

【信息经济与管理】

中国互联网使用、经济增长与 电力消费的关系研究 ——基于VAR模型的实证分析

岳宇君,张磊雷

(南京邮电大学 管理学院,江苏 南京 210003)

摘要:采用向量自回归(VAR)模型,通过单位根检验、协整检验、Granger 因果检验及脉冲响应分析等探讨互联网使用、经济增长与电力消费之间的关系。结果表明:我国互联网使用、经济增长对电力消费均具有显著的正向影响,而电力消费也在一定程度上促进了互联网使用和经济增长。根据研究结果,提出提高能效、因地制宜、均衡发展等建议,以期为产业发展、政策制定及相关研究提供参考。

关键词:互联网使用;经济增长;电力消费;VAR 模型

中图分类号:F49 **文章编号:**1673-5420(2020)03-0056-11

引 言

2000年以来,我国互联网发展迅速,根据中国互联网络中心发布的第44次《中国互联网络发展状况统计报告》,截至2019年6月,我国网民规模达8.54亿,互联网普及率达到61.2%^[1]。互联网带来的影响是多方面、多角度、多层次的,随着宽带中国战略目标的完成、5G牌照的发放、“互联网+”战略的推进,这种影响将越来越显著。互联网在经济增长中的作用不言而喻,而互联网的使用必然依赖电力,因此,互联网产业的发展在一定程度上刺激着电力需求。《工业绿色发展规划(2016—2020年)》强调“互联网

收稿日期:2020-02-20 本刊网址:<http://nysk.njupt.edu.cn>

作者简介:岳宇君,副教授,博士,研究方向:电信管制、互联网治理。

基金项目:2018年度教育部人文社会科学研究青年基金项目“我国数字市场中市场势力的形成机制与规制政策研究——以OTT业务为例”(18YJC790209);江苏现代信息服务业决策咨询研究基地课题资助“基于多元主体参与的江苏‘宽带乡村’建设模式研究”(NYJD217010)

与绿色制造融合发展”,“十三五”规划明确要求:“到2020年,能源消耗总量控制在50亿吨标准煤以内。”^[2]而我国的电力工业是以燃煤发电为主,能耗问题及其对环境的影响值得深思。20世纪90年代以来,互联网对环境的影响,特别是其与能源消耗的关系引起了人们的广泛关注。不过,大多文献研究的是信息通信技术与电力消费的关系,直接研究互联网使用与电力消费关系的文献很少。学者们的研究结论并不一致:Bernstein, Ishida, 张三峰,汪东芳等利用时间序列数据研究发现,互联网的发展可以有效降低大多数行业的能源强度,促进区域能源效率的提高,减少温室气体的排放^[3-6];Faucheux, Anderson, Saidi, 王敏等使用面板数据研究发现,互联网的快速发展在一定程度上刺激了能源需求,导致能源消费的增加,特别是电力消费的增加^[7-10]。

对经济增长与电力消费关系的研究始于Kraft^[11]。众多研究成果表明,两者之间的关系大致可以分为四类:电力消费单向促进经济增长(增长假说),经济增长单向促进电力消费(守恒假说),经济增长与电力消费之间存在双向因果关系(反馈假说),经济增长与电力消费之间没有明显的因果关系(中性假说)^[12]。对不同国家的电力消费与经济增长之间关系的检验,结论可能不一样。例如,Apergis等研究表明,在高收入和中上等收入国家,两者之间存在双向因果关系,而在低收入国家只存在电力消费到经济增长的单向因果关系^[13]。Yoo等研究表明,1971年至2002年间,马来西亚和新加坡的电力消费与经济增长之间是双向因果关系,而泰国和印度尼西亚的电力消费与经济增长之间是单向因果关系^[14]。对同一国家不同区域的电力消费与经济增长之间关系的检验,结论也可能不一样。例如,刘生龙通过对省级面板数据的分析发现,在我国东、中、西部地区,只有西部地区存在经济增长到电力消费的单向因果关系^[15]。

本文以2003—2017年互联网使用、经济增长与电力消费的时间序列数据为基础,构建向量自回归(Vector Autoregression, VAR)模型,运用协整检验、Granger因果关系检验及脉冲响应分析等进行实证研究,以期揭示互联网使用、经济增长与电力消费的内在相关性,为产业发展、政策制定及相关研究提供参考。

一、研究设计

(一)数据来源

考虑到数据的可获得性和有效性,本文选取的数据的时间跨度为2003—2017年。选择互联网普及率,即每100人中的互联网用户数(记为 NET)作为互联网使用的指标,2003—2007年的数据来源于《中国统计年鉴》,2008—2017年的数据来源于《中国互联

网络发展状况统计报告》;选择人均 GDP(记为 $GDPPC$)作为经济增长的指标,数据来源于《中国统计年鉴》;选择人均年用电量(记为 EC)作为电力消费的指标,2003—2016 年数据来源于历年《电力工业统计资料汇编》,2017 年数据来源于《2017 年全国电力工业统计快报》。考虑到数据的异方差问题,进行了变量的自然对数变换,分别记为 $\ln NET$, $\ln GDPPC$ 和 $\ln EC$ 。相关变量的统计性描述如表 1 所示。

表 1 变量的统计性描述

变量	说明	最大值	最小值	标准差	平均值
NET	互联网普及率	55.80%	6.15%	18.10%	31.16%
$GDPPC$	人均 GDP	59 660	10 542	16 307.450	32 298.600
EC	人均用电量	4 550	1 466	1 023.179	3 093.933
$\ln NET$	互联网普及率对数	-0.583	-2.789	0.789	-1.402
$\ln GDPPC$	人均 GDP 对数	10.996	9.263	0.574	10.243
$\ln EC$	人均用电量对数	8.423	7.290	0.365	7.979

(二)研究模型

Narayan 等以电力消耗为被解释变量、GDP 总量为解释变量构建二元模型,采用 Granger 因果关系检验,探讨电力消费与 GDP 的关系^[16]。Sadorsky 以电力消耗为被解释变量、互联网普及率和移动电话普及率为解释变量,通过增加收入和能源价格建立多元研究模型^[17]。Mohammad 等以电力消费为被解释变量,以互联网使用和经济增长为解释变量,在同一分析框架下研究它们的内在关系^[18]。本文在借鉴他们研究成果的基础上,优化研究思路和方法,构建模型如下:

$$EC = F(A, NET, GDPPC)$$

(1)

或者

$$EC_t = A (NET_t)^{\alpha_1} (GDPPC_t)^{\alpha_2}$$

(2)

等式两边同取对数,得到本文的计量模型:

$$\ln EC_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln NET_t + \alpha_2 \ln GDPPC_t + \varepsilon_t$$

(3)

其中, t 表示年份, α_0 为常数项, α_1 和 α_2 为弹性系数, ε_t 表示随机误差项。

(三)研究方法

VAR 模型构建的前提是数据具有平稳性,可以通过单位根检验对我国互联网使用、经济增长与电力消费数据的平稳性进行检验,方法主要有 DF 检验和 ADF 检验两种。其中,ADF 检验可以处理自相关的时间序列^[19]。在单位根检验的基础上,构建基于互联网使

用、经济增长与电力消费三个变量的 VAR 模型。通过以下步骤检验互联网使用、经济增长与电力消费的关系:首先,运用协整检验来研究互联网使用、经济增长与电力消费之间的长期均衡关系,包括适用于双变量分析的 EG 两步法^[20]和适用于多变量分析的 Johansen 检验法^[21]。其次,在证明变量间存在长期均衡关系后,使用 Granger 因果关系检验进一步判断变量间因果关系的方向,可以避免伪回归,更为准确地研究变量之间的关系。最后,通过比较不同变量的脉冲响应,分析互联网使用、经济增长与电力消费之间的关系。

二、实证分析

(一)单位根检验

为了防止伪回归的发生,在建立 VAR 模型之前,必须对互联网使用、经济增长与电力消费 3 个变量序列的平稳性进行检验。采用 ADF 检验法来检验各变量序列的平稳性,若原始序列不是平稳的,则需要对各变量的一阶差分进行平稳性检验,结果如表 2 所示。原始序列 $\ln NET$, $\ln GDPPC$ 和 $\ln EC$ 的 ADF 值均大于各置信水平的临界值,无法拒绝具有单位根的原假设。因此,所有原始序列都存在单位根,是非平稳的。进行一阶差分检验,序列 $\Delta \ln NET$ 和 $\Delta \ln GDPPC$ 的 ADF 值小于 10% 临界值,即在 10% 的水平上拒绝原假设,可认为序列 $\Delta \ln NET$ 和 $\Delta \ln GDPPC$ 是平稳的;序列 $\Delta \ln EC$ 的 ADF 值小于 1% 临界值,可以在 1% 水平上拒绝原假设,也是平稳的。因此,根据检验结果,可以认为互联网使用、经济增长与电力消费三个变量序列都是一阶单整的。

表 2 单位根检验结果

序列	ADF 值	检验形式	临界值			P 值	结论
			1%	5%	10%		
$\ln NET$	-1.646	(C,T,1)	-4.380	-3.600	-3.240	0.773 7	不平稳
$\ln GDPPC$	-0.238	(C,T,1)	-4.380	-3.600	-3.240	0.990 8	不平稳
$\ln EC$	-1.134	(C,T,1)	-4.380	-3.600	-3.240	0.923 2	不平稳
$\Delta \ln NET$	-3.251	(C,T,1)	-4.380	-3.600	-3.240	0.074 7	平稳
$\Delta \ln GDPPC$	-3.574	(C,T,0)	-4.380	-3.600	-3.240	0.032 1	平稳
$\Delta \ln EC$	-4.421	(C,T,1)	-4.380	-3.600	-3.240	0.002 0	平稳

注: Δ 表示变量的一阶差分;检验形式中,C表示带有常数项,T表示带有时间趋势项,数字0和1则表示滞后阶数;滞后阶数根据序贯*t*规则确定

(二)VAR 模型的建立

分别以互联网使用、经济增长与电力消费(每一个内生变量)为因变量,以它们的滞后值为自变量,构建 VAR 模型,实现由单变量自回归模型向多元时间序列变量组成的向量自回归模型的转化。由式(1),(2),(3)可以得到 VAR 模型的表达式为:

$$\ln NET_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \ln NET_{t-i} + \sum_{j=1}^r \lambda_{1j} \ln GDPPC_{t-j} + \sum_{k=1}^q \eta_{1k} \ln EC_{t-k} + u_{1t} \tag{4}$$

$$\ln GDPPC_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} \ln NET_{t-i} + \sum_{j=1}^r \lambda_{2j} \ln GDPPC_{t-j} + \sum_{k=1}^q \eta_{2k} \ln EC_{t-k} + u_{2t} \tag{5}$$

$$\ln EC_t = \alpha_3 + \sum_{i=1}^p \beta_{3i} \ln NET_{t-i} + \sum_{j=1}^r \lambda_{3j} \ln GDPPC_{t-j} + \sum_{k=1}^q \eta_{3k} \ln EC_{t-k} + u_{3t} \tag{6}$$

考虑到本研究的样本数据量有限,VAR 模型的滞后期过大会导致自由度的降低,影响模型参数估计的有效性。因此,根据 AIC(赤池信息准则),SC(施瓦茨准则),以及 LR(似然比)统计量确定滞后阶数。如果 AIC 和 SC 的滞后阶数同时达到最小,则可以直接据此确定最优滞后阶数,否则使用 LR 检验进行取舍。经检验和比较,选择二阶为本研究模型的最优滞后阶数,建立 VAR(2),并检验其平稳性。结果如图 1 所示,所有特征根都在单位圆内,模型平稳。

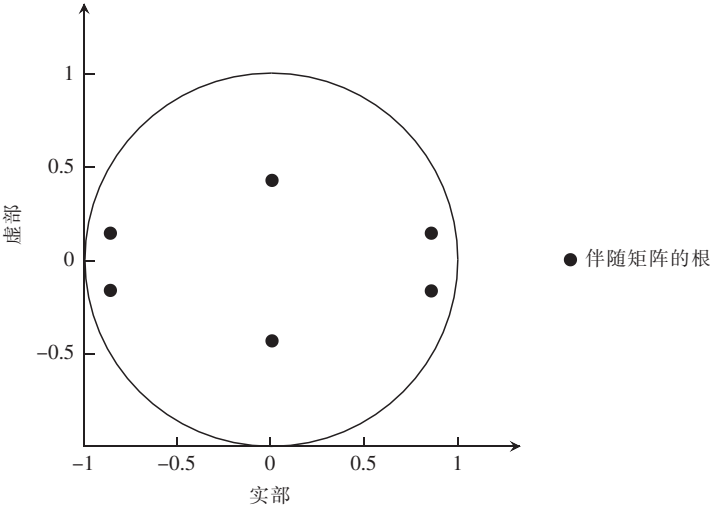


图 1 VAR 模型稳定性的判别图

(三)Johansen 协整检验

VAR 模型中所有变量序列均为一阶单整的,满足协整分析的前提。Johansen 检验

适用于两个以上变量的 VAR 模型的协整检验,可以进一步确定相关变量之间的符号关系。在已建立的 VAR(2)模型的基础上,进行协整检验,结果如表 3 所示。在 5% 显著性水平上,迹检验和最大特征值检验的结果都拒绝了“没有协整关系”的原假设,且接受存在“一个协整关系”的原假设,表示 VAR 模型各变量之间有且只有一个协整关系,说明互联网使用、经济增长与电力消费之间具有长期均衡关系。对唯一存在的协整方程进行估计,结果如表 4 所示,相应的协整向量为: $\beta = (1, -0.12, -0.48)$,标准化后得到:

$$\ln EC_t = 0.12 \ln NET_t + 0.48 \ln GDPPC_t + 3.27$$

(7)

式(7)表明,从长期来看,互联网使用与电力消费之间存在显著的正向关系,系数为 0.12,表示 $\ln NET$ 每增加 1 个百分点, $\ln EC$ 将增加 0.12 个百分点,这表明在 2003—2017 年快速发展的过程中,我国互联网使用对电力消费有一定的依赖性。经济增长与电力消费之间存在显著的正向关系,系数为 0.48,表示 $\ln GDPPC$ 每增加 1 个百分点, $\ln EC$ 就增加 0.48 个百分点,这表明我国 2003—2017 年的经济增长刺激了电力消费。

表 3 Johansen 协整检验结果

最大协整秩	特征值	迹检验			最大特征值检验		
		统计量	5% 临界值	结论	统计量	5% 临界值	结论
0	—	40.579 6	34.55	拒绝	31.637 9	23.78	拒绝
1	0.912 3	8.941 6 *	18.17	接受	8.321 1	16.87	接受
2	0.472 8	0.620 5	3.74	接受	0.620 5	3.74	接受

注: * 表示只有一个线性无关的协整向量

表 4 协整方程的估计结果

$\ln EC$	$\ln NET$	$\ln GDPPC$	$_{-cons}$
1	0.120 480 ***	-0.476 393 ***	-3.273 934
—	(0.035 609 1)	(0.057 447 5)	—
—	[-3.38]	[-8.29]	—

注: *** 表示协整系数均在 1% 的水平上显著;圆括号内为标准差;方括号内为 t 统计量

(四)Granger 因果检验

进一步进行 Granger 因果关系检验,以确定变量 $\ln NET$, $\ln GDPPC$ 和 $\ln EC$ 之间的因果关系,结果如表 5 所示。原假设(1)和(3)对应的 P 值都为 0,远小于 0.05,可以在 5%的水平上拒绝原假设,即互联网使用是电力消费的 Granger 原因,电力消费也是互联网使用的 Granger 原因,它们之间存在双向因果关系;原假设(2)和(5)对应的 P 值也都为 0,可以在 5%的水平上拒绝原假设,即电力消耗与经济增长之间存在双向因果关系;原假设(4)和(6)对应的 P 值分别为 0.008 和 0.015,均小于 0.05,可以在 5%的水平上拒绝原假设,即互联网使用与经济增长之间存在双向因果关系。结果表明,2003—2017 年我国互联网使用、经济增长与电力消费是相互影响的。

表 5 各变量的 Granger 因果检验结果

原假设	统计量	P 值	结论
(1) $\ln NET$ 不是 $\ln EC$ 的 Granger 原因	38.076	0.000	拒绝
(2) $\ln GDPPC$ 不是 $\ln EC$ 的 Granger 原因	14.553	0.000	拒绝
(3) $\ln EC$ 不是 $\ln NET$ 的 Granger 原因	16.821	0.000	拒绝
(4) $\ln GDPPC$ 不是 $\ln NET$ 的 Granger 原因	6.985	0.008	拒绝
(5) $\ln EC$ 不是 $\ln GDPPC$ 的 Granger 原因	19.375	0.000	拒绝
(6) $\ln NET$ 不是 $\ln GDPPC$ 的 Granger 原因	5.896	0.015	拒绝

(五)脉冲响应分析

通过给电力消费一个标准差冲击,观察互联网使用、经济增长受到的影响,以进一步探究电力消费对互联网使用、经济增长的影响。脉冲响应分析的结果如图 2、图 3 所示。其中,横轴代表冲击作用的期数,纵轴代表互联网使用、经济增长对冲击的响应程度,灰色区域为 95% CI 置信带。

电力消费扰动对互联网使用的影响如图 2 所示。给电力消费一个标准差的冲击,互联网使用对电力消费的扰动立即做出响应,1 期的响应值为正,1 至 3 期响应值呈上升趋势,在 3 期达到峰值,而后开始下降,6 期后又出现反弹。整个冲击响应始终为正,响应程度整体上波动较大。结果表明,不同时期电力消费对互联网使用的影响不同,但整体上是正向的,即电力消费可在一定程度上促进互联网的使用。

电力消费扰动对经济增长的影响如图 3 所示。电力消费在受到单位冲击后,经济增长迅速响应,0 至 1 期迅速增长,在 1 期达到峰值,1 至 2 期急剧下降,2 至 4 期再呈上升趋势,然后呈现缓慢的下降趋势。整个冲击响应为正,在 4 期之前,脉冲响应函数有增有减,并且波动很大;4 期之后,脉冲响应函数略有下降,并逐渐趋于平缓。这表明,短期内电力消费对经济增长的影响可能更为强烈,而长期来看将趋于稳定,整体上来说,电力消费的增加会在一定程度上促进经济增长。

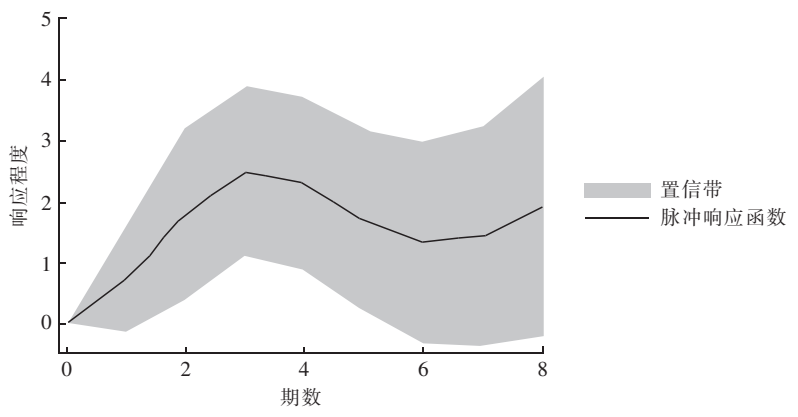


图 2 电力消费扰动对互联网使用的影响

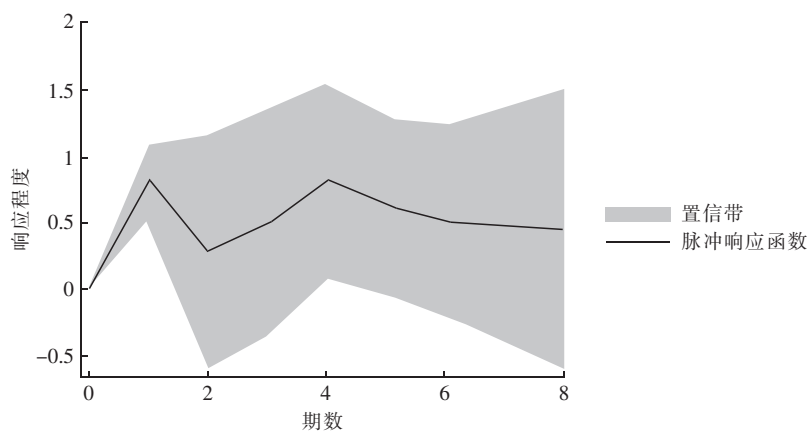


图 3 电力消费扰动对经济增长的影响

三、结论与建议

本文以 2003—2017 年的时间序列数据为基础,选取我国互联网普及率、人均 GDP 及人均用电量 3 个指标,探讨了互联网使用、经济增长与电力消费之间的关系。先用

ADF 检验法验证时间序列数据的平稳性,然后构建向量自回归(VAR)模型,进行 Johansen 协整检验、Granger 因果检验和脉冲响应分析。Johansen 协整检验表明,互联网使用与电力消费之间存在显著的正向关系,经济增长与电力消费之间也存在显著的正向关系;Granger 因果检验表明,互联网使用、经济增长对电力消费有正向影响,而电力消费对互联网使用、经济增长也有正向影响;脉冲响应分析表明,电力消费对互联网使用的影响是正向的,电力消费对经济增长的影响也是正向的。

根据研究结果,提出如下建议:

(1)提高能效。互联网使用的协整系数为 0.12,即互联网使用每增加 1 个百分点,电力消费将增加 0.12 个百分点。由此可见,互联网使用将促进电力消费,给电力需求带来额外压力,并在一定程度上增加能源消耗和碳排放。建议推广节能设备和节能设施,提高互联网相关产业的能效;增加“互联网+”应用的深度和广度,通过智能化、信息化和自动化提高能源利用率。

(2)因地制宜。经济增长的协整系数为 0.48,即经济每增长 1 个百分点,电力消费将增加 0.48 个百分点。由此可见,经济增长对电力消费有正向影响,经济增长方式在一定程度上依赖能源。建议将今后经济发展的重点放在质量和效益上,考虑“因地制宜”。例如,对于欠发达地区,发展绿色经济,保护环境;对于经济发达地区,加大科技投入,逐步转变传统的能源依赖型经济增长方式,在实现经济高质量发展的同时,降低能源消耗。

(3)均衡发展。综合 Granger 因果检验和脉冲响应分析结果,互联网使用和电力消费、经济增长和电力消费都是双向因果关系,即电力消费在一定程度上促进了互联网使用和经济增长。因此,建议关注节能减排政策与互联网、经济发展的平衡,不能盲目降低电力消费。为了在兼顾环境效益的同时保持经济增长,应大力发展清洁能源,如风能、水能、太阳能等。

参考文献:

- [1] 王建冬,童楠楠.数字经济背景下数据与其他生产要素的协同联动机制研究[J].电子政务,2020(3): 22-31.
- [2] 黄成,吴传清.主体功能区制度与西部地区生态文明建设研究[J].中国软科学,2019(11):166-175.
- [3] BERNSTEIN R, MADLENER R. Impact of disaggregated ICT capital on electricity intensity in European manufacturing[J]. Applied Economics Letters, 2010(17):1691-1695.

- [4] ISHIDA H. The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan[J]. *Telematics and Informatics*, 2015(1): 79 – 88.
- [5] 张三峰, 魏下海. 信息与通信技术是否降低了企业能源消耗: 来自中国制造业企业调查数据的证据[J]. *中国工业经济*, 2019(2): 155 – 173.
- [6] 汪东芳, 曹建华. 互联网发展对中国全要素能源效率的影响及网络效应研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019(1): 86 – 95.
- [7] FAUCHEUX S, NICOLA I. IT for green and green IT: a proposed typology of eco-innovation[J]. *Ecological Economics*, 2011(11): 2020 – 2027.
- [8] ANDERSON B, BRYUIN M, GERSHUNY J, et al. Information and Communication Technologies in Society[J]. *Library Review*, 2007(1): 75 – 76.
- [9] SAIDI K, TOUMI H, ZAIDI S. Impact of information communication technology and economic growth on the electricity consumption: empirical evidence from 67 countries[J]. *Journal of the Knowledge Economy*, 2015(2): 1 – 15.
- [10] 王敏, 王琴梅, 张家平. 互联网、经济增长与电力消费关系的实证分析[J]. *统计与决策*, 2016(17): 109 – 111.
- [11] KRAFT J, KRAFT A. Relationship between energy and GNP[J]. *Journal of Energy Finance & Development*, 1978(2): 401 – 403.
- [12] 李佳, 周荣荣. 我国电力消费与经济增长关系研究: 基于产业结构优化视角[J]. *调研世界*, 2018(2): 40 – 44.
- [13] APERGIS N, PAYNE J E. A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus[J]. *Energy Economics*, 2011(5): 770 – 781.
- [14] YOO Seung-Hoon, KWAK So-Yoon. Electricity consumption and economic growth in seven South American countries[J]. *Energy Policy*, 2010(1): 181 – 188.
- [15] 刘生龙, 高宇宁, 胡鞍钢. 电力消费与中国经济增长[J]. *产业经济研究*, 2014(3): 71 – 80.
- [16] NARAYAN P K, NARAYAN S, POPP S. Does electricity consumption panel Granger cause GDP? A new global evidence[J]. *Applied Energy*, 2010(10): 3294 – 3298.
- [17] SADORSKY P. Information communication technology and electricity consumption in emerging economies[J]. *Energy Policy*, 2012(3): 130 – 136.
- [18] MOHAMMAD S, KHORSHED A. Internet usage, electricity consumption and economic growth in Australia: a time series evidence[J]. *Telematics and Informatics*, 2015(4): 862 – 878.
- [19] FULLER D W A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root[J]. *Econometrica*, 1981(4): 1057 – 1072.
- [20] ENGLE R F, GRANGER C W J. Cointegration and error correction representation, estimation and tes-

ting[J]. *Econometrica*, 1987(2): 251 – 276.

- [21] JOHANSEN S, JUSELIUS K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration-with applications to the demand for money[J]. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 1990(2): 169 – 210.

(责任编辑: 楼启炜)

Relationship between Internet use, economic growth and electricity consumption in China: an empirical analysis based on VAR model

YUE Yujun, ZHANG Leilei

(School of Management, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: This paper uses vector autoregressive (VAR) model to explore the relationship between Internet use, economic growth and electricity consumption through unit root test, cointegration test, Granger causality test and impulse response analysis. The results show that both Internet use and economic growth have a significant positive impact on electricity consumption, and that to a certain extent, electricity consumption also promotes the use of the Internet and economic growth. Based on the research results, suggestions are made from the aspects of improving energy efficiency, adjusting measures to local conditions, balanced development, etc., providing reference for industrial development, policy formulation and related research.

Key words: Internet use; economic growth; electricity consumption; vector autoregressive model