

环保会 MEPC.376(80)决议
(2023 年 7 月 7 日通过)

船用燃料全生命周期温室气体强度指南(LCA 指南)

海上环境保护委员会，

忆及国际海事组织公约第 38(a)条关于国际防止和控制海上污染公约赋予海上环境保护委员会（本委员会）的职能，

还忆及本委员会在其第 72 届会议上通过了 MEPC.304(72)决议《IMO 减少船舶温室气体排放初步战略(初步战略)》，

注意到初步战略要求为所有类型的燃料制定强有力的全生命周期温室气体/碳强度指南，以便制定一个能有效纳入低碳和零碳替代燃料的实施方案，

还注意到本委员会在其第 80 届会议上通过了 MEPC.377(80)决议《2023 年 IMO 减少船舶温室气体排放战略》(2023IMO 战略)，规定了国际航运业减少温室气体排放的目标水平，

进一步注意到 2023 IMO 战略规定，目标水平和指标性检查点应考虑到本组织制定的船用燃料全生命周期温室气体强度指南中所述的船用燃料全生命周期温室气体排放，

注意到 2023 IMO 战略规定，一揽子候选中期温室气体减排措施应考虑到本组织制定的船用燃料全生命周期温室气体强度指南中所述的船用燃料全生命周期的温室气体排放，

在其第 80 届会议上审议了船用燃料全生命周期温室气体强度指南(LCA 指南)，

- 1 通过《船用燃料全生命周期温室气体强度指南》(LCA 指南)，其文本载于本决议附件；
- 2 同意 LCA 指南的任何应用管理和影响应由本委员会在制定管理规定的过程中确定；
- 3 要求各成员国政府使船东、船舶经营人、船厂、船舶设计方、能源公司、燃料生产商、燃料加注公司、发动机制造商和任何其他相关方注意所附的指南；
- 4 同意根据实施中获得的经验保持对本指南的审议。

船用燃料全生命周期温室气体强度指南 (LCA 指南)

目录

第 I 部分: 总则

1 导言

2 范围

第 II 部分: 方法

3 一般方法

4 上船前(WtT)

5 船端 (TtW)

6 全生命周期 (WtW)

7 可持续性

8 燃料全生命周期标签 (FLL)

第 III 部分: 默认排放因子和实际值

9 默认排放因子

10 实际排放因子

第 IV 部分: 验证和认证

11 需验证/认证的要素

12 识别认证计划/标准

第 V 部分: 审查

13 持续审查过程

附录 1 燃料清单及燃料路径代码

附录 2 每个燃料路径代码的默认排放因子

附录 3 缩写和术语

附录 4 上船前默认排放因子提交模板

第 I 部分：总则

1 引言

1.1 本指南为船上使用的所有燃料和其他能源载体(如电力)的全生命周期温室气体排放强度评估提供指导。本指南旨在覆盖燃料全生命周期(有特定的边界)，从原料开采/种植/回收、原料转化为燃料产品、运输和分配/加注、到船上的燃料使用。本指南还规定了船用燃料的可持续性主题/方面，并定义了燃料全生命周期标签(FLL)，其中包含有关燃料类型、原料(原料类型和原料性质/碳源)、转化/生产加工(加工类型和加工中使用的能源)、温室气体排放因子、混合燃料和可持续性主题/方面的信息。本指南规定了应进行验证/认证的FLL要素，并包括了如何识别认证计划/标准的总体程序。

2 范围

2.1 本指南的范围涉及用于船舶推进和船上发电的船用燃料/能源载体(例如岸电)上船前排放(WtT)、船端排放(TtW)和全生命周期排放(WtW)温室气体(GHG)强度和可持续性主题/方面。相关温室气体包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和一氧化二氮(N₂O)。本指南无意为完整的IMO国际航运温室气体清单提供指导。货物排放(例如挥发性有机化合物(VOC))或使用制冷剂不包括在内；其他短期气候驱动因子和先导，例如非甲烷挥发性有机化合物(NM VOC)、硫氧化物(SO_x)、一氧化碳(CO)、颗粒物(PM)和黑碳，不属于本指南的范围。

2.2 就本指南而言，全生命周期温室气体排放因子计算的系统边界跨越了燃料的生命周期，即：从其来源到生产、转化、运输、分配，最终到其在船上的使用，基于归因法计算¹。对于特定的从目前使用中置换原料的方式，将根据具体情况逐一评估扩大系统边界的可能性²。因此，将核算燃料生命周期链中以下生命周期阶段相关的排放：

- 1 原料开采/种植/获取/回收；
- 2 原料(早期)加工/在源头转化；
- 3 原料运输至转化场所；
- 4 原料转化为成品燃料；
- 5 成品燃料运输/储存/交付/零售储存/加注；和
- 6 燃料在船上的使用。

2.3 按照归因法，采用现有的最佳科学证据，对上船前排放计算值(即与燃料开采、生产、转化、运输和交付相关的排放)进行评估，而无论燃料/能源载体最终如何使用。同时对船端排放(即与燃料使用相关的排放)进行量化，而无论燃料的获取/生产/转化/运输和交付步骤或能源载体如何。对这两部分相加得到全生命周期，从而提供与燃料生产和在船上特定转化器中使用某种燃料/能源相关的全部排放性能。

2.4 温室气体排放量按CO₂当量(CO_{2eq})计算，使用100年时间范围内的全球变暖潜势(GWP100)来转化除CO₂以外的其他气体的排放量，如IPCC第五次评估报告³所述，对于CO₂、CH₄和N₂O，按下式计算：

$$\bullet \quad g_{CO_{2eq}(100y)} = GWP_{CO_2(100y)} \times g_{CO_2} + GWP_{CH_4(100y)} \times g_{CH_4} + GWP_{N_2O(100y)} \times g_{N_2O}$$

对于(CO₂ 1; CH₄ 28; N₂O 265)，按下式计算：

¹ 归因全生命周期评估(LCA): LCA旨在描述系统及其子系统在其生命周期中与环境相关的物理流入和流出;归果全生命周期分析(LCA): LCA旨在描述为响应可能的决策，与环境相关的流动如何变化。Finnveden G, Hauschild MZ, Ekvall T, Guisasa J, Heijungs R, Hellweg S 等人;《全生命周期评估的最新进展》;环境科学学报, 2009;31(1):1-21。

² 例如对捕获的CO₂的运输和储存。

³ 本指南中使用的系数为IPCC第五次评估报告(AR5)中给出的全球变暖潜势值。

- $g_{CO_{2eq}(100y)} = 1 \times g_{CO_2} + 28 \times g_{CH_4} + 265 \times g_{N_2O}$

根据本指南，GWP100 值应用于量化温室气体强度。

为进行比较，可采用按20年全球变暖潜势(GWP20)的计算结果，按下式计算：

- $g_{CO_{2eq}(20y)} = GWP_{CO_2(20y)} \times g_{CO_2} + GWP_{CH_4(20y)} \times g_{CH_4} + GWP_{N_2O(20y)} \times g_{N_2O}$

对于(CO₂ 1; CH₄ 84; N₂O 264), 按下式计算：

- $g_{CO_{2eq}(20y)} = 1 \times g_{CO_2} + 84 \times g_{CH_4} + 264 \times g_{N_2O}$

2.5 本指南提供了：

- 1 基于全生命周期归因法的全生命周期温室气体排放因子，采用温室气体(CO₂、CH₄和N₂O)在100年时间范围内的全球变暖潜势值(GWP)来表示每种代表性燃料的温室气体；
- 2 与归因法一致的上船前温室气体排放因子(CO₂、CH₄和N₂O)的量化；
- 3 船端温室气体排放因子(CO₂、CH₄和N₂O);和
- 4 船用燃料的可持续性主题/方面。

2.6 本指南定义了包含燃料类型、使用的原料、燃料生产路径、温室气体排放因子、混合燃料和可持续性主题/方面信息的燃料全生命周期标签(FLL)。

2.7 下图显示了一种燃料的通用全生命周期供应链。燃料加注标志在船端阶段开始前的上船前阶段的最后一步。

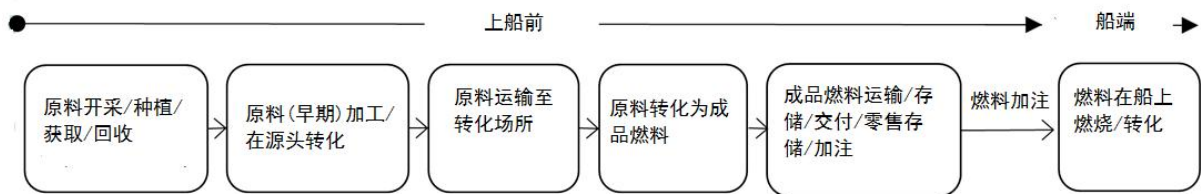


图 1: 通用全生命周期供应链

2.8 本指南附录1中列出一份初步的燃料清单（非详尽），描述了目前主要的船用燃料和将来预计出现的船用燃料。

第 II 部分: 方法

3一般方法

3.1 基于全生命周期评估(LCA)的方法采用所考虑的活动的特性数据，对产品/服务/系统从全生命周期进行全面评估。LCA 方法跟踪船用燃料从原料获取到其在船上的使用，评估其全生命周期温室气体强度。该方法在全生命周期温室气体排放量化范围内应用，适用于产生排放的所有地理区域，对整个燃料/能源供应链的温室气体强度进行量化。

3.2 一般原则和方法可见 ISO 14044:2006《环境管理-全生命周期评估-要求和指南》。ISO 14040:2006《环境管理-全生命周期评估-原则和框架》为 LCA 评估设定了框架，用于量化供应链中产品、加工和服务对环境的影响。在此基础上，可以制定具体的 LCA 方法，使其适用于船用燃料。

3.3 上船前排放（WtT emissions）系指从种植或开采原材料、生产和运输燃料到使用点(包括加注)所产生的温室气体排放。

3.4 船端排放 (TtW emissions) 代表船上使用燃料(如燃烧)产生的温室气体排放, 包括与温室气体评估相关的潜在泄漏(逸散性排放和逃逸)。

3.5 全生命周期排放 (WtW emissions) 是上船前排放和船端排放的总和, 量化了给定燃料和燃料路径在给定能量转化器中使用的整个生命周期温室气体排放。

3.6 归因法考虑了燃料/能源载体路径供应链上的所有过程, 从而量化每一环节对船上使用的最终燃料/能源产品的总体温室气体强度的贡献。当原料或中间产品偏离现有用途, 可以根据具体情况考虑扩大特定路径的系统边界。

3.7 对于系统边界的扩大, 以及相应的间接土地利用变化(ILUC)等因素, 考虑到其中的不确定性和随意性风险, 涉及间接土地利用变化的原料应只能通过基于风险的方法在可持续性主题/方面的框架内进行评估(见本指南)。

3.8 当一个转化过程产生一种以上的产品时, 与燃料生产有关的排放应在主要产品和副产品之间分配。在这种转化过程中, 排放是根据其能量含量来分配的, 即所谓的“能量分配”方法。如果副产品不能根据其能量含量进行分配(例如电解水制氢中产生的氧), 则可以根据具体情况逐一考虑其他方法, 如质量分配、市场收入分配(也称为“经济分配”)。

3.9 副产品定义为“生产加工的结果, 具有经济价值和弹性供应(旨在作为原料市场价值与可生产的原料数量之间存在因果关系的明确证据)”。

3.10 当用于生产燃料的原材料是废料(无经济价值)或残渣(不可避免地产生且经济价值可忽略不计, 需要在主要转化过程中进行进一步处理)时, 也适用此定义。如果原料是废料、残渣或副产品, 则上船前排放 (WtT) 是指从原料收集点开始, 直到最终燃料/能源产品的使用点为止。

3.11 根据 IPCC 《国家温室气体清单指南》(IPCC 指南)⁴, 生物质燃料中的任何碳应作为一个信息项目进行报告, 而不应包括在部门或国家总量中, 以避免重复计算, 因为生物质的净排放量已在国家级的农林和其他土地利用(AFOLU)部门核算。

3.12 IMO LCA 指南的范围并不影响或改变 IPCC 指南。根据 IPCC 指南, 国际水运(国际燃料)归为能源部门下的“移动源燃烧”, 但国际运输中船舶使用的燃料排放不应列入国家温室气体清单的国家总量中。

3.13 燃料批次可以由各种原料和来源制成的混合燃料(例如, 将 20%的生物柴油混合到化石 MGO 中)和/或通过不同的生产路径制成。计算时应使用各种燃料成分能量的加权平均值。有关资料应随附在燃料全生命周期标签(FLL)中每一个燃料成分后。混合燃料应列入认证计划, 并根据混合燃料中每种燃料的能量比例确定相关的温室气体默认值或实际排放因子(gCO₂/MJ)。

4 上船前(WtT)

4.1 应明确描述每种相关船用燃料的路径, 并计算燃料路径上每一步的温室气体排放。特定非常规和非化石燃料路径的特定温室气体排放可酌情考虑原料生产和/或转化发生的地理区域的不同特征。

4.2 本文中进一步提及的“燃料路径”均应理解为包括原料结构(称为性质/碳源和原料类型对)和生产或转化过程(注意相同的原料和燃料类型对可以具有不同的生产或转化过程)。

4.3 上船前方法的目的是量化和评估燃料生产的温室气体强度, 包括图 2 中提到的所有步骤。为了应用该方法, 应确定燃料的碳原料和生产路径, 并将其作为燃料全生命周期标签的一部分。上船前应包含的生产步骤如图 2 所示。

⁴ 2006 年《IPCC 国家温室气体清单指南》

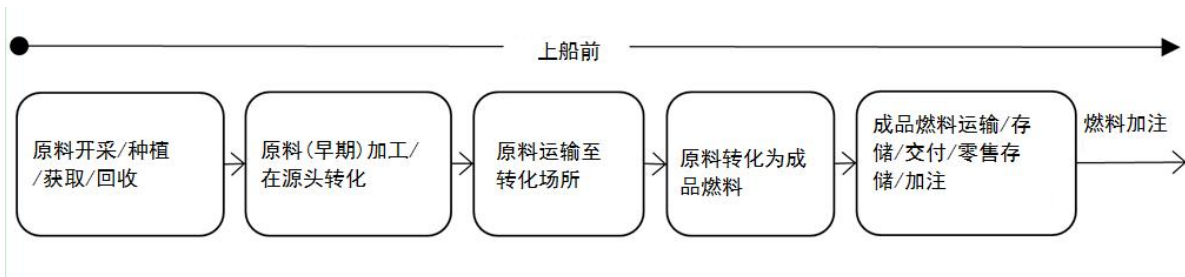


图2: 通用上船前供应链

4.4 上船前温室气体排放因子($\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$ 燃料或电力)按公式(1)计算。

公式(1)

$$GHG_{WtT} = e_{fecu} + e_l + e_p + e_{td} - e_{sca} - e_{ccs}$$

参数	单位	解释
e_{fecu}	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	与原料开采/种植/获取/回收有关的排放
e_l	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	直接土地利用变化引起的碳储量变化的年化排放 (超过 20 年) ⁵
e_p	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	与原料加工和/或原料转化有关的排放, 以及与原料转化为最终燃料产品(包括发电)有关的排放
e_{td}	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	与原料运输到转化厂有关的排放, 以及与成品燃料运输和储存、当地交付、零售储存和加注有关的排放
e_{sca}	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	通过改善农业管理从土壤碳积累中减少的年化排放量(超过 20 年) ⁶
e_{ccs}	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	尚未在 e_p 中核算的来自碳捕获和存储(e_{ccs})的排放信用额。应适当核算通过捕获和封存与燃料开采、运输、加工和分配相关的 CO_2 排放而避免的排放。从上述排放信用额中, 需要扣除从 CO_2 捕获(e_{cc})和运输(e_t)直至最终储存这一过程中产生的所有排放(包括与注入等相关的排放)。该要素的计算公式如下: $e_{ccs} = c_{sc} - e_{cc} - e_t - e_{st} - e_x$
c_{sc}	$\text{g CO}_2 \text{ stored} / \text{MJ}_{\text{LCV}}$	相当于捕获和储存的净 CO_2 排放信用额 (长期:100 年)
e_{cc}	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	与 CO_2 的捕获、压缩和/或冷却及临时储存过程相关的排放
e_t	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	与运输到长期储存地点相关的排放
e_{st}	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	与捕获的 CO_2 存储过程(长期:100 年)相关的任何排放(包括长期储存和/或向储存容器中注入 CO_2 时可能发生的逸散性排放)
e_x	$\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{\text{LCV}}$	任何与碳捕获和存储相关的额外排放

4.5 公式(1)中的上船前排放包括与原材料开采或种植、用于商品生产和诸如能源载体等公用设施的初级能源 (如燃料和电力)、运输和分配(包括加注)、直接土地利用变化和碳储量变化(土壤碳积累)相关的排放。

4.6 加工包括开采、捕获或种植初级能源所需的所有步骤和操作。加工包括源头的基本转化和使资源可运输到市场所需的操作(例如干燥, 化学/物理升级, 如气转液等)。

⁵ 在本组织制定进一步的方法指导之前, 参数 e_l 的值应设为零。

⁶ 在本组织制定进一步的方法指导之前, 参数 e_{sca} 的值应设为零。

4.7 运输、加工和分配包括在燃料路径中将产品运输到转化地点、调节(如压缩、冷却)、分配到市场(即加注)和最终泄漏, 以及在任何这些阶段的逸散性排放。

4.8 为采用可预测、可重复和稳定的数值建立适当的认证方法, 最适当可靠的方法是应基于副产品的能量含量将排放量分配给副产品。

4.9 用于生产生物燃料的土地利用(直接和间接的)可能导致土地利用变化(LUC)。土地利用变化可分为直接土地利用变化(DLUC)和间接土地利用变化(ILUC)。

4.10 直接土地利用变化的定义基于 ISO 14067:2018, 描述为被评估产品系统内土地利用或管理的变化。直接土地利用变化的影响包括由生物量、死有机质和土壤有机质的碳储量变化引起的排放和封存, 根据 IPCC 指南进行评估。如能获得, 可使用行业或国家特定的碳储量数据, 否则, 可考虑 IPCC 的 1 级默认排放因子。上船前公式(1)中的两项分别捕获了直接土地利用变化引起的排放, 即 e_l , 和土壤有机碳含量的封存或以其他方式增加的排放 e_{sca} 。

4.11 间接土地利用变化的定义基于 ISO 14067:2018, 描述为直接土地利用变化导致的土地利用或管理的变化, 但发生在被评估的产品系统之外。间接土地利用变化的发生是由于生物燃料需求增加对商品价格产生的经济影响, 导致经济行业(主要包括食品和饲料生产)的需求和供应发生变化。间接土地利用变化不能直接测量, 而是用经济模型来预测。

4.12 由于间接影响评估所依据的假设存在可变性, 对间接土地利用变化对温室气体影响的定量评估存在不确定性、数量上的高度可变性和结论随意性的风险。由于这些原因, 现阶段应采用基于风险的方法来解决间接土地利用变化问题, 这意味着不会计算定量值并分配给每个燃料路径。间接土地利用变化产生的排放, 以及间接土地利用变化影响的空间维度取决于多种因素, 例如当地/区域条件和农业实践、当前和预期的粮食进口需求、国家活期账户、原料类型、同一原料的替代经济用途等。

4.13 对于间接土地利用变化, 基于风险的定性方法考虑了以下方面:

- 1 低间接土地利用变化风险对应在不破坏现有土地利用的情况下提供额外原料的生物燃料生产项目。当一个农业生产地区的生产力提高时, 只有额外的产量而非整个生产应被视为低间接土地利用变化; 和
- 2 高间接土地利用变化风险对应基于或取代粮食和饲料作物, 从而导致原料生产区域大幅扩大, 转移到高碳储量土地的生物燃料生产项目。

4.14 上船前默认排放因子见本指南附录 2。

5 船端 (TtW)

5.1 船端方法的目的是量化和评估船舶上与燃料使用相关的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放强度, 包括燃烧/转化和所有相关逸散性排放, 用全球变暖潜势值表示。

5.2 船端温室气体排放因子应按式(2)计算:

公式 (2)

$$GHG_{TtW} = \frac{1}{LCV} \left(\left(1 - \frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \right) \times (C_{fCO_2} \times GWP_{CO_2} + C_{fCH_4} \times GWP_{CH_4} + C_{fN_2O} \times GWP_{N_2O}) + \left(\frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \times C_{sfx} \times GWP_{fuelx} \right) - S_{Fc} \times e_c - S_{Fccu} \times e_{ccu} - e_{OCCS} \right)$$

注: 参数 S_{Fccu} 、 e_{ccu} 和 e_{OCCS} 有待本组织制定进一步的方法指导。详情参见脚注 11 至 13。

参数	单位	解释
----	----	----

参数	单位	解释
C_{slip_ship}	占总燃料质量的百分比	核算未被氧化从能量转化器中逃逸的燃料因子(包括从燃烧室/氧化过程和曲轴箱中逃逸的燃料, 视情况而定), 以占交付给船舶的总燃料质量的百分比表示。 $C_{slip_ship} = C_{slip} * (1 - C_{fug}/100)$
C_{slip}	占总燃料质量的百分比	核算未被氧化从能量转化器中逃逸的燃料因子(包括从燃烧室/氧化过程和曲轴箱中逃逸的燃料, 视情况而定), 以占能量转化器中消耗的总燃料质量的百分比表示。
C_{fug}	占燃料质量的百分比	核算从油舱直至能量转化器之间逃逸并在系统中泄漏、排气或以其他方式丢失的燃料因子, 以占交付给船舶的燃料质量的百分比表示 ⁷
C_{sfx}	gGHG/g fuel	核算温室气体在燃料成分中所占份额的因子, 以 gGHG/g fuel 表示 例如: 对于 LNG, 该值为 1
C_{fCO2}	gCO ₂ /g fuel	船舶使用的燃料在燃烧和/或氧化过程中的排放的 CO ₂ 排放转化因子 (g CO ₂ /g 完全燃烧的燃料)
C_{fCH4}	gCH ₄ /g fuel	船舶使用的燃料在燃烧和/或氧化过程中的排放的 CH ₄ 排放转化因子 (g CH ₄ /g 交付给船舶的燃料) ⁸
C_{fN2O}	gN ₂ O/g fuel	船舶使用的燃料在燃烧和/或氧化过程中的排放的 N ₂ O 排放转化因子 (g N ₂ O/g 交付给船舶的燃料)
GWP_{CH4}	gCO _{2eq} /g CH ₄	CH ₄ 的 100 年全球变暖潜势(基于 IPCC 第五次评估报告 5) ⁹ 见 https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/ 定义
GWP_{N2O}	gCO _{2eq} /g N ₂ O	N ₂ O 的 100 年全球变暖潜势(基于 IPCC 第五次评估报告 5) ¹⁰ 见 https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/ 定义
GWP_{fuelx}	gCO _{2eq} /g GHG	燃料成分中温室气体的 100 年全球变暖潜势(基于 IPCC 第五次科学评估报告)
S_{Fc}	0 或 1	碳源因子, 用以确定在计算船端值时是否核算了生物质生长产生的排放信用额
e_c	gCO _{2eq} /g fuel	生物质生长产生的排放信用额
e_{ccu} ¹¹	gCO _{2eq} /g fuel	在燃料生产加工和使用中, 使用捕获的 CO ₂ 作为碳储量生产合成燃料产生的排放信用额, 且未在 e_{fecu} 和 e_p 中核算过
S_{Fccu} ¹²	0 或 1	碳源因子, 用以确定在计算船端值时是否核算了在燃料生产加工和使用中使用捕获的 CO ₂ 作为碳储量生产合成燃料产生的排放信用额
e_{occs} ¹³	gCO _{2eq} /g fuel	在船上进行 CO ₂ 捕获时, 碳捕获和存储(e_{occs})的排放信用额。如果在船上进行碳捕获和存储, 应适当核算通过捕获和封存所排放的 CO ₂ 而避免的排放。从上述排放信用额中, 需要扣除 CO ₂

⁷ 在本组织制定进一步的方法指导以确定适当因子之前, C_{fug} 的值应设为零。

⁸ 对于 LNG/CNG 燃料, C_{slip_engine} 覆盖了 C_{fCH4} 的作用, 因此对于这些燃料 C_{fCH4} 设为零。

⁹ 根据 IPCC AR5 设为 28。

¹⁰ 根据 IPCC AR5 设为 265。

¹¹ 在本组织制定进一步的方法指导之前, $S_{Fccu} \times e_{ccu}$ 的积应设为零。

¹² 在本组织制定进一步的方法指导之前, $S_{Fccu} \times e_{ccu}$ 的积应设为零。

¹³ 在本组织制定进一步的方法指导之前, e_{occs} 的值应设为 0。

参数	单位	解释
		捕获(e_{cc})和运输(e_t) 直至最终储存这一过程中产生的所有排放(包括与注入等相关的排放)。 该要素的计算公式如下: $e_{OCCS} = c_{SC} - e_{cc} - e_t - e_{st} - e_x$
c_{sc}	gCO ₂ / g fuel	相当于捕获和储存 CO ₂ (长期:100 年)的 信用额
e_{cc}	gCO _{2eq} / g fuel	与 CO ₂ 的捕获、压缩和船上临时储存过程相关的任何排放
e_t	gCO _{2eq} / g fuel	与运输至长期储存点相关的排放
e_{st}	gCO _{2eq} / g fuel	与捕获的 CO ₂ 存储过程(长期:100 年)相关的任何排放(包括长期储存和/或向储存容器中注入 CO ₂ 时可能发生的逸散性排放)
e_x	gCO _{2eq} / g fuel	任何与碳捕获和存储相关的额外排放
LCV	MJ/g	低热值指某一特定燃料完全燃烧所释放的热量

5.3 为了使 LCA 指南能够清晰、稳健和一致地应用于任何可能的测量，用该方法可计算以下两个船端值：

- 1 船端温室气体强度值 1：计算时不考虑碳源，因此不考虑 e_c 和 e_{ccu} 参数， S_{Fc} 和 S_{Fccu} 值应始终为 0；和
- 2 船端温室气体强度值 2：计算时考虑了生物源燃料的碳源或由捕获的碳制成的燃料的碳源，因此应考虑 e_c 和 e_{ccu} 参数， S_{Fc} 和 S_{Fccu} 值应始终为 1。

5.4 实际的温室气体强度取决于燃料的特性和能量转化的效率。对于 CO₂，排放系数是基于碳氧摩尔比乘以燃料的碳质量，假设燃料中的所有碳都被氧化(按化学计量燃烧)。CH₄ 和 N₂O 排放因子取决于能量转化器中的燃烧和/或转化过程。

5.5 对于未来的使用，例如，带有重整装置的燃料电池，也可以通过这种船端方法考虑生成温室气体的电化学反应。

5.6 船端默认排放因子见本指南附录 2。

6 全生命周期 (WtW)

6.1 全生命周期方法的目的是整合上船前和船端部分，量化与燃料生产和使用相关的整个生命周期的排放。

6.2 全生命周期温室气体排放因子(gCO_{2eq}/MJ_{LCV} 燃料 或 电力)按下式计算：

公式 (3)

$$GHG_{WtW} = GHG_{WtT} + GHG_{TtW}$$

式中

参数	单位	解释
GHG_{WtW}	gCO _{2eq} /MJ(LCV)	船上耗能设备使用燃料或电力产生的每能源单位全生命周期温室气体排放总量
GHG_{WtT}	gCO _{2eq} /MJ(LCV)	提供给船舶的燃料每能源单位上船前温室气体上游排放总量
GHG_{TtW}	gCO _{2eq} /MJ(LCV)	船上耗能设备使用燃料或电力产生的每能源单位船端温室气体下游排放总量

公式 (4)

$$GHG_{WtW} = e_{fecu} + e_l + e_p + e_{td} - e_{sca} - e_{ccs} + \frac{1}{LCV} \left(\left(1 - \frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \right) \times (C_{fCO_2} \times GWP_{CO_2} + C_{fCH_4} \times GWP_{CH_4} + C_{fN_2O} \times GWP_{N_2O}) + \left(\frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \times C_{sfx} \times GWP_{fuelx} \right) - S_{Fc} \times e_c - S_{Fccu} \times e_{ccu} - e_{OCCS} \right)$$

注：参数 S_{Fccu} 、 e_{ccu} 和 e_{OCCS} 有待本组织制定进一步的方法指导。详情参见 5.2 节。

6.3 为计算全生命周期排放，应使用按第 5.3.2 段计算的船端值 2。

7 可持续性

7.1 应基于全生命周期通过以下主题/方面来评估船用燃料的可持续性：

- 1 温室气体(GHG);
- 2 碳源;
- 3 电力/能源来源;
- 4 碳储量-直接土地利用变化(DLUC);
- 5 碳储量-间接土地利用变化(ILUC);
- 6 水;
- 7 空气;
- 8 土壤;
- 9 废料和化学品; 和
- 10 保护。

其他社会和经济可持续性主题/方面可在后续阶段加以考虑。

7.2 每一可持续性主题/方面的原则/目标以及相关度量/指标见下表。

表 1: 可持续性主题/方面

主题/方面	原则/目标	度量/指标
1. 温室气体(GHG)	基于全生命周期，可持续船用燃料产生的温室气体排放量低于传统船用燃料(基于 DCS 数据的 3 个特定年份的液态石油产品的能量加权平均值)。	1. 采用单位为 gCO_{2eq}/MJ (GWP100)的温室气体强度; 单位为 gCO_{2eq}/MJ (GWP20) 的温室气体强度可以作为比较。

<p>2. 碳源</p>	<p>可持续船用燃料不会增加使用化石能源产生的温室气体强度，能确保捕获和储存的碳的性能同时避免在经济产业的重复计算。</p>	<p>1. 碳源指标，包括其在用于生产最终燃料产品的原料中的含量(以%为单位)和来源，即化石、生物源、捕获碳(包括直接空气捕获(DAC)、点源化石(PSF)和点源生物源(PSB))，以及其他(包括来源的混合物)。</p>
<p>3. 电力/能源来源</p>	<p>在上船前阶段需要大量电力输入的可持续船用燃料和直接向船舶输送的电力是通过使用来自可再生能源、核能或生物源的电力/能源生产的，这些电力/能源是当前或长期需求水平之外的，或者在非高峰时段使用多余的电力。</p>	<p>1. 用于生产船用燃料或直接交付给船舶的电力的温室气体强度(年平均，根据总排放量和实际生产小时数以 g CO_{2eq}/kWh 表示)。</p>
<p>4. 碳储量-直接土地利用变化(DLUC)</p>	<p>可持续船用燃料不是由从高碳储量的土地获得的生物质制成的;生产可持续船用燃料可以最大限度地减少直接土地利用变化造成的排放。</p>	<p>1. 可持续船用燃料原料不包括从高碳储量的土地获得的生物质(例如，原始森林、湿地或泥炭地，参照特定的转化截止日期)，或者制定了可持续的土地管理计划和报告时间表，以确保生物质来自不会对土壤碳储量产生负面影响的活动或生态系统服务;</p> <p>2. 以 2008 年 1 月 1 日¹⁴为截止日期，不在由原始森林、林地、草地或受法律保护的陆地转化而来的土地上生产可持续船用燃料;和</p> <p>3. 直接土地利用变化(DLUC)指标，以温室气体(包括 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放)强度表示，即：原料生产或产量的 CO₂ 当量质量/ MJ。</p>

¹⁴ 有待本组织制定进一步的指导。

5. 碳储量-间接土地利用变化 (ILUC)	<p>可持续船用燃料的原料种植最大限度地减少了在所评估的产品系统之外对土地使用或管理方面的负面变化。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与可持续船用燃料原料种植相关的间接碳储量风险(见 4.13 段).
6.水	<p>可持续船用燃料的生产能维持或提高水质和可用性。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采取举措以(1)维持水质;和(2)有效利用水资源, 避免水资源(包括地表水、可再生水和化石/地下水)超出补给能力的枯竭; 2. 尊重当地居民对水资源管理的决策; 3. 水环境影响(对水资源短缺的加权用水量); 4. 以 立方米/年/每兆焦耳或原料生产或产量表示的用水量指标; 5. 淡水富营养化指标, 例如分别以每千克或每兆焦耳 (MJ) 生产的原料释放到淡水中的磷当量(P_{eq}, 单位为 kg) 和氮当量(N_{eq}, 单位为 kg) 表示; 和 6. 海洋富营养化指标, 例如分别以每千克或每兆焦耳 (MJ) 生产的原料释放到海水中的磷当量(P_{eq}, 单位为 kg) 和氮当量(N_{eq}, 单位为 kg) 表示。
7. 空气	<p>可持续船用燃料的生产最大限度地减少对空气质量的负面影响。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船用燃料是在完全符合所有地方、国家和区域空气污染法律和法规的设施中生产的。
8. 土壤	<p>可持续船用燃料的生产能维持或增强土壤健康。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已实施了农业和林业原料生产或残留物收集的最佳管理做法, 以维持或增强土壤健康, 例如物理、化学和生物条件;和 2. 船用燃料是在完全符合所有地方、国家和区域有关土壤健康的法律和法规的设施中生产的。
9. 废料和化学品	<p>可持续船用燃料的生产能维持或增强对废料和化学品使用的负责任管理。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采取了可操作措施以确保在储存、处理和处置步骤中最大限度减少生产加工中产生的废料和使用的化学品。鼓励化学品和废料的再利用或

		<p>再循环。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 制定了程序，以最大限度减少使用既不可回收又不可生物降解的材料； 3. 生产的每兆焦耳燃料产生的危险废料的平均值(以吨计)；和 4. 生产的每兆焦耳燃料所消耗的特定工业化学品的平均值(以吨计)。
<p>10. 保护</p>	<p>可持续船用燃料的生产能维持或增强生物多样性和生态系统，或保护服务。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 船用燃料的原料并非产自因其生物多样性、保护价值或生态系统服务而受到对该地区有管辖权的国家保护的地区。有证据表明该活动不妨碍保护的目;和 2. 选择低入侵风险的原料进行种植，并采取适当的控制措施，以防止种植的外来物种和改良微生物的传播失控。

8 燃料全生命周期标签 (FLL)

8.1 就本指南而言，燃料全生命周期标签 (FLL)是用来收集和传递用于船舶推进和船上发电的船用燃料和能源载体(例如：岸电)全生命周期评估信息的一项技术工具。

8.2 FLL 由五个主要部分组成，如下所示：

第 A-1 部分	第 A-2 部分	第 A-3 部分	第 A-4 部分	第 A-5 部分
燃料类型 (混合)	燃料路径代码	低热值 (LCV, MJ/g)	混合燃料份额 (%MJ _(LCV) / MJ _(LCV))	上船前温室气体排放因子 (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV))
+				
第 B-1 部分		第 B-2 部分 ¹⁵		
与生物碳源相关的排放信用额(e_c , 单位为 gCO ₂ /g fuel, 基于 GWP100)		与捕获碳源相关的排放信用额(e_{ccu} , 单位为 gCO ₂ /g fuel, 基于 GWP100)		
+				
第 C-1 部分		第 C-2 部分	第 C-3 部分	
值 1(不考虑碳源): 船端温室气体排放因子 (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV))		值 2(考虑碳源): 船端温室气体 排放因子 (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV))	能量转化器	
+				
第 D 部分		第 E 部分		
全生命周期温室气体排放因子 (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV)) 注: 第 D 部分 = 第 A-5 部分+ 第 C-2 部分		可持续性(认证) ¹⁶		

8.3 不同相关方(燃料供应商、所有者/经营者、主管机关/被认可组织等)可在燃料路径上基于不同用途使用 FLL 的不同部分。因此，每一个利益相关方可使用与其活动和目的相关的 FLL 部分，而非整个完整的文件。

8.4 对 FLL 的五个主要部分解释如下。

.1 FLL 的第 A 部分说明了：

- .1 燃料类型(第 A-1 部分);
- .2 燃料路径代码(第 A-2 部分);
- .3 低热值(第 A-3 部分, 单位为 MJ/g); 和
- .4 上船前温室气体排放因子(第 A-5 部分, 单位为 gCO_{2eq}/MJ_(LCV), 基于 GWP100 计算).

第 A-4 部分仅适用于提供给船舶的某燃料批次是由具有不同燃料路径代码的燃料混合而成的(以下简称“混合燃料”)，并说明了每种混合成分在混合燃料中的份额(单位为 %MJ_(LCV)/MJ_(LCV))。如果混合燃料是按体积表示的，需要根据混合成分的 LCV 值以能量为基础重新计算；

对于提供给船舶的混合燃料，混合燃料的类型信息在第 A-1 部分列出，即在其成分之上，按燃料成分的百分比顺序命名，例如 X (70%)，Y (20%)，Z(10%)。第 A-5 部分、第 C-1 部分、第 C-2 部分和第 D 部分为各燃料成分能量份额(% MJ_(LCV))/MJ_(LCV))的加权平均值，第 A-2 至 A-4 部分、第 B 部分和第 E 部分留空。具有特定燃料路径代码的混合燃料的每个组分在混合燃料行下面的单独行中呈现；

¹⁵ 有待本组织制定进一步的方法指导(见第 5 节)。

¹⁶ 有待本组织制定进一步的指导。

2. FLL 的第 B 部分说明了与碳源相关的碳信用额, 包括:
 - .1 e_c (第 B-1 部分, 单位为 $\text{gCO}_2/\text{g fuel}$, 基于 GWP100) 计算; (和
 - .2 e_{ccu} (第 B-2 部分, 单位为 $\text{gCO}_2/\text{g fuel}$, 基于 GWP100 计算)),¹⁷
见本指南第 5 节定义;
3. FLL 的第 C 部分说明了燃料类型的船端温室气体排放因子和船上的能量转化器(第 C-3 部分)。燃料类型的船端温室气体排放因子进一步分类为:
 - .1 值 1, 不考虑碳源(第 C-1 部分, 单位为 $\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{(\text{LCV})}$, 基于 GWP100 计算); 和
 - .2 值 2, 考虑碳源(第 C-2 部分, 单位为 $\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{(\text{LCV})}$, 基于 GWP100 计算),
见本指南第 5 节定义;
4. FLL 的第 D 部分表示燃料类型的全生命周期温室气体排放因子(单位为 $\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}_{(\text{LCV})}$, 基于 GWP100 计算), 它始终是第 A-5 部分和第 C-2 部分的总和; 和
5. 根据本指南第 7 节的规定, FLL 的第 E 部分表明燃料的可持续性能。

第 III 部分: 默认排放因子和实际值

9 默认排放因子

9.1 本第 9 节所述的确定默认因子的原则和程序已经用于确定默认排放因子, 并应继续对未来将确定的因子有效。

9.2 应使用具有代表性且保守的假设来计算上船前默认排放因子, 其中覆盖了世界各地区和各国原料-燃料路径的各种性能。

9.3 要建立上船前默认排放因子, 应至少考虑来自三个不同的、具有代表性的来源的三个参考值。在考虑的三个(或更多)值中, 应选择较高的排放值作为默认值, 并应提供可用排放因子的范围供参考。参考值应附有相关的技术和科学资料(见附录 4 所载的模板), 并酌情根据相应的资料进行评价, 包括参考值之间的一致性。

9.4 为建立初始默认排放因子, 直接土地利用变化(DLUC)引起的碳储量变化相关的排放(e_l)和通过改善农业管理从土壤碳积累中节省的排放(e_{sca})被视为零。同样, 与碳捕获和存储相关的参数也是如此, 这需要进一步制定。

9.5 船端默认排放因子, 包括每种燃料类型和每种转化器类型的逃逸因子, 载于附录 2(对于那些可提供此类因子的燃料和转化器, 参见《2022 年新船达到的能效设计指数(EEDI)计算方法指南》(MEPC.364(79)决议)和《2020 年第四次国际海事组织温室气体研究报告》)。进一步的船端默认排放因子(MEPC.364(79)决议规定的 C_{fCO_2} 除外)可以按与 9.3 段所述对上船前默认排放因子相同的规则来确定。对于船上碳捕获和存储 (e_{occs}), 没有提供默认的排放因子, 每单位燃料质量捕获的碳量应该经过专门核准。需要进一步制定利用捕获的 CO_2 作为碳储备生产合成燃料(e_{ccu})的排放信用额相关参数。

9.6 由于 C_{fug} 因子的定义被视为是一个难以测量的参数, 因此 C_{fug} 因子应通过现有的最佳知识来建立, 并将在后续阶段处理。在定义 C_{fug} 因子之前, C_{fug} 应设为 0。

9.7 如果建议增加能源转化器类别(未列于附录 2), 则可根据上文第 9.5 段所述的建立船端默认排放因子的规则, 以确保这些新转化器(例如燃料电池)也可与默认排放因子相关联。

10 实际排放因子

10.1 实际排放因子的目的是经第三方验证和认证, 显示与默认排放因子相比具有更优越的温室气体性能。

¹⁷ 有待本组织制定进一步的方法指南。有关 e_{ccu} 参数和 FLL 的第 B-2 部分的详细信息, 分别参见第 5.2 节和 8.2 节。

10.2 上船前和船端排放因子应基于本指南中确定的方法确定。实际值提供了特定燃料在全生命周期(从燃料生产到其在船上使用)的全生命周期(上船前和船端)温室气体强度。

10.3 对于附录 1 中包含的路径, 应提供上船前实际排放因子的描述和计算方法。另外, 对于附录 1 中未包含的路径, 应提供对路径的详细描述。

10.4 实际上船前排放因子的使用不适用于纯化石路径。但是, 对于由化石来源的捕获碳生产的燃料以及应用 CCS/CCUS 技术的化石燃料, 则允许使用实际值。对于混合燃料的化石成分, 应使用化石燃料默认排放因子。

10.5 本指南给出的实际船端排放因子可用于所有燃料路径¹⁸。

第 IV 部分:验证和认证

11 需验证/认证的要素

11.1 当用作性能证据时, FLL 需要结合本组织将制定的进一步指导, 由第三方验证和认证。

11.2 对 FLL 第 A、B、C、E 部分的验证和认证可由不同的验证机构分别进行。对 FLL 的第 D 部分的验证和认证需要在已经过验证的第 A、B、C 部分基础之上进行。

11.3 对于具有特定燃料路径代码并将在特定能量转化器中消耗的燃料类型, 附录 2 提供了 FLL 第 A-5 部分, 第 C-1 部分, 第 C-2 部分和第 D 部分的默认排放因子。只要 FLL 第 A-1 至 A-4 及 C-3 部分已按要求验证, 则可适用本指南中的默认排放因子而无须进一步验证。

11.4 如果所报的排放因子低于第 A -5 部分、C-1 部分、C-2 部分和/或 D 部分的默认排放因子, 则只有在结合第 11.1 段所述的进一步指导, 经第三方验证和认证后, 才能使用实际排放因子。

12 识别认证计划/标准

12.1 对 FLL 各部分的验证和认证将使用相关的认证计划/标准进行。对 FLL 不同部分可能会根据适用情况采用不同的认证计划/标准进行验证, 而对 FLL 某个特定部分可能会采用多个范围相似的认证计划/标准进行验证。

12.2 本委员会应结合本组织将制定的指导, 认可针对上述第 12.1 段的认证计划/标准。认可的认证计划/标准清单应公开提供, 并定期审查。

12.3 国际认证计划/标准的认可建议应提交本委员会审议, 包括对一套预先确定的标准的评估, 这些标准将为此目的进一步制定。

12.4 应统一执行针对认证计划的认可框架、标准和程序, 以保证整个 IMO 框架的质量、可靠性和坚固性, 并确保各认证计划之间有一个公平的竞争环境。

¹⁸ 验证和认证方法需要进一步的工作来确定。

第 V 部分: 审查

13 持续审查过程

13.1 为了确保考虑到了新技术进步和科学知识, 应结合新兴的和发展中的技术保持对本指南进行持续技术审查。

13.2 特别是应保持审查下列因素:

- .1 附录 2 所列的上船前、船端和全生命周期 默认排放因子;和
- .2 除了附录 1 所列的燃料途径和相应的默认排放因子之外, 还有新提议的燃料途径和相应的默认排放因子。

附录 1
燃料清单及燃料路径代码

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
1	HFO (VLSFO)	重质燃料油 (ISO 8217 等 级 RME, RMG 和 RMK, 0.10 < S ≤ 0.50%)	原油	化石	标准炼油工艺	并网电力	HFO(VLSFO)_f_SR_gm
2	HFO (HSHFO)	重质燃料油 (ISO 8217 等 级 RME, RMG 和 RMK 超过 0.50% S)	原油	化石	标准炼油工艺	并网电力	HFO(HSHFO)_f_SR_gm
3	LFO (ULSFO)	轻质燃料油 (ISO 8217 等 级 RMA, RMB 和 RMD 最高 0.10% S)	原油	化石	标准炼油工艺	并网电力	LFO(ULSFO)_f_SR_gm
4	LFO (VLSFO)	轻质燃料油 (ISO 8217 等 级 RMA, RMB 和 RMD, 0.10 < S ≤ 0.50%)	原油	化石	标准炼油工艺	并网电力	LFO(VLSFO)_f_SR_gm
5	柴油/轻柴 油(ULSFO)	船用重柴油/ 船用轻柴油 (ISO 8217 等 级 DMX, DMA, DMZ)	原油	化石	标准炼油工艺	并网电力	MDO/MGO(ULSFO)_f_SR_g m

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
		和 DMB 最高 0.10 % S)					
6	柴油/轻柴油 (VLSFO)	船用重柴油/ 船用轻柴油 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB, 0.10 < S ≤ 0.50%)	原油	化石	标准炼油工艺	并网电力	MDO/MGO(VLSFO)_f_SR_gm
7	柴油/轻柴油 (ULSFO)	生物联合加工船用燃料 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB 最高 0.10 % S)	原油 + 混合生物质	化石/生物源	在炼油厂联合加工 (CP)	并网电力	MDO/MGO(ULSFO)_f_b_CP_gm
8	柴油/轻柴油 (VLSFO)	生物联合加工船用燃料 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB, 0.10 < S ≤ 0.50%)	原油 + 混合生物质	化石/生物源	在炼油厂联合加工 (CP)	并网电力	MDO/MGO(VLSFO)_f_b_CP_gm
9	柴油/轻柴油 (ULSFO)	联合加工船用燃料 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB 最高	原油 + 回收碳	化石/回收碳	在炼油厂联合加工 (CP)	并网电力	MDO/MGO(ULSFO)_f_r_CP_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
		0.10 % S)					
10	柴油/轻柴油 (VLSFO)	联合加工船用燃料 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB, 0.10 < S ≤ 0.50%)	原油 + 回收碳	化石/回收碳	在炼油厂联合加工 (CP)	并网电力	MDO/MGO(VLSFO)_f_r_CP_gm
11	LPG ¹⁹	液化石油气 (丙烷)	原油	化石	标准炼油工艺和液化	并网电力	LPG(Propane)_f_SR_gm
12	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_fCO2_fH2_FT_gm
13	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 ²⁰ H ₂ : 来自可再生电力	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_fCO2_rH2_FT_gm
14	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_fCO2_ibpH2_FT_gm

¹⁹ 关于液化石油气，本指南认为炼油厂的最终产品始终是液化的。

²⁰ CO₂: 化石点源碳捕获包括燃料燃烧产生的捕获 CO₂ 和地下资源开采产生的捕获 CO₂。

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
15	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_rCO2_fH2_FT_gm
16	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_rCO2_rH2_FT_gm
17	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_rCO2_ibpH2_FT_gm
18	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_bCO2_fH2_FT_gm
19	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_bCO2_rH2_FT_gm
20	LPG	液化石油气 (丙烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成和液化	并网电力	LPG(Propane)_bCO2_ibpH2_FT_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
21	LPG	液化石油气 (丁烷)	原油	化石	标准炼油工艺和液化	并网电力	LPG(Butane)_f_SR_gm
22	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_fCO2_fH2_FT_gm
23	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_fCO2_rH2_FT_gm
24	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_fCO2_ibpH2_FT_gm
25	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_rCO2_fH2_FT_gm
26	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_rCO2_rH2_FT_gm
27	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_rCO2_ibpH2_FT_gm
28	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_bCO2_fH2_FT_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
29	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_bCO2_rH2_FT _gm
30	LPG	液化石油气 (丁烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成和液化	并网电力	LPG(Butane)_bCO2_ibpH2_F T_gm
31	LNG	液化天然气 (甲烷)	天然气	化石	标准 LNG 生产, 包 括液化	并网电力	LNG_f_SLP_gm
32	LNG	液化天然气 (甲烷)	混合第一、 第二和第三 代原料	生物源	热化学气化, 然后 甲烷化和液化	并网电力	LNG_b_G_M_gm
33	LNG	液化天然气 (甲烷)	混合第一、 第二和第三 代原料	生物源	通过厌氧消化、分 离和液化的生物衍 生液化天然气	并网电力	LNG_b_AD_gm
34	LNG	液化天然气 (甲烷)	混合第一、 第二和第三 代原料	生物源	通过厌氧消化、点 源碳捕获(PSCC)分 离、长期储存和液 化的生物衍生液化 天然气	并网电力	LNG_b_AD_CCS_gm
35	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕 获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重 整	甲烷化和液化	并网电力	LNG_fCO2_fH2_M_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
36	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕 获 H ₂ : 来自可再生电力	甲烷化和液化	并网电力	LNG_fCO2_rH2_M_gm
37	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕 获 H ₂ : 工业副产氢	甲烷化和液化	并网电力	LNG_fCO2_ibpH2_M_gm
38	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重 整	甲烷化和液化	并网电力	LNG_rCO2_fH2_M_gm
39	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 来自可再生电力	甲烷化和液化	并网电力	LNG_rCO2_rH2_M_gm
40	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 工业副产氢	甲烷化和液化	并网电力	LNG_rCO2_ibpH2_M_gm
41	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重 整	甲烷化和液化	并网电力	LNG_bCO2_fH2_M_gm
42	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 来自可再生电力	甲烷化和液化	并网电力	LNG_bCO2_rH2_M_gm
43	LNG	液化天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 工业副产氢	甲烷化和液化	并网电力	LNG_bCO2_ibpH2_M_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
44	CNG	压缩天然气 (甲烷)	天然气	化石	标准炼油工艺和压缩	并网电力	CNG_f_SR_gm
45	CNG	压缩天然气 (甲烷)	混合第一、 第二和第三 代原料	生物源	热化学气化，然后 甲烷化和压缩	并网电力	CNG_b_G_M_gm
46	CNG	压缩天然气 (甲烷)	混合第一、 第二和第三 代原料	生物源	通过厌氧消化、分 离和压缩的生物衍 生液化天然气	并网电力	CNG_b_AD_gm
47	CNG	压缩天然气 (甲烷)	混合第一、 第二和第三 代原料	生物源	通过厌氧消化、点 源碳捕获(PSCC)分 离以及长期储存和 压缩的生物衍生液 化天然气	并网电力	CNG_b_AD_CCS_gm
48	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕 获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重 整	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_fCO2_fH2_M_gm
49	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕 获 H ₂ : 来自可再生电力	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_fCO2_rH2_M_gm
50	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕 获 H ₂ : 工业副产氢	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_fCO2_ibpH2_M_gm
51	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重 整	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_rCO2_fH2_M_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
52	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 来自可再生电力	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_rCO2_rH2_M_gm
53	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 工业副产氢	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_rCO2_ibpH2_M_gm
54	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重 整	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_bCO2_fH2_M_gm
55	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 来自可再生电力	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_bCO2_rH2_M_gm
56	CNG	压缩天然气 (甲烷)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕 获 H ₂ : 工业副产氢	甲烷化和压缩	并网电力	CNG_bCO2_ibpH2_M_gm
57	乙烷	乙烷	天然气	化石	标准炼油工艺	并网电力	Ethane_f_SR_gm
58	植物油基燃料	纯植物油	第一代原料	生物源	提取纯化	并网电力	SVO_b_EP_1stgen_gm
59	植物油基燃料	废油和油脂	第二代原料	生物源	提取纯化	并网电力	UOF_b_EP_2ndgen_gm
60	植物油基燃料	海藻油	第三代原料	生物源	提取纯化	并网电力	AO_b_EP_3rdgen_gm
61	柴油	柴油 (FAME)	第一代原料	生物源	酯交换	并网电力	FAME_b_TRE_1stgen_gm_
62	柴油	柴油 (FAME)	第二代原料	生物源	酯交换	并网电力	FAME_b_TRE_2ndgen_gm_

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
63	柴油	柴油 (FAME)	第三代原料	生物源	酯交换	并网电力	FAME_b_TRE_3rdgen_gm_
64	柴油	可再生柴油 (Bio FT-Diesel)	第一代原料	生物源	气化与费托合成	并网电力	FT-Diesel_b_G_FT_1stgen_gm_
65	柴油	可再生柴油 (Bio FT-Diesel)	混合第一、第二和第三代原料	生物源	厌氧消化、甲烷分离和费托合成	并网电力	FT-Diesel_b_AD_FT_gm
66	柴油	可再生柴油 (Bio FT-Diesel)	混合第一、第二和第三代原料	生物源	厌氧消化、甲烷分离和费托合成及点源碳捕获和长期储存	并网电力	FT-Diesel_b_AD_FT_CCS_gm
67	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成	并网电力	FT-Diesel_fCO2_fH2_FT_gm
68	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成	并网电力	FT-Diesel_fCO2_rH2_FT_gm
69	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成	并网电力	FT-Diesel_fCO2_ibpH2_FT_gm
70	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成	并网电力	FT-Diesel_rCO2_fH2_FT_gm
71	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成	并网电力	FT-Diesel_rCO2_rH2_FT_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
72	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成	并网电力	FT-Diesel_rCO ₂ _ibpH ₂ _FT_gm
73	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	费托合成	并网电力	FT-Diesel_bCO ₂ _fH ₂ _FT_gm
74	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 来自可再生电力	费托合成	并网电力	FT-Diesel_bCO ₂ _rH ₂ _FT_gm
75	柴油	可再生柴油 (FT-Diesel)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	费托合成	并网电力	FT-Diesel_bCO ₂ _ibpH ₂ _FT_gm
76	柴油	可再生柴油 (HVO)	第一代原料	生物源	氢化	并网电力	HVO_b_HD_1stgen_gm_
77	柴油	可再生柴油 (HVO)	第二代原料	生物源	氢化	并网电力	HVO_b_HD_2ndgen_gm_
78	柴油	可再生柴油 (HVO)	第三代原料	生物源	氢化	并网电力	HVO_b_HD_3rdgen_gm_
79	DME	二甲醚 (DME)	第一代原料	生物源	气化和二甲醚合成	并网电力	DME_b_G_DMES_1stgen_gm_
80	DME	二甲醚(DME)	第二代原料	生物源	气化和二甲醚合成	并网电力	DME-b-G-DMES_2ndgen_gm_
81	DME	二甲醚(DME)	混合第一、第二和第三代原料	生物源	厌氧消化、甲烷分离和二甲醚合成	并网电力	DME_b_AD_DMES_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
82	DME	二甲醚(DME)	混合第一、第二和第三代原料	生物源	厌氧消化、甲烷分离和二甲醚合成及点源碳捕获(PSCC)和长期储存	并网电力	DME_b_AD_DMES_CCS_gm
83	DME	二甲醚(DME)	天然气	化石	气化和二甲醚合成	并网电力	DME_f_G_DMES_gm
84	柴油	升级热解油	第二代原料	生物源	热解、快速热解和/或催化快速热解和升级	并网电力	UPO_b_UPO_2ndgen_gm
85	柴油	水热液化(HTL)油	第二代原料	生物源	水热液化和升级	并网电力	HTL_b_HTL_2ndgen_gm
86	甲醇	甲醇	天然气	化石	天然气蒸汽甲烷重整和甲醇合成	并网电力	MeOH_f_SMR_gm
87	甲醇	甲醇	天然气	化石	天然气蒸汽甲烷重整及碳捕获与存储和甲醇合成	并网电力	MeOH_f_SMR_CCS_gm
88	甲醇	甲醇	煤	化石	煤碳气化和甲醇合成	并网电力	MeOH_f_G_MS_gm
89	甲醇	甲醇	煤	化石	煤碳气化及碳捕获与存储和甲醇合成	并网电力	MeOH_f_G_MS_CCS_gm
90	甲醇	甲醇	第二和第三代原料	生物源	生物质气化和甲醇合成	并网电力	MeOH_b_G_MS_gm
91	甲醇	甲醇	混合第一、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	并网电力	MeOH_b_AD_MS_gm
92	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	甲醇合成	并网电力	MeOH_fCO2_fH2_MS_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
93	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 来自可再生电力	甲醇合成	并网电力	MeOH_fCO2_rH2_MS_gm
94	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 化石点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	甲醇合成	并网电力	MeOH_fCO2_ibpH2_MS_gm
95	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	甲醇合成	并网电力	MeOH_rCO2_fH2_MS_gm
96	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 来自可再生电力	甲醇合成	并网电力	MeOH_rCO2_rH2_MS_gm
97	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 直接空气捕获 H ₂ : 工业副产氢	甲醇合成	并网电力	MeOH_rCO2_ibpH2_MS_gm
98	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	甲醇合成	并网电力	MeOH_bCO2_fH2_MS_gm
99	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 来自可再生电力	甲醇合成	并网电力	MeOH_bCO2_rH2_MS_gm
100	甲醇	甲醇	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : 生物点源碳捕获 H ₂ : 工业副产氢	甲醇合成	并网电力	MeOH_bCO2_ibpH2_MS_gm
101	乙醇	乙醇	第一代原料	生物源	发酵	并网电力	EtOH_b_FR_1stgen_gm_

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
102	乙醇	乙醇	第二代原料	生物源	预处理/水解步骤和发酵	并网电力	EtOH_b_FR_2ndgen_gm_
103	乙醇	乙醇	第三代原料	生物源	发酵	并网电力	EtOH_b_FR_3rdgen_gm_
104	氢	氢	天然气	化石	天然气的蒸汽甲烷重整	并网电力	H2_f_SMR_gm
105	氢	氢	天然气	化石	天然气的蒸汽甲烷重整及碳捕获和长期储存	并网电力	H2_f_SMR_CCS_gm
106	氢	氢	天然气	化石	甲烷裂解成碳和氢	并网电力	H2_f_MPO_gm
107	氢	氢	煤	化石	煤的气化或碳化	并网电力	H2_f_G_gm
108	氢	氢	煤	化石	煤的气化或碳化及碳捕获和长期储存	并网电力	H2_f_G_CCS_gm
109	氢	氢	第二代原料	生物源	生物质气化和合成气分离及点源碳捕获(PSCC)和长期储存	并网电力	H2_b_G_SS_CCS_2ndgen_gm_
110	氢	氢	水 + 电	可再生	专用光伏和/或风能和/或其他电解和液化	可再生电力	LH2_EL_r_Liquefied
111	氢	氢	水 + 电	化石/可再生	电解和液化	并网电力	LH2_EL_gm_Liquefied
112	氢	氢	水 + 电	核	热化学循环或电解和液化	核	LH2_EL_n_Liquefied

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
113	氢	氢		工业副产氢		并网电力	LH2_ibp_gm_Liquefied
114	氨	氨	天然气	化石	甲烷热解成纯碳和纯氢和哈伯-博世法	并网电力	NH3_f_MPO_HB_gm
115	氨	氨	天然气	化石	天然气的蒸汽甲烷重整和哈伯-博世法	并网电力	NH3_f_SMR_HB_gm
116	氨	氨	天然气	化石	天然气的蒸汽甲烷重整及点源碳捕获(PSCC)、长期储存和哈伯-博世法	并网电力	NH3_f_SMR_HB_CCS_gm
117	氨	氨	煤	化石	煤的气化和哈伯-博世法	并网电力	NH3_f_G_HB_gm
118	氨	氨	煤	化石	煤的气化及碳捕获和长期储存和哈伯-博世法	并网电力	NH3_f_G_HB_CCS_gm
119	氨	氨	第二代原料	生物源	气化	并网电力	NH3_b_G_2ndgen_gm_
120	氨	氨	N ₂ + H ₂	N ₂ : 由可再生电力分离 H ₂ : 由可再生电力产生	哈伯-博世法	并网电力	NH3_rN2_rH2_HB_gm

序号	组别	燃料类型	原料结构		转化/生产过程		燃料路径代码
			原料类型	性质/碳源	加工类型	加工中使用的能量	
121	氨	氨	N ₂ + H ₂	N ₂ : 由可再生能源分离 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	哈伯-博世法	并网电力	NH3_rN2_fH2_HB_gm
122	氨	氨	N ₂ + H ₂	N ₂ : 由可再生能源分离 H ₂ : 工业副产氢	哈伯-博世法	并网电力	NH3_rN2_ibpH2_HB_gm
123	氨	氨	N ₂ + H ₂	N ₂ : 由并网电力分离 H ₂ : 化石蒸汽甲烷重整	热化学循环或电解	核	NH3_gmN2_fH2_EL_n
124	氨	氨	N ₂ + H ₂	N ₂ : 由并网电力分离 H ₂ : 由可再生能源产生	热化学循环或电解	核	NH3_gmN2_rH2_EL_n
125	氨	氨	N ₂ + H ₂	N ₂ : 由并网电力分离 H ₂ : 工业副产氢	热化学循环或电解	核	NH3_gmN2_ibpH2_EL_n
126	电	电		化石/可再生	-	并网电力	Electricity_gm
127	电	电		可再生	专用光伏和/或风能和/或其他	可再生能源	Electricity_renewable
128	风力推进						

附录 2
每个燃料路径代码的初始默认排放因子

序号	燃料类型	燃料路径代码	上船前温室气体强度 (gCO ₂ eq/MJ)	LCV (MJ/g)	能量转化器	C _f CO ₂ (gCO ₂ /g fuel)	C _f CH ₄ (gCH ₄ /g fuel)	C _f N ₂ O (gN ₂ O/g fuel)	C _{slip} /C _{fug} (mass %)	e _c gCO ₂ eq/g fuel	船端温室气体强度 (gCO ₂ eq/MJ)	备注
1	重油(ISO 8217 等级 RME, RMG 和 RMK, 0.10 < S ≤ 0.50%)	HFO(VLSFO)_f_SR_gm	16.8	0.0402	所有内燃机	3.114	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
2	重油(ISO 8217 等级 RME, RMG 和 RMK 超过 0.50% S)	HFO(HSHFO)_f_SR_gm	14.9	0.0402	所有内燃机	3.114	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
3	轻质燃油 (ISO 8217 等级 RMA, RMB 和 RMD 最高 0.10% S)	LFO(ULSFO)_f_SR_gm		0.0412	所有内燃机	3.151	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
4	轻质燃油(ISO 8217 等级 RMA, RMB 和 RMD, 0.10 < S ≤ 0.50%)	LFO(VLSFO)_f_SR_gm		0.0412	所有内燃机	3.151	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
5	船用柴油/轻柴油 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB 最高 0.10 % S)	MDO/MGO(ULSFO)_f_SR_gm	17.7	0.0427	所有内燃机	3.206	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
6	船用柴油/轻柴油 (ISO 8217 等级 DMX, DMA, DMZ 和 DMB, 0.10 < S ≤ 0.50%)	MDO/MGO(VLSFO)_f_SR_gm		0.0427	所有内燃机	3.206	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》

序号	燃料类型	燃料路径代码	上船前温室气体强度 (gCO ₂ eq/MJ)	LCV (MJ/g)	能量转化器	C _f CO ₂ (gCO ₂ /g fuel)	C _f CH ₄ (gCH ₄ /g fuel)	C _f N ₂ O (gN ₂ O/g fuel)	C _{slip} /C _{fug} (mass %)	e _c gCO ₂ eq/g fuel	船端温室气体强度 (gCO ₂ eq/MJ)	备注
11	液化石油气(丙烷)	LPG(Propane)_f _SR_gm		0.0463	所有内燃机	3.000	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
21	液化石油气(丁烷)	LPG(Butane)_f _SR_gm		0.0457	所有内燃机	3.030	0.00005	0.00018				MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》

序号	燃料类型	燃料路径代码	上船前温室气体强度 (gCO _{2eq} /MJ)	LCV (MJ/g)	能量转化器	C _f CO ₂ (gCO ₂ /g fuel)	C _f CH ₄ (gCH ₄ /g fuel)	C _f N ₂ O (gN ₂ O/g fuel)	C _{slip} /C _{fug} (mass %)	e _c gCO _{2e} q/g fuel	船端温室气体强度 (gCO _{2eq} /MJ)	备注
31	液化天然气(甲烷)	LNG_f_SLP_gm		0.0480	LNG 奥托循环模式(双燃料中速)	2.750	0	0.00011	3.5/-			MEPC.364 (79) 决议 《第四次 IMO 温室气体研究》
					LNG 奥托循环模式(双燃料低速)				1.7/-			
					LNG 狄塞尔循环模式(双燃料低速)				0.15/-			
					LBSI (稀燃火花点火)				2.6/-			
					蒸汽涡轮和锅炉				0.01/-			
33	液化天然气(甲烷)	LNG_b_AD_gm			LNG 奥托循环模式(双燃料中速)	2.750						
					LNG 奥托循环模式(双燃料低速)							
					LNG 狄							

序号	燃料类型	燃料路径代码	上船前温室气体强度 (gCO _{2eq} /MJ)	LCV (MJ/g)	能量转化器	C _f CO ₂ (gCO ₂ /g fuel)	C _f CH ₄ (gCH ₄ /g fuel)	C _f N ₂ O (gN ₂ O/g fuel)	C _{slip} /C _{fug} (mass %)	e _c gCO _{2e} q/g fuel	船端温室气体强度 (gCO _{2eq} /MJ)	备注
					塞尔循环模式(双燃料低速)							
					LBSI(稀燃火花点火)							
					蒸汽涡轮和锅炉							
62	柴油 (FAME)	FAME_b_TRE_gm_2ndgen	20.8	0.0372	所有内燃机							
77	可再生柴油 (HVO)	HVO_b_HD_gm_1stgen	14.9	0.044	所有内燃机							
105	氢	H2_f_SMR_CCS_gm		0.12	所有内燃机	0						
					燃料电池							
121	氨	NH3_rN2_fH2_HB_gm		0.0186	所有内燃机	0						
					燃料电池							

附录 3

缩写和术语

缩写

AR – IPCC 评估报告
BDN –燃油交付单
 C_f –用于燃烧和/或氧化过程排放的排放转化因子 $C_{fCO_2/CH_4/N_2O}$ (g GHG (CO₂/CH₄/N₂O)/g fuel), 包括燃烧能量转化产生的具有相关全球变暖潜势 (GWP) 效应的燃料
CH₄ –甲烷
CO₂ –二氧化碳
CO_{2eq} –二氧化碳当量
CCS –碳捕获和存储
CCU –碳捕获与利用
DAC –直接空气捕获
DCS –船舶燃油消耗数据收集系统
DLUC –直接土地利用变化
FLL –燃料生命周期标签
GHG –温室气体
GWP –全球变暖潜势
ILUC –间接土地利用变化
IPCC –政府间气候变化专门委员会
LCA –全生命周期评估
LCV –低热值 (MJ/g fuel)
NMVOC –非甲烷挥发性有机化合物
N₂O –一氧化二氮
NTC –NO_x 技术规则
RFNBO –非生物来源可再生燃料
SLCF –短期气候驱动因子
TtW –船端
WtT –上船前
WtW –全生命周期
VOC –挥发性有机化合物

术语

副产品–生产过程的结果，具有相关的经济价值和弹性供应(旨在作为原料市场价值与可生产的原料数量之间存在因果关系的明确证据)。

生物质–生物质是来自植物和动物的可再生有机材料。

可再生能源–通过自然过程以等于或超过其使用率的速度补充的任何形式的太阳能、地球物理或生物能源。可再生能源从自然环境中持续或重复的能量流动中获得，包括太阳能、水电、风能、潮汐能和海洋热能等低碳技术，以及生物质等可再生燃料。

全球变暖潜势–全球变暖潜势显示了一种温室气体相对于二氧化碳在大气中随着时间推移积累额外热量的潜势。大气中热量吸收的增强(即“温室效应”)是由特定气体吸收红外辐射引起的。GWP 还取决于气体的大气寿命和所考虑的时间范围(例如，GWP20 是基于 20 年吸收的能量，而 GWP100 是基于 100 年吸收的能量)。每种温室气体都有一个特定的全球变暖潜势，用来计算二氧化碳当量(CO_{2eq})。

土地利用变化–生物燃料的生产导致土地利用变化(LUC)。LUC 可分为直接土地利用变化 (DLUC) 和间接土地利用变化 (ILUC)。

全生命周期评估(LCA)框架—全生命周期评估确定产品、过程或服务从摇篮到坟墓的潜在环境影响，例如从原材料的获取/开采到加工、运输、使用和处置。

系统边界—系统边界决定了哪些实体(单元过程)在系统内部，哪些在系统外部。它本质上决定了哪些生命周期/供应链阶段和过程包括在评估中，并且需要与研究的目标和范围相一致。

系统扩展—ISO 14040 建议尽可能使用系统扩展。系统扩展是相应的全生命周期分析方法的一部分，该方法寻求捕捉环境影响的变化，以作为特定活动的结果。

全生命周期(Well-to-Wake)—全生命周期研究基于更广泛的全生命周期评估(LCA)方法，估计燃料生产和在船上使用过程中的能源需求和由此产生的温室气体(GHG)排放。“well”一词适用于所有来源的燃料，因为尽管该术语最适用于常规原油资源，但已被广泛使用和理解。

附录 4 上船前默认排放因子提交模板

1 **关于本模板总体范围的解释性注释：**本模板旨在以清晰和结构化的方式收集和呈现用于计算特定“原料到燃料”途径的“默认排放因子”的输入数据。“默认排放因子”旨在表示对原料到燃料价值链的碳强度(gCO_{2eq}/MJ)的高级评估的定量结果。默认排放因子并不代表生产燃料的最佳可用方式，而是一个值，该值潜在描述了在一般地区的标准工厂中转化的原料生产。默认排放因子无需捕获目前生产的过程改进，也无需捕获创新技术。默认排放因子的目标至少有两部分：

- 1 能比较不同技术之间的碳强度；
- 2 使经营人能通过认证过程证明核心全生命周期排放低于默认核心全生命周期排放。

2 为证明实际排放优于默认排放因子(因此默认排放因子不能代表最佳可用技术)，经营人(如燃料生产商)可要求进行认证，获得经认证的“实际值”。当燃料生产商定义了一个没有默认核心全生命周期排放因子的新路径时，也可以使用实际值。

3 本模板呈现了计算默认核心全生命周期排放因子所需的最小数据集，确保数据的相关性、充分性、质量、透明度和可访问性。

路径描述

4 本节应清楚地展示建模的路径，目的是至少提供以下信息:所使用的原料类型、将此类原料转化为最终燃料的技术说明、以及与 LCA 指南的系统边界一致的任何其他相关信息。

5 **关于路径描述的解释性注释：**默认排放因子基于上船前方法，旨在评估燃料生产和分配的温室气体排放量。上船前应包含如下生产步骤：

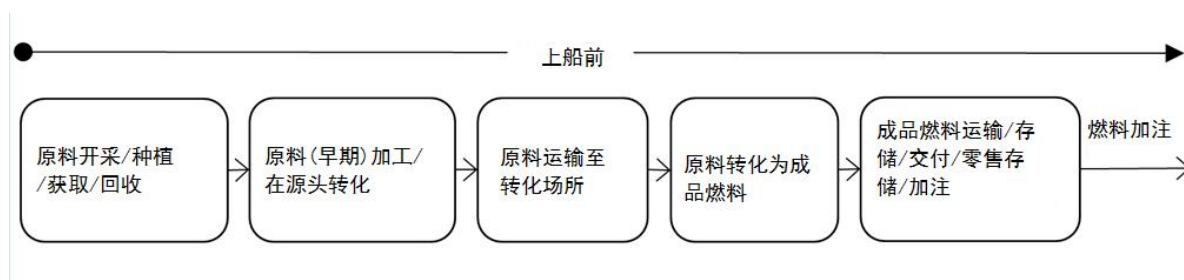


图2: 通用上船前供应链

为描述特定原料到燃料路径而定义的系统边界应与指南中包含的定义一致。

其他细节和相关信息可以在附录中添加，例如地点、生产能力、一个或多个生产设施的使用年限。

输入描述

6 本节应清楚呈现用于建模的输入。

7 应报告数据的来源和所使用的模型。

8 **关于输入描述的解释性注释：**作为填写模板的指导，请参见下面一些表格，这些表格旨在呈现每种路径(基于脂质原料生产和转化的示例)应报告的数据。在实际操作中，这些表格是路径特定的，请在需要时进行调整。

表 1: XXX 原料的 $e_{f_{ec}}$ 输入和输出

				XXXX, 每千克干重	使用的数据源/模型

E _{fcu}	XXX 原料	农业输入	总 N (g)	...	zzz 等人. 2010	
			P ₂ O ₅ (g)	...	ecoinvent	
			K ₂ O (g)	...	GREET	
			柴油 (MJ)	...	...
			
		每千克 XXXX 油				
		采油输入		值	使用的数据源/模型	
			原料 (g, dry)	...	zzz 等人. 2010	
			NG (MJ)	...	ecoinvent	
			正己烷(MJ)	...	GREET	
			电力(MJ)	...	...
			电力(MJ)	...	...
			
			副产品, zzz(g)	...	...
		采油输出	副产品, zzz(g)	...	...
...			

表 2: XXXX 转化过程的 e_p 输入和输出 解释性注释: 包括预处理原料所需的所有步骤, 以便能够通过选定的转化过程将其转化为燃料

		每兆焦耳燃料	
		值	使用的数据源/模型
输入	原料(g oil)	...	zzz 等人. 2010
	NG (MJ)	...	ecoinvent
	H ₂ (MJ)	*	GREET
	电力(MJ)	...	...
	解释性注释: 关键材料输入(如化学品等)的占位符	...	...
输出	副产品, 丙烷混合(MJ)	**	...
	副产品, 石脑油(MJ)	**	...
	副产品, xxxx (MJ)	...	...

*天然气蒸汽重整产生的 H₂, 包括在天然气输入中; **分配后的输入

表 3: 区域混合发电的输入

	美国 (%) ¹	欧盟 (%) ²	印度 ³ (%)	Xxx (%)
残油
天然气
煤
核能
生物质
水力发电
地热
风
太阳能光伏
其他

¹GREET 20xx, ²EEA, 20xx (欧盟混合电力 20xx), ³国际能源署 20xx。

表 4:原料和燃料运输的 e_{td} 输入 解释性注释:在填写表格时请在“使用的数据源/模型”中添加使用的燃料, 请注明燃料类型、具体效率和能量转化器(如有)

	原料运输		使用的数据源/模型
	距离 (km)	xxx; xxx	
模式	重型卡车;火车;船		
占比 (%)	yy; yy; yyy		
运输和分配的 e_{td} 输入	燃料运输		
	距离(km)	xxx; xxxx; xx	
	模式	驳船;铁路;重型卡车	
	占比(%)	y; yy; yy	
	燃料分配		
	距离(km)	xx	
	模式	重型卡车	
	占比(%)		
	
	任何其他运输和分配		

主要结果

9 本节应该呈现模拟路径的结果。

表 5:燃料识别

燃料路径代码	低热值 (MJ/g)	密度 (kg/m ³)	CfCO ₂

表 6:YYYY 路径中 xxx 转化的默认排放因子建议

地区	efecu 原料种植/开采	etd 原料运输	ep 燃料生产	(参数之和) 建议的上船前温室气体强度 (gCO _{2eq} /MJ) 排放因子
ZZZZ				
AAAA				
BBBB				
...				

附录

10 路径的简要描述

11 技术的简要描述

....

参考资料

12 REF (APA 模板)

