

「电力物资」

基于AHP和区间数的电力物资采购评价

文/国网物资有限公司 葛润东 潘 斌 薛纬琪 方茂欢

电力物资的采购和供应对于保证供货质量、维持工程建设进度具有重要意义。分析了电力物资采购评估的特点，基于AHP方法，建立了电力物资采购评估的多层次结构模型，考虑专家评估的不确定性和模糊性，采用区间数表示专家的评价结果，并将其转化为点值。通过电力物资采购的两个案例分析表明所提方法的有效性和正确性。为电力物资采购评估提供方法支持。

电力物资的采购和供应对于保证供货质量、维持工程建设进度具有重要意义。电力物资的采购一般分为计划、采购与签约、催交和验收等几个过程。

目前，对于电力物资采购和供应的研究相对较少。某文献基于青藏交直流联网工程，对物资的管理模式进行分析并进行了工程实践；有的文献结合管理信息系统开发的概念、结构及系统开发的基本原理和方法，开发出电力建设的物资管理信息系统；某文献基于ERP系统，对其在电力系统物资管理中的应用进行探讨；某文献基于电力企业物资管理的现状，提出了电力企业物资改革的模式和策略，以期提高物资管理效率；有的文献以省级电网公司为例，着重介绍了推进电力物资流程化管理的基本程序，提出了深化物资流程化管理的措施。总体来讲，目前的研究多偏重于对电力物资采购定性的描述和分析上，其评估较少，且缺乏定量的数学计算和分析。

基于此，本文采用AHP（Analytic Hierarchy Process，AHP）方法，建立电力物资采购的多层次结构模型；考虑评估的模糊性，基于区间数完成各指标评估量化，从而完成电力物资采购的评价；最后，采用两个电力物资采购评估的案例及

其比较，说明所提方法的适用性和正确性。

电力物资采购评估的特点

1) 电力物资采购具有明显的流程特点，即不同阶段具有明显不同的任务，如计划、催交等。若根据不同的阶段将电力物资采购进行划分，可以得到非常清晰的层析结构，这为基于AHP进行电力物资采购评估奠定了很好的基础。

2) 在对电力物资采购各阶段或各因素进行评价时，很难采用精确量化的数字给出其评价价值。但正如人们无须在汽车的转向盘上刻上精细的刻度一样，在许多情况下，高的数字精度是无意义的，人们更多的是对模糊信息进行处理。因此，在对电力物资采购各因素进行评价时，可采用区间数的方法进行评价，用于表达评价的模糊性和不确定性。

基于AHP和区间数的电力物资采购评估

1. AHP评估方法

AHP是由美国运筹学家Satty于20世纪70年代提出的一种多属性分析决策方法，其核心思想在于通过建立目标清晰的层析结构来分解相对复杂的问题，之后通过建立判断矩阵求解得到对应的

权重,从而计算出评估对应的综合值。由于AHP方法将定性定量相结合,同时又具有简单、实用的特点,该方法推出后迅速在农业、岩土、工程管理、电力系统等领域取得广泛应用。AHP评估的步骤如下:

(1) 构建多层次结构模型

采用AHP对问题进行分析时,首先将问题层次化,即将较为复杂的问题分解为若干元素,而这些元素同样可采用相似的方法进行进一步的划分。目前,一般可将问题分解为3层:

最高层:对应求解问题。

中间层:为实现问题求解所涉及的中间环节。

最低层:包含为实现目标最基本的因素或可供选择的各种措施等。

(2) 构造判断矩阵

AHP主要通过专家给出判断矩阵的方法导出元素对应的权重。在进行判断矩阵的构造时,专家依据表1通过两两比较的方法对各指标的重要性程度进行赋值,从而形成判断矩阵 $P=(p_{ij})_{n \times n}$ 。构造的判断矩阵满足 $p_{ij}=1/p_{ji}$,称为互反判断矩阵。

表1 比例标度定义

比例标度	含义
1	两个元素相比,具有相同的重要性
3	两个元素相比,前者比后者稍重要
5	两个元素相比,前者比后者明显重要
7	两个元素相比,前者比后者强烈重要
9	两个元素相比,前者比后者极端重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值

(3) 判断矩阵一致性校验

计算判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}$,计算指标CI

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

式中, n 为判断矩阵阶数。

计算其一致性指标CR如式(2)所示。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

式(2)中, RI 为随机一致指标,其取值如表2所示。

表2 RI取值

n	1	2	3	4	5
CR	0	0	0.58	0.9	1.12
n	6	7	8	9	10
CR	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

若 $CR < 0.1$,则认为判断矩阵具有较好的一致性,否则认为判断矩阵的一致性不能够让人满意,应重新构造判断矩阵。

(4) 求解权重

基于特征向量法求解判断矩阵 C 的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 对应的特征向量 ω ,将其归一化后即为其权重。

(5) 计算各指标值

(6) 计算目标值

将对应的各指标值与其权重相乘求和即可得到评估对象的目标值。

2. 电力物资采购多层次结构模型

目前,电力物资采购考核一般包括计划管理、招标管理、合同管理、催交管理、验收管理等几个部分。基于系统性、完整性以及可操作性原则,建立电力物资采购多层次结构模型如图1所示。

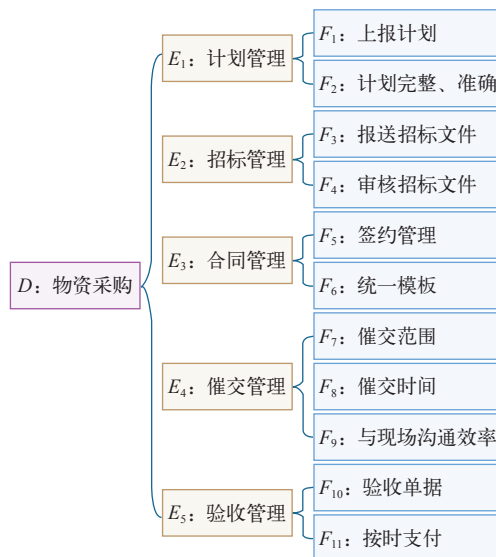


图1 电力物资采购多层次结构模型

图1中, D 为目标层,即最高层; E 为中间层; F 为最底层。

3. 基于区间数的指标值计算

在对各指标进行评估时,往往难以给出其精确的量化数据。但专家往往可依据其自身经验对各指标情况作出基本判断,如比较好、比较差等。此时,采用模糊区间数将专家评估进行量化。记区间数 $a=[a-, a+]$,认为该区间的中点为指标判断的基准,以区间的宽度表达判断的模糊性和不确定性。构建各指标的模糊区间如表3所示。

表3 模糊区间

	好	较好	一般	较差	差
指标	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[60, 70]	[50, 60]

若 n 个专家对某指标打分,则认为该指标最终得分为

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (2)$$

此时得到的仍然为区间数,取该区间数的中间值为该项指标得分。即

$$a_{\text{点值}} = \frac{(a-) + (a+)}{2} \quad (3)$$

案例分析

为加强比较,以某两批物资采购为例,分别标记为物资采购1和物资采购2。

构建中间层 E 至最高处 D 的属性判断矩阵 P_1 为

$$P_1 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 4 & 5 \\ 1 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

计算可得: $CR = 0.0113 < 0.1$ 。

$\omega_1 = [0.1552, 0.4347, 0.2093, 0.1273, 0.0736]$ 。

构建 E_1 的属性判断矩阵 P_2 为

$$P_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

计算可得: $\omega_2 = [0.6667, 0.3333]$ 。

构建 E_2 的属性判断矩阵 P_3 为

$$P_3 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

得: $\omega_3 = [0.3333, 0.6667]$ 。

构建 E_3 的属性判断矩阵 P_4 为

$$P_4 = \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ \frac{1}{4} & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

得: $\omega_4 = [0.8, 0.2]$ 。

构建 E_4 的属性判断矩阵 P_5 为

$$P_5 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \frac{1}{3} \\ 1 & 1 & \frac{1}{3} \\ 3 & 3 & 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

得: $CR = 0 < 0.1$ 。

$\omega_5 = [0.2, 0.2, 0.6]$ 。

构建 E_5 的属性判断矩阵 P_6 为

$$P_6 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

得: $\omega_6 = [0.5, 0.5]$ 。

得到最低层至最高层的权重为:

$\omega = [0.1035, 0.0517, 0.1449, 0.2898, 0.1674, 0.0419, 0.0255, 0.0255, 0.0764, 0.0368, 0.0368]$ 。

取三位专家对这两批物资采购进行评价,其评价表如表4所示。可得其各指标得分如表5所示,转化为点值如表6所示。

则,经计算可得:

$D_1 = 81.68$ 。

$D_2 = 84.97$ 。

可以看出,物资采购2相对物资采购1表现更好。虽然物资采购1在上报计划、统一模板、按时支付等方面做得较好,但由于其在审核招标文件、与现场沟通效率、验收单据等方面与物资采

表4 专家评估

	专家	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
物资采购1	1	好	较好	一般	一般	较好	较好	一般	较好	较好	较好	好
	2	好	较好	较好	一般	一般	好	一般	一般	较好	一般	较好
	3	较好	较好	较好	较好	一般	较好	一般	好	较好	较差	一般
物资采购2	1	一般	好	较好	好	较好	一般	较好	较好	好	好	一般
	2	较好	较好	一般	好	一般	较好	一般	较好	好	较好	一般
	3	较好	较好	一般	较好	一般	一般	一般	好	好	较好	较好

表5 各指标得分

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
物资采购1	[86.7, 96.7]	[80, 90]	[76.7, 86.7]	[73.3, 83.3]	[73.3, 83.3]	[83.3, 93.3]
物资采购2	[76.7, 86.7]	[83.3, 93.3]	[73.3, 83.3]	[86.7, 96.7]	[73.3, 83.3]	[73.3, 83.3]

	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
物资采购1	[70, 80]	[80, 90]	[80, 90]	[70, 80]	[80, 90]
物资采购2	[73.3, 83.3]	[83.3, 93.3]	[90, 100]	[83.3, 93.3]	[73.3, 83.3]

表6 各指标得分

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
物资采购1	91.7	85	81.7	78.3	78.3	88.3	75	85	85	75	85
物资采购2	81.7	88.3	78.3	91.7	78.3	78.3	78.3	88.3	95	88.3	78.3

购2存在一定差距，导致其总体得分较物资采购2为低。对于物资采购1，应针对性加强这几方面的工作和管理。

结束语

基于AHP评估方法，建立了物资采购的多层

次结构模型，考虑专家评估的模糊性，基于区间数的方法完成了专家对各指标的评估。通过两个物资采购的案例验证了所提方法的有效性和适用性。为电力物资采购的评估提供方法支持。EA

(收稿日期：2017.04.10)

(编辑：白文亭)

(上接第77页)

3. 改进电网参数

通过改变系统运行参数从而避开谐振区域可以有有效的减少铁磁谐振的发生。在变电站母线侧将中性点接地改进为加装消谐电阻接地可以增大系统阻尼，从而有效地抑制或消除PT饱和。无功补偿采用就地补偿原则，避免集中补偿出现的问题

在10 kV系统中采用4PT接线。可以通过零序电压变的接入，有效避免了因为三个主PT出现过电压而导致的铁磁谐振。

在电压互感器二次侧开口三角处接入阻尼电阻也可以有效地抑制谐波。接线图见图7所示。正常运行时电压互感器二次侧开口两端没有电压或

仅有极小的不对称电压，当电网发生单相电压接地故障时，因电阻阻值较小绕组两端近似短路，起到了改变电压互感器参数的作用，同时还能有效地消耗谐振能量，防止产生谐振过电压。该办法适用于要求不太高的变电站。

4. 系统操作

在进行系统操作时保证断路器不发生非全相举动，尽量使三相同时接通；在进行合闸操作时先合中性点接地刀开关再合对其他开关或刀开关互感器进行合闸送电；对于较长的电缆线路或者架空线路，避免因为空载带电压互感器合闸送电从而谐振过电压。

结束语

本文对一起110 kV变电站主变压器10 kV避雷器故障事故进行了分析，得出了引起该故障的主要原因是过电压在PT上引起的铁磁谐振。在此基础上提出了针对预防铁磁谐振的改进措施，可以有效地防止铁磁谐振对电网的安全造成影响。EA

(收稿日期：2017.04.17)

(编辑：白文亭)

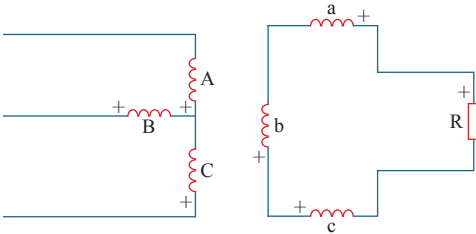


图7 电压互感器二次侧接入阻尼电阻