

Study on the Relationship between Economic Development and Environmental Pollution in Guangxi based on Kuznets Curve

Yijun Li, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian
Email: yijunll@126.com

Received: Apr. 29th, 2020; accepted: May 22nd, 2020; published: May 29th, 2020

Abstract

In recent years, with the economic growth, the contradiction between environmental protection and economic development has become more and more prominent. "Green", one of the five development concepts put forward by President Xi Jinping, also strongly demonstrates the urgent need for China's economy to move towards green and sustainable development. Therefore, it is a big task to analyze the relationship between the current economic development and the environment in various provinces and cities in China and to find the right path of sustainable economic development. Therefore, based on the economic and environmental data of Guangxi from 1989 to 2018, the representative indicators of environmental pollution and economic development were selected. Then, with the support of python software, the Chebyshev model is used to predict the annual GDP of the whole province to 2020. On this basis, the regression model of Guangxi GDP and the typical index of environmental pollution "three wastes (waste water, waste gas, solid waste)" is constructed, so as to analyze the characteristics and causes of the Kuznets curve of "three wastes" emissions. The results show that the environmental Kuznets curve of industrial wastewater discharge from 1989 - 2020 presents an inverted "U" shape, but may present an "N" shape in the longer term. The environmental Kuznets curve of industrial waste gas and solid waste also presents an inverted "U" curve.

Keywords

Kuznets Curve, Economic Development, Environmental Pollution

基于库兹涅茨曲线的广西经济发展与环境污染关系研究

李艺君, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门
Email: yijunll@126.com

收稿日期: 2020年4月29日; 录用日期: 2020年5月22日; 发布日期: 2020年5月29日

摘要

近年来, 随着经济的持续增长, 环境保护与经济发展之间的矛盾愈加突出。习主席提出的五大发展理念之一“绿色”, 也强烈地表明了目前我国经济向绿色环保、可持续发展的迫切需求。所以, 分析国内各个省市地区当前经济发展和环境之间的关系, 寻找经济可持续发展的正确道路也就成了一大重任。因此, 本文利用广西1989~2018年经济与环境数据, 选取具有代表性的环境污染和经济发展指标以区国民生产总值为经济发展指标, 以工业“三废”排放量为环境污染指标; 然后在python软件的支持下, 使用切比雪夫模型预测整个省区到2020年的每年GDP总值; 在此基础上构建广西的生产总值与环境污染典型指标“三废”的回归模型, 从而分析“三废”排放的库兹涅茨曲线的特征和成因。结果表明: 工业废水排放量1989~2020年的环境库兹涅茨曲线呈现倒“U”型, 但放到更长期来看可能会呈现为“N”型曲线; 工业废气和固体废物的环境库兹涅茨曲线也呈现为倒“U”型曲线。

关键词

库兹涅茨曲线, 经济发展, 环境污染

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近些年来, 经济发展和环境污染之间的矛盾越来越突出, 越来越多的人开始关注环境库兹涅茨曲线。库兹涅茨曲线是经济学家库兹涅茨提出的, 他认为人均财富差异与人均财富增长之间符合倒“U”型曲线规律[1]。由于许多发达国家发展的经验教训表明, 在工业化初期会出现环境污染的现象, 并随着工业化进程的不断推进而不断恶化; 当经济发展水平到达拐点之后, 环境污染又会随着经济水平的继续增长而得到缓解甚至是改善。因此, 1996年有环境经济学家开始用库兹涅茨理论来描述经济发展和环境增长之间的关系, 即环境质量状况会随着经济的发展逐渐恶化而后到达一个拐点得以改善[2]。

此后, 很多国内外学者开始研究各个国家地区的环境库兹涅茨曲线应用。赵细康等人将发达国家和发展中国家(如中国)进行对比, 认为发达国家存在环境库兹涅茨曲线, 而中国则不存在该曲线[3]。而许广月则通过实证研究得出, 我国中、东部地区服从库兹涅茨曲线, 而西部地区不存在此曲线的结论[4]。究其原因, 上述学者们研究结果存在差异, 主要是因为所选取的数据的区间不同, 或者是经济发展和环境污染的指标选择不同, 又或者是使用的模型不同。成舸发现由于中国工业化的发展导致江苏省在不同的时间段里碳排放与经济呈现不同的相关关系[5]。有的学者偏好使用二氧化碳排放量作为环境污染的指标, 如林伯强发现中国二氧化碳库兹涅茨曲线的理论拐点应该在2020年前后, 而实测的拐点到2040都未出现[6]。陆虹通过构建模型, 发现人均二氧化碳和人均GDP之间不是简单呈现为倒“U”关系的[7]。宋马林等人采用工业废气作为环境污染指标, 且国内大多数省份的工业废气和GDP的库兹涅茨曲线的拐

点大概会在 2012~2017 年内均可达到[8]。王瑞玲等采用的是工业“三废”排放,认为“三废”排放的库兹涅茨曲线并非都是标准的倒“U”型,而是有倒“U”、正“U”和“三次曲线”三种类型[9]。凌虹等人在研究苏州市的库兹涅茨曲线时也发现除传统的倒“U”型曲线外,还有线性函数、三次函数、指数函数等多种形式[10]。

综上所述,绝大多数研究环境库兹涅茨曲线的学者都会选择 GDP 或者人均 GDP 为经济发展指标,环境污染指标的选取则各有千秋,不同的环境指标,会呈现出不同特征的库兹涅茨曲线。近几年来,广西的经济发展水平迈上了新的台阶,与此同时在大力发展经济的同时也带来了不可忽视的严重的环境污染。尤其是为 GDP 增长贡献巨大的工业产生的“三废”污染问题已成为重要的问题之一。因此,本文将广西为例,选取近三十年的区 GDP 和“三废”排放量构建回归模型,取得广西区“三废”排放的环境库兹涅茨曲线,分析其拐点、所处阶段和发展趋势,剖析广西当前经济发展和环境关系和成因,为制定进一步的发展战略提供参考和建议。

2. 数据来源及处理

刘培林认为,研究对象为一国宏观经济的时候,产出为增加值口径较为恰当,若研究对象相对微观,使用总值作为产出更为合理[11]。本文研究的是广西全区的经济发展,相对于全国经济来说,属于更为微观的层次,因而选取剔除价格变动影响的广西生产总值作为经济发展状况的指标,即用当年的名义 GDP 乘以当年的 GDP 指数(按可比价格计算,以上年为 100)除以 100 即可得当年的实际 GDP。

目前我国用来测量环境污染程度的指标主要有大气污染物排放量、污水排放量、污染物排放量和环境噪音排放量。因此对于环境污染指标而言,一方面,工业对区经济发展的贡献巨大且不可替代,“三废”和经济发展的关联性会相对较大;另一方面,“三废”都是直接排放到环境中的,对环境的影响直接且范围广,而且工业废水、废气和固废(即固体废物,下同)的年排放量都相对较大,而且数据易于取得,所以本文采用工业废水、工业废气、工业固废为环境污染指标。为了使预测结果的库兹涅茨曲线能够尽可能多得涵盖广西经济发展阶段,也为了得到更精准的 GDP 短期预测值,因此从历年的《广西统计年鉴》中选取了 1989~2018 年的经济和环境数据作为样本。由图 1 可知,广西的 GDP 在 2005 年以前,增长速度较为缓慢但平稳。到 2005 年后开始大幅度上升,总体来看广西的生产总值是呈上升趋势的。

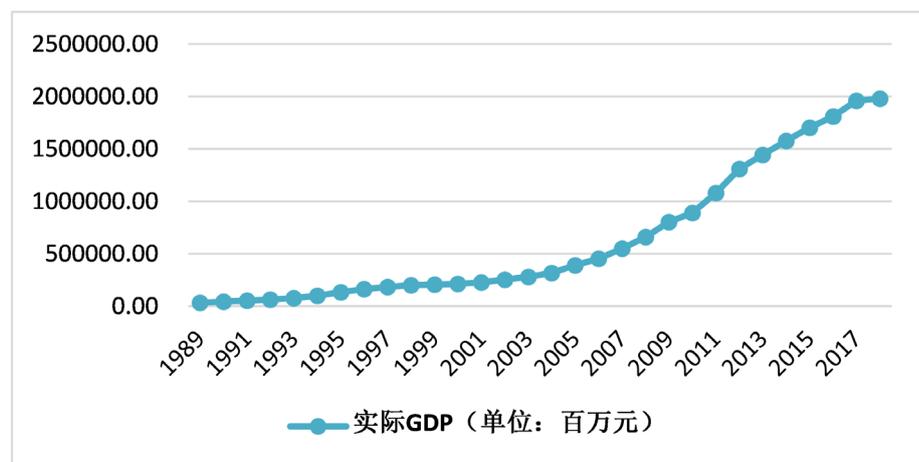


Figure 1. Guangxi real GDP from 1989 to 2018

图 1. 广西 1989~2018 年实际 GDP

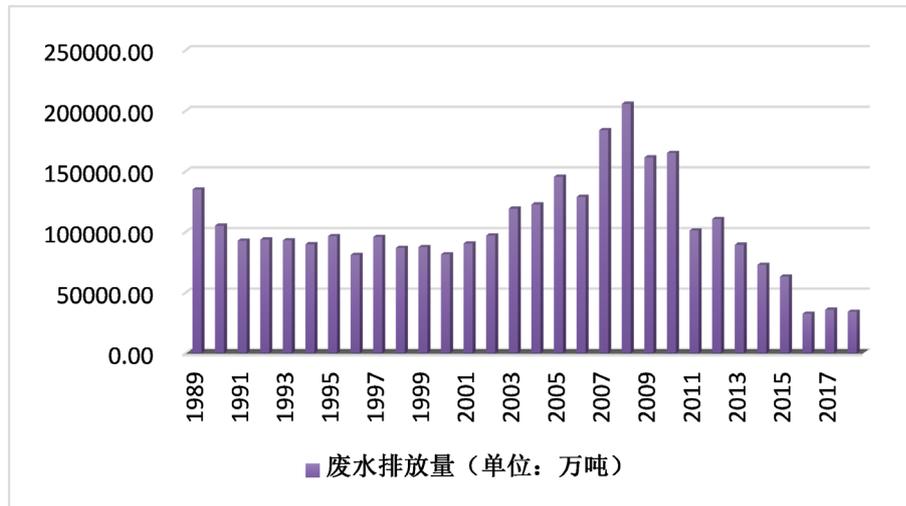


Figure 2. Guangxi waste water emissions from 1989 to 2018

图 2. 广西 1989~2018 年废水排放量

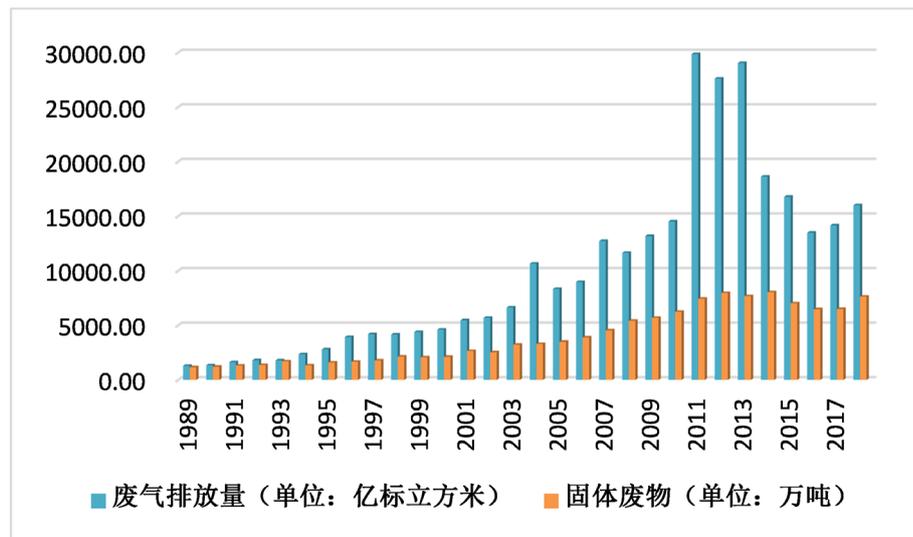


Figure 3. Guangxi waste gas emissions from 1989 to 2018

图 3. 广西 1989~2018 年废气排放量和固体废物生成量

如图 2 所示, 广西工业废水的排放量在 2004 年往前够基本维持在一定水平内, 有小幅度的降低和上升等波动; 在 2004 以后开始大幅度增长, 顶峰在 2008 年前后; 直至 2011 年左右开始呈下降趋势。而工业废气的排放量和固废的生成量两者的变动趋势基本是重合的, 如图 3 所示, 2000 年以前增长幅度平缓, 往后开始大幅度攀升, 峰谷出现在 2011 年前后, 然后开始下降。从上述简单分析来看, 广西工业“三废”排放量基本会符合呈倒“U”型的库兹涅茨曲线。下文将使用回归模型进行更精确的预测和拟合。

3. 研究方法和模型

本文是在 Python 软件的技术支持下, 根据样本数据使用切比雪夫模型预测 2019 年至 2020 年的广西实际生产总值, 然后以生产总值为自变量, 分别以废水排放量、废气排放量和固体污染物生产量为因变量, 预测和拟合形成库兹涅茨曲线。

3.1. 切比雪夫模型预测生产总值

切比雪夫多项式模型的原理即利用插值运算, 将年份时间变量转变为切比雪夫多项式的自变量。具体如下:

$$t \in [1989, 2020], \alpha \in [-1, 1]$$

则

$$\frac{t-1989}{2020-1989} = \frac{\alpha - (-1)}{1 - (-1)} \quad (1)$$

若 t 取 2010, 则 α 为 -0.142857。

然后以上文计算得到的 α 为自变量, 以样本数据中的生产总值为因变量 x , 定义一个多项式, 本文使用的为二阶切比雪夫多项式(即 Python 程序中引入 Chebyshev 函数库后定义自由度 $\text{deg} = 2$)。二阶的切比雪夫多项式中一共有三项设为

$$T_0(\alpha) = 1 \quad (2)$$

$$T_1(\alpha) = \alpha \quad (3)$$

$$T_2(\alpha) = 2\alpha^2 + 1 \quad (4)$$

通过运算, 选取其中一组拟合度最高的多项式系数组 $[a_0, a_1, a_2]$ 。

则有最终的切比雪夫多项式为

$$x = b_0 T_0(\alpha) + b_1 T_1(\alpha) + b_2 T_2(\alpha) \quad (5)$$

因此, Python 算法中通过引入所需函数库和数据, 并定义数据, 进行简单的操作即可得到需要繁杂手工运算才能够输出的结果。具体结果如下:

$$x = 871031.0162T_0(\alpha) + 1161006.5102T_1(\alpha) + 431310.9419T_2(\alpha) \quad (6)$$

拆分开来即为

$$x = 439720.0743 + 1161006.5102\alpha + 862621.8838\alpha^2 \quad (7)$$

Table 1. GDP Chebyshev forecast fitting results (deg = 2)

表 1. GDP 切比雪夫预测拟合结果(deg = 2)

可决系数值	0.9856
可决系数值平方根	0.9928
调整后可决系数值	0.9845
回归误差分布离散度	80,724.8572
误差平方和均值平方差	76,582.3238

可决系数值的范围为[0,1], 可决系数值越接近于 1, 则证明方程的拟合度越好, 方程自变量对因变量的解释能力越强。因此, 上述表 1 中表明切比雪夫多项式的可决系数约为 0.98, 则该多项式的拟合结果较好。

如图 4 所示, 样本线和预测总体线几乎重合, 且偏差不大, 因此该多项式很好地预测了未来三年的生产总值, 拟合效果好。此外, 多项式中显示广西的生产总值在经历了上世纪九十年代的低谷后, 在二十一世纪开始以较快的速度开始增长, 总体发展是向上攀升的趋势。

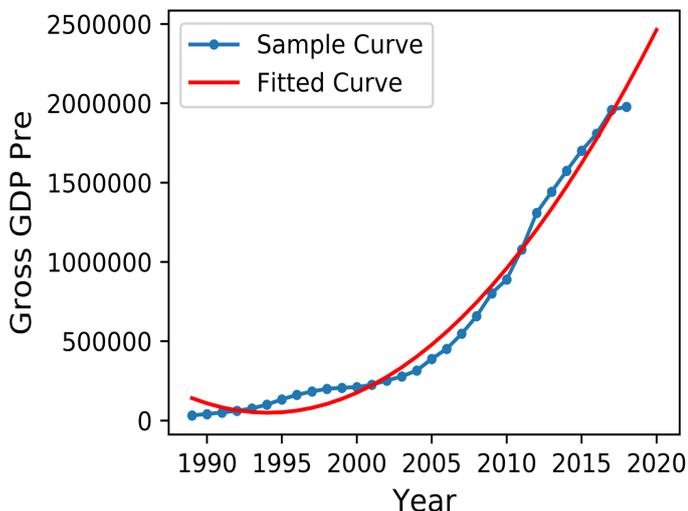


Figure 4. Guangxi GDP forecast and fitting results
图 4. 广西生产总值预测和拟合结果

3.2. 回归模型绘制库兹涅茨曲线

根据已有文献和广西经济发展和环境污染现状, 本文选取一元二次方程进行拟合(Python 算法中即定义 $\text{deg} = 2$)。其计量模型为:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (8)$$

在方程中的 x 即为上文提到的 GDP, y 代表的为广西环境状况: 1) 当方程式中 $b_1 = b_2 = 0$ 时, 则表明经济增长不会对环境质量状况产生影响, 即环境污染与经济发展无关; 2) 当 $b_1 > 0, b_2 = 0$ 时, 这表明经济增长与环境质量状况呈现线性正相关的关系, 即随着经济的增长环境质量不断恶化; 3) 当 $b_1 < 0, b_2 = 0$ 时, 则表明经济增长与环境质量状况呈现线性负相关的关系, 即经济的增长不会引起环境质量的恶化; 4) 当 $b_1 > 0, b_2 < 0$ 时, 经济发展与环境质量与传统的环境库兹涅茨曲线相吻合, 呈现倒“U”型的曲线关系, 即环境质量会随着经济发展而恶化, 经济发展到某一个拐点之后, 环境质量会逐渐改善; 5) 当 $b_1 < 0, b_2 > 0$ 时, 会呈现出与环境库兹涅茨曲线截然相反的结果, 环境质量会随着经济的发展而好转然后又随着经济的发展开始恶化, 呈现出正的“U”型曲线。

在定义了多项式计量模型之后, 使用样本数据和 Python 软件进行拟合, 即可得到拟合方程和结果, 同时可以检验拟合方程的误差水平。

4. 广西经济发展和环境污染的预测和拟合结果分析

下面将具体阐述经过数据预处理和 Python 算法运算后, 得到的预测和拟合结果。分别用 y_1 , y_2 和 y_3 来表示工业废水排放量、工业废气排放量和固废生成量。

4.1. 工业废水排放总量的方程拟合

由表 2 可知, 二次拟合方程式的可决系数为 0.66, 即该方程自变量能对因变量工业废水排放总量有一定的解释力度, 但是并不高, 可能存在解释力度更高的方程式, 如一元三次方程式。三次拟合方程式的可决系数为 0.68, 无论是调整前还是调整后, 三次曲线的可决系数都高于二次曲线的, 因此, 此处选择用三次曲线模型对生产总值和工业废水排放总量进行拟合。则将广西 GDP 与工业废水排放总量带入到上述多项式中, 得到的最终方程为:

$$\text{工业废水排放总量} = 4.003e^{-14}x^3 - 2.138e^{-7}x^2 + 0.2427x + 7.122e^4 \quad (9)$$

Table 2. The fitting result of the equation of total wastewater discharge
表 2. 工业废水排放总量方程式拟合结果

拟合参数	二次曲线	三次曲线
可决系数值	0.6618	0.6851
可决系数值平方根	0.8135	0.8277
调整后可决系数值	0.6368	0.6617
回归误差分布离散度	24,436.7264	23,581.4970
误差平方和均值平方差	23,182.7142	22,371.3724

上述方程式存在这传统库兹涅茨曲线的一些特征, 目前曲线呈现为倒“U”型, 且该曲线存在极大值点为(708,861.9622, 150,120.0574), 即在 2008 年内当生产总值为约 708,861 百万人民币时, 广西当期的废水排放量达到峰值。经过这一拐点之后, 废水排放量会随着经济发展逐渐下降。

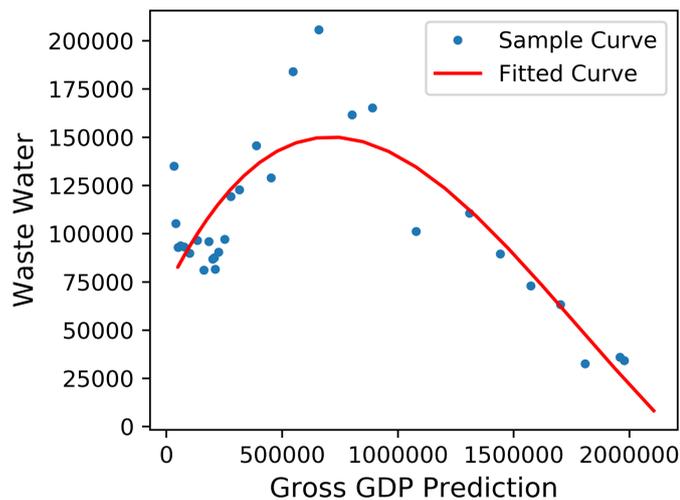


Figure 5. Curve: The fitting result of wastewater discharge and gross product

图 5. 广西工业废水排放量与生产总值三次方拟合曲线

图 5 纵坐标废水排放量为“万吨”, 横坐标生产总值的单位为“百万元”。图中拟合结果显示, 在 2008 年后随着经济发展生产总值的增加, 会导致工业废水排放量逐渐减少, 趋近于 0。当样本量为 1989~2020 年时, 2019 年起废水排放总量为负, 不符实际。因此, 此处拟合图选取的为 1989~2018 年的样本数据进行预测和拟合。主要是由于在经济发展的早期, 优先发展经济, 尤其是对环境污染较大的工业经济, 允许可控程度内的环境污染的存在。当经济发展到一定程度后, 有多余的财政资金可投入到环境污染治理当中。

广西工业废水排放的重点行业是农副食品加工业、造纸业、化工制造业以及饮料制造业等, 广西作为一个农业大省(区), 较为丰富的农业资源为农副产品加工业提供了较大的原材料职称, 使得该行业规模较大, 其排放的工业废水中 COD 污染贡献率超过了造纸业, 位居第一; 另一方, 作为一个农业大省(区)尤其是重要的两季水稻种植基地, 对水资源有很高的质量要求, 因此, 对改善区内的水资源环境有较为迫切的需求。顾富敏等人认为, 广西工业废水排放量主要受工业经济规模、工业行业结构、治理污染

投资以及工业用水重复利用率等因素的影响[12]。由于国家“十一五”关闭淘汰落后产能计划, 广西对电力、水泥、造纸等行业落后产能实施淘汰; 加大对造纸、纺织等污染较大的行业进行治理和技术工艺改造的力度, 调整行业结构, 加快产业升级; 不断增加污染治理的投入和工程, 提高工业用水重复利用率。因此, 在 2008 年以后, 广西的工业废水排放量持续下降。

模型中还在 2020 年往后出现了为负数的极小值点, 如果不存在其他误差的情况下, 那么意味着在未来广西生产总值和废水排放的拟合模型更接近于“N”型, 即在未来广西的废水排放总量在经历过下降阶段后, 会出现“反弹”随着经济发展而增加。

4.2. 工业废气排放总量的方程拟合

由表 3 可知, 工业废气排放总量和生产总值的二次方程式的可决系数值为 0.68, 拟合度相对较高, 能够有效的解释工业废气排放量。得到最终方程:

$$\text{工业废气排放总量} = -1.378e^{-8}x^2 + 0.03571x - 1632 \quad (10)$$

Table 3. The fitting result of the equation of total wastewater discharge

表 3. 工业废水排放总量方程式拟合结果

可决系数值	0.6851
可决系数值平方根	0.8277
调整后可决系数值	0.6617
回归误差分布离散度	23,581.4970
误差平方和均值平方差	22,371.3724

上述一元二次方程式也符合传统库兹涅茨曲线的特征, 二次方系数小于零, 一次方系数大于零, 该曲线呈现倒“U”型, 存在极大值点(1,295,952.5679, 21,506.4689)。即在生产总值达到 12,959 亿以前, 广西的工业废气排放总量随着经济的发展而不断增加, 在经历拐点(约在 2012 年内)之后, 工业废气的排放量会随着经济发展而不断下降。

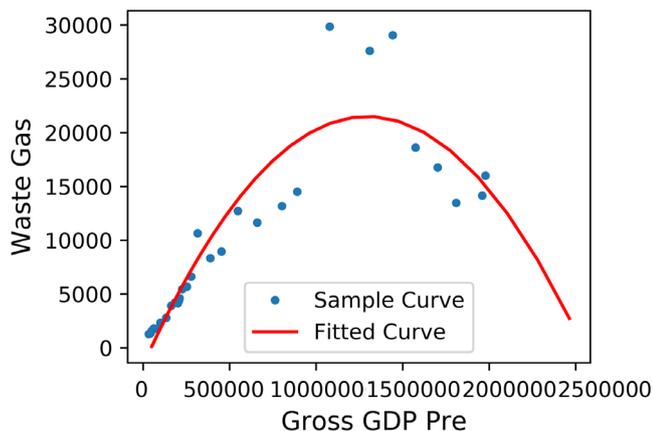


Figure 6. Curve: The fitting result of waste gas discharge and gross product

图 6. 广西工业废气排放量与生产总值二次曲线模型拟合图形

图 6 中纵坐标的工业废气排放总量单位为“亿标立方米”, 横坐标生产总值单位为“百万元”。由拟合效果图可发现, 在经济发展早期样本点和拟合线几乎重合, 工业废气排放总量随经济发展猛增, 敏

感度较高。随着生产总值逐渐增加到 5000 亿左右, 拟合线显示工业废气排放量对经济发展的敏感度有所降低, 增速开始放缓。在 2011~2013 年期间, 工业废气排放量达到峰值, 然后工业废气排放量开始下降。

4.3. 工业固体废物生成量的方程拟合

由表 4 可知, 工业固废生成量与区生产总值的二次方程式的可决系数为 0.98, 拟合度较好, 解释力度强。得到的最终方程为:

$$\text{工业固体废物生成量} = -3.027e^{-9}x^2 + 0.00918x + 582.8 \quad (11)$$

Table 4. The fitting result of solid waste generation equation

表 4. 工业固体废物生成量二次方程式拟合结果

可决系数值	0.9790
可决系数值平方根	0.9894
调整后可决系数值	0.9774
回归误差分布离散度	371.2023
误差平方和均值平方差	352.1534

上述生产总值与工业固体废弃物生成量的关系确实符合标准的环境库兹涅茨曲线的特征, 一个开口向下的二次抛物线, 存在最大值点为(1,516,134.6045, 7541.8821)。在生产总为达到 15,161 亿左右时, 工业固体废弃物生成量达到最大值, 大约在 2014 年内。固体废弃物生成量在经过拐点之后, 会随着经济发展开始下降, 目前正处于下降的阶段。见图 7 可知, 该方程的拟合度较高, 样本点基本都分布在回归线上或者附近。图 7 中, 纵坐标工业固废生成量的单位为“万吨”, 横坐标生产总值单位为“百万元”。

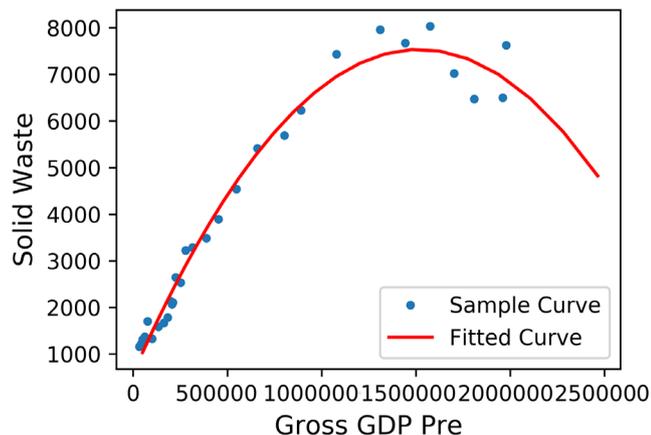


Figure 7. Curve: The fitting result of solid waste discharge and gross product

图 7. 广西工业固体废物生成量与生产总值二次曲线模型拟合图形

5. 结论

综上所述, 广西生产总值与工业“三废”排放量或生成量之间是存在库兹涅茨曲线的, 废水排放总量与生产总值的曲线目前是处于倒“U”型的, 将预测期放到更长远来看可能会是“N”型的; 废气排放量和固废生成量与生产总值也是存在倒“U”型的库兹涅茨曲线的。这三条库兹涅茨曲线表明, 广西“三废”的排放量与其生产总值衡量的经济发展是存在关联性的, 先是随经济发展排放量增加, 造成化境问题恶化, 经过拐点后排放量开始减少, 环境问题有所改善。预测结果的未来三年内, 生产总值与环境状

况呈现为负相关的阶段, 即随经济发展环境状况得到改善, 尤其是工业废水和废气的排放量都大幅度的低于曾经的峰值, 固废则处于中期阶段, 需要在进一步加强固体废弃物的环境污染治理。但是, 如果将预测的期间拉长可能结果就会发生变动, 因此为使得广西经济发展与环境状况达到真正的倒“U”型的库兹涅茨曲线并长久维持, 就需要制定相应措施, 进一步治理环境污染问题, 推动经济的可持续发展。

首先, 要继续加大环境污染治理投入。尽管上述分析认为, 广西工业废水和废气排放通过一些列举措已成功地达到了减排的目的, 但是为了维持当前状态, 避免反弹的出现, 就应当维持当前的优势。同时固废的污染治理能力有待提高, 可加大资金和技术投入, 推动技术革新。

其次, 要尽快促进产业升级, 优化调整产业结构。因地制宜、具体情况具体分析地制定产业升级计划, 充分利用广西的资源和地理优势, 形成特色产业, 适当发展现代服务业, 如旅游业, 大力发展现代服务业可以使广西经济在平稳增长的同时减少污染排放。关闭生产总值贡献率低、高能耗高污染、环保质检不过关等工厂企业, 在维持一些低污染低能耗的优势企业和企业的同时, 发展战略性新兴产业, 为引领产业升级提供支柱。

此外, 还应当加强环保政策的制定, 加大监管力度。吴世福等人认为, 广西经济基础薄弱、科技水平相对落后, 工业经济增长一直依赖于传统的资源开发型工业, 经济发展则意味着资源和能源消耗的急剧增长, 也即意味着污染排放的急剧增长[13]。当然上述问题都发生在工业化早期, 目前基本已经摆脱了粗放型的能源消耗阶段, 但仍有应当控制能源消费的增长速度, 积极开发使用新能源, 同时还需要提升能源利用效率。同时也要有法律政策的引导监督, 从源头上减少污染物的直接排放, 并加大惩处力度, 降低法律对污染环境排放行为的容忍度, 提高违法成本。

致 谢

最后, 我要由衷地感谢在论文写作过程中帮助过我的每一位人。我要感谢厦门国家会计学院信息管理处处长阎虎勤老师。在悉心聆听了阎老师在《Python 财务数据分析》课堂上的内容后, 我对 Python 和切比雪夫多项式、库兹涅茨曲线有了深刻的认识, 这为我完成本篇论文提供了不可或缺的支持。在论文撰写的过程中, 老师也在选题、文章框架和内容上给我提供了很多宝贵的意见和建议。在完成初稿之后, 老师更是在百忙之中不遗余力的帮我检查文章, 在很多细节方面都提出了宝贵的修改意见。最后, 我还要感谢在我写作过程中一直鼓励和支持我的家人和朋友们, 正是他们的陪伴和关心, 给予了我奋发向上的动力和克服困难的支撑。

基金项目

本论文得到了厦门国家会计学院 2019 年“云顶课题: Python 财务数据分析”项目的支持。

参考文献

- [1] Kuznets, S. (1995) Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, **45**, 1-28.
- [2] Panayyoutou, T., Perrings, C.A., Moler, K.G., et al. (1994) Conservation of Biodiversity and Economic Development: The Concept of Transferable Development Right. *Environmental and Resource Economics*, **4**, 91-93.
<https://doi.org/10.1007/BF00691934>
- [3] 赵细康, 李建民, 王金营, 周春旗. 环境库兹涅茨曲线及在中国的检验[J]. 南开经济研究, 2005(3): 48-54.
- [4] 许广月, 宋德勇. 中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据[J]. 中国工业经济, 2010(5): 37-47.
- [5] 成舸, 岳贤平. 基于环境库兹涅茨曲线的经济增长与碳排放相关性研究: 以江苏为例[J]. 商场现代化, 2011(5): 92-94.
- [6] 林伯强, 蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J]. 管理世界, 2009, 4(4): 27-36.

-
- [7] 陆虹. 中国环境问题与经济发展的关系分析——以大气污染为例[J]. 财经研究, 2000, 26(10): 53-59.
- [8] 宋马林, 王舒鸿. 环境库兹涅茨曲线的中国“拐点”: 基于分省数据的实证分析[J]. 管理世界, 2011(10): 168-169.
- [9] 王瑞玲, 陈印军. 我国“三废”排放的库兹涅茨曲线特征及其成因的灰色关联度分析[J]. 中国人口资源与环境, 2005, 15(2): 42-47.
- [10] 凌虹, 朱晓东, 王惠中, 尹荣尧, 王向华, 赵文珺. 苏州市经济增长与工业污染物排放的关系: EKC 如何[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 955-962.
- [11] 刘培林, 宋湛. 金融资产、资本和要素禀赋结构[J]. 改革, 2002(2): 82-88.
- [12] 顾富敏, 姚焕玫, 唐国滔, 覃楠钧. 广西工业废水污染状况及影响因素分析[J]. 工业用水与废水, 2013, 44(5): 5-9.
- [13] 吴世福, 苏英蕾. 广西经济发展与环境污染关系研究——基于环境库兹涅茨曲线的定量分析[J]. 现代商贸工业, 2009, 21(9): 81-82.