

中国电力消费与经济增长及结构调整相关性分析

沈秋英,张文韬

(国网江苏省电力有限公司 苏州供电分公司,江苏 苏州 215200)

Correlation analysis of China's electricity consumption with economic growth and structural adjustment

SHEN Qiuying, ZHANG Wentao

(Suzhou Power Supply Company, State Grid Jiangsu Electric Power Co.,Ltd., Suzhou 215200, China)

摘要:随着经济发展和电气化程度加深,中国电力消费与经济增长相关关系的量化测度日益重要。基于面板向量自回归模型,构建了经济增长、电力消费和产业结构等方面的变量,检验了全国和江苏省电力消费和经济特征之间的长期均衡关系,并通过脉冲响应函数揭示电力消费和经济增长在受到不同类别的冲击时的长短期变化趋势。全国和江苏的电力消费、经济增长和产业结构升级趋势之间均呈现了跨期均衡关系,全国经济增长对电力消费的脉冲效应短期大,长期则弱化,江苏经济增长对电力消费冲击则更具持续性,反映出江苏经济发展、产业结构调整 and 电力生产消费之间的协调性。全国各区域的电力消费和生产应根据区域经济发展基础和程度,科学合理制定电力投资规划。

关键词:电力消费;经济增长;产业结构;面板向量自回归模型

Abstract: It is becoming more and more important to identify the correlation between electricity consumption and economic growth with the continuing electrification in China. It is constructed the Panel vector autoregression model and the impulse response function to identify economic growth, electricity consumption and structural change in China based on a provincial level panel data, in order to compare the difference of the correlation between the national level and Jiangsu province. There is a stable correlation between electricity and economic characteristics both nationwide and in Jiangsu. The national economic growth has a greater influence on electricity consumption in the short term and a weaker one in the long term, while there is a more consistent impact of economic growth and structural change on electricity consumption in Jiangsu, which reflects a more coordinated interaction between the electricity market and the economy and structure in Jiangsu. The difference of the correlation suggests that policy makers ought to make electricity investment plans according to the regional economic development level.

Key words: electricity consumption; economic growth; industrial structure; PVAR model

0 引言

随着经济发展,中国已经成为世界第一大能源消费国,而随着中国能源战略的不断调整,尤其近年来“以电代煤、以电代油”等电能替代项目的积极推进,电力在终端消费的比重持续提升,社会经济对电力的依赖程度也逐年增加,新能源生产和消费规模持续增长。电力消费与经济发展产生日益紧密的联系,电力消费水平与经济发展息息相关,可以较好测度中国经济运行状况^[1]。

本文对电力消费与经济发展特征的相关关系进行实证分析,为通过电力数据分析预测宏观经济趋势和制定经济结构调整政策提供实证依据。

本文分别从电力消费及其对经济增长和经济结构调整的效应这3个方面来梳理研究现状。

首先,对电力消费的现有研究聚焦于解释电力消费与经济特征关系的不同的切入角度。文献[2]利用面板门槛回归,分析了江苏省经济增长对电力消费影响的面板门槛效应,发现了工业化(产业结构调整)对电力消费影响的时间特征。文献[3]分析了全国各省电力消费的脱钩状态。

其次,现有研究对电力消费和宏观经济之间关系的研究并不系统,可借鉴的文献多聚焦于分析总体能源消耗与经济增长、产业结构和生产效率之间的联系。从动态角度分析的文献中,文献[4]基于不同时期的时间序列数据对G20、中国经济增长与能源消耗的关系进行研究,认为经济增长是推动能源消耗的主要因素。文献[5]则利用脱钩模型和Granger因果关系检验模型,得出实施节能减排措施不会导致经济下滑的结论。也有学者认为经济增长会推动能源消耗量增加,能源消耗又会导致碳排放量增加进而造成污染环境,反过来抑制经济增长^[6]。

第三,关于经济增长与产业结构升级,文献[7—8]

收稿日期:2023-05-15;修回日期:2023-07-09

基金项目:国网江苏省电力有限公司科技项目(J2021034)

基于时间序列数据对经济增长、产业结构升级以及其他变量之间的动态关系进行研究。文献[9—10]利用灰色关联分析法对浙江省1990—2015年电力消费量与产业结构关联度作了动态的定量分析,确定了不同时期浙江省电力消费量的主要影响因子及其与产业结构发展的关联度。

基于全国省际面板数据对经济增长与产业结构升级之间的研究较少,对经济增长、能源消费以及产业结构升级这3个变量结合进行研究的文章则更少,而采用统一研究框架和方法同时研究电力消费对经济增长和经济结构调整的影响有助于揭示电力消费对经济发展的真实效应。基于此,本文利用2000—2019年省级行政区的面板数据,对上述3个变量进行实证分析,并结合江苏省与全国的比较,确定电力消费对江苏省经济增长的作用效果。

1 模型构建、指标选取与数据来源

在建立衡量能源或电力消费与经济增长关系的模型时,电力消费需求随时间的波动性,以及电力消费与经济增长之间的关系是否均衡,都可能会影响模型的选择。

从以电力消费弹性系数衡量的电力消费与经济增长时变关系来看,典型发达国家在经济高速或中高速增长阶段时,电力消费同步保持高速增长,并且电力消费的增长速度普遍高于经济增长速度,电力弹性系数普遍大于1.0,甚至达到2.0以上。在经济中速或中低速增长阶段时,电力消费会明显放缓,并且电力消费增长速度一般略高于经济增长速度,电力弹性系数略大于1.0。在经济低速增长阶段时,电力消费会进一步放缓,并且开始出现负增长,电力弹性系数不断下降,经济增长与电力消费逐步脱钩。因此在分析电力使用强度与区域经济增长之间的关系时,需要使用时变回归模型来进行分析。

1.1 模型构建

文献大多采用向量误差修正模型(vector error correction model, VEC)、向量自回归模型(vector autoregression, VAR)等方法来估计变量之间的长期均衡关系。本文借鉴文献中的典型模型方法,采用面板向量自回归模型(panel vector autoregression, PVAR),以中国省级行政区为面板样本,来研究经济特征与电力消费的时变关系。在分析江苏区域内的时变关系时,本文采用VAR模型进行分析,进而可与全国样本的PVAR模型结果进行系统的比较。PVAR模型结合了VAR模型和面板数据的优

点,不仅降低了数据时间长度的要求,可以对不可观测个体的异质性进行有效控制,还可以解释不同变量受到不同类型冲击时的动态反应。本文构建的PVAR模型如下

$$y_{i,t} = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j y_{i,t-j} + \theta_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: i 为各省市; t 为年份; k 为滞后阶数; $y_{i,t}$ 为本文的核心变量组成的向量,包含经济增长、电力消费和产业结构升级因素; θ_i 为不随时间变化的样本变量,即每个省市不随时间变化的社会经济特征,引入个体效应向量相当于引入了面板固定效应,有助于控制不随时间变化的样本异质性; μ_t 为时间效应; $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

对于江苏省经济增长与电力消费的均衡关系研究,由于数据为时间序列,因此无需应用PVAR模型,而是应用VAR模型,其模型如下

$$y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j y_{t-j} + \mu_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

式中: y_t 为江苏省经济增长、电力消费和产业结构升级变量。通过PVAR模型分析变量之间的长期均衡关系,主要有3个步骤:①利用广义矩估计(generalized method of moments, GMM)方法对相关系数进行估计;②通过脉冲响应图分析模型中某一变量的标准差冲击对系统中每一个变量的当期和后期影响;③根据方差分解进一步度量不同扰动项对内生变量波动的贡献度。

1.2 指标选取及其数据来源

本文借鉴典型文献,分别构建3个方面的指标,以衡量经济增长、电力消费和产业结构升级之间的动态关系。

首先,选取经济增长指标。在大量关于电能强度结构分解的文献中,一个普遍的结论是无论在发达国家还是发展中国家,经济增长都是电能强度提升的第一大因素^[9]。本文选取各省市2000—2019年的GDP来衡量该地区的经济增长水平。为使回归模型的系数反映相关关系的弹性指标,同时为了消除异方差性,对指标取对数,为 $\ln G_{dp}$ 。

其次,选取电力消费指标。本文选用各省市2000—2019年用电量来衡量电力消费水平。与经济增长指标相同,对用电量数据取对数,为 $\ln G_{lec}$ 。

再次,构建产业结构升级指标。产业结构升级可能导致区域电力消费强度的下降,尤其是从工业经济转向服务业经济的过程,往往伴随着电力消费强度的下降。本文参考文献[10],将分别赋予第一、二、三产业不同的权重,再计算各产业的产业占比,最后算出各产业占比的加权和,形成产业结构升级指标 I_{indus} 。该指标具体计算公式为

$$I_{\text{indus}} = \sum_{i=1}^3 I_i = I_1 + 2I_2 + 3I_3 \quad (3)$$

式中： I_i 为第*i*产业的增加值占GDP的比重，在计算的过程中，三次产业的增加值占比均排除了价格因素。由于该指标为无量纲数据，无需再进行取对数处理。

本文经济特征数据来源于国家统计局公布的官方数据，电力消费数据则来源于《中国能源统计年鉴》以及国家发展改革委、国家能源局公布的官方数据。

2 实证分析

2.1 面板单位根检验

在实证分析前，需要对样本数据进行面板单位根检验，以避免出现伪回归现象。只有样本数据是平稳的，才能构建PVAR模型。本文采用列文-李-储(Levin-Lin-Chu, LLC)检验、异质面板单位根(impesaran-skin, IPS)检验、Fisher ADF检验和Fisher PP检验4种单位根检验方法，这些检验的原假设均为变量存在单位根，表1统计了各变量的检验结果。由表1可知，4种单位根检验中均显示为平稳序列，无需进行差分处理。

表1 3大变量单位根检验

Table 1 Unit root test for three major variables

变量	LLC	IPS	Fisher ADF	Fisher PP
$\ln G_{\text{dp}}$	-18.658***	-8.021***	295.536***	205.760***
$\ln E_{\text{tec}}$	-12.406***	-5.122***	128.243***	224.774***
I_{indus}	-4.989***	-2.011**	160.368***	171.908***

注：***、**分别代表在1%、5%的水平上显著。

2.2 滞后阶数选择

在建立面板向量自回归模型之前，需要选择最优滞后阶数，滞后阶数过长，会丢失较多的样本数据，而滞后阶数过短，则会使检验结果不可靠。使用MAIC、MBIC、MQIC为判定模型最优滞后阶数的3个统计量，得到本文选择最优滞后阶数结果参见表2，最优滞后阶数为3阶。

表2 滞后阶数的选择结果

Table 2 Results of lag order selection

滞后阶数	MAIC	MBIC	MQIC
1	13.496	-225.847	-81.974
2	-1.070	-206.221	-82.902
3	-95.978*	-278.334*	-168.717*
4	-83.984	-243.546	-147.631

注：*为最优滞后阶数。

2.3 PVAR模型的GMM估计结果

根据表1和表2，3个变量都为同阶单整，最优滞后阶数为3阶，由此构建3阶PVAR模型，通过GMM估计，回归结果如表3所示。同时，回归结果通过了稳定性检验，说明该回归结果具有较强的稳定性。

表3 PVAR模型估计结果

Table 3 PVAR model estimation results

解释变量\被解释变量	$\ln G_{\text{dp}}$	I_{indus}	$\ln E_{\text{tec}}$
L1. $\ln G_{\text{dp}}$	1.412*** (0.190)	0.085 (0.220)	-0.201 (0.438)
L2. $\ln G_{\text{dp}}$	-0.336 (0.259)	-0.399 (0.322)	0.097 (0.582)
L3. $\ln G_{\text{dp}}$	-0.144 (0.113)	0.291* (0.156)	0.014 (0.269)
L1. I_{indus}	0.260 (0.316)	1.379*** (0.415)	1.099 (0.733)
L2. I_{indus}	-0.065 (0.362)	-0.342 (0.445)	-0.744 (0.837)
L3. I_{indus}	-0.153 (0.199)	-0.153 (0.217)	0.068 (0.461)
L1. $\ln E_{\text{tec}}$	0.213*** (0.066)	-0.037 (0.080)	1.276*** (0.155)
L2. $\ln E_{\text{tec}}$	-0.265*** (0.074)	0.210*** (0.080)	-0.359*** (0.107)
L3. $\ln E_{\text{tec}}$	0.106** (0.047)	-0.135*** (0.051)	0.098 (0.066)
观察值	480.000	480.000	480.000

注：标准差在括号中，***、**、*分别代表在1%、5%和10%的水平上显著。

回归结果总体上体现了电力消费、经济规模和产业结构升级3个变量之间较为紧密的相关关系。具体而言，电力消费滞后一期对当期经济增长存在显著正向影响，但滞后二期和三期的影响呈现正负波动的状态，表明电力消费的持续增加对短期内GDP的增加有促进作用，但更长时期的作用是波动性的。电力消费对产业结构升级的影响也呈现类似的特征，与总体能源消费的典型文献结果不同的是，全国范围内的经济增长对电力消费的短期影响为负，但并不显著，长期影响为正，也并不显著。产业结构升级对电力消费的影响在多数时期内为正，一定程度上反映了中国仍处在工业化进程中，相应的电力消费需求仍然较大。

江苏作为经济大省和经济强省，其电力消费、经济增长和产业结构升级的相关关系可能呈现出与全国有所不同的特征。鉴于此，首先对江苏的3个变量进行单位根检验，检查其平稳性，结果见表4所示，3个变量为平稳序列。

表4 江苏3大变量的单位根检验结果

Table 4 Unit root test results for the three major variables in Jiangsu

变量	Fisher ADF	Fisher PP
$\ln G_{dp}$	-7.018***	-3.626**
$\ln E_{lec}$	-4.565***	-4.292***
I_{ndusi}	-1.901*	-2.020*

注:***、**、*分别代表在1%、5%和10%的水平上显著。

选取对数似然比(Log likelihood ratio, LR)、赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC)、贝叶斯信息准则(Schwarz criterion, SC)、汉密尔顿信息准则(Hannan-Quinn criterion, HQ)作为判断准则,根据时间序列VAR模型的各项准则,如表5所示,选取江苏3大变量的最优滞后阶数为4阶。

表5 江苏3大变量滞后阶数选择

Table 5 Lagged orders selection of three major variables in Jiangsu

滞后阶数	LR	AIC	SC	HQ
0		-9.856 97	-9.712 11	-9.849 55
1	142.080 50	-20.572 01	-19.992 57	-20.542 33
2	19.425 08	-21.605 35	-20.591 33	-21.553 42
3	5.612 92	-21.415 84	-19.967 23	-21.341 66
4	27.126 38*	-29.332 96*	-27.449 78*	-29.236 53*

注:*表示最优滞后阶数。

根据表4和表5,3个变量都为同阶单整,最优滞后阶数为4阶,由此构建4阶VAR模型,通过GMM估计,回归结果如表6所示。同时,回归结果通过了稳定性检验,说明该回归结果具有较强的稳定性。

与全国类似,江苏的回归结果也在总体上体现了电力消费、经济规模和产业结构升级3个变量之间较为紧密的相关关系。但与全国不同的是,3大变量之间的具体联系存在差别。具体而言,首先最为显著的区别在于,经济增长对电力消费跨期影响更为显著,反映江苏经济增长与其电力消费存在更为直接的相关关系,背后则是江苏相对更高的电气化程度。其次,江苏产业结构升级对电力消费的负向作用明显,体现了江苏产业结构的调整进程中更多的是工业向服务业的持续过渡。再次,结果显示尽管不同期限内影响方向不同,但江苏电力消费和经济特征相关关系是显著的。

2.4 脉冲响应函数

脉冲响应函数(impulse response function, IRF)研究的是模型中某一变量的标准差冲击对系统中每一个变量的当期以及后期影响。本文使用蒙特卡洛方法模拟,得到脉冲响应图,如图1所示,中间

表6 江苏VAR模型估计结果

Table 6 Estimation results of VAR model in Jiangsu

解释变量\被解释变量	$\ln G_{dp}$	I_{ndusi}	$\ln E_{lec}$
L1. I_{ndusi}	0.889* (0.454)	0.785* (0.439)	-3.542** (1.715)
L2. I_{ndusi}	-1.147** (0.432)	0.153 (0.418)	-2.130 (1.631)
L3. I_{ndusi}	-0.275 (0.440)	-0.909** (0.426)	3.295* (1.662)
L4. I_{ndusi}	1.466** (0.613)	0.324 (0.593)	1.388 (2.315)
L1. $\ln E_{lec}$	-0.101 (0.058)	-0.018 (0.056)	0.108 (0.220)
L2. $\ln E_{lec}$	0.003 (0.063)	-0.063 (0.061)	-0.400 (0.237)
L3. $\ln E_{lec}$	-0.066 (0.064)	0.051 (0.062)	-0.776*** (0.242)
L4. $\ln E_{lec}$	0.018 (0.029)	-0.047 (0.029)	0.246** (0.111)
L1. $\ln G_{dp}$	1.220*** (0.299)	0.116 (0.290)	3.747*** (1.131)
L2. $\ln G_{dp}$	-0.326 (0.411)	0.165 (0.398)	-3.454** (1.554)
L3. $\ln G_{dp}$	0.932** (0.378)	-0.080 (0.366)	7.345*** (1.429)
L4. $\ln G_{dp}$	-0.786*** (0.198)	-0.082 (0.192)	-5.847*** (0.749)

注:标准差在括号中,***、**、*分别代表在1%、5%和10%的水平上显著。

的曲线表示IRF点估计值,上下两条曲线表示95%置信区间的边界,横轴表示滞后期数。

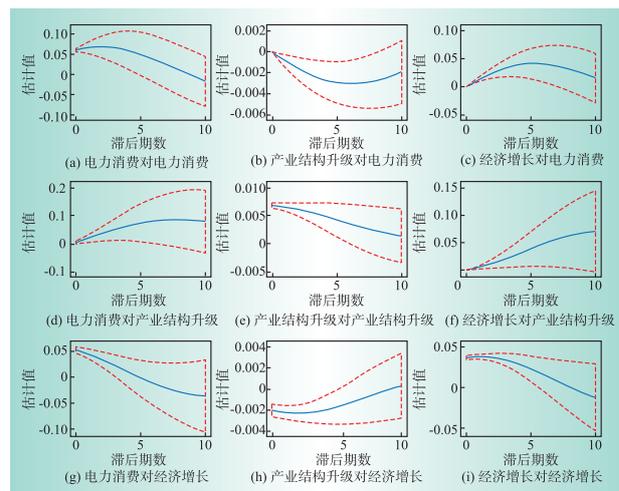


图1 中国电力消费、经济增长和产业结构升级脉冲响应

Fig. 1 Impulse response of electricity consumption, economic growth and industrial structure upgrade in China

根据图1结果,对于电力消费,当受到自身冲击时,会在当期(当年)获得显著的正向影响,在第三

期(第三年)达到正向最大值,随后会缓慢降至负值。当受到产业结构升级冲击时,电力消费的变化也是平缓的,其会在第七期达到正向最大值,随后缓慢下降,这与上文的回归结果相一致,即全国范围内产业结构的提升仍然体现在工业化进程持续推进上。当受到经济增长冲击时,电力消费在当期便有一个明显的正向增长,此后缓慢下滑,在第五期时电力消费回归原值,并在此后缓慢下降至负值。这表明经济增长是电力消费增长的主要原因,但随着时间推移,电力消费增加会逐渐减小。

对于产业结构升级,当受到自身冲击时,产业结构高度在当期有明显正向提升,但在此后缓慢下滑,但响应始终保持正向。当受到电力消费冲击时,产业结构高度缓慢下降至第六期最小值,此后逐渐恢复,但冲击效应始终为负,这反映了电力消费增加很可能带来的是工业规模的增长,由此带来产业结构高度受限。当受到经济增长冲击时,产业结构高度在当期下降,但在短暂下跌后开始持续提升,表明经济增长最终会在长期中带来产业结构升级。

对于经济增长,当受到自身冲击时,当期响应会达到最大值,并保持三期,随后持续下滑至第十期的零附近。当受到电力消费冲击时,经济增长平稳上升至第五期的正向最大值,随后平稳下滑,但始终保持正向水平,表明电力消费对经济增长的持续跨期支撑作用。但受到产业结构冲击时,经济增长响应持续提高,表明产业结构升级作为经济增长动能的持续性。

江苏相应的3大变量脉冲响应情况如图2所示。根据图2结果,对于电力消费,其自身和产业结构升级冲击与全国范围的情况类似,但产业结构冲击导致了电力消费当期效应为负。经济增长冲击对江苏电力消费的影响与全国情况有所不同,当江苏电力消费受到经济增长冲击时,当期电力消费并未发生突变,而是经历了长期正

向增长,这与江苏较为成熟的经济运行有关,也暗示着江苏电力领域的投资需要在长期持续、协调地加大力度。

对于江苏产业结构升级,其自身的冲击效应与全国情况类似。当受到电力消费冲击时,响应与全国有所不同,产业结构高度经历了一段时期的提升,这体现了江苏电力消费与产业结构升级之间的协调性。当受到经济增长冲击时,产业结构并未像全国情况那样在当期负向调整,而是经历了一定时期的正向响应,反映了正向经济冲击的内部很可能对应更大比例的第三产业的增幅,也体现了江苏产业结构升级趋势的持续性。

对于江苏经济增长,当受到自身和电力消费冲击时,表现出更持久的正向响应,反映电力消费和经济增长势头对江苏整体经济向好发展相对更大的重要性。当受到产业结构升级冲击时,江苏经济增长的响应强度较全国略小,反映了当前江苏产业结构的既有高度。全国与江苏电力消费、经济增长与产业结构升级冲击效应的比较见表7所示。

表7 全国与江苏的电力消费、经济增长与产业结构升级冲击效应比较

Table 7 Comparison of effects of electricity consumption, economic growth and industrial structure upgrade between China and Jiangsu

3者互相效应	全国	江苏
电力消费对经济增长的冲击效应	平稳正向,峰值以后削弱,始终为正	正向效应更持久,始终为正
电力消费对产业结构升级的冲击效应	平缓负向,峰值以后消退,始终为负	中短期正向,长期效应消退
经济增长对电力消费的冲击效应	短期显著正向,缓慢消退并转入负向	短期不发生突变,长期持续正向
产业结构升级对电力消费的冲击效应	平稳正向,峰值以后削弱,始终为正	短期负向,峰值以后削弱,始终为正

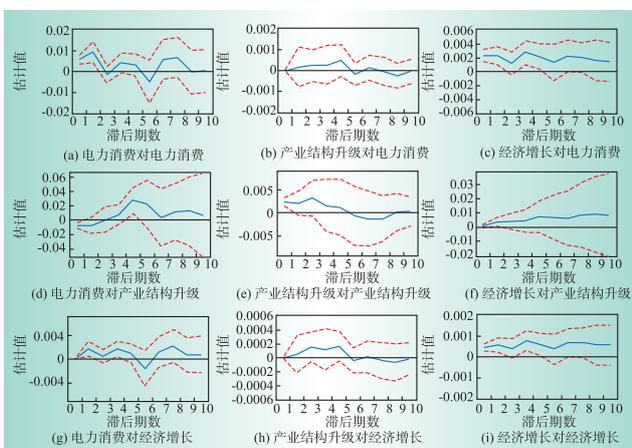


图2 江苏电力消费、经济增长和产业结构升级脉冲响应

Fig. 2 Impulse response of electricity consumption, economic growth and industrial structure upgrade in Jiangsu

3 结论

本文基于全国省级行政区的面板数据以及江苏省样本,利用PVAR和VAR模型对中国经济增长、电力消费和产业结构升级3个变量的动态关系进行分析,并比较了全国和江苏的关系特征区别。实证结果如下:全国和江苏的电力消费、经济增长和产业结构升级趋势之间均呈现了跨期均衡关系,验证了经济增长对电力消费的重要推动作用,其中江苏的经济增长对电力消费的促进作用更为剧烈。同时,电力消费增长也对经济增长有促进作用。全国范围内,产业结构升级对电力消费的影响在多期中为正,一定程度上反映了中国仍处在工业化进程中,相应的电力消费需求仍然较大,而江苏

产业结构升级趋势则在短期中呈现与电力消费的负向关系,体现了江苏的后工业化特征更明显。

基于实证结果,本文得出如下结论:经济增长、产业结构变化是影响电力消费的主要因素。首先经济增长会在短期内明显提升电力消费水平,随着时间的推移,经济增长对电力消费的带动作用会减弱;其次,产业结构升级(第二产业占比下降、服务业等第三产业占比上升)对电力消费的作用需要受经济体所处工业化阶段的不同而有所差异。当经济体处于工业化阶段时,产业结构升级对电力消费的影响为正,当经济体处于后工业化时期时,产业结构升级负向影响电力消费。

基于上述研究结论,本文对于电力投资规划提出如下建议:

(1) 一个地区电力投资规划应当充分考虑当地所处的工业化阶段,工业化阶段和后工业化阶段应当有不同电力投资规划。

(2) 一个地区的电力投资规划应当与该地的产业规划(包括产业门类和空间布局等)充分结合。

(3) 电力投资是长期投资,在做规划时应当充分考虑经济增长、产业结构与电力消费三者之间在短期和中长期上关系的变化。D

参考文献:

- [1] 徐强,陶侃. 中国新克强指数的构建与实证分析[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(3):107-115.
XU Qiang, TAO Kan. Construction and empirical analysis of China's new gram index[J]. China Population-Resources and Environment, 2017, 27(3): 107-115.
- [2] 籍艳丽,辜子寅. 江苏省经济增长对电力消费影响的面板门槛效应研究[J]. 统计与咨询,2020(1):28-31.
JI Yanli, GU Ziyin. A panel threshold effect study on the impact of economic growth on electricity consumption in Jiangsu province [J]. Statistics and Consulting, 2020 (1):28-31.
- [3] 杨国清,陈晔,王德意,等. 我国电力消费的脱钩与区域差异[J]. 电网与清洁能源,2020,36(8):1-8.
YANG Guoqing, CHEN Ye, WANG Deyi, et al. Decoupling and regional differences in electricity consumption in China [J]. Power Grids and Clean Energy, 2020, 36 (8):1-8.
- [4] 邓文博,庄贝妮. 能源消费、出口贸易与经济增长的关系研究——基于PVAR模型对G20的实证分析[J]. 技术经济与管理研究,2021(5):5.
DENG Wenbo, ZHUANG Beini. Resaerch on the relation of energy consumption, export trade and economic growth: empirical analysis of G20 based on PVAR model [J]. Technology Economics and Management Research, 2021 (5):5.
- [5] 王仲瑀. 京津冀地区能源消费、碳排放与经济增长关系实证研究[J]. 工业技术经济,2017(1):11.
WANG Zhongyu. An empirical study on the relationship between energy consumption, carbon emissions and economic growth in Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. Industrial Technology Economics, 2017(1):11.
- [6] 田时中,赵鹏大. 煤炭消耗、污染排放与区域经济增长[J]. 经济问题探索,2017(3):170-177.
TIAN Shizhong, ZHAO Pengda. Coal consumption, pollution emissions and regional economic growth [J]. Exploring Economic Issues, 2017(3):170-177.
- [7] 闫斯哲,王维庆,李笑竹,等. 储能-机组联合调频的动态经济环境跨区灵活性鲁棒优化调度[J]. 电力系统自动化,2022,46(9):61-70.
YAN Sizhe, WANG Weiqing, LI Xiaozhu, et al. Cross-regional flexible robust optimal scheduling in dynamic economic environment with joint frequency regulation of energy storage and units [J]. Automation of Electric Power Systems, 2022, 46(9):61-70.
- [8] 马钊. 低压电器行业转型升级推动“双碳目标”和循环经济[J]. 电器与能效管理技术,2021(3):1-5.
MA Zhao. Transformation and upgrading of low voltage electrical appliance industry promotes “double carbon target” and circular economy [J]. Electrical & Energy Management Technology, 2021(3):1-5.
- [9] 陈理,虎陈霞,陈芳,等. 浙江省电力消费量与产业结构关联度的时空变化研究[J]. 电力需求侧管理,2018,20(4):11-15.
CHEN Li, HU Chenxia, CHEN Fang, et al. Study on the spatial and temporal variation of electricity consumption and industrial structure correlation in Zhejiang province [J]. Electrical Demand Side Management, 2018, 20(4):11-15.
- [10] 胡宏,胥鹏,罗慧,等. 电力消费与城市经济发展驱动力关系的深层挖掘分析[J]. 电力需求侧管理,2018,20(3):15-19.
HU Hong, XU Peng, LUO Hui, et al. Deep mining analysis of the relationship between electricity consumption and urban economic development drivers [J]. Electrical Demand Side Management, 2018, 20(3):15-19.

作者简介:

沈秋英(1979),女,江苏苏州人,博士,高级工程师,研究方向为电气工程、营销数据及电能计量管理;

张文韬(1991),男,江苏苏州人,博士,工程师,研究方向为综合能源系统规划与运行。

(责任编辑 张文翰)

广告索引

国网江苏省电力有限公司管理培训中心 …………… (封二)

中国电力科学研究院有限公司 …………… (封三)

国网电力科学研究院武汉能效测评有限公司 …… (封底)

国网(江苏)电力需求侧管理指导中心有限公司 … (广01)