

团 体 标 准

T/DZJN XX—202X

算力中心碳利用效率评价技术规范

Technical Specifications for evaluating carbon utilization efficiency in computing power centers

草案版次选择

(本草案完成时间: 2025.)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目次

| | |
|----------------------------|----|
| 前　　言 | I |
| 1 范围 | 2 |
| 2 规范性引用文件 | 2 |
| 3 术语和定义 | 2 |
| 4 缩略语 | 4 |
| 5 碳利用效率等级 | 4 |
| 6 碳利用效率等级评价方法 | 4 |
| 7 碳利用效率指标计算方法 | 5 |
| 8 碳利用效率管理要求 | 7 |
| 附录 A 测量要求 | 8 |
| 附录 B 计算示例 | 9 |
| 附录 C 算力中心碳利用效率评价报告模板 | 11 |
| 参 考 文 献 | 16 |

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。

本文件由中国节能技术协会科技创新与安全工作委员提出。

本文件由中国节能技术协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

算力中心碳利用效率评价技术规范

1 范围

本文件规定了算力中心碳利用效率的评价等级、评价方法、计算方法、管理要求以及相关测量与计算示例。

本标准适用于各类新建、改建和扩建的算力中心（包括但不限于数据中心、人工智能计算中心、超算中心等）在规划、建设、运营和评估阶段的碳利用效率评价。

本标准旨在引导算力中心提升能源利用效率，促进可再生能源消纳，推动碳减排与碳资源化利用，助力实现“双碳”目标。.

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 50174-2017 《数据中心设计规范》
- GB/T 32910.3-2016 《数据中心 资源利用 第3部分：电能能效要求和测量方法》
- GB/T 36964-2018 《信息技术 数据中心 资源利用 术语》
- GB/T 39727-2020 《绿色产品评价 数据中心服务器》
- GB/T 40988-2021 《数据中心能效限定值及能效等级》
- GB/T 51314-2018 《数据中心基础设施运行维护标准》
- T/CECS 10273-2022 《数据中心绿色低碳等级评估方法》

3 术语和定义

下列术语、定义适用于本文件。

3.1

算力中心 computing power center

集中部署高性能计算设备（如服务器、存储、网络设备等），提供大规模数据处理、人工智能训练与推理、科学计算等服务的设施或建筑群。包括数据中心、人工智能计算中心、超算中心等。

[来源：基于 GB/T 36964-2018《信息技术 数据中心 资源利用 术语》中“数据中心”概念扩展而来]。

3.2

碳利用效率 carbon usage effectiveness

在特定周期内，算力中心通过直接或间接方式实现的碳减排量或碳资源化利用量，与其总碳排放量的比值。是衡量算力中心将碳排放转化为积极环境效益能力的综合性指标。

3.3

碳减排量 carbon emission reduction

算力中心通过使用可再生能源、提高能效、采用低碳技术等方式，相对于基准情景所减少的温室气体排放量，以二氧化碳当量 (CO_2e) 计。

3.4

碳资源化利用量 carbon resource utilization

算力中心通过捕集、利用与封存 (CCUS) 技术或其他方式，将产生的二氧化碳转化为可利用的产品(如化学品、燃料、建筑材料等)或实现地质封存的量，以二氧化碳当量 (CO_2e) 计。

3.5

总碳排放量 total carbon emissions

在特定周期内，算力中心运营过程中直接和间接产生的温室气体排放总量，以二氧化碳当量 (CO_2e) 计。包括：

- a) 范围一排放 (Scope 1)：设施内化石燃料燃烧、逸散排放等直接排放；
- b) 范围二排放 (Scope 2)：外购电力、热力或蒸汽产生的间接排放；
- c) 范围三排放 (Scope 3)：价值链中其他间接排放（本标准主要关注与运营直接相关的一部分，可根据需要扩展）。

3.6

可再生能源 renewable energy

来自风能、太阳能、水能、生物质能、地热能等非化石能源的电力或热能。

3.7

碳捕集、利用与封存 (CCUS) carbon capture, utilization and storage

将工业过程或能源利用中产生的二氧化碳分离、捕集，并通过资源化利用或地质封存等方式进行处置的技术体系。

4 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

CCUS: 碳捕集、利用与封存 (Carbon Capture, Utilization and Storage)

CO₂ e: 二氧化碳当量 (Carbon Dioxide Equivalent)

PUE: 电能使用效率 (Power Usage Effectiveness)

RE: 可再生能源 (Renewable Energy)

WUE: 水资源使用效率 (Water Usage Effectiveness)

IT: 信息技术 (Information Technology)

HVAC: 暖通空调 (Heating, Ventilation and Air Conditioning)

5 碳利用效率等级

根据算力中心碳利用效率 (CUE) 的计算结果, 将其划分为五个等级, 从高到低依次为: 卓越级、先进级、良好级、合格级、待改进级。等级划分见表 1。

表 1 碳利用效率等级划分

| 等级 | 碳利用效率(CUE) | 说明 |
|------|----------------------|--|
| 卓越级 | CUE ≥ 0.8 | 在碳减排和碳资源化利用方面表现极为优异, 显著超越行业平均水平, 具有示范引领作用。 |
| 先进级 | $0.6 \leq CUE < 0.8$ | 在碳减排和碳资源化利用方面表现优秀, 处于行业领先水平。 |
| 良好级 | $0.4 \leq CUE < 0.6$ | 在碳减排和碳资源化利用方面表现良好, 达到行业较好水平。 |
| 合格级 | $0.2 \leq CUE < 0.4$ | 在碳减排和碳资源化利用方面达到基本要求, 具备一定的低碳运营能力。 |
| 待改进级 | CUE < 0.2 | 在碳减排和碳资源化利用方面表现较差, 亟需采取措施提升。 |

6 碳利用效率等级评价方法

6.1 评价周期

碳利用效率评价周期通常为一个自然年。对于新建或运营不满一年的算力中心, 可按实际运营时间进行折算。

6.2 评价流程

数据收集: 按照附录 A 的要求, 收集评价周期内算力中心的能源消耗、可再生能源使用、碳排放、碳减排措施实施情况、碳资源化利用项目等相关数据。

碳排放核算：依据本标准第7章的计算方法，核算算力中心的总碳排放量（ E_{total} ）。

碳利用效益核算：依据本标准第7章的计算方法，核算算力中心的碳减排量（ R_{re} ）和碳资源化利用量（ R_{ru} ）。

碳利用效率计算：计算碳利用效率（CUE）。

等级评定：根据计算出的CUE值，对照表1确定碳利用效率等级。

报告编制：编制碳利用效率评价报告，内容包括评价周期、数据来源、计算过程、结果、等级以及改进建议等。

6.3 评价机构

评价可由算力中心自行开展，或委托具备相应资质的第三方机构进行。第三方评价机构应遵循客观、公正、透明的原则。

7 碳利用效率指标计算方法

7.1 碳利用效率（CUE）

碳利用效率（CUE）定义为碳减排量与碳资源化利用量之和与总碳排放量的比值。

公式：

$$CUE = \frac{(R_{re} + R_{ru})}{E_{total}}$$

式中：

CUE — 碳利用效率，无量纲；

R_{re} — 碳减排量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

R_{ru} — 碳资源化利用量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

E_{total} — 总碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）。

7.2 总碳排放量（ E_{total} ）

总碳排放量应包括范围一和范围二排放，鼓励核算范围三排放中的关键部分（如设备制造、废弃物处理等）。

公式：

$$E_{total} = E_{scope1} + E_{scope2} + E_{scope3part}$$

式中：

E_{scope1} — 范围一排放量，单位为 tCO_2e ；

E_{scope2} — 范围二排放量，单位为 tCO_2e ；

$E_{scope3part}$ — 选定的范围三排放量，单位为 tCO_2e 。

范围一排放（ E_{scope1} ）计算：

$$E_{scope1} = \sum (Activity_i \times EF_i)$$

其中, $Activity_i$ 为第 i 种化石燃料的消耗量 (如天然气 m^3 、柴油 L 等), EF_i 为对应的排放因子 ($kgCO_2e/\text{单位燃料}$) , 数据来源可参考国家或国际权威机构发布的排放因子数据库。

范围二排放 (E_{scope2}) 计算:

$$E_{scope2} = E_{grid} \times EF_{grid}$$

其中, E_{grid} 为外购电量 (kWh) , EF_{grid} 为电网排放因子 ($kgCO_2e/kWh$) , 应采用评价周期内国家或地区发布的最新电网平均排放因子。

7.3 碳减排量 (R_{re})

碳减排量主要来源于可再生能源替代和能效提升。

公式:

$$R_{re} = R_{re_{re}} + R_{re_{ee}}$$

式中:

$R_{re_{re}}$ — 可再生能源替代产生的碳减排量, 单位为 tCO_2e ;

$R_{re_{ee}}$ — 能效提升产生的碳减排量, 单位为 tCO_2e 。

可再生能源替代碳减排量 ($R_{re_{re}}$) :

$$R_{re_{re}} = E_{re} \times EF_{grid}$$

其中, E_{re} 为算力中心实际使用的可再生能源电量 (kWh) 。

能效提升碳减排量 ($R_{re_{ee}}$) :

$$R_{re_{ee}} = (E_{baseline} - E_{actual}) \times EF_{grid}$$

其中, $E_{baseline}$ 为基准情景下的能耗量 (kWh) , E_{actual} 为实际能耗量 (kWh) 。

基准情景可根据历史数据、行业平均值或设计值确定。

7.4 碳资源化利用量 (R_{ru})

碳资源化利用量指通过 CCUS 等技术实现的二氧化碳捕集、利用与封存的量。

公式:

$$R_{ru} = \sum (Capture_j \times Utilization_{rate_j} \times Value_{factor_j} + Storage_k)$$

其中, $Capture_j$ 为第 j 个捕集源的捕获量 (tCO_2) , $Utilization_{rate_j}$ 为利用比例, $Value_{factor_j}$ 为利用价值因子 (根据产品碳足迹减少或替代化石原料的减排量确定, 通常为 1) , $Storage_k$ 为第 k 个封存项目的封存量 (tCO_2) 。对于直接利用或封存, R_{ru} 可直接取其量值。

8 碳利用效率管理要求

8.1 数据管理

算力中心应建立完善的能源与碳排放数据监测、记录和报告制度，确保数据的真实性、准确性和完整性。关键数据应保留至少五年。

8.2 监测系统

应部署能源管理系统（EMS）和碳排放监测系统，对主要用能设备、可再生能源发电、外购电、碳排放源等进行实时或定期监测。

8.3 报告与披露

算力中心应定期（至少每年一次）编制并公开碳利用效率评价报告，或按要求向主管部门、客户或利益相关方披露相关信息。

8.4 持续改进

算力中心应根据评价结果，制定碳利用效率提升计划，包括但不限于：

- a) 提高可再生能源使用比例（如自建光伏、采购绿电、绿证）；
- b) 优化能效（如升级高效设备、改进冷却系统、优化负载调度）；
- c) 探索应用 CCUS 技术；
- d) 参与碳市场交易或碳抵消项目。

8.5 第三方验证

鼓励算力中心邀请独立的第三方机构对其碳排放数据和碳利用效率计算结果进行核查与验证，增强可信度。

附录A 测量要求

A.1 能源消耗测量

电力：使用经校准的电能表测量总输入电量、IT 设备用电量、制冷系统用电量、供配电系统损耗、照明及其他用电量。测量精度应符合 GB/T 17167 等相关标准。

化石燃料：使用流量计或计量表测量天然气、柴油等燃料的消耗量。

A.2 可再生能源测量

自发自用可再生能源：通过独立的电能表测量光伏、风电等系统的发电量。

外购绿电：依据购电合同、绿电证书或相关证明文件确认。

A.3 碳排放相关参数

排放因子：优先采用国家主管部门发布的官方排放因子。若无，则采用 IPCC、IEA 等国际权威机构发布的最新数据，并注明来源。

活动数据：燃料消耗量、用电量等应有连续、可靠的记录。

A.4 CCUS 系统测量

二氧化碳捕集量：通过流量计、浓度分析仪等设备测量捕集的 CO₂ 体积或质量。

利用量与封存量：根据下游利用或封存设施的计量数据确定。

附录B 计算示例

B.1 背景

某算力中心 2024 年运营数据如下：

- a) 总外购电量： 10,000,000 kWh
- b) 自发自用光伏发电量： 1,000,000 kWh
- c) 天然气消耗量： 50,000 m³
- d) 无其他化石燃料消耗。
- e) 未实施 CCUS 项目。
- f) 电网排放因子： 0.55 kgCO₂e/kWh
- g) 天然气排放因子： 2.0 kgCO₂e/m³
- h) 基准情景能耗： 11,000,000kWh (基于三年前水平)

B.2 计算过程

1. 总碳排放量 (E_{total})

$$\text{范围一排放 } (E_{scope1}) : 50,000 \text{ m}^3 \times 2.0 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 100,000 \text{ kgCO}_2\text{e} = 100 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$\text{范围二排放 } (E_{scope2}) : 10,000,000 \text{ kWh} \times 0.55 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} = 5,500,000 \text{ kgCO}_2\text{e} = 5,500 \text{ tCO}_2\text{e}$$

范围三排放：暂不计人

$$E_{total} = 100 + 5,500 = 5,600 \text{ tCO}_2\text{e}$$

2. 碳减排量 (R_{re})

可再生能源替代减排 ($R_{re_{re}}$) :

$$1,000,000 \text{ kWh} \times 0.55 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} = 550,000 \text{ kgCO}_2\text{e} = 550 \text{ tCO}_2\text{e}$$

能效提升减排 ($R_{re_{ee}}$) :

$$(11,000,000 - 10,000,000) \text{ kWh} \times 0.55 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} = 550,000 \text{ kgCO}_2\text{e} \\ = 550 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$R_{re} = 550 + 550 = 1,100 \text{ tCO}_2\text{e}$$

3. 碳资源化利用量 (R_{ru})

无 CCUS 项目， $R_{ru} = 0 \text{ tCO}_2\text{e}$

4. 碳利用效率 (CUE)

$$CUE = (1,100 + 0)/5,600 \approx 0.196$$

B.3 等级评定

根据表 1, $CUE \approx 0.196 < 0.2$, 该算力中心 2024 年碳利用效率等级为“待改进级”。

附录C 算力中心碳利用效率评价报告模板

C.3.1 封面

报告名称 算力中心碳利用效率评价报告

算力中心名称 _____

评价周期 _____年____月____日 至 _____年____月____日

报告编制单位 _____

报告编制日期 _____年____月____日

报告编号 (可选) _____

C.3.2 摘要

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| 评价目的 | (简述本次评价的目的和意义) |
| 主要数据来源 | (如: 电能表、燃料记录、购电合同、绿证、排放因子数据库等) |
| 总碳排放量 (E_{total}) | _____ 吨 CO_2e |
| 碳减排量 (R_{re}) | _____ 吨 CO_2e |
| 碳资源化利用量 (R_{ru}) | _____ 吨 CO_2e |
| 碳利用效率 (CUE) | _____ |
| 碳利用效率等级 | _____ 级 (如: 合格级) |
| 主要改进建议 | 1. _____ 2. _____ 3. _____ |

C.3.3 引言

| | |
|------|---|
| 评价依据 | 1. 《算力中心碳利用效率评价技术标准》 2. GB 50174-2017 《数据中心设计规范》 3. (其他相关标准) |
| 评价范围 | 物理边界: _____ 运营活动: IT 设备、制冷系统、供配电、照明等 温室气体: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O (折算为 CO ₂ e) |
| 评价周期 | ____年____月____日 至 ____年____月____日 |

C.3.4 算力中心概况

| | |
|---------|--|
| 基本信息 | 名称: _____ 地址: _____ 所有权/运营方: _____ 建设/投产日期: _____ 总建筑面积: ____ m ² IT 机柜数量/功率: ____ 台 / ____ kW 设计/实际 IT 负载: ____ kW / ____ kW |
| 能源结构 | - 市电: ____ % - 柴油发电机: 备用 - 可再生能源 (光伏/风电) : ____ % |
| 可再生能源情况 | - 自建光伏: ____ kW _p - 绿电采购: ____ % (合同编号: ____) - 绿证持有: ____ 张 |
| 碳管理措施 | - 已实施: _____ - 计划实施: _____ |

C.3.5 数据收集与核算方法

| | |
|--------|--|
| 数据来源 | <ul style="list-style-type: none"> - 电力: 电能表读数 - 燃料: 燃料消耗记录 - 绿电: 购电合同、绿证 - 排放因子: 国家电网发布、IPCC 2006 指南 |
| 监测系统 | 部署了能源管理系统(EMS), 对总输入、IT、制冷等关键回路进行实时监测。 |
| 核算边界 | <ul style="list-style-type: none"> - 范围一: 天然气锅炉燃烧排放 - 范围二: 外购电力排放 - 范围三: (说明是否计入及计入哪些部分) |
| 排放因子 | <ul style="list-style-type: none"> - 电网排放因子: ____ kgCO₂e/kWh (来源: _____, 年份: ____) - 天然气排放因子: ____ kgCO₂e/m³ (来源: IPCC, 年份: 2006) |
| 基准情景说明 | <p>(如计算能效提升减排)</p> <p>基准年能耗: ____ kWh (年份: ____)</p> <p>或行业平均 PUE: ____</p> |

C.3.5 数据收集与核算方法

| | |
|--------|--|
| 数据来源 | <ul style="list-style-type: none"> - 电力: 电能表读数 - 燃料: 燃料消耗记录 - 绿电: 购电合同、绿证 - 排放因子: 国家电网发布、IPCC 2006 指南 |
| 监测系统 | 部署了能源管理系统(EMS), 对总输入、IT、制冷等关键回路进行实时监测。 |
| 核算边界 | <ul style="list-style-type: none"> - 范围一: 天然气锅炉燃烧排放 - 范围二: 外购电力排放 - 范围三: (说明是否计入及计入哪些部分) |
| 排放因子 | <ul style="list-style-type: none"> - 电网排放因子: ____ kgCO₂ e/kWh (来源: _____, 年份: ____) - 天然气排放因子: ____ kgCO₂ e/m³ (来源: IPCC, 年份: 2006) |
| 基准情景说明 | <p>(如计算能效提升减排)</p> <p>基准年能耗: ____ kWh (年份: ____)</p> <p>或行业平均 PUE: ____</p> |

C.3.6 计算过程与结果

| | |
|--------------------------|---|
| 总碳排放量 (E_{total}) | |
| E_{scope_1} (范围一) | _____ 吨 CO_2e (计算过程: $Activity \times EF = _____$) |
| E_{scope_2} (范围二) | _____ 吨 CO_2e (计算过程: $E_{grid} \times EF_{grid} = _____$) |
| $E_{scope_{part}}$ (范围三) | _____ 吨 CO_2e (如适用, 说明计算方法) |
| E_{total} (总碳排放量) | _____ 吨 CO_2e |
| 碳减排量 (R_{re}) | |
| $R_{re_{re}}$ (可再生能源替代) | _____ 吨 CO_2e (计算过程: $E_{re} \times EF_{grid} = _____$) |
| $R_{re_{ee}}$ (能效提升) | _____ 吨 CO_2e (计算过程: $(E_{baseline} - E_{actual}) \times EF_{grid} = _____$) |
| R_{re} (碳减排量) | _____ 吨 CO_2e |
| 碳资源化利用量 (R_{ru}) | |
| R_{ru} (CCUS/其他) | _____ 吨 CO_2e (如无, 填 0; 如有, 说明项目及计算方法) |
| 碳利用效率 (CUE) | |
| CUE 计算 | $CUE = (R_{re} + R_{ru}) / E_{total} = (_____ + _____) / _____ = _____$ |

C.3.7 碳利用效率等级评定

| | |
|-------------|---|
| 碳利用效率 (CUE) | _____ |
| 评定等级 | _____ 级 |
| 等级说明 | 根据本标准第 5 章表 1, CUE 值在 [区间] 范围内, 对应 _____ 级。 |

C.3.8 结论与建议

| | |
|----|----------------------------------|
| 结论 | (总结评价主要发现, 重申等级, 可简要分析行业位置) |
| 建议 | 1. _____ 2. _____ 3. _____ |

| | |
|--|----------|
| | 4. _____ |
| | 5. _____ |

C.3.9 声明与签字

编制单位声明:

我们确认，本报告所载内容真实、准确、完整，数据来源可靠，计算方法符合《算力中心碳利用效率评价技术标准》要求。

| 报告编制人 | 审核人 | 批准人 | 日期 |
|-------|------|------|----|
| (签字) | (签字) | (签字) | |

(如适用) 第三方验证声明:

(第三方机构名称) 对本报告进行了独立核查，确认其符合相关标准要求，数据真实可信。

| 第三方机构代表 | 核查日期 |
|---------|------|
| | |

签字

参 考 文 献

- [1]YD/T 2441-2013 互联网数据中心技术及分级分类标准
- [2]YD/T 2442-2013 互联网数据中心资源占用、能效及排放技术要求和评测方法
- [3]YD/T 2542-2013 电信互联网数据中心（IDC）总体技术要求
- [4]YD/T 2543-2013 电信互联网数据中心（IDC）的能耗测评方法
- [5]国家发展和改革委员会，国家能源局.《“十四五”可再生能源发展规划》.2022.
- [6]生态环境部.《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施》.2022.
- [7]IPCC.《2006年国家温室气体清单指南》.
- [8]中国电子技术标准化研究院.《数据中心绿色等级评估指标体系研究》.