

An Empirical Study on the Relationship between Economic Growth, Industrial Structure and Environmental Pollution Based on VAR Model

—Take Yunnan Province as an Example

Zhenpeng Wang

Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Email: 18627792623@163.com

Received: Jul. 18th, 2018; accepted: Aug. 2nd, 2018; published: Aug. 13th, 2018

Abstract

This paper selects various indicators of Yunnan province's per capita GDP, the proportion of tertiary industry in GDP and the assessment of environmental pollution degree from 1997 to 2016, and constructs VAR models related to economic growth, industrial structure and environmental pollution. Conclusion: 1) There is a co-integration relationship between economic growth, industrial structure and various indicators measuring the degree of environmental pollution. 2) Whether the Kuznets curve of "inverted u-shaped" environment is established depends on the difference between the data of the selected area and the selected environmental pollution indicators. 3) Economic growth plays a dominant role in the fluctuation of environmental pollution measurement indicators. 4) Existing environmental pollution problem households in Yunnan province restrain economic growth, and the environmental problem caused by economic growth is mainly the emission of industrial waste gas.

Keywords

The VAR Model, Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Industrial Structure, Environmental Pollution

基于VAR模型经济增长、产业结构与环境污染关系的实证研究

—以云南省为例

王振鹏

云南财经大学, 云南 昆明
Email: 18627792623@163.com

收稿日期: 2018年7月18日; 录用日期: 2018年8月2日; 发布日期: 2018年8月13日

摘要

本文选取1997~2016年云南省人均GDP、第三产业占GDP比重和衡量环境污染程度的各项指标, 构建有关经济增长、产业结构、环境污染的VAR模型。结论表明: 1) 经济增长、产业结构与度量环境污染的程度的各项指标存在协整关系。2) “倒U型”环境的库兹涅茨曲线是否成立依赖于所选地区的数据和所选取的环境污染指标的不同。3) 经济增长在环境污染度量指标的波动中占主体地位。4) 云南省现有的环境污染问题会抑制经济的增长, 且伴随经济增长所产生的环境问题主要是工业废气的排放。

关键词

VAR模型, 环境库兹涅茨曲线, 经济增长, 产业结构, 环境污染

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

最近, 中国经济的可持续增长备受世人瞩目。环境资源具有不可替代性, 众多研究表明, 中国在经济高速增长的同时付出了沉重的环境代价, 此外经济的高速增长会影响环境变化。产业结构决定了区域内经济增长的质量, 同时也是节能减排的主要抓手, 通过调整产业结构, 可以改变经济发展方式, 实现提质增效。在未来的经济发展中, 如何处理经济增长、产业结构、环境污染三者之间的内在关联, 就成为了一个比较急迫而实际的问题。在这种过程中, 找到某种平衡路径的前提条件是要对经济增长、产业结构和环境污染的关系进行深入而具体的研究。从当前学者有关研究来看, 国内对于这一方面的研究有待提升。从20世纪90年代中期开始, 云南省进入经济发展快速发展时期, 随着GDP的增加, 环境污染、资源大量消耗、生态系统的退化等问题使得云南省经济发展与环境之间关系越来越尖锐。高消耗、高排放、低产出、低收入现状并未得到实质性的改变, 云南省为经济发展所付出的代价依然很高。云南省在产业结构和环境污染方面比较具有代表性。故本文基于对云南省1997~2016年的云南省经济增长、产业结构和环境污染构建VAR模型。通过研究云南省经济增长、产业结构以及环境污染之间动态关系, 寻找地方经济增长、产业结构和环境污染之间的关系, 为云南省政府提供一些关于发展可持续经济的政策建议。

2. 文献综述

美国经济学家Grossman (1991)等在研究中首次指出, 人均GDP与环境污染排放指标(SO₂和烟尘的排放量)之间存在着“倒U型”曲线的关系[1]。Grossman和Kreuger (1995)对多个国家环境污染排放物的研究表明: 多数国家的人均国民收入和环境污染的变动之间呈“倒U型”曲线关系, 结论表明: 人均国

民收入位于 4000~5000 美元时, 对于环境的污染最大。这样刻画的经济增长和环境污染与之间的关系和 Kuznets 所提出的收入不均和经济增长之间的关系相似, 所以将其称作“环境的库兹涅茨曲线 (Environmental Kuznets Curve, 简称 EKC)” [2]。众多学者对是否存在 EKC 曲线展开了大量的研究, 例如 Selden and Song [3]和 Galeottia and Lanza [4]等认为 EKC 曲线存在。Egli 在 2002 年对德国的环境数据进行了分析, 否认了 EKC 曲线的存在[5]。

国内学者对于经济增长、产业结构和环境污染之间关系的研究可作以下分类: 1) 关于经济增长和环境污染间关系的研究。马树才(2006)等在对国内的环境数据进行了实证分析, 得出的结论否认了“倒 U 型”的环境库兹涅茨曲线的存在[6]。张晓(1999)根据 1985~1995 年的中国数据, 建立了时间序列, 经分析我国的人均 GDP 与环境污染水平(废气排放量和 SO₂ 排放量)之间呈比较不明显的“倒 U 型”弱环境库兹涅茨曲线特征[7]。郑长德和刘帅利用空间计量的方法系统分析了各省份在空间上的环境污染问题, 发现环境污染较大的省份也是经济发达地区, 认为在短时期实现环境治理难度较大[8]。包群等(2005)对 1996~2002 年中国面板数据进行考察, 认为估计方法以及污染指标的选取是影响倒 U 型曲线的重要因素[9]。盖美等利用弹性分析法和 SFA、Tobit 回归研究了辽宁沿海经济带环境问题与经济增长之间的关系[10]。2) 关于产业结构与环境污染之间的研究。徐成龙等用 LMDI 方法, 论证了山东省 1994~2010 年产业结构变化对环境产生的影响[11]。仲伟周等通过横纵两个维度研究我国产业结构与环境之间的关系[12]。3) 关于经济增长、产业结构和环境污染之间的研究。于峰、齐建国等(2006)在 Stern (2002)模型的基础上, 通过研究我国 28 个省(市、区) 1999~2004 年的 SO₂ 排放量及其表征, 发现环境污染与产业结构和能源结构变动、经济规模扩大正相关, 与环保技术创新、生产率提高负相关, 并估算了各自对环境的贡献率[12]。黄少博通过双重差分模型研究了省际之间环境污染对经济增长和产业结构的影响[13]。

国内学者对经济增长、产业结构和环境污染关系的研究主要有两种路径: 首先对其方法的研究; 其次是划分区域深入研究。从方法的研究方面来看, 绝大多数的计量模型采用最小二乘法即 OLS 方法进行估计, 解释变量间可能会存在多重共线性的问题, 会带来参数显著性水平不可信的困境。从区域化的研究方面来看, 学者们大多做的跨国分析以及地域分析, 缺乏从某个省份这种角度对中国经济增长, 产业结构和环境污染之间的具体而全面研究分析。但是, 由于不同的国家有关区域经济发展和环境质量和模式不尽相同。所以, 能否得出“倒 U 型”的库兹涅茨曲线取决于地区的数据和评价环境污染所选取的指标。本文基于对云南省 1997~2016 年的云南省经济增长、产业结构和环境污染的 VAR 模型, 通过研究云南省经济增长、产业结构以及环境污染之间动态关系, 寻找地方经济增长、产业结构和环境污染损失之间的关系, 为云南省政府对于发展可持续经济提供一些可行性的政策建议。

3. 云南省经济增长、产业结构和环境污染的现状分析

云南省地处我国西南的边陲, 自然环境优美, 近二十年以来经济稳步发展。2016 年全省完成生产总值 14,869.95 亿元, 同比增长 8.7%。人均 GDP 由 1997 年的 4121 元, 经过近 20 年的稳步增长, 截止到 2016 年增加为 30,949 元(如图 1)。从产业结构上看(如图 2), 从 1997~2016 年, 第一产业比重逐年呈下降趋势, 第二产业占 GDP 比重在 1997~2010 年较为稳定, 位于 40%左右, 至 2010 以后成下降趋势。第三产业占 GDP 比重呈现上升趋势。云南省至 2013 年前产业结构的分布与国家一样, 三次产业呈“二、三、一”结构分布。从图 2 中可知至 2013 年后的云南省产业结构三次产业结构由“二、三、一”到“三、二、一”产业结构转型升级初步完成, 即以旅游业为代表的第三产业在产业结构中起主导作用。云南省 2016 年第一产业总值为 2195.04 亿元, 较 2015 年增长 5.6%, 占云南省 GDP 比例为 14.8%; 第二产业总值为 5799.34 亿元, 较 2015 年增长 8.9%, 占云南省 GDP 的比例为 39.0%; 第三产业总值为 6875.57 亿元, 较 2015 年增长 9.5%占云南省 GDP 的比例为 39.0%。2016 年云南三次产业结构比例依次为 14.8:39.0:46.2,

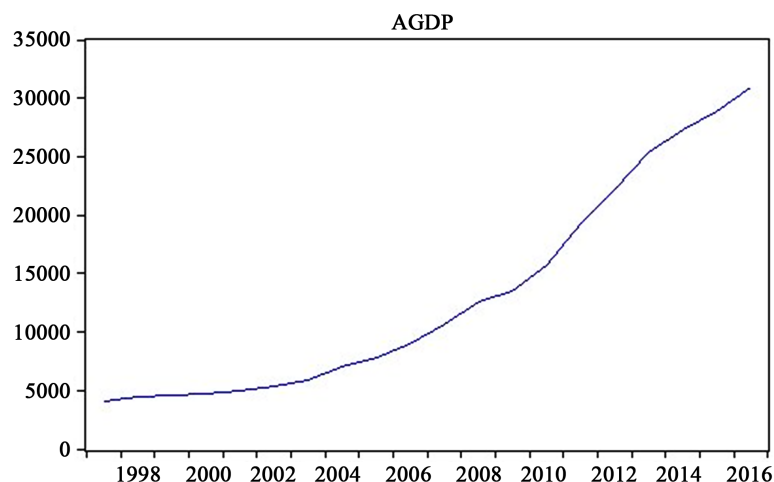
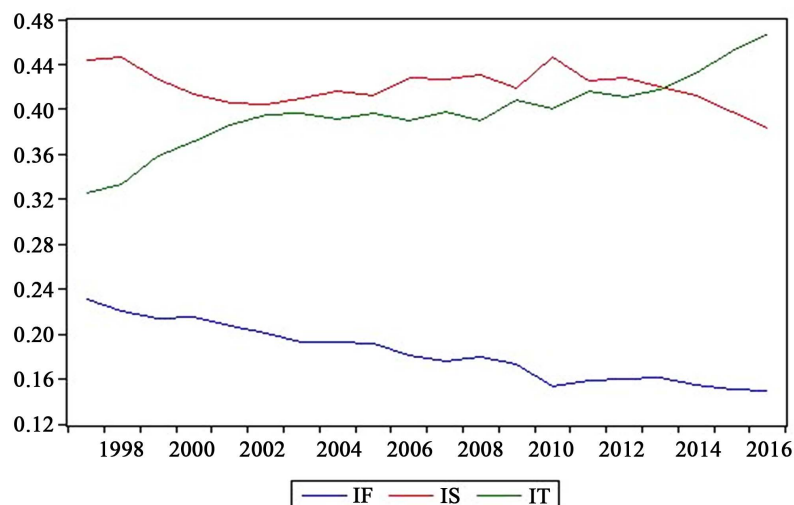


Figure 1. Yunnan province per capita GDP timing chart

图1. 云南省人均GDP时序图



注：IF表示第一产业占比、IS表示第二产业占比、IT表示第三产业占比

Figure 2. Yunnan province industrial structure trend chart

图2. 云南省产业结构趋势图

相较于 2015 年的 15.1:39.8:45.1 有所优化, 第三产业占 GDP 比重同比增长 1.1%。总的来说云南省从 2013 年开始, 从以第二产业为主导到第三产业为主导的产业结构转型初步形成。

云南省的经济快速增长的同时环境污染问题应当引起重视。1997 年工业固体废物的排放量是 433.4 万吨, 2016 年减少为 1.52 万吨(如图 3)。较之 1997 减小了 285 倍。从工业废物结构上看, 工业二氧化硫排放量(如图 4)由 1997 年的 41.1 万吨增加到 2016 年的 52.62 万吨, 2016 年是 1997 年的 1.28 倍, 其中 2010~2012 年为增长最为迅速的时间段, 增幅达 15.9%, 但在从 2012 年后成下降趋势。

4. 模型方法及数据处理

(一) VAR 模型

VAR 模型即向量自回归模型, 在 1980 年由 Sims 第一次提出。VAR 模型的特点是用将所有当期变量作为因变量, 所有变量的若干滞后作为解释变量进行回归。VAR 的模型主要用于预测随机干扰项对于

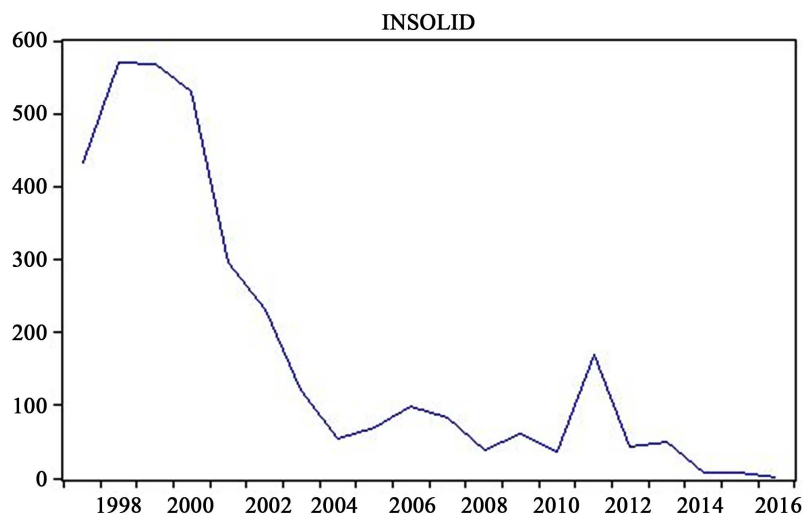


Figure 3. Trend chart of total industrial solid waste emission in Yunnan province
图 3. 云南省工业固体废物排放总量趋势图

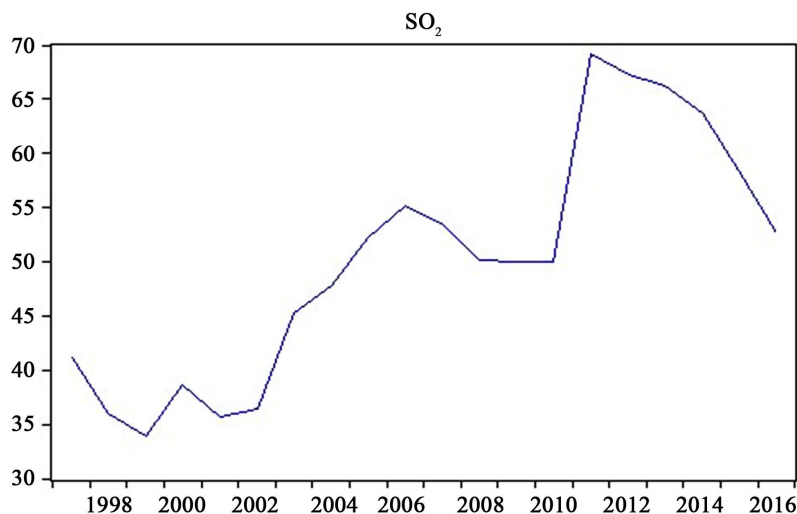


Figure 4. Sulfur dioxide emission trend chart of Yunnan province
图 4. 云南省二氧化硫排放量趋势图

所研究变量的动态冲击，冲击大小、正负和持续时间和将 VAR 模型中制定变量的方差分解到每个干扰项上，提供每个干扰项所引起的 VAR 模型所引起的系统内各个变量的相对程度[14]。

VAR 定义式为 $Y_t = (y_{1t} \ y_{2t} \ \dots \ y_{Nt})^T$ 是 $N \times 1$ 阶时间序应变变量列向量，则 p 阶 VAR 模型(记为 VAR(p)):

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \Pi_i Y_{t-i} + \mu_t = \Pi_1 Y_{t-1} + \Pi_2 Y_{t-2} + \dots + \Pi_p Y_{t-p} + \mu_t \quad (1.1)$$

$$\mu_t \sim IID(0, \Omega)$$

式中， $\Pi_i (i=1,2,\dots,p)$ 是第 i 个待估参数的 $N \times N$ 阶矩阵

$$\mu_t = (\mu_{1t} \ \mu_{2t} \ \mu_{3t} \ \dots \ \mu_{Nt})^T$$

μ_t 可以同期相关，但通常不与自己的滞后值相关，也不与等式右边的变量相关； Ω 为 $N \times N$ 阶方差协方差矩阵；

P 为滞后阶数。

由(1.1)式可知, VAR(p)模型是以 N 个第 t 期变量 $y_{1t}, y_{2t}, y_{3t}, \dots, y_{Nt}$ 为应变量, 以 N 个应变量 $y_{1t}, y_{2t}, y_{3t}, \dots, y_{Nt}$ 的最大 p 阶滞后变量为解释变量的方程组模型, 方程组模型中共有 N 个方程。显然, VAR 模型是单变量 AR 模型推广到多变量组成的“向量”自回归模型。

对于两个变量($N=2$), $Y_t = (y_t, x_t)^T$ 时, VAR(2)模型为:

$$Y_t = \sum_{i=1}^2 \Pi_i Y_{t-i} + \mu_t = \Pi_1 Y_{t-1} + \Pi_2 Y_{t-2} + \mu_t$$

用矩阵表示为:

$$\begin{pmatrix} y_t \\ x_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \pi_{111} & \pi_{112} \\ \pi_{121} & \pi_{122} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{t-1} \\ x_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \pi_{211} & \pi_{212} \\ \pi_{221} & \pi_{222} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{t-2} \\ x_{t-2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mu_{1t} \\ \mu_{2t} \end{pmatrix}$$

待估参数个数为 $2 \times 2 \times 2 = PN^2$ 。

用线性方程组表示 VAR(2)模型:

$$\begin{cases} y_t = \pi_{111}y_{t-1} + \pi_{112}x_{t-1} + \pi_{211}y_{t-2} + \pi_{212}x_{t-2} + \mu_{1t} \\ x_t = \pi_{121}y_{t-1} + \pi_{122}x_{t-1} + \pi_{221}y_{t-2} + \pi_{222}x_{t-2} + \mu_{2t} \end{cases}$$

(二) 滞后阶数选择

VAR 模型中最佳滞后阶数即 p 值越小, 残差有可能存在自相关的问题, 所带来的后果是参数估计不具有一致性。增加 p 值可消除残差中自相关问题。然而 p 值不能太大, p 值太大, 待估参数变多, 所带来的不利影响是自由度严重降低, 直接影响参数估计的有效性。在这里介绍常用的两种选择 p 值的方法[14]。

1) 用 SC 和 AIC 准则确定最佳滞后期数, 即 p 值。 P 值的选取方法为, 在 p 值增大过程中同时使 AIC 和 SC 的值最小。

2) 用 LR(似然比统计量)选择最佳的 p 值, 其中 $LR = -2[\ln(p) - \ln(p+i)] \sim \chi^2_\alpha(f)$ 。

其中, $\ln(p)$ 和 $\ln(p+i)$ 分别为 VAR(p) 和 VAR($p+i$) 的对数形式的最大似然值, f 表示自由度。

(三) 指标和数据的选取

本文选取的是 1997~2016 年有关经济增长、产业结构、环境污染的时间序列数据。具体而言, 经济增长数据采用云南省的人均 GDP, 产业结构数据采用第三产业占 GDP 比重, 环境污染方面采用工业废水排放量、二氧化硫排放量。其中将所有数据对数化处理(见表 1), 以便消除可能存在的异方差性进而获得平稳的时间序列。本文的所有数据均取自《云南省 2017 年统计年鉴》。

5. 实证分析

首先对各时间序列进行单位根检验, 避免因非平稳数据造成的伪回归; 然后进行 Granger 因果检验; 在确定最佳滞后阶数, 建立 VAR 模型; 最后依次进行 VAR 平稳性检验, 协整检验、脉冲响应分析和方差分解分析。

Table 1. Variable definitions

表1. 变量定义

变量名	变量意义	变量名	变量意义	变量名	变量意义
agdp	人均GDP	lnagdp	对数化后人均GDP	dlnagdp	一阶差分后的lnagdp
it	第三产业占GDP比重	lnit	对数化后第三产业占GDP比重	dlnit	一阶差分后的lnit
SO ₂	二氧化硫排放量	lnSO ₂	对数化后二氧化硫排放量	dlnSO ₂	一阶差分后的lnSO ₂
inwater	工业废水排放量	lninwater	对数化后工业废水排放量	dlninwater	一阶差分后的lninwater

(一) 单位根检验

时间序列的平稳性检验有多种方法,包括 DF 检验、ADF 单位根检验、PP 单位根检验等。本文选择常用的 PP 单位根检验,滞后阶数根据 SIC、SC 准则确定。由表 2 可知,在 5%的显著性水平下,lnagdp、lnit、lnSO₂、lninwater、lninsolid 不平稳;一阶差分后,四类时间序列数据拒绝有单位根的原假设表现为平稳,即 lnagdp、lnit、lninsolid、lninwater 均是一阶单整。

(二) 确定最佳滞后阶数

滞后阶数确定及 VAR 模型建立。除了各时间序列数据需要满足一定的平稳性条件外,最优滞后阶数的确定亦是 VAR 模型构建的重要组成部分。根据 Eviews 8.0 软件提供的滞后阶数判定标准得到相关结果。由表 3 可知, AIC 和 SC 选择不同的滞后阶数,则检验 LR 统计量如下:

$$LR = -2[\ln(p) - \ln(p+i)]$$

$$= -2 \times [139.207 - 160.4601] = 42.5062 > \chi_{0.05}^2(16) = 26.296$$

故拒绝原假设选择 VAR(2)。

此时 VAR(2)模型能够反映云南省经济增长、产业结构、环境污染之间的关系,表达式如下:

$$\begin{bmatrix} \lnagdp_t \\ \lnit_t \\ \lninwater_t \\ \lnso_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.0548 \\ -1.1488 \\ 1.6183 \\ 2.1058 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1.001 & -0.091 & -2.045 & 0.268 \\ -0.096 & 0.042 & 0.082 & -0.150 \\ 0.102 & -2.633 & 0.543 & -0.053 \\ 1.339 & -1.371 & -0.241 & 0.489 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lnagdp_{t-1} \\ \lnit_{t-1} \\ \lninwater_{t-1} \\ \lnso_{2t-1} \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 0.086 & 0.306 & -0.072 & -0.110 \\ 0.128 & 0.574 & 0.012 & -0.012 \\ 0.456 & 2.029 & 0.052 & -0.733 \\ -1.075 & 1.284 & 0.236 & -0.551 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lnagdp_{t-2} \\ \lnit_{t-2} \\ \lninwater_{t-2} \\ \lnso_{2t-2} \end{bmatrix}$$

(三) VAR 平稳性检验

再确定了最佳滞后阶数后还应进行 VAR 平稳性检验避免后面脉冲响应分析和方差分解分析没有意义。判断标准为 VAR 方程的特征根在单位圆内部检验结果如表 4 和图 5 所示。

(四) Johansen 协整检验

由 PP 检验可知,lnagdp、lnit、lninwater、lnSO₂ 都是 1 阶单整,是变量具有协整关系的前提,下面将根据 Johansen 协整检验判断经济增长、产业结构和度量环境污染的指标之间的协整关系如表 5 所示。

Table 2. Unit root test

表2. 单位根检验

序列	检验模式(c, t, k)	PP统计量	5%显著水平临界值	10%显著性水平临界值	是否平稳
lnagdp	(c, 0, 0)	0.6276	-3.0299	-2.6552	非平稳
lnit	(c, t, 0)	-1.3525	-3.0299	-2.6552	非平稳
lnSO ₂	(c, 0, 0)	-1.1838	-3.0299	-2.6552	非平稳
lninwater	(c, t, 0)	-2.3980	-3.6736	-3.2773	非平稳
dlnagdp	(c, t, 0)	-5.3560	-3.0521	-2.6665	平稳
dlnit	(c, 0, 0)	-4.1581	-3.0403	-2.6606	平稳
dlnSO ₂	(0, 0, 0)	-3.8316	-1.9614	-1.6066	平稳
dlninwater	(c, t, 0)	-6.2830	-3.9608	-3.2869	平稳

注: 检验模式(c, t, k)中, c 代表截距项; t 代表趋势项; k 代表滞后项; 0 代表没有该项。

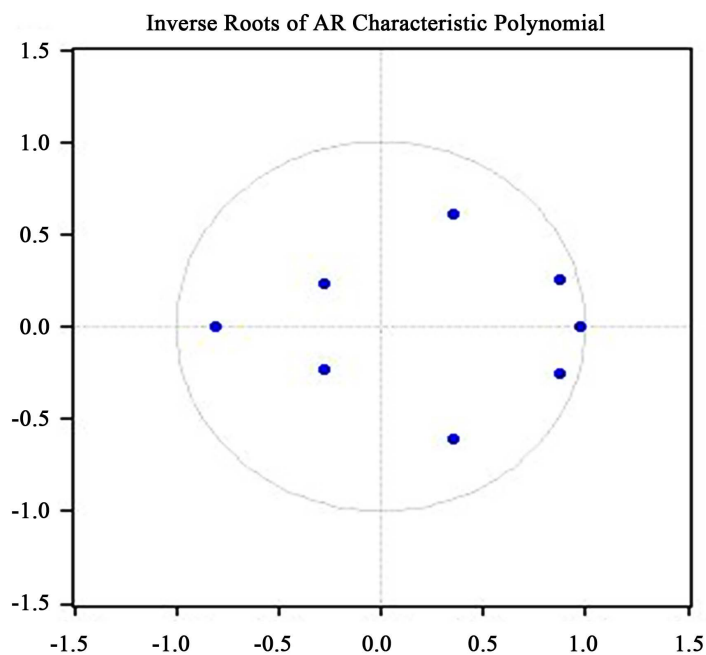


Figure 5. Characteristic root profile

图 5. 特征根分布图

Table 3. Delayed order decision results

表 3. 滞后阶数判定结果

滞后阶数	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	48.27461	NA	8.59e-08	-4.919401	-4.721541	-4.892119
1	139.2070	131.3468*	2.21e-11	-13.24523	-12.25592*	-13.10881
2	160.4601	21.25309	1.72e-11*	-13.82890*	-12.04816	-13.58336*

注：*表示判定结果。

Table 4. Characteristic root distribution table

表 4. 特征根分布表

Root	Modulus
0.968868	0.968868
0.878187 - 0.257403i	0.915133
0.878187 + 0.257403i	0.915133
-0.809709	0.809709
0.351620 - 0.607277i	0.701728
0.351620 + 0.607277i	0.701728
-0.272130 - 0.233020i	0.358264
-0.272130 + 0.233020i	0.358264

No root lies outside the unit circle. VAR satisfies the stability condition.

Table 5. Co-integration test results of $\ln\text{agdp}$, $\ln\text{it}$, $\ln\text{inwater}$ and $\ln\text{SO}_2$
表5. $\ln\text{agdp}$ 、 $\ln\text{it}$ 、 $\ln\text{inwater}$ 、 $\ln\text{SO}_2$ 协整检验结果

Hypothesized		Trace	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.998475	193.4864	47.85613	0.0000
At most 1 *	0.969865	83.22893	29.79707	0.0000
At most 2 *	0.541835	23.69403	15.49471	0.0023
At most 3 *	0.458408	10.42510	3.841466	0.0012

注：*表示在 5%显著性水平下拒绝原假设。

由表 5 协整检验结果可知至少存在三个协整向量说明 $\ln\text{agdp}$ 、 $\ln\text{it}$ 、 $\ln\text{inwater}$ 、 $\ln\text{SO}_2$ 存在协整关系。

(五) Granger 因果检验

Johansen 协整检验显示 $\ln\text{agdp}$ 、 $\ln\text{it}$ 、 $\ln\text{inwater}$ 、 $\ln\text{SO}_2$ 存在协整关系，然而这 4 个变量之间是否存在相互关系却不得而知，所以要对以上四个时间序列进行 Granger 因果检验，结果如表 6 所示。

由表 6 可知在 5%的显著性水平下人均 GDP 是产业结构、环境污染的格兰杰原因，反之则不然。将显著性水平放宽到 10%可知产业结构和环境污染存在单向的格兰杰因果关系即环境污染是产业结构的格兰杰原因，但是产业结构不是环境污染的格兰杰原因。

(六) 基于 VAR 模型的响应脉冲分析

由 VAR 平稳性检验可知特征根在单位圆内故 VAR(2)是平稳的，由此可知所构建的 VAR 模型是有效的。所以可在 VAR 模型估计的基础上，使用脉冲响应分析人均 GDP 和环境污染的各项指标之间的冲击响应，刻画每个变量之间动态的变化关系。所得到脉冲响应图，如图 6~图 8 所示，其中，横轴为滞后阶数；纵轴为施加冲击后变量变化率；蓝色的曲线表示脉冲响应函数，表示受其他变量随机干扰项一个标准差的冲击后所研究变量在现在和未来之间持续的变化率。两边的红色虚线为 ± 2 倍标准差偏离带。本文选取的脉冲响应模型滞后期数为 20 期。

如图 6 所示，在当期给产业结构一个标准差的冲击后，会对云南省经济增长产生负面效应，并在第 6 年达到最小值，随后第 7 年到第 17 年递增，从第 18 年开始递减直至第 20 年趋近于 0。初期，云南省的产业结构主要是以第二产业为主，但慢慢地随着以旅游为主导的第三产业的兴起，云南省的经济呈现一定程度的繁荣。因此产业结构迫切需要新一轮产业结构调整。给工业废水排放一个冲击后，经济增长受到了负向的影响，在第 5 年达到最小值后开始递增，到第 20 年趋于零，这与工业废水排放量的“倒 U 型”的环境库兹涅茨曲线不符。生产规模增加会产生更多的工业废水，从治理的角度的来看处理废水的代价要高于经济增长的速度，但随着时间的推移这种负反馈会越来越小，大量的废弃物的排放会给经济增长带来负面影响。给 SO_2 排放量一个冲击后，经济增长受到了正向影响，在第 8 年达到最大值后开始下降，到第 20 年趋近于 0。这种显现先上升后下降的变化趋势表明了云南省的经济增长与环境污染呈现一定“倒 U 型”的环境库兹涅茨曲线，总的来说“倒 U 型”环境的库兹涅茨曲线是否成立依赖于所选地区的数据和所选取的环境污染指标的不同。云南省旅游业的兴起带来相应的工业生产规模增加会产生更多的 SO_2 的排放，从而在短期内提高经济产出，由于超过规模效应最佳值，大量的 SO_2 排放会给经济增长带来负面影响。此阶段若加大环境治理力度，倡导绿色旅游，则可将不利影响转化成促进经济增长的积极因素。

从图 7 可知，给经济增长一个冲击后，初期会对云南省的产业结构产生不利的影 响，但随着时间的变化这种不利的影 响逐渐降低，到第 12 年人均 GDP 的增长达到最大，随后至第 20 年降至 0 附近。即从

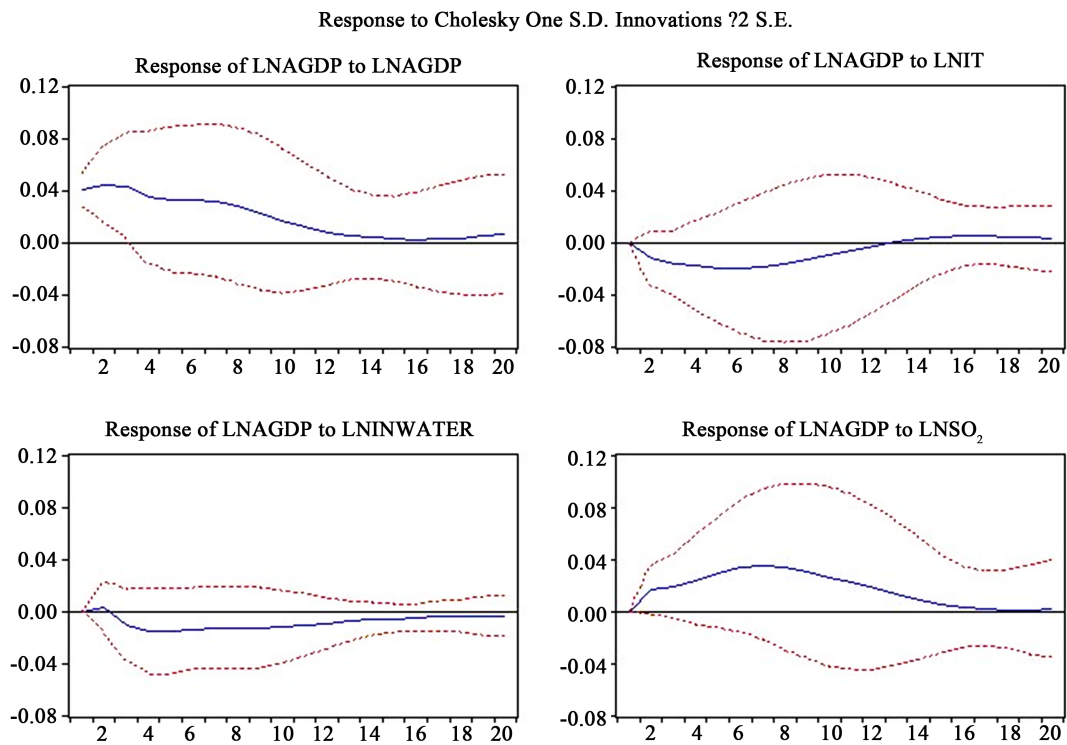


Figure 6. Lnagdp impulse response analysis of lnagdp, lnit, lninwater and lnso₂
图6. lnagdp对lnagdp、lnit、lninwater和lnso₂的脉冲响应分析

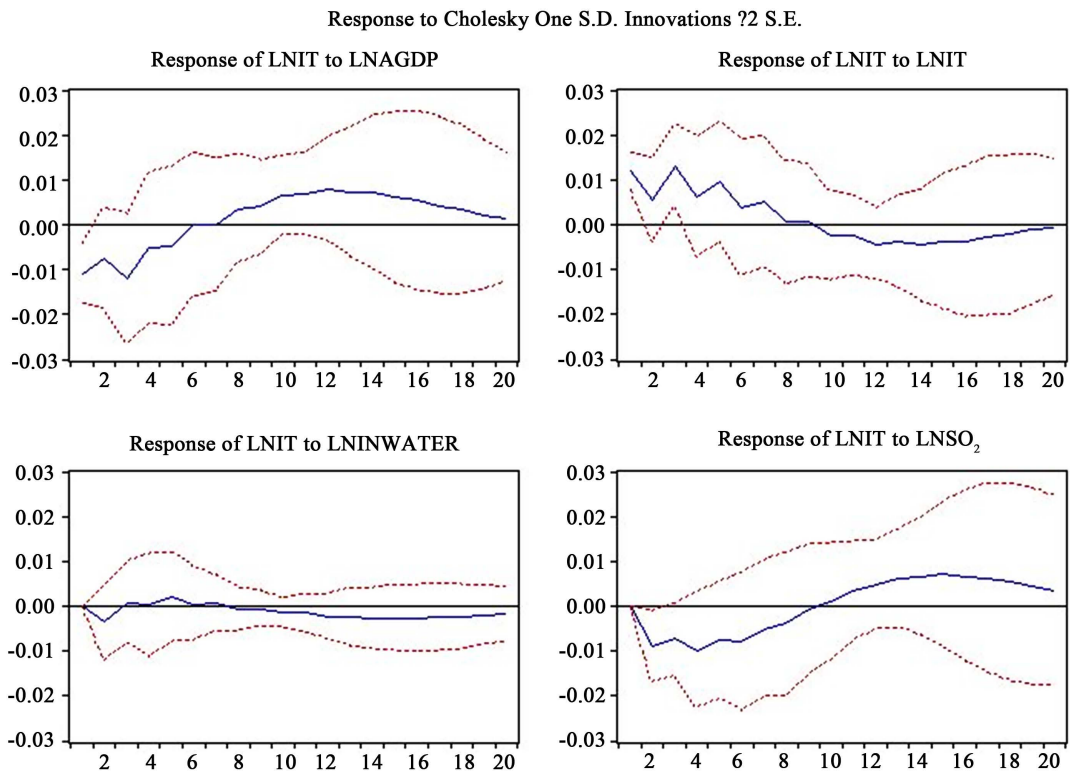


Figure 7. lnit impulse response analysis of lnagdp, lnit, lninwater and lnso₂
图7. lnit对lnagdp、lnit、lninwater和lnso₂的脉冲响应分析

Response to Cholesky One S.D. Innovations ?2 S.E.

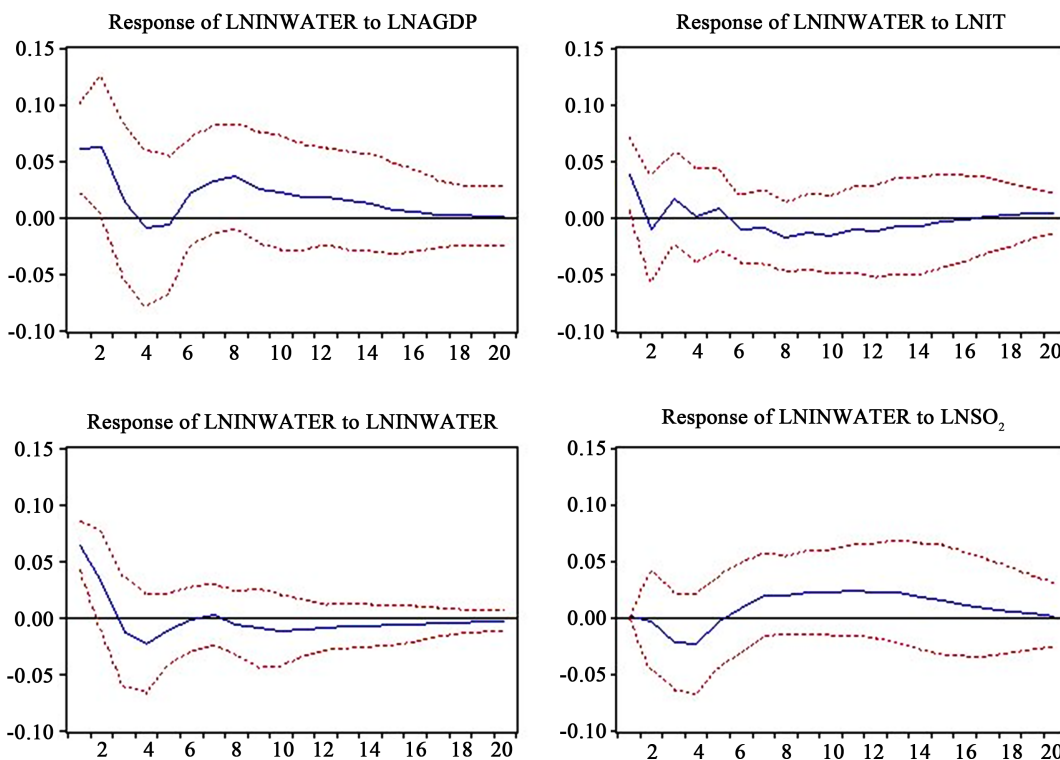


Figure 8. Pulse response analysis of lninwater to lnagdp, lnit, lninwater and lnso₂
 图 8. lninwater 对 lnagdp、lnit、lninwater 和 lnso₂ 的脉冲响应分析

Table 6. Granger causality test
 表 6. Granger 因果检验

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
LNIT does not Granger Cause LAGDP	18	1.97722	0.1779
LNAGDP does not Granger Cause LNIT		8.69296	0.0040
LNINWATER does not Granger Cause LAGDP	18	2.51209	0.1196
LNAGDP does not Granger Cause LNINWATER		3.56727	0.0582
LNSO ₂ does not Granger Cause LAGDP	18	0.90845	0.4273
LNAGDP does not Granger Cause LNSO ₂		2.68037	0.0040
LNINWATER does not Granger Cause LNIT	18	4.56971	0.0314
LNIT does not Granger Cause LNINWATER		1.32447	0.2996
LNSO ₂ does not Granger Cause LNIT	18	3.14999	0.0767
LNIT does not Granger Cause LNSO ₂		2.12615	0.1589
LNSO ₂ does not Granger Cause LNINWATER	18	0.27004	0.7675
LNINWATER does not Granger Cause LNSO ₂		0.41179	0.6708

长期来看，经济增长对产业结构会产生负向影响，但随着产业结构的转型，这种不利的情况得以缓解。本文用第三产业与生产总值的比重代表产业结构系数，从产业结构对经济增长冲击响应效果分析可知，经济增长对第三产业的依赖较强，但这种趋势也符合云南省实际发展情况。2013 年之前，第三产业比重

始终处于增长状况但低于第二产业的比重；2013年，以旅游业为代表的第三产业占GDP的比重赶超第二产业成为促进云南省经济增长的新动力；在2013年后由“二三一”到“三二一”产业结构升级已经初步形成，符合产业结构转型升级的规律。给工业废水排放量和SO₂排放量一个冲击后，产业结构受到微弱的负向影响，并在第5年达到峰值，之后在0附近波动，且SO₂排放量波动幅度大于工业废水排放的幅度。环境污染加剧在初期会引起第三产业规模的小幅度的下降随后第三产业呈正向增长，即会在短期内抑制第三产业占比，但在产业结构转型升级的大背景下，由于以旅游为特色的第三产业崛起，一定会挤占第二产业占比的上升趋势。

从图8和图9可知，给经济增长一个冲击后，负向影响工业废水排放量和SO₂排放量，到第4年达到最大，随后有一定上升趋势随后至第20年逐渐衰减到0。即初期工业废水排放量和SO₂排放量与经济增长有一定关联，随后关联越来越弱。同样，对产业结构施加一个冲击，工业废水排放量和SO₂排放量受到的影响几乎与横轴平行，即受到的影响十分微弱，此结果符合格兰杰因果检验中的结论。即产业结构往往具有很强的惰性，很难在短时间内发生太大的调整，因此它对工业废水排放量和SO₂排放量的冲击是长期延续的，且随着时间迁移这种影响会越来越弱。

(七) 基于VAR模型的方差分解分析

一般来说，与脉冲响应分析不同的是，方差分解分析可以将VAR模型系统内一个变量的方差分解到每个扰动项上，并提供每个扰动因素影响VAR模型内各个变量的相对程度[14]。将时间区间(1997~2016年)作为滞后期，在VAR(2)结果的基础上，分别对经济增长、产业结构和对度量环境污染的指标进行方差分解。

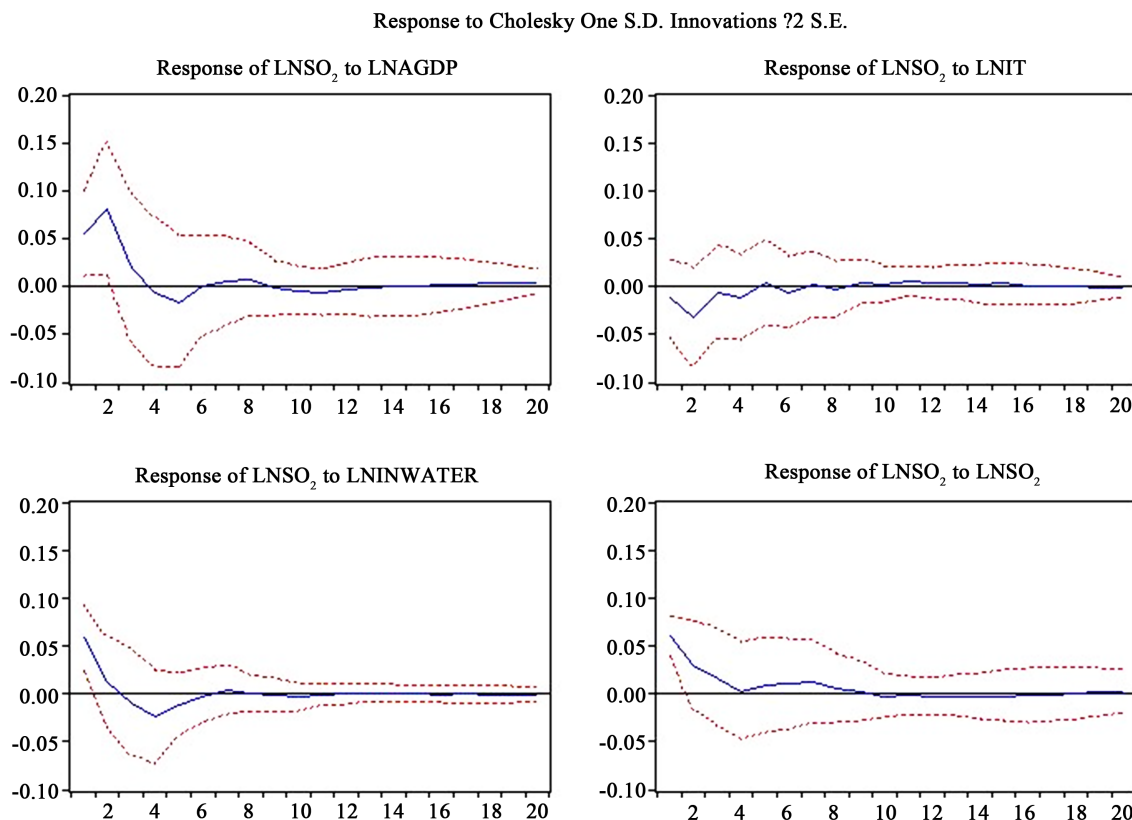


Figure 9. Pulse response analysis of $\ln SO_2$ to $\ln agdp$, $\ln it$, $\ln inwater$ and $\ln SO_2$

图9. $\ln SO_2$ 对 $\ln agdp$ 、 $\ln it$ 、 $\ln inwater$ 和 $\ln SO_2$ 的脉冲响应分析

由图 10 结合方差分析图可知, 经济增长由其自身解释的占比迅速下降, 由第 1 期的 100% 滑落至第 20 期的 50%, 从第 10 期开始, 下降速度放缓, 第 10 到第 20 期变化不明显。产业结构在 8 期之前对经济增长的解释呈现正向增长的趋势, 并在第 8 期达到峰值为 11.24%, 随后稍有回落随后逐渐趋于平缓, 对经济的增长解释维持在 10% 左右。经济增长由 SO₂ 排放量解释程度在第 11 期前保持上升趋势, 随后增长较为缓慢, 在第 25 期后, 成为经济增长波动最主要的解释部分。总体上看, 前 9 期经济增长自身解释占主体; 第 10 期至第 24 期, 则是产业结构; 经济增长由工业废水排放量解释占比排在最末。结合云南省实际的经济运行状况, 在 1997~2016 年, 云南省产业结构还处在“二三一”向“三二一”结构转型的阶段, 虽然第二产业对于云南省经济贡献较大, 但从 2013 年开始以旅游业为特色的第三产业在经济增长的作用超过了第二产业。在这样的大环境下, 云南省经济增长更多的依靠第三产业推动, 第三产业不景气, 则会影响云南省的经济发展。随着 2013 年之后的“三二一”产业结构转型升级, 第三产业的地位得到提升显著提高, 云南省经济发展将迎来新一轮的上涨。

由图 11 结合方差分析图可知, 在产业结构的波动中, 由本身的解释程度逐渐下降, 在第 20 期维持

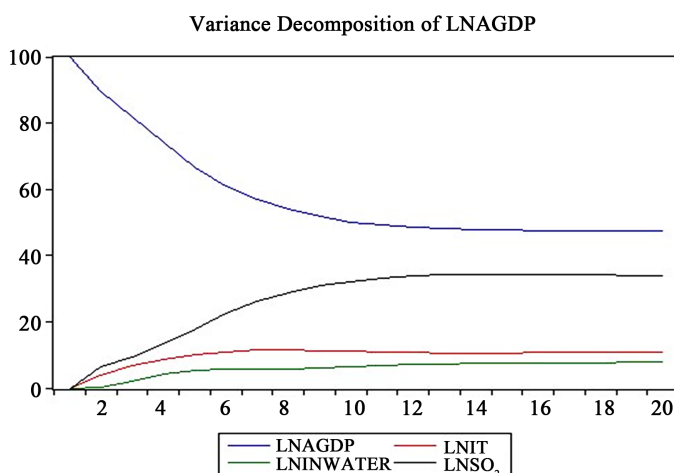


Figure 10. Analysis of variance of lnagdp
图 10. lnagdp 的方差分解分析

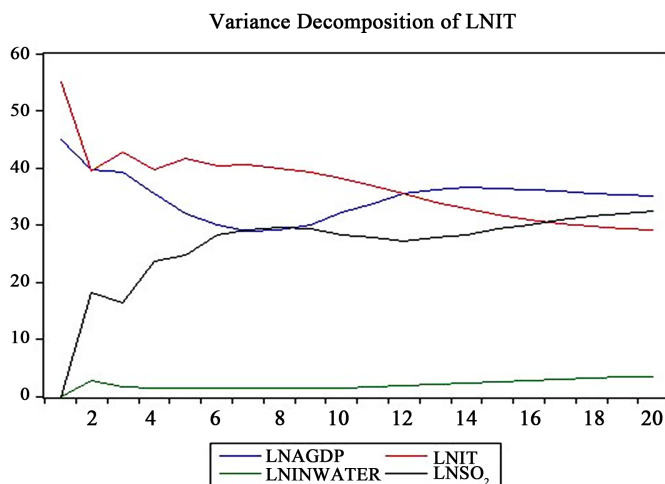


Figure 11. Variance decomposition of lnit
图 11. lnit 的方差分解分析

在 28%左右。经济增长的解释呈先下降,在上升再下降的波动的形式在第 20 期维持在 32.15%。SO₂ 的解释占比则不断攀升,最后稳定在 30%左右,说明在产业结构的波动中,SO₂ 的排放起到了主导地位,这也表明两者的格兰杰因果关系。工业废水的排放量的解释占比维持在 3%左右,说明工业废水在产业结构变动中作用不大。但是工业废气却对云南省产业结构转型有着较大的影响,推动着云南省经济加速从“二 三 一”到“三 二 一”产业结构的转型,经济增长对产业结构的变化只是作为长期的基础性的作用。

图 12 和图 13 可知,在工业污水的排放和 SO₂ 排放的波动中的波动中,其经济增长占据了主导地位,始终维持在 40%~50%之间,而产业结构的波动维持在 10%左右的水平。这是因为第二产业是所有行业环境污染源的主体,环境污染的指标对产业结构变化十分敏感。而第三产业对环境污染远不及第二产业,

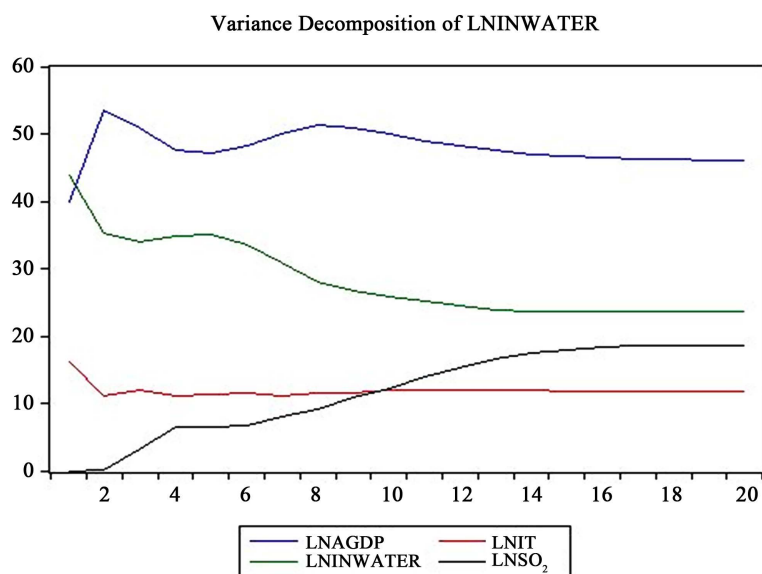


Figure 12. Variance decomposition of lninwater

图 12. lninwater 的方差分解分析

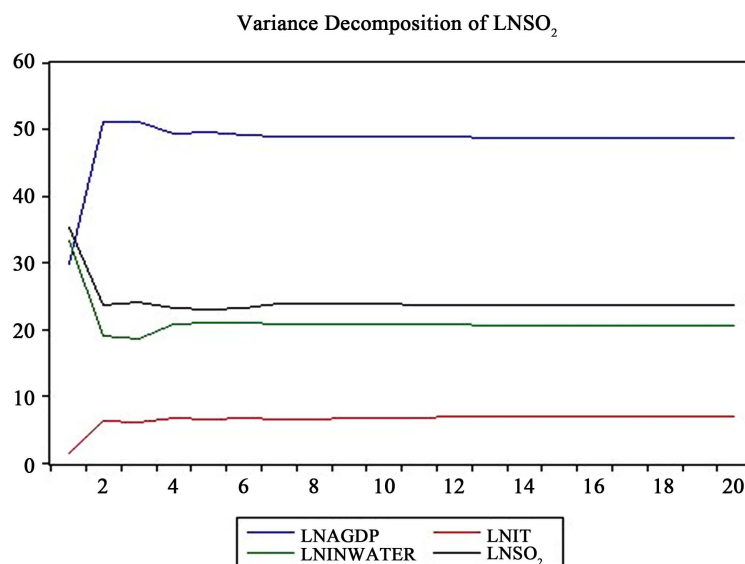


Figure 13. Variance decomposition of SO₂

图 13. lnSO₂ 的方差分解分析

第三产业对于经济增长的贡献从 2013 年开始超过第二产业。所以加快云南省产业结构从“二三一”到“三二一”的转变刻不容缓。这与云南省发展绿色经济有直接关系,单位 GDP 所带能来的环境污染逐年下降,经济增长与环境污染正加速实现脱离。

6. 结论政策建议

(一) 结论

本文在 VAR 计量模型基础之上,利用格兰杰因果检验、协整检验、脉冲响应分析和方差分解对 1997~2016 年云南省经济增长、产业结构和环境污染程度的各项指标的动态关系进行了实证研究,从而得出以下结论:1) 经济增长对产业结构和度量环境污染的各项指标的单项格兰杰因果表明环境污染的加剧不一定会带来经济增长,环境污染的程度水平主要取决于产业结构特征。2) 经济增长和环境污染的“倒 U 型”库兹涅茨曲线是否成立取决于地区的数据和环境污染所选取的指标的不同。3) 在云南省的经济增长、产业结构和环境污染的动态关系研究中发现,随着云南省经济增长产生的主要环境问题是 SO₂ 的大量排放,工业废水排放量相对较少。4) SO₂ 的排放在产业结构波动中逐渐超过产业结构对本身的解释程度,成为主要的解释方面。5) 产业结构在经济增长波动的解释中有上升的趋势,经济增长在环境污染度量指标的波动中占主体地位,大量工业生产带来各种环境问题,SO₂ 和工业废水、排放量不断增多,抑制着云南省经济的发展。所以加快云南省产业结构从“二三一”到“三二一”的转型升级变得十分重要。

(二) 政策建议

1) 改变传统的发展观念,加快绿色环保的先进技术的发展[15]。从长期来看,环境污染会对经济增长带来不利的影响,在环境污染和经济发展之间矛盾日益明显的今天,致力于绿色、低污染的经济发展能够有效的克服这种不利影响。所以贯彻环境治理的理念和加快由粗放向集约型发展到提高资源利用效率、加快可持续发展变得刻不容缓。

2) 加快产业结构转型升级。云南省的第三产业至 2013 年开始超过第二产业所占比重,第二产业能源消耗大所产生的废物较多,在环境污染占主要解释部分。而相对大力发展第三产业对于环境的污染一般较低。云南省已经初步实现了“三二一”产业结构的转型升级,以 2016 年为例,三次产业占比分别为 14.91%、38.38%、46.71%,第三产业比第二产业多 8.33%。当前,云南省以旅游业、金融保险业、房地产业为代表的现代服务业正蓬勃发展,这类行业均属于低污染高附加值的第三产业,对于实现低污染,高产出、实现三次产业结构合理配置起到重要的推动作用。

3) 大力发展先进制造业。在进行产业结构升级转型的过程中也不能忽视第二产业中的贡献,第二产业是所有行业造成环境污染最为严重的部分。目前,云南省工业行业中烟草工业冶金、建材供需矛盾突出,高能耗高污染的粗放集约式的发展已不能适应云南省的经济发展。在“中国制造 2025”的环境下,云南省应当大力发展先进的生产技术把握时代契机,升级传统工业,优先发展新能源、新材料等一批新兴产业,为云南省经济可持续发展注入新的动力。

4) 提高信息公开透明度,加大普通群众参与度[16]。普通民众是环境污染的直接受害者,民众对于处理环境污染的热情较高。民众参与的一个重要前提是信息公开透明。信息不公开,民众无法有效的对政府污染处理工作进行监督。有些地方对于环境污染治理的信息不能及时的公开、信息不对称。所以,政府应当提高信息公开透明度,加大普通群众参与度,让民众能够清楚云南省重大环境污染事件,亦或告知群众普通常态数据,让民众参与其中提高环保意识。

5) 强化环保法律的惩罚制度,环境的污染程度越高对于普通民众的伤害也越大,产生这些污染源的企业公司往往注重自身利益的最大化而忽略这些生产的外部性对于普通民众的影响,所以云南省政府应

当加大对于企业污染不处理的惩罚力度，让他们认识到不能只关心眼前利益应该立足于长远发展，从而在一个绿色而和谐的环境中共同促进云南省经济可持续发展。

参考文献

- [1] Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1993) Environmental Impacts of North American Free Trade Agreement, the US Mexico Free Trade Agreement. MIT Press, Cambridge.
- [2] Grossman, G.M. and Krueger, A. (1995) Economic Growth and the Environment. *Quarterly Journal of Economics*, **110**, 353-373. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- [3] Selden, T. and Song, D. (1994) Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions. *Journal of Environmental Economics and Management*, **27**, 147-162. <https://doi.org/10.1006/jcem.1994.1031>
- [4] Galeottim, M. and Lanza, A. (2005) Desperately Seeking Environmental Kuznets. *Environmental Modeling & Software*, **20**, 1379-1388. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.09.018>
- [5] Egli (2003) The Environmental Kuznets Curve: A Survey of the Literature. European University Institute.
- [6] 马树才, 李国柱. 中国经济增长与环境污染关系的 Kuznets 曲线[J]. 统计研究, 2006(8): 37-40.
- [7] 张晓. 中国环境政策的总体评价[J]. 中国社会科学, 1999(3): 88-99.
- [8] 郑长德, 刘帅. 基于空间计量经济学的碳排放与经济增长分析[J]. 人口·资源与环境, 2011, 21(5): 80-86.
- [9] 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.
- [10] 盖美, 曹桂艳, 田成诗, 等. 辽宁沿海经济带能源消费碳排放与区域经济增长脱钩析[J]. 资源科学, 2014, 36(6): 1267-1277.
- [11] 徐成龙, 任建兰, 巩灿娟. 产业结构调整对山东省碳排放的影响[J]. 自然资源学, 2014, 29(2): 201-210.
- [12] 于峰, 齐建国, 田晓林. 经济发展对环境质量影响的实证分析: 基于 1999-2004 年间各省的面板数据[J]. 中国工业经济, 2006(8): 36-44.
- [13] 黄少博. 碳排放交易与产业结构和经济增长[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2016.
- [14] 陶长琪, 徐晔, 万建香, 等. 计量经济学[M]. 南京: 南京大学出版社, 2016.
- [15] 江心英, 赵爽. 江苏省经济增长、产业结构与碳排放关系的实证研究——基于 VAR 模型和脉冲响应分析[J]. 南京财经大学学报, 2018(2).
- [16] 李志国, 周德田. 基于 VAR 模型的经济增长与环境污染关系实证分析——以山东省为例[J]. 企业经济, 2013(8): 11-16.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jlce@hanspub.org