

基于生态友好纺织品的染整创新技术

王文利

(苏州大学材料工程学院, 江苏 苏州 215021)

摘要: 从发展生态友好纺织品及如何应对绿色壁垒的角度, 分析了纺织品上需避免的常见有害物质的类型, 介绍了近年来生态友好染整新技术的开发及实际应用情况, 提出了应有的发展战略。

关键词: 生态友好; 纺织品; 染整; 绿色壁垒; 可持续发展

中图分类号: F426.81

文献标识码: C

文章编号: 0253-4320(2005)10-0012-05

Technological innovation of dyeing and finishing based on eco-friendly textiles

WANG Wen-li

(College of Material Engineering, Soochow University, Suzhou 215021, China)

Abstract: Types of harmful substances in textiles were analyzed from the viewpoint of developing eco-friendly textile and dealing with the "green barrier". The advances and application of new eco-friendly dyeing and finishing technologies were discussed. And the development strategies and measures for it were proposed.

Key words: eco-friendly; textile; dyeing and finishing; green barrier; sustainable development

纺织服装行业是我国经济发展的支柱产业, 它不仅解决了我国 13 亿人的穿衣与家居装饰问题, 而且为我国的改革开放和经济建设做出了巨大的贡献^[1]。据海关统计, 2004 年 1—9 月我国纺织品服装出口创汇达 691.2 亿美元, 增长 21.8%; 仅 9 月份就出口创汇 96 亿美元, 增长 22.1%。但应该看到, 每年我国有很多纺织印染产品因非环境友好而贸易受阻, 绿色壁垒无处不在, 当前纺织工业污染最严重的当属染整行业, 纺织品及服装生态化的关键也是染整。由此可见, 大力开发生态友好纺织品, 突破绿色壁垒的限制, 提高染整技术创新能力, 已是当务之急、重中之重。作为世界上举足轻重的纺织品生产和贸易大国同时也是生态破坏严重的国度, 改革传统污染较重的染整加工过程, 加速应用高新技术成果, 重视研发新型无过程污染纺织品及其生态友好染整生产工艺, 切实维护好我们的生态友好环境已刻不容缓^[2-4]。

1 生态友好纺织品与“绿色壁垒”^[5-8]

生态友好纺织品就是指从生产到使用的整个过程中, 能体现出安全、卫生、无公害、无污染、节约能源和资源的产品。如今, 生态友好纺织品随着生态意识和生活质量的日益提升而备受关注与青睐。

“绿色壁垒”是以环境保护为由, 阻止他国商品

进入本国的一道屏障, 这是国际贸易中非关税壁垒的一种形式。贸易壁垒是指为了限制和阻止外国商品进入本国市场所采取的多种限制措施。它可分为两类: 一类是关税壁垒, 即对进口商品征收高额关税, 提高其成本, 削弱竞争能力, 以保持本国商品的竞争优势, 垄断国内市场; 另一类非关税壁垒, 即进口关税以外一切法律和行政上各种直接和间接限制进口的政策和措施。据世界银行统计, 1998 年非关税壁垒已增加至 2 500 多种。各国纷纷利用众多的非关税壁垒, 而不再通过高关税限制进口, 这已是当今贸易保护主义新的显著特征之一。在我国加入 WTO 之后, 我们应更清醒地意识到贸易自由化在带来更多机会的同时, 也意味着更激烈的竞争。由于绿色壁垒是以保护环境和人类健康为前提, 把人们的视线从对贸易的实质性限制移开, 又以一系列国际公约、协定及国内的法律、法规为其制定实施的依据和基础, 所以更具合理性、广泛性, 尤其是更具隐蔽性和针对性。

各国做出的相应规定有:

(1) 1978 年德国推行“Blue Angel”(蓝色天使) 环保标志认证制度, 这是最早的环境标志。

(2) 1994 年乌拉圭回合达成了《有关服务与环境的协议》。

(3) 1994 年 7 月, 德国颁布了法律, 从 1995 年 1

收稿日期: 2005-07-14

作者简介: 王文利(1967-), 女, 博士, 讲师, 长期从事新型生态友好纺织化学品及染整新技术、新工艺的研发与相关专业教学工作, 0512-69792385, julia_w@126.com。

月1日起禁止使用能分解出MAK(Ⅲ)A1及A2组胺类结构的20种偶氮染料,并从1996年4月1日起对该类染料实行管制,1996年11月1日起含有该类染料的纺织品禁止在市场上销售。德国提出的禁用染料实际上是Oeko-Tex标准100生态标签或称环保标志问题的一部分。接着奥地利、瑞士、荷兰、瑞典、美国、印度等国也纷纷效仿制定自己的标准。

(4)1994年欧洲统一市场会议通过了“拒入有害物质红皮书”,提倡生态(Ecolabel)环保讨论制度,将产品对环境的影响进行评估、认证、许可。

(5)欧盟对成衣的舒适性、无害性方面要求符合卫生和安全标准,并采用“CE”标志。

(6)奥地利纺织研究所、德国赫恩斯坦研究所成立了“纺织品生产研究及测试国际协会”(Eco-tex)。制定了纺织品及服装对人体影响的监测标准——《环保纺织品标准100》(Eco-Tex Standard 100),它是目前国际上使用最广泛的国际性生态标准,该标准规定了纺织品有害物质指标限值。纺织品经有关部门检测合格后可发放“环保标志”,并公布为“环保标志纺织品”。

(7)日本于1995年7月1日起执行《产品责任法》(PL法),对成衣规定:因含有异物、污染等引起的皮肤过敏及伤害要追究责任,重则法办。

(8)1996年9月1日和10月1日国际标准化组

织(ISO)正式颁布了ISO 14001、ISO 14004、ISO 14010、ISO 14011、ISO 14012、ISO 14040等6套标准。目前,推行ISO 14000系列标准的热潮正在全球范围内兴起,已有20多个国家直接采用ISO 14000作为国家环境管理体系标准。我国也于1998年4月将前5项标准等同转化为我国国家标准。

诸如此类规定还有一些,总的趋势是针对性越来越强,对纺织品的环保标准越来越苛刻、管理制度也越来越严格。各国的印染工作者应当对此给予足够的重视。

2 纺织品上残留的有害物质

现代纺织品在给人类生活带来巨大益处的同时,其生产加工过程及废弃处理也给周围的生态环境造成了严重的污染,尤其是作为典型化学湿处理加工过程的纺织品印染和后整理过程危害尤甚。

经过纺织品常规染整加工处理后通常可能会含有以下有害物质,应给予足够的重视并竭力避免使用或根除。

2.1 有害染料

纺织品上残留的有害物质主要包括禁用的致癌染料、过敏性染料及对人体有刺激性的化学助剂等。同时一些染色牢度差的染料也可对人体造成不同程度的伤害,关于染料牢度方面的具体要求详见表1。

(上接第11页)

是消极的抵触,在我国的化学品发展过程中推进清洁工艺技术的开发,加强各种禁用化学品和限制使用产品的替代品的研制,强化化学品特别是染料、颜料、农药、助剂等的检测技术和检测手段,那么欧盟化学品新政策的实施带给我国化学品及其下游产业将是更好的发展前景,而非技术和贸易壁垒。

参考文献

- [1] Commission of the European Communities. White paper: Strategy for a future chemicals policy [EB/OL]. <http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/whitepaper.htm>, 2001 - 2 - 27.
- [2] Commission of the European Communities. [EB/OL]. http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/pdf/2003/com2003_0644en.html, 2003 - 10 - 29.
- [3] 国际化工信息编辑部. [J]. 国际化工信息, 2003, (7): 1 - 5.
- [4] Kris Christen. [J]. Environmental Science and Technology, 2003, 7: 242A.
- [5] 章杰. [J]. 石油化工技术经济, 2004, 20(4): 1 - 4.
- [6] The European Parliament and the Council of the European Union. [EB/OL]. http://europa.eu.int/comm/enterprise/chemicals/legislation/glp/directives_en.htm, 2004 - 2 - 20.
- [7] Gunther L, Matthias W. Polyazo dyes their precursors and their use [P]. GER 19648939, 1988 - 05 - 28.
- [8] 王小燕, 黄向红. [J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(5): 573 - 575.
- [9] 何学良, 詹永厚, 李疏松. 内燃机燃料 [M]. 北京: 中国石化出版社, 1999.
- [10] Ono Y. [J]. Appl Catal, 1997, 576(2): 133 - 166.
- [11] Ghosh A, Gupta S S, Bartos M J. [J]. Pure Appl Chem, 2001, 73(1): 113 - 118.
- [12] Komiya K, Fukuoka S, Aminaka M, et al. New process for producing polycarbonate without phosgene and methylene chloride [A]. In: Anastas P T, Williamson T C, eds. Green chemistry: Designing chemistry for environment [C]. Washington DC: American Chemistry Society, 1996.
- [13] Memoli S, Selva M, Tundo P. [J]. Chemosphere, 2001, 43(1): 115 - 121.
- [14] Sixt S. [J]. Chemosphere, 1995, 30(12): 2397 - 2414.
- [15] Pokhodenko V D, Pavlishchuk V V. [J]. Theoretical and Experimental Chemistry, 2002, 38(2): 69 - 87.
- [16] Bursi R, Groen M B. [J]. J Med Chem, 2000, 35(1): 787 - 796. ■

表 1 环保纺织品标准 100 对染色牢度的极限值规定

测试项目	不直接接触皮肤	直接接触皮肤	婴幼儿服装
	极限值/级	极限值/级	极限值/级
耐水性	3	3	3
耐洗性	3~4	3~4	3~4
耐摩擦性(干)	4	4	4
耐摩擦性(湿)	2~3	2~3	2~3
耐汗性(酸/碱)	3~4	3~4	3~4
耐唾液性	快	快	快

2.2 有害重金属^[9]

众所周知,一些金属对人体的肝、脑、心、肾以及骨骼均有伤害,对儿童影响尤甚,同时伴有严重的皮肤瘙痒症状,因此生态纺织品标准对此作了严格的规定。生态纺织品标准中规定的重金属量并不是纤维所含金属总量,而是在相应测试时萃取液中的重金属量,一些金属络合染料中的重金属是很难或不能萃取下来的。

目前一些生态标准规定的重金属包括砷、铬、镉、钴、铜、铅、汞、镍等,他们在纺织品上规定的残存极限值见表 2。

表 2 环保纺织品标准 100 对重金属在纺织品上的极限值规定

测试项目	不直接接触皮肤	直接接触皮肤	婴幼儿服装
	极限值/mg·kg ⁻¹	极限值/mg·kg ⁻¹	极限值/mg·kg ⁻¹
砷(As)	1	1	0.2
铅(Pb)	1	1	0.2
镉(Cd)	0.1	0.1	0.1
钴(Co)	4	4	1
铜(Cu)	50	50	5
镍(Ni)	4	4	1
汞(Hg)	0.02	0.02	0.02
总铬(Cr)	2	2	1
六价铬(Cr)	极微量	极微量	极微量

其中对铜的规定量比其他重金属要高得多,这是因为铜离子在自来水中也不是绝对禁止存在的,生活中接触的许多零件也是铜制的,而铜盐目前还是较好的直接染料固色剂,所以只是规定含量不能太高。另外铜酞菁是目前牢度很好、颜色十分鲜艳的翠蓝染料;铬是很重要的媒染剂,故对其完全禁止使用尚存在一定难度。

2.3 甲醛

甲醛是一种有毒的化合物,对人的呼吸道和皮肤有强烈的刺激作用。已经发现高浓度的甲醛会使

老鼠诱发鼻癌。一些国家早已对化妆品和纺织品中的甲醛含量加以限制。生态纺织品标准对甲醛作了严格的限量,根据纺织品与皮肤接触程度和婴幼儿服装要求,规定了各种限量标准,详见表 3。

表 3 环保纺织品标准 100 中游离甲醛在纺织品上的极限值

测试项目	极限值/mg·kg ⁻¹
家具布、窗帘布、桌布	300
不接触皮肤的衣服	300
接触皮肤的衣服、床垫	75
装潢织物	300
床单、婴幼儿纺织品	20

纺织品中甲醛主要存在于一些上浆剂、固色剂、涂料印花的交联剂和粘合剂、防水剂、柔软剂、阻燃剂、拔染剂等。而其中最主要来源当是耐久压烫整理用的树脂,一些树脂中含有的游离甲醛量非常高或极易释放出甲醛,应被禁止使用。目前,研究开发的以柠檬酸和丁四羧酸(如 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid,简称 BTCA)为代表的多元羧酸整理剂是最有工业前途的无甲醛免烫整理剂,采用聚马来酸酐与柠檬酸混合或其他无醛或低醛树脂整理剂也已取得较好的效果。

2.4 含卤素烃及其衍生物

常用的防腐剂五氯苯酚有毒且致癌,同时这种化合物很稳定,可以在人体中产生累积,不易天然降解,排放到污水中还会危害生态环境,故受到严格限制^[10]。Oeko-Tex 标准 100 对其规定的极限值为直接和非直接接触皮肤的衣服中含量应不得超过 0.5 mg/kg,婴幼儿服装中含量应不得超过 0.05 mg/kg。另外,氯化物载体和其他含卤素的有毒、有害的化合物如许多杀虫剂、阻燃剂、抗菌剂等也应被取代。

2.5 杀虫剂、除草剂、有机磷肥料

在棉花的生长期间通常会使用一些除草剂和杀虫剂,被植物吸收后虽经多步纺织印染加工处理,仍会在织物服装上有所残留,势必会对人体产生一定危害。如高丙体六六六就是一种易被皮肤吸收且又能诱发癌症的杀虫剂。因此,如何在保证不减产的条件下,避免或有效去除除草剂和杀虫剂及有机磷肥料的不良影响仍是一个值得重视的问题。

2.6 表面活性剂^[10]

通常而言,阳离子表面活性剂比阴离子表面活性剂的毒性大许多,有些阳离子表面活性剂对皮肤会产生一定的刺激性,而非离子性表面活性剂毒性

最小。但即使如此,烷基酚聚氧乙烯类也有较强的毒性,特别是它的降解物烷基酚有较强的毒性。表面活性剂在染料等精细化工产品生产和应用过程的各个环节都有广泛应用,对产品的物化性能、应用性能、生理性能及价格等都起到至关重要的作用。

2.7 挥发性物质和奇特气味

在各种衣服上要求仅存极微量的特殊气味;较为突出的涂料印花布、织物上不允许有残留的油气味。另外一些涂层织物的溶剂气味,树脂整理后纺织品产生的鱼腥气味,以及某些功能性整理后的刺激性香味等均有害健康,应加以限制,并寻找和使用生态友好型替代品。

3 生态友好染整技术创新与应用开发

3.1 无过程污染纺织品

(1)再生纤维素纤维

“Lyocell”是对普通黏胶短纤生产工艺进行改进而制成的无污染的新产品,可以生物降解。该生产工艺用 *N*-甲基吗啉-*N*-氧化物(NMMO)的水溶液溶解纤维素后进行纺丝再生出来的一种人造纤维素纤维^[1]。Lyocell纤维是由 Akzo Nobel 公司发明并取得专利后,1989年由布鲁塞尔国际人造丝及合成纤维标准局(BISFA)命名的。黏胶液经纺织器挤出后,溶剂则从纤维上洗出来并可循环再使用。该工艺形成了内循环状态,NMMO溶剂在生产中约有99.5%可回收再利用,这样减少了工业污水,保护了环境。可见纤维素及各种改进型纤维素是一种十分重要的可更新资源,其应用领域极为广泛,可研究的内容也十分丰富。在石油资源日益减少的情况下,深入开展其研究具有重要的战略意义。

(2)彩色纤维

彩色棉是利用转基因技术把彩色基因移植到原棉DNA中。这样从种植到加工的整个过程避免了污染源,且其纤维和色彩是百分之百的纯天然。目前我国已成功种出7种彩色棉种。另外,科学家们也在动物身上作了试验,迄今为止,前苏联培育出了蓝色、红色、金黄色、棕色羊;我国培育出了13种颜色的兔;法国也培育出了彩兔。中国科学技术大学准备利用转基因技术培育彩色家蚕。我们可以看出,21世纪应是生物世纪,基因工程不仅可增加物质的数量、大大提升物质的质量,也可增加环保型纺织品的产量和品种,为生态友好纺织品和清洁生产做出贡献。

(3)可降解合成纤维

美国利用发酵玉米淀粉制成乳酸,并以其为原料制成聚乳酸纤维,它具有聚酯纤维的强度,还可以生物降解。

(4)Seacell 活性纤维

Seacell 活性纤维是德国吉玛公司(Zimmer)的全资子公司——ALCERU-Schwarza 公司生产的一种具有抗菌功能的新型纤维素。其纤维素纤维分子结构中的一个内在和永久组成部分具有抗菌作用,在穿着、洗涤或干洗过程中不受影响,能抑制大多数种类的细菌,对人体无任何副作用。

此外,人们还可制作各种功能性纺织品用于服用及其他各个领域:如医学、医疗保健及光学等。

3.2 染整生产条件

生态友好纺织品的染整要求采用“生态友好”的染整工艺,科学地控制和治理污染,在“生态友好”的生产环境和工艺条件下才能生产出“生态友好”的产品。

“生态友好”染整生产条件中最重要的条件是加工纤维及其制品所用的染化料、原料等也是“生态友好”的。近年来一些国家正开发有利于地球环境和自然循环型的纤维,包括用各种生物生成物和合成高分子制成的纤维,前者由生物聚酯、生物纤维素和生物多糖类和聚氨基酸制成的纤维;后者有聚乳糖和脂肪族聚酯等制成的纤维,这些纤维应用1~2年后就可降解再生,且各项机械物理性能均较好,可用分散染料在100℃以下进行染色。

3.3 加工工艺

近年来出现的一些新型生态友好纺织品加工工艺主要包括以下工序:

(1)前处理

①低碱前处理;②低温前处理;③生物酶处理;④高效短流程前处理;⑤“生态友好”精练剂和助剂的前处理;⑥无水或非水前处理;⑦物理和物理化学法前处理。

(2)染色

目前有发展前景且应重点开发的新型染色有:天然染料(或色素)染色;禁用染料的代用染料染色;高固色率或高上染率染色;低浴比、低给液染色;一浴法、一步法和短流程染色;高染色牢度染料染色;利用计算机的受控染色;无盐或低盐染色;无水或非水染色,如超临界二氧化碳条件下的染色;新型涂料染色;应用“生态友好”染色助剂;低温染色;开发新型“生态友好”染料(结合生物技术等);生化法或电化学还原法染色等。

以硫化染料和还原染料为例,可以从染色工艺

和方法的制定上杜绝“三废”的产生,用生化法或电化学还原法染色来代替传统的化学还原法。Thomas Bechtold 首先于 1993 年申请了间接电化学染料还原方法的专利^[12],这里染料并非直接在电极上还原,而是加入一种还原剂使染料还原,同时被氧化的还原剂随后在电极表面被还原并可以继续循环使用。

通过以上电化学还原途径进行传统硫化染料和还原染料的还原过程,还原介质基本可以全部回收再利用,避免了含有大量硫化碱或保险粉及其生成物废水及硫化氢等废气的排放,对环保十分有利。

(3)印花

在新世纪里以下印花领域的研究正显示出蓬勃朝气:

①应用新型印花糊料;②喷墨印花;③转移印花和热扩散转移印花;④电子照相印花;⑤新型涂料印花;⑥其他“生态友好”印花。

喷墨印花带电微粒射流技术是 20 世纪 50 年代由 Kelvin 和 Rayleigh 首次提出^[13],至今已有近半个世纪的历史。最早的用于纺织品喷墨印花设备诞生于 20 世纪 70 年代。目前喷绘在我国纺织工业印花领域的研究方兴未艾,这项技术的关键是解决适用于纺织品新型色墨配方及其性能的研究^[14]。

硫化染料是公认的无过敏性、无重金属离子染料,这类染料或改性后的产品在墨水中应用日益受到重视。德国专利^[15]中基于硫化染料用于喷墨墨水的研究中所合成的染料可以浓缩形式稳定储存。Domingo 等通过把硫化染料隐色体与阳离子试剂反应制得不溶性的硫化颜料,然后加水性树脂等添加剂制成墨水^[16]。

喷墨印花具有高利润、高附加值、高安全性,而喷墨印花技术的全球化、快速反应及环保生态学对印染工业提出了更高的要求。创新研制的可反应性高分子和大分子染料为我国实现纺织纤维的高固色率、高坚牢度的喷墨印花技术奠定了基础^[17]。喷墨印花彻底改变了传统印花的生产模式,喷墨印花等新型染色工艺的开发与推广对推动生态环保染整技术创新具有重要意义。

(4)整理

迄今为止,人们更加认识到织物整理对于提升纺织服装的全面性能和附加值有举足轻重的作用,值得关注的新型整理包括:①新型的物理机械整理;②无甲醛整理;③生物酶整理;④物理和物化法改性整理;⑤其他“生态友好”尤其是功能性整理等。

据统计,世界功能纺织品的需求量超过 500

亿 m,我国功能纺织品的需求量近 50 亿 m。纺织加工和整理用化学品的世界需求量每年增加 4.2%,1996 年销售额为 131.3 亿美元,2006 年估计可达 183 亿美元。

世界范围内方兴未艾的功能性纺织品整理剂主要有抗菌除臭卫生整理剂、紫外线防护整理剂、蓄热保温整理剂、电磁波屏蔽整理剂、护肤整理剂、耐高温阻燃整理剂、智能性整理剂以及感官感觉技术整理剂等^[18]。

近十几年无甲醛防皱整理受到极大关注并取得较大突破。Welch 首先建议用磷酸盐作为多元羧酸和纤维素大分子酯化反应的催化剂并取得了很好的效果,特别是处理后织物的耐洗牢度相当好,突破了在碱性条件下酯键比醚键容易水解的传统概念^[19]。这一突破使得多元羧酸作为无甲醛免烫整理剂的研究趋于活跃,在所有的多元羧酸中 1,2,3,4-四羧酸丁烷(BTCA)是研究得最多、而且是免烫整理效果最好的一种多元羧酸。我们设计合成了分子结构中含有羧基可酯化交联基团及多季铵基等水溶性的硫化染料^[20-22],优化了工艺条件,并在此基础上作了大量的应用实验。在适宜的条件下,实验结果表明:研究的多羧基类染料除具有常规的染色功能、耐湿摩擦牢度提高至 3 级以上外,还具有良好的防皱整理功能即具有染整双功能。这些新型染料在染色时因可无须使用硫化碱,避免了应用过程中因传统硫化染料大量使用硫化物而造成的严重的硫化物废水污染问题,同时可以作为含甲醛类纺织品防皱整理剂的良好替代品。

4 发展战略措施与前景展望

当今世界,环境问题已成为影响全球经济发展的重要因素之一。高性能、高附加值及功能性生态友好纺织品与生态友好染整技术创新将带给人们绿色的文明,提升生活的质量。治理污染、回收资源、节约能源、保护生态已成为全人类的共识^[23]。在 21 世纪初,染整行业就必须以高瞻远瞩的眼光与思维切实改变陈旧观念和不合理的格局,加大创新力度,力求生产出更多的生态友好纺织品。为了更好地迎接“绿色壁垒”的挑战,加速我国的清洁化生产,我国纺织印染和服装企业应首先树立生态友好营销理念,把环保纳入企业的决策要素中,从新产品的开发设计、原材料的选用、生产过程、包装、使用及服务各个环节,以高质量的环保产品参与国际市场竞争;

(下转第 18 页)

生成的残渣、液化油、气态产物分离的分离单元；④稳定加氢提质单元。相继开发出的典型煤炭直接液化技术有：美国的氢煤法 H-Coal 和 HTI 工艺、德国的二段液化 IGOR (Integrated Gross Oil Refining) 工艺、日本的 NEDOL 工艺和我国的神华工艺^[2]。尽管国际上已进行大型中试的各种煤直接液化工艺至今均未商业化，但围绕改进这些工艺的应用基础研究却始终不断，主要集中在反应器的改善、反应机理的探讨、煤的组成对煤浆流变特性的影响、溶剂作用及其性质、催化作用和新的催化剂、逆反应对液化的影响和抑制、降低液化过程中的氢耗等方面。

1.2 煤间接液化技术

煤炭间接液化是先将煤气化、净化生产出 H₂/CO 体积比符合要求的合成气，然后以其为原料在一定温度、压力和催化剂条件下合成液态产品的工艺过程，简称 F-T 合成。煤炭间接液化的 3 个主要产品是烃类燃料、甲醇和二甲醚。1936 年，德国建成世界上第一座煤间接液化工厂并迅速发展，二次大战结束时，煤间接液化和直接液化厂共可生产汽油约 400 万 t/a，占德国汽油总消费量的 90%。和直接液化一样，随着廉价石油的发现，煤炭间接液化也相继停产。尽管在 20 世纪 50 年代初期和中期，美国的煤炭液化技术有了一些发展，但由于石油价格下

降，煤炭液化技术越来越缺乏吸引力。除南非之外，其他国家在 20 世纪 70 年代初才开始重视煤液化技术。

煤炭间接液化技术主要包括：①大型加压煤气化、备煤和脱硫、除尘净化系统的造气单元；②在固定床、循环流化床、固定流化床和浆态床等合成反应器中进行合成反应的 F-T 合成单元；③将反应产物进行分离的分离单元；④后加工提质单元。近年来，国内外对 F-T 合成烃类液体燃料技术的研究开发工作都集中于如何提高产品的选择性和降低成本方面。造气单元中，煤气化技术的发展趋势主要为：增大气化炉的断面，以提高产量；提高气化炉温度和压力，以增加空收率；采用粉煤气化，以降低对煤质的要求；研制气化新工艺和气化炉新结构，以减少基本建设投资和操作费用。以粉煤添加催化剂的水煤浆为原料的德士古气化炉和两段陶氏气化炉、以干粉煤为原料的 GSP 炉和 Shell 公司开发的 SCQP 炉均适合用于生产合成气，国内自行开发的多喷嘴水煤浆气化炉也具有较好的发展前景^[3]。

目前，商业化生产的煤炭间接液化技术主要有南非的 Sasol 液化工艺 (LTFT、HTFT 工艺)、荷兰 Shell 公司的固定床 (SMDS) 工艺和美国 Mobil 公司的甲醇制汽油 (MTG) 工艺、低压合成二甲醚工艺等，其他间接液化工艺只达到小试规模的程度，和 Shell 工艺或

(上接第 16 页)

第二，积极研发生产、安全无害的生态友好技术，特别是用高新技术改造传统的纺织工业，为调整产品结构、促进对外贸易和国民经济的发展做出贡献；第三，积极争取 ISO 14000 等标准的认证。

随着科技发展日新月异、人们环保意识的日益提高，生态友好纺织品的需求量正以前所未有的速度增长，生态友好染整技术的创新发展已是大势所趋，备受瞩目。毋庸置疑，生态友好纺织品及其染整创新技术研究的深入开展对人类的可持续发展具有十分重要的战略意义，在 21 世纪必将具有更广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 常平. 20 世纪我国重大工程技术成就 [M]. 广州: 暨南大学出版社, 2002. 277.
- [2] 华浴达, 徐福生. 改变世界面貌的科技 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996.
- [3] 孙汉文. 现代科学技术概论 [M]. 北京: 中国经济出版社, 1999.
- [4] 杨锦宗. [J]. 中国工程科学, 2002, 4(10): 21 - 25.
- [5] 闵恩泽, 吴巍, 等. 绿色化学与化工 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [6] 宋心远, 沈煜如. [J]. 印染, 1999, (9): 49 - 50.
- [7] 陈荣圻. [J]. 印染, 1999, (6): 38 - 42.
- [8] 章杰. [J]. 中国染料, 2004, (1): 9 - 11.
- [9] 宋心远, 沈煜如. [J]. 印染, 1999, (10): 50 - 51.
- [10] 杨锦宗, 张淑芬. [J]. 精细化工, 2002, 19(9): 1 - 5.
- [11] 唐人成, 赵建平, 梅士英. Lyocell 纺织品染整加工技术 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2001.
- [12] Verein Zur Forderung der Forschung und Entwicklung in der. Process for the reduction of dyes [P]. US 5244549, 1993 - 09 - 14.
- [13] Perkins W S. [J]. Textile Chemist and Colorist, 1999, 1(3): 25 - 27.
- [14] 王文利. [J]. 功能材料, 2004, 35: 2624 - 2627.
- [15] Wolfgang B, Gert N, Willi S, et al. Water-soluble sulfur dyes, their preparation and use [P]. DE 4234222 A1 19940414. 1994 - 4 - 14.
- [16] Sandoz Ltd. Pigments, Their Production and Use [P]. US 5300148, 1994 - 04 - 05.
- [17] 张淑芬, 杨锦宗. [J]. 染料与染色, 2003, 40(4): 185 - 188.
- [18] 王文利, 张淑芬, 杨锦宗. [J]. 功能材料, 2004, 35: 2586 - 2588.
- [19] Welch C M. [J]. Text Res J, 1988, 58(9): 480 - 485.
- [20] Wang Wenli, Zhang Shufen, Yang Jinzong. [J]. Chinese Chemical Letters, 2005, 16(4): 554 - 556.
- [21] Wang Wenli, Zhang Shufen, Yang Jinzong. Proceedings of the World Engineers' Convention [C]. Shanghai, 2004, G 195 - 200.
- [22] Wang Wenli, Zhang Shufen, Yang Jinzong. [J]. Functional Materials, 2005, 36(6): 958 - 961.
- [23] Park J, Shore J. [J]. SDC, 1999, 115(10): 298 - 305. ■