

生态可持续与经济高质量发展耦合关系分析

——基于省际面板数据实证

魏振香 史相国¹

（中国石油大学（华东）经济管理学院，山东 青岛 266580）

【摘要】 文章基于 2008—2018 年我国 30 个省份（不包括西藏和港澳台地区）的实际数据，构建了生态可持续与经济高质量发展的综合评价指标体系，结合耦合度和 PVAR 模型实证分析两系统间的耦合与互动发展。研究发现：2008—2018 年，生态可持续与经济高质量发展呈现稳定上升趋势；各省份耦合协调度分布在 0.345~0.827 之间，且逐年稳定上升；在协调类型方面，北京天津呈现同步发展型，其余大部分省份为生态超前型，少数省份呈现发展超前型；在互动关系方面，生态可持续与经济高质量发展之间存在正向的相互作用，即两者的发展会相互促进。据此，针对性提出生态可持续与经济高质量发展的建议。

【关键词】 生态可持续 经济高质量发展 耦合协调度

【中图分类号】 F124; F062.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1007-5097 (2021) 04-0011-09

一、引言及文献综述

改革开放以来，经济高速增长所付出的最大代价之一——环境污染与资源消耗问题逐渐受到越来越多的关注，三者之间的关系，尤其是经济发展与生态稳定成为环境科学、经济学及交叉领域的热点研究问题之一^[1]。其中以环境库兹涅茨曲线假说为基础的研究最为普遍^[2-3]，柯文岚等（2011）^[4]通过模拟山西省环境库兹涅茨曲线得出其环境污染正不断恶化的结论，并分析其影响因素后提出解决环境污染问题的几点建议。余亚东等（2011）^[5]则利用解耦指数法对中国资源利用与经济增长之间的关系进行了解耦分析，并得出加强资源管理的结论。在经济高质量发展与生态环境发展方面，王育宝等（2019）^[6]认为现有研究在经济高质量发展与生态环境耦合关系实证方面存在不足，唐晓灵和杜莉（2020）^[7]运用耦合协调度模型探讨了陕西省经济发展与生态环境耦合协调程度，但并未进一步研究其互动关系。鹿晨昱等（2015）^[8]利用 VAR 模型对庆阳市资源消耗、环境污染与经济增长三者耦合关系进行研究，结果显示三者存在相互促进的耦合作用关系。

生态可持续和经济高质量发展是相互作用的，因此有必要从系统的角度出发分析生态可持续与经济高质量发展之间的双向互动关系。基于此，本文在深入分析生态可持续与经济高质量发展的耦合机理前提下，构建耦合协调度模型，测算我国除西藏和港澳台地区以外 30 个省份耦合协调度，并结合面板向量自回归（PVAR）模型对生态可持续与经济高质量发展的互动关系进行分析，旨在促进生态可持续与经济高质量协同发展。

二、生态可持续与经济高质量发展系统耦合机制

¹**作者简介：**魏振香（1965-），女，山东广饶人，教授，硕士生导师，研究方向：产业经济，区域发展；

史相国（1997-），男，山东青岛人，硕士研究生，研究方向：系统优化与决策支持。

基金项目：国家社会科学基金项目“基于随机控制实验的城镇居民节水行为引导策略研究”（20BGL035）

耦合是两个或以上系统以各种相互作用而彼此影响的关系的刻画。生态可持续与经济高质量发展作为两个相互联系的复杂系统，两系统之间必然存在复杂的联系机制，因此有必要分析两系统耦合机制。参考符蓉和张丽君（2014）^[9]、金碚（2018）^[10]、徐瑞慧（2018）^[11]以及黄顺春和邓文德（2020）^[12]等的研究，本文分别从生态积累、生态消耗以及经济质量、社会发展维度出发，分析生态可持续与经济高质量发展的耦合机制，如图1所示。

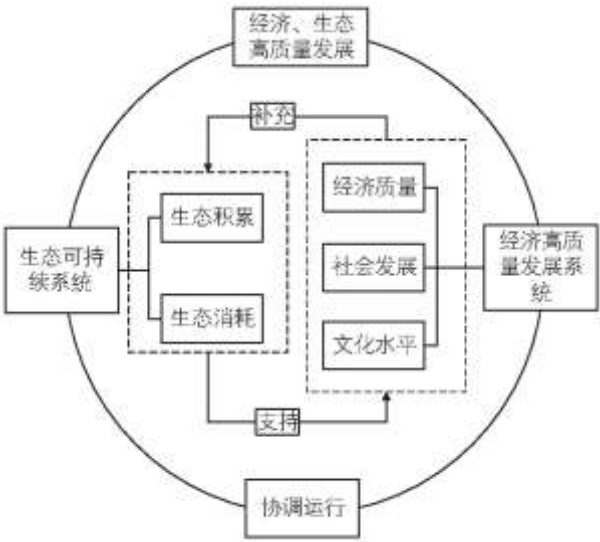


图1 生态可持续与经济高质量发展耦合机制

（一）经济高质量发展促进生态积累

生态可持续发展离不开一定的社会物质条件，改革开放以来粗放式的经济快速增长对生态造成较大损害，生态可持续发展不仅需借助自然本身的恢复能力，同时还要依赖外部的社会物质条件促进生态积累。通常情况下，改革意识越强、经济发展质量越高的区域，其生态可持续发展水平越高。

首先，改革意识强，能够促进完善生态保护相关法律法规，加强生态可持续发展体系建设，为生态积累提供良好的环境保障；其次，经济高质量发展有利于为企业提供绿色创新研发资本与激励环境，促进企业实现绿色经济发展从而减少资源利用与能源消耗；最后，绿色经济的发展势必会促使科技金融向环保产业倾斜，进一步促进绿色创新，促进生态积累。

（二）生态可持续支持经济高质量发展

生态可持续发展意味着生态得到改善并达到一定积累量，或者具有一定的生态环境优势，因此对于经济发展水平较低区域而言，其能够凭借区域环境优势吸引高附加值、低排放的旅游业、农业，推动经济增长，促进经济高质量发展。

对于经济发展水平较高地区而言，生态可持续的发展能够推动区域绿色经济发展，促进产业结构调整与经济发展方式转型升级，从而支持经济高质量发展；推动绿色创新，支持新技术和环保产业发展，提高资源利用效率，进一步降低生态环境压力，达到双向促进作用^[13-16]。

三、指标选择以及处理

本文的研究对象为除西藏和港澳台地区以外的我国 30 个省（自治区、直辖市）的生态可持续与经济高质量发展两个系统的耦合关系，测算年份为 2008—2018 年。

（一）生态可持续评价指标体系

生态可持续的建设不仅要注重生态环境资源的合理开发与利用，同时也要注重增加生态积累、减少生态消耗，从开源节流的角度促进生态建设的可持续发展。本文参考符蓉和张丽君（2014）^[9]、任海军等（2014）^[17]的研究，结合中国实际情况，从生态积累、生态消耗两个大方面构建评价指标体系，其中生态积累包括绿化程度和治理程度，分别用森林覆盖率以及生活垃圾无害化处理率来衡量。生态消耗作为近几年重点关注指标主要包括环境污染程度、能源消耗程度以及资源消耗程度，其中环境污染程度包括废水排放量、二氧化硫排放量，能源消耗包括煤炭、原油消耗，资源消耗则主要用水资源消耗来代替。

（二）经济高质量发展指标体系

目前，对经济高质量发展的内涵还没有形成统一的标准，金碚（2018）^[10]认为高质量发展应该是可持续发展的另一种形态，主要应该体现在“稳中求进”“人民共享”。参考徐瑞慧（2018）^[11]、黄顺春和邓文德（2020）^[12]的研究，并结合中国实际以及数据的可获得性构建了包含经济基本面维度、人文共享维度以及社会发展维度的中国省际经济高质量发展指标体系。因此，本文主要从经济质量、社会发展以及文化水平三个维度构建评价指标体系。经济质量包括经济强度、经济稳定性以及经济外向性；社会发展包括交通便利情况、城镇化以及科研创新；文化水平主要由受教育程度和文化承载组成。具体指标见表 1 所列。

表 1 经济高质量发展与生态可持续评价指标

系统	二级指标	三级指标	指标说明	单位	指标正负
经济高质量发展	经济质量	经济强度	全社会固定资产投资	亿元	正
		经济稳定性	3 年滚动窗口变异系数的倒数	—	正
		经济外向型	货物进出口总额占 GDP 比重	%	正
	社会发展	交通便利	每万人拥有公共通车数量	辆	正
		城镇化	城镇化率	%	正
		科研创新	研究与试验发展（R&D）占 GDP 比重	%	正
	文化水平	受教育程度	普通高校毕业生人数	万人	正
		文化承载	公共图书馆总藏量	册/人	正
生态可持续	生态积累	绿化程度	森林覆盖率	%	正
		治理程度	生活垃圾无害化处理率	%	正
	生态消耗	环境污染	废水排放量	万吨	负
			二氧化硫排放量	吨	负
		能源消耗	煤炭消耗	万吨	负
			原油消耗	万吨	负
		资源消耗	水资源消耗	亿立方米	负

四、研究方法

（一）IndexDEA

借鉴 Cherchye 等（2008）^[18]的研究方法，对标准化的变量运用 IndexDEA 模型测算得出生态可持续系统以及经济高质量发展系统的目标函数值，即两个系统的综合指标值。由于本文测算的两个系统指标为综合评价效率值，属于没有明确产出的多标准问题，故可以采用 Index DEA 模型。模型如下：

$$\begin{aligned} \text{Max } U_i &= \sum_{j=1}^r \mu_{ij} y_{ij} \\ \sum_{j=1}^r \mu_{ij} y_{ij} &\leq 1, \quad i = 1, \dots, 30 \\ \mu_{js} &\geq 0, \quad j = 1, \dots, r, \quad s = 1, 2 \end{aligned} \quad (1)$$

其中：j 表示第 s 个系统的第 j 个指标；i 表示某省份或城市；r 表示指标的个数； μ_{ij} 表示第 i 个省份第 j 项指标的权重值；相对效率值 U_i 表示被评价省份的综合指标值。

（二）熵值法

“熵”最早是由德国物理学家 Clausius K 于 1865 年提出，被用于表示物质系统能量衰退程度的度量^[19]。根据“熵”的原理，在指标评价体系中，借由各项指标初始值的差异程度可计算出 Index DEA 中所需的指标权重，步骤如下：

第一步，对收集到的原始数据进行标准化处理。

当指标为正，公式如下：

$$y_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

当指标为负，公式如下：

$$y_{ij}^* = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (3)$$

第二步，为了清除标准化之后“0”对后续计算的影响，因此令 $y_{ij} = y_{ij}^* + 10^{-4}$ 。指标特征比重计算公式如下：

$$f_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^I y_{ij}} \quad (4)$$

第三步，计算信息熵 e_j 及其冗余度 d_j 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln(f_{ij})$$

(5)

$$d_j = 1 - e_j$$

(6)

第四步，计算各指标权重 w_j 。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}$$

(7)

（三）耦合协调度模型

耦合 (Coupling)，最初是物理学中表示两个或两个以上体系或运动之间相互作用进而彼此影响的现象。协调 (Coordinate)，指主体或其内部各要素之间配合得当、和谐一致^[20]。为更精准测度中国各区域生态可持续与经济高质量发展之间的耦合协调关系，本文借鉴李冉等 (2014)^[21] 的研究，构建以下模型：

$$C = 2 \left[(U_1 U_2) / (U_1 + U_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

(8)

$$D = \sqrt{CT}$$

(9)

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2$$

(10)

其中：C 为生态可持续系统与经济高质量发展系统的协调度，据此可判断两者的相互关系； U_1 、 U_2 分别为两系统的综合指标值；D 为生态可持续系统与经济高质量发展系统的耦合度；T 为两个系统的综合指标发展度； α 、 β 分别是待定权重系数， $\alpha + \beta = 1$ ，考虑两个系统在本文研究中处于同等重要地位，因此选取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。参考廖重斌 (1996)^[22] 的研究，运用均匀分布函数法划分耦合度等级并确定其判断标准，具体见表 2 所列。

表 2 生态可持续与经济高质量发展耦合度判断标准

耦合等级	重度失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调
耦合度	0.0~0.1	0.101~0.3	0.301~0.4	0.401~0.5	0.501~0.6	0.601~0.7	0.701~0.9	0.901~1.0
协调程度	拮抗区			磨合区		协调区		

（四）PVAR 模型

由于本文研究对象是生态可持续与经济高质量发展两者之间的互动关系，其存在的双向作用机制往往会导致内生性问题。因此在耦合协调度分析的基础上，为进一步探究生态可持续与经济高质量发展之间的动态耦合关系，建立面板自向量回归 (PVAR) 模型，该模型可以有效避免内生性和多重共线性。

PVAR 模型步骤如下：

(1) 在两系统综合指标数据平稳的前提下, 对模型进行广义矩 (Generalized Method of Moments, GMM) 估计, 检验变量之间是否存在因果关系。

(2) 利用脉冲响应分析和方差分解, 分析变量在受到冲击下的响应情况以及因素的影响程度。本文建立的 PVAR 模型如下:

$$Y_{it} = \theta_0 + \sum_{j=1}^k \theta_j Y_{it-j} + \alpha_i + \beta_i + u_{it} \tag{11}$$

其中: Y 表示包含生态可持续和经济高质量发展的列向量; θ_0 表示截距项; θ_j 表示滞后 j 阶矩阵; α_i 、 β_i 分别表示个体效应和时间效应; u 表示随机误差。

五、实证分析

由于 2018 年关于生态可持续系统的数项关键指标数据部分缺失, 故采用移动平均法补齐。原始数据全部来自《中国统计年鉴》、各省份统计年鉴、《中国科技统计年鉴》以及《全国科技经费投入统计公报》。

(一) 生态可持续与经济高质量发展的耦合协调度分析

基于熵值法以及 IndexDEA 测算出生态可持续、经济高质量发展两系统各指标的权重及其综合指标值 U_1 、 U_2 , 并计算两者耦合协调度 D , 结果见表 3 所列。现实中, 同一省域生态可持续与经济高质量发展水平不可能完全相同 ($\Delta U=0$, $\Delta U=U_1-U_2$), 因此本文参考祝小影等 (2019)^[23] 的判断标准, 并在此基础上进行改进, 将协调类型划分为 3 类, 即当 $\Delta U>0.255$ 时, 该省协调类型为生态超前型 (S); 当 $0.255 \geq \Delta U \geq 0.155$ 时, 该省协调类型为同步发展型 (T); 当 $\Delta U<0.155$ 时, 该省协调类型为发展超前型 (F)。

由表 3 可知, 2008—2018 年生态可持续与经济高质量发展两系统耦合协调度 (D) 主要分布在 0.345~0.827 范围内, 涉及拮抗区、磨合区以及协调区, 包含了轻度失调、濒临失调、初级协调、中级协调以及良好协调 5 个协调等级。从时间发展来看, 2008—2018 年生态可持续与经济高质量发展耦合度的全国均值呈现出稳定上升的趋势, 在 2008 年处于濒临失调状态, 但是随着时间的推移 2009 年达到正向耦合, 并且 2009—2016 年一直处于上升阶段, 持续呈现初级协调状态, 在 2017 年实现突破, 全国均值达到 0.617, 位于中级协调状态。以目前状况看, 我国生态可持续与经济高质量发展基本实现协调发展, 但是距离实现优质协调发展仍旧存在较大差距。

2018 年两系统耦合协调度最高的是广东, 为 0.827, 达到良好协调等级; 最低的则是山西, 为 0.481, 处于磨合区的濒临失调状态。两者差值为 0.346, 说明各省份之间存在发展不平衡问题。

表 3 2008—2018 年各省份耦合协调度及其均值

省份	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	$\mu 1$
北京	0.697	0.721	0.720	0.754	0.765	0.768	0.767	0.750	0.751	0.791	0.775	0.751
天津	0.572	0.576	0.579	0.596	0.608	0.618	0.621	0.618	0.626	0.659	0.645	0.614
河北	0.448	0.466	0.458	0.489	0.491	0.519	0.532	0.544	0.560	0.569	0.564	0.501
山西	0.387	0.416	0.424	0.428	0.426	0.460	0.461	0.468	0.487	0.484	0.481	0.440
内蒙古	0.389	0.411	0.400	0.429	0.422	0.460	0.473	0.471	0.495	0.533	0.536	0.439

辽宁	0.541	0.555	0.570	0.587	0.592	0.609	0.613	0.604	0.605	0.629	0.631	0.586
吉林	0.490	0.508	0.538	0.516	0.527	0.535	0.542	0.555	0.562	0.582	0.594	0.530
黑龙江	0.502	0.517	0.527	0.539	0.545	0.557	0.554	0.558	0.563	0.588	0.579	0.540
上海	0.650	0.668	0.679	0.689	0.706	0.708	0.720	0.720	0.722	0.759	0.762	0.696
江苏	0.578	0.603	0.627	0.638	0.652	0.654	0.665	0.670	0.677	0.697	0.711	0.640
浙江	0.642	0.654	0.663	0.696	0.714	0.721	0.735	0.742	0.752	0.776	0.781	0.702
安徽	0.463	0.481	0.494	0.520	0.545	0.559	0.571	0.576	0.589	0.596	0.612	0.533
福建	0.571	0.589	0.604	0.635	0.661	0.668	0.678	0.687	0.695	0.726	0.729	0.643
江西	0.537	0.534	0.538	0.555	0.566	0.577	0.585	0.591	0.605	0.633	0.641	0.565
山东	0.500	0.517	0.531	0.538	0.525	0.566	0.566	0.566	0.588	0.599	0.612	0.544
河南	0.430	0.463	0.478	0.497	0.508	0.532	0.545	0.561	0.590	0.576	0.589	0.512
湖北	0.525	0.547	0.559	0.568	0.577	0.597	0.612	0.620	0.634	0.634	0.642	0.582
湖南	0.503	0.525	0.536	0.553	0.570	0.576	0.595	0.608	0.626	0.630	0.637	0.566
广东	0.696	0.702	0.728	0.762	0.794	0.799	0.802	0.805	0.810	0.820	0.827	0.766
广西	0.442	0.489	0.494	0.520	0.537	0.548	0.562	0.575	0.587	0.607	0.614	0.528
海南	0.395	0.436	0.493	0.503	0.551	0.505	0.515	0.513	0.522	0.594	0.607	0.493
重庆	0.460	0.487	0.497	0.524	0.548	0.567	0.584	0.587	0.594	0.629	0.631	0.539
四川	0.499	0.525	0.527	0.559	0.569	0.590	0.599	0.604	0.613	0.612	0.617	0.565
贵州	0.345	0.375	0.396	0.423	0.431	0.447	0.469	0.487	0.496	0.520	0.531	0.430
云南	0.444	0.454	0.524	0.479	0.497	0.518	0.535	0.546	0.560	0.579	0.587	0.506
陕西	0.513	0.544	0.551	0.568	0.568	0.586	0.594	0.603	0.617	0.619	0.624	0.572
甘肃	0.380	0.398	0.411	0.424	0.431	0.445	0.458	0.463	0.474	0.494	0.512	0.432
青海	0.448	0.463	0.466	0.469	0.468	0.456	0.462	0.457	0.474	0.523	0.542	0.463
宁夏	0.425	0.428	0.464	0.453	0.459	0.483	0.497	0.503	0.506	0.560	0.574	0.469
新疆	0.408	0.408	0.421	0.437	0.435	0.446	0.454	0.457	0.462	0.489	0.499	0.436
μ 2	0.496	0.515	0.530	0.545	0.556	0.569	0.579	0.584	0.595	0.617	0.623	

注：由 μ 1 表示城市耦合协调度平均值， μ 2 表示年份耦合协调度平均值。

表 4 数据显示，就协调类型而言，2008—2018 年，北京、天津先后由生态超前型逐步转为同步发展型；上海、江苏、山东、广东一直处于发展超前型，且其 ΔU 逐年下降愈发呈现发展超前型特征，说明这些省份在运行过程中生态可持续占比略小于经济发展占比；浙江、安徽、福建等省份 ΔU 逐年下降，向同步发展区间靠拢，说明这些省份正在合理调整资源利用结构加速发展步伐。

表 4 重要年份各省份生态可持续与经济高质量发展耦合协调度

省份	2008 年			2011 年			2014 年			2018 年		
	ΔU	D	协调类型	ΔU	D	协调类型	ΔU	D	协调类型	ΔU	D	协调类型
北京	0.275	0.697	S	0.317	0.754	S	0.294	0.767	S	0.255	0.775	T
天津	0.336	0.572	S	0.317	0.596	S	0.271	0.621	S	0.217	0.645	T

河北	0.270	0.448	S	0.260	0.489	S	0.257	0.532	S	0.296	0.564	S
山西	0.269	0.387	S	0.291	0.428	S	0.278	0.461	S	0.289	0.481	S
内蒙古	0.341	0.389	S	0.325	0.429	S	0.304	0.473	S	0.298	0.536	S
辽宁	0.363	0.541	S	0.368	0.587	S	0.360	0.613	S	0.402	0.631	S
吉林	0.553	0.490	S	0.559	0.516	S	0.561	0.542	S	0.549	0.594	S
黑龙江	0.518	0.502	S	0.525	0.539	S	0.536	0.554	S	0.546	0.579	S
上海	0.022	0.650	F	0.017	0.689	F	0.043	0.720	F	-0.031	0.762	F
江苏	0.017	0.578	F	-0.069	0.638	F	-0.113	0.665	F	-0.116	0.711	F
浙江	0.531	0.642	S	0.490	0.696	S	0.440	0.735	S	0.369	0.781	S
安徽	0.453	0.463	S	0.462	0.520	S	0.417	0.571	S	0.403	0.612	S
福建	0.764	0.571	S	0.717	0.635	S	0.676	0.678	S	0.618	0.729	S
江西	0.726	0.537	S	0.742	0.555	S	0.724	0.585	S	0.709	0.641	S
山东	0.062	0.500	F	-0.014	0.538	F	-0.062	0.566	F	-0.026	0.612	F
河南	0.275	0.430	S	0.259	0.497	S	0.245	0.545	T	0.314	0.589	S
湖北	0.402	0.525	S	0.440	0.568	S	0.456	0.612	S	0.486	0.642	S
湖南	0.539	0.503	S	0.592	0.553	S	0.581	0.595	S	0.562	0.637	S
广东	0.206	0.696	T	0.092	0.762	F	0.007	0.802	F	0.041	0.827	F
广西	0.625	0.442	S	0.749	0.520	S	0.722	0.562	S	0.701	0.614	S
海南	0.798	0.395	S	0.834	0.503	S	0.836	0.515	S	0.769	0.607	S
重庆	0.502	0.460	S	0.611	0.524	S	0.562	0.584	S	0.524	0.631	S
四川	0.458	0.499	S	0.469	0.559	S	0.433	0.599	S	0.468	0.617	S
贵州	0.506	0.345	S	0.591	0.423	S	0.577	0.469	S	0.552	0.531	S
云南	0.667	0.444	S	0.683	0.479	S	0.677	0.535	S	0.659	0.587	S
陕西	0.490	0.513	S	0.520	0.568	S	0.481	0.594	S	0.494	0.624	S
甘肃	0.376	0.380	S	0.381	0.424	S	0.390	0.458	S	0.439	0.512	S
青海	0.432	0.448	S	0.444	0.469	S	0.444	0.462	S	0.416	0.542	S
宁夏	0.401	0.425	S	0.424	0.453	S	0.424	0.497	S	0.376	0.574	S
新疆	0.338	0.408	S	0.330	0.437	S	0.277	0.454	S	0.271	0.499	S

（二）生态可持续与经济高质量发展的互动关系分析

为进一步分析生态可持续与经济高质量发展之间的动态互动关系，本文运用 PVAR 模型，并利用 StataMP16 以及 EViews10 软件对 30 个省份 2008—2018 年两系统综合指标值的互动关系进行进一步计算分析。

1. 单位根检验

为确保回归结果真实可靠，首先对生态可持续（KCX）以及经济高质量发展（GZL）两系统综合指标进行单位根检验，采用 Levin, Lin & Chu (LLC 检验)、Im, Pesaran and Shin W-stat (IPS 检验)、ADF-Fisher Chi-square (ADF 检验) 以及 PP-Fisher Chi-square (PP 检验) 四种方法，检验结果见表 5 所列。

由表 5 可知，KCX 与 GZL 变量不平稳，而经过一阶差分之后两者都通过了 1% 的显著性水平检验，即经过一阶差分处理之后，

所得变量皆平稳。

表 5 单位根检验结果

变量	LLC 检验	IPS 检验	ADF 检验	PP 检验	平稳性
KCX	-11.5879*** (0.0000)	-3.66141*** (0.0001)	114.489*** (0.0000)	146.218*** (0.0000)	平稳
D (KCX)	-21.1639*** (0.0000)	-11.3076*** (0.0000)	240.761*** (0.0000)	312.358*** (0.0000)	平稳
GZL	-1.42157* (0.0773)	5.19347 (1.0000)	22.5626 (1.0000)	23.7378 (1.0000)	不平稳
D (GZL)	-5.32548*** (0.0000)	-3.44377*** (0.0003)	111.125*** (0.0001)	102.165*** (0.0003)	平稳

注：***、**、*分别代表通过 1%、5%、10%的显著性水平检验；括号内为 P 值。下同。

2. 协整检验

协整检验的前提是同阶单整，由于变量数为 2 且两变量在经过一阶差分后均达到平稳，因此选用 Kao 检验以及 Johansen 检验。Kao 检验的 $t=-4.625568$, $p=0.0000<0.01$ ，即拒绝原假设。Johansen 检验计算结果见表 6 所列，由表 6 可知，因此生态可持续与经济高质量发展之间存在稳定均衡关系。

表 6 Johansen 检验结果

原假设	Fisher 联合迹统计量 (P 值)	Fisher 联合特征根统计量 (P 值)
0 个 协整变量	312.6*** (0.0000)	321.8*** (0.0000)
至少 1 个 协整变量	92.36*** (0.0031)	92.36*** (0.0031)

3. 格兰杰因果检验

本文采用赤池信息准则 (Akaike information criterion, AIC) 值、贝叶斯信息准则 (Bayesian information criterion, BIC) 值和汉南-奎因信息准则 (Hannan-Quinn information criterion, HQIC) 值最小的选择标准，发现其最优滞后阶数为 1。

运用格兰杰因果检验 (Granger Causality Test) 来检验 30 个省份生态可持续 (KCX) 和经济高质量发展 (GZL) 之间的因果关系，结果显示：在 1% 的显著性水平下拒绝了“经济高质量发展不是生态可持续的格兰杰原因” ($p=4.461E-7$)，同时在 10% 的显著性水平下拒绝了“生态可持续不是经济高质量发展的格兰杰原因” ($p=0.0831$)，这表明经济高质量的发展能够显著促进生态可持续的发展，生态可持续发展在一定程度上也能促进经济高质量的发展。

4. 脉冲响应与方差分解分析

脉冲响应图能够精准分析生态可持续与经济高质量发展之间短期的互动关系,本文借鉴 Love 和 Zicchino(2006)^[24]的方法,得到两系统的脉冲响应结果如图 2 至图 5 所示。图 2、图 3 显示,在生态可持续与经济高质量发展系统在对自身的影响上,当受到自身一个单位正向标准差冲击之后,即期产生正向影响,且影响值达到最大,随着期数的推移,影响逐渐变小,并在第 6 期消失。图 4 显示,生态可持续受到经济高质量发展的一个正向冲击,短期内为负值,但在第一期达到最大值,随着期数推移逐渐趋于平稳,说明在初期经济高质量发展会对生态可持续发展产生制约作用,但是随着时间的推移经济高质量发展会促进生态可持续发展。图 5 显示,经济高质量发展受到生态可持续的一个正向冲击,会产生先上升后下降的正向效应,并在第一期达到最大值最后逐渐趋于平稳。图 4、图 5 表明,经济高质量发展与生态可持续之间存在正向的相互作用关系,即两者的发展会相互促进,脉冲响应结果与格兰杰因果检验结果基本一致,进一步体现了两者的互动发展关系。

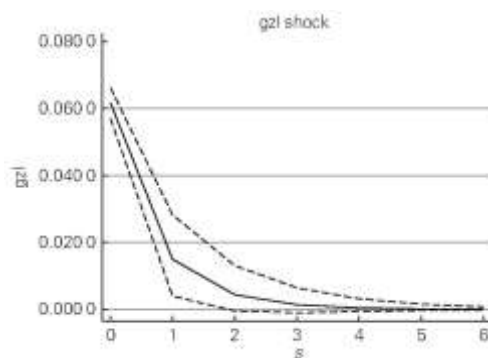


图 2 经济高质量发展对自身的冲击

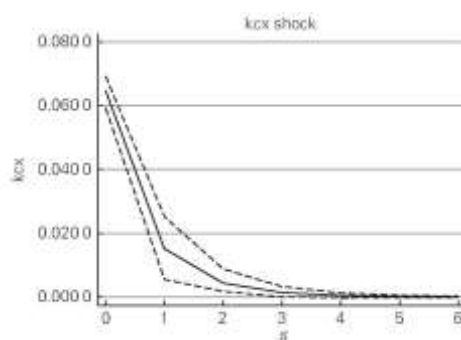


图 3 生态可持续对自身的冲击

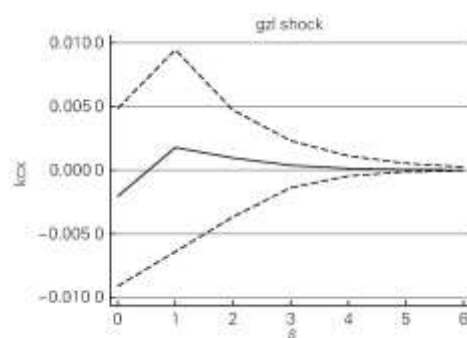


图 4 经济高质量发展对生态可持续的冲击

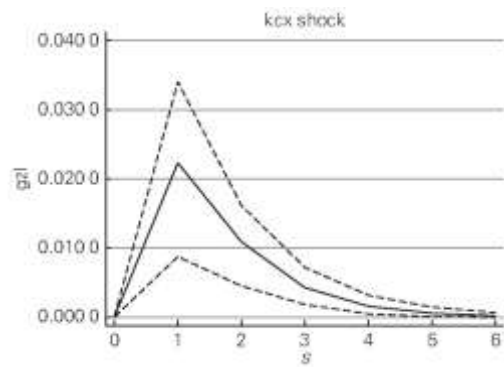


图 5 生态可持续对经济高质量的冲击

为更精确地反映生态可持续与经济高质量发展两者相互影响的程度，本文使用方差分解进一步评价各种冲击所产生作用的重要性，表 7 分别给出了第 10、20、30 预测期的方差分析结果。

方差分析的结果显示，选取第 10、20、30 个预测期进行方差分析的结果基本一致，说明在 10 个预测期之后系统基本已经达到稳定状态，对结果没有影响。经济高质量发展受自身影响程度为 85.512972%，受生态可持续影响程度为 14.435682%，说明经济高质量发展在一定程度上是依赖生态可持续的发展水平。生态可持续在第 10 预测期之后主要受自身影响，这与脉冲响应分析结果基本一致，在初期会受到经济高质量发展的负面影响，随后达到正响应值，随着时间推移响应逐渐消失。结合方差分析结果说明，经济高质量发展对生态可持续的发展的影响的滞后效应有限，其主要还是受自身影响。

表 7 方差分解结果

项目	s	D(GZL)	D(KCX)
D(GZL)	10	0.85512970	0.14435680
D(KCX)	10	0.00128563	0.99878213
D(GZL)	20	0.85512972	0.14435682
D(KCX)	20	0.00128563	0.99878213
D(GZL)	30	0.85512972	0.14435682
D(KCX)	30	0.00128563	0.99878213

六、结论及政策建议

（一）结论

本文分析了生态可持续与经济高质量发展两系统的耦合机制，以此为基础构建两系统综合指标体系，利用 2008—2018 年除西藏和港澳台地区以外 30 个省份的数据，测算生态可持续与经济高质量发展两系统的综合水平、耦合协调程度，实证研究两系统互动发展情况，主要结论如下：

(1)2008—2018 年，生态可持续与经济高质量发展水平均保持持续上升趋势，但区域发展协调性有待进一步提高。

(2) 各省份生态可持续与经济高质量发展系统耦合度为 0.345~0.827, 随着时间的推移各省份均呈现稳定上升趋势, 其中广东生态可持续与经济高质量发展耦合协调度在 30 个省份中处于最高水平。在协调类型方面, 截至 2018 年, 北京、天津以达到同步发展型, 浙江、安徽、福建等省份正逐年向同步发展型靠近, 而上海、江苏、山东、广东一直处于发展超前型, 且在生态可持续水平上升的同时愈发呈现发展超前型特征, 说明这几个省份发展迅猛且发展重心仍然集中于经济发展。

(3) 运用 PVAR 模型, 研究生态可持续与经济高质量发展的互动关系, 发现经济高质量发展受生态可持续的促进作用较为显著, 同时经济高质量发展对生态可持续也有一定促进作用, 但其影响的滞后效应有限。模型证明, 生态可持续与经济高质量发展之间存在正向的相互作用, 即两者的发展会相互促进。

(二) 建议

上文已将 30 省份协调类型分为同步发展型、发展超前型和生态超前型, 结合三种类型有针对性地提出生态可持续与经济高质量发展的对策建议。

(1) 同步发展型城市包括北京和天津, 这 2 市生态可持续与经济高质量发展处于较高水平且耦合协调度较高, 说明两城市在发展过程中能够合理分配生态与发展的投入, 并取得较好的产出。未来该类型城市在良好发展的基础上, 应进一步利用京津冀优越区位条件与有利的政策支持, 进一步加强技术、人才的投入, 稳步加快产业结构调整, 推进经济发展方式转型升级; 同时也要提高城市绿化水平和加强环境污染的治理程度, 作为带头城市, 进一步加强资源、能源利用效率, 保持经济高质量与生态环境同步发展。

(2) 发展超前型城市包括上海、江苏、山东和广东, 这 4 个省份经济高质量发展水平较高且其耦合协调度也处于较高水准, 根据本文研究结论, 生态可持续能够显著促进经济高质量的发展, 因此这些城市现阶段可适当加强城市生态可持续治理的投入, 利用经济高质量发展的科技创新、教育程度等优势, 充分发挥创新在生态治理与绿色经济发展中的驱动性作用, 顺应时代创新发展潮流, 进一步激发自主创新的积极性与活力, 起到带头作用, 辐射周边地区实现绿色创新与绿色经济发展。

(3) 生态超前型城市包括除北京、天津、上海、江苏、山东、广东以外的其他 24 个省份, 这些省份中只有浙江、重庆、福建耦合协调度处于较高水准, 其余大部分处于中级协调级别。这些省份生态发展程度较高或者原本就具有一定生态环境优势, 如海南、吉林等, 所以未来这些城市应该努力将生态环境优势转化为经济增长优势, 一方面围绕区域生态环境优势吸引资金、项目, 另一方面积极接受周边发展超前型或者同步发展型城市的辐射, 走高科技、高附加值、低污染、低能耗的绿色经济可持续发展道路。

参考文献:

- [1]陈秀端. 高强度能源开发区经济增长与环境污染、资源消耗的耦合关系研究[J]. 生态经济, 2017, 33(7):103-108.
- [2]司爱丽, 徐德云. 芜湖市环境库兹涅茨曲线分析——基于 1992-2012 年人均 GDP 与环境压力关系研究[J]. 华东经济管理, 2014, 28(2):21-25.
- [3]肖忠海, 袁虹. 徐州经济发展的环境承载力实证研究——基于环境库兹涅茨曲线理论[J]. 华东经济管理, 2008, 22(6):12-16.
- [4]柯文岚, 沙景华, 闫晶晶. 山西省环境库兹涅茨曲线特征及其影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(S2):389-392.

-
- [5]余亚东,朱兵,陈定江,等.中国资源利用与经济增长间关系的解耦分析——基于国内资源开采使用量[J].技术经济,2011,30(10):49-53,108.
- [6]王育宝,陆扬,王玮华.经济高质量发展与生态环境保护协调耦合研究新进展[J].北京工业大学学报(社会科学版),2019,19(5):84-94.
- [7]唐晓灵,杜莉.基于引力模型的区域经济发展与生态环境耦合协调研究——以陕西省为例[J].生态经济,2020,36(7):164-169.
- [8]鹿晨昱,王春娟,张子龙,等.陇东黄土高原地区资源消耗、环境污染与经济增长的耦合关系——以庆阳市为例[J].生态学杂志,2015,34(9):2681-2690.
- [9]符蓉,张丽君.我国生态文明评价指标体系综述[J].国土资源情报,2014(10):2-8.
- [10]金碚.关于“高质量发展”的经济学研究[J].中国工业经济,2018(4):5-18.
- [11]徐瑞慧.高质量发展指标及其影响因素[J].金融发展研究,2018(10):36-45.
- [12]黄顺春,邓文德.高质量发展评价指标体系研究述评[J].统计与决策,2020,36(13):26-29.
- [13]闫泽涛.推进中国经济绿色发展的体系构建[J].华东经济管理,2016,30(12):47-52.
- [14]杨平宇,刘昊.构建绿色发展经济体系推进高质量发展[J].经济研究参考,2019(10):59-70.
- [15]黄润秋.以生态环境高水平保护推进经济高质量发展[N].经济日报,2020-09-13(1).
- [16]周宏春,管永林.生态经济:新时代生态文明建设的基础与支撑[J].生态经济,2020,36(9):13-24.
- [17]任海军,曹盘龙,张爽.基于熵值法的生态社会评价指标体系研究——以我国西部地区为例[J].华东经济管理,2014,28(5):71-76.
- [18]CHERCHYE L,MOESEN W,ROGGE N,et al.Creating Composite Indicators with DEA and Robustness Analysis:The Case of the Technology Achievement Index[J].The Journal of the Operational Research Society,2008,59(2):239-251.
- [19]ANDRE M,ALFRED V. Energy, Entropy and Sustainable Development[J]. International Journal of Global Energy, 1995, 8(1):201-220.
- [20]杨玉珍.我国生态、环境、经济系统耦合协调测度方法综述[J].科技管理研究,2013,33(4):236-239.
- [21]李苒,曹明明,胡胜,等.基于耦合模型的生态环境与经济协调发展研究——以榆林市为例[J].西北大学学报(自然科学版),2014,44(2):285-291.
- [22]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].广州环境科学,1996,11(1):

12-16.

[23]祝影, 邓小琪, 雷家骝. 中国省域高技术产业研发与制造系统耦合评价[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(13):58-67.

[24]LOVE I, ZICCHINO L. Financial Development and Dynamic Investment Behavior:Evidence from Panel VAR[J]. Quarterly Review of Economics and Finance, 2006, 46(2):190-210.