

团体标准

T/CIA 007—2023

产品碳足迹量化方法 风力发电机组叶片

Methods for quantifying the carbon footprint of products - wind turbine blades
(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国复合材料工业协会 发布



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版、影印版，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可与发布机构获取。

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 提出并归口。

主要起草单位：。

主要起草人：。

本文件为首次发布。

产品碳足迹量化方法 风力发电机组叶片

1 范围

本文件规定了风力发电机组叶片产品碳足迹量化的基本规则和要求，包括术语和定义、量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告和产品碳足迹声明等。

本文件适用于风力发电机组叶片的产品碳足迹评价。

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 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24025和GB/T 32150界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

产品碳足迹 carbon footprint of a product

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于生命周期评价，使用气候变化单一影响类别。

注1：一个产品碳足迹可分解成一组数字，确定具体的温室气体排放量和清除量。一个产品碳足迹也可以被分解成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，以每个功能单元的二氧化碳当量质量表示。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.1]

3.2

生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.1]

3.3

生命周期评价 life cycle assessment; LCA

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

[来源: GB/T 24044-2008, 3.2]

3.4

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis; LCI

生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

[来源: GB/T 24044-2008, 3.3]

3.5

生命周期影响评价 life cycle impact assessment; LCIA

生命周期评价中理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

[来源: GB/T 24044-2008, 3.4]

3.6

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目的和范围的要求对清单分析和（或）影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

[来源: GB/T 24044-2008, 3.5]

3.7

产品种类规则 product category rules (PCR)

对一个或多个产品种类进行III型环境声明所必须满足的一套具体的规则、要求和指南。

[来源: GB/T 24025-2009, 3.5]

3.8

温室气体 greenhouse gas

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1: 包括二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亚氮 (N₂O)、氢氟碳化合物 (HFCs)、全氟碳化合物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆) 和三氟化氮 (NF₃) 等。

[来源: GB/T 32150-2015, 3.1, 有修改]

3.9

功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[来源: GB/T 24040-2008, 3.20]

3.10

声明单位 declared unit

产品数量, 用来量化部分产品碳足迹的基准单位。

注: 例如重量 (1公斤原钢)、体积 (1升原油) 等。

[来源: ISO 14067:2018, 3.1.3.87]

3.11

单元过程 unit process

生命周期评价中为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24040-2008，3.34]

3.12

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质或能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在评价范围之外所作的规定。

[来源：GB/T 24040-2008，3.18]

3.13

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算而得到的过程或活动的量化值。

注1：初级数据不是必须来自所量化的产品系统，因为初级数据可能涉及其他与所量化的产品系统具有可比性的产品系统。

注2：初级数据可以包含温室气体排放因子和/或温室气体活动数据。

[来源：ISO 14067:2018，3.1.6.1]

3.14

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注1：次级数据可以包括数据库和公开文献中的数据、国家清单中的缺省排放因子、计算数据、估计值或其他经主管部门验证的代表性数据。

注2：辅助数据可以包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源：ISO 14067:2018，3.1.6.3]

3.15

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源：GB/T 24040-2008，3.17]

3.16

全球增温潜势 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的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.15]

3.17

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.13]

4 量化方法

采用生命周期评价方法进行风力发电机组叶片产品碳足迹量化，包括四个阶段，即目的和范围界定、清单分析、影响评价和结果解释。

5 量化目的

通过量化风力发电机组叶片生命周期过程中气候变化环境影响，提出风力发电机组叶片在产品研发设计、生产制造和回收利用各环节减少温室气体排放的改进方案和建议。

6 量化范围

6.1 功能单位

功能单位包含产品名称、规格型号、重量、功能描述和技术参数（长度，功率，特种材料等）信息。

本文件功能单位定义为“一支风力发电机组叶片”。

6.2 系统边界

6.2.1 概述

风力发电机组叶片产品的系统边界涵盖原材料获取及加工、生产制造、分销（运输）、使用、回收报废五个阶段，具体系统边界内容如图1所示。

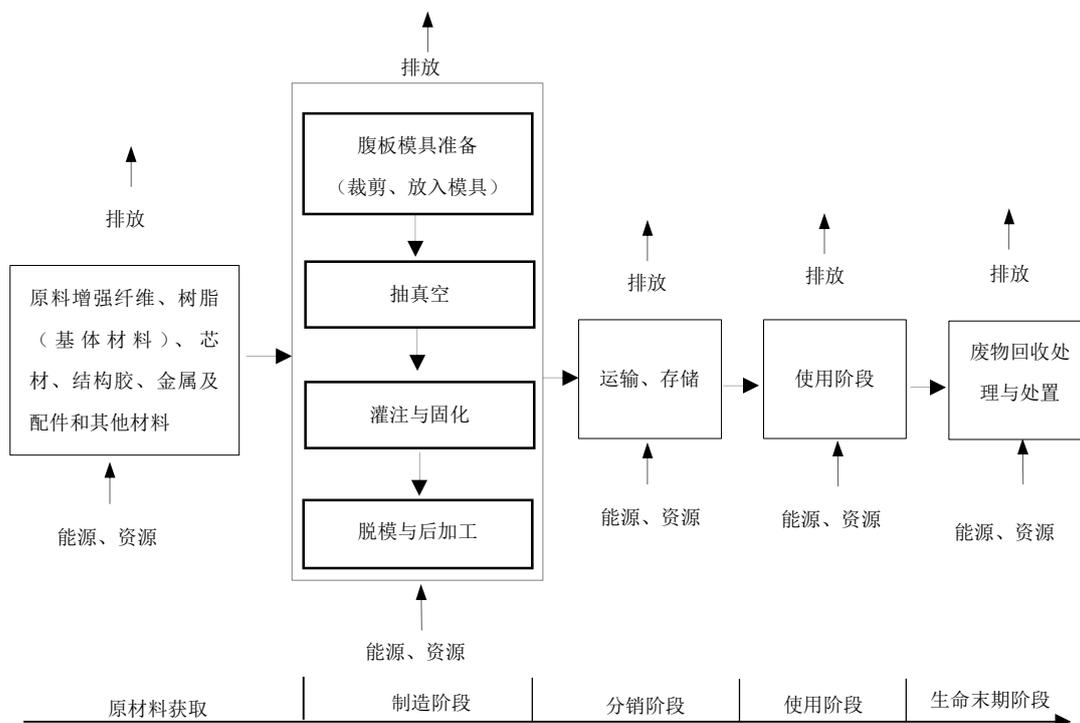


图1 风力发电机组叶片产品生命周期系统边界示例图

6.2.2 原材料获取阶段：

原材料获取阶段应包括：

- a) 构成1支风力发电机组叶片材料包括增强纤维、树脂（基体材料）、芯材、结构胶、金属及配件和其他材料等；
- b) 制造零部件所需原材料的生产（开采、处理和成型等）和运输，零部件的成型与制造过程，从材料、零部件和组件供应商的生产地点到产品组装地点和（或）包装地点之间的运输；
- c) 包装材料的生产运输，包括1支风力发电机组叶片的包装、说明书、标识等。

6.2.3 生产制造阶段

组装1支风力发电机组叶片（功能单位）并进行包装和出厂运输至销售商的过程，是产品形成的核心阶段。风力发电机组叶片核算边界内的具体生产工艺流程如图2所示。

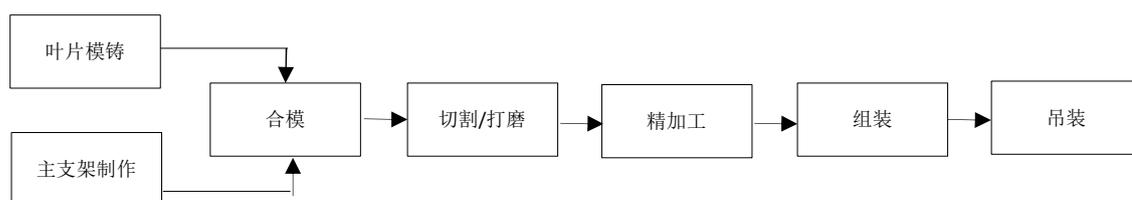


图2 风力发电机组叶片生产工艺流程图

6.2.4 分销（运输）阶段

1支风力发电机组叶片从企业出厂运输至各级销售商的过程。

6.2.5 使用阶段

1支风力发电机组叶片使用时产品使用、更换和产品操作辅助系统耗能和耗水。

6.2.6 生命末期阶段

生命末期风力发电机组叶片所需要的运输，包括从使用者至产品收集地点，再至最终处置地点的运输阶段，以及废弃产品拆解、分选、运输、处理和处置（废弃物或处理和垃圾焚烧或填埋）的过程。

7 清单分析

7.1 概述

应按以下步骤编制风力发电机组叶片产品系统边界内的生命周期清单：

- a) 数据收集和确认；
- b) 数据分配；
- c) 取舍准则。

7.2 数据收集和确认

7.2.1 数据收集和确认步骤

风力发电机组叶片产品数据收集应遵循以下步骤：

- a) 确定数据收集范围，应包含系统边界内所有单元过程；
- b) 收集纳入生命周期清单中的定性和定量数据，用来量化单元过程的输入输出；
- c) 可通过建立质量平衡、能量平衡和（或）排放因子的比较分析等方法，在数据收集过程中对数据的有效性进行检查（数据确认）；
- d) 将系统边界的输入输出数据与功能单位建立联系，主要包括初级数据和（或）次级数据；
- e) 详细记录数据来源等信息，进行数据质量评价。

7.2.2 初级数据收集

通过直接测量、计算、估算或调查获得的数据为初级数据，应包括风力发电机组叶片产品系统边界内各单元过程的所有输入输出数据。输入包括消耗的原材料、能源、辅助材料、包装材料和水等，输出包括产品、副产品和排放物。

初级数据来源包括但不限于：

- 原材料采购和预加工数据；
- 原材料由原材料供应商运输至风力发电机组叶片产品生产工厂处的运输数据；
- 生产过程的能源与水资源消耗数据；
- 原材料分配及用量数据；
- 包装材料数据，包括原材料包装数据；
- 由工厂运输至运营方至使用方，或由使用方至运营方的运输数据；
- 运营过程的能源与水资源消耗数据；
- 运营方废弃的产品数据。

7.2.3 次级数据收集

应尽量使用初级数据，如果初级数据缺乏，可以选择次级数据。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、从代替过程获得的数据或其他具有代表性的数据，推荐使用本土化数据库（优先选择代表国内平均水平的生命周期评价数据）。次级数据包括但不限于主要原材料和能源数据等。

7.3 数据分配

在风力发电机组叶片产品系统边界设置或数据收集时，若发现至少有一个单元过程的输入和输出包含多个产品，应按以下原则将输入和输出在产品生命周期内进行分配：

- a) 尽量避免进行数据分配；
- b) 一个单元过程分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等；
- c) 优先使用物理关系参数进行分配，例如在风力发电机组叶片产品生产阶段，因生产的产品主要成分比较一致，选取“重量分配”作为分摊的比例，即重量越大的产品，其分摊额度就越大；
- d) 无法找到物理关系时，可根据产品的经济价值按比例将输入输出数据分配到共生产品；
- e) 有些输出可能同时包括共生产品和废物，此时应确定两者的比例；
- f) 对系统中相似的输入输出，应采用同样的分配程序；
- g) 当同时有几种备选分配程序时，应通过敏感性分析阐明偏离所选方法产生的影响。

7.4 数据取舍原则

风力发电机组叶片产品生命周期系统边界内物质流或能量流对某一单元过程的碳足迹无实质性贡献时，可将其作为数据排除项排除并进行报告，原则如下：

- a) 所有能源的输入均列出；
- b) 所有原料的输入均列出；
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 1% 的项目输入可忽略；
- d) 主要大气和水体的排放均列出；
- e) 小于固体废物排放总量 1% 的一般性固体废物可忽略；
- f) 排放源温室气体排放量估测值小于或等于产品生命周期内温室气体排放量估测值的 1%，可忽略。但所有忽略排放源的温室气体排放总量估测值不得超过产品生命周期内温室气体排放量估测值的 5%。
- g) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略；
- h) 任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中，不可忽略。

7.5 清单计算

对所收集的数据进行分析、汇总和处理，可得到全部输入与输出物质和温室气体排放清单。风力发电机组叶片产品碳足迹量化数据收集表可参考附录A。

8 影响评价

8.1 概述

应通过排放或清除的温室气体的质量乘以政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的 100 年全球变暖潜势（GWP），具体数值可参考附录 C，来计算风力发电机组叶片产品系统每种温室气体排放和清除的潜在气候变化影响，单位为每千克排放量的千克二氧化碳当量。风力发电机组叶片产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。

若 IPCC 修订了全球变暖潜势值（GWP），应使用最新数值，否则应在报告中说明。

除 GWP100 外，还可以使用 IPCC 提供的其他时间范围的全球变暖潜势（GWP）和全球温度变化潜势（GTP），但应单独报告。

注：100 年全球变暖潜势（GWP 100）代表短期的气候变化影响，可反映变暖速度。100 年全球温度变化潜势（GTP 100）代表长期的气候变化影响，可反映长期温升。与其他时间范围相比，选择 100 年的时间范围并无

任何科学依据。该时间范围是国际公约的一个价值判断，它权衡了不同时间范围内可能发生的影响。

8.2 产品碳足迹计算

风力发电机组叶片产品碳足迹计算方法，见公示（1）：

$$CFP_{GHG} = \sum (\text{活动数据}_i \times \text{排放系数}_i \times GWP_i) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

CFP_{GHG} ——风力发电机组叶片产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（ $kgCO_2e$ ）；

活动数据 $_i$ ——第 i 种活动的温室气体排放和清除相关数据（包括初级数据和次级数据），单位根据具体排放源确定；

排放系数 $_i$ ——第 i 种活动对应的温室气体排放系数，可参考附件 D，单位与温室气体活动数据相匹配；

GWP_i ——第 i 种活动对应的全球变暖潜势值（GWP），可参考附件 C。

9 结果解释

结果解释可包括以下内容：

- a) 根据产品碳足迹的量化目的、范围和结果，确定重大问题；
注1：重大问题可以是生命周期阶段、单元过程或流程。
- b) 完整性、一致性、不确定性和敏感性分析，例如重要输入、输出和方法选择（取舍原则和分配程序）进行敏感性分析；
- c) 结论、局限性和建议的编制。

10 产品碳足迹报告

依据附录B中的产品碳足迹研究报告模板提供产品碳足迹报告。

附录 A

(资料性)

风力发电机组叶片产品碳足迹量化数据收集表

表A.1 风力发电机组叶片原材料清单

类别	原料名称	规格型号	材料种类	重量 (kg)	数量
产品 本体	增强纤维				
	树脂 (基体材料)				
	芯材				
	结构胶				
				
用于辅助功 能的零部件	金属及配件				
	其他材料				
				

表 A.2 风力发电机组叶片运输阶段清单

运输对象/ 零部件名称	质量 (吨/t)	运输距离 (公里/km)	运输工具	燃料类型	单位产品运输 距离 (km/t)
风力发电 机组叶片					
.....					

表 A.3 风力发电机组叶片生产阶段清单

能耗/其他物质消耗量种类	单位	单位产品消耗量
电		
水		

气		
.....		

表 A.4 风力发电机组叶片使用阶段清单

类别	单位	数值
使用寿命		
运转效能		
.....		

表 A.5 风力发电机组叶片回收处理阶段清单

回收工艺	处理对象	处理量 (kg)	消耗能源 种类	单位处理量 能耗 (GJ/kg)	污染物 种类	单位处理量 污染物排放 量 (kg/kg)
破碎						
分选						
回收						
.....						

附录 B
(资料性)
产品碳足迹研究报告模板

产品碳足迹研究报告（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：（若有）_____（盖章）

日期：____年__月__日

一、概况

1、生产者信息

生产者名称：

地址：

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：

产品功能：

产品介绍：

产品图片：

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

原材料获取阶段 生产阶段 分销阶段 使用阶段 生命末期阶段

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 _____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	碳足迹 (kg CO ₂ e/功能单位)
原材料获取				
生产				
分销	运输			
	仓储			
使用				
生命末期				

4、数据质量评价（可选项）

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）和准确性。

五、影响评价

1、影响类型和特征化因子选择

一般选择政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的100年全球变暖潜势（GWP）。

2、产品碳足迹结果计算

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1所。

表2 ___生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹（kg CO ₂ e/功能单位）	百分比（%）
原材料获取		
制造		
分销		
使用		
生命末期		
总计		

图1 **各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。

2、假设和局限性说明（可选项）

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

附录 C
(资料性)
全球增温潜势

在计算用于GHG全球增温潜势值时，须参照表C.1中的规定。

表C.1 部分温室气体的全球变暖潜势

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	17,400
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 FCHF 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：部分温室气体的全球变暖潜势来源于气候变化专门委员会（IPCC）《气候变化报告2021：自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》。		

附录 D
(资料性)
常用参数的推荐值

表 D.1 常用燃料相关参数的推荐值

燃料种类		单位	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
固体燃料	无烟煤	kg/GJ	9.83E+01	1.00E-03	1.50E-03
	烟煤	kg/GJ	9.46E+01	1.00E-03	1.50E-03
	褐煤	kg/GJ	1.01E+00	1.00E-03	1.50E-03
	石油焦	kg/GJ	9.75E+01	3.00E-03	6.00E-04
	煤矸石	kg/GJ	9.46E+01	1.00E-03	1.50E-03
	焦炭	kg/GJ	1.07E+02	1.00E-02	1.50E-03
液体燃料	汽油（固定源）	kg/GJ	6.93E+01	3.00E-03	6.00E-04
	汽油（移动源）	kg/GJ	6.93E+01	5.00E-02	2.00E-03
	柴油（固定源）	kg/GJ	7.41E+01	4.15E-03	2.86E-02
	柴油（移动源）	kg/GJ	7.41E+01	3.90E-03	3.90E-03
	液化天然气	kg/GJ	6.42E+01	3.00E-03	6.00E-04
	液化石油气	kg/GJ	6.31E+01	1.00E-03	1.00E-04
气体燃料	天然气（固定源）	kg/GJ	5.61E+01	1.00E-03	1.00E-04
	焦炉煤气	kg/GJ	4.44E+01	1.00E-03	1.00E-04

表 D.2 常用燃料低位发热量的推荐值

燃料品种	计量单位	低位发热量 (GJ/t, GJ/10 ⁴ Nm ³)
无烟煤	t	26.7
烟煤	t	19.570
原油	t	41.816
汽油	t	43.070
柴油	t	42.652
液化天然气	t	51.434
液化石油气	t	50.179
天然气	10 ⁴ m ³	389.31

表 D.3 各类运输方式的碳排放因子

运输方式类别	碳排放因子 (kgCO ₂ e/ (t·km))
轻型汽油货车运输 (载重 2t)	0.334
中型汽油货车运输 (载重 8t)	0.115
重型汽油货车运输 (载重 10 t)	0.104
重型汽油货车运输 (载重 18t)	0.104
轻型柴油货车运输 (载重 2t)	0.286
中型柴油货车运输 (载重 8t)	0.179
重型柴油货车运输 (载重 10t)	0.162
重型柴油货车运输 (载重 18t)	0.129
重型柴油货车运输 (载重 30t)	0.078
重型柴油货车运输 (载重 46t)	0.057
铁路运输 (中国市场平均)	0.010
液货船运输 (载重 2000t)	0.019
干散货船运输 (载重 2500t)	0.015

表 D.4 其他排放因子推荐值

参数名称	单位	CO ₂ 排放因子
电力消费的排放因子	tCO ₂ /MWh	采用国家最新发布值
热力消费的排放因子	tCO ₂ /GJ	0.11

参 考 文 献

- [1] ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures
- [2] ISO 14026:2017 Environmental labels and declarations - Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information
- [3] IPCC 《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》，Richard P. Allan., Paola A. Arias., Sophie Berger., Josep G. Canadell., Christophe Cassou., Deliang Chen., Annalisa Cherchi., Sarah L. Connors., Erika Coppola., Faye Abigail Cruz., et al, 剑桥大学出版社
-