

doi : 10.3969/j.issn. 1674-2346.2022.04.004

棉纺织服装产品生命周期环境表现评价研究综述

陈 爽^{1a} 丰 翔^{1a} 刘书轶^{1a} 王晓蓬^{1b} 邱笑笑^{1a} 王来力^{1a, 2}

(1. 浙江理工大学 a. 服装学院 b. 科学技术研究院, 浙江 杭州 310018 ;

2. 浙江省服装工程技术研究中心, 浙江 杭州 310018)

摘 要: 为研究棉纺织服装产品生命周期的环境表现, 利用 Cite Space 可视化文献分析工具对棉纺织服装产品环境表现评价的中英文文献进行计量分析, 并对棉纺织服装产品生命周期的固碳效应、水足迹评价区域化差异、环境影响综合评价等关键问题进行了讨论分析。结果表明: 英文文献多从国际政策等宏观层面出发进行棉纺织服装产品环境表现评价的研究, 中文文献对环境表现量化与评价方法的应用研究较多; 受核算边界、数据收集、特征化因子等因素的影响, 棉纺织服装产品生命周期环境表现的量化与评价指标和结果差异较大; 基于农业种植获取的原生棉纤维制成的棉纺织服装产品具有固碳效应, 延长其使用周期可加强固碳效应; 棉纺织服装产品的水足迹评价需考虑不同区域的水资源环境本底异同, 并构建基于不同区域水资源环境背景数据的区域特征化因子; 综合评价指标可以解决多维环境表现指标单位不同的问题, 实现不同棉纺织服装产品及其多维环境表现指标之间的比较。

关键词: 棉纺织服装产品; 生命周期评价; 固碳效应; 区域化; 综合评价

中图分类号: TS116

文献标识码: C

文章编号: 1674-2346 (2022) 04-0019-07

棉纺织服装产品具有优良的服用性能和经济性能, 是消费量最大的纺织服装产品类别之一。从原材料获取、产品加工、消费使用到废弃处理, 棉纺织服装产品的各生命周期阶段均会产生环境影响, 例如, 在棉花种植阶段大量的水资源消耗产生水资源短缺压力, 产品工业生产阶段耗能产生的温室气体排放造成全球变暖, 因此, 棉纺织服装产品生命周期环境影响研究受到广泛的关注。本文对棉纺织服装产品生命周期评价类研究文献进行计量分析, 揭示了该领域的研究热点与趋势, 并讨论了棉纺织服装产品生命周期环境表现量化与评价中的固碳效应、水足迹评价的区域化、环境影响综合评价方法等关键问题, 为棉纺织服装产品绿色设计、绿色生产、绿色消费提供参考。

1 棉纺织产品环境表现评价研究计量分析

1.1 数据来源

在 WEB OF SCIENCE 核心数据库中, 选择文献类型为“article”, 选择主题为“fiber, yarn, fabric, clothing, garment, apparel, product, textiles, life cycle assessment, carbon footprint, water footprint, chemical footprint”, 检索词之间以“OR”或“AND”进行连接, 得到文献 195 篇。删除与棉纺织品生命周期评价

收稿日期: 2022 - 04 - 28

基金项目: 浙江理工大学基本科研业务费专项资金资助 (编号: 2021Y008)

作者简介: 陈爽, 女, 硕士研究生。研究方向: 纺织品服装碳足迹核算与评价研究

通讯作者: 王来力, 男, 副教授。研究方向: 纺织服装产品可持续发展理论

研究无关的条目后,得到 77 篇文献,时间分布于 2008 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日。

在 CNKI 数据库中,选择文献类型为“期刊”,利用高级检索,选择主题“纤维,纱线,面料,服装,纺织品,棉,再生棉,回收棉,生命周期评价,碳足迹,水足迹,化学品足迹”,检索词之间以“OR”或“AND”连接,最终得到 39 条结果。删除与棉纺织品生命周期评价无关的条目后,得到 28 篇文献,时间分布于 2003 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日。使用 Cite Space 5.8. R3W (32bit) 版本软件对筛选得到的中文和英文文献进行研究热点和演进趋势计量分析。

1.2 计量结果分析

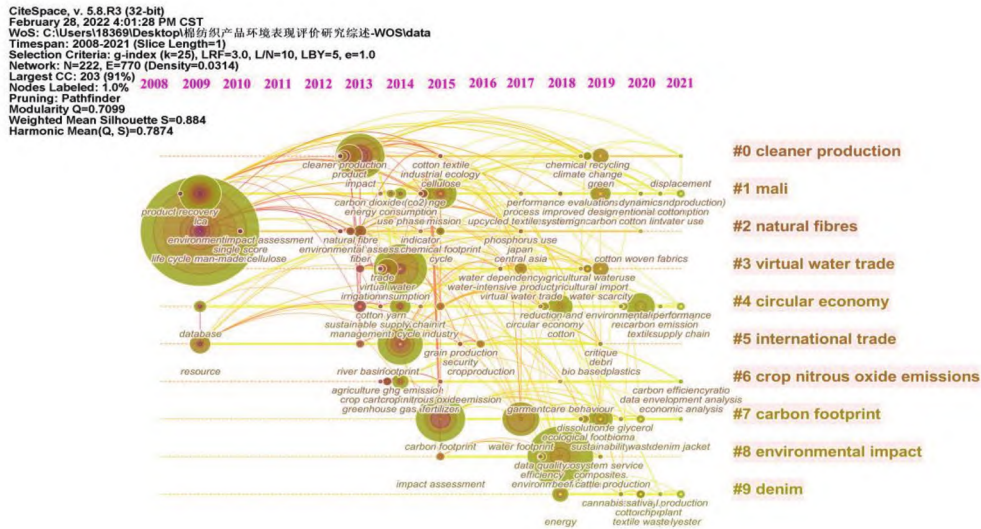


图 1 2008~2021 年棉纺织服装产品生命周期评价类研究英文文献关键词聚类时间线图谱

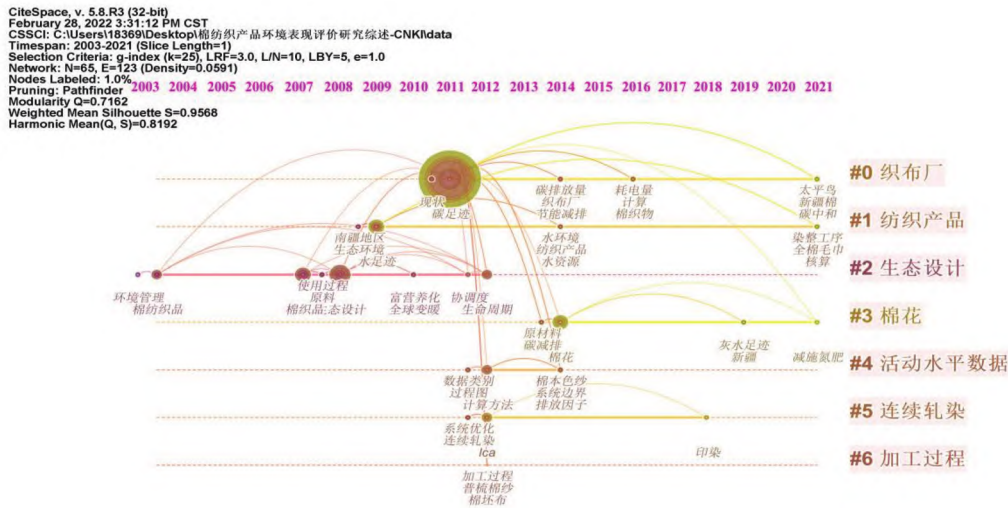


图 2 2003~2021 年棉纺织服装产品生命周期评价类研究中文文献关键词聚类时间线图谱

研究文献关键词的聚类时间线图谱能够有效呈现出某一领域中的关键词聚类分布和关键词热点演变,每个聚类所对应的横向粗线代表了该聚类在时间轴上出现的分布状况,粗线越长,聚类关键词跨越的时间就越长^[1]。聚类标签前的序号越小,聚类中包含的关键词越多,结合高中介中心度关键词可进一步确定特定领域的研究热点^[2]。聚类模块性指数 Q 值和聚类轮廓性指数 S 值来评估图谱聚类效果,一般认为 $Q>0.3$ 意味着聚类结构显著, $S>0.5$ 聚类就是合理的, $S>0.7$ 意味着聚类是令人信服的^[3]。

由图 1 可知, $Q=0.7099$, $S=0.8840$, 说明 2008~2021 年棉纺织服装产品生命周期评价类研究英文文

献关键词聚类效果显著。棉纺织服装产品生命周期评价类英文文献关键词聚类结果排前四的依次是“cleaner production”、“conventional cotton”、“natural fibres”、“virtual water trade”。出现时间较早的关键词聚类有“conventional cotton”、“natural fibres”、“circular economy”、“international trade”，其中“conventional cotton”和“circular economy”至今依然是研究热点。近8年新出现的关键词聚类有“crop nitrous oxide emissions”、“carbon footprint”、“environmental impact”和“denim”。

由图2可知， $Q=0.7162$ ， $S=0.8192$ ，说明2003~2021年棉纺织服装产品生命周期评价类研究中文文献关键词聚类效果亦显著。棉纺织产品生命周期评价类中文文献关键词聚类结果排前四的依次是“织布厂”、“纺织产品”、“生态设计”、“棉花”。近10年新出现的关键词聚类有“织布厂”、“棉花”、“活动水平数据”和“连续轧染”。

由图1和图2对比可知，在2009年前后就出现了较多研究棉纺织产品生命周期环境表现的英文文献，而在2012年前后对棉纺织产品环境表现研究的中文文献才逐渐增加。在研究热点和研究内容方面，英文和中文文献的研究相同点体现在对于环境表现基础理论的研究，例如都采用水足迹、碳足迹指标评价棉纺织产品生命周期的环境表现。英文文献较多聚焦在宏观层面，如提出实现清洁生产的目标、强调循环经济的国际政策，并关注不同的评价方式的准确性，而中文文献则根据我国实际情况，较多地研究了我国主要棉产地新疆地区棉花种植阶段的环境表现和棉纺织服装产品生产过程中的节能减排措施以及不同棉纺织服装产品生产工艺的改进。

2 棉纺织服装产品生命周期环境表现

对筛选出的文献中棉纺织服装产品研究对象类别和研究结果分别进行汇总，结果见表1和表2。

表1 棉纺织服装产品环境表现评价研究对象

研究对象	原生普通棉					再生棉	有机棉	棉基产品
	棉花	纤维	纱线	面料	成衣			
文献数量	19	9	3	19	30	12	2	6

由表1可知，针对原生普通棉纺织服装产品生命周期环境表现研究的文献最多，其次是对再生棉纺织服装产品生命周期环境表现的研究。在普通棉纺织产品的研究对象中，以成衣为研究对象的文献最多，以纱线为研究对象的文献最少。

表2 棉纺织服装产品环境表现研究结果

	核算边界	核算依据	全球增温潜势 (kgCO ₂ eq)	蓝水足迹 (m ³)
1kg 皮棉 ^[4]	摇篮到港口	数据库 :Australian Life Cycle Inventory (AusLCI) database ; 软件 :SimaPro 8.0.3 ; 方法 :2013 National Inventory Report(NIR)、Australian Indicator Set V3	1.601	-
1kg 原生普通棉纤维 ^[5]	摇篮到轧棉厂大门	方法 :PAS 2050	4.430	-
1kg 原生普通棉纱线 ^[6]	摇篮到纺纱工厂大门	方法 :PAS 2050	11.000	3.514
1kg 再生棉纱线 ^[6]	摇篮到纺纱工厂大门	方法 :PAS 2050	4.380	0.583
1kg 原生普通棉纤维 ^[7]	摇篮到轧棉厂大门	数据库 :Ecoinvent database ; 软件 :Simapro8.0.5	2.446	-
1kg 有机棉纤维 ^[7]	摇篮到轧棉厂大门	-	0.978	0.182
1kg 染色纱线 ^[7]	摇篮到纺纱工厂大门	方法 :ILCD 2011 Midpoint + V1.06/EU27 2010	23.395	1.736

续表2

	核算边界	核算依据	全球增温潜势 (kgCO ₂ eq)	蓝水足迹 (m ³)
1件纯棉针织短袖(0.153kg) ^[8]	摇篮到坟墓	软件:GaBi6.0; 方法:CML2001、USEtox、 ISO 14040	6.050	1.770
1件纯棉衬衫(0.28kg) ^[9]	棉花种植到消费使用	方法:IPCC Report、ISO 14067、 PAS 2050	8.770	-
1件纯棉衬衫(0.25kg) ^[10]	棉花种植	软件:GaBi 8.0;	1.341	1.036
	纱线生产	方法:CML 2001、	1.166	0.18×10 ⁻³
	面料生产	ISO 14040:2006、	1.127	0.052
衬衫生产	ISO 14044:2006	0.479	1.120×10 ⁻³	
1kg棉质针织衬衫 ^[11]	摇篮到坟墓	软件:OpenLCA; 方法:CML2001、ISO14040:2006	42.715	-
1件女士牛仔夹克 ^[12]	裁剪到最终产品交付	方法:PAS2050:2008	1.751	-
1件纯棉牛仔褲 ^[13]	摇篮到服装工厂大门	方法:Hoekstra等 ^[14] 开发的水足 迹评估方法	-	2.767
1件纯棉牛仔褲 ^[15]	摇篮到服装工厂大门	方法:ISO 14044:2006	7.860	-
1件牛仔褲(1kg) ^[16]	摇篮到坟墓	方法:基于模块化的过程级评估 方法	90.370	13.740

由表2可知,现有文献中的研究系统边界包括棉纤维原材料获取、棉纺织服装产品生产加工、消费使用和废旧处理等多个阶段,其中既有聚焦于其中一个阶段分析过程产品(如棉纤维、棉纱线)的环境表现,亦有终端制成品(如棉衬衫、棉牛仔褲)全生命周期阶段的环境表现。核算棉纺织服装产品的环境影响通常有两种方法:一种是借助环境影响评价软件进行计算,常用的环境影响评价软件有GaBi、OpenLCA、SimaPro、CMLCA;另一种是基于ISO 14040、ISO 14044、ISO 14067、PAS 2050等国际标准和技术规范规定的方法自主进行计算^[17]。即使是相同的核算边界和同一类产品,采用不同的核算方法得到的核算结果往往具有一定差异性,例如文献[5]和文献[7]都是分析1kg原生普通棉纤维的环境表现,但其中全球增温潜势的核算结果分别为4.430 kg CO₂eq和2.446 kg CO₂eq。

3 讨论

基于棉纺织服装产品生命周期的环境表现量化与评价已开展了大量研究,但仍有需进一步探讨的关键问题,例如棉纺织服装产品生命周期的固碳效应、水足迹评价的区域化差异、多维环境表现量化与评价指标的综合可比性等。

3.1 棉纺织服装产品的固碳效应

棉植株生长过程中光合作用吸收二氧化碳,释放氧气,因此棉花在种植阶段,也即棉纤维的生成阶段具有一定的固碳效应。Muthu等^[18]的研究指出每公顷的棉田一年内的固碳量为11吨CO₂,Liu等^[7]结合IPCC指南计算出在新疆地区每0.58公顷的棉田固定1160千克C,可折算为3811千克CO₂。棉纤维作为光合作用的产物,其废弃后焚烧或自然降解时,其中的碳元素以CO₂、CH₄等形式返回到大气中,因此棉纺织服装产品的固碳效应受其使用时间长短的影响,也即棉纺织服装产品使用时间越长,其中的碳元素释放到空气中的时间越迟,固碳效应越显著,反之,则固碳效应越不显著。增加棉纺织服装产品循环利用的次数,可以延长其使用时间,加强棉纺织服装产品的固碳效应。

3.2 棉纺织服装产品水足迹评价的区域差异

产品的水足迹主要依据Water Footprint Network方法和ISO 14046国际标准两种方法进行量化与评价,

其中 ISO 14046 国际标准提出在水足迹评价时,应考虑不同区域水资源环境本底差异对水足迹评价结果的影响,并建议用水消耗量乘以水稀缺度因子的计算方法进行水稀缺足迹的区域化评价。亦有学者对水稀缺足迹的区域化评价提出新的方法,例如,Pfister 等^[19]提出了“水压力指数”(Water stress index),根据某一区域中全年取水量与水资源可得量的比值得到水稀缺度因子;Boulay 等^[20]提出了“剩余可得水”(Available water remaining),以某一区域内水资源可得量与该区域内人类和水生生态系统的水资源需求量的差值为基础得到水稀缺特征因子。在水环境影响评价的多种水劣化水足迹指标中,Roy 等^[21-22]研究了水酸化的命运因子和暴露因子全球模型,并得出了全球范围内区域差异化的水酸化特征因子。在水富营养化方面,Helmes 等^[23]提供了全球范围内水富营养化的命运因子,Azevedo 等^[24-25]研究了生物丰富度和水体磷浓度之间的关系,提供了全球范围内水富营养化的影响因子。

棉纺织服装产品的生命周期阶段往往是跨区域的生产加工和消费,例如一件棉 T 恤的整个生命周期阶段,从棉花种植到消费使用和废弃处理,往往并不都在同一区域,其中某个链段也可能会在不同区域完成,而各地水资源环境压力又有所不同,因此在对某一种棉纺织服装产品进行水资源环境影响评价时,需考虑不同生产阶段所在地的区域特征化因子,才能对其水资源环境影响进行准确评价。

3.3 棉纺织服装产品的环境影响综合评价方法

生命周期评价中针对不同的环境影响类别有不同的指标,例如,气候变化、水稀缺足迹、水酸化足迹、陆地生态毒性、光化学臭氧、非生物耗竭潜力、平流层臭氧消耗等,各影响类别的单位往往不同,例如,气候变化影响指标单位为 CO_2eq ,水稀缺足迹单位为 $\text{m}^3\text{H}_2\text{Oeq}$,水酸化单位为 kgSO_2eq ,陆地生态毒性影响指标单位为 $\text{kg}1,4\text{-DCBeq}$,光化学臭氧影响指标单位为 kgC_2H_4 ,导致难以对不同棉纺织服装产品的环境影响大小进行比较。针对该问题,目前已有多种环境影响归一化表征方法,例如以价值形式表示的环境损益法、影子价格法,以评分形式表示的 Higg 材料可持续指数 (Material sustainability index)、终点综合评价方法。

目前研究较为集中的是终点综合评价方法,主要有 Eco-indicator 99、ReCiPe 2016、IMPACT 2002+,该 3 种综合评价方法通过数据分类、标准化、特征化和加权得到综合的环境影响分数。Eco-indicator 99 包含了 11 种影响类型,最终得出生态指数分数,其正负值代表环境负荷的严重程度^[26]。ReCiPe 2016 和 IMPACT 2002+方法均采用中间点和终点相结合的方法,ReCiPe 2016 包含 17 个中间点影响类型和 3 个终点影响类型,应用范围覆盖全球;IMPACT 2002+包含 14 个中间点影响类型和 4 个终点影响类型,应用范围只覆盖欧洲,IMPACT 2002+后又演进为 IMPACT World+,应用范围覆盖全球,并且实现了局部地区的区域化评价^[27-29]。

4 结语

本文基于 CiteSpace 可视化文献分析工具,对棉纺织服装产品生命周期研究类文献进行计量分析,并对棉纺织服装产品生命周期评价研究中的固碳效应、水足迹评价区域化差异和结果综合评价进行了讨论,结论如下:

(1) 基于 CiteSpace 的文献计量分析,发现在棉纺织产品生命周期环境表现研究领域英文文献多聚焦于生命周期评价方法的准确性研究层面,中文文献多聚焦于应用方面。在对棉纺织服装产品生命周期环境表现进行评价时,因其核算边界、数据收集、特征化因子的不同,评价结果差异较大。

(2) 棉植株由于其光合作用使棉纺织服装产品具有固碳效应,棉纺织服装产品使用时间越长,固碳效应越明显。

(3) 对棉纺织服装产品的水足迹进行评价时,需考虑不同区域的水资源环境本底异同,并基于不同区域水资源环境背景数据构建区域特征化因子,以使水足迹结果更加准确。

(4) 基于环境影响的综合评价方法可以将多维环境影响指标进行分类,最终统一为单一的定量指标,实现不同棉纺织服装产品及其多维环境影响指标之间的比较。

参考文献

- [1]张宁,郭亚丽,王玉光.基于CiteSpace可视化分析中医药领域特发性肺纤维化的研究热点和趋势[J].中医药导报,2022,28(1):136-141.
- [2]谢红,谭轶纱,郎捷.基于Citespace的产教融合研究热点与趋势分析[J].中国职业技术教育,2021(36):76-81.
- [3]陈悦,陈超美,刘则渊,等.CiteSpace知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [4]HEDAYATI M,BROCK P M,NACHIMUTHU G,et al.Farm-level strategies to reduce the life cycle greenhouse gas emissions of cotton production:An Australian perspective[J].Journal of Cleaner Production,2019,212:974-985.
- [5]GÜNTHER J,THEVS N,GUSOVIUS H,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.
- [6]LIU Y,HUANG H,ZHU L,et al.Could the recycled yarns substitute for the virgin cotton yarns:a comparative LCA[J].The International Journal of Life Cycle Assessment,2020,25(10):2050-2062.
- [7]LA ROSA A D,GRAMMATIKOS S A.Comparative life cycle assessment of cotton and other natural fibers for textile applications[J].Fibers,2019,7(12):101.
- [8]ZHANG Y,LIU X,XIAO R,et al.Life cycle assessment of cotton T-shirts in China[J].The International Journal of Life Cycle Assessment,2015,20(7):994-1004.
- [9]WANG C,WANG L,LIU X,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.
- [10]KAZAN H,AKGUL D,KERC A.Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques[J].Clean Technologies and Environmental Policy,2020,22(4):849-864.
- [11]MOAZZEM S,DAVER F,CROSSIN E,et al.Assessing environmental impact of textile supply chain using life cycle assessment methodology[J].The Journal of The Textile Institute,2018,109(12):1574-1585.
- [12]CHENG Y,LIANG H.Calculation and evaluation of industrial carbon footprint of cotton denim jacket[J].Journal of Engineered Fibers and Fabrics.2021,16:15589250211020387.
- [13]CHICO D,ALDAYA M M,GARRIDO A.A water footprint assessment of a pair of jeans:the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products[J].Journal of Cleaner Production,2013,57: 238-248.
- [14]HOEKSTRA A Y,CHAPAGAIN A K,MEKONNEN M M,et al.The water footprint assessment manual:Setting the global standard[M].Routledge,2011.
- [15]MORITA A M,MOORE C C S,NOGUEIRA A R,et al.Assessment of potential alternatives for improving environmental trouser jeans manufacturing performance in Brazil[J].Journal of Cleaner Production,2020(247):119156.
- [16]LUO Y,WU X,DING X.Carbon and water footprints assessment of cotton jeans using the method based on modularity:A full life cycle perspective[J].Journal of Cleaner Production,2022,332:130042.
- [17]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.
- [18]MUTHU S S,LI Y,HU J Y,et al.Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres[J].Ecological Indicators,2012,13(1):66-74.
- [19]PFISTER S,KOEHLER A,HELLWEG S.Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA[J].Environmental Science & Technology,2009,43(11): 4098-4104.
- [20]BOULAY A M,BARE J,BENINI L,et al.The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining(AWARE) [J].International Journal of Life Cycle Assessment,2018,23(2):368-378 .
- [21]ROY P O,HUIJBREGTS M,DESCHÊNES L,et al.Spatially-differentiated atmospheric source-receptor relationships for nitrogen oxides,sulfur oxides and ammonia emissions at the global scale for life cycle impact assessment[J].Atmospheric Environment,2012, 62: 74-81.

- [22]ROY P O, DESCHÊNES L, MARGNI M. Uncertainty and spatial variability in characterization factors for aquatic acidification at the global scale[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2014, 19(4): 882-890.
- [23]HELMES R J K, HUIJBREGTS M A J, HENDERSON A D, et al. Spatially explicit fate factors of phosphorous emissions to freshwater at the global scale[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2012, 17(5): 646-654.
- [24]AZEVEDO L B, VAN ZELM R, ELSHOUT P M F, et al. Species richness – phosphorus relationships for lakes and streams worldwide[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2013, 22(12): 1304-1314.
- [25]AZEVEDO L B, HENDERSON A D, VAN ZELM R, et al. Assessing the importance of spatial variability versus model choices in life cycle impact assessment: the case of freshwater eutrophication in Europe[J]. *Environmental Science & technology*, 2013, 47(23): 13565-13570.
- [26]DREYER L C, NIEMANN A L, HAUSCHILD M Z. Comparison of three different LCIA method: EDPI97, CML2001 and eco-indicator99: Does it matter which you choose[J]. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2003, 8(4): 191-200.
- [27]段宁 程胜高. 生命周期评价方法体系及其对比分析[J]. *安徽农业科学* 2008 36(32) :13923-13925+14049.
- [28]HUIJBREGTS M, STEINMANN Z, ELSHOUT P, et al. ReCiPe2016: A harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level[J]. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2017, 22: 138-147.
- [29]BULLE C, MARGNI M, PATOULLARD L, et al. IMPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2019, 24(9): 1653-1674.

Review on Environmental Performance Evaluation of Cotton Textile and Clothing Products in Life Cycle

CHEN Shuang^{1a} FENG Xiang^{1a} WANG Xiaopeng^{1b} LIU Shuyi^{1a} QIU Xiaoxiao^{1a} WANG Laili^{1a, 2}

(1.a. School of Fashion Design & Engineering, b. Academy of Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang, 310018 China;

2. Apparel Engineering Research Center of Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang, 310018 China)

Abstract: In order to study the environmental performance of the cotton textile and clothing products in life cycle, the Chinese and English literatures on the environmental performance evaluation of cotton textile and clothing products are quantitatively analyzed by the visual literature analysis tool of Cite Space. The key issues such as carbon sequestration effect, regional difference of water footprint evaluation and comprehensive environmental impact evaluation in the life cycle of cotton textile and clothing products are discussed and analyzed. The results show that English literature mostly studies the environmental performance evaluation of cotton textile and clothing products from the macro level, such as international policy, and Chinese literature carries out more studies on the application of environmental assessment methods. Affected by the system boundary, data collection, characterization factors and other factors, the quantitative and evaluation indexes and results of cotton textile and clothing products life cycle environmental performance are quite different. Cotton textile and clothing products made from virgin cotton fibers obtained from agricultural planting have carbon sequestration effect, and prolonging its service life can strengthen the carbon sequestration effect. The similarities and differences of water resources condition in different regions should be considered, when evaluating the water footprint of cotton textile and clothing products, and the regional characteristic factors should be constructed based on the background data of water resources condition in different regions. Comprehensive evaluation index can solve the problem of different units in multi-dimensional environmental performance so as to realize the com-

(下转第 45 页)

- [10] 黄体濂.论缠足之害[J].振华五日大事记 ,1907(12) 9-11.
- [11] 钊影.妇女装饰自由谈[J].家庭 ,1922(12) 8.
- [12] 绍元.足部和鞋袜 着高跟鞋的亦宜留意[J].妇女杂志 ,1928 ,14(4) 35 ,38.
- [13] 吴昊.中国妇女服饰与身体革命 1911-1935[M].上海 :东方出版中心 ,2008 :10.
- [14] 陆洁.从内在需求看民国女性穿着方式的嬗变[J].丝绸 ,2020 ,57(2) 91.
- [15] 佚名.取缔女学生之服装[J].教育杂志 ,1913 ,5(4) 30.
- [16] 孙中山.三民主义[M].长沙 :岳麓书社 ,2000 237.
- [17] 嘉谟.关于裸腿的出现[J].妇人画报 ,1934(19) :14-15.

Analysis of the Characteristics and Functional Transformation of Women's Socks in the Republic of China

QI Xin-chen^a KONG Fan-dong^b

(a. School of Fashion Design & Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China;

b. Zhejiang International Institute of Fashion Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China)

Abstract: During the period of the Republic of China, the new women who pursued freedom of body and independence of personality gradually awakened their consciousness of freedom in choosing clothing, which promoted the reform and development of women's socks. From foot wrapping to foot release to bare feet, from foot wrapping cloth and cloth socks to thread and silk socks, women socks changed significantly in terms of shape, material and color level. Based on the material data, literature records and visual image, this paper analyzes the evolution of women's socks in the Republic of China through the gradual change of modeling style, improvement of fabric materials and diversification of color levels and interprets the three functions of "accommodating the foot", "fitting the person" and "manifesting the person", which has become the prototype of modern socks and also reveals the important role of socks as the underwear of feet.

Key words: Republic of China; women socks; knitted socks; silk stockings; functional features; evolution

(上接第 25 页)

parison between different cotton textile and garment products and their multi-dimensional environmental performance indicators.

Key words: cotton textile and clothing products; life cycle assessment; carbon sequestration effect; regionalization; comprehensive evaluation