

文章编号:1000-582X(2007)02-0162-07

# 层次分析法在城市生活垃圾焚烧发电厂选址中的应用\*

许诗康,俞义樵

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030)

**摘要:**针对城市生活垃圾焚烧发电厂选址这一项复杂的系统工程,用层次分析法使复杂问题简单化,主要是对具体候选厂址进行全面的多元目标决策分析,计算出各厂址的相对综合适应性评价数值,加以比较,以获得最佳选址.从环境因素、经济因素、社会因素和法规因素4个方面进行分析,用取权重的定量化方式进行研究,比较各决策因素的重要程度,得出垃圾焚烧发电厂选址应该以垃圾处理资源化为首要目标进行选择的结论.

**关键词:**层次分析法;城市生活垃圾;垃圾处理;焚烧发电;选址

**中图分类号:**F270

**文献标识码:**A

随着城市人口数量的增加和城市化趋势的发展,城市垃圾处理问题已成为一个重大环保课题.以前,各国普遍采用卫生填埋和堆肥的垃圾处理方式,占用大量的土地,并且污染环境<sup>[1]</sup>,世界各国都积极探索垃圾处理的新途径.垃圾焚烧发电是一项新能源技术,它体现了垃圾处理的无害化、资源化和减量化原则<sup>[2]</sup>.垃圾焚烧发电厂投资建设涉及到选址、设计、发电、尾气处理、项目再开发、资金运作等环节,而合理选址是垃圾有效处理和能源利用的关键环节.垃圾焚烧发电厂厂址选择论文较少,相关研究主要涉及“焚烧厂厂址选择要求的几个方面”<sup>[3]</sup>和“垃圾焚烧选址的合理性评价的重要性,选址原则,选址要求”<sup>[4]</sup>等方面的内容,对垃圾焚烧发电厂怎样选址没有详尽论述.经过搜寻没有查找到这方面专门研究的论文.笔者为此进行了相应的研究,使垃圾焚烧发电厂选址内容明确化、数据化、简化.垃圾焚烧发电厂选址既考虑大量的定量因素,又考虑大量的非定量因素<sup>[5]</sup>.对诸多选址影响因素采用优化方法以得到科学合理的结果,利用多阶段决策模型,量化、清晰的数学演绎改进繁杂的决策过程,使问题解决变得简单、科学、有效.

## 1 垃圾焚烧发电厂选址的层次分析

层次分析法(AHP)是20世纪70年代由美国运筹学教授 Satty TL 创立的一种定性分析与定量分析相

结合的多准则决策方法<sup>[6]</sup>.基本思想是把复杂问题分解为若干层次,低层次通过两两比较法确定各目标权重,再通过对上一层的因素排序得出权值,最后进行层次总排序,确定优选次序列,作为决策依据<sup>[7]</sup>.

### 1.1 垃圾焚烧发电厂选址的层次结构

城市生活垃圾焚烧发电厂厂址的选择主要涉及到环境因素、经济因素、社会因素和法规因素等4个决策因素<sup>[6-8]</sup>,各因素又分别受到子决策因素影响.假定选址决策因素为 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_m$ ,子决策因素指标为 $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ ,按层次分析法对影响垃圾焚烧发电厂选址的因素进行归纳<sup>[7-10]</sup>,其层次结构示意图如图1所示.

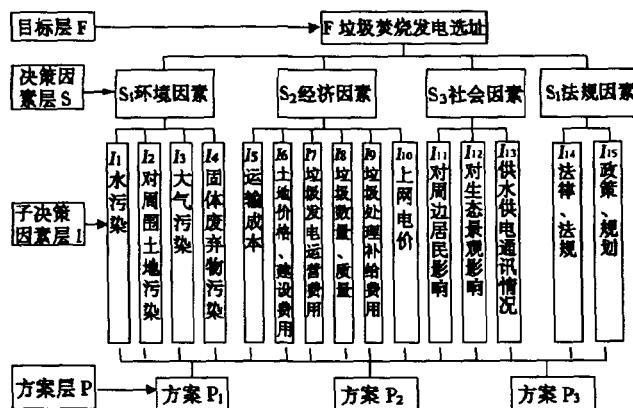


图1 垃圾焚烧发电厂选址层次结构示意图

\* 收稿日期:2006-09-18

作者简介:许诗康(1976-),男,重庆大学硕士研究生,主要研究方向为项目管理.俞义樵,男,副教授,电话(Tel.): 023-65111264;E-mail:yuyiqiao@cqu.edu.cn.

1.2 判断矩阵的确定和层次单排序

确定判断矩阵时,先由专家对拟选地址的决策因素进行评价,依据专家的意见和数据资料平衡分析得出各个子决策因素的得分值,再进一步确定各决策因素的重要性及其权重.通过对上一层次某因素与本层次相关因素之间相对重要性的比较和层次结构示意图,可以构成判断矩阵.判断矩阵的确定可参考判断矩阵标度表(如表1)<sup>[11]</sup>.

表1 判断矩阵标度

标度	含义
1	表示2个目标同等重要
3	表示一个目标比另一个目标重要
5	表示一个目标比另一个目标强烈重要
7	表示一个目标比另一个目标重要的非常多
9	表示一个目标比另一个目标极端重要
2,4,6,8	中间值
上列各数的倒数	反比较,即目标 <i>i</i> 与目标 <i>j</i> 比较得到判断 $b_{ij}$ , 则 $b_{ji} = 1/b_{ij}$

1.2.1 判断矩阵  $F-S$  对于目标层  $F$  而言,垃圾处理资源化为主要目标

根据专家意见和资料实际分析,以及资源化特征,国家政策优惠等原因,各决策因素比较结果如表2.

表2 判断矩阵  $F-S$

A	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
$S_1$	1	1/5	3	5
$S_2$	5	1	7	9
$S_3$	1/5	1/7	1	2
$S_4$	1/5	1/9	1/2	1

$$\text{即 } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 3 & 5 \\ 5 & 1 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1/7 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/9 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

用层次分析法计算中的方根法求评价因素权重向量近似值,用  $a_{ij} (i, j = 1, 2, 3, 4)$  代表相应矩阵项,  $n (n = 4)$  代表矩阵阶数<sup>[11]</sup>.

$$\omega'_i = \sqrt[n]{a_{i1}a_{i2}a_{i3}a_{i4}}$$

$$\omega'_1 = 1.3160; \omega'_2 = 4.2129;$$

$$\omega'_3 = 0.5555; \omega'_4 = 0.3467.$$

将评价因素权重向量近似值  $\omega'_i$  作归一化处理,求评价因素权重向量  $\omega_i$

$$\omega_i = \omega'_i / \sum \omega'_i,$$

$$\sum \omega'_i = \omega'_1 + \omega'_2 + \omega'_3 + \omega'_4 = 6.4311,$$

$$\omega_1 = 0.2046; \omega_2 = 0.6551;$$

$$\omega_3 = 0.0864; \omega_4 = 0.0539$$

用一致性指标  $CI$  度量评价因素权重有无逻辑混乱,  $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) < 0.10$ , 则无逻辑混乱.

$$\lambda_i \text{ 为特征值, } \lambda_i = \sum a_{ij} \omega_j / \omega_i,$$

$\lambda_{\max}$  为最大特征值,  $\lambda_{\max} = \sum \lambda_i / n$

$$\lambda_1 = 4.2243; \lambda_2 = 4.2253; \lambda_3 = 4.1204; \lambda_4 = 3.9111,$$

$$\lambda_{\max} = 4.1203.$$

计算  $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (4.1203 - 4) / (4 - 1) = 0.0401 < 0.10$ , 所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱.

1.2.2 环境因素判断矩阵的确立

判断矩阵  $S_1 - I$  (相对于环境因素而言,各子决策因素之间的相对重要性比较)见表3.

表3 判断矩阵  $S_1 - I$

$B_1$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
$I_1$	1	7	2	5
$I_2$	1/7	1	1/6	1/4
$I_3$	1/2	6	1	3
$I_4$	1/5	4	1/3	1

同理  $\omega_1^{(B_1)} = 0.4337; \omega_2^{(B_1)} = 0.0577; \omega_3^{(B_1)} = 0.3595; \omega_4^{(B_1)} = 0.1491$

$$\lambda_{\max} = 4.2026$$

$CI = 0.0675 < 0.10$ , 所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱.

1.2.3 经济因素判断矩阵的确立

判断矩阵  $S_2 - I$  (相对于经济因素而言,各子决策因素之间的相对重要性比较)见表4.

表4 判断矩阵  $S_2 - I$

$B_2$	$I_5$	$I_6$	$I_7$	$I_8$	$I_9$	$I_{10}$
$I_5$	1	9	7	5	2	2
$I_6$	1/9	1	1/2	1/4	1/7	1/7
$I_7$	1/7	2	1	1/3	1/6	1/6
$I_8$	1/5	4	3	1	1/4	1/4
$I_9$	1/2	7	6	4	1	1
$I_{10}$	1/2	7	6	4	1	1

同理,  $\omega_5^{(B_2)} = 0.3722; \omega_6^{(B_2)} = 0.0290; \omega_7^{(B_2)} = 0.0421; \omega_8^{(B_2)} = 0.0826; \omega_9^{(B_2)} = 0.2370; \omega_{10}^{(B_2)} = 0.2370$

$$\lambda_{\max} = 6.16535, CI = 0.03307 < 0.10, \text{所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱.}$$

所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱.

1.2.4 社会因素判断矩阵的确立

判断矩阵  $S_3 - I$  (相对于社会因素而言,各子决策因素之间的相对重要性比较)见表5.

表5 判断矩阵  $S_3 - I$

$B_3$	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$
$I_{11}$	1	2	3
$I_{12}$	1/2	1	2
$I_{13}$	1/3	1/2	1

同理,  $\omega_{11}^{(B_3)} = 0.5396; \omega_{12}^{(B_3)} = 0.2970; \omega_{13}^{(B_3)} = 0.1634$

$$\lambda_{\max} = 3.0092$$

CI=0.004 6 < 0.10,所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱.

1.2.5 法规因素判断矩阵的确立

判断矩阵 S<sub>4</sub>-I(相对于其它而言,各子决策因素之间的相对重要性比较)见表 6.

表 6 判断矩阵 S<sub>4</sub>-I

B <sub>14</sub>	I <sub>14</sub>	I <sub>15</sub>
I <sub>14</sub>	1	
I <sub>15</sub>	1	1

同理, ω<sub>14</sub><sup>(B<sub>4</sub>)</sup> = ω<sub>15</sub><sup>(B<sub>4</sub>)</sup> = 0.5,

λ<sub>max</sub> = 2,

CI=0 < 0.10,所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱.

1.3 一致性检验

一致性检验就是判断矩阵 A 求出的权系数是否

表 7 平均随机一致性指标 RI 数值

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

分别对 A、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub> 矩阵进行一致性检验. 显然, S<sub>4</sub>-I 矩阵满足一致性检验.

对于 F-S 矩阵, CI=0.040 1, 由表 6 查出, RI=0.90, (CR)<sub>A</sub> = CI/RI = 0.040 1/0.90 = 0.044 6 < 0.1. 因此认为矩阵具有满意的一致性.

同理, 对于 S<sub>1</sub>-I 矩阵, (CR)<sub>1</sub> = 0.075 < 0.1; S<sub>2</sub>-I 矩阵, (CR)<sub>2</sub> = 0.026 67 < 0.1; S<sub>3</sub>-I 矩阵, (CR)<sub>3</sub> = 0.007 9 < 0.1. 因此认为矩阵具有满意的一致性.

1.4 层次总排序

计算同一层次所有因素对于最高层次(总目标)相对重要性的排序权值,称为层次总排序. 这一过程是最高层次到最低层次逐层进行的,通过矩阵 A 的权重向量与矩阵 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub> 的权重向量组合,求得子决策因素 I 对总目标 F 的相对权重,排列而得<sup>[6,13]</sup>. 结果如下:

ω<sub>F-I</sub> = [ω<sub>1</sub> × ω<sub>i</sub><sup>(B<sub>1</sub>)</sup>; ω<sub>2</sub> × ω<sub>i</sub><sup>(B<sub>2</sub>)</sup>;

ω<sub>3</sub> × ω<sub>i</sub><sup>(B<sub>3</sub>)</sup>; ω<sub>4</sub> × ω<sub>i</sub><sup>(B<sub>4</sub>)</sup>]

(0.088 7 0.011 8 0.073 6 0.030 5 0.243 8

0.019 0 0.027 6 0.054 1 0.155 3 0.155 3 0.046 6

0.025 7 0.014 1 0.027 0 0.027 0)

通过上面计算比较,得出 15 种子决策因素权重排序为:运输成本,垃圾处理补给费用和上网电价,水污染,大气污染,垃圾数量质量,对周边居民影响,固体废弃物污染,垃圾发电运营费用,法律法规,政策规划,对生态景观影响,土地价格、建设费用,供水供电通讯情况,对周围土地污染.

1.5 层次总排序的一致性检验

这一步骤也是从高到低逐层进行的. 层次总排序随机一致性比率为:

CR = ∑(CI)<sub>i</sub>/∑(RI)<sub>i</sub> = 0.038 7 < 0.10

合理的过程. A 具有完全一致性时,就有 λ<sub>max</sub> = n,除 λ<sub>max</sub> 之外,其余特征均为 0. 当判断矩阵具有满意的一致性时,它的最大特征根稍大于矩阵阶数 n,其余特征根接近 0,这样基于层次分析法得出的结论才是基本合理的. 检验过程如下:

将求得各判断矩阵的 λ<sub>max</sub> 值代到 CI = (λ<sub>max</sub> - n) / (n - 1) 中得出一致性检验指标 CI 的数值,根据平均随机一致性指标 RI 数值表查出 RI 的值,最后用 CR = CI/RI 得出相对一致性指标 CR 的数值. 当 CR < 0.1 时,判断矩阵合理,求出的权系数恰当;否则要对判断矩阵进行调整,按上述步骤重新求权重系数矩阵. 表 7 表示各矩阵阶数对应的一致性指标 RI 数值<sup>[4-12]</sup>.

类似地,当 CR < 0.10 时,认为层次总排序结果具有满意的一致性,否则需要重新调整判断矩阵的元素取值. 因此, I 层总排序随机一致性比率为 CR = 0.038 7 < 0.10,符合一致性检验. 当然,在提出了评价方案层的各具体方案之后,还应当建立 I<sub>i</sub>-P<sub>m</sub> 判断矩阵,并进行总排序和一致性检验. 最后根据方案层各方案的顺序,确定具体的实用方案.

2 垃圾焚烧发电厂选址不同目标选择及分析

垃圾焚烧发电厂选址影响因素复杂,现分别以垃圾处理资源化的经济因素;垃圾处理无害化的环境因素;环境因素与经济因素同等重要为主要影响的 3 种情况进行比较分析,以得出较为合理的方案,而不将法律法规政策规划因素作为选址的重点加以考虑<sup>[14]</sup>.

2.1 以经济因素为主要影响的总排序

前部分得出总的各因素权重 ω<sub>F-I</sub>,也就是 15 种子决策因素对垃圾焚烧发电厂选址的影响总排序. 因此,子决策因素权重总排序中以运输成本,垃圾处理补给费用和上网电价,等经济因素为只要影响,列为前 3 位.

2.2 以环境因素为主要影响的总排序

判断矩阵 F-S 对于目标层 F 而言, S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 和 S<sub>4</sub> 不同等重要,以垃圾处理的环境因素为主要影响,因而判断矩阵如表 8.

表 8 判断矩阵 F-S

A	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub>	1	2	7	9
S <sub>2</sub>	1/2	1	3	5
S <sub>3</sub>	1/7	1/3	1	2
S <sub>4</sub>	1/9	1/5	1/2	1

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 7 & 9 \\ 1/2 & 1 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/9 & 1/5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

同理,用 AHP 计算中的方根法,求评价因素权重向量近似值、 $\lambda_{max}$  和  $CI$  值。

$$\omega_1 = 0.5697; \omega_2 = 0.2812; \omega_3 = 0.0944; \omega_4 = 0.0552$$

$$\lambda_{max} = 4.0165$$

计算  $CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) = 0.0055 < 0.10$ , 所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱。

I 层子决策因素的权重比例不变。

所以总的各子决策因素权重:  $\omega_{F-1} = (0.2471 \ 0.0329 \ 0.2048 \ 0.0849 \ 0.1047 \ 0.0082 \ 0.0118 \ 0.0232 \ 0.0667 \ 0.0667 \ 0.0509 \ 0.0280 \ 0.0154 \ 0.0276 \ 0.0276)^T$

一致性检验: 对于  $F - S$  矩阵,  $CI = 0.0055$ ,  $(CR)_A = 0.0061 < 0.1$ . 因此认为矩阵具有满意的一致性。

层次总排序随机一致性比率为:

$$CR = \sum (CI)_i / \sum (RI)_i = (0.0675 + 0.03307 + 0.0046) / (0.90 + 1.24 + 0.58) = 0.0387 < 0.10$$
, 符合一致性检验。

因此,子决策因素权重总排序为:水污染,大气污染,运输成本,固体废弃物污染,垃圾处理费用和上网电价,对周边居民影响,对周围土地污染,对生态景观影响,法律法规和政策规划,垃圾数量质量,供水供电通讯情况,垃圾发电运营费用,土地价格、建设费用。

### 2.3 以环境因素和经济因素同等重要的总排序

判断矩阵  $F - S$  对于目标层  $F$  而言,  $S_1$  和  $S_2$  同等重要,都比社会因素和法规因素重要,判断矩阵如表 9。

表 9 判断矩阵  $F - S$

A	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
$S_1$	1	1	5	7
$S_2$	1	1	5	7
$S_3$	1/5	1/5	1	3
$S_4$	1/7	1/7	1/3	1

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1 & 1 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/7 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

同理,用 AHP 计算中的方根法,求评价因素权重向量  $\omega_i$  得:

$$\omega_1 = 0.4237; \omega_2 = 0.4237; \omega_3 = 0.1025; \omega_4 = 0.0500$$

$$\lambda_{max} = 4.07315$$

$CI = 0.0244 < 0.1$ , 所以评价因素判断矩阵无逻辑混乱。

辑混乱。

I 层子决策因素的权重比例不变,总的各子决策因素权重分别为:  $\omega_{F-1} = (0.1838 \ 0.0244 \ 0.1523 \ 0.0632 \ 0.1577 \ 0.0123 \ 0.0178 \ 0.0350 \ 0.1004 \ 0.1004 \ 0.0553 \ 0.0304 \ 0.0167 \ 0.025 \ 0.025)^T$

对于  $F - S$  矩阵,  $CI = 0.0244$ ,  $(CR)_A = 0.0271 < 0.1$ . 因此认为矩阵具有满意的一致性。

层次总排序的一致性检:与前面相同,符合一致性检验。

因此,子决策因素权重总排序为:水污染,运输成本,大气污染,垃圾处理补给费用和上网电价,固体废弃物污染,对周边居民影响,垃圾数量质量,对生态景观影响,法律法规和政策规划,对周围土地污染,垃圾发电运营费用,供水供电通讯情况,土地价格、建设费用。

### 2.4 总排序结果的分析比较

对于不同选址目标,主要影响因素不同,选择方案就不同. 通过比较分析可以知道:子决策因素权重排列在前几位的有运输成本,水污染,大气污染,垃圾处理补给费用和上网电价,固体废弃物污染和垃圾数量质量. 可以看出:垃圾焚烧发电厂选址以环境因素和经济因素为最主要决策因素,这与垃圾焚烧发电的目标是一致的;垃圾焚烧发电厂选址以垃圾资源化处理为首要考虑目标,并逐步实现其它目标;垃圾焚烧发电厂选址重点考虑垃圾的运输成本,这是垃圾处理资源化体现的重点;各矩阵的相对重要性在一致性检验通过情况之下可以进行调整。

## 3 垃圾焚烧发电厂选址实例分析

某市打算建设一个垃圾焚烧发电厂,根据项目要求初步确定 3 个基本符合要求的用地方案如下<sup>[10]</sup>:

方案 I(记作  $P_1$ ):用地距离小城市 A 中心 15 公里,距离大城市 B 中心 25 公里,交通比较便利. 主要占用山坡荒地,项目区荒地占 70%. 土地价格偏低,建设难度相对较大,建设费用总价较高。

方案 II(记作  $P_2$ ):用地距离小城市 A 中心 25 公里,距离大城市 B 中心 15 公里,交通便利. 占用一部分耕地,项目区耕地占 50%. 平地,土地价格偏高,但是水电通讯设施方便,建设难度相对最小,建设费用总价较低。

方案 III(记作  $P_3$ ):用地距离小城市 A 中心 30 公里,距离大城市 B 中心 10 公里,交通十分便利,地理位置优越. 占用大部分良田,项目区耕地占 90%. 土地价格偏高,建设费用总价偏高. 环境污染和对居民的影响都比  $P_1, P_2$  的影响较大。

### 3.1 指标评价因素对方案的影响分析

经过对 3 个项目区的实地调查,及从有关部门取得了涉及项目用地的其它图件、资料. 对所获各种资料和图件进行综合分析,最终确定出影响项目用地选择的因素. 对各方案的制约因素进行重要性比较,构成

对比较矩阵  $I_{i-P_m}$  ( $i = 1, 2, \dots, 15; m = 1, 2, 3$ ), 计算结果见表 10.

表 10 矩阵  $I-P$  对照及计算结果

$I_i - P_m$ ( $m = 1, 2, 3$ )	$P_1$	$P_2$	$P_3$ 成对比较阵	$\omega_{I_i - P_m}$	特征值 $\lambda_{\max}$	$CI_{I_i - P_m}$	$RI_{I_i - P_m}$
$I_1 - P_m$	1	1	2	0.4	3	0	0
	1	1	2	0.4			
	1/2	1/2	1	0.2			
$I_2 - P_m$	1	1	4	0.444 4	3	0	0
	1	1	4	0.444 4			
	1/4	1/4	1	0.111 1			
$I_3 - P_m$	1	1	1	0.333 3	3	0	0
	1	1	1	0.333 3			
	1	1	1	0.333 3			
$I_4 - P_m$	1	1	1	0.333 3	3	0	0
	1	1	1	0.333 3			
	1	1	1	0.333 3			
$I_5 - P_m$	1	1/5	1/3	0.109 5	3.003 7	0.001 8	0.003 2
	5	1	2	0.581 5			
	3	1/2	1	0.309 0			
$I_6 - P_m$	1	1/3	2	0.229 7	3.003 7	0.001 8	0.003 2
	3	1	5	0.648 3			
	1/2	1/5	1	0.122 0			
$I_7 - P_m$	1	1/4	1/2	0.142 9	3	0	0
	4	1	2	0.571 4			
	2	1/2	1	0.285 7			
$I_8 - P_m$	1	1	1	0.333 3	3	0	0
	1	1	1	0.333 3			
	1	1	1	0.333 3			
$I_9 - P_m$	1	1	1	0.333 3	3	0	0
	1	1	1	0.333 3			
	1	1	1	0.333 3			
$I_{10} - P_m$	1	1	1	0.333 3	3	0	0
	1	1	1	0.333 3			
	1	1	1	0.333 3			
$I_{11} - P_m$	1	1	4	0.444 4	3	0	0
	1	1	4	0.444 4			
	1/4	1/4	1	0.111 1			
$I_{12} - P_m$	1	1	2	0.4	3	0	0
	1	1	2	0.4			
	1/2	1/2	1	0.2			
$I_{13} - P_m$	1	1/5	1/2	0.122 0	3.003 6	0.001 8	0.003 1
	5	1	3	0.648 3			
	2	1/3	1	0.229 7			
$I_{14} - P_m$	1	1	3	0.428 6	3	0	0
	1	1	3	0.428 6			
	1/3	1/3	1	0.142 8			
$I_{15} - P_m$	1	1/2	3	0.309 0	3.003 7	0.002 8	0.004 8
	2	1	5	0.581 5			
	1/3	1/5	1	0.109 5			

注:表中各  $CR_{I_i - P_m}$  均小于 0.1, 表明成对比较矩阵均通过一致性检验.

### 3.2 方案组合权向量结果及一致性检验

组合权向量由  $I$  的各因素对目标层  $F$  的权向量  $\omega_{F-I}$  和各方案对  $I$  每一个因素的权向量  $\omega_{I-P_m}$  ( $i = 1, 2, \dots, 15; m = 1, 2, 3$ ) 的组合, 所得方案  $P_m$  对目标的权向量称为组合权向量, 记作  $\omega_{F-P_m}$  ( $m = 1, 2, 3$ ) 其计算公式为:

$\omega_{F-P_m} = \omega_{I-P_m} \cdot \omega_{F-I}$  其中  $\omega_{I-P_m}$  是表 10 中  $\omega_{I-P_m}$  的列向量, 于是

$$\omega_{F-P_m} = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4444 & 0.3333 & 0.3333 & 0.1095 & 0.2297 & 0.1429 & 0.3333 & 0.3333 \\ 0.3333 & 0.4444 & 0.4 & 0.1220 & 0.4286 & 0.0309 & & & \\ 0.4 & 0.4444 & 0.3333 & 0.3333 & 0.5815 & 0.6483 & 0.5714 & 0.3333 & 0.3333 \\ 0.3333 & 0.4444 & 0.4 & 0.6486 & 0.4286 & 0.5819 & & & \\ 0.2 & 0.1111 & 0.3333 & 0.3333 & 0.3090 & 0.1220 & 0.2857 & 0.3333 & 0.3333 \\ 0.3333 & 0.1111 & 0.2 & 0.2297 & 0.2297 & 0.1095 & & & \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.0887 & 0.0118 & 0.0736 & 0.0305 & 0.2438 & 0.0190 \\ 0.0276 & 0.0541 & 0.1553 & 0.1553 & 0.0466 & 0.0257 \\ 0.0141 & 0.0270 & 0.0270 \end{pmatrix}^T$$

$$\omega_{F-P_m} = (0.2771 \ 0.4342 \ 0.2812)$$

组合一致性检验就是计算组合一致性比率  $CR_{F-P}$ , 当  $CR_{F-P} < 0.1$  时, 则可按组合权向量表示的结果进行决策, 否则需重新考虑模型或重新构造那些一致性比率  $CR$  较大的成对比较阵. 其计算公式为:

$$CR_{F-P} = CR_{F-I} + (CI_{F-P}) / (RI_{F-P})$$

其中:  $CI_{F-P} = [CI_{I_1-P}, CI_{I_2-P}, \dots, CI_{I_{15}-P}] \cdot (\omega_{F-I})^T$

$$RI_{F-P} = [RI_{I_1-P}, RI_{I_2-P}, \dots, RI_{I_{15}-P}] \cdot (\omega_{F-I})^T$$

于是计算得  $CR_{F-P} = 0.0397 < 0.1$

即有  $\omega_{F-P_1} = 0.2771$   $\omega_{F-P_2} = 0.4342$   $\omega_{F-P_3} = 0.2812$

显然: 3 个供选取方案的优先顺序为:  $P_2, P_3, P_1$ . 方案  $P_2$  充分体现了垃圾处理资源化政策, 节约了资源, 坚持了可持续发展, 充分利用了现有交通, 减少了运输成本, 生态效益明显, 使污染大大降低, 对居民影响较小, 利于发展建设, 且投资费用较低, 所以,  $P_2$  为 3 方案中的最优选择, 与实际情况吻合.

实际选址中, 在地理位置差别不是很大的情况下, 垃圾处理费用和上网电价是同一数值. 由于地域的不同, 这个定值将会有较大的差异, 垃圾焚烧发电厂的收入就会有很大的区别, 因而垃圾处理费用和上网电价自然也成为影响选址的主要因素. 另外, 建设费用在整个垃圾焚烧发电项目中占有相当比例, 是一个重要因素, 但是对比垃圾处理的目的和要求以及此后的经营管理而言, 它不是选址的关键, 不作为选址的主要因素.

## 4 结 语

层次分析法是一种简便、工作量较小、消耗人力和物力较少的方法, 在垃圾焚烧发电厂合理选址上是一种行之有效的办法. 将层次分析法用于垃圾焚烧发电厂地址的选择, 增加了选址过程的合理性、科学性和有效性. 用层次分析法研究垃圾焚烧发电厂选址问题, 可以得出各因素影响重要性的排序, 以进一步确定具体方案. 随着国民经济的大力发展, 国内各大中城市都将陆续投资建设垃圾焚烧发电厂, 在此之际, 让更多的决策者了解和掌握层次分析法优化垃圾焚烧发电厂选址, 避免投资项目的失误, 是非常有必要的. 笔者认为应以垃圾资源化处理为重点优化选址, 能较好地体现垃圾处理的经济价值.

### 参考文献:

- [1] 王国刚. 我国垃圾焚烧发电的发展前景[J]. 中国环保产业 CEPI, 1999(12): 21-23.
- [2] 柴晓利, 赵爱华, 赵由才. 固体废物焚烧技术[M]. 化学工业出版社, 2006.
- [3] 甄文栋, 张爱谊, 高利平. 论城市生活垃圾综合处理项目的选址评价[J]. 山东环境, 2001, (6): 30-31.
- [4] 汪友碚. 城市废弃物处理与垃圾发电[J]. 发电设备, 1997(12): 24-26.
- [5] 程天, 张彩香, 赵新泽. 层次分析法在垃圾卫生填埋场选址中的应用[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2003, 25(4): 161-164.
- [6] 刘芳, 高波. 层次分析法在物流园区选址中的应用[J]. 现代生产与管理技术, 2004(4): 37-39.
- [7] 邵良杉, 佟泽华, 韩春花. AHP 法虚拟企业合作伙伴选择[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24(2): 214-217.
- [8] 高更君, 王震宇, 黄卫. 基于多目标模糊决策的公共物流中心选址研究[J]. 公路交通科技, 2004(9): 140-144.
- [9] 何连生, 朱迎波, 赵勇胜, 刘鸿亮. 城市垃圾填埋场建设环境影响评价支持系统设计[J], 2003, 16(4): 40-42.
- [10] 徐增堂, 刘诚. 应用层次分析法对物流中心进行合理选址[J]. 铁道经济研究, 2004(5): 43-45.
- [11] 刘诗梅, 黄小金, 高振华. 应用层次分析法评价卫生检测质量[J]. 中国公共卫生管理, 2003, 19(2): 176-178.
- [12] 张志强, 陈东秀. AHP 在建设用地项目选址中的应用[J]. 数据统计与管理, 2001, 20(2): 1-6.
- [13] 侯迎春, 赵新国. 层次分析法在航天员系统中的应用[J]. 指挥技术学院学报, 2001, 21(2): 35-38.
- [14] 马媛媛. 城市生活垃圾焚烧处理项目的技术经济分析与评价[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2004.

## Application of Analytic Hierarchy Process in City Life Trash Power Plant Location Selection

XU Shi-kang, YU Yi-qiao

(College of Economics and Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** City life trash burns down the power plant selected location is a complex systems engineering. The policy-making factor are many, can obtain a more satisfactory result to its research with the aid of the specific analysis method. Utilizes the analytic hierarchy process to city life trash burns down the power plant selected location link, carries on the multi-objectives decision analysis specifically in view of the candidate factory site which comprehensively does, calculates various factory sites and the corresponding synthesis compatibility appraisal value, performs the comparison, by obtaining the best selected location. From the environmental factor, the economic agent, the social factor and other factor four aspects are analyzed, with the weight and the quantitative way to conduct the research, compared with various policy-making factor important degree, obtains trash to burn down the power plant selected location to be supposed to change into the priority target by the garbage disposal resources to carry on the choice the conclusion.

**Key words:** analytic hierarchy process; city life trash; garbage disposal; burns down the electricity generation; selected location

(编辑 侯 湘)

(上接第 161 页)

## Analysis on Competition from the View of Law and Economics and the Inspiration

YUAN Wen-quan<sup>1</sup>, GUAN Hu<sup>2</sup>

(1. College of Law; 2. Party Committee Office, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** The establishment of the competition legal system is the response to the social and economical reality. The perfection of the competition legal system needs the support of economic theory. Therefore, analyzing the competition from the law and economic perspective is propitious to perfect the regulation of competition in the law system constantly, guarantee and promote competition, and thus to establish and maintain reasonable and efficient competition order, promote market-economy developing prosperously and harmoniously. The paper uses the study methods of economical and comparative analyze, explore the sorts of competition and their effectiveness, believe that the perfection of the competition legal system should firstly definite that its adjust object is the effective competition with monopoly factor; though the exemption of competition can't be avoid, it continuously appears shrinking trend. The competition legal system will play a more important role in the economical life.

**Key words:** competition; perfect competition; exemption

(编辑 张小强)