

分类号 _____

密级 _____

U D C _____

编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 甘肃省生态环境与经济协调发展研究

研究生姓名: 杨涛

指导教师姓名、职称: 赵锋 教授

学科、专业名称: 理论经济学 人口、资源与环境经济学

研究方向: 中国人口经济

提交日期: 2021年5月26日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 杨博 签字日期： 2021.5.26

导师签名： 李红 签字日期： 2021.5.26

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意” / “不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 杨博 签字日期： 2021.5.26

导师签名： 李红 签字日期： 2021.5.26

Research on the Coordinated Development of Ecological Environment and Economy in Gansu Province

Candidate : Yang Tao

Supervisor: Zhao Feng

摘要

作为生态地位突出的战略要地和我国西部典型的欠发达地区,甘肃省可持续发展面临生态环境退化与经济增长乏力的双重困境,生态环境与经济矛盾的矛盾十分突出。贯彻绿色经济发展理念,转变发展模式,推动生态环境与经济协调发展,对于新时期甘肃破除路径依赖,实现高质量发展具有重要意义。

本研究以实现生态环境与经济协调发展为目标,研究内容主要从以下几方面展开,首先,对甘肃生态环境与经济发展现状进行分析,梳理出生态环境与经济发展过程中存在的主要问题,为后文分析提供现实依据;其次,构建生态与经济两大系统的综合评价指标体系,并运用熵值法、耦合协调度模型,测度了甘肃 12 个地级市 2004-2018 年生态环境与经济协调发展水平,并对二者协调发展水平进行了时序和空间分析;然后,利用面板 Tobit 模型对二者协调发展水平的影响因素进行实证分析;最后,基于生态环境与经济发展现状,并根据实证分析结果,提出推动生态环境与经济协调发展的针对性建议。研究结果表明:

(1) 从时序变化来看,2004-2018 年,甘肃生态环境与经济协调发展水平经历了波动较快增长、持续快速增长和平稳缓慢增长三个发展阶段,生态环境与经济发展关系逐渐由失调转为协调。环境与经济相对发展类型逐渐由经济滞后型转为环境滞后型,二者发展水平逐步接近。近年来,生态与经济系统发展趋缓,生态环境与经济协调发展正面临瓶颈。(2) 从空间分异来看,甘肃各地区生态环境与经济协调发展水平呈现东中西分异规律,西部和中部地区较高,东部地区较低。但随时间推移,各地协调度水平差距逐渐缩小,东中西分异规律不断弱化,东部地区协调发展水平格局逐渐由整体偏低转为高低交错分布。(3) 从生态环境与经济协调发展的影响因素来看,二者的协调发展是多种因素综合作用的结果。产业生态化、产业结构、技术创新、环境规制、对外开放、政府调控等都在不同程度上对生态环境与经济的协调发展产生促进作用。(4) 基于生态环境与经济发展过程中存在的问题和实证分析结果,指出甘肃应该从依托资源环境优势发展生态产业,加快产业结构升级以培育新动能,加强政府调控和规制,推动科技创新,扩大对外开放等方面多措并举,推动生态环境与经济协调发展,破解当前发展困局。

关键词: 生态环境 经济增长 协调发展 甘肃省

Abstract

As a strategic location with an outstanding ecological status and a representative underdeveloped district in western my country, the sustainable development of Gansu is confronted with the dual dilemma of ecology degradation and feeble economic growth, and there is an obvious conflict that exist between ecological environment and economy. Taking the green economy as guidance, converting the growth model, and making the relationship of ecological environment and economy turn to harmonized are of great significance for Gansu to eliminate path dependence and achieve high-quality development in the new era.

This research aims to make ecological environment assort with economy. The research content mainly focuses on the following aspects. First, make an assay of the existing condition of Gansu's environment and economy, conclude the main difficulties in the course of development of ecological environment and economy, and proffer a practical support for the subsequent analysis; secondly, establish a compositive maluation index system for the two major ecological and economic systems. And using the entropy method and the coupling harmonious degree model, the harmonized development degree of the ecological environment and the economy of 12 prefecture-level cities in Gansu from 2004 to 2018 was measured, and the harmonized development degree of the two system was analyzed in time series and space; then, Utilizing the panel Tobit model to

empirically quest the factors that impact the degree of harmonized development of the two; finally, based on the current circumstances of the ecology and economy, and based on the results of the experimental study, some targeted advices that boost the harmonized development of the ecology and the economy were brought forth. Research indicates:

(1) From the perspective of time series changes, from 2004 to 2018, the degree of harmonized development of the two system in Gansu has underwent three phases: rapid volatility growth, sustained rapid growth, and steady and slow growth. The connection between the ecology and economy has gradually changed from imbalance turned into harmony. The relative development style of environment and economy has changed from economy laggard style to environment laggard style by degree, and the growth discrepancy between the two is increasingly dwindling. Currently, the growth of the ecosystem and the economy has retarded, and the harmonized development of the ecology and the economy is facing a bottleneck. (2) From the perspective of spatial distinction, the harmonized development standard of ecology and economy in diverse districts of Gansu shows a law of distribution between east, middle and west, with higher standard in the west and midst, and inferior standard in the east. However, with the passage of time, the gap in the degree of harmony among various districts has progressively narrowed, the law of distribution between east, middle and west has been weakened, and the harmonized

degree in the east has progressively changed from a low overall degree to a staggered distribution. (3) In the aspect of the factors impacting the harmonized development of the ecological environment and the economy, many factors commonly make the the the two system change into harmony. There are many aspects that include industrial ecologicalization, industrial structure, technological innovation, environmental regulation, government regulation and opening to the outside world, etc., they have facilitated the harmonized development of the ecological environment and the economy in various degrees. (4) According to the existing difficulties in the development process of ecology and economy and the results of experimental study, it is pointed out that Gansu should rely on the superiorities of resources and environment to foster ecological industries, start from optimizing industrial structure to cultivate new kinetic energy, strengthening government adjustment and regulation, motivating technological invention, and expanding opening to the outside world, simultaneously applying various measures to motivate the harmonized development of the ecological environment and the economy, and to solve the current growth morass.

Keywords: Ecological environment; Economy growth; Coordinated development; Gansu Province

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 1 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景与研究意义 | 1 |
| 1.1.1 研究背景..... | 1 |
| 1.1.2 研究意义..... | 2 |
| 1.2 国内外文献综述 | 2 |
| 1.2.1 国外研究进展..... | 2 |
| 1.2.2 国内研究进展..... | 5 |
| 1.2.3 研究述评..... | 8 |
| 1.3 研究内容与研究方法 | 8 |
| 1.3.1 研究内容..... | 8 |
| 1.3.2 研究方法..... | 9 |
| 1.3.3 技术路线..... | 9 |
| 1.4 可能的创新与不足 | 11 |
| 1.4.1 可能的创新..... | 11 |
| 1.4.2 不足之处..... | 11 |
| 2 生态环境与经济协调发展的理论基础 | 12 |
| 2.1 生态经济学理论 | 12 |
| 2.2 可持续发展理论 | 12 |
| 2.3 循环经济理论 | 13 |
| 2.4 绿色经济理论 | 14 |
| 2.5 环境-经济系统理论 | 16 |
| 3 甘肃省生态环境与经济发展现状 | 18 |
| 3.1 生态环境状况 | 18 |
| 3.1.1 自然条件..... | 18 |
| 3.1.2 水资源状况..... | 18 |
| 3.1.3 土地资源状况..... | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.4 植被绿化状况..... | 20 |
| 3.1.5 环境污染状况..... | 22 |
| 3.2 经济发展状况..... | 23 |
| 3.2.1 国民经济总体发展状况..... | 23 |
| 3.2.2 产业结构状况..... | 24 |
| 3.2.3 经济发展活力..... | 28 |
| 3.3 甘肃省生态环境与经济发展中面临的问题..... | 29 |
| 3.3.1 水资源缺乏,用水效率低下..... | 29 |
| 3.3.2 生态环境脆弱,治理修复难度大..... | 30 |
| 3.3.3 产业内部结构不合理,经济发展动能不足..... | 30 |
| 3.3.4 技术创新水平滞后,资源导向型经济缺乏发展后劲..... | 31 |
| 3.3.5 经济发展的生态环境压力较大,生态与经济发展可持续性不强..... | 32 |
| 4 甘肃省生态环境与经济协调发展水平测度与分析..... | 33 |
| 4.1 生态环境与经济协调发展水平测度..... | 33 |
| 4.1.1 构建生态环境与经济协调发展指标体系..... | 33 |
| 4.1.2 指标权重的确定..... | 35 |
| 4.1.3 测度模型的选择..... | 36 |
| 4.2 生态环境与经济协调发展水平分析..... | 39 |
| 4.2.1 生态环境与经济协调发展的时序分析..... | 39 |
| 4.2.2 生态环境与经济协调发展的空间分析..... | 41 |
| 5 甘肃省生态环境与经济协调发展影响因素分析..... | 43 |
| 5.1 模型设定..... | 43 |
| 5.2 变量说明..... | 43 |
| 5.2.1 被解释变量..... | 43 |
| 5.2.2 解释变量..... | 43 |
| 5.3 模型实证结果及分析..... | 45 |
| 5.4 稳健性检验..... | 48 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 6. 结论与政策建议 | 50 |
| 6.1 研究结论 | 50 |
| 6.2 政策建议 | 51 |
| 6.2.1 立足生态和资源优势，以生态产业建设推动绿色经济发展..... | 51 |
| 6.2.2 以绿色经济为导向促进产业结构转型升级，培育经济新动能..... | 52 |
| 6.2.3 加强政策调控和规制，引导生态环境与经济协调发展..... | 53 |
| 6.2.4 坚持创新驱动，强化科技支撑..... | 54 |
| 6.2.5 抢抓“一带一路”发展机遇，构建全方位对外开放新格局..... | 54 |
| 参考文献 | 56 |
| 致 谢 | 60 |

1 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

长期以来，我国经济发展主要依靠资源和劳动力优势，发展模式较为粗放，高速的经济增长却以较高的生态和环境成本为代价，由此产生的生态环境问题，成为制约社会持续稳定发展的关键障碍。党的十九大报告指出，“建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。”同时，中华民族伟大复兴中国梦的实现，也需要我们转变发展观念，以绿色发展和生态文明建设为价值取向，加快生态体系构建进程，坚持走绿色发展道路。

甘肃作为生态环境脆弱的西部欠发达地区，生态环境与经济发展矛盾尤为突出。生态层面，作为地形与气候过渡地带，甘肃在水土流失治理、防沙治沙、水源涵养补给、阻止恶劣气候环境形成等方面具有关键作用，是生态治理和保护的重点区域和前沿阵地，其生态安全在西部乃至全国都具有非常重要的地位。但甘肃生态环境条件又十分脆弱，水资源匮乏、水土流失和土地荒漠化等多种生态问题广泛存在，严重威胁地区生态安全。据统计，2019年人均水资源量仅1231立方米，仅为国际警戒线的72.4%。2019年水土流失面积18.48万平方公里，占土地总面积的40.38%。据相关监测数据显示，全省45.8%的土地存在荒漠化问题，28.6%的土地存在沙化问题；经济方面，甘肃作为黄河上游生态地位突出和经济欠发达的重要地区，在贯彻黄河流域生态保护和高质量发展战略和决胜全面小康过程中具有十分突出的地位和作用。但甘肃又是我国典型的欠发达地区，经济社会发展长期滞后。2019年，全省完成地区生产总值8718.3亿元，位居我国31省市区的第27位，人均地区生产总值为32995元，位于我国31省市区的末。由于对传统发展模式的路径依赖，2017年甘肃GDP平均能耗水平高出全国42.59个百分点。甘肃仍然处于依赖传统工业体系的粗放型发展模式，面临生态环境退化和经济增长动能不足的双重压力。

为贯彻习近平总书记视察甘肃时作出“八个着力”的重要指示，努力将其建

设成为经济发展、山川秀美、民族团结、社会和谐的幸福美好新甘肃，当前甘肃不仅要在经济上紧跟和追赶全国队列，更要加强生态环境保护以保障国家生态安全。如何在绿色经济发展理念的指导下，实现向生态环境与经济协调发展的转型升级，是甘肃当前面临的重大课题。

1.1.2 研究意义

理论层面，如何处理好生态环境与经济的关系，是经济学家长期以来关注的重点问题，在当前生态文明建设趋势下，也逐渐成为学界研究的热点。本文从甘肃环境与经济面临的迫切现实问题出发，在深入分析环境经济学相关理论的基础上，深入研究生态环境与经济的协调作用机制和有效实现路径，为解决经济活动中的环境负外部性问题提供新方向，为生态文明建设和可持续发展提供理论依据和经验支撑，对于推动环境经济理论的进一步深化具有一定理论意义。

实践层面，生态环境与经济协调发展是实现地区高质量发展的必由之路。本研究以甘肃生态环境与经济协调发展的突出矛盾作为研究出发点，在深入分析生态环境与经济协调发展现状的基础上，探寻实现环境与经济协调发展的可行方式，据此提出有针对性的政策建议。有利于破解当前甘肃生态环境保护与经济增长两难的发展局面，为生态环境保护指明方向，在新形势下找到经济增长新动能，建立起生态环境与经济协调发展的长效机制，全面实现地区高质量发展。

1.2 国内外文献综述

1.2.1 国外研究进展

工业革命以来，工业化、城市化导致的经济规模扩张和人口增长聚集，使社会经济对资源环境的压力剧增，生态环境问题随之产生。基于经济发展中产生的环境问题，国外学者率先开始了对生态环境与经济增长关系的探讨。依据研究视角、内容和方法的差异，可分为以下几个方面：一是经济增长极限的争论；二是生态环境与经济协调发展的条件研究；三是生态环境与经济协调发展的实证研究。

(1) 经济增长极限的争论

20世纪中后期，西方发生了一系列环境公害事件，化学烟雾、重金属和水污

染等造成了严重环境污染，在短时间内造成了极大的人员伤亡，开始引发人们对环境问题的思考。1962年，卡逊在其著作《寂静的春天》中指出人类经济活动可能带来的不良后果，引起人们广泛关注。Mishan（1969）指出，经济增长带来物质财富增长的同时，也会因环境质量下降而产生负效应。1972年，Meadows等人提出增长极限论，他们认为，自然资源的存量有限且更新速度十分缓慢，人口和工业污染是呈指数增长，物质生产的持续增加可能会使有限资源达到极限，从而导致社会崩塌。并指出要避免这一结果，经济就应维持“零增长”。1974年，原联邦德国经济学家米萨诺维克和帕斯托尔提交了《人类处在转折点》的报告，认为当前生态危机已经影响到人类的生存和可持续发展，转变经济发展模式关系到人类社会的生死存亡。总的来说，环境悲观主义派认为生态环境是人类生存的基础，认为经济增长完全受到资源环境的限制，坚持保护生态环境，反对经济持续增长。

与增长极限论针锋相对的是乐观主义派的观点，他们从不同角度论述了资源环境限制下，经济持续增长的可能性。Cole（1973）把资源勘探、回收利用纳入Meadows的模型中进行考察，发现只要资源比人口和消费增长更快，经济就可持续维持增长。Nordhaus（1973）进一步将技术进步和资源替代因素纳入模型中，发现经济系统非但不会崩溃，还可能会实现加速增长。Simon（1981）认为，资源的稀缺性变化会通过市场价格机制发生作用，人们会通过技术进步提高效率或寻找新的替代资源，以降低其生产和生活成本。Beckerman（1992）指出，抑制经济增长并不能解决环境问题，纠正外部性问题才可使经济和环境可持续同步实现。

（2）生态环境与经济协调发展的条件研究

20世纪70年代以后，由于经济增长理论不断取得发展，一些国外学者开始利用其理论模型来推导环境约束下经济持续发展的前提和条件。部分学者借助新古典增长模型对资源环境限制下的持续发展问题进行探索，其研究结论基本都肯定了资源环境约束下经济持续发展的可能性。Dsgupta和Heal（1974）在模型中加入一次性的自然资源作为原料进行推导后发现，人造资本要素对自然资源的替代弹性大于1，资源约束才可能被打破，从而维持经济的持续增长。Stiglitz（1974）进一步研究发现，只要技术进步足够快，就能通过提高资源的边

际产出来抵消资源稀缺性限制,使经济在人口增长的情况下也能持续稳定增长。Barmol (1986) 进一步从资源利用效率来分析,认为即使资本对资源替代弹性小于 1,长期的技术进步可以持续提高自然资源的经济贡献率,使经济增长的潜力可以从自然资源的贡献率中不断被挖掘。Chichilnisky (1995) 将自然资源纳入模型进行推导发现,自然资源的转化利用效率与其更新速率相等,经济才能持续,其主要的实现路径是技术进步。20 世纪 80 年代以后,随着技术、储蓄和人口等要素被纳入经济增长的理论模型中,内生经济增长模型日趋成熟,一些学者开始将环境和污染引入内生经济增长模型中,探讨资源环境约束条件下经济持续增长的理论条件。Bovenberg 和 Smulders (1995) 在 Romer 模型框架下将资源环境和污染引入生产函数,考察了生态环境与长期经济增长的关系问题。Stokey (1998) 将环境污染纳入扩展的“AK”模型,推导环境约束下经济持续增长的理论前提。这些研究都在自然资源 and 环境的约束下,对经济增长条件进行了深入理论推导和分析,都强调了技术进步在实现经济持续增长过程中的重要性,为解决环境经济问题提供了有力的理论参考。

(3) 生态环境与经济协调性关系的实证研究

随着统计分析方法的逐渐成熟和经验数据的积累,关于环境与经济关系问题的实证分析逐步深入。Grossman 和 Krueger (1991) 对 42 个国家的据进行拟合,发现环境污染和经济增长的关系呈倒“U”型,随经济持续增长,环境污染程度先上升后下降。随后,更多学者开始利用各种经验数据对环境污染与经济增长关系进行验证和分析。由于曲线其形状与分配和经济增长之间的倒“U”型关系相似,Panayotou (1993) 首次用“环境库兹涅茨曲线”来定义这种关系。Apergis 和 Ozturk (2015) 借助 GMM 模型对 14 个亚洲国家进行检验,其结果证明环境污染与经济的倒“U”型关系存在。尽管环境库兹涅茨曲线在多数研究中被证实存在,但也有部分学者的研究结论并不支持这一关系。Al-Mulali

(2015) 对越南的环境质量与经济增长进行分析,发现二者呈同步递增的线性关系。Wagner (2008) 利用人均二氧化碳的数据进行研究,发现与人均收入变化关系呈 N 型。Akbostanci (2009) 对土耳其的不同污染物与人均收入的关系进行分析,结果却发现二氧化碳浓度随人均收入提高而持续增加,而二氧化硫和可吸入颗粒物浓度则与人均收入的关系呈 N 型。

围绕环境库兹涅茨曲线的作用机制，国外学者也进行了广泛的探讨。Grossman 和 Kruger（1995）从经济结构方面进行了解释，认为随着经济增长，社会经济结构会转向低污染和高产出方向升级，工业比重会不断下降，而服务业和技术密集型产业进而成为主导，从而降低对环境的污染。Andreoni 等（2001）从技术层面做出了解释，认为只有经济发展到一定程度后，减排技术才会得到应用，从而使污染程度下降。Thampapillai 等（2003）认为，经济增长到一定阶段，有限的自然资源会被持续消耗，存量不断下降，从而变得相对稀缺，市场价格机制使企业不得不采用高效率的技术来降低成本。Shahbaz（2013）通过对罗马尼亚二氧化碳和经济增长实证分析，发现有效的政策手段是污染排放下降的主要原因。Destek（2018）以生态足迹表征环境质量，对欧洲国家的环境与经济关系展开研究，发现通过可再生资源利用和对外贸易，可使经济增长中的环境污染压力减小。

1.2.2 国内研究进展

与国外相比，国内相关研究起步较晚，主要围绕四个方面进行：一是生态环境与经济协调发展的理论研究；二是生态环境与经济协调性关系的实证研究；三是生态环境与经济协调发展测度与评价研究；四是生态环境与经济协调发展的影响因素研究。

（1）生态环境与经济协调发展的理论研究

随着环境问题在全球范围内逐渐受到重视，国内学者对生态环境与经济的研究也持续深入，生态环境与经济协调发展的理论体系不断完善。首先，一些学者围绕环境与经济的协调发展进行定性研究，姜子青等（1992）指出环境与经济协调发展不是将二者置于同等地位来发展，而是环境与经济的发展互促共进，实现共同进步的目标。张坤等（1999）认为协调发展是可持续发展的具体方面，是其发展的基础和前提，也是可持续发展的初级阶段。此外，部分学者利用经济增长模型，探寻环境与经济协调发展的理论条件。程祖海和熊焰（2006）将环境容量纳入经济增长模型，发现只有废弃物排放速率低于环境自净率，环境与经济的协调关系才能得以维持。李仕兵和赵定涛（2009）将环境污染作为负外部性产出，同时把环境质量作为消费者效用，构建具有环境约束

的内生增长模型，得出加大创新研发、制定环境标准、提高环境自净力是环境与经济持续发展的关键。黄茂兴和林寿富（2013）对 Romer 模型扩展进行分析，得出人力资本投资、技术研发、环境管理有利于促进经济持续增长。

（2）生态环境与经济协调性关系的实证研究

由于经济快速发展过程中的环境问题日渐凸显，国内很多学者尝试用环境库兹涅茨曲线来分析我国环境问题，主要从环境库兹涅茨曲线的存在性检验、拐点的测度、成因分析等方面展开。第一，环境库兹涅茨曲线的存在性验证。沈满洪和许云华（2000）利用工业“三废”数据对浙江省的分析结果表明，与传统库兹涅茨曲线不同，环境污染和经济增长的关系呈现先倒“U”后正“U”的波浪形曲线。许广月和宋德勇（2010）以 1990-2007 年省级面板数据进行协整分析，对环境库兹涅茨曲线的区域差异性进行探讨，发现其只存在于东部和中部地区，而西部则不存在。何枫等（2016）对雾霾污染与经济增长的关系进行研究发现，从全国总体上看，二者关系呈 N 型，地区间存在异质性，西部呈 U 型，东部和中部分别呈倒 N 型和 N 型。第二，环境库兹涅茨曲线拐点测算。蔡昉等（2008）利用碳排放数据对环境库兹涅茨曲线的拟合，探寻曲线的拐点，并认为不应该被动等待拐点（18963 元/人，1990 年价格）的到来，政府应加强政策指导，以实现经济的可持续增长。林伯强和蒋竺均（2009）以 CO₂ 为研究对象，对排放拐点进行了测算，发现理论拐点为 37170 元/人，与实证分析得到的拐点存在较大偏离。第三，对环境库兹涅茨曲线的成因分析。包群和彭水军（2006）基于联立方程分析得出，借助环境政策、科技创新、国际贸易、产业结构等途径，污染排放得以在经济增长中下降。吴玉萍等（2002）对北京环境与经济的研究发现，环境投资、环境政策和科技是二者进入协调阶段的主要因素。吴玉鸣和田斌（2012）通过空间计量模型对我国省级截面数据分析发现，升级产业结构、积累人力资本、扩大对外贸易有助于降低污染水平。王芳等（2020）对环境库兹涅茨曲线的研究进行反思，认为我国环境库兹涅茨曲线是通过政府政策发生作用的，并用政府官员视察作为代理变量验证了这一作用路径的存在。

（3）生态环境与经济协调发展测度与评价研究

伴随对生态环境与经济协调发展理论认识的不断深化，不少学者开始关注

生态环境与经济协调发展的实际水平,应用多种方法对二者协调发展水平进行测度与评价。全国层面,柯健和李超(2005)选取了反映环境和资源的输入性指标和反映经济状况的输出性指标,利用DEA分析方法对年我国各地区资源、环境与经济的协调发展状况进行了评价。彭博等(2017)通过构建经济-社会-环境协同发展指标体系,运用耦合协调模型对2008-2014年全国各省经济、社会和环境协调发展水平进行测度,发现整体协调度偏低,且存在东中西递减规律。魏伟等(2018)基于全国1km格网土地利用数据,借助ESV模型测算中国陆地经济与生态环境协调发展状态。发现协调发展水平整体提升,东北地区最高,西部地区次之,中、东部地区较低。区域层面,邹辉和段学军(2016)对长江经济带经济与环境协调发展状况展开研究,发现长江经济带东部比中西部领先,沿江地区优于非沿江地区。盖美等(2018)基于环渤海地区的经济、资源与环境三维系统的协调发展2006-2015年的时序分析,发现三维系统协调度呈上升趋势,地区内部差异明显,预测结果表明,将会在未来一段时间维持中等协调水平。惠调艳和郭筱(2019)对西部地区经济、资源和环境协调发展水平时空演变特征进行分析,发现三者耦合互动作用不断加强,协调水平波动上升,但大多数地区依旧处在不协调的发展状态。赵锋和杨涛(2021)对黄河流域生态环境与经济协调发展的研究发现,黄河流域生态环境与经济协调发展状况不断改善,但其速度逐渐趋缓,大部分地区仍处于低水平的协调发展阶段。其协调发展水平存在区域差异,上游地区偏低,中下游地区较高。地区层面,李悦铮等(2016)对山东省旅游、经济 and 环境的协调发展水平进行研究发现,山东整体协调发展水平缓慢上升,但停滞在初级协调的水平上,空间分布呈自西向东递增。马骏等(2016)在建立环境与经济系统的评级指标体系基础上进行量化分析发现,江苏经济与环境协调水平在波动中上升,逐步达到中级协调阶段。

(4) 生态环境与经济协调发展的影响因素研究

生态环境与经济的协调是社会发展的理想状态,为探寻环境与经济协调发展的路径,部分学者对二者协调发展的影响因素展开研究。李智等(2017)在对江苏省生态与经济的协调研究中发现,城镇化、工业化、区位优势和土地开发强度是影响其协调发展度的主要因素。李强和韦薇(2019)对长江经济带

108 个城市的经济与环境协调关系进行实证分析结果表明，外资利用、研发投资和制度质量是促进经济增长与生态环境协调发展的重要因素，而产业升级和环境规制不利于二者协调发展。但赵建吉等（2020）对黄河流域城镇化与生态环境协调发展的研究中却发现外资利用不利于协调发展。张国俊等（2020）对中国三大城市群的研究发现，科技水平的对环境与经济的协调发展具有促进作用，而投资力度却对其协调发展产生抑制作用。

1.2.3 研究述评

总体来看，国内外有关环境与经济关系的研究取得了不少可喜的成果，认识的深度和广度都不断得到加强。但也存在一些问题，一是关于环境与经济协调发展条件的研究理论性较强，难以运用于社会实际。二是环境与经济协调研究尺度多集中于宏观区域层面和经济发达地区，对欠发达地区及其区域内部环境与经济协调发展的研究较少。三是环境与经济协调发展的实证分析着重于测度和评价，协调发展的路径和机制研究相对缺乏。

因此，本研究着眼于甘肃突出的现实环境经济问题，深入剖析环境与经济互动作用的理论机理，从生态与经济两个系统构建生态环境与经济协调发展综合评价指标体系，运用耦合协调度模型测算并分析甘肃生态环境与经济协调发展的时空演化特征，通过面板 Tobit 模型探寻生态环境与经济协调发展的有效途径和长效机制，为破解甘肃当前环境经济发展困境提供理论支撑和实践参考。

1.3 研究内容与研究方法

1.3.1 研究内容

本研究的内容共包括以下六个章节：

第一章为绪论。本章重点介绍研究背景和意义、研究内容与方法、创新性与不足，然后，通过文献综述对目前国内外关于环境与经济相关研究成果进行了梳理。

第二章为生态环境与经济协调发展的理论基础。本章详细阐释了生态经济

学理论、可持续发展理论、循环经济理论、绿色经济理论和环境-经济系统理论等相关理论，为后面实证分析提供理论依据和指导。

第三章为甘肃省生态环境与经济现状分析。本章从生态环境和经济发展两方面分析了发展现状，并梳理出甘肃生态环境与经济发展中面临的问题，为进一步研究提供现实依据。

第四章为甘肃省生态环境与经济协调发展水平测度与分析。本章主要通过构建甘肃省生态与经济两大系统综合评价指标体系，运用熵值法和耦合协调度模型，测度甘肃 12 个地级市 2004-2018 年生态环境与经济协调发展水平，并从时序演变和空间分异两方面展开分析。

第五章为甘肃省生态环境与经济协调发展的影响因素分析。本章运用面板 Tobit 模型对影响甘肃省生态环境与经济协调发展的因素进行实证分析，并深层次剖析了这些因素产生作用的机制，为下文的政策建议提供有力支撑。

第六章为结论与政策建议。本章对研究结果进行归纳和总结，并基于生态环境与经济发展现状和存在问题，结合实证分析结果，从生态产业、产业结构、政府调控、创新驱动、对外开放等几个方面提出具有针对性的建议。

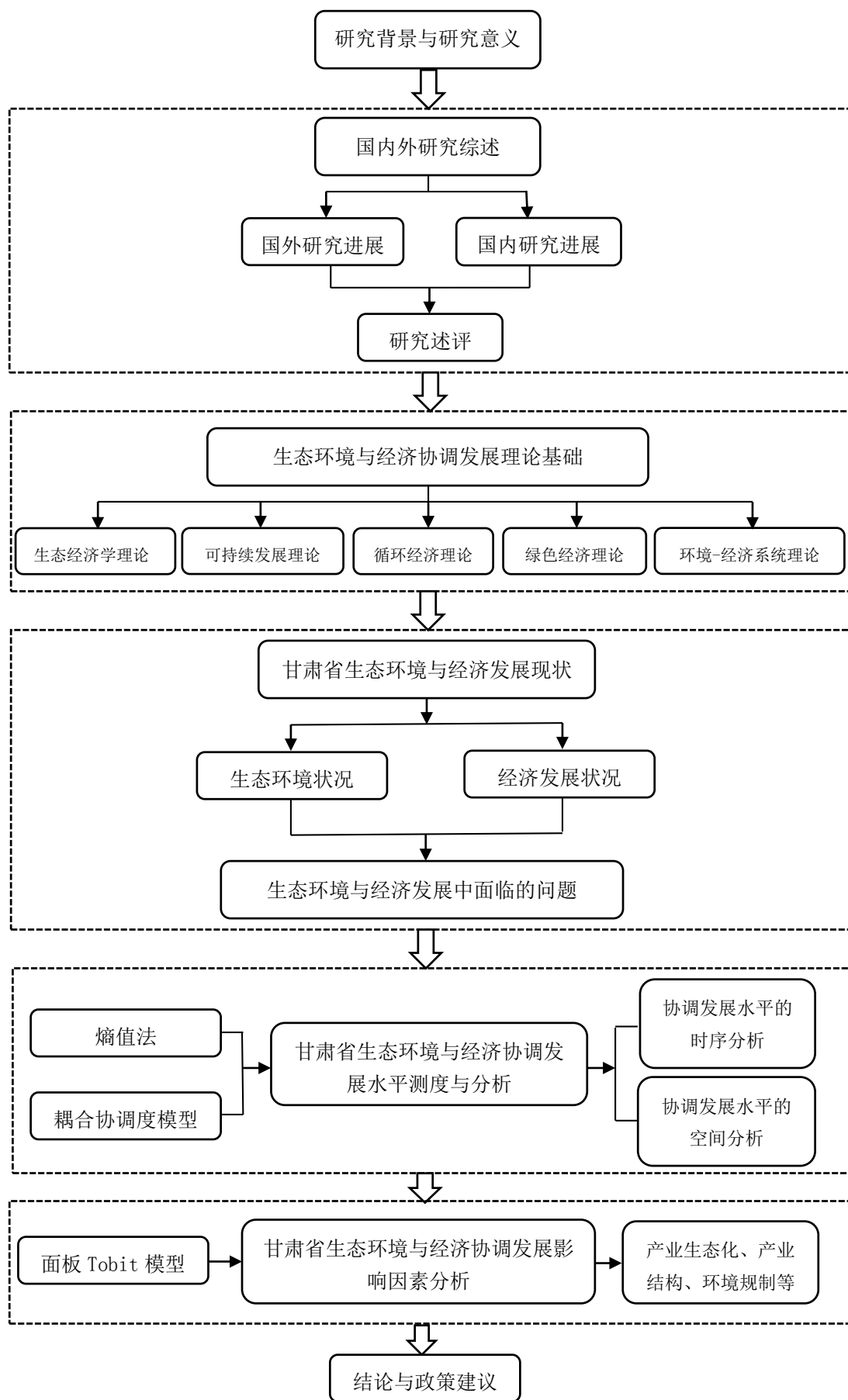
1.3.2 研究方法

(1) 文献分析法：收集国内外相关文献资料，对目前国内外对于生态环境与经济作用关系的研究成果进行梳理，准确了解此类问题的研究脉络，找到研究的准确方向和切入点。

(2) 定性与定量分析法：在从阅读有关资料以及发展现状部分中形成对于甘肃生态环境与经济协调发展定性认识，再用 excel、stata 等统计分析软件对协调发展水平及影响因素进行实证分析，将定性与定量分析相结合，使研究结果更加准确。

(3) 统计计量分析方法：运用耦合协调度模型测算了甘肃 12 个地级市 2004-2018 年生态环境与经济协调发展水平；利用面板 Tobit 模型，对各因素的影响效应进行了实证测度及结果分析。

1.3.3 技术路线



1.4 可能的创新与不足

1.4.1 可能的创新

从研究尺度来看，目前国内学者对经济与环境协调关系的研究多集中于全国层面或发达地区，对处于环境经济双重困境的落后地区的研究相对较少，本研究以生态环境和经济发展矛盾突出的甘肃省作为研究对象，探索生态环境与经济协调发展的有效路径，为广大欠发达地区提供经验借鉴和有效参考。

从研究内容来看，国内对于生态环境与经济协调发展的研究多数是从时间或空间分布规律来进行分析的，对于生态环境与经济协调发展的实现路径的研究相对较少，本研究在分析生态环境与经济协调发展的分布和演化规律的基础上，进一步利用计量模型对二者协调发展的实现路径进行探索，为环境与经济矛盾突出地区理顺环境与经济关系提供了明确方向。

1.4.2 不足之处

研究数据全部来自于统计年鉴，由于统计指标和数据的有限性，综合评价指标所覆盖范围不够全面。特别是对于生态环境，很多反映自然和生态水平方面的因素缺乏相应统计数据，只能使用偏社会化的指标进行替代，对生态环境的评价的客观性造成一定影响。耦合协调度模型可从整体上反映生态系统与经济系统的互动作用，但难以对其内部各要素的作用机制进行分解，系统内部诸要素的协调作用的动力机制可能是未来进一步研究的方向。

2 生态环境与经济协调发展的理论基础

2.1 生态经济学理论

生态经济学由生态学和经济学相交叉而形成，其研究对象是由经济与生态系统相结合而形成的生态经济系统。它通过探索生态与经济系统矛盾运动和发展规律，为生态环境保护下经济持续发展提供了可行的理论基础和分析方法，旨在维持生态平衡的前提下实现经济稳定发展，以实现生态和经济双重效益。

生态系统与经济系统的基本矛盾是生态经济学产生的主要原因。对资源需求的无限扩张和资源的有限供给，形成了生态经济系统的基本矛盾。生态经济系统不加约束的自然发展状态，在经济系统增长性和自然生态系统的稳定性客观规律的作用下，必然使得生态和经济发展出现两极化。一方面，随着经济水平的提升，进一步加大对生态环境和自然资源的需求。另一方面，净化和更新速度稳定的生态系统负荷加重，对经济系统的供给能力下降，由于二者供求矛盾激化而产生生态环境问题。要避免这一不良后果的产生，就需要加强对生态经济系统发展规律的深刻认识，着眼长远来进行宏观布局 and 规划，将二者发展导入协调性平衡的良性发展轨道。生态经济学研究核心便是如何协调好生态与经济的关系，使二者达到一种平衡的发展状态，最终实现生态与经济效益的最大化。

生态经济学指导生态与经济协调发展的基本观点，就是要在一定范围内建立起生态与经济的循环系统，以达到生态与经济效益的统一。生态经济化、经济生态化是建立起生态与经济良性循环的主要方式，以这一循环系统内的正向反馈机制促进生态与经济相协调。生态环境与经济协调发展就是要使生态与经济良性互动、相互促进，同时获得生态和经济效益，这与生态经济学的研究目的相匹配。因此，生态经济学是指导生态环境与经济协调发展的重要理论。

2.2 可持续发展理论

可持续发展是一种注重长远利益的经济发展模式，它的形成是出自对传统发展模式破坏性和局限性的反思。它的含义为：“既能满足当代人的需要，又不

对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。可持续发展作为人类社会发展的理想模式，在世界范围内逐步认同，成为指导世界各国发展的重大战略。

可持续发展改变了片面追求经济增长传统价值导向，在强调以经济增长提高社会福利水平的同时，也注重保持生态环境的优良性和维持自然资源的持续性，认为经济和社会发展应在生态环境的承载范围内进行。可持续发展认为对资源环境的消耗速度应低于资源环境的再生和修复速度，使资源可以得到补充，环境可以得到修复，从而保证社会能获得持续的发展。可持续发展目的在于构建社会、经济与环境相协调的发展体系，以达到环境与经济、当代与后代的协调和统一。

可持续发展具有丰富的内涵，包括经济、生态和社会三个方面。经济方面可持续发展不仅注重经济发展的量，更注重经济发展的质。它要求改变传统的资源环境高损耗的发展模式，运用绿色的生产和生活方式，在实现经济效益的同时，降低对生态环境的消耗，以维持经济增长的可持续性。生态方面可持续发展不同于以往生态与经济的对立形式，生态环境的保护和改善也被考虑在发展过程中，经济发展需在生态环境可承受的范围内进行，以保证环境和资源的在阈值范围内能持续净化和更新。社会方面可持续发展注重整个社会的福利水平，强调不断改善人类生活水准，促进社会公平，使人们能在更好的社会和环境条件下生活，这也是人类发展的最终目标。可持续发展理论在对发展模式的长期探索和对实际问题的深刻反思中形成，是一种着眼长远、统筹兼顾的深刻认识，具有深刻而全面的理论内涵，为生态环境与经济协调发展提供目标和方向，同时也为二者协调发展提供充分的理论依据。

2.3 循环经济理论

循环经济是实现生态环境与经济协调发展的有效组织形式，集资源节约、环境保护与经济发展等多种目标、功能于一体，为可持续发展提供了一种可行的方式。循环经济最初源自“宇宙飞船理论”，它是由 Boulding 在上世纪 60 年代提出，该理论认为依靠消耗封闭系统内有限的资源，地球必然因为资源耗竭而走向灭亡。只有通过资源的再生循环，才能使地球持续存在和发展。传统的经济活动方式是一种单向线性转换，资源被加工制作成为产品，产品被使

用后成为废弃物。在这种单向线性增长方式中，资源总是转变为废弃物，必然导致资源短缺和环境污染问题的产生。循环经济则主张对废弃物进行回收利用，使其最大程度地成为新的资源，进入下一轮的生产加工过程中，如此循环往复，形成一个反馈闭环。一方面，它通过对废物的回收利用，最大程度减轻了污染物的产生和排放，有效实现清洁生产的目的。另一方面，通过资源的循环利用提高自然资源的产出效率，以减轻对资源开发力度和对生态的破坏强度，以达到节约资源和保护生态的效果。循环经济为可持续发展提供可行之路，也为生态环境与经济的协调发展提供结构性和功能性指导。循环经济理论是对传统单向线性生产方式的反思和改进，是对环境约束条件下经济发展的科学认识。

循环经济遵循“3R原则”，即减量化（Reduce）、再利用（Reuse）、再循环（Recycle）。减量化主要是指在经济活动中，尽可能减少资源的投入量，以此来预防和减少污染物的产生。再利用就是要尽可能增加物品利用的次数，延长资源的使用周期，以减少对资源总量的需求，防止资源过早成为废物。再循环强调尽可能多回收利用废品，使物品尽可能多次在废品与资源中相互转化，它既包括原级再循环，又包括次级再循环。原级再循环是指将废弃物回收后加工成为原来的同级产品，次级再循环则是利将废弃物加工成其他类型的产品。循环经济虽是理想的经济组织形式，但是对生态型经济组织形式的创新设计和技术支撑体系提出了较高要求，需要经济组织管理水平和技术水平发展到一定阶段才能实现。

2.4 绿色经济理论

绿色经济是指人们在社会经济活动中，通过正确处理人与自然、人与人之间的关系，高效地、文明地实现对自然资源的永续利用，使生态环境持续改善和生活质量持续提高的一种经济发展模式。绿色经济始终强调经济发展的生态化，把生态环境作为经济发展的基础，强调对资源环境的永续利用以实现经济的可持续。绿色经济作为一种融入绿色发展理念的新型经济组织形式，是未来经济转型升级的重要趋势，为生态环境与经济协调发展提供方向指引和现实支撑，是实现生态环境与经济协调发展的关键环节。产业绿色化是绿色经济的重

点，主张在经济活动中通过提高资源利用率和降低排放量来减轻对环境造成的压力。它主要是通过不断提高技术水平和组织管理水平，提高资源的边际产出，并通过产业结构升级使产品生产转向高附加值和低污染排放，以环境无害化的经济发展方式推动绿色发展。

绿色经济不同于传统的经济模式，它追求效率最大化，它将环境的收益和损耗也纳入经济的评价体系中，主张通过科技手段实现资源代换和清洁生产，从而达到资源的最小消耗和经济的最大产出的最优目标。绿色经济覆盖范围广，它涉及人口、经济、社会、资源、环境等各个方面，综合考量当前需求和长远福祉，寻找经济与环境的平衡支点，使得人类和自然能够长期和谐共处。

绿色经济是绿色发展理念与传统经济形式相结合的产物，当前绿色经济主要包括绿色生产、绿色消费、绿色投资等。绿色生产又叫清洁生产，需要较高的技术水平作为支撑。绿色生产包括以下几层含义，一是产品生产过程对生态系统的影响很小，不影响生态系统平衡。二是产品生命周期结束后，自然分解过程对生态系统的影响甚微。三是绿色新型技术应用可明显消除原先技术水平下产品的生态负效应。四是尽可能通过技术手段消除生产过程的污染排放，对物质实现最大化利用；绿色消费主要是对消费者而言，要树立健康的消费观念，养成良好的消费习惯，把节能、环保的原则贯穿于自己的生活和消费过程。绿色消费主要从以下两方面着手，一是在消费时以节能、低碳、环保等原则为导向，选择有利于对环境压力较小的绿色产品。二是在消费过程中，对产生的废弃物进行正确处理，尽可能减轻对环境和资源的压力。绿色消费的发展有助于通过市场手段快速促进社会各行业的绿色转型，且主要由消费者的生态观和消费观进行主导，这种观念自发形成的过程十分缓慢，因此需要政府和社会长期加以引导；绿色投资是指将资金投向推动社会绿色化发展的事业和项目，常见的有绿色技术投资、绿色产品投资、绿色教育投资。绿色技术投资将资金应用于节能减排、污染治理等方面的关键技术研发，以新型技术的应用和推广来提高资源利用率，减少排污量，由此促进生态环境与经济发展相协调。绿色产品投资致力于生产对人类和环境无害的产品，可以提高消费者个人效益和整体生态效益，发展潜力巨大。绿色教育投资则是致力于提高人们的环保意愿、普及绿色环保知识，是促进绿色消费的关键。

2.5 环境-经济系统理论

环境与经济作为两个平行的系统，二者既相互区别，又存在密不可分的联系。环境与经济两个子系统间通过物质、信息和能量的交流与传递，相互联系并产生作用，形成具有一定结构和功能的复合系统。

环境与经济系统在不同经济模式下呈现出截然不同的相互关系（图 2.1）。在社会发展初期，社会通常处于褐色经济的发展模式，经济发展往往更加注重发展速度和规模总量，经济发展以生态环境的污染和破坏为代价。由于产业层次较低，技术水平有限，社会经济发展通常依赖于既有的资源优势，加之技术效率低下，为取得经济效益，不得不资源开发强度，且排放标准较低，以至于生态环境退化。高强度的资源开发导致资源短缺和能源枯竭，使经济生产缺乏必要的生产要素。生态破坏和环境污染限制了人类生存和经济发展空间，从而阻碍了社会经济的进一步发展，使环境和经济系统发展陷入恶性循环。

在社会发展中后期，由于环境问题越来越突出，社会发展的环境效益也逐渐引起重视。绿色经济的发展模式得到普及和推广，它既注重生活质量的提高，又注重生态环境的持续改善，将生态和经济效益作为共同价值追求。在人们环境需求偏好、政府环境规制和市场竞争压力的多重作用下，产业结构调整和技术创新动力显著增强，通过产业结构优化升级，技术创新水平的提升，资源的利用效率得以提升，对生态环境和自然资源的压力有所减轻。同时，随着对外开放的扩大，低端的原材料加工采掘等高污染产业向发展程度落后的国家转移，吸收更加先进的技术和发展理念，也会促使环境问题有所改善。政府通过增强国际环境领域合作，加强产业宏观布局，促进区域协调发展，改善收入分配格局等多个方面来增强对生态环境问题的治理能力。在经济发展的同时注重生态效益，维持生态平衡，使生态环境在合理承载范围内维持资源的再生和环境的修复，从而为经济发展持续提供充足的生产要素和适宜的生存发展空间。在这种发展模式下，生态环境与经济发展能保持一种良性互促的协调发展状态。

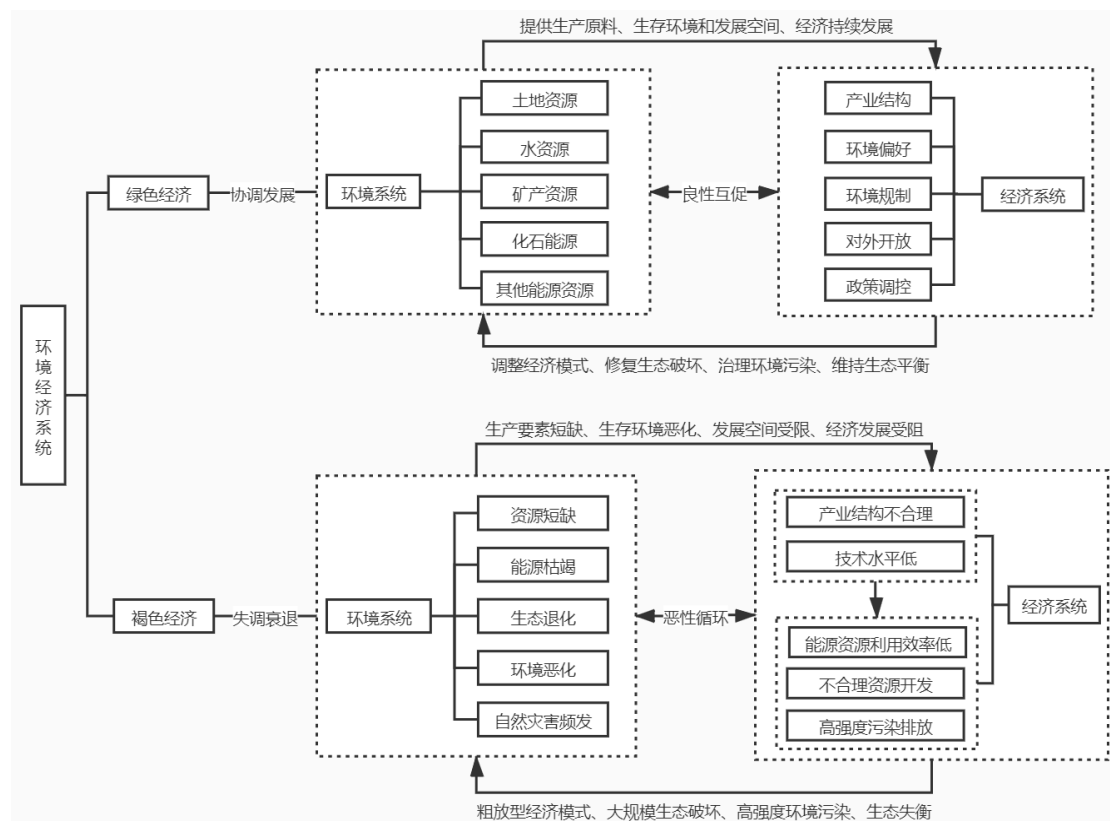


图 2.1 环境系统与经济系统作用机制图

3 甘肃省生态环境与经济发展现状

3.1 生态环境状况

3.1.1 自然条件

甘肃地处青藏、黄土、内蒙古三大高原交汇处，又跨越亚热带季风、温带季风、温带大陆性、高原高寒等多个气候区，在气候与地形地貌的多重作用下，形成了丰富而独特的自然景观，域内森林、草原、湿地、沙漠等景观一应俱全，且拥有闻名独特的丹霞地貌景观。甘肃土地面积广阔，据 2019 年最新统计数据显示，土地总面积为 4258 万公顷，其中，农用地 1854.64 万公顷，耕地 537.67 万公顷，人均耕地面积为 3.05 亩，高出全国平均水平一倍以上。但土地利用率低，65%的土地由于自然环境条件限制未能利用。受气候土壤条件限制，甘肃省森林资源有限，据最近一次清查数据显示，全省森林覆盖率 11.33%，仅为全国水平的一半。

甘肃作为我国重要的能源、原材料生产基地，矿产资源十分丰富，煤炭、石油、天然气、有色金属等储量充足。据统计，2018 年全省煤炭储量 267.8 亿吨，石油储量 35272 万吨，天然气储量 550.4 亿立方米。截至 2019 年，全省已发现 119 种矿产资源。其中，10 种矿产储量居全国第一，38 种居全国前五，65 种居全国前 10。

3.1.2 水资源状况

水资源是决定生态系统发展状态的关键因素，系统内土壤、植被、生物多样性等多种自然要素的发展都有赖于水资源的分布状况和丰裕程度。甘肃全省多年平均自产水资源量 289.4 亿立方米，其中，地表水 282.1 亿立方米，地下水 7.3 亿立方米。入境水资源量 287.3 亿立方米，出境水资源量 482.3 亿立方米。从水资源总量来看，2005-2019 年水资源总量和人均水资源量呈现出明显的波动趋势，水资源总量基本在 200-300 亿立方米之间波动，人均水资源量基本在 800-1200 立方米之间波动（图 3.1）。2005-2019 年水资源总量和人均水资源变化大致可以

分为4个阶段：2005-2008年波动下降期，2009-2012年平稳增长期，2013-2015年快速下降期，2015-2019年快速增长期。水资源量的波动，一方面和本地降雨量变化有关，另一方面和河流上游地区的降水及水资源消耗有关，特别是近年来加强了流域内水资源的统一调度，也会对地区水资源总量带来影响。

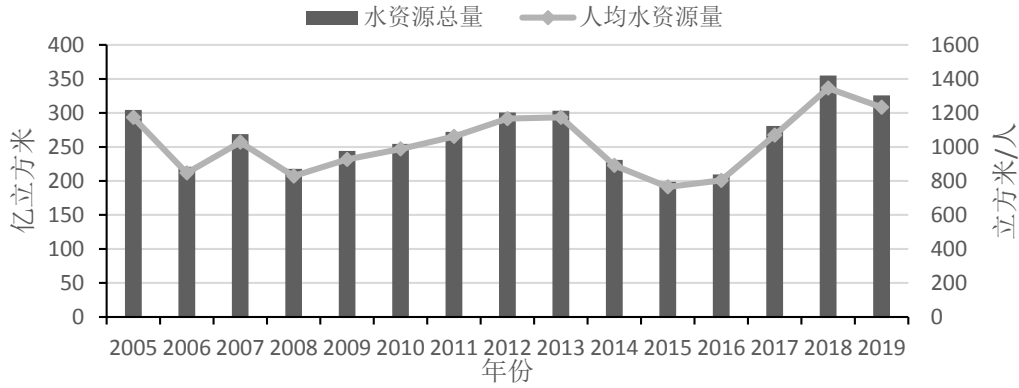


图 3.1 2005-2019年甘肃省水资源变化状况

人类社会生产活动离不开水资源，水资源使用结构反映地区经济结构，也反映地区的生态效率。从用水结构来看，农业长期以来是甘肃的用水大户，农业用水基本占比达80%以上（图3.2）。其次是工业，2005-2019年工业用水量占比基本在10%左右，但工业用水比重持续下降，由2005年的11.95%降至2019年的7.9%。城镇公共用水占比较低，但呈逐年上升趋势，可能和城镇基础设施和绿化环境建设有关。建设生活用水比重呈现出两个上升阶段，2005-2012年缓慢上升，2013-2019年的快速上升，城市化和农村居民生活用水条件改善可能是其主要原因。生态用水比重逐年上升，可能和生态环境建设力度的逐渐增强有关，将更多水资源用于生态系统的修复和再生。

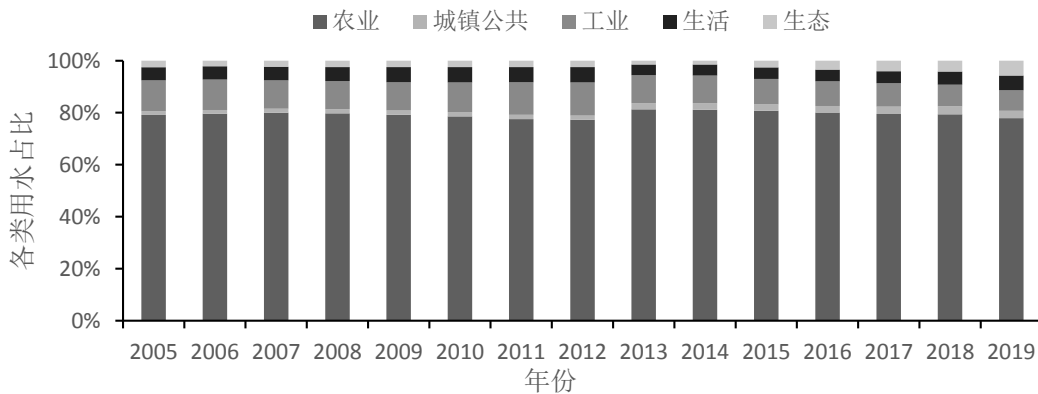


图 3.2 2005-2019年甘肃省用水结构变化状况

3.1.3 土地资源状况

2019年,甘肃全省各类土地土地总面积约为42.58万平方公里,其中,农用地1854.64万公顷,建设用地92.97万公顷,未利用土地2311.28万公顷,土地利用不足50%。农用地以林地、牧草地和耕地为主,占比分别为32.87%、31.91%和28.99%。建设用地以居民点及工矿用地为主,占比分别达86.02%和9.75%。

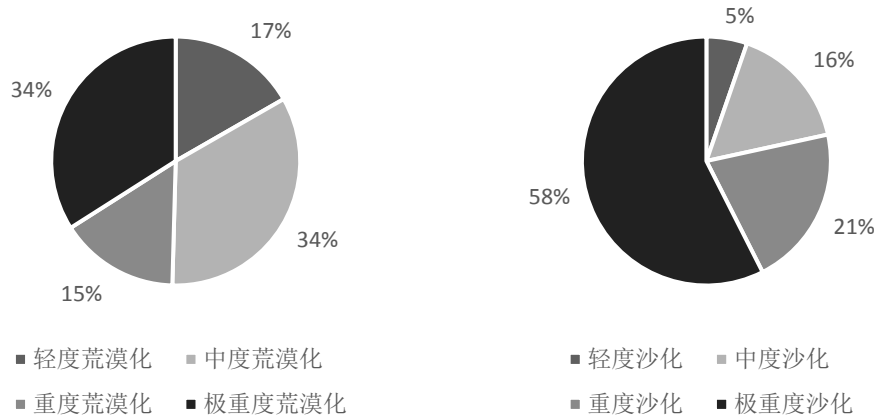


图 3.3 甘肃省土地荒漠化、沙化程度分布状况

由于大陆性气候降水稀少,植被稀疏,甘肃土地荒漠化和沙化十分严重,是全国土地荒漠化和沙化问题最突出的省份之一。据监测数据显示,荒漠化土地面积1950.20万公顷,占全省土地总面积的45.8%,沙化土地面积1217.02万公顷,占全省土地总面积的28.6%。从土地荒漠化情况来看,整体荒漠化程度偏重,以中度和极重度荒漠化为主(图3.3)。荒漠化土地中,轻度、中度、重度、极重度占比分别为17%、34%、15%、34%。从土地沙化情况来看,土地沙化问题十分突出,沙化土地近八成为重度以上,过半沙化土地为极重度。沙化土地中,轻度、中度和重度分别占5%、16%、21%,极重度沙化土地面积占比高达58%。由此可见,甘肃土地生态发展形势仍十分严峻。

3.1.4 植被绿化状况

植被是地区气候和生态条件的标志,也是改善地区生态状况的关键,林木覆盖是反映地区植被状况的主要指标。甘肃地处内陆且海拔较高,低温、降水少、风力大等诸多气候因素给地区植被生长带来挑战。甘肃植被覆盖率偏低,

只有全国平均水平的一半以下（图 3.4）。但随着对生态环境的逐步重视，退耕还林、植树造林等政策被有效贯彻和落实，甘肃植被覆盖状况有所好转，植被覆盖率由 2004 年的 6.66% 上升为 2019 年的 11.33%，但仍与全国 22.96% 的植被覆盖率水平存在较大差距。

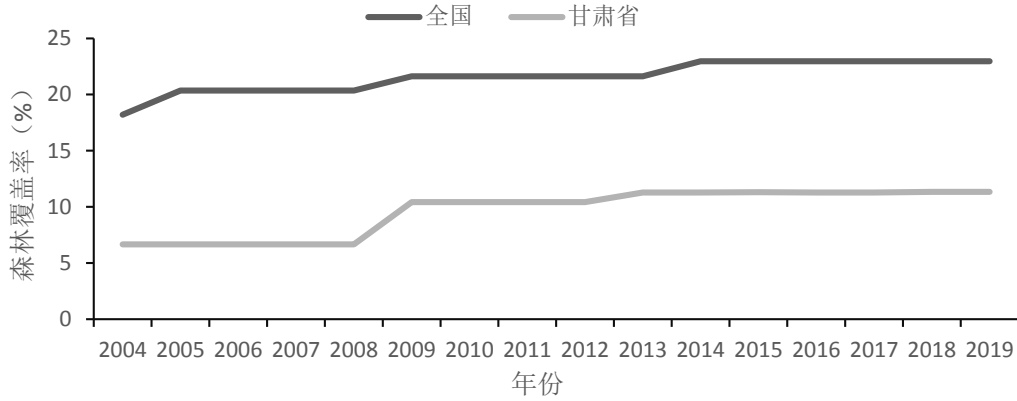


图 3.4 2004-2019 年甘肃绿化覆盖状况

从 2019 年全国各地区绿化覆盖情况来看，在全国 31 个省级行政区中，甘肃绿化覆盖率水平处于全国最后一级梯队，位于全国倒数第三，仅高于青海和新疆（图 3.5）。地区生态脆弱性的改善在很大程度上由土壤、植被状况所决定，甘肃土地治理和林木修复工作还有很长的路要走。天然林和保护和人工造林工作必须同步全面推进，以稳步提升全省绿化水平，改善脆弱的土壤和植被状况。

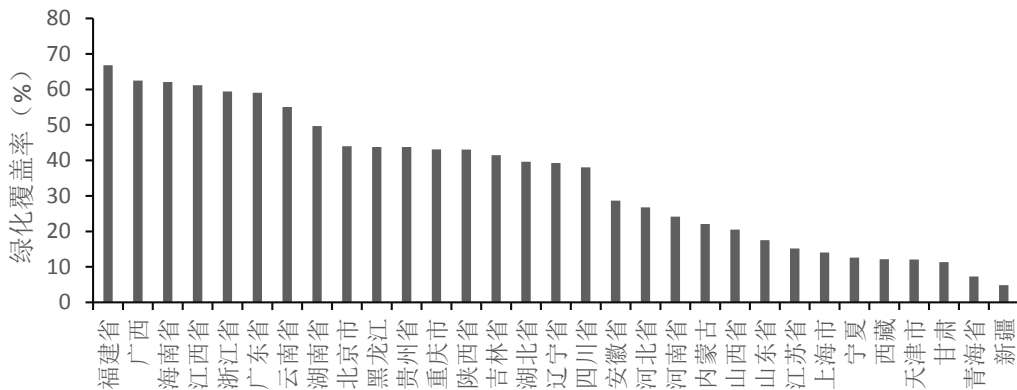


图 3.5 2019 年全国各省级行政区绿化覆盖率对比状况

3.1.5 环境污染状况

工业废弃物排放是环境污染的主要来源，甘肃工业废水、废气、固体废物的排放量和产生量变化都呈现出明显的阶段性特征（图 3.6）。2011 年都出现了排放量的突然上升，可能和全省工业生产规模的整体性扩张有一定关系。工业废水排放方面，总体来看，2004-2018 年甘肃省工业废水排放量下降幅度较大，工业废水的治理和减排工作取得了较大的进步；工业废气方面，工业废气总体呈上升趋势，可按排放量变化趋势分为大致两个阶段：低排放低速增长期和高排放波动下降期。2004-2010 年工业废气排放量总体较低，且保持低速增长，由 2004 年的 3690 万吨增至 2010 年的 6252 万吨。2011 年工业废气排放量迅速上升，排放量达 12891 万吨，较上年增长近一倍。2012-2018 年工业废气排放量在波动中逐渐下降，2017 年降至 9006 万吨，2018 年排放量出现一定反弹；工业固体废物方面，经历了平稳增长、缓慢减少两个阶段：2004-2010 年工业固体废物产生量保持平稳增长，由 2004 年的 2139 万吨增长至 2010 年的 3745 万吨，年均增长 267.7 万吨。2011 年工业固体废物产生量快速增长至 6524 万吨，增长率高达 74.18%。2012-2018 年工业固体废物产生量缓慢下降，2018 年降至 4993 万吨。近年来，工业污染物减排工作虽取得较大进展，但工业污染排放绝对量依旧较高，特别是工业废气和工业固体废物排放水平依旧很高，污染减排工作还有待持续深入开展。

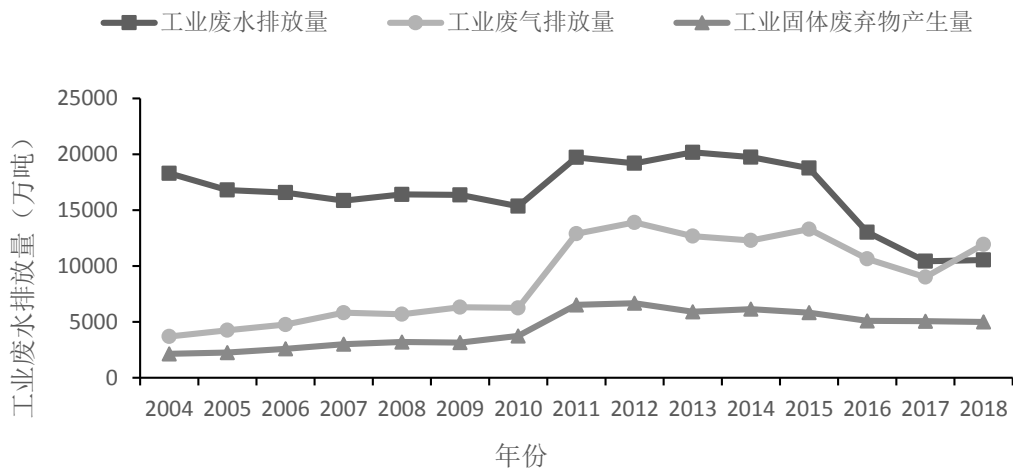


图 3.6 2004-2018 年甘肃省工业污染排放状况

3.2 经济发展状况

3.2.1 国民经济总体发展状况

甘肃地广人稀，辖区土地面积居全国第七，而 2019 年全省常住人口居全国第 22 位。作为我国西部典型的欠发达地区，2019 年实现地区生产总值 8718.30 亿元，居全国 27 位，人均 GDP 为 32995 元，位居全国之末。近年来，甘肃一二产业比重持续下降，第三产业比重持续上升。2019 年，第一二三产业增加值分别为 1050.5 亿元、2862.4 亿元和 4805.4 亿元，第三产业贡献率超过 50%，三次产业结构比为 12.05：32.83：55.12。

从经济总量发展趋势来看，甘肃省经济规模不断扩大，2018 年地区生产总值达 8246.07 亿元（图 3.7）；从甘肃省对全国经济增长的贡献来看，甘肃省 GDP 占比较小，总体维持在 1% 左右，且总体呈现波动下降趋势。甘肃经济对全国的贡献率反映甘肃与全国经济的相对发展状况，占比上升反映出甘肃经济增长速度领先于全国，下降则反映出甘肃滞后于全国。从图中可以看出，相较于全国经济，甘肃经济增长速度呈现出滞后、领先、滞后三个阶段。2004-2009 年为经济增速滞后期，甘肃经济对全国的贡献率逐年下降，特别是 2007 年以后快速下降。2010-2013 年为经济增速领先期，甘肃经济对全国的贡献率持续上升，2013 年达 1.05%。2014-2018 为经济增速滞后期，对全国经济贡献率持续下降，2015 年以后跌破 1%，2018 年贡献率仅有 0.9%。由此可见，相较于全国，甘肃省经济增长比较迟缓，经济增长需要新动能。

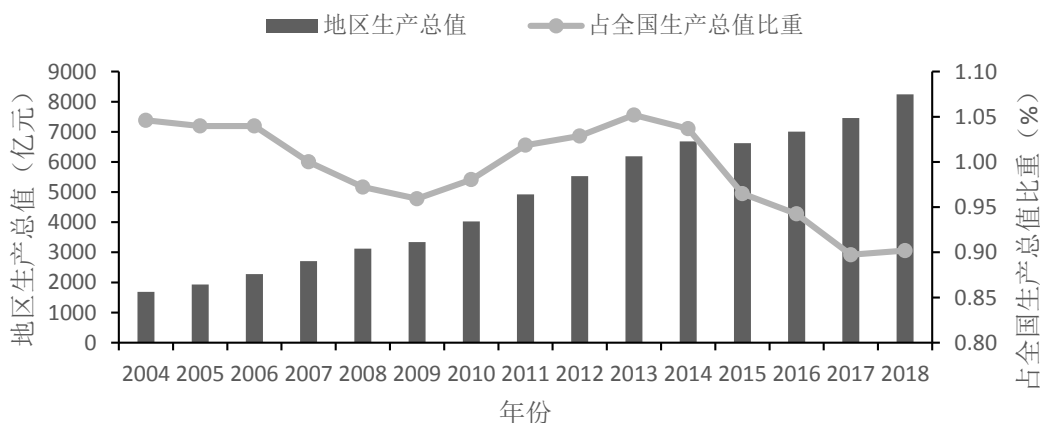


图 3.7 2004-2018 年甘肃省地区生产总值及占比状况

甘肃省经济发展滞后，人均 GDP 始终低于全国水平。从相对水平来看，2004-2018 年，人均 GDP 的全国水平基本是甘肃省地区水平的两倍左右（图 3.8）。从绝对水平来看，甘肃省人均 GDP 与全国水平的差距越来越大，人均 GDP 与全国水平差距由 2004 年的 5838 元扩大到 2018 年的 34670 元。从人均 GDP 的变化状况来看，甘肃省人均地区生产总值曲线较全国水平更加平缓，人均地区生产总值增速偏慢。2004-2018 年，全国人均 GDP 增长 53519 元，年均增长 3823 元，而甘肃人均 GDP 仅增长 24687 元，年均增长仅为 1763 元，全国人均 GDP 年均增长额是甘肃人均 GDP 年均增长额的 2 倍多，甘肃经济迫切需要新的支撑点，努力追赶全国经济水平。

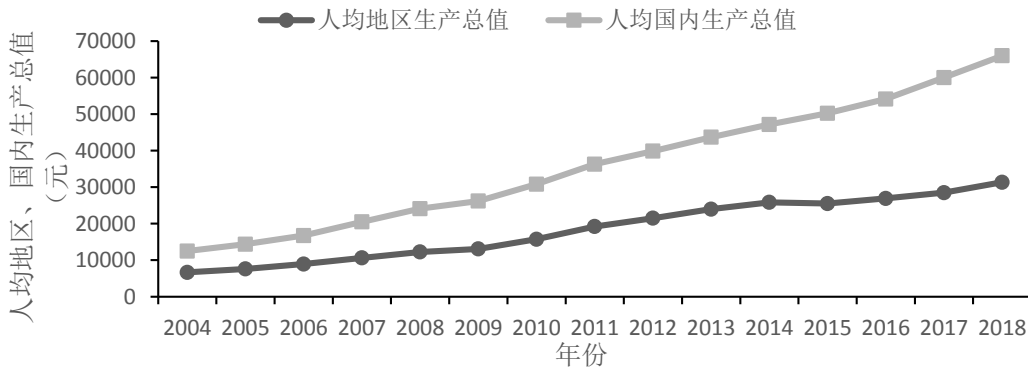


图 3.8 2004-2018 甘肃省人均地区生产总值与全国对比状况

3.2.2 产业结构状况

为了对甘肃经济结构进行深入分析，了解产业结构的各个层面的水平以及对经济的贡献，采用偏离-份额分析法对甘肃的产业结构进行分析。偏离-份额分析法的原理是以更高级别的区域作为参照，对某地区经济效应进行分解。将各产业总增长 (G) 分解为份额分量 (N)、结构分量 (P) 和竞争力分量 (D)，具体计算方式如下。

将研究期分为三个时段，分别为 2004-2008 年、2009-2013 年、2014-2018 年。设甘肃期初经济总规模为 f_0 ，期末经济总规模为 f_t ，第 i ($i = 1,2,3$) 产业期初的经济规模为 $f_{i,0}$ ，全国期初经济总规模为 F_0 ，期末经济总规模为 F_t ，第 i ($i = 1,2,3$) 产业期初的经济规模为 $F_{i,t}$ 。

$$r_i = \frac{f_{i,t} - f_{i,0}}{f_0} \quad (3-1)$$

$$R_i = \frac{F_{i,t} - f_{i,0}}{f_0} \quad (3-2)$$

$$\hat{f}_i = \frac{F_{i,t} - f_{i,0}}{f_0} \quad (3-3)$$

上式中， r_i 、 R_i 分别为甘肃和全国第*i*产业的变化率， \hat{f}_i 为甘肃以全国第*i*产业的份额进行标准化的值。

$$G_i = N_i + P_i + D_i \quad (3-4)$$

$$N_i = \hat{f}_i \cdot R_i \quad (3-5)$$

$$P_i = (f_{i,0} - \hat{f}_i) \cdot R_i \quad (3-6)$$

$$D_i = f_{i,0} \cdot (r_i - R_i) \quad (3-7)$$

表 3.1 2004-2018 年不同时段产业偏离-份额分析

单位：亿元

| 时段 | 产业类型 | 总增长 (<i>G</i>) | 全国份额 (<i>N</i>) | 结构偏离 (<i>P</i>) | 竞争力偏离 (<i>D</i>) | 总偏离 (<i>P+D</i>) |
|-----------|------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2004-2008 | 第一产业 | 131.81 | 20.48 | 138.10 | -26.77 | 111.33 |
| | 第二产业 | 757.04 | 333.50 | 393.08 | 30.46 | 423.54 |
| | 第三产业 | 545.8 | 298.51 | 426.32 | -179.03 | 247.29 |
| | 总计 | 1434.65 | 652.49 | 957.5 | -175.8 | 781.7 |
| 2009-2013 | 第一产业 | 210.8 | 24.96 | 234.03 | -48.19 | 185.84 |
| | 第二产业 | 1240.7 | 446.02 | 524.50 | 270.18 | 794.68 |
| | 第三产业 | 1397.42 | 481.98 | 603.40 | 312.04 | 915.44 |
| | 总计 | 2848.92 | 952.96 | 1361.93 | 534.03 | 1895.96 |
| 2014-2018 | 第一产业 | 225.53 | 9.86 | 104.20 | 111.47 | 215.67 |
| | 第二产业 | -158.16 | 401.71 | 530.65 | -1090.52 | -559.87 |
| | 第三产业 | 1497.76 | 843.63 | 904.07 | -249.94 | 654.13 |
| | 总计 | 1565.13 | 1255.2 | 1538.92 | -1228.99 | 309.93 |

资料来源：数据来自《中国统计年鉴》，根据偏离-份额分析法计算所得。

从总增长 (*G*) 来看，总经济规模在每个时段的数据都为正值，表明经济整体处于向前发展态势，第二产业在 2014-2018 年为负值 (表 3.1)，表明第二产业规模在缩减，可能和产业结构调整 and 产能调整的相关政策有关。从与全国份的对比来看，除了第二产业在 2014-2018 年低于全国外，其余均高于全国，表

明甘肃经济增长总体高于全国水平，与全国的偏离从 2004-2008 年的 781.7 亿元增长至 2009-2013 年的 1895.96 亿元，但领先的优势在 2014-2018 年有所减弱，偏离量降至 309.93 亿元。

从结构偏离 (P) 来看，所有产业在三个时段的结构偏离均为正值，表明甘肃三次产业结构基础较好，产业结构从二三一转为三二一，总体产业结构不断优化，尤其是第三产业的结构偏离份额迅速扩大，第三产业对经济的贡献不断增强。

从竞争力份额 (D) 来看，第一阶段 (2004-2008 年) 总体竞争力偏离为负，表明甘肃经济总体竞争力缺乏，从经济内部来看主要是由于第一产业和第三产业竞争力缺乏导致的。第二阶段 (2009-2013 年) 总体竞争力偏离上升为正值，第一产业竞争力仍然较低，第二三产业竞争力迅速上升，相较全国取得一定优势。第三阶段 (2014-2018 年) 竞争力下滑明显，降至 -1228.99 亿元，与全国差距较大，第一产业虽取得一定竞争优势，但第二产业竞争力份额远低于全国，第三产业竞争力份额也与全国存在较大差距。

从三次产业产值结构来看，甘肃产值结构逐渐从二三一转变为三二一，第三产业对经济的贡献率逐步上升，产业结构不断优化。从三次产业就业结构来看，与产值结构不同的是，从业结构呈现出一三二的结构，第一产业始终是吸纳就业的主要部门，半数以上从业人员来自第一产业。就业结构偏离度为正值，表明产值比重大于就业比重，为负值则表明产值比重小于就业比重，为零时，二者均衡发展。偏差系数反映了就业结构与产业结构的差距。就业结构偏离度 (θ) 与偏差系数 (λ) 的计算方法如下：

$$\theta = \frac{GDP_i/GDP}{Y_i/Y} - 1 \quad (3-8)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^n (GDP_i/GDP - Y_i/Y) \quad (3-9)$$

式中， GDP_i 为第 i 产业的生产总值， GDP 为所有产业部门生产总值。 Y_i 为第 i 产业的从业人员数， Y 为所有产业部门从业人员数。

表 3.2 2004-2018 年甘肃省就业结构偏离度、偏差系数

| 年份 | 第一产业就业结构偏离度 (θ_1) | 第二产业就业结构偏离度 (θ_2) | 第三产业就业结构偏离度 (θ_3) | 就业结构偏差系数 (λ) |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 2004 | -0.710 | 1.257 | 0.796 | 0.832 |
| 2005 | -0.750 | 1.958 | 0.878 | 0.955 |
| 2006 | -0.768 | 2.097 | 0.798 | 0.971 |
| 2007 | -0.770 | 2.149 | 0.715 | 0.964 |
| 2008 | -0.785 | 2.114 | 0.754 | 0.979 |
| 2009 | -0.784 | 1.998 | 0.797 | 0.972 |
| 2010 | -0.798 | 2.212 | 0.658 | 0.983 |
| 2011 | -0.815 | 2.147 | 0.721 | 0.998 |
| 2012 | -0.812 | 2.028 | 0.728 | 0.982 |
| 2013 | -0.821 | 1.788 | 0.807 | 0.972 |
| 2014 | -0.821 | 1.745 | 0.754 | 0.952 |
| 2015 | -0.806 | 1.364 | 0.895 | 0.920 |
| 2016 | -0.796 | 1.255 | 0.873 | 0.891 |
| 2017 | -0.790 | 1.185 | 0.840 | 0.867 |
| 2018 | -0.793 | 1.186 | 0.796 | 0.855 |

资料来源：数据来自于《甘肃发展年鉴》，由就业结构偏离度和偏差系数相关公式计算所得。

根据式 3-1 和 3-2 计算出甘肃省 2004-2018 年就业结构偏离度和偏差系数 (表 3.2)。第一产业就业结构偏离度始终为负，2004-2014 年偏离度数值逐渐增加，表明产业与就业不均衡度逐渐增加。可能由于劳动力素质偏低，农业生产方式单一，导致农业产业体系不完善，产出效率低下。2015-2018 年偏离度绝对值缓慢下降，表明第一产业与就业结构朝合理方向演进，可能和农村产业发展和农村劳务输出增加有关；第二产业就业结构偏离度始终为正，表明劳动力就业发展滞后与产业发展，也可能和重化工业体系的生产用工模式有关。第二产业就业结构偏度经历了上升和下降两个阶段，2004-2010 年为上升期，表明产业比重与就业比重的差距扩大，产业结构和就业结构不均衡度增加。2011-2018 年为下降期，表明产业结构与就业结构差距缩小；第三产业就业结构化偏离度始终为正，表明劳动力就业的转移并未跟上产业结构调整的步伐。第三产业结构偏离度呈现出波动变化的特征，可能和第三产业的快速发展和就业人员快速向第三产业转移有关，使产业比重和就业比重交互变动中。就业结构偏差系数在平稳中缓慢下降，表明就业结构正在逐步走向合理，但偏差系数依旧较大，劳动力资源与产业发展

的不匹配问题依旧十分突出。

3.2.3 经济发展活力

经济增长速度在很大程度上反映一个地区经济发展的活力，从 GDP 增长率来看，甘肃与全国经济发展趋势相似，GDP 增长率呈先上升后下降趋势(图 3.9)。2004-2011 年，甘肃 GDP 增长率在波动中略有提高，2012-2017 年，经济增速持续下降，2017 年降至最低水平，GDP 增长率仅为 3.6%，2018 年经济增有较大回升，GDP 增长率恢复到 6.3%。从与全国经济增长水平的对比来看，2004-2018 年中，除 2006-2007 年和 2017 年外，其余各年甘肃 GDP 增速均高于全国水平。总的来说，甘肃的经济增速与全国逐渐接近，原材料导向型的粗放型经济发展模式的后发优势逐渐减弱，亟待寻求新的突破点为经济增长找到新动力。

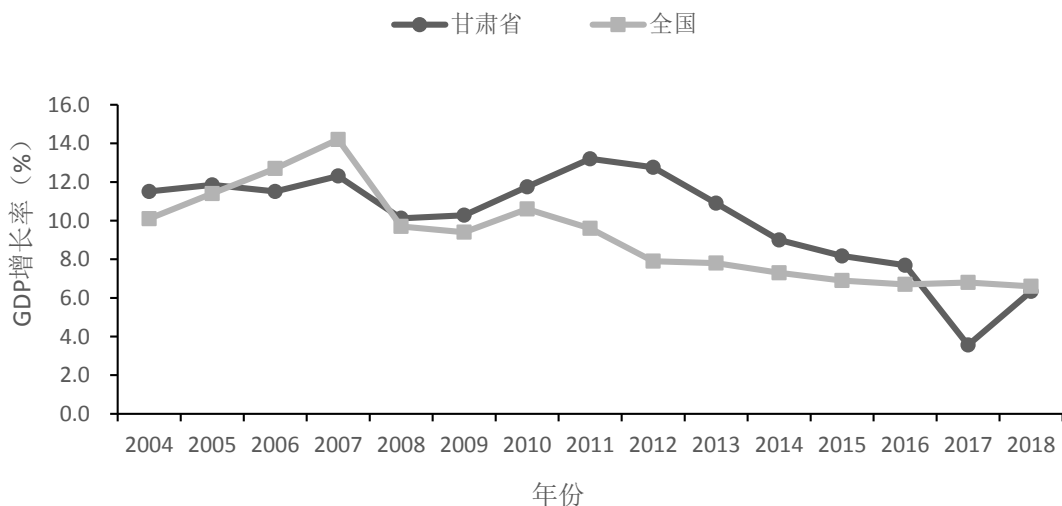


图 3.9 2004-2018 年甘肃省地区生产总值增长率与全国对比状况

创新是驱动发展的第一动力，投资是拉动经济的重要马车，投资和创新是反映地区经济活力的指示器。科研投入是决定地区创新水平的重要因素，从总体来看，2004-2018 年，甘肃 R&D 经费内部支出增长率呈波动下降趋势(图 3.10)。缺乏科研投入支持，科技创新水平发展必然面临显著，这也是甘肃科技创新水平较低的主要原因。投资对经济的带动具有立竿见影的效果，投资增速的持续下降必然使经济增长的动力减弱，因此经济增长必须寻求出口、消费等其他新动力支持。

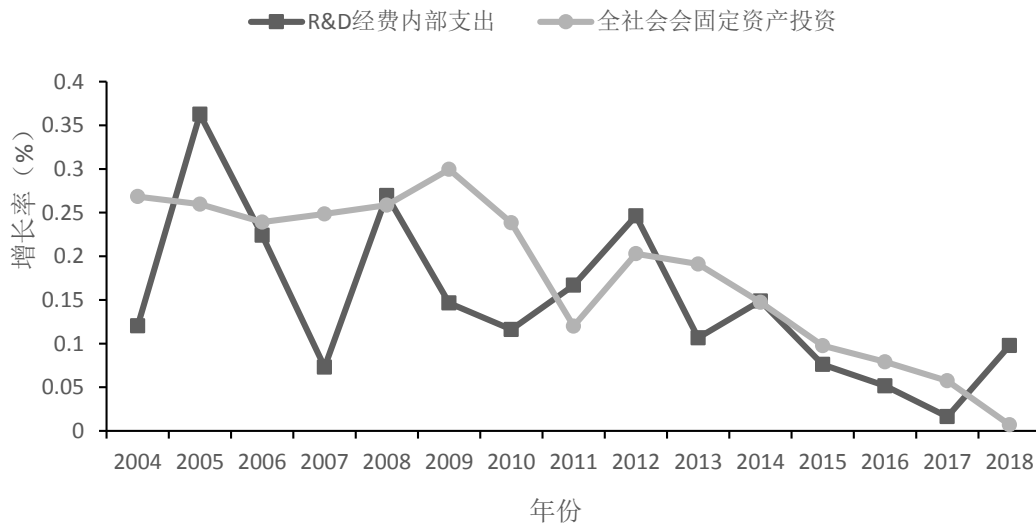


图 3.10 2004-2018 年甘肃省 R&D 经费支出与固定资产投资增长率变动趋势

3.3 甘肃省生态环境与经济发展中面临的问题

3.3.1 水资源缺乏，用水效率低下

甘肃水资源短缺，对地区生态环境和经济社会的持续发展都具有深远影响。水资源短缺是由自然、经济和社会等多种因素共同决定的。一是由于干燥少雨的大陆性气候，导致全省水资源数量有限，人均水资源占有量不到全国水平的一半，仅为国际警戒线（1700 立方米）的 69%；二是以灌溉为主的农业体系对水资源的需求巨大。大部分地区降水稀少且时间分布不均，农业发展基本依靠灌溉。但一方面灌溉基础设施老化严重，运输过程中水资源损耗严重。另一方面，灌溉技术落后，大部分地区农业发展仍然采用漫灌的方式，致使农业用水效率低下；三是重化工业体系对水资源的消耗巨大，冶金、采掘等行业本身对水资源需求较大，加之工业生产技术落后、设备老化，致使水资源的消耗和污染严重，使水资源的紧缺程度加剧；四是新型城镇化的发展推动城市人口的激增，增加了居民的生活用水需求；五是脆弱的生态环境导致对生态用水的需求增加。为保持地区生态平衡和生态功能，在保护天然植被、保持水土、地下水回补等多个方面，需要用大量水资源来维持地区生态系统的正常运行。

3.3.2 生态环境脆弱，治理修复难度大

甘肃是中国荒漠化面积较大、分布较广、危害最严重的省份之一，平均每年因土地荒漠化和沙化造成的经济损失达 5.1 亿元。根据监测结果显示，甘肃近一半的土地存在荒漠化问题，超过四分之一的土地存在沙化问题。据相关数据显示，甘肃有 66.06% 的土地存在水土流失问题，目前已完成初步治理的面积仅占四分之一，还有四分之三的水土流失问题亟需整治。在水资源短缺、水土流失和荒漠化交互作用下，容易形成生态退化的恶性循环，进一步加重了土地的生态破坏程度。土地荒漠化、沙化和水土流失不仅可能引发一系列连锁反应，如生物多样性减少、湿地面积萎缩和局地气候条件恶化等，还严重挤压经济发展的空间，2019 年甘肃土地利用率仅 45.73%，大面积土地资源由于严重的生态问题而难以被利用。

甘肃防沙治沙工作取得的成效相对有限，极重度荒漠化和沙化虽得到一定程度遏制，但脆弱的土地环境和荒漠化的发展趋势并未从根本上被扭转。由于恶劣的自然条件和不利的气候因素，导致荒漠化和沙化的根源问题并未得到解决，局部生态环境恶化的风险仍然巨大。生态脆弱地区人民生活仍然过度依赖土地，落后的耕作和放牧方式对植被造成破坏的现象还未得到完全制止，局部地区生存和发展的矛盾依旧突出。由于地区经济实力有限，治沙和水土治理的资金支持力度有限、治沙机构不健全和专业技术人才的缺乏，治沙和水土治理成效难以取得根本性进展。甘肃的土地荒漠化、沙化和水土流失问题依旧是制约地区生态环境发展的重要因素。

3.3.3 产业内部结构不合理，经济发展动能不足

合理的产业结构是经济焕发活力的关键，产业内部结构的合理化比外部产业结构影响更加深刻。甘肃虽表面上已达到比较理想的“三二一”产业结构，但各产业内部的行业结构优化依旧任重道远。一是农业生产结构单一、集约化程度低、机械化水平低。首先，农业种植以粮食作物为主，经济作物比重较小，农副配套产业不齐全，致使土地经济效益低下。其次，分散化的家庭经营，难以实现规模化、品牌化发展，农村发展产业化水平低下，致使农业发展滞后。最后，农业生

产技术落后，生态、循环农业等绿色模式未得到推广，难以实现对土地资源的高效利用，依靠农药化肥等传统手段加剧生态破坏，低效率的灌溉技术加剧了水资源短缺，使农业发展与生态环境产生矛盾；二是工业结构单一、轻重工业失衡、产业层次低、同质化现象严重。甘肃工业大部分依靠能源开采和有色金属采掘加工，工业生产形式单一，未依托原材料进行深加工，粗放的采掘和加工形式难以获取较高的产品附加值，致使产业层次低下。重工业产品产能过剩的趋势日渐增强，而甘肃工业体系中轻工业比重较小、发展不健全。这样不协调、不健全的工业体系不符合现代工业高端化、轻型化的发展趋势，难以适应市场的发展需求，以传统重工业为支柱的工业格局对经济发展的动力作用逐渐弱化；三是服务业层次低，以传统的运输、物流、零售等行业为主，产品服务附加值较低，对经济的贡献率有限。而高层次的服务行业发展则比较滞后，如金融、文化旅游、娱乐、科学研究、技术服务等技术和知识密集型行业；四是劳动力就业与产业发展不匹配，大批劳动力素质较低，仍然从事农业生产，向第三产业的转移力度不足，人力资本对经济的贡献率较低。

3.3.4 技术创新水平滞后，资源导向型经济缺乏发展后劲

长期以来，甘肃经济发展依靠能源、矿产等资源优势，技术创新内生动力不足，科研投入力度小，较低技术创新水平严重限制了经济发展的活力和竞争力。一是农业的经营模式和生产技术落后，仍然依靠传统的耕地和劳动力优势，小规模分散化经营，农业科技化水平低下。传统灌溉方式过度依赖水资源，劳动力密集型的小规模农业难以提高土地产出效率；二是工业体系发展以原材料为导向，产业层次和技术水平低。工业发展过度依赖资源优势，导致创新动力不足，产业层次始终停留在低附加值的资源开发和粗加工层面。而且在信息化、科技化、高端化为导向的发展趋势下，以原材料为导向的工业体系发展面临更大障碍，依靠资源的发展优势逐渐被弱化；三是服务业层次较低，资源消耗相对较大，行业创新水平有限，生产附加值较低。而诸如信息服务、大数据等新兴高端服务行业发展不足，难以在第三产业发展浪潮中取得竞争优势。

3.3.5 经济发展的生态环境压力较大，生态与经济发展可持续性不强

以资源为导向的发展模式使甘肃对资源和环境的依赖性较强，经济发展的生态成本过高。这种粗放式的发展方式无论对于生态系统还是经济系统，都是不可持续的，自然资源总会消耗殆尽，环境污染到达一定程度也会使生态系统积重难返。经济发展的不可持续主体现在以下几个方面。一是农业生产方式落后，农业发展未能适应地区生态环境的需要。一方面，传统粗放式的农业生产导致土地肥力下降，扩大的畜牧养殖规模导致草场植被覆盖减少，土壤退化变质。另一方面，为追求产量和经济效益，农药、化肥、地膜等被广泛使用，导致土壤和水源受到大面积污染；二是以采掘加工为主的重化工业体系，加剧了生态破坏和环境污染。一方面，大规模的矿产采掘使地表植被、土壤、水源受到损害和污染，破坏地区原有的生态平衡，很有可能导致局部生态环境失衡退化。另一方面，化石燃烧和金属冶炼加工过程中产生大量有害物质，对生态环境造成严重的污染；三是技术水平有限，清洁生产和绿色发展缺乏科技支撑。农业的生态化经营和工业的清洁生产都需要科技作为支撑手段，而甘肃在技术、人才方面存在明显短板，很难实现经济利益和生态利益兼顾的绿色发展模式，经济发展与生态环境的矛盾关系难以得到缓和。

4 甘肃省生态环境与经济协调发展水平测度与分析

4.1 生态环境与经济协调发展水平测度

4.1.1 构建生态环境与经济协调发展指标体系

(1) 指标的选择依据

生态环境与经济协调发展涉及生态和经济两个庞大的子系统,且系统之间各要素相互联系并发生作用,复合形成了综合性的生态经济系统。因此,分别从生态系统和经济系统构建协调发展的综合评价指标体系。科学合理的指标体系是进行生态环境与经济协调发展研究的基础。以全面准确刻画生态环境水平和经济发展状况,最大程度反映生态环境与经济的相互作用为目标,选取各子系统的评价指标。同时,指标选取过程中遵循整体性、科学性、代表性等原则。

(2) 指标体系的构建

生态环境与经济协调发展主要表现为生态系统与经济系统的相互作用,在互动中形成良性循环,共同发展进步。鉴于前人的研究,并结合甘肃省实际状况和数据的获取状况,从生态与经济两个子系统构建综合评价指标体系。生态系统评价包括生态环境现状、生态环境的破坏情况和生态环境治理的实际水平,主要从生态环境状况、生态环境压力和生态环境响应三个维度来进行考量。经济系统评价包含总量的增长、结构的优化和社会福利水平的提升,主要从经济规模、经济结构、经济水平三方面进行考察。如表 4.1 所示。

表 4.1 生态环境与经济协调发展评价指标体系

| 子系统 | 准则层 | 指标层 | 单位 | 指标类型 | | | |
|-------------|--------|-----------|------------|-------------------|-------------|---|---|
| 生态环境与经济协调发展 | 生态系统 | 生态环境状况 | 人均耕地面积 | 亩/人 | + | | |
| | | | 人均公园绿地面积 | m ² /人 | + | | |
| | | | 建成区绿化覆盖率 | % | + | | |
| | 生态环境压力 | 生态环境压力 | PM2.5 浓度 | 微克/m ³ | - | | |
| | | | 工业废水排放强度 | t/万元 | - | | |
| | | | 工业二氧化硫排放强度 | t/万元 | - | | |
| | | | 工业烟粉尘排放强度 | t/万元 | - | | |
| | | | 生活垃圾产生强度 | t/人 | - | | |
| | | | 化肥使用强度 | t/hm | - | | |
| | | | 生态环境响应 | 生态环境响应 | 城市污水处理率 | % | + |
| | | | | | 工业烟粉尘去除率 | % | + |
| | | | | | 工业固体废物综合利用率 | % | + |
| | | | | | 生活垃圾无害化处理率 | % | + |
| | 经济系统 | 经济规模 | GDP | 亿元 | + | | |
| | | | 全社会固定资产投资 | 亿元 | + | | |
| | | | 社会消费品零售总额 | 亿元 | + | | |
| | | | 财政收入 | 亿元 | + | | |
| | | 经济结构 | 经济结构 | 二三产业产值占 GDP 比重 | % | + | |
| | | | | 二三产业从业人员占比 | % | + | |
| | | | | 城乡人均收入差距 | - | - | |
| 经济水平 | | 经济水平 | 人均 GDP | 元 | + | | |
| | | | 社会劳动生产率 | 元/人 | + | | |
| | | 城镇居民恩格尔系数 | % | - | | | |
| | | 农村居民恩格尔系数 | % | - | | | |

经济系统中，经济规模反映一个国家或地区经济总量，一定程度代表其所具备的综合实力。选取代表总量的 GDP、固定资产投资总额、社会消费品零售总额、财政收入来表征；经济结构作为国民经济的组织和构成形式，是经济社会的重要内容，必然会随着经济发展而不断变化和调整，在不同社会发展阶段为经济增长提供新的空间和引擎。经济结构包括产业结构、劳动力结构、区域经济差异格局等，本文选取二三产业产值占 GDP 比重、二三产业从业人员占比、城乡人均收入差距来代表经济结构状况；经济水平是指经济体经济发展层次和质量的高低，在较高经济水平上，一个国家或地区往往具备更高的效率、质量、福利水平和生活水平。本文选取人均 GDP、社会劳动生产率、城镇恩格尔系数、农村恩格尔系数等指标来表征经济水平。

生态环境系统中，生态环境状况主要表现为地区土地、空气、植被等自然环境水平和现状，选取人均耕地面积、人均公园绿地面积、建成区绿化覆盖率、PM2.5 浓度来表征环境和资源状况；生态环境压力是社会经济发展对环境污染的破坏，主要表现为经济活动中不同类型污染物的排放。选取工业废水、二氧化硫、工业烟粉尘排放强度、化肥使用强度来表征。工业废水、废气的排放强度以每万元 GDP 的排放量来表示，反映工业发展产生的环境压力。化肥使用强度以每公顷耕地所使用的折纯化肥量来表示，反映农业生产的环境压力；生态环境响应则是由于社会经济活动对自然资源环境造成的破坏，对社会再生产和人类生存发展产生威胁，通过采取的资源回收利用和废弃物净化处理等措施，降低经济活动对环境的破坏。选取城市污水处理率、工业烟粉尘去除率、工业固体废物综合利用率、生活垃圾无害化处理率进行表征。

4.1.2 指标权重的确定

确定指标权重是综合评价的关键环节，指标的数据科学处理和赋权直接关系到综合评价的客观性和准确性。主观赋权常用的有德尔菲法和层次分析法，使用比较灵活且贴近客观实际，但其在使用过程中可能因主观因素造成偏差。客观赋权法基于指标体系内原始数据特性计算权重，主要有主成分法、熵值法、变异系数法等，具有较强的数理基础和客观依据。生态与经济系统评价所涉及的指标体系较为庞杂，为使权重确定更加符合客观状况，避免主观因素产生的偏差，本文在综合对比其他研究中使用的赋权方法后，选取熵值法来按如下步骤计算指标权重，并利用权重计算不同子系统的得分情况。

(1) 构建原始数据矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ ， x_{ij} 为第 i 个地区第 j 项指标的原始数值 ($i = 1, 2, 3 \dots m$; $j = 1, 2, 3 \dots n$)。

(2) 数据标准化处理。为消除不同指标量纲、量级差异的影响，先对各项指标进行标准化处理，使不同指标口径统一，以方便进行比较和计算。按照指标属性分类，使用极差法对不同指标进行如下标准化处理。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (\text{正向指标}) \quad (4-1)$$

$$x_{ij}' = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (\text{负向指标}) \quad (4-2)$$

(3) 熵值法计算指标权重。首先, 对标准化后的 x_{ij}' 进行非负平移, 令 $y_{ij} = x_{ij}' + A$, 其中, A 为平移的幅度, 为保证结果的显著性, 本文取 $A = 0.0001$ 。然后分别计算熵值 (式 4-3)、冗余度 (式 4-4), 并据此计算指标权重 (式 4-5)。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4-3)$$

式中, $k = \frac{1}{\ln m}$, $p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}$, $0 \leq e_j \leq 1$ 。

$$d_j = 1 - e_j \quad (4-4)$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4-5)$$

(4) 计算系统综合发展指数, 利用功效函数加权计算两个子系统的综合得分 (式 4-6、4-7)。

$$U_{env} = \sum_{j=1}^n W_j \times p_{ij} \quad (4-6)$$

$$U_{eco} = \sum_{j=1}^n W_j \times p_{ij} \quad (4-7)$$

4.1.3 测度模型的选择

耦合是物理学中多个系统相互作用的现象。生态系统与经济系统正是通过物质、能量、信息的相互流动而产生紧密的相互作用, 两系统存在显著的耦合关系。生态环境与经济协调发展, 是在合理阈值内生态经济系统与环境系统实现良性互动必然结果, 也是协调处理好环境保护与经济增长矛盾关系的最优路径。生态环境与经济协调发展坚持可持续的原则, 以区域环境资源禀赋和经济特征为基础, 因地制宜选择合理的发展模式, 有规律地挖掘生态资源的服务和经济价值。同时, 以生态资源所产生的经济效益为环境改善提供物质保障。从而使二者建立起优势互补、良性互促的长效发展机制。生态环境作为外在的必要条件, 经济增长作为内在的发展动力, 共同促进生态经济复合系统发展升级。生态系统与经济系统在二者的良性互促中, 实现由低级向高级的发展。因

此，本文建立耦合协调度模型来衡量生态环境与经济协调发展水平。具体计算方式如下：

$$C = \{(U_{env} \times U_{eco}) / [(U_{env} + U_{eco}) / 2]^2\}^K \quad (4-8)$$

式中， U_{env} 和 U_{eco} 分别为生态与经济系统的综合发展指数， K 为协调系数，本文取 $K = 2$ 。 $0 \leq C \leq 1$ ，为生态系统与经济系统的耦合度，反映两系统的相互作用程度。但 C 不能反映系统发展水平的对协调发展的贡献，因此，在耦合度模型基础上将系统发展水平纳入模型，建立耦合协调度模型。

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (4-9)$$

$$T = aU_{env} + bU_{eco} \quad (4-10)$$

式中， $0 \leq F \leq 1$ ，为两系统的耦合协调度。 F 越接近于1，生态环境与经济增长协调发展水平越高。反之，越接近于0，则协调发展水平越低。 T 为生态与经济系统综合发展指数， a 和 b 为待定系数，且满足 $a + b = 1$ 。生态系统与经济系统同等重要，因此取 $a = b = 0.5$ 。

科学的评价体系是进行综合分析的关键，本研究根据均匀分布函数法，并借鉴廖重斌的分类评级方法，依据耦合协调度大小，将生态环境与经济协调发展分为10个等级。并根据生态与经济相对发展状况，将每一等级分为3个生态与经济相对发展类型（表4.2）。

表 4.2 生态环境与经济协调发展分类评级标准

| 协调发展等级 | | 相对发展类型 | | 基本类型 |
|---------------------|------|-----------------------|---------|-----------------------------|
| D | 等级 | U_{env} 和 U_{eco} | 类型 | D 、 U_{env} 和 U_{eco} |
| $0.9 < D \leq 1$ | 优质协调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 优质协调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 优质协调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 优质协调经济滞后型 |
| $0.8 < D \leq 0.9$ | 良好协调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 良好协调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 良好协调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 良好协调经济滞后型 |
| $0.7 < D \leq 0.8$ | 中级协调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 中级协调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 中级协调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 中级协调经济滞后型 |
| $0.6 < D \leq 0.7$ | 初级协调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 初级协调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 初级协调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 初级协调经济滞后型 |
| $0.5 < D \leq 0.6$ | 勉强协调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 勉强协调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 勉强协调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 勉强协调经济滞后型 |
| $0.4 < D \leq 0.5$ | 濒临失调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 濒临失调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 濒临失调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 濒临失调经济滞后型 |
| $0.3 < D \leq 0.4$ | 轻度失调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 轻度失调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 轻度失调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 轻度失调经济滞后型 |
| $0.2 < D \leq 0.3$ | 中度失调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 中度失调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 中度失调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 中度失调经济滞后型 |
| $0.1 < D \leq 0.2$ | 重度失调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 重度失调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 重度失调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 重度失调经济滞后型 |
| $0 \leq D \leq 0.1$ | 极度失调 | $U_{env} < U_{eco}$ | 环境滞后型 | 极度失调环境滞后型 |
| | | $U_{env} = U_{eco}$ | 环境经济同步型 | 极度失调环境经济同步型 |
| | | $U_{env} > U_{eco}$ | 经济滞后型 | 极度失调经济滞后型 |

4.1.4 数据来源

本文选取甘肃省 12 个地级市作为研究区域（临夏州和甘南州指标数据缺失比较严重），研究的时间区间为 2004-2018。现状分析数据、综合评价指标体系数

据和后文实证部分的变量数据均来源于《甘肃发展年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、和甘肃省各地区国民经济与社会发展统计公报。

4.2 生态环境与经济协调发展水平分析

4.2.1 生态环境与经济协调发展的时序分析

利用熵值法计算得到甘肃 2004-2018 年生态系统与经济系统的综合得分情况，并利用耦合协调度模型得到甘肃生态环境与经济的耦合协调度（表 4.3）。

表 4.3 2004-2018 年甘肃省生态环境与经济协调发展状况

| 年份 | 生态系统综合指数 (U_{env}) | 经济系统综合指数 (U_{eco}) | 生态与经济综合发展指数 (T) | 耦合协调度 (D) | 协调发展类型 |
|------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|-----------|
| 2004 | 0.0351 | 0.0649 | 0.0500 | 0.2037 | 中度失调环境滞后型 |
| 2005 | 0.1258 | 0.0567 | 0.0913 | 0.2588 | 中度失调经济滞后型 |
| 2006 | 0.1442 | 0.1056 | 0.1249 | 0.3450 | 轻度失调经济滞后型 |
| 2007 | 0.1805 | 0.1280 | 0.1542 | 0.3813 | 轻度失调经济滞后型 |
| 2008 | 0.2420 | 0.1621 | 0.2021 | 0.4319 | 濒临失调经济滞后型 |
| 2009 | 0.2023 | 0.2089 | 0.2056 | 0.4533 | 濒临失调环境滞后型 |
| 2010 | 0.2806 | 0.2645 | 0.2726 | 0.5216 | 勉强协调经济滞后型 |
| 2011 | 0.3195 | 0.3468 | 0.3331 | 0.5762 | 勉强协调环境滞后型 |
| 2012 | 0.3645 | 0.4157 | 0.3901 | 0.6219 | 初级协调环境滞后型 |
| 2013 | 0.4103 | 0.4865 | 0.4484 | 0.6648 | 初级协调环境滞后型 |
| 2014 | 0.4578 | 0.5367 | 0.4972 | 0.7007 | 中级协调环境滞后型 |
| 2015 | 0.4617 | 0.5585 | 0.5101 | 0.7078 | 中级协调环境滞后型 |
| 2016 | 0.5019 | 0.6061 | 0.5540 | 0.7377 | 中级协调环境滞后型 |
| 2017 | 0.5912 | 0.5812 | 0.5862 | 0.7656 | 中级协调环境滞后型 |
| 2018 | 0.5490 | 0.6115 | 0.5802 | 0.7595 | 中级协调环境滞后型 |

从经济系统来看，2004-2018 年甘肃经济系统整体不断向前发展，并呈现出一定的阶段性特征（图 4.1）。总体呈现出低速发展、快速发展、平稳发展的变化趋势。2004-2008 年经济系统发展水平较低，且发展速度较慢，基于统计年鉴数据的整理和计算，人均 GDP 的实际年均增长额仅有 331 元，城镇和农村恩格尔系数变动幅度也比较小，人民生活水平提升有限；2009-2014 年经济系统发展势头比较强劲，经济系统综合指数年均增长 0.0624。城镇和农村居民家

庭人均可支配收入均都增长了一倍左右；2015-2018年，甘肃经济发展明显减缓，经济系统在波动中缓慢发展，经济系统综合发展指数基本维持在0.55-0.60之内。

从生态系统来看，甘肃2004-2018年生态系统发在波动中不断发展，呈现出阶段性的发展特征，这可能和结构调整、技术研发和环境系统治理修复的周期性有关。2004-2009年，生态系统状况在波动中逐渐得到改善，生态系统综合指数上升0.1672。2010-2014年，生态系统取得持续发展，由于环境政策的制约和环保技术的研发应用，经济活动的污染排放得到有效控制。单位工业产值废水排放量下降3.926吨，降幅为31.62%，二氧化硫排放量下降0.012吨，降幅为36.83%。2015-2018年，生态系统发展水平在波动中取得发展，一方面，政府环境治理和节能环保技术应用能在一定程度上改善生态环境，另一方面，快速城镇化过程中的经济规模扩张、人口集聚和增长所带来的环境压力，会对生态环境发展产生冲击。

从生态环境与经济协调发展来看，2004-2018年，甘肃生态环境经济协调发展水平始终保持上升趋势，但不同时期也呈现出一定的阶段特征。以自然资源为依托，经济实现快速发展，资金积累又为环境治理提供资金支持，二者在发展过程中相互促进、不断发展。2004-2008年，生态环境与经济协调水平发展速度呈现出小幅波动，但总体保持较快增长。由中度失调转变为濒临失调，且处于经济滞后的发展阶段；2009-2014年，甘肃生态环境与经济协调发展水平持续提高，协调度提高0.2688，经济系统发展较快，逐步转变为环境滞后型。生态环境保护政策的有效执行、经济结构的调整和优化以及新型生产技术的推广应用，都使生态环境与经济的关系持续向协调发展的方向改善。2015-2018年，甘肃生态环境与经济协调发展水平在平稳中缓慢提升，生态系统与经济系统的发展差距逐渐缩小，二者协调发展面临瓶颈。这可能是由于，一方面，总体经济增速放缓，大批传统产业和落后产能发展面临困局，产业结构升级需要一定的时间周期。另一方面，技术创新具有阶段性和周期性，当前技术水平发展可能面临瓶颈，新技术门槛的突破需要更多的时间和资金投入，潜在的技术红利还未得到释放。

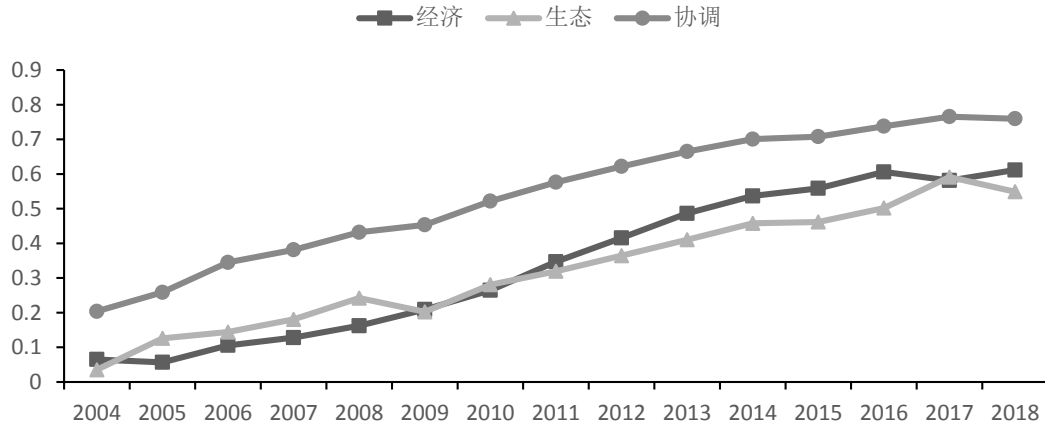


图 4.1 2004-2018 年甘肃省生态环境与经济协调发展趋势

4.2.2 生态环境与经济协调发展的空间分析

通过上文分析发现，甘肃生态环境与经济协调发展经历了由慢到快，最后趋于平稳的三个发展阶段，因此根据均匀分布函数法，选出 4 个关键的时间节点，将研究期分为三段来进行分析。为深入分析生态环境与经济协调发展的空间布局 and 演化特征，使用 ArcGIS10.2 分别绘制 2004、2009、2014、2018 年甘肃省 12 个地级市耦合协调度的空间分布，并依据上文协调评级标准划分为 10 个等级(图 4.2)。

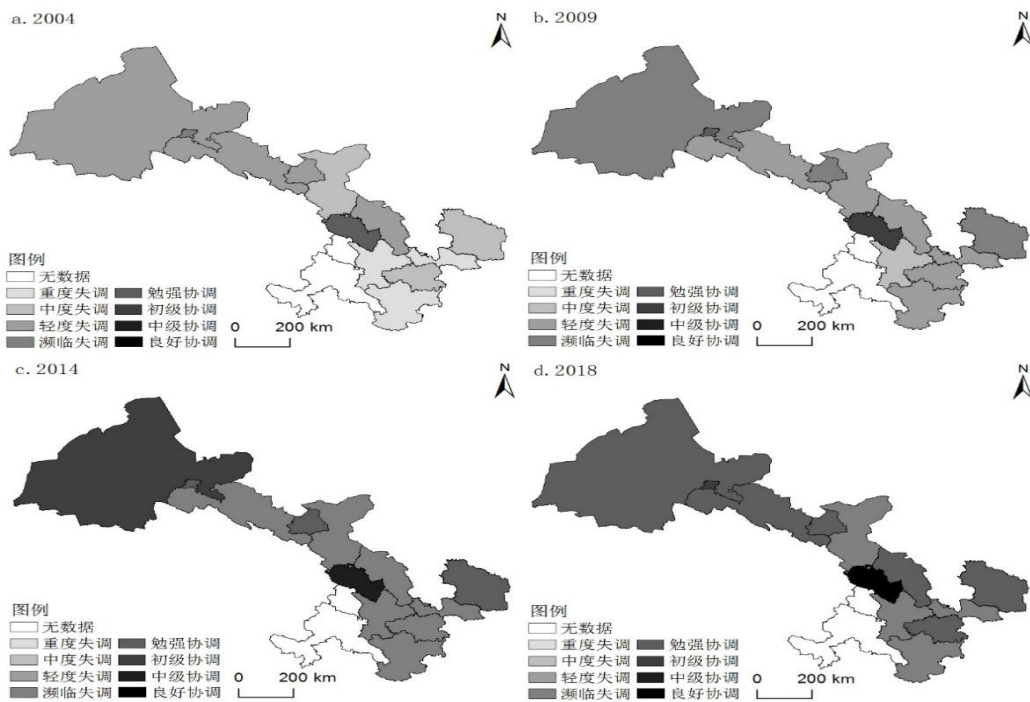


图 4.2 2004-2018 年甘肃省生态环境与经济耦合协调度空间分布特征

从生态环境与经济协调发展水平空间演化来看,2004-2018年甘肃各地区生态与经济协调状况持续向好发展,越来越多地区摆脱失调发展状态,进入协调发展阶段,协调发展等级也不断由低级高级演化。但近年来生态环境与经济协调发展面临瓶颈,协调发展速度有所减缓,部分地区甚至出现退化现象。从空间分布来看,生态环境与经济协调水平呈现出明显的东中西分异规律,西部和中部地区较高,东部地区较低,兰州市和嘉峪关市生态与经济协同发展处于先导地位。

2004年,各地区生态环境与经济协调发展水平差距较大,仅有兰州达到勉强协调的状态。河西地区协调发展水平较高,嘉峪关处于濒临失调阶段,酒泉、张掖、金昌和白银处于轻度失调发展阶段。武威和陇东南其余地区受资源禀赋和地理位置的影响,经济发展的资源环境条件相对有限,生态环境对经济发展的贡献度较低,用于生态持续发展和环境污染治理投资也较少,生态环境与经济发展并未实现良性互动,处于中度和重度失调阶段;2009年,各地区生态环境与经济向着协调的方向不断发展,协调发展水平都得到了提升,兰州生态环境与经济实现初级协调,嘉峪关达到勉强协调状态。酒泉、金昌和庆阳由轻度或中度失调发展为濒临失调。天水、武威、平凉和陇南协调水平有所改善,由重度或中度失调发展为轻度失调。白银和张掖生态环境与经济协调发展水平虽有所改善,但变化幅度较小,未实现阶段性进步;2014年,各地环境与经济协调发展状况持续改善,兰州达到中级协调阶段,酒泉生态环境与经济实现了初级协调,金昌和庆阳进一步发展为勉强协调。白银、天水、武威张掖、陇南都由轻度失调发展为濒临失调。定西跨越两个协调发展阶段,从中度失调发展为濒临失调。嘉峪关协调发展水平有所进步,但依旧处在勉强协调阶段;2018年,多数地区生态环境与经济协调发展水平不断向前发展,少数地区生态环境与经济协调发展状况有所退化。兰州由中级协调发展为良好协调,嘉峪关由勉强协调发展为初级协调,白银、天水、张掖由生态环境与经济协调发展等级由濒临失调晋为勉强协调。平凉、定西、陇南生态环境与经济协调发展水平取得小幅度进步,但依旧停留在濒临失调阶段。金昌、武威、庆阳、酒泉生态环境与经济协调发展程度有所退化,生态环境与经济的耦合协调度都有所下降,酒泉由初级协调退化为勉强协调,其余三市在退化中仍保持原协调发展阶段。

5 甘肃省生态环境与经济协调发展影响因素分析

由上文的分析可见,随着生态与经济系统由低级向高级发展,系统内部以及系统间建立起从单向到双向,再到错综复杂的网状联系,系统间相互联系和作用的程度也不断加强。当前对于生态环境与经济关系的研究多集中于理论分析和评价描述性分析层面,本章将通过定量化实证分析探寻影响生态环境与经济协调发展的主要因素。

5.1 模型设定

由于模型因变量耦合协调度由指标体系测度和特定模型计算所得,取值范围从0到1,存在明显的上下限,符合受限因变量的条件,因此使用Tobit模型进行估计。由于固定效应的Tobit模型难以得到一致的估计量,因此采用随机效应的面板Tobit模型进行估计。根据环境库兹涅茨曲线理论的效应分析和已有的相关研究,结合甘肃实际发展情况,本文从产业生态化、产业结构、技术创新、环境规制、对外开放、政府调控等方面进行分析。模型设定如下:

$$F_{it} = \beta_0 + \beta_1 ei_{it} + \beta_2 ind_{it} + \beta_3 tec_{it} + \beta_4 envr_{it} + \beta_5 open_{it} + \beta_6 gov_{it} + \varepsilon_{it}$$

式中, F_{it} 为*i*地区第*t*年的耦合协调度, β 为各解释变量的系数, ε 为随机误差项。

5.2 变量说明

5.2.1 被解释变量

生态环境与经济协调发展水平。系统间协调耦合协调度由变异系数法推导得到的耦合协调度模型计算所得,既反映两系统的相互作用强弱,又反映两系统的发展水平高低。因此,本文生态环境与经济的协调发展水平由协调分析中最常用的耦合协调度来表示。

5.2.2 解释变量

(1) 产业生态化。是对产业系统、生态系统、社会系统不断进行统筹优化

的过程，通过改进生产方式和调整产业结构，降低对生态环境的压力，使生态环境维持稳定和平衡。资源利用效率和经济社会效益的最大化以及环境压力的最小化，是产业生态化的集中体现。借鉴学者已有的相关研究，建立如下（表 5.1）产业生态化指标体系，利用上文所用熵值法对各地区产业生态化水平进行测算。

表 5.1 甘肃省产业生态水平评价指标体系

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 单位 | 属性 |
|---------|------------|--------------|----------|------|
| 产业生态化水平 | 经济效益 | 人均 GDP | 万元 | + |
| | | 第三产业占 GDP 比重 | % | + |
| | 清洁生产 | 工业固体废物综合利用率 | % | + |
| | | 城市污水处理率 | % | + |
| | | 生活垃圾无害化处理率 | % | + |
| | 资源效率 | 耕地产出效率 | 万元/hm | + |
| | | 单位 GDP 电耗 | 千瓦时/万元 | - |
| | | 单位 GDP 水耗 | 吨/万元 | - |
| | | 环境压力 | 工业废水排放强度 | t/万元 |
| | 工业二氧化硫排放强度 | | t/万元 | - |
| | 工业烟粉尘排放强度 | | t/万元 | - |
| | 化肥使用强度 | | t/hm | - |

(2) 产业结构。是地区经济发展的重要内容，从第一二产业向第三产业转移是产业结构优化调整的重要表现，特别是第二产业向第三产业水平转移是产业结构调整的关键环节，用第三产业与第二产业的比重来反映产业结构水平。

(3) 技术创新。是社会生产力发展革新的重要动力，提升生产效率的主要手段。技术水平较高的国家和地区往往在科技研发中投入了大量的资金，因此用人均科技费用支出代表地区的技术创新水平。

(4) 环境规制。是政府等管理部门通过特定政策制度抑制经济中环境高污染、生态破坏性活动的发生，并通过技术手段对已有污染进行治理。为了社会生产和生活的可持续，政府为抑制生态环境持续恶化而采取的规制措施十分必要。环境规制的结果往往体现为污染程度减轻，二氧化硫既是空气质量检测的重要指标，又是现代工业生产和城市生活中产生的主要污染物。二氧化硫排放量的减少，意味着政府环境规制力度的加强，因此采用二氧化硫去除率来表示环境规制的力度。

(5) 对外开放。代表经济体的外向性水平。随着全球化进程的推进，增强经济体的外向性可以促进资金、人才、技术的跨国流动和配置，实现资源配置的优化和生产效率的提升。用进出口商品总额占 GDP 的比重表示对外开放的程度。

(6) 政府调控。政府的必要调控一方面可以避免市场逐利盲目发展，把握正确方向，保持经济社会平稳运行。另一方面，能引导资金和资源正确配置，促进新兴产业发展和技术水平提升，调和经济发展与生态环境保护的矛盾，促使社会经济和生态协调有序发展。经济调节是政府调控的重要方式，因此采用财政支出占 GDP 比重来表示。

表 5.2 变量描述性统计

| 变量 | 样本量 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|-------------|-----|---------|---------|--------|----------|
| <i>F</i> | 180 | 0.4432 | 0.1329 | 0.1464 | 0.8110 |
| <i>ei</i> | 180 | 0.4448 | 0.1083 | 0.1723 | 0.7988 |
| <i>ind</i> | 180 | 1.0661 | 0.6149 | 0.1349 | 3.1317 |
| <i>tec</i> | 180 | 24.3124 | 20.2755 | 0.4298 | 128.0236 |
| <i>envr</i> | 180 | 0.4497 | 0.2843 | 0.0103 | 0.9815 |
| <i>open</i> | 180 | 0.1139 | 0.2460 | 0.0011 | 1.4578 |
| <i>gov</i> | 180 | 0.2917 | 0.1849 | 0.0584 | 1.0268 |

5.3 模型实证结果及分析

本节运用 Stata15.1 计量分析软件，采用上面提到的随机效应面板 Tobit 模型进行估计，对甘肃 12 个地级市 2004-2018 年的面板数据进行实证分析，回归结果如表 5.3 所示：

表 5.3 面板 Tobit 模型回归结果

| 自变量 | 变量含义 | 系数 |
|-------------|-------|-----------------------|
| <i>ei</i> | 产业生态化 | 0.4197*** (0.0740) |
| <i>ind</i> | 产业结构 | 0.0239*** (0.0089) |
| <i>tec</i> | 技术创新 | 0.0016*** (0.0003) |
| <i>envr</i> | 环境规制 | 0.0548** (0.0218) |
| <i>open</i> | 对外开放 | 0.1136*** (0.0277) |
| <i>gov</i> | 政府调控 | 0.2166*** (0.0396) |
| <i>cons</i> | 常数项 | 0.1264*** (0.0315) |
| <i>N</i> | 样本量 | 180 |

注：*、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平上显著；括号内为标准差。

通过对表 5.3 的回归结果深入分析，对甘肃生态环境与经济协调发展的影响因素得出如下结论：

(1) 产业生态化对生态环境与经济协调发展的影响为正，并在 1%的水平下通过显著性检验，这也和我国近年来的绿色发展理念相契合。促使产业发展走向绿色化、清洁化、低碳化、生态化的道路，可以从根源上扭转生态环境恶化的趋势。产业生态化的关键在于技术水平的发展和因地制宜的产业布局方式，通过技术手段提升资源利用效率，降低污染物排放量，充分利用废弃物，实现资源的有机循环使用，减轻经济活动对生态环境的压力，增强生态系统的承载力和修复力。同时，依托地区生态优势培育和发展产业，实现生态效益和经济效益的互补发展，经济利益的驱动也会使社会和企业把保护环境的行为由被动转为主动。生态化的发展道路促进生态环境与经济的发展可持续推进，形成生态系统与经济系统协调互补、互促共进的发展格局。因此，产业生态化是经济转型升级的重大机遇，一方面，产业生态化发展促使企业生产由单一的经济导向转为经济、生态与社会效益相结合的多维导向，使产业组织生产走向低碳化、清洁化、节能化、生态化。另一方面，借助政策、资金和技术支持，合理有序开发地区生态资源，可持续地发掘生态资源的经济价值，形成生态化、绿色化的产业格局，是协调处理好环境

与经济关系，实现高质量发展的必然选择。

(2) 产业结构对于生态环境与经济协调发展影响系数为 0.0239，且通过了 1%水平下的显著性检验。表明产业结构升级能促进生态环境与经济协调发展，这和 Grossman (1995) 对环境库兹涅茨曲线成因的产业结构效应的分析一致。更高层次的产业结构具有更高的生产效率，通常是知识技术密集型，人力资源和技术创新在经济中的贡献率大幅提升，生产过程中对自然资源环境的压力更小，且可以产生更高的附加值，以更低的资源环境代价产生更高的经济效益。因此，产业结构优化升级是生态环境与经济实现协调发展的必要途径。必须逐步改变重化工业为支撑的产业体系，提升人才和技术对经济发展的支持力度，寻求知识技术密集型产业竞争优势，才能为甘肃找到经济增长的新引擎，为经济转型发展提供动力。

(3) 技术创新有利于提升资源环境利用效率，降低生产活动的排放强度。从回归结果来看，技术创新对生态环境与经济协调发展的作用系数在 1%的水平下显著为正，这说明技术创新对于调和环境与经济的矛盾关系十分重要。近年来，国家不断大力推进科技创新和人才培养，也是力图以技术解决资源环境、能源这类棘手问题。一方面，技术创新能以更低的资源环境损耗创造出更大的经济效益，还能创造出新型清洁能源、环保产品，实现对生态环境高负荷性产品的替代，从生产和消费两端降低对生态环境的压力。另一方面，技术水平的提升，还能提高应对和处治能力，通过技术手段对已造成污染和破坏进行修复。技术创新的普及和应用，使生产和生活朝着高效率、绿色环保的方向发展，社会经济和生态环境从而进入一种和谐共处的理想状态。因此，无论是出于经济发展还是环境保护的目的，技术创新都是十分必要的，有利于形成生态环境与社会经济双赢乃至多赢的局面。

(4) 环境规制对生态环境与经济协调发展具有显著的促进作用，环境规制对于解决经济发展过程中污染和破坏问题是比较有效的。通过环境规制，有利于解决具有公共品属性的资源环境在配置环节出现的失衡问题。一方面，环境规制可以行政手段强制性对具有生态战略意义的区域封育和修复，保护其生态和社会价值。对于生态出现失衡的地区限制开发，使生态环境在承载范围内自我修复，避免生态环境问题进一步恶化。另一方面，通过政策和制度手段，可调节收益的分

配和成本的分担问题，通过经济手段避免公地悲剧类环境事件的发生。因此，甘肃应加快环境立法进程，严格执行全新环保标准，通过环境规制引导生态环境与与经济发展相协调。

(5) 对外开放对生态环境与经济协调发展的影响系数显著为正，表明对外开放有利于生态环境与经济协调发展。经济全球化趋势不可逆转，产业的全球分工日渐精细化。一方面，全球化分工发挥国家和地区间的比较优势，促进国际分工，形成全球化产业链条，提升资源利用和产品生产效率。另一方面，在合作与交流中有利于加速前沿技术的研发进度，交流先进经营管理方法和经验，加强新型节能、环保产品的开发。全球领域的合作交流还有利于形成全球利益共同体，深化经济、政治、科技领域合作，共同应对全球变暖、大气污染、海水污染等共性问题。因此，甘肃应紧抓“一带一路”的黄金地理位置优势，扩大进出口贸易，鼓励民营企业“走出去”，优化营商环境，吸引外资进入，把甘肃打造为“一带一路”向西开放的大门户。

(6) 政府调控的回归系数在 1%的水平下显著为正，表明政府调控对于生态环境与经济协调发展具有促进作用。市场的发展趋势往往以经济利益为导向，甘肃发展长期依赖资源优势，缺乏技术创新的动力，高污染、高能耗的生产方式很难在市场配置中自发得到纠正。而通过政府调控，一方面，立足当前，通过环境税收制度、排放标准、绿色补贴等方面的政策，抑制高污染生产活动的开展，引导企业向绿色化、生态化方向转型。另一方面，从宏观和长远出发，加强政策和制度引领，制定产业转型升级的长远规划，加快培育战略性新型绿色产业。政府通过调控引导社会经济朝着可持续的方向发展，践行正确的生态观和发展观，有利于使社会发展回归理性，形成人与自然和谐共生的理想格局。

5.4 稳健性检验

为保证实证结果的可靠性，需对回归结果进行稳健性检验。常见的方法有替换变量、替换模型、增加控制变量、缩小或扩大样本范围等方法。本文采用研究中比较常见的替换模型和增加控制变量的方法进行相关稳健性检验，回归结果如表 5.4。

表 5.4 稳健性检验回归结果

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>ei</i> | 0.3907*** (0.0786) | 0.3247*** (0.0653) | 0.3282*** (0.0620) | 0.1816*** (0.0613) |
| <i>ind</i> | 0.0264*** (0.0091) | 0.0262*** (0.0076) | 0.0383*** (0.0078) | 0.0318*** (0.0072) |
| <i>tec</i> | 0.0015*** (0.0003) | 0.0015*** (0.0003) | 0.0014*** (0.0002) | 0.0010*** (0.0002) |
| <i>envr</i> | 0.0510** (0.0227) | 0.0446** (0.0188) | 0.0573*** (0.0181) | 0.0400** (0.0168) |
| <i>open</i> | 0.1096*** (0.0289) | 0.1054*** (0.0239) | 0.0748*** (0.0238) | 0.0701*** (0.0219) |
| <i>gov</i> | 0.2475*** (0.0397) | 0.1151*** (0.0366) | 0.1399*** (0.0351) | 0.0947*** (0.0319) |
| <i>inv</i> | | 0.0722*** (0.0092) | 0.0653*** (0.0089) | 0.0568*** 0.0083 |
| <i>manu</i> | | | 0.1152*** (0.0270) | 0.1155*** (0.0249) |
| <i>urb</i> | | | | 0.3150*** (0.0500) |
| <i>cons</i> | 0.1282*** (0.0206) | 0.1333*** (0.0303) | 0.0759** (0.0325) | 0.0436 0.0266 |
| <i>N</i> | 180 | 180 | 180 | 180 |

注：*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的置信水平下显著；括号内为标准差。

在对模型进行回归时，首先，放松对因变量取值范围受限的条件假设，采用面板数据模型进行估计，Hausman 检验在 1%的显著性水平下拒绝原假设，因此固定效应的面板数据模型更加有效。表 5.4 中（1）列出了固定效应的面板数据模型回归结果，从表中可看出，各解释变量的回归系数基本不变，变化幅度 0.1 以内，显著性水平基本一致。其次，将投资水平、工业化水平和城市化水平作为控制变量逐步带入模型进行估计，三个变量分别用固定资产投资占 GDP 比重、工业总产值占 GDP 比重和城市人口比重来表示。表 5.4 中（2）、（3）、（4）分别列出其回归结果，从表中可知，（2）、（3）列中，解释变量系数仅在 0.1 以内发生小幅变化，显著性水平基本不变，（4）列中，产业生态化和政府调控的回归系数变动幅度虽超过 0.1，但其符号和显著性水平均未发生变化，其余解释变量的回归系数和显著性水平基本未发生明显变化，表明本文实证结果基本是稳健可靠的。

6. 结论与政策建议

6.1 研究结论

随着近年来生态环境保护日渐受到重视,生态环境与经济的关系成为环境经济学研究热点。本研究在绿色经济和生态文明建设理念的指导下,从生态环境与经济协调发展的协调关系出发,在借鉴相关学者的研究成果的基础上,从环境系统和经济系统与两方面建立综合评价指标体系。基于耦合协调度模型对生态环境与经济的协调发展水平进行测算,测度了甘肃 12 个地级市生态环境与经济协调发展水平,并从时间变化趋势、空间分异特征等方面进行分析。最后,运用面板 Tobit 模型对生态环境与经济协调发展的影响因素展开实证分析,得到的主要研究结论如下:

从时序变化趋势来看,2004-2018 年,甘肃生态环境与经济协调发展水平随时间推移逐年提升,逐步从失调转变为协调,但二者协调发展呈现出明显的阶段性特征。根据耦合协调度的变化特征可划分为三个阶段:2004-2008 年协调发展水平小幅波动中保持较快增长;2009-2014 年协调发展水平持续稳步提高;2015-2018 年协调发展水平在平稳中缓慢增长。从经济系统和生态系统相对发展来看,逐渐由经济滞后型转变为环境滞后型,生态系统与经济系统的差距正在逐渐缩小。近几年,生态和经济系统发展趋缓,生态环境与经济协调发展面临瓶颈。

从空间分异特征来看,2004-2018 年,甘肃各地区生态环境与经济协调发展水平差异逐渐缩小,但仍存在比较明显的东中西分异规律。西部和中部协调水平整体较高,东部地区协调发展水平偏低。兰州和河西地区生态环境与经济协调发展水平长期居于领先地位,但东部地区协调发展水平也在持续提升,东部地区协调发展水平分布特征由整体偏低演变为高低交错分布,东中西分异特征逐渐弱化。

从生态环境与经济协调发展的影响因素来看,产业生态化、产业结构、技术创新、环境规制、对外开放、政府调控均在不同程度上对生态环境与经济的协调发展具有显著的促进作用。

6.2 政策建议

6.2.1 立足生态和资源优势，以生态产业建设推动绿色经济发展

甘肃作为我国北方重要的生态屏障，其战略地位突出，但因地处自然地理分区的过渡地带，生态环境又十分脆弱。因此，大力培育和发展生态产业是甘肃担负起生态责任，实现高质量发展的必由之路。

一是依托丰富的资源优势和健全的工业基础体系，加速推进节能环保产业发展壮大，把清洁生产逐步应用于工业生产的各个环节，依托光热和风能优势推动清洁能源产业发展。首先，对传统工业生产中产生大量的工业废弃物进行充分利用，通过建设专门的再生资源的综合利用基地对工业废弃物的集中处理和循环利用，推动节能环保产业的规模化发展。其次，从技术研发、装备制造等环节着手，升级生产工艺和技术，减少危险废弃物的产生。建立绿色工业示范园区，共用基础设施和配套体系，降低整体耗能水平，统一实施清洁化生产，大力推广绿色工业产品。按照集中治理、回收利用、低碳生产的原则，对园区工业企业实施统一集中的高标准治污和处废。不仅能提高污染处理效率，降低废弃物和污染物的产生量，还能降低企业生产运作成本，在竞争中获得价格优势。最后，充分发挥风能和太阳能等清洁能源的天然优势，大力发展风电和光伏产业，促使能源体系向低碳化和清洁化发展。

二是结合自然资源和环境条件，大力推广发展循环农业。农业作为工业和服务业发展的坚实基础，对环境的压力远低于工业，甘肃本身生态条件脆弱，农业发展面临土壤、水源问题等多方面挑战。因此要推动农业循环经济发展，改变资源高消耗和生态高破坏、过度追求产量的传统发展模式，促使农业向生态可持续方向发展，农业生产目标追求由量到质。不断改善农业种植、养殖结构，扩大特色瓜果蔬菜和经济作物的种植规模，丰富市场需求潜力大的肉禽养殖类型，推行种养循环的新型农业发展模式。立足实际自然条件和气候条件，以戈壁生态农业、节水农业等模式，充分发掘广袤戈壁滩、盐碱地、废弃地的农业经济价值。加快推广绿色、有机、无公害农产品，打造特色农产品品牌，依托现代电商和物流体系建立生产、加工、销售于一体的现代农业体系。

三是依托中药材资源优势，培育和发展中医药产业。利用生态多样性和中药

材资源优势，加强中药材人工驯养和繁育，分区建立建立不同品种中药材种植基地，实现标准化规范化种植。搭建集种植、研发、生产、销售于一体的合作平台，吸引中医药企业投资。以中医药产业发展为契机，发展绿色健康养生产业，建立起健康管理、健康咨询、医疗康复等多种服务于一体的现代健康服务体系。

6.2.2 以绿色经济为导向促进产业结构转型升级，培育经济新动能

当前工业体系中，诸如煤炭、钢铁、水泥等传统行业普遍出现产能过剩问题，而这些重化工业正是甘肃长期以来所依赖的主要经济支柱，电子信息、医药、食品、旅游等新兴产业比重却较低。这种传统产业模式不仅经济效率低下，加速资源消耗，高排放还对生态环境造成巨大的压力。虽然甘肃三次产业结构在发展过程中不断得到调整，已逐步转变为“三二一”产业结构形态，但产业内部结构单一、产业层次低、产业链条短、产业关联度低等一系列结构性问题仍然十分突出。因此，加快产业内部结构的调整和优化，培育新的经济增长点，实现新旧动能的转换，是甘肃迈向高质量发展的关键环节。

一方面，要优化三次产业布局，持续巩固“三二一”的产业结构形态。一是加速淘汰落后工业产能，对传统金属冶炼、能源工业进行兼并重组和转型改造，根据实际需求调整产品生产线。关停生产效率低下、污染水强度大、耗能巨大的落后企业，整合小规模生产企业，充分发挥资金、技术和规模优势，实现清洁化生产；二是提升第三产业经济贡献率，立足农业和工业发展基础，以城市化发展为契机，不断拓展商贸、金融、文旅等服务行业发展；三是推动三次产业融合发展，夯实农业，为工业和服务业发展提供基础，以成熟的工业和服务业体系带动农业发展。打造跨行业合作平台，畅通一二三产业合作渠道，以合作促融合，形成三次产业深度融合的良好发展格局。

另一方面，要优化产业内部结构，增强产业技术和知识密集度，提升生产效率。一是要调整农业结构，农业发展要改变单一粮食作物的种植模式，推广果蔬、中药材、经济作物等相结合的多元化种植，并结合地区发展特色养殖，推进农林牧副渔业产业体系建设，使农业向深加工、产业化、规模化、品牌化的方向发展；二是要优化工业结构。首先，对工业生产设备进行升级改造，加强综合性冶炼和化工基地建设，提升金属冶炼和石化生产深加工水平，延长工业生产链条。其次，

推动传统制造业转型升级，改变以往简单的组装、代工制造模式，不断探索新材料、集成电路、智能制造等先进制造领域，加快重点行业智能化改造。然后，还应通过承接产业转移推动食品、纺织、皮革等轻工业发展，促使轻工业与重工业发展相匹配，实现轻重工业平衡发展。最后，加快国有企业改革步伐，推进其市场化发展进程。在公有制和国有经济的主导性地位和作用保持不变的前提下，推动多种不同性质资本交叉持股和深度融合，以激发企业活力、创造力和竞争力；三是要优化服务业内部机构，提高发展质量和水平。首先要把文化旅游行业放在突出位置，充分利用厚重的历史文化资源和雄浑俊美的自然风光。深入挖掘敦煌文化、丝路文化、红色文化等丰富资源，通过历史文化遗产和创新来壮大文化产业。以资金、政策支持吸引文化旅游企业进驻，扩大对传统文化的发掘的深度和广度。将历史人文与自然风光相结合，打造特色旅游环线。以点带面，推广休闲游、观光游、历史游、生态游等多种出游方式，以各地独具特色的旅游文化资源合力推进全域旅游，满足居民日益增长的多样化文化旅游需求。另外，抢抓发展机遇，借助互联网红利推动虚拟技术与实体经济的深度交融。以“互联网+”形式推进教育、医疗、旅游、交通等领域的信息化发展进程。以电子商务发展契机，推动消费和流通环节的数字化、信息化，开发农副产品、食品、药品、文化产品等方面的市场需求，降低经济运营成本，提高社会经济效率。

6.2.3 加强政策调控和规制，引导生态环境与经济协调发展

生态环境与经济协调发展是一项复杂的系统性工程，涉及社会经济与自然环境的各个方面。因此，政府要从宏观层面和长远利益考虑，通过政策和制度引导经济社会与生态环境朝着可持续方向发展。一是要优化区域发展格局，缩小地区差异。要发挥中心城市的辐射和带动能力，加大兰白经济圈建设，增强其辐射力度和范围，带动周边定西、宁夏等落后地区发展。建设河西走廊经济带，依托钢铁、旅游等产业，推动酒泉、嘉峪关一体化发展，通过发展组团和产业配套促进金昌、张掖、武威互补发展。加快陇东地区发展步伐，依托煤炭、石油等能源优势把推动平凉和庆阳等革命老区建设，把其打造成为陕甘宁区域性中心城市；二是要培育壮大新经济增长点，以十大生态产业建设为契机，强化现代产业支撑体系，加快农业、工业和服务业的现代化进程。大力推广节水农业、生态农业，以

政策和资金支持促使能源生产向清洁化转型，推动工业生产绿色化、信息化、智能化改造，借助区位条件和资源禀赋大力发展文化旅游、数据信息等高附加值现代服务业；三是要加强生态环境治理保护，走全新绿色发展道路。加大生态保护和修复力度，落实祁连山、渭河源等重点生态区域流域制定专门生态治理规划。加强环保知识宣传工作，推进城市垃圾分类，倡导绿色低碳新风尚；四是完善落实生态环境保护法律和制度，打好蓝天碧水保卫战。加强环境立法进度，以严格排污标准和奖惩制度做好工业、燃煤、机动车等重点污染源的防治工作。

6.2.4 坚持创新驱动，强化科技支撑

创新是经济绿色化转型的关键支撑，资源高效利用、清洁化生产、节能减排、污染物处理都需要先进的技术作为保障。甘肃科技创新水平在全国长期靠后，经济发展后劲不足，缺乏活力和竞争力，生产技术老化落后现象严重，造成大量资源浪费和环境破坏问题。因此，必须要落实创新驱动发展战略，加快推进要素市场化进程，激发各类主体创新的积极性和创造性。第一，搭建创新平台，通过多种途径的引才引智措施，集中和壮大区域创新力量，强化科技合作。设立创新示范区和改革试验区，建设国家级创新平台，发挥创新引领效应。加强各地高新技术开发区和创新产业园区建设，支持高新技术企业和创新企业发展壮大；第二，加强科技人才培养，为创新提供智力保障。加快高等教育改革进程，落实科教兴国战略，加快高校“双一流”建设进程，优化和完善人才培养方式，推进产学研深度融合，提升科研院所、高校的科研创新水平；第三，加快知识产权保护立法进程，完善创新激励机制，健全科技创新治理体系，为创新创造良好的环境条件。加强技术交易市场建设，将科技创新与资本市场相结合，加速技术创新实际应用进度，提升经济和社会双重效益。第四，加大科研投入，建立技术创新与经济发展的正反馈机制。政府要提高科学技术支出在财政支出中的比重，企业要提高科研投入在净利润中的比重，为技术创新提供可靠的资金和物质保障。

6.2.5 抢抓“一带一路”发展机遇，构建全方位对外开放新格局

长期以来，甘肃深居内陆，与外部经贸往来较少，经济发展比较封闭。闭塞的发展方式，致使甘肃发展理念落后，对资源导向型的传统经济形式形成路径依

赖，缺乏技术创新、产业转型优化的内生动力。在落后发展理念与粗放发展模式的双重作用下，生态环境与经济矛盾的矛盾不断加剧。“一带一路”建设的推进，使甘肃从闭塞的内陆腹地一跃成为面向西欧、中亚等国的战略要道。因此，必须抢抓“一带一路”的重大发展机遇，重塑区位优势，全方位提高经济外向性水平。

第一，要大力发展通道物流和口岸经济。加快公路、铁路交通运输配套设施建设，促进国内与国际交通基础设施的全面互联互通。建设大型物流运输平台，建设多种运输方式相交融的物流运输体系。建设“一带一路”国际贸易物流园区，打造面向中亚、南亚、东欧的国际货运通道枢纽和货物集散基地；第二，深化对外交流与合作。制定优势产品国际化销售战略，鼓励省内相关企业拓展海外业务，充分利用海外广阔的市场，激发产业活力和潜力；第三，加强平台建设，提高对外开放深度与广度。借助兰洽会、丝路文化博览会、丝路国际旅游节等展会平台，加快跨境电商平台建设步伐，深化对外经贸合作。第四，强化政策制度支持，优化营商环境，加大招商引资力度。完善投资制度设计和激励措施，开展国内外精准招商，取得资金和技术支持，以政策、资金、技术等优势培育新型绿色产业，鼓励传统企业向绿色化转型。

参考文献

- [1] Akbostanci E, Turut-Asik S, Tunc GI. The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?[J]. Energy policy, 2009, 37(3): 861-867.
- [2] Al-Mulali U, Saboori B, Ozturk I. Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam[J]. Energy Policy, 2015, 76: 123-131.
- [3] Andreoni J, Levinson A. The simple analytics of the environmental Kuznets curve[J]. Journal of public economics, 2001, 80(2): 269-286.
- [4] Apergis N, Ozturk I. Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries[J]. Ecological Indicators, 2015, 52: 16-22.
- [5] Baumol W J . On the possibility of continuing expansion of finite resources[J]. Kyklos, 1986, 39(2):167-179.
- [6] Beckerman W., Economic growth and the environment :Whose growth ?Whose environment ? [J] .World Development , 1992, 20(4):81-96.
- [7] Bovenberg A L, Smulders S. Environmental quality and pollution-augmenting technological change in a two-sector endogenous growth model[J]. Journal of public Economics, 1995, 57(3): 369-391.
- [8] Boulding K E.The economics of the coming spaceship earth[J]. Environmental Quality in A Grouting, 1966, 58(4):947-957.
- [9] Brundtland G H, Khalid M, Agnelli S, et al. Our common future[J]. New York, 1987, 8.
- [10] Carson R.. Silent spring[M].Boston:Houghton Mifflin Harcourt,1962:7-33.
- [11] Chichilnisky G, Heal G, Beltratti A. The green golden rule[J]. Economics Letters, 1995, 49(2): 175-179.
- [12] Cole H S D. Thinking about the Future: A Critique of the Limits to Growth[M]. London: Chatto & Windus for Sussex University Press, 1973.
- [13] Dasgupta P, Heal G. The Optimal Depletion of Exhaustible Resources[J]. Review of Economic Studies, 1974, 41(5): 3-28.
- [14] Destek M A, Ulucak R, Dogan E. Analyzing the environmental Kuznets curve for

- the EU countries: the role of ecological footprint[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(29): 29387-29396.
- [15] Grossman G M , Krueger A B . Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement[J]. *National Bureau of Economic Research Working Paper*, 1991, No. 3914(3914):1-57.
- [16] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. *The quarterly journal of economics*, 1995, 110(2): 353-377.
- [17] Meadows D H, Meadows D L, Randers J, et al. *The limits to growth*[J]. New York, 1972, 102(1972): 27.
- [18] Mesarovic M D, Pestel E C. *Mankind at the turning point*[M]. Lutton, 1974.
- [19] Mishan E J . The Cost of Economic Growth[J]. *Science*, 1967, 345(6198):783-783.
- [20] Nordhaus W D. World dynamics: measurement without data[J]. *The Economic Journal*, 1973, 83(332): 1156-1183.
- [21] Panayotou T . Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development[J]. *Pacific and Asian Journal of Energy*, 1993, 4(1).
- [22] Shahbaz M, Mutascu M, Azim P. Environmental Kuznets curve in Romania and the role of energy consumption[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 18: 165-173.
- [23] Simon.J.L.The ultimate resource [M].Princeton University Press, Princeton, New Jersey,1981.
- [24] Stiglitz J.Growth with Exhaustible Natural Resources :Efficient and Optimal Growth Paths. [J].*Review of Economic Studies* , 1974, 41:123-137.
- [25] Stokey N.Are There Limits to Growth ? [J]. *International Economic Review* , 1998 , 39:1-31.
- [26] Thampapillai D J, Hanf C H, Thangavelu S, et al. The environmental Kuznets curve effect and the scarcity of natural resources: a simple case study of Australia[J]. *Invited Paper presented to Australian Agricultural Resource Economics Society,(Australian Capital Territory Branch), Canberra*, 2003, 24.
- [27] Wagner M . The carbon Kuznets curve: A cloudy picture emitted by bad

- econometrics?[J]. Resource & Energy Economics, 2008, 30(3):388-408.
- [28]包群,彭水军.经济增长与环境污染:基于面板数据的联立方程估计[J].世界经济,2006(11):48-58.
- [29]蔡昉,都阳,王美艳.经济发展方式转变与节能减排内在动力[J].经济研究,2008(06):4-11+36.
- [30]陈强.高级计量经济学及 Stata 应用[M].北京:高等教育出版社,2010, 325-326.
- [31]陈祖海,熊焰.基于环境与经济协调发展的环境容量分析[J].中南民族大学学报(自然科学版),2006(02):103-105.
- [32]盖美,聂晨,柯丽娜.环渤海地区经济—资源—环境系统承载力及协调发展[J].经济地理,2018,38(07):163-172.
- [33]何枫,马栋栋,祝丽云.中国雾霾污染的环境库兹涅茨曲线研究——基于2001~2012年中国30个省市面板数据的分析[J].软科学,2016,30(04):37-40.
- [34]黄茂兴,林寿富.污染损害、环境管理与经济可持续增长——基于五部门内生经济增长模型的分析[J].经济研究,2013,48(12):30-41.
- [35]惠调艳,郭筱.西部地区经济-资源-环境协调发展水平测度[J].统计与决策,2019,35(11):124-128.
- [36]姜子青,曲财亭,刘新民.协调发展的理论探索——论经济与环境协调发展的若干重要问题之一[J].环境保护,1992(01):9-11.
- [37]柯健,李超.基于 DEA 聚类分析的中国各地区资源、环境与经济协调发展研究[J].中国软科学,2005(02):144-148.
- [38]李悦铮,徐凯,王凯.山东省旅游-经济-环境耦合协调分析[J].地域研究与开发,2016,35(04):99-103+109.
- [39]李强,韦薇.长江经济带经济增长质量与生态环境优化耦合协调度研究[J].软科学,2019,33(05):117-122.
- [40]李仕兵,赵定涛.环境污染约束条件下经济可持续发展内生增长模型[J].预测,2008(01):72-76.
- [41]李智,张小林.江苏省县域生态经济系统协调度的空间分异及影响因素[J].水土保持研究,2017,24(06):209-215.
- [42]廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城

- 市群为例[J].热带地理,1999(02):3-5.
- [43]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(04):27-36.
- [44]马骏,孙茂洋,关一凡.江苏省经济与环境协调发展实证分析[J].生态经济,2016,32(02):78-83.
- [45]彭博,方虹,李静,尤怀墨,方思然.中国区域经济-社会-环境的耦合协调度发展研究[J].生态经济,2017,33(10):43-47+75.
- [46]沈满洪,许云华.一种新型的环境库兹涅茨曲线——浙江省工业化进程中经济增长与环境变迁的关系研究[J].浙江社会科学,2000(04):53.
- [47]王芳,曹一鸣,陈硕.反思环境库兹涅茨曲线假说[J].经济学(季刊),2020,19(01):81-100.
- [48]魏伟,石培基,魏晓旭,周俊菊,颀斌斌.中国陆地经济与生态环境协调发展的空间演变[J].生态学报,2018,38(08):2636-2648.
- [49]吴玉鸣,田斌.省域环境库兹涅茨曲线的扩展及其决定因素——空间计量经济学模型实证[J].地理研究,2012,31(04):627-640.
- [50]吴玉萍,董锁成,宋键峰.北京市经济增长与环境污染水平计量模型研究[J].地理研究,2002(02):239-246.
- [51]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(05):37-47.
- [52]张国俊,王珏晗,吴坤津,许志桦.中国三大城市群经济与环境协调度时空特征及影响因素[J].地理研究,2020,39(02):272-288.
- [53]张坤.欠发达地区环境与经济协调发展机制研究[M].中国环境科学出版社,1999.
- [54]赵锋,杨涛.黄河流域生态环境与经济协调发展的时空演化分析[J].石河子大学学报(哲学社会科学版),2021,35(01):63-70.
- [55]赵建吉,刘岩,朱亚坤,秦胜利,王艳华,苗长虹.黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素[J].资源科学,2020,42(01):159-171.
- [56]邹辉,段学军.长江经济带经济-环境协调发展格局及演变[J].地理科学,2016,36(09):1408-1417.

致 谢

时光荏苒，转眼间，三年求学生涯却已近尾声。回望过去，有欣喜，有遗憾，有欢声笑语，有奋笔疾书，更多的是知识体系的充盈和思维方式的升华，非常感激母校给我人生画卷中留下浓墨重彩的一笔。

首先，非常感谢我的导师赵锋老师。赵老师严谨的治学态度和高尚的学术品格，使我在和赵老师学习和生活的相处过程中受益良多。赵老师注重培养学生处理实际问题的实践能力，并注重引导学生从感性认识升华到理性认识，也使我思考问题的广度和深度进一步提升。在老师的指导下，组织学生团队开展线下和线上数据整理工作，在此过程中不断适应各种状况和学习团队协作的经验方法，也让我结识了一些有趣的朋友。和老师一同赴甘肃多个地区进行实地调研，既加深了自己对农村落后地区经济和教育面貌的感性认识，也引发了我对于落后地区发展问题的深入思考。老师带我参加人口经济学年会，让我有机会见识杰出学者对于当前中国人口发展问题的真知灼见，领略不同学者关于人口经济问题的独特研究视角，给我的学术研究方向和思路以诸多启发。在我小论文的写作中遇到的困难和疑惑时，赵老师总是及时地给予我指导。在毕业论文的撰写过程中，在选题时老师给我推荐大量的资料和文献，为我的选题明确方向。论文撰写过程中，老师对论文的研究脉络和逻辑框架的修缮提出了纲举目张的宝贵意见，让我毕业论文的研究思路更加清晰明了。从论文初稿到定稿，赵老师细心诵读，仔细推敲，并不断地给我提供科学合理的修改建议，才让我的毕业论文能够顺利完成。衷心感谢赵老师一直以来对我的关心和教导，我也祝愿赵老师阖家幸福、工作顺利、桃李满园。

其次，感谢我要感谢人口、资源与环境经济学专业的张永凯老师、刘建国老师、石志恒老师、周茅先老师、武翠芳老师、许静老师、胡莉莉老师。老师们每周几小时的辛劳授课，让我们学习了很多人口、资源与环境经济学专业的知识和论文写作的方法，不断完善自己的专业知识体系。同时，也要感谢我的同门师兄师姐师妹，及时帮我答疑解惑，让我的学习生活更加顺畅。还要感谢人口、资源与环境经济学的其他同学，可爱的你们总是能把课堂氛围营造得很欢乐，让我们能够在这种环境中更加舒心的学习。在这美好青春岁月中，有幸与你们相遇，青春散场，只为下一次开幕，愿大家一同奔赴光明的未来。

最后，我要感谢我的父母和姐姐对我的支持和鼓励，正是你们对我无所不至的关怀，我才能专心致志地完成学业。

2021，疫情的阴霾逐渐退去，人间四月天，春风拂兰山，在新的人生赛场上，让我们继续逐梦未来。