

ICS 27.010
CCS F 20

团体标准

T/CIECCPA 080—2025

火力发电产品碳足迹量化与评价技术导则

Technical Guidelines for the Quantification and Evaluation of Carbon Footprint
of Thermal Power Generation Products

2025-06-27 发布

2025-07-01 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

CLECCRA

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 总则2

 4.1 一般性原则2

 4.2 量化与评价基本任务3

 4.3 工作程序4

 4.4 各阶段主要内容4

5 量化与评价工作等级5

 5.1 等级划分5

 5.2 划分依据5

6 数据质量管理5

 6.1 数据质量要求6

 6.2 现场数据获取方法6

 6.3 注意事项7

 6.4 结果记录和保存7

7 报告7

 7.1 通则7

 7.2 产品碳足迹研究报告所需信息8

 7.3 报告的发布9

附录 A（资料性） 火力发电产品典型工艺流程.....10

附录 B（规范性） 火力发电产品碳足迹量化与评价系统边界的划分方法13

附录 C（规范性） 碳足迹量化方法.....15

附录 D（规范性） 数据质量评价体系.....18

附录 E（资料性） 火力发电产品碳足迹量化与评价数据清单19

参考文献25

图 A.1 燃煤发电产品典型工艺流程图.....10

图 A.2 燃气发电产品典型工艺流程图.....11

图 A.3 燃油发电产品典型工艺流程图.....11

图 A.4 垃圾焚烧发电产品典型工艺流程图.....12

图 A.5 生物质发电产品典型工艺流程图.....12

图 B.1 火力发电产品全生命周期评价的边界见图.....14

表 D.1 现场数据质量评价表18

表 D.2 背景数据质量评价表18

表 E.1 原辅料获取阶段数据清单.....19

表 E.2 运输阶段数据清单.....21

表 E.3 运行发电阶段数据清单.....22

表 E.4 废弃物处置阶段数据清单.....23

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：国家能源集团泰州发电有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、国电环境保护研究院有限公司、浙江省环保集团生态环保研究院有限公司、国能销售集团海拉尔能源销售有限公司。

本文件主要起草人：孙建、顾朋喜、冉初萌、祝业青、刘含笑、周亚明、殷浩然、魏晗、林熙、郑成强、刘美玲、张斌、孙立、叶鹏涛。

本文件为首次发布。

CLECCRA

火力发电产品碳足迹量化与评价技术导则

1 范围

本文规定了火力发电产品碳足迹量化与评价技术导则的总则、工作等级、数据质量管理和报告。
本文件适用于火力发电产品碳足迹量化与评价技术导则。

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

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

3 术语和定义

GB/T 24040 和 GB/T 32150 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

火力发电 thermal power generation

利用燃料（煤炭、油类、可燃气体、垃圾或生物质等）燃烧，产生水蒸汽，驱动透平机械和发电机发电。

3.2

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]

3.3

温室气体 greenhouse gas ;GHG

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）和三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.1]

3.4

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和,以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境

影响类型进行生命周期评价。

注 1：可用不同的图列区分和标示具体的 GHG 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：GB/T 24067-2024，3.1.1]

3.5

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 系列标准，包括 GB/T 24040 和 GB/T 24044。

[来源：GB/T 24025-2009，3.2，有修改]

3.6

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.7]

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。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.4]

3.8

现场数据 site-specific data

从产品系统内部获得的初级数据。

注：现场数据包括场地内一个特定单元过程的温室气体排放量和温室气体清除量。

[来源：GB/T 24067-2024，3.6.2]

3.9

背景数据 background data

无法通过实际测量，只能通过文献调研、背景数据库中选取等方式得到的数据。

4 总则

4.1 一般性原则

4.1.1 相关性

数据和方法的选取适用于所研究系统产生的 GHG 排放量和清除量的评价。

4.1.2 完整性

在产品碳足迹研究中，将所有对产品系统有显著贡献的 GHG 排放量和清除量都包括在内，显著程度取决于取舍准则。

4.1.3 一致性

在产品碳足迹研究的全过程，使用相同的假设、方法和数据，以得到与目的和范围一致的结论。

4.1.4 统一性

采用国际上已认可并已应用于具体产品种类的方法、标准和指南，以提高任何特定产品种类中产品碳足迹之间的可比性。

4.1.5 准确性

产品碳足迹和产品部分碳足迹的量化是准确的，可核查的、相关的，无误导性的，并尽可能地减少偏差和不确定性。

4.1.6 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关问题。披露所有相关假设，并适当引用所使用的方法和数据来源。明确地解释所有估计值并避免误差，以使产品碳足迹研究报告如实地阐明其意图说明的内容。

4.1.7 避免重复计算

相同的 GHG 排放量和清除量仅分配一次，以避免 GHG 排放量和清除量的重复计算。

4.2 量化与评价基本任务

4.2.1 确定产品信息

火力发电，通常指的是利用燃料（如煤、石油、天然气、垃圾、生物质等）燃烧产生的热量来驱动蒸汽轮机进而带动发电机发电，产生电力产品。

本文件中涉及的火力发电产品碳足迹量化与评价技术导则均以描述的具体产品为对象。

4.2.2 确定基本目的

火力发电产品碳足迹量化与评价的目的，包括但不限于以下几项：

- a) 明确碳排放现状：量化火力发电产品在全生命周期内的碳排放量，以清晰了解其环境负担；
- b) 指导减排策略：基于量化结果，评估减排潜力并制定有效的减排策略；
- c) 推动政策制定与企业转型：为政府政策制定提供数据支持，激励企业进行技术升级和低碳转型。

4.2.3 确定产品功能单位

功能单位选取 1kWh 电量，火力发电产品典型工艺流程见附录 A。

4.2.4 确定目标产品的准则

在确定目标产品（特指火力发电产品）时，应遵循以下关键准则：

- a) 每一款火力发电产品应严格界定为来自同一企业在其固定产地所生产的产品，以确保产品的一致性和可追溯性；
- b) 当涉及同一企业但生产规模不同的火力发电产品，或是虽规模相同但产地不同的产品时，应实施独立的碳足迹核算以准确反映不同生产条件下的环境影响差异；
- c) 对于在同一企业、同一产地生产的火力发电产品，若在生产过程中存在工艺技术、所用生产设备、燃料种类或原辅材料供应商等方面的差异，在收集和分析数据时，原则上应依据各产品所占的比例，采用加权平均法进行处理，以确保评估结果的全面性和准确性。

4.3 工作程序

火力发电产品量化与评价工作程序如下：

- a) 界定系统边界：明确核算范围，涵盖全排放环节，火力发电产品碳足迹量化与评价系统边界见附录 B 的规定；
- b) 数据收集与管理：系统收集能源、原料、废弃物等核心数据，确保信息安全与质量；
- c) 碳足迹核算：量化各阶段温室气体排放，支撑环境评估，碳足迹核算见附录 C 的规定；
- d) 质量控制：通过数据审定和过程验证保障核算结果准确性，数据质量评价体系见附录 D 的规定；
- e) 报告编制与发布：编制完整报告并依法公开，接受社会监督。

4.4 各阶段主要内容

4.4.1 准备阶段

准备阶段工作程序如下：

- a) 界定系统边界：明确火力发电产品碳足迹核算的边界，识别和包含所有相关的排放环节，确保核算结果的完整性；
- b) 确定目标产品：严格界定目标火力发电产品，确保产品的一致性和可追溯性。包括产品来自同一企业在其固定产地所生产，对生产规模不同或产地不同的产品实施独立的碳足迹核算，以及对存在工艺技术、生产设备、燃料种类或原辅材料供应商等方面差异的产品采用加权平均法处理；
- c) 数据收集计划：根据评价的目的与范围确定单元过程，设计数据收集表，包括实物流输入输出的数据收集表和背景数据收集表。准备数据收集技术和要求的说明，以及对报送数据的特殊情况、异常点和其它问题的明确说明，火力发电产品碳足迹量化数据清单见附录 E；
- d) 组建专业团队：包括技术人员、数据管理人员、核算人员等，确保团队具备专业知识和经验，能够胜任后续的现场实测、数据处理等工作。

4.4.2 现场阶段

现场阶段工作程序如下：

- a) 现场实测：对火力发电过程中的能源消耗、原材料使用、废弃物排放等进行现场测量，确保数据的准确性和可靠性；
- b) 能量平衡与物料平衡：分析火力发电过程中的能量转换和物料流动，确保数据的完整性和一致性；
- c) 台账查验：查阅火力发电企业的相关台账，如生产记录、能源消耗记录、废弃物处理记录等，验证数据的真实性；
- d) 现场调研：深入了解火力发电企业的生产工艺、设备状况、燃料种类等情况，为后续的碳足迹核算提供详实的基础资料；
- e) 专家咨询：邀请相关领域的专家进行现场指导和咨询，解决在数据收集和处理过程中遇到的问题。

4.4.3 评价阶段

评价阶段工作程序如下：

- a) 数据处理：对收集到的数据进行整理、分析和校核，确保数据的准确性和完整性。根据公式计算

单元过程中原料输入产生的温室气体排放量；

b) 碳足迹核算：采用适当的核算方法，如生命周期评价法，计算火力发电产品在各个生命周期阶段产生的温室气体排放量；

c) 质量控制：对数据和核算过程进行严格的质量控制，包括数据审核、核算过程的验证和质量保证措施的实施，以确保核算结果的准确性和可靠性；

d) 报告编写：根据核算结果和评价目的，编写详尽的碳足迹评价报告。报告应详细列出功能单位的定义、系统边界的明确描述、数据来源的详细描述、数据取舍的准则、数据质量的评估、数据收集的具体方法和过程、计算程序的详细说明以及碳足迹量化评价的结果等信息；

e) 评价结论确定：根据核算结果和报告内容，确定火力发电产品的碳足迹数据，并提出相应的减排建议和改进措施。

f) 发布报告：按照相关法规和标准发布碳足迹评价报告，供政府、企业和社会公众参考。

5 量化与评价工作等级

5.1 等级划分

火力发电产品的碳足迹量化与评价工作等级分为三级（1级、2级、3级），以适应不同评价规模、技术复杂度、环境影响范围及项目重要性等方面的差异。不同等级对应着在数据来源可靠性、生命周期阶段覆盖完整性、计算模型精细度及调查核查深度上递增的要求，确保评价工作的资源投入与所需精度相匹配。

5.2 划分依据

评价等级的确定主要依据项目的规模指标和技术/环境特征进行综合判断。具体划分依据及各等级核心要求如下：

1级评价：适用于大型火力发电项目或具有重大影响力的项目。该等级要求核心输入输出流的现场实测数据比例不低于80%，必须覆盖火力发电产品全生命周期的所有关键阶段（包括燃料开采/生产与预处理、燃料运输、厂内发电运行及辅助系统、厂内废物处理、环保设施运行、主要设备/材料生产与运输、厂区建设与退役），采用详细的过程生命周期评价或高精度混合模型进行严格的物质流与能量流平衡计算，并强制要求进行不确定性分析，同时需进行深入的现场调查与数据核查。

2级评价：适用于中等规模的火力发电项目或具有一般影响力的项目。该等级要求核心输入输出流的现场实测数据比例不低于50%，应覆盖火力发电产品全生命周期的主要阶段（通常包括燃料运输、厂内发电运行及主要辅助系统与环保设施、厂内废物处理），允许对燃料开采/生产及设备/材料生产、厂区建设与退役等阶段使用可靠的行业平均数据进行简化处理，可采用简化的LCA模型或基于可靠排放因子的计算方法进行必要的平衡计算，鼓励进行不确定性分析，并需进行现场调查以验证数据来源和代表性。

3级评价：适用于小型火力发电项目或影响力较小的项目。该等级主要依赖可靠运行记录、行业通用数据库、文献资料或合理的类比数据，现场实测要求低，仅在关键数据缺失且无可靠替代时进行少量实测。覆盖火力发电产品全生命周期的基本/核心阶段（主要指厂内发电运行环节的燃料消耗和直接排放），允许显著简化或排除上游燃料开采/生产与运输、设备材料生产、厂区建设与退役、下游废物处理等阶段。计算上主要采用基于排放因子的简化方法（如IPCC或国家/行业指南推荐方法），平衡计算高度简化，不确定

性分析非强制但需识别主要不确定性来源，调查核查以资料审查和必要访谈为主。

6 数据质量管理

6.1 数据质量要求

6.1.1 现场数据

碳足迹现场数据是直接与被评价的产品或服务相关的数据，通常包括产品或服务的生产、使用和废弃物处理等阶段的直接能源消耗、物料消耗和排放等信息。这些数据对于准确计算产品或服务的碳足迹至关重要，现场数据的收集应包括：

- a) 原材料与辅助材料的消耗；
- b) 能源耗费；
- c) 污染物与温室气体控制；
- d) 废弃物再利用；
- e) 运输方式、距离及量；
- f) 分析含碳量全面评估生产碳足迹。

6.1.2 背景数据

碳足迹背景数据是与被评估的产品或服务间接相关的数据，包括用于生产产品的能源或原材料的生产、加工和运输等过程中产生的温室气体排放数据。这些数据不直接来源于被评估对象的生产、使用和废弃处理过程，通常通过调用各种公共或商业 LCA（生命周期评估）碳足迹数据库获得，背景数据的收集应包括：

- a) 排放因子，即衡量不同活动或过程中温室气体排放量的标准化指标；
- b) 文献数据，来源于学术研究、行业报告及官方统计等，用于补充和完善数据集；
- c) 其他数据，无法在现场直接获取而需要通过其他途径进行收集和分析。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。

6.2 现场数据获取方法

6.2.1 1 级评价

数据收集范围：应涵盖火力发电产品全生命周期的所有关键环节，包括但不限于原材料获取、物料设备运输、运行发电过程、废弃物处理等。

数据获取方式：优先采用自动化监测系统和在线数据采集技术，确保数据的实时性、准确性和可追溯性。

数据审定：建立严格的数据审定机制，对采集到的数据进行多层次、多维度的校验和验证，确保其真实性 and 可靠性。

数据精度要求：对关键数据，如能源消耗、排放量等，误差应 $\leq \pm 1\%$ 以减少误差对最终碳足迹量化结果的影响。

核算与控排：采用现场数据开展核算，并明确生命周期温室气体控排措施及可预期控排结果。

6.2.2 2级评价

数据收集范围：涵盖火力发电产品全生命周期的主要环节，与1级评价相比，可适当减少一些非关键环节的详细数据收集。

数据获取方式：原则上应采用现场数据，但相比1级评价，对数据实时性和自动化监测系统的要求可适当放宽，可结合手工记录和在线数据采集技术。

数据审定：建立数据审定机制，对采集到的数据进行校验和验证，确保其真实性和可靠性，但相比1级评价，审核层次和维度可适当减少。

数据精度要求：相比1级评价，可适当放宽，关键数据误差应 $\leq \pm 3\%$ ，以平衡数据收集的成本和效益。

核算与控排：原则上应采用现场数据开展核算，并明确生命周期温室气体控排措施及可预期控排结果。

6.2.3 3级评价

数据收集范围：涵盖火力发电产品全生命周期的基本环节，重点关注主要排放源和关键过程。

数据获取方式：优先采用初级数据，但可适当采用背景数据进行补充核算，以减少数据收集的难度和成本。

数据审核与验证：对数据进行基本的校验和验证，确保其满足评价要求。

数据精度要求：对关键数据保持一定的精度要求，但可适当放宽，以符合评价等级的实际需求，其中关键数据误差应 $\leq \pm 5\%$ 。

核算与控排：优先采用现场数据开展核算，可采用背景数据补充核算，并分析生命周期可预期控排结果。

6.3 注意事项

技术适应性：在选择数据获取方法时，应充分考虑火力发电项目的实际情况和技术水平，确保所选方法切实可行。

数据安全性：在数据获取、存储和处理过程中，应严格遵守相关法规和标准，确保数据的安全性和保密性。

持续改进：随着技术的进步和火力发电项目的发展，应及时更新和优化数据获取方法，以提高碳足迹量化评价的准确性和效率。

6.4 结果记录和保存

产品碳足迹量化与评价的支撑材料包括但不限于：系统边界、单元过程、排放因子、活动数据来源、原辅材料的识别、碳数据存储、分配的依据、关于排除的说明等。

支撑资料应以适于分析和核证的格式被记录和保存，保存期至少五年。

7 报告

7.1 通则

产品碳足迹研究报告的目的是记录产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化结果,并说明该报告符合本文件的规定。

产品碳足迹研究报告中的结果可用于足迹信息交流(见 ISO14026)。

注：“产品碳足迹研究报告”是一个与产品碳足迹相关的专用术语。其他标准对同种类型文件使用的术语有所不同(例如 GB/T 24044 中使用的术语是“第三方报告”，ISO14026 中使用的术语是“足迹研究报告”)。

应在产品碳足迹研究报告中完整地、准确地、无偏向地、透明地、详细地记录和说明结果、数据、方法、假设和生命周期解释,以便相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性和所作出的权衡。

根据产品碳足迹目的和范围,确定产品碳足迹研究报告的类型和格式。产品碳足迹研究报告应允许其结果和生命周期解释被用于与研究目的相一致的其他方面。

7.2 产品碳足迹研究报告所需信息

应将以下信息(包括但不限于)纳入产品碳足迹研究报告。

a) 基本情况:

- 1) 委托方和评价方信息;
- 2) 报告信息;
- 3) 依据的标准;
- 4) 使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料(如有);

b) 基本情况:

- 1) 开展研究的目的;
- 2) 预期用途;

c) 范围:

- 1) 产品说明,包括功能和技术参数;
- 2) 功能单位或声明单位以及基准流;
- 3) 系统边界,包括:
 - i) 作为基本流中的系统输入和输出类型;
 - ii) 有关单元过程处理的决策准则(考虑其对产品碳足迹研究结论的重要性);
 - iii) 产品系统关联的单元过程地理位置、地理格网的划分规则、格网级别的选取,并说明其理由(如适用)。
- 4) 生命周期各阶段的描述,包括对选定的使用阶段和生命末期阶段假设情景的描述(如适用),替代使用情景和生命末期阶段情景对最终结果影响的评价。

d) 清单分析:

- 1) 数据收集信息,包括数据来源;
- 2) 重要的单元过程清单;
- 3) 纳入考虑范围的 GHG 清单;
- 4) GHG 排放和清除时间;
- 5) 代表性的时间边界和地理边界;
- 6) 分配原则与程序;
- 7) 数据说明,包括有关数据的决定和数据质量评价。

e) 影响评价:

- 1) 影响评价方法;
 - 2) 特征化因子;
 - 3) 清单结果与计算;
 - 4) 结果的图示。
- f) 结果解释:
- g) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料。

7.3 报告的发布

7.3.1 应用本文件可编制火力发电产品的碳足迹量化与评价报告,也可进行产品的 III 型环境声明。进行产品的 III 型环境声明时,还应符合 GB/T 24025 的规定。

7.3.2 评价结果的发布应符合国家或地方的规定,如无特殊规定,可采用以下一种或多种发布方式:

- a) 印刷在公司的宣传手册上或发布在公司的网站上;
- b) 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) 得出的碳足迹数值应用于碳标签设计。

附 录 A
(资料性)

火力发电产品典型工艺流程

A.1 概述

本文件界定的火力发电产品工艺流程主要包括燃煤发电、燃气发电、燃油发电、垃圾焚烧发电、生物质发电，其他火力发电可参照执行。

A.2 燃煤发电产品典型工艺流程

煤矿采掘的原煤经过加工后，转化为适合发电的燃煤，随后被运送至发电厂。在发电厂内，这些燃煤通过专门的给料系统送入锅炉，同时送风系统提供必要的一次风，将燃煤吹入炉膛进行高效燃烧。燃烧过程中释放的热量被水冷壁有效吸收，进而转化为过热蒸汽。这股蒸汽随后推动汽轮机旋转，汽轮机则带动发电机产生电能。燃煤燃烧完毕后产生的烟气，会经历一系列严格的净化流程，包括脱硝、除尘处理和脱硫，以减少对环境的污染。而生产过程中产生的固体废弃物，则会根据其性质和可用性，进行综合利用或安全填埋处理，以减少对环境的潜在影响，燃煤发电产品典型工艺流程见图 A.1。

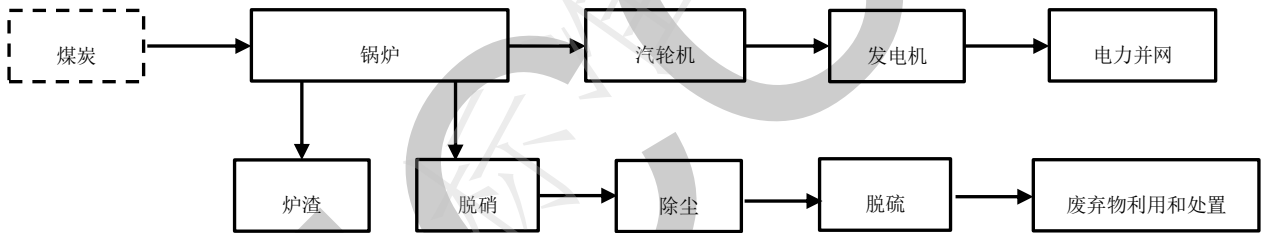


图 A.1 燃煤发电产品典型工艺流程图

A.3 燃气发电产品典型工艺流程

气体燃料经预处理后，由压缩机增压送入燃气燃烧装置与空气混合燃烧，产生的高温高压气体驱动透平机转动，进而带动发电机发电，实现对外供电。同时，排出的余热，可被回收利用于供热或余热锅炉发电，实现能源的高效综合利用，燃烧完毕后产生的烟气，经脱硝处理以减少对环境的污染，燃气发电产品典型工艺流程见图 A.2。

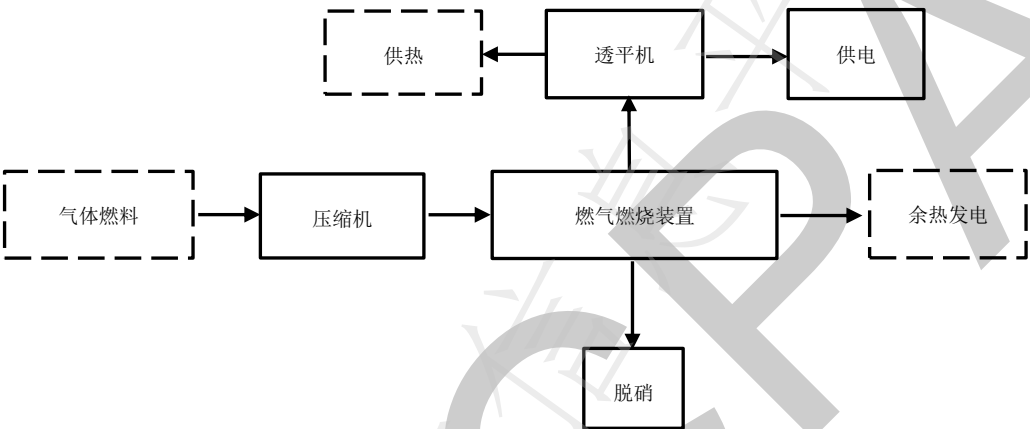


图 A.2 燃气发电产品典型工艺流程图

A.4 燃油发电产品典型工艺流程

燃油经过预处理后由高压油泵加压后送入燃烧装置，与空气混合并充分燃烧，产生蒸汽。这些蒸汽驱动蒸汽轮机旋转，蒸汽轮机则带动发电机产生电能。同时，燃烧过程中产生的热量可通过供热系统回收利用。最终，电能通过电网输送到用户端供电，燃烧完毕后产生的烟气，经脱硝和脱硫处理以减少对环境的污染，燃油发电产品典型工艺流程见图 A.3。

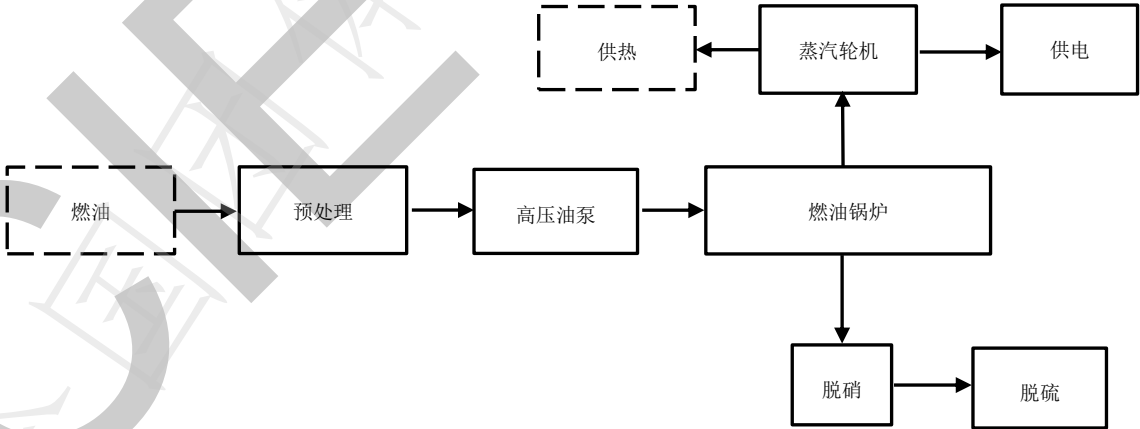


图 A.3 燃油发电产品典型工艺流程图

A.5 垃圾焚烧发电产品典型工艺流程

生活垃圾由行车抓斗运输至料斗，经给料装置配合一次风吹入焚烧炉，烟气进入余热锅炉，余热锅炉的蒸汽吸热后进入汽轮机发电，焚烧炉内产生的焚烧炉渣集中进入渣池处理，烟气进入后续的烟气净化系统，垃圾焚烧发电典型工艺流程见图 A.4。

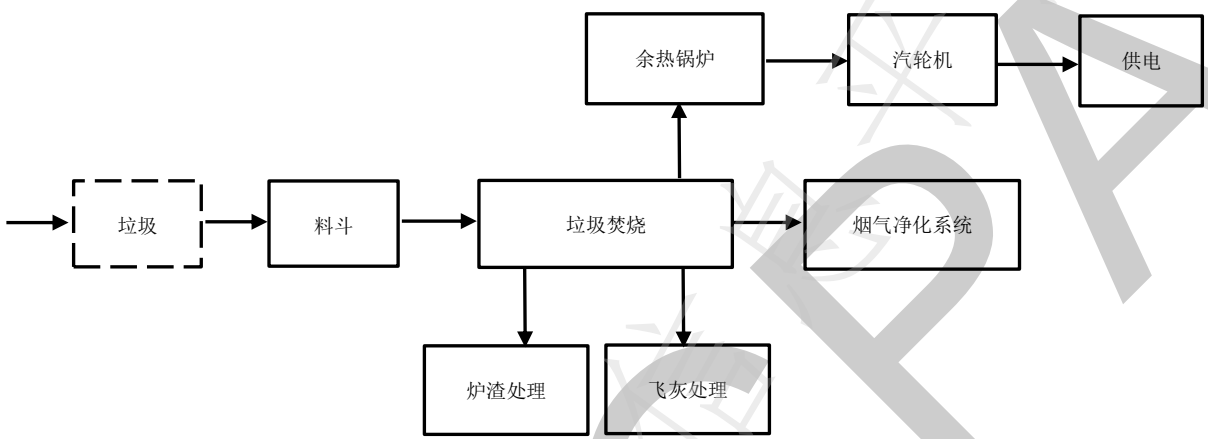


图 A.4 垃圾焚烧发电产品典型工艺流程图

A.6 生物质发电产品典型工艺流程

生物质原料经收集预处理后送入燃烧室进行燃烧，生物质燃烧产生的热能通过锅炉转化为蒸汽能，蒸汽驱动汽轮机旋转带动发电机产生电力；同时，燃烧产生的灰渣通过收集装置进行环保处理，生物质发电典型工艺流程见图 A.5。

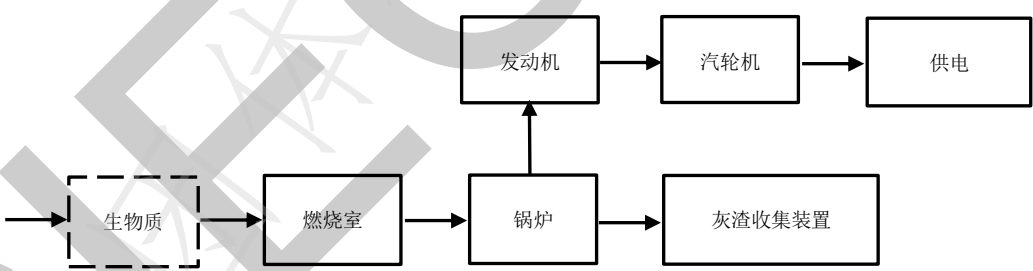


图 A.5 生物质发电产品典型工艺流程图

附录 B

(规范性)

火力发电产品碳足迹量化与评价系统边界的划分方法

B.1 概述

本文件界定的火力发电产品生命周期系统边界应包含原辅料获取、原辅料及设备运输、运行发电、废弃物处置等过程，可依据全生命周期评价的方法进行系统边界的划分。

B.2 全生命周期评价的边界划分

B.2.1 原辅料获取阶段

原辅料获取阶段应包括以下过程：

- a) 建筑材料和机器设备供给；
- b) 燃料供给；
- c) 能源、水和辅料的供给；

B.2.2 运输阶段

运输阶段应包括以下过程：

- a) 建筑材料和机器设备运输；
- b) 燃料和辅料运输；

B.2.3 运行发电阶段

运行发电阶段应包括以下过程：

- a) 电厂建设；
- b) 运行发电；
- c) 电力并网；

B.2.4 废弃物处置阶段

废弃物处置阶段应包括以下过程：

- a) 废水处理；
- b) 废物处置；
- c) 烟气净化；

B.2.5 全生命周期评价的边界示意图

火力发电产品全生命周期评价的边界见图 B.1。

B.3 生命周期流程图的绘制

根据火力发电产品系统边界的划分，绘制生命周期流程图，详细描绘出产品生命周期的所有流程或阶段，并确定碳足迹量化与评价的边界范围。

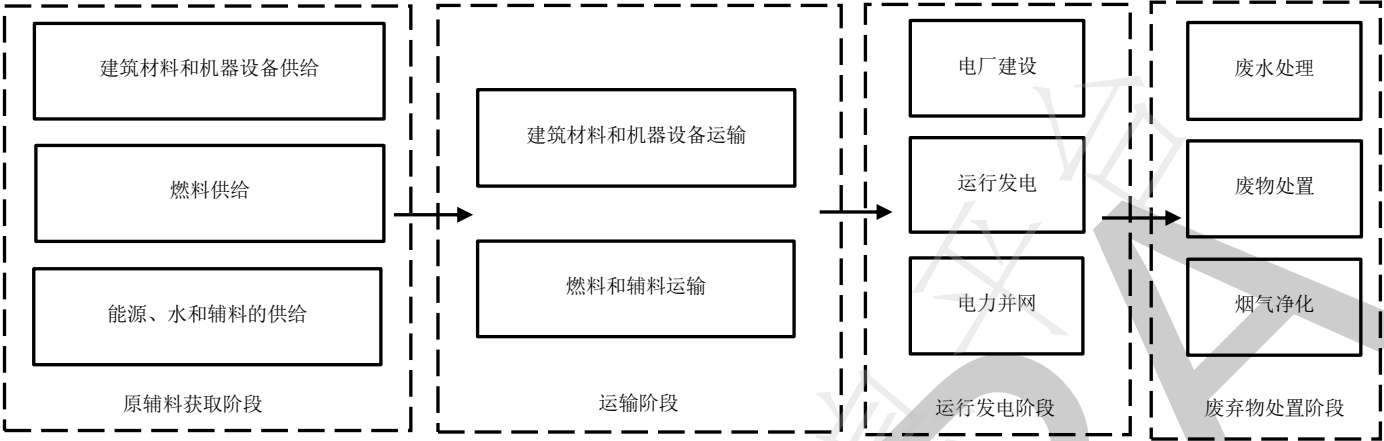


图 B.1 火力发电产品全生命周期评价的边界见图

附录 C

(规范性)

碳足迹量化方法

C.1 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）的累积量按公式（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（1 kWh 电量）；

$b_{T,F,g}$ ——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）；

$b_{F,g}$ ——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）；

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）；

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）；

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）；

$b_{i,g}$ ——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，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）。

C.2 原材料获取阶段碳排放

在实际碳足迹计算过程中，一般无法将产品全生命周期全部划分至单元过程中，例如辅料生产环节一般采用数据库数据（不以单元过程计入），在上述单元过程碳足迹以外，原辅材料输入产生的温室气体排放计算见公式（2）：

$$E_{y,h} = \sum_j AD_{y,h,j} \times EF_{y,h,j} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{y,i}$ ——单元过程 i 中原材料输入产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_{2e}）；

$AD_{y,i,j}$ ——单元过程 i 中第 j 种原料消耗量，单位根据原料种类确定；

$EF_{y,i,j}$ ——单元过程 i 中第 j 种原料排放因子，单位根据原料种类确定；

h——单元过程；

j——原料种类。

C.3 物料设备运输阶段碳排放

上游环节涉及的物料设备运输过程的碳足迹核算方法见公式（3）：

$$E_{w,i} = \sum_i M_i \times D_i \times T_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

M_i ——第 i 种主要物料及设备的消耗量；

D_i ——第 i 种主要物料及设备的平均运输距离；

T_i ——第 i 种主要物料的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ ）；

C.4 运行发电过程碳足迹

每个单元过程燃料燃烧排放、输入能源间接排放和过程排放的碳足迹核算方法见公式（4）：

$$E_{i,j} = \sum_{j=1}^3 \sum_{p=1}^n AD_{i,j,p} \times EF_{i,j,p} \times GWP_p \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

i ——代表各类燃料的种类；

j ——代表燃料燃烧、输入能源和生产过程三种的排放源；

p ——代表温室气体的种类；

$E_{i,j}$ ——单元过程 i 中， j 类排放源的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$AD_{i,j,p}$ ——单元过程 i 中， j 类排放源 p 种温室气体的活动水平数据；

$EF_{i,j,p}$ ——单元过程 i 中， j 类排放源 p 种温室气体的排放因子，其中使用的电力排放因子应为电力生命周期碳足迹因子；

GWP_p —— p 种温室气体的全球变暖潜势值，需使用 IPCC 最新发布的气候评估报告（Assessment Report, AR）中的 GWP 值。

C.5 废物处置阶段碳排放

废物处置阶段碳足迹见公式（5）：

$$E_{y,h} = \sum_j AD_{y,h,j} \times EF_{y,h,j} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$E_{y,h}$ ——单元过程 h 中产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$AD_{y,h,j}$ ——单元过程 h 中第 j 种投加量，单位根据原料种类确定；

$EF_{y,h,j}$ ——单元过程 h 中第 j 种原料排放因子，单位根据原料种类确定；

h——单元过程；

j——原料种类。

C.6 碳足迹量化评价

碳足迹量化评价按公式（6）计算：

$$C = \sum_{i=1}^n (Q_i m_i) \quad \dots\dots\dots (6)$$

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（ $\text{kg CO}_2 \text{ e/kWh}$ ）；

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 ）， $m_i = b_{T,F,g}$ ；

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（ $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ ）；

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 为功能单位，碳足迹的计算结果为 $\text{kg CO}_2 \text{ e/kWh}$ 。

生命周期各阶段碳排放占比，指燃煤发电项目生命周期各阶段分别产生的碳排放量占全生命周期碳排放量的比例，按公式（7）计算：

$$\alpha = E_n/E \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

α ——生命各阶段排放占比，以%表示；

E_n ——燃煤发电生命周期某阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ ）；

E ——燃煤发电全生命周期碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ ）；

其中，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）。

附录 D

(规范性)

数据质量评价体系

D.1 概述

根据碳足迹量化与评价的对象，建立一套数据质量评价体系，用于对现场数据和背景数据的数据质量进行具体评价。

D.2 评价方式

采用 5 分制评分，数据保留 1 位小数，现场数据质量评价表见表 D.1，背景数据质量评价表见表 D.2。

表 D.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 D.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、供应商	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
5	3	1	5	3	2	1	5	4	3	1

D.3 评价方法解释

D.3.1 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。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。

D.3.2 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和背景数据的质量评价结果。

D.4 敏感性分析

D.4.1 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。

D.4.2 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。

D.4.3 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。

附 录 E
(资料性)

火力发电产品碳足迹量化与评价数据清单

E.1 原辅料获取阶段数据清单

原辅料获取阶段数据清单见表 E.1。

表 E.1 原辅料获取阶段数据清单

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	备注
燃料		t		
助燃燃料				
2. 建筑材料和机器设备生产				
产品名称	生产量	单位	物料产地	备注
钢材		t		
木材		t		
塑料		t		
锅炉		台		
汽轮机		台		
发电机		台		
压缩机		台		
泵		台		
启动锅炉		台		
风机		台		
磨煤机		台		
脱硫设备		台		
脱硝设备		台		
除尘器		台		
降噪材料		台		
3. 辅料和能源消耗				
种类名称	消耗量	单位	备注	
电力		kWh		
燃油		t		

表 E.1 原辅料获取阶段数据清单（续）

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

4. 污染物和温室气体排放				
排放类别	排放物名称	排放量	单位	备注
废气	CO ₂		kg	
	CH ₄		kg	
	烟尘		kg	
	粉煤灰		t	
	CO		kg	
	SO ₂		Kg	
	NO _x		Kg	
固废	废渣		t	
废水	废水		m ³	

E.2 运输阶段数据清单

运输阶段数据清单见表 E.2。

表 E.2 运输阶段数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

原料/设备	质量/t	运输工具	动力燃料	行驶距离/km
燃料				
煤矸石				
钢材				
木材				
塑料				
锅炉				
汽轮机				
发电机				
压缩机				
泵				
启动锅炉				
风机				
磨煤机				
脱硫设备				
脱硝设备				
除尘器				
降噪材料				

E.3 运行发电阶段数据清单

运行发电阶段数据清单见表 E.3。

表 E.3 运行发电阶段数据清单

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	备注		
电力		kWh			
热力		GJ			
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
燃料		t			
阻燃剂		t			
水		t			
滤袋		条			
脱硫吸收剂		t			
脱硝还原剂		t			
3. 能源消耗					
能源种类	消耗量	单位	备注		
电力		kWh			
燃油		t			
燃气		m ³			
垃圾		t			
生物质		t			

E. 4 废弃物处置阶段数据清单

废弃物处置阶段数据清单见表 E.4。

表 E. 4 废弃物处置阶段数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1. 污染物及温室气体排放				
排放类别	排放物名称	排放量	单位	备注
固体废物	废渣		t	
	粉煤灰		t	
	建筑废料		t	
	失效催化剂		t	
	废弃滤袋		t	
液体废物	废水		m ³	

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 24025 环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序
 - [3] GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
 - [4] GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
 - [5] PAS 2050 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)
-