

摘 要

曾经我国粗放的经济发展模式对生态环境造成严重破坏，森林缩减、草场沙化和生物多样性减少等问题严峻，社会可持续发展受到威胁。对此，我国积极推进环境保护工作，但生态和经济的矛盾依然显著。在可持续发展理念之下，实现经济增长与生态环境协调发展已成为必然选择。

本文以环境库兹涅茨理论为基础，引入生态环境质量水平形成扩展的环境库兹涅茨理论，通过数理模型对三大效应进行推导，分析经济增长对生态环境质量的影响机制，运用全局主成分分析法测算出我国 29 省 2004-2019 年生态环境质量水平，对模型进行计量检验，通过面板回归分析全国及东中西部区域经济增长对生态环境质量的影响，最后进行稳健性检验得出估计结果具有可靠性。

实证结果表明：（1）我国生态环境质量水平整体波动上升，各区域间存在差异，呈“西高东中低”的空间趋势。西部地区中青海、云南、贵州和广西等省份生态环境质量水平较高。（2）全国、东部及西部地区，经济增长对生态环境质量的影响均呈“正 U 型”，生态环境质量随经济增长先下降后上升；中部为“正 N 型”，生态环境质量随经济增长先上升后下降，又再次上升。（3）产业结构升级对东部、中部生态环境质量有正向影响，对西部无影响。技术进步对东部、中部生态环境质量有正向影响，对西部有负向影响。环境规制对东部生态环境质量有正向影响，对中部、西部有负向影响。人口密度对东部、西部生态环境质量有负向影响，对中部无影响。

最后，根据研究结论提出政策建议：统筹布局促进产业转型升级，孕育特色产业，实现区域平衡发展；制定差异化科技发展策略，政府合理干预给予帮扶，推动绿色技术创新；完善碳排放权交易机制，抑制能源回弹效应，发挥市场在环境规制中的作用；引导人口合理流动，科学控制城市化扩张速度，推动城市高质量发展。

关键词：生态环境，经济增长，环境库兹涅茨，主成分分析法

Abstract

China's extensive economic model has caused great harm to the quality of ecological environment. The situation of ecological problems such as forest shrinkage, grassland desertification and sharp decline of biodiversity is very severe, and social health and sustainable development are seriously threatened. In this regard, China has made every effort to carry out ecological and environmental protection work, but it is undeniable that there is still a great contradiction between ecology and economy. Under the principle of sustainable development, the coordinated development of economy and ecology has become the only way for China.

Based on the environmental Kuznets curve theory, this paper introduces the extended environmental Kuznets curve theory of ecological environment quality level, deduces the three effects by mathematical model, and analyzes the influence mechanism of economy on ecological environment, uses the global principal component analysis method to measure the ecological environment quality level of 29 provinces in my country from 2004 to 2019, and through panel regression, the influence of economy on ecological environment in different regions is studied. Finally, the robustness test is carried out to conclude that the estimated results are reliable.

The empirical analysis results can be obtained as follows: (1) The overall ecological environment quality in China has a trend of improvement in the fluctuation. However, the regional differences are obvious, showing a spatial trend of "high in the west and high in the east". Qinghai, Yunnan, Guizhou and Guangxi provinces in the western region have relatively high levels of ecological environment quality. (2) The whole country, eastern and western regions, The ecological environment quality first deteriorates and then improves with the economy, there is a "positive U-type" curve between them; The central part is "positive N-type", and the quality of ecological environment improves first, then evil and then improves again with the economic growth. (3) Industrial optimization is beneficial to the eastern and central ecological environment, But it has nothing to do with the west. The improvement of technology development contributes to the optimization of ecological environment quality in eastern and central China, but has a negative impact on the

improvement of ecological environment in western China. Environmental regulation is helpful to improve the ecological environment in the east, but it can inhibit the improvement of ecological environment quality in the central and western regions. Population density has an inhibitory effect on the improvement of the ecological environment in the east and west regions, and has no influence on central regions.

Finally, according to the research conclusion of this paper, some relevant policy suggestions are put forward: The government should coordinate the layout to promote industrial transformation and upgrade, nurturing characteristic industries, and achieving balanced regional development; formulating differentiated technological development strategies, and government intervention and assistance to promote green technology innovation; improving carbon emission trading mechanisms to curb energy recovery Elastic effect, play the role of the market in environmental regulation; guide the rational flow of population, scientifically control the expansion speed of urbanization, and promote the high-quality development of the city.

Key words: Ecological environment, Economic growth, Environmental Kuznets, Global principal component analysis

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景、目的及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的	2
1.1.3 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 国外研究现状	3
1.2.2 国内研究现状	4
1.2.3 研究评述	8
1.3 研究内容、方法及技术路线	8
1.3.1 研究内容	8
1.3.2 研究方法	9
1.3.3 技术路线	10
第二章 相关概念和理论基础	11
2.1 相关概念界定	11
2.1.1 生态环境	11
2.1.2 东中西部区域划分	11
2.2 环境库兹涅茨理论	12
2.2.1 环境库兹涅茨理论的提出	12
2.2.2 环境库兹涅茨曲线的形成机制	13
2.2.3 扩展的环境库兹涅茨理论	15
2.2.4 三大效应模型推导	16
2.3 本章小结	18
第三章 我国经济增长及生态环境概况	20
3.1 经济增长概况	20
3.1.1 经济总量	20
3.1.2 产业结构	21
3.2 生态环境概况	22
3.2.1 评价指标体系构建	22
3.2.2 测度方法选择	23
3.2.3 综合水平测度	24
3.2.4 时空特征分析	27
3.3 本章小结	30
第四章 我国经济增长对生态环境质量影响的实证分析	31
4.1 变量选取及数据来源	31

4.2 统计检验	32
4.2.1 平稳性检验	32
4.2.2 协整检验	34
4.2.3 Hausman 检验和 F 检验	34
4.2.4 自相关、同期相关和异方差检验	35
4.3 经济增长对生态环境质量影响的回归分析	36
4.3.1 全国回归分析	36
4.3.2 不同区域回归分析	37
4.3.3 稳健性检验	43
4.4 本章小结	45
第五章 政策建议	47
5.1 促进产业转型升级，平衡区域发展	47
5.2 科技策略差异化，推动绿色技术创新	47
5.3 完善碳排放体系，发挥市场作用	48
5.4 引导人口合理流动，促进城市发展	48
结论	50
参考文献	52
攻读硕士期间学术成果	57
致 谢	58

第一章 绪论

我国经济总量稳居世界第二，曾经粗放的经济增长模式使生态环境遭到破坏。因此“十三五”时期，我国大力推进生态保护工作，但经济发展和生态环境的矛盾依然突出。如何在经济增长的同时改善生态环境质量，促进二者协调发展成为热点问题，学者们从不同角度出發，对生态环境的定义、评价指标体系构建、经济增长对生态环境质量的影响等方面进行研究。本章回顾相关研究成果，提出主要研究内容。

1.1 研究背景、目的及意义

1.1.1 研究背景

改革开放以来我国经济飞速发展，经济总量位居世界前列。从 1978 年至 2021 年，这 40 多年来我国人均 GDP 由 385 元提升到 80976 元，已超出世界平均水平。我国占世界经济比重从 1.8% 增长到 18% 以上，经济发展实现质的飞跃。目前虽然我国经济发展形势良好，但生态环境问题依然严峻，产能过剩导致大量自然资源浪费，污染物排放量超过生态系统承载能力，这些问题严重威胁社会的可持续发展。

基于生态环境恶化的问题，我国持续推进生态保护工作，遵循社会发展内在科学规律，满足人民对优美环境的需求。在“十三五”生态环境保护暨污染防治攻坚战期间，我国持续推动生态建设工作。据 NASA 数据显示，2000 至 2017 年中国绿化面积在世各国中居于首位，占全球所有绿化面积的 25%；同时，我国是最早开始大规模治理 PM_{2.5} 的国家，目前全球污水处理能力居于世界前列；我国地级及以上城市大气环境污染有所改善，空气质量优良天数占比 87%，高于“十三五”目标 2.5%；水质达到和好于 III 类断面占比达 85%，同比上升 7%；单位 GDP 二氧化碳排放量完成“十三五”目标，较 2015 年减少 18.8%。

虽然我国在绿地建设和污染治理等方面取得了显著成绩，但依然面临着严峻的生态环境问题。《中国生态足迹报告》中提出由于我国城市化的快速发展，污染物排放远超生态系统的承载范围，生态环境承载能力正以 2.5 倍的速度快速枯竭，面临严重的生态赤字。我国森林面积在 2020 年达 2.2 亿公顷，覆盖率虽为 23%，但与世界 31% 的平均覆盖率仍有较大差距；草原退化严重，全国大于 1/3 的草原正在不断缩减，人均草原面积仅为全球平均水平的二分之一，集中分布在内蒙古、青海和新疆等省份；全国高于 30% 的土地陷入荒漠化危机，风沙区域环境质量不断恶化；由于人类生产生活对生态环境的

压力，我国 20%动植物的生存受到威胁；水资源分布不均且利用效率低，严重影响居民生产生活。全国水土流失、森林退化、生物多样减少和水资源不足等形势严峻，如何解决我国在经济发展中面临的生态环境问题，协调二者间的关系，既要绿水青山又要金山银山成为人类发展面临的共同难题。

在此背景下，本文以环境库兹涅茨理论为基础研究经济增长对生态环境质量的影响，分析我国经济增长和生态环境的概况，选取我国 29 省 2004-2019 年的面板数据建立回归模型，研究经济对生态环境质量的影响，并提出政策建议。

1.1.2 研究目的

在经济增长对生态环境质量影响的理论分析中，本文以传统环境库兹涅茨理论为基础，引入生态环境质量水平形成扩展的环境库兹涅茨理论，通过数理模型对三大效应进行推导，丰富传统理论的基本内涵。运用主成分分析法测算我国 2004-2019 年 29 个省份的生态环境质量水平，得出我国生态环境质量的发展状况及不同区域的差异性。构建面板回归模型进行估计，根据回归结果研究不同区域经济增长对生态环境质量的影响，旨在促进二者协调发展。

1.1.3 研究意义

(1) 理论意义

1972 年第 27 届联合国大会将每年 6 月 5 日定为“世界环境日”，自此环境问题成为热点研究领域，经济发展和生态环境并不对立，但在过去经济快速增长的进程中却对生态环境造成严重破坏，如何在发展经济的同时提高生态环境质量，实现二者协调发展具有重要意义。关于经济发展和生态环境方面学术界展开了许多研究，但现有成果多是基于某区域或单一污染物的研究，结论具有局限性，对我国不同区域的研究关注较少。本文研究全国及不同区域经济增长对生态环境质量的影响，对比分析不同区域间二者关系的差异，将丰富环境库兹涅茨理论的基本内涵，补充我国生态文明建设的实证依据，为我国经济和生态协调发展提供参考。

(2) 现实意义

经济和生态的矛盾制约社会可持续发展，如今我国将生态环境建设摆在战略地位。虽然经济增速减慢，但仍在中高速阶段，面临生态恶化的严峻形势，迫切需要探寻一条生态环境和经济发展双赢的道路。同时，人类的生存发展与生态环境密不可分，人们生活水平提高，物质需求得到满足，享受优美的生态环境正在成为人民群众对美好生活的

共同追求。本文分析不同区域经济对生态环境质量的影响,提出目前存在的问题及原因,有利于满足人们对优美生态的需求,提高人民幸福感,实现人与自然和谐相处。此外,研究不同区域经济和生态环境间的关系并提出建议,有助于政府制定合理的政策,更加科学的规划生态建设与发展举措。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

自上世纪 70 年代以来,经济快速增长带来的生态环境问题引发学者们的关注,发达国家对此关注较早。美国 Kreuger 和 Grossman (1991) 选取 1979-1990 年世界 66 个国家的 44 种污染物排放量和经济增长的面板数据,通过回归得出,收入较低时环境污染随 GDP 增长加剧;收入较高时环境污染随 GDP 增长减弱^[1]。Shafik(1992)在构建环境污染体系时纳入生态环境相关指标,如森林相关指标,与人均 GDP 的回归分析验证“倒 U 型”曲线的存在^[2]。Panayotou (1994) 选取 50 多个国家的污染物排放量和人均 GDP 指标进行回归分析,得国家政策若不干涉环境污染程度会随经济增长加剧^[3],当经济增长到某一值污染程度会减弱,并首次将环境和经济的“倒 U 型”关系称为 EKC。Kaufmann (1998) 的 SO₂ 排放和人均 GDP 的关系、Dinda(2000)关于美国经济增长和悬浮固体颗粒的密度的关系、Hill 和 Magnani(2002)关于 156 个国家人均 GDP 和 SO₂ 排放的关系等研究结果均验证了环境“倒 U 型”曲线的存在^[4,5,6]。

由于选择区域或指标不同,国外诸多学者关于环境污染和经济增长的研究也显示,二者之间的关系不符合传统的“倒 U 型”,呈现出“正 U 型”、“正 N 型”和“倒 N 型”等。Torras 和 Boyce(1998)通过 GDP 和多种环境污染排放量的研究得出,GDP 和二氧化硫排放量关系为“正 N 型”,和重粒子、溶解氧的关系为“倒 N 型”^[7]。Hannes (2001)对德国经济发展和环境污染排放的关系进行研究,得出环境污染和经济增长之间呈“正 U 型”,其余污染物排放量和经济增长则没有呈现“U 型”^[8]。Friedl 和 Getzener (2003)研究 1960-1999 年间奥地利 GDP 和二氧化碳排放量的关系,并得出二者关系呈“N 型”^[9]。

随着研究的深入,研究方法持续完善和改进,逐渐扩展到经济增长和环境污染的双向关系和内在影响因素的研究。Coondoo 和 Dinda(2002)选取 1960-1990 年间 88 个国家二氧化碳排放量和经济增长的数据,运用面板 VAR 模型验证二者之间的关系,得出在发达国家经济与环境污染存在环境“倒 U 型”关系,而在发展中国家经济和环境污染之

间存在双向因果关系^[10]。Jalil 和 Mahmud(2009)运用 ARDL 法分析经济增长和环境污染的协整关系对于世界各国不具普遍性^[11]。Nikolaos Antonakakis(2017)选取 106 个国家 40 年间的经济和能源消费、碳排放数据,构建面板 VAR 模型进行分析得出碳排放增加是由于经济增长和能源消耗的双向作用^[12]。Ole 和 Marina(2018)认为政治制度会显著影响 GDP 增速和二氧化碳排放量的双向因果关系^[13]。

国外学者大多是以环境“倒 U 型”理论为基础,起初主要集中在经济增长对环境的单向影响,由于选取的研究区域、时间范围和环境指标的差异性,得出经济增长和环境之间呈现出不同于传统“倒 U 型”的形状。随着研究进一步深入,逐渐扩展到二者之间的双向因果关系和影响因素的分析。

1.2.2 国内研究现状

(1) 关于生态环境内涵的研究

国内官方文件中关于生态环境的提出,最早在八二宪法第二十六条中被提及,随着生态环境内涵不断延伸,不同领域的学者理解也不同。生态学中认为生态环境是满足生物生存的外部空间,包括无生命物质;环境学中认为生态环境是影响人们生存发展的自然因素的综合;经济学认为生态环境是与某一区域的经济、文化、政治等相关要素组成的动态系统^[14]。钟诚(2005)等认为生态环境主体是人类,土壤、气候和植被等物质都属于环境要素,生态环境是人类主体和环境要素的综合^[15]。陈百明(2012)认为生态环境是利于人类生存发展的物质条件的综合,是符合人类文明发展理念的环境^[16]。丛昊(2019)认为生态环境是自然资源利用和环境保护状况的综合,具体包含人类为了发展经济对自然资源过度利用,导致森林面积减少和土地水土流失等问题,还包含污染物排放造成的生态环境污染^[17]。肖况(2019)认为生态环境是影响人们生产生活的各种因素的综合,具体包含自然资源和人工改造的各种环境,人类受益于生态环境提供的外部条件,人类活动也会反作用于生态环境^[18]。赖芳(2020)认为在以人类为主体的前提下,自然界中影响人们生活的各类因素统称为生态环境^[19]。

综上所述,生态环境是围绕某一中心的外部条件,如自然、文化、地域等的总和,可理解为以人类为主体的自然资源利用和环境保护状况的综合。

(2) 关于生态环境质量评价指标体系的研究

关于生态环境质量评价指标选取方面,国内学者大多基于生态环境的现状、污染和治理三个角度选取数据,构建指标体系测算生态环境质量水平。丛昊(2019)基于自然资

源、环境污染、环境保护与治理三个角度选取 8 个指标构建评价指标体系, 测算山东省各市区生态环境质量水平^[17]。刘耀彬以压力、水平和保护三方面为基础构建生态环境质量评价指标体系, 具体包含污染物排放、绿化面积、森林覆盖率和污染物处理等 12 个指标^[20]。江红莉和何建敏(2010)选取绿化面积、污染物排放和处理等 11 个指标衡量生态环境质量水平, 并采用均方差赋权法计算生态环境综合发展指数^[21]。王永瑜和王丽君(2011)基于层次分析法从气候、水、植被、土地和环境负荷五个方面选取相关指标, 运用专家打分法确定指标权重, 计算出甘肃省生态环境质量在 29 年内的变化趋势, 呈现出急剧恶化、缓慢改善和逐渐平稳的状态^[22]。任梅(2016)等从污染减排、资源利用和生态保护三方面选取 9 个指标衡量山东省 17 个地市的生态环境质量水平^[23]。李汝资(2013)等、高新才(2016)、王家庭(2016)、王秀明(2019)等依据压力、状态和响应三方面选取指标衡量生态环境质量水平, “压力”包含污染物排放和资源消耗指标, “状态”包含自然资源供给现状指标, “响应”包含环境治理和保护指标^[24,25,26,27]。王宾和于法稳(2019)选取生态环境压力和保护两个准则层衡量长江经济带生态环境质量水平, 主要包含污染物排放量、森林覆盖率和污染物处理等 12 个指标^[28]。吕洁华(2020)等基于生态环境状态、压力、保护三方面选取 7 个指标衡量黑龙江省生态环境质量^[29]。杨秀平(2020)等选取资源禀赋、生态支撑、生态环境压力和生态环境治理四类指标衡量生态环境质量水平, 共包含水资源拥有量、森林覆盖率、污染物排放和污染物治理等 15 个指标^[30]。唐晓灵和杜莉(2020)基于资源供给、环境污染和环境治理三个角度选择 12 个指标衡量陕西省生态环境质量水平^[31]。韩冬(2021)在研究城市发展和生态环境耦合协调关系中, 将生态环境质量评价指标体系分为生态环境禀赋、压力和保护三大类, 共包含 11 个指标^[32]。

综上所述, 学者们对生态环境质量的评价指标选取与其内涵相对应, 主要从自然资源、环境污染和保护治理三方面构建评价指标体系。

(3) 关于经济增长和生态环境耦合协调关系的研究

部分学者依据经济和生态环境基本内涵, 构建评价指标体系研究二者之间的耦合协调关系。刘耀彬(2005)研究得出 1985 至 2002 年间我国各省生态环境质量和城市化发展之间的耦合协调关系处于颀颀状态, 相较而言东部城市的耦合协调度优于西部城市^[20]。江红莉和何建敏(2010)选取江苏省 12 年数据研究, 得出江苏省生态环境和经济发展的耦合协调度逐渐改善, 且生态环境发展落后于经济水平^[21]。韩瑞玲(2011)等研究沈阳经济区 20 年的经济和环境的耦合协调关系, 得出沈阳经济区的经济发展水平和环境

质量不断提升,且二者的耦合协调关系逐渐改善,经济增速是促进二者关系协调发展的主要因素^[33]。马丽(2012)等研究我国350个地级市2008年经济和环境的耦合协调关系,并得出处于拮抗状态的城市以高污染性的工业结构为主^[34]。刘德强(2018)等研究我国30个省在15年间经济和生态环境关系的演变,并得出我国各省的耦合协调关系整体呈现上升态势,但基于空间角度得出东部和中西部地区具有显著差异性^[35]。王秀明(2019)等研究广东省21个市城镇化和生态环境的耦合协调度处于向好态势,且环保政策和土地开发强度是主要影响因素,但文章研究时间选取的是4个间断的年份,而非连续的时间段,因此研究结果存在局限性^[27]。唐晓灵和杜莉(2020)选取陕西省10个市在4年内的经济发展和生态环境数据,研究得出二者耦合协调关系整体较好,但城市间差异较大^[31]。韩冬(2021)以新型城镇化为基础构建城市高质量发展体系和生态环境质量体系,计算二者耦合协调指数,但局限之处在于文章选取的研究对象较少和时间范围较短^[32]。

通过上述研究可知,学者们以地市或省份为研究对象,运用耦合协调模型研究经济和生态的关系,得出二者耦合协调关系基本处于良好态势,地区差异显著。但运用耦合协调模型大多是对二者发展现状和过去状态的研究,无法准确预测未来发展趋势,且难以深入研究二者关系的影响因素。

(4) 关于经济增长和生态环境的 EKC 关系研究

部分学者选择经济增长和污染物排放量指标,通过回归分析对 EKC 的存在性进行验证。王永瑜和王丽君(2015)以环境 EKC 为理论基础研究甘肃省 1980-2012 年人均 GDP 对生态环境水平的影响,得出经济增长是生态环境变化的原因,且当经济增长到一定水平,生态环境质量迎来拐点,会随着经济增长逐渐改善^[36]。文中首先依据气候、水、植被、土地和环境负荷选取相关指标,计算出生态环境综合发展水平和经济指标进行回归分析,避免了传统研究中仅包含污染负荷指标如污染物排放量等做法的局限性,综合考虑生态破坏和生态资源的发展因素,更为科学客观。张文杰(2018)运用因子分析法分别测算经济和环境质量的综合水平,通过面板回归分析得出江苏省 18 年间经济增长和环境质量之间具有“倒 U 型”关系,并预测江苏省环境 EKC 的拐点将于 2028 出现^[37]。但文中在环境质量数据选取方面,选择指标均是各类污染物排放量数据,无法全面涵盖环境质量的基本内涵。朱欢(2020)选取世界 67 个经济体的碳排放量和经济相关指标,通过面板数据回归分析,得出经济增长与 CO₂ 排放量呈“倒 U 型”、与能源结构转型呈“U 型”^[38]。郁秋玥(2020)选取我国长三角地区江苏省、浙江省和上海市 2004-2017

年四类污染物排放和人均 GDP 增长数据, 研究得出我国长三角地区经济和环境之间符合 EKC “倒 U 型” 关系, 且经济增长已经到达拐点^[39]。王国惠和韩克勇 (2021) 通过回归分析和交互检验, 研究得出黄土高原地区 6 省在 2004-2018 年内生态环境污染、政府治理和生态环境质量分别与人均 GDP 的关系均呈 “倒 U 型”^[40]。

以上学者研究得出经济增长和环境之间的关系符合传统的 “倒 U 型” 曲线, 但是由于模型选择、研究对象或时间范围等因素的影响, 有部分学者研究得出不同的结论。李惠娟和龙如银 (2013) 研究我国 47 个资源型城市在 2003-2009 年人均 GDP 增长和三种工业污染物的关系研究, 并得出拥有的资源类型是影响城市 EKC 的重要因素, 曲线形状相同的条件下该类城市转折点出现更早^[41]。范优 (2017) 选取我国 105 个地级市 2002 至 2014 年 12 种污染物排放量 and 经济相关数据, 运用面板回归对 EKC 的存在性进行验证, 并通过 PVAR 模型研究不同收入水平地区的人均 GDP 和各类污染物排放量的关系, 得出在不同收入水平下, 经济增长和各类污染物排放量之间的关系具有显著差异, 并不是都呈 “倒 U 型”^[42]。侯孟阳和姚顺波 (2019) 选取我国各省 1986-2015 年森林资源和经济增长的数据, 构建扩展 EKC 模型研究得出我国森林资源和经济增长呈 “倒 N 型”, 且我国各省正处于上升阶段^[43]。丛昊 (2019) 基于经济对环境影响的悲观、乐观和理性三种观点对相关成果进行梳理, 运用主成分分析法计算山东省 17 个市 2001 至 2016 年间生态环境综合水平, 然后通过面板回归分析各市经济增长和生态环境质量的关系, 得出二者之间呈 “U 型” 关系, 且目前山东省整体处于拐点之前^[17]。但由于数据缺失, 文中仅选取污水处理率这一指标表示环境保护与治理, 因此指标选取方面不够均衡全面; 且在模型设定中未设定三次模型, 因此研究结论不够科学客观。易艳春和宋德勇 (2011) 选取我国 1978-2008 年关于能源消耗和经济增长的指标进行回归分析, 研究得出我国人均 GDP 和二氧化碳排放量的呈 N 形关系^[44]。王猛 (2020) 改进的二次弯折模型研究我国环境 EKC 的存在性, 得出我国不同污染物排放量与经济增长的对应关系不同: PM2.5 浓度与经济增长呈 “倒 U 型”, 且我国正处于下降阶段; 二氧化硫排放、二氧化碳排放则均随经济增长而增长^[45]。李达 (2021) 等选取我国黄河流域的 29 个市 2007-2017 年关于 5 类环境污染物和经济发展相关指标, 通过回归分析研究得出工业废水、工业二氧化硫排放量分别和人均 GDP 呈传统的 “倒 U 型”, 其余环境污染指标与人均 GDP 的关系则呈 “N 型” 或 “倒 N 型”^[46]。

关于经济增长方面的指标, 学者们大多以人均 GDP 来衡量, 环境质量方面大多选择多种污染物的排放量, 由于模型选择、研究对象或时间不同, 研究结论也不同, 经济

和环境的关系呈“U型”、“倒U型”、“N型”、“倒N型”等。但大部分研究选择指标过于单一，衡量生态环境的指标也不具综合性和全面性，仅选取与环境污染排放量相关的数据进行研究，不符合生态环境的内涵，对于相关影响因素也缺乏深入研究。

1.2.3 研究评述

综上所述，国内外研究者对生态环境的定义、生态环境质量评价指标体系、生态环境和经济增长的关系进行深入研究，其中生态环境质量评价指标都是选择自然资源利用、环境污染和保护治理三方面数据计算出综合指标，以人均GDP衡量经济增长，大多运用耦合协调模型或回归分析验证EKC的存在性，曲线形态呈“倒U型”、“U型”、“倒N型”和“N型”。上述研究为本文提供了丰富的借鉴之处，但存在值得深入研究和完善的方面：首先，学者们在验证EKC存在性中，选择的环境指标大多为污染物的排放量数据，不能完全覆盖生态环境基本内涵。选取单一的环境负荷指标和经济增长指标逐一回归，得到的结果无法全面的反映研究区域的生态环境质量和经济增长的关系。其次，也有学者研究经济和生态的耦合协调关系，但运用耦合协调模型多是对二者发展现状和历史状态的研究，无法预测未来发展趋势。最后，现有研究成果大多是对环境和经济的关系进行研究，但对二者关系的地区差异性、技术因素和环保政策等因素考虑较少，对研究结论的科学性和客观性产生影响。

针对已有研究不足，本文在EKC理论研究的基础上，构建生态环境质量指标体系，通过全局主成分分析法测度我国29省2004-2019年生态环境质量水平，综合考虑产业、技术、政策和人口等方面因素的影响，研究我国经济增长对生态环境的影响。

1.3 研究内容、方法及技术路线

1.3.1 研究内容

基于上述研究成果，本文研究内容如下：

第一章是绪论。简要阐述研究背景、目的、意义、研究现状、研究内容、方法和技术路线等。

第二章是相关概念及理论分析。包括两部分：首先对环境、生态环境的概念及东中西地区的划分依据进行介绍；其次是理论基础，以环境库兹涅茨理论为基础，引入生态环境质量水平形成扩展的库兹涅茨理论，通过数理模型对三大效应进行推导，分析经济增长对生态环境质量的影响。

第三章是经济增长和生态环境概况。首先基于经济总量和产业结构分析经济增长概况；其次分析生态环境质量发展概况，构建指标体系并运用全局主成分分析法测得我国29省2004-2019年的生态环境质量水平，分析生态环境质量的时空特征。

第四章是实证分析。首先进行统计检验确定模型，通过面板回归研究全国和东中西部地区经济增长对生态环境质量的影响，对比二者之间的关系及影响因素在不同地区的差异性，最后通过动态面板回归对模型稳健性进行检验。

第五章是政策建议。根据实证结果，提出产业升级、绿色技术、碳排放交易和人口合理流动方面的政策建议。

结论与展望。首先从生态环境质量、曲线形态、影响因素三方面阐述结论，然后提出本文主要创新点、不足与展望。

1.3.2 研究方法

文献综合法：搜集并阅读国内外学者已有的研究成果，对生态环境和经济增长的发展历史和现状初步了解，结合现有研究成果确定本文研究方向，依托人民网和生态环境厅官网的资料梳理我国生态环境保护相关政策文件，借助国家统计局年鉴查询数据。

全局主成分分析法：综合考虑我国各省生态环境自然资源、环境污染和环境治理，构建生态环境质量指标体系，运用全局主分量分析法（GPCA）科学精简评价指标结构，测算我国各省的生态环境质量水平，为实证分析奠定基础。

对比分析方法：以我国东中西部地区为研究对象，构建模型分析我国经济增长对生态环境的影响，通过面板模型回归，对比不同区域曲线形态和相关影响因素的差异性，采用稳健性检验对二者关系进行验证，根据实证分析的结果为不同地区经济和生态协调发展提出针对性政策建议。

1.3.3 技术路线

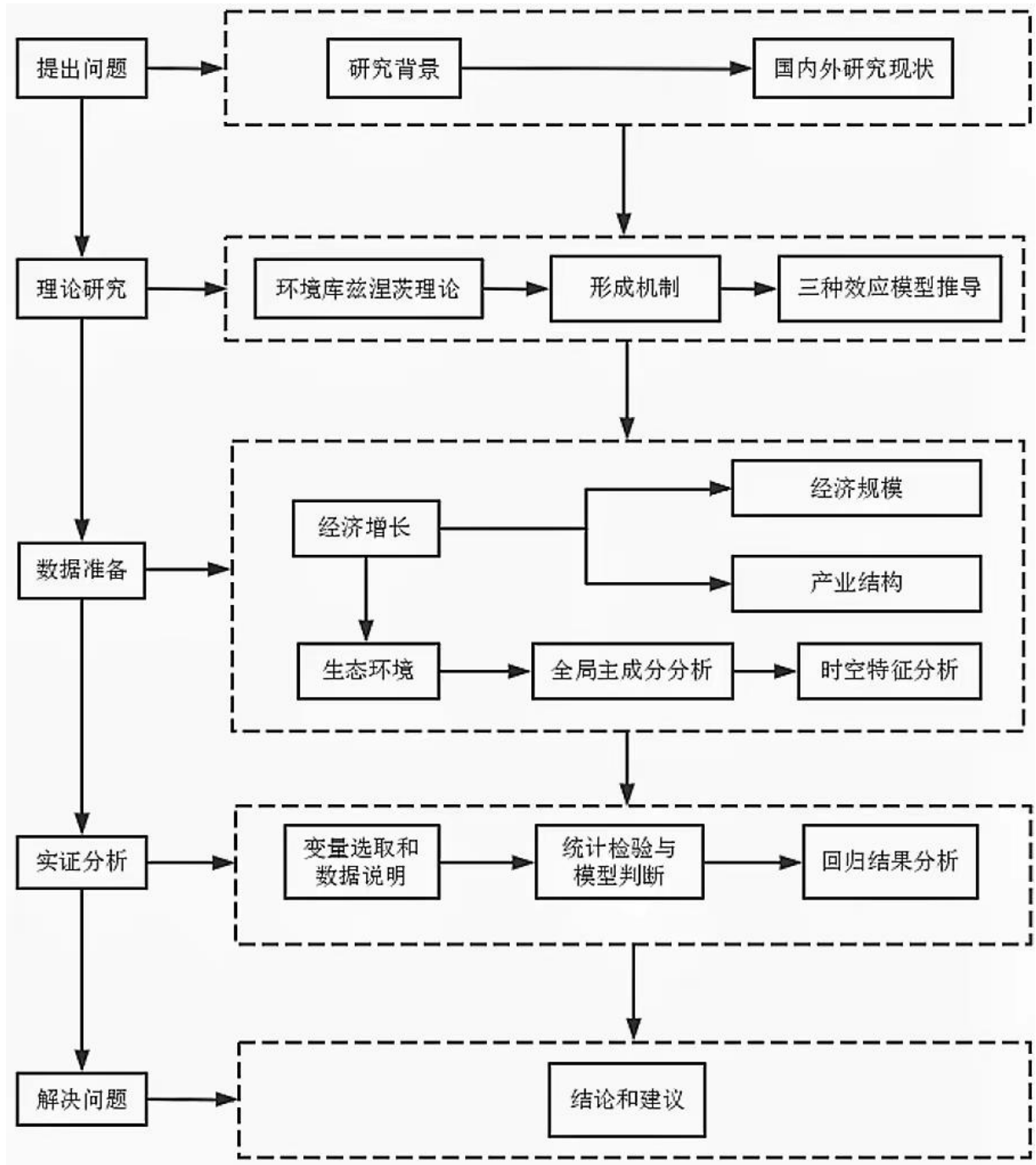


图 1.1 技术路线图

第二章 相关概念和理论基础

学者们对生态环境的内涵进行了深入研究,依据各位学者的研究成果,对环境、生态环境的概念及区域划分进行界定;各位学者关于EKC的研究成果中,以Brock和Taylor(2004)的三种效应模型最为经典,因此本文将生态环境质量水平引入环境库兹涅茨理论,通过数理模型对三大效应进行推导,从理论角度出发研究经济对生态环境质量的作用机制。

2.1 相关概念界定

2.1.1 生态环境

生态和环境紧密相连,形成生态环境的概念。本文借鉴学者肖况对生态环境的定义,生态环境是以人类为主体的自然资源利用和环境保护状况的综合^[26]。生态环境是一种与社会可持续发展紧密相关的复合生态系统,是各种生态关系组成的环境统称,包括水、土壤、气候和生物等与人类生产生活紧密相关的自然资源的利用状态,还包括人类对环境保护的情况。

具体内涵:一是生态环境的主体是人。人类既是生态环境的享受者,也是生态环境的破坏者。一方面是对自然资源过度利用,另一方面是污染物排放导致的环境污染问题。二是生态环境有机融合了生态和环境两方面。生态是指生物个体、生物与自然界的环境之间的相互作用。环境质量通常用环境污染程度来衡量,环境污染是人为排放且超出自然承载阈值的物质,如大气污染和水污染等。三是生态环境是各类生物和无生命物质通过相互作用形成的复杂系统,各要素通过能量和信息传递等方式维持稳态,为人类和各种生物生存发展提供重要的物质和能量保障。

2.1.2 东中西部区域划分

“七五”计划中指出,我国东部地区包含11个省(市),中部地区包含10个省(自治区),西部地区包含9个省(自治区)。1997年将重庆设为直辖市列入西部,西部增为10省(自治区、直辖市);2000年西部大开发中,考虑到内蒙古和广西人均GDP与西部平均水平相当,因此将内蒙古和广西列入西部。因此,东部地区包含:北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南;中部地区包含:山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南;西部地区包含:内蒙古、广西、重庆、

四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、西藏；由于数据缺失，本文研究中未将我国上海、西藏和港澳台地区包括在内。

2.2 环境库兹涅茨理论

2.2.1 环境库兹涅茨理论的提出

(1) 库兹涅茨理论

Kuznets Simon 作为研究国民收入的重要开拓者，对国民收入核算体系的概念形成和度量做出重大贡献，被称为“美国 GNP 之父”，于 1971 年得诺贝尔经济学奖。Kuznets 对生产和价格的规律性进行研究，提出美国持续 15-25 年的经济波动周期，将范围扩大到其他发达国家，被学术界称为“库兹涅茨周期”^[47]。Kuznets 关于经济增长的深刻见解对西方经济学家产生了深远影响，以他命名的 Kuznets 曲线，也被称为“倒 U 型”曲线，对收入分配与经济增长的关系进行了详细分析。Kuznets 对传统农业和现代工业之间关系的分析是基于以下事实：即经济增长等同于社会工业化和城市化的发展，收入分配差距往往会随着社会工业化和城市化的发展程度而改变。“收入分配差距”是指一个国家的总体收入水平与各行业的收入差距。在这项研究中，Kuznets 将社会分为农业和非农业两大部门，深入研究产业结构变动对收入差距的影响机制。但 Kuznets 在当时经济发展的条件下无法构建一个工业化进程中的收入差距变化模型，缺乏数据和模型支撑，只有通过发达国家的经验和大量猜想分析，无法科学的推演工业化或二元结构进程中收入分配差距的变化趋势，因此脱离了 Kuznets 最初以产业结构变化为依据进行分析的想法^[48]。

Kuznets 将后续对发达国家的研究引入到简单形式中，提出“倒 U 型”曲线的说法，用以表示经济增长(人均收入)与分配差距的关系，具体而言，在初期分配不平等程度会随经济增长变得严重，但当经济增长至一定水平，收入差距会随着经济增长达而减小。若在二维平面空间内，以经济发展相关指标（人均 GDP）作为横坐标，以收入分配差距作为纵坐标，设置农业和非农业两个收入分配部门，部门间的收入差异、各部门内部收入差异和按部门划分的个体数的比率三个因素会影响收入不平等程度。在经济发展初期，收入分配较不平等的农业部门所占份额逐渐增加，因此收入分配的总体不平等情况有所增加^[49]；随着经济发展水平较高并达到峰值，主导产业由农业部门转变为非农业部门，占比增加对收入分配不平等的影响加深，两部门间的收入差异缩小，社会整体的收入分配更加公平。

（2）环境库兹涅茨理论

经济增长和环境污染水平之间的“倒U型”关系与 Kuznets 研究的经济增长和收入差异间的“倒U型”形状相似，因此被称为环境库兹涅茨理论。美国经济学家 Kreuger 和 Grossman 于 1991 年首次对人均收入水平和环境污染物排放之间的关系进行系统科学的研究，并得出二者关系呈“倒U型”的结论。Panayotou 对此进一步验证，证实环境“倒U型”的存在，这与 Kuznets 提出的“倒U型”理论形态相似^[3]，因此 Panayotou 于 1993 年首次将环境“倒U型”关系称为库兹涅茨理论假说。若在二维平面内，如图 2.1 所示，横坐标为经济水平（人均 GDP），纵坐标为环境污染水平（污染物排放量）。在初期，环境污染水平随着经济增长逐渐加深，当经济增长到某一水平环境质量将出现拐点，随着经济进一步增长，环境污染程度逐渐下降，环境质量开始改善。

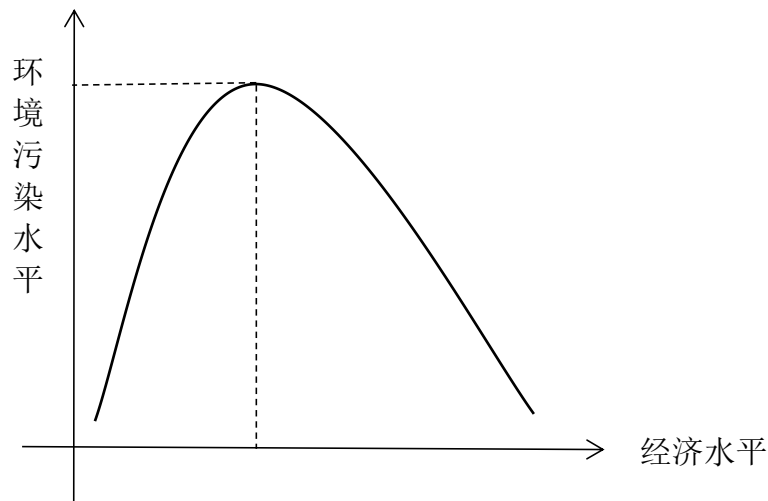


图 2.1 EKC 图

2.2.2 环境库兹涅茨曲线的形成机制

为解释 EKC 的形成机制和影响因素，学者们从不同的角度进行分析，Brock 和 Taylor（2004）对三种效应的影响分析，Panayotou（1993）、Grossman 和 Kruger（1993）侧重产业结构的变化对环境污染的影响^[50,51]；John（1994）、Selden（1995）等指出投资显著影响环境“倒U型”曲线的形成^[52,53]；Copeland（2004）等认为技术发展是高收入国家环境质量改善的关键因素^[54]；Dasgupta（2002）等从环境规制、技术创新和人力资本等多个角度对 EKC 进行分析，并指出环境质量改善的过程中有效治理的必然性^[55]。因此，本文将 EKC 的形成机制概括为经济规模、产业结构、技术进步和政策因素共同影响的结果。

经济规模。假定其他因素不变，随着经济规模的增大，一方面需要增加资源投入，对自然资源无限索取和利用，导致能源过度消耗、森林资源减少、水资源减少和土地不合理利用等问题凸显，李嘉图认为地主追求财富最大化，会减少土地养护，无限制的使用土地^[56]。长此以往，以自然资源为原材料进行生产生活，排放大量工业废水和固体废弃物等严重超出自然界的承载能力，而在技术水平不变的情况下，经济持续增长导致环境污染程度加深，生态环境质量水平将不断下降。随着经济规模的进一步扩大，居民收入提高，基本的物质需求得到满足，生态环保意识增强，更加愿意付费购买对生态环境友好的产品，而减少对生态环境有害产品的购买，社会生产单位产品排放环境污染物减少，对生态环境的改善具有积极作用。

产业结构。在经济增长的初级阶段，传统农业产值在产出中所占份额较大，作为主导产业，环境污染物排放量相对较少，对环境的压力小。随着经济不断发展，工业产值占比逐渐增大，在工业化初始发展和加速阶段，自然资源的消耗加快，大量工业废弃物导致环境污染加剧；随着工业化进程步入成熟阶段，经济增长对自然环境的压力减弱；当产业结构升级，第三产业产值占比增加，高耗能高污染产业退出市场，对自然环境压力最小的服务业、技术与知识密集型产业成为主导产业，环境污染程度将减弱，生态环境质量逐渐改善^[57]。

技术进步。经济增长初期，国家对环境保护投资不足，对污染治理和控制程度有限，环境质量随经济增长持续降低。当经济增长到某一水平，社会环保需求增强，政府对环境保护技术的投资增加，加大对节能环保技术研发支持，技术进步改良社会对自然资源的开发和利用方式，产业发展更倾向于环境友好型的清洁能源^[58]。技术进步使产业发展摆脱对自然资源的依赖，资源得以循环反复使用，单位经济增长的要素投入减少，生产效率提高；同时由于污染物处理技术水平的提升，生产生活导致的环境污染物排放量减少，对环境的压力的逐渐减小。

政策因素。随着经济增长，政府作为“守夜人”不断加强环境规制，干预环境污染活动，改进环境质量监测、污染行为监管、环保投资和法律保障体系，促进环境友好型产业发展，减轻对环境的压力。环境政策不同，对应 EKC 的形状也不同：曲线 a 表示产权界定不清，环境污染外部性严重，相关政策中存在部分补贴对环境质量改善不利，此时，环境污染程度大于生态阈值，超过自然界的承受范围；曲线 b 表示完善环境政策，政府剔除政策中部分对环境质量改善不利的方面，曲线 b 变得比较平缓，环境污染水平

的最大值减小；曲线 c 表示产权明晰，政府完全剔除对环保不利的补贴政策，奖励环保行为，将环境污染外部性内部化^[59]，经济增长对环境污染的最大值小于生态阈值。

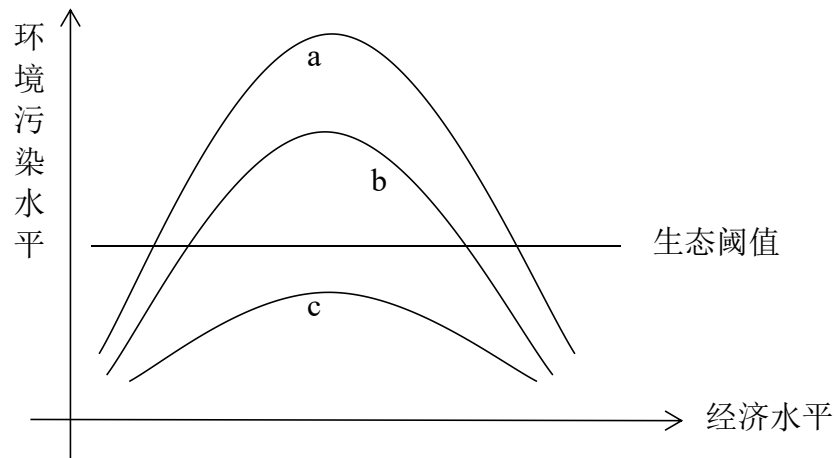


图 2.2 不同政策下的 EKC 图

人口因素。人类为了满足自身生产生活，在开发和利用自然资源时，自身活动对生态环境产生深刻影响。在人口规模较小时，人口密度与环境承载力相适应，污染物排放量在环境自净能力范围内，此时人与自然和谐相处^[60]。随着人口不断增长到某一水平，污染程度超出自然界自我清洁能力范围，同时生态系统中现存的资源数量和种类难以满足庞大人口的需求，人类掠夺性的开采对环境造成损害。

通过上述理论分析可知，经济规模、产业结构变动、技术进步和对人口密度等因素均会对生态环境质量造成影响。我国应通过产业结构调整、加强环保政策引导和应用绿色技术等方式促进经济对环境的积极作用，实现经济增长和生态环境协调发展。

2.2.3 扩展的环境库兹涅茨理论

综合上述理论研究可知，运用环境污染负荷指标进行分析存在如下问题：一，与环境质量相关的污染负荷指标不能完全表示环境退化。经济增长进程中的生态环境问题不仅包含环境污染物的排放，还包括生态破坏，如水资源枯竭、森林缩小、草原沙化、生物多样性减少等各种问题。二，曲线形态还与其它因素相关。首先，不同的治污技术水平下曲线形状不同；其次，治污技术对自然资源弱替代性的存在，导致高效率的清洁技术充分使用后再无潜力可挖，加之污染治理成本增加，经济发展使环境污染物排放增加，环境污染程度加深，所以曲线可能为“正 N 型”。因此，以单一的环境负荷指标为基础分析经济和环境之间的关系，无法满足实际发展需求。

若转换以往研究方式，用“生态环境质量”代替“环境污染”，基于生态环境质量研究经济与环境的关系，则传统的环境库兹涅茨曲线可扩展为正“U型”，表示经在经济发展初期，生态环境质量会随经济增长逐渐恶化；当经济增长到某一临界点，环境污染最为严重，生态环境质量水平达到最低点；在此之后，随着经济增长，生态环境质量水平将会提升。因此，经济水平和生态环境质量之间的关系呈正“U型”，形态曲线如图 2.3 所示。

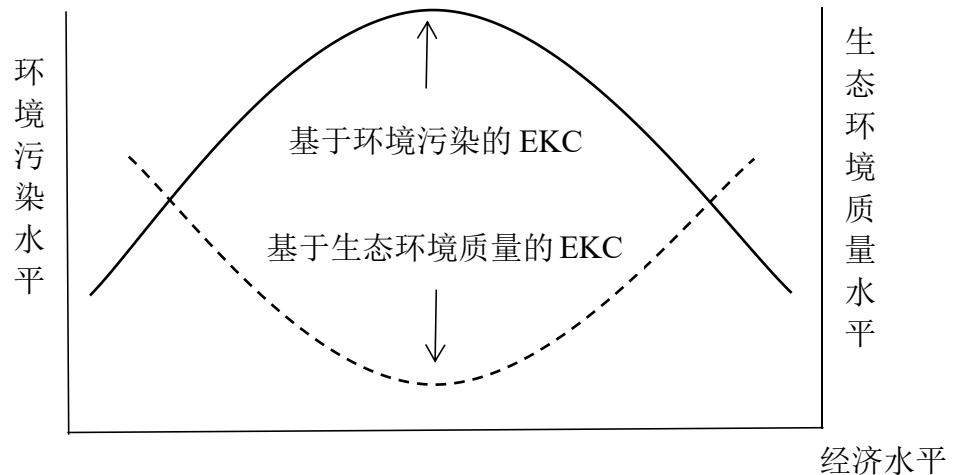


图 2.3 基于环境污染的 EKC 和基于生态环境质量的 EKC 图

2.2.4 三大效应模型推导

环境库兹涅茨理论提出以来，学者们对其影响因素和作用机制进行深入分析，研究多是基于三大效应、市场机制、收入需求弹性和政府干预等多个角度进行分析，而 Brock 和 Taylor (2004) 从生产角度构建的三大效应模型最为经典^[61]。具体分析如下：从生产角度分析，影响环境质量的三个因素为经济规模、产业结构和技术水平^[38]，某个国家或区域污染物排放量的表达式如 (2.1) 所示，假设研究区域内共有 n 个产业，第 j 个产业污染排放量为 Y_j ，则该经济体污染物排放总量 Y 为各产业污染物排放量 Y_j 之和； α_j 是产业 j 的 GDP 占整个经济体 GDP 的比重， q_j 是产业 j 每单位 GDP 污染物排放量， G 是整个经济体的 GDP 总量。

$$Y = \sum_{j=1}^n Y_j = \sum_{j=1}^n \alpha_j q_j G \quad (2.1)$$

则假设生态环境质量的表达式如 (2.2) 所示，其中 E 代表生态环境质量水平， E 的取值范围为 $(0, 1)$ ， A 为大于 0 的任意常数，当污染物排放增加时，生态环境质量水平降低；当污染物排放减少时，生态环境质量水平提升。

$$E = \frac{A}{Y} \quad (2.2)$$

本部分依据经济发展情况，将产业结构分为三大产业，分别是第一产业、第二产业、第三产业^[37]，即 $n=3$ 。第一产业农业特征明显，以种植业及林业为主，环境污染物排放最少，对能源的依赖度最低，因此该产业对生态环境的污染最小。第二产业以石油加工和金属冶炼为主，能源消耗较强^[62]，因此第二产业对生态环境的污染程度最高。第三产业不直接生产物质商品，以服务业主导，因此对资源依赖程度较小。综上，第三产业污染水平比第一产业高，比第二产业低，即 $q_2 > q_3 > q_1$ ，得出

$$\frac{Y_2}{\alpha_2 G} > \frac{Y_3}{\alpha_3 G} > \frac{Y_1}{\alpha_1 G} \quad (2.3)$$

则分析环境污染物排放量随时间 t 的变化，式 (2.1) 两边同时对 t 求导，且两边同时除以污染物排放总量 Y ，

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{d\alpha_j}{dt} \frac{1}{Y} q_j G + \frac{dq_j}{dt} \frac{1}{Y} \alpha_j G + \frac{dG}{dt} \frac{1}{Y} \alpha_j q_j \right) \quad (2.4)$$

令 $\frac{Y_j}{Y} = \beta_j$ ，表示产业 j 的污染物排放量占整个经济体污染物排放总量的比重，由 $Y_j = \alpha_j q_j G$ 得出 $\frac{1}{Y} = \frac{\beta_j}{\alpha_j q_j G}$ ，并将其代入式 2.4 得出，

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = \sum_{j=1}^n \beta_j \left(\frac{d\alpha_j}{dt} \frac{1}{\alpha_j} + \frac{dq_j}{dt} \frac{1}{q_j} + \frac{dG}{dt} \frac{1}{G} \right) \quad (2.5)$$

令 $\hat{x} = \frac{dx_j}{dt} \frac{1}{x_j}$ 表示为变量 x 在相邻时间内的变化，则式 (2.5) 可写为

$$\hat{Y} = \sum_{j=1}^n \beta_j (\hat{\alpha}_j + \hat{q}_j) + \hat{G} \quad (2.6)$$

由式 (2.6) 可知 $\hat{\alpha}_j$ 、 \hat{q}_j 和 \hat{G} 三个因素影响整个经济体环境污染物排放总量的变化，接下来分项研究这三个因素对生态环境质量的影响。式 (2.2) 两边对 t 求导再除以 E ，得到式 (2.7)，可知生态环境质量和环境污染物排放总量的变化呈反向关系。

$$\hat{E} = \frac{dE}{dt} \frac{1}{E} = - \frac{A}{Y^2} \frac{dY_j}{dt} \frac{1}{E} = - \frac{A \hat{Y}_j}{Y E} \quad (2.7)$$

关于规模效应。 G 代表整个经济体的 GDP 总量，令 α_j 和 q_j 为常数，则 $\hat{\alpha}_j = 0, \hat{q}_j = 0$ ，得出 $\hat{Y} = \hat{G}$ ，表明保持其他两个因素不变，整个经济体的环境污染物放总量和 GDP 总量的变化呈正向关系，经济增长会带来环境污染的加剧，抑制环境改善。

关于结构效应。 α_j 是产业 j 的 GDP 占整个经济体 GDP 的比重，可以代表产业结构的变动，令 q_j 和 G 为常数，则 $\hat{Y} = \sum_{j=1}^n \beta_j \hat{\alpha}_j$ ，由于 n 个产业对应的 GDP 占比变化之和为

零，即 $\sum_{j=1}^n d\alpha_j = 0$ ，于是

$$\hat{Y} = \sum_{j=1}^n \beta_j \hat{\alpha}_j = \sum_{j=1}^n \beta_j \hat{\alpha}_j - \sum_{j=1}^n d\alpha_j = \sum_{j=1}^n \hat{\alpha}_j (\beta_j - \alpha_j) \quad (2.8)$$

当 $\beta_j - \alpha_j < 0$ ，即当 $\beta_j < \alpha_j$ ，整个经济体的环境污染物放总量将减少，又由 $\beta_j = \frac{Y_j}{Y}$ 得出 $\frac{Y_j}{\alpha_j G} < \frac{Y}{G}$ ，因此定义产业 j 满足 $\frac{Y_j}{\alpha_j G} > \frac{Y}{G}$ 时为污染产业，满足 $\frac{Y_j}{\alpha_j G} < \frac{Y}{G}$ 时为清洁产业，即当污染产业 GDP 占比减小，清洁产业 GDP 占比增大时，整体污染物排放量减少。根据式(2.2) 得出第二产业 $\frac{Y_2}{\alpha_2 G} > \frac{Y}{G}$ 为污染产业，随着污染产业 GDP 占比减少，整体污染物排放总量将会减小，生态环境质量水平提高。

关于技术效应。 q_j 是产业 j 每单位 GDP 污染物排放量，可以代表技术进步，令 α_j 和 G 为常数，则 $\hat{\alpha} = 0$ ， $\hat{G} = 0$ ，得出 $\hat{Y} = \sum_{j=1}^n \beta_j \hat{q}_j$ ，表明保持其它两个因素不变，整个经济体的环境污染物放总量随着技术水平提高而减少，因此技术水平提高将促进生态环境质量的改善。

经济规模的扩大导致环境污染加剧，产业优化和技术提高促进生态环境质量改善。在经济增长初期，经济规模导致的环境污染效果超过了产业优化和技术提高对环境的改善，环境质量不断恶化；当经济增长达某一水平，产业结构优化和技术进步对环境的改善作用大于经济规模的增长带来的污染，环境质量逐渐提高。

2.3 本章小结

EKC 理论对经济增长和环境污染之间关系的解释被诸多学者接受，国外学者多对其进行理论解释，国内学者多是将其作为工具研究经济和环境的关系。虽然 EKC 理论的提出是基于客观数据的规律概括，但同样具有重要意义。本章分为两部分，研究经济增长和生态环境关系的相关概念和理论。第一部分是生态环境的概念和区域划分依据进行说明，生态环境是以人类为主体的自然资源利用和环境保护状况的综合，目前研究大多基于生态环境的自然资源、污染和治理三个角度选取数据对生态环境质量水平进行测度。第二部分是对 EKC 理论的介绍，由最初 Kuznets 提出的“倒 U 型”关系，引出环境“倒 U 型”理论，对影响 EKC 形成的各种因素进行归纳梳理，从经济增长、产业结构、技术进步、政策因素和人口密度等多个角度进行分析，并以传统环境库兹涅茨理论

为基础，引入生态环境质量水平形成扩展的环境库兹涅茨理论，通过数理模型对三大效应进行推导，深入分析经济增长对生态环境质量的作用机制。

第三章 我国经济增长及生态环境概况

经济规模和产业结构是经济发展的重要基础，从这两方面对经济增长概况进行合理分析；结合学者们的研究成果，依据生态环境的内涵构建生态环境质量评价指标体系，分析生态环境质量的时空特征，从整体层面直观判断我国经济增长和生态环境发展概况，初步认识二者相关关系。

3.1 经济增长概况

3.1.1 经济总量

表 3.1 我国 2004-2020 年 GDP 和人均 GDP

时间 (年)	GDP (亿元)	GDP 增长率 (%)	人均 GDP (元/人)	人均 GDP 增长率 (%)
2004	159878	10.1	12335.58	9.5
2005	184937	11.4	14053	10.7
2006	216314	12.7	16499.7	12.1
2007	265810	14.2	20169.46	13.6
2008	314045	9.7	23707.71	9.1
2009	340903	9.4	25608	8.9
2010	401513	10.6	30015	10.1
2011	471564	9.6	35083	9.0
2012	519322	7.9	38420.38	7.3
2013	588019	7.8	41907.59	7.2
2014	636463	7.4	46652.25	6.8
2015	676708	7.0	49351	6.4
2016	744127	6.9	53980	6.1
2017	827122	7.0	59660	6.3
2018	919281	6.8	64644	6.5
2019	990865	6.0	70892	5.7
2020	1015990	2.3	72447	2.0

注：数据来源于 2004-2021 年《国家统计年鉴》。

我国经济发展迅速，已成为世界上第二大经济体。如表 3.1 所示，截止 2020 年，我国人均 GDP 达 72447 元，近年来我国人均 GDP 增速整体呈先上升后下降，最后再上升的趋势，2020 年前增速保持在 6% 左右。2020 年我国 GDP 首次突破 100 万亿元，GDP 总量达 1015990 亿元，按照可比价格计算，同比上涨 2.3%，中国已连续 30 年保持全年 GDP 增速为正。从 GDP 增长率来看，2007 年我国增长率为 14.23%，经济增速达到最高水平，2008 年步入“新常态”，金融危机使我国经济从高速增长下滑到中低速增长水

平。2015 年到 2020 年间，中国经济增速达 7%左右，逐步稳定在中高速水平，侧重经济质量的提高和平稳发展。

3.1.2 产业结构

随着经济增长，我国产业结构不断转型升级。从 2004 年到 2020 年，产业增速平稳，第二、三产业增加值增速超过第一产业^[18]。2004 年至 2012 年，第二产业占比高于第三产业，但二者差距不断缩小。“十二五”时期，我国产业结构优化升级的方向是逐步实现从第一产业主导向第二产业主导的发展模式。在 2013 年，第三产业增加值是第一产业的 5 倍，高于第二产业增加值 19077 亿元，由图 3.2 可知，三大产业增加值占比由 2004 年的 13.39%：46.23%：40.38%变为 2020 年的 7.65%：37.82%：54.53%，由此可以得出，我国经济总量的增长主要依靠第二产业和第三产业的发展。

表 3.2 我国 2004-2020 年三大产业增加值

时间 (年)	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)
2004	21413	73904	64561
2005	22420	87598	74919
2006	24040	103720	88555
2007	28627	125831	111352
2008	33702	149003	131340
2009	35226	157639	148038
2010	40534	187383	173596
2011	47712	220592	203260
2012	52377	235319	231626
2013	55322	256810	275887
2014	58332	271392	306739
2015	60863	274278	341567
2016	63671	296236	384221
2017	65468	334623	427032
2018	64745	364835	489701
2019	70467	386165	534233
2020	77754	384255	553977

注：数据来源于 2004-2021 年《国家统计年鉴》。

具体来看，第一产业增加值占比持续下降，由 2004 年的 13.39%减小到 2020 年的 7.65%，2020 年占比仅为 2004 年的二分之一，且自 2013 年始终低于 10%。第二产业增加值占比先增后减，具体呈现两个发展阶段，第一阶段为 2004-2011 年，该阶段中第二产业增加值占比在波动中上升，且在 2006 年达到最大值 47.95%；第二阶段为 2011-2020

年,第二产业的增加值占比在波动中上升,由2011年的46.78%减小到2020年的37.82%。第三产业增加值占比不断提高,在2004-2011年间缓慢增长,由2004年的40.38%增长到2011年的43.10%,与第二产业占比差距缩小;2012年后第三产业占比超过第二产业,实现快速增长,由2012年的44.60%增长到2020年的54.53%,目前已成为我国的主导产业。总体而言,中国产业结构的演变符合配第-克拉克定律,主导产业按照“一、二、三”的顺序依次更迭。2012年以前,产业结构是“二、三、一”,2012年以后,随着第二产业占比减少和第三产业占比的提高,主导产业由第二产业向第三产业转移;目前为“三、二、一”的态势。

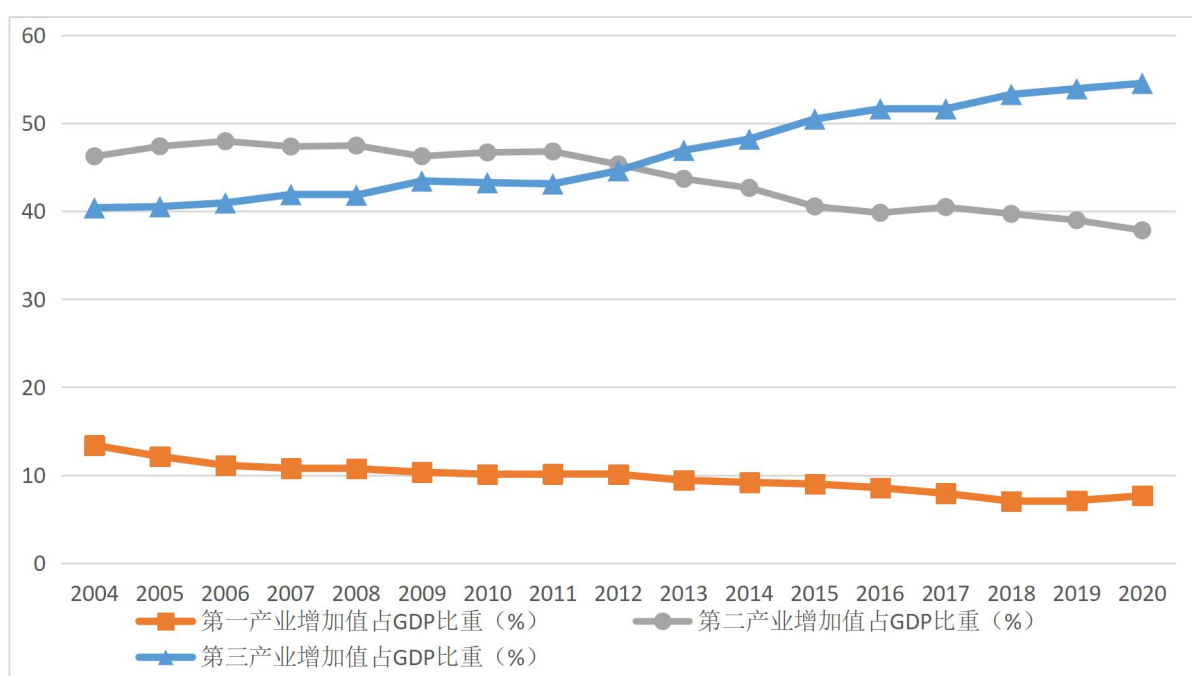


图 3.1 我国 2004-2020 年产业结构占比情况

注:原始数据来源于 2004-2021 年《国家统计年鉴》。

3.2 生态环境概况

3.2.1 评价指标体系构建

依据生态环境的基本内涵,本文结合第一章学者们对生态环境质量采用的复合指标综合评价方法,依托我国“人与自然和谐共生的发展理念”,参考现有关于生态环境质量评价指标体系的构建,在一级指标构建上学者们围绕重点基本一致,但在二级指标构建上,虽然现有生态环境质量评价指标覆盖范围广,但存在交叉重叠问题。本文按照科学性、可行性和可比性等原则,对指标内容精简完善,建立我国生态环境质量指标体系。该评价指标体系基于以下三方面构建:第一,自然资源。本文选取人均水资源量、森林

覆盖率、空气质量达二级以上的天数、建成区绿化覆盖率四个指标衡量自然资源。第二，生态环境污染。本文选取人均工业固废产生量、人均二氧化硫排放量、人均废水排放量和人均化肥施用量四个指标衡量生态环境污染程度。第三，生态环境治理。本文选取人均造林面积、污水处理率、生活垃圾无害化处理率和森林病虫鼠害总防治率这四个指标衡量生态环境治理情况。

该体系综合考虑我国各省生态环境自然资源、环境污染和环境治理三方面以及内部的关联性，较为全面科学的考虑各层次指标，合理选择 12 个衡量指标的数量，避免数量过多导致重复，又避免指标单一造成遗漏，旨在构建较为完整的反映我国生态环境质量评价指标体系。如表 3.3 所示：

表 3.3 生态环境质量评价指标体系

类别	指标	单位	指标性质
自然资源	人均水资源量	立方米/人	正向
	森林覆盖率	%	正向
	空气质量达到二级以上的天数	天	正向
	建成区绿化覆盖率	%	正向
环境污染	人均工业固体废物产生量	吨/人	负向
	人均废水排放量	吨/人	负向
	人均二氧化硫排放量	吨/人	负向
	人均化肥施用量	吨/人	负向
环境治理	人均造林面积	平方米/人	正向
	污水处理率	%	正向
	生活垃圾无害化处理率	%	正向
	森林病虫鼠害总防治率	%	正向

3.2.2 测度方法选择

本文运用客观赋权法中的全局主成分分析法（GPCA）对生态环境质量进行客观评价，依据原始数据科学处理计算指标权重，依赖指标本身的数据信息，消除指标间相关影响，测算的结果最大程度保证数据的客观完整性^[63]。具体步骤如下：

（1）建立时序立体数据表：统计 m 个地区，用相同的 h 个指标 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_h$ 来描述，那么在第 t 年就对应的数据表为 $X_t = (X_{ij})_{m \times h}$ ， h 表示样本点数量， p 表示变量的数量， T 表示统计年份数。然后，将 T 张数据表自上而下排成 $T_{m \times h}$ 的矩阵，将这个全局数据表记为式（3.1）：

$$X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_t)'_{mT \times h} = (X_{ij})_{mT \times h} \quad (3.1)$$

（2）数据标准化：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j^2} \quad (3.2)$$

其中 $i = 1, 2, \dots, mT$; $j = 1, 2, \dots, h$; $\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{mT} x_{ij}$; $s_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{mT} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$, 将标准化后的数据表记为 Y 。

(3) 计算相关系数矩阵 R : R 既是相关系数矩阵又是全局协方差矩阵。

(4) 求矩阵 R 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \lambda_h > 0$, 及对应特征向量 $u_1, u_2, u_3, \dots, u_h$, 它们为标准正交, 记 $U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_h)$ 。得出第 k 个主成分: $F_k = X_{u_k}, k = 1, 2, \dots, h$ 。

得出主成分 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_h$ 的方差贡献率: $a_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^h \lambda_i}$ 。

(5) 计算主成分 $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_h$, Z_i 为 mT 维向量

$$Z_i = YU_i, i = 1, 2, 3, \dots, h \quad (3.3)$$

(6) 计算出主成分 Z_i 的方差贡献率:

$$a_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^h \lambda_i} \quad (3.4)$$

(7) 确定前 n 个最大的特征值, 特征值大于 1 对应的主成分 $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$, 且累计方差贡献率 $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^h \lambda_i}$ 大于 85%; 计算前 n 个主成份含有信息量占比 ($n < h$)。

(8) 计算综合得分:

$$Z = a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + \dots + a_n Z_n \quad (3.5)$$

3.2.3 综合水平测度

根据上文测算方法, 本节计算出 2004-2019 年我国 29 个省生态环境质量水平。数据来自统计年鉴, 其中森林覆盖率数据, 本文根据森林资源清查结果搜索得到, 通过基期与报告期数据计算平均发展速度, 对间隔期平滑处理^[37]。对少量数据缺失省市, 先根据年鉴或公报查漏补缺, 查询不到的数据使用插补法或均值法补齐。对于西藏自治区和上海市, 由于数据大量缺失无法通过插补法获取, 因此直接剔除, 最终取得 2004-2019 年 29 个省 12 指标的面板数据。使用全局主成分分析法对我国各省生态环境质量水平进行计算:

为方便统计分析, 将生态环境质量评价指标体系中的 12 个指标分别记作 X_1 (人均水资源)、 X_2 (森林覆盖率)、 X_3 (空气质量达到二级以上的天数)、 X_4 (建成区绿化覆盖率)、 X_5 (人均造林总面积)、 X_6 (城市污水处理率)、 X_7 (生活垃圾无害化处理率)、 X_8 (森林病虫

鼠害总防治率)、 X_9 (人均工业固体废物产生量)、 X_{10} (人均废水排放总量)、 X_{11} (人均二氧化硫排放总量)、 X_{12} (人均化肥施用量)。其中人均工业固体废物产生量、人均废水排放总量、人均二氧化硫排放总量这四个指标为负向指标,对这四个指标进行取倒数的正向化处理。

数据标准化处理后,用 SPSS 计算 12 个指标的相关系数,由表 3.4 可知,这 12 个指标相关系数较高,说明采用这些指标反映生态环境质量状况具有信息冗余。

表 3.4 变量相关系数汇总

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
X_1	1.00	0.14	0.31	0.08	0.41	-0.01	0.21	-0.06	0.07	0.07	-0.03	0.11
X_2	0.14	1.00	0.55	0.53	-0.20	0.37	0.43	0.20	0.39	0.09	0.16	0.14
X_3	0.31	0.55	1.00	0.63	0.17	0.40	0.42	0.39	0.39	0.26	0.01	0.13
X_4	0.08	0.53	0.63	1.00	0.08	0.84	0.81	0.62	0.34	0.19	0.19	0.32
X_5	0.41	-0.20	0.17	0.08	1.00	0.18	0.15	-0.02	-0.24	0.06	-0.09	-0.06
X_6	-0.01	0.37	0.40	0.84	0.18	1.00	0.84	0.54	0.08	0.10	0.17	0.17
X_7	0.21	0.43	0.42	0.81	0.15	0.84	1.00	0.50	0.15	0.10	0.18	0.31
X_8	-0.06	0.20	0.39	0.62	-0.02	0.54	0.50	1.00	0.20	0.20	0.12	0.36
X_9	0.07	0.39	0.39	0.34	-0.24	0.08	0.15	0.20	1.00	0.26	0.28	0.36
X_{10}	0.07	0.09	0.26	0.19	0.06	0.10	0.10	0.20	0.26	1.00	0.00	0.09
X_{11}	-0.03	0.16	0.01	0.19	-0.09	0.17	0.18	0.12	0.28	0.00	1.00	0.56
X_{12}	0.11	0.14	0.13	0.32	-0.06	0.17	0.31	0.36	0.36	0.09	0.56	1.00

对数据采用 KMO 和 Bartlett 检验,根据表 3.5 可知,KMO 值为 $0.717 > 0.050$, Bartlett 值为 $0.000 < 0.050$,通过 KMO 和 Bartlett 检验,适合做主成分分析。

表 3.5 KMO 和 Bartlett 检验结果

检验方式	检验结果	
KMO 检验	0.717	
Bartlett 球形度检验	近似卡方	2946.020
	自由度	66.000
	显著性	0.000

表 3.6 显示,前五个主成分的特征值均大于 1,累计贡献率大于 80%,表明原始数据中的大部分信息可通过前五个主成分来反映^[17],因此具有较高的可信度。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/588074047051006035>