56	0.50	1	0
	政策项	<i>did</i>	$du \times dt$	0.33	0.47	1	0
控制变量	产业结构水平	<i>stru</i>	第二产业增加值/GDP	49.99	8.65	64.99	27.27
	经济发展水平	<i>lngdp</i>	人均 GDP 的对数	11.19	0.52	13.06	10.17
	对外开放水平	<i>fdi</i>	用进出口总额/GDP	10.54	1.97	13.61	6.57
	城镇化水平	<i>urban</i>	城镇户籍人口数/总人口数	67.32	20.82	100	36.96

## (二)数据来源与样本选择

本文使用的数据由珠三角15个城市的历年统计年鉴整理而得,本文选取的样本为珠三角城市群的15个城市,之所以选取珠三角15市作为样本是因为粤港澳大湾区是在珠三角城市群基础上发展而来的,基于珠三角城市群进行相关研究能够较好地排除其他政策因素的干扰;并且,粤港澳大湾区的发展区域与珠三角城市群的发展区域在既有重合又有差异,为本文提供了有效的控制组样和处理组样本(谢菁等,2020)。此外,珠三角城市之间有着相同的地理文化因素,以其作为样本可以有效的避免过多的不可控因素,从而可以得到更有效的结果。因此,本文选取在湾区内且在珠三角的广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆等九市为处理组样本;选取不在湾区内的珠三角的韶关、清远、云浮、汕尾、河源、阳江等六市为控制组。本文数据的选取范围为2010—2018年珠三角城市群15个城市的面板数据。样本变量的具体描述性统计见表1。

## (三)模型设定

本文的目的是考察粤港澳大湾区建设对区域环境情况的影响,最为重要的是排除其他政策干扰,获得纯政策效应。因此,本文选择双重差分模型来检验粤港澳大湾区建设对环境状况所产生的影响。具体模型设定如下:

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 du + \beta_2 dt + \beta_3 du \times dt + \beta_i X_{it} + \gamma_t + \gamma_u + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $y_{it}$ 为第*i*个地区第*t*期的被解释变量; $du$ 表示是否为处理组,若是处理组数据,则 $du$ 取1,反之取0; $\beta_3$ 为本文所关注的双重差分的系数,展现了粤港澳大湾区建设对区域城市环境影响的净处理效应,若 $\beta_3$ 的系数为负,则表明粤港澳大湾区建设有效改善了相关地区的环境状况,若 $\beta_3$ 的系数为正,则表明粤港澳大湾区建设加重了相关地区的环境污染状况; $X_{it}$ 为上述说明的一系列的控制变量; $\gamma_t$ 为时间固定效应,以控制随时间变化的各种变化因素,如新的环境政策、经济资产及经济周期等因素; $\gamma_u$ 为地区固定效应,以控制不随时间而改变的个体特征,如自然区域、产业结构、区域经济及自然条件等; $\varepsilon_{it}$ 为模型不可捕捉到的随机误差项。

## 四、实证结果及稳健性检验

### (一)基准回归结果分析

根据公式(1)获得双重差分(DID)估计的结果见表2,模型1和模型5只汇报了核心解释变量的影响,模型2和模型6在此基础之上控制了时间固定效应和地区固定效应;模型3和模型7在模型1基础之上加入了控制变量,模型4和模型8既控制了时间固定效应和地区固定效应又加入了控制变量。从模型1~模型4及模型5~模型8可以发现,核心解释变量系数的显著性及符号均未发生明显改变。无论是否加入控制变量及固定效应,所估计结果均表明,粤港澳大湾区建设对废水和废气均有显著的负向影响,说明粤港澳大湾区建设显著降低了地区污染,改善了地区环境状况。其中,大湾区建设显著降低了区域城市平均约33.1%的废气排放量和3.4%的废水排放量。同时结果也表明,人均GDP的提升对废气及废水的排放起着显著抑制作用,这表明随着经济发展、生活水平的提高,人们将越来越关注生活环境问题。城市化的发展会显著减少地区废水的排放,但却不能缓解地区废气的排放量。而第二产业结构占比的提升将显著增加地区废水的排放,对外开放程度的提升并不会导致地区环境的恶化。

表2 基准模型结果

变量	废气				废水			
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8
<i>did</i>	-0.356*** (0.088)	-0.355** (0.102)	-0.332*** (0.096)	-0.331** (0.116)	-0.051*** (0.010)	-0.055*** (0.010)	-0.039*** (0.009)	-0.034*** (0.010)
<i>lngdp</i>			-0.496*** (0.004)	-0.496** (0.240)			-0.047** (0.015)	-0.0341** (0.153)
<i>lnfdi</i>			0.065 (0.040)	0.066 (0.040)			0.014** (0.007)	-0.010 (0.010)
<i>urban</i>			0.007* (0.004)	0.007 (0.006)			0.002* (0.001)	-0.050** (0.003)
<i>stru</i>			0.012** (0.004)	0.012 (0.007)			0.002* (0.001)	0.002* (0.001)
时间效应	否	是	否	是	否	是	否	是
地区效应	否	是	否	是	否	是	否	是
常数	0.836*** (0.060)	0.836*** (0.115)	4.665*** (1.337)	4.665*** (2.730)	0.200*** (0.021)	0.196*** (0.005)	0.326*** (0.174)	0.733*** (0.235)
样本量	135	135	135	135	135	135	135	135
$R^2$	0.11	0.11	0.26	0.26	0.22	0.22	0.35	0.38

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

### (二)政策效果动态检验

粤港澳大湾区作为长期实施的国家战略,其对地区环境的影响具有持续性。因此本文进一步检验粤港澳大湾区建设对城市环境影响的时滞效果。结果见表 3,粤港澳大湾区建设对环境的改善作用大小呈倒 U 型结构。在 2014—2016 年,大湾区建设对环境的改善作用逐渐增加。而在 2017—2018 年大湾区建设对环境的改善作用效应开始减弱,但其改善环境效应仍然大于 2014 年。由此可见,粤港澳大湾区建设能够显著改善区域城市环境,但环境改善作用具有时滞性。

表 3 动态效应检验

变量	废气		废水	
	<i>dt</i>	-0.365*** (0.097)	-0.294*** (0.118)	-0.031*** (0.008)
<i>du</i>	0.100 (0.232)	0.473* (0.244)	0.131** (0.041)	0.134** (0.056)
<i>did2015</i>	-0.411*** (0.117)	-0.381*** (0.120)	-0.064*** (0.009)	-0.043*** (0.010)
<i>did2016</i>	-0.549*** (0.102)	-0.468*** (0.141)	-0.074*** (0.009)	-0.053*** (0.010)
<i>did2017</i>	-0.546*** (0.095)	-0.455*** (0.127)	-0.065*** (0.011)	-0.038*** (0.014)
<i>did2018</i>	-0.539*** (0.089)	-0.422*** (0.114)	-0.062*** (0.016)	-0.034*** (0.015)
控制变量	未控制	控制	未控制	控制
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.12	0.23	0.27	0.43
样本量	135	135	135	135

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

### (三)异质性分析

基准回归结果表明,粤港澳大湾区建设能够显著降低城市的污染水平,改善城市环境。然而,湾区内的城市规模并不一致。那对于不同规模的城市而言,减污效应是否一致?还是对于不同城市而言,其减污效应不同?由于规模大的城市其交通拥挤,汽车尾气排放量大,有可能污染更严重;但与此同时,规模小的城市有可能接纳了大城市的工业企业也有可能污染更为严重。基于以上分析,本文进一步验证不同规模城市的减污效应是否存在区别,分别对常住人口大于 1000 万的大型城市、常住人口少于 500 万的小型规模城市及常住人口介于两者之间的中型规模城市进行回归检验。具体结果见表 4,模型 9~模型 11 分别报告了大型规模城市、中型规模城市及小型规模城市废气的核心解释变量的结果;而模型 12~模型 14 则分别报告了大型规模城市、中型规模城市及小型规模城市废水的核心解释变量的结果。从结果我们可以得到,对于不同规模的城市,粤港澳大湾区建设的减污效应存在异质性。具体而言,粤港澳大湾区建设对中型规模城市的减污效应最好,分别能降低 31% 的废气和 7% 的废水;同时发现,对于小型规模的城市而言,其不论是废水的下降比例还是废气的下降比例均是最小的;而大型城市的效果居于两者之间。本文假说 4 得到验证。对于这一现象,合理的解释是,中型规模城市在湾区建设过程中,其技术得到了革新及产业结构更加合理,因而生产技术更加绿色低碳,高端产业增加及高耗能产业使用了新的技术使得污染排放减少,减轻了区域污染。而小城市则创新能力较弱及可能承接了来自大中型城市的工业企业,所以污染下降较少;而大城市由于自身技术的饱和性,其污染可能在之前就已经下降较多,所以显示出减污效应较小。

表 4 异质性分析结果表

变量	废气			废水		
	模型 9 小型城市	模型 10 中型城市	模型 11 大型城市	模型 12 小型城市	模型 13 中型城市	模型 14 大型城市
<i>did</i>	-0.200** (0.097)	-0.310** (0.124)	-0.230*** (0.066)	-0.024** (0.014)	-0.070*** (0.020)	-0.031** (0.014)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
样本量	99	18	18	99	18	18
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.61	0.91	0.45	0.36	0.47	0.27

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

### (四)稳健性检验

前文使用了双重差分的方法对样本进行了基准回归估计和异质性分析,为了说明上述结果的稳健性,本文进行以下稳健性检验:

#### 1. 平行趋势检验

双重差分结果有效的前提假定是共同趋势假设(Gentzkow, 2006),即如果没有粤港澳大湾区的建设,未进入大湾区的珠三角 6 市的污染物的排放与进入大湾区 9 市的污染物排放具有平行趋势,即对照组与实验组的废水及废气的排放量的发展趋势一致。为检验这一点,本文利用研究事件法(Fraser, 2003)和图示法相结合来检验。其中人均废水<sup>①</sup>排放趋势如图 1 所示,在政策实施前处理组对照组具有相同变化趋。进一步利用研究事件法检验,构建如下模型:

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 du + \beta_2 dt + \beta_i \sum_{2011}^{2013} (du \times dt) + \beta_i X_{it} + \gamma_i + \gamma_u + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

① 限于文章篇幅,人均废气的平行趋势图备索。

其中,  $\beta_i$  为前  $i$  年的估计系数; 其他变量定义与式 (1) 一致。获得估计结果见表 5。模型 15 和模型 18 分别汇报了废气与废水的平行趋势检验的结果。结果表明, 提前 1~3 年的联合变量均不显著, 这说明在粤港澳大湾区建设之前, 废气与废水具有相同趋势, 满足平行趋势假定。从侧面表明本文结果的有效性及其稳健性。

## 2. 加入其他政策变量

在估计湾区建设对环境影响的过程中, 不可避免会受到其他政策的干扰, 从而使得粤港澳大湾区建设政策的估计结果被高估或低估。十八大后我国政府加大了环境的保护力度, 并提出要建立生产生活、生态良好的美丽中国。因此, 在 2013 年后我国颁布了一系列的环保政策, 故新的政策有可能对估计结果造成“污染”。为排除其他政策的干扰, 本文加入政策虚拟变量 ( $d_{2013}$ ), 其政策设定时间为 2013 年。

若  $did$  的回归系数依然显著但系数降低, 则本文结果被高估, 但这并不影响本文的结论, 从而证明本文结果的稳健性; 若回归结果不显著, 这说明粤港澳大湾区建设并为良好的改善地区环境, 而是由于 2013 年的政策变量所导致环境的改善。回归结果见表 5 的模型 16 和模型 19, 从结果看出, 核心解释变量依旧显著而政策虚拟变量并不显著。这一结果表明, 本文结果并未受到 2013 年后政府环境政策改变的影响, 显示出本文结果的稳健性。

## 3. 构建特殊城市虚拟变量

考虑到广州作为省会城市及深圳、珠海作为经济特区可能会受到其他相似政策的影响, 且作为地位特殊的城市, 其发展过程中有可能更加注重环境的保护。因而, 可能造成本文的结果有偏。为解决这一问题, 本文在基础回归模型上加入特殊城市虚拟变量 ( $tcity$ )。若回归结果依然显著, 则表明本文回归结果的稳健。回归结果见表 5 的模型 17 及模型 20, 结果表明, 不论是废水还是废气, 其核心解释变量的结果依然显著, 且特殊城市虚拟变量的系数结果不显著; 这说明本文结果不受特定地位城市的影响, 表明本文结果稳健。

## 4. 反事实检验

尽管在上述模型建立的过程中控制了时间固定效应及地区固定效应, 且进行了一系列的稳健性检验, 以排除其他因素对本文结果的干扰。

但其还有可能受到不可控制的随机因素的影响, 为进一步排除其他政策和随机因素对本文结果可能产生的影响, 本文在上述稳健性检验基础之上, 进一步进行反事实检验。通过让政策提前发生, 观察回归结果的变化情况。借鉴现有文献 (范子英和田彬彬, 2013), 本文通过产生提前政策虚拟变量, 即让政策时间点提前发生, 产生新的处理虚拟变量。将新的虚拟变量加入模型中, 如果新的虚拟处理变量系数显著, 说明本文结果受其他因素影响; 若新的虚拟处理变量系数不显著, 则说明区域环境污染水平降低的确是粤港澳大湾区建设引起的, 这也说明本文结果的稳健性。本文将政策时间分别为提前 1 年 ( $did1$ )、2 年 ( $did2$ ) 和 3 年 ( $did3$ ), 结果见表 6 中模型 21~模型 26。从结果可以看到, 通过设置不同湾区建设的时间试点, 其核心解释变量均不显著, 表明在湾区建设之前, 其污染水平未收到其他因素的干扰, 证明了本文结果的稳健性; 因而有充分的理由相信, 粤港澳大湾区建设确实能够改善区域内的环境。此外, 反事实检验作为一种特殊的平行趋势检验, 其结果也进一步说明了本文使用双重差分方法结果的有效性。

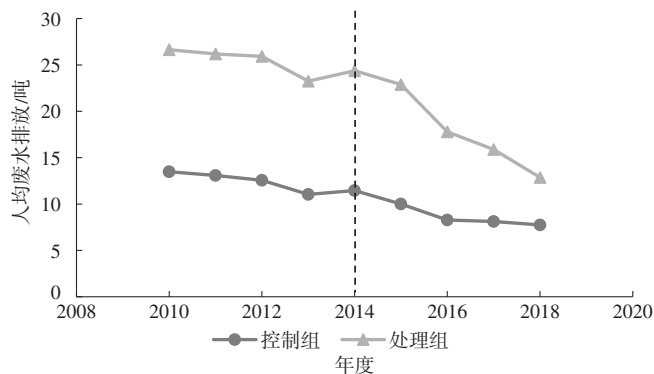


图 1 人均废水变化趋势

表 5 稳健性检验分析表

变量	废气			废水		
	模型 15	模型 16	模型 17	模型 18	模型 19	模型 20
$did$		-0.220*** (0.084)	-0.321*** (0.99)		-0.026** (0.012)	-0.039*** (0.01)
$did1$	0.230 (0.170)			0.001 (0.024)		
$did2$	0.006 (0.130)			0.003 (0.018)		
$did3$	-0.091 (0.128)			-0.003 (0.182)		
$d_{2013}$		-0.450 (0.093)			-0.014 (0.013)	
$tcity$			0.072 (0.445)			-0.0004 (0.059)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
样本量	135	135	135	135	135	135
$R^2$	0.58	0.57	0.53	0.38	0.39	0.35

注: 括号内是稳健性标准误; \*\*、\*、分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

表 6 反事实检验分析表

变量	废气			废水		
	模型 21	模型 22	模型 23	模型 24	模型 25	模型 26
<i>did1</i>	0.250(0.145)			0.002(0.021)		
<i>did2</i>		-0.007(0.107)			0.001(0.015)	
<i>did3</i>			-0.131(0.107)			-0.003(0.015)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
样本量	135	135	135	135	135	135
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.58	0.56	0.57	0.38	0.38	0.38

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

### 五、机制分析

前文的实证结果显示粤港澳大湾区建设能够显著降低区域内城市的污染水平,且不同规模城市的减污效力不同。造成上述结果的内在机制是什么?根据前文第二部分的假说,湾区建设通过“创新效应”及“结构效应”来降低城市的污染水平,而不同规模城市创新能力及产业结构提升程度的不同会造成湾区建设对于不同规模城市具有大小不同的减污效应。同时创新效应会进一步提升地区产业结构,与结构效应具有协同作用。据此本文通过引入“创新成果”和“产业结构比”分别代表创新效应和结构效应的中介变量来构建机制模型,以验证湾区建设对环境治理影响的传导机制。其中创新成果用人均专利授权数(*innov*)来衡量,产业结构用第三产业 GDP 与第二产业 GDP 比值(*fstru*)来衡量。根据中介效应分析原理,选取上述创新效应及结构效应的代表变量为中介变量加入到模型当中,进而分析湾区建设影响环境的传导机制。而对于协同效应的检验,则利用标准化后的 *fstru* 与标准化后的 *innov* 的交互项来证明其对地区环境的影响。具体模型设定如下:

$$M_{it} = \alpha_0 + \beta_1 du + \beta_2 dt + \beta_3 du \times dt + \beta_i X_{it} + \gamma_t + \gamma_u + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 du + \beta_2 dt + \beta_3 du \times dt + \beta_4 M_{it} + \beta_i X_{it} + \gamma_t + \gamma_u + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$fstru = \alpha_0 + \beta_1 innov + \beta_i X_{it} + \gamma_t + \gamma_u + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 du \times dt + \beta_2 innov + \beta_3 fstru + \beta_4 fstru \times innov + \beta_i X_{it} + \gamma_t + \gamma_u + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中: $M_{it}$ 为结构效应及创新效应;其他变量含义与式(1)一致。若式(3)中的 $\beta_3$ 结果显著,式(4)中的 $\beta_4$ 显著为负并且式(4)中的核心解释变量系数变得不显著或显著但系数降低了,则证明了粤港澳大湾区建设通过技术创新及结构升级来改善区域环境问题,本文假说 1、2 成立。而式(6)中 $\beta_4$ 刻画了技术创新对区域结构效应的调节作用,表明随着地区技术创新水平变化,结构效应影响地区环境效力也发生相应变化。故式(6)中 $\beta_4$ 描绘了技术创新与结构升级对环境影响的协同作用。因此,若式(5)中 $\beta_1$ 显著为正且式(6)中 $\beta_4$ 显著为负,则表明假说 3 成立。具体回归结果见表 7 及表 9。

由表 7 的模型 27 可以发现,粤港澳大湾区建设能够显著提升地区的创新能力。当把创新能力代入式(4)中,其中被解释变量为废气排放。我们发现原来的核心解释变量的系数变得不显著,而新加入公式中的创新能力的系数显著为负。因而可以证明,粤港澳大湾区建设通过创新效应促使地区废气排放下降。表 7 模型 29 核心解释变量的系数变得不显著,而创新效应依然显著为负。因而可以证明,粤港澳大湾区建设通过创新效应使得各城市的废水排放下降。故粤港澳大湾区建设通过创新效应使得地区污染物排放减少,环境得到改善;因而本文假说 2 得到证明。

由表 7 模型 30 可以发现,核心解释变量的系数显著为正,这说明粤港澳大湾区建设使得地区产业结构升级,高端服务业增加。模型 31 则表明,原核心解释变量的系数依然显著,但其系数略有降低;与此同时,模型 31 中结构效应变量的系数显著为负。即可以证明粤港澳大湾区建设使得地区产业结构升级,进而使得地区废气排放量减少。表 7 的模型 32 中核心解释变量系数显著为负,但其系数大小略有降低;而结构效应的系数显著为负,这表明粤港澳大湾区建设通过促进地区产业结构升级使得地区废水排放量减少。综上所述,粤港澳大湾区建设通过升级地区产业结构使得地区污染物排放减少,地区环境得到改善。本文假设 1 得到证明。

同时由表 8 可以发现,小型规模的城市在湾区建设过程中,其创新能力的提升程度及产业结构的提升程

度均较小。而中型规模的城市在这两方面均有较高地提升,大型规模城市这两方面地提升程度居中。因此粤港澳大湾区建设对于中型规模城市有着较强的减污效力,对小规模城市有着较小的减污效应,假说5得到验证。对于这一现象合理的解释是,大型城市产业结构及创新能力趋于饱和,提升空间较小。然而,小型城市囿于本身资源的匮乏,在技术创新及产业结构调整方面难以在短时间内有较高地提升。

进一步的由表9可以发现,模型39的系数显著为正,这表明粤港澳大湾区创新能力提升能显著促进当地产业结构升级。而在模型40中创新效应与结构效应的交叉项显著为负,这说明地区创新能力越强,结构效应在缓解地区废气排放上的效应越大。类似的,模型41中创新效应与结构效应的交叉项显著为负,这证明地区创新能力提升,结构效应在缓解地区废水排放上的效应越强。因此,创新效应与结构效应在改善区域环境过程中具有协同性,本文假说3得到证明。

表7 粤港澳大湾区建设影响环境机制分析表

变量	创性效应			结构效应		
	模型 27 <i>innov</i>	模型 28 废气	模型 29 废水	模型 30 <i>fstru</i>	模型 31 废气	模型 32 废水
<i>did</i>	32.660*** (4.45)	-0.010 (0.08)	-0.014 (0.012)	0.161*** (0.051)	-0.307*** (0.071)	-0.033*** (0.009)
<i>innov</i>		-0.010*** (0.001)	-0.001*** (0.0002)			
<i>fstru</i>					-0.41*** (0.124)	-0.032*** (0.018)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
样本量	135	135	135	135	135	135
$R^2$	0.49	0.65	0.42	0.20	0.53	0.40

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

表8 粤港澳大湾区建设影响不同规模环境机制分析表

变量	创新能力提升			产业结构升级		
	模型 33 小型城市	模型 34 中型城市	模型 35 大型城市	模型 36 小型城市	模型 37 中型城市	模型 38 大型城市
<i>did</i>	30.412** (9.301)	52.247*** (12.780)	33.542*** (4.615)	0.046* (0.008)	0.135*** (0.058)	0.076** (0.190)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	135	135	135	135	135	135
$R^2$	0.416	0.53	0.378	0.21	0.37	0.38

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

表9 协同效应检验

变量	模型 39 <i>fstru</i>	模型 40 废气	模型 41 废水
<i>did</i>		-0.329*** (0.079)	-0.004* (0.019)
<i>innov</i>	0.003*** (0.001)		
<i>fstru</i> × <i>innov</i>		-0.041*** (0.013)	-0.017*** (0.006)
控制变量	是	是	是
时间效应	是	是	是
地区效应	是	是	是
样本量	135	135	135
$R^2$	0.37	0.12	0.27

注:括号内是稳健性标准误;\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

## 六、结论与启示

本文基于2010—2018年珠三角15个地级市的面板数据,利用双重差分模型检验了粤港澳大湾区建设对区域城市环境的影响。结果表明,粤港澳大湾区建设显著降低了区域城市的环境污染。平均而言可以降低城市约33.1%的废气排放量和3.4%的废水排放量,其结果在经历了一系列检验后依然稳健的成立。城市规模异质性研究表明,粤港澳大湾区建设过程中对于人口规模不同的城市,其减污效力不同。具体来看,湾区建设对中型规模城市的减污效力最强,而对于小型规模城市的减污效力相对较弱。机制研究表明,粤港澳大

湾区通过创新效应及结构效应使得地区环境改善,且创新能力及产业结构调整的提升程度不同是造成湾区建设对于不同规模城市有着不同减污效力的主要原因之一。同时创新效应及结构效应在改善区域城市环境方面具有协同性。

本文的研究结果对于评估粤港澳大湾区建设过程中的“软实力”的评估具有重要的参考价值。研究结果表明,地区产业结构升级能够使得地区的环境得到改善。研究结果同样表明,地区还可以通过技术创新使得地区的废气及废水的排放量减少,提升区域环境的治理效率。且技术创新还能够促进地区产业结构升级,进而进一步影响地区环境状况。此外,小型规模城市因创新能力和产业结构升级提升程度较小而导致在湾区建设过程中减污效力较小。因此政府应形成以技术创新提升及地区产业结构升级为联动的绿色经济和产业结构体系。同时,应更加关注小型规模城市创新能力地提升及产业结构升级情况。通过经验交流、技术帮扶、产业扶持等,全方位促进区域协调发展,提高区域协同治理城市环境的效力。这能更高效地改善地区的环境状况,同时促进地区经济高质量发展。

### 参考文献

- [1] 蔡岚, 2019. 粤港澳大湾区大气污染联动治理机制研究-制度性集体行动理论的视域[J]. 学术研究, (1): 56-63, 177-178.
- [2] 曹小曙, 2019. 粤港澳大湾区区域经济一体化的理论与实践进展[J]. 上海交通大学学报(哲学社会科学版), (5): 120-130.
- [3] 范丹, 王明旭, 2019. 国际三大湾区环境保护对粤港澳大湾区的经验启示[J]. 环境科学与管理, 44(4): 13-16.
- [4] 范子英, 田彬彬, 2013. 税收竞争、税收执法与企业避税[J]. 经济研究, (9): 99-111.
- [5] 傅元海, 叶祥松, 王展祥, 2016. 制造业结构变迁与经济增长效率提高[J]. 经济研究, 51(8): 86-100.
- [6] 郭文, 王文启, 2018. 粤港澳大湾区金融集聚对科技创新的空间溢出效应及行业异质性[J]. 广东财经大学学报, (2): 12-21.
- [7] 李锴, 齐绍洲, 2011. 贸易开放、经济增长与中国二氧化碳排放[J]. 经济研究, (11): 60-72.
- [8] 李小平, 卢现祥, 2010. 国际贸易、污染产业转移和中国工业CO<sub>2</sub>排放[J]. 经济研究, (1): 15-26.
- [9] 刘克逸, 2003. 产业信息化对中国产业结构升级的作用及政策取向[J]. 软科学, (1): 27-30.
- [10] 陆铭, 冯皓, 2014. 集聚与减排: 城市规模差距影响工业污染强度的经验研究[J]. 世界经济, 37(7): 86-114.
- [11] 石大千, 丁海, 卫平, 等, 2018. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济, (6): 117-135.
- [12] 覃成林, 柴庆元, 2018. 交通网络建设与粤港澳大湾区一体化发展[J]. 中国软科学, (7): 71-79.
- [13] 王海兵, 杨蕙馨, 2016. 创新驱动与现代产业发展体系——基于我国省际面板数据的实证分析[J]. 经济学: 季刊, 15(4): 1351-1386.
- [14] 王群勇, 陆凤芝, 2021. 高铁开通的经济效应: “减排”与“增效”[J]. 统计研究, 38(2): 29-44.
- [15] 王玉明, 2018. 粤港澳大湾区环境治理合作的回顾与展望[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 20(1): 117-126.
- [16] 文雯, 王奇, 2017. 城市人口规模与环境污染之间的关系——基于中国285个城市面板数据的分析[J]. 城市问题, (9): 32-38.
- [17] 谢菁, 邹杨, 宁祺器, 2020. 湾区经济发展战略对区域经济增长的影响——基于粤港澳大湾区的实证研究[J]. 当代财经, (12): 3-13.
- [18] 徐芳燕, 郑健涛, 2020. 粤港澳大湾区金融集聚对经济增长影响的空间计量分析[J]. 统计与决策, (4): 109-112.
- [19] 湛社霞, 匡耀求, 阮柱, 2018. 基于灰色关联度的粤港澳大湾区空气质量影响因素分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 58(8): 761-767.
- [20] 张军涛, 翟婧彤, 贾宾, 2021. 城市规模与人力资本技能溢价: 集聚效应和选择效应[J]. 统计研究, 38(2): 73-86.
- [21] 张可, 汪东芳, 2014. 经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出[J]. 中国工业经济, (6): 70-82.
- [22] 钟韵, 胡晓华, 2017. 粤港澳大湾区的构建与制度创新: 理论基础与实施机制[J]. 经济学家, (12): 50-57.
- [23] 周芳丽, 2020. 城市规模与环境污染: 规模效应还是拥挤效应——基于地级城市面板数据的实证分析[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 41(2): 34-41.
- [24] ALCOBENDAS M, 2014. Airline-airport agreements in the San Francisco Bay Area: Effects on airline behavior and congestion at airports[J]. Economics of Transportation, 3(1): 58-79.
- [25] BRAJER V, MEAD R W, XIAO F, 2011. Searching for an environmental Kuznets curve in China's air pollution[J]. China Economic Review, 22(3): 383-397.
- [26] FRASER M, 2003. Atmospheric pollution: History, science and regulation[J]. Eos, Transactions American Geophysical Union, 84(34): 332-332.
- [27] FRIEDL B, GETZNER M, 2003. Determinants of CO<sub>2</sub> emissions in a small open economy[J]. Ecological Economics, 45

- (1): 133-148.
- [28] GENTZKOW M, 2006. Television and voter turnout[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 121(3): 931-972.
- [29] LIDDLE B, LUNG S, 2010. Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: Revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts [J]. *Population and Environment*, 31(5): 317-343.
- [30] USHIFUSA Y, TOMOHARA A, 2013. Productivity and labor density: Agglomeration effects over time [J]. *Atlantic Economic Journal*, 241(2): 123-132.
- [31] ZHENG S, KAHN M E, 2013. Understanding China's urban pollution dynamics[J]. *Journal of Economic Literature*, 51(3): 731-742.

## Research on the Impact of the Construction of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area on the Urban Environment

Guo Lu, Liu Lijin

(School of Statistics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** As a regional high-quality development demonstration zone, the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area has been widely proved that its establishment can accelerate regional economic growth; however, it is an assessment of whether it has a significant role in promoting regional "soft power"-the environment, etc. It is rarely involved. Based on the panel data of 15 prefecture-level cities in the Pearl River Delta from 2010 to 2018, using the establishment of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area as a quasi-natural experiment and using a difference in difference method the impact of the construction of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area on the urban environment was assessed. The results show that the construction of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area can reduce the city's waste gas and wastewater emissions and improve the regional environment, and this result is still valid after a series of robustness tests. The analysis of urban scale heterogeneity shows that in the construction of the Bay Area, medium-sized cities have the largest pollution reduction effect, while small-scale cities have a weaker pollution reduction effect. The mechanism analysis shows that the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area improves the regional environment through innovation and structural effects, and the difference in innovation capability and industrial structure improvement is one of the main reasons for the heterogeneity of urban scale. At the same time, innovation effect and structural effect are synergistic in improving the regional urban environment.

**Keywords:** Greater Bay Area construction; environmental governance; difference in difference; intermediary effect