

广东省石化行业建设项目
碳排放环境影响评价编制指南（试行）
（征求意见稿）

广东省生态环境厅
2021年12月

目 录

前 言.....	I
1. 适用范围.....	1
2. 规范性引用文件.....	1
3. 术语和定义.....	2
4. 评价内容要求.....	3
5. 评价原则及工作程序.....	3
6. 政策相符性分析.....	4
7. 项目概况与碳排放工程分析.....	5
8. 碳排放核算.....	5
9. 碳排放评价.....	10
10. 碳减排措施及可行性论证.....	12
11. 碳排放监测计划.....	12
12. 碳排放评价结论.....	12
附录 A 二氧化碳排放单元减污降碳指标体系表.....	13
附录 B 温室气体全球变暖潜势值.....	19
附录 C 常见化石燃料特性参数缺省值.....	20
附录 D 火炬燃烧和生产过程温室气体排放核算方法.....	21
附录 E 重点行业温室气体核算方法与报告指南.....	37
附录 F 石油化工有限公司碳排放量基准值.....	38

前 言

为贯彻落实《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（中发〔2021〕36号）、《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》（环综合〔2021〕4号）、《关于开展重点行业建设项目碳排放环境影响评价试点的通知》（环办环评函〔2021〕346号）、《关于开展石化行业建设项目碳排放环境影响评价试点工作的通知》（粤环办函〔2021〕78号）等文件要求，发挥环评制度的源头防控作用，规范和指导建设项目环境影响评价中碳排放评价工作，制定本指南。

本指南规定了广东省石化行业建设项目环境影响评价中碳排放评价的一般工作流程、碳排放核算及水平评价方法。

本指南为首次发布，自发布之日起实施。

本指南由广东省生态环境厅组织制订并负责解释。

本指南主要起草单位：广东省环境技术中心、广东工业大学。

本指南主要起草人：周奔、李雄飞、张武英、郑泽雄、黄思齐、曾雪兰、谢琴、胡文琦、韩伟、王春平。

1. 适用范围

本指南适用于广东省内按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》规定应编制环境影响报告书的石化行业建设项目碳排放环境影响评价，包括《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017）中的“2511 原油加工及石油制品制造”以及“2614 有机化学原料制造”中以石油及石油馏分、天然气及天然气馏分、丙烷丁烷等为主要原料，生产石油产品和石油化工产品的新（改、扩）项目。

本指南规定了广东省石化行业建设项目环境影响评价中碳排放评价的一般评价流程、核算及水平评价方法、评价要求。

2. 规范性引用文件

本指南引用了下列文件或其中的条款，主要包括：

《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（中发〔2021〕36号）

《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》（环综合〔2021〕4号）

《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》（环环评〔2021〕45号）

《关于开展重点行业建设项目碳排放环境影响评价试点的通知》（环办环评函〔2021〕346号）

《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1）

《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（部令第16号）

《国民经济行业分类》（GB/T 4754）

《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150）

《国家发展改革委办公厅关于印发第二批4个行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）的通知》（发改办气候〔2014〕2920号）

《广东省碳排放管理试行办法》（粤府令第197号）

《广东省企业（单位）二氧化碳排放信息报告指南》（粤发改气候函〔2018〕780号）

《关于开展石化行业建设项目碳排放环境影响评价试点工作的通知》（粤环

办函〔2021〕78号)

《国家发展改革委办公厅关于印发省级温室气体清单编制指南(试行)的通知》(发改办气候〔2011〕1041号)

3. 术语和定义

下列术语适用于本指南。

3.1 温室气体

大气层中那些吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分。《京都议定书》附件 A 所规定的六种温室气体分别为二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFC_s)、全氟化碳(PFC_s)和六氟化硫(SF₆)。

3.2 二氧化碳排放

在特定时段内直接或间接向大气排放二氧化碳。

3.3 直接排放

建设项目厂界区域和运营控制范围内化石燃料燃烧、工业生产过程等产生的二氧化碳排放。

3.4 间接排放

建设项目所消耗的净购入电力、热力产生的二氧化碳排放。

3.5 二氧化碳排放设备

直接或者间接产生二氧化碳排放的生产设备和用能设备。

3.6 二氧化碳排放单元

具有相对独立性的二氧化碳排放设备组合,一般指单个工序、工段、系统。

3.7 二氧化碳排放活动数据

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

3.8 燃料燃烧排放

化石燃料在氧化燃烧过程中产生的二氧化碳排放。

3.9 火炬燃烧排放

正常工况下火炬气燃烧过程中产生的二氧化碳排放。

3.10 工业生产过程排放

原材料在工业生产除燃料燃烧之外的物理或化学变化造成的温室气体排放。

3.11 净购入使用的电力产生的二氧化碳排放

净购入电量所对应的电力生产环节产生的二氧化碳排放。

3.12 净购入使用的热力产生的二氧化碳排放

净购入热力（蒸汽、热水）量所对应的热力生产环节产生的二氧化碳排放。

3.13 碳排放强度

单位产品或单位原料、单位能耗、单位工业增加值的碳排放量。

3.14 碳排放水平

一定区域或行业碳排放强度的统计水平。可选取平均水平、先进水平等进行评价。

3.15 评价基准年

依据现有项目碳排放数据的可获得性、数据质量、代表性等因素，选择近3年中数据相对完整的1个日历年作为评价基准年。

4. 评价内容要求

评价内容应概括地反映碳排放环境影响评价的全部工作成果，突出重点。工程分析应体现碳排放特点，数据应真实、可信，资料应翔实，碳减排措施应可行、有效，评价结论应明确。

5. 评价原则及工作程序

5.1 评价原则

碳排放环境影响评价应贯彻执行我国碳排放管理相关法律法规、标准、政策

和规划等，采用规范的环境影响评价方法，根据区域碳达峰、碳中和的目标要求，重点分析项目碳排放水平，提出切实可行的减碳措施。

5.2 工作程序

分析判定项目碳排放与国家及地方有关环境保护法律法规、标准、政策、规划等的相符性，调查与评价现有项目碳排放现状，核算碳排放量，评价项目碳排放水平，论证碳减排措施的技术经济可行性，制定合理的碳排放监测计划，明确碳排放环境影响评价结论。具体流程见图 1。

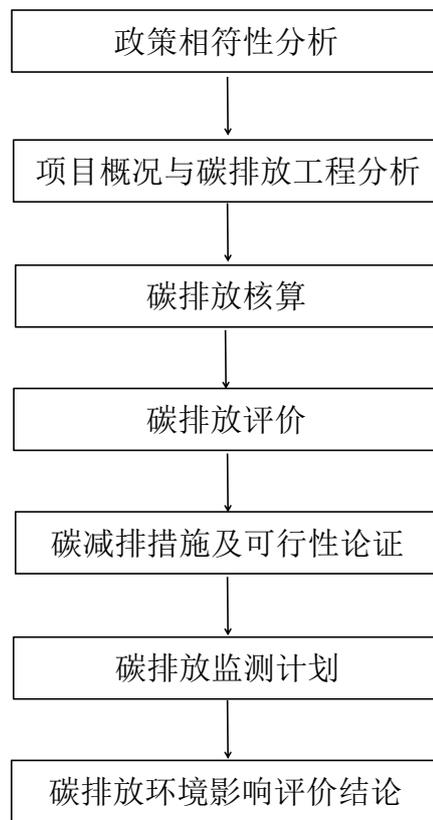


图 1 建设项目碳排放环境影响评价工作程序

6. 政策相符性分析

分析建设项目碳排放与国家及地方有关温室气体排放控制的相关法律法规、政策标准及相关规划等的相符性。

7. 项目概况与碳排放工程分析

调查与收集建设项目主要经济、技术资料，识别碳排放源。对于改、扩建及异地搬迁项目，应同时调查并收集现有项目评价基准年内的二氧化碳排放情况，并进行碳排放水平评价。

依次识别二氧化碳排放单元、排放设备和二氧化碳排放类型、排放活动，参照表 1 形成二氧化碳排放识别清单。二氧化碳排放单元和排放设备的识别应包括所有与二氧化碳排放活动直接相关的固定单元及单元对应的具体二氧化碳排放设备，移动单元、居民生活用能等非生产相关的二氧化碳排放信息不作统计。

针对不同的二氧化碳排放单元，还应对其减污降碳相关指标进行核算并形成减污降碳指标体系表。二氧化碳排放单元减污降碳指标体系表要求见附录 A。

表 1 石化行业建设项目碳排放源识别表

二氧化碳排放单元	二氧化碳排放装置	二氧化碳排放类型	二氧化碳排放活动
常减压装置	常压炉	固定源燃烧	燃料气、天然气燃烧

催化裂化装置	催化裂化反应器	工业过程	催化剂烧焦

...

8. 碳排放核算

8.1 核算边界

新建项目以法人企业或视同法人的独立核算单位为核算边界。改扩建及异地搬迁建设项目还应对项目实施前后企业边界分别作为核算边界进行核算。

企业边界核算范围包括处于其运营控制权之下的所有生产场所和生产设施产生的温室气体排放，设施范围包括直接生产系统、辅助生产系统和附属生产系统等。不核算由于事故导致的火炬燃烧、移动源、生活源等产生的 CO₂ 排放和回收量。

8.2 活动水平数据来源

新建项目可通过项目可行性研究报告、设计文件以及项目业主提供的相关技术材料获取产品产量与产能、化石燃料（煤炭、油品、天然气等）消耗量、工艺

与装置信息、工艺生产过程的产量与原辅料使用量、电力和热力使用量等数据信息。

改、扩建的现有项目活动水平数据来源优先次序如下：

(1) 纳入全国碳排放权交易市场的，可直接采用排放报告上与本指南相同核算边界的二氧化碳排放量等数据；

(2) 纳入广东省碳排放权交易市场的，可采用排放报告上的产品产量、化石燃料消耗量、工艺生产过程的产量与原辅料使用量、净调入电力和热力使用量等数据信息；

(3) 纳入环境统计的，可采用统计报表上的产品产量、化石燃料消耗量、工艺生产过程的产量与原辅料使用量、净调入电力和热力使用量、工业增加值等数据信息。

(4) 已取得排污许可证的，可采用系统上填报的产品产量、化石燃料消耗量、工艺生产过程的产量与原辅料使用量、净调入电力和热力使用量、工业增加值等数据信息。

(5) 上述情况之外，相关数据信息由项目业主提供。

8.3 排放量核算

建设项目排放总量核算方法优先采用行业指南法；在数据无法获取或缺失的情况下，可采用本指南提出的行业基准系数法核算。

8.3.1 行业指南法

建设项目温室气体排放总量包括直接排放量和间接排放量。直接排放量包括固定源化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量、正常工况火炬燃烧二氧化碳排放量和工业生产过程物理或者化学反应产生的温室气体排放量；间接排放量包括建设项目使用外购电力、热力时导致的间接二氧化碳排放量。建设项目温室气体排放总量 $E_{GHG总}$ 和二氧化碳排放总量 $E_{CO_2总}$ 计算公式如下：

$$E_{GHG总} = E_{燃料燃烧} + E_{正常火炬} + E_{工业生产过程} + E_{电} + E_{热} \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{CO_2总} = E_{燃料燃烧} + E_{电} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{GHG总}$ —建设项目满负荷运行时温室气体排放总量，单位为 tCO₂e，各类温室气体全球变暖潜势值见附录 B；

$E_{CO_2总}$ —建设项目满负荷运行时二氧化碳排放总量，单位为 tCO₂；

$E_{燃料燃烧}$ —建设项目化石燃料燃烧活动产生的二氧化碳排放量，单位为 tCO₂；

$E_{正常火炬}$ —建设项目正常工况下火炬气燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为 tCO₂；

$E_{工业生产过程}$ —建设项目工业生产过程的温室气体排放量，单位为 tCO₂e；

$E_{电}$ —建设项目净购入电力隐含的二氧化碳排放量，单位为 tCO₂。

$E_{热}$ —建设项目净购入热力隐含的二氧化碳排放量，单位为 tCO₂。

$E_{燃料燃烧}$ 、 $E_{正常火炬}$ 、 $E_{工业生产过程}$ 、 $E_{电}$ 、 $E_{热}$ 计算公式见下文。

(1) 化石燃料燃烧碳排放量

建设项目化石燃料燃烧二氧化碳排放量指化石燃料用于动力或热力供应的燃烧过程产生的 CO₂ 排放，计算公式如下：

$$E_{燃料燃烧} = \sum_i \left(FC_i \times CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

i —化石燃料种类；

FC_i —第 i 种化石燃料的净消耗量，单位为 t 或万 Nm³；

CC_i —第 i 种化石燃料的含碳量，单位为吨碳/吨燃料或吨碳/万 Nm³ 燃料；

OF_i —第 i 种化石燃料的碳氧化率，单位为%；

$\frac{44}{12}$ —CO₂ 和 C 之间的分子量比值。

常见化石燃料特性参数缺省值见附录 C。

(2) 正常工况火炬燃烧碳排放量

石油化工生产企业正常工况火炬燃烧产生的二氧化碳排放量核算方法及参数取值参考附录 D。

(3) 工业生产过程碳排放量

建设项目工业生产过程温室气体排放量应等于各工艺装置的工业生产过程温室气体排放之和。

建设项目生产运营边界内涉及到的催化裂化、催化重整、制氢、焦化装置、石油焦煅烧、氧化沥青、乙烯裂解、乙二醇/环氧乙烷生产、碳酸盐使用、硝酸生产、己二酸生产等过程产生的排放量核算方法及相关参数取值参考附录 D。

如果建设项目除石油产品和化工产品之外,还存在其它产品生产活动且伴有温室气体排放的,还应参照其生产活动所属行业的企业温室气体排放核算方法与报告指南(见附录 E),核算并报告这些温室气体排放。

(4) 净调入电力和热力隐含的碳排放量

建设项目净购入电力、热力隐含的 CO₂ 排放量计算公式如下:

$$E_{电} = AD_{电力} \times EF_{电力} \dots\dots\dots (4)$$

$$E_{热} = AD_{热力} \times EF_{热力} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

AD_{电力}—净外购入电力的使用量,单位为 10⁴kWh;

AD_{热力}—净外购入热力的使用量,单位为 10⁶kJ;

EF_{电力}—电力的 CO₂ 排放因子,单位为 tCO₂/10⁴kWh,暂取默认值 6.101 tCO₂/10⁴kWh,省级主管部门另有规定的,则应遵循相关规定;

EF_{热力}—热力的 CO₂ 排放因子,单位 tCO₂/10⁶kJ,暂取默认值 0.11 tCO₂/10⁶kJ,省级主管部门另有规定的,则应遵循相关规定。

8.3.2 行业基准系数法

当建设项目碳排放量核算所需的水平数据无法获取或缺失时,可通过采用同行业产品产能、工艺、装置等相近的现有企业基准系数,估算建设项目温室气体排放总量和二氧化碳排放总量,估算公式如下:

$$E_{GHG总} = G_{产能} \times Q_{产量,基准} \times \eta_1 \dots\dots\dots (6)$$

$$E_{CO2总} = G_{能耗} \times Q_{能耗,基准} \times \eta_2 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

G_{产能}—建设项目主产品的年设计产能,产能计量单位同产品产量计量单位;

$G_{\text{能耗}}$ —建设项目满负荷运行时的年综合能源消费量，tce；

$Q_{\text{产量,基准}}$ —单位产品产量（或原油加工量）碳排放量基准值（见附录 F）， $\text{tCO}_2/\text{产品产量（或原油加工量）计量单位}$ ；

$Q_{\text{能耗,基准}}$ —单位能耗碳排放量基准值（见附录 F）， tCO_2/tce 。

η_1 、 η_2 —分别是单位产品产量（或原油加工量）碳排放、单位能耗碳排放基准值的修正系数，默认值为 1。当建设项目有二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)等减碳措施，修正系数可根据建设项目与基准值对应工艺流程长短对比、减碳措施处理效率等情况酌情确定。

8.4 碳排放水平评价指标核算

8.4.1 单位工业增加值碳排放量

单位工业增加值碳排放量，指建设项目达产后一定时期内每生产一个单位的工业增加值所产生的温室气体排放总量。

$$Q_{\text{增}} = \frac{E_{\text{GHG总}}}{G_{\text{增}}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$Q_{\text{增}}$ —单位工业增加值碳排放量， $\text{tCO}_2/\text{万元}$ ；

$G_{\text{增}}$ —建设项目满负荷运行时产生的工业增加值，万元。

8.4.2 单位产品产量碳排放量

单位产品产量（或原油加工量）碳排放量，指建设项目达产后一定时期内每生产一个能够表征建设项目主产品的单位产品产量所产生的温室气体排放总量，或建设项目达产后一定时期内每加工一个单位的原油量所产生的温室气体排放总量。

$$Q_{\text{产量}} = \frac{E_{\text{GHG总}}}{G_{\text{产量}}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$Q_{\text{产量}}$ —单位产品产量（或原油加工量）碳排放量， $\text{tCO}_2/\text{产品产量（或原油加工量）计量单位}$ ；

$G_{\text{产量}}$ —建设项目满负荷运行时产品产量（或原油加工量），以产品产量（或

原油加工量) 计量单位表示。

8.4.3 单位能耗碳排放量

单位能耗碳排放量,指建设项目达产后一定时期内每消耗一个单位的能源所产生的二氧化碳排放总量。

$$Q_{\text{能耗}} = \frac{E_{\text{CO}_2\text{总}}}{G_{\text{能耗}}} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$Q_{\text{能耗}}$ —单位能耗碳排放量, tCO₂/tce;

$G_{\text{能耗}}$ —建设项目满负荷运行时的年综合能源消费量, tce。

9. 碳排放评价

通过对项目与所在区域、行业(产品)评价指标横向对比,企业自身改扩建前后碳排放情况的纵向对比,评价建设项目碳排放水平,挖掘建设项目碳减排空间与潜力,分析建设项目投产后对区域碳排放强度考核目标可达性和对区域“碳达峰、碳中和”目标的影响。

9.1 碳排放水平评价

以省生态环境厅、省统计局等部门公开发布的碳排放强度基准值或标准、统计数据核算结果作为评价依据,评价建设项目单位工业增加值碳排放量 $Q_{\text{增}}$ 、单位产品碳排放量 $Q_{\text{产品}}$ 、单位能耗碳排放量 $Q_{\text{能耗}}$ 。

本指南推荐行业单位产品产量碳排放量、单位能耗碳排放量基准值(参考值)见附录 F。当该行业无法获取广东省发布的碳强度基准值或标准时,可参考国内外既有的行业碳排放强度数据,但需对参考数据的合理性进行分析说明。其他评价指标无法获取相应基准值或标准值时,可暂时不评价。

改扩建及异地搬迁建设项目在对现有项目进行现状评价基础上,对项目实施前后的碳排放强度进行对比纵向评价,项目实施后全厂单位工业增加值碳排放量 $Q_{\text{增}}$ 及单位产品碳排放量 $Q_{\text{产品}}$ (相同产品)原则上不高于现有项目,若高于现有项目需进行科学合理说明。

9.2 对碳强度考核的影响评价

根据全省或地级以上市控制碳排放分解的考核目标任务，核算建设项目实施前后项目单位工业增加值排放量 $Q_{增}$ 对我省或所在地级以上市单位 GDP 碳排放量（简称“碳强度”， $Q_{省或市}$ ）影响比例 α ，分析项目实施后项目对碳排放强度考核目标可达性的影响程度。无法获取相应数据时，可暂时不评价。建设项目 $Q_{增}$ 对我省或所在地级以上市 $Q_{省或市}$ 影响比例计算公式见下：

$$\alpha = \left(\frac{Q_{增}}{Q_{省或市}} - 1 \right) \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

式中：

α —建设项目单位工业增加值碳排放对区域 GDP 碳排放强度影响比例；

$Q_{省或市}$ —我省或项目所在市考核年碳强度。

当 α 值小于 0 时，该建设项目对所在地区碳强度考核有正向影响；当 α 值大于 0 时，该建设项目对所在地区碳强度考核有负向影响。由省发展改革委核准（审批、备案）的项目，需同时评价分析对省和所在市碳强度考核的影响。

9.3 对碳达峰的影响评价

根据全省或项目所在市碳达峰行动方案的二氧化碳峰值，核算项目实施前后碳排放对区域碳排放总量的影响程度，包括碳排放量占区域年度碳排放总量比例 β 和排放增量比例 γ ，评价建设项目对碳达峰峰值的影响程度。无法获取相应数据时，可暂时不评价。建设项目碳排放对地区碳排放峰值模板的影响比例计算公式见下：

$$\beta = \frac{E_{CO_2总}}{E_{峰值}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中：

β —碳排放量占区域达峰年年度碳排放总量比例；

$E_{峰值}$ —达峰年落实到我省或项目所在市年度碳排放总量，tCO₂。

$$\gamma = \frac{E_{CO_2总}}{E_{增量}} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

式中：

γ —碳排放量占我省或项目所在市达峰年年度增量比例；

$E_{\text{增量}}$ —我省或项目所在市达峰年年度碳排放增量， tCO_2 。

当 $\beta \geq 0.5\%$ 或 $\gamma \geq 5\%$ 时，认为项目对碳达峰有影响。须综合分析项目对我省或项目所在市的碳排放和碳达峰目标的影响，开展绩效分析（涵盖目标、成本、效益、影响等）及工程项目与达峰行动的关联性分析。

10. 碳减排措施及可行性论证

明确提出项目拟采取的具体碳减排措施，从能源利用、原料使用、工艺优化、节能降碳技术、碳排放管理等方面对项目分析拟采取碳减排措施的技术、经济合理性、长期稳定运行的可靠性。碳减排措施的有效性判断优先以同类或相同措施的运行效果为依据。

从化石能源使用、工艺过程优化等角度提出源头减少二氧化碳产生和综合利用措施，并对措施的可行性进行论证。从减污降碳的角度，给出污染物和二氧化碳协同控制的优化方案。鼓励有条件的地区、企业探索实施减污降碳协同治理和碳捕集、封存、综合利用工程试点、示范。

鼓励使用清洁燃料、绿电、绿氢。大宗物料优先采用铁路、管道或水路运输，短途接驳优先使用新能源车辆运输。

11. 碳排放监测计划

给出项目二氧化碳排放清单，明确二氧化碳排放管理要求。包括原辅料、能源种类或组分要求及工艺说明，建设项目拟采取的减碳措施，排放的二氧化碳浓度和总量等。

将碳减排纳入日常环境管理制度、组织机构和环境管理台账相关要求，保障碳减排措施资金投入。

提出生产运行阶段二氧化碳监测计划，监测计划应明确监测点位、监测频次。

12. 碳排放环境影响评价结论

对建设项目碳排放的政策相符性、碳排放评价、减碳措施及可行性、碳排放监测计划等内容进行概括总结，并给出碳排放环境影响评价结论。

附录 A 二氧化碳排放单元减污降碳指标体系表

表 A.1 石化项目空分装置减污降碳指标体系表

装置名称	装置规模（以氧计）	驱动方式（电/蒸汽）	减污降碳技术（措施）	减污降碳技术性指标		资源指标			
				单位产品污染物排放绩效（吨/吨产品 ² ）		单位产品 CO ₂ 排放绩效（吨/吨产品 ² ） ¹	能耗（GJ/吨产品 ² ）	物耗（吨/吨产品 ² ）	水耗（吨/吨产品 ² ）
				固体废物 ¹					
备注									

¹ 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源（空分装置以氧计）。

² 产品指氧气的产量。

表 A.2 乙烯装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB 30250）

装置名称	装置规模（万吨/年乙烯产能）	加热炉总功率（MW）	减污降碳技术（措施）	单位产品污染物产生及排放绩效（吨/吨产品 ¹ ）								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效（吨/吨产品 ¹ ）	能耗（GJ/吨产品）	物耗（吨/产品）	水耗（吨/产品）
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³					
备注															

¹ 产品以乙烯计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

表 A.3 石油炼制项目减污降碳指标体系表（边界参照 GB 30251）

原油加工能力 (万吨/年)	原油消耗量 (万吨/年)	装置名称	减污降碳技术 (措施)	污染物产生及排放量 (吨)								CO ₂ 产生及排放量 (吨)	能耗 (GJ/吨原油消耗量)	物耗 (吨/吨原油消耗量)	水耗 (吨/吨原油消耗量)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
项目	单位原油污染物产生及排放绩效 (吨/吨原油消耗量)								单位原油CO ₂ 产生及排放(吨/吨原油消耗 ²) ¹	单位CO ₂ 排放万元工业增加值	能耗 (GJ/吨原油消耗量)	物耗 (吨/原油消耗量)	水耗 (吨/原油消耗量)		
	大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²							
	SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³							
备注															

¹ 乙烯及以后工序有单独减污降碳表的炼油装置

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

表 A.4 对二甲苯装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB 31534）

装置名称	装置规模（万吨/年对二甲苯产能）	加热炉总功率（MW）	减污降碳技术（措施）	单位产品污染物产生及排放绩效（吨/吨产品 ¹ ）								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效（吨/吨产品 ¹ ）	能耗（GJ/吨产品）	对二甲苯收率（%）	水耗（吨/产品）
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以对二甲苯计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

表 A.5 制氢装置减污降碳指标体系表¹

装置名称	装置规模（万吨/年氢气产能）	加热炉总功率（MW）	减污降碳技术（措施）	单位产品污染物产生及排放绩效（吨/吨产品 ¹ ）								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效（吨/吨产品 ¹ ）	能耗（GJ/吨产品）	物耗（吨/产品）	水耗（吨/产品）
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 石油炼制项目需单独评价制氢装置。

² 产品以氢气计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

表 A.6 环氧乙烷/乙二醇装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB30248）

装置名称	装置规模 (万吨/年环氧乙烷当量产能)	加热炉总功率 (MW)	减污降碳技术(措施)	单位产品污染物产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)	能耗(GJ/吨产品)	物耗(吨/吨产品)	水耗(吨/吨产品)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以环氧乙烷当量计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

表 A.7 工业冰醋酸装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB29437）

装置名称	装置规模 (万吨/年工业冰醋酸产能)	加热炉总功率 (MW)	减污降碳技术(措施)	单位产品污染物产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)	能耗(GJ/吨产品)	物耗(吨/吨产品)	水耗(吨/吨产品)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以工业冰醋酸计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

⁴ 羰基法、酒精法、乙烯法等。

表 A.8 聚甲醛装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB29438）

装置名称	装置规模 (万吨/年聚 甲醛产能)	加热炉总 功率 (MW)	减污降碳技 术(措施)	单位产品污染物产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)								单位产品 CO ₂ 产 生及排放绩效 (吨/吨产品 ¹)	能耗(GJ/ 吨产品)	物耗(吨/ 吨产品)	水耗(吨/ 吨产品)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以工业聚甲醛计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

表 A.9 聚氯乙烯装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB 30527）

装置名称	装置规模 (万吨/年聚 氯乙烯产 能)	加热炉总 功率 (MW)	减污降碳技 术(措施)	单位产品污染物产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩 效(吨/吨产品 ¹)	能耗(GJ/ 吨产品)	物耗(吨/ 吨产品)	水耗(吨/ 吨产品)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以聚氯乙烯计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

⁴ 乙烯法、电石法、单体法等。

表 A.10 聚乙烯醇装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB 30528）

装置名称	装置规模 (万吨/年聚乙烯醇产能)	加热炉总功率 (MW)	减污降碳技术(措施)	单位产品污染物产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)	能耗(GJ/吨产品)	物耗(吨/吨产品)	水耗(吨/吨产品)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以聚乙烯醇计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

⁴ 乙烯法、乙炔法等。

表 A.11 乙酸乙烯酯装置减污降碳指标体系表（边界参照 GB 30529）

装置名称	装置规模 (万吨/年乙酸乙烯酯产能)	加热炉总功率 (MW)	减污降碳技术(措施)	单位产品污染物产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)								单位产品 CO ₂ 产生及排放绩效(吨/吨产品 ¹)	能耗(GJ/吨产品)	物耗(吨/吨产品)	水耗(吨/吨产品)
				大气污染物 ²				水污染物 ²			固体废物 ²				
				SO ₂	NO _x	颗粒物	... ³	COD	氨氮	... ³	... ³				
备注															

¹ 产品以乙酸乙烯酯计。

² 排放绩效水平应在备注栏说明填报数据来源。

³ 具体污染物种类根据实际情况填写。

⁴ 乙烯法、乙炔法等。

附录 B 温室气体全球变暖潜势值

表 B.1 温室气体全球变暖潜势值

序号	温室气体名称		化学分子式	全球变暖潜势值
1	二氧化碳		CO ₂	1
2	甲烷		CH ₄	21
3	氧化亚氮		N ₂ O	310
4	氢氟碳化物 (HFC _s)	HFC-23	CHF ₃	11700
		HFC-32	CH ₂ F ₂	650
		HFC-125	CHF ₂ CF ₃	2800
		HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1300
		HFC-143a	CH ₃ CF ₃	3800
		HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	140
		HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	2900
		HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	6300
		HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1030*
5	全氟化碳 (PFC _s)	PFC-14	CF ₄	6500
		PFC-116	C ₂ F ₆	9200
6	六氟化碳		SF ₆	23900

注：数据来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》，除标注*的数据为 IPCC 第四次评估报告外其余均为 IPCC 第二次评估报告值。

附录 C 常见化石燃料特性参数缺省值

表 C.1 常见化石燃料特性参数缺省值

燃料品种	低位发热量	低位发热量单位	单位热值含碳量 (吨碳/GJ)	燃料碳氧化率
无烟煤	27.631	GJ/吨	27.49×10^{-3}	94%
烟煤	23.736	GJ/吨	26.18×10^{-3}	93%
褐煤	15.250	GJ/吨	28.00×10^{-3}	96%
洗精煤	26.344	GJ/吨	25.40×10^{-3}	93%
其它洗煤	15.373	GJ/吨	25.40×10^{-3}	90%
型煤	20.515	GJ/吨	33.60×10^{-3}	90%
水煤浆	20.905	GJ/吨	33.60×10^{-3}	90%
焦炭	28.447	GJ/吨	29.40×10^{-3}	93%
原油	42.620	GJ/吨	20.10×10^{-3}	98%
燃料油	40.190	GJ/吨	21.10×10^{-3}	98%
汽油	44.800	GJ/吨	18.90×10^{-3}	98%
柴油	43.330	GJ/吨	20.20×10^{-3}	98%
一般煤油	44.750	GJ/吨	19.60×10^{-3}	98%
石油焦	31.998	GJ/吨	27.50×10^{-3}	98%
其它石油制品	41.031	GJ/吨	20.00×10^{-3}	98%
焦油	33.453	GJ/吨	22.00×10^{-3}	98%
粗苯	41.816	GJ/吨	22.70×10^{-3}	98%
炼厂干气	46.050	GJ/吨	18.20×10^{-3}	99%
液化石油气	47.310	GJ/吨	17.20×10^{-3}	99%
液化天然气	41.868	GJ/吨	17.20×10^{-3}	99%
天然气	389.31	GJ/万 Nm ³	15.30×10^{-3}	99%
焦炉煤气	173.540	GJ/万 Nm ³	13.60×10^{-3}	99%
高炉煤气	33.000	GJ/万 Nm ³	70.80×10^{-3}	99%
转炉煤气	84.000	GJ/万 Nm ³	49.60×10^{-3}	99%
密闭电石炉炉气	111.190	GJ/万 Nm ³	39.51×10^{-3}	99%
其它煤气	52.270	GJ/万 Nm ³	12.20×10^{-3}	99%

附录 D 火炬燃烧和生产过程温室气体排放核算方法

(一) 石油化工企业正常工况火炬燃烧 CO₂ 排放

1. 计算公式

$$E_{CO_2-正常火炬} = \sum_i \left[Q_{正常火炬} \times \left(CC_{\neq CO_2} \times OF \times \frac{44}{12} + V_{CO_2} \times 19.7 \right) \right]_i \quad (1)$$

式中：

i —火炬系统序号；

$Q_{正常火炬}$ —正常工况下第 i 号火炬系统的火炬气流量，单位为万 Nm³；

$CC_{\neq CO_2}$ —火炬气中除 CO₂ 外其它含碳化合物的总含碳量，单位为吨碳/万 Nm³，计算方法见公式(2)；

OF —第 i 号火炬系统的碳氧化率，如无实测数据可取缺省值 0.98； V_{CO_2} 为火炬气中 CO₂ 的体积浓度（%）；

19.7—CO₂ 气体在标准状况下的密度，单位为吨 CO₂/万 Nm³。

2. 数据的监测与获取

对于正常工况下的火炬系统，可根据流量监测系统、工程计算或类似估算方法获得报告期内火炬气流量 $Q_{正常火炬}$ 。

公式（1）中火炬气的 CO₂ 气体浓度应根据气体组分分析仪或火炬气来源获取，火炬气中除 CO₂ 外其它含碳化合物的含碳量 $CC_{\neq CO_2}$ ，应根据每种气体组分的体积浓度及该组分化学分子式中碳原子的数目按下式计算含碳量：

$$CC_{\neq CO_2} = \sum_n \left(\frac{12 \times 10 \times V_n \times CN_n}{22.4} \right) \quad (2)$$

式中：

n —火炬气的各种气体组分，CO₂ 除外；

$CC_{\neq CO_2}$ —火炬气中除 CO₂ 外的其它含碳化合物的含碳量，单位为吨碳/万 Nm³；

V_n —火炬气中除 CO₂ 外的第 n 种含碳化合物（包括一氧化碳）的体积浓度（%）；

CN_n —火炬气中第 n 种含碳化合物（包括一氧化碳）化学分子式中的碳原子数目。

(二) 石油化工企业生产过程 CO₂ 排放

石油化工企业生产运营边界内涉及到的工业生产过程排放装置主要包括：催化裂化装置，催化重整装置，制氢装置，焦化装置，石油焦煅烧装置，氧化沥青装置，乙烯裂解装置，乙二醇/环氧乙烷生产装置等。企业的工业生产过程 CO₂ 排放量应等于各装置的工业生产过程 CO₂ 排放之和。

1. 催化裂化装置

1) 计算公式

催化裂化是石油炼制过程之一，是在热和催化剂的作用下使重质油发生裂化反应，转变为裂化气、汽油和柴油等的过程。在催化裂化工艺中，反应的副产物焦炭沉积在催化剂表面上，容易使催化剂失去活性，企业一般采用连续烧焦的方式来清除催化剂表面的结焦。

对连续烧焦而言，烧焦产生的尾气有可能直接排放，也有可能通过 CO 锅炉完全燃烧后再排放。后一种情况应把烧焦尾气视为一种燃料按照本指南燃料燃烧排放核算方法进行计算并计入燃料燃烧排放。前一种情况则根据烧焦量计算连续烧焦的 CO₂ 排放量并计入工业生产过程排放，公式如下：

$$E_{CO_2\text{-烧焦}} = \sum_{j=0}^N \left(MC_j \times CF_j \times OF \times \frac{44}{12} \right) \quad (3)$$

式中：

$E_{CO_2\text{-烧焦}}$ —催化裂化装置烧焦产生的 CO₂ 年排放量，单位为吨 CO₂；

j —催化裂化装置序号；

MC_j —第 j 套催化裂化装置烧焦量，单位为吨；

CF_j —第 j 套催化裂化装置催化剂结焦的平均含碳量，单位为吨碳/吨焦；

OF —烧焦过程的碳氧化率；

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 数据的监测与获取

公式 (3) 中烧焦量 MC_j 按企业生产原始记录或统计台账获取；焦层的含碳量 CF_j 优先推荐采用企业实测数据，如无实测数据可默认焦炭含量为 100%，烧焦设备的碳氧化率 OF 可取缺省值 0.98。

2. 催化重整装置

1) 计算公式

催化重整是指在一定的温度和压力及催化剂作用下，经分子发生重新排列，使环烷经和烷经转化成芳经和异构烷经，生产高辛烷值汽油及轻芳烧(苯、甲苯、二甲苯)的重要石油加工过程，同时也副产氢气、液化气。催化重整工艺中存在催化剂由于结焦失活的情况，需要烧焦再生，烧焦过程存在 CO₂ 的排放。催化重整装置的催化剂烧焦可能由企业自身进行，也可能由专门进行催化剂再生或回收的其它企业进行。由企业自身进行的催化剂烧焦过程应计入报告主体的工业生产过程排放中，如果由其它企业进行，则该部分排放不计入报告主体。

如果采用连续烧焦方式，可参考公式（3）对烧焦排放量进行核算；如果采用间歇烧焦方式，其 CO₂ 排放量可用公式（4）计算：

$$E_{CO_2-烧焦} = \sum_{j=1}^N \left[MC_j \times (1 - CF_{前,j}) \times \left(\frac{CF_{前,j}}{1 - CF_{前,j}} - \frac{CF_{后,j}}{1 - CF_{后,j}} \right) \times \frac{44}{12} \right] \quad (4)$$

式中：

$E_{CO_2-烧焦}$ —催化剂间歇烧焦再生导致的 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂；

j —催化重整装置序号；

MC_j —第 j 套催化重整装置在整个报告期内待再生的催化剂量，单位为吨；

$CF_{前,j}$ —第 j 套催化重整装置再生前催化剂上的含碳量（%）；

$CF_{后,j}$ —第 j 套催化重整装置再生后催化剂上的含碳量（%）；

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 数据的监测与获取

公式（4）中第 j 套催化重整装置待再生的催化剂量 MC_j 根据生产记录获取。企业应在每次烧焦过程中实测催化剂烧焦前及烧焦后的含碳量 $CF_{前,j}$ 及 $CF_{后,j}$ ，烧焦设备的碳氧化率 OF 可取缺省值 0.98。

3.其它生产装置催化剂烧焦再生

石油炼制与石油化工生产过程还存在其它需要用到催化剂并可能进行烧焦再生的装置。如果这些烧焦过程发生在企业内部则需计算烧焦过程 CO₂ 排放量。其中，对连续烧焦过程，参考公式（3）及相关数据监测与获取方法进行核算；对间歇烧焦再生过程，参考公式（4）及相关数据监测与获取方法进行核算。

4.制氢装置

1) 计算公式

石油化工企业通常以天然气、炼厂干气、轻质油、重油或煤为原料通过竖类蒸汽转化法、部分氧化法或变压吸附法制取氢气。建议统一采用碳质量平衡法核算制氢过程中的工业生产过程 CO₂ 排放，公式如下：

$$E_{CO_2\text{-制氢}} = \sum_{j=1}^N [AD_r \times CC_r - (Q_{sg} \times CC_{sg} + Q_w \times CC_w)] \times \frac{44}{12} \quad (5)$$

式中：

$E_{CO_2\text{-制氢}}$ —制氢装置产生的 CO₂ 排放，单位为吨 CO₂；

j —制氢装置序号；

AD_r —第 j 个制氢装置原料投入量，单位为吨原料；

CC_r —第 j 个制氢装置原料的平均含碳量，单位为吨碳/吨原料(%)；

Q_{sg} —第 j 个制氢装置产生的合成气的量，单位为万 Nm³ 合成气；

CC_{sg} —第 j 个制氢装置产生的合成气的含碳量，单位为吨碳/万 Nm³ 合成气；

Q_w —第 j 个制氢装置产生的残渣量，单位为吨；

CC_w —第 j 个制氢装置产生的残渣的含碳量，单位为吨碳/吨残渣；

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 数据的监测与获取

公式 (5) 中制氢装置的原料投入量 AD_r 、合成气产生量 Q_{sg} 及残渣产生量 Q_w 根据企业原始生产记录获得，原料的含碳量 CC_r 、合成气含碳量 CC_{sg} 及残渣含碳量 CC_w 采用企业实测数据。

5. 焦化装置

炼油厂使用的焦化装置可以分为延迟焦化装置、流化焦化装置和灵活焦化装置三种形式。

延迟焦化装置不计算工业生产过程排放。其工艺加热炉燃料燃烧的 CO₂ 排放应在燃料燃烧排放类别下计算。

流化焦化装置中流化床燃烧器烧除附着在焦炭粒子上的多余焦炭所产生的 CO₂ 排放，可参照催化裂化装置连续烧焦排放的计算方法进行核算，并报告为工业生产过程排放。

灵活焦化装置也不计算工业生产过程排放，因为附着在焦炭粒子上的焦炭在

气化器中气化生成的低热值燃料气没有直接排放到大气中。该低热值燃料气在燃烧设备中燃烧产生的排放应在燃料燃烧排放类型下计算。

6.石油焦煅烧装置

1) 计算公式

对于石油焦煅烧装置，采用碳质量平衡法使用公式（6）来计算装置的 CO₂ 排放。

$$E_{CO_2\text{-煅烧}} = \sum_{j=1}^N \left[M_{RC,j} \times CC_{RC,j} - (M_{PC,j} + M_{ds,j}) \times CC_{PC,j} \right] \times \frac{44}{12} \quad (6)$$

式中：

$E_{CO_2\text{-煅烧}}$ —石油焦煅烧装置 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂；

j —石油焦煅烧装置序号；

$M_{RC,j}$ —进入第 j 套石油焦煅烧装置的生焦的质量，单位为吨；

$CC_{RC,j}$ —进入第 j 套石油焦煅烧装置的生焦的平均含碳量，单位为吨碳/吨生焦；

$M_{PC,j}$ —第 j 套石油焦煅烧装置产出的石油焦成品的质量，单位为吨石油焦；

$M_{ds,j}$ —第 j 套石油焦煅烧装置的粉尘收集系统收集的石油焦粉尘的质量，单位为吨粉尘；

$CC_{PC,j}$ —第 j 套石油焦煅烧装置产出的石油焦成品的平均含碳量，单位为吨碳/吨石油焦；

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 数据的监测与获取

进入第 j 套石油焦煅烧装置的生焦的量 $M_{RC,j}$ ，石油焦成品质量 $M_{PC,j}$ 及石油焦粉尘质量 $M_{ds,j}$ 根据企业台账记录获得，含碳量 $CC_{RC,j}$ 及 $CC_{PC,j}$ 采用企业实测数据。

7.氧化沥青装置

1) 计算公式

氧化沥青可使沥青聚合和稳定化，增加沥青用于铺裹屋顶和墙面装修的耐候性。氧化沥青工艺 CH₄ 排放量很小，因为蒸馏过程已经脱除了大部分的轻质经。该工艺过程中的 CO₂ 排放量可以采用连续监测或按照下式估算：

$$E_{CO_2\text{-沥青}} = \sum_{j=1}^N (M_{oa,j} + EF_{oa,j}) \quad (7)$$

式中：

$E_{CO_2\text{-沥青}}$ —沥青氧化装置 CO₂ 年排放量，单位为吨 CO₂；

j —氧化沥青装置序号；

$M_{oa,j}$ —第 j 套氧化沥青装置的氧化沥青产量，单位为吨；

$EF_{oa,j}$ —第 j 套装置沥青氧化过程的 CO₂ 排放系数，单位为吨 CO₂/吨氧化沥青。

2) 数据的监测与获取

第 j 套氧化沥青装置的氧化沥青产量 $M_{oa,j}$ 根据企业生产记录或企业台账记录获取，沥青氧化过程 CO₂ 排放系数应优先采用企业实测值，无实测条件的企业可取缺省值 0.03 吨 CO₂/吨氧化沥青。

8. 乙烯裂解装置

1) 计算公式

乙烯裂解装置的工业生产过程排放来自于炉管内壁结焦后的烧焦排放，排放量可根据烧焦过程中炉管排气口的气体流量及其中的 CO₂ 及 CO 浓度确定，公式如下：

$$E_{CO_2\text{-裂解}} = \sum_{j=1}^N [Q_{wg,j} \times T_j \times (Con_{CO_2,j} + Con_{CO,j}) \times 19.7 \times 10^{-4}] \quad (8)$$

式中：

$E_{CO_2\text{-裂解}}$ —乙烯裂解装置炉管烧焦产生的 CO₂ 排放，单位吨 CO₂/年；

j —乙烯裂解装置序号，1, 2, 3.....N；

$Q_{wg,j}$ —第 j 套乙烯裂解装置的炉管烧焦尾气平均流量，需折算成标准状况下气体体积，单位为 Nm³/小时；

T_j —第 j 套乙烯裂解装置的年累计烧焦时间，单位为小时/年；

$Con_{CO_2,j}$ —第 j 套乙烯裂解装置炉管烧焦尾气中 CO₂ 的体积浓度(%)；

$Con_{CO,j}$ —第 j 套乙烯裂解装置炉管烧焦尾气中 CO 的体积浓度 (%)。

2) 数据的监测与获取

公式 (8) 中第 j 套乙烯裂解装置炉管烧焦尾气的平均流量 $Q_{wg,j}$ 根据尾气监

测气体流量计获取, 尾气中 CO₂ 及 CO 浓度根据尾气监测系统气体成分分析仪获取, 第 j 套乙烯裂解装置的年累计烧焦时间 H_j 根据生产原始记录获取。

如果采用水力或机械清焦, 则不需计算该工业生产过程排放。

乙烯裂解反应尾气通常被回收利用, 例如作为燃料气在裂解炉炉、膛中燃烧, 燃烧产生的 CO₂ 排放应在燃料燃烧排放类型下计算。

9. 乙二醇/环氧乙烷生产装置

1) 计算公式

以乙烯为原料氧化生产乙二醇工艺过程中, 乙烯氧化生成环氧乙烷单元会产生 CO₂ 排放, 排放量可采用碳质量平衡法进行计算, 公式如下:

$$E_{CO_2-乙二醇} = \sum_{j=1}^N \left[(RE_j \times REC_j - EO_j \times EOC_j) \times \frac{44}{12} \right] \quad (9)$$

式中:

$E_{CO_2-乙二醇}$ —乙二醇生产装置 CO₂ 排放量, 单位为吨 CO₂;

j —企业乙二醇生产装置序号, 1, 2, 3.....N;

RE_j —第 j 套乙二醇装置乙烯原料用量, 单位为吨;

REC_j —第 j 套乙二醇装置乙烯原料的含碳量, 单位为吨碳/吨乙烯;

EO_j —第 j 套乙二醇装置的当量环氧乙烷产品产量, 单位为吨;

EOC_j —第 j 套乙二醇装置环氧乙烷的含碳量, 单位为吨碳/吨环氧乙烷;

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 数据的监测与获取

公式 (9) 中乙烯原料消耗量 RE_j 及产品产量 EO_j 根据企业原始生产记录或企业台账记录获取。

乙烯原料、环氧乙烷产品的含碳量可以根据物质成分或纯度以及每种物质的化学分子式和碳原子的数目来计算, 企业应定期检测和记录原料和产品的纯度。

10. 其他产品生产装置

炼油与石油化工生产涉及的产品领域比较广泛, 生产过程中的 CO₂ 排放源主要是燃料燃烧, 个别化工产品生产过程还可能会产生工业生产过程排放, 如甲醇、二氯乙烷、醋酸乙烯、丙烯醇、丙烯腈、碳黑等, 这些产品的工业生产过程 CO₂ 排放量可参考原料—产品流程采用碳质量平衡法进行核算 (见公式 10), 其

中作为生产原料的 CO₂ 也应计入原料投入量，在此不再赘述。

1) 计算公式

$$E_{CO_2\text{-其他}} = \left\{ \sum_r (AD_r \times CC_r) - \left[\sum_p (Y_p \times CC_p) + \sum_w (Q_w \times CC_w) \right] \right\} \times \frac{44}{12} \quad (10)$$

式中：

$E_{CO_2\text{-乙其他}}$ —某个其他产品生产装置 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂；

AD_r —该装置生产原料 r 的投入量，对固体或液体原料以吨为单位，对气体原料以万 Nm³ 为单位；

CC_r —原料 r 的含碳量，对固体或液体原料以吨碳/吨原料为单元，对气体原料以吨碳/万 Nm³ 为单位；

Y_p —该装置产出的产品 p 的产量，对固体或液体产品以吨为单位，对气体产品以万 Nm³ 为单位；

CC_p —产品 p 的含碳量，对固体或液体产品以吨碳/吨产品为单元，对气体产品以吨碳/万 Nm³ 为单位；

Q_w —该装置产出的各种含碳废弃物的量，单位为吨；

CC_w —含碳废弃物 w 的含碳量，单位为吨碳/吨废弃物 w；

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 数据的监测与获取

其他产品生产装置的原料投入量、产品产出量、废弃物产出量均根据企业台账记录获得。对原料、产品及废弃物的含碳量，有条件的企业，应自行或委托有资质的专业机构定期检测各种原料和产品的含碳量，其中对固体或液体，企业可按每周取一次样，当原料发生变化时必须及时取样，将所有样品测定后，以每个样本所代表的活动水平数为权重加权平均；对气体可定期检测气体组分，并根据每种气体组分的体积浓度及该组分化学分子式中碳原子的数目按公式（11）计算得到。无实测条件的企业，对于纯物质可基于化学分子式及碳原子的数目、分子量计算含碳量，对其他物质可参考行业标准或相关文献取值。

含碳量计算公式：

$$CC_g = \sum_n \left(\frac{12 \times CN_n \times V_n}{22.4} \times 10 \right) \quad (11)$$

式中：

CC_g —待测气体 g 的含碳量，单位为吨碳/万 Nm^3 ；

n —待测气体的各种气体组分；

V_n —待测气体每种气体组分 n 的体积浓度，取值范围 0~1；

CN_n —气体组分 n 化学分子式中碳原子的数目；

12—碳的摩尔质量，单位为 $kg/kmol$ ；

22.4—标准状况下理想气体摩尔体积，单位为 $Nm^3/kmol$ 。

（三）化工企业生产过程温室气体排放

化工企业生产过程排放量等于不同种类的温室气体排放的二氧化碳当量之和，计算公式见式（12）~式（14）：

$$E_{过程, i} = E_{CO_2过程, i} \times GWP_{CO_2} + E_{N_2O过程, i} \times GWP_{N_2O} \quad (12)$$

其中：

$$E_{CO_2过程, i} = E_{CO_2原料, i} + E_{CO_2碳酸盐, i} \quad (13)$$

$$E_{N_2O过程, i} = E_{N_2O硝酸, i} + E_{N_2O己二酸, i} \quad (14)$$

式中：

$E_{过程, i}$ —核算期内核算单元 i 的工业生产过程产生的各种温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$E_{CO_2过程, i}$ —核算期内核算单元 i 的工业生产过程产生的二氧化碳排放总量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{CO_2原料, i}$ —核算期内核算单元 i 的化石燃料和其他碳氢化合物用作原料产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{CO_2碳酸盐, i}$ —核算期内核算单元 i 的碳酸盐使用过程产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$E_{N_2O过程, i}$ —核算期内核算单元 i 的工业生产过程产生的氧化亚氮排放总量，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

$E_{N_2O硝酸, i}$ —核算期内核算单元 i 的硝酸生产过程的氧化亚氮排放，单位为吨氧化亚氮（ tN_2O ）；

$E_{N_2O_{己二酸}, i}$ —核算期内核算单元 i 的己二酸生产过程的氧化亚氮排放, 单位为吨氧化亚氮(tN_2O);

GWP_{CO_2} —二氧化碳的全球变暖潜势值, 取值为 1;

GWP_{N_2O} —氧化亚氮的全球变暖潜势值, 取值为 310。

1.原料产生的二氧化碳排放

1) 计算公式

化石燃料和其他碳氢化合物用作原料产生的二氧化碳排放, 根据原料输入的碳量以及产品输出的碳量按碳质量平衡法计算:

$$E_{CO_2_{原料}, i} = \left\{ \sum_r (AD_{i,r} \times CC_{i,r}) - \left[\sum_p (AD_{i,p} \times CC_{i,p}) + \sum_w (AD_{i,w} \times CC_{i,w}) \right] \right\} \times \frac{44}{12} \quad (15)$$

式中:

$E_{CO_2_{原料}, i}$ —第 i 个核算单元的化石燃料和其他碳氢化合物用作原料产生的二氧化碳排放, 单位为吨二氧化碳(tCO_2);

$AD_{i,r}$ —第 i 个核算单元的原料 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);

$CC_{i,r}$ —第 i 个核算单元的原料 r 的含碳量, 对固体或液体原料, 单位为吨碳每吨(tC/t); 对气体原料, 单位为吨碳每万标立方米($tC/10^4Nm^3$);

r —进入核算单元的原料种类, 如具体品种的化石燃料、具体名称的碳氢化合物、碳电极以及二氧化碳原料;

$AD_{i,p}$ —第 i 个核算单元的碳产品 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);

$CC_{i,p}$ —第 i 个核算单元的碳产品 p 的含碳量, 对固体或液体产品, 单位为吨碳每吨(tC/t); 对气体产品, 单位为吨碳每万标立方米($tC/10^4Nm^3$);

p —流出核算单元的含碳产品种类, 包括各种具体名称的主产品、联产产品、副产品等;

$AD_{i,w}$ —第 i 个核算单元的其他含碳输出物 w 的输出量, 单位为吨(t);

$CC_{i,w}$ —第 i 个核算单元的其他含碳输出物 w 的含碳量, 单位为吨碳每吨(tC/t);

w —流出核算单元且没有计入产品范畴的其他含碳输出物种类, 如炉渣、粉

尘、污泥等含碳的废弃物；

$\frac{44}{12}$ —二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

2) 活动数据获取

企业应结合碳源流的识别和划分情况，以企业台账或统计报表为据，分别确定原料投入量、含碳产品产量以及其他含碳输出物的活动数据。

3) 排放因子数据获取

用作原料的化石燃料的含碳量获取方法参见公式（11）。

对其他原料、含碳产品或含碳输出物的含碳量，有条件的企业，可委托有资质的专业机构定期检测各种原料和产品的含碳量，企业如果有满足资质标准的检测单位也可自行检测。其中对固体或液体，企业可按每天每班取一次样，每月将所有样本混合缩分后进行一次含碳量检测，并以分月的活动数据加权平均作为含碳量；对气体可定期测量或记录气体组分，并根据每种气体组分的体积分数及该组分化学分子式中碳原子的数目按式（11）计算得到。

对无条件实测含碳量的，可以根据物质成分或纯度以及每种物质的化学分子式和碳原子的数目来计算，或参考表 D.1 推荐值。

表 D.1 常见化工产品的含碳量推荐值

产品名称	含碳量 (tC/t)
乙腈	0.5852
丙烯腈	0.6664
丁二烯	0.888
炭黑	0.970
乙炔	0.923
乙烯	0.856
二氯乙烷	0.245
乙二醇	0.387
环氧乙烷	0.545
氰化氢	0.4444
甲醇	0.375
甲烷	0.749
乙烷	0.856
丙烷	0.817
丙烯	0.8563

产品名称	含碳量 (tC/t)
氯乙烯单体	0.384
尿素	0.200
碳酸氢铵	0.1519
标准电石*	0.314

*需根据电石产品在 20 °C、101.3 kPa 下的实际发气量按 300 L/kg 折算为标准电石。

2.碳酸盐使用过程中产生的二氧化碳排放

1) 计算公式

碳酸盐使用过程中产生的二氧化碳排放根据每种碳酸盐的使用量及其二氧化碳排放因子计算，见式(16)：

$$E_{CO_2 \text{碳酸盐}, i} = \sum_j (AD_{i,j} \times EF_{i,j} \times PUR_{i,j}) \quad (16)$$

式中：

$E_{CO_2 \text{碳酸盐}, i}$ —第 i 个核算单元的碳酸盐使用过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(tCO₂)；

j —单位碳酸盐的种类，如果实际使用的是多种碳酸盐组成的混合物，应分别考虑每种碳酸盐的种类；

$AD_{i,j}$ —第 i 个核算单元的碳酸盐 j 用于原料、助熔剂、脱硫剂等的总消费量，单位为吨(t)；

$EF_{i,j}$ —第 i 个核算单元的碳酸盐 j 的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨碳酸盐(tCO₂/t 碳酸盐)；

$PUR_{i,j}$ —第 i 个核算单元的碳酸盐 j 以质量分数表示的纯度，以%表示。

2) 活动数据获取

每种碳酸盐的总消费量等于用作原料、助熔剂、脱硫剂等的消费量之和，应分别根据企业台账或统计报表来确定，不包括碳酸盐在使用过程中形成碳酸氢盐或 CO₃²⁻发生转移而未产生二氧化碳的部分。

3) 排放因子数据获取

企业可委托有资质的专业机构定期检测碳酸盐的纯度或化学组分，并根据碳酸盐的化学组分、分子式及 CO₃²⁻的数目计算得到碳酸盐的二氧化碳排放因子。碳酸盐化学组分的检测应遵循 GB/T 3286.1, GB/T 3286.9 等标准。企业也可采用

供应商提供的数据或参考表 D.2 中的推荐值。

表 D.2 常见碳酸盐的二氧化碳排放因子推荐值

碳酸盐	排放因子 (tCO ₂ /t)
CaCO ₃	0.4397
MgCO ₃	0.5220
Na ₂ CO ₃	0.4149
NaHCO ₃	0.5237
FeCO ₃	0.3799
MnCO ₃	0.3829
BaCO ₃	0.2230
Li ₂ CO ₃	0.5955
K ₂ CO ₃	0.3184
SrCO ₃	0.2980
CaMg(CO ₃) ₂	0.4773

3.硝酸生产过程的氧化亚氮排放

1) 计算公式

硝酸生产过程中氨气高温催化氧化会生成副产品氧化亚氮，氧化亚氮排放量根据硝酸产量，不同生产技术的氧化亚氮生成因子、所安装的 NO_x/氧化亚氮尾气处理设备的氧化亚氮去除效率以及尾气处理设备使用率计算，见式(17)：

$$E_{N_2O \text{ 硝酸}, i} = \sum_{i, j, k} \left[AD_{i, j} \times EF_{i, j} \times (1 - \eta_{i, k}) \times \mu_{i, k} \times 10^{-3} \right] \quad (17)$$

式中：

$E_{N_2O \text{ 硝酸}, i}$ —硝酸生产过程第 i 个核算单元的氧化亚氮排放量，单位为吨氧化亚氮(tN₂O)；

j —硝酸生产技术类型；

k —NO_x/氧化亚氮尾气处理设备类型；

$AD_{i, j}$ —第 i 个核算单元的生产技术类型 j 的硝酸产量，单位为吨 (t) ；

$EF_{i, j}$ —第 i 个核算单元的生产技术类型 j 的氧化亚氮生成因子，单位为千克氧化亚氮每吨硝酸(kgN₂O/tHNO₃)；

$\eta_{i, k}$ —第 i 个核算单元的尾气处理设备类型 k 的氧化亚氮去除效率，以%表示；

$\mu_{i, k}$ —第 i 个核算单元的尾气处理设备类型 k 的使用率，等于尾气处理设备运行时间与硝酸生产装置运行时间的比率，以%表示。

2) 活动数据获取

每种生产技术类型的硝酸产量应根据企业台账或统计报表来确定。

3) 排放因子数据获取

有实时监测条件的企业，可自行或委托有资质的专业机构遵照《确定气流中某种温室气体质量流量的工具》定期检测氧化亚氮生成因子；并通过测量尾气处理设备人口气流及出口气流中的氧化亚氮质量变化，来估算尾气处理设备的氧化亚氮去除率。测试频率至少每月一次，作为上一次测试以来的氧化亚氮平均去除率。

没有实时监测条件的企业，硝酸生产技术类型分类及每种技术类型的氧化亚氮生成因子可参考表 D.3；NO_x/氧化亚氮尾气处理设备类型分类及其氧化亚氮去除率可参考表 D.4。

尾气处理设备使用率等于尾气处理设备运行时间与硝酸生产装置运行时间的比率，应根据企业实际生产记录来确定。

表 D.3 硝酸生产过程氧化亚氮生成因子推荐值

技术类型	生成因子 kgN ₂ O/tHNO ₃	备注
高压法	13.9	高压法指氨的氧化和 NO _x 吸收均在 0.71 MPa~1.2 MPa 的压力下进行
中压法	11.77	中压法指氨的氧化和 NO _x 吸收均在 0.35 MPa~0.6 MPa 的压力下进行
常压法	9.72	常压法指氨的氧化与 NO _x 吸收均在常压下进行
双加压法	8.0	双加压法指氨的氧化采用中压(0.35 MPa~0.6 MPa)，NO _x 吸收采用高压(1.0 MPa~1.5 MPa)
综合法	7.5	综合法指氨的氧化在常压下进行，NO _x 吸收在 0.3 MPa~0.35 MPa 下进行

注：数据来源为《省级温室气体清单指南（试行）》。

表 D.4 硝酸生产中不同尾气处理技术的氧化亚氮去除率

NO _x /氧化亚氮尾气处理技术	氧化亚氮去除率
非选择性催化还原 NSCR	85% (80%~90%)
选择性催化还原 SCR	0
延长吸收	0

注：数据来源为《IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》。

4.己二酸生产过程的氧化亚氮排放

1) 计算公式

环己酮/环己醇混合物经硝酸氧化制取己二酸会生成副产品氧化亚氮，氧化亚氮排放量可根据己二酸产量，不同生产工艺的氧化亚氮生成因子，所安装的NO_x/氧化亚氮尾气处理设备的氧化亚氮去除效率以及尾气处理设备使用率计算，见式(18)：

$$E_{N_2O_{\text{己二酸}}, i} = \sum_{i, j, k} \left[AD_{i, j} \times EF_{i, j} \times (1 - \eta_{i, k}) \times \mu_{i, k} \times 10^{-3} \right] \quad (18)$$

式中：

$E_{N_2O_{\text{己二酸}}, i}$ —第*i*个核算单元的己二酸生产过程氧化亚氮排放量，单位为吨氧化亚氮(tN₂O)；

j—己二酸生产工艺，分为硝酸氧化工艺、其他工艺两类；

k—NO_x/氧化亚氮尾气处理设备类型；

$AD_{i, j}$ —第*i*个核算单元的生产技术类型*j*的己二酸产量，单位为吨(t)；

$EF_{i, j}$ —第*i*个核算单元的生产工艺*j*的氧化亚氮生成因子，单位为千克氧化亚氮每吨己二酸(kgN₂O/ tC₆H₁₀O₄)；

$\eta_{i, k}$ —第*i*个核算单元的尾气处理设备类型*k*的氧化亚氮去除效率，以%表示；

$\mu_{i, k}$ —第*i*个核算单元的尾气处理设备类型*k*的使用率，等于尾气处理设备运行时间与己二酸生产装置运行时间的比率，以%表示。

2) 活动数据获取

每种生产技术类型的己二酸产量应根据企业台账或统计报表来确定。

3) 排放因子数据获取

有实时监测条件的企业，可自行或委托有资质的专业机构遵照《确定气流中某种温室气体质量流量的工具》定期检测氧化亚氮生成因子；并通过测量尾气处理设备人口气流及出口气流中的氧化亚氮质量变化，来估算尾气处理设备的氧化亚氮去除率。测试频率至少每月一次，作为上一次测试以来的氧化亚氮平均去除率。

没有实时监测条件的企业，硝酸氧化制取己二酸的氧化亚氮生成因子可取默认值 300kg N₂O/ tC₆H₁₀O₄，其他生产工艺的氧化亚氮生成因子可设为 0；NO_x/

氧化亚氮尾气处理设备类型分类及其氧化亚氮去除率可参考表 D.5。

尾气处理设备使用率等于尾气处理设备运行时间与己二酸生产装置运行时间的比率，应根据企业实际生产记录来确定。

表 D.5 己二酸生产中不同尾气处理技术的氧化亚氮去除率

NOx/氧化亚氮尾气处理技术	氧化亚氮去除率
催化去除	92.5% (90%~95%)
热去除	98.5% (98%~99%)
回收为硝酸	98.5% (98%~99%)
回收用作己二酸的原料	94% (90%~98%)

注：数据来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》。

附录 E 重点行业温室气体核算方法与报告指南

表 E.1 重点行业温室气体核算方法与报告指南

序号	名称
1	《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施》
2	《中国石油和天然气生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
3	《氟化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
4	《工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
5	广东省企业（单位）二氧化碳排放信息报告通则（2021 年修订）
6	广东省火力发电企业二氧化碳排放信息报告指南（2021 年修订）
7	广东省石化企业二氧化碳排放信息报告指南（2021 年修订）

备注：1.优先参考国家各行业报告指南；

2.以上报告指南均以主管部门发布的最新版本为准。

附录 F 石油化工业碳排放量基准值

表 F.1 石油化工业碳排放量基准值

序号	主要工艺与装置情况	产品	产能（万吨）	单位产品碳排放 （吨 CO ₂ /吨产品）	单位能耗碳排放 （吨 CO ₂ /吨标煤）
1	炼油和化工：常减压蒸馏、催化裂化、催化重整、加氢、制氢、气分、乙烯裂解、抽提、MTBE、聚乙/丙烯等装置	原油加工量	≥1000	0.420	1.036
2	炼油：常减压蒸馏、催化裂化、气分、蜡油加氢裂化、煤柴油加氢裂化汽油加氢、连续重整、延迟焦化	原油加工量	≥1000	0.332	1.031
3	化工：低碳烯烃、丁二烯抽提、苯乙烯和环氧丙烷、环氧乙烷和乙二醇、丙二醇和聚醚多元醇、聚丙烯、聚乙烯装置	乙烯	100	3.08	0.695
4	原料油加工生产沥青	原料油加工量	-	0.037	1.841
5	以炼油产品深加工和乙烯产品后加工为主业	苯乙烯类产品	-	0.130	0.677