

我国核电经济性评价研究进展及述评

曹 帅, 邹树梁, 刘文君, 向 虹

(南华大学 经济管理学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要:我国核电发展走过了一条艰难和漫长的道路,截至2013年1月,我国已拥有6家核电厂、15台运行的核电机组,占全国总发电量的1.97%,占全球核发电量的3.47%,具备后发优势。对核电进行经济性评价是必要的,它关系到我国核电的发展未来。通过总结我国学者对核电经济性的研究,提出我国核电经济性分析的框架并对我国核电经济性分析的发展趋势进行了展望。

关键词:核电经济性;内部成本;外部性;分析框架及展望

中图分类号:F407.23 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2014)02-0058-05

随着我国经济的快速增长,能源需求压力日益突出,预计到本世纪中叶,我国能源供应缺口将高达20亿吨标煤左右。仅从电力需求来看,据估算2020年我国的电力需求量大约为8.47万亿kWh,是目前电力消费的2倍。虽然从我国目前的资源状况来看,煤电依然是我国电力生产结构的基础,但有研究指出核电将是我国目前和中长期内在一定规模上替代煤电的唯一能源。同时,发展核电也是减少温室气体排放的有效途径,是我国可持续发展的必然选择。

核电的经济性分析是核电发展中的重要问题之一,本文希望通过总结我国学者对核电经济性的研究,提出核电经济性分析的框架,从核电经济性分析目前存在的问题展望我国核电经济性分析的发展趋势。

1 我国核电经济性分析的现状

核电经济性是体现核电市场竞争力最重要的指标,也是目前制约我国核电快速、健康和可持续发展的关键因素之一,已经得到了我国相关学者的关注和重视。所谓核电站的经济性,就是利用工程经济学的一般规律和法则,对核能发电作详细的经济分析、计算与比较^[1]。我国不少学者针对核电的经济性展开了研究,主要从核电的内部成本和外部性两方面展

开。

1.1 内部成本

衡量核电经济性一般采用两种标准:一种是同功率、同建设工期燃煤电厂与核电厂的发电成本比较;另一种是根据某地区国家平均发电成本和电价来分析核电的经济性^[2]。无论是采用哪种标准都需要核算核电的内部成本,核电的内部成本表现方式有核电的工程造价、发电成本、上网电价等。工程造价仅指核电站的建成价,没有考虑核电燃料及运营维护成本,而目前我国核电的上网电价一般按经营期电价办法进行电价测算,最终由价格主管部门批准后实施,因此该指标政府干预较大。所以相比较而言发电成本是衡量核电经济性比较综合且公正的指标,因此总结了我国学者在这方面的研究。

1.1.1 发电成本测算范围及成本因素

俞保安、贾斗南和沈时芳指出核电的经济性分析的核心是发电成本的计算,并与火电比较^[1]。他们认为发电成本是指电站生产单位电力所需要的总成本,由固定开支费用、燃料费用和运行维修费用三部分组成。他们应用基淮化技术对国外1988年将投入运行的110万kW核电站进行了计算,核电站的发电成本为53.82美分/度电,而同规模的火电站的发电成本

收稿日期:2013-11-13

基金项目:国家社会科学基金青年项目(12CJY013);湖南省教育厅科学研究优秀青年项目(12B112);湖南省“十二五”重点学科项目“管理科学与工程”

作者简介:曹帅(1989—),男,江苏徐州人,南华大学经济管理学院管理科学与工程硕士,研究方向:核能经济管理;邹树梁(1956—),男,江西安福人,南华大学校党委书记,教授,管理科学与工程博士,湖南省核能经济与管理研究基地首席专家,研究方向:核能经济管理、战略管理;刘文君(1978—),男,陕西山阳人,南华大学经济管理学院副院长,副教授,日本神户大学经济学博士,研究方向:经济性评价理论与实证;向虹(1989—),女,湖北黄冈人,南华大学经济管理学院应用经济学硕士,研究方向:核能经济管理。

为 69.09 美分/度电,可见核电比火电经济。然而学者计算核电发电成本所用的数据是国外的经验数据,对我国核电经济性只从发电成本这一角度作了定性分析,没有反映出我国核电的真实经济性。

罗安仁^[2]学者指出由于核电建设周期长,不可预见因素多,因此在测算核电发电成本时增加了不可预见费用(按人民币总价的 15%和美元总价的 10%)。学者根据秦山一期和大亚湾核电站的经验以及一些假设条件估算出的 60 万千瓦双堆核电厂发电成本与预测的华东电价进行了比较,指出核电站从第三年起开始盈利,因此核电具有较好的经济性。

然而以上学者估算的发电成本没有将核电生产的前一阶段铀矿开采和核电生产的后一阶段核电站的退役包括在内,那么这样计算出来的发电成本片面的,有待完善。

因此苏宁和耿志成^[3]提出在核电经济性分析时,应该将电力系统的生产环节都综合加以考虑,进行全面分析,即在核算核电发电成本时应该从铀矿开采阶段开始直到核设施的退役管理阶段。两位学者运用系统投资分析法比较了我国核电系统(依据秦山一期电站计算)和煤电系统(煤电系统分为输煤和输电两类,且按照从山西运煤到浙江计算),通过核电站和煤电系统的投资比推算出核电系统与煤电系统的造价,指出输煤系统投资为核电系统的 84%,而输电系统与核电系统造价相当。学者用系统投资分析法来比较核电与煤电的经济性是系统全面的。

通过总结学者们关于发电成本的测算,我们可以看到关于发电成本核算范围越来越广,且成本因素也越来越完善,但采用的数据仍需改善,要应用我国现实核电运行的真实数据才具有说服力。

1.1.2 发电成本影响因素

郑照宁^[4]等从实现核电商业化的角度分析了核电发电成本变动因素,指出负荷因子、项目运行寿期、建设周期和利率的变动将对核电成本产生影响,负荷因子越高、运行寿期越长、建设周期越短、贴现率越低,发电成本就越小,核电的经济性就越明显。

陈衬兰^[5]在考虑国产化和自主化的情况下,比较了我国已建及正在建设的核电站发电成本,指出随着国产化比例的提高,核电的发电成本明显降低。学者根据岭澳一期的真实数据,测算出了国产化率提高到 50%和 70%时百万千瓦级核电站的发电成本分别为 253.72 元/MWh 和 211.15 元/MWh,与火电相比已具有竞争力。

我国学者刘江华^[6]、邹树梁^[7]还指出规模效应和

学习效应也是影响我国核电发电成本的重要因素,同时我国学者邹树梁^[7]还着重强调燃料成本对火电和核电的发电成本的影响,指出我国电煤价长期受国家控制,价格低于市场平均价格,放开煤价后,当煤价超过 400 元/吨时,核电电价比煤电电价具有经济竞争力。

通过分析核电发电成本影响因素,我们可以给出降低核电成本的建议:建设期要做好统筹安排,缩短建设周期;运营期要做好设备的维修保养工作,延长运行寿期;注重核电发展过程中自主化和国产化的提高;扩大我国核电的规模并注重学习效应的影响等。我国学者在影响因素方面的研究大多是定性的分析,较少涉及实证分析,这个可以作为未来核电经济性分析的一个补充。

1.1.3 发电成本的计算方法

刘江华^[6]等指出国内对于发电成本的分析,习惯采用平均成本。然而平均成本忽略了资金的时间价值,很难真实反映核电经济性水平,建议采用国际目前通用的全寿期平准化贴现发电成本。同时指出目前我国习惯采用 25 年作为项目计算期是不妥当的,因为核电站的设计寿命都在 40 年以上甚至是 60 年,采用 25 年的项目计算期难以反映项目全寿期的真实情况。

杨光^[8-9]等在传统经济评价方法的基础上,根据核电建设的一次性投资大、建造周期长的特点,引入运行小时修正系数、经济评价期修正系数,通过引入修正系数计算各类电源平准化后的发电成本是较为科学合理的,同时指出在目前的低碳经济的背景下应该考虑碳排放成本。

通过以上分析,我们知道我国学者关于核电内部成本的计算是越来越完善的,主要体现在以下两个方面:一是核电内部成本计算的系统性、全面性的增强,从单纯进行核电站的建造、运营和燃料成本的计算到开始考虑整个核电系统(从核燃料的开发到电力生产的各个环节)的成本,再到考虑碳排放成本下的核电成本的核算;二是计算方法上越来越科学,越来越合理,从平均成本法到全寿期平准化成本法,再到考虑核电的特点引进修正系数的计算方法。

1.2 外部性

从能源可持续发展的观点看,考察不同能源的经济性不仅要考虑能源链的内部成本,还要考虑其外部性。那么,除了从核电的内部成本考察核电的经济性外,还要考虑其外部性。所谓外部性,是指企业或个人向公众或环境所强加的成本或效应,资源的外部性指在保护和消费过程中是否对公众环境强征了不可

补偿的成本或给予了无须补偿的收益^[10],主要表现在能源消费过程中对健康、环境和气候的影响。

我国从20世纪80年代初开始研究能源造成的环境影响,由于长期以来能源消费以煤为主,早期研究的重点主要是燃煤电厂的环境影响。80年代末期我国参加了国际原子能机构的“核能与其他能源风险比较的评价”计划,展开对核能及其他主要能源环境影响研究。我国学者主要的研究内容有:能源链的温室气体排放系数、煤电与核电的环境影响与健康风险比较的研究、能源链的外部成本估计等。

潘自强^[11-13]等对90年代中期和21世纪初期我国煤电链和核电链对健康、环境和气候的影响进行了比较研究。从辐射、尘肺和急性事故死亡率方面比较了煤电链和核电链对健康的影响,其中煤电链对公众的辐射照射约为核电链的50倍,对工作人员产生的辐射照射煤电链是核电链的10倍,煤矿的尘肺病发病率是铀矿的5倍,煤电链急性事故死亡率约是核电链的60倍。对环境的影响方面,可观察到煤电链排出SO₂和NO_x等对森林、农作物等的明显影响,而核电链对环境的影响是可以忽略不计的。对气候的影响方面,煤电链温室气体排放系数约为1 302g等效CO₂(kWh)⁻¹,核电链为13.7g等效CO₂(kWh)⁻¹,煤电链为核电链的95倍。

李红,方栋^[14-15]等做了煤电与核电的环境影响与健康风险比较的研究。环境和健康风险比较分两个阶段进行:第一阶段,将比较对象所有环境与健康影响列出后逐一对应比较;第二阶段,采用外部成本法或多因子综合评价法对所有影响进行量化比较分析。将煤电与核电的环境影响和健康风险从全燃料链角度进行比较,结果表明,煤电燃料链的环境影响和健康风险比核电链大。

马忠海^[16-18]等比较了煤电链与核电链的温室气体排放系数。利用全寿命循环分析方法对煤电链和核电链的温室气体排放进行了全面的综合分析,经过计算煤电链的温室气体排放系数是1 302.3gCO₂/kWh,核电链的温室气体排放系数是13.71gCO₂/kWh,煤电链的温室气体排放系数是核电链的近100倍。由于该方法能够对能源链的每个环节和整个能源链的温室气体排放进行全面综合的定量和定性分析,因此对温室气体排放系数的测定是合乎实际的。可见,从温室气体排放的角度看,核电比煤电经济,发展核电是发展核电是能源结构策略调整以减缓温室效应、合理利用资源、保护环境的切实可行的途径。

姜子英^[19-20]等对煤电链与核电链的外部成本进

行了比较研究。应用影响路径分析和生命周期分析方法建立了核电能源链与煤电能源链的外部成本计量框架,对二者的环境影响的外部成本进行了比较评价。结果表明:煤电能源链向环境排放的污染物直接导致酸雨、降尘和全球变暖等环境效应,对人体健康、植被、生态系统、材料和清洗等造成明显影响;而核电能源链未发现可察觉的环境影响。从污染物(SO₂, NO_x, PM和CO₂)排放看,煤电能源链比核电能源链高2个数量级;煤电能源链的辐射影响是核电能源链的40倍;煤电能源链总的外部成本(0.38元/kWh)是核电能源链(0.00331元/kWh)的115倍。

通过以上的总结,我们知道虽然我国关于核电外部成本的研究起步较晚,但还是取得了显著的成绩。通过核电链与煤电链的外部成本比较可知:①核电是清洁的能源,它比煤电更有利于环境。②现行的能源价格机制中没有合理地体现环境成本,因此,仅仅通过比较没有包含环境成本的发电成本和上网电价是不能够全面的反映出核电的经济性的。③要想解决我国的环境问题就需改变现在的以煤为主的能源结构。

2 我国核电经济性分析原则及框架

2.1 核电经济性分析的原则

核电事业经过几十年的探索和实践,虽然中间经历过几次核事故的冲击,但证明其还是可持续发展的、稳定的、经济的战略能源。我国要发展核电,必然要与火电等其他能源形式在经济上进行竞争。而核电的经济性是其参与电力市场竞争和持续发展的基础,因此,对于核电经济分析与评价的研究就变得非常重要。为了保证核电经济性分析的科学性和合理性,对核电的经济性进行评价时需遵循以下原则:

1)综合性原则。核电经济分析不仅涉及核电领域所有技术专业和科学,诸如核物理、核安全、核环保及电力工业知识等,而且还涉及经济学、管理学、环境科学等多学科知识。只有综合考虑核电所涉及的方方面面,才能完成核电经济分析与评价的任务。

2)实践性原则。我国核电正处于积极发展阶段,核电站的在建数量居全球首位,核电的技术也趋多样化。因此,对核电的经济性分析和评价时要结合每个具体科研课题或建设项目的特点具体分析,这样才能为我国核电发展提供可靠的依据。

3)系统性原则。核电经济性分析与评价是一个系统工程,核电的经济性分析不仅要考虑核电整个系统的内部成本进行考虑——从铀矿的开采到核设施的退役都要进行分析,而且还要对核电系统的外部成本

进行分析和评价。

4) 风险性原则。核电行业未知影响因素较多, 要对未知因素进行合理的假设, 才能对核电经济性作出合理科学的分析。例如, 由于核电建设周期较长, 那么建设期间的物价浮动指数、利率变化及外汇比值的变化都会对核电项目的发电成本产生重大的影响, 必然会影响到核电的经济性。

2.2 核电经济性分析框架

通过总结我国学者关于核电经济性评价的工作, 提出如下的经济分析框架:

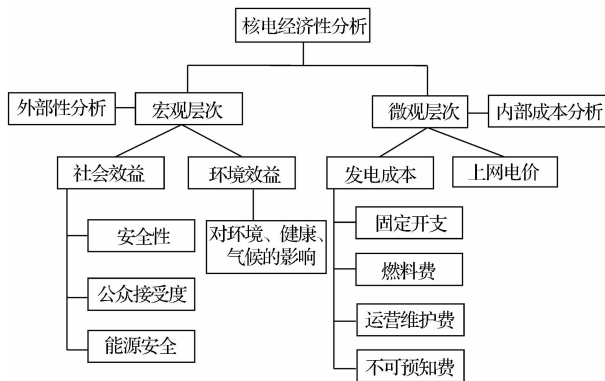


图1 核电经济性分析框架图

核电经济性可从宏观和微观2个层次来评价。宏观方面包括社会效益和环境效益, 社会效益主要体现在核电安全性及发展核电对促进国家能源结构优化调整、保障能源安全、推动相关产业优化升级和促进国民经济发展等方面的作用。环境效益体现在核电对健康、环境和气候的影响方面。微观上, 核电的经济性表现在发电成本和上网电价上。对宏观层次的评价可采用外部性分析方法, 对微观层次的评价可采用内部成本分析方法。

3 核电经济性评价存在的问题及展望

由于我国核电项目启动较晚, 关于核电经济性分析的研究也就相对较晚。我国学者关于核电经济性分析的工作取得了一定成绩, 然而也存在着一些问题, 比如在计算核电内部成本时, 采用的数据基本上是基于国外经验而预测推算而来的, 并且由于核电内部成本界定的范围不同而导致计算的核电发电成本不同; 在讨论核电的外部性方面, 由于外部性涉及的范围较广, 对外部成本的计算有待修正和完善, 并且忽略了核电安全性的重要方面。针对上述问题及我国核电的实际情况, 对核电经济性分析问题做如下的展望:

1) 无论是讨论能源的内部成本还是能源的外部

性, 须从整个能源链的角度出发。目前我国仍然是以煤为主的能源结构, 煤电占发电总量的80%左右, 那么核电发展商业化道路必然要经过市场的检验, 其经济性主要表现在核电链的发电成本与煤电链的比较方面。如果从外部性的角度讨论核电的经济性, 就需要把核电与其他清洁能源的发电方式进行比较, 并且重点研究核电安全性在核电经济性分析中的重要作用。

2) 日本发生福岛核事故后, 世界各国反映不一, 德国政府随即宣布暂时关闭1980年以前投入运营的核电站, 对运营中的核电站进行彻底的安全检查, 法国表示不会因此放弃对核能的开发, 我国立即对核设施进行全面安全检查, 放缓了核电项目的建设。福岛核事故再一次给核电的安全性敲响了警钟, 也是公众对核电建设接受度的一次检验。安全性、公众接受度分析也是核电经济性重要方面, 因此讨论核电的经济性应加强核电安全和公众接受度的分析。

3) 核电经济性的增强有助于我国核电的发展, 那么提高我国核电经济性的具体措施有哪些呢? 虽然我国学者邹树梁^[7,21]、刘江华^[6]等指出规模效应、学习效应有助于提高我国核电经济性, 但都没有做深入研究, 因此这方面是值得研究的问题。

4) 目前关于核电内部成本的计算方法比较单一, 并且忽略了核电项目的建设周期长、投资大的特点, 因此如何计算核电内部成本将是一个重要的研究内容。

5) 核电的外部性涉及面较广, 我国的研究只是处于初始阶段, 为了比较分析我国核电与其他发电方式的经济性, 那么外部成本内部化就显得相当重要, 因此有必要进一步开展我国核电外部成本研究。

参考文献

- [1] 俞保安, 贾斗南, 沈时芳. 核电站经济性分析[J]. 核动力工程, 1982(6): 71-77.
- [2] 罗安仁. 新阶段条件下我国核电经济性分析[J]. 电力技术, 1992(6): 14-19.
- [3] 苏宁, 耿志成. 核电与其它发电方式的经济性比较[J]. 中国能源, 1997(9): 10-13.
- [4] 郑熙宁, 张树伟, 刘德顺. 中国核电实现商业化发展的成本及政策建议[J]. 中国软科学, 2004(10): 27-32.
- [5] 陈村兰. 基于工程造价及发电成本的核电与火电比较研究[J]. 科技与管理, 2005(4): 5-9.
- [6] 刘江华, 丁晓明. 核电经济性分析有关问题探讨[J]. 电力技术经济, 2008(1): 51-55.
- [7] 邹树梁. 中国核电经济性分析[J]. 南华大学学报: 社会科学版, 2009(1): 5-7.

[8] 杨光. 低碳发展模式下中国核电产业及核电经济性研究[D]. 北京:华北电力大学,2010.

[9] 杨光,黄文杰. 计入碳排放因素的中国核电与煤电平准化成本比较[J]. 经济管理,2010(3):15—20.

[10] 肖征文. 我国核电价格的外部经济性问题探析[J]. 粤港澳市场与价格,2008(8):4—6.

[11] 潘自强. 不同能源链外部成本比较的研究[J]. 中国核工业,1999(4):19—21.

[12] 潘自强,马忠海,李旭彤,毋涛,修炳林. 我国煤电链和核电链对健康、环境和气候影响的比较[J]. 辐射防护,2001(3):130—145.

[13] 潘自强. 核燃料和煤燃料链对健康、环境和气候影响的比较[J]. 辐射防护,1996(1):15—30.

[14] 李红,方栋,任天山,李允兴. 中国煤电和核电的环境影响与健康风险比较[J]. 城市环境与城市生态,2000(3):43—45.

[15] 方栋,李红. 中国煤电与核电的环境风险比较[J]. 辐射防护,1996(4):297—303.

[16] 马忠海. 中国几种主要能源温室气体排放系数的比较评价研究[D]. 北京:中国原子能科学研究院,2002.

[17] 马忠海,潘自强,谢建伦,修炳林. 我国核电链温室气体排放系数研究[J]. 辐射防护,2001(1):20—25.

[18] 马忠海,潘自强,贺惠民. 中国煤电链温室气体排放系数及其与核电链的比较[J]. 核科学与工程,1999(3):81—87.

[19] 姜子英,潘自强,程建平,刘森林. 我国煤电链与核电链的外部成本比较研究[D]. 北京:中国原子能科学研究院,2008:363—365.

[20] 姜子英. 我国核电与煤电环境影响的外部成本比较[J]. 环境科学研究,2010(8):111—115.

[21] 邹树梁,刘兵,陈甲华,刘文君. 中国核电发展的现状与展望[J]. 南华大学学报:社会科学版,2005(4):36—40.

The Review of Economic Evaluation of Nuclear Power in China

CAO Shuai, ZOU Shu-liang, LIU Wen-jun, XIANG Hong

(School of Economics and Management, University of South China, Hengyang Hunan 421001, China)

Abstract: As a result of a long way of development, there have been 6 nuclear power plants and 15 running-nuclear power units in China until January 2013, with 1.97% of the national power generation capacity and 3.47% of global nuclear power generating capacity, which indicates the potential advantage of nuclear power in China. It is essential to make a economic evaluation because it is closely related to the future development of nuclear power in China. This paper reviews Chinese scholars’ academic research of economic evaluation of nuclear power in China and framework and directions for future research on the subject are eventually proposed.

Key words: economic of nuclear power; internal cost; externality; framework and prospect

(上接第 9 页)

[24] 陈守明. 知识密集制造业和高技术服务业相关性:基于上海数据的实证研究[J]. 上海管理科学,2007(1):66—69.

[25] 李霞,陈宁宁. 福建省高技术服务业与先进制造业产业关联效应分析[J]. 商场现代化,2012(23):102—103.

[26] 华广敏. 高技术服务业 FDI 对中美制造业效率影响的比较分析——基于中介效应分析[J]. 世界经济研究,2013(3):81—86.

[27] 史一鸣,包先建. 高技术服务业与装备制造业的耦合熵模型及运行机制[J]. 长春工业大学学报,2013,34(1):27—28.

The Domestic Research Review on High-tech Service
Based on the Meta-analysis Perspective

ZHOU Xiao

(College of Economics and Management, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The development of high-tech service has important significance to promote the optimization and upgrade the industrial structure. At present, the width and depth of domestic research on high-tech service have continually developed. The paper based on meta-analysis method to analyze the research review on high-tech service for eight years from China National Knowledge Internet (CNKI) with the theme of high-tech services and explained comprehensively the national research progress of high-tech service, then pointed out the deficiencies of the existing research on high-tech service, providing references for the following study.

Key words: high-tech service; research progress; meta-analysis