

团体标准

T/LNEMA 032—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 典型工艺制氢

Greenhouse gases—Quantitative methods and requirements for carbon footprint of
products—Hydrogen production by typical process

2025 - 9 - 5 发布

2025 - 10 - 5 实施

辽宁省环境监测协会 发布

目 次

前言 II

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

5 量化范围 4

6 清单分析 5

7 影响评价 7

8 结果解释 9

9 产品碳足迹报告 9

附录 A（资料性） 部分温室气体全球变暖潜势 10

附录 B（资料性） 典型工艺制氢技术路线及系统边界划分 11

附录 C（资料性） 数据收集清单 15

附录 D（资料性） 典型工艺制氢产品碳足迹量化报告模板 17

参考文献 20

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。

本文件由中国科学院大连化学物理研究所提出。

本文件由辽宁省环境监测协会归口。

本文件起草单位：中国科学院大连化学物理研究所、大连大学、生态环境部环境工程评估中心、辽宁省环境规划院有限公司、沈阳环境科学研究院、陕西氢能研究院有限公司。

本文件主要起草人：王艳青、李婉君、胡越、朱立富、潘立卫、张晶、袁小帅、杨丽平、黄冬玲、邹晓晨、蔡远航、牛皓、张秀青、钟和香、董世城、王亚玲、宋仁升、王泳璇、张磊、黄晔、陈景润。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 典型工艺制氢

1 范围

本文件规定了典型工艺制氢产品碳足迹的量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告编制等内容。

本文件适用于煤气化制氢、天然气重整制氢、甲醇重整制氢、工业副产氢、电解水制氢等典型工艺路线制取的氢产品碳足迹量化与评价，其他工艺制氢可参考执行。

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 3634.1 氢气 第1部分：工业氢
GB/T 3634.2 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢
GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语
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 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

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 32150、GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 典型工艺制氢 hydrogen production by typical process

本文件中典型制氢工艺包括煤气化制氢、天然气重整制氢、甲醇重整制氢、工业副产氢、电解水制氢，制取的氢产品需满足相关产品技术指标。

3.2 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)和三氟化氮(NF₃)。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.2.1]

3.3 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent (CO₂e)

比较某种温室气体与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]

3.4 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影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

注：按照IPCC提供的最新数据，具体可参考附录 A 进行取值。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.2.4]

3.5 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CO₂e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。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.1.1]

3.6 产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product (partial CFP)

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的GHG排放量和GHG清除量之和，并以CO₂e表示。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.1.2]

3.7 产品碳足迹量化 quantification of the carbon footprint of a product (quantification of CFP)

确定产品碳足迹或产品部分碳足迹的活动。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.1.6]

3.8 产品碳足迹—产品种类规则 carbon footprint of a product—product category rules (CFP-PCR)

为一个或多个产品种类的产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化和信息交流制定的一套具体规则、要求和指南。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.1.10]

3.9 产品系统 product system

拥有基本流和产品流,同时具有一种或多种特定功能,并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.3.2]

3.10 共生产品 co-product

同一单元过程或产品系统中产出的两种或两种以上的产品。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.3.3]

3.11 系统边界 system boundary

通过一组准则确认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]

3.12 单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.3.6]

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 声明单位 declared unit

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

示例：质量（1 kgH₂）、体积（1 Nm³H₂）。

注：本文件中采用声明单位作为量化产品部分碳足迹的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.3.8]

3.15 基准流 reference flow

在给定的产品系统中，为实现功能单位功能所需过程的输入或输出量。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.3.9]

3.16 基本流 elementary flow

取自环境，进入所研究系统之前没有经过人为转化的物质或能量，或者是离开所研究系统，进入环境之后不再进行人为转化的物质或能量。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.3.10]

3.17 生命周期评价 life cycle assessment (LCA)

一个产品系统在其整个生命周期内的输入、输出和潜在环境影响的汇编与评估。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.4.3]

3.18 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, 3.4.4]

3.19 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]

3.20 生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目标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]

3.21 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。

注：如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

[来源：GB/T 32150—2015, 3.12]

3.22 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。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.6.1]

3.23 现场数据 site-specific data

从产品系统内部获得的初级数据。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.6.2]

3.24 次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.6.3]

3.25 排放因子 emission factor

活动数据与温室气体排放相关的系数。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.2.7]

3.26 取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所作出的规定。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.4.1]

3.27 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 24040-2008, 3.17]

4 量化目的

本文件用于量化典型工艺制氢产品生命周期或选定阶段的温室气体排放量（以二氧化碳当量表示），基于本文件开展碳足迹量化的目的包括但不限于以下方面：

- a) 量化典型工艺制氢产品生命周期内相关活动带来的全球气候变暖潜在影响；
- b) 识别典型工艺制氢产品生命周期内关键排放环节，挖掘减排潜力；
- c) 用于生产者与上下游供应链或消费者之间的产品碳足迹信息沟通；
- d) 为温室气体减排政策和标准的制定提供依据；
- e) 为开展科学研究、技术改进、减排潜力分析等提供数据支撑。

5 量化范围

5.1 产品描述

为使用户清晰识别产品特点，根据相关产品标准（GB/T 3634.1、GB/T 3634.2、GB/T 37244）要求进行产品描述，描述内容包括但不限于产品名称、产品定义、产品执行标准、化学成分、物理性质、技术指标、应用方向等信息。

5.2 声明单位

本文件规定氢产品碳足迹量化的声明单位，便于同样功能用途的氢产品之间可以进行比较，既可以为使用者提供可靠和可比的碳足迹信息，又可以为生产者识别减排关键环节、持续优化改进技术工艺提供数据支持。因此，为使声明单位尽可能体现氢产品的技术特点，本文件要求氢气纯度至少须满足工业氢合格品纯度99%，明确氢产品碳足迹量化的声明单位为“1kg符合某国家标准的某具体类别氢气，产品压力”，如“1kg氢（符合GB/T 3634.1-2006的合格品工业氢，压力5MPa）”或“1kg氢（符合GB/T 3634.1-2006的优等品工业氢，压力3MPa）”。声明单位也可明确单位产品氢的纯度和压力，如1kg氢（纯度99.99，压力3MPa）。

5.3 系统边界

本文件涵盖了典型工艺制氢“从摇篮到大门”的生命周期过程，即包括原材料和能源的获取以及氢气的生产阶段，系统边界图见图1。

本文件充分考虑典型工艺制氢所需原材料和能源的不同来源（煤、天然气、甲醇、工业副产气、电力），原材料和能源的获取阶段包括其开采、加工、运输等上游环节。对于生产阶段，不同工艺类型对应不同技术路线和系统边界，见附录B。对于二氧化碳用于回收利用的情形，将其计入副产品，而不算作温室气体排放。

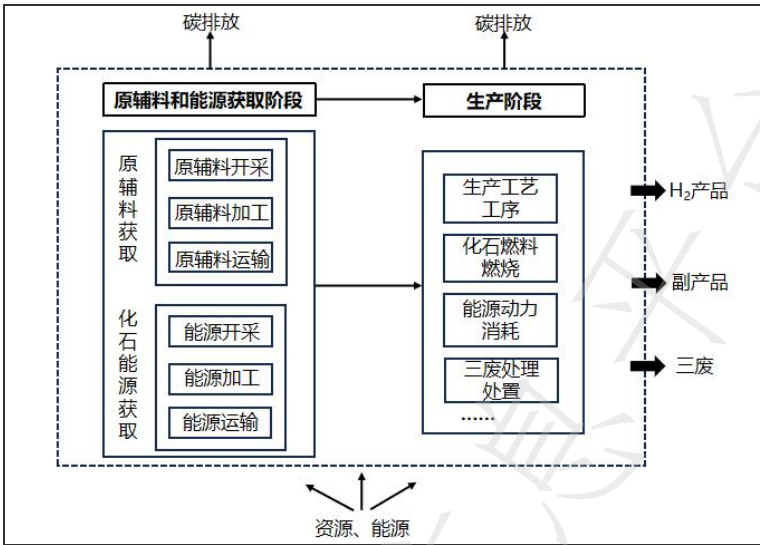


图 1 典型工艺制氢产品碳足迹量化系统边界图

5.4 取舍原则

所涉及物质或能量数据的取舍应遵循如下准则：

- a) 低于产品生命周期碳排放 1% 的环节，可以舍弃，但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5%，并在产品碳足迹报告中就舍弃项予以说明；
- b) 道路与厂房等基础设施的建设、各工序设备等固定资产的制造、厂区内人员及生活、员工通勤及商务运营等导致的排放，均可忽略。

6 清单分析

6.1 数据分析

应收集系统边界（5.3）内相关阶段及过程的能源、资源消耗和温室气体排放相关初级数据和次级数据，数据收集表可参考附录C，数据获得方式或来源应予以说明。

- a) 初级数据是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数值，可以是碳排放因子，也可以是活动数据，既包括产品系统内原辅材料等物料输入量、能源资源消耗量、内外部运输情况、产品及副产品输出量、废弃物处理及排放量等相关数据，也包括由上游供应商提供的符合产品碳足迹量化要求的数据。
- b) 次级数据包括原辅材料及能源开采、生产、运输等过程的碳排放因子和其他计算参数，数据来源包括但不限于政府公开发布的行业平均值、LCA 数据库、学术文献、科技报告以及计算估算数据、替代过程数据或其他具有代表性的数据。

6.2 数据质量要求

- a) 初级数据质量应满足以下要求：
 - 完整性。初级数据宜按照界定的量化范围进行采集，根据数据取舍准则，检查是否有缺失的单元过程或输入输出物质；
 - 准确性。初级数据中的原材料与能源消耗数据应来自企业实际生产统计记录，排放数据优先选择核查报告、监测报告或由物料平衡计算获得的数据；
 - 一致性。初级数据采集时，同类数据应保持一致的数据来源、统计口径和处理规则。
- b) 次级数据质量应满足以下要求：

- 代表性。优先选择与评估的产品系统在时间代表性、地理代表性、技术代表性方面相近的数据，有国家正式公布的产品碳足迹因子的要选择该类因子，其次选择代表国内同行业近年来平均生产水平的公开评价数据，最后选择国外同类技术数据；
- 完整性。应涵盖系统边界规定的所有的过程阶段和生产环节；
- 一致性。同类产品次级数据的选择应保持一致。

6.3 数据质量评价

结合数据质量评价指标的规范性和可获取性，本文件选取时间代表性、地理代表性和技术代表性作为典型工艺制氢产品碳足迹数据质量等级评价的参考指标。三项指标形成的数据质量评价表见表1，数据质量得分从高到低，代表数据质量依次降低。根据三项指标量化得分进行数据质量平均得分计算，当平均得分 ≥ 2 时，数据质量综合评级为“好”；当 $1 < \text{平均得分} < 2$ 时，数据质量综合评级为“一般”；当平均得分=1时，数据质量综合评级为“较差”。

表 1 数据质量评价表

评级	数据质量得分	时间代表性	地理代表性	技术代表性
好	3	≤ 3 年	同一地区	相同技术
一般	2	3年-5年	相似地区	类似技术
较差	1	5年-10年	不同地区	不同技术

数据质量平均得分按公式（1）计算：

$$DQR = (T_i R + G_o R + T_e R) / 3 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- DQR——数据质量平均得分；
- $T_i R$ ——时间代表性得分；
- $G_o R$ ——地理代表性得分；
- $T_e R$ ——技术代表性得分。

6.4 数据分配

数据分配原则应以输入和输出之间的物质平衡为基础，根据明确的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中，一个单元过程分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等。

- a) 在采用分配方法前，应尽量避免分配问题，常用的避免分配方法有：
 - 单元过程细分法，即拆分复杂工艺单元过程为单独生产所研究产品和共生产品的子过程，收集各个子过程相关的输入和输出数据，避免全过程排放的分配。
 - 扩展法，即通过扩展产品系统边界，将共生产品相关的额外功能纳入系统边界，避免对其进行单独的碳足迹分配。
 - 闭路循环法，即对系统内循环使用的物料不进行分配，只关注系统外的输入与输出所对应的能源资源消耗和环境影响。
 - 替代法，即假设共生产品可以替代其他产品，将被替代产品的碳排放从总排放中扣除。
 - 截断法，即当共生产品质量占比或经济价值较低时（满足取舍准则），将与其相关的物质流与能量流做截断处理，不再考虑其碳排放。
- b) 若无法避免分配，应以能反映产品与共生产品之间潜在物理关系的方式，进行系统输入和输出数据的划分；当物理关系不能确定或不能用作分配依据时，可使用其非物理关系进行分配。常见的分配方法有：
 - 物理关系分配，即选择能准确反映所研究产品和共生产品的物理关系，包括质量、体积、能量等关系，作为分配基础进行分配。

——非物理关系分配：当物理关系无法用来作为分配基础时，可以根据产品的经济价值按比例进行分配。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹核算

典型工艺制氢产品碳足迹的核算应包括原辅材料与能源获取阶段和生产阶段涉及的所有单元过程，产品碳足迹计算见公式（2）：

$$CFP = E_{\text{获取}} + E_{\text{生产}} \quad (2)$$

式中：

CFP ——氢产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每声明单位（ $\text{kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ ）；

$E_{\text{获取}}$ ——每声明单位产品在原辅材料与能源获取阶段的温室气体排放量，按式（3）计算，单位为千克二氧化碳当量每声明单位（ $\text{kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ ）；

$E_{\text{生产}}$ ——每声明单位产品在氢产品生产阶段的温室气体排放量，按式（4）计算，单位为千克二氧化碳当量每声明单位（ $\text{kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ ）。

7.2 原辅材料与能源获取阶段碳足迹

原辅料及能源获取阶段的温室气体排放总量，采用公式（3）计算：

$$E_{\text{获取}} = \sum_j (M_j \times CFF_j) + \sum_{j,k} (M_j \times D_{j,k} \times CFF_k) \quad (3)$$

式中：

$E_{\text{获取}}$ ——每声明单位产品在原辅料与能源获取阶段碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每声明单位（ $\text{kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ ）；

M_j ——每声明单位产品的第j种原辅料或能源的消耗数据，单位与原辅料及能源的实际消耗相匹配；

CFF_j ——第j种原辅料或能源包含开采和加工阶段的产品碳排放因子，单位与原辅料及能源的消耗数据相匹配；

$D_{j,k}$ ——第j种原辅料或能源的第k种运输方式的运输距离（指从获取地运输至生产地的距离），单位为千米（ km ）；

CFF_k ——第k种运输方式的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨千米（ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})$ ）。

7.3 氢产品生产阶段碳足迹

a) 氢产品生产阶段的温室气体排放包括化石燃料燃烧排放、生产过程直接排放、净购入电力和热力消耗间接排放和废弃物处置排放，采用公式（4）计算：

$$E_{\text{生产}} = (E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} + E_{\text{废物处置}}) / Q \quad (4)$$

式中：

$E_{\text{生产}}$ ——氢产品生产阶段碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每声明单位（ $\text{kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ ）；

$E_{\text{燃烧}}$ ——氢产品生产阶段消耗化石燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$E_{\text{过程}}$ ——氢产品生产阶段涉及到过程排放源的过程温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$E_{\text{电力}}$ ——氢产品生产阶段净外购电力产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$E_{\text{热力}}$ ——氢产品生产阶段净外购热力产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$E_{\text{废物处置}}$ ——氢产品生产阶段处置废弃物产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

Q ——氢产品的产量，单位为千克（ kg ）。

b) 生产阶段化石燃料燃烧产生的温室气体排放量根据化石燃料的消耗量、燃料的低位热值和碳排放因子计算，见公式（5）：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_i (NCV_i \times FC_i \times EF_i) \cdots \cdots (5)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——氢产品生产阶段消耗化石燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

NCV_i ——第*i*种燃料的平均低位发热量，单位为吉焦每吨（ GJ/t ）或吉焦每万标准立方米（ $\text{GJ}/10^4\text{Nm}^3$ ）；

FC_i ——第*i*种燃料的消耗量，单位为吨（ t ）或万标准立方米（ 10^4Nm^3 ）；

EF_i ——第*i*种燃料燃烧的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吉焦（ $\text{kgCO}_2\text{e/GJ}$ ）。

c) 氢生产过程中生产单元直接产生的温室气体排放，可采用质量平衡法，根据生产过程中原料输入的碳质量与产物输出的碳质量差值计算，见公式（6）：

$$E_{\text{过程}} = [\sum_i (MQ_i \times MC_i) - \sum_j (PQ_j \times PC_j)] \times 1000 \times 12/44 \cdots \cdots (6)$$

式中：

$E_{\text{过程}}$ ——氢产品生产阶段涉及到过程排放源的过程排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

MQ_i ——第*i*种含碳原料的使用量，对于固体或液体燃料，单位为吨（ t ）；对于气体燃料，单位为万标准立方米（ 10^4Nm^3 ）；

MC_i ——第*i*种含碳原料的碳含量，对于固体或液体燃料，单位为吨碳每吨（ tC/t ）；对气体燃料，单位为吨碳每万标准立方米（ $\text{tC}/10^4\text{Nm}^3$ ）；

PQ_j ——第*j*种含碳产物的产量，对于固体或液体燃料，单位为吨（ t ）；对于气体燃料，单位为万标准立方米（ 10^4Nm^3 ）；

PC_j ——第*j*种含碳产物的碳含量，对于固体或液体燃料，单位为吨碳每吨（ tC/t ）；对于气体燃料，单位为吨碳每万标准立方米（ $\text{tC}/10^4\text{Nm}^3$ ）。

d) 氢产品生产阶段净外购电力产生的温室气体排放量，按照公式（7）计算：

$$E_{\text{电力}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} \times 1000 \cdots \cdots (7)$$

式中：

$E_{\text{电力}}$ ——氢产品生产阶段净外购电力产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$AD_{\text{电力}}$ ——氢产品生产阶段净外购的电量，单位为兆瓦时（ MWh ）；

$EF_{\text{电力}}$ ——电力碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（ $\text{tCO}_2\text{e/MWh}$ ），采用生态环境主管部门发布的数据。

e) 氢产品生产阶段净外购热力产生的温室气体排放量，按照公式（8）计算：

$$E_{\text{热力}} = AD_{\text{热力}} \times EF_{\text{热力}} \times 1000 \cdots \cdots (8)$$

式中：

$E_{\text{热力}}$ ——氢产品生产阶段净外购热力产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$AD_{\text{热力}}$ ——氢产品生产阶段净外购的热量，单位为吉焦（ GJ ）；

$EF_{\text{热力}}$ ——热力碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每吉焦（ $\text{tCO}_2\text{e/GJ}$ ）。

f) 氢产品生产阶段废弃物处置产生的温室气体排放，采用公式（9）计算：

$$E_{\text{废物处置}} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (9)$$

式中：
 $E_{\text{废物处置}}$ ——氢产品生产阶段处置废弃物产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；
 AD_i ——第*i*种废弃物处置量，单位与废弃物的实际处置相匹配；
 EF_i ——第*i*种废弃物处置的碳排放因子，单位与废弃物的处置量相匹配。

8 结果解释

8.1 结果解释的步骤

典型工艺制氢产品碳足迹量化的生命周期结果解释阶段应包括以下步骤：

- a) 根据生命周期清单分析和产品碳足迹影响评价的量化结果，识别显著环节（可包括生命周期阶段、单元过程或物质流、能量流）；
- b) 完整性、一致性和敏感性分析；
- c) 结论、局限性和建议。

8.2 结果解释的内容

按照产品碳足迹研究的目的和范围，对产品碳足迹影响评价的量化结果进行解释，结果解释应包括以下内容：

- a) 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹；
- b) 分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- c) 详细记录选定的分配程序；
- d) 说明产品碳足迹研究的局限性。

9 产品碳足迹报告

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，可参考本文件附录D提供的模板进行编制。

附录 A
(资料性)
部分温室气体全球变暖潜势

部分温室气体的全球变暖潜势（GWP）见表A.1。

表 A. 1 部分温室气体 GWP 值

气体名称	化学分子式	100年的GWP
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 H ₅ F	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	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：部分GHG的GWP来源于IPCC《气候变化报告2021：自然科学基础 第一工作组对IPCC第六次评估报告的贡献》。

附录 B
(资料性)

典型工艺制氢技术路线及系统边界划分

本文件所描述的典型工艺制氢包括煤气化制氢、天然气重整制氢、甲醇重整制氢、工业副产氢、电解水制氢。标准正文给出了典型工艺制氢产品碳足迹系统边界的划定原则和方法，但因不同工艺原材料来源及技术路线存在较大差异，因此本附录给出了不同制氢工艺路线的系统边界划定方法。

B.1 煤气化制氢

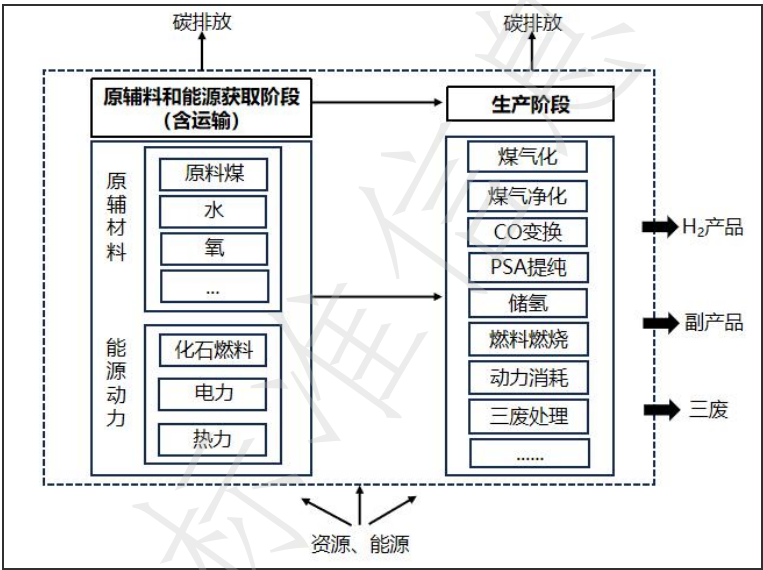


图 B.1 煤气化制氢工艺系统边界图

B.2 天然气重整制氢

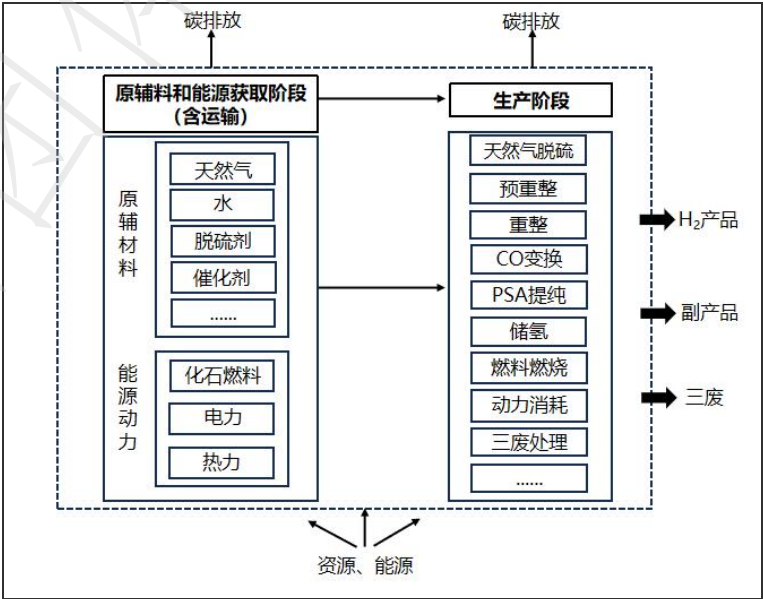


图 B.2 天然气重整制氢工艺系统边界图

B.3 甲醇重整制氢

由于甲醇可以从多种来源获得，包括煤炭、天然气、生物质以及可再生能源制取，因此甲醇作为原料制取氢气时，要根据不同来源甲醇的生命周期碳足迹因子（从“摇篮”到“大门”），确定原材料获取阶段的甲醇碳足迹因子，如煤炭制取甲醇碳足迹因子、天然气制取甲醇碳足迹因子、生物质制取甲醇碳足迹因子、可再生能源制取甲醇碳足迹因子等。

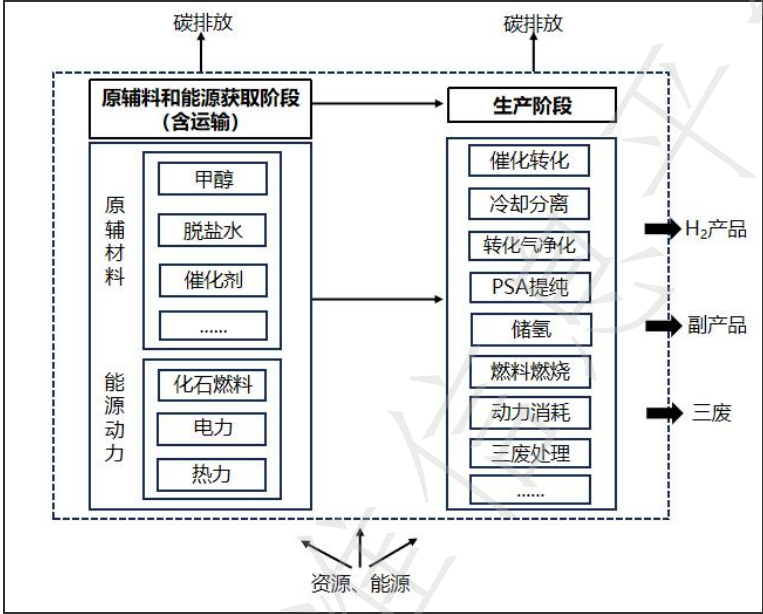


图 B.3 甲醇重整制氢工艺系统边界图

B.4 工业副产氢

本文件所描述的工业副产氢工艺包括焦炉煤气副产氢、氯碱副产氢和丙烷脱氢副产氢三种典型副产氢工艺类型。焦炉煤气副产氢工艺指焦炉煤气直接制氢，制氢工序主要包括除杂、压缩、净化、分离、变压吸附及干燥等；氯碱副产氢工序主要包括精制盐水、电解、压缩、除杂、干燥及变压吸附等工序；丙烷脱氢副产氢工序主要包括加热、冷却、压缩、干燥、回收及变压吸附等工序。

B.4.1 焦炉煤气副产氢

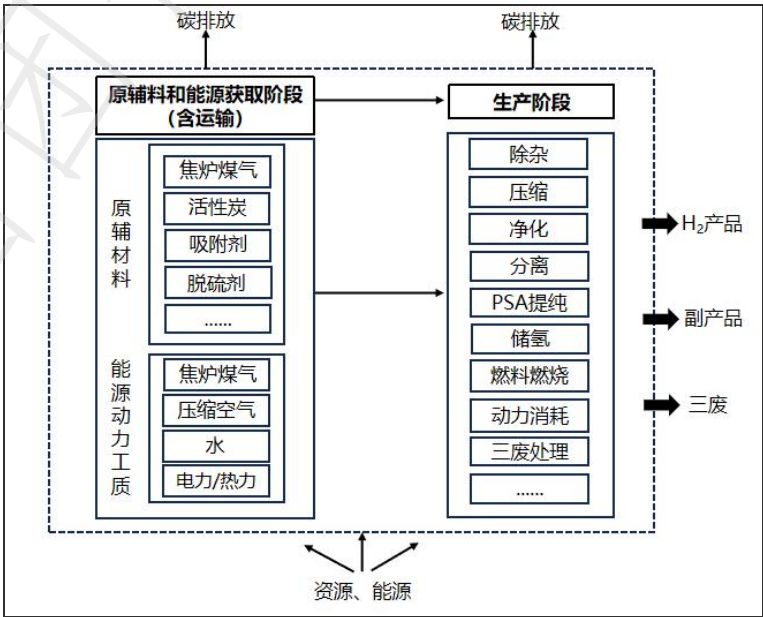


图 B.4 焦炉煤气副产氢工艺系统边界图

B. 4. 2 氯碱副产氢

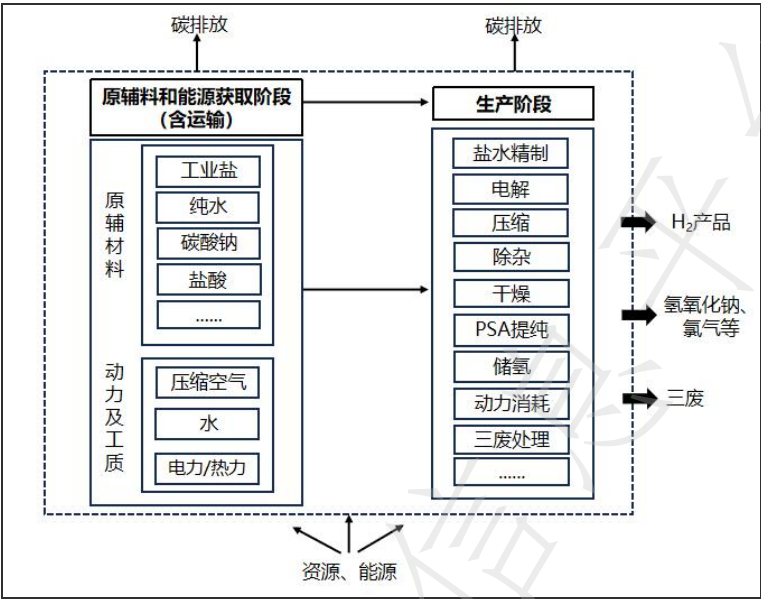


图 B. 5 氯碱副产氢工艺系统边界图

B. 4. 3 丙烷脱氢副产氢

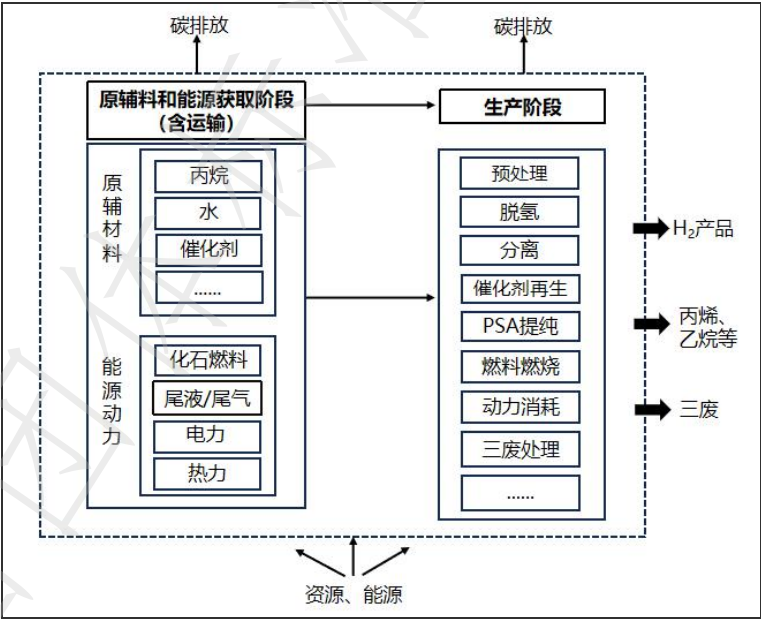


图 B. 6 丙烷脱氢副产氢工艺系统边界图

B. 5 电解水制氢

电解水制氢工艺用电来源广泛，分别按照电网电力、风力发电、光伏发电、生物质发电、核能发电等来源，确定原材料及能源获取阶段的电力碳足迹因子，即电网电力碳足迹因子、风力发电碳足迹因子、光伏发电碳足迹因子、生物质发电碳足迹因子、核电碳足迹因子等；电解设备生产制造用电，采用全国电网电力碳足迹因子。各类电力碳足迹因子采用生态环境主管部门发布的数据。系统边界内包括电解设备材料获取、制造及安装产生的碳排放，电力生命周期碳排放，制氢用原材料获取阶段产生的碳排放以及制氢生产阶段产生的碳排放等排放环节。

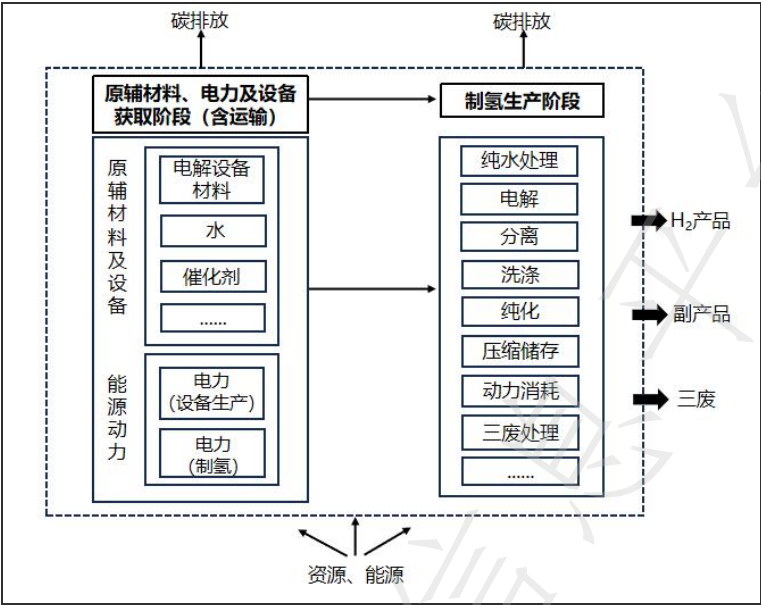


图 B. 7 电解水制氢工艺系统边界图

附 录 C
(资料性)
数据收集清单

C.1 原辅材料与能源获取及生产阶段的初级数据收集表见表 C.1。

表 C.1 原辅材料与能源获取及生产阶段的初级数据收集表

企业信息	企业名称				所在省市						
	企业地址				数据统计周期						
	联系人				联系方式						
	设计产能/实际产能				设计产能_____，实际产能_____						
	产品类别、规格及产量				类别1_____规格_____产量_____						
类别2_____规格_____产量_____											
.....											
原辅材料消耗	消耗量				产地		运输			备注	
	名称	数量	单位	数据来源			运输方式(铁路、公路、水路)		运输距离(km)		数据来源
	洗精煤										
	石油										
	天然气										
	催化剂										
	甲醇										
	水										
	焦炉煤气										
.....											
能源及工质消耗	消耗量				低位发热量		运输			备注	
	名称	数量	单位	数据来源	低位发热量	数据来源	运输方式(铁路、公路、水路)		运输距离(km)		数据来源
	煤炭										
	汽油										
	柴油										
	天然气										
	电力				/	/	/	/	/		
	热力				/	/	/	/	/		
	焦炉煤气										
	循环水										
	氧气										
	压缩空气										
											
	含碳原料及产品	原料输入					产品输出				
名称		数量	单位	含碳量	数据来源	名称	数量	单位	含碳量	数据来源	
物料1						产品1					
物料2						产品2					
						废水					
						固废					
.....						废气					
.....											
废弃物	类别	数量	单位	处理方式	运输方式(铁路、公路、水路)		运输距离(km)		处置方式	备注	

企业	企业名称			所在省市			
处理处置	废弃包装						
	废水			/	/	/	
	废气			/	/	/	
	固废						
							

C.2 原辅材料与能源获取及生产阶段的次级数据收集表见表 C.2。

表 C.2 原辅材料与能源获取及生产阶段的次级数据收集表

类型	名称	碳排放因子	数据来源	时间代表性	地理代表性	技术代表性	备注
原辅材料及能源获取	洗精煤						
	天然气						
	石油						
	甲醇						
	水						
	催化剂						
							
能源及工质供应	电力						
	热力						
	循环水						
	氧气						
	压缩空气						
							
运输	铁路						
	公路						
	水路						
							
化石燃料燃烧	煤炭						
	汽油						
	柴油						
	天然气						
	焦炉煤气						
							
废弃物处理处置	废弃包装回收						
	废水处理						
	废气处理						
	固废处理						
	固废处置						
							

附 录 D
(资料性)
典型工艺制氢产品碳足迹量化报告模板

_____工艺制氢产品碳足迹报告（模板）

产品名称： _____
产品规格型号： _____
生产者名称： _____
报告编号： _____

报告编制单位： _____（盖章）
日 期： _____年_____月_____日

一、概况

1.生产者信息

生产者名称：_____

地址：_____

法定代表人：_____

授权人（联系人）：_____

联系电话：_____

企业概况：_____

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.功能单位或声明单位

以_____为功能单位或声明单位。

2.系统边界

☐原材料获取阶段 ☐生产阶段

系统边界图：

图 1 工艺制氢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

四、清单分析

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：_____

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1。

表1 工艺制氢产品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	碳足迹 (kg CO ₂ e/功能单位)
原辅材料及能源获取			
氢气生产			

4.数据质量评价

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、影响评价

1.影响类型及特征化因子分析

一般选择IPCC给出的100年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,每功能单位或声明单位的产品),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2和图2所示。

表2 ____工艺制氢产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹 (kg CO ₂ e/功能单位)	百分比 (%)
原辅材料及能源获取		
氢气生产		
总计		

图2 ____工艺制氢产品各生命周期阶段碳排放分布图

注:一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

2.假设和局限性说明(可选项)

结合量化情况,对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3.改进建议

参 考 文 献

- [1] GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- [2] GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [3] GB/T 32150-2008 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [4] ISO 14067: 2018 Greenhouse gases Carbon footprint of products Requirements and guidelines for quantification
- [5]生态环境部和国家统计局.关于发布2021年电力二氧化碳排放因子的公告[EB/OL]. 2024.
https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202404/content_6945445.htm
- [6]生态环境部和国家统计局.关于发布2022年电力二氧化碳排放因子的公告[EB/OL]. 2024.
https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk01/202412/t20241226_1099413.html
- [7]生态环境部,国家统计局,国家能源局.关于发布2023年电力碳足迹因子数据的公告[EB/OL].2025.
https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk01/202501/t20250123_1101226.html
- [8]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).2021气候变化：自然科学基础，2021. IPCC Sixth Assessment Report Working Group 1.
-