

# 石油化工流程模拟、先进控制与过程优化技术的现状与展望

徐用懋 杨尔辅 清华大学自动化系 (100084)

## Abstract

The development and applications of flow simulations, advanced process control, and process optimization technology are very important for petrochemical industry. In this paper, the status quo and prospects for flow simulations, advanced process control, and process optimization technology are discussed. The main problems existing in our research, the opportunities, and challenges are detailedly analyzed. At the same time, the key technical problems are also pointed out. In addition, the economy benefits and application prospects on flow simulations, advanced process control, and process optimization technology are investigated. Finally, some suggestions and countermeasures on how to work on the development and applications of flow simulations, advanced process control, and process optimization technology in our country are brought forward.

Keywords: petrochemical industry, flow simulations, advanced process control, optimization technology, process modeling

## 摘要

流程模拟、先进控制和过程优化技术的研究与应用是石油化工过程的一个重要方面。本文论述了该技术的发展现状和趋势,分析了我国在该研究中存在的主要问题、面临的机遇与挑战,指出了关键的技术问题。此外,对流程模拟、先进控制和过程优化技术的经济效益与应用前景也做了分析。最后,对于如何在我国开展石油化工流程模拟、先进控制与过程优化技术的研究与应用提出了几点建议和对策。

关键词:石油化工,流程模拟,先进过程控制,优化技术,过程建模

## 1 引言

石油化工是我国国民经济的支柱产业之一,其所实现的利润约占全国国有及国有控股企业总利润的1/4左右。但是,面临国际市场激烈的竞争和国内需求的不稳定,我国各石油化工企业均面临严重的挑战,与国际上发达国家的石化企业相比,我国的石化企业在质量、成本、规模、效益等方面尚存在较大的差距。以中国石化集团公司为例,综合商品率1996年为91.4%,1997年为91.12%,1998年为91.67%,而同期美国为93.0%,英国为92.3%,法国为92.5%,国外平均水平大于92%。中石化的平均加工损失率1996年为1.29%,而1994~1995年美国、英国和法国分别为0.2%,0.3%和1.04%,世界平均水平为1%。中石化轻油收率1996年为65.11%,1997年为67.14%,1998年为67.95%,世界平均水平大于70%<sup>[1]</sup>。每加工1吨原油的燃料

动力费用中石化总公司1996年为63元,亚太地区平均水平为47元。

世界各国的经验表明,流程模拟、先进控制与过程优化技术是提高企业的经济效益、降低生产成本、提高其在国际市场中的创新力、应变力、适应力和综合竞争力的主要技术手段之一。例如,美国70%的炼油厂、美洲60%的炼油厂、世界炼油加工总量的40%,都使用生产计划调度、资源优化软件;杜邦公司10多个部门的几百人,100多个计划调度项目,每天都使用生产计划调度、资源优化软件等。

以上情况表明,开展石油化工过程流程模拟、先进控制与过程优化技术的研究与应用具有十分重要的现实意义,是当前国内外石油化工界广泛关注的一个话题。

## 2 国内外技术发展现状与趋势

石油化工自动化的技术进步,已成为世界石化

工业消除“瓶颈”制约,努力增效创收的主要环节之一。生产过程的流程模拟、先进控制和过程优化技术,是在现有的工艺条件下,通过对过程对象的充分了解,调整操作条件,在不增加投资或投资很小的情况下取得很大的经济效益。

国外已有多年的开发流程模拟、先进控制和过程优化软件产品的经验,例如,Aspen Tech公司的模型从诞生到现在已经有30多年的历史。据报道,国外已有20多家软件公司相继推出了在石油化工过程专用和通用的流程模拟软件60多种,已有20多家公司推出石油化工优化软件30余种。其应用领域涉及天然气加工、原油蒸馏和分馏、烷基化、催化重整、催化裂化、加氢、溶剂脱蜡、减粘、延迟焦化、硫回收、乙烯装置、合成氨、PET(聚酯)、苯乙烯、氯乙烯单体、用能组合、炼厂装置及整体等。比较典型的有Aspen Tech公司的RT-OPT, SimSci公司的严格在线优化软件ROM, Simsci公司结合美国壳牌石油公司的流程模拟产品Opera的Remeo, Honeywell公司的先进控制和优化软件包Profit Suite和英国KBC公司的桌面炼油软件Petrofine等。上述软件都是以通用性为主,专门针对某些装置开发的流程模拟和优化软件还包括Integrated Production Control System公司、Continental Controls Inc.和Treiber Control Inc.的产品等很多种。

在分离过程方面,基于平衡级模型的流程模拟软件包括Aspen Tech公司的Aspen Plus和Simulation Science公司的Pro II with provision;将上述模型用于在线优化技术,Aspentech公司推出了RT-OPT, SimSci公司推出了严格在线优化软件ROM。另外,两个公司在反应器、换热网等的优化上也均有相应产品;同时,Honeywell公司推出的先进控制和优化软件包Profit Suite和英国KBC公司的桌面炼油软件Petrofine,也都是优化软件中具有竞争力的产品。

在烯烃聚合过程方面,由于建模技术尚不成熟,真正用于烯烃聚合过程流程模拟和优化的商业软件还并不多见。在现有商业软件中,Aspen Tech公司的POLYMERS PLUS是一个通用的聚合建模系统,但主要用于工艺过程设计,还难以对聚合过程进行在线优化。同时由于市场竞争激烈,这类专用技术严格保密,未能见到详细报道。

遗憾的是,我国在商品化和产业化方面与国外相比存在的差距非常大,至今还没有出现若干个可与国

外产品抗衡的具有市场竞争力的石油化工流程模拟、先进控制与过程优化的软件产品。

从世界范围来看,目前石油化工企业流程模拟、先进控制与过程优化技术与软件表现出以下几大趋势:

#### (1) 垄断局面正在形成

“在未来的几年里,石化工业将由5至6个巨头所垄断的局面正在形成” (Bryan Sanderson BP Chemicals, Managing Director) 适应石化工业发展的需要,从事石化企业过程设计、监控和管理的工程公司,以Aspen Tech公司为代表,形成了以Aspen Technology Inc, Simulation Science Inc, Hyprotech Inc, Honeywell Inc.等几大公司控制全球市场的局面。特别是Aspen Technology Inc,近年来先后成功地收购了Prosys Technology Ltd, Industrial Systems, Inc, Setpoint, Inc, Dynamic Matrix Control Corporation (DMCC) 等15家公司,成为该领域最具实力的公司。垄断的形成将不利于新兴企业的市场竞争,因此能够在最近的几年内开发出在技术上具有国际领先水平的产品,是我国石化工业及其相关软件产业能否在这一领域占据一席之地的关键。

#### (2) 产品系列化和系统集成技术迅速发展

为了全方位地占领市场,各石油化工工程公司都力争将其产品系列化。以Aspen Tech公司为例,该公司共有43项产品,其中用于设计的17项,用于操作的16项,用于管理的有19项(有重叠)。Simulation Science Inc.有16项产品,主要用于工艺设计。虽然产品的种类很多,但大部分产品的核心技术是相同的,即过程模型。在过程模型的基础上,根据不同的需要开发不同的产品,形成系列化的产品,是各公司占领市场的主要手段。并且注重产品间的系统集成,应用网络和数据库技术,在石化企业中全面推行其产品。因此,我国也应该借鉴这些公司的发展经验,加速发展流程模拟、先进控制和过程优化技术,尽快实现产品的系列化和产业化。

(3) 通用性和专门化的流程模拟、先进控制和过程优化软件均具有很大的市场潜力

在大公司竞争通用流程模拟、先进控制和过程优化软件的同时,针对具体装置设计的专用流程模拟、先进控制和过程优化软件仍然具有很大的市场潜力,一些小的公司以此为重点发展方向也取得了很大的成功。因为完全通用的软件价格昂贵,对于具体的装

置操作并不是必须的。而且通用模型在操作界面上不能适应具体装置的需要,使用比较烦琐和困难。因此如果能够在通用模型的技术上针对不同的装置开发不同的操作界面,结合两者的优点,将具有模型准确性高、易于操作和通用性好等共同特点结合起来的软件产品,将会更受到用户的欢迎。

### 3 存在的主要问题

经过多年的研究和技术储备,我国在单元设备的建模、控制和优化上已经取得了丰富的成果,在一些关键技术上已经达到了国际先进水平。主要包括:原油蒸馏装置的建模和过程优化技术,催化裂化装置的建模和先进控制,聚合过程的建模和过程优化技术,板式精馏塔的非平衡级模型及过程优化等,这些技术基本上覆盖了炼油化工企业的主要生产装置。另外,在裂解炉系统的建模、控制和优化上也已做了大量的前期研究工作,为乙烯生产过程的流程模拟、先进控制和优化上也打下了必要的技术基础。

现在存在的主要问题是:

(1) 集成能力差:各模型均为独立开发,在模型和模型之间的数据交换、模型和工业实时数据之间的数据交换上存在着标准不统一的混乱局面。使得各类模型虽然独立在技术上具有先进水平,但尚不具备多装置流程模拟、先进控制和过程优化的条件,在总体上不具有竞争力。

(2) 模型通用性差:所开发的模型往往是针对单独的企业特定装置而开发,而国内的石化企业工艺流程种类多,导致所开发的模型通用性差,推广应用的适应性不强。

(3) 产品化能力差:将已有过程模型和优化技术产品化需要大量的资金和人力,一般科研单位虽然具有很强的科研实力,但不具备产品化所需资金;同时将高级的科研人员用于产品化程序的开发工作,是人力资源的巨大浪费;产品化工作需要大量中级技术人员,其工作量是核心技术开发的数倍。

## 4 面临的机遇与挑战

### 4.1 面临的机遇

(1) 由于国内外市场对石油化工产品的强烈需求,在今后很长时间内,我国仍将加大石油化工工业的发展。据估计,在2000至2010年间,国内汽油、柴油、煤油的需求量年增长将分别为3~3.9%,3~3.7%,4.5~5.8%;国内市场对乙烯需求也十分旺盛,1990-1997年乙烯需求的平均增长速度为19.3%,是GDP年均增长速度的1.6倍,预计

到2010年乙烯年需求量为1700至1800万吨,而国内产量只能达到1000万吨<sup>[6]</sup>。因此,我国除了新一批项目之外,还将对大量已有的装置进行技术改造和挖潜增效,这将会给流程模拟、先进控制和过程优化技术的研究与推广应用提供广阔的发展空间。

(2) 今后我国在石油化工工业的发展过程中,将不断加强应用基础研究和高新技术的探索性研究与应用,以寻求新的经济增长点。同时,还将加快信息技术在石油化工工业中的应用<sup>[4]</sup>;在此过程中,流程模拟、先进控制和过程优化技术及其产品具有举足轻重的作用。

(3) 目前,我国石油化工的大多数装置仍然采用常规的控制系統,其中90%以上只是采用PID控制,装置的真正潜力没有发挥出来。因此,开发和推广流程模拟、先进控制和过程优化技术十分必要也非常迫切。

(4) 经过多年的攻关和不断的技术开发研究,我国在流程模拟、先进控制和过程优化技术方面已有了一定的开发、应用的理论和经验积累,为今后进一步的发展打下了重要的基础。

### 4.2 面临的挑战

(1) 国外的技术封锁和市场垄断局面对我国自主流程模拟、先进控制和过程优化技术与产品的开发形成了严峻的挑战,这种局面必须引起国家的高度重视,在大力引进国外有关的技术与产品的同时,要给国内相关的研究与开发留出适当的空间,以有利于我国自主流程模拟、先进控制和过程优化技术与产品的开发、应用与推广,只有这样才能最终打破国外产品的市场垄断局面,抑制国外产品奇高的市场垄断价格,从而最终保护我们的国家利益。

(2) 目前,我国仍然缺少一支强有力的流程模拟、先进控制和过程优化技术与产品的开发、应用的产业队伍,高级人才流失严重。

(3) 由于市场、技术、政策等的变化,不断给流程模拟、先进控制和过程优化技术提出了新的要求和挑战,如严格的环保指标和成本控制要求,多目标、变约束的优化与控制任务等,在这方面,目前已有的流程模拟、先进控制和过程优化技术尚不能完全胜任,需要进一步加强研究。

## 5 关键技术

国外的研究表明:过程模型和优化技术中的不足是企业IT项目长期效益不理想的主要原因。White D. C. 通过研究发现,只有16%的IT项目达到了最初

的预算、进度和功能目标。根据对现有约 250 个商业在线优化系统的分析, 大部分的系统在初期可以取得技术上和商业上的成功, 但是长期的效益往往并不理想<sup>[7]</sup>。模型的准确性和效率、在线模型参数调整、测量仪表故障补偿、系统扰动、优化系统框架设计、非专家型操作界面设计、系统长期维护的困难等是造成现有项目长期效益不理想的主要原因。因此, 过程模型化技术和优化技术特别是在线优化技术应当是重要的关键技术。

### 5.1 过程模型化技术

过程模型是开展流程模拟、先进控制和过程优化的核心技术, 通过过程模型可以发展出各种适用于企业不同应用目的的软件产品和技术方案, 是国际上大的化工工程公司普遍的做法。Aspen Tech 的商业顾问 David Holden 指出在其产品中, 过程模型化占据了最大的市场份额。图 1 给出了 Aspen Tech 公司以模型为中心的设计、操作与管理思想, 从中可以看出模型技术的重要性。

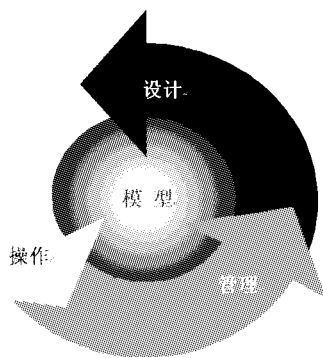


图 1 Aspen Tech 公司以模型为中心的思想

目前, 过程模型化技术和水平还远不能满足我国石化行业发展的需要。一方面国外公司对我国实行技术封锁, 另一方面花费大量的资金引进的模型技术不能满足某些关键装置的流程模拟、先进控制和过程优化的需要, 使我国石化行业在流程模拟、先进控制和优化软件的技术引进和开发上处于两难境地。

另外, 石油化工部分主要装置的模型尚没有成熟的软件。现有国际上大的从事流程模拟的公司在模型上对我国实行技术封锁, 使我国的石化企业长期几乎完全依赖购买国外相关产品进行流程的设计、优化和改造。现有产品虽然价格昂贵, 但是也主要集中于比较成熟的精馏过程的建模和优化, 例如 PRO II, AspenPlus 等均是如此; 在其他一些主要装

置, 如反应器、反应精馏、聚合等过程上尚没有模型或者只有简单的模型, 许多新的技术如非平衡级模型, Pinch 分析等尚没有在商品化软件中得到普遍应用。对于石化企业和设计部门来说, 花费巨资购买的软件仍然只能在某些装置上适用。因此, 开发出针对我国石油化工企业, 能够覆盖主要生产装置的流程模拟、先进控制和过程优化软件将具有很强的市场竞争力, 会填补国际上在这一领域的空白。

### 5.2 在线优化技术

在线优化是指综合应用过程建模技术、优化技术、先进控制技术以及计算机技术, 在满足生产安全要求及产品质量约束等条件下, 不断计算并改变过程的操作条件, 使得生产过程始终运行在“最优状态”。在线优化是比离线优化更为复杂和困难的技术, 在线优化所需的关键技术包括: ①精确快速的过程模型; ②能够保证平稳操作的高性能的系统; ③合理的目标函数和高效的优化算法; ④仪表可靠性检查和测量数据的校正技术; ⑤模型的在线校正技术<sup>[8]</sup>。同时, K. H. Pang 指出, 在某个企业的装置上实施在线优化, 还必须具备以下四个客观条件: ①具有集中管理的数据库系统, 并且能够容易地访问数据; ②过程是高度集中的; ③过程通常运行在稳态状态下; ④管理部门认同“在线优化”概念。

正是由于上述原因, 现有的优化系统和软件大多是离线优化<sup>[9]</sup>。文<sup>[1]</sup>在福建炼化化工有限公司常压塔上不仅实现了在线优化, 而且采用了复杂的原油蒸馏模型。文<sup>[12]</sup>介绍了基于非平衡级模型的在线优化技术的实际应用情况, 是近年来基于非平衡级模型在线优化技术的有益尝试。

由于化工过程高度复杂, 高度非线性以及约束条件复杂, 现代工业系统的优化问题都属于有约束的多变量非线性系统的优化问题。因此, 优化算法的选取是优化问题的关键之一, 必须采用有约束条件下的优化算法、不依赖于模型导数的算法和非线性算法。

## 6 经济效益分析

Chemshare 公司给出的经济效益与投资比例的统计分析认为: 用 DCS 改造常规仪表投资大约占总投资的 70%, 取得的经济效益约占总效益的 10%; 利用 DCS 实现常规的复杂控制, 得到的效益和投资大约各占总的 10%; 在 DCS 基础上实现先进控制 (APC), 增加约 10% 的成本, 可取得约 40% 的效益。在先进控制的基础上, 实现装置的实时优化功

能,成本增加约10%,又可获得约40%的效益。Aspen Tech的调查也表明,目前的工业发展水平给推广应用流程模拟、先进控制和过程优化提供了广阔的市场前景,各个石油化工企业都存在着巨大的潜力(图2)。

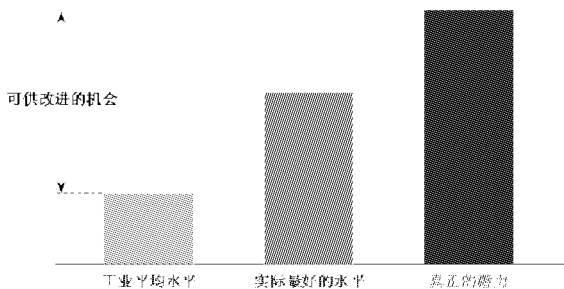


图2 工业发展水平提供的改进机会

根据 Aspen Tech 的资料,如果实现了生产管理所需要的从设计、操作到管理的各个子系统,企业平均每年增加的效益大约是2000万~4000万美元。通过过程模拟可以增加产量、减少能耗和原材料消耗、以最低的操作成本生产出合格的产品、提高生产率等,每年效益在100~500万美元;先进控制和过程优化可以增加产量2%~5%,减少冷端消耗5%~10%,提高加热炉效率1%~2%,提高操作工的技能,更加安全等,每年效益为300万~1000万美元。可见,仅仅是过程建模和直接依靠模型的过程控制和优化,每年的效益就有400万~1500万美元,而计划调度也直接或间接依赖模型计算结果,因此发展流程模拟、先进控制和过程优化技术及软件产品,其经济效益十分可观<sup>[1]</sup>。又据 Aspen Tech 公司提供的数据,在乙烯生产过程中采用流程模拟、先进控制和优化技术,可使生产能力提高3%~5%,在分离、冷冻循环系统中能耗下降5%~10%,使裂解炉效率提高1%~2%。在收率方面,由于分离塔的性能改善,收率上升2%~3%,裂解炉控制使选择性提高了1%~2%。对一套30万t/a生产能力的乙烯装置,每年可获得300万美元的效益,其中约1/2来自裂解炉的先进控制和优化<sup>[8]</sup>。

据 Foxboro 公司1999年的资料介绍,优化的效益比整个自动化的效益都合适。其效益比例是:DCS设为1,则ARC(Advanced Regulatory Control)为3,APC为5,OPT(优化)为9。国内外的大量使用经验表明,在石油化工企业中使用过程模拟、先进控制与过程优化技术经济效益十分理想。譬如,韩国现代

石化公司达山乙烯联合装置实施实时优化(RTO)控制策略的效果表明:在不改变操作条件下,该装置生产乙烯的能力提高了4%,效益增长了121%,同时节省了原材料和能耗2.5%。又如,Honeywell公司为澳大利亚某个炼油厂汽油稳定塔和液化石油气处理装置上实现了动态优化控制,取得每年100万美元的经济效益;该公司为BP公司在苏格兰的炼油厂及加拿大的帕邱蒙特乙烯厂都实施了这种优化控制并取得了成功。在我国,据报道大庆石油化工总厂1994年投用的乙烯模拟系统和合成氨严格在线模拟系统,年效益分别为890万元和435万元。齐鲁石油化工公司胜利炼油厂第二套催化裂化反应再生系统采用多变量预估先进控制技术,使装置加工能力提高10%以上<sup>[16]</sup>。

因此,开展石油化工流程模拟、先进控制与优化技术的研究与应用将会带来很大的经济效益。

## 7 建议与对策

国内外的实际经验表明:石油化工自动化和信息化的技术进步,已成为世界石化工业消除“瓶颈”制约,努力增效创收的主要技术手段。White D. C. 指出,现在每年大约有200个新的IT系统在石化企业实施,年增长率为20~25%,总计已有1500个项目完成。这些IT系统包括过程建模、先进控制和优化、管理信息系统和计划调度等<sup>[1]</sup>。近几年,国外石化公司在信息技术上的投资每年超过400亿美元,占全球石油化工营业额(2万亿美元)的2%。全球前30名石化公司的信息技术投入从2.54亿美元到20亿美元/年,信息技术的投入一般占总销售收入的1%~2%<sup>[1]</sup>。

上述数据表明,现在以企业信息集成、管理、监控、调度、建模、控制和优化等系统为代表的流程企业自动化和信息化技术研究与应用正处于高速发展的上升阶段,也是我国抓住机遇,迎头赶上的关键阶段。随着我国加入WTO的日益临近,深化改革企业的运行机制和管理体制,运用信息技术改造和提升传统产业,使其保持可持续发展,对于增强企业在国内外市场的竞争能力具有十分重要的现实意义。

(1)充分利用企业现有的软硬件资源,发挥已有系统,特别是DCS系统的潜力。

有关资料表明在中国石油化工集团公司安装有DCS的400多套装置中,生产过程控制水平仍停留在维持生产的一般正常运行上,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

的经济效益尚未利用流程模拟、先进控制、优化技术等挖掘出来。据估算,如果实现先进控制后则平均每套生产装置年效益就能增加 500~1000 万元,在一些重要装置上充分发挥已有的 DCS 作用每年就可创 (0~20) 亿元的经济效益,如果再与优化控制、流程模拟、企业资源计划等相结合,则可为企业创造出更多的效益<sup>[1]</sup>。因此,充分利用企业现有的软硬件资源,开展一些力所能及的流程模拟、先进控制和过程优化技术,发挥已有系统,特别是 DCS 系统的潜力具有很大的价值。

②) 重视系统集成,发挥整体优势,避免形成一个个“自动化”孤岛。

在我国石化企业内存在许多的“自动化孤岛”,诸如流程模拟、优化计算、过程控制、生产监控、环境监测、生产管理、计划调度、财务劳资、维护管理、工程管理等,各个应用软件的系统集成性差,难以发挥整体效益。因此,应在计算机集成制造思想的指导下,综合应用自动化技术、计算机技术、网络技术、信息技术、智能技术和有关工艺技术,在计算机网络和数据库系统的支持下,把企业的全部业务活动,包括市场分析、经营管理、加工生产集成起来,也把人一机集成起来,构成一个经营决策、生产计划、调度、管理、过程优化控制为一体的集成生产自动化系统,实现科学的经营决策、信息管理、优化生产调度、优化加工方案、优化工艺操作和控制;达到降低原材料和能源消耗,降低成本,保证产品质量、提高综合商品率,提高企业管理水平,提高企业经济效益和竞争能力。

③) 发挥流程模拟、先进控制和过程优化技术在“绿色”制造中的作用,开辟新的应用领域。

目前,随着国家对环保工作的重视,环保要求越来越严格,将对我国石化工业的发展产生重要的影响,环保问题已经成为我国石油化工工业发展需要面对的严峻挑战<sup>[4]</sup>。因此,有必要研究流程模拟、先进控制和过程优化技术在“绿色”制造中的作用,从而创造更多的价值。在此方面,过程环保优化与控制将有可能成为新的研究课题。

④) 重视以安全性为中心的安全监控和故障控制技术的研究与应用。

生产装置如果处于“非正常生产状况”时,装置的能力将受到不同程度的影响,不仅降低经济效益,也是事故的前兆。据报道,美国工业界每年由于非正常生产状况造成的损失约为 770 亿美元,石油化工行业为 220 亿美元,降低装置的生产能力 3%~8%,这

种生产过程的负效益已引起越来越多企业管理人员和技术人员的关注。统计结果表明,造成非正常状况的原因 80% 以上是操作者的错误操作,造成事故的原因 40% 以上是因人为的处理错误。因此减少非正常状况的出现次数和影响,杜绝恶性事故的发生是企业获取效益的另一个重要方面。为解决非正常生产状况问题,美国政府 1996 年出资 1700 万美元立项开发,由 Honeywell 公司负责, Chevron、Phillips、Exxon 等大公司参加,联合组成“非正常状况处理技术协会 (ASM)”进行联合攻关。目前该项目的研究工作已趋于完成,形成的技术已在阿莫科等炼油厂中试用并获得了较好的效果,已经陆续形成商业化产品上市<sup>[1]</sup>。

⑤) 加强关键技术的联合攻关,形成具有我国自主知识产权的技术和开发相应具有自主知识产权的软件产品,注重产业化工作和市场的推广与应用。

对于关键的核心技术,如精确快速的过程模型、高效的算法和模型的校正技术等应该坚持联合攻关的策略,以期形成一批具有我国自主知识产权的关键技术。正是由于流程模拟、先进控制和过程优化技术所带来的巨大的经济效益,世界上很多公司都在大力开发相应的软件产品,并在世界范围内形成了一个强大的石油化工应用软件产业,该产业的形成与发展,对开发我国拥有自主知识产权的石油化工企业流程模拟、先进控制与过程优化软件产品提出了迫切的要求,也形成了严重的挑战。这种局面已经引起了我国政府、研究机构、石油化工企业和有关公司的高度重视,并在近 10 年来通过相关技术的研究,取得了一系列重要的成果,但在开发相应具有自主知识产权的软件产品和产业化应用方面的进展却不尽如人意,造成了大批理论成果的空前繁荣和实际商品化与产业化相当匮乏之间的尴尬局面,这种局面如果不尽快解决,则势必会影响到我国流程模拟、先进控制和过程优化技术的健康发展。

## 8 结论与展望

流程模拟、先进控制和过程优化技术的研究与应用是石油化工过程的一个重要方面,它已成为提高企业的经济效益、降低生产成本、提高其在国际市场中的创新力、应变力、适应力和综合竞争力的主要技术手段之一。开发具有我国自主知识产权的流程模拟、先进控制和过程优化技术及其产品不仅具有广阔的市场前景和巨大的经济效益,而且可以打破国外产品在技术和市场上的垄断局面,对于我国石油化工信息技术的健康发展具有十分重要的意义。这项工作的大

力开展,有可能最终形成我国自主的流程模拟、先进控制和过程优化技术产业,成为石化工业新的经济增长点。

### 参考文献

1. 孙珍英,影响中石化竞争力的若干因素研究,石油化工技术经济,1998.1
2. White D. C.. Capturing business benefits from refinery advanced automation and operations management technology. Energy Week '97, Houston, Texas, Hanuary, 1997
3. 张志橦,国外石油化工信息技术应用进展,石油化工信息动态,1998.6
4. 袁璞,炼油过程先进控制技术的发展与应用,石油炼制与化工,1994.10
5. 梁,多稳态理论研究及非平衡级精馏模型在工业装置上的应用【博士学位论文】清华大学,2000
6. 赵建华,刘正庚,石化 CIMS 结构的探讨与应用发展,石油炼制与化工,2000.9
7. 王立行,石油化工过程先进控制技术的现状与发展趋势,炼油设计,2000.2
8. 袁晴棠,我国石油化工技术进展与展望,化工进展,2000.2
9. Darby M L, White D C. Online-line optimization complex process units. Chemical Engineering Progress. 1988.10
10. 秦永胜,多元精馏过程非平衡级模型与优化控制的研究【博士学位论文】清华大学,1996
11. 张亚乐,大型原油蒸馏过程建模与在线优化系统的研究与实现【博士学位论文】清华大学,1997
12. Liang, M., Tang, T., Xu, Y. M.. On-line Optimization of Depropanizer by Non-equilibrium Models. AIChE 1999 Spring National Meeting, Houston, TX, March 14-18, 1999. 2nd International Conference on Refinery Processing.
13. 梁,徐用懋,兰鸿森,基于非平衡级严格机理动态模型的控制仿真,浙江大学学报(自然科学版)1998
14. 梁,熊智华,徐用懋,基于非平衡级稳态和动态模型仿真技术研究精丙烯塔控制方案,石油炼制与化工,1999.4
15. 钱伯章,世纪之交的石油化工自动化技术,石油化工自动化,1999.3
16. 李立普,我国聚乙烯工业现状及发展,石油化工技术经济,1999.1
17. White, D. C. Online optimization: what have we learned. Hydrocarbon Processing, 1998.6
18. 杨友麒,乙烯工厂的模拟、先进控制及实时优化,石油化工,1999.11

(上接第9页)

(2)嵌入式计算机:家用电器等行业需要嵌入式计算机 OEM 产品,单片机、单板机、控制器,家电等配套控制器 1500~2000 万台,25~30 亿元;

(3)PLC 装置:炉窑、机床、机械、冶金、各种生产线、铁路、水处理设备等需要 PLC 装置 20 万套,25~30 亿元;

(4)DCS 系统:石化、化工、电力、冶金等行业需要 DCS 系统工程 1500 套,30~35 亿元;

(5)FCS 系统:石化、化工、电力、冶金等行业试点采用 FCS 系统,3~4 亿元;

(6)数控装置:机械、建材、轻工、能源、冶金等行业需要 CNC3 万套,20~25 亿元;

(7)进口成套设备配套控制系统 30~40 亿元。

近几年来,我国工业控制计算机得到快速发展,年增长速度达 10~15%,有几种品种系列国产比重在增加。如工业 PC 占 40%、DCS 占 40%、数控占 20%、PLC 占 10% 以下。

### 2.8 几个主要领域“十五”需求情况

电力:水电工程、水电改造以及农村电网改造与建设,预计需求量比“九五”增长 10~15%;冶金:冶金企业技术改造,预计维持“九五”的需求水平;

石化:随着国产工控机系统性能和可靠性的提高,企业技术改造将会增加国产化系统的比例,预计需求比“九五”增长 5%;

环保:环保工程将是国家“十五”发展的重点之一,预计比“九五”增长 150%;

交通:随着高速公路、铁路、城市交通等建设和改造,对交通控制、监督、管理及新型运输工具的自动化提出了要求。预计比“九五”增长 50%;

建筑:随着现代建设和城市居民小区的建设速度进一步加快,这是工控机应用不可忽视的一个领域,“十五”需求预计比“九五”增长 60%;

西部大开发:西气东输、基础设施、环保等一系列工程项目建设,对工控机提出新的需求,市场十分广阔。

(未完待续)