

纺织产品生命周期环境影响评价体系研究和应用： 以某企业羊绒制品为例

崔耀东^{1,2} 柳杨^{1,2} 姚天斌¹ 闫吉春^{1,2}

(1. 宁夏清洁发展机制环保服务中心(有限责任公司), 银川 750001; 2. 宁夏 CDM 环保服务中心, 银川 750001)

摘要: 产品生命周期评价在工业转型升级中能够协助管理者减少产品对资源的直接和间接负面影响, 实现产品的环境效益、功能效益、社会效益和经济效益多重目标, 是一种重要的环境影响评价方法。围绕羊绒产品从原材料获取、产品设计、加工制造、包装运输、流通销售、使用维护、报废、回收处理和处置的整个过程, 研究了羊绒产品生命周期环境影响评价体系, 并开展了示范应用。结果表明: 羊绒制品生产加工过程对环境影响因素最大。其中, 针织过程对初级能源消耗的影响最高, 占总量的 49%; 染色过程对水资源消耗的影响最高, 占总量的 46%; 选绒洗绒过程对气候变化的影响最高, 占总量的 97%。
关键词: 纺织工程; 羊绒制品; 生命周期; 环境影响评价

RESEARCH AND APPLICATION OF LIFE CYCLE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT SYSTEM FOR TEXTILE PRODUCTS

Cui Yaodong^{1,2} Liu Yang^{1,2} Yao Tianbin¹ Yan Jichun^{1,2}

(1. Ningxia Clean Development Mechanism Environmental Protection Service Center, Yinchuan 750001, China;
2. Ningxia CDM Low Carbon Service Center, Yinchuan 750001, China)

Abstract: Product life cycle assessment is an important environmental impact assessment method in industrial transformation and upgrading, which can help managers to reduce the direct and indirect negative impact of products on resources and achieve multiple objectives of environmental benefit, functional benefit, social benefit and economic benefit of products. Focusing on the whole process of raw material acquisition, product design, processing and manufacturing, packaging, transportation, circulation and sales, use and maintenance, scrapping, recycling and disposal of cashmere products, a life cycle environmental impact assessment system for cashmere products was proposed, and demonstration application was carried out. The results showed that the production and processing of cashmere products had the greatest impact on the environment. Among them, knitting process has the highest impact on primary energy consumption, accounting for 49% of the total. Dyeing process had the highest impact on water consumption, accounting for 46% of the total. The wool washing process has the highest impact on climate change, accounting for 97% of the total.
Keywords: textile engineering; cashmere products; life cycle assessment; the environmental impact

0 引言

生命周期评价(LCA)作为全面评估产品绿色水平的工具,已在全球范围内获得认可,纳入ISO14000系列标准,广泛应用于碳足迹、水足迹^[1]等评价。联合国在里约20峰会后,将LCA作为基础方法来推动“绿色经济”和“可持续消费与生产”等目标的实现^[2],日本、美国、韩国、泰国、墨西哥、巴西等国已经在建筑、纺织、化工、机械等各领域开展了LCA的广泛研究和应用。我国在材料、建筑、能源等各领域^[3]也开展了广泛研究。课题组围绕纺织产品从原材料获取、产品设计、加工制造、包装运输、流通销售、使用维护、报废、回收处理和处置的整个过程,研究了建立纺织产品生命周期环境影响评价体系^[4],开展羊绒制品LCA环境影响评价,加快开发更多的绿色

收稿日期:2022-11-01

第一作者:崔耀东(1989-),男,学士,助理研究员,主要研究方向为节能降碳技术。cyd@kp-cdm.com

设计羊绒产品,提升绿色产品占比。

1 纺织产品LCA体系研究

1.1 纺织产品LCA体系基本要求

生产企业的污染物应达到国家或地方污染物排放标准的要求,且近3年无重大安全和环境污染事故;生产企业宜采用国家鼓励的先进技术工艺,不应使用国家或有关部门发布的淘汰或禁止的技术、工艺、装备;生产企业环境管理,应按照GB/T 19001和GB/T 24001分别建立并运行质量管理体系、环境管理体系,并具有相应的能源管理制度;生产企业应按照GB 17167配备能源计量器具,按照GB 24789配备水计量器具;生产过程中禁止使用国家或有关部门规定的有毒有害染料、助剂等物质;生产的产品质量应符合对应的行业产品质量

标准;产品的基本安全技术要求应符合 GB18401 的规定。

1.2 纺织产品 LCA 指标体系研究

1.2.1 评价指标确定的方法

评价指标体系的建立要有利于生态环境的保护^[5],应尽可能依据目前对资源和环境问题的科学认识,能全面、完整地反映当前的资源和环境问题的状况,指标应尽可能简单、明确、不重复。基于 LCA 体系,在产品原材料获取、生产、销售、使用、处置等各阶段中,应兼顾资源能源消耗少、污染物排放低、低毒少害、易回收处理和再利用、健康安全和质量品质高等特征^[6]。采用定量与定性评价相结合、产品与组织评价相结合的方法,统筹考虑资源、能源、环境、品质等属性,科学确定产品评价的关键阶段和关键指标^[7-11],建立评价方法与指标体系。

1.2.2 评价指标体系研究与建立

研究确定了纺织产品 LCA 指标由一级和二级指标组成^[12],包括资源属性指标、能源属性指标、环境属性指标及产品属性指标^[13]。

资源属性指标,包括原辅材料选取、原料纤维含量、洗涤取水量、染色取水量、针织后整取水量、染化颜料。

能源属性指标,包括各生产阶段单位产品综合电耗、染色单位产品综合汽耗、针织及后整单位产品综合汽耗。

环境属性指标,包括洗涤单位产品废水排放量、染色单位产品废水排放量、针织单位产品废水排放量、温室气体排放量、固体废物处理量。

产品属性指标,包括产品技术指标、铬含量、壬基酚聚氧乙烯醚含量、辛基酚聚氧乙烯醚含量、壬基酚含量、辛基酚含量。

纺织产品 LCA 体系指标如表 1 所示。

2 羊绒制品 LCA 模型研究

以宁夏某一羊绒制品生产的羊绒衫为例,开展 LCA。该羊绒衫以纯山羊绒为原料,采用选绒、洗绒、分梳、染色、纺纱、针织、整理等生产工艺,具有外观细腻丰满、手感柔软糯滑、穿着轻盈舒适、保暖御寒良好、内外穿着皆宜等特点。

2.1 评价系统边界

该羊绒衫 LCA 系统边界包括原料采购阶段、原料准备阶段和产品生产阶段^[14]。羊绒衫 LCA 系统边界如图 1 所示。

2.2 LCA 清单分析

2.2.1 数据收集

根据 LCA 指标要求,收集、整理了各种能源、资源、原材料消耗,以及污染物排放活动水平数据。羊绒衫 LCA 能源和原辅材料消耗数据见表 2,污染物排放数据见表 3。

2.2.2 LCA 模型

项目组采用自主研发的绿色设计平台工具系统,建立了羊绒衫 LCA 模型^[15],如图 2 所示。该模型中活动水平数据通过某一羊绒制品生产企业调研收集获得;背景数据通过绿色设计平台工具系统内置的中国生命周期基础数据库(CLCD)、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库获得^[16,17]。

3 羊绒制品 LCA

组选择气候变化 (climate change, GWP)、初级能源消耗

表 1 纺织产品 LCA 体系指标

一级指标	二级指标	基准值	
资源属性	纤维原料要求/%	符合防疫要求	
	洗绒取水量/(t/t)	≤20	
	染色取水量/(t/t)	≤110	
	针织后整取水量/(t/t)	≤150	
能源属性	染化料要求	禁用致癌、致敏和其他有害染料	
	分梳单位产品综合电耗/(kgce/t)	≤737	
	纺纱单位产品综合电耗/(kgce/t)	≤737	
	针织及后整单位产品综合电耗/(kgce/t)	≤1475	
	染色单位产品综合汽耗/(tce/t)	≤1.16	
	针织及后整单位产品综合汽耗/(tce/t)	≤3.22	
	洗涤单位产品废水排放量/(m ³ /t)	≤17	
环境属性	染色单位产品废水排放量/(m ³ /t)	≤94	
	针织单位产品废水排放量/(m ³ /t)	≤128	
	固体废物处理	不外排环境,自主或委托有资质单位回收处理	
产品属性	产品技术指标	婴幼儿用品 直接接触皮肤用品	
	铬/(mg/kg)	≤1.0	≤2.0
	壬基酚聚氧乙烯醚(NPE)/(mg/kg)	≤100.0	≤100.0
	辛基酚聚氧乙烯醚(OPE)/(mg/kg)	≤100.0	≤100.0
	壬基酚(NP)/(mg/kg)	≤10.0	≤10.0
	辛基酚(OP)/(mg/kg)	≤10.0	≤10.0

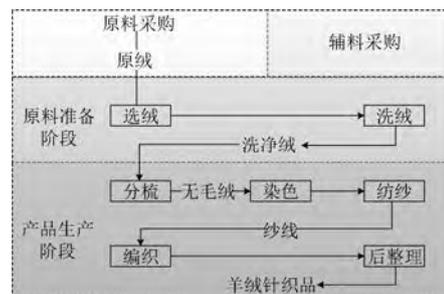


图 1 羊绒衫 LCA 系统边界

表 2 羊绒衫 LCA 能源和原辅材料消耗数据

能源品种	单位	数量
电力	kW·h	3402300.00
水	t	33914.14
蒸汽	t	8669.30
助剂	t	28.46
染料	t	3.86

表 3 羊绒衫 LCA 污染物排放数据

	kg	1007.54
COD	kg	8.89
NH ₃ ⁺ -N	kg	1.48
TN	kg	0.30
TP	t	5.86
下脚料	t	1.62
包装物	t	105.25
杂质	t	

(primary energy demand, PED)、水资源消耗(resource depletion-water, WU)、富营养化-淡水(eutrophication-freshwater, FEP) 4 种环境影响类型指标进行评价^[18]。

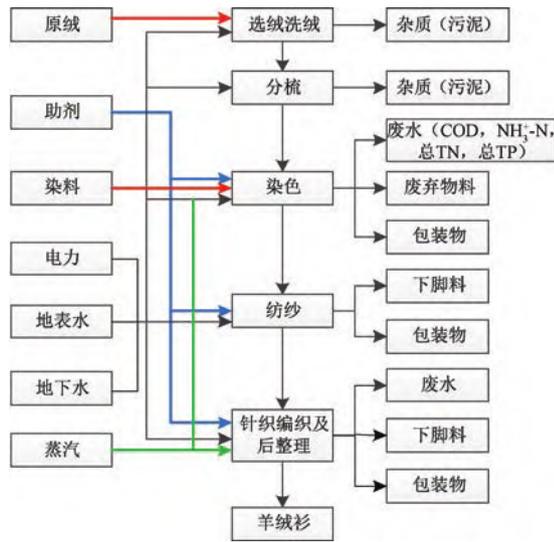


图2 羊绒衫 LCA 评价模型

表4 环境影响类型指标

环境影响类型指标	影响类型指标单位	主要清单物质
气候变化	kg CO ₂ eq	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O……
初级能源消耗	MJ	硬煤, 褐煤, 天然气……
水资源消耗	kg	淡水, 地表水, 地下……
富营养化-淡水	kg P eq-k g N eq	NH ₄ -N……

3.1 LCA 指标分布情况

过程累积贡献^[19]是指该过程直接贡献及其所有上游过程的贡献(原料消耗所贡献)的累加值。由于过程通常包含多条清单数据,所以过程贡献分析其实是多项清单数据灵敏度的累积^[20]。羊绒衫 LCA 累积贡献结果见表 5。

表5 羊绒衫 LCA 累积贡献结果

过程名称	GWP/ (kg CO ₂ eq)	PED/MJ	WU/kg	FEP/ (kg P eq)
羊绒针织制品	1358	505.482	314.324	38.4
洗净绒(选绒洗绒过程)	1321	54.7	43.623	3.95
无毛绒(分梳过程)	3.911	50.393	11.677	3.64
染色无毛绒(染色过程)	8.601	103.787	144.178	8.02
纱线(纺纱过程)	3.926	50.618	11.428	3.65
羊绒衫(针织过程)	20.543	245.984	103.418	19.2

3.2 LCA 结果

综合分析羊绒衫生产各种原辅材料消耗、能源消耗、资源消耗对环境的影响因素^[21-23],研究得出羊绒衫 LCA 评价 GWP、PED、WU、FEP 等指标结果。表 6 为羊绒衫 LCA 指标评价。

表6 羊绒衫 LCA 指标评价

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果
GWP	kg CO ₂ eq	1.358E+003
PED	MJ	505.482
WU	kg	314.324
FEP	kg P eq	38.42

4 结论

通过开展纺织产品 LCA 环境影响评价体系研究和应用,结果表明:羊绒产品针织过程对初级能源消耗的影响最高,占总量的 49%;染色过程对水资源消耗的影响最高,占总量的 46%;选绒洗绒过程对气候变化的影响最高,占总量的 97%,主要是

由于上游原绒生产环节,绒山羊养殖产生的甲烷排放较高。

梳理纺织产品各生产过程的主要工艺设备及原材料消耗,建议纺织产品制造企业制定原料绿色化采购标准、采用先进生产工艺技术、优选更加环保的染料和助剂、优化污水处理设施,以及实现包装减量化、重复利用化、循环利用再生化等措施,提升产品生产技术绿色化、生产过程绿色化,降低 LCA 环境影响,推动纺织产业绿色研发设计和绿色工艺技术一体化提升。

参考文献

- [1] 李佳慧. 棉纺织产品原材料阶段碳足迹和水足迹核算研究[D]. 上海: 东华大学, 2020.
- [2] GEISER K, EDWARDS S. Instruments and approaches for the sound management of chemicals[R]//Global Chemicals Outlook-Towards Sound Management of Chemicals. United Nations Environment Programme, 2013.
- [3] 翟一杰, 张天祚, 申晓旭, 等. 生命周期评价方法研究进展[J]. 资源科学, 2021, 43(3): 446-455.
- [4] 黎瑶. 典型建材应用于住宅建筑的生命周期评价[D]. 北京: 北京工业大学, 2017.
- [5] 李卫华. 纺织供应链化学品管理[J]. 纺织导报, 2016(7): 78-80.
- [5] 胡柯华, 翟云鹏, 王义智. 纺织化学品管理刻不容缓[J]. 纺织科学研究, 2018(3): 26-28.
- [6] 田泽君, 王来力, 李一. 纺织服装产品的化学品足迹核算与评价[J]. 丝绸, 2019, 56(1): 33-37.
- [7] 张音. 纺织服装产品工业水足迹核算中两类基础性问题的研究[D]. 上海: 东华大学, 2014.
- [8] 周玲玲, 王琳, 王晋. 水足迹理论研究综述[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(5): 106-111.
- [9] 王来力, 吴雄英, 丁雪梅, 等. 棉针织布的工业碳足迹和水足迹实例分析初探[J]. 印染, 2012, 38(7): 43-46.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 王晓蓬, 王君涛, 李一. 基于 PAS 2395 的纺织产品碳足迹核算与评价[J]. 现代纺织技术, 2018, 26(3): 44-46.
- [13] T/CNTAC 38—2019. 绿色设计产品评价技术规范羊绒产品[S].
- [14] STEINBERGER J K, FRIOT D, JOLLIET O, et al. A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2009, 14(5): 443-455.
- [15] 杨晓楠. 基于碳足迹评价的服装产业升级研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2015.
- [16] 张莉, 陈云. 低碳经济与纺织可持续发展(四)——产品碳足迹核算与生命周期评估[J]. 印染, 2011(3): 38-41.
- [17] 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.
- [18] 李戎, 吴丹丹, 蒋红, 等. 碳足迹及其在染整加工中的测算[J]. 印染, 2011, 37(18): 40-43.
- [19] 王来力, 吴雄英, 丁雪梅, 等. 棉针织布的工业碳足迹和水足迹实例分析初探[J]. 印染, 2012, 38(7): 43-46.
- [20] 蒋婷, 陈泽勇, 姚婷婷, 等. 香云纱面料碳足迹评价[J]. 印染, 2012, 38(8): 39-41.
- [21] 杨自平, 张建春, 张华, 等. 基于 PAS2050 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.
- [22] 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.
- [23] 王赛赛, 吴雄英, 丁雪梅. 三种 LCA 核算软件对印花布碳足迹核算的比较[J]. 印染, 2014, 40(18): 41-44.