

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.09.018

构建生物质发电项目模糊综合评价体系的研究*

胡艳英¹ 王述洋²

(1. 东北林业大学经济管理学院, 哈尔滨 150040; 2. 东北林业大学机电工程学院, 哈尔滨 150040)

【摘要】 生物质发电项目是我国近几年兴建较多的新能源项目,随着兴建、在建、运营的项目增多,构建一个此类项目的评价体系对于其评估批准兴建、运营管理有现实意义。以模糊评价方法为主,结合层次分析法构建了生物质发电项目的评价体系,并利用实例进行了检验、修正。结果证明该评价体系能够对生物质发电项目进行评价,结论正确。该评价体系构建对生物质发电项目兴建、运营管理决策起到有益作用。

关键词: 生物质发电 模糊综合评价 层次分析法 评价体系

中图分类号: S216; N945.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)09-0090-05

Research on Building Fuzzy Synthetic Evaluation System of Biomass Power Generation

Hu Yanying¹ Wang Shuyang²

(1. College of Economics & Management, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2. College of Mechanical & Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract

As a new energy project in recent years, biomass power generation is playing a significant role in social and economic life. Recent years, more and more biomass generation projects have been approved, however, some of them are suspending and some are suffering from running troubles. So, it's very important to build an evaluation system for running and managing such projects. An evaluation system based on the fuzzy synthetic evaluation approach and AHP methods was established in this work, which had been testified effective in practical applications and can be taken as an advisable example of starting and running biomass power generation projects.

Key words Biomass power generation, Fuzzy synthetic evaluation, Analytic hierarchy process (AHP), Evaluation system

引言

进入21世纪后,随着化石能源的枯竭,可再生能源的研究和应用变得更加重要。生物质能源,作为减少CO₂排放量的重要手段,发展十分迅速^[1]。生物质能源方面创新性的技术不断出现,如生物质发电技术、生物燃油技术、成型燃料技术等^[2],为更好地利用生物质提供了技术保障。其中生物质发电

技术比较成熟,近几年在我国得到快速发展,已经进入实际应用阶段。2006年前,我国生物质发电总装机容量约为2000MW,2006年我国新核准38处,总装机容量为1284MW;2007年,新并网发电的生物质发电项目超过15处,而核准的则超过100处,总装机容量超过2500MW;2008年,投产运行的生物质发电项目超过30处,总装机容量超过800MW^[3]。截至2008年底,全国核准生物质发电项目总装机容

收稿日期:2010-03-15 修回日期:2010-04-10

* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2007AA05Z433584)和黑龙江教育厅人文社会科学项目(11554032)

作者简介:胡艳英,副教授,博士生,主要从事生物质能技术利用研究,E-mail: xiran7538@sina.com

通讯作者:王述洋,教授,博士生导师,主要从事生物质能技术开发及利用研究,E-mail: dljd2008@yahoo.com.cn

量约为 6 000 MW,其中 2006 年后新投产运行的发电项目装机容量超过 1 200 MW。

随着兴建运营的生物质发电项目增多,待建、停产的项目也不断出现。2007 年我国兴建的第一处生物质发电厂已宣布停产。2009 年以小麦、水稻等软质秸秆为主要燃料的某发电企业也暂时停产^[4]。据有关部门透露,截至 2009 年江苏省已建成投产运行的 9 家生物质发电厂均亏损,无一盈利。但省发改委核准待建项目仍有近 20 个,投资规模达 50 ~ 60 亿元。这种情况不仅出现在中国,其他国家如西班牙、英国等也均有许多生物质发电厂不盈利的现象出现^[5]。众多此类项目造成了大量人、财、物的浪费,如能通过构建生物质发电项目的评价体系,在项目投资之前进行评估,不仅可以减少盲目投资带来的各种不良后果,使有限资源得到有效利用,还可对项目投产后的管理决策大有裨益。本文就对此问题进行讨论。

1 评价方法的选择与评价体系构建

1.1 评价方法的选择

在项目评价方法中,比较有代表性的评价方法有费-效分析法,关联矩阵法,层次分析法和模糊评价法。生物质发电项目评价体系中包含有大量的经济性、社会性,定性和定量类指标,目标的层次复杂,属性多样,且项目绝大多数属新建、在建项目,历史数据少,采用单一的评价方法不能有效地实现目标评价,为此,本文采用模糊评价法和层次分析法相结合的评价分析方式。模糊综合评价法是以模糊数学为基础,将定量与定性指标相结合,通过精确的数学方法处理模糊性现象。此评价方法已经成功地在多个领域用于评价由模糊数据及不同属性构成的复杂评价对象上^[6]。但单纯的采用模糊评价法对于定性指标处理上仍不够细致,需先利用层次分析法将定性指标分层确定指标的隶属情况,再对其进行处理,使其结果更具科学性。

1.2 评价指标的确定

任何一个项目都是一个复杂的工程体系,也可以看作是一个庞大的系统,包括社会、经济等多重目标和内容,因此对项目进行准确的评价是非常困难的。

一般而言,对项目评价包括 3 方面指标,即技术指标、经济指标、社会指标。针对生物质发电同类项目,假定项目使用的技术都能满足先进性、安全性、适应项目需求性等方面的要求,这里就不计入评估体系,只对经济指标和社会指标进行评价。依据评价方法,结合能源类项目、电力项目的常用评价指标,并根据生物质能源项目的自身特点,将评价因素

集设定如表 1 所示。

表 1 模糊评价因素集

Tab. 1 Fuzzy evaluation indexes system

	就业率 (U_{111})	
	公众支持度 (U_{112})	
一般社会 指标 (U_{11})	对居民健康水平的影响 (U_{113})	
	对当地居民生活质量的影响 (U_{114})	
	对区域经济发展的影响 (U_{115})	
	对当地居民生存安全的影响 (U_{116})	
社会指标 (U_1)	CO ₂ 减排量 (U_{121})	
	对植物的损害程度 (U_{122})	
	灰渣利用率 (U_{123})	
	环境指标 (U_{12})	废弃物处理程度 (U_{124})
		项目用水污染情况 (U_{125})
	项目噪声污染情况 (U_{126})	
	灰尘降低程度 (U_{127})	
经济指标 (U_2)	投资利润率 (U_{211})	
	投资利税率 (U_{212})	
	企业经济 指标 (U_{21})	投资回收期 (U_{213})
		贷款偿还期 (U_{214})
	年总利润 (U_{215})	
	年发电量 (U_{216})	
发电成本 (U_{22})	原材料运输及加工成本 (U_{221})	
	原材料收购成本 (U_{222})	
	国家政策 指标 (U_{23})	清洁发展机制 (CDM) 项目资金补贴 (U_{231})
国家政策补贴 (U_{232})		
	电价 (U_{233})	

表 1 中将评价指标设定为 3 级共计 31 个。层级的划分主要依据 AHP 法 (analytic hierarchy process), 将评价体系中作用、影响程度不同的指标分列于不同层次上。第一层只有两个指标,即社会指标和经济指标,将需要评价的指标分成两类。第二层则突显了生物质能源项目的特点。社会指标中,将环境指标单列,强调与传统能源相比,生物质能源作为清洁能源的特点;经济指标中,把成本指标、国家政策性指标与企业自身经济指标进行并列,强调当前情况下项目成本与国家政策对项目兴建与运行的重要程度。第三级指标的设立则完全根据此种项目类型的实际评价因素进行了设置。其中一般性社会指标、企业经济指标中的各子指标与一般能源项目基本相同,环境指标是依据电力项目的环境评价因素结合生物质项目的特点进行了设定,成本指标则具体细化了成本指标内容,国家政策指标则包括当前对此类项目的主要支持方式。因素集涵盖了评价生物质发电项目的主要指标。

1.3 权重向量设置方法

在权重向量设置上,采用 AHP 法。首先构造判断矩阵 $A_k = (b_{ij})_{m \times m}$,各指标的重要性采用了国际流行的九级赋值法。然后用几何平均法计算权重。权重向量为

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$$

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中 a_{ij} ——判断矩阵元素

对于构造的 n 阶矩阵,需进行一致性检验,在通常情况下二阶矩阵由公式可保证其一性,不需检验,而针对三阶以上矩阵,则需根据公式进行检验。一致性指标为

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{W_i}$$

式中 λ_{\max} ——最大特征值

根据权重公式,得出具体的权重指标如表 2 所示。利用式(2),对三阶权重的一致性检验,检验结果均小于 0.1,判断矩阵具有满意的一致性,以上指标权重可以接受。

通过权重指标的设置,可知各类指标变化对项目的影晌程度。通过表 2 可知,经济指标和社会指标对于生物质发电项目同等重要,在社会指标中,环境指标因素对项目的影晌更为明显,而在经济指标中,项目原材料的成本、政府政策补贴与企业自身经营情况对项目的影晌同等重要。

1.4 确定评定集 E 及隶属矩阵 R

评定集在设定上分级越多,评价结果就越细致,通常情况下,评价结果采用 5 级制,即优、良、一般、较差、差 5 个级别。这里也采用这 5 个层次,记为 $E = (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)$,如果绩效用 1 ~ 5 尺度表示,则 $4 \leq E_1, 2 \leq E_2 < 4, 2 \leq E_3 < 3, 1 \leq E_4 < 2, E_5 < 1$ 。隶属度矩阵 R 的确定需根据具体项目及参加评判的专家最终确定,待 R 确定后,再根据公式 $B = W \times R$,逐阶进行计算,最终得出评价集 E 的结果。最后根据最大隶属度法, E 中哪个级别得分最高,其最终的评价级别就为哪级。

2 案例分析

2.1 项目介绍

内蒙古自治区某旗,土地面积 81.807 万 hm^2 ,

表 2 生物质发电项目模糊评价权重

Tab.2 Weights of evaluation indexes for fuzzy evaluation of a biomass power generation project

		0.193 1
		0.231 9
		0.202 7
	0.666 7	0.133 9
		0.116 2
		0.122 4
0.5		0.273 6
		0.273 6
		0.178 3
	0.333 3	0.106 8
		0.062 5
		0.062 5
		0.042 8
		0.282 5
		0.055 1
		0.094 3
	0.333 3	0.142 8
		0.282 5
0.5		0.172 8
		0.666 7
	0.333 3	0.333 3
		0.571 4
	0.333 3	0.285 7
		0.142 9

其中林业用地 44.555 万 hm^2 ,现有林地面积 22.78 万 hm^2 ,宜林荒山荒沙 17.42 万 hm^2 。灌木林主要分布在山沙两区,有灌木林 5.695 万 hm^2 。经调查,在农民期望的价格范围内,全旗每年可提供林木干重约 25 万 t。该地申请建立林木质示范电厂。示范电厂新建工程建设规模为 50 MW,一期装机方案为新建 2 × 12 MW 生物质发电供热机组,预留扩建 1 × 25 MW 机组条件。工程计划于 2006 年 4 月开工建设,2007 年底投产^[7]。

生物质燃烧所释放的 CO_2 比化石能源减少 90%。同时木质生物中只含有少量硫和重金属,不会造成酸雨危害,释放颗粒物也在可控范围内,比较清洁。该项目能为 150 人提供就业机会,提高当地居民用电,供热的满意度,对该区域经济发展产生有益的影响。该项目计划投资 29 819 万元,其中 20% 为自有资本金,其余申请国内中长期贷款,贷款偿还期为 10 年,宽限期为 2 年,投资利润率为 7.84%,投资利率率为 9.81%,投资回收期为 8.85 年,年发电量为 168 $\text{GW} \cdot \text{h}$,综合厂用电率为 10.8%,年供热

量 78 万 GJ,发电成本 476 元/(MW·h),含税电价为 770 元/(MW·h),该项目未得到 CDM 项目资金补贴^[7]。

2.2 评价过程及结果

邀请国内 10 位专家,通过电话、函审的方式对该项目指标进行评价,评价矩阵为

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_{12} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.1 \\ 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.6 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{22} = \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{23} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

利用公式 $B = W \times R$ 得出最终评价集为 (0.103, 0.289, 0.312, 0.133, 0.169),根据最大隶属度法,评价结果为一般。计算软件计算的结果四舍五入导致和大于 1,可将评价集修改为 (0.102, 0.288, 0.310, 0.132, 0.168)。

3 结果讨论与修正

3.1 结果与修正

案例的评估结果为一般,说明该项目属可以执行项目,但项目预期的效果并不十分理想,还有很多可以改进的地方。该项目计划于 2007 年正式投产,但由于种种原因,至 2008 年仍未竣工使用。目前,该项目已经竣工,但尚未并网发电。通过其他方式对该项目进行财务分析,分析结果表明在保证电价不变的前提下,该项目内部收益率大于基准收益率,财务净现值大于零,属于可执行项目^[7]。但对该项目整体运营进行风险分析,项目风险等级为中度风

险,风险等级不容忽视,必须采取风险管理措施^[7]。以上结果与通过评估体系测试的结果互相印证。由此可知构建的评价体系基本可行。

结合案例,发现构建的评价体系还存在如下问题需要进一步修正。

(1) 在评价矩阵中,出现了部分向量指标分散的情况,这说明在评估中针对这些指标专家的态度差别较大。由此推断在指标设定上可能产生了二义性,导致专家出现了不同理解,需要改进。通过反馈调查,将社会指标中“对当地居民生存安全影响”因素改成“对当地造成的社会安全影响”,将企业经济指标中的“年发电量”改成“实际发电量占应发电量比率”。

(2) 在评估的过程中,专家的主观因素会对评价结果产生影响。评价矩阵就是由专家决定的,虽然这是由模糊评价方法决定的,但该缺陷会降低评价的客观性,应尽量通过量化的方式处理评价指标,以降低人为因素对评价结果的影响。结合评价因素集中的具体指标特点,对企业经济指标的每个评定级别设定具体数值标准,如表 3 所示。

表 3 企业经济指标具体评定标准

Tab.3 Definite grades in accordance with enterprise different economic indexes

变量	评价集				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
$U_{211}/\%$	[100,10)	[10,8)	[8,6)	[6,4)	[4,0)
$U_{212}/\%$	[100,12)	[12,9)	[9,7)	[7,4)	[4,0)
$U_{213}/\text{年}$	[0,5)	[5,8)	[8,10)	[10,12)	[12,15)
U_{214}	—	—	—	—	—
U_{215}	—	—	—	—	—
$U_{216}/\%$	100	[100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,0)

注:其中贷款偿还期应先与投资回收期比较,若大于投资回收期,则要评定为 E_3 以下级别,反之则为 E_3 以上级别,基本相同则为 E_3 级别。年总利润需根据具体建设规模进行判定。

3.2 修正后的实例检测

对修正后的方法进行实例检测如下:山东省某生物质发电项目属在建中的工程,建厂条件优越,该工程一期拟建 2×15 MW 凝汽式汽轮发电机,配 2×75 t/h 振动炉排中温中压生物质燃料锅炉,符合国家保护环境、节约能源、支持利用可再生能源发电的产业政策。该项目投产后,将秸秆充分利用变废为宝,将有助于改善环境,最大限度地发挥环保效益。

项目计划投资 25 812.68 万元,其中 80% 贷款,偿还期 15 年,净利润率 8%,投资回收期 9.75 年,年发电量 3 142 GW·h,厂用电量 503 GW·h。发电成本 387 元/(MW·h),含税电价 596.29 元/(MW·h)。可提供上百人就业^[8]。

采用与上例相同方式得到评价矩阵为

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.7 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{22} = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{23} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

如上所述,评价集可写为(0.133,0.518,0.185,0.023,0.141)。

计算求得最终评价集为(0.1339,0.5192,0.1858,0.0233,0.1428),根据最大隶属度法则,评价效果良好。

该项目通过其他方法进行分析得出项目财务评价可行,财务风险低,清偿能力较好^[8]。该项目于2008年5月开工建设,2009年5月试运营,效果达到预期要求,创造了同类型机组中建设质量、安全、工期、造价的最好水平,该结果与评价结果一致。

4 结论

(1) 该评价体系可对生物质发电项目进行评价,评价结果与其他方式的评价结论基本一致。

(2) 经过修正后,通过评价矩阵可知,专家对各指标的评定结果比较集中,评价指标中的“二义性”问题得到了解决,指标定义达到要求。

(3) 通过设定评价指标的评定范围,达到了预期的量化指标效果,大大降低了主观性对评价结果的影响,评价体系的客观性得到增强。

(4) 该3级评价体系可以继续深化,形成更多级评价体系,将那些对项目有影响的非主要指标纳入当中,可使评价结果更加合理。

参 考 文 献

- 1 Patricia Thornley. Increasing biomass based power generation in the UK[J]. Energy Policy,2006,34(10):2087~2099.
- 2 吴创之,周肇秋,阴秀丽,等. 我国生物质能源发展现状与思考[J]. 农业机械学报,2009,40(1):91~99.
Wu Chuangzhi, Zhou Zhaoqiu, Yin Xiuli, et al. Current status of biomass energy development in China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(1):91~99. (in Chinese)
- 3 贾小黎,丁航,李晓真,等. 中国生物质发电产业现状、问题和建议[C]//2008中国农村生物质能源国际研讨会暨东盟与中日韩生物质能源论坛论文集,2008:331~336.
Jia Xiaoli, Ding Hang, Li Xiaozhen, et al. Current status, obstacles and suggestions of biomass power plants in China[C]// Proceedings of International Seminar on Rural Biomass Energy & ASEAN Plus Three (China, Japan and Korea) Forum on Biomass Energy,2008:331~336. (in Chinese)
- 4 景治,赵瑞刚. 秸秆发电厂设计探讨[J]. 内蒙古科技与经济,2008(21):130~132.
- 5 Valentina Dinica. Biomass power: exploring the diffusion challenges in Spain[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2009,13(5):1551~1559.
- 6 Kuo Yingfeng, Chen Pangcheng. Selection of mobile value-added services for system operators using fuzzy synthetic evaluation[J]. Expert Systems with Applications,2006,30(5):612~620.
- 7 黄雷. 中国开发林木生物质能源与其产业发展研究[D]. 北京:北京林业大学,2008.
Huang Lei. The research on forestry bio-energy utilization and its industry development in China[D]. Beijing:Beijing Foerstry University,2008. (in Chinese)
- 8 葛少英. 生物质发电项目的可行性分析[D]. 北京:华北电力大学,2009.
Ge Shaoying. Feasibility analysis of biomass electricity generation technology[D]. Beijing:North China Electric Power University,2009. (in Chinese)