

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CIEP

团 体 标 准

T/CIEP XXXX—XXXX

二氧化碳催化合成绿色甲醇碳排放核算方法

Carbon emission accounting method for the catalytic synthesis of green methanol
from carbon dioxide

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 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 目的范围	1
5 生命周期清单分析	3
6 生命周期影响评价	4
7 生命周期结果解释	6
8 产品碳足迹报告	6
附录 A（资料性） 生命周期数据收集分类清单	8
附录 B（资料性） 碳足迹评价报告模板	9
参考文献	10

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××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

二氧化碳催化合成绿色甲醇碳排放核算方法

1 范围

本文件规定了利用二氧化碳（CO₂）催化合成绿色甲醇的目的范围、生命周期清单分析、生命周期影响评价、生命周期结果解释、产品碳足迹报告等。

本文件适用于以可再生能源电解水制氢为氢源，以捕集的二氧化碳（生物源、工业源或直接空气捕集）为碳源的绿色甲醇产品的碳足迹核算。

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 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

ISO 14026:2017《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 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

绿色甲醇 green methanol

在生产过程中碳排放显著低于化石燃料基准线的甲醇产品。本文件中特指以可再生能源电解水制氢与捕集的二氧化碳为原料，经催化合成工艺生产的电制甲醇。

3.2

温室气体 green housegas

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）和氧化亚氮（N₂O）。

4 目的范围

4.1 量化目标

4.1.1 碳足迹量化目的

二氧化碳催化合成绿色甲醇产品碳足迹量化的目的包括：

- 用于识别生产环节的减排潜力，验证产品是否满足绿色甲醇的碳减排阈值要求，并向下游客户提供碳足迹数据；
- 响应国家“双碳”目标，满足国际市场对绿色能源的准入与合规要求，确证产品的低碳属性；
- 目标受众包括企业内部管理层、下游客户、第三方核查机构及监管部门；
- 计划用于符合 ISO 14026:2017 要求的沟通，包括产品碳足迹报告、可持续性声明或环境产品声明量化范围。

4.1.2 产品系统及功能

产品描述应使用户能够清晰识别产品，按照GB/T 338的要求进行描述，对其描述包括但不限于：

- a) 生产厂名称；
- b) 产品名称；
- c) 产品生产日期或批号；
- d) 产品质量等级。

4.1.3 功能单位

绿色甲醇产品碳足迹研究应以功能单位作为相关的输入和输出数据的归一化参考基准。根据产品碳足迹研究的目的，功能单位为单位能量（MJ）的绿色甲醇产品。

4.2 系统边界

4.2.1 总体描述

本文件基于生命周期理论系统界定的原则，根据选择的产品特性，系统边界包括原材料获取、生产加工、运输与分销、燃料使用等4个阶段的所有显著温室气体排放和清除。系统边界图详见图1。

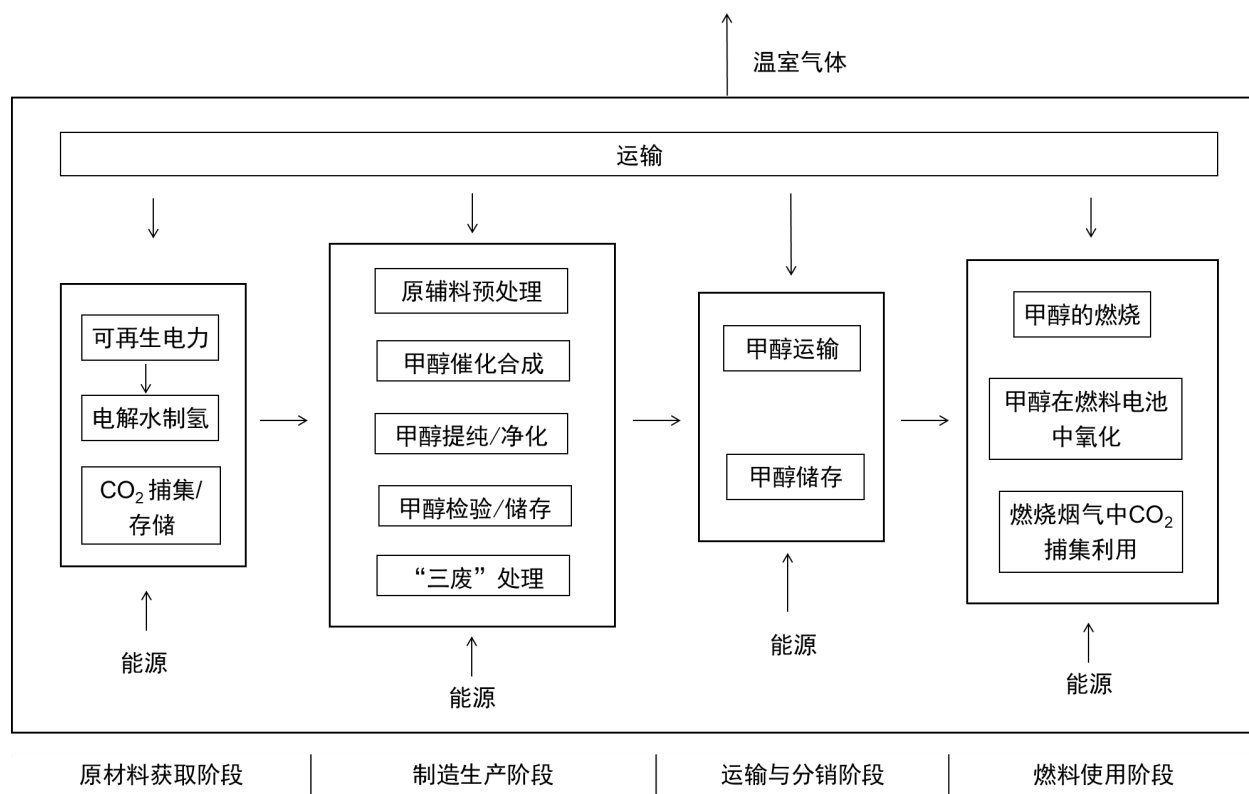


图1 项目边界图

4.2.2 单元阶段描述

4.2.2.1 原料获取阶段

本阶段界定为从自然资源（水、可再生能源）及碳源原料的采集开始，至符合甲醇合成工艺要求的氢气与二氧化碳气体输送至合成装置界区止，主要过程包括：

- a) 氢气制备：涵盖原料水预处理（制备脱盐水）、可再生能源引入、电解水制氢反应、气液分离以及氢气的纯化与初步压缩、运输；
- b) 二氧化碳制备：涵盖二氧化碳的源头捕集（包括生物质、直接空气捕集或工业尾气）、原料气预处理（脱硫、脱水、脱除杂质）及压缩输送；
- c) 其他辅助材料的生产与运输。

4.2.2.2 生产加工阶段

从原料进入生产厂区界区开始，到合格绿色甲醇产品离开加工单元进入成品储罐终止，包括催化合成反应、精馏提纯、工艺废弃物（如废水、废液）的处理、以及厂区内相关公用工程系统的运行等过程。

4.2.2.3 运输与分销阶段

从产品离开生产工厂大门开始，到交付至最终用户使用终端（如船舶燃料舱、化工厂储罐）终止，包括各种运输方式（公路、铁路、水路）的燃料消耗、中转储存设施的运行能耗（泵送、温控）、装卸作业及分销过程中的逸散排放等过程。

4.2.2.4 燃料使用阶段

从最终用户开始使用甲醇产品开始，到产品完全氧化分解并以二氧化碳和水蒸气的形式回归自然环境终止，包括甲醇在发动机、锅炉或燃料电池中的燃烧做功、废液/废气的收集与处理、以及最终排放至大气的温室气体等过程。

4.2.3 取舍准则

在评价目标和范围确定阶段，应确定允许省略次要过程的取舍准则。所选择的取舍准则对评价结果产生的影响应在最终的报告中做出解释。可舍弃产品碳足迹影响小于1%的环节，但所有舍弃的合计值不应超过产品碳足迹总量的5%。

4.3 数据质量要求

碳足迹量化数据质量要求如下：

- a) 时间跨度：宜采用全年平均数据，生产期不足一年或非连续生产时，应选择较长时间跨度内的数据；
- b) 准确性：确保收集的数据无误，避免错误和偏差，使用可靠的数据源；
- c) 完整性：覆盖范围应与项目系统边界保持一致，且应能满足对碳排放量进行量化的需要；
- d) 一致性：应保持相同的统计口径和处理规则；
- e) 数据来源：应清晰、透明，应明确活动数据的来源；
- f) 可再现性：其他独立实践者运用相同方法和数据等信息可重现碳排放量及评价结果；
- g) 单位与数据：在数据汇总过程中应注意数据单位的转换。

5 生命周期清单分析

5.1 数据收集一般要求

数据收集应涵盖所界定的系统边界内的所有单元过程。数据分为初级活动水平数据（实测值）和次级数据（背景数据库）。对于对产品碳足迹有显著贡献的核心过程，应使用初级活动水平数据。

5.2 数据收集分类清单

5.2.1 能源与资源输入数据

5.2.1.1 电力消费：应按单元过程（电解、压缩、合成、精馏、公用工程）分别收集电表计量数据，相关的绿色电力证书或购电协议（PPA），证明其可再生属性及额外性。

5.2.1.2 水资源消费：原料水（用于电解）及工业用水（冷却、锅炉）的取水量。

5.2.1.3 原料二氧化碳：进入界区的CO₂质量流量、纯度及来源证明（生物质源、DAC或工业废气源）。

5.2.1.4 辅助材料：催化剂、化学药剂（脱硫剂、阻垢剂等）、润滑油的消耗量。

5.2.2 产品及副产品输出数据

5.2.2.1 主产品：符合质量标准的精甲醇产量。

5.2.2.2 副产品：电解水过程副产的氧气产量（如回收利用）、合成反应热回收产生的并在厂区外利用的蒸汽量、精馏过程分离出的杂醇油产量等。

5.2.3 废弃物数据

- 5.2.3.1 废气排放：火炬燃烧排放量、无组织逸散估算量。
 5.2.3.2 废水排放：生产废水及生活污水的排放量及 COD/氨氮含量。
 5.2.3.3 固废排放：废催化剂、废吸附剂、生活垃圾的产生量及处置方式。

5.2.4 运输与物流数据

- 5.2.4.1 原料及辅料进厂的运输距离、运输方式（卡车、船舶、管道）及载货率。
 5.2.4.2 产品出厂分销的平均运输距离及运输工具能耗特性。

5.3 活动数据审定

应对收集的数据进行质量检查，包括质量平衡和能量平衡核算。输入的CO₂总量应与甲醇产品及排放中的碳总量偏差在允许范围内（如±5%）。

5.4 分配程序

5.4.1 分配原则

当产品系统中产生共生产品时，应按照下列优先顺序确定环境负荷的分配方法：

- 避免分配：应优先通过将单元过程进一步细分，或采用系统扩展法，将共生产品所替代的主流生产方式的排放量从总排放中扣除，以避免进行分配；
- 物理分配：若无法避免分配，应优先依据产品与共生产品之间明确的物理关系（如质量、能量含量等）进行分配；
- 经济分配：当且仅当上述物理关系无法建立或不能反映排放动因时，方可依据产品与共生产品的市场经济价值比例进行分配。

5.4.2 绿色甲醇特定分配规则

- 5.4.2.1 氧气：若副产氧气对外销售，宜采用经济分配或质量分配将电解环节排放负荷分摊给氧气；若直接排空，则所有负荷由氢气承担。
 5.4.2.2 副产蒸汽：若对外输出热能，宜采用能量分配或系统扩展法。

6 生命周期影响评价

6.1 通则

6.1.1 单位能量（MJ）的产品碳足迹

当以单位能量（MJ）作为功能单位时，产品碳足迹按公式（1）计算：

$$E_{MJ} = \frac{E}{M \times NCV} \quad \text{..... (1)}$$

式中：

E_{MJ} ——单位能量（MJ）的绿色甲醇产品碳足迹，单位为吨二氧化碳当量每兆焦（tCO₂e/MJ）；

E ——绿色甲醇产品全生命周期温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

M ——绿色甲醇产品质量，单位为吨（t）；

NCV ——绿色甲醇低位发热量，单位为兆焦每吨（MJ/t）。

6.1.2 全生命周期温室气体排放总量

绿色甲醇的生命周期温室气体排放总量，应基于“摇篮到坟墓”的系统边界，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）为单位进行计算，按公式（2）计算：

$$E = E_{ec} + E_p + E_{td} + E_u - E_{ccs} \quad \text{..... (1)}$$

式中：

E ——全生命周期内产生的温室气体排放总量，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）计；

E_{ec} ——原料获取阶段的温室气体排放量，包括制氢用电、水的开采与处理、以及CO₂捕集所需的额外能耗产生的排放，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）计；

E_p ——生产制造阶段的温室气体排放量，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）计；
 E_{td} ——产品交付（运输）的温室气体排放量，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）计；
 E_u ——产品使用的温室气体排放量，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）计；
 E_{ccs} ——产品系统边界内，如耦合了二氧化碳捕集与封存系统，可根据实际封存量扣除二氧化碳排放，以吨二氧化碳当量（tCO₂e）计。

6.1.3 温室气体减排率计算

绿色甲醇相对于化石燃料的温室气体减排率，应按公式（3）计算：

$$SAVING = \frac{E_M - E}{E_M} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$SAVING$ ——温室气体减排率（%）；

E_M ——化石燃料甲醇温室气体排放，应取值94 gCO₂e/MJ。

注：为便于与国际标准对比，本文件选取欧盟可再生能源指令（REDIII）规定的交通用化石燃料排放基准94 gCO₂e/MJ作为化石甲醇的排放参照值。

6.2 碳足迹计算方法

6.2.1 原材料获取阶段的温室气体排放量，按公式（4）计算：

$$E_{ec} = \sum_i (AD_{ec,i} \times EF_{tf,i}) + \sum_j (AD_{ec,i} \times EF_{ec,i,j} \times D_{ec,i,j} \times 10^{-3}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$AD_{ec,i}$ ——第*i*种原辅料的消耗量，单位为吨（t）；

$EF_{tf,i}$ ——第*i*种原辅料的排放因子，以吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e）计；

$EF_{ec,i,j}$ ——第*i*种原辅料的第*j*种运输方式的排放因子，以千克二氧化碳每吨每公里[kgCO₂/(t·km)]计；

$D_{ec,i,j}$ ——第*i*种原辅料的第*j*种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；

i——原辅料的种类；

j——原辅料的运输方式。

注1：原料获取阶段涉及甲醇主要原料，CO₂的捕集，的种植收集、加工、捕集或提等生产过程。

注2：本文件中次级生物质和三级生物质，其生产的碳排放量可计为0。能源作物应进行可持续性评价，并计算涉及土地变化等产生的碳排放。

注3：本文件中捕集的二氧化碳原料仅量化其捕集过程的排放并界定环境权益归属，二氧化碳自身的排放应在使用阶段进行量化。

6.2.2 生产制造阶段的温室气体排放量，按公式（5）计算：

$$E_p = \sum_i (AD_{p,i} \times EF_{p,i}) + \sum_k (AD_{p,k} \times EF_{p,k}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$AD_{p,i}$ ——生产制造阶段消耗的第*i*种能源的总量，对于固体和液体燃料，以吨（t）计；对于气体燃料，以标立方米（Nm³）计；对于电力，以千瓦时（kW·h）计；对于热力，以吉焦（GJ）计；

$EF_{p,i}$ ——生产制造阶段第*i*种能源的排放因子，以吨二氧化碳当量每单位量（tCO₂e/unit）计；

$AD_{p,k}$ ——生产制造阶段产生的第*k*种废弃物的产生量，以吨（t）计；

$EF_{p,k}$ ——生产制造阶段第*k*种废弃物处置或排放因子，以吨二氧化碳当量每吨（tCO₂e/t）计；

p, i——生产制造阶段所用能源的种类；

p, k——生产制造阶段产生废弃物的种类。

6.2.3 交付（运输）阶段的温室气体排放量，按公式（6）计算：

$$E_{td} = \sum_j (AD_{td,j} \times EF_{td,j} \times D_{td,j} \times 10^{-3}) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$AD_{td,j}$ ——配送和销售第*j*种方式的绿色甲醇运输量，吨（t）；

$EF_{td,j}$ ——绿色甲醇的第 j 种运输方式的排放因子，以千克二氧化碳每吨每公里 $[\text{kgCO}_2/(\text{t} \cdot \text{km})]$ 计；

$D_{td,j}$ ——绿色甲醇的第 j 种运输方式的运输距离，单位为千米(km)。

6.2.4 使用阶段的温室气体排放量。绿色甲醇使用阶段的温室气体排放量 E_u 按公式(7)计算：

$$E_u = \sum_i (AD_{u,i} \times EF_{u,i} \times \eta_{u,i}) \quad (4)$$

式中：

$AD_{u,i}$ ——使用阶段所用第 i 种燃烧方式的燃烧量，吨绿色甲醇(t)；

$EF_{u,i}$ ——使用阶段所用第 i 种燃料的碳排放因子，吨二氧化碳当量每吨绿色甲醇(tCO_2/t)。

6.2.5 二氧化碳捕集封存系统的温室气体排放量计算。绿色甲醇产品系统边界内，通过二氧化碳捕集与封存系统的温室气体清除量 E_{ccs} ，按公式(8)计算：

$$E_{ccs} = \sum AD_{CCS} \quad (5)$$

式中：

E_{ccs} ——绿色甲醇系统边界内产生的二氧化碳清除量，吨二氧化碳(tCO_2)；

AD_{CCS} ——绿色甲醇系统边界内捕集、利用、封存产生清除量的二氧化碳质量，吨(t)。

6.3 关键参数计算细则

6.3.1 输入电力排放

计算电解水制氢及其他工艺用电的排放时，若绿电符合额外性、时间相关性和地理相关性要求，该部分电力的温室气体排放强度可视为0；若使用电网电力，应采用所在区域电网的平均碳强度因子计算。

6.3.2 碳源与燃烧排放

使用阶段甲醇燃烧产生的 CO_2 排放。若生产甲醇所用的 CO_2 来自直接空气捕集或可持续生物质，相互抵消后净排放为0。若 CO_2 来自工业废气(化石源)，若该 CO_2 来源于有效的排放权交易体系涵盖的工业设施，且被证实若不捕集将被排放，允许进行抵扣。在实际计算表中，通常直接将符合要求的甲醇的燃烧 CO_2 排放记为0。

7 生命周期结果解释

7.1 产品碳足迹评价结果解释应包括以下步骤：

- 根据清单分析和影响评价的碳足迹量化结果，确定重大问题；
- 考虑到结果完整性、一致性和敏感性分析的评估；
- 结论、局限性和建议的解释。
- 应按照产品碳足迹评价的目的和范围，对清单分析或影响评价的量化结果进行解释，包括但不限于：
 - 对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明；
 - 对不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；
 - 详细记录选定的分配程序；
 - 描述空间系统的划分方法及空间格网粒度(如适用)：说明产品碳足迹研究的局限性。

7.2 产品碳足迹评价结果解释宜包括下列：

- 对重要输入、输出和方法学选择(包括分配程序)进行的敏感性检查，以理解结果的敏感性和不确定性；
- 替代使用情景对最终结果的影响评价；
- 不同生命末期阶段情景对最终结果的影响评价；
- 对建议的结果的影响评价；
- 空间系统的划分和空间格网分辨率选择对结果的影响评价(如适用)。

8 产品碳足迹报告

8.1 报告内容

产品生命周期碳足迹评价的评价报告应至少包含如下内容：

- a) 被评价的产品名称及描述；
- b) 评价单元；
- c) 依据的标准；
- d) 生命周期阶段确定和描述；
- e) 系统边界的过程图表；
- f) 被排除的过程合理性说明；
- g) 收集的原始数据；
- h) 次级数据的来源；
- i) 取舍准则；
- j) 分配方法；
- k) 使用阶段的使用标准情景说明；
- l) 系统边界内所有过程的当量二氧化碳排放的清单；
- m) 产品生命周期碳足迹计算结果。

8.2 报告发布

评价结果的发布应符合国家或地方的有关规定，如无特殊规定，企业可以采用以下一种或两种发布方式：

- a) 将本评价得出的碳足迹数值（tCO₂e）标在被评价的产品上或包装箱上，并在使用说明书中说明数值的含意；
- b) 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。

附 录 A
(资料性)
生命周期数据收集分类清单

生命周期数据收集分类清单如表A.1所示：

表 A.1 生命周期数据收集分类清单

生命周期阶段	数据类别	数据项名称	备注/说明
原料获取阶段	资源输入	原料水取水量	含水处理过程损耗
		可再生电力消耗量	需记录电力来源及并网时间信息
		电网电力消耗量	如有混合用电情况
	原料输入	二氧化碳捕集量	需区分生物质源、空气源或工业尾气源
	过程排放	辅助化学品消耗	如水处理药剂、捕碳胺液等
制氢/捕碳过程废气		-	
生产制造阶段	主原料	氢气投入量	进入合成界区处的计量值
		二氧化碳投入量	进入合成界区处的计量值
	辅助材料	催化剂消耗	含合成催化剂、转化催化剂等
		其他化学助剂	-
	能源消耗	工艺电力消耗	压缩、泵送、照明等
		热力/蒸汽消耗	需记录蒸汽的温度、压力等级
	产品产出	绿色甲醇产量	主产品（基准流）
		副产品产量	如杂醇油、蒸汽凝液、外供热量等
	三废排放	工艺废气排放	含弛放气燃烧排放
废水/废液排放		-	
固体废弃物		含废催化剂、吸附剂	
分销与储存阶段	运输	运输距离	按运输方式分类记录
		运输工具载货量	-
		燃料/电力消耗	运输工具的能耗
	储存	储存过程能耗	-
		逸散损耗	储存过程中的无组织排放
使用及生命末期	使用过程	燃料消耗量	-
		能量转化效率	依据终端设备类型
	末端排放	二氧化碳排放	需区分生物源碳与化石源碳
		非CO ₂ 温室气体	CH ₄ , N ₂ O等
		其他污染物	NO _x , SO _x , PM等

附 录 B
(资料性)
碳足迹评价报告模板

碳足迹评价报告应按表B.1编制：

表 B.1 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)
20XX年1月1日 -20XX年12月 31日			
评价组成员		技术评审组成员	
报告批准人		日期	

参 考 文 献

[1] IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R]. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019.
