

哈尔滨市经济增长与大气环境质量的关系研究

程怡璟

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年1月26日; 录用日期: 2024年2月18日; 发布日期: 2024年3月22日

摘要

近年来, 随着经济高速发展, 环境问题越来越凸显出来。尤其是大气环境, 与人们的生活和生产活动息息相关。哈尔滨作为黑龙江的省会, 其自然资源相对于其它地区比较优越, 但由于不合理的工业排放、产业布局, 重污染天气频繁出现。本文通过分析2000年至2018年期间哈尔滨市的大气质量情况以及经济发展状况, 运用环境库兹涅兹曲线模型研究哈尔滨市经济增长与大气环境质量的关系, 从而研究并控制大气污染排放, 这一举措将会有助于我们国家向绿色环保经济和持续发展的经济形势转变, 实现环境与经济增长的协调发展, 为政府制定改善大气环境政策提供依据。

关键词

哈尔滨, 经济, 大气环境质量, 环境库兹涅兹曲线

Study on the Relationship between the Economic Growth and Air Environment Quality in Harbin

Yijing Cheng

The Geography Science Institute, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Jan. 26th, 2024; accepted: Feb. 18th, 2024; published: Mar. 22nd, 2024

Abstract

In recent years, with the rapid economic development, environmental problems have become more and more prominent. In particular, the atmospheric environment is closely related to people's life and production activities. As the capital of Heilongjiang Province, Harbin's natural resources are superior to those of other regions, but due to unreasonable industrial emissions and

industrial layout, heavy pollution weather occurs frequently. By analyzing the air quality and economic development status of Harbin from 2000 to 2018, this paper uses the environmental Kuznets curve model to study the relationship between Harbin's economic growth and air environmental quality, so as to study and control air pollution emission, which will help our country to transform into a green and environmentally friendly economy and a sustainable economic development, to realize the coordinated development of environment and economic growth, and provide a basis for the government to formulate policies to improve the atmospheric environment.

Keywords

Harbin, Economic, Air Environment Quality, Environmental Kuznets Curve

Copyright © 2024 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. 研究背景及研究现状

1.1. 研究背景

近 20 年来,中国经济得到快速发展,在持续快速发展的同时,我国的环境危机同样面对着严峻的形势,愈演愈烈。随着国内的雾霾事件频频发生,以及其他恶劣的天气状况,城市空气问题引发了各个城市的强烈反应。哈尔滨市位于中国北部地区,冬季需要大量提供供暖措施,由于煤炭和秸秆的燃烧,冬季哈尔滨市的空气质量雪上加霜。哈尔滨市政府为改善当地的大气环境质量出台了与之相关政策,这些相关政策不仅关系着能否改善该地区的空气质量情况,也影响着这个地区的经济发展情况。本文将通过统计描述哈尔滨 2000 年~2018 年的经济发展状况以及大气环境质量,建立人均 GDP 与典型大气污染物的 EKC 模型,为哈尔滨市的大气环境治理提供政策参考。

1.2. 研究现状

李晓年和何先平建立了湖北省的环境污染指数与经济发展指标的体系,其中环境污染指数由 5 个准则层、25 个指标层赋予指标权重和线性加权计算得出,经济发展由人均 GDP 衡量,利用 SPSS、Excel 对 2007 至 2016 年的有关此方面的数据进行线性回归分析,由此得出湖北省近 10 年 EKC 曲线特征表现为经典的倒 U 型环境库兹涅茨曲线[1]。Hill 和 Magnai 选取 CO₂、SO₂ 和 NO_x 三种污染物,对 156 个国家的相应污染物排放量与人均收入水平进行模型分析,显示三种模型结果都存在倒 U 型关系[2]。

2. 模型建立及方法

1991 年, Grossman 和 Krueger 提出了经济增长与环境污染之间存在倒“U”型关系[3]。换句话说,环境污染的严重程度随着经济的增长而逐渐增加。当经济增长达到一定程度时,环境污染程度将会达到最大。随着经济的不断进步,环境污染的程度则开始降低。污染程度最大的这一点为污染拐点。拐点之前是环境退化阶段,环境退化阶段也就是说经济发展会导致环境污染加剧;拐点之后是环境改善阶段,即经济的继续发展将会改善环境情况。下文将会用 SPSS 软件进行数据分析,通过模拟结果,判断哈尔滨市的经济增长与大气环境污染物之间的关系是否呈现环境库兹涅茨曲线经典形式呈倒 U 型。

目前,国内外对经济增长与环境污染关系的研究,基本设定的有一次、二次、三次回归方程如下:

$$Y = b_0 + b_1X + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + \varepsilon \quad (2)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3 + \varepsilon \quad (3)$$

式中：

Y ——大气环境污染指标；

X ——人均 GDP；

b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 ——系数；

ε ——误差项。

综合国内外文献，环境库兹涅兹曲线模拟方程函数一般有一次、二次、三次函数等，为了测算哪种函数拟合度、精确度最好，本文将分别使用一次、二次、三次环境库兹涅兹曲线函数方程进行人均 GDP 与大气空气质量指标进行拟合，将结果进行比较，本文将会选择拟合度最好的函数方程作为本篇文章最终采取方程函数。表 1 展示了一次、二次、三次环境库兹涅兹曲线模拟方程函数的拟合度。

Table 1. Fitting degree of different functional equations
表 1. 不同函数方程的拟合度

R^2	NO ₂	SO ₂	可吸入颗粒物
一次方程	0.228	0.095	0.561
二次方程	0.319	0.507	0.570
三次方程	0.337	0.574	0.893

R^2 越接近于 1，说明拟合度越好，由一次、二次、三次环境库兹涅兹方程进行人均 GDP 与大气空气质量指标进行拟合。从拟合结果来看，三次方程的拟合程度最好，因此本文采用了三次环境库兹涅兹曲线函数方程的方法进行拟合。

在三次方程中， b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 取值不同会导致不同的曲线形态，具体如表 2 所示。

Table 2. Different coefficients and their corresponding curve forms
表 2. 不同系数及其相应的曲线形式

系数			曲线形态
b_1	b_2	b_3	
>0	=0	=0	单调递增
<0	=0	=0	单调递减
>0	<0	=0	倒 U 型
<0	>0	=0	U 型
>0	<0	>0	N 型
<0	>0	<0	倒 N 型

EKC 曲线的图像有以下几种关系：倒 U 型关系，N 型关系，同步关系以及 U 型关系。

倒 U 型关系, 即图像呈现倒 U 形。代表在经济社会建设发展过程中, 在最开始是 GDP 的增长, 同时伴随着环境的强烈恶化。但是到达倒 U 形最高点, 即拐点之后, 将会进入到另一个的阶段, 即经济快速发展, 环境也得到同步相应的保护, 环境污染水平开始下降。主要原因是经过最高点之后, 经济发展会带动着产业改良和产业结构整治, 取代的将会是能源消耗少的工业和第三产业的迅速发展[4]。在对某些污染物的研究中, 相比较来说倒 U 型关系可以形象地描述其真实情况, 具有很强的现实指导作用, 特别是通过拟合之后所得到拐点, 对现如今政府部门的环保政策具有一定的指导作用。

同步关系, 又称为线性关系, 一般表示着环境污染与经济增长两者之间存在的正相关关系。比较经典的是以固体废物为主要参考标准的污染指标[5]。社会经济的蓬勃发展带来了固体废物处理方式的进步。所以尽管固体废物的数量一直在增加, 只要采取正确且绿色的方式处理, 增加废物利用以及废物循环, 也将会减少对环境的危害。

N 型关系, 即图像呈 N 形。具体表现为, 一开始环境污染与经济增长呈正比关系, 经济的增长往往伴随着环境污染的程度加深, 达到一个最高点后, 经济发展的同时环境得到优质的保护, 这期间环境污染程度与经济增长呈负相关关系, 环境污染程度随着经济的增长而加重, 达到一个最低点后, 治理政策不力环境状况又出现了反复。这就是“重组假说”所描述的情况[6]。“重组假说”认为, 环境条件与经济增长的分离在长期不会持续, 经济发展到一定程度后会发生变化。从长远的角度来看, 环境的压力和经济的生长之间的关系呈现出型关系, 并不是典型的倒 U 型关系。

U 型关系, 即先降低后升高的曲线。在有些实证分析中出现了环境污染状况随着经济增长先减轻到达拐点又逐渐严重的情况。几位研究人员包括 Kaufmann, 他们以二氧化硫的浓度作为环境退化指标研究 EKC 时, 发现二氧化硫的浓度与人均收入的水平呈现出型关系, 但二氧化硫的浓度与经济活动的空间强度(单位面积经济活动)呈现出倒 U 型关系[7]。这是结合参考了很多国家不同的经济问题和政策所得出的结论。

大气污染物所指的是由于人们的生活习惯和在生活过程中排放到大气中且对人们的身体健康和环境产生的有害的物质。如果大气环境中的污染物排放的浓度继续增加, 就会破坏人类在此生活和发展的生态系统和环境。随着人类社会的进步和经济的快速发展, 大量的能源被消耗, 新的物质被创造。这些活动也会导致大气环境的质量发生改变, 尤其是在人口较多的地区和工业区域。本文选取 2000 年至 2018 年间二氧化硫, 二氧化氮和 PM_{10} 年均值作为大气环境质量的参考指标。

二氧化硫是大气中的主要污染物之一。一定浓度的二氧化硫会对人体造成伤害。在大气中, 二氧化硫会被氧化成硫酸雾或硫酸盐气溶胶, 这是是环境酸化重要前提条件。并且二氧化硫会随着雨水下渗到土壤和水源中, 造成影响广泛的二次污染。

氮氧化物一般情况下指的是一氧化氮和二氧化氮。氮氧化物的大部分自然排放来自污染源的氮循环过程。二氧化氮是一种带有刺鼻气味的棕红色有毒气体, 当接触到一定浓度的二氧化氮, 呼吸道将会出现一些不适的症状[8]。二氧化氮会对水体、土壤和大气造成污染, 二氧化氮可助燃, 易爆炸。

可吸入颗粒物, 通常是指颗粒直径在 10 微米以下的微小颗粒物, 也称为 PM_{10} 。可吸入颗粒物可以长时间暴露在空气环境中, 对人体的健康以及室外能见度有重大影响。而且在人体吸入这种微小颗粒物后, 可吸入颗粒物会长时间积累在呼吸系统中不被清除, 一定程度后能够引发多种比较严重的呼吸系统疾病。

3. 哈尔滨市概况

3.1. 哈尔滨市经济发展状况

哈尔滨是黑龙江省省会、副省会城市, 是哈尔滨都市圈的核心城市。是东北地区重要的中心城市, 是国务院批准的国家重要的制造业基地。根据 2019 年哈尔滨市国民经济和社会发统计公报, 哈尔滨市市辖 9 个市辖区、2 个县级市、7 个县, 总面积 5.31 万平方公里, 其中建成区面积 493.77 平方公里, 常住

人口 1076.3 万人，城镇人口 709.3 万人，城镇化率 65.9%。哈尔滨位于中国东北和东北亚的中心，是东北北部的政治、经济和文化中心。被誉为欧亚大陆桥明珠，首条欧亚大陆桥和空中走廊的重要枢纽[9]。自 2000 年以来，哈尔滨的经济发展迅速。人均收入不断增加。2000 年至 2018 年间哈尔滨市 GDP 和人均 GDP 增长趋势如图 1 所示。

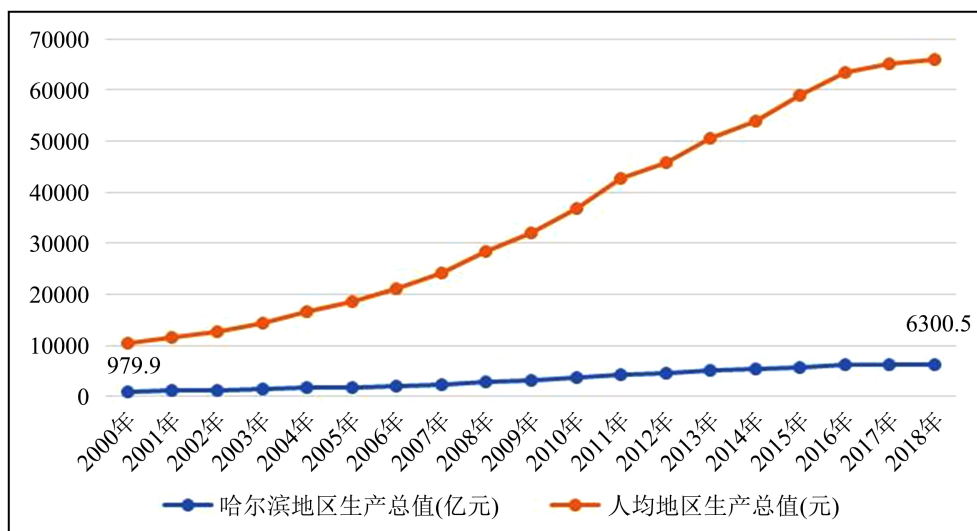


Figure 1. GDP and per capita GDP growth trend of Harbin from 2000 to 2018

图 1. 2000 年~2018 年哈尔滨市 GDP 和人均 GDP 增长趋势图

从图 1 可以看出从 2000 年至 2018 年哈尔滨市 GDP 和人均 GDP 呈连年增长趋势，从 2000 年 979.9 亿元增长到 2018 年 6300.5 亿元，平均年增速 10.89%。从图 2 可以看出哈尔滨经济增长速度的发展历程，增长速度整体呈波浪式的过程[10]，2002 年至 2011 年哈尔滨市飞速发展年增速百分比都超过平均增速，但 2011 年以后 GDP 年增速明显减少，2015 年至 2018 年 GDP 增速连年减少，2018 年的 GDP 增速不足 1%。

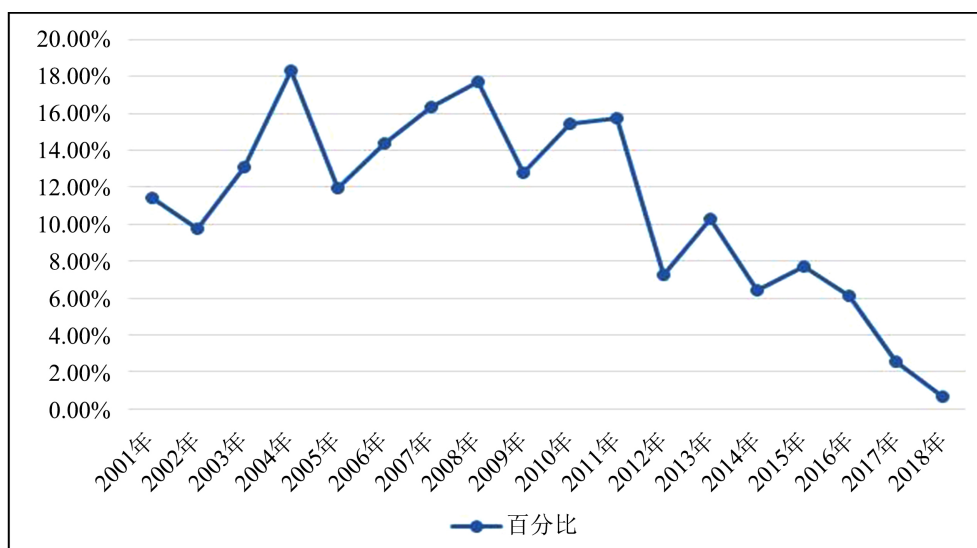


Figure 2. The annual GDP growth rate of Harbin from 2000 to 2018

图 2. 2000 年~2018 年哈尔滨市 GDP 年增速百分比图

3.2. 哈尔滨产业结构发展概况

综合 2001 年至 2019 年《哈尔滨市统计年鉴》中的数据，哈尔滨市的三大产业结构如表 3 所示。

Table 3. The three major industrial structures in Harbin

表 3. 哈尔滨市三大产业结构

年份	GDP (亿元)	第一产业(亿元)	第二产业(亿元)	第三产业(亿元)	人均 GDP (元)
2000	979.9	182.5	321.1	476.4	10,322
2001	1092.2	192.6	354.4	545.3	11,547
2002	1198.8	206.9	382.5	609.3	12,642
2003	1355.9	222.0	457.9	676.0	14,254
2004	1604.5	275.6	552.2	776.7	16,674
2005	1796.4	279.0	616.5	900.8	18,471
2006	2055.1	290.0	735.7	1029.4	21,022
2007	2391.4	321.7	859.5	1210.3	24,306
2008	2814.8	360.2	1028.4	1426.1	28,472
2009	3179.5	399.1	1148.2	1628.3	32,053
2010	3664.9	412.7	1384.6	1867.6	36,951
2011	4242.2	447.2	1647.2	2147.8	42,736
2012	4550.2	506.8	1638.9	2404.5	45,810
2013	5017.0	587.1	1743.9	2686.0	50,498
2014	5340.1	626.5	1784.0	2929.6	53,872
2015	5751.2	672.5	1862.8	3215.9	59,027
2016	6101.6	691.2	1896.7	3513.8	63,445
2017	6257.2	593.8	1820.7	3842.6	65,279
2018	6300.5	525.5	1689.3	4085.7	66,094

由表 3 测算 2000~2018 年哈尔滨市三大产业的增长情况及占 GDP 的比重。三次产业增长情况及产值占比见图 3。从增长趋势图可以看出，2016 年至 2018 年，哈尔滨市三大产业均呈现增长趋势，2016 年以后，第一产业和第二产业产值逐渐减少。2000 年至 2018 年期间，第三产业增速最快，呈指数型增长，从 2000 年 476.4 亿元增长到 2018 年 4085.7 亿元^[11]，年平均增长速度达到 12.68%。2016 年以前，第二产业稳步增长，2000 年到 2016 年期间，从 321.1 亿元增长到 1896.7 亿元，年平均增速达到 11.74%，而 2016 年以后从 1896.7 亿元减少到 2018 年 1689.3 亿元，年平均减速达到 5.64%，第一产业增速最为缓慢，从 2000 年 182.5 亿元增长到 2016 年 691.2 亿元，年平均增速为 8.68%，而 2016 年至 2018 年从 691.2 亿元减少到 525.5 亿元，年平均减速达到 12.80%。

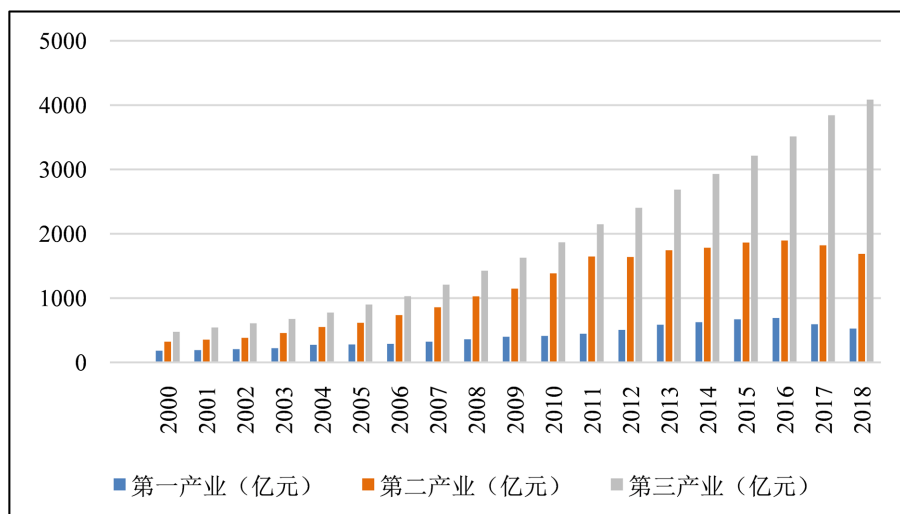


Figure 3. Growth trend of the three major industries from 2000 to 2018

图 3. 2000 年~2018 年三大产业增长趋势图

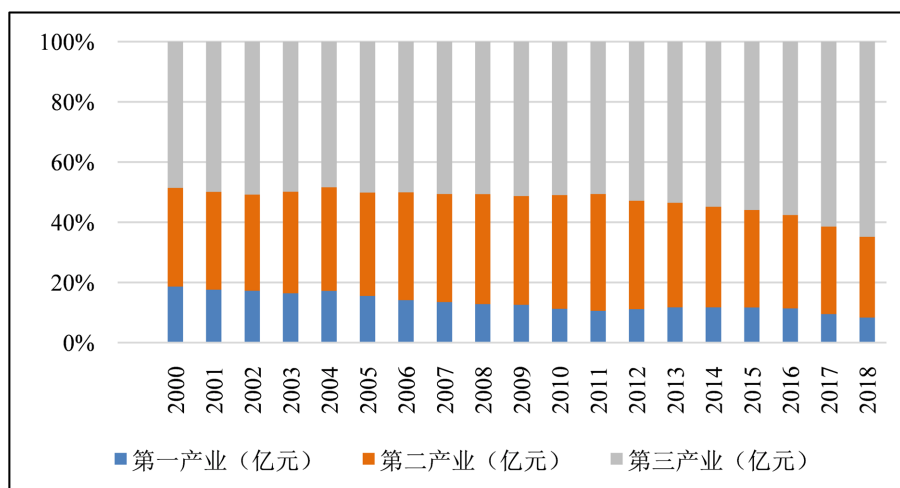


Figure 4. The percentage change of the three major industrial structures from 2000 to 2018

图 4. 2000 年~2018 年三大产业结构所占百分比变化情况图

从三个行业的比例图(图 4)中, 我们可以看到三个行业的变化趋势。2000 年, 第一产业占 GDP 的比重为 18.62%, 2018 年, 第一产业占 GDP 的比重为 8.34%。比例有所下降, 总体呈下降趋势, 2004 年和 2013 年略有回升。2000 年, 第二产业占 GDP 的 32.77%。2018 年, 第二产业占 GDP 的比重为 26.81%, 呈现先升后降的总体趋势。2011 年为转折点, 并且 2000 年至 2011 年增幅不大, 总体比重增加了 6.06%, 年平均增速为 0.55%, 而 2011 年至 2018 年回落幅度比增长幅度大, 总体比重减少了 12.02%, 年平均变化率为 1.72%。第三产业占国内生产总值的比重 2000 年为 48.62%, 2018 年为 64.85%, 2000 年至 2011 年的 11 年间比重变化不大, 在 50% 附近上下小幅度波动, 2011 年至 2018 年第三产业比重开始明显增长, 从 2011 年的 50.63% 增长到 2018 年 64.85%, 平均年增长率为 2.03%。整体来看, 第三产业约占 GDP 的 50%, 第二和第一产业结合约占 GDP 的 50%。第三产业对经济增长起着很大的促进作用。一个合理的产业结构演进过程应该是第一产业比重逐步下降, 第二产业占 GDP 比重先上升后下降, 第三产业比重逐渐增加[12], 由此来看, 哈尔滨市的产业结构布局是合理的。2018 年哈尔滨市地区生产总值为 6300.5 亿元,

相比 2017 年增长了 43.30 亿元。分产业来看, 2018 年哈尔滨市第一产业增加值为 525.5 亿元, 占地区生产总值的比重为 8.34%; 2018 年哈尔滨市第二产业增加值为 1689.3 亿元, 占地区生产总值的比重为 26.81%; 2018 年哈尔滨市第三产业增加值为 4085.7 亿元, 占地区生产总值的比重为 64.85%。在 2000 年至 2018 年间, 三大产业结构的排序始终为第三、二、一产业。

3.3. 哈尔滨市大气环境质量状况

2000 年至 2018 年, 根据政府发布的哈尔滨市城市空气质量数据, 从年际变化来看, 空气的质量在一定程度上得到了改善, 空气污染指数在过去 19 年中呈现出明显的下降趋势。2000 年空气质量为优的有 84 天, 而在 1、2、11、12 月时几乎每天都是中度污染以上, 2018 年重度污染和严重污染天数共 10 天。2018 年, 哈尔滨市政府在对空气污染预防和控制方面开展了较为全面的举措, 控制了燃烧污染和排放的空气污染物在标准范围内, 在城市和农村地区全面控制面源污染, 对在露天焚烧秸秆寻找的有效解决方案。环境的空气质量得到了明显改善。在一整年里有效的检查天数为 364 天, 环境质量的达标天数为 312 天, 比上年增加 42 天。2018 年, 夏季空气质量整体良好, 5~8 月空气质量为优的天数逐渐增加, 8 月达到峰值。重度污染以及严重污染天数有 10 天, 集中 1、2、3、4、12 月, 主要原因是采暖季大量燃烧化石燃料供暖, 比如煤、石油[13]。中国拟于 2016 年实施《大气污染防治法》, $PM_{2.5}$ 准则值年均值为 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。当空气中 $PM_{2.5}$ 的浓度在很长一段时间里都高于 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时, 死亡风险增加。浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 总死亡风险增加 4%, 死于心肺疾病的风险增加 6%, 死于肺癌的风险增加 8%。我国现行 PM_{10} 一级标准年浓度限值为 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2018 年我国 $PM_{2.5}$ 年均浓度为 $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 超标 11.4%; PM_{10} 年均浓度为 $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 超标 62.5%; NO_2 年均浓度为 $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 、 O_3 、 CO 年均浓度均未超标。通过查找 2001 年~2019 年《哈尔滨市统计年鉴》中城市建设和环境保护篇的数据, 哈尔滨市环境质量情况如表 4 所示。

Table 4. Annual average values of typical air pollutants in Harbin from 2000 to 2018 (unit: mg/m^3)

表 4. 2000 年~2018 年哈尔滨市典型大气污染物年均值(单位: 毫克/立方米)

年份	可吸入细颗粒物(PM_{10}) 年均值	二氧化氮年均值	二氧化硫年均值
2000 年	146	40	30
2001 年	135	50	40
2002 年	132	50	40
2003 年	121	70	42
2004 年	113	60	42
2005 年	104	60	42
2006 年	104	50	34
2007 年	101	60	48
2008 年	102	55	43
2009 年	101	54	45
2010 年	101	48	45
2011 年	99	46	41
2012 年	94	47	36

续表

2013年	119	56	44
2014年	111	52	57
2015年	103	51	40
2016年	74	44	28
2017年	87	44	25
2018年	65	37	20

4. 哈尔滨市主要污染物与经济增长 EKC 模型建立

使用 SPSS 软件, 将横坐标设为经济指标, 纵坐标设为环境指标, 并将其设计成环境库兹涅茨曲线, 并对回归模型进行显著性检验, 以此分析 2000~2018 年哈尔滨市经济发展与环境污染间的关系。

4.1. 可吸入颗粒物年均值与人均 GDP 的 EKC 检验

人均 GDP 与可吸入颗粒物年均值的 EKC 曲线如图 5 所示, 19 年间可吸入颗粒物年均值随着人均 GDP 的先增加后减小, 图中有两个拐点, 最终可吸入颗粒物年均值随着人均 GDP 的增加而减少。经济发展过程中必然伴随着一些能源的消耗, 在发展初期也并没有一些减少污染, 治理污染的措施, 这也导致了环境的快速恶化。主要原因是在经济快速发展的阶段该地区一般处于工业化的初期, 第二产业大多是需要较低技术含量和大量工人的产业以及能耗较高的产业。在后面一段时间将会对环境进行改善, 出现了随着经济的发展, 可吸入颗粒物年均值减小的情况。从三次拟合方程中也可以看出 $b_1 < 0$, $b_2 > 0$, $b_3 < 0$, 两者属于 EKC 曲线的倒 N 型关系。

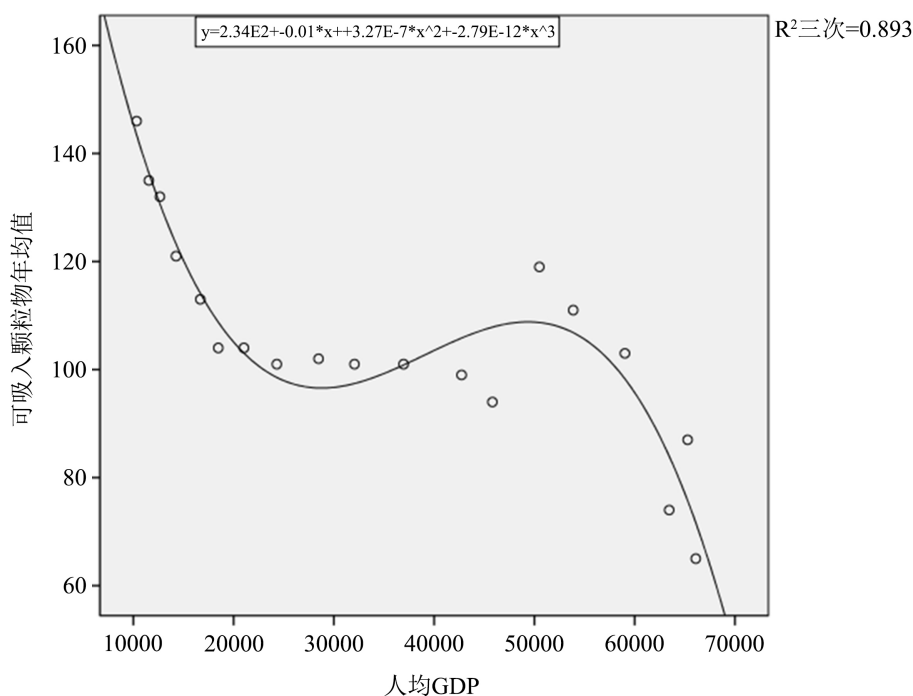


Figure 5. EKC plot of GDP per capita vs annual mean of respirable particulate matter
图 5. 人均 GDP 与可吸入颗粒物年均值的 EKC 曲线图

4.2. 二氧化氮年均值与人均 GDP 的 EKC 检验

二氧化氮年均值与人均 GDP 的 EKC 曲线如图 6 所示, 19 年间可吸入颗粒物年均值随着人均 GDP 先增加后减小。从三次拟合方程中可以看出 $b_1 > 0$, $b_2 < 0$, $b_3 > 0$, 两者属于 EKC 曲线的 N 型关系, 从图中可以看出曲线符合 N 字的前半部分, 只有一个最高处的拐点。拐点之后, 将会进入到另一个的阶段, 即经济快速发展, 环境也得到同步相应的保护, 环境污染水平开始下降。主要原因是经过最高点之后, 经济发展会带动着产业改良和产业结构整治, 能源消耗过多以及较低技术含量型的产业逐渐被淘汰, 取代的将会是能源消耗少的工业和第三产业的迅速发展。

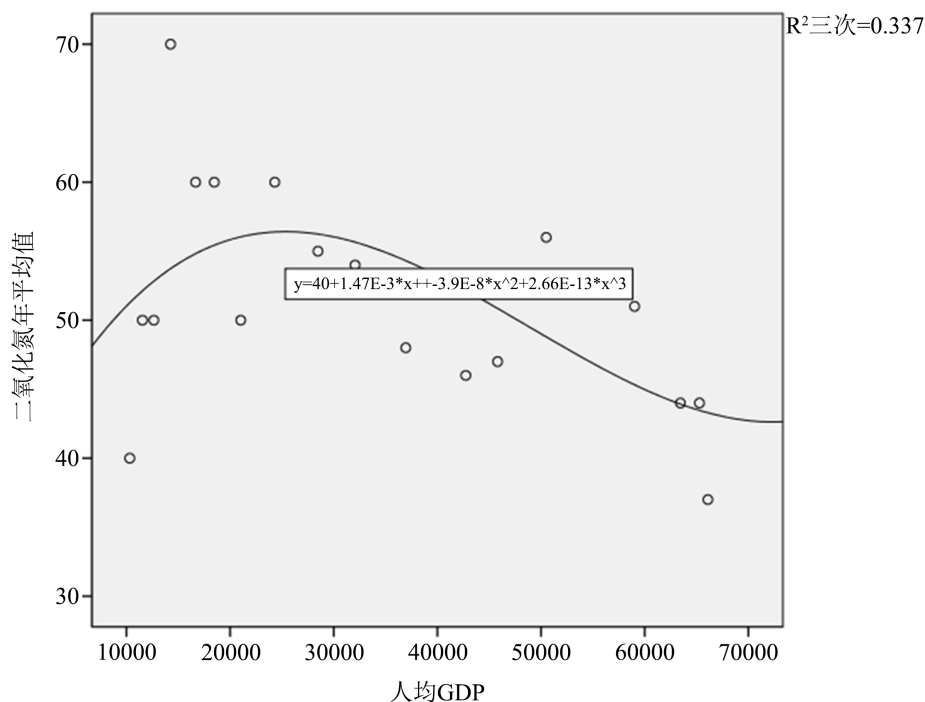


Figure 6. EKC plot of annual mean nitrogen dioxide vs GDP per capita
图 6. 二氧化氮年均值与人均 GDP 的 EKC 曲线图

4.3. 二氧化硫年均值与人均 GDP 的 EKC 检验

二氧化硫年均值与人均 GDP 的 EKC 曲线如图 7 所示, 19 年间可吸入颗粒物年均值随着人均 GDP 先减小后增加后来又继续减少。从三次拟合方程中可以看出 $b_1 < 0$, $b_2 > 0$, $b_3 < 0$, 两者属于 EKC 曲线的倒 N 型关系, 从图中可以看出曲线符合倒 N 字的后半部分, 图中存在最高和最低两个拐点。

基于环境库兹涅兹曲线模型, 研究了 2000 年至 2018 年哈尔滨市大气环境质量与经济增长的关系。从图 5~7 中可以看出, 不同的大气污染物所展现出来的环境库兹涅茨曲线演化特征是不同的, 不存在典型的倒 U 型曲线特征。2000 年至 2018 年间, 随着哈尔滨市经济的发展, 空气中二氧化硫浓度符合倒 N 型曲线, 并已经出现拐点, 空气中二氧化氮浓度符合 N 型曲线的前半部分, 未来一段时间将呈现污染加重的趋势, 而空气中可吸入颗粒物浓度呈现了完整的倒 N 型曲线。

EKC 曲线中的单调下降、倒 U 型关系、倒 N 型关系, 在曲线后期都出现了下降的趋势。这说明随着经济水平的不断提高, 环境污染程度逐渐减小, 两者均已越过污染转折点, 进入到了环境的改善阶段; 而 N 型曲线的末期, 环境污染水平还在不断升高, 没有越过污染转折点, 处于环境退化阶段[14]。因此,

应当注重对产业结构进行升级调整，同时从源头上解决环境污染问题，使空气质量与经济发展形成正比关系。

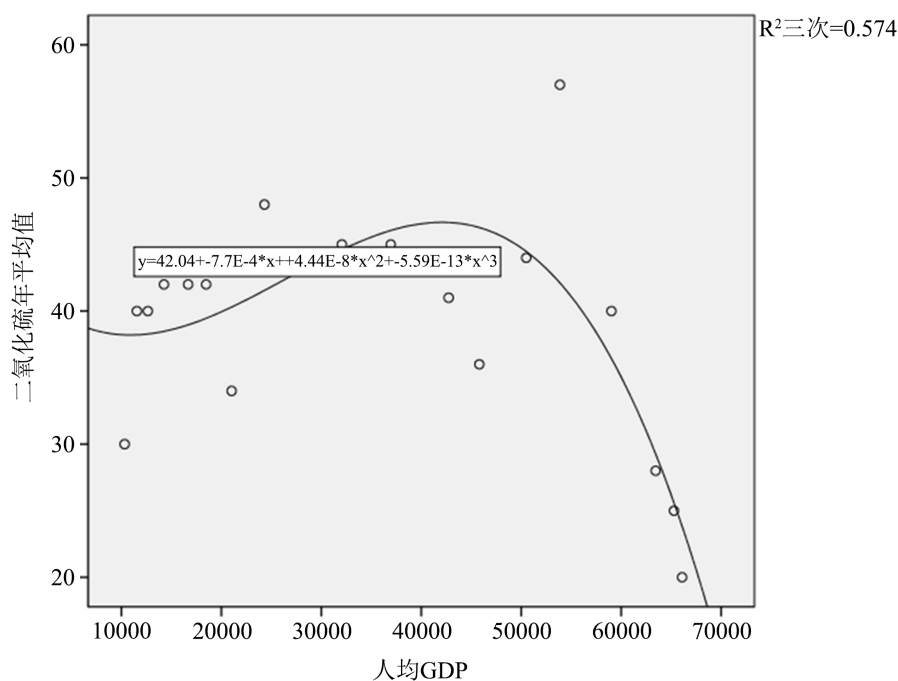


Figure 7. EKC plot of annual mean sulfur dioxide vs GDP per capita
图 7. 二氧化硫年均值与人均 GDP 的 EKC 曲线图

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文所研究的三个大气环境指标并不完全符合环境库兹涅兹曲线经典的倒 U 型，这说明在哈尔滨市经济发展过程中，大气环境质量并没有得到全面的改善。三个大气环境指标分别呈现了不同的 EKC 形态，这反映了哈尔滨市经济发展与大气环境之间存在比较复杂的关系[15]。在相同的发展阶段，不同大气污染物呈现不同的发展趋势；在经济发展的不同阶段，经济水平对大气环境质量的影响也是不同的。

通过研究我们可以看到经济增长一定程度上会恶化大气环境，大气环境的恶化也会反作用于经济发展，制约经济发展。所以政府在发展经济的同时，也应该关注大气环境问题，做好节能减排相关工作，减少大气污染物的排放，加强大气污染物的治理，可以针对不同的大气污染物来指定相应的政策方针。

5.2. 建议

在 2018 年达沃斯论坛上，国务院副总理刘鹤曾在演讲中提到过：想要进行高质量的发展就是从总体扩张向结构优化转变。由此可以推断出，产业结构的优化调整对于经济发展中大气环境的改善是由重大意义的。针对产业架构问题，提出以下建议：

1) 推动工业绿色化发展，大力发展现代服务业并对传统产业进行升级，提升改造现有技术的缺陷。增加应用新技术，新工艺，新科技，新理念于产业中[16]。大力发展绿色循环经济，减少生产活动中不可再生能源的消耗以及大气污染物的排放。大力发展新兴环保产业，加速发展高新技术产业。扶持中小型创新创业机构发展。

2) 哈尔滨享有“冰城”美称,可以大力发展旅游业,开发精品旅游和特色旅游,并加强宣传城市文化,吸引更多的国内国际游客。加强开展发展电子商务、养老、文化创新等新型产业。

参考文献

- [1] 李晓年. 湖北省环境与环境发展关系的研究[D]: [硕士学位论文]. 荆州: 长江大学, 2020.
- [2] Nawahda, A. (2013) Comments on “Global Crop Yield Reductions Due to Surface Ozone Exposure: 1. Year 2000 Crop Production Losses and Economic Damage” and “Global Crop Yield Reductions Due to Surface Ozone Exposure: 2. Year 2030 Potential Crop Production Losses and Economic Damage under Two Scenarios of O₃ Pollution” by Shiri Avnery, Denise L. Mauzerall, Junfeng Liu, Lary W. Horowitz [Atmospheric Environment 45, 2284-2296 and 2297-2309]. *Atmospheric Environment*, **71**, 408-409. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.12.045>
- [3] Yamaji, K. (1991) Special Issue on Instrument/Analysis and Preservation of Atmospheric Environment. Economic Mechanism for Controlling Greenhouse Gas Emission. *Journal of the Society of Instrument and Control Engineers*, **29**, 661-666.
- [4] 胡兰, 黄和平. 基于 EKC 的工业污染与经济的关系及驱动因素研究——以湖南省为例[J]. 资源与产业, 2021, 23(2): 11-22.
- [5] 刘磊, 杨全武. 湖北省经济增长与环境污染的 EKC 曲线分析[J]. 湖北工业大学学报, 2019, 34(4): 117-120.
- [6] 彭鸿. 武汉市环境库兹涅茨曲线模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [7] Kaya, Y. (1990) Special Issue on Instrument/Analysis and Preservation of Atmospheric Environment. Global Environment and Economic Development. *Journal of the Society of Instrument and Control Engineers*, **29**, 157-169.
- [8] Jung, H.-S. and Lee, B. (2013) Economic Evaluation of a Workplace Occupational Health Nursing Service: Based on Comparison with Atmospheric Environment Managing Engineer. *Journal of Korean Academy of Nursing*, **43**, 507-516.
- [9] 2019 年哈尔滨市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 哈尔滨市人民政府. https://www.harbin.gov.cn/haerbin/c104569/202007/c01_70343.shtml, 2024-03-08.
- [10] 杨晓玉, 周丹, 姜鹏. 产业融合视角下大庆市农业产业结构优化问题研究[J]. 大庆社会科学, 2019(2): 66-68.
- [11] 蔡莹. 东北三省污染密集型产业时空格局演化的环境效应研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2020.
- [12] 宋德勇, 于飞. 空气污染与城市经济发展——基于 285 个地级市的实证分析[J]. 金融与经济, 2020(2): 61-70.
- [13] 刘威. 哈尔滨市重点开发区经济发展与环境质量关系研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 哈尔滨工业大学, 2019.
- [14] 丁镭. 中国城市化与空气环境的相互作用关系及 EKC 检验[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2016
- [15] 樊庆铎, 丁达, 冯喆, 等. 哈尔滨市人均 GDP 和大气污染的关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(5): 71-77.
- [16] 陆雅燕. 大气污染的环境监测及治理措施探讨[J]. 资源节约与环保, 2021(1): 81-82.