

含硫原油加工方案技术、经济和环境综合评价

宋昭峥¹, 唐飞², 蒋庆哲¹

(1. 中国石油大学(北京)重质油国家重点实验室, 北京 102249;
2. 延长集团子北采油厂, 陕西 延安 717208)

摘要:通过具体分析含硫原油性质、独山子炼厂的产品方案以及现有装置状况制定了3种流程方案:新建延迟焦化、新建渣油加氢+重油催化裂化、利旧延迟焦化+新建渣油加氢。从经济、技术、环境3个方面对加工方案进行了综合评价。采取主观分析法中的层次分析法和客观分析法中的熵权法相结合求组合权重,采用多级模糊综合评价方法分别对3种加工方案进行了综合评价。根据综合评价的结果,建议独山子炼油厂采用延迟焦化方案加工哈萨克斯坦含硫原油。

关键词:含硫原油;加工方案;层次分析法;熵权法;多级模糊综合评价

中图分类号:TE624

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)08-0083-04

Technical, economic and environmental comprehensive evaluation on sulfur-containing crude processing scheme

SONG Zhao-zheng¹, TANG Fei², JIANG Qing-zhe¹

(1. State Key Laboratory of Heavy Oil Processing China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
2. Zibei Oil Production Plant Yanchang Petroleum Group, Yanan 717208, China)

Abstract: By analyzing sulfur-containing crude oil characteristics, product project and the available units in Du Shanzi refinery, three schemes are put forward: ①New Delayed cocking; ②New Vacuum Residuum Hydrodesulfurization + Heavy oil FCC; ③Old Delayed cocking + New Vacuum Residuum Hydrodesulfurization. Comprehensive evaluation is done from three aspects, that is, economical aspect, technical aspect, and environmental aspect. Subjective analysis (AHP) and objective analysis (Entropy Weight Method) are combined to calculate the index weight. Multi-class fuzzy comprehensive evaluation is adopted among other things. The evaluation result shows scheme 1 is better than scheme 3, and scheme 3 is better than scheme 2. From all the research results in the paper, it's suggested that Du Shanzi refinery adopt the scheme of building new delayed cocking unit. This scheme has the best comprehensive benefit of economy, technology and environment.

Key words: sulfur-containing crude oil; processing scheme; AHP; Entropy Weight Method; Multi-class fuzzy comprehensive evaluation

我国原油资源相对缺乏,而与我国西部相邻的哈萨克斯坦国油气资源较为丰富。中国石油天然气股份有限公司独山子石化地处新疆,紧邻哈萨克斯坦国,政府确定在独山子石化改扩建1000万t/a炼油加工哈萨克斯坦原油,同时新建100万t/a乙烯装置。哈萨克斯坦原油属于含硫原油。近年来,随着我国国民经济的持续快速发展,我国的石油消费量逐年增大,引进外油逐年增多,国际市场上的原油最大特点是含硫原油居多^[1-2]。

通过市场研究,同时结合独山子石化的现有装置,加工哈萨克斯坦原油可以采用延迟焦化方案和渣油加氢方案,考虑到炼厂现有装置,在流程安排上可以制定出3种方案。

方案1:新建延迟焦化方案;

方案2:新建渣油加氢+重油催化裂化方案;

方案3:利旧延迟焦化+新建渣油加氢方案。

通过对这3种方案的经济指标进行比较,选取的指标不同得到的结果不一定相同,无法得到其优劣的结果。因此,需要对这3种方案进行技术、经济和环境综合评价。综合评价是对客观事物以不同的侧面所得的数据进行科学计算,本文中计算采用Matlab7.0,优化计算结果可以为哈萨克斯坦原油加工提供科学决策的基础和依据。

1 石油加工方案综合评价指标体系

一直以来,在进行石油加工方案优选时,通常的做法是采用单一指标(经济指标),选取的指标不同往往得到的结果不同,有时即使综合权衡其他因素,也往往是凭经验定性判断,缺乏科学的运作方法和程序,从而很难达到优选的目的,如文献中各个方案

的比较只是对经济指标进行分析与比较,而无法得到其综合优劣结果^[3-5]。石油加工方案的优选与评价是一项集多因素的综合评价过程,如何权衡经济、技术指标及环境要求等多种因素,对所有设计的方案进行综合评价和最合理的选择是本论文要解决的问题,广泛分析石油加工方案的指标体系大体可分为3个方面。

1.1 经济指标体系

经济评价的指标体系主要包括:财务效益的指标(产品销售收入),财务费用的主要指标(总投资、总成本费用、税金),反映盈利能力的指标(财务内部收益率、投资回收期、净现值、投资利润率、投资利税率、成本利润率)等^[6]。

1.2 技术指标体系

原油质量的逐渐劣化、油品市场需求的变化和油品质量标准的提高以及环保要求的日趋严格,是各种石油加工工艺技术发展的推动力。因此各炼油企业追求的正是能充分利用石油资源最大量地生产轻质油品满足市场需求和产品质量要求的先进工艺技术。

石油加工方案的技术指标主要包括:渣油转化率、轻油收率、综合商品率、柴汽比、原料适应性、产品质量、副产品及其用途、工艺技术的复杂程度、成熟性及工业化程度等^[7-8]。

1.3 环境指标体系

石油加工项目环境评价指标主要有硫回收利用率、油品中带走的硫、污染物排放(SO₂、烟尘、NO_x、废渣)等^[9-10]。

由于本文指标的选择是为技术、经济和环境综合评价服务的,在建立综合评价模型时指标的选择要遵循建模中一定的原则,结合独山子炼油厂的具体要求,本文综合评价指标体系遵循以下原则:

(1) 指标体系能反映方案的主要技术、经济、环保性能;

(2) 为避免重复性强,指标之间应有较多的独立性、较少的相关性;

(3) 体现独山子炼油厂的特殊要求(要求有较好的产品结构、实现产品的附加值的提高、实现经济效益的最大化、建设环保型石化企业)。

通过征求独山子炼油厂专家的意见,选取了以下评价指标体系(如图1)中“所选指标”。几点说明:

(1) 各方案按照加工哈萨克斯坦原油制定,各装置均能适应加工哈萨克斯坦原油,这里“对原料

的适应性”主要是指当原料质量变劣时是否能够有更好的适应性。

(2) 制定的各个方案生产的产品质量均能满足产品质量要求。结合独山子炼油厂专家的意见,对独山子炼油厂加工哈萨克斯坦原油的加工方案优选构建了图1所示的指标体系。

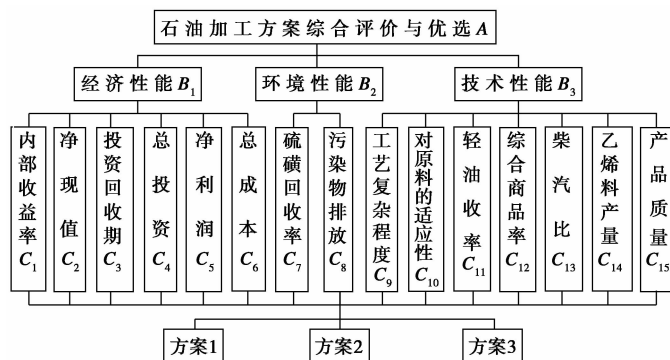


图1 含硫原油加工方案综合评价指标体系层次结构

2 权重计算

石油加工方案的优选是一个多目标的综合评价问题,指标的权重具有举足轻重的作用。笔者将采用层次分析法和熵权法相结合的方法求出组合权重,将主观分析与客观分析结合起来,最大程度的降低主观分析的随意性和提高客观分析的准确性。

2.1 层次分析法

层次分析法的基本原理是把复杂的决策问题分成若干层次,形成阶梯层次结构,然后根据对一定客观事实的判断对每一层次各元素的相对重要性给出定量表示,即构造判断矩阵,最后通过求解该判断矩阵的最大特征值所对应的特征向量来确定出每一层次各元素相对重要性的大小^[11-13]。

2.2 熵权法^[14-15]

熵的概念源于热力学,后由申农引入信息论。在信息论中信息熵(简称熵)是系统无序程度的一个度量,是系统状态不确定性的一种度量。信息熵越小,系统无序化程度越大;信息熵越大,系统无序化程度越小。而在方案评价中,对于某项指标,若各方案的指标值的差距越大,则该指标在综合评价中所起的作用越大;如果某项指标的指标值全部相等,则该指标在综合评价中不起作用。可见,若某个指标的信息熵越小,表明其指标值的变异程度越大,提供的信息量越大,在综合评价中所起的作用越大,则该指标的权重也应越大;反之,则该指标的权重也应越小。因此,可以根据各个指标值的变异程度,利用

信息熵这一工具,计算各指标的权重。

2.3 组合权重

笔者采用乘法合成法的归一化方法,将用2种方法计算的权重进行综合,得到

$$W_i = \frac{W_i' W_i''}{\sum_{i=1}^n W_i' W_i''} \quad (1)$$

其中, $0 \leq W_i \leq 1, \sum W_i = 1$ 。

2.4 加工方案综合评价指标权重计算结果

综合评价指标权重计算结果见表1。

表1 组合权重计算结果

A	层次分析法	大到小排序	熵权法	大到小排序	综合权重	大到小排序
C ₁	0.3057	C ₁	0.0671	C ₁	0.3089	C ₁
C ₂	0.1907	C ₂	0.0663	C ₁₀	0.1904	C ₂
C ₃	0.0322	C ₅	0.0667	C ₉	0.0323	C ₅
C ₄	0.0553	C ₇	0.0670	C ₁₃	0.0558	C ₇
C ₅	0.1130	C ₁₅	0.0650	C ₆	0.1106	C ₁₅
C ₆	0.0204	C ₄	0.0674	C ₄	0.0207	C ₄
C ₇	0.0734	C ₁₄	0.0647	C ₃	0.0715	C ₁₄
C ₈	0.0147	C ₁₁	0.0648	C ₁₄	0.0143	C ₁₁
C ₉	0.0229	C ₃	0.0701	C ₂	0.0242	C ₃
C ₁₀	0.0147	C ₉	0.0703	C ₅	0.0156	C ₉
C ₁₁	0.0368	C ₆	0.0648	C ₈	0.0359	C ₆
C ₁₂	0.0052	C ₈	0.0648	C ₁₁	0.0051	C ₁₀
C ₁₃	0.0073	C ₁₀	0.0696	C ₁₂	0.0077	C ₈
C ₁₄	0.0468	C ₁₃	0.0664	C ₁₅	0.0468	C ₁₃
C ₁₅	0.0609	C ₁₂	0.0648	C ₇	0.0594	C ₁₂

由表1看出,在层次分析法中,污染物排放 C₈ 和对原料的适应性 C₁₀ 具有相同的权重,通过组合,熵权法对层次分析法确定的权重进行了修正,修正后的结果与层次分析法确定的权重大致相同,并得到对原料的适应性 C₁₀ 具有比污染物排放 C₈ 稍重要的权重,使结果较单独采用层次分析法更科学。

3 多级模糊综合评价

针对石油加工方案评价指标的多层次性和模糊性,将采用多级模糊综合评价。模糊综合评价是用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体评价的方法,是以模糊数学为基础,应用模糊关系合成的原理,将一些边界不清、不易定量的因素量化,从而实现综合评价^[16-17]。

3.1 多级模糊综合评价的方法^[16-18]

多级模糊综合评价原理为,将多种因素按指标

分成若干类大因素,然后对每一类大因素进行初级的综合评价,在此基础上再对初级评价的结果进行高一级的综合评价。

3.2 隶属度的确定

对于定量评价因素关于优的隶属度计算方法,应满足以下2点要求:

(1)若全体方案中的某评价因素的最大最小特征向量相差不大,则各方案关于此评价因素从属于优的隶属度也应相差不大;

(2)对于越大越优型评价因素,则方案中特征量最小的评价因素,其相应从属于优的隶属度应为0,特征量最大的评价因素从属于优的隶属度应为1。对于越小越优型评价因素,则相反。

据此,本文采用如下能满足上述要求的隶属度计算公式^[19-21]:

若第j个方案的第i个指标的特征量为 x_{ij},用 r_{ij} 表示各方案定量指标的隶属度,则,

对于越大越优型指标:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{jmin}}{x_{jmax} - x_{jmin}} \quad 0 \leq r_{ij} \leq 1 \quad (2)$$

对于越小越优型指标:

$$r_{ij}^c = \frac{x_{jmax} - x_{ij}}{x_{jmax} - x_{jmin}} \quad 0 \leq r_{ij}^c \leq 1 \quad (3)$$

3.3 组合权二级模糊综合评价计算

计算基于组合权二级模糊综合评价如下。

(1)对于经济性能而言

对经济性能综合评价:

$$R''_{\omega 1} \cdot R_{B1} = [0.8213 \quad 0.1787 \quad 0.6167]$$

因此,对于经济性能指标而言,方案1优于方案3优于方案2。

(2)对于环境性能而言

对环境性能综合评价:

$$R_{\omega 2} \cdot R_{B2} = [0 \quad 1.000 \quad 0.5823]$$

因此,对于环境性能指标而言,方案2优于方案3优于方案1。

(3)对于技术性能而言

对技术性能综合评价:

$$R_{\omega 3} \cdot R_{B3} = [0.4640 \quad 0.5949 \quad 0.4697]$$

因此,对于技术性能而言,方案2优于方案3优于方案1。

(4)对于总目标而言

$$R_{\omega} \cdot R_B = [0.6377 \quad 0.3826 \quad 0.5634]$$

因此,对于总目标而言方案1优于方案3优于方案2。

4 结论

本文采用了层次分析法和信息论中的熵权法相结合的方法求出组合权重,将主观分析与客观分析结合起来,最大程度地降低了主观分析的随意性和提高客观分析的准确性。

通过多级模糊综合评价模型的评价,得出独山子炼油厂加工方案采用延迟焦化的方案最优,在技术方面,渣油加氢方案优于延迟焦化;在环境方面,渣油加氢也优于延迟焦化,在经济效益方面,延迟焦化优于渣油加氢。根据综合评价的结果,建议独山子炼油厂采用延迟焦化方案加工哈萨克斯坦含硫原油。

参考文献

- [1] 钱伯章. 中国石油大连石化分公司成为含硫原油加工基地[J]. 炼油技术与工程, 2008, 38(10): 54-56.
- [2] 钟镇鹏. 加工中东含硫原油及生产清洁燃料配套改造工程技术经济分析[J]. 石油炼制与化工, 2008, 39(06): 41-45.
- [3] 鞠林青. 沙特含硫原油重油清洁化加工方案的探讨[J]. 石油化工环境保护, 2005, 28(01): 4-7.
- [4] 陶宗乾, 尹恩杰. 含硫原油加工对策的探讨[J]. 石油炼制与化工, 1995, 26(11): 6-13.
- [5] 邵文, 赵兴武. 高硫原油生产清洁燃料组合工艺技术[J]. 炼油技术与工程, 2003, 33(10): 21-24.
- [6] 国际计划委员会建设部发布. 建设项目经济评价方法与参数[M]. 2版. 北京: 新华出版社, 1993: 3-7.

- [7] 李春年. 渣油加工工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2002: 646-647.
- [8] 廖家祺. 含硫原油加工流程的比较[J]. 石油加工设计, 2000, 30(8): 4-9.
- [9] 国家环境保护总局. HJ/T 125—2003 中华人民共和国环境保护行业标准: 清洁生产标准石油炼制业[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [10] 刘慧仙, 刘灵丽, 周颖, 等. 含硫渣油加氢与焦化加工路线的技术经济对比[J]. 石油炼制与化工, 2001, 32(6): 42-46.
- [11] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988: 105-200.
- [12] 赵焕臣. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 30-32.
- [13] 孙福街, 程林松, 李秀生. 层次分析法在油田开发综合评价与方案优选中的应用探讨[J]. 中国海上油气: 地质, 2002, 16(5): 328-332.
- [14] 宣家骥. 多目标决策[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1989: 293-298.
- [15] 张辉, 高德利. 熵权理想点法在油气钻井技术评价中的应用[J]. 天然气工业, 2004, 24(8): 59-61.
- [16] 肖位枢. 模糊数学基础及应用[M]. 北京: 航空工业出版社, 1992: 161.
- [17] 李希灿, 耿立新, 张春玲, 等. 多目标决策二级模糊优选模型[J]. 数学的实践与认识, 2005, 35(4): 27-33.
- [18] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 167-198.
- [19] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1994: 10-12.
- [20] 陈守煜, 陈晓冰. 化工方案选择的模糊优选方法[J]. 化工学报, 1990(2): 171-180.
- [21] 张小浩, 李秋实, 李学森, 等. 模糊数学在油田开发方案中的应用[J]. 西北地质, 2002, 35(1): 76-80. ■

艾默生的 Scenario[®] 仿真技术加快了韩国新建的 515-MW 坡州联合循环热电厂的启动过程

艾默生过程管理公司在 2009 年 11 月宣布获得了一份合同, 即在新建的 515-MW 坡州热电 (CHP) 厂安装其 Scenario[®] 仿真技术。此合同是与韩国地域暖房公社 (KDHC) 签订的。

坡州发电厂计划于 2010 年 11 月投入运营, 届时将为京畿道坡州城 (位于韩国首都首尔的西北部) 大约 57 000 座公寓提供区域供热和电力。操作员可在调试前使用 Scenario 技术验证发电厂的控制逻辑, 有助于保证启动过程顺利进行。区域供热在支持韩国国家能源行业的能源效率和环境质量目标方面发挥着越来越重要的作用。自 1985 年成立以来, KDHC 已利用此方法促进了能源节约, 减少了环境污染, 同时改善了韩国居民的生活条件。

艾默生提供的高保真仿真解决方案将使用与坡州 CHP 相同的控制逻辑, 因此可以提供极为实用的工程分析环境。坡州的仿真解决方案具有一个虚拟架构, 它以基于 Microsoft Windows 的 PC 中的虚拟控制器替代了实际的控制器。尽管占地面积比较小, 但虚拟控制器可以一对一地模拟组成电厂控制系统。在坡州 CHP 中, 4 个虚拟控制器运行了 7 439 个模拟 I/O 点。设备于 2010 年 6 月交付运营。

Scenario 技术不仅能仿真由艾默生 Ovation 控制系统控制的余热锅炉和其余辅机的运行, 而且能模拟 MHI 燃气和

蒸汽轮机控制以及 GE 电气控制和监测系统。根据 KDHC 发布的消息, 艾默生仿真解决方案与其他供应商解决方案的最大不同就在于, 艾默生能够集成和仿真采用其他 OEM 控制的主要设备。

“艾默生将不同供应商的控制系统集成的能力令人刮目”。韩国地域暖房公社的经理 B. S. Yoon 说, “我们期望能够通过艾默生的仿真技术在调试之前验证电厂的控制逻辑, 从而简化启动过程”。

艾默生在实际电力行业设计、工程和支持仿真项目方面拥有几十年的经验。全球领先的电力企业都依赖艾默生的 Scenario 设计仿真解决方案来提升其电站的安全性、可靠性和总体运营。利用间接逻辑、算法模型和综合第一原理模型, Scenario 可为每个电厂量身订做全套培训和工程模拟解决方案, 以满足特定运营挑战需求。

“在艾默生, 我们得到了仿真解决方案简化发电设备启动和调试过程的第一手材料”。艾默生公用事业部总裁 Bob Yeager 说。“但是优势并不仅限于此。许多客户将仿真解决方案推广到正在进行的操作员培训中, 还用于在将逻辑更改加载到实际控制系统之前对更改的逻辑进行测试, 从而确保机组运行过程中不会出现中断。希望在坡州发电厂投入运营后, 我们的虚拟 Scenario 仿真解决方案仍然是韩国地域暖房公社的宝贵资源”。(马)