

基于 AHP - FCM 的热电联产投资风险评估

邱金鹏

(中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司,四川 成都 610021)

摘要: 热电联产集中供热是一种公认的节能环保技术,近年来,该技术得到迅速发展,其也是未来发展的主要方向。构建了包括自然风险、社会风险、政治风险、经济风险、技术风险、其他风险这6个指标的一级指标体系,并形成了包括18个指标的二级指标体系。采用层次分析法计算评价的权重集,结合模糊综合评价模型对投资风险进行评估。实例表明,所建立的指标体系与 AHP - FCM 模型可操作性强、效果较好。

关键词: 热电联产; 投资; 风险; AHP; FCM

中图分类号: TK11⁺1 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2019)02 - 0091 - 04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.02.018

Investment Risk Assessment of Co-generation Based on AHP - FCM

Qiu Jinpeng

(CPECC Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610021, Sichuan, China)

Abstract: Central heating of co-generation is a kind of recognized energy saving and environmental protection technology. In recent years, this technology has been developed rapidly, and it is also the main direction of future development. A primary index system including 6 indicators, that is, natural risk, social risk, political risk, economic risk, technical risk and other risks, is constructed, and the two level index system including 18 indicators is established. The analytic hierarchy process is used to calculate the weight of the evaluation, and combining with the fuzzy comprehensive evaluation model, the investment risk is evaluated. Examples show that the established index system and the AHP - FCM model can be operated and have a good effect.

Key words: co-generation; investment; risk; AHP; FCM

0 引言

相比于传统的热电分产能源供应模式,热电联产能节省大量的燃煤消耗,目前中国北方也主要采用该模式进行集中供热。该技术是一种趋于分布式的能源供应系统,在发达国家已有20多年的发展历史。其具有节约能源效果明显,保护环境作用突出,节约用地提高效益,煤种适应性更强,电力供给的安全性和可靠性增强等优点^[1]。

综上优势,热电联产供能模式在近几年得到了大力发展。但实际工程面临的各种不确定风险常常导致高额的建设资本投入,对热电联产投资进行风险评估以便做出更好的投资决策对电厂管理者具有现实的指导意义。

1 热电联产投资风险评估指标体系

大型工程项目中,工程建设往往存在着造价高、建设时间长、影响条件多的特点,而在电力工程中,这些特点同样存在。并且在建设过程中,需要建设单位、设计单位、施工单位等相关部门合作,任何一个参与方或者外部条件因素的变化都会对工程建设带来一定的风险和影响^[2],因此,对热电联产投资风应该从多方面、全方位进行分析,力求做到客观全面。

1) 自然风险。自然环境对于每一项工程来说都是未知的,并且所带来的风险破坏也是无法计量的^[3],例如台风、地震、滑坡、泥石流等。因此工程选址至关重要,好的站址能避免很多自然环境所带

来的风险,并且能节约资源、控制成本。

2) 政治风险。工程建设期间,宏观政策以及相关法律法规的调整同样对项目的建设起到关键作用。针对电力工程,发改委以及能源局相关政策文件将直接影响工程的建设。

3) 社会风险。电厂所处的地理位置、经济水平以及区域内社会发展水平也直接影响工程建设情况。例如,区域内能源需求饱和、社会发展缓慢、对电力需求较小等情况直接影响工程运行的效益风险。

4) 技术风险。设计单位出具的设计方案、组织方案等都会带来一定的技术风险,而项目部管理人员对工程进度的把控、对物资采购的管理等对工程质量也都有较大的影响^[4]。

5) 经济风险。外部经济汇率变化、银行贷款政策、工程融资以及使用计划都直接影响工程建设进度。

6) 其他风险。其他风险主要包括管理人员水平、合同风险、项目控制风险等。

基于前面对该热电联产技术改造投资风险因素的分析,建立了适用于热电联产的投资风险指标体系。在实际工程中,不同阶段的风险是不完全相同的,并且是动态变化的^[5-8],因此选取了主要的风险因素,根据上述的构建原则,进行了科学的归纳概括,所建立的热电联产投资风险指标体系见表1所示。

表1 热电联产投资风险指标体系

目标层	准则层	指标层
热电联产 投资风险 A	自然风险 B1	煤炭资源风险 C11
		水资源风险 C12
		其他不可抗风险 C13
	社会风险 B2	市场竞争激烈 C21
		社会需求前景 C22
	政治风险 B3	法规变更风险 C31
		行政性风险 C32
	经济风险 B4	利率变化风险 C41
		汇率变化风险 C42
		物价、人工成本上涨 C43
		财务风险 C44
	技术风险 B5	施工方案的变化 C51
		质量等级的要求 C52
		设计质量 C53
		技术的复杂程度 C54
	其他风险 B6	管理人员水平 C61
		合同风险 C62

2 AHP – FCM 风险评估模型

模糊综合评价的原理是通过评价指标的隶属度进行计算,以此量化处理后得到的权重集经模糊变换得到最终的综合评价得分^[9]。

该评价模型包括了以下几个主要步骤:

1) 确定评价指标

p 个评价指标: $u = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$

2) 确定评语等级

确定等级集合: $v = \{v_1, v_2, \dots, v_p\}$, 其中每一个评语等级都可对应一个模糊子集。

3) 构建模糊关系矩阵 R

在确定等级集合后,需要针对因素 u_i ($i = 1, 2, \dots, p$) 将评价事物进行量化计算隶属度 ($R|u_i$)。模糊关系矩阵 R 则为

$$R = \begin{bmatrix} R|u_1 \\ R|u_2 \\ \dots \\ R|u_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & r_{ij} & \dots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pm} \end{bmatrix}_{p \times m} \quad (1)$$

式中 r_{ij} 为因素 u_i 相对模糊子集中的 v_j 等级的隶属度。

4) 计算权向量

综合评价理论中最关键的步骤即是权重计算。设权向量 $A = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_p)$, 式中元素 a_i 为因素 u_i 对模糊子集的隶属度。并且有 $\sum_{i=1}^p a_i = 1, a_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, p$ 。

5) 综合评价得分

将向量权重 A 以及模糊关系矩阵 R 进行合并计算,可以得到最终的模糊综合评价结果向量 B 。

$$A \cdot R = (a_1, a_2, \dots, a_p) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m) = B$$

3 实证分析

结合实际工程面临风险大小,将可能遇到的风

险等级划分为5个等级,即{小,较小,一般,较大,大},设5个风险等级为 $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$,分别对应风险的大小^[10]。针对风险等级为{小,较小}的待建工程,该类型工程在建设过程中面临的风险较小,具有较大的建设意义;而针对风险等级为{一般}的待建工程,应该进一步分析哪些指标元素的风险较大,建设过程中应重点关注潜在风险较大的因素;而风险等级为{较大,大}的工程,建议设计及建管单位应进一步分析工程是否具有建设前景。

运用前面建立起来的模糊综合评价模型对该热电联产项目的投资风险进行综合评价。为了得到客观权威的评价结果,以某规划的热电联产电厂工程为例,结合实际情况,对评价指标的隶属度进行平均统计计算,得出各一级指标权重如表2所示。

权重计算之后,所得到的判断矩阵还需要进一步的一致性检验,计算得到检验指标为

$$\lambda_{\max} = 6.013, CI = 0.0026, RI = 1.2482 \quad (3)$$

因此, $CR = \frac{CI}{RI} = 0.002 < 0.1$,通过一致性检验,

说明计算结果满足综合评价理论要求。

根据上述计算的得到的一级指标权重向量 W ,可得二级指标的评判向量为

$$B = WR = \{0.415, 0.214, 0.142, 0.125, 0.104\} \quad (4)$$

根据 $V = B \cdot C^T$ 计算出投资风险值 $V = B \cdot C^T = 2.289$ 。该风险值介于风险等级较小与一般之间,根据临近原则,确定该工程建设投资风险为较小,具有实际投资意义。

表2 一级指标权重

准则层	B1	B2	B3	B4	B5	B6	W
B1	1	1/9	1/3	1/6	1/9	1/2	0.0269
B2	9	1	5	1/6	1/8	3	0.1338
B3	3	1/5	1	1/4	1/6	3	0.0644
B4	6	6	4	1	2	7	0.3757
B5	9	8	6	1/2	1	6	0.3597
B6	2	1/3	1/3	1/7	1/6	1	0.0395

进一步计算分析,可以计算出各个二级指标的权重值,如表3所示。

通过计算综合评价指标可知,虽然该工程所面临的投资风险较小,从长远角度上看,仍具有一定的投资价值,但具体分析每一项风险指标可发现,该工程所面临的市场竞争较大,当该区域电力需求逐渐饱和,电力供应下降时,企业所面临的风险增大。因此,考虑到企业的长远发展前景,应该扩展市场,探索技术革新,节能减排以提高生产效率,针对电力生产中的副产品,例如煤灰等,应该考虑综合利用,形成企业新的利润增长点,加强企业的抗风险能力。

表3 二级指标权重

指标层	权重
煤炭资源风险 C11	0.5261
水资源风险 C12	0.3215
其他不可抗风险 C13	0.1524
市场竞争激烈 C21	0.4276
社会需求前景 C22	0.5724
法规变更风险 C31	0.7437
行政性风险 C32	0.2563
利率变化风险 C41	0.1376
汇率变化风险 C42	0.1093
物价、人工成本上涨 C43	0.4721
财务风险 C44	0.2810
施工方案的变化 C51	0.2765
质量等级的要求 C52	0.1385
设计质量 C53	0.3612
技术的复杂程度 C54	0.2238
管理人员水平 C61	0.3871
合同风险 C62	0.3265
项目控制风险 C63	0.2864

4 结 语

构建了较为全面的热电联产投资风险评价指标体系,包括自然风险、社会风险、政治风险、经济风险、技术风险、其他风险6个一级指标体系,并形成了包括18个指标的二级指标体系。同时,采用层次分析法计算评价的权重集,结合模糊综合评价模型对投资风险进行评估,克服了传统评价模型主观性较强的缺点。在实例分析中,运用模糊综合评价对该项目的投资风险评价基本符合其面临的实际风险情况,并且通

过分析二级风险指标可以有效判断在实际生产过程中风险性较强的方面,做到防范于未然,反映了所提出的热电联产综合评价模型的实用性。

参考文献

[1] 王振铭,郝刚.我国热电联产的现状、前景与建议[J].中国电力,2003,36(9):43-49.

[2] 龙虹毓,马建伟,吴锴,等.含热电联产和风电机组的电网节能调度[J].电力自动化设备,2011,31(11):18-22.

[3] 陈洁,杨秀,朱兰,等.基于遗传算法的热电联产型微网经济运行优化[J].电力系统保护与控制,2013,41(8):7-15.

[4] 陈建华,吴文传,张伯明,等.消纳大规模风电的热电联产机组滚动调度策略[J].电力系统自动化,2012,36(24):21-27.

[5] 崔杨,陈志,严干贵,等.基于含储热热电联产机组与

电锅炉的弃风消纳协调调度模型[J].中国电机工程学报,2016,36(15):4072-4080.

[6] 郭佳欢,沈宏,黄伟.含小型冷热电联产的微电网系统经济运行[J].电网与清洁能源,2009,25(10):21-24.

[7] 孟安波,梅鹏,卢海明.基于纵横交叉算法的热电联产经济调度[J].电力系统保护与控制,2016,44(6):90-97.

[8] 何青,罗宁.燃气蒸汽联合循环热电联产机组热经济性分析[J].热力发电,2018,47(5):49-56.

[9] 魏兵,王志伟,李莉,等.微型燃气轮机冷热电联产系统经济性分析[J].热力发电,2007,36(9):1-5.

[10] 刘卫平,沙威,刘新利,等.评价热电联产机组经济性的节能比分析方法[J].中国电力,2010,43(9):41-44.

作者简介:

邱金鹏(1991),硕士,主要研究方向为电力技术经济。

(收稿日期:2018-12-19)

(上接第 19 页)

UPFC 投入进入稳态后,在 10 s 时发生尖山—彭祖 N-2 故障后川渝通道有功功率波动对比如图 15 所示。

5 结 语

结合 UPFC 等效模型以及功率注入法和电流注入法,详细介绍了利用 PSASP 自定义功能实现 UPFC 潮流模型与暂稳模型搭建过程;研究计算 UPFC 用于改善川渝断面潮流分布的可行性;详细计算川渝断面 UPFC 安装容量与改变潮流分布的关系;最后结合切入式暂稳模型,分析计算了川渝断面动态特性以及暂态能量的振荡特性。结果表明,安装在功率输送通道的 UPFC 对于改善川渝断面潮流分布有一定的作用,从计算结果可以看出,UPFC 单位容量改变所安装通道的潮流不到 0.5 单位,杠杆效应小,所需的 UPFC 容量较大。另外,由于 UPFC 串联侧控制可以对所安装线路功率进行动态控制,并联侧控制动态地补偿电压变化,UPFC 对抑制功率振荡方面有好的效果。

参考文献

[1] 张扬,毛雪雁,徐政.用于电网稳态和暂态分析的统一潮流控制器模型[J].电网技术,2002,26(7):30-33.

[2] 陈业飞,李林川,张芳,等.基于节点电流注入法的 UPFC 潮流控制新方法研究[J].电力系统保护与控制,2014,42(2):69-74.

[3] 谢小荣,姜齐荣.柔性交流输电系统的原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2006.

[4] 刘前进,孙元章,黎雄,宋永华,肖颖.基于功率注入法的 UPFC 潮流控制研究[J].清华大学学报(自然科学版),2001,41(3):55-58.

[5] Kannan S, Jayaram S, Salama M M A. Real and Reactive Power Coordination for A Unified Power Flow Controller[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2004, 19(3):1454-1461.

[6] 陈磊,王文婕,王茂海,等.利用暂态能量流的次同步强迫振荡扰动源定位及阻尼评估[J].电力系统自动化,2016,40(19):1-8.

作者简介:

韩连山(1986),工程师,主要研究方向为电力系统分析与控制;

王新宝(1978),高级工程师,主要研究方向为电力系统分析与控制;

李 建(1977),高级工程师,主要从事电力系统安全稳定运行管理工作;

王 彪(1977),高级工程师,主要研究方向为电力系统仿真与分析。

(收稿日期:2018-11-11)