

Empirical Study on Economic Development and Environment Pollution in Fujian Based on Kuznets Curve Theory

Jiaxing Huang, Zihui Tang, Anna Wang, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian
Email: wannawanna1@foxmail.com

Received: Apr. 16th, 2020; accepted: May 2nd, 2020; published: May 9th, 2020

Abstract

This paper based on the environmental Kuznets theory, taking Fujian Province as an example, uses Python to estimate the EKC curve of the data, and analyzes the function curve between the degree of environmental pollution and economic development. Based on the environmental and economic statistics of Fujian Province from 2003 to 2017, this paper selects the representative environmental pollution index and economic development index, through the trend analysis of economic development and environmental pollution situation in the next few years, constructs the measurement model of "three wastes" emissions and per capita GDP in Fujian Province, and thus makes an empirical analysis of the Kuznets curve characteristics of environmental pollutant emissions in Fujian Province.

Keywords

Pollution Degree, Environmental Kuznets Curve (EKC Curve), GDP per Capita

基于库兹涅茨曲线理论的福建省经济发展与环境污染实证研究

黄家兴, 唐子惠, 王安娜, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门
Email: wannawanna1@foxmail.com

收稿日期: 2020年4月16日; 录用日期: 2020年5月2日; 发布日期: 2020年5月9日

摘要

本文基于环境库兹涅茨理论,以福建省为例,使用Python对数据进行EKC曲线估计,并对环境污染程度与经济发展之间的函数曲线进行分析。本文主要利用2003~2017年福建省的环境经济统计数据,选取具有代表性的环境污染指标与经济发展指标,通过对经济发展与环境污染状况进行未来几年的趋势分析,构建了福建省“三废”排放量与人均GDP的计量模型,从而对福建省环境污染物排放的库兹涅茨曲线特征进行了实证分析。

关键词

污染程度, 环境库兹涅茨曲线(EKC曲线), 人均GDP

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. 引言及文献综述

随着福建省经济的持续快速发展,尽管其十分注重环境的治理,但环境污染问题也变得越来越凸显,经济增长与环境污染之间的关系逐步成为者研究讨论的热点。福建省地处我国东南沿海,开放型经济体系不断完善,海峡西岸经济区建设也取得了十分显著的成就,但福建经济在高速发展的同时也引发了诸多环境问题,如大气污染、水污染和土壤污染等,经济与环境之间的矛盾并没有得到有效缓解。因此,需要采取更多合理的措施来逐步改善福建省经济与环境之间的协调性。

库兹涅茨曲线(Kuznets Curve)首先是经济学家库兹涅茨提出,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。该理论后来也经常被环境经济学家用来描述经济发展和环境污染之间的相关关系,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后再得以改善。环境库兹涅茨理论有力地驳斥了传统的“增长是有极限的”理论。近年来,国内学者在研究EKC时大多以T业污染“三废”为环境污染指标,如李鹏涛(2017)采用我国31省环境经济面板数据,研究发现:废水、废气和经济增长之间的关系均呈“倒U型”,拐点分别出现在人均国民收入为2.7万元左右和8.8万元左右[1];朱冉等人(2018)以1997~2015年成都市的工业废水、废气和固体废物产生量以及人均GDP为基础,研究发现:T业废水排放量与人均GDP之间呈线性关系并以较大速率下降,工业废气排放量和人均GDP之间呈“倒N型”关系,工业固体废弃物产生量和人均GDP之间呈倒“U”型关系[2]。可以看出环境库兹涅茨曲线的具体应用受到不同区域具体特征的影响可能会呈现出不同形状,但该理论对于研究经济发展方向、制定经济结构调整政策具有重大意义。本文试通过数据曲线分析对福建省内各地市环境污染程度进行分析。

2. 福建省经济发展及环境污染现状

2.1. 福建省经济发展现状

福建省县域各项社会事业加快发展,取得了可喜成就,民生状况得到不断改善,呈现出经济跨越

发展、社会和谐稳定的良好局面。近年福建省实现生产总值 35,804.04 亿元,按可比价格计算,比上年增长 8.3%,增幅比上年提高 0.2 个百分点[3]。分产业看,第一产业增加值 2379.82 亿元,增长 3.5%;第二产业增加值 17,232.36 亿元,增长 8.5%;第三产业增加值 16,191.86 亿元,增长 8.8%。福建的 GDP 总量虽然不高,但是人均 GDP 却不低,扣除直辖市外,近年福建省人均 GDP 9.12 万元,排名全国第三,仅次于江苏和浙江,高于广东,即使加上北京上海天津三个直辖市,仍然位于全国第六位,最近十年来福建的人均 GDP 增长率约为 11.85%,所以福建在人均方面呈现整体上升趋势并且占据一定优势(见表 1)。

Table 1. Actual GDP and Per capita GDP of environment pollution in Fujian Province, 2003~2017
表 1. 2003~2017 年福建省实际 GDP 及人均 GDP

年份	GDP/亿元	通货膨胀率/%	总人口/万人	人均 GDP/元/人
2003	3764.54	2.0615	3410.00	13,869.56
2004	4072.85	2.0431	3445.00	15,269.51
2005	4467.55	0.6049	3476.00	17,735.43
2006	4983.67	2.6054	3502.00	20,354.87
2007	5763.35	6.9543	3529.00	23,763.53
2008	6554.69	3.9026	3557.00	27,591.82
2009	7583.85	3.9279	3585.00	33,448.84
2010	9248.53	7.7492	3612.00	37,336.38
2011	10,823.01	7.7918	3639.00	43,677.56
2012	12,236.53	-0.2105	3666.00	51,366.64
2013	14,737.12	6.8811	3693.00	56,719.41
2014	17,560.18	8.0756	3720.00	62,708.69
2015	19,701.78	2.3351	3748.00	67,631.00
2016	21,868.49	2.1610	3774.00	72,835.46
2017	24,055.76	0.7912	3806.00	79,209.46

2.2. 福建省环境污染现状

福建省正在加大力度整治环境问题,虽然全省 68 个城市环境空气中二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物(PM₁₀)和细颗粒物(PM_{2.5}),一氧化碳和臭氧按照《环境空气质量标准》(GB3095-2012)来评价,空气质量达标(达到国家二级标准)[4],但是仍然存在废气排放影响居民的情况,永安市尼葛开发园区是 1992 年经省人民政府批准成立的省级开发区,开发区内企业众多、行业复杂,2015 年又通过总体规划,园区周围配套建设尼葛商业城、浩宇小区等商住小区,园区周边及园区内的居民敏感点距离工业园区较近,对工业园区异味的感官明显,虽然开发区采取了一系列措施推进园区企业臭味治理,但群众仍集中反映该开发区“排放臭气好几年了”、“非常难闻”、“影响周边居民生活”等问题。

福建省环境基础设施建设略显滞后,福州市污水收集管网严重不足,主城区生活污水收集处理率仅为 66%,每天约 22.7 万吨生活污水直排城市内河,仍存在诸多废水问题,福州市闽侯县污水处理厂提标改造完成,夜晚恶臭扰民问题仍未消除。其他市也存在废水处理问题,龙岩市连城县坪头煤业有限公司

有部分垃圾填埋场渗滤液渗漏进来, 该公司将渗滤液与矿井涌水一同抽至沉淀池处理排放后, 导致农田污染。

福建省危险废物、医疗废物均得到有效处置, 处置率达 100%, 近年来进口固体废物总量有所下降, 全省危险废物持证经营单位有所增长。但仍然存在村民以废线路板为原料非法冶炼制铜, 严重污染环境。

3. 数据来源及研究方法

3.1. 数据来源

目前我国用来测量环境污染程度的指标主要依据大气污染物排放量、污水排放标准、污染物排放标准以及环境噪声排放量。相关学者在此基础上使用三种废弃物的排放量来衡量环境污染程度[5]。国际上通常使用人均 GDP 作为衡量经济发展状况的标准。所以, 本文基于数据获取的难易程度以及计算便捷程度, 将人均 GDP 值设置为经济发展状况的指标, 同时选取三种工业废弃物作为环境污染程度的衡量指标。文中所使用数据从 2004~2018 年《福建省统计年鉴》查询获得。数据资料显示, 自 2003 年起福建省人均 GDP 数值总体呈直线上升趋势; 工业废水排放总量总体呈下降趋势, 其中峰值出现在 2011 年, 工业废水排放量高达 177,185 万吨, 此后急速下降; 工业废气排放总量在 2003~2014 年间呈上升趋势, 此后下降; 工业固体废弃物排放总量虽然有起落, 但总体在 2003~2013 年间呈现上升趋势, 之后下降(见表 2)。

Table 2. Economic and Environmental Indicators of Fujian Province, 2003~2017
表 2. 2003~2017 年福建省经济环境指标

年份	GDP/亿元	总人口/万人	工业废水排放量/万吨	工业废气排放总量/亿标立方米	工业固体废弃物总量/万吨
2003	3764.54	3410.00	57,614.22	2828.07	2190.46
2004	4072.85	3445.00	111,974.27	3305.24	5133.09
2005	4467.55	3476.00	78,510.79	3564.60	4130.96
2006	4983.67	3502.00	98,388.20	4188.61	2980.78
2007	5763.35	3529.00	115,227.50	5020.23	3361.22
2008	6554.69	3557.00	130,939.50	6264.91	3772.50
2009	7583.85	3585.00	127,583.41	6883.77	4237.54
2010	9248.53	3612.00	136,407.77	9747.38	4814.86
2011	10,823.01	3639.00	139,996.92	9149.97	5370.86
2012	12,236.53	3666.00	142,746.99	10,497.10	6348.91
2013	14,737.12	3693.00	124,168.21	13,507.13	7486.58
2014	17,560.18	3720.00	177,185.62	14,972.89	4414.89
2015	19,701.78	3748.00	106,319.29	14,739.28	7719.54
2016	21,868.49	3774.00	104,657.99	16,183.33	8536.88
2017	24,055.76	3806.00	102,051.74	18,383.25	4843.90

3.2. 研究方法

要研究人均 GDP 与人均工业废水排放量、人均工业固体废物生产量之间的关系, 并能够较准确的预

测其发展, 首先要建立福建省人均 GDP 的切比雪夫预测模型, 其计量模型为:

$$X = aT_0 + bT_1 + cT_2 \quad (1)$$

X 代表人均 GDP, T_0 、 T_1 、 T_2 分别为多项式中的三个自变量年份、样本起始时间 2003 年、预测结束时间 2020 年, a 、 b 、 c 分别为自变量的系数。

关于经济发展与环境污染定量关系, 最经典是环境库兹涅茨曲线(EKC)理论模型, 该理论很好解释了两者定量关系以及内在机制[6]。目前主要有线性、二次, 三次等曲线研究模型, 本文根据可获得的福建省经济发展与环境污染现状的特点, 选择对人均 GDP 与人均工业废水排放量、人均工业固体废物生产量之间的关系建立一元三次曲线方程, 其计量模型为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \beta_3x^3 \quad (2)$$

选择对人均 GDP 与人均工业废气排放量之间的关系建立一元二次曲线方程, 其计量模型为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 \quad (3)$$

Y 代表福建省环境污染排放量, x 是人均 GDP, 参数 β_0 、 β_1 、 β_2 、 β_3 取值不同, 反映的经济发展与环境污染的关系不同, 具体如下:

- 1) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, 表示经济发展与环境污染状况直接没有关系;
- 2) $\beta_1 > 0$, 且 $\beta_2 = \beta_3 = 0$, 表示经济发展与环境污染状况呈线性正相关关系, 即经济增长会引起环境污染状况的恶化;
- 3) $\beta_1 < 0$, 且 $\beta_2 = \beta_3 = 0$, 表示经济发展与环境污染状况呈线性负相关关系, 即经济增长不会引起环境状况的恶化;
- 4) $\beta_1 > 0$, 且 $\beta_2 < 0$, $\beta_3 = 0$, 表示经济发展与环境状况的关系曲线与环境库兹涅茨曲线相吻合, 呈现出倒“U”型的曲线关系, 即 EKC, 也就是说环境污染状况会逐渐恶化, 在经过转折点后得以改善, 逐渐转好;
- 5) $\beta_1 < 0$, 且 $\beta_2 > 0$, $\beta_3 = 0$, 表示经济发展与环境状况的关系曲线与环境库兹涅茨曲线相反, 呈现出正“U”型的曲线关系, 也就是说环境污染状况会变好而后逐渐恶化。
- 6) $\beta_1 > 0$, 且 $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$, 表示经济发展与环境状况的关系曲线呈现出“N”型的曲线关系, 也就是说环境污染状况会随经济发展先恶化再改善, 当经济持续增长环境质量会又陷入恶化境地;
- 7) $\beta_1 < 0$, 且 $\beta_2 > 0$, $\beta_3 < 0$, 表示经济发展与环境状况的关系曲线呈现出倒“N”型的曲线关系, 也就是说环境污染状况会随经济发展先改善再恶化, 当经济持续增长环境质量会又回归改善。

利用 Python 软件中的 Numpy 库和 Matplotlib 库对福建省 2003~2017 年工业“三废”排放总量和人均 GDP 进行了数据分析、预测并绘制关系曲线, 可以更直观地分析环境库兹涅茨曲线。

4. 福建省经济发展指标与环境污染库兹涅茨曲线分析

如图 1, 福建省人均 GDP 的切比雪夫多项式预测模型为:

$$X = 46269.0202T_0 + 46008.6879T_1 + 11806.5271T_2 \quad (4)$$

其可决系数为 0.9958, 非常接近于 1, 说明拟合效果较好。

福建省环境指标与人均 GDP 建立的一元二次曲线模型结果如表 3 所示。曲线回归模拟结果显示, 福建省的人均工业废水排放量、人均工业固体废物生产量与人均 GDP 之间关系呈现出“N”型的曲线关系, 而福建省的人均工业废气排放量与人均 GDP 之间关系基本符合环境库兹涅茨曲线(倒 U 型)。

表 1 福建省工业“三废”排放与人均 GDP 模型拟合结果。

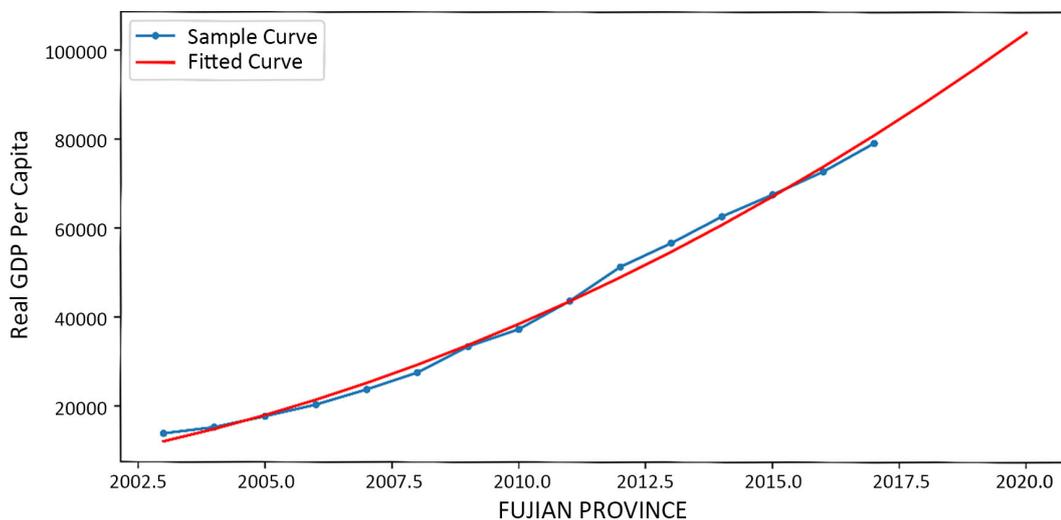


Figure 1. Actual and projected per capita GDP in Fujian province, 2003~2020

图 1. 2003~2020 年福建省实际及预测人均 GDP

Table 3. Fitting results of Industrial “Three waste” emission and per capita GDP model in Fujian province

表 3. 福建省工业“三废”排放与人均 GDP 模型拟合结果

指标	工业废水排放量	工业废气排放量	工业固体废物生产量
β_0	5146	-5876	-567.4
β_1	2.478	1.484	0.1259
β_2	$-5.326e^{-5}$	$-1.071e^{-5}$	$-2.056e^{-6}$
β_3	$3.016e^{10}$	-	$9.441e^{12}$
R^2	0.8006	0.9751	0.5649
R	0.8948	0.9875	0.7516
极值点 1	31917.6732	69288.8949	43914.1013
极值点因变量值 1	39789.7342	45547.0399	1797.7623
极值点 2	85813.5393	-	101246.7976
极值点因变量值 2	16183.1898	-	908.1923

4.1. 工业废水排放量的环境库兹涅茨曲线

在图 2 中，人均 GDP 与人均工业废水排放量的二次曲线趋势模型为：

$$Y = 5146 + 2.478x - 5.326e^{-5}x^2 + 3.016e^{-10}x^3 \quad (5)$$

从可决系数可以看出，拟合效果较好，曲线呈现出“N”型的曲线特征，第一个转折点是人均 GDP 为 31,917.6732 元(即 2009 年左右)，第二个转折点是人均 GDP 为 85,813.5393 元(即预计为 2018 年左右)。现阶段处于接近第二个转折点的位置，说明随着经济的增长，工业废水排放量已经经过先恶化再改善的阶段，但随着经济的进一步增长，接下来工业废水排放量可能转向恶化增加的趋势。

根据拟合结果和图表可以看出，福建省人均 GDP 与工业废水排放总量之间呈现“正 N 型”关系，意味着当人均 GDP 持续增加时，福建省工业废水排放总量会经历增加到减少再增加的过程。由图可以看

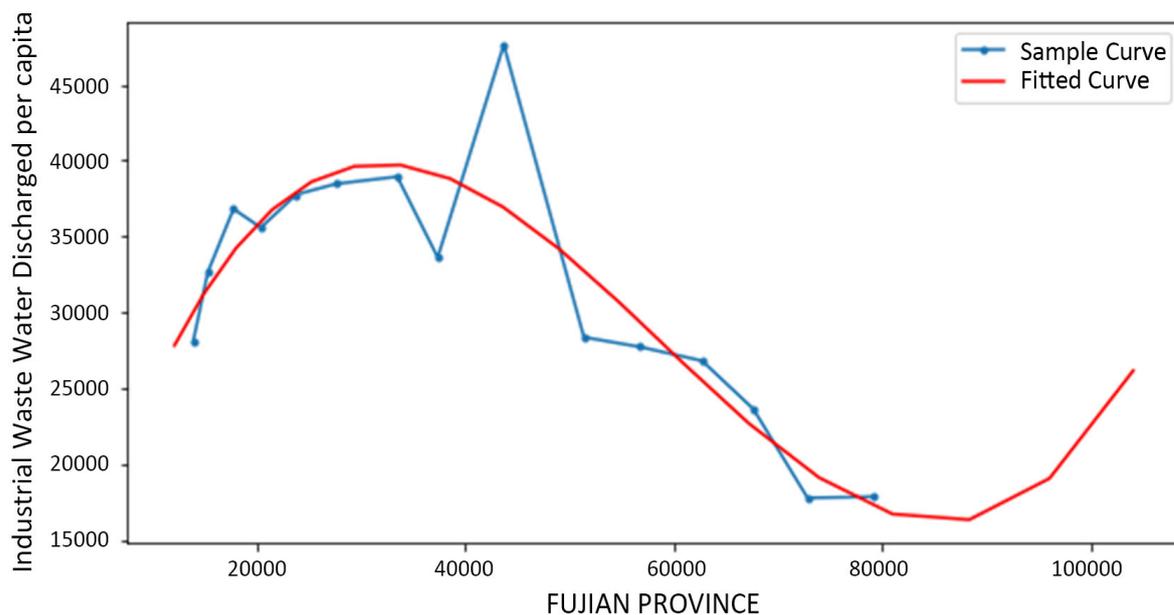


Figure 2. Fitting figure of triple curve model between industrial wastewater discharge and per capita GDP in Fujian province

图 2. 福建省工业废水排放量与人均 GDP 三次曲线模型拟合图形

出, 2003~2011 年间, 当人均 GDP 持续增加时, 工业废水排放总量总体的趋势是增加的, 在 2011 年出现废水排放的峰值, 当人均 GDP 超过 40,000 元时, 工业废水排放的速度迅速减缓, 并且根随着拟合曲线(人均 GDP)的增加, 工业废水排放逐渐减少但后期会出现回升。因此可以看出, 福建省在经济高速发展的前期和后期阶段, 工业废水的污染程度是截然不同的, 在经济发展的初期阶段, 工业废水排放逐年增加, 福建省政府更加着重于发展经济, 牺牲部分生态是迫不得已的选择; 而在经济发展的后期, 福建省经济水平提高, 政府也充分认识到水资源是经济社会可持续发展的重要性资源, 福建省人民政府办公厅于 2008 年提出狠抓污水、垃圾处理收费政策的落实, 各地区要按照《福建省人民政府关于 2008 年度主要污染物总量减排工作的意见》[7]做部署。但废水排放未来仍会出现增长趋势, 政府需要加强把控, 贯彻生态保护政策。

4.2. 工业废气排放量的环境库兹涅茨曲线

在图 3 中, 人均 GDP 与人均工业废气排放量的二次曲线趋势模型为:

$$Y = -5876 + 0.07369x - 1.071e^{-5}x^2 \quad (6)$$

从可决系数可以看出, 拟合效果较好, 曲线符合环境库兹涅茨“倒 U 型”特征, 转折点是人均 GDP 为 69,288.8949 元(即 2016 年左右)。现阶段已处在拐点右侧, 说明随着经济的增长, 工业废气排放量基本越过恶化阶段开始向好发展。

根据方程拟合结果可以看出, 福建省人均 GDP 与工业废水排放总量两者之间呈现倒“U”型曲线特征, 基本与环境库兹涅茨曲线相吻合。意味着随着人均 GDP 的增长, 福建省工业废水排放总量会先增加、再减少。同时, 由图可以看出, 2003~2015 年福建省工业废气污染处于倒“U”型曲线的左部, 随着人均 GDP 的增长, 废气排放总量在迅速增加, 随后减少。在人均 GDP 超过 60,000 元时, 废气排放量呈减少趋势。2015 年新《环保法》实施, 对排废企业的处罚力度进一步加大, 相关企业相应的需要改造环保设备, 加大环保投入。

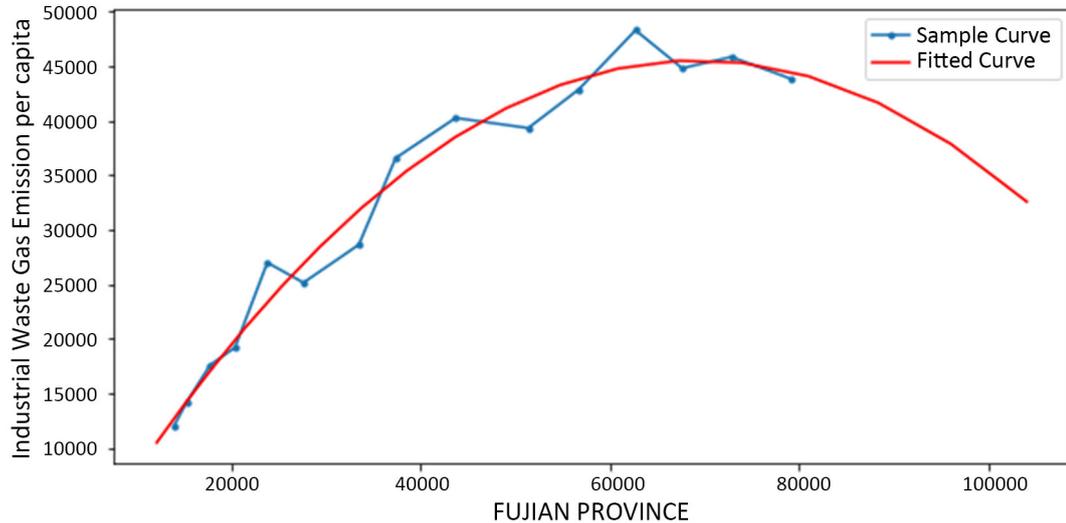


Figure 3. Fitting figure of quadratic curve model between industrial gas emission and per capita GDP in Fujian province

图 3. 福建省工业废气排放量与人均 GDP 二次曲线模型拟合图形

4.3. 工业固体废物生产量的环境库兹涅茨曲线

在图 4 中, 人均 GDP 与人均工业固体废物生产量的二次曲线趋势模型为:

$$Y = -567.4 + 0.1259x - 2.056e^{-6}x^2 + 9.441e^{-12}x^3 \quad (7)$$

从可决系数可以看出, 拟合效果一般, 曲线呈现出“N”型的曲线特征, 第一个转折点是人均 GDP 为 43,914.1013 元(即 2011 年左右), 第二个转折点是人均 GDP 为 101,246.7976 元(即预计为 2020 年左右)。现阶段处于接近第二个转折点的位置, 说明随着经济的增长, 工业固体废物生产量已经经过先恶化再改善的阶段, 但随着经济的进一步增长, 未来几年工业固体废物生产量可能再次转向恶化增加的趋势。

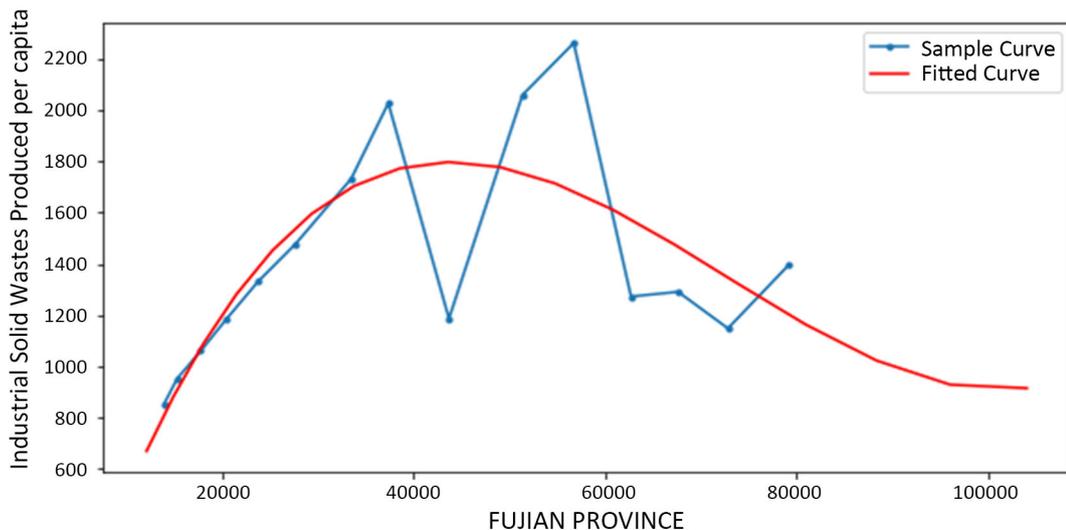


Figure 4. Fitting figure of triple curve model between industrial solid waste production and per capita GDP in Fujian province

图 4. 福建省工业固体废物生产量与人均 GDP 二次曲线模型拟合图形

由图可以看出, 福建省人均 GDP 与工业固体废弃物之间呈现环境库兹涅茨曲线关系, 随着人均 GDP

的增长,工业固体废弃物总量经历了迅速上升,随后下降的过程。

其中,下降的拐点出现在人均 GDP 为 40,000 元到 50,000 元之间,也就是意味着在 2013 年以后,随着人均 GDP 的增加,福建省工业固体污染物数量在逐渐减少。这表明,自 2013 年以来福建省工业固体废弃物排放治理初见成效,并且有持续变好的趋势。为了全面提升环保装备产业水平,为建设资源节约型、环境友好型社会提供有效支撑和保障,2012 年工业和信息化部、财政部制定了《环保装备“十二五”发展规划》,重点针对二恶英、铬渣等危险废物及生活垃圾、污泥处置等领域,加快研发二恶英控制脱除技术设备,重金属污染土壤修复技术设备,铬渣等重金属废渣无害化处理技术设备,大型城市生活垃圾减量化成套设备,生活垃圾热解气化燃烧成套技术装备,填埋气体焚烧设备,高效低能耗污泥浓缩脱水设备,城市污水处理厂污泥半干法、炭化及焚烧成套设备,疏浚污泥处理与资源化设备,生活垃圾焚烧飞灰稳定化处理设备,餐厨垃圾预处理成套设备,鼓泡流化床污泥焚烧炉,粪便无害化、资源化处理成套设备,农村有机废弃物处理成套设备,废旧线路板处理装置等的应用推广[8]。

5. 结论及建议

福建省 2003~2018 年三种类型的污染物排放量与人均 GDP 之间有相关关系且均符合环境库兹涅茨曲线。人均 GDP 与工业废水排放总量、工业废气排放量、工业固体废弃物排放量三种指标呈现倒“U”型曲线关系,表明福建省环境污染问题正在得到改善。这与福建省政府部门的重视、人们环保意识的加强以及科学技术的进步是密不可分的,同时可以看出上述这三点正是经济社会高效发展的前提要求。针对福建省目前的环境问题提出以下建议:

首先,福建省需要推动加大技术创新,深化产业结构,积极利用可再生能源、清洁能源等具有科技含量且对环境污染程度较小的能源,利用优美的自然风光和人文特色发展旅游业,将促进 GDP 增长的主要动力由第二产业过渡到第三产业。

其次,进一步强化社会环保意识、倡导居民绿色生活。政府要加大生态文明建设的宣传,进一步强化居民环保意识,同时政府需要扶持环保产业,必要时可以行政手段严惩污染行为,以此提升各大企业的环保意识。

参考文献

- [1] 李鹏涛. 中国环境库兹涅茨曲线的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2017(S1): 31-33.
- [2] 朱冉. 成都市在产业转移下的经济增长和污染:环境库兹涅茨曲线的启示[C]//中国地理学会经济地理专业委员会. 2017 年中国地理学会经济地理专业委员会学术年会论文摘要集. 中国地理学会经济地理专业委员会: 中国地理学会, 2017: 96.
- [3] 祝丹. 福建省人均 GDP 预测模型及其应用[J]. 闽南师范大学学报:哲学社会科学版, 2008, 22(2): 35-39.
- [4] 福建省生态环境厅. 2018 年福建省生态环境状况公报[EB/OL]. http://sthjt.fujian.gov.cn/zwgk/kjjc/hjzl/qshjzkgb/201906/t20190604_4892626.htm, 2019-06-04.
- [5] 王懿. 安徽省环境库兹涅茨曲线现状分析[J]. 蚌埠学院学报, 2020, 9(1): 47-52.
- [6] 魏雪梅. 基于库兹涅茨曲线的福州市经济发展与环境污染关系研究[J]. 绿色科技, 2019(24): 143-147.
- [7] 福建省人民政府关于 2008 年度主要污染物总量减排工作的意见[J]. 福建省人民政府公报, 2008(17): 5-36.
- [8] 中华人民共和国工业和信息化部. 中华人民共和国财政部. 环保装备“十二五”发展规划[EB/OL]. <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1146592/n3917132/n4061768/n4061770/n4061771/n4061772/c4076366/content.html>, 2012-03-01.