

佛山市绿色创新促进经济高质量发展路径研究

胡 莹, 李 静

(佛山科学技术学院 经济管理学院, 广东 佛山 528011)

摘要:在研究佛山市绿色创新投入、产出变化规律的基础上,应用 NDDF 模型测算佛山市 2010—2019 年 10 年间的绿色创新效率,并与珠三角其他城市进行对比,归纳和凝练佛山市绿色创新的特点。结果表明,佛山五区的创新投入差异较大,非期望产出情况并不理想,且佛山市绿色创新水平处于珠三角较后位置。佛山市还需进一步促进各区绿色创新协同发展,对各区实施差异化管理,进一步加大人才培养及节能减排力度。

关键词:绿色创新;投入产出;可持续发展

中图分类号:F062.2;F224.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)08-0264-07

党的十九大报告指出,中国经济已经从快速增长阶段向高质量发展阶段转变。创新是发展的第一动力,创新驱动是高质量经济发展的重要基础。近年来,科技创新通过优化产业结构、提高资源利用效率等措施,极大地影响了区域核心竞争力和发展模式,有力地支持了高质量发展。习近平总书记在党的十九大报告中明确指出,绿色经济是实现从高增长阶段向高质量发展阶段转变的重要形式。绿色创新是指环境友好型技术创新,其主要目标是在技术创新和产品升级的同时,最大限度减少环境污染。在此背景下,重视研究绿色创新影响区域经济高质量发展的作用机制、提高绿色创新效率、促进区域经济高质量发展尤为重要。

根据党的十九大报告和中国经济“新常态”下发展的客观要求,转型是转变企业发展方式。加快向创新驱动、绿色低碳转型,升级是全面优化产业结构、技术结构、产品结构和组织结构,促进制造业结构全面优化和完善。因此,研究绿色创新与经济发展的关系,对于佛山市如何选择经济发展的道路,充分发挥科技创新在高质量经济发展中的作用具有重要意义。“效率”是指投入与产出之比,创新效率是指创新投入与创新产出之比。在绿色经济研究中引入绿色创新效率,是指在研究科技创新投入与产出关系的基础上,扣除环境污染成本,即环境友好型技术创新。其主要目标是在技术创新和产品升级的同时,尽量减少环境污染。绿色创新的投入

要素包括研发过程中的人力投入、资金投入、研发投入、能耗等,产出主要包括期望产出(好产出,如技术产出、产品产出等)和非期望产出(坏产出,如三废排放)两部分。绿色创新过程希望以尽可能小的投入产生更大的期望产出,同时,非期望产出越小越好。绿色创新效率的概念既体现了创新驱动,也体现了绿色发展。因此,提高区域“绿色创新效率”,可以有效提升区域经济的高质量发展水平。

本文在测算佛山市以及珠三角其他城市 2010—2019 年 10 年间“绿色创新效率”的基础上,研究佛山市绿色创新投入、产出以及绿色创新效率的变化规律,归纳和凝练佛山市绿色创新的影响机理,通过对佛山市的绿色创新效率以及佛山与珠三角其他城市的对比分析,总结和归纳佛山市科技创新、绿色经济发展中的优势和不足之处。最后,从不同角度提出提升佛山市绿色创新效率促进经济高质量发展的对策建议。

1 文献综述

近年来,科技创新对经济高质量发展影响的研究越来越受到学术界的关注。创新驱动是推动高质量发展的动力^[1],实现高质量发展是新时期中国经济发展的基本要求^[2]。陈昌兵^[3]提出,中国三次产业发展的主要动力已经转变为创新,创新是新时期中国高质量发展的动力;涂正革等^[4]发现,技术进步偏向资本有助于经济高质量发展;刘思明等^[5]通

收稿日期:2022-04-12

基金项目:2021 年度佛山科学技术学院学生学术基金立项项目(xsjj202114zsb06)。

作者简介:胡莹(1996—),女,湖北汉川人,佛山科学技术学院经济管理学院,硕士研究生,研究方向为国际投资与风险控制;李静(1978—),女,湖北黄石人,佛山科学技术学院经济管理学院,讲师,经济学博士,研究方向为公司金融和公司治理。

过建立创新动力指数,对创新驱动对经济高质量发展的影响进行了实证分析。虽然大多数文献都支持科技创新对高质量发展的贡献,但关于绿色创新的衡量标准以及绿色创新对经济高质量发展的影响的文献却很少见。

绿色创新在产出上与实际生产情况接近,充分考虑环境因素,反映了经济高质量发展的意义,越来越多的学者开始将绿色创新效率作为高质量发展的代理变量。金碚^[6]表示,对高速增长阶段的关注主要是“GDP 为首”,而高质量发展阶段更关心“绿色环保”。吴传清等^[7]选择绿色创新效率来衡量长江经济带经济的高质量发展水平。何爱平等^[8]指出绿色发展效率是新时期中国特色社会主义经济向高质量发展转变的重要指标。Hansen、Birkinshaw^[9]指出,创新活动不是一个孤立的系统,而是由相关的子过程结合在一起的,需要关注创新活动的所有子过程。Olson^[10]以创新过程为出发点,发现在创新价值链中,企业的绿色创新能力可以通过知识共享得以提高。Lin 等^[11]以越南摩托车行业为对象,验证了市场需求与绿色创新、绿色创新和企业绩效之间的积极关系。Sun、Miao、Yang^[12]采用熵权 TOPSIS 方法,建立了评价模型,对六大战略性新兴产业绿色技术创新对生态效益的影响进行了评价。

纵观以上文献,现有绿色创新、区域经济高质量发展相关研究比较丰富,但是仍有一些不足之处:目前,还没有选取市作为分析单位,对其绿色创新效率进行测度评价的研究;还没有学者采用 NDDF-DEA模型测度评价市级的绿色创新效率以及经济高质量发展的综合评价研究。

基于此,本文考虑在测算佛山市以及珠三角其他城市 2010—2019 年 10 年间“绿色创新效率”的基础上,研究佛山市绿色创新投入、产出以及绿色创新效率的变化规律,归纳和凝练佛山市绿色创新的影响机理,通过对佛山市的绿色创新效率以及佛山与珠三角其他城市的对比分析,总结和归纳佛山市科技创新、绿色经济发展中的优势和不足之处。结合佛山五区的特点,在测算单个要素效率值的基础上,提出劳动、资本、能源三大创新要素的合理分配和流动方案。最后,结合要素流动的方案,指出具体的提升佛山市绿色创新效率、促进经济高质量发展的战略。

2 佛山绿色创新发展现状

2.1 绿色创新投入

人力投入是创新主体开展绿色创新活动、提高

创新能力的人力资源保障。由图 1 可知,佛山五区的人力资源投入整体呈上升趋势,其中顺德区、南海区上升最为明显。2010 年顺德区人力资源投入为 17 634 人,到 2019 年增长至 35 458 人,增长至近 2 倍;2010 年南海区人力资源投入为 2 423 人,到 2019 年增长至 28 887 人,增长了近 11 倍,增长量远超其他三区。相比于顺德区和南海区人力投入的快速增长,禅城区、高明区和三水区人力投入较为不足,处于较为落后的位置。

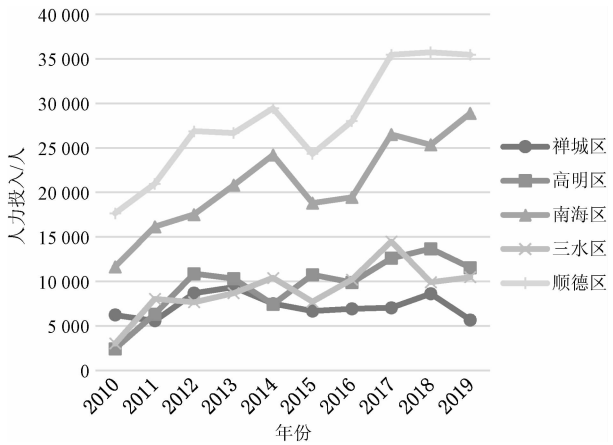


图 1 2010—2019 年佛山五区人力投入对比

由图 2 可知,佛山五区资金投入顺德区、南海区整体呈上升态势,其中,顺德区资金投入上升势头最为猛烈。2010 年顺德区资金投入为 40.85 万元,2019 年顺德区资金投入增至 142.26 万元,增长了近 2.5 倍;2019 年资金投入最低的分别为禅城区 16.91 万元,高明区 18.04 万元,三水区 20.53 万元。2019 年佛山市总资金投入为 259.71 万元,其中顺德区资金投入占比达到了佛山市的一半多。与顺德区资金投入大幅上升相比,禅城区、高明区、三水区的资金投入明显处于落后地位。

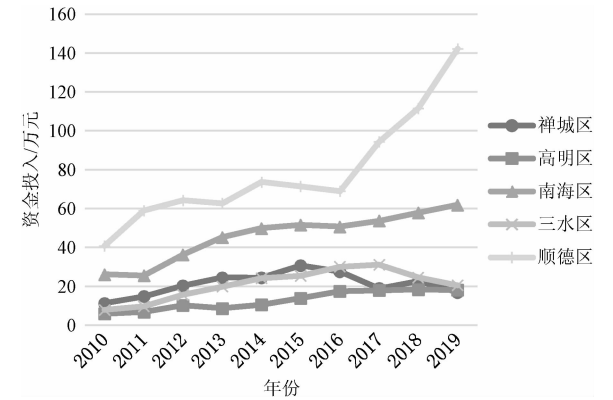


图 2 2010—2019 年佛山五区资金投入对比

产业的发展依赖于诸如电力、水力、煤炭等资源的消耗。能源资源是区域生产、创新活动的必备资源要素。本文能源投入指标用电力消费量代替。从图 3 可看出,得益于环保政策和新能源技术的投入,禅城区和顺德区电力消费量逐年减少,表明近年来这两区的节能环保工作产生有效作用,而南海区和三水区则在节能环保工作方面还需要进一步加强。

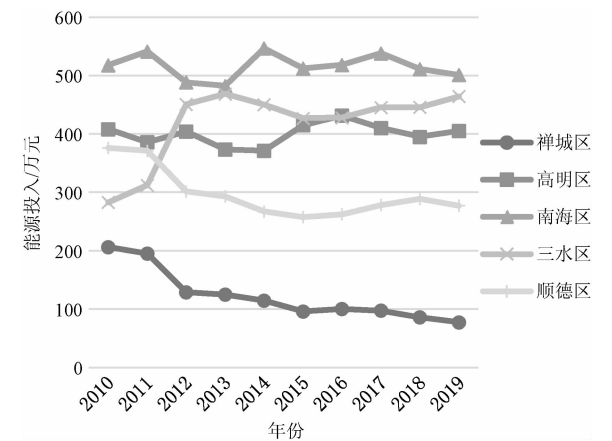


图 3 2010—2019 年佛山五区能源投入对比

2.2 绿色创新产出

GDP 是反映地区科技创新产出水平的重要指标。2010—2019 年,佛山各区 GDP 均呈上升趋势。顺德区和南海区 GDP 总量位于第一批队,禅城区、三水区和高明区位于第二批队。2019 年顺德区和南海区 GDP 总量分别为 3 523 亿元和 3 177 亿元,禅城区、三水区和高明区 GDP 总量分别为 1 920 亿、1 259 亿和 872 亿元。与顺德区和南海区相比,禅城区、三水区、高明区的经济发展水平还存在一定差距。

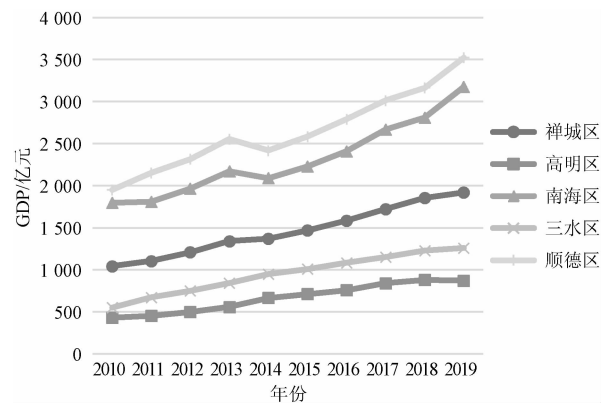


图 4 2010—2019 年佛山五区 GDP 对比

为反映创新产出的“绿色性”,选择工业废水、工业废气、工业固体废物作为区域绿色创新的非期

望产出指标作为负指标,数值越小越好。由于缺少佛山各区三废产出的数据,选择从纵向角度分析佛山市整体的三废产出情况。由表 1 可以看到,2010—2019 年,废水、废气和固体废弃物的排放均呈上升趋势,其中废气排放和固体废弃物较为明显,2010 年佛山市废气排放量为 1 516.39 亿标立方米,2019 年增至 3 558.09 亿标立方米,是 2010 年的近 2.3 倍;2010 年佛山市固体废弃物排放量为 333.11 万 t,2019 年增至 925.43 万 t,是 2010 年的近 2.8 倍。综合来看,佛山市的三废排放情况并不理想,节能减排形势不容乐观。

表 1 2010—2019 年佛山三废产出趋势

年份	废水排放量/ 亿 t	废气排放量/ 亿标立方米	固体废物 产生量/万 t
2010	8.13	1 516.39	333.11
2011	6.51	3 016.40	376.72
2012	9.04	2 381.50	503.90
2013	8.53	2 460.25	519.60
2014	8.26	2 220.53	458.28
2015	5.81	1 490.64	359.86
2016	8.30	3 258.70	382.60
2017	7.34	2 482.85	413.55
2018	9.08	2 484.78	406.18
2019	9.33	3 558.09	925.43

3 绿色创新效率的评价方法及指标

3.1 绿色创新效率的测算方法选取

方向性距离函数(directional distance function, DDF)是用于效率评估以及测算污染物影子价格的一种最为常见的能源与环境建模技术,它可以同时对期望产出和非期望产出(污染物)进行建模。此外,与成本函数不同的是,方向性距离函数不需要大量特定价格的数据信息,只需要投入和产出的数量信息便可以建立各种重要特性的模型,如环境技术效率、绿色全要素生产率以及污染物的影子价格。

传统的 DDF 是以相同的比率同时减少非期望产出(或投入)和增加期望产出,这被视为一种径向的效率测度并且有一些缺陷。这个缺陷便是当存在松弛值(slacks)时,径向的测度可能会高估效率值。Zhou 等^[13]首先对考虑了非期望产出的非径向方向性距离函数(NDDF)给出了如下的正式定义:

$$\overrightarrow{NDD}(x,y,b;g)=\sup\{w^T\beta:[(x,y,b)+gdiag(\beta)]\in T(x)\}$$
 (1)

式中: $W=(w_m^x,w_s^y,w_j^b)^T$ 为与投入和产出相关的

标准化权重向量; $\mathbf{g} = (-g_x, g_y, -g_b)$ 为方向向量; $\boldsymbol{\beta} = (\beta_m^x, \beta_s^y, \beta_j^b)^T \geq 0$ 为尺度因子向量。结合环境生产技术以及 NDDF 的定义,可以通过求解下面的 DEA 模型计算出 $\overrightarrow{ND}(x, y, b; \mathbf{g})$ 的值。

$$\overrightarrow{ND}(x, y, b; \mathbf{g}) = \max w_m^x \beta_m^x + w_s^y \beta_s^y + w_j^b \beta_j^b$$

s. t.
$$\begin{cases} \sum_{h=1}^N z_n X_{nm} \leq x_m - \beta_m^x g_{xm}, m = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{n=1}^N z_n y_{sn} \geq y_s - g_{ys}, s = 1, 2, \dots, S \\ \sum_{n=1}^N z_n b_{jn} = b_j - \beta_j^b g_{bj}, j = 1, 2, \dots, J \\ z_n \geq 0, n = 1, 2, \dots, N, \beta_m^x, \beta_s^y, \beta_j^b \geq 0 \end{cases}$$

(2)

如果 $\overrightarrow{ND}(x, y, b; \mathbf{g}) = 0$, 则被评价的 DMU(决策单元)在考虑到松弛变量的情况下,是位于 $\mathbf{g}$ 方向的最佳生产前沿上。除此之外, NDDF 还有一个优点就是能够计算出各个投入要素以及产出的无效率值(即 $\beta_m^x, \beta_s^y, \beta_j^b$), 而径向的 DDF 是赋予投入和产出相同的无效率值(即 β), 并不能区分投入要素和产出的无效率值。

结合目前主流 DEA(数据包络分析)模型的特点,应选择非径向模型,模型可以直接处理非期望输出,且是基于非期望输出的弱处置技术。与其他模型相比, NDDF 满足 3 个要求,并且更具现实意义。因此,选择 NDDF 作为珠三角城市绿色创新效率绩效评价模型。

NDDF 模型测算的是变量的无效性, Zhang 等制定了标准化指标来衡量每个地区的可持续性绩效^[14]。经济绩效(ECP)可定义为目标 GDP 与实际 GDP 的比率;环境绩效(ENP)定义为所有个体无效率的平均值,方法是从单位中减去每个环境因素;社会绩效(SOP)可以定义为社会收入分配的不平等。所以,可持续性绩效(STP)可以定义为经济、环境和社会绩效的平均值。即 1-Dval, Dval 表示总体无效率值。

采用 Zhang 等^[14]的定义,用考虑了经济、环境和社会要素的综合绩效指数来衡量绿色创新效率,其包括经济能源和碳排放综合非效率信息。绿色创新效率越高,表明经济绿色发展的绩效越好。

3.2 绿色创新效率的测算指标选取

1)投入指标。劳动投入:选用了各城市的 R&D 研究人员数来衡量绿色创新过程中的人员投入指标;资本投入:R&D 经费投入指代企业内部用于科研的经费,以每个城市的 R&D 经费投入当作

绿色创新研发资金的衡量指标;能源投入:选取了各城市以亿千瓦(时)为单位的工业用电量作为替代指标衡量绿色创新过程中的能源投入。

2)期望产出指标。GDP 产出:绿色创新的经济发展水平用城市每年的 GDP(亿元)数值作为测算指标。新产品产出:采用了 9 个城市的新产品产值(亿元)作为经济效率的替代指标。

3)非期望产出指标。环境污染综合指数:采用标准差标准化方法,通过污染排放综合指数对 3 种废物(工业废水、工业废气、工业固体废弃物)的污染排放进行计算,综合测量单位不同的各项指标,具体计算过程如下:

首先,对 3 个污染物排放的原始数据进行无量纲化处理:

$$Y_{i,n,t} = \frac{Y_{i,n,t} - Y_{n,\min}}{Y_{n,\max} - Y_{n,\min}}$$

(3)

式中: i 表示地区; t 表示时间; n 表示不同的污染物来源。

其次,确定各种污染物在环境污染综合指数中所占的比例。根据韩品等^[15]的研究,废水、废气和固体废物的重量分别为 0.40、0.37、0.23。

最后,计算历年的环境污染综合指数:

$$\varphi_{i,t} = \sum_{n=1}^3 \overline{w}_n \gamma_{r,n,t}$$

(4)

式中: $\varphi_{i,t}$ 为第 i 个地区、第 t 年的环境污染综合指数; $\overline{w}_n$ 为第 n 种污染物的权重值。

测算绿色创新效率的投入产出指标见表 2。

表 2 测算绿色创新效率的投入产出指标		
指标种类	一级指标	二级指标
劳动投入	人员投入	R&D 研究人员数
资本投入	资本投入	R&D 经费投入
能源投入	能源投入	全年用电量
期望产出	GDP 产出	城市 GDP
	新产品产出	新产品产值
非期望产出	三废产出	工业废水
		工业二氧化硫
		工业固体废弃物

衡量以上各变量的相关数据来源于《广东省统计年鉴》和各市统计年鉴。因测算绿色创新效率的“三废”数据只更新至 2019 年,且 2010 年以前数据有较多缺失,故只选取 2010—2019 年珠三角 9 市的面板数据进行研究。

4 佛山市绿色创新效率及与珠三角城市的对比分析

运用 NDDF 模型运行样本数据,使用 stata16.0

软件进行编程,对珠三角城市绿色创新效率进行评价,总体评价结果见表 3。

表 3 2010—2019 年佛山市绿色创新测算结果

年份	Dval	B_labor	B_capital	B_energy
2010	0.06	0.00	0.09	0.00
2011	0.14	0.17	0.00	0.29
2012	0.24	0.12	0.00	0.00
2013	0.26	0.23	0.00	0.00
2014	0.15	0.24	0.00	0.30
2015	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.18	0.21	0.00	0.37
2017	0.10	0.06	0.00	0.37
2018	0.12	0.15	0.00	0.35
2019	0.21	0.09	0.00	0.33
总计	1.47	1.27	0.09	2.00

注:Dval 表示总体无效率值;B_labor 表示劳动投入的无效率值;B_capital 表示资本投入的无效率值;B_energy 表示能源投入的无效率值。数据值用科学计数法表示,数据越小表示无效率值越小,利用效率越高,效果越好。

从表 3 可以看到,佛山市绿色创新总体无效率

值上升,2010 年总体无效率值为 0.06,2019 年升值 0.21;劳动投入无效率值 2014 年之前呈上升趋势,2014 年之后逐步回落,说明佛山市政府开始认识到人力投入的重要性;资本投入整体处于有效状态;能源投入无效值处于上升趋势,2019 年能源投入无效率值达到 0.33。在珠三角城市总体无效率值的对比图(图 5)中可以看到,2019 年无效率最高的城市为江门市,佛山也处于较为落后位置。

将提出的绿色创新绩效指数应用于珠三角 9 个城市。基于 NDDF 的可持续性绩效结果(即绿色创新效率值)见表 4。总体绿色创新效率结果表明,珠三角大多数城市在可持续发展方面效率良好。就个别地区而言,2010—2019 年,珠三角城市中绿色创新效率表现最好的是广州、深圳,绿色创新效率最差的是江门,平均绿色创新效率指数为 0.65。2019 年,各市的绿色创新效率从 0.66 到 1 不等,平均值为 0.88,佛山绿色创新效率值为 0.79,排名第 7,未达到珠三角平均水平。

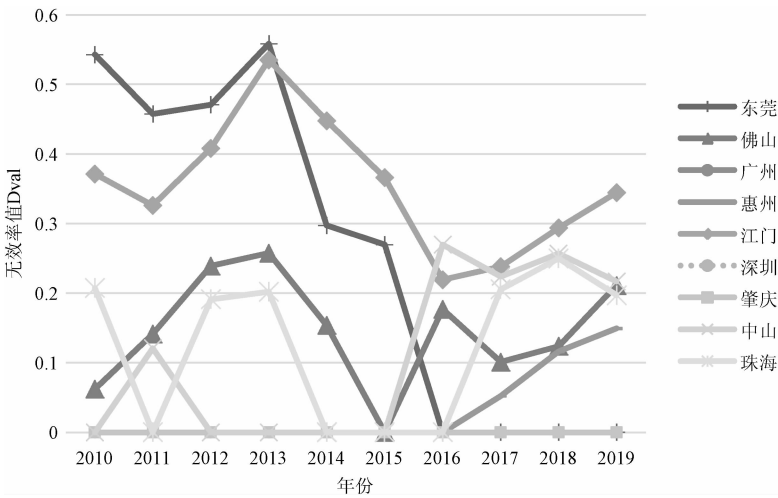


图 5 2010—2019 年珠三角 9 市绿色创新总体无效率值对比

表 4 2010—2019 年珠三角 9 市基于 NDDF 的绿色创新效率

城市	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
东莞	0.46	0.54	0.53	0.44	0.70	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00
中山	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	0.78	0.74	0.78
佛山	0.94	0.86	0.76	0.74	0.85	1.00	0.82	0.90	0.88	0.79
广州	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
惠州	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.88	0.85
江门	0.63	0.67	0.59	0.47	0.55	0.63	0.78	0.76	0.71	0.66
深圳	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
珠海	0.79	1.00	0.81	0.80	1.00	1.00	1.00	0.79	0.75	0.80
肇庆	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

在过去,由于环境问题和巨大的收入差距,中国的经济增长是不可持续的。随着时间的推移,技术的增强也会对地区经济的可持续增长产生影响。在政府颁布了一些可持续发展政策之后,这种情况得到了改善,包括制定环境污染法规和缩小社会收入差距,政府的可持续发展政策有效地提高了国家和区域的可持续发展绩效。珠三角城市的绿色创新情况整体良好,但佛山市绿色创新水平处于珠三角较后位置。作为制造业重要基地,佛山应该借鉴其他城市的优秀经验,加快向创新驱动转型、绿色低碳转型,优化各投资要素,使其达到最佳水平,从而提升绿色创新效率,驱动区域经济高质量发展。

5 结论与对策

5.1 结论

1)投入方面,在人力投入和资本投入中,情况较好的是顺德区和南海区,较为落后的是禅城区、高明区和三水区;能源投入中,表现较好的是顺德区和禅城区,南海区和三水区在节能环保工作方面还需要进一步加强。产出方面,与顺德区和南海区相比,禅城区、三水区、高明区的经济发展水平还存在一定差距;废水、废气和固体废弃物的排放均呈上升趋势,其中废气排放和固体废弃物较为明显,佛山市的三废排放情况并不理想,节能减排形势不容乐观。

2)从 NDDF 模型测算结果可以得到,佛山市绿色创新总体无效率值上升;劳动投入无效率值 2014 年之前呈上升趋势,2014 年之后逐步回落;资本投入整体处于有效状态;能源投入无效率值处于上升趋势。在珠三角城市总体无效率值的对比中,佛山也处于较为落后位置。

3)珠三角大多数城市在可持续发展方面效率良好。其中,珠三角城市中绿色创新效率表现最好的是广州、深圳,绿色创新效率最差的是江门。珠三角城市的绿色创新情况整体良好,但佛山市绿色创新水平处于珠三角较后位置。作为制造业重要基地,佛山应该借鉴其他城市的优秀经验,加快向创新驱动转型、绿色低碳转型,优化各投资要素,使其达到最佳水平,从而提升绿色创新效率,驱动区域经济高质量发展。

5.2 对策建议

1)促进佛山各区协同发展。应充分发挥顺德区和南海区的领先地位,以顺德区和南海区为中心向周围有效配置资源,促使佛山五区实现共同发展。顺德区和南海区在资源、政策等方面享有明显优势,但是,作为优先发展的区域,两区缺乏对其他区域的带动作用,甚至会产生虹吸现象。因此,佛山市应该加大工作力度,根据各区的资源配置情况进行合理调整,将顺德区和南海区的部门资源合理转移到其他区域。此外,还要加强各区域的沟通合作,加强各区域绿色创新方面的技术交流,实现各区域互补互助,提升佛山绿色创新效率整体水平。

2)各区实施差异化管理战略。充分挖掘各区域文化环境和经济结构的不同特征,探索差异化发展路径。按照不同主体功能区的定位,合理规划产业布局,实行差异化发展策略。同时,借鉴优秀经验,提升绿色创新效率较低区域的绿色创新水平,

缩小各区域差异,以期能够实现各区域协调发展,共同进步。

3)加大人才培养和节能减排工作力度。主要靠资金投入对绿色创新进行拉动,这样的策略持续不了多久,要想提升佛山市绿色创新整体水平,除了各区域的协调发展,还需要各投入要素的持续补充。由上文的结果分析可以知道,佛山市人力投入和能源优化还存在发展空间,政府应该重视高层次人才培养,坚持提升绿色创新产出能力,引入高素质人才,促进科技创新和成果转化,推动创新发展进程。同时,还需要加强“绿色发展”意识,推动营商环境持续优化,坚持以更大力度推动绿色创新和区域的可持续化发展,构建机制灵活、运转高效的创新创业“生态圈”。

参考文献

- [1] 辜胜阻,吴华君,吴沁沁.创新驱动与核心技术突破是高质量发展的基石[J].中国软科学,2018(10):9-18.
- [2] 华坚,胡金昕.中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价[J].科技进步与对策,2019,36(8):19-27.
- [3] 陈昌兵.新时代我国经济高质量发展动力转换研究[J].上海经济研究,2018(5):16-24,41.
- [4] 涂正革,陈立.技术进步的方向与经济高质量发展:基于全要素生产率和产业结构升级的视角[J].中国地质大学学报(社会科学版),2019,19(3):119-135.
- [5] 刘思明,张世瑾,朱惠东.国家创新驱动力度及其经济高质量发展效应研究[J].数量经济技术经济研究,2019,36(4):3-23.
- [6] 金碚.关于“高质量发展”的经济学研究[J].中国工业经济,2018(4):5-18.
- [7] 吴传清,邓明亮.科技创新、对外开放与长江经济带高质量发展[J].科技进步与对策,2019,36(3):33-41.
- [8] 何爱平,安梦天.地方政府竞争、环境规制与绿色发展效率[J].中国人口·资源与环境,2019,29(3):21-30.
- [9] HANSEN M T, BIRKINSHAW J. The innovation value chain[J]. Harvard Business Review, 2007, 85(6):121-30.
- [10] OLSON E L. Perspective: the green innovation value chain: a tool for evaluating the diffusion prospects of green products[J]. Journal of Product Innovation Management, 2013, 30(4):782-793.
- [11] LIN R J, TAN K H, GENG Y. Market demand, green product innovation, and firm performance: evidence from Vietnam motorcycle industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 40:101-107.
- [12] SUN L, MIAO C, YANG L. Ecological-economic efficiency evaluation of green technology innovation in strategic emerging industries based on entropy weighted TOPSIS method[J]. Ecological Indicators, 2017, 73:554-558.

[13] ZHOU P,ANG B W,WANG H. Energy and CO₂ emission performance in electricity generation;a non-radial directional distance function approach[J]. European Journal of Operational Research,2012,221(3):625-635.

[14] ZHANG N,KONG F,CHOI Y,et al. Theeffect of size-control policy on unified energy and carbon efficiency for Chinese fossil fuel power plants[J]. Energy Policy,2014,70:193-200.

[15] 韩晶,陈超凡,施发启. 中国制造业环境效率,行业异质性与最优规制强度[J]. 统计研究,2014(3):61-67.

Study on Path of Green Innovation Promoting High-quality Economic Development in Foshan

HU Ying, LI Jing

(School of Economics and Management,Foshan University of Science and Technology,Foshan Guangdong 528011,China)

Abstract: Based on the study of the change pattern of green innovation inputs and outputs in Foshan, the NDDF model was applied to measure the green innovation efficiency of Foshan City during the decade from 2010 to 2019 and compared with other cities in the Pearl River Delta to summarize and condense the characteristics of green innovation in Foshan City. The results show that the innovation inputs of the five districts in Foshan vary widely, the non-desired output situation is not ideal, and the level of green innovation in Foshan is in a lower position in the PRD. Foshan needs to further promote the synergistic development of green innovation in each district, implement differentiated management for each district and further increase the training of talents and energy saving and emission reduction.

Keywords: green innovation;input and output;sustainable development