

福建省环境不平等的时空分布特征及主要驱动因素

谢宇琴

(福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007)

摘要:利用泰尔指数刻画福建省环境不平等的时空分布特征,通过 LMDI 模型和 M-R 模型从时间和空间的尺度上分析经济规模效应、产业结构效应和技术进步效应对福建省工业污染物排放差异的影响。结果表明:2011—2018 年福建省工业废水的泰尔指数均超过 0.24,工业固废的泰尔指数出现 0.90 的极大值。经济规模效应对福建省工业三废的减排始终起抑制作用,产业结构效应和技术进步效应交替出现促进与抑制作用。从时间尺度上看,对工业废水和工业固体废物而言经济规模为累计正向贡献度最大的影响因素,对工业 SO₂ 排放影响最大的为产业结构效应。从空间尺度上看,对福建省工业废水、工业 SO₂ 排放量和工业固体废物产生量的区域差异贡献最大的分别为漳州市、福州市和龙岩市,三市减排空间巨大。

关键词:环境公平;泰尔指数;LMDI 模型;M-R 模型

中图分类号:F129.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)04-0102-07

环境公平问题(environmental equity,或 environmental justice)起源于 20 世纪 80 年代美国一场旨在反对黑人及少数民族地区建议有毒的垃圾倾倒场的民权运动^[1]。此后,随着环境问题日益凸显,其愈发受到世界各国学者的重视,现已成为全球性的热点研究问题^[2]。党的十九大报告明确指出中国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。在全新的社会主要矛盾框架下,环境不平等问题是重要表现形式之一^[3]。从福建省区域内部来看,2018 年厦门、福州、泉州等市污染物排放量占比要低于其人均地区生产总值占比,而漳州、三明等市污染物排放占比则要高于其人均地区生产总值占比^[4],显示出了福建省各设区市之间的环境不平等。福建省作为全国首个生态文明试验区,其生态文明建设与社会经济的协调发展无疑应起到示范作用,因此,对福建省环境公平问题进行研究具有重要意义。那么如何认识福建省的环境公平问题?如何评价其环境不平等现状?导致其环境不平等时空分布格局形成的主要驱动因素又是什么?为解决上述问题,需要处理好环境不平等的测度与驱动因素分解两大环节。

梳理现有研究可以发现:借助衡量收入不平

等的测度方法,泰尔指数和基尼系数被广泛运用于环境不平等的测度中。陆宇嘉同时利用基尼系数与泰尔指数对全国工业污染物排放的区域差异进行了研究^[5]。李花等利用泰尔指数并结合变异系数等其他模型从多个尺度分析了中国城市工业污染时空分异特征^[6]。珠江三角洲工业碳排放的不平等程度通过 kaya-Theil 模型也得到了很好的刻画^[7]。在分析环境不平等影响因素时,指数分解分析法(IDA)是主要方法之一。学者们利用时间指数分解分析中的均迪氏指数(LMDI)^[8]开展了许多研究,如凌立文等基于 LMDI 分解法阐明了清洁生产技术水平、工业 GDP 单位能耗、工业经济发展水平和工业人口规模对广东省工业污染物排放的作用机制^[9];郭政等利用 LMDI 分解模型对 2003—2015 年长三角城市群工业废水和工业 SO₂ 排放的影响因素进行分解,获得了技术改善效应、产业结构效应、经济发展效应以及人口规模效应对工业污染排放量的贡献度^[10];文扬等运用 LMDI 分解法解释了人口效应、经济规模效应、产业结构效应、能耗效应、能源结构效应和排放强度效应对 2011—2015 年京津冀及周边地区工业大气污染物排放的影响^[11]。LMDI 模型虽然可以很好地用于某一连续时间段内的单区域分解,但不

收稿日期:2020-11-24

基金项目:福建师范大学 2020 年大学生创新创业训练计划基金(cxxl-2020234)。

作者简介:谢宇琴(2002—),女,重庆涪陵人,福建师范大学地理科学学院,学生,研究方向为环境规划与管理。

能在研究多个研究区域时识别某一特定区域的相对贡献,为此 Ang 等提出并完善了基于 M-R 模型的空间指数分解分析法(Spatial IDA)^[12-13],以便于比较多区域影响效应的差异,弥补 LMDI 的不足。此后,越来越多的学者开始利用 M-R 模型对区域差异进行空间分解^[14-16]。

随着研究方法的不断改进,时空维度的结合分析逐步替代传统的一维研究,使得每个研究单元既能体现随时间推移的变化,又能体现在特定时间点与其他研究单元的差异比较^[17]。但目前结合 LMDI 和 M-R 模型同时从时空尺度解释省际环境不公平的研究尚不充分。福建省作为中国南方地区重要生态屏障,也是全国首个生态文明试验区,其相关研究还未见报道,因此有必要以时空的双重视角对福建省环境不平等现状与主要驱动因素展开研究,以期了解福建省内环境负担的差异,为不同城市合理分配节能减排任务、制定和实施环境政策提供科学依据,促进环境公平的实现。

1 研究方法 with 数据说明

1.1 泰尔指数

泰尔指数(Theil index)又称泰尔熵,最早是由 Theil^[18]利用信息理论中的熵概念在 1967 年计算收入不平等时提出。泰尔指数的算法有两种,由此产生两个泰尔指数指标,即泰尔指数 T 和泰尔指数 L ,两者的不同之处在于泰尔指数 T 以收入比重加权计算,泰尔指数 L 以人口比重加权计算。借助泰尔指数 L 的计算公式来计算以地区经济发展比重加权的污染物排放不平等,即

$$T_k = \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{G_i/G}{P_i/P}\right) \quad (1)$$

式中: T_k 为福建省某类污染物 k 的泰尔指数; P_i 、 P 分别为地级市 i 和福建省的污染物排放量; G_i 、 G 分别为地级市 i 和福建省的工业总产值。泰尔指数值越大,表示各地级市之间指标水平差异越大;反之,则差异越小。

1.2 LMDI 模型

平均迪氏分解法(logarithmic mean Divisia index, LMDI)的优势在于分解后的结果残差为零,且对数据需求量小、方法适用性强、能进行多个因素的分解^[19]。根据 Kaya 模型^[20],工业污染物排放量或产生总量满足恒等式:

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n A_i \frac{AI_i}{A_i} \frac{P_i}{AI_i} = \sum_{i=1}^n a_i s_i u_i \quad (2)$$

式中: E_i 和 P_i 代表某类污染物的排放量或产生量; A_i 表示第二产业产值; AI_i 表示工业增加值; i 表示福建省或全省 9 个地级市($i = 1, 2, \dots, 9$)。根据式(2),污染物的排放量或产生量可以分解为以下 3 种效应:

$a_i = A_i$ 为 i 区域地区生产总值,代表经济规模效应。

$s_i = \frac{AI_i}{A_i}$ 为 i 区域工业增加值在地区生产总值中的占比,代表产业结构效应。

$u_i = \frac{P_i}{AI_i}$ 为 i 区域单位工业增加值产生的工业污染排放量,代表技术进步效应。

LMDI 有加法和乘法分解两种方式^[8],本研究采用加法分解。若设基期污染物排放量或产生量为 E_0 , T 期污染物排放量或产生量为 E_t ,用 ΔE 表示这段时间内污染物排放量或产生量的总变化量。则 ΔE 可以分解为以下 3 个驱动效应:

$$\Delta E = E_t - E_0 = \Delta C_a + \Delta C_s + \Delta C_u \quad (3)$$

且有

$$\begin{cases} \Delta C_a = \sum f(E_{it}, E_{i0}) \ln\left(\frac{a_{it}}{a_{i0}}\right) \\ \Delta C_s = \sum f(E_{it}, E_{i0}) \ln\left(\frac{s_{it}}{s_{i0}}\right) \\ \Delta C_u = \sum f(E_{it}, E_{i0}) \ln\left(\frac{u_{it}}{u_{i0}}\right) \end{cases} \quad (4)$$

式中: $f = \frac{x-y}{\ln(x/y)}$, x 和 y 分别为变量。

1.3 M-R 模型

M-R 模型(Multi-Region model)是在 IDA 方法的基础上,通过对 B-R 模型(Bilateral-Region model)和 R-R 模型(Radial-Region model)的进一步改进,衍生出来的多区域空间差异分解模型。M-R 模型既能有效解决 B-R 模型比较次数与计算量随比较地区增多而大幅增加的问题,又能避免了 R-R 模型比较基准选择的主观性问题^[21],因而具有较强的优越性。它的基本方法是设所有地级市污染物排放量或产生量的平均水平为 E^μ ,参考 LMDI 时间差异分解模型,则第 i 市污染物排放量或产生量 E^i 与 E^μ 的空间差异可以表示为

$$\Delta E_i^{\mu} = \sum_{i=1}^n (\Delta E_{a_i}^{\mu} + \Delta E_{s_i}^{\mu} + \Delta E_{u_i}^{\mu}) \quad (5)$$

式中: $E_{a_i}^{\mu}$ 、 $E_{s_i}^{\mu}$ 、 $E_{u_i}^{\mu}$ 分别为第 i 市与所有地级市平均水平之间的经济规模、产业结构技术进步差异对两者污染物排放总差异的贡献份额。

1.4 指标选取

由于污染物排放由工业、农业、城镇生活等部分构成,考虑到数据的可得性与结论的科学性,本研究涉及的污染物排放量与经济产值均为工业行业产生,包括全省与各地级市的工业废水排放总量(万 t)、工业 SO₂ 排放量(t)、工业固体废物产生量(万 t)、经济产值(亿元),人口数量(万人),且所需的数据均来源于《福建省统计年鉴》(2011—2020 年),基于数据的可得性,本文研究时间为 2011—2018 年。

2 分析与讨论

2.1 环境不平等时空分布特征

泰尔指数反映了环境不平等的整体状况,由图 1 可知,2011—2018 年,福建省工业固体废物产生量在各地级市间分布最不平等,工业废水次之,工业 SO₂ 排放量的空间分布的公平度较高。

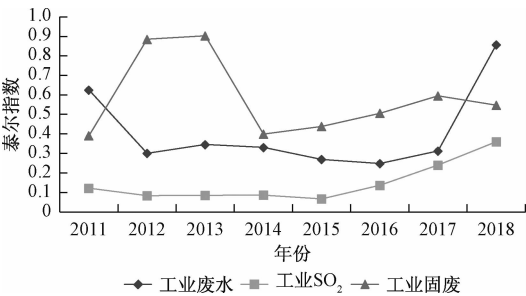


图 1 2011—2018 年福建省工业三废的泰尔指数

泰尔指数的警戒线为 0.3^[22],就工业废水排放量而言,除 2015 年和 2016 年,其泰尔指数均超过 0.3,说明各地级市间排放量差距大,环境不平等程度严重。虽其泰尔指数在 2011—2016 年总体呈下降趋势,各地市间的排放差距逐渐缩小,但由于近两年,漳州市工业废水排放在全省占比远大于两市工业生产总产值在全省的占比,如 2018 年漳州市排放了全 63.85% 的工业废水,却只产生了全省 11.10% 的工业产值,加剧了全省地级市间的环境不平等,导致其泰尔指数回升。

从工业 SO₂ 排放量来看,当前各市 SO₂ 治理技术相对成熟,因而其泰尔指数均远小于工业废水和工业固废的泰尔指数。2011—2015 年,其泰尔指数年逐年下降,并维持在较低水平(不超过 0.14),说明各地级市间的工业 SO₂ 排放量差距较小。然而近三年来,随着各地级市间产生相同经济效益付出的环境成本的差异日益增大,如 2018 年,福州市工业 SO₂ 排放量占全省的 32.46%,但其工业生产总值只占全省的 16.99%,而厦门市排放了全省 0.85% 的工业 SO₂ 却带来全省 11.76% 的工业生产总值,地区间经济发展与环境权益不平衡的矛盾加剧,泰尔指数回升。

工业固体废物产生量的泰尔指数均大于 0.39,表明各地级市间工业固体废物产生量差距较大,2012 年与 2013 年甚至出现大于 0.88 和 0.90 的极不平衡的情况。2012 年仅龙岩市的工业固体废物产生量就为 4 576.47 Mt, 占全省产生量的 59.28%,2013 年增加至 5 160.74 Mt, 达全省的 60.45%。但龙岩市产生如此巨大工业固体废物量的同时并没有带来足够多的工业生产总产值,2012 年与 2013 年的工业生产总产值分别为 622.95 亿元与 642.50 亿元,仅占全省的 7.28% 与 6.78%,固废产生量与工业生产总产值在全省占比的巨大差异势必会造成泰尔指数的极端偏大。位于龙岩市的紫金矿业集团股份有限公司与这一现象有很大关联。2012—2015 年,尾矿一直是福建省最大的工业固废产生类别,紫金矿业尾矿产生量又是全省巨头,因而龙岩市工业固废在全省占比高居不下,2014 年与 2015 年紫金矿业的尾矿大量削减,龙岩市工业固废产生量在全省占比也随之巨幅下降,从而引起 2014 年及 2015 年工业固废的泰尔指数剧烈减小(表 1)。虽紫金矿业公司因环境污染事件受到有关部门处罚已大幅降低工业固体废物排放强度,但与工业废水和工业废气相似的是,2016—2018 年工业固体废物产生量的泰尔指数仍均呈上升状态,表明其环境不平等现象愈发严重。

表 1 2012—2015 年福建省与龙岩市部分统计资料

项目	参数	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
福建省工业尾矿	产生量/Mt	7 524.11	8 337.54	4 635.84	4 770.27
	在全省工业固体废物产生量占比/%	65.35	65.17	33.08	34.65
紫金矿业工业尾矿	产生量/Mt	3 988.84	4 457.30	622.83	641.88
	在全省尾矿产生量比/%	81.13	82.03	40.61	38.83
龙岩市	工业固废产生量在全省工业固废产生量占比/%	59.29	60.45	29.42	27.77
	工业生产总产值在全省工业生产总产值占比/%	7.28	6.78	6.73	5.76

2.2 环境不平等主要驱动因素

利用泰尔指数和环境不平等系数可以初步总结出福建省环境不平等现状,但要厘清其背后更深层次的原因还需要进一步结合时空尺度进行分析。

2.2.1 时间尺度分解分析

借助 LMDI 模型加法分解,对福建省 2011—2018 年的工业废水排放量、工业 SO₂ 排放量和工业固体废物产生量分别进行分解,得到经济规模效应、产业结构效应和技术进步效应对福建省污染物

排放量的贡献值(表 2),3 种对福建省污染物排放相对贡献度^①的变化趋势(图 2~图 4)大体相似。根据计算结果可知,2011—2018 年,经济规模作为累计负向贡献度最大的影响因素,对工业废水排放和工业固体废物产生量的累计贡献分别为 765.96 Mt 和 37.37 Mt,累计贡献度分别为 -253.96% 和 402.15%;产业结构作为累计正向贡献度最大的影响效应,对工业 SO₂ 排放的累计贡献为 18.24 Mt,累计贡献度为 117.44%。

表 2 2011—2018 年福建省工业污染物排放时间差异驱动效应分解结果

时间	工业废水/10 ⁸ t			工业 SO ₂ /10 ² t			工业固体废物/10 ⁵ t		
	C _a	C _s	C _u	C _a	C _s	C _u	C _a	C _s	C _u
2011—2012	165.69	-684.70	-189.70	443.65	-1 833.41	1 000.61	70.63	-291.89	551.73
2012—2013	114.39	-55.56	-75.34	376.52	-182.89	-297.15	88.08	-42.79	36.44
2013—2014	106.30	-8.67	-123.72	349.54	-28.50	-365.11	66.98	-5.46	-431.72
2014—2015	69.82	-1176.96	992.87	237.43	-4 002.46	3 558.86	35.53	-598.87	575.48
2015—2016	78.38	529.32	-825.82	232.11	1 567.50	-3 291.14	46.49	313.99	-411.19
2016—2017	92.63	250.01	-331.98	184.18	497.08	-1 242.83	65.98	178.08	-142.82
2017—2018	138.75	388.10	244.60	0.07	395.61	-654.01	0.04	216.46	-228.24
总效应	765.96	-758.48	-309.09	1 823.50	-3 587.08	-1 290.77	373.74	-230.49	-50.32

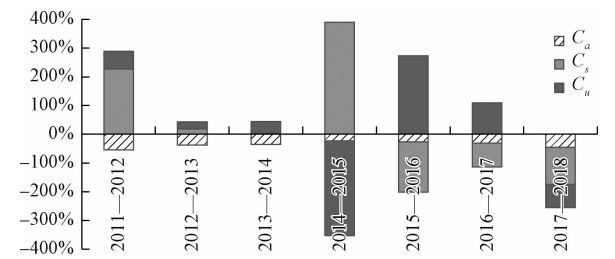


图 2 福建省工业废水分解结果

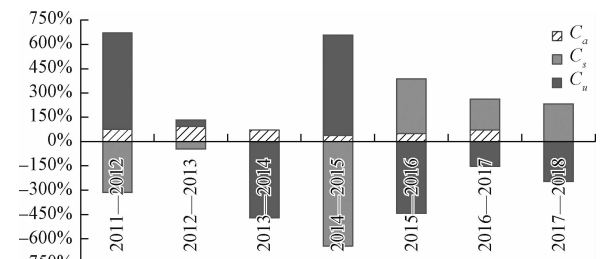


图 4 福建省工业固体废物分解结果

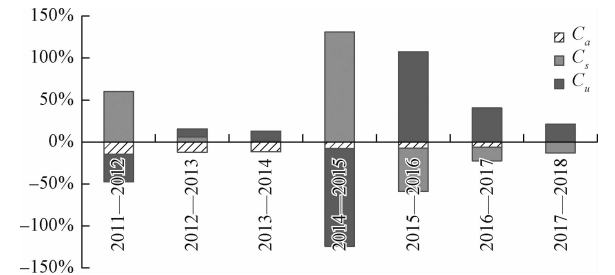


图 3 福建省工业 SO₂ 分解结果

从经济规模角度来看:2011—2018 年经济规模对工业废水和 SO₂ 排放的影响始终为负效应,其累积效应分别为 765.96 Mt 和 0.18 Mt;对工业固体废物产生量的影响始终为正效应,其累积效应为 37.37 Mt,即经济规模效应对福建省工业三废的减排始终起抑制作用。这是因为工业经济规模的扩

大必然导致工业企业数量的增加和工业企业规模的扩张,从而带来工业污染物排放量的增加。“十二五”以来国家加大对环境保护的重视,福建省积极响应国家政策,重视对环境的保护,在经济规模扩张的同时,重视对污染物的控制,经济规模对污染物的正效应总体得到有效控制,2011—2015 年正效应呈稳步下降趋势。但近几年来,福建省大力建设三大城市群、加快产业集群、发挥港口优势,使大量资本流入,经济规模扩张的速度超过污染物治理技术的升级速度,使经济规模对污染物排放量增加的促进作用又有所回升。

从产业结构角度来看:2011—2018 年,其对福建省工业三废排放总体影响较大,对工业废水、SO₂ 和固体废物的累积效应分别为 -758.48 Mt、

注:①各效应贡献值与总量变化值之比即为各效应的相对贡献度。

—35.87 Mt和—230.49 Mt,即产业结构效应对福建省工业三废的减排起促进作用。但具体考察每一年可以发现其对污染物减排的促进与抑制作用交替出现。传统工业具有高耗能、高污染的特点,福建省有许多大型的重化工业,因而传统的经济结构势必会增加工业污染物排放量,而随着第三产业的发展 and 高新技术产业的崛起,其促进作用又会减小。这是因为产业结构的升级,尤其是由“二三一”向“三二一”转变,不仅具有减污减排、提高环境质量的直接效应,还会通过促进产业技术升级的方式间接减排^[23]。

从技术进步角度来看:2011—2018 年,技术进步效应对工业废水、SO₂和固体废物的累计效应分别为—309.09、—0.13、—5.03 Mt,即其对工业废水和 SO₂的减排起促进作用,而对工业固废的减排起抑制作用。一方面清洁技术部门与污染技术部门之间替代弹性的大小会导致技术水平对环境污染产生不确定影响^[24],具体来说,当区域技术进步方向朝污染生产技术提高发展时会降低区域环境质量,而区域技术进步方向朝清洁处理技术提高发

展时则会改善区域环境质量^[25];另一方面,技术进步虽然会直接提高能源的利用效率和对污染物的处理能力,实现污染物的减排,但同时它又会影 响经济规模和产业结构间接影响污染物的排放。这两方面的原因导致技术进步效应对固废减排的促进作用较小,甚至个别年份起抑制作用。当前福建省的技术创新还处于发展中,随着技术的不断普及和提高,其对工业固废的减排也将起到增进作用。

2.2.2 空间尺度分解分析

LMDI 模型能从时间上分析各效应对工业三废排放影响的变化趋势,但不能体现区域内部不同地区的差异,通过 M-R 模型,能更好地解释福建省各地级市对总差异的相对贡献度。总效应值为正则表示该地级市污染物排放量高于福建省平均水平,反之则低于平均水平,且经济规模、产业结构和技术进步效应值为正表示促进了该地级市与全省平均水平的差异,反之则说明抑制了这种差异。由于篇幅限制,仅列出 2018 年福建省九大地级市污染物排放空间差异驱动效应分解结果(表 3)^①。

表 3 2018 年福建省工业三废排放空间差异驱动效应分解结果

地级市	工业废水/10 ⁶ t				工业 SO ₂ /10 ² t				工业固体废物/10 ⁴ t			
	总效应	E _a	E _s	E _u	总效应	E _a	E _s	E _u	总效应	E _a	E _s	E _u
福州市	—115.41	64.14	—40.36	—139.19	213.52	135.68	—85.37	163.21	16.75	419.21	—263.77	—138.70
厦门市	72.13	36.74	—68.62	104.01	—102.6	7.43	—13.87	—96.15	—530.86	47.59	—88.90	—489.56
莆田市	—134.23	—44.59	—11.58	—78.05	—81.21	—35.42	—9.2	—36.59	—533.79	—144.46	—37.52	—351.82
三明市	—117.09	—48.68	27.2	—95.61	26.24	—64.9	36.26	54.88	219.76	—372.98	208.38	384.36
泉州市	—67.68	95.6	44.71	—207.99	37.19	97.32	45.52	—105.65	28.95	469.47	219.58	—660.10
漳州市	774.8	—3.29	20.74	757.36	3.14	—0.84	5.27	—1.29	—253.04	—3.48	21.94	—271.50
南平市	—133.12	—62.87	—19.77	—50.48	—56.91	—63.15	—19.86	26.09	—419.18	—284.62	—89.51	—45.05
龙岩市	—128.1	—42.42	0.79	—86.47	—25.54	—49.64	0.92	23.18	1 587.32	—627.21	11.62	2 202.91
宁德市	—151.3	—41.57	7.11	—116.84	—13.83	—74.51	12.74	47.94	—115.88	—391.77	66.98	208.90

工业废水:厦门市和漳州市的总效应为负值,两市工业废水排放量都超过全省平均水平,其中以漳州市与平均水平差距最大,达到 774.80 Mt。厦门市经济规模效益和技术进步效应为正,产业结构效应为负,技术进步效应的影响最大,其对厦门市与全省平均水平差距的贡献达 104.01 Mt;漳州市经济规模效应为负,产业结构和技术进步效应为正,其中影响最大的仍然是技术进步效应,其贡献值高达 757.36 Mt。两市应加快产业技术的创新与

提高,推进产业结构转型,结合当地经济发展阶段,有选择的从低附加值、低效率和高消耗的生产部门或产业链环节(如产能严重过剩和环境污染大的行业)退出,继而导入到高附加值、高效率、低消耗的生产部门或产业链环节,减少废水排放,缓解水环境压力。其余各市的废水排放量都低于全省,总效应值为负,但 3 种因素对每个地级市的影响则各有不同,各市应增长板补短板,尤其重视表现出负效应的因素,积极推行清洁生产方式,维持工业废水

注:①2013 年 7 月,平潭综合试验区获得行使设区市的管理权限,改由福建省直管,但因其经济体量远小于其他 9 大地级市,故不纳入研究对象中。

的低排放。

工业 SO_2 : 福州市、三明市、泉州市和漳州市的总效应值为正, 四市工业 SO_2 排放量都超过全省平均水平。福州市以全省平均水平的 292.24% 的排放量, 成为造成全省 SO_2 空间排放差异贡献最大的地级市。福州市的经济规模和技术进步因素对其总的正效应影响较大, 分别为 13 568.15 t 和 16 320.96 t, 产业结构的负影响较小, 仅为 8 537.12 t。福州市的工业生产总值虽远超过全省平均水平, 优越的区位吸引大量资本汇入, 经济规模迅速扩大, 但其工业 SO_2 治理技术更新换代的速度远远落后于企业排放量的增加速度, 给环境带来了巨大的压力。福州市应适当放慢经济发展速度, 协调经济发展与环境保护的关系, 支持技术创新, 引进相关人才, 提高对工业 SO_2 的回收利用率, 减少废气排放。其余各市对全省排放总差异的正负效应较小, 但仍应强化环保工程的基础设施, 全面监控大气质量, 引导高强度排放企业科学选取污染物治理技术, 以减轻大气环境的负担。

工业固体废物: 福州市、三明市、泉州市和龙岩市的工业固体废物产生量都超过全省平均水平, 总效应值均为正, 其余地级市则低于平均水平。其中, 龙岩市相对总效应值远超过其他 8 市, 2018 年其工业固体废物产生量为 2 194.15 Mt, 大大高于全省平均水平 606.83 Mt, 位于龙岩市的紫金矿业公司是造成这一现象的主要客观存在。除龙岩市外的 8 个市相对总效应值有正有负, 但都较小。目前, 工业固体废物的治理技术还不够成熟, 提升空间巨大, 而减排任务依旧严峻, 各市可加强与各大高校和研究所等科研平台的合作, 推动科技创新与技术升级, 助力污染物减排。

3 结论与建议

借助泰尔指数和环境不平等系数 EIC 刻画了福建省环境不平等的时空分布特征, 通过 LMDI 模型和 M-R 模型从时间和空间的尺度上分析了经济规模效应、产业结构效应和技术进步效应对福建省工业污染物排放差异的影响。主要结论及相关建议如下:

1) 2011—2018 年, 福建省工业废水排放量与工业 SO_2 排放量的泰尔指数较小, 说明两者在福建省 9 个地级市间的排放差距并不大, 但近两年都有所回升。工业固体废物产生量的泰尔指数一直处于较高水平, 主要由于龙岩市的紫金矿业公司作为全省工业固体废物产生量的巨头导致龙岩市工业固

体废物产生量在全省占比高居不下。和工业废水与工业 SO_2 相似的是, 工业固废的泰尔指数在近两年也有回升。环境保护局及有关部门需尽快推进信息化平台建设, 严格监督高污染企业生产, 利用信息平台辐射全省, 切实落实生产者责任延伸制度; 进一步加大科研政策支撑和资金补助, 助力企业发展; 综合优化利用工业固废, 力争无害化和资源化。

2) 从时间尺度上来看, 2011—2018 年, 经济规模效应对福建省工业三废减排始终起抑制作用, 产业结构效应和技术进步效应对污染物减排的促进与抑制作用交替出现, 但产业结构效应的影响最大, 技术进步效应次之。说明当前福建省要环境地区间环境不平等的有效手段应是加快产业结构转型升级, 推动经济服务化, 大力发展高新技术产业, 走绿色高质量经济发展之路。

3) 从空间尺度上看, 对福建省工业废水、工业 SO_2 排放量和工业固体废物产生量的区域差异贡献最大的分别为漳州市、福州市和龙岩市。由于各地区经济发展禀赋差异客观存在, 福建省相关部门需结合国家总体战略布局、国家主体功能区划和能源产业结构布局等制定区域差别的发展政策^[19], 统筹协调好全省经济环境关系。同时, 三市应加快产业技术的创新与提高, 推进产业结构转型, 结合当地经济发展阶段, 利用自身区位优势, 将经济活力导入到低污染高产出的生产部门或产业链环节, 减少污染物排放, 缓解环境压力。

参考文献

- [1] 钟茂初, 闫文娟. 环境公平问题既有研究述评及研究框架思考[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(6): 1—6.
- [2] 沈静, 周楚平. 国外环境公正研究综述[J]. 热带地理, 2019, 39(2): 298—308.
- [3] 王泽琳, 金德禄, 张如良. 中美环境正义问题及实践差异的比较研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(8): 140—147.
- [4] 福建省统计局. 福建统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [5] 陆宇嘉. 基于广义熵的地区工业污染排放差异测度与分解[J]. 统计与决策, 2018, 34(3): 138—142.
- [6] 李花, 赵雪雁, 王伟军, 等. 基于多尺度的中国城市工业污染时空分异及影响因素[J]. 地理研究, 2019, 38(8): 1993—2007.
- [7] CHEN L, XU L Y, YANG Z F. Inequality of industrial carbon emissions of the urban agglomeration and its peripheral cities: A case in the Pearl River Delta, China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019, 109: 438—447.

- [8] ANG B W, ZHANG F Q, CHOI K-H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition[J]. *Energy*, 1998, 23(6): 489—495.
- [9] 凌立文, 张大斌. 广东省工业“三废”EKC 曲线检验及影响因素研究——基于 Kaya 恒等式与 LMDI 分解法[J]. *生态经济*, 2017, 33(6): 161—166.
- [10] 郭政, 陈爽, 董平, 等. 长江三角洲城市群工业污染时空演化及其驱动因素[J]. *中国环境科学*, 2019, 39(3): 1323—1335.
- [11] 文扬, 马中, 吴语哈, 等. 京津冀及周边地区工业大气污染排放因素分解——基于 LMDI 模型分析[J]. *中国环境科学*, 2018, 38(12): 4730—4736.
- [12] ANG B W, XU X Y, SU B. Multi-country comparisons of energy performance: The index decomposition analysis approach[J]. *Energy Economics*, 2015, 47: 68—76.
- [13] ANG B W, SU B, WANG H. A spatial - temporal decomposition approach to performance assessment in energy and emissions[J]. *Energy Economics*, 2016, 60: 112—121.
- [14] SHI Z, HUANG H N, WU F P, et al. The driving effect of spatial differences of water intensity in China[J]. *Nature Resources Research*, 2020, 29(4): 2397—2410.
- [15] HANG Y, WANG Q W, WANG Y Z, et al. Industrial SO₂ emissions treatment in China: A temporal-spatial whole process decomposition analysis[J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 243: 419—434.
- [16] ZHANG C, SU B, ZHOU K L, et al. Decomposition analysis of China's CO₂ emissions (2000—2016) and scenario analysis of its carbon intensity targets in 2020 and 2030[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 668: 432—442.
- [17] 黄琳琳, 王远, 张晨, 等. 闽三角地区碳排放时空差异及影响因素研究[J]. *中国环境科学*, 2020, 40(5): 2312—2320.
- [18] THEIL H. *Economics and information theory*[M]. North Holland: Amsterdam, 1967.
- [19] 郝婷婷. 中国地区环境公平与经济增长关系及其影响因素分解研究[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [20] KAYA Y. Impact of carbon dioxide emission on GNP growth: interpretation of proposed scenarios[R]. Prias: IPCC Energy and Industry Subgroup, 1989.
- [21] 曹俊文, 曹康. 基于 LMDI 和 M-R 分解模型的长江经济带碳排放驱动效应研究[J]. *环境污染与防治*, 2019, 41(8): 992—998.
- [22] 丁冠淇, 王斌. 京津冀环境不平等的成因分析——基于 Shapley 值分解方法[J]. *干旱区资源与环境*, 2020, 34(11): 44—50.
- [23] 郭子琪, 温湖炜. 产业结构调整背景下的中国环境不平等[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(S1): 130—134.
- [24] ACEMOGLU D, AGHION P, BURSZTYN L, et al. The environment and directed technical change [J]. *American Economic Review*, 2011, 102(1): 131—166.
- [25] 董直庆, 蔡啸, 王林辉. 技术进步方向、城市用地规模和环境质量[J]. *经济研究*, 2014, 49(10): 111—124.

Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Environmental Inequality in Fujian Province and Its Main Driving Factors

XIE Yu-qin

(School of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Thiel index is used to describe the spatial and temporal distribution characteristics of environmental inequality in Fujian Province. Logarithmic mean Divisia index and multi-Region model are used to analyze the impact of economic scale effect, industrial structure effect and technological progress effect on the difference of industrial pollutant emission in Fujian province from time and space scales. The results showed that the Thiel index of industrial wastewater in Fujian province exceeded 0.24 from 2011 to 2018, and the Thiel index of industrial solid waste reached a maximum of 0.90. The economic scale effect always restrains the emission reduction of three industrial wastes in Fujian Province. The industrial structure effect and the technological progress effect promote and restrain each other alternately. From the perspective of time scale, for industrial wastewater and industrial solid waste, economic scale is the most influential factor with the largest cumulative positive contribution, while industrial structure effect is the most influential factor for industrial SO₂ emission. From the perspective of spatial scale, zhangzhou city, Fuzhou City and Longyan City have the largest contribution to the regional differences of industrial wastewater, industrial SO₂ emissions and industrial solid waste production in Fujian Province, and the three cities have a huge space for emission reduction.

Key words: environmental equity; Thiel index; logarithmic mean Divisia index model; Multi-Region model