

SH

中华人民共和国石油化工业标准

SH/T 5000—2011

石油化工生产企业 CO₂ 排放量计算方法

The Calculation Method of CO₂ Emissions in Petrochemical Production

2011-12-20 发布

2012-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准由中国石油化工集团公司提出并归口。

本标准主要起草单位：中国可持续发展工商理事会、中国石化经济技术研究院

本标准主要起草人：孟宪玲、李希宏、翟齐、詹鲲、安福、闵剑、季清

本标准首次发布。

引 言

石油化工生产企业是高耗能企业，也是温室气体排放主要来源之一。为实现国家温室气体减排目标，促进石油化工生产企业的可持续发展，有必要开展温室气体排放统计、计算与监测等基础研究工作。

为贯彻《中华人民共和国清洁生产促进法》，保护生态环境，应对气候变化，促进石油化工工业的可持续发展，规范生产企业二氧化碳排放量的计算方法，制定本标准。本标准遵循 ISO14064-1-2006《温室气体 第1部分：组织层次上对温室气体排放和清除的量化报告规范及指南》的基本原则与规范，结合石油化工企业生产特点，确立了具体的二氧化碳排放量计算方法，以推动石油化工生产企业二氧化碳排放量计算方法的一致化和标准化。

石油化工生产企业 CO₂排放量计算方法

1 范围

本标准规定了石油化工生产企业 CO₂ 排放量计算方法。

本标准适用于石油化工生产全过程和各个工艺过程中直接和能源间接 CO₂ 排放量计算。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期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。

ISO 14064-1 温室气体 第 1 部分:组织层次上对温室气体排放和清除的量化报告规范及指南 (Greenhouse gases -- Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals)

GB/T 213 煤的发热量测定方法

GB/T 476 煤中碳和氢含量测定方法

GB/T 384 石油产品热值测定法

SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定法(元素分析法)

3 术语和定义

本标准采用以下术语和定义。

3.1

二氧化碳 carbon dioxide

一种无色无味无毒的气体,是空气的常规组成部分,也是化石燃料燃烧的产物之一。虽然不直接损害人体健康,但是可吸收和释放地球表面、大气和云层的热红外辐射光谱内特定波长辐射,属于温室气体,有可能造成潜在的全球变暖。

3.2

直接 CO₂ 排放 direct CO₂ emission

企业拥有或控制的固定排放源和移动排放源的 CO₂ 排放。主要指石油化工正常生产过程中向大气的 CO₂ 排放,暂不考虑各类泄漏排放和事故状态下排放,也不包括企业人员因公出差、组织购买原材料等造成的其它间接排放。

3.3

能源间接 CO₂ 排放 indirect CO₂ emission related to energy

企业生产所消耗的外部电力、热或蒸汽的生产而造成的 CO₂ 排放，不是企业拥有或控制的排放。

3.4

低位热值 lower heating value

低位热值是指燃料完全燃烧，其燃烧产物中的水以气态存在时的发热量。

3.5

绝对排放量 absolute emission

石油化工生产企业在一段时间内加工原料或生产化工产品所产生的 CO₂ 排放数量。

3.6

单位排放量 intensity-based emission

石油化工生产企业在一段时间内加工单位原料或生产单位产品所产生的 CO₂ 排放量。

3.7

排放因子 emission factors

对某特定排放源，根据统计分析确定的每单位排放源的排放量。比如：各种燃料燃烧的排放因子。

3.8

营运边界 operational boundaries

企业计算 CO₂ 排放量时设定的生产边界和计算范围。

4 CO₂ 排放量计算的基本原则

4.1 概述

石油化工生产企业 CO₂ 排放量计算的基本原则与 ISO 14064-1 相一致。计算采用的基础数据应基于企业各种实际统计、分析或测算数据，以月平均或年平均消耗和产出为基准，不采用标定数据。不同燃料的 CO₂ 排放因子或其他相关参数按国家统一规定进行计算。

4.2 相关性

确保 CO₂ 排放量计算清单恰当反映石油化工生产企业 CO₂ 排放情况，以满足生产企业统计、管理、报告以及制定减排计划等不同需求。

4.3 完整性

对报告单位生产经营范围内 CO₂ 排放源进行报告，包括直接排放和能源间接排放。特殊工艺过程和生产情况应给予说明。

4.4 一致性

用统一方法，进行营运边界设定、数据收集、计算和报告，对任何相关因素的变化要说明。

4.5 透明性

具有明确的数据收集方法和计算过程，并对数据来源和计算方法进行说明。

4.6 准确性

确保尽量对生产过程的 CO₂ 排放量进行准确计算，尽可能减少各种误差和不确定性。

5 CO₂ 排放量计算方法

5.1 计算范围

石油化工生产企业 CO₂ 排放量计算范围：从石油化工生产原料进厂起到最终产品出厂，厂区内内部车辆运输、后勤、生产管理等导致的排放也考虑在内，但是不包括油品输送与销售系统产生的排放。

5.2 直接 CO₂ 排放量计算方法

5.2.1 固定和移动燃烧 CO₂ 排放量计算

对于营运边界内的固定和移动燃烧排放源，采用物料平衡的方法计算燃烧排放源的 CO₂ 直接排放量，即以燃料用量数据与碳含量分析数据为基础，一般情况下可假定气体燃料中的碳 100% 完全燃烧变成 CO₂；对于液体、固体燃料，推荐碳转化率为 98.5%。若已知燃料热值，也可以根据不同燃料的热值和对应的 CO₂ 排放因子进行计算。

宜采用月平均或年平均生产消耗以及相关测算、测定数据进行计算与汇总。其中燃煤与石油产品碳含量测定可分别采用 GB/T 476、SH/T 0656，热值测定分别采用 GB/T 213、GB/T 384。若缺乏实测数据，可参考附录 A 表 A.1 中的有关数据。

两种计算方法如下。

a) 按照统计期内实际的燃料消耗以及该燃料的实测碳含量加权平均值(或默认碳含量)为基准计算燃烧过程的 CO₂ 排放量。其中燃料消耗可根据实际生产情况，采用燃料平衡或容器测量的结果。基本计算公式如下：

$$\sum CE_i = \sum (FQ_i \times CR_i \times CF_i \times 44/12) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

CE_i —— 统计期内某一种燃料燃烧所产生的 CO₂ 排放，单位为吨 (t)；

FQ_i —— 统计期内该种燃料的用量，单位为吨 (t)；

CR_i —— 该种燃料燃烧的碳转化率，%；

CF_i —— 该种燃料的碳含量，% (质量分数)。

44、12 分别为 CO₂ 的相对分子质量以及碳原子的相对原子质量

b) 根据不同燃料的热值和对应的 CO₂ 排放因子进行计算的公式如下：

$$\sum CE_i = \sum (FQ_i \times (HVi \times 1000) \times (EF_i / 1000)) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

CE_i —— 统计期内某种燃料燃烧所产生的 CO₂ 排放，单位为吨 (t)；

FQ_i —— 统计期内该种燃料的用量，单位为吨 (t)；

HV_i —— 该种燃料的低位热值，单位为兆焦每千克或兆焦每标立方米(MJ/kg 或 MJ/Nm³)；

EF_i —— 该种燃料的 CO₂ 排放因子，单位为千克 CO₂ 每兆焦(kg CO₂/MJ)。

不同燃料的低位热值以及对应的排放因子见附录 A 表 A.1。

5.2.2 工艺过程 CO₂ 排放量计算

5.2.2.1 概述

石油化工生产营运边界内有一些工艺过程会直接产生 CO₂ 排放源。应根据特定的工艺参数或测量数据计算工艺过程 CO₂ 排放量，比如：催化剂烧焦再生、制氢装置、乙二醇生产等。

5.2.2.2 催化剂烧焦 CO₂ 排放

5.2.2.2.1 石油化工生产过程中要使用各种各样的催化剂，某些工艺生产过程的催化剂会出现结焦，需要进行催化剂烧焦以保持催化剂活性和工艺运转。典型的工艺过程包括：催化裂化、催化重整、各类加氢工艺等。其中催化裂化工艺需要对催化剂进行连续再生过程，CO₂ 排放量非常显著；催化重整和加氢催化剂再生存在间歇性特点，而且大多数加氢催化剂采用器外再生(不在运营范围内产生 CO₂ 排放)，催化剂再生产生的 CO₂ 排放量要小得多，可采用不同的计算方法进行计算。

5.2.2.2.2 对于催化裂化装置催化剂烧焦 CO₂ 排放，本标准给出以下两种以燃烧焦炭为基础的公式进行计算（宜采用计算方法 a）：

a) 采用统计期内的实际焦炭燃烧数量进行计算，并假设焦炭完全燃烧为 CO₂，计算公式如下：

$$\sum PE_i = \sum (CC_i \times CF_i \times 44/12) \quad \text{..... (3)}$$

式中：

PE_i ——统计期内第 i 套催化装置烧焦产生的 CO₂ 排放，单位为吨 (t)；

CC_i ——统计期内第 i 套催化裂化装置的烧焦量，单位为吨 (t)；

CF_i ——统计期内第 i 套催化装置燃烧焦炭中的碳含量测算值，% (质量分数)。

b) 以鼓风机实际风量和废气浓度为基础进行计算，计算公式如下：

$$\sum PE_i = \sum ((AR_i + SOR_i) \times (F_{CO_2} + F_{CO})_i \times 44/22.4/1000) \quad \text{..... (4)}$$

式中：

PE_i ——统计期内第 i 套催化装置烧焦所产生的 CO₂ 排放，单位为吨 (t)；

AR_i ——统计期内第 i 套催化装置的空气流量，单位为标立方米 (Nm³)；

SOR_i ——统计期内第 i 套催化装置的补氧流量，单位为标立方米 (Nm³)；

F_{CO₂} 和 F_{CO} ——统计期内第 i 套催化装置再生器出口废气中的 CO₂ 和 CO 浓度，% (体积分数)；

22.4 ——从摩尔体积转换为质量的系数，单位为标立方米/千摩尔 (Nm³/kmol)。

5.2.2.2.3 对于催化重整、催化加氢装置催化剂烧焦再生 CO₂ 排放，本标准推荐以催化剂计量燃烧的基本原理进行计算。即：采用统计期内的待生催化剂数量及其碳含量、再生催化剂碳含量进行计算，计算公式如下：

$$\sum PE_i = \sum (CQ_i \times (IC_i - RC_i) \times 44/12) \quad \text{..... (5)}$$

式中：

PE_i ——统计期内第 i 套装置催化剂再生 CO₂ 排放，单位为吨 (t)；

CQ_i ——统计期内第 i 套装置待生催化剂数量，单位为吨 (t)；

IC_i ——统计期内第 i 套装置待生催化剂上的碳含量测量值，% (质量分数)；

RC_i ——统计期内第 i 套装置再生催化剂上的碳含量测量值，% (质量分数)。

5.2.2.3 制氢工艺 CO₂ 排放

石油炼制生产过程中的氢气耗量较大，制氢工艺 CO₂ 排放量非常显著，产出的 CO₂ 纯度很高，除有的制成 CO₂ 产品外，多数直接排到大气中。制氢装置 CO₂ 排放量取决于制氢原料中的碳氢比例以及制氢工艺，大多数情况下，装置采用蒸汽转化工艺以天然气、炼厂干气为原料(有些工厂采用部分石脑油)，个别生产企业制氢装置采用煤(焦)气化工艺制氢。

对采用蒸汽转化工艺的制氢装置，可采用基于实际进料数量和原料碳含量的物料平衡法计算工艺 CO₂ 排放量，若碳含量未知，可根据原料组成进行估算，即：

$$\sum PE_i = \sum (FQ_i \times CF_i \times 44/12) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

PE_i —— 统计期内，第 i 套制氢装置工艺产生的 CO_2 排放，单位为吨（t）；

FQ_i —— 统计期内，第 i 套制氢装置的原料用量，单位为吨（t）；

CF_i —— 统计期内，第 i 套制氢装置的原料碳含量，%（质量分数）。

对采用煤（焦）为原料的制氢装置，应按照物料平衡方法从原料碳总量中扣除气化炉渣的碳总量，然后再进行计算。

对采用天然气为原料的蒸汽转化制氢装置，也可采用基于制氢化学反应式的简便计算方法。即：由给定天然气原料组分得出的简化 CO_2 排放因子进行估算，**简化的 CO_2 排放因子：4.736 吨 CO_2 /万标立方米氢气产品**。对原料成分与天然气组成差别不大的大多数炼油厂来说都可使用这种简便方法。

注 1：制氢装置所对应的工艺 CO_2 排放不包括与该装置相关的工艺加热排放。若实际操作中部分制氢原料未完全参与反应而转化为低热值燃料用于工艺炉加热，可根据数据统计情况采用燃料燃烧排放的计算方法进行计算，但是排放量要计入制氢装置工艺排放。

注 2：制氢工艺 CO_2 排放量统计不包括 CO_2 制成产品的数量，对于外售 CO_2 数量应予以扣除。

5.2.2.4 乙二醇生产工艺 CO_2 排放

石油化工生产涉及的产品领域比较广泛，生产过程中的主要 CO_2 排放源仍来自燃料燃烧，个别化工产品生产会产生一些工艺 CO_2 排放。其中以乙烯为原料氧化生产乙二醇工艺过程中，乙烯氧化生产环氧乙烷单元会产生工艺 CO_2 排放，计算公式如下：

$$CO_2 \text{ 排放量} = (\text{乙烯原料量} \times \text{碳含量} - \text{当量环氧乙烷产品量} \times \text{碳含量}) \times 44/12 \quad \dots\dots\dots (7)$$

5.3 能源间接 CO_2 排放量计算方法

5.3.1 概述

石油化工生产企业间接 CO_2 排放主要是指企业外购的电、蒸汽、热所对应的 CO_2 排放。为全面反映企业 CO_2 排放情况，需要对能源间接排放进行统计与计算。

5.3.2 外购蒸汽、电对应的间接 CO_2 排放量

石油化工生产企业外购蒸汽和/或电力所对应的 CO_2 排放，可根据实际消耗量和相应的排放因子进行计算。计算公式为：

$$IE = BQ \times EF/1000 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

IE —— 统计期内，外购蒸汽或电力对应的间接排放，单位为吨（t）；

BQ —— 统计期内，外购蒸汽或电力的数量，单位为 GJ 或 kWh；

EF —— 外购蒸汽或电力对应的排放因子，单位为 $kg CO_2 / kWh$ 或 $kg CO_2 / GJ$ 。

外购蒸汽、电力 CO_2 排放因子按各年度国家公布的数据为准。其中：电网基准线排放因子参照国家发改委公布的最新数据，企业自备热电站供热 CO_2 平均排放因子暂时参照石化企业自备电站测算平均值，详见附录 A 表 A.1。

企业外购热对应的间接排放则根据其热值换算为标准煤数量，再采用标煤排放因子计算排放量。

5.3.3 间接排放的抵扣

对于石油化工生产企业，往外部输出的余能可根据上述排放因子换算出对应的 CO_2 排放量，并从间接排放总量中予以扣除。余能输出包括输出蒸汽、电力和热。间接排放抵扣计算通式如下：

CO_2 间接排放总量 = 外购电 CO_2 排放量 + 外购蒸汽 CO_2 排放量 + 外购热 CO_2 排放量 - 输出电对应的 CO_2 排放量 - 输出蒸汽对应的 CO_2 排放量 - 输出热对应的 CO_2 排放量

5.4 CO_2 排放总量计算

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{排放总量} &= \text{直接排放} + \text{能源间接排放} \\ &= \text{燃烧排放} + \text{工艺排放} + \text{能源间接排放}\end{aligned}$$

6 编制计算报告

石油化工生产企业 CO_2 排放量计算报告编制应满足相关性、完整性、一致性、透明性和准确性的基本原则，要清楚地设定营运边界，指明具体的统计期，列出不同的排放源、计算排放数量并进行汇总、相关分析与说明。

石油化工生产企业 CO_2 排放量计算报告应包括：统计期内(月度、年度)的总排放量、直接 CO_2 排放量、间接 CO_2 排放量以及单位产品或加工量的单位排放量，也可以根据要求对上述内容做相应调整。

附 录 A
(资料性附录)
各种燃料的低位热值及对应的 CO₂ 排放因子

表 A.1 各种燃料的低位热值及对应的 CO₂ 排放因子

燃料种类	低位热值, MJ/kg	CO ₂ 排放因子 kg/MJ	碳含量, tc/TJ
标准煤	29.271	0.0840	/
原油	41.816	0.0711	20.0
燃料油	41.816	0.0755	21.1
汽油	43.070	0.0675	18.9
煤油	43.070	0.0694	20.0
柴油	42.652	0.0726	20.2
液化石油气	50.179	0.0616	17.2
炼厂干气	46.055	0.0482	15.7
油田天然气	38.931MJ/ m ³	0.0543	15.3
煤矿瓦斯气	14.636-16.726 MJ/m ³	0.0373	12.1
焦炉煤气	18.003 MJ/ m ³	0.0373	12.1
石油焦	28.032	0.0957	29.2
国网供电		0.86kg /kWh	
企业自备电站供热**		150kg/GJ	
注 1: 低位热值数据参考 GB/T 2589-2008 综合能耗计算通则, 各种燃料的排放因子数据参照国家发改委采用的 IPCC 报告(国家温室气体清单指南 2006)数据。 注 2: 国网供电和企业自备电站供热 CO₂ 排放因子分别来自国家发改委公布数据以及石化生产企业自备电站统计与计算数据。			

附 录 B
(资料性附录)
计算方法应用范例

B.1 企业概况

某炼厂一次加工能力为 300 万吨/年，为燃料型炼厂。主要加工装置包括：常减压装置、催化裂化、催化重整、气体分馏、柴油加氢、硫磺回收、制氢装置等。

统计年度炼厂原油加工量为 260.2 万吨，主要的温室气体排放源包括：催化裂化焦炭烧焦产生的 CO₂；制氢装置工艺排放的 CO₂；锅炉、加热炉烧燃料气、燃料油产生的 CO₂，瓦斯气放火炬燃烧产生的 CO₂；外购电力对应的间接排放等。

B.2 温室气体排放计算及结果分析

根据石油化工生产企业 CO₂ 排放计算方法，对企业温室气体排放进行了测算，各排放源的测算基础数据来自企业月度统计报告(见附表)，分别示例如下：

B.2.1 燃烧排放

该炼厂燃烧排放涉及的燃料种类为：燃料气、燃料油、火炬气。由于缺乏实测碳含量数据，主要采用不同燃料的默认排放因子(5.1.1.2)进行计算。

1 月份消耗燃料气 5367 吨、燃料油 1164 吨、放火炬气 303 吨；对应的 CO₂ 排放因子分别为 3.463 吨 CO₂/吨 燃料气(火炬气)、3.073 吨 CO₂/吨 燃料油。分别相乘并对排放量进行加和：
 $18585.92+3576.972+1049.289=23212.2$ (吨)，其它月份计算类似。

B.2.2 催化剂烧焦排放

催化剂烧焦排放采用焦炭燃烧量以及碳含量(5.1.2.1.1)进行计算，焦炭的碳含量根据企业实测取值为 0.96。

1 月份催化剂烧焦数量统计数据为 7630 吨，对应的排放量计算如下：

$$7630 \times 0.96 \times 44/12 = 26857.6 \text{ (吨)}$$

B.2.3 制氢装置工艺排放

该炼厂制氢装置规模为 2 万标立/小时，主要采用天然气与部分炼厂干气做制氢原料。制氢原料组成与天然气较为相近，示例采用标准推荐的简化排放因子进行计算。

1 月份氢气产量为 1300 万标立左右，采用简化排放因子 4.736 吨 CO₂/万标立 H₂ 进行测算：

$$1300 \times 4.736 = 6156.8 \text{ (吨)}$$

B.2.4 能源间接排放

根据企业月度外购电的数量以及国内平均单位电力排放因子 0.86kgCO₂/kWh 进行测算。

1 月份外购电力 10478820kWh，间接排放量为：

$$10478820 \times 0.86 / 1000 = 9011.78(\text{吨})$$

B.2.5 结果汇总

根据不同排放源对应的计算方法，对月度排放量分别进行测算，并对年度排放进行汇总。结果表明：该炼厂某年度石化生产过程 CO₂ 排放量总计为 778719 吨，单位原油加工量 CO₂ 总排放系数为：0.30 吨 CO₂/吨原油；直接排放系数为 0.25 吨 CO₂/吨原油。

比较不同排放源年度排放量，由于该炼厂有两套催化裂化装置，催化烧焦量较为显著，对应的 CO₂ 排放量最大，占炼厂年度总排放量的 43.5%，其次是燃烧排放、间接排放，制氢装置规模较小，排放量最少。详见表 B.1、图 B.1。

表 B.1 某炼厂 CO ₂ 排放计算结果汇总				单位：吨
月份	燃烧排放	制氢排放	烧焦排放	间接排放
1月	23214	6157	26858	9012
2月	20696	5683	24052	8382
3月	23303	6630	26829	9288
4月	20239	6630	27618	9465
5月	18903	6157	27196	9339
6月	18699	5683	26787	8881
7月	21374	6157	28966	9989
8月	22501	5683	27586	11215
9月	19606	6157	28924	9546
10月	21420	5683	33194	9772
11月	18122	5210	29878	9653
12月	25301	5683	31300	10099
年度汇总	253378	71514	339187	114640
全厂排放总计	778719			
注：单位原油加工量总排放系数0.30吨CO ₂ /吨原油；直接排放系数0.25吨CO ₂ /吨原油				

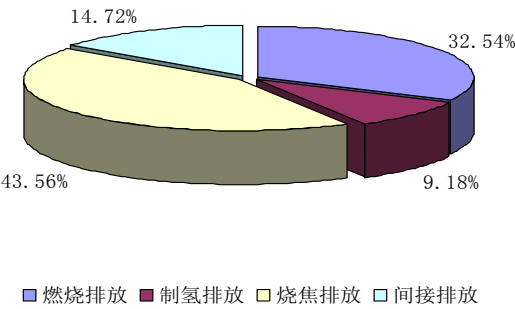


图 B.1 不同排放源排放量占总排放量的比例

图 B.2 是该炼厂不同生产月份排放总量对比。从图 B.2 可以看出，该年度没有安排重大的装置停工检修，不同月份 CO₂ 排放数量比较相近。12 月份的排放数量较多，原因为催化烧焦量及烧瓦斯量较大，6 月份排放的温室气体数量略少。

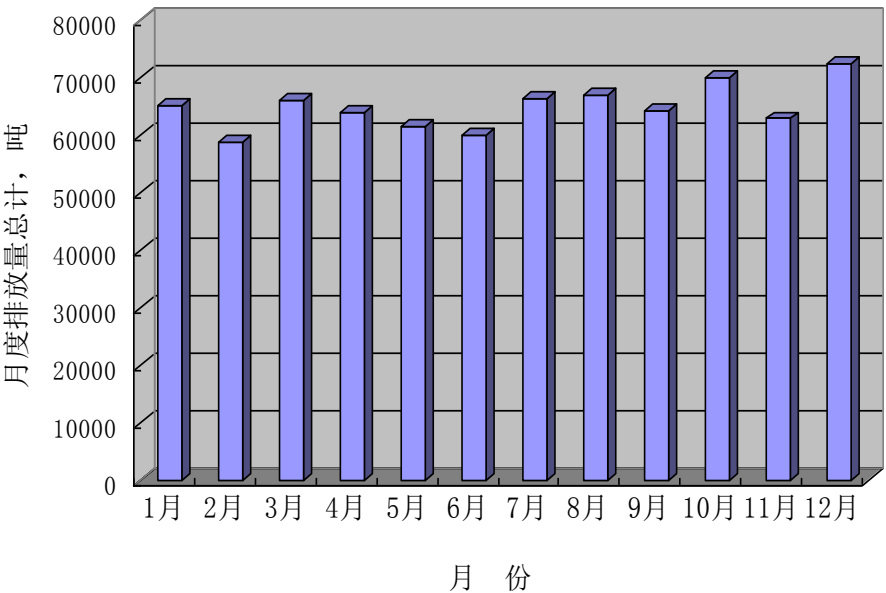


图 B.2 不同月份 CO₂ 排放总量对比图

表 B.2 某炼厂某年度生产过程基本数据

月份	原油加工量 (吨)	催化烧焦量 (吨)	燃料气用量 (吨)	燃料油用量 (吨)	放火炬量 (吨)	氢气产量 (10 ⁴ 万标立方米)	外购电力 (KWh)
1月	214,030	7,630	5,367	1,164	303	0.13	10,478,820
2月	181,212	6,833	4,298	1,547	305	0.12	9,746,880
3月	236,827	7,622	5,258	1,646	10	0.14	10,800,240
4月	224,929	7,846	5,182	695	45	0.14	11,005,500
5月	200,829	7,726	4,933	540	46	0.13	10,858,980
6月	207,947	7,610	4,890	123	400	0.12	10,326,260
7月	210,675	8,229	5,336	4	832	0.13	11,615,340
8月	171,961	7,837	5,027	321	1,185	0.12	13,040,280
9月	204,917	8,217	5,152	72	445	0.13	11,099,920
10月	197,571	9,430	4,554	153	1,495	0.12	11,363,220
11月	166,532	8,488	3,868	590	841	0.11	11,224,620
12月	184,929	8,892	4,730	741	1,918	0.12	11,742,720

参 考 文 献

- [1] GB/T 15587-2008 工业企业能源管理导则
 - [2] SH/T 3003-2000(2009) 石油化工合理利用能源设计导则
 - [3] 美国石油学会 油气工业温室气体排放报告指导方针, 2003.12
 - [4] 美国石油学会 油气工业温室气体排放计算方法学纲要, 2004.3
-