

# Analysis of the Current Situation of Kuznets Curve in Fujian Province

Jie Gu, Yang Jiao, Lin Lin, Huqing Yan

Xiamen National Accounting Institution, Xiamen Fujian  
Email: 903310185@qq.com

Received: Apr. 27<sup>th</sup>, 2020; accepted: May 20<sup>th</sup>, 2020; published: May 27<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Recently, the government departments pay more and more attention to environmental protection and ecological civilization construction, because the economic development and environmental pollution are always inseparable. According to Kuznets, the economist, the environmental quality will gradually deteriorate with the development of economy and then improve after reaching a turning point. This theory is called Kuznets curve theory. Based on this theory, this paper takes three indicators of environmental pollutants and economic development indicators in Fujian Province for example, and then uses Python language to analyze it. The research results show that the relationship between the pollutant emission index and per capita GDP in Fujian Province conforms to the characteristics of the Environmental Kuznets curve, and the overall environmental situation is developing well.

## Keywords

Environmental Pollution, Kuznets Curve, GDP Per Capita

---

# 福建省环境库兹涅茨曲线现状分析

顾洁, 焦阳, 林琳, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门  
Email: 903310185@qq.com

收稿日期: 2020年4月27日; 录用日期: 2020年5月20日; 发布日期: 2020年5月27日

---

## 摘要

近年来, 政府部门对环境保护与生态文明建设的重视程度越来越高, 这是因为经济发展和环境污染这两

个话题总是难以分割的。经济学家库兹涅茨提出,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得以改善,这一理论被称为库兹涅茨曲线理论。本文基于该理论,以福建省近二十年的三种具有代表性的环境污染物指标与经济发展指标数据为例,使用Python语言对数据进行库兹涅茨曲线分析,研究结果显示,福建省污染物的排放量指标与人均GDP之间的关系符合环境库兹涅茨曲线特征,并且环境状况总体向好发展。

## 关键词

环境污染, 库兹涅茨曲线, 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

随着我国经济的不断增长,环境污染的问题也日益严重。党的“十九大”报告表明要不断加大生态环境保护力度,以期实现生态环境和经济有效增长的可持续协调发展。经济发展会造成环境破坏,从而影响到我们的正常生活,但是保护环境却很可能对经济发展起到一定的制约作用。因此,研究环境污染与经济发展之间的关系,是我们应当迫切关注的话题。本文主要利用库兹涅茨曲线对经济指标和环境污染指标之间的关系进行分析。所谓的库兹涅茨曲线是由获得诺贝尔奖的经济学家库兹涅茨首先提出,后来该理论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,即当一个国家经济发展水平较低时,环境污染程度随经济的增长而加剧;而当经济发展达到一定水平后,环境污染程度又会逐渐减缓。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,有的呈现出“N型”关系,还有的呈现出“U型”、“线型”、“倒U型”等关系。为了更深度探究经济发展和环境污染之间的关系,本文以福建省为例,并从环境库兹涅茨曲线模型出发,通过选取并整理近二十年福建省的人均GDP和三种具有代表性的污染物指标数据,运用Python语言对二者关系进行走势分析。并在此基础上,结合当前经济发展的方向,为福建省的生态文明建设提供理论依据。

美国经济学家库兹涅茨(1995) [1]首次提出经济发展与人均财富差距变化的关系呈现出倒“U”形曲线的假说,因此被命名为库兹涅茨曲线。Panayotou (1996) [2]借用库兹涅茨的倒“U”型曲线来描述环境质量与人均收入间的关系,首次被称为环境库兹涅茨曲线(EKC)。环境库兹涅茨曲线大量地被应用于探讨环境和经济发展关系的研究中。张剑(2019) [3]在研究烟台市生产总值与环境污染状况关系时,发现2001~2017年,烟台市工业固体废物产生量、烟(粉)尘排放量、废水排放量与人均GDP均呈倒“N”型关系,二氧化硫排放量与人均GDP呈倒“U”型关系,且各曲线均已达到拐点,符合环境库兹涅茨曲线的特征。尚杰、李新、邓雁云(2016) [4]在研究黑龙江省农业面源污染与农业经济增长时发现,化肥、农药、地膜和畜禽粪便均与人均农业总产值之间存在环境库兹涅茨曲线关系,有的呈现出“N型关系”,有的呈现出“倒U型”关系,有的呈现出“倒N型”关系。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。李春梅(2017) [5]研究结果表明北京市的经济发展与大气环境之间呈现出“U”型、“N”型等关系。据此认为,传统的“环境库兹涅茨曲线”并不一定完全适用于北京市的情况。柯文岚(2011) [6]等人认为山西省存在着环境库兹涅茨曲线,并且随着经济的增长环境正在不断恶化。王懿(2020) [7]认为安徽省

2007~2017 年污染物的排放量与人均 GDP 之间有相关关系且均符合环境库兹涅茨曲线。此处以福建经济及环境特征为例验证环境库兹涅茨曲线,以探寻福建省经济发展状况与环境质量状况的关系为目的,为进一步促进福建省经济发展与环境可持续发展提供参考与借鉴,并丰富环境库兹涅茨曲线的相关理论假设。

## 2. 福建省经济与环境发展状况

### 2.1. 经济总量

福建省地处中国东南部,东隔台湾海峡与台湾省相望,东北与浙江省毗邻。作为中国大陆重要的出海口,也作为中国与世界交往的重要窗口和基地,福建省经济发展状况良好。由图 1 可以看出,福建省经济 20 年来维持快速平稳增长态势,1998~2010 年间,地区生产总值在波动中快速增长,年增长速度在 2002 年和 2008 年分别出现下降,但在接下来的一年中又分别回升。其中,2007 年增长率达到最高,为 21.95%。2011 年以后,GDP 年增长率逐减慢,呈现出经济增长“新常态”,但仍保持在 10%左右,超过全国平均水平。与 1990 年相比,2017 年 GDP 增长了 9 倍多。福建省的经济增长较为依赖于工业,每年大约有超三分之一甚至过半的经济增长由工业拉动。

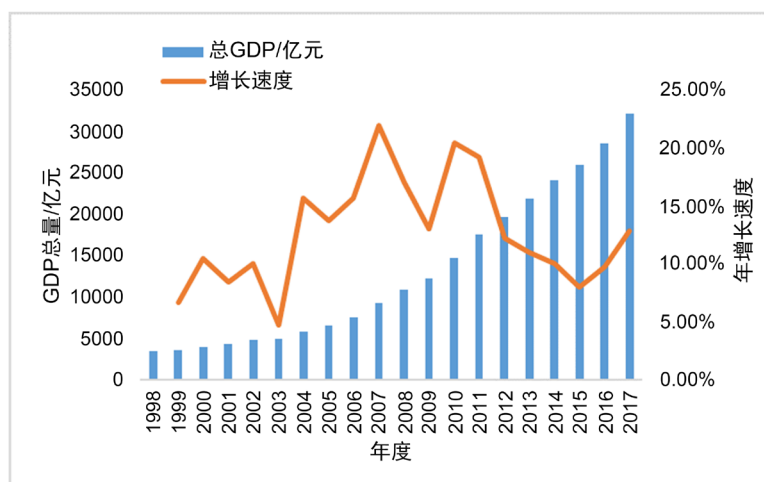


Figure 1. Total GDP in Fujian Province from 1998 to 2017

图 1. 福建省 1998~2017 年 GDP 总量

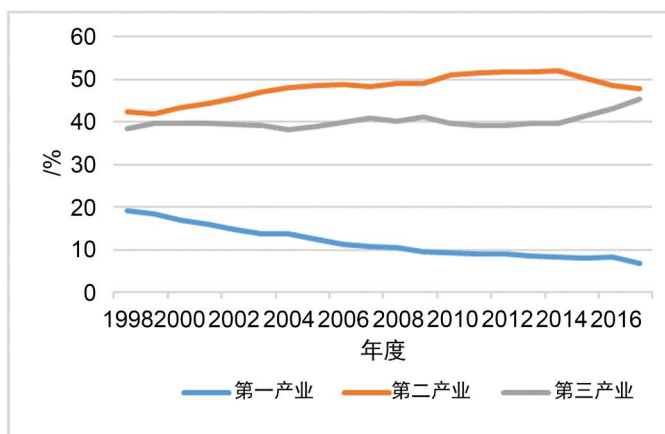
### 2.2. 产业结构

1998 年至 2017 年,福建省不断调整和优化产业结构。如图 2,第一产业比重持续下降,2017 年相比 1998 年下降至 12.4%,第二产业比重呈现先升后降的趋势,第三产业比重在 2014 年之前呈现较为稳定的状态,在近三年却有快速增长的苗头,2017 年占比达 45.4%。通过上图不难发现,近年来,福建省突出发展服务业和高新技术产业,高新技术产业工业产值占工业总产值的比重不断提升,初步形成以服务业为主体、高新技术产业为主导的产业结构。为了持续推动高新技术产业的发展,研究人均 GDP 和环境污染之间的关系显得尤为重要。

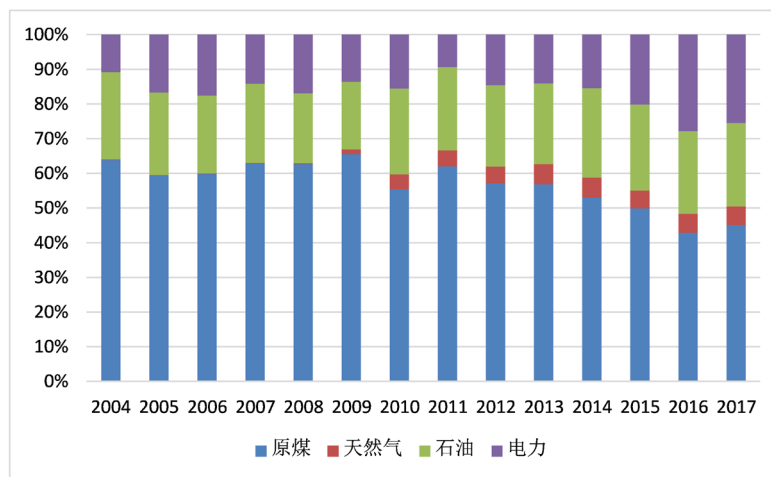
### 2.3. 能源消费结构

由图 3 可见,2004~2017 年,福建省规模工业能源消费结果发生较大变化,天然气比重逐步上升,到 2013 年占比达 5.8%;电力比重先升后降再上升过程;石油占比并没有太大的变化;原煤消费比重经历了先下降后上升再下降的过程,在 2009 年达到最大值,2010 年以后,随着节能减排工作的深入推进,

煤消费比重持续下降,清洁能源比重上升,这与福建省 2005 年起实施严格总量减排控制有关。能源消费结构的变化与环境污染息息相关,下面一部分就将进行相关分析。



**Figure 2.** Changes of industrial structure in Fujian province from 1998 to 2017  
**图 2.** 福建省 2008~2017 年产业结构变化



**Figure 3.** Structure of industrial energy consumption from 2004 to 2017  
**图 3.** 福建省工业能源消费结构

### 3. 数据来源及研究方法

#### 3.1. 数据来源

部分学者认为环境库兹涅茨曲线受到多种因素影响,因此选择合适的测量指标有利于更科学地衡量经济发展水平与环境状况之间的关系。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。经济发展状况的衡量指标主要分为宏观经济指标与微观经济指标,国际上通常使用人均 GDP (宏观经济指标)作为衡量标准。所以,本研究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。文中所使用数据均从《福建省统计年鉴》查询获得。数据资料显示,自 1998 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

177,185.62 万吨, 2011~2016 年期间呈现急速下降趋势; 工业废气排放总量大体上呈上升趋势, 1998~2006 年处于缓慢上升期, 2006~2014 年工业废气排放总量急速上升, 在 2014 年之后排放量有缓慢减少的趋势; 工业固体废弃物排放总量在 2013 年达到最大值后, 总体呈现下降趋势(见表 1)。

**Table 1.** Economic environment indicators in Fujian Province from 1998 to 2017

**表 1.** 1998 年~2017 年福建省经济环境指标

年份	总 GDP (单位: 亿元)	总人口 (单位: 万人)	工业废水排放量 (单位: 万吨)	工业废气排放量 (单位: 亿立方米)	工业固体废弃物产生总量 (单位: 万吨)
1998	3341.89	3299	53,000.00	2007.00	1086.00
1999	3550.24	3316	53,619.00	2320.00	1589.00
2000	3988.49	3410	57,617.00	2828.00	2190.00
2001	4325.58	3440	69,724.00	3305.24	2133.09
2002	4760.33	3466	78,510.79	3564.60	3130.96
2003	4983.67	3502	98,388.20	4188.61	2980.78
2004	5763.35	3529	115,227.50	5020.23	3361.22
2005	6554.69	3557	130,939.50	6264.91	3772.50
2006	7583.85	3585	127,583.41	6883.77	4237.54
2007	9248.53	3612	136,312.87	9,747.38	4814.86
2008	10,823.01	3639	139,996.92	9,149.97	5370.86
2009	12,236.53	3666	142,746.99	10,497.10	6348.91
2010	14,737.12	3693	154,168.21	13,507.13	7486.58
2011	17,560.18	3720	177,185.62	14,972.89	7414.89
2012	19,701.78	3748	106,319.29	14,739.28	7719.54
2013	21,868.49	3774	104,657.99	16,183.33	8536.88
2014	24,055.76	3806	102,051.74	18,383.25	4843.90
2015	25,979.82	3839	90,741.41	17,204.24	4956.27
2016	28,519.15	3874	68,872.15	17,761.03	4449.23
2017	32,182.09	3911	69,860.45	17,139.00	5461.57

### 3.2. 研究方法

一个地区经济的发展导致环境污染的相关变化, 其实是以牺牲环境保护为代价来促进经济的增长。当经济增长所带来的收益大于缓解环境污染的力度时, 会表现为随着经济的增长水环境污染逐渐加重, 反之则环境污染逐渐减轻。

环境库兹涅茨曲线理论具体解释为一开始随着经济的增长, 污染指标随之增长; 随着时间推移, 人们开始意识到保护环境的重要性, 随后污染指标随着经济增长反而表现为下降趋势。即环境污染与经济增长之间为“倒 U 型”曲线关系。但是, 库兹涅茨曲线的形态并不总是保持为经典的倒“U”型, 由于区域经济发展水平不同, 不同地区往往有不同的表现形式。众多的研究中也出现过“N 型”、“倒 N 型”、“U 型”、线型等不同形式。本文根据福建省环境质量指标的可获得性, 选取三种: 人均工业废水排放量( $Y_{1t}$ )、人均废气排放量( $Y_{2t}$ )、人均工业固体废弃物排放量( $Y_{3t}$ )。对于经济增长指标, 选择人均 GDP。模型所用数据来源于《福建省统计年鉴》(1990~2018)。本文根据福建省经济及环境发展的特点, 选择“倒 U 型”形式, 并将模型设定为如下三个:

$$Y_{1t} = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \alpha_2 X_t^2 + \delta_t \quad (1)$$

$$Y_{2t} = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_t^2 + \delta_t \quad (2)$$

$$Y_{3t} = \chi_0 + \chi_1 X_t + \chi_2 X_t^2 + \delta_t \quad (3)$$

模型确定后, 利用 Python 进行数据拟合分析。

## 4. 福建省经济发展指标与环境污染方程拟合结果分析

### 4.1. 工业固体废物排放总量的方程拟合

如图 4, 工业固体废物产生量与人均 GDP 总体呈现“倒 U 型”曲线特征。其中 GDP 的切比雪夫多项式模型为:

$$\text{GDP} = 30869.713T_0 + 39524.3931T_1 + 14164.319T_2 \quad (4)$$

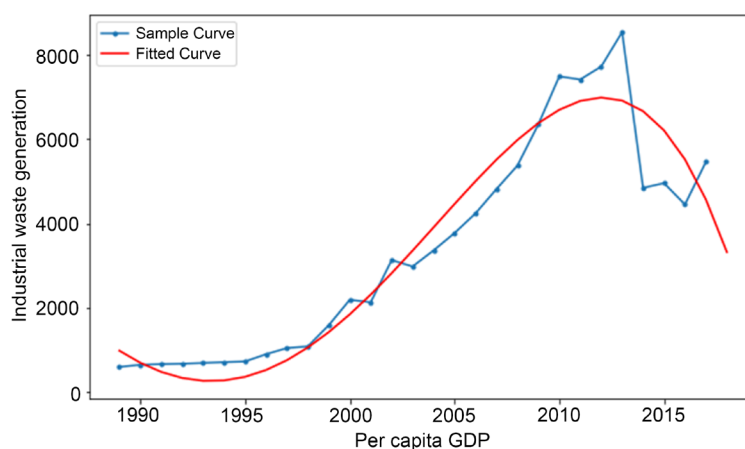


Figure 4. Industrial waste generation

图 4. 工业固体废物

拟合方程为:

$$Y_{1t} = -3.048e^{-6}x^2 + 0.3041x - 598.7 \quad (5)$$

回归方程拟合较好,  $R^2$  为 0.9094, 一阶导函数为:

$$Y'_{1t} = -6.097e^{-6}x + 0.3041 \quad (6)$$

极值点为(49,884.0954, 6986.7409)。因此, 在收入水平较低阶段, 工业固体废物产生量随着人均 GDP 增加不断增加, 而当人均 GDP 达到 49,884.0954 时, 也就是大约在 2013 年时, 工业固体废物产生量达到最大为 6986.7409。现阶段的固体废物排放量已处在极值点右侧, 说明随着人均 GDP 的增长, 工业固体废物产生量已经越过恶化阶段开始向好发展。

对比实际的工业固体废物排放量, 拟合结果具备参考价值。数据显示, 2013 年福建省工业废物排放量达到峰值, 为 8536.88。对比拟合曲线, 2014 年实际的排放量骤降, 这主要是因为当年的工业固体废物的综合利用量有了大幅增加。而 2017 年工业固体废物排放量有所增加, 与整体下降趋势不符。研究发现, 虽然发展工业导致了排放量的增加, 但是同年固体废物的处置量和综合利用量都有更高比例的增长, 努力降低对环境的破坏。根据拟合情况, 说明福建省自 2013 年以来, 固体废物处理措施已经取得显著进展, 并且有持续变好的趋势。



## 4.2. 工业废气排放量的方程拟合

如图 5, 工业废气排放量与人均 GDP 总体呈现“倒 U 型”曲线特征。其中 GDP 的切比雪夫多项式模型为:

$$GDP = 49723.839T_0 + 66041.735T_1 + 21827.536T_2 \quad (7)$$

拟合方程为:

$$Y_{2t} = -2.423e^{-6}x^2 + 0.4308x - 625 \quad (8)$$

回归方程拟合较好,  $R^2$  为 0.9749, 一阶导函数为:

$$Y'_{2t} = -4.846e^{-6}x + 0.4308 \quad (9)$$

极值点为(88,892.5102, 18,520.6088)。根据方程结果可以看出, 安徽省人均 GDP 与工业废气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, 福建省工业废气排放总量会先增加、再减少。同时, 由图 2 可以看出, 1989~2014 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。2015 年以后, 福建省工业废气排放量呈递减的趋势, 工业废气的排放已经越过恶化阶段开始向好发展。

根据实际的工业废气排放数据, 拟合预测结果具备参考价值。数据显示, 福建省工业废气排放量在 2014 年达到峰值, 为 18,383.25。而后几年, 虽然排放量在 2016 年略有上涨, 但总体呈现出下降趋势。说明在经济发展到一定程度之后, 人们开始重视工业发展对环境造成的污染。随着环境保护与可持续发展的提案增多, 2015 年起福建省政府将环境保护作为重点关注问题, 提倡可持续发展, 减少废气排放。

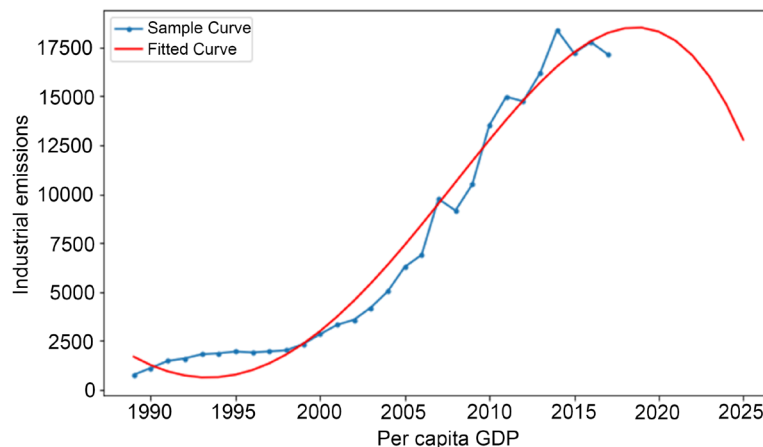


Figure 5. Industrial emissions  
图 5. 工业废气

## 4.3. 工业废水排放量的方程拟合

如图 6, 工业废气排放量与人均 GDP 总体呈现“倒 U 型”曲线特征。其中 GDP 的切比雪夫多项式模型为:

$$GDP = 33259.9994T_0 + 42908.3713T_1 + 15158.0108T_2 \quad (10)$$

拟合方程为:

$$Y_{3t} = -5.702e^{-5}x^2 + 4.629x + 4.377e^4 \quad (11)$$

回归方程拟合较好,  $R^2$  为 0.6775, 一阶导函数为:

$$Y'_t = -0.000114x + 4.629 \quad (12)$$

极值点为(40,591.5446, 137,722.6508)。方程拟合结果显示变化趋势基本与环境库兹涅茨曲线相吻合。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。从图 2 可以看出, 从 1998 年到 2011 年, 随着人均 GDP 的增加, 工业废水排放量也不断增加, 达到了最大值 137,722.6508。从 2011 年开始, 随着人均 GDP 的增加, 废水排放量有了明显的减少。

对比实际的工业废水排放量, 曲线拟合度较高, 预测具备实际意义。在 2006 到 2009 年期间, 用于废水治理的设施从 5933 套减少到 3949 套, 但是日均的废水处理量却在不断提高。这些都表明, 福建省的废水治理效率在不断提高。2011 年到 2012 年排放量的骤降则是因为总的工业用水量减少了约三分之一。根据拟合曲线结果, 从 2011 年开始, 福建省经济的增长已经不再以环境的加速恶化作为代价, 在省府推出的相关环境保护的措施之下, 省里相关企事业单位的发展在不断向绿色健康可持续靠拢。

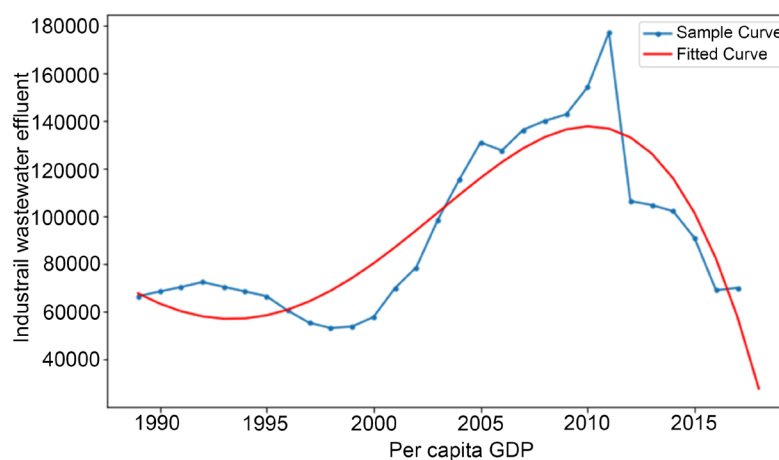


Figure 6. Industrial wastewater effluent  
图 6. 工业废水

## 5. 结论及建议

本文通过对福建省 1998~2017 年经济发展与环境污染状况进行趋势分析, 选取了具有代表性的经济环境指标。福建省三种类型的污染物排放量均与 GDP 之间有相关关系且均符合环境库兹涅茨曲线, 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, 这说明福建省政府部门的关注、人民群众的环保意识与科学技术得到了发展和提升, 针对福建省的环境保护问题提出以下建议:

一是在科技创新的基础上, 促进制造业科学循环低碳发展。福建民营经济发达, 传统制造业占比大, 拥有服装、食品、制鞋、机械等传统优势产业, 但在经济下行的压力下, 企业家对增加创新投入持谨慎的态度。在营销、渠道上投入多, 在研发上投入少; 大多数企业创新以模仿性为主, 原创性偏少, 尤其是集群内的企业, 缺乏差异化竞争; 既缺乏研发设计、品牌建设、优质服务及商业模式创新等领域的高级人才, 也缺乏精通国内外市场、熟悉国际标准和贸易规则、懂得管理的创新型和复合型人才。因此, 传统产业的绿色发展, 要围绕“绿色、循环、低碳”发展的内在要求, 强化资源环境倒逼机制, 淘汰落后产能, 通过智能化改造和加大环保技改力度, 促进传统产业转型升级和动能提升。同时突破传统发展模式, 走出规模、产能至上的旧思维, 通过功能性的产业政策引导新技术、新产业、新业态、新模式发展, 让企业去创造有效供给和开拓消费市场。



二是积极探索绿色发展的市场化机制。一方面,根据“环境和资源的有偿使用”原则,发挥价格杠杆的导向作用,逐步建立绿色价格体系。根据“污染者付费”的原则,通过征收污染费(税)来增大非绿色产品经营成本,避免非绿色企业因污染环境而降低成本,取得成本优势和价格竞争力。另一方面,要发挥资本市场引导作用,构建绿色金融体系。通过加大绿色信贷中的财政贴息比例,优先解决节能环保企业上市融资兼并重组的融资难题等途径,不断完善信贷、产业基金、股票、债券、保险等金融服务。同时,要进一步明晰自然资源产权和环境容量产权,加快完善资源有偿使用和生态补偿制度,推进生态产品市场化建设。要逐步提高生态补偿在地方财政支出中所占比重,积极探索生态补偿的市场化工具创新,实现资金补偿、政策补偿、流域生态补偿、森林生态补偿、矿产资源开发等多元化的生态补偿,以市场化机制推进环境污染第三方治理,提高治理效率和专业化水平。

三是进一步强化社会环保意识,倡导全民绿色低碳生活。只有全民的环保意识得到有效的提升,才能打下环境保护的坚实基础。政府要加大生态文明建设的宣传,争取创造人人参与绿色生活的社会氛围。同时,也要注重提升企业的环保意识,这有利于从源头上控制污染源的排放。

## 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] KUZNETSS. (1995) Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, No. 8, 1-28.
- [2] Panayoutou, T., Perrings, C.A., Molerk, G., *et al.* (1994) Conservation of Biodiversity and Economic Development: The Concept of Transferable Development Right. *Environmental and Resource Economics*, 4, 91-110.  
<https://doi.org/10.1007/BF00691934>
- [3] 张剑. 新旧动能转换背景下烟台市环境库兹涅茨曲线及影响因素研究[J]. *应用能源技术*, 2019(8): 8-12.
- [4] 尚杰, 李新, 邓雁云. 基于 EKC 的农业经济增长与农业面源污染的关系分析——以黑龙江省为例[J]. *生态经济*, 2017, 33(6): 157-160 + 166.
- [5] 李春梅. 环境库兹涅茨曲线之于北京市的适用性分析[J]. *城市问题*, 2017(4): 34-40.
- [6] 柯文岚, 沙景华, 闫晶晶. 山西省环境库兹涅茨曲线特征及其影响因素分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(S2): 389-392.
- [7] 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.