

# 炼油企业 MES 系统的探索与实践

包浴平

(中国石化金陵分公司, 江苏 南京 210033)

**摘要:**介绍了中国石化金陵分公司开发生产执行系统(MES)的背景和目标,提出了实现物料日平衡思路及实现该目标所采用的技术方案,实现了物料平衡日计算、罐组分跟踪、ERP 数据接口等功能,满足了炼油企业生产管理精细化、科学化的要求,与 ERP 系统实现了集成,为 ERP 系统各模块提供了可靠的数据支持。

**关键词:**生产执行系统(MES);ERP;炼油;物料平衡;实时数据库

**中图分类号:**TE6

**文献标识码:**A

**文章编号:**0253-4320(2004)S2-0065-03

## Research and application of MES in refineries

BAO Yu-ping

(SINOPEC Jinling Company, Nanjing 210033, China)

**Abstract:** The background and the targets of MES in SINOPEC Jinling Company were introduced, the idea and the solutions of production balance were proposed, which has many functions such as daily computing of production balance, tracing of the content of the products in tanks, ERP interface, etc. The MES meets the needs of improving the production management accurately and scientifically in the refinery, which integrates with ERP system and forms a solid data foundation for the modules of ERP system.

**Key words:** MES; ERP; oil refining; production balance; real-time database

中国石化金陵分公司于 2004 年 4 月实施企业资源计划(ERP)系统,该系统选用德国 SAP 系统。在实施过程中,需要将炼油企业生产计划及连续加工过程中原料油、半成品、成品等物流的信息及时纳入 ERP 流程管理,中国石化决定在金陵分公司进行 ERP 生产计划(PP)模块试点,同时建立以实时数据库为基础的生产执行系统(MES)作为 ERP PP 模块的基础支撑系统,对炼油企业生产经营中原油、半成品和成品等物流数据进行管理。经过半年多的攻关,金陵分公司 MES 开发工作基本完成,大部分模块于 2004 年 4 月上线运行,在炼油企业的物料及消耗日平衡、调度指令的规范、油品移动关系的建立等方面进行了探索与实践。目前该系统正在逐步完善,为炼油企业生产的精细化管理、科学化决策及 ERP 系统各模块提供支撑。

### 1 现状与目标

该公司开发 MES 前的状况为:物料平衡分为二级平衡,以液体产品为主进行初平衡,然后由生产计划处进行分公司级的所有产品和能耗的总平衡,公司级的投入产出物料和公用工程消耗基本是月底平衡一次,包括所有的液体产品、固体产品、气体产品

及损耗,以此为基础的成品收发存表及半成品收发存表作为当月成本核算的依据;调度指令的发布基本以电话为主;基层统计资料基本以手工统计为主,数出多处、数据不一致的现象经常发生,查找错误费时费力,不能及时反映生产管理中的问题并加以解决。

由于炼油行业的特殊性,生产过程的物料储存、混合、分解等使得跟踪物料不像离散制造那样直接,所以组分追踪比离散制造更困难。生产制造过程是多投入、多产出的,由于受油品移动和计量手段的限制,与离散工业产品可以计件不同,精确地确定产品量是不可能的,同样以手工方式进行物料日平衡是不可能实现的,只能将每月底平衡的结果导入 ERP 系统。ERP 系统不能将生产过程中的物流及时地反映出来,不能满足金陵分公司的管理需求,因此必须建立一个 MES,改进现有的计算机集成制造系统(CIMS),及时为 ERP PP 提供旬或日平衡投入产出数据,满足分公司及时反映生产经营状况的要求。

MES 应能反映所有装置中油罐的实时信息,包括油品组分、质量、平衡量、实际量、油品移动等,在完善分公司 Uniformance 实时数据库系统的基础上,集成 LIMS 质量系统及对部分信息采用人工录入,建立物料日平衡模型,每日对物料及消耗进行平衡,及



性质、物料温度等因素的加权分摊模型,校正进出储罐的装置(或进出厂)物料数据。

(3)建立整罐区物料平衡模型。以单储罐收发存平衡数据为基础,以物料移动操作记录为纽带,实现整罐区分品种、分储罐的包括储存损耗在内的收发存平衡,在整罐区平衡的条件下,对单储罐平衡数据进行必要的调理。

### 2.3.2 装置平衡模型与数据校正

(1)建立单一装置的投入/产出物料平衡模型。以罐区平衡数据为基础,并综合装置非罐区采集的物料数据,合理评估加工损耗、低压气体产率、固体产品产率等,校正装置表量数据,实现各个装置的物料日平衡。

(2)建立全厂装置间的物料平衡模型。根据装置间工艺流程,建立装置间互供物料的平衡关系。结合罐区平衡,实现全厂物料的进厂、加工、移动、储存、交库、自用消耗、销售出厂的物料移动日平衡。

(3)建立水电气风燃日平衡模型。计量实时数据库采集各装置的相关能耗数据,改进在用的动力日平衡模型,实现对各生产环节的燃动力消耗日统计。

## 2.4 物料组成属性及组分跟踪方案

(1)原料油组成。以物理罐为单位,计算该罐原料油的组成(原油及原料油品种掺和比例),当该罐收料完成或到达平衡时间点时,以数量加权平均算法计算组成变化。主组分比例超过某一值(如90%)时,将其他组分归并到主组分中,当成分小于某一值(如2%)时,将其归并到主组分中。具体比例由专业人员根据物料重要性分别确定。

(2)侧线油组成。原则上,侧线油组成继承原油油的组成,当装置同时加工多种原料油时,以原料油组成计算规则计算所有原料的混合组成,并传递给侧线油。主原料比例超过某一值(如90%)时,将其他原料归并到主原料中。

(3)组分油组成。以物料罐为单位,评估该组分油的组成(侧线油混合比及相应的原油品种混合比),当收料完成或到达平衡时间点时,以数量加权平均算法计算组成变化。其组成第一级以进罐侧线油为基本成分,第二级以侧线油的原料油成分为基本成分。

## 3 实施效果及特点

金陵分公司MES已完成数据采集、数据校正、油品移动、储运系统统计、能耗平衡、物料平衡、销售结算、ERP数据接口等10多个模块的开发和实施,

结合实时数据和人工数据录入,基本覆盖物料平衡所需的数据源,每班组进行推量计算和数据校正,完成物料日平衡计算,基本实现组分跟踪及成品组分平衡,见图2。

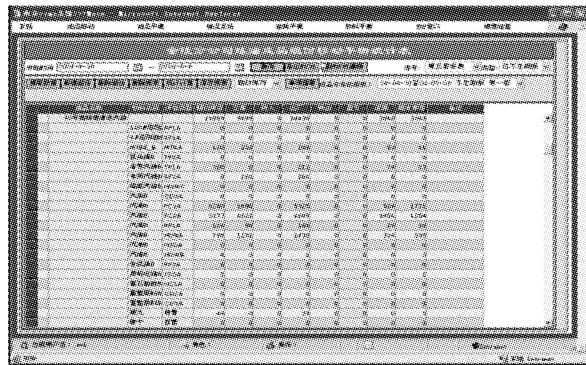


图2 金陵分公司成品组分平衡图

金陵分公司MES特点如下:

(1)信息覆盖面全。信息采集覆盖了该公司所有进厂原料、出厂产品及罐区,如果覆盖不完整,则平衡出来的投入产出量就不准确,失去平衡的意义。

(2)信息采集时间点的重要性。如果平衡以月为单位,采集数据的时间点相差1~2h对平衡结果影响不是太大,但要实现日平衡,一定要考虑进料时间、出厂移动时间对平衡结果的影响。采用实时数据库数据为主,根据人工检尺时间推算某一时间点的实时数据作为统计区间内的数据。

(3)系统集成性好,实现了数据标准化。ERP系统与MES同时实施,使2个系统的数据标准化成为可能。在2个系统中,物料编码与名称、装置编码等完全一致。

(4)多平台、多应用集成。该平台采用Microsoft .NET平台开发,基于C/S和B/S的方式设计,集成了实时数据平台、关系数据平台,设计了ERP数据与MES接口及MES数据导入ERP系统的双向接口,同时为金陵分公司全面预算与管理决策系统提供数据,实现了多应用的集成。

## 4 结语

金陵分公司开发并实施了MES,规范了生产过程中物流、信息流的管理流程,改变了传统调度指令下达的工作方式,强调操作过程中时间记录的重要性,充分利用实时数据库,减少了手工录入的劳动强度和可能出现的误差,实现了油品库存的网络化管理,在同一平台上实现了二级物料平衡和公司级物

(下转第69页)

设:

- (1) 每种产品都以同样的顺序经过所有设备;
- (2) 储罐的容量是无限的, 储存费用依赖于中间产品和最终产品的数量;
- (3) 每个生产周期内每种产品只生产一次;
- (4) 每台设备都是连续操作, 且设备的生产速率可以在一定的范围内变化。

这一调度过程的数学模型描述如下:

$$\begin{aligned} \max \text{ Pro} &= \sum_i (p_i w_{im} - C_{fi} \cdot F_i - \sum_m Cl_{im} - \sum_j Ctr_{ij}) \\ \text{s.t. } W_{im} &= G_{im} TP_{im} R_{im}, i = 1, 2, \dots, N, m = 1, 2, \dots, M \\ R_{im} &= a_i \text{EXP}(-b_i TP_{im}) \\ W_{im} &\geq d_i T_k \\ H &= \sum_k T_k \\ \sum_m \frac{w_{im}}{H} &= d_i \\ T_k &\geq 0, W_{im} \geq 0, H > 0 \end{aligned}$$

其中  $p_i$  是产品  $i$  单位质量的生产成本,  $d_i$  是其需求速率,  $W_{im}$  是在一个生产周期内产品  $i$  在设备  $m$  上的产量,  $R_{im}$  为产品  $i$  在设备  $m$  上的生产速率,  $TP_{im}$  为产品  $i$  在设备  $m$  上的生产时间,  $C_{fi}$  为生产产品  $i$  的原料的单位成本,  $F_i$  为原料的流率,  $Cl_{im}$  为清洗费用,  $Ctr_{ij}$  为转移费用,  $a_i$  和  $b_i$  为系数。

## 2 改进的遗传算法

运用遗传算法求解组合优化问题的难点在于编码问题。传统二进制串编码对很多工程问题难以直接描述, 且在问题规模较大时所占用的资源大和计算时间长。近年来, 随着研究的不断深入, 出现了实数编码和整数编码, 可以解决某些约束优化和组合优化问题。笔者采用了混合编码的方法来表达自己的解, 即将序列变量与实数变量同时编码, 如下所示:

$$\{(p_1, p_2, \dots, p_N), (t_1, t_2, \dots, t_N)\}$$

(上接第 67 页)

料平衡, 使公司领导层、生产管理層和生产操作层共享同一数据, 使生产指挥和决策更加快捷、准确, 弥补了 ERP 系统在炼油企业实施中不能实时反映生产过程中物流信息的不足, 成为炼油企业生产管理不可缺少的组成部分。

目前金陵分公司原油供应和产品销售基本由中国石化总部统一部署和计划, 如何降低生产环节的成本是企业实现利润最大化的一个重要任务, 金陵

其中  $(p_1, p_2, \dots, p_N)$  为产品生产顺序的自然表达, 它代表了所有产品的生产序列;  $(t_1, t_2, \dots, t_N)$  为给定的生产序列各产品的生产时间。采用这种编码方法, 在进化过程中其遗传算子(交叉、变异)对 2 种编码应采用不同的方法进行, 以保证种群的合法化。笔者对序列变量采用部分映射交叉 (Partially Matched Crossover Operator, PMX) 和反转变异; 对十进制变量采用算术交叉和非均匀变异。现将交叉和变异的方法简要介绍。

### (1) PMX 交叉。

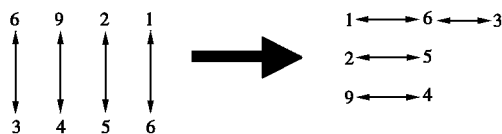
#### ① 随机选择子串

父代 1: 1 2 3 4 5 6 7 8 9  
 父代 2: 5 4 6 9 2 1 7 8 3

#### ② 交换双亲中的子串

原始父代 1: 1 2 6 9 2 1 7 8 9  
 原始父代 2: 5 4 3 4 5 6 7 8 3

#### ③ 确定映射关系



#### ④ 用映射关系将后代合法化

父代 1: 3 5 6 9 2 1 7 8 4  
 父代 2: 2 9 3 4 5 6 7 8 1

(2) 算术交叉。对任意的 2 个个体(父代)交叉后的个体(子代)为:

$$\begin{aligned} V'_1 &= V_1 + (1 - \lambda) V_2 \\ V'_2 &= V_2 + (1 - \lambda) V_1 \end{aligned}$$

(3) 反转变异。在选择变异的染色体中随机的选取 2 点, 然后将 2 点之间的基因反转, 得到新个体, 即:

1 2 3 4 5 6 7 8 9  $\rightarrow$  1 2 6 5 4 3 7 8 9

分公司 MES 为生产经营管理提供了一个重要工具, 为企业 ERP 系统提供了坚实的数据基础, 将生产操作层、生产管理層和经营管理層 3 个层面的信息集成在一起, 形成企业生产管理平台, 为炼油企业精细化生产管理提供了支持。

### 参考文献

[1] 张志樾, 等. 实时数据库原理及应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 2001. 99 - 142. ■