

# 石化企业信息技术的应用与对策

王立行, 袁晴棠

(中国石化集团公司, 北京 100029)

**[摘要]** 介绍了国外石化企业信息技术应用概况, 着重介绍了先进控制及优化技术的主要功能和技术要点, 针对国内石化企业的差距提出了发展对策。

**[关键词]** 石化企业; 信息技术; 应用; 对策

国外石化企业正在越来越深入广泛地应用信息技术解决生产过程中的实际问题, 一批成熟的软硬件的工程应用已经使企业取得巨大的经济效益, 成为企业技术进步中一项投入少、回收快、挖潜增效的重要措施。总的发展方向是生产过程进一步趋向集中控制, 生产过程控制与经营管理信息集成—管控一体化, 工厂管理向着“扁平化”模式变化; 提高生产过程先进控制、优化及故障处理水平, 直接从生产过程中获取效益, 生产适销对路的产品满足市场需求; 利用在线仿真模型实时指导生产过程, 优化全厂设备资产和原料资源, 建立企业资源计划(ERP)系统, 成本跟踪, 提高生产经营效益; 面对多变的原料及产品市场, 应用供应链技术将原料—生产—销售全过程整体优化, 积极开展电子商务, 增强企业的竞争能力。

## 1 利用信息技术改进工厂管理模式<sup>[1]</sup>

信息技术已经全面渗透到石化企业的各个领域, 在应用单项技术取得效益的基础上进一步从全厂整体应用中获得更大经济效益。为此, 一些石化企业和软件公司推出了“企业整体信息技术集成应用”的发展战略, 其功能结构如图1所示。

### 1.1 硬件系统的发展

#### 1.1.1 全厂(区域)集中控制

近年来, 国外石化公司的新建工厂或已有工厂改造一般都采用全厂集中或区域集中控制模式, 控制室成为多个装置或全厂的控制中心。在集中控制的区域内采用同一型号的DCS。DCS标准化具有显著优点: 易于相互网络联通、信息共享、为实施先进控制和优化控制技术创造条件, 节省共用设施、减少备品配件以降低成本, 便于操作者交流和日常维护等。全部操作可在远离装置几百米甚至几公里外的集中控制室内进行, 画面和参数可在生产装置现场终端上显示, 供外勤操作人员监控使用。在集中控制基础上建立的新型工厂管理模式具有两个特点: 第一, 削减了生产调度、计划、统计等中间管理机构, “扁平化”管理, 在集中控制室内形成生产操作、技术指导以至生产指挥等紧密配合的工作层, 尤为突出的是能够及时、准确、连贯地处理非正常生产状态, 大大地减少生产波动造成的损失, 避免事故的发生; 第二, 每个工作人员掌握的信息多了, 操作员从岗位操作变为系统甚至全装置操作, 生产工艺技术人员可随时利用仿真模型优化生产过程, 协调生产, 实现“桌面加工虚拟生产”, 生产管理水乎得到很大的提高。

中央控制室的设计采用人体工学的新概念, 声、光、色调、设备、空间布置、空气调节、显示屏幕、通讯、抗爆、防雷、抗电磁干扰、火灾监测报警和

区域优化及 生产计划与 调度	经营计划 (ERP) (供应链)	数据库 数据模型 控制平台 信息管理平台
	生产计划	
	作业调度	
在线优化控制 (OPT)		
先进过程控制 (APC)		
常规控制 (PID、复杂控制)		
工艺装置和界区外设施		

图1 石化企业信息集成系统功能框架

Fig.1 Petroleum enterprise IT system function frame

消防设施等全面适应人体和生产要求，营造安全、舒适、高效率的环境，目的是发挥操作人员潜力，从而获得效益。

### 1.1.2 计算机系统的进展

如果将 DCS 看作信息技术对生产控制进行的第一次变革，那么，现在正在进行的形成全厂管理、控制功能一体化集成计算机系统便是信息技术对生产控制的第二次变革。其关键技术，一是现场总线技术，将原来属于 DCS 内重要内容的 PID（比例-积分-微分）控制功能，从 DCS 中分离出来又“分散”回到生产现场的各个智能仪表中去，再由现场数据通讯总线与控制室联系。“现场总线”主要由智能变送（控制）器、控制阀和网络组成，优点是节省成本，便于现场安装，提高整个控制系统的可靠性等。公用通讯协议标准的正式公布为现场总线的工业化应用和推广扫清了障碍。二是管理、控制一体化计算机系统，传统的 DCS 将向先进控制、优化控制、生产信息处理、排产、生产调度以及管理等功能延伸，构成全厂信息集成系统的硬件系统，其特点为：增强内部处理器的能力；采用开放式操作系统软件环境；生产实时数据库和管理数据库“无缝”联结等。

## 1.2 全厂信息集成应用系统

### 1.2.1 集成应用系统的实施

全厂信息应用集成系统的实施是一项复杂的系

统工程，需要精心设计总体方案，分步实施。已有大批先进的技术和工具可供使用，但绝没有单一的总体解决办法能满足各企业的全部要求。必须要在企业领导强有力的组织和推动下，根据各自生产经营的特点和需求，将技术、业务和管理人员有机地结合起来，按照科学的开发程序进行实施。其步骤为：描述和评价企业的业务过程，梳理和分析工作流程，找出关键的业务主线，重新整理和设计主要工作流程；确定工作目标和范围，采用成熟的技术和产品实现最迫切的目标；总体规划下制定分步实施计划，完成每一个阶段工作后不断动态修正原有的规划，始终贯彻效益第一的原则，优先实施见效快、影响大的项目；审查全系统的运行结果，根据规划设计的功能检查实际运行结果，所发现的问题和企业进一步的需求是制定下一个规划的依据。

数据库设计是非常重要的环节，设计数据库之前要生成数据模型，数据模型是处理各个业务实体间联系方式的工具，描述数据内容、数据项间的联系等。此项工作要由懂得生产、管理和信息技术的专家小组联合进行。数据仓库技术可解决数据库应用中数据缺乏有机组织、效率低、难于处理复杂事物等缺点，对数据库内的数据进行二次加工，有机地组合成相关数据，存储面向某些主题的组合信息，用户可以方便、快速地用其处理复杂事物。生产过程实时数据库存储生产操作参数的历史数据（通常以秒为单位）<sup>[2]</sup>，除为生产过程控制器提供必要的参数外，可为生产过程管理提供物料平衡、成本跟踪等重要功能，是优化生产和生产调度的基础。

### 1.2.2 经营管理

企业的经营管理包括原料供应、生产调度、计划排产、经营销售、财务等，利用原料性质数据库、全厂模型和优化等技术决定生产方案、产品分布、效益计算，帮助企业产品及时占领市场。如果再将企业以外的原料供应、产品市场动态信息包括在内进行优化，这就是目前国外企业热衷发展的供应链技术。专家预测今后十年此领域中将会有一系列突破性的技术进展，可进一步提高经营生产管理水平，挖掘出更多的潜在效益。

## 2 先进控制 (APC) 和在线优化 (OPT) 技术<sup>[3]</sup>

### 1.3 先进控制技术

在全厂信息技术应用系统中先进控制技术应用

的位置如图 2 所示。

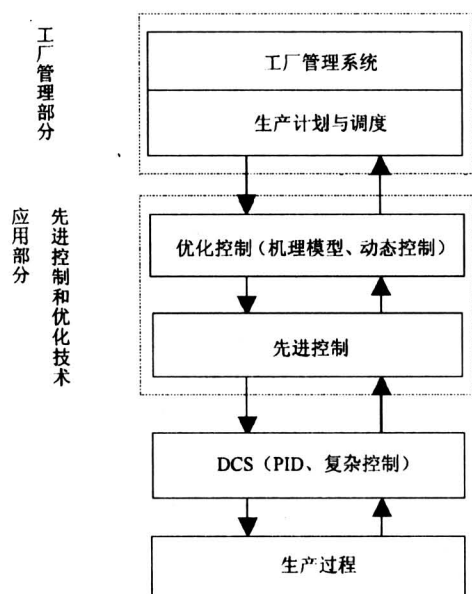


图 2 生产过程信息应用系统结构

Fig.2 Production process IT system frame

先进控制技术在企业最基层（生产装置）中应用的目的是：提高生产过程操作平稳性；提高产品质量及优化产品分布，卡边操作提高产品收率；节能降耗；满负荷运行提高已有设备处理能力；延长开工周期增加资产利用率；安全生产避免事故，以期在更高水平上实现“安、稳、长、满、优”操作运行。

### 2.1.1.1 复杂控制

复杂控制是介于常规控制和先进控制之间的控制，列举以下几种为例。

**鲁棒性 PID 控制。**传统的 PID 单（串级）回路控制难以适应生产方案、原料性质及处理量大幅度频繁变动，限制了生产过程的控制水平的提高。用户对提高传统控制技术的抗干扰能力和适应能力有迫切的要求。鲁棒 PID 是根据生产过程中可能出现的各种最大变化情况，最小化调节过程累积方差的技术，可提高控制器的适应性，尤其是对一些具有严重非线性特征的化工对象的控制更为有效，显示出适应对象模型参数变化大和抗干扰能力强的优点。不仅可直接提高闭环控制率，而且为实施更高一级先进控制创造了条件。

**非线性液位控制。**利用允许被控制液位可以在一个区域内波动，保留一部分自由度以及对已知对

象模型预估变化趋势的特性，尽可能减少上下游输入/输出流量的波动，降低对相关对象的干扰，保持整个系统稳定。

**加热炉支路平衡控制。**利用分配加热炉多个支路进料流量来实现各支路出口温度一致，避免加热炉内支路管线局部过热现象，延长加热炉开工周期。

### 2.1.2 多变量预估控制

绝大部分石油化工生产单元，如塔、炉、反应器等内部参数都具有强耦合特性，以前受控制系统软硬件技术水平所限无法对整体对象进行控制，只能“化整为零”将对象分割成若干热工参数单回路控制系统，造成控制过程中参数之间干扰，严重降低整个单元的控制平稳性，更难以对产品的质量指标进行控制，无法在约束条件下实现质量卡边操作，经济效益损失很大。多变量控制技术可将被控对象作为一个整体来处理，如图 3 所示。根据对控制功能目标的要求，选择对象的被控制变量（可测量的热工参数或计算出的质量参数）、操作变量、干扰变量。通过现场测试等手段建立起反映这些参数之间关系的动态数学模型，据此建立集中控制器，使单元整体稳定在期望值上。鲁棒技术用于多变量控制中可提高控制器的适应能力；预估技术用于多变量控制后降低了对数学模型精度的要求，使多变量控制器的应用性得到提高。以鲁棒多变量预估控制为典型代表的先进控制技术于 80 年代开始用于炼油和石化工业生产过程，90 年代加速发展，已经形成大面积推广普及的局面。

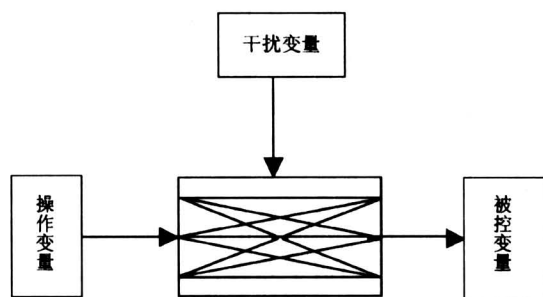


图 3 多变量控制对象

Fig.3 Multivariable controlled object

使用经验证明，此项技术能减少 50% 左右的生产操作参数波动均方差，大大提高了生产过程的平稳性，导致石化生产过程控制策略发生了重大变化。任何生产装置中都存在着硬、软约束，硬约束是指装置的设备能力、安全极限，任何操作都不允许逾

越这些边界；软约束是指生产操作的合理范围，如质量指标范围、操作规范等，一旦操作工况超过软约束应立即调整回来。生产过程中各类约束的最小值即为“瓶颈”，靠近这些“瓶颈”操作即可挖潜增效，平稳操作可以驱动工况更加接近这些约束条件运行，这是先进控制技术能够获得效益的主要原因。

### 2.1.3 先进控制中的工艺计算

工艺计算是先进控制技术的重要组成部分，工艺计算主要包括两方面内容：一是设备能力计算，设备能力是优化的约束条件，现在已经有相当多的较为成熟的工艺计算软件包可供使用；二是产品质量等不可测量参数的计算，计算出的参数将直接作为被控制变量参加整体控制，这部分是工艺计算中最重要的内容，例如炼油加工过程的产品馏程、倾点、蒸汽压，生焦量等，石化生产过程中的产品组成、纯度、含量，转化率等。利用在线质量分析仪或化验室分析结果对计算值在线校正往往可以弥补由于实际生产参数测量准确度差、模型精度低、动态干扰等因素造成的影响。

## 2.2 优化技术

可划分为两个层次的优化控制：一是在多变量预估控制器中以效益为目标的优化控制；二是在先进控制层之上的以稳态严格工艺机理模型为基础的优化控制，其计算结果优化值送至下一层先进控制器作为控制目标的期望值或约束边界值。优化控制的两个层次如图 4 所示。

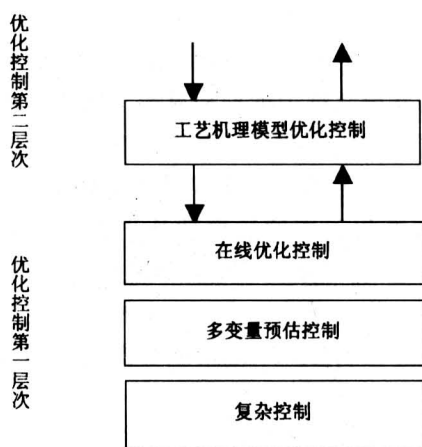


图 4 优化控制的两个层次

Fig.4 Tow levels of optimizing control

### 2.2.1 第一层次优化 —— 在线经济目标优化控制

多变量预估控制中被控变量、操作变量在规定

的上下限范围内工作，具有一定的自由度，调整这些变量的活动空间可以达到最佳的经济目标。多变量预估控制中有时要求被控变量、操作变量接近一些期望值，调整这些变量的活动空间可以调整工况逼近这些期望值的程度，其手段是在目标函数中对它们进行不同程度的加权运作，如经济指标、价格因素等可以体现为加权系数。这类优化技术简便易行，可与多变量控制有机地结合构成一个整体控制策略，已被用户接受并广泛采用，取得了很好的效果。

### 2.2.2 稳态工艺模型优化

在先进控制层之上建立一个严格的稳态工艺机理模型，根据目标函数要求进行优化计算，计算出的优化值下传到多变量控制器中作为被控、操作变量的上下限约束值和期望值。建立一个高精度的工艺模型是非常困难的，通常靠在线信息反馈校正模型中“装置因素”来提高模型的应用精度。数据在进入模型参加运算前首先要进行物料平衡、热平衡等数据整合处理。优化控制的调节周期通常以日计算。

稳态模型优化控制是基于工况平稳前提下的优化，所以往往在生产装置实现先进控制后才有现实意义。由于其技术复杂、成本高，国外在一些极为重要的装置上进行试点和应用。

## 2.3 先进控制及优化技术典型应用

实用型的先进控制及优化控制系统结构如图 5 所示。

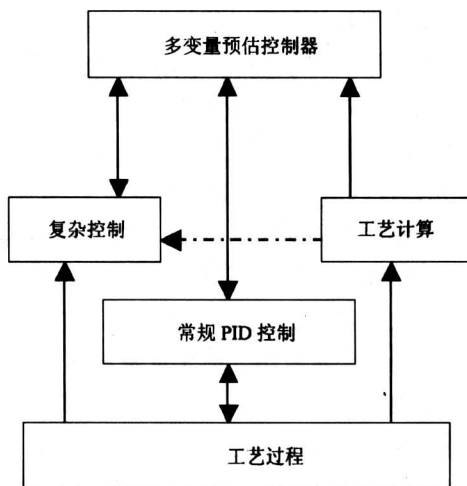


图 5 先进控制系统

Fig.5 Advanced control system

下面以炼油装置催化裂化和化工装置聚丙烯为例介绍先进控制技术的典型应用。

### 2.3.1 催化裂化装置

先进控制系统可以分别在反再、分馏和吸收稳定系统上实施。在应用多变量预估控制平稳工况的基础上,再生部分控制烧焦程度提高加工能力,反应部分控制转化率预定产品分布,分馏塔控制切割点保证产品质量和最大收率,降低生产成本。其技术特点是应用多变量控制器对反应器、再生器、分馏塔等进行整体控制,利用工艺计算包对转化率、产品分布、产品质量等不可测量参数进行计算并投入闭环控制。

国外典型催化裂化装置应用先进控制技术后按加工量计,增效1.0美元/t,投入回收期小于1年。

### 2.3.2 聚丙烯装置

先进控制技术可以在釜式和环管式聚丙烯工艺过程中应用。聚丙烯装置的工艺特点是:操作变量和被控变量之间存在着严重的非线性关系;产品质量对操作条件非常敏感,即对操作平稳性要求特别严格;装置中各个变量之间存在着紧密的耦合关系,相互影响;直接测量产品的熔融指数、等规度、组成、浓度等参数非常困难;生产流程长、牌号切换频繁等。因此,在日常操作时保持操作平稳、产品质量稳定、长周期运行、缩短牌号切换过程均有一定的难度,而先进控制技术恰好可以有效地解决这些问题。利用工艺计算包计算出有关不可测参数和产品质量指标直接用于控制,利用多输入、单输出控制技术或多变量控制器进行控制。

国外典型聚丙烯装置应用先进控制技术后,可以增加处理量3%以上,减少超指标产品10%以上,缩短切换过渡时间50%以上,生产每吨产品增加效益10美元,投入回收期小于1年。

中石化集团公司近几年与国内外力量合作,在炼油化工生产装置上共同实施7类23个具有世界先进水平的先进控制和优化试点项目,其中包括炼油部分的催化裂化、常减压、催化重整和加氢裂化等,化工部分的聚丙烯、聚乙烯和乙烯等项目。每个成功的项目都取得了年增效益600~1000万元的好成绩,投资回收期小于1年,同时培养了一大批技术骨干。应用先进控制技术后,常减压装置轻油拔出率提高1%,催化裂化装置平稳操作、卡边生产,增加了汽、柴油收率;聚丙烯装置操作平稳,卡边控制,产率提高12%,牌号切换时间缩短1/3。石

化集团公司正在积极地组织内部技术力量在35套常减压、催化裂化、聚丙烯工艺装置中推广应用先进控制技术,现已有一批项目开始投入运行,全部推广项目完成后可年增效益2亿元。

## 2.4 生产过程控制技术发展趋势

迅猛发展的信息技术促进企业从三个方面向更深、更宽的领域挖掘效益:从在单个装置中应用先进控制、优化控制来增加效益,发展到在多个装置区域优化和全厂范围优化来挖掘效益;从优化控制来挖掘效益,发展到优化工厂资产运行创造效益;从由生产过程获得效益,发展到从全厂生产经营整体上获取效益。

## 3 发展对策<sup>[4]</sup>

### 3.1 提高对生产过程控制水平重要性的认识

国内石化企业对提高生产过程控制水平的重要性普遍认识不足,绝大多数DCS的作用只是取代常规仪表的单回路PID控制,大量潜在的经济效益尚未挖掘出来。石化企业的领导和技术主管部门对此项技术内容还不够熟悉,专业技术队伍也比较薄弱。

企业应进一步加大对该项工作的推动力度,宣传教育、统一思想、提高认识,及时了解国外技术发展动向,加强组织协调工作。通过技术交流、专业培训等活动,普及有关技术,并制定具体措施,积极推动此项工作。

### 3.2 重视全厂信息系统的总体规划

国内许多企业由于缺少总体方案,系统建设和选购产品比较混乱,应用软件的开发处于大量低水平重复的状况,难于维护和更新,资金投入后实效不够显著。生产管理信息系统还没有发挥出在全厂物料平衡、热平衡、成本跟踪等方面的重要功能。对DCS标准化工作的重要性认识不足,企业内部DCS型号混乱,造成了备品、配件积压,资金浪费,操作不便,信息通讯困难。对实施先进控制,优化技术,全厂控制管理系统集成等都带来相当大的难度。

在加快企业技术进步和产业升级时应重视信息技术的应用工作,做好企业应用信息技术的规划,内容应包括计算机软、硬件系统,先进控制和优化、安全生产管理,全厂管控一体化系统集成及应用,明确目标、功能、内容、措施和有关“规范”、“标准”等。坚持“试点—推广”的策略,选择国内外成熟的技术,集中人财物力搞好试点,起到示范作

用,积累经验,培养骨干,制订有力措施,有计划地逐步拓宽推广面,尽快取得最大的经济效益。

### 3.3 组织专业技术队伍是推动石化企业应用信息技术的关键

当前在石化企业信息技术的软件开发方面,科研成果大大多于商品化产品,产业化措施不力,缺少一批面向石化行业的产业化队伍(如软件公司),缺少必要的促进成果转换的体制和机制,一些优秀人才的作用尚未充分发挥,人才流失严重。

信息技术的实施一方面要有一批技术专家始终致力于研究改进工具包的性能,提高工具的适用范围和水平;另一方面要有一批工程技术人员针对具体项目,根据生产装置的特点,应用成熟的工具包开发工程技术,满足用户的需求,要根据石化信息技术应用的特点尽快培养一批既懂生产工艺,又懂计算机、控制技术的专业队伍,在发展中不断地积累经验。企业中的专业技术骨干一方面要协助专业队伍进行开发,另一方面能够独立进行日常维护工作。

### 3.4 广泛开展技术合作,实现优势互补

信息技术的应用涉及很多技术领域,仅靠单个企业内部力量难以提供技术支撑,为此,在充分发挥企业内部力量的基础上本着互相信任,取长补短和双赢的原则,重视与外部力量的合作,甚至发展长期策略性联盟关系,以期达到比一般市场交易更明显的效果,广泛开展技术合作是加快石化企业信息技术应用的重要措施。

#### 参考文献

- [1] Baker M, et al. Enterprise-wide management the future refinery information system[A]. Topic 20, The Fifteenth World Petroleum Congress[C]. John & Wiley, 1997
- [2] Nurminen M O, et al. Experiences of optimizing refinery energy use with process integration[A]. Topic 20, The Fifteenth World Petroleum Congress[C]. John & Wiley, 1997
- [3] 王立行. 应用先进控制技术提高中国石化总公司生产过程控制水平[J]. 石油化工动态, 1997, 5(6): 26~31
- [4] Wang Lixing, Yuan Qingtang, Li Man. Apply APC technology to improve production operation level in sinopec [A]. Topic 20, The Fifteenth World Petroleum Congress [C]. John & Wiley, 1997

## The Application and Strategy of Information Technology in Petrochemical Industry

Wang lixing, Yuan Qingtang

(China Petrochemical Corporation, Sinopec, Beijing 100029, China)

[Abstract] The applications of information technology in petrochemical companies, especially main functions and technical features of advanced process control technology and optimization technology are reviewed. Then, based on the gaps between domestic and foreign petrochemical companies, the strategy of improving process control is proposed.

[Key words] petrochemical industry; information technology; application; strategy

\* \* \*