新溶剂法再生纤维素纤维（Lyocell）国内外
发展现状与前景

靳高岭 李增俊 万 蕾

一、Lyocell纤维概述

新溶剂法再生纤维素纤维即Lyocell纤维，是将纤维素（浆粕）直接溶解于NMMO/水体系中，形成纤维素溶液，经干喷湿法纺丝制得的再生纤维素纤维，是一种高效绿色清洁加工技术。



图1 Lyocell纤维和黏胶纤维的生产工艺对比图

以NMMO溶剂法生产Lyocell纤维是一种不经化学反应生产纤维素纤维的新工艺。NMMO在溶解纤维素纤维时，不伴随发生纤维素的分解。该工艺利用NMMO与纤维素上的多羟基可产生氢键而使纤维素溶解的特性，将纤维素浆粕溶解，并得到黏稠的纺丝液，然后以干喷湿法纺丝工艺制得纤维素纤维。与此同时，凝固浴、清洁浴中析出的NMMO被回收精制而重复使用。整个生产系统形成闭环回收再循环系统，没有废物排放，对环境无污染，而且纺丝速度相当高。

Lyocell纤维原料是来自林、农业的天然纤维素，可以自然降解，不存在二次污染的问题。产品具有强度高、尺寸稳定性好、吸湿性好和混纺性能优异等特性，是其它化学纤维品种都不能比拟的。Lyocell纤维采用溶剂法生产，溶剂无毒无害，回收率高达99.5%，实现了清洁生产，见图1。

二、Lyocell纤维国外的发展现状

Lyocell纤维自1980年荷兰Akzo公司取得生产工艺和产品专利之后，分别由英国Courtaulds公司和奥地利的Lenzing公司于1992年和1997年实现工业化生产。

1994年和1996年Courtaulds在美国Alabama州Mobile分别建成1.8万吨/年和 2.5万吨/年的生产线，商品名为“Tencel®”。1998年Courtaulds在英国Grimsby着手建造4.2万吨/年的Lyocell短纤维（Tencel®）工厂。

1998年，Akzo Nobel收购65%的Courtaulds股份，成立了Acordis公司，成为当时世界上最大的再生纤维素纤维生产商。1999年Akzo Nobel将Acordis公司出售给了CVC Capital Partners集团，由该集团下属的荷兰公司Corsadi BV Lyocell纤维生产与销售，后来发展成Tencel集团公司。

Lenzing公司1997年在Heiligenkreuz建成的1.2万吨/年的Lyocell短纤生产线投产，商品名为“Lenzing Lyocell®”。1999年与Akzo Nobel公司合作，建立了一个产能为5000吨/年的Lyocell长丝工厂，在德国Obernburg地区，商品名为“Newcell®”。2000年，2004年Lenzing公司相继投资的Lyocell生产线正式投入运营，产能共为4万吨/年。同年收购Tencel集团公司，自此，Lenzing具有12万吨/年的产能。从2005年3月起，Lenzing公司决定将商品名“Tencel®”用于集团下所有的Lyocell短纤维。2008年Heiligenkreuz生产厂的第2条生产线投产，产能达到5万吨/年，自此Lenzing公司Lyocell纤维的全球总产能达到13万吨/年。2012年之后，后又新建单产6.7万吨/年生产线。发展至今奥地利Lenzing公司成为世界最大的Lyocell纤维生产商，合计产能Lyocell纤维22.2万吨。

表1 国外公司情况

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 公司 | 产能（万吨/年） | 品牌 | 产品类型 |
| 奥地利Lenzing | 22.2 | Tencel® | 短纤 |
| 韩国Hanil | 2 | Acell® | 短纤 |
| Akzo Nobel和Lenzing合资 | 0.5 | Newcell® | 长丝 |
| 印度Birla | 0.5 | Birla Excel | 短纤 |
| 俄罗斯 |  | Orcel® | 短纤 |
| 德国TITK |  | Alceru® | 短纤 |

资料来源：中国化学纤维工业协会

此外，1998德国Rudolstadt地区的TITKLyocell纤维投产，以短纤为主，商品名为“Alceru®”；韩国Hanil开发的Lyocell纤维商品名为“Acell®”，以短纤为主，产能为2万吨/年；印度Birla公司产能为0.5万吨/年；俄罗斯制造的Lyocell纤维商品名为“Orcel®”；日本也有小批量生产；前苏联的人纤科研工作者也对此进行研究，但是因无大规模合成NMMO生产基地，工业实验手段有限，无法实现工业化生产，只好向外转让专利技术。

三、Lyocell国内的发展现状

我国从20世纪90年代初期开始对Lyocell纺丝工艺技术进行探索试验，走在众研究者前列的是成都科技大学和宜宾化纤厂，前期他们联合攻关探索工艺条件，并获得阶段性成果；1999年四川大学对NMMO合成及回收进行系统研究，并且建立了50吨/年的NMMO的小规模生产装置。1994年东华大学对Lyocell纤维进行研究，并建成国产设备100吨/年的小试生产线。上海里奥化纤有限责任公司引进德国LIST公司技术，并于2006年底1000吨/年的生产线正式投产。

自2005年开始，中国纺织科学研究院就启动新溶剂法纤维素纤维国产化工程技术的研究开发工作。并于2006年和2007年分别完成了5升和100升间歇溶解纺丝工艺的研究开发，完成了连续浸渍混合溶解设备的设计和制造；2008年打通了送料—预溶—薄膜蒸发—纺丝全连续化流程，制备出合格的新溶剂法纤维素纤维。2012年9月，中国纺织科学研究院和新乡化纤股份有限公司共同承担的“千吨级Lyocell纤维产业化成套技术的研究和开发”项目通过科技成果鉴定，专家指出该项目填补了连续薄膜推进式真空蒸发溶解-干喷湿纺先进技术路线的国内空白，纤维的性能指标居国际同类产品的先进水平。2015年中国纺织科学研究院、新乡化纤股份有限公司、甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司共同投资设立“中纺新乡绿色纤维科技股份有限公司”，拟建年产3万吨规模，一期建设1.5万吨/年国产Lyocell纤维项目于2016年12月一次性全线打通工艺路线，产品性能达到预期指标。该项目采用中国纺织科学研究院研发技术，拥有自主知识产权、全套装备国产化，是我国生物基纤维领域“绿色制造”工业化的重要突破，是中国化纤工业由大向强转变的重要技术标志之一。

河北保定天鹅新型纤维制造有限公司Lyocell项目生产线一期1.5万吨/年，2014年正式开工生产。2015年10月，顺平县政府与恒天集团保定天鹅新型纤维制造有限公司签署年产6万吨Lyocell项目（将原Lyocell项目整体搬迁，再新上3万吨，采用国内工艺技术）。2016年1月保定天鹅新型纤维制造有限公司承担的《新溶剂法再生纤维素纤维产业化技术》项目通过科技成果鉴定。该项目开发配套相关工艺技术，实现浆粕高效溶解，有效控制了纤维素降解和NMMO分解，制备出可纺性优良的纺丝原液；研发出新型复合无醛交联剂及其处理技术，生产出抗原纤化的交联型Lyocell纤维。专家评审认定：该项目对纤维素纤维绿色生产技术具有示范作用，项目整体技术居国际先进水平。

山东英利实业公司一期规划3万吨，其中1.5万吨/年Lyocell生产线于2015年4月生产，目前已经实现连续生产，通过科技成果鉴定。该项目在新溶剂法纤维素纤维工艺技术、装备制造、产品开发等方面进行了系统的创新；而且工艺技术路线合理、先进、可靠，产品质量优良。专家评审认定：项目总体技术具有创新性，已达到国际先进水平。

由宁东能化投资有限公司、宁夏恒达纺织科技股份有限公司共同出资组建的宁夏恒利集团科技有限公司年产8 万吨溶剂法新型纤维素纤维（Lyocell纤维），分两期建设。一期年产4万吨环保型生物基纤维项目正在建设中，建设期为2 年，预计2018年9月底建成试生产。该项目的生产技术由山东英利实业有限公司提供（表2）。

表2 目前国内新型再生纤维素纤维纤维的产业化情况统计

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位 | 产能 | 生产情况 | 技术来源 |
| 上海里奥 | 1000吨 | 生产 | 德国LIST公司 |
| 中纺绿纤 | 3万吨 | 一期1.5万吨，建成投产 | 纺科院完全知识产权技术 |
| 保定天鹅 | 3万吨 | 一期1.5万吨，已连续生产 | 集成技术 |
| 山东英利 | 3万吨 | 一期1.5万吨，已连续生产 | 集成技术 |

资料来源：中国化学纤维工业协会

四、我国Lyocell纤维生产面临的问题

国内两条年产1.5万吨Lyocell纤维项目已实现顺利开车生产，但在规模、成本等方面与国外存在一定差距。我国Lyocell纤维稳定健康发展面临的问题主要集中在知识产权、运行成本、品牌建设、技术装备等方面。

（1）知识产权问题

Lyocell纤维的工艺技术在1980年被研发成功后，国外企业就一直掌控Lyocell纤维核心技术和专利。目前，Lenzing公司现拥有1400个专利，其中绝大多数是关于Lyocell纤维的专利，已经在63个国家获得授权专利248个。并且，采用产业链品牌合作控制发展，以形成稳定的技术支撑和市场支撑。我国起步较晚，近几年虽有较大发展，但专利受控仍存在。

（2）单线生产能力较低，配套条件较弱，运行成本较高

目前国内Lyocell纤维企业缺乏成熟的技术、设计、建设经验以及大规模生产经验，工艺技术全靠自身摸索，职工未经过实际生产培训，生产过程中遇到较大困难；我国目前单线产能低，现有技术单线产能仅为1.5万吨/年，而国外新线已经达到了6.5万吨/年；从规模化生产角度考虑，Lyocell纤维在中国的规模化生产还存在配套工程缺乏的问题，如：Lyocell纤维专用浆粕，溶剂NMMO等。这些均影响国内Lyocell纤维企业的产品运行及生产成本。

（3）应用推广能力与品牌意识

国内Lyocell纤维企业，产品应用推广能力较弱，没有上下游合作创新模式。企业的品牌意识不强，对终端消费引导和服务能力较弱。

（4）关键技术与装备

国内Lyocell纤维企业缺乏成熟的技术和稳定运转的经验，技术、设计、建设等都从零开始，没有稳定运行的生产实践经验可借鉴；关键设备的制造难度大，生产工艺尚需优化，如浆粕预处理流程工艺优化、活化反应器国产化、高效薄膜蒸发器国产化、纺丝机工艺设计和调整、后处理系统等；溶剂回收技术与国外尚有差距，增加了运行成本，其中蒸发系统需要高效蒸发设备或采取措施降低蒸汽蒸发量。

五、“十三五”发展Lyocell纤维主要任务

Lyocell纤维生产过程绿色、环保，纤维性能优良，国家要采取一系列的政策措施，推动Lyocell纤维的发展。“十三五”期间，发展Lyocell纤维主要任务：

（1）重点推动环境友好溶剂法纤维素纤维的发展，推广使用绿色环保的纺丝技术，建成绿色工艺示范生产线，用绿色环保的纺丝技术替代传统的“三高”工艺路线，实现“过程替代”。

（2）开发国产的lyocell原料，建立与我国自行研制工艺相配套的浆粕及其他辅助原料的专业生产厂。

（3）突破新溶剂法纤维素纤维的制备技术国产化，实现低成本生产。重点攻克Lyocell的国产化装备和生产技术，建立Lyocell纤维国产化设备与技术的研究基地，优化浆粕预处理系统、活化反应器等关键装备和工艺。

（4）突破环境友好型溶剂法竹、麻纤维素纤维工程化技术，推广使用绿色环保的纺丝技术，建成绿色工艺示范生产线，实现规模化生产。

（5）建立Lyocell纤维研发平台，以企业为主体，产学研用，准确凝练关键科学、技术和设备问题，组织不同学科专家开展系统攻关。例如企业与高校建立Lyocell研发中心，以提供基础理论支撑，优化流程、工艺、关键设备、产品性能等，建立微观结构与性能表征方法，探索新技术、新方法、新设备在Lyocell工程中应用。

（6）开发Lyocell纤维新产品：如抗菌、阻燃、擦布、面膜、纤维素与PVAc、PAN、PVC、醋酸纤维等共混纺丝，纤维素与纤维素衍生物共混纺丝等。

六、我国Lyocell纤维的发展前景及发展方向

1．我国Lyocell纤维的发展前景

随着Lyocell技术的不断进步，产品应用推广逐步加强，国内绿色纺织原料升级换代，Lyocell纤维将会有广阔的发展空间：一是中国拥有巨大的消费市场，目前，兰精Lyocell纤维在亚洲地区的销售份额占比为63%，其中在亚洲的销售份额中中国所占比例最大，这表明国产Lyocell纤维蕴涵了极为广阔的市场空间；二是符合国家环保发展政策，Lyocell纤维整个生产工艺是一种物理过程，无毒性副产物产生。生产过程使用的溶剂*N*-甲基吗啉氧化物（NMMO）是一种无毒、无腐蚀性的有机溶剂，生产过程中溶剂回收率可达99.5%以上，并循环使用，因此该纤维生产过程无毒、无污染。Lyocell纤维能生物降解或安全燃烧转化成水蒸汽、二氧化碳，不会对环境造成二次污染。三是具有较好的穿着效果，Lyocell纤维兼具天然、合成纤维两者优点，其物理机械性能优良，尤其是湿强与湿模量接近合成纤维，同时具有棉纤维的舒适性、黏胶纤维的悬垂性和色彩鲜艳性、真丝的柔软手感和优雅光泽。Lyocell纤维还具有原纤化效应，可生产常规纤维不能得到的类似桃皮绒的表面效果。四是原料来源广泛，Lyocell纤维的原料——纤维素浆粕取自自然界，可再生，来源取之不尽，优质木材、棉短绒及阔叶林、速生材、竹材、甘蔗渣、秸杆类均可制成纤维素浆粕。而合成纤维的原料来源于有限的石油资源，依靠大量进口，增加了行业的风险。

Lyocell纤维以无毒无污染的NMMO溶剂法物理生产工艺生产，市场应用广泛，舒适性、功能性强，越来越为市场所接受。虽然由于目前产量有限，市场集中在中高端纺织品消费群体。相信随着Lyocell技术的应用推广，国产化进程的推进，政府政策的大力支持，Lyocell纤维将会逐步地替代部分传统工艺的黏胶纤维市场，推动国内绿色纺织原料升级换代，会有广阔的发展空间。

2．我国Lyocell纤维的发展方向

随着Lycoell纤维的不断发展,相关差别化和功能性的Lycoell纤维的研究也越来越成为人们研究的热点。Lyocell纤维的差别化及功能化主要有化学法和物理法两种方法。化学方法是指在纤维素纤维上进行接枝、交联等反应，在纤维素纤维上引入功能性基团。共混方法是指纤维素NMMO的纺丝溶液中加入其它具有某种功能性物质,从而使纺出来的纤维素纤维具有一定的功能性[18]。差别化及功能性是Lyocell纤维的发展趋势。

差别化产品例如：细旦Lyocell纤维、异形Lyocell纤维主要用于针织内衣与女士外衣面料；高吸水高保水Lyocell纤维主要用于面膜；高强低伸Lyocell纤维主要用于综合指标佳、高性能的轮胎帘子线等。

功能性产品例如：混入季铵盐、铜系、银系抗菌粉体制备的抗菌纤维；加入玉石、珍珠与纤维复合构成凉感纤维；引入光敏基团制备发光纤维素纤维；利用NMMO溶解纤维素，并将其功能化到单壁碳纳米管（SWN Ts）表面，制备具有生物相容性的纤维素/ 碳纳米管生物复合增强纤维材料等。

目前，集多种功能于一身的差别化功能性纤维更是一个新的发展方向，如阻燃纤维，除具有阻燃功能外，还兼有抗静电、抗起球、抗菌和防霉等功能。

七、政策建议与措施

Lyocell纤维的发展面临着诸多的问题和困难，但这一项目的发展前景是毋容置疑的。Lyocell的原料储量丰富、可再生，生产过程绿色环保，是纤维素纤维发展的方向。针对目前国内Lyocell企业面临的困难，提出如下政策建议与措施：

（1）Lyocell纤维工程技术难度大，其发展必须依靠自主研发与创新，需要通过国家政策引导，积极推出相关补贴政策，推动Lyocell纤维的发展，并且制定中长期规划，防止盲目无序上新项目。

（2）建立Lyocell纤维研发平台，以企业为主体，产学研用，准确凝练关键科学、技术和设备问题，组织不同学科专家开展系统攻关，提高单线生产能力，降低生产成本。例如企业与高校建立Lyocell研发中心，以提供基础理论支撑，优化流程、工艺、关键设备、产品性能等，建立微观结构与性能表征方法，探索新技术、新方法、新设备在Lyocell工程中应用；

（3）建立Lyocell纤维生产服务平台，设置下游用户试点，听取下游用户建议并加以改进，提高应用推广能力；加强品牌推广能力，明确产品和品牌发展定位方向，注重发展营销组合策略；注重新产品研发，如抗菌、阻燃、抗静电、面膜用、滤布用等新产品。

（4）建立Lyocell纤维国产化技术和设备的研究基地，针对关键设备和工艺进行优化，如浆粕预处理系统、活化反应器、纺丝系统、后处理系统和溶剂回收系统（高效蒸发器）；建立Lyocell纤维人才培养计划，培养Lyocell纤维生产的工程技术人才和一线操作人员；建立与我国自行研制工艺相配套的浆粕及其他辅助原料的专业生产厂。