

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/××× ××××—××××

## 电工装备产品碳足迹量化评估技术指南

Technical Guide for Quantitative Assessment on Product Carbon Footprint of  
Electric Power Equipment

××××—××—××发布

××××—××—××实施

× × × × × × × 发 布

# 目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引 言.....	III
电工装备产品碳足迹量化评估技术指南.....	4
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 基本原则.....	8
5 产品系统边界的确定.....	9
6 数据收集.....	14
7 产品碳足迹的生命周期清单分析.....	19
8 产品碳足迹影响评估.....	27
9 产品碳足迹解释.....	28
10 产品碳足迹声明与报告.....	28
11 产品碳足迹绩效监测.....	30
附 录 A （规范性） 数据收集表模板.....	31
附 录 B （资料性） 相关参数缺省值.....	34
参 考 文 献.....	2

## 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。

本文件由XXXXXX提出并解释。

本标准由XXXXXX归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本标准首次发布。

## 引 言

产品碳足迹量化评估是基于市场机制、有效降低产品全生命周期环境影响的重要技术手段，是企业转变经济发展方式、淘汰落后生产能力、促进行业高质量发展、加快节能减排、积极应对气候变化、提升产业基础能力和产业链现代化水平的有效途径。

本标准与国际标准深度对接，以易用性、系统性为原则，建立了符合电力行业绿色低碳需求的产品碳足迹量化评估模型，旨在给出电力设备产品碳足迹量化评估技术指导规范和要求。

# 电工装备产品碳足迹量化评估技术指南

## 1 范围

本文件规定了电工装备产品碳足迹的核算原则、生命周期评价（LCA）、数据质量、核算步骤、核算方法、分析与评估、报告的要求。本文件核算的温室气体包括二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）及三氟化氮（NF<sub>3</sub>）。

本文件适用于指导开展电工装备产品碳足迹核算活动。

本文件没有规定强制性的实施方法。

本文件适用于指导电力设备产品碳足迹的量化评估。

## 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 2900.1-2008 电工术语 基本术语

GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 32150-2015 工业企业碳排放量化和报告通则

ISO 14067: 2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification

ISO/TS 14027: 2018 Environmental labels and declarations – Development of product category rules

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电工装备 electric power equipment**

电力系统中用于发电、输电、变电、配电、供用电各环节，以及新能源和电能存储专用设备的统称。。

### 3.2

**成套装置 complete set of equipment**

成套装置是由制造厂成套供应的设备，运到现场后组装而成电力装置。

注1：如成套配电装置是将电气主电路分成若干个单元，每个单元即一条回路，将每个单元的断路器、刀闸、电流

互感器、电压互感器，以及保护、控制、测量等设备集中装配在一个整体柜内，有多个高压开关柜在发电厂、变电所或配电所安装后组成的电力装置称为成套配电装置。

注2：如光伏组件由一定数量的单片电池采用串/并联的方式密封成的太阳电池组件、框架、逆变器、升压配电室以及角度调节电机等辅助设备构成。

### 3.3

#### 产品碳足迹 carbon footprint of a product (CFP)

基于生命周期评估方法量化产品系统全生命周期中GHG排放量和GHG清除量的总和，以气候变化的单一影响类别GWP表征，单位为二氧化碳当量。

[ISO 14067-2018，定义3.1.1.1]

### 3.4

#### 部分产品碳足迹 partial carbon footprint of a product (PCFP)

产品系统中基于生命周期一个或多个选定过程或阶段的GHG排放量和GHG清除量的总和，单位为二氧化碳当量。

[ISO 14067-2018，定义3.1.1.2]

### 3.5

#### 产品碳足迹量化 carbon footprint of a product quantification

确定CFP或PCFP生命周期清单的活动。

[ISO 14067-2018，定义3.1.1.6]

### 3.6

#### 核算 accounting

为量化产品碳足迹而将数据集与单元过程关联形成计算模型并得到数学解的过程。

### 3.7

#### 碳抵消 carbon offsetting

通过防止目标产品系统之外一定数量的GHG排放量的释放、减少或去除，而建立以补偿全部或部分CFP和PCFP为目的的机制。

注：如相关产品系统之外的投资、在可再生能源技术、能效措施、植树造林/再造林方面的机制。

[ISO 14067-2018，定义3.1.1.7]

### 3.8

#### 产品碳足迹-产品种类规则 carbon footprint of a product-product category rule (CFP-PCR)

对一个或多个产品种类进行III型环境声明所必须满足的一套具体的规则、要求和指南。

[ISO 14067-2018，定义3.1.1.9]

### 3.9

#### 碳汇 carbon sink

从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。

### 3.10

**化石燃料燃烧排放 fossil fuel combustion emission**

化石燃料在氧化燃烧过程中产生的碳排放。

## 3.11

**购入的电力产生的排放 emission from purchased electricity**

企业消费的购入电力所对应的电力生产环节产生的碳排放。

## 3.12

**初级数据 primary data**

对产品生命周期活动的直接测量或基于直接测量的计算而得到的单元过程或活动的量化值。

注：初级数据并非必须来自目标产品系统，初级数据可能涉及其他与目标产品系统具有可比性的产品系统。

[ISO 14067:2018, 定义3.1.6.1]

## 3.13

**特定场景数据 site-specific data**

产品系统内获得的初级数据。

注：所有特定场景数据皆是初级数据，但初级数据不一定是特定场景数据。

注：特定场景数据包括场地内某一特定单元过程的碳源和碳汇。

[ISO 14067:2018, 定义3.1.6.2]

## 3.14

**次级数据 secondary data**

通过在原始源直接测量或基于直接测量的计算以外的方式获得的单元过程或活动的量化值。

注：次级数据的来源可包括数据库和有关部门批准发布的资料。

[ISO 14067:2018, 定义3.1.6.3]

## 3.15

**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]

## 3.16

**数据集 data set**

产品系统中某单元过程的输入和输出数据的集合。

## 3.17

**排放因子 emission factor**

表征单位生产或消费活动量的碳排放的系数。

[GB/T 32150, 定义 3.13]

## 3.18

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

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]

### 3.19

#### 贡献率 contribution rate

排放清单物质或单元过程导致的排放量占GHG排放总量的比重。

### 3.20

#### 数据质量审定 data quality validation

按照指定的规则和方法,对数据是否满足产品碳足迹声明或报告要求的能力特性进行认定的过程。

### 3.21

#### 敏感性分析 sensitivity analysis

用来估计所选方法和数据对研究结果影响的系统化程序。

[GB/T 24044: 2008, 定义3.31]

### 3.22

#### 不确定性 uncertainty

与量化结果相关的、表征数值偏差的参数。上述数值偏差可合理地归因于所量化的数据集。

注:不确定性信息一般要给出对可能发生的数值的偏离的定量估算,并对可能引起差异的原因进行定性的描述。

### 3.23

#### 完整性检查 completeness check

验证生命周期评价各阶段所得出的信息是否足以得出与目的和范围相一致的结论的过程。

[GB/T 24044: 2008, 定义3.41]

### 3.24

#### 一致性检查 completeness check

验证在得出结论之前研究过程中所应用的假设、方法和数据的前后一致性,以及是否与所规定的目的和范围保持一致的过程。

[GB/T 24044: 2008, 定义3.42]

### 3.25

#### 敏感性检查 sensitivity check

验证在敏感性分析中所获得的信息是否与结论和给出的建议相关的过程。

[GB/T 24044: 2008, 定义3.43]

### 3.26

#### 不确定性分析 uncertainty analysis

用来量化由于模型的不准确性、输入的不确定性和数据变动的累积而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

[GB/T 24044: 2008, 定义3.33]



## 3.27

**局限性分析 limitations analysis**

对产品碳足迹量化评估固有的限制和权衡进行系统分析的过程。

## 3.28

**产品碳足迹强度 (PCI) carbon intensity of unit product**

产品碳足迹与单位产品产值的比值，表征输出每单位产品/所导致的碳排放量。

注：产品碳足迹强度越低，表明每单位产值产生的碳排放越少。

## 3.29

**产品碳足迹绩效 carbon footprint of a product performance**

指能够定量或定性的表征产品碳足迹结果的可测量的影响因素。

## 3.30

**评估 evaluation**

在一定置信度下确定产品碳足迹量化结果的活动。

注：评估包括完整性检查、一致性检查、敏感性检查、不确定性分析和局限性说明。

## 4 基本原则

## 4.1 生命周期视角

产品碳足迹评价是基于LCA方法学以单一环境影响特征值归一化的量化形式研究产品生命周期碳排放对环境影响的程度。全生命周期包括产品的原材料获取（自然资源的开采、运输、原材料加工和运输）、产品生产制造（包括组装和试验）、产品运输/交付、产品使用及至生命末期的最终回收处置。

为便于理解基础数据库的碳排放因子和产品碳足迹系数的区别，服务公司绿色采购，本文件将生命周期阶段划分为六个部分，即原材料获取（包括自然资源的开采、运输、加工）、原材料运输、产品生产制造、产品运输/交付、产品使用和产品废弃处置六个阶段。

## 4.2 功能单位

产品碳足迹核算是基于一个功能单位或声明单元进行计算的，应是可测量的。对于单个产品而言，功能单位没有特殊含义，仅用于比较不同产品系统时确保系统边界的一致性。

功能单位或声明单元为单元过程输入和输出数据的归一化提供基准。

功能单位包括产品性能和提供某种用途的功效。

声明单元只能用于PCFP。

## 4.3 迭代计算

基于生命周期评价方法学进行CFP核算时，应反复评估生命周期评价的四个阶段，保证目标产品系统的碳足迹核算模型和数据集的一致性和有效性。

## 4.4 方法优先级

CFP核算方法应优先选择国家和行业规定的方法，在国家和行业标准缺失的情况下，可选择IPCC温室气体清单、protocol、PAS 2050或国际公约中指定的方法。

当通过抽样方法测量时，应依据自然基础科学（如物理、化学和生物学）和电力系统的定义的公式、定理或已被国际公开验证的方法。

只有在上述方法不可行时，才可选择经济性的数据（如成本和产品价值）进行核算。

#### 4.5 相关性

选择适用于电工装备产品碳足迹核算的数据与方法。

注：在选择次级数据时应保证与目标产品系统的相似性，并报告。

#### 4.6 完整性

全生命周期CFP评价应包括产品从原材料获取、生产制造、运输、使用及至生命末期的最终回收处置所有连续阶段内直接和间接碳的排放与清除。

当依据截止准则设定取舍规则时，模型是有限完整的。

#### 4.7 一致性

在同一类型目标CFP评价的整个过程中应采用相同的假设、方法和数据，确保得到与评价目标和范围相一致的结论。

对同一功能单位的同类电力设备CFP进行比较时，应采用相同运行工况下的碳排放与清除量进行比较。

#### 4.8 准确性

确保电力设备CFP量化结果是可验证的、相关的、无误导的和无偏见的，并尽可能减少偏差和不确定性。

#### 4.9 透明性

数据收集过程的所有问题都应在公开、全面和可理解的状态下进行，并保持记录。

应在评价报告中阐述所有相关假设、选取的方法学和数据来源。

应清楚地解释所有结论，避免偏差，以使CFP评价结果如实地反映其声明的内容。

#### 4.10 避免重复计算

避免对目标产品系统碳排放量与清除量进行重复计算，以及避免对其他产品系统已考虑的碳排放与清除进行分配。

### 5 产品系统边界的确定

全生命周期产品系统包括原材料获取、生产制造、使用、运输及至生命末期的最终回收处置所有连续阶段。确定系统边界应与CFP研究目标一致，基本要求参见ISO 14067-2018:6.1和6.3。

#### 5.1 目标

确定目标时，应关注以下问题：

- a) 关注相关方对报告/声明的预期用途，如产品比较、供应链升级、减排分析和核查与认证等；
- b) 选定产品系统所有重要的碳排放和清除量；

- c) 产品绿色设计；
- d) 产品部分生命周期阶段；
- e) 目标受众对生命周期阶段的要求和详尽程度；
- f) 需要沟通和确认的信息，更多要求可参见 ISO 14026-2018。

## 5.2 范围

### 5.2.1 产品系统及功能

确定范围时，应考虑目标产品和成套设备：

- a) 产品种类、功能、型号，性能参数；
- b) 如有 CFP-PCR（见 5.3）；
- c) 产品的结构组成、零部件和辅料耗材；
- d) 重要的原料、专用原料；
- e) 生产工艺和流程；
- f) 重要设备设施；
- g) 所属的一级专业领域和二级专业领域；
- h) 产品应用的电压等级；
- i) 产品设计及用途；
- j) 产品型式实验、抽样检验和入网检测的相关数据；
- k) 成套装置现场安装；
- l) 产品调试、试运行、并网运行、运维检修，预计其对 CFP 有实质性贡献而应被详细评价的单元过程；
- m) 产品运行阶段包括但不限于过载运行、主备运行、电网安全约束等情况导致产品功耗、运行期限变化；
- n) 碳计量、碳监测的水平；
- o) 能效管理水平和企业资源计划；
- p) 供应链数据和数据库；
- q) 目标受众及供应链上、下游数据收集的要求和条件；
- r) 如数据不可获取而截断（见 5.2.5 截止准则）；
- s) 已有的具体产品的 CFP-PCR（见 5.3）；
- t) 当不存在电力设备具体产品 CFP-PCR 时，或数据规则与“5 产品系统边界的确定”规定不一致时，可按其原材料所属产品分类，参考相关产品行业标准、其他与具体材料或产品种类相关的 PCR、国际认可的具体领域文件的要求和指南重新规定系统边界。

### 5.2.2 地理和时间边界

地理边界包括目标产品生命周期内用于生产制造过程的（分）厂区、（分）场所、租赁场所、临时场所和共用场所都应纳入产品系统。

时间边界是指用于 CFP 量化的数据应在目标产品生命周期阶段（见 5.2.4）具有代表性的时段内收集。时间代表性是指描述产品生命周期排放特性的时段，如目标产品不在检修时段时，则应根据一致性原则，选择具有可比性的产品系统的检修时段的数据替代。

### 5.2.3 碳排放量与清除量

碳排放是人类生产经营活动过程中向外界排放碳的过程。电力设备 CFP 量化的碳包括二氧化碳和六氟化硫。

根据目标设定产品系统的生命周期阶段，在设定的生命周期阶段中应包括对 CFP 有实质性贡献的所有碳排放与清除量。

a) 能源

供应链产品生命周期内能源的获取和使用，包括与这些过程有关的直接和间接碳排放，以及与清除量。

内部电力供应、热力供应用于目标产品生产、使用或储运时，应包含在产品系统中。

b) 化石和生物碳

与电力设备 CFP 相关的化石和生物碳碳排放和清除应包括在产品系统中，并单独核算（见 7.2），可能包括：

- 煤作为燃料燃烧；
- 生物质作为燃料掺烧；
- 电力设备的包装、组件涉及林业材料。

c) 土地利用变化

土地直接利用变化和土地管理变化，其排放量和清除量应纳入本产品系统中，如原料获取与土地直接利用变化和土地管理变化有关时。

不包括土地变更在内的土地利用排放量与清除量，如厂区绿化或扩建。

土地利用变化影响时间使用 IPCC 界定的第一阶段 20 年期限。

注：更详细的土地利用变化，可参见 ISO 14067-2018:6.4.9.5。

d) 飞机温室气体排放

飞机运输碳排放纳入本产品系统中，但应作为运输阶段独立的单元过程进行量化。

注：有关飞机碳排放的更多信息，可参见 IPCC 国家温室气体清单指南和 IPCC 航空特别报告。

e) 碳抵消

在目标产品系统之外的碳抵消不包括在产品系统中。

注1：通过可再生能源技术、碳汇、额外的能效补偿措施等不能用于目标产品的碳抵消。

注2：碳抵消的相关信息可参见 ISO 14026-2018。

f) 其它碳排放量和清除量

1) 除上述碳排放量和清除量，还应包含在产品系统中

- 飞机碳排放；
- 生物碳排放后的清除量。

2) 宜包含在产品系统中

- 间接土地利用变化。

3) 不包括在产品系统中，如计算，应单独在 CFP 研究中报告

- 产品中生物质含碳量，如木质品的含碳量；
- 延期排放和清除量。

#### 5.2.4 生命周期阶段

以下各生命周期阶段的划分为电力设备CFP的量化评估提供参考。

a) 原材料获取

供应链产品的原材料开采、提取或转化和运输都应纳入原材料获取阶段。

注1：电力设备的原材料是指生产某种产品所使用的存在于大自然中，未经加工的基本物质，即在自然形态下的森林产品和矿产品（如铁矿石、原油）等。

注2：包括用于燃烧的生物质。若涉及生物质燃烧时，可单独报告土地利用的影响，如排除在产品系统之外，则不能报告产品全生命周期碳足迹。

## b) 生产制造

构成产品或成套设备的元器件、结构件、组件、辅料和工艺流程，以及产品集成、组装、导运、工厂检验或例行检验过程所产生的排放与清除，纳入生产制造阶段。

生产运营产生的排放与清除，包括生产车间、仓库等所产生的排放与清除，纳入生产制造阶段。

注1：生产运营包括车间的照明、供暖、制冷、通风或湿度控制和其他环境控制。

注2：例行检验是指产品交付到用户前进行的100%检验，宜单独划分为一个单元过程。如果是产品的例行检验由使用方付费，该单元过程宜划分于使用阶段。

生产过程的能源和物资的循环、再利用、回收和贮存等最终处置阶段之前的过程，纳入生产制造阶段。

生产制造过程中的办公室用能可不纳入产品系统，如纳入应避免重复计算。

注：对于不能区分生产过程和办公室用能的产品，见（分配原则 7.1.4）。

## c) 使用

产品入网试运行、并网投运、使用、备用、运维检修、现场入网检测和现场安装调试过程所产生的碳排放与清除，应纳入产品使用阶段。

若目标产品的运行或使用，引起其他产品使用阶段的碳排放改变（增加或减少），则此改变不纳入本产品系统。

产品运维检修时所产生的能源消耗、物资消耗、零部件更换以及产生的碳排放改变（增加或减少），纳入产品使用阶段。

注1：运维、检修、检测、调试、试运行时使用工具、装备和设施引起的排放应纳入本产品系统，但工具、装备和设施本身不纳入本产品系统。如无人机巡检时，无人机属于其它产品系统，但巡检过程中引起的排放应纳入本产品系统。

注2：考虑主备机切换运行场景，见（分配原则7.1.4）。

## d) 运输

由公路运输、空运、水运、铁路运输或其它运输所产生的排放与清除，应纳入产品运输阶段。

注：运输产生的碳排放可以合并，包括与个别过程有关的运输所产生的碳排放，如输入物料、产品和共生产品在工厂内的移动（如通过传送带或其他厂内运输方式而被移动），但应注意避免重复计算。

## e) 回收与废弃处置

产品最终处置是指产品最终的回收，并通过填埋、焚烧、掩埋、污水的方式处置废弃物。

产品生产阶段产生的最终废弃物（不再参与目标产品的再生循环利用）的处置产生的碳排放应纳入产品回收与废弃处置阶段。

当废料最终处置阶段回收后，如不用于目标产品的生产时，此回收过程产生的碳排放应排除在产品系统边界外；当回收的材料作为该产品系统任何单元过程中的材料时，则此回收过程应包括在系统边界内，但应建立分配程序（见分配原则7.1.4）。

注：ISO 14067-2018 6.3.8 给出了产品终止阶段的可能过程。

## f) 贮存

产品贮存可纳入生产制造阶段，也可以做为合并的独立单元过程进行分析，包括：

——产品生命周期各阶段输入物资（包括原材料、元件和组件）的储存，包括使用阶段产品的储存，再利用、回收利用等最终处置阶段之前的储存；

——产品生命周期各阶段与产品贮存有关的环境控制（如制冷、供暖、湿度控制和其他环境控制）。

注：产品运输中与环境控制有关的碳排放（如：冷藏运输中所产生的碳排放）宜计入产品贮存阶段，但应注意避免重复计算。

## 5.2.5 截止准则

截止准则确定允许次要过程和物质的量的取舍和数据的截断误差,描述目标产品系统边界对评价结果产生的影响。

对于产品生命周期内的排放与清除,设定以下截止准则:

- a) 产品系统边界内预期对 CFP 有实质性贡献的所有碳排放与清除不能忽略;
- b) 由于测量等原因而产生的额外的碳排放,不纳入产品系统中;
- c) 各生命周期阶段可忽略的物质质量不超过该阶段物质总量的 1%;
- d) 忽略单元过程的排放量总量不得超过系统边界定义的排放总量的 5%;
- e) 如电力设备的运维检修、抽样检验过程在量化周期内少于 7 天,且其增加或减少的能耗不可获取时,可忽略,并不做总量核算;
- f) 百分比的计算可按总能量、总排放量或总质量估算;
- g) 如产品系统边界内的数据不可获取时,应尽量选用同类型产品的替代数据,如任何数据都无法获取而产生的系统边界的截断,应通过后续迭代计算的过程进行补充,并在报告中声明。

### 5.2.6 系统边界排除

与以下方面有关的碳排放不应纳入系统边界:

- a) 工厂的基础照、采暖、卫生设施和清洁设施的耗能;
- b) 消费者往返零售点的交通;
- c) 员工通勤;
- d) 产品推介活动;
- e) 对制造设备、设施和工具器的保养、维护和安装;
- f) 厂房建设;
- g) 间接土地利用变化排放与清除。

注:关于土地利用变化和土地管理的排放与清除更多规定请参见ISO 14067-2018:6.4.9.5和6.4.9.6。

下列过程如对于功能单位产品的排放和清除量贡献较少,也可以排除在外:

- a) 用于制造产品原材料或零部件的包装;
- b) 工厂内部导运。

注:贡献率应满足5.2.5截止准则规定。

## 5.3 产品碳足迹-产品种类规则 CFP-PCR

### 5.3.1 总则

为了保证电力设备CFP声明的一致性和可比性,特制定统一的电力设备CFP-产品种类规则,其层次结构如图1所示。

本标准不规定CFP-PCR开发规则,更多信息可参见ISO 14027-2018。

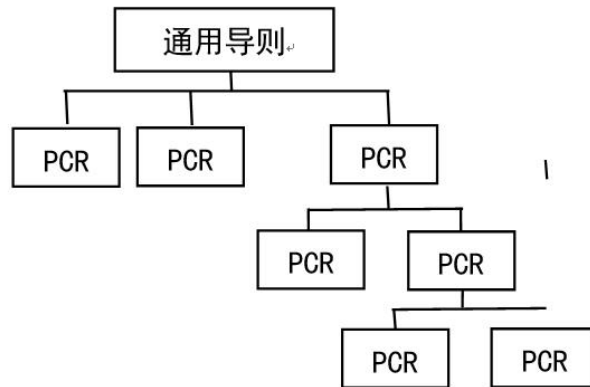


图1 CFP-PCR 关系示意图

新开发的PCR不应与本标准和已有PCR规定内容重复或相悖，而应作为本标准或已有PCR规定之外针对某具体产品进行碳足迹量化活动的补充。

注：应在已有的CFP-PCR基础上完善，避免重复开发。

### 5.3.2 使用规则

a) 在选择使用具体产品一个或多个 CFP-PCR 时，应确认目标产品与相关 CFP-PCR 中规定的要求相适宜，包括但不限于：

#### 1) 目标和范围

- 产品类别定义、功能、技术性能、用途相同；
- 功能单位相同；
- 系统边界等价；
- 数据描述等效；
- 输入输出标准等效；
- 数据质量要求相同（覆盖率、精确度、完整性、代表性、一致性、再现性）；
- 使用阶段和终止阶段的假设相同；
- 特定碳排放和清除被同等对待；
- 生命周期阶段相同。

#### 2) LCI 和 LCIA 阶段要满足以下要求：

- 数据收集方法和质量要求等效；
- 计算方法和程序相同；
- 能量流分配相同；
- 应用 GWP 相同。

b) 可采用国际上已有的具体产品的 CFP-PCR，但应说明和报告该规则适用于本产品系统。

## 6 数据收集

### 6.1 数据类型

#### 6.1.1 初级数据

- a) 初级数据是指通过直接测量或基于直接量测的计算获得各单元过程的排放数据、活动数据和排放因子；  
注：活动数据可参考附录 B 给出的示例。
- b) 特定场景数据是目标产品系统边界内直接测量或直接测算的数据，其一定是初级数据，通常来自于产品系统内的持续监测（包括周期性监测）；
- c) 初级数据不一定来自目标产品系统，可能来自于与目标产品系统具有可比性的其它产品系统，但应在报告中说明其来源的合理性或依据；
- d) 初级数据通过对产品系统的直接调查进行收集。

### 6.1.2 次级数据

- a) 次级数据是指所有非初级数据，即非直接测量和直接测算的各单元过程的排放数据、活动数据和排放因子；
- b) 次级数据通常来自于相关数据库、文献或相关记录。

### 6.1.3 替代数据

- a) 来自非目标产品系统边界内的数据，统称为替代数据；
- b) 初级数据也可能是替代数据；
- c) 特定场景数据不是替代数据。

## 6.2 数据质量

### 6.2.1 数据质量要求

CFP 量化应尽可能使用降低偏向性和不确定性的具有最高质量的数据，数据质量应考虑以下方面的内容，包括但不限于：

- a) 数据来源：是指数据是初级数据还是次级数据；
- b) 时间范围：即来源数据的年份和最短的数据收集时间段。应优先选择对目标产品而言具有时间代表性的数据；
- c) 地理范围：应满足目标产品系统单元过程数据的地域范围，例如地区、国家、区域。应优先选择对目标产品所属地理位置的数据。若无法获取具有地理位置的数据，则可使用类似产品（或过程）或类似地理特征的替代数据，并对数据差异的原因和正确性进行分析和记录；
- d) 技术代表性：具体技术特性或技术组合。如型式实验标准、产品标准、检验标准中给定的参数可以表征相关产品的功能特性，应优先选择对目标产品而言具有相关技术代表性的数据；
- e) 准确性：是指收集到的数据（如活动数据）与真值的接近程度。应优先选择特定场景数据；

注：如用高精度的特定场景数据所占总数据的百分比表征，表示数据能代表产品系统的真实程度；

- f) 精确度：即对每个数据值变率的度量（如方差）。应优先选择更精确（即具有最小统计方差）的数据；
- g) 完整性：收集到的初级数据和次级数据所占应获得数据总量的百分比，表征描述产品系统和满足相关方需求的程度，如样本容量是否足够大、测量频率是否足够高等方面；
- h) 一致性：是指评价方法学是否被一致地应用于敏感性分析的不同部分，应对此作定性评价；
- i) 可再现性：是指方法学和数据有关信息允许独立第三方重现 CFP 声明的相关内容的程度，应对此作定性评价；
- j) 信息的不确定性，应对此作定性评价，包括但不限于：
  - 参数（如排放因子、活动数据）的不确定性；
  - 情景（如使用阶段情景或最终处置阶段情景）的不确定性；



——模型的不确定性。

### 6.2.2 数据优先级

各类数据按实测数据、直接测算数据、间接测算数据、估算数据和替代数据的优先级排序。所有数据应优先考虑来源自产品、元器件和零部件生产国，如该生产国缺少相关数据时，使用其它国家同型产品的替代数据时，应依据6.4的规定充分论证和说明其适用性，并在报告中声明。如根据具体场景和环境条件与以下规定的数据优先级不符时，则应在CFP报告中进一步对优先级做出更明确的界定和合理性说明，数据质量审定准则见6.4.3。

#### 6.2.2.1 初级数据优先级

初级数据可参照如下优先级排序：

##### a) 来自于产品系统内：

- 1) 直接读取企业现场测量/监测装置获得的数据，通常来自于企业直接监测或依据抽样计划在现场直接量测采集的数据；
- 2) 直接读取企业现场测量/监测装置的实测数据，并通过直接计算获得的数据，计算方法应该是基于自然基础科学（物理学、化学、生物学、电力系统基本公式和国家标准、行业标准或国际公约中给出的计算公式）获得；
- 3) 目标产品系统内信息化平台获取的初级数据；

注1：这种情况取决于目标产品企业信息化系统保留了充分的实测数据的记录。但应报告这种数据的使用条件和合理性。

注2：通常用于获取特定场景数据的平均值。

- 4) 电网运行监测数据；
- 5) 来自于时间范围内企业以文件或电子媒介形式保留的生产数据、生产报告或工作记录中的初级数据；
- 6) 来自于第三方的检测、核查或认证报告中的初级数据。

注：5) 和 6) 这种情况主要针对某些特殊场景和运行工况，不便于现场再次测量，但在时间范围内保留了实测数据的记录。但应报告这种数据的使用条件和合理性。

##### b) 来自于产品系统外，但应报告这种替代数据的使用条件和合理性：

- 7) 来自于与目标产品系统具有可比性的其它产品系统的初级数据，包括 6.2.2.1 中 1) -6) 的内容；
- 8) 来自于第三方的检测、核查或认证报告中的初级数据。

注：这种情况应是其它产品系统的现场实测数据，但应关注这些数据的时间边界。

#### 6.2.2.2 次级数据优先级

次级数据可参照如下优先级排序：

##### a) 来自产品系统内的：

- 1) 来自于产品线能源消耗计量数据形成的生产记录和统计报表/报告；
- 2) 来自于生产部门能耗计量和来自于设计部门物料消耗的相关记录和统计数据；
- 3) 企业以文件或电子媒介形式保留的生产统计数据；
- 4) 目标产品系统的工作/设计手册；
- 5) 与排放相关的企业财务票据和（或）供应商提供的结算凭证数据；
- 6) 电网运行监测数据；
- 7) 在时间范围内的来自于第三方的检测、核查或认证报告中的数据；

- 8) 通过公开验证的方法学、技术或理论得到的间接计算数据；
  - 9) 通过公开验证的方法学、技术或理论得到的估算数据；
  - 10) 公开发表的报告数据。
- b) 来自于产品系统外，但应报告这种替代数据的使用条件和合理性：
    - 1) 电网运行监测数据；
    - 2) 数据库，包括国家标准数据库优于行业标准数据库优于科研标准数据库；
    - 3) 所属行政区域/地方政府发布的统计数据；
    - 4) 行业年鉴；
    - 5) 中国国家温室气体排放清单；
    - 6) 国际标准优于国家标准优于行业标准优于地方标准/团体标准相关参数；
    - 7) 科研报告/参考文献（如正式发布的核心期刊数据）；
    - 8) IPCC 国家温室气体排放清单中的默认排放系数。

### 6.2.2.3 排放因子优先级

- a) 测量或质量平衡获得的排放因子；
- b) 供应商提供的排放因子；
- c) 区域排放因子；
- d) 国家排放因子；
- e) 国际排放因子。

## 6.3 数据收集

### 6.3.1 通用要求

附录 A 给出了数据收集表模板。通用要求如下：

- a) 活动数据：主要包括物质的量、物理参数、运行参数、能源消耗和各过程的排放因子；
  - b) 排放因子：能源使用所产生的碳排放的计算应采用所在地区的能源排放因子，或参考国家或行业发布的数据；
  - c) 能源消耗量的测量仪器应符合 GB 17167；
  - d) 时间范围：应指定目标产品系统生命周期阶段的时间跨度、边界，并应有报告中明确确定该时间跨度的依据；
  - e) 典型工况：应覆盖产品系统所有典型工况和重大排放过程的活动数据；
  - f) 如有 CFP-PCR 时，应按 5.3 的规定要求选用；
  - g) 应优先选择经第三方验证过的数据；
  - h) 通过测量和计算而获取的数据，均可用于量化单元过程的输入和输出；
  - i) 数据集根据技术的发展而变化；
  - j) 数据收集超出本标准界定的内容时，均应在 CFP 报告中合理性说明；
  - k) 应对缺失的数据进行处理；
- 注：可参照 GB/T 24044-2008:4.2.3.6.3 原则。
- l) 收集的数据应至少保留十年。

### 6.3.2 数据收集方法

- a) 数据收集时，应尽可能选取满足研究目标和内容的初级数据，数据收集的优先级如下：
  - 1) 特定场景数据；
  - 2) 产品系统内非特定场景数据；

- 3) 产品系统内次级数据;
  - 4) 替代数据的初级数据;
  - 5) 替代数据的次级数据。
- b) 应尽可能收集系统边界内所有单元过程的定性资料和定量数据;
  - c) 应尽可能收集产品供应链上的数据;
  - d) 通过调查无法收集到初级数据和次级数据, 但又不满足截止准则, 选择近似系统的替代数据, 但应报告其局限性;
  - e) 尽可能在数据收集活动前制定可行性的抽样计划, 抽样计划宜附加于 CFP 报告中;
  - f) 如收集数据时涉及的假设条件对 CFP 报告有显著性影响, 则应进行敏感性分析 (见 9.1);
  - g) 应尽可能多的从组织所拥有的场所、运行或控制的单元过程中收集特定场景数据, 包括追溯供应链上下游在产品系统生命周期阶段和单元过程特定场景的碳源、碳汇、活动数据和排放因子;
 

注 1: 排放因子应尽可能反映现实排放过程。

注 2: 特定场景数据可以是平均值。
  - h) 应尽可能为重大排放设备设施收集特定场景数据;
  - i) 如无法获得最具代表性的特定场景数据, 可以从目标产品系统中收集包括该单元过程所有特定场景的平均值;
 

注: 该平均值可能是在产品系统内同一单元过程持续监测数据在时间尺度上的平均, 也可能是多个相同单元过程的平均, 如使用加权平均, 其权重值若使用主观权重, 如专家组给定的值或经验值, 则该类数据属于次级数据的估算数据。
  - j) 如无法获取特定场景数据时, 应使用非特定场景数据且经过第三方审查或验证的初级数据;
  - k) 对 CFP 预期贡献较小或其相关初级数据的收集是不可能或不可行的单元过程可基于次级数据来进行量化;
  - l) 如使用次级数据的替代数据时, 应在 CFP 报告中声明其合理性;
  - m) 可针对相同单元过程或这些单元过程的设备设施来收集初级数据, 且收集到的数据对于各个过程而言应具有代表性;
 

注: 例如无法获得目标产品系统内的初级数据时, 可收集针对同一个工艺过程使用相同的设备设施的能耗数据作为替代数据, 但应关注该工艺能耗数据的影响因素, 如与质量、体积、次数相关。
  - n) 活动数据可采用企业 ERP、MES 等信息系统记录数据来确定, 包括订单数据、物料出入库信息、成品出入库信息、生产流程、实验流程、产品使用过程中的量测、电网运行状态等数据。不具备信息化条件的, 根据每批次或月度、季度、年度统计数据及报表数据进行测算;
  - o) 收集时间代表性的数据是指能反应产品生命周期阶段排放特性相应时间段内的数据, 如生产阶段可按生产批次相应的时间, 使用阶段可根据不同运行状态选择年、月、日、时等不同时间段, 但用于同一过程碳排放量化的数据其时间段应保持一致;
  - p) 如活动数据具有周期性、规律性或趋势性变化时, 可选择时间代表性的趋势值, 并应在 CFP 报告中说明其方法;
  - q) 如目标产品系统与特定的时间、地理条件和 (或) 气候环境有关时, 则收集数据时应覆盖该时间段、地理特征和 (或) 气候环境相关的活动数据;
  - r) 当涉及典型场景或特定运行工况时, 可收集具有可比性产品系统的活动数据, 但应在 CFP 报告中声明其合理性;
 

注: 例如可选取近期同型号产品运维检修状态的能耗数据。
  - s) 使用阶段应明确设备入网投运和退出运行时间段;
  - t) 产品寿命可来自于产品的铭牌、产品出厂检测/检验报告 (第三方)、产品标准、产品说明书或具有市场公信力的数据信息;

- u) 产品使用涉及多种运行工况，应量化所有运行工况在其相应时间范围内的能耗；
- v) 应考虑成套装置在生命周期阶段内，对碳排放有重大影响的零部件所规定的更换周期；如忽略零部件更换产生的排放时，应报告其满足截断准则的要求；
- w) 对于不能区分生产过程和办公过程用能的产品，可采用次级数据扣除办公用能；
- x) 特定产品种类的数据收集要求和方法更在 PCR 中进一步明确。

#### 6.4 数据质量审定

数据质量审定应从定量和定性两个方面来衡量，应依据研究目标和目标产品的数据质量情况建立数据审定准则，通过审定后的数据才是有效的。

如数据质量审定准则在相应的CFP-PCR中规定，则可以使用，也可采用本标准6.4.3规定的的数据质量审定准则，均应在报告中声明。

##### 6.4.1 一致性检查

一致性检查旨在确定假设、方法、模型和数据在产品的生命周期评估过程中或几种方案之间是否始终一直，一致性检查应确保：

数据来源相同，如都来源于文献资料或者特定场景数据；

数据准确性相同，如过程树或过程表述与黑箱系统是典型的的不同数据准确度，应在数据收集时避免；

技术覆盖面相同，如对于干式变压器环氧绝缘，数据应基于一致的生产工艺，如相同比例纳米掺杂和脱模工艺；

时间跨度相同，不同方案应源于相同的时间跨度，如新开发的技术或原有的技术；

数据年限相同，刚收集的或者档案数据；

地域广度相同，如不同方案数据均来源于国内或典型的欧洲技术组合；

若对于不一样的情况，可按规定的目的和范围进行调整；若存在重大区别，应在得出结论前进行敏感度分析，并考虑其有效性。

##### 6.4.2 完整性检查

为确保解释所需的所有相关信息和数据已经获得并且完整，应进行完整性检查。如果某些信息缺失或不完整，则应考虑这些信息对满足LCA研究目的和范围的必要性。并且应记录这一发现及其理由。

如果某些对于确定重大问题十分必要的信息缺失或不完整，则应考虑对目的和范围加以调整；如果缺失的信息是不必要的，则宜记录相应的理由。

数据质量审定准则

应为收集数据的代表性、一致性和完整性，以确保保证数据集的有效性而建立数据质量评估的方法。

为降低数据的偏向性和不确定性，应按照数据质量要求（6.2.1）对数据进行审定；

建立如物质平衡、能量平衡和（或）进行排放因子的比较分析，为单元过程的有效性提供有用的检查，确保数据的质量要求符合应用意图，同时提供相应的证据予以证明；

通过比较分析发现的明显异常的数据可采用替代数据，但应规定替代数据所占的最大比例。

## 7 产品碳足迹的生命周期清单分析

### 7.1 产品碳足迹核算模型

CFP核算模型是分层次的，是由单元过程的数据集描述其排放特性。从能量流过每个单元过程来看可以分为输入流和输出流，从能源消耗和物质消耗来区分从也可以分为基础流和中间流。

一个完整的CFP核算模型包括确定产品系统边界、定义功能单位或声明单元和基准流、划分单元过程、确定中间流，建立分配程序，将数据集匹配到产品系统各生命周期阶段单元过程的输入和输出。

当按截止准则给定取舍规则时，模型是有限完整的。

图2给出了CFP核算模型示意图，以物质流的形式描述不同的产品系统，并描述了数据收集和单元过程划分的关系，以及各部分之间的能量流动。

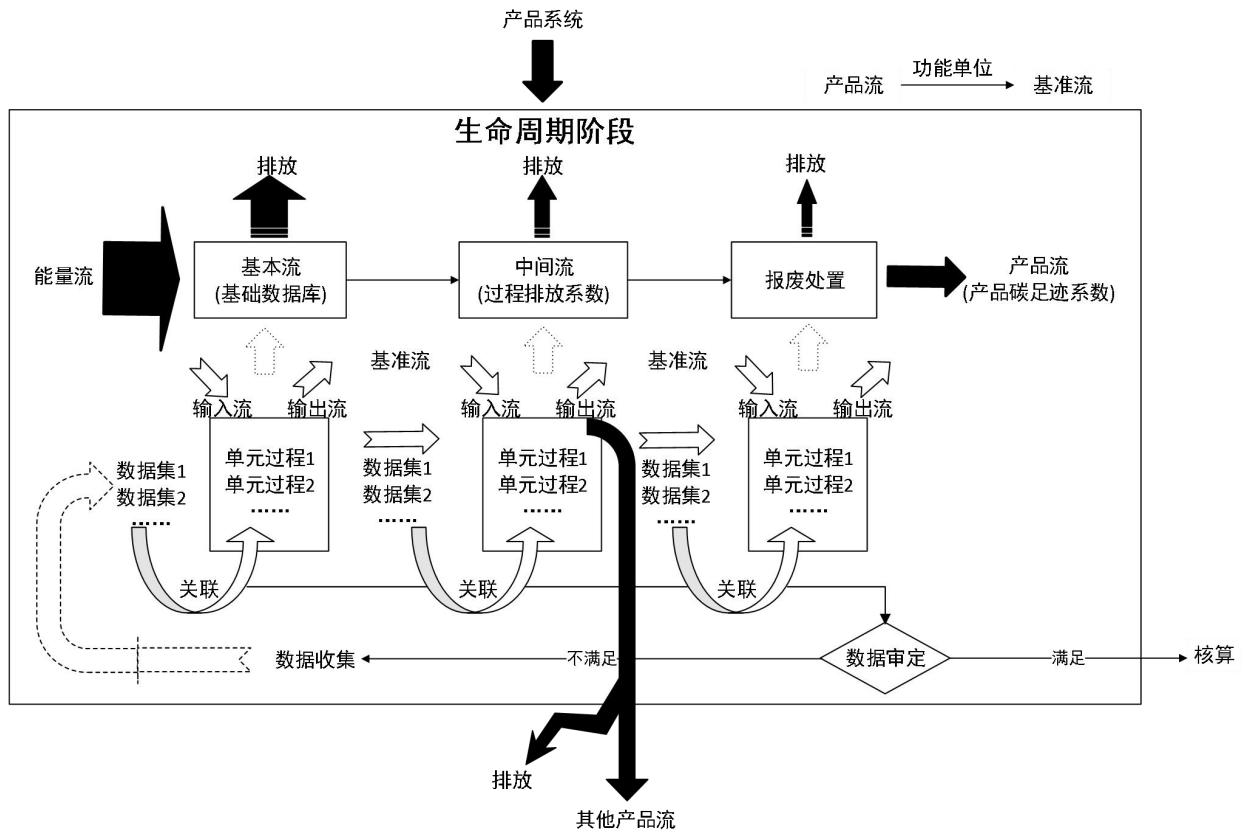


图2 CFP核算模型示意图

图中：

- 输入流包括自然资源、原材料、物料和能源的消耗数据；
- 输出流包括产品、副产品、环境排放和待处置的废弃物；
- 基础流是非人工干预的过程，是自然资源的消耗引起的排放；
- 中间流是指连续的人类生产加工活动使用物质状态或特性发生变化的过程而产生的排放，可以根据研究目标对该过程进行有限拆分和延伸；
- 产品流代表物质及其排放的分配关系，在目标产品生产过程中，可能会产生共生产品(副产品)，该共生产品可以划分到一个新的产品系统中；
- 由大宗能源和原材料获取的排放数据构成了基础数据库。

### 7.1.1 建立 CFP 核算模型

建立CFP核算模型的关键是将数据集与划分的单元过程相关联，根据目标和范围向供应链上下游追溯并细分重要排放的单元过程，以功能单位或声明单元作为基准流，依据分配原则建立分配程序，把数据集分配到单元过程，并折算到基准流对应的量值，以匹配每个单元过程的输入和输出。

可按以下步骤建立CFP的核算模型：

- a) 选取目标产品，确定产品系统边界和功能单位/声明单元（见5），绘制产品系统图；

- b) 获取产品系统的工艺流程图，划分单元过程，识别各生命周期阶段和（或）单元过程的排放量和清除量；
- c) 建立数据质量审定准则和数据收集方案，包括抽样计划；
- d) 收集并记录单元过程数据集（见 6），细分单元过程（见 7.1.3）；
- e) 注：细分单元过程和数据收集可能是同步的，也可能是交替的，通常需要与相关方充分沟通，并迭代修正，可能需要重新调整系统边界、划分单元过程或测量方案。
- f) 依据分配原则（见 7.1.4）建立分配程序，关联数据集和单元过程，如果缺失数据，则可能重复 a) -e)；
- g) 数据质量审定（见 6.4），如果不满足数据质量审定准则的要求，则可能重复 a) -f)。

### 7.1.2 功能单位或声明单元

目标产品系统的功能单位应与评价目标和内容相一致。当进行部分生命周期碳足迹量化评估时，通常定义为“声明单元”。

注：“声明单元”是相对于部分生命周期阶段的单元过程而言，因不是全生命周期，故而不是针对生产完整产品功能所产生的排放进行量化，仅针对特定的过程报告其碳足迹。

功能单位或声明单元应是可测量的。对于单个产品而言，功能单元没有特殊含义，仅用于比较不同产品系统时保持系统边界的一致性。

当碳足迹量化结果用于比较时，两个产品系统的功能单位应一致，如果是部分生命周期CFP，其生命周期阶段、单元过程和省略的单元过程应一致。

电力设备碳足迹量化功能单位可依据如下定义：

——入网运行设备（如变压器、开关、电抗器、电流互感器、电压互感器和电能表等）以“台”或“个”为单位；

——不带电运行设施设备以“个”为单位，如绝缘子；

——电缆、光缆、线缆等设施以“米”为单位；

——成套装置以“套”或“组”为单位，如风电机组并网投运或调试状态下的整机或型式试验时整体组件。

声明单元可能是产品一部分组件的集合。

——组件集合宜以质量单位、体积或容积作为“声明单元”，如克、千克、吨；如以“个”为声明单元时，应注意定义基准流单位时，应选取最方便折算的计量单位，并确保能够校验输入输出的平衡关系。

### 7.1.3 单元过程

CFP量化应为生命周期阶段重要排放过程划分更详细量化单元，建立生命周期阶段单元过程的排放清单。单元过程可根据产品活动数据获取的难易程度及预期用途进行更详细的划分和组合，其与实际的工艺流程和生命周期阶段不等同。

产品系统的单元过程应是连续的、不存在间隙和重叠。

为统一和规范电力设备碳足迹报告，单元过程的命名应采用“产品名+生命周期阶段名+工艺流程名+零部件/组件/原料名”。

#### 7.1.3.1 基本单元过程

产品系统的生命周期阶段是最基本的单元过程，可以根据连续生命周期阶段的组合进行部分生命周期碳足迹量化评估。

- a) 生命周期阶段（最基本的单元过程）可按以下组合方式划分：
  - 1) 全生命周期（从摇篮到坟墓）；

- 2) 从原材料获取到交付相关方（从摇篮到大门）；
  - 3) 从生产制造阶段到使用阶段；
  - 4) 生产制造阶段；
  - 5) 使用阶段；
  - 6) 产品交付产生的运输阶段；
  - 7) 产品最终废弃回收处置阶段。
- b) 除以上连续生命周期阶段外，产品系统可合并相同功能的阶段或提取关注的生命周期阶段，进行生命周期清单分析，基本单元过程还包括以下生命周期阶段：
- 1) 所有运输过程；
  - 2) 所有贮存过程；
  - 3) 所有储运过程（合并生命周期内所有贮存和运输的单元过程）；
  - 4) 其它功能相同可合并的单元过程。

采用相同的方法学量化每个单元过程的CFP，并相加，则得到整个生命周期的CFP。

### 7.1.3.2 细分单元过程

对于重要排放过程和重点排放设备排放特性的研究和分析对比，应进一步详细划分单元过程，以尽可能识别减排机会。

一个详细的单元过程划分的示例如图3所示。

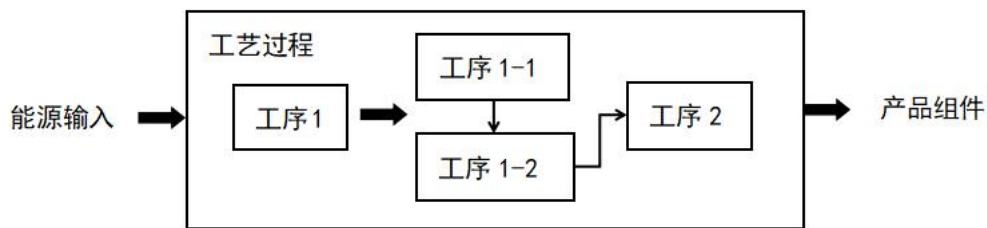


图3 详细单元过程划分示意图

图中是某个工艺过程中的两个工序，工序1可分为两个步骤：工序1-1和工序1-2，其中工序1-1是重要排放过程，工序2代表后续连续的工艺流程，宜将工序1-1、工序1-2和工序2划分为三个单元过程建立核算模型，输入流为对应于工序1和工序2的能源总量，则能源输入量需要根据排放特性在工序1-1、工序1-2和工序2之间进行分配，具体分配原则见8.4.3，该能源消耗所产生的排放量应折算到基准流。

在进行详细划分单元过程时，应考虑以下问题：

- a) 所消耗的原材料和能源；
- b) 工艺过程排放特性；
- c) 重要排放设备的能耗特性和影响因素，可以根据影响因素建立排放特性的单元过程，如能耗与质量、尺寸、密度等物理特性相关；
- d) 变功率和变频设备；
- e) 数据收集的边界；
- f) 总排放量的分配与平衡，见7.1.4分配原则；
- g) 副产品及外售，见7.1.4分配原则；
- h) 可合并的单元，如流水线生产过程，其能源消耗为单一的电力排放，则该流水线上的工艺过程可以合并为一个单元过程；
- i) 回收、循环与利用过程，见7.1.4分配原则；
- j) 内部导运；

- k) 厂区的分布；
- l) 生产计划与产品批次。

### 7.1.3.3 单元过程的数据集

电力设备CFP各生命周期阶段的数据集，包括但不限于：

- a) 原材料获取
  - 1) 基础大宗能源和原材料质量和数量等相关排放数据；
  - 2) 自然资源开采过程；
  - 3) 原料运输排放；
  - 4) 专用原料。
- b) 生产制造
  - 1) 基础大宗能源、原材料的生产过程；
  - 2) 行业专用原料的生产过程；
  - 3) 基础零部件型号、数量、质量、体积等特性和参数；
  - 4) 所消耗物料（包括辅料）的数量、质量、体积等特性和参数；
  - 5) 生产过程和生产工艺及其能耗的影响因素；
  - 6) 产品线副产品；
  - 7) 重大排放设备设施；
  - 8) 物料和能源的再生循环；
  - 9) 物料的回收处置；
  - 10) 物料的废弃处置；
  - 11) 产品例行检验等检测检验过程；
  - 12) 内部导运过程；
  - 13) 能源购入与消耗记录；
  - 14) 工作票、工单或工时记录。
- c) 使用
  - 1) 运行特性，包括环境、工况、条件；
  - 2) 备用状态；
  - 3) 检修计划；
  - 4) 使用参数；
  - 5) 配置文件；
  - 6) 产品检测检验报告；
  - 7) 产品认证报告；
  - 8) 调试过程；
  - 9) 装配过程。
- d) 运输
  - 1) 零部件运输；
  - 2) 成套装置运输；
  - 3) 燃料或电力消耗量；
  - 4) 里程数；
  - 5) 车型及载重；
  - 6) 载重数量；
  - 7) 批次；



- 8) 目的地。
- e) 终止
  - 1) 处置方式；
  - 2) 过程排放特性和排放量；
  - 3) 能耗；
  - 4) 对土地的影响。
- f) 贮存
  - 1) 环境参数；
  - 2) 时间和空间；
  - 3) 存放数量；
  - 4) 为贮存提供条件的设备设施排放。

#### 7.1.4 分配原则

产品系统的碳排放量与清除量应被分配到发生碳排放与清除的单元过程，即基于LCA方法学建立CFP核算模型时，收集的数据集应与划分的单元过程相关联和匹配。

在实际过程中，应根据产品系统生命周期排放特性建立计算模型，应为生产过程中的能源和物料的循环利用和废弃回收再利用两种过程建立数据集和单元过程的映射关系，应通过数学方法建立分配程序，以满足相关方的研究目标和预期。

注：再利用和回收的分配程序参见ISO 14067-2018：6.4.6.3和附件D。

- a) 本标准给出应建立分配程序的下涉情景：
  - 1) 由于数据监测的条件限制，其数据集对应于多个单元过程时；
  - 2) 相关方期望对重要过程和（或）设备进行更详细的分析；
  - 3) 公用的场所；
  - 4) 股权；
  - 5) 产品线存在多种类型的产品；
  - 6) 产品线存在共生产品（副产品）；
  - 7) 物料的回收循环再利用；
  - 8) 能源的循环利用；
  - 9) 废弃物的回收利用；
  - 10) 运输多种产品。
- b) 应遵照以下原则建立分配程序，基于但不限于：
  - 1) 分配原则应满足 GB/T 24040-2008 及 GB/T 24044-2008 的相关要求；
  - 2) 分配程序应满足能量守恒和（或）物质守恒的原则；
  - 3) 分配程序应满足 ISO 14067-2018 附件 D 的规定；
  - 4) 尽可能以物理或化学特性分配，如不可行时，则可采用经济性指标方法；
  - 5) 涉及再生循环系统建立分配程序时，宜采用欧盟产品环境足迹 PEF 的再生循环公式；
  - 6) 应尽可能调研单元过程的排放特性形成计算模型；
  - 7) 以物质质量或产量进行分配；
  - 8) 设施（如仓库）运营产生的排放与清除的分配宜以产品在该设施内的停留时间及产品所占空间作为分配依据；
  - 9) 对于辅助性过程或污水/废物处理过程，分配应基于产量（如产品重量或产品数量）；
  - 10) 若目标产品和其它产品一起被运输，则应基于产品重量或体积（无论哪一项是制约因素）来对运输产生的碳排放进行分配；

- 11) 主、副产品比例，如质量或产量；
- 12) 若某一过程是用于制作产品的原型，则应将原型制作活动有关的排放与清除分配到该过程的最终产品和共生产品中；
- 13) 在无法获得能耗计量的记录时，以工时进行分配；
- 14) 划分成两个产品系统；
- 15) 股权比例；
- 16) 通过调查无法收集到初级数据和次级数据，但又不满足截止准则时，可进一步拆分或合并单元过程，寻求近似的产品系统的替代数据；
- 17) 当土地利用变化导致碳汇或碳含量发生变化时，应记录与这些变化相关的碳排放量和清除量，并按 20 年期限（对应的总排放量）分配给目标产品系统；
- 18) 当产品在投运时，存在长周期的主备切换状态，则运行使用阶段的排放应按两者运行时长分配；
- 19) 其它国际认可的分配方法，但应在声明中报告其合理性。
- 20) 不需要分配的情形，应报告其局限性，基于但不限于：
- 21) 余料闭环循环使用时；
- 22) 回收的废弃物或废料作为其它生产系统的原料，但其价值小于产值的 5%时；
- 23) 对排放的贡献率小于单元过程的 1%或总排放量的 5%时；
- 24) 副产品产量或产值小于目标产品产量或产值的 5%时。

## 7.2 碳足迹核算

### 7.2.1 碳足迹

产品生命周期中的碳排放量与清除量应被分配到发生碳排放与清除的生命周期阶段，每个阶段净排放量相加得到整个生命周期的CFP，计算公式如下：

$$C_t = \sum_{i=1}^N C_i \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$C_t$ ——产品碳足迹，即电力设备产品t生命周期内每功能单位的碳排放总量，单位为吨二氧化碳当量/吨（ $tCO_2e/t$ ）、千克二氧化碳当量/千克（ $kgCO_2e/kg$ ）或单位二氧化碳当量/功能单位；

$C_i$ ——过程碳足迹，即电力设备产品t生命周期内某阶段/单元过程折算到基准流的碳排放量，吨二氧化碳当量/吨（ $tCO_2e/t$ ）、千克二氧化碳当量/千克（ $kgCO_2e/kg$ ）或单位二氧化碳当量/功能单位；

$i$  ——电力设备产品t生命周期某阶段/单元过程；

$N$ ——生命周期阶段单元过程总数。

单元过程碳足迹计算公式如下：

$$C_i = \sum_{j=1}^k \left( AD_{i,j} \times EF_{i,j} \times \xi \times GWP_{100} \right) \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$AD_{i,j}$ ——电力设备产品生命周期内各阶段中不同类型的活动数据；

$EF_{i,j}$ ——电力设备产品生命周期内各阶段中不同类型的排放因子；

$\xi$ ——折算系数，以实际单元过程物质的量除以基准流（功能单位对应的本单元过程的物质的量）表示；

$i$ ——不同排放类型；

$j$ ——单元过程， $j=1, 2, 3\dots k$ 。

计算说明：

- 将每个功能单位系统边界内每个活动的排放活动数据与清除活动数据确定为初级数据或次级数据，排放为正值，清除为负值。数据质量满足 6.2 的规定；
- 用活动数据乘以相应的排放因子，从而将初级数据和次级数据换算为排放量和清除量数据；
- 用各排放量或清除量数据乘以相应的全球变暖潜势  $GWP_{100}$ ，从而将排放量与清除量数据换算为二氧化碳当量；
- 将目标产品生命周期内乘以二氧化碳当量表示的排放量与清除量数据相加，得到每个功能单位以二氧化碳当量表示的碳净排放量数据（正值或负值）；
- 延迟的排放量不考虑；
- 使用或寿命终止阶段产生的排放或清除超过 10 年的产品，在清单中规定相对于产品生产年份的 GHG 量。

### 7.2.2 贡献率

计算产品生命周期阶段或单元过程的贡献率，用于表征各单元过程的碳足迹占 CFP 的比重，以识别重点排放过程，计算公式如下：

$$C_s = \frac{C_i}{C_t} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$C_s$ ——单元过程贡献率，以过程碳足迹除以 CFP 表示，单位，无量纲。

### 7.2.3 特定要求

电力设备产品碳足迹核算时，还应按照以下要求进行核算：

- 包括产品系统内的 GHG 排放量和清除量的总和；
- CFP 或 PCFP 量化不允许碳抵消；
- 使用时的排放可能只持续 10 年，应标注相对于生产年份的排放时间；
- 以局部样本数据估算整体样本时，应在报告中说明数据集满足数据质量要求，并报告其局限性；
- 核算结果变化较大时，应报告其差异性；
- 如设备正常运行包含多种不同状态时，应计算其各种运行工况的排放量的加权平均值，通常以运行时长做为权重；
- 如果是收集的数据集超过一整年度，则应计算全部数据的平均值，而不应按自然年度截断；  
注：如某批次的产品生产时间超过一年的情况，则应收集整批次的能源排放数据计算平均值。
- 若产品系统生命周期中与具体单元过程相关的排放随时间推移而发生变化，则应收集对应时间周期内的数据，以计算与该产品生命周期相关的平均排放量与平均清除量；  
注 1：如所研究的目标产品仍在产，且月度生产计划相同，则可按到当前时间点的能源排放数据计算平均值，并应在报告中声明。  
注 2：如所研究的目标产品仍在产，且月度生产计划不同，则应采用统计学方法进行估计，并应在报告中声明，且按照迭代计算的原则，通过后续迭代计算修正核算结果。
- 对于无法通过初级活动数据获取的能源消耗数据，其使用阶段能耗的计算应考虑产品的运行环境、运行工况等，包括但不限于过载运行、空载运行、备用状态、检修频率、运行期限。例如，备用设备运行期限高于主设备、过载运行能耗高于正常运行状态、因安全约束部分环境下设备提前退役等；

- j) 产品包装应与功能单位所使用的包装量为准；如果是分零部件运输，在现场组装，则应以各零部件运输所使用的包装量为准；
- k) 产品运维检修过程中，涉及零部件更换时，应考虑产品以总体寿命折算其排放总量；
- l) 若产品被分销到不同地点，则与运输有关的碳排放会因不同地点的运输需求不同而不同。出现这种情况时，除非有更具体的数据，否则宜根据本国产品的分销情况，来计算产品运输的平均排放量；
- m) 当焚烧过程产生的热量回收利用用于该产品时，应作相应抵消；
- n) 能源使用所产生的碳排放的计算应采用所在地区的能源排放因子。

#### 7.2.4 核算流程

开展电工装备产品碳足迹核算工作流程分为以下六个步骤，包括：

- a) 确定核算目的及范围：应通过产品供应链企业获取与目标产品碳排放相关信息，包括不限于厂区位置、车间空间分布、能源监测与计量、能源绩效管理、产品结构、性能、工艺流程及技术特性、主要排放源，以及企业需求，确定产品核算的系统边界（生命周期阶段）、功能单位和基准流，明确产品供应链数据收集需求（更多的足迹信息沟通可参照 ISO 14026:2017），选取产品碳足迹-产品种类规则（CFP-PCR）。
- b) 建立生命周期核算模型，确定能量流、基本流、产品流和工艺单元过程：现场调研产品线、生产工艺特性、副产品、余料回收利用、废弃物资处置方式、主要能耗设备、物资采购清单，绘制目标产品系统边界图，划分核算单元，依据取舍准则明确单元过程数据收集的需求，建立实测数据的抽样方案。
- c) 现场收集数据，确定排放清单：根据产品结构、工艺流程、能源监测实际情况和已有 CFP-PCR，细分或合并单元过程，建立数据集与单元过程的映射关系，按照抽样计划收集单元过程的输入和输出数据，建立分配程序，选择排放因子、过程排放系数和产品碳足迹系数（可参照 CFP-PCR）。
- d) 数据质量审定：进行完整性检查和有效性检查，评估数据质量，当 C 级数据大于 20% 时，可通过扩展和缩小产品系统，合并或细分单元过程，重复 b 和 c 的过程，以满足数据质量的要求。推荐进行一致性检查和完整性检查。
- e) 产品碳足迹核算：建立分配程序，将数据集匹配到单元过程，计算每个单元过程的输入输出，并折算到基准流。计算各生命周期阶段的碳排放量和清除量，形成产品碳足迹排放清单。排放清单应将所有相同能源和物质合并，计算每种物质和能源的碳排放量，其中的清除量也可单独报告。应进行贡献率计算，当物料清单有不同的组合形式时应进行。  
注：碳足迹核算是个迭代的过程，同一批次的产品在不同的数据收集周期，其碳排放总量通常是不同的。但生产过程的能耗特性主要由工艺特性、技术水平和主要能耗设备决定，因此，当上述条件一定时，通常生产过程的排放系数（过程排放系数）是稳定的。
- f) 形成核算报告：按照核算报告模板（详见附录 C）编制核算报告，评估产品碳足迹对气候变化的单一影响。推荐针对核算结果的不确定性和局限性进行解释和说明。

## 8 产品碳足迹影响评估

全球变暖潜势 GWP 或 GTP 是评估产品碳足迹对气候变化影响的单一特征因子。

通常在 CFP 研究中，产品碳足迹生命周期清单中每种 GHG 的潜在气候变化影响通过产品碳足迹乘以 IPCC 给出的 100 年 GWP 来计算，单位为 1kg 产品排放的二氧化碳当量。

100年GWP值用于表示气候变化的短期影响，反映变暖的速度。选择GWP<sub>100</sub>是国际惯例的价值判断。

GTP为100年全球潜在温度，是气候变化长期影响的指标，反映了长期温度上升。

产品碳足迹影响评估应满足以下要求：

- a) 以IPCC最新发布的GWP值来计算；
- b) 除了GWP<sub>100</sub>之外，IPCC给出的其他时间范围的GWP和GTP也可以使用；
- c) 生物碳的影响评估参见ISO 14067-2018:6.5.2；
- d) 单独评估并记录产品系统中GHG排放或清除时间的影响。

## 9 产品碳足迹解释

CFP解释应包括以下内容：

- a) CFP量化评估结果确定的重大问题；  
注：如减排机会、重大排放过程或设备。
- b) 敏感性分析及说明；
- c) 不确定性分析及说明；
- d) 局限性说明；
- e) 意见或建议。

### 9.1 敏感性分析

敏感性分析试图确定假设、方法和数据的变化对产品碳足迹计算结果的影响，通常所识别的重大问题都要进行敏感性分析。敏感性分析的程序是将使用某些给定的假设、方法或数据所获得的结果与使用改变了的假设、方法或数据所获得的结果进行对比。

在敏感性分析中，通常是在一定范围内改变假设和数据的范围(例如±25%)，进一步计算该变化对结果的影响，然后对比两种结果。敏感性可以变化的百分比或以结果的绝对偏差来表示，通常若结果发生了大于10%的变化，则认为发生重大变化。

### 9.2 不确定性分析

不确定性分析用来量化由于模型的不准确性、输入的不确定性和数据变动的累积而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

计算结果的分布区间或概率分布来量化评估不确定性程度。

### 9.3 局限性说明

对产品碳足迹结果进行局限性说明，包括但不限于数据、模型等方面存在的不足及其对结果带来的影响：数据收集过程中，数据的完整程度和不确定性，替代数据所占比例大小都会使结果具有局限性；此外，生命周期模型方面，产品系统边界的调整和截断也会对结果带来局限性。

- a) 对数据的取值依据或缺失理由、模型边界的调整和截断依据进行说明；
- b) 报告经数据质量审定和敏感性分析得到的结果局限性；
- c) 提出局限性的改善建议，如针对数据收集完整性不足，可进一步通过数据库获取替代数据或经大量文献调研结果取平均。

## 10 产品碳足迹声明与报告

CFP声明可采取以下形式：CFP量化评估报告（详见附录C）。

CFP声明的内容和结论应是完整的、准确的、不带偏向性的。应透明地、详细地阐述量化评估结果、数据、方法、假设和局限性，以便利益相关方能够理解CFP固有的复杂性，并作出权衡。

CFP报告声明的内容和解释应能以符合评价目标的方式而被使用。

CFP报告可用于CFP标识认证。

报告内容

CFP报告应以每功能单位的二氧化碳当量来记录CFP量化的结果，并陈述在评价目标和内容确定阶段内所做的决定以及证明CFP声明的内容符合本标准的规则。报告应包括以下内容：

a) 基本情况

包括但不限于委托方/评价方基本情况介绍、产品介绍、功能单位等。

b) 评价目标

包括但不限于开展评价的原因与目标、评价的预期用途等。

c) 系统边界

包括但不限于产品生命周期阶段定义、时间周期、地理范围、排放源类型、排放源排除、取舍准则等内容。

d) 时限

投入使用超过 10 年的产品，报告其使用阶段和废弃阶段的排放数据时应指明该产品的生产时间。

e) 计算方法

包括但不限于各排放源排放计算公式，如化石燃料燃烧、电耗的排放计算公式等。

f) CFP 计算方法和程序

包括但不限于各阶段排放源计算程序、单元过程的定性和定量描述、活动数据收集及排放系数来源说明、数据质量评价与对缺失数据的处理、产品生命周期CFP结果及解释等内容。

g) 报告管理及保存

对报告的使用者、管理保存方法、有效期、保密性等进行说明。

h) 参考文献

报告涉及的所有参考文献说明。

i) 支持性文件

报告涉及的相关支持材料清单及附件。

### 10.1 报告有效期

CFP报告有效期因产品生命周期特性的不同而不同，一般不超过三年。但若该CFP的生命周期发生变化，则原评价结果即时失效，并应重新进行该产品的碳足迹评价，具体包括以下两种情形：

a) 若产品生命周期的一个计划外变化导致 CFP 增加超过 10%，且此情况持续超过三个月以上，则应重新进行该产品的碳足迹评价；

b) 若产品生命周期的一个计划内变化导致 CFP 增加超过 5%，且此情况持续超过三个月以上，应重新进行该产品的碳足迹评价。

### 10.2 保密性

用于佐证CFP的资料，可能会包含生产者生产活动的机密信息。各利益相关方所提供的信息具有被保护的权利，因此，利益相关方应商定适宜的法律工具以确保相互之间交流信息的保密性。

### 10.3 记录和保存

CFP评价的支撑资料，包括（但不限于）系统边界、单元过程、排放因子、活动数据来源、分配的依据、关于排除的说明等。

记录应该至少保存五年。

## 11 产品碳足迹绩效监测

当CFP用于碳足迹绩效监测时，为确保绩效评价的有效性，应满足以下量化评估的附加要求：

- a) 应针对重点排放单元过程的不同时间范围收集数据；
- b) 应对重点排放单元过程和设备进行迭代计算；
- c) 对于相同功能单位或声明单元的产品，应计算 CFP 随时间的变化；
- d) 应使用相同的 PCR；

应用于碳足迹绩效评价时，评价周期应长于数据收集的时间边界。

**附录 A**  
**(规范性)**  
**数据收集表模板**

### A.1 概述

满足本文件第6章数据质量的要求。

在本附录中的数据收集表可作为资料性示例使用，用来说明从报送地点收集的有关单元过程的信息的性质。

选用数据收集表中的数据时应审慎。所选的数据及其具体程度应与研究目的相符。因而所给的数据仅仅是示意性的。

收集表可同时附有关于数据收集和输入的说明，此处还可以包括有关数据输入的问题，以便深入了解输入数据的性质和取得数据的方式。

收集表中可增添有关其他项目的栏目，例如数据质量（不确定性或测量值、计算值、估算值等）。

### A.2 运输数据收集

运输数据收集主要有以下两种方式：

- a) 通过表 A.1 收集原材料（物资采购清单）、产品运输相关数据，用于计算运输单元消耗的能源。
- b) 运输过程的能源消耗如果可以直接测量或通过财务记录获取时，也可参照表 A.2 收集数据，但应注意的是，如果采用下表时，应有相应的票据证明其数据的真实性，如用财务记录，其数据质量等级为 C 级。

燃料消耗和相应的空气排放通过运输模型进行计算。

**表 A.1 运输数据收集表 1**

原材料/产品名称	公路运输					
	起始地	目的地	总里程 (km)	总重量 (t)	运输方式 (t)	空载返回 (是/否)

燃料消耗和相应的空气排放通过运输模型进行计算。

### A.3 运输数据收集表 2

运输过程的能源消耗如果可以直接测量或通过财务记录获取时，也可参照下表收集数据，但应注意的是，如果采用下表时，应有相应的票据证明其数据的真实性，如用财务记录，其数据质量等级为 C 级。

**表 A.2 运输数据收集表 2**



燃料类型	消耗的燃料总量	燃料排放因子	排放因子来源
柴油			
汽油			
LPG <sup>a</sup>			

<sup>a</sup> LPG指液化石油气。

#### A.4 单元过程数据收集

表 A.3 单元过程数据收集表

单元过程					地点
数据时间段	起始年月：				终止年月：
单元过程技术特征描述 (如需要可加附页)	如XXX工艺生产XXX组件、中间产品				
单元过程输入					
原材料名称	数量	单位	质量	单位	数据来源
.....					
某原材料对应自然资源输入					
自然资源名称	数量	单位	质量	单位	数据来源
.....					
能源输入					
能源输入	单位	数量	排放因子值	数据来源(基础数据库名和因子名、行业参数、参考文献等)	
电力					
重料燃料油					
.....					
单元过程输出					
中间产品名称	数量	单位	质量	单位	数据来源

其它产品	数量	单位	质量	单位	数据来源
余料	数量	单位	质量	单位	数据来源
废弃物	数量	单位	质量	单位	数据来源
排放物质	排放方式		排放量	单位	数据来源
	向空气排放				
	向水体排放				
	向土壤排放				
注：此数据收集表中的数据是指规定时段内所有未分配的输入和输出。					
1. 应说明水的类型，例如地表水、饮用水。					
2. 应说明能源的类型，例如重燃料油、中燃料油、轻燃料油、煤油、汽油、天然气、丙烷、煤、生物质、网电。					
3. 应说明某个单元过程输出的副产品，副产品并作为一系列单独说明。					
4. 数据来源包括现场实测数据、初级替代数据、数据库、行业数据、官方数据、文献数据等。					

## A.5 物质数据收集

表 A.4 物质数据收集表

清单物质名称	型号	数量	单位	质量	单位	所属单元过程
铜						
硅钢片						
.....						

附 录 B  
(资料性)  
相关参数缺省值

### B.1 能源消耗碳排放量计算

表 B.1 给出常用化石燃料的碳排放因子缺省值，表 B.2 给出电力及热力的碳排放因子缺省值，如政府主管部门发布最新官方数据后应采用最新数据。

表 B.1 常用化石燃料碳排放因子缺省值

序号	燃料品种	低位发热量	单位热值含碳量(tC/TJ)	燃料碳氧化率(%)	
1	固体 燃料	无烟煤	26.7GJ/t	27.4	94
2		烟煤	19.57GJ/t	26.1	93
3		褐煤	14.08GJ/t	28	96
4		型煤	15.473GJ/t	33.6	90
5		原煤	20.908GJ/t	25.8	100
6		干洗精煤(灰分 10%)	29.727GJ/t	25.4	93
7		洗精煤	26.344GJ/t	25.41	90
8		其他洗煤	8.363GJ/t	25.4	90
9		煤矸石	8.363GJ/t	25.8	100
10		其他煤制品	17.46GJ/t	33.6	90
11		石油焦	31.947GJ/t	27.5	98
12		焦炭	28.435GJ/t	29.5	93
13		蓝炭	28.435GJ/t	29.42	93
14		液体 燃料	原油	41.816GJ/t	20.1
15	燃料油		41.816GJ/t	21.1	98
16	汽油		43.070GJ/t	18.9	98
17	柴油		42.652GJ/t	20.2	98
18	煤油		43.07GJ/t	19.6	98
19	航空煤油		44.1GJ/t	19.5	100
20	煤焦油		33.453GJ/t	22	98
21	一般煤油		43.07GJ/t	19.6	98
22	NGL(液化天然气)		41.868GJ/t	17.2	98
23	LPG(液化石油气)		50.179GJ/t	17.2	98
23	航空汽油		44.3GJ/t	19.1	100
25	石脑油		44.5GJ/t	20	98
26	焦油		33.453GJ/t	22	98
27	粗苯	41.816GJ/t	22.7	98	
28	气体 燃料	天然气	389.31GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	15.3	99
29		发生炉煤气	52.27GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	12.2	99
30		高炉煤气	33GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	70.8	99

序号	燃料品种	低位发热量	单位热值含碳量(tC/TJ)	燃料碳氧化率(%)
31	管道煤气	158GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	12.2	99
32	焦炉煤气	173.54GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	12.1	99
33	转炉煤气	84GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	49.6	99
34	水煤气	104.54GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	12.2	99
35	其他煤气	52.27GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	12.2	99
36	炼厂干气	45.998GJ/t	18.2	98
37	半焦气	81GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	11.96	99
38	密闭电石炉炉气	111.19GJ/10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup>	39.51	99

数据来源《省级温室气体清单编制（试行）》、中国能源统计年鉴2022、24个行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）。

表 B.2 电力及热力碳排放因子缺省值

参数名称	单位	推荐值
电力碳排放因子	tCO <sub>2</sub> /MWh	0.5703
热力供应排放因子	tCO <sub>2</sub> /GJ	0.11

数据来源：  
 1) 电力碳排放因子来源于《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》；  
 2) 热力供应排放因子来源于《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》。

## B.2 运输碳排放量计算

推荐按照以下优先级使用运输碳排放量计算参数：

- 1) 初级数据：表B.1的液体燃料参数及表A.2的电力碳排放因子；
- 2) 次级数据：表B.3提供的各类运输方式的碳排放因子。

表 B.3 各类运输方式的碳排放因子 [kgCO<sub>2</sub>e/(t·km)]

运输方式类别	碳排放因子
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
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 2000t)	0.019
干散货船运输 (载重 2500t)	0.015
集装箱船运输 (载重 200TEU)	0.012

数据来源：《GB/T 51366-2019 建筑碳排放计算标准》。

## B.3 全球增温潜势

表 B.4 是联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告 (2021) 中给出的二氧化碳及六氟化硫两种温室气体百年时间尺度的全球增温潜势 (GWP)。根据最新发布适时更新。

表 B.4 温室气体的全球增温潜势 (GWP)

温室气体名称	化学分子式	GWP (100-yr)
二氧化碳	CO <sub>2</sub>	1
甲烷	CH <sub>4</sub>	27.9
化石甲烷 <sup>a</sup>	CH <sub>4</sub>	30
氧化亚氮	N <sub>2</sub> O	273
氢氟碳化合物		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	14,600
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	771

温室气体名称	化学分子式	GWP (100-yr)
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	135
HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	3,740
HFC-134	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1,260
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1,530
HFC-143	CH <sub>2</sub> FCHF <sub>2</sub>	364
HFC-143a	CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	5,810
HFC-152	CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F	21.5
HFC-152a	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	164
HFC-161	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	4.84
HFC-227ca	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CHF	2,980
HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	3,600
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1,350
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	1,500
HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	8,690
HFC-245ca	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	787
HFC-245cb	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	4,550
HFC-245ea	CHF <sub>2</sub> CHFCHF <sub>2</sub>	255
HFC-245eb	CH <sub>2</sub> FCHFCF <sub>3</sub>	235
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	962
HFC-263fb	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	74.8
HFC-272ca	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	599
HFC-329p	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2,890
HFC-365mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	914
HFC-43-10-mee	CF <sub>3</sub> CHFCHFCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1,600
全氟碳化物		
PFC-14	CF <sub>4</sub>	7,380
PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12,400
PFC-116	c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	1,2400
PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	9,290
PFC-C-318	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	10,200
PFC-31-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	10,000
PFC-41-12	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	9,220
PFC-51-14	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	8,620
PFC-61-16	n-C <sub>7</sub> F <sub>16</sub>	8,410
PFC-71-18	C <sub>8</sub> F <sub>18</sub>	8,260
PFC-91-18	C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	7,480
六氟化硫	SF <sub>6</sub>	25,200

T/××× ××××—××××

## 参 考 文 献

- [1] GB/T XXXX
-