

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

风力发电站运营碳中和通用规范

General specification for carbon neutrality in the operation of wind
power stations

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

| | |
|------------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 3 |
| 2 规范性引用文件 | 3 |
| 3 术语和定义 | 3 |
| 4 总体要求 | 4 |
| 4.1 减排优先 | 4 |
| 4.2 完整正确 | 4 |
| 4.3 公开透明 | 4 |
| 5 组织保障 | 4 |
| 6 碳减排实施 | 4 |
| 6.1 节能技术升级改造 | 4 |
| 6.2 绿色办公 | 4 |
| 6.3 绿色运营 | 4 |
| 7 碳排放核算 | 5 |
| 7.1 核算边界 | 5 |
| 7.2 核算步骤与方法 | 5 |
| 8 碳抵消方式 | 5 |
| 8.1 碳配额、碳信用抵消 | 6 |
| 8.2 新建林业碳汇抵消 | 6 |
| 9 碳中和评价 | 6 |
| 9.1 评价依据 | 6 |
| 9.2 评价方式和流程 | 6 |
| 9.3 评价报告 | 6 |
| 10 碳中和声明 | 7 |
| 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 | 8 |
| A.1 温室气体排放源与温室气体种类识别 | 8 |
| A.2 直接排放 | 8 |
| A.3 间接排放 | 10 |
| 参考文献 | 12 |
| 表 A.1 风力发电站运营活动温室气体排放源 | 8 |
| 表 A.2 常用车辆的温室气体排放因子缺省值 | 8 |
| 表 A.3 常用化石燃料的温室气体排放因子缺省值 | 9 |
| 表 A.4 常用运输方式的温室气体排放因子参考值 | 11 |

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等。

本文件主要起草人：吴昊、任鑫等。

风力发电站运营碳中和通用规范

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目标管理。

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

ISO 14064-1: 2018 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: 2020 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: 2018、ISO 14065: 2020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运行控制、巡检、维护、检修、故障处理等。

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—2015，3.13，有修改]

3.4

碳抵消 carbon neutrality

用在所研究产品系统边界以外的，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—2024，3.1.7]

3.5

碳中和 carbon neutrality

在一定时间与范围内，通过碳抵消的方式使组织生产、服务过程中产生的温室气体排放量与减排量相等，达到净零排放状态。

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 完整正确

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，碳中和评价结果完整准确。

4.3 公开透明

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公开透明，使相关方能够及时有效获取。

5 组织保障

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。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，提高机组发电效率和利用小时数；
- b) 应加强设备巡检、维护、检修管理，提高机组及其他电气设备可靠性，减少非计划停运；
- c) 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、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 绿色办公

绿色办公的措施包括：

- a) 倡导工作人员节约用电意识，推广使用高效节能的LED灯照明，非高频活动区域均采用感应照明，办公区空调温度设限为26℃，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。

6.3 绿色运营

绿色运营的措施包括：

- a) 应就近雇佣电站运营工作人员，减少通勤排放；
- b) 宜采用无人机巡检、智能化少人值守，提高巡检效率；
- c) 运营车辆宜以电力或清洁能源为动力。

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范围，时间范围为1年。

7.2 核算步骤与方法

7.2.1 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；
- 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。

7.2.2 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（tCO₂e）；
- 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。

7.2.3 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。

7.2.4 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和间接排放并汇总。所有温室气体排放量均应折算为二氧化碳当量。

8 碳抵消方式

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

8.1 碳配额、碳信用抵消

风力发电站购买碳配额、碳信用实施碳中和时，可使用但不限于以下类型：

- a) 全国碳市场的碳配额（CEA）；
- b) 地方碳市场的碳配额；
- c) 国家核证自愿减排量（CCER）；
- d) 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；
- e) 联合国清洁发展机制项目（CDM）签发的中国项目碳减排量；
- f) 国际自愿减排项目（VCS）签发的中国项目碳减排量；
- g) 国际黄金标准减排项目（GS）签发的中国项目碳减排量。

8.2 新建林业碳汇抵消

风力发电站采用新建林业碳汇进行碳抵消时，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。

9 碳中和评价

9.1 评价依据

风力发电站运营核算边界内年度温室气体排放总量小于等于用于抵消的碳汇、碳配额、碳信用量或其组合时，可判定为达成碳中和，否则为不达成碳中和。

9.2 评价方式和流程

风力发电站应委托第三方机构开展碳中和评价，第三方机构应符合ISO 14065:2020中相关要求。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、复核和批准评价报告；
- 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) 核算边界和报告边界；
- 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 |
| | 食堂自用燃料 | 食堂自用燃料燃烧产生的排放 |
| | 六氟化硫设备 | 六氟化硫设备在检修、退役过程产生的气体逸散 |
| 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 |
| | 设备设施维修更换 | 设备设施维修更换所需材料的排放 |
| | 由其他组织负责的产品、原料、人员或废物的运输 | 运输车辆燃料产生燃烧排放 |
| | 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（tCO₂e）；

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*种车辆所使用燃料的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳每千米（kgCO₂e/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 的缺省值。

表 A.2 常用车辆的温室气体排放因子缺省值

| 车辆类别 | 温室气体排放因子（kgCO ₂ 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 食堂自用燃料燃烧产生的排放产生的排放

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.2计算：

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

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（tCO₂e）；

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（10⁴Nm³）；

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（tCO₂/t）；
对气体燃料，单位为吨二氧化碳每万标立方米（tCO₂/10⁴Nm³）。

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/10⁴Nm³）；

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的缺省值。

表 A.3 常用化石燃料的温室气体排放因子缺省值

| 燃料类别 | 低位发热量 (GJ/t, GJ/10 ⁴ Nm ³) | 单位热值含碳量 (tC/GJ) | 碳氧化率 (%) | 排放因子 (tCO ₂ /t, tCO ₂ /10 ⁴ Nm ³) |
|-------|--|--------------------|-------------|---|
| 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 六氟化硫设备造成的气体逸散

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.4计算：

$$E_{\text{六氟化硫}} = \left[\sum_k E_{\text{补充},k} + \sum_m (REP_{rl,m} - REP_{hs,m}) + \sum_n (REC_{rl,n} - REC_{hs,n}) \right] \times GWP_{\text{六氟化硫}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (A.4)$$

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（tCO₂e）；

$E_{\text{补充},k}$ ——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.3 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.5计算：

$$E_{\text{外购电}} = AD_{\text{外购电}} \times EF_{\text{电}} \quad \text{.....(A.5)}$$

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（tCO₂）；

$AD_{\text{外购电}}$ ——核算期内外购入电量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{\text{电}}$ ——区域电网排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时（tCO₂/MWh）。

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，可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。

区域电网平均二氧化碳排放因子应选用国家生态环境主管部门最新公布的数据。

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.6计算：

$$E_{\text{外购热}} = AD_{\text{外购热}} \times EF_{\text{热}} \quad \text{.....(A.6)}$$

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（tCO₂）；

$AD_{\text{外购热}}$ ——核算期内外购入热力量，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（tCO₂/GJ），缺省值取 0.11。

A.3.3 设备设施维修更换产生的排放

风力发电站运营过程中，设备设施维修更换所用能源、材料、零部件等物料产生的二氧化碳间接排放量，按照公式A.7计算：

$$E_{\text{设备设施}} = \sum_i AD_i \times EF_i \quad \text{.....(A.7)}$$

式中：

$E_{\text{设备设施}}$ ——核算期内风力发电站设备设施维修更换产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；

AD_i ——核算期内设备设施维修更换所用第 i 种物料活动数据；

EF_i ——第 i 种物料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_{2e}/物料单位）。

A.3.4 由其他组织负责的产品、原料、人员或废物的运输

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.8进行计算。

$$E_{\text{外部运输}} = \sum_i (M_i \times EF_i \times D_i \times 10^{-3}) \quad \text{.....(A.8)}$$

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（tCO_{2e}）；

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（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 [kgCO₂e/(t·km)]，取值如表 A.4 所示；
- 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 (km)；
- i ——运输方式类型。

表 A.4 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[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 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 51366-2019)。

A.3.5 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—2017 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—2019 风力发电机组 运行及维护要求
- [3] GB/T 51366—2019 建筑碳排放计算标准
- [4] DB4403/T 617—2025 碳中和实施指南 组织
- [5] JR/T 0244—2022 碳金融产品
- [6] ISO 14068-1: 2023 气候变化管理—净零转型—第 1 部分：碳中和（Climate change management—Transition to net zero—Part 1: Carbon neutrality）
- [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

