

ICS 71.040.30
G60

CCECTA

中国化工节能技术协会团体标准

T/CCECTA 0103-2023

石油炼制行业碳排放基准

Carbon emission performance for petroleum refining industry

2023-2-3 发布

2023-3-1 实施

中国化工节能技术协会 发布

中国化工节能技术协会

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》、《减污降碳协同增效实施方案》等碳达峰“1+N”系列顶层设计文件相关要求，对标行业先进碳排放水平及实现二氧化碳和污染物协同管理，助力实现行业碳达峰、碳中和目标，推动我国石油炼制行业绿色低碳发展迈上新台阶，实现行业高质量可持续发展，制定本标准。

本文件按照GB/T 1.1-2020的规定起草。本文件为首次发布。

本文件根据行业发展和降碳措施进步进行动态调整。

新建企业自2023年3月1日起执行，现有企业自2023年10月1日执行。

本文件由中国化工节能技术协会提出并归口。

本文件起草单位：生态环境部环境工程评估中心、中国石油和化学工业联合会轻烃与芳烃专业委员会、中国寰球工程有限公司北京分公司、北京中环智云生态环境科技有限公司、恒力石化（大连）炼化有限公司、浙江石油化工有限公司、北京飞燕石化环保科技发展有限公司、北京科技大学、浙江省环境科技有限公司、海油环境科技（北京）有限公司、中海石油炼化有限责任公司、大连简商云科技有限公司、陕西常春藤环境科技有限公司、辽宁英嘉环保技术咨询有限公司、南昌大学、上海安居乐环保科技股份有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、大连大学、中国矿业大学、江苏碳捕集环保研究院有限公司、中和碳（北京）有限公司、上海宜工环保科技有限公司

本文件主要起草人：牛皓、李晖、李永亮、范娜、吕伟、蔡梅、李宇静、秦娜娜、翁慧、宋蹇、郑国栋、许锦、朱剑秋、宋智勇、王炜、鞠林青、杨一鸣、何建东、侯兴汉、韩旺、周追、于波、曾琼佩、马明月、汤杰国、伊西青、张爽、田艳丽、唐孟海、牛俊峰、娄高见、杜冬华、王卫红、黄敏超、尹浩、朱英杰、齐硕、赵富洋、张鸣鸣、李淼、贾奕宸、王紫唯、常靖、杨朔、梅桂友、马乐、申明慧、王亚楠、贾艳立、吴健超、张晓飞、韩非、刘瑞、徐晓婷、石磊、周思、刘广鑫、郑承煜、蔡睿、潘立卫、张晶、李婉君、陆诗建、宫千博、魏浩、孙茂龙、汤丹阳、陈亮峰

石油炼制行业碳排放基准

1 范围

本文件规定了石油炼制行业企业碳排放强度限额的技术要求、碳排放统计范围、计算方法，以及降碳管理与措施要求。

本文件适用于我国现有的石油炼制企业碳排放量的计算、考核，以及新建或改（扩）建石油炼制企业的碳排放控制。

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。凡是注日期的引用文件，仅注日期对应的版本适用于本文件。凡是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 30251 炼油单位产品能源消耗限额

GB 31570 石油炼制工业污染物排放标准

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

中国石油化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行版，发改办气候 [2014] 2920号附件2）

3 术语和定义

3.1 石油炼制行业 petroleum refining industry

以原油、重油等为原料，生产汽油馏分、柴油馏分、燃料油、润滑油、石油蜡、石油沥青和石油化工原料等的工业。

[来源：GB 31570-2015，术语和定义3.1]

3.2 燃料型炼油企业 fuel refinery

生产用作燃料的石油产品及各种润滑油产品的炼油企业。

3.3 炼化一体化企业 integrated refinery and chemical enterprises

除生产燃料产品外，还生产化工原料及化工厂产品的炼油企业。

3.4 传统炼化一体化企业 traditional integrated refinery and chemical enterprises

成品油产量占原料油加工量比例大于等于40%的炼化一体化企业。

3.5 新型炼化一体化企业 new integrated refinery and chemical enterprises

成品油产量占原料油加工量比例小于40%的炼化一体化企业。

3.6 单位原（料）油碳排放量 carbon emission of refinery for unit crude and purchased materials

统计报告期内，企业的二氧化碳排放总量与原油及外购原料油加工量之和的比值。

3.7 成品油 refined oil product

成品油是指汽油、煤油、柴油及其他符合国家产品质量标准、具有相同用途的乙醇汽油和生物柴油等替代燃料。

3.8 温室气体 greenhouse gas

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

[GB/T 32150-2015，术语与定义3.1]

注:本文件涉及的温室气体指二氧化碳(CO₂)。

3.9 燃料燃烧排放 fuel combustion emission

化石燃料出于能源利用目的的有意氧化过程的温室气体排放。

[发改办气候 [2014] 2920号附件2，术语与定义(4)]

3.10 工业过程排放 process emission

原材料在产品生产过程中除燃烧之外的物理或化学变化产生的温室气体排放。

[发改办气候 [2014] 2920号附件2，术语与定义(6)]

3.11 二氧化碳回收利用 carbon dioxide recycle

由企业产生的、但又被回收作为生产原料自用或作为产品外供给其他单位从而免于排放到大气中的二氧化碳。

[发改办气候 [2014] 2920号附件2，术语与定义(7)]

3.12 净购入的电力、热力产生的排放 emission from purchased electricity and heat

企业在核算期内净购入电力或热力（蒸汽、热水）所对应的生产过程中燃料燃烧产生的二氧化碳排放。

[发改办气候 [2014] 2920号附件2，术语与定义(8)]

4 技术要求

4.1 本文件给出了燃料型炼油企业、传统炼化一体化企业和新型炼化一体化企业的单位原（料）油碳排放量的三级指标，其中1级指标为鼓励性指标。

1级指标为领先水平；

2级指标为先进水平；

3级指标为基本水平。

4.2 燃料型炼油企业单位原（料）油碳排放水平

燃料型炼油企业单位原（料）油碳排放水平分级见表1。

表1 燃料型炼油企业单位原（料）油碳排放水平分级

类型名称	名称	单位	指标		
			1级	2级	3级
燃料型炼油企业	单位原（料）油碳排放量	tCO ₂ /t原（料）油	≤0.21	≤0.27	≤0.36

4.3 传统炼化一体化企业单位原（料）油碳排放水平

传统炼化一体化企业单位原（料）油碳排放分级见表2。

表2 传统炼化一体化企业单位原（料）油碳排放水平分级

企业类型	名称	单位	指标		
			1级	2级	3级
传统炼化一体化企业	单位原（料）油碳排放量	tCO ₂ /t原（料）油	≤0.19	≤0.22	≤0.27

4.4 新型炼化一体化企业单位原（料）油碳排放水平

新型炼化一体化企业单位原（料）油碳排放分级见表3。

表3 新型炼化一体化企业单位原（料）油碳排放水平分级

企业类型	名称	单位	指标	
			1级	2级
新型炼化一体化企业	单位原（料）油碳排放强度	tCO ₂ /t原(料)油	0.64	0.68

5 统计范围与计算方法

5.1 统计范围

5.1.1石油炼制企业二氧化碳排放总量核算以独立法人企业或视同法人的独立核算单位为统计边界，核算在运营上受其控制的所有生产设施产生的CO₂排放。设施范围包括炼油生产装置，以及原油、半成品及成品油储运系统、给排水、空气压缩站、空气分离站、污水处理、化验、研究、消防、生产管理等炼油辅助系统。

5.1.2燃料型炼油企业的统计范围包括炼油生产装置和其辅助系统，聚丙烯、对二甲苯等化工类装置不计入炼油碳排放的统计范围。

5.1.3炼化一体化企业的统计范围仅包含炼油生产装置（不包括蒸汽裂解、聚烯烃及相关化工装置、对二甲苯等）及为炼油装置服务的辅助系统。为炼油和非炼油服务的辅助系统，有计量的按实际核算，无计量的按能量比例分配，扣除非炼油部分的碳排放。

5.1.4炼油生产装置包含但不限于：常压蒸馏、减压蒸馏、催化裂化、催化重整、焦化、加氢裂化、加氢处理、加氢改质、加氢精制、甲基叔丁基醚(MTBE)、制氢、润滑油溶剂精制、溶剂脱沥青、脱蜡与油蜡精制、润滑油中压加氢改质、润滑油高压加氢裂化、气体分馏、三废处理（溶剂再生、硫磺回收、气体脱硫、气体脱氮）、污水汽提和其他装置（石脑油异构、柴油碱洗、冷榨脱蜡、分子筛脱蜡、减粘裂化、临氢降凝、LPG脱硫醇、环烷酸、催化干气提浓、催化油浆抽提、催化油浆拔头、PSA提纯氢、炼厂干气提纯氢气、氧化沥青等）。

5.2 计算方法

5.2.1碳排放量的计算

石油炼制企业的碳排放量核算依据为《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南》，计算过程详见附录A。

5.2.2 单位原（料）油碳排放强度的计算

单位原（料）油碳排放强度按式（1）计算：

$$EF = \frac{E_{CO_2}}{F} \quad \text{式（1）}$$

式中：

EF—报告期内单位原（料）油加工量碳排放强度，单位为吨二氧化碳每吨原（料）油(tCO₂/t原（料）油)；

E_{CO₂}—报告期内炼油企业的二氧化碳排放总量，炼化一体化企业指炼油部分二氧化碳排放总量，单位为吨（t）；

F—报告期内原油及外购原料油加工量，单位为吨（t）。

6 降碳管理及措施

6.1 降碳管理

6.1.1 建立健全碳管理组织机构。对碳排放相关工作进行组织、管理、监督、考核和评价。

6.1.2 提高企业碳排放核算数据的准确性和科学性。随着碳排放计量设备与信息化设备的不断发展和完善，排放因子应逐步由缺省值向实测值转变，活动水平数据应由台账记录向电子存储转变，增强数据的真实性、可追溯性和实效性。

6.1.3 科学、合理地设定碳减排目标。对标先进企业，制定行之有效的降碳制度和措施，强化责任制，建立健全降碳责任考核体系。

6.2 降碳措施

6.2.1 提高电气化比例，加快节能设备推广应用。电动机、风机、泵类和空气压缩机等用能设备应符合相应标准的规定，采用高效空气预热器、回收烟气余热、提高加热炉热效率、优化能量梯级利用，提升企业中低品位热能水平。

6.2.2 以减量化、资源化、无害化为原则，建立清洁生产长效机制，持续优化生产工艺，不断提升产品收率，减少副产物及污染物产生；采用密闭、替代、回收、综合利用等措施，实现污染物和二氧化碳协同减排。

6.2.3 推动石油炼制企业智能化转型，采用先进控制技术，实现卡边控制。采用CO 燃烧控制技术提高加热炉热效率，合理采用变频调速、液力耦合调速、永磁调速等机泵调速技术提高系统效率。

6.2.4 多能耦合。按照不同资源条件和用能对象，因地制宜的采取太阳能、风能、核能等新能源作为项目的补充能源。鼓励石油炼制企业因地制宜、合理有序开发利用“绿氢”，推进炼化与“绿电”、“绿氢”等产业耦合示范。

6.2.5 鼓励石油炼制企业利用制氢装置所排二氧化碳纯度高、捕集成本低等特点，开展二氧化碳规模化捕集、封存、驱油和制化学品等示范。

6.2.6 鼓励具有降碳措施或技术的企业运用区块链、底层数据隐私计算等数字化数据信息记录方式，以支撑二氧化碳减排量的科学认定。

附录 A 石油炼制企业碳排放量计算方法

1 排放量计算

炼油企业的二氧化碳排放总量等于燃料燃烧产生的CO₂排放、生产过程中的CO₂排放、企业净购入电力、热力产生的CO₂排放之和，同时扣除企业CO₂回收利用量，按式(1)计算：

$$E_{CO_2} = E_{CO_2_{\text{燃烧}}} + E_{CO_2_{\text{过程}}} - R_{CO_2_{\text{回收}}} + E_{CO_2_{\text{净电}}} + E_{CO_2_{\text{净热}}} \quad \text{式 (1)}$$

式中：

E_{CO_2} 为企业二氧化碳排放总量，单位为吨；

$E_{CO_2_{\text{燃烧}}}$ 企业由于化石燃料燃烧活动产生的二氧化碳排放量，单位为吨；

$E_{CO_2_{\text{过程}}}$ 为企业的工业生产过程的二氧化碳排放量，单位为吨；

$E_{CO_2_{\text{净电}}}$ 为企业的净购入电力隐含的二氧化碳排放，单位为吨；

$E_{CO_2_{\text{净热}}}$ 为企业的净购入热力隐含的二氧化碳排放，单位为吨；

$R_{CO_2_{\text{回收}}}$ 为企业的二氧化碳回收利用量，单位为吨。

2 燃料燃烧排放

燃料燃烧CO₂排放量主要基于企业边界内各个燃烧设施分品种的化石燃料燃烧量，乘以相应的燃料含碳量和碳氧化率，再逐层累加汇总得到，按式(2)计算：

$$E_{CO_2_{\text{燃烧}}} = \sum_j \sum_i (AD_i \times CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12}) \quad \text{式 (2)}$$

式中：

$E_{CO_2_{\text{燃烧}}}$ 为企业化石燃料燃烧的二氧化碳排放量，单位为吨；

i 为化石燃料的种类；

j 为燃烧设施序号；

AD_i 为燃烧设施 j 内燃烧的化石燃料品种 i 消费量，对固体或液体燃料，单位为吨；对气体燃料，单位为万标立方米；

CC_i 为设施 j 内燃烧的化石燃料 i 的含碳量，对固体和液体燃料，单位为吨碳/吨燃料，对气体燃料单位为吨碳/万 Nm³；

OF_i 为燃烧的化石燃料 i 的碳氧化率，单位为%。

3 过程排放

石油炼制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、焦化装置、石油焦煅烧装置、制氢装置、氧化沥青装置等。企业的工业生产过程的CO₂排放量应等于各装置的工业生产过程的CO₂排放之和。

(1) 催化裂化装置

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公式(2)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的排放，按式(3)计算：

$$E_{CO_2_{\text{烧焦}}} = \sum_{j=1}^N (MC_j \times CF_j \times OF_j) \times \frac{44}{12} \quad \text{式 (3)}$$

式中：

$E_{CO_2_{\text{烧焦}}}$ 为催化裂化装置烧焦产生的CO₂年排放量，单位为吨；

MC_j为第j套催化裂化装置的烧焦量，单位为吨；

CF_j为第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_j为第j套催化裂化装置烧焦过程的碳氧转化率，单位为%。

(2) 催化重整装置

由企业自身进行的催化剂烧焦过程应计入企业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。

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：

$$E_{CO_2_{\text{烧焦}}} = \sum_{j=1}^N MC_j \times (CF_{\text{前},j} - \frac{1-CF_{\text{前},j}}{1-CF_{\text{后},j}} \times CF_{\text{后},j}) \times \frac{44}{12} \quad \text{式(4)}$$

式中，

E_{CO₂烧焦}为催化剂间歇烧焦再生导致的二氧化碳排放量，单位为吨；

j为催化重整装置序号；

MC_j为第j套催化重整装置在报告期内待再生的催化剂量，单位为吨；

CF_{前,j}为第j套催化重整装置再生前催化剂上的含碳量(%)；

CF_{后,j}为第j套催化重整装置再生后催化剂上的含碳量(%)。

(3) 其它生产装置催化剂烧焦装置

石油炼制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式(3)计算，对间歇烧焦再生过程参考式(4)计算。

(4) 制氢装置

石油炼制企业通常以天然气、炼厂干气、轻质油、重油或煤为原料通过蒸汽转化法、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，按式(5)计算：

$$E_{CO_2_{\text{制氢}}} = \sum_{j=1}^N [AD_r \times CC_r - (Q_{sg} \times CC_{sg} + QQ_w \times CC_w)] \times \frac{44}{12} \quad \text{式(5)}$$

式中，

E_{CO₂制氢}为制氢装置产生的CO₂排放量，单位为吨；

j为制氢装置序号；

AD_r为第j个制氢装置原料投入量，单位为吨；

CC_r为第j个制氢装置原料的平均含碳量，单位为吨碳/吨原料(%)；

Q_{sg}为第j个制氢装置产生的合成气的量，单位为万Nm³合成气；

CC_g为第j个制氢装置制产生的合成气的含碳量，单位为吨碳/万Nm³合成气；

Q_w为第j个制氢装置产生的残渣量，单位为吨；

CC_w为第j个制氢装置产生的残渣的含碳量，单位为吨碳/吨残渣。

(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排放应在公式（2）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，可参照公式（3）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公式（2）燃料燃烧排放类型下计算。

（6）石油焦煅烧装置

采用碳质量平衡，按式（6）计算：

$$E_{CO_2_{\text{煅烧}}} = \sum_{j=1}^N [M_{RC,j} \times CC_{RC,j} - (M_{PC,j} + M_{ds,j}) \times CC_{pc,j}] \times \frac{44}{12}$$

式(6)

式中，

$E_{CO_2_{\text{煅烧}}}$ 为石油焦煅烧装置CO₂排放量，单位为吨；

j为石油焦煅烧装置序号；

$M_{RC,j}$ 为进入第j套石油焦煅烧装置的生焦质量，单位为吨；

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

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

$M_{ds,j}$ 为第j套石油焦煅烧装置粉尘收集系统收集的石油焦粉尘质量，单位为吨粉尘；

$CC_{PC,j}$ 为第j套石油焦煅烧装置产出的石油焦成品平均含碳量，单位为吨碳/吨石油焦。

（7）氧化沥青装置

氧化沥青装置工艺过程中的CO₂排放量可以采用连续监测或按照式（7）估算：

$$E_{CO_2_{\text{沥青}}} = \sum_{j=1}^N (M_{oa,j} \times EF_{oa,j})$$

式(7)

式中，

$E_{CO_2_{\text{沥青}}}$ 为沥青氧化装置CO₂年排放量，单位为吨；

j为氧化沥青装置序号；

$M_{oa,j}$ 为第j套氧化沥青装置的氧化沥青产量，单位为吨；

$EF_{oa,j}$ 为第j套氧化沥青装置氧化过程的CO₂排放系数，单位为吨CO₂/吨氧化沥青。

（8）其他产品生产装置

石油炼油生产过程中的CO₂排放源主要是燃料燃烧，个别生产过程还可能会产生工业生产过程排放，可参考原料-产品流程采用碳质量平衡法按照式（8）核算：

$$E_{CO_2_{\text{其他}}} = \{ \sum_r (AD_r + CC_r) - [\sum_p (Y_p + CC_p) + \sum_w (Q_w + CC_w)] \} \times \frac{44}{12}$$

式（8）

式中，

$E_{CO_2_{\text{其他}}}$ 为其他生产装置CO₂年排放量，单位为吨；

AD_r 为该装置生产原料r的投入量，对固体或液体原料单位为吨，对气体原料单位为万Nm³；

CC_r 为原料r的含碳量，对固体或液体原料单位为吨碳/吨原料为单元，对气体原料单位为吨碳/万Nm³；

Y_p 为该装置产出的产品p的产量，对固体或液体产品单位为吨，对气体产品单位为万Nm³；

CC_p 为产品p的含碳量，对固体或液体产品单位为吨碳/吨产品，对气体产品单位为吨碳/万Nm³；

Q_w 为该装置产出的各种含碳废物量，单位为吨；

CC_w 为含碳废物的含碳量，单位为吨碳/吨废物。

4二氧化碳回收利用量

石油炼制企业CO₂回收利用量按式（9）计算：

$$R_{CO_2\text{回收}} = (Q_{\text{外供}} \times PUR_{CO_2\text{外供}} + Q_{\text{自用}} \times PUR_{CO_2\text{自用供}}) \times 19.7 \quad \text{式（9）}$$

式中：

$R_{CO_2\text{回收}}$ 为报告主体的CO₂回收利用量，单位为吨；

$Q_{\text{外供}}$ 为报告主体回收且外供的CO₂气体体积，单位为万Nm³；

$Q_{\text{自用}}$ 为报告主体回收且自用作生产原料的CO₂气体体积，单位为万Nm³；

$PUR_{CO_2\text{外供}}$ 为CO₂外供气体的纯度（CO₂体积浓度），取值范围为0~1；

$PUR_{CO_2\text{自用}}$ 为CO₂外供气体的纯度（CO₂体积浓度），取值范围为0~1；

“19.7”为标况下CO₂气体的密度，单位为吨CO₂/万Nm³。

5净购入电力和热力隐含的CO₂排放

企业净购入电力、热力隐含的CO₂排放量按式（10）、（11）计算：

$$E_{CO_2\text{净电}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} \quad \text{式（10）}$$

$$E_{CO_2\text{净热}} = AD_{\text{热力}} \times EF_{\text{热力}} \quad \text{式（11）}$$

式中：

$E_{CO_2\text{净电}}$ 为企业净购入电力隐含的CO₂排放量，单位为吨；

$E_{CO_2\text{净热}}$ 为企业净购入热力隐含的CO₂排放量，单位为吨；

$AD_{\text{电力}}$ 为企业净购入的电力消费量，单位为兆瓦时(MWh)；

$AD_{\text{热力}}$ 为企业净购入的热力消费量，单位为吉焦(GJ)；

$EF_{\text{电力}}$ 为电力供应的CO₂排放因子，单位为吨CO₂/MWh，采用全国电网平均排放因子（0.581tCO₂/MWh），同时根据主管部门的最新发布数据进行更新。

$EF_{\text{热力}}$ 为热力供应的CO₂排放因子，单位为吨CO₂/GJ，热力供应的CO₂排放因子应优先采用供热单位提供的CO₂排放因子，不能提供则按0.11tCO₂/GJ计。

6排放因子和活动水平数据的获取

核算过程涉及的排放因子和活动水平数据的获取按《中国石油化工企业温室气体核算方法与报告指南》中的相关规定执行。