

中国石化的炼化一体 MPIMS 模型

刘歌颂

(中国石化经济技术研究院,北京 100029)

摘要:对国外引进的生产计划优化软件 MPIMS 进行了简单介绍,叙述了基于这一软件之上的中国石化炼油化工一体 MPIMS 模型的框架结构、模型构建的关键技术和模型实现的功能及其特点,并介绍了模型应用的情况。

关键词:PIMS;MPIMS;炼化一体;模型;应用

中图分类号:TP27;TP39

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2004)S2-0023-03

MPIMS model for refinery-chemical integration in SINOPEC Corporation

LIU Ge-song

(Economics & Development Research Institute, SINOPEC, Beijing 100029, China)

Abstract: The softwares PIMS and MPIMS, which were introduced from abroad to optimize production plans, were depicted. The frame construction, the key technology in setting up model, the function, characteristics and application of the MPIMS model for refinery-chemical integration in SINOPEC Corporation, based on the above two mentioned softwares, were introduced.

Key words: process industry modeling system(PIMS); MPIMS; refinery-chemical integration; model; application

2001 年,中国石化股份公司从美国 AspenTech 公司引进了用于企业生产计划优化管理的 PIMS (process industry modeling system) 系列软件,并开发完成主要炼油厂生产计划的优化模型,应用于炼油生产的年度、季度计划工作中。为了进一步提升该项工作,该公司又采用用于多企业集成优化的 MPIMS (multi-plant PIMS) 软件,开发中国石化炼化一体 MPIMS 模型,用于开展炼油厂和化工厂之间的原料互供优化,并通过原料互供优化进一步指导炼油厂的原油优化配置和选择,为企业经营决策提供支撑。

1 MPIMS 简介

PIMS 软件是 AspenTech 公司 1984 年开始正式发行的主要用于流程工业生产计划优化的软件,最初被北美炼厂所接受,其核心技术是线性规划。MPIMS 是在 PIMS 软件基础上发展的多厂集成的 PIMS,与单厂 PIMS 基于相同的原理,是将多个单厂的 PIMS 模型通过集成,多个目标函数合并为一个目标函数,约束方程组的范围从一个厂扩大到多个厂,也就是将多个线性规划问题结合成一个线性规划问题的过程。MPIMS 能够将相同生产类型的单厂 PIMS 模型集成起来,也可以将不同生产类型的单厂 PIMS 模型集成起来。中国石化炼化一体 MPIMS 模型就是将不同生产类型的炼油 PIMS 模型和化工 PIMS 模型集成而成的 MPIMS 模型,它能够综合考虑

炼油与化工 2 个板块的约束条件,寻找炼油与化工的最佳结合点,最终达到总体目标函数最大的执行方案。即找到最佳的原油品种结构、化工轻油互供和外购比例,最佳的炼油、化工产品品种结构,最佳的装置生产方案等,并实现三者之间最科学合理的结构配合,从而取得最好的经济效益。

2 模型结构

炼化一体 MPIMS 模型是炼油 PIMS 模型与化工 PIMS 模型的集成模型,它综合了炼油与化工 2 种生产的特点,可在确保企业总体效益的前提下,兼顾炼油与化工 2 方面的效益,体现炼油与化工的整体效益最佳,其运行结构框架如图 1 所示。

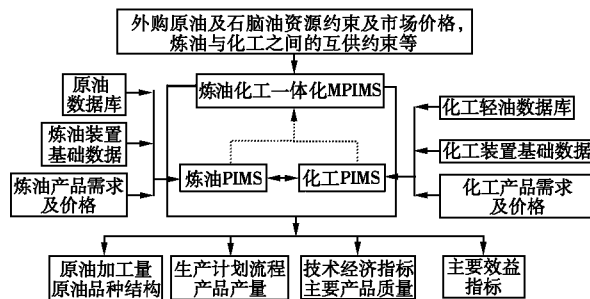


图 1 炼化一体 MPIMS 模型运行图

此模型的结构优点体现在 3 个方面:①该模型中包含炼油 PIMS 和化工 PIMS,两者可以单独运行,也可以联合运行,在单独运行时,可以反映炼油或化

工单厂效益的最大化情况,联合运行时能够体现炼油与化工整体效益的最大化;②模型包括生产的全部过程,从原油一直延伸到塑料、橡胶和化纤三大合成材料的产出,保证了优化范围的完整性;③各种财务指标的加入使模型计算效益与实际效益有较好的吻合。

3 模型特点

3.1 技术特点

MPIMS 模型中包括炼油与化工 2 个板块。在这 2 个板块中,炼油部分最关键的是优选原油品种,因为它是决定下游所有物流品种结构和走向的关键;化工部分最关键的是乙烯和芳烃装置的原料优化,因为它不仅决定着主要化工产品的产量,而且对炼油与化工之间的衔接起着承上启下的纽带作用,是炼油与化工结合的关键点。下面分别阐述该模型的技术特点。

对于原油,主要考虑了 3 个方面的因素:①原油品种与数据,在 PIMS 软件中,原油数据来源于 Chevron 公司原油数据库,并采用美国 HIS 公司的 H/CAMS 管理软件进行切割,作为炼油 PIMS 模型的基础数据,模型中原油的品种包括企业近几年加工过的以及有可能加工的国内陆上原油、海洋原油及进口原油;②蒸馏生产方案,每套蒸馏装置设计不同的加工方案供软件优选;③进料性质控制,对于不同的蒸馏装置,根据实际情况对原油进料的硫含量(或酸值等)进行限定。

对于乙烯装置按裂解炉型、原料性质和操作条件的不同考虑了 6 个方面的因素:①同一套乙烯装置按照不同炉型分别建模,按原料特点和不同操作条件选取不同的产品收率;②对直馏石脑油原料,按进料性质用 Delta-Base 结构描述产品收率随原料性质的变化关系;③应用混合整数功能实现裂解炉的负荷下限和开停工安排;④控制“三烯”收率和乙烯与丙烯产率比例;⑤石脑油的物性主要考虑硫含量、烷烃含量、10% 馏分点温度和 90% 馏分点温度等;⑥操作条件主要是按不同裂解深度,包括中度裂解、浅度裂解和深度裂解而确定的。

芳烃联合装置由多个生产单元组成,具有循环物料多、化学反应复杂、非线性程度高等特点。为了使模型尽可能贴近生产实际,考虑了 7 个方面的因素:①将联合装置按各生产单元分别建模,每一个生产单元针对其特点采用不同的处理方法;②在重整预处理装置中,采用汇流递归与性质计算 2 项技术,

对产出的重整油与预处理装置进料进行了物性传递;③对石脑油的性质(硫含量、馏分等)按装置进料要求进行控制;④对于重整装置,按进料性质用 Delta-Base 结构描述产品收率随原料性质的变化关系,进料物性主要考虑芳烃含量(N2A);⑤操作条件考虑 3 种不同苛刻度;⑥对生产过程中各中间物流的“三苯”含量进行组分追踪;⑦在歧化装置中对不同的 C₇ 与 C₉ 进料比例进行多方案优化。

除以上技术外,化工 PIMS 模型还考虑了化学反应理论值与实际生产的结合(如精对苯二甲酸装置)以及反应中间产物的外售(如乙二醇装置中环氧乙烷的外售)等。

3.2 功能特点

基于 MPIMS 软件构建起来的炼化一体 MPIMS 模型可以实现以下几个功能:①根据乙烯产量和成品油需求,可以优化企业的原油品种数量与结构,为企业原油的优化选择提供依据;②在资源确定的前提下,可以优化炼油与化工整体生产方案和产品结构,作为选择炼化一体化、企业效益最佳化生产模式的依据;③结合产品市场需求与价格情况,可以优化炼油与化工之间的原料互供和外购石脑油的数量;④可以计算原料与产品的盈亏平衡点,为单个原料和产品的价格定位提供依据;⑤可以灵活地对不同的生产流程进行评估,作为企业选择规划方案的评价工具。

4 模型的应用

以基于以上模型结构和某企业的生产流程所构建的炼油化工一体化 MPIMS 模型为例,从原油品种结构优化、中间物流互供优化、石脑油外购价格分析以及乙烯裂解炉开停工优化等几个方面对模型应用进行分析介绍。首先以该企业某年实际发生数据为依据,对原油品种数量、产品品种数量、炼油化工物料互供数量等进行约束,作为基础方案,然后再对不同优化方案进行对比分析,结果如下。

4.1 优化外购原油结构和炼化物料互供

在基础方案之上放开对进口原油品种和炼油化工之间原料互供的约束,考察在产品市场一定的前提下优化原油品种和炼油化工之间的物料互供给企业带来的效益。对模型进行设置和运算结果对比,见表 1。

从表 1 可见,优化方案与基础方案相比,平均硫含量下降 0.12 个百分点,中间基原油增加 22.15 万 t,同时石蜡基原油降低 22.15 万 t,原油结构的变

化使原油外购成本下降约 1.2 亿元。另外,炼油与化工之间物料互供优化、产品结构调整引起销售收入增加约 2.8 亿元,最终使整体效益增加约 4.1 亿元。

表 1 原油优化方案结果对比表

	基础方案	优化方案	差额
外购原油量/万 t	883.10	883.10	
国内原油	217.15	217.15	
进口原油平均 API	34.95	35.05	0.10
进口原油平均硫含量	1.11	1.23	0.12
进口石蜡基原油	608.10	585.99	-22.11
进口中间基原油	57.85	80.00	22.15
炼化互供物料			
炼厂供化工乙烯原料	291.27	297.39	6.12
化工供炼厂物料	45.09	52.26	7.16
效益/万元	149616	190354	40738
原料成本	1838597	1826524	-12073
产品销售收入	2724164	2751998	27834

4.2 优化炼油化工之间的物料互供情况

在基础方案之上放开炼油化工之间的物料互供数量的约束,考察在外部条件一定的情况下,优化炼油与化工之间的物料互供给企业带来的经济效益。对模型进行设置和运算结果对比,结果见表 2。

表 2 互供物料优化方案结果对比表

物料名称	基础方案	优化方案	差额
炼厂供化工乙烯原料量/万 t	284.62	290.95	6.33
直馏石脑油	141.06	138.01	-3.04
加氢裂化轻石脑油	0.12	0.33	0.21
焦化汽油	16.40	16.80	0.39
直馏柴油	57.92	69.91	11.99
加氢裂化尾油	66.03	57.51	-8.52
加氢裂化液化气	3.09	8.40	5.30
化工供炼厂物料量/万 t			
氢气	5.00	5.07	0.08
化工抽余油	0.21	6.05	5.84
化工裂解 C ₆		0.43	0.43
目标函数效益/万元	149616	165211	15595

从表 2 可以看出,炼油与化工之间互供物料的总量和结构实现了优化调整,使得综合效益增加约 1.56 亿元。

4.3 优化石脑油外购数量

设置不同方案,变换石脑油市场价格进行测算,考察乙烯原料的结构调整情况,并得出石脑油盈亏

平衡点价格和不同价格时的最佳外购数量。

对模型设置了 6 个方案,运算结果见表 3。

表 3 石脑油优化子方案结果对比表

方案	石脑油外购价格/元·t ⁻¹	石脑油数量/万 t ⁻¹
1	2510	0
2	2490	30.62
3	2440	58.28
4	2410	68.28
5	1930	72.72
6	0	72.72

从表 3 可以看出,外购石脑油的数量随外购价格的下降而增加,从而得到在不同石脑油外购价格时的最佳外购数量;而且石脑油外购价格在 2 510 元/t 时开始外购石脑油,所以外购石脑油的盈亏平衡点价格为 2 510 元/t。

4.4 优化裂解炉开停工安排

所采用的模型中乙烯装置共有 3 种型号的裂解炉,分别为 SRT-III 型炉、SRT-IV 型炉和 GK-VI 型炉。对该模型设置不同方案,变换乙烯外售价格进行优化计算,其乙烯生产量与外购量变化如图 2 所示。

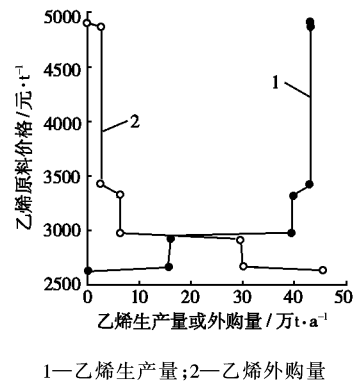


图 2 乙烯生产量和外购量随市场价格变化图

从图 2 可以看出,随着外购乙烯价格的下降,乙烯生产量不断降低,乙烯外购量不断上升。在乙烯生产量曲线上,乙烯价格在 3 415 ~ 4 902 元/t 时,乙烯装置满负荷生产;乙烯价格在 3 320 ~ 3 419 元/t 时,SRT-IV 型炉开始低负荷生产直到停工;乙烯价格在 2 924 ~ 2 967 元/t 时,GK-VI 型炉开始低负荷生产直到停工;乙烯价格在 2 666 ~ 2 623 元/t 时,SRT-III 型炉开始低负荷生产直到停工。所以裂解炉生产效益的顺序为:SRT-III 型炉 > GK-VI 型炉 > SRT-IV 型炉。■