

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF 0467—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 甲醇

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for carbon
footprint of products—Methanol

(此文本仅供个人学习、研究之用, 未经授权, 禁止复
制、发行、汇编、翻译或网络传播等, 侵权必究)

2025-12-24 发布

2026-03-23 实施

中国石油和化学工业联合会 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	3
5 量化范围	3
6 清单分析	5
7 影响评价	9
8 结果解释	12
9 碳足迹报告	12
附录 A (资料性) 产品碳足迹量化数据收集表	13
附录 B (资料性) 典型氨醇联产工艺应用 PCR 分配示例	15
附录 C (资料性) 甲醇产品碳足迹评价报告模板	18

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：中国石油和化学工业联合会、中国化工节能技术协会、中石化（北京）化工研究院有限公司、中国氮肥工业协会、晋能控股装备制造集团有限公司、中煤鄂尔多斯能源化工有限公司、中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、山东华鲁恒升化工股份有限公司、安徽昊源化工集团有限公司、大连理工大学、中国石油天然气股份有限公司大庆炼化分公司、中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司大庆炼化分公司、新疆天业汇合新材料有限公司、天津渤海碳资产管理有限公司、河南省石油和化学工业协会。

本文件主要起草人：李森、王紫唯、孙绍华、李永亮、黄煜、翁慧、杨丹琪、赵兴雷、李颖、罗莎、魏长辛、范文琦、孙永生、苏春生、刘耀权、刘宇、张杰、张燕丽、董洋洋、孙友志、占敬敬、彭冲、马江涛、叶舣、徐文佳、刘龙杰、程晖、韩福兴、孙彦伟、董艳、刘成河、贾举鹏、陈铁军、王学磊、曹玲、李志海、白扬。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 甲醇

1 范围

本文件规定了甲醇产品碳足迹量化方法与要求的量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告等。

本文件适用于原料甲醇和燃料甲醇的碳足迹量化。

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 338 工业用甲醇

GB/T 23510 车用燃料甲醇

GB/T 42416 M100 车用甲醇燃料

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 32151.10 碳排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业

GB 21344 化肥行业单位产品能源消耗限额

HG/T 6277 甲醇制烯烃（MTO）级甲醇

ISO 14044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044 和 GB/T 24067—2024 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

原料甲醇 methanol for feedstock

作为工业原料使用的甲醇产品。

3.2

燃料甲醇 methanol for fuel

作为燃料原料使用的甲醇产品。

3.3

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：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]

3.4

产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product

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温室气体排放量和温室气体清除量之和，并以二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.2]

3.5

温室气体 greenhouse gas

GHG

大气层中自然存在的和由人类活动产生的，能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生且波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.1]

3.6

温室气体排放量 greenhouse gas emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 32150—2015，3.6]

3.7

温室气体清除量 greenhouse gas removal

在特定时段内从大气中清除的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.6]

3.8

声明单位 declared unit

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.8]

3.9

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 24040，3.20]

3.10

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]

3.11

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 24044—2008，3.10]

3.12

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]

3.13

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]

4 量化目的

开展甲醇产品碳足迹量化的目的是通过量化甲醇产品对全球变暖的潜在贡献，以二氧化碳当量表示，披露产品碳足迹信息；明确生命周期相关阶段或单元过程对产品碳足迹的影响程度；为甲醇产品贸易、下游生产和应用提供产品碳足迹核算的方法和依据；为产品研发、技术改造、降低产品碳足迹和推动行业发展提供方向。

目标受众包括甲醇产业链相关企业、消费者、政府部门和第三方机构等。

5 量化范围

5.1 产品说明

应明确甲醇产品执行或符合的标准，或双方约定其他标准或技术标准。本文件所指的甲醇产品，应指明符合以下哪项或哪几项标准，或双方约定的其他标准或合同指标。

5.1.1 原料甲醇

- a) GB/T 338 工业用甲醇；
- b) HG/T 6277 甲醇制烯烃（MTO）级甲醇；

5.1.2 燃料用甲醇

- a) GB/T 23510 车用燃料甲醇；
- b) HG/T 6277 甲醇制烯烃（MTO）级甲醇；
- c) GB/T 42416 M100 车用甲醇燃料。

5.2 功能单位和声明单位

原料甲醇产品碳足迹应采用声明单位，为 1 吨甲醇产品。

燃料甲醇产品应采用功能单位，可按重量（以吨为统计单位）或按热值（以兆焦）进行统计。甲醇的重量和热值之间可通过甲醇低位热值 19.913 MJ/kg 进行单位换算。

5.3 系统边界及取舍准则

5.3.1 系统边界

原料甲醇产品碳足迹的系统边界包括原料及辅料获取阶段、原料及辅料运输阶段、甲醇生产

阶段。

燃料甲醇产品碳足迹的系统边界包括原料及辅料获取阶段、原料及辅料运输阶段、甲醇生产阶段、甲醇出厂储运阶段、甲醇使用阶段、生命末期阶段。

甲醇产品碳足迹系统边界示意图见图 1。

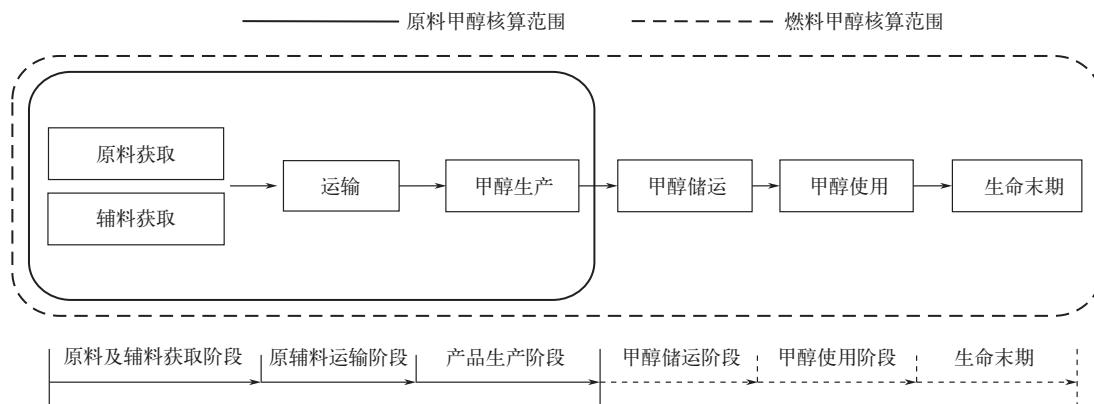


图 1 甲醇产品碳足迹系统边界示意图

5.3.2 生命周期各阶段的描述

甲醇产品生命周期各阶段的描述见表 1。

表 1 甲醇产品生命周期各阶段的描述 (原料甲醇对应阶段 1~3, 燃料氢对应阶段 1~6)

1	原料及辅料获取过程	主要生产原料和辅料的获取过程：如化石原料的开采与预处理、焦炉煤气收集与预处理过程、二氧化碳的直接空气捕集或工业尾气捕集过程、工业副产氢的收集过程、可再生能源电力电解水制氢过程、生物质原料获取等，以及对上述原材料的净化和提纯阶段	
2	原辅料运输过程	原料煤、天然气、焦炉煤气、副产氢、生物质原料等原辅料从产地甲醇产品生产工厂的运输	
3	产品生产过程	生产阶段开始于原辅料进入甲醇生产工厂，结束于甲醇离开生产工厂，包括生产过程中的能源资源使用（含电力、化石能源、水等一次和二次能源）、厂内运输、尾气处理、固体废弃物处理、废水处理	1) 原料预处理、煤粉制备、空分、煤气化、脱硫、变换、低温甲醇洗、脱碳、甲醇合成、甲醇精馏等过程； 2) 火炬燃烧过程； 3) 厂内运输过程； 4) 各阶段所产生的废（污）水及废弃物处理相关过程
		1) 空分、转化、变换、甲醇合成、甲醇精馏等过程； 2) 火炬燃烧过程； 3) 厂内运输过程； 4) 各阶段所产生的废（污）水及废弃物处理及运输相关过程	

表 1 甲醇产品生命周期各阶段的描述 (原料甲醇对应阶段 1~3, 燃料氢对应阶段 1~6) (续)

3	产品生产过程	焦炉煤气 制甲醇	1) 空分、压缩、净化、变换、甲醇合成、甲醇精馏等过程; 2) 火炬燃烧过程; 3) 厂内运输过程; 4) 各阶段所产生的废(污)水及废弃物处理及运输相关过程
		二氧化碳 加氢直接 合成制取 甲醇	1) 原料气预处理(压缩、加热等)、甲醇合成、甲醇精馏提纯等过程; 2) 火炬燃烧过程; 3) 厂内运输过程; 4) 各阶段所产生的废(污)水及废弃物处理相关过程
		生物质制 甲醇	1) 生物质预处理(粉碎、干燥等)、气化/燃烧/发酵、净化、变换、转化、甲醇合成、甲醇精馏等过程; 2) 火炬燃烧过程; 3) 厂内运输过程; 4) 各阶段所产生的废(污)水及废弃物处理相关过程
4	甲醇储运	产品运输、储存、销售过程	
5	甲醇使用	燃烧或用于发电、供热等	
6	生命末期	产品废弃物的收集及处置	

5.3.3 取舍准则

在甲醇产品碳足迹量化过程中, 可舍弃对产品碳足迹影响小于 1% 的环节, 但系统边界内舍弃环节总的影响不宜超过碳足迹总量的 5%。在此前提下, 甲醇产品碳足迹的计算, 还应满足如下要求:

- 以各项输入物料占产品质量的比例为依据, 普通物料质量小于 1% 产品质量时, 可忽略其上游生产数据, 总共忽略的物料质量不超过 5% 产品质量;
- 上游环境足迹较高的原材料及辅料输入(例如贵金属或含有铂类金属的催化剂), 即使输入质量 \leq 总质量的 1%, 也应纳入产品碳足迹计算。

6 清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 数据收集原则

数据收集按照 GB/T 24067—2024 的 6.4.2 与 6.4.3 的规定进行。

量化甲醇产品碳足迹时应将系统边界划分为不同的单元过程, 详细描述各单元过程的范围, 明确说明各单元过程导致温室气体排放的输入数据和输出数据。系统边界内单元过程的划分宜考虑重要程度和数据收集难易程度等因素, 宜合并相关单元过程。

原料甲醇产品应收集包括原料及辅料获取阶段、原料及辅料运输阶段、甲醇生产阶段内每一个单元过程的数据, 包括初级数据和次级数据。燃料甲醇产品应收集包括原料及辅料获取阶段、原料及辅料运输阶段、甲醇生产阶段、甲醇出厂储运阶段、甲醇使用阶段、生命末期阶段内每一个单元过程的数据, 包括初级数据和次级数据。

甲醇产品生产阶段的单元过程可根据企业实际生产情况确定, 甲醇产品生产阶段的数据应为现场

数据，并披露数据来源，所收集的数据应具有代表性，宜采用全年数据，生产期不足一年或非连续生产时，宜采用开工以来的生产数据。

6.1.2 初级数据

初级数据包括输出的产品、副产品和废弃物，输入原料及辅料、净外购能源，内外部运输相关的数据，数据来源包括但不限于以下内容。

- 原料及辅料：生产实测、物料清单（包含物料材质信息）、领料/投料清单等。
- 废弃物：固体废物管理台账、危险废物转移联单、委托处置合同等。
- 净外购能源：结算发票、缴费清单、抄表记录等。
- 运输：运输台账、发票等凭证。

6.1.3 次级数据

次级数据包括基础原材料、能源和运输的碳排放或清除因子和其他计算参数，数据来源包括但不限于：

- 由上游供应商提供符合产品碳足迹计算要求的产品碳足迹数值。
- 政府公开发布的行业平均值；
- 生命周期清单数据集；
- 科技文献和学术论文；
- 行业协会报告。

次级数据宜经第三方评审，同时数据格式应满足相关标准要求。次级数据可来源于国家数据库、公开文献或其他具有代表性的数据。

6.1.4 数据与单元过程和声明单位/功能单位的关联

甲醇产品碳足迹量化过程中的数据收集种类及来源可参考表 2，数据收集记录表可参考附录 A。

表 2 甲醇产品碳足迹包含的单元过程、数据收集种类及来源

单元过程	数据种类	数据来源
原材料及辅料 获取阶段	原材料及辅料使用量	应使用初级数据
	原材料及辅料, 如煤、天然气、焦炉煤气、氢气等原材料的温室气体排放因子。	可使用次级数据
原材料及辅料 运输阶段	主要原材料和次要原材料运输量、运输距离、运输方式	应使用初级数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
甲醇生 产阶段	化石燃料燃烧 如煤、汽油、柴油、煤油、天然气等消耗量	宜使用初级数据
	煤、汽油、柴油、煤油、天然气等的温室气体排放因子	可使用次级数据
	电力、热力 甲醇生产及公辅工程净消耗的电力、蒸气量	应使用初级数据
	电力、蒸汽的温室气体排放因子	可使用次级数据
	厂内储运 厂内运输及储存消耗的物耗与能耗, 如汽油、柴油、电力、热力、制冷剂等	应使用初级数据
	运输及储存消耗的物耗与能耗的温室气体排放因子	可使用次级数据
	火炬燃烧排放 收集火炬燃烧正常工况和非正常工况下碳排放数据: 如正常工况下火炬系统的火炬气流量, 火炬气中 CO ₂ 的平均摩尔分数, 火炬气中 CH ₄ 的平均摩尔分数, 非正常工况火炬燃烧时平均火炬气流速度、持续时间等	宜使用初级数据
	工艺放空排放 甲醇合成系统、辅助系统等所有环节存在工艺放空气排放的所有环节的碳排放源相关数据: 如原料气预处理等	宜使用初级数据
	废弃物 处置 废弃物、固体废物的产生量、处置方式	应使用初级数据
	废弃物、废弃物处置的温室气体排放因子	可使用次级数据
甲醇 储运	产品运输、 储存、销售过程 产品运输至下游经销商或消费者所在地的运输量、运输距离与运输方式	宜使用初级数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
甲醇 使用	实际使用的甲醇质量 (kg) 或能量 (MJ)	应使用初级数据
	使用方式, 如直接燃烧、燃气轮机发电、锅炉供热等	应使用初级数据
	不同使用方式对应的燃烧/转化效率或排放因子	可使用次级数据
	甲醇的低位热值	可使用次级数据
生命 末期	产品废弃物的 收集及处置 废弃物种类及处置方式	应使用初级数据
		可使用次级数据
		应使用初级数据
		可使用次级数据
	废弃物处置的 碳清除 若采用碳捕集或碳封存技术, 需要记录捕集量、捕集效率	应使用初级数据

6.2 数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查, 以确认并提供证据证明数据质量。

数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡或排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单

元过程都遵守物质和能量守恒定律，因此物质和能量的平衡可为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

6.3 分配原则

产品碳足迹的量化应尽量避免分配，可通过将单元过程划分为两个或多个子过程，并收集与这些子过程相关的输入输出数据，或扩展产品系统的方式避免分配。若不可避免分配，应按照以下要求进行分配，应优先采用优先级高的分配方式。

- 符合国家已发布的具体产品碳足迹量化标准要求的情形，按照国家已经发布的具体产品碳足迹量化标准中的分配方法。
- 共生产品经济价值比例 ≤ 5 ，即价格最高的产品单价/价格最低的产品单价的比例 ≤ 5 时，采用物理化学分配。若合成氨联产甲醇企业无法采用物理化学分配，氨与粗甲醇（折 100% 甲醇）单位产品原料、燃料消耗，按 1 : 1.06 的比例分摊，单位产品电力消耗按 1 : 0.8 的比例分摊。
- 共生产品经济价值比例 > 5 ，即价格最高的产品单价/价格最低的产品单价的比例 > 5 时，采用经济价值分配，以主产品产值/生产线总产值的比值进行分配。

注 1：产值 = 产量 \times 单价，产值根据多年平均价格计算而来，以消除波动。

注 2：在产品未经出售或几乎无法确定市场价格的情况下（如内部使用的中间体），可以使用其他方法，如生产成本和加工产品的市场价格或营业额的组合。

6.4 废弃物处理及回收

甲醇生产系统产生的废弃物，其处理、处置与回收过程中的温室气体排放，必须按科学合理的比例分配给甲醇产品或副产品，并计入产品碳足迹。核算时应遵循以下原则。

- a) 废弃物填埋与焚烧处置：对于无回收价值的甲醇生产废弃物（如部分废催化剂、特定盐渣、生化污泥等）进行卫生填埋，其产生的温室气体（主要是填埋气中的 CH_4 ），不参与分配排放应全部计入甲醇产品碳足迹。若废弃物被送往系统外进行焚烧处置（未进行能量回收），焚烧过程产生的直接排放（如化石碳转化为 CO_2 ）应按废弃物中化石碳的比例分配给甲醇产品。
- b) 废弃物能源化回收利用：甲醇生产过程中产生的可燃性废弃物（如弛放气、解析气、废醇类溶剂、精馏残液等）在系统内作为燃料，用于生产蒸汽、热能或电能（如果是电和热以外的副产品，则由低位发热量确定）时，其产生的温室气体排放应视为能源投入，温室气体排放量应在甲醇主产品和利用该能源生产的副产品（如蒸汽、电力）之间进行分配。
- c) 废弃物物料回收（特性未改变）：甲醇生产系统内产生的废弃物，在系统内被直接回收作为原料或辅料，且其化学特性未发生本质改变时，无需进行排放分配。例如，甲醇精馏塔产生的含甲醇废水，经回收提纯后返回工艺系统作为原料，此回收过程本身不产生额外的排放分配。
- d) 废弃物物料回收（特性改变或输出系统）：当甲醇生产废弃物被回收利用到系统外，或其固有特性发生改变时，宜采用以下顺序进行分配：物理属性、经济价值、回收材料的后续使用的次数，具体计算应参照 GB/T 24067—2024 附录 C 提供的方法执行。

6.5 特定温室气体排放与清除

甲醇产品碳足迹核算中关于化石碳和生物碳、产品中的生物碳、电力、飞机运输 GHG 排放量等方面参考 GB/T 24067—2024 6.4.9 的要求。

7 影响评价

7.1 通则

在数据收集与确认完成后, 将现场数据和非现场数据按每吨原料甲醇产品折算, 每吨原料甲醇产品碳足迹按式 (1) 计算:

$$CFP_{\text{原料甲醇}} = (E_{\text{原材料及辅料获取}} + E_{\text{原辅料运输}} + E_{\text{生产}}) / Q_{\text{原料甲醇}} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中:

$CFP_{\text{原料甲醇}}$ —— 原料甲醇产品部分碳足迹, 单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇 ($\text{tCO}_2\text{e/t CH}_3\text{OH}$);

$E_{\text{原材料及辅料获取}}$ —— 原材料及辅料获取阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{原辅料运输}}$ —— 原辅料运输阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{生产}}$ —— 甲醇生产阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$Q_{\text{原料甲醇}}$ —— 原料甲醇产量, 单位为吨 (t)。

每吨燃料甲醇产品碳足迹按式 (2) 计算:

$$CFP_{\text{燃料甲醇}} = (E_{\text{原材料及辅料获取}} + E_{\text{原辅料运输}} + E_{\text{生产}} + E_{\text{储运}} + E_{\text{使用}} + E_{\text{生命末期}}) / Q_{\text{燃料甲醇}} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

式中:

$CFP_{\text{燃料甲醇}}$ —— 燃料甲醇产品碳足迹, 单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇 ($\text{tCO}_2\text{e/t CH}_3\text{OH}$);

$E_{\text{原材料及辅料获取}}$ —— 原材料及辅料获取阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{生产}}$ —— 甲醇生产阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{原辅料运输}}$ —— 原辅料运输阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{储运}}$ —— 燃料甲醇储运阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$E_{\text{生命末期}}$ —— 甲醇生命末期阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$Q_{\text{燃料甲醇}}$ —— 燃料甲醇产量, 单位为吨 (t)。

7.2 原材料及辅料获取阶段

甲醇产品原辅料及能源获取过程的温室气体排放量与清除量按式 (3) 计算:

$$E_{\text{原材料及辅料获取}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

$E_{\text{原材料及辅料获取}}$ —— 原材料及辅料获取阶段的温室气体排放量与清除量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

AD_i —— 第 i 种原料或能源的消耗量, 单位视原料或能源种类而定, 电力消耗量应与电力属性对应;

$EF_{\text{原辅料},i}$ —— 第 i 种原料或能源的第 i 种温室气体排放因子, 单位视原料或能源种类而定。

7.3 原材料及辅料运输阶段

原材料及辅料运输阶段的温室气体排放量按式 (4) 计算:

$$E_{\text{原辅料运输}} = \sum_{i=1, k=1}^n (AD_i \times D_{i,k} \times EF_{\text{trans},k}) \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

式中：

$E_{\text{原辅料运输}}$ ——原辅料运输阶段的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 AD_i ——第 i 种原辅料消耗量，单位为吨 (t)；
 $D_{i,k}$ ——第 i 种原辅料的第 k 种运输方式对应的加权运输距离，单位为千米 (km)；
 $EF_{\text{trans},k}$ ——第 k 种运输方式的温室气体排放因子，单位与活动数据匹配。

7.4 甲醇产品生产阶段

7.4.1 通则

每吨甲醇产品生产阶段的温室气体排放量和清除量按式 (5) 计算。

$$E_{\text{生产}} = E_{\text{燃料}} + E_{\text{电}} + E_{\text{热}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{废弃物处理}} \quad \dots \dots \dots (5)$$

式中：

$E_{\text{生产}}$ ——甲醇生产阶段的温室气体排放量与清除量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 $E_{\text{燃料}}$ ——生产阶段化石燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 $E_{\text{电}}$ ——生产阶段中净外购电力消耗产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 $E_{\text{热}}$ ——生产阶段中净外购热力消耗产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇 (tCO₂e)；
 $E_{\text{过程}}$ ——生产阶段中的工业生产过程产生的温室气体排放量与清除量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 $E_{\text{废弃物处置}}$ ——生产阶段的废弃物处理过程所产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)。

7.4.2 消耗燃料产生的温室气体排放

甲醇生产阶段消耗燃料产生的温室气体排放量按照公式 (6) 计算。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{fuel},i} \times EF_{\text{fuel},i}) \quad \dots \dots \dots (6)$$

$E_{\text{燃烧}}$ ——甲醇生产阶段燃料消耗产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 $AD_{\text{fuel},i}$ ——第 i 种原料或能源的消耗量，单位视原料或能源种类而定，电力消耗量应与电力属性对应；
 $EF_{\text{fuel},i}$ ——第 i 种原料或能源的第 i 种温室气体排放因子，单位视原料或能源种类而定。

7.4.3 净外购电力产生的温室气体排放

甲醇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。

$$E_{\text{电}} = AD_{\text{ele},i} \times EF_{\text{ele},i} \quad \dots \dots \dots \dots \dots (7)$$

$E_{\text{电}}$ ——甲醇生产阶段净外购电力产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 $AD_{\text{fuel},i}$ ——净外购电量，单位为兆瓦时 (MW · h)；
 $EF_{\text{fuel},i}$ ——电力碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时 [tCO₂e/(MW · h)]。

7.4.4 净外购热力产生的温室气体排放

甲醇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。

$$E_{\text{热}} = AD_{\text{therm}} \times EF_{\text{therm}} \quad \dots \dots \dots \dots \dots (8)$$

$E_{\text{热}}$ ——甲醇生产阶段净外购热力产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e)；
 AD_{therm} ——净外购热力量，单位为吉焦 (GJ)；
 EF_{therm} ——热力碳足迹因子，单位为吨二氧化碳当量每吉焦 (tCO₂e/GJ)。

7.4.4 处置废弃物产生的温室气体排放

甲醇生产阶段处置废弃物产生的温室气体排放量按照公式(9)计算。

$$E_{\text{废弃物处置}} = \sum_{i=1}^n (AD_{\text{waste},i} \times EF_{\text{waste},i}) \quad \dots \dots \quad (9)$$

$E_{\text{废弃物处置}}$ ——甲醇生产阶段燃料消耗产生的温室气体排放量,单位为吨二氧化碳当量($t\text{CO}_2\text{e}$);

$AD_{\text{waste},i}$ ——第*i*种原料或能源的消耗量,单位视原料或能源种类而定,电力消耗量应与电力属性对应;

$EF_{\text{waste},i}$ ——第*i*种原料或能源的第*i*种温室气体排放因子,单位视原料或能源种类而定。

7.4.5 甲醇生产阶段过程排放量

甲醇生产阶段过程排放量按照公式(10)(GB/T 32151.10)计算。

$$E_{\text{过程}} = \{\sum_r (AD_r \times CC_r) - [\sum_p (AD_p \times CC_p) + \sum_w (AD_w \times CC_w)]\} \times \frac{44}{12} \quad \dots \dots \quad (10)$$

式中:

$E_{\text{过程}}$ ——甲醇生产阶段产生的过程排放,单位为吨二氧化碳当量($t\text{CO}_2\text{e}$);

r ——原料种类,如具体品种的化石原料、具体名称的碳氢化合物以及二氧化碳原料;

AD_r ——原料*r*的投入量,对固体或液体原料,单位为吨(t);对气体原料,单位为万标立方米(10^4Nm^3);

CC_r ——原料*r*的含碳量,对固体或液体原料,单位为吨碳每吨($t\text{C}/t$);对气体原料,单位为吨碳每万标立方米($t\text{C}/10^4\text{Nm}^3$);

p ——流出核算边界的含碳产品种类,包括各种具体名称的主产品、联产品、副产品等;

AD_p ——碳产品*p*的产量,对固体或液体产品,单位为吨(t),对气体产品,单位为万标立方米(10^4Nm^3);

CC_p ——碳产品*p*的含碳量,对固体或液体产品,单位为吨碳每吨($t\text{C}/t$),对气体产品,单位为吨碳每万标立方米($t\text{C}/10^4\text{Nm}^3$);

w ——流出核算边界且没有计入产品范畴的其他含碳输出物,如炉渣、粉尘、污泥等含碳的废弃物;

AD_w ——其他含碳输出物*w*的输出量,单位为吨(t);

CC_w ——其他含碳输出物*w*的含碳量,单位为吨碳每吨($t\text{C}/t$);

7.5 燃料甲醇产品储运阶段

燃料甲醇产品运输、储存、销售过程排放量按照公式(11)计算。

$$E_{\text{储运}} = \sum_{i=1}^n (M_i \times D_i \times EF_{\text{trans},i}) + \sum_{j=1}^n (M_j \times T_j \times EF_{\text{store},j}) \quad \dots \dots \quad (11)$$

式中:

$E_{\text{储运}}$ ——燃料甲醇产品运输阶段的温室气体排放量,单位为吨二氧化碳当量($t\text{CO}_2\text{e}$);

M_i ——第*i*种运输方式实际运输的甲醇质量,单位为吨(t);

D_i ——第*i*种运输方式对应的运输距离,单位为千米(km);

$EF_{\text{trans},i}$ ——第*i*种运输方式的温室气体排放因子,单位与活动数据匹配;

M_j ——第*j*种储存方式储存的甲醇质量,单位为吨(t);

T_j ——第*j*种储存方式储存时间,单位为年(a);

$EF_{\text{store},j}$ ——第*j*种储存方式的温室气体排放因子,单位与活动数据匹配。

7.6 燃料甲醇使用阶段

燃料甲醇产品使用阶段的温室气体排放按照公式（12）计算。

$$E_{\text{使用}} = M_{\text{燃料甲醇}} \times EF_{\text{use}} \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

$E_{\text{使用}}$ ——燃料甲醇使用阶段温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);

$M_{\text{燃料甲醇}}$ ——实际燃烧或发电/供热所消耗的甲醇质量, 单位为吨 (t);

EF_{use} ——甲醇燃烧产生的排放因子, 单位与活动数据匹配, 若使用甲醇驱动的装置(如燃料电池、燃气轮机等)有已知的热效率, 可先把实际发电/供热量换算为等效燃料质量, 再代入上式。

7.7 燃料甲醇生命末期阶段

燃料甲醇产品生命末期阶段的温室气体排放量与清除量按照公式（13）计算。

$$E_{\text{生産末期}} = \sum_i (m_i \times EF_i) + \sum_k (m_{trans,k} \times D_k \times EF_{trans,k}) - C_{\text{清除}} \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

$E_{\text{生命末期}}$ ——燃料甲醇生命末期阶段温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t\text{CO}_2\text{e}$);

m_j ——第 j 类废弃物（如液体废甲醇、废水、固体飞灰、废催化剂、包装）质量，单位为吨（t）；

EF_i ——第 i 类废弃物的处理排放因子, 单位与活动数据匹配;

m_{trans_k} —— 第 k 种运输方式实际运输的废弃物质量;

D_k ——第 k 种运输方式的运输距离, 单位为千米 (km);

$EE_{k,1}, \dots, EE_{k,n_k}$ ——第 k 种运输方式的温室气体排放因子，单位与活动数据匹配。

C清除——采用碳捕集或碳封存技术等的温室气体清除量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂·e）。

8 结果解释

应根据甲醇产品碳足迹研究的目的和范围进行结果解释，解释应包括以下内容：

- a) 说明甲醇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和范围；
 - c) 详细记录选定的分配程序；
 - d) 说明甲醇产品碳足迹研究的局限性（按照但不限于 GB/T 24067—2024 附录 A）。

9 碳足迹报告

甲醇产品碳足迹研究中应记录产品碳足迹的量化结果，具体内容如下：

- a) 与 GHG 排放和清除的主要生命周期阶段相关联，包括每个生命周期阶段的绝对和相对贡献量；
 - b) 化石 GHG 的排放量和清除量；
 - c) 甲醇产品的生物碳含量（如有）；
 - d) 甲醇产品碳足迹报告模板见附录 C。

附录 A
(资料性)
产品碳足迹量化数据收集表

A. 1 概述

在本附录中的数据收集表可作为资料性示例使用，用来说明从报送地点收集的有关单元过程的信息的性质。

选用数据收集表中的数据时应审慎。所选的数据及其具体程度应与研究目的相符。

这些收集表可同时附有关于数据收集和输入的说明，此处还可以包括有关数据输入的问题，以便深入了解输入数据的性质和取得数据的方式。

可以在这些收集表中根据实际情况进行调整，比如增添有关其他项目的栏目，像仓储情况、数据质量（不确定性或测量值、计算值、估算值等）。

A. 2 用于上游运输的数据收集表示例

本例中需要收集数据的中间产品的名称和吨数已经记录在要研究的系统模型中。本示例假设两个有关单元过程之间的运输方式为公路运输。同样的收集表也适用于铁路和水路运输。

运输数据收集表见表 A. 1。

表 A. 1 运输数据收集表

中间产品名称	公路运输		
	路程 (km)	卡车装载能力 (t)	实际负荷 (t)

燃料消耗和相应的空气排放通过运输模型进行计算。

A. 3 用于内部运输的数据收集表示例

本例为工厂内部的运输清单。其中的数据是取自一个特定的时段，给出燃料消耗的实际数量。如果还需要来自其他时段的最大值和最小值，可在表中增添新的栏目。

内部运输也须进行分配，例如对某场所总耗电量的分配。

空气排放采用燃料消耗模型计算。内部运输数据收集表见表 A. 2。

表 A. 2 内部运输数据收集表

项目	输入的运输总量	消耗的燃料总量
柴油		
汽油		
LPG ^a		

^a LPG 指液化石油气。

A. 4 用于单元过程的数据收集表示例

单元过程数据收集表见表 A. 3。

表 A. 3 单元过程数据收集表

制表人：	制表日期：			
单元过程 标识：	报送地点：			
时段：年	起始月：		终止月：	
单元过程表述（如需要可加附页）				
原材料及辅料输入	单位	数量	数据来源	原材料及辅料来源 ^a
水消耗 ^b	单位	数量		
能源输入	单位	数量	数据来源	能源来源
能源、材料输出 (包括产品、三废)	单位	数量	数据来源	去向
注：此数据收集表中的数据是指规定时段内所有未分配的输入和输出。				
^a 注意是否来自再生材料。				
^b 例如地表水、饮用水。				

附录 B

(资料性)

典型氨醇联产工艺应用 PCR 分配示例

典型氨醇联产工艺应用 PCR 中的分配示例见表 B.1。

表 B.1 典型氨醇联产工艺应用 PCR 中的分配示例

序号	产品系统	分配方法	资料名称
1	开采、运输、储运	①特定质量分配：某产品的分配系数=该产品线粗水煤气消耗量/粗水煤气总量； 煤炭的运输开采以及能源使用按质量分配法占比对应分配到主产品和共生产品上	ISO14044 中提到的可测量的物理关系分配
		②合成氨联产甲醇企业，氨与粗甲醇（折 100% 甲醇）单位产品消耗原料，按 1：1.06 的比例分摊	GB 21344 中提到的合成氨联产甲醇企业原料煤、燃料煤、电耗的分摊
2	空分	前提原则：将所有产品折算成高压氧，扣除外售产品（如液氧、液氮）能耗	空分产品能耗折标系数算法指南
		①特定质量分配：某产品的分配系数=该产品线粗水煤气消耗量/粗水煤气； 按质量分配法占比对应分配到主产品和共生产品上	ISO14044 中提到的可测量的物理关系分配
		②合成氨联产甲醇企业，氨与粗甲醇（折 100% 甲醇）单位产品消耗原料，按 1：1.06 的比例分摊	GB 21344 中提到的合成氨联产甲醇企业原料煤、燃料煤、电耗的分摊
3	供水	①特定质量分配：某产品的分配系数=该产品线粗水煤气消耗量/粗水煤气； 按质量分配法占比对应分配到主产品和共生产品上	ISO14044 中提到的可测量的物理关系分配
		②合成氨联产甲醇企业，氨与粗甲醇（折 100% 甲醇）单位产品消耗原料，按 1：1.06 的比例分摊	GB 21344 中提到的合成氨联产甲醇企业原料煤、燃料煤、电耗的分摊
4	气化	①特定质量分配：某产品的分配系数=该产品线粗水煤气消耗量/粗水煤气； 按质量分配法占比对应分配到主产品和共生产品上	ISO14044 中提到的可测量的物理关系分配
		②合成氨联产甲醇企业，氨与粗甲醇（折 100% 甲醇）单位产品消耗原料，按 1：1.06 的比例共用的原料	GB 21344 中提到的合成氨联产甲醇企业原料煤、燃料煤、电耗的分摊

表 B.1 典型氨醇联产工艺应用 PCR 中的分配示例 (续)

序号	产品系统	分配方法	资料名称
5	变换、甲醇洗	①按照实际工艺路线, 若深变与浅变、未变副产蒸汽量以及电量有分开统计, 则按实际统计值计算	氨醇联产如若涉及有深变净化气向甲醇合成配氢气, 须按配氢气占深变净化气占比进行分配; ISO14044 中提到的可测量的物理关系分配
		②共同的能源输入按特定质量分配: 某产品的分配系数 = 该产品线粗水煤气消耗量/粗水煤气总量; 若深变与浅变、未变副产蒸汽量以及电量没有分开统计, 则需按照质量分配法占比对应分配到主产品和共生产品上	
		③合成氨联产甲醇企业, 氨与粗甲醇 (折 100% 甲醇) 单位产品消耗原料以及副产蒸汽, 均按 1:1.06 的比例分摊	
6	酸性气体处理	①特定质量分配: 某产品的分配系数 = 该产品线粗水煤气消耗量/粗水煤气总量; 按质量分配法占比对应分配到主产品和共生产品上, 副产物硫酸、硫磺暂未考虑	ISO14044 中提到的可测量的物理关系分配
		②合成氨联产甲醇企业, 氨与粗甲醇 (折 100% 甲醇) 单位产品消耗原料, 按 1:1.06 的比例分摊	GB 21344 中提到的合成氨联产甲醇企业原料煤、燃料煤、电耗的分摊

辅料排放因子及来源见表 B. 2。

表 B. 2 辅料排放因子及来源

种类	使用工段	主要成分	因子	单位	来源
药剂	水处理	98% H ₂ SO ₄	0.1806	kgCO ₂ e/kg	market for sulfuric acid {RoW}
药剂	水处理	13% NaClO	2.5592	kgCO ₂ e/kg	market for sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {RoW}
药剂	水处理	30% HCl	0.9891	kgCO ₂ e/kg	market for hydrochloric acid, without water, in 30% solution state {RoW}
药剂	水处理	32% NaOH	1.4911	kgCO ₂ e/kg	market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {RoW}
药剂	水处理	CH ₃ OH	5.2050	kgCO ₂ e/kg	methanol production, coal gasification {CN}
药剂	水处理	PAC	1.8050	kgCO ₂ e/kg	market for polyaluminium chloride {GLO}
药剂	水处理	PAM	3.9828	kgCO ₂ e/kg	market for polyacrylamide {GLO}
药剂	水处理	反渗透膜还原剂 (碳酸氢钠)	1.3452	kgCO ₂ e/kg	market for sodium hydrogen sulfite {GLO}
吨包	尿素包装	PET	3.8670	kgCO ₂ e/kg	market for polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}
编织袋	尿素包装	PE	3.2577	kgCO ₂ e/kg	market for polyethylene, low density, granulate {GLO}
彩、白带	尿素包装	PP	3.5177	kgCO ₂ e/kg	market for polypropylene, granulate {GLO}
变换保护剂	变换	MgAl ₂ O ₄	/	kgCO ₂ e/kg	/
耐硫变换催化剂一	变换	氧化钴 CoO (≥3.5%) 氧化钼 MoO ₃ (≥8.0%)	35.2000	kgCO ₂ e/kg	market for cobalt oxide, GLO
耐硫变换催化剂二	变换	氧化钴 CoO (≥3.5%) 氧化钼 MoO ₃ (≥8.0%)	8.0140	kgCO ₂ e/kg	market for molybdenum trioxide, GLO
氨合成催化剂	氨合成	四氧化三铁 Fe ₃ O ₄ (90%~95%)	0.9690	kgCO ₂ e/kg	market for magnetite. GLO
氨合成催化剂	氨合成	铁铝尖晶石结构 FeAl ₂ O ₄	/	kgCO ₂ e/kg	/
氨合成催化剂	氨合成	氧化钾 K-O (0.5%)	/	kgCO ₂ e/kg	/
氨合成催化剂	氨合成	氧化铝 Al ₂ O ₃ -(2-4%)	2.9100	kgCO ₂ e/kg	aluminium oxide production, CN

附录 C
(资料性)
甲醇产品碳足迹评价报告模板

甲醇碳足迹评价报告 (模板)

产品名称：

产品规格型号：

生产者名称：

报告编号：

出具报告机构：(若有) (盖章)

日期： 年 月 日

一、概况

1.1 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：

1.2 产品信息

产品名称：

产品功能：

产品介绍：

产品图片：

1.3 量化方法

依据标准：

二、量化目的

三、量化范围

3.1 声明单位

以 _____ 为功能单位或声明单位。

3.2 系统边界

- 原材料及辅料获取阶段
- 原材料及辅料运输
- 生产阶段

3.3 时间范围

20××年×月×日—20××年×月×日

3.4 取舍准则

采用的取舍准则以 _____ 为依据，具体规则如下：

3.5 多产品分配

多产品系统需采用合理的建模方法对整个系统的资源环境影响进行分配，从而得到主产品和共生产品各自的环境影响，本评价报告中主产品、共生产品采用的分配方法见表 C.1：

表 C.1 多产品及分配方法描述

过程名称	主产品	共生产品	分配方法	备注

四、清单分析

4.1 数据来源说明

4.1.1 ××生产过程

(1) 过程基本信息

过程名称：

(2) 过程清单（过程清单数据表见表 C.2）

主要数据来源：

表 C.2 过程清单数据表

类型	名称	数量	单位	数据来源	排放因子数据来源
产品产出					— —
产品产出					— —
原材料					
原材料					
能源					
环境排放					
废弃物					
.....					

运输数据清单见表 C.3

表 C.3 运输数据清单

物料名称	运输重量	起点	终点	运输距离	运输类型

(3) 分配方法

4.1.2 ××生产过程

4.2 清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 C.4。

表 C.4 生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	碳足迹/(tCO ₂ e/声明单位)	百分比
原材料及辅料获取		
原材料及辅料获取阶段小计		
原材料及辅料运输		
原材料及辅料运输阶段小计		
生产		
产品生产阶段小计		
产品碳足迹		

五、产品碳足迹量化评价结果

5.1 产品碳足迹特征化因子选择

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

5.2 产品碳足迹结果计算

六、结果解释

6.1 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 tCO₂ e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 C.5 和图 C.1 所示。

表 C.5 生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹/(tCO ₂ e/功能单位)	百分比/%
原材料及辅料获取		
运输		
产品生产		
总计		

图 C.1 * * 各生命周期阶段碳排放分布图

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。

6.2 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。

6.3 改进建议
