

经济增长、FDI 与环境污染关系研究： 以浙江为例*

曾 慧

(浙江工商大学, 浙江杭州 310015)

【摘 要】本文在构建与计算环境污染综合指数和存量 FDI 的基础上, 实证检验了经济增长、FDI 对浙江省环境质量的影响。结果发现: 经济增长、FDI 与环境质量之间存在着长期均衡关系, FDI 有益于环境质量改善, 经济增长却加剧了环境恶化; FDI、经济增长的短期波动均不利于环境质量, 且前者影响力度更大。FDI、经济增长都是环境质量变化的 Granger 原因, 且短期内环境质量的变化是由 FDI 和经济增长共同作用所致。

【关键词】环境污染综合指数; 存量 FDI; VECM

一、引言

改革开放以来, 浙江经济增长与外资引入都实现了跨越式增长, 然而与此相伴却是环境质量不断卜降, 雾霾天气频发。鉴于此, 本文在构建和计算环境污染综合指数和存量 FDI 基础上, 采用 VECM 实证检验经济增长、FDI、环境污染三者之间的动态关系, 以期浙江省经济发展、外资引进和生态环境的协调发展提供政策依据。

二、计量模型设定与指标的构建和计算

(一) 模型设定

经济增长、FDI、环境彼此联系, 相互影响, 目前尚未有合适的理论能够完整的描述三者之间的关系, 故无法采用传统的结构性计量分析方法来进行实证研究。Smis(1980)提出的向量自回归模型 (VAR) 可以提供一个简便的替代方法。它是基于数据统计性质的非结构性建模方法, 将具有相关性的时间序列系统中的每一个变量皆视为内生变量, 并且把每个内生变量设定为系统中所有内生变量的滞后项的函数, 这样不仅可以减少既有理论的约束避免变量缺省问题, 还可以很方便地对变量系统进行预测, 并考察扰动项对变量系统的动态影响。特别地, 当变量之间存在长期均衡关系时, 可以用带协整约束的 VAR—VECM 来考察变量间的长期均衡关系与短期波动影响。因此, 本文将首先利用协整分析来检验经济增长、FDI 与环境质量是否存在长期均衡关系, 若存在协整关系, 进一步构建 VECM, 以考察变量之间的短期波动关系以及因果关系。

(二) 指标的构建与计算

1. 环境污染综合指数: 现有研究较多的采用单一或几个替代指标来表征环境质量现状, 而忽略了环境污染的综合性、整体性和动态性特征。本文选取工业废水排放量、工业废气排放量、二氧化硫排放量、烟尘排放量、粉尘排放量、工业固体废弃物

基金项目: 浙江省哲学社会科学基金项目 (编号: 12JCJJ14YB); 全国统计科学研究计划项目 (编号: 2012LY180); 浙江省统计局 2013 年度学术类重点课题; 浙江省高校人文社科重点研究基地 (统计学); 浙江工商大学 2014 年度高等教育科学研究课题。

排放量 6 大污染排放指标，合成一个环境污染综合指数 CEPI 来全面反映浙江省环境现状。

CEPI 构建的关键在于污染权重确立。已有研究关于污染权重的选择方法主要有：层次分析构权法（范海梅等，2011^[1]）、因子分析构权法（丁继红、年艳，2010^[2]）、主成分分析构权法（何宜庆、翁异静，2012^[3]）以及熵权法（Ma Jianqin 等，2010）。由于熵权法是基于客观的原始数据，通过分析指标之间的关联程度以及各指标的信息量来决定指标的权重，既可以克服层次分析构权法的主观性，又可以避免多元统计分析构权法存在的信息损失问题，故本文采用熵权法来合成 CEPI。具体构建步骤如下：

（1）原始数据的标准化。采用苏为华（2005）提出的广义线性功效系数法，对各污染指标作统一量化处理：

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min(i)j}}{X_{\max(i)j} - X_{\min(i)j}} \times 40 + 60, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

其中 X_{ij} 和 X'_{ij} 分别表示标准化前后第 i 年，第 j 项污染指标的数值； $X_{\min(i)j}$ 和 $X_{\max(i)j}$ 则表示样本期内第 j 项污染指标的最小值和最大值。

（2）计算污染指标 X_j 的比重 P_j ：
$$P_j = X'_j / \sum_{i=1}^m X'_{ij}$$

（3）计算第 j 项污染指标的熵值 e_j 和变异系数 g_j ：

$$e_j = - \left(\frac{1}{\ln m} \right) \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}, g_j = 1 - e_j$$

（4）计算第 i 项污染指标的权重：
$$w_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j$$

（5）计算第 i 年的环境污染综合指数：
$$CEPI_i = \sum_{j=1}^n w_j P_{ij}$$

CEPI 越大，表示污染越严重，环境质量越差。

2. 存量 FDI 现有研究多采用流量指标表征 FDI，这忽略了前期 FDI 残值对环境污染的影响。实际上，存量 FDI 具有溢出效应并参与生产，且部分新引进 FDI 可能还未充分发挥其应用功能，采用存量 FDI 更合理。故本文在对实际利用外资金额进行人民币换算和价格缩减①后，运用永续盘存法（张军，2004）计算历年的存量 FDI（FDI）。具体步骤为：首先，利用

$SFDI_0 = FDI_0 / (g + \delta)$ 估算基年的存量 FDI，其中 $SFDI_0$ ， FDI_0 分别表示基年存量和流量 FDI， g 为样本期内真实流量 FDI

的年均增长率， δ 为 FDI 存量的折旧率，参照张军（2004）的研究取为 9.6%。然后，利用递推式 $SFDI_t = FDI_t + (1 + \delta) SFDI_{t-1}$ ，计算历年的存量 FDI。

3. 人均地区生产总值：采用人均地区生产总值（PGDP）指标来衡量经济增长，且用地区生产总值指数进行价格缩减。考虑到数据的可获取性和一致性，选取 1987—2012 年为样本期，所有的数据均源于各年的《浙江统计年鉴》。为了消除可能存在的变量异方差性，所有变量均采用对数形式。

表1 浙江省环境污染综合指数、人均地区生产总值、FD 存量数据表（以1987年为基期）

年份	<i>CEPI</i>	<i>PGDP</i> (元)	<i>SFDI</i> (亿元)	年份	<i>CEPI</i>	<i>PGDP</i> (元)	<i>SFDI</i> (亿元)
1987	0.0435	1478	0.8699	2000	0.0416	3260	28.7486
1988	0.0422	1686	0.9895	2001	0.0418	3269	35.6266
1989	0.0421	1871	1.7643	2002	0.0411	3367	45.1913
1990	0.0419	1917	2.0158	2003	0.0422	3560	67.9454
1991	0.0375	1959	3.6010	2004	0.0438	3732	72.7679
1992	0.0395	2078	10.0576	2005	0.0446	3812	73.8234
1993	0.0366	2384	30.2531	2006	0.0451	3922	72.6173
1994	0.0357	2775	41.8046	2007	0.0448	4081	70.4403
1995	0.0355	3144	38.1176	2008	0.0440	4244	56.8086
1996	0.0347	3285	40.7054	2009	0.0442	4173	50.6099
1997	0.0450	3307	36.1250	2010	0.0448	4495	49.5937
1998	0.0447	3237	28.7099	2011	0.0451	4551	52.8979
1999	0.0432	3169	33.3368	2012	0.0453	4653	53.2145

资料来源：由《浙江统计年鉴》计算所得。

三、实证结果与分析

（一）单位根检验

协整关系的成立需以变量的同阶单整为前提，故先对变量做 ADF 检验。结果表明，序列 LCEPI、LSFDI、LPGDP 均未通过 ADF 检验，但它们的一阶差分项在 10%显著性水平下均通过了检验，即原序列都是 I（1）。

（二）协整分析

协整分析之前需要确定 VAR 系统的最优滞后期数，滞后期过长，可能导致模型自由度大量的减少，直接影响到估计的有效性；滞后期太短，又可能导致误差项的自相关增加，并影响到估计的一致性。本文采用 LR 似然比、AIC 信息准则、SC 信息准则、FPE 最终预测误差以及 HQ 汉南准则五个指标进行判断，在实证过程中每一个判断指标都会有一个最优的滞后期，本文选择多数指标判断一致的滞后阶数，同时为了确保模型的稳定性，还对 VAR 的所有根模作小于 1 的限制，由此确定 VAR 系数最优的滞后阶数。经 Eviews6.0 软件多次测算比较，最后确定最优的滞后阶数为 3。由于 VECM 即为带协整约束的 VAR，其滞后期是无约束 VAR 模型一阶差分变量的滞后期，故协整检验的滞后期确定为 2。协整分析结果表明三个变量之间有且仅有 1 个协整关系存在，即：

$$LCEPI_t = 7.6262 - 0.0249LSFDI_t + 0.5630LPGDP_t + ECM_t$$

(-0.5248)

(2.2237)

括号内是参数的 t 统计量。为了确保协整方程的可靠性，对误差修正项（ECM）的平稳性进行检验，结果显示其在 5% 的显著性水平下是平稳的。因此，浙江省经济增长、FDI 及环境污染之间存在长期的协整关系。

协整方程描述了浙江省环境质量、外商直接投资与经济增长之间长期稳定的均衡关系。LSFDI 的系数为负向的不显著，而 LPGDP 的系数却通过 5% 显著性水平下的 t 检验，这表明长期看来，经济的持续高速增长对浙江环境造成了显著的不利影响，而 FDI 的流入却在一定程度上缓解了环境压力，FDI 引入过程中没有出现明显的污染产业转移现象，未有沦为发达国家的污染避难所。就数量上而言，人均 GDP 每提高 1%，导致浙江省环境压力提高 0.56 个百分点，而存量 FDI 每增加 1% 可以带来 0.03% 环境质量的改善，从影响力度来看，经济增长对环境质量的负面影响远远大于 FDI 对环境的正面改善作用。这一结论与浙江的现实状况也是相吻合的。长期以来，浙江经济主要依靠中小民营企业带动，中小型企业占到工业企业总数的 99% 以上，这些企业多数从事纺织、印染、皮毛羽革、化学工业与电气和电子元器件等高污染、高排放、低技术含量产品的生产与加工。与此同时，中小型企业民营企业普遍存在规模小、环保投入不足、排污除污技术落后、环保意识淡薄等问题，这些都是导致浙江环境不断恶化的原因。FDI 流入对环境质量呈现出的正面影响可能是由于浙江实际利用 FDI 的产业结构变动所致。一直以来浙江外资都集中于污染较为密集的第二产业，然而近年来，随着引资环境的不断改善和政府对于 FDI 产业布局的引导和优化，更多的 FDI 流向了低污染、技术密集的服务业。2003 年，浙江省实际利用 FDI 在三产中的比重分别为 0：83.85%：16.15%，2012 年为 0.82%：61.51%：37.67%^②，FDI 在三大产业的分布呈现出不断分散的趋势。值得关注的是，尽管第二产业外资比重在逐年下降，但是仍然占主导地位，而且在第二产业内 FDI 更多的集中于污染密集型行业。2012 年，FDI 流入纺织、医药、化工以及机电、家电等行业的比重超过了 60%。这也是实证结果中 LSFDI 系数较小而且不显著的主要原因。

（三）基于 VECM 的 Granger 因果关系检验

如前所述 FDI、经济增长与环境质量之间存在长期协整关系，然而这种协整关系是否构成因果关系，有待于做进一步的检验。传统的 Granger 因果关系检验是以 VAR 模型为基础的，当变量之间存在协整约束时，若仍然采用该检验方法，将会因为省略模型中的误差修正项而导致出现判断偏误。因此，本文采用基于 VECM 的 Granger 因果关系检验法，它不仅考察传统 Granger 因果检验所涉及到的短期因果关系，还可以检验变量之间的长期因果关系。

基于 VECM 的 Grange 因果检验法通过对误差修正项的显著性检验来确立变量之间的长期因果关系，而通过对 VECM 系统每个方程中内生变量的显著性进行检验，即 Wald 检验法，来判断变量之间存在的短期因果关系。

表2 VECM 估计结果

估计方程	$\Delta LCEPI_t$	$\Delta LSFDI_t$	$\Delta LPGDP_t$
ECM_{t-1}	-0.5403(-3.8928)	0.7235(1.0726)	-0.1398(-1.9405)
常数项 C_t	-0.0197(-1.1303)	0.1736(2.0499)	0.0247(2.7353)
$\Delta LCEPI_{t-1}$	0.0015(0.0085)	-1.6125(-1.8464)	-0.0832(-0.8921)
$\Delta LCEPI_{t-2}$	0.0976(0.5361)	-1.0386(-1.1694)	-0.0970(-1.0226)
$\Delta LSFDI_{t-1}$	0.1569(2.8523)	0.5704(2.1338)	0.0801(2.8046)
$\Delta LSFDI_{t-2}$	-0.0894(-1.5920)	0.3481(1.2757)	0.0677(2.3208)
$\Delta LPGDP_{t-1}$	-0.8427(-1.4548)	-5.6263(-1.9985)	-0.1782(-0.5925)
$\Delta LPGDP_{t-2}$	0.9429(2.5889)	1.1159(0.6305)	-0.0705(-0.3729)

注：括号内是各待估参数的 t 统计量。

表3 基于VECM的短期Granger因果关系检验结果				
原因	结果	$\Delta LCEPI$	$\Delta LSFDI$	$\Delta LPGDP$
$\Delta LCEPI$			3.8558	1.4367
$\Delta LSFDI$		9.2565***		16.3940***
$\Delta LPGDP$		6.9515**	5.1487*	
联合检验		12.6570**	7.8809*	21.2360***

注：表中数值为Wald检验 χ^2 统计量值，***，**，*分别表示在1%，5%，10%水平下显著。

如表 2 所示，在 $\Delta LCEPI$ 的误差修正模型中，误差修正项的系数为-0.5403，并且在 1%水平下显著，这表明，从长期来看，FDI 和经济增长通过协整关系显著地影响着浙江环境质量，FDI 和经济增长是环境质量变化的长期 Granger 原因，而且 CEPI 以 54.03%的速度调整前一期指数值对长期均衡值的偏离。 $\Delta LPGDP_t$ 的误差修正模型表明 FDI 和环境质量是促使经济增长的长期 Granger 原因，且系统以 13.98%的速度对非均衡状态进行调整。表 1 的回归结果还反映了变量之间的短期变化关系， $\Delta LCEPI_t$ 的误差修正模型中， $\Delta LSFDI_{t-1}$ 和 $\Delta LPGDP_{t-2}$ 都显著地影响着 $\Delta LCEPI_t$ ，且 $\Delta LSFDI_{t-1}$ 提高 1%，当期环境污染综合指数上升 16%， $\Delta LPGDP_{t-2}$ 提高 1%，导致环境压力增加 0.94 个百分点，即经济增长和 FDI 的短期波动都造成了环境的恶化，而且经济增长的不利影响更大。与协整分析所描述的长期影响相比，短期内经济增长和 FDI 对于环境质量的负面冲击更大。

表 3 显示，在短期内，FDI 与环境污染以及经济增长与环境污染之间存在着单向的因果关系，而 FDI 与经济增长互为 Granger 因果关系。具体而言，经济增长以及 FDI 均是影响环境质量的 Granger 原因，且浙江省环境质量的不断恶化是 FDI 和经济增长共同作用的结果。经济增长是促进浙江外资引入不断增加的 Granger 原因，而外资存量的增加是由经济增长和环境质量共同作用的结果。外资流入是促进经济增长的 Granger 原因，且经济增长是由外资和环境质量共同作用的结果。

（四）方差分解分析

方差分解是通过分析不同新息冲击对内生变量预测方差的影响比例，来考察每一随机新息对内生变量的重要性、作用时滞和相对效应大小。如前所述，经济增长、FDI 与环境质量之间存在长期的均衡关系，故可以通过对 $\Delta LCEPI$ 的预测误差进行方差分解，进一步了解 FDI 和经济增长是否为造成环境质量恶化的重要来源以及它们的相对重要性。

表4 环境污染综合指数的方差分解表				
预测期	预测标准误	各方程新息对预测误差的贡献度		
		$\Delta LCEPI$	$\Delta LPGDP$	$\Delta LSFDI$
1	0.0703	100.0000	0.0000	0.0000
2	0.0718	98.7684	0.6314	0.6001
3	0.0768	86.3867	11.7581	1.8282
4	0.0799	80.5618	12.0970	7.3474
5	0.0799	80.5492	12.0944	7.3564
6	0.0804	80.1041	12.3989	7.4969
7	0.0806	79.7708	12.4384	7.7908
8	0.0806	79.7702	12.4747	7.8051
9	0.0806	79.7155	12.4807	7.8038
10	0.0806	79.6780	12.4936	7.8284

表 4 基于 Cholesky 正交分解技术的分析结果显示，第 1 期的波动主要源自自身波动的影响，这是由于 VECM 把作为 $\Delta LCEPI$ 第一个因变量的缘故，从第 2 期开始，自身波动的影响逐渐下降，到第 4 期基本稳定在 80%上下，占绝对主导地位。来自 FDI 和

经济增长波动的影响在前三期快速上升，第 4 期后基本稳定在 12%和 7%以上，此后虽逐年增加，但是增速明显放缓。这表明环境污染增长率的 12%和 7%源自于经济增长和外商直接投资对环境污染的影响，而且经济增长对环境污染的拉动作用更大，这与协整分析的结论一致。

四、结论与政策建议

（一）结论

1. 长期来看，经济增长、FDI 与环境污染之间存在着稳定的均衡关系，经济增长加剧了环境的恶化，FDI 却在一定程度上改善了环境质量，但是经济增长对环境污染的负面效应远大于 FDI 对环境污染的正面效应，污染避难所假说在浙江省不成立。FDI 和经济增长都是导致浙江环境污染变化 Granger 原因，且环境污染增长率的 12%源自经济增长，7%源自于外商直接投资。

2. 短期来看，FDI 与经济增长的短期波动对浙江环境质量都有显著的负面影响，且经济增长的作用力度更大。经济增长和 FDI 都是影响环境质量的 Granger 原因，且浙江省环境质量的不断恶化是 FDI 和经济增长共同作用的结果。

（二）政策建议

针对以上结论，结合浙江的实际情况，提出以下政策建议。

1. 积极推进产业结构优化升级，加快发展先进制造业、高新技术产业和服务业；加大民营企业的环保投入，提升企业自身治污能力，推行清洁生产。

2. 按照国家利用外资的总体规划，结合浙江发展实际，制定更加规范灵活的引资政策，动态的调整“外商投资产业目录”，加大高技术、低污染行业的引资力度；积极有效的吸收和利用外资的技术溢出，促进长期 FDI 正向环境效应的发挥与扩张。

3. 通过制订专门性的环境政策来加强对民营企和外资企业的环境监管，以实现浙江经济、引资与环境的协调发展。

注释：

①此处采用固定资产投资价格指数更介适，然而由于无法获取浙江省 1987-2012 年固定资产投资价格指数的完整时序数据，故采用地区生产总值价格指数。

②由《浙江统计年鉴》相关数据计算得到，考虑到 FDI 在第二产业主要行业中的实际利用外资结构在 2003 年才开始统计，故此处采用 2003 年数据进行比较分析。

参考文献

[1]范海梅，李丙瑞，徐韧，李亿红，叶属峰. 基于综合指数法的长江口及其邻近海域水质综合评价[J]. 海洋学研究，2011，(9) :169-175.

[2]丁继红，年艳. 经济增长与环境污染关系剖析-以江苏省为例[M]. 南开经济研究，2010，(2)：64-79.

[3]何宜庆, 翁异静. 鄱阳湖地区城市资源环境与经济协调发展评价[J]. 资源科学, 2012 (3): 502-509.