

基于生命周期的涤纶织造产品碳足迹评价研究

杨淑娟

(方圆标志认证集团江苏有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 随着国际上对于气候变化达成共识以及我国提出双碳目标, 各行业企业开启了产品碳足迹评价。文章概述了碳足迹评价的内涵与标准, 剖析了涤纶织造产品碳足迹评价的重要意义, 并结合某涤纶织造产品生产企业, 对碳足迹评价内容进行了探讨。

关键词: 生命周期; 涤纶织造产品; 碳足迹评价

中图分类号: TS5 **文献标志码:** A **DOI:** 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-20-04

Research on Carbon Footprint Assessment of Polyester Woven Products Based on Life Cycle

Yang Shujuan

(China Quality Mark Certification Group Jiangsu Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: With the international consensus on climate change and China's two-carbon goal, enterprises in various industries have started product carbon footprint evaluation. This paper summarizes the connotation and standard of carbon footprint evaluation, analyzes the significance of carbon footprint evaluation of polyester weaving products, and discusses the content of carbon footprint evaluation in combination with a polyester weaving product manufacturer.

Key words: life cycle; polyester woven products; carbon footprint assessment

引言

近百年来, 全球气候系统正在发生重要变化, 联合国政府气候变化专门委员会(IPCC)发布的第一至第六次评估报告, 一次比一次更加肯定: 全球气候异常是由人类活动导致的温室气体(Greenhouse Gas, GHG)排放所致。温室效应导致全球气候变暖, 会引发海平面上升、吞没岛国、农业欠收、极端天气等的出现频率增加, 以及引发各类疾病等, 这既会破坏生态环境的平衡, 也会严重威胁人类的生存, 所以应该引起全社会的关注。

1 碳足迹评价概述

1.1 基本内涵

哥伦比亚大学规划与资源生态学教授里斯(Willian E. Rees)是在21世纪90年代首次提出的碳足迹(Carbon Footprint), 也称为二氧化碳足迹、生态足迹, 是衡量温室气体排放量的新指标, 适用于国家、城市、企业、个体, 其范围也可以拓展到自然界^[1]。

1.2 评价标准

碳足迹的评价标准主要分为组织碳足迹评价标准与产品碳足迹评价标准两大类。前者包括企业核算与报告准则、项目核算准则、企业供应链范畴、核算和报告准则及ISO 14064系列指南, 后者则包括产品生命周期核算与报告准则、ISO 14040/14044、PAS 2050、TSQ 0010、ISO14067标准等。在我国实施碳足迹评价时, 要求要遵循国际标准、国家标准、地方标准、行业标准, 在具体操作时通常是以GB/T 24040-2008标准为主, 实施碳

足迹评价。

2 涤纶织造产品碳足迹评价的意义

2.1 从生态环境角度分析

涤纶织造产品是采用涤纶纱线为经丝, 经上浆或加捻定型、织造等工序加工而成的机织物, 通常采用喷水织机织造加工工艺。此类产品的生产原料为涤纶长丝, 涤纶是合成纤维中的一个重要品种, 是我国聚酯纤维的商品名称, 是以聚对苯二甲酸(PTA)或对苯二甲酸二甲酯(DMT)和乙二醇(MEG)为原料经酯化或酯交换和缩聚反应而制得的成纤高聚物-聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET), 经纺丝和后处理制成的纤维。对其开展碳足迹评价, 可以明确原料获取、运输、产品制造等各个环节的温室气体排放量, 进而采用相应的绿色低碳措施降低其排放量, 实现生态环境保护目标。

2.2 从市场竞争角度分析

涤纶织造产品在纺织行业中的用量相对较大, 当前我国已经建成统一的大市场并形成了国际-国内市场双循环、双流通的新发展格局, 涤纶织造产品生产企业既要参与全球同行业在定价权、供应链方面的竞争, 又要在本土市场实施产业生态化、产业数字化的升级优化, 因而面临着双重竞争压力。在这种前提下, 此类企业需要借助产品碳足迹评价中产生的依据进一步研发绿色产品, 一方面可以增强自身的竞争优势, 并在知识产权创新基础上探索新型商业模式^[2], 另一方面还能够辅助企业有效应对出口方面的碳足迹盘查。

作者简介: 杨淑娟(1983-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向: 温室气体核查、碳足迹、生命周期评价等。

3 基于生命周期的涤纶织造产品碳足迹评价

3.1 项目概况

某纺织企业为了了解其生产的涤纶织造产品基于生命周期的温室气体排放数据,制定出相应的节能减碳措施,提高了产品的绿色属性,并以生产的涤纶织造产品为对象,对其进行产品碳足迹评价(Carbon Footprint of a product, CFP)^[3]。需要说明的是,产品碳足迹评价本身属于生命周期评价(LCA)范畴,评价时间为1年,始于2022年1月1日,终于2022年12月31日。主要评价内容包括:评价目标、系统边界、产品生命周期碳足迹数据采集、产品生命周期碳足迹核算以及产品生命周期绿色低碳实施策略等。

3.2 评价目标

该企业涤纶织造产品生命周期碳足迹评价依据如下:

(1)《绿色设计产品评价技术规范 化纤长丝织造产品》(T/CNTAC 77-2021);(2)ISO 14067 Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification;(3)环境管理生命周期评价原则与框架(以下简称“框架”)(GB/T 24040);(4)《温室气体 第一部分 组织层次上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南》(ISO 14064-1)等。评价目标是获取化纤坯布生命周期碳足迹生成的CFP报告,并将其作为后续绿色低碳转型中所需的科学依据。

3.3 系统边界

根据《绿色设计产品评价技术规范 化纤长丝织造产品》(T/CNTAC 77-2021),本次研究的系统边界为100米涤纶织造产品(幅宽205 cm)的生命周期,包括原料获取、原料运输、产品生产三个生命周期阶段。碳足迹评价人员在本次研究中,严格执行“框架”第4.4条规定,结合产品生命周期对其系统边界进行了界定并绘制了系统边界图。

3.4 数据采集概述

3.4.1 数据采集的范围

在采集产品生命周期碳足迹评价的数据前,评价人员要先遵循“框架”第3.17条、3.18条、3.19条中的要求,通过数据取舍原则与分配原则及数据质量要求,对需要采集的数据进行了范围限定。

以取舍原则为例,评价人员应以对各项原料投入占产品重量或过程总投入的重量比作为取舍依据,具体包括6项具体原则:(1)列举所有能耗;(2)列举所有主要原料的消耗;(3)当重量<产品重量的1%时,忽略其辅料消耗,忽略范围控制在产品重量的5%以内;(4)列出现有法规、标准、文件中提出的环境监测及排放要求,具体包括大气环境、水环境、土壤环境,在实施时,要以环境影响评价报告、环境监测报告等为准;(5)当一般固体废弃物<固体废弃物排放总量的1%时,忽略不计;(6)忽略基础设施、生产设备、生活设施方面的消耗及排放。

以分配原则为例,在本次研究中的涤纶织造产品碳足迹评价中,评价人员主要采用分摊法,根据产品与全部产品总量重量占比进行分配。例如,当该企业车间不同型号的其他产品使用了同类工艺、同类设备时,如果用能情况与其基本相似,此

时评价人员还可以根据原材料消耗、能源消耗、污染物排放等数据对涤纶织造产品和全部产品总产量的重量占比进行分摊处理。

以数据质量要求为例,数据实际代表性与数据质量代表产品生命周期评价研究的目标代表性存在差异,本次研究根据实际情况选择蒙特卡洛分析评价产品生命周期模型中与消耗、排放清单数据相关的五项内容:(1)可靠性;(2)完整性;(3)时间相关性;(4)地域相关性;(5)进一步的技术关系。其中,背景数据库的上游背景过程数据的不确定度包含在数据库中,在对其进行不确定度评估后,能够对其不确定度的传递与累积情况进行计算,最终获得产品生命周期结果的不确定度。

3.4.2 数据库的选择

本次研究根据《环境管理 生命周期评价 原则与框架》(GB/T 24040-2008)第4条中的LCA原则、LCA阶段为准,选择SimPro9.5.0软件,通过其中的“建模”功能快速搭建产品生命周期模型,并获得相应的分析结果。产品生命周期模型中的背景数据来源以具体的产品构成要素清单为准,具体如下:

(1)原料上游数据,包括经线、纬线、自来水、液化气、天然气、柴油;(2)原料/物料运输数据,包括经线运输、纬线运输;(3)产品生产数据包括电力与其他能源,如液化气、柴油、天然气燃烧直接排放等。要素清单名称与对应的工艺流程趋于一致,在数据采集时应以具体数据集、数据库为准。由于企业无法获得上游原材料生产数据,所以这些数据均来自于“Ecoinvent3.9.1-allocation, cut-off by classification-unit”数据库。

3.4.3 数据采集过程

数据采集时间为期1年,分原料制备阶段、原料运输阶段、产品生产阶段对数据进行采集。以原料制备阶段为例,生产涤纶织造产品主要消耗的原材料为经线、纬线(主要成分均为聚对苯二甲酸乙二醇酯PET),以及自来水、液化气、天然气、柴油等能源。根据原材料及能源的实际消耗数据,按照评价产品与全厂产品产量占比分摊后,得到100米涤纶织造产品消耗的材料及能源数据,详见表1。

表1 原材料获取和加工阶段数据表

类型	清单名称	数量	单位
产品产出	涤纶织造产品	100	m
原材料/物料	经线	14.2	kg
原材料/物料	纬线	5.8	kg
原材料/物料	自来水	8.8	kg
原材料/物料	液化气	0.08	kg
原材料/物料	天然气	0.26	m ³
原材料/物料	柴油	7.25	g

按照同样的数据采集方式,完成原材料运输阶段的原料/物料运输类型下经线运输、纬线运输数据的收集。原材料运输数据涉及原辅材料运送到生产基地的运输方式和距离,原材料的运输方式仅为公路运输。原材料运输数据为采购部门根据采购合同中供应商所在地测算的运输距离。原材料运输阶段的数据详见表2。

表2 原材料运输阶段数据表

类型	清单名称	产品重量	运输距离km	数量	单位
原材料/物料运输	经线运输	14.20 kg	100	1 420	kg/km
	纬线运输	5.8 kgt	100	580	kg/km

产品生产阶段主要包括电力消耗、废边角料处置对应的要素清单，这些数据来源于现场统计和测试，所获得的数据为实物流，即单元过程的输入和输出的实际量。在产品生产过程中使用的化石燃料燃烧直接排放的二氧化碳所使用的排放因子，可以参考《温室气体排放核算与报告要求 第12部分：纺织服装企业》（GB/T 32151.12-2018）。产品生产阶段的数据详见表3。

表3 产品生产阶段数据表

类型	清单名称	数量	单位
产品生产	电力	56.81	kWh
化石燃料燃烧直接排放	二氧化碳	0.79	kg
固废处置	废边角料	0.71	kg

3.5 碳足迹核算

在具体的碳足迹核算时，工作人员要严格遵循“框架”第5条中提供的方法学框架，应用SimPro9.5.0软件及IPCC2021 GWP100计算方法进行产品碳足迹的核算，结果显示：单位产品排放量为89.98 kgCO₂。其中：原料制备阶段的排放总量为33.71 kgCO₂、百分比为37.46%，原料运输阶段的对应数据为0.3 kgCO₂、0.33%，产品生产阶段的对应数据为55.97 kgCO₂、62.20%。结果见表4。

表4 涤纶织造产品碳足迹核算结果

生命周期	清单要素	排放量 (kgCO ₂)	百分比 (%)
原料制备	经线	23.77	26.42
	纬线	9.71	10.79
	自来水	0.01	0.01
	液化气	0.06	0.07
	天然气	0.15	0.17
原料运输	柴油	0.01	0.01
	经线运输	0.21	0.23
	纬线运输	0.09	0.10
产品生产	电力	55.18	61.32
	化石燃料直接排放	0.79	0.88
单位产品排放量 (kgCO ₂)		89.98	100

3.6 碳足迹生命周期解释

首先，根据涤纶织造产品生命周期模型假设，得到了产品碳足迹的核算结果，但是在此类评价中并不能够获取上游企业的原料生产数据，仅可以从其数据库中采集相关数据，所以只能说明数据模型整体上的合理性估计，并不能说明其精准

性。其次，对其数据质量进行蒙特卡洛质量方法评估，并对模型清单数据的不确定度进行评估，假定企业LCA-代表企业及供应链水平，那么以实际生产数据为准可知，全球变暖潜能值指标下的LCA结果为89.98 kgCO₂，结果上下限（95%置信区域）为[76.49, 107.93]（单位：kgCO₂eq）。

比较产品生命周期碳足迹各过程排放量的占比可知，在100 m涤纶织造产品生命周期碳排放量方面，原材料运输阶段占比<原材料制备阶段占比<产品生产阶段占比，而且产品生产阶段外购电力造成的排放占到总排放量的61.32%。由此说明，该产品生命周期的碳排放主要来自生产阶段能源的选择及使用，并且还需要工作人员进一步控制供应链管理方面的排放量。

3.7 绿色低碳发展策略及建议

3.7.1 调整能源结构，减少能耗方面的碳足迹

首先，该企业应以产品生命周期碳足迹评价结果作为科学依据，对其能源结构进行调整。在具体实施过程中，可以选择环境友好型清洁能源或绿色能源，例如使用分布式光伏电力等绿色电力，降低因外购电力产生的间接排放。再如，液化气的单位碳排放量相对较低，该企业可以在配置天然气的过程中，根据其不同燃料的单位排放量，调整电力、天然气、液化气的配置比例。

3.7.2 改造并优化生产工艺中的碳足迹

在完成能源结构调整后，该企业应深入对产品生产工艺流程开展技术评价。然后，将碳足迹评价结果、工艺技术评价结果联系起来，优化其涤纶织造产品的生产工艺。在具体操作时，可以结合以具体生产环节使用的装置为对象，按照能耗、碳排放量、碳足迹之间的正相关关系，选择适配的工艺、装置等进行技术层面的提升改造。

3.7.3 加强供应链管理，降低原料及运输碳足迹

该企业还应从原料制备阶段、运输阶段的碳足迹评价结果出发，结合新时期供应链的竞争环境引入供应链管理理念，一方面要针对供应商进行寻源管理，通过原料/物料、能源消耗选择能耗更低的原料，另一方面还要通过优化运输线路、提升运输效率、压缩运输时间的方式，降低运输环节的碳足迹排放等。

4 结语

结合上述分析可以看出，在基于生命周期的涤纶织造产品碳足迹评价过程中，一方面应对相关标准进行深入研讨，另一方面应明确评价目标，做好涤纶织造产品生命周期的数据采集，进而保障原材料及加工阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段的碳足迹核算，最终保障生命周期碳足迹评价的科学性，真正为纺织行业产生综合效益提供技术支撑，从而有效促进此类企业的节能降碳。

参考文献：

[1]孙晓慧.纺织产品碳足迹评价方法及指标[J].中国纤检,2021,9(8):120-122.
[2]武琪.基于云制造模式的产品碳足迹生命周期评价[J].电脑知识与技术,2022,13(11):129-131.
[3]万晗.行业首个“全生命周期评价工作组”正式成立[J].纺织服装周刊,2021,17(3):6.