



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

变电站运行阶段碳足迹核算方法

Carbon footprint calculation method of substation operation stage

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目 次..... I

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基本规定..... 2

5 碳足迹核算..... 3

 5.1 核算边界 3

 5.2 碳足迹核算工作流程 3

6 计算报告的编写..... 8

附 录 A（资料性） 变电站运行阶段数据清单 9

附 录 B（资料性） 碳排放因子 10

附 录 C（资料性） 运输碳排放因子 11

附 录 D（资料性） 碳足迹核算报告框架 12

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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会××× (**专业**)工作组归口。

本文件起草单位 (**包括第一承担单位和参加起草单位，请按对标准的贡献大小排列**)：
××××、××××、……。

本文件主要起草人（**请按对标准的贡献大小排列**）：×××、×××、……。

本文件为首次发布。

(**或本标准所代替标准历次版本发布情况**: ××××××××××××××××××××××
×××。

变电站运行阶段碳足迹核算方法

1 范围

本文件将规定变电站运行阶段的碳足迹核算的具体方法和要求，包含术语和定义、基本规定、碳足迹核算、计算报告的编写等内容。

本文件适用于指导变电站运行阶段设备、建筑运维等引起的二氧化碳排放以及可再生能源所产生的碳减排量的碳足迹核算活动。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 24041 环境管理 生命周期评价 目的与范围的确定和清单分析

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 32151.2 温室气体排放核算与报告要求 第2部分:电网企业

GB/T 51366 建筑碳排放计算标准

DB11/T 1781 二氧化碳排放核算和报告要求 电力生产业

ISO14064-1: 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

ISO 14067: 2018 温室气体产品碳足迹量化要求及指南

T/DZJN 001 电器电子产品碳足迹评价通则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 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。

[GB/T 32150.2-2015, 定义3.1]

3.2 碳足迹 carbon footprint

企业机构、活动、产品或个人通过交通运输、消费以及各类生产过程等引起的温室气体排放的集合。

注：本标准碳足迹为指定变电站运行阶段碳足迹。

[T/DZJN 001-2018, 定义3.2]

3.3 温室气体排放 greenhouse gas emission, GHG emission

在特定时段内释放到大气层中的温室气体总量（以质量单位计算）。

注：变电站产生的温室气体种类包括二氧化碳、六氟化硫、氟利昂等。

[GB/T 32150.2-2015, 定义3.6]

3.4 碳排放因子 carbon emission factor

将能源与材料消耗量与二氧化碳排放相对应的系数，用于量化建筑物不同阶段相关活动的碳排放。
[GB/T 51366-2019，定义2.1.3]

3.5 全球变暖潜势 (GWP) global warming potential

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。

[GB/T 32150，定义 3.15]

3.6 核算边界 accounting boundary

与变电站运行阶段的经营活动相关的温室气体排放的范围。

[参考GB/T 32150，定义3.4]

3.7 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。

[GB/T 24040，定义3.32]

3.8 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研究范围之外所做出的规定。

[GB/T 24040，定义3.18]

3.9 功能单位 function unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[GB/T 24040—2008，定义3.20]

3.10 可再生能源 renewable energy

风能、太阳能、水能、生物质能、地热能 and 海洋能等非化石能源的统称。

注：变电站可使用的可再生能源为风能、太阳能与地热能。

3.11 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。

[GB/T 32150，定义 3.12]

4 基本规定

变电站运行阶段碳足迹核算应满足以下要求：

- 1 变电站运行阶段碳足迹应包含《IPCC国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体；
- 2 来源于变电站统计数据、实测数据、计量数据等；

3 排放因子选取应优先选用第三方核查的数据，其次是国家标准里的数据，最后是各类文献中的数据，文献按时间先后选取。

5 碳足迹核算

5.1 核算边界

变电站运行阶段碳足迹核算边界为该阶段活动产生的所有直接排放、间接排放与可再生能源使用，该活动数据应为最近一年的平均数据，包括变电站运行过程中输电损耗、设备用电、建筑维护、设备维护、供暖等引起的二氧化碳排放，含六氟化硫设备的运行、修理、退役过程中的六氟化硫排放，空调制冷剂泄露排放以及可再生能源所产生的碳减排量。

5.2 碳足迹核算工作流程

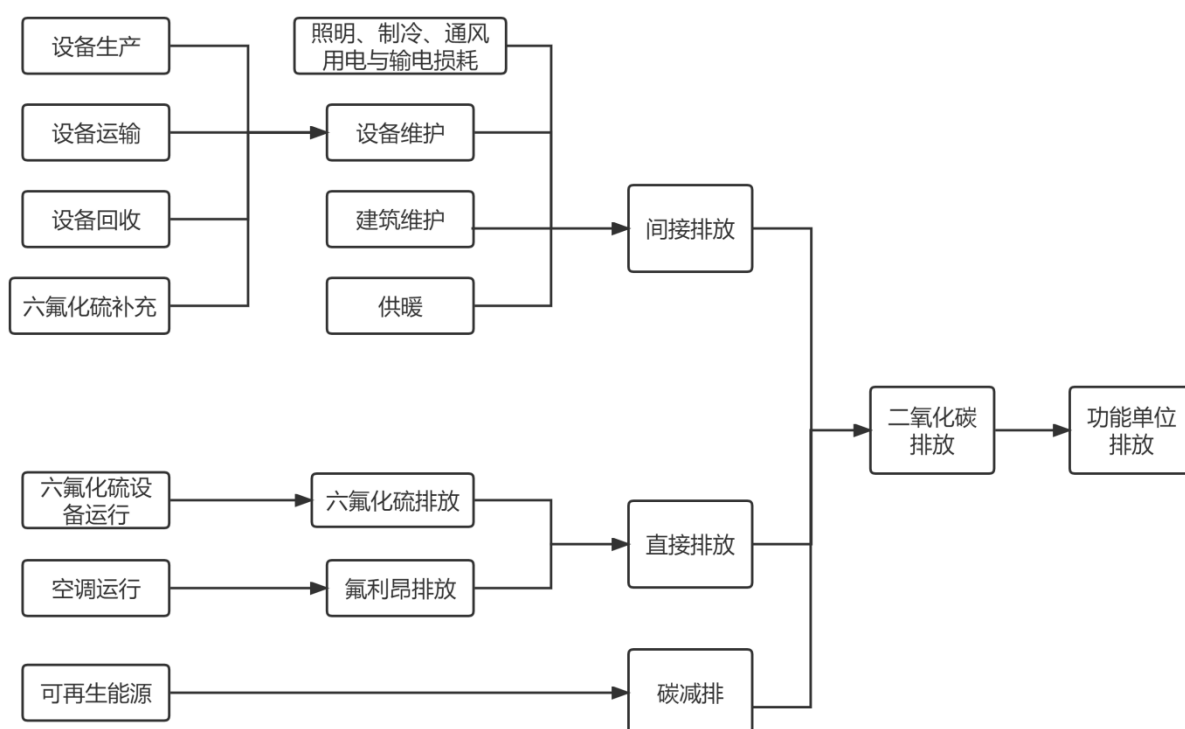
报告主体进行变电站运行阶段碳足迹核算与报告的完整工作流程基本包括：

5.2.1 确定功能单位

变电站运行阶段碳足迹核算应明确所核算内容的功能单位。功能单位应与核算目标 and 内容相一致。变电站运行阶段碳足迹核算应以变电站低压端输送 1kWh 电量产生的二氧化碳当量来记录碳足迹量化的结果。

5.2.2 确定系统边界

系统边界决定变电站运行阶段碳足迹核算所涵盖的单元过程，将变电站运行过程的整个生命周期中所涉及的活动和过程全部列出，并绘制出变电站运行阶段生命周期流程图如下。



5.2.3 收集活动水平数据

收集系统边界内所有单元过程的定性资料和定量活动水平数据，通常应当使用初级数据，活动水平的获取方式包括表计量、核算等，具体数据清单需求可参考附录 A。

5.2.4 收集排放因子数据

通常要收集的数据包括变电站运行阶段生命周期涵盖的所有物质和活动及相关的碳排放因子，数据应尽量是初级数据，保障计算结果的科学性，如 GB/T 51366-2019，中国生命周期基础数据库（CLCD）、IPCC，对于未能查找到的排放因子可选择近似替代的数据。排放因子可参考附录 B、附录 C。

5.2.5 取舍准则

变电站运行阶段碳足迹核算应包括所界定的系统边界内可能对碳足迹有实质性贡献的所有温室气体排放与清除，忽略的单元过程不得超过系统边界定义的总排放量的 1%。

5.2.6 计算

分别计算变电站运行阶段生命周期温室气体的排放量。变电站运行阶段碳足迹需计算运行过程中输电损耗、设备用电、建筑维护、设备维护、供暖等引起的二氧化碳排放，含六氟化硫设备的运行、修理、退役过程中的六氟化硫排放，空调制冷剂泄露排放以及可再生能源所产生的碳减排量。

5.2.6.1 变电站温室气体总排放量

$$GHG_M = GHG_{\text{间接排放}} + GHG_{\text{直接排放}} - GHG_{\text{可再生能源}} \quad (1)$$

式中：GHG_M—变电站温室气体总排放量（kgCO₂e）；

$GHG_{\text{直接排放}}$ —变电站温室气体直接排放量 ($kgCO_2e$) ;

$GHG_{\text{间接排放}}$ —变电站温室气体间接排放量 ($kgCO_2e$) ;

$GHG_{\text{可再生能源}}$ —变电站可再生能源减排量 ($kgCO_2e$) 。

5.2.6.2 变电站温室气体间接排放量

变电站温室气体间接排放包括建筑维护、制冷、采暖、通风、照明能源消耗以及输电损耗的排放。计算公式如下：

$$GHG_{\text{间接排放}} = GHG_{\text{电}} + GHG_{\text{供暖}} + GHG_{\text{设备维护}} + GHG_{\text{建筑维护}} + GHG_{\text{ws}} \quad (2)$$

式中： $GHG_{\text{电}}$ —变电站运行阶段电力产生的温室气体排放量 ($kgCO_2e$) ;

$GHG_{\text{供暖}}$ —供暖产生的温室气体排放量 ($kgCO_2e$) ;

$GHG_{\text{设备维护}}$ —设备维护产生的温室气体排放量 ($kgCO_2e$) ;

$GHG_{\text{建筑维护}}$ —建筑维护产生的温室气体排放量 ($kgCO_2e$) ;

GHG_{ws} —污水处理产生的温室气体排放量 ($kgCO_2e$) 。

5.2.6.2.1 运行过程中电力产生的排放量

$$GHG_{\text{电}} = GHG_{\text{损耗}} + GHG_{\text{用电}} \quad (3)$$

式中： $GHG_{\text{损耗}}$ —变电站输电损耗产生的温室气体排放量 ($kgCO_2e$) ;

$GHG_{\text{用电}}$ —变电站运行阶段耗电设备用电产生的温室气体排放量；

$EF_{\text{电}}$ —电力排放因子，采用生态环境部印发的《关于做好2023-2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》更新后的 $0.5703 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ ，该通知明确了年度全国电网平均排放因子（如果更新）将在每年年底发布。

5.2.6.2.1.1 输电损耗的排放量

$$GHG_{\text{损耗}} = (\sum E_{\text{进线}} - \sum E_{\text{出线}}) \times EF_{\text{电}} \quad (4)$$

式中： $\sum E_{\text{进线}}$ —进线端总电量 (kWh) ;

$\sum E_{\text{出线}}$ —出线端总电量 (kWh) ;

$EF_{\text{电}}$ —电力排放因子，采用生态环境部印发的《关于做好2023-2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》更新后的 $0.5703 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ ，该通知明确了年度全国电网平均排放因子（如果更新）将在每年年底发布。

5.2.6.2.1.2 运行阶段用电的排放量

$$GHG_{\text{用电}} = (E_{\text{照明}} + E_{\text{通风}} + E_{\text{制冷}}) \times EF_{\text{电}} \quad (5)$$

式中：E_{照明}—照明用电量（kWh）；

E_{通风}—通风用电量（kWh）；

E_{制冷}—制冷用电量（kWh）。

5.2.6.2.2 供暖产生的排放量

集中供暖系统碳排放可以按下列公式计算：

$$GHG_{\text{供暖}} = EF_{\text{gl}} \times A \quad (6)$$

式中：EF_{gl}—单位供暖面积的碳排放量(kgCO₂e/m²)，各城市应自行核查；

A —建筑的供暖面积 (m²)。

5.2.6.2.3 设备维护产生的排放量

$$GHG_{\text{设备维护}} = C_{\text{sb}} + C_{\text{sy}} + C_{\text{sh}} + C_{\text{SF6}} \quad (7)$$

式中：C_{sb}—设备生产碳排放量（kgCO₂e）；

C_{sy}—设备运输碳排放量（kgCO₂e）；

C_{sh}—设备回收的碳排放量（kgCO₂e）；

C_{SF6}—补充的六氟化硫气体的碳排放量（kgCO₂e）。

5.2.6.2.4 建筑维护产生的排放量

$$GHG_{\text{建筑维护}} = C_{\text{js}} + C_{\text{jy}} + C_{\text{jh}} \quad (8)$$

式中：C_{js}—建材生产碳排放量（kgCO₂e）；

C_{jy}—建材运输碳排放量（kgCO₂e）；

C_{jh}—建筑拆除的碳排放量（kgCO₂e）。

$$C_{\text{js}} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \quad (9)$$

式中：M_i—第i种建材的消耗量；

F_i—第 i 种建材的碳排放因子（kgCO₂e/单位建材数量）。

$$C_{\text{jy}} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \quad (10)$$

式中：M_i—第i种建材的消耗量（t）；

D_i—第 i 种建材的平均运输距离（km）；

T_i—第 i 种建材的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子（kgCO₂e/t·km）。

建筑拆除阶段C_{jh}参照GB/T 51366-2019（5.3 建筑拆除）计算。

5.2.6.3 变电站温室气体直接排放量

变电站温室气体直接排放包括使用六氟化硫设备检修与退役过程的六氟化硫排放以及空调制冷剂泄露产生的温室气体排放，按下列公式计算：

$$GHG_{\text{直接排放}} = E_{\text{SF6}} + Q_{\text{r}} \quad (12)$$

式中：E_{SF6}—六氟化硫排放量（kgCO₂e）；

Q_r —空调制冷剂产生的碳排放量（ kgCO_2e ）。

5.2.6.3.1 六氟化硫排放量

$$\text{ESF}_6 = [\sum_m(\text{REC}_{\text{rl},m} - \text{REC}_{\text{hs},m}) + \sum_n(\text{REC}_{\text{rl},n} - \text{REC}_{\text{hs},n})] \times \text{GWP}_{\text{SF}_6} \times 10^{-3} \quad (13)$$

式中： $\text{REC}_{\text{rl},m}$ —退役设备 m 的六氟化硫容量，以铭牌数据表示，单位为千克（ kg ）；

$\text{REC}_{\text{hs},m}$ —退役设备 m 的六氟化硫实际回收量，以铭牌数据表示，单位为千克（ kg ）；

$\text{REP}_{\text{rl},n}$ —检修设备 n 的六氟化硫容量，以铭牌数据表示，单位为千克（ kg ）；

$\text{REP}_{\text{hs},n}$ —检修设备 n 的六氟化硫实际回收量，以铭牌数据表示，单位为千克（ kg ）；

GWP_{SF_6} —六氟化硫的全球变暖潜势，25200。

在应用此公式时应应对每种设备的使用和退役过程单独考虑。以六氟化硫气体作为主要绝缘介质的电气设备，主要有断路器、气体绝缘金属封闭开关设备等，在计算过程中应重点考虑以上设备。

5.2.6.3.2 空调制冷剂排放量

空调制冷剂的逸散排放主要指的是氟利昂的排放，按下列公式计算：

$$Q_r = \frac{m_r}{y_e} \text{GWP}_r / 1000 \quad (14)$$

式中： m_r —设备的氟利昂充注量（ $\text{kg}/\text{台}$ ）；

y_e —设备使用寿命（ a ）；

GWP_r —氟利昂的全球变暖潜势。

5.2.6.4 可再生能源产生的排放量

$$\text{GHG}_{\text{可再生能源}} = (E_{\text{pv}} + E_{\text{wt}}) \times \text{EF}_{\text{电}} + \text{ER}_z \quad (15)$$

式中： E_{pv} —光伏系统的年发电量（ kWh ）；

E_{wt} —风力发电机组的年发电量（ kWh ）；

ER_z —地源热泵排放量。

注：地源热泵减排量参照《地源热泵项目的温室气体减排成效评价技术规范》计算。

5.2.6.5 碳足迹核算

$$C_M = \text{GHG}_M / C_G \quad (16)$$

式中： C_M —变电站运行阶段每功能单位碳排放量，即碳足迹（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ）；

C_G —变电站低压端输送总电量产生的二氧化碳当量。

6 计算报告的编写

报告具体内容参考附录 D。

附 录 A
(资料性)
变电站运行阶段数据清单

A.1 变电站运行阶段数据清单见表 A.1。

表 A.1 变电站运行阶段数据清单

数据时间：20xx 年 1 月-12 月						
功能单位：						
序号	排放源	名称		单位	数据	备注
1	直接排放	六氟化硫排放	退役设备 SF6 容量	kg		
2			退役设备 SF6 实际回收量	kg		
3			检修设备 SF6 容量	kg		
4			检修设备 SF6 实际回收量	kg		
5		空调排放	空调 p 数	p		
7	间接排放	电力		kWh		
8		供暖	供暖面积	m ²		
9		可再生能源	光伏年发电量	kWh		
10			风电年发电量	kWh		
11		设备维护				根据全生命周期公式与年度设备维护量进行核算。其中设备的排放因子（或碳足迹）需要设备厂商提供，无数据则应该进行核算。
12		建筑维护				根据全生命周期公式与年度建筑维护量进行核算。

附 录 C
(资料性)
运输碳排放因子

C.1 各类运输方式的碳排放因子应按表 C.1 选取。

运输方式类别	碳排放因子 $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})$
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
微型柴油货车运输 (载重 1.8t)	0.125
轻型柴油货车运输 (载重 4.5t)	0.0835
中型柴油货车运输 (载重 12t)	0.0425
重型柴油货车运输 (载重 18t)	0.0495

附 录 D
(资料性)
碳足迹核算报告框架

产品名称: _____

委托单位名称: _____

核算报告编号: _____

核算依据: _____

核算结论: ____公司(填写产品生产者的全名)生产(或填写“提供”)____的(填写所核算的产品名称),从____(填写某生命周期阶段)到____(填写某生命周期阶段)的此生命周期碳足迹为____ kgCO₂eq。

批准人: _____ (签名)

核算机构: _____ (盖章)

批准日期: _____年____月____日

一、基本情况

表 1 基本情况表

生产单位	单位名称	
	单位地址	
	统一社会信用代码	
	法定代表人	
	联系人	
	联系方式	
核算产品	产品名称	
	功能单位	
	产品介绍	

二、核算目标

披露产品生命周期碳足迹对于产品生产企业的发展而言具有重要意义。企业对产品生命周期温室气体排放进行核算后，可根据核算结果采取有效可行的措施来减少供应链中的碳排放，这样不仅可降低企业能耗，还可节约生产成本并提高企业效益。

三、系统边界及范围

3.1 系统边界及范围描述

XXXX

3.2 生命周期图

XXXX

四、计算方法

XXXX

五、产品碳足迹计算

5.1 各阶段活动数据及排放因子说明

表 2 产品生命周期活动数据说明

生命周期阶段	活动数据	单位	数据来源
原材料获取及准备			
制造			
分销/零售			
使用			

废弃处置			
------	--	--	--

表 3 产品生命周期排放因子说明

生命周期阶段	排放因子	单位	数据来源
原材料获取及准备			
制造			
分销/零售			
使用			
废弃处置			

5.2 产品生命周期碳足迹清单及说明

_____（每功能单位的产品）从_____（填写某生命阶段）到_____（填写某生命阶段）的生命周期碳足迹为_____kgCO₂eq。各阶段的排放情况及占比如下表。

表 4 每功能单位的产品生命周期阶段排放情况及占比

生命周期阶段	碳足迹（kgCO ₂ eq）	百分比（%）
原材料获取及准备		
制造		
分销/零售		
使用		
废弃处置		
总计		

5.3 其他说明

XXXX

六、报告管理及保存

本报告由 XX 单位 XX 部门以纸质版/电子版的形式保管，保存年限为 XX 年，报告有效期为 XX 年；
报告可用于 XXX 用途，报告中 XXX 为保密性信息，如须使用请联系相关方。

七、参考文献

XXXX