|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**“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

**目 录**

[摘要 1](#_Toc135645496)

[第1章 引言 2](#_Toc135645497)

[第2章 文献综述 4](#_Toc135645498)

[第3章 模型设定及数据说明 5](#_Toc135645499)

[3.1 模型设定 5](#_Toc135645500)

[3.2 数据说明 5](#_Toc135645501)

[3.2.1 双向FDI协调水平测度 5](#_Toc135645502)

[3.2.2 碳排放测度 6](#_Toc135645503)

[3.2.3 经济增长指标 7](#_Toc135645504)

[3.2.4 数据来源和预处理 7](#_Toc135645505)

[第4章 实证检验 8](#_Toc135645506)

[4.1 面板单位根检验 8](#_Toc135645507)

[4.2 协整检验 9](#_Toc135645508)

[4.3 PVAR模型分析 9](#_Toc135645509)

[4.3.1 滞后阶数检验 9](#_Toc135645510)

[4.3.2 PVAR估计 10](#_Toc135645511)

[4.4 格兰杰因果检验 11](#_Toc135645512)

[4.5 脉冲响应分析 13](#_Toc135645513)

[4.6 方差分解 14](#_Toc135645514)

[第5章 结论与政策建议 15](#_Toc135645515)

[参考文献 16](#_Toc135645516)

[附录 16](#_Toc135645517)

# 摘要

**关键词：**

# 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

国际间的投资对环境带来的影响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。

综上所述，本研究综合分析能源消耗、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。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如公式（）



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如公式（）：



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

# 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检验法对数据进行单位根检验，检验结果如表。原始序列中在五个检验方法下均不平稳，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。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 相同单位根假设 | | | |
| LLC | | HT | |
| 统计量 | p值 | 统计量 | p值 |
|  | -3.4431 | 0.0003 | 0.2900 | 0.0000 |
|  | -0.3612 | 0.3590 | 0.8815 | 0.9999 |
|  | -1.8604 | 0.0314 | 0.7331 | 0.6881 |
|  | -5.2154 | 0.0000 | 0.4925 | 0.0000 |
|  | -11.9711 | 0.0000 | -0.3410 | 0.0000 |
|  | -9.3528 | 0.0000 | 0.1867 | 0.0000 |
|  | -13.6722 | 0.0000 | -0.0126 | 0.0000 |
|  | -19.1207 | 0.0000 | -0.2333 | 0.0000 |

表 单位根检验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 不同单位根假设 | | | | | | 检验结果 |
| ADF-Fisher | | PP-Fisher | | IPS | |
| 统计量 | p值 | 统计量 | p值 | 统计量 | p值 |
|  | 4.7728 | 0.0000 | 6.1844 | 0.0000 | -4.6714 | 0.0000 | 平稳 |
|  | -2.2993 | 0.9893 | -2.1235 | 0.9831 | 0.7209 | 0.7645 | 非平稳 |
|  | 0.8018 | 0.2113 | -1.4881 | 0.9316 | -0.9368 | 0.1744 | 非平稳 |
|  | 16.2593 | 0.0000 | 11.4067 | 0.0000 | -6.9202 | 0.0000 | 平稳 |
|  | 20.2851 | 0.0000 | 35.8001 | 0.0000 | -10.3266 | 0.0000 | 平稳 |
|  | 6.0432 | 0.0000 | 21.6219 | 0.0000 | -9.1280 | 0.0000 | 平稳 |
|  | 10.8511 | 0.0000 | 37.1793 | 0.0000 | -10.9196 | 0.0000 | 平稳 |
|  | 30.2214 | 0.0000 | 56.3036 | 0.0000 | -11.9392 | 0.0000 | 平稳 |

## 协整检验

协整检验是指两个或多个序列在线性组合后序列呈现平稳性，数据协整意味着这组序列内存在长期的均衡关系，若这种长期的均衡关系不存在，那么对数据的经济意义分析将是无效的。本研究采用Kao检验数据的协整性，检验结果如表3所示，由此可知在5%的显著性水平下认为原序列存在协整关系，即之间存在长期稳定的均衡关系。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 统计量 | 统计值 | p值 |
| Modified Dickey-Fuller t | 1.6746 | 0.0470 |
| Dickey-Fuller t | 3.0289 | 0.0012 |
| Augmented Dickey-Fuller t | 2.7964 | 0.0026 |
| Unadjusted modified Dickey-Fuller t | 1.3013 | 0.0966 |
| Unadjusted Dickey-Fuller t | 2.6099 | 0.0045 |

表 协整检验结果

## 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之后阶数检验，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，故选取了3阶的面板VAR模型对进行、、、研究，建立了PVAR(3) 模型；选取了2阶的面板VAR模型对一阶差分后的、、、四个变量进行研究，建立了PVAR(2)模型。

表 滞后阶数检验结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 滞后阶数 | AIC | BIC | HQIC |
| 水平 | 1 | 1.3547 | 2.2360 | 1.7046 |
| 2 | 0.9222 | 2.0084 | 1.3543 |
| 3 | 0.5258 | 1.8322\* | 1.0464\* |
| 4 | 0.5008\* | 2.0446 | 1.1171 |
| 一阶差分 | 1 | 1.8992 | 2.8116 | 2.2621 |
| 2 | 1.6660\* | 2.7921\* | 2.1147\* |
| 3 | 1.8360 | 3.1927 | 2.3776 |
| 4 | 1.9961 | 3.6024 | 2.6385 |

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。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 滞后阶数 | 变量 |  |  |  |  |
| 水平 | 1 |  | 0.4709 | 0.3485 | 0.0025 | 0.0181 |
|  | -0.0129 | 1.6107 | 0.0277 | -0.0113 |
|  | -0.0432 | 1.6226 | 0.9681 | -0.0098 |
|  | -0.4060 | 0.5836 | -0.0223 | 0.7038 |
| 2 |  | 0.1340 | 0.0271 | -0.0722 | -0.0043 |
|  | -0.0701 | -0.1742 | -0.0398 | -0.0071 |
|  | -0.1576 | -1.2570 | -0.0985 | -0.0093 |
|  | -0.1622 | 0.2838 | 0.1192 | 0.1928 |
| 3 |  | 0.1954 | -0.3870 | 0.0742 | -0.0031 |
|  | -0.0086 | -0.3117 | 0.0080 | -0.0046 |
|  | 0.0797 | -0.2008 | 0.01209 | -0.01584 |
|  | 1.8541 | -1.6608 | -0.1455 | -0.0179 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 滞后阶数 | 变量 |  |  |  |  |
| 一阶差分 | 1 |  | -0.3492 | 1.1333 | 0.0219 | -0.0034 |
|  | 0.4775 | 0.4049 | 0.0316 | 0.0032 |
|  | 0.8420 | 1.9761 | 0.0107 | 0.0033 |
|  | -1.0850 | 4.7310 | 0.1266 | -0.2248 |
| 2 |  | -0.1953 | 0.7073 | -0.0965 | -0.0116 |
|  | 0.0063 | 0.2185 | -0.0002 | 0.0010 |
|  | -0.0570 | 0.0722 | -0.017 | -0.0009 |
|  | -1.6279 | 3.6002 | 0.1301 | -0.0188 |

## 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。本研究中三个非平稳变量存在协整关系，故采用一阶差分后的变量进行格兰杰因果检验探究IFDI、OFDI、经济增长和碳排放四个变量之间的因果关系，检验结果如表 。由此可得：碳排放和IFDI和OFDI是经济增长的格兰杰原因，经济增长是碳排放的格兰杰原因。

表 格兰杰因果检验结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 被解释变量 | 被排除变量 |  | p值 | 结论 |
|  |  | 3.1683 | 0.2050 | 接受原假设 |
|  | 1.1479 | 0.5630 | 接受原假设 |
|  | 2.3681 | 0.3060 | 接受原假设 |
|  | 9.4932 | 0.1480 | 接受原假设 |
|  |  | 3.8778 | 0.1440 | 接受原假设 |
|  | 3.4935 | 0.1740 | 接受原假设 |
|  | 5.8072 | 0.0550 | 接受原假设 |
|  | 22.8830 | 0.0010 | 拒绝原假设 |
|  |  | 3.4301 | 0.1800 | 接受原假设 |
|  | 3.9333 | 0.1400 | 接受原假设 |
|  | 2.1237 | 0.3460 | 接受原假设 |
|  | 17.1980 | 0.0090 | 拒绝原假设 |
|  |  | 0.3036 | 0.8590 | 接受原假设 |
|  | 4.9185 | 0.0850 | 接受原假设 |
|  | 3.5114 | 0.1730 | 接受原假设 |
|  | 10.4470 | 0.1070 | 接受原假设 |
|  |  | 6.8083 | 0.0090 | 拒绝原假设 |
|  | 0.0558 | 0.8130 | 接受原假设 |
|  | 0.0176 | 0.8940 | 接受原假设 |
|  | 12.2840 | 0.0060 | 拒绝原假设 |
|  |  | 3.7143 | 0.5400 | 接受原假设 |
|  | 2.5574 | 0.1100 | 接受原假设 |
|  | 1.4019 | 0.2360 | 接受原假设 |
|  | 7.4457 | 0.0590 | 接受原假设 |
|  |  | 0.8496 | 0.3570 | 接受原假设 |
|  | 24.1170 | 0.0000 | 拒绝原假设 |
|  | 0.3492 | 0.5550 | 接受原假设 |
|  | 35.0260 | 0.0000 | 拒绝原假设 |
|  |  | 0.1473 | 0.7010 | 接受原假设 |
|  | 4.7616 | 0.4910 | 接受原假设 |
|  | 0.4737 | 0.0290 | 拒绝原假设 |
|  | 7.3978 | 0.0600 | 接受原假设 |

## 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，本研究采用以？为基础的脉冲响应函数对IFDI、OFDI、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，结果如图所示。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。



## 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收到影响及影响程度。由于篇幅限制，本研究仅分别展示出原始序列和一阶差分后的变量板在10、20和10各预测值的方差分解，结果如表所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *S* | 变量 |  |  |  |  |
| 10 |  | 0.899 | 0.057 | 0.026 | 0.019 |
|  | 0.220 | 0.701 | 0.016 | 0.064 |
|  | 0.007 | 0.101 | 0.890 | 0.002 |
|  | 0.074 | 0.031 | 0.017 | 0.878 |
| 20 |  | 0.823 | 0.058 | 0.086 | 0.034 |
|  | 0.308 | 0.579 | 0.064 | 0.048 |
|  | 0.019 | 0.098 | 0.881 | 0.002 |
|  | 0.153 | 0.030 | 0.018 | 0.799 |
| 30 |  | 0.805 | 0.057 | 0.103 | 0.035 |
|  | 0.304 | 0.551 | 0.095 | 0.050 |
|  | 0.026 | 0.097 | 0.875 | 0.002 |
|  | 0.158 | 0.030 | 0.024 | 0.788 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *S* | 变量 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 20 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 30 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

# 结论与政策建议

# 参考文献





# 附录



