

# 发展中的中国石化技术

袁晴棠

(中国石化集团公司 北京 100029)

**[摘要]** 在概述中国石化工业现状的基础上,介绍了近年来中国石化技术的进展情况,并就新世纪初期中国石化技术的发展做了展望。

**[关键词]** 石油化工;技术;发展;中国

**[中图分类号]** TQ31 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)12-0043-05

## 1 引言

中国石化工业起步于20世纪60年代,1983年组建中国石油化工总公司,标志着中国石化工业进入了一个高速发展时期。从1983~1998年的15年间,建成了燕山、大庆、齐鲁、扬子、上海石化、茂名和吉化等七大乙烯及石油化工生产基地,对兰化、辽化的乙烯进行了改造,新建了盘锦、独山子、天津、中原、广州、北京的乙烯装置,总数达18套,并相应进行了技术改造,形成了辽阳化纤、上海石化、天津石化及仪征四大合纤生产基地。至此,中国基本上建成了门类比较齐全的石油化工体系。

经过1998年重组,中国石化企业集中于中国石化及中国石油两大集团公司。2000年,中国石油股份公司和中國石化股份公司分别在国外资本市场上市成功,使中国石化工业的发展进入了一个崭新阶段。截至2002年底,世界乙烯生产能力为 $10\,943.4 \times 10^4$  t/a,我国乙烯生产能力已达 $551 \times 10^4$  t/a,居世界第4位。

历年来,中国乙烯及三大合成材料产量如表1所示。

在石化工业高速发展的同时,我国石油化工技

表1 中国石化产品产量增长情况

Table 1 China's petrochemical products outputs

年份	10 <sup>4</sup> t					
	1960	1970	1980	1990	2000	2002
乙烯	0.07	1.51	48.99	157.21	470.00	541.40
合成树脂	5.40	17.60	89.80	227.00	1 096.70	1 366.50
合成纤维	0.03	3.62	31.41	143.43	639.85	915.20
合成橡胶	0.36	2.54	12.30	31.84	88.84	116.80

术也取得了重要进展,开发了一批工业化的成套技术,加强了应用基础性研究,为今后的发展奠定了坚实的技术基础。在乙烯、丙烯腈、乙苯/苯乙烯、芳烃、聚丙烯、顺丁橡胶、SBS及溶聚丁苯、腈纶、聚酯等技术以及石油化工催化剂技术等方面形成了一批拥有自主知识产权的先进技术,部分技术已达到或接近当代国际水平。

## 2 技术进展<sup>[2~4]</sup>

### 2.1 工艺技术

2.1.1 乙烯技术 40多年来,我国乙烯技术取得了长足进步。20世纪80年代,开发成功了CBL-I型和SH-I型裂解炉技术,90年代,又推出了CBL-II、CBL-III和CBL-IV型炉技术,并实现了工业应用,主要技术经济指标与同期国际水平相

当。其中, CBL-Ⅲ型炉辐射段采用2程高选择性的2-1型炉管,停留时间约为0.22 s,对流段采用一次注汽,裂解气采用二级急冷技术,以石脑油为原料时,乙烯单程收率  $w_{\text{收率}}$  可达28.51%~29.21%,综合热效率达94%以上。CBL-Ⅳ型炉技术的主要特点是采用4-1型炉管、二级急冷和稀释蒸汽二次注入技术,适合于裂解加氢尾油等较重的原料,也可裂解石脑油或轻柴油。CBL-Ⅳ型炉裂解加氢尾油时,乙烯单程收率  $w_{\text{收率}}$  达27.86%~28.86%;裂解混合石脑油时,乙烯单程收率  $w_{\text{收率}}$  达到30.07%~30.86%,综合热效率为93.8%。多年来,应用CBL炉技术先后在辽阳化纤、齐鲁石化、吉化公司、抚顺石化、燕山石化、中原乙烯和天津乙烯分别建成了 $2 \times 10^4$ 、 $3 \times 10^4$ 、 $4.5 \times 10^4$ 和 $6 \times 10^4$  t/a的裂解炉,并用CBL炉技术改造了现有乙烯装置的部分裂解炉,累计生产能力达 $45 \times 10^4$  t/a以上。采用CBL炉技术的投资仅为同规模引进炉总投资的2/3左右,经济效益显著。此外,采用CBL炉技术和自主开发的分离工艺软件包成功地完成了中原乙烯和天津乙烯的扩能改造。

近年来,中国石化与鲁姆斯公司合作开发出SL-I、SL-II两种 $10 \times 10^4$  t/a规模的大型裂解炉技术,其中SL-I型为2-1型炉管构型,SL-II型为4-1型炉管构型。采用SL-I、SL-II型炉技术,已在燕山石化、上海石化、扬子石化建成并投运成功10台 $10 \times 10^4$  t/a大型裂解炉。目前还有11台正在建设的 $10 \times 10^4$  t/a SL-II型裂解炉用于齐鲁石化乙烯装置的第二轮改造和上海赛科乙烯项目。以上总计生产能力达 $210 \times 10^4$  t/a。目前正在合作开发 $15 \times 10^4$  t/a以上规模的SL-Ⅲ型裂解炉技术。

在开发裂解技术的同时,在分离技术方面中国石化还开发了分凝分馏塔技术(CFT),其理论板可以达8~20块,不仅增强分离效果,还可节省大量冷量,该技术已在天津石化试验成功。

在乙烯、丙烯除炔烃精制技术方面,中国石化开发成功系列的 $C_2$ 、 $C_3$ 加氢催化剂和工艺,并得到推广应用。其中包括新型 $C_2$ 气相选择性加氢催化剂、 $C_2$ 前加氢催化剂、 $C_3$ 气相选择性加氢催化剂、 $C_3$ 液相加氢催化剂和工艺等等。 $C_3$ 液相加氢催化剂及工艺技术不仅在国内应用,还推广应用于韩国、日本、印尼等国的多套乙烯装置。

目前,中国石化正在与鲁姆斯公司合作开发包括低压激冷、催化蒸馏前脱 $C_5$ 前加氢、分凝分馏塔技术(CFT)、三元致冷及烯烃自动转化等技术单元在内的新乙烯回收技术。包括上述部分技术单元的扩大中试装置已建成,将于2003年完成试验。

中国石化还开展了烃类催化裂解制乙烯技术的研究,采用管式固定床反应器和AKL无定型金属化合物催化剂,用轻柴油和石脑油原料进行了催化裂解研究,并获得了初步结果。为了利用重质原料生产轻烯烃,中国石化开发了重油接触裂解制乙烯(HCC)和催化裂解生产乙烯、丙烯(CPP)技术。在典型工艺条件下,采用HCC技术,以常压渣油为原料的工业试验,其 $w_{\text{乙烯收率}}$ 为21.98%, $w_{\text{丙烯收率}}$ 为15.80%;采用CPP技术,以大庆VGO掺入质量分数为56%的渣油为原料的工业试验,按乙烯方案操作时, $w_{\text{乙烯收率}}$ 为20.37%, $w_{\text{丙烯收率}}$ 为18.23%。

除了上述技术外,国内在裂解炉扭曲片管强化传热技术、裂解炉结焦抑制剂、新型预处理剂技术以及乙烯装置用的高效塔盘和高效换热器等方面也取得了良好进展。与乙烯技术相配套的裂解汽油加氢技术和丁二烯抽提技术均已立足国内。

2.1.2 丙烯腈技术 经过40多年的努力,已开发出MB-系列和CTA-6系列丙烯腈催化剂与成套工艺技术,并完成了 $13 \times 10^4$  t/a丙烯腈装置的工艺包开发。该成套技术包括MB-98催化剂、新型空气和丙烯分布器、两级PV型旋风分离器、复合萃取蒸馏、负压脱氰工艺等。丙烯腈单收达80%以上,丙烯腈装置的精制回收率高于95%。该成套技术已申请及已授权的国内外专利共46件,具有自主知识产权。采用中国石化的丙烯腈技术已将齐鲁石化的 $2.5 \times 10^4$  t/a丙烯腈装置扩能改造至 $4 \times 10^4$  t/a,并于近期将上海石化的 $6 \times 10^4$  t/a丙烯腈装置成功扩能改造至 $13 \times 10^4$  t/a。

2.1.3 乙苯/苯乙烯技术 近年来,中国石化开发出了苯和乙烯液相烷基化合成乙苯催化剂和成套工艺技术。其中AEB-2型苯和乙烯液相烷基化催化剂和AEB-1型苯和多甲基苯液相烷基转移催化剂均为含分子筛的催化剂。烷基化反应采用固定床循环反应新工艺,烷基转移反应采用固定床反应器。该工艺采用较低的苯/乙烯分子比,降低了苯塔负荷,从而降低了能耗。已采用该技术对燕山石化 $6.7 \times 10^4$  t/a三氯化铝法的乙苯装置成功地进行了

扩能改造，目前正在用此技术建设齐鲁石化  $20 \times 10^4$  t/a 乙苯装置。

此外，为配合国内引进的气相烷基化乙苯装置催化剂的国产化，中国石化还开发出了 AB 系列气相烷基化制乙苯催化剂。AB-96 催化剂已于 1999 年成功地应用于盘锦乙烯的  $6.6 \times 10^4$  t/a 乙苯装置。最近推出的新型高效 AB-97 催化剂，具有更加优良的性能。

中国石化在开发高性能的 GS 系列乙苯脱氢催化剂并在国内推广应用的同时，与有关单位合作开发出乙苯脱氢成套技术，并应用于  $10 \times 10^4$  t/a 乙苯脱氢制苯乙烯装置的建设。目前，正在采用该技术建设齐鲁石化  $20 \times 10^4$  t/a 苯乙烯装置。

2.1.4 芳烃技术 在芳烃技术领域，已开发出芳烃抽提、甲苯歧化与烷基转移及  $C_8$  芳烃异构化技术。

开发的环丁砜抽提蒸馏—液液抽提组合工艺，兼有抽提蒸馏和液液抽提的优势，具有产品回收率高、能耗低、溶剂消耗低、原料适应性广、易于操作等优点。应用该技术扩能改造液液抽提装置，可使投资、能耗、溶剂消耗均降低 20% 左右。此外，还开发了环丁砜芳烃抽提技术，形成了  $40 \times 10^4$  t/a 规模的工艺包。

甲苯歧化与烷基转移技术是增产苯和二甲苯的有效途径，中国石化开发了 ZA 系列和 HAT 系列催化剂和 S-TDT 甲苯歧化与烷基转移工艺技术。先后开发成功并工业化了 ZA 和 HAT 两个系列 6 个牌号的甲苯歧化催化剂，其中 HAT-095、HAT-096 属国际领先水平。以 HAT 催化剂为基础，开发出 S-TDT 甲苯歧化与烷基转移工艺， $87 \times 10^4$  t/a 规模的成套技术已出口国外。S-TDT 工艺与常规甲苯歧化与烷基转移工艺相比，具有高空速、高转化率、允许原料中含有较高  $C_{10}$  芳烃等特点。

中国石化开发了 SKI 系列  $C_8$  芳烃异构化催化剂，SKI-400-40 型催化剂比 SKI-300B 型催化剂具有更高的活性、选择性和稳定性，适应于较低的氢烃比和高空速条件下操作。该催化剂已成功地应用于扬子石化、齐鲁石化和上海石化的工业装置。仅为扬子石化创造的经济效益就达 6 340 万元/a。

2.1.5 聚丙烯技术 开发了 N 型和 DQ 型高效催化剂，可生产均聚物、无规共聚物和嵌段共聚物，

两种催化剂性能优异，达到国际先进水平。N 催化剂的专利技术转让到国外建厂，产品已广泛用于国外聚丙烯装置；DQ 催化剂已在国内外 30 余套聚丙烯装置上应用。

采用自主开发的环管聚丙烯工艺技术，建成了 7 套  $7 \times 10^4$  t/a 和 1 套  $10 \times 10^4$  t/a 聚丙烯生产装置。在此基础上又开发出第二代环管聚丙烯技术，在上海石化建成了  $20 \times 10^4$  t/a 聚丙烯生产装置。该装置可生产均聚物、无规共聚物、抗冲共聚物以及高性能的双峰产品，满足市场对各类聚丙烯产品的需要。此外，在继续推广应用 N 型催化剂、DQ 型催化剂及第二代环管聚丙烯技术的同时，新型高活性聚丙烯催化剂、气相聚丙烯催化剂和聚丙烯新牌号的开发工作已取得了新进展。

2.1.6 淤浆法聚乙烯催化剂与工艺技术 开发了淤浆法聚乙烯高效 BCH 催化剂，具有活性高、氢调敏感性、产品分子量及分子量分布容易控制等特点，从而提高了产品性能。采用 BCH 催化剂和淤浆法聚乙烯工艺包建成了  $14 \times 10^4$  t/a 生产装置。

2.1.7 气相法聚乙烯催化剂及冷凝工艺技术 开发出气相聚乙烯 BCG、SCG 催化剂，分别建设了生产装置，催化剂的综合性能达到或部分优于国外催化剂水平。

开发了气相聚乙烯冷凝技术，已用于几套气相法聚乙烯装置的扩能改造。

2.1.8 聚酯成套技术 通过研究聚酯酯化、缩聚反应机理和工艺过程，开发出五釜流程工艺技术和专用设备，建成的  $10 \times 10^4$  t/a 聚酯生产装置，产品质量优良，技术指标达国际水平。另外，三釜流程工艺技术正在开发中。

2.1.9 腈纶技术 发展了 NaSCN 两步法水相聚合生产腈纶的成套技术，采用丙烯腈水相悬浮聚合、NaSCN 快速一次溶解，湿法转向高速纺丝工艺路线，形成了完整的工艺包。采用此项技术成功地在上海石化完成了  $6.6 \times 10^4$  t/a 腈纶装置技术改造，产品性能优良。

2.1.10 顺丁橡胶成套技术 迄今为止，国内所有顺丁橡胶生产装置都是采用自有技术建成的。该技术采用镍系催化剂，溶液法连续聚合生产工艺。经过多年持续的技术开发，产品质量及各项技术经济指标不断进步，已达国际水平。

2.1.11 丁苯热塑性弹性体 (SBS) 及溶聚丁苯橡胶 (SSBR) 生产技术 发展了采用锂系催化剂，

由丁二烯和苯乙烯嵌段共聚生产热塑性弹性体 SBS 技术。采用该技术已建设了 2 套生产装置, 总能力达  $15 \times 10^4$  t/a。该技术已出口到国外。

发展了溶聚丁苯橡胶技术, 并建成了  $3 \times 10^4$  t/a 生产装置。

2.1.12  $C_5$  分离技术 发展了分离裂解  $C_5$  馏份的萃取精馏技术, 建成了  $2.5 \times 10^4$  t/a 的工业示范装置, 分离裂解  $C_5$  馏份中的异戊二烯、间戊二烯和环戊二烯。近年来, 通过技术改造,  $C_5$  馏份处理能力达到了  $3.5 \times 10^4$  t/a, 产品在满足国内需要的同时, 还出口国外。

除了上述工艺技术之外, 还开发了异丙苯生产新技术。采用 FX-01 分子筛催化剂和异丙苯工艺完成了燕山石化三氯化铝法异丙苯装置的技术改造。聚碳级双酚 A 新工艺正在进行万吨级工业试验。此外, 正在开发的己内酰胺技术已取得重要进展。

## 2.2 石油化工产品技术

包括合成树脂、合成纤维、合成橡胶及精细石油化工产品技术, 合成树脂重点是开发专用树脂; 合成纤维主要是提高差别化率; 合成橡胶方面, 开发了溶聚丁苯、充油顺丁橡胶等牌号。2002 年, 石化集团公司合成树脂专用料比例达到了 43.79%; 合成纤维差别化率达到 32.6%。精细化工方面, 发展了表面活性剂、橡塑助剂、胶粘剂、合纤油剂、水处理剂等系列产品, 其中过氧化二异丙苯 (DCP) 生产能力达到  $1.2 \times 10^4$  t/a, 产品已占据世界 40% 的市场份额, 技术达到国际先进水平。

## 2.3 石油化工催化剂生产技术

开发成功了一系列石油化工催化剂, 包括丙烯腈催化剂、环氧乙烷/乙二醇催化剂、甲苯歧化与烷基转移催化剂、二甲苯异构化催化剂、乙苯脱氢催化剂、裂解汽油加氢催化剂、丁辛醇催化剂、苯酐催化剂、长链烷烃脱氢催化剂、聚乙烯催化剂、聚丙烯催化剂、合成氨的耐硫变换催化剂、蒸汽转化制氢催化剂、氨合成催化剂等等。上述催化剂性能优良, 都在工业装置上进行了推广应用, 使生产装置所用催化剂的 85% 以上立足国内, 部分催化剂产品已出口国外。

## 3 展望

3.1 巨大市场需求将推动中国石化技术加速发展 据预测, 2003 年至 2006 年全球乙烯需求年均

增长将达 4.5% 以上, 高于世界经济的增长速度。

从国内市场看, 国民经济的快速发展对石化产品带来了旺盛需求, 1990~2000 年 GDP 年均增长 9.8%, 近年来仍在快速增长, 国内石化产品需求增长情况见表 2。

表 2 1990~2002 年中国石化产品需求增长情况

Table 2 Domestic demands for petrochemical products from 1990 to 2002

年份	1990	2000	1990~2000	
			平均年增长率/%	
乙烯当量消费量	200.0	1 100.0	18.6	1 200
五大合成树脂表观消费量	277.0	1 905.0	21.3	2 428.46
合成纤维表观消费量	178.0	775.0	15.9	1 068.03
合纤原料表观消费量	153.0	776.0	17.6	1 118.16
合成橡胶表观消费量	32.4	122.5	14.2	200.05

表 2 数据说明国民经济的发展对石化产品的需求是很大的, 尤其是近 3 年增长更为迅速。

中国石化工业虽然发展很快, 但石化产品产量仍有较大缺口。2002 年国内乙烯及三大合成材料产品产量及进口量如表 3 所示。

表 3 2002 年中国乙烯及三大合成材料产品的产量和进口量

Table 3 Domestic production and imports of ethylene and synthetic materials in 2002

产品	生产量	进口量
乙烯	541.40	—
五大合成树脂	1 189.07	1 251.77
合成纤维	915.76	170.71
合成橡胶	116.76	91.6

对比表 2 和表 3 可以看出, 国内石化产品的市场满足率还有很大差距。21 世纪初期, 随着中国经济的持续快速发展, 中国石化产品市场需求将继续保持较高速度增长。预计到 2005 年, 乙烯当量需求量将达  $1 500 \times 10^4$  t, 2010 年将达  $1 900 \times 10^4$  t, 对石化产品强劲的市场需求, 为石化工业提供了很大的发展空间。

为了满足国民经济对石化产品的需求, 中国石化工业将持续快速发展, 并将进行产业结构调整及升级, 将对发展石化技术提出更高的要求, 这就为中国石化技术创新和技术发展带来了新的机遇和新

的动力。

### 3.2 技术展望

为了加速我国石化工业的发展，一方面要坚持走内涵发展的道路，采用先进技术对现有乙烯及其下游装置进行技术改造，使原有的  $30 \times 10^4$  t/a 乙烯和  $14 \times 10^4$  t/a 乙烯分别扩能至  $70 \times 10^4$  t/a 和  $20 \times 10^4$  t/a 以上；另一方面要抓紧赛科、扬一巴、惠州等大型合资项目的建设，并及时规划新的大型乙烯项目。同时，还要抓好产业结构、产品结构的调整，努力开发适销对路的专用合成树脂、差别化纤维和合成橡胶新品种，提高产品的竞争力和市场占有率。

为了给我国石化工业的发展提供技术支撑，需要着重发展以下几方面的石化技术：有机化工原料方面，继续发展乙烯、丙烯腈、乙苯/苯乙烯、芳烃等技术；合成材料方面，重点发展环管法聚丙烯、气相法聚乙烯的催化剂和工艺技术以及聚酯、己内酰胺等技术；石油化工产品技术方面，突出三大合成材料新产品开发，提高产品的技术含量和附加值，开发合成树脂专用牌号及加工应用技术，差别化纤维技术以及合成橡胶新产品；石油化工催化剂方面，在保持已有优势的基础上，继续开发新一代催化剂，并使更多的催化剂走向国际市场。

此外，要加强应用基础研究和前瞻性研究，为石化技术的发展寻找新技术的生长点。同时，还要

加快信息技术在石化工业中的应用，大力推广应用先进控制和优化技术以及信息管理技术，用信息技术提升石化产业的水平。

通过上述技术开发和产业升级，使石化工业的整体技术水平有较大的提高，部分石化主体技术立足国内，三大合成材料的品种、牌号能够适应市场的需要，专用树脂的比例和合纤差别化率有较大提高，产品的品种、质量、成本有较强的竞争力。

20 世纪 80 年代以来，中国的石化技术有了长足的进步，已经对我国石化工业发展起到了一定的支撑作用。展望新世纪，中国石化工业具有巨大的发展空间，仍将持续快速发展。石化科技界应抓住机遇，加大技术创新的力度，加速发展石化技术，为我国石化工业的发展提供强有力的技术支撑。

#### 参考文献

- [1] Stell J. International survey of ethylene from stream crackers—2003. *Oil and Gas Journal*. 2003, 101(13): 53
- [2] 袁晴棠. 抓住机遇加速发展我国乙烯工业. *当代石油石化*, 2003, 11(2): 5~9
- [3] 袁晴棠. 聚丙烯技术进展. *中国工程科学*, 2001, 3(9): 29~36
- [4] 袁晴棠. 新世纪中国石化技术展望. *石油化工*, 2001, 30(增刊): 1~6

## The Progress in China's Petrochemical Technologies

Yuan Qingtang

(China Petrochemical Corporation, Beijing 100029, China)

[Abstract] The progress of petrochemical technologies in China is introduced on the basis of briefing current status of China's petrochemical industry. Prospects are made on the development of China's petrochemical technologies in the early 21st century.

[Key words] petrochemical; technologies; progress; China