

ICS 号

T/CIQA XXX-2024

中国标准文献分类号 (CCS)

团 体 标 准

T/CIQA XXX-2024

绿 色 甲 醇 产 品 碳 足 迹 评 价

Product Carbon Footprint Evaluation for Green Methanol

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国出入境检验检疫协会 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 产品碳足迹量化 1

4.1 核算范围 1

4.2 核算方法 2

5 数据收集与处理 8

5.1 数据类型 8

5.2 数据收集原则 8

5.3 数据取舍原则 9

5.4 分配 9

5.5 数据质量要求 11

6 不确定性分析 13

7 产品碳足迹评级 15

8 产品碳足迹评价报告 15

8.1 报告内容 15

8.2 报告格式 16

附录 A 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。

本文件由中国出入境检验检疫协会检验鉴定标准化技术委员会（CIQA/TC1）提出并归口。

文件起草单位：中理检验有限公司、中远海运（香港）有限公司、中远海运能源运输股份有限公司、上海吉远绿色能源有限公司、运达能源科技集团股份有限公司、隆基绿能科技股份有限公司、中国船舶燃料有限责任公司、北京中创碳投科技有限公司。

本文件主要起草人：

绿色甲醇产品碳足迹评价

1 范围

本文件规定了甲醇产品生命周期碳足迹评价的功能单位、系统边界、数据收集、核算模型、数据质量要求和不确定性分析的基本规则和方法。

本文件适用于甲醇产品生命周期碳足迹的量化及甲醇产品碳足迹的评级和认证。

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 338 工业用甲醇

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

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

3 术语和定义

GB/T 24067:2024、GB/T 24040:2008、GB/T 32150:2015、GB/T 24044:2008、GB/T 14021:2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

[来源：GB/T 24067:2024，3.1.1]

3.2

生命周期 life cycle

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

[来源：GB/T 24040:2008，3.15]

3.3

温室气体 greenhouse gas

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、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

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）、氢氟碳化合物（HFCS）、全氟碳化合物（PFCS）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1，有修改]

3.4

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 24040:2008，3.20]

3.5

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 24044:2008，3.34]

3.6

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150:2015，3.13]

3.7

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]

3.8

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, 3.6.2]

3.9

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]

3.10

不确定性 uncertainty

与量化结果相关的参数,可用来合理反映量化结果的数值离散程度。

注 1: 不确定性可以包括:

- 参数不确定性,例如温室气体排放因子、活动数据;
- 场景不确定性,例如使用阶段场景、生命末期阶段场景;
- 模型不确定性。

注 2: 不确定性信息通常规定了对可能数值离散的定量估计和对可能离散原因的定性描述。

[来源: GB/T 24067:2024, 3.6.4]

3.11

生物质 biomass

生物来源的物质,不包括嵌入地质构造中的物质和转化为化石的物质,也不包括泥碳。

注: 包括有机质(有生命和死亡的),例如树木、作物、草、树木和、凋落物、藻类、动物、粪便和生物源废物。

[来源: GB/T 14021:2016, 3.1.1]

4 产品碳足迹量化

4.1 核算范围

4.1.1 功能单位

本文件指的功能单位为 1 吨甲醇产品（折纯度 100%）。应按照实际产品纯度折算甲醇产品质量，甲醇产品纯度检测应符合 GB 338。

4.1.2 系统边界

绿色甲醇产品碳排放核算采用生命周期系统边界，即从“摇篮”到“坟墓”，具体分为：原料获取阶段、运输阶段、生产阶段和使用阶段，具体如下图所示。

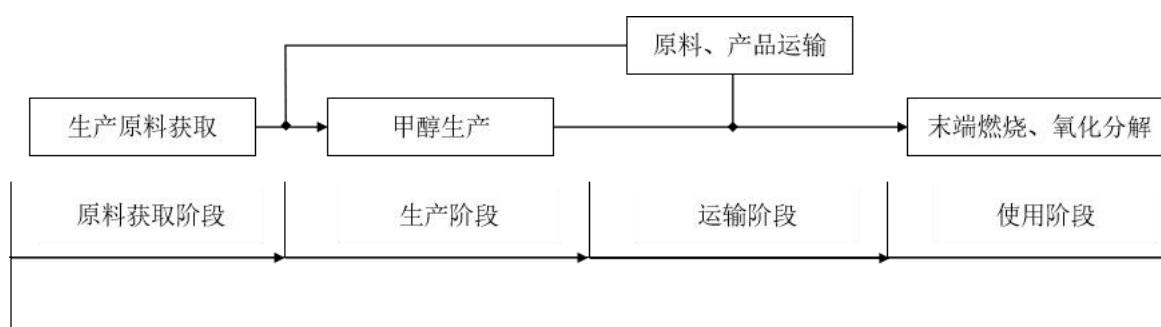


图1 甲醇产品碳足迹评价系统边界图

本文件的系统边界要求如下：

a) 原料获取阶段

原料获取阶段指用于生产甲醇的主要原料以及其他原辅料的生产，这些原材料在甲醇生产主体法人边界外进行生产，例如二氧化碳的直接空气捕集或工业尾气捕集过程、生物质原料的种植与收集的过程、工业副产氢的收集过程等，以及对上述原材料的净化和提纯阶段。

b) 生产阶段

生产阶段指甲醇生产所涵盖的全部工序，不包括厂内人员及生活设施。例如，在直接合成制取甲醇生产路线中，二氧化碳与氢气通过气体压缩、催化反应直接合成以及粗甲醇精馏过程；在生物质合成气制取甲醇生产路线中生物质热解或者气化分解、粗合成气变换、净化（脱碳、脱硫）、压缩、合成、粗甲醇精馏等。

c) 运输阶段

运输阶段是指甲醇生命周期中原辅料及产品在各主体位置间运输的过程。

d) 使用阶段

使用阶段是指甲醇产品在消费端进行燃烧或其延伸化学产品最终氧化分解的过程。

4.2 核算方法

4.2.1 甲醇产品生命周期

应对甲醇产品全生命周期每个阶段碳排放进行量化，并将各阶段的排放量汇总，见公式（1）。

$$E = E_{\text{原料}} + E_{\text{生产}} + E_{\text{运输}} + E_{\text{使用}} \quad (1)$$

式中：

E —— 甲醇全生命周期碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇（tCO₂e/t 甲醇）；

$E_{\text{原料}}$ —— 原料获取阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇（tCO₂e/t 甲醇）；

$E_{\text{生产}}$ —— 生产阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇（tCO₂e/t 甲醇）；

$E_{\text{运输}}$ —— 运输阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇（tCO₂e/t 甲醇）；

$E_{\text{使用}}$ —— 使用阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇（tCO₂e/t 甲醇）。

4.2.2 原料获取阶段

原料获取阶段涉及甲醇生产阶段前的主要原料（生物质、二氧化碳、一氧化碳和氢等）的种植、收集、捕集或提纯过程。应对上述过程碳排放进行量化，一般将原料获取阶段划分为主生产工艺单元及原料提取单元，并参照“4.2.3生产阶段”中计算方法分别进行计算。对于生物质原料，本文件特指生物质废物或残留物（如秸秆、木屑），其主生产工艺单元（即种植过程）碳排放量计为0。对于工业副产原料，其原料收集和提纯前的主生产工艺单元碳排放不可忽视，应按照本文件“5.4分配”中规定原则进行碳排放分配后计入该原料获取阶段碳排放量，最终形成各原料产品碳排放量，单位为吨碳排放当量每吨干重（tCO₂e/t）。

4.2.3 生产阶段

应对报告期的主要原料和产品生产过程碳排放进行量化，将生产单元内的电力消耗、热力消耗、其他输入、废水消耗碳排放量进行加和，计算主要原料或产品生产阶段碳排放量，见公式（2）。

$$E_{\text{生产}} = \frac{EM_{\text{电力}} + EM_{\text{热力}} + EM_{\text{输入}} + EM_{\text{废水}}}{M_{\text{干}}} \quad (2)$$

式中：

$E_{生产}$ —— 生产阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨干重（tCO₂e/t）；

$EM_{电力}$ —— 电力消耗碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$EM_{热力}$ —— 热力消耗碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$EM_{输入}$ —— 其他输入碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$EM_{废水}$ —— 废水消耗碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

$M_{干}$ —— 主要原料或产品干重，单位为吨（t）。

对于产品生产过程电力消耗的碳排放，宜采用排放因子法计算，见公式（3）。

$$EM_{电力} = EC \times EF_{电力} \quad (3)$$

式中：

$EM_{电力}$ —— 电力消耗碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

EC —— 电力消耗量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{电力}$ —— 电力排放因子，单位为吨二氧化碳当量每兆瓦时（tCO₂e/MWh）。

关于电力排放因子的选取，应满足如下要求：

a) 当产品消耗的电为内部发电（例如现场发电），且未向第三方出售，则应将该电力的生命周期数据计入该产品的产品碳足迹量化；

b) 如果该组织与发电站之间具有专用输电线路，且所消耗的电未向第三方出售，则可使用该电力供应商提供的电力排放因子；

c) 当供应商能够通过合同工具的形式保证电力供应，应使用供应商特定电力生产的生命周期数据电力产品应：

——传递电力生产单位相关信息以及发电机组特征信息；

——保证唯一的使用权；

——由报告实体或报告实体代表追踪、赎回、报废或注销；

——尽可能接近合同工具的适用期限，并包括相应的时间长度。

当无法获得供应商的具体电力信息时，应使用与电力来源相关的电网 GHG 排放量。相关电网 GHG

排放量应反映相关地区的电力消耗情况，不包括任何之前已声明归属的电力。如果没有电力追踪系统，所选电网 GHG 排放量应反映该地区的电力消费情况。

注 1：合同工具是指双方之间签订，用于出售和购买能源的任意形式的合约。例如能源属性证书、电力交易合同等报告实体可根据目标用户的需求选择合同工具的类型。

注 2：发电机特征信息包括设备的登记名称、所有者和产生的能源性质、发电量和提供的可再生能源等。

注 3：如果难以获得电力供应系统内某一过程的具体生命周期数据，可使用公认数据库[例如来自中华人民共和国生态环境部、联合国环境规划署（UNEP）或联合国气候变化框架公约（UNFCCC）中的数据]。

如果非化石能源电力证书在出售时不直接与电力本身关联，来自非化石能源的部分电力作为非化石电力出售，但没有被排除在电网组合排放因子之外，在这种情况下，应使用电力跟踪系统开展相关消费电网组合分析，并在产品碳足迹报告中单独报告，以此来展示结果的差异。

对于产品生产过程热力消耗的碳排放，宜采用排放因子法计算，可以根据活动水平的来源类型选择适用的公式进行计算。可采用基于燃料计算的方法，见公式（4）。

$$EM_{\text{热力}} = FC \times EF_{\text{燃料}} \quad (4)$$

式中：

$EM_{\text{热力}}$ —— 热力消耗碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

FC —— 燃料消耗量，单位为千克（kg）或升（L）；

$EF_{\text{燃料}}$ —— 燃料排放因子，单位为吨二氧化碳当量每千克或升（tCO₂e/kg 或 tCO₂e/L）。

或可采用基于热力计算的方法，见公式（5）。

$$EM_{\text{热力}} = HC \times EF_{\text{热力}} \quad (5)$$

式中：

$EM_{\text{热力}}$ —— 热力消耗碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

HC —— 热力消耗量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{\text{热力}}$ —— 热力排放因子，单位为吨二氧化碳当量每吉焦（tCO₂e/GJ）。

其他输入是指产品生产所需的其他类型物料的投入，例如消耗的化学品、其他生产产品、工艺用水或其他燃料（例如柴油、天然气等），考虑化石原料生产过程的排放。对于产品生产过程其他输入的碳排放，宜采用排放因子法计算，见公式（6）。

$$EM_{\text{输入}} = IC \times EF_{\text{输入}} \quad (6)$$

式中：

$EM_{\text{输入}}$ —— 其他输入碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

IC —— 其他输入消耗量，单位为千克（kg）或升（L）；

$EF_{\text{输入}}$ —— 其他输入排放因子，单位为吨二氧化碳当量每千克或升（tCO₂e/kg 或 tCO₂e/L）。

对于采用含碳化石能源作为原料生产甲醇的情况，其生产过程碳排放量根据原材料输入的碳含量以及主副产品输出的碳含量按照质量平衡法计算，见公式（7）：

$$EM_{\text{输入, 化石原料}} = \left[\sum_r (AD_r \times CC_r) - \left(\sum_p (AD_p \times CC_p) + \sum_w (AD_w \times CC_w) \right) \right] \times \frac{44}{12} \quad (7)$$

式中：

$EM_{\text{输入, 化石原料}}$ —— 化石燃料和其他碳氢化合物用作原材料产生的 CO₂ 排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

r —— 进入生产工序的原材料种类，如具体品种的化石燃料、具体名称的碳氢化合物、碳电极以及 CO₂ 原料；

AD_r —— 原材料 r 的投入量，单位为吨（t）或万立方米（万 Nm³）；

CC_r —— 原材料 r 的含碳量，单位为吨碳每吨或万立方米（tC/t 或 tC/万 Nm³）；

p —— 流出生产工序的含碳产品种类，包括各种具体名称的主产品、联产产品、副产品等；

AD_p —— 含碳产品 p 的产量，单位为吨（t）或万立方米（Nm³）；

CC_p —— 含碳产品 p 的含碳量，单位为吨碳每吨或万立方米（tC/t 或 tC/万 Nm³）；

w —— 流出生产工序且没有计入产品范畴的其他含碳输出物种类，如炉渣、粉尘、污泥等含碳的废物；

AD_w —— 含碳废物 w 的输出量，单位为吨（t）；

CC_w —— 含碳废物 w 的含碳量，单位为吨碳每吨（tC/t）。

对于产品生产过程产生废水的碳排放，宜采用排放因子法计算，见公式（8）。

$$EM_{\text{废水}} = WW \times EF_{\text{废水}} \quad (8)$$

式中：

$EM_{\text{输入}}$ —— 废水碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

WW —— 废水产生量，单位为立方米（Nm³）；

$EF_{\text{废水}}$ —— 废水处理的排放因子，单位为吨二氧化碳当量每立方米（tCO₂e/Nm³）。

4.2.4 运输阶段

应对报告期系统边界内原料及甲醇产品的运输过程碳排放进行量化，运输排放可采取基于运力的运输排放的方法进行计算，见公式（9）。

$$E_{\text{运输}} = \frac{T_{\text{需求}} \times (D_{\text{负载}} \times K_{\text{负载}} + D_{\text{空载}} \times K_{\text{空载}}) \times EF_{\text{燃料}}}{M_{\text{干}}} \quad (9)$$

式中：

$E_{\text{运输}}$ —— 运输阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨干重（tCO₂e/t）；

$T_{\text{需求}}$ —— 运输所需的运输次数，无量纲；

$D_{\text{负载}}$ —— 负载运输距离，单位为公里（km）；

$K_{\text{负载}}$ —— 运输方式负载燃料效率，单位为升每公里（L/km）；

$D_{\text{空载}}$ —— 物质空载运输距离，单位为公里（km）；

$K_{\text{空载}}$ —— 运输方式空载燃料效率，单位为升每公里（L/km）；

$EF_{\text{燃料}}$ —— 运输燃料对应的燃料排放因子，单位为吨二氧化碳当量每升（tCO₂e/L）

$M_{干}$ —— 运输干重，单位为吨（t）。

同时，也可以采用基于吨公里的方法进行计算，运输距离乘以该运输类型的运输热效率、使用的燃料的排放因子和运输物料的湿重和干重的比例，见公式（10）。

$$E_{运输} = \frac{M_{湿} \times D \times TE \times EF_{燃料}}{M_{干}} \quad (10)$$

式中：

$E_{运输}$ —— 运输阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨干重（tCO₂e/t）；

$M_{湿}$ —— 运输湿重，单位为吨（t）；

D —— 运输距离，单位为公里（km）；

TE —— 运输热效率，单位为兆焦每吨公里（MJ/tkm）；

$EF_{燃料}$ —— 运输燃料对应的燃料排放因子，单位为吨二氧化碳当量每兆焦（tCO₂e/MJ）；

$M_{干}$ —— 运输干重，单位为吨（t）。

若物料运输涉及不同类型，则在联运路线中对不同的运输类型排放计算后进行加和获取最终结果。

4.2.5 使用阶段

应对报告期甲醇产品的使用过程碳排放进行量化，计算基于甲醇氧化分解（如用于燃烧，或以甲醇为原料的其他化工产品的最终分解）产生的二氧化碳。根据公式（11）计算使用阶段单位甲醇消耗产生的二氧化碳排放当量。

$$E_{使用} = FR \times EF_{甲醇} \quad (11)$$

式中：

$E_{使用}$ —— 甲醇使用阶段碳排放量，单位为吨二氧化碳当量每吨甲醇（tCO₂e/t 甲醇）；

FR —— 甲醇产品中碳元素的化石来源占比，单位为%；

$EF_{\text{甲醇}}$ —— 甲醇氧化分解排放因子，默认甲醇产品中碳元素全部氧化为二氧化碳，取值 1.375tCO₂e/t 甲醇。

对于生物质及非生物质可再生原料生产的甲醇产品，其使用过程中产生的二氧化碳排放为0。应根据甲醇产品原料组成计算甲醇产品中碳元素的化石来源占比，见公式（12）。对于系统边界内采用多种工艺路线生产的甲醇产品，应分别计算各工艺路线产品对应的化石来源占比，再根据各工艺路线产品产量通过加权平均计算系统边界内甲醇产品总化石来源占比。

$$FR = \frac{\sum_i (M_i \times CC_i)}{\sum_i (M_i \times CC_i) + \sum_j (M_j \times CC_j)} \quad (12)$$

式中：

FR —— 甲醇产品中碳元素的化石来源占比，单位为%；

M_i —— 用于生产甲醇的第 i 种化石来源含碳主原料（如工业捕集 CO₂、化工煤、合成气等）投入量，单位为吨（t）或立方米（Nm³）；

CC_i —— 用于生产甲醇的第 i 种化石来源含碳主原料（如工业捕集 CO₂、化工煤、合成气等）含碳量，单位为吨碳每吨（tC/t）或吨碳立方米（tC/Nm³）；

M_j —— 用于生产甲醇的第 j 种非化石来源含碳主原料（如生物质、空气捕集 CO₂ 等）投入量，单位为吨（t）或立方米（Nm³）；

CC_j —— 用于生产甲醇的第 j 种非化石来源含碳主原料（如生物质、空气捕集 CO₂ 等）含碳量，单位为吨碳每吨（tC/t）或吨碳立方米（tC/Nm³）。

5 数据收集与处理

5.1 数据类型

数据类型包括初级数据和次级数据。

初级数据包括甲醇生产阶段的原辅材料消耗、能源消耗、污染物排放以及对应运输方式运输距离等，以及可直接获取的上游供应链的生产数据。如果符合定义，直接排放数据、碳足迹因子数据和工艺活动数据都可以归为初级数据。

次级数据包括行业平均数据、基于文献研究的估计值、行业协会公布的生产数据、政府统计数据、文献数据、工程研究和专利、也可能基于财务数据。可以由外部专家评估产生的代用数据。此外，还可以来自第三方 LCI 数据库、开发资源、供应链产品碳足迹计算值等。

5.2 数据收集原则

应收集系统边界内所有单元过程的定性资料和定量数据。通过测量、计算或估算而收集到的数据，均可用于量化单元过程的输入和输出。应选取能实现目的和范围的初级数据和次级数据。

在开展绿色甲醇产品碳足迹研究的组织拥有财务和/或运营控制权的情况下，应收集现场数据。所收集的过程数据应具有代表性。对于重要的单元过程，即使不在财务和/或运营控制下，也应使用现场数据。数据收集应遵循以下原则：

- a) 数据的覆盖范围与项目产品系统边界保持一致，且能满足碳排放量化的需要；
- b) 数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则；
- c) 数据具有精确性、完整性、时间代表性、技术代表性、地理代表性；
- d) 数据来源应清晰、透明；
- e) 应选择质量较高的数据进行采集。

只有当收集初级数据不可行，或用于不重要的过程，或由于各种原因使得次级数据比初级数据质量更高或更适合的情况下，则可以使用次级数据。

5.3 数据取舍原则

一般来说，可归属于生产产品体系的所有工艺过程、材料/能源流和活动都必须包括在产品碳足迹中。对于个别材料或能源流在某一单元过程中的碳足迹可忽略，则可基于实际原因将其排除在外，并在报告中说明。取舍规则如下：

- a) 普通物料的碳足迹估值 $<1\%$ 绿色甲醇产品全生命周期碳足迹，以及含稀贵或高纯成分的物料碳足迹估值 $<0.1\%$ 绿色甲醇产品全生命周期碳足迹时，可忽略该物料的上游生产过程影响，但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5% ；
- b) 低价值废物作为原料可忽略其上游生产过程影响；
- c) 多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- d) 单元过程已知排放数据不应忽略。

5.4 分配

分配是指基于物理、经济或其他标准，通过在所分析的产品系统和一个或多个其他产品系统之间，将工艺或产品系统的输入和输出量进行分割，进而将多产出工艺分割成单产出单元过程。应根据明确规定的分配程序将输入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。

5.4.1 分配程序

应确定与其他产品系统共享的过程，并按照以下步骤进行处理：

- a) 第1步：宜通过以下方法避免分配（从形式上看，第1步不属于分配程序的一部分）：
 - 1) 将拟分配的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和输出数据；
 - 2) 扩展产品系统，使其包括共生产品相关的附加功能或采用替代扣除。
- b) 第2步：若无法避免分配，则宜以能反映它们之间潜在物理关系的方式，将系统的输入输出数

据划分到不同产品或功能中；

c) 第3步：当物理关系无法建立或无法用来作为分配基础时，则宜以能反映它们之间其他关系的方式将输入输出在产品或功能之间进行分配。例如可以根据产品的经济价值按比例将输入输出数据分配到共生产品。

有些输出可能同时包括共生产品和废物，此时应确定两者的比例，因为输入输出只对其中共生产品部分进行分配。对系统中相似的输入输出，应采用同样的分配程序。例如离开系统的可用产品（例如中间产品或废弃产品）的分配程序应和进入系统的同类产品的分配程序相同。

生命周期清单是以输入和输出之间的物质平衡为基础的，因此，分配程序应尽可能的接近这些基本的输入输出关系和特征。

5.4.2 分配细则

在遵循 5.4.1 分配程序的前提下，为进一步明确甲醇产品生产过程中涉及的多产品过程分配问题，本文件提出如下分配细则，以供参考。

a) 关于经济价值分配，经济分配因子应根据稳定的市场价格计算，作为年度平均值或在价格高度波动的情况下，使用多年平均值，避免价格波动影响。如果没有市场价格，可以采用其他经济系数。如果有两个以上的共生副产品，使用所有副产品的最高和最低价值比率。比较共生副产品的经济价值（= 价格）的结果 >5 。（产品 1 价格（最大）/产品 2 价格（最小） >5 ）。输入和输出流的碳排放影响必须根据经济分配方法进行分配。如果共生副产品的经济价值（= 价格）的结果 ≤ 5 ，则必须采用基于物理关系的分配；

b) 化学计量或元素分配，化学反应的化学计量比可以作为分配的基础。如果质量流不能反映共生副产品的基本情况，则此方法可用。该分配方式可用于仅与某些产品而非所有共生副产品有化学连接性的投入材料。化学计量或元素分配可以与其他原材料、能源、废弃物、排放物等的质量分配相结合；

c) 被捕获并投入其他过程的二氧化碳作为可回收材料可以无负担地用于再利用过程，而被捕获的二氧化碳仅承受捕获过程的影响。如果捕获数据不可得可采用直接空气捕集二氧化碳碳足迹因子进行系统扩展；

d) 如果甲醇产品在使用阶段作为燃料使用，则甲醇产品数据必须按照热值进行分配。如果共生副产品是氢气，由于氢气的分子量较低，必须按照热值分配。例如：产生一氧化碳和氢气的合成气工艺，两者都是气体和有价值的产品。如果氢气是多产出工艺中的共生副产品，由于氢气的分子量低，不允许采用质量分配。

生产过程中产生的不可回收废弃物，其处理过程产生的排放必须按比例分配给主要产品或副产品，并反映在产品碳足迹中。由于废弃物是没有经济价值的产物，因此产品排放不能分配给生产过程中产生的实际废弃物。

某些情况下，不同类型的废弃物流在同一个废弃物处理设施中处理。例如，高热值和低热值废物流共同焚烧，或不同成分的废水处理。这种废弃物处理过程可视为多功能处理，无论过程中是否包括能源回收。如果数据可用，则必须按照上述的多产出工艺的分配优先级，按照不同废弃物类型分配焚烧过程的影响。

5.5 数据质量要求

5.5.1 数据质量要求

应通过使用现有最高质量的数据，尽可能地减少偏差和不确定性。数据质量的特征应包括定量和定性两个角度。数据质量的特性描述应涉及以下方面：

- a) 精确性：对每个数据的可变性的度量（例如方差）；
- b) 完整性：测量或测算的流所占的比例；
- c) 时间代表性：数据的年份和所收集数据的最小时间跨度；
- d) 地理代表性：为实现产品碳足迹核算的目的，所收集的单元过程数据的地理区域；
- e) 技术代表性：具体的技术或技术组合；
- f) 一致性：对研究方法学是否统一应用到所有假设、方法和数据中而进行的定性评价；
- g) 可重现性：对其他独立从业人员采用同一方法和数值信息重现相同研究结果的定性评价。

5.5.2 数据质量评价

本文件数据质量评价采用半定量评价方法，数据质量评价是本文件的可选部分。

初级数据的质量等级计算公式（13）

$$DQR_{PD} = \frac{TiR_{PD} + TeR_{PD} + GeR_{PD} + P_{PD}}{4} \quad (13)$$

式中：

- DQR_{PD} —— 初级数据质量等级；
- TiR_{PD} —— 初级数据的时间代表性；
- TeR_{PD} —— 初级数据的技术代表性；
- GeR_{PD} —— 初级数据的地理代表性；
- P_{PD} —— 初级数据的准确性。

针对初级数据的实际情况，按照表 1 对 TiR_{PD} 、 TeR_{PD} 、 GeR_{PD} 、 P_{PD} 四项参数进行评分。

表 1 初级数据DQR评分表

分值（分）	参数			
	TiR_{PD}	TeR_{PD}	GeR_{PD}	P_{PD}
1	采用最近一年度的数据	能准确反映过程采用的技术	能准确反映过程的使用地区	测量/计算并通过外部验证
2	采用最近两年度的数据	可以代表过程采用的技术	大致能反映过程的使用地区	测量/计算并且内部验证，可信度经过审查
3	采用最近三年度的数据	不适用	不适用	测量/计算/参考文

分值（分）	参数			
	TiR _{PD}	TeR _{PD}	GeR _{PD}	P _{PD}
	数据			献，并且可信度未经过审查，或者有一定程度的估算但经过审查
4-5	不适用	不适用	不适用	不适用

评分后，将 TiR_{PD}、TeR_{PD}、GeR_{PD}、P_{PD} 四项参数代入公式（12）进行计算，要求 DQR_{PD}≤1.5，则认为初级数据的数据质量合格。

次级数据数据质量等级计算见公式（14）。

$$DQR_{SD} = \frac{TiR_{SD} + TeR_{SD} + GeR_{SD}}{3}$$

(14)

式中：

- DQR_{SD}

——

次级数据质量等级；
- TiR_{SD}

——

次级数据的时间代表性；
- TeR_{SD}

——

次级数据的技术代表性；
- GeR_{SD}

——

次级数据的地理代表性。

针对次级数据的实际情况，按照表 2 对 TiR_{PD}、TeR_{PD}、GeR_{PD} 三项参数进行评分。

表 2 次级数据DQR评分表

分值（分）	参数		
	TiR _{PD}	TeR _{PD}	GeR _{PD}
1	背景数据在有效期内	背景数据对应的技术与实际使用的技术完全相同	背景数据对应的技术与实际使用的技术在同一国家有应用
2	背景数据发布日期不超过有效期2年	背景数据对应的技术包括在实际使用的技术中	背景数据对应的技术与实际使用的技术在同一地区（如欧洲）有应用
3	背景数据发布日期不超过有效期4年	背景数据对应的技术部分包括在实际使用的技术组合中	背景数据对应的技术只在实际使用的技术覆盖的其中一个地区有应用
4	背景数据发布日期不超过有效期6年	背景数据对应的技术与实际使用的技术类似	背景数据对应的技术不属于实际使用技术的覆盖地区，但是专家对地区间的相似性进行了充分评估
5	背景数据发布日期不超过有	背景数据对应的技术与实际	背景数据对应的技术不属

分值（分）	参数		
	TiR _{PD}	TeR _{PD}	GeR _{PD}
	效期6年或有效期不明确	使用的技术不同	于实际使用技术的覆盖地区

评分后，将 TiR_{SD}、TeR_{SD}、GeR_{SD} 三项参数代入公式（14）进行计算，要求 DQR_{SD}≤3.0，则认为采用的次级数据的数据质量合格。

6 不确定性分析

数据的不确定性受到数据的准确性、完整性、时间代表性、地理代表性、技术代表性和基础代表性累积影响。本文件采用谱系矩阵半定量评估方法评估数据的各项质量指标（见表3、表4），得出各项指标的不确定性因子，以95%置信度的几何标准偏差的平方（SDg95）代表数据的不确定性，从而将各项数据质量指标与单个数据的不确定性范围相联系。

表 3 不确定性因子谱系矩阵

指标分数	很好	好的	一般的	较差的
准确性	1.00	1.10	1.20	1.50
完整性	1.00	1.05	1.10	1.20
时间代表性	1.00	1.10	1.20	1.50
地理代表性	1.00	1.02	1.05	1.10
技术代表性	1.00	1.20	1.50	2.00

表 4 基本不确定性因子

活动/排放类别	基本不确定性因子
热能	1.05
电	1.05
半成品	1.05
原料	1.05
交通服务	2.00
废物处理服务	1.05
基础设施	3.00
二氧化碳排放量	1.05
燃烧产生的甲烷排放	1.50
农业甲烷排放	1.20
燃烧产生的N ₂ O排放	1.50
农业N ₂ O排放	1.40

单项数据的不确定性范围按照公式（15）计算。

$$SD_{g95} = \sigma_{g95}^2 = \exp \sqrt{[\ln(U_1)]^2 + [\ln(U_2)]^2 + [\ln(U_3)]^2 + [\ln(U_4)]^2 + [\ln(U_5)]^2 + [\ln(U_b)]^2} \quad (15)$$

式中：

- U_1 —— 数据准确性的不确定性因子；
- U_2 —— 数据完整性的不确定性因子；
- U_3 —— 数据时间代表性的不确定性因子；
- U_4 —— 数据地理代表性的不确定性因子；
- U_5 —— 数据技术代表性的不确定性因子；
- U_b —— 数据基础不确定性因子。

清单数据的不确定性会对碳足迹结果的不确定性产生影响，且影响的大小与各项数据的敏感性相关。本文件采用泰勒级数展开的解析方法传递和合并各项清单数据的不确定性。碳足迹结果的几何标准偏差平方（ GSD^2 ）被定义为每项清单数据对结果的敏感性和每项数据几何标准偏差平方的函数，见公式（16）。

$$(\ln GSD_y)^2 = S_1^2 \times (\ln GSD_1)^2 + S_2^2 \times (\ln GSD_2)^2 + \dots + S_n^2 \times (\ln GSD_n)^2 \quad (16)$$

式中：

- GSD_y —— 碳足迹结果的不确定性；
- S_1 —— 数据项 1 的敏感性；
- GSD_1 —— 数据项 1 的不确定性；
- S_2 —— 数据项 2 的敏感性；
- GSD_2 —— 数据项 2 的不确定性；
- S_n —— 数据项 n 的敏感性；
- GSD_n —— 数据项 n 的不确定性。

其中敏感性定义为输出对输入改变的响应百分比，如公式（17）所示。当所研究的数据为线性过程时，敏感性就是该过程对输出的百分比贡献，即该过程对碳足迹结果的贡献百分比。

$$S_i = \frac{\Delta CFP_i / CFP}{\Delta Inventory_i / Inventory_i} \quad (17)$$

式中：

- ΔCFP_i —— 清单数据 i 变化导致甲醇碳足迹结果变化量， tCO_2e
- CFP —— 甲醇碳足迹， tCO_2e
- $\Delta Inventory_i$ —— 清单数据 i 变化量，对应单位；
- $Inventory_i$ —— 清单数据 i 的数值，对应单位。

本文件甲醇产品碳足迹的不确定性以相对几何标准偏差表示，即 GSD 。

7 产品碳足迹评级

甲醇产品碳足迹评级应参考表 5 中等级划分规则，应在产品碳足迹评价报告中标注除碳足迹数值以外甲醇产品等级。甲醇产品碳足迹评级过程中，首先根据甲醇产品重点原料来源确定适用的指标标准值，通过将碳足迹量化结果与对应指标标准值进行比对判断其碳足迹等级。

表 5 甲醇产品碳足迹评级

序号	重点原料来源		指标	绿色甲醇	参考标准	低碳甲醇	参考标准
1	生物来源	生物质（如秸秆、木屑等农林废弃物）	甲醇产品碳足迹（tCO ₂ e/t甲醇）	≤0.655	基于国际标准，如 Directive (EU) 2018/2001 中针对生物燃料的相关规定，基于标准值 94gCO ₂ e/MJ 至少减排 65%*	≤0.935	基于国际标准值 94gCO ₂ e/MJ 减排至少 50%*
2	非生物可再生来源	直接空气捕集		≤0.561	基于国际标准，如 Directive (EU) 2023/1185 中针对非生物可再生燃料的相关规定，基于标准值 94gCO ₂ e/MJ 至少减排 70%*	≤0.935	
		其他生物燃料生产或燃烧过程的二氧化碳捕集					
		从地质中自然泄漏的二氧化碳捕集					
3	化石来源	煤		—	—	≤0.935	
		天然气					
		化石来源工业尾气捕集					
*甲醇碳足迹排放指标值通过甲醇低位热值 19.9MJ/kg 进行折算。							

上述评级过程仅匹配本文件产品碳足迹核算方法。

8 产品碳足迹评价报告

产品碳足迹评价结果和结论应为完整的、准确的、不带偏向性的。应透明地、详细地阐述评价结果、数据、方法、假设和局限性，以便利益相关方能够理解产品碳足迹固有的复杂性，并作出权衡。产品碳足迹报告中的评价结果和解释应能以符合评价目标的方式而被使用。

8.1 报告内容

产品碳足迹评价报告应记录产品碳足迹的量化结果，并陈述在评价目标和范围确定阶段内所做的决

定以及证明产品碳足迹评价符合本标准中的要求。报告应包括但不仅限于以下内容：

a) 基本信息

- 1) 产品信息；
- 2) 被评价主体与评价机构信息；
- 3) 评价依据；
- 2) 报告期。

b) 核算范围

- 1) 生产工艺描述；
- 2) 功能单位；
- 3) 系统边界。

c) 核算过程

- 1) 计算程序；
- 2) 数据收集与处理程序；
- 3) 数据取舍程序；
- 4) 分配原则与程序；
- 5) 数据质量评价；
- 6) 不确定性分析。

d) 评价结论

- 1) 产品碳足迹核算结果及不确定性；
- 2) 产品碳足迹评级结果。

8.2 报告格式

产品碳足迹评价报告模板可参考附录A。

附 录 A

(资料性)

甲醇产品碳足迹评价报告模板

(报告结论页)

报告编制日期	报告编号		报告版本号
被评价主体信息	企业名称		
	企业地址		
	统一社会信用代码		
	企业性质		
	联系人		
	联系方式（电话、email）		
评价机构信息	名称		
	地址		
	联系人		
	联系方式（电话、email）		
评价依据			
报告期			
评价结论			
产品碳足迹评级	☐ 绿色甲醇 ☐ 低碳甲醇 ☐ 其他		
产品碳足迹信息如下：			
工艺简述			
功能单位			

系统边界			
时间段	产品名称	产品生命周期阶段	碳足迹（tCO ₂ e/t 甲醇）
20XX 年 1 月 1 日-20XX 年 12 月 31 日	甲醇	原料获取	
		生产	
		运输	
		使用	
		碳清除	
		合计	
评价组成员		技术评审组成员	
报告批准人		日期	

（报告正文）

一、 基本信息

1.1 产品基本信息

包括但不限于对甲醇产品名称、规格、生产工艺、用途的描述。

1.2 被评价主体基本信息

1.3 评价机构基本信息

1.4 评价依据

1.5 报告期

二、 核算范围

2.1 生产工艺

包括但不限于对甲醇产品生产生命周期阶段生产工艺的简单描述。

2.2 功能单位

2.3 系统边界

包括但不限于对生命周期阶段边界描述。

三、 核算过程和结果

包括但不限于对产品碳足迹计算过程、结果以及计算公式与基础数据的描述。

四、 数据收集与处理

包括但不限于各阶段数据收集来源、数值、数据取舍、分配过程的描述。

4.1 原料获取阶段

4.2 生产阶段

4.3 运输阶段

4.4 使用阶段

4.5 碳清除

五、 不确定性分析

包括但不限于碳足迹核算结果的不确定性计算过程与结果的描述。

六、 产品碳足迹评级

包括但不限于产品碳足迹评级结果，以及对产品设计优化与供应链管理等方面的结论与建议。

参 考 文 献

- [1] ISCC EU 205 温室气体排放 Version 4.0 (ISCC., 2021);
 - [2] PAS2050:2011 产品与服务生命周期温室气体排放的评价规范 (BSI., 2011);
 - [3] 产品生命周期核算与报告标准 (GHG Protocol) (WRI, WBCSD., 2011);
 - [4] 欧盟指令 Directive(EU) 2018/2001 (EU, 2018);
 - [5] 欧盟指令 Directive(EU) 2023/1185 (EU, 2023)。
-