国家标准
《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 循环再利用化学纤维》（征求意见稿）
编制说明

编制组

2025 年 4 月

一、项目概况

(一) 任务来源

根据《2030 年前碳达峰行动方案》《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》关于探索建立重点产品全生命周期碳足迹标准有关要求，生态环境部印发《关于建立我国碳足迹管理体系的实施方案》（环气候〔2024〕30 号），明确到 2027 年碳足迹管理体系初步建立，制定出台 100 个左右重点产品碳足迹核算规则标准。2024 年 3 月，国家标准委员会印发《国家标准化管理委员会关于下达 2024 年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2024〕16 号），《产品碳足迹量化要求 循环再利用化学纤维》制定（标准计划号：20240605-T-469）列入计划项目内。按照国标委与生态环境部对于产品碳足迹量化标准的要求，本文件题目修改为《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 循环再利用化学纤维》。本文件由中国化学纤维工业协会与宁波大发新材料有限公司负责主起草，全国化学纤维标准化技术委员会（SAC/TC 586）和全国碳排放标准化技术委员会（SAC/TC 548）共同归口。

(二) 主要工作过程

1. 2024 年 4 月～6 月，成立起草工作组，按照《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 循环再利用化学纤维》标准总体编制计划，召集来自第三方机构、科研院所等多领域的专业人员、组成标准起草工作组。

2. 2024 年 7 月～12 月，编制组广泛搜集国内外关于碳足迹的相关政策法规、标准体系、核算方法等，对其中的关键技术内容进行比对结合循环再利用化学纤维产品特点及国内实际情况，初步确认了系统边界涵盖原材料获取及生产制造阶段，形成工作组讨论稿，并确定后续工作方案。

3. 2025 年 1 月，根据调研结果，标准编制组召开内部研讨会，完成标准初稿。

4. 2025 年 2～3 月，标准编制组组织工作会，对产品功能单位、系统边界、取舍准则、数据收集要求、分配等关键性内容的科学性、适用性及先进性进行讨论，形成征求意见稿初稿及征求意见稿编制说明初稿。

5. 2025 年 4 月～至今，根据标准技术审查会的意见，进一步修改完善，形成《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 循环再利用化学纤维》（征求意见稿）及编制说明，向社会公开征求意见。

(三) 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本文件归口单位：全国化学纤维标准化技术委员会/全国碳排放标准化技术委员会。

本文件主要起草单位：宁波大发新材料有限公司、中国化学纤维工业协会、四川大学、成都亿科环境科技有限公司、江苏芮邦科技有限公司、浙江海利环保科技股份有限公司、上海市纺织工业技术监督所、东华大学材料科学与工程学院等。起草单位通过企业调研，收集样品，完成实验室论证，起草了《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 循环再利用化学纤维》草稿，在此基础上多次进行讨论修改，形成征求意见稿；根据征集的意见，提出采纳、不采纳的理由，形成送审稿。归口单位负责标准的计划、组织、协调、分析试验数据、收集反馈意见、召开审稿会等工作。

二、编制原则和思路

(一) 编制原则

1. 本标准遵循科学性、先进性、统一性和合理性的原则；

2. 本标准与 GB/T 24067《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》、GB/T 24040《环

境管理 生命周期评价 原则与框架》及 GB/T 24044《环境管理 生命周期评价 要求与指南》协调一致；

3. 本标准文件格式按照 GB/T 1.1《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》中的要求和各项规定，确定标准的组成要素；

4. 本标准的制定，以满足循环再利用化学纤维行业发展需求为原则，以提高标准适用性和科学性为指引，充分结合循环再利用化学纤维产品碳足迹量化的特点，明确量化范围和系统边界，通过建立循环再利用化学纤维产品碳足迹量化方法与要求，为健全国家双碳标准体系提供技术支撑。

(二) 编制思路

生命周期评价（LCA）是通过识别和量化能源和材料的消耗和废物的释放，评价能源和材料的消耗和废物的释放，评估环境提高的可能性，来评价产品、过程和服务的环境负荷。评价包含了产品、过程和服务整个生命周期过程，包括原材料的获取、处理、生产、运输分配、使用、再使用、维护、循环利用和最终处置。它是用于评价产品或服务相关环境因素及其整个生命周期环境影响的工具，可用于指导企业进行清洁生产开发绿色产品及设计环境协调性材料。

产品生命周期评价（Life Cycle Assessment，LCA）是量化评价产品生产消费全过程的资源效率与环境影响的国际标准方法（ISO14040 国际标准，GB24040 国家标准），为各行业和各种产品的绿色发展提供了科学、规范的分析方法，近年来在国内外得到广泛重视。产品碳足迹一般采用生命周期评价的方法，计算单一类型的气候变化指标，以二氧化碳当量表示，依据国标 GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》核算的温室气体范围包括二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF_6）、三氟化氮（NF_3）七种类型。GB/T 24067-2024是对ISO14067:2018《Greenhouse gases Carbon footprint of products Requirements and guidelines for quantification》（ISO 14067:2018《温室气体管理 产品碳足迹量化要求和指南》）的修改采用版本，标准规定了产品碳足迹(CFP)和部分产品碳足迹(PCFP)量化和报告的原则、要求和指南。

材料的循环再利用及资源综合利用是可持续发展的重要方向，也是LCA的重要研究方向，但是材料的循环再利用会带来LCA理论研究中一个非常困难的问题，即循环再利用材料环境影响的分配问题。材料再生循环意味着材料不仅在初始生命周期中被使用发挥材料的使用功能，同时还可产出可被循环利用的材料继续其生命周期。因此，在评价循环再利用纤维的环境影响时，要考虑循环再利用纤维的环境影响分配问题，分配方法不仅直接影响到循环再利用纤维的LCA结果，也会影响环境影响效果的评价。

本文件按照国标《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》的要求，对循环再利用化学纤维产品碳足迹量化和报告进行约定，在内容参考中国化学纤维工业协会发布的《环境产品声明 产品种类规则 循环再利用涤纶》（T/CCFA 02010-2023）团体标准，温室气体范围则限于化学纤维生产涉及的二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）和氢氟碳化物（HFCs）三种气体。

进入循环再利用化学纤维系统的原料带来的碳排放不能简单做归零处理，不管是填埋还是焚烧，均会产生环境影响。将其作为可以再生利用的原料，进入新的产品生命周期，需要将前一生命周期中没有进行处理过程的环境影响，考虑转移至新的生命周期中，且与原生材料系统进行必要的分配处理，也就是要根据产品碳足迹核算的原理，结合材料循环再生的实际情况，给出科学合理的环境分配系数，确定回收信用额度，按照GB/T 24067中给出的原则和程序，得出循环再利用材料产品碳足迹的核算公式。循环再利用材料产品碳足迹由以下几部分组成，一是原材料的收集、运输过程的碳排放，二是原材料处理过程的碳排放，三是原材料加工成产品过程的碳排放，四是从原材料上一个生命周期中分配的碳排放。

本文件考虑从GB/T 24067中界定的再利用和循环再生的分配程序出发，对循环再利用化学纤维所用的几种不同原料来源的场景进行分析，分别给出环境分配系数，进而确定不同原料来源的原材料输入的环境影响。本文件提供量化的产品碳足迹信息，使具有同样功能的循环再利用化学纤维产品之间可以进行比较，一方面，为下游采购方提供可靠和可比的碳足迹信息，助力其做出更低碳的采购决策；另一方面，为生产者持续改进产品的碳足迹绩效提供有力的数据支持。同时，本文件还可为量化废旧材料循环利用的减排绩效提供科学的计算依据，支撑建立循环再利用化学纤维行业的碳足迹因子本土数据库，驱动回收行业的创新发展。提出产品碳足迹声明的组织宜确保数据得到第三方的独立验证，以增加报告的准确性和可信度。

三、主要内容

标准分为正文和附录两部分。正文包括 10 个章节，本标准主体内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、量化目的、量化范围、数据和数据质量、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、结果解释以及附录。

本标准以 GB/T 24067 为主要制定技术依据文件，重点理清循环再利用化学纤维生命周期中原料的环境影响分配机制，同时建立量化方法。

(一) 范围

本文件适用于工业化程度较高的涤纶、锦纶 6、丙纶、氨纶、纤维素纤维、碳纤维等六类材质的循环再利用化学纤维产品的碳足迹量化。其他材质的循环再利用化学纤维可参考使用。

(二) 规范化引用文件

本标准列出了国家及行业颁布的相关标准中需引用的标准文件。

(三) 术语和定义

本标准确定了产品碳足迹、系统边界、循环再利用化学纤维、循环再利用涤纶、循环再利用锦纶6、循环再利用丙纶、循环再利用氨纶、循环再利用再生纤维素、循环再利用碳纤维等18个术语及其定义。

(四) 量化目的

开展循环再利用化学纤维产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍准则（见 5.3.4），通过量化循环再利用化学纤维产品系统边界内所有显著的温室气体排放量和清除量，计算 1t 循环再利用化学纤维对全球变暖的潜在贡献[以二氧化碳当量(CO_2e)表示]。

开展循环再利用化学纤维产品碳足迹量化研究时，应明确说明以下问题：

——应用意图；

——开展该项研究的理由；

——目标受众（即研究结果的接收者）；

——符合 IS14026 要求，提供产品碳足迹交流信息（如有）。

(五) 量化范围

1.产品描述

产品描述应使用户能够准确的识别产品，本标准参考相应产品执行标准中的要求规定了产品描述信息应包括：产品名称（产品种类）；产品参数（规格、颜色、光泽、截面形状等）；依据相应质量标准给出产品等级；制造者名称和地址；产品标准代号等。

2.声明单位

产品碳足迹研究应明确规定功能单位或声明单位。功能单位或声明单位应与产品碳足迹研究的目的和范围保持一致。功能单位或声明单位的主要目的是为相关的输入和输出数据的归一化提供参考基准。因此应对功能单位或声明单位做出明确的定义并使其可量化。本文件规定循环再利用化学纤维的声明单位为 1t 循环再利用化学纤维产品。

3.系统边界

（1）边界设定

循环再利用化学纤维产品系统边界为“从摇篮到大门”，系统边界图如图 1 所示。产品碳足迹量化需全部或部分核算产品在生命周期各个阶段的温室气体排放。循环再利用化学纤维作为纺织、服装、家具、汽车等领域的基础原料，并不直接面对终端消费者，其终端产品应用广泛，对其碳足迹量化主要是下游客户驱动。如图 1 所示，电解铝产品碳足迹的量化内容主要包含原材料获取涉及的上游排放和产品生产阶段的排放。

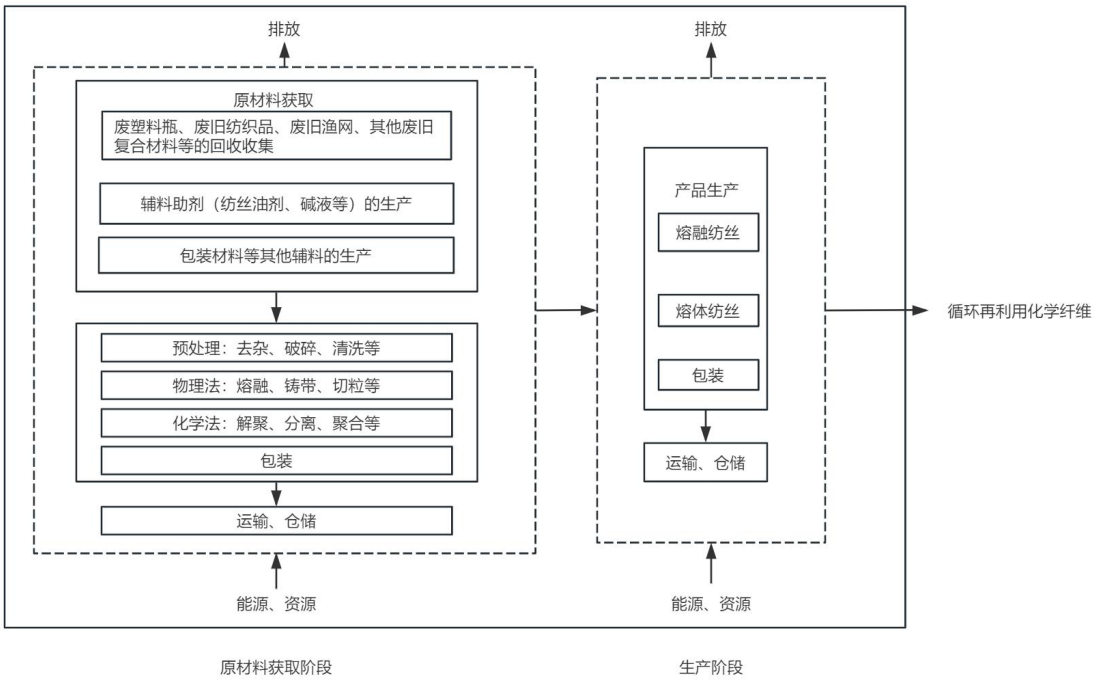

图 1　循环再利用化学纤维产品生命周期系统边界

（2）原材料获取阶段描述

原材料获取阶段从废旧材料收集到循环再利用切片或浆粕离开资源循环利用企业终止，包括订单不限于：

a）　原材料获取：包括废旧材料从各处回收至资源回收站点、在回收站点的分拣过程；辅助材料的生产过程；

b）　原材料加工：包括去杂、清洗、破碎等预处理过程；根据材质不同，采用熔融、拉条、切粒等物理法加工过程、或解聚、脱水、精馏、聚合等化学法加工过程；包装过程；

c）　运输仓储：各类废旧材料运输到资源回收站点，再从资源回收站点运输到资源循环利用企业的过程；原辅材料、能源资源运输到资源回收站点、资源循环利用企业的过程；以及涉及到的存储过程。

（3）生产阶段描述

生产阶段从原辅材料进入循环再利用化学纤维生产企业开始，到循环再利用化学纤维离开工厂终止，包括以下过程：

d） 纺丝：根据材质不同，采用溶体纺丝或溶液纺丝工艺，熔体纺丝包括熔融、挤出、定型等过程；溶液纺丝包括析出、拉伸、定型、洗涤、干燥等过程；

e） 包装：对循环再利用化学纤维进行包装；

f） 运输仓储：各类原辅材料、包装材料、能源资源运输到循环再利用化学纤维生产企业的过程以及涉及到的存储过程。

（4）取舍准则

在评价目标和范围确定阶段，应确定允许省略次要过程的取舍准则。所选择的取舍准则对评价结果产生的影响应在最终的报告中做出解释。

在循环再利用化学纤维产品碳足迹量化过程中，可舍弃产品碳足迹影响小于 1%的环节，但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的 5%。

(六) 数据和数据质量

1.数据描述

循环再利用化学纤维产品的碳足迹量化应收集初级数据和次级数据。数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，数据的获得方式和来源均应详细说明。本章内容给出了循环再利用化学纤维产品系统边界内涉及的主要数据描述示例。数据描述示例表见表 1。

表 1　主要数据描述示例

类别				主要物料清单
初级数据	非现场数据	输入	原材料消耗量	废塑料瓶、废旧纺织品、废旧渔网、其他废旧复合材料等废旧材料的消耗量
			燃料消耗量	煤炭、天然气、重油、生物质颗粒
			电力/热力消耗量	电力、蒸汽
			其他工质消耗量	水、压缩空气等
			辅料消耗量	氢氧化钠、母粒、油剂、烧碱、硫酸、硫酸锌、二硫化碳、次氯酸钠、双氧水、活性炭、包装材料
		输出	主产品产量	锦纶6再生切片、PP再生切片、PET再生切片、氨纶再生切片、废旧浆粕、再生碳纤维等
			废弃物产量	废水、废气、废浆块
			温室气体排放量	二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）、氧化亚氮（NO2）等
	现场数据	输入	原辅材料消耗量	PET瓶片、切片、泡料、浆粕、碳纤维复合材料消耗量
			燃料消耗量	煤炭、天然气、汽油、柴油、生物质颗粒
			电力/热力消耗量	电力、蒸汽
			其他工质消耗量	水、压缩空气等
			第三方服务	现场运输、固废、废水委外处理等。
		输出	主产品产量	循环再利用聚酯涤纶、循环再利用锦纶6、循环再利用丙纶、循环再利用氨纶、循环再利用纤维素纤维、循环再利用碳纤维。
			废弃物产量	废水、废丝、废浆块
			温室气体排放量	二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）、氧化亚氮（NO2）等

次级数据	电力/热力	——供应商提供的生命周期清单数据； ——电力/热力能源结构、输配电损失、燃料消耗量、燃料上游排放等。
	外购原辅材料、燃料和服务	—供应商/服务商提供的生命周期清单数据； ——公开或商业数据库中的生命周期清单数据。
	运输	—供应商/服务商提供的生命周期清单数据； ——运输方式、运输工具规格型号等。

2. 数据质量要求

在开展产品碳足迹研究的组织拥有财务或运营控制权的情况下，应收集现场数据。所收集的过程数据应具有代表性。对于最重要的单元过程，即使没有财务或运营控制权，也宜使用现场数据。产品碳足迹评价应通过使用现有最高质量的数据，尽可能地减少偏差和不确定性。数据质量应从定量和定性两个方面衡量。

3．数据质量评价

本标准根据 GB/T 24067 中的要求对技术、时间、地域、可靠性、完整性进行评价，确保持续提高数据质量，对质量较差的数据应进行敏感性分析。并参考 GB/T 44905-2024《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝》6.3 数据质量评价中的内容规定了具体的数据质量评价方法。

(七) 生命周期清单分析

生命周期清单分析是产品碳足迹评价的重要内容，包括数据收集、数据审定，将数据关联到单元过程和功能单位或声明单位、系统边界调整、数据分配、数据取舍原则等环节。

1.数据收集

循环再利用化学纤维产品碳足迹量化数据宜以一个自然年为数据收集周期。其特点是年度数据复合组织常规的运营管理，涵盖生产波动的变化因素。

对系统边界内的所有单元过程，应收集纳入生命周期清单中的定性资料和定量数据。收集原材料获取阶段和循环再利用化学纤维产品生产阶段的初级数据和次级数据。

（1） 初级数据收集

原材料获取阶段及产品生产阶段输入、输出的初级数据收集列表，示例详见附录 A。

（2） 次级数据收集

应收集的次级数据包括：

a） 主要原材料生产与运输相关的生命周期清单数据；

b） 包装材料等辅助材料生产与运输相关的生命周期清单数据；

c） 能源和水消耗相关的生命周期清单数据；

d） 废弃物处理相关的生命周期清单数据；

e） 与运输相关的生命周期清单数据。

循环再利用化学纤维产品系统边界内的次级数据，可从公共数据库或商业数据库中获得相关数据。目前国外主流数据库主要有瑞士 Ecoinvent、欧洲生命周期文献数据库 ELCD、德国 GaBi 扩展数据库等。国内主要有中国声明周期数据库（CLCD）、清华大学天工 LCA 数据库等，国家目前也正在积极组织相关的数据库建设。

2.数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查,以确认并提供证据证明数据质量要求符合第 6 章的规定。

数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡和(或)排放系数的比较分析、与历史数据和相近工艺数据对比或其他适当的方法。由于每个单元过程均遵守物质和能量守恒定律,因此物质和能量的平衡能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

数据审定可参考行业平均值、检验标准值等常规数据进行交叉审定。

3.数据分配

循环再利用化学纤维的数据分配参照 GB/T 24040 和 GB/T 24044 中相关规定执行。如果一个单元过程中产生两种及以上的产品时，需要对单元过程的输入和输出进行分配，分配应考虑以下方面：

a) 应尽量避免数据的分配；

b) 若无法避免分配，可先收集某条生产线或某生产车间的数据，并将数据划分到所核算的循环再利用化学纤维产品上，此时宜根据物理关系（如质量或能量）进行分配，当物理关系无法用来作为分配基础时，可以根据产品的经济价值按比例进行输入输出数据的分配。

4.数据取舍原则

本文件涉及的物质（能量）数据的取舍准则原则如下：

（1）所有能耗均列出；

（2）所有主要原料消耗均列出；

（3）辅料重量小于产品重量 1%的辅料消耗可忽略（特殊情况除外）；

但总忽略的重量不应超过产品重量的 5%；

（4）已有法规、标准、文件要求监测的大气、水体、土壤的各种排放均列出，如环保法规行业环境标准、环境监测报告、环境影响评价报告等；

（5）小于固体废弃物排放总量 1%的一般性固体废弃物可忽略；

（6）道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂房内人员及生活设施的消耗和排放，均可忽略。

(八) 产品碳足迹影响评价

1. 产品碳足迹计算公式

产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。应包括原材料获取阶段和生产阶段，本标准参考 GB/T 24067 的分配公式，分别给出了两个阶段碳足迹计算公式与方法。

原材料获取阶段产品碳足迹计算公式见式（1），生产阶段产品碳足迹计算公式见式（2）。

$$E_{获取} = E_{rb} + E_{rt} + E_{EPP} + \sum [R_i \times A_i \times E_{v,i}] \quad (1)$$

式中：

E_{rb}——废旧原料预处理（包括收集、分选、打包等）的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_{rt}——废旧原料运输过程的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_{rp}——废旧原料加工过程（包括破碎、清洗、干燥等）的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_{pp}——为达到原生切片质量要求，将废旧 PET 瓶片或锦纶 6 废丝、丙纶等加工成循环再利用切片产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

$E_{v,i}$——开采或从自然资源生产原生材料的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$），原生材料碳足迹因子缺省值见附录 B；

R——废旧原料回收率，单位百分比（%）；

A_i——第 i 种废旧原料的分配系数，具体取值见标准文本表 3。

$$E_{生产} = \sum（M_{E,j} \times EFF_{E,j}） + E_{PC} \quad (2)$$

式中：

$M_{E,j}$——能源或燃料 j 的用量，单位为 kWh、Nm^3、kg 等；

$EFF_{E,j}$——能源或燃料 j 的碳足迹因因子，单位为 $kgCO_2e/kWh$、$kgCO_2e/Nm3$、$kgCO_2e/kg$ 等；

E_{PC}——循环再利用化学纤维产品生产过程中的直接温室气体排放量。

2. 碳足迹因子获取

（1）原材料碳足迹因子缺省值

原材料涤纶、锦纶 6、丙纶、氨纶碳足迹因子选取方面，通过查阅文献和企业调研，最终选取 GaBi 数据库中碳足迹因子，具体数值见表 2。

（2）运输过程碳足迹因子缺省值

运输过程碳足迹主要考虑运输设备使用过程中消耗的柴油、燃气、航空煤油、燃料油、电力等的碳足迹，宜考虑本土碳足迹因子。因此，采用生态环境部发布的《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 动力电池》编制说明中的数据。

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 动力电池》编制说明中规定公路运输设备主要包括柴油、燃气货车等。按质量段划分的柴油和燃气货车燃料消耗量采用近 400 万辆重型车排放远程在线监控数据和部分车载排放测试数据；按质量段划分的柴油和燃气货车保有构成采用 500 万辆重型货车环保信息公开数据；公路货运周转量采用交通运输部官方发布数据；铁路运输设备主要包括柴油内燃机车和电力机车等；水路运输主要使用柴油和燃料油、航空运输主要使用航空煤油。基于生态环境部机动车排污监控中心的公路、铁路、水路和航空当量碳排放量和交通运输部发布的货运周转量计算形成运输基础因子，具体取值见表 3。

表 2 碳足迹因子缺省值

序号	名称	缺省值	单位
运输过程碳足迹因子			
1	运输过程-公路	0.076	$kgCO_2e/(t·km)$
2	运输过程-铁路	0.003	$kgCO_2e/(t·km)$
3	运输过程-水路	0.020	$kgCO_2e/(t·km)$
4	运输过程-航空	1.404	$kgCO_2e/(t·km)$
原材料产品碳足迹因子			
5	丙纶	2.39	$kgCO_2e/kg$
6	锦纶 6	6.57	$kgCO_2e/kg$
7	聚酯涤纶	3.49	$kgCO_2e/kg$
8	氨纶	5.81	$kgCO_2e/kg$

(九) 产品碳足迹解释

按照产品碳足迹研究的目的和范围，对生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果进行解释。

(十) 产品碳足迹报告

产品碳足迹报告记录产品碳足迹的量化结果，应在产品碳足迹研究报告中完整地、准确地、不带偏向地、透明地、详细地记录和说明结果、数据、方法、假设和生命周期解释，以

便相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性和所作出的权衡。

产品碳足迹报告应包括但不限于以下内容：基本情况、量化目、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考材料等。

(十一) 附录

包括 4 个资料性附录，分别为产品碳足迹量化数据收集清单、碳足迹因子缺省值、产品碳足迹报告模版、全球变暖潜势。

四、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

化学纤维，简称化纤，是指除天然纤维以外的，由人工制造的纤维，化学纤维分为再生纤维、合成纤维和无机纤维。化学纤维是纺织工业的主要原材料，化学纤维的出现和发展，解决了长期困扰人类基本生活中的穿衣原料紧张的难题。随着社会发展与科技进步，化学纤维的应用领域从传统家纺服饰逐渐拓展到航空航天、生物医用、环境能源等新兴尖端领域，是国民经济与国防军工的基础材料与战略物资。2024 年，我国化纤产量 7475 万吨，同比上升 8.8 %，中国化学纤维应用主要集中在服装领域，出口依存度较高，出口占比 45%。

循环再利用化学纤维是指采用回收的废旧聚合物材料和废旧纺织材料加工制成的纤维，其原料包括废弃聚酯瓶、废旧纺织品、废丝、废块、废弃包装膜、废弃打包带等。循环再利用化学纤维是化学纤维的重要组成部分，是解决我国化纤工业资源短缺和环境压力双重问题的关键，是我国化纤工业实现绿色低碳转型发展的必然选择。循环再利用化学纤维包括循环再利用涤纶、循环再利用锦纶、循环再利用丙纶、循环再利用氨纶、循环再利用纤维素纤维、循环再利用碳纤维等纤维。目前产业化程度最高和比重最大的品种为循环再利用涤纶，占全部循环再利用化学纤维总量的 90%以上，在生命周期评价清单及数据收集方面具有显著优势。2024 年，我国循环再利用涤纶产量为 595 万吨，其中短纤维 490 万吨，长丝 105 万吨。我国已经成为国际品牌客户循环再利用纤维最主要的采购基地，国内采购量占其总采购量的 60%～70%，品种主要是循环再利用涤纶和循环再利用锦纶。

我国化纤行业很多纤维品种实现了循环再利用，如涤纶、锦纶、氨纶、丙纶等合成纤维，粘胶纤维，聚苯硫醚、碳纤维等高性能纤维，其中产业化程度最成熟的是循环再利用涤纶。从工艺路线上，大致分为机械法、物理法、物理化学法、化学法和热能法再利用技术。本标准也主要适用于工业化程度较高的涤纶、锦纶 6、丙纶、氨纶、纤维素纤维、碳纤维等六类材质的循环再利用化学纤维产品的碳足迹量化。

（一）涤纶

涤纶是我国化纤行业中循环再用产业化发展水平最高的纤维品种，在行业规模、技术发展水平等方面大幅领先于其他纤维品种。循环再利用涤纶生产技术分为机械法（物理开松再利用技术）、物理法、物理化学法、化学法和生物酶解法，原料来源主要包括瓶片、含涤废旧纺织品、工业生产过程中产生的废丝及废料等。

（1）机械法

机械法是将纺织品开松处理后，通过梳理或铺网，制成纱线或非织造产品，反应过程为物理形态的变化。其特点是不对废旧纺织品进行分离，而是直接加工成纱线、非织造布或复合材料等产品，产品质量无法保障，品质低。

（2）物理法

物理法 PET 加工工艺是指通过熔融挤出方式，将瓶片以物理过程转化为纤维或其他产品。主要有 3 种方法：瓶片－纤维工艺，我国大部分再生涤纶短纤维生产企业采取此路线；瓶片－切片－纤维工艺，目前高品质再生涤纶长丝基本采用此工艺路线；熔体液相增粘再利用工艺：即在瓶片通过螺杆挤出机后，增加液相熔体增粘工序，以提高再生 PET 熔体质量，保证化纤产品质量。

（3）物理化学法

物理化学法是将回收的废料熔融后，进行液相或固相增粘。这种方法以物理法为主，辅以增粘过程以提高相对分子质量，降低杂质含量，使其达到纺丝原料的品质要求。相比于化学法回收，物理化学法循环再利用技术具有工艺简单、投资少、处理成本低、易于推广的优点。相较于简单的物理熔融加工方法，物理化学法循环再利用技术增加了对原料质量、黏度等调节，主要是解决了原料来源复杂、组分不单一（含杂、含染料）对加工过程影响较大的问题。物理化学法循环再利用技术原料以黏度差异较大的瓶片、废旧纺织品形成的泡料为主，可有效提升再生制品的品质并实现差别化再生。

物理化学法循环再利用技术典型的工艺流程主要包括：废料成分识别与分拣、粉碎清洗、造粒（对于废旧纤维制品）、干燥、调质调黏（主要通过添加扩链剂增黏、液相或固相缩聚、微醇解增粘等手段实现）、熔体纺丝成型等。物理化学法循环再利用技术的核心是调质增粘技术，通过液相/固相增粘或者添加扩链剂的方式提高废旧原料相对分子质量，提高其特性黏度，有效提升再利用产品的品质。

（4）化学法

化学法循环再利用技术指的是利用化学试剂破坏塑料、薄膜或纤维的分子结构，使分子的内部结构发生解聚进而转变成单体或低聚物，去除杂质后，再利用生成的单体或低聚物经过再聚合工艺，制备出满足纺丝要求的聚合物。相比较于物理化学法循环再利用技术，化学法循环再利用技术可以彻底除去染化料、劣化分子链段结构等杂质，为再利用提供高品质原料，但技术体系也相对变得复杂，成本也相应增加。因此，对于高杂质含量的废旧纺织品的回收，采用化学法循环再利用技术理论上有绝对优势。

化学法主要包括水解法、醇解法、氨解及胺解法。废旧 PET 水解产物为对苯二甲酸和乙二醇；在甲醇或乙二醇醇解下分别生成对苯二甲酸二甲酯（DMT）或对苯二甲酸双羟乙酯（BHET）与乙二醇（EG）；PET 在胺类物质（甲胺、乙胺、乙醇胺等）或氨气作用下降解成对苯二甲酸二酰胺和 EG。醇解法是废旧聚酯化学法再生的重要方法之一。醇解法主要是指废旧聚酯在芳香醇、脂肪醇、一元醇、二元醇等的作用下解聚为小分子的反应。根据醇的种类可分为甲醇醇解法和乙醇醇解法。

（5）生物酶解法

PET 的生物降解是近些年来研究和产业化关注度很高的 PET 废弃物处理技术，通过微生物或酶类进攻 PET 分子链中的酯键，将 PET 分解为单体对苯二甲酸（PTA）和 EG。生物降解法包括微生物法和生物酶解法，目前的研究来看，微生物（包括真菌、细菌和放线菌等）降解 PET 普遍存在速率慢、周期长、降解效果较差等问题，产业化难度很大；而利用微生物分泌的聚酯水解酶，能对 PET 形成酶解，而且通过蛋白质工程或酶工程改造后的生物酶，在降解效率和表达量上都有了质的突破，从而也具有了产业化的美好前景。

法国的 CARBIOS 公司与印度拉玛在法国建了 5 万吨/年处理能力的工厂，在我国及西班牙等地也有了产业化落地项目，而且 CARBIOS 还申请了 PET 生物酶解菌种及工艺的专利保护。国内江南大学、天津大学等也有突出的研究成果，并积极与国内企业合作加快产业化步伐。

（二）聚酰胺 6 纤维

聚酰胺 6 的再利用技术和涤纶相似，主要分为物理法和化学法两种。相比聚酯，聚酰胺 6 特征官能团反应活性和对废料的纯净度要求更高。采用物理法回收时会发生更严重的热降解现象，同时解聚速度也明显高于聚酯。聚酰胺 6 回收再利用方法主要为机械或物理法和化学法回收再利用，其原料主要来源于废丝、废浆块、废渔网、废旧尼龙衣物等。机械或物理法制得的产品主要应用于汽车部件、服装等领域，化学法制得的产品主要用于服装、地毯等领域。目前，我国再生聚酰胺 6 纤维基本是通过物理法加工制造得到的，原料以生产过程中

产生的废丝、下脚料等为主。目前国内恒申和嘉华在兴建生产化学法再生聚酰胺 6 纤维装置，但由于国内尚没有企业具备生产化学法再生聚酰胺切片的能力，所以其原料仍需进口。

（三）聚丙烯纤维

再生丙纶是我国化纤行业中回收再利用水平仅次于涤纶的纤维品种。丙纶织物主要通过机械或物理法将废注塑丙纶塑料、废丝、箱包等回收再利用加工，产品主要用于汽车装饰件和地毯等。欧美国家对废旧聚丙烯纤维化学改性再利用的研究报道也较多，通常是采用交联、接枝和氨化改性等方法把聚丙烯转为塑料胶浆和涂料。机械开松、热熔再成型的回收方法与聚酯纤维相似，该方法直接再生利用后所得产品往往存在品质较低的问题，因此相关研究及应用报道较少。

（四）聚氨酯纤维

废旧氨纶纤维制品的回收方法也主要分为能量回收法、物理回收法和化学回收法。聚氨酯燃烧时的发热量约为 29.28 MJ/kg，介于聚烯烃与 PVC 之间。这使得利用能量回收法从废弃物中获得一定的能量成为一种可行的选择。目前国外对聚氨酯的回收利用技术研究中，能量回收法占有重要的地位，并被视为一种经济的方法。然而，聚氨酯在不充分的燃烧中会产生如氢氰酸（HCN）等剧毒气体，从环境角度来看，这种方法并不理想。氨纶物理回收法主要有黏结成型、用作填料、热压成型、挤出成型等。黏结成型是利用异氰酸酯将粉碎好的聚氨酯碎片在一定温度和一定压力下粘接在一起得到的回收泡沫，主要用作垫材、支撑物等。物理回收法简单方便，但通过这种方法获得的产品市场适用范围有限，而且它们的处理过程也都有技术性限制，所以回收的废料主要是低档的聚氨酯废料。氨纶化学回收法是通过化学手段，破坏聚氨酯大分子链的氨基甲酸酯或脲基这些硬段基团，使聚氨酯大分子进行降解，从而回收再利用降解产物。降解产物可用于制备再生氨纶。氨纶化学回收法主要分为水解法、醇解法、胺解法、醇胺法、磷酸酯法等。

（五）再生纤维素纤维

以棉织物为原料生产循环再利用纤维素纤维是近年来的一个比较重要的方向，废旧棉再生浆粕的制备技术包括直接溶解法和蒸煮制浆法。直接溶解法存在聚合度不可控、杂质含量高且分离难度大、溶剂回收成本高等问题。蒸煮制浆法过程可控、杂质易分离且成本较低，产业化前景更为广阔，但仍然存在纤维素的解聚及聚合度调控机制、非纤维素杂质脱除机制不明晰且脱除不完全等问题。目前，尚缺乏与废旧棉纺织品性质相匹配的专用技术，包括非纤维素杂质高效脱除、浆粕聚合度调控及分离纯化技术。废旧棉再生浆粕制备再生纤维素纤维的技术路线目前主要有粘胶法和新型溶剂法。

（六）碳纤维

碳纤维主要应用于热固性复合材料，其回收再利用技术一直是其复合材料回收处理领域的难题。对于碳纤维复合材料有填埋、焚烧、物理处理、化学处理和热解处理等多种回收处理方法，填埋和焚烧会浪费土地资源和破坏环境；物理处理主要是破碎复合材料后再使用，是一种降级利用；化学处理主要是利用合适的溶剂将树脂去除，溶剂有普通溶剂、超临界流体或亚临界流体等；热解处理是通过无氧裂解或者有氧、微波热解，从复合材料中分离、提取出碳纤维，进行循环再利用的方法，也是最具工业前景的方法。南通复源新材料已建成 1000 吨/年循环再利用碳纤维生产线，在建产能 3000 吨/年，公司转化上海交通大学的热解处理专利技术，其产品为短切再生碳纤维和再生碳纤维毡，目前在新能源汽车、笔记本电脑、无人机等领域得到应用。

五、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

经检索，未查找到相关国际标准。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本文件的制定遵循国家有关行业政策，编写符合 GB/T 1.1《标准化工作导则　第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，符合国家法律法规。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本文件制定过程中未发现重大分歧意见。

八、标准性质的建议说明

建议作为推荐性国家标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过度办法、实施日期等）

建议自发布之日起 6 个月开始实施本文件。

十、废止现行相关标准的建议

无现行相关文件。

十一、其它应予说明的事项

无其他应予说明。

标准编制组

2025 年 4 月