

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S2.026

# 模糊综合评价模型在输变电工程项目后评价中的应用

孙洪波<sup>1</sup>, 訾建章<sup>2</sup>, 杜代华<sup>1</sup>, 操晓岚<sup>3</sup>, 郑飞扬<sup>1</sup>

(1. 重庆市电力公司, 重庆 400014; 2. 国核电力规划设计研究院重庆有限公司, 重庆 401121;

3. 宁波市鄞州园林市政建设有限公司, 浙江 宁波 315100)

**摘要:**输变电工程的投资既具有盈利性目的,又具有社会公益性特性,做好输变电工程项目后评价可以为后续电网建设和运营提供指导和积累经验,提高电网建设项目的企业效益和社会效益。输变电工程项目后评价具有综合性、层次性和模糊性的特点,因而利用目前比较传统的评价方法对其进行评价存在一些不足之处。本文根据输变电工程项目后评价的特点,建立了输变电工程项目后评价指标体系,选取模糊层次综合评价方法,构建了输变电工程项目后评价的综合评价模型。并通过案例对输变电工程项目后评价的模型进行了具体分析和应用。实证表明,该模型能有效地评价输变电工程项目运营的效果。

**关键词:**输变电工程;模糊综合评价;项目后评价;运营效果

**中图分类号:**TM722 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2013)S2-0101-03

## Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation in Post-Evaluation of Power Transmission and Transformation Project

Sun Hongbo<sup>1</sup>, Zi Jianzhang<sup>2</sup>, Du Daihua<sup>1</sup>, Cao Xiaolan<sup>3</sup>, Zheng Feiyang<sup>1</sup>

(1. Chongqing Electric Power Corporation, Chongqing 400014, P. R. China;

2. State Nuclear Electric Power Planning Design & Research Institute Chongqing Corporation Ltd., Chongqing 401121, P. R. China;

3. Ningbo Yinzhou Municipal Garden Construction Corporation Ltd., Ningbo 315100, Zhejiang, P. R. China;)

**Abstract:**Investment of power transmission and transformation project is of profits, as well as a kind of public service. Good post-evaluation of power transmission and transformation project can provide references for subsequent power grid construction, as well as improve enterprise benefits and social benefits. Post-evaluation of power transmission and transformation project is of characteristics of comprehensiveness, multi-layer and fuzziness. Based on its characteristics, this paper establishes the index system of post-evaluation. In evaluation methods, fuzzy hierarchy comprehensive evaluation is selected to build fuzzy comprehensive evaluation model of power transmission and transformation project, which is analyzed specifically by applying one case study. The results show that this model can effectively evaluate the economic benefits of the power transmission and transformation project.

**Key words:**Power Transmission and Transformation Project; Fuzzy Comprehensive Evaluation; Post-evaluation; Operation Results

输变电工程的投资既具有盈利性目的,又具有社会公益性特性,是国家重点投资的基础性能源工程。近年来,随着国家经济结构的调整和能源电力的巨大投资,工程项目投产运营后的实现程度,越来越得到人们的重视。但对输变电工程运营情况进行全面、系统、科学的后评价并非是一件容易的任务。这是因为工程项目运营效果的综合评价是一个典型的模糊性问题,不仅影响因素众多,而且每一个因素往往还具有多个层次。因此科学地探讨这类复杂系统的综合评价指标,并通过基于模糊集理论的综合评价模型和实证分析,把握输变电工程项目后评价的方向,有助于为今后的相关研究提供理论基础和实践意义。

### 1 输变电工程项目运营效果后评价概述

输变电工程项目运营效果后评价是指项目投产完成后

对生产能力、投资经济效益、社会效益的再评价。一方面,从输变电工程项目本身出发,计算项目投产后实际的生产能力和经济效益状况,并与建设前可行性分析预测或同类项目进行对比分析,从而得出该工程项目的优劣。另一方面,从社会环境的影响及贡献角度出发,对输变电工程项目的社会效益、环境保护等进行再评价,以考察输变电项目是否符合国民经济发展的要求。

基于此,本文采用目前常用的模糊综合评价法,对输变电工程项目的运营效果进行评价,得出相关结论。在指标体系建立方面,运用了以下原则进行指标数据的筛选:一是系统全面性,评价指标体系必须能够全面反映输变电工程的各个方面;二是同源可靠性,评价指标体系中的指标数据来源要相同、口径要一致,并且指标数据要真实可靠,这样才能保证评价结果的真实性和可比性;三是简明可操作性,评价指标

收稿日期:2013-09-30

作者简介:孙洪波(1972-),男,硕士,高级工程师,主要从事电网规划管理研究,(E-mail)shbqqq@tom.com。

体系必须能够反映目标与指标间的支配关系,同时还应根据评价者不同的评价目标动态地生成相应的评价指标体系。

## 2 输变电工程项目经济效益后评价指标体系

输变电工程项目评价内容涉及面广,考察的范围大,评价指标多而复杂,只能采用定性分析的办法进行描述评价,故而有必要在综合评价中引入模糊集理论,以利于得出较客观的结论。因此,本文根据输变电工程的特点,按照以上探讨的经济效益综合评价原则,将影响输变电工程经济效益的因素加以系统分析和合理综合,构建出如表 1 所示的输变电工程项目后评价的指标体系。

表 1 输变电工程项目后评价指标体系

第一层	第二层	第三层
		供电量 $U_{11}$
	生产能力 $U_1$	平均负荷利用小时数 $U_{12}$
		容载比 $U_{13}$
		内部收益率 $U_{21}$
项目运营 效果后评价 $U$	经济效益 $U_2$	投资回收期 $U_{22}$
		利润增长率 $U_{23}$
		环境保护程度 $U_{31}$
	社会效益 $U_3$	经济贡献率 $U_{32}$
		持续发展能力 $U_{33}$

该评价体系分为 3 层,第一层为目标层,第二层为准则层,第三层为指标层。其中,主因素层的评价指标共有 3 个,即  $U = \{U_1, U_2, U_3\}$ 。 $U_{ij}$  ( $j = 1, 2, 3$ ) 为评价指标  $U_i$  的次因素层评价指标。

## 3 模糊综合评价模型的构建

模糊理论 (Fuzzy Theory) 是由美国自动控制专家查德 (L. A. Zadeh) 于 1965 年提出的,本文在结合引言部分学者们长期研究的基础上,提出了模糊综合评价在输变电工程项目后评价中的应用。在进行实证之前,有必要进一步介绍应用模糊综合评价模型进行因素分析时的相关步骤:

1) 建立评价指标体系。将因素集的  $n$  个因素按属性分成互不相交的  $S$  个子集:  $U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_S\}$ , 每个子集为  $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, \dots, u_{im_i}\}$ , ( $i = 1, 2, \dots, S$ )。显然  $n_1 + n_2 + \dots + n_s = n$ 。

2) 确定评价集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ , 对每一个子因素集  $U_i$  分别做出综合评判。

3) 选用层次分析法确定指标权重。首先建立决策问题的递阶层次结构模型,从最高层决策目标层开始,通过中间层(准则层),到最低层(指标层)为止。在建立递阶层次结构模型之后,即确定了上下层之间各因素的隶属关系,问题即转化为层次中的排序计算问题。在排序计算中,每一层次中的排序又可简化为一系列成对因素的判断比较,并根据一定的比率标度将判断定量化,形成比较判断矩阵。即:

$U_i$  中的各因素相对  $V$  的权重分配为  $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im_i})$ , 其中  $a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{im_i} = 1$ 。若  $R_i$  为  $U_i$  的  $n_i \times m$  评判矩阵,则  $U_i$  一级的评判向量为:

$$B_i = A_i \cdot R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{im}), i = 1, 2, \dots, S.$$

4) 确定模糊判断矩阵  $R$ 。针对所建立的综合评价指标体

系,设计调查问卷,运用专家打分法评价指标体系中处于同一等级下的不同因素,按照相应数量标度进行两两比较构造模糊判断矩阵。并对模糊判断矩阵进行一致性检验。

即  $U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_S\}$  的评判矩阵为:

$$B = \begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_S \end{matrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{s1} & b_{s2} & \dots & b_{sm} \end{bmatrix}$$

按  $U_i$  的重要性给出权重分配:  $A = (a_1, a_2, \dots, a_s)$ 。于是得到二级的评判向量:

$$R = A \cdot B = (a_1, a_2, \dots, a_s) \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{s1} & b_{s2} & \dots & b_{sm} \end{bmatrix} = (r_1,$$

$r_2, \dots, r_m)$

式中,  $r_i$  表示评判对象按第一层次中所有因素评价时,第  $i$  个元素的隶属度; $R$  为模糊综合评价的结果; $A$  为模糊评价因素权重集合。

当  $\sum_{i=1}^m r_i \neq 1$  时,需做归一化处理。令  $r = r_1 + r_2 + \dots + r_m = \sum_{i=1}^m r_i$ , 归一化为:

$$R^* = \left( \frac{r_1}{r}, \frac{r_2}{r}, \dots, \frac{r_m}{r} \right) = (r_1^*, r_2^*, \dots, r_m^*)$$

依次类推,可以把  $U_i$  划分为三级模型、四级模型等。

5) 最后,在得到  $R(R^*)$  向量的基础上,根据最大隶属度原则判断项目的综合评价。

## 4 输变电工程项目后评价模糊综合评价模型的实证分析

### 4.1 重庆某 220 kV 输变电工程概况

以重庆某 220 kV 输变电工程项目为例,该 220 kV 输变电工程最终  $2 \times 180$  MVA 变压器,本期建成 1 台;设 220 kV/110 kV/10 kV 三级电压。其中 220 kV 进出线最终 4 回,本期建成 1 回;110 kV 出线最终 12 回,本期建成 2 回,10 kV 不出线,考虑无功补偿及站用变等接入。2008 年 2 月开工,2009 年 4 月竣工投产,工程总投资约 1.5 亿元。

该项目主要为满足地方小水电上网需要,工程自投运以来,设备运行情况良好,没有出现重大的设备缺陷和安全生产问题。上网负荷逐年提高,其中 2009 年最大上网负荷为 20 MW,2012 年提高到 55 MW,容载比为 3.27,较标准值上限偏高,但考虑到 2015 年前后还有 8 万 kW 风电接入,其规模仍属合理。至 2013 年 9 月 16 日,该 220 kV 输变电工程投产运行已历时 4 年 5 个月的时间。为有效地评价该项目运营以来的生产能力、经济效益和社会效益,采用模糊综合评价法进行最终的评定。

### 4.2 模糊综合评价模型的应用

本文借鉴了项目后评价体系研究专家的评判意见。课题组专家在搜集分析大量该工程项目后运营情况资料的基础上,对参与该工程的不同层次的员工进行了多次座谈和问卷调查,并对输变电工程现场进行了走访。同时,还通过上级电力公司和相关客户对该工程的运营供电情况进行了全面的了解,为该工程的项目后评价模型的应用奠定了良好的

基础。

4.2.1 指标体系的建立 根据第三部分探讨的模糊综合评价模型,对该输变电工程的项目后评价指标进行梳理:

项目后评价  $U = \{U_1, U_2, U_3\} = \{\text{生产能力, 经济效益, 社会效益}\}$

$U_1 = \{u_{11}, u_{12}, u_{13}\} = \{\text{供电量, 平均负荷利用小时数, 容载比}\}$

$U_2 = \{u_{21}, u_{22}, u_{23}\} = \{\text{内部收益率, 投资回收期, 利润增长率}\}$

$U_3 = \{u_{31}, u_{32}, u_{33}\} = \{\text{环境保护程度, 经济贡献率, 持续发展能力}\}$

$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{优, 良好, 合格, 较差, 差}\}$

4.2.2 模糊综合评分 针对本项目所建立的项目运营综合评价指标体系,采用课题组专家打分法对各准则层指标逐一打分,并对指标分值进行归一化处理,得到模糊判断矩阵  $R$  所关联的数据如下所示:

表 2 输变电工程项目运营状况评分表

评价指标	评价等级					
	优	良好	一般	较差	差	
$U_1$	$U_{11}$	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
	$U_{12}$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	$U_{13}$	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
$U_2$	$U_{21}$	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
	$U_{22}$	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1
	$U_{23}$	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1
$U_3$	$U_{31}$	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
	$U_{32}$	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
	$U_{33}$	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1

4.2.3 指标权重的确定 该项目的运营评价指标体系中,对各个指标的重要性进行比较,构造相应的判断矩阵。并对所有的判断矩阵进行一致性检验,结果表明所有矩阵均满足一致性检验。各因素权重结果如下:

$A_1 = (0.33, 0.33, 0.34); A_2 = (0.2, 0.3, 0.3); A_3 = (0.3, 0.3, 0.2)$

4.2.4 综合评价结果 由表 2 输变电工程项目运营评分表以及各因素权重,可以得出综合评价结果如下:

$U_1$  的综合评价:

$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (0.33, 0.33, 0.34)$

$$\begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.133, 0.267, 0.267, 0.2, 0.133)$$

$U_2$  的综合评价:

$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (0.36, 0.34, 0.30)$

$$\begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.228, 0.264, 0.266, 0.166, 0.136)$$

$U_3$  的综合评价:

$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (0.35, 0.30, 0.35)$

$$\begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.235, 0.265, 0.265, 0.135, 0.1)$$

0.1)

同时,对该输变电工程项目运营进行二级综合评价,若对生产能力、经济效益、社会效益三个因素取其权重分配为  $A = (0.3, 0.3, 0.4)$ ,则可以得出最终的评价结果:

$R = A \cdot B = (0.3, 0.3, 0.4)$

$$\begin{bmatrix} 0.133 & 0.267 & 0.267 & 0.2 & 0.133 \\ 0.228 & 0.264 & 0.266 & 0.166 & 0.136 \\ 0.235 & 0.265 & 0.265 & 0.135 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.2023, 0.2653, 0.2659, 0.1638, 0.1207)$$

从综合评价结果来看:最大值 0.2659 处于第三评价等级,根据最大隶属度准则,该输变电工程项目运营的综合评价为“合格”,评价结果与该项目实际运行情况相符。

## 5 结论

从综合评价结果来看,该 220 kV 输变电工程项目运行效果合格,并在设计和建设过程中采取一系列的环境保护措施,对当地的环境影响程度均在可接受范围内。说明该工程能满足地方电力送出需求,提高了企业投资的经济效益和社会效益,取得了较好的预期。

本文将综合评价模型引入输变电工程项目运营后评价的实践中,有效地分析了该类项目在生产能力、经济效益、社会效益三方面的综合评价,为合理的评价输变电工程项目的运营效果,提供了可借鉴的方法,为科学地进行后续投资决策提供理论基础和实践意义。

## 参考文献:

- [1] 郭亚军. 综合评价理论、方法及拓展[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] 何永秀. 电力综合评价方法及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [3] 李君宏. 基于模糊综合评价的输变电工程经济效益后评价研究[J]. 华北电力大学学报: 社会科学版, 2012(5): 42-44.
- [4] 杨柳, 杨静, 刘俊廷. 电网技术改造项目后评价方法及其指标体系[J]. 电力技术经济, 2010, 22(2): 29-34.
- [5] 周冰, 韦钢, 周利骏, 等. 中低压输配电工程经济效益后评价[J]. 华北电力大学学报, 2009, 36(5): 32-36.
- [6] 杨卫红, 何永秀, 李德智, 等. 模糊区间评价与层次分析相结合的电网改造项目综合后评估方法[J]. 电网技术, 2009, 33(5): 33-37.
- [7] 贺明军, 介志毅. 基于层次分析法的输变电工程模糊综合评价方法探析[J]. 电力技术经济, 2005, 17(6): 40-43.
- [8] 薛玉兰, 钱铁牛. 技术改造项目的后评估管理[J]. 华东电力, 2006, 34(6): 28-31.
- [9] 柳勇. 浅析电力建设项目后评价[J]. 电力技术经济, 2005, 17(4): 46-49.
- [10] 张文泉, 王泓艳, 程美山. 项目后评估方法与项目后评估制度[J]. 电力技术经济, 2005, 17(5): 42-45.
- [11] 李东伟, 赵会茹, 王鑫. 公共网络输变电项目效益后评价方法探讨[J]. 电力技术经济, 2006, 18(6): 32-36.
- [12] 卢志刚, 张炜, 王新华, 等. 多目标多层次模糊综合评价在电力企业运营状况评价中的应用[J]. 电网技术, 2002(2): 54-57.

(编辑 罗 敏)