

中华人民共和国国家标准

GB/T 47661—2026

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 风力发电

Greenhouse gases—Quantification method and requirements for carbon
footprint of products—Wind power generation

2026-07-02 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原则 2

5 量化目的 3

6 量化范围 3

7 清单分析 5

8 影响评价 8

9 结果解释..... 10

10 产品碳足迹报告 11

附录 A（资料性） 常用碳足迹因子缺省值 12

附录 B（资料性） GWP 参考值 15

附录 C（资料性） 产品碳足迹报告(模板) 16

参考文献 20

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会和全国碳排放管理标准化技术委员会(SAC/TC 548)共同归口。

本文件起草单位：中国电力企业联合会、华电电力科学研究院有限公司、中国华电集团有限公司、龙源(北京)碳资产管理技术有限公司、中国三峡新能源(集团)股份有限公司、中国华电集团碳资产运营有限公司、中国标准化研究院、北京中创碳投科技有限公司、东方电气集团科学技术研究院有限公司、中国华电集团有限公司浙江分公司、东方电气风电股份有限公司、华电(浙江)新能源有限公司、国家能源集团电力营销中心有限公司、北京低碳清洁能源研究院、中国科学院重庆绿色智能技术研究院、中国大唐集团绿色低碳发展有限公司、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心。

本文件主要起草人：张晶杰、杨富春、庄荣、刘华、范炜、田鑫、张洁、朱德臣、王莉、孙友源、郑文广、黄鑫水、李洪吉、王建峰、石丽娜、杨帆、郭琍丽、陈昭、徐新星、童一飞、张壮、刘莉、刘羿鑫、刘静、魏子杰、冯田丰、于伟静、李静渊、吕东、汪渊、崔倩、谷尔雪、单然、胡永飞、金赫、厉逸文、黄文江、吉伟、祝仟、赖力、黄小波、何晟霖、刘建雅、唐进、李哲、肖艳、鲁伦慧、张浩博、宋胜男、王旭涛、宋明光、王静、刚良、刘亦芳、张洋洋、伍宏环、张晋睿、邵媛、韩宇、田野、宋波、秦亚琦、刘志敏、杜歆欣、刘志强、魏玲、董博、雷雨蔚、王晨龙、蒋承志、杨蕊。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求

风力发电

1 范围

本文件确立了风力发电产品碳足迹的量化原则,规定了量化目的和范围、清单分析、影响评价、结果解释和产品碳足迹报告等内容。

本文件适用于风力发电产品碳足迹量化。

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 2900.53 电工术语 风力发电机组
- 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 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
- GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- GB/T 32151.2—2015 温室气体排放核算与报告要求 第2部分:电网企业
- DL/T 1365 名词术语 电力节能

3 术语和定义

GB/T 2900.53、GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067、GB/T 32150、DL/T 1365 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风力发电 wind power

将风的动能转换为电能。

[来源:GB/T 2900.53—2001,2.1.2,有修改]

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地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内辐射的气态成分。

注:本文件涉及的温室气体主要考虑二氧化碳(CO₂)和六氟化硫(SF₆)。

[来源:GB/T 32150—2015,3.1,有修改]

3.3

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 32150—2015,3.16,有修改]

3.4

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。

[来源:GB/T 24067—2024,3.1.1]

3.5

生命周期 life cycle

产品相关的连续且相互连接的阶段,包括原材料获取或从自然资源中生成原材料至生命末期处理。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.2]

3.6

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]

3.7

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]

3.8

活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源:GB/T 32150—2015,3.12]

3.9

上网电量 on-grid energy

发电企业在电网电量计量点向系统(电网)输入的电量,即发电企业向市场出售的电量。

[来源:DL/T 1365—2014,4.1.4,有修改]

3.10

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所作出的规定。

[来源:GB/T 24044—2008,3.18]

3.11

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]

4 原则

4.1 概述

4.2~4.8 的原则是风力发电产品碳足迹量化的基础。

4.2 相关性

数据和方法的选取适用于所研究系统产生的温室气体(GHG)排放量的评价。

4.3 完整性

在产品碳足迹研究中,将所有对产品系统有显著贡献的 GHG 排放量都包括在内,显著程度取决于取舍准则。

4.4 一致性

在产品碳足迹研究的全过程中,使用相同的假设、方法和数据,以得到与目的和范围一致的结论。

4.5 统一性

采用国际上已认可并已应用于具体产品种类的方法、标准和指南,以提高任何特定产品种类中产品碳足迹之间的可比性。

4.6 准确性

产品碳足迹和产品部分碳足迹的量化是准确的、可核查的、相关的、无误导性的,并尽可能地减少偏差和不确定性。

4.7 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关问题。披露所有相关假设,并适当引用所使用的方法和数据来源。明确地解释所有估计值并避免误差,以使产品碳足迹研究报告如实地阐明其意图说明的内容。

4.8 避免重复计算

相同的 GHG 排放量仅分配一次,以避免 GHG 排放量的重复计算。

5 量化目的

本文件用于量化风力发电产品生命周期温室气体排放量(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) 识别风力发电生命周期碳排放的关键环节和主要因素,提高风力发电生命周期低碳管理水平;
- b) 明确和传递碳足迹信息,推动上游供应链低碳措施实施,为下游产品碳足迹量化提供依据。

6 量化范围

6.1 功能单位

风力发电产品的功能单位为 1 kW·h 电量。

6.2 系统边界

6.2.1 系统边界设置

本文件界定的风力发电产品生命周期系统边界包括原材料及生产设备获取阶段、运输阶段、设施建

设阶段、生产及退役阶段、输配电阶段。风力发电产品系统边界示意图见图 1。

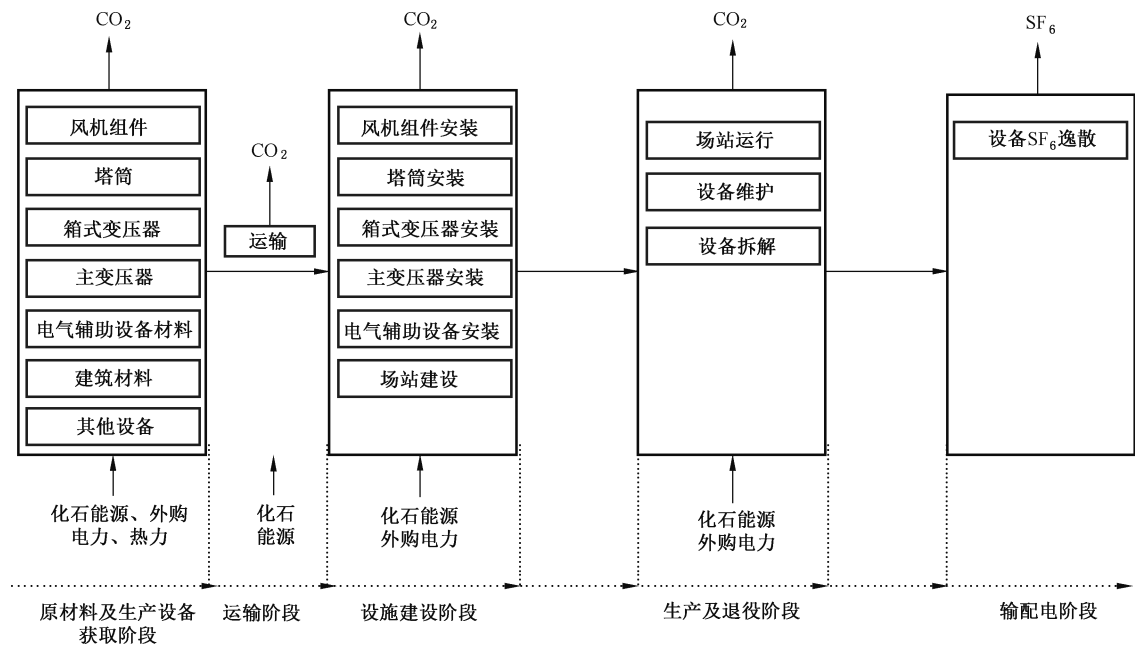


图 1 风力发电产品系统边界示意图

6.2.2 原材料及生产设备获取阶段

原材料及生产设备获取阶段包括但不限于从上游企业获得风机组件、塔筒、箱式变压器、主变压器、电线电缆等设备。该阶段包含钢、铁、铜、铝、玻璃纤维、环氧树脂等原材料的开采、加工等活动或再生材料的获取、加工等活动和设备制造等能源或资源消耗活动。本阶段包括对混凝土、钢筋等建筑材料的获取和加工。

6.2.3 运输阶段

运输阶段包括但不限于将风机叶片、轮毂、机舱、发电机、变压器等生产设备和原材料从上游企业运至风电场地的运输过程。

6.2.4 设施建设阶段

设施建设阶段包括风电场基础设施的建设以及设备的安装，包括但不限于塔座固定，风机设备吊装，电缆敷设，架空线路、配电装置、监控系统等的配置安装和土方工程、构建筑物、场地及地下设施的施工建设等。本文件不包括土地生态修复产生的影响。

6.2.5 生产及退役阶段

生产及退役阶段是运营发电的整个过程，包括但不限于对外购电力、汽油、柴油等能源的消耗，涉及风机、电缆、杆塔等设备的维修、更换和拆解施工，也包括出于运营和维护目的的材料运输与交通运输等活动。

6.2.6 输配电阶段

输配电阶段为风力发电产品经输配电设备输送到用户使用的过程，该阶段使用六氟化硫设备检修与退役过程存在六氟化硫逸散情况。

6.3 取舍准则

若某单元过程的温室气体排放估测值小于或等于风力发电生命周期内温室气体排放估测值的1%，则该值可被忽略舍弃。但所有被忽略的温室气体排放不应超过风力发电生命周期内温室气体排放估测值的5%。

7 清单分析

7.1 收集原则

产品碳足迹研究使用数据尽可能地减少偏差和不确定性。数据质量的特征应包括定量和定性两个方面，相关特性描述涉及以下方面：

- a) 时间覆盖范围：宜选择碳足迹排放量化数据具有针对性的时间段，风力发电产品碳足迹量化的时间段应涵盖整个生命周期阶段，根据风电机组的设计寿命确定；
- b) 地理覆盖范围：应优先选择对所核算风力发电具备地理针对性的数据；
- c) 技术覆盖范围：具体的技术或技术组合，应优先选择对所核算风力发电具备技术针对性的数据；
- d) 精度：应优先选择更精确（即具有最小统计方差）的数据；
- e) 数据来源：应清晰、透明，应明确是现场数据、初级数据或次级数据；
- f) 信息的不确定性：考虑参数、情景的不确定性，必要时开展敏感性分析和不确定度分析。

7.2 数据清单收集

7.2.1 原材料及生产设备获取阶段

该阶段的活动数据主要包括风机等生产设备的产品数量、重量或财务活动数据，还包括施工时混凝土、钢筋等建筑材料的消耗量，以及生产及退役阶段替换设备的活动数据。该阶段的排放因子数据，包括碳足迹因子和财务排放因子。原材料及生产设备获取阶段数据收集应按照表1的要求执行。

表 1 原材料及生产设备获取阶段数据收集

设备名称	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
风电机组	MW	设备可依据供应商提供的设备容量数据计量	kgCO ₂ e/W	a) 上游供应商提供的数据； b) 政府发布数据； c) 行业发布数据； d) 经评估的国内外主流数据库数据； e) 有关文献碳足迹因子； f) 附录 A 给出的缺省值； g) 财务排放因子
塔筒（主要材质钢铁）	t	通过经校验合格的计量罐、电子秤或汽车衡计量	kgCO ₂ e/kg	
变压器	台	设备可依据供应商提供的设备台数数据计量	kgCO ₂ e/台	
电线电缆	m	设备物料可依据供应商提供的设备长度数据计量	kgCO ₂ e/m	
防火涂料（环氧树脂）	t	通过经校验合格的计量罐、电子秤或汽车衡计量	kgCO ₂ e/t	

表 1 原材料及生产设备获取阶段数据收集（续）

设备名称	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
防腐漆	L	通过经校验合格的液位计测量体积。不具备测量条件的,采用供耗存台账中的消耗量数据	kgCO ₂ e /L	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经评估的国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 附录 A 给出的缺省值; g) 财务排放因子
空调	kg	设备物料可依据供应商提供的设备参数进行换算计量	kgCO ₂ e/kg	
水泥杆塔	t	采用经校验合格的汽车衡计量	kgCO ₂ e/t	
润滑油	kg	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量;或采用经校验合格的汽车衡计量	kgCO ₂ e/kg	
钢筋	t	通过经校验合格的计量罐、电子秤或汽车衡计量	kgCO ₂ e/t	

7.2.2 运输阶段

运输阶段的活动数据主要包括某种运输方式所对应设备材料的运输重量和运输距离;排放因子为采用某种运输方式所对应的碳足迹因子。运输阶段数据收集应按照表 2 的要求执行。

表 2 运输阶段数据收集

运输方式	运输方式统计要求	运输重量(t) 计量方法	运输距离(km) 计量方法	碳足迹因子来源 及优先序 kgCO ₂ /t • km
铁路运输	a) 统计运输方式为铁路运输、公路运输、海运运输或内河运输等; b) 统计某种运输方式具体的运输工具的型号,如 20 t 载重汽车、30 t 载重汽车等	a) 通过经校验合格的皮带秤、轨道衡、汽车衡等计量; b) 根据供货商供货设备参数进行查询	a) 国内权威的定位系统的实际距离; b) 采用物流运单上的距离; c) 通过专业物流地图获取推荐线路距离	a) 上游供应商提供的数据;
公路运输				b) 政府发布数据;
海运运输				c) 行业发布数据;
内河运输				d) 经评估的国内外主流数据库数据;
				e) 有关文献碳足迹因子;
				f) 附录 A 给出的缺省值

7.2.3 设施建设阶段

该阶段的活动数据主要包括安装和施工时,使用工程机具所消耗的外购电力、汽油、柴油等能源的耗用量。设施建设阶段数据收集应按照表 3 的要求执行。

表 3 设施建设阶段数据收集

类型	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
柴油	t	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量	tCO ₂ e/t	采用碳足迹因子,来源同表 1
汽油	t	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量	tCO ₂ e/t	采用碳足迹因子,来源同表 1
外购电力	kW·h	通过经校验合格的电表计量消耗量	kg CO ₂ e/(kW·h)	生态环境主管部门公布因子

7.2.4 生产及退役阶段

该阶段的活动数据主要包括电力、柴油、汽油等的消耗量。生产及退役阶段数据收集应按照表 4 的要求执行。

表 4 生产及退役阶段数据收集

类型	对象	活动数据		碳足迹因子	
		单位	计量方法	单位	来源及优先序
场站运行 设备维护	外购电力	kW·h	通过经校验合格的电表计量消耗量	kgCO ₂ e/(kW·h)	生态环境主管部门公布因子
	柴油	t	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量	tCO ₂ e/t	采用碳足迹因子,来源同表 1
	汽油	t	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量	tCO ₂ e/t	采用碳足迹因子,来源同表 1
设备拆解	外购电力	kW·h	通过经校验合格的电表计量消耗量	kgCO ₂ e/(kW·h)	生态环境主管部门公布因子
	柴油	t	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量	tCO ₂ e/t	采用碳足迹因子,来源同表 1
	汽油	t	通过经校验合格的液位计或者流量计测量体积,再换算为质量	tCO ₂ e/t	采用碳足迹因子,来源同表 1

7.2.5 输配电阶段

输配电阶段六氟化硫总排放量涉及的数据按照 GB/T 32151.2—2015 中 5.2.2 规定的方法收集;全国输配电碳足迹因子(不含线损)、全国线路损失率应采用政府部门、行业协会公布的最新数据;电力数据的收集应符合表 5 的要求。

表 5 输配电阶段数据收集

名称	数据获取方式
上网电量	风力发电企业在上网电量计量点向电网输入的电量,采用电表计量数据
直供电量	风力发电企业直接外供的电量,采用电表计量数据或结算凭证数据

7.3 数据审定

在数据采集过程中应对数据的有效性进行检查。数据的审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡和(或)排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于生命周期各阶段遵守物质和能量守恒定律,因此物质和能量的平衡能为单位过程描述的准确性提供有效的检查。

7.4 分配程序

数据的分配一般按以下顺序进行:

- 尽量避免或减少出现分配;
- 使用能反映其物理关系的方式来进行分配;
- 当物理关系不能确定或不能用作分配依据时,用其经济关系来进行分配。

8 影响评价

8.1 风力发电产品碳足迹量化

风力发电产品碳足迹量化方法见公式(1):

$$CFP_{wp} = \frac{(Em_{rs} + Em_{tr} + Em_{cs} + Em_{ps})}{(E_{oge} + E_{dps}) \times (1 - \eta)} + \frac{Em_{td}}{E_{oge} \times (1 - \eta)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- CFP_{wp} —— 风力发电产品碳足迹,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})$];
- Em_{rs} —— 原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);
- Em_{tr} —— 运输阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);
- Em_{cs} —— 设施建设阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);
- Em_{ps} —— 生产及退役阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);
- E_{oge} —— 风力发电全生命周期总上网电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);
- E_{dps} —— 风力发电全生命周期总直供电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);
- η —— 全国电网平均线损率,以百分数表示(%);计算直供电产品碳足迹时, η 取0;
- Em_{td} —— 输配电阶段温室气体总排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e)。计算直供电产品碳足迹时, Em_{td} 取0。

8.2 原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量化

原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量的计算方法见公式(2):

$$Em_{rs} = \sum (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- Em_{rs} —— 原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);
- AD_i —— 第*i*种设备或原材料的总量,单位为瓦(W)或台或吨(t)或立方米(m^3);当为财务活动数

据时,单位为万元;活动数据选择见表 1;

EF_i ——第 i 种设备或原材料的碳足迹因子,单位为千克二氧化碳当量每瓦($\text{kgCO}_2\text{e/W}$)或千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e/台}$)或千克二氧化碳当量每吨($\text{kgCO}_2\text{e/t}$)或千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e/m}^3$);当为财务排放因子时,单位为千克二氧化碳当量每万元($\text{kgCO}_2\text{e/万元}$);碳足迹因子选择见表 1。

8.3 运输阶段温室气体排放量化

对于运输设备和建筑材料所产生的温室气体排放量的计算,若可获得运输设备的能源或资源的耗用量,计算方法见公式(2)。若无法直接获得能源或资源的耗用量,可采用以下方法计算,见公式(3):

$$Em_b = \sum (AD_k \times L_k \times EF_k) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Em_b ——运输设备和建筑材料的温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);

AD_k ——第 k 种设备物料的运输重量,单位为吨(t);活动数据选择见表 2;

L_k ——第 k 种设备物料的运输距离,单位为千米(km);活动数据选择见表 2;

EF_k ——第 k 种设备物料的运输方式的碳足迹,单位为千克二氧化碳当量每吨千米 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})]$;碳足迹因子选择见表 2。

8.4 设施建设阶段温室气体排放量化

设施建设阶段温室气体排放量的计算方法见公式(4):

$$Em_{cs} = \sum (AD_j \times EF_j) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Em_{cs} ——设施建设阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);

AD_j ——第 j 种能源或资源的耗用量,当为汽油、柴油时,单位为吨(t);当为燃气时,为立方米(m^3);当为电能时,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);当为热能时,单位为吉焦(GJ);当采用财务活动数据时,单位为万元;活动数据选择见表 3;

EF_j ——第 j 种能源或资源的碳足迹因子;当为汽油、柴油时,单位为千克二氧化碳当量每吨($\text{kgCO}_2\text{e/t}$);当为燃气时,为千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e/m}^3$);当为电能时,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$;当为热能时,单位为千克二氧化碳当量每吉焦($\text{kgCO}_2\text{e/GJ}$);当采用财务排放因子时,单位为千克二氧化碳当量每万元($\text{kgCO}_2\text{e/万元}$);碳足迹因子选择见表 3。

8.5 生产及退役阶段温室气体排放量化

生产及退役阶段温室气体排放量的计算方法见公式(5):

$$Em_{ps} = \sum (AD_m \times EF_m) + \sum (AD_t \times EF_t) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Em_{ps} ——生产及退役阶段温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO_2e);

AD_m ——第 m 项生产阶段消耗资源的总质量,当为汽油、柴油等时,单位为吨(t);当为电能时,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);当采用财务活动数据时,单位为万元;活动数据选择见表 4;

EF_m ——第 m 项生产阶段所消耗资源的碳足迹因子,为汽油、柴油等时,单位为千克二氧化碳当量每吨($\text{kgCO}_2\text{e/t}$);当为电能时,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$;当为财务排放因子时,单位为千克二氧化碳当量每万元($\text{kgCO}_2\text{e/万元}$);碳足迹因子选择见表 4;

AD_t ——第 t 种用于拆解施工运输的能源耗用量,当为汽油、柴油时,单位为吨(t);当为电能时,单位为千瓦时(kW·h);当为财务活动数据时,单位为万元;活动数据选择见表 4;

EF_t ——第 t 种能源的碳足迹因子,当为汽油、柴油时,单位为千克二氧化碳当量每吨(kgCO₂e/t);当为电能时,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[kgCO₂e/(kW·h)];当为财务排放因子时,单位为千克二氧化碳当量每万元(kgCO₂e/万元);碳足迹因子选择见表 4。

8.6 输配电阶段温室气体排放量化

输配电阶段温室气体总排放量为使用六氟化硫设备检修与退役过程产生的六氟化硫的总排放量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e),按照 GB/T 32151.2—2015 中 5.2.2 规定的方法计算。计算直供电产品碳足迹时, Em_{td} 取 0。计算时所使用的全球增温潜势(GWP)参考值见附录 B。

只有当输配电阶段检修和退役设备的六氟化硫排放数据获取困难时,输配电阶段温室气体排放量化可简化,见公式(6):

$$Em_{td} = CFP_{td} \times E_{oge} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

CFP_{td} ——全国输配电碳足迹因子(不含线损),单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[kgCO₂e/(kW·h)],计算直供电产品碳足迹时, CFP_{td} 取 0。

8.7 风力发电全生命周期总上网电量

风力发电全生命周期总上网电量可采用以下公式进行估算,见公式(7):

$$E_{oge} = G \times \mu \times h \times a \times (1 - \beta) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_{oge} ——风力发电全生命周期总上网电量,单位为千瓦时(kW·h);

G ——风力发电机组容量,单位为千瓦(kW);

μ ——风力发电机组运行效率,%;

h ——风力发电实际年平均满负荷发电小时数,单位为小时每年(h/a);

a ——风力发电设计寿命,单位为年(a);

β ——风力发电厂用电率,%。

9 结果解释

9.1 结果解释步骤

风力发电产品碳足迹结果解释步骤如下:

- 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;
- 完整性、一致性和敏感性分析的评估;
- 结论、局限性和建议的编制。

9.2 结果解释内容

风力发电产品碳足迹结果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。

结果解释宜包括分析重要输入、输出和方法学选择(包括分配程序)的敏感性,以了解结果的敏感性

和不确定性。

10 产品碳足迹报告

10.1 基本要求

风力发电产品碳足迹报告应完整、准确、无偏向性阐述量化目的、结果及结论，应透明地、详细地阐述量化数据、方法、假设和局限性；报告的格式应于目标及范围界定阶段予以明确，结果和解释应能以符合量化目的的方式而被使用。

10.2 报告要素

产品碳足迹报告应包括但不限于下列内容(报告参考格式见附录 C)。

- a) 基本情况：
 - 1) 生产单位信息；
 - 2) 产品信息；
 - 3) 机组信息；
 - 4) 量化方法。
- b) 量化目的：
 - 1) 开展量化的目的；
 - 2) 预期用途。
- c) 量化范围：
 - 1) 功能单位；
 - 2) 系统边界；
 - 3) 取舍准则；
 - 4) 时间范围。
- d) 清单分析：
 - 1) 数据来源说明；
 - 2) 分配原则与程序；
 - 3) 清单结果及计算；
 - 4) 数据质量评价。
- e) 影响评价：
 - 1) 影响类型和特征化因子选择；
 - 2) 产品碳足迹结果计算。
- f) 结果解释：
 - 1) 结果说明；
 - 2) 假设和局限性说明(可选项)；
 - 3) 改进建议。

附 录 A
(资料性)
常用碳足迹因子缺省值

部分产品碳足迹排放因子见表 A.1。

表 A.1 产品碳足迹排放因子

碳足迹因子名称	数值	单位	数据来源
风电机组	1	kgCO ₂ e/W	CPCD 数据库
塔筒(主要材质钢铁)	2.240	kgCO ₂ e/kg	CPCD 数据库
变压器	184 420	kgCO ₂ e/台	CPCD 数据库
电线电缆	0.21	kgCO ₂ e/m	CPCD 数据库
防火涂料(环氧树脂)	6.609	kgCO ₂ e/t	CPCD 数据库
防腐漆	2.75	kgCO ₂ e /L	CPCD 数据库
空调	83.95	kgCO ₂ e/kg	CPCD 数据库
水泥杆塔	745	kgCO ₂ e/t	CPCD 数据库
润滑油	5.26	kgCO ₂ e/kg	CPCD 数据库
钢筋	2 140	kgCO ₂ e/t	CPCD 数据库
注：本表仅列出风机等主要设备的碳足迹排放因子，在碳足迹排放因子无法获得时，选择财务排放因子。			

建筑材料碳足迹排放因子见表 A.2。

表 A.2 建筑材料碳足迹排放因子

建筑材料类别	建筑材料碳足迹
普通硅酸盐水泥(市场平均值)	735 kgCO ₂ e/t
C30 混凝土	295 kgCO ₂ e/m ³
C50 混凝土	385 kgCO ₂ e/m ³
消石灰(熟石灰、氢氧化钙)	747 kgCO ₂ e/t
天然石膏	32.8 kgCO ₂ e/t
砂(f=1.6~3.0)	2.51 kgCO ₂ e/t
碎石(d=10 mm~30 mm)	2.18 kgCO ₂ e/t
混凝土砖(240 mm×115 mm×90 mm)	336 kgCO ₂ e/m ³
蒸压粉煤灰砖(240 mm×115 mm×53 mm)	341 kgCO ₂ e/m ³
烧结粉煤灰实心砖(240 mm×115 mm×53 mm,掺入量为 50%)	134 kgCO ₂ e/m ³
页岩实心砖(240 mm×115 mm×53 mm)	292 kgCO ₂ e/m ³
页岩空心砖(240 mm×115 mm×53 mm)	204 kgCO ₂ e/m ³
黏土空心砖(240 mm×115 mm×53 mm)	250 kgCO ₂ e/m ³

表 A.2 建筑材料碳足迹排放因子（续）

建筑材料类别	建筑材料碳足迹
煤矸石实心砖(240 mm×115 mm×53 mm,90%掺入量)	22.8 kgCO ₂ e/m ³
煤矸石空心砖(240 mm×115 mm×53 mm,90%掺入量)	16.0 kgCO ₂ e/m ³
注：本数据节选于 GB/T 51366—2019 中表 D.0.1。	

各类运输方式碳足迹排放因子见表 A.3。

表 A.3 各类运输方式碳足迹排放因子

运输方式类别	碳足迹/[kgCO ₂ e/(t·km)]
轻型汽油货车运输(载重 2 t)	0.334
中型汽油货车运输(载重 8 t)	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 18 t)	0.104
轻型柴油货车运输(载重 2 t)	0.286
中型柴油货车运输(载重 8 t)	0.179
重型柴油货车运输(载重 10 t)	0.162
重型柴油货车运输(载重 18 t)	0.129
重型柴油货车运输(载重 30 t)	0.078
重型柴油货车运输(载重 46 t)	0.057
电力机车运输	0.010
内燃机车运输	0.011
铁路运输(中国市场平均)	0.010
液货船运输(载重2 000 t)	0.019
干散货船运输(载重2 500 t)	0.015
集装箱船运输(载重 200TEU)	0.012
注：本数据源于 GB/T 51366—2019 中表 E.0.1。	

电力碳足迹因子见表 A.4。

表 A.4 电力碳足迹因子

年度	碳足迹	来源
2023年度	0.620 5 kgCO ₂ e/(kW·h)	生态环境主管部门公布因子
2024年度	0.577 7 kgCO ₂ e/(kW·h)	生态环境主管部门公布因子

化石燃油碳足迹排放因子见表 A.5。

表 A.5 化学燃油碳足迹排放因子

项目	碳足迹	来源
柴油	3.797 tCO ₂ e/t	CPCD 数据库
汽油	3.743 7 tCO ₂ e/t	CPCD 数据库

附 录 B
(资料性)
GWP 参考值

温室气体全球变暖潜势应采用最新值并在报告中说明,当前 GWP 参考值见表 B.1。

表 B.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
六氟化硫	SF ₆	23 500
注:数据来源于 IPCC 第六次评估报告。		

附 录 C
(资料性)
产品碳足迹报告(模板)

风力发电产品碳足迹报告(模板)见图 C.1。

风力发电产品碳足迹报告
(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: (若有) (盖章)
日 期: 年 月 日

图 C.1 风力发电产品碳足迹报告(模板)

一、概况

1.生产单位信息

生产单位名称:_____

地 址:_____

法定代表人:_____

授权人(联系人):_____

联系电话:_____

装机容量(MW):_____

2.产品信息

产 品 名 称:_____

产 品 介 绍:_____

额定功率(MW):_____

风 机 型 号:_____

3.量化方法

依 据 标 准:_____

二、量化目的

三、量化范围

1.功能单位

以_____为功能单位。

2.系统边界

原材料及生产设备获取阶段 运输阶段 设施建设阶段 生产及退役阶段 输配电阶段

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

图 C.1 风力发电产品碳足迹报告(模板)(续)

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 风力发电产品生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	碳足迹因子/排放因子	温室气体量 kgCO ₂ e/(kW·h)
原材料及生产设备获取阶段			
运输阶段			
设施建设阶段			
生产及退役阶段			
输配电阶段			

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:完整性、一致性、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 IPCC 给出的 100 年 GWP。

2.产品碳足迹结果计算

图 C.1 风力发电产品碳足迹报告(模板)(续)

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 所示。

表 2 风力发电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/(kW·h)]	百分比/%
原材料及生产设备获取阶段		
运输阶段		
设施建设阶段		
生产及退役阶段		
输配电阶段		
总计		

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

图 C.1 风力发电产品碳足迹报告(模板)(续)

参 考 文 献

- [1] GB/T 51366—2019 建筑碳排放计算标准
 - [2] ISO 14067:2018 温室气体 产品碳足迹 量化:要求和指南(Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification)
 - [3] PAS 2050:2011 商品和服务的温室气体排放生命周期评价规范(Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services)
 - [4] 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[政府间气候变化专门委员会(IPCC)]
 - [5] 关于发布 2024 年电力碳足迹因子数据的公告(生态环境部、国家统计局、国家能源局公告〔2025〕第 19 号)
-

