

# 我国聚酰胺纤维产业链的发展

金 离 尘

(中国化纤工业协会, 北京 1000742)

**摘 要:** 概述了我国聚酰胺纤维工业的发展现状, 分析了聚酰胺纤维产业链的结构调整; 详细介绍了我国己内酰胺生产及其技术现状, 我国己内酰胺工业发展严重滞后于聚合和纺丝; 指出应加快我国己内酰胺的发展, 增加己内酰胺产量, 促使聚酰胺产业链和谐发展。

**关键词:** 己内酰胺 聚酰胺纤维 生产技术 发展

**中图分类号:** TQ342.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0041(2008)06-0036-04

## 1 我国聚酰胺纤维发展概述

### 1.1 聚酰胺纤维工业发展概况

我国的聚酰胺工业起步于 20 世纪 50 年代, 当时从德国引进聚酰胺 6 (PA6) 和聚酰胺 66 (PA66) 聚合纺丝设备, 建成北京合成纤维试验厂和太原化纤厂。20 世纪 70 年代从法国和日本引进 PA66 技术建成辽阳石油化纤公司和平顶山帘子布厂。但由于我国己内酰胺 (CPL) 供应短缺, 制约了聚酰胺行业的发展。从 2002—2007 年 CPL 进口量从 45 kt 增加到 468 kt, 增加 10 倍, 而聚酰胺纤维占全部合纤的比例从 10% 下降到 4.4%。

表 1 我国聚酰胺纤维工业的发展

Tab. 1 Development of China polyamide fiber industry

| 年份   | 聚酰胺纤维产量/kt | 聚酰胺纤维占合成纤维比例, % |
|------|------------|-----------------|
| 2002 | 475        | 5.1             |
| 2003 | 565        | 5.1             |
| 2004 | 668        | 5.1             |
| 2005 | 717        | 4.7             |
| 2006 | 825        | 4.5             |
| 2007 | 974        | 4.4             |

目前我国不仅能够生产 PA6 及 PA66, 也能生产芳香族聚酰胺 (芳纶)。烟台氨纶公司芳纶 1313 产业化示范生产线 500 t/a 在 2004 年投产, 2005 年生产能力就迅速扩大到 2 800 t/a。2008 年, 中国最大的间位芳纶纤维制造与供应商——烟台氨纶成功扩产, 公司新增间位芳纶产能 1 500 t/a, 使得间位芳纶总产能达到 4 300 t/a, 该公司研发芳纶 1414, 计划在 2009 年前后投入 1 000 t/a 以上的生产能力。

制约我国聚酰胺工业发展和生产稳定运行的

关键是聚酰胺原料发展滞后于聚酰胺纺丝的发展。我国 60% 以上的聚酰胺原料依靠进口, 供应不稳定, 价格波动较大, 严重影响我国聚酰胺纤维行业的正常生产。我国聚酰胺原料的进口量逐年增加, 对国际市场的依存度加大, 为此我国必须增加 CPL 产量, 增加聚酰胺原料的自给率, 促使聚酰胺行业和谐发展。

表 2 2002—2007 年我国 CPL 供需状况

Tab. 2 China CPL supply and demand situation over 2002—2007

| 年份   | 产量/kt | 进口量/kt | 出口量/kt | 表观需求量/kt | 进口依存度, % |
|------|-------|--------|--------|----------|----------|
| 2002 | 171.0 | 320.6  | 1.500  | 490.1    | 65.42    |
| 2003 | 200.8 | 377.0  | 1.000  | 576.8    | 65.36    |
| 2004 | 227.7 | 449.8  | 0.004  | 677.5    | 66.39    |
| 2005 | 211.4 | 493.1  | 2.000  | 702.5    | 70.19    |
| 2006 | 290.5 | 444.6  | 0.020  | 735.1    | 60.48    |
| 2007 | 302.6 | 472.5  | 0.090  | 775.0    | 60.96    |

### 1.2 我国聚酰胺纤维行业经济

据不完全统计, 2007 年我国聚酰胺纺丝拟建、在建能力达到 150 kt, 其中 PA6 FDY 的装置比较集中。随着纺丝装置大量投产, 聚酰胺纤维特别是聚酰胺 FDY 的竞争将趋于激烈, 聚酰胺产品需要提高产品的附加值, 目前一些新项目有转向全消光丝生产的趋势。

同时 PA66 的纺丝产量也在不断增加, 因此 PA66 盐及切片供应矛盾也逐渐显现, 为此美国英威达在中国建设 PA66 原料装置。该装置将采用其专有的基于丁二烯的技术, 生产己撑二胺

收稿日期: 2008-05-08; 修改稿收到日期: 2009-01-04。

作者简介: 金离尘 (1939—), 男, 教授级高工, 中国化纤工业协会常务理事。

(HMD)和己二腈(AND),以及其他特种中间体化学品和PA66聚合物。AND是生产HMD的原料,HMD是用于生产尼龙的原料。预计于2010年投产。

随着2007年扩大产能的陆续投产,2008年PA6纤维的产量会有较快增产,增速预计在8%左右,产量在1 050 kt左右。

我国聚酰胺行业2002—2006年行业从亏损到盈利,盈利不断增加,产值、销售值及出口量也不断增加,2007年聚酰胺行业经济效益继续增长,完成工业总产值350亿元,同比大幅增加26.6%;实现利润总额8.05亿元,比2006年同期增加23%,亏损面为16%,同比降低了2个百分点。

## 2 我国CPL发展概况

### 2.1 CPL的消费状况

我国CPL主要用于生产PA6。目前,我国的聚酰胺产品结构为:PA6与PA66比例为80/20;聚酰胺长丝与短纤维比例为90/10;服用丝/产业用丝/装饰用丝比例为40/50/10。2007年,我国的聚酰胺产量为974 kt,消耗CPL约700 kt,约占我国CPL总消费量的90%。依据我国聚酰胺行业的发展规划,预计2005—2010年我国PA6纤维的需求量将以年均7.0%的速度增长,从表1可以看出,实际上与2005年比较,2006年聚酰胺纤维增长率为15%,如2007—2010年平均增长率按10%计,到2010年纤维对CPL的总需求量将超过1 000 kt。

### 2.2 我国CPL的生产现状

2008年,我国CPL的生产厂家有4家,总生产能力为365 kt/a,除了中国石化石家庄化纤有限责任公司的75 kt/a装置采用甲苯法外,其余装置均采用环己烷为原料的生产工艺路线。在2010年以前,我国将新增CPL生产能力405 kt/a,其中主要有中国石化巴陵分公司从140 kt/a扩大到200 kt/a,并准备再新建1套200 kt/a装置;中国石化石家庄化纤有限责任公司计划将现有的75 kt/a生产能力扩建到170 kt/a,江苏骏马集团公司计划在张家港新建一套200 kt/a CPL生产装置,河北沧州市计划新建1套120 kt/a生产装置,但因目前世界金融危机经济衰退都已暂停。我国CPL的总生产能力将达到约720 kt。2008年我国CPL的主要生产厂家情况见表3所示。

表3 2008年我国CPL的主要生产厂家

Tab.3 China principal CPL producers in 2008

| 生产厂家            | 生产能力/<br>(kt·a <sup>-1</sup> ) | 生产工艺 | 备注   |
|-----------------|--------------------------------|------|--|
| 南京帝斯曼东方化工有限公司   | 140                            | 环己烷  | 引进荷兰DSM公司技术,2005年9月扩产                          |
| 中国石化巴陵分公司       | 140                            | 环己烷  | 原引进荷兰DSM公司技术,2005年采用自有技术扩产,140 kt/a CPL成套技术及设备 |
| 中国石化石家庄化纤有限责任公司 | 75                             | 甲苯   | 引进意大利SNIA公司技术,也采用中石化国产技术扩建                     |
| 浙江巨化集团公司        | 10                             | 环己烷  | 国内技术   |
| 合计              | 365                            |      |  |

我国CPL研究开发工作始于1959年。20世纪70年代初,采用苯为原料,经加氢、环己烷氧化、拉西法合成羟胺、环己酮肟化、转位、CPL精制工艺,先后分别在南京化工公司磷肥厂、锦西化工厂、中国石化巴陵分公司、太原化工厂、衢州化工厂建设2 kt/a或5 kt/a的CPL生产装置。老的CPL装置由于生产技术水平低,装置规模小,物耗、能耗高,产品质量较差,加之20世纪80年代末90年代初国外产品大量低价涌入,老厂产品难以与之匹敌,国产CPL装置陆续停产,至1995年南京、岳阳两套引进荷兰DSM的50 kt/a装置运转正常后,所有老装置(除衢州外)全面停产CPL。南京、岳阳两厂在消化吸收引进技术的过程中积累了丰富的经验,已实现了部分技术的国产化,如苯加氢催化剂,HPO法合成羟胺催化剂和环己醇脱氢催化剂等均已实现国产化。目前中国石化股份公司巴陵分公司通过消除装置“瓶颈”,并采用自有技术,使生产能力扩大到140 kt/a。南京东方公司也扩至140 kt/a。石家庄化纤公司在20世纪90年代引进SNIA年产50 kt/a甲苯法制CPL,该厂对原SNIA工艺进行改进,简化原CPL精制工艺由原16步序简化为10步序,每年获经济效益约3 000万元,减少废渣600 t/a,废水8 kt/a,产品优质品率提高至大于90%。目前也已将产能提高到75 kt/a。

### 2.3 CPL生产技术现状

目前工业化的技术,以环己酮肟贝克曼重排为基础的传统路线,是世界CPL生产的主流。反应序列由4个截然不同的步骤组成:环己酮的制备,羟胺的制备,由上述产品制环己酮肟,肟用硫酸重排为CPL。使用最广泛的技术是DSM和

Polimex/PolSERVICE (Capropol) 的专利技术。Allied-Signal 拥有代表最早工艺 (例如高硫酸铵副产) 的改进技术, 并提供专利许可证。此外, Snia Viscose (甲苯路线) 和东丽 (光亚硝化路线) 工艺是两种截然不同的工艺, 也提供专利许可证。在贝克曼重排中需用硫酸中和, 副产硫酸铵。如何使副产硫酸铵的量最少, 一直是工艺改进的目标之一。

表 4 CPL 生产技术

Tab. 4 CPL production technologies

| 技术                          | 原料  | 硫酸铵副产/<br>( $t \cdot t^{-1}$ ) | 状态   |
|-----------------------------|-----|--------------------------------|------|
| DSM HPO                     | 环己烷 | 1.6                            | 工业化  |
| Allied Signal <sup>1)</sup> | 苯酚  | 4.2                            | 工业化  |
| Capropol                    | 苯   | 2.5                            | 工业化  |
| SNIA                        | 甲苯  | 4.7                            | 工业化  |
| 东丽                          | 环己烷 | 1.5                            | 工业化  |
| EniChem                     | 环己烷 | 1.5                            | 半工业化 |
| DSM/Dupont                  | 丁二烯 |                                | 开发   |

1) 现属 Honeywell 公司。

## 2.4 CPL 生产技术的比较

对各工艺路线的消耗定额进行比较来看, 环己烷氧化法收率最低, 仅为环己烷的 65.7%。苯酚法使用时间最长, 发展也比较完善, 但收率仅为苯酚的 75%。而甲苯法的收率为甲苯的 77.5%。光亚硝化法的收率为环己烷的 80%。

从原料成本来看, 光亚硝化法及环己烷法最便宜, 但是原料成本低不一定意味着 CPL 的总成本低。对于技术经济有决定性的其他因素还有: 方法的特性、反应步骤、反应进行的难易、副产品杂质分离的难易、副产品回收、动力消耗等。因此, 苯酚法的原料成本虽然比其他方法的高, 但是自从异丙苯合成苯酚的路线发明以来, 以及苯酚路线本身改进后, 苯酚的成本有所降低, 苯酚可不经环己醇而直接变为环己酮, 从而使苯酚路线的缺点得到一些弥补。其工艺优点是技术比较成熟, 中间产品较纯。因此, 近年来苯酚法的生产能力仍在继续扩大。

东丽公司采用的光化学法是一种独特的方法, 是用光作为基本要素生产大宗化学品的唯一方法。环己烷与亚硝酰氯和氯化氢的光化学反应, 生成环己酮肟盐酸盐。光化学反应的量子收率为 1 (理论值), 因此, 每单位产物所需的光能较大。动力消耗是较重要的经济因素。

光亚硝化法是目前用环己烷制 CPL 最经济的一种方法。反应过程短, 收率高 80% (按环己烷计总收率)。其缺点是反应消耗电能多 (1 kg

CPL 耗电量大 4.4 kW/h)。设备要用防腐材料。这种混合物具有强腐蚀性, 需用钛设备。此外, 由丁二烯和氢氰酸 (HCN) 制 CPL, 是 DuPont 公司和 BASF 公司的专利, 其工艺涉及 HCN 与丁二烯的逐步加成; 由丁二烯和一氧化碳制 CPL, 是 DuPont 公司已经在从事的另一项开发工作, 以丁二烯为原料生产 CPL, DuPont 公司正在与 DSM 一起努力使之实现工业化。

## 3 聚酰胺纤维产业链的调整

为了使聚酰胺产业取得较好的经济效益, 必须强化聚酰胺产业链的结构调整, 沿着价值链提高产品附加值, 增强竞争能力, 实现聚酰胺产业链各个环节健康发展。

### (1) 产业链结构调整

首先要加大聚酰胺原料发展的力度, 使其自给率达到 50% 以上; 二是对现有聚酰胺企业进行结构调整, 提高企业生产集约化程度和形成一批具有规模优势、竞争实力的骨干企业, 使其发挥规模效益, 带动行业升级; 三是通过多渠道筹集资本, 加大民间资本和外资准入的力度, 以调整行业的资本结构。

### (2) 加大聚酰胺技术及设备国产化开发

除了我国自主的芳纶 1313 扩大产能以及芳纶 1414 即将工业化生产外, 受到我国聚酰胺行业特别关注的是我国自主研发的中国石化己内酰胺项目已通过鉴定。

中国石化集团“十条龙”攻关项目之一的“140 kt/a CPL 成套新技术开发”项目, 通过中国石化组织的技术鉴定。该成套新技术在中国石化巴陵分公司成功实现了工业应用。140 kt/a 己内酰胺成套新技术中的环己烷氧化制备环己酮技术, 经过对反应器搅拌结构的改进和对反应及分离过程的优化, 使装置生产能力由 67 kt/a 增至 82 kt/a, 环己酮精制部分处理能力达到 124 kt/a, 环己酮质量优良, 原料消耗明显下降。

环己酮氨肟化合成环己酮肟的工艺技术是己内酰胺生产成套新技术的核心。通过对重排反应动力学研究, 开发了新型的重排反应和重排反应器, 使装置生产能力达到 140 kt/a, 降低了酸肟比和原料消耗, 提高了质量。同时, 己内酰胺精制新技术还开发了中和结晶工艺、新型转盘萃取塔、磁稳定床加氢技术等, 达到了资源的优化利用。为此, 应加大聚酰胺技术及设备国产化开发, 推广应

用新技术、新设备。

### (3) 加大新产品开发和应用

加大聚酰胺新产品开发和应用力度,开发应用领域。同时聚酰胺企业应上下游配套发展,开发和研制新产品,提高对市场的适应性和竞争力。聚酰胺在服装面料上的应用,也将随着染整业的“瓶颈”被突破而得到新的和更大的发展,同时也要处理好发展高新技术产业和改造提升传统产业的关系。把传统产业的优化升级放在重要的战略位置,加快用高新技术和先进适用技术改造提升传统的聚酰胺产业。对今后聚酰胺工业的发展要上、下游关联度高的纤维、纺织、织造、染整、设计技术着手,提高面料、服装的开发、设计和制造水平,开发各类高档面料及服装,培育名牌,扩大出口。建设若干个具有竞争力的化纤生产基地,开发新型纤维材料,提高差别化率。大力开拓产业用和装饰用聚酰胺产品市场。例如:辽宁银珠化纤集团生产出 PA66 吸湿排汗水晶丝,河南神马生产的 PA66 安全气囊丝,日本东洋纺的 Y 形截面和 PA 长丝等。只有积极开拓聚酰胺行业下游附加价值较高的产品,才能消化原料成本上涨的不利因素。

### (4) 积极开展聚酰胺回收和利用

作为世界著名的 PA6 制造业者晓星,开发出了改变原尼龙丝品质的衣用再生 PA 长丝 MIPANregen。预计在这次内衣及时装坯布展示会 Interfilere 上将公布。从事生产加工边角料和用毕制品的循环利用。目前正致力于尼龙渔网、地毯等的再生利用。

采用 Starlinger 公司的 Recostar Universal 系统可用于聚酰胺纤维的回收加工,美国 Unifi 公司推出了回收的 Repreve™ PA66 纤维。聚酰胺纤维的回收和利用已成为我国聚酰胺产业主要的研发工作。

## 4 几点建议

长期以来,我国聚酰胺工业上下游发展不平衡,聚酰胺原料特别是 CPL 工业发展严重滞后于聚合和纺丝,已成为我国聚酰胺工业发展的瓶颈。尽管近年来,我国 CPL 企业进行消除瓶颈扩能改造,使 CPL 产能、产量有所提高,但依然改变不了国内 CPL 严重短缺的局面,有 2/3 左右的 CPL 要依靠进口解决,2007 年进口依存度比 2005 年下

降近 10 个百分点,但仍高达 60.96%,这使聚酰胺行业处于相当不利地位。我国必须增加 CPL 产量,才能促使聚酰胺行业和谐发展。

(1) 新建或扩建 CPL 项目产能必须超过 100 kt/a,一般以 150~200 kt/a 为宜。在国家发改委制定的《产业结构调整指导目录》中,大型 CPL 的生产技术开发和成套设备制造属于鼓励类,而产能在 100 kt/a 以下的新建 CPL 装置属于限制类。对未经核准的限制类投资项目,政府不予投资,各银行等金融机构不予贷款,土地管理、城市规划、环境保护、消防、海关等部门不得办理有关手续。这就意味着,新建 CPL 装置需要更大的投资。必须通过多渠道筹措资金,加大民间资本和外资在 CPL 行业中的投资比重。特别是采用中国石化的“140 kt/a 己内酰胺成套新技术开发”项目来发展我国 CPL 产能。

(2) 落实新建或扩建 CPL 项目的主要原料。生产 CPL 的主要原料之一苯、甲苯和苯酚主要来自石油加工,因此 CPL 生产装置的上游最好配套有炼油装置,但随着石油价位不断上涨也可以考虑在有条件的地方以高温煤焦油的苯、苯酚为原料,有助于缓解过分依赖石油而造成依赖成本居高不下的局面。

(3) CPL 生产能力的扩大应优先考虑在老厂老基地扩建改造,可以充分发挥原有技术力量的作用,利用原有公用工程和贮运等条件,节省投资,容易达到经济规模,降低生产成本,增强竞争力。

(4) 在建设过程中,不宜重复引进技术,加强对引进技术的消化吸收和改进提高,重视成套技术设备的国产化工作。引进技术和设备的软硬件费用高,投资大,影响竞争力。波兰的 CPL 生产是从引进 Inventa 技术起步的,如今已经形成了自己的技术——Capropol 法,自 20 世纪 80 年代中期以来对外出口技术。现有的 140 kt/a 己内酰胺的生产技术为我国 CPL 的发展开创范例。这个经验值得我们借鉴。我国 CPL 生产已有 30 多年的历史,积累了大量的经验教训,有能力消化吸收引进技术,创建自己的技术。只有在加强引进技术的消化吸收,逐步实现各种助剂、添加剂的国产化,不断优化工艺,降低能耗、物耗,积极减员增效,降低成本,提高劳动生产率,保证产品质量,才能真正与国际竞争。

(下转第 47 页)