



“十四五”期间石化行业 VOCs 排放与
碳排放协同控制策略研究（简版）
Study on collaborative control strategy of VOCs
emission and carbon emission in petrochemical
industry during the 14th Five Year Plan Period
（abridged edition）

北京国环清华环境工程设计研究院有限公司

清环智源(北京)科技有限公司

2022.3.14

**Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering
Design & Research Institute Co., Ltd.**

Tsing-huan smart source (Beijing) Technology Co., Ltd.

关于作者

朱 帅, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 正高级工程师/副院长, 1274372@qq.com

陈大扬, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 正高级工程师/所长, 31810254@qq.com

赵 晴, 清环智源(北京)科技有限公司, 高级工程师, zhaoqing@tsing-huan.com

韦红卫, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级经济师/主任, 524069134@qq.com

葛春风, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级工程师/所长, 16904648@qq.com

聂秀文, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级工程师/所长, 86978916@qq.com

马 俊, 清环智源(北京)科技有限公司, 工程师, majun@tsing-huan.com

寇晓倩, 清环智源(北京)科技有限公司, 硕士, kouxq@tsing-huan.com

任治国, 清环智源(北京)科技有限公司, 助理工程师, renzhg@tsing-huan.com

王彦玲, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级工程师, 348726722@qq.com

刘子伊, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 工程师, 503922445@qq.com

顿春伟, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级工程师, 592812902@qq.com

贺 璐, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级工程师, 79734514@qq.com

褚 珣, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 高级工程师, 515699304@qq.com

李艳虹, 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 工程师, 93440340@qq.com

ABOUT THE AUTHORS

Zhu Shuai, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer/Assistant Dean, 1274372@qq.com

Chen Dayang, Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer/Institute Director, 31810254@qq.com

Zhao Qing, Tsing-huan smart source (Beijing) Technology Co., Ltd., Senior Engineer, zhaoqing@tsing-huan.com

We Hongwei, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Economic Manager/Chief, 524069134@qq.com

Ge Chunfeng, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer/Institute Director, 16904648@qq.com

Niu Xiuwen, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer/Institute Director, 86978916@qq.com

Ma Jun, Tsing-huan smart source (Beijing) Technology Co., Ltd., Engineer, majun@tsing-huan.com

Kou Xiaoqian, Tsing-huan smart source (Beijing) Technology Co., Ltd., Master degree, kouxq@tsing-huan.com

Ren Zhiguo, Tsing-huan smart source (Beijing) Technology Co., Ltd., Assistant Engineer, renzhg@tsing-huan.com

Wang YanLing, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer, 348726722@qq.com

Liu Ziyi, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Engineer, 503922445@qq.com

Dun Chunwei, Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer, 592812902@qq.com

He Jun, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer, 79734514@qq.com

Chu Xun, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Senior Engineer, 515699304@qq.com

Li Yanhong, Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Engineer, 93440340@qq.com

致谢

本研究由北京国环清华环境工程设计研究院有限公司及清环智源(北京)科技有限公司统筹撰写，由能源基金会提供资金支持。

在本项目研究过程中，研究团队得到了【辽宁大学】的大力支持，包括：【张献政】等，在此向他们表示诚挚感谢。

ACKNOWLEDGEMENT

This report is a product of Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd. and is funded by Energy Foundation China.

The team is grateful for the generous support it received throughout this research from [Liaoning University], including [Zhang Xianzheng].

关于北京国环清华环境工程设计研究院有限公司

北京国环清华环境工程设计研究院有限公司成立于1981年，是清华大学环境学院主要的产学研平台，也是清华大学对外提供环境服务的窗口单位。经过了40多年的发展，国环清华已经形成了综合的环境服务团队，并致力于大气污染控制与治理工程、环境影响评价等工作。国环清华所拥有的专业团队能够为客户提供大量的环境服务，包括环境咨询、环境规划、环境治理设备、工程建设运营管理等。

关于清环智源（北京）科技有限公司

清环智源（北京）科技有限公司是一家以大气复合污染源成因解析和工业源精细化管控解决方案为主业的高新技术企业。

公司依托清华大学、中国科学院等顶尖科研机构的技术优势，围绕PM2.5与O3复合污染源成因及其关键前体物VOCs、NOx减排和监管的实际需求，构建了来源成因、精准溯源、评估诊断、动态监管“四位一体”协同管控技术体系，面向各级政府部门、工业园区及各类工业企业提供综合咨询服务及软硬件技术支撑。

公司参与了《挥发性有机物综合治理一厂一策编制技术指南》、《工业企业挥发性有机物治理效果综合评价指南》两项VOCs治理相关标准的编制工作，具有丰富的VOCs管控经验。

关于能源基金会

ABOUT Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering

Design & Research Institute Co., Ltd.

Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., founded in 1981, is a major Industry-University cooperative research platform for the school of environment in Tsinghua University. It contributes on environmental social services in Tsinghua as well. With the 40-year development of company, a comprehensive environmental service team has been formed, which focuses on atmospheric controlling and remedy, environmental program, assessment of environmental impact and scientific research and development. The professional team provides plenty of environmental services for consumers, including consulting, planning, setting equipments, engineering construction and operations managements.

ABOUT Tsing-Huan Smart Source (Beijing) Technology Co., Ltd.

Tsing-Huan Smart Source (Beijing) Technology Co., Ltd. is a high-tech enterprise focusing on analyzing complex air pollution sources and providing fine management and control solutions of industrial pollution sources.

Relying on the technical supports from top scientific research institutions including

Tsinghua University and the Chinese Academy of Sciences, Tsing-huan company has built up a "four in one" collaborative management and control technology system of sources analyzing, accurate tracing, integrate diagnosing, and dynamic regulating, serving the needs of pointing out the causes of composite pollution sources of PM_{2.5} and O₃ and controlling the main precursors of VOCs and NO_x. The company provides comprehensive consulting services, software and hardware technical supports to all levels of government departments, industrial parks and enterprises.

Tsing-huan company has rich experience in VOCs control and has participated in the compilation of two VOCs management standards, including "The Technical Guidelines for preparation of particular reduction solutions of Volatile Organic Compounds emission" and "The Comprehensive Evaluation Guidelines for Industrial factories on the Effectiveness of Volatile Organic Compounds emission reduction".

ABOUT ENERGY FOUNDATION CHINA

-----报告正文-----

免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。
- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

Disclaimer

- Unless otherwise specified, the views expressed in this report are those of the authors and do not necessarily represent the views of Energy Foundation China. Energy Foundation China does not guarantee the accuracy of the information and data included in this report and will not be responsible for any liabilities resulted from or related to using this report by any third party.
- The mention of specific companies, products and services does not imply that they are endorsed or recommended by Energy Foundation China in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

执行总结

项目对石化行业的行业发展、产业布局、VOCs 排放和控制现状以及碳排放现状进行了详细的调研，并对 12 家典型石化企业进行了样本调查，梳理比对了各企业的生产工艺、生产装置、VOCs 排放和碳排放，并对发现的问题进行了剖析总结。

在 VOCs 排放方面，目前石化行业的轻质油储罐已基本实现罐型改造，固定顶罐实施了油气回收，全面开展来 LDAR 工作，基本实现了安装装载废气回收设施，基本淘汰了喷溅式装载，污水环节已基本实现密闭输送及污水处理厂加盖及废气治理工程。虽然各环节均采取了相应的治理手段，但治理效果仍存在各类问题，比如：储罐无组织排放严重、汽车装载泄漏、污水储罐废气普遍未收集处理、处理设施运行不到位、LDAR 管理混乱、工艺处理效率低等问题。

在碳排放方面，企业间普遍存在碳核算范围边界不一致，核算方法不一致，数据获取不一致等问题。且重点区域内石化企业逐步采用 RTO、RCO 等燃烧法进行储罐联通废气、装载废气、工艺废气、污水处理站废气的高效治理，但由此带来的碳排放被忽略。

在协同控制方面，经分析发现，该行业的 VOCs 与碳排放在企业层面的共源性比较低，仅在动力锅炉、工艺加热炉（焚烧炉）、污水处理站、燃烧类工艺废气治理设施等 4 个源项具有共源性，而且动力锅炉、工艺加热炉的 VOCs 排放属于燃烧源排放无法进行末端治理，且动力锅炉、工艺加热炉的 VOCs 排放不是石化企业的主要排放源。因此，该行业的 VOCs 与碳排放的协同控制，主要在于行业层面的协同控制，更应关注产业结构调整、能源结构调整、运输结构调整方面。

基于上述分析结果，提出了包括生产工艺和装备指标、资源能源指标、绿色低碳能力指标、分级管控绩效指标、监测监控指标、环境管理指标和运输管理指标在内的协同控制指标（详见下表）。从储罐排气、装载排气、设备动静密封点排放、污水集输和污水处理站废气、工艺有组织废气、工艺无组织废气、循环冷却水排气和非正常工况废气方面提出了 VOCs 排放控制措施建议。从燃料改进、碳捕集、二氧化碳制化工产品循环利用、加热炉烟气和锅炉烟气等方面提出了碳减排措施建议。最终，从产业结构调整、运输结构调整、能源结构调整和生产工艺优化调整方面提出了 VOCs 和碳排放的协同控制政策建议。产业结构调整方面

包括：（1）淘汰 200 万吨以下单一炼油企业产能；（2）重点区域压减 350 万吨以下单一炼油企业产能；（3）重点区域限制新建 1000 万吨以下炼油企业；（4）沿海地区鼓励发展 2000 万吨以上的炼化一体企业；（5）鼓励发展石化新型材料产业；（6）鼓励发展石化循环经济产业。运输结构调整方面包括：小型民营炼厂集群或园区，通过园区层面统一建设原油入厂的专用输油管线，解决原油入厂的汽车运输问题；或鼓励采用国五及以上或清洁能源车辆进行产品出厂运输。能源结构调整方面，主要是大力发展可再生能源，加大可再生能源的传统用能替代。生产工艺优化调整方面主要包括：（1）500 万吨以下炼厂提高原油二次加工能力，从燃料型炼厂向化工型炼厂转型；（2）1000 万吨以上大型炼化一体企业推进密闭出焦工艺；（3）1000 万吨以上大型炼化一体企业推进渣油加氢工艺；（4）1000 万吨以上大型炼化一体企业合理发展氢能。

指标体系一览表

一级指标	二级指标
生产工艺和装备指标	炼化一体化率
	加热炉
	有机液体储罐
	酸性水储罐
	污水均质罐、污油罐、浮渣罐
	有机液体装载
	火炬
资源能源指标	燃料类型
	加工吨原油综合能耗
	炼油单位能量因数能耗
绿色低碳能力指标	万元工业产值 CO ₂ 排放量
	CO ₂ 排放强度
	VOCs 排放强度
分级管控绩效指标	VOCs 排放限值
	泄漏检测与修复
	工艺有机废气治理
	储罐排气
	装载排气
	污水集输和处理

一级指标	二级指标
监测监控指标	自动监控系统
	生产装置监控
环境管理指标	环保档案
	台账记录
	人员配置
运输管理指标	运输方式
	运输车辆
	运输监管

Executive summary

The project conducted a comprehensive research on the industry development, industrial arrangement, VOCs emission and control status and carbon emission status of petrochemical industry. The project also conducted a sample survey on 12 typical petrochemical enterprises, sorted out and compared the production process, production units, VOCs emission and carbon emission of each enterprise, and analyzed and summarized the problems found.

In terms of VOCs emissions, the current petrochemical industry's light oil storage tanks have basically achieved tank-type transformation, fixed-top tank implementation of oil and gas recovery, comprehensive LDAR work, the basic realization of the installation of loading exhaust gas recovery facilities, the basic elimination of splash loading. Meanwhile, the sewage link has basically achieved closed transport and sewage treatment plant to cover and exhaust gas treatment project. Although each link has taken the corresponding means of governance, the effect of governance still exists in various types of problems, such as: serious disorganized emissions from storage tanks, car loading leakage, sewage storage tank waste gas is generally not collected and treated, the operation of treatment facilities is not in place, LDAR management confusion, low process processing efficiency and other issues.

In terms of carbon emissions, enterprises generally have problems, including inconsistent carbon accounting scope boundaries, inconsistent accounting methods and inconsistent data acquisition. And petrochemical enterprises in key regions are gradually adopting combustion methods such as RTO and RCO for the efficient treatment of tank interconnection exhaust, loading exhaust, process exhaust as well as wastewater treatment station exhaust, but the resulting carbon emissions are ignored.

In terms of synergistic control, the analysis found that the co-source of VOCs and carbon emissions in this industry is relatively low at the enterprise level. Only four source items, including power boilers, process heaters (incinerators), sewage treatment stations, and combustion-type process waste gas treatment facilities, have the co-source of VOCs and carbon emissions. VOCs emissions from power boilers and process

heaters are combustion source emissions that cannot be treated at the end. And power boilers, process heaters VOCs emissions are not the main source of emissions of petrochemical enterprises. Therefore, the synergistic control of VOCs and carbon emissions in this industry mainly lies in the synergistic control at the industry level, and more attention should be paid to the industrial structure adjustment, energy structure adjustment and transportation structure adjustment.

Based on the results of the above analysis, the synergistic control indicators including production process and equipment indicators, resource and energy indicators, green and low-carbon capability indicators, graded control performance indicators, monitoring and control indicators, environmental management indicators and transportation management indicators are proposed (see the table below). VOCs emission control policies are also proposed in terms of tank exhaust, loading exhaust, equipment dynamic and static sealing point emissions, wastewater collection and treatment station exhaust, process organized exhaust, process unorganized exhaust, circulating cooling water exhaust and abnormal working conditions exhaust. Carbon emission reduction policies are proposed in terms of fuel improvement, carbon capture, recycling of CO₂-based chemical products, heating furnace flue gas and boiler flue gas. Eventually, The synergistic control policies of VOCs and carbon emissions are proposed in terms of industrial structure adjustment, transportation structure adjustment, energy structure adjustment and production process optimization adjustment.

The industrial structure adjustment includes: (1) eliminating the capacity of single refining enterprises below 2 million tons; (2) reducing the capacity of single refining enterprises below 3.5 million tons in key regions; (3) limiting the construction of new refining enterprises below 10 million tons in key regions; (4) encouraging the development of integrated refining and chemical enterprises above 20 million tons in coastal areas; (5) encouraging the development of new petrochemical materials industry; (6) encouraging the Development of petrochemical recycling economy industry.

Transportation structure adjustment includes small private refinery clusters or parks, unified construction of special oil pipelines for crude oil into the plants through the park level to solve the problem of car transportation of crude oil into the plants; or encourage

the use of National V and above or clean energy vehicles for ex-factory transportation of products. In terms of energy structure adjustment, it is mainly to vigorously develop renewable energy and increase the replacement of traditional energy use by renewable energy.

Production process optimization and adjustment mainly includes: (1) refineries below 5 million tons need to improve the secondary processing capacity of crude oil, from fuel-based refineries to chemical refineries; (2) large refining and chemical integrated enterprises above 10 million tons could promote the closed coke process; (3) promote residual oil hydrogenation process in large integrated refining and chemical refineries over 10 million tons; (4) reasonably develop hydrogen energy in large integrated refining and chemical enterprises over 10 million tons.

Table 1 List of Indicator System

Tier 1 Indicators	Tier 2 Indicators
Production process and equipment indicators	Refining and chemical integration rate
	Heating Furnace
	Organic liquid storage tank
	Acid water storage tank
	Sewage homogenization tank, dirty oil tank, floating slag tank
	Organic liquid loading
	Flare
Resource and Energy Indicators	Type of Fuel
	Comprehensive energy consumption for processing tons of crude oil
	Energy consumption for refining unit energy factor
Green low-carbon capability indicators	CO ₂ emissions of 10,000 Yuan industrial output value
	CO ₂ emission intensity
	VOCs Emission Intensity
Graded Control Performance Indicators	VOCs Emission Limits
	Leak detection and repair
	Process organic waste gas treatment
	Tank Exhaust
	Loading Exhaust

Tier 1 Indicators	Tier 2 Indicators
	Sewage collection and treatment
Monitoring and control indicators	Automatic Monitoring System
	Production Plant Monitoring
Environmental Management Indicators	Environmental Protection Archives
	Ledger records
	Staffing
Transportation Management Indicators	Transportation method
	Transportation vehicles
	Transport supervision

目 录

第一章 总论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究内容	3
1.2.1 典型石化企业的 VOCs 和碳排放核算	3
1.2.2 结合现场调研和对标研究	3
1.2.3 制定石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略	3
1.3 研究方法	4
1.3.1 典型石化企业的 VOCs 和碳排放核算	4
1.3.2 构建世界一流石化企业 VOCs 与碳排放协同控制指标体系	4
1.3.3 制定石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略	4
1.4 技术路线	5
第二章 石化行业概况	6
2.1 石化行业发展概况	6
2.1.1 石油炼制行业发展概况	6
2.1.2 石油化工行业发展概况	7
2.1.3 合成树脂行业发展概况	10
2.2 石化行业 VOCs 排放概况	11
2.2.1 石化行业 VOCs 排放核算方法	12
2.2.2 石化行业 VOCs 治理现状	13
2.2.3 石化行业污染物排放监管现状	14
2.3 石化行业碳排放概况	15

2.3.1	石化行业碳排放的核算	16
2.3.2	石化行业碳减排	18
2.4	小结	19
第三章	典型企业调研情况	20
第四章	石化行业存在问题剖析	22
4.1	石化行业排污许可证监管问题	22
4.1.1	排污许可证的核发质量问题	23
4.1.2	排污许可证后执行问题	23
4.2	VOCs 治理管控问题	23
4.2.1	挥发性有机液体储罐	23
4.2.2	挥发性有机液体装卸	24
4.2.3	VOCs 废水逸散	24
4.2.4	泄漏检测与修复	24
4.2.5	不正常运行治理设施	25
4.2.6	延迟焦化未密闭	25
4.2.7	有机废气旁路	25
4.2.8	有机废气治理设施	25
4.2.9	非正常工况	25
4.3	碳核算问题	26
4.4	小结	26
第五章	指标体系	27
5.1	生产工艺和装备指标	27

5.2	资源能源指标.....	28
5.3	绿色低碳能力指标.....	29
5.4	分级管控绩效指标.....	29
5.5	监测监控指标.....	29
5.6	环境管理指标.....	30
5.7	运输管理指标.....	30
第六章 政策建议.....		35
6.1	VOCs 污染控制.....	35
6.1.1	储罐排气.....	36
6.1.2	装载排气.....	36
6.1.3	设备动静密封点排放.....	37
6.1.4	污水集输和污水处理站废气.....	37
6.1.5	工艺有组织废气.....	37
6.1.6	工艺无组织废气.....	38
6.1.7	循环冷却水排气.....	38
6.1.8	非正常工况废气.....	39
6.2	碳排放控制建议.....	39
6.3	VOCs 和碳排放的协同.....	40
6.3.1	产业结构调整.....	40
6.3.2	运输结构调整.....	43
6.3.3	能源结构调整.....	43
6.3.4	生产工艺优化调整.....	44

第一章 总论

1.1 研究背景

石化行业是能耗大户，主要能源为煤、天然气、燃料油等，各类燃烧源产生的碳排放量很大。在全球二氧化碳排放固定源中，石化行业的排放占 9%，仅次于电力行业。习近平主席 2020 年 9 月 22 日在第 75 届联合国大会上宣布，“中国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”，从国家层面提出了碳达峰和碳中和的时间节点。2021 年 1 月 15 日，中国石油和化学工业联合会联合中国石油、中国石化等 17 家企业和园区，共同发起《中国石油和化学工业碳达峰与碳中和宣言》（以下简称《宣言》），《宣言》从推进能源结构清洁低碳化、大力提高能效、提升高端石化产品供给水平、加快部署二氧化碳捕集利用、加大科技研发力度、大幅增加绿色低碳投资强度等六方面提出倡议并做出承诺，号召全行业共同行动起来，助力我国稳步实现碳达峰、碳中和目标任务，从行业层面积极落实国家“碳中和”目标。

另一方面，以高浓度臭氧（ O_3 ）和 $PM_{2.5}$ 为特征的区域复合大气污染问题在我国日趋严峻，近地面 O_3 主要由 VOCs（挥发性有机物）和 NO_x （氮氧化物）在光照作用下经过光化学反应生成，人为源 VOCs 排放量的持续增长是造成近地面 O_3 污染的重要原因之一，VOCs 还能够被进一步氧化成挥发性更低的有机物，逐渐吸附或凝结到颗粒物表面，形成 SOA（二次有机气溶胶），而 SOA 是 $PM_{2.5}$ 的重要组成部分。

石油化工行业是主要的人为 VOCs 排放源，有研究表明，石化行业已经超过公路机动车，成为我国最大的人为排放源。石化行业产生的 VOCs 除排放量大以外，还具有浓度高、物种多及活性强的特点，显著影响 O₃ 和 SOA 等二次污染的生成。二污普数据显示，全国石化企业 VOCs 排放达到 135 万吨以上，重点区域京津冀、长三角、珠三角、山东和陕西排放占全国总量比重约 49%。由此可见，石化行业已成为我国 VOCs 管控的重点行业。

综上，无论从“碳中和”和“碳达峰”的目标，还是从持续改善环境空气质量方面，石化行业均面临较大的减排需求。

在碳排放和污染物的协同控制方面，国家出台了一系列的文件对协同控制提出了具体的要求。2015 年 8 月，修订的《中华人民共和国大气污染防治法》提出“推行区域大气污染联合防治，对大气污染物和温室气体实施协同控制”。2018 年 3 月，国家组建生态环境部，应对气候变化职能转入，协同控制成为生态环境部门在职能转隶后推动气候变化工作的有力抓手，在“十四五”规划编制过程中，生态环境部把应对气候变化的目标任务纳入“十四五”规划纲要和“十四五”生态环境保护规划，进一步强化温室气体排放控制和适应气候变化工作，并与大气污染治理、生态环境保护、节能等工作领域更好衔接。2019 年 6 月发布的《重点行业挥发性有机物综合治理方案》的主要目标是“协同控制温室气体排放，推动环境空气治理持续改善”。

因此，开展“十四五”期间石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略研究，推动石化行业 VOCs 排放和碳排放的协同控制，将同时

有利于碳达峰和环境空气质量的改善。

1.2 研究内容

1.2.1 典型石化企业的 VOCs 和碳排放核算

对国内千万吨炼油典型石化企业开展现场调研和资料调研，掌握典型石化企业在 VOCs 方面的源头、工程、管理、结构等减排措施现状和在碳减排方面的现状，核算典型石化企业的 VOCs 排放量和碳排放量，评估典型石化企业在 VOCs 及碳排放方面的治理水平。

1.2.2 结合现场调研和对标研究

(1) 构建国际一流石化企业 VOCs 排放控制指标

对标石化企业 A 级标准相关要求，结合国外先进石化企业的资料调研及梳理，从生产工艺、有组织控制、无组织控制、排放限值、能源结构等方面，构建先进石化企业 VOCs 与碳排放协同控制指标体系，选择典型石化企业评估其达到先进指标的可行性。

(2) 梳理典型石化企业的碳减排方向。

(3) 对燃烧法治理 VOCs 的碳排放情况进行分析，可开展必要的调研测试。

1.2.3 制定石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略

基于构建的指标体系，优化提出石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略，初步制定典型石化企业的 VOCs 与碳协同减排路径，评估该协同控制路径在重点区域新建石化企业开展示范应用的可行性。

1.3 研究方法

1.3.1 典型石化企业的 VOCs 和碳排放核算

选择燕山石化等十余家国家级和地方级炼化企业为研究对象,开展 VOCs 排放及碳排放水平现状调研。VOCs 方面,重点调研储罐、装载、设备及管线动静密封点、污水处理站、有组织排放等环节的 VOCs 排放水平及控制技术,采用《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》中载明方法核算 VOCs 现状排放量。碳排放方面,调研企业锅炉、加热炉、裂解炉的燃料类型、燃料使用量、碳排放现状,采用《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)》中相关方法核算碳排放量。

1.3.2 构建世界一流石化企业 VOCs 与碳排放协同控制指标体系

梳理我国典型企业 VOCs 与碳排放控制现状和世界先进企业现状,结合石化企业 A 级标准,从环境保护、资源能源可持续能力和绿色低碳能力等方面构建世界一流石化企业 VOCs 与碳排放协同控制指标体系;梳理典型石化企业的碳减排方向;对燃烧法治理 VOCs 的碳排放情况进行分析,可开展必要的调研测试。

1.3.3 制定石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略

分析我国典型石化企业在 VOCs 排放控制方面的短板和难点,提出我国石化行业 VOCs 的减排潜力、治理重点、工程减排措施、管理减排措施等。分析我国典型石化企业在碳排放方面采取的措施,分析石化行业的碳减排措施等,初步提出典型石化企业的碳减排路径。将 VOCs 燃烧法高效治理与碳排放控制相结合,找出 VOCs 燃烧法高效

治理与碳排放之间的平衡点，优化提出石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略，初步制定典型石化企业的 VOCs 与碳协同减排路径。

1.4 技术路线

技术路线见图 1-1。

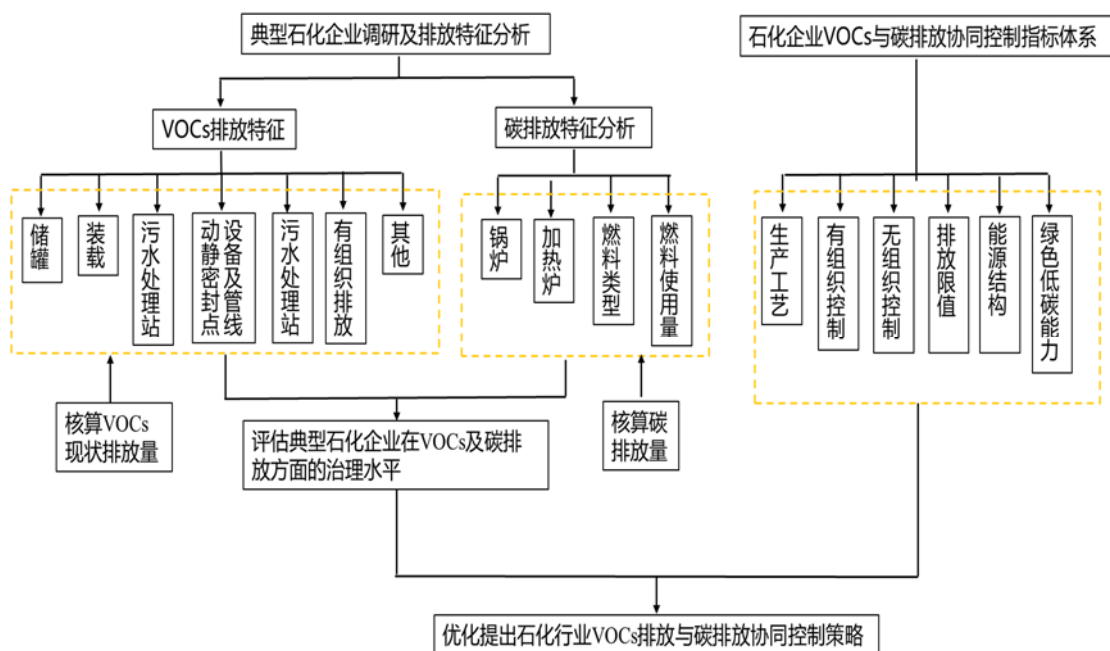


图 1-1 技术路线图

第二章 石化行业概况

自《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570—2015）、《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571—2015）和《合成树脂工业污染物排放标准》（GB 31572—2015）发布实施以来，国内石油炼制与石油化工行业处于一个稳步发展的状态。2019 年，石化行业营业总收入达到 12.3 万亿元，同比增长 1.3 %；利润总额实现 6683.7 亿元，同比下降 14.9%；进出口总额为 7222 亿美元，同比下降 2.8%。截至 2019 年底，石油和化工行业规上企业 26271 家，主营业务收入和利润总额分别占全国的 11.6%和 10.8%。成品油、乙烯、甲醇、合成橡胶、合成树脂、农药、化肥等大宗产品产量均位居世界前列。

2.1 石化行业发展概况

2.1.1 石油炼制行业发展概况

近些年，我国原油加工能力从 2015 年的 7.1 亿吨增长到 2018 年的 8.31 亿吨，增长 17%，2020 年约 8.10 亿吨。未来炼油产能随炼化一体化项目建设将继续增加，预计 2020—2025 年全国新增炼油能力约 1.6×10^8 吨/年，2025 年总炼油能力达 10×10^8 吨/年，炼油产能过剩矛盾将愈发突出。2015 年至 2019 年我国原油实际加工量情况见图 2-1，2019 年数据为根据 2018 年开工率估算值。

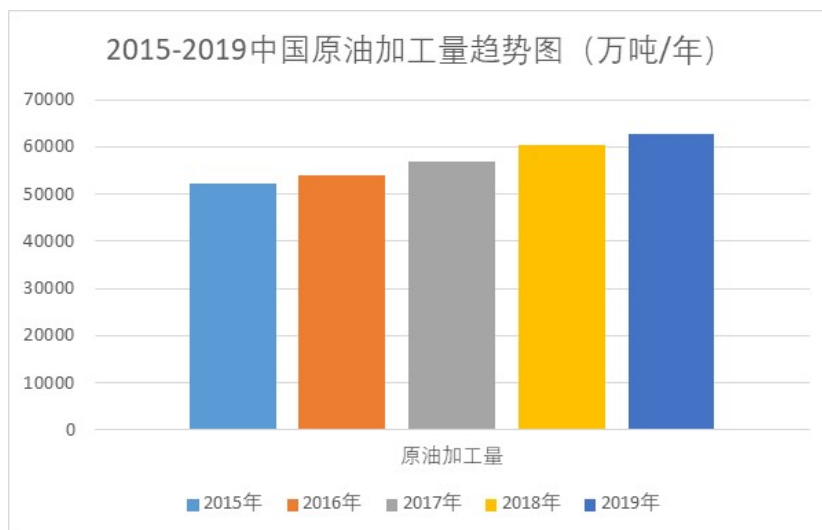


图 2-1 我国 2015-2019 原油加工量统计

2019 年，随着地方民营大型炼化项目相继投产，全国原油一次加工能力净增 3200 万吨/年，过剩能力达到 1.2 亿吨/年。民营企业炼油能力将提高到 2.35 亿吨/年，在全国炼油能力中的占比从 2018 年的 25.6% 升至 27.2%，民营企业成为中国炼油化工发展的生力军。2005-2017 年地方炼油市场份额变化见图 2-2。

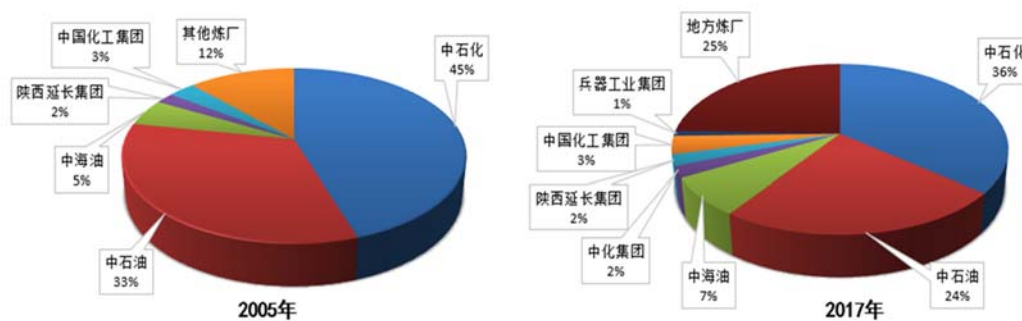


图 2-2 地方炼油市场份额占比

2.1.2 石油化工行业发展概况

(1) 乙烯

随着沿海大型石化基地快速崛起，以及现代煤化工项目推进，石化产业和市场供需格局也发生了显著变化，我国乙烯产能从 2015 年

的 2117 万吨增长到 2018 年的 2595 万吨，增长 22.6%，预计到 2020 年我国乙烯产能将超过 3200 万吨/年，到“十四五”末将超过 4500 万吨/年。

2019 年计划投产乙烯产能将达到 500 万吨/年以上，国内乙烯产能将升至 3050 万吨/年，预计产量可达到 2700 万吨左右，同比增加 13%以上，国内乙烯供应保障能力进一步提升。2025 年前是我国乙烯产能大规模密集投产时期，预计 2025 年国内乙烯产能将超过 5000 万吨/年，产量达到 4750 万吨，按相关下游市场增长趋势测算，到 2025 年国内乙烯当量需求量将达到 6400 万吨，自给率从目前的不足 50% 提升至 74%。如果未来进口乙烷裂解制乙烯方面有所突破，乙烯自给率可进一步提高至 80% 以上。2015 年至 2019 年我国乙烯实际产量情况见图 2-3，2019 年数据为根据 2018 年开工率估算值。

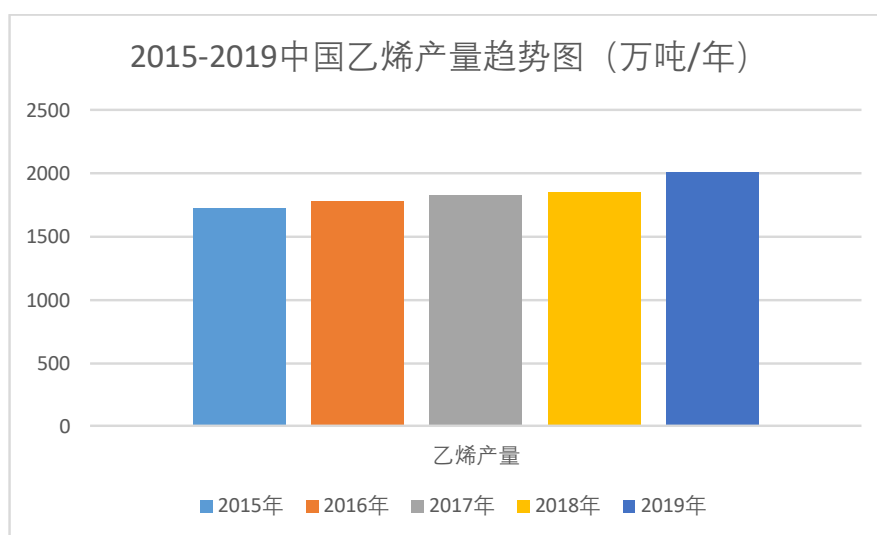


图 2-3 我国 2015-2019 乙烯产量统计

(2) 芳烃

中国是全球芳烃的生产和消费大国，纯苯和 PX 是芳烃的两大代表性产品。2018 年，中国纯苯产能占全球的 26%，需求占比为 29%；

PX 产能占全球的 23%，而需求占比高达 58%。据安迅思统计，2019-2025 年中国纯苯产能复合年均增长率为 4.5%，PX 产能复合年均增长率达到 8.6%。至 2025 年，中国纯苯产能将达 2572 万吨，PX 产能将达到 3222 万吨。至 2025 年，中国 PX 缺口依旧达 1300 万吨左右，中国依然保持净进口国地位，但进口依存度将大幅下降至 32%。

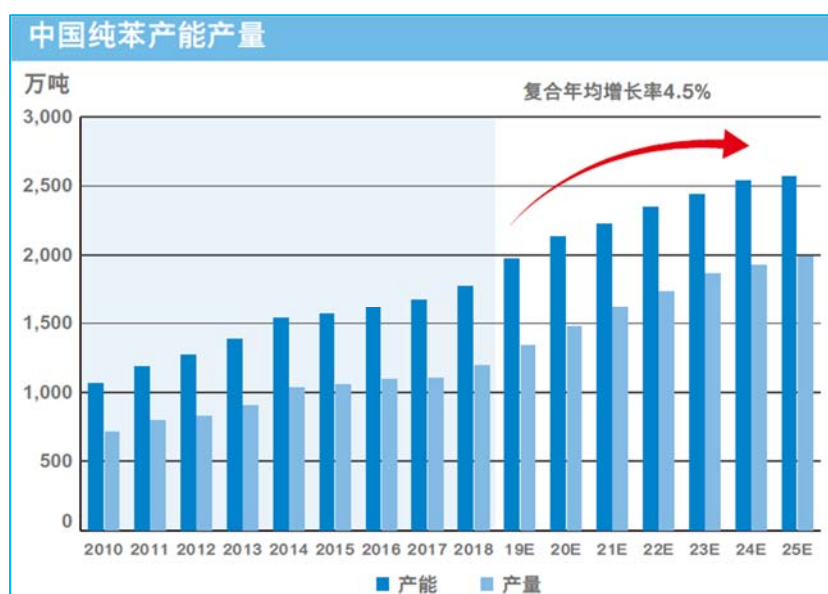


图 2-4 我国纯苯产能产量趋势图

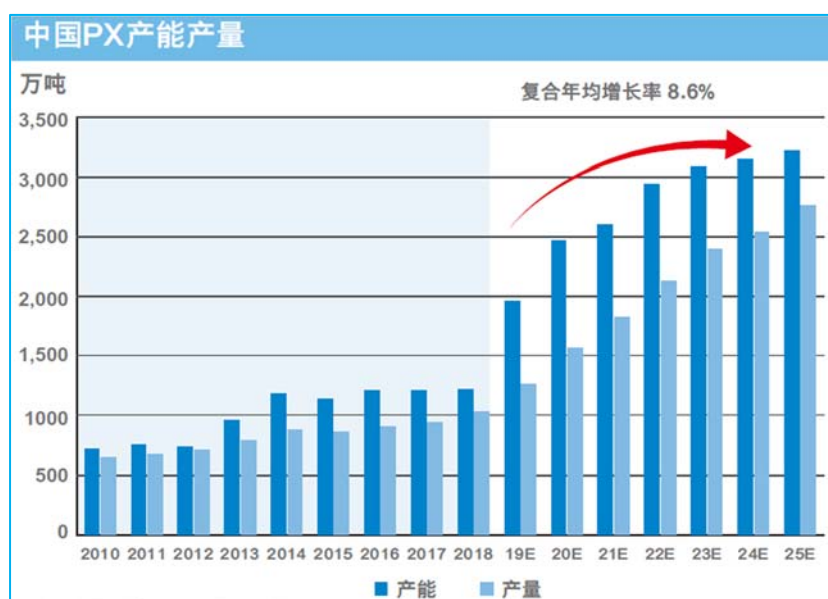


图 2-5 我国 PX 产能产量趋势图

国内芳烃产能仍处快速增长，但生产企业产业链延伸的情况下商

品量增长有限。“十三五”的后两年，国内地炼企业新建重整装置较为集中，后续投产的大型炼化项目则更加倾向七大基地千万吨级别炼化一体化装置。炼化一体化模式也从炼油、乙烯一体化向炼油、乙烯、芳烃一体化转变。

2.1.3 合成树脂行业发展概况

我国合成树脂行业发展起步于 20 世纪 50 年代，在经历了 60-70 年代的缓慢发展、80 年代至上世纪末的飞速增长等阶段后，自 21 世纪以来，我国合成树脂行业进一步调整、完善和提高，现已形成包括配方改性、树脂合成、助剂配套、加工应用在内的完整产业体系。2018 年我国五大合成树脂:聚乙烯 PE 产量为 1586.4 万吨，聚丙烯 PP 产量为 2092.0 万吨，聚氯乙烯 PVC 产量为 1963.6 万吨，聚苯乙烯 PS 产量为 256.2 万吨，ABS 树脂产量约为 331.7 万吨。

近几年，国内新建乙烯装置陆续投产，配套新增了聚烯烃装置，国内合成树脂生产已达到相当规模。目前，我国已是世界最大的合成树脂生产国和消费国。2017 年，我国合成树脂总产能达 12195.8 万吨/年，总产量达 8458.1 万吨，2018 年我国合成树脂产量增长至 8558.0 万吨。其中五大合成树脂:聚乙烯 PE 产量为 1586.4 万吨，聚丙烯 PP 产量为 2092.0 万吨，聚氯乙烯 PVC 产量为 1963.6 万吨，聚苯乙烯 PS 产量为 256.2 万吨，ABS 树脂产量约为 331.7 万吨。自 2012 年以来，中国合成树脂产量整体保持稳步增长的态势，产量均高于 5000 万吨。

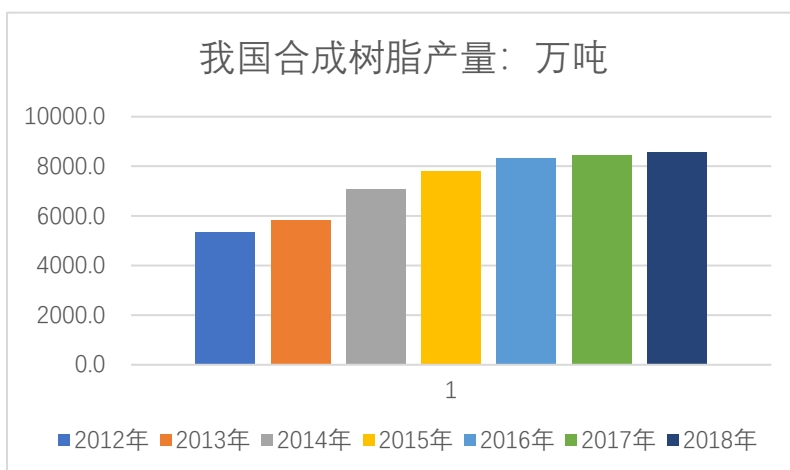


图 2-6 2012-2018 我国合成树脂产量走势图

2.2 石化行业 VOCs 排放概况

VOCs 排放方面，二污普数据显示全国石化企业 VOCs 排放达到 135 万吨以上，重点区域京津冀、长三角、珠三角、山东和陕西排放占全国总量比重约 49%，如图 2-7 所示。

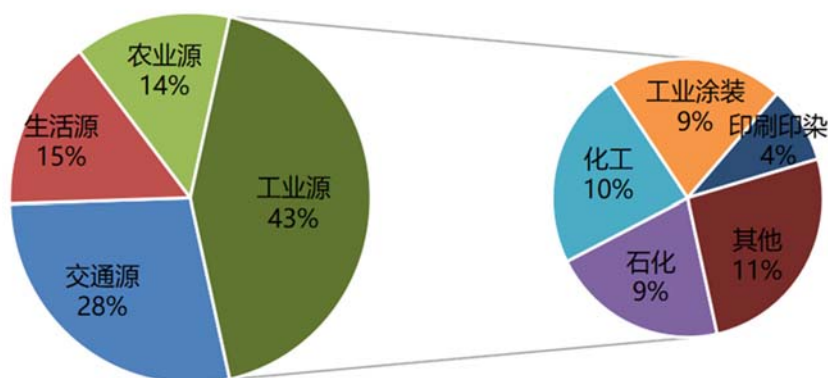


图 2-7 VOCs 排放来源分布及重点行业组成

从排污许可看，全国排污许可信息管理平台统计显示，石化企业废气有组织许可 VOCs 57137.351 吨/年，废气无组织许可 VOCs 280478.682 吨/年，具体见表 2-1 所示。

表 2-1 石化行业 VOCs 许可排放情况

排放形式	长江流程 (吨/年)	黄河流域 (吨/年)	全国 (吨/年)
有组织排放	57137.351	10623.76	57137.351
无组织排放	280478.682	54564.44	280478.682

2.2.1 石化行业 VOCs 排放核算方法

石化行业的 VOCs 排放源分为：设备动静密封点泄漏；有机液体储存与调和挥发损失；有机液体装卸挥发损失；废水集输、储存、处理处置过程逸散；燃烧烟气排放；工艺有组织排放；工艺无组织排放；采样过程排放；火炬排放；非正常工况（含开停工及维修）排放；冷却塔、循环水冷却系统释放；事故排放等 12 类源项。石化行业涉 VOCs 排放的主要工艺环节如图 2-8 所示。

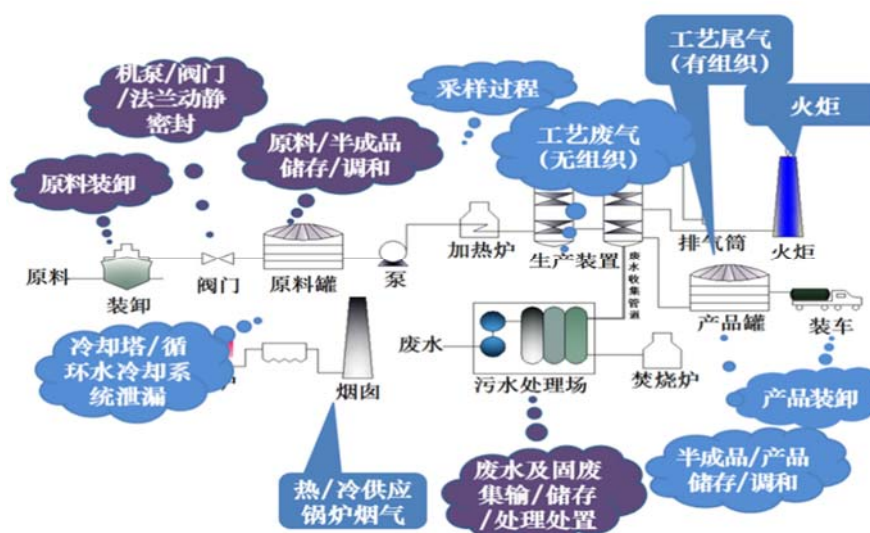


图 2-8 石化行业涉 VOCs 排放的主要工艺环节

企业某个核算周期（以年计）VOCs 排放量为：

$$E_{\text{石化}} = \sum_{m=1}^{11} E_m \quad (\text{公式 1})$$

式中：

E_m ：石化行业各源项污染源 VOCs 排放量，千克/年。

各源项污染源的 VOCs 排放量应为该源项每一种污染物排放量的加和，见公式 2：

$$E_m = \sum_{i=1}^n E_i \quad (\text{公式 2})$$

式中：

E_i ：某源项污染源排放的污染物 i 的排放量，千克/年

$$E_i = \sum_{n=1}^N \left(E_{\text{排放源 } n, i} \times \frac{WF_i}{WF_{VOCs}} \right) \quad (\text{公式 3})$$

式中：

E_i ：污染物 i 的排放量，千克/年；

$E_{\text{排放源 } n, i}$ ：含污染物 i 的第 n 个排放源的 VOCs 排放量， 千克/年；

N ：含污染物 i 的排放源总数；

WF_i ：流经或储存于排放源的物料中污染物 i 的平均 质量分数；

WF_{VOCs} ：流经或储存于排放源的物料中 VOCs 的平均质量分数。

2.2.2 石化行业 VOCs 治理现状

石化行业 VOCs 治理主要从源头控制、过程控制和末端治理三方面进行。其中源头控制包括低挥发性原料的使用、非挥发性溶剂工艺取代挥发性溶剂工艺；过程控制包括全封闭生产技术、装卸方式的改变等；末端治理包括生物法、活性炭吸附法、吸收法、沸石转轮吸附浓缩技术、热力氧化法（TO）、催化氧化法（CO）、蓄热式热力氧化法、蓄热式催化氧化法、臭氧催化氧化法、加热炉配风焚烧法和 FCC 再生器焚烧法等。

从厂区整体来看，石化企业可从源头分区收集、分区预处理和末端治理等方面进行综合的 VOCs 治理，如图 2-9 所示。

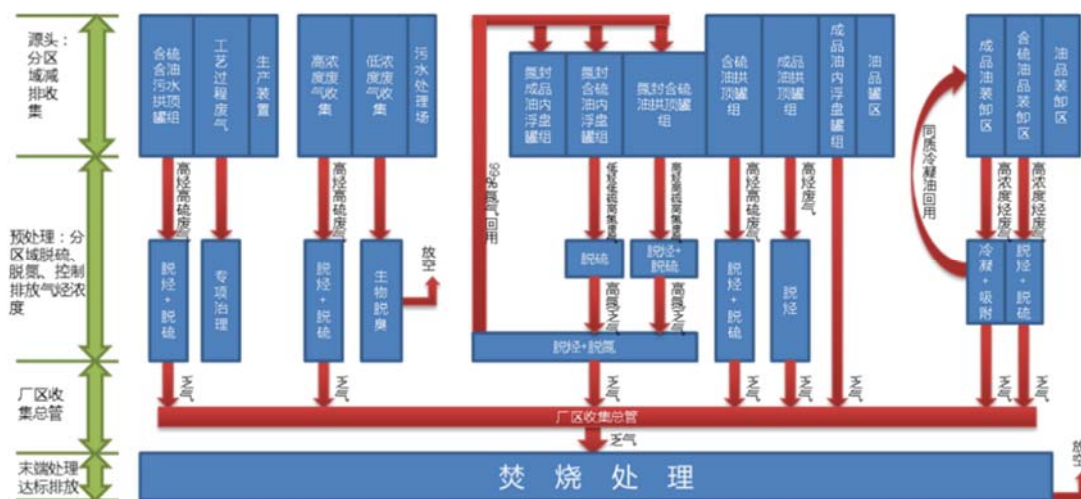


图 2-9 石化企业污染物治理总概念图

2.2.3 石化行业污染物排放监管现状

排污许可制是依法依规规范企事业单位排污行为的基础性环境管理制度，截止 2020 年 10 月份，根据平台统计，全国石化行业发放排污许可证共计 4846 张，其中原油加工及石油制品制造企业 817 家、有机化学原料制造企业 2394 家、初级形态塑料及合成树脂制造企业 1251 家、合成橡胶制造企业 101 家、合成纤维单（聚合）体制造企业 49 家、合成材料及其他合成材料制造企业 94 家、精炼石油产品制造企业 89 家、其他原油制造企业 51 家，统计情况如图 2-10 所示。

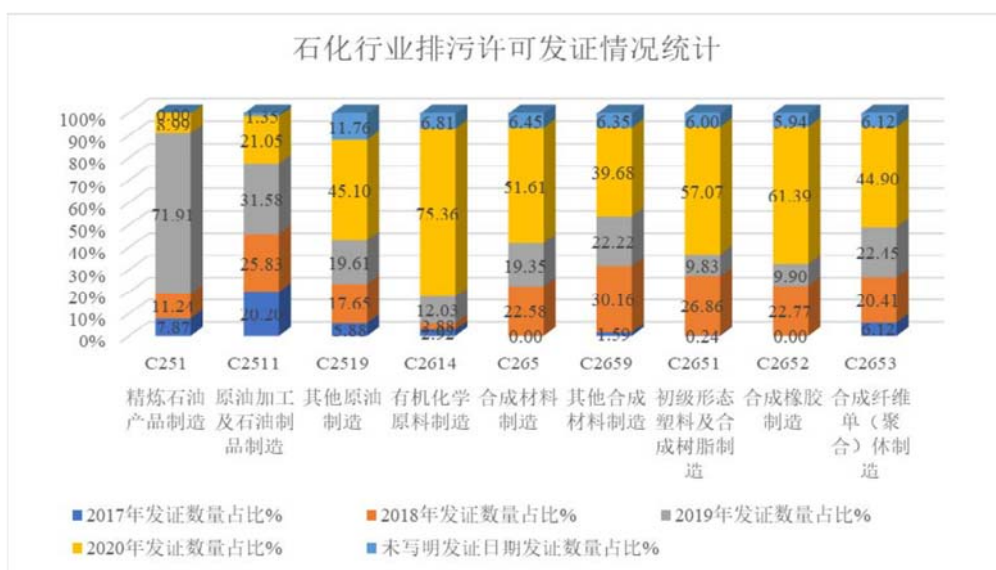


图 2-10 石化行业排污许可证情况统计

2.3 石化行业碳排放概况

石化行业是能耗大户，主要能源为煤、天然气、燃料油等，各类燃烧源产生的碳排放量很大。国际能源署（IEA）的统计数据显示，2019 年全球二氧化碳排放量为 330 亿 t，石油和天然气二氧化碳排放量达到 182 亿 t，占比达到 55%，中国石油、中国石化、中国海油 3 家国内油气生产企业年二氧化碳排放总量在 3.5 亿 t 左右，约占全球油气行业排放的 1.92%。“十三五”以来，行业能源消耗增速大幅下降，由“十二五”年均增速 6.9% 下降为 3% 左右；炼油、乙烯、PX 等重点石化产品的“能效领跑者”能耗水平显著下降。2020 年原油加工行业碳排放量为 20338 万 tCO₂，烯烃（石油基）和对二甲苯碳排放量为 14318 万 tCO₂，2010-2020 年石化行业重点产品历史排放量见表 2-2 所示。

表 2-2 2010-2020 年石化行业重点产品历史排放量表(万 tCO₂)

年份	炼油 碳排放量	乙烯 碳排放量	丙烯 碳排放量	PX 碳排放量	石化行业 碳排放量	重点产品 碳排放量 占石化行 业碳排放 量比重
2010	14255	4137	1480	1288	36868	57.39%
2011	15012	4376	1934	1355	41096	55.18%
2012	15347	4925	2145	1658	44565	54.02%
2013	15554	5660	2337	1894	48077	52.93%
2014	16398	5935	2614	1971	51758	52.01%
2015	16808	7108	4126	2138	55254	54.62%
2016	17338	7235	3975	2201	58899	52.21%
2017	17846	8956	5958	2296	60828	57.63%
2018	18744	9288	6392	2525	65481	56.43%
2019	20004	10404	7250	3297	72958	56.13%
2020	20338	12315	8315	4526	82579	55.09%

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/765122130110011301>