

风电项目经济运行影响因素与结构模型分析

崔和瑞 李小龙 华北电力大学经济管理学院

摘要: 近年来,我国的风电产业发展迅速,然而风电项目经济运行的因素错综复杂,需要明确因素间的影响程度与关联关系。为提高风电项目经济运行的分析与管理,采用 DEMATEL-ISM 方法对风力发电项目中各种因素进行辨识与分析,构建了风电项目经济运行影响因素辨识模型,根据得出的多级递阶结构模型进行分析。结果表明:风能资源条件是最深层次的影响因素,在实际的风电经济中应当重点进行分析;盈利能力等 5 个经济性因素为连锁型影响因素,两两因素相互制约相互影响,在实际的风电项目中应予以重点关注。本研究结果可为企业各级管理者的管理决策提供依据和参考,有助于他们决定优先处理那些影响因素以及如何根据相互关系进行处理。

关键词: 风电项目;经济运行;集成 DEMATEL-ISM 方法

中图分类号:TK89;F275.5;F202 文献标识码:A 文章编号:1001-828X(2015)017-000339-03

一、引言

随着传统能源消耗量的逐年增长,生态环境的不断恶化以及气候变暖趋势的日益加剧,人类社会发展的可持续性受到越来越严重的威胁。大力发展新能源,能改善我国能源供应紧缺问题,改善能源结构,从而推动经济与社会的可持续发展。风电属于新能源,开发风电能提高能源的供应力,这也是实现能源可持续发展的重要举措。风属于清洁型能源,是取之不尽用之不竭的,符合现在倡导的可持续发展理念,因此受到世界各国的青睐。我国有着丰富的风能资源,在能源供需矛盾日益紧张的情况下,发展风电能源已迫在眉睫,这对解决能源危机具有十分重要的战略意义。^[1]近年来,我国加大对风电产业的发展,风电产业获得了快速发展。截至 2014 年,中国风电产业发展势头良好,新增风电装机容量刷新历史记录。据统计,全国(除台湾地区外)新增安装风电机组 13121 台,新增装机容量 23196MW,同比增长 44.2%;累计安装风电机组 76241 台,累计装机容量 114609MW,同比增长 25.4%。^[2]

风电装机容量的良好发展势头表明,大量的风电项目正在有条不紊的进行建设和运行。然而,在这种发展势头背后,我国风电产业的隐患已逐渐显现。一些开发商和地方政府的关注点在于增加风电装机容量,但是忽视了风资源是否充足、发电量是否合理等一系列促使风电项目经济运行的关键因素。由此可以看出,风电项目投资具有一定的盲目性。因此,在风力发电项目投资开发利用的热潮中,如何实现风电项目的经济运行,是关系到能源利用和可持续发展的重要因素。

以往的文献和资料只是分析了风电建设费用,风电产业的影响因素,^[3]并未对如何提高风电项目的经济性方面进行分析。本文的目的是在现有的文献和资料基础上,建立风电项目经济运行影响因素辨识模型,并识别分析影响风电项目经济运行发展的各环节因素的影响程度及因素间的相关关系,为风电项目和风电产业的健康发展提供理论依据。

二、风电项目经济运行分析

我国学术界在风力发电方面已经取得了一些研究成果。其中文献 [1、2] 对风力发电的现状和风电市场进行了分析,并预测了风电的前景;文献 [4] 分析了风力发电项目的经济性,对风电的投资情况、经济效果和运行价值进行了定性分析和定量评价;文献 [5、6] 均对风力发电项目的可行性进行了研究,主要包括项目的工程地质条件、风资源情况、对周边环境的影响程度等分析,为风力发电技术可行性和社会友好性因素的选取提供了依据;文献 [7] 详细研究了风力发电项目对于环境的各种正面和负面影响;基于此,本文通过分析整理文献,从全面分析风电项目经济运行的角度,提出基于技术方面、经济方面和社会影响三方面分析影响风电项目经济运行的影响因素。

风电项目的经济运行站在投资者、国家和社会的位置上,技术

因素和经济因素是评价的重点指标,社会因素也是不少或缺的辅助指标。通过技术可行性因素体系,可以对风电场项目在风能资源、地理位置、运行和维护等方面的优劣程度进行一个定量的考核;通过经济合理性因素体系,可以根据风电项目当前或未来预期的投资价值、投资效率、盈利能力、偿债能力等信息,来综合反映风电项目的经济合理性。风电项目的重要特点之一是社会效益显著,所以,要对风电建设项目进行全面评估,作为对经济评价的补充和完善,社会效益评价是不可缺少的一部分。通过社会友好性因素体系,可以衡量风电项目对于能源环境(节能减排效益)、社会经济、自然生态等方面的积极作用。

风电项目经济运行影响因素分析,就是要对技术、经济、社会三方面的因素分别进行分析,在此基础上进行一个综合性的分析辨识。根据系统完整、层次分明、简明科学的原则,从技术、经济和社会三方面提取 3 类 12 个因素,如图 1 所示,构建风电项目经济运行影响因素体系。

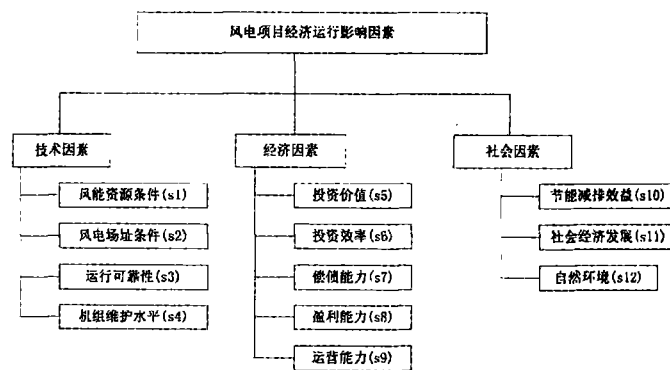


图 1 风电项目经济运行影响因素体系

三、集成 DEMATEL-ISM 的风电项目经济运行影响因素辨识模型

(一)ISM 模型及其改进

以往的分析 and 评价方法可以得出各个影响因素的权重和比例,但没法得出各个影响因素之间的逻辑和关联性。ISM 法是借助系统中各因素之间的逻辑关系构建直接影响矩阵,计算各因素对其他因素的影响程度以及被影响程度,从而计算各因素的中心度与原因度。DEMATEL 是一种系统因素分析方法,采用图论和矩阵原理,通过各指标的相互关系建立直接影响矩阵,求解出各指标对其他指标的影响和被影响程度。

DEMATEL 与 ISM 具有一定的共性,DEMATEL 的整体影响矩阵和 ISM 的可达矩阵中非零元素代表了指标间的相互影响关系,而零元素代表了指标间不存在影响关系。DEMATEL 方法的整体影响矩阵包含的信息量多于 ISM 方法的可达矩阵,因此,可以使用

DEMATEL 方法计算整体影响矩阵从而得出可达矩阵。本文以 ISM 为中心模型、DEMATEL 为辅助模型，对影响风电项目经济运行的因素进行分析。^[8]

(二) 集成 DEMATEL-ISM 的风电项目经济运行影响因素辨识模型以及计算步骤

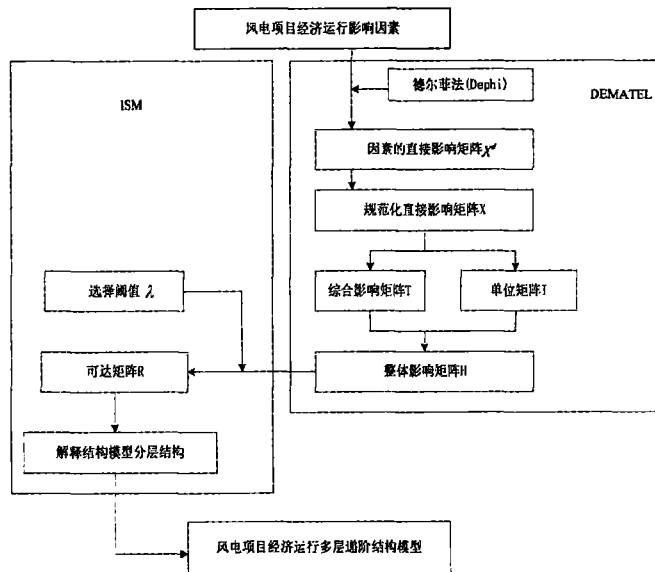


图2 集成 DEMATEL-ISM 的风电项目经济运行影响因素辨识模型

1. 直接影响矩阵：搜集和阅读大量相关文献资料，采用专家调研法 (Delphi 法) 确定各影响因素之间的关系，根据式(1)来确定各因素之间的作用关系；通过汇总调查问卷，分析相关因素之间的相互关系，建立直接影响矩阵 X^d ，见表 1。

$$a_{ij} = \begin{cases} 3, & \text{当有67\%以上的问卷认为要素 } S_i \text{ 对 } S_j \text{ 有直接影响} \\ 2, & \text{当有34\% - 66\%以上的问卷认为要素 } S_i \text{ 对 } S_j \text{ 有直接影响} \\ 1, & \text{当有0\% - 33\%以上的问卷认为要素 } S_i \text{ 对 } S_j \text{ 有直接影响} \\ 0, & \text{所有问卷认为要素 } S_i \text{ 对 } S_j \text{ 无直接影响} \end{cases} \quad (1)$$

表 1 直接影响矩阵，表征了 12 个因素之间相互影响的量化关系，其中 3 表示两个因素之间的关系“强”；2 表示两个因素之间的关系“中”；1 表示两个因素之间的关系“弱”；0 表示两个要素之间没有直接影响关系。

表 1 直接影响矩阵

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	3	1	1	3	3	2	3	2	2	1	2
2	1	0	1	1	2	2	1	2	2	3	1	3
3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	1	1	0
4	0	0	3	0	2	2	2	3	3	0	1	0
5	0	1	1	0	0	2	3	3	2	1	1	1
6	0	0	1	1	2	0	3	3	3	1	0	0
7	0	0	0	0	2	1	0	2	2	0	2	0
8	0	0	0	0	2	2	3	0	2	1	1	0
9	1	0	1	1	2	2	3	3	0	1	1	0
10	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	2	2
11	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
12	1	1	0	0	1	0	0	0	1	2	1	0

2. 规范化直接影响矩阵的计算式为 $X = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} X^d$ (2)。

其中 X^d ($X^d = [a_{ij}]_{n \times n}$) 为直接影响矩阵。

3. 在规范化直接影响矩阵的基础上计算综合影响矩阵 T ，进一步分析影响因素之间存在的间接关系 $\lim_{k \rightarrow \infty} X^k = 0$ 。

因此综合影响矩阵的计算公式为

$$T = \lim_{k \rightarrow \infty} (X + X^2 + \dots + X^k) = X(1 - X)^{-1} = t_{ij} \quad (3)$$

其中 I 为单位阵，表示因素对自身的影响。

4. 综合影响矩阵 T 仅反映不同因素之间的相互影响关系和程度，并未考虑因素对自身的影响，因此需要计算反映系统因素的整体影响关系，即整体影响矩阵 H ，其计算公式为：

$$H = T + I = h_{ij} \quad (4)$$

5. 通过整体影响矩阵 H ，即可确定可达矩阵 R 为

$$R = [r_{ij}]_{n \times n} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$$

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & h_{ij} \geq \lambda \\ 0, & h_{ij} < \lambda \end{cases} \quad \text{其中, } \lambda \text{ 为阈值, 根据本文的实际情况, 取阈值为 } \lambda = 0.1. \quad (5)$$

首先利用式 (2) 计算得出规范化直接影响矩阵；然后根据式 (3) 计算得到综合影响矩阵；进一步利用式 (4) 可得整体影响矩阵；最后利用式 (5) 确定可达矩阵，见表 2。

表 2 可达矩阵

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
4	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
5	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
6	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
8	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
10	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

(三) 结构建模

根据可达矩阵构造系统的各级可达集 $R(S_i)$ 与先行集 $A(S_i)$ 以及共同集合 $T = \{S_j \in N | R(S_i) \cap A(S_j) = A(S_i)\}$ 和最高级要素集合 $H = \{S_j \in N | R(S_j) \cap A(S_j) = R(S_j)\}$ 。经过计算分析，可将模型中影响因素系统划分为 5 个阶层。从最高层到最底层依次为

$$\begin{aligned} L_1 &= \{S_{11}\} \\ L_2 &= \{S_5, S_6, S_7, S_8, S_9\} \\ L_3 &= \{S_{10}, S_{12}\} \\ L_4 &= \{S_2, S_3, S_4\} \\ L_5 &= \{S_1\} \end{aligned}$$

由此可绘制出风电项目经济运行影响因素的多级递阶结构模型，如图 3 所示。

四、风电项目经济运行影响因素结构模型分析

由图 3 可知，风电项目经济运行影响因素系统具有多级递阶结

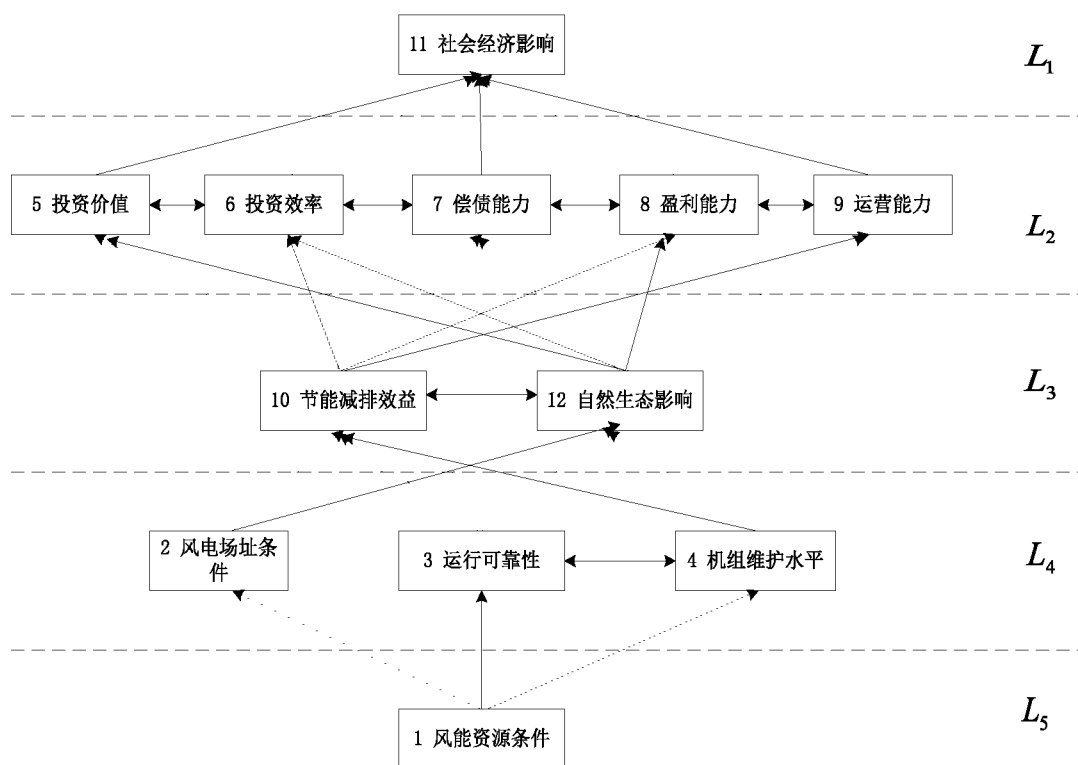


图3 风电项目经济运行影响因素多级递阶结构模型

素影响的，通过分析风电项目，构建风电项目经济运行的影响因素，并且定量分析各因素间的关系。基于系统要素关系调查问卷的处理结果表明，各因素之间相互影响和制约，并有主次之分。集成DEMATEL-ISM方法建立了风电项目经济运行影响因素辨识模型，并确定了他们在其构成的复杂系统中的方向和秩序。分析表明，风能资源条件是影响风电项目经济运行的基础性因素；社会经济则对风电项目经济运行起着表层直接的影响作用；5个经济性指标作为浅层连锁型的影响因素，在实际的风电项目中应予以重点关注。通过统计和系统分析的方法，本研究结果可为企业各级管理者的管理决策提供依据和参考，有助于他

们的特点，需应用系统论的方法辨识风电项目经济运行影响因素，以降低风电运行成本，促进经济运行。

(一) 风电项目经济运行直接受社会经济的影响，即第一层因素是风电项目经济运行的表层直接影响因素。要提高风电行业和项目的运行效率与经济性，就要紧跟国家的经济性扶持政策，从社会经济的发展中受益。

(二) 第二层要素包括风电项目的投资价值，投资效率，偿债能力，盈利能力和运营能力。这些都是评价风电项目经济运行的经济性指标，是影响风电项目经济运行的浅层因素。需要注意的是，这些因素属于连锁型影响因素，两两之间存在着相互影响和相互制约的关系，说明以上5个因素是不稳定的，不但会对别的因素产生影响，而且会反馈回来影响自己，说明考虑经济性指标时，要综合考虑所有影响因素。

(三) 第三层要素包括节能减排效益和自然生态的影响。第四层要素包括风电场址条件，运行可靠性和机组运行水平。第三四层要素属于中层影响因素，起着承上启下的作用，如第三层要素直接影响第二层，并通过第二层的要素对第一层产生影响。

(四) 风能资源条件是影响整个风电项目经济运行的最基础层，对整个风电项目有着最深层的影响。投资者会根据风能资源调查结果，确定风能可利用区，然后再进一步分析其风能资源，评价地形、地质、交通、电网等，并且对风能可利用区进行相关比较，来对风电项目可开发性进行评定，并且预测整个项目的盈利水平等经济性指标是否达到预期。因此，在风电项目的经济运行评价中，风能资源起着最基础也最深层的影响。

五、结论

风能资源属于清洁型能源，受到了世界各国的青睐。越来越多的国家在风电项目方面加大了投入。风电项目经济运行是受多种因

素影响的，通过分析风电项目，构建风电项目经济运行的影响因素，并且定量分析各因素间的关系。基于系统要素关系调查问卷的处理结果表明，各因素之间相互影响和制约，并有主次之分。集成DEMATEL-ISM方法建立了风电项目经济运行影响因素辨识模型，并确定了他们在其构成的复杂系统中的方向和秩序。分析表明，风能资源条件是影响风电项目经济运行的基础性因素；社会经济则对风电项目经济运行起着表层直接的影响作用；5个经济性指标作为浅层连锁型的影响因素，在实际的风电项目中应予以重点关注。通过统计和系统分析的方法，本研究结果可为企业各级管理者的管理决策提供依据和参考，有助于他

参考文献：

- [1] 梁松. 浅谈风力发电的现状与发展前景 [J]. 科技创新与应用, 2014(24):182-182.
- [2] 中国可再生能源学会风能专业委员会 (CWEA). 2014年中国风电装机容量统计 [J]. 风能, 2015(2):36-49.
- [3] Zhao Z Y, Gan Jingshuang, Yao Xue. Analysis of influencing factors and interpretive structure for development of wind power industry chain [J]. Renewable Energy Resources, 2014, (6).
- [4] 丁晓峰. 风电项目决策影响因素及经济评价分析 [D]. 华北电力大学, 2012.
- [5] 武超. 乌拉特中旗风电场建设项目前评估研究 [D]. 华北电力大学(保定), 2014.
- [6] 张博. 科左风电场一期工程项目综合评价研究 [D]. 华北电力大学, 2013.
- [7] Yun B T. Environmental Impact Assessment of Wind Power Plant Project [D]. North China Electric Power University, 2014.
- [8] Liang X Y. Complementary of DEMATEL Method and ISM Method in the Education Analysis System [J]. Journal of Inner Mongolia Normal University (Natural Science Edition), 2011, 40(6):592-595.
- [9] Zhang W H. Identification Model for Driving Risk Factors of Road Traffic Accident Section Based on DEMATEL-ISM [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2015, 3.

作者简介：崔和瑞(1967-), 男, 河北易县人, 博士, 教授, 研究方向: 电力系统分析、能源系统理论与政策。李小龙(1989-), 男, 山东济南人, 研究生, 研究方向: 电力市场理论与应用。