

基于 AHP-模糊综合评价法的含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价研究

李 琴*, 邓 波, 蒲凯伦, 陈 振

(西南石油大学机电工程学院, 四川 成都 610500)

摘要:提出了采用层次分析-模糊综合评价法对含油钻屑锤磨式热解析处理系统进行经济性评价的方法。根据含油钻屑锤磨式热解析处理系统工艺流程分析和层次分析,选取 5 个一级指标、18 个二级评价指标,建立了含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价指标体系。以层次分析法确定经济性评价指标权重和主要影响因素;用模糊综合评价法进行经济性评价,得到了含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性“适中”的结论,说明该系统具有主动生产和推广应用的价值。根据经济性指标权重和模糊综合评价分析,通过降低锤磨机、预混罐、保温加热装置能耗和锤磨机维修费用,可进一步提高含油钻屑锤磨式热解析处理系统的经济性。

关键词:页岩气; AHP-模糊综合评价法; 经济性评价; 含油钻屑; 锤磨热解析处理; 层次分析法

中图分类号: TE-9

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2019)S-0177-07

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.S.041

Economic evaluation of hammer-milling thermal desorption processing oily drilling cuttings system based on AHP-fuzzy comprehensive evaluation method

LI Qin*, DENG Bo, PU Kai-lun, CHEN Zhen

(School of Mechanical Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: Analytic hierarchy process (AHP)-fuzzy comprehensive evaluation method is proposed to evaluate the economic performance of the hammer-milling thermal desorption processing oily drilling cuttings system. According to the process flow analysis and the hierarchical analysis on the system, five first-level indexes and 18 second-level evaluation indexes are selected to establish the economic evaluation index system for the hammer-milling thermal desorption processing system. AHP is used to determine the weight of the economic evaluation index, and determine the most important factors affecting the economics of the hammer-milling thermal desorption processing oily drilling cuttings system. The fuzzy comprehensive evaluation method is used to carry out economic evaluation, gaining a conclusion that the economy of the hammer-milling thermal desorption processing oily drilling cuttings system is “moderate”. It is shown that the hammer-milling thermal desorption processing oily drilling cuttings system has the values of active production and application promotion. According to the economic index weight and fuzzy comprehensive evaluation analysis, the economy of the hammer-milling thermal desorption processing oily drilling cuttings system can be further improved by reducing the energy consumption of hammer mill, premix tank and heat preservation heating device, and decreasing hammer mill maintenance cost.

Key words: shale gas; AHP-fuzzy comprehensive evaluation method; economic evaluation; oily drilling cuttings; hammer-milling thermal desorption; analytic hierarchy process

国家“十三五”能源发展规划报告明确要求“推进页岩气等非常规油气资源开发利用”。随着页岩气等非常规油气开采规模的增大,油基泥浆的使用规模也逐渐增加,但开采过程中,钻井产生的大量含油钻屑无法符合环保排放规范,而锤磨式热解析含油钻屑处理系统作为目前一种高效环保的新型含油

钻屑处理装备,能够满足政策环境要求。为促进该系统的推广与应用,对其进行经济性评价具有重要意义。

目前,国内外对于石油化工类工程技术项目主要的经济性评价方法分为经济数据定量计算分析法和经济、技术综合分析法。其中,经济数据定量计算

收稿日期: 2019-04-03; 修回日期: 2019-06-26

基金项目: 国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”子课题“页岩气和煤层气开发环境保护技术集成及关键装备”(2016ZX05040-006)

作者简介: 李琴(1970-),女,副教授,硕士生导师,主要从事石油天然气装备与油气田环境保护方面的研究,通讯联系人,905973416@qq.com。

分析法是以完整、可靠的财务数据为基础,从经济学角度,对工程项目的投资额、盈利额等经济数据进行定量计算和分析,从而得到评价结果,主要有净现值法、内部收益法和投资回收期 3 种方法^[1-9];经济、技术综合分析法则是对经济水平、技术指标等多种工程因素集中考虑,进行综合经济评价,主要有解决权重的层次分析法(AHP)^[10]、解决模糊评价的模糊综合评价法^[11-12]和以大量历史数据为基础的 BP 神经网络法^[13]。

含油钻屑锤磨式热解析处理系统作为一种新近研发的装备,正处于现场应用实验阶段,尚未进行市场推广,缺乏完善的财务数据,难以采用以经济数据为支撑的定量计算分析方法。同时,没有经验参照,也难以采用 BP 神经网络法进行经济性评价。而结合了 AHP^[14]和模糊综合评价法^[15]的 AHP-模糊综

合评价法^[16]对定量数据的依赖较小,可将复杂的多目标、多准则问题化为多层次、单目标的问题,对于模糊性和复杂性的研究对象具有适应性。基于现有研究,如利用模糊 AHP 法解决润滑油回收技术的选择^[17],利用模糊 AHP 综合评价法评价城市配电网的经济性^[18],利用 AHP-模糊综合评价法评价工业园区的生态性^[19],本文提出了采用 AHP-模糊综合评价法开展含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价的研究。

1 含油钻屑锤磨式热解析处理系统工艺分析

含油钻屑锤磨式热解析处理系统主要分 3 个部分:钻屑搅拌预处理;钻屑锤磨式热解析处理及干固钻屑回收;水油蒸汽冷凝回收处理。处理流程如图 1 所示。

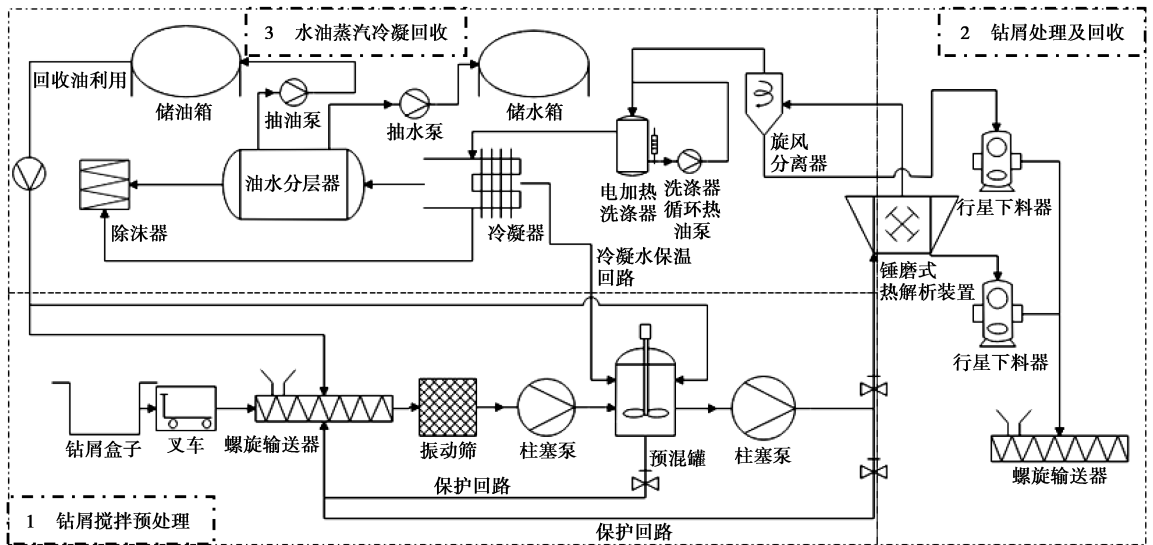


图 1 含油钻屑锤磨式热解析处理流程图

图 1 中,框 1 为钻屑搅拌预处理部分,主要负责将钻屑用振动筛进行杂物筛分,用预混罐进行搅拌,用保温加热装置进行保温,为进行热解析处理作准备;框 2 为钻屑锤磨式热解析处理及干固钻屑回收部分,主要负责将输送过来的钻屑通过锤磨式热解析装置进行热解析处理,将水油和钻屑进行分离,然后将处理后的干固钻屑回收;框 3 为水油蒸汽冷凝回收处理部分,主要负责将热解析后分离出的水油进行回收处理。

综上所述,含油钻屑处理系统工艺流程复杂,整套系统的设备投资大、能耗较高,经济性受设备投资、能耗、废物处理量等多个因素影响,所以常规经济性评价方法不适用,而 AHP-模糊综合评价法针

对这种情况具有一定的适应性。

2 含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价

2.1 评价指标体系的建立

为有效确定含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价的指标体系,根据项目公司财务数据对该系统进行了各经济指标的投资占比估算,分析了系统的建设、运营、政策等影响因素,找到对其经济效益有显著影响的特征,从而构建出含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价的指标体系。

通过投资估算,以项目 1 年建设期、机械设备 10 年折旧期为例,得出含油钻屑锤磨式热解析处理

系统投资占比,结果见表1。

表1 含油钻屑锤磨式热解析处理系统投资占比

分类	序号	名称	占比/%
建设固定成本及其他费用(29.70%)	1	建筑工程费	2.11
	2	生产设备购置费	3.80
	3	辅助设备购置费	5.70
	4	其他设备购置费	3.17
	5	设备安装费	0.97
	6	土地征用费	2.24
	7	研究试验费	3.02
	8	基本预备费用	6.41
	9	其他费用	0.29
	10	无形资产费用	1.99
能耗费用(32.15%)	11	动力材料费	32.15
维修费用(10.86%)	12	修理费	10.86
管理费用(27.29%)	13	员工工资	23.89
	14	福利费	3.34
	15	职工培训费	0.06

根据表1,从投资占比分析,将影响含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性的因素划分为了能

耗费用、维修费用、管理费用、建设固定成本及其他费用4大类。其中,能耗费用主要包括锤磨机、预混罐、振动筛、保温加热装置和其他装置年能耗费用;维修费用主要包括锤磨机、预混罐、振动筛和其他装置年维修费用;管理费用主要包括员工福利、员工工资和员工培训费用;建设固定成本及其他费用主要包括设备购置、安装调试、场地建设和其他费用。

另外,含油钻屑的处理效果,即钻屑含油率是否满足排放标准,对含油钻屑锤磨式热解析处理系统的经济性影响极大。并且回收油的销售作为钻屑处理的第二收入来源,单位时间的钻屑处理量与水油回收率也将极大影响钻屑处理技术的经济性。所以,将回收处理能力作为影响含油钻屑锤磨式处理系统经济性的第5类因素。

综上所述,根据AHP法,将含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性作为目标层,以能耗费用、回收能力、维修费用、管理费用和建设固定成本及其他费用为准则层,以其细化指标为指标层,建立了含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价指标体系,如图2所示。

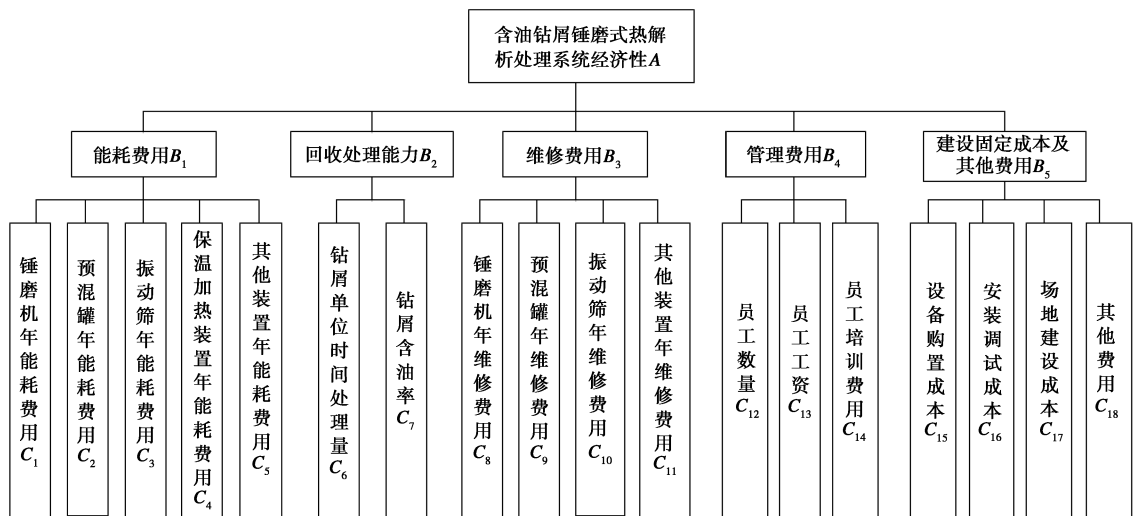


图2 含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价指标

2.2 AHP-模糊综合评价模型的建立

AHP-模糊综合评价法通过AHP法,将影响含油钻屑锤磨式处理系统经济性的各种因素划分层次,建立经济性评价指标体系,确定指标权重;在此基础上,建立模糊综合评价法的因素集、评价集,结合AHP法得到的权重进行模糊综合评价,从而得到含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性的评价

结果。

2.2.1 评价指标权重的确定

(1) 建立判断矩阵

根据AHP法确定指标权重,邀请多位工程领域的经济专家、技术专家和现场专业工作人员进行打分评价,将评价目标和比较目标分别列于打分表的横、纵坐标,然后根据评价目标的重要程度两两加以

比较,采用 1~9 标度法(见表 2)在相应表格中给出评分,从而建立权重判断矩阵。

表 2 1~9 标度打分表

标度	含义
1	因素 i 和 j 同等重要
3	因素 i 比 j 略微重要
5	因素 i 比 j 比较重要
7	因素 i 比 j 非常重要
9	因素 i 比 j 绝对重要
2,4,6,8	为两个判断之间的中间状态对应的标度值
倒数	重要性相反,及 j 比 i 的重要情况

根据表 2 建立的判断矩阵如式(1)。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: A 为判断矩阵;元素 a_{ij} 为打分情况。

(2) 权重计算及一致性检验

采用代数平均值法求各层次因素相对于上一目标层的权重值。将矩阵 A 的第 i 行元素的代数平均值 C_i 归一化后即得指标 A_i 的权重值,如式(2)、式(3)。

$$C_i = 1 / \sum_{j=1}^n a_{ij} (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$A_i = C_i / \sum_{k=1}^n C_k \quad (3)$$

为保证权重判断矩阵的一致性,需要对权重判断矩阵进行一致性检验,当 $CR < 0.10$ 时,则判断矩阵具有满意的一致性,否则,需要对判断矩阵重新调整,直至 $CR < 0.10$ 。一致性检验方法如式(4)。

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

定义随机一致性比率 CR 如式(5)。

$$CR = CI / RI \quad (5)$$

式中: n 为判断因素的个数; λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征根; RI 为判断矩阵的一致性指标,具体值见表 3。

表 3 3~14 阶判断矩阵的 RI 值

判断矩阵的阶数	3	4	5	6	7	8
RI	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41
判断矩阵的阶数	9	10	11	12	13	14
RI	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

2.2.2 模糊综合评价

(1) 建立评价集、因素集

根据实际评价需要确定评语集: $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ 。根据 AHP 建立的指标体系确定影响评价结果的因素,从而建立因素集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ 。

(2) 确定权重值

以 AHP 法最终得到的各指标层的权重为基础,建立模糊综合评价法的权重集 A 。

(3) 确定各评价指标的隶属度矩阵

通过研究分析,结合各指标实际情况,确定因素集 U 中因素 $U_i (i = 1 \sim n)$ 对评语集 V 的隶属度 r_{ij} ,得第 i 个因素 U_i 的因素评价集为: $r_{ij} = \{r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5}\}$ 。

依照上述方法,依次得到因素集 U 中各因素相对于评语集 V 的评价集,由这些评价集构成了一个完整的模糊综合评价隶属度矩阵,即式(6)。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

(4) 模糊综合评价等级的计算

在得到了模糊综合评价矩阵隶属度 R 和权重集 A 后,根据式(6)进行模糊综合评价等级计算,最后得到模糊综合评价等级 B 。

$$B = R \times A = \{b_1, b_2, \dots, b_n\} \quad (7)$$

其中: b_j 为最终的综合评价结果。

最后,根据最大隶属度原则,即以 b_j 中的最大值为最终评价结果,从而得出结论。

2.3 含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价

2.3.1 评价指标权重的确定

根据 AHP 法分别建立 $A-B$ 层(目标层和准则层)权重判断矩阵(见表 4)和 $B-C$ 层(准则层和指标层)权重判断矩阵,然后根据 1~9 标度法对其进行专家打分,之后基于专家打分进行权重计算。

表 4 $A-B$ 层专家打分表

A	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	1	2	5	5	7
B_2	1/2	1	4	3	5
B_3	1/5	1/4	1	1	2
B_4	1/5	1/3	1	1	2
B_5	1/7	1/5	1/2	1/2	1

根据上述权重判断矩阵,用式(2)计算判断矩阵每行元素的算术平均值,依次计算得到结果 $\bar{A} = [4.00, 2.70, 0.89, 0.907, 0.469]$,根据式(3)对 \bar{A} 进行归一化处理,得到B层各因素相对于A层的权重 $A = [0.466, 0.301, 0.099, 0.101, 0.053]$ 。计算可得该判断矩阵的最大特征根为 $\lambda_{\max} = 5.05$,根据式(4)得 $CI = 0.0125$,查表3可得 $RI = 1.12$,根据式(5)计算可得 $CR = 0.01 < 0.1$,通过一致性检验。

B-C层权重确定方法与上述一致,结果如表5所示。

表5 B-C层权重

B	C	权重	
B_1	C_1	0.4492	
	C_2	0.1778	
	C_3	0.1193	
	C_4	0.1778	
	C_5	0.0758	
B_2	C_6	0.6667	
	C_7	0.3333	
B_3	C_8	0.6569	
	C_9	0.1140	
	C_{10}	0.0665	
	C_{11}	0.1627	
	B_4	C_{12}	0.4615
		C_{13}	0.3692
B_5	C_{14}	0.1692	
	C_{15}	0.6978	
	C_{16}	0.1199	
	C_{17}	0.0623	
	C_{18}	0.1199	

2.3.2 模糊综合评价

(1) 确定因素集

以层次分析法建立的指标体系中C层的18个指标为因素集的元素: $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\} (n = 18)$ 。

(2) 确定评价集

将含油钻屑处理技术工程项目的经济性划分为5等,分别为“差”、“一般”、“适中”、“良”、“优”,即: $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ 。

各评价等级含义如表6所示。

表6 经济性评价等级划分

评价等级	含义
V_1	经济性差,造成资源极大浪费,不提倡继续推广使用该种新型装备
V_2	经济性一般,相对于传统工艺,有一定的经济效益,可继续改进研究
V_3	经济性适中,相对于传统工艺,具有可观的经济效益,具有推广使用的潜力
V_4	经济性良好,具有显著的经济效益,可以大力推广
V_5	经济性优,经济效益得到最大化,可以全面推广

(3) 划分定量与定性因素

根据对各因素的分析,从因素集中确定了5项定量因素、13项定性指标,如表7所示。

表7 定量、定性因素划分

序号	定量因素	序号	定量因素
1	C_6	4	C_{13}
2	C_7	5	C_{14}
3	C_{12}		
序号	定性因素	序号	定性因素
6	C_1	13	C_{10}
7	C_2	14	C_{11}
8	C_3	15	C_{15}
9	C_4	16	C_{16}
10	C_5	17	C_{17}
11	C_8	18	C_{18}
12	C_9		

(4) 建立定量因素隶属度矩阵

根据建立的定量因素表,结合含油钻屑处理技术实际情况,从而由专家确定各定量因素的等级表,其评价等级如表8所示。

表8 定量因素评价等级表

指标	等级					实际
	差	一般	适中	良好	优秀	
C_6	0.01	1	2	6	40	2
C_7	20	5	2	1	0.5	0.8
C_{12}	50	35	20	15	10	12
C_{13}	8000	7000	6000	5000	4000	5000
C_{14}	500	1000	2000	3000	5000	1600

设模糊综合评价因素集 $X^T = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, 评价等级标准 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$, 设 V_j 和 V_{j+1} 为相邻两级标准, 且 $V_{j+1} > V_j$, 则隶属度函数^[20]为式(8)~式(10)。

$$r_1 = \begin{cases} 1 & x_i \leq v_1 \\ (v_2 - x_i)/(v_2 - v_1) & v_1 < x_i < v_2 \\ 0 & x_i \geq v_2 \end{cases} \quad (8)$$

$$r_2 = \begin{cases} 1 - r_1 & v_1 < x_i < v_2 \\ (v_3 - x_i)/(v_3 - v_2) & v_2 < x_i < v_3 \\ 0 & x_i \leq v_1 \text{ 或 } x_i \geq v_3 \end{cases} \quad (9)$$

$$r_j = \begin{cases} 1 - r_{j-1} & v_{j-1} < x_i < v_j \\ (v_j - x_i)/(v_j - v_{j-1}) & v_j < x_i < v_{j+1} \\ 0 & x_i \leq v_{j-1} \text{ 或 } x_i \geq v_{j+1} \end{cases} \quad (10)$$

根据上述公式, 计算得到定量因素隶属度矩阵式(11)。

$$R_a = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.750 & 0.250 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.400 & 0.600 \\ 0 & 0 & 0 & 0.600 & 0.400 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0.400 & 0.600 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

(5) 建立定性隶属度矩阵

根据评价集, 邀请了 5 位专家分别对定性因素进行隶属度打分, 得定性因素打分表如表 9 所示。

表 9 定性因素打分表

指标	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
C ₁	0	2	2	1	0
C ₂	0	3	2	0	0
C ₃	0	0	2	3	0
C ₄	0	3	2	0	0
C ₅	0	0	3	2	0
C ₈	4	1	0	0	0
C ₉	0	0	0	3	2
C ₁₀	0	0	0	1	4
C ₁₁	0	0	4	1	0
C ₁₅	0	3	1	1	0
C ₁₆	0	0	4	1	0
C ₁₇	0	3	0	2	0
C ₁₈	0	1	4	0	0

根据百分比统计法^[21], 得到定性因素隶属度矩阵式(12)。

$$R_a = \begin{bmatrix} 0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

(6) 一级综合评价

一级综合评价, 即计算 B 层各指标隶属度, 根据式(7)进行一级综合评价。例如, 可知 B₁ 层下级各指标(即 C₁、C₂、C₃、C₄、C₅)相对于 B₁ 层的权重 A₁ = [0.449 2, 0.177 8, 0.119 3, 0.177 8, 0.075 8], 由指标 C₁、C₂、C₃、C₄、C₅ 评语集组成的模糊综合评价矩阵 R₁ 为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \end{bmatrix}$$

将上述两个矩阵进行相乘得到:

$$B_1 = [0 \quad 0.39 \quad 0.42 \quad 0.19 \quad 0]$$

按照上述步骤, 依次计算 B 层各指标隶属度, 得到模糊综合评价矩阵 R:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.39 & 0.42 & 0.19 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.53 & 0.13 & 0.13 & 0.11 & 0.1 \\ 0 & 0.07 & 0.1 & 0.65 & 0.18 \\ 0 & 0.48 & 0.33 & 0.19 & 0 \end{bmatrix}$$

根据最大隶属度原则可得 B 层各指标经济性评价等级: 能耗费用 B₁ = 0.42 为“适中”; 回收处理能力 B₂ = 0.5 为“适中”; 维修费用 B₃ = 0.53 为“差”; 管理费用 B₄ = 0.65 为“良好”; 建设固定成本及其他费用 B₅ = 0.48 为“一般”。

(7) 二级综合评价

二级综合评价, 即计算 A 层隶属度。同理, 据公式(7)进行二级综合评价, 得到 A 层隶属度矩阵:

$$B = [0.05, 0.22, 0.38, 0.26, 0.09]$$

根据二级综合评价结果, 含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性 5%“差”、22%“一般”、38%“适中”、26%“良”、9%“优”, 根据最大隶属度原则, 含油钻屑锤磨式热解析处理系统的经济性“适中”, 根

据评价等级划分,说明该系统相对于传统工艺,有可观的经济效益,具有推广使用的潜力。但其经济性仍有22%的可能隶属“一般”,说明仍然可以进行改善。

3 结论

提出了采用AHP-模糊综合评价法对含油钻屑锤磨式热解析处理系统进行经济性评价。

(1)根据工艺流程分析和AHP建立了以含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性为目标层A,以能耗费用、回收能力、维修费用、管理费用和建设固定成本及其他费用为准则层B,以及准则层各细化指标为指标层C的经济性评价指标体系。

(2)以AHP法确定了含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性评价指标权重。结合A-B层和B-C层权重可知,影响含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性最显著的因素主要为钻屑单位时间处理量 C_6 、锤磨机年能耗费用 C_1 、预混罐年能耗费用 C_2 、保温加热装置能耗 C_4 和锤磨机年维修费用 C_8 。

(3)采用模糊综合评价法对含油钻屑锤磨式热解析处理系统进行了经济性评价,确定了该系统经济性“适中”,说明其相对于传统工艺,有可观的经济效益,具有推广使用的潜力。确定了含油钻屑锤磨式热解析系统经济性的薄弱处为能耗费用、维修费用和建设固定成本。

(4)根据经济性指标权重和模糊综合评价分析,锤磨机、预混罐、保温加热装置能耗和锤磨机维修费用既是对含油钻屑锤磨式热解析处理系统经济性最主要的因素,又是其经济性的薄弱点。所以降低上述费用可以有效提高含油钻屑锤磨式热解析处理系统的经济性。

参考文献

- [1] 叶正荣,吴奇,王连刚,等.采油工艺措施效果经济评价方法[J].石油勘探与开发,2004,31(1):108-109.
- [2] 王嘉祐.净现值法和内部收益率法的关系及适用性[J].工业技术经济,1992,(6):45-46.
- [3] 胡常忠,刘新福.浅薄层稠油油藏注蒸汽开采特点及经济评价[J].石油勘探与开发,1993,20(3):67-74.
- [4] Owen G,Bandi M,Howell J A,et al.Economic assessment of membrane processes for water and waste water treatment[J].Journal of Membrane Science,1995,102(13):77-91.
- [5] 徐立力,魏开华,刘胜,等.液化天然气(LNG)工程经济评价[J].石油天然气学报,2007,29(3):327-328.
- [6] 高颖艳,杨睿,姜颖,等.特许经营污水厂提标扩建项目经济评价方法探讨[J].中国给水排水,2017,(18):46-49.
- [7] Adebimpe R A,Akande J M.Engineering economy analysis on the production of iron ore in Nigeria[J].Geomaterials,2011,1(1):14-20.
- [8] Shin J H,Lee L S,Lee S H.Economic assessment of a indirect liquefaction process using a gasification with petroleum coke/coal mixtures[J].Korean Chemical Engineering Research,2016,54(4):501-509.
- [9] Adeoti O,Ilori M O,Oyebisi T O,et al.Engineering design and economic evaluation of a family-sized biogas project in Nigeria[J].Technovation,2000,20(2):103-108.
- [10] Kwong C K,Bai H.Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy ahp with an extent analysis approach[J].AIIE Transactions,2003,35(7):619-626.
- [11] 桑宇,吴建.模糊分析方法在采气工艺技术经济指标评价中的应用[J].钻采工艺,2003,26(2):29-31.
- [12] 何毅斌,徐建生,陈定方,等.模糊评价在设备经济评价中的应用研究[J].武汉工程大学学报,2005,27(5):52-54.
- [13] 茅茜茜.BP神经网络在石油项目经济效益综合评价中的应用[J].软件导刊,2017,16(4):145-148.
- [14] 赵焕臣,许树柏,和金生.层次分析法——一种简易的新决策方法[M].北京:科学出版社,1986:10-32.
- [15] 吴秉坚.模糊数学及其经济分析[M].北京:中国标准出版社,1994.
- [16] 韩利,梅强,陆玉梅,等.AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J].中国安全科学学报,2004,14(7):86-89.
- [17] Heo E, Kim J, Boo K J. Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2010, 14(8): 2214-2220.
- [18] Hsu Y L, Lee C H, Kreng V B. The application of fuzzy delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(1): 419-425.
- [19] Ma L. A Fuzzy comprehensive evaluation method for economic operation of urban distribution network based on interval number[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(8): 163-171.
- [20] 张丽娜.AHP-模糊综合评价法在生态工业园区评价中的应用[D].大连:大连理工大学,2006.
- [21] 陈俊梅.AHP-模糊评价法在京新药业价值评估中的应用研究[D].长沙:中南大学,2013.■