

团 体 标 准

T/CIECCPA 135—2026

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 二氧化碳排放连续监测系统

Greenhouse gases — Method and requirements for quantification of carbon
footprint of products — Carbon dioxide continuous emission monitoring system

2026-03-26 发布

2026-04-02 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 应用意图	4
4.2 目标受众	4
5 量化范围	4
5.1 产品描述	4
5.2 产品范围	4
5.3 功能单位	5
5.4 产品系统边界	5
5.5 取舍原则	7
6 清单分析	8
6.1 数据描述	8
6.2 数据质量要求	9
6.3 数据质量评价体系	10
6.4 数据收集	11
6.5 数据审定	11
6.6 数据合并	11
6.7 数据分配	12
7 生命周期影响评价	12
7.1 产品碳足迹计算方法	12
7.2 综合利用环境收益	14
8 结果解释	14
9 产品碳足迹报告	15
9.1 报告的要素	14
9.2 评价报告的发布	15
9.3 附加环境声明	15
10 产品碳足迹声明	16
附录 A（资料性） 典型 CO ₂ -CEMS	17
附录 B（资料性） CO ₂ -CEMS 碳足迹量化数据清单	19

附录 C（资料性） 温室气体全球变暖潜势	24
附录 D（资料性） 产品碳足迹研究报告（模板）	25
参考文献	29
图 1 CO ₂ -CEMS 生命周期系统边界图	5
图 A.1 完全抽取采样法 CO ₂ -CEMS 系统组成图	17
图 A.2 稀释抽取采样法 CO ₂ -CEMS 系统组成图	18
表 1 现场数据质量评价表	10
表 2 初级、次级数据质量评价表	10
表 B.1 CO ₂ -CEMS 原辅料与能源供给阶段数据清单	19
表 B.2 运输过程数据清单	20
表 B.3 CO ₂ -CEMS 制造安装过程数据清单	21
表 B.4 CO ₂ -CEMS 运行使用阶段数据清单	22
表 B.5 CO ₂ -CEMS 废弃阶段数据清单	23
表 C.1 温室气体全球变暖潜势	24

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：浙江菲达环保科技股份有限公司、中国矿业大学、中创科仪（天津）有限公司、南京霍普斯科技有限公司、浙江省环保集团生态环保研究院有限公司、北京国电富通科技发展有限责任公司、服务型制造研究院（杭州）有限公司。

本文件主要起草人：刘含笑、马晓军、吴刚、朱前林、付作伟、辛潮、刘美玲、郝潇羽、许钺城、毛雷荇、李哲、陆诗建、寿恬雨、李丽丽、谢兆明、斯乾彬、林熙、孙立、刘辉凡。

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

二氧化碳排放连续监测系统

1 范围

本文件规定了二氧化碳排放连续监测系统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、产品碳足迹报告和产品碳足迹声明。

本文件适用于二氧化碳排放连续监测系统碳足迹的量化。

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

HJ 76 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

T/CIECCPA 010-2022 固定污染源二氧化碳排放连续监测技术规范

ISO 14026 环境标志和声明 足迹信息交流的原则、要求和指南（Environmental labels and declarations — Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information）

3 术语和定义

GB/T 24044 和 GB/T 24067 等界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二氧化碳排放连续监测系统 carbon dioxide continuous emission monitoring system; CO₂-CEMS

实时、连续监测固定污染源烟气中二氧化碳浓度和二氧化碳排放量所需要的全部设备，包括烟气基本状态参数监测单元、烟气采集、烟气预处理、烟气二氧化碳浓度监测单元、数据采集、处理与传输单元。

[来源：T/ CIECCPA 010—2022，3.3]

3.2

初级数据 primary data

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。

注1：初级数据并非必须来自所研究的产品系统，因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注2：初级数据可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.1]

3.3

现场数据 site-specific data

从产品系统内部获得的初级数据。

注 1：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。

注 2：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]

3.4

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注 1：次级数据是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、计算估算数据或其他具有代表性的数据，推荐使用本土化数据库。

注 2：次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.3]

3.5

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源：GB/T 24044—2008，3.17]

3.6

生命周期 life cycle

产品相关的连续且相互连接的阶段，包括原材料的获取或从自然资源中生成原材料至生命末期处理。

注 1：“原材料”的定义见 GB/T 24040—2008，3.15。

注 2：与产品相关的生命周期阶段包括原材料获取、生产、销售、使用和生命末期处理。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.2]

3.7

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—2025，3.1]

3.8

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：产品碳足迹可用不同的图例区分和标示具体的 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]

3.9

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—2025，3.15]

3.10

二氧化碳当量 **carbon dioxide equivalent; CO₂e**

在辐射强迫上与某种温室气体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—2025，3.16]

3.11

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]

3.12

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]

3.13

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]

3.14

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 24067—2024，3.3.4]

3.15

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对清单分析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 24067—2024，3.4.6]

3.16

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

生命周期评价的阶段，旨在了解和评估产品系统在产品的整个生命周期中潜在环境影响的大小和重要性。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.5]

3.17

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 CO₂-CEMS 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 CO₂-CEMS 碳足迹的重要程度；
- b) 为 CO₂-CEMS 研发、技术改造、优化 CO₂-CEMS 碳足迹或 CO₂-CEMS 部分碳足迹和推动行业发展提供评价方法及方向；
- c) 挖掘 CO₂-CEMS 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 CO₂-CEMS 上下游供应链，推动产业链向低碳化方向发展；
- e) 披露 CO₂-CEMS 碳足迹信息。

4.2 目标受众

目标受众包括 CO₂-CEMS 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 CO₂-CEMS 由二氧化碳浓度监测单元、烟气参数监测单元、数据采集和处理单元组成。CO₂-CEMS 应符合 HJ 76 对产品结构、性能和技术的要求。硬件设备包括采样探头、温压流监测仪、湿度仪、伴热管、冷凝器、气体分析仪及数据采集处理系统 (DAS)。产品描述应使用户能够明确地识别产品，包括产品名称、主要结构和运行工况。碳监测设备有完全抽取采样法和稀释抽取采样法两种，具体碳监测设备组成见附录 A。

5.1.2 碳监测精度是指 CO₂-CEMS 测量值与气体标准物质真实值的偏差程度，示值误差应不大于±1% F.S. (满量程)，检出限不大于 10mg/m³。

5.2 产品范围

CO₂-CEMS 的产品范围确定应满足以下要求：

- a) 每套 CO₂-CEMS 为同一企业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，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，原则上按产品比例进行加权平均。

5.3 功能单位

功能单位为 1 套 CO₂-CEMS 产品。

5.4 产品系统边界

5.4.1 概述

本文件界定的 CO₂-CEMS 产品系统边界分为原辅料与能源供给阶段、制造安装阶段、运行使用阶段和废弃阶段。CO₂-CEMS 的生命周期系统边界见图 1。

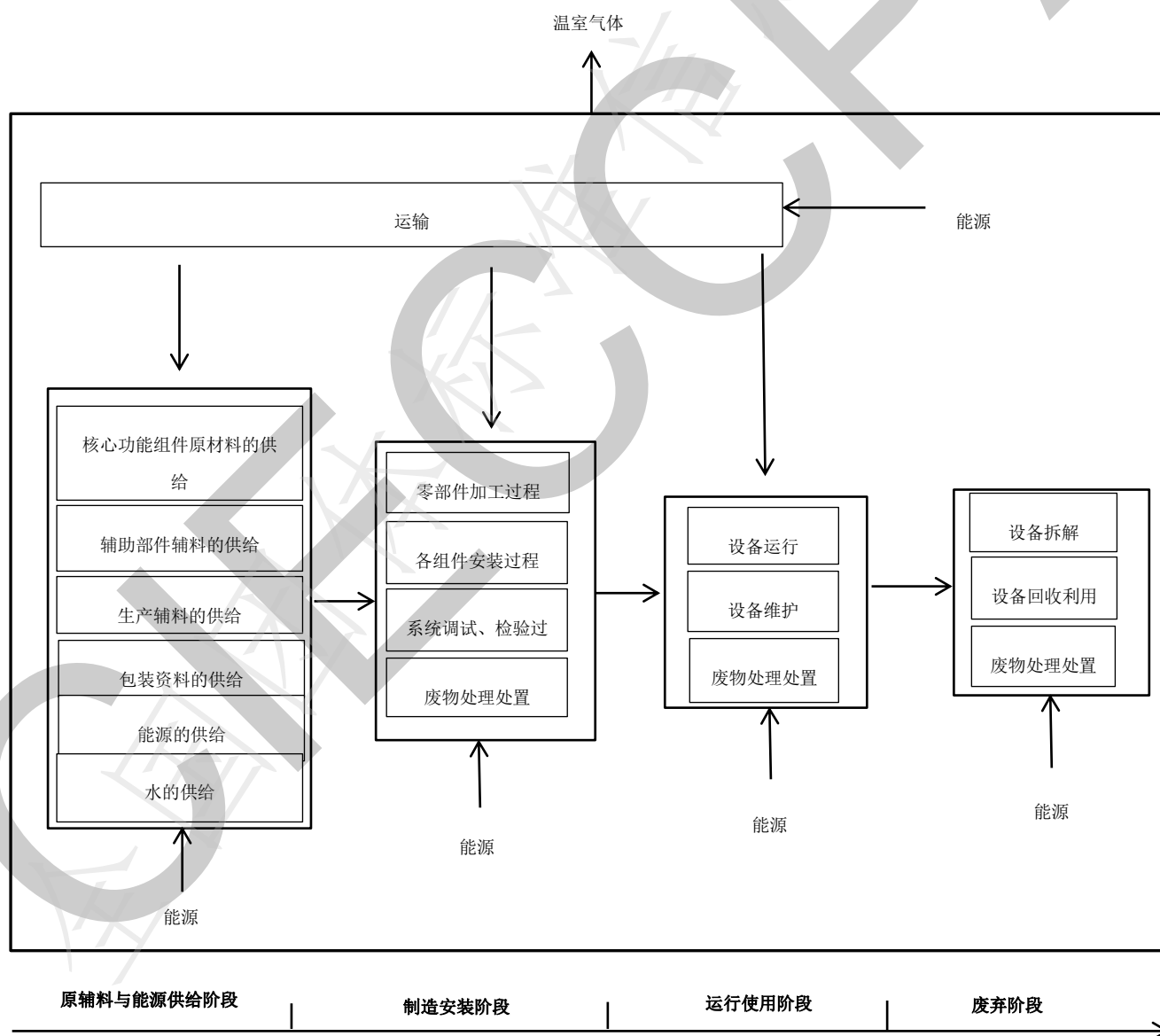


图 1 二氧化碳排放连续监测系统生命周期系统边界图

5.4.2 CO₂-CEMS 原辅料与能源供给阶段

5.4.2.1 核心功能组件原材料的供给

- a) 完全抽取采样法
 - 1) 二氧化碳浓度监测单元核心部件为烟气采样器和 CO₂ 气体分析仪;
 - 2) 烟气基本状态参数检测单元核心部件为烟气温度、压力、湿度、流速测量仪;
 - 3) 数据采集与控制系统+数据处理与传输模块为核心部件数据采集、处理、传输组件。
- b) 稀释抽取采样法
 - 1) 二氧化碳浓度监测核心部件为 CO₂ 分析仪;
 - 2) 烟气状态参数检测为烟气温度、压力、湿度、流速测量仪;
 - 3) 数据处理与传输中枢为数据采集与控制系统、数据处理与传输模块。

5.4.2.2 辅助部件辅料的供给

- a) 完全抽取采样法
 - 1) 烟气预处理装置和气体控制装置用于对采样烟气进行净化、干燥等处理,同时控制零气、标气校准 CO₂ 分析仪,确保浓度检测的准确性;
 - 2) 大气压力监测单元用于补充环境压力参数,进一步优化烟气状态参数的换算精度。
- b) 稀释抽取采样
 - 1) 烟气处理与校准部件包含稀释气体、气体控制装置(含零气和标气)用于对采样烟气进行稀释调节,同时用零气和标气校准 CO₂ 分析仪,确保浓度检测的准确性;
 - 2) 可选补充监测部件包含大气压力测量仪用于补充环境压力参数,进一步优化烟气状态参数的换算精度。
- c) 生产辅料的供给;
- 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 CO₂-CEMS 制造安装阶段

CO₂-CEMS 制造组装阶段主要包括以下过程:

- a) 零部件加工过程(加工对象:螺栓类零件、螺帽类零件、板材类零件、加强筋零件);
- b) 各组件组装过程(组件:二氧化碳浓度监测组件将加工后的板材、螺栓等,与表外采购的“CO₂ 分析仪”“烟气采样器”等集成;烟气状态参数检测组件将加工后的支架,与“温度、压力、流速测量仪”等集成;数据采集与控制组件将电路板、接口零件与“数据处理模块”集成);
- c) 系统调试、检验过程;
- d) 废物处理处置;
- e) 运输过程。

5.4.4 CO₂-CEMS 运行使用阶段

CO₂-CEMS 运行使用阶段主要包括以下过程：

- a) 设备运行包含设备通电运行的能源消耗以及运行过程中耗材（如校准用零气/标气、烟气预处理装置的滤芯等）消耗所产生的碳排放；
- b) 设备维护包含维护过程的能源消耗、维护用耗材（如更换的试剂、新滤芯等）消耗对应的碳排放；
- c) 废物处理处置包含设备运行、维护过程中产生的废滤芯、废试剂瓶等废弃物处理处置阶段的碳排放。

5.4.5 CO₂-CEMS 废弃阶段

CO₂-CEMS 废弃阶段主要包括以下过程：

- a) 设备拆解，对废弃设备进行部件分类拆解，分离核心功能组件（如 CO₂ 分析仪、传感器）、金属构件、电子元件等；
- b) 设备回收利用，采用闭环回收将拆解后的核心功能组件（如可修复的传感器、金属壳体）处理后重新用于 CO₂-CEMS 的生产。

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
 - 1) CO₂气体分析仪：电路板、传感器芯片、金属外壳；
 - 2) 烟气状态测量仪（温、压、湿、流速）：传感器元件、塑料、金属壳体、线缆；
 - 3) 数据采集与控制系统：控制器芯片、电路板、信号模块）；
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.1% 的输入可忽略
 - 1) 烟气采样器：金属采样管、密封橡胶件；
 - 2) 烟气预处理装置：过滤棉、干燥剂、塑料或金属腔体；
 - 3) 气体控制装置：电磁阀、气管、塑料阀体；
 - 4) 大气压力测量仪：压力传感器、塑料壳体）；
- 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（电子类有毒有害材料：电路板中的铅、镉；传感器芯片中的汞；化工类有毒有害材料：密封橡胶件中的多环芳烃；塑料部件中的阻燃剂。）

6 清单分析

6.1 数据描述

6.1.1 概述

数据包括现场数据、初级数据和次级数据。

6.1.2 初级数据

指直接从碳监测设备全生命周期各环节现场采集的原始数据，具有高精度性和针对性。

a) 原辅料与能源供给阶段

- 1) 核心功能组件原材料的采购量、运输距离、运输方式；
- 2) 辅助部件辅料的消耗量与单位重量；
- 3) 生产辅料的使用量，包装材料的材质与用量；
- 4) 以及生产过程中电力、天然气等能源的消耗量。

b) 制造安装阶段

- 1) 零部件加工过程中的设备功率、加工时长、切削液消耗量；
- 2) 各组件安装时的人工工时、焊接能耗、密封胶用量；
- 3) 系统调试与检验阶段的电力消耗、测试时长、校准用标准气体消耗量；
- 4) 制造安装过程中产生的废边角料、废包装等废弃物的重量与处置方式。

c) 运行使用阶段

- 1) 设备运行时的实时功率、年运行时长、故障停机次数；
- 2) 设备维护时的更换部件数量、维护工时、清洗剂用量；
- 3) 运维过程中产生的废旧电池、报废传感器等废弃物的重量与处置方式。

d) 废弃阶段

- 1) 设备拆解时的人工工时、拆解能耗、可回收部件重量；
- 2) 设备回收利用时的再生材料比例、再生过程能耗；
- 3) 最终废物处置时的填埋量、焚烧量及对应的碳排放数据。

6.1.3 现场数据

指在生产、安装、运维、拆解等现场通过仪器、记录表单直接获取的一手观测数据，是初级数据的现场来源。

a) 原辅料与能源供给阶段

- 1) 原材料供应商送货时的过磅单、运输车辆 GPS 轨迹记录；
- 2) 生产车间电表、水表的实时读数；
- 3) 仓库物料领用台账。

b) 制造安装阶段：

- 1) 加工设备的 PLC 运行日志、能耗监测系统数据；
- 2) 安装现场的施工日志、工时记录；

- 3) 调试现场的示波器、功率分析仪实测数据。
- c) 运行使用阶段
 - 1) 设备监控系统的实时运行数据、运维工单记录;
 - 2) 变电站现场的巡检记录、故障维修报告;
 - 3) 运维人员的现场作业日志。
- d) 废弃阶段
 - 1) 拆解现场的拆解工单、物料分类称重记录;
 - 2) 回收厂的再生处理设备运行日志;
 - 3) 处置场地的废物接收台账。

6.1.4 次级数据

指无法通过现场直接获取,需从行业数据库、文献、标准等公开或权威渠道获取的补充数据。

- a) 全生命周期通用数据
 - 1) 不同运输方式(公路、铁路)的单位运输距离碳排放因子;
 - 2) 电力、天然气等能源的区域平均碳排放因子;
 - 3) 各类原材料(如钢材、铜材)的单位生产碳排放因子;
 - 4) 废弃物填埋、焚烧的单位处置碳排放因子。
- b) 行业公开数据
 - 1) 同类碳监测设备的平均使用寿命、故障频率;
 - 2) 电子元件的平均回收利用率;
 - 3) 设备制造行业的平均单位产值能耗。
- c) 标准与文献数据
 - 1) GB/T 24067-2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》中的缺省值;
 - 2) 学术文献中已发表的同类设备 LCA 研究数据;
 - 3) 国际权威数据库中的设备碳排放背景数据。

6.2 数据质量要求

6.2.1 现场数据的质量要求

CO₂-CEMS 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

CO₂-CEMS 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

CO₂-CEMS 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初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	其他	实测、统计	估算	其他	≤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	其他	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，其现场数据和初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

CO₂-CEMS 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、初级数据、次级数据包括：

- a) 原辅材料量
- b) 包装材料量；
- 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

CO₂-CEMS 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。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：

- a) 绘制 CO₂-CEMS 单元过程的输入输出流程图；
- b) 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；
- c) 对数据收集技术和要求做出表述；
- d) 对报送数据的特殊情况、异常点和其它问题进行明确说明；
- e) CO₂-CEMS 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，如插值法、替代数据来源等，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，并需在报告中披露。

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

CO₂-CEMS 生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：在设备组装的单元过程中，输入的原材料、能源等资源同时产生主产品（如碳监测设备成品）和联产品、副产品（如金属边角料、包装废料等），属于典型的多产出过程。也会存在输入渠道有多种，而输出只有一种的情况，例如：在焊接工序中，输入的能源包含电力、热力等多种形式，但仅产出单一焊接组件，属于多输入-输出过程。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共用的过程，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 生命周期影响评价

7.1 产品碳足迹计算方法

7.1.1 生命周期碳排放量

生命周期碳排放量按公式（1）计算：

$$E_t = E_r + E_p + E_{tr} + E_u + E_a \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

E_t ——CO₂-CEMS 生命周期内阶段产品碳足迹（kg CO₂e/套）；

E_r ——每功能单位 CO₂-CEMS 原辅料与能源供给阶段阶段碳排放（kg CO₂e）；

E_p ——每功能单位制造安装阶段碳排放（kg CO₂e）；

E_{tr} ——每功能单位运输配送阶段碳排放（kg CO₂e）；

E_u ——每功能单位运行使用阶段碳排放 ($\text{kg CO}_2\text{e}$) ;

E_a ——每功能单位废弃阶段碳排放 ($\text{kg CO}_2\text{e}$) 。

7.1.2 原材料与能源供给阶段

原材料与能源供给阶段采用“质量 - 因子法”计算, 公式为: (2) 计算:

$$E_r = \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^z (M_i \times F_{m,i,g} \times \text{GWP}_g) + \sum_{j=1}^k \sum_{g=1}^z (E_j \times F_{e,j,g} \times \text{GWP}_g) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M_i ——第 i 种原材料的单台消耗量 (kg 或 m^3) ;

$F_{m,i,g}$ ——第 i 种原材料的生产阶段碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{kg}$ 或 $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3$) ;

E_j ——第 j 种能源的单台消耗量 ($\text{kW} \cdot \text{h}$ 或 kg 等, 根据能源类型确定) ;

$F_{e,j,g}$ ——第 j 种能源的供给阶段碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 或 $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{kg}$ 等, 与能源消耗量单位对应) ;

GWP_g ——第 g 种温室气体的全球变暖潜能值, 采用 IPCC 给出的 100 年 GWP 值, 见附录 C;

n ——原材料种类总数;

z ——该阶段涉及的温室气体种类总数;

k ——能源种类总数。

7.1.3 制造安装阶段

制造安装阶段碳排放量按公式 (3)、(4)、(5) 计算:

$$E_{pl} = \sum_{j=1}^m \sum_{g=1}^z (Q_{e,j} \times F_{e,j,g} \times \text{GWP}_g) \dots\dots\dots (3)$$

$$E_t = \sum_{k=1}^n \sum_{g=1}^z (Q_{m,k} \times F_{m,k,g} \times \text{GWP}_g) \dots\dots\dots (4)$$

$$E_o = E_c + E_t \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_p ——制造安装阶段碳排放量 ($\text{kg CO}_2\text{e}$) ;

E_{pl} ——制造安装过程中生产能源消耗碳排放 ($\text{kg CO}_2\text{e}$) ;

E_t ——制造安装过程中工艺相关碳排放 ($\text{kg CO}_2\text{e}$) ;

$Q_{e,j}$ ——第 j 种生产能源的消耗量 ($\text{kW} \cdot \text{h}$ 或 kg) ;

$F_{e,j,g}$ ——第 j 种生产能源的碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{kW} \cdot \text{h}$ 或 $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{kg}$) ;

$Q_{m,k}$ ——第 k 种工艺辅料的消耗量 (kg) ;

$F_{m,k,g}$ ——第 k 种工艺辅料的碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{kg}$) ;

m ——生产能源种类总数;

n ——工艺辅料种类总数。

7.1.4 运输配送阶段

CO_2 -CEMS 运输配送碳排放量按公式 (6) 计算:

$$E_t = \sum_{j=1}^p \sum_{g=1}^z (W \times D_j \times F_{t,j,g} \times \text{GWP}_g) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

W——单台设备运输重量（kg）；

j——运输方式；

D_i——运输距离（km）；

F_{t,i,g}——第 i 种运输方式对应的碳排放因子（kg CO₂e/(kg·km)），参见 GB/T 51366-2019 取值；

p——运输方式种类总数。

7.1.5 运行使用阶段

CO₂-CEMS 运行使用阶段碳排放量按公式（7）计算：

$$E_u = \sum_{g=1}^Z (P \times T \times EF_{e,g} \times L \times GWP_g) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

P——设备额定功率（kW）；

T——年平均运行时间（h / 年）；

EF_{e,g}——使用区域电网排放因子（kg CO₂e/kWh）；

L——典型使用寿命（年）。

7.1.6 废弃阶段

CO₂-CEMS 废弃阶段碳排放量按公式（8）计算：

$$E_a = \sum_{j=1}^s \sum_{g=1}^Z (M_j \times EF_{d,j,g} \times GWP_g) - \sum_{j=1}^s \sum_{g=1}^Z (M_j \times R_j \times EF_{r,j,g} \times GWP_g) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

M_j——第 j 种材料的总质量（kg）；

EF_{d,j,g}——处置过程碳排放因子（kg CO₂e/kg）；

EF_{r,j,g}——回收替代减排因子（kg CO₂e/kg）；

R_j——第 j 种材料的可回收比例（%）；

s——设备所用材料的种类总数。

7.2 综合利用环境收益

CO₂-CEMS 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

CO₂-CEMS 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（报告参考格式见附录 D）。

- a) 公司/组织的描述：
 - 1) 联系人、地址、电话、传真和 e-mail;
 - 2) 企业概况;
 - 3) 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) 产品图片;
 - 5) 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) 数据的取舍原则;
 - 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 评价报告的发布

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，应同时按照 GB/T 24025 及 ISO 14026 的规定进行：依据 GB/T 24025 明确声明的基本格式、可信度要求；依据 ISO 14026 细化碳足迹的量化方法、数据边界、交流规范。

相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较，但比较需同时满足 GB/T 24067 和 ISO 14026 中关于“功能单位统一、数据边界一致”的要求。

附录 A
(资料性)
典型 CO₂-CEMS

碳监测方法主要有完全抽取法和稀释抽取法两种，完全抽取法 CO₂-CEMS 组成，见图 A.1。

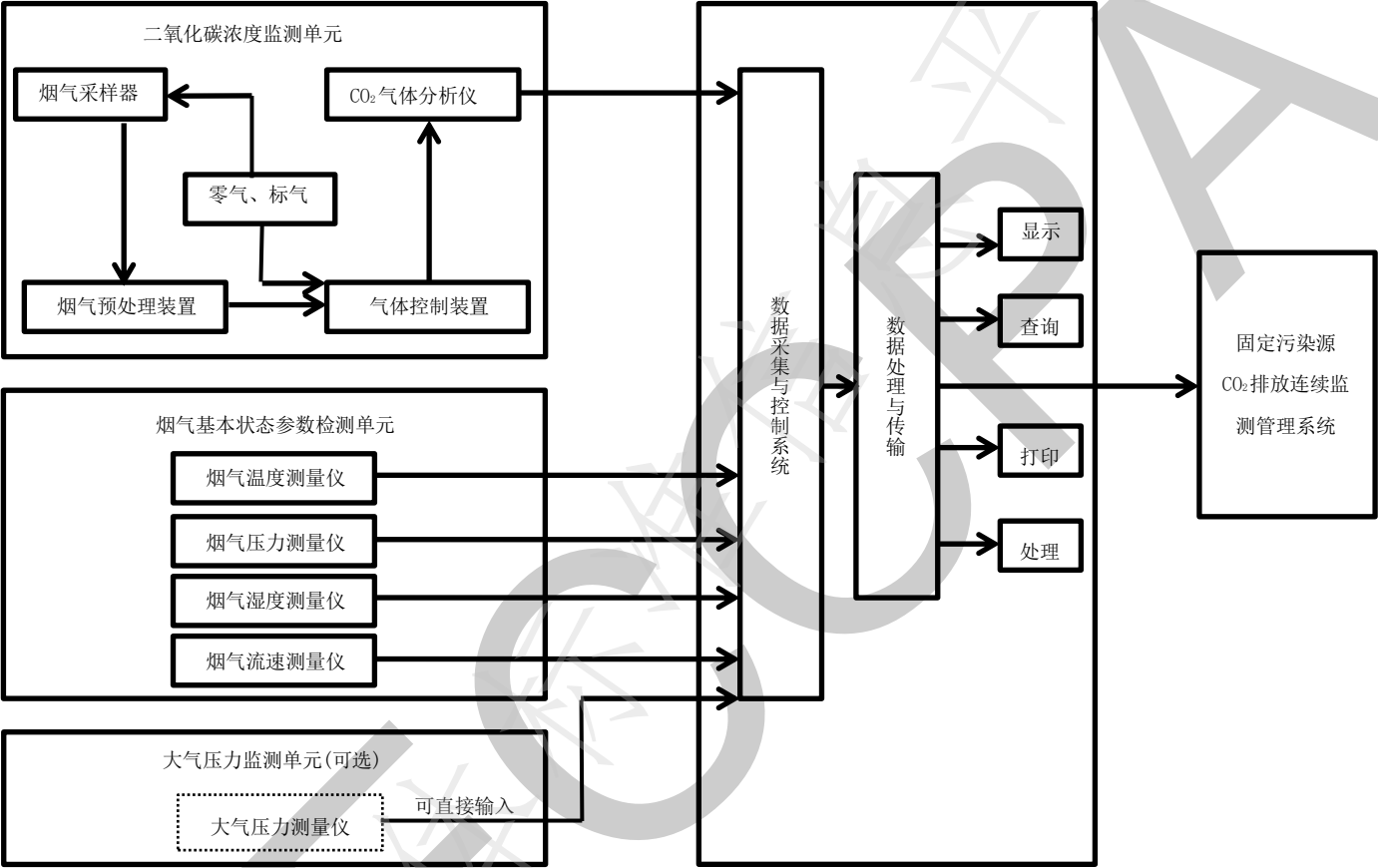


图 A.1 完全抽取采样法 CO₂-CEMS 系统组成图

稀释抽取法 CO₂-CEMS 组成，见图 A.2。

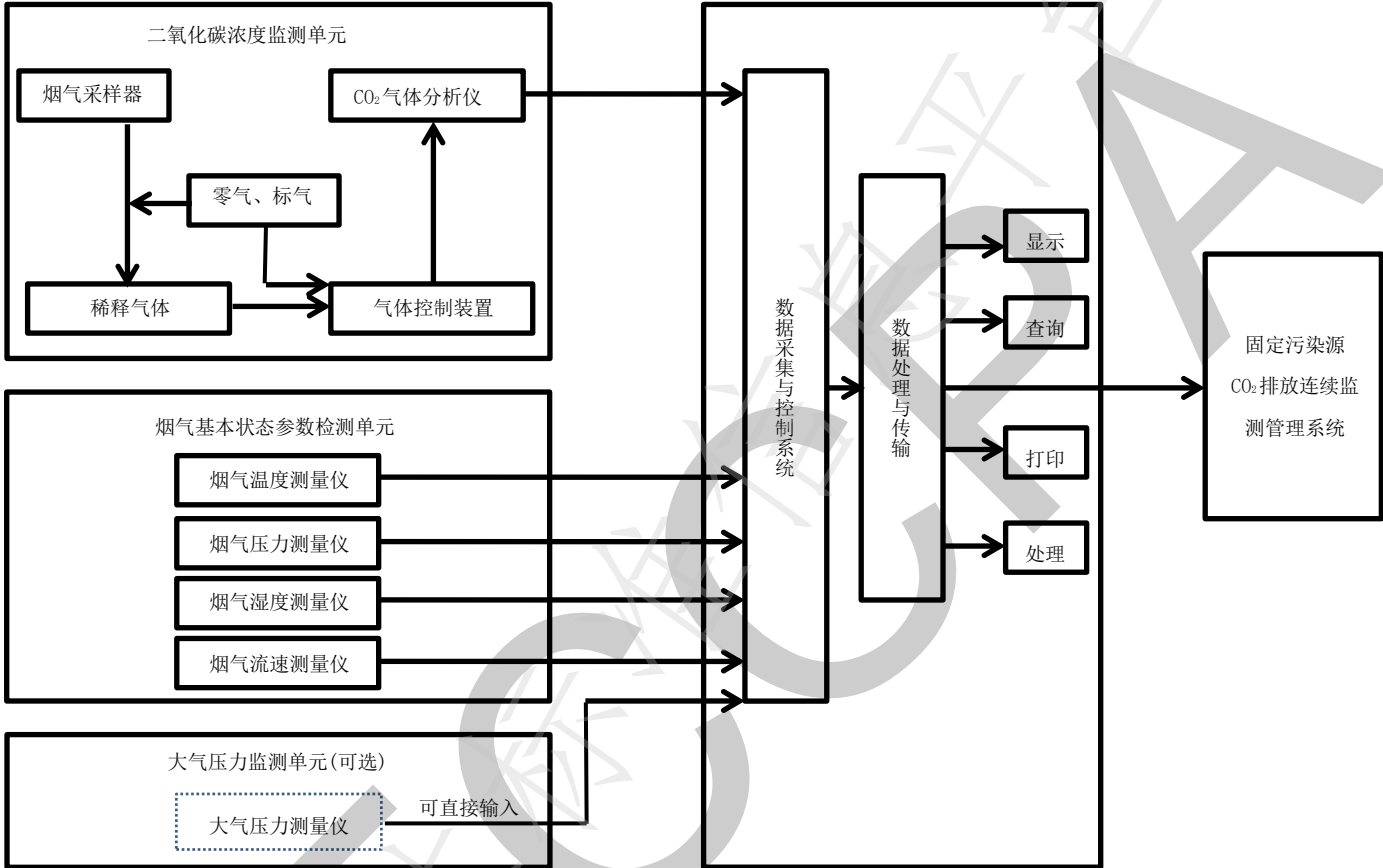


图 A.2 稀释抽取法 CO₂-CEMS 系统组成图

附录 B

(资料性)

CO₂-CEMS 碳足迹量化数据清单

CO₂-CEMS 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，安装调试阶段数据清单见表 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 CO₂-CEMS 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
316L 不锈钢		kg	
铝合金 606		kg	
无氧铜		kg	
聚四氟乙烯		kg	
氟橡胶		kg	
单晶硅		kg	
FR-4 基板		kg	
石英玻璃		kg	
.....			
2.能源消耗			
能源种类	消耗量	单位	
电力		kWh	
热力		KJ	
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
固体	.....		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 m³)
传感器到工厂			
数据采集模块到工厂			
通信传输部件到工厂			
电源设备到工厂			
安装支架到工厂			
连接线缆到工厂			
防护外壳到工厂			
电池到工厂			
校准气体到工厂			
螺栓到工厂			
螺帽到工厂			
能源运输			
水的运输			
.....			

表 B.3 CO₂-CEMS 制造安装过程数据清单

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	
CO ₂ -CEMS		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	
天然气		m ³	
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
固体	.....		kg
液体	.....		m ³

表 B.4 CO₂-CEMS 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		KJ	
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	.....		kg
液体	.....		m ³

表 B.5 CO₂-CEMS 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		KJ	
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	.....		m ³

附 录 C

(资料性)

温室气体全球变暖潜势

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)。部分温室气体的全球变暖潜势见表 C.1。

表 C.1 部分温室气体全球变暖潜势

温室气体类别	化学分子式	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
三氟化氮	NF ₃	17400
六氟化硫	SF ₆	25200
氢氟碳化物 (HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCH ₂ F	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物 (PFCs)		
全氟甲烷 (四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷 (六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620

注：数据来源于 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)。

附 录 D

（资料性）

产品碳足迹研究报告（模板）

产品碳足迹报告模板如下

产品碳足迹报告（模板）

产品名称：_____

产品型号：_____

生产厂家：_____

报告编号：_____

出具报告单位：（盖章）

日期：

一、概况

1、生产者信息

生产者信息：

地 址：

法定代表人：

授权人（联系人）：

联系电话：

公司概况：

2、产品信息

产品名称：

产品功能：

产品介绍：

产品图片：

3、量化方法

依据标准：

二、量化目的

三、量化范围

1、声明单位

声明单位为 1 套_____产品。

2、系统边界：

☐原辅料与能源供给阶段 ☐制造阶段 ☐安装调试阶段 ☐使用阶段

☐废弃处置阶段

系统边界图见图 D.1。

图 D.1 产品碳足迹量化系统边界图

3、取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4、时间范围

_____年度。

四、数据与数据质量

1、数据来源说明

初级数据：

次级数据：

2、分配原则与程序

分配依据：

分配程序：

具体分配情况如下：

3、清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 D.1。

表 D.1 生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	排放因子	温室气体量 Kg/功能单位或声明单位
原材料获取			
生产			
运输			
使用			
报废			

4、数据质量评价（可选项）

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价,具体评价内容包括数据来源、完整性、数据代表性(时间、地理、技术)和准确性。

五、生命周期影响评价

1、影响类型和特征化因子选择

一般选择联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)给出的 100 年全球变暖潜势(GWP)。

2、产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1、结果说明

_____公司（填写产品生产者的全名）生产的_____（填写所评价的产品名称，每功能单位的产品），从_____（填写某生命周期阶段）到_____（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹为 kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 D.2 和图 D.2 所示。

表 D. 2 _____生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹（kgCO ₂ e/功能单位）	百分比/%
原材料获取		
生产		
运输		
使用		
报废		

图 D.2 各生命周期阶段碳排放分布图

2、假设和局限性说明

3、改进建议

参 考 文 献

- [1] GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
 - [2] ISO 14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification
 - [3] DL/T 2376-2022 火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范
 - [4] HJ 75 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范
-