

我国核电上市公司技术效率研究

——基于超效率 DEA 模型的实证分析

刘文君, 向冰^①

(南华大学 核能经济与管理研究中心, 湖南 衡阳 421001)

[摘要] 在能源枯竭与环境污染的双重压力下,提高核能效率至关重要。文章从微观上市公司层面对核能技术效率进行研究。运用超效率 DEA 模型对我国核电上市公司的 2009—2014 年的技术效率进行测算,在数据处理上创新性地把宏观层面的指标数据平减运用于微观层面。在此基础上运用 Tobit 模型从财务及非财务两个方面的影响因素对我国核电上市公司技术效率的影响因素进行研究并提出政策建议。结果表明:短期偿债能力、盈利能力、公司规模对我国核电上市公司技术效率有显著的的正的影响。长期偿债能力对我国核电上市公司技术效率有显著的负的影响;营运能力、员工教育程度、公司技术构成、研发能力对我国核电上市公司技术效率无显著影响。所以,我国核电上市公司应适当降低公司的长期负债,适当提高流动负债,提高公司的盈利能力,扩大公司规模。

[关键词] 超效率 DEA 模型; 技术效率; Tobit 模型; 核电上市公司

[中图分类号] F426.23;F406.7 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2016)03-0005-05

面对我国能源需求持续增长与环境污染双重压力,核能作为一种燃料资源丰富、高效能、零排放污染物、风险低的资源备受关注^[1]。核电站具有初始投入巨大,但在建成后的营运期间,核电原材料成本低且易于获取的特点。核电站所需的铀等金属能高度浓缩,运输容易且价廉,而且市场需求数量远低于煤炭或石油。通常来说,核电站的燃料费用只占总发电成本很小的比例,大约仅为煤电站燃料费用的 30%,即使发生燃料价格大幅上升情况,其影响仍较小。我国于 2012 年 10 月《核电中长期发展规划(2011-2020 年)》提出 2012 年 11 月重新启动核电建设。2013 年《能源发展“十二五”规划》中提出“安全高效发展核电”。2014 年《能源行业加强大气污染防治工作方案》中提出力争到 2017 年底实现核电运行装机容量达到 50GW,在建装机容量达到 30GW,年发电量超过 280TWH。2015 年《中共中央关于“十三五”规划的建议》中进一步提出了安全高效发展核能的思路。本文从如何高效发展核能入手进行研究。由于公司是核电运行与政策的最终落脚点,我国核电的主要企业有中国核工业集团公司、中国广核集团公司、国家核电技术有限公司、中国核工

业建设集团公司、核电设备企业,而这些集团公司和核电设备企业多为上市公司,所以本文选择核电上市公司为研究对象,对其技术效率及影响因素进行研究,旨在从公司层面提出提高核能上市公司技术效率的政策。

目前对我国核电效率的评价模型比较准确和方便的模型为 DEA(Data Envelopment Analysis,数据包络分析)模型^[2]。DEA 模型最初由 Charnes, Cooper 与 Rhodes^[3]提出,以规模报酬不变为基础。Banker, Charnes 和 Cooper^[4]提出以规模报酬可变为基础的 BCC 模型,该模型放宽了规模报酬不变的假设,可以区分技术效率的规模有效性与纯技术有效性。CCR-DEA 与 BCC-DEA 模型无法评价多个技术效率 DMU(Decision Making Unit,决策单元)同时等于 1 的情形。SE-DEA(Super Efficiency 超效率)模型可用于重新计算当上述模型中技术效率等于 1 时的 DMU 的技术效率。SE-DEA 模型是由 Andersen 和 Petersen^[5]提出。它是对 CCR 模型、BCC 模型的完善,能有效区分出技术效率有效的 DMU 之间的效率差异,并能对其所评价的 DMU 进行有效的排序。通过对松弛变量和扩张比例的计算区分效率的得

[收稿日期] 2016-04-02

[基金项目] 国家社会科学基金青年项目“我国核电产业技术效率测定研究”资助(编号:12CJY013);湖南省研究生科研创新项目“我国能源上市公司技术效率研究”资助(编号:2015SCX08)

[作者简介] 刘文君(1978-),男,陕西山阳人,南华大学核能经济与管理研究中心副教授,博士。

^①南华大学经济管理学院硕士研究生。

分,从而得出样本的全排序。DEA 模型被广泛地运用于各个地区各个行业的能源效率研究,有:吴文洁和巩志仪^[6]对我国陕西省的能源效率研究;范丹和王维国^[7]对我国省际工业效率的研究;刘文君等^[8]对我国电力产业区域的研究。但运用于核电的较少,有:王东^[9]运用 DEA 模型对我国核电和火电的效率进行对比研究,得出结论:核电的效率值高于火电。邹树梁等^[10]对我国核电行业的核电产业效率进行了评价。而从微观层面即企业层面的研究更少;于潇和盖兆军^[2]对我国核电企业的投资效率进行研究。而上述的运用 DEA 模型对核电方面的研究都没有在算出效率值的基础上找出影响效率值的因素,故也没有提出提高核电效率的政策。因此,本文拟从微观层面对我国核电上市公司的技术效率进行研究,并在此基础上找到影响我国核电技术效率值的影响因素,并提出相应的提高效率的政策。

一 模型、变量与数据

(一) DEA 模型、变量与数据

1、DEA 模型

DEA 模型是非参数方法,运用线性规划来计算技术效率,它只需要知道投入和产出的值,在此基础上,通过 DMU 的生产曲面和最佳前沿面的距离来计算效率值,以此衡量 DMU 是否达到最有效的投入产出比率。通过线性规划识别处于生产前沿面上的点,并以此作为非有效 DMU 的改进目标,用于评价具有多投入多产出的 DMU 之间的相对有效性。Banker, Charnes 和 Cooper^[3]提出以规模报酬可变为基础的 BCC 模型。CCR-DEA 与 BCC-DEA 模型无法评价多个技术效率 DMU 同时等于 1 的情形。SE-DEA(Super Efficiency 超效率)模型可用于重新计算上述模型中技术效率等于 1 时的 DMU 的能源效率。

本文采用 SE-DEA 模型:假设有 n 个同类型的多投入多产出的 DMU,对于每一个 $DMU_j(j=1,2,\dots,n)$ 都有 m 个投入向量 $x_j=(x_{1j},x_{2j},\dots,x_{mj})^T$ 和 k 个产出向量 $y_j=(y_{1j},y_{2j},\dots,y_{kj})^T$ 。在评价第 j 个 DMU 效率时,用其他所有 DMU 的投入和产出的线性组合来代替第 j 个 DMU 的投入和产出,从而将第 j 个 DMU 排除在外,而 CCR-DEA 与 BCC-DEA 模型则没有将这一 DMU 排除在外。一个有效的 DMU 可以按比例增加投入,而使其效率保持不变,其投入可增加的比例即为其超效率评价,其值表示在保持 DMU 仍然有效的前提下可以变化的最大半径。例如效率值为 1.25 表示再等比例多投入 25%,在整个

DMU 中仍然有效。而无效率的 DMU 效率值与其相对应的 CCR-DEA 或 BCC-DEA 模型的效率值保持一致。 μ_j 表示相对于 DMU_{j_0} 重新构造一个 DMU 组合中第 j 个 DMU 的组合比例。第 j_0 个 DMU 的能源效率评价模型如下:

$$\begin{aligned} \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^k s_r^+ \right) \\ s.t. \begin{cases} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \mu_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0} \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \mu_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \mu_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n, \text{ 且 } j \neq j_0 \\ i = 1, 2, \dots, m \text{ 且 } r = 1, 2, \dots, k \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中, θ 为 DMU_{j_0} 的效率值; ε 为阿基米德无穷小,在计算中取正的无穷小如 10^{-11} ; λ_j 为有效 DMU 的组合比例; s_i^-, s_r^+ 为松弛变量向量。

2、变量与数据

按照 wind 申万行业分类标准,剔除 ST, 2009 年以后上市及数据缺失的上市公司之后还有 24 家核电上市公司。参考[11-15]等文献,在投入产出指标方面,本文选择主营业务收入作为产出,部分文献选择了营业利润作为产出,但营业利润可能为负值,DEA 模型无法运算产出为负值的情况,而主营业务收入不可能出现负值,除此之外,营业利润的可操作性比较强,如上市公司可以出售大型的固定资产或子公司来提高营业利润,而主营业务收入的可操作性相对较弱,数据比较客观。投入方面:(1) 固定资产账面价值作为资本投入,很多上市公司使用固定资产净值作为投入指标研究技术效率,但是固定资产净值只考虑到了固定资产的折旧,没有考虑到固定资产的减值,所以本文选择了既考虑了固定资产的折旧又考虑了固定资产的减值的固定资产账面价值。(2) 年末员工总数作为劳动投入。(3) 主营业成本作为中间投入。

数据来源及说明:由于 2009 年我国会计政策有较大变更,而本文的大部分数据来源于公司的财务报表,所以本文选择 2009 年为研究的起点,而上市公司 2015 的年报还没有公布,所以本文选择 2014 年作为研究的终点。本文的固定资产账面价值,主营业成本,年末员工总数,主营业务收入的数据是

通过 wind 数据库与中国证监会指定信息披露网站巨潮资讯网下载的上市公司年报中获得,并通过国家统计局的年度数据中的数据以 2009 年为基年进行平减,以达到数据的一致性。

(二)技术效率影响因素分析模型及变量与数据

由于本文被解释变量技术效率值被截断,所以使用 Tobit 模型进行回归,Tobit 模型是用于解决回归模型中被解释变量截断或受限的问题,是一种被解释变量受限的回归模型。其回归模型为:

$$Y = \begin{cases} Y^* = \alpha + \beta X + \varepsilon & Y^* > 0 \\ 0 & Y^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Y 为截断被解释变量, X 为解释变量, α 为截距项, β 为回归参数,扰动项 $\varepsilon \sim N(0, \alpha^2)$ 。SE-DEA 模型测算出的技术效率值是大于 0 的离散值,所以其作为被解释变量是截断的离散分布数据。因为普通最小二乘法估计 Tobit 模型离散分布数据或部分连续数据是有偏的,故本文使用最大似然估计法估计 Tobit 模型的参数。

变量与数据方面:由于本文从微观层面对我国核电上市公司的技术效率进行研究,这些公司所处的外部环境相似,故本文从公司的内部影响因素对上市公司的技术效率进行分析。公司内部影响因素可分为财务方面和非财务方面。财务方面,本文选择的有杜邦分析法的核心指标——长期偿债能力、盈利能力、营运能力,除此之外,还选择了短期偿债能力指标。非财务指标方面,本文选择员工教育程度、公司技术构成、公司规模、研发能力。具体自变量定义如下:(1)长期偿债能力(DA),本文用资产负债率来表示资本结构,公司负债除以总资产,过高或过低都会使公司的技术效率下降。(2)短期偿债能力(LR),本文用流动比率来表示,流动比率是公司流动负债除以流动资产,这是测量公司短期偿债能力的指标,过高或过低都会使公司的技术效率下降。(3)盈利能力(MP),本文用销售净利率表示。是净利润与销售收入的比值。公司盈利能力越强,公司的效率会越高,从而使技术效率也得到一定的提高。(4)营运能力(AT),本文用总资产周转率表示,是销售收入与总资产的比值,对于一般公司来说,公司的营运能力越强,公司的技术效率越高。(5)员工教育程度(EE)用大专及以上学历教育程度员工所占比例表示。员工受教育的程度越高,技术效率值会越大。(6)公司技术构成(TS)是指公司技术人员所占比例。对于大多数工业来说,技术人员所占比例对技术效率有显著影响。(7)公司规模(CS)

本文用公司总资产来表示公司的规模,单位为亿元。规模过大或过小都会使公司的技术效率值下降。(8)研发能力(RD),本文用无形资产及商誉的总额来表示,其值越大,技术效率越高。

以上数据均来自于中国证监会指定信息披露网站巨潮资讯网下载的上市公司年报。各变量的描述性统计如下表所示:

表 1 各变量的描述性统计

Var	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
DA	144	53.980	17.466	15.657	90.853
LR	144	1.458	0.878	0.348	5.428
MP	144	6.251	8.544	-23.151	42.703
AT	144	0.572	0.296	0.130	1.529
EE	144	0.254	0.091	0.113	0.581
TS	144	0.151	0.090	0.049	0.585
CS	144	129.000	161.000	2.270	763.000
RD	144	1.550	3.840	0.000	31.000

由于公司规模与研发能力中都包括了无形资产,可能存在多重共线。对公司规模与研发能力进行相关性分析与 VIF 分析,得出结论为公司规模与研发能力的相关系数为 0.735 小于 0.75,且 VIF 值小于 10(一般认为相关系数小于 0.75,VIF 小于 10 不存在多重共线),所以不存在多重共线问题。

二 实证分析

(一) 核电上市公司技术效率的测算

基于上述模型,使用 DEA-SOLVER Pro5.0 软件,选用以投入为导向规模报酬可变的超效率 DEA 模型,得到我国核电上市公司的技术效率如表 2 所示。纵向比较可看出:2009 年至 2014 年我国核电上市公司的技术效率各年平均值呈波浪型,技术效率值最小值为 2011 年 0.688,最大值为 2014 年 1.055。横向比较可看出:技术效率值最好的几家公司分别是威尔泰、嘉宝集团、上海机电、申能股份、赣粤高速、中电远达、太钢不锈。技术效率值最差的几家公司分别是中科英华、中核科技、宝钛股份、闽东电力、兰太实业、振华科技、升华拜克。这几家公司 2009 年至 2014 年的平均技术效率值都不超过 0.5。这几家公司存在极大的效率改进潜力。

表 2 2009—2014 年各核电上市公司技术效率值

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	均值
中科英华	0.430	0.459	0.417	0.379	0.332	0.336	0.392
特变电工	1.022	1.014	0.706	0.523	0.666	1.009	0.823
嘉宝集团	1.746	1.216	1.000	2.916	3.401	6.869	2.858
威尔泰	3.997	4.047	1.000	5.520	4.202	3.736	3.750
韶能股份	0.430	0.523	0.486	0.502	0.590	0.600	0.522
中核科技	0.612	0.580	0.516	0.468	0.406	0.386	0.495
烟台冰轮	0.540	0.609	0.664	0.451	0.379	0.400	0.507
太原重工	0.847	1.001	0.544	0.456	0.438	0.420	0.618
盾安环境	0.611	0.708	0.498	0.510	0.499	0.460	0.548
大西洋	0.736	0.693	0.598	0.436	0.380	0.405	0.541
华银电力	0.510	0.530	0.556	0.535	0.449	0.427	0.501
太钢不锈	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宝钛股份	0.512	0.486	0.508	0.392	0.351	0.366	0.436
赣粤高速	1.234	1.156	1.000	1.166	1.090	1.093	1.123
申能股份	1.571	1.509	1.000	1.711	1.643	1.491	1.488
闽东电力	0.413	0.552	0.397	0.424	0.360	0.395	0.424
上海机电	1.576	1.691	1.000	1.846	2.351	2.964	1.905
方大炭素	0.452	1.034	1.000	1.022	0.492	0.397	0.733
兰太实业	0.412	0.507	0.488	0.344	0.330	0.359	0.407
中电远达	1.607	1.675	1.000	1.004	0.545	0.528	1.060
振华科技	0.483	0.529	0.470	0.415	0.394	0.412	0.450
湘电股份	0.655	0.652	0.586	0.466	0.481	0.510	0.558
升华拜克	0.544	0.543	0.573	0.383	0.317	0.315	0.446
哈空调	0.763	0.985	0.516	0.535	0.413	0.443	0.609
平均	0.946	0.987	0.688	0.975	0.896	1.055	

(二) 我国核电上市公司技术效率的影响因素

本文用 Stata12.0, 以技术效率值为被解释变量, 影响因素为解释变量, 运用 Tobit 模型进行回归, 其实证结果如表 3 所示。

表 3 2009-2014 年我国核电上市公司技术效率影响因素回归结果

因变量	Tobit	因变量	Tobit
常数	-2.108*** (-3.74)	EE	0.686 (0.89)
DA	0.0183*** (3.41)	TS	-0.374 (-0.49)
LR	0.855*** (8.34)	CS	1.12e ⁻¹¹ * (2.20)
MP	0.0435*** (5.39)	RD	-1.06e ⁻¹⁰ (-0.62)
AT	-0.153 (-0.61)	样本数	144

注: ***, ** 和 * 分别表示回归系数在 1%、5% 与 10% 水平上显著, 括号内为 T 值, e⁻¹¹ 代表乘以 10⁻¹¹, e⁻¹⁰ 代表乘以 10⁻¹⁰。

根据表 3 可知: 长期偿债能力 (DA), 长期偿债能力用的指标为资产负债率, 实证结果为资产负债率对我国核电上市公司技术效率有显著的正向影响,

系数为 0.0183。说明资产负债率对我国核电上市公司技术效率的影响较大。因为资产负债率越高, 长期偿债能力越低。所以实证结果为资产负债率对我国核电上市公司技术效率值有显著的正向影响, 那么长期偿债能力对我国核电上市公司技术效率有显著负向影响。这是因为我国核电上市公司的负债较低, 公司举债能力不足, 公司的运行效率会有所降低。加大举债能提高公司的运行效率, 技术效率也会增大。

短期偿债能力 (LR) 对核电上市公司技术效率有显著的正向影响, 且系数为 0.855, 说明短期偿债能力对我国核电上市公司技术效率有极大影响。我国核电上市公司的流动比率偏低, 提高流动比率, 可以增强公司短期的还债能力, 流动负债得到偿还的保障越大, 公司的技术效率值上升。

盈利能力 (MP) 对我国核电上市公司技术效率有显著的正向影响, 且系数为 0.0435。说明短期偿债能力对我国核电上市公司技术效率有较大影响。盈利能力越大越好。提高公司的销售净利率, 相同产出得到的利润越大, 产出相同则投入越少, 故技术效率值得到提高。

公司规模 (CS) 对我国核电上市公司技术效率的有显著的正向影响, 系数为 1.12×10^{-11} , 说明公司规模对我国核电上市公司技术效率的影响相对较小。我国核电行业处于行业生命周期的生长期, 且正处于规模经济阶段, 所以增大公司规模能使我国核电上市公司的技术效率提高。

营运能力 (AT) 对我国核电上市公司技术效率无显著影响, 因为核电公司的特殊性, 产出并不能通过薄利多销的政策提高销量, 且营运周期较为固定, 故营运能力对我国核电上市公司的技术效率无显著影响。员工教育程度 (EE)、公司技术构成 (TS)、研发能力 (RD) 对我国核电上市公司技术效率无显著影响, 是因为数据选择时剔除了部分数据缺失的公司, 且上市公司的年报数据存在一定的粉饰。

三 结论与政策建议

综上所述, 2009 年—2014 年我国核电上市公司的技术效率各年平均值呈波浪型, 效率值最小值为 2011 年 0.688, 最大值为 2014 年 1.055。横向比较可看出: 效率值最好的几家公司分别是威尔泰、嘉宝集团、上海机电等。技术效率值最差的几家公司分别是中科英华、中核科技、宝钛股份等。技术效率的影响因素实证分析的结果为: 营运能力、员工教育程度、公司技术构成、研发能力对我国核电上市公司技

术效率无显著影响。短期偿债能力、盈利能力、公司规模对我国核电上市公司技术效率有显著的正向影响。长期偿债能力对我国核电上市公司技术效率有显著的负向影响

基于以上实证结果,为了进一步提高我国核电上市公司技术效率,本文提出以下几点建议:(1)适当降低公司的长期负债与控制流动负债。长期方面:在保证能正常经营的情况下,适当降低举债可以取得更多的利益。短期方面:适当降低流动负债,提高公司的流动资产,来提高公司短期偿债能力。(2)提高公司的盈利能力。公司的盈利能力越强,公司的技术效率就越高。由于行业的特殊性,核电的销售收入比较难以提高,所以应从控制成本着手提高核电上市公司的盈利能力。(3)扩大公司规模。一般扩大公司规模的方式有外部扩大即并购与内部扩大即新建。由于核电行业处于生长期,所以宜结合采用同类并购与新建的方式。

[参考文献]

- [1] 任德曦, 胡泊. 关于我国能源革命与核电发展的探讨[J]. 南华大学学报: 社会科学版, 2015(1): 8-15.
- [2] 于潇, 盖兆军. 基于 DEA 模型的核电行业投资效率分析[J]. 商业研究, 2015(6): 74-80.
- [3] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European journal of operational research, 1978, 2(6): 429-444.
- [4] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. Management science, 1984, 30(9): 1078-1092.
- [5] ANDERSEN P, PETERSEN N C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis [J]. Management science, 1993, 39(10): 1261-1264.
- [6] 吴文洁, 巩芯仪. 碳排放约束下陕西省全要素能源效率研究[J]. 当代经济科学, 2015(2): 97-105, 127-128.
- [7] 范丹, 王维国. 中国省际工业全要素能源效率——基于四阶段 DEA 和 Bootstrapped DEA [J]. 系统工程, 2013(8): 72-80.
- [8] 刘文君, 邹树梁, 陈甲华. 中国电力产业区域技术效率及其影响因素分析[J]. 华东经济管理, 2013(10): 78-83, 97.
- [9] 王东. 我国核电与火电技术效率的比较研究[J]. 科技与管理, 2005(4): 1-4, 9.
- [10] 邹树梁, 邓亚玲, 刘文君. 基于超效率 DEA 的我国核电行业投入产出效率评价[J]. 财会月刊, 2015(24): 80-84.
- [11] 贾全星. 我国新能源上市公司技术效率及其影响因素分析——基于随机前沿方法的实证研究[J]. 工业技术经济, 2012(7): 114-119.
- [12] 辛玉红, 李星星. 中国新能源上市公司技术效率研究[J]. 技术经济与管理研究, 2013(9): 14-19.
- [13] 王传会, 公维凤. 我国煤炭采选业上市公司的经营效率研究[J]. 煤炭技术, 2011(9): 5-6.
- [14] 苗敬毅, 蔡呈伟. 我国煤炭行业上市公司技术效率及其影响因素——基于 Tobit-DEA 模型[J]. 技术经济, 2012(7): 55-58, 103.
- [15] 姜春海, 胡亚妮. 火电上市公司的技术效率及影响因素——基于 DEA 方法和 Tobit 模型的实证分析[J]. 宏观经济研究, 2014(8): 61-73.

Empirical Research on Nuclear Energy Listed Companies' Technical Efficiency Based on SE-DEA Model

LIU Wen-jun, XIANG Bing

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: Faced with environmental pollution and energy depletion, improving nuclear energy efficiency is essential. This article studies nuclear energy technology efficiency from listed companies. Use SE-DEA model to measure and analyze energy listed companies' technical efficiency from 2009 to 2014. On this basis, use Tobit model to study factors of nuclear energy listed companies' technical efficiency from financial and non-financial aspects. At last, give some suggestions. Studies show that: short-term solvency, profitability, company size have a significant positive impact on technical efficiency of energy listed companies, while long-term solvency has a significant negative impact. Operating capacity, education level, technical constitution, research and development capabilities have no significant impact. Therefore, nuclear energy listed companies should reduce the company's long-term liabilities appropriately, improve the company's current liabilities appropriately, improve the company's profitability and expand the size of the company.

Key words: SE-DEA model; technical efficiency; tobit model; nuclear energy listed companies