

ICS XX. XXX

CCS X XX

团体标准

T/CIECCPA □□□—202□

热电联产产品碳足迹量化与评价方法

Carbon footprint quantification and assessment method for the heat and power
co-generation product

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

前言III

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 产品碳足迹量化与评价3

 4.1 评价流程3

 4.2 目的和范围的确定3

 4.3 产品功能单位4

 4.4 产品系统边界4

 4.5 生命周期清单分析6

 4.6 生命周期影响评价10

 4.7 生命周期解释11

 4.8 碳足迹量化评价11

5 附加环境信息12

6 评价报告12

 6.1 报告的要素12

 6.2 评价报告的发布12

附录 A（资料性） 热电联产典型工艺流程14

附录 B（资料性） 热电联产产品碳足迹量化数据清单15

参考文献19

图 1 热电联产产品生命周期系统边界5

图 A.1 蒸汽轮机类热电联产典型工艺流程14

图 A.2 燃气-蒸汽联合循环类热电联产典型工艺流程14

表 1 现场数据质量评价表6

表 2 背景数据质量评价表6

表 3 温室气体全球变暖潜势11

表 B.1 上游环节数据清单15

表 B.2 核心环节数据清单17

表 B.3 下游环节数据清单.....	18
---------------------	----

CIECCPA

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：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

热电联产产品碳足迹量化与评价方法

1 范围

本文件界定了热电联产产品碳足迹量化与评价方法的术语和定义，规定了产品碳足迹量化与评价、附加环境信息和评价报告。

本文件适用于热电联产产品碳足迹量化与评价。

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 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

3 术语和定义

GB/T 24044 和 GB/T 32150 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。

[来源：GB/T 24040-2008，3.1]

3.2

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于生命周期评价，使用气候变化单一影响类别。

注 1：产品碳足迹可分解成一组数字，确定具体的温室气体排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解成生命周期的各个阶段，例如各个过程所处的空间范围。

注 2：产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果，以每个功能单位的二氧化碳当量质量表示。

[来源：ISO 14067:2018，3.1.1.1]

3.3

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。

注：如无特别说明，本文件中的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、

全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.1]

3.4

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迫影响相关联的系数。

注：辐射强迫是衡量不同因素影响气候变化的重要指标之一，通常指因施加了外部扰动而造成的地球系统能量平衡的净变化，通常表示为一段时间内平均的、单位面积上变化的瓦特数（W/m²），可以量化外强迫引入时发生的能量失衡。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.15, 有修改]

3.5

二氧化碳当量 **carbon dioxide equivalent**

CO₂ e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.16]

3.6

III 型环境声明 **type III environmental declaration**

提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明，必要时包括定性或定量的附加环境信息。

注：预设参数基于 GB/T 24040 和 GB/T 24044。

[来源：GB/T 24025-2009, 3.2, 有修改]

3.7

功能单位 **functional unit**

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.20]

3.8

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。

注：在本文件中，系统边界与 LCIA 无关。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.32]

3.8

热电联产 **co-generation of heat and power; combined heat and power generation; CHP**

同时向用户供给电能和热能的生产方式。

[来源：DL/T 1365-2014, 4.4.30]

3.9

供热比 heat-supply ratio

针对非联合循环机组，供热比为统计期内机组(或电站)供热量与汽轮机组热耗量的百分比；针对联合循环机组，供热比为统计期内机组(或电站)供热量与联合循环热耗量的百分比。

注：对于无补燃的联合循环机组，联合循环热耗量等于燃气轮机组热耗量。

[来源：DL/T 1365-2014，5.3.1.8]

3.10

热力产品 thermal product

指由热电联产电厂生产的并向用户出售的蒸汽、热水。

[来源：DL/T 891-2004，3.2]

3.11

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis (LCI)

生命周期评价中对所研究产品（或服务）整个生命周期中输入和输出进行汇编及量化的阶段。

[来源：GB/T 24044-2008，3.3]

3.12

生命周期影响评价 life cycle impact assessment (LCIA)

生命周期评价中理解和评价产品（或服务）系统在其整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

[来源：GB/T 24040-2008，3.4]

3.13

产品碳足迹量化 quantification of the carbon footprint of a product; quantification of the CFP

确定产品碳足迹或部分产品碳足迹的活动。

注：产品碳足迹或部分产品碳足迹的量化属于产品碳足迹研究的一部分。

[来源：ISO 14067:2018，3.1.1.6]

4 产品碳足迹量化与评价**4.1 评价流程**

热电联产产品碳足迹量化与评价基本程序包括：目的和范围的确定、产品（或服务）功能单位、产品（或服务）系统边界、生命周期清单分析、生命周期影响评价、生命周期解释和产品碳足迹量化评价。

4.2 目的和范围的确定**4.2.1 评价目的**

通过量化热电联产产品（或服务）生命周期或选定过程中的所有温室气体排放量和清除量，计算热电联产产品（或服务）对全球变暖的潜在影响。

4.2.2 评价范围的确定

目标产品（热电联产产品）的确定需满足以下要求：

a) 每种热电联产产品应为同一企业在同一产地生产的产品；

b) 对于同一企业不同规模的热电联产产品，或同一规模但不同产地生产的热电联产产品，应分别核算碳足迹；

c) 对于同一企业在同一产地生产的产品，如采用的工艺技术、生产设备、燃料种类或原辅材料供应商有差异时，在进行数据调查时，原则上应按产品比例进行加权平均。

4.3 产品功能单位

功能单位宜选取单位产品（或服务）：1kWh 上网电量或 1 kJ 热力产品。热电联产典型工艺流程见附录 A。

4.4 产品系统边界

4.4.1 系统边界概述

本文件界定的热电联产产品生命周期系统边界为“从摇篮到大门”，包括上游环节、核心环节和下游环节。热电联产产品生命周期系统边界见图 1。

4.4.2 上游环节

上游环节具体包括以下过程：

a) 建筑材料和机器设备供给：包括从自然界开采到进一步加工为建筑材料和机器设备组件的过程，以及过程中的设施设备维护、废物运输、处理和综合利用，还包括建筑材料和机器设备组件的运输过程。建筑材料包括钢材、水泥、木材、塑料、隔热材料和玻璃等，机器设备包括热电联产设施主机、辅机及环保设施等；

b) 燃料供给：包括热电联产所用燃料开采和加工过程中涉及的直接排放以及输入能源的开采和消耗，燃料开采、加工和精洗过程中的设施设备维护以及产生的废物运输、处理和综合利用，还包括燃料运输过程中涉及的泄露、自燃和运输工具的化石能源消耗。燃料包括煤炭、燃气和生物质等；

c) 辅料和水供给：包括热电联产电厂运行所需辅料和水的生产和运输过程，以及辅料生产过程中输入能源的开采和消耗。辅料包括助燃剂、烟气净化辅料、发电过程中使用的辅料和化学品，如柴油、絮凝剂、润滑油、盐酸、氨、石灰石、降噪材料和滤袋等。

4.4.3 核心环节

核心环节具体包括以下过程：

a) 电厂建设：包括建筑材料和机器设备组件的建造和组装过程，以及建造和组装过程中产生的废物运输、处理和综合利用，还包括建造和组装过程中输入能源的开采和消耗；

b) 热电联产：包括锅炉（含启动锅炉）消耗的化石燃料燃烧，脱硫脱硝等装置使用化石燃料加热烟气，以及应急柴油发电机组、移动源等其他设施消耗化石燃料。热电联产过程中输入能源的开采和消耗；

- c) 废物处理：包括产生的废水经处理后利用或达标后外排的过程。产生的固体废物综合利用或填埋处理过程。烟气净化处理过程，包括脱硫、脱硝、除尘和 CCS 等，应包括 CCS 捕获的碳在运输和存储过程中的潜在排放或泄露。废物处理过程中输入能源的开采和消耗；
- d) 电力并网：电力因并网产生的电力损耗；
- e) 热力并网：热力因并网产生的热量损耗。

4.4.4 下游环节

下游环节具体包括以下过程：

- a) 管道建设：包括热力输送管道的建造过程，以及建造过程中产生的废物运输、处理和综合利用，还包括建造过程中输入能源的开采和消耗；
- b) 热力输送：包括热力产品输送过程中水的消耗，以及热力产品通过管道网络向用户输送的过程中的管道维护，还包括维护过程中产生的废物运输、处理和综合利用。

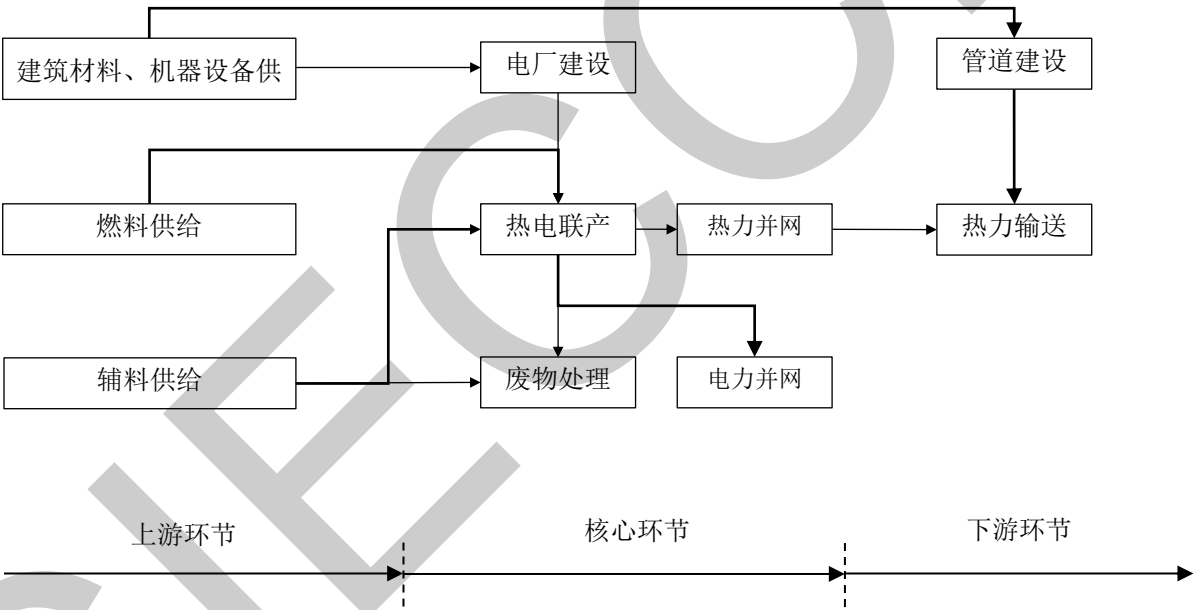


图 1 热电联产产品生命周期系统边界

4.4.4 数据的描述

数据包括现场数据和背景数据。

现场数据包括热电联产产品生产阶段的原辅料消耗、能源开采和消耗、取水和消耗、污染物排放、废物综合利用以及运输（包括运输形式、运输距离和运输量）等数据，对数据的获得方式和来源均应予以说明。

背景数据包括原辅料、能源开采与生产的生命周期清单数据以及原辅料运输所需的运输生命周期清单数据。所有数据应予以详细说明，包括数据来源、数据时间和数据类型等。

4.5 生命周期清单分析

4.5.1 数据质量要求

4.5.1.1 现场数据的质量要求

现场数据的质量要求包括：

- a) 代表性：现场数据应为企业生产单元或上游工业生产范围内的生产统计数据；
- b) 完整性：现场数据应满足 4.5.3.2 的取舍原则；
- c) 准确性：现场数据中的资源、能源和原材料消耗数据应来自于生产单元的实际生产统计记录，所有现场数据需要详细记录相关的原始数据、数据来源、数据时间和计算过程等；
- d) 一致性：企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计时期和处理规则等。

4.5.1.2 背景数据的质量要求

a) 代表性：背景数据应优先选择企业的原材料供应商提供的符合 GB/T 24044 要求的、经第三方独立验证的上游产品生命周期评价报告中的数据。若无，应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开生命周期评价数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为背景数据；

b) 完整性：背景数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止；

c) 一致性：所有被选择的背景数据应完整覆盖本文件确定的量化数据清单，并且应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。同一第三方机构对同类产品生命周期评价的背景数据选择应该保持一致，如果背景数据更新，则生命周期评价报告也应更新。

4.5.1.3 不符合项

不符合数据质量要求的数据应在生命周期解释部分说明合理性。

4.5.2 数据质量评价体系

4.5.2.1 本文件采用数据质量评价体系对数据质量进行评价，进行 5 分制评分，数据保留 1 位小数。现场数据质量评价表见表 1，背景数据质量评价表见表 2。该评价体系对数据评价指标有 3 个：来源、类型和时间，通过计算每个数据的得分来判断单个数据的质量（最高总分 15 分），并以平均分（最高 5 分）记为该数据的数据质量。

表 1 现场数据质量评价表

数据来源		数据类型			数据时间		
现场	其它	实测、统计	估算	其它	≤1 年	1~3 年	>3 年
5	1	5	3	1	5	4	1

表 2 背景数据质量评价表

数据来源			数据类型				数据时间			
现场实验、供应	文献、报告	其它	测量、计算	平均	估算	未知	≤1 年	1~5 年	5~10 年	>10 年

商										
5	3	1	5	3	2	1	5	4	3	1

4.5.2.2 对所有工序单元过程数据（即一组具有匹配关系的现场数据和背景数据组合）分别做现场数据和背景数据的质量评价，取其算术平均值为该工序单元过程数据的现场数据和背景数据的质量评价结果。

4.5.2.3 本文件规定在产品生命周期碳足迹中贡献占比绝对值超过 5%的工序单元过程数据为敏感性高的数据，其现场数据和背景数据的质量不应小于 3 分。

4.5.2.4 敏感性高的工序单元过程数据应进行敏感性分析或不确定性分析，检查说明产品生命周期忽略的过程、忽略的现场数据以及主要的假设等相关因素可能对最终结果造成的影响，说明背景数据选择、现场数据收集与现场数据处理是否符合本文件的规定。

4.5.2.5 敏感性分析或不确定性分析详细要求应符合 GB/T 24040 和 GB/T 24044 的规定。

4.5.3 数据收集

4.5.3.1 数据收集范围

数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，包括定性数据和定量数据。数据收集包括现场数据和背景数据的收集。

现场数据包括：

- a) 原辅材料；
- b) 能源开采；
- c) 污染物排放；
- d) 副产物利用；
- e) 运输形式、距离和运输量；
- f) 原辅材料、能源、污染物和副产物含碳量（可选）；

背景数据包括：

- a) 排放因子；
- b) 文献数据；
- c) 其他无法现场获取的数据。

所有收集数据应予详细说明，包括数据来源、数据时间和数据类型。

4.5.3.2 现场数据的取舍原则

单元过程数据种类很多，应对数据进行适当的取舍，取舍原则如下：

- a) 能源的所有输入均应列出；
- b) 原料的所有输入均应列出；
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.1%的输入可忽略；
- d) 向大气、水体的各种排放均列出；
- e) 小于固体废物排放总量 1%的一般性固体废物可忽略；
- f) 低于产品生命周期碳排放 1%的单元过程，可以排除在系统边界外，累计不超过 5%。应对排除的单

元过程进行说明；

- g) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、人员及生活设施的消耗可忽略；
- h) 取舍原则不适用于有毒有害物质，任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中。

4.5.3.3 数据收集步骤

数据收集程序主要步骤应包括下列内容。

- a) 根据评价的目的与范围确定单元过程，进行数据收集的准备，包括：
 - 1) 绘制热电联产单元过程工艺流程图；
 - 2) 设计统计单元过程的实物流输入输出的数据收集表和背景数据收集表；
 - 3) 对数据收集技术和要求做出表述；
 - 4) 对报送数据的特殊情况、异常点和其它问题进行明确说明。
- b) 数据收集准备的要求：
 - 1) 技术人员完成数据收集工作；
 - 2) 热电联产产品碳足迹量化数据清单格式见附录 B。

4.5.3.4 数据审定

应对收集的单元过程数据进行审定确认，审定过程应包括：

- a) 物料平衡：应判断单元过程输入的原料、辅料的质量与产品、副产品和排放物的质量是否平衡；
- b) 工序能量平衡：应计算工序使用的能源与历史数据的平衡情况；
- c) 数据与功能单位的关联，即将收集的实物流的输入与输出处理为单位产品的输入与输出。

4.5.4 计算程序

4.5.4.1 数据确认

在数据的收集过程中，应检查数据的有效性，以确认并提供证据来证明所规定的的数据质量要求已得到满足。在数据的确认过程中发现明显不合理的数据，应分析原因，予以替换，替换的数据应满足数据质量要求，并于局限性章节说明。

如数据发现缺失，对缺失的数据应进行断档处理，代之以合理的“非零”数据、合理的“零”数据或采用同类技术单元过程报送的数据计算出来的数值，并于局限性章节说明。

4.5.4.2 数据与功能单位的关联

数据与功能单位的关联的计算方法是将各个工序或单元过程的输入输出数据除以产品的产量，即得到单位产品(功能单位)的原辅材料消耗、能源消耗和碳排放。

4.5.4.3 数据合并

仅当数据类型是涉及等价物质并具有类似的环境影响时才允许进行数据合并。同一工序的不同生产设备，若其生产技术水平相当，输入输出种类基本相同，则可采取数据合并。

4.5.4.4 生命周期清单计算方法

生命周期清单数据是以功能单位为基准的产品在所定义的生命周期过程的累积，基本流是以功能单位为基准的环境负荷。温室气体 g （如 CO_2 的排放）的累积量按式（1）计算：

$$b_{T,F,g} = b_{F,g} + \sum_{i=1}^n a_i b_{i,g} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F ——单位产品（1kWh 上网电量或 1 kJ 热力产品）；

$b_{T,F,g}$ ——以功能单位 F 为基准的温室气体 g 的累积量 T ，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）或千克每千焦（kg/kJ）；

$b_{F,g}$ ——以功能单位 F 为基准的温室气体 g 在产品生产过程的直接流量，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）或千克每千焦（kg/kJ）；

n ——单元过程 i 的数量；

a_i ——原辅料及能源等在产品系统中单元过程 i 每功能单位的直接消耗量，或炉渣及烟气处理副产物等在产品系统中单元过程 i 每功能单位的直接利用量或处置量；

当产品消耗量或利用/处置量单位为质量， a_i 单位为千克每千瓦时（kg/kWh）或千克每千焦（kg/kJ）；

当产品消耗量或利用/处置量单位为体积， a_i 单位为标立方米每千瓦时（Nm³/kWh）或标立方米每千焦（Nm³/kJ）；

当产品消耗量或利用/处置量单位为千瓦时， a_i 单位为千瓦时每千瓦时（kWh/kWh）或千瓦时每千焦（kWh/kJ）；

$b_{i,g}$ ——温室气体 g 在单元过程 i 的直接流量；

当产品消耗量单位为质量， $b_{i,g}$ 单位为千克每千克（kg/kg）；

当产品消耗量单位为体积， $b_{i,g}$ 单位为千克每标立方米（kg/Nm³）；

当产品消耗量单位为千瓦时， $b_{i,g}$ 单位为千克每千瓦时（kg/kWh）；

$\sum a_i b_{i,g}$ ——以功能单位 F 为基准的温室气体 g 在各单元过程中的累积量，主要视研究边界所包含的单元过程而定，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）或千克每千焦（kg/kJ）。

4.5.5 数据分配

4.5.5.1 分配原则

热电联产工序中存在一个单元过程同时产出两种或多种产品，而投入的原材料和能源又没有分开的情况（例如：热电联产工序中同时产生电力、热力等产品）。也会存在输入渠道有多种，而输出只有一种的情况（例如：废水处理车间的废水来源渠道多种多样）。在这些情况下，不能直接得到清单计算所需的数据，应根据一定的关系对这些过程的数据进行分配。清单是建立在输入与输出的物质平衡的基础上，分配关系需反映出这种输入与输出的基本关系与特性。分配的主要原则如下：

a) 应识别与其他产品系统公用的过程，并按分配程序加以处理。

b) 分配过程中，输入和输出应保持平衡，输出质量与输入质量相比质量损耗应不大于 5%。若质量损耗大于 5%，应将废物的产生种类、产生量与处理方式一一列出，并将废物处理产生的碳足迹纳入分配总量。

c) 如果存在若干个可采用的分配程序, 应进行敏感性分析, 以说明采用其他方法与所选用方法在结果上的差别。

4.5.5.2 分配程序

处理数据分配问题一般按以下程序进行:

a) 尽量避免或减少出现分配。如:

1) 将原来收集数据时划分的单元过程再进一步分解, 以便将那些与系统功能无关的单元排除在外;

2) 扩展产品系统边界, 把原来排除在系统之外的一些单元包括进来。

b) 使用能反映其物理关系的方式来进行分配。如产品的质量、数量、体积和热值等比例关系。

c) 当物理关系不能确定或不能用作分配依据时, 用其经济关系来进行分配, 如产品产值或利润比例关系等。

4.5.6 电力与热力产品的分配

电力和热力产品的分配方式采用热值分配, 比例取决于供热比。电力和热力产品碳足迹分别按公式(2)和公式(3)计算。

$$E_{dt} = (1 - a) \times E_{CF} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$E_{rt} = a \times E_{CF} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E_{dt} —— 电力碳足迹, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_{2e});

a —— 供热比, 以%表示;

E_{CF} —— 热电联产的产品总碳足迹, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_{2e});

E_{rt} —— 热力产品碳足迹, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_{2e})。

4.5.7 废物利用环境收益

废物利用环境收益按照系统扩展法计算, 即根据废物利用的实际用途, 抵扣其所替代的产品的环境负荷。

4.6 生命周期影响评价

4.6.1 基本步骤

根据清单分析所提供的资源消耗数据以及各种排放数据, 对产品系统潜在的环境影响进行评价, 为热电联产产品生命周期解释提供必要的信息。根据 GB/T 24040 的规定, 热电联产产品生命周期影响评价主要包括以下步骤:

a) 选择影响类型、类型参数以及特征化模型;

b) 将生命周期清单分析结果归类(分类);

c) 类型参数结果的计算(特征化)。

4.6.2 影响类型、类型参数以及特征化模型的选择

开展产品碳足迹影响评价时，生命周期环境影响种类仅包含全球变暖潜能值，无需考虑其他环境影响。全球变暖潜能值时利用 IPCC 开发的特征化模型计算的特征化因子，表示为 100 年范围内的全球变暖潜力，类型参数结果为每个功能单位的千克 CO₂ 当量。

4.7 生命周期解释

热电联产产品生命周期解释应根据研究的目的重点考虑系统功能、功能单位和系统边界定义的适当性以及数据质量评价和敏感性分析所识别出的局限性。根据 GB/T 24044 的规定，生命周期解释应包括以下内容：

- a) 对重大问题的识别；
- b) 对完整性、敏感性和一致性的检查；
- c) 结论、局限和建议。

4.8 碳足迹量化评价

产品碳足迹的量化评价采用温室气体 100 年内的全球变暖潜势（GWP100）。温室气体的全球变暖潜势见表 3。

表 3 温室气体全球变暖潜势

温室气体类别	化学式	全球变暖潜势 GWP100
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
氢氟碳化物	HFCs	4.84-14600
全氟碳化物	PFCs	7380-12400
六氟化硫	SF ₆	25200
三氟化氮	NF ₃	17400

注：表格来源于 IPCC 第六次评估报告《2021 年气候变化：自然科学基础》（IPCC AR6 WGI）

碳足迹量化评价按公式（3）计算。

$$C = \sum_{i=1}^n (Q_i m_i) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

C ——产品碳足迹的计算结果，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（kg CO₂ e/kWh）或千克二氧化碳当量每千焦（kg CO₂ e/kJ）；

m_i ——温室气体 i 生命周期清单的结果，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）或千克每千焦（kg/kJ），

$$m_i = b_{T,F,g} ;$$

Q_i ——温室气体 i 的全球变暖潜势，单位为千克二氧化碳当量每千克（kg CO₂ e/kg）；

注：实际产品碳足迹量化与评价的案例中，碳足迹计算结果的单位应考虑功能单位的影响，如以 1 kWh 或 1kJ 为功能单位，碳足迹的计算结果为 kg CO₂ e/kWh 或 kg CO₂ e/kJ。

5 附加环境信息

除产品碳足迹量化与评价的环境信息外，其它相关的重要环境信息可在附加环境信息中进行描述，包括但不限于清洁生产工艺、节能减排技术、产品环境特性及企业环境管理等。

6 评价报告

6.1 报告的要素

评价报告应包括以下内容。

a) 公司/组织的描述：

- 1) 联系人、地址、电话、传真和 e-mail;
- 2) 生产过程或环境的特别信息。

b) 产品或服务的描述：

- 1) 产品名称;
- 2) 产品功能用途;
- 3) 产品成分;
- 4) 产品生产、运输和使用信息。

c) 报告的有效期。

d) 产品的可追溯性。

e) 碳足迹量化评价信息如下：

- 1) 功能单位;
- 2) 系统边界;
- 3) 数据的描述;
- 4) 数据的取舍准则;
- 5) 数据质量;
- 6) 数据收集;
- 7) 计算程序;
- 8) 碳足迹量化评价结果。

f) 附加环境信息。

6.2 评价报告的发布

6.2.1 应用本文件可编制产品的碳足迹量化与评价报告。应用本文件也可进行产品的 III 型环境声明，III 型环境声明应遵守 GB/T 24025 的要求。

6.2.2 评价结果的发布应遵守国家或地方的有关规定，如无特殊规定，可采用以下一种或多种发布方式：

- a) 将评价报告的内容印刷在公司的宣传手册上或发布在公司的网站上；

- b) 将评价结果提供给下游生产加工企业，用于下游产品的碳足迹量化与评价；
- c) 将本评价得出的碳足迹数值应用于碳标签设计。

附录 A

(资料性)

热电联产典型工艺流程

A.1 热电联产典型工艺流程示例

蒸汽轮机类热电联产典型工艺流程示例如图 A.1 所示，燃气-蒸汽联合循环类热电联产典型工艺流程示例如图 A.2 所示。

A.2 热电联产典型工艺流程内容

蒸汽轮机类热电联产：燃料经加工后运输至电厂。在电厂中，燃料经给料系统，由一次风吹入锅炉炉膛燃烧，热量被水吸收产生过热蒸汽，蒸汽进入汽轮机做功配套发电机发电，汽轮机的抽汽或排汽与热力管道来水换热。燃料燃烧后产生的烟气经脱硫、脱硝和除尘类烟气净化过程后排入大气。产生的废水经处理后利用或达标后外排。产生的固体废物综合利用或填埋处理。

燃气-蒸汽联合循环类热电联产：燃气经管道运输至电厂，运行发电时，燃气将经过压缩机压缩后进入燃烧室与空气混合燃烧，产生的气体进入燃气轮机膨胀做功，燃气轮机带动压缩机运动和发电机发电。燃气透平尾部，尾气进入余热锅炉为汽水循环提供能量，热量被水吸收产生过热蒸汽，蒸汽进入汽轮机做功配套发电机发电，汽轮机的抽汽或排汽与热力管道来水换热。

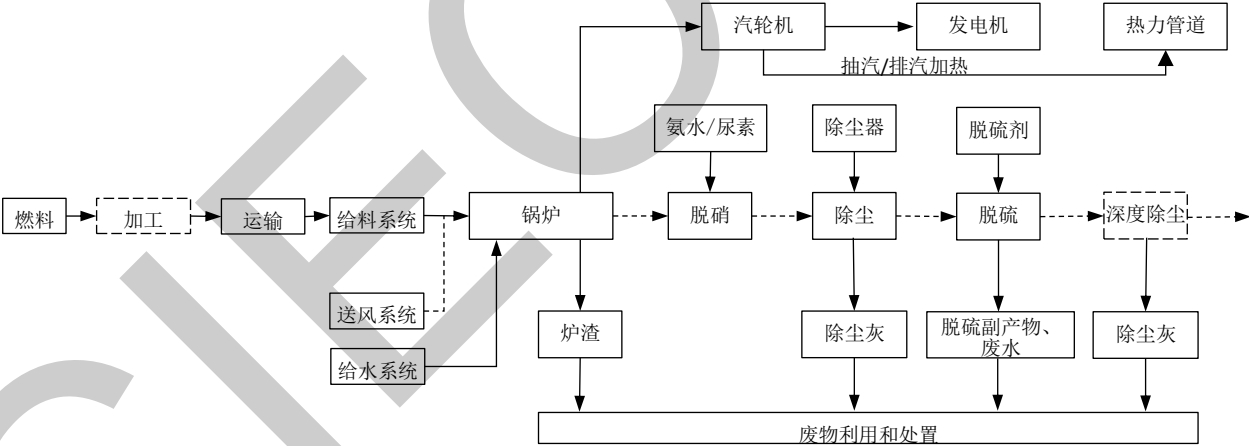


图 A.1 蒸汽轮机类热电联产典型工艺流程

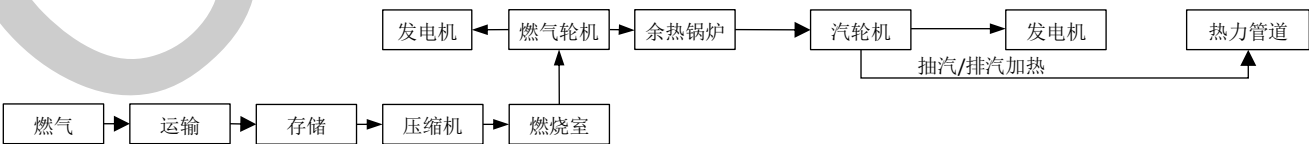


图 A.2 燃气-蒸汽联合循环类热电联产典型工艺流程

附 录 B

(资料性)

热电联产产品碳足迹量化数据清单

B.1 上游环节数据清单

上游环节数据清单见表 B.1。

表 B.1 上游环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.燃料供给					
燃料名称	生产量	单位	物料产地	运输方式	运输距离/km
原煤/燃气/生物质		t			
助燃燃料		t			
2.建筑材料和机器设备生产					
产品名称	生产量	单位	备注		
钢材		t			
木材		t			
塑料		t			
锅炉		台			
汽轮机		台			
发电机		台			
磨煤机		台			
泵		台			
脱硫设备		台			
除尘器		台			
降噪材料		t			
CCS 设施		台			
热力管道		km			
燃气轮机		台			
压缩机		台			
燃气燃烧室		台			

表 B.2 上游环节数据清单（续）

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

3.能源消耗				
能源种类	消耗量	单位	备注	
电力		kWh		
燃油		t		
天然气		m³		
4.污染物和温室气体排放				
排放类别	污染物名称	排放量	单位	备注
气体	CO₂		kg	
	CH₄		kg	
	烟尘		kg	
	CO		kg	
固体	矿渣		kg	
液体	废水		m³	

B.2 核心环节数据清单

核心环节数据清单见表 B.2。

表 B.3 核心环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.产品					
产品名称	数量	单位			
电力		kWh			
热力		t			
供热比		%			
2.物料消耗					
原料	消耗量	单位	物料产地	运输方式	运输距离/km
煤炭/燃气/生物质		t			
助燃剂		t			
水		t			
滤袋		张			
脱硫吸收剂		t			
脱硝氧化剂		t			
3.能源消耗					
能源种类	消耗量	单位	备注		
电力		kWh			
燃油		t			
天然气		m³			
4.污染物排放					
污染物排放类别	污染物名称	排放量	单位	备注	
气体废物	烟尘		kg		
	SO ₂		kg		
	NO _x		kg		
	汞及其化合物		kg		
固体废物	脱硫废物		t		
	粉煤灰		t		
液体废物	废水		m³		

B.3 下游环节数据清单

下游环节数据清单见表 B.3。

表 B.3 下游环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.产品					
产品名称	数量	单位			
供热量		TJ			
2.输热过程原料消耗					
原料	消耗量	单位	物料产地	运输方式	运输距离/km
水		t			
3.建设及输热过程能源消耗					
能源种类	消耗量	单位	备注		
电力		kWh			
燃油		t			
天然气		m³			
4.管道建设及维护过程物料消耗					
物料种类	消耗量	单位	备注		
钢材		t			
保温材料		t			
水		t			
5.污染物排放					
污染物排放类别	污染物名称	排放量	单位	备注	
液体废物	废水		m³		

参 考 文 献

- [1] GB/T 24001-2016 环境管理体系 要求及使用指南
 - [2] GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [3] GB/T 40370-2021 燃气-蒸汽联合循环热电联产能耗指标计算方法
 - [4] DL/T 891-2004 热电联产电厂热力产品
 - [5] DL/T 1365-2014 名词术语 电力节能
 - [6] ISO 14067-2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南 (Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification)
 - [7] PAS 2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范 (Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services)
 - [8] PCR 2007:08 电力、蒸汽和冷热水的产生和分配 (ELECTRICITY, STEAM AND HOT/COLD WATER GENERATION AND DISTRIBUTION)
 - [9] TCIECCPA 039-2023 垃圾焚烧电力碳足迹量化与评价方法
 - [10] 刘含笑, 吴黎明, 林青阳等. 碳足迹评估技术及其在重点工业行业的应用[J]. 化工进展, 2023, 42(05): 2201-2218.
-