加强工程技术开发 发展中国聚酯工业

蒋士成
（仪征化纤股份有限公司，江苏 仪征 211900）

【摘要】文章叙述了世界和亚洲聚酯及涤纶工业技术发展状况和趋势，并对市场、产能、产量等进行分析和预测。对中国聚酯及涤纶工业做了相应的分析和预测，寻找与国外的差距。介绍了国内聚酯工业工程技术开发的情况以及具体做法和成功的经验，并提出建议。
【关键词】聚酯；技术；发展；市场；建议

世界、亚洲及中国的聚酯工业由于技术进步与市场需求的推动，近20多年来高速发展，亚洲聚酯发展速度更是惊人，聚酯工业的重心开始向亚洲。到20世纪90年代中期由于产能扩充过多，除中国以外已出现供大于求的局面，尤其是1997年下半年爆发的亚洲金融危机，使亚洲乃至全球聚酯工业陷入了极其艰难的境地。但世界聚酯业经过一段时期的结构调整，聚酯工业又进入新一轮的发展阶段。在2001年6月加入WTO和面临新世纪聚酯工业发展机遇之际，对世界、亚洲以及中国的聚酯工业市场、技术、开发、发展进行分析，寻找差距，制定对策，必将有助于我国聚酯工业的发展规划以迎接新世纪的挑战。

1 世界和亚洲聚酯及涤纶工业现状及发展趋势
1.1 世界和亚洲聚酯及涤纶工业技术发展状况
1.1.1 聚酯技术发展 近年来世界聚酯技术正向更大的经济规模发展，单系列生产能力由80年代的100 t/d、200 t/d提高到90年代的300 t/d、400 t/d、480 t/d、600 t/d。随着单系列能力的扩大，每万吨聚酯投资成本呈等比价数下降。如目前世界前30家聚酯生产厂家的平均产能达3.6×10^4 t/a。

聚酯工艺路线有以PTA为原料的直接酯化法和以DMT为原料的酯交换法。PTA法具有能耗低，无废液无废渣，无副产品醇钠，反应时间短等优势。自80年代起已成为聚酯的主要工艺技术路线。大规模生产线均为连续生产工艺，半连续及间歇生产工艺则适合于中、小型多品种生产装置。PTA法连续工艺主要可分为五釜流程及三釜流程，这二种工艺各有特色。后者缩聚工艺基本相似，区别在于酯化工艺，如五釜流程采用较低温度及压力酯化，而三釜流程则采用高EG/PTA摩尔比和较高的酯化温度，以强化反应条件，加快反应速度，缩短反应时间。近年来也有四釜及二釜流程在开发。

采用先进的集散型（DCS）自动控制系统对聚酯的工艺生产进行控制和管理。此外，已有聚酯仿真系统的开发和应用技术在研制，可具有仿真计算功能，灵敏分析功能，优化功能，成本计算功能，工程计算功能。

新型的聚酯产品技术PEN、PTT开发应用前景广阔。

PEN（聚对二甲酸乙二醇酯）是聚酯的新型产
品。由于它具有较高的阻隔性、防水性、气密性、抗紫外线性、较好的耐热性、耐化学性、耐辐射性等，近年来深受世界许多国家的聚酯生产厂商的注。PEN将广泛地用于碳酸饮料、啤酒、果汁等包装瓶、工业丝、薄膜、磁带、药品包装及工程塑料等方面，是一种极具有开发前景的新型聚酯材料，预计至2005年年均增长率将达35%。

PTT（聚对苯二甲酸丙二酯）也是聚酯系列产品中最具发展前景的新成员。它兼具锦纶和涤纶的优点，具有抗污性、化学稳定性、回弹性及染色性，是一种较理想的纺织用新型热塑性聚酯材料，是世界各国新世纪重点发展的新材料之一。

PTT的用途广泛，主要用于工程塑料、体育用品，薄膜以及针织物，地毯以及服用纤维等方面，具有极大的市场发展潜力。

1.1.2 涤纶技术发展 为适应大规模、高质量、低成本的常规以及差别化的涤纶长丝、涤纶短纤维产品的需求，聚酯熔体直纺技术也得到广泛的应用。与切片纺技术相比每吨纤维生产成本可降低1000~1500元。

生产装置向大型化、高速化、自动化、柔性化方向发展。如涤纶短纤维生产线的单线生产能力经济规模由过去50t/d提高到100t/d，150t/d，200t/d，同时积极发展可生产多种类的柔性生产技术。此外还有多孔大面积喷丝板、短程纺等技术。

涤纶长丝除POY-DTY二步法传统工艺外，随着机电一体化技术的发展，卷绕头的机械速度从4000m/min发展到6000m/min、8000m/min，正在进行试验12000m/min。通过工艺研究出现了不同形式的纺丝拉伸一步法工艺，如HGS（热牵拉伸法）、TCS（热管拉伸法）、HCS（超高速纺丝法）均有良好的发展前景。通过添加聚合物改性剂或突破性工艺改进可将POY纺速从3200m/min提高至4500~5000m/min。涤纶产品向差别化、功能化方向发展，如细旦多孔，异型，异收缩，弹性、高吸湿、抗静电、抗辐射、阻燃、抗紫外、抗远红外、抗菌、导电等纤维。此外为适应信息产业、生物科学、环保产业等领域的发展，研究和开发出相应的纤维材料。涤纶也在积极向这些领域拓展，如外科缝线、人工血管、人工肺以及可降解聚酯纤维等。

1.2 世界及亚洲聚酯及涤纶工业的市场、产能、产量以及发展状况

据PCT统计分析，世界聚酯产能1999年与1990年相比增幅为142.8%，年均增长率10.4%，而亚洲地区（除日本外）增幅为180%，年均增长达12.2%。由此可见，进入80年代以后，亚洲是聚酯产能发展最快的地区。1990年亚洲聚酯产能占世界总能力的48.85%，而到1995年已上升至57.59%（详见表1，表2）。

### 表1 世界与亚洲各地区聚酯聚合物生产能力表

<table>
<thead>
<tr>
<th>年份</th>
<th>世界总计</th>
<th>亚洲/中东</th>
<th>北美</th>
<th>南美</th>
<th>西欧</th>
<th>东欧</th>
<th>非洲/中东</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>1990</td>
<td>1268.3</td>
<td>619.6</td>
<td>333.0</td>
<td>33.6</td>
<td>163.2</td>
<td>86.7</td>
<td>32.0</td>
</tr>
<tr>
<td>1991</td>
<td>1324.8</td>
<td>671.7</td>
<td>336.2</td>
<td>33.8</td>
<td>172.2</td>
<td>76.8</td>
<td>34.1</td>
</tr>
<tr>
<td>1992</td>
<td>1394.9</td>
<td>725.0</td>
<td>343.3</td>
<td>34.6</td>
<td>178.6</td>
<td>77.8</td>
<td>35.6</td>
</tr>
<tr>
<td>1993</td>
<td>1520.7</td>
<td>805.4</td>
<td>368.0</td>
<td>38.2</td>
<td>191.1</td>
<td>78.1</td>
<td>39.9</td>
</tr>
<tr>
<td>1994</td>
<td>1681.7</td>
<td>894.3</td>
<td>397.3</td>
<td>41.9</td>
<td>217.5</td>
<td>77.6</td>
<td>53.1</td>
</tr>
<tr>
<td>1995</td>
<td>1916.0</td>
<td>1035.0</td>
<td>410.6</td>
<td>47.6</td>
<td>227.4</td>
<td>72.6</td>
<td>54.3</td>
</tr>
<tr>
<td>1996</td>
<td>2184.3</td>
<td>1301.6</td>
<td>460.2</td>
<td>48.4</td>
<td>236.9</td>
<td>70.8</td>
<td>66.4</td>
</tr>
<tr>
<td>1997</td>
<td>2332.9</td>
<td>1385.5</td>
<td>504.3</td>
<td>59.1</td>
<td>287.5</td>
<td>63.0</td>
<td>63.6</td>
</tr>
<tr>
<td>1998</td>
<td>2842.8</td>
<td>1600.2</td>
<td>552.3</td>
<td>68.5</td>
<td>301.0</td>
<td>62.3</td>
<td>83.0</td>
</tr>
<tr>
<td>1999</td>
<td>3079.9</td>
<td>1734.9</td>
<td>598.0</td>
<td>82.2</td>
<td>330.2</td>
<td>62.3</td>
<td>93.0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

资料来源：PCT，1999年为预测值

由于聚酯产能的不断扩大，产能增长速度大大超过需求的增长速度。从1995年起聚酯产品的装置产能利用率不断下降，但经过结构调整，到1999年聚酯工业将度过本周期最困难的阶段，在新的世纪到来时，聚酯工业将迎来新的发展阶段。世界聚酯产品产能利用率统计预测详见表3。
表 2 亚洲聚酯聚合物生产能力
占世界总生产能力比重变化表

<table>
<thead>
<tr>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>世界总生产能力</td>
<td>100</td>
<td>100</td>
<td>100</td>
<td>100</td>
<td>100</td>
<td>100</td>
</tr>
<tr>
<td>亚洲地区所占比率</td>
<td>48.85</td>
<td>57.59</td>
<td>59.59</td>
<td>54.70</td>
<td>56.30</td>
<td>56.33</td>
</tr>
<tr>
<td>其它地区所占比率</td>
<td>51.15</td>
<td>42.41</td>
<td>40.41</td>
<td>45.30</td>
<td>43.70</td>
<td>43.67</td>
</tr>
</tbody>
</table>

资料来源：PCI

对世界和亚洲的聚酯工业发展的预测，据 PCI
分析，从 1998 年到 2008 年，预计全球聚酯产能增
速将减慢，1998～2001 年为 5.8％，2001～2004
年为 5.3％，2004～2008 年为 3.1％。也有比较乐
观的分析，如 1998 年 12 月在瑞士苏里世召开的
98 聚酯世界生产会议上 Maack 公司认为从 1999 年到
2005 年，聚酯产能还可以增长 33％～40％，平均
年增长率为 6.6％～8％，世界聚酯工业大投资将
从 2000 年开始，聚酯工业将进入新一轮快速发
展阶段。

表 3 世界聚酯产品产能利用率和预测

<table>
<thead>
<tr>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>聚酯产能利用率</td>
<td>84.6</td>
<td>82.3</td>
<td>81.8</td>
<td>86.1</td>
<td>89.5</td>
<td>89.9</td>
<td>96.2</td>
<td>107.0</td>
<td>118.2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>涤纶短纤丝利用率</td>
<td>84.1</td>
<td>82.1</td>
<td>83.1</td>
<td>87.1</td>
<td>87.9</td>
<td>86.8</td>
<td>91.8</td>
<td>98.8</td>
<td>107.9</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>涤纶长丝利用率</td>
<td>88.9</td>
<td>83.8</td>
<td>83.6</td>
<td>87.8</td>
<td>93.3</td>
<td>94.9</td>
<td>100</td>
<td>112</td>
<td>125.1</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

资料来源：PCI

在聚酯生产能力中，非纤聚酯的发展速度很快。
1996 年，世界聚酯包装树脂和薄膜产能分别为
451.9×10^4 t 和 138.2×10^4 t，占世界聚酯总产
能的 20.7％和 6.3％。1997 年世界聚酯包装树脂
和薄膜产能分别为 585.9×10^4 t 和 151.2×10^4 t，
占世界聚酯总产能的 23.13％和 5.9％，1998 年则
分别为 699.5×10^4 t 和 163.1×10^4 t，占世界聚酯
总产能的 24.6％和 5.7％。预计到 2000 年将达到
823.6×10^4 t 和 176.9×10^4 t，年均增长分别
为 17.6％和 6.2％，并且各占世界聚酯总产能的
26.0％和 5.59％，非纤聚酯产能约占总产能的三
分之一。

2 中国聚酯及涤纶工业现状及发展趋势

聚酯工业一直是我国化纤工业发展的重点，经
过近 20 年的高速发展，目前已建成聚酯产能约
390×10^4 t，预计 2000 年底将达到 500×10^4 t，这
对缓解纺织原料紧缺和结构性矛盾作出了很大贡
献。我国聚酯工业总的来看具有以下特征：

2.1 产能、产量大幅度增长，为世界第二大聚酯

1998 年聚酯产能占全球产能的 13.6％，预计
到 2000 年占全球产能的 15.8％；1996～2000 年产
能平均增长 18.9％，比全球和亚洲其它地区同期
年均增长分别高 9.1％和 7.5％。

中国聚酯的产量 1983 年仅有 16.4×10^4 t，
1988 年为 73.6×10^4 t，1990 年为 91.7×10^4 t，
1993 年为 123.2×10^4 t，1995 年为 154×10^4 t，
1998 年为 360×10^4 t，1999 年估计将超过 400×10^4 t，近 5 年聚酯产量平均增长速度高达 27％，
产量增长速度比聚酯高 8％以上。

中国聚酯及涤纶工业高速发展，主要是靠重复
的大量引进国外成套设备及技术，新建工程项目。
总计国内先后引进 50 余条聚酯生产线，有吉玛、
伊文达、钟坊、杜邦等多家技术路线。

2.2 需求增长高于产能增长，缺口很大，具有良
好的市场发展前景

国内对聚酯及涤纶产品的需求很大，国内产
品的供应缺口较大，每年均需大量进口，总量均
在 100×10^4 t 以上（详见表 4）。

表 4 我国近年来进口聚酯产品量

<table>
<thead>
<tr>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>聚酯切片</td>
<td>26.4</td>
<td>26.8</td>
<td>32.1</td>
<td>21.02</td>
<td>34.41</td>
</tr>
<tr>
<td>涤纶短纤丝</td>
<td>75.6</td>
<td>95.6</td>
<td>110.7</td>
<td>92.24</td>
<td>83.83</td>
</tr>
<tr>
<td>合 计</td>
<td>102</td>
<td>122.4</td>
<td>142.8</td>
<td>113.36</td>
<td>118.22</td>
</tr>
</tbody>
</table>

资料来源：海关统计

2.3 中国的聚酯工业在迅猛发展的同时也存在诸
多不足
2.3.1 生产能力不配套，原料不足 粘合剂链上下游生产能力不配套，粘合剂重要原料 PTA、EG 供应不足，每年有 1/3 的原料需进口补足。

2.3.2 缺乏竞争力 生产集约程度不高，地区布局分散，企业数量过多，且装规模小，技术水平较低，设备落后陈旧，劳动生产率低，生产成本高。随着粘合剂产品生产技术不断进步，连续法粘合剂生产线单线的经济规模已提高到 10 × 10^4 t/a（300 t/d），而国内粘合剂企业除仪征外，龙津、开平以及合资翔鹭具有单线 300 t/d、400 t/d 能力外，绝大部分为 100 t/d 及 200 t/d 单线规模。在整厂规模上除仪征、上海、辽化、天津、洛阳以及翔鹭具备 20 × 10^4 t/a 以上的规模外，大部分在 6 × 10^4 t/a 左右。还有一大批 5 000～10 000 t/a 的间歇法小粘合剂，据不完全统计，全国主要粘合剂 38 家 400 × 10^4 t/a 产能，平均单厂产能约 10.52 × 10^4 t/a。而目前世界粘合剂经济规模单厂产能一般为 20 × 10^4 t/a 以上。

直纺涤短纤维的单线规模已提高到 3 × 10^4 t/a（100 t/d），而国内除龙津、辽化、上海、浙涤、联吉、天成、洛阳、翔鹭具有先进的 100 t/d、150 t/d 的生产线外，主要是 50～60 t/d 的单线规模。在整厂规模上仅有仪征、辽化、上海、天津、洛阳、翔鹭大于 10 × 10^4 t/a，其余均较小，不少为 5 000 t/a 以下，而目前世界涤纶短纤维的经济规模单厂产能一般为 10 × 10^4 t/a 以上。

涤纶长丝生产大批量常规品种的直纺、高速工艺技术和设备有了很大进步，工厂经济规模达 10 × 10^4 t/a 以上。国内基本上仍以切片纺为主，直纺长丝直仅占 15% 左右。除仪征和翔鹭规模超过 10 × 10^4 t/a 外，其余均较小，平均单厂规模约 10 000 t/a 左右。而目前世界涤纶长丝的经济规模单厂产能一般为 10 × 10^4 t/a 以上。

综上分析，我国粘合剂产品技术，除少数企业外，与国际先进水平相比，至少落后 5～10 年。

2.3.3 产品单一，技术及产品开发能力不足 对织染后加工技术和织物面料的市场动向研究掌握不够。不适应市场各种不同面料的要求。非粘合剂的品种及技术开发薄弱，差别化及功能性粘合剂产品开发虽有不少研究，但真正产业化的较少。

2.3.4 设备、技术以成套引进为主，建设成本过高 在设备及技术引进中，我国的关税及增值税较高，与亚洲其它国家和地区的产品价格相比，投资要高处近 20%，再加外商对设备、材料承包以及收取专利及技术秘密费、计算费等，与采取国产化技术、内包设备设计采购方式相比，总投成本差异至少 50%。更因我国的许多主要粘合剂企业建于“八五”期间，正是全球粘合剂建设高潮期，成套引进的代价更高，造成目前不少企业不堪重负。

2.3.5 缺乏资金，负债率过高，成本中财务费用增加 国内”八五”期间建设的主要粘合剂企业，负债率高达 80%～90%，甚至有的 100% 负债建厂。这些企业的期间费用，大大超过台、韩同行。

2.3.6 管理粗放、劳动生产率低下 管理机构重叠，生产岗位人员配置过多。我国粘合剂及涤纶企业。人均劳动生产率比国外先进企业要低 50%～60%。劳动力成本已接近发达国家水平，无廉价劳动力优势可言。

2.4 中国粘合剂市场的发展前景

虽然世界及亚洲的粘合剂市场出现了供大于求的现象，但中国的粘合剂市场有自己的特点，由于人口众多，需求随供应同步增长，市场的成长性良好，发展前景广阔。从表 4 可看出，1999 年内需不足的情况下，粘合剂产品出口总计 118.24 × 10^4 t/a，如再考虑进口面料中折算粘合剂纤维尚有约 40 × 10^4 t/a 的进口量。目前国家正在组织编制纺织工业“十五”规划和 2010 年远景规划，依据有关资料分析化纤发展初期预测如表 5。

<table>
<thead>
<tr>
<th>年份</th>
<th>1995</th>
<th>1999</th>
<th>2005</th>
<th>2010</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>化纤需求</td>
<td>480</td>
<td>750</td>
<td>1 000</td>
<td>1 300</td>
</tr>
<tr>
<td>化纤产量</td>
<td>352.97</td>
<td>600</td>
<td>900</td>
<td>1 200</td>
</tr>
<tr>
<td>化纤产能</td>
<td>408.6</td>
<td>690</td>
<td>950</td>
<td>1 300</td>
</tr>
</tbody>
</table>

1999 年涤纶占化纤总产量的 73.9%，再考虑非粘合剂产品的发展，预计 2005 年将有 200 × 10^4 t 以上新增粘合剂产能的发展空间。

但必须注意中国粘合剂市场已经从完全的供应短缺转变为竞争性供需平衡态势，中国粘合剂产品的供应缺口由谁来弥补，将视其产品的竞争力来决定。中国粘合剂工业要进一步健康地发展，必须有自己新的技术和开发能力，才能在激烈的市场竞争中具有优势，在这方面已有较好的开端。
3 加强工程技术研发，发展中国聚酯工业

3.1 对引进的聚酯装置进行消化吸收创新

从 1992 年起，仪化公司依靠自己的技术力量对聚酯装置引进技术进行消化、吸收和创新，在对聚酯装置薄弱环节的不断优化改造和实施聚酯装置增容 10% 改造项目的基础上，以仪化为主体，采取产、学、研相结合的形式，牵头组织中国纺织工业设计院、华东理工大学和南化公司化工机械厂，开展了聚酯生产、反应机理和反应器的国产化攻关研究，取得了预期的成果，并成功应用于仪化公司聚酯第八单元 30% 增容改造项目上，使该装置的生产能力从 200 t/d 提高到 300 t/d，实际增容能力在 50% 以上。目前成功推广应用于仪化公司聚酯三、六、七等单元，其中三单元生产能力已达 330 t/d，实际增容 65%，1999 年仪化公司因增容 16 × 10^4 t/a 聚酯创纯利润 2 × 10^5 元人民币。

1996 年 10 月开始在聚酯八单元改造成功的基础上，开展了 10 × 10^4 t/a 聚酯成套设备科技攻关项目。经过近 3 年的攻关研究，已完成了 10 × 10^4 t/a 聚酯国产化成套技术要求的工艺技术软件包，并已通过了中国石化集团公司组织的技术鉴定。基础设计以及主要反应器的设计和制造也已完成，工程项目已开工建设，目前施工施工完毕，设备在 2000 年 9 月基本安装完，已进入调试阶段，计划年底即可建成投产。

3.2 10 × 10^4 t/a 国产化聚酯装置工艺技术与设备的特点以及与国外先进技术的技术经济比较

1）第一酯化反应器采用低温、长停留时间达到较高的酯化率（91%），接近于操作条件（温度、压力、反应摩尔比）下的平衡酯化率，并设计较大的气相空间减少气相蒸发夹带，有利于装置稳定运行。

2）两个酯化反应器共用一个分离塔。采用国内新型专利导向浮壁塔，替代国外采用的传统的笨重的泡罩塔。不仅分离效率高，生产易于控制且设备造价较低。

3）采用乙二醇蒸汽喷射产生真空，较有些引进装置的水蒸汽喷射真空系统生产能耗低且废水量大大减少，有利环保。

4）乙二醇在装置中全回用。降低了乙二醇的单耗。改进的乙二醇加入方式改善了后缩聚真空系统操作工况，提高了装置运转稳定性。

5）设置尾气洗涤塔，使排放达标环保要求。

6）对五个关键的反应器采用碳钢、不锈钢复合钢板制造筒体；加热保温夹套采用碳钢（而引进装置反应器筒体及夹套均为不锈钢制造），从而大大降低了设备造价。

7）产品质量和原料单耗与国外最新引进装置相比，国产的聚酯装置达到 90 年代后期先进技术水平，个别指标甚至优于国际先进技术水平。

8）10 × 10^4 t/a 聚酯装置投资约 1.8 × 10^8，与成套引进装置相比可节约 50% 以上，将大大增强产品的竞争力。

3.3 国产化工程技术开发工作的要点

3.3.1 研究工作 以基础理论研究工作为核心，科研单位为主体对聚酯的工艺技术，按酯化、预缩聚及终缩聚三个主要过程开展基础理论及工程技术研究。

1）对 PTA 与 EG 直接酯化过程进行分析试验，并研究清晰点、反应条件（时间、温度、压力、摩尔比）对酯化率和 DEG 的影响。建立 PTA 溶解度方程、清晰点、酯化反应动力学模型及 DEG 副反应动力学模型。再以工业生产数据进行修正和考核。对反应器进行冷模实验，通过停留时间分布测定，确定内腔结构反应器流动模型，并测定搅拌桨叶选型及混合性能研究和功率。

2）分别采用静止膜法和搅拌法对预缩聚过程进行分析试验，考察了反应时间、温度、压力、搅拌程度及膜厚对特性粘度、端羧基的影响，并对 DEG 生成进行研究，建立预缩聚动力学模型，端羧基变化动力学模型，再以工业生产数据进行修正和考核。

3）对最终缩聚过程以及圆盘反应器分析，属于反应－脱挥串联过程，过程速率由反应和脱挥共同决定，反应速率不随设备变化，而脱挥速率是随设备变化。采用静止膜法进行反应规律研究，建立反应动力学模型，采用降膜反应器和圆盘反应器（φ 300 mm 及 φ 1 200 mm 小试及中试设备，进行验证实验，采用 φ 300 mm，φ 574 mm，φ 2 000 mm 圆盘进行冷模实验，再结合反应器的搅拌与混合，成膜与更新及流动与传质等传递规律的研究结果，建立聚酯工业缩聚过程模型，用实际工业生产数据对模型计算结果校核，利用聚酯工业缩聚过程模型进行反应器操作设计计算。
3.3.2 开发工作 以工程技术开发工作为核心，
设计单位为主体，在科研工体基础上提出工艺流程、工艺条件、控制方案、物料平衡、能量平衡、
物料消耗与指标等工艺软件以及各反应器结构、传热
要求，完成全流程配套设备的选型等，形成 $10 \times 10^4 \text{t/a}$ 聚酯国产化成套技术软件和设计体系，使
各项技术经济指标达到国际先进水平。

3.3.3 制造工作 以设备制造工作为核心，制造
单位为主体，对采用复合钢板制造反应器内筒，对
改型“L”型相热媒夹套，大型盘管冷却器和大
型卧式圆盘反应器作主轴的冷却铸造、调质、轴套表
面处理等设计制造技术进行研究，设计制造 2台酯
化反应器，2台预缩聚反应器，1台终缩聚反应器，
工艺塔及配套附属设备，形成大型聚酯装置主要设
备国产化制造能力。

3.3.4 施工与生产 以施工建设与生产运行作
为方向，以企业为主体，采用自主开发的技术软
件包和国产化设备建设一套年平均生产时间不低于
8000h，产量为 $10 \times 10^4 \text{t/a}$ 的国产化成套聚酯装
置，并开发出相应的生产工具、维修、安全、质量
控制等一系列生产技术及管理软件。

3.3.5 考察与验收 以装置开车，投入正常运行
后，由国产化“攻关”项目合同通过考察验收，从
而形成包括技术软件、设计、设备制造和装置成套
以及生产技术、管理等方面完整的聚酯装备技术的
工程化能力。

3.4 国产化工程技术开发工作的体会

根据仪征化纤股份有限公司组织国产化聚酯工程技
术开发的经验和总结，有几点体会可供其它项目借
鉴。

1）以企业为主体，组织各厂、院校的设
计、制造等为主体的产、学、研相结合的形式，
进行重大装备和科技的“攻关”是一种有效的方式。

2）树立技术创新的观念，在消化吸收引进技
术设备的基础上瞄准世界先进技术，在高起点、高
标准的前提下组织实施。

3）以工程技术开发为核心，在工艺软件包及
重大工艺装备攻关方面软硬件并重，形成自主知识产权的技
术和工程化能力。

4）采用先进的、科学的方法，如对各工艺过
程进行分析，建立有效实验设施（包括冷冻、热模
试验及必要的中试），建立过程模型并采用计算机
模拟和仿真技术以及采用工业生产装置实际运行操
作数据进行验证校核模型等，以满足工程设计上各
有关计算的要求。

5）从改造装置的技术改造入手，将开发的
国产化聚酯技术和装备分步实施，逐步完善并形成
成套工程技术。

6）有国家计委、国家经贸委、化学工业集团公
司、国家体改办以及企业领导的大力支持。列入国
家“九五”重大装备国产化攻关项目以及中国化
学“十项”攻关项目，在人、财、物等方面到位，
依托工程落实等都以全面完成攻关任务。

4 对国产化聚酯工程技术应用的展望
和建议

1）以伊利化纤股份有限公司为主体开发的国
产化聚酯工程技术，以仪征化纤装置技术改造增
容以及产品结构调整中已见成效，并已在四套装置
上推广应用。此外，在辽阳石油化纤 20 $\times 10^4 \text{t/a}
聚酯装置改造增容到 30 $\times 10^4 \text{t/a}$ 工程项目中取得
成功。该技术具有巨大的发展前景。如能在全国聚
酯装置技术改造及扩建中推广应用，将对调整我国
聚酯产业结构，增强竞争力起很大作用。

2）目前全国正在兴起新一轮新建聚酯热，建
议政府对项目进行控制外，还应重视盲目成套引进
聚酯技术和装备进行限制，支持和鼓励应用国产化
大型聚酯工程技术及装备，国内完全有条件进行
工程总承包。今后也可以参加聚酯装置国际工程承
包竞争。

3）在现有成果的基础上，建议进一步组织对
世界级最大规模 600 t/d 聚酯装置进行成套工程技术
和装备的开发工作，并进一步拓展，开发大容量
共聚酯（CP）及共聚酯瓶级聚酯（SSP）技术和
设备。

4）应用本项目开发的经验，在聚酯工业的相
关产品如大容量低熔点短纤维、低熔点长丝以及
原料 PTA 的国产化成套工程技术的装备的开发，
以免再重复引进国外成套聚酯装置之错误。

参考文献

[1] 孔静民，陆徳民，吴孝林，聚酯工艺 [M]，上海：
化学工业出版社，1985

[2] 周子明，间歇 TPA 法制备 PET 过程中 DEC 生成规
律及控制方法 [J]，合成纤维，1991，22（2）：22～
24
Strengthening the R&D of Engineering Technology and Developing the Polyester Industry of China

Jiang Shicheng

(Yizheng Chemical Fibers Co., Ltd., Yizheng, Jiangsu 211900, China)

[Abstract] Due to the technology development and market demand, the PET industry has been developed very quickly in China, Asia and the whole world in the last twenty years. The focus of the PET industry has been moving to Asia and the Asia’s PET industry has been brought to a new stage. The technical development, market, production capacity and output of PET and polyester fibres industry at home and abroad are analyzed and forecasted to find out the gap between China and the developed countries in this field. The stress is placed on the development and research of the domestic PET engineering technology and the proven experiences. Some proposals are put forward.

[Key words] polyester; technology; development; market; suggestion