

DEA 协同 HLM 模型的风电上市公司投资效率研究

宋晓华¹ 敖云娜¹ 刘金朋¹ 井西涛²

¹ (华北电力大学经济与管理学院, 北京 102206) ² (北京市南口农场, 北京 102202)

〔摘要〕 文章选取了24家风电上市公司为研究对象, 利用DEA模型, 对其2014~2016年的投资效率进行分析研究, 并运用分层线性模型(HLM)对样本的投资效率影响因素进行追踪。研究结果证明, DEA协同HLM可有效研究投资效率及其影响因素。实证分析显示, 各风电公司投资效率差异明显; 自由现金流、成长能力和政府补贴对风电公司的投资效率有着显著性影响。

〔关键词〕 风电 上市公司 投资效率 DEA模型 HLM模型 自由现金流

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2018.02.003

〔中图分类号〕 F425; F224; F276 **〔文献标识码〕** A

引言

2016年, 以三去一降一补为重点的能源供给侧结构性改革正全面深化, 2016年底正式印发的《能源发展“十三五”规划》和《可再生能源发展“十三五”规划》深入推进了能源革命。两项规划引导下, 《风电发展“十三五”规划》也相应出台, 其中明确规划, 到2020年底, 风力发电累计并网装机容量要达到2.1亿千瓦以上, 年发电量要达到4200亿千瓦时, 需占全国总发电量的6%以上。能源局2017年颁布的《能源工作指导意见》提到, 为促进风电建设, 计划2017安排新建风电25GW, 新增装机20GW^[1]。同时, “一带一路”大力倡行下, 我国风电开发向中东和我国南方地区转移的趋势更加明晰, 因此生产风电相关的部件将成为风电行业的主要趋势。各类驱动因素对资本向风电产业的流入必然有着明显的导向, 但投资中难免会出现低水平扩张和产能过剩的情况, 使得投入产出难以匹配, 资源无法充分发挥有效作用。投资与收入的差距使得风电产业的内部管理者与外部投资者不得不对风电产业的

投资效率进行深思。由于投资效率是评价企业价值, 判断投资决策以及体现公司经营成果的重要参考, 因此研究风电公司的投资效率及其影响因素, 对风电产业的发展将有重要意义。

1 文献综述

目前投资效率的研究方法主要有2种: (1) 参数前沿面法; (2) 非参数前沿面法。参数前沿面特点是通过具体的生产函数估计位于生产前沿面上的函数参数^[2]。这种方法稳定性较强, 但其不易处理多输入输出的问题。而非参数前沿面法, 以数据包络分析法(DEA)为主, 它可以处理多输入及多输出问题, 且不需要对数据无量纲化, 不用主观设置权重和函数表达关系, 排除了很多主观因素^[3]。Dobrea等利用DEA模型对罗马尼亚地区区域层面的投资效率进行了评价^[4]。陈伦盛等利用三阶段DEA分析方法, 对我国省际城市基础设施建设投融资效率进行了评价^[5]。李梦琦等用DEA模型分析了长江中上游城市的创新效率问题^[6]。申建良等运用DEA-Tobit模型研究了环境约束下的中国全要素能源效率^[7]。

收稿日期: 2017-08-24

基金项目: 国家自然科学基金(项目编号: 71501071); 北京市社科基金(项目编号: 17GLB010); 中国博士后科学基金(项目编号: 2014M550937); 教育部哲学社会科学基金(项目编号: 14JF005); 北京市社科基金(项目编号: 16YJC064); 中央高校基本科研业务费基金(项目编号: 2017MS059)。

作者简介: 宋晓华, 华北电力大学经济与管理学院教授, 博士。研究方向: 投融资管理、电力经济。敖云娜, 华北电力大学经济与管理学院硕士研究生。研究方向: 财务管理、电力经济。刘金朋, 华北电力大学经济与管理学院讲师, 博士。研究方向: 能源经济管理。井西涛, 北京市南口农场会计师, 硕士。研究方向: 投融资管理。

近年来,也有不少关于研究风电发展的文献。高建刚等利用对风能短、中、长期发展的产生障碍因素进行了研究,强调了研发和政策的重要性^[8]。张文珺等研究了区域分布对风力发电的影响,指出风电水平与风能资源匹配,与经济发展和风电投资正相关,与电力消费负相关^[9]。黄辉对风电发展的主要影响因素进行了敏感性分析,指出风电容量成本、市场需求水平以及快速调峰能力等是影响风电发展的关键因素^[10]。赵文会等利用 DEA 和 Malmquist 指数评价了三北地区的风电经济效益,提出加强技术开拓,提高规模效率等建议^[11]。现阶段虽然研究风电发展的文献较多,但很少有从投资效率的角度分析风电产业的发展,也极少有研究深入细化到风电公司。且在研究效率的方法中,鲜少有将多层次线性模型(HLM)与 DEA 相结合。在国外,HLM 模型在 1972 年被首次提出,90 年代开始发展,现在已逐渐成为统计方法中的新成员。目前,HLM 模型在我国的研究还处于消化和吸收的阶段。基于此,本文将研究风电公司投资效率,运用 DEA 模型研究其投资效率,并以得到的投资效率作为因变量,考虑时间发展下各影响因素的分层现象,使用 HLM 模型进一步分析影响投资效率的因素,以期实现合理有效的投资建议。

2 模型方法

2.1 DEA 传统模型

DEA 包含 2 个传统模型,即 CCR 模型和 BCC 模型,CCR 模型是由 Charnes、Cooper 和 Rhodes 于 1978 年首次提出的,该模型的提出标志着 DEA 理论体系的建立。CCR 的假设基础是规模报酬不变^[12],设有 n 个 DMU (评价单元),记为 DMU_j ($j=1,2,\dots,n$),每个 DMU 都有 m 类输入和 s 类输出,输入和输出分别用 X_j 、 Y_j 表示。 x_{jr} 和 y_{js} 分别表示第 j 个 DMU 的第 r 类的输入和输出量。而 BCC 模型的假设基础是规模报酬可变,由 Banker、Charnes 和 Cooper 提出,是在 CCR 模型中引入约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ^[13, 14]。

$$\begin{aligned} & \min \theta_j \\ & s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s_j^- = \theta x_o \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s_j^+ = y_o \\ & \lambda \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ & s_j^- \geq 0, s_j^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \min \theta'_j \\ & s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s_j^- = \theta' x_o \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s_j^+ = y_o \\ & \lambda \geq 0, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, s_j^+ \geq 0, s_j^- \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

θ 为模型最优解,即效率值; λ 为 DMU 线性组合系数; s^+ 、 s^- 为松弛变量,即产出不足和投入冗余。公式(1)为 CCR 模型,CCR 模型的最优解为 θ_j ,即综合技术效率(TE)。当 $\theta_j=1$ 且所有 $s^+=s^-=0$ 时,评价单元 j 为 DEA 有效,当 $\theta_j=1$ 但至少有一个输入或输出松弛变量大于零时,评价单元 j 为弱 DEA 有效;当 $\theta_j < 1$ 时,评价单元 j 为非 DEA 有效^[15]。上述公式(2)为 BCC 模型,BCC 模型中, θ'_j 为纯技术效率(PTE)。另外,SE 为规模效率($SE=TE/PTE$)。

2.2 DEA 交叉模型

在实际情况中,可使用上述两种传统模型分析各个 DMU 的效率情况,但将各个 DMU 相互比较时,就会出现两个较为关键的问题:(1)公平性问题。传统模型可将各个 DMU 划分为有效和非有效。在其评价过程中,虚拟评价体系需要依次更替 DMU,而每一次更替计算出的权重使被评价单元强化相对效率,弱化了其他被评价单元的优势,如果直接依据评价 θ_j 排序会使结果明显不公平;(2)权重极端问题。评价 DMU 时会将最大化效率用于计算 DEA 相对效率,虚拟乘子中会出现一些指标的权重系数很大,另一些接近于零,这样极端的现象夸大了被评价单元的长处,同时削弱甚至掩盖了非被评价单元参与决策的他评地位。因此,为了比较各个 DMU,对各个 DMU 进行有效的排序,这里引入 Doyle-Green 的

交叉评价模型^[16]。该方法采用了被评价单元的“自评”和“他评”两种策略,弱化了传统DEA模型测评效率的极端性,且可对各DMU进行优劣排序^[17,18]。下述(3)~(9)式为引入DEA交叉评价模型的过程:

$$E_{ii} = \frac{O_i}{I_i} = \frac{\sum_{l=1}^s u_l y_{li}}{\sum_{r=1}^m v_r x_{ri}} = \frac{y_i^T u}{x_i^T v} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \max \frac{y_i^T u}{x_i^T v} = E_{ii} \\ \text{s.t.} \frac{y_j^T u}{x_j^T v} \leq 1 (1 \leq j \leq n), u \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

用Charnes-Cooper变换,将其转化为等价的线性规划问题,如下:

$$\begin{cases} \max y_i^T u = E_{ii} n \\ \text{s.t.} y_j^T u \leq x_j^T u (1 \leq j \leq n) \text{ (自我评价模型)} \\ x_i^T u = 1, u \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

给定 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, $k \in \{1, 2, \dots, n\}$, 解以下的线性规划:

$$\begin{cases} \max y_k^T u \\ \text{s.t.} y_j^T u \leq x_j^T u \\ y_k^T u = E_{ik} x_k^T u \text{ (对抗型交叉评价模型)} \\ x_k^T u = 1 \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

利用上式得最优解 u_{ik}^* 和 v_{ik}^* , 求出交叉评价价值 E_{ik} , 再由交叉值构成交叉评价矩阵:

$$E_{ik} = \frac{y_k^T u_{ik}^*}{x_k^T v_{ik}^*} = y_k^T u_{ik}^* \quad (7)$$

$$E = \begin{bmatrix} E_{11} & \dots & E_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ E_{n1} & \dots & E_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

在(8)式中,主对角线 E_{ii} 为自我评价,非主对角线 E_{ik} ($k \neq i$) 为交叉评价。 E 的第 i 列是评价单元 DMU_i 的评价值,这些值越大,说明 DMU_i 越优; E 的第 i 行(对角线元素除外)是对其它评价单元的评价值,这些值越小对 DMU_i 越有利。目前,普遍将 E 的第 i 列的平均值 e_i 进行多属性决策排序,如下:

$$e_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n E_{ki} \quad (9)$$

e_i 作为衡量 EMU_i 优劣的一项指标,可视为各 DMU 对 DMU_i 的总评价值, e_i 越大说明 DMU_i 越优。

3 指标体系建立及数据来源

3.1 指标体系建立

根据萨缪尔森的观点,效率是指尽可能充分利用社会资源来满足人们所需,是衡量资源配置的程度。投资效率指对于投资活动所取得的有效成果与投入之间的比例^[19]。因此,投产指标的选取直接关系到评价数据的质量。指标体系建立,除了遵循全面性、重要性、关联性、可操作性等基本原则外,还要从风电上市公司的角度出发,考虑风电产业的特征。本文将投入分为劳动投入和资本投入两种,产出从获利能力和发展能力两方面进行考虑,如表1所示:

表1 风电类上市公司投资效率指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
投入指标	劳动投入	应付职工薪酬(1)
		主营业务成本(2)
	资本投入	固定资产投资净额(3)
		无形资产投资净额(4)
产出指标	获利能力	主营业务收入(5)
		每股收益(6)
	发展能力	加权净资产收益率(7)
		可持续增长率(8)

3.1.1 劳动投入

由“应付职工薪酬”反映,它是高新产业发展的重要环节,与其他产业的公司相比,能源类型的上市公司有着更明显的知识密集型的色彩,对劳动力综合素质的要求也更高。风电公司作为能源产业中关键部分,人力投入更需要与公司发展相匹配。以“应付职工薪酬”作为劳动投入的要素,既反映了劳动投入数量也反映了劳动投入的质量。

3.1.2 资本投入

结合风电公司自身特点,根据每年的营运成

本, 营业投入方面可由“主营业务成本”来表现; 另外, 公司的“固定资产”和“无形资产”也是反映公司持续经营的重要投入。

3.1.3 获利能力

“主营业务收入”是反映风电公司投资收入的关键指标; “每股收益”可以反映风电公司普通股的风险和获利水平, 是体现经营成果的重要指标; 由于各风电公司的规模和投资状况必然不同, “加权净资产收益率”是反映公司获利能力

的综合指标, 且可在年报中直接选取对应的数据。

3.1.4 发展能力

风电作为发展潜力巨大的产业, 投资者及公司管理者需站在长远发展的角度对公司发展状况进行测评和规划。“可持续增长率”可反映公司在当前经营效率和财务政策下的内在增长率, 是反映企业经营能力的重要指标。

选用的投入和产出指标之间须避免较强的相关性。表2为投入、产出指标的相关性检验。

表2 投入、产出指标的相关性

投入		固定 资产	无形 资产	应付职 工薪酬	主营业 务成本	产出		主营业 务收入	每股 收益	加权净 资产收 益率	可持 续增 长率
固定资产	相关性	1	0.335	0.074	0.486	主营业务 收入	相关性	1	0.003	0.140	0.189
无形资产	相关性	0.335	1	0.083	0.432	每股收益	相关性	0.003	1	0.554	0.605
应付职工 薪酬	相关性	0.074	0.083	1	0.708	加权净资 产收益率	相关性	0.140	0.554	1	0.789
主营业务 成本	相关性	0.486	0.432	0.708	1	可持 续增 长率	相关性	0.189	0.605	0.789	1

表2中各指标相关性均小于0.8, 显著性均大于0.05, 说明所选指标不显著相关, 确保了指标的独立及合理性。

3.2 数据

样本选取时考虑到指标数据的可获得性, 以及DEA模型要求的DMU数量, 选取的公司为与风力发电相关的上下游上市公司。包括生产风力发电所需物资的公司, 以及经营重要风力发电场的公司, 剔除在观测期间出现缺失值和出现奇异值, 以及停牌或ST类公司, 选取了包括粤电力、金风科技、中材科技等24家风电上市公司(为保护样本公司权益, 下文用A~X替代公司名称)。数据来自巨潮资讯、证券之星、国泰安数据库。由于风电公司投资发展受政策环境影响明显, 为了解目前风电公司的投资效率情况, 选取了2014~2016最近3年的数据进行研究。

4 实证分析

4.1 纵向分析

为了解风电上市公司的整体投资效率, 需要

从时间序列的角度分析, 即纵向分析风电公司投资效率发展走势。

本文通过DEAP2.1分析了风电公司在DEA传统模型CCR和BCC下的综合技术效率和纯技术效率, 以及与二者相关的规模技术效率。综合技术效率(TE)可以对DMU的资源使用率和资源配置能力等多方面做出总体效率评价, 是在被评价单元处于规模报酬最优时的投入要素所反映的产出效率, 是实际产出与最大可能产出的比值。纯技术效率(PTE)是反映风电类上市公司在规模报酬可变的情况下, 公司的管理水平和经营制度带来的投资效率。规模效率(SE)是反映公司生产规模的有效程度, 是规模报酬不变情况下生产边界的产出与规模报酬可变情况下最优规模下的产出量的比值, 当规模效率越大, 就越接近理想的生产规模, 反之则越远离最优生产规模。

由图1~3整体走势来看2014年规模效率低是导致当年的风电上市公司综合投资效率低的主要原因, 2015年和2016年整体规模效率提高, 即

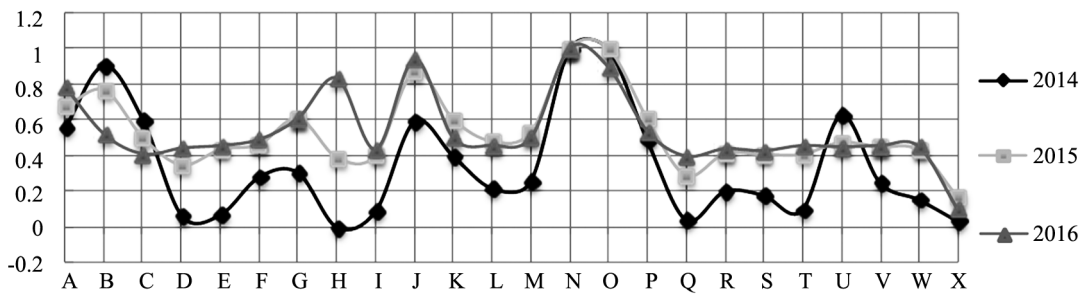


图1 风电上市公司2014~2016年综合技术效率对比

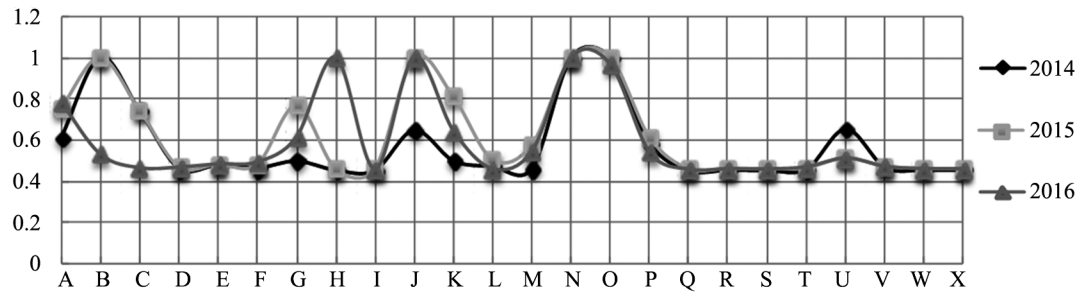


图2 风电上市公司2014~2016年纯技术效率对比

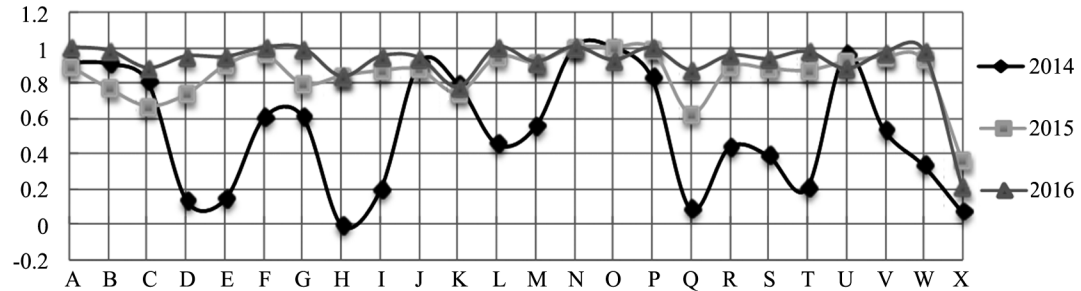


图3 风电上市公司2014~2016年规模效率对比

改善了这两年综合投资效率。2015~2016年风电上市公司规模效率良好,但一些公司的纯技术效率却表现的不够坚挺,如B、G、K公司的纯技术效率都呈下降趋势,也就直接导致了其综合技术效率下降。相反,2016年H、J和N公司的纯技术效率呈明显的增长趋势和稳定状态,保证了当年的综合技术效率水平。传统的DEA模型也给出了各DMU的规模报酬情况,规模报酬可以分为

规模报酬递增、递减、不变3类,规模报酬递减即公司的投入增加幅度小于公司的产出增加幅度;规模报酬递增表示当前增加投入仍可获得产出;规模报酬不变,说明公司的生产规模达到最优,若继续增加投入,将造成投入冗余及产出不足,使管理水平及资源配置能力下降,进而规模报酬递减。以投资效率较为典型的N、K和X公司为例,其投入产出的冗余和不足情况如表3所示。

表3 3家上市公司2014~2016年投产分析

	N		K			X	
	2014~2016年	2014年	2015年	2016年	2014年	2015年	2016年
θ	1	0.399	0.603	0.497	0.034	0.169	0.099
规模报酬	-	irs	drs	drs	irs	irs	irs
s_1^-	0	-0.493	-0.189	-0.352	-0.537	-0.534	-0.541
s_2^-	0	-0.484	-0.186	-0.349	-0.465	-0.483	-0.52
s_3^-	0	-0.493	-0.188	-0.351	-0.541	-0.536	-0.539

续 表

	N		K		X		
	2014~2016年	2014年	2015年	2016年	2014年	2015年	2016年
s_4^-	0	-0.489	-0.185	-0.351	-0.516	-0.528	-0.538
s_5^+	0	0.811	0.284	0.571	0.857	0.832	0.861
s_6^+	0	0	0.42	0.102	0.13	0	0.273
s_7^+	0	0.15	0.041	0	0.439	0.404	0
s_8^+	0	0.202	0	0.093	0.654	0	0

注： $s_1^- \sim s_4^-$ 为各投入指标的冗余值， $s_5^+ \sim s_8^+$ 为各产出指标的不足值，各指标对应见表1。

由表3可以了解到，N公司3年的综合效率 $\theta = 1$ ，且 $s^+ = s^- = 0$ ，即DEA有效，另外其规模报酬不变，生产规模达到最优。K、X公司的综合效率 $\theta < 1$ ，为非DEA有效。K公司的规模报酬在2014年为递增趋势，可继续扩大生产规模以获得更多的产出，2015~2016年规模报酬递减，表明增加投入不会使产出增加。应对此种情况，可以按照表3所给出的对应投入冗余和产出不足建议进行调整，通过提高管理技术水平和生产效率，及缩小生产规模以提高投资效率。同理X公司也需要对其投入和产出进行调整，其3年的规模报酬均为递增趋势，表明可以扩大生产规模或提高纯技术效率，以提升整体的投资效率。

4.2 横向分析

上述纵向分析是对各风电公司从时间角度观

察其投资效率及发展趋势，是对风电公司发展状况的总体描述。为了提高对投资效率评价的科学直观性，现从横向角度进一步分析、比较各家风电公司的投资效率情况。

已运用DEA传统模型将各公司每年的投资效率分为DEA有效和非DEA有效两种类型，以及各DMU非有效的投入产出的冗余情况。现通过运用DEA交叉评价模型对各公司的投资效率进行横向分析，对风电公司投资效率进行排位比较。根据公式(3)~(9)用MATLAB计算其各个DMU的交叉评价矩阵，再通过交叉评价矩阵计算第*i*列平均值，记为 e_i 来衡量 DMU_i 的优劣。所得结果如表4所示。

表4 2014~2016 风电上市公司投资效率交叉评价

公司名称	2014年交叉 投资效率	排名	2015年交叉 投资效率	排名	2016年交叉 投资效率	排名
A	0.40	4	0.53	5	0.67	3
B	0.63	2	0.59	3	0.47	8
C	0.36	6	0.41	10	0.34	21
D	0.05	21	0.22	22	0.37	18
E	0.05	20	0.36	16	0.38	16
F	0.22	11	0.39	11	0.43	11
G	0.22	10	0.49	7	0.51	6
H	0.00	24	0.31	21	0.65	4
I	0.06	19	0.33	19	0.37	19
J	0.41	3	0.65	2	0.72	2
K	0.30	9	0.47	8	0.44	9

续 表

公司名称	2014年交叉 投资效率	排名	2015年交叉 投资效率	排名	2016年交叉 投资效率	排名
L	0.14	15	0.38	13	0.41	12
M	0.19	12	0.42	9	0.44	10
N	0.77	1	0.73	1	0.73	1
O	0.40	5	0.54	4	0.58	5
P	0.36	7	0.50	6	0.47	7
Q	0.03	22	0.13	23	0.31	22
R	0.14	14	0.34	18	0.37	17
S	0.13	16	0.34	17	0.35	20
T	0.07	18	0.33	20	0.41	13
U	0.33	8	0.38	12	0.23	23
V	0.17	13	0.37	14	0.39	14
W	0.11	17	0.37	15	0.39	15
X	0.02	23	0.06	24	0.05	24

由表4可见各风电公司的投资效率比对情况。N公司3年来的投资效率一直保持在0.7以上,处于领先地位。紧随其后的是J公司,该公司2014年的投资效率为0.41,2015年和2016年为0.65和0.72,有明显的增长趋势。这两家公司都属于风电公司的上游企业,为风力发电建设提供重要机械设备和关键的零部件。可推测,通过上游企业的推动,风电下游公司如运营风场的B、D公司也将会出现明朗的局面。

5 投资效率的影响因素

通过对我国风电上市公司的投资效率进行纵向评价,了解到目前风电公司投资效率总体呈增长的态势。但评价投资效率,不仅仅是测量出其相对效率值,更重要的是根据效率值进一步分析其影响因素。因此,本文利用交叉评价模型算得投资效率值,运用HLM中的发展模型分析影响投资效率的因素。分层线性模型(Hierarchical Linear Model, HLM),又称为多层线性模型,被用于分层数据资料的分析。如:个体间的观测嵌套于社区;个体不同时间点的测量嵌套于个体等。由于研究内容的不同,分层线性模型有零模型、完整模型、发展模型等等。本文运用的是发展模型。发展模型适用对个体追踪、多次观测的发展

研究。其第一层数据为不同时间点对个体观测到的结果,第二层为个体特征因素^[20,21]。本文第一层数据是对各个风电上市公司(DMU_i)在不同时间通过交叉评价测得的投资效率;第二层是各 DMU_i 的自身的特征因素。第一层以时间为自变量,第二层以投资效率的影响因素为自变量。

5.1 变量、模型和数据

5.1.1 变量

风电公司投资效率的影响因素包括宏观和微观因素,宏观因素指宏观经济形势和行业方面,由于风电公司的宏观因素基本相同,因此这里主要研究微观因素对其投资效率的影响。本文根据风电上市公司的特征,从公司治理、资产特征、融资机会3方面来考虑影响因素。

公司治理方面,选择资产负债率、第一股东持股比例、自由现金持有量、公司规模、上市年龄。负债水平会影响债权人对于公司的偿债能力,及其本身筹措资金的能力;控股股东的持股比例,会影响公司管理层的投资决策;自由现金流可以影响投资的方式;公司规模会影响投资机会获取力;上市年龄可以反映出一个公司的经营状况,以及其知名度,进而影响其投资效率。

资产特征方面,同样考虑到自由现金流,自

由现金流量会影响管理者的投资行为。

融资机会方面,融资机会反映市场潜力和市场认可度,进而影响投资效率。选择成长能力和政府补贴,公司的成长能力关系着其发展趋势,是衡量公司竞争力的重要指标,其反映的经营模式、盈利能力获得筹资有着重要体现;政府支持和政府补贴可以映射出宏观的政策支持轮廓,是投融资的重要信号。

5.1.2 模型

交叉评价效率(e_i)为HLM模型第一层的因变量,时间(T)为自变量;第二层,分别以第一层算得的截距和斜率的平均值作为因变量,以第一股东持股比例(X_1),资产负债率(X_2),自由现金流(X_3),公司规模(X_4),上市年龄(X_5),成长能力(X_6),政府补贴(X_7)为自变量。

第一层方程:

$$e_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}(T) + r_{ij} \quad (10)$$

e_{ij} 表示 DMU_i 的第 j 个观测值。

T表示时间变量,对它进行编码反映线性增量,本文中有3个观测值,其Time的编码是-2、-1、0(表示2014~2016年的数据)。

β_{0i} 表示截距,或是当第 j 个观测在时间变量

中编码为0时的第 j 次观测的值,在本文中 β_{0i} 是 DMU_i 的第一个观测值; β_{1i} 是线性增长率,或称为 DMU_i 某次观测值发展变化的斜率。

r_{ij} 是残差,是观测点 j 与线性发展曲线的离差。

第二层方程:

$$\beta_{0i} = \gamma_{00} + \gamma_{01}X_1 + \gamma_{02}X_2 + \gamma_{03}X_3 + \gamma_{04}X_4 + \gamma_{05}X_5 + \gamma_{06}X_6 + \gamma_{07}X_7$$

$$\beta_{1i} = \gamma_{10} + \gamma_{11}X_1 + \gamma_{12}X_2 + \gamma_{13}X_3 + \gamma_{14}X_4 + \gamma_{15}X_5 + \gamma_{16}X_6 + \gamma_{17}X_7 \quad (11)$$

γ_{00} 表示截距,指的观测值编码为0时全部个体地第 j 个观测的平均值; γ_{10} 表示发展斜率的平均值; X_1, X_2, \dots, X_7 表示 DMU_i 第二层的7个变量; $\gamma_{01}, \gamma_{02}, \dots, \gamma_{0n}$ 和 $\gamma_{11}, \gamma_{12}, \dots, \gamma_{1n}$ 表示第二层方程的回归系数,是第二层变量 X_1, X_2, \dots, X_7 对第一层截距项 β_{0i} 和斜率 β_{1i} 的影响系数。

5.1.3 数据分析

同前期数据来源一样,各影响因素数据通过巨潮资讯、证券之星、国泰安数据库获取。考虑到所获数据的可比性,将所获数据进行标准化,再利用已经测算和采集到的数据,带入模型(10)~(11),运用SPSS和HLM软件对第一层和第二层数据进行分析得到如下结果,见表5。

表5 投资效率的影响因素分析结果

Y = e		系数	标准差	T 值	P 值
截距 β_0					
X_1 (资产负债率)	γ_{01}	-0.058128*	0.029416	-1.976	0.053
X_2 (第一股东持股比例)	γ_{02}	0.028354	0.022456	1.263	0.212
X_3 (自由现金流)	γ_{03}	-0.157249**	0.027565	-5.705	0
X_4 (公司规模)	γ_{04}	0.226844**	0.038438	5.902	0
X_5 (上市年龄)	γ_{05}	-0.029007	0.033363	-0.869	0.389
X_6 (成长能力)	γ_{06}	0.044234**	0.011601	3.813	0.001
X_7 (政府补贴)	γ_{07}	0.090368**	0.026301	3.436	0.001
斜率 β_1					
X_1 (资产负债率)	γ_{11}	0.022779	0.01582	1.44	0.155
X_2 (第一股东持股比例)	γ_{12}	-0.007938	0.012852	-0.618	0.539
X_3 (自由现金流)	γ_{13}	-0.060214**	0.018988	-3.171	0.003
X_4 (公司规模)	γ_{14}	0.002962	0.040762	0.073	0.943

续 表

Y=e		系数	标准差	T 值	P 值
X ₅ (上市年龄)	γ_{15}	-0.014482	0.016118	-0.899	0.373
X ₆ (成长能力)	γ_{16}	0.053732 **	0.006837	7.859	0
X ₇ (政府补贴)	γ_{17}	0.027644 *	0.015589	1.773	0.081

注: **表示在5%的水平上显著; *表示在10%的水平上显著。

表5为各影响因素对2014~2016年投资效率发展变化的影响程度。因为研究的是自变量影响因素对因变量投资效率的影响,所以只需要斜率项 β_1 的系数和P检验值的结果即可。由表5可知,不同的影响因素对投资效率呈不同影响程度。

公司治理方面,对投资效率有显著性影响的是自由现金流量,通过了10%水平的显著性检验,且具有负向作用。表5中,自由现金流对风电公司投资效率的影响系数为-0.060214,即在其他影响因素不变的情况下,自由现金流量每增加1%,投资效率就降低6%。意味着自由现金流对投资效率没有起到正向作用,相反过多的现金流,会影响管理者的投资决策,产生有对净现值为负的项目进行投资的风险,即造成非理性投资,使投资效率下降。另外,资产负债率、第一大股东持股比例、公司规模以及上市年龄没有通过显著性检验,说明他们对投资效率没有明显的影响。但资产负债率和公司规模会对投资效率呈正相关,第一大股东持股比例和上市年龄对投资效率呈负相关。

融资机会方面,公司的成长能力和政府补贴对投资效率有显著的正向作用:(1)成长能力通过了10%水平上的显著性检验,表明显著性极强,其对投资效率的影响系数为0.0537,即在其他影响因素不变的情况下,成长能力每增加1%,其投资效率会提高约5%。因此风电公司应努力提高其经营能力,进而提升成长能力;(2)政府补贴通过了10%水平上的显著性检验,其对投资效率的影响系数为0.0276,即在其他影响因素不变的情况下,政府补贴每增加1%,其投资效率会提高约3%。风电作为可再生能源的一种,有可替代性质,国家对该种能源的支持和补贴,明显会对投资者产生引导作用,即对投资效率有显著性影响。

6 结 论

当前能源安全、生态环境、气候变化等社会问题已日益严重,加快可再生能源的建设和利用成为各国普遍共识和一致行动。我国制定《能源发展“十三五”规划》及《风电发展“十三五”规划》为风电的发展已经提供了有效的支持,面对即将到来的产业规模不断扩大,技术、成本和相关体制等诸多问题的出现,本文根据风电上市公司的投资效率及其影响因素提出以下建议。

6.1 加强对自由现金流的管理

风电作为新能源产业,正面临着投资额度大,投资回收期较长的问题。风电产业又需要不断研究和开发,稳定的资金支持是产业研发成功的必要保障。公司仅靠外部融资来投入研发和扩大生产规模,会有融资成本高和资金链不稳定的情况,最终给公司生产带来不利影响。

6.2 提高研发创新能力和竞争能力

在本文的研究中,成长能力对风电公司的投资效率呈正相关。因此风电公司要想长久发展,就需要不断研发创新,强化核心竞争力,集中资源进行专业化生产经营。在专业化过程中仍要注重产品创新和销售创新,提高竞争力,以提高投入的技术效率和规模效率。

6.3 有效利用现有政策

政府支持和补贴对风电公司的投资效率呈正相关,且对资金流有着导向作用。因此积极创新风电投融资模式,降低投融资成本,做好风电发展规划,合理发展风电规模,并完善风电的开发政策环境,对提高风电开发技术水平对风电发展有着重要意义。

参 考 文 献

[1] 国家能源局. 2017年能源工作指导意见 [EB/OL]. http://zfxgk.nea.gov.cn/auto82/201702/t20170217_2602.htm, 2017

- 02-10.
- [2] 阳建军. 上市公司投资效率研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2011.
- [3] Sun Y, Huang H, Zhou C. DEA Game Cross-Efficiency Model to Urban Public Infrastructure Investment Comprehensive Efficiency of China [J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, (3): 1~10.
- [4] Dobraea, Răzvan Cătălin, Cioco IU, Carmen Nadia, Dinu, Felicia Alina. The Efficiency of Investment at Regional Level in Romania; an Approach With Data Envelopment Analysis [J]. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 2013, 47 (2): 157~170.
- [5] 陈伦盛. 省际城市基础设施建设投融资效率评价——基于DEA模型的实证分析 [J]. *开发研究*, 2015, 178 (3): 69~75.
- [6] 李梦琦, 胡树华, 王利军. 基于DEA模型的长江中游城市群创新效率研究 [J]. *软科学*, 2016, 30 (4): 17~21.
- [7] 申建良, 冉启英, 陈彤. 环境约束下的中国全要素能源效率研究——基于DEA-Tobit模型 [J]. *资源与产业*, 2016, 18 (4): 116~121.
- [8] 高建刚, 马中东, 王丙毅. 基于结构方程模型的中国风能产业发展障碍因素研究 [J]. *中国软科学*, 2016, (12): 24~36.
- [9] 张文珺, 喻炜. 中国风电建设的区域分布及其对风力发电水平的影响 [J]. *经济问题探索*, 2014, (1): 77~84.
- [10] 黄辉. 风电有效投资规模及其敏感性分析 [J]. *电力自动化设备*, 2016, 36 (1): 42~50.
- [11] 赵文会, 钟孔露, 毛璐, 等. 基于超效率DEA和Malmquist指数的三北地区风电经济效益评价 [J]. *可再生能源*, 2016, 34 (3): 448~453.
- [12] Charnes A, Cooper W, Phodes E. Measuring the Efficiency of DMU [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 6 (2): 429~444.
- [13] Banker RD, Charnes A, Cooper W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis [J]. *Management Science*, 1984, (9): 1078~1092.
- [14] 魏权龄, 张倩伟. DEA的非参数规模收益预测方法 [J]. *中国管理科学*, 2008, 16 (2): 25~29.
- [15] 何永秀, 刘敦楠, 等. 电力综合评价方法及应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [16] Doyle J, Green R. Efficiency and Cross-efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 1994, 45 (5): 567~578.
- [17] 刘存斌, 陈兴鹏, 逯承鹏. 基于DEA交叉模型的西北干旱地区城市效率评价——以甘肃河西地区为例 [J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2012 (6): 32~36.
- [18] Nuria Ramón, José L. Ruiz, Inmaculada Sirvent. Reducing Differences Between Profiles of Weights: A “Peer-restricted” Cross-efficiency Evaluation [J]. *Omega*, 2011, 39 (6): 634~641.
- [19] M. Eling, K. K. Sudheesh, L. Tibiletti. How Skewness Influences Optimal Allocation in a Risky Asset? [J]. *Applied Economics Letters*, 2013, 20 (9): 842~846.
- [20] 王弟海. 宏观经济学数理模型基础 [M]. 上海: 格致出版社, 2011.
- [21] 刘红云, 张雷. 追踪数据分析方法及其应用 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2005.

Research on Investment Efficiency of Wind Power Listed Companies Based on DEA Cooperative HLM Model

Song Xiaohua¹ Ao Yunna¹ Liu Jinpeng¹ Jing Xitao²

(1. School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;
2. Beijing Nankou Farm, Beijing 102202, China)

[Abstract] This paper chooses 24 wind power listed companies as the research object, uses DEA model to analyze the investment efficiency of 2014~2016, and uses the hierarchical linear model (HLM) to track the investment efficiency influence factors of the sample. The results show that DEA and HLM can effectively study the investment efficiency and its influencing factors. The empirical analysis shows that the investment efficiency of wind power companies is obviously different. Free cash flow, growth ability and government subsidy have significant influence on the investment efficiency of wind power companies.

[Key words] wind power; listed company; investment efficiency; DEA; HLM; free cash flow

(责任编辑: 王平)