

报告编号：WIT-CFP-712553308-018

# 浙江年年旺针织有限公司

## 无缝运动内衣碳足迹报告

杭州万泰认证有限公司



## 基本信息

### 报告信息

报告编号: WIT-CFP-712553308-018

编写单位: 杭州万泰认证有限公司

编制人员: 翟志强

审核单位: 杭州万泰认证有限公司

审核人员: 沈佳慧

发布日期: 2022年8月30日

### 申请者信息

公司全称: 浙江年年旺针织有限公司

统一社会信用代码: 913307827125533082

地址: 浙江省义乌市义乌工业园区龙祈路 699 号

联系人: 陈敏

联系方式: 13957955766

### 采用的标准信息

ISO 14067:2018 《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》

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》

### 选择的数据库

China Products Carbon Footprint Factors Database

# 目 录

前 言 .....	1
<b>1 执行摘要 .....</b>	<b>2</b>
<b>2 公司信息介绍 .....</b>	<b>2</b>
2.1 公司介绍 .....	2
2.2 生产工艺 .....	3
2.3 设备信息 .....	3
2.4 产品信息 .....	4
<b>3 目标与范围定义 .....</b>	<b>6</b>
3.1 研究目的 .....	6
3.2 系统边界 .....	7
3.3 功能单位 .....	7
3.4 生命周期流程图的绘制 .....	7
3.5 取舍准则 .....	8
3.6 影响类型和评价方法 .....	9
3.7 数据质量要求 .....	9
<b>4 过程数据收集 .....</b>	<b>10</b>
4.1 原材料生产阶段 .....	10
4.2 原材料运输阶段 .....	11
4.3 产品生产阶段 .....	12
4.4 产品运输阶段 .....	13
4.5 产品使用阶段 .....	14
4.6 产品废弃回收阶段 .....	15
<b>5 碳足迹计算 .....</b>	<b>15</b>
5.1 碳足迹计算方法 .....	15
5.2 碳足迹计算结果 .....	16
5.3 碳足迹影响分析 .....	18

5.4 碳足迹改进建议 .....	19
<b>6 不确定性 .....</b>	<b>20</b>
<b>7 结语 .....</b>	<b>20</b>
<b>附录 A 数据库介绍 .....</b>	<b>21</b>

## 前 言

人类活动引起的气候变化已被确定为世界面临的巨大挑战之一，并将在未来几十年继续影响商业和公民。气候变化对人类和自然系统都有影响，并可能对资源可用性、经济活动和人类福祉产生重大影响。我们有必要在现有最佳科学知识的基础上，对气候变化的紧急威胁作出有效和渐进的应对。产品碳足迹量化是将科学知识转化为有助于应对气候变化的工具。温室气体可以在产品的整个生命周期内排放和去除，包括原材料的获取、设计、生产、运输/交付、使用和寿命终止处理。量化产品的碳足迹（CFP）将有助于理解和采取行动，在产品的整个生命周期中增加温室气体的去除量并减少温室气体的排放量。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于 LCA 的研究方法，国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《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》，此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（Carbon Trust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品生命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所（World Resources Institute，简称 WRI）和世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development，简称 WBCSD）发布的产品和供应链标准；③《ISO 14067:2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》，此标准以 PAS 2050 为种子文件，由国际标准化组织（ISO）编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

## 1 执行摘要

浙江年年旺针织有限公司为相关环境披露要求，履行社会责任、接受社会监督，特邀请杭州万泰认证有限公司对其选定产品的碳足迹排放情况进行研究，出具研究报告。研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》、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》的要求中规定的碳足迹核算方法，计算得到浙江年年旺针织有限公司生产的**无缝运动内衣**的碳足迹。

本报告的功能单位定义为**生产和使用“100 套无缝运动内衣”**。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，包括无缝运动内衣的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段、产品使用阶段、产品废弃回收阶段产生的排放。

报告对无缝运动内衣的生命周期各阶段碳足迹比例进行分析。从单个阶段对碳足迹贡献来看，发现产品生产阶段对产品碳足迹的贡献最大，其次为产品使用阶段。

评价过程中，数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是：数据尽可能具有代表性，主要体现在生产商、地域、时间等方面。无缝运动内衣生产生命周期内主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据，部分通用的原辅料数据来源于中国产品全生命周期温室气体排放系数库 (China Products Carbon Footprint Factors Database)，本次评价选用的数据在国内外 LCA 评价中被高度认可和广泛应用。

## 2 公司信息介绍

### 2.1 公司介绍

浙江年年旺针织有限公司成立于 1998 年，地址位于义乌工业园区龙祈路 699 号。企业总生产车间面积约 3 万平方米，拥有意大利最先进的无缝针织机 100 余

台(包含 11 寸到 20 寸所有机型), 日本工业缝纫衣车数百台。公司人才配备方面: 拥有专业技术人员 30 余名, 普通员工 400 余名, 其中技术和管理人员的大中专比例达到 95%以上, 技术力量十分雄厚。

公司主要经营无缝运动内衣, 内容主要包括普通内衣系列、塑身内衣系列、运动系列、时装系列等, 产品远销国内各大城市以及欧洲、美国、加拿大、澳大利亚、南美洲等许多国家和地区, 与众多国际知名品牌有过良好合作, 其中包括 CK, GUESS, SEARS, TARGET, KHOLE'S, ZARA, FOREVER 21, JCPenney, CHICO'S, CATO 等。

公司采用现代化企业管理的高标准, 全面推行 ISO9000 系列标准认证, 建立质量认证制度, 全面提高了企业的管理质量、产品质量和服务质量, 先后被授予质量管理体系、职业健康安全管理体系、标准化良好行为和环境管理体系等方面的认证证书。

## 2.2 生产工艺

公司主营产品为无缝运动内衣, 具体工艺如下:

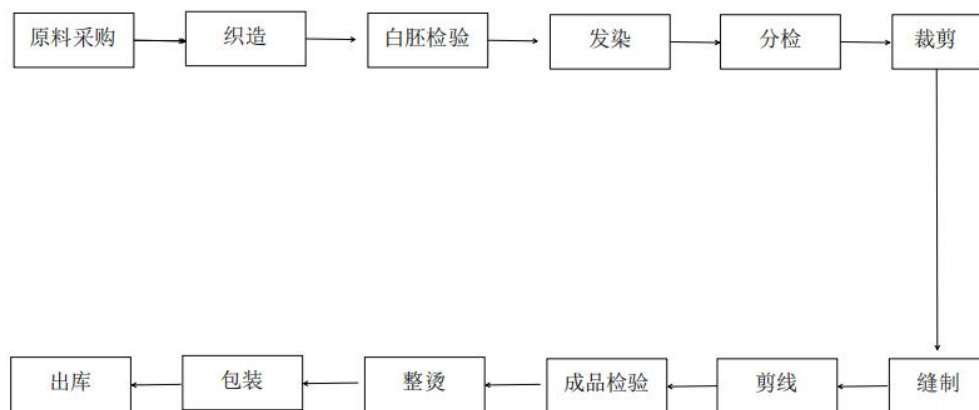


图 2.1 工艺流程图

## 2.3 设备信息

表 2.1 主要耗能设备清单

序号	设备名称	设备型号	数量(台)
1	空气包覆机	40锭	12
2	机械包覆纱机	56锭	32
3	倒纱机	-	4
4	倒筒机	-	2
5	圣东尼电子提花机	SM8.TOP2	100
6	四针六线	-	8
7	三针五线	-	8
8	人字车	-	8
9	套结车	-	10
10	扎边车	-	45
11	平车	-	60
12	裁剪机	-	5
13	锁眼机	-	8
14	五线包边机	-	50
15	切布机	-	5
16	验针机	-	5
17	整烫台	-	15
18	稳压器	-	20
19	空压机组	-	3
20	冷风机	-	30
21	锅炉	1t/h	1

## 2.4 产品信息

产品名称：无缝运动内衣

产品型号：CK-T2208L





图 2.2 产品照片

**产品说明:** 无缝运动内衣采用新颖的专用设备生产一次成型内衣。无缝运动内衣运用生产高弹性针织外衣、内衣和高弹性运动装的高新科技,使颈、腰、臀等部位无需接缝。无缝运动内衣完全将舒适、时尚,变化集于一身。

**技术参数:**

100 套无缝运动内衣重量: 10.7kg

前衣长: 10.75 英寸

中前长: 7.75 英寸

后中长: 5.75 英寸

侧边长: 6 英寸

前胸宽 肩带店到点: 9.75 英寸

前胸宽 肩带下 15"位置: 10.25

胸围 腋下 1": 13.75 英寸

下摆宽沿缝: 13.25 英寸

下摆宽沿边: 13 英寸

下摆螺纹高: 3 英寸

前袖笼弯量侧边到肩带接缝: 5.5 英寸  
领开口 肩带拼接处: 8 英寸  
前领深 不含肩带: 3 英寸  
前片蜂窝组织从侧边沿袖笼: 0.25 英寸  
前片蜂窝组织宽度沿袖笼: 1.375 英寸  
前中罗纹高: 0.25 英寸  
前片蜂窝和肋骨纹理间距侧缝: 0.125 英寸  
前片蜂窝和凸起间距侧缝: 0.125 英寸  
凸起线之间的纹理宽度: 0.375 英寸  
后背肋骨宽度沿袖笼: 3.25 英寸  
后背蜂窝宽度: 1 英寸  
背部肋骨同凸起间距: 0.125 英寸  
凸起线之间的纹理宽度: 0.375 英寸  
后背凸起线条宽: 0.125 英寸  
肩带宽: 0.875 英寸  
肩带长 对折调剂 2.5: 15.25 英寸  
宽带距: 4 英寸

### **3 目标与范围定义**

#### **3.1 研究目的**

本次研究的目的是得到浙江年年旺针织有限公司 2021 年度生产的“100 套无缝运动内衣”全生命周期过程碳足迹的平均水平,为浙江年年旺针织有限公司开展持续的节能减排工作提供数据支撑。

碳足迹核算是实现低碳、绿色发展的基础和关键,披露产品的碳足迹是环境保护工作和社会责任的一部分,也是浙江年年旺针织有限公司迈向国际市场的重

要一步。本报告的研究结果将为浙江年年旺针织有限公司与无缝运动内衣的采购商和原材料供应商的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本报告研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是浙江年年旺针织有限公司内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游主要原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

### **3.2 系统边界**

本次碳足迹评价的系统边界为浙江年年旺针织有限公司 2021 年度无缝运动内衣生产活动及非生产活动的全生命周期。系统边界为“从摇篮到坟墓”类型，包括无缝运动内衣的上游原材料生产阶段、原材料运输阶段、产品生产阶段、产品销售运输阶段、产品使用阶段、产品废弃回收阶段产生的排放。

### **3.3 功能单位**

为方便系统中输入/输出的量化，本报告功能单位定义为：生产和使用“100 套无缝运动内衣”。

### **3.4 生命周期流程图的绘制**

根据 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》绘制“100 套无缝运动内衣”产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到消费者（B2C）评价：包括从原材料获取，通过制造、分销和零售，到客户使用，以及最终处置或再生利用整个过程的排放，产品的生命周期流程图如下：

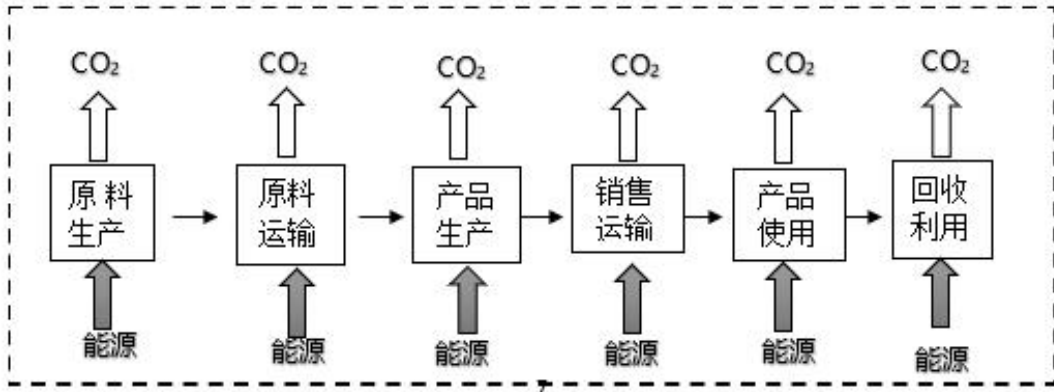


图 3.1 产品照片生命周期评价边界图

本报告中，产品的系统边界属“从摇篮到坟墓”的类型，为了实现上述功能单位，产品的系统边界见下表：

表 3.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
<p>a.产品生产的生命周期过程包括:原材料获取+原材料运输+产品生产+产品运输+产品使用+回收利用;</p> <p>b.主要原材料生产过程中能源的消耗;</p> <p>c.产品生产过程天然气、电力、蒸汽及其他耗能工质等的消耗;</p> <p>d.原材料运输、产品运输。</p>	<p>a.资本设备的生产及维修;</p> <p>b.次要原材料及辅料获取和运输;</p> <p>c.销售等商务活动产生的运输。</p>

### 3.5 取舍准则

本项目采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

I 普通物料重量 < 1%产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 < 0.1%产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5%；

II 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

III 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理，基本无忽略的物料。

### 3.6 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

研究过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFC<sub>s</sub>）、全氟化碳（PFC<sub>s</sub>）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）和三氟化氮（NF<sub>3</sub>）等。并且采用了 IPCC 第六次评估报告(2021 年)提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值。该方法基于 100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为 CO<sub>2</sub> 当量（CO<sub>2</sub>e）。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 27.9kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>e）为基础，甲烷的特征化因子就是 27.9kgCO<sub>2</sub>e。

### 3.7 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面：

I 数据准确性：实景数据的可靠程度

II 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性

III 模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，本研究在 2022 年 3 月进行数据的调查、收集和整理工作。当初级数据不可得时，尽量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自中

国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国内外的 LCA 研究。

本次报告编制中初级数据，如生产制造的原辅材料清单及能源消耗由生产厂商直接提供，数据等级为实际现场值，数据质量高；次级数据如原材料生产、运输和产品运输中使用的能源消耗来源于中国产品全生命周期温室气体排放系数库（2022）中的背景数据。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

## 4 过程数据收集

### 4.1 原材料生产阶段

#### 4.1.1 活动水平数据

原材料数据来源于企业 2021 年实际消耗量统计，根据“100 套无缝运动内衣”进行分配，具体数据如下：

表 4.1 原材料及辅料消耗量

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	锦纶	8.45	kg	生产统计
2	包纱	4.55	kg	生产统计
3	染色剂染料	0.6	kg	生产统计
4	打包材料	5.0	kg	生产统计
5	缝制材料	0.3	kg	生产统计

#### 4.1.2 排放因子数据

原材料生产的碳排放系数未进行供应商实景过程调研，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体数据如下：

表 4.2 原材料及辅料排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	锦纶	3.16	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	China Database <sup>1</sup> — 纺纱原材料
2	包纱	3.16	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	China Database—纺纱原材料
3	染色剂染料	16.577	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	China Database—涤纶纺织品（染整工序）
4	打包材料	0.84	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	China Database—包装材料
5	缝制材料	3.16	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	China Database—纺纱原材料

## 4.2 原材料运输阶段

### 4.2.1 活动水平数据

原材料运输阶段活动水平为根据供应商与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下：

表 4.3 原辅材料运输活动水平

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	锦纶	0.093	t·km	根据统计数据计算
2	包纱	0.1178	t·km	根据统计数据计算
3	染色剂染料	0.03	t·km	根据统计数据计算
4	打包材料	0.13	t·km	根据统计数据计算
5	缝制材料	0.0063	t·km	根据统计数据计算

### 4.2.2 排放因子数据

原材料运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

表 4.4 原辅材料运输排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	锦纶	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均
2	包纱	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均

<sup>1</sup> China Database: China Products Carbon Footprint Factors Database 缩写。

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
3	染色剂染料	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均
4	打包材料	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均
5	缝制材料	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均

### 4.3 产品生产阶段

#### 4.3.1 生产活动水平数据

产品生产阶段的活动水平数据均来源于企业统计的实景数据，根据生产单元分别统计了织造工序、染色工序、缝制工序及辅助设施的能源消耗，具体如下：

表 4.5 产品生产阶段活动水平

生产单元	能源	活动水平	单位	来源
织造工序	电	62	k Wh	生产统计
染色工序	蒸汽	203.634	MJ	
	电	1.32	k Wh	
	水	0.88	t	
缝制工序	电	13	k Wh	
辅助设施	水	0.88	t	
	天然气	1.099	Nm <sup>3</sup>	

#### 4.3.2 生产排放因子数据

产品生产阶段的排放因子来源于背景数据库，具体如下：

表 4.6 产品生产阶段排放因子

生产单元	能源	排放因子	单位	来源
织造工序	电	0.581	kgCO <sub>2</sub> /k Wh	中国 2020 年电网平均 CO <sub>2</sub> 排放因子
染色工序	蒸汽	0.11	kgCO <sub>2</sub> eq/MJ	工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）
	电	0.581	kgCO <sub>2</sub> /k Wh	中国 2020 年电网平均 CO <sub>2</sub> 排放因子
	水	12.32	kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	China Database—工业用水平均
缝制工序	电	0.581	kgCO <sub>2</sub> /k Wh	中国 2020 年电网平均 CO <sub>2</sub> 排放因子
辅助设施	水	12.32	kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	China Database—工业用水平均



	天然气	2.8	kgCO <sub>2</sub> eq/Nm <sup>3</sup>	China Database—天然气
--	-----	-----	--------------------------------------	--------------------

无缝内衣生产分为三个织造、染色、缝制三个工序，其中织造、缝制工序位于义乌市义乌工业园区龙祈路 699 号，染色工序由位于兰溪县的染色分厂进行，两家工厂距离 22 公里，因此需计算产品生产阶段织造半成品、染色半成品涉及的运输排放。

#### 4.3.3 运输活动水平数据

半成品运输阶段活动水平为根据义乌厂与兰溪厂平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下：

表 4.7 半成品运输活动水平

序号	原辅材料	活动水平	单位	来源
1	织造半成品	0.242	t·km	根据统计数据计算
2	染色半成品	0.242	t·km	根据统计数据计算

#### 4.3.4 运输排放因子数据

半成品运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

表 4.8 半成品运输排放因子

序号	原辅材料	排放因子	单位	来源
1	织造半成品	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均
2	染色半成品	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均

### 4.4 产品运输阶段

#### 4.4.1 活动水平数据

产品运输阶段活动水平为根据客户与企业平均距离计算所得的货物周转量，具体数据如下：

表 4.9 产品运输阶段活动水平

序号	产品	活动水平	单位	来源
1	100 套无缝运动内衣	3.888	t·km	根据陆运距离统计数据计算
		241.328	t·km	根据海运距离统计数据计算

#### 4.4.2 排放因子数据

产品运输方式均为道路运输，因未能获取运输过程实际能源消费量，数据通过 China Products Carbon Footprint Factors Database 获取，具体如下：

#### 4.10 产品运输阶段排放因子

序号	产品	排放因子	单位	来源
1	100 套无缝运动内衣	0.074	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—道路交通平均
		0.010	kgCO <sub>2</sub> eq/(t·km)	China Database—集装箱船

#### 4.5 产品使用阶段

##### 4.5.1 活动水平数据

无缝运动内衣使用不消耗能源，清洗需要消耗电力、自来水、洗衣粉等。假设：产品平均使用寿命 90 次，每次用 11 公斤洗衣机标准洗涤模式洗涤，每次洗涤耗电量 0.102 度，耗水量 142 升，消耗洗衣粉 200g。得到活动水平数据如下：

表 4.11 产品使用阶段活动水平

序号	产品	消耗物质	消耗量	单位
1	无缝运动内衣（100 套）	电力	9.18	k Wh
2		自来水	12.78	m <sup>3</sup>
3		洗衣粉	18	kg

注：从数据可得性考虑，使用阶段能耗未包含洗衣设备维修、零部件更换带来的消耗。

##### 4.5.2 排放因子数据

产品使用阶段的排放因子来源于背景数据库，具体如下：

表 4.12 产品使用阶段排放因子

序号	能源/资源	排放因子	单位	单位
1	电	0.5810	tCO <sub>2</sub> /MWh	中国 2020 年电网平均 CO <sub>2</sub> 排放因子
2	自来水	1.85	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	China Products Carbon Footprint Factors Database—城市居民生活用水平均
3	洗衣粉	1.46	kgCO <sub>2</sub> /kg	China Products Carbon Footprint Factors Database—洗衣粉

注：从数据可得性考虑，电力排放因子未根据年度变化进行推算。

#### 4.6 产品废弃回收阶段

因未能获取无缝运动内衣废弃阶段处置的有效数据，故根据产品组成进行假设：

- a) 产品处置根据国家混合垃圾处置平均水平计算排放；
- b) 产品组分均不可回收利用。

##### 4.6.1 活动水平数据

产品废弃处置的活动水平为 100 套无缝运动内衣的质量 0.0107 吨。

##### 4.6.2 排放因子数据

产品废弃处置的排放因子为 353.19 kgCO<sub>2</sub>/t，数据来源 China Products Carbon Footprint Factors Database—混合垃圾处置平均（mixed waste average）。

## 5 碳足迹计算

### 5.1 碳足迹计算方法

产品碳足迹的公式是整个产品生命周期中所有活动的原辅材料、能源乘以其排放因子后再加和。其计算公式如下：

$$CFP = \sum_{i=1, j=1}^n P_i \times Q_{ij} \times GWP_j \quad (1)$$

式中：

CFP——产品碳足迹;

P——活动水平数据;

Q——排放因子数据;

GWP——全球变暖潜势值。

注：本报告采用 2021 年 IPCC 第六次评估报告 AR6 值。

产品回收利用部分的循环利用信用额采用 ISO 14047-2018 开环分配程序，其计算公式如下：

$$E_M = E_V + E_{EoL} - R \cdot A \cdot E_V \quad (2)$$

式中：

$E_M$ ——与原材料获取和报废回收相关的排放量；

$E_V$ ——从自然资源中提取或生产产品所需原材料所产生的温室气体排放量，这些都是初级材料；

$E_{EoL}$ ——与寿命终止运营相关的温室气体排放（作为提供回收材料的产品系统的一部分）；

R——材料回收率；

$R \cdot A \cdot E_V$ ——循环利用信用额

如果  $A=0$ ，即完全是降级循环，不存在循环信用。

## 5.2 碳足迹计算结果

根据 5.1 章节公式，对生命周期各阶段的活动水平数据和排放因子数据汇总计算，得到 100 套无缝运动内衣的碳足迹为 205.327 kgCO<sub>2</sub>eq，具体结果如下：

表 5.1 产品碳足迹评价结果

生命周期阶段	原材料生产	原材料运输	产品生产	产品运输	产品使用	产品废弃回收	产品碳足迹
碳排放量 (kgCO <sub>2</sub> eq)	51.978	0.027	91.579	2.706	55.257	3.779	205.327

占比	25.31%	0.01%	44.60%	1.32%	26.91%	1.84%	100.00%
----	--------	-------	--------	-------	--------	-------	---------

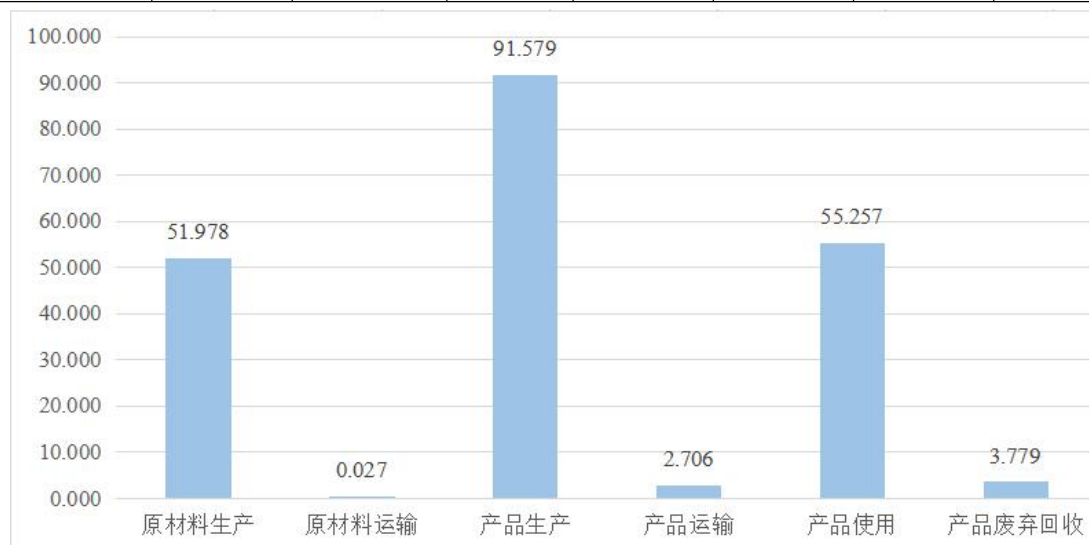


图 5.1 产品碳足迹评价结果

产品生产阶段分为织造、染色、缝制三个工序，加上分摊的辅助设施用能，产品生产阶段碳排放总量为 91.579 kg CO<sub>2</sub>eq，其中织造工序用能占比最大，碳排放量为 36.022 kg CO<sub>2</sub>eq，其次为染色工序用能，碳排放量为 34.026 kg CO<sub>2</sub>eq。

表 5.2 产品生产阶段碳足迹评价结果

产品生产阶段	L1-织造工序	L2-染色工序	L3-缝制工序	辅助设施	产品生产阶段
碳排放量(kg CO <sub>2</sub> eq)	36.022	34.026	7.571	13.960	91.579
合计(kg CO <sub>2</sub> eq)	39.33%	37.16%	8.27%	15.24%	100.00%

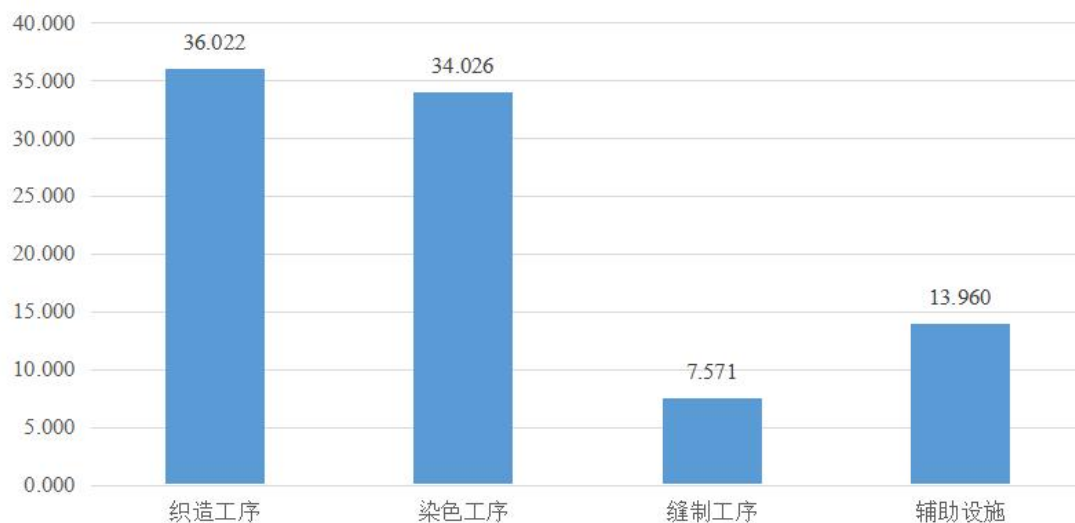


图 5.2 产品生产阶段碳足迹评价结果

### 5.3 碳足迹影响分析

从无缝运动内衣生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出无缝运动内衣的碳排放环节主要集中在产品生产阶段，占比 44.60%，其次为产品使用阶段，占比 26.91%，具体详见下图。

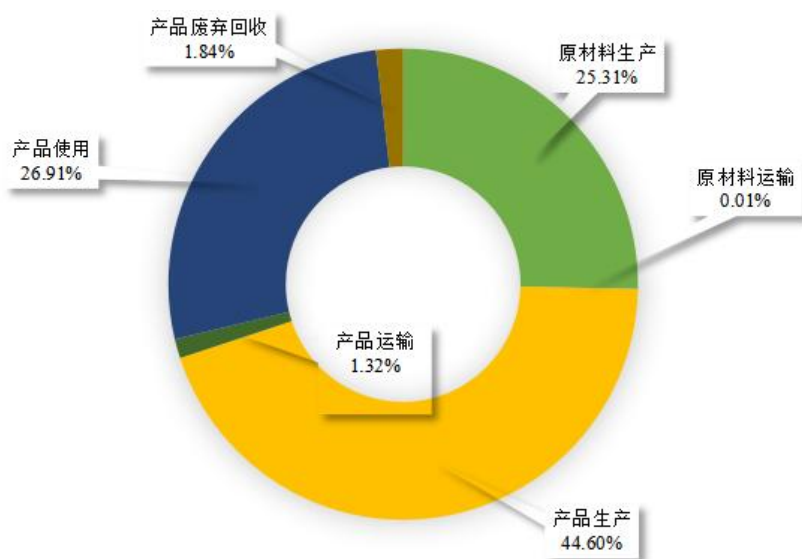


图 5.3 产品碳足迹贡献情况分布图

产品生产阶段，占比最大的是织造工序，占比 39.33%，其次为染色工序，占比 37.16%，具体详见下图。

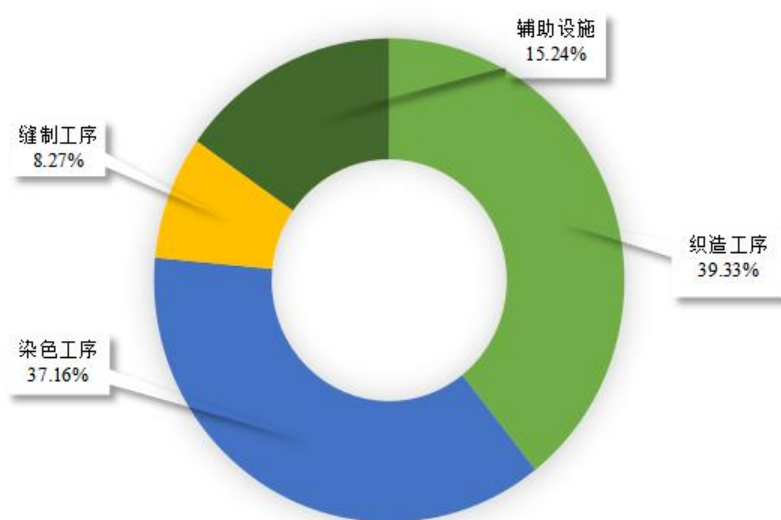


图 5.4 产品生产阶段碳足迹贡献情况分布图

## 5.4 碳足迹改进建议

减少产品碳足迹需综合考虑产品全生命周期的各阶段影响，根据以上碳足迹贡献度分析，建议重点加强供应商原材料采购的管理和注重产品的生态设计，以减少原材料获取阶段和产品生产阶段的碳足迹，具体如下：

### （1）绿色供应商管理

公司原材料获取阶段对产品碳足迹贡献较大，依据绿色供应商管理准则进行供应商考核，建立并实施供应商评价准则，加强供应链上对供应商的管理和评价，如要求主要供应商开展 LCA 评价，在原材料价位差异不大的情况下，尽量选取原材料碳足迹小或单位产品耗能较小的供应商，推动供应链协同改进。

### （2）产品生态设计

在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上，结合环境友好的设计方案采用、落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作，提出产品生态设计改进的具体方案，以节能绿色为改进方向，减少产品生产阶段的碳足迹。

### （3）加强节能管理

加强节能工作，从技术及管理层面提升能源效率，减少能源投入，厂内可考虑实施节能改造，重点提高公用设备的利用率，减少电力的使用量、加强余热回收利用等。

### （4）推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则，加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法，加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录，定期对产品全生命周期的环境影响进行自查，以便企业内部开展相关对比分析，发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

## 6 不确定性

不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有：

- a) 使用准确率较高的初级数据，最大程度的使用供应商提供的原始数据；
- b) 对每道工序都进行能源消耗跟踪监测，提高初级数据的准确性。

## 7 结语

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，进行产品碳足迹的核算是实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。



## 附录 A 数据库介绍

(1) **中国产品全生命周期温室气体排放系数库(China Products Carbon Footprint Factors Database)**: 由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院, 在中国城市温室气体工作组(CCG)统筹下, 组织 24 家研究机构的 54 名专业研究人员, 基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算, 并经过 16 名权威专家评审后公开的中国产品全生命周期温室气体排放系数, 具有较高的科学性、权威性。数据集包括产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献/数据来源等信息, 包括能源产品、工业产品、生活产品、交通服务、废弃物处理和碳汇共计 2006 条数据信息。