

基于多层次模糊综合评价法的我国太阳能光伏发电行业风险评价研究

谢传胜, 徐耀伦, 董达鹏, 华生萍

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要:近年来,随着可再生能源越来越受到世界各国的重视,我国太阳能光伏发电行业在最近几年取得了快速的发展。但是在太阳能光伏发电行业迅速发展的背后也凸显出许多问题,面临着诸多风险,这些都是不容忽视的。本文将层次分析法与模糊评价法相结合,确定出各层因素的权重和风险评价矩阵,并结合实例分析,得出了目前我国太阳能光伏发电行业的风险等级为较高的结论。

关键词:太阳能光伏发电;层次分析;模糊评价

中图分类号: TM615 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2011)01-0045-04

随着传统能源供应日益紧张,能源价格不断攀升,特别是过多依赖化石能源所造成的环境污染越来越严重,太阳能作为一种取之不尽、用之不竭的清洁能源越来越受到人们的关注^[1-2]。节能、提高能源效率和发展可再生能源已成为各国的基本能源政策。我国也提出了加快建设资源节约型、环境友好型社会的宏伟目标,特别是提出到 2020 年,我国单位 GDP 的 CO₂ 排放量要比 2005 年下降 40%~50%。所以大力发展可再生能源和清洁能源对我国实现可持续发展的战略目标具有极为重要的意义。

最近几年,太阳能光伏发电行业作为可再生能源开发利用当中的佼佼者,取得了快速的发展。但是在我国太阳能光伏发电行业取得快速发展的背后,我们也应该看到其潜在的风险。由于太阳能光伏发电行业发展历史不长,人们对其所蕴含的风险也关注不够,所以对我国太阳能光伏发电行业存在的风险进行评价研究具有十分重要的现实意义。最近的一些关于太阳能光伏发电行业风险的研究普遍注重于对风险的分析和介绍,而没有进一步研究风险的严重程度,以及对目前我国太阳能光伏发电行业的风险等级做一个定量的评价。

本文在目前研究的基础上,借助于多层次模糊评价法的数学模型,结合实例分析,来对我国太阳能光伏发电行业风险的严重程度做定量的评价,从而得出

目前我国太阳能光伏发电行业的风险等级。

1 多层次模糊综合评价法基本原理

1.1 建立评价指标体系

记 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, 其中 U 为因素集, U_i 为因素集中的第 i 个因素,并且满足 $U = \sum_{i=1}^n U_i$, $U_i \cap U_j = \phi (i \neq j)$, 将 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ 称为第一级因素集。设 $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im}\} (i = 1, 2, \dots, n)$, 称其为第二级因素集。

1.2 各指标权重值的确定

为进行模糊评价需确定各指标的权重,本文采用层次分析法来确立。AHP 法是美国运筹学家沙旦于 20 世纪 70 年代提出的,是一种定性与定量分析相结合的多目标决策分析方法。特别是将决策者的经验判断给予量化,对目标结构复杂且缺乏必要的数据情况下,这一方法更为适用^[3]。

1.2.1 构造判断矩阵

运用专家打分法来对各层指标两两比较的重要程度在标度(见表 1)范围内进行打分,给予量化,从而形成判断矩阵。

1.2.2 权重的确定及一致性检验

根据判断矩阵,求出最大特征值 $\lambda_{\max}$ 对应的特征向量,该特征向量即为各评价指标重要性排序,也是各指标的权重,得到权重集 $W = \{(W_1, W_2, \dots, W_n)\}$ 。由于

收稿日期: 2010-12-08

作者简介: 谢传胜(1965—),男,江西大余人,华北电力大学经济与管理学院,教授,研究方向:电力技术经济、电力市场;徐耀伦(1964—),男,重庆人,华北电力大学经济与管理学院,硕士研究生,研究方向:电力技术经济、电力市场。

人们对复杂事物存在估计误差,不可能做到判断的完全一致性。往往当判断矩阵具有满意一致性时,认为基于层次分析法得出的结论是基本合理的。检验公式如下:

表 1 标度及其描述

标度 a_{ij}	描述
1	i 因素与同样与 j 因素重要
3	i 因素与同样与 j 因素略重要
5	i 因素与同样与 j 因素较重要
7	i 因素与同样与 j 因素非常重要
9	i 因素与同样与 j 因素绝对重要
2,4,6,8	为以上两判抒之间的中间状对应的标度值
倒数	若 i 因素与 j 因素标比较,得到判断值为 $a_{ij}=1/j_i, a_{ji}=1$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CR = CI/RI$$

其中, CI 为判断矩阵的一致性指标, RI 为修正系数(见表 2), CR 为修正后的一致性指标。

表 2 修正系数修 RI 值

维数	1	2	3	4	5	6	7
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32

当 $CR < 0.1$ 时,一般认为判断矩阵具有满意的一致性,否则就需要调整判断矩阵并使之具有满意的一致性。

1.3 建立评价集

对每一个指标进行等级评定,假设可以分为 p 个等级。记评价集合 $V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_p\}$ 。

1.4 多层次模糊综合评价

1) 先对第二级因素集中的各因素 $U_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 进行单因素模糊评价, 且 $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im}\}$ 表示因素 U_i 含有 m 个子因素。通常各子因素的重要程度不同, 利用 AHP 法得到因素 U_i 的权重集 $\tilde{W}_i (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im})$ 且 $\sum_{k=1}^m w_{ik} = 1, w_{ik} \geq 0$, 元素 $w_{ik} (k = 1, 2, \dots, m)$ 可称为各子因素对 U_i 重要性的隶属程度。从一个因素 U_i 出发进行评价, 以确定评价对象对评价集元素 V_k 的隶属程度 $r_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p)$ 称为单因素模糊评价^[4]。根据专家投票结果, 得到 U_i 的单因素模糊

评价矩阵为:
$$\hat{R}_i = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mp} \end{pmatrix}_{m \times p}, \text{作一级}$$

模糊综合评价 $\tilde{W}_i \circ \hat{R}_i = \tilde{C}_i = (c_{ij})_{1 \times p}$, 其中 $c_{ij} = \vee \{(w_{is} \wedge r_{sj}) | 1 \leq s \leq m\}$ 。根据上述方法, 可构造

出总模糊评价矩阵 $\tilde{C} = (\tilde{C}_1, \tilde{C}_2, \dots, \tilde{C}_n)^T$ 。

2) 对于第一级因素集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, 由 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ 的权重集 $\tilde{W}(\tilde{W}_1, \tilde{W}_2, \dots, \tilde{W}_n)$, 再根据总模糊评价矩阵 $\tilde{C}(\tilde{C}_1, \tilde{C}_2, \dots, \tilde{C}_n)^T$, 作二级模糊综合评价得 $\tilde{B} = \tilde{W} \circ \tilde{C} = (b_1, b_2, \dots, b_p)$ 。其中 $b_\tau (\tau = 1, 2, \dots, p)$ 是综合考虑所有因素的影响时, 评判对象对评价集中第 τ 个元素的隶属程度。由所求出的矩阵 $\hat{B}(b_1, b_2, \dots, b_p)$, 根据最大隶属度原则, 可确定出评价对象对应的等级^[5]。

2 实例分析

2.1 我国太阳能光伏发电行业风险指标体系的构建

根据目前我国太阳能光伏发电行业的发展情况, 通过调查分析, 可以确定当前我国太阳能光伏发电行业所存在的风险类型有市场风险、产业技术风险、管理风险、外部环境风险^[6-8]。建立如下图所示的我国太阳能光伏发电行业风险评价指标体系层次结构。

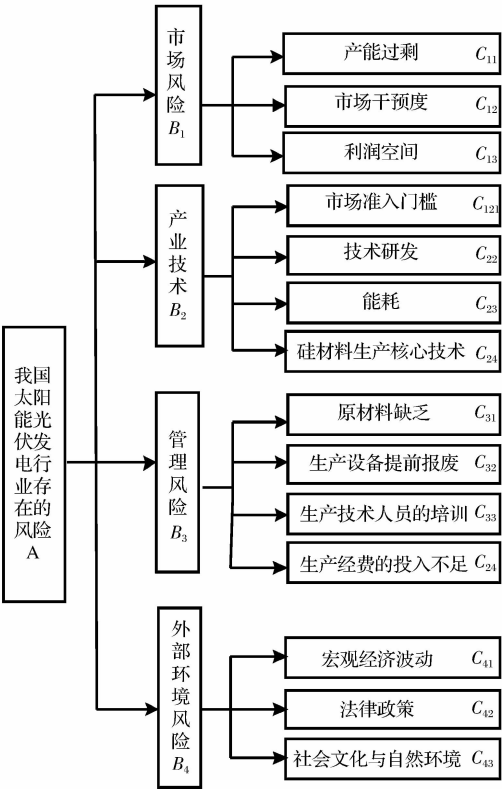


图 1 太阳能光伏发电行业风险评价综合指标体系

2.2 多层次模糊综合评价法的具体应用

2.2.1 各单因素权重的确定

首先构造层次 A—B 的比较判断矩阵为 $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 5 \\ 1/2 & 1 & 3 & 4 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$ 。计算出矩阵 A 的最大特征值 $\lambda_{\max} = 4.12$, 相应的特征向量即权重向量为 $\widehat{W}^{(2)} = (0.484, 0.301, 0.143, 0.072)$ 。一致性指标 $CI = \frac{4.12 - 4}{4 - 1} = 0.04$, 查表 2 可知修正系数 $RI = 0.90$, 从而修正后的一致性指标 $CR = 0.04/0.90 = 0.044 < 0.1$, 通过一致性检验。接着构造 B—C 比较判断矩阵:

$$B_1^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 2 \\ (1/7 & 1 & 1/4 \\ 1/2 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_2^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 1/4 \\ 3 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/3 \\ 4 & 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_3^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 8 & 7 & 3 \\ 1/8 & 1 & 1/3 & 1/6 \\ 1/7 & 3 & 1 & 1/4 \\ 1/3 & 6 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_4^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 3 \\ 1/7 & 1 & 1/4 \\ 1/3 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

对成对比较矩阵 B_1, B_2, B_3, B_4 分别求出其对应的权向量及进行一致性检验, 计算结果如表 3 所示。

表 3 矩阵 B_1, B_2, B_3, B_4 的权向量及一致性检验表

k	1	2	3	4
$w_k^{(3)}$	0.669	0.098	0.58	0.656
	0.092	0.337	0.05	0.08
		0.164	0.1	
	0.239	0.4	0.27	0.264
λ_k	3.1	4.03	4.417	3.03
CI_k	0.05	0.01	0.049	0.016
RI_k	0.58	0.90	0.90	0.58
CR_k	0.086	0.011	0.054	0.027

从上表可以看出 B_1, B_2, B_3, B_4 均通过一致性检验。

2.2.2 风险评价

本文重点是对我国太阳能光伏发电行业存在的风险进行评价, 根据已构建的风险层次分解, 利用专家调查结果, 采用多层次模糊综合评价法来进行风险评价。

根据风险层次结构, 第一层因素集 $U = (U_1, U_2, U_3, U_4)$, 第二层因素集分别为

$U_1 = (u_{11}, u_{12}, u_{13}), U_2 = (u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}), U_3 = (u_{31}, u_{32}, u_{33}, u_{34}), U_4 = (u_{41}, u_{42}, u_{43})$ 。风险评价集 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$, 本文是针对我国太阳能光伏发电行业进行风险评价, 记 $V_i (i = 1, 2, \dots, 5)$ 表示风险等级, 可依次记 V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 为高, 较高, 中, 较低, 低。

对每个 $U_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 进行单因素评价, 由 10 位专家组成的评价小组, 用投票的方法, 得到相应的单因素评价矩阵。根据投票结果, 再综合各单因素的权重向量, 可组成太阳能光伏发电行业风险综合评价结构表, 见表 4。

对于第二级因素集 $U_i (i = 1, 2, 3, 4)$, 有 $U_1 = (u_{11}, u_{12}, u_{13})$, 权重集为 $\widehat{W}_1^{(3)} = (0.669, 0.092, 0.239)$, 单因素 U_1 模糊评价矩阵为 $\widetilde{R}_1 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.5 & 0.4 \\ 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{pmatrix}$ 。作一级模糊综合评价, 由 $\widehat{W}_1^{(3)} \circ \widetilde{R}_1 = \widetilde{C}_1$, 得 $\widetilde{C}_1 = (0.2, 0.5, 0.4, 0.1, 0.092)$ 。同理可得出 $\widetilde{C}_2, \widetilde{C}_3, \widetilde{C}_4$ 依次为 $\widetilde{C}_2 = (0.4, 0.337, 0.2, 0.098, 0), \widetilde{C}_3 = (0.4, 0.4, 0.27, 0.1, 0.1), \widetilde{C}_4 = (0.2, 0.4, 0.4, 0.08, 0.08)$ 。

对第一级因素集 $U = (U_1, U_2, U_3, U_4)$, 权重集为 $\widehat{W}^{(2)} = (0.484, 0.301, 0.143, 0.072)$, 总模糊评价矩阵为 $\widehat{C} = (\widetilde{C}_1, \widetilde{C}_2, \widetilde{C}_3, \widetilde{C}_4)$

$$= \begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.092 \\ 0.4 & 0.337 & 0.2 & 0.098 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.27 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.08 & 0.08 \end{pmatrix},$$

作二级模糊综合评价, 得 $\widehat{B} = \widehat{W}^{(2)} \circ \widehat{C} = (0.301, 0.484, 0.4, 0.1, 0.092)$ 。由 $b_{\tau_{\max}} = 0.484$, 根据最大隶属度原则, 评价对象对应的风险等级为较高, 即得到目前我国太阳能光伏发电行业的风险级别为较高这一结论。

表 4 我国太阳能光伏发电行业风险综合评价表

一级因素	二级因素	三级因素	权重值	专家意见投票				
				高	较高	中	较低	低
我国太阳能光伏发电行业存在的风险 U	U_1 市场风险 $W_1=0.484$	产能过剩 u_{11}	0.669	1/10	5/10	4/10	0	0
		市场干预度 u_{12}	0	0	1/10	5/10	4/10	
		利润空间 u_{13}	0.239	2/10	6/10	1/10	1/10	0
	U_2 产业技术风险 $W_2=0.301$	市场准入门槛 u_{21}	0.098	0	2/10	7/10	1/10	0
		技术研发 u_{22}	0.337	2/10	6/10	2/10	0	0
		能耗 u_{23}	0.165	1/10	3/10	6/10	0	0
		硅材料生产核心技术 u_{24}	0.4	5/10	3/10	2/10	0	0
	U_3 管理风险 $W_3=0.143$	原材料缺乏 u_{31}	0.58	4/10	4/10	2/10	0	0
		生产设备提前报废 u_{32}	0.05	0	2/10	3/10	5/10	0
		生产技术人员培训 u_{33}	0.1	0	0	4/10	5/10	1/10
		生产经费的投入不足 u_{34}	0.27	2/10	3/10	5/10	0	0
	U_4 外部环境风险 $W_4=0.072$	宏观经济波动 u_{41}	0.656	2/10	4/10	4/10	0	0
		法律政策 u_{42}	0.08	0	0	0	2/10	8/10
		社会文化与自然环境 u_{43}	0.264	1/10	3/10	5/10	0	0

参考文献

3 结语

本文通过运用多层次模糊综合评价法来对我国目前太阳能光伏发电行业所面临的风险进行风险等级评价,主要得出的结论有以下两点:

1)通过建立多层次模糊综合评价法模型,结合实证分析,得到我国太阳能光伏发电行业的风险级别为较高,这与当前的社会状况基本符合,由此也证明了模型的正确性。

2)太阳能光伏发电行业是新兴行业,有着广阔的发展前景。对我国太阳能光伏发电行业进行风险严重程度研究,有助于投资者全面准确的了解风险,从而采用切实有效的方法规避风险,这样可以杜绝盲目投资,有利于科学决策,从而可以推动我国太阳能光伏发电行业的健康发展。

[1]张超. 金融危机下我国太阳能行业的机遇与挑战[J]. 宁波职业技术学院学报,2009,13(3):61—64.

[2]张荣辉. 我国光伏行业发展概述[J]. 科技资讯,2010,26(6):213—214.

[3]钱颂迪. 运筹学[M]. 北京:清华大学出版社,2008:455—460.

[4]杨林,张德模,等. 模糊综合评价法判断监测断面的主要污染物[J]. 西北大学学报,2003,12(6):26—30.

[5]张宁,陶庆. 基于多级模糊综合法的工程项目风险评价[J]. 建筑经济,2009,6(3):27—29.

[6]李莹霄. 我国太阳能光伏发电投资风险分析[D]. 长春:吉林大学,2008.

[7]庚晋. 太阳能光伏发电存在的问题及促进措施[J]. 光源与照明,2010,3(1):42—44.

[8]李雷,郭焱. 中国光伏产业发展现状及若干问题的思考[J]. 中外能源,2010,15(1):38—42.

The Risk Evaluation Research of Our Solar Photovoltaic Power Generation Industry Based on Multi-level Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

XIE Chuan-sheng, XU Yao-lun,DONG Da-peng, HUA Sheng-ping
(School of Economic and Management,North China Electric Power University,Beijing 102206,China)

Abstract: In recent years, as the world pay more and mote attention on renewable energy, China’s solar photovoltaic has achieved rapid development in the last few years. But behind the rapid development of the solar photovoltaic industry highlights many problems, facing many risks, which can not be ignored. The paper combines AHP with Fuzzy evaluation method, through the weight of each layer and the risk assessment matrix determined, and combines with empirical analysis, obtains the conclusion that the current solar photovoltaic industry in China has a higher level risk.

Key words: solar photovoltaic power generation; AHP; fuzzy evaluation