

ICS 71.080.60
CCS G16

T/CAPID

中国产业发展促进会团体标准

T/CAPID 011—2025

可再生甲醇

Renewable methanol

2025 - 02 - 18 发布

2025 - 02 - 18 实施

中国产业发展促进会 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 技术要求	3
4.1 基本要求	3
4.2 分级要求	3
5 取样及检验规则	3
5.1 出厂检验	3
5.2 型式检验	4
5.3 组批与取样	4
5.4 判定规则	4
6 标志、运输、储存、安全及应用	4
6.1 标志、运输及储存	4
6.2 安全	4
6.3 应用	4
附录 A（资料性） 可再生甲醇产品碳足迹量化和报告指南	6
附录 B（资料性） 相关参数推荐值	11
附录 C（资料性） 全球变暖潜势	13
附录 D（资料性） 国内外可再生甲醇对比说明	14
参考文献	16

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。

本文件由中国产业发展促进会提出。

本文件由中国产业发展促进会生物质能产业分会归口管理。

本文件主要起草单位：中节能大数据有限公司、中海石油化学股份有限公司、中国产业发展促进会生物质能产业分会、华南农业大学生物质工程研究院、北京低碳清洁能源研究院、华电辽宁能源有限公司、浙江吉利远程新能源商用车集团有限公司、中化学（北京）建设投资有限公司、广东能源集团节能降碳有限公司、隆基绿能科技股份有限公司、浙江浙能航天氢能技术有限公司、生态环境部环境规划院、中石化石油化工科学研究院有限公司、中国能源研究会能源与环境专业委员会、中国能源研究会绿色低碳技术专业委员会。

本文件参与起草单位：中国华电科工集团有限公司、上海锅炉厂有限公司、中集绿能低碳科技（广东）有限公司、中科合肥煤气化技术有限公司、广州环保投资集团有限公司、天津中远海运绿色低碳发展有限公司、申瑞环能科技（上海）有限公司、南方科技大学创新创业学院、北京松杉低碳技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：郑朝晖、张大勇、李松涛、刘洪荣、窦克军、王乐乐、高永华、吴洪胜、谢君、徐晓颖、黄秀余、崔韞龙、吕利涛、卢树明、刘涛、朱朝阳、赵云皓、付春阳、王卫权、倪建军、王碧辉、杨鹤、谭涛、李宁焱、范卫国、陈秋好、李煦侃、杨高玄、刘钟毓、阳绍军、李国华、侯春风、李鸿、刘科、张万钦、王思源、陈乃益、江锋浩、李慧鹏、张峰、高建勇。

可再生甲醇

1 范围

本文件规定了可再生甲醇的技术要求，取样及检验规则，标志、运输、储存、安全及应用。本文件适用于可再生甲醇。

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/Z 158 工作场所职业病危害警示标识
- GB 190 危险货物包装标志
- GB/T 338 工业用甲醇
- GB/T 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分：安全标志和安全标记的设计原则
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 3723 工业用化学产品采样安全通则
- GB/T 6678 化工产品采样总则
- GB/T 6680 液体化工产品采样通则
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB 13690 化学品分类和危险性公示通则
- GB 15603 常用化学危险品贮存通则
- GB/T 23510 车用燃料甲醇
- GB/T 23799 车用甲醇汽油（M85）
- GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
- GB/T 30366—2024 生物质术语
- GB/T 33761—2024 绿色产品评价 通则
- GB/T 42416 M100车用甲醇燃料
- AQ/T 3001 加油（气）站油（气）储存罐体阻隔防爆技术要求
- ASTM D6866 用放射性碳分析法测定固体、液体和气体样品中生物基含量的标准试验方法
(Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis)
- JT/T 617.1 危险货物道路运输规则第1部分：通则
- JT/T 617.2 危险货物道路运输规则第2部分：分类
- JT/T 617.3 危险货物道路运输规则第3部分：品名及运输要求索引
- JT/T 617.4 危险货物道路运输规则第4部分：运输包装使用要求
- JT/T 617.5 危险货物道路运输规则第5部分：托运要求
- JT/T 617.6 危险货物道路运输规则第6部分：装卸条件及作业要求
- JT/T 617.7 危险货物道路运输规则第7部分：运输条件及作业要求
- JT/T 1046 道路运输车辆油箱及液体燃料运输罐体阻隔防爆安全技术要求
- NB/SH/T 0164 石油及相关产品包装、储运及交货验收规则
- NB/SH/T 6044 液体石油产品中含放射性碳的生物基含量测定 加速器质谱法
- RB/T 175 生物质能可持续性认证要求
- T/CPCAS 1—2023 船用甲醇燃料水上加注规程

3 术语和定义

GB/T 24067—2024、GB/T 30366—2024和GB/T 33761—2024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可再生甲醇 renewable methanol

在全生命周期过程中，符合环境保护要求，对生态环境无害或危害小、资源能源消耗少、碳排放低、且符合产品技术指标和安全要求的甲醇。

[来源：GB/T 33761—2024，3.1，有修改]

注：可再生甲醇从原料来源分，包括生物质甲醇和电制甲醇。

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

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]

3.4

绿色电力 green electricity

绿电

绿色电力是指符合国家有关政策要求的风电（含分散式风电和海上风电）、太阳能发电（含分布式光伏发电和光热发电）、常规水电、生物质发电、地热能发电、海洋能发电等已建档立卡的可再生能源发电项目所生产的全部电量。

[来源：电力中长期交易基本规则—绿色电力交易专章]

3.5

绿氢 green hydrogen

利用绿色电力通过电解水制氢装置对水进行电解获取得到的氢气产品。

[来源：DB13/T 5939—2024，3.2，有修改]

3.6

生物质甲醇 bio-methanol

生物甲醇

以生物质为主要原料生产的甲醇。

注1：本文件生物质特指次级生物质、三级生物质。

注2：生物质气化耦合绿氢合成的甲醇，属于生物甲醇。

3.7

次级生物质 secondary biomass

以初级生物质为原料加工目标产品过程中产生的副产品和剩余物。

注：次级生物质如锯末、秸秆、制浆黑液、禽畜粪便等。

[来源：GB/T 30366—2024，3.1.6]

3.8

三级生物质 tertiary biomass

生活消费后产生的废弃物。

注：三级生物质如餐饮消费废弃的动植物油、建筑和拆迁产生的木构件、木碎片等废弃木材，以及废弃木包装、城市固体废弃物和填埋区产生的沼气等。

[来源：GB/T 30366—2024，3.1.7]

3.9

电制甲醇 e-methanol

绿电制甲醇

以碳捕集技术获取的二氧化碳与绿氢为原料催化合成的甲醇。

4 技术要求

4.1 基本要求

可再生甲醇根据产品碳足迹进行分级，应满足GB/T 338的技术要求及相应分级要求。

可再生甲醇产品碳足迹需覆盖原辅料获取阶段、生产制造阶段、交付（运输）阶段、使用阶段和生命末期阶段的全过程，其碳足迹量化和报告可参考附录A。碳排放因子相关参数推荐值见附录B。

应通过排放或清除的GHG的质量乘以IPCC给出的100年GWP（见附录C），来计算可再生甲醇每种GHG排放和清除的潜在气候变化影响。

产品碳足迹为所有GHG潜在气候变化影响的总和。

国内外可再生甲醇对比说明见附录D。

4.2 分级要求

4.2.1 生物质甲醇分级要求

生物质甲醇的原料应采用GB/T 30366—2024规定的次级生物质、三级生物质。

有条件时，应依据RB/T 175对原料进行可持续性认证。

生物质甲醇生产过程中宜补充绿氢。补充氢气时，应计算其GHG排放。

生物质甲醇分级要求应符合表1的规定。

表1 生物质甲醇分级要求

项目	指标			
	A级	B级	C级	
原料来源	生物质			
碳足迹	gCO ₂ /MJ	≤32.9	≤47	≤69
	kgCO ₂ /kgce	≤0.964	≤1.377	≤2.022
	kgCO ₂ /kg甲醇	≤0.655	≤0.936	≤1.374

4.2.2 电制甲醇分级要求

电制甲醇的原料宜采用捕集生物质来源或空气中的二氧化碳。

捕集的二氧化碳，应避免环境权益的重复计算。

电制甲醇分级要求应符合表2的规定。

表2 电制甲醇分级要求

项目	指标			
	A级	B级	C级	
原料来源	捕集生物质来源或空气中的二氧化碳，以及捕集化石来源的二氧化碳 绿氢			
碳足迹	gCO ₂ /MJ	≤28.2	≤47	≤69
	kgCO ₂ /kgce	≤0.826	≤1.377	≤2.022
	kgCO ₂ /kg甲醇	≤0.562	≤0.936	≤1.374

5 取样及检验规则

5.1 出厂检验

5.1.1 产品由生产厂的质量检验部门按本文件规定进行出厂检验，检验合格并签发检验合格报告后，方可出厂。

5.1.2 出厂检验项目应依据 GB/T 338, 选择甲醇质量分数、密度、沸程, 蒸发残渣、水分、碱值等, 逐批进行检验。

5.1.3 有条件时, 宜采用 ASTM D6866 或 NB/SH/T 6044 进行非化石源碳含量检测。

5.2 型式检验

5.2.1 型式检验项目为 GB/T 338 中所有项目, 抽样应在出厂检验合格的产品中进行, 全部项目检验合格, 则判为合格。

5.2.2 在正常生产的情况下, 每年应至少进行一次型式检验。有下列情况之一, 也应进行型式检验:

- 产品转厂生产试制定型鉴定时;
- 主要原料、配方或生产工艺发生较大变动, 可能影响产品质量时;
- 主要原辅料供应商有变化, 可能影响产品质量时;
- 连续停产 3 个月以上又恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

5.3 组批与取样

5.3.1 在原辅料、工艺不变的条件下, 产品调配生产一罐为一个组批, 或以自动在线调配的连续生产实际批为一个组批, 但若干个生产批构成一个检验批的时间通常不超过 1d。

5.3.2 采样按 GB/T 3723、GB/T 6678 和 GB/T 6680 的规定进行, 取样量应满足出厂检验或型式检验和留样所需数量。

5.4 判定规则

检验结果的判定按 GB/T 8170 中修约值比较法进行, 检验结果如有一项不符合要求时, 桶装产品应重新自 2 倍数量的包装单元采样、检验, 罐装产品应重新多点采样、检验, 重新检验的结果仍有不符合要求的项目, 则判定整批产品不合格。

6 标志、运输、储存、安全及应用

6.1 标志、运输及储存

6.1.1 可再生甲醇属于易燃液体, 产品的标志、包装、运输和储存应符合 NB/SH/T 0164、JT/T 617.1、JT/T 617.2、JT/T 617.3、JT/T 617.4、JT/T 617.5、JT/T 617.6、JT/T 617.7、JT/T 1046、GB 13690、GB 15603、GB 190 和 AQ/T 3001 等标准的要求。

6.1.2 可再生甲醇产品包装容器上应涂有牢固的标志, 其内容包括: 生产厂名称、产品名称、本标准编号、产品分级以及 GB 190 规定的“易燃液体”和“毒性物质”标志。

6.1.3 可再生甲醇应用清洁干燥容器包装, 包装容器应严加密封。

6.1.4 可再生甲醇运输应遵守危险化学品运输的相关规定, 如 JT/T 617 系列标准的相关要求。使用罐式车辆在城市道路运输可再生甲醇, 应满足 JT/T 1046 的要求

6.1.5 可再生甲醇应贮存在干燥、通风、阴凉、避免烈日曝晒并隔绝热源和火种的地方。

6.2 安全

6.2.1 安全警告

在产品包装上应有安全警告标识。

安全警告标志应符合 GB/Z 158、GB/T 2893.1、GB 2894 和 GB 13690 的规定。

6.2.2 安全措施

甲醇溢出时, 应立刻用水冲洗。

甲醇着火时, 用砂子、泡沫灭火器、灭火毯等进行扑救。

应避免甲醇与皮肤接触, 如果溅到皮肤上和眼睛里, 用大量的清水冲洗, 迅速就医。

发生误服甲醇后, 应迅速就医。

6.3 应用

6.3.1 燃料应用

可再生甲醇作为车用燃料应用时，应符合GB/T 23510、GB/T 23799、GB/T 42416等对应标准的相关要求。

可再生甲醇作为船用燃料应用时，应符合T/CPCAS 1—2023的相关要求。

6.3.2 工业应用

可再生甲醇作为工业应用时，应符合GB/T 338的要求。

附录 A
(资料性)
可再生甲醇产品碳足迹量化和报告指南

A.1 概述

本附录旨在帮助本文件的使用者初步量化和报告可再生甲醇产品用作燃料使用的碳足迹。量化和报告用作化工原料的可再生甲醇产品碳足迹可参考本附录，选定范围宜为摇篮到大门。

A.2 产品分类

可再生甲醇产品按原料分类分为生物质甲醇和电制甲醇。可再生甲醇典型工艺和原料对照见表A.1。

表A.1 可再生甲醇的典型工艺和原料

类别		原料		典型工艺
可再生甲醇	生物质甲醇	来自农林生物质剩余物压缩生产的生物质成型燃料	可选择补充氢气	热解气化+甲醇合成
		农林生物质剩余物	可选择补充氢气	热解气化+甲醇合成
		秸秆、畜禽粪污等厌氧发酵生产的沼气或生物天然气	可选择补充氢气	净化重整+甲醇合成
	电制甲醇	捕集生物质来源的二氧化碳	绿色电力电解水制绿氢	甲醇合成
		捕集空气中的二氧化碳		
捕集化石来源的二氧化碳				

A.3 产品系统边界

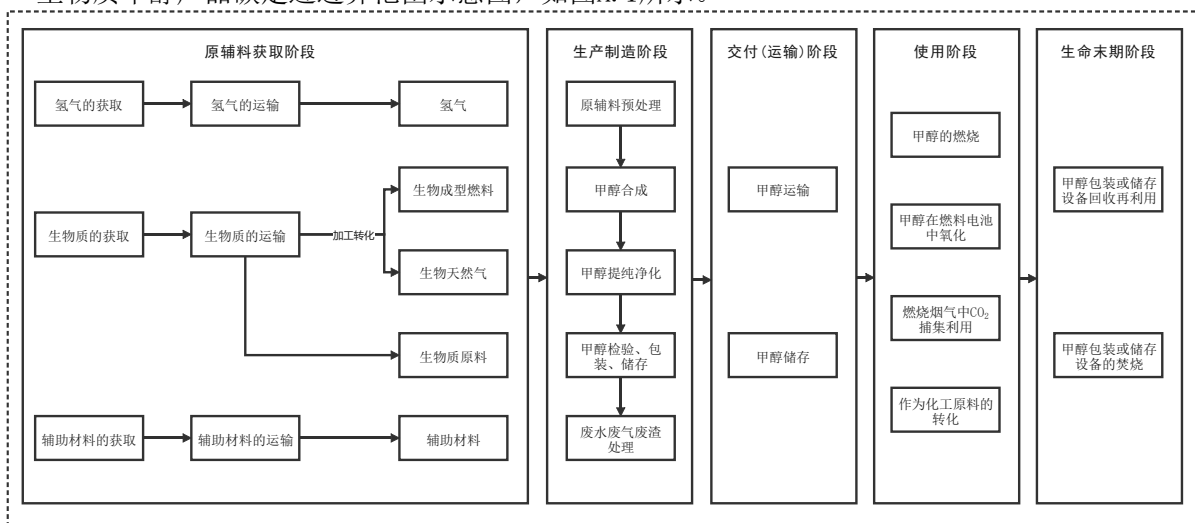
A.3.1 概述

可再生甲醇产品生命周期系统边界包括从“摇篮”到“坟墓”的全过程，分为五个阶段：原辅料获取阶段、生产制造阶段、交付（运输）阶段、使用阶段和生命末期阶段，如表A.2所示。

表A.2 可再生甲醇产品生命周期系统边界

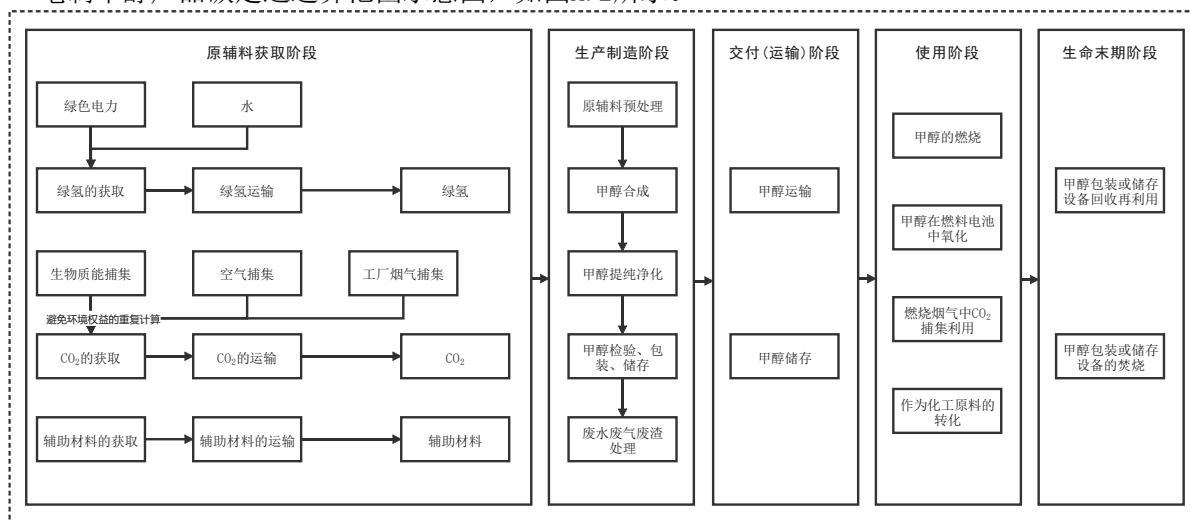
序号	生命周期阶段	范围
1	原辅料获取	生物质的获取及运输、CO ₂ 的获取及运输、绿氢的获取及运输、辅助材料的获取
2	生产制造	原辅料预处理、甲醇合成、甲醇提纯净化、检验、包装、储存、三废处理
3	交付（运输）	运输、贮存、销售
4	使用	产品在锅炉/发动机中燃烧和燃烧烟气CO ₂ 捕集利用、在燃料电池中氧化或作为化工原料转化
5	生命末期	产品废弃物的收集及处置

生物质甲醇产品碳足迹边界范围示意图，如图A.1所示。



图A.1 生物质甲醇产品碳足迹边界范围示意图

电制甲醇产品碳足迹边界范围示意图，如图A.2所示。



图A.2 电制甲醇产品碳足迹边界范围示意图

A.3.2 原辅料获取阶段

原辅料获取阶段包括进入生产阶段的所有原辅料的获取和加工。在产品碳足迹评价中应纳入下列过程：

- a) 生物质、二氧化碳、绿氢等原料的生产、加工、储存和运输；
- b) 辅助材料生产与运输相关过程。

A.3.3 产品生产制造阶段

生产制造阶段应包括可再生甲醇生产全过程工艺。在产品碳足迹评价中应纳入下列过程：

- a) 可再生甲醇生产相关过程，包括：
 - 1) 原辅料预处理；
 - 2) 可再生甲醇合成；
 - 3) 提纯净化；
 - 4) 检验，包装。
- b) 生产设备、设施的运行、维护等相关过程；
- c) 生产阶段所产生的废弃物处理相关过程。

A.3.4 产品交付（运输）阶段

交付（运输）阶段包括可再生甲醇的运输和储存过程。在产品碳足迹评价中应纳入下列过程：

- a) 产品从可再生甲醇工厂运输到最终销售点之间的运输过程；
- b) 成品仓储及运输过程环境控制等相关过程。

A.3.5 产品使用阶段

使用阶段包括可再生甲醇的燃烧和CO₂捕集。在产品碳足迹评价中应纳入下列过程：

- a) 可再生甲醇在锅炉、发动机等设备燃烧的过程；
- b) 可再生甲醇在燃料电池中氧化的过程；
- c) 燃烧烟气中CO₂捕集利用的相关过程；
- d) 作为化工原料的转化过程。

A.3.6 产品生命末期阶段

产品生命末期阶段从产品废弃后开始，到产品回归自然或分配到另一产品的生命周期结束。处理方式一般包括回收再利用、焚烧等。在产品碳足迹评价中应纳入产品废弃物的处理相关过程。

A.4 特定 GHG 排放量和清除量处理

产品碳足迹具体构成信息图示，如表A.3所示。

表A.3 可再生甲醇产品碳足迹构成

序号	序号说明	GB24067—2024的要求	本文件
①	规定范围之外的GHG排放量	应纳入碳足迹	纳入碳足迹
②	飞机运输排放量	应纳入碳足迹	纳入碳足迹
③	生物GHG排放量	应纳入碳足迹	纳入碳足迹
④	直接土地利用变化和土地管理变化导致的排放量	应纳入碳足迹	纳入碳足迹，但基于现有可再生甲醇原料为废弃物，按0计入
⑤	土地利用导致的排放量（不含土地管理变化）	宜纳入碳足迹	基于现有可再生甲醇原料为废弃物不涉及土地利用，暂不考虑
⑥	化石GHG净排放量和净清除量	应纳入碳足迹	纳入碳足迹
⑦	生物GHG清除量	应纳入碳足迹	基于现有可再生甲醇原料不涉及生物GHG清除，暂不考虑
⑧	直接土地利用变化和土地管理变化导致的清除量	应纳入碳足迹	纳入碳足迹，但基于现有可再生甲醇原料为废弃物，按0计入
⑨	土地利用导致的清除量（不含土地管理变化）	宜纳入碳足迹	基于现有可再生甲醇原料为废弃物不涉及土地利用，暂不考虑
⑩	产品中的生物碳	应在产品碳足迹报告中单独记录（如有计算），并且不纳入产品碳足迹中	同GB 24067
⑪	间接土地利用变化排放量	宜单独考虑	基于现有可再生甲醇原料为废弃物不涉及土地利用，暂不考虑
⑫	间接土地利用变化清除量	宜单独考虑	基于现有可再生甲醇原料为废弃物不涉及土地利用，暂不考虑
注：基于现有可再生甲醇工艺和原料现状，生物质甲醇采用农林生物质剩余物（如秸秆）、畜禽粪污等，不涉及种植能源作物，因此暂不考虑土地利用变化。			

A.5 可再生甲醇碳足迹计算方法

A.5.1 可再生甲醇全生命周期碳排放的综合测算模型

全生命周期碳排放的综合测算模型是将可再生甲醇的原辅料获取、生产制造、交付（运输）、使用以及生命末期五个阶段纳入产品碳足迹核算范围，同时考虑碳排放量和碳清除量，形成整个可再生甲醇全生命周期碳足迹的综合测算模型。

可再生甲醇整个生命周期内产生的二氧化碳排放总量 LCA_{CE} 按公式（A.1）计算：

$$LCA_{CE} = CE_R + CE_P + CE_T + CE_U + CE_W - CE_C \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- LCA_{CE} ——可再生甲醇整个生命周期内产生的二氧化碳排放总量，吨二氧化碳（tCO₂）；
- CE_R ——可再生甲醇原辅料获取阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；
- CE_P ——可再生甲醇生产制造阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；
- CE_T ——可再生甲醇交付（运输）阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；
- CE_U ——可再生甲醇使用阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；
- CE_W ——可再生甲醇生命末期阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；
- CE_C ——可再生甲醇全生命周期过程中产生的二氧化碳清除量，吨二氧化碳（tCO₂）。

A.5.1.1 原辅料获取阶段碳排放测算

依据各类原辅料和能源消耗，可以得到可再生甲醇原辅料获取阶段的碳排放测算模型。

可再生甲醇原辅料获取阶段碳排放量 CE_R 按公式（A.2）计算：

$$CE_R = \sum_{i=1}^{N_1} (Q_{mi} \times g_{mi}) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- CE_R ——可再生甲醇原辅料获取阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；

N_1 ——可再生甲醇生产所用材料的种类总数；

g_{mi} ——可再生甲醇生产所用第*i*种材料的总量，吨或立方米或千瓦时（t/Nm³/kWh）；

Q_{mi} ——可再生甲醇生产所用第*i*种材料的碳排放因子，吨二氧化碳每单位量（tCO₂/unit）。

A.5.1.2 产品生产制造阶段碳排放测算

依据可再生甲醇生产过程中产生的能源消耗，可以得到可再生甲醇生产制造阶段的碳排放测算模型。

可再生甲醇生产制造阶段碳排放量 CE_P 按公式（A.3）计算：

$$CE_P = \sum_{i=1}^{N_2} (Q_{pi} \times g_{pi}) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

CE_P ——可再生甲醇生产制造阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；

N_2 ——生产制造阶段所用能源的种类总数；

g_{pi} ——生产制造阶段消耗的第*i*种能源的总量，吨或立方米或千瓦时（t/Nm³/kWh）；

Q_{pi} ——生产制造阶段第*i*种能源的碳排放因子，吨二氧化碳每单位量（tCO₂/unit）。

A.5.1.3 产品交付（运输）阶段碳排放测算

依据可再生甲醇运输产生的能源消耗，可以得到交付和运输阶段的碳排放测算模型。

可再生甲醇交付（运输）阶段产生的二氧化碳排放量 CE_T 按公式（A.4）计算：

$$CE_T = \sum_{i=1}^{N_3} (Q_{ti} \times g_{ti}) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

CE_T ——可再生甲醇交付（运输）阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；

N_3 ——配送和销售过程所用各种能源的种类总数；

g_{ti} ——配送和销售第*i*种方式的运输量，吨公里（t·km）；

Q_{ti} ——配送和销售第*i*种方式的碳排放因子，吨二氧化碳每吨每公里（tCO₂/（t·km））。

A.5.1.4 产品使用阶段碳排放测算

依据在发动机或者锅炉中的燃烧情况，可以得到使用阶段的碳排放测算模型。

可再生甲醇使用阶段产生的二氧化碳排放量 CE_U 按公式（A.5）计算：

$$CE_U = \sum_{i=1}^{N_4} (Q_{ui} \times g_{ui} \times \eta_i) \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

CE_U ——可再生甲醇使用阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；

N_4 ——使用阶段燃烧设备的类型；

g_{ui} ——使用阶段所用第*i*种燃烧方式的燃烧量，吨可再生甲醇（t）；

Q_{ui} ——使用阶段所用第*i*种材料的碳排放因子，吨二氧化碳每吨可再生甲醇（tCO₂/t）；

η_i ——使用阶段所用第*i*种燃烧方式的燃烧效率。

注1：生物质甲醇燃烧按0 gCO₂/MJ计入。

注2：电制甲醇的二氧化碳来自生物源或空气捕集时燃烧碳排放按0 gCO₂/MJ计入；来自化石源时，前端捕集二氧化碳产生的环境权益已被使用按69 gCO₂/MJ计入，未被使用时按0gCO₂/MJ计入。

A.5.1.5 产品生命末期阶段碳排放测算

依据可再生甲醇包装和储存设备的回收再利用以及焚烧等处置，可以得到生命末期阶段的碳排放测算模型。

可再生甲醇生命末期阶段产生的二氧化碳排放量 CE_W 按公式（A.6）计算：

$$CE_W = \sum_{i=1}^{N_5} (Q_{di} \times g_{di}) + \sum_{i=1}^{N_6} (Q_{ri} \times g_{ri}) \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

CE_W ——可再生甲醇生命末期阶段产生的二氧化碳排放量，吨二氧化碳（tCO₂）；

N_5 ——废弃回收阶段涉及的废弃物总数；

N_6 ——退役阶段回收资源（金属材料等）总数；

g_{ai} ——废物处理过程第*i*项废物的质量，吨（t）；

Q_{di} ——废物处理过程第*i*项废物的碳排放因子，吨二氧化碳每吨（tCO₂/t）；

g_{ri} ——回收过程第*i*项资源的质量，吨（t）；

Q_{ri} ——第*i*项资源的碳排放因子，吨二氧化碳每吨（tCO₂/t）。

注：甲醇储存设备多为碳钢或者玻璃钢，寿命10-20年，可多次重复使用，其处置产生的二氧化碳排放占比小于1%，因此忽略不计，按0 gCO₂/MJ计入。

A. 5. 1. 6 全生命周期过程碳清除量测算

可再生甲醇全生命周期过程产生的二氧化碳清除量 CE_C ，按公式（A.7）计算：

$$CE_C = \sum_{i=1}^{N_7} g_{ci} \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中：

CE_C ——可再生甲醇全生命周期过程产生的二氧化碳清除量，吨二氧化碳（tCO₂）；

N_7 ——可再生甲醇全生命周期阶段数；

g_{ci} ——第*i*阶段捕集、利用、封存产生清除量的二氧化碳质量，吨（t）。

注：仅与碳抵消无关联的清除量可纳入计算。

A. 5. 2 可再生甲醇全生命周期碳足迹计算

可再生甲醇全生命周期碳足迹按公式（A.8）计算

$$CFP_{GHG} = \frac{LCA_{CE}}{Unit} \dots\dots\dots (A. 8)$$

式中：

CFP_{GHG} ——可再生甲醇全生命周期碳足迹，以克二氧化碳每功能单位或声明单位（gCO₂/功能单位或声明单位）计；

LCA_{CE} ——可再生甲醇整个生命周期内产生的二氧化碳排放总量，吨二氧化碳（tCO₂）；

$Unit$ ——可再生甲醇以功能单位或声明单位计量总量，以功能单位或声明单位计。

注1：功能单位或声明单位可为兆焦、千克标准煤或千克等。

注2：本文件在分级时基于保守考虑碳排放全部归于甲醇产品。实际碳足迹核算时，可根据主副产品的质量占比、能量占比、经济价值占比等方式进行分配。

附录 B (资料性) 相关参数推荐值

B.1 概述

本部分旨在提供相关参数推荐值用于碳足迹核算。实际核算时应选择合适的碳足迹因子数据库，根据上游原辅料来源、所在区域等情况具体选择碳足迹排放因子。

B.2 数据优先级描述

可再生甲醇产品的碳足迹量化需要收集现场数据和背景数据。

现场数据是可再生甲醇产品生产阶段各工序或单元的活动数据，是基于实际测量、统计等方式得到的生命周期清单数据，如产品生产阶段的原辅料和能源消耗量、产品产出量、废弃物排放量以及运输量（包括运输方式、运输距离）等。现场数据均为初级数据。

背景数据是无法从现有产品系统中获得的，通常来源于现有的本土化或国际LCA数据库、经第三方权威机构认证的产品碳足迹（CFP）或环境产品声明（EPD）报告、公开发表的高质量学术文献等。

可量化背景数据为初级数据，如供应商或服务商提供基于现场数据计算得到的生命周期清单数据；背景数据不能量化则为次级数据，如外购原辅材料和燃料的上游排放因子、运输排放因子、废弃物处置排放因子等。

仅在收集初级数据不可行时，次级数据才能用于输入和输出，或用于重要性较低的过程。引用次级数据宜证明其适用性和可信度，并注明数据来源及选取思路。

B.3 相关参数推荐值

相关参数推荐值见表B.1~B.5。如有更新，参考公布的最新数据。

表B.1 2023年全国电力碳足迹因子

类型	碳足迹因子
全国电力平均	0.6205
燃煤发电	0.9440
燃气发电	0.4792
水力发电	0.0143
核能发电	0.0065
风力发电	0.0336
光伏发电	0.0545
光热发电	0.0313
生物质发电	0.0457
输配电（不含线损）	0.0036

表B.2 热力排放因子推荐值

名称	单位	推荐值	数据来源
热力排放因子	tCO ₂ /GJ	0.11	来源于GB/T 32151.5—2015中的表B.3

表B.3 运输排放因子推荐值

序号	类型	排放因子 (gCO ₂ · t ⁻¹ · km ⁻¹)	数据来源
1	公路运输的CO ₂ 平均排放因子	245	联合国清洁发展机制（CDM）的《公路货运导致的项目和泄漏排放计算工具》
2	铁路运输的CO ₂ 平均排放因子	7	中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）
3	水路运输的CO ₂ 平均排放因子	12	中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）

表B.4 不同类型燃料的加权平均二氧化碳排放因子

燃料品种	平均低位发热量		含碳量 (tC/TJ)	碳氧化率 (%)	排放因子 (tCO ₂ /MJ)
	数值	单位			
原煤	20.908	MJ/kg	25.8	100	87.3*10 ⁻⁶
精洗煤	26.344	MJ/kg	25.8	100	87.3*10 ⁻⁶
其它洗煤	8.363	MJ/kg	25.8	100	87.3*10 ⁻⁶
型煤	15.473	MJ/kg	26.6	100	87.3*10 ⁻⁶
煤矸石	8.363	MJ/kg	25.8	100	87.3*10 ⁻⁶
焦炭	28.435	MJ/kg	29.2	100	95.7*10 ⁻⁶
焦炉煤气	16.726	MJ/m ³	12.1	100	37.3*10 ⁻⁶
高炉煤气	3.764	MJ/m ³	70.8	100	219*10 ⁻⁶
转炉煤气	7.944	MJ/m ³	46.9	100	145*10 ⁻⁶
其它煤气	5.227	MJ/m ³	12.2	100	37.3*10 ⁻⁶
其它焦化产品	33.453	MJ/kg	25.8	100	95.7*10 ⁻⁶
原油	41.816	MJ/kg	20	100	71.1*10 ⁻⁶
汽油	43.070	MJ/kg	18.9	100	67.5*10 ⁻⁶
煤油	43.070	MJ/kg	19.6	100	71.9*10 ⁻⁶
柴油	42.652	MJ/kg	20.2	100	72.6*10 ⁻⁶
燃料油	41.816	MJ/kg	21.1	100	75.5*10 ⁻⁶
石脑油	43.907	MJ/kg	20	100	69.3*10 ⁻⁶
润滑油	41.398	MJ/kg	20	100	71.9*10 ⁻⁶
石蜡	39.949	MJ/kg	20	100	72.2*10 ⁻⁶
溶剂油	42.947	MJ/kg	20	100	72.2*10 ⁻⁶
石油沥青	38.951	MJ/kg	22	100	73.0*10 ⁻⁶
石油焦	31.958	MJ/kg	26.6	100	82.9*10 ⁻⁶
液化石油气	50.179	MJ/kg	17.2	100	61.6*10 ⁻⁶
炼厂干气	45.998	MJ/kg	15.7	100	48.2*10 ⁻⁶
其它石油制品	40.980	MJ/kg	20	100	72.2*10 ⁻⁶
天然气	38.931	MJ/m ³	15.3	100	54.3*10 ⁻⁶
液化天然气	51.434	MJ/kg	15.3	100	54.3*10 ⁻⁶
垃圾燃料	7.945	MJ/kg	25.0	100	73.3*10 ⁻⁶
其它能源	29.271	MJ/kgce	0	100	0

注：排放因子数据来自生态环境部2023年度中国区域电网二氧化碳基准线排放因子OM计算说明，表中单位已进行换算。

表B.5 部分常见化学药剂排放因子推荐值

序号	药剂名称	因子 (kgCO ₂ /kg)	数据来源
1	盐酸	1.2	《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》
2	氢氧化钠	1.59	中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）
3	聚合氯化铝	0.59	《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》
4	聚丙烯酰胺	1.48	《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》
5	次氯酸钠	1.06	《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》

附录 C
(资料性)
全球变暖潜势

部分温室气体的全球变暖潜势见表C.1。

表C.1 部分温室气体的全球变暖潜势

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 ₂ F ₆	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₂	1530
HFC-143	CH ₃ 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 D

(资料性)

国内外可再生甲醇对比说明

国内外可再生甲醇对比说明见表D.1~D.5。

表D.1 国内外可再生甲醇定义及分类对比

国家/机构	定义	分类	来源
本文件	在全生命周期过程中，符合环境保护要求，对生态环境无害或危害小、资源能源消耗少、碳排放低、且符合产品技术指标和安全要求的甲醇。	生物质甲醇、电制甲醇	定义参考自GB/T 33761—2024
欧盟	将可再生燃料分为生物燃料、非生物质来源的可再生燃料（RFNBO）以及回收碳燃料三类。对应可再生甲醇，分为生物质甲醇、电制甲醇（属于RFNBO），对其原料来源的可持续性有着明确要求，且需进行认证。	生物质甲醇、电制甲醇（属于RFNBO）	《可再生能源指令》
IRENA	未对可再生甲醇进行定义，而是根据原料、能源以及工艺路线划分，包括生物甲醇、生物电制甲醇和电制甲醇。	生物甲醇、生物电制甲醇和电制甲醇	《IRENA 创新前景：可再生甲醇2021》
IMO	甲醇燃料没有进行定义上的划分，更多的是按原料结构（原料类型，原料中碳属性来源）和生产过程（工艺类型，生产使用的能量类型）进行划分，并划分了相关的代码编号。	甲醇燃料按原料类型、原料要求、生产工艺类型、生产用能进行划分	MEPC.391(81)—《2024年船用燃料全生命周期温室气体强度指南（2024LCA指南）》

表D.2 国内外可再生甲醇碳足迹对比

国家/机构	碳足迹	来源
本文件	A级：生物质甲醇 $\leq 32.9 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$ 、电制甲醇 $\leq 28.2 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$ B级： $\leq 47 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$ C级： $\leq 69 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$	本文件根据现有工艺水平和项目情况研究后设定
欧盟	生物质甲醇 $\leq 32.9 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$ 电制甲醇 $\leq 28.2 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$	《可再生能源指令》
IRENA	超低碳排放	《IRENA 创新前景：可再生甲醇2021》
IMO	暂未针对可再生甲醇进行要求，更多面向航运业整体的减排	/

表D.3 国内外可再生甲醇的生物质原料要求对比

国家/机构	生物质原料	来源
本文件	次级生物质和三级生物质。生物质甲醇的原料宜采用具备可持续性的生物质原料，如农林生物质剩余物、畜禽粪污等	GB/T 30366和现有项目情况
欧盟	生物质废弃物、能源作物等需满足《可再生能源指令》的要求，保证其可持续性	《可再生能源指令》
IRENA	林业和农业废弃物及副产品、垃圾填埋场产生的沼气、污水、城市固体废物和制浆造纸业的黑液等可持续生物质原料	《IRENA 创新前景：可再生甲醇2021》
IMO	生物质气化和甲醇合成工艺路线：第二和第三代原料（生物源） 可再生天然气（厌氧消化生物甲烷）重整和甲醇合成工艺路线：混合第一、第二和第三代原料（生物源）	MEPC.391(81)—《2024年船用燃料全生命周期温室气体强度指南（2024LCA指南）》

表D.4 国内外可再生甲醇的氢气原料及生产用能（电力）要求对比

国家/机构	氢气原料	生产用能（电力）	来源
本文件	电制甲醇原料要求使用绿氢。 生物质甲醇生产过程中宜补充绿氢。 补充氢气时，应计算其GHG排放。	生物质甲醇不做要求，需满足碳足迹限值。绿氢需满足绿色电力要求。	/

表D.4 国内外可再生甲醇的氢气原料及生产用能（电力）要求对比（续）

国家/机构	氢气原料	生产用能（电力）	来源
欧盟	电制甲醇只认可绿氢（欧盟称可再生氢气）。如果投入化石氢则会根据质量平衡法扣减相应能量份额。	生物质甲醇生产用能不做要求，但需满足碳足迹限值。 电制甲醇除需满足碳足迹外，对生产生产绿氢的绿色电力有着额外要求。主要分为直连和网连两类场景。 直连要求电解槽与可再生能源发电设施直接连接，或者在同一设施内进行能源生产和制氢。 网连要求电解槽通过电网获取电力，电网中的电力来源包括可再生能源发电，且对电网可再生能源占比和碳排放有着明确要求。 相关内容较多本文件不再详细赘述。	《可再生能源指令》等欧盟法规
IRENA	可再生能源发电生产的氢气	绿电	《IRENA 创新前景：可再生甲醇2021》
IMO	来自可再生电力、工业副产氢、化石蒸汽甲烷重整	并网电力	MEPC. 391（81）—《2024年船用燃料全生命周期温室气体强度指南（2024LCA指南）》

表D.5 国内外可再生甲醇的二氧化碳原料要求对比

国家/机构	二氧化碳原料	来源
本文件	捕集生物质来源或空气中的二氧化碳，以及捕集化石来源的二氧化碳	/
欧盟	捕集生物质来源或空气中的二氧化碳，以及捕集化石来源的二氧化碳。 RFNBO燃料在生产环节中所使用的二氧化碳应为欧盟排放交易体系（EUETS）指令附件I中列出的活动中进行捕集，且在2036年前纳入需有效的碳定价体系后，捕集的二氧化碳排放可计为零	《可再生能源指令》等欧盟法规
IRENA	捕集生物质来源或空气中的二氧化碳，以及捕集化石来源的二氧化碳	《IRENA 创新前景：可再生甲醇2021》
IMO	捕集生物质来源或空气中的二氧化碳，以及捕集化石来源的二氧化碳	MEPC. 391（81）—《2024年船用燃料全生命周期温室气体强度指南（2024LCA指南）》

参 考 文 献

- [1]GB/T 32151.5—2015 温室气体排放核算与报告要求 第5部分：钢铁生产企业
 - [2]DB13/T 5939—2024 煤制甲醇行业耦合绿氢碳减排技术规范
 - [3]《电力中长期交易基本规则—绿色电力交易专章》，发改能源〔2024〕1123号
 - [4]特种设备安全监察条例（中华人民共和国国务院令第549号，2009版）
 - [5]危险化学品安全管理条例（2002年1月26日中华人民共和国国务院令第344号公布，2011年2月16日国务院第144次常务会议修订通过）
 - [6]2023年度中国区域电网基准线排放因子，中华人民共和国生态环境部
 - [7]《公路货运导致的项目和泄漏排放计算工具》，联合国清洁发展机制（CDM）
 - [8]中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022），生态环境部环境规划院
 - [9]《城镇水务系统碳核算与减排路径技术指南》，中国城镇供水排水协会
 - [10]Renewable Energy Directive（2018/2001/EU）
 - [11]《2024年船用燃料全生命周期温室气体强度指南（2024LCA指南）》，国际海事组织海上环境保护委员会MEPC.391（81）决议
 - [12]ISCC EU 205 Green house Gas Emissions
 - [13]ISCC EU 205-1 Renewable Fuels of Non-Biological Origin（RFNBO） and Recycled Carbon Fuels（RCF） Greenhouse Gas Emissions
-