

# 中国互联网发展的节能减排影响实证研究：区域视角

王子敏, 李婵娟

**摘要：**利用 2006—2014 年的省级面板数据，基于熵值法和因子分析法在综合测度了中国各个地区互联网发展水平的基础上，从综合指标和分项指标的角度，通过建立空间面板杜宾模型分析了互联网发展的各个方面对于人均能耗的影响。研究发现：互联网的发展对人均能耗存在显著的负向空间溢出效应，使得互联网整体上降低了人均能耗；从互联网构成角度，基于互联网的网络信息消费能够显著降低人均能耗，而互联网产业自身发展过程中相关设施的运行与利用能够显著提升人均能耗。最后基于研究结论，从三个方面提出了促进节能减排的政策建议。

**关键词：**互联网；节能减排；能耗；信息消费

**中图分类号：**F124.5 **文献标识码：**A **文章编号：**1671-0169(2016)06-0054-10

**DOI:**10.16493/j.cnki.42-1627/c.2016.06.006

作为一项信息通信技术，互联网极大提升了信息沟通效率，并推动了社会各个层面的变革，使得人类文明不断向信息社会迈进。在此过程中，各种“互联网+”逐步改变了传统产业的发展路径，使得互联网概念超越了纯技术范畴，逐步成为一种社会组织范畴。中国互联网的发展自从 1994 年 4 月被美国国家科学基金会（National Science Foundation）批准加入美国互联网起<sup>[1]</sup>，截至 2016 年 4 月份已经有 22 年的历史。互联网接入方式也开始由当初的千比特率（Kb）级别的窄带拨号，升级为以光线到户、光纤到桌为标志的百兆比特率（Mb）级的宽带接入；与此同时，移动互联网也在蓬勃发展，伴随着以智能手机为代表的智能移动终端的普及和第四代移动通信技术为代表的接入技术的升级，基于移动互联网的各类应用层出不穷。根据中国互联网络信息中心 2016 年 1 月发布的《第 37 次中国互联网络发展状况统计报告》，截至 2015 年底，中国的网民数已经达到 6.88 亿<sup>①</sup>，互联网普及率达到 50.3%，超过全球平均水平 3.9 个百分点。

互联网发源于美国，有文献通过对美国互联网的研究，认为在能源领域能够起到提升能源利用效率以及节约能耗的作用<sup>[2]</sup>。那么在互联网迅速发展的中国，互联网的自身的发展以及互联网在社会各个层面的应用，能否提升社会的能源利用效率，达到节能减排的目的，而且这种影响是什么，有什么特征？同时，由于中国幅员辽阔，区域发展不平衡，上述影响的区域表现是什么？等等。上述问题构成了本文研究的切入点。

**基金项目：**国家社科基金青年项目“城市化背景下我国城乡居民信息消费研究”（14CTQ019）；江苏省社科基金专项课题“江苏协同推进城乡信息消费相关问题研究”（14SZB021）；教育部人文社会科学研究青年基金资助项目“城市化的能耗效应研究——基于空间关联的视角”（12YJC790198）

**作者简介：**王子敏，经济学博士，南京邮电大学经济学院副教授（江苏 南京 210023）；李婵娟，经济学博士，南京邮电大学经济学院讲师

<sup>①</sup> 中国互联网信息中心网址为：<http://www.cnnic.cn/>，如无特别说明，本文中所引用的互联网相关数据均来源于中国互联网信息中心。

## 一、文献综述

在互联网发展的早期, 就已经有学者在关注其能耗效应, 但相关分析主要整合在对信息通信技术 (Information and Communication Technology, ICT) 的能耗影响的研究之中。较为早期的文献, 如 Walker 认为 ICT 的应用能够通过提升产品和工艺的能源利用效率来降低能源消费<sup>[3]</sup>; Collard 等分析了法国服务部门中 ICT 的能耗影响, 发现计算机硬件和软件的使用能够显著提升电力使用强度, 但通信设备的使用范围的扩张能够显著降低电力使用强度<sup>[4]</sup>; Cho 等对韩国 ICT 的应用对产业能耗的影响进行了分析, 认为在某些制造领域, ICT 能够降低电力消耗, 但对于服务业和大部分制造业而言, ICT 投资会增加电力能耗<sup>[5]</sup>; Bernstein 通过对欧洲制造企业 ICT 投资对于电力使用强度的研究, 发现 ICT 能够显著提升生产过程中的电力利用效率<sup>[6]</sup>; Ishida 分析了日本 ICT 投资、经济增长以及能耗之间的关系, 发现 ICT 投资与能耗之间是稳定的负向关系<sup>[7]</sup>。

上述研究关注了 ICT 技术对于能耗降低的影响, 但也有大量的文献关注 ICT 在应用中所导致的能耗增加效应。例如 Sadorsky 对新兴经济体的研究, 发现 ICT 的使用与电力消耗之间存在显著的正向关系<sup>[8]</sup>; Hilty 等从三个层面分析了 ICT 的应用所导致的能耗效应, 通过对欧盟数据的模拟分析, 认为 ICT 在能源管理以及降低经济对于资源的投入方面具有很大的发展潜力, 但 ICT 导致的交通成本的节约, 会使得交通领域的能耗存在巨大的回弹效应 (Rebound Effect)<sup>[9]</sup>; Mokhtarian 等对 ICT 与交通之间的替代与促进关系进行了分析, 认为在某些方面通信技术的应用能够代替交通, 但某些方面是替代不了的, 甚至会推动交通需求的增长<sup>[10]</sup>; Takase 等分析了日本和美国信息化投资与能源消费之间的关系, 发现日本信息化投资能够显著减少能源消费, 而在美国由于信息化投资所导致的收入效应, 能源消费会升高<sup>[11]</sup>; Zhu 等基于 2001 至 2009 年美国的数据, 发现电信用户有着更高的汽车行驶里程, 认为由此导致了更多的温室气体排放, 且 2009 年相对于 2001 年而言, 电信用户的汽车行驶里程的趋势是在增长的<sup>[12]</sup>。

在关注 ICT 技术的能耗影响时, 部分学者也开始直接关注互联网的能耗影响。部分研究认为互联网降低了能耗, 如 Romm 等总结了互联网在企业生产效率、商业用途的建筑物能耗以及交通领域的影响, 认为互联网的发展所导致的经济运行效率的提升, 是美国 1996 到 2000 年间能源利用强度非预期性下降的原因<sup>[13]</sup>; 在 Fuhr 等的研究中, 认为其后 10 年间互联网和电信业务的发展能够为美国节约 5.882 亿吨温室气体的排放, 其中 2.477 亿吨归功于互联网和电信业务对交通的替代, 0.281 亿吨归功于互联网和电信业务的发展带来的办公场所的减少, 3.124 亿吨归功于互联网和电信业务的发展提升了经济效率, 导致经济活动中碳排放的减少<sup>[2]</sup>。也有研究认为互联网的发展与能耗之间并不是负向关系或者其能耗可以忽略不计, 如 Saidi 等基于全球 67 个国家的面板数据, 研究发现以互联网接入数以及移动电话用户数为指标表示的 ICT 发展水平与电力消费水平之间存在显著的正向相关关系<sup>[14]</sup>; Salahuddin 等分析了澳大利亚的互联网发展与能耗的关系, 发现无论从短期还是长期来看, 互联网的发展与碳排放之间没有显著的关系<sup>[15]</sup>; Raghavan 等认为虽然互联网本身会消耗大量能源, 但从量上来看, 相对于其他领域消耗的能源而言, 互联网消耗的能源可以忽略不计<sup>[16]</sup>; Murtishaw 等认为美国 20 世纪九十年代中后期单位 GDP 能耗的降低, 并不是归功于以互联网和信息技术的应用所导致的能效提升, 而是由于社会的能源需求结构变化所导致的<sup>[17]</sup>。

对中国互联网的能耗影响的相关研究方面, 舒华英等在综述现有研究成果的基础上提出了 ICT 碳减排的量化方法, 并经过数据调研做了 ICT 在路灯监控领域应用所带来碳减排量的初步估算, 认为 ICT 对于低碳经济的发展具有显著的促进作用<sup>[18]</sup>; 周亚颖等分析了技术变化对于中国能源强度的影响, 认为 ICT 投资对节能有一定影响, 要因地制宜, 发挥 ICT 投资在节能中的作用<sup>[19]</sup>; 任

若恩等基于中国 1981—2005 年数据研究了 ICT 投资和非 ICT 投资对中国 33 个部门能源强度的影响,认为 ICT 资本投入及其体现的技术进步因素有效地降低了中国大部分部门的能源强度<sup>[20]</sup>; Han 等的实证分析认为,长期来看 ICT 对能耗的影响呈 U 型关系,且截至 2014 年上述关系中负向影响仍然占据主导地位<sup>[21]</sup>。

上述文献为深入理解互联网的发展对能耗的影响提供了丰富的研究基础,由于互联网的发展涉及多个方面,如互联网基础设施投资、互联网用户、网络信息资源、基于网络的产业发展等等,同时互联网的发展对于社会的影响也不仅仅是表现在现有研究中所涉及的交通、经济效率、电力消费等方面。特别在互联网迅速发展的今天,中国互联网的迅速普及,在能耗方面的整体表现是什么,影响机理是什么,结合中国区域间发展的不平衡,如何考虑区域间的空间溢出效应等问题,都需要进行更进一步的研究。因而本文将在现有研究基础上,从区域视角实证检验互联网的能耗影响。

## 二、互联网与能耗关系

### (一) 互联网影响能耗的内在机制

互联网影响能耗的路径众多,从经济主体角度,互联网影响居民、企业以及政府等不同经济主体的机制各不相同。

1. 互联网与居民能耗。互联网改变了居民的消费模式,以网络购物为代表的新兴消费模式,一方面降低了居民外出购物的时间、精力以及相应的能耗,同时增加了以快递业为代表的物流行业能耗;互联网改变了居民的工作模式,众多扁平化公司鼓励员工在家办公,减少了居民办公出行的通勤能耗,但同时所导致的通信需求也提升了电力能耗;基于互联网的信息消费,对居民的出行、交友、餐饮、文化娱乐等传统生活方式形成了部分替代,提升了居民生活中的办事效率,进而节约了相应的能耗。

2. 互联网与企业能耗。互联网的发展推动了企业生产效率的提升,以互联网和现代信息通信技术为代表的信息化管理手段提升了企业的生产自动化和管理自动化,使得企业生产管理更为科学和及时有效,提升了企业生产效率和电力利用效率,提升了单位能耗的产出;互联网发展使得企业劳动力需求结构发生变化,互联网所形成的技能偏向效应,形成了对非熟练劳动力的显著替代效应<sup>[22]</sup>,使得企业更偏向高技能劳动力,节约了企业劳动力,提升了劳动生产率,有利于能源利用效率的提升;以互联网为载体的信息通信技术,极大提升了企业内部交流沟通效率,在促进企业扁平化的同时,节约了办公资源,降低了企业办公能耗;但是互联网在提升企业能源利用效率的同时,由于会提升企业的生产能力<sup>[23]</sup>,企业利润增加,企业会扩张生产,进而产生所谓的回弹效应,从而可能会促进企业能耗总量的增加。

3. 互联网与政府部门能耗。互联网一方面提升了政府部门内部沟通的效率,节约了不必要的人力、物力和相应的能耗;同时,政府信息资源的整合、利用和开放,政府基于互联网所提供的民生服务,整体上提升了政府的服务效率,节约了全社会不必要的资源消耗和能源浪费。

4. 互联网产业的能耗。一方面互联网的发展直接导致了信息通信产业在国民经济中地位的提升,信息通信产业的发展会产生相应的能源需求,特别是互联网作为信息传输的手段,本身会消耗大量的电力能源<sup>[24]</sup>;同时通信设备设施与居民信息化终端的制造、使用、处理等相应产业的发展,也会伴随着相应的能源需求增加。另一方面,互联网的发展会影响到全社会的经济与产业结构,互联网的发展一方面会替代某些产业,同时也会推动某些产业的扩张,一个典型的例子是互联网的扩张使得传统零售业受到冲击,而基于网络的 B2C、C2C 等形式的零售业务迅速扩张,同时推动了快递物流业的快速发展<sup>[25]</sup>,在这种产业结构变迁中被替代产业能耗下降,互补产业则能耗增加。

基于上述四个方面的影响分析,互联网的发展既存在导致能耗增加的因素,也存在导致能耗减少的因素,因而这种影响的最终方向需要通过计量手段进行计算。

### (二) 互联网影响能耗的区域表现

在中国互联网普及率迅速上升的过程中,互联网的区域发展是非常不平衡的。以2011年为例,2011年中国互联网用户普及率整体为38.3%,互联网用户普及率最高的地区为北京,普及率为70.30%,最低的贵州普及率为24.20%,笔者根据泰尔指数法计算了2015年中国互联网区域发展不平衡指数<sup>①</sup>,该指数在2011年为0.064。美国作为互联网发展的领头羊,根据其国家统计局(2013)<sup>[26]</sup>相关报告中的数据,报告中涉及的最新数据为2011年数据,2011年其全国的互联网用户普及率为71.7%,普及率最高的地区为华盛顿州,普及率为80%,最低的州为密西西比,普及率为59%,计算出的泰尔系数为0.016。从国家比较的角度来看,中国的互联网发展在区域间是非常不平衡的。截至2015年,中国互联网的区域不平衡状况已经有所改善,2015年互联网用户普及率最高的地区仍然为北京,普及率为76.50%,最低的云南普及率为37.40%,但泰尔指数仍高达0.041。

区域不平衡使得互联网对能耗存在跨区域的空间辐射。一方面是部分互联网发达地区经济社会的发展会首先受到互联网产业发展的影响,先发优势所导致的马太效应,会使得互联网相关产业在发达地区集聚,在提升发达地区互联网相关产业经济比重的同时,抑制了其他地区的互联网相关产业的发展,进而影响到地区能耗;另一方面,由于网络应用并没有区域限制,因而发达地区的互联网产业会向欠发达地区产生强辐射,表现为中国互联网发展呈现出强的跨区域溢出效应,一个典型的例子,如淘宝网购物平台虽然位于浙江,但其却辐射到中国的几乎每个角落;同时,以京沪为代表的互联网发达地区之间,原有的跨区域经贸联系,由于互联网带来的交易成本的降低而得到进一步加强,互联网对经济发达地区间的能耗影响进一步强化。

互联网在形成跨区域空间辐射的同时,也强化了对地理临近地区的能耗影响。互联网的发展降低了经济运行成本,扩大了企业的市场覆盖范围,强化了地理临近地区的经贸联系,使得以经济圈为代表的区域内的经济、社会往来更为紧密,原有的经贸关系得到加强。所谓的“江浙沪包邮”就是一个典型的例证,区域间经贸联系的加强,形成的规模经济,提升了经济运行效率,影响到了居民、企业和政府的经济和社会行为,进一步影响到了能源的利用。

## 三、实证分析

### (一) 模型设定

根据能源研究领域常用的STIRPAT模型<sup>[27]</sup>的启发,建立对数线性面板数据基准模型,如式(1)所示:

$$\ln Energy_{it} = a_0 \ln Int_{it} + a_1 \ln Control_{1it} + \dots + a_n \ln Control_{nit} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $\ln Energy_{it}$ 为因变量能耗的对数, $\ln Int_{it}$ 为自变量互联网发展水平的对数,系数 $a_0$ 表示自变量的影响; $\ln Control_{1it}, \dots, \ln Control_{nit}$ 等为 $n$ 个控制变量的对数,系数 $a_1, \dots, a_n$ 等表示控制变量的影响; $\mu_i$ 和 $\lambda_t$ 分别表示可能的区域和时间固定效应, $\varepsilon_{it}$ 为随机误差项, $i$ 表示区域个体数, $t$ 表示时间。

但考虑到上述模型中没有纳入区域关联因素,即没有考虑到变量间的空间溢出效应,为此在式

<sup>①</sup> 公式为  $\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} \ln(\frac{x_i}{\bar{x}})$ ,其中 $x_i$ 为某一地区的网络普及率, $\bar{x}$ 为整体网络普及率, $n$ 为地区数。

(1) 的基础上, 根据 Elhorst<sup>[28]</sup> 的建议, 设定空间杜宾计量模型, 如式 (2) 所示:

$$y_{it} = \delta \sum_{j=1}^N \omega_{ij} y_{jt} + x_{it} \beta + \sum_{j=1}^N \omega_{ij} x_{jt} \theta + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}, i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

其中,  $y_{it}$  为因变量  $\ln Energy_{it}$ ,  $\omega_{ij}$  为空间权重矩阵  $\omega$  的第  $i$  行  $j$  列的数值, 系数  $\delta$  用于捕捉因变量间的空间影响,  $x_{it}$  为式 (1) 中自变量和控制变量所组成的向量,  $\beta$  为  $x_{it}$  的系数向量,  $\theta$  也为系数向量, 用于捕捉自变量和控制变量对因变量的空间影响, 其他变量含义与式 (1) 相同。与常用的空间滞后模型以及空间误差模型相比, 空间杜宾模型是更为一般的模型, 在特定条件下会转化成空间滞后模型或者空间误差模型, 因此 Elhorst 建议首先建立空间杜宾模型, 之后再根据检验结果确定是否需要建立其他模型。

## (二) 因变量与自变量

1. 因变量: 能源消耗 ( $Energy$ ), 根据历年《中国能源统计年鉴》中各个省级行政区域的能耗总量除以当年常住人口, 得到人均能源消耗, 单位为吨标准煤。

2. 自变量: 互联网发展 ( $Int$ ), 该指标没有对应的统计数据, 需要进行计算。由于互联网的发展涉及多个维度, 如互联网投资、互联网渗透率、互联网产业、网络信息资源、网络基础设施、信息消费支出、基于互联网的产业发展等, 上述指标从不同角度反映了互联网的发展状况, 基于单一指标很难反映互联网发展的客观事实。根据数据的可获得性, 笔者选取了万维网站数、互联网用户数、网页数、页面总字节数、一周以内网页更新占比、移动电话数、长途光纤总长度、快递业务量、电信业务量共计九个指标反映互联网发展状况。其中移动电话数、长途光纤总长度、快递业务量、电信业务量四个指标来源于中经网数据库, 其余指标来源于历年中国互联网信息中心发布的《中国互联网络发展状况统计报告》。相关数据说明及处理情况如表 1 所示:

表 1 互联网发展状况统计数据说明及处理

变量名	单位	目的	数据处理
万维网站数	个	用于衡量互联网产业发展状况	除以总人口, 得到人均量
互联网用户普及率	%	用于衡量互联网普及程度	
网页数	个	用于衡量互联网信息服务业的发展程度	除以总人口, 得到人均量
页面总字节数	KB	用于衡量互联网信息资源的多少以及丰富程度	除以总人口, 得到人均量
一周以内网页更新占比	%	用于衡量网络信息资源的时效性以及网络的活跃程度	
移动电话数	万户	用于衡量移动互联网的发展状况以及通信基础设施的发展程度	除以总人口, 得到人均量
长途光纤总长度	万公里	用于衡量互联网基础设施投资建设水平	除以总面积, 得到光纤密度
快递业务量	万件	用于衡量网购产业的发展状况	除以总人口, 得到人均量
电信业务量	万元	用于衡量消费者信息消费支出和电信服务提供量	除以总人口, 得到人均量

上述九个方面的指标从不同角度反映了互联网的发展状况, 为了从总体上综合反映一个地区的互联网发展程度, 需要对上述指标进行加权, 得到一个综合指标。加权方法有多种, 可以通过诸如以专家法为代表的主观方法赋值, 也可以通过客观方法进行加权。本文采用了熵值法和因子分析法这两种常用的客观方法对上述九个指标进行权重计算或者降维处理, 最后加权得到综合指标。表 2 报告了根据上述两种方法加权后部分年份地区互联网发展程度综合指标排序中的前五名和后五名省份。

从表 2 中可以看出, 无论是采用熵值法还是因子分析法, 地区互联网发展水平前五名的地区均为东部经济发达的省份和直辖市, 其中北京、上海一直居于首位, 占据了中国互联网发展的制高点。浙江从 2009 年开始超越广东和天津, 居于第三位, 并一直保持到 2014 年, 是所有非直辖市省级行政区中互联网发展水平最高的地区, 而居于后几位的省份基本上以中、西部欠发达地区为主。

表 2 部分年份地区互联网发展程度排序

时间	前五名地区		后五名地区	
	熵值法	因子分析法	熵值法	因子分析法
2006	北京、上海、天津、广东、浙江	上海、北京、广东、天津、浙江省	新疆、甘肃、云南、内蒙古、青海	四川、安徽、江西、甘肃、贵州
2010	北京、上海、浙江、天津、广东	北京、上海、浙江、广东、天津	新疆、甘肃、贵州、云南、青海	贵州、广西、甘肃、云南、江西
2014	北京、上海、浙江、天津、广东	北京、上海、浙江、广东、天津	内蒙古、新疆、贵州、甘肃、青海	广西、四川、云南、江西、甘肃

注: 由于数据限制, 西藏、香港、澳门和台湾没有参与计算; 因子分析法中, KMO 值为 0.772, Bartlett's 球形检验值的显著性水平为 0, 以特征根大于 1 为标准, 选取了 3 个公因子, 累计的方差贡献率为 84.87%。

(三) 控制变量

1. 经济发展水平 (GDP): 经济发展水平无疑是影响能耗的最主要因素, 众多研究已经证明了这一点, 如李韧<sup>[29]</sup>、林卫斌等<sup>[30]</sup>。因此, 采用平减后的人均 GDP 作为衡量地区经济发展水平的代理指标。

2. 技术进步 (TEC): 技术进步会影响到全社会的能源利用效率, 但技术进步没有现成的统计指标, 需要根据现有数据进行估算, 根据张军等<sup>[31]</sup>的方法, 估算了各个地区的资本存量, 进而利用各个地区劳动力数据, 基于索罗余量法估算了各个地区的全要素生产率, 作为技术进步的代理指标。

3. 产业结构 (IND): 由于工业领域能耗是能源的最主要消费形式, 因此如果地方经济构成中工业占较高的话, 那么就意味着该地区会有着更高的能源消耗, 因而采用工业增加值占地区生产总值的比重作为衡量地方产业结构的代理指标。

4. 能源价格 (PRC): 能源价格的变动通过影响能源的使用成本进而影响到能源的利用, 能源价格上升时会抑制能源需求, 同时提升能源利用效率、减少浪费。基于数据可获得性考虑, 采用各省区燃料零售价格指数作为能源价格的代理指标, 由于该指标为环比指标, 因此统一转换为可比指标。

由于部分数据报告时间周期时间较短, 因此本文计算中统一采用从 2006 至 2014 年共计 9 年的数据, 涉及了除西藏以外的大陆 30 个省和直辖市的省级面板数据, 各个变量计算中所采用的数据, 如无特别说明均来源于中经网数据库, 计算中所涉及的价值数据均进行了平减。

(四) 计算结果

由于在式 (2) 中, 空间滞后项  $\sum_{j=1}^N \omega_{ij} y_{jt}$  的存在, 使得变量间存在空间相关性, 式 (2) 中系数向量  $\beta$  和  $\theta$  的大小和显著性并不能准确刻画自变量对于因变量的最终影响, 因而在对式 (2) 进行计算的基础上, LeSage 等<sup>[32]</sup>将因变量受到自变量的影响分解成了直接效应、间接效应以及总效应, 直接效应用于计算因变量受到本地区自变量的影响, 间接效应用于计算因变量受到的临近地区自变量的影响, 总效应是上述直接和间接效应的和。基于 matlab 空间计量软件包, 将空间权重矩阵设为一阶地理邻接权重矩阵, 但由于互联网空间溢出的广泛性, 互联网的影响可能不仅仅是临近区域间的影响, 诸如北上广等经济发达地区由于存在更为紧密的经贸联系, 互联网的空间溢出效应会在这些地区间也会存在, 因而为了计算结果的稳健, 笔者设定了经济矩阵, 采用样本期间不同地区人均 GDP 的平均值差的倒数绝对值计算, 如果两个地区的经济发展水平较为接近, 那么认为计算出的权重值就越大。计算公式参照林光平等<sup>[33]</sup>的方法, 如式 (3) 所示:

$$\omega_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad \text{其中, } \bar{Y}_i = \frac{\sum_{t=1}^T Y_{it}}{T} \quad (3)$$

其中,  $w_{ij}$  表示权重矩阵中的第  $i$  行  $j$  列元素,  $Y_{it}$  表示地区  $i$  在时期  $t$  的人均 GDP。表 3 报告了按照上述两种权重矩阵计算的结果。

表 3 计算结果

变量	地理权重矩阵		经济权重矩阵	
	模型 (1) 熵值法	模型 (2) 因子分析法	模型 (3) 熵值法	模型 (4) 因子分析法
$Int_{直接}$	0.02**	0.02	0.02*	0.02
$Int_{间接}$	-0.23**	-0.59**	-0.16**	-0.93**
$Int_{总效应}$	-0.21**	-0.57**	-0.14**	-0.91**
$GDP$	1.01**	1.39**	1.86**	2.33**
$IND$	1.54**	1.56**	1.05**	1.23**
$TEC$	-1.42**	-1.47**	-1.54**	-1.56**
$PRC$	-0.48*	0.48	-0.32**	-0.41
空间滞后模型检验	0.00	0.00	0.00	0.00
空间误差模型检验	0.00	0.00	0.00	0.00
Hausman	0.00	0.06	0.00	0.00
模型设定	双固定效应杜宾模型	随机效应杜宾模型	双固定效应杜宾模型	双固定效应杜宾模型

注:  $Int_{直接}$ 、 $Int_{间接}$ 、 $Int_{总效应}$  分别表示自变量的直接效应、间接效应和总效应。由于篇幅限制, 控制变量  $GDP$ 、 $TEC$ 、 $IND$ 、 $PRC$  只报告了总效应; \*\* 表示在 5% 水平下显著, \* 表示在 10% 水平下显著; 空间滞后模型检验、空间误差模型检验、Hausman 检验三行中报告的是  $P$  值; 由于因子分析法在进行数据处理时会对数据进行标准化处理, 因而计算出的因子综合得分中存在大量数值为负的数据, 而根据式 (1) 和式 (2) 的计量模型设定, 在计算时需要将数据进行对数化处理, 因而为了计算出结果, 对因子中的每个数据均加上一个数值, 使得数据为正, 该数值的取值标准为: 取因子得分中最小的负数, 取绝对值再加 1, 这样因子综合得分中数值最小的数最后被调整为 1。

表 3 中由于空间滞后模型以及空间误差模型的 Wald 检验均在 5% 水平下显著, 认为需要建立空间杜宾模型, 不需要建立更为特殊的空间滞后模型或者空间误差模型, 因此模型 (1) — (4) 均最后建立空间杜宾模型; 同时, 除模型 (2) 以外, Hausman 检验均支持建立空间和时间双固定效应模型, 模型 (2) 为随机效应模型。

## 四、结果分析

### (一) 综合影响

表 3 模型 (1) 以基于熵值法估算的互联网发展综合指标作为自变量, 计算了互联网发展的综合状况对于中国能耗的影响。其中, 互联网发展对于能耗的直接效应为 0.02, 在 5% 水平下显著为正, 表明一个地方互联网的发展将会直接增加该地区的能耗; 间接效应为 -0.23, 且在 5% 水平下显著, 表明一个地方的能耗会受到临近地区互联网相关产业发展的影响, 临近地区互联网的发展降低了该地区的能耗, 表明互联网的发展对能耗的影响存在显著的空间溢出效应; 总效应为直接效应和间接效应的和, 由于间接效应从绝对值来看远大于直接效应的数值, 且方向为负, 因而导致总效应显著为负, 系数为 -0.21, 表明在考虑了互联网的空间溢出效应后, 互联网从整体上降低了人均能耗。模型 (2) 中采用了以因子分析法估算的互联网发展的综合指标作为自变量, 发现与模型 (1) 相同的地方在于, 认为互联网从整体上显著降低了能耗, 但不同的地方在于认为直接效应不显著。

为了计算结果的稳健性, 表 (3) 中模型 (3) 和模型 (4) 以经济矩阵作为空间权重矩阵, 对结果进行了重新计算, 发现即使是采用不同的空间权重矩阵, 互联网的总效应仍然是稳健的, 即认

为互联网从整体上降低了能耗; 同时互联网的间接效应也是稳健的, 均认为存在显著的负向影响; 但直接效应并不稳健, 采用不同的权重矩阵和不同的自变量估算方法, 得出的计算结果在显著性上不一致。

(二) 分项影响

由于互联网的发展涉及多个方面, 虽然本文采用了九个不同的指标测度了互联网的发展水平, 但九个指标之间在表征互联网的发展方面存在高度的信息重复性, 因而在前文基于因子分析对互联网发展综合水平进行测度的同时, 采用正交旋转法提取了 3 个公因子, 利用这 3 个公因子计算互联网的构成对于能耗的影响。表 4 报告了对应的因子载荷矩阵:

表 4 因子载荷矩阵

变量名	因子 1	因子 2	因子 3
人均页面字节数	0.974	0.117	0.106
人均网页数	0.961	0.179	0.122
人均快递业务量	0.665	0.512	0.254
人均电信业务量	0.172	0.830	-0.223
长途光纤密度	0.131	0.793	0.094
人均 WWW 网站数	0.651	0.652	0.003
互联网普及率	0.304	0.642	0.633
移动电话普及率	0.404	0.606	0.598
一周以内网页更新占比	-0.049	0.179	-0.908

从表 4 中可以看出, 因子 1 所对应的变量主要有平均网页字节数、人均网页数以及快递业务量。结合前文的分析, 这三个变量一方面表征了网络上的信息资源的多少, 同时还表征了基于网络的商品消费的多少, 因子 1 实际上是网络信息的消费以及基于网络信息的消费, 根据国务院 2013 年《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》中对信息消费的定义, 可以将因子 1 归结为网络信息消费。表 4 中因子 2 所对应的变量主要有平均电信业务量、长途光纤密度、人均网站数、互联网普及率以及移动电话普及率。这些变量主要表征了互联网基础设施的发展程度以及利用程度。因子 3 主要涉及的变量是互联网普及率、移动电话普及率以及网页更新占比, 但这三个指标的共性很难总结。

表 5 互联网的构成的能耗影响

因子	能耗影响	
	地理权重矩阵	经济权重矩阵
因子 1	-0.345**	-0.728**
因子 2	0.427**	1.113**
因子 3	-0.405**	-0.144

表 5 报告了采用上述三个因子作为自变量计算出的对能耗的总影响。

注: 每个因子在计算前均将数值调整成了正值, 调整方法同表 3, 因而本表中的计算结果中数值的大小不具备可比性; \*\*表示 5% 显著性水平。

表 5 中发现无论是采用何种空间权重矩阵, 因子 1 均显著为负, 而因子 1 主要代表的是网络信息消费, 即网络信息消费显著降低了人均能耗。同理, 因子 2 对于人均能耗的影响均显著为正, 因子 2 主要表征了网络基础设施的建设与利用情况, 表明互联网的发展与利用本身会显著增加能耗。因子 3 的能耗影响, 在采用不同的权重矩阵的情况下, 计算结果不稳健, 因而难以判断其影响。

## 五、结论与政策建议

(一) 结论

本文利用 2006—2014 年全国省级面板数据, 建立空间面板杜宾模型, 在综合测度了各个地区的互联网发展水平的基础上, 从综合和分项角度, 计算了中国互联网发展对于能耗的影响。从整体来看, 中国互联网的发展降低了人均能耗, 且互联网的发展对能耗存在显著的空间溢出效应。从分项角度的研究, 发现互联网的不同方面对于能耗的影响是不同的, 网络信息消费是能耗降低的主要力量, 而网络基础设施的运行与利用能够显著增加能耗。

(二) 政策建议

1. 不断提升网络信息消费。由于网络信息消费在能耗降低方面作用显著, 因而要注重网络信

息消费的不断提升,一方面推进网络信息资源的建设和利用,用信息资源替代不必要的产品、服务以及交通需求,推动产品和服务的虚拟化,特别是要推动教育、文化、娱乐、科技等产业信息资源的建设和开发,同时促进政府管理领域信息资源的建设、开发和开放;另一方面,推动基于网络信息的消费,特别是重点关注诸如网络购物、电子商务、互联网金融、位置信息服务等领域,要在不断推动互联网覆盖的基础上,推动这些基于网络的业务规范有序发展,推动互联网在经济社会各个层面的渗透。

2. 推动快递产业的发展。推动快递产业和互联网发展的良性互动,促进快递物流行业的网点布局的合理化,优化快递车辆行驶线路,实施智能物流建设,提高快递企业能源利用效率;同时提升快递企业的社会地位,支持快递企业的投寄设施,特别是智能投寄设施在居民生活区中的建设,规范快递企业竞争,推动企业物流外包业务;鼓励农村快递业的发展,逐步实现农村地区快递产业和电子商务发展的良性互动。

3. 加强信息化的能耗管理。由于互联网基础设施的建设、运行和利用会直接提升能耗,因而提升信息通信行业能源利用效率,特别是促进节能设备、设施的推广和利用显得尤为重要;同时,要推进基于信息化手段的能源管理在各个行业的应用,特别是物联网在重要能耗领域的应用,以智能化和信息化的方式提升全社会的能源利用效率,减少能源浪费。

#### 参考文献

- [1] 李晓东,陈建功. 中国互联网发展的历史阶段划分[J]. *互联网天地*,2014,(3).
- [2] Fuhr, J. P., S. Pociask. Broadband and telecommuting: Helping the US environment and the economy[J]. *Low Carbon Economy*,2011,(1).
- [3] Walker, W. Information technology and the use of energy[J]. *Energy Policy*,1985,(5).
- [4] Collard, F., P. Fève, F. Portier. Electricity consumption and ICT in the French service sector[J]. *Energy Economics*,2005,(3).
- [5] Cho, Y., J. Lee, T. Kim. The impact of ICT investment and energy price on industrial electricity demand: Dynamic growth model approach[J]. *Energy Policy*,2007,(9).
- [6] Bernstein, R., R. Madlener. Impact of disaggregated ICT capital on electricity intensity in European manufacturing[J]. *Applied Economics Letters*,2010,(17).
- [7] Ishida, H. The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan[J]. *Telematics and Informatics*,2015,(1).
- [8] Sadorsky, P. Information communication technology and electricity consumption in emerging economies[J]. *Energy Policy*,2012,(3).
- [9] Hilty, L. M., P. Arnfalk, L. Erdmann, et al. The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability—A prospective simulation study[J]. *Environmental Modelling & Software*,2006,(11).
- [10] Mokhtarian, P. If telecommunication is such a good substitute for travel, why does congestion continue to get worse? [J]. *Transportation Letters*,2009,(1).
- [11] Takase, K., Y. Murota. The impact of IT investment on energy: Japan and US comparison in 2010[J]. *Energy Policy*,2004,(11).
- [12] Zhu, P., S. G. Mason. The impact of telecommuting on personal vehicle usage and environmental sustainability[J]. *International Journal of Environmental Science and Technology*,2014,(8).
- [13] Romm, J. The internet and the new energy economy[J]. *Resources, Conservation and Recycling*,2002,(3).
- [14] Saidi, K., H. Toumi, S. Zaidi. Impact of information communication technology and economic growth on the

- electricity consumption; Empirical evidence from 67 countries[J]. *Journal of the Knowledge Economy*, 2015.
- [15] Salahuddin, M., K. Alam, I. Ozturk. Is rapid growth in Internet usage environmentally sustainable for Australia? An empirical investigation[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2015, (5).
- [16] Raghavan, B., J. Ma. *The Energy and Emergy of the Internet*[Z]. ACM, 2011.
- [17] Murtishaw, S., L. Schipper. Disaggregated analysis of US energy consumption in the 1990s; Evidence of the effects of the internet and rapid economic growth[J]. *Energy Policy*, 2001, (15).
- [18] 舒华英, 王轩, 杨天剑. 信息技术( ICT) 碳减排贡献研究[J]. *中国软科学*, 2010, (S1).
- [19] 周亚颖, 樊茂清. 能源价格变化、技术变化和信息化投资对能源强度的动态影响研究[J]. *经济问题*, 2011, (5).
- [20] 任若恩, 樊茂清, 郑海涛. 能源价格、技术变化和信息化投资对部门能源强度的影响[J]. *世界经济*, 2012, (5).
- [21] Han, B., D. Wang, W. Ding, et al. Effect of information and communication technology on energy consumption in China[J]. *Natural Hazards*, 2016.
- [22] Kettani, E., T. Mamuneas, P. Pashardes. ICT and energy use; Patterns of substitutability and complementarity in production[J]. *Cyprus Economic Policy Review*, 2013, (1).
- [23] Barua, A., B. Lee. The information technology productivity paradox revisited; A theoretical and empirical investigation in the manufacturing sector[J]. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 1997, (2).
- [24] Coroama, V. C., L. M. Hilty. Assessing internet energy intensity; A review of methods and results[J]. *Environmental impact assessment review*, 2014, (2).
- [25] 王子敏. 经济增长、互联网发展与快递业的关系研究[J]. *北京交通大学学报(社会科学版)*, 2012, (3).
- [26] File, T. *Computer and Internet Use in the United States*[Z]. 2013.
- [27] Dietz, T., E. A. Rosa. Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1997, (1).
- [28] Elhorst, J. P. Applied spatial econometrics; Raising the bar[J]. *Spatial Economic Analysis*, 2010, (5).
- [29] 李韧. 中国经济增长中的综合能耗贡献分析——基于 1978—2007 年时间序列数据[J]. *数量经济技术经济研究*, 2010, (3).
- [30] 林卫斌, 苏剑, 施发启. 经济增长、能耗强度与电力消费——用电量与 GDP 增长率背离的原因探析[J]. *经济科学*, 2010, (5).
- [31] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. *经济研究*, 2004, (10).
- [32] Lesage, J., P. K. Pace. *Introduction to Spatial Econometrics*[M]. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [33] 林光平, 龙志和, 吴梅. 中国地区经济  $\sigma$ -收敛的空间计量实证分析[J]. *数量经济技术经济研究*, 2006, (4).

(责任编辑 朱 蓓)

## MAIN ABSTRACTS

### **Construction and Basic Features of Ecological Civilization Theories about the Late Developing Countries**

WANG Yu-chen, WANG Yong-xing

Although manifested in the form of the crisis of relationship between human beings and nature, ecological crisis in essence reflects a kind of conflicting interest relationship between different nation-states, regions and groups in the aspects of possession, distribution and use of ecological resources. The key to solve the ecological crisis lies in rectifying injustice human relationship. The construction of ecological civilization theories about the late developing countries should be based on historical materialism and grounded on the essence of ecological crisis and realities of late developing countries, and absorb the fruits of western ecological civilization theories with main contents unifying three parts, i. e. the realization of the value pursuit of environmental justice, conception of development and the theory of ideal state.

### **Empirical Analysis of the Impact of Internet on Energy Consumption — Regional Aspects**

WANG Zi-min, LI Chan-juan

Based on the annual province level panel data, the regional comprehensive internet development level is calculated, and a spatial Durbin model is used to analyze the effects of internet industry development on energy consumption in China from total and structural aspects. The result shows that the internet development has a significant negative spatial flow over indirect effect on per capita energy consumption, which leads to totally negative effect on energy consumption. Also based on the structural analysis, it is found that the internet information consumption is the main channel that internet could reduce energy consumption, and the operation and use of internet — related infrastructures may significantly promote energy consumption. In the final part of this paper, some suggestions are presented based on the conclusions.

### **What Is the Appropriate Object of Nature Appreciation? — On the Nature Aesthetics of John Sallis**

SUN Wei

The object of nature appreciation is the core question of Nature Aesthetics. The question of the object of nature appreciation is the question of what is the nature itself, Sallis's thought of phenomenology provides a new vision to this question. Sallis states that nature itself is the elemental nature. The elemental is not the pure object separated from the human, nor is the product of human's subjective and psychological activities. The appropriate object of nature appreciation is the elemental nature, and the nature appreciation and the art appreciation are interlinked because the real art and the real nature are not the product of human activities but the manifest of the elementals.