

基于 LCA 的棉纺织品碳足迹核算与评价研究进展

储昭权¹, 戴佳洋¹, 伍冬平², 许建梅³

(1. 苏州大学纺织与服装工程学院, 江苏 苏州 215021; 2. 浙江丝绸科技有限公司, 浙江 杭州 311305;

3. 江苏省纺织印染节能减排与清洁生产工程中心, 江苏 苏州 215123)

摘要:针对棉纺织品产业链跨度较长、产品碳足迹核算较复杂、不确定性较大等问题,对涉及基于生命周期评价(LCA)的棉纺织品碳足迹核算的相关研究进行了系统梳理,绘制了基于 LCA 的碳足迹评价的系统框架,并阐述了碳足迹的核算及分配方法。列举了几种棉纺织品碳足迹的研究结果,分析了棉纺织品在其生命周期中的各阶段产生碳排放的原因,总结出棉纺织品碳排放主要集中在农业和工业生产阶段,其中农业生产阶段的碳排放主要来源于化肥和农药的使用,有机棉生产和回收棉的使用可以极大地减少碳排放;工业生产阶段的碳排放主要集中在染色及后整理阶段。最后总结了棉纺织品碳足迹研究中存在的问题,并对其发展进行探讨。

关键词:棉纺织品;生命周期评价;碳足迹;温室气体;核算

随着全球气候的变暖,二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)等温室气体的排放受到越来越多的关注,2005年《京都议定书》正式生效,全球共有一百多个国家签署了该议定书,共同遵守温室气体(GHG)排放公约,实现温室气体的量化与减排。碳足迹是一个用于描述某个特定活动或实体产生温室气体排放量的术语,可以直观地评估组织和个体的温室气体排放对气候变化的影响。碳足迹评估的对象可分为国家碳足迹、企业碳足迹、产品碳足迹和个人碳足迹4类^[1]。

纺织工业能耗高、污染大、水资源消耗多,一直以来都是温室气体排放的重要来源。目前国内外关于纺织服装产品碳足迹的研究逐渐增多,主要涉及棉^[2-3]、麻^[4]、丝^[5-7]、毛^[8-9]等天然纤维,以及涤纶^[10-12]、尼龙^[13]等化学纤维,其中对棉纺织品碳足迹的研究相对较多。在纺织工业中,67%的纺织纤维来自石油化工产品,余下的纺织纤维中棉纤维的占比最大,约为24%^[14]。全球有超过75个国家种植棉花,总共占有的农业用地达到3.24亿公顷。棉花的农业种植阶段不但需要大量的水资源,而且需要大

量的化肥、杀虫剂、除草剂。已有研究^[15]表明棉花的种植阶段以及棉纺织品的染整阶段是产生温室气体排放最多的2个阶段。而在工业生产阶段中能源的消耗(如电力、煤等)是最大的温室气体排放源。为了准确核算棉纺织品产业链的各阶段产生的碳排放情况,对棉纺织品进行碳足迹核算研究显得十分必要。

对棉纺织品进行碳足迹核算是指采用生命周期评价方法(LCA法)对棉纺织品从农业生产、工业生产、销售、使用和废弃再利用阶段全生命周期所排放的温室气体进行评价。评估结果可以得出该产品在不同过程中的碳排放情况,也可以得出各类物料投入产生的碳排放情况。对于生产企业来说,可以通过技术革新、工艺优化、环保节能材料的选择等方法来有针对性地降低相应环节的碳排放。对于消费者来说,产品的碳足迹数据可以为其践行低碳消费提供最明确的判断依据^[16]。消费者对低碳产品的追求又可以反过来促进生产商更大程度地进行节能减排的技术革新。

目前采用 LCA 法对棉纺织品进行碳足迹核算

的研究中,大多是以棉纺织品的工业生产阶段为研究对象,也有对棉花的农业种植阶段进行研究的。而对使用、废弃阶段的碳排放研究较少,这主要是因为不同的洗涤方式和废弃物处理方法所产生的温室气体排放差异较大,所以这一阶段的碳足迹核算具有较大的困难。而对于不同的研究,即使研究同一生产阶段的产品碳足迹,核算结果也不一定具有可比性,产生这种情况的原因有2个方面:一方面是研究选择的系统边界不一致,另一方面是核算时使用的碳排放因子不同。有些研究直接使用LCA软件,如SimaPro、Gabi软件。使用软件进行核算虽然简便快捷,但是碳足迹的核算模型与碳排放因子是无法获知的,因此核算模型的合理性、碳排放因子选择的合适性就无法考证。为了厘清目前棉纺织品碳足迹研究的现状与进展,本文对棉纺织品碳足迹核算研究的相关文献进行全面收集、系统梳理,总结棉纺织品碳足迹核算生命周期评价框架、碳足迹核算方法等。

1 碳足迹的核算方法

对棉纺织品进行碳足迹核算的方法主要有3种,第一种是自上而下的,即投入产出法,基于统计数据或宏观数据的输入输出进行分析,这种核算结果主要可用来评价整个棉纺行业或某一类棉纺织品对整个环境造成的温室气体效应,或者整个地区或国家的棉纺织业对环境产生的影响。第二种是自下而上的基于生命周期的分析或评价的方法,即LCA法,也称过程分析法。采用LCA法可以对多种环境问题的影响进行评价,比如温室气体排放、臭氧消耗、生态毒性、水富营养化、土地利用等^[17],碳足迹核算只是其中一个方面。LCA法需要精确、全面地采集产品具体各过程的数据,从而对该产品的环境指标进行分析。评价结果能够指导绿色生产,也可用来比较同类产品的碳足迹,为绿色消费提供判断依据^[18]。第三种是将投入产出法和LCA法相结合的混合生命周期评价法,这种方法保留了生命周期评价法具有针对性的特点,又能有效利用已有的投入产出表。但因为理论难度较高,目前的相关研究较少。

LCA方法实施的要求与准则可以参照国际标准ISO 14040—2006《生命周期评价原则与框架》、ISO 14044—2006《生命周期评价要求与指南》。而基于LCA的碳足迹核算方法则可参照国际标准ISO 14067—2018《温室气体产品碳足迹量化要求及指南》、英国2011年发布的关于碳足迹核算的标

准PAS 2050—2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》及《温室气体核算体系》(GHG protocol)^[19-20]。但是这些标准仅仅给出了核算的框架、流程和一些通用准则,对于具体的某个产品或行业(如纺织业),还需要制定更详细的规则与方法。为此,中国纺织工业联合会发布了T/CNTAC 11—2018《纺织产品温室气体排放核算通用技术要求》、T/CNTAC 12—2018《纺织企业温室气体排放核算通用技术要求》和T/CNTAC 13—2018《纺织企业温室气体减排评定技术规范》等团体标准,进一步规范了纺织服装产品温室气体碳排放的核算准则和要求。

2 棉纺织品的生命周期评价

在国内外对于棉纺织品碳足迹的研究中,有对棉纺织品全生命周期中所有碳排放进行评价与核算的^[21-22],有对棉纺织品生命周期的某些阶段进行评价的^[23-24],也有仅对棉纺织品生命周期中综合能耗进行碳足迹核算的^[25]。大多数研究都是将棉纺织品的全生命周期分为棉花种植、采摘,原棉加工,棉纱线生产,棉坯布加工,棉布后整理,纺织品(衣、裤、帽等)加工、销售、使用,以及最后的回收或废弃阶段^[3,26],综合多个研究文献^[27-29],本文给出了如图1所示的棉纺织品全生命周期碳足迹评价框架,包括系统边界、输入输出、生命周期清单等。

从图中可以看出,每个阶段又包括不同的步骤或流程,导致最终输出产品的碳排放有所不同。比如当研究的对象是普梳棉纺织品,就不需经过精梳、丝光工序。即使在棉花种植阶段,活动过程也可能存在较大差异,比如常规棉与有机棉的种植就存在很大的不同。在普通棉纺织品的整个生命周期的各个阶段中,棉纺织品使用过程的碳排放最多,其次为棉花的种植阶段,这甚至比后整理工序的碳排放还要高^[30]。但是有机棉制品在种植阶段的碳排放则大大减少,这是因为在有机棉的生产过程中,不能使用化学制品,例如化肥、农药等,从种子到农产品都是全天然无污染生产,所以有机棉在棉花生产阶段的碳排放明显小于普通棉花。

图1中还列出了各阶段能源、物料的投入,根据此生命周期框架可进行初级活动数据采集,选择合适的碳排放因子进行碳足迹核算。各类物料的碳排放因子可查询政府间气候变化专门委员会(IPCC)的EFDB排放因子数据库、国家权威机构发布的各类能源排放因子、各类学术文献的研究结果等。

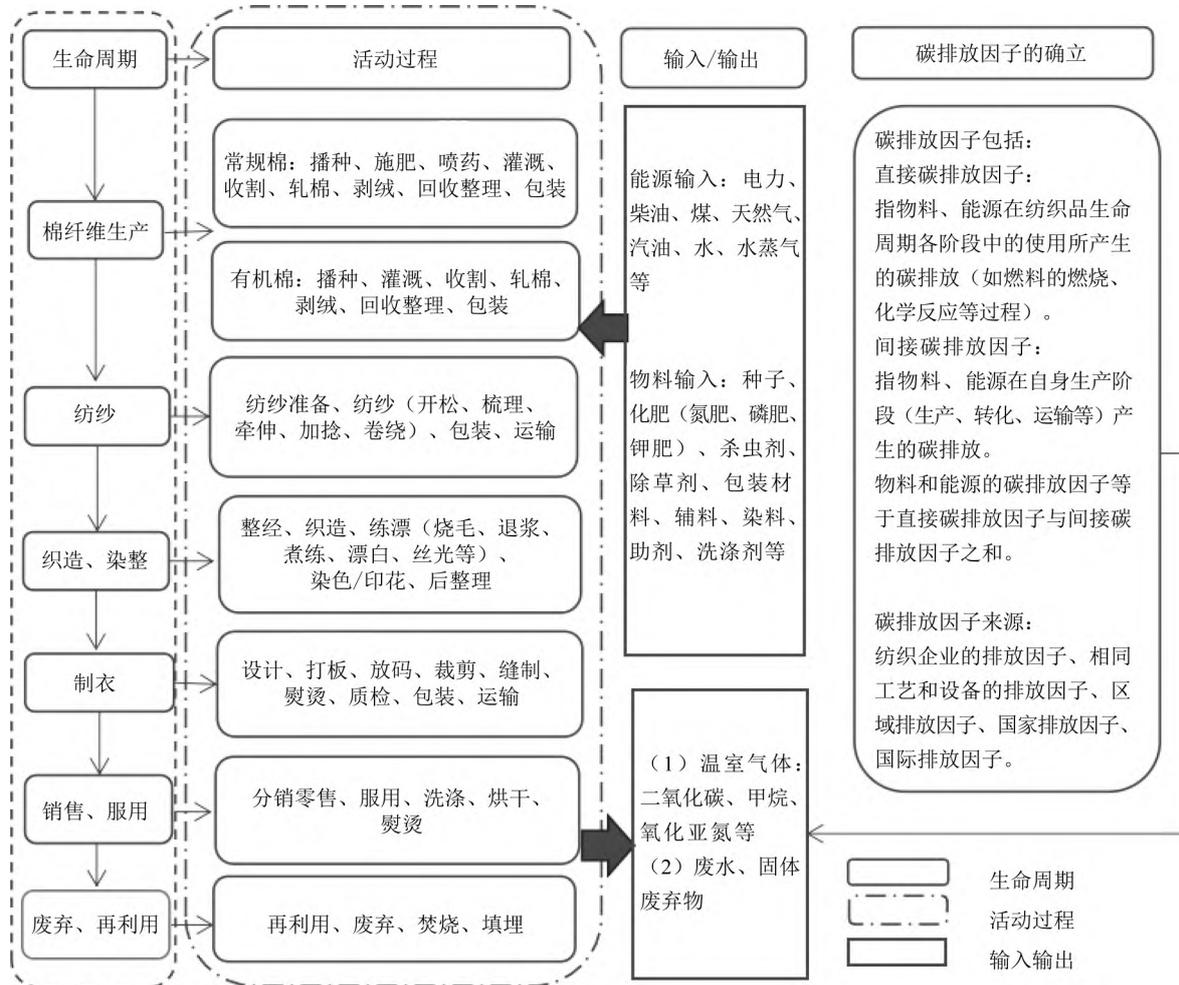


图1 棉纺织品生命周期碳足迹评价框架

由图1可以看出各阶段产生碳排放的清单有：

(1) 原材料的获取阶段：该阶段包括棉花种植阶段的灌溉、喷洒农药、施肥等过程，温室气体的来源包括使用的电力、柴油、水等能源，以及各类农药、化肥等物料消耗^[15]。

(2) 生产加工阶段：该阶段包括纺纱、织造、印染、服装加工等过程，温室气体的来源包括各阶段能源、各种助剂、染料以及各种纽扣、缝线等辅料的消耗^[23]。

(3) 销售阶段：该阶段的碳排放主要来源为运输过程中能源的消耗^[31]。

(4) 服装的使用阶段：该阶段碳排放主要来源于洗衣、熨烫和烘干等过程洗衣液以及电力、水等能源的消耗^[24]。

(5) 废弃或再利用阶段：该阶段的碳排放指的是棉纺织品的燃烧、填埋等过程直接产生的温室气体^[20]。

目前棉纺织品碳足迹的相关研究较多，且存在一些有争议的地方需要进一步的探讨论证。比如部分研究未将人力考虑在系统边界内，认为人呼吸产

生CO₂是无时无刻不在进行的，该部分的碳排放不应该考虑在内^[2]。在纺织工业生产中，人力的消耗与企业的自动化程度是密切相关的，企业的自动化程度低，相应人力的需求就越多，用电反而少。这种情况下如果不把人力的消耗考虑进来，核算出来的碳排放会偏小，核算结果不能指导企业进行低碳生产，所以不考虑人力部分的碳排放显然是不全面的。棉纺织工业是属于劳动密集型行业，人力的消耗比较多，该部分的碳足迹应该纳入核算范围。此外，在全生命周期评价中将棉纺织品使用过程中的碳排放纳入评价范围是否合理还有待商榷，使用过程中的碳排放固然跟商品的耐用性与保养方法有关，更与消费者本身的使用行为习惯相关。

3 棉纺织品碳足迹的核算

碳足迹的核算一般有3种方法，一是实测法，二是物料平衡法，三是排放因子法^[32]。实测法是通过监测手段和国家有关部门认可的测量设施，测量排

放气体的流速、流量和浓度,进一步核算温室气体的排放量。物料平衡法是根据输入系统的物料质量等于输出的物料质量这一原理,对生产过程中物料进行定量分析。排放因子法是将活动水平数据和GHG排放因子(EF)相乘得到温室气体排放值,该方法也是国际公认和通用的方法。相较于实测法和物料平衡法,碳排放因子法对基础数据要求不高且实用,所以在棉纺织品碳足迹的研究中大部分是利用该方法来核算的^[32]。棉纺织品碳足迹是将整个生命周期中所有活动的所有材料、能源排放量乘以相应的温室气体排放因子之和^[33-35],如式(1)所示。

$$E = \sum_{i=1}^n Q_i \times C_i \quad (1)$$

式中: E 为产品的碳足迹,kgCO₂e; Q_i ($i=1,2,\dots,n$)为第 i 种物质的活动数据,kg; C_i ($i=1,2,\dots,n$)为第 i 种物质的GHG排放因子,kgCO₂e/kg。其中碳足迹计算需要“质量平衡”,即输入过程的总质量与输出过程的总质量相等,以确保所有输入、输出和废物流均被计入。

目前国内外关于棉纺织品碳足迹核算的文献较多,表1从研究对象、核算阶段、方法、结果等几个方

面列出了目前关于棉纺织品碳足迹核算的情况。从研究对象的角度来看,主要有对棉纤维^[36-38]、棉纱线^[29]、棉坯布^[22]、棉衬衫^[21]、棉牛仔褲^[18,35]等进行的数据收集与碳足迹计算。从数据来源的角度来看,一类是通过使用文献中的调查数据或者统计数据来计算碳足迹,另一类是通过实地调研获取产品在生产加工中的活动水平数据来计算碳足迹。从核算范围的角度来看,因为全生命周期的活动链段较长,有些数据难以获得,很多研究只是对生命周期的部分活动或者阶段进行了碳足迹核算,比如Günther等^[36]仅对新疆棉的棉纤维种植生产阶段进行了碳足迹的核算。还有不少研究仅着眼于棉纺织品工业生产阶段的碳足迹研究。从表中可以看出棉纺织品碳足迹主要在农业生产和工业生产阶段,其中农业生产阶段主要是化肥、农药的使用产生的碳排放。有机棉、再利用棉或回收棉的使用可以大大减小温室气体的排放。工业生产的碳排放主要是间接碳排放,并且在染色和后整理阶段碳排放较大,碳排放的主要来源包括水蒸气、电力消耗以及化学品的使用。在服装的制作阶段,服装的缝制过程的碳排放大于裁剪过程。

表1 几种棉纺织品碳足迹核算结果

研究对象	生命周期阶段	核算方法	EF来源	碳足迹	结论
新疆棉 ^[36]	A ₁ L	EF法	①	4.43 ^a	化肥的使用产生的碳排放占总碳排放的63.9%
棉花 ^[37]	A ₁	EF法	②	—	改善棉花的耕作方式、选用绿肥代替化肥等方式能有效减排
皮棉 ^[38]	A ₁	EF法	②	—	生产技术条件、资源利用类型等因素会影响棉花的碳足迹
纯棉本色纱 ^[29]	A ₁ BKL	EF法	①②	4.74 ^a (汽车) 4.68 ^a (铁路)	纱线生产阶段碳排放高于棉花种植阶段,主要是电力消耗产生的碳排放
中国棉衬衫 ^[21]	A ₁ BCDEHK	EF法	①②③	8.77 ^b	间接碳排放占总碳排放的96%,棉花种植阶段的碳排放最大,其次是织造阶段
棉织物 ^[16]	浅色	CDE	EF法	①②	4.49 ^a
	半深色				4.47 ^a
	深色				5.32 ^a
	白坯布				1.81 ^a
印度棉T恤 ^[39]	A ₁ BCDFGHJK	—	—	14 ^a	洗涤阶段碳排放最高,洗涤次数按50次来计算,使用阶段的碳排放超过总碳排放70%
棉T恤 ^[14]	常规棉	A ₁ D	—	(2.33~6.89) ^b	回收棉产生的碳排放最小,有机棉在种植阶段没有使用化肥农药,所以碳排放小于常规棉
	有机棉	A ₂ D	—	(2.43~5.96) ^b	
	回收棉	A ₃	—	0.06 ^b	
五袋牛仔褲 ^[40]	F	EF法	—	9.84 ^b	洗水阶段碳排放最大,蒸汽是最大的碳排放源
牛仔褲 ^[18]	BCDEFK	EF法	①③	93.08 ^b	牛仔褲后整理阶段的碳足迹最大,蒸汽是产生碳足迹最大的原因;纺纱阶段碳足迹最小
中国棉T恤 ^[2]	A ₁ BCDFGHJK	Gabi软件	④	6.05 ^b	染色阶段的碳排放最大,主要是蒸汽的使用产生的碳排放
男衬衫 ^[41]	F	EF法	③	2.165 ^b	缝制阶段的碳排放最大,是剪裁阶段的2倍多

注:A:棉花种植,A₁:常规棉种植,A₂:有机棉种植,A₃:回收棉处理,B:纱线生产,C:织造阶段,D:染色,E:后整理,F:成衣,G:销售,H:使用,I:固体废弃物处理,J:回收再利用,k:包装,L:运输。①IPCC数据库,②国家权威机构发布,③学术文献研究结果,④Gabi数据库。a:kgCO₂e/kg,b:kgCO₂e/件。

4 结语

随着低碳、生态和可持续发展成为全球工业生产越来越受重视与推崇的标签,碳足迹标签越来越为广大消费者所认可,因此纺织工业开展碳足迹的研究势在必行,且棉纺织品碳足迹的研究将对其他纺织品碳足迹的研究具有指导意义。目前棉纺织品碳足迹的研究依然存在一些问题:

(1)数据的获取困难,特别是一手数据,这是因为棉纺织企业加工链长并且涉及多种棉纺织品同时加工,但大部分的棉纺织企业尚未实现对公用能耗和物料的三级计量,导致无法准确获取单类产品各工序的能源与物料的使用数据。在未来的研究中需要建立适合棉纺织品对公用能耗和物耗碳足迹数据的拆分原则。

(2)棉纺织品生命周期中涉及的物料种类庞杂,国内外也缺少统一的物料的碳排放系数数据库,因此导致核算系数不统一的问题。未来解决该问题的核心路径可能是建立纺织工业碳排放系数数据库。

(3)LCA 的实施需要进行大量的计算,比如清单数据的计算、影响评价的计算等,其计算过程十分烦琐。在未来的研究中开发出针对不同种类纺织品的碳足迹核算软件,可以有效提高核算的效率和准确性,降低时间和人力成本。

参考文献:

- [1] 卢安.基于 LCA 的服装产品碳足迹评价研究[J].纺织导报,2013(2):15-18.
- [2] ZHANG Y, LIU X, XIAO R F, et al. Life cycle assessment of cotton T-shirts in China[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2015, 20(7): 994-1004.
- [3] 董艳红, 钱竞芳, 薛文良. 棉纺织品碳足迹的研究[J]. 上海纺织科技, 2012, 40(4): 1-2, 50.
- [4] 杨自平, 张建春, 张华, 等. 基于 PAS 2050 规范的大麻纤维产品碳足迹测量分析[J]. 纺织学报, 2012, 33(8): 140-144.
- [5] ASTUDILLO M F, THALWITZ G, VOLLRATH F. Life cycle assessment of Indian silk[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 81: 158-167.
- [6] BARCELOS S M B D, LUZ L M, VASQUES R S, et al. Introductory background for life cycle assessment (LCA) of pure silk fabric[J]. Independent Journal of Management and Production, 2013, 4(1): 170-187.
- [7] GIACOMIN A M, GARCIA J B, ZONATTI W F, et al. Silk industry and carbon footprint mitigation[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 254(19): 192008.
- [8] BEVILACQUA M, CIARAPICA F E, GIACCHETTA G, et al.

- A carbon footprint analysis in the textile supply chain[J]. International Journal of Sustainable Engineering, 2011, 4(1): 24-36.
- [9] 刘文珊, 吴雄英, 丁雪梅. 毛纱产品工业碳足迹的核算[J]. 毛纺科技, 2015, 43(2): 57-61.
 - [10] 赵年花, 周翔, 董锋. 涤纶纺织品的碳足迹评估[J]. 印染, 2012, 38(14): 42-45.
 - [11] SMITH G G, BARKER R H. Life cycle analysis of a polyester garment[J]. Resources, Conservation and Recycling, 1995, 14(3): 233-249.
 - [12] 邵景峰, 马创涛, 王蕊超, 等. 基于碳排放核算的涤纶低弹丝生产工艺优化[J]. 纺织学报, 2019, 40(2): 166-172.
 - [13] VAN DER VELDEN N M, PATEL M K, VOGTLÄNDER J G. LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl or elastane[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014, 19(2): 331-356.
 - [14] SANDIN G, PETERS G M. Environmental impact of textile reuse and recycling: a review[J]. Journal of Clean Production, 2018, 184: 353-365.
 - [15] BAYDAR G, CILIZ N, MAMMADOV A. Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey[J]. Resources Conservation Recycling, 2015, 104: 213-223.
 - [16] YAN Y, WANG C X, DING D, et al. Industrial carbon footprint of several typical Chinese textile fabrics[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(3): 119-125.
 - [17] ESTEVE-TURILLAS F A, DE LA GUARDIA M. Environmental impact of recover cotton in textile industry[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2017, 116: 107-115.
 - [18] 屠莉华. 基于 PAS 2050 的牛仔裤生产碳足迹研究[D]. 上海: 东华大学, 2012.
 - [19] 曹孝文, 邱岳进, 高翔, 等. 产品碳足迹国际标准分析与比较[J]. 资源节约与环保, 2016(9): 198-199.
 - [20] 吴猛. 基于生命周期的纺织服装产品碳足迹评价[J]. 纺织导报, 2018(6): 26-28.
 - [21] WANG C X, WANG L H, LIU X L, et al. Carbon footprint of textile throughout its life cycle: a case study of Chinese cotton shirts[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 108: 464-475.
 - [22] 王来力. 纺织服装碳足迹和水足迹研究与示范[D]. 上海: 东华大学, 2013.
 - [23] 俞璐, 王立川, 陈雁. 服装生产过程碳排放计算模型[J]. 纺织学报, 2016, 37(3): 156-159.
 - [24] 郝淑丽, 冯楠. 服装使用环节碳足迹核算分析[J]. 毛纺科技, 2014, 42(8): 53-56.
 - [25] 高秀丽, 卢洁琼, 朱进忠, 等. 棉织物综合能耗与碳足迹计算分析[J]. 上海纺织科技, 2016, 44(10): 53-54.
 - [26] 仇彬鸿. 纺织行业的可持续发展与碳足迹核算[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
 - [27] 汤传毅, 万融. 棉纺织品的生命周期清单分析[J]. 上海纺织科技, 2003, 31(6): 1-3.
 - [28] KALLIALA E M, NOUSIAINEN P. Life cycle assessment-environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics[J]. Autex Research Journal, 1999, 1(1): 8-20.
 - [29] 李雪月, 徐文杰, 朱进忠, 等. 纯棉普梳纱碳足迹的计算方法[J].

棉纺织技术,2014,42(9):19-23.

- [30] BEVILACQUA M, CIARAPICA F E, MAZZUTO G, et al. Environmental analysis of a cotton yarn supply chain[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 82: 154-165.
- [31] 卢安, 白洁. 服装销售环节的碳足迹评价研究[J]. 毛纺科技, 2014, 42(7): 56-60.
- [32] 胡柯. 纺织企业生产过程关键环节碳排放研究[D]. 西安: 西安工程大学, 2018.
- [33] 冯文艳, 张庆娟, 丁雪梅. 精纺羊毛织物工业碳足迹核算[J]. 毛纺科技, 2015, 43(5): 62-65.
- [34] 姚蕾. 纺织服装原材料阶段碳足迹评价及碳减排措施——以棉花为例[J]. 天津工业大学学报, 2014, 33(1): 70-76.
- [35] 于曼, 彭万贵, 葛大兵. “碳足迹”计算方法初探[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(19): 11708-11710.
- [36] GÜNTHER J, THEVS N, GUSOVIUS H J, et al. Carbon and phosphorus footprint of the cotton production in Xinjiang,

China, in comparison to an alternative fibre (Apocynum) from central Asia [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 148: 490-497.

- [37] 姚蕾. 纺织服装原材料阶段碳足迹评价及碳减排措施——以棉花为例[J]. 天津工业大学学报, 2014, 33(01): 70-76.
- [38] 李佳慧, 丁雪梅, 吴雄英. 棉花碳足迹的核算与评价研究[J]. 棉纺织技术, 2019, 47(10): 73-77.
- [39] STEINBERGER J K, FRIOT D, JOLLIET O, et al. A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2009, 14(5): 443-455.
- [40] 李一, 王君涛, 王来力. 牛仔裤工业碳足迹核算与评价示范[J]. 现代纺织技术, 2017, 25(6): 58-61.
- [41] 俞璐. 服装生产环节碳排放模型研究与优化分析[D]. 苏州: 苏州大学, 2015.

收稿日期: 2023-07-18

(上接第 19 页)

4 结语

随着科技的发展, 众多先进设备被广泛应用于实验室。为便于学生科研与管理者管理, 引入了实验室智能管理系统, 并取得了良好效果。实验室管理的智能化是未来实验室的发展趋势, 实验室智能管理系统有助于高效开展实验室中仪器预约、人员准入以及环境监控等工作, 为实验室安全平稳运行提供了可靠的保障。

参考文献:

- [1] 裔洪根. 现代丝绸国家工程实验室建设与管理的探索及实践[J]. 现代丝绸科学与技术, 2013, 28(2): 58-59, 71.
- [2] 王毅敏. 高校实验室管理中智能管理系统的实践分析[J]. 信息系统工程, 2019(12): 160, 163.

- [3] 林司曦, 丁晓磊. 高校实验室制度化与网格化管理体系探析[J]. 实验教学与仪器, 2022(11): 75-76.
- [4] 刘永, 宁玉富, 孟繁兵. 高校实验室智能综合管理平台技术研究综述[J]. 网络安全技术与应用, 2020(9): 91-93.
- [5] 项新建, 姚佳娜, 郑永平, 等. 新工科背景下智能建筑实验室建设与管理[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(12): 262-266.
- [6] 吕太之, 张军, 陈勇. 实验室智能管理系统的研究与实现[J]. 通化师范学院学报, 2019, 40(6): 61-65.
- [7] 信海辉, 张姗姗. 实验室智能管理系统的设计与实现[J]. 电子元件与信息技术, 2021, 5(3): 210-211.
- [8] 陈越. 浅谈智能管理系统在高校实验室管理中的应用[J]. 信息记录材料, 2020, 21(9): 77-79.
- [9] 郭小玲. 信息化技术在高校实验室智能管理系统中的应用[J]. 信息记录材料, 2021, 22(12): 106-108.
- [10] 王卫东, 涂亚楠, 徐宏祥, 等. 矿物加工工程专业实验室智能管理系统设计与实践[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(12): 10-13, 18.

收稿日期: 2023-11-13

专利名称: 蜀绘丝绸工艺方法

专利申请号: CN201310337144.1

公开号: CN103498349A

申请日: 2013.08.05

公开日: 2014.01.08

申请人: 南充金富春丝绸有限公司

本发明公开了一种蜀绘丝绸工艺方法, 涉及丝绸印染技术, 本发明的工艺流程如下: 染画颜料配色、构图、上底色、烘上色、挂蒸、水漂浮色、整理成

型。本发明的制作工艺独特并且艺术价值较高; 绘制出的丝绸布料图案具有“形、色、雅、韵”的效果, 而且丝绸布料的图案自然、鲜活且手感柔和。通过本工艺方法得到的丝绸布料成品能产生复杂的色彩釉变, 层次十分丰富, 且水洗不掉色, 经久不褪色, 丝绸布料的图案经水洗浮色工艺处理后, 图案色彩更加通透、明快、鲜亮, 克服了传统方式色块板结、手感僵硬等缺陷。