

中国建筑材料协会标准

T/CBMF 317—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 风力发电机叶片

Greenhouse gases—Quantification requirement and method of product carbon
footprint—Rotor blades

(此文本仅供个人学习、研究之用,未经授权,禁止复
制、发行、汇编、翻译或网络传播等,侵权必究)

2025-05-26 发布

2025-06-26 实施

中国建筑材料联合会发布

目 次

前言 VII

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 量化目的 4

5 量化范围 4

6 清单分析 6

7 影响评价 8

8 结果解释 10

9 鉴定性评审 10

10 可比性 11

11 产品碳足迹绩效追踪 11

12 产品碳足迹报告 11

附录 A（资料性）风力发电机叶片产品典型工艺示例 12

附录 B（资料性）现场数据采集信息 13

附录 C（资料性）次级数据采集信息 15

附录 D（资料性）数据质量评价方法 16

附录 E（资料性）GWP 参考值 18

附录 F（资料性）产品碳足迹报告（模板） 19

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国建筑材料联合会提出并归口。

本文件起草单位：株洲时代新材料科技股份有限公司、中纤复材再生资源咨询服务（北京）有限公司、辽宁龙源新能源发展有限公司、中国电能成套设备有限公司、中国（清远）能源科技发展有限公司、重庆国际复合材料股份有限公司、安徽泰乐玛科技有限公司、江苏时瑞复合材料有限公司、重庆风渡新材料有限公司、浙江鸿盛新材料科技集团股份有限公司、江西龙正科技发展有限公司、旭川化学（苏州）有限公司、厦门环能合众科技有限公司、东方电气风电股份有限公司、电能（北京）认证中心有限公司、北京国检联信认证中心有限公司、中车山东风电有限公司、重庆成飞新材料股份公司、上纬新材料科技股份有限公司。

本文件主要起草人：冯学斌、杨军、张荣琪、陈煌、邵冰、李延峰、张宇阳、黄睿、朱英来、杨乐申、肖海祥、杨骏、吴金燕、张乾仁、余滨、容七英、夏佳第、桑朋涛、黄建东、郑亮、何晟霖、冀润景、王瑞蕴、姜冬、董国庆、曹振涛、黄玉良、王洪荣、张云栋、周硕、刘新兴。

本文件主要审查人：陈国庆、周丽玮、曹元辉、殷明汉、李晋梅、刘宇、刘长雷、姚娟娟、刘景洋、侯贵光、路光杰、刘卫生、朱雷、魏建勋、管辰、李海涛、杨尉薇、陈万康。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 风力发电机叶片

1 范围

本文件规定了风力发电机叶片产品碳足迹的量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、鉴定性评审、可比性、绩效追踪以及报告等内容。

本文件适用于风力发电机叶片的产品碳足迹量化与评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3961 纤维增强塑料术语

GB/T 18374 增强材料术语

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

ISO 14071 环境管理 生命周期评价 鉴定性评审过程和评审员能力 (Environmental management—Life cycle assessment—Critical review processes and reviewer competencies)

3 术语和定义

GB/T 3961、GB/T 18374 和 GB/T 24067 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风力发电机叶片 rotor blades

风力发电机组的核心部件，由叶根、主梁、腹板、壳体、叶根挡板、挡雨环、雷电防护系统等部分组成。

3.2

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：本文件涉及的温室气体包括二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亚氮 (N₂O)、氢氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆) 和三氟化氮 (NF₃)。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.2.1]

3.3

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

注 1：产品碳足迹可用不同的图例区分和标示具体的 GHG 排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解到其生命

周期的各个阶段。

注2：产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果，以每个功能单位的二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.1]

3.4

产品部分碳足迹 **partial carbon footprint of a product; partial CFP**

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和，并以二氧化碳当量表示。

注1：产品部分碳足迹是基于或由与特定过程或足迹信息模型有关的数据汇集而成，这些数据是产品系统的一部分，可作为产品碳足迹量化的基础。

注2：“足迹信息模型”的定义请参见 ISO 14026：2017，3.1.4。

注3：产品碳足迹研究报告中记录了产品部分碳足迹的量化结果，以每个声明单位的二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.2]

3.5

产品碳足迹绩效追踪 **carbon footprint of a product performance tracking; CFP performance tracking**

比较同一组织的一个特定产品在一段时间内的产品碳足迹或产品部分碳足迹。

注：包括计算一个特定产品碳足迹在一段时间内的变化，或具有相同功能单位或声明单位的替代产品之间产品碳足迹在一段时间内的变化。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.11]

3.6

全球变暖潜势 **global warming potential; GWP**

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.4]

3.7

二氧化碳当量 **carbon dioxide equivalent; CO₂e**

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

注：给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.2]

3.8

温室气体排放量 **greenhouse gas emission; GHG emission**

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.5]

3.9

温室气体清除量 **greenhouse gas removal; GHG removal**

在特定时段内从大气中清除的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.6]

3. 10

温室气体排放因子 **greenhouse gas emission factor; GHG emission factor**

活动数据与温室气体排放相关的系数。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 2. 7]

3. 11

产品系统 **product system**

拥有基本流和产品流,同时具有一种或多种特定功能,并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 3. 2]

3. 12

系统边界 **system boundary**

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 3. 4]

3. 13

功能单位 **functional unit**

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 3. 7]

3. 14

声明单位 **declared unit**

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 3. 8]

3. 15

初级数据 **primary data**

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注 1: 初级数据并非必须来自所研究的产品系统,因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注 2: 初级数据可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 6. 1]

3. 16

现场数据 **site-specific data**

在产品系统内部获得的初级数据。

注 1: 所有现场数据均为初级数据,但并不是所有初级数据都是现场数据,因为数据可能是从不同产品系统内部获得。

注 2: 现场数据包括场地内一个特定单元过程的温室气体排放量和温室气体清除量。

[来源: GB/T 24067—2024, 3. 6. 2]

3. 17

次级数据 **secondary data**

不符合初级数据要求的数据。

注1：次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据，可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据，推荐使用本土化数据库。

注2：次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.3]

4 量化目的

本文件用于量化风力发电机叶片产品生命周期选定阶段的温室气体排放量和清除量（以二氧化碳当量表示），基于本文件开展碳足迹量化的目的包括但不限于以下方面：

- a) 用于评价产品对气候变化的潜在影响；
- b) 用于生产者与上下游供应链或消费者之间的温室气体排放信息沟通；
- c) 用于生产者降低产品碳足迹的设计与改进以及同类产品间的对比，其中对比应满足可比性（10）的要求。

5 量化范围

5.1 产品描述

依据风力发电机叶片对应的产品标准描述产品系统及其功能，同时清晰描述产品名称、产品型号、产品定义、产品执行标准、组分材料、主要性能参数、应用方向等信息。

5.2 系统边界

5.2.1 风力发电机叶片产品碳足迹量化的系统边界如图1所示，产品部分碳足迹至少应涵盖原料获取阶段（A）与产品生产阶段（B）；产品分销阶段（C）、安装和使用阶段（D）和生命末期阶段（E）为可选阶段。

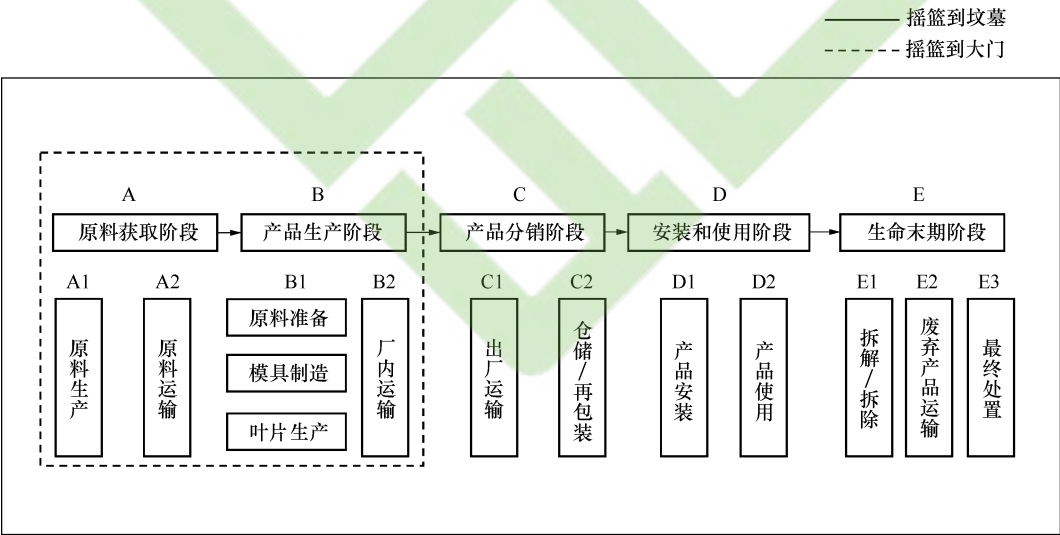


图1 风力发电机叶片产品碳足迹评价的系统边界图

5.2.2 风力发电机叶片产品生产典型工艺示例图见附录A。

5.2.3 原料获取阶段（A），从自然界初级资源提取开始，在原料到达风力发电机叶片生产厂时终止，包括：

- a) 原料生产（A1）：原料获取过程，包括基体树脂（环氧树脂、聚氨酯树脂、乙烯基酯树脂等）、增强纤维（玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维等）、夹芯材料（巴沙木、硬质泡沫

等)、胶黏剂(环氧类、乙烯基酯类、聚氨酯类、丙烯酸酯类等)和辅助材料(脱模剂、固化剂、增韧剂、促进剂、叶根金属螺栓、涂料、脱模布、导流网、导流管等),以及模具制造所用原材料(树脂、加热系统、钢架、导热材料等)等生产过程的能源、资源、耗材投入和废弃处理等相关过程;

b) 原料运输(A2):将原料从产地运输到风力发电机叶片生产企业的过程。

5.2.4 产品生产阶段(B),从原料运输至风力发电机叶片生产企业,在产品生产完成时终止,包括:

a) 产品制造(B1):原料准备、模具制造、叶片生产等过程;产品制造使用能源(如电力、柴油等)的开采、加工或生产、运输、燃烧过程,产品制造产生大气污染物、废(污)水及固体废物处理相关过程;原材料、产品在厂内仓储储存过程;

b) 厂内运输(B2):原料、能源、产品、固体废物等在工厂内部的运输过程。

5.2.5 产品分销阶段(C),从最终产品离开风力发电机叶片生产厂开始,到产品安装地点终止,包括:

a) 出厂运输(C1):产品出厂后运输至交付地点;

b) 仓储/再包装(C2):产品中间储存、中转、再次包装过程。

5.2.6 安装和使用阶段(D),从产品安装开始,到产品或产品所在系统废弃后终止,包括:

a) 产品安装(D1):将产品安装到风力发电机组的过程;

b) 产品使用(D2):已安装产品的维护和维修过程,包含用于维护、维修的辅助产品生产与运输过程,同时应考虑产品的寿命。

5.2.7 生命末期阶段(E),从产品废弃后拆除开始、运输到回收处理或处置地点,到产品回归到自然或经过处置分配到另一个产品系统终止,可考虑废弃产品再生循环或能量回收带来的碳减排效益,包括:

a) 拆解/拆除(E1):产品从工程中拆除或拆解、筛分;

b) 废弃产品运输(E2):将废弃产品运输到回收利用或处置场地;

c) 最终处置(E3):依据相关要求进行废弃产品处置。

5.3 功能单位

当系统边界定义为全生命周期时应使用功能单位,功能单位应涵盖以下信息:

a) 单位质量产品的计量,通常为1吨(t);

b) 预期用途;

c) 主要性能特点或规格参数(如设计发电功率等);

d) 参考使用寿命。

示例:1t用于设计发电功率为1.5MW发电机组的风力发电机叶片,参考使用寿命为20年。

5.4 声明单位

当系统边界定义为部分生命周期时应使用声明单位,声明单位应涵盖以下信息:

a) 单位质量产品的计量,通常为1吨(t);

b) 预期用途;

c) 主要性能特点或规格参数(如设计发电功率等)。

示例:1支6.5t用于陆上风场设计发电功率为1.5MW发电机组的风力发电机叶片。

5.5 取舍准则

所涉及的物质(能量)数据的取舍应遵循如下准则:

a) 所有的能源输入均需列出,包括使用的替代燃料等;

b) 应列出主要的原料及辅料输入,若符合c)和d)要求则可忽略;

- c) 忽略的单项物质（能量）流或单元过程对产品碳足迹的贡献均不得超过 1%，如生产设备维修耗材等；
- d) 所有忽略的物质（能量）流与单元过程对产品碳足迹贡献总和不超过 5%，且应在产品碳足迹报告中予以说明。
- e) 道路与厂房等基础设施的建设、各工序设备的制造（不包括模具）、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均可忽略。

6 清单分析

6.1 数据的收集和确认

6.1.1 数据的收集应符合表 1 的要求。

6.1.2 当开展产品碳足迹研究的组织拥有财务或运营控制权时，应收集现场数据。所收集的数据应具有代表性。对产品碳足迹贡献度不低于 50% 的单元过程，即使不在财务或运营控制下，宜使用现场数据。现场数据可按附录 B 收集。

6.1.3 非现场数据宜使用初级数据，初级数据不可获得时，可使用次级数据；次级数据宜经第三方评审，同时数据格式应满足相关标准要求。次级数据可来源于国家数据库、公开文献或其他具有代表性的数据。次级数据可按附录 C 收集。

6.1.4 对数据获得方式和来源应予以说明。

表 1 各阶段数据收集

所属阶段	数据种类	数据要求
原料获取阶段 (A)	基体树脂（环氧树脂、聚氨酯树脂、不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂）、增强纤维（玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维）、夹芯材料（巴沙木、硬质泡沫）、胶黏剂（环氧类、乙烯基酯类、聚氨酯类、丙烯酸酯类）和辅助材料（脱模剂、固化剂、增韧剂、促进剂、叶根金属螺栓、引下线系统、涂料、脱模布、导流网、导流管等）以及模具制造所用原材料（树脂、加热系统、钢架、导热材料等）等原料的温室气体排放因子	宜使用现场数据
	原料的运输量、运输距离、运输方式	应使用现场数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
产品生产阶段 (B)	基体树脂（环氧树脂、聚氨酯树脂、不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂）、增强纤维（玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维）、夹芯材料（巴沙木、硬质泡沫）、胶黏剂（环氧类、乙烯基酯类、聚氨酯类、丙烯酸酯类）和辅助材料（脱模剂、固化剂、增韧剂、促进剂、叶根金属螺栓、引下线系统、涂料、脱模布、导流网、导流管等）等原料的消耗量，以及模具或模具制造所用原材料（树脂、加热系统、钢架、导热材料等）	应使用现场数据
	能源和废料外委的运输量、运输距离、运输方式	应使用现场数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
	电、柴油（移动源）等能源的消耗量	应使用现场数据
	电力、柴油等能源和物料获取的温室气体排放因子	可使用次级数据
	柴油等能源的低位发热量	可使用次级数据
	柴油等能源燃烧过程的单位热值温室气体排放因子或单位质量温室气体排放因子	可使用次级数据
	大气污染物、废（污）水及固体废物的产生量、处置方式	应使用现场数据
	大气污染物、废（污）水及固体废物处置方式对应的温室气体排放因子	可使用次级数据

表 1（续）

所属阶段	数据种类	数据要求
产品分 销阶段（C）	产品运输至产品安装地点的运输量、运输距离、运输方式	应使用现场数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
	产品分销阶段所用能源和物料的消耗量	宜使用现场数据
	产品分销阶段所用能源和物料获取的温室气体排放因子	可使用次级数据
安装和使用 阶段（D）	安装、使用、维护、维修运行过程所用能源和物料（如水、清洁剂等）的消耗量	可使用次级数据
	安装和使用阶段所用能源和物料获取的温室气体排放因子	可使用次级数据
生命末期阶段 （E）	拆除/拆解过程能源的消耗量	宜使用初级数据
	拆除/拆解过程能源获取的温室气体排放因子	可使用次级数据
	产品回收运输至回收处理/处置地的运输量、运输距离、运输方式	宜使用初级数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
	分割、粉碎等回收方式的处置量	宜使用初级数据
	分割、粉碎等回收方式的排放因子	可使用次级数据
	再生产品的循环量、循环方式及其温室气体排放因子	可使用次级数据

6.2 数据质量要求

6.2.1 初级数据符合以下要求：

- a) 完整性。根据数据取舍准则（5.5）的要求，检查是否有缺失的单元过程或输入输出物质。初级数据宜采集企业一个自然年或连续 12 个月内的生产统计数据。
- b) 准确性。初级数据中的能源、原料消耗数据应来自企业实际生产统计记录，能源和原料获取数据优先来自上游供应商；碳排放数据优先选择核查报告，或由排放因子或物料平衡公式计算获得。所有初级数据均应转换为以功能单位或声明单位为基准，且应详细记录相关的初级数据、数据来源、计算过程等。
- c) 一致性。初级数据收集时同类数据应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

6.2.2 次级数据符合以下要求：

- a) 代表性。优先选择与评估产品系统的时间代表性、区域代表性、技术代表性相近的数据，其次选择近年代表国内及行业平均生产水平公开的生命周期评价或碳足迹量化数据，最后选择国外同类技术数据。
- b) 完整性。应涵盖系统边界规定的所有单元过程。
- c) 一致性。同一机构对同类产品次级数据的选择应保持一致。

6.3 数据审定

数据采集过程中，应验证数据的有效性，通过物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据对比等方式，确认数据的准确性与合理性。对于异常数据，应分析原因，予以替换，替换的数据应满足数据质量要求（6.2）。

6.4 分配

6.4.1 在系统边界设置或数据采集时，若发现至少有一个单元过程的输入和输出包含多个产品，则需要分配。

6.4.2 分配原则：

- a) 优先采集无需数据分配的细分单元过程，如优先采集各设施、各时间段数据；
- b) 若数据分配无法避免，则应使用质量进行分配；
- c) 对于闭环里循环使用的共生产品，不需要分配，如废料回用；
- d) 分配方法应在产品碳足迹报告中予以明确说明。

7 影响评价

7.1 计算方法

7.1.1 在数据收集与确认完成后，将现场数据和非现场数据折算为统一的功能单位（或声明单位），进行产品碳足迹核算，计算公式见式（1）：

$$CFP_{\text{GHG}} = \sum_i (GWP_i \times CFP_i) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

CFP_{GHG} ——产品碳足迹或产品部分碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每功能单位或声明单位（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{功能单位或声明单位}$ ）；

GWP_i ——第 i 类温室气体的 GWP 值，采用 IPCC 给出的 100 年 GWP 值，见附录 E；

CFP_i ——每功能单位（或声明单位）生命周期中第 i 类温室气体排放总量，单位为千克每功能单位或声明单位（ $\text{kg}/\text{功能单位或声明单位}$ ），计算方法见公式（2）。

$$CFP_i = CFP_{A,i} + CFP_{B,i} + CFP_{C,i} + CFP_{D,i} + CFP_{E,i} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$CFP_{A,i}$ ——每功能单位（或声明单位）在原料获取阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克每功能单位或声明单位（ $\text{kg}/\text{功能单位或声明单位}$ ），计算方法见公式（3）；

$CFP_{B,i}$ ——每功能单位（或声明单位）在生产阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克每功能单位或声明单位（ $\text{kg}/\text{功能单位或声明单位}$ ），计算方法见公式（4）；

$CFP_{C,i}$ ——每功能单位（或声明单位）在分销阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克每功能单位或声明单位（ $\text{kg}/\text{功能单位或声明单位}$ ），计算方法见公式（5）；

$CFP_{D,i}$ ——每功能单位（或声明单位）在安装和使用阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克每功能单位或声明单位（ $\text{kg}/\text{功能单位或声明单位}$ ），计算方法见公式（6）；

$CFP_{E,i}$ ——每功能单位（或声明单位）在生命末期阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克每功能单位或声明单位（ $\text{kg}/\text{功能单位或声明单位}$ ），计算方法见公式（7）。

7.1.2 原料获取阶段（A）

每功能单位（或声明单位）在原料获取阶段的第 i 类温室气体排放量按公式（3）计算：

$$CFP_{A,i} = \sum (M_{A,j} \times CEF_{A,i,j}) + \sum (M_{A,j,k} \times D_{A,j,k} \times TEF_{i,k}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$M_{A,j}$ ——每功能单位（或声明单位）第 j 种原料的消耗量，单位视原料种类而定；

$CEF_{A,i,j}$ ——第 j 种原料获取的第 i 种温室气体排放因子，单位视原料种类而定。电力满足 GB/T 24067—2024 中条款 6.4.9.4 的要求；

$M_{A,j,k}$ ——每功能单位（或声明单位）第 j 种原料第 k 种运输方式的运输量，单位为吨每功能单位或声明单位（ $\text{t}/\text{功能单位或声明单位}$ ）；

$D_{A,j,k}$ ——第 j 种原料第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（ km ）；

$TEF_{i,k}$ ——第 k 种运输方式的第 i 种温室气体排放因子，单位为千克每吨每千米 [$\text{kg}/(\text{t} \cdot \text{km})$]。

7.1.3 产品生产阶段 (B)

产品生产阶段温室气体排放包括生产消耗能源的获取、运输和燃烧，污染物和废弃物的处置，过程排放，每功能单位（或声明单位）在生产阶段的第 i 类温室气体排放量按公式（4）计算：

$$CFP_{B,i} = \sum (M_{B,j} \times CEF_{B,i,j}) + \sum (M_{B,j,k} \times D_{B,j,k} \times TEF_{i,k}) \\ + \sum (FC_{B,j,k} \times NCV_{B,j} \times EF_{B,i,j,k}) + \sum CFP_{B,i,P} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $M_{B,j}$ ——每功能单位（或声明单位）产品生产阶段第 j 种燃料和物料的消耗量，单位视燃料和物料种类而定；
- $CEF_{B,i,j}$ ——第 j 种燃料和物料获取的第 i 种温室气体排放因子，单位视燃料和物料种类而定；
- $M_{B,j,k}$ ——每功能单位（或声明单位）第 j 种燃料、物料和废弃物外委处置第 k 种运输方式的运输量，单位为吨每功能单位或声明单位（t/功能单位或声明单位）；
- $D_{B,j,k}$ ——第 j 种燃料、物料和废弃物外委处置第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；
- $FC_{B,j,k}$ ——每功能单位（或声明单位）第 j 种化石燃料的第 k 种燃烧方式对应的消耗量，单位视燃料种类而定；
- $NCV_{B,j}$ ——第 j 种化石燃料的低位发热量，单位视燃料种类而定；
- $EF_{B,i,j,k}$ ——第 j 种化石燃料的第 k 种燃烧方式对应的第 i 种温室气体排放因子，单位为千克每吉焦（kg/GJ）；
- $CFP_{B,i,P}$ ——第 i 种温室气体在产品生产阶段的过程排放，如仓储逸散。

7.1.4 产品分销阶段 (C)

每功能单位（或声明单位）在产品分销阶段的第 i 类温室气体排放量按公式（5）计算。

$$CFP_{C,i} = \sum (M_{C_1,k} \times D_{C,k} \times TEF_{i,k}) + \sum (M_{C_2,j} \times CEF_{C,i,j}) \\ + \sum (M_{C_3,j,k} \times D_{C,j,k} \times TEF_{i,k}) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $M_{C_1,k}$ ——每功能单位（或声明单位）产品第 k 种运输方式的运输量，单位为吨每功能单位或声明单位（t/功能单位或声明单位）；
- $D_{C,k}$ ——每功能单位（或声明单位）产品第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；
- $M_{C_2,j}$ ——每功能单位（或声明单位）第 j 种能源、物料的消耗量，单位视能源和物料种类而定；
- $CEF_{C,i,j}$ ——第 j 种能源、物料获取的第 i 种温室气体排放因子，单位视能源和物料种类而定；
- $M_{C_3,j,k}$ ——每功能单位（或声明单位）第 j 种能源、物料第 k 种运输方式的运输量，单位视能源和物料种类而定；
- $D_{C,j,k}$ ——第 j 种能源、物料第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）。

7.1.5 安装和使用阶段 (D)

每功能单位（或声明单位）在安装和使用阶段的第 i 类温室气体排放量按公式（6）计算。

$$CFP_{D,i} = \sum (M_{D,j} \times CEF_{D,i,j}) + \sum (M_{D,j,k} \times D_{D,j,k} \times TEF_{i,k}) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $M_{D,j}$ ——每功能单位（或声明单位）安装和使用阶段第 j 种能源、物料的消耗量，单位视能源和物料种类而定；
- $CEF_{D,i,j}$ ——第 j 种能源、物料获取的第 i 种温室气体排放因子，单位视能源和物料种类而定；
- $M_{D,j,k}$ ——每功能单位（或声明单位）安装和使用阶段第 j 种能源、物料第 k 种运输方式的运输量，单位视能源和物料种类而定；
- $D_{D,j,k}$ ——第 j 种能源、物料第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）。

7.1.6 生命末期阶段（E）

产品生命末期包括拆除后以填埋和（或）循环等方式处置，按式（7）计算：

$$CFP_{E,i} = \sum (M_{E_1,j} \times CEF_{E_1,i,j}) + \sum (M_{E_2,j,k} \times D_{E_2,j,k} \times TEF_{i,k}) + \sum (M_{E_3,j} \times CEF_{E_3,i,j}) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $M_{E_1,j}$ ——每功能单位（或声明单位）生命末期拆除阶段第 j 种能源和物料的消耗量，单位视能源和物料种类而定；
- $CEF_{E_1,i,j}$ ——第 j 种能源和物料获取的第 i 种温室气体排放因子，单位视能源和物料种类而定；
- $M_{E_2,j,k}$ ——每功能单位（或声明单位）生命末期拆除阶段第 j 种能源和物料第 k 种运输方式的运输量，单位视能源和物料种类而定；
- $D_{E_2,j,k}$ ——第 j 种能源和物料第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；
- $M_{E_3,j}$ ——每功能单位（或声明单位）生命末期第 j 种方式（包含填埋和循环方式）处置量，单位为吨每功能单位或声明单位（t/功能单位或声明单位）；
- $CEF_{E_3,i,j}$ ——第 j 种处置方式的第 i 种温室气体排放因子，单位为千克每吨（kg/t）。

7.2 附加环境信息

除本文件 7.1 中涉及的产品碳足迹量化结果外，其他相关的重要信息，宜在附加环境信息中描述。

8 结果解释

8.1 产品碳足迹研究的生命周期结果解释阶段应包括以下步骤：

- 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果，识别显著环节（包括生命周期阶段、单元过程或流）；
- 完整性、一致性分析的评估；
- 结论、局限性和建议的编制。

8.2 应根据产品碳足迹研究的目的和范围进行结果解释，解释应包括以下内容：

- 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹；
- 分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- 详细记录选定的分配程序；
- 说明产品碳足迹研究的局限性。

8.3 应开展数据质量评价，宜按公开方法评价数据质量，也可参考附录 D。

9 鉴定性评审

如果开展产品碳足迹研究的鉴定性评审，应按照 ISO 14071 规定进行，有利于理解产品碳足迹

报告，并提高结果的可信度。

10 可比性

产品碳足迹量化结果的对比，应在满足以下所有条件时进行：

- a) 产品功能、技术性能和用途是相同的；
- b) 功能单位（声明单位）是相同的，系统边界的选取是等同的；
- c) 数据的收集与确认是等同的（包括数据的描述、取舍准则、数据质量要求）；
- d) 产品碳足迹的量化方法是相同的（包括数据审定、分配和产品碳足迹影响评价）。

11 产品碳足迹绩效追踪

针对同一组织的某一特定产品，宜基于本文件针对连续的数据统计周期对产品碳足迹进行绩效追踪，以改进产品碳足迹对气候变化的潜在影响。

12 产品碳足迹报告

12.1 产品碳足迹宜以报告、声明、证书和（或）标签的形式描述碳足迹量化结果，且应以每声明单位的二氧化碳当量进行表述。若采用产品碳足迹证书和（或）产品碳足迹标签，宜同时出具产品碳足迹报告。如碳足迹量化结果应用于产业链下游，则应分别报送产品各生命周期阶段的量化结果，避免碳足迹结果的重复计算。

12.2 依据本文件编制的产品碳足迹报告应符合 GB/T 24067 第 7 章的要求，报告模板见附录 F。

附录 A
(资料性)
风力发电机叶片产品典型工艺示例

风力发电机叶片生产典型工艺示例图见 A. 1。

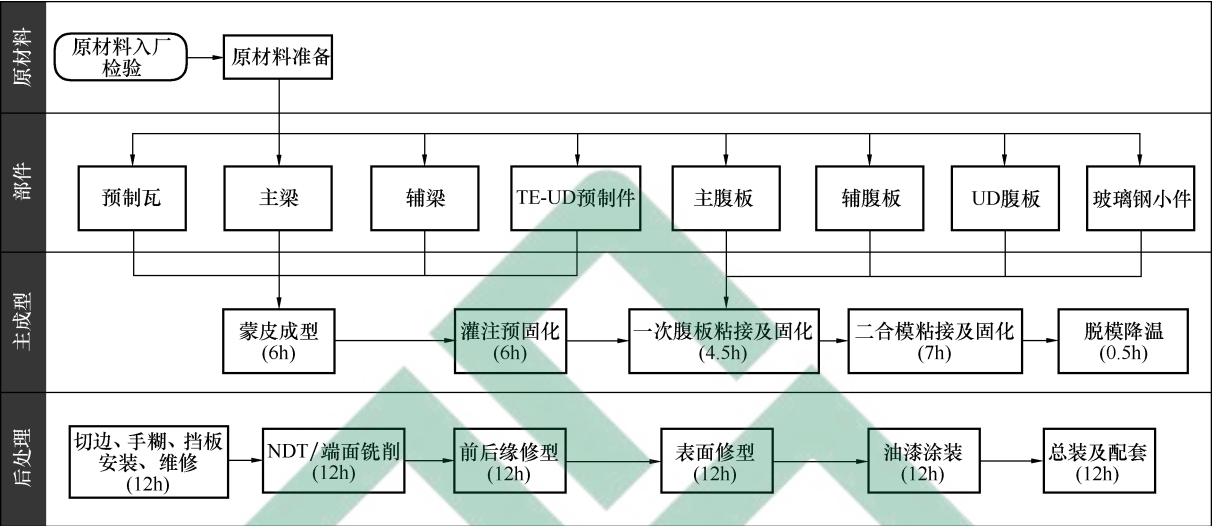


图 A.1 风电叶片生产典型工艺示例图

附 录 B
(资料性)
现场数据采集信息

现场数据采集表见表 B.1。

表 B.1 现场数据采集表

基本 信息	企业名称						
	企业所属省份						
	企业地址						
	联系人及联系方式						
	生产线数量/设计产能	共_____条，设计产能：_____ / _____ / _____（分线填写）					
	数据统计周期						
产品 信息	产品种类/实际产量	种类 1：_____ 产量_____ kg 种类 2：_____ 产量_____ kg ...					
	执行产品标准						
原料获取阶段（A），产品生产阶段（B）							
资源消 耗及综 合利用	种类	消耗量	单位	产地	取得方式 填写自产或 外购	运输方式 汽运、火车或 船运	加权运输 距离/km
	不饱和聚酯树脂		t				
	乙烯基酯树脂		t				
	环氧树脂		t				
	玻璃纤维		t				
	碳纤维		t				
	胶黏剂		t				
	脱模剂		t				
	固化剂		t				
	金属件		t				
			t				
	水		m ³		说明来源（自来水、河水等）：		
	能源 消耗	种类	消耗量	单位	低位发热量数据来源		详细情况说明
电力			kWh			低位发热量：	
天然气			m ³			低位发热量：	
热力			t			低位发热量：	
柴油			t				
.....			...				

表 B. 1（续）

环境 排放	种类		排放量	单位	数据来源(如:在线监测 或定期环境检测报告)	详细情况说明	
	大气 排放	二氧化碳		t			
				t			
		固体废物 物排放					
产品分销阶段（C）							
销售过程	项目			运输方式（汽运、火车 或船运）		运输距离/km	运输量
	从工厂到总经销商						
	从总经销商到分经销商						
	从工厂到分经销商的总运输距离						
仓储	仓储地点					仓储时长（h/d）	
	能源消耗种类					能源消耗量	
再包装	包装材料种类					功能单位下包 装材料消耗量	
环境排放	温室气体直接排放量					固体废物排放	
安装和使用阶段（D）							
安装过程	物料消耗种类					物料消耗量	
	能源消耗种类					能源消耗量	
	污染物排放种类					污染物排放量	
使用过程	预期使用寿命					产品主要性能指标	
维护、 维修过程	物料消耗种类					物料消耗量	
	能源消耗种类					能源消耗量	
	温室气体直接排放量						
生命末期阶段（E）							
拆解/拆卸 过程	物料消耗种类					物料消耗量	
	能源消耗种类					能源消耗量	
	温室气体直接排放量						
运输过程	运输方式			运输距离		运输量	
废弃过程	废弃处理方式						
回收处理 过程	物料消耗种类					物料消耗量	
	能源消耗种类					能源消耗量	
	温室气体直接排放量						

附 录 C
(资料性)
次级数据采集信息

次级数据采集表见表 C. 1。

表 C. 1 次级数据采集表

次级数据		数据来源	数据获取方式	时间相关性	区域相关性	技术相关性	使用量
资源	不饱和聚酯树脂						
	乙烯基酯树脂						
	环氧树脂						
	玻璃纤维						
	碳纤维						
	胶黏剂						
	脱模剂						
	固化剂						
	金属件						
							
	水						
能源	电力						
	柴油						
							
运输	公路运输						
	铁路运输						
							

附 录 D
(资料性)
数据质量评价方法

D.1 数据质量评价体系表见表 D.1。评价体系包括数据来源可靠性、数据完整性、时间相关性、地理相关性与技术相关性 5 项评价指标，并在每项指标中用 5 分制来表征数据质量，其中 1 表示数据质量最好，5 表示数据质量最差。

表 D.1 数据质量评价体系表

数据质量评价指标	分值				
	1	2	3	4	5
数据来源可靠性	基于现场调查或测量的原始数据，并被验证过其合理性	基于现场调查或测量的原始数据但未被验证过其合理性；或基于计算的数据，并被验证过其合理性	基于计算的数据但未被验证过其合理性；或基于估算的数据，但被验证过其合理性。	基于估算的数据，虽未被验证过其合理性，但由合适的人（如行业专家）完成并进行了文件记录。	基于估算的数据，未被验证过其合理性且无文件记录。
完整性	所有的流都被记录；整个过程包括了全部的过程数据，或者过程以非常详细的形式建模。若完全满足相关标准中所要求的取舍准则，也可被认为是非常好的完整性	所有相关的流都被记录；基本上满足相关标准中所要求的取舍准则	部分相关的流被记录	很多相关的流都未被记录	没有关于完整性的文档记录
时间相关性	≤1 年	>1 年，≤5 年	>5 年，≤10 年	>10 年，≤15 年	>15 年，或未知
地理相关性	本区域数据	包含本区域的较大区域范围平均数据	类似生产条件的区域数据	稍微类似生产条件的区域数据	未知或生产条件完全不同的区域数据
技术相关性	从生产链直接获得的数据	代表相同工艺、相同技术水平的数据	代表相同工艺，相近技术水平的数据	代表相同工艺、技术水平差距较大的数据	未知或不同工艺的数据

D.2 基于期望值方法，通过综合每项数据质量指标来表征输入输出数据的总体数据质量评价系数（R），按式（D.1）计算，可按以下要求对数据质量进行评价：

- a) 系统边界内某单元过程碳足迹量化结果占比超过 70%，则 $R \leq 50$ ；
- b) 系统边界内某单元过程碳足迹量化结果占比在 10% ~ 70% 之间，则 $R \leq 75$ ；

c) 系统边界内某单元过程碳足迹量化结果占比不超过 10%，则使用可获得的数据即可。

$$R = \left(\frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n q_i - \frac{1}{4} \right) \times 100 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：*R*——数据质量评价系数；
n——评价指标数量，本文件中 *n* 为 5；
q_i——每个评价指标分值。



附 录 E
(资料性)
GWP 参考值

温室气体全球变暖潜势见表 E. 1。

表 E. 1 部分温室气体的 GWP

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP (截至出版时)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17400
六氟化硫	SF ₆	25200
氢氟碳化物 (HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物 (PFCs)		
全氟甲烷 (四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷 (六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620
注：部分 GHG 的 GWP 来源于 IPCC 《气候变化报告 2021：自然科学基础第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》。		

附 录 F
(资料性)
产品碳足迹报告（模板）

产品碳足迹报告模板见下：

产品碳足迹报告（模板）

产 品 名 称：_____

产 品 规 格 型 号：_____

生 产 者 名 称：_____

报 告 编 号：_____

出 具 报 告 机 构：_____（盖章）

日 期：_____

一、概况

1. 生产者信息

生产者名称：_____

地址：_____

统一社会信用代码：_____

法定代表人：_____

授权人（联系人）：_____

联系电话：_____

企业概况：_____

2. 产品信息

产品名称：_____

产品执行标准：_____

产品功能：_____

主要性能指标：_____

产品介绍：_____

产品图片：_____

生产工艺流程：_____

3. 量化方法

依据标准：_____

二、量化目的

三、量化范围

1. 功能单位或声明单位

以_____为功能单位或声明单位。

2. 系统边界

将系统边界界定为：原料获取阶段、产品生产阶段、产品销售阶段、安装和使用阶段、生命末期。

图1 ××产品碳足迹量化系统边界图

3. 取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4. 时间范围

_____年度。

四、清单分析

1. 数据来源说明

初 级 数 据 ： _____

次 级 数 据 ： _____

2. 分配原则与程序

分 配 依 据 ： _____

分 配 程 序 ： _____

具体分配情况如下：

3. 清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表1。

表1 ××产品生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	排放因子	温室气体量 (kg/功能单位或声明单位)
原料获取阶段			
产品生产阶段			
产品分销阶段			
安装和使用阶段			
生命末期阶段			

4. 数据质量评价

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价，具体评价内容包括：数据来源、完整性、数据代表性（时间、地理、技术）。

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

一般选择IPCC给出的100年GWP。

2. 产品碳足迹结果计算

3. 附加环境信息（如有）

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司（填写产品生产者的全名）生产的_____（填写所评价的产品名称，每□功能单位/□声明单位的产品），从____（填写某生命周期阶段）到____（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹为_____ kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表2和图2所示。

表2 ××产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹[kgCO ₂ e/功能单位（声明单位）]	百分比（%）
原料获取阶段		
产品生产阶段		
产品分销阶段		
安装和使用阶段		
生命末期阶段		
总计		

注：具体产品生命周期阶段碳排放分布图一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

图2 ××各生命周期阶段碳排放分布图

2. 假设和局限性说明

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3. 改进建议

4. 产品碳足迹绩效追踪（可选项）