

文章编号:1004-4736(2008)02-0058-04

AHP-Fuzzy 综合评价法优选清洁生产方案

——以湖北某氮肥厂方案优选为例

黄羽,刘大银*,董俊,方凌云

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

摘要:运用 AHP-Fuzzy 综合评价法对湖北宜化化工股份有限公司清洁生产审核提出的中/高费方案进行筛选,确定优先实施“T90-2 脱硫催化剂替换栲胶脱硫”技术。该方案实施后,彻底解决了栲胶堵塔现象,脱硫效率达 99%,一年节省费用 36 万元以上,环境、经济效益明显。实践证明 AHP-Fuzzy 综合评价法是清洁生产审核筛选中/高费方案的一种实用方法。

关键词:AHP-Fuzzy 综合评价法;氮肥厂;清洁生产审核

中图分类号:X 38;X 820

文献标识码:A

0 引言

AHP-Fuzzy 综合评价模式即层次分析与模糊综合评价相结合的方法其工作程序见图 1^[1]:

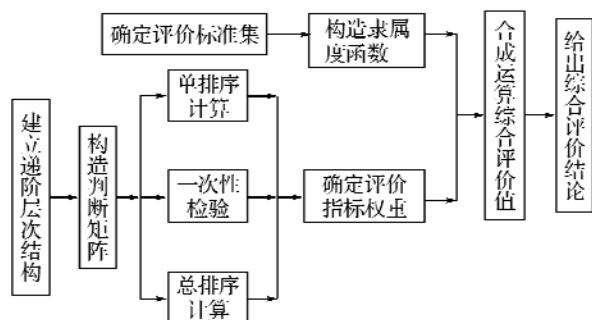


图 1 AHP-Fuzzy 综合评价流程图

Fig. 1 Flow chart of AHP-Fuzzy comprehensive assessment

运用 AHP-Fuzzy 综合评价模式能够把定性概念转化为定量指标并能够用于定量判断,使得定性指标与定量指标相统一,令结果具有科学性和客观性。它广泛运用于食品感官质量的综合评价^[2]、对于各种企业清洁生产的水平评判^[3,4]及化工生产工艺的选择^[5]等方面,但是运用该方法对氮肥行业的清洁生产中、高费方案进行优选却仍未见报道。

为贯彻落实中华人民共和国《清洁生产促进法》,促进企业的清洁生产。湖北宜化化工股份有限公司委托武汉工程大学湖北省化工清洁生产中心作为技术依托单位协助完成该公司尿素事业部下辖的合成氨尿素生产线的清洁生产审核工作。

我们自 2006 年 7 月起经过近 10 个月的工作,对该公司股份和“813”两条总生产能力为年产 30 万吨合成氨 60 万吨尿素的生产线进行了一个完整周期的清洁生产审核。

在清洁生产审核过程中为了对方案的选择更为科学合理,尝试运用了 AHP-Fuzzy 综合评价模式对备选的 5 个中、高费方案进行分析,企业根据结果对最优方案进行实施,取得了预期的效果。

1 工作方案及结果

1.1 根据氮肥清洁生产的要点建立递阶层次结构^[6]

建立递阶层次结构是应用 AHP 的关键步骤,在氮肥行业清洁生产技术方案递阶层次结构模型中分四层:

- (1) 总目标层:备选方案的综合评价结果。
- (2) 准则层:以环境、经济和技术三方面的可行性作为衡量清洁生产技术的准则。
- (3) 评价指标层:在准则层的基础上具体描述清洁生产技术方案的各项指标。
- (4) 方案层:对不同的工段可有不同的中高费清洁生产技术方案,方案个数不限。本文构造如下的递阶层次结构,如图 2 所示。

该层次结构的特点是:从左到右顺序的支配关系要大于同层次之间的元素关系。

1.2 氮肥清洁生产指标权重的确定

指标权重采用专家打分形式,为确保评分的客观性,特邀请武汉工程大学教授、宜化企业安环部、尿素事业部、销售部的专业技术人员等 10 人

收稿日期:2007-07-13

作者简介:黄羽(1983-),男,广西桂林人,硕士研究生。研究方向:从事水污染控制研究。

指导老师:刘大银,教授,研究生导师。研究方向:从事水污染控制研究。*通讯联系人

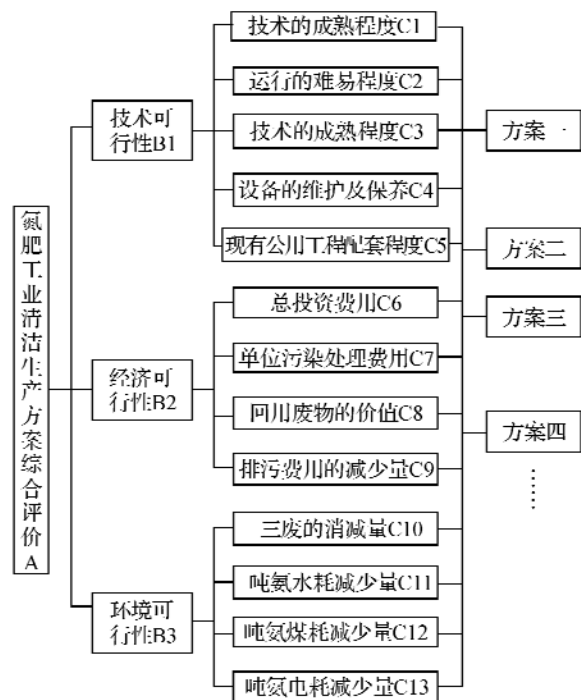


图 2 氮肥厂清洁生产方案递阶层次结构图

Fig. 2 The step-up hiberarchy chart of cleaner production schemes of nitrogenous fertilizer factory

组成专家组对各层次元素之间进行标度评判,标度结果根据美国 T L Saaty 教授所提出的 1~9 比率标度表列出^[7]. 相对于氮肥业清洁生产技术方

案评价总目标,准则层的三个因素之间进行两两因素比较,得到重要性判断矩阵,再对各矩阵进行归一化处理.

归一化处理表明了各因素的相对优先程度,也就是同层次相应因素对于上一层次某因素相对重要性的排序权值,处理结果见表 1.

表 1 综合评价指标相对总评价目标总排序

Table 1 The total taxis of comprehensive assessment indexes according to the total assessment target

层次 C	层次 B			层次 C 的总排序
	B1	B2	B3	
	0. 104 7	0. 258 2	0. 637 0	
C1	0. 046 7			0. 004 9
C2	0. 085 9			0. 009 0
C3	0. 147 6			0. 015 5
C4	0. 253 6			0. 026 6
C5	0. 466 3			0. 048 8
C6		0. 058 3		0. 015 1
C7		0. 120 1		0. 031 0
C8		0. 268 5		0. 069 4
C9		0. 553 1		0. 142 9
C10			0. 088 2	0. 056 2
C11			0. 156 9	0. 099 9
C12			0. 271 7	0. 173 1
C13			0. 483 2	0. 307 8

1. 3 一致性检验

1. 3. 1 层次单排序的一致性检验 由于判断矩阵元素是依据经验判断确定标度值而定,人们分析判断时难免具有片面性. 为了防止这种片面性导致的错误,故要对层次排序进行一致性检验.

表 2 一致性检验结果

Table 2 The result of consistency check up

对应关系	λ_{\max}	CI	CR
A-B	3. 038 6	0. 019 3	0. 033 3
B1-C	5. 255 4	0. 063 9	0. 057 0
B2-C	4. 150 1	0. 050 0	0. 055 6
B3-C	4. 014 5	0. 004 8	0. 005 4

AHP 法规定,当 $CR<0. 10$,判断矩阵通过一致性检验,否则,就需要重新做出判断. 由上表所列出的计算数据来看三个判断矩阵均通过一致性检验,因而由专家组构造的判断矩阵不需调整.

1. 3. 2 总排序一致性检验 由以下公式计算可得: $CR_c=0. 022\ 7/0. 923=0. 024\ 6<0. 10$.

$$CI_c = \sum_{j=1}^{m1} a_j \times CI_{c_j}, RI_c = \sum_{j=1}^{m1} a_j \times RI_{c_j},$$
$$CR_c = \frac{CI_c}{RI_c}.$$

因此,该层次总排序结果通过一致性检验,说明总排序的权重值满足了科学性的要求,完全可以利用于进行氮肥行业清洁生产技术方案的综合评价.

1. 4 备选方案隶属度的确定

在对宜化进行清洁生产审核过程中,审核小组提出了 7 个中高费方案,经过初步论证,首批实施的中高费方案可在表 3 中 5 个方案中选出.

表 3 备选方案名称

Table 3 The names of schemes which must be chose

方案编号	方案名称
01	水煤浆连续加压气化
08	合成氨净化采用双甲新工艺
11	采用 T90-2 脱硫催化剂替换栲胶脱硫
17	股份生产线尿素造粒塔尾气粉尘回收
20	对造气循环水池和全厂清污分流进行改造

其中,各因素的隶属度的选取采用专家咨询打分的方式来确定. 专家组由宜化尿素事业部、技术部、安环部等各部门技术人员及武汉工程大学教授 10 人组成. 让参加咨询的每位专家在咨询表中分别对每一个备选方案进行唯一对应结果的选择,然后统计专家选择结果概率,以此作为该要素的隶属度. 确定评价标语集为:很好,较好,一般,较差,很差^[8]. 经统计,各方案的隶属度如下表:

表 4 方案隶属度统计表

Table 4 The statistics of schemes subjection

方案	等级	层次												
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
01	很好	0.2	0.4	0.1	0	0	0	0	0.5	0.2	0.6	0.3	0.2	0.1
	较好	0.3	0.6	0.3	0.2	0	0	0	0.4	0.2	0.3	0.6	0.3	0.1
	一般	0.5	0	0.6	0.5	0.2	0	0	0.1	0.6	0.1	0.1	0.5	0.8
	较差	0	0	0	0.2	0.6	0	0.3	0	0	0	0	0	0
	很差	0	0	0	0.1	0.2	1	0.7	0	0	0	0	0	0
08	很好	0.1	0.4	0.1	0	0	0	0	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2
	较好	0.4	0.5	0.3	0.3	0	0	0.3	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4
	一般	0.5	0.1	0.6	0.4	0.3	0.1	0.6	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4
	较差	0	0	0	0.2	0.6	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
	很差	0	0	0	0.1	0.1	0.7	0	0	0	0	0	0	0
11	很好	0.6	0.5	0.6	1	1	1	0.6	0.3	0.4	0.3	0.2	0.5	0.6
	较好	0.2	0.4	0.4	0	0	0	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2
	一般	0.2	0.1	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
	较差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	很差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	很好	0.7	0.6	0.5	1	1	1	0.7	0.4	0.6	0.3	0.7	0.6	0.6
	较好	0.3	0.4	0.4	0	0	0	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3
	一般	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0.4	0	0	0.1
	较差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	很差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	很好	0.8	0.4	0.6	0.9	0.7	0.6	0.3	0.5	0	0.1	0.7	0.5	0.6
	较好	0.2	0.5	0.3	0.1	0.2	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3
	一般	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0.2	0.1	0.5	0.5	0	0.1	0.1
	较差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	很差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1.5 备选方案的模糊综合评价分析

系统的模糊综合评价模式为:

$$B_i = K_i \times R_i$$

$$= (k_{11}, k_{12} \cdots k_{1m}) \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{21} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

$$= (b_{11}, b_{12}, b_{1n})$$

其中 b_{in} 越大,则表示越接近所对应的评语。

由所给出的模糊综合评价模式对以上 5 个备选方案的隶属度分别进行系统的综合模糊评价得出的评价结果列入下表:

表 5 方案模糊综合评价结果

Table 5 The result of schemes fuzzy comprehensive assessment

方案	等级				
	很好	较好	一般	较差	很差
01	0.2	0.2	0.5	0.1	0
08	0.3	0.3	0.4	0	0
11	0.5	0.3	0.2	0	0
17	0.6	0.3	0.1	0	0
20	0.5	0.4	0.1	0	0

经过 AIIP-Fuzzy 综合评价方法分析我们可以很直接地看出方案 11、17、20 属于很好的等级,而方案 01、08 属于一般等级,考虑到清洁生产方案实施应该先易后难,因此审核小组经过详细的可行性分析后建议宜化公司首先考虑施行 11、

17、20 号方案,01、08 号方案建议企业暂时先不施行,等条件成熟再考虑。

2 方案实施效果

宜化领导、技术部相关人员根据审核小组建议方案,采取了相应措施,其中 T90 2 脱硫催化剂替换原有的栲胶脱硫方案已经于 2006 年 10 月完成;股份生产线尿素造粒塔尾气粉尘回收方案及对造气循环水池和全厂清污分流改造方案已列入宜化 07 年技改计划。为更好地了解方案实施效果,审核小组对技改后的脱硫工段进行了为期 5 天的实测,并将改用 T90-2 脱硫催化剂的脱硫效果与原有的栲胶脱硫效果进行了对比。

表 6 栲胶与 T90-2 两种脱硫催化剂使用情况对比

Table 6 Compare with the use result of vegetable tannin extract desulfurization catalyst and T90-2 desulfurization catalyst

项目	栲胶法	T90 2
脱硫塔压差/kPa	9.33	5.33
出口 H_2S / $g \cdot m^{-3}$ (标态)	≤ 0.153	≤ 0.085
悬浮硫/ $g \cdot L^{-1}$	≤ 0.3	≤ 0.2
脱硫效率/%	90	99
副反应物/ $g \cdot L^{-1}$	$Na_2SO_4 \leq 6$	$Na_2SO_4 \leq 4.0$
	$Na_2SO_3 \leq 10$	$Na_2SO_3 \leq 8.0$
物料投入量/ $kg \cdot d^{-1}$	栲胶 60	1
	机 4~6	
变换后 H_2S / $g \cdot m^{-3}$ (标态)	≤ 0.255	≤ 0.187

可以观察到,使用 T90-2 脱硫催化剂后,脱硫贫液清亮、液体粘度小,彻底地解决了栲胶脱硫堵塔现象,这有效地节约了电耗。实测的情况是,采用 T90 2 脱硫催化剂脱硫效率达 99%,这比用栲胶脱硫效果要好得多。

从宜化股份合成氨尿素生产线工艺台帐可以看出,脱硫工段生产线(包括精脱硫)由于采用了 T90 2 脱硫催化剂,吨氨脱硫处理费用从原来的 3.6 元下降到 2.4 元左右,一年可节约脱硫费用 36 万元以上。

3 结 语

在宜化清洁生产审核中高费方案选择的过程中,尝试采用了 Δ HP-Fuzzy 综合评价方法建立了层次分析模型,分析了技术、环境和经济三个重要评价准则及各准则下的指标,经过排序计算和一致性检验证明选择的指标是合理的。企业根据模糊综合评价所得的结果对生产工艺进行相应的技改,取得了明显的环境和经济收益。实践表明,运用递阶层次模型对氮肥行业的中高费方案进行筛

选是科学、可靠的。

参考文献:

- [1] 宋世伟,薛纪渝. 清洁生产技术方案综合评价方法初探[J]. 环境保护科学,1999,25(1):16-21.
- [2] 花旭斌,李正涛,林巧. 模糊数学综合评价方法在苦荞麦食品研究中的应用[J]. 西昌农业高等专科学校学报,2004,18(3):41-42.
- [3] 周和敏,李贵奇,聂祚仁,等. 钢铁工业清洁生产的多目标模糊评价[J]. 钢铁研究学报,2001,13(6):23-26.
- [4] 王守兰,武少华,焦倩. 清洁生产评价方法——模糊数学法[J]. 北京工业大学学报,2005,31(1):108-112.
- [5] 郑建青. 化学工业清洁生产模式下的生产工艺选择[J]. 技术经济与管理研究,2001,6:50-51.
- [6] 赵焕臣,许树柏. 层次分析法一种简易的新决策方法[M]. 北京,科学出版社,1986. 156-158.
- [7] 张俊福. 应用模糊数学[M]. 北京:地质出版社,1988. 223.
- [8] 魏立安. 清洁生产审核与评价[M]. 北京:中国环境科学出版社,2005. 178.

Use AHP-Fuzzy comprehensive assessment to choose cleaner production schemes:

Take a nitrogemous fertilizer factory in Hubei province for example

HUANG Yu, LIU Da-yin, DONG Jun, FANG Ling-yun

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: AHP-Fuzzy comprehensive assessment to choose the Meso-home cost schemes has been used which are proposed by the cleaner production audit on Hubei Yihua chemical Ltd. The result shows that "Using T90 2 desulfurization catalyst instead of vegetable tannin extract desulfurization catalyst" technique should be brought into effect first. After the scheme was put into practice, the plugging up problem of desulfurization tower was solved and the desulfurization efficiency could reach 99%, and thus the corporation would save more than 360,000 yuan per year. The scheme is of great environmental and economical benefit. The practice shows that AHP Fuzzy comprehensive assessment is a useful and practical method to choose the Meso-home cost schemes.

Key words: AHP-Fuzzy comprehensive assessment; nitrogenous fertilizer factory; cleaner production auditing

本文编辑:陈晓革