

ICS 13.020.10

CCS Z 04

团体标准

T/CIECCPA 054—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 燃煤烟气二氧化碳捕集塔

Greenhouse gases — Method and requirements for quantification of carbon footprint of products — Coal-fired flue gas carbon dioxide capture tower

2024-12-27 发布

2025-01-02 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 量化目的 4

4.1 通则 4

4.2 应用意图 4

4.3 开展碳足迹研究的理由 4

4.4 目标受众 4

5 量化范围 4

5.1 产品描述 4

5.2 评价范围 4

5.3 功能单位的确定 4

5.4 产品系统边界 5

6 清单分析 6

7 影响评价 10

8 结果解释 12

9 产品碳足迹报告 12

9.1 报告的要素 12

9.2 报告的发布 13

9.3 附加环境声明 13

10 产品碳足迹声明 13

附录 A（资料性） 典型燃煤烟气二氧化碳捕集装置 14

附录 B（资料性） 燃煤烟气二氧化碳捕集塔碳足迹量化数据清单 18

附录 C（资料性） 温室气体全球变暖潜势 23

参考文献 21

图 1 燃煤烟气二氧化碳捕集塔生命周期系统边界图..... 6

图 A.1 典型燃煤烟气二氧化碳吸收塔示意图..... 15

图 A.2 典型燃煤烟气二氧化碳解吸塔示意图..... 16

图 A.3 典型燃煤烟气化学吸收法二氧化碳捕集过程示意图..... 17

表 1 现场数据质量评价表 8

表 2 背景数据质量评价表 8

表 B.1 燃煤烟气二氧化碳捕集塔原辅料和能源供给过程数据清单 18

表 B.2 运输过程数据清单..... 19

表 B.3 燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装过程数据清单..... 20

表 B.4 燃煤烟气二氧化碳捕集塔运行使用过程数据清单..... 21

表 B.5 燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段数据清单..... 22

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：国电电力发展股份有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、国家能源煤基能源碳捕集利用与封存技术研发中心、国能（北京）低碳科技有限责任公司、浙江省环保集团生态环保研究院有限公司、浙江环研碳集科技有限公司、中国工业节能与清洁生产协会。

本文件主要起草人：魏书洲、刘含笑、王天堃、顾永正、孙立、寻志伟、朱江涛、李歌、张利勇、刘思远、王俊、刘美玲、杨杰、杨伟杰、全妹。

本文件为首次发布。

CLECCRA

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 燃煤烟气二氧化碳捕集塔

1 范围

本文件规定了燃煤烟气二氧化碳捕集塔碳足迹量化的方法与要求，包括量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹量化报告和产品碳足迹量化声明。

本文件适用于燃煤烟气二氧化碳捕集塔碳足迹的量化。

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 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 51316 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准

JB/T 12909 燃煤烟气二氧化碳捕集装备

T/CIECCPA 012 燃煤烟气二氧化碳捕集塔

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二氧化碳捕集塔 carbon dioxide capture tower

对烟气中的二氧化碳（CO₂）进行吸收、解吸的塔式容器，包括吸收塔和解吸塔。

[来源：T/CIECCPA 012-2022，3.1]

3.2

化学吸收法 chemical absorption method

化学吸收剂在吸收塔内与烟气中的二氧化碳（CO₂）进行化学反应，生成化合物，并在解吸塔内经升温后释放出吸收的二氧化碳，完成二氧化碳与其他气体分离的方法。

[来源：GB/T 51316-2018，2.0.4]

3.3

吸收塔 absorber

使用吸收剂捕集烟气中二氧化碳（CO₂），使贫液转化为富液的装置。

[来源：T/CIECCPA 012-2022，3.3，有修改]

3.4

解吸塔 desorber

将富液中的二氧化碳分离处理，使富液转化为贫液的装置。

[来源：T/CIECCPA 012-2022，3.4]

3.5

贫液 lean solvent

新鲜的或再生后的用于吸收 CO₂ 的吸收剂溶液。

[来源：JB/T 12909，3.7]

3.6

富液 rich solvent

吸收 CO₂ 后未再生的吸收剂溶液。

[来源：JB/T 12909，3.8]

3.7

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 24044-2008，3.1]

3.8

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气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：本文件涉及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 24067-2024，3.2.1]

3.9

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别进行生命周期评价。

注 1：产品碳足迹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到其生命周期的各个阶段。

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表示。

[来源：GB/T 24067-2024，3.1.1]

3.10

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。

[来源：GB/T 32150-2015，3.15，有修改]

3.11

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

比较某种温室气体于二氧化碳的辐射强迫的单位。

注：给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.2]

3.12

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]

3.13

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]

3.14

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]

3.15

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

生命周期评价的阶段，涉及产品整个生命周期内输入和输出的汇编和量化。

[来源：GB/T 24044-2008，3.3]

3.16

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系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响的大小和重要性的阶段。

[来源：GB/T 24040，3.4]

3.17

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目的和范围要求对清单分析和（或）影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

[来源：GB/T 24044-2008，3.5]

3.18

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

确定产品碳足迹或产品部分碳足迹的活动。

注：产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化属于产品碳足迹研究的一部分。

[来源：GB/T 24067-2024，3.1.6]

4 量化目的

4.1 应用意图

碳足迹量化研究包括独立研究、比较研究和长期绩效追踪研究，其应用意图包括：

- a) 计算产品对全球变暖的潜在贡献[以二氧化碳当量（CO₂eq）表示]，明确生命周期各阶段或单元过程对产品碳足迹的重要程度；
- b) 为产品研发、技术改造、优化产品碳足迹或产品部分碳足迹和推动行业发展提供评价方法及方向；
- c) 挖掘产品生产过程中的减排潜力，为低碳技术研发和推广提供有力支撑；
- d) 用于优化产品上下游供应链，推动产业链向低碳化方向发展；
- e) 披露产品碳足迹信息。

4.2 目标受众

目标受众包括燃煤烟气二氧化碳捕集塔产业链相关企业，认证、咨询等第三方服务机构，行业协会及政府管理部门等。

5 量化范围

5.1 产品描述

5.1.1 二氧化碳捕集塔应采用填料塔型式，符合 T/CIECCPA 012 对产品结构、性能和技术的要求。典型燃煤烟气 CO₂ 吸收塔主要由塔体、填料层、塔内构件、基础埋件和平台扶梯等组成。产品应使用户能够明确地识别产品，包括产品名称、主要结构、规模、处理量和运行工况，捕集塔布置应符合主体工程总体布置、工艺流程、安全生产、职业健康和环境保护的要求，并符合 GB 50016 的规定。

5.1.2 碳捕集率是指二氧化碳捕集装置捕集前后烟气中二氧化碳质量的差值与捕集前烟气中二氧化碳质量的百分比，碳捕集率应≥80%。

5.1.3 燃煤烟气二氧化碳捕集塔示意图见附录 A。

5.2 产品范围

燃煤烟气二氧化碳捕集塔的产品范围确定需满足以下要求：

- a) 每种燃煤烟气二氧化碳捕集塔应为同一企业在同一产地生产的同一规格的产品；
- b) 对于同一企业不同规格的产品，或同一规格但不同产地生产的产品，应分别量化碳足迹；
- c) 对于同一企业同一产地生产的同一规格产品，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。

5.3 功能单位的确定

功能单位为 1 套燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品。

5.4 产品系统边界

5.4.1 概述

本文件界定的燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品系统边界分为原辅料与能源供给阶段、运输阶段和燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装阶段、燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段。燃煤烟气二氧化碳捕集塔的生命周期系统边界见图 1。

5.4.2 原辅料与能源供给阶段

原辅料与能源供给阶段主要包括以下过程：

- a) 钢结构塔体、填料层和塔内构件等原材料的供给；
- b) 基础埋件和平台扶梯等辅料的供给；
- c) 胺吸收剂、缓蚀剂等原辅料供给；
- d) 包装材料的供给；
- e) 能源的供给；
- f) 水的供给；
- g) 原辅料运输阶段。

5.4.3 燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装阶段

燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装阶段主要包括以下过程：

- a) 设备钢结构焊接拼装过程；
- b) 各组件组装过程；
- c) 系统调试、检验过程；
- d) 废物处理处置；
- e) 运输过程。

5.4.4 燃煤烟气二氧化碳捕集塔运行使用阶段

燃煤烟气二氧化碳捕集塔运行使用阶段主要包括以下过程：

- a) 设备运行；
- b) 设备维护；
- c) 废物处理处置。

5.4.5 燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段

燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段主要包括以下过程：

- a) 设备拆解；
- b) 设备回收利用；
- c) 废物填埋。

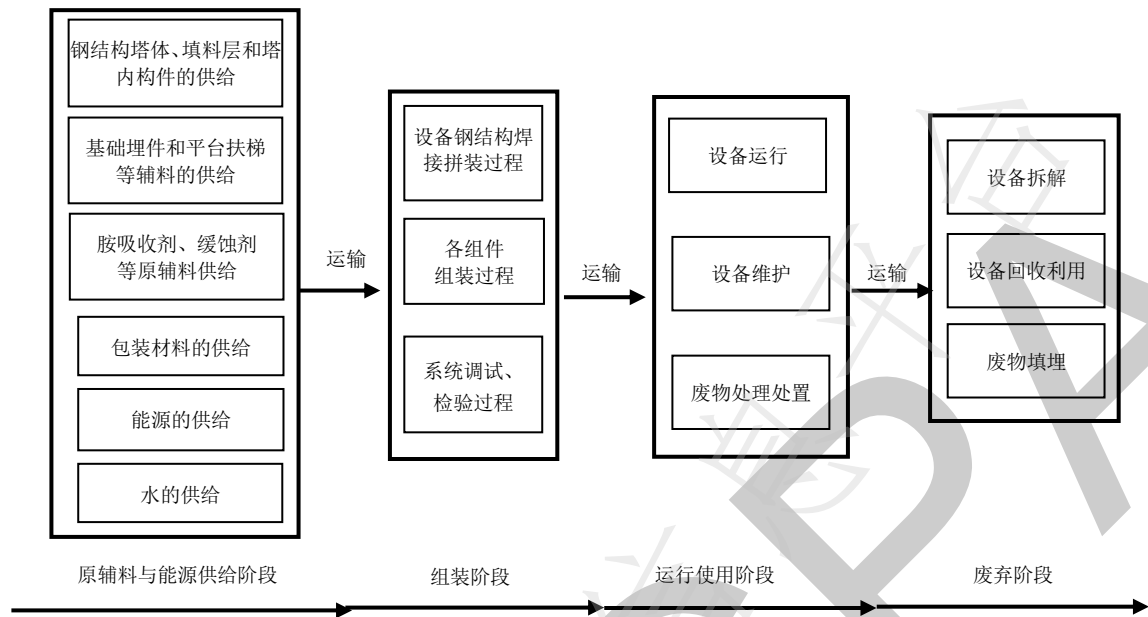


图 1 燃煤烟气二氧化碳捕集塔生命周期系统边界图

5.5 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。

6 清单分析

6.1 数据的描述

数据包括现场数据、初级数据和次级数据。

初级数据是指通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值，可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据，也可以涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

现场数据是指从产品系统内部获得的初级数据，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所有现场数据均为初级数据，但并不是所有初级数据都是现场数据，因为数据可能是从不同产品系统内部获得的。

次级数据是指不符合初级数据要求的数据，包括经权威机构验证且具有可信度的数据，可来源于数据

库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据、从代替过程或估计获得的数据或其他具有代表性的数据。

6.2 数据质量要求

6.2.1 现场数据的质量要求

燃煤烟气二氧化碳捕集塔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，对于已成熟运营生产（即生产时间大于 1 年）的产品统计时间为 1 个统计年，对于新投产的产品统计时间至少大于 3 个月；
- b) 完整性：现场数据应按 5.5 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、统计口径和处理规则等。

6.2.2 初级数据的质量要求

燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品初级数据的质量要求包括：

- a) 完整性：根据数据取舍准则 5.5 的要求，检查是否有缺失的单元过程或输入输出物质。初级数据宜采集企业一个自然年或连续 12 个月内的生产统计数据；
- b) 准确性：初级数据中的能源、原料消耗数据应来自企业实际生产统计记录，能源和原料获取数据优先来自上游供应商；碳排放数据优先选择核查报告，或由排放因子或物料平衡公式计算获得。所有初级数据均应转换为以功能单位(声明单位)为基准，且应详细记录相关的初级数据、数据来源、计算过程等；
- c) 一致性：初级数据收集时同类数据应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

6.2.3 次级数据的质量要求

燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品次级数据的质量要求包括：

- a) 代表性。优先选择与评估产品系统的时间代表性、区域代表性、技术代表性相近的数据，其次选择近年代表国内及行业平均生产水平公开的生命周期评价数据，最后选择国外同类技术数据；
- b) 完整性。应涵盖系统边界规定的所有单元过程；
- c) 一致性。同一机构对同类产品次级数据的选择应保持一致。所有被选择的次级数据应完整覆盖本文件确定的量化数据清单，并且应将次级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次级数据选择应该保持一致，如果次级数据更新，则生命周期评价报告也应更新。

6.2.4 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。

6.3 数据质量评价体系

6.3.1 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。现场数据质量评价表见表 1，初级数据、次级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 初级、次级数据质量评价表

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

6.3.2 对所有工序单元过程的数据分别做现场数据、初级数据和次级数据的质量评价，取其算术平均值为该数据的质量评价结果。

6.3.3 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、初级数据和次级数据的质量应不小于 3 分。

6.3.4 敏感性分析或不确定性分析应符合 GB/T 24044 的规定。

6.4 数据收集

6.4.1 数据收集范围

燃煤烟气二氧化碳捕集塔生命周期清单分析数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，包括现场数据、初级数据和次级数据的收集。

现场数据包括：

- a) 原辅材料
- b) 包装材料；
- c) 能源生产和消耗；
- d) 污染物及温室气体排放；
- e) 废物综合利用；
- f) 运输形式、距离和运输量。
- g) 排放因子；
- h) 文献数据；
- i) 其他无法现场获取的数据；

所有数据应予详细说明，包括数据来源、数据时间和数据类型。

6.4.2 数据收集步骤

燃煤烟气二氧化碳捕集塔生命周期清单分析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) 绘制燃煤烟气二氧化碳捕集塔单元过程的输入输出流程图；
 - 2) 设计统计单元过程的实物流输入输出的数据收集表与次级数据收集表；
 - 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) 燃煤烟气二氧化碳捕集塔碳足迹核算数据清单格式见附录 B。

6.5 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) 工序能耗平衡: 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功能单位的输入与输出;

d) 检查数据的有效性: 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, 其处理方式应在局限性章节说明;

e) 缺失数据: 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。

6.6 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。

6.7 数据分配

6.7.1 分配原则

燃煤烟气二氧化碳捕集塔生产工序中会存在输入渠道有多种, 而输出只有一种的情况 (例如: 焊接工序的能源消耗有电力和热力)。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。

6.7.2 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。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹计算方法

7.1.1 全生命周期碳排放量

生命周期影响评价环节全生命周期碳排放量按公式(1)计算:

$$E_t = E_D + E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E_t ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品生命周期产生的总温室气体排放, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

E_D ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品生命周期产生的直接温室气体排放, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

E_1 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品原辅料与能源供给阶段温室气体排放量, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

E_2 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品物料运输阶段温室气体排放量, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

E_3 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品组装阶段温室气体排放量, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

E_4 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品运行使用阶段温室气体排放量, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

E_5 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品废弃阶段温室气体排放量, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$)。

7.1.2 原辅料与能源供给阶段碳排放量

原辅料与能源供给阶段碳排放量按公式(2)计算:

$$E_1 = \sum_i Q_{1i} \times M_{1i} \times \text{GWP}_1 + \sum_k X_{1k} \times Y_{1k} \times \text{GWP}_2 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_1 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品原辅料与能源供给阶段温室气体排放量, 单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$);

n ——原辅料与能源供给阶段所用原材料种类;

k ——原辅料与能源供给阶段所用能源种类;

Q_{1i} ——原辅料与能源供给阶段第 i 种原材料消耗的总量, 单位根据原材料种类确定;

M_{1i} ——原辅料与能源供给阶段第 i 种原材料的二氧化碳排放因子, 单位根据原材料种类确定;

X_{1z} ——原辅料与能源供给阶段第 z 种能源消耗的总量，单位根据能源种类确定；

Y_{1z} ——原辅料与能源供给阶段第 z 种能源的温室气体排放因子，单位根据能源种类确定；

GWP_i , GWP_z ——第 i , z 类温室气体的 GWP 值，采用 IPCC 给出的 100 年 GWP 值，见附录 C。

7.1.3 运输阶段碳排放量

运输阶段碳排放量按公式 (3) 计算：

$$E_2 = \sum_{i=1}^n Q_{2i} \times M_{2i} \times L_{2i} \times GWP_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E_2 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品物料运输阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$)；

Q_{2i} ——第 i 种物料设备的运输重量，单位为千克 (kg)；

M_{2i} ——第 i 种物料设备的运输方式温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每套每千克千米 ($\text{kgCO}_2\text{e/套 kg} \cdot \text{km}$)；

L_{2i} ——第 i 种物料设备的运输距离，单位为千米 (km)。

7.1.4 燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装阶段碳排放量

燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装阶段碳排放量按公式 (4) 计算：

$$E_3 = \sum_{i=1}^n (Q_{3i} \times M_{3i} \times GWP_i + \sum_{z=1}^k X_{3z} \times Y_{3z} \times GWP_z) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

E_3 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品组装阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$)；

n ——组装阶段所用材料的种类；

Q_{3i} ——设备组装阶段第 i 种材料消耗的总量，单位根据原材料种类确定；

M_{3i} ——设备组装阶段第 i 种材料的温室气体排放因子，单位根据原材料种类确定；

X_{3z} ——设备组装阶段第 z 种能源消耗的总量，单位根据能源种类确定；

Y_{3z} ——设备组装阶段第 z 种能源的温室气体排放因子，单位根据能源种类确定。

7.1.5 燃煤烟气二氧化碳捕集塔运行使用阶段碳排放量

燃煤烟气二氧化碳捕集塔运行使用阶段碳排放量按公式 (5) 计算：

$$E_4 = (\sum_{i=1}^n Q_{4i} \times M_{4i} \times GWP_i + \sum_{z=1}^k X_{4z} \times Y_{4z} \times GWP_z) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

E_4 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品运行使用阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每套 ($\text{kgCO}_2\text{e/套}$)；

n ——运行使用阶段所用能源和材料的种类；

Q_{4i} ——设备运行使用阶段第 i 种材料消耗的总量，单位根据原材料种类确定；

M_{4i} ——设备运行使用阶段第 i 种材料的温室气体排放因子，单位根据原材料种类确定；

X_{4z} ——设备运行使用阶段第 z 种能源消耗的总量，单位根据能源种类确定；

Y_{4z} ——设备运行使用阶段第 z 种能源的温室气体排放因子，单位根据能源种类确定。

7.1.6 燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段碳排放量

燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段碳排放量按公式（6）计算：

$$E_5 = (\sum_{i=1}^n Q_{5i} \times M_{5i} \times GWP_i + \sum_{z=1}^k X_{5z} \times Y_{5z} \times GWP_z) - \sum_{a=1}^k W_a \times I_a \times GWP_a \dots\dots\dots (6)$$

式中：

E_5 ——每功能单位燃煤烟气二氧化碳捕集塔产品废弃阶段温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每套（ $\text{kgCO}_2\text{e/套}$ ）；

n ——废弃阶段所用能源和材料的种类；

Q_{5i} ——设备废弃阶段第 i 种材料消耗的总量，单位根据原材料种类确定；

M_{5i} ——设备废弃阶段第 i 种材料的温室气体排放因子，单位根据原材料种类确定；

X_{5z} ——设备废弃阶段第 z 种能源消耗的总量，单位根据能源种类确定；

Y_{5z} ——设备废弃阶段第 z 种能源的温室气体排放因子，单位根据能源种类确定；

W_a ——第 a 项可回收利用的材料的总质量，单位根据原材料种类确定；

I_a ——第 a 项可回收利用的材料的温室气体排放因子，单位根据原材料种类确定。

7.2 综合利用环境收益

燃煤烟气二氧化碳捕集塔生命周期内的副产品或废料再利用环境收益按照系统扩展法计算，即根据废弃产品再利用的实际用途，抵扣其所替代的产品的环境负荷。

8 结果解释

燃煤烟气二氧化碳捕集塔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。

9 产品碳足迹报告

9.1 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) 产品制造、运输和使用信息。
- c) 报告的有效期。
- d) 产品的可追溯信息。
- 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。

9.2 报告的发布

9.2.1 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。

9.2.2 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标在被评价的产品上或包装箱上。

9.3 附加环境声明

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。

10 产品碳足迹声明

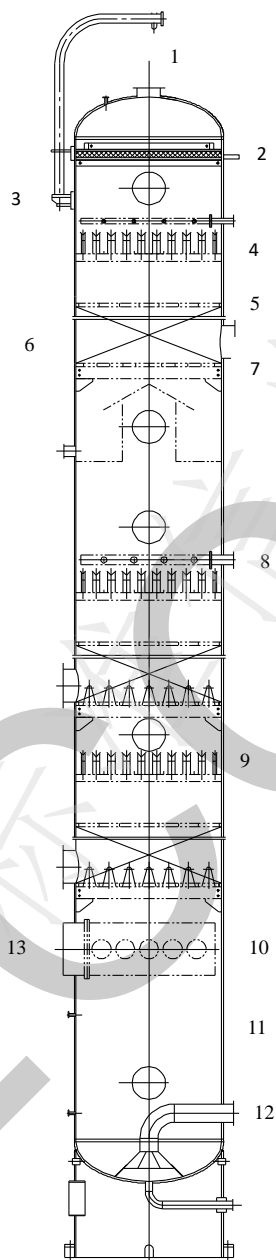
如需声明时，可按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定进行，相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较。

附 录 A

(资料性)

典型燃煤烟气二氧化碳捕集装置

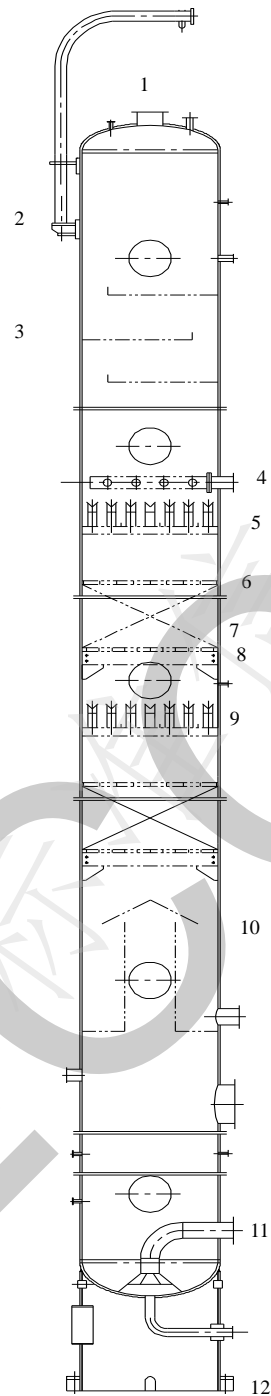
吸收塔和解吸塔主要由塔体、填料层、塔内构件、基础埋件和平台扶梯等组成。典型吸收塔内构件主要由气体分布装置、填料支承装置、填料紧压板、液体分布装置、液体收集再分布装置和除雾器等组成。典型解吸塔内构件主要有填料支承装置、填料压板、液体分布装置、液体收集再分布装置和塔板等组成。典型燃煤烟气 CO_2 吸收塔图 A.1；典型燃煤烟气 CO_2 解吸塔见图 A.2；典型燃煤烟气 CO_2 捕集过程示意图见图 A.3。



标引序号说明:

1——烟气进口；2——除雾器；3——塔顶吊柱；4——液体分布装置；5——填料压板；6——填料层；7——填料支承装置；8——贫液进口；9——液体收集再分布装置；10——气体分布装置；11——塔体；12——富液出口置；13——燃煤烟气进口。

图 A.1 典型燃煤烟气二氧化碳吸收塔示意图



标引序号说明:

1——再生气出口; 2——塔顶吊柱; 3——塔板; 4——解吸入口; 5——液体分布装置; 6——填料压板; 7——填料层; 8——填料支承装置; 9——液体收集再分布装置; 10——塔体; 11——贫液出口; 12——底座环。

图 A.2 典型燃煤烟气二氧化碳解吸塔示意图

烟气经过碱洗塔预处理后降温至 40℃, 烟道气由塔底进入吸收塔, 与喷淋下的吸收液接触, 脱碳后的烟气从吸收塔顶排出。吸收二氧化碳的吸收剂为富液, 经贫富液换热器回收热量后进入再生塔。富液从再

生塔上部和中部分流进入，通过汽提解吸部分 CO_2 ，然后进入再沸器，使其中的 CO_2 进一步解吸。解吸 CO_2 后的贫液由再生塔底流出，经贫富液换热器换热和贫液冷却器冷却后，进入吸收塔，二氧化碳产品气则从解吸塔顶排出，溶剂往返循环构成连续吸收和解吸 CO_2 。

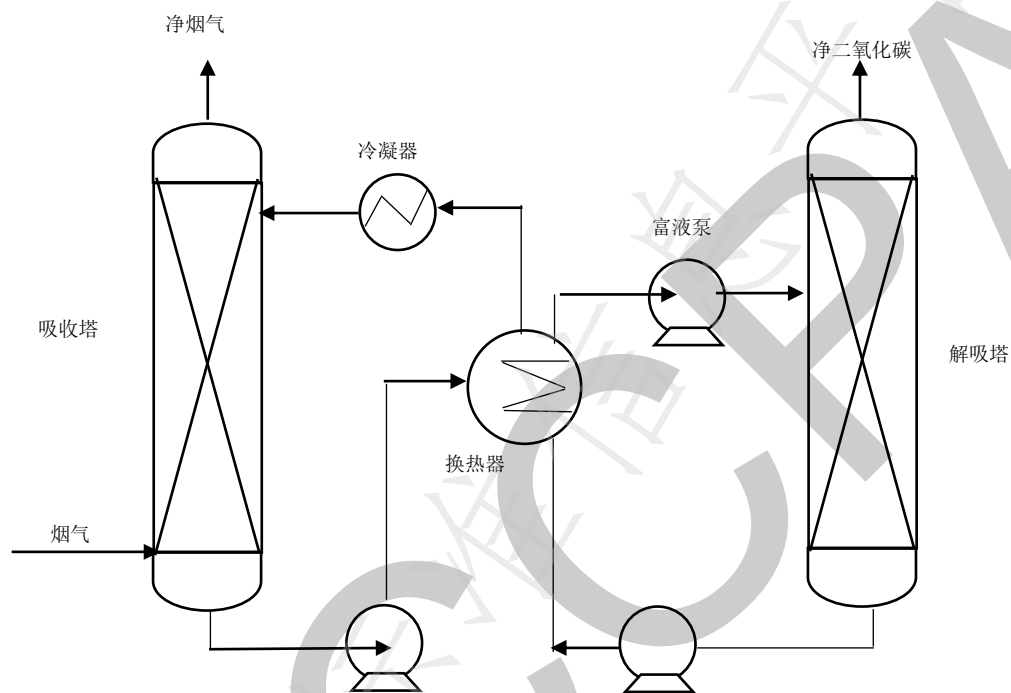


图 A.3 典型燃煤烟气化学吸收法二氧化碳捕集流程图

附 录 B
(资料性)

燃煤烟气二氧化碳捕集塔碳足迹量化数据清单

燃煤烟气二氧化碳捕集塔原辅料与能源供给阶段数据清单见表 B.1，运输过程数据清单见表 B.2，组装阶段数据清单见表 B.3，运行使用阶段数据清单见表 B.4，废弃阶段数据清单见表 B.5。

表 B.1 燃煤烟气二氧化碳捕集塔原辅料与能源供给阶段数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.物料消耗（原料、辅料）			
物料消耗	消耗量 (基于功能单位)	单位	物料产地
塔体壁板		kg	
管道		kg	
扶梯		kg	
填料		kg	
钢筋		kg	
塔内构建		kg	
支撑结构		kg	
有机胺		m ³	
缓蚀剂		m ³	
包装材料		kg	
.....			
2.能源消耗			
能源种类	消耗量	单位	
电力		kWh	
热力		t	
3.污染物及温室气体排放（废气、废物等）			
污染物及温室气体排放类别	排放物名称	排放量	单位
气体	CO ₂		kg
	颗粒物		kg
		
液体		m ³

表 B.2 运输过程数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

过程	运输方式（火 车/航空/海运/ 卡车）	运输距离/km	物料运输量/(kg 或 m ³)
塔体壁板从产地运输到工厂			
管道从产地运输到工厂			
扶梯从产地运输到工厂			
填料从产地运输到工厂			
钢筋从产地运输到工厂			
塔内构件从产地运输到工厂			
支撑结构从产地运输到工厂			
隔热材料从产地运输到工厂			
喷淋装置从产地运输到工厂			
螺栓从产地运输到工厂			
螺帽从产地运输到工厂			
涂漆从产地运输到工厂			
板材从产地运输到工厂			
加强筋从产地运输到工厂			
能源运输			
水的运输			
有机胺运输			
缓蚀剂运输			
.....			

表 B.3 燃煤烟气二氧化碳捕集塔组装过程数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.产品产出			
产品名称	数量	单位	
燃煤烟气二氧化碳捕集塔		套	
.....			
2.物料消耗（原料、辅料）			
物料消耗	消耗量 (基于功能单位)	单位	物料产地
螺栓		kg	
螺帽		kg	
涂漆		kg	
板材		kg	
加强筋		kg	
.....			
3.能源消耗			
能源种类	消耗量	单位	
电力		kWh	
燃煤		t	
乙炔		m ³	
氧气		m ³	
.....			
4.污染物及温室气体排放（废气、废物等）			
污染物及温室气体排放类别	排放物名称	排放量	单位
气体	CO ₂		kg
	颗粒物		kg
		
液体		m ³

表 B.4 燃煤烟气二氧化碳捕集塔运行使用阶段数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

能源消耗			
能源种类	消耗量	单位	
电力		kWh	
热力		t	
污染物及温室气体排放（废气、废物等）			
污染物及温室气体排放类别	排放物名称	排放量	单位
气体	CO ₂		kg
	颗粒物		kg
		
固体	固体废料		kg
		
液体	废水		m ³
		

表 B.5 燃煤烟气二氧化碳捕集塔废弃阶段数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

能源消耗			
能源种类	消耗量	单位	
电力		kWh	
热力		t	
回收材料			
材料种类	回收量	单位	
钢材		kg	
建筑材料		kg	
.....			
污染物及温室气体排放（废气、废物等）			
污染物及温室气体排放类别	排放物名称	排放量	单位
气体	CO ₂		kg
	颗粒物		kg
		
固体	废钢材		kg
		
液体	废胺液		m ³
		

附 录 C

(资料性)

温室气体全球变暖潜势

生命周期影响评价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)。温室气体的全球变暖潜势见表 C.1。

表 C.1 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 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 联合国政府间气候变化专门委员会) 第六次评估报告《2021 年气候变化：自然科学基础》(IPCC AR6 WGI)。

参 考 文 献

- [1] GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
 - [2] GB/T 50017 钢结构设计规范
 - [3] GB/T 51316 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准
 - [4] JB/T 12909 燃煤烟气二氧化碳捕集装备
 - [5] NB/T 47041-2014 塔式容器
 - [6] T/CIECCPA 014-2022 钢铁石灰窑烟气二氧化碳捕集装备
 - [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)
-