

石化行业温室气体排放数据管理及核查关键技术研究

STUDY ON THE KEY TECHNOLOGIES OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS DATA MANAGEMENT AND VERIFICATION TECHNIQUES OF THE PETROCHEMICAL INDUSTRY

尹蕾 刘玲 白卫国 著

执行摘要

积极应对全球气候变化已成为众多国家、地区及重点行业企业的共识。大力发展低碳经济,努力推动温室气体减排,成为应对气候变化的必由之路。中国已将低碳转型纳入国民经济和社会发展中长期规划。随着国家节能减排目标措施不断深入,石油化工行业(以下简称石化行业)作为主要高耗能、高排放和高污染行业之一,在节能减排领域必将面临更严峻的挑战。尤其针对即将全面铺开国家强制温室气体报告机制和全国性碳市场,当前各石化企业面临的首要问题就是掌握企业温室气体排放情况,明晰主要排放源,制定切实可行的减排路径。

基于上述考虑,世界资源研究所、中国石油大学(华东)及国瑞沃德(北京)低碳经济技术中心携手开展了石化企业温室气体排放数据管理及核查关键技术研究。研究以石化企业的真实运行和管理情况为出发点,借鉴国际温室气体数据质量管理先进理念,分析《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》(以下简称《石化指南》)的适用性,目的在于对《石化指南》形成有益补充,同时有针对性地帮助石化企业掌握温室气体排放源识别和数据收集管理方法。最后,根据石化企业的数据特性,提出了一些能提升核查质量的关键技术,对于即将参与碳交易的第三方核查机构,本文也会起到很重要的参考意义。

本文共分为5章,具体研究内容及结论如下:

石化产业链的划分及研究范围的确定

整体石化行业产业链较长,子行业众多,从行业源头开始,分为油气开采业、油气炼制加工业、化学原料与化学制品业,以及由塑

目录

执行摘要	1
Executive Summary	5
引言	10
石化行业产业链划分及研究范围的确定	11
石化行业温室气体排放源的分类与识别	14
《石化指南》适用性分析	26
石化行业温室气体数据管理及核查关键技术	32
结论与建议	41
附录A:石化企业温室气体排放源识别案例	46
附录B:《石化指南》温室气体排放数据收集 和管理要求解析	53
附录C:石化行业温室气体核查计划书案例	78
术语表	83
注释	84
参考文献	86

免责声明:“工作论文”包括初步的研究、分析、结果和意见。“工作论文”用于促进讨论,征求反馈,对新事物的争论施加影响。多数工作论文最终将以其他形式发表,内容可能会修改。

引用建议:尹蕾、刘玲、白卫国.石化行业温室气体排放数据管理及核查关键技术研究.北京:世界资源研究所 2015.
<http://www.wri.org.cn/epetrochemical>

料、纤维及橡胶成型制品生产等构成的化工制品业。从石化行业不同子行业对行业温室气体排放总量的贡献均值来看，化学原料与化学制品业的温室气体排放量最高，其排放量超过了石化行业排放总量的59.02%，其次是油气炼制加工业，其排放量约占石化行业排放总量的19.99%。故本报告的研究范围锁定在温室气体排放对全行业影响最大的油气炼制加工业和化学原料与化学制品业。

通过和《石化指南》的适用范围进行比对，发现该指南主要适用于生产石油产品和石油化工产品的企业，和本文确定的研究范围一致。

石化行业的温室气体排放源识别

石化行业的主要温室气体排放类型为二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)。其中，CO₂是最主要的温室气体，主要来源于石化企业内部化石燃料燃烧以及产品生产过程排放；CH₄主要来源于原油炼制加工和化学原料与制品生产过程的设备逸散；N₂O一般与某些特定的石化产品生产过程有关，除此以外，部分化石燃料燃烧也会产生少量的N₂O排放。一般在石化企业中，CO₂贡献了97.67%的温室气体排放，CH₄和N₂O分别占了2.25%和0.08%¹。

按照2006年《IPCC²国家温室气体排放清单指南》(以下简称《IPCC指南》)的活动一部门划分方法，结合石化行业自身实际情况，可将石化行业的温室气体排放源划分为能源活动、工业过程及产品使用，以及废物处理三大类(见表0-1)。

表 0-1 | 石化行业温室气体排放源分类

排放类型	排放源名称	定义	温室气体
能源活动排放	固定源燃烧	石油炼制和石化原材料生产过程中发生的化石燃料燃烧排放	CO ₂ (也包含少量 CH ₄ 和 N ₂ O)
	移动源燃烧	所有移动源设备在运输活动中的燃料燃烧和燃料蒸发带来的排放	
	火炬燃烧	处置废天然气及碳氢化合物而进行的喷焰燃烧或焚化装置产生的排放	
	泄漏	油气系统泄漏、存储损耗及管道破裂等产生的排放	
	外购电力(间接排放)	企业消费净购入电力所对应的电力生产环节产生的排放	
	外购热力(间接排放)	企业消费净购入热力所对应的热力生产环节产生的排放	
工业过程及产品使用排放	石化产品制程排放	石化产品生产过程中化学反应过程产生的温室气体排放。如蒸汽裂解制乙烯的过程会生成含 CO ₂ 等的裂解气，制氢过程的 CO ₂ 排放、氧化沥青过程产生的 CO ₂ 排放等。	CO ₂ 、CH ₄
	催化剂烧焦及再生	催化剂烧焦及再生过程产生的排放	CO ₂ (也包含少量 CH ₄ 和 N ₂ O)
废物处理排放	废物处理处置	通过焚烧炉、生物分解场、污水处理厂的设施处理废弃物产生的排放	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O

石化行业温室气体排放源识别三步法

为便于分析，本文提出了一套基于企业生产系统的层级化排放源识别方法。选取以原油和天然气为原料加工制取的、温室气体排放较大的石化产品生产企业为研究对象，梳理各产品的典型生产工艺流程，并对企业温室气体排放源进行识别，从而为石化行业温室气体排放报告及核查提供关键技术支持。

■ 步骤一：划分企业内部的生产系统

根据《石化指南》中的定义，企业应核算并报告在运营上受其控制的所有生产设施产生的温室气体排放。对于制造型工业企业，其报告边界内会包括主要生产系统(又称“基本生产系统”)、辅助生产系统和直接为生产服务的附属生产系统。

■ 步骤二：识别温室气体排放单元

识别出石化企业内的各类生产系统之后，第二步是识别具体的温室气体排放单元，根据石化行业的生产特色，可将排放单元定为具体的生产装置、车间或者能独立计量的管理部门，为之后更清晰地准确地找出各类温室气体排放源做准备。

■ 步骤三：锁定温室气体排放源

排放源识别方法的最后一步就是锁定具体的温室气体排放源。每个独立单元下的排放源识别工作可细化到具体的排放设备、装置

及排放活动，将排放源分类并注明可能产生温室气体的种类。

为帮助企业理解，本文提供了一个石化企业温室气体排放源识别案例，见附录A。

石化指南核算方法学的适用性分析

针对目前国家发改委发布的《石化指南》中的21个核算公式及参数获取要求，对其适用性进行研究，同时对每个监测参数进行可得性分析。附录B对《石化指南》中的温室气体排放数据收集和管理要求进行了解析。

■ 增加方法学的完整性

从完整性的角度来说，目前的《石化指南》基本涵盖了石化企业内部的主要温室气体排放源，但还应考虑进一步增强《石化指南》的完整性，例如增加燃料燃烧及生产过程中的 CH_4 和 N_2O 排放的核算方法，并考虑和《IPCC指南》保持一致，将排放源分为能源活动排放、工业过程排放和废弃物处理处置三类。

■ 增强方法学的灵活性

当前《石化指南》的灵活性有待加强，尤其是第三部分“工业生产过程 CO_2 排放”的公式展示方式需要结合企业实际情况分类，建议将方法学分成“催化剂烧焦及再生排放核算方法学”和“石化产品制程排放核算方法学”两大类。

在“燃料燃烧”部分，数据收集和获取要求较适用于“固定源燃料燃烧”，建议增加专门的移动源燃料燃烧核算公式及数据收集和管理要求，且建议固定源燃料消耗数据的收集方式以生产系统为单位上报，可增加整体数据的准确性和可信性。

第三章还针对各类石化企业的数据收集情况引入了1个炉管烧焦排放的核算公式和1个简化的制氢核算公式，方便企业根据实际情况灵活选用。

■ 简化非重点排放源的核算方法

对于排放量占石化企业排放总量比例较小的排放源，其核算方法应简单易行，例如“火炬燃烧排放”，在《石化指南》中分为正常工况火炬和非正常工况火炬两种，调研得知企业现在基本不燃烧正常工况火炬，且火炬的排放时间较短，气体流量难以计量。现在《石化指南》中方法学数据获取要求较为复杂，建议简化。

■ 建议指南提出“推荐性”的数据获取要求

根据对《石化指南》的解析，发现其中对同种参数可能出现多种数据收集和获取要求。对于活动水平数据，《石化指南》中出现的参数获取方法分为自动连续监测、定期量测、内部数据、外部数据和自行推估5种。《石化指南》应推荐企业尝试应用准确性较高的自动连续监测数据作为核算依据，如果监测条件不能满足要求，则

可结合具体情况尝试其余几种参数获取方法。但对于排放比例较大的排放源，为保证数据质量，应鼓励企业使用自动连续监测数据。排放因子数据目前分为自行检测数据/设备经验系数和默认值两种，《石化指南》应鼓励企业优先采用有代表性的实测值。

石化企业温室气体数据管理技术

《石化指南》中罗列了温室气体数据质量管理的基本要求，但没有给出具体的可执行的指导意见。结合石化行业的排放特性和数据基础，本报告第四章的4.1部分介绍了适用于石化企业的数据管理技术，分别为核算指南的选择和应用、监测计划的撰写和数据有效性管理。

■ 核算指南的选择和应用

对于石化企业，除生产油品和石油化工产品外还有其他产品生产及运行活动伴有温室气体排放的，可以依据情况选择对应的温室气体核算指南。在国家目前发布的24个核算指南之中，石化企业可能需要引入电力、化工和石油天然气生产这几个核算指南支持企业的温室气体上报工作。

■ 监测计划的撰写

监测计划(Monitoring Plan)是企业进行温室气体数据收集与上报工作的程序性指导文件。准备一个全面的监测计划一般需要进行以下七个步骤：明确报告边界、识别温室气体排放源、选择核算公式、查阅数据收集和获取要求、制定数据管理计划、识别数据管理风险和制定数据质量控制方案。

■ 数据有效性管理

为增加核算结果的可信度，石化企业可以通过选择不同的方法来验证上报数据的准确性。常用的方法有交叉验证、数据波动观察和重复核算三种。在条件允许的情况下，也推荐企业自行开展内审工作，做到及时发现并改正。

石化行业核查关键技术

由于石化企业产品多、工艺复杂、工艺技术水平层次不一，并且涵盖的温室气体排放源也多，导致虽然当前试点碳交易地区有石化企业参与碳交易，但是没有针对石化行业出台具体的第三方核查工作指南。本研究针对核查的基本工作流程(准备阶段、计划阶段、执行阶段和最终的报告编写阶段)提出一些能够帮助第三方核查机构把握重点、克服难点的关键技术。其中最为重要的两点是核查的初始风险评估方法和排放数据质量评估方法，初始风险评估可以帮助核查团队在工作初期识别核查重点并估算工作量。分别从检测参数的重要性、数据获取风险和核查工作量预估三个方面进行分析，分析的结果应反映在核查计划中，作为工作执行的依据。

原则上,企业提供的温室气体排放数据应能代表实际生产和运行过程中产生的真实排放,但是由于当前中国企业的数据库比较薄弱,有些时候无法取得高质量数据来支持核算工作。在核查过程中,核查员应对数据质量进行评估,帮助企业提升核算报告的质量。根据温室气体监测参数的收集和管理特性,建议核查团队从数据完整性、数据可靠性、技术代表性、地域代表性和时间代表性等五个方面展开评估工作。

对于《石化指南》的总体意见

本文在总结分析石化行业产业链结构和温室气体排放特点的基础上,对《石化指南》进行了解析,并结合目前石化行业的生产运营情况对其进行了适用性分析,研究内容将为《石化指南》的进一步升级改版提供依据,同时为升级国家温室气体核算标准做准备。本研究对《石化指南》的主要建议总结如下:

■ 应结合石化产业链明确《石化指南》的适用范围

上下游一体化已经成为全球石化行业的发展主流,对于一个大规模的石油化工生产企业,其产业链结构分为油气开采、油气炼制加工、化学原料与化学制品、化工制品四个部分。目前的《石化指南》仅适用于油气炼制加工和化学原料与化学制品生产环节,不能完全满足大型石化企业的温室气体核算需要,应与石油天然气及化工生产等温室气体核算指南结合使用。本研究建议在《石化指南》中对石化行业产业链进行清晰的界定,同时引入《石化指南》和其他行业核算指南之间的应用关系。

■ 扩充《石化指南》对温室气体排放源的覆盖范围

目前《石化指南》中提出的温室气体排放类型基本覆盖石化行业的主要温室气体排放源,但没有结合石化行业的实际情况做出细化分类(例如移动源燃烧和固定源燃烧排放需要分别列出)。建议《石化指南》和《IPCC指南》保持一致,将排放源分为能源活动、工业过程及产品使用、废物处理三大类。

从排放源识别的完整程度来看,目前《石化指南》并未纳入厂外货运产生的移动源排放,研究发现石化企业的场外运输排放(轮船和火车)也不容小觑,估算能达到石化企业排放总量的10%³。废物处理处置产生的排放也应纳入核算范围,但考虑到废物处理的核算不确定较大,且主要产生的温室气体为CH₄,在碳交易初期可以暂时不用考虑。

■ 《石化指南》应提供适用于石化企业的排放源识别方法

从组织系统的观点来看,石化行业内存在多个生产系统并连接着数十套复杂的大型生产装置,识别石化企业的温室气体排放源是一项非常有挑战性的工作。建议《石化指南》引入本文第二章提出的“排放源识别三步法”。此方法适用于石化企业进行内部碳盘查及温室气体上报工作,外部第三方核查机构也可利用本套方法开展温室气体核查工作。此套方法不仅适用于石化企业,也可应用于其他

生产情况复杂的工业企业。

■ 加强《石化指南》灵活性并引入分级化管理方法

为了提升石化企业温室气体排放数据的质量,并有效缓解企业的工作负担,需要对企业内的温室气体排放源进行等级划分,可以依据排放源年均排放量占企业年平均排放量的比例对数据收集和获取要求分级。对主要的排放源进行高标准严要求,对于次要的排放源,则数据获取要求可以相对降低。具体分级方法可以借鉴《工业企业温室气体排放数据质量管理技术规范》⁴。

对石化行业温室气体核算的未来工作建议

通过对石化企业的真实运行和管理情况的调研,本报告总结了一系列温室气体数据管理及第三方核查关键技术,供即将参与碳市场的石化企业、第三方核查机构和碳市场的技术咨询机构参考使用。为帮助石化行业早日建立并完善温室气体排放数据管理体系,本文通过分析提出了以下几点未来工作建议。

■ 对于政府机构和温室气体核算指南研究机构,本文建议:

- 为增强《石化指南》的适用性,应积极推动温室气体核算试点工作。
- 除《石化指南》及方法学之外,应针对企业数据收集及管理的需求提供更明确详细的技术细则文件。
- 石化行业温室气体核算工作应将排放总量和企业的原料、产品、规模、开工率等现实生产指标结合,这样有助于切实反映排放情况,并尝试应用“大数据”掌握行业排放趋势。
- 为了提高石化行业整体温室气体数据的准确性,应建立适用于石化企业的排放因子数据库。

■ 对于进行温室气体核算的石化企业及技术咨询公司,本文建议:

- 尽早依据国家行业指南进行温室气体排放报告的摸底和准备工作,尝试找出企业内部温室气体排放的核心环节及主要装置。
- 大型石化企业应自行开发温室气体排放计算模型,将计算公式嵌入系统作为温室气体排放报告工具,可有效减少时间及人力花费。

■ 对于第三方核查机构及认证服务公司,本文建议:

- 结合石化行业的排放特征对核查人员进行能力建设。
- 推荐设立石化行业专家库,为核查工作提供必要的技术支持。
- 为保证核查工作的统一性和一致性,应开发相应的工作模版及评估表等文件。

EXECUTIVE SUMMARY

It has been a consensus of countries, regions, and companies from key industries to actively tackle global climate change. To develop low-carbon economy and promote greenhouse gas reduction is the only road leading to this initiative. China has made low-carbon transition a part of the middle-term and long term planning of the national economy and social development. As the targets and measures of state energy conservation and emission reduction programs constantly deepen, the Petrochemical Industry will surely face more difficult challenges in energy conservation and emission reduction as a high energy consumption, high emission, and high pollution industry. As the State Mandatory Reporting of Greenhouse Gases and the National Carbon Market will be under way in the near future, petrochemical companies shall first of all know their GHG emissions, identify main emission sources, and prepare executable emission reduction paths accordingly.

Considering the above mentioned, the World Resources Institute, University Of Petroleum(East China), and Green World (Beijing) Low-Carbon Economy & Technology Center jointly conducted research on petrochemical GHG emission data management systems and key verification techniques. Starting with the actual operation and management of petrochemical companies, the research analyzes the applicability of Guidelines for Petrochemical GHG Emissions Accounting Methods and Reporting (for Trial Implementation) (hereinafter the Petrochemical Guidelines) with a reference to advanced thoughts on GHG data quality management in the international community. It is intended to provide a useful supplement to the Petrochemical Guidelines and pointedly assist petrochemical companies to master the methods of GHG emission source identification as well as data acquisition and management. Finally, the research proposes key techniques to improve verification quality according to the data characteristics of petrochemical companies. This research has important reference significance for those their party verification bodies to be involved in carbon trading.

The paper consists of five chapters. The following are research details and conclusions.

■ Dividing the Petrochemical Industry Chain and Defining the Research Scope

As a long industry chain with numerous sub industries,

the Petrochemical Industry is divided into the following sub industries from its source: oil and gas exploitation, oil and gas refining and processing, chemical materials and chemical products manufacturing, and the heavy chemicals industry including the production of plastic, fiber, and rubber moulding products. According to the average contributions of various sub industries, the chemical materials and chemical products manufacturing industry produces the most GHG emissions, making over 59.02% of the total emissions of the Petrochemical Industry. The oil and gas refining and processing industry generates the second most GHG emissions, making about 19.99% of the total emissions of the Petrochemical Industry. Therefore, the research scope of this report focuses on the two industries with the greatest influence on industrial GHG emission: the chemical materials and chemical products manufacturing industry and the oil and gas refining and processing industry.

By comparing the two industries with the scope of application of the Petrochemical Guidelines, it can be found that the guideline is mainly applicable to those companies producing petroleum and petrochemical products.

■ Identifying GHG Emission Sources from the Petrochemical Industry

GHG's from the Petrochemical Industry are mainly CO₂, CH₄, and N₂O. Among all the three, CO₂ is the main greenhouse gas and is mainly generated in fossil fuel combustion and product manufacturing process in petrochemical companies. CH₄ is mainly from equipment dissipation in oil refining and processing as well as the manufacturing process of chemical materials and chemical products. N₂O is generally related to the manufacturing of certain petrochemical products. In addition, the combustion of fossil fuels generates a small amount of N₂O. In common petrochemical companies, CO₂ contributes 97.67% of the total GHG emissions while CH₄ and N₂O respectively contribute 2.25% and 0.08%.

According to the activity-department dividing method in the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (hereinafter the IPCC Guidelines), the GHG emission sources from the Petrochemical Industry can be divided into three categories according to actual situation of the Petrochemical Industry: energy activity emissions, industrial process & product use emissions, and waste treatment emissions (See Table 0-1).

Table 0-1 | **Classification of GHG Emission Sources from the Petrochemical Industry**

Emission Type	Emission Sources	Definition	GHG's
Energy Activity Emissions	Stationary Combustion	Emissions from fossil fuel combustion during oil refining and petrochemical raw material production	CO ₂ Minor CH ₄ and N ₂ O
	Mobile Combustion	Emissions generated in fuel combustion and evaporation from all mobile devices in transportation activities	
	Flares	Emissions from devices for flame spray combustion or incineration in the disposal of waste natural gas and hydrocarbon	
	Fugitive Emissions	Emissions from the petroleum system, storage losses, pipeline break and so on	
	Electricity Imports (Indirect emissions)	Emissions generated in power generation relevant to the net purchased electricity consumed by companies	
	Process heat/steam imports (Indirect emissions)	Emissions generated in heat generation relevant to the net purchased heat consumed by companies	
Industrial Process and Product Use Emissions	Petrochemical Manufacturing Process Emissions	GHG emissions generated in chemical interactions during the manufacturing processes of petrochemical products, for example, cracked gases such as CO ₂ generated during ethylene manufacturing by steam cracking and CO ₂ emissions in hydrogen and oxidized asphalt manufacturing	CO ₂ and CH ₄
	Catalytic Cracking & Catalytic Regeneration	Emissions generated in catalytic cracking & catalytic regeneration	CO ₂ (Minor CH ₄ and N ₂ O)
Waste Treatment Emissions	Waste Treatment and Disposal	Emissions from waste treatment in incinerator, bio-degradation plant or sewage treatment plant	CO ₂ , CH ₄ and N ₂ O

■ **Identifying GHG Emission Sources from the Petrochemical Industry in Three Steps**

For each of analysis, a hierarchical emission source identification method based on production systems is proposed in this report. Petrochemical companies manufacturing high GHG emission petrochemical products from crude oil and natural gas are selected as the objects of study. Typical manufacturing processes of various products are combed and GHG emission sources of companies are identified to provide key technical support to GHG emissions reporting and verification in the Petrochemical Industry.

■ **Step 1: Dividing internal production systems of companies**

According to definitions in the Petrochemical Guidelines, companies are to calculate and report GHG emissions generated from all running production facilities under their control. For a manufacturing industrial company, its reporting boundary includes main production systems (or basic production systems), auxiliary production systems, and subsidiary production systems directly serving production.

■ **Step 2: Identifying units with GHG emissions**

After various production systems in a petrochemical company are identified, its units with GHG emissions are to be identified accordingly. According to manufacturing characteristics of the Petrochemical Industry, emission units can be defined as specific production equipment, workshops, or management departments which can be independently measured to make preparation for a clear and accurate identification of various GHG emission sources.

■ **Step 3: Locking GHG emission sources**

Specific GHG emission sources are to be locked in the final step of identification. Identification of emission sources under each independent unit can be broken down to specific emission equipment, devices, and emission activities. Then emission sources are to be classified and possible GHG's are to be indicated.

For companies' ease of understanding, a case about the

identification of GHG emission sources in a petrochemical company is provided Appendix A in this report.

■ Analyzing the Applicability of the Accounting Method in the Petrochemical Guidelines

Research is performed on the applicability of the 21 accounting formulas and their parameter acquisition requirements in the Petrochemical Guidelines recently released by the National Development and Reform Commission. The feasibility of each monitoring parameter is also analyzed. Appendix B analyzes GHG emission data acquisition and management requirements in the Petrochemical Guidelines.

■ Improving integrity of the methodology

From the perspective of integrity, the Petrochemical Guidelines basically covers main GHG emission sources in petrochemical companies. Its integrity must be, however, further improved. For example, the accounting methods for CH₄ and N₂O emissions in fuel combustion and production processes are supposed to be added. To be consistent with the IPCC Guidelines, emission sources are to be divided into three categories: energy activity emissions, industrial process emissions, and waste treatment & disposal emissions.

■ Improving flexibility of the methodology

Flexibility of the Petrochemical Guidelines is supposed to be improved. Especially, formula presentation methods in Part Three “CO₂ emissions in Industrial Processes” are to be classified according to the actual situation of companies. The methodology is recommended to be divided into two categories: “Accounting Methodology for Catalytic Cracking & Regeneration Emissions” and “Accounting Methodology for Petrochemical Production Process Emissions”.

In the chapter “Fuel Combustion”, data collection and acquisition requirements are more applicable to “stationary source combustion”. Accounting formulas as well as data acquisition and management requirements for mobile source fuel combustion are supposed to be added. In addition, the acquisition of stationary source consumption data is supposed to be reported on a production system basis to improve the accuracy and credibility of the entire data.

According to data acquisition in various petrochemical companies, Chapter Three introduces an accounting formula for

furnace tube cracking emissions and a simplified accounting formula for hydrogen production emissions for flexible selection by companies based on their actual situation.

■ Simplifying the accounting methods for non-key emission sources

The accounting methods for those emission sources making a small percentage of the total emissions in petrochemical companies are to be simple and practicable. For instance, “Flare Combustion Emissions” is divided into two scenarios: normal operating mode flares and abnormal operating mode flares. However, basically no normal operating mode flares are burnt according to our survey. Moreover, gas flow is difficult to calculate because flare emission duration is too short. Data acquisition requirements for the methodology in the Petrochemical Guidelines are complicated and are to be simplified.

■ Suggesting the Petrochemical Guidelines to provide “recommended” data acquisition requirements

According to analysis of the Petrochemical Guidelines, there are possibly various data collection and acquisition requirements for the same type of parameters. For activity level data, there are five types of parameter acquisition methods in the Petrochemical Guidelines: automatic and continuous monitoring, regular measuring, internal data, external data, and self estimation. The Petrochemical Guidelines shall recommend companies to try using automatic and continuous monitoring data with higher accuracy as accounting evidence. If monitoring conditions cannot meet requirements, they can then try the other parameter acquisition methods based on their actual situation. However, companies are to be recommended to adopt automatic and continuous monitoring data to ensure data quality for the accounting of parameters of emission sources with significant emission percentages. Emission factor data is divided into two types: self inspection data/device empirical coefficient and default value. The Petrochemical Guidelines shall encourage companies to use representative measured values.

■ GHG Data Management Techniques for Petrochemical Companies

The Petrochemical Guidelines lists the basic requirements for GHG data quality management but fails to provide concrete and executable instructions. With petrochemical emission characteristics and data foundation, Section 4.1 of Chapter

Four in this report introduces data management techniques applicable to petrochemical companies, respectively selection and application of accounting guidelines, preparation of monitoring plans, and data validity management.

■ Selection and application of accounting guidelines

Those petrochemical companies, which generate GHG emissions not only in the manufacturing of petroleum products and petrochemical products but also in the manufacturing and operation of other products, can select relevant GHG accounting guidelines according to the situation. Among the 24 accounting guidelines released by the state, petrochemical companies may need to introduce these three accounting guidelines to support their GHG reporting: electricity generation, chemical production, and natural gas production.

■ Preparation of monitoring plans

A monitoring plan is a procedural guiding document for a company to perform GHG data acquisition and reporting. The following seven steps are required to prepare a complete monitoring plan: Defining reporting boundary, identifying GHG emission sources, selecting accounting formulas, consulting data collection and acquisition requirements, preparing a data management plan, identifying data management risks, and preparing a data quality control scheme.

■ Data validity management

To improve the credibility of the accounting results, petrochemical companies can validate the accuracy of reporting data in diverse methods. There are three common methods: cross validation, data fluctuation observation, and repeated accounting. If possible, companies are encouraged to perform an internal audit to identify problems and rectify them in time.

■ Key Techniques for Verification in the Petrochemical Industry

Due to a long product line, complicated technologies, varied craft technique levels, and a variety of GHG emission sources of petrochemical companies, there are no concrete third party verification guidelines for the Petrochemical Industry though a few petrochemical companies in pilot carbon trading regions participate in carbon trading. This research proposes key techniques that can help third party verification bodies to focus on key points and overcome

difficulties by targeting the basic verification process (preparation, planning, execution, and preparation of the final report). The initial risk evaluation method and the emission data quality evaluation method during verification are the most important. Initial risk evaluation can help the verification team identify key points and estimate work load in the early stage. Analysis is supposed to be conducted from three aspects: importance of inspection parameters, data acquisition risks, and estimation of verification work load. Analytical results are to be reflected in the verification plan as the evidence for work execution.

In principle, GHG emission data provided by a company should represent the real emissions in actual production and operation processes. High quality data is, however, difficult to acquire because currently companies in China have a weak data foundation. In the process of verification, inspectors are to evaluate data quality and help companies increase the quality of their verification reports. According to the acquisition and management characteristics of GHG inspection parameters, a verification team is recommended to start evaluation in the following five aspects: data integrity, data reliability, technique representation, geographical representation, and time representation.

■ Overall Comments to the Petrochemical Guidelines

Based on conclusion and analysis of the industry chain and GHG emission characteristics of the Petrochemical Industry, this report parses the Petrochemical Guidelines and analyzes its applicability according to petrochemical production and operational situation. Overall comments to the Petrochemical Guidelines are below:

■ Clarifying the Scope of Application of the Petrochemical Guidelines according to the petrochemical industry chain

Upstream and downstream integration has been a trend in the development of global petrochemical industries. For a large-scale petrochemical manufacturing company, its industry chain is divided into four parts: oil and gas exploitation, oil and gas refining and processing, chemical materials and chemical products, and heavy chemicals. Currently, the Petrochemical Guidelines is only applicable to oil and gas refining and processing as well as chemical materials and chemical products manufacturing. It thus cannot meet the GHG accounting requirements of large-scale petrochemical companies. Therefore, the Petrochemical Guidelines should be used

together with GHG accounting guidelines for oil and gas production, heavy chemicals manufacturing, and so on. This research suggests a clear definition of the petrochemical industry chain in the Petrochemical Guidelines and the introduction to the application relations between the Petrochemical Guidelines and accounting guidelines for other industries.

■ Expanding the coverage of GHG emission sources in the Petrochemical Guidelines

GHG emission types presented in the Petrochemical Guidelines fail to provide a breakdown classification (For example, mobile source combustion emissions and stationary source combustion emissions are to be listed separately) according to the actual situation of the Petrochemical Industry though they basically cover main GHG emission sources. The Petrochemical Guidelines is to be consistent with the IPCC Guidelines and divide emission sources into three categories: energy activity emissions, industrial process and product use emissions, and waste treatment emissions.

From the perspective of completeness in emission source identification, the Petrochemical Guidelines fails to include mobile source emissions generated in external logistics. As research reveals, petrochemical external logistics emissions (ships and trains) should not be underestimated, making approximately 10% of the total emissions of petrochemical companies. Emissions generated in waste treatment and disposal should also be included in accounting. They, however, do not have to be considered in the early stage of carbon trading considering the large uncertainty in waste treatment accounting and its main GHG of CH₄.

■ Providing emission source identification methods applicable to petrochemical companies in the Petrochemical Guidelines

From the perspective of organizational systems, there are multiple production systems in the Petrochemical Industry connected to dozens of large-scale production devices. It is highly challenging job to identify the GHG emission sources of petrochemical companies. The Petrochemical Guidelines should introduce “Identifying Emission Sources in Three Steps” proposed in Chapter Two of this report. This method is applicable to internal carbon interrogation and GHG reporting in petrochemical companies. External third party verification bodies can also perform GHG verification in this method. This method is

applicable not only to petrochemical companies but also to those industrial companies with complicated production systems.

■ Improving flexibility of the Petrochemical Guidelines and introducing hierarchical management

It is necessary to grade GHG emission sources in petrochemical companies to improve the quality of GHG emission data and reduce their work load. Data collection and acquisition requirements can be graded according to the percentages of emission sources in the average annual emissions of a company. There should be high standards and strict requirements for major emission sources. Data acquisition requirements for secondary emission sources, however, can be comparatively low. Refer to the Technical Specification of the data quality management of greenhouse gas emission for industrial enterprises for the detailed grading method.

■ Suggestions on Future Efforts in GHG Accounting in the Petrochemical Industry

Through surveys of actual operation and management of petrochemical companies, this report concluded a series of key techniques for GHG data management and third party verification for the reference of petrochemical companies, third party verification bodies, and carbon market technical consulting institutions to participate in the carbon market. To assist the Petrochemical Industry to establish and improve the GHG emission data management system, this report makes the following proposals based on analysis.

■ For government organizations and research institutions of GHG accounting guidelines, this report makes the following proposals:

- Actively promote GHG accounting pilot project to improve the applicability of the Petrochemical Guidelines.
- Besides the Petrochemical Guidelines and methodologies, provide more specific and detailed technical instruction documents to meet the data acquisition and management requirements of companies.
- Integrate the total emission with actual production indexes such as raw materials, products, scale, and rate of operation in petrochemical GHG accounting to reflect actual emissions. Try to understand industry emission trend using “big data”.
- Establish an emission factor database applicable to pet-

rochemical companies to improve the accuracy of GHG data in the entire Petrochemical Industry.

■ For petrochemical companies and technical consulting companies to perform GHG accounting, this report makes the following proposals:

- Perform GHG emission reporting investigation and preparation according to state industry guidelines as soon as possible to try locating core links and main devices of GHG emissions internally.
- Large-scale petrochemical companies should develop calculating models for GHG emissions independently and integrate calculating formulas to systems as GHG emission reporting tools to effectively cut time and manpower costs.

■ For third party verification bodies and authentication service companies, this report makes the following proposals:

- Perform capacity building of inspectors according to emission characteristics of the Petrochemical Industry.
- Establish a petrochemical expert library to provide necessary technical support to verification.
- Develop relevant documents such as templates and evaluation forms to ensure unity and consistency in verification.

石化行业是化工行业中以石油和天然气为原料生产化学原料、化学制品乃至衍生品的次级行业，是中国国民经济的支柱产业，国家能源生产大户，同时又是中国六大高耗能高排放行业之一。在国家发改委文件《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）公布的4个“指南”中，石化行业就占了一席之地。基于此，本报告选取石化行业作为研究对象具有典型意义。由于石化行业产业链长，子行业多，产品种类复杂，本报告选择石化行业产业链的核心环节、同时也是排放量最大的油气炼制加工业和化学原料与化学制品业（中的石油化工环节）作为研究重点。

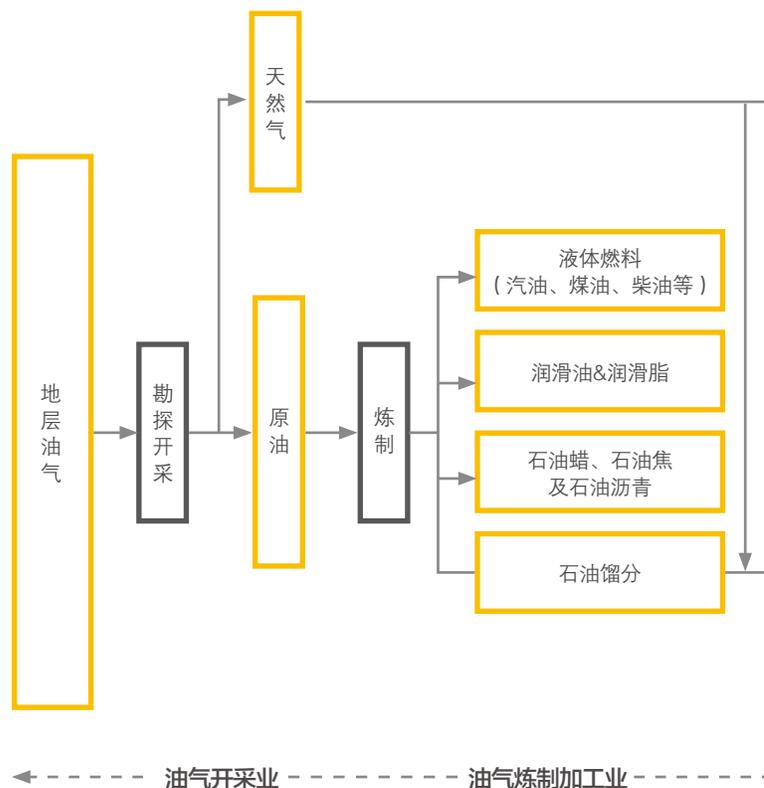
报告结合温室气体数据质量管理的先进理念，对目前国家发改委发布的《石化指南》和石化企业的真实运营及管理情况进行适用性研究，在此基础上提出了石化企业温室气体管理的关键技术，为《石化指南》的进一步升级改版提供支持，也为石化企业建立温室气体统计和管理体系提供建议。研究内容重点关注以下几个方面：

研究对石化行业产业链进行了专业化界定，分析了石化行业温室气体排放现状、趋势和减排潜力；基于石化行业温室气体排放类型和排放源的划分，提出一套识别石化行业温室气体排放

图 1-1 | 石化行业产业链构成（广义）

引言

2014年11月12日，中美两国在北京共同发布《中美气候变化联合声明》（以下简称《声明》）。中国在《声明》中确立了“2030年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰”这一积极而又紧迫的目标，由此，“建立统一的全国碳市场，通过市场手段减排”必将成为实现这一目标的重要途径。2015年9月25日，中国国家主席习近平在访美期间宣布中国会于2017年先于美国设立碳排放交易体系。为加快全国性碳交易市场建设进程，中国政府先后出台了重点企业温室气体排放报告强制制度、重点行业温室气体排放核算体系等一系列政策性文件，为碳交易市场的展开奠定基础。但现有企业在温室气体排放核算与统计方面数据基础能力薄弱，直接影响了企业乃至行业的温室气体排放报告质量和核查工作的顺利开展，进而影响全国减排目标的配额分配和碳交易市场的正常运行。因此，有必要首先依据相关指南对企业温室气体核算、报送及核查过程中的关键技术进行梳理，细化相应的数据统计与管理工作，确保企业有能力开发出高质量的温室气体排放报告，为相关利益者提供有价值的温室气体排放及管理信息，也便于对企业乃至整个行业在国家减排目标约束下的努力及减排绩效进行评估。



源的方法；同时，针对新出台的《石化指南》，对相关数据的收集及获取方式进行可行性分析，并给出了《石化指南》的修订建议；结合数据管理的工作重点，对石化企业提出温室气体排放数据管理建议，针对石化行业的核查难点，对温室气体核查工作提出有效的执行方法；最后，根据研究结果提出相应的结论和工作建议，供石化行业温室气体核算方法学的研究机构、石化企业及第三方核查机构参考使用。

石化行业产业链划分及研究范围的确定

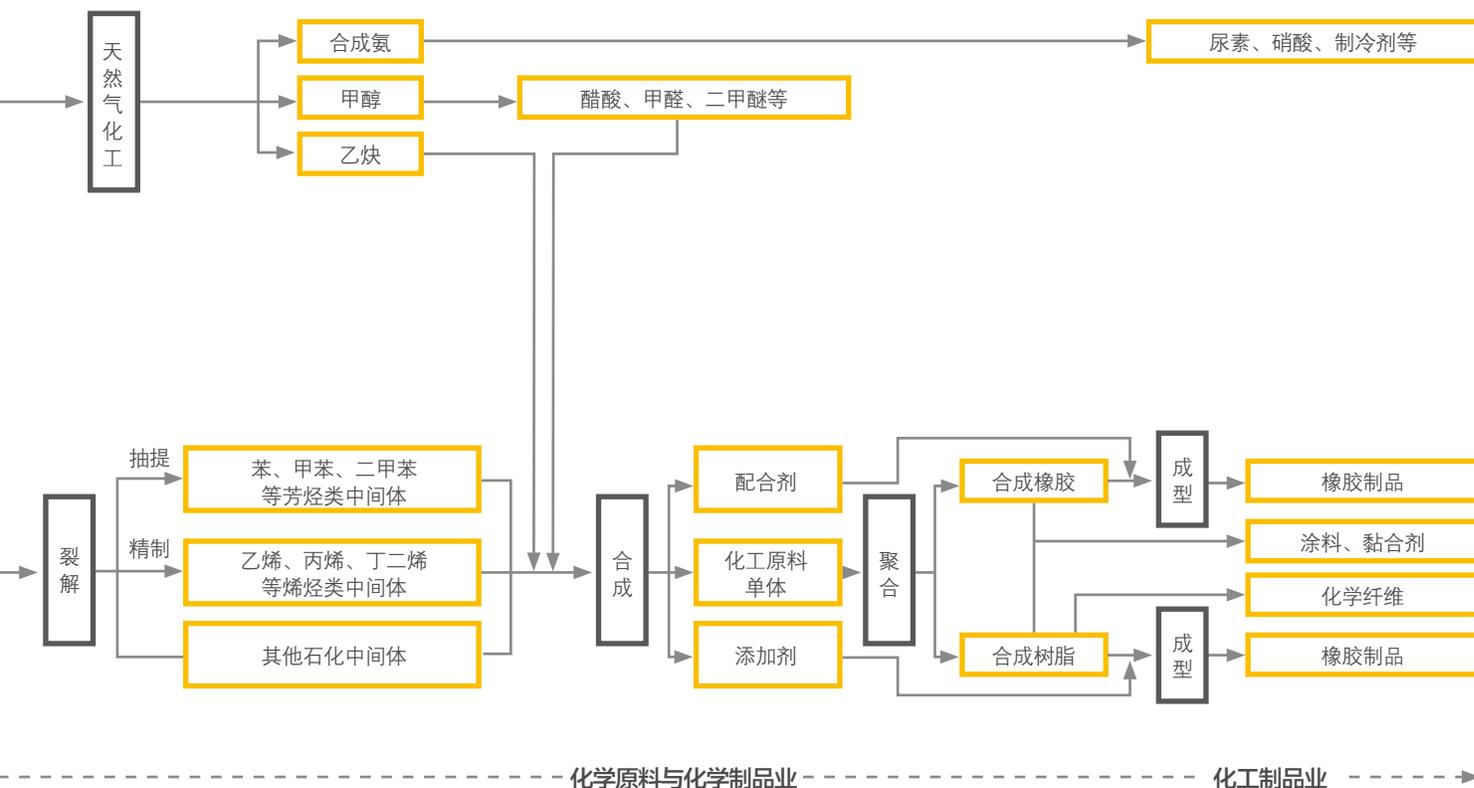
石化行业是中国重要的能源工业和基础原材料工业，具有子行业众多、品种丰富、工艺流程复杂等特点，产品广泛应用于工业生产、人民生活、国防科技等领域，对保证国家能源安全和粮食安全，促进国民经济和社会健康发展，促进相关产业升级和拉动经济增长都具有十分重要的意义。

目前，中国已成为世界第一大化工产品生产国、第二大石油和化学工业产品生产国，多种产品的产量位居世界第一，已经形成

一套门类齐全、产业链结构完整的工业体系。但是，作为能源消费大户，石油和化学工业每年的能源消费量在3亿吨标准煤以上，约占工业能源总消费量的25%，由此产生的温室气体及其他有害的废气、废水和固体废弃物的排放均名列各个工业部门的前列，而且已经严重影响了生态环境的可持续发展和居民的健康安全。据估算，石化行业的温室气体排放总量约为14.3亿吨，占中国温室气体排放总量的14.7%，占世界温室气体排放总量的3.3%⁵。基于此，有必要对中国石化行业温室气体排放状况进行系统性的估算与分析，以便对该行业的节能减排潜力做出定量评估。

1.1 石化行业的产业链结构

从广义上讲，石化行业产业链结构总体分上游、中间体和下游三部分。上游主要是原油开采及炼制加工；中间体主要是原油炼制的裂解产品通过聚合和化合的工艺处理为下游产业提供原料，也称为“中间体原料”；下游主要利用中间体的原料合成各种石化终端产品。整体来看，石化行业产业链较长，子行业众多，从行业源头开始，分为油气开采业、油气炼制加工业、化学原料与化学制品业，以及由塑料、纤维和橡胶成型制品生产等构成的化工制品业，具体结构如图1-1所示。



油气开采业是石化行业的产业链源头。从地层下开采出的原油首先经过石油炼制加工中的原油蒸馏、热加工、催化裂化等过程，生成液体燃料油（包括汽油、煤油、柴油等）、润滑油和润滑脂、固体石油产品（如石油焦、石油沥青和石油蜡等），天然气或炼制获得的石油馏分进一步经过裂解抽提或裂解精制等过程生产出“三苯”（苯、甲苯、二甲苯）、“三烯”（乙烯、丙烯、丁二烯）等中间体。开采出来的天然气则通过净化分离和化学加工（包括裂解、蒸汽转化、氧化、氯化、硫化、硝化、脱氢等多种反应）制取合成氨、甲醇、乙炔及其加工产品等。化学原料与化学制品业则以油气炼制加工及炼焦过程中获得的石油烃类、乙炔、萘等为基础原料，通过合成反应进一步生成添加剂、配合剂及有机化工原料单体等。然后再利用基本有机化工原料单体的聚合反应分别生成合成橡胶、合成纤维、塑料和其他高分子化工产品原料及制品。

1.2 石化行业的温室气体排放分析⁶

自1991年以来，石化行业温室气体排放量总体上持续增长，平均年增长率在6.5%左右。全行业排放温室气体位居工业部门第三位，排在钢铁行业 and 水泥行业之后。

从石化行业不同部门对行业温室气体排放总量的贡献均值来看，化学原料与化学制品业占分量最重，其排放量超过了石化行业排放总量的59.02%，其次是油气炼制加工业，约占石化行业排放总量的19.99%，油气开采业排放的温室气体相对较少，占比约为9.61%，但却高于石化行业下游化学纤维(5.02%)、塑料制品(3.34%)及橡胶制品(3.02%)等子行业，如图1-2所示。

从不同能源对温室气体排放量的贡献来看，由煤炭、石油及天然气消费导致的直接排放量与由行业所需热力和电力在生产过程中的间接排放量大致相当。在直接排放中，由天然气消耗导致的排放量最小，约占8.51%，煤炭、石油消耗导致的排放量分别占直接排放量的约49.05%、42.44%。在间接排放量中，外购电力（尤其是火电）在生产过程中导致间接温室气体排放量呈现阶段性持续增长，年均增长率超过8%。

从万元工业增加值的温室气体排放量（即排放强度）来看，1991年以来石化行业温室气体排放强度呈现持续下降的趋势。从1991年的41.9吨CO₂e/万元下降到2010年的14.17吨CO₂e/万元，年均降幅在5%左右，充分显示了石化行业这些年来在节能减排工作方面的努力及成效。2013年，石化行业万元工业增加值能耗比2005年累计下降46.9%，超过同期全国万元工业增加值能耗降速11.4个百分点⁷，为国家节能减排工作做出了重要贡献。但同时，石化行业也面临着能耗总量继续增长的严峻形势。2013年，全行业综合能源消费量首次突破5亿吨标准煤，达到5.01亿吨标准煤，同比增长6.1%。相应地，石化行业在未来一段时间的温室气体排放量仍将呈现持续稳定的增长。“十二五”时期，中国石油和化学工业联合会确立了“2015年全行业单位工业增加值的二氧化碳排放

量比‘十一五’末下降15%”的低碳减排目标。这一低碳化目标不但要求石化行业各子行业必须减少温室气体排放，同时还要求石化行业全生命周期过程都必须实现减排。从石化行业产业链的核心环节——原油炼制来看，与发达国家相比，中国石化工业总体上装置规模较小、炼油厂平均规模较小、炼油综合能耗较高，与此相应的温室气体排放也会高于发达国家。从石化行业下游化学原料的制取及后期废弃物处置环节来看，不但自身排放一定量的温室气体，同时，其所生产的产品和开发技术对其他行业温室气体排放也有重要影响。从化学协会国际理事会（ICCA, The International Council of Chemical Associations）对全球化学工业温室气体排放的研究来看，生产过程产生的排放占排放总量的将近70%。其中，维持生产过程所需的燃料燃烧产生的直接排放占31%，为维持生产所需的主要能源——电力导致的间接排放占32%，由化学反应等导致的工艺过程排放则占37%。

从能源的直接消耗和间接消耗的减排潜力来看，随时间推移，全行业的减排潜力呈现出此强彼弱的趋势。2022年之前，减排潜力主要来自于除油气加工炼制业以外的其余子行业间接排放总量的控制。2022年之后，减排潜力则主要来自于对石化行业自身化石能源直接消耗总量的控制。分别控制直接排放和间接排放带来的减排潜力比较如图1-3所示。

1.3 研究范围的确定

从以上的研究结果来看，广义石化行业产业链结构涉及的六大子行业中，油气炼制加工业和化学原料与化学制品业温室气体排放对全行业影响最大。经过与目前发布的《石化指南》的适用范围进行比对，发现《石化指南》主要适用于生产石油产品和石油化工产品的企业，包含本文识别出的对石化行业产业链影响最大的两个环节。故本报告将研究范围聚焦于这两个子行业，并且对石化行业产业链结构进行狭义上的界定，具体包括油气炼制加工业和化学原料与化学制品业的上游环节——石油化工业，如图1-4所示。

本章小结

本章作为本报告的开篇部分，对石化行业温室气体排放概况、趋势及减排潜力进行了简要回顾，在此基础上对石化行业产业链结构从狭义上进行了重新界定，明确了本报告的研究范围，为后续研究提供分析基础。

■ 石化行业温室气体排放概况

广义的石化行业产业链从其结构源头开始，包括油气开采业、油气炼制加工业、化学原料与化学制品业，以及由塑料、纤维及橡胶成型制品生产等构成的化工制品业六大子行业。从石化行业各子行业温室气体排放历史来看，化学原料与化学制品业排放量约占石化行业排放总量的59%，其次是油气炼制加工业，其排放量约占石化行业排放总量的20%。

图 1-2 | 石化行业各子行业温室气体排放量占比 (%)

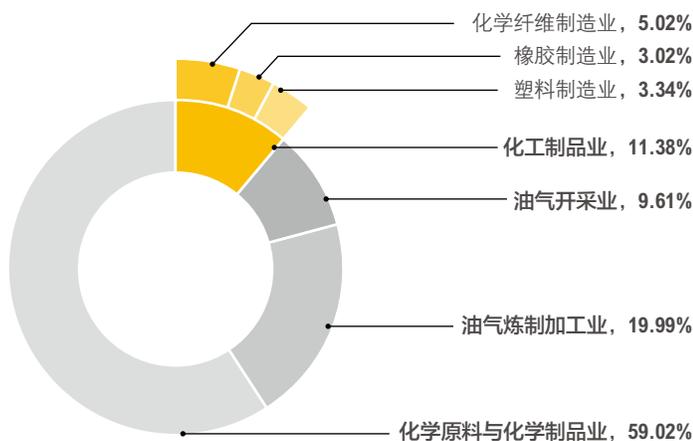


图 1-3 | 分别控制直接排放和间接排放带来的减排潜力比较

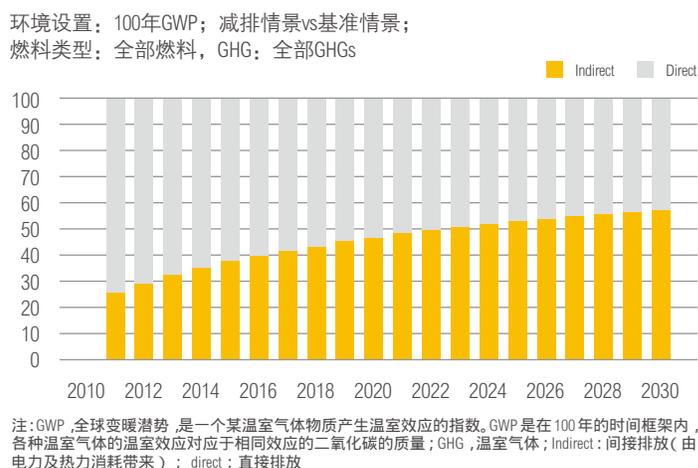
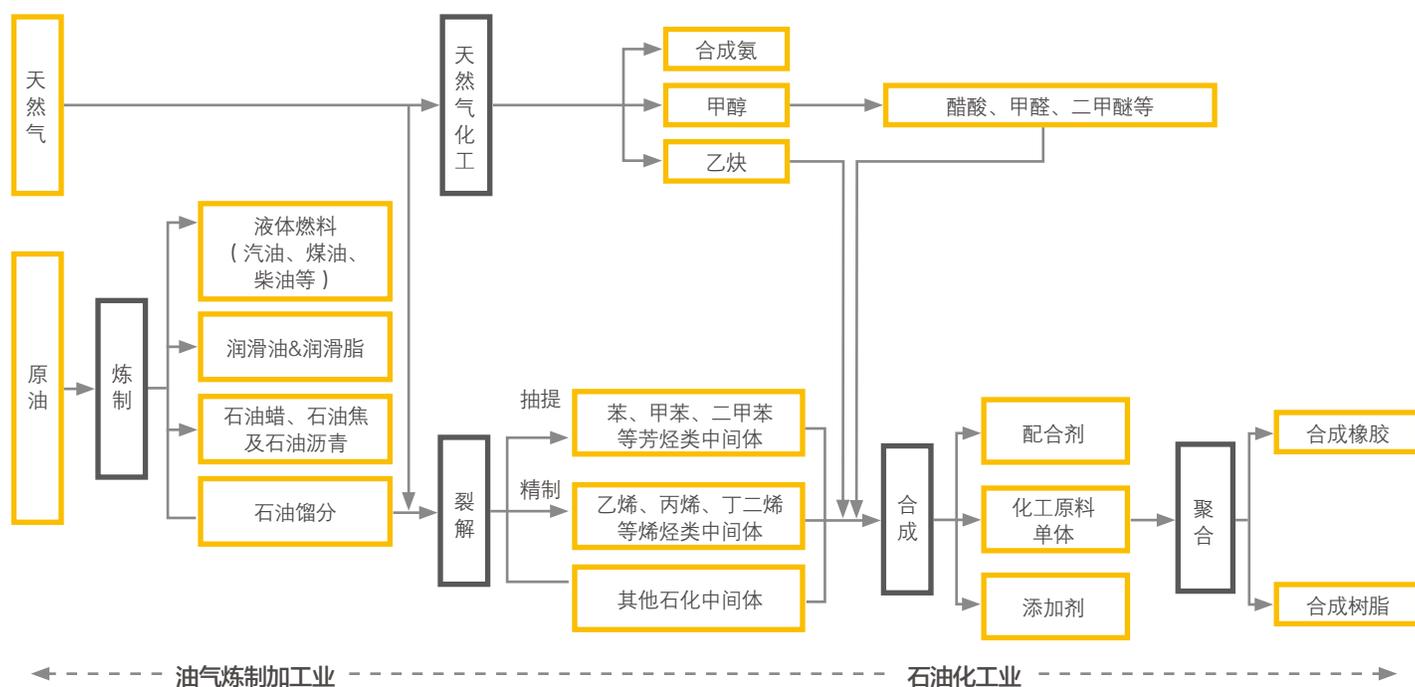


图 1-4 | 石化行业产业链构成 (研究范围: 狭义石化产业链)



石化行业温室气体排放趋势及减排潜力

从石化行业各子行业的减排潜力来看，油气炼制加工业比其他子行业具有更大的减排潜力，其次是塑料制品业，以及化学原料与化学制品业。

本报告研究范围的确定——狭义的石化行业产业链

本报告将研究重点聚焦于广义的石化行业产业链中排放量最

突出，同时又最具有减排潜力的两个子行业，并结合行业习惯与石化企业调研结果，界定了狭义上的石化行业产业链概念。狭义上，石化行业产业链包括的子行业为油气炼制加工业和石油化工业两大环节。其中，石油化工业属于化学原料与化学制品业的上游环节。这一界定将为后续章节研究对象的选取及分析提供最基本的依据。同时，狭义的石化行业产业链和目前《石化指南》的适用范围相符合。

石化行业温室气体排放源 的分类与识别

从组织系统的观点来看，石化行业是一个以能源活动为基础，同时又以能源产品、化工原料及制品生产为核心，以石化原料及产品运输为纽带，以废弃物处理为保障的复杂系统。石化行业的温室气体排放源识别工作是一项需要从行业层面逐步深入到企业层面、从通用指南逐步落实到实操方案的、极具挑战性的工作。本章首先基于《IPCC指南》对石化行业温室气体排放源类型进行划分，在此基础上结合现有的《石化指南》，提出一套用于石化企业温室气体排放源识别的层级化方法，供石化企业及第三方核查机构参考使用。

2.1 石化行业温室气体排放源类型的划分

按照《IPCC指南》的活动一部门划分方法，结合石化行业自身的实际情况，可将石化行业的温室气体排放源划分为能源活动、工业过程及产品使用，以及废物处理三大类⁸。其中，能源活动导致的排放主要是在原油炼制业、石化原料及石化产品制造业发生的固定源燃烧，以及在石化物料及产品运输过程中由运输工具导致的移动

源燃烧，其次是油气系统发生的温室气体逸散排放。另一类排放源主要来自于基本石化原料、有机化工原料、化学制品及合成材料的工业制造过程以及产品消耗导致的排放。第三类温室气体排放源来自于石化企业废物处理(包括固体废物与废水)过程导致的排放。

2.1.1 能源活动排放源分类及定义

石化行业的能源活动排放主要指燃料作为能源使用时通过燃烧和逸散引起的排放。燃料作为非能源使用的排放则放入2.1.2部分讨论。石化行业由能源活动导致的温室气体排放源及定义见表2-1。

由燃料作为能源使用时产生的燃烧源分为固定燃烧源和移动燃烧源。在固定燃烧源燃烧过程中，大部分碳元素以CO₂形式迅速排放。部分碳元素则以CO、CH₄或非甲烷挥发性有机化合物(NMVOCS)的形式排放到大气中。作为非二氧化碳碳种类排出的多数碳最终会在大气中氧化成CO₂。移动燃烧源直接产生温室气体排放，包括CO₂、CH₄和各类燃料燃烧排放的N₂O，以及促成当地空气污染的其他污染物，如CO、NMVOCS、SO₂、微粒物质(PM)和氮氧化物(NO_x)。油气系统的逸散排放也是温室气体的直接来源之一，通过逸散排放的主要气体包括CH₄和CO₂，还有部分由火炬气燃烧活动导致的碳原子、碳氢化合物及N₂O排放等。

表 2-1 | 石化行业能源活动温室气体排放源分类及定义

排放源名称	定义	温室气体	《石化指南》纳入情况
A 石化业燃料燃烧活动	燃料发生在设备内(外)的特定氧化过程，其目的是作为能源为某流程提供、增加热量或机械功，由该特定氧化过程引起的排放		在《石化指南》中被称为“燃料燃烧排放”(仅考虑CO ₂ 一种温室气体)
A1 油气加工炼制业(固定源燃烧)	所有为支持油气产品的加工与提炼发生的燃烧活动产生的排放，亦包括这些工业企业自备发电厂及供汽锅炉产生的燃料燃烧排放		纳入《石化指南》：在油气炼制过程中的一系列生产装置中的加热炉、锅炉等设备产生的燃料燃烧排放都核算并报告(仅考虑CO ₂)
A2 石化原料及产品制造业(固定源燃烧)	石化原料与产品(包括化学原料与化学制品、化学纤维、塑料、橡胶)制造工业中燃料燃烧产生的排放，亦包括这些工业企业自备发电厂及供汽锅炉产生的燃料燃烧排放	以CO ₂ 排放为主，同时产生少量的CH ₄ 和N ₂ O	在石化原料与产品生产过程一系列生产装置中的裂解炉、换热器及反应器产生的燃料燃烧排放都核算并报告(仅考虑CO ₂)
A3 石化运输业(移动源燃烧)	石化企业拥有的为生产服务的所有运输设备所耗燃料燃烧产生的CO ₂ 等释放到大气中带来的排放		在《石化指南》中没有将运输业的移动源燃烧排放单独列出，统一放入燃料燃烧排放源之下。但主要核算企业地理运行边界内的移动源排放
a 航空/直升机	主要指石化行业内企业组织自备直升机在运送物料或员工过程中起飞和着陆时的排放，以及第三方航空公司运送雇员或物料过程中起飞和着陆时的排放		此类别尚未被纳入《石化指南》，可参考《中国民航企业温室气体排放核算方法与报告格式指南》进行核算

转下页面

表 2-1 | 石化行业能源活动温室气体排放源分类及定义

排放源名称	定义	温室气体	《石化指南》纳入情况
b 公路	石化行业内企业组织自有车辆在运送物料或员工途中由燃料燃烧和蒸发所导致的排放，以及第三方车辆在运送物料或员工途中由燃料燃烧和燃油蒸发所导致的排放	以 CO ₂ 排放为主，同时产生少量的 CH ₄ 和 N ₂ O	此类别尚未被纳入《石化指南》，可参考何立强在《2010 年中国机动车 CH ₄ 和 N ₂ O 排放清单》中提供的核算方法 ⁹
c 铁路	与石化生产运营相关的货运火车在运输途中产生的排放		此类别尚未被纳入《石化指南》
d 水运	通过江、河、海运送物料或员工过程中驱动水运船只的燃料排放，包括气垫船和水翼船		此类别尚未被纳入《石化指南》
e 管道	石化行业内由泵站运行和管道维护产生的燃烧排放。管道运输包括原油、天然气、液化天然气 (LNG)、泥浆和其他物料的管道运输		此类别尚未被纳入《石化指南》
f 场内运输机械	石化企业内部和生产运营相关的运输机械在使用过程中由燃料燃烧以及燃油蒸发导致的排放		在《石化指南》中被纳入“燃料燃烧排放源”(仅考虑 CO ₂)
B 油气系统的逸散排放	除燃料燃烧之外，由始于井源的油气生产、收集、处理或提炼和将油气产品送往终端消费市场(加油站)所需的一切基础设施逸散产生的排放		
B1 泄放	油气系统设施中相关天然气和废气/蒸汽流人为泄放产生的排放。泄放包括废气流和过程副产品到大气的所有操纵释放即有意的释放，包括紧急释放	以 CO ₂ 和 CH ₄ 为主，同时产生少量的 N ₂ O	此类别尚未被纳入《石化指南》，如需核算请参考《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)》
B2 火炬燃烧	喷焰燃烧或焚化装置废天然气和碳氢化合物的所有燃烧，仅作为一种处置方法，而非为了生产有效的热量或能源		在《石化指南》中被纳入“火炬燃烧排放源”，且被分为正常工况火炬和事故火炬两种情况。根据调研了解，目前石化企业的火炬燃烧均为非正常工况火炬，且企业燃烧火炬前需要报批。排放方式分为连续排放和间断排放。《石化指南》中的内容及描述需要进行相应的修正(仅考虑 CO ₂)
B3 所有其他	油气系统设施中设备泄漏、储存损失、管道破裂、未明确说明的任何其他系统设施中的气体释放		此类别尚未被纳入《石化指南》，如需核算请参考《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)》
C 外购电力和热力隐含的排放	石化企业生产运行所需电力和热力(仅指净外购部分)由第三方(如电厂、热力公司)在生产该部分电力、热力过程中导致的间接排放	以 CO ₂ 排放为主，同时产生少量的 CH ₄ 和 N ₂ O	在《石化指南》中被纳入“净购入电力和热力隐含的 CO ₂ 排放”(仅考虑 CO ₂)
C1 外购电力	石化企业生产运行所需电力(仅指外购部分)由相关电力企业在生产过程中导致的间接排放		纳入《石化指南》(仅考虑 CO ₂)
C2 外购热力	石化企业所需热力(仅指净外购部分)由外部热力生产企业(工厂、热力公司及热电厂等企业)在生产该部分热力过程中导致的间接排放		纳入《石化指南》(仅考虑 CO ₂)

来源：结合《IPCC 指南》(2006 版)、《国际石油行业温室气体排放估算纲要》(2009 版)¹¹、《美国环保署报告 GHG 指南》(2009)、《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南》(2015)等资料整理¹²。

2.1.2 石化工业过程及产品使用排放源分类及定义

另一部分温室气体排放来自生产各种石化原料及制品的化学反应过程。生产不同物质、使用不同工艺会导致不同的温室气体排放。由于石化行业生产的原料及产品有上万吨，限于篇幅无法在此详细统计。本课题仅选取被《IPCC指南》列入石化温室气体排放统计范围的主要产品。这些产品包括乙烯、氨气、己二酸、己内酰胺、甲醇、环氧乙烷、丙烯腈等。初步编制的温室气体排放清单见表2-2。同时，石化生产装置产生的催化剂烧焦排放也在此部分讨论。

在研究石化产品生产过程排放的过程中，本课题发现在《石化指南》中提出了“乙二醇/环氧乙烷生产装置”产生的排放。但调研发

现，目前制取乙二醇的所有生产方法化学反应过程副产品都不产生CO₂或其他温室气体。因此，在表2-2中没有考虑乙二醇。但是如果以乙烯为原料，生产环氧乙烷的过程中会产生CO₂，详情见表2-2。

《石化指南》还在工业生产过程排放部分纳入了“石油焦煅烧装置”产生的排放。石油焦是渣油经过炼厂的延迟焦化装置加工之后的一种焦炭，又被称为“生焦”，如果要被加工成炼铝或者炼钢使用的电极，才需要将“生焦”放入石油焦煅烧装置进行高温煅烧，使其完全碳化。所以，石油焦一般被石化企业直接用作燃料，或者作为产品出售给电极生产企业或钢铁企业，而石化企业基本不会设有石油焦煅烧装置，故此温室气体排放源应该从《石化指南》中移除。

表 2-2 | 石化工业过程及产品使用排放源分类及定义

排放源名称	定义	温室气体	《石化指南》纳入情况
石化产品生产过程排放			
A 乙烯	通过石化原料的蒸汽裂解方式制乙烯的过程会生成含 CO ₂ 、CO、H ₂ S 等杂质的裂解气 裂解气进入管网，如果 CO 含量较高一般回收做燃料燃烧。硫化氢可通过回收硫提取	CO ₂ CH ₄	结合具体情况在《石化指南》中应被列为“燃料燃烧排放”和“工业生产过程排放”，硫黄回收过程的排放分析见下 除了乙烯（同时副产丙烯）在生产过程中会副产 CO ₂ 、CH ₄ 等温室气体以外，其他几种主要石化原料苯、甲苯、二甲苯的生产过程不会产生温室气体排放（仅考虑 CO ₂ ）
B 二氯乙烷和氯乙烯	通过乙烯氯化过程制备二氯乙烷，再通过二氯乙烷裂解产生氯乙烯单体的组合工艺流程中，约 3% 的乙烯原料被氧化生成 CO ₂ 或其他氯化的碳氢化合物。氯化的碳氢化合物在排放到大气之前经过热焚烧或催化焚烧过程转化为 CO ₂	CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”（仅考虑 CO ₂ ）
C 环氧乙烷	通过乙烯催化氧化反应生成环氧乙烷的过程中副产 CO ₂	CO ₂	在乙烯为原料制取乙二醇过程中，其中间产品环氧乙烷的生成过程会副产 CO ₂ 。《石化指南》中的表述有歧义，建议更正。在《石化指南》中被纳入“工业生产过程排放”（仅考虑 CO ₂ ）
D 氨气	以天然气（主要是 CH ₄ ）为主要原料经过催化蒸汽重整产生无水氨气的化学反应过程以二氧化碳为副产品	CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”（仅考虑 CO ₂ ）
E 丙烯腈	通过催化氨气（NH ₃ ）、氧气与丙烯的直接氨氧化法（SOHIO 过程）。该反应过程中大约 15% 的丙烯原料与氧气反应产生副产品 CO ₂ 或其他碳氢化合物	CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”（仅考虑 CO ₂ ）
F 己内酰胺、乙二醛和乙醛酸			
F1 己内酰胺	以苯为原料，经过一系列氢化和氧化反应生成己内酰胺的典型工艺中，氨气氧化过程产生 N ₂ O 的排放，氨基甲酸铵与 NO/NO ₂ 反应生成硝酸铵过程产生 CO ₂ 的排放	N ₂ O、CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”（仅考虑 CO ₂ ）
F2 乙二醛	乙醛（C ₂ H ₄ O）与一定浓度的硝酸（HNO ₃ ）通过氧化获得乙二醛的反应过程副产 N ₂ O	N ₂ O	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”（仅考虑 CO ₂ ）

转下页面

表 2-2 | 石化工业过程及产品使用排放源分类及定义

排放源名称	定义	温室气体	《石化指南》纳入情况
F3 乙醛酸	通过乙二醛的硝酸氧化获得乙醛酸的反应过程副产 N ₂ O	N ₂ O	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)
G 电石(碳化钙)	加热碳酸钙(石灰石)，然后用石油焦等含碳原料还原石灰石(CaCO ₃)生成电石的过程中排放 CO ₂	CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)
H 甲醇	以天然气为原料经过蒸汽重整、变换反应和合成反应生成甲醇的过程会副产 CO ₂ 、CO 和 H ₂	CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)
I 碳黑	通过以重质芳烃油热分解为主的炉黑过程获得，炉黑过程中的泄放气体包含 CO ₂ 、CO、硫化物、CH ₄ 和 NMVOCs	CO ₂ CH ₄	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)
J 石油焦	石油焦煅烧过程中产生的 CO ₂ 排放，石油焦煅烧是将石油精炼中产出的阳极级含油焦转化成具有一定结构的近乎纯碳的物质。煅烧的焦炭用来生产电解铝工业的阳极	CO ₂	目前被《石化指南》纳入作为温室气体排放源，但是石油焦煅烧装置一般存在于钢铁生产及电极加工企业，不应纳入《石化指南》，建议移除
K 制氢	石化企业用天然气、炼厂干气、轻质油、重油或煤为原料通过烃类蒸汽转化法、部分氧化法或变压吸附法制取氢气。生产过程中会产生二氧化碳	CO ₂	依据《石化指南》中的描述，应被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)
L 硫黄回收	对于以酸性气为原料的硫黄回收工艺，生产过程排放来源主要是酸性原料气中含有的 CO ₂ 硫黄回收装置焚烧炉的燃料气造成的 CO ₂ 排放，已列入固定排放源中，因此不应再计入制程排放 还应关注，目前硫黄回收装置基本都带有尾气净化系统，即尾气加氢还原或 SCOT (Sell Claus Off-gas Treating) 工艺，需要氢源；而氢的来源有 2 个，其一为来自制氢装置，其二为硫磺装置自身带有的在线炉，用瓦斯气体直接制氢，反映过程也会产生 CO ₂ ，如果发现企业应用相关技术需要考虑此排放源，但应放入燃料燃烧部分考虑。	CO ₂	《石化指南》中未考虑此过程的产生的排放，应被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)
催化剂烧焦产生的排放			
M 催化剂烧焦 / 再生	在石油化工生产过程中要使用各种各样的催化剂，某些工艺过程的催化剂会出现结焦，反应的副产物焦炭沉积在催化剂的表面上，容易使催化剂失去活性，需要进行催化剂烧焦，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、催化重整及各类加氢工艺等 而催化剂烧焦和再生的处理方式也分为连续烧焦、间歇烧焦、委外烧焦、水力和机械清焦等 催化裂化：在原油炼制环节的催化裂化装置需要对催化剂进行连续的烧焦再生过程，CO ₂ 的排放量非常显著。 很多石化企业都开始委托专业催化剂再生公司进行器外再生，不应算作石化企业的温室气体排放源 调研发现，延迟焦化装置都会使用水力和机械的清焦方式，这种方式不会产生温室气体排放	以 CO ₂ 排放为主，同时产生少量的 CH ₄ 和 N ₂ O	在《石化指南》中被纳入“工业生产过程排放”(仅考虑 CO ₂)

来源：由本文作者结合《IPCC 指南》(2006 版)、《国际石油行业温室气体排放估算纲要》(2009 版)¹⁴、《美国环保署报告 GHG 指南》(2009)¹⁵、《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南》(2015)¹⁶、《石油化工生产企业 CO₂ 排放量计算方法》(2011)¹⁷ 等资料及石化企业现场调研结果总结整理。

2.1.3 石化行业废弃物及其处理过程的排放源分类及定义

目前《石化指南》中并未纳入石化行业废弃物及其处理过程产生的排放。按照《IPCC指南》，废弃物依据来源可以分为城市固体废物、污泥、工业废弃物、危险废弃物及医疗废弃物等，依据形态可分为固体废物、废液废水及废气。石化行业各子行业废弃物产生率和成分不尽相同，这取决于各子行业的经济形势、工业过程、工艺流程等，废弃物的排放则与其处理和处置方式息息相关。废弃物在处理和处置过程中会产生大量的CH₄、CO₂、非甲烷挥发性有机化合物(NMVOCs)、氧化亚氮(N₂O)、氮氧化物(NO_x)和一氧化碳(CO)等。

按照处理和处置方式，废物处置可以分为管理的废物处置和未管理的废物处置。未管理的废物在露天自然分解过程中会排放CO₂、N₂O、CH₄等，其排放程度与废物自然分解的速度及难易程度有关。缓慢分解的废物如纸张、纺织品废物，轻度降解废物如园地

废物，快速降解废物如污泥。可管理的废物处理和处置方式包括生物处理方法、焚化和露天焚烧、有氧处理、厌氧处理等。对于固体有机废物，若采用生物处理方法，如堆肥处理和厌氧分解，则可能产生大量的CO₂、N₂O、CH₄。固体和液体废物在可控的焚化设施中引入空气使其尽量完全燃烧，或在自然界露天垃圾场将多余的可燃废弃物，如纸张、木头、塑料、纺织品、橡胶、废油和其他废屑等通过焚烧的方式进行处置，燃烧时烟和其他排放物直接释放到空气中。废弃物的焚化和露天燃烧是温室气体排放源之一。通常情况下，废弃物焚烧产生的CO₂排放多于CH₄和N₂O排放。对于产生于石化行业各工业源的废水，处理方式通常包括未经收集的就地处理(排放)和通过下水道汇集到污水处理厂进行集中处置。废水及其淤渣若经厌氧处理或处置，便会造成N₂O、CH₄的排放。N₂O与废弃物中的氮成分降解有关，如尿素、硝酸盐和蛋白质。废弃物处理的温室气体排放源清单见表2-3。

表 2-3 | 石化行业废弃物及其处理过程的排放源分类及定义

排放源名称	定义	温室气体	《石化指南》纳入情况
A 固体废物处理			
A1	未管理的固体废物处置	在露天垃圾场通过自然分解或降解排放温室气体	CO ₂ 、CH ₄ N ₂ O
A2	生物处理	有机废弃物(如食品垃圾、花园、庭院、公园废弃物和废水淤渣)经过生物处理减少废弃物材料的体积、稳定废弃物、灭除废弃物材料中的病原体，以及生产作为能源的沼气	CO ₂ 、CH ₄ N ₂ O
a	堆肥处理	废弃物材料中大部分可降解有机碳(DOC)通过堆肥处理排放CO ₂ 、N ₂ O和CH ₄	CO ₂ 、CH ₄ N ₂ O
b	厌氧分解	有机物的厌氧分解加速了无氧气时有机材料的自然分解，释放CH ₄	CO ₂ 、CH ₄ N ₂ O
c	机械—生物(MB)处理	废弃物材料经过一系列机械(如材料的分离、粉碎和碾碎)和生物的处理，释放少量CH ₄	CO ₂ 、CH ₄ N ₂ O
B 固、液废物焚化和露天燃烧			
		在可控的焚化设施或露天垃圾场燃烧，排放CO ₂ 、CH ₄ 和N ₂ O，除此以外还可能排放NMVOCs、CO、NO _x 和SO _x	CO ₂ 、CH ₄ N ₂ O
C 废水处理和排放			
C1	未管理的就地处理	排放至河、海、湖泊、下水道	CH ₄ 、N ₂ O
C2	有氧处理	在分级处理废水过程中可能会使用化粪池或污水处理厂创造有氧条件，促进微生物部分降解	N ₂ O、CH ₄
C3	厌氧处理	利用深度化粪池或厌氧反应堆创造降解环境	CH ₄

来源：由本书作者结合《IPCC指南》(2006)、《国际石油行业温室气体排放估算纲要》(2009版)¹⁸、《美国环保署报告GHG指南》(2009版)等资料整理¹⁹。

2.1.4 石化行业二氧化碳的回收及利用

石化行业二氧化碳排放压力巨大，因此积极开发二氧化碳回收、分离与利用技术，是减少碳排放的重要研究方向之一。石化企业如果设有相关的二氧化碳回收利用技术，应量化核算并报告具体二氧化碳的回收利用量。在目前的《石化指南》中，就考虑了二氧化碳的回收利用量，并将其从企业从排放量中予以扣除。

二氧化碳回收利用的途径具体表现为以下几个方面：

目前，二氧化碳捕捉主要有3种技术路径：燃后捕获（从燃烧生成的烟气中分离二氧化碳）、燃前捕获（又称氧气/二氧化碳燃烧技术或空气分离/烟气再循环技术）和富氧燃烧（通过燃前脱碳即在燃烧前将燃料中的碳脱除）。其中燃前捕获技术只能用于新建发电厂，另两种技术则可同时应用于新建发电厂和既有发电厂。

二氧化碳在石油化工方面的利用有多种途径，可制取新型燃料、基础化工原料、绿色环保化工原料和产品等。例如，二氧化碳转变为汽油单程收率为26%，日本开发以二氧化碳和天然气为原料的两步法高效合成烃新工艺，反应的单程收率为80%，合成的烃可简单分离得到汽油、柴油、煤油等；在催化剂作用下可以与氢气、水、氧、氨等反应，生产甲醇、二甲醚、低碳烯烃、低碳醇、混合燃料、合成酯和羧酸、合成氨、甲酸及其衍生物、醛类等²⁰。

以《IPCC指南》为依据，国家发改委也在2015年初发布了《石化指南》。里面基本锁定了石化企业核算边界内的关键排放源，且识别出了催化剂烧焦和再生过程产生的工业过程排放，在《IPCC指南》中并没有考虑此种排放源。同时，《石化指南》还考虑了CO₂回收利用对企业整体排放的影响。考虑到企业的数据收集和上报能力，在目前的《石化指南》中，尚未列入废物处理过程排放及油气系统产生的逸散排放。在温室气体种类方面，目前仅纳入CO₂一种气体。本报告对于温室气体的分析与《石化指南》大致保持一致，集中于对CO₂、CH₄和N₂O进行分析。温室气体主要包括CO₂、CH₄以及少量的N₂O。CO₂是最主要的温室气体，主要来源于石化企业内部化石燃料燃烧和产品生产过程排放；CH₄主要来源于原油炼制加工和化工原料与制品生产过程的设备逸散；N₂O一般与某些特定的石化生产过程有关，除此以外，部分化石燃料燃烧也会产生少量的N₂O排放²¹。在石化企业中，CO₂贡献了97.67%的温室气体排放，CH₄和N₂O分别占了2.25%和0.08%²²。

2.2 石化企业的类型划分

识别石化企业温室气体排放源的第二步是在明确石化行业温室气体排放源涉及的主要活动基础上，进一步确认石化企业的生产类型，识别出该企业的核心产品及其生产装置。目前国内几家大型国营石化企业和化工集团公司都在走“上下游一体化”的道路，除生产燃料油和化学原料之外，有些石化企业也会结合市场需要生产一些化学制品及化工成型制品（如塑料制品、化学纤维和橡胶制品等），所以现在一般把石化企业称为石油化工联合生产企业。识别

温室气体排放源之前，首先要了解企业是属于炼油企业、石油化工企业还是以化工产品生产为主的企业（如乙烯生产企业）。

专栏 2-1 | 石化联合企业的类型划分

石油化工联合企业按产品特点可分为三种类型：

• 以炼油为主的联合企业

这类联合企业是在石油炼厂的基础上发展起来的燃料化工型炼厂，以生产各种油品为主，化工产品为辅，例如中国石油天然气股份有限公司大连石化分公司、美国的加利福尼亚标准石油公司（Standard Oil of California, Socal）等。大连石化分公司具有年加工原油20.5Mt的能力，位居中国第一。公司拥有炼油生产装置48套，化工生产装置7套，生产燃料油、润滑油、石蜡、苯类、聚丙烯等200多种石化产品。

• 油化并重的联合企业

这类联合企业在大量生产各种油品的同时，还用烃类裂解等技术生产各种化工产品。其化工装置的初始原料均取自炼油厂。例如：中国石油化工股份有限公司下属的镇海炼化分公司、上海石化分公司、天津石化分公司，以及中国石油天然气股份有限公司下属的独山子石化分公司、美国的菲利浦石油公司等。镇海炼化分公司具有年加工原油23.0Mt的能力，同时生产芳烃、聚丙烯等石油化工产品。2010年建成1.0Mt/a乙烯工程，炼化一体化率（化工轻油占原油加工量的比率）达到25%，成为国内最大的油化并重型联合企业。上海石化分公司年加工原油15.6Mt（2013年），主要产品为成品油、乙烯、丙烯、对二甲苯合成树脂及共聚物、合成纤维单体及聚合物等。天津石化分公司年原油加工能力为15.50Mt，拥有中国境内规模最大的100Mt乙烯裂解单套装置和全球规模最大的45万吨聚丙烯单套装置。乙烯年生产能力可达1.2Mt，是中国目前最大的乙烯生产基地，产品主要包括石油炼制、化工、化纤三大类产品。

• 以化工为主的联合企业

这类联合企业以生产石油化工产品为主，原料来自炼油装置，典型石化产品如乙烯、芳烃类产品及其聚合物等。如中国石油化工股份有限公司下属的燕山石化分公司、巴陵石化分公司、扬子石化有限公司，美国的埃克森美孚（Exxon Mobil）公司、沙特的Petrokemya公司等。燕山石化分公司目前原油年加工能力10.0Mt以上，乙烯年生产能力超过0.8Mt，是中国最大的合成橡胶、合成树脂、苯酚、丙酮及成品油生产基地之一。巴陵石化分公司是集油、化、纤、肥于一体的特大型石化联合企业和中国最大的SBS、环氧树脂、己内酰胺和环己酮生产基地，主要产品达到160多种。扬子石化有限公司原油年加工能力为9.0Mt，乙烯年生产能力为0.65Mt，除此以外，每年可生产聚烯烃塑料、聚酯原料、基本有机化工原料、油品、合成橡胶5大类60余种产品900余万吨，是目前中国最大的纯苯、对二甲苯、邻二甲苯、精对苯二甲酸（PTA）、乙二醇、丁二烯和环氧乙烷生产供应商之一。

来源：类型划分参考《石油产业经济学》中提出的分类方法²³并依据各石化公司网络公开信息整理总结。

2.3 石化行业温室气体排放源识别方法

从以上对石化企业的分类可以看出，现在石化企业大都为炼油和化工一体化的综合性企业，即便以炼油为主的联合企业，也多设有化工装置，产品种类繁多，生产流程复杂，每一类企业在对其温室气体排放源识别及排放统计过程中都可能存在不同的方法或工具，从而使得企业统计结果难以得到有效确认，同时也不利于第三方核查工作的进行。因此，有必要建立一套易于为企业理解与接纳、且思路清晰、操作性强的石化企业温室气体排放源识别一般方法。

本节基于前述确定石化行业核算范围，结合上述各类石化企业的核心产品及生产特性，提出了一套基于企业生产系统的层级化排放源识别方法。层级化是指将石化企业温室气体排放源识别对象自上而下逐次划分为“生产系统—排放单元—排放设备/装置”三个层级。具体而言是指，首先依据石化企业的类型及运营范围对其生产系统进行划分，每一套生产系统又可以进一步划分为不同的温室气体排放单元，每一个独立的排放单元所包含的各个生产设备（或装置）则是石化企业温室气体源识别与排放量统计的基本单位。

本节选取以原油和天然气为原料加工制取的、温室气体排放较大的石化产品生产企业，梳理各产品的典型生产工艺流程，并对企业温室气体排放源进行识别，从而为石化行业温室气体排放报告及核查提供关键技术支持。此套方法不仅适用于石化行业的各类企业，对于其他类型工业企业也有一定的借鉴作用。

2.3.1 划分企业内部的生产系统

根据《石化指南》中的定义，企业应核算并报告在运营上受其控制的所有生产设施产生的温室气体排放。对于制造型工业企业，其报告边界内会包括主要生产系统（又称“基本生产系统”）、辅助生产系统，以及直接为生产服务的附属生产系统。这个划分方法和重点用能单位能耗监测的划分方法一致。

石化行业的基本生产系统一般指一种或几种油品、化工原料或化学制品的生产过程，从原料及能源输入直到转换为期望实体产品的过程。可以理解为生产车间、产品生产线或大型生产单元。识别石化企业排放源的第一步就是划分企业的生产系统。

主要生产系统：石化行业的常见的基本生产系统见表2-4。表2-4列举了原油加工炼制及化学原料与制品制造两大主要生产系统。天然气也是石化行业的主要原材料之一，但其加工环节主要为净化、压缩及运输，没有炼油那么复杂的过程，也没有涉及制程排放，且很多石化企业都把天然气直接作为石化产品的生产原料，不需要单独列出。

辅助生产系统：一般为支持主要生产系统的工艺过程而配置，主要包括动力、供电、机修、供水、供气、采暖、制冷、仪表，以及厂内原料场地、污水和各种载能工质（如一次水、循环水、化学软水、氧气、氮气、压缩空气等）的生产装置。石化企业的外购电

表 2-4 | 石化行业常见的基本生产系统

主要生产系统	定义	常规原料	常规产品	主要装置
原油加工炼制	石油炼制的一般过程是先将原油切割成各种不同沸程的馏分，然后将这些馏分按照产品规格要求，除去其中的非理想组分和有害杂质，或者经过化学转化形成所需要的组分，进而加工成产品	原油	各种石油燃料（汽油、煤油、柴油）、润滑油、石蜡、沥青、石油焦等石油产品	全套炼油装置（包含原油预处理、分离工艺、转化工艺及精制和改质工艺）和制氢装置
化学原料（乙烯为主）与制品制造	通常石化企业的化工生产系统都以乙烯生产为核心，并结合具体生产和市场需求配合安装其他生产装置。 制取乙烯主要原料有来自炼厂的干气或石脑油、加氢尾油、轻烃和 LPG（液化石油气）等。不同的进料和裂解深度决定了不同生产基地设计工况有所区别。为了提高生产效率，大多数乙烯生产基地会联合安装乙烯生产装置，以及丙烯、丁二烯、三苯芳烃及其衍生物等生产装置	石脑油、炼厂干气、加氢尾油、轻烃和 LPG（液化石油气）等	三烯（乙烯、丙烯和丁二烯）、三苯（苯、甲苯和对二甲苯）、聚丙烯（合成树脂原材料）、精对苯二甲酸（化纤原材料）等合成橡胶	乙烯裂解装置、芳烃联合装置（PX）、聚丙烯装置、精对苯二甲酸（PTA）装置、合成橡胶装置等

来源：由本文作者结合石油石化行业重点用能单位能耗在线监测数据采集技术指南（2014）²⁴及中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（2015）等资料整理。

力和热力（蒸汽）应是关注的重点，企业内部各主要生产系统下的辅助生产系统的排放源最好分开识别，便于后期加总上报。表2-5主要展示了和石化行业常见的温室气体核算相关的辅助生产系统。

附属生产系统：主要指石化企业生产运行边界内为生产服务的部门和单位，包括办公室、操作室、休息室、食堂、澡堂、宿舍、检验室等设施。主要的温室气体排放源一般为电力消耗、冬季采暖等过程产生的排放（隐含的排放）等。如果有附属发电厂的话，附属发电厂的排放源将依据《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》来识别。同时，将该附属发电厂的排放源划归到辅助生产系统下的电力系统。在排放源识别的过程中需要依据企业内部的厂区规划示意图及内部组织管理结构图等文件。

2.3.2 识别温室气体排放单元

识别出石化企业内的各类生产系统之后，第二步是识别具体的温室气体排放单元，为之后更清晰准确地找出各类温室气体排放源做准备。

1. 原油加工炼制生产系统下的排放单元识别

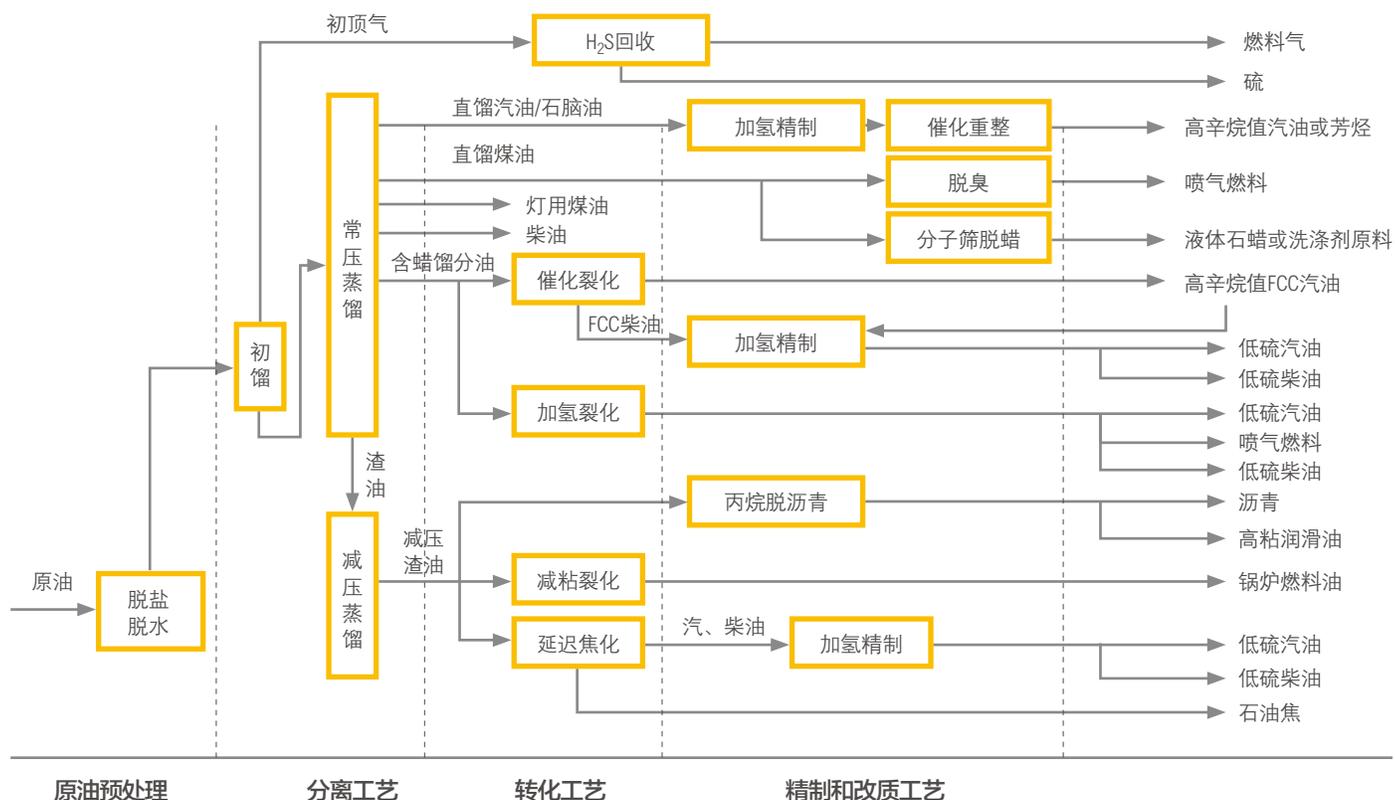
油品炼制虽然主要生产汽油、煤油、柴油等燃料油品，但不同类型的炼油厂，原油特性不同，加工炼制方案也不同，其所使用的生产装置和工艺路线也有区别。在不同类型的加工方案中，原油加工的工艺过程一般都需要经过原油预处理、转化工艺、精制与改质工艺等环节，每个加工环节下面会设有具体的生产加工装置，这些装

表 2-5 | 石化行业常见的辅助生产系统

辅助生产系统	辅助原油加工炼制环节	辅助化学原料与制品制造环节	备注
电力系统	支持原油炼制加工过程的电力消耗(包括外购电量和自发自用电量)	支持化学原料与制品制造环节的电力消耗(包括外购电量和自发自用电量)	排放源识别过程需要依据企业的电力一次接线图，并找出关键计量点
蒸汽系统	支持原油加工炼制过程的蒸汽消耗	支持化学原料与制品制造环节的蒸汽消耗	排放源识别过程需要依据企业的内热源输送管网分布图，并找出关键外购蒸汽的计量点 如果石化企业内部设有锅炉，自产蒸汽。需要计量锅炉的燃料消耗量
储运系统	用于原油、半成品及成品储运的运输系统	用于化工原料、半成品及成品储运的运输系统	需要依据企业内部的内部运输设备管理表识别出内部运输车辆及机械设备。对于温室气体核算主要关注车辆的移动源排放
火炬系统	火炬是大型石油化工联合装置必备的辅助生产设施。目前的石化企业一般设有多套生产装置。这些装置及罐区在开停车、部分设备检修、正常生产、全厂停电、停循环冷却水、误操作、过度热输入、外部火灾等一切非正常工况下都可能向火炬系统连续或间断地排放可燃气体 火炬燃烧的气体必须为可燃性气体，如果有剧毒或腐蚀性气体，需要利用单独的排放系统 ²⁵		需要依据企业内大型石化联合装置的火炬系统，并核算企业内部各火炬在报告期内排放的温室气体
污水处理系统	在石化企业一般会配备有专门的废水处理系统，由于整个石化生产过程中的原料、工艺技术、加工方法各不相同，石化废水的来源、种类、特点也不大相同，各生产系统产生的污水先由污水处理装置进行预处理，然后再与生活小区的污水汇合，形成石化混合废水		查看石化企业是否配备专门的污水处理系统。对于石化行业的其他废弃物没有特别的处理系统存在

来源：结合文献资源及专家调研结果整理而成

图 2-1 | 石油炼制加工主要工艺流程图



置可以理解为我们识别出的温室气体排放单元。原油加工炼制的主要工艺流程如图2-1所示。一般来说，常减压蒸馏装置是整个炼制生产系统的核心环节，常减压装置的规模决定了整个炼油区的产量和规模，此外常见的装置还有催化裂化、催化重整、延迟焦化、各类加氢精制装置及制氢装置。

(1) 原油预处理过程

从地层下开采出来的原油一般带有盐份和水，在进入常减压蒸馏塔进行分离之前需要加入破乳剂和水对其进行脱盐、脱水预处理，以避免对设备造成腐蚀。这一过程涉及的主要排放单元为换热器—混合阀—电脱盐罐装置，主要是电力及热力的消耗造成的温室气体排放，所以放入电力和热力辅助生产系统中统一考虑。

(2) 分离工艺：初馏及常减压蒸馏装置

原油蒸馏一般采用三级蒸馏（初馏塔或蒸发塔、常压塔、减压塔），轻馏分少的原油也可只用二级蒸馏（常压塔、减压塔）。常减压蒸馏装置是炼厂中能耗最大的装置，常减压加热炉是主要固定源燃料燃烧排放源，其排放量约占炼厂总排放量的1/3²⁶，因此，提高热回收率、降低能耗对常减压蒸馏装置十分重要。这一过程涉及的主要排放单元为常减压蒸馏装置。

专栏 2-2 | 常减压工艺流程介绍

石化企业常减压工艺流程如下：经过脱盐脱水预处理后的原油流经流量计、换热系统进入初馏塔。初馏塔也叫蒸发塔。初馏塔采用提压方案，将原油中的轻烃在稍加压力的条件下溶于初顶油，初顶油经泵升压后去稳定塔回收其中的轻烃，初底油经过常压加热炉加热后去常压塔做进一步分离，初顶气去焦化装置脱硫后作为炼厂燃料气。初馏塔一般分出原油的汽油组分，以减少换热系统和加热炉降压。

常压塔一般将原油中沸点小于360℃的馏分切割成直馏汽油（或常顶石脑油）、煤油（喷气燃料或灯用煤油）、柴油馏分。各侧线抽出馏分一般都经过汽提塔，以脱出轻质组分，保证产品合格。

减压塔则将沸点大于360℃的常压重油切割成制取各种润滑油和石蜡的原料，或作为催化裂化、加氢裂化原料的减压馏分油和减压渣油。

由于蒸馏装置的大型化，进口原油中含轻烃较多，新建的大型蒸馏装置中都增设轻烃回收设施。

来源：炼油工艺综述·徐承恩2009.11

(3) 转化工艺

为了提高轻质油收率,需将部分或全部减压馏分油和渣油转化为轻质油,这一任务主要由转化工艺过程来完成,涉及催化裂化、加氢裂化、焦化等生产过程。在此环节中,常见的排放单元为催化裂化装置、加氢裂化装置、减粘裂化装置和延迟焦化装置等。

催化裂化是当前炼厂中最重要的转化工艺,其装置包括反应—再生系统、分馏系统和吸收稳定系统三大部分。反应—再生系统是全装置的核心部分,该系统涉及为保持催化剂活性而进行的连续烧焦过程,烧焦产生的大量烟气从烟囱排放到大气中或通过能量回收系统回收能量后排放。该过程涉及的主要排放单元为催化裂化装置。

加氢裂化工艺是在临氢、高温、高压条件和催化剂的作用下,使重馏分油加氢脱硫、加氢脱氮,多环芳烃加氢饱和及开环裂化,转化为轻油和中间馏分油等目的产品的过程。该过程涉及的主要排放单元为加氢反应器装置。

高黏渣油的转化工艺为减粘裂化,目的是最大限度地降低渣

油粘度,产品可以直接做锅炉燃料油,或进行调和生产调和轻质油。其流程比较简单,原料油经加热炉加热到 450°C ,经过急冷后进入闪蒸塔,分离出减粘燃料油,油气再进入分馏塔进一步分离出气体、汽油、柴油、蜡油和循环油。我国有茂名、金陵、北京燕山、抚顺、上海高桥和广州等几套减粘裂化装置属于加热炉—反应塔式减粘裂化类型,其原则工艺流程如图2-1所示。该过程涉及的主要排放单元为减粘裂化装置。

延迟焦化是一个在高温下进行深度热裂化和缩合反应的热转化工艺过程,其目的是为了提高轻质油收率和生产优质石油焦。延迟焦化的原料可以是重油、渣油,甚至是沥青。延迟焦化产物分为气体、汽油、柴油、蜡油和石油焦(生焦)。其中,焦化气体经脱硫处理后可作为制氢原料或送燃料管网做燃料使用。焦化汽油和焦化柴油作为主要产品,其烯烃含量高,硫、氮、氧等杂质含量高,安定性差,只能作半成品或中间产品,必须经过加氢精制与改质处理后,才能作为汽油和柴油的调和组分。石油焦(生焦,又称原焦)是延迟焦化过程的另一重要产品,由延迟焦化装置的焦炭塔得到,含有较多的挥发分,强度较差,经过高温(1300°C)煅烧,除去水分和挥发分可得到熟焦,又称煅烧焦。煅烧石油焦技术广泛用于炼钢、化工、建材、铸造材料、机械、石油勘探等行业。延迟焦化过程涉及的主要排放单元是延迟焦化装置。

专栏 2-3 | 常见焦化工艺流程介绍

焦化一般指有机物质碳化变焦的过程。在煤的干馏中,焦化是指高温干馏。在石油加工中,焦化是渣油焦炭化的简称,是指重质油(如重油、减压渣油、裂化渣油甚至土沥青等)在 500°C 左右的高温条件下进行深度的裂解和缩合反应,产生气体、汽油、柴油、蜡油和石油焦的过程。

焦化主要包括延迟焦化、流化焦化和灵活焦化等三种工艺过程。

延迟焦化是一种石油二次加工技术,所谓延迟是指将焦化油(原料油和循环油)经过加热炉加热迅速升温至焦化反应温度,在反应炉管内不生焦,而进入焦炭塔再进行焦化反应,故有延迟作用,称为延迟焦化技术。一般都是一炉(加热炉)二塔(焦化塔)或二炉四塔,加热炉连续进料,焦化塔轮换操作,是一种半连续工艺过程。流化焦化是渣油在流化床床层中进行焦化反应的过程,为连续生产过程。主要工艺设备有流化床的反应器与加热器和分馏塔。焦粒经加热器加热到很高的温度,回到反应器与进入的原料油接触后进行焦化反应,生成的轻质产物进入分馏塔,生成的焦炭附着在焦粒上,去加热器被部分烧掉。焦粒保持一定的界面,多余的自加热器放出。

灵活焦化装置反应器以热焦粉作为载体,相比于延迟焦化装置,其处理的原料范围更广,可以看作是延迟焦化的升级技术。装置全封闭运行,减少了装置开工及运行期间造成的粉尘及空气污染。灵活焦化技术可将原来大量低价值的石油焦转化成低热值燃料气,以代替炼厂其他高附加值燃料,这也是炼厂精细化操作后的主要增效途径之一。

来源:根据《灵活焦化与延迟焦化》研究内容及专家访谈资料整理²⁷

(4) 精制及改质工艺

精制及改质工艺主要包括加氢精制和催化重整等。

加氢精制也称为加氢处理。加氢精制能有效地使原料中的硫、氮、氧等非烃化合物氢解,使烯烃、芳烃选择性加氢饱和,并能脱除金属和沥青等杂质,具有处理原料范围广、液体收率高、产品质量好等优点,是炼厂中最普遍使用的精制工艺。

催化重整是炼厂生产高辛烷值汽油、芳烃和氢气的主要工艺过程,在炼厂中占有十分重要的地位,对清洁汽油的生产具有无法替代的作用。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 CO_2 的排放。据国际能源署(International Energy Agency, IEA)统计,石脑油催化重整和汽柴油加氢处理装置的二氧化碳排放量约占炼油过程的 $1/4$ 。

这个部分的主要温室气体排放单元为各类加氢精制装置和催化重整装置。

(5) 制氢装置

油品炼制过程的氢气消耗量较大,炼厂一般都配有专门的制氢装置,为各类加氢精制装置提供氢气。对于炼油企业,除炼厂含氢副产气体的回收外,90%的制氢装置都采用烃类蒸汽转化法。炼油企业烃类原料来源(天然气、炼厂干气等)有保证,尤其是可利用炼厂大量富产的多种廉价炼厂气作为原料制氢,可大大降低制氢成本。目前也有个别企业利用煤气化工艺制氢,例如广东的茂名石化。制氢工艺的 CO_2 排放显著,且产生的 CO_2 纯度高,除收集制成

CO₂产品外销外，一般直接排放。这部分的温室气体排放单元为制氢装置。

2. 化学原料和制品制造生产系统下的排放单元识别

在石化企业化学原材料的生产环节，若将石油分馏产品采用更高的温度 (>700℃) 进行深度裂化，可使烃分子中的碳链断裂成各种气态烃 (如乙烯、丙烯、丁二烯、甲烷、乙烷等) 和少量液态烃，这种深度裂化称为裂解，为合成纤维、合成塑料和合成橡胶等石化制品提供原材料。

乙烯是最为核心的石化产品，是石油化工基础性原料。约有75%的石油化工产品由乙烯生产。目前，中国制取乙烯主要原料有来

自炼厂的干气或石脑油、加氢尾油、轻烃和LP (液化石油气) 等。不同的进料和裂解深度决定了不同生产基地设计工况有所区别。为了提高生产效率，大多数乙烯生产基地会联合安装乙烯生产装置，以及丙烯、丁二烯和三苯芳烃及其衍生物等生产装置。

图2-2展示了石化企业常见的化工原料及化工制品的产品链，包含石化初级原料“三烯”(乙烯、丙烯和丁二烯)、中间石化产品“三苯”(苯、甲苯和对二甲苯)和基本石化制品，分为合成树脂类、合成纤维类和合成橡胶类。在此生产系统中常见的排放单元展示在表2-6中。

3. 辅助生产系统下的排放单元识别

基于目前的核查以及上报经验，石化企业辅助生产系统下的排

图 2-2 | 石化行业化学原料和制品制造流程图

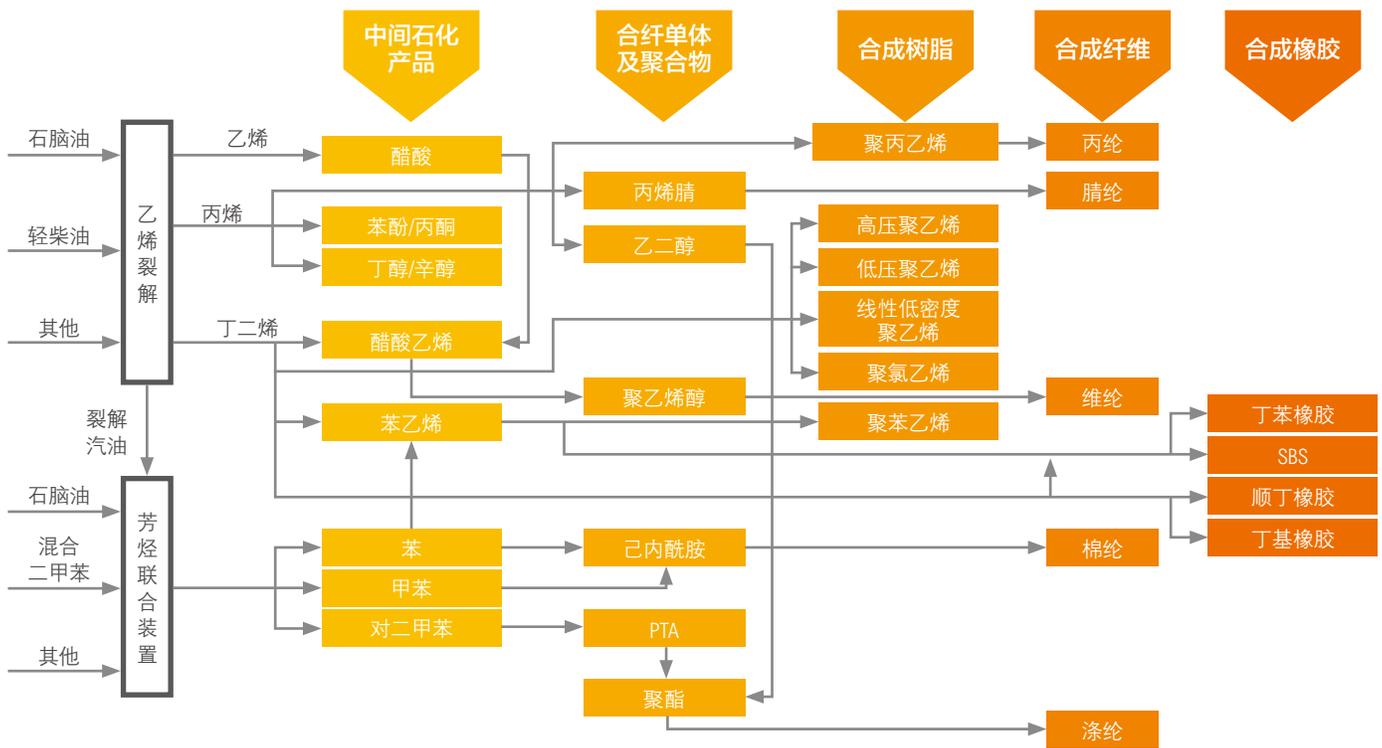


表 2-6 | 化学原料及制品制造生产系统的常见排放单元识别

排放单元	原材料	产品
乙烯裂解装置	炼厂的干气或石脑油，加氢尾油、轻烃和LP (液化石油气) 等	乙烯、丙烯和丁二烯
PX 联合装置 (芳烃联合装置)	石脑油、裂解汽油、混合二甲苯	苯、甲苯和对二甲苯
环氧乙烷生产装置	乙烯	环氧乙烷
聚丙烯装置	丙烯	聚丙烯
PTA 装置	对二甲苯、空气作为氧源	精对苯二甲酸

放单元划分方法建议如下。

电力系统：结合石化企业的企业类型和生产情况，将原油炼化区和化学原料和制品生产区的电力系统分为两个排放单元。如果要将排放单元细化到具体的生产线或者车间，需要结合企业的具体电力系统接线情况，以及相关计量点的位置确定。

热力系统：结合石化企业的企业类型和生产情况，将原油炼化区和化学原料和制品生产区的蒸汽系统分为两个排放单元。如果要将排放单元细化到具体的生产线或者车间，需要结合企业供热管网的分布情况，以及相关计量点的位置确定。

火炬系统：根据企业内部的火炬设置情况，炼油区和化工区的火炬最好分成两个独立的核算单元，因为气体组分会有较大差异。

储运系统：根据石化企业内部的运输设备及机械的管理模式来划分排放单元。例如，依据运输车辆及设备所述的车间或生产线来划分。

污水处理系统：石化企业内的废水处理系统可以单独看成一个核算单元。

4. 附属生产系统下的排放单元识别

基于目前的核查以及上报经验，石化企业附属生产系统下的排放单元划分方法建议如下。

石化企业内的所有支持办公和生活的附属设施如果有独立的计量设备或数据获得能力，都可以独立成为一个排放单元，例如独立的宿舍区、食堂、消防部门等。

2.3.3 锁定温室气体排放源

排放源识别方法的最后一步就是锁定具体的温室气体排放设备或装置。每个独立单元下的排放源识别工作需要细化到具体的排放活动，将排放源进行分类，并注明可能产生温室气体的种类。

下面介绍的就是石化企业常见且重要的温室气体排放源。

在原油炼制与加工系统下的减压蒸馏、催化裂化及催化重整等装置在生产过程中的主要固定排放源来自动力系统所需能源（化石燃料、电力、热力和蒸汽等）的终端消耗，如加热炉的燃料燃烧，换热器所需的热力，原油脱盐罐所需的电力等。这些直接或间接排放源的燃料燃烧是CO₂的主要排放源。当选用煤炭作为燃料时，这些排放源也会导致N₂O的排放。当燃烧源为天然气或炼厂气时，还会有微量未完全燃烧的CH₄排放。所以，企业应尽可能地识别出每个燃烧设施使用的燃料品种，对每种燃料燃烧产生的温室气体排放种类进行分析。

工艺/过程排放源主要来自于原料油常减压蒸馏、催化裂化、加氢精制等过程中的物理和化学反应。众多炼油厂加氢精制所需的氢气都来自于炼厂自备，由炼厂气（主要含CH₄）制氢的过程也是CO₂的主要排放源之一，同时也是炼油厂高浓度CH₄的唯一过程排放

源。CH₄的逸散排放往往来自于与这些燃料系统相关的管道部件，如各种机泵、管线、阀门等。它们的用量很大，如果密封不好可能会成为CH₄逸散排放的主要来源。

作为炼厂重要安全设施的火炬，可将开停工时无法利用的轻烃可燃气体燃烧掉，化解潜在的风险。火炬燃烧主要排放水蒸气、CO₂及少量CH₄，是原油炼制加工过程中的另一种重要固定燃烧排放源。

在石油加工过程中，催化裂化、催化重整等环节都需要使用催化剂，催化裂化剂的烧焦过程是CO₂的另一固定排放源，如果补给燃料来自于燃烧炉内的CO，则还可能产生部分未完全燃烧的CH₄。

用于原油储运的机械及运输工具的汽油和柴油消耗被视为移动燃烧排放源，如果车辆来自第三方运输工具需要注明。

在石化原料生产与制品制造系统下的主要温室气体排放源与原油加工炼制系统的排放源类似。化石燃料的燃烧仍然是石化原料及制品制造系统CO₂的主要排放源，部分化石燃料燃烧后排放的烟气中还会含有少量N₂O。在石化产品制造业中，当用天然气或炼厂气作燃料燃烧时，CH₄可能会从燃气系统的燃烧装置或管道中逸散。在其他工艺流程中，当CH₄浓度较高时，可能会发生通风口排放和逸散排放。

石化工业过程中CH₄的排放与5种石化产品（炭黑、乙烯、二氯乙烷、苯乙烯、甲醇）的生产相关，N₂O的排放则主要源于己二酸、己内酰胺、乙二醛和乙醛酸的生产。乙烯裂解装置内的炉管内壁结焦的烧焦过程也会产生CO₂排放。

为帮助石化企业了解排放源识别“三步法”的应用，本文的附录A给出了一个虚拟的石化企业温室气体排放源识别案例。

2.4 本章小结

本章结合现有的石化行业企业发展现状，梳理了石化企业的典型类型，并基于对石化行业温室气体排放源种类及排放特点的分析，梳理出用于识别石化行业温室气体排放源的一套方法论体系，称为“三步法”。主要内容及研究结论如下：

■ 石化企业的温室气体排放源分类

基于第一章对本报告研究范围所涉及石化行业产业链结构的界定，从系统的角度将石化行业分为油气炼制加工系统及化学原料与化学制品系统。其排放的温室气体主要为CO₂，来源于石化企业内部化石燃料燃烧以及产品制程排放。石化行业的温室气体排放活动划分为能源活动、工业过程及产品使用，以及废物处理三大类。石化企业如果设有相关的二氧化碳回收利用技术，应将其视为“汇”，需要量化核算并报告具体二氧化碳的回收利用量。

■ 石化企业的类型划分

石化企业称为石油化工联合生产企业。识别温室气体排放源之

前,首先要了解石化企业的类型,即企业属于炼油为主的联合企业、油化并重企业还是以化工为主的联合企业。不同类型的石化企业,由于其主要生产装置的所有权属不同,因此温室气体排放核算和报告范围也会不同。了解企业类型是对企业温室气体排放源进行正确划分的基础。

■ 石化行业温室气体排放源识别方法

本节内容选取以原油和天然气为原料加工制取的、温室气体排放较大的石化产品生产企业,梳理各产品的典型生产工艺流程,并对企业温室气体排放源进行识别,提出了一套基于企业生产系统的层级化排放源识别方法,称为“三步法”,即划分企业内部的生产系统→识别具体系统内的温室气体排放单元→锁定具体单元的温室气体排放源,从而为石化行业温室气体排放报告及核查提供关键技术支持。

《石化指南》适用性分析

本章主要针对目前国家发改委发布的《石化指南》中的核算方法及参数获取要求,对石化企业的真实运行和管理情况进行适用性研究分析,并在本章展示分析结果。在此基础上为《石化指南》的进一步升级改版提供依据。

3.1 《石化指南》中的核算方法学

在《石化指南》中,目前列举了燃料燃烧、火炬燃烧、工业生产过程、CO₂回收利用量,以及净购入电力和热力隐含排放5种温室气体排放源,并提供了21个公式支持石化企业温室气体核算工作。本节将重点分析《石化指南》核算公式的在石化企业的适用性,同时还会讨论现有数据收集获取要求的可行性。

目前《石化指南》中并未对所有石化行业的温室气体排放源提供核算方法,且仅关注CO₂一种温室气体。但由于CO₂排放占石化行业排放总量的98%,且当前《石化指南》已将最主要的化石燃料燃烧及工业生产过程排放囊括在内,因此已经可以帮助石化企业核算出最主要的温室气体排放了。表3-1解析了《石化指南》中包含的主要核算方法学,以及一些尚未被纳入《石化指南》的温室气体排放源。

表 3-1 | 《石化指南》中的核算方法学及对应的排放源

排放源类别	排放源	《石化指南》方法学收录情况	备注
能源活动排放	固定源燃烧	收录于《石化指南》五(一)部分,包含公式(2)(3)(4)	《石化指南》中仅注明为“燃料燃烧 CO ₂ 排放”,从公式功能中解读,本方法适用核算石化企业中消耗化石燃料的工业生产装置及设备产生的温室气体排放量 方法学适用性评估见 3.3 部分
	移动源燃烧	未单独列出,目前核算公式和固定源燃烧相同,收录于《石化指南》五(一)部分,包含公式(2)(3)(4)	本方法学中的“燃料燃烧 CO ₂ ”核算公式可同时适用于核算石化企业内部的固定源燃烧排放和移动源燃烧排放。 但由于移动源主要指的是以汽油和柴油为燃料的交通运输工具,其燃料消耗类型一般为车用汽油及柴油,计量方式及频率和固定源化石燃料计量方式相比有所不同,对应的数据收集方式和方法应相对精简。建议《石化指南》中专门纳入针对移动源燃烧的数据收集管理要求。
	火炬燃烧	收录于《石化指南》五(二)部分,包含公式(5)(6)(7)(8)	具体火炬燃烧核算公式及数据收集获取要求应依据企业实际情况进行更新 方法学适用性评估见 3.4 部分
	外购电力	收录于《石化指南》五(五)部分,包含公式(18),采用排放因子法计算	外购电力是石化企业排放比重较大的排放源,《石化指南》中对于数据收集获取要求的严格程度有待提升 方法学适用性评估见 3.6 部分

转下页面

表 3-1 | 《石化指南》中的核算方法学及对应的排放源

排放源类别	排放源	《石化指南》方法学收录情况	备注
能源活动排放	外购热力	收录于《石化指南》五(五)部分,包含公式(18),采用排放因子法计算	外购热力也是石化企业排放比重较大的排放源,石化企业内部可能包含工业热源和冬季采暖热源两种热源。《石化指南》中应对于数据收集和获取要求的严格程度有更细化的指导 方法学适用性评估见 3.6 部分
	泄放、储存损失、管道破裂逸散排放	未收录	根据第二章 2.2.1 部分的分析结果,油气系统逸散导致的排放可以基本忽略
工业过程排放	催化剂烧焦—连续烧焦	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(9),燃烧后排放采用燃料燃烧公式	《石化指南》的工业过程排放部分是依据装置划分的,调研发现最好依据工艺来划分排放源和核算方法。3.5 部分将工业过程排放分为催化剂烧焦 CO ₂ 排放和工业生产过程的 CO ₂ 排放两部分进行讨论 详情见 3.5 部分
	催化剂烧焦—间歇烧焦	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(10),采用催化剂中碳平衡法计算	见上表内容,详情见 3.5 部分
	催化剂烧焦—乙烯裂解炉管烧焦	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(14)采用尾气浓度测定法计算	见上表内容,详情见 3.5 部分
	制氢工艺生产过程	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(14),采用碳质量平衡法计算	方法学适用性评估见 3.5 部分
	石油焦煅烧工艺过程	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(12),采用碳质量平衡法计算	根据第二章 2.2.2 部分的研究分析,石油焦煅烧工艺不处于石油化工工艺链中,而是由电极生产企业或钢铁企业进行石油焦煅烧。因此该公式不应收录在《石化指南》中
	氧化沥青工艺过程	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(13),采用排放因子法计算	方法学适用性评估见 3.5 部分
	环氧乙烷生产工艺过程	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(15)],采用排放因子法计算	《石化指南》中的方法学名称为“乙二醇/环氧乙烷生产装置”,结合实际情况发现,只有当乙烯氧化成环氧乙烷时,才会产生温室气体排放。建议将标题改为“环氧乙烷生产工艺过程排放”。方法学适用性评估见 3.5 部分
	硫黄回收装置生产工艺过程排放	未收录	结合调研结果,3.5 部分解析了硫黄回收装置的排放情况及核算处理方法。
	其他石化产品生产工艺过程	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(16),采用碳质量平衡法	方法学适用性评估见 3.5 部分
	废物处理	废水、废气、固废处理过程	未收录
二氧化碳的回收及利用	CO ₂ 回收利用量	收录于《石化指南》五(三)部分,包含公式(16)]	方法学适用性评估见 3.8 部分

表 3-2 | 石化行业温室气体排放监测参数获得方法介绍

活动水平数据 (Activity Data)

1. 自动连续监测 (Automatic Recording): 指计量设备可以连续自动监测并采集相关燃料及原料的消耗数据。这种方法相对管理成本低, 不依赖人工抄表, 数据准确性比较有保障, 能连续反映相关设备的燃料和原料的消耗量
2. 定期量测 (Periodic Recording): 计量设备不具有自动数据采集功能, 需人工定期记录表计读数并存档归档。这种方法依赖人工抄表, 有一定的管理成本, 也存在一定的数据误报风险
3. 内部数据 (Internal Data Source): 企业内部可获得的和温室气体排放核算相关的信息及数据。例如石化企业化石燃料的种类、各基础设施燃烧化学燃料的类型等信息
4. 外部数据 (External Data Source): 企业内部没有相关的计量设备收集监测数据, 故采用可得的外部数据作为数据源。例如燃料购入发票、电网公司开具的购电发票等, 一般以贸易结算单据为主, 也包含一些设备生产厂商提供的一些技术参数。企业内部一般只需要负责定期收集数据, 但数据的不确定度相对前三个方法较高
5. 自行推估 (Estimation): 企业内部没有相关的仪表计量数据且无其他可得的数据源, 需要依据可行的方法估算监测参数的值。这种方法需要引入其他参数和数据源, 增加数据收集的工作量, 且数据的不确定性较高

排放因子数据 (Emission Factors)

1. 自行检测数据 / 设备经验系数 (Emission Factor of Similar process/equipment): 基于企业实际情况的检测值, 具体的工作可能包含取样、送样和检验等流程, 检验过程需要依据相关行业标准执行, 并保证使用的检验仪器精确度在允许范围之内。企业内部实验室的工作人员需要获得相关的资质证书。如需节省时间和管理成本, 企业可以聘请第三方检验机构承担此项工作
2. 默认值 (Default Value): 由官方发布的具有代表性的温室气体核算参数, 一般为燃料热值、含碳量等数据。企业应优先采用所在地区发布的区域默认值 (例如石化企业所在地区根据调研统计得出的数据), 其次是国家默认值 (例如国家能源统计年鉴的能源燃烧热值数据), 最后是 IPCC 国际默认值 (不确定度相对较高)

3.2 石化企业温室气体排放监测参数获得方法介绍

结合《石化指南》中针对具体温室气体排放源给出的公式和监测参数, 本部分结合石化企业真实的情况分析各监测参数的数据可得性, 同时给出推荐的监测数据源供石化企业和相关机构参考。根据石化企业的数据收集现状, 其温室气体排放监测参数的常见获得方法见表3-2。

3.3 燃料燃烧CO₂排放数据可得性分析

3.3.1 固定源化石燃料燃烧

石化企业属于高耗能行业, 各套石化生产装置的加热炉是消耗燃料的主要设备。石化生产厂区的主要燃料类型是燃气和燃油, 且原油加工炼制和化学原料与制品制造两个主要生产系统的燃料气使用种类会有比较大的区别。故对于油化并重的联合生产企业, 其

炼油区和化工生产区的燃料消耗量应分别计量并统计。

1. 化石燃料的种类

炼油区的燃料消耗一般为重油、燃料气、液化石油气、天然气等。为节能降耗, 很多炼厂都利用催化装置产生的瓦斯气作为燃料。若瓦斯气不够的话, 再外购天然气支持生产。极少的地方性炼油厂 (简称“地炼”) 还存在使用燃煤来制瓦斯气的情况。

化工区除以上提到的几种主要燃料之外, 还会利用生产过程产生的一些可燃性气体 (如炼厂干气) 作为燃料, 如甲烷氢、芳烃、乙烯、焦油等燃料。除此之外, 石化企业还会设置动力锅炉为厂区生产提供稳定蒸汽热源, 其燃料可能为燃煤、焦化装置产生的石油焦、燃料气及燃料油等。

同时, 石化厂区内的附属生产系统, 如食堂及宿舍也会产生一定量的燃气消耗。

根据分析得知，石化企业的主要化石燃料为气态燃料，固态燃料一般为石油焦，《石化指南》中应突出石化企业燃料的特色。

2. 基于生产系统的燃料消耗数据收集方式

石化企业的整个生产线是由若干套大型生产装置连接而成的，每套装置都设有一个或多个具体的燃料燃烧设备（如加热炉、锅炉、蒸汽反应器、还原炉等耗能设备）。在对多个石化企业的调研过程中发现，每套石化生产装置都会定期统计燃料消耗量，但是由于管网复杂多样，每个管道的燃料类型和比例都有较大区别和波动，并不能准确统计每套装置内每种燃料气的消耗量，且有些装置相应计量仪表的精确度较低，难以作为统计核算依据。故建议企业将内部的各生产系统的燃料消耗分别统计，同时应记录并上报每个生产系统下的主要燃料消耗装置的名称及主要燃料种类。建议将《石化指南》公式（2）参数“J，燃烧设施的序号”改为“燃料消耗生产系统的序号”。

3. 燃料消耗数据的可得性

石化企业对于化石燃料消耗的计量系统相对完备，燃料输送管线上都安装有计量表，可以做到对数据的自动连续测量。数据通过分散控制系统（DCS）自动收集并存储，数据来源为燃料管线的计量表。统计之后记录在企业的燃料消耗统计台账中，一般记录为燃料之非加工转换投入量。

在实际工作中，企业应收集内部各生产系统中使用的各类燃料的消耗量并分类上报，优先采用计量表计量数据，对于附属生产系统的燃料消耗，可以使用相关内部及外部数据支持核算。

《石化指南》中对于固定源数据收集与获取要求细化到“设备”，调研证明较难实现且不确定度高，建议改为“生产系统”。

4. 化石燃料含碳量数据的收集

《石化指南》提供了两种数据获取方式，即实际检测法和热值估算法，这两种方法均具有可行性，虽然实际检测法的数据收集和获取难度高于热值估算法，但是实际检测法的数据不确定度相对较低，有助于增强整体核算结果的准确性。

一般石化企业会定期对主要的化石燃料含碳量进行测试，涉及一些具体的商品燃料也可以用热值估算法。《石化指南》应要求企业优先采用实际检测法，在监测条件不满足要求时再用热值估算法。

关于气态燃料含碳量的监测频率要求应结合实际情况进行修改，石化企业内部产生的瓦斯气和炼厂干气，由于气体组分的波动较大，推荐每月至少取样检测一次，如果条件允许，应增加检测频率，并按月核算算术平均值。对于外购燃气，可以根据燃料供应方货源的稳定性来确定检测频率，推荐为1个月，根据具体情况可以酌情延长。

固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-1。

3.3.2 移动源化石燃料燃烧

目前《石化指南》中提供的燃料燃烧CO₂核算公式比较适用于固定源燃料燃烧（详见附录B表B-1的解析）。对于厂区内移动车辆的柴油及汽油燃料燃烧排放，应给出独立的移动源燃料燃烧核算公式（见附录B表B-2），主要原因是固定源和移动源的燃烧方式和燃烧效率均不同。值得注意的是，有些石化企业拥有自己的消防车队，有些大型车辆设有自备柴油发电机组用于抢险使用，这些柴油发电机组应采用固定源燃料燃烧排放的公式进行核算。

根据石化企业温室气体核算的需要，附录B的1.2部分给出了一种适用于移动源燃料燃烧的核算公式及数据收集获取方法。移动源燃料燃烧排放应统一在辅助储运系统下面核算，公式还是依据固定源燃料燃烧排放的公式，主要是数据收集和获取要求有进一步的解析，原则上固定源燃料燃烧的数据获取要求比移动源严格。

移动源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-2。

3.4 火炬燃烧CO₂排放数据可得性分析

3.4.1 正常工况火炬与非正常工况火炬

在石化企业生产装置运行时，由于物料不平衡或装置中的设备、管道上的安全阀、泄压阀、排放阀等在正常操作时，会有少量的可燃气体排往火炬，这属于正常工况下的火炬排放。如果遇到装置开停车或装置异常工况时会有大量可燃气体排往火炬，这属于异常排放或称为非正常工况排放²⁸。调研发现，现在石化企业的火炬气排放以非正常工况排放为主，一般发生在企业定期停工检修和装置开停车时。对此，石化企业需要提前报批，并在固定的时间燃烧火炬。所以建议将《石化指南》中的“事故火炬”改为“非正常工况火炬”。

3.4.2 火炬系统属于辅助生产系统

火炬一般处在石化生产系统的末端，属于辅助生产系统。根据生产需要，石化企业会拥有多套火炬，有些火炬是连续燃烧的，有些是不连续燃烧，取决于整体火炬系统的设置。由于炼油区和化工生产区的火炬气体成分会出现较大差异，故推荐将炼油区和化工生产区的火炬燃烧排放分别核算统计。

3.4.3 火炬气除CO₂外其他含碳化合物的总含碳量

石化行业企业并不都对火炬气进行定期的检测和分析，有时会造成火炬气含碳量数据信息不可得。在这种情况下，企业可以从火炬气的来源判断火炬气的成分是炼厂干气还是瓦斯气，并采用相关管道气的碳含量数据替代实测火炬气。有些石化企业也采用查看火炬火焰的颜色来估计火炬气的主要成分的方法，但以上两种方式都属于估算法，不确定性较高。

火炬燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-3。

3.5 工业生产过程的CO₂排放

石油化工企业生产运营边界内涉及的工业生产过程排放装置主要包括炼油部分和各类油品生产相关的催化裂化装置、催化重整装置、制氢装置、焦化装置，以及各类加氢精制装置，除此之外，生产石油副产品的氧化沥青装置也会产生排放。在化工生产部分，乙烯裂解装置是较为重要的高排放装置，同时，以乙烯为原料生产环氧乙烷的装置也会副产二氧化碳。由于中国石化企业上下游一体化的趋势，每个石化企业内部的温室气体排放源和排放装置都不同，需要具体情况具体分析，当前的《石化指南》中仅包含一些较有代表性的排放源的核算方法，企业需要结合实际情况进行选择。石化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。

《石化指南》中核算方法学第五节的第三部分“工业生产过程的CO₂排放”是按照石化企业的常见装置来梳理的，总结起来大致可以分为两类，第一类是石化生产装置催化剂烧焦及再生过程导致的排放，第二类是石化产品在生产过程中的制程排放。建议《石化指南》采用制程排放及催化剂烧焦再生排放两种分类方式，这样方便企业灵活选择适用的方法学。

3.5.1 催化剂烧焦排放

在石化企业炼油区，存在催化剂烧焦及再生的生产装置有催化裂化装置、催化重整装置和各类加氢精制装置。同时，在化工生产区的乙烯裂解装置也会存在炉管烧焦排放。第二章的2.2.2部分已经对不同的催化剂烧焦及再生处理方式进行了介绍。可以发现，企业仅需着重关注应用连续烧焦和间歇烧焦再生技术的生产装置，使用委外烧焦、水力和机械清焦的装置不会产生温室气体排放。建议在《石化指南》中，将烧焦的核算方法统一介绍而不是每个装置分别介绍，毕竟石化企业的情况不同，每套装置运用的清焦技术也不一样。目前《石化指南》中给出了连续烧焦（以燃烧焦炭为基础核算）和间歇烧焦的核算公式（利用待生催化剂和再生催化剂的含碳量进行排放量核算）。同时，还可以考虑应用行业标准SH/T 5000—2011《石油化工生产企业CO₂排放量计算方法》中提出的可用于核算烧焦排放的公式，是利用鼓风机的实际风量和废弃浓度进行核算的（见附录B表B-4）。

石化企业在温室气体核算过程中还应注意烧焦尾气的处理方式，如果企业将烧焦尾气作为燃料通过锅炉完全燃烧之后再排放，应依据《石化指南》中燃料燃烧排放核算方法进行核算并计入燃料燃烧排放。

催化剂烧焦CO₂排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-4。

3.5.2 产品制程CO₂排放

由于石化产品的种类繁多，目前的《石化指南》仅收录了CO₂排放量相对显著的几种石化产品生产过程，如制氢、氧化沥青、乙

烯制环氧乙烷等工艺过程温室气体排放核算方法。对于未专门介绍的石化产品生产过程排放，企业可依据《石化指南》的公式（16）利用碳质量平衡法进行核算。本报告第二章表2-2中介绍了石化行业工业生产过程中产生温室气体排放的几种产品，其中石油焦煅烧装置的排放核算方法并没有分析，因为根据第二章的分析结果，石油焦煅烧装置一般不存在于石化企业内部，建议《石化指南》将此核算公式移除。

1. 制氢工艺过程CO₂排放

石油炼制的过程中，氢气的消耗量较大，很多炼厂都设有制氢装置，而制氢工艺的CO₂排放量非常显著，且纯度很高，除制成产品之外，一般都采取直接排放的模式。制氢装置的排放量取决于制氢原料中的碳氢比例和制氢工艺。多数炼厂都以炼厂干气²⁹和天然气为原料用蒸汽转化工艺制氢，也有个别企业利用煤（焦）气化工制氢。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CO₂排放。如果制氢装置原料为成分稳定的天然气，也可利用给定天然气原料组分得出简化的CO₂排放因子进行估算，企业应该根据自己的生产工艺确认使用制氢工艺的装置和原料，以选取正确的核算方法。建议《石化指南》中同时给出两种核算公式，方便企业结合实际情况应用。

制氢过程排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-5。

2. 氧化沥青工艺过程CO₂排放

氧化沥青装置一般安装在炼厂或石化企业的炼油生产系统，主要以减压渣油为原料生产道路沥青、建筑沥青和专用沥青。氧化沥青工艺过程主要会产生CO₂和少量CH₄。氧化沥青工艺过程中产生的CH₄来自于渣油氧化过程中大分子氧化断链产生的部分轻烃小分子，由于排放较小，目前尚未列入《石化指南》。

氧化沥青制程排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-6。

3. 乙烯制环氧乙烷工艺过程CO₂排放

以乙烯为原料生产乙二醇的过程中，乙烯氧化生产环氧乙烷的单元会产生CO₂排放，环氧乙烷属于乙烯制乙二醇的中间产物，从环氧乙烷到乙二醇的过程不会产生CO₂排放。故《石化指南》5.3.9部分的标题“乙二醇/环氧乙烷生产装置”建议改为“乙烯制环氧乙烷生产工艺CO₂排放”。

环氧乙烷制程排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-7。

4. 硫磺回收装置酸性气中的CO₂排放

研究发现，石化企业中存在以酸性气为原料的硫磺回收装置，而硫磺回收装置内存在的温室气体排放源主要有三部分³⁰。

① 尾气焚烧炉燃料气燃烧产生，此部分CO₂排放核算方法可参考燃料燃烧排放核算公式。

② 尾气加氢部分的制氢在线炉产生（用外来氢源的不用考虑此部分）；

③ 硫磺回收原料酸性气中CO₂主要来自催化裂化催化剂再生系统，随催化剂的不断循环，带入反应油气中，最终进入含烃气体，进而随含烃气体脱硫过程进入原料酸性气，该部分CO₂理论上应包含在催化裂化烧焦产生的CO₂核算中，如果在此再算，造成重复计算。

调研得知，在某些特殊情况下，存在石化企业无法有效核算全场各装置产生的CO₂，所以可以在硫磺回收装置中集中核算³¹。可利用排放CO₂以酸性气的量和酸性气中CO₂的含量为基础进行核算，为保证信息准确性，应在每个监测期开始前确认硫磺生产装置是否有工艺上的变化，计算公式见附录表B-8。

5. 其他石化产品工艺过程CO₂排放

对于化工产品生产过程产生的CO₂排放，可统一用碳平衡法进行核算。考虑到石化企业的产品及原料众多，推荐企业从原料及产品的化学式及反应式中查看是否有CO₂排放。要求相关工作人员具有一定的化学基础知识。

其他石化产品制程排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-9。

3.6 净购入电力和热力隐含的CO₂排放

石油化工生产企业间接CO₂排放主要是指企业外购的电、蒸汽和热所对应的CO₂排放，排放源来自企业报告边界外的电力及热力生产企业。建议企业单独核算并上报，目前《石化指南》中的附表1同时要求企业上报包含净购入电热的排放总量和不包含净购入电热的排放量。

3.6.1 自备发电厂、电网购电及电量外销情况

石化企业由于耗电量大，经常会配备自备发电厂，自备发电厂如果为独立的法人或视同法人的单位，应按《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》单独核算报告；如果被划作石化企业内部的一个独立核算单元，自备发电厂的化石燃料燃烧排放也可参考《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》来计算，以适用更准确的碳氧化率。但净购入电力隐含的CO₂排放核算仍应按该企业所属行业的适用指南来核算。如果石化企业有向外部输出的电能的话，还应核算出来并在总外购电排放中扣除³²。

3.6.2 自备锅炉产生蒸汽、外购蒸汽、蒸汽外销的情况

石化企业净购入热力可分为供暖热水和工业蒸汽两种，根据生产和生活的需要应该分开计量，并依据《石化指南》进行核算，同时还要考虑热力转供问题。外供的热力应核算并在总排放中扣除。

3.6.3 外购电热的数据收集和上报

建议将石化企业内部炼油生产系统和化工生产系统的电力及热力排放数据分开统计上报，并收集各主要耗能装置的电热消耗量作为交叉核对的依据，这种方式能够帮助企业更好地了解各部分外购电热能源消耗。

净购入电力和热力隐含的CO₂排放数据收集和管理要求解析见附录B表B-10和表B-11。

3.7 废物处理处置产生的排放

目前的《石化指南》暂不要求企业核算和报告监测成本较高、不确定性较大，且贡献细微的温室气体排放源。石化企业最主要的废物处理排放是废水处理及固废燃烧的排放，主要为温室气体为CH₄和N₂O。企业如果想核算废物处置的排放量，可参考行业标准《石油化工生产企业CO₂排放量计算方法》（SH/T 5000—2011）进行计算，工业废水CH₄逸散排放量化可以参考《2006年IPCC国家温室气体清单指南》v5 废弃物第六章废水处理和排放使用的方法。

3.8 二氧化碳回收利用量

目前一些大型的石油化工生产企业开始尝试安装二氧化碳回收利用装置，对CO₂进行回收利用。同时一些制氢装置产生的CO₂气体也可以被回收作为产品出售。由于二氧化碳的回收和利用量并不属于温室气体排放源，而是属于汇，所以应当单独在《石化指南》中列出，以免出现混淆。

二氧化碳回收利用数据收集和管理要求解析见附录B表B-12。

3.9 本章小结

本章对《石化指南》中的核算方法及参数获取方法做了适用性分析，并参考了已有方法学《石油化工生产企业CO₂排放量计算方法》（SH/T 500—2011）及ISO14064-1: 2006《温室气体-第一部分：在组织层面温室气体排放和移除的量化和报告指南性规范》中的核算方法学，对当前的《石化指南》提出了进一步的补充建议。

■ 增加核算方法学的完整性

目前的《石化指南》基本涵盖了石化企业内部的主要温室气体排放源，但还应考虑进一步增强其完整性，例如增加燃料燃烧及生产过程中的CH₄和N₂O排放的核算方法，并考虑和《IPCC指南》保持一致，将排放源分类为能源活动排放、工业过程排放和废弃物处理处置三类，废弃物处理处置排放的核算方法见3.7部分。

对于一些数据收集成本较高、不确定性大，且对排放总量贡献细微的排放源，建议忽略。如高压开关的SF₆逸散排放、灭火器CO₂及氟里昂制冷剂HFC泄漏排放、空调冷媒泄漏排放。如果石化企业要自行准备温室气体排放清单，核算方法可参考ISO14064-1:2006《温室气体-第一部分：在组织层面温室气体排放和移除的量化和报告指南性规范》4.4.3a。

另外，《石化指南》的公式(12)“石油焦煅烧装置的温室气体排放核算方法学”不应纳入，建议移除。

■ 增强核算方法学的灵活性

当前《石化指南》的灵活性有待加强，尤其是第三部分“工业生产过程CO₂排放”的公式展示方式需要结合企业实际情况做出修改。

“燃料燃烧CO₂排放”应包含企业报送边界内的“固定源燃料燃烧排放”及“移动源燃料燃烧排放”两种，但数据收集和获取要求主要是针对“固定源燃料燃烧排放”来制定的，建议增加专门的移动源燃料燃烧核算公式及数据收集和管理要求，且建议固定源燃料消耗数据的收集方式以生产系统为单位上报，这样可增加整体数据的准确性和可信性。

《石化指南》中，“工业生产过程排放”的核算方法学是按照装置来分类的，但调研得知石化企业各生产装置的排放源会有一些的差异，建议在方法学设置上增强灵活度，也有助于理解。根据本章3.5部分的分析，建议将方法学分成“催化剂烧焦及再生排放核算方法学”及“石化产品制程排放核算方法学”两大类，其中，“催化剂烧焦及再生排放核算方法学”根据目前常用的清焦方法给出了连续烧焦核算公式和间歇烧焦核算公式。制程排放部分，主要给出了炼油环节的制氢工艺过程排放、氧化沥青工艺过程排放、乙烯制环氧乙烷工艺过程排放，以及其他产品生产工艺过程排放的核算公式四种。本章的3.5部分针对企业实际的数据情况增加了1个炉管烧焦排放的核算公式和1个简化的制氢核算公式，方便企业根据实际情况灵活选用。对与硫磺回收CO₂酸性气体产生的排放，分析了硫磺回收装置中的三种温室气体排放情况，并针对无法有效核算全场各装置工业生产过程CO₂排放的企业提供了统一核算硫磺回收装置的CO₂排放核算公式。

■ 简化非重点排放源的核算方法

石化企业的主要温室气体排放主要集中在“燃料燃烧排放”和“工业生产过程排放”两个部分。

“火炬燃烧排放”属于石化企业的非重点排放源，平均每个排放源约占企业总体排放比例的0.02%~0.3%左右。石化企业现在目前已经基本不燃烧正常工况火炬，对于非正常工况火炬，需要报批之后才能进行燃烧。现在的方法学及参数获取要求较为复杂，建议在《石化指南》中加入简化的数据获取方法。

另外，CO₂的回收和利用在石化企业中也不属于一种常见情况，数据收集及获取要求相应简单易行。

■ 建议指南提出“推荐性”的数据获取要求

为了增强《石化指南》的适用性，并合理缓解报告企业在温室气体上报工作初期的工作负担和经济压力，建议《石化指南》能明确提出“推荐性”的数据收集和获取要求。对于活动水平数据，目前《石化指南》中出现的参数获取方法分为自动连续监测、定期量测、内部数据、外部数据和自行推估5种。《石化指南》应推荐企业尝试应用准确性较高的自动连续监测数据作为核算依据，如果监测条件不能满足要求，则可结合具体情况尝试其余几种参数获取方法。排放因子数据目前分为自行检测数据/设备经验系数和默认值两种，《石化指南》应有限推荐企业应用有代表性的实测值。

需要提出的是，在“燃料燃烧CO₂排放”部分的参数“化石燃料含碳量”提供了两种参数获取方法，事实证明均具有可行性，虽然实际检测法的数据收集和获取难度高于热值估算法，但是实际检测法的数据不确定度相对较低，应推荐企业优先采用实际检测法，在监测条件不满足的情况可灵活使用热值估算法。

石化行业温室气体数据管理及核查关键技术

近年来，石化企业逐渐开始关注温室气体排放问题，并尝试寻求减排策略，但随着市场对高质量油品和石化产品需求的提升，企业的工艺复杂程度越来越高，导致能耗不断攀升。并且，在石化行业上下游一体化发展趋势背景下，资源经过开采、集输、处理、加工等生产阶段，连接成石化产业链条，同时，每个环节还有好多子链条，衍生出大量的石化产品和化工原材料。在繁琐的网络生产结构下，石化企业温室气体排放数据的管理是一件非常具有挑战性的工作，也是石化企业节能减排工作的基础。整套的温室气体排放数据监测、收集和核算工作可为石化企业参与碳交易提供基础信息，识别减排潜力并引进节能技术，促进石油化工生产企业可持续发展并实现减排目标。本章结合国内外温室气体数据质量管理的先进理念，介绍了可供石化企业借鉴的温室气体数据管理技术，包含核算指南和方法学的合理应用、监测计划的准备和撰写，以及数据有效性管理方法等概念。

外部核查是保证企业温室气体数据质量的第二道屏障，是由外部独立的第三方审核机构执行的，对于企业的温室气体报告结果及数据收集管理流程的核查工作，主要目的是确保上报数据的准确性和可信性，并帮助企业识别现有数据管理工作的提升空间。核查流程包括准备阶段、计划阶段、执行阶段和最终的报告编写阶段。石化企业属于生产工艺流程比较复杂的工业生产企业，涵盖的温室气体排放源也比较多，当前没有针对石化行业出台具体的第三方

表 4-1 | 石化企业适用的温室气体核算指南

指南名称	常见应用情况解析
《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》	这个是石化企业最核心的温室气体核算指南，适用于从事油气炼制加工业及石油化工产品生产的企业。例如，以炼油为主的企业，优化并重的联合石化生产企业，以及以化工原料生产为主的联合企业
《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》	石化企业作为高耗能企业，通常都带有自备热电厂（燃料以燃气或燃煤为主），为厂区提供稳定的电力和工业蒸汽热源，另外一个功能是作为电网出现紧急事故断网而使用的备用电力系统 自备发电厂可以看作是一个附属的电力生产系统，其产生的温室气体排放量应单独核算，企业需要依据《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》中提出的数据监测及获取要求来执行
《中国化工生产企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》	中国几家大型国营石化和化工集团公司均在走上下游一体化的道路，所以石化企业也会专门设有化工产品生产车间。化工产品生产过程中产生的排放可以依据《中国化工生产企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》来进行核算。例如和石化产业链相关的合成氨工艺，氨是生产氮肥的主要原料，合成氨工艺产生的排放应归类到化工生产企业的排放，同类型的还有甲醇和电石等化工原料
《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）》	如果石化企业的报送边界包括石油和天然气的开采环节，企业需要依据《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）》核算相关的温室气体排放量

来源：根据相关石化专家及石化企业的访谈结果编写而成

核查工作指南。本章结合工业企业碳核查工作的共性和石化行业存在的一些特定技术问题，提出了一些能帮助第三方核查机构把握重点、克服难点的关键技术。

4.1 石化企业的温室气体数据管理技术

截至目前，国家发改委共发布了14个重点企业温室气体核算指南文件的试行版，指南文件中也罗列了温室气体数据质量管理的基本执行要求，如建立温室气体排放源一览表、监测计划的制定、数据的内部审核和验证程序等。但是，指南文件目前提出的主要是概念性要求，对于实施方式并没有给出具体的指导。

结合石化行业的排放特性和数据基础，本部分论述了可适用于石化企业的数据管理技术，分别为核算指南的选择和应用、监测计划的撰写重点和数据有效性管理。

4.1.1 核算指南的选择和应用

目前，大型石化公司普遍实行上下游一体化经营，把采掘、加工、销售融为一体。单纯从产业类型上看，上游主要属于油气开采业，中游目前一般为常规意义上的油气炼制加工业，包括原油加工炼制和化学原料与制品制造，而下游一般为化工制品业（见图1-1）。温室气体上报工作的第一步就是选择适用的温室气体核算指南，一个大型石化企业可能同时拥有原油开采基地、炼厂及化工制品厂，还可能配有自备发电厂。而国家目前发布的14个温室气体核算指南是可以结合企业情况组合应用的，如果石化企业除生产油

品和石油化工产品外，还有其他产品生产及运行活动伴有温室气体排放的，可以依据情况选择对应的温室气体核算指南。一般情况下，石化企业除参考《石化指南》之外，还可能引入1~4个行业指南来支持上报工作，见表4-1。

4.1.2 监测计划

监测计划（Monitoring Plan）是企业进行温室气体数据收集与上报工作的程序性指导文件，记录了具体的数据收集方法和管理过程，是贯穿整个数据收集和报告工作的核心文件。在国家发改委发布的一系列温室气体排放核算方法与报告指南中，明确要求企业根据核算参数制定可行的监测计划，需要明确各参数的数据来源、计量及数据获取方式、数据收集频率和数据质量控制方法。

监测计划应在企业正式监测期开始之前撰写完毕，但开发一个能有效管理数据的监测计划并非易事，还需要权衡监测计划的可行性和可接受性。像欧盟温室气体排放贸易机制（EU-ETS）等相对成熟的温室气体报送机制，其监测计划的模板也经过了多次的修订和整改，且还在不断完善之中。

一般来说，准备一个比较全面的监测计划应包含以下几步流程³³。

1. 明确报告边界

依据相关行业指南的要求确定报告边界，并尽可能描述在报告边界内从事的工业生产活动、主要产品、装机规模等一些技术性

信息。依据《石化指南》的定义，温室气体核算边界是以中国境内从事石油炼制或石油化工生产为主营业务的独立法人或视同法人的独立核算单位。由于石化企业内部的油品加工炼制及化工产品生产线众多，推荐以厂区平面图或示意图的方式展示报告边界。

2. 识别温室气体排放源

根据企业的实际生产运行情况识别温室气体排放源，这里推荐石化企业使用本报告第二章总结的排放源识别“三步法”来进行排放源识别工作。监测计划中应提供一个清晰的列表，注明石化企业内部的生产系统、排放单元、排放设备、生产活动，以及温室气体排放源的类型。目前《石化指南》中仅要求上报CO₂一种温室气体，否则企业还应注明温室气体的种类。

3. 选择核算公式

根据温室气体排放源不同，去相应的温室气体排放核算方法和报告指南中查找对应的核算公式，并确定需要监测和收集的活动水平数据及排放因子。

4. 查阅数据收集及获取要求

相应的温室气体排放核算方法和报告指南中，会针对每个具体的参数制定数据获取要求，实际的数据收集和监测工作需要和其中的要求相符合。

5. 制定数据管理计划

数据管理计划是整个监测计划的核心部分。数据管理过程会涉及数据的产生、记录、传递、汇总和报告等流程，每个流程中会涉及数据记录、分析取样、统计汇总和排放量核算等具体工作内容。制定数据管理计划的目的是让整个数据收集和上报工作有据可依，并让所有参与温室气体排放数据报告编写的人员了解具体的工作任务和方法。首先需要明确这个参数的核算单位，最好和核算方法学中的单位保持一致，否则需要进行单位换算。接下来提供的信息是数据来源，如果是活动水平数据，应注明数据计量方式及计量点，如果企业计划采用第三方数据，需要注明明确的出处。对于排放因子数据，需要注明使用的是企业实际检测值、国家公布的默认值还是IPCC发布的默认排放因子数据，之后对计划执行的监测过程进行描述要明确工作的负责人、数据收集的方法、存档时间和文件名称。如果应用的数据收集方法来源于具体的国际、国家或行业标准，需要注明标准的编号和名称。最后，注明数据收集的频率，例如数据收集的频率是日度、月度还是年度。

6. 识别数据管理风险

在实际数据收集和上报的过程中，很难避免一些在报告过程中出现的纰漏和失误，同时企业的数据库系统也会存在一些薄弱的管理环节。为防范数据收集过程中存在的纰漏，企业需要尽可能地识别出可能出现的风险。一般来说数据管理的风险集中出现在以下三个方面。

- **人为因素：**人为因素特指一些人为原因造成的数据错误，例如数据记录人员没有正确读取或记录计量表计的读数，导致最终的上报结果错误。

- **设备因素：**设备因素是指由于计量设备突发的失灵或损毁情况造成的计量不准确，例如计量表计显示器失灵、电子数据采集系统出现故障等。

- **存档因素：**存档因素是指在存档归档的过程中没能妥善管理，例如数据库丢失，原始记录损毁等情况。

7. 制定质量控制方案

结合识别出的风险，企业应制定相应的数据质量控制方案。根据经验，企业应首先针对高风险工作环节制定控制方案。对于发生几率极低且对数据质量影响微乎其微的风险可酌情忽略。下面介绍了几种常见的数据质量控制方法。

- **合理分工：**操作人员的具体工作要求和职能都必须清晰明确地写入监测计划，每个职位的具体要求可以结合数据获取的要求反映到最终的监测计划中。

- **设备管理：**所有和温室气体核算相关的计量仪表（流量计、热能表、电能表、衡器等）应定期进行调试和校准。监测计划中应注明计量设备在运行期内的最大允许误差、调试和校验频率、引用规程等信息。除此之外，推荐企业采用备用数据计量系统，防止主计量仪表出现紧急故障造成数据丢失³⁴。

专栏 4-1 | 中国能源计量器具的管理

计量器具（如流量计、电能表、热能表、衡器）是目前中国企业采集能源数据的主要工具，其精准度是决定实测值与真实值之间误差的决定性因素。

目前，中国的能源统计体系已经建立了一套较为完善的计量器具管理制度。计量器具的配备和管理必须严格执行国家颁布的《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167—2006）中的相关要求。其中对于主要、次级用能单位和主要用能设备的计量器具的配备率作出了明确规定。

能源计量器具配备率的估算法见下。

$$R_p = \frac{N_s}{N_i} \times 100\%$$

R_p——能源计量器具配备率（%）；

N_s——能源计量器具实际的安装配备数量；

N_i——能源计量器具理论需要量。

同时，为保证测量数据的准确性，《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167—2006）还规定了用能单位能源计量器具的安装位置及运行管理要求，并根据计量目的及计量对象设置了计量精准度的等级要求。

来源：根据《灵活焦化与延迟焦化》研究内容及专家访谈资料整理

• **档案管理：**用于温室气体上报的所有原始记录、统计台账和统计报表等文件均需统一放入温室气体排放数据库。监测计划中需要注明数据存储的类型（电子文档还是纸质文档）、档案编号和保存时间等内容。

作为企业最为重要的温室气体排放数据管理文件，监测计划的内容必须要符合企业的实际运行和生产情况。如果发生任何改变，企业需要重新考量监测计划的适用性并酌情进行修改。同时，企业要有计划地提高监测计划的质量，对数据获取方式和方法的改进可能性进行周期性的评估和修改，以便取得高质量的数据³⁵。

4.1.3 数据有效性检验

在最终的温室气体排放报告提交之前，企业内部一般会展开数据的自审和检查工作，以此来保证数据的准确性和可信性。如果条件允许，建议企业指定专人对整个温室气体数据管理系统及报告进行内审，及时发现问题，起到预防和纠正不符合项的作用。从而确保上报数据的完整性和准确性。这种内审活动可以增加企业对报送数据的信心，并做好迎接外部第三方核查的准备。下面介绍几种常用的数据检查方法。

1. 交叉验证

将相关监测参数的最终上报数据和企业内部的数据相关记录进行比对。例如将炼厂干气的月度消耗数据和企业内部的能源消耗月度报表中的原始记录进行比对。

2. 数据波动观察

通过观察检测期内数据波动情况佐证数据结果的准确性，同时可以帮助识别不正常的的数据。例如核实火炬燃烧发生的上报月份是否和企业事故工况发生时间一致。

3. 重复核算

利用原始数据重新估算温室气体核算结果的准确性。可规避数据误报、单位转换错误、小数点错位等人为失误造成的风险。

根据企业内审的结果应制定相应的错误纠正措施和计划，并确定完成日期，指定专人进行实施。

4.2 石化行业温室气体核查关键技术

由独立第三方展开的核查工作被国内外温室气体报送机制普遍应用于数据质量保证环节，国内的几个碳交易试点也主要依靠第三方核查的力量来规范企业的报送工作。核查工作的流程没有行业性区别，基本分为准备阶段、计划阶段、执行阶段和报告阶段四个部分，见图4-1。但由于石化行业具有鲜明的行业特性，工艺生产流程复杂，如果没有专业的石化知识储备，很难快速识别温室气体排放源并理清核查思路。故本节结合石化行业的特色总结了数据初始风险评估、核查计划制定、排放数据质量评估和信息完整性检查等可供第三方核查机构借鉴的核查技术。

图 4-1 | 石化行业温室气体排放数据核查执行步骤图



4.2.1 核查数据初始风险评估

石化行业的温室气体核算和报送流程较电力企业和其他生产加工型企业复杂，调研发现，一个较具有代表性的石化联合企业一般会有至少5~6种温室气体排放类别，根据工艺复杂程度可能会涵盖20~30个排放源，以及上百个监测参数，且每个参数后面都可能附带庞大的原始数据记录。在正式核查工作开始之前，开展风险分析工作可以帮助核查小组成员识别出温室气体排放报送流程中存在的主要风险及关键监测参数，以便后续有针对性地制定核查计划，提高核查工作效率。数据风险评估的一些关键技术点解析如下。

1. 重要性评估 (Significance Level)

企业提交报告中各排放源占监测期总排放量的比例进行评估，目的是识别出占排放比例相对较大的温室气体排放源。由于石化行业的温室气体排放源较多，本报告建议石化行业排放源重要性分为四个等级³⁶。

• **重点核查对象 (H)**：识别占报告主体总排放量5%以上的温室气体排放源。一般为石化企业的燃料气燃烧及动力锅炉燃料燃烧产生的排放。

• **次重点核查对象 (M)**：识别占报告主体总排放量1%~5%的温室气体排放源，一般为催化剂烧焦再生过程产生的排放。

• **非重点核查对象 (L)**：识别占报告主体总排放量0.05%~1%的温室气体排放源，常见的排放源为火炬燃烧排放。

• **次要核查对象 (NS)**：识别占报告主体总排放量小于0.05%的温室气体排放源，常见的排放源为厂内运输机械柴油消耗过程产生的排放。

2. 监测参数风险分析 (Risk Assessment)

根据每个排放源下具体监测参数的数据监测和获得方法进行风险分析，可将活动水平数据及相关排放因子数据的数据获取风险分开识别，最后结合分析结果总结出整个排放源数据的风险级别，分为高风险 (H)、中风险 (M) 和低风险 (L) 三种。企业可以依据附录B石化指南温室气体排放数据收集和管理要求解析中提出的监测参数获得方法进行风险分析，也可以自行依据实际数据收集和管理情况和个人经验对参数获取风险进行评估。

• 高风险数据源类型

由企业自行推估的参数不确定性较高，另外，如果存在人为手动录入数据或自行检测数据源于无资质实验室的情况，也应直接判定为高风险数据源。

• 中风险数据源类型

由计量设备定期量测的数据，或者数据统计工作量较小的数据记录 (例如燃料消耗月报等数据源)。企业内部自行总结的燃料

品种信息及温室气体排放装置的清单等内部数据也被划入中等风险数据源。

• 低风险数据源类型

燃料或原材料的交易凭证数据或由资质检验认证机构提供的实测值都属于低风险数据源。如果企业安装有DCS等数据自动采集系统，其数据发生错误的风险也比较低。《石化指南》中公布的燃料热值及含碳量的默认值也算低风险数据。

3. 核查工作量预估 (Verification Effort)

这里需要根据排放源重要性评估及风险分析的结果来预估核查的工作量了，审核员可以凭经验列出需要在审核过程中查看的原始记录、统计台账、统计报表、实验室分析记录等数据，并估算大概核查多少原始数据以论证结果的可信性和准确性。如果时间和人力允许，应对重点核查对象中的高风险数据源进行100%的原始核查，在原始数据总量庞大的情况下，可以采取抽样核查的方式。

表4-2展示了石化企业温室气体核查初始风险评估表的示例。

4.2.2 核查计划的制定

前面介绍的初始风险评估可以为核查计划的制定带来两个便利条件。首先，核查团队可以根据报告主体数据收集的基本情况分配核查团队成员应做的具体工作，合理引入具有石化基础知识和审核经验的组员可以加强整体核查工作执行的有效性。其次，通过初始风险评估，可以识别出重点核查对象并估算核查工作量，以此来估算现场核查所需的时间。

核查计划的内容需要经过团队内部石化行业核查专家的审阅，以确保其内容符合石化企业的实际生产运行管理情况。为保证工作质量，核查计划需要至少在核查前一周发送给报送主体，给予充足的准备时间。附件C给出了一个石化企业的核查计划示例。

在计划阶段，核查方需要制定核查计划，包含文件评审和现场核查等具体内容。核查计划是核查方执行统筹规划的计划性文件，一份完整的核查计划应该包含以下信息。

1. 核查工作执行的时间、地点，核查小组的成员名单，以及上报机构的相关负责人。

2. 交代核查工作的范围和具体工作内容，包括核查日程安排、文件审核和现场审核的内容，需要到场的企业技术人员也应标注清楚。

3. 执行核查工作时需要收集的信息和资料清单，注明哪些需要提供扫描版本或复印件，哪些仅需验看原件即可。

4. 除介绍具体核查内容之外，还需安排核查开始会议和核查结束会议。在核查开始会议上，核查组长需要简单介绍核查任务和主要工作内容，核查具体时间安排等事宜。在核查结束会议上，需

表 4-2 | 石化企业温室气体核查初始风险评估表的示例

温室气体排放源信息				重要性评估	监测参数风险分析					核查工作量预估	
编号	排放设备或生产活动	排放源类别	报告的温室气体排放量	重要等级	活动水平数据	风险等级	排放因子及计算参数	风险等级	分析结果	计划审阅的资料清单	查验数据量估算 / 核查抽样计划
			单位： 吨 CO _{2e}	重点核查对象(H), 次重点核查对象(M), 非重点核查对象(L), 次要核查对象(NS)	活动水平数据获得及监测方法	高风险(H) 中风险(M) 低风险(L)	排放因子的数据获得及监测方法	高风险(H) 中风险(M) 低风险(L)	结合前面两项的结果评估	需要报告主体提供的证明数据可信性和准确性的清单	结合重要性评估及风险分析的结果进行核查工作量预估
GHG-001	蒸汽锅炉燃烧石油焦	固定源燃料燃烧排放	1,100,000	H	自动连续监测	L	自行检测(有资质)	L	低风险	蒸汽锅炉石油焦消耗量监测记录、石油焦热值等数据的实验室分析结果	核查 100% 的月记录, 抽查 10% 原始日记录
GHG-002	炼厂燃料气燃烧	固定源燃料燃烧排放	680,000	H	自动连续监测	L	自行检测(有资质)	L	低风险	炼厂燃气消耗量监测记录、燃气热值数据的实验室分析结果	核查 100% 的月记录, 抽查 10% 原始日记录
GHG-003	催化裂化装置催化剂连续烧焦	催化剂烧焦及再生	340,000	M	自动连续监测	L	自行检测(有资质)	L	低风险	催化裂化装置的烧焦量统计记录、催化剂焦层含碳量的实验室分析结果	核查 100% 的月记录, 抽查 10% 原始日记录
GHG-004	炼油厂的电力消耗设备	外购电力排放	94,000	M	自动连续监测	L	默认值(国家)	L	低风险	结算电表的原始读数记录及购电发票	核查 100% 的月记录
GHG-005	火炬燃烧排放	火炬燃烧排放	11,000	L	自行推估	H	默认值(国家)	L	高风险	安环部火炬点火时间及相关基础数据记录	核查 100% 的月记录
GHG-006	石脑油制氢装置排放	工业生产过程排放	13,000	L	定期量测(人工)	H	默认值(国家)	L	高风险	石脑油原料管道表计量结果	核查 100% 的月记录
GHG-007	炼厂叉车车用柴油消耗	移动源化石燃料燃烧排放	99	NS	定期量测(人工)	H	默认值(国家)	L	高风险	炼厂叉车柴油消耗监测记录	核查 100% 月记录
GHG-008	化工生产配送车汽油消耗	移动源化石燃料燃烧排放	55	NS	定期量测(人工)	H	默认值(国家)	L	高风险	化工生产配送车油耗监测记录	核查 100% 月记录

注：表 4-2 中数据为虚拟数据，仅供参考

要总结核查发现的问题，并向报告主体解释对核查发现问题的回复期限和具体方式。

4.2.3 温室气体排放数据质量评估

在温室气体核查的过程中，可能会涉及几种不同类型的监测参数，如活动水平数据、计算参数（包含排放因子、氧化率、含碳量、净热值等）和实测温室气体排放数据。当前的《石化指南》中针对每个参数给出了相应的数据收集和获取要求，但是没有针对每种数据收集方法进行数据质量分类。例如，企业实测一手数据的质量应高于外部第三方提供的估算数据的质量。

原则上，企业提供的温室气体排放数据应能代表实际生产和运行过程中产生的真实排放，但是由于当前中国企业的数据库比较薄弱，有些时候无法取得高质量数据来支持核算工作。石化行业企业的整体数据收集和管理水平都较高，尤其是燃料、电力、热力等活动水平数据都有较完善的收集获取流程。但含碳量及排放因子数据的可得性还值得研究，主要依靠《石化指南》中提供的默认值支持核算。

在核查过程中，核查人员应对数据质量进行评估，帮助企业提升核算报告的质量。根据温室气体监测参数的收集和管理特性，核查人员应从五个方面评估数据质量。

1. 数据完整性

与特定温室气体排放活动相关的数据可以获取的百分比。核查人员可以完整查看数据的周期性变化及波动性，一般用于评估活动水平数据的质量。例如，石化企业的液化石油气消耗数据可以被燃料管线安装的计量表计连续计量，且在中控室可以调取任

意时段的表计读数。

2. 数据可靠性

评估判断数据的来源、数据收集和获取方法的可靠程度。一般用于评估活动水平数据的质量。例如，石化企业的火炬气流量数据的获取非常困难，有些企业并没有实测的火炬流量数据，需要根据火炬排放的时间和流速对火炬气流量进行估算。这种估算值的可靠性往往低于实测值。核查人员应推荐企业优先应用较为可靠的实测数据。

3. 技术代表性

代表实际使用技术的同制程或设备经验系数，一般用于评估排放因子数据的质量。例如石化企业催化裂化装置结焦的平均含碳量源于企业自行取样并检测的数据。

4. 地域代表性

在数据不具有技术代表性的前提下，所采用的默认值或其他相关数据的地域特性，一般用于评估排放因子数据的质量。一般来说地域范围越小，数据质量越高，例如IPCC默认值的数据质量低于国家默认值的数据质量。

5. 时间代表性

数据反映的温室气体排放活动的时间年限，年限越长其代表性越差，一般用于评估排放因子数据的质量。例如企业如果使用IPCC排放因子的话，一般需要采用最新版IPCC报告发布的数据。

开展数据质量评价的实例见表4-3。

表 4-3 | 开展数据质量评价的示例

排放过程的描述	数据来源及获得方法	数据质量评估	提升数据质量的建议
石化行业原油运输过程产生的排放（从油田到化工生产企业）	<p>活动水平数据：根据石化企业到油田路程长度估算的平均运输距离</p> <p>排放因子数据：来自 IPCC 公布的默认值</p>	<p>活动水平数据没有反映产品的实际运输距离或石化企业的实际运输效率</p> <p>运输排放因子是针对国际货运的平均值，没有地域代表性</p>	<p>用里程计量从油田到石化生产企业的实际运输距离</p> <p>由于原油运输多属于跨省运输，所以这里可以考虑引入中华人民共和国交通运输部³⁷发布的相关排放因子数据进行核算</p> <p>石化企业还可以通过自发的调研工作统计出适用于企业的排放因子数据</p>

4.2.4 信息完整性核查

在温室气体核查工作的执行阶段，数据质量和数据准确性的核查仅仅只是工作的一部分，另一个主要目的是确认数据收集以及管理活动执行的合规性。石化企业的运行情况十分复杂，通常涵盖众多排放源及监测参数。如何逐一核查报告信息，同时避免重要环

节的疏漏，是核查工作的一个难点。

为了避免核查团队在执行工作的过程中遗漏掉一些重要信息，这里介绍了一种从整体到局部的核查方式，可以从一定程度上缓解遗漏审核信息的风险，详见表4-4。

核查工作的执行方式，可以分为资料审阅、现场调查、采访

表 4-4 | 开展数据质量评价的示例

核查范围一：核查报告边界	
• 确认报告边界划定的准确性	• 确认排放源识别的完整性
核查范围二：数据管理活动的执行情况	
• 数据收集及上报活动的实际执行情况	• 数据质量控制活动的实际执行情况
• 数据记录的管理	• 实际执行情况和《石化指南》的符合性
• 评估数据管理系统的有效性	
核查范围三：数据准确性验证	
• 监测参数的数据源质量核查	• 最终上报结果的检查计算
核查范围四：特定问题检查	
• 监测系统发生变化	• 缺失数据的处理

来源：根据世界资源研究所《完善企业温室气体核算制度：提升企业数据质量的经验与建议》（2014年）改编。

专栏 4-2 | 核查中的关键概念解析

在第三方核查的过程中会应用很多不同的术语来描述审核过程（如核查证据、核查准则、核查发现等）。本专栏会结合实际核查工作的需要对一些较难理解或容易混淆的概念进行解析。

1. 核查准则

核查准则特指核查过程中用于评价报告主体温室气体数据收集和上报工作执行情况及其核算结果准确性和可信性的评估基准。对于石化行业来说，核查准则一般为已经发布的《石化指南》文件或其他相关的行业核算指南文件，核查团队需要解读核查准则中的要求来执行核查，例如核算边界的设定、排放源和监测参数的数据获取方法，以及数据质量管理等。核查人员需要明确核查准则再执行工作。

2. 核查证据

核查证据是指被核查团队收集并用来确定核算报告主体温室气体排放和支持相关核查结论的数据和文件。核查证据应有足够的数量和适当的质量，可为纸质或电子数据或文件、现场拍摄的照片、相关人员的访问记录，或是由审核人员自行查找并取得的一些外部证据文件。

3. 核查实质性

在温室气体核算领域，最终核算结果及相关上报数据结果应100%准确，若在核查的过程中发现任何误差、遗漏或者误读的情况，报告主体应重新核算最终的温室气体排放量，并对相关文件做出修改。

4. 核查发现

在温室气体核查中，核查人员需要依据核查准则及收集的核查证据向报告主体提出核查发现，作为修改和更正温室气体核算结果和报告的依据。一般来说，核查发现可以分为纠错申请、澄清申请和后续整改申

请。提出三种核查发现的条件解析如下。

(1) 纠错申请

核查人员在遇到如下情况时可以向企业提交纠错申请：识别出数据收集和获取过程中出现的数据误报、误述或其他影响最终结果准确性的情况，或发现任何和核查原则相悖或不合规的执行情况，再或是识别出使得数据不能被准确计量或核算的风险因素。最常见的情况就是核查团队识别出上报数据和原始记录不符。

(2) 澄清申请

澄清申请主要是由于证据及信息不足，无法判定合理性，核查人员需要提出澄清申请，要求提供信息及证据。核查人员收到证据后进行再次审核，如果发现数据错误或不符项，澄清申请会升级为纠错申请。常见情况为核查团队发现某短时期的监测数据异常，明显高于其他月份，会向报告主体提出澄清申请。

(3) 后续整改申请

核查团队会针对核查过程中的发现及潜在的数据管理风险，向企业提出后续整改申请。企业需要在下个核查期开始之前针对后续整改申请做出相关调整和内部整改。常见情况是核查团队要求企业改进数据管理方式，减少数据误报的几率。

核查发现需要在完成全部文件审核及现场访问工作之后，由核查组长以正式邮件或书面通知的形式通知报告主体的相关负责人。

5. 核查结论

核查结论是指由第三方核查机构对企业提供的核查结果，分为正面结论和负面结论两种。如果核查方认为企业的温室气体核算结果不正确，或者数据获得方式不可行，需要举出明确的理由及证据。

在核查方出具核查结论之前，必须确保所有的纠正申请和澄清申请均被合理解决。

表 4-5 | 推荐的核查工作方法

核查活动	具体核查工作内容
温室气体排放源的完整性	检查温室气体排放源的识别是否完整，是否有遗漏的温室气体排放源 推荐的核查方法如下： 首先，根据本报告第二章提出的排放源识别三步法确认排放源识别的完整性，看看是否有没有纳入的温室气体排放源。在后续的核查工作中，根据企业提供的温室气体排放数据及相关能源、产品及原材料消耗记录推算是否有没有识别并正确核算的排放源
方法学的应用	检查温室气体核算方法学的应用是否正确，并记录在案 是否引入任何除《石化指南》之外的温室气体核算方法学
核查数据收集和获取的过程是否有信息误报	根据核查计划对数据原始记录过程进行检查，确认输入数据样本有无抄录错误。如果原始记录较多，可以选择抽查的方式
参考及外部数据的引用是否正确	确认企业正确引用参考数据的文献目录，并确认所有文献均为目前最新版本 所有参考数据被正确地引用并存档归档
监测参数和单位信息的正确性	检查温室气体核算表格中是否正确标注所有单位 检查所有温室气体排放核算过程的计算公式和分解数据的单位是否正确传递 检查单位转换系数是否正确应用
数据库的完整性	所有和温室气体核算相关的数据及原始数据记录都被存档归档 企业内部设有数据档案管理系统，能够及时追踪和调取相应的数据记录
核算结果的准确性	保证所有温室气体排放源排放量汇总结果的准确性 取几组数据样本，带入核算公式重新验算，验证计算结果准确性 在可能的情况下，尝试应用更复杂或者更简单的方法学进行验算，保证得到类似或相同的数据结果
排放趋势分析	在可能的情况向，将每个排放源产生的排放量和企业以前的排放量进行比较，如果有显著差异，应检查数据输入、假设和计算方法学 在可能的情况下，对照同类型、同等规模的石化企业产生的排放量及能源、原材料消耗量，以此来论证数据结果的可信性

来源：根据温室气体核算体系《产品生命周期核算与报告标准》的内容改编。

工作负责人员调查取证并咨询外部专家等。其中数据核查和现场取证是每个核查环节必须执行的工作内容，本报告总结了一些可以用于石化行业核查的基本工作方式，见表4-5。

4.3 本章小结

■ 对温室气体数据收集和上报工作的建议

本章结合目前石化企业即将面临的温室气体数据收集及上报工作，识别了三个工作重点和难点，并给企业提出了具体的执行建议，总结如下：

■ 相关温室气体排放核算指南的灵活应用

根据当前中国石化行业上下游一体化的发展趋势，很多报告主体会存在跨行业的生产经营活动，例如上游的油气开采业及下游的化工产业都有可能涉及。建议企业依据第二章提出的排放源识别方法划分生产系统及对应的核算单元，主要生产系统下的核算单元尽量对应一种产业或具体产品的生产活动，方便区分所属行业并选择对应的方

法。目前，石化企业常用的核算方法学为《石化指南》、《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》、《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）》、《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》。

■ 认识监测计划的重要性

对于石化企业这种排放情况比较复杂的企业，制定一个可行的监测计划是非常必要的。监测计划的内容必须符合石化企业的实际运行和数据收集管理情况。如果实际情况发生改变，企业需要重新考量监测计划的适用性并做出相应更改。监测计划的制定步骤可参考本章4.1.2部分。

监测计划的内容包括排放量核算公式、数据收集方法和数据质量控制方法。附录B总结了适用于石化企业的数据收集及获取方法，石化企业可以参考相关内容制定监测计划。

■ 定期检查数据的有效性

《石化指南》的第六部分第七条明确建议企业建立内部审核

和验证程序，以保证数据的完整性和准确性。除本章4.1.3部分介绍的三种常用的数据质量检验方法外，《石化指南》还推荐企业在能力及条件允许的情况下组建一个内部审核小组对整个数据产生、记录、汇总和上报的工作进行内部核查，及时发现并改正问题，同时可以帮助企业识别内部温室气体排放数据管理系统的提升空间。

■ 对核查工作的建议

石化企业和电力、水泥等工业企业相比，其温室气体排放情况相对复杂且数据多样，需要核查人员熟悉石化企业的主要装置、化石燃料、原料及产品的知识，这大大提升了第三方核查的能力要求及工作难度。结合4.2部分提出的核查关键技术，本部分总结了三点可供核查工作者参考的工作建议。

■ 及时评估核查数据及证据的质量

核查每个核算数据背后的数据源及佐证资料，评估数据的质量，优先选用实体性证据（如：计量表计读数）或文件化证据（购售单据、能源统计台帐等）。评估方法可以借鉴4.2.3部分提出的5个评估指标。

■ 关注生产运行情况的变化

对于石化企业还应关注整体企业生产情况及监测系统的变更，由于上下游一体化的发展趋势，每一年的排放情况都可能出现变化，所以审核人员需要着重关注燃料及原料类型变化、新建项目及停产停工等事件。

■ 观察数据波动性

核查团队除了验证数据合理性之外，还应对单位强度碳排放、历史年份碳排放及企业数据波动情况进行核查，若发现不合理波动，应查明原因。

结论与建议

5.1 对《石化指南》的总体意见

本文在总结分析石化行业产业链结构和温室气体排放特点的基础上，对《石化指南》进行了解析，并结合目前石化行业的生产运营情况对其进行了适用性分析，研究内容将为《石化指南》的进一步升级改版提供依据，同时为升级国家温室气体核算标准做准备。本研究对《石化指南》的主要几点建议总结如下。

5.1.1 应结合石化产业链明确《石化指南》的适用范围

在对石化行业的研究中发现，上下游一体化已经成为全球石化行业的发展主流，便于企业优化原料成本，降低运输和管理消耗。所以，一个大规模的石油化工生产企业，其产业链结构会分为油气开采业、油气炼制加工业、化学原料与化学制品业、化工制品业四个部分。目前的《石化指南》仅适用于油气加工炼制和石油化工原料生产环节，不能完全满足大型石化企业的温室气体核算需要，应和《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）》及《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》结合使用。由于国内对石化行业上下游产业链没有一个清晰明确的划分，所以石化企业在方法学的适用性方面有很多疑问。本研究建议在核算指南中对石化行业产业链进行清晰的界定，同时引入《石化指南》和其他行业温室气体排放核算方法与报告指南之间的应用关系，见表5-1。

5.1.2 扩充《石化指南》对温室气体排放源的覆盖范围

目前《石化指南》中提出的温室气体排放类型基本覆盖石化行业的主要温室气体排放源，但没有结合石化行业的实际情况做出细化分类（例如移动源燃烧和固定源燃烧排放需要分别

表 5-1 | 石化产业链各环节对应的温室气体排放核算方法与报告指南

石化产业链	对应的温室气体排放核算方法与报告指南
油气开采业	《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）》，适用于报送边界内包含石油和天然气开采的工业企业
油气炼制加工	《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，适用于从事油气炼制及石油化工产品生产的企业，主要产品为各类油品、润滑油、沥青等
石油化工原料生产	《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，适用于从事油气炼制及石油化工产品生产的企业，这里的主要石化原料为“三苯三烯”及其他石化中间产品，主要为生产合成橡胶、合成树脂及合成纤维的原材料
化工原料及化工制品	石化产业链相关的合成氨、甲醇和电石等化工原材料的生产企业，根据其特性应被纳入《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，但目前该指南中纳入的产品还不全面，应进一步扩充

列出)。结合第二章和第三章的研究内容,本文建议《石化指南》和《IPCC指南》保持一致,将排放源分为能源活动、工业过程及产品使用及废物处理三大类。排放源分类方式可以参考表5-2。

从排放源识别的完整度来看,目前《石化指南》并未纳入厂外货运产生的移动源排放。研究发现,石化企业的场外运输排放(轮船和火车)也不容小觑,估算能达到石化企业排放总量的10%³⁸。此外,废物处理处置产生的排放也应纳入核算范围。但废物处理的温室气体核算方法学的不确定性较大,且产生的主要是CH₄,由于国家现阶段主要考虑的是CO₂的减排,所以可以暂不纳入。

5.1.3 《石化指南》应提供适用于石化企业的排放源识别方法

从组织系统的观点来看,石化行业内存在多个生产系统并连接着数十套复杂的大型生产装置,识别石化企业的温室气体排放源是一项非常有挑战性的工作。本研究分析了石化行业实际生产以及运行情况,提出了一套层级化的排放源识别方法。层级化是指将石化企业温室气体排放源识别对象自上而下逐次划分为“生产系统——排放单元——排放设备/装置”三个层级。此方法可用于石化企业进行内部温室气体排放盘查及温室气体上报工作,外部第三方核查机构,也可利用本套方法开展温室气体核查工作。此套方法不仅适用于石化企业,也可应用于其他生产情况复杂的工业企业。排放源识别“三步法”总结在表5-3中。

表 5-2 | 石化行业温室气体排放源分类

排放类型	排放源名称	定义	温室气体
能源活动排放	固定源燃烧	石油炼制和石化原材料生产过程中发生的化石燃料燃烧排放	CO ₂ (少量 CH ₄ 和 N ₂ O)
	移动源燃烧	所有移动源设备在运输活动中的燃料燃烧和燃料蒸发带来的排放	
	火炬燃烧	处置废天然气及碳氢化合物而进行的喷焰燃烧或焚化装置产生的排放	
	泄漏	油气系统泄漏、存储损耗及管道破裂等产生的排放	
	外购电力(间接排放)	企业消费净购入电力所对应的电力生产环节产生的排放	
	外购热力(间接排放)	企业消费净购入热力所对应的热力生产环节产生的排放	
工业过程及产品使用排放	石化产品制程排放	石化产品生产过程中化学反应过程产生的温室气体排放,如蒸汽裂解制乙烯的过程会生成含 CO ₂ 等的裂解气	CO ₂ 、CH ₄
	催化剂烧焦及再生	催化剂烧焦及再生过程产生的排放	CO ₂ (少量 CH ₄ 和 N ₂ O)
废物处理排放	废物处理处置	通过焚烧炉、生物分解场、污水处理厂的设施处理废弃物排放	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O

表 5-3 | 排放源识别“三步法”

步骤一：划分企业内部的生产系统

对于制造型工业企业，其报告边界内会包括基本生产系统（又称“主要生产系统”）、辅助生产系统和直接为生产服务的附属生产系统
 基本生产系统包括原油加工炼制系统和化学原料（乙烯为主）与制品制造系统
 辅助生产系统包括电力系统、蒸汽系统、储运系统、火炬系统和污水处理系统等
 附属生产系统是指石化企业生产运行边界内为生产服务的部门和单位，包括办公室、操作室、休息室、食堂、澡堂、宿舍、检验室等设施

步骤二：识别温室气体排放单元

原油加工炼制系统下的排放单元需要依据企业具体的加工炼制装置和工艺路线确定，一般以主要的生产装置为排放单元
 常见的排放单元有初馏及常减压蒸馏装置、催化裂化装置、催化重整装置、延迟焦化装置、汽柴油加氢装置和制氢装置等
 化学原料与制品制造系统下的排放单元和石化企业下具体的生产环节相关，一般以生产装置为排放单元
 常见的排放单元有：乙烯裂解装置、PX 联合装置、环氧乙烷生产装置、聚丙烯装置和 PTA 装置等
 各辅助生产系统下的排放单元根据企业的实际生产运行情况来定，一般将炼油区与化工生产区划分为独立单元来统计。对于电力和蒸汽系统，一般会根据各级计量点的位置来划分排放单元
 附属生产系统中，所有支持办公和生活的附属设施，如果有独立的计量设备或数据获得能力，都可以独立成为一个排放单元

步骤三：锁定温室气体排放源

每个独立单元下的的排放源识别工作需要细化到具体的排放设备、装置或排放活动，将排放源进行分类，并注明可能产生温室气体的种类。

5.1.4 加强《石化指南》灵活性并引入分级化管理方法

石化企业中最主要的温室气体排放源是固定源的燃料燃烧排放，但随着未来中国油品质量的不断升级，石化企业原油加工炼制环节中精制和改质工艺的排放量将会显著飙升。尤其是制氢装置，负责为各加氢精制环节提供原料，其原料为石脑油及轻烃，产生的CO₂排放量也将十分可观³⁹。同时，研究发现石化企业中火炬气燃烧所占的排放比例一般仅占企业整体排放量的0.02%~0.3%，和场内的移动机械排放一样均属于小型排放源。目前《石化指南》没有专门针对大型排放源和小型排放源设定不同级别的数据收集和管理要求。

为了提升石化企业温室气体排放数据的质量，并有效缓解企业的工作负担，需要对企业内的温室气体排放源进行等级划分，可以依据排放源年均排放量占企业年平均排放量的比例对数据收集和获取要求分级。对主要的排放源进行高标准严要求，对于次要的排放源，则数据获取要求可以相对降低。具体分级方法可以借鉴《工业企业温室气体排放数据质量管理技术规范》⁴⁰。

基于第三章的分析，目前《石化指南》中的数据收集及获

取要求对于石化行业的大型国有企业来说是具有可行性的，需要关注的是各地区的地炼企业，它们的数据基础和管理能力相对薄弱，但是调研得知地炼企业的温室气体排放量的规模也不容小觑。本报告建议在划分数据收集和获取要求的基础上，还可以尝试基于核算指南中的引入一些简化的核算方法，供地炼企业在温室气体上报工作初期使用，但应在《石化指南》中注明这类简化方法的适用条件。

5.2 对石化行业温室气体核算的未来工作建议

通过对石化企业的真实运行和管理情况的调研，本报告总结了一系列温室气体数据管理及第三方核查关键技术，供即将参与碳市场的石化企业、第三方核查机构和碳市场的技术咨询机构参考使用。为帮助石化行业早日建立并完善温室气体排放数据管理体系，本文通过分析提出了以下几点未来工作建议。

5.2.1 对政府机构和研究机构的建议

对于政府机构和温室气体核算指南研究机构，本文建议：

■ 识别并开展试点工作

为了增强《石化指南》的适用性，应联合石油行业协会选取具有代表性的炼油企业、油化并重企业和化工联合企业进行温室气体排放核算试点测试。摸清石化企业的排放特色、重点排放源和数据基础，结合试点的测试结果统一对《石化指南》进行升级改造。

■ 结合指南开发技术细则文件

除开发核算方法及报送指南之外，应结合行业特色为石化企业提供更为详细的数据收集及上报指导细则文件，为重点企业的温室气体报送工作提供执行依据，例如监测计划的和温室气体排放报告的准备，内部核查工作的开展等。同时技术细则应对数据收集方法提出更明确的规范和要求，方便第三方核查机构开展数据核查和评估工作。

■ 尝试应用“大数据”掌握行业排放趋势

监管机构不应仅关注企业的温室气体排放总量，还应结合石化企业的生产特色，尝试让数据“说话”，把温室气体排放数据与石化企业的原料、产品、规模、开工率等现实生产指标结合，厘清排放波动曲线及主要影响因素，能够帮助相关监管部门更全面地理解石化行业的温室气体排放情况。

■ 开发石化企业专用的排放因子数据库

石化企业的活动水平数据基础整体来讲是非常全面的，但排放因子数据质量比较薄弱。为了提高石化行业整体温室气体数据的准确性，建立由国家石化联合会牵头，制定石化行业的排放因子数据库。

5.2.2 对石化企业和技术咨询公司的建议

对于即将进行温室气体核算的石化企业和技术咨询公司，本文建议：

■ 开展摸底和上报工作

早日开展温室气体核算与上报的摸底和准备工作，依据国家相关行业温室气体排放核算方法与报告指南中的要求进行核算工作，尝试找出企业内部温室气体排放的核心环节和主要影响因素，并尝试制定可行的减排策略。

■ 开发温室气体排放核算模型

建议大型石化企业自行开发温室气体排放核算模型，将核算公式嵌入系统作为执行温室气体上报的工具，相关人员仅需依据要求上报并管理各监测参数的原始记录、报表及台账等文件。这样做可减轻整体温室气体数据收集及管理工作的执行负担，仅需定期对计算模型进行维护和升级即可。

5.2.3 对第三方核查机构和认证服务公司的建议

对于第三方核查机构和认证服务公司，本文建议：

■ 积极开展能力建设

结合石化企业的排放特性对核查人员进行能力建设，例如石化行业的类型、主要的温室气体排放源和排放类型，以及主要生产装置、产品、原料和燃料。

■ 建立石化行业专家库

推荐第三方核查机构建立石化行业专家库，为第三方核查工作提供专业的技术指导和支持工作，但建立石化行业专家库的同时，需要考虑规避聘用专家和被审核单位的利益冲突。

■ 开发专业工作模版

针对石化企业这样复杂的工业企业，应开发相应的工作模版，如数据取样方法、风险分析表、证据质量评估表等工具文件模板，保证工作的统一性和一致性。

附录A 石化企业温室气体排放源识别案例

背景介绍

1.1 企业生产运行情况简介

本案例企业是以原油为主要原料，从事炼油和乙烯生产的石油化工联合企业，在生产油品的同时还用烃类裂解技术生产化工产品。公司目前拥有以600Mt/y原油加工装置和50Mt/y乙烯装置为核心的20套大型石油化工生产装置，年产有机化工原料、成品油等商品500Mt，乙烯的生产原料为炼厂的石脑油。本石化企业为满足生产所需的电力和热力，除在地方电网购入一部分电力之外，还自行建设了一座燃煤发电厂和一个燃气锅炉。发电煤种以烟煤及褐煤为主，蒸汽动力锅炉则主要通过燃烧炼厂废气（瓦斯气）提供热力蒸汽。如果炼厂废气不够还需外购天然气和瓦斯进行混烧。

同时，本石化企业内设立了物流和客运部门，承担厂区内物料

流通、消防安全和后勤保障等生产附属活动的运输任务。此外，企业还建造了工业废水处理装置、化粪池和垃圾焚烧装置作为废弃物处理设施，可以就地对生产过程中的废水废物进行处理。

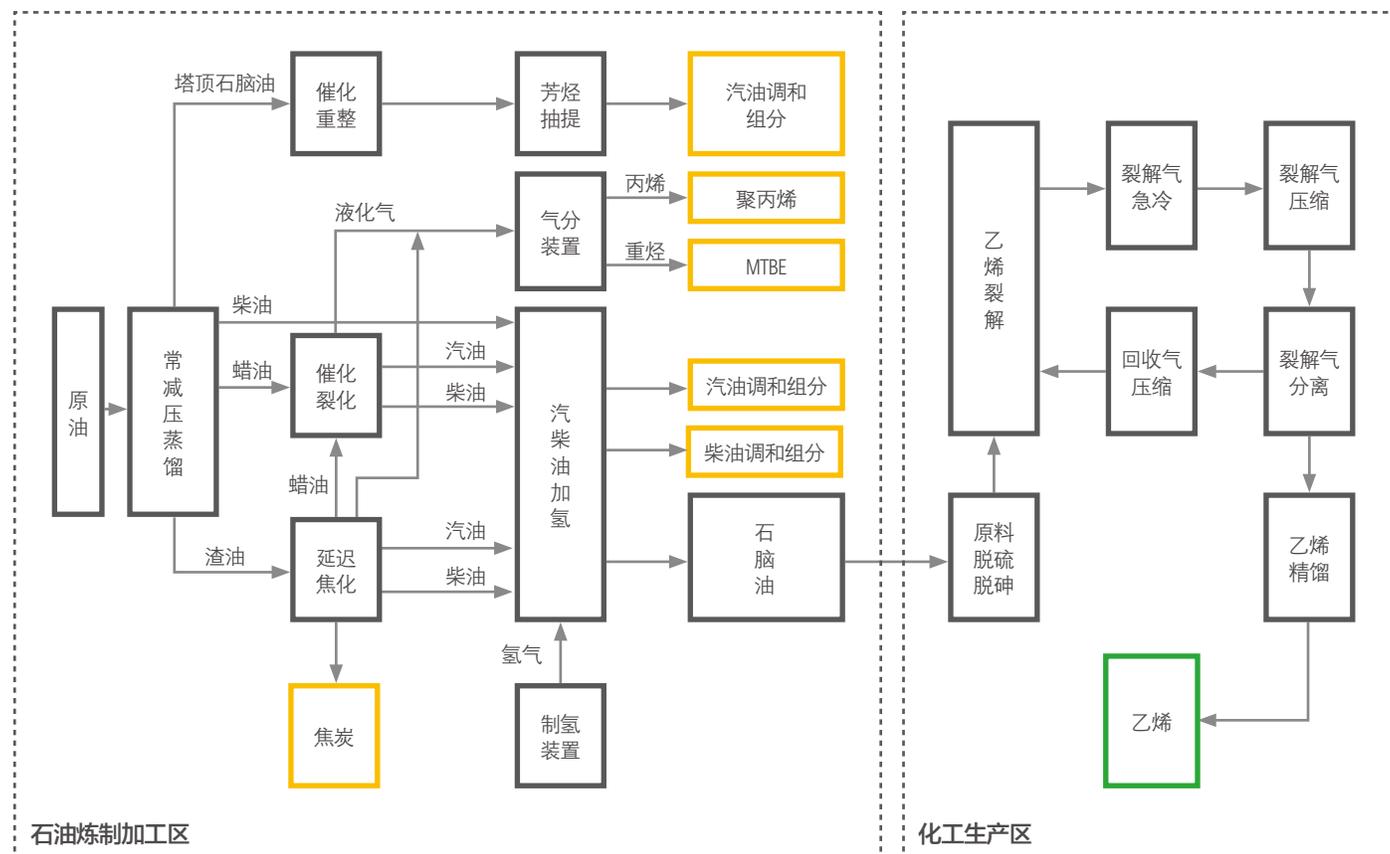
石化原油炼制和乙烯生产的主要工艺流程如附图A-1所示：

1.2 组织与核算边界

该企业以本公司企业法人的核算边界为单位，核算和报告在运营上受其控制的所有生产设施产生的温室气体排放，包括实施范围内的所有基本生产系统、辅助生产系统，以及为生产服务的附属生产系统，具体包括石油精炼部门、化工部门、物流部门、客运部门等生产相关部门，对组织边界内的排放源及排放量将予以盘查和报告。

该企业基于层级化排放源识别的方法，按照企业内的生产系统对温室气体排放源进行分类和识别。

附图 A-1 | 石化原油炼制和乙烯生产工艺流程简图



注：MTBE 为甲基叔丁基醚的英文缩写

温室气体排放源识别

2.1 生产系统识别

该企业按照主要生产系统、辅助生产系统和附属生产系统三种生产系统的分类，对核算边界内的各系统进行排查识别，理清各个生产系统的运行边界和核算范围，力求做到不漏算、不重复。具体见附表A-1。

附表 A-1 | 石化企业生产系统识别表

所属生产系统	生产系统名称	定义及核算范围
能源活动排放	原油加工炼制系统	原油入厂后切割成不同馏分，并按照品质除去杂质，通过化学工艺转化为加工产品
	乙烯生产系统	原油加工炼制过程中产生的炼厂气和石脑油等裂解成为不同组分，通过分离和精制提取乙烯作为产品
	电力系统	企业内部的电力系统，连接外部电网和各耗能设备（此部分主要考虑外购电量）
	热力系统	利用外购的蒸汽为主要生产系统提供热力，以及企业内部供热锅炉产生的燃料消耗
工业过程及产品使用排放	运输系统	以汽油和柴油作为燃料为厂区内的运输任务提供动力
	火炬系统	采用喷焰的方式处置废天然气和碳氢化合物
	垃圾与废弃物处理系统	在炼油及化工过程中有关废水、废弃物的处理处置
	自备燃煤发电厂	利用燃烧烟煤及褐煤生产电力，通过厂区内电网为主要生产系统提供电力
废物处理排放	生活系统	提供生产人员生活所需的设施
	办公系统	提供企业正常运行所需的设施

2.2 排放单元识别

基于附表A-1中各个生产系统的识别结果，该企业着重对生产环节复杂、设备大型多样、温室气体排放量大的基本生产系统进行了进一步的排放单元识别。在该识别步骤中，主要是按照工艺流程，以装置为单位对厂区内所有可能产生温室气体的排放单元逐一识别，并分析其中存在的主要温室气体排放过程，以及可能排放

的温室气体种类。结果见附表A-2。

附表A-2中同时对使用电力和热力的装置，以及由第三方参与运行的装置进行了识别和备注说明，有关的温室气体统计应该纳入其他生产系统或者其他法人单位。根据附表A-1中的定义可以明确区分各排放源所属系统，减少了复杂生产系统内漏算、重算的可能性。

附表 A-2 | 各生产系统中排放单元识别表

生产系统	排放单元（生产装置或设施）	排放过程识别	备注
原油加工炼制	电脱盐脱水装置	脱盐罐所需的电能消耗	电力消耗统一纳入辅助电力系统考虑
	常减压蒸馏装置	加热炉燃料燃烧排放	-
	催化裂化装置	催化剂连续烧焦及再生	-
	延迟焦化装置	加热炉化石燃料燃烧	使用水力清焦法，没有烧焦过程排放。
	催化重整装置	催化剂烧焦再生和加热炉化石燃料燃烧	催化剂由第三方进行再生处理不用考虑
	汽柴油加氢精制装置	加热炉燃烧	-
	制氢装置	加热炉燃烧，制氢工艺产生的排放	-
基本生产系统	芳烃抽提装置	加热炉燃烧	-
	硫黄回收装置	加热炉燃烧，硫黄回收工艺排放	核实企业无法有效核算全场各装置工业生产过程的CO ₂ 排放，故独在硫磺回收装置核算。
	炼厂气输送管道	泄漏排放	泄漏排在温室气体排放占的比例较小，暂时不列入考虑。
	脱硫脱砷装置	碳酸盐脱硫过程排放	-
乙烯裂解生产	乙烯裂解炉	加热炉燃烧，裂解过程催化剂炉管烧焦排放	-
	裂解气回收装置	泄漏排放	泄漏排在温室气体排放占的比例较小，暂时不列入考虑。
	裂解气压缩分离装置	消耗电能间接排放	纳入辅助电力系统计算
	乙烯精馏装置	加热炉燃烧	-

转下页面

附表 A-2 | 各生产系统中排放单元识别表

生产系统	排放单元（生产装置或设施）	排放过程识别	备注	
电力系统	原油炼制单元	外购电力产生的间接排放	-	
	乙烯生产单元		-	
热力系统	原油炼制单元	外购蒸汽和热力产生的间接排放	工业热源和生活热源分开核算	
	乙烯生产单元			
火炬系统	原油炼制单元	燃烧过剩气体时产生的直接排放	按照火炬设施的设置进行单元划分	
	乙烯生产单元			
	化工气回收单元			
辅助生产系统	化工车	使用汽油、柴油、天然气作为运输工具的能源供给	按照运输部门的管理系统进行单元划分，	
	消防车			
	物流车			
	电厂车			
垃圾处理系统	工业废水处理厂	有氧及无氧降解过程直接排放	-	
	垃圾焚烧装置	燃烧过程排放	-	
	化粪池	无氧反应过程排放	-	
厂内发电	发电厂	锅炉燃烧化石燃料	按照机组进行更进一步划分，每个机组为一个独立核算单元	
附属生产系统	办公室	使用电力和热力间接排放	按照计量系统区分各个单元	
	操作室			
	检验室			
	生活系统	食堂	使用电力和热力间接排放	按照计量系统区分各个单元
		澡堂		
		宿舍		

2.3 排放源识别结果

基于以上结果，最终可以对温室气体排放源进行分类识别，并形成一份内容完整、数据可考的温室气体排放源清单。本案例中不包含具体的排放数据核算数据结果。

表A-3根据“排放单元识别”步骤的识别结果，对每一个排放

单元内的排放源进行了分类，标明了哪些排放源应该纳入对应的排放单元进行计算，以及排放的具体设备和生产活动，细化到具有可收集数据的层级上。

根据排放源的类别不同，企业可以考虑相关的活动水平数据也分类别地进行收集，从而能够条理有序地核查清每一个排放源的排放量，在管理层面上保证了温室气体清单核算的准确性。

附表 A-3 | 温室气体排放源识别结果

生产系统	排放单元	排放设备或生产活动	排放源类别	CO ₂ (t CO ₂ e)	CH ₄ (t CO ₂ e)	N ₂ O (t CO ₂ e)	
原油 加工 炼制	常减压蒸馏装置	加热炉燃料燃烧	固定源燃烧	√	√	√	
	催化裂化装置	催化剂连续烧焦反应	催化剂烧焦及再生	√	√	√	
	延迟焦化装置	加热炉	固定源燃烧	√	√	√	
	制氢装置	加热炉	固定源燃烧	√	√	√	
		制氢工艺过程排放	化学产品化学生产过程排放	√			
	汽柴油加氢精制装置	加热炉	固定源燃烧	√	√	√	
	芳烃抽提装置	加热炉	固定源燃烧	√	√	√	
	基本 生产 系统	硫黄回收装置	加热炉	固定源燃烧	√	√	√
			硫黄回收工艺过程排放	化学产品化学生产过程排放	√		
		炼厂气输送管道	管道缺损	泄漏		√	
脱硫脱砷装置	碳酸盐脱硫剂脱硫排放	石化产品化学生产过程排放	√				
乙烯 裂解 生产	乙烯裂解炉	加热炉	固定源燃烧	√	√	√	
		结焦反应	催化剂烧焦	√	√	√	
	裂解气回收装置	泄放设备	泄漏		√		
	乙烯精馏装置	加热炉	固定源燃烧	√	√	√	

转下页面

附表 A-3 | 温室气体排放源识别结果

生产系统	排放单元	排放设备或生产活动	排放源类别	CO ₂ (t CO ₂ e)	CH ₄ (t CO ₂ e)	N ₂ O (t CO ₂ e)	
电力系统	原油炼制单元	耗能装置的电能消耗	外购电力	√	√	√	
	乙烯生产单元			√	√	√	
蒸汽系统	原油炼制单元	外购热力的消耗	外购热力	√	√	√	
	乙烯生产单元			√	√	√	
火炬系统	炼油火炬	火炬燃烧过程产生的排放	火炬燃烧	√	√	√	
	化工火炬			√	√	√	
	化工回收火炬			√	√	√	
辅助生产系统	化工车	汽油车、柴油车、天然气车等运输过程中产生的排放	移动源燃烧	√	√	√	
	消防车			√	√	√	
	物流车			√	√	√	
	电厂车			√	√	√	
垃圾处理系统	工业废水处理厂	暴气池	废弃物处理	—	√	—	
	垃圾焚烧装置	焚烧炉	废弃物处理	√	√	√	
	化粪池	发酵池	废弃物处理	—	√	—	
厂内发电	发电厂	燃烧炉	固定源燃烧	√	√	√	
附属生产系统	办公室	办公用电及供暖热力消耗	外购电力及热力消耗	√	√	√	
	操作室			√	√	√	
	检验室			√	√	√	
	生活系统	食堂	生活用电及供暖热力消耗	外购电力及热力消耗	√	√	√
		澡堂			√	√	√
		宿舍			√	√	√

案例分析与讨论

上述案例描述了某石化企业按照排放源层级化识别法，从整体到部分地对厂区内各个生产系统进行了温室气体排放源识别。从逻辑关系上看，这种识别方式能有效防止漏算少算、重复计算的潜在风险，并且按照系统划分进行识别，所需核查数据能够与企业的监测计量体系相适应，从而提高数据的有效性和准确性。

从附表A-3中可以看到，该企业不仅能够明确三个层级之间的主次关系，也能够在实际数据获得过程中横向比较不同生产系统的排放占比，从而找到节能减排的重点所在。而根据排放源类别的分布，该企业能够了解温室气体排放主要来自于固定源的燃料燃烧，因此与固定源燃烧相关的数据监测、收集及核查是企业完善其数据管理体系的重点。该企业也可结合自身运行情况和现有的数据管理体系打造适合的温室气体排放源识别方法。

附录B 《石化指南》温室气体排放数据收集和管理要求解析

燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

1.1 固定源燃料燃烧

《石化指南》中固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-1。

附表 B-1 | 《石化指南》中固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的核算方法介绍	燃料燃烧 CO ₂ 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 根据本公式，企业应得到企业在监测期内的化石燃料燃烧的 CO ₂ 排放总量（E _{CO₂-燃烧} ），单位为吨
核算公式	$E_{CO_2\text{-燃烧}} = \sum_j \sum_i (AD_{i,j} \times CC_{i,j} \times OF_{i,j} \times \frac{44}{12})$
《石化指南》中的数据收集和管理要求解析	
参数 1：i —— 化石燃料的种类，无单位	
监测参数获得方法可行性分析	《石化指南》无具体要求，建议参数获得方法如下 获得方法：内部数据 方法可行性：可行 根据《石化指南》中的定义，这里的化石燃料指出于能源利用目的氧化过程产生的温室气体排放。燃料非能源利用产生的排放应纳入工业生产或其他排放范畴 所以，企业应统计在监测期内，石化企业内部用于给石化生产流程提供热量和机械功的化石燃料种类（生物质燃料不算在内）。根据核算的需要，最好分别统计固态燃料、气态燃料和液态燃料的品种和消耗量 根据调研结果，炼油生产系统和化学原料和制品制造生产系统的化石燃料以自产的燃料气和部分外购燃气为主。同时，整个厂区的蒸汽系统可能由动力锅炉燃烧石油焦和燃煤来支持生产。还有一些附属生产系统，如食堂、宿舍的燃料消耗
监测频率要求	《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证燃料信息的准确性，应在每个监测期开始前确认企业内部使用的燃料种类是否有变化

转下页面

附表 B-1 | 《石化指南》中固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

参数 2 : j —— 燃烧设施的序号, 无单位	
	<p>《石化指南》无具体要求, 建议参数获得方法如下 获得方法: 内部数据 方法可行性: 可行但需要对参数定义进行相应修改</p> <p>《石化指南》要求统计所有石化企业内部燃烧化石燃料的设施, “设施”从字面可以理解为一套生产系统, 而各生产系统下的装置可以理解为具体的排放单元 所以, 可以依据炼油生产系统及化工生产系统来分别上报。且由于炼油系统和化工系统的燃料种类和生产装置会出现比较大的差异和区别, 分开上报可以便于企业进行管理和比对。对于动力锅炉, 应算作辅助生产系统来核算对应的燃料燃烧排放</p> <p>石化企业的整个生产线是由若干套大型生产装置连接而成的, 每套装置都设有一个或多个具体的燃料燃烧设备(如加热炉、锅炉、蒸汽反应器、还原炉等耗能设备)。在对多个石化企业的调研过程中发现, 每套石化生产装置都会定期统计燃料消耗量, 但是由于管网复杂多样, 并不能准确统计每套装置中每种燃料的消耗量, 且有些装置相应计量仪表的精确度较低, 难以作为统计核算依据。故这里建议石化企业将内部各生产系统的燃料消耗分别统计, 同时应记录并上报每个生产系统下主要燃料消耗装置的名称及主要燃料种类。建议将此参数的名称改为“燃料消耗生产系统的序号”</p> <p>石化企业常见的燃料消耗类型统计如下:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 各石化生产系统中锅炉、加热炉的油气燃烧(存在于主要生产系统) 2. 石化企业内动力系统的锅炉化石燃料燃烧(存在于辅助生产系统) 3. 系统维修过程产生的乙炔焊接燃烧(存在于附属生产系统) 4. 食堂炉灶的液化石油气燃烧(存在于附属生产系统)
监测参数获得方法 可行性分析	
监测频率要求	《石化指南》无特别要求, 但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性, 应在每个监测期开始前, 确认企业内部各生产系统下的化石燃料消耗装置或设备是否有增减和变化
参数 3 : AD _{i,j} —— 燃料设施 j 内燃烧的化石燃料品种 i 的消耗量, 固体或液体燃料及炼厂干气以吨为单位, 其他气体燃料以气体燃料标准状况下体积(万 Nm ³) 为单位, 非标准状况下的体积需要转化成标准状况	
	<p>获得方法: 推荐自动连续监测或内部数据 方法可行性: 可执行但需要进行相应修改</p> <p>《石化指南》中要求各燃烧设备分品种的化石燃料燃烧量应根据企业能源消费原始记录或统计台账确定, 是指明确送往各类燃烧设备作为燃料燃烧的化石燃料部分, 并应包括进入到这些燃烧设备燃烧的企业自产及回收的能源。化石燃料燃烧不包括石油化工生产过程中作为原料或材料使用的能源消费量 首先, 要求中提到的“设备”应统一改为“生产系统” 在石化企业中, “原油加工炼制生产系统”和“化学原料与制品制造系统”的燃料类型一般以气态和液化化石燃料为主。很多炼厂直接回收低压瓦斯气作为主要燃料, 同时外购一些天然气支持生产。而化学燃料生产系统的燃料气一般和炼油区的成分不同, 例如丁二烯和苯乙烯尾气、甲烷等。如果石化企业内部设有动力锅炉的话, 可能会有固体燃煤消耗, 炼厂延迟焦化装置产生的石油焦也可能被锅炉用作燃料 石化企业对于化石燃料消耗的计量系统相对完备, 燃料输送管线上都安装有计量表计, 可以对数据进行自动连续测量。数据通过分散控制系统(DCS)自动收集并存储, 数据来源为燃料管线的计量表计。统计之后记录在企业的燃料消耗统计台账中, 一般记录为燃料之非加工转换投入量 对于食堂炉灶液化石油气的燃料消耗数据, 可以利用各食堂液化石油气质量相加之和来上报 如果涉及乙炔焊接环节的燃料消耗, 需要统计乙炔焊接用气数据统计汇总。 在实际工作中, 石化企业应收集企业内部各生产系统中使用的各类燃料的消耗量并分类上报, 优先采用计量表计计量数据, 对于附属生产系统的燃料消耗, 可以使用相关内部数据</p>
监测参数获得方法 可行性分析	
监测频率要求	《石化指南》中没有明确要求, 但应做到连续记录, 月度统计汇总各生产系统下的各类燃料月消耗量, 年度总结上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 推荐企业月度对上报的化石燃料消耗量和原始记录进行核对, 确认数据的准确性。如果有外购燃料(天然气), 可以用燃料月度消耗量和燃料购买凭证进行交叉核对 2. 计量设备应符合国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》(GB17167—2006)的规定, 并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验, 校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始数据记录、月度总结记录、年度总结记录应存档

转下页面

附表 B-1 | 《石化指南》中固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

<p>参数 4 : OF_{ij}—— 燃烧的化石燃料 i 的碳氧化率, 取值范围为 0 ~ 1, 单位为 %</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法: 默认值 (国家) 方法可行性: 可行, 但《石化指南》缺省值需要增加石油焦的碳氧化率数据 《石化指南》中根据《省级温室气体清单编制指南 (试行)》中的数据, 给出了燃料碳氧化率的缺省值。液体燃料的碳氧化率可取缺省值为 0.98; 气体燃料的碳氧化率可取缺省值为 0.99; 固体燃料可参考《石化指南》附录表 2.1 按品种取缺省值。但作为石化企业常用固态燃料的石油焦, 《石化指南》附录表 2.1 并没有给出相关碳氧化率数据, 建议给出</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》中无要求, 由于是默认值, 没有监测频率要求</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 确认企业应用的碳氧化率数据和《石化指南》中提供的数据一致 2. 在准备温室气体核算报告之前需确认中国是否发布自测的碳氧化率数据
<p>参数 5 : CC_{ij}——设施 j 内燃烧的化石燃料 i 的含碳量, 对固体和液体燃料以吨碳 / 吨燃料为单位, 对气体燃料以吨碳 / 万 Nm³ 为单位</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法: 自行检测、设备经验系数或默认值 方法可行性: 《石化指南》提供了两种数据获取方式, 整体方法可行, 但是相应的数据收集和获取要求需修改 方法一: 实际检测法 有条件的企业可自行或委托有资质的专业机构定期检测燃料的含碳量, 燃料含碳量的测定应遵循《煤中碳和氢的测量方法》(GB/T 476—2008)、《石油产品及润滑油中碳、氢、氮测定法 (元素分析法)》(SH/T 0656—1998)、《天然气的组成分析 (气相色谱法)》(GB/T 13610—2003)、或《气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 (气相色谱法)》(GB/T 8984—2003) 等相关标准, 对煤炭、油品和天然气进行检测并估算含碳量。其中, 对于燃料气需要检测气体组分, 并根据气体组分的体积浓度及该组组分化学分子式中碳原子的数目计算含碳量 方法二: 热值估算法 《石化指南》中提出, 对于常见的商品燃料, 可定期检测燃料的低位发热量, 再估算含碳量 《石化指南》中的这两种方法, 其数据收集和获取要求的难度是不同的, 一般石化企业会定期对主要化石燃料的含碳量进行测试, 涉及一些具体的商品燃料, 也可以用热值估算法。《石化指南》应要求企业优先采用实际检测法, 在监测条件不满足要求时再用热值估算法</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》要求: 对煤炭, 应在每批次燃料入厂时检测, 或每月至少进行一次检测; 对油品, 可在每批次燃料入厂时检测, 或每季度进行一次检测; 对天然气等气体燃料, 可在每批次燃料入厂时检测, 或每半年至少检测一次气体组分结合调研结果, 建议修改《石化指南》中对监测频率的要求。对于石化企业内部产生的瓦斯气及炼厂干气, 由于气体组分的波动较大, 推荐每月至少取样检测一次, 如果条件允许, 需要增加检测频率, 并月度核算算术平均值。对于外购燃气, 可以根据燃料供应方货源的稳定性来确定检测频率, 推荐为 1 个月, 根据情况可以延长 若采用上述标准之外的国家标准, 应查看相关国家标准对于数据获取频率的要求</p>

转下页面

附表 B-1 | 《石化指南》中固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

方法一—中气体燃料实测法的计算公式	根据每种气体组分的体积浓度及该组分化学式中碳原子的数目计算含碳量	
	$CC_g = \sum_n \left(\frac{12 \times V_n \times CN_n \times 10}{22.4} \right)$	
	式中，为待测气体 g 的含碳量，单位为吨碳 / 万 Nm ³	
参数 5A: n —— 待测气体的各种气体组分，无单位	监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：自行检测 / 设备经验系数 方法可行性：可行，但应做相应修改 《石化指南》要求利用气体分析仪进行组分检测
	监测频率要求	《石化指南》要求每批次燃料入厂时及每半年至少检测一次。结合实际情况建议更改为：自产燃气，推荐每月至少取样检测一次；外购燃气，可根据燃料供应方的稳定性来确定检测频率，推荐为 1 月 1 次
	数据质量控制建议	1. 检测实验室应具备相应的资质证明 2. 相关的原始检测记录应存档
参数 5B: V _n —— 待测气体每种气体组分 n 的体积浓度，取值范围为 0 ~ 1，无单位	监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：自行检测 / 设备经验系数 方法可行性：可行，但应做相应修改 利用气体分析仪进行各气体组分的体积浓度检测
	监测频率要求	《石化指南》要求每批次燃料入厂时应检测，之后每半年至少检测一次。结合实际情况建议更改为：自产燃气，推荐每月至少取样检测一次；外购燃气，可根据燃料供应方的稳定性来确定检测频率，推荐为 1 月 1 次
	数据质量控制建议	1. 检测实验室应具备相应的资质证明 2. 相关的原始检测记录应存档
参数 5C: CV _n —— 气体组分 n 化学式中碳原子的数目，无单位	监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：默认值 方法可行性：可行 根据不同气体化学式确定碳原子数目
	监测频率要求	固定参量，无需监测
	数据质量控制建议	于每个监测上报期内确认数据的准确性

转下页面

附表 B-1 | 《石化指南》中固定源化石燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

<p>方法二：常见商品燃料估算法计算公式</p> $CC_i = NCV_i \times EF_i$ <p>CC_i 为化石燃料品种 i 的含碳量，对固体和液体燃料以吨碳 / 吨燃料为单位，对气体燃料以吨碳 / 万 Nm³ 为单位</p>		
<p>参数 5A: NCV_i —— 化石燃料品种 i 的低位发热量，单位 GJ</p>	<p>监测参数获得方法可行性分析</p>	<p>获得方法：自行检测 / 设备经验系数或默认值（国家） 方法可行性：可行，但《石化指南》应增加相关默认值参数 有条件的企业应自行或委托有资质的专业机构定期检测，应遵循《煤的发热量测定方法》（GB/T 213—2008）、《石油产品热值测定法》（GB/T 384—1981）、《天然气能量的测定》（GB/T 22723—2008）等相关标准 没有条件的企业可以参考《石化指南》附录，对一些常见化石燃料的低位发热量直接取缺省值</p>
	<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》要求：对煤炭，应在每批次燃料入厂时检测，或每月至少进行一次检测；对油品，可在每批次燃料入厂时检测，或每季度进行一次检测；对天然气等气体燃料，可在每批次燃料入厂时检测，或每半年至少检测一次 对于燃气推荐应用以下监测频率：自产燃气，推荐每月至少取样检测一次；外购燃气，可根据燃料供应方的稳定性来确定检测频率，推荐为 1 月 1 次；如果使用默认值，应根据最新发布的数据进行更新</p>
	<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 推荐将检测结果和燃料购买结算单据中的燃料热值测试结果进行核对，也可与《中国温室气体清单研究》中的数据进行核对 2. 检测实验室应具备相应的资质证明 3. 相关的原始检测记录应存档 4. 如果是默认值，确认企业应用的碳氧化率数据和《石化指南》中提供的数据一致
<p>参数 5B: EF_i —— 化石燃料品种 i 的单位热值含碳量单位：吨碳 / GJ</p>	<p>监测参数获得方法可行性分析</p>	<p>获得方法：默认值（国家） 方法可行性：可行 常见商品能源的单位热值含碳量可以参考《石化指南》附录</p>
	<p>监测频率要求</p>	<p>默认值，根据最新发布的数据进行更新</p>
	<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 确认企业应用的碳氧化率数据和《石化指南》中提供的数据一致 2. 在准备温室气体核算报告之前需确认国家是否发布自测的化石燃料单位热值含碳量数据

1.2 移动源燃料燃烧

《石化指南》中移动源燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-2。

附表 B-2 | 《石化指南》中移动源燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

核算公式	$E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} = \sum_j \sum_i (AD_{i,j} \times CC_{i,j} \times OF_{i,j} \times \frac{44}{12})$
《石化指南》中的数据收集和管理要求解析	
参数 1 : i —— 化石燃料的种类，无单位	
监测参数获得方法 可行性分析	《石化指南》无具体要求，建议参数获得方法如下 获得方法：内部数据 方法可行性：可行 根据石化行业存在的车辆，统计液态燃料的化石燃料消耗种类，一般以汽油和柴油为主
监测频率要求	《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证燃料信息的准确性，应在每个监测期开始前确认企业内部使用的燃料种类是否有变化
参数 2 : j —— 移动源燃烧设备的序号，无单位	
监测参数获得方法 可行性分析	《石化指南》无具体要求，建议参数获得方法如下 获得方法：内部数据 方法可行性：可行，但需要对参数定义进行相应修改 这里需要统计石化企业内部所有消耗化石燃料的车辆及运输设备，如物流车辆、柴油叉车等移动设备
监测频率要求	《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认企业内部的移动源设备是否有增减和变化
参数 3 : AD _{i,j} —— 燃料设备 j 内燃烧的化石燃料品种 i 的消费量，液体燃料单位为吨	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：推荐内部数据或外部数据 方法可行性：可行 移动源化石燃料的消费数据一般来自企业内部的燃料消耗统计汇总数据。有些时候统计的数据为燃料体积数据，还需从燃料供应方获得燃料密度，将体积转化为重量，并将重量作为最终的活动数据
监测频率要求	《石化指南》中没有明确要求，但应统计汇总设备的各类燃料月度消耗量，年度总结上报
数据质量控制建议	1. 推荐企业月度对上报的化石燃料消耗量和原始记录进行核对，确认数据的准确性。如果有外购燃料，可以用燃料月度消耗量和燃料购买凭证进行交叉核对 2. 相关的原始数据记录、月度总结记录、年度总结记录应存档

转下页面

附表 B-2 | 《石化指南》中移动源燃料燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

<p>参数 4 : OF_{ij} —— 燃烧的化石燃料 i 的碳氧化率, 取值范围为 0~1, 单位为 %</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法: 默认值 (国家) 方法可行性: 可行 《石化指南》中根据《省级温室气体清单编制指南 (试行)》中的数据, 给出了燃料碳氧化率的缺省值。液体燃料的碳氧化率可取缺省值 0.98</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》中无要求, 由于是默认值, 没有监测频率要求</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>1. 确认企业应用的碳氧化率数据和《石化指南》中提供的数据一致 2. 在准备温室气体核算报告之前需确认国家是否发布自测的碳氧化率数据</p>
<p>参数 5 : CC_{ij} —— 设备 j 内燃烧的化石燃料 i 的含碳量, 液体燃料单位为吨碳 / 吨燃料</p>	
<p>常见商品燃料热值 估算法计算公式</p>	$CC_i = NCV_i \times EF_i$ <p>CC_i 为化石燃料品种 i 的含碳量, 液体燃料单位为吨碳 / 吨燃料</p>
<p>参数 5A: NCV_i —— 化石燃料品种 i 的低位发热量, 单位为 GJ</p>	<p>监测参数获得方法 可行性分析</p> <p>获得方法: 外部数据或默认值 方法可行性: 可行 可以采用燃料供应方提供的燃料热值数据, 或采用《石化指南》提供的默认值</p>
	<p>监测频率要求</p> <p>每月向燃料供应方索要燃料热值数据, 如果使用默认值, 根据最新公布数据更新</p>
	<p>数据质量控制建议</p> <p>1. 保留燃料供应方提供的原始记录 2. 在准备温室气体核算报告之前需确认国家是否发布或更新自测的化石燃料单位热值数据</p>
<p>参数 5B: EF_i —— 化石燃料品种 i 的单位热值含碳量, 单位为吨碳 / GJ</p>	<p>监测参数获得方法 可行性分析</p> <p>获得方法: 默认值 (国家) 方法可行性: 可行 常见商品能源的单位热值含碳量可以参考《石化指南》附录</p>
	<p>监测频率要求</p> <p>默认值, 根据最新公布数据更新</p>
	<p>数据质量控制建议</p> <p>1. 确认企业应用的碳氧化率数据和《石化指南》中提供的数据一致 2. 在准备温室气体核算报告之前需确认国家是否发布或更新自测的化石燃料单位热值含碳量数据</p>

火炬燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中火炬燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-3。

附表 B-3 | 《石化指南》中火炬燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的核算方法介绍	根据《石化指南》，石油化工生产企业火炬燃烧可分为正常工况下的火炬气燃烧及非正常工况火炬气燃烧两种，两种火炬气的数据监测基础不同，应分别进行核算。 根据本公式，企业应得到企业在监测期内的化石燃料燃烧的CO ₂ 排放总量（E _{CO₂_火炬} ），单位为吨
核算公式	$E_{CO_2_正常火炬} = E_{CO_2_正常火炬} + E_{CO_2_正常火炬}$
《石化指南》中的数据收集和管理要求	
正常工况火炬燃烧	CC _i 为化石燃料品种 i 的含碳量，液体燃料单位为吨碳 / 吨燃料 $E_{CO_2_正常火炬} = \sum_i [Q_{正常火炬} \times (CC_{非CO_2} \times 0F \times \frac{44}{12} + V_{CO_2} \times 19.7)]_i$
参数 1：i —— 火炬系统序号，无单位	
监测参数获得方法可行性分析	获得方法：内部数据 方法可行性：可行 由于《石化指南》中没有具体的参数获取要求，现结合调研结果对此参数的获取方法总结如下：对于油化并重的联合企业，由于炼油区和化工区的火炬气成分含量有较大差异，故应该分开核算统计
监测频率要求	《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认企业内部的火炬系统是否有变化
参数 2：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 Nm ³	
监测参数获得方法可行性分析	《石化指南》无具体要求要求，建议参数获得方法如下 获得方法：自动连续监测或自行推估 自动连续监测：可以根据流量监测系统自动采集，一般都设有火炬气管线表计 自行推估：通过工程计算或类似估算方法获得报告期内火炬气流量 推荐使用连续监测数据，如果监测条件不可行，可采用自行推估数据
监测频率要求	对于持续燃烧的火炬，建议利用计量表计连续计量数据；对于间歇燃烧的火炬，建议每次排放之后及时收集流量数据或对火炬气流量进行估算
数据质量控制建议	1. 推荐企业月度对原始记录进行核对，确认数据的准确性 2. 相关的原始数据记录、月度总结记录、年度总结记录应存档

转下页面

附表 B-3 | 《石化指南》中火炬燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

参数 3 : Q_{非CO₂} —— 火炬气中除 CO₂ 外其他含碳化合物的总含碳量, 单位为吨碳 / 万 Nm³

《石化指南》要求根据每种气体组分的体积浓度及该组分化学式中的碳原子的数目, 按下式计算含碳量, 式中的各个参数在表中会依次说明及分析

常见商品燃料热值
估算法计算公式

$$CC_{\text{非CO}_2} = n \left(\frac{12 \times V_n \times CN_n \times 10}{22.4} \right)$$

调研中了解到, 石化企业并不都对火炬气进行定期的检测和分析, 有时火炬气含碳量数据信息不可得, 在这种情况下, 企业可以从火炬气的来源来判断火炬气的成分是炼厂干气还是瓦斯气, 并采用相关管道气的碳含量数据替代实测数据

监测参数获得方法
可行性分析 《石化指南》无具体要求, 建议参数获得方法如下
获得方法: 定期测量 (利用气体分析仪对火炬气进行组分检测)

参数 3A: n —— 火炬
气的各种气体组分,
CO₂ 除外, 无单位

监测频率要求 《石化指南》无具体要求, 推荐平均每个监测期应至少统计一次

数据质量控制建议
1. 检测实验室应具备相应的资质证明
2. 相关的原始检测记录应存档

参数 3B: 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, 单位为 %

监测参数获得方法
可行性分析 《石化指南》无具体要求, 建议参数获得方法如下
获得方法: 默认值 (根据不同气体化学分子式确定碳原子数目)

监测频率要求 固定参量无需监测

数据质量控制建议 于每个监测上报期内确认数据的准确性

参数 4 : OF —— 第 i 号火炬系统的碳氧化率, 无单位

监测参数获得方法
可行性分析

获得方法: 自行检测 / 设备经验系数
方法可行性: 可行
优先选择实测的碳氧化率, 如果没有实测数据可取缺省值 0.98

监测频率要求 《石化指南》无特别要求, 但应保证每个监测期至少统计一次

数据质量控制建议
1. 检测实验室应具备相应的资质证明
2. 相关的原始检测记录应存档

参数 5 : V_{CO₂} —— 火炬气中 CO₂ 的体积浓度, 单位为 %

监测参数获得方法
可行性分析

获得方法: 自行检测 / 设备经验系数
方法可行性: 可行
利用气体分析仪进行成分检定

监测频率要求 平均每个监测期应统计一次

数据质量控制建议
1. 检测实验室应具备相应的资质证明
2. 相关的原始检测记录应存档

转下页面

附表 B-3 | 《石化指南》中火炬燃烧CO₂排放数据收集和管理要求解析

非正常工况火炬燃烧 (《石化指南》中称为“事故火炬”)	CC _i 为化石燃料品种 i 的含碳量, 液体燃料单位为吨碳 / 吨燃料 $E_{\text{CO}_2\text{事故火炬}} = \sum_j [\text{GF}_{\text{事故},j} \times T_{\text{事故},j} \times \text{CN}_{n,j} \times \frac{44}{22.4} \times 10]$ 建议将公式标题改为“非正常工况火炬”
参数 1: j——事故次数, 单位: 无	
监测参数获得方法 可行性分析	《石化指南》无具体要求, 建议参数获得方法如下 获得方法: 内部数据 发生非正常工况火炬燃烧时进行记录并查看安环部相关档案记录。建议将事故次数改为“非正常工况事件”发生次数
监测频率要求	《石化指南》无要求, 推荐在每次发生事故时对事故发生次数进行统计
数据质量控制建议	每个监测期内应结合企业安环部的报告对事故发生频次进行统计核对
参数 2: GF _{事故,j} ——报告期内第 j 次事故状态时的平均火炬气流速度, 单位为万 Nm ³ / 小时	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 内部数据 方法可行性: 可行 参考事故调查报告取值
监测频率要求	《石化指南》无要求, 推荐在每次发生事故时对非正常工况火炬气流速度进行记录
数据质量控制建议	1. 每个监测期内应结合企业安环部的报告对事故发生频次进行统计核对 2. 推荐企业根据全场用气量和各单元发生事故的用气量进行核对, 或根据发生紧急事件供气量和用气量的差比对
参数 3: T _{事故,j} ——报告期内第 j 次事故的持续时间, 单位为小时	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 内部数据 方法可行性: 可行 参考事故调查报告取值
监测频率要求	《石化指南》无要求, 推荐在每次发生事故时对非正常工况火炬燃烧持续时间进行记录
数据质量控制建议	每个监测期内应结合企业安环部的报告对事故发生频次进行统计核对
参数 4: CN _{n,j} ——第 j 次事故火炬气气体摩尔组分的平均碳原子数目, 无单位	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 默认值 方法可行性: 可行 对石油炼制系统的事故火炬, 气体组分取 5; 对石油化工系统的事故火炬, 气体组分取 3
监测频率要求	固定参量, 无需监测
数据质量控制建议	于每个监测上报期内确认数据的准确性

工业过程CO₂排放数据收集和管理要求解析

3.1 催化剂烧焦排放

《石化指南》中催化剂烧焦及再生CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-4。

附表 B-4 | 《石化指南》中催化剂烧焦及再生CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的数据收集和管理要求	
<p>连续烧焦工艺的催化剂烧焦排放 (公式一)</p>	<p>催化裂化装置一般需要对催化剂进行连续烧焦再生，对于焦炭沉积在催化剂表面的情况，企业一般采用连续烧焦的方式来清除催化剂表面的结焦。该公式如下</p> $E_{CO_2 \text{ 烧焦}} = \sum_{j=1}^N (MC_j \times CF_j \times OF \times \frac{44}{12})$
<p>参数 1：j—— 采用连续烧焦的装置序号，无单位</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>《石化指南》无具体要求，建议参数获得方法如下 获得方法：内部数据 企业应该根据自己的生产工艺确认使用连续烧焦工艺的装置，以选取正确的核算方法</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期应至少统计一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认相关设施的催化剂烧焦技术是否有变化</p>
<p>参数 2：MC_j—— 第 j 套使用连续烧焦工艺装置的烧焦量，单位为吨</p>	
<p>监测参数获得方法可 行性分析</p>	<p>获得方法：自行推估 方法可行性：可行 《石化指南》要求按照企业生产原始记录或统计台账获取，调研了解到，催化裂化装置的催化剂烧焦量是由企业相关运行人员根据原料输入量和装置产品的产量反推得出的</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》中无特别要求，但因为催化裂化装置的 CO₂ 排放量非常显著，建议企业按月统计当月的烧焦量，并加和汇总用于年度上报</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 推荐催化裂化装置的运行人员，总结出月度催化剂消耗量的均值。若核算出的催化剂消耗量异常高于或低于均值的话，应及时对核算结果进行复查 2. 相关的原始估算记录、月度总结记录、年度总结记录应存档

转下页面

附表 B-4 | 《石化指南》中催化剂烧焦及再生CO₂排放数据收集和管理要求解析

参数 3 : CF _j —— 第 j 套使用连续烧焦工艺的装置中催化剂结焦的平均含碳量, 单位为吨碳 / 吨焦	
监测参数获得方法 可行性分析	<p>获得方法：推荐企业定期量测，或选用默认值</p> <p>方法可行性：可行</p> <p>《石化指南》推荐企业优先采用实测数据，如无实测数据可采取石化指南规定的默认值。默认焦炭平均碳含量为 100%</p>
监测频率要求	《石化指南》无具体要求，建议企业如果使用实测数据，最好一个监测期内至少检测 1 次
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期的维护和校准，以保证数据结果的可信性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认外部机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存
参数 4 : OF —— 燃烧的化石燃料 i 的碳氧化率, 取值范围为 0~1, 单位为 %	
监测参数获得方法 可行性分析	<p>获得方法：默认值</p> <p>方法可行性：可行</p> <p>烧焦设备的碳氧化率可取缺省值 0.98</p>
监测频率要求	缺省参量，无需监测
数据质量控制建议	每个监测期开始前，应确认《石化指南》的参数获取方法是否有更新。并确认使用的默认值和最新版《石化指南》中的数据相符

转下页面

附表 B-4 | 《石化指南》中催化剂烧焦及再生CO₂排放数据收集和管理要求解析

<p>以连续烧焦为工艺的 催化剂烧焦排放 (公式二)</p>	<p>这个核算方法来自于行业标准《石油化工生产企业 CO₂ 排放量计算方法》(SH/T 5000—2001)，这个方法可以以鼓风机实际风量和废气浓度为基础进行计算，经调研，比较具有可行性。计算公式如下</p> $E_{\text{CO}_2 \text{ 烧焦}} = \sum_i [(AR_i + \text{SOR}_i) \times (F_{\text{CO}_2} + F_{\text{CO}}) \times 44 / 22.4 / 1000]$ <p>该计算方法可考虑作为公式一的备选方法，建议企业结合内部实际监测条件选择适用的方法</p>
<p>参数 1：AR_i —— 统计期内第 i 套使用连续烧焦工艺装置的空气流量，单位为 Nm³</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法：自动连续检测 方法可行性：可行 数据可来自于工业风管道计量表计，记录保存于企业内部的工艺技术台账</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>自动连续检测，按月统计上报</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>1. 定期对计量设备进行维护和校准 2. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档保存</p>
<p>参数 2：SOR_i —— 统计期内第 i 套使用连续烧焦工艺装置的补氧流量，单位为 Nm³</p>	
<p>监测参数获得方法可 行性分析</p>	<p>获得方法：自动连续检测 方法可行性：可行 数据可来自于工业风管道计量表计，记录保存于企业内部的工艺技术台账。</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>自动连续检测，按月统计上报</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>1. 定期对计量设备进行维护和校准 2. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档</p>
<p>参数 3 和 4：F_{CO₂} 和 F_{CO} —— 统计期内第 i 套使用连续烧焦工艺装置再生器出口废气中 CO₂ 和 CO 的浓度，单位为 %</p>	
<p>监测参数获得方法可 行性分析</p>	<p>获得方法：自行检测 方法可行性：可行 再生气 CO、CO₂ 浓度数据可以源自石化企业实验室实测数据</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>每个监测期至少检测一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的 可信性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认外部机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存</p>

转下页面

附表 B-4 | 《石化指南》中催化剂烧焦及再生CO₂排放数据收集和管理要求解析

<p>以间歇烧焦为工艺的 催化剂烧焦排放</p>	$E_{\text{CO}_2\text{烧焦}} = \sum_{j=1}^N \left[MC_j + (1 - CF_{\text{前},j}) \times \left(\frac{CF_{\text{前},j}}{1 - CF_{\text{前},j}} - \frac{CF_{\text{后},j}}{1 - CF_{\text{后},j}} \right) \times \frac{44}{12} \right]$ <p>间歇烧焦方式常见于催化重整装置、催化加氢装置等装置。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他企业进行。前者的烧焦过程应计入报告主体的工业生产过程排放，而后的排放则不计入报告主体</p>
<p>参数 1：j —— 采用间歇烧焦的装置序号，无单位</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>《石化指南》无具体要求，建议参数获得方法如下 获得方法：内部数据 方法可行性：可行 企业应该根据自己的生产工艺确认使用间歇烧焦工艺的装置，以选取正确的核算方法</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认相关设施的催化剂烧焦技术是否有变化</p>
<p>参数 2：MC_j —— 第 j 套使用间歇烧焦工艺装置在整个报告期内待再生的催化剂量，单位为吨</p>	
<p>监测参数获得方法可 行性分析</p>	<p>获得方法：定期测量 方法可行性：可行 按照企业生产原始记录或统计台账获取，每次烧焦，每一釜消耗多少催化剂应有统计数据</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>建议每次间歇烧焦后统计催化剂的用量</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建议装置的运行人员总结出每次间歇烧焦催化剂消耗量的均值。若核算出的催化剂消耗量异常高于或低于均值的话，应及时对核算结果进行复查 2. 相关的原始估算记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
<p>参数 3 和 4：CF_{前,j} 和 CF_{后,j} —— 第 j 套使用间歇烧焦工艺装置再生前和再生后催化剂的含碳量，单位为 %</p>	
<p>监测参数获得方法可 行性分析</p>	<p>获得方法：自行检测 方法可行性：可行 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，在调研中得知，催化剂再生前含碳量数据一般会检测，催化剂再生后的含碳量数据有时候企业并不检测。建议再生后如果没有检测，可以认为完全燃烧为 0</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期应至少统计一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的可靠性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认外部机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存

3.2 产品制程CO₂排放

3.2.1 制氢过程CO₂排放

《石化指南》中制氢过程CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-5。

附表 B-5 | 《石化指南》中制氢过程CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的数据收集和管理要求	
制氢过程中的工业生产CO ₂ 排放 (《石化指南》法)	<p>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,通过烃类蒸汽转化法、部分氧化法或变压吸附法制取氢气。《石化指南》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</p> $E_{\text{CO}_2\text{制氢}} = \sum_{j=1}^N [AD_r \times CC_r - (Q_{\text{sg}} \times CC_{\text{sg}} + Q_w \times CC_w)] \times \frac{44}{12}$
参数 1: j	制氢装置序号, 无单位
监测参数获得方法 可行性分析	<p>《石化指南》无具体要求, 建议参数获得方法如下</p> <p>获得方法: 内部数据</p> <p>方法可行性: 可行</p> <p>记录企业的制氢生产工艺及原料</p>
监测频率要求	《石化指南》无特别要求, 但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性, 应在每个监测期开始前确认相关制氢装置的工艺及原材料是否有变化
参数 2: AD _r	第 j 个制氢装置原料投入量, 单位为吨原料
监测参数获得方法 可行性分析	<p>获得方法: 自动连续测量</p> <p>方法可行性: 可行</p> <p>《石化指南》要求按照企业生产原始记录或统计台账获取, 调研发现相关炼厂干气等制氢原料可被原料管道计量表连续监测</p> <p>《石化指南》中仅给出固态原料的单位, 应同时给出气态原料的单位, 如以标准状况下体积(万 Nm³)为单位, 非标准状况下的体积需要转化成标准状况</p>
监测频率要求	自动连续量测数据, 月度统计汇总, 年度总结上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家相关规定, 并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验, 校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档

转下页面

附表 B-5 | 《石化指南》中制氢过程CO₂排放数据收集和管理要求解析

参数 3 : 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	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 自行检测 方法可行性: 可行 《石化指南》要求企业自行检测制氢原料的含碳量, 调研发现石化企业可自行检测炼厂干气等制氢原料的碳含量
监测频率要求	《石化指南》无要求, 推荐企业平均每个监测期应至少检测一次
数据质量控制建议	1. 如果企业自行检测, 检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准, 以保证数据结果的可信性 2. 如果委托外部机构进行检测, 应确认外部机构的检验资质。 3. 相关分析结果应妥善保存
参数 4 : Q_{sg} —— 第 j 个制氢装置产生的合成气的量, 单位为万 Nm^3 合成气	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 自动连续测量 方法可行性: 可行 《石化指南》要求按照企业生产原始记录或统计台账获取, 调研发现相关制氢装置合成器产量可被管道计量表连续监测
监测频率要求	自动连续测量数据, 月度统计汇总, 年度总结上报
数据质量控制建议	1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家相关规定, 并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验, 校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
参数 5 : 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 Nm^3 合成气	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 自行检测 方法可行性: 可行 《石化指南》要求企业自行检测, 调研发现石化企业可自行检测合成气的碳含量
监测频率要求	《石化指南》无要求, 推荐企业平均每个监测期应至少检测一次
数据质量控制建议	1. 如果企业自行检测, 检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准, 以保证数据结果的可信性 2. 如果委托外部机构进行检测, 应确认机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存
参数 6 : Q_w —— 第 j 个制氢装置产生的残渣量, 单位为吨	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 定期量测或自行推估 方法可行性: 可行 根据内部经验数据推估出制氢装置的残渣量
监测频率要求	平均每个月应统计一次
数据质量控制建议	按月检查数据推估结果的正确性, 保存所有数据原始记录
参数 7 : 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	
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法: 自行检测 方法可行性: 可行 定期检测制氢装置残渣的含碳量
监测频率要求	推荐企业平均每个监测期应至少检测一次
数据质量控制建议	1. 如果企业自行检测, 检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准, 以保证数据结果的可信性 2. 如果委托外部机构进行检测, 应确认外部机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存

转下页面

附表 B-5 | 《石化指南》中制氢过程CO₂排放数据收集和管理要求解析

<p>制氢装置工艺过程 CO₂ 排放 (方法二：简化法)</p>	<p>当石化企业以天然气为原料,采用蒸汽转化工艺的制氢装置,可利用给定天然气燃料组分得出的简化CO₂排放因子进行估算。简化的CO₂排放因子为4.736吨CO₂/万标立方米氢气产品⁴¹。</p> $EF_{CO_2\text{制氢}} = \sum_{j=1}^N \frac{H_{2,j}}{FH_{2,j}} \times \frac{4.736}{10}$
<p>参数 1 : j —— 制氢装置序号, 无单位</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法：内部数据 方法可行性：可行 记录企业的制氢生产工艺及原料</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>《石化指南》无特别要求, 但应保证每个监测期至少统计一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<p>为保证信息的准确性, 应在每个监测期开始前确认相关制氢装置的工艺及原材料是否有变化</p>
<p>参数 2 : H_{2,j} —— 第 j 套制氢装置的氢气产量, 单位为吨</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法：自行检测或默认值 方法可行性：可行 《石化指南》要求有实测条件的企业应优先采用企业实测值, 无实测条件的企业可取相关可得数据源提供的默认值</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>如果选用实测法, 每个监测期应至少统计一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家相关规定, 并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验, 校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
<p>参数 3 : FH_{2,j} —— 第 j 套制氢装置的氢气密度, 单位为 kg/m³</p>	
<p>监测参数获得方法 可行性分析</p>	<p>获得方法：自行检测或默认值 方法可行性：可行 《石化指南》要求有实测条件的企业应优先采用企业实测值, 无实测条件的企业可取相关可得数据源提供的默认值</p>
<p>监测频率要求</p>	<p>如果选用实测法, 每个监测期应至少统计一次</p>
<p>数据质量控制建议</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果企业自行检测, 检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准, 以保证数据结果的可靠性 2. 如果委托外部机构进行检测, 应确认机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存

3.2.2 氧化沥青CO₂排放

《石化指南》中氧化沥青CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-6。

附表 B-6 | 《石化指南》中氧化沥青CO₂排放数据收集和管理要求解析

氧化沥青装置工艺过程 CO ₂ 排放	氧化沥青工艺 CH ₄ 排放量很小，该工艺过程中的 CO ₂ 排放量可以采用连续监测的方式获取数据，或者按照下式估算
	$E_{\text{CO}_2\text{沥青}} = \sum_{j=1}^N (M_{\text{oa},j} \times EF_{\text{oa},j})$
参数 1 : j	氧化沥青装置的序号，无单位
监测参数获得方法 可行性分析	《石化指南》无具体要求，建议参数获得方法如下 获得方法：内部数据 方法可行性：可行 企业应该根据自己的生产工艺确认启用的氧化沥青装置并编号
监测频率要求	《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认相关氧化沥青的工艺及原材料是否有变化
参数 2 : M _{oa,j}	第 j 套氧化沥青装置的氧化沥青产量，单位为吨
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：自动连续量测或定期测量 方法可行性：可行 《石化指南》要求按照企业生产原始记录或统计台账获取，调研发现氧化沥青等制氢原材料可被相关计量设备连续监测
监测频率要求	自动连续测量数据，月度统计汇总，年度总结上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB17167—2006）的规定，并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验，校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
参数 3 : EF _{oa,j}	第 j 套装置氧化沥青过程的 CO ₂ 排放系数，单位为吨 CO ₂ /吨氧化沥青
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：自行检测或默认值 方法可行性：可行 《石化指南》要求有实测条件的企业应优先采用企业实测值，无实测条件的企业可取缺省值，缺省值为 0.03 吨 CO ₂ /吨氧化沥青
监测频率要求	如果选用实测法，每个监测期应至少统计一次
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的可靠性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存

3.2.3 环氧乙烷生产工艺CO₂排放

《石化指南》中环氧乙烷生产工艺CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-7。

附表 B-7 | 《石化指南》中环氧乙烷生产工艺CO₂排放数据收集和管理要求解析

环氧乙烷生产工艺过程 CO ₂ 排放	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 CO ₂ , 其排放量可采用碳质量平衡法进行计算, 公式如下
	$E_{\text{CO}_2\text{乙二醇}} = \sum_{j=1}^N [(RE_j \times REC_j - EO_j \times EOC_j) \times \frac{44}{12}]$
参数 1: j	企业乙二醇生产装置序号, 无单位
监测参数获得方法可行性分析	《石化指南》无要求 获得方法: 内部数据 企业应该根据自己的生产工艺确认启用的环氧乙烷生产装置并编号
监测频率要求	《石化指南》无特别要求, 但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性, 应在每个监测期开始前确认乙二醇的生产工艺及原材料(乙烯)是否有变化
参数 2 和 3: RE _j 和 EO _j	第 j 套乙二醇装置乙烯原料用量, 和当量环氧乙烷产品产量, 单位为吨
监测参数获得方法可行性分析	获得方法: 自动连续测量 方法可行性: 可行 《石化指南》要求按照企业生产原始记录或统计台账获取, 调研发现乙烯原料用量和环氧乙烷产量可被相关计量设备连续监测
监测频率要求	自动连续测量数据, 月度统计汇总, 年度总结上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》(GB17167—2006)的规定, 并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验, 校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
参数 4 和 5: REC _j 和 EOC _j	第 j 套乙二醇装置乙烯原料和环氧乙烷的含碳量, 单位为吨碳 / 吨乙烯
监测参数获得方法可行性分析	获得方法: 自行检测 方法可行性: 可行 可以根据物质成分或纯度, 以及每种物质的化学式和碳原子数目来计算, 企业应定期检测和记录原料和产品的纯度
监测频率要求	《石化指南》无要求, 推荐企业平均每个监测期至少检测一次
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果企业自行检测, 检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准, 以保证数据结果的可靠性 2. 如果委托外部机构进行检测, 应确认外部机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存

3.2.4 硫磺回收装置工业生产过程CO₂排放

石化指南中未收录此公式，根据调研资料总结，硫磺回收装置的CO₂来源，主要是炼油厂各有关装置在生产过程中产生的CO₂，经脱硫或水洗后随胺液或含硫含氨酸性水，进入溶剂再生或汽提装置经解析进入酸性气中。因全厂各装置的CO₂排放无法有效计算，因此在硫磺回收装置集中计算。还有一种情况是硫磺回收装置的酸性气主要来自高压加氢裂化脱硫系统和火炬气脱硫系统，其中CO₂组分为0。

CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-8。

附表 B-8 | 硫磺回收生产工艺CO₂排放数据收集和管理要求解析

硫磺回收 工艺过程 CO ₂ 排放	<p>对于以酸性气体为原料的硫磺回收工艺，制成排放来源主要是酸性原料气中含有的 CO₂，排放 CO₂ 以酸性气的量和酸性气中 CO₂ 的含量为基础进行核算。</p> $LE_j = LQ_j \times FCO_2 \times \frac{44}{22.4 \times 1000}$
参数 1：j	企业硫磺回收装置序号，单位：无
监测参数获得方法 可行性分析	《石化指南》无要求 获得方法：内部数据 企业应该根据自己的生产工艺确认启用的硫磺回收装置并编号
监测频率要求	《石化指南》无要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认硫磺生产装置是否有工艺上的变化。
参数 2：LQ _j	第 j 套硫磺回收装置的酸性气量，单位为 Nm ³
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：自动连续测量 方法可行性：可行 石化企业的酸性气进料量数据为酸性气管道计量表计，之后统计到相关工艺技术台帐中。
监测频率要求	自动连续测量数据，月度统计汇总，年度总结上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 监测设备应符合国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB17167—2006）的规定，并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验，校验频率不能低于国家或行业要求 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
参数 3：FCO ₂	第 j 套硫磺回收装置酸性气中的 CO ₂ 含量，%（体积分数）
监测参数获得方法 可行性分析	获得方法：自行检测 方法可行性：可行 来源于酸性气进料的实验室实测数据。
监测频率要求	《石化指南》无要求，推荐企业平均每个监测期应至少检测一次
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的可信性 如果委托外部机构进行检测，应确认外部机构的检验资质 相关分析结果应妥善保存

3.2.5 其他石化产品制程CO₂排放

《石化指南》中其他石化产品工艺生产过程CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-9。

附表 B-9 | 《石化指南》中其他石化产品工艺生产过程CO₂排放数据收集和管理要求解析

环氧乙烷生产工艺过程 CO ₂ 排放	<p>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产生工业生产过程排放，如甲醇、氨气、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</p> $E_{CO_2\text{其他}} = \left\{ \sum_r (AD_r \times CC_r) - \left[\sum_p (Y_p \times CC_p) + \sum_w (Q_w \times CC_w) \right] \right\} \times \frac{44}{12}$ <p>其中，作为生产原料的 CO₂ 也应计入原料投入量</p>
参数 1-3 : r、p、w	—— 每种投入的原材料、每种产品以及每种含碳废弃物，无单位
监测参数获得方法可行性分析	<p>《石化指南》无要求 获得方法：内部数据 推荐企业应该根据自己的生产工艺确认使用的含碳原材料、产品类型和产生废弃物的种类</p>
监测频率要求	《石化指南》无特别要求，但应保证每个监测期至少统计一次
数据质量控制建议	为保证信息的准确性，应在每个监测期开始前确认各产品的生产工艺及原材料的使用是否有变化
参数 4-6 : AD _r 、Y _p 、Q _w	—— 该装置生产原料 r 的投入量，产出产品 p 的产量及各种含碳废弃物的量，对固体或液体以吨碳 / 吨为单位，对气体以吨碳 / 万 Nm ³ 为单位
监测参数获得方法可行性分析	<p>获得方法：自动连续测量或定期测量 方法可行性：可行 《石化指南》要求按照企业生产原始记录或统计台账获取，需要确认企业相关石化原料和产品的产量可以被相关计量设备连续检测，且企业会定期测量含碳废弃物的产生量</p>
监测频率要求	自动连续测量数据，月度统计汇总，年度总结上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家的相关规定，并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验，校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
参数 7-9 : CC _r 、CC _p 、CC _w	—— 原料 r，产品 p 以及含碳废弃物 w 的平均碳含量，单位为吨碳 / 吨
监测参数获得方法可行性分析	<p>获得方法：自动连续测量或定期测量 方法可行性：可行 有条件的企业，应该自行或委托有资质的专业机构定期检测含碳量，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</p>
监测频率要求	对固体或液体，企业可每周取一次样，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，企业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式中碳原子的数目，按照乙烯裂解公式二中的计算方法得到
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的可信性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存

净购入电力和热力隐含的CO₂排放数据收集和管理要求解析

4.1 净购入电力

《石化指南》中净购入电力隐含CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-10。

附表 B-10 | 《石化指南》中净购入电力隐含CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的核算方法介绍	石化行业中净购入电力产生的 CO ₂ 排放主要指的是外购电力扣除企业内部外供电力产生的 CO ₂ 排放
核算公式	$E_{\text{CO}_2\text{净电}} = AD_{\text{电力}} + EF_{\text{电力}}$
《石化指南》中的数据的收集和管理要求	
参数 1：AD _{电力} —— 企业净购入的电力消费量，单位为兆瓦时 (MWh)	
监测参数获得方法 可行性分析	<p>获得方法：自动连续监测 方法可行性：可行</p> <p>以企业和电网公司结算的电表读数或企业能源消费台账或统计报表为据，等于购入电量与外供电量的净差。同时建议企业连续监测各主要用能装置的电力消耗量，作为核对依据</p>
监测频率要求	《石化指南》中无要求，建议企业按月统计汇总上报
数据质量控制建议	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每个月应将电表计量数据和电网公司提供的电费通知单进行交叉核对，同时还建议厂区内各设备分表计量的电量数据进行核对 2. 观察年度电量消耗数据的波动性，如果识别出不正常波动，应及时查明原因 3. 监测设备应符合国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB1716—2006）的规定，并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验，校验频率不能低于国家或行业要求 4. 相关的原始记录、月度总结记录、年度总结记录需存档
参数 2：EF _{电力} —— 电力供应的 CO ₂ 排放因子，单位为吨 CO ₂ /MWh	
监测参数获得方法 可行性分析	<p>获得方法：默认值 方法可行性：可行</p> <p>等于企业生产场所所属区域电网的平均供电 CO₂ 排放因子，应根据主管部门最新发布的数据进行取值</p>
监测频率要求	固定参量，无需监测
数据质量控制建议	应在每个监测报告期确认所用排放因子是否为国家公布的最新数据

4.2 净购入热力

《石化指南》中净购入热力隐含CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-11。

附表 B-11 | 《石化指南》中净购入热力隐含CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的核算方法介绍	石化行业中净购入热力产生的 CO ₂ 排放主要指的是外购热力扣除企业内部外供热力产生的 CO ₂ 排放。
核算公式	$E_{\text{CO}_2\text{净热}} = AD_{\text{热力}} + EF_{\text{热力}}$
《石化指南》中的数据收集和管理要求	
参数 1：AD _{热力} —— 企业净购入的热力消费量，单位为 GJ	
监测参数获得方法 可行性分析	<p>获得方法：自动连续监测或外部数据 方法可行性：可行 以热力购售结算凭证或企业能源消费台账或统计报表为据，等于购入蒸汽、热水的总热量与外供蒸汽、热水的总热量之差以质量为单位计量的热水可按下列公式转换为热量单位</p> $AD_{\text{热水}} = Ma_w \times (T_w - 20) \times 4.1868 \times 10^{-3}$ <p>以质量为单位计量的蒸汽可按下列公式转换为热量的单位</p> $AD_{\text{蒸汽}} = Ma_{st} \times (En_{st} - 83.74) \times 10^{-3}$
监测频率要求	《石化指南》中无要求，建议企业按月统计汇总上报
数据质量控制建议	按月检验核算数据的准确性

转下页面

附表 B-11 | 《石化指南》中催化剂烧焦及再生CO₂排放数据收集和管理要求解析

参数 1B : Ma_{st} —— 蒸汽的质量, 单位为吨蒸汽	监测参数获得方法及可行性分析	《石化指南》无具体要求, 建议参数获得方法如下 获得方法: 外部数据 方法可行性: 可 数据源可为供热公司提供的发票及结算单等数据
	监测频率要求	《石化指南》中无要求, 建议企业按月统计汇总上报
	数据质量控制建议	相关的原始记录、月度总结记录、年度总结记录需存档
参数 1C : T_w —— 热水的温度, 单位为	监测参数获得方法及可行性分析	《石化指南》无要求, 建议参数获得方法如下 自动连续检测或定期量测热水的温度
	监测频率要求	《石化指南》中无要求, 建议企业按月统计汇总上报
	数据质量控制建议	1. 计量设备应定期校验和维护 2. 相关的原始记录、月度总结记录、年度总结记录需存档
参数 1D : En_{st} —— 对应温度、压力下每千克蒸汽的热焓, 单位为 kJ/kg	监测参数获得方法及可行性分析	获得方法: 默认值 方法可行性: 可行 饱和蒸汽和过热蒸汽的热焓可以查阅《石化指南》附录部分
	监测频率要求	默认值, 无需监测
	数据质量控制建议	每个监测期内应核实数据的准确性
参数 2 : $EF_{\text{热力}}$ —— 热力供应的 CO ₂ 排放因子, 单位为吨 CO ₂ /GJ		
监测参数获得方法及可行性分析	获得方法: 默认值 方法可行性: 可行 优先采用供热单位提供的 CO ₂ 排放因子, 不能提供则按缺省值 0.11 吨 CO ₂ /GJ 计	
监测频率要求	根据发布数据的更新频率进行更新	
数据质量控制建议	应在每个监测报告期确认所用排放因子是否为国家公布的最新数据	

二氧化碳回收利用数据收集和管理要求解析

《石化指南》中二氧化碳回收利用CO₂排放数据收集和管理要求解析见附表B-12。

附表 B-12 | 《石化指南》中二氧化碳回收利用CO₂排放数据收集和管理要求解析

《石化指南》中的核算方法介绍	石化企业目前的二氧化碳回收利用装置一般针对于制氢装置产生的 CO ₂ 进行回收和利用
核算公式	$E_{CO_2 \text{回收}} = (Q_{\text{外供}} \times PUR_{CO_2 \text{外供}} + Q_{\text{自用}} \times PUR_{CO_2 \text{自用}}) \times 19.7$
《石化指南》中的数据的收集和管理要求	
参数 1：Q _{外供} —— 报告主体回收且外供的 CO ₂ 气体体积，单位为万 Nm ³	
监测参数获得方法可行性分析	获得方法：自动连续测量或定期测量 方法可行性：可行 根据企业台账或统计报表来确定
监测频率要求	平均每个监测期应统计一次
数据质量控制建议	相关原始数据应统一管理收集，定期检查数据准确性
参数 2：Q _{自用} —— 报告主体回收且自用作生产原料的 CO ₂ 气体体积，单位为万 Nm ³	
监测参数获得方法可行性分析	获得方法：自动连续测量或定期测量 方法可行性：可行 此数据为计量统计数据，CO ₂ 的气体体积应来自于管道气流量
监测频率要求	平均每个监测期应统计一次
数据质量控制建议	1. 原始监测记录和计算过程应经过相关负责人的月度检查 2. 监测设备应符合国家的相关规定，并按照国家相关计量检定规程执行周期性校验，校验频率不能低于国家或行业要求 3. 相关的原始监测记录、月度总结记录、年度总结记录应存档
参数 3：PUR _{CO₂外供} —— CO ₂ 外供气体的纯度（CO ₂ 体积浓度），取值范围为 0~1，无单位	
监测参数获得方法可行性分析	获得方法：内部数据 方法可行性：可行 若作为出售的气体，其纯度应该有标准值
监测频率要求	平均每个监测期应至少检测一次
数据质量控制建议	1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的可靠性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认外部机构的检验资质 3. 相关分析结果应妥善保存
参数 3：PUR _{CO₂自用} —— CO ₂ 原料气的纯度，取值范围为 0~1，无单位	
监测参数获得方法可行性分析	获得方法：内部数据 方法可行性：可行 可利用企业内部可得的检测数据
监测频率要求	平均每个监测期应至少检测一次
数据质量控制建议	1. 如果企业自行检测，检测人员应拥有相关分析化验资质。实验室的检测设备应进行定期维护和校准，以保证数据结果的可靠性 2. 如果委托外部机构进行检测，应确认外部机构的检验资质。 3. 相关分析结果应妥善保存

附录C 石化行业温室气体核查计划书案例

某石化企业温室气体核查计划书见附表C-1。

附表 C-1 | 某石化企业温室气体核查计划书（摘要）

公司名称：
某石油化工集团公司

现场审核日期：
2015年08月01日至2015年08月03日

核查依据：
《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

审核地点：某石油化工集团公司的生产运营现场

小组领导 / 主任审核员：
叶某（下称叶）

小组成员：
审核员 / 专家：唐某（下称唐）
实习审核员：王某（下称王）
实习本地审核员：林某（下称林）
（上述人员均到场）

审核内容：确认核查对象企业的监测方案、监测方法学、温室气体上报数据结果及数据管理体系均符合石化行业指南的要求

某石化企业温室气体核查的详细日程安排见附表C-2、附表C-3和附表C-4。

附表 C-2 | 第一天日程安排

日期	时间	审核员	活动安排及内容	企业联系人 / 负责人
	14:30	叶、唐、王、林	抵达项目现场	江某 (生产区运营经理)
	15:00 ~ 15:30	叶、唐、王、林	核查启动会议 核查员介绍核查任务、工作内容和具体时间安排等情况，并强调核查过程中的关键点。向厂方介绍审核的具体流程和审核方法	江某 (生产区运营经理) 沈某 (工程师)
2015年08月01日	15:30 ~ 20:00	叶、唐、王、林	<p>核查项目运行情况</p> <ul style="list-style-type: none"> 企业基本情况介绍 企业边界和温室气体排放源：参照依据监测报告、监测计划，以及前几个核查期遗留的问题 与《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》的符合性验证 确认企业温室气体数据上报情况是否符合监测计划，并核查相关监测点的计量设备运行情况： <ol style="list-style-type: none"> 了解企业生产运营的情况，查看厂区结构图，明确主要基本生产系统、辅助生产系统和附属生产系统 涉及石化行业生产的基本生产系统下的主要装置，包括但不限于： <ol style="list-style-type: none"> 炼油生产系统的主要装置：常减压蒸馏装置、延迟焦化装置、催化重整装置、催化裂化装置、芳烃重整装置、汽柴油加氢装置、制氢装置等 化工原料及制品制造系统下的主要装置： <ul style="list-style-type: none"> 乙烯裂解炉、急冷塔、裂解气压缩分离装置、乙烯精馏装置 辅助生产系统下的主要设备及装置 供热、供电、供气管网：各个涉及装置的换热器、自备热力输送管网、外购天然气及炼厂气回收输送管网 动力热源：自备热力蒸汽锅炉 厂区内火炬系统：设置位置和气源 厂内用于运输的车辆及机械设备 <p>附属生产系统：</p> <p>场内的办公区、生活区、食堂、附属发电厂等需要独立核算的系统</p> <ul style="list-style-type: none"> 数据收集程序（数据流：包括信息来源、整合、记录、计算及报告） 管理运营系统：包括文件、职责分工、员工资质和培训、数据存档、内部审核及应急程序 <p>核查所需材料清单请参看附表 C-5</p>	江某 (生产区运营经理) 沈某 (工程师) 何某 (生产部运行专员) 胡某 (安环部专员)
第一天日程结束				

附表 C-3 | 第二天日程安排

日期	时间	审核员	活动安排及内容	企业联系人 / 负责人
	9:00	叶、唐、 王、林	抵达项目现场	江某 (生产区运营经理)
	9:00 ~ 13:00	叶、唐、 王、林	现场参观 炼油生产厂区 • 设施及中控系统 (数据收集系统和调控系统) • 各个主要生产装置和设备 • 供热管线和供电管网 • 各个计量仪表 • 现场记录并核查监测流量计、电表、热表等信息	江某 (生产区运营经理) 沈某 (工程师) 何某 (生产部运行专员) 胡某 (安环部专员)
2015年08月 01日	13:00 ~ 14:00		午餐及休息	
	14:00 ~ 20:30	叶、唐、 王、林	数据收集及处理程序验证 • 数据收集 (例如计量仪表读数以及记录方式), 数据管理系统 (数据记录), 数据佐证 (交叉核对文件及数据存储系统) • 外部数据引用的合理性 • 排放量计算的准确性和方法学的实施正确性 核查所需材料清单请参看附表 C-6	江某 (生产区运营经理) 沈某 (工程师)
第二天日程结束				

附表 C-4 | 第三天日程安排

日期	时间	审核员	活动安排及内容	企业联系人 / 负责人
2015年08月 01日	9:00	叶、唐、 王、林	抵达项目现场	江某 (生产区运营经理)
	9:00 ~ 14:00	叶、唐、 王、林	现场参观 乙烯生产厂区 <ul style="list-style-type: none"> • 中控系统 • 各个主要生产装置 • 现场记录及核查监测流量计、热表、电表等信息 自备燃煤发电厂 <ul style="list-style-type: none"> • 电子汽车衡 • 锅炉、汽轮机、发电站 • 供电管网和控制阀门 企业内部食堂、办公区及食堂 <ul style="list-style-type: none"> • 现场记录及核查电表、热表等信息。 	江某 (生产区运营经理) 沈某 (工程师)
	14:00 ~ 15:00		午餐及休息	
	15:00 ~ 16:30		小组内部讨论：会议内容、会议记录、会议总结、核查发现	全体审核团队
	18:00 ~ 21:00	叶、唐、 王、林	现场核查总结会 <ul style="list-style-type: none"> • 总结这次核查的主要问题和问题发现。并向业主解释对核查问题发现的回复时间期限及具体方式 • 讨论监测计划修改，企业监测系统设计改变及突发事件（如缺失数据的处理）的讨论（如果适用） • 审核团队的建议，核查发现对整体核查报告结论的影响以及延迟回复相应影响 	江某 (生产区运营经理) 沈某 (工程师) 何某 (生产部运行专员) 胡某 (安环部专员)
	现场核查结束			

附表 C-5 | 现场核查所需文件

编号	项目	内容
1	企业生产运营介绍	<ul style="list-style-type: none"> • 厂区生产运行示意图 • 含仪表安装位置的温室气体计量图（企业自制） • 各个主要生产装置的主要组件的技术协议
2	员工培训及资质	<ul style="list-style-type: none"> • 员工培训记录 • 运行操作人员资质证书 • 实验室检验人员的资质证书
3	数据管理	<ul style="list-style-type: none"> • 电子数据库：包括所有监测参数、计量点、参数名称和描述，以及监测值和单位，并注明数据收集时间 • 文件归档流程 • 应急预案
4	内部质量控制和保证流程	<ul style="list-style-type: none"> • 质量控制手册 • 组织结构图 • 操作流程 • 内部审核报告
5	其余相关重要证据	<ul style="list-style-type: none"> • 企业营业执照（副本） • 购售电合同 • 购售热合同
6	参数监测	所有和温室气体监测参数相关的原始记录、月记录及日记录（包含纸质版和电子版）
7	校准	<ul style="list-style-type: none"> • 所有仪器仪表的详细清单，包括仪表的编号、位置、功能、制造商、检定日期和检定单位等详细信息 • 计量设备的检定报告 • 检定单位资质 • 相关仪表检定国家标准
8	监测报告相关	<ul style="list-style-type: none"> • 监测报告 • 计算表格
其他证明可能由主任审核员在核查过程中提出需求		

注：1. 表中所列文件在现场参观中会进行核查。
2. 在现场评审前需扫描一份电子版给核查团队。

术语表

石油和天然气开采业：包括勘探、钻井、井下作业和采油、采气及油气集输等各工艺单元。

油气炼制加工业：经过石油炼制加工过程，生成各类油品、润滑油及固体石油产品（沥青、石油蜡），并进一步裂解抽提或精制成初级石化原材料，如三苯三烯。

化学原料与化学制品业：利用油气炼制加工过程中产生的石化基础原料（烃类、乙炔、萘），进一步生成添加剂、配合剂及有机化工原料单体。

化工制品业：利用有机化工原料单体生产各类合成橡胶、化学纤维及塑料等成型制品。

排放源-固定源燃烧：石油炼制和石化原材料生产过程中发生的化石燃料燃烧排放。

排放源-移动源燃烧：所有移动源设备在运输活动中的燃料燃烧和燃料蒸发带来的排放。

排放源-火炬燃烧：处置废天然气及碳氢化合物而进行的喷焰燃烧或焚化装置产生的排放。

排放源-泄漏：油气系统泄漏、存储损耗及管道破裂等产生的排放。

排放源-外购电力：企业消费净购入电力所对应的电力生产环节产生的排放。

排放源-外购热力：企业消费净购入热力所对应的热力生产环节产生的排放。

排放源-石化产品制程排放：石化产品生产过程中化学反应过程产生的温室气体排放。如蒸汽裂解制乙烯的过程会生成含CO₂等的裂解气，及制氢过程中产生的CO₂排放等。

排放源-催化剂烧焦及再生：催化剂烧焦及再生过程产生的排放。

排放源-废弃物处理处置：通过焚烧炉、生物分解场、污水处理厂的设施处理废弃物排放。

主要生产系统：石化企业的主要生产系统包含支持原油炼制、化工产品及原材料生产过程的一系列生产装置及设备。

辅助生产系统：一般为支持主要生产系统的工艺过程而配置，主要包括动力、供电、机修、供水、供气、采暖、制冷、仪表、以及厂内原料场地和污水及各种载能工质（如一次水、循环水、化学软水、氧气、氮气、压缩空气等）的生产装置。

附属生产系统：主要指石化企业生产运行边界内为生产服务的部门和单位，包括办公室、操作室、休息室、食堂、澡堂、宿舍、检验室等设施。

常减压蒸馏装置：常减压蒸馏装置是将原油用蒸馏的方法分割成不同沸点范围的组份，以适应产品或下游工艺装置对原料要求的石油炼制加工装置，其工艺流程主要包括原油的脱盐脱水、常压蒸馏以及减压蒸馏。

催化裂化装置：催化裂化装置是使重质馏分油、重油或渣油在热和催化作用下发生裂化反应，并转化成裂化气、辛烷值较高的汽油、柴油以及焦炭等的石油炼制加工装置。主要由反应-再生部分、分馏部分、吸收稳定部分、脱硫精制部分、余热回收部分构成。

催化重整装置：催化重整装置是通过固定床重整工艺或移动床重整工艺，将烃类分子（如直馏汽油或二次加工汽油的混合物）重新排列成新的分子结构，以生产C₆~C₉芳烃产品或高辛烷值汽油的石油炼制加工装置。催化重整装置一般包括原料预处理和催化重整两部分，以生产芳烃为目的的重整装置还包括芳烃抽提和芳烃精馏两部分。

延迟焦化装置：延迟焦化装置是指通过热裂化将石油渣油转化为液体和气体产品，同时生成浓缩的固体炭材料—石油焦的石油炼制加工装置，主要由焦化部分、压缩吸收稳定部分以及脱硫醇部分构成。该过程由于反应物料在加热炉管中停留时间短，焦化反应被“延迟”到加热炉下游的焦化塔内发生。称为延迟焦化。

制氢装置：制氢装置是指主要以煤、轻烃及天然气为原料，采用烃类转化法、煤气化法、重油部分氧化法和甲醇制氢法等工艺技术为炼油厂加氢装置提供氢源的化工装置。其装置基本上都包括含氢气体的制备装置、CO变换反应装置及氢气提纯装置等。

乙烯裂解装置：乙烯裂解装置是以石油或天然气为原料，以生产高纯度乙烯和丙烯为主，同时副产多种石油化工原料的石油化工装置。其核心装置为裂解炉。裂解原料在乙烯装置（裂解炉）中通过高温裂解、压缩、分离得到乙烯，同时得到丙烯、丁二烯、苯、甲苯及二甲苯等重要副产品。

芳烃联合装置：芳烃联合装置是指以PSA（Pressure Swing Adsorption，变压吸附法）制氢、芳烃抽提、苯抽提蒸馏、对二甲苯（PX，Para-Xylene）生产的主要装置构成、联合生产苯、二甲苯等芳烃类产品的石油化工装置。

硫磺回收装置：主要作用是使原油中所含的硫元素以单质或某些化合物的状态得以回收利用，以减轻或避免其直接排放造成的环境污染。

环氧乙烷装置：环氧乙烷装置是通过乙烯氧化与水合等反应过程生产环氧乙烷同时副产CO₂的石油化工装置，其生产的环氧乙烷是生产乙二醇的重要原料。

聚丙烯装置：聚丙烯装置是通过丙烯聚合反应制得聚丙烯树脂的化工装置。

PTA装置：PTA装置即精对苯二甲酸（Pure Terephthalic Acid, PTA）生产装置，是指以对二甲苯为原料，液相氧化生成粗对苯二甲酸，再经加氢精制、结晶、分离、干燥等过程获得精对苯二甲酸的化工装置。

监测计划：记录了具体的监测方法和要求，是企业收集数据及管理数据的实施手册，也是贯穿整个温室气体核算及上报工作的核心文件。

原始记录：通过一定的表格形式，对企业各项生产活动和业务活动所做的最初的数字或者文字记载，是企业各项经济活动的客观反映。

第三方核查：由独立有资质的第三方核查机构开展的对企业的温室气体数据收集和上报工作进行的数据质量保证核查。

初始风险分析：在正式核查工作开始之前开展的，为识别温室气体排放数据管理流程中存在的主要风险而进行的风险分析工作。

注释

- ¹ Environmental Protection Agency. Mandatory Reporting of greenhouse Gases; Final Rule. Federal Register, 2009.
- ² Intergovernmental Panel on Climate Change
- ³ 中国石油大学(华东)石化专家研讨会专家意见总结记录, 2015年8月。
- ⁴ 工业企业温室气体排放数据质量管理技术规范, 节能减排联盟标准STCE 1010-2014。
- ⁵ 根据刘玲, 石化行业温室气体排放研究[R], 2015中的数据总结而成。
- ⁶ 本节数据来自于刘玲, 石化行业温室气体排放研究[R], 2015中的数据研究结果。
- ⁷ 资料来源参见: <http://roll.sohu.com/20140626/n401425484.shtml>
- ⁸ IPCC《2006国家温室气体清单计划》编委会. 2006年IPCC国家温室气体清单指南[M]. 东京: 日本Hayama全球环境战略研究所, 2006: 4.
- ⁹ 何立强, 胡京南, 解淑霞, 等. 2010年中国机动车CH₄和N₂O排放清单[J]. 环境科学研究, 2014(1).
- ¹⁰ 陈一然. 认真编制温室气体排放清单——中国海洋石油总公司率先开展碳盘查实践[I]. 中国财经报网. 2012. http://www.cfen.com.cn/web/cjb/2012-11/20/content_927606.htm
- ¹¹ American Petroleum Institute. Compendium of Green-house Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry[R]. Washington: API, 2009.
- ¹² Environmental Protection Agency. Mandatory Reporting of greenhouse Gases; Final Rule. Federal Register, 2009.
- ¹³ 硫回收尾气处理技术是目前世界上装置建设数量最多的尾气净化工艺。
- ¹⁴ American Petroleum Institute. Compendium of Green-house Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry[R]. Washington: API, 2009.
- ¹⁵ Environmental Protection Agency. Mandatory Reporting of greenhouse Gases; Final Rule. Federal Register, 2009.
- ¹⁶ 国家发展改革委. 中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行版)[S], 2015.
- ¹⁷ 中华人民共和国工业和信息化部. 石油化工生产企业CO₂排放量计算方法(SH/T 5000-2011)[S], 2012.
- ¹⁸ American Petroleum Institute. Compendium of Green-house Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry[R]. Washington: API, 2009.
- ¹⁹ Environmental Protection Agency. Mandatory Reporting of greenhouse Gases; Final Rule. Federal Register, 2009.
- ²⁰ 王禹. 我国石化行业二氧化碳减排与低碳产业开发途径浅析[J]. 资源节约与环保, 2014(1)
- ²¹ 刘玲, 赵婧. 我国石化业温室气体排放源识别[J]. 化工环保, 2013(7): 330-333.
- ²² Tayeb Benchaita. Greenhouse Gas Emission from New Petrochemical Plants[R]. IDB, 2013
- ²³ 杨嵘. 石油产业经济学[M]. 西安交通大学出版社, 2010(12).
- ²⁴ 国家节能中心. 石油化工行业重点用能单位能耗在线监测数据采集技术指南(试行)[S], 2014.
- ²⁵ 武登忠. 大型石化联合装置火炬系统设计要点[J]. 化工设计, 2011(5)
- ²⁶ IEA Greenhouse Gas R&D Programme report no. 2005/2, Building the cost curves for CO₂ storage: European Sector, March 2005.

- 27 张崇伟,王笑梅等.灵活焦化与延迟焦化介绍及对比[J].中外能源, 2013(2).
- 28 于安.石化行业非正常工况下火炬气污染排放执法管理研究[J].中国环境科学学会2006年学术年会优秀论文集(下卷), 2006.
- 29 炼厂干气是指炼油厂炼油过程中产生并回收的非冷凝气体(也称蒸馏气),主要成分为乙烯、丙烯和甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等,主要用作燃料和化工原料。
- 30 根据中国石油大学(华东)专家研讨会收集的信息总结而成, 2015年8月。
- 31 根据中环联合认证中心专家的访谈结果总结而成, 2015年11月。
- 32 中华人民共和国工业和信息化部.石油化工生产企业CO₂排放量计算方法(SH/T 5000-2011)[S], 2012.
- 33 Neelam Singn et all. Guide for Designing Mandatory Greenhouse Gas Reporting Programs[R]. World Resource Institute & World Bank Group, 2015.
- 34 尹蕾, 宋然平, 陈亮等.完善温室气体核算制度:提升企业数据质量的经验与建议, 世界资源研究所, 2014.
- 35 尹蕾, 宋然平, 陈亮等.完善温室气体核算制度:提升企业数据质量的经验与建议, 世界资源研究所, 2014.
- 36 排放源重要性评估:多名石化专家访谈结果总结, 2015年7月, 分类方法参考了中环联合(北京)认证中心专家提供的信息总结而成, 2015年8月。
- 37 中华人民共和国交通运输部, 网页: <http://mot.gov.cn/zhuzhan/tongjigongbao/fenxigongbao/hangyegongbao/>
- 38 中国石油大学(华东)石化专家研讨会专家意见总结记录, 2015年8月。
- 39 中国石油大学(华东)石化专家研讨会专家意见总结记录, 2015年8月。
- 40 工业企业温室气体排放数据质量管理技术规范, 节能减排联盟标准STCE 1010-2014。
- 41 根据中环联合温室气体核查专家的访谈记录总结, 2015年8月。

参考文献

1. American Petroleum Institute. Compendium of Green-house Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry[R]. Washington: API, 2009.
2. Environmental Protection Agency. Mandatory Reporting of greenhouse Gases. Final Rule. Federal Register, 2009.
3. IEA Greenhouse Gas R&D Programme report no. 2005/2, Building the cost curves for CO₂ storage: European Sector, March 2005.
4. Neelam Singn et al. Guide for Designing Mandatory Greenhouse Gas Reporting Programs[R]. World Resource Insititute & World Bank Gourp, 2015.
5. Tayeb Benchaita. Greenhouse Gas Emission from New Petrochemical Plants[R]. IDB, 2013
6. IPCC《2006国家温室气体清单计划》编委会. 2006年IPCC国家温室气体清单指南[M]. 东京: 日本Hayama全球环境战略研究所, 2006(4).
7. 国家发展改革委. 中国民航企业温室气体核算方法与报告指南[S], 2013.
8. 国家发展改革委. 中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)[S], 2013.
9. 国家发展改革委. 中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)[S], 2013.
10. 国家发展改革委. 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)[S], 2015.
11. 国家发展改革委. 中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)[S], 2015.
12. 国家节能中心. 石油化工业重点用能单位能耗在线监测数据采集技术指南(试行)[S], 2014.
13. 何立强, 胡京南, 解淑霞等. 2010年中国机动车CH₄和N₂O排放清单[J]. 环境科学研究, 2014(1).
14. 刘玲, 赵婧. 我国石化业温室气体排放源识别[J]. 化工环保, 2013(7):330-333.
15. 刘玲, 石化行业温室气体排放研究[J], 中国石油大学出版社, 2015.
16. 涂联, 陈新殿等. 回收催化烟道气中二氧化碳技术的工业应用. 化工管理(Cheical Enterprise Management) 2013(24).
17. 王禹. 我国石化行业二氧化碳减排与低碳产业开发途径浅析[J]. 资源节约与环保, 2014(1).
18. 武登忠. 大型石化联合装置火炬系统设计要点[J]. 化工设计, 2011(5).
19. 杨嵘. 石油产业经济学[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2010.
20. 尹蕾, 宋然平, 陈亮等. 完善温室气体核算制度: 提升企业数据质量的经验与建议. 世界资源研究所, 2014.
21. 于安. 石化行业非正常工况下火炬气污染排放执法管理研究[J]. 中国环境科学学会2006年学术年会优秀论文集(下卷), 2006.
22. 张崇伟, 王笑梅, 等. 灵活焦化与延迟焦化介绍及对比[J]. 中外能源, 2013(2).
23. 中华人民共和国工业和信息化部. 石油化工生产企业CO₂排放量计算方法(SH/T 5000-2011)[S], 2012.
24. 多名石化专家访谈记录, 2015年7月.
25. 中环联合温室气体核查专家访谈记录, 2015年8月.
26. 中华人民共和国国家标准. 用能单位能源计量器具配备和管理通则. (GB 17167-2006).

关于作者

尹蕾是世界资源研究所研究分析员，近年来主要从事中国温室气体排放数据质量管理的专项研究，她在能源及温室气体排放领域有多年的实地工作经验。邮件：lyin@wri.org

刘玲是石油工程管理工学博士，副教授，现任教于中国石油大学（华东）。近年来主要研究领域为石油石化行业碳排放与管理。主持及重点参与省部级以上项目8项，在《石油学报（石油加工）》、《化工环保》、《现代化工》等刊物发表论文20余篇，获山东省软科学奖等奖项5项。邮件：liuling@upc.edu.cn

白卫国是经济学博士（后），现任国瑞沃德（北京）低碳经济技术中心副主任、副研究员，主要研究城市及行业低碳发展，参与多项国际合作、国家科技支撑计划项目、部委和地方委托研究项目，参与撰写多部学术专著，发表若干学术论文。邮件：baiweigu007@sohu.com

致谢

在本工作论文的研究和编写过程中，石化行业、能源及温室气体核算领域的众多专家、学者给予了大力协助并提供了宝贵建议，在此，我们向各位评审专家和咨询专家表示由衷的感谢。

同时，世界资源研究所的各位领导和同事也给予了大力的支持和指导。在此特别向世界资源研究所科学与研究副主席Janet Ranganathan、中国区首席代表李来来、气候与能源项目副总监兼温室气体核算体系总监Pankaj Bhatia，以及其他各位同事表示诚挚的谢意。此外，一位实习生张卓然在项目中也发挥了重要作用，特此感谢其做出的辛勤劳动和贡献。

最后，我们要感谢美国美铝基金会（Alcoa Foundation）对本项目所提供的资金支持。

对本工作论文做出重要贡献的专家和同事名单如下：

庄贵阳 中国社会科学院
陈亮 中国标准化研究院
赵朝成 中国石油大学（华东）化学工程学院
韩治红 中国石化青岛石油化工有限公司
莫同鹏 中国石化青岛石油化工有限公司
孙长庚 中国寰球工程公司
张杰 中环联合（北京）认证中心有限公司
邢江 中环联合（北京）认证中心有限公司
温华 世界资源研究所
付晓天 世界资源研究所
杨晓亮 世界资源研究所
胡秀莲 国家发改委能源研究所
于胜民 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心
王树茂 国瑞沃德（北京）低碳经济技术中心
蔡博峰 环境保护部环境规划院 气候变化与政策研究中心
刘雁生 中国石化青岛炼油化工有限公司
贾少磊 山东石大科技集团有限责任公司
张锐 联合优斯（北京）技术服务有限公司

关于世界资源研究所

WRI关注环境与社会经济发展的相互关系。我们不只是研究，而且把想法转化为行动，与全世界的政府、企业和民间组织合作，制定改革性的解决方案，保护地球，改善人民生活。

对于紧急的可持续性挑战的解决方案

WRI采用改革性的思路，保护地球，促进发展，推进社会平等，因为只有实现可持续性，才能满足人类当今的需要，达成人类未来的理想。

实用的变革战略

WRI采用实用的变革战略和有效的变革工具，促进变革进程。我们衡量成功与否的方式是，是否制定了新政策，采用了新产品，采取了新措施，改变了政府的工作方式、企业的运营方式和人们的行为方式。

全球行动

我们的活动遍及全球，因为当今的问题没有边界。我们渴望交流，因为世界各地的人们均需要思想的激发，知识的启迪，通过相互了解，积极做出改变。我们通过准确的、公平的、独立的工作，为地球可持续发展提供了创新性的路径。

关于中国石油大学（华东） 经济管理学院

中国石油大学是教育部直属全国重点大学，是国家“211工程”重点建设和开展“优势学科创新平台”建设并建有研究生院的高校之一。中国石油大学（华东）是教育部和五大能源企业集团公司、教育部和山东省人民政府共建的高校，是石油、石化高层次人才培养的重要基地，被誉为“石油科技人才的摇篮”，现已成为一所以工为主、石油石化特色鲜明、多学科协调发展的大学。

关于国瑞沃德（北京） 低碳经济技术中心

国瑞沃德（北京）低碳经济技术中心（以下简称“中心”）是以原国家发改委/世界银行/GEF 中国节能促进项目办公室（以下简称“办公室”）核心团队为基础，以低碳经济发展研究和技术成果推广为主的服务机构。中心充分利用自身的资源优势，与各级政府、相关机构在低碳经济领域开展合作，通过开展低碳政策研究、低碳区域规划、投融资服务、合同能源管理咨询、节能技术咨询以及相关会议组织和培训等工作，搭建一流的低碳经济发展综合服务平台。为各级政府节能主管部门提供有效的政策研究、咨询服务和技术支持，同时为节能服务公司以及耗能用户提供合同能源管理咨询、投融资服务、会议组织与培训、节能产品和技术咨询等方面的服务。

WITH SUPPORT FROM:



Copyright 2015 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.
To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>