新一代聚酯纤维产业技术发展方向
与重点任务

李 鑫 王玉萍 邱志成

我国聚酯纤维工业起步于1958年，经过近六十年的发展，2015年我国聚酯纤维产量3918万吨，占世界聚酯纤维总量的74%，占我国纺织纤维加工总量的73%，主体产能的装备水平、产品品质、生产运行管理、产业链配套等具有国际竞争优势，产业总体上达到了国际领先水平。

一、我国聚酯纤维产业技术的发展历程

我国聚酯纤维产业的发展可大致分为四个阶段，可据此将聚酯纤维产业技术分为四代。

第一个阶段为1958年至1977年。采用国产技术和设备实现了间歇聚合、切片纺丝，开发的棉型聚酯短纤维成为第一代产业技术的标志。

为解决棉花短缺，1958年上海合成纤维研究所建立涤纶车间，进行聚酯纤维的实验性生产。1964年上海涤纶厂建成了我国第一套500吨/年的间歇聚合聚酯装置，1965年上海纺织科学研究院建设了我国第一个自行设计、制造的500吨/年聚酯短纤维生产线，1974年上海第五化学纤维厂采用国产技术和设备建成4000吨/年聚酯短纤维生产线，实现了我国聚酯纤维的规模化生产。至1977年，我国聚酯聚合产能2万吨/年，聚酯纤维产量3万吨/年。

第二个阶段为1977年大致至本世纪初。直接纺短纤维、高速纺长丝及其全自动纺丝机是第二代技术的标志。

为了解决人民穿衣问题，70年代末到80年代初先后引进国外成套设备在上海金山、辽宁辽阳、天津、北京燕山和江苏仪征建设了多套大型聚酯装置。1977年6月我国第一套引进的2.5万吨/年酯交换法聚酯连续聚合装置在上海石化总厂建成投产。1980年北京涤纶实验厂从巴马格公司引进我国第一套聚酯长丝高速纺丝设备。1984年12月仪征化纤引进6万吨/年熔体直纺聚酯短纤维装置建成，在引进技术的同时，采用“技贸结合”方式实现了聚合装备国内加工，快速提升了我国的装备制造能力。

在原纺织工业部等单位的支持下，蒋士成带领研究队伍在酯化反应器、终缩反应器的提产扩能上取得突破，在此基础上2000年12月我国第一套具有自主知识产权的聚酯装置在仪征化纤投产，实际产能达到14万吨/年。中国纺织科学研究院中丽制机公司1999年11月半自动高速卷绕头样机试验成功，进一步解决了高速精密卷绕、恒张力纺丝卷绕控制等技术难题，2001年实现了全自动高速卷绕机的国产化。为我国由聚酯大国向聚酯强国迈进奠定了坚实的基础。

至2000年，我国聚酯聚合总能力达到575万吨/年，聚酯纤维产量达到510万吨/年。

第三阶段从本世纪初大致到“十五”末期。第三代产业技术的标志是在国产大容量直接纺丝装置上开发的超细旦长丝。

以中国纺织工业设计院为代表的国产大容量聚酯连续技术，以中国纺织科学研究院中丽制机公司为代表的聚酯长丝技术逐渐具备了国际竞争优势，行业骨干企业在建成的20万吨/年熔体直纺聚酯长丝生产线上实现微细旦和超细旦聚酯长丝的工业化生产。与“九五”相比，聚酯单线产能扩大5-6倍，聚酯和聚酯长丝单位产能投资分别低于原来的1/10和1/40，综合能耗分别降低约40%和35%，运行成本显著降低，产品品质、性能不断提升，品种更加丰富。2006年我国聚酯产能达到2078万吨，聚酯纤维产量达到1605万吨/年，成为名副其实的聚酯纤维大国。

第四阶段从“十一五”至今，第四代产业技术标志是在大容量聚合直接纺丝装置上制备出高品质、高功能、低能耗和低排放的新一代聚酯纤维。

2006年桐昆集团、恒盛化纤采用低聚物管道在线添加技术，在6万吨/年熔体直纺装置上实现了高品质阳离子染料可染聚酯纤维生产。40万吨/年超大容量聚酯长丝柔性化生产技术、20万吨/年液相增黏熔体直纺涤纶工业长丝技术、超仿棉合成纤维及其纺织品产业化技术、废聚酯瓶片液相增黏/均化直纺产业用涤纶长丝技术、一步法异收缩混纤丝产业化成套技术等一批标志性成果在行业应用。2015年我国聚酯短纤维和长丝的差别化率分别达到52%和69%，在产业用终端产品加工比例超过25%。

二、我国聚酯纤维产业面临的机遇与挑战

聚酯纤维的规模总量已经很大，但随着世界人口的增长和人均纤维消费量的增长，我国聚酯纤维产业仍然有较大的发展空间。

（1）规模效应和完整的产业体系使聚酯纤维产业具有国际竞争优势。

我国从对二甲苯、对苯二甲酸、乙二醇开始一直到三大应用领域的终端产品，聚酯纤维产业链各个环节都有国际竞争力的骨干企业，产业体系完整，运行效率高。聚酯纤维产业集中度高，产能100万吨以上的企业14家，占总产能的45.5%，骨干企业具备产能优势，产业链有不同的上下游延伸。此外，我国聚酯纤维产业的技术创新具有比较优势，工艺、装备、工程和生产运行具有较强的研发力量和技术积累。

（2）聚酯纤维绿色制造、智能制造的先发优势为其创造了竞争新优势。

产业主体产能采用的大容量直纺技术赋予聚酯纤维的高品质、低成本优势。聚酯瓶、废旧聚酯纤维纺织品的循环再利用技术和产业体系建设取得重要进展，在此基础上，充分利用聚酯纤维材料的功能化、差异化技术，设计制造出纯聚酯纤维或高含量的终端制品，实现聚酯纤维低成本、规模化的循环利用，将从根本上缓解纺织原料短缺，提升环境友好水平。

当前，聚酯聚合、纺丝、加弹、包装、仓储、物流各环节的自动化快速发展，以在线添加技术、模块化技术为代表的柔性制造已经在工业装置上实现应用。加工全过程的自动化、数字化已经具有一定水平。两化融合和柔性制造技术为聚酯纤维的智能制造、在构建纺织全产业智能制造体系中创造了先机。

也应看到，我国聚酯纤维产业发展也面临着严峻挑战。

（1）同质化竞争是产业发展的隐患。

我国聚酯纤维产业同质化较为严重，产品的同质化、生产装置的同质化，甚至科研开发也同质化。这造成了聚酯纤维产能结构性过剩，行业利润率低，技术创新能力需要加快提升。还应指出，新型催化体系等颠覆性技术一旦出现，将威胁产业健康发展。

（2）产业发展面临“双重挤压”。

随着发达国家“再工业化”战略实施，利用能源成本低、智能制造技术和新材料尖端技术的优势，将会在高端领域形成新优势。发展中国家加快承接产业转移，凭借成本、资源和贸易优惠等条件，利用后发优势直接建设高水平生产线，将挤占我国现有产品的国际市场份额。

我国聚酯纤维产业机遇与挑战并存。特别要看到，聚酯纤维产业是我国具备成长为具有持续国际竞争优势的产业。如能充分利用产业转移、依靠技术创新，将为我国聚酯纤维产业结构调整，以聚酯产业为核心带动我国纺织产业整体进入价值链中高端创造新的发展空间。

三、新一代聚酯纤维的特征和技术内涵

化纤产业技术创新战略联盟于2011年制定了新一代聚酯纤维材料技术路线图，提出新一代聚酯纤维具有高品质、高功能、低能耗和低排放特征，其本质是强调新一代聚酯纤维概念不是静态的，不仅仅是纤维的状态，同时与纤维的原料来源、制造过程、应用和废弃物处置等密切相关。随着绿色制造、智能制造日益成为产业发展和企业竞争的关键，用“低消耗”替代“低能耗”作为新一代聚酯纤维的特征，更能反映这一转变和进步。

高品质是指纤维本身的不匀率低，性能/功能稳定，同时纤维在纺织、染整、涂层、复合加工过程及纺织品使用过程中性能/功能稳定。高功能是指材料基本的物理性能（强度、模量、弹性、纤度等），与改善纺织品舒适性、防护性等密切相关的性能/功能，与纺织品和服装的智能化密切相关的性能/功能的显著提升。低消耗和低排放是指聚酯纤维材料从原料获取、纤维制造、应用到废弃产品回收处理的全生命周期的物耗、能耗、有害物质排放、废弃物垃圾及其处理成本的显著降低。

新一代聚酯纤维的技术内涵包括以下要素：

改性聚酯连续聚合技术：用连续装置代替间歇装置和半连续装置，是保证品质、降低能耗的基础。利用在线添加技术，反应过程控制技术等，实现对分子序列结构、功能组分均匀分散和熔体品质等控制。

功能纤维直接纺丝技术：在大容量连续聚合直接纺丝装置上，利用在线添加、强化分散技术，熔体易清洁/自清洁技术，纤维形态/截面精确控制技术等制备超细旦、深色原液着色等高品质、高功能纤维，降低能耗、物耗。

低温短流程聚合纺丝技术：通过创新催化体系、反应器、吹风冷却、卷绕等技术与设备，降低聚合反应温度、提高纤维冷却效率和均匀性，大幅度降低能耗。

单体与副产物高效回收利用技术：开发乙二醇、乙醛等单体与副产物的高效回收利用技术，实现纤维生产过程的低排放。

四、新一代聚酯纤维产业技术创新方向与重点任务

新一代聚酯纤维产业技术创新的目标是以新一代聚酯纤维制造技术为核心，以提升聚酯纤维绿色制造、智能制造水平为主线，提升产业技术创新链整体水平，构建高效率、高水平的产业协同创新网络，形成面向用户的快速响应，从而提升我国聚酯纤维企业的国际竞争力，带动以聚酯纤维为核心的产业链整体进入全球价值链中高端，形成持久的国际竞争优势。

（1）高品质、高功能聚酯纤维制造技术

重点是分子设计与可控聚合，新型催化体系及其反应器，微纳米纤维高效制备技术，提升现有仿棉、阻燃、低熔点、低温深染等重要差别化品种的品质和功能，开发出用于特种防护领域和智能纺织品的阻燃抗熔滴、高导电性、高磁性等功能纤维。

（2）聚酯纤维绿色制造技术

重点是废旧纺织品回收再利用的主体组分快速识别，低成本、高效率分离技术，熔体高效纯化技术，低能耗连续聚合与分离物回收再利用技术等；原液着色纤维制备的高比例、多元组分添加与高效均匀分散技术，易清洁/自清洁设备，高效色母粒/色浆制备技术，色母粒/色浆与功能组分协同控制技术等。

（3）新一代聚酯纤维应用技术

重点是新型纤维的纺织、染整、涂层、复合等深加工技术；纤维及其纱线、面料、复合材料和终端产品的性能、功能、服役行为、安全性的评价方法与标准；原液着色纤维标准体系；绿色纤维检验、认证体系；面向循环利用的纺织品设计等。

（4）新一代聚酯纤维智能制造技术

重点是在自动络筒、自动包装、仓储物流等自动化的基础上，实现聚合、纺丝、加弹、包装、仓储物流过程的互联互通，建立高品质功能聚酯纤维智能制造标准体系，实现聚合、纺丝、加弹过程的设备运行、工艺、产品质量的大数据采集，建立质量关联模型，实现纤维制造与应用过程信息流闭环反馈及产品质量可追溯，优化产品制造水平。