

“双碳”背景下辽宁石化行业高质量发展路径

王松, 米欣

(沈阳工业大学环境与化学工程学院, 沈阳 110870)

摘要: 为解决二氧化碳排放引起的气候变化问题, 中国于2020年提出了“双碳”目标。“双碳”背景下, 辽宁石化行业高质量发展面临着碳替代碳捕集、利用与封存技术(carbon capture, utilization and storage, CCUS)不成熟、产业结构不合理等多方面的挑战。在分析辽宁石化行业特点的基础上, 提出辽宁省石化行业应该通过大力发展CCUS技术、调整原料使用类型、推动石化行业能源结构调整、优化石化行业产业结构、推动科技成果的应用等方法, 走上高质量发展的道路。

关键词: 碳中和; 碳达峰; 石化行业; 发展

中图分类号: F273.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)22-0097-05

2020年9月, 中国提出2030年“碳达峰”与2060年“碳中和”的双碳目标^[1]。2022年9月12日, 辽宁省政府印发了《辽宁省碳达峰实施方案》, 明确了辽宁省非化石能源消费到2030年比例达到20%左右, 单位地区生产总值二氧化碳排放比2005年下降率达到国家要求, 并实现碳达峰目标。石化行业是国民经济的支柱产业之一, 是直接进行碳元素加工和转化的行业, 具有高能耗、高排放的特点。2021年, 中国石化行业能源消耗总量约为1.95亿吨标准煤, 二氧化碳排放总量约为4.45亿t, 因此石化行业的节能降碳对实现“双碳”战略目标有重要影响^[2-3]。因此, 在当前的“双碳”背景下, 研究辽宁省石化行业的特点, 分析辽宁省石化行业的问题, 探索辽宁石化行业高质量发展的路径, 是当前辽宁省环境和经济发展的必然选择, 也是辽宁省石化行业可持续、高质量发展的必由之路。

1 辽宁省石化行业的特点

石化行业是以石油、天然气等为原材料, 生产各类油品和化工产品等的行业。从产业结构来说石化行业涉及的细分领域众多, 产业链复杂。石化行业的产业链大体可以分为上游、中游、下游三部分(图1)。石化行业上游主要涉及原料的勘探和开采等, 生产出来的煤炭、石油、天然气用于后继产品的生产加工。中游以上游生产的煤气、天然气、原油等为原料在不同的工艺条件下生产各种燃料油、

润滑油、烃类化合物等。下游主要涉及石油化工过程, 是对中游产品的进一步的化学加工、合成, 生产出各类塑料、橡胶、精细化学品等。最终生产的产品是农业、食品制造、纺织服装、电器、电子信息等行业不可或缺的原料。因此, 石化行业是国民经济的支柱产业。辽宁省石化行业基础雄厚, 产业规模位于国内前列。2023年, 辽宁省石化行业实现营业收入10398.5亿元, 实现利润170.3亿元。

2023年辽宁省部分石化行业相关产品的产量及排名情况如图2所示。可见辽宁省的石化行业具有两头小中间大的特点。在上游产品方面, 中国本身就是世界第一大油气进口国, 油气对外依存度高。而辽宁的油气等的产量在国内居于后位, 因此辽宁省石化行业上游产品产量低, 石化行业上游原料自产率低。在中游产品方面, 辽宁省炼化优势明显, 油品、烯烃等产品的产量在国内位居前列。在下游产品方面, 从统计到的肥料、农药、洗涤剂、塑料制品等来看, 下游产品的产出在全国的排名偏低。可以看出, 辽宁省石化行业的产品具有上游产品进口为主, 中游产品生产加工能力强大, 下游产品产出偏弱的特点。

2 “双碳”背景下辽宁省石化行业发展过程中存在的问题

2.1 上游产品生产存在的问题

从辽宁省石化行业上游产品的情况

收稿日期: 2024-06-25

基金项目: 2024年度辽宁省经济社会发展研究课题(20241slybkt-044)

作者简介: 王松(1975—), 男, 河南郑州人, 博士, 教授, 研究方向为化工生产过程分析; 通信作者米欣(1980—), 男, 天津人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为能源过程分析。

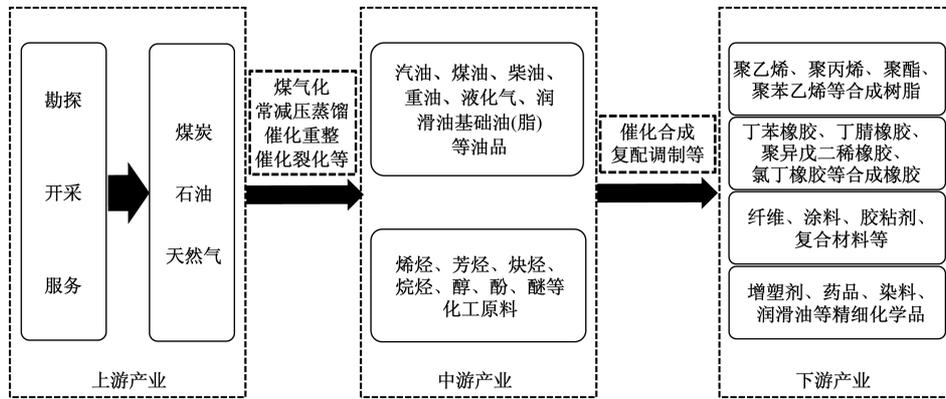


图1 石化行业的产业链简图

上游产品			中游产品			下游产品		
种类	产量	排名	种类	产量	排名	种类	产量	排名
原煤	2 861.5 万t	14	汽油	1 575.8 万t	3	农用氮、磷、钾化学肥料	38.1 万t	22
天然原油	982 万t	8	煤油	415.6 万t	2	化学农药原药	3.6 万t	13
天然气	8.1 亿m ³	16	柴油	2 625.9 万t	2	初级形态的塑料	644.6 万t	8
液化天然气	1.36 万t	19	燃料油	1 143.5 万t	2	合成洗涤剂	7.4 万t	14
煤层气	0.1 亿m ³	14	石脑油	952.3 万t	3	塑料制品	106.4 万t	17
			液化石油气	322.3 万t	4			
			石油焦	386.6 万t	3			
			石油沥青	329.9 万t	3			
			乙烯	389.2 万t	3			

因数据缺失,未包含港、澳、台地区

图2 2023年辽宁省石化行业部分相关产品的产量及国内排名

来看,辽宁省的石化行业在实现“双碳”目标时不同层面的产品面对着不同的问题。在上游产品方面,由于辽宁省石化行业上游产品以进口为主,这就能有效避免在原料开采过程中的煤层气、天然气等逃逸引起的碳排放。从某种程度来说,进口的石化上游产品越多,辽宁省石化行业上游产品相关的碳排放越低。但是,辽宁省石化行业上游产品的对外依存度高是由省内资源不足引起的问题。

2.2 中游产品生产存在的问题

在中游产品方面,辽宁省的各类油品、烯烃等化工产品的产量全国居前。而在这些产品的生产过程中,能耗高,碳排放量较大。在油品的裂解等生产过程中,需要消耗大量的能源。化石能源仍是辽宁石化企业使用的主要能源。由此,辽宁石化企业能源使用过程中产生的二氧化碳排放巨大。在中游产品的工业过程中,也会产生大量二氧化碳排放。以乙烯生产为例,其生产过程中会产生由二氧化碳和甲烷引起的碳排放,每生产1t的乙烯,将排放1t左右的二氧化碳和3kg左右的甲烷(表1)。就工业过程二氧化碳排放量来看,2021年辽宁省石化行业工业过程二氧化碳排放总量约为2 800万t,

表1 乙烯工业过程中的排放因子

原料类型	二氧化碳排放因子/ (tCO ₂ ·t ⁻¹)	甲烷排放因子/ (kgCH ₄ ·t ⁻¹)
石脑油	1.73	3
汽油	2.29	3
乙烷	0.95	6
丙烷	1.04	3
丁烷	1.07	3
其他	1.73	3

中游产品相关的工业过程二氧化碳排放量约为2 770万t。因此,辽宁省石化行业存在中游产品产量大、碳排放量大的问题。

2.3 下游产品生产存在的问题

在下游产品方面,辽宁省石化行业生产的下游产品的产量相对偏低。作为石化行业下游产品的原料,石化行业中游产品辽宁省的产量在国内名列前茅,但下游产品的产量明显和中游产品的产量不匹配。在统计到的下游产品中,辽宁省除了初级形态塑料的产量位居全国第8,其余下游产品产量均位居全国后位。以合成洗涤剂为例,辽宁省的产量为7.4万t,而广东省的产量超过了350万t。而石化行业下游产品的工业过程的碳排放通常较低。

因此,辽宁石化行业存在下游碳排放量小的产品的产量偏小,产业链发展不完善的问题。

2.4 外部国际局势引起的问题

随着世界经济复苏放缓,国际区域动荡加剧,供应链产业链加速重构,外部环境的不确定性不断上升,使得外需逐步回落,进而影响石化行业的发展。2023年辽宁省石化行业中,石油和天然气开采业营业收入同比下降4.6%,石油加工、炼焦和核燃料加工业营业收入同比下降6.0%,化学工业(包括化学原料和化学制品制造业、化学纤维制造业、橡胶和塑料制品业)营业收入同比仅增加0.5%。行业整体营收增速的放缓,使得落实“双碳”政策,实现“双碳”目标面临外部压力。

2.5 政策环境引起的问题

作为高能耗、高排放的典型,石化行业在一定程度上政策受限的问题。在实现“双碳”目标的过程中,政府必然对各行业的发展战略进行调整,对不同行业的新建项目等采取不同的政策进行区分。石化行业能耗相对较高、排放相对较高的项目等必然不能得到政府的支持。因此,辽宁省石化行业在实现“双碳”目标过程中面临政策压力。

2.6 技术冲击引起的问题

石化行业是重化工业的代表,是对资金和技术都有较高要求的行业。随着石化行业的发展,世界各大石化企业不断加大技术投入,各种新技术不断出现,如劣质重油加氢技术、碳捕集及其化工利用技术、电裂解炉技术、乙烷裂解制乙烯技术等。这些新技术不但能降低传统技术的碳排放,还能提高产品的利润。辽宁省石化行业对这些新技术的工业化应用仍需拓展,面临着新技术本土化、规模化的压力。

2.7 安全生产引起的问题

石化行业是对生产安全要求非常高的行业,安全生产是石化企业的生命线。石化产品本身的理化性质,决定了石化企业具有潜在高危性。石化企业中有毒、易燃、易爆等重大危险源较多,一旦发生安全事故,会对人民的生命、财产等造成严重的危害,甚至决定了石化企业的生死存亡。石化企业发展过程中,产生的安全隐患,威胁着石化企业的高质量发展。

3 “双碳”背景下辽宁石化行业高质量发展路径

3.1 加强原料进口

辽宁省石化行业多源头、多品种的原油加工能力在国家能源战略安全保障中起着重要的作用。因此,在推动辽宁石化行业产品结构优化的过程

中,应该继续保持、加强现有石化行业优势的基础上,先立后破的进行优化。在石化行业的上游产业方面,继续保持每年1 000万t原油和8亿m³天然气生产能力的同时,提高油气储备水平。通过推进辽河天然气地下储气库群项目建设,到2025年形成100亿m³库容量的储气能力。利用大连港、营口港、盘锦港、锦州港等港口不断增加石油进口,鼓励企业增加油气储备,为辽宁石化行业发展提供原料基础。

3.2 调整石化行业的能源结构和原料结构

石化行业是高能耗行业,化石能源的大量使用使得石化行业的二氧化碳排放居高不下。因此,推动石化行业能源结构的优化是降低碳排放的重要举措。可以通过推进绿色能源在石化行业对传统化石能源的逐步替代,建立多类型能源耦合的用能体系,不断完善石化行业绿色低碳的能源系统。使用通过太阳能、氢能、风能、水能以及生物质能等产生的绿电,替代传统的反应釜、加热炉、压缩机等设备的能源,逐步实现绿电替代。同时石化企业可以利用自身优势,开展现有燃煤自备电厂的太阳能、风电等清洁能源的替代工作,不断降低石化行业化石能源消费比例,实现优化辽宁石化行业能源结构的目的。

石化行业产品种类众多,原料来源各不相同,原料结构的调整较为复杂。2020年,石化行业的碳排放量超过了13亿t,而合成氨、合成甲醇和原油加工三个子行业的碳排放量占石化行业碳排放总量的60%以上^[4]。这三个子行业的碳排放量都和使用的原料类型有关。以天然气为原料生产合成氨时,每生产1t合成氨相应的二氧化碳排放量约为2t。以煤炭为原料生产合成氨时,每生产1t合成氨则二氧化碳排放量约为4t;以天然气为原料生产甲醇时,每生产1t甲醇对应的二氧化碳排放量约为0.5t^[5-6]。以煤炭为原料生产甲醇时,每生产1t甲醇产生的二氧化碳排放量约为天然气原料的6倍^[7]。利用煤炭原料生产石化产品存在碳排放量大的问题。原油加工过程由于生产的产品种类较多,使用的原料差别较大,影响其生产过程碳排放的原料因素较复杂。一方面,原油加工过程涉及的原料可以分为轻质原料(包括氢气、乙烷、丙烷、丁烷等分子量较低的原料)和重质原料(包括柴油、石脑油、加氢尾油等分子量较高的原料),这些原料的生产本身就会产生碳排放。以氢气为例,氢气是一种重要的原料,在原油加工的加氢工艺中能有效去除油品中的氮、硫等元素,提高油品的质量。目前氢

气根据来源可分为利用化石能源生产的灰氢、利用化石能源与碳捕集、利用和封存(carbon capture, utilization and storage, CCUS)技术相结合生产的蓝氢和利用可再生能源技术生产的绿氢^[4-8]。我国的氢气以灰氢为主,2020年灰氢占据氢气产量的60%以上。以煤炭生产灰氢,每吨氢气的生产,会排放出约25 t的二氧化碳,而每吨绿氢的生产,二氧化碳的排放量不到5 t。另一方面,轻质原料和重质原料的使用,对碳排放也会有较大影响。以乙烷这种轻质原料生产乙烯时,每生产1 t乙烯二氧化碳排放量约为0.9 t,而是用石脑油这种重质原料生产乙烯时,每生产1 t乙烯二氧化碳排放量约为1.7 t^[9]。轻质原料的使用,能降低原油加工过程中二氧化碳的排放^[9]。因此,从优化石化行业上游原料结构的角度来看,为了实现“双碳”目标,需要减少石化行业煤炭原料的使用量,增加原油加工过程中轻质原料的使用比例。

3.3 优化石化行业产业结构

在推动辽宁石化行业结构优化的过程中,应该在继续保持、加强现有石化行业优势的基础上,对石化产业结构进行优化。在石化行业的中游产业方面,因地制宜推动“减油增化”工作,即合理调控汽煤柴产出比例,合理多产航煤和低硫船燃,同时提高炼化企业烯烃等化工原料的产量。可以根据企业的特点优势,集中做大做强烯烃等产品。以这些化工原料的开发,对下游产业的发展提供支持。在石化行业的下游产业方面,积极推动精细化工和化工新材料等产业的发展。这些石化行业的下游产业属于低二氧化碳排放产业,发展这些石化行业的下游产业,能有效地降低单位国内生产总值所产生的二氧化碳排放量,即碳排放强度,实现“双碳”目标下石化行业的高质量发展。

在发展下游产业的过程中,可以充分发挥石化园区的集约化优势,不断完善石化产业链。石化园区具有原料互供、物流完善、资源高效利用等优点,能促进完善产业链的形成,有利于实现石化企业二氧化碳的减排,推进“双碳”工作的落实。通过打造催化剂、绿色农化等专业石化园区,形成一系列产业链上下游协同配套的产业集群,进而提高园区的经济效益,把石化园区打造成为石化行业产业结构调整的载体。

3.4 创造良好的产业发展国际环境

辽宁石化行业的发展离不开国内外的环境。当前,新一轮产业转移已开始,发达国家的石

化相关行业不断向中国进行转移^[11-12]。应该抓住机遇,提高利用国外资源、市场的能力,积极参与国家的“一带一路”倡议,依托“辽洽会”等活动平台,开展辽宁石化产业对接合作,利用政策优势、区位优势等迎接国外石化产业的转移。以大连、盘锦等重点地区为立足点,面向石化产业发达地区的大型跨国集团,围绕产业链短板开展精准招商,广泛开展与国外石化企业的生产、科研合作。

3.5 抓住产业发展的政策机遇

抓住当前石化行业转型升级的风口,将政府的土地、税收、进出口、生态环境等政策与石化产业政策的协同。加大对《辽宁省石化和精细化工产业发展实施方案》《关于推动辽宁石化产业高质量发展的建议》等政策的宣传、落实力度,有效拉动投资。利用政府各项专项资金作用,推动石化重点领域“节能降碳”产业化项目建设。引导社会资本进入石化行业的重点发展领域,形成促进辽宁石化行业高质量发展的合力。从而,推动辽宁石化行业高质量发展。

3.6 推动科技成果的应用

CCUS是指将二氧化碳从工业过程或大气中分离后,进而加以利用或注入地层以实现二氧化碳永久减排的方法,这是一种公认的效果良好的减碳方法^[13]。应该注意的是,二氧化碳本身也是一种有用的化工原料,除了封存还可以开发以二氧化碳为原料的化工产品。利用二氧化碳可以生产环状碳酸酯、甲醇等化工产品,从而有效降低碳排放。以利用二氧化碳生产甲醇为例,年产10万t甲醇将消耗二氧化碳11万t左右,能显著降低碳排放。因此,利用CCUS技术对石化行业产生的二氧化碳进行处理,能从根本上减少石化行业的碳排放。

此外,在石化行业工业过程中新技术的开发应用,也能在有效降低石化行业碳排放的同时,提升石化行业的经济效益^[14]。在石化行业的上游产业领域,开发现代煤化工与可再生能源、绿氢、CCUS等耦合发展新技术。在石化行业的中游产业领域,推动乙烷裂解制乙烯等轻质原料裂解技术的应用,提升原油(重油)催化裂解、低碳烷烃脱氢、加氢裂化反应过程效率与选择性,加大绿色炼油催化剂的开发应用。在石化行业的下游产业领域,对关键核心技术进行攻关,实现化工新材料的高性能化。重点突破高端聚烯烃、聚烯烃弹性体、长碳链尼龙等技术壁垒,实现高性能化工新材料产品的开发。这些新技术的开发应用,能有效减少石化行业的碳排

放,和单位地区生产总值二氧化碳排放,推动辽宁石化行业高质量发展。

3.7 以人为本确保石化行业的本质安全

安全生产一直是石化行业工作的重中之重,没有安全的生产就没有石化行业的稳步发展^[15]。在石化行业的发展过程中,必须树立以人为本、安全发展的理念,提升行业本质安全能力。通过坚持科技兴安,提升石化企业安全生产从静态分析向动态感知、事后应急向事前预防的转变。通过强化过程管理,加强风险识别和风险控制措施,解决化工过程安全管理的短板。通过加大从业人员的培训与使用,提升从业人员素质能力,构建众人参与的安全生产长效机制。通过加强基础保障能力建设,建立环境风险预警体系,编制突发环境事件应急预案。“双碳”工作的推动,也是为了创造更加安全健康的社会环境。因此,确保石化行业的本质安全是石化行业高质量发展的前提。

4 结论

“双碳”目标下,辽宁石化行业只有采取多策并举的方式,加速行业绿色低碳转型升级,才能实现石化行业的高质量发展。作为传统的高能耗、高碳排放行业,石化行业的发展迎来了新的机遇与挑战。辽宁石化行业可以根据行业自身现状与特点,通过原料、产业结构等的调整,减少辽宁省石化行业工业过程的碳排放强度。通过逐步引进太阳能、风能、水能、核能等清洁能源,构建多能耦合的高效能源体系,推进清洁能源的使用。通过建立集约化绿色工业园区,实现区域资源、能源配置和资源的协同优化,并发挥区域协同优势,促进辽宁省石化企业低碳产业链的形成。辽宁省石化行业竞争力的提升,将开创绿色低碳与提质增效的双赢局面,促进辽宁石化行业实现“双碳”目标。

参考文献

- [1] 张佳鑫,王增翔,田中华. 碳达峰碳中和背景下广东省电力行业降碳路径研究[J]. 科技和产业, 2022, 22(8): 61-67.
- [2] 李岩,杜启祥. 石化行业上市公司 ESG 报告信息披露探究[J]. 科技和产业, 2022, 22(5): 321-325.
- [3] 仲蕊. 石化行业降碳面临三重难题[N]. 中国能源报, 2022-12-05 (09).
- [4] 商立鹏,王鑫,陈沛云,等. 以天然气为原料产农用尿素产品部分碳足迹研究[J]. 化工管理, 2024(10): 53-58.
- [5] 李淳,孙志辉,黄湘琦,等. 煤制合成氨碳足迹核算与减排分析[J]. 化工环保, 2024(5): 1-7.
- [6] 郑宝山,王钰,伍桂松,等. “双碳”目标下石化化工行业高质量发展策略[J]. 化学工业, 2022, 40(1): 1-11.
- [7] 张真,张凡,云祉婷. 绿氢在石化和化工行业的减碳经济性分析[J]. 化工进展, 2023(12): 1-10.
- [8] 罗宁,段杨,龙陈康,等. 基于油气田勘探的电解水制氢及天然气掺氢研究[J]. 科技和产业, 2023, 23(1): 243-248.
- [9] 朱红钧,李英媚,陈俊文. “双碳”目标下中国石油企业绿色减碳路径[J]. 天然气工业, 2024, 44(4): 180-189.
- [10] 李航,朱兴珊,孔令峰,等. “双碳”目标下中国天然气行业高质量发展建议[J]. 国际石油经济, 2022, 30(8): 16-22.
- [11] 高蕙雯,胡明禹. 碳税征收对我国宏观经济和石化产业影响[J]. 石油石化绿色低碳, 2024, 9(2): 25-33.
- [12] 程诺,刘潇潇,聂浩宇,等. 石化行业及其下游产业国际转移动因分析与趋势展望[J]. 能源化工财经与管理, 2024, 3(1): 17-24.
- [13] 叶晓东,陈军,陈曦,等. “双碳”目标下的中国 CCUS 技术挑战及对策[J]. 油气藏评价与开发, 2024, 14(1): 1-9.
- [14] 邓婧,卢赓,邱晓欢,等. 计及调峰因素的 F 级和 H 级燃气机组选型研究[J]. 科技和产业, 2024, 24(2): 282-287.
- [15] 李彦. 液化氢储运技术与安全生产分析[J]. 当代化工研究, 2023(11): 89-92.

High-quality Development Path of the Petrochemical Industry in Liaoning Province under the Goals of Carbon Peak and Carbon Neutrality

WANG Song, MI Xin

(School of Environment and Chemistry, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: To solve the issue of climate change caused by the emission of carbon dioxide, the “dual carbon” goal in 2020 is proposed. Under the requirement of “dual carbon” goal, the high-quality development of petrochemical industry in Liaoning Province was facing challenges such as the immaturity of carbon capture, utilization and storage (CCUS) and the irrational industrial structure. On the basis of analyzing the characteristics of the petrochemical industry in Liaoning Province, it is proposed that the petrochemical industry should take the path of high-quality development by vigorously developing CCUS technology, adjusting the types of raw materials in petrochemical industry, promoting the adjustment of the energy structure, optimizing the industrial structure, promoting the application of scientific and technological achievements, and etc.

Keywords: carbon neutrality; carbon peak; petrochemical industry; development