**“一带一路”背景下中国双向FDI协调发展、碳排放与经济增长的关系研究**

——基于PVAR模型的测和动态面板模型的实证分析

论文题目:

参赛学校：西南财经大学

参赛成员（作者）：常远、李津津

指导教师：

**目 录**

[摘要 1](#_Toc135702311)

[第1章 引言 2](#_Toc135702312)

[第2章 文献综述 3](#_Toc135702313)

[第3章 模型设定及数据说明 6](#_Toc135702314)

[3.1 模型设定 6](#_Toc135702315)

[3.2 数据说明 6](#_Toc135702316)

[3.2.1 双向FDI协调水平测度 6](#_Toc135702317)

[3.2.2 碳排放测度 7](#_Toc135702318)

[3.2.3 经济增长指标 8](#_Toc135702319)

[3.2.4 数据来源和预处理 8](#_Toc135702320)

[3.2.5 数据初步探索性分析 9](#_Toc135702321)

[第4章 实证检验 10](#_Toc135702322)

[4.1 面板单位根检验 10](#_Toc135702323)

[4.2 PVAR模型分析 12](#_Toc135702324)

[4.2.1 滞后阶数检验 12](#_Toc135702325)

[4.2.2 PVAR估计 12](#_Toc135702326)

[4.2.3 稳健性检验 12](#_Toc135702327)

[4.3 脉冲响应分析 14](#_Toc135702328)

[4.4 方差分解 14](#_Toc135702329)

[4.5 格兰杰因果检验 18](#_Toc135702330)

[第5章 结论与政策建议 21](#_Toc135702331)

[参考文献 22](#_Toc135702332)

[附录 22](#_Toc135702333)

# **摘要**

“一带一路”建设，即“丝绸之路经济带”与“21世纪海上丝绸之路”的简称，自建成以来极大促进了我国的投资水平，加深我国与周边国家经济融合，为我国FDI与OFDI提供了新的投资环境与方向。在此背景下，如何实现FDI、区域经济增长和碳排放之间的动态协调发展，是我国努力建设人与自然和谐共生现代化的重要问题。本研究通过对1998-2021年我国“一带一路”沿线各省份的FDI、经济增长和碳排放量进行测度，按照“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两个经济区域划分，建立了面板向量自回归模型（PVAR），且利用系统广义矩估计法（System-GMM）对模型进行估计，进而通过格兰杰因果检验（Granger）、脉冲响应函数分析和方差分解探究FDI、区域经济增长和碳排放之间的动态协调关系。结果表明：①双向FDI协调发展与经济增长在“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两个经济区域中均呈现双向因果关系；碳排放和与经济增长在“丝绸之路经济带”呈现单向因果关系，而在“21世纪海上丝绸之路”中呈现双向因果关系；双向FDI和碳排放仅在“21世纪海上丝绸之路”中呈现双向因果关系。②双向FDI协调发展与经济增长仅在“丝绸之路经济带”呈现双向正向脉冲响应；碳排放和与经济增长在“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”均呈单向正向脉冲效应；双向FDI协调发展和碳排放在“丝绸之路经济带”呈现单向正向脉冲响应，而在“21世纪海上丝绸之路”呈现双向反向脉冲响应。

③对外直接投资均为“一带一路”两个经济区域中碳排放、经济增长和双向FDI协调发展的重要影响因素。综合以上模型分析结果，我们分别从政府投资、政策引导等方面提出建议。

**关键词：一带一路，双向FDI协调发展，碳排放，经济增长，PVAR模型**

# 引言

外商直接投资(Inward Foreign Direct, IFDI)和对外直接投资(Outward Foreign Direct Investment, OFDI)是获得国外先进技术、提高国际技术溢出的重要途径。自改革开放以来，我国引进和使用外资的规模水平稳健增长，截至到2019年底我国实际利用外资额已达1381亿美元，晋升为全球最大的招商引资的国家之一。

“低碳经济”倡导经济发展从传统的高排放、高能耗、高污染粗放式发展模型，转向低排放、低能耗、低污染为特征的发展模型。低碳经济想要长久稳定发展离不开国家经济的支持，中国在保持高速发展中，外商直接投资(IFDI)和对外直接投资(OFDI)水平保持在世界前列，其促进中国经济增长，但是伴有严重的资源消耗和环境污染。

“一带一路”建设是“丝绸之路经济带”与“21世纪海上丝绸之路”的简称，其在2013年由中国国家首席习近平所提出。自建成以来，中国已与150个国家、32个国际组织签署合作文件，极大促进了我国的投资水平，加深我国与周边国家经济融合，为我国FDI与OFDI提供了新的投资环境与方向。同时“一带一路”沿线多是发展中国家，面临着工业化进程和作为发达国家产业转移的廉价劳动力产地，具有严重的环境污染威胁。我国坚持走绿色发展道路，打造绿色丝绸之路是我国建设“一带一路”的一个长期目标，分析我国与沿线国家的经济增长水平，通过FDI与OFDI的历史变化特征进行研究，发挥对外投资对低碳经济的正效应，是实现我国“一带一路”走绿色发展的短期目标，具有重要的战略意义。

在“一带一路”倡议政策下，我国OFDI快速增长，在2000年底，我国OFDI仅9.1亿美元，截止到2019年底，我国OFDI已达1369.1亿美元。同时，我国还是全球最大的出口国，可见，我国外商直接投资与对外直接投资在同步发展，并相互促进。

自新冠疫情以来，国内外的经济环境都陷入僵局。在此背景下，我国提出国家经济“双循环”战略，即“加快形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”，强调坚持对外开放是基本国策。

我国要实现更高水平开放的一个重要举措是要在更高水平、更高质量上引进外资，并提高我国对外投资的深度与广度，要实现IFDI与OFDI协调发展，对于此我们要把握双向FDI的互动效应，能够衡量双向FDI的协调发展程度。同时在双循环新发展格局背景下，我们不仅需要了解双向FDI和经济增长的测度比较，还要立足于“低碳经济”的思维，在保证OFDI与IFDI高质量发展的同时，走绿色发展道路，坚持低能耗、低污染的战略方针。

联合国贸易和发展会议公布的《2021世界投资报告》显示，中国投资额达1490亿美元，是全球第二大外资流入国、第一大外资流出国。如今，全球经济疲软，中国的外商投资仍保持在一线水准，始终坚持对外开放理念，推进经济稳步增长，推进着经济全球化发展进程。但是在中国对外开放进程中，环境污染问题日益凸显，如何更好利用外资和对外投资，有效改善环境污染问题，推动中国经济高质量发展，帮助其他国家经济繁荣是我们的研究重点。

2020年9月，习近平总书记在第七十五届联合国大会表示，中国力争在2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和的“双碳”目标。由此，我国需构筑一系列以低污染、低能耗为基础，以绿色低碳发展为动力的政策方针。在当前低碳绿色转型过程中，保持我国经济稳定增长，通过双向FDI平衡经济增长与碳减排的关系，是我国实现“双碳”目标的极大挑战。在此背景下，我们研究双向FDI、碳排放和经济增长之间是如何相互影响？对于不同地区，这些影响是否存在差异？基于此，本文通过实证研究分析双向FDI、碳排放与经济增长三者的关系，为政府制定对外贸易政策和碳排放政策提供一定的政策依据。

# 文献综述

经济增长、国际间的投资和环境污染等因素之间的关系一直是学界关注的焦点问题。目前国内外基于环境视角综合研究经济增长、碳排放和双向FDI协调发展这件关系的文献相对较少，但是不乏将环境污染与其中一个或几个联系起来进行研究的。

针对经济增长和环境污染的关系，许多学者普遍认为经济增长一方面带来资源消耗水平的提高，工业污染等问题加剧环境污染；另一方面经济增长又能够通过技术水平进步和结构优化改善环境污染问题。早有研究表明（Grossman等，1992），当国民收入较低时，三大空气污染物通常随着人均GDP的增加而增加，然而当国民收入达到较高水平时，经济增长往往趋向于减轻环境污染。之后又有研究（Grossman等，1995）利用包含空气污染和水污染等研究范围更广的环境污染指标，指出经济增长与环境污染呈现倒U型的关系。国内有学者（段显明等；2012）通过综合研究经济增长、单位GDP工业废气与废水排放量和固体废物产生量的动态关系，认为环境污染对经济增长的影响是复杂的，虽然经济增长是环境污染的主要原因之一，但环境污染也对经济增长产生一些反向作用，并且不同类型的环境污染对经济增长的影响程度不同。

除了经济增长之外，有研究表明能源消费、对商投资以及对外贸易等因素对环境产生显著影响。早有研究指出（Grossman等，1992），对外贸易对环境污染的影响通过污染避难所所假说、规模经济和技术溢出效应等途径发挥作用。对于发展中国家而言，规模经济和污染避难所假说会加剧环境污，而技术溢出效应会改善环境状况。后有研究（林伯强等，2015）通过测度我国工业能源环境效率并统计了各行业进出口数据进行实证分析，表明对外贸易与能源环境效率之间存在相互促进的关系，即正向的反馈作用。也有研究得出完全相反的结论。针对FDI环境效应的研究，现有研究中没有确定的结论，最具代表性的两个观点分别是“污染避难假说”和“污染光环假说”。有研究（张瑜等，2010）结合动态面板模和理论模型实证分析了外商直接投资对经济增长的贡献，结果指出外商直接投资的溢出效应由于地区经济发展状况的差异而并不明显。最近有研究（刘庆林等；2023）基于Copeland-Taylor模型，以长江流域的沿线城市作为研究对象，实证分析了FDI对沿线城市的环境质量的影响，其认为主要通过规模效应、结构效应和技术效应对环境造成影响。更进一步地，有研究（韩永辉等；2019）认为IDFI和OFDI对环境质量的影响效应截然不同，长期来看，IFDI会抑制生态环境的提升，而OFDI会促进生态环境的改善。 中国的IFDI和OFDI日益增长，使得单独考察它们对碳排放的影响可能导致研究结果的不准确性。因此，越来越多的研究开始充分考虑双向FDI的影响。早有研究（Dunning等；1982）通过利用IDFI和OFDI两者的差值验证了IDP理论的正确性。然而，关于双向FDI协调发展水平的研究仍处于起步阶段。直到最近，有研究（黄凌云等；2018）提出利用容量耦合系统模型来测算双向FDI的协调发展水平，并验证了双向FDI的协调发展性。后又有研究（龚梦琪等；2020）通过GMM回归估计方法，指出双向FDI的协调发展水平可以通过提升产业结构合理化来减少环境污染。在全球“碳中和”背景下，最近有研究（聂莹等；2022）采用面板平滑过渡回归模型（PSTR）对“一带一路”沿线国家FDI与碳排放关系进行实证分析，指出随着国家经济发展逐渐成熟，FDI对碳排放的促进作用逐渐放缓，且随着人均GDP步入高门槛区间后，FDI对碳排放的促进作用显著。类似地，有研究（温丽琴等；2023）通过实证分析 FDI协调发展和环境污染的关系，表明双向FDI协调发展水平在不考虑环境规制时对环境污染的抑制作用存在直接效应。

FDI不仅会对环境产生显著影响，而且会直接或间接通过绿色全要素生产率、对外开放水平等其他因素影响经济增长，然而针对FDI与经济增长之间关系的研究，现有研究中尚未达成一致的结论。早有研究（曹晓祎等，2018）基于向量自回归模型分析，指出FDI在经济增长等方面有明显的推动作用。最近又有研究（马广程等；2022）通过研究双向FDI协调发展水平对绿色全要素生产率（GTFP）的内在机制与异质性影响，指出IFDI会显著抑制GTFP，而OFDI会显著促进GTFP水平。

综上所述，现有研究主要基于IDFI和OFDI的单向作用，鲜有针对双向FDI协调发展水平与其他因素的综合研究，因此本研究综合分析双向FDI协调发展、经济增长与碳排放之间关系时，按照“一带一路”经济区域进行划分，采用面板向量自回归模型（PVAR）进行分析。PVAR模型分析法综合了向量自回归模型（VAR）和面板分析的优势，既能够控制不可观测的个体异质性，同时也能够分析面对冲击时的动态反应。进而利用系统广义矩估计（System-GMM）方法对模型进行回归，通过格兰杰因果关系检验、脉冲响应分析与方差分解对变量之间的关系进行分析。

# 模型设定及数据说明

## 模型设定

由Love等人提出的面板向量自回归模型（PVAR）在多个跨领域研究中得到了广泛的应用，相较于传统向量自回归模型（VAR），PVAR模型是面板数据模型与传统自回归方法的结合，其将面板数据模型系统中的所有变量视为内生的，同时面板数据能够很好地观察到个体异质性，与VAR模型相似，能够解释不要求整个经济结构地经济问题。在分析相互依赖地经济问题时，横截面尺度会弥补时间序列尺度不足的优势。即PVAR模型将所有研究变量都看作内生性变量，分析各个变量和其滞后项之间的关系，通过计算正交化脉冲响应函数来研究一个内生性变量的宏基如何影响其他内生性变量，它把个体效应和时间效应均考虑在模型中，涵盖了个体差异性和不同截面的共同冲击。

本研究通过构建面板自回归模型来分析双向FDI协调发展、经济增长和碳排放之间的动态关联性，所构建的函数表达式为：



其中，表示省份；表示年份；表示模型的滞后阶数；表示截距项向量；表示滞后变量的系数矩阵；为被解释变量，即包含模型中所有内生变量（实际利用对商直接投资的对数、实际利用对外直接投资的对数、人均GDP的对数和碳排放总量的对数）的列向量；表示内生变量的阶滞后项；是无法观测到的个体效应向量；为时间效应向量；为服从独立同分布的随机扰动项。

## 数据说明

### 双向FDI协调水平测度

在物理学中，耦合（coupling）是指两个或者两个以上系统通过相互作用而彼此影响的现象，而耦合度是指两个或两个以上不同系统之间相互作用达到良性耦合程度的大小，从而体现了系统之间从无序到有序的转变。借鉴物理学中的容量耦合模型（Capacitive coupling），包括n个子系统的系统耦合度模型可表示为：



在前人的实证研究中指出IFDI和OFDI存在双向互动效应，故本研究在测度双向FDI协调水平时利用耦合系统模型计算双向FDI协调水平，耦合系统模型可表示为：



其中，为耦合度；和分别表示在省份在年份的外商直接投资和对外直接投资的流量；和是待定系数（权重），鉴于近年来我国大力实施“引进来”、“走出去”并重策略，IFDI和OFDI两者的发展呈现出规模逐渐相近的特点且同步性日益明显，故本研究中选取权重和的值均为0.5；为调节系数，本研究参考前人的做法，取值为2。

由于耦合度只能反映系统之间的相互作用程度，考虑到IFDI和OFDI的差异性，可能存在两者的值均较低但计算出的耦合度较高的伪协调情况，为克服这个缺陷，本研究引入耦合协调度，从而使得模型计算更反映整体的情况，耦合协调度模型的计算公式为：



结合上式，最终测度双向FDI耦合协调水平模型的计算公式为：



### 碳排放测度

根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）所于2006年提出的《IPCC国家温室气体排放清单指南目录》，碳排放量为能源燃料消费量与碳排放系数相乘所得。由于化石燃料消耗排放的二氧化碳占总排放量的95%以上，基于我国各省市消耗能源的情况和可查询到数据的缺失情况，本研究选取煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气7种能源参与计算，二氧化碳排放量具体测度公式为：



其中，表示各省排放的二氧化碳量；表示各省第种化石能源的消耗量；表示第种化石能源的折标准煤参考系数；表示第种化石能源的碳排放系数。各类能源的碳排放参考系数如表1所示。

表1 各类能源的碳排放参考系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 能源类别 | 煤炭 | 焦炭 | 汽油 | 煤油 | 柴油 | 燃料油 | 天然气 |
| 折合标准煤系数  (kgce/kg, kg/m3) | 0.7143 | 0.9714 | 1.4714 | 1.4714 | 1.4571 | 1.4286 | 1.2150 |
| 碳排放系数  (kg/kgce) | 0.7559 | 0.8550 | 0.5538 | 0.5714 | 0.5921 | 0.6185 | 0.4483 |
| 二氧化碳排放系数 | 1.9798 | 3.0453 | 2.9878 | 3.0828 | 3.1634 | 3.2398 | 1.9771 |

### 经济增长指标

经济增长指标通常反映了地区的经济发展水平状况，本研究选取人均地区生产总值（PGDP）来测度各地区经济增长水平，并且为降低物价水平对经济的影响本研究利用人均GDP平减指数对其进行平减处理。

### 数据来源和预处理

基于数据的完整性、可获得性和统计口径的一致性，本研究中各变量数据来自1998—2021年中国“一带一路”沿线17个省份统计年鉴《中国能源统计年鉴》《IPCC温室气体排放清单指南目录》《中国统计年鉴》及国家统计局网站。为减少因物价水平波动产生的影响，根据GDP平减指数将价格指数转化为以1998年为基期的不变价数据。为减弱存在异方差带来的影响，本研究对各变量取自然对数处理，相关变量的描述性统计结果如表2所示。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 样本量 | 平均值 | 最大值 | 最小值 | 中位数 | 标准差 |
|  | 408 | 9.7931 | 11.7531 | 6.3074 | 9.9594 | 0.9573 |
|  | 408 | 10.1019 | 12.0647 | 8.1722 | 10.2629 | 0.9107 |
|  | 408 | 2.3970 | 5.6713 | -3.5066 | 2.5672 | 1.9527 |
|  | 408 | 0.2084 | 5.4793 | -7.7063 | 0.7183 | 2.8469 |

表2 变量描述性统计

### 数据初步探索性分析

1998-2021年中国双向FDI协调发展和碳排放的总体趋势图如图？，双向FDI协调发展水平自2005年开始稳步上升，在2016年达到峰值，之后呈现逐步下降趋势。在这相同时间内，碳排放量总体呈现稳步上升趋势，而碳排放增长率存在较大的波折，但总体上在2004年左右达到峰值，之后总体上呈现下降趋势，在2019年达到近几十年的低估，原因可能是新冠疫情的冲击。

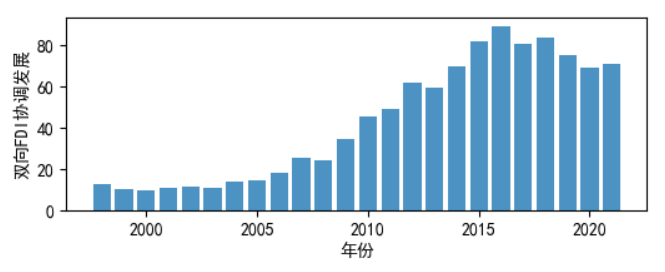


图 中国双向FDI协调发展水平变化趋势图

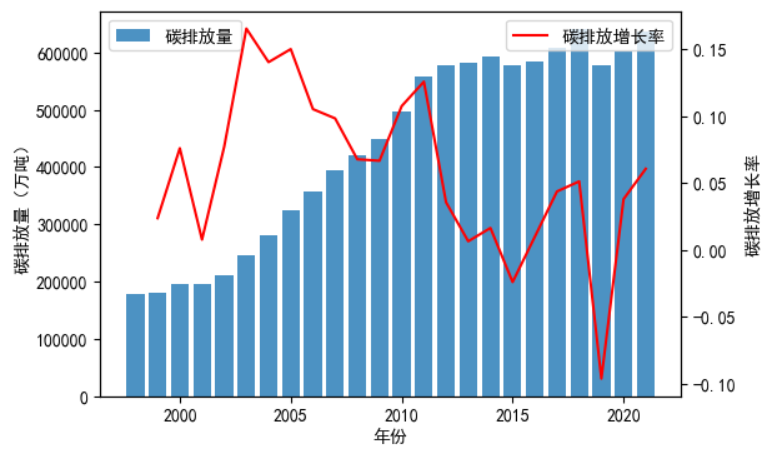


图 中国碳排放变化趋势图

进一步地，为分别探究“一带一路”不同经济区域的双向FDI协调发展和碳排放量差异性，绘制分区域的变化趋势折线图如图？，根据“一带一路”相关省区将地区划分“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两个经济区域，在双向FDI协调发展水平上，在2012年之前总体上两者差异性较小，而之后“21世纪海上丝绸之路”经济区域的双向FDI协调发展水平急剧上升后呈现稳定小幅波动趋势，而“丝绸之路经济带”经济区域呈现轻微上升后大幅降低的趋势。在碳排放量上，“21世纪海上丝绸之路”经济区域碳排放量始终低于“丝绸之路经济带”经济区域，且前者总体呈现小幅稳步上升趋势，而后者呈现出相对较大幅度的爬坡。

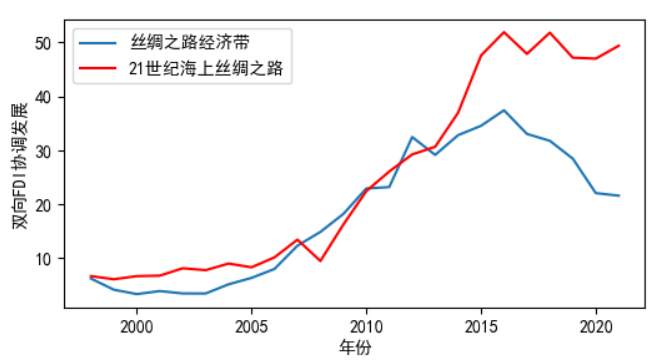


图 中国双向FDI协调发展变化趋势图

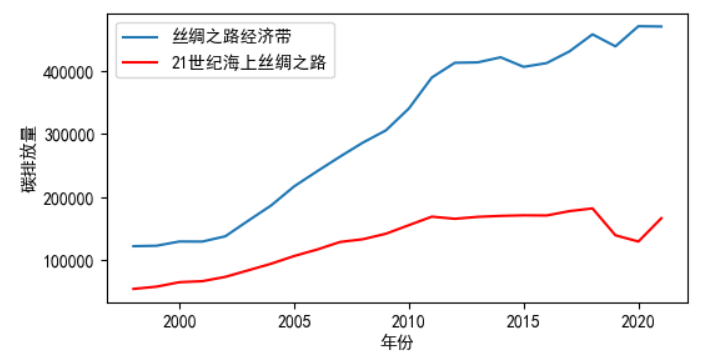


图 中国碳排放变化趋势图

# 实证检验

## 面板单位根检验

为保证模型估计的准确性，须首先检验数据是否平稳。本研究分别采用了LLC检验法、HT检验法、ADF-Fisher检验法、PP-Fisher检验法和IPS检验法对数据划分为“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两个经济区域进行单位根检验，检验结果如表。

对于“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两个经济区域，原始序列中在HT检验、ADF-Fisher检验、PP-Fisher检验和IPS检验中均非平稳。故对变量进行一阶差分，得到差分后的变量分别为、、、，所有差分后的变量均通过单位根检验，为平稳序列，故序列为一阶单整序列。

表 单位根检验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 经济区域 | 变量 | 相同单位根假设 | | | | 不同单位根假设 | | | | | | 检验  结果 |
| LLC | | HT | | ADF-Fisher | | PP-Fisher | | IPS | |
| 统计量 | p值 | 统计量 | p值 | 统计量 | p值 | 统计量 | p值 | 统计量 | p值 |
| 丝绸之路  经济带 |  | -2.1189 | 0.0170 | 0.1286 | 0.0000 | 3.0377 | 0.0012 | 5.3697 | 0.0000 | -3.2278 | 0.0006 | 平稳 |
|  | -1.0322 | 0.1510 | 0.8633 | 0.9981 | 1.1051 | 0.1346 | 0.0128 | 0.4949 | -0.8422 | 0.1998 | 非平稳 |
|  | -2.3638 | 0.0090 | 0.7078 | 0.4716 | 2.9427 | 0.0016 | 0.5182 | 0.3021 | -2.1561 | 0.0155 | 平稳 |
|  | -5.0324 | 0.0000 | 0.4831 | 0.0000 | 1.5888 | 0.0561 | 7.9146 | 0.0000 | -5.3286 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -5.0466 | 0.0000 | 0.4474 | 0.0000 | 2.2084 | 0.0136 | 8.4954 | 0.0000 | -5.3892 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -9.9721 | 0.0000 | -0.4213 | 0.0000 | 10.5627 | 0.0000 | 32.7920 | 0.0000 | -8.9152 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -9.7959 | 0.0000 | 0.1106 | 0.0000 | 9.6914 | 0.0000 | 23.8762 | 0.0000 | -8.6071 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -12.5191 | 0.0000 | 0.0014 | 0.0000 | 7.2984 | 0.0000 | 26.6857 | 0.0000 | -8.9446 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -12.2164 | 0.0000 | -0.2785 | 0.0000 | 23.9843 | 0.0000 | 55.6409 | 0.0000 | -10.3586 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -14.5832 | 0.0000 | -0.3053 | 0.0000 | 24.9089 | 0.0000 | 54.6634 | 0.0000 | -10.3003 | 0.0000 | 平稳 |
| 21世纪  海上丝绸之路 |  | -1.6650 | 0.0480 | 0.5886 | 0.0646 | 4.2231 | 0.0000 | 1.8285 | 0.0337 | -1.7987 | 0.0360 | 平稳 |
|  | -2.0482 | 0.0203 | 0.8918 | 0.9869 | 0.0681 | 0.4729 | -1.7922 | 0.9634 | 1.0560 | 0.8545 | 非平稳 |
|  | -3.0193 | 0.0013 | 0.5240 | 0.0103 | 1.7234 | 0.0424 | 2.6409 | 0.0041 | -2.7351 | 0.0031 | 平稳 |
|  | -2.5771 | 0.0050 | 0.5921 | 0.0704 | -0.7889 | 0.7849 | 0.2051 | 0.4188 | -2.2776 | 0.0114 | 平稳 |
|  | -2.9921 | 0.0014 | 0.5414 | 0.0179 | -0.1833 | 0.5727 | 1.2450 | 0.1066 | -2.7045 | 0.0034 | 平稳 |
|  | -6.6247 | 0.0000 | -0.1049 | 0.0000 | 18.5135 | 0.0000 | 12.9699 | 0.0000 | -5.3666 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -2.6527 | 0.0040 | 0.5617 | 0.0499 | 0.1409 | 0.4440 | 2.5031 | 0.0062 | -2.9313 | 0.0017 | 平稳 |
|  | -5.7818 | 0.0000 | -0.1176 | 0.0000 | 11.2174 | 0.0000 | 17.6526 | 0.0000 | -5.7198 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -10.5254 | 0.0000 | -0.2563 | 0.0000 | 8.4664 | 0.0000 | 26.2131 | 0.0000 | -6.4226 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -10.8422 | 0.0000 | -0.2944 | 0.0000 | 10.6478 | 0.0000 | 27.6595 | 0.0000 | -6.4614 | 0.0000 | 平稳 |

## PVAR模型分析

### 滞后阶数检验

一般情况下，解释变量和被解释变量的因果关系不会发生在同一时期，通常存在时间滞后性，因此模型滞后阶数的确定对模型准确性和可靠性十分关键。在建立PVAR模型前，首先需要对模型进行滞后阶数检验，本研究分别采用AIC、BIC和HQIC三种滞后阶数检验标准，检验结果如表所示。滞后阶数的选择不宜过大，否则会减少模型的自由度，造成模型数据不必要的损失；而滞后阶数过小，会降低模型检验结果的精确度。滞后阶数应通过较多检验标准为依据进行选取，因此，在“丝绸之路经济带”经济区域中选取了1阶的面板VAR模型进行研究，建立了PVAR(1) 模型；在“21世纪海上丝绸之路”经济区域中选取了2阶的面板VAR模型进行研究，建立了PVAR(2)模型。

表 滞后阶数检验结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 经济区域 | 滞后阶数 | AIC | BIC | HQIC |
| 丝绸之路  经济带 | 1 | 0.5223\* | 1.7128\* | 1.0013\* |
| 2 | 0.5759 | 2.1712 | 1.2187 |
| 3 | 0.9105 | 2.9411 | 1.7298 |
| 21世纪  海上丝绸之路 | 1 | -2.2365 | -0.9727\* | -1.7244\* |
| 2 | -2.3638 | -0.4099 | -1.5730 |
| 3 | -2.6510\* | 0.0373 | -1.5647 |

注：\*代表不同项目类别中最优滞后阶数。

### PVAR估计

本研究采用系统广义矩估计方法（System-GMM）对PVAR模型进行估计检验，检验结果如表所示。

利用滞后阶数，采用GMM估计得到二氧化碳排放量、GDP增长率、外商直接投资增长率、对外直接投资增长率和双向FDI协调发展水平增长率的PVAR模型的参数估计结果。对于丝绸之路经济带，在二氧化碳排放量对数方程中，滞后一阶的外商直接投资增长率对二氧化碳排放具有显著的正向作用，但是滞后二阶时具有显著的负向作用，表明在短期内，外商直接投资增长加速对二氧化碳排放具有正向作用，证实了“一带”沿线城市关于外商直接投资对二氧化碳排放存在“污染避难所”假说，在长期内，外商直接投资对其具有负向作用，否定了“污染避难所”在“一带”沿线城市存在的可能性。

对于海上丝绸之路，在GDP增长率对数方程中，，滞后一阶的对外直接投资增长率在10%的显著水平下为正，滞后一阶的外商直接投资增长率在5%的显著水平下为正，滞后二阶的对外直接投资增长率在5%的显著水平下为正，滞后二阶的外商直接投资增长率在1%的显著水平下为负，滞后二阶的双向FDI协调发展水平增长率在1%的显著水平下为正。表明在短期内，外商投资会刺激GDP增长，但是，在长期内，通过不断提高引入外商投资会对GDP增速产生负影响，表明我国不可倚靠外贸，需提高我国自身的消费和投资水平，但是通过提高耦合系统得到的协调发展FDI的增速，可以显著提高GDP增速，该结果表明此由IFDI和OFDI结合而成的新指标对于我国分析FDI具有参考意义。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 经济区域 | 变量 | 一阶滞后 | | | | | 二阶滞后 | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 丝绸之路  经济带 |  | 0.8678\* | 0.0399 | 0.0134\*\*\* | 0.00391\*\* | 0.1041 | 0.3779\* | 0.1921 | -0.0825\*\*\* | 0.0676\*\* | -0.1420 |
|  | 0.3289 | 0.7749\*\*\* | 0.0352 | -0.0216 | 0.0599 | -0.0004 | 0.3012\*\*\* | 0.0023 | 0.0178 | -0.0386 |
|  | 0.0235 | 2.3130 | 0.1155\* | 0.0418 | -0.0742\*\* | -0.0313 | -0.0857 | 0.0185\*\* | 0.1419 | -0.2225 |
|  | -1.7400 | -0.2062 | -0.1467 | -0.2080\*\* | -0.2044\* | 0.6084 | 0.6822 | 0.1063 | -0.2502\*\* | 0.4778\* |
|  | -0.6717 | 0.3363 | -0.0601 | -0.4468 | -0.2122\*\* | 0.2370 | 0.4708 | 0.1283 | 0.0450 | -0.1223\* |
| 21世纪海上丝绸之路 |  | 3.1422\* | 7.2725 | 0.0877\* | -0.6044 | 1.1256 | -0.74952\* | 1.3249 | -0.1151\*\*\* | -0.3340\* | 0.4474 |
|  | 0.1061 | 0.2539 | 0.0008\*\*\* | 0.0300\* | 0.0781\* | -0.1003 | 0.3285 | -0.0275\*\*\* | 0.0394\* | 0.1000\*\* |
|  | 0.2913 | -0.4090 | -0.0255\* | 0.0089 | 0.04617 | -0.1387 | -0.0737 | -0.1341\*\* | -0.0842 | 0.1735 |
|  | -11.6170 | -43.0198 | 0.0901 | 2.4849\* | -4.7901 | 3.3143\* | -0.0449 | 0.3682 | 1.6734\*\*\* | -2.5335 |
|  | -4.7936 | -17.2522\*\* | -0.0024 | 1.0723 | -2.1478\* | 1.3719\* | 0.6098 | 0.1830 | 0.7306 | -1.1765\*\* |

### 稳健性检验

在统计推断中，我们通常基于一些假设来分析数据，并使用相应的统计方法进行推断和估计。然而现实世界中的数据往往包含噪声、异常值或不符合假设的情况，这可能导致传统的统计方法产生不准确的结果。为确保统计推断的可靠性和准确性，稳健性检验是十分重要的。

本研究分别对两个经济区域的PVAR模型进行稳健性检验，模型稳定结果如图，在“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两个经济区域的所有变量中，被估计模型的所有模数均小于1，且均位于单位圆内，故两个经济区域的模型均稳定，即说明本文实证研究结果具有良好的稳健性。

图 “丝绸之路经济带”PVAR系统稳定性判别图



图 “21世纪海上丝绸之路”PVAR系统稳定性判别图



## 脉冲响应分析

脉冲响应函数（Impulse Response Function， IRF）是一种动态影响函数，其可以描述一个内生变量的冲击对其本身及其他内生变量的影响，它能够直观地刻画出变量之间的动态交互作用及效应，并从动态反应中判断变量间的时滞关系。为进一步检验各变量之间的动态关系，本研究对IFDI、OFDI、DIFDI、经济增长和碳排放在不同时期受到的影响进行研究。在5%的置信水平下，由蒙特卡洛模拟200次后输出脉冲响应函数图。横轴代表产生冲击作用的滞后期数，纵轴代表响应变量对冲击变量的响应大小，被包含的中间的线代表脉冲响应变化曲线两侧的线表示正负两倍的标准差偏离范围。

在“丝绸之路经济带”经济区域中，脉冲响应及关系图如图？所示，针对碳排放，二氧化碳排放量对其自身有一个较强的正向冲击，在初期达到顶峰，之后保持缓慢下滑，最后趋于平缓，表明二氧化碳排放量的增大不论在长期还是短期内都会促进排放量继续扩大。外商直接投资增长率对二氧化碳排放量的冲击在二期达到负向的峰值，之后仍保持较高的负向冲击，最后趋于平缓，表明外商直接投资增长率对二氧化碳排放量产生负向影响，与我国近年来政策方针相符合，我国“一带”沿线省份多为资源型省份，在积极追寻产业升级，深化转型，打造绿色产业，招商引资多为环保型外商投资，进而导致二氧化碳排放量降低。对外直接投资增长率对二氧化碳排放量的冲击在第二期达到正向峰值，且保持在正向水平趋于平稳。表明二氧化碳排放量的增加有利于当地企业对外投资，表明“一带”省份的主要投资企业还是重碳排放企业。

针对外商直接投资增长率，外商直接投资增长率对自身的冲击在当期达到正向的峰值，之后趋于平稳，表明外商直接投资增长率在短期内吸引更多的外商企业进行投资。对外直接投资增长率对外商直接投资增长率在第二期达到正向的峰值，之后趋于平稳，表明在短期内，对外直接投资增速加快会提高国内企业经济活力，进一步提高外商直接投资增长率。

针对对外直接投资增长率，二氧化碳排放量对对外直接投资增长率的冲击在第一期达到负向峰值，之后在零值附近波动，最后向负向趋于平稳，表明在短期内二氧化碳排放量的快速增长将降低“一带”沿线省份的对外直接投资增长率。

针对双向FDI协调发展水平增长速度，外商直接投资增长率对双向FDI协调发展水平增长率的冲击在当期达到正向峰值，在第一期略微下降，在第二期有所回升，之后趋于零值正向平缓。表明外商直接投资增长率的快速进步的同时将提高双向FDI协调发展水平。对外直接投资增长率对双向FDI协调发展水平增长率的冲击在当期达到正向峰值，在第一期达到负向峰值，之后其趋于零值平缓。表明对外直接投资的快速增长在短期内会促进双向FDI协调发展水平增长加快，但是在长期内会影响双向FDI协调发展水平的增长效率。经济增长对双向FDI协调发展水平增长率的冲击始终保持正向冲击，并在第二期达到峰值，表明良好的经济增长增长率将促进双向FDI协调发展水平的提高，且在较长期内有更强的推进作用。

图 “丝绸之路经济带”脉冲响应图



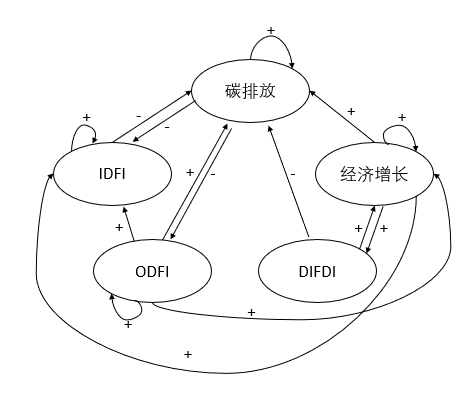


图 “丝绸之路经济带”脉冲响应关系图

类似地，在“21世纪海上丝绸之路”经济区域中，脉冲响应及关系图如图？所示，针对碳排放，由图可得碳排放量在当期会有一个正向的显著影响，之后正向的绝对值开始减小，逐渐趋于平缓，这符合我国追寻碳中和、碳达峰的长远目标，逐渐抑制碳排放的增长。对外直接投资增长率对二氧化碳排放量的冲击在初期会有一个较强的正向效应，在第二期冲击的正向效应下降为0，在第三期冲击达到负向的峰值，之后趋于平缓，表明对外直接投资增长率对二氧化碳排放量增长具有短期效应，但是从长期来看，对外直接投资增长率的增加可以有效降低二氧化碳排放量，符合我国“引进来、走出去”的国策，转移重工业、引进新型绿色制造业，拉动对外直接投资的同时缓解我国碳排放过载的现象。外商直接投资增长率对二氧化碳排放量的冲击在第一期有很强的回应，但是在第二期开始外商直接投资增长率对其的冲击影响就变为负值，同时为负值的峰值，之后向负值的方向趋于平缓。这表明外商直接投资的流入对于省份碳排放在长期内具有一定的抑制作用，这表明“污染天堂”(Pollution Heaven)假说在中国不成立。双向FDI协调发展水平增长率对二氧化碳排放量的冲击在初期达到顶峰，之后在零值附近波动，表明在短期内，双向FDI协调发展水平增速的提高会导致二氧化碳排放加剧，所以，我国要控制FDI协调发展的增长保持稳定，短期内的迅速提高会导致绿色经济的损耗。

针对外商直接投资增长率，碳排放量对外商直接投资增长率全期保持正向冲击，且在第二期达到峰值，碳排放量对外商直接投资增长冲击达到最大，这也证实我国在过去几十年间步入工业大国，碳排放量逐年增加，进而吸引大量国外企业入境投资，增强我国综合国力的现象。对外直接投资增长率第一期一个标准差对外商直接投资增长率的影响较大，达到了正向峰值，但是迅速衰减在第二期达到负向峰值，第三期又转向正向效应，第四期转向负向并逐渐减弱为0。该冲击反应与外商直接投资对对外直接投资影响皆为前几期剧烈波动，在初期都会对彼此产生强劲的正向影响，但不同的是，长期来看，外商直接投资增长率可以拉动对外直接投资，但是对外直接投资增长率会削弱外商直接投资增长率，客观出发，该结论有失一般性，可能是由于中国在近年来遭到欧美的经济制裁，我国对外直接投资增长率的增加无法弥补欧美外商投资的减少。所以，我国需更加坚持“一带一路”政策方针，建立新兴经济带，脱离早年依赖欧美国家的外商投资，发展周边国家及发展中国家，稳定加深其对外直接投资建设，实现对外直接投资增长率和外资直接投资增长率的双向增长。

针对对外直接投资增长率，碳排放量对对外直接投资的冲击全期都是负的，且在第二期达到峰值，之后逐渐趋于平缓。对外直接投资增长率对其自身的正向冲击达到顶峰，随后迅速衰减，最后在零值左右波动。表明在短期内，对外直接投资对其自身的影响较大，长期内，与自身关联性不大。双向FDI协调发展水平增长率对对外直接投资的冲击在初期达到顶峰，具有正向作用，在第一期迅速滑落，达到负向顶峰，之后在零值附近波动。表明双向FDI协调发展水平的快速增长在短期内对对外直接投资有正向影响。外商直接投资增长率对对外直接投资增长率的冲击在第一期产生较强的正向冲击，在第二期产生一个较强的负向冲击，表明在短期内外商直接投资的快速增长可以带动对外直接投资的增长，但长期内会抑制对外直接投资的增长。

针对GDP增长率，对外直接投资增长率对GDP增长率的冲击在第一期达到负向顶峰，在第二期达到正向顶峰，之后开始在零值附近波动，表明短期内对外直接投资增长率会对GDP产生一个负向的作用，长期来看，对外直接投资会促进GDP增速。外商直接投资增长率对GDP增长率在短期内没有冲击，保持平缓，但是在第三期产生一个较强的正向冲击，表明在长期内外商直接投资增长率可以对GDP的增长提供帮助。碳排放量对GDP增长率在一期有一个轻微的负向冲击，之后开始逐渐上升，在第四期达到峰值，之后保持在一个较高水平。

针对双向FDI协调发展水平增长率，经济增长增长率对双向FDI协调发展水平的冲击在第一期达到顶峰，之后略微下降，之后在零值附近平缓波动，表明在短期内，经济增长的提高会拉动双向FDI协调发展水平的进步。碳排放量对双向FDI协调发展水平增长率全期保持正向冲击，并在第二期达到峰值，之后趋于平滑曲线并保持在一个较高水平（0.05左右）。对外直接投资增长率对双向FDI协调发展水平增长率的冲击在第一期达到负向顶峰(-0.200)，在第二期达到正向顶峰(0.050)，之后向零值平缓波动。外商直接投资增长率对双向FDI协调发展水平增长率的冲击在第二期达到正向峰值，第三期达到负向峰值，之后趋于负向平稳。表明短期内外商直接投资增长率对其有较大的正向作用，有利于双向FDI协调发展快速发展，但是长期来看，独立的吸引引进外商投资不会导致双向FDI协调发展。



图 “21世纪海上丝绸之路”脉冲响应图

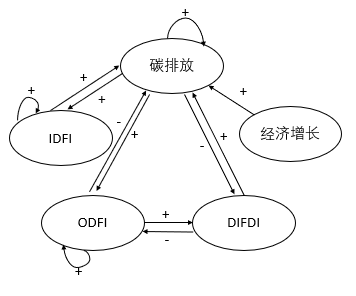


图 “21世纪海上丝绸之路”脉冲响应关系图

（+表示正向脉冲响应，-表示负向脉冲响应）

## 方差分解

方差分解法将系统的预测均方误差分解成系统中各变量冲击所做的贡献，从而研究滞后时期后各变量是如何受到影响及影响程度。由于篇幅限制，本研究仅分别展示出五个变量在前6个预测期的方差分解值，结果如表所示。

由图可知，在“丝绸之路经济带”经济区域中，在面板中，碳排放在第3-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第3个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定，且基于第6个预测期的方差分解值可知，碳排放从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.428：0.008：0.014：0.536：0.015，未来的冲击主要来自对外直接投资以及自身；

在面板中，类似地，人均GDP在第3-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第3个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.013：0.208：0.041：0.620：0.118，未来的冲击主要来自对外直接投资以及自身；

在面板中，在第2-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第2个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.003：0.011：0.015：0.970：0.000，未来的冲击主要来自对外直接投资；

在面板中，在第2-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第2个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.002：0.014：0.000：0.985：0.000：0.000，未来的冲击主要来自对外直接投资；

在面板中，在第2-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第2个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.005：0.012：0.006：0.969：0.009，未来的冲击主要来自对外直接投资。

类似地，在“21世纪海上丝绸之路”经济区域中，在面板中，碳排放在第3-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第3个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定，且基于第6个预测期的方差分解值可知，碳排放从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.167：0.050：0.000：0.779：0.004，未来的冲击主要来自对外直接投资以及自身；

在面板中，类似地，人均GDP在第3-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第3个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.040：0.170：0.014：0.750：0.026，未来的冲击主要来自对外直接投资以及自身；

在面板中，在第2-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第2个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.072：0.056：0.002：0.870：0.000，未来的冲击主要来自对外直接投资；

在面板中，在第2-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第2个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为：0.064：0.059 ：0.001：0.876：0.000，未来的冲击主要来自对外直接投资；

在面板中，在第2-6个预测期的方差分解值基本一致，说明在第2个预测期之后，各变量之间的动态关系基本稳定。基于第6个预测期的方差分解值可知，从冲击来源来看，五个变量的贡献比例为0.074：0.057：0.000：0.867：0.001，未来的冲击主要来自对外直接投资。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 经济区域 | 变量 | S |  |  |  |  |  |
| 丝绸之路  经济带 |  | 1 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.463 | 0.007 | 0.010 | 0.510 | 0.011 |
| 3 | 0.426 | 0.007 | 0.013 | 0.541 | 0.013 |
| 4 | 0.429 | 0.008 | 0.014 | 0.536 | 0.014 |
| 5 | 0.428 | 0.008 | 0.014 | 0.536 | 0.015 |
| 6 | 0.428 | 0.008 | 0.014 | 0.536 | 0.015 |
|  | 1 | 0.020 | 0.980 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.005 | 0.262 | 0.049 | 0.533 | 0.151 |
| 3 | 0.011 | 0.260 | 0.050 | 0.529 | 0.149 |
| 4 | 0.010 | 0.209 | 0.041 | 0.621 | 0.119 |
| 5 | 0.012 | 0.208 | 0.041 | 0.620 | 0.119 |
| 6 | 0.013 | 0.208 | 0.041 | 0.620 | 0.118 |
|  | 1 | 0.001 | 0.000 | 0.998 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.003 | 0.011 | 0.015 | 0.970 | 0.000 |
| 3 | 0.003 | 0.011 | 0.015 | 0.970 | 0.000 |
| 4 | 0.003 | 0.011 | 0.015 | 0.970 | 0.000 |
| 5 | 0.003 | 0.011 | 0.015 | 0.970 | 0.000 |
| 6 | 0.003 | 0.011 | 0.015 | 0.970 | 0.000 |
|  | 1 | 0.003 | 0.013 | 0.024 | 0.881 | 0.078 |
| 2 | 0.001 | 0.014 | 0.000 | 0.985 | 0.000 |
| 3 | 0.001 | 0.014 | 0.000 | 0.985 | 0.000 |
| 4 | 0.001 | 0.014 | 0.000 | 0.985 | 0.000 |
| 5 | 0.002 | 0.014 | 0.000 | 0.985 | 0.000 |
| 6 | 0.002 | 0.014 | 0.000 | 0.985 | 0.000 |
|  | 1 | 0.003 | 0.013 | 0.024 | 0.881 | 0.078 |
| 2 | 0.005 | 0.012 | 0.006 | 0.968 | 0.009 |
| 3 | 0.004 | 0.012 | 0.006 | 0.969 | 0.009 |
| 4 | 0.004 | 0.012 | 0.006 | 0.969 | 0.009 |
| 5 | 0.005 | 0.012 | 0.006 | 0.969 | 0.009 |
| 6 | 0.005 | 0.012 | 0.006 | 0.969 | 0.009 |
| 21世纪  海上丝绸之路 |  | 1 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.227 | 0.046 | 0.000 | 0.725 | 0.003 |
| 3 | 0.180 | 0.049 | 0.000 | 0.767 | 0.003 |
| 4 | 0.175 | 0.049 | 0.000 | 0.771 | 0.004 |
| 5 | 0.170 | 0.050 | 0.000 | 0.776 | 0.004 |
| 6 | 0.167 | 0.050 | 0.000 | 0.779 | 0.004 |
|  | 1 | 0.040 | 0.960 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.036 | 0.215 | 0.019 | 0.693 | 0.037 |
| 3 | 0.040 | 0.214 | 0.019 | 0.690 | 0.036 |
| 4 | 0.039 | 0.171 | 0.014 | 0.750 | 0.026 |
| 5 | 0.040 | 0.170 | 0.014 | 0.750 | 0.026 |
| 6 | 0.040 | 0.170 | 0.014 | 0.750 | 0.026 |
|  | 1 | 0.034 | 0.016 | 0.949 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.073 | 0.056 | 0.002 | 0.870 | 0.000 |
| 3 | 0.072 | 0.056 | 0.002 | 0.870 | 0.000 |
| 4 | 0.072 | 0.056 | 0.002 | 0.870 | 0.000 |
| 5 | 0.072 | 0.056 | 0.002 | 0.870 | 0.000 |
| 6 | 0.072 | 0.056 | 0.002 | 0.870 | 0.000 |
|  | 1 | 0.064 | 0.059 | 0.001 | 0.876 | 0.000 |
| 2 | 0.064 | 0.059 | 0.001 | 0.876 | 0.000 |
| 3 | 0.064 | 0.059 | 0.001 | 0.876 | 0.000 |
| 4 | 0.064 | 0.059 | 0.001 | 0.876 | 0.000 |
| 5 | 0.064 | 0.059 | 0.001 | 0.876 | 0.000 |
| 6 | 0.064 | 0.059 | 0.001 | 0.876 | 0.000 |
|  | 1 | 0.068 | 0.070 | 0.000 | 0.848 | 0.014 |
| 2 | 0.076 | 0.057 | 0.000 | 0.865 | 0.001 |
| 3 | 0.074 | 0.057 | 0.000 | 0.867 | 0.001 |
| 4 | 0.074 | 0.057 | 0.000 | 0.867 | 0.001 |
| 5 | 0.074 | 0.057 | 0.000 | 0.867 | 0.001 |
| 6 | 0.074 | 0.057 | 0.000 | 0.867 | 0.001 |

## 格兰杰因果检验

格兰杰因果检验（Granger）主要用于分析各变量在统计上是否存在因果关系及其方向。本研究中综合采用原始序列和一阶差分后的平稳变量进行格兰杰因果检验探究IFDI、OFDI、双向FDI、经济增长和碳排放这五个变量之间的因果关系，检验结果如表 。

针对“丝绸之路经济带”经济区域，从人均GDP方程可见，在5%的显著水平下，碳排放、OFDI和DIFDI不是人均GDP的原因的原假设被拒绝，表明影响碳排放、对外直接投资和双向FDI协调发展是人均GDP增长的一个原因，说明中国经济增长速度在一定程度上受中国碳排放、对外直接投资增长速度和双向FDI协调发展的影响，同时在5%的显著性水平下，所有变量不是人均GDP的原因均被拒绝，说明外商直接投资也起到一定的影响作用。

从外商直接投资方程和对外直接投资方程可知，碳排放不是IFDI和双向FDI协调发展的原因的原假设在5%的显著性水平下被拒绝，表明碳排放是外商直接投资增长和对外直接投资增长的一个原因，即中国外商直接投资增长速度和对外直接投资增长速度在一定程度上受碳排放的影响。且在5%的显著性水平下，所有变量不是IFDI、OFDI的原因均被拒绝，说明人均GDP也起到一定的影响。

从双向FDI协调发展方程可得，在5%的显著性水平下，碳排放和人均GDP不是双向FDI协调发展的原因的原假设被拒绝，表明中国双向FDI协调发展速度是碳排放和经济增长的一个原因，即中国碳排放和经济增长在一定程度上受双向FDI协调发展速度的影响。同时在5%的显著性水平下，所有变量不是DIFDI的原因均被拒绝，说明对外直接投资增长速度和对商直接投资增长速度也有着一定的影响效应。

类似地，针对“21世纪海上丝绸之路”经济区域，从碳排放方程可见，在5%的显著性水平下，人均GDP、OFDI和DIFDI不是碳排放的原因的原假设被拒绝，表明人均GDP、对外直接投资、双向FDI协调发展速度是碳排放的一个原因，即说明中国碳排放在一定程度上受到经济增长、对外直接投资增长速度和双向FDI协调发展速度的影响，且在5%的显著性水平下，所有变量不是碳排放的原因均被拒绝，说明外商直接投资增长速度也起到一定的影响。

从人均GDP方程可知，在5%的显著性水平下，碳排放、OFDI和DIFDI不是人均GDP的原因的原假设被拒绝，表明碳排放、对外直接投资、双向FDI协调发展速度是人均GDP的一个原因，即说明中国碳排放在一定程度上受到经济增长、对外直接投资增长速度和双向FDI协调发展速度的影响，且在5%的显著性水平下，所有变量不是碳排放的原因均被拒绝，说明外商直接投资增长速度也起到一定的影响。

从对外直接投资方程可知，在5%的显著性水平下，所有变量不是OFDI的原因均被拒绝，说明碳排放、经济增长、外商直接投资和双向FDI协调发展会对对外直接投资起到一定作用。

从双向FDI协调发展方程可知，人均GDP不是双向FDI协调发展的原因的原假设在5%的显著性水平下被拒绝，表明人均GDP是双向FDI协调发展的一个原因，即中国双向FDI协调发展速度在一定程度上受经济增长的影响。且在5%的显著性水平下，所有变量不是双向FDI协调发展的原因均被拒绝，说明碳排放、对外直接投资和外商直接投资会对双向FDI协调发展起到一定作用。

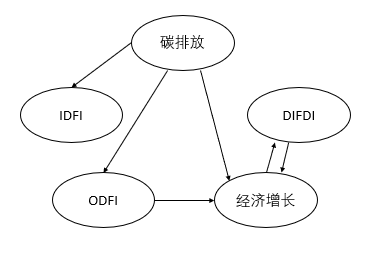
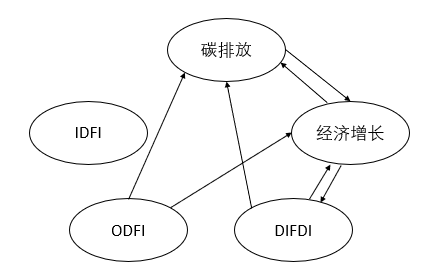
综上可得：在“丝绸之路经济带”经济区域中，碳排放是人均GDP、OFDI、IFDI的格兰杰原因，人均GDP是DIFDI的格兰杰原因，OFDI和DIFDI是人均GDP的格兰杰原因；在“21世纪海上丝绸之路”经济区域中，碳排放是人均GDP的格兰杰原因，OFDI和DIFDI是碳排放和人均GDP的格兰杰原因，人均GDP是DIFDI的格兰杰原因，五个变量的格兰杰因果关系图如图。

表 格兰杰因果检验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 经济区域 | 被解释变量 | 被排除变量 |  | p值 | 结论 |
| 丝绸之路  经济带 |  |  | 2.0976 | 0.148 | 接受原假设 |
|  | 3.3e-5 | 0.995 | 接受原假设 |
|  | 0.0913 | 0.763 | 接受原假设 |
|  | 0.0358 | 0.850 | 接受原假设 |
|  | 3.1598 | 0.531 | 接受原假设 |
|  |  | 4.1672 | 0.041 | 拒绝原假设 |
|  | 0.2294 | 0.632 | 接受原假设 |
|  | 7.1752 | 0.007 | 拒绝原假设 |
|  | 9.5733 | 0.002 | 拒绝原假设 |
|  | 25.1660 | 0.000 | 拒绝原假设 |
|  |  | 3.2647 | 0.071 | 拒绝原假设 |
|  | 2.0985 | 0.147 | 接受原假设 |
|  | 0.0983 | 0.754 | 接受原假设 |
|  | 0.1804 | 0.671 | 接受原假设 |
|  | 36.6240 | 0.000 | 拒绝原假设 |
|  |  | 7.1277 | 0.008 | 拒绝原假设 |
|  | 1.6571 | 0.198 | 接受原假设 |
|  | 0.0006 | 0.981 | 接受原假设 |
|  | 0.2157 | 0.642 | 接受原假设 |
|  | 17.9910 | 0.001 | 拒绝原假设 |
|  |  | 7.7652 | 0.005 | 拒绝原假设 |
|  | 3.6263 | 0.057 | 拒绝原假设 |
|  | 0.0160 | 0.899 | 接受原假设 |
|  | 0.1984 | 0.656 | 接受原假设 |
|  | 23.4850 | 0.000 | 拒绝原假设 |
| 21世纪  海上丝绸之路 |  |  | 9.1267 | 0.010 | 拒绝原假设 |
|  | 0.3098 | 0.857 | 接受原假设 |
|  | 11.623 | 0.003 | 拒绝原假设 |
|  | 10.341 | 0.006 | 拒绝原假设 |
|  | 38.532 | 0.000 | 拒绝原假设 |
|  |  | 4.7751 | 0.092 | 拒绝原假设 |
|  | 0.5694 | 0.752 | 接受原假设 |
|  | 6.6387 | 0.036 | 拒绝原假设 |
|  | 8.6282 | 0.013 | 拒绝原假设 |
|  | 38.5980 | 0.000 | 拒绝原假设 |
|  |  | 2.4047 | 0.300 | 接受原假设 |
|  | 0.0605 | 0.970 | 接受原假设 |
|  | 0.4656 | 0.792 | 接受原假设 |
|  | 0.4272 | 0.808 | 接受原假设 |
|  | 12.7800 | 0.120 | 接受原假设 |
|  |  | 1.5377 | 0.464 | 接受原假设 |
|  | 3.4018 | 0.183 | 接受原假设 |
|  | 1.7798 | 0.411 | 接受原假设 |
|  | 3.7961 | 0.150 | 接受原假设 |
|  | 18.5010 | 0.018 | 拒绝原假设 |
|  |  | 1.3389 | 0.512 | 接受原假设 |
|  | 4.6326 | 0.099 | 拒绝原假设 |
|  | 1.0759 | 0.584 | 接受原假设 |
|  | 4.4502 | 0.108 | 接受原假设 |
|  | 18.2020 | 0.020 | 拒绝原假设 |

图 碳排放、经济增长、IFDI、OFDI和DIFDI格兰杰因果关系图

（左侧为“丝绸之路经济带”，右侧为“21世纪海上丝绸之路”）

# 结论与建议

# 参考文献

[1]龚梦琪,刘海云.中国双向FDI协调发展、产业结构演进与环境污染[J].国际贸易问题,2020(02):110-124.DOI:10.13510/j.cnki.jit.2020.02.008.

[1]黄凌云,刘冬冬,谢会强.对外投资和引进外资的双向协调发展研究[J].中国工业经济,2018(03):80-97.DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2018.03.005.

[1]韩永辉,李子文,张帆,申晨.中国双向FDI的环境效应[J].资源科学,2019,41(11):2043-2058.

# 附录

# 致谢