

ICS 27.180  
CCS F 11

# 团 体 标 准

T/CIECCPA 099—2025

## 风力发电站运营碳中和规范

Specification for carbon neutrality in the operation of wind power  
stations

2025 - 11 - 10 发布

2025 - 11 - 14 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

目 次

前言 .....II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 总体要求 ..... 2

    4.1 减排优先 ..... 2

    4.2 完整准确 ..... 2

    4.3 主动披露 ..... 2

    4.4 生态协同 ..... 2

5 组织保障 ..... 2

    5.1 管理机构 ..... 2

    5.2 最高管理者 ..... 3

6 碳减排实施 ..... 3

    6.1 节能降碳技术升级改造 ..... 3

    6.2 绿色运营 ..... 3

    6.3 绿色办公 ..... 3

    6.4 生态保护 ..... 3

7 碳排放核算 ..... 3

    7.1 核算边界 ..... 3

    7.2 核算步骤 ..... 3

    7.3 核算方法 ..... 4

    7.4 获取活动数据与排放因子 ..... 4

    7.5 计算与汇总温室气体排放 ..... 4

    7.6 数据验证 ..... 4

8 碳抵消方式 ..... 4

    8.1 碳抵消原则 ..... 4

    8.2 新建林业碳汇 ..... 5

    8.3 碳减排量 ..... 5

9 碳中和评价 ..... 5

    9.1 评价方法 ..... 5

    9.2 评价流程 ..... 5

    9.3 评价报告 ..... 5

10 碳中和声明 ..... 6

附录 A ..... 7

    A.1 温室气体排放源与温室气体种类识别 ..... 7

    A.2 直接排放 ..... 7

    A.3 能源间接排放 ..... 9

    A.4 其他间接排放 ..... 10

参考文献 ..... 13

## 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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、华能（福建）能源开发有限公司清洁能源分公司、华能新能源公司辽宁分公司、华能赫章风力发电有限公司、华能新能源股份有限公司、海南申能新能源有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、北京颀合科技有限公司、许继集团有限公司、许昌许继风电科技有限公司、浙江海风新能源科技发展有限公司、酒泉职业技术大学、华北电力科学研究院有限责任公司、北京绿碳循环信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：吴昊、叶知文、刘子煌、龚海舟、丁春兴、杜宝刚、蔡春辉、胡辉、解育才、邓向辉、叶林、任鑫、祝金涛、朱俊杰、方海鹏、吴跃亮、邹荔兵、魏煜锋、张烨、李贞兰、刘洋、程林志、王长彬、王舰、高开、程一峰、曹杰、周卫青、李朋、张文婷、梁晓苏、李成功。

# 风力发电站运营碳中和规范

## 1 范围

本文件规定了风力发电站运营过程实施碳中和活动的总体要求、组织保障、碳减排实施、碳排放核算、碳抵消方式、碳中和评价以及碳中和声明。

本文件适用于风力发电站运营阶段的碳中和管理、评价以及声明，对碳中和相关数据收集、核算方法、执行方式进行了规范。本文件不适用于风力发电站建设阶段碳中和，也不适用于风力发电站所属企业集团层面的整体碳中和。对于分布式风力发电站，其运营碳中和可参照本文件执行。

## 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 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 32151.1 温室气体排放核算与报告要求 第1部分：发电企业

GB/T 32128 海上风电场运行维护规程

NB/T 10585 风电场节能运行维护监督规程

NB/T 31087 风电场项目环境影响评价技术规范

DL/T 666 风力发电场运行规程

ISO 14064-1 温室气体 第1部分：组织层次上对温室气体排放和清除的量化与报告的规范及指南（Greenhouse gases-Part1:Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals）

ISO 14065 环境信息审定与核查机构通用原则和要求（General principles and requirements for bodies validating and verifying environmental information）

## 3 术语和定义

GB/T 32150、GB/T 32151.1、GB/T 24067、ISO 14064-1、ISO 14065界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**风力发电站** wind power station

装备风力发电机组，利用风能驱动风轮机带动发电机生产电能的发电站。

### 3.2

**风力发电站运营** operation of wind power station

风力发电站运营包括经营、运行、巡检、维护、检修等活动。

### 3.3

**温室气体排放因子** greenhouse gas 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 32150，3.13，有修改]

### 3.4

#### **碳抵消 carbon neutrality**

用在所研究组织活动边界以外的，通过避免排放、减少或清除的温室气体排放量来全部或部分抵偿产品碳足迹或产品部分碳足迹的机制。

[来源：GB/T 24067，3.1.7，有修改]

### 3.5

#### **碳减排量 carbon emission reduction**

温室气体减排行为所导致的温室气体排放减少的数量，以二氧化碳当量表示。

### 3.6

#### **碳中和 carbon neutrality**

在一定时间和范围内，人为二氧化碳排放量与人为二氧化碳清除量相平衡，从而实现净零二氧化碳排放。

### 3.7

#### **风力发电站运营直接排放 direct emission in the operation of wind power stations**

风力发电站运营范围内，由自身活动直接产生的温室气体排放。

### 3.8

#### **风力发电站运营间接排放 indirect emission in the operation of wind power stations**

风力发电站运营范围内，由外购电力、热力、所消耗的物资材料等间接产生的温室气体排放。

## 4 总体要求

### 4.1 减排优先

风力发电站优先通过优化自身运营活动实施温室气体减排策略，再通过碳抵消的方式中和其不可避免的温室气体排放量，实现碳中和。

### 4.2 完整准确

风力发电站确保碳排放量、碳减排量核算所确定的活动数据、排放因子准确，碳排放量和碳减排量计算结果准确，碳中和评价过程和结果完整准确。

### 4.3 主动披露

风力发电站运营碳中和实施过程中温室气体的相关信息应主动披露，使相关方能够及时有效获取。

### 4.4 生态协同

风力发电站运营碳中和应与周边生态保护协同推进，避免碳抵消项目对当地生态系统造成破坏。

## 5 组织保障

### 5.1 管理机构

风力发电站应设置碳中和管理机构，负责有关制度建设、实施、考核及奖励工作。碳中和管理机构应结合风力发电站运营过程中温室气体量化结果制定碳中和计划及实施方案，内容包括但不限于确定温室气体排放量核算边界与时间范围，识别温室气体排放源与气体种类，确定预估温室气体排放量，提出减排措施，明确碳抵消方式，并形成文件。

## 5.2 最高管理者

风力发电站所属组织的最高管理者应对外作出碳中和承诺，分配相关职责权限，确保相关资源的获得。

## 6 碳减排实施

### 6.1 节能降碳技术升级改造

推进节能技术升级改造，持续提高风力发电站运营过程中的能源使用效率，主要包括：

- a) 应做好风电机组运行优化和启停机管理，提高机组发电利用小时数；
- b) 应建立风电机组运行监测与数据分析平台，对机组运行进行状态监测分析；
- c) 应加强风电机组及其他电气设备巡检、维护、检修管理，减少非计划停运；
- d) 应定期开展风电机组叶片气动性能检测与优化，特别是对服役超过 15 年或者容量小于 1.5MW 的老旧风机优先开展“以大代小”技改增容，提高机组发电效率；
- e) 宜采用人工智能与大数据、智能运行控制、无人机与机器人巡检、电网协同与储能、构网型风电机组、设备回收与循环利用、数字化与碳管理等先进技术，降低温室气体排放。

### 6.2 绿色运营

绿色运营的措施主要包括：

- a) 宜采用无人机巡检、智能化少人值守方式，提高巡检效率；
- b) 运营车辆宜以电力或清洁能源为动力，推广绿色低碳出行；
- c) 运营期间产生的废弃物，应委托有资质单位处置，优先资源化回收利用。

### 6.3 绿色办公

绿色办公的措施主要包括：

- a) 倡导工作人员节约用电意识，推广使用高效节能设备，非高频活动区域采用感应照明，办公区空调温度夏季设限不低于 26℃，冬季设限不高于 20℃，以减少站用电量；
- b) 卫生间使用节水设施，并在张贴节约用水标识与提示信息；
- c) 推广无纸化、信息化办公，必要时尽量采用双面打印等方式减少纸张消耗；
- d) 打造绿色节约型食堂，应用节能灶具，合理控制燃料使用。

### 6.4 生态保护

利用风力发电站空闲土地，优先开展林草补植补造，形成“风电+生态保护”融合模式。

## 7 碳排放核算

### 7.1 核算边界

核算边界应包括风力发电站运营控制的物理区域，覆盖风场、升压站、办公区、员工宿舍、食堂等区域，涵盖经营、运行、巡检、维护、检修等活动，涉及设备包括对风电机组、箱式变压器、集电线路以及升压站内主变压器、GIS、SVG、控制柜、计算设备等，时间范围为自然年1月1日至12月31日。若首次核算不足一年，则按实际运营时间核算。海上风力发电站应覆盖海上和陆上运营控制的物理区域。风电配储项目应考虑风电和储能，风电制氢项目应仅考虑风电部分。

### 7.2 核算步骤

风力发电站运营活动温室气体排放核算包括以下步骤：

- a) 识别温室气体排放源。按照碳排放三个范围分为直接排放、能源间接排放、其他间接排放：
  - 1) 直接排放包括车辆所用燃料燃烧排放，船舶所用燃料燃烧排放，食堂自用燃料燃烧排放，电气设备六氟化硫气体逸散排放，以及灭火设施七氟丙烷气体逸散排放；
  - 2) 能源间接排放包括外购电力和外购热力；
  - 3) 其他间接排放包括物资材料消耗（例如设备维修更换材料、化石燃料等物资材料在生产和运输过程中产生的碳排放），员工通勤和商务出差，由其他组织负责的产品、原料、人员或废物的运输，以及由其他组织按合同生产所产生的排放。
- b) 收集排放源涉及的活动数据；
- c) 获取温室气体排放因子数据；
- d) 分别计算各项活动产生的温室气体排放量；
- e) 汇总计算温室气体排放量；
- f) 验证温室气体排放数据。

### 7.3 核算方法

根据识别出的温室气体排放源与温室气体种类，按照附录A（规范性）采用排放因子法核算风力发电站运营活动所产生的温室气体排放量，见公式（1）：

$$E = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E$  ——温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；

$AD_i$  ——第  $i$  种温室气体活动数据，根据具体排放源确定；

$EF_i$  ——第  $i$  种温室气体排放因子，与活动数据的单位相匹配；

$GWP_i$  ——第  $i$  种温室气体的全球变暖潜势。

### 7.4 获取活动数据与排放因子

按照本文件附录A，收集温室气体活动数据，选取相应的温室气体排放因子，记录数据来源并保存相关证据文件。其中外购电力排放因子应采用国家生态环境部门发布的排放因子。

### 7.5 计算与汇总温室气体排放

按照本文件附录A，核算风力发电站运营活动产生的直接排放、能源间接排放、其他间接排放并汇总。所有温室气体排放量均应折算为二氧化碳当量。

### 7.6 数据验证

验证温室气体排放核算中的活动数据、排放因子和计算结果，包括以下内容：

- a) 活动数据应可追溯，数据保存期限不少于 5 年；
- b) 排放因子应标注数据来源，若采用自定义因子，应提供计算依据；
- c) 应对计算结果进行验证，对比前三年排放趋势，偏差超过 10% 应说明原因。

## 8 碳抵消方式

### 8.1 碳抵消原则



风力发电站应积极执行碳中和计划，实施碳减排行动，并通过新建林业项目产生碳汇量或购买碳减排量的方式，抵消运营活动产生的温室气体排放。

## 8.2 新建林业碳汇

风力发电站采用新建林业碳汇实施碳中和时，应满足如下要求：

- a) 新建碳汇林项目开始时间不得早于风力发电站正式运营开始时间；
- b) 新建碳汇林产生的碳汇量宜参照国家规定的核算标准和技术规范实施，并经具有造林/再造林专业领域资质的温室气体自愿减排交易审定与核证机构核证；
- c) 新建碳汇林项目用于风力发电站运营碳中和之后，不得再作为温室气体自愿减排项目或者其他减排机制项目重复开发，也不可再用于抵消其他活动或项目的温室气体排放；
- d) 项目业主宜在公共渠道对外公示新建碳汇林项目的信息，包括但不限于地理位置、坐标范围、树种、造林/再造林计划、监测养护、碳汇量及对应时间段。

## 8.3 碳减排量

风力发电站购买碳减排量实施碳中和时，可使用但不限于以下类型：

- a) 国家核证自愿减排量（CCER）；
- b) 风力发电站所在区域市级及以上生态环境主管部门批准、备案或者认可的碳普惠或碳减排项目产生的减排量；
- c) 联合国清洁发展机制项目（CDM）签发的中国项目碳减排量；
- d) 国际自愿减排项目（VCS）签发的中国项目碳减排量；
- e) 国际黄金标准减排项目（GS）签发的中国项目碳减排量。

## 9 碳中和评价

### 9.1 评价方法

风力发电站运营核算边界一年内温室气体排放总量小于等于碳减排量、碳汇量或其组合时，可判定为达成碳中和，否则为不达成碳中和。

### 9.2 评价流程

风力发电站应委托第三方机构开展碳中和评价，第三方机构应具备中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认定的温室气体审定与核查机构认可资质。开展碳中和评价流程如下：

- a) 成立评价小组；
- b) 制定评价计划；
- c) 评审文件和现场查证；
- d) 编制、复核评价报告；
- e) 保存评价记录及相关证据文件。

### 9.3 评价报告

碳中和评价报告宜包含但不限于：

- a) 项目业主基本信息；
- b) 碳中和评价依据；
- c) 核算边界和时间范围；
- d) 核算边界内的相关信息；

- e) 温室气体排放源类型、排放因子以及排放量；
- f) 实现碳中和所采用的碳抵消方式以及抵消量；
- g) 碳中和评价结果。

## 10 碳中和声明

风力发电站被判定达成碳中和后，可发布碳中和公开声明。声明应由项目业主最高管理者或授权代表签署并注明日期，其内容包括但不限于：

- a) 风力发电站基本信息；
- b) 温室气体排放核算边界、时间范围以及排放量；
- c) 实现碳中和所采用的碳抵消方式、抵消量以及完成时间；
- d) 碳中和评价过程；
- e) 第三方机构名称及评价结论。

附录 A

(规范性)

风力发电站运营活动温室气体排放核算方法

A.1 温室气体排放源与温室气体种类识别

风力发电站运营活动温室气体排放源与温室气体种类应至少包含表A.1列出的内容。

表 A.1 风力发电站运营活动温室气体排放源与温室气体种类

| 核算范围   | 温室气体活动                 | 温室气体源识别                 |
|--------|------------------------|-------------------------|
| 直接排放   | 车辆所用燃料                 | 运营活动车辆燃料燃烧产生的排放         |
|        | 船舶所用燃料                 | 运营活动船舶燃料燃烧产生的排放         |
|        | 食堂自用燃料                 | 食堂自用燃料燃烧产生的排放           |
|        | 六氟化硫电气设备               | 六氟化硫电气设备在检修、退役过程产生的气体逸散 |
|        | 七氟丙烷灭火设施               | 七氟丙烷灭火设施在使用过程产生的气体逸散    |
| 能源间接排放 | 外购入电力                  | 电站外输入电力的排放              |
|        | 外购入热力                  | 电站外输入热力、冷水或蒸汽的排放        |
| 其他间接排放 | 物资材料消耗                 | 运营活动所需物资材料的排放           |
|        | 员工通勤、商务出差              | 交通工具燃料燃烧产生的排放           |
|        | 由其他组织负责的产品、原料、人员或废物的运输 | 运输车辆燃料燃烧产生的排放           |
|        | 由其他组织按合同生产所产生的排放       | 外委施工产生的排放               |

A.2 直接排放

A.2.1 运营活动车辆燃料燃烧产生的排放

风力发电站运营过程中，工作人员进行运行控制、巡检、维护、检修、故障处理等活动所使用车辆燃料燃烧产生的温室气体排放，按照公式A.1计算：

$$E_{\text{车辆}} = \sum_i (AD_i \times EF_i \times 10^{-3}) \dots\dots\dots(A.1)$$

式中：

$E_{\text{车辆}}$ ——核算期内风力发电站运营活动车辆燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；

$AD_i$ ——核算期内风力发电站工作人员所使用第*i*辆车辆的行驶里程，单位为千米（km）；

$EF_i$ ——第*i*种车辆温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳每千米（kgCO<sub>2</sub>e/km）。如使用车辆的具体温室气体排放因子，应提供证明材料，否则采用表 A.2 的参考值。

表 A.2 常用车辆的温室气体排放因子参考值

| 车辆类别     | 温室气体排放因子（kgCO <sub>2</sub> e/km） |
|----------|----------------------------------|
| 汽油车      | 0.2645                           |
| 柴油车      | 0.3691                           |
| 常规混合动力车  | 0.2208                           |
| 插电式混合动力车 | 0.2133                           |
| 纯电动车     | 0.1496                           |

注：数据来源于中汽数据有限公司《面向碳中和的汽车行业低碳发展战略与转型路径》。

### A.2.2 运营活动船舶燃料燃烧产生的排放

海上风力发电站运营过程中，工作人员进行运行控制、巡检、维护、检修、故障处理等活动所使用船舶燃料燃烧产生的温室气体排放，按照公式A.2计算：

$$E_{\text{船舶}} = \sum_i AD_i \times EF_i \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$E_{\text{船舶}}$  ——核算期内海上风力发电站运营活动船舶燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；  
 $AD_i$  ——核算期内海上风力发电站运营活动船舶所用第*i*种燃料的活动数据，对固体和液体燃料，单位为吨（t）；对气体燃料，单位为万标立方米（10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>）；  
 $EF_i$  ——第*i*种燃料的温室气体排放因子，对固体和液体燃料，单位为吨二氧化碳每吨（tCO<sub>2</sub>/t）；对气体燃料，单位为吨二氧化碳每万标立方米（tCO<sub>2</sub>/10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>）。  
 其中  $EF_i$  按照公式 A.3 计算。

$$EF_i = NCV_i \times CC_i \times OF_i \times 44/12 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$NCV_i$  ——第*i*种燃料的平均低位发热量；对固体和液体燃料，单位为吉焦每吨（GJ/t）；对气体燃料，单位为吉焦每万标立方米（GJ/10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>）；  
 $CC_i$  ——第*i*种燃料的单位热值含碳量，单位为吨每吉焦（tC/GJ）；  
 $OF_i$  ——第*i*种燃料的碳氧化率；  
 44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

由于海上风力发电站运营活动使用的船舶目前缺少温室气体排放因子参考值，因此需通过统计船舶燃料消耗的活动数据核算其温室气体排放量。使用燃料的具体数据应提供证明材料，否则采用表A.3的参考值。

表 A.3 常用化石燃料的温室气体排放因子参考值

| 燃料类别                                   | 低位发热量<br>(GJ/t, GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> ) | 单位热值含碳量<br>(tC/GJ) | 碳氧化率<br>(%) | 排放因子<br>(tCO <sub>2</sub> /t, tCO <sub>2</sub> /10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> ) |
|--|--|--------------------|-------------|---|
| 燃料油                                    | 41.816   | 0.0211             | 98          | 0.865   |
| 液化天然气                                  | 50.179   | 0.0172             | 98          | 0.846   |
| 液化石油气                                  | 51.498   | 0.0172             | 98          | 0.868   |
| 天然气                                    | 389.31   | 0.01532            | 99          | 5.905   |
| 注：数据来源于生态环境部印发的《企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施》。 |  |                    |             |   |

### A.2.3 食堂自用燃料燃烧产生的排放

风力发电站运营过程中，食堂自用燃料燃烧产生的温室气体排放，按照公式A.4计算：

$$E_{\text{食堂}} = \sum_i AD_i \times EF_i \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$E_{\text{食堂}}$  ——核算期内风力发电站食堂自用燃料燃烧产生的排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；

$AD_i$  ——核算期内风力发电站食堂所用第  $i$  种燃料的活动数据，对固体和液体燃料，单位为吨（t）；  
对气体燃料，单位为万标立方米（ $10^4\text{Nm}^3$ ）；

$EF_i$  ——第  $i$  种燃料的温室气体排放因子，对固体和液体燃料，单位为吨二氧化碳每吨（ $\text{tCO}_2/\text{t}$ ）；  
对气体燃料，单位为吨二氧化碳每万标立方米（ $\text{tCO}_2/10^4\text{Nm}^3$ ）。

其中  $EF_i$  按照公式 A.5 计算。

$$EF_i = NCV_i \times CC_i \times OF_i \times 44/12 \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中：

$NCV_i$  ——第  $i$  种燃料的平均低位发热量；对固体和液体燃料，单位为吉焦每吨（GJ/t）；对气体燃料，单位为吉焦每万标立方米（GJ/ $10^4\text{Nm}^3$ ）；

$CC_i$  ——第  $i$  种燃料的单位热值含碳量，单位为吨每吉焦（tC/GJ）；

$OF_i$  ——第  $i$  种燃料的碳氧化率；

44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

使用燃料的具体数据应提供证明材料，否则采用表A.3的参考值。

#### A. 2. 4 六氟化硫设备造成的气体逸散排放

风力发电站六氟化硫设备的气体逸散，包括设备维护补充的二氧化硫、设备检修排放的二氧化硫、设备退役排放的二氧化硫，按照公式A.6计算：

$$E_{\text{六氟化硫}} = \left[ \sum_k E_{\text{补充},k} + \sum_m (REP_{rl,m} - REP_{hs,m}) + \sum_n (REC_{rl,n} - REC_{hs,n}) \right] \times GWP_{\text{六氟化硫}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

式中：

$E_{\text{六氟化硫}}$  ——核算期内风力发电站六氟化硫设备的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$E_{\text{补充},k}$  ——维护设备  $k$  的六氟化硫补充量，单位为（kg）；

$REP_{rl,m}$  ——检修设备  $m$  的六氟化硫容量，单位为（kg）；

$REP_{hs,m}$  ——检修设备  $m$  的六氟化硫实际回收量，单位为（kg）；

$REC_{rl,n}$  ——退役设备  $n$  的六氟化硫容量，单位为（kg）；

$REC_{hs,n}$  ——退役设备  $n$  的六氟化硫实际回收量，单位为（kg）；

$GWP_{\text{六氟化硫}}$  ——六氟化硫的全球变暖潜势。

#### A. 2. 5 七氟丙烷灭火设施造成的气体逸散排放

风力发电站七氟丙烷灭火设施的气体逸散，按照公式A.7计算：

$$E_{\text{七氟丙烷}} = AD_{\text{七氟丙烷}} \times GWP_{\text{七氟丙烷}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

式中：

$E_{\text{七氟丙烷}}$  ——核算期内风力发电站七氟丙烷灭火设施的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；

$AD_{\text{七氟丙烷}}$  ——灭火设施七氟丙烷气体的释放量，单位为（kg）；

$GWP_{\text{七氟丙烷}}$  ——七氟丙烷的全球变暖潜势。

### A. 3 能源间接排放

#### A. 3. 1 外购入电力产生的排放

风力发电站运营过程中，外购入电力产生的二氧化碳间接排放量，按照公式A.8计算：

$$E_{\text{外购电}} = AD_{\text{外购电}} \times EF_{\text{电}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{A.8})$$

式中：

$E_{\text{外购电}}$  ——核算期内外购入电力产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$AD_{\text{外购电}}$  ——核算期内外购入电量，单位为千瓦时（kWh）；

$EF_{\text{电}}$  ——电网排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（kgCO<sub>2</sub>/kWh）。

购入电力的活动数据以发电企业电表记录的读数为准，如果没有，应采用供应商提供的电费发票或者结算单等结算凭证上的数据。如果企业持有外购绿电绿证，可在外购入电量中扣除相应电量。

### A.3.2 外购入热力产生的排放

风力发电站运营过程中，外购入热力产生的二氧化碳间接排放量，按照公式A.9计算：

$$E_{\text{外购热}} = AD_{\text{外购热}} \times EF_{\text{热}} \dots\dots\dots (\text{A.9})$$

式中：

$E_{\text{外购热}}$  ——核算期内外购入热力产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$AD_{\text{外购热}}$  ——核算期内外购入热量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{热}}$  ——热力供应排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO<sub>2</sub>/GJ），缺省值取 0.11。

## A.4 其他间接排放

### A.4.1 物资材料消耗产生的排放

风力发电站运营过程中，设备设施维修更换、化石燃料消耗所用能源、材料、零部件等物资材料在生产和运输过程中产生的温室气体间接排放量，按照公式A.10计算：

$$E_{\text{物资材料}} = \sum_i AD_i \times EF_i \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

式中：

$E_{\text{物资材料}}$  ——核算期内风力发电站物资材料消耗产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2e</sub>）；

$AD_i$  ——核算期内所消耗的第  $i$  种物资材料活动数据；

$EF_i$  ——第  $i$  种物资材料生产和运输过程的温室气体排放因子，单位为吨二氧化碳当量每物料单位（tCO<sub>2e</sub>/物料单位）。

物资材料消耗包括风机部件、箱式变压器、主变压器、站用变压器、GIS、无功补偿装置等设备设施维修更换，车辆、船舶、食堂等消耗的化石燃料，以及其他在运营期间产生消耗的物资材料。运营期间消耗的物资材料，在其产品工厂生产过程产生的温室气体排放量和运输到风力发电站产生的温室气体排放量，应计入其他间接排放。

### A.4.2 员工通勤、商务出差产生的排放

风力发电站运营过程中，员工通勤、商务出差等乘坐交通工具产生的温室气体排放，按照公式A.11计算：

$$E_{\text{交通}} = \sum_i (AD_i \times EF_i \times N_i \times 10^{-3}) \dots\dots\dots (\text{A.11})$$

- $E_{\text{通勤商务}}$  ——核算期内电站员工通勤、商务出差乘坐交通工具所产生的排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；
- $AD_i$  ——核算期内电站员工乘坐的第  $i$  种交通工具的行驶里程，单位为千米（ $\text{km}$ ）；
- $EF_i$  ——第  $i$  种交通工具的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千米每人次 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{km}\cdot\text{人次})$ ]，使用交通工具温室气体排放因子应提供证明材料，否则采用表 A.4 的参考值；
- $N_i$  ——核算期内电站员工乘坐的第  $i$  种交通工具的人次数，单位为人次；
- $i$  ——交通方式类型。

表 A.4 常用交通工具的温室气体排放因子参考值

| 交通工具类别  | 温室气体排放因子[ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{km}\cdot\text{人次})$ ] |
|---|---|
| 飞机 <sup>a</sup>   | 0.1106  |
| 高铁 <sup>a</sup>   | 0.03048   |
| 公交 <sup>b</sup>   | 0.053   |
| 地铁 <sup>b</sup>   | 0.032   |
| 出租车   | 参照表 A.2   |
| 注： <sup>a</sup> 数据来源于中国环境网。<br><sup>b</sup> 数据来源于北京市 2023 年低碳出行活动碳排放因子。 |   |

A.4.3 由其他组织负责的产品、原料、人员或废物运输的排放

风力发电站运营过程中，项目业主以外的其他组织负责为风力发电站运营所承担的设备或废物的运输产生的温室气体排放，按照公式A.12进行计算。

$$E_{\text{外部运输}} = \sum_i (M_i \times EF_i \times D_i \times 10^{-3}) \dots\dots\dots (\text{A.12})$$

式中：

- $E_{\text{外部运输}}$  ——核算期内电站外部组织负责的运输所产生的排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $\text{tCO}_2\text{e}$ ）；
- $M_i$  ——核算期内电站外部组织运输的第  $i$  种产品的总重量，单位为吨（ $\text{t}$ ）；
- $EF_i$  ——第  $i$  种运输方式的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨每千米 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ ]，使用运输方式温室气体排放因子应提供证明材料，否则采用表 A.5 的参考值；
- $D_i$  ——核算期内电站外部组织运输的第  $i$  种产品的运输距离，单位为千米（ $\text{km}$ ）；
- $i$  ——运输方式类型。

表 A.5 常用运输方式的温室气体排放因子参考值

| 运输方式类别           | 温室气体排放因子[ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ ] |
|------------------|--|
| 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 10t） | 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 |
| 注：数据来源于《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366）。 |       |

#### A. 4. 4 由其他组织按合同生产所产生的排放

风力发电站运营过程中，委托外部组织按合同生产或特许经营进行的运营相关活动产生的排放，应按照上述相同方法核算。



## 参 考 文 献

- [1] GB/T 33760 基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求
  - [2] GB/T 25385 风力发电机组 运行及维护要求
  - [3] GB/T 51366 建筑碳排放计算标准
  - [4] DB4403/T 617 碳中和实施指南 组织
  - [5] JR/T 0244 碳金融产品
  - [6] ISO 14068-1 气候变化管理—净零转型—第1部分：碳中和
  - [7] 国家生态环境部 企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施
  - [8] 中汽数据有限公司 面向碳中和的汽车行业低碳发展战略与转型路径
-