

# 绿色可持续 石化新使命

石油石化行业绿色低碳发展白皮书



# C O N T E N T S

<b>第一章 牢记担当使命 开启绿色转型</b>	<b>01</b>
1.1 世界开启碳中和时代	01
1.2 中国出台政策鼓励绿色发展	02
1.3 对石油石化行业绿色发展的关键要求	04
<b>第二章 描绘行业未来 擘画远景蓝图</b>	<b>05</b>
2.1 石油石化企业拥抱绿色转型	05
2.2 中国石油石化企业绿色转型的必要性	07
2.3 中国石油石化行业绿色发展蓝图	09
<b>第三章 搭乘数字东风 探索减碳路径</b>	<b>11</b>
3.1 石油石化行业的碳排放现状	11
3.2 石油石化行业节能减碳的路径	13
3.3 数字技术对石油石化行业节能减碳的作用	18
<b>第四章 立足场景实践 打造低碳方案</b>	<b>20</b>
4.1 石油石化行业产业链节能减碳场景	20
4.2 石油石化企业典型减碳场景分析	30
4.3 石化盈科的绿色低碳解决方案	34
4.4 石油石化企业低碳转型的实施策略	44
<b>第五章 携手加速创新 共迎智能未来</b>	<b>46</b>
5.1 石油石化行业绿色智能发展面临的挑战	46
5.2 石油石化行业低碳合作新生态	47
<b>结语</b>	<b>49</b>

# 第一章

## 牢记担当使命 开启绿色转型

21世纪以来,随着经济社会发展水平不断提升,人类对含碳原料的消耗也在不断增长,人类在改造自然创造财富的同时,也在不断破坏着我们赖以生存的环境。其中二氧化碳过量排放导致的全球气候变暖问题已经成为了不争的事实。作为负责任的大国,中国做出庄重承诺,要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局,实现中华民族永续发展,构建人类命运共同体。

### 1.1 世界开启碳中和时代

**国际视野:**第21届联合国气候变化大会(巴黎气候大会)于2015年12月12日通过了《巴黎气候协定》,意在将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2°C以内,并努力将温度上升幅度限制在1.5°C以内。假如全球气温上升2°C,将对经济、农业、基础设施和天气规律造成巨大冲击,生态系统将遭受巨大破坏,人类生存将面临威胁。目前,全球已有132个国家和地区提出碳中和目标,大部分发达国家预计将会在2050年前实现碳中和。

#### 欧盟

2020年1月15日,欧盟委员会通过《欧洲绿色协议》,共同承诺2030年温室气体排放比1990年减少50%,并争取达到55%,到2050年实现碳中和的目标,这也为后来《欧洲气候法》的出台和将碳中和目标写进法律形成了铺垫。2020年3月,欧盟委员会正式发布《欧洲气候法》草案,并于2021年5月10日欧洲议会环境委员会投票通过了《欧洲气候法》草案。以立法的形式确保达成到2050年实现碳中和的欧洲愿景,从法律层面为欧洲所有政策设定了目标和努力方向,并建立了法律框架帮助各国实现2050年碳中和目标。

#### 英国

2008年,英国国会通过了旨在减排温室气体的《气候变化法案》,提出设立个人排放信用电子账户以及排放信用额度,该法案使英国成为全球首个为温室气体减排设计出具有法律约束力措施体系的国家。

## 德国

德国政府出台了一系列国家长期减排战略、规划和行动计划，如2008年的《德国适应气候变化战略》、2011年的《适应行动计划》及《气候保护规划2050》等。2019年11月15日通过的《气候保护法》首次以法律形式确定德国中长期温室气体减排目标，预计到2030年实现温室气体排放总量较1990年减少至少55%。

**中国态度：**中国国家主席习近平2020年9月在七十五届联合国大会上表示：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，**二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取在2060年前实现碳中和**”。随后，我国开始紧密推进减碳工作，并选择了包括二氧化碳、甲烷在内的6种温室气体作为衡量指标。

2020年12月12日，习近平主席在联合国2020年气候雄心峰会上提出，**到2030年实现“中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右”的中期目标**。IDC数据显示，2020年底，中国非化石能源消费占比为15.9%，计划到2030年提升至25%。若要最终实现碳中和，非化石能源占比预计要提升至85%以上。

表1 中国“双碳”目标概览

指标	2020年底	碳达峰	碳中和
全社会二氧化碳排放量(亿吨)	115	121	28
全社会二氧化碳净排放量(亿吨)	107	110	0
非化石能源在一次能源占比	15.9%	~25%	~85%

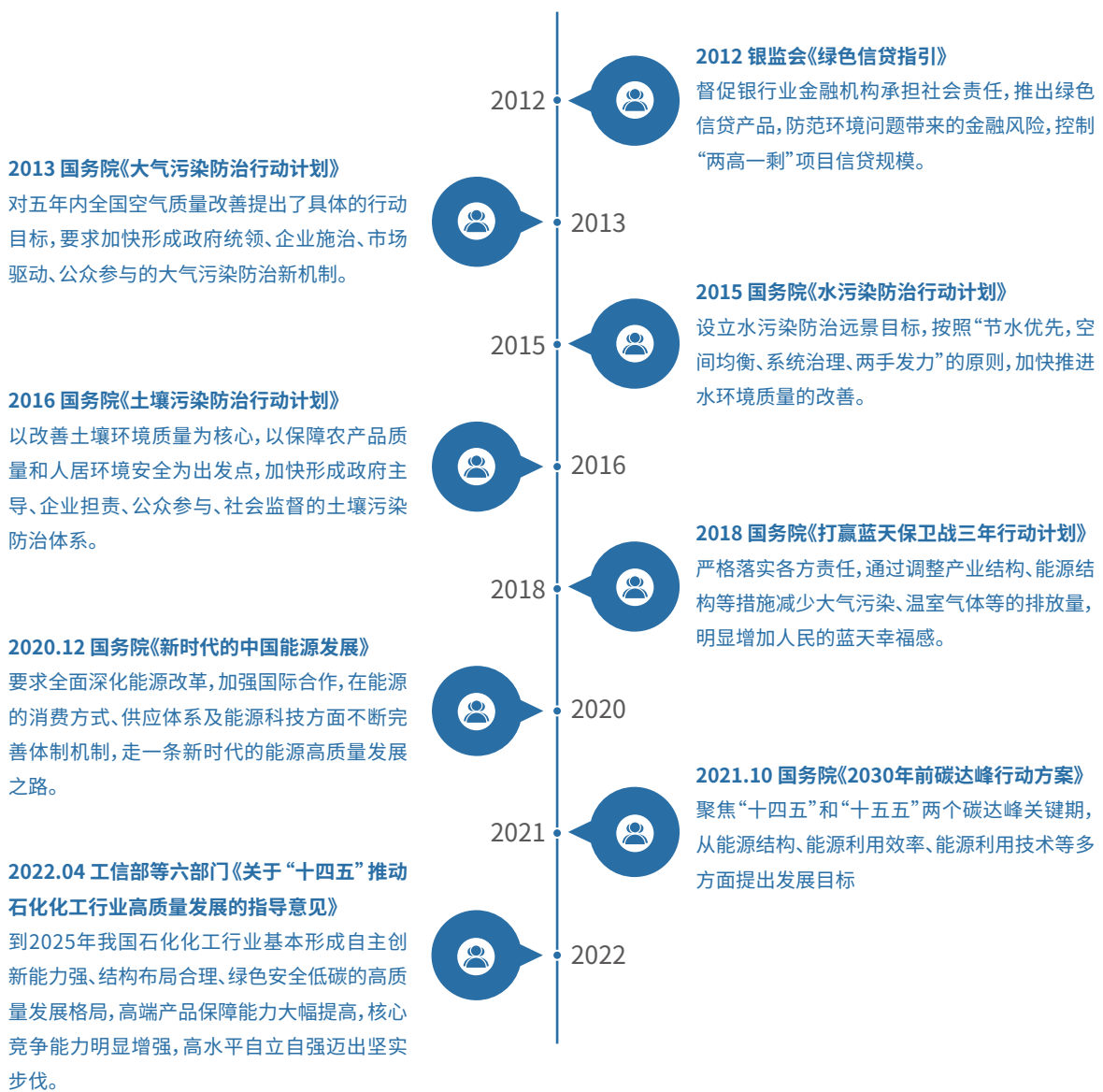
数据来源:IDC, 2022

## 1.2 中国出台政策鼓励绿色发展

我国绿色发展制度目前已经形成以《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国可再生能源法》、《中华人民共和国循环经济促进法》等为核心的法律法规体系；建立了排污许可证制度、构建行业能效标准、实行差别电价、开通碳排放交易平台等市场型制度；采用行政命令型制度加强对产业的指导，实行生态文明先行示范区、循环经济示范区等绿色发展试点工作，探索区域特色的绿色发展模式。

近期，国家主席习近平发表重要文章《努力建设人与自然和谐共生的现代化》。文章强调，党的十八大以来，中央加强党对生态文明建设的全面领导，把生态文明建设摆在全局工作的突出位置，做出一系列重大战略部署。在“五位一体”总体布局中，生态文明建设是其中一位；在新时代坚持和发展中国特色社会主义的基本方略中，坚持人与自然和谐共生是其中一条；在新发展理念中，绿色是其中一项；在三大攻坚战中，污染防治是其中一战；在到本世纪中叶建成社会主义现代化强国目标中，美丽中国是其中一个。这充分体现了中央对生态文明建设重要性的认识，明确了生态文明建设在党和国家事业发展全局中的重要地位。

图1 近十年绿色发展政策梳理



来源：石化盈科、IDC，2022

### 1.3 对石油石化行业绿色发展的关键要求

后疫情时代,中国经济率先恢复活力,能源需求与GDP双双增长,中国绿色发展的形势更加严峻,对石油石化行业绿色发展的要求也愈发严格。石油石化行业必须适应新形势和新发展要求,积极推进行业的转型升级。当前存在的主要挑战包括:



**石油石化行业高能耗、高投入、高排放的粗放型发展模式未根本改变。**石油石化行业作为我国六大高耗能行业中的重点行业,其能源消费和碳排放量位居前列,对能否实现节能减碳目标具有较大影响。另外,我国石油石化行业能耗水平与世界先进水平依然有较大差距,其中合成氨、甲醇、乙烯等重点产品平均能效水平与国际先进水平相比,普遍存在一定的差距。



**石油石化行业面临一系列制约因素,绿色发展成效亟待提升。**随着我国经济发展步入新阶段,产能普遍性过剩、产业结构不合理、技术创新能力不强等问题和矛盾愈发突出,严重影响了石油石化行业节能降耗工作的进一步开展。

正是在双碳战略的驱动下,国务院、发改委等单位先后出台了《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》和《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南(2022年版)》等一系列指导性意见,为我国石油化工行业未来转型发展指明了前进的道路。

**在新形势与新要求下,推动石油石化行业从粗放发展向智能、绿色和高质量发展转变,全面提升绿色低碳发展水平已成为行业发展的重点任务之一,**这也是推动行业调结构、转方式、迈向全球价值链中高端的重要途径。放眼全球,在石油石化行业绿色转型之际,埃克森美孚、BP、壳牌等国际大型石油石化公司正在通过提升能源利用效率、提供高效清洁产品、发展新能源业务、开展低碳能源技术研发等方法进行产业转型,满足石油石化行业绿色发展的新要求。



## 第二章

# 描绘行业未来 擘画远景蓝图

### 2.1 石油石化企业拥抱绿色转型

全球石油石化行业格局正在发生重大调整, 兴建更为智能、环保、高效的炼厂将是石油石化企业赢得市场的法宝。为了应对全球气候变暖的现状, 2019年, 欧盟承诺到2050年将实现净零碳排放。到2030年, 欧盟将会把温室气体排放量降至1990年水平的55%左右。欧洲石油石化行业作为生产化石燃料和能源消耗的重点行业, 受到欧盟能源产业政策调整的影响最深。在2021-2023年间, 欧洲约9%的高成本炼厂面临关停威胁, 到2023年可能有2/3的炼油厂亏损运营。而在同一时期, 亚洲将新增4.0—4.3亿吨/年的产能, 中东、印度、中国正在新建大量大型炼厂, 美国也在大幅改造原有炼厂的炼油、化工技术, 这些新建和经过改造的炼厂将应用全球最新的炼化工艺和智能管理与加工技术, 是未来全球新增炼化产能的主力。随着炼厂炼化技术水平的提高, 这些国家处理重质原油、稠油、超稠油的能力得到了大幅度的增强, 产品转换率、能耗控制、防止“三废”逃逸和排放物处理能力大大提高。受益于新技术的应用, 未来全球新建炼厂将有机会实现盈利能力提升和污染排放减少的双重收益。随着欧洲的炼化能力向亚太和美国迁移, 全球新建炼厂技术水平进一步提高, 新兴市场快速崛起成为未来全球石油石化产业发展的重大转机。

表2 欧洲部分重要石油石化公司能源转型发展战略

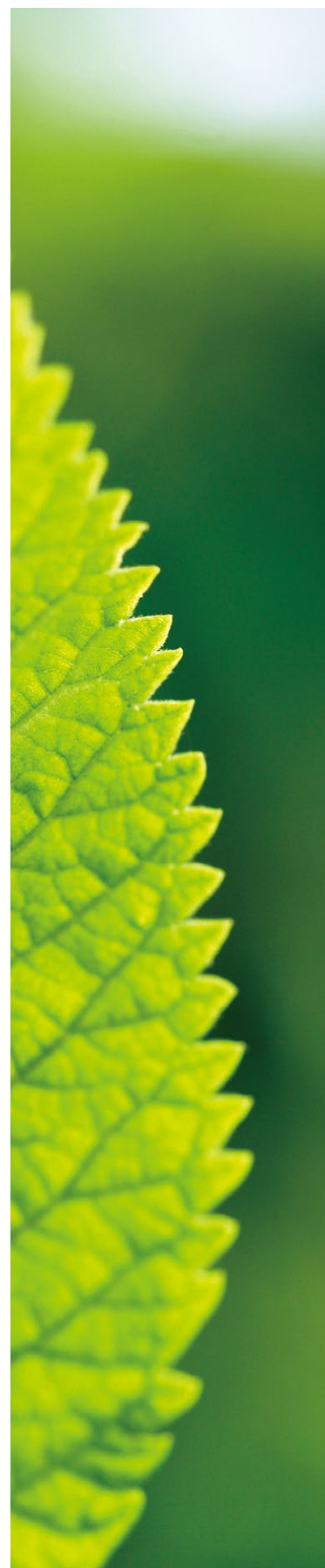
公司	减碳战略
壳牌	加速开发清洁能源技术和燃料, 利用低碳能源、提升电气化水平等手段是实现减排的重要举措。
道达尔	在研发层面, 将一半以上的资源都投入到新能源领域。
BP	未来大幅削减油气业务, 完成绿色转型。
挪威石油	积极开展新能源战略, 绿色低碳发展。

来源: IDC, 2022

**全球炼化产能格局和对化石能源市场需求的变化,让全球化石能源贸易链条的调整发生巨大改变,碳排放税和贸易套利预测成为重大课题。**过去10年里,在欧洲调整炼化产能结构、产业全面升级的同时,中国和印度贡献了全球68%的原油消费增长。中国、印度和中东的新建炼化基地虽然采用了全球最新炼化技术,炼化处理能力大大增强,但是高端的炼化产品生产技术依然掌握在欧美、日本等西方发达国家手中。中国、印度和中东对周边市场和欧洲一边输出基础化石产品,一边大量进口西方国家生产的高端炼化制成品,造成这种局面有以下几个主要原因:一方面,新兴炼化生产国对于新型智能炼化控制技术掌握不足。新一代炼化对工艺有很高的要求,需要智能控制与尖端生产技术深度融合应用到炼化工艺中。另一方面,新兴国家的炼化生产厂商不仅在炼化实验基础数据和理论方面有所欠缺,同时还在炼化实验仿真软件方面有很大的不足。虚拟仿真技术在今天的物理和化学科研实验中,大幅提高了科研效率,降低了研究难度,提高了科研的安全性,压低了研究成本。这需要科研单位具备充足的实验数据,并能够将其提炼为仿真环境所需的数据。同时,也需要实验者精通人工智能仿真环境的算法实现,把实验所需的有关理化环境转换成人工智能虚拟环境中的算法。通过虚拟实验环境的算法推算实验可能出现的结果、实验新合成物的成分和结构以及相关的理化性质、推算理化实验发生过程等实验关键因素或结果。人工智能算法、虚拟仿真实验及其应用为当今的炼化科研日新月异的发展起到了关键的推动作用。

由于当前全球石油化工贸易格局和关税、碳税等一系列条件发生了剧烈的变化,这使得如何测算贸易利润和进行远期交易预测成为难题。这种情况下,人工智能信息搜集系统和智能决策系统就起到了很重要的辅助决策作用。智能商情收集系统和智能决策系统可以第一时间让交易决策人员掌握关键商业信息、提示交易风险、自动测算交易利润和税费成本、安排贸易路线、智能撮合交易、调整对冲头寸和切货方式、安排船期、管道运输权限等一系列贸易关键环节,成为今天石油石化贸易规避风险、保证交易利润的关键。

随着全球对污染物排放控制管控管理越发严格,炼化原料和产品结构发生重大调整。欧洲炼化工业未来将生物燃油作为炼化工业的重心,各国也都开始重视有机物回收和重复利用效率。为此,生产商加强了有机物和复合材料回收与拆解设计,各国环卫系统都在配套建设有机物和复合材料的回收系统,这些反过来又迫使炼化企业提升对有机回收物的处理能力。



产业中心转移、产业结构变化、市场结构变化、产品原料和原料成本变化、市场需求变化等市场变量都会反映到企业的信息系统中,这就要求企业信息系统要紧随数字经济时代和环保政策发展的要求,将数字神经网络全面渗透到经营、生产、物流、服务的每一个细节上,大量运用无人技术、物联网技术、智能识别与自动管理等一整套数字化技术实现炼厂的透明化、智能化管理,实现从生产智能优化、成本智能化综合评估、无人智能仓储、智能管输、智能检测与安全、区块链碳排放认证与安全全程监控、智能化销售服务等一整套的数字化管控体系,以达到今天全社会对石油石化产业绿色、安全生产的全面要求。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》(以下简称“十四五”规划)提出大力发展绿色经济:



“坚决遏制高耗能、高排放项目盲目发展,推动绿色转型实现积极发展。壮大节能环保、清洁生产、清洁能源、生态环境、基础设施绿色升级、绿色服务等产业,推广合同能源管理、合同节水管理、环境污染第三方治理等服务模式。推动煤炭等化石能源清洁高效利用,推进钢铁、石化、建材等行业绿色化改造,加快大宗货物和中长途货物运输‘公转铁’、‘公转水’。”

“十四五”规划对全社会节能减排,减少二氧化碳和其他污染物排放都提出了明确指标要求。石油石化行业既要努力降低综合排放水平,又要有针对性地开展专项治理工作逐项落实“防治污染攻坚战”的各项目标。

从“十四五”规划对石油石化行业在绿色发展、减少污染物排放、产业升级、智能化发展等方面的一系列要求来看,未来中国石油石化行业必然全面应用数字化技术,在节能环保、降低排放、提高资源使用效率、回收再利用率等方面全面发力,实现智能、环保的绿色智能产业转型。

## 2.2 中国石油石化企业绿色转型的必要性

当前中国石油石化企业发展面临五大冲击:

**01** 受新冠疫情和国际局势影响,全球消费低迷,中国经济增长速度受到牵连,影响企业销售增长。

- 02 受国际油气贸易链混乱、美元政策调整影响，全球油价、天然气价高涨，成本管控压力增大。国内油气价格和国内油气价格存在双轨制，企业销售和盈利难度增大，保供难度也在增加。
- 03 国内炼化产能严重过剩，国内成品油需求增长逐渐放缓，有机化学品需求持续高速增长。石化产业结构正在根据市场需求和政策导向进行一系列的调整。
- 04 国内绿色转型的压力下，企业需加大在应用节能、环保、智能技术以及废弃物回收再利用等方面的改造投入和产能结构调整，随之而来的是盈利不确定性增加。
- 05 以氢能为首的新型绿色能源正在不断壮大。如何满足国家绿色能源发展、平衡新能源与化工原料之间的需求成为新课题。

纵览全球能源转型的趋势，围绕国家的发展战略要求，结合行业当前面临的诸多挑战，石油石化企业必须转变仅仅是石化制品生产基地的传统定位，要将自身转变为区域的热、电、油、气、氢等综合能源生产中心、石化有机材料的供应中心、有机物回收处理中心、环境保护与安全的检测中心、运力疏散与物资管理的服务中心，以及云计算中心、存储服务中心的有机组成部分。从全产业链的角度，企业应充分利用企业在数字经济和绿色转型中的发展机遇，顺应“绿水青山就是金山银山”的生态和谐发展理念，适应新时代的竞争环境，实现绿色、生态、高效发展。



**坚持“油头化尾”的发展战略。**调整生产结构，增强对市场调整和政策变化的适应能力，实现“绿色石化企业”是企业未来发展的关键。



**坚持智能工厂发展理念。**广泛应用大数据、物联网、智能识别、智能安全管控、无人技术、VR虚拟技术实现数字炼厂、透明炼厂，提高能源使用效率，从而提升产品产出率。



**坚持绿色创新理念。**深入应用环保技术、环保原料、可再生原料，生产可再生产品、低碳环保产品和“绿色”能源。尽可能引入风电、光伏、地热等可再生能源、清洁能源、低碳能源，减少生产过程中的碳排放。



**坚持运用绿色金融。**积极参加碳排放交易、运用绿色金融实现环保升级，通过一系列减排、CCUS（碳捕获、利用与封存）技术进行碳捕捉、碳吸收等操作流程，早日实现“双碳”战略目标。

这些改革调整的举措是绿色低碳发展的必然选择。中国石油石化企业需要在绿色发展和数字化转型方面不断努力，减少能源损耗和原料使用，提升管理效率，节约人力和生产成本，提升经营效益，推动企业在智能石化和绿色石化领域达到新高度。

## 2.3 中国石油化工行业绿色发展蓝图

石油石化行业为了实现2030年碳达峰、2060年碳中和的总体目标，必须在上中下游全产业链开展减碳、脱碳措施，实现全行业的绿色发展。



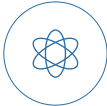


图2 石油石化行业的减排典型措施



来源:石化盈科、IDC, 2022



根据“十四五”规划对中国石油石化产业体系的未来发展要求,国家发改委、能源局在《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》(以下简称“《指导意见》”)中对石油石化产业发展明确提出五大方向:

-  **加快创新发展。**原始创新和集成创新能力持续增强,到2025年,企业研发投入占主营业务收入比重达到1.5%以上;突破20项以上关键共性技术和40项以上关键新产品。
-  **调整产业结构。**大宗化工产品生产集中度进一步提高,产能利用率达到80%以上;乙烯当量保障水平大幅提升,化工新材料保障水平达到75%以上。
-  **优化产业布局。**城镇人口密集区危险化学品生产企业搬迁改造任务全面完成,形成70个左右具有竞争优势的化工园区。到2025年,化工园区产值占行业总产值达到70%以上。
-  **推动数字化转型。**石化、煤化工等重点领域企业主要生产装置自控率达到95%以上,建成30个左右智能制造示范工厂、50家左右智能化工示范园区。
-  **坚守绿色安全。**大宗产品单位产品能耗和碳排放明显下降,挥发性有机物排放总量比“十三五”降低10%以上,本质安全水平显著提高,有效遏制重特大生产安全事故。

按照《指导意见》的要求,国内石油石化企业的研发能力需大幅提高,产能结构和用能水平将继续优化,通过厂区迁移和园区新建,石油石化产业生产经营模式更为集中,智能化管理和无人自动操作、监管水平、安全环保水平也会再上一个新台阶。这一系列的改革措施,势必涉及到一系列的迁移和新建改造问题,中国石油石化企业将淘汰大批落后产能,推出优质新产品以满足环保和安全新标准的要求。

这份《指导意见》为中国石油石化企业未来发展在创新发展、产业结构、产业布局、数字化转型、绿色安全等五大领域明确了改革指标和发展路径,具有重要的指导意义,为实现整个产业和全社会“碳达峰”、“碳中和”的战略目标具有极强的统领和推动作用。



# 第三章

## 搭乘数字东风 探索减碳路径

石油石化行业能源使用集中度较高,是中国工业部门中主要的高耗能、高排放行业之一。造成石油石化行业温室气体排放较高的主要原因有两方面:

- 工业生产与使用过程中温室气体的泄露和排放;
- 工业生产过程中的能耗水平过高、绿色能源使用比例不足,导致二氧化碳和甲烷等温室气体排放处于较高水平。

减少石化产品各环节相关的温室气体泄露与排放,降低单位能耗水平,提高绿色能源使用比例是未来石油石化产业节能减排的重要手段。当前数字化技术已经广泛深入到石油石化产业的各个环节,数字化、智能化将成为行业实现绿色低碳发展的关键抓手。石油石化企业利用数字技术,通过模拟推演和实时检测,能够有效测算石油石化生产过程中温室气体排放与能源损耗情况,从而为节能减排提供准确有效的数据。

### 3.1 石油石化行业的碳排放现状

作为资源和能源密集型行业,石油石化行业温室气体排放约占人类活动产生总排放量的7%,其中90%的温室气体均为二氧化碳和甲烷。



表3 石油石化行业各个环节的排放情况(全球)

业务领域	排放类型	百分比
开采、钻探	氧化碳、甲烷	10%
化石燃料燃烧	二氧化碳	5%
气体泄露与排放	二氧化碳、甲烷	60%
储存运输	二氧化碳	5%
炼油厂热力系统	二氧化碳	20%

来源:IDC, 2022

具体来看:



**勘探开发:**在石油开采过程中,岩层中伴生的二氧化碳以及对油层加热、使用各种井下化学剂发生反应产生的二氧化碳,在生产的过程中通过井口、管道裂隙、各类泵口、地层裂隙、地下水渗透等渠道泄露至自然环境中形成排放。另外在石油石化领域,在将二氧化碳作为化工填充气体或者作为保护气体的使用过程中,存在少量逃逸现象,也是二氧化碳排放的一个次要原因。石油石化行业的甲烷排放主要出现在进行凝析油、煤层气、石油开采时的天然气泄露。



**炼油化工:**炼化加工阶段排放大量温室气体,其中化石燃料燃烧、气体泄露与排放、炼油厂的热力系统耗能是主要排放原因。炼化加工过程需要消耗能源,包括使用炼制过程的副产品作燃料,以及外购天然气、煤炭、电力,炼厂消耗的这些能源直接或间接产生碳排放。在炼油过程中,通常用含碳能源(例如煤、烃)与蒸汽反应制氢,制氢过程将产生一定碳排放,如煤制氢装置的排碳量位于炼厂所有装置的前列。另外,炼厂的热力系统在正常运转时也会消耗大量化石能源以维持生产环境,这一过程也有一定比例的温室气体排放。



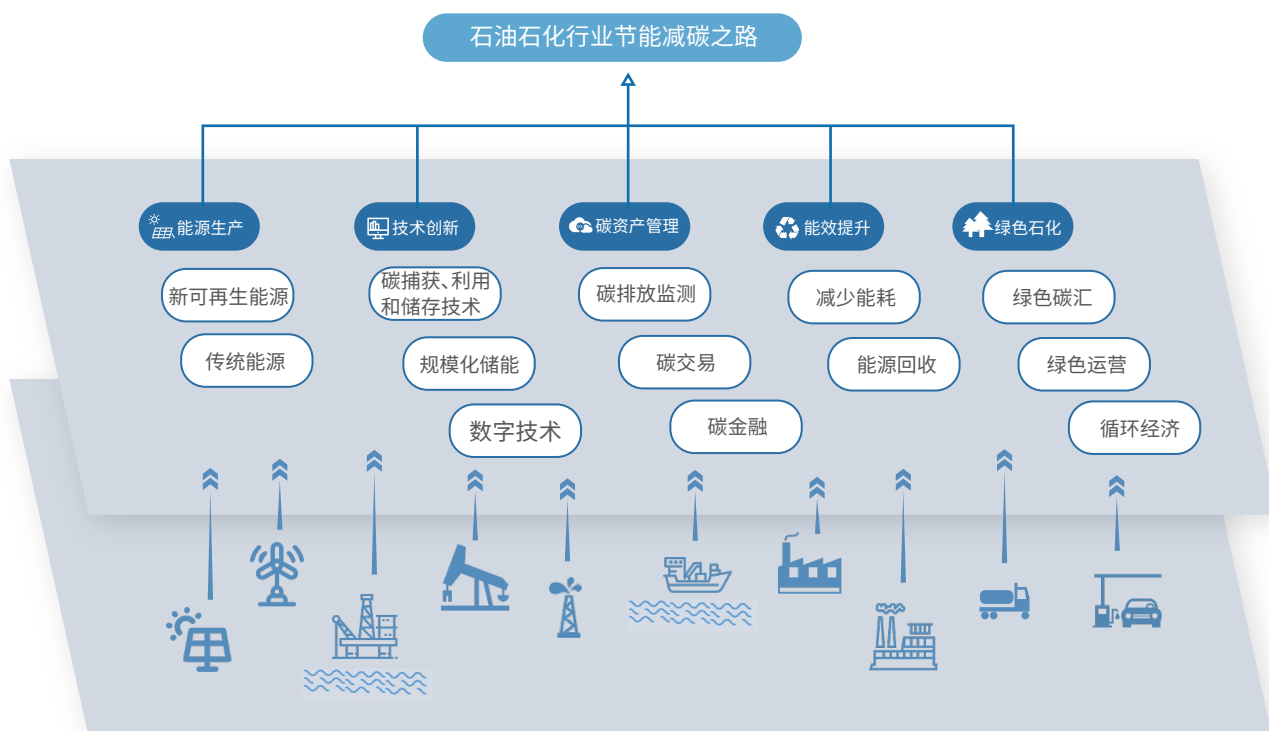
**产品销售:**产品销售包含油品销售、天然气销售、化工品销售等。目前油气运输过程的燃料排放以及部分工业设备的能源消耗是石油石化行业下游产生温室气体排放的主要原因,同时销售网点日常运营也会有少量温室气体排出。在销售网点大量应用绿色能源,加强油、气、化学等各类污染装卸过程中的回收,是减排的重要手段。

当前，提高能源使用效率、提高油气集输过程中对二氧化碳的分离和收集效率、减少化石能源使用、提高绿色能源使用比例、加强二氧化碳回收和处理、实施植被恢复、提高二氧化碳的综合利用效率等方法减少二氧化碳排放、达成“碳中和”的主要方法。

### 3.2 石油石化行业节能减碳的路径

作为资源和能源密集型行业，石油石化行业温室气体排放约占人类活动产生总排放量的7%，其中90%的温室气体均为二氧化碳和甲烷。

图3 石油石化行业节能减碳路径



来源：石化盈科、IDC，2022

石油和天然气作为不可或缺的能源和化学品来源，石油石化行业的节能减碳路径非常复杂，消除排放的过程比许多其他行业更具挑战性。石油石化行业的节能减碳路径可大致分为五个方面：



## 能源生产

在石油石化行业实现碳中和首先要解决生产阶段的碳排放问题。从近期来看，石油石化行业将在能源生产环节逐渐加大可再生能源的开发利用，实现可再生能源与传统能源共存的局面。从长远来看，石油石化行业的目标是用可再生能源完全取代传统能源。

- **可再生能源**:石油石化行业应重视可再生能源的发展应用。IDC数据显示，2020年全球可再生能源占发电量的29%，而2019年为27%，预计2022年这一比例将进一步增加到37%。其中，太阳能和风能是最大的贡献者，石油石化公司应以风能和太阳能为重点发展清洁能源。石油石化企业初期可以使用可再生能源为生产过程提供部分动力，达到“碳中和”时实现生产过程中所有能源消耗均来自可再生能源。
- **传统能源**:我国的能源结构是以高碳的化石能源为主，化石能源的使用很难在短时间内被淘汰，除了使用可再生能源发电外，石油石化企业还必须专注于提高当前能源生产系统的效率。这包括在生产阶段使用泄漏检测技术、数据分析和预测应用程序来提前确定维护要求和预测应用程序等。例如，石油石化生产平台可以引入泄漏检测技术、机器人维修系统、人工智能和预测分析的组合，以减少燃烧和排放，从而显著减少碳排放。



## 技术创新

在实现减排减碳目标的路上，技术创新是关键的手段之一，而现有的技术不足以支撑完全实现碳中和，除了可见的节能技术以外，还需要不断在储能、碳捕集、智能化等方面实现技术突破。

- **碳捕获、利用和储存技术 (CCUS)**:CCUS技术是负碳技术的主要构成部分，包括在采掘、钢铁、石化等工业流程中的碳捕获，以及对大气中二氧化碳的直接捕获。被捕集的二氧化碳还可能在工业生产中重新利用。

CCUS技术的一个重要部分是对捕获的碳进行再利用： $\text{CO}_2$ 可以被捕获并储存在地表以下深处的岩石中（这一过程称为地质封存），也可以对其再利用。石油和天然气公司必须重点关注两个主要领域以重新利用捕获的二氧化碳：一是可以将其注入枯竭的油藏，以提高石油采收率；二是可以作为原材料加工生成石化产品。

具体应用场景有：通过光催化进行转化，捕获的 $\text{CO}_2$ 可以转化为具有多种最终用途的甲醇；二氧化碳驱油与封存技术将超临界二氧化碳与原油相溶，驱替岩层中的原油；同时二氧化碳通过置换油气、溶解与矿化作用实现永久地下封存。



齐鲁石化公司通过回收煤制气装置尾气中的二氧化碳，每年捕集100万吨，之后将气体输送到胜利油田进行增油生产。上海石化的碳捕集项目可提纯加工生产食品级的二氧化碳，每年可供生产约11亿罐可乐。

- **规模化储能**: 规模化储能指采用新的储能系统。虽然有飞轮储能等机械储能技术，但电池储能(BESS)仍然是应用最广泛的技术。在电池储能中，液流电池是一种新的储能方式，在石油石化领域具有潜力。液流电池的运行时长为10-12小时，意味着它们可以比传统电池更长时间地维持一定的功率输出，这使得它们更适用于进行管道供电和自动维护等操作。电池储能为处于偏远地区，面临供电难和发电难的油田解决了能源供应问题，同时电池储能系统投入应用后，可极大降低勘探开发燃油消耗，减少钻井场的电机配备，为企业减排增效。
- **数字技术**: 数字技术是数字世界的核心引擎，几乎所有减碳领域的技术都需要以数字化技术实现监控和集成耦合。传统的石油石化企业要顺应发展大势、把握发展机遇、抢占制造业数字化竞争制高点，推动产业创新发展，优化生产运营，助力企业业务转型。数字经济和实体经济的融合成为发展必然趋势，石油石化企业的数字化转型势在必行。
  - 在油气勘探开发方面，基于大数据+人工智能+虚拟现实技术，推动研究剩余油资源空间分布预测，开展智能驱油、全油藏开发技术攻关，减少采油成本；
  - 在生产营运优化方面，推动生产过程数据挖掘，实现生产工艺、质量、效率、能耗全方位优化；
  - 在安全生产管控方面，结合实时数据、检测系统、业务系统等，通过大数据、人工智能技术，实现危险源检测、工艺实时告警、场景态势感知、风险预测等安全生产控制；
  - 在工业基础环境方面，基于5G技术和物联网应用，推进企业构建油气、化工能源设备和终端互联互通、数据毫秒级实时传输的工业物联网。

石油石化行业通过应用数字技术，能够充分整合行业资源、优化生产业务流程、提升企业生产经营效率，通过数字化转型完成产业格局由重资产向轻资产模式变迁，既推动勘探开发、炼油、化工等传统核心业务的提质增效，对外开放互联，打造石化商业生态圈，促进服务延伸、跨界经营、创新发展。



## 碳资产管理

碳资产管理是减排道路上的关键支柱,通过使用碳排放监测、碳交易、碳金融等措施实现对石油石化企业的碳足迹统计分析,达成对碳资产的有效管理。公司决策层必须参与到降低价值链碳排放强度、实施可持续发展的工作中。

- **碳排放监测:**运用数字技术检测碳足迹,采用碳监测工具是石油石化公司减少碳足迹的关键一步。通过在供应链全流程的使用,碳监测工具可以帮助石油石化公司准确检测其碳排放情况。碳监测工具必须与审计解决方案相结合,以确定当前的排放状态以及公司是否有望实现其既定目标,并进行情景分析以实现其目标和更好地执行。
- **碳交易:**以价格来引导碳排放权资源的优化配置,以市场之手推动降低全社会减排成本,促进对低碳技术和产业的投资。国家参照企业所在行业内相对先进的碳排放水平来确定基准值、设定配额;此后,基准值的设定越来越严,企业所获配额也逐年降低。企业必须通过投资节能技术以避免额外的碳排放成本和惩戒;减排能力强的企业则可将盈余拿到市场进行交易。2021年7月,全国碳排放权交易市场在经过前期7个试点省市市场多年运行的基础上正式上线运行,2162家火力发电企业被首批纳入全国碳市场。
- **碳金融:**碳交易具有较强的金融属性,应引入碳期货等金融衍生品交易机制,以更好地发现价格和进行风险管理。推动有效碳定价,更好地完善市场机制,注重应用绿色贷款、绿色股权、绿色债券、绿色保险、绿色基金等金融工具,助推绿色低碳前沿技术的投资布局和产业孵化。将碳排放权转化为合约形态,扩大碳市场的边界和容量,探索利用碳资产拓展融资形式和融资渠道,优化融资成本,实现碳资产价值最大化。



## 能效提升

能效提升是石油石化行业进行减碳的一大重点,其包含降低单位产值的能耗以及对能源的回收利用。

- **降低能耗:**石油石化企业就在通过减少能耗方面下功夫,大规模加强智能化技术应用,加强能源管理和能耗控制,智能化测算各类机械效率以提高设备能效,加强高温和低温设备的保温改造,从而避免能量损耗。
- **能源回收:**石油石化企业也在加强对能源的回收利用。积极开展废热、余压综合利用,通过智能系统对回收的能源和资源进行综合调度安排,提高经济效益。通过能源替换、回收,节省的天然气和

石油、煤、氢气以及化工副产品气体、液体都被利用起来制成工业品再销售，大大地提高了能源综合利用效率。

对于油田企业，重点推广应用油田采油污水余热利用等新工艺，实施注采输系统一体化能效提升、天然气和伴生气回收、余热余压利用等重点节能工程。对于炼化企业，采用新的工艺技术、催化剂和分馏塔内件，减少能源需求；推广应用余热产汽、余热发电、余热供暖技术，提高能源利用率；开展保温整改工作，减少蒸汽消耗；应用汽轮机通流提效、热力系统优化等成熟技术，降低热电机组能耗物耗。对于储运企业，尽可能运用管输等低能耗方式运输油气，降低运输排放。同时利用物联网技术对车辆、管输、装置、产品等对象的多维信息进行实时监控，利用数据挖掘和深度分析，实现石油石化智能物流。对于油品销售企业，着力打造“油气氢电服”综合能源服务站，围绕用户多样化需求，提供多种用能方案，采用光伏发电、油气回收等绿色节能措施，逐步实现站级的碳中和。对于化工品销售企业，构建并完善电商交易平台，创新销售模式、服务模式和商业模式，通过托盘共享等应用促进物流高效运转、资源有效循环，构建绿色低碳的物流运输体系。



## 绿色石化

- **绿色碳汇**:绿色碳汇在石化减碳方面发挥了重要作用。石油石化企业在生产经营的同时，注重植树造林和生态恢复。通过在陆地上积极参与植树造林、建设绿色油田，在海上利用闲置水域种植绿藻等方法实现绿色碳汇，抵消一部分碳排放。石油石化企业建设的“碳中和林”正在全国各地兴起。
- **绿色运营**:为了应对全球气候变化，促进能源节约和可持续利用的发展，石油石化企业需要开展绿色办公模式，助力“碳减排、碳中和”。石油石化企业可以应用远程会议系统进行日常办公、日常沟通、共享资料等活动，帮助员工和客户实现“面对面”跨地域沟通交流，从而节约时间、资源和成本，提高工作效率。同时可以利用线上办公系统，转变业务模式，推动无纸化办公进程，减少纸张浪费，助力石油石化行业绿色发展。
- **循环经济**:循环经济是指在石油石化生产过程中进行减量化、再利用、资源化的活动的总称。石油石化行业是资源密集型的高耗能、高污染行业，废气、废水、废渣排放量大，利用率低，不仅污染环境，而且造成资源浪费。通过在石油石化行业大力开展循环经济，可以大幅消减石油石化企业在生产、经营过程中产生的各种废弃物，有效落实节能减排战略，实现资源高效利用，发挥各类资源的最大经济价值，可以有效减少设备、材料、能源、化学产品的生产，从而节省物资、能源、人力，提高社会整体生产效率。推进不同企业间资源的系统优化和废物的再利用，促进节能减排。

### 3.3 数字技术对石油石化行业节能减碳的作用

在中国,数字技术经过近30年的发展,诸多应用和实践已在全球占据领先地位。在双碳目标的实现过程中,数字技术通过连接信息、分析数据、优化决策、实施控制,以智能化的手段在脱碳减排的情况监测、方案创新、流程调优和评估度量发挥了不可替代的作用。管理水平的提高和执行、检测能力的提高让能耗和排放大为减少,特别是对温室气体排放的监控,智能化技术的应用起到了传统自动化系统、电气化系统无法做到的监管作用,大幅减少了温室气体排放。

特别是在当前,石油石化领域全面推动“新基建”,以新一代数字技术推动石油石化产业持续高效发展。石油石化企业需要在能源生产、技术创新、碳资产管理、能效提升、绿色石化五大方面大量应用云计算、人工智能、大数据、区块链、5G、IoT等新兴数字技术,以提高效率降低排放。



**能源生产方面。**信息技术对于助力石油石化行业能源生产过程减碳起到了重要作用。信息技术可以作为传统能源提升能效的工具。大型油田、炼厂的节能改造都离不开信息技术和智能技术的助力,例如通过人工智能技术深度学习进行生产装置的工况调优;新能源的生产、利用同样需要信息技术作为支撑。风电、光伏等新能源具有较强的分布式特性,在地理上倚赖信息化系统进行联网控制。石油石化企业需要大力发展智能化的巡检运维,以满足新能源的分布式特性对于远程运维的要求。未来石油石化行业的清洁能源用能比例会逐年提升,需要利用智能化技术来解决新能源的消纳问题。当前人工智能技术已经在许多领域进行电网发电侧和用电侧的进行预测仿真模拟,确保清洁能源入网后的电力可靠性。



**技术创新方面。**IT技术促进石油石化行业相关减碳技术的研发、创新和利用。利用人工智能、云计算等IT技术进行模拟仿真实验,对于减碳技术、储能技术的研发、测试、管理发挥了核心作用。例如在炼化生产过程中将捕捉的二氧化碳注入到泡沫填充物当中,即减少了碳循环,也减少了工业二氧化碳气矿的开发。将二氧化碳作为惰性保护气体注入到不会发生反应的化学品罐体内,实现保护作用。这一过程中需要智能仿真软件不断实验,适当的注入压力。注入合适压力的二氧化碳保护气体可以有效减少常温下易挥发化学品在罐体内的蒸腾现象,减少生产过程中温室气体逃逸,提高生产运输安全。



**碳资产管理方面。**区块链技术、云计算、大数据技术对于石油石化行业的碳资产管理起到了助力作用，其中区块链技术是碳足迹可信、可查的重要实现基础。碳资产在可信、可查的基础上，转换成数字化碳资产，从而满足碳关税征收和碳交易。数字化资产交易平台通过自动报价交易匹配，使碳资产交易通过互联网技术轻松实现全球化即时交易。碳资产数字化也让相关的资产审计、核查、征信、评估都可以形成线上操作，碳汇金融效率大为提高。



**能效提升方面。**人工智能技术、IoT技术、云计算技术助力石油石化行业用能效率提升。能耗监测终端可以在无人环境下24小时不间断监控设备能耗与能源使用情况。同时通过应用遥感技术、智能检测技术，智能能耗监测终端可以在恶劣工况下实现对设备的实时监测。与过去人工监测、电气化自动监测报警设备相比，应用范围更大、检测数据指标更多、更全面、监测可靠性更好、监测环节更细致。智能监测终端与云技术配套使用，监测反应速度更快，除了传统监测数据上传外，还可以上传现场视频、音频。通过智能平台对石油石化企业能耗进行综合管理，提高资源使用效率和能源回收效率、能源检测水平、异常工况处理能力，大幅降低整个生产体系的能耗损失，达到节能减排的效果。



**绿色石化方面。**数字技术对于石油石化企业搭建回收利用信息化平台起到了重要作用，极大促进了石油石化企业循环经济的发展。绿色交易平台既可以将废弃物在石油石化企业间进行交易，也可以让社会其他企业参与交易，实现绿色共享，扩大绿色石化对社会的贡献。

石化盈科针对石化企业废旧物资管理的现状，自主研发了长城e拍废旧物资处置平台，2020年正式上线运营。平台以信息化技术手段为企业的废旧物资处置业务赋能；规范管理，提高处置效率，高价盘活各类积压物资和废旧物资资产，得到中国石化企业的好评。2021年与易派客合作，在长城e拍基础上建设“易派派处置专区”，并在中国石化企业推广应用。

数字技术通过以上五个路径在石油石化行业的广泛应用，极大的促进了石油石化企业的节能减排效率。20世纪末，中国石油石化行业开始探索油气产业数字化发展的道路，历经信息化和网络化发展阶段，我国石油石化产业数字化正向着人工智能、数据挖掘、虚拟技术等新型数字化技术应用方向发展。经过20多年的不断探索和实践，我国石油石化产业数字化业务已经形成了一定的产业规模，并具有相当多的成功应用案例。目前石油石化产业数字化技术的应用已经贯穿到了全行业全产业链的各个阶段，成为节能减排的重要手段。

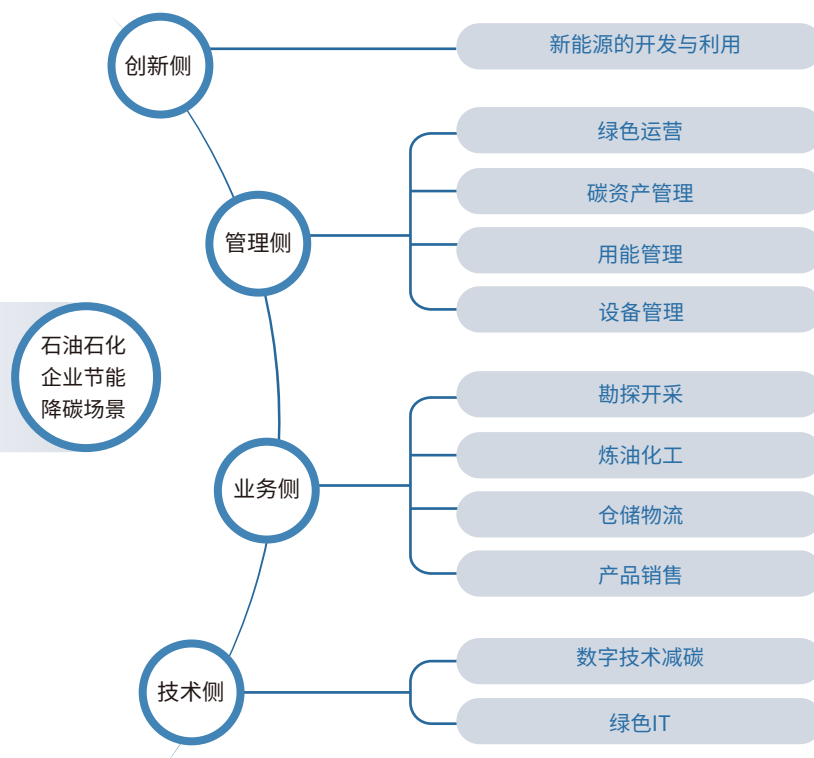
# 第四章

## 立足场景实践 打造低碳方案

### 4.1 石油石化行业产业链节能减碳场景

石油石化行业通过能源生产、技术创新、碳资产管理、能效提升、绿色石化五个路径开展节能减碳行动，将有望为我国“碳达峰”、“碳中和”目标的实现做出重大贡献。作为石油石化行业的重要单元，石油石化企业在日常生产运营中需要重点关注其在创新侧、管理侧、业务侧、技术侧的优化空间，目前我国石油石化企业也在不同的场景中已经积累了一定的绿色转型经验。

图4 石油石化企业节能减碳场景



来源：石化盈科、IDC，2022

#### 4.1.1 创新侧

**创新侧指新能源的开发与利用创新,如氢能开发、风光电厂开发、地热开发利用等。**随着风能、光伏、地热等一系列新能源的发展,越来越多的新能源开始应用到传统能源行业中,为节能减排做出贡献。

石油石化产业生产链条中,各个环节需要尽可能引入绿色能源以减少碳排放,将减排技术与绿色能源技术、储能技术相结合,实现节能减排创新。在实施创新举措的过程中,一方面需要企业充分利用智能技术对新建的新能源项目充分论证碳减排效果,以便将检测数据与减排目标进行匹配。另一方面,要将各类新能源进行统筹运用以实现供能稳定、环保。

以大型油田生产、炼厂作业为例,油田生产区将其所属产区内油井开采形成的地热资源作为生产、生活热水充分利用。地热水资源的温度有高有低,有的是间歇性变化,有的地热水资源带有压力,有的地热水还存在地下有害物质,这都需要智能监控设施对地热水的温度、压力、水质、杂质含量进行监控,对衰退的地热资源要进行调整接替,实现可持续的稳定供应。井口热水通过保温管线,根据温度就近分别输往炼厂、居民区等。在输送过程中,绿色能源可以接入二级加热站进行进一步的保温加热、加压,确保温度稳定供应到需求端,进而实现供热全流程零碳排放。同时,油田可以利用厂区周边大量盐碱荒地、滩涂发展风电、光伏等绿色能源,将其接入生产系统中。

通过一系列的创新手段,石油石化企业有效应用低碳能源,降低单位生产碳排放量,实现减排效果。



#### 4.1.2 管理侧

**管理侧指利用信息化、数字化手段优化企业管理,实现智慧经营。**企业在绿色运营、碳资产管理、用能管理和设备管理等四个方面实施数字化转型,将大幅提高石油石化企业在管理侧的绿色运营水平,提高资产变现能力、能源管理使用效率和设备管理水平,打造高效、绿色、智能化的全新管理模式。企业对平台管理更为简便、生产模式更为绿色、能源使用效益更好、设备损耗更少、企业整体排放水平降低、经济效益提升。通过优化企业管理流程,提升生产经营效益,减少生产设备损耗,全面降低企业碳排放水平,可有效提升石油石化企业的经济效益。

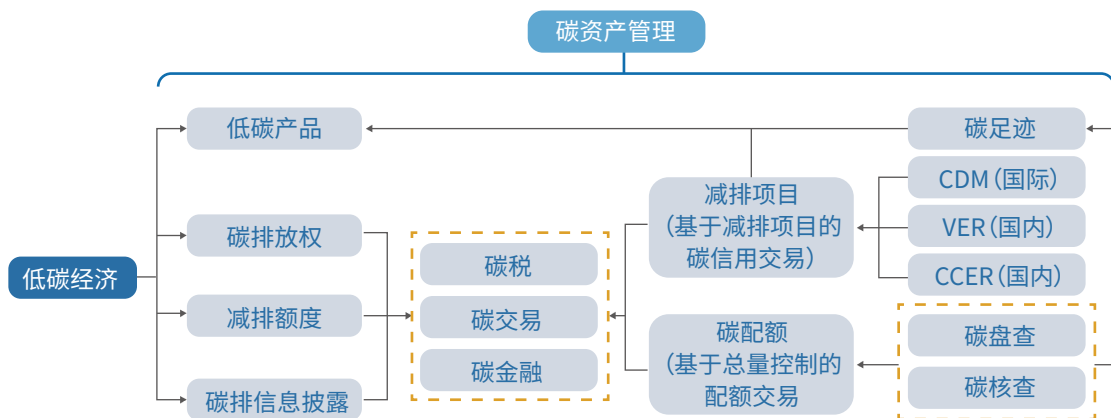
- **绿色运营。**石油石化企业在非生产的日常管理中需要进行绿色经营,如使用绿色清洁能源、无纸化办公、建立智能管理平台等。

石油石化企业应加强对园区内辅助生产系统(如厂区内的动力、供电、供水、采暖、制冷、机修、化验、仪表、运输等)及为生产服务的附属生产系统(如职工食堂、车间浴室等)的节能改造。利用智能能源管理系统改善非生产过程中的能源使用现状,例如将低温废热根据需要引入生活、办公区以减少非必要能源消耗。同时石油石化企业可以通过安装光伏设备、采买绿电等方式获取绿色清洁能源,以满足园区的日常绿色经营的需要。

智能管理平台运用可视化管理技术、数字孪生、仿真推演、智能辅助决策、大数据等信息技术,可以提升企业的数据收集、处理、反应调度能力,支持管理决策,帮助企业迅速调用各种预案,及时有效处理突发的温室气体泄露、温控或者能量损失异常等问题。智能技术的快速应用大幅提高了企业管理效率,降低了能耗水平,使得污染泄露接近于零,从而实现绿色运营。

- **碳资产管理。**目前,大部分石油石化企业还缺少碳资产的标准核算体系,对于碳资产的概念比较模糊,也缺少对碳资产数据的分析利用,迫切需要运用数字技术实现精细化的碳资产管理。首先,石油石化企业需要构建石油石化产品碳足迹基础数据库,形成主要产品碳标签,并开展碳排放数据横向和纵向对标、主要产品碳足迹评价。在此基础上,建设完善统一碳排放标准体系,并通过构建碳资产管理系统,打通物料管理系统、能源管理系统、质量管理系统等信息系统获取碳足迹实时数据,从而帮助企业制定减少产品碳足迹措施,推进建立碳足迹核算评价行业标准。碳资产管理系统为企业在碳核算的标准性和准确性、监测的实时性、数据的可追溯、可比对、可复证方面提供有力的支撑和提升。碳资产管理系统也能帮助企业通过对碳核算数据的对比分析,得出各类排放源的碳排放结构分布图,并提供企业碳排对标手段,多方面支撑企业节能管理,助力企业绿色低碳发展。

图5 碳资产管理系统

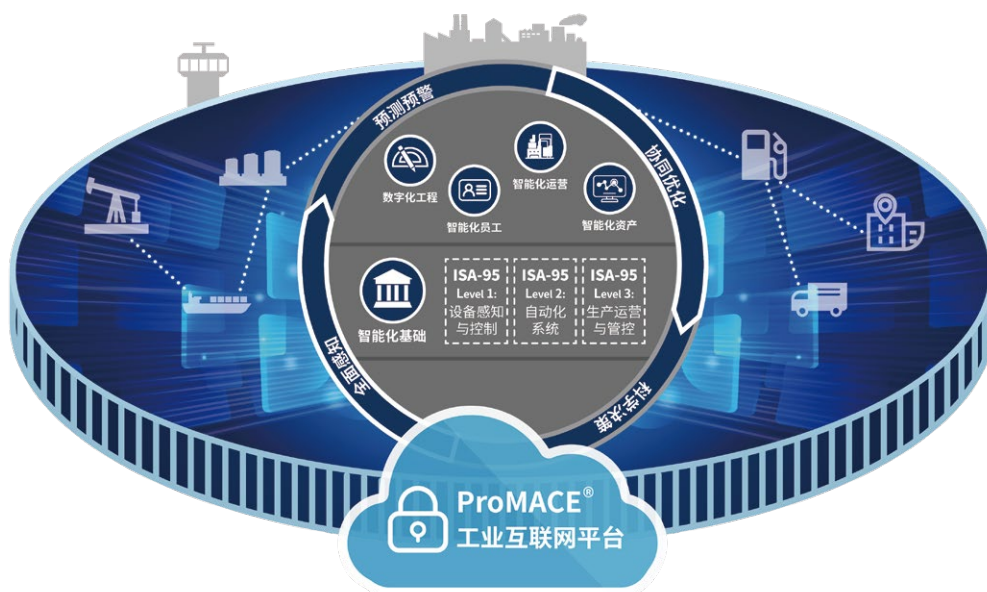


来源:石化盈科

- **用能管理。**在勘探开发、炼油化工和供应链物流过程中，石油石化企业需要消耗大量的能量。运用网络技术、数字技术和智能技术，加强用能管理是现代石化企业提升经济效益的重要手段，也是实现节能减排的重要方式。数据挖掘和流程模拟技术可以发现生产系统内各种关联的温室气体排放、能耗增加、原料消耗异常，从而提高节能减排的管理水平。通过用能管理为蒸汽动力系统、工业水系统、低温热系统、换热网络系统、氢气系统、瓦斯系统等公用工程系统提供系统监测、性能分析、系统优化、预测预警、模拟分析、故障诊断、生产调度、辅助决策等服务，融合流程模拟、先进控制、大数据、人工智能等先进技术，为流程行业公用工程系统的智能优化、节能减碳提供一体化优化解决方案，降低系统运行成本，为企业扩能改造、技改技措提供技术支撑。
- **设备管理。**石油石化企业在生产、储存、运输、销售等环节都会应用各类智能设备进行实时监控、管控。设备的“安、稳、长、满、优”运行直接关系到整个生产体系的生产运行情况。特别是高能耗、高排放的区域，往往也意味着高温、高压、高冲击、高腐蚀度等恶劣工况的存在。因此，智能处理设备需要加强针对性防护，以便有效应对恶劣工况的影响。

为了满足监控、管理和执行方面的需求，智能设备需要大量应用高精度遥测、遥感技术、智能物联网技术、虚拟集成技术、云系统技术等，从而大大强化系统对能耗控制、排放泄露、能源与物资再利用、物流管理、环保控制等方面的管控、处理能力。

石化盈科基于自主可控的工业互联网平台ProMACE，面向动、静、电、仪的600余类设备，利用设备资产及主数据建模工具，将设备数字化。通过先进的物联网（IoT）技术，实现各类设备运行参数的接入及协议解析。通过自主研发的设备综合监控、超工况判定、健康指数计算、故障诊断、腐蚀评估等多种算法模型，采用机器学习、大数据分析等先进技术手段，实时判定设备运行状态、自动触发性能分析和故障诊断，深度挖掘设备运行过程当中的不确定因素和不良因素，提前发现设备异常征兆，实现设备资产全生命周期管控，保障设备资产健康平稳运行。



### 4.1.3 业务侧

**业务侧指利用数字化手段对关键的业务环节、业务场景进行动态优化。**数字化技术在石油石化产业中勘探开发、炼油化工、仓储物流、产品销售等节能减排领域的应用都具有重要意义。

- **勘探开发领域:**目前国内石油资源品位呈劣质化趋势,主力老油田普遍进入特高含水后期开发阶段,为了维护国家能源安全,我国石油勘探开采的力度仍需进一步增大。石油石化行业正朝着信息化、数字化、智能化方向迅速发展,油气勘探开发智能化已成为必然趋势,有望大幅度提高油气采掘开发的作业效率和质量,降低因勘探开采效率低下造成的额外碳排放,提升复杂油气藏勘探开发水平。

国外石油公司道达尔已经开始规模化应用钻井机器人、起下钻自动控制、自动送钻系统、自动控压钻井等技术,使用智能钻机、智能钻头等设备实现钻台无人化操作、钻井自动化精准控制,大幅提高钻井效率,降低钻井成本。根据地藏特征信息,应用神经网络等方法建立以最大油气产能为目标函数的钻井工艺参数优化模型,得到最佳工艺参数,自动寻找最佳轨迹。

我国的数字油田建设已经积累了一定经验,在野外无人自动作业站点、油气运输监控、深海机器人作业、GIS技术应用、先导技术、储层流动性检测、油田规划、无人机和机器人巡检等众多领域形成了实践案例,正在向着绿色化、智能化发展。

- **炼油化工领域:**抢抓当前发展机遇期,关停淘汰落后产能、基地化发展先进产能;加大向化工型炼厂转型,持续降低汽柴油收率,应对电动革命及替代燃料等影响;依靠科技创新推进炼化结构调整和质量升级,打造安全环保、绿色低碳、智能型炼化产业。国内炼厂通过抛弃高能耗高排放炼油技术,向低能耗、低排放炼油技术应用方向发展,从而实现降低能耗、减少排放、提高炼化能力的目的。其中,流程模拟、在线实时优化、先进控制、蒸汽动力系统优化、低温热系统优化、换热网络系统优化、循环水系统优化、氢气系统优化、瓦斯系统优化等信息和数字化技术的应用对炼化生产过程的节能减排起到了重要作用。

#### 流程模拟

利用流程模拟软件,基于过程严格的“三传一反”机理,建立炼化生产装置流程模拟模型,通过物料平衡、能量平衡、化学平衡和相平衡计算,挖掘出有价值信息,为炼化生产过程服务,支撑生产过程决策。石化盈科完成了近40家炼油、化工、煤化工、天然气生产企业近700余套装置的流程模拟与优化工作,实现挖潜增效超过13.0亿元/年,其中节能效益超过6.0亿元/年,节约超过60万吨标准煤,助力炼化企业节能减排。

### 在线实时优化(RTO)

炼化装置实施RTO技术,可以实时跟踪原料性质的变化,在满足工艺、设备约束的前提下,以产品、公用工程价格为导向,持续不断地对装置进行优化计算,结果既可以开环指导操作优化,又可以与先进过程控制(APC)相结合实现在线闭环控制,以实现装置生产达到最佳的经济效益操作点,达到装置效益提升和节能的目的。石化盈科实施了镇海炼化和茂名石化乙烯、齐鲁石化常减压、天津石化和镇海炼化连续重整等装置在线实时优化项目,提升装置的经济效益,并降低装置排放。

### 先进过程控制

先进过程控制(APC)是建立在常规控制基础上的高等级控制,它利用工艺、自控和信息技术,建立过程的动态控制模型,结合在线(或离线)优化目标,对生产实行多变量模型预估控制。先进控制可以解决大滞后、非线性、强耦合等复杂过程控制问题,并将控制水平提升到多变量协调优化的层次。通过先进控制的实施,可以改善过程的动态控制性能,减小过程变量的波动幅度,最终达到增强装置运行稳定性、提高目标产品收率、增加装置处理量、降低装置能耗的目标。石化盈科已完成200余套装置APC建设,实现为企业挖潜增效超过20亿元,部分企业提出未来几年内主要装置普及率达95%。先进控制的实施,为生产装置赋值,为操作人员赋能,为产品和服务赋优,促进装置生产的数字化转型。

### 蒸汽动力优化

蒸汽动力系统包括产汽、用汽、输送、回收和安全等各个环节,能量利用不尽合理,蒸汽设备参差不齐,性能差异较大,热电配比不够优化,存在节能潜力。蒸汽动力优化系统通过调用标准化基准模型,依据企业实际情况搭建精准的工厂模型,结合内置的机理模型算法和优化算法规则,以系统总操作费用最小为目标进行优化,协助企业实现节能减排、降本增效的目的。针对实际生产,给出实时优化方案,指导生产,根据企业设备性能参数、燃料结构、合同、工艺运行参数、生产方式,在线优化蒸汽动力工况,降低企业运行成本。通过在线优化方案、优化成本分析、优化实操评定、班组优化评定,实现优化实操闭环管理。在线分析优化实操效果,统计实操效益,促进班组开展优化实操。蒸汽动力优化系统,通过建立严格的机理模型,以系统总操作费用最小为目标进行优化,并结合生产实际,综合平衡全厂与局部的利益,生成切实可行的系统在线优化方案,协助企业实现节能减排、降本增效的目的。



## 能源管理

作为传统的高耗能大户,石油石化企业日常生产过程中,能源产、输、转、存、耗、销整个过程非常复杂。目前石油石化企业能源计划不清晰,监管不力,能源统计缺少同一口径的结算规则,能源管理缺乏优化指导方案,能源管理评价分析手段不足,导致企业的能源管理相对于主要物料管理,往往是粗放式、拍脑袋管理。石化盈科通过建立能流管理系统,分别从能源计划、能源运行、能源优化、能源统计、评价分析五个模块,实现能源业务的信息化管理,深化业务应用,加快能源管理的数字化转型。该系统完善了20个能源管理标准业务流程,深化能源管理业务应用,满足企业专业化能源管理需求,将业务流程标准化,降低运营成本。同时促进企业能源管理创新,大力提升企业能源管理数字化、自动化和智能化管理水平,应用企业在节能降耗方面取得突破,获得良好的经济效益。

- **仓储物流领域:**石油石化行业企业近几年来大力开展甲烷减排行动,统筹推进甲烷泄漏检测和修复、废气回收利用和密闭流程改造等措施。

《中国石化2021可持续发展报告》显示,中国石化集团强化密闭混输工艺运用,2021年回收甲烷约7.17亿立方米,相当于减少温室气体排放约1075万吨二氧化碳当量,推动中国石化集团甲烷回收量比上年增加19.5%。

石油石化企业应加大对下游供应链的管理力度,打造智能供应链,优化物流体系。利用云计算、大数据、人工智能等技术,集合产、运、销信息,整合ERP、油库管理等信息系统,打造石油石化企业的智能物流体系。通过供应链的高效管理降低石油石化企业的运行成本,实现提质增效和绿色、智能转型。

中国石化从“十三五”期间就开始探索智能物流系统建设,从产品下线包装、堆垛、套膜、入库、存储、出库、装卸车全流程各个环节着手探索高效解决方案,目前已经初具规模,镇海炼化、中科炼化、中韩石化、扬子石化等大型石化企业已经率先实现了全流程智能物流体系建设,大大降低了企业物流运输成本,促进企业绿色发展。



- **产品销售领域**: 油品销售企业坚持绿色发展的服务理念, 将加油站建设成为绿色、智能的综合能源服务站, 实现油气氢电光伏能源的综合补给, 大量应用智能技术, 提供智能无人服务、智能加油、智能精准营销等一系列新型智能化技术综合应用, 实现能源消耗最少、经济效益最高、人力占用最少、服务质量最佳的服务目标。同时, 通过电子商务平台, 开展B2B业务, 打造数字化支撑、网络化共享、智能化协作的电商运营新模式, 规范采销流程, 提高效率, 降低成本, 为石油石化企业绿色发展服务。

中国石化集团持续优化石化e贸、易派客等线上平台。石化e贸积极开展石化产品销售电商升级改造, 打造一体化、生态化的电商服务新模式聚焦石化产品销售, 采用区块链、物联网、大数据、云计算、人工智能等技术, 提升资源优化、营销创新和数据价值变现能力, 促进线上交易和线下服务相结合, 依托石化e贸打造具有石化行业特色的垂直电商生态圈, 发展平台经济, 助力高端合成材料发展和上下游一体化。开展工业品采购电商升级, 打造数字化支撑、网络化共享、智能化协作的电商运营新模式。易派客聚焦采购供应链, 采用物联网、区块链、云计算、大数据、人工智能等技术, 打造工业品采购SC2B综合性电商, 持续探索管理创新、机制创新、模式创新、平台创新、工具创新, 纵向贯通产业链, 横向贯通供应链, 金融助通资金链, 多向打通服务链, 合作互通贸易链, 嫁接连通制造链, 提升供应链服务和优化能力, 打造数字化支撑、网络化共享、智能化协作的电商运营新模式。



#### 4.1.4 技术侧

技术侧指ICT技术对于石油石化行业的驱动作用, 同时也包含ICT行业本身的减碳手段。

- **数字技术减碳**

减碳技术的大规模提升是推动石油石化产业向绿色产业发展转型的强大动力。一方面, 国内环保产业近年来蓬勃发展, 各种新型智能环保技术得到广泛应用, 取得了良好的节能减排效果; 另一方



面,智能技术和石油石化行业、环保行业深度结合,大幅度促进了行业的智能化发展,大大提升了节能减排的效率。

**— 勘探开发:**石油石化行业上游业务大规模应用智能先导技术,3D动态成像技术、虚拟油藏技术、模拟流体动态渗透技术等,大幅提升对储层描述的精准度,提高开发精度。一方面可以有效避开坚固岩石、水层、空穴,避免地下水和空气混入油层,避免地下腐蚀性气体、二氧化碳通过钻探通道涌上地面,污染井口;另一方面,通过对油层清晰、动态的了解,可以采用低耗能、高效率的开发手段,提升开发速度,对于提升同步压裂、加温加压等作业的效率有着非常重要的意义。在地面采集阶段收集到的地下热水、废气回收后,加温、调整回注到地下继续驱油、驱气,也是现在油田常用的开发手段。在智能油田中,这些操作都是通过智能系统辅助作业完成的。

**— 炼油化工:**智能化系统优化了整体生产工艺,并对各生产线进行监控,对污染物泄露反应更快。同时无人实时处理系统可以做到第一时间响应,避免污染物排放和事故的发生。环保自动监控装置监控企业“三废”排放,并对泄露外溢事件提供可视化监控、联动的报警。其中炼化装置智能优化技术和反应装置模拟优化技术对于中游生产的工艺优化起到了重要作用。

**炼化装置智能优化技术:**石油石化行业包含众多复杂度极高的炼油装置,除了龙头装置常减压之外,催化裂化、延迟焦化、加氢裂化等装置也都包含处理量大、结构复杂且工况变化频繁的复杂系统,其能耗占全厂总能耗的30%-50%,是石油石化企业节能减碳的重要优化环节。随着人工智能和大数据技术的发展与应用,石油石化行业的智能化解决方案也越来越受到重视。采用人工智能和大数据挖掘手段,针对石油石化行业的复杂炼油装置进行模拟与优化,对于石油石化企业提质增效、节能减排、技术创新均具有积极作用。炼化装置智能优化技术,采用基于人工智能驱动的工艺优化算法,将工艺机理模型、人工智能模型和高效优化算法有机结合,在保障模型精确度和收敛性的前提下,提高模型运算速度,对生产工况和优化目标的调整给予及时响应,提供经济效益最大化(考虑能耗指标)的运行优化方案。以千万吨级常减压装置为例,通过构建炼油装置智能优化平台,可提高换热终温4至6°C,降低能耗0.5至2.1千克标油/吨,减少碳排放1.0至4.2万吨/年,提高装置轻收/总拔0.5%至1.5%,经济效益增加2000至5000万元/年。

**反应装置模拟优化技术:**石油石化行业运用反应装置模拟优化实现节能减排是工艺创新的重要技术手段。这项技术是基于工艺机理、流程模拟与数据驱动技术,为炼厂反应装置建立单模式、多模式及协同模式下的模拟模型,充分发挥多样化、定制化建模优势,构建能量流驱动物质流、物质流产生或影响能量流的动态关联模型,促进基于生产效率、产品品质提高,加工能耗、碳排放降低的生产运行优化。实际应用验证表明,通过开展反应装置模拟优化,可有效提高能源利用效率,降低加工过程碳排放,实现2%至15%的能耗与碳排放降低。

- **产品销售:**智能系统监控管理着油气运输车辆、船只、管线、各类油库、气库、化学品仓库等。油气产品、化学品装卸过程中全程自动监控,自动开启抽气回收装置,最大程度避免温室气体泄露。对库区、站点、运输途中发生的化学品、油品的泄露,通过自动图像识别等技术进行报警,可有效避免污染物挥发到空气或深入到土壤中。

- **绿色IT:**

在信息技术飞速发展的时代,石油石化行业应用的智能技术日益增加,以云计算、人工智能为代表的ICT技术不断渗透进行业业务场景中。然而ICT行业的发展将是一把双刃剑,数据中心算力增加的同时无疑将增加更多能耗,数据中心减碳成为重点目标。

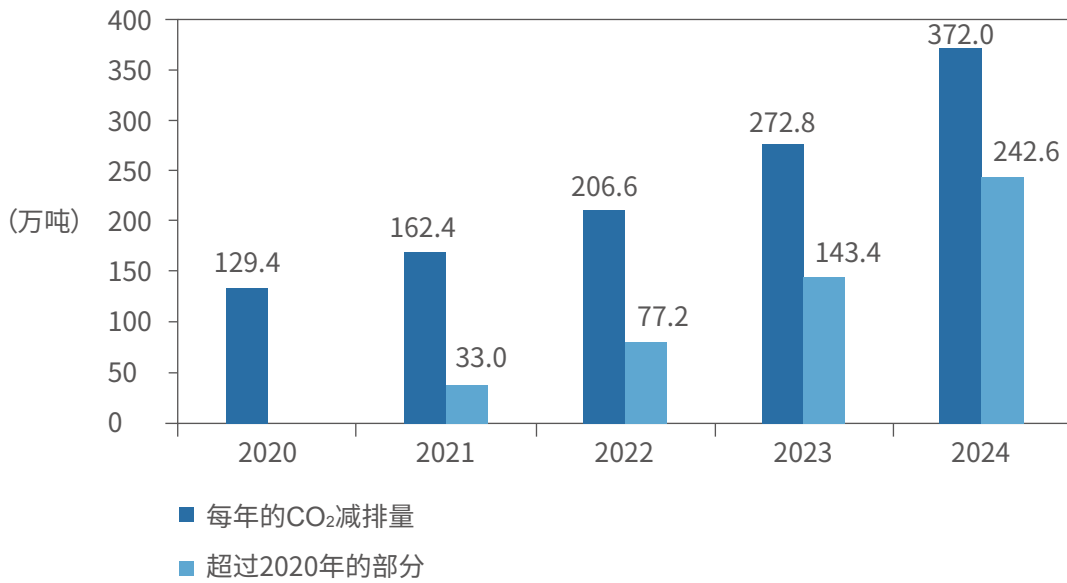
新兴技术有助于提升效率,减少碳排放,IDC研究云计算技术避免碳排放10亿吨。云计算技术助力下,数据中心能够综合提升计算和能源使用效率,大幅度减少二氧化碳排放。

- 通过将离散的企业数据中心的计算资源聚集到更大规模的云数据中心,可以更有效地管理电力容量、优化冷却设施、提高服务器利用率;
- 用户还可以将要运行的IT工作负载转移至远程数据中心,更好地利用风能和太阳能等清洁资源。

IDC通过长期以来对IT市场数据追踪的历史积累,创建了一套追踪数据中心碳排放的模型。该研究方法发现,未来几年中,采用云计算可以减少超过10亿吨二氧化碳的排放。同时,如果2024年所有在用的数据中心都成为可持续性设计,则2020-2024年这五年最多可以减少16亿吨碳排放。



图6 全球云计算减排预测 (2020-2024年)



来源: IDC, 2022

石化盈科依托自身实力和经验,为中国石化打造沙河数据中心,提供了持续稳定可靠的服务,有效降低数据中心能源消耗。中国石化沙河数据中心依据“多地互备,异地容灾”的数据中心整体规划,本着绿色节能设计原则,遵循《数据中心设计规范》(GB50174-2017) A级和网络安全等级保护2.0为标准,建设成为满足核心业务系统快速增长、海量数据处理需求和安全稳定运行的数据中心。沙河数据中心是国内第一个大规模采用热回收技术的数据中心,全年为园区住宅和办公提供生活热水,并在冬季提供采暖热源,开辟了数据中心绿色节能新路径。数字技术帮助沙河数据中心由传统数据中心PUE2.0,降为1.47,每年节约电能3000万kWh,每年节约电费3000万元”。

## 4.2 石油石化企业典型减碳场景分析

### 经营管理

#### 碳排放现状

- 1.全行业正在形成碳足迹和碳资产管理;
- 2.全行业智能碳排放管理建设仍处于初始阶段;
- 3.基本实现在线无纸化办公,采取视频会议。

### 当前减碳策略

1. 构建碳排放管理模型进行碳追踪试点；
2. 运用智能技术和制度奖励最大限度地实现节能减排；
3. 实现碳汇交易、森林碳汇等手段进行减排；
4. 在管理办公区域实施智能化办公，提高办事效率，节省能源使用。

### 变革策略

1. 加强碳汇金融和碳资产交易；
2. 运用智能技术提高节能减排管理水平；
3. 新型智能企业加入到绿色能源管理建设行列中。

### 前景预测

预计未来十到二十年，国内初步形成智能化低碳管理体系。

### 相关案例

石化盈科财务共享解决方案具备电子回单归档应用功能，助力中国石化打通了外部商业银行电子回单的获取、内容解析、归档全业务流程的自动处理，实现了电子回单归档，为中国石化每年节约至少4000万份纸质商业回单。

中国石化构建共享服务中心，利用自动化机器人(RPA)、大数据等先进技术，提升业务自动化处理效率，业务处理效率提升80%以上，通过专业化分工、标准化作业，人均凭证处理效率提高35%，利用OCR发票自动识别技术，提升业务处理效率46%-58%。

## 勘探开发

### 碳排放现状

1. 依然存在油气排空燃烧火炬现象；
2. 对油藏、气藏存在的甲烷逃逸现象治理手段有限等问题。

### 当前减碳策略

1. 加快排空火炬消除；
2. 地下、井口、管道等处安装自动检测装置对浅层逃逸裂隙采取封堵、收集等措施。

### 变革策略

1. 加大天然气开发比例，实现绿色转型；
2. 增加绿色能源和人工智能使用比例；
3. 加强数字油田建设应对碳排放新要求。

### 前景预测

预计到2030年，石油生产达到顶峰，天然生产达到顶峰晚于石油。2060年油气生产以满足有机化工需求为主。

### 相关案例

沙特阿美利用先进的技术，将捕集的二氧化碳转化为实用的工业产品和制造业原料，目前该公司已跻身油气行业碳足迹最低的公司行列。沙特阿美在为全球提供充足、可靠、廉价能源的同时，还加入世界银行“2030年常规火炬零排放”行动计划，致力于发展氢能、可再生能源发电、碳捕集及利用等新业务，承诺碳减排，并保证2030年实现天然气零燃除。

## 炼油化工

### 碳排放现状

1. 依然存在厂内火炬；
2. 能源综合化利用建设初步完成；
3. PM2.5、PM10、氮氧化物等污染物排放初步得到有效遏制。

### 当前减碳策略

1. 加强智能工厂建设, 实现综合减排；
2. 加强绿能建设, 实现减排；
3. 加强污染回收再利用和无害化处理；
4. 加强绿色能源、可降解材料生产。

### 变革策略

1. 以实现绿色智能工厂为目标；
2. 积极调整产品结构, 实现绿色转型；
3. 使用可再生能源, 建设零排放工厂。

### 前景预测

预计到2030年, 基本实现全国炼化行业碳达峰, 部分先进炼厂能耗和温室气体排放水平大幅下降。2060年基本实现炼化产业绿色智能转型。

### 相关案例

天津石化联合石化盈科针对连续重整装置成功在线实时优化 (RTO) 技术, 首次在国内连续重整装置上的应用。投用后, 苯收率提高0.32%, 甲苯收率提高0.16%, 氢气产量提高0.45%, 装置能耗降低0.5%左右, 不但降低了装置运行成本, 提升了装置运行效益, 而且有效提高了装置生产数字化、智能化水平, 开创了国内同类装置动态在线实时优化应用先河, 有效支撑国家“双碳战略”的推进。

## 仓储物流

### 碳排放现状

运输、存储过程中存在温室气体的泄露现象。

### 当前减碳策略

1. 生产储运各环节加装温室气体吸附装置；
2. 车辆运输过程部分使用清洁能源；
3. 部分运输方式由管道运输代替人工运输。

### 变革策略

1. 新型低碳智能化车队取代传统车队；
2. 加强油气管网系统建设, 降低运输能源损耗；
3. 降低油气存储过程中的温室气体逃逸。

### 前景预测

未来将全面应用低碳智能化车队, 与国家智能交通管理体系紧密结合。实现智能车队从而减少对人工运输的需求。实现全国智能管网系统。运用智能技术实现管网经济效益最大化。运用智能储藏技术, 基本实现储区零排放、零污染。

### 相关案例

贵州石油采用石化盈科智能油库解决方案,以油库生产作业和生产运营监控为主线,实现了油库业务数据统一管理、油库作业流程规范应用、油库业务管理智能化,通过流程优化、安防联动等每库减少7人工作量,年节约560万元,出入库效率提升30%。

## 产品销售

### 碳排放现状

服务终端正在试点建设综合能源服务站、智能加油站、绿能加油站。

### 当前减碳策略

- 1.加快建设油气电氢综合能源站建设速度;
- 2.提高智能油站的建设水平;
- 3.为加油站接入绿色能源。

### 变革策略

向无人、智能、绿色能源方向发展;将加油站融入到智能城市生态体系中。

### 前景预测

预计未来加油站形成智能化综合商业服务节点,绿色能源成为加油站主要能源供应品类。

### 相关案例

2022年5月,中国石化首座光伏建筑一体化加油站广西六华加油站正式投入使用。预计该站年发电量9.1万度,每年额外约有1万多度富余电能并入电网,可供12.5户居民一年用电。全年可减少碳排放量81.5吨,完全抵消自身每年约76吨的碳排放。

## 数据中心

### 碳排放现状

碳排放数据中心仍在初步构成体系之中。

### 前景预测

- 1.目前国内形成了7个碳排放现货交易中心和一个碳排放期货交易中心;
- 2.部分石油石化企业建成全产业链碳足迹数据中心。

### 变革策略

- 1.鼓励更多的石油石化企业参与碳排放交易;
- 2.进一步加大进入碳排放检测范围和降低碳交易门槛;
- 3.碳汇金融提供监控支持。

### 前景预测

未来碳汇将成为绿色能源交易的重要组成部分。除了碳足迹跟踪、碳资产交易、碳汇金融进一步得到完善外,微电网、储能站等绿能交易模式也将形成。

### 相关案例

石化盈科运营团队通过技术手段对云上资源池负荷进行优化,提高资源池回收利用效率,为用户节约资源损耗和使用费用。累计节省15030核CPU和43957G存储空间,折合160台物理服务器,约70万千瓦时电,经济成本400万元。

### 4.3 石化盈科的绿色低碳解决方案

石化盈科扎根石油石化行业,经过多年的沉淀积累,形成了覆盖管理侧、业务侧、技术侧的多项解决方案,满足企业绿色发展的转型需求,为中国石油石化行业“碳达峰”、“碳中和”做出贡献。

表4 石化盈科绿色低碳数字化解决方案

重点方向	场景	解决方案
 管理侧	企业绿色运营	智能运营中心解决方案
	园区绿色运营	智慧园区解决方案
	碳资产管理	碳资产管理解决方案
	基于区块链的合同电子化	合同管理解决方案
	能源管理自动化	能流管理解决方案
	设备预知性维修	设备健康管理解决方案
	环保在线监测	环保在线监测解决方案
	蒸汽系统全环节的监测分析和在线优化	蒸汽管网优化解决方案
	换热网络在线监测与运行优化	换热网络优化解决方案
	低温热资源的优化管理	低温热系统优化解决方案
	氢气系统可视化监控	氢气优化解决方案
	瓦斯系统在线监测与运行优化	瓦斯优化解决方案
	电力系统数字化运营	热电管理解决方案
 业务侧	油藏可视化 排放实时监测	智能油气田解决方案
	生产一体化优化 生产集成管控 资产全生命周期管理	智能工厂解决方案
	先进控制	先进控制解决方案
	流程模拟	流程模拟解决方案
	实时在线优化	装置在线优化解决方案
	油气储运一体化	油气储运一体化解决方案
	油库智能化管理	智能油库解决方案
	数字化营销 无感支付	智能加油站解决方案
采购电子商务 销售电子商务 废旧物资处置交易	电子商务解决方案	

重点方向	场景	解决方案
 技术侧	排放数据分析	数据治理解决方案
	绿色IT	绿色数据中心解决方案
	数字技术减碳	ProMACE工业互联网平台解决方案

来源:石化盈科

## 管理侧

**智能运营中心解决方案:**充分利用人工智能、语音识别、地理信息、三维建模、数据可视化等数字技术,强化企业在协同优化、监测预警、调度指挥、集成展示等方面的支撑能力,通过智能化运营分析、盈利能力分析、全产业链效益优化、生产监控、安全环保、协同应急指挥、智能化展示等建设,实现底层数据实时获取、生产运营智能管控、成本效益及时展示,提升实时化、可视化、协同化、精益化管理水平。

图7 智能运营中心解决方案



来源:石化盈科

**智慧园区解决方案:**基于“数据+平台+应用”的信息化建设模式,采用工业互联网平台体系架构,充分利用物联网、GIS、大数据、AI、5G等技术,建设“1+1+3+N”(即“新一代信息基础设施+工业互联网平台+标准、安全、运维三大体系+N个业务应用”)的智慧化工园区,为园区管委会、入驻企业、公辅企业、物业公司、供应商及政府相关部门提供服务,支持园区高效绿色运行。

**碳资产管理解决方案:**在国家“双碳”目标的指引下,建立涵盖碳排放计划、统计、分析、碳交易、碳减排等业务应用的碳资产管理。建立全品类的石油化工产品碳足迹数据库,实现各环节不同类型的排放量的透明化,构建全新的数字化、智慧化的碳资产管理模式,促进双碳目标的达成。

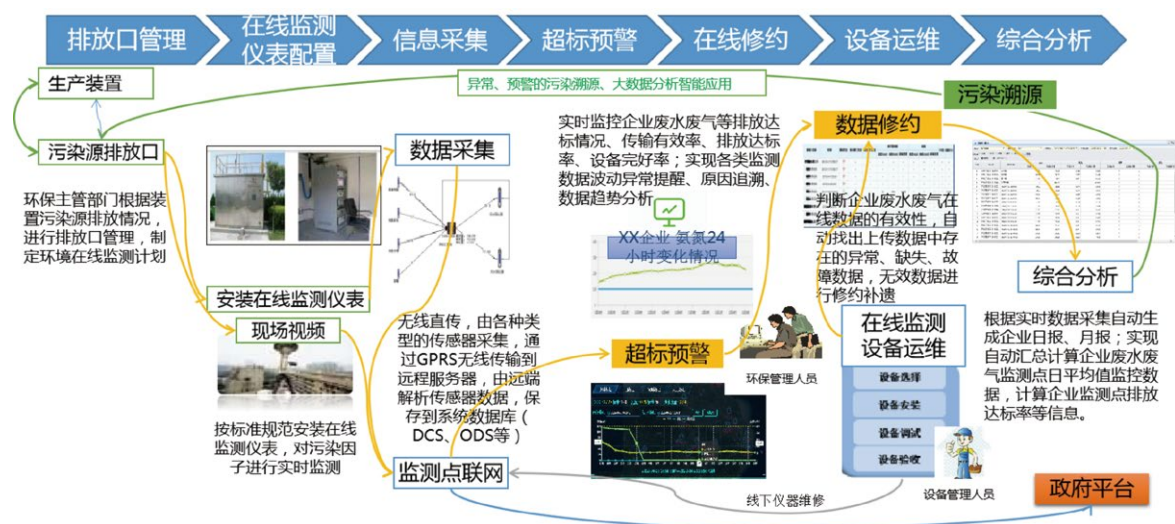
**合同管理解决方案:**基于区块链技术,实现身份认证及合同签约全流程上链,信息不可篡改、可公开验证、证据真实,充分保障用户权益。实现合同全过程的网络化信息化管理,包含合同订立、合同审查审批、合同打印、合同签署、合同履行、合同终结、合同归档、查询统计等,实现合同管理的标准化和一体化。

**能流管理解决方案:**按照“数据+平台+应用”的模式,建设满足能源计划、能源运行、能源统计、评价分析、能源优化五方面业务的能源管理应用,实现从集团公司、企业、工厂、车间、装置能源的产、存、转、输、耗数据说得清,能源业务管得好,能源成本省得下。

**设备健康管理解决方案:**以设备为单位,利用物联网(IoT)先进技术,集中集成设备运行相关各类参数,通过自主研发的设备综合监控、超工况判定、健康指数计算、故障诊断、腐蚀评估等多种算法模型,采用机器学习、大数据分析等先进技术手段,实时判定设备运行状态、自动触发性能分析和故障诊断、深度挖掘设备运行过程当中的不确定因素和不良因素、提前发现设备异常征兆,减少设备故障的发生。

**环保在线监测解决方案:**帮助企业实时掌控污染源排放信息,通过预警提醒和排放趋势分析,及时提醒用户对问题进行整改,有效减少超标排放。确保企业依法治污、排污和促进污染减排,助力企业绿色低碳、可持续发展。

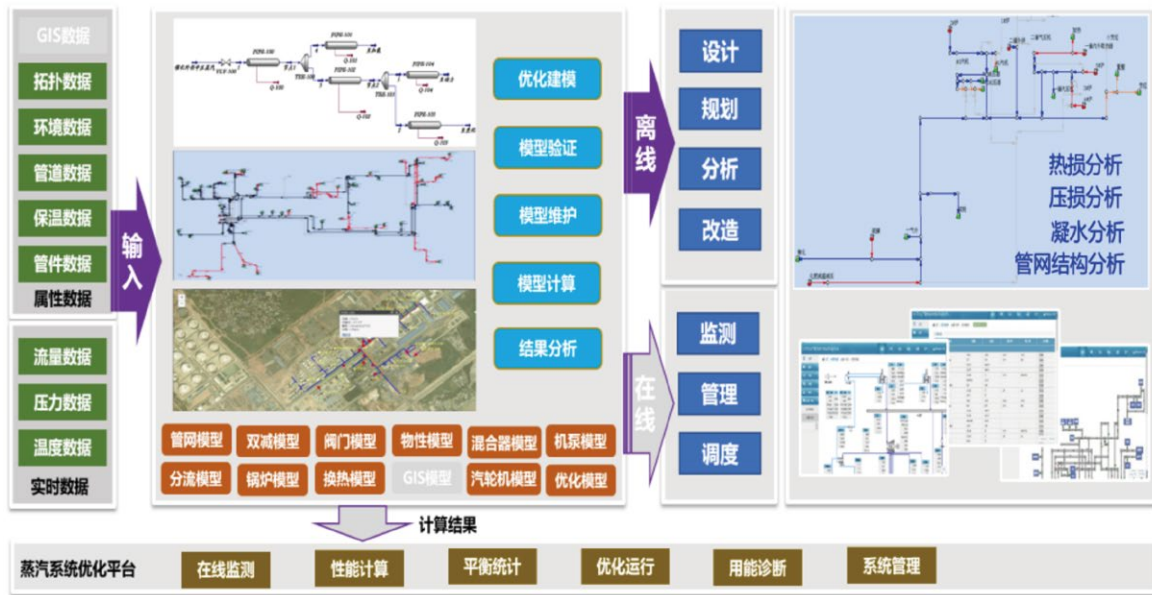
图8 环保在线监测解决方案



来源:石化盈科

**蒸汽管网优化解决方案:**基于专家经验和监测数据,提供系统级性能指标计算服务,实现蒸汽系统产—输—用全环节的监测分析和在线优化,推送运行成本最小化条件下的系统运行方案,全面提升蒸汽管网数字化管理水平。

图9 蒸汽管网优化解决方案

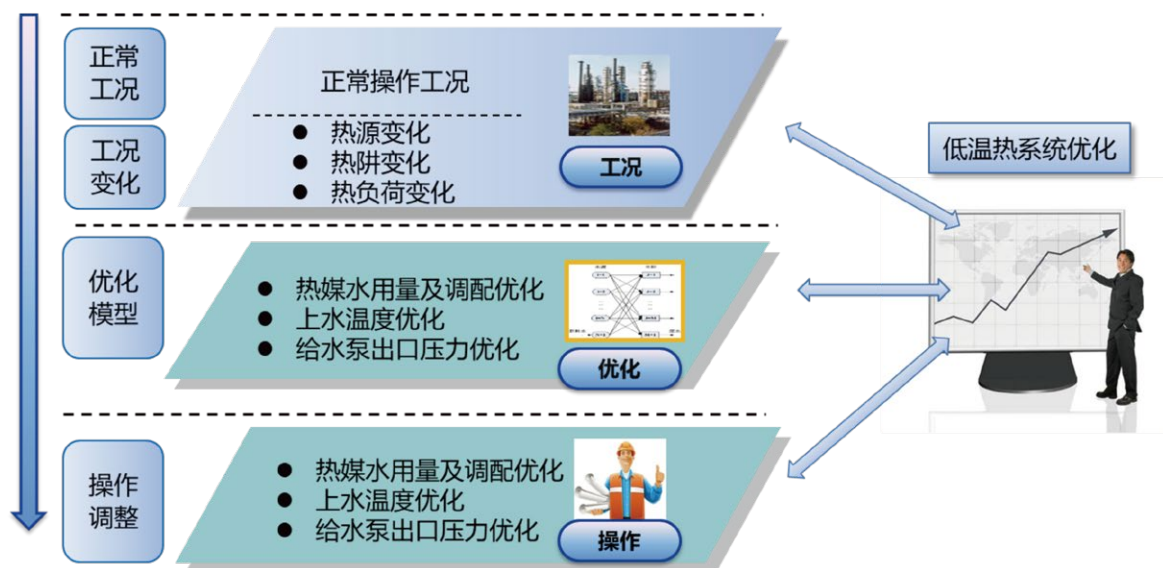


来源:石化盈科

**换热网络优化解决方案:**实现掌握冷热公用工程使用状态,监测装置内重要换热流程以及热出料状态,针对现有换热网络提供操作优化方案和改造优化方案,实现换热网络的监测分析和在线优化。

**低温热系统优化解决方案:**围绕具有优化潜质的低温热源热阱,实现低温热资源的有效利用,提高热量利用率,降低低温热系统的运行成本,提升企业低温热系统的调度水平和热量利用水平。

图10 低温热系统优化解决方案



来源:石化盈科

**氢气优化解决方案:**围绕具有优化潜质的氢气资源,实现氢气系统在线监测与运行优化系统,开展氢气资源优化的深化应用,实现氢气资源的有效利用,提升企业氢气资源的调度水平和资源利用水平。

图11 氢气优化解决方案



来源:石化盈科

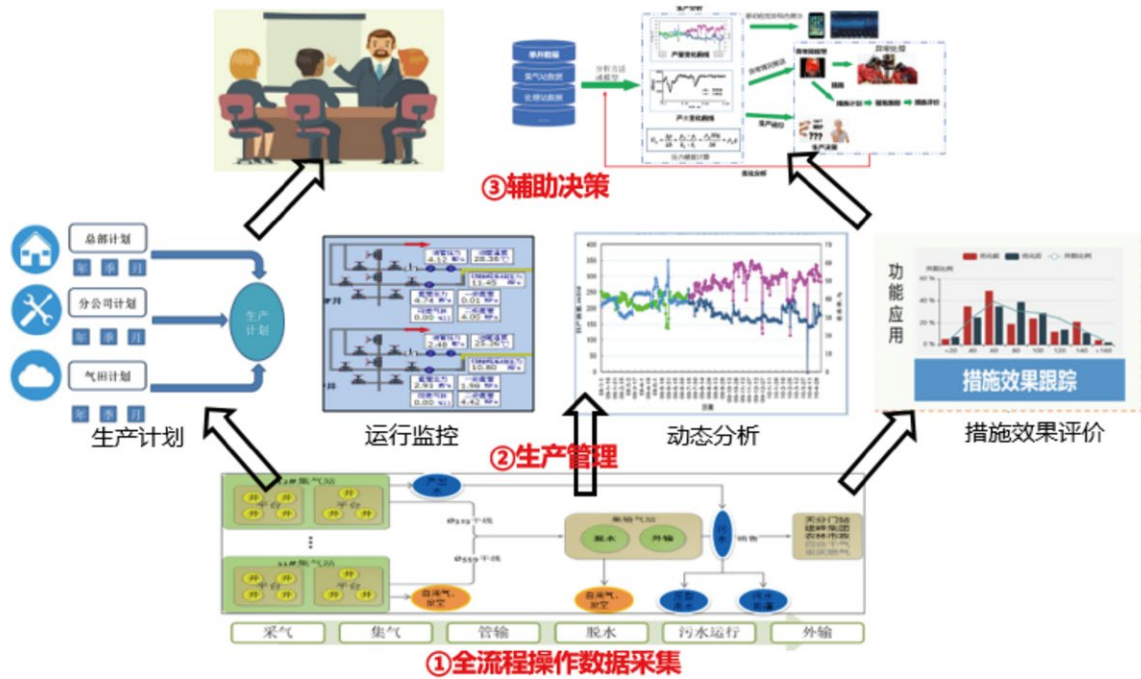
**瓦斯优化解决方案:**围绕具有优化潜质的瓦斯资源,实现瓦斯系统在线监测与运行优化系统,开展瓦斯资源优化的深化应用,提升企业瓦斯资源的调度水平和利用水平。

**热电管理解决方案:**以电力系统为对象,通过电力系统在线监控平台对电力系统生产数据进行全面监控,并基于数学建模方法对主网框架、电源节点、电网关键电气设备、线路分支、终端负荷等进行建模,实现对电力系统的诊断分析与远程诊断,实现调度、运行、设备、修试、技措、工程全过程管理和信息联通,指导电力系统的安全稳定优化运行。

## 业务侧

**智能油气田解决方案:**基于工业互联网平台,采用“数据+平台+应用”模式,围绕协同综合研究、一体化生产管控和资产全生命周期管理三条油田业务主线,以全面感知、集成协同、预警预测以及分析优化四个核心能力为目标,覆盖油气田核心六个业务领域,开展油气藏动态管理、单井管理、设备管理、管网管理、QHSE管理、生产运行优化、协同研究等智能化业务应用建设,提升油气勘探开发生产效率、降低劳动成本,推动油气田增储上产、绿色安全、高效运营、精细管理,达到资产价值最大化。

图12 智能油气田解决方案



来源:石化盈科

**智能工厂解决方案:**从全厂信息化咨询规划、技术方案、实施方案、一体化交付、自动化运维等多个方面,打造石化行业智能工厂解决方案,为石化企业提供三方面的核心能力:一是生产营运一体化管控能力,二是供应链一体化协同能力,三是全生命周期的一体化工程设计与交付能力。助力企业打造“千人千面”的个人工作台、构建低碳生产、安全生产等各类应用,提供数字化工程设计与交付、智能化生产运营决策、设备实时监控与预防性维修等多种经典行业应用场景服务。

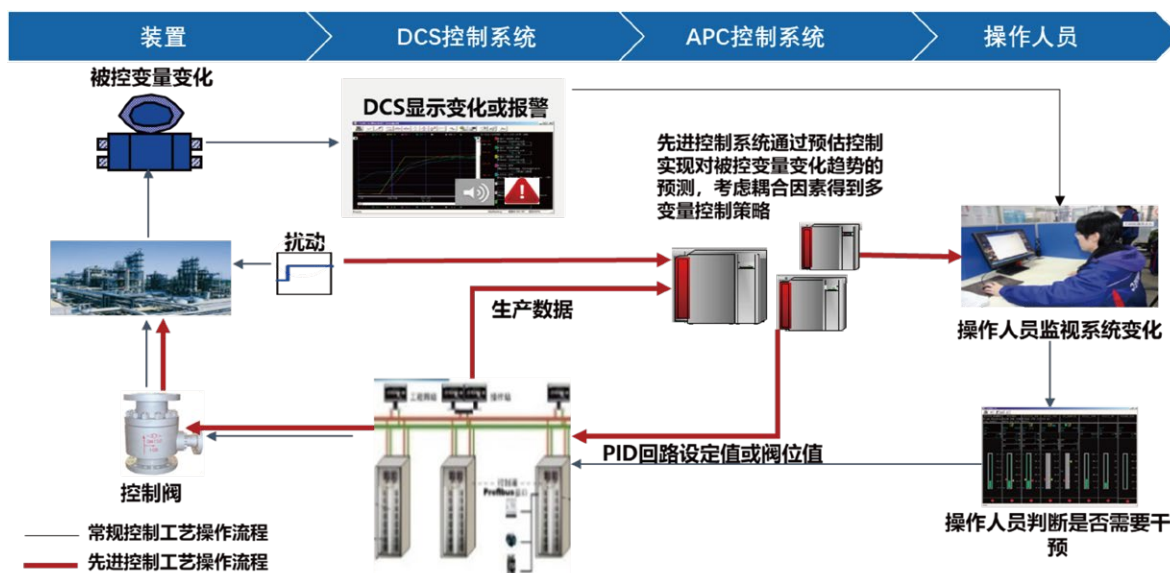
图13 智能工厂解决方案



来源:石化盈科

**先进控制解决方案:**基于先进的控制理论和控制方法,以工艺过程分析和数学模型计算为核心,以工厂控制网络和管理网络为信息载体,使生产过程控制由原来的常规PID控制过渡到多变量模型预测控制,最终实现增强装置运行的平稳性以及提高装置经济效益的目的。

图14 先进控制解决方案



来源:石化盈科

**流程模拟解决方案:**利用流程模拟软件,基于过程严格的“三传一反”机理,建立炼化生产装置流程模拟模型,通过物料平衡、能量平衡、化学平衡和相平衡计算,挖掘出有价值信息,为炼化生产过程服务,支撑生产过程决策,实现炼化装置挖潜增效、节能减排。

**装置在线优化解决方案:**利用数学模型、机理模型和快速、高效的优化计算技术,对生产装置运行参数进行优化调整,增强其对原材料波动和市场变化等的适应能力,使生产装置始终处于高效、低耗和安全的最佳运行状态。

**油气储运一体化解决方案:**集管线数字化、完整性管理、生产运行、应急响应、隐患治理、综合管理等6大功能为一体,采用云架构,构建“标准统一、数据完整、关系清晰、功能完善、集中集成、上下贯通、安全可靠”的管线管理系统,提高管线完整性管理、隐患治理、生产运行、应急响应的能力和水平,实现管线管理的数字化、可视化、智能化。

**智能油库解决方案:**以实现本质安全环保为方向,以零事故、零伤害、零污染为目标,以识别大风险、消除大隐患、杜绝大事故为核心,面向原油、成品油等各类独立油库,以生产管控、安全管控、环保管控为主线,深度融合现代油库管理业务与云计算、物联网、大数据等新一代信息技术,构建业务、数据一体化的智能油库管理系统。

图15 智能油库解决方案



来源:石化盈科

**智能加油站解决方案:**依托互联网、大数据、物联网、人工智能等技术,引入智能设备,优化、重构业务流程,打造业务智能化的新一代加油站。实现设备的智能管理和控制、客户的智能识别和服务、营销的精准投放和执行,全面提高加油站的运营能力和综合服务能力,打造以加油站为中心,“人·车·生活”一体化的新商业生态圈。

图16 智能加油站解决方案



来源:石化盈科

**电子商务解决方案:**覆盖采购电商、销售电商以及废旧物资处置交易,采购电商方案创新采购管理手段和商业运营模式,以工业品电子化采购平台为基础,应用云计算、大数据、移动互联、共享服务、分布式应用等先进互联网技术打造而成的更具灵活性、开放性、共享性的SC2B创新模式电商平台,销售电商方案为行业客户提供会员、商品、交易、支付、物流等核心电商服务能力,实现化工产品合约交易、现货交易、竞价交易、危化品销售、在线支付、预约提货等多种行业典型应用。

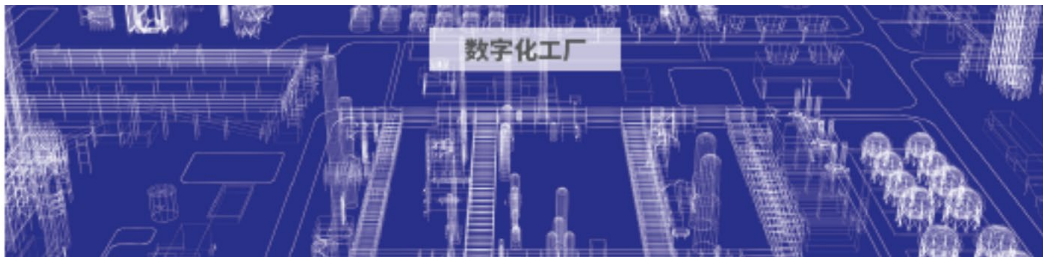
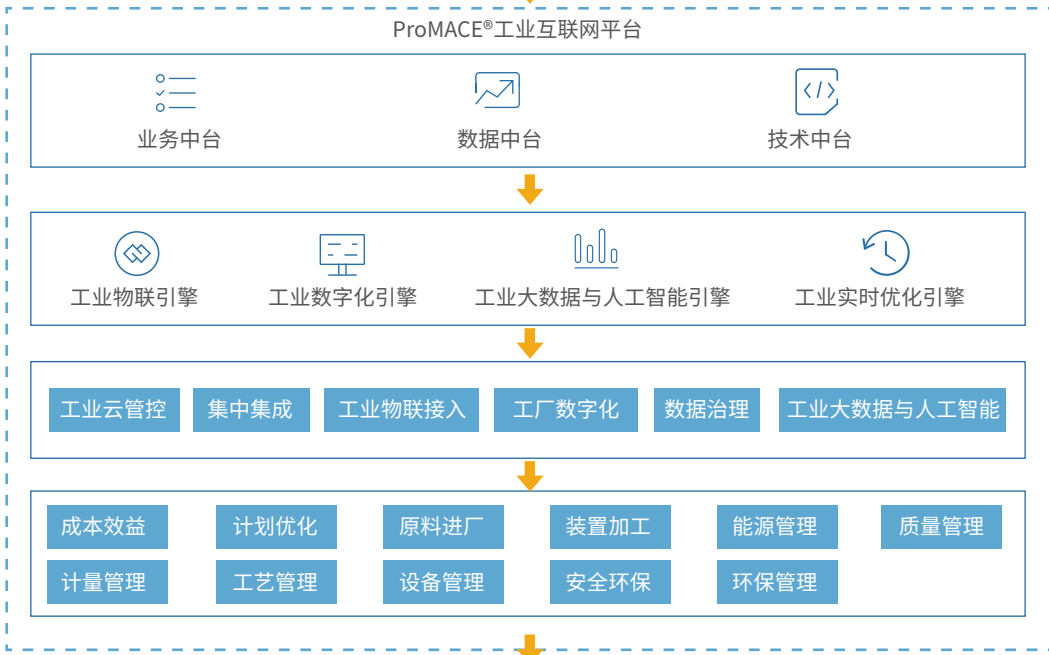
## 技术侧

**数据治理解决方案:**提供数据治理方法论和配套工具,帮助企业持续完善数据治理体系,沿企业主营业务打通信息链和数据流,围绕碳排放、碳资产管理等业务,提升数据质量,实现数据“清洁”,以支撑企业低碳运营效率提升和经营结果的真实呈现,实现智慧数据驱动绿色增长,充分实现数据资产价值。

**绿色数据中心解决方案:**数据中心机房,包括电工、电子、建筑装饰、暖通净化、弱电控制、消防等多专业、多学科、多领域的综合工程。石化盈科为企业数据中心机房新建、改扩建提供技术先进、经济合理、安全适用、节能环保的绿色数据中心解决方案,以统一的标准进行施工,节约建设和运行成本,降低数据中心能耗,提高整体效益,保障信息系统安全、稳定、可靠运行。

**ProMACE工业互联网平台解决方案:**致力于成为面向能源化工行业全产链自主可控的平台,成为新一代信息通信技术与实体经济深度融合的基础设施。ProMACE是支撑流程行业研发设计、生产制造、供应链管理、营销服务各业务环节的核心载体,是信息物理系统(CPS)在石油和化工行业的具体实现,是流程制造数字化、网络化、智能化的关键引擎。ProMACE可提供智能工厂、智能油气田、智能物流、智能管线等行业解决方案,满足行业内不同类型企业的需求。ProMACE工业互联网平台以业务中台、数据中台、技术中台三大中台为支撑基础,以工业物联、工业数字化、工业大数据与人工智能、工业实时优化四大工业引擎为驱动,为石油和化工企业消除信息孤岛、实现工业智能化、加速数字化转型提供能力支撑。

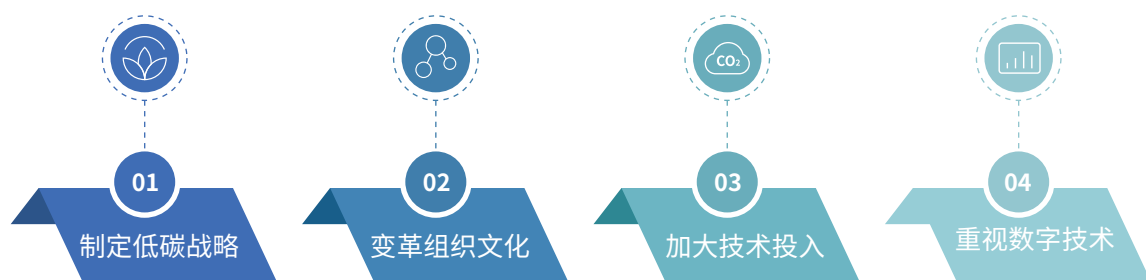




## 4.4 石油石化企业低碳转型的实施策略

当前能源行业急速转型为石油石化企业带来大量快速发展的机遇。但同时，企业也面临着能源需求大幅波动导致的能源危机频发的风险。保证国家能源需求是石油石化企业的职责，企业应加快智能技术应用，根据市场需求调整产品结构，因地制宜应用可再生能源，提高资源利用率和资源市场化配置比例。

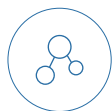
图17 石油石化企业低碳转型实施策略



来源: IDC, 2022



**制定低碳战略。**随着中国“3060”目标的提出，越来越多的石油石化企业将可持续发展和绿色低碳发展战略提上日程，将减少碳排放与实现碳中和的目标战略性地纳入企业运营管理决策之中，不仅能够降低石油石化企业的能源消耗和碳排放量，也有助于提高企业的资源利用效率，降低成本支出，获取更高的经济效益，增强国际国内市场竞争力，并最终实现石油石化企业的可持续发展。另外石油石化企业应该重视数字化投入，运用数字化、信息化手段实现企业绿色发展。



**变革组织文化。**石油石化企业应将低碳发展落实到日常生产经营当中，成立低碳发展部门，监督落实石油石化企业制定的低碳发展战略。同时石油石化企业应重视企业文化，合理融入低碳理念。企业内部文化方面，培养员工的低碳意识、低碳能力和低碳责任心。企业外部文化方面，以塑造企业的低碳节能品牌形象为主，这需要石油石化企业能够真正发展相关低碳产业，依靠低碳产业逐步深化企业品牌形象。另外企业应当注重数字文化的培养，以企业数字文化提高企业领导的数字思维能力和专业素质，提高企业员工的数字素养和技能；以企业数字文化引领企业数字化转型，构建数字化经营模式和生态系统。



**加大对低碳能源和低碳技术的开发。**我国石油石化企业应加大对风、光、潮汐、氢能等清洁能源的开发力度,在日常生产运营中逐步加大清洁能源的使用比例。同时,大力研发、应用石油石化绿色生产过程中所需的低碳技术,减少温室气体的排放。



**大力重视应用数字技术。**随着数字技术在石油石化行业中的应用程度不断提升,需要将数字技术部门提升到重要位置。将智能物联网技术、虚拟集成技术、云计算技术等新兴技术应用于石油石化行业,提升企业对能耗控制、排放泄露、能源与物资再利用、物流管理、环保控制等方面的管控、处理能力。石油石化企业应大力建设石化工业物联网平台,基于平台能力开发各类工业APP,助力石油石化企业绿色发展。



# 第五章

## 携手加速创新 共迎智能未来



随着石油石化行业智能工厂、数字透明工厂的建设目标逐步落实到位,未来的石化企业将形成以智能化生产服务体系为核心的生产生态系统,设备与设备之间、生产单元和生产单元之间智能互联。绝大部分能源由新一代清洁能源系统提供,化石原料将主要用于有机化工生产,人工智能辅助设计从设计源头就自动形成回收拆解设计方案,为日后回收做好准备。大数据和区块链技术则实现废弃化工产品的精准回收,避免化工产品被抛弃到自然环境中造成污染。

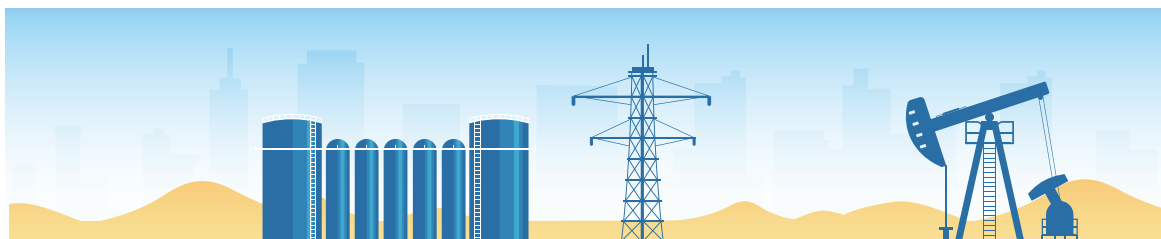
随着整个行业产能结构调整的逐步到位,预计到2030年前全国石油石化行业产品结构中,成品油生产比例将达到顶峰。到2060年,随着全国石油石化产业转型的实施到位,石化能源产品结构将完全适应绿色能源市场的需求,碳中和供能体系将基本建设成型。

### 5.1 石油石化行业绿色智能发展面临的挑战

在实现石油石化产业向智能化绿色产业转型的过程中面临一系列的挑战。



**发展经济与双碳目标的有机均衡:**我国仍是世界最大的发展中国家,经济发展仍与碳排放紧密关联。未来30年我国在实现碳中和的同时,还要保持经济中高速发展,这就要求我国经济发展必须与碳排放脱钩,进入转型升级的新时代。石油石化行业需要在保持高速发展的前提下,进行全产业减碳。





**绿色壁垒下的外贸限制:**发达国家近年来不断对我国施加绿色壁垒。欧洲议会投票通过了“碳边界调整机制”(CBAM) 议案, 计划自2023年起, 对应对气候变化行动不力国家的某些产品征收进口关税, 且明确该机制将覆盖炼油、化工高能耗产业。CBAM实施后, 若参照欧盟行业先进技术标准, 我国石化产品将不得不通过额外缴纳碳关税才能进入欧盟市场, 因此将面临出口成本增加、价格优势削减的风险。为了打破发达国家的绿色壁垒, 我国石油石化行业必须向低碳、绿色石油石化转型。



**技术迭代下的创新加速:**在数字化和信息化时代, 应用于石油石化行业的低碳技术迭代迅速。处于新兴技术前沿的国家和企业可能会抢先完成新技术的开发和应用, 而跟随者则会总是处于落后状态。在“双碳”目标的大背景下, 石油石化行业应抓住机遇, 在窗口期快速转型。反之, 一旦放慢转型步伐, 维持传统技术的继续扩张, 不仅会错失转型抢占市场的先机, 还将丧失处于同一起点的优势。低碳发展不仅是能源供应领域的重大转型, 更是所有终端用能技术和设备的低碳转型, 所有和能源相关的技术和装备都会出现新一代适应低碳零碳的根本性变化, 率先实现低碳化将意味着全面的技术和市场领先。

## 5.2 石油石化行业低碳合作新生态

随着石油石化产业转型的要求越来越紧迫, 各大科研院所、技术厂商、新能源厂商、石化工业互联网平台公司及数字技术厂商等都加入到建设石油石化产业智能化绿色转型的事业中来, 在石油石化产业中发挥自身优势, 服务石油石化产业建设。



**科研院所**泛指对石油石化行业进行学术、理论探究的高等院校、研究院、设计院等机构。科研院所的专家学者深耕于石油石化行业, 对于行业的现状、存在的痛点以及未来发展方向进行系统性研究, 拥有大量理论基础。石油石化公司需要与科研院所积极合作, 注重“产、学、研、用”紧密结合, 合作开展重大专项和科技攻关项目研究。



**新能源厂商**专注于新能源的生产、利用, 对于石油石化企业产能用能的绿色转型起到重要作用。如光伏厂商和储能厂商可以为石油石化企业生产、储存、使用绿电提供设备、技术支持。



**石化工业互联网平台公司**扎根于石油石化行业, 了解石油石化业务, 同时, 拥有雄厚的技术力量支持, 熟悉智能技术的原理、操作及应用场景, 对于智能技术的落地实施起到了中流砥柱的作用。石化盈科对于智能技术的理解更贴近于石油石化公司的实际应用, 基于ProMACE工业互联网平台, 携手生态合作伙伴, 围绕客户痛点难点, 为企业提供一站式数字化解决方案, 促进石油石化企业的绿色、智能化发展。



数字技术厂商利用自身人工智能、云存储、云计算、物流运输等方面的优势,为石化企业提供智能技术、动态图像技术、图像自动识别技术、无人驾驶技术等,形成了“数字化+能源”的新型多种商业服务模式。技术厂商拥有超算能力、云存储能力、图形计算能力等国际领先技术能力,可以有效地帮助国内的石油石化企业解决算力不足、运算峰值和数据传输动态分配、图形自动识别和高精度图形重构等问题。

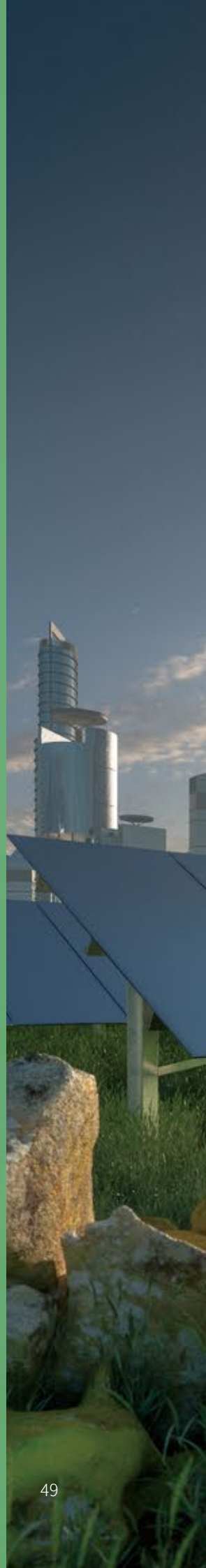
要实现在全球大范围、大规模地减少石油石化行业的碳排放目标,就需要广泛将数字技术与石油石化减碳技术相结合,运用云计算、大数据、人工智能、物联网、数字孪生等数字化、智能化手段,提高作业效率、设备使用效率、能源使用效率、单位人工效率等关键指标,削减碳排放量,早日达成“碳中和”目标。



# 结语

应对全球气候变化挑战,提高能源使用效率,建设绿色和谐的人类命运共同体是当前人类共同面对的紧迫问题。智能技术是解决这一问题的重要手段。石油石化行业作为全球能源和化学工业重要的组成部分,对人类未来发展具有关键作用。要实现绿色和谐社会,石油石化行业需要应用最新的数字化、智能化技术以达到产业升级的目的。智能技术在提高能源管理效率、改进能源使用方式、预测能耗水平等方面,具有不可替代的作用。我国石油石化行业正处于全球产业升级、力争实现“双碳”战略目标的关键时期。因此全面吸收“新时代”智能科技发展成果,实现石油石化产业与智能技术深度融合,构建智慧石化、绿色石化是未来我国石油石化行业发展的必然选择。

未来应进一步推动能源消费革命、能源供给革命、能源技术革命和能源体制革命,全方位加强国际合作,着力构建清洁低碳、安全高效的能源体系。在“四个革命、一个合作”能源安全新战略指导下,我国的石油石化产业必将抓住全球能源产业变革,世界智能技术大发展的契机,推进化石能源洁净化、洁净能源规模化、生产过程低碳化、能源产品绿色化,提高绿色低碳竞争力,构建绿色智慧石化生态体系,为建成“美丽中国”做出切实贡献。



## 参考文献

1. 工业和信息化部、国家发展和改革委员会, 2022,《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》
2. 国家发展改革委, 2021,《关于引导加大金融支持力度促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》
3. 全球能源互联网发展合作组织, 2021,《中国2030年前碳达峰研究报告》
4. 中国石油天然气股份有限公司规划总院, 2021,《中国石化产业发展“十四五”展望与分析》
- 5.《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》, 2021
6. 中国石化, 2022,《中国石化2021可持续发展报告》
7. 石化盈科, 2021,《环境、社会及管治报告》
8. IDC, 2021,《云计算减排预测(2020-2024年)》

## 研究成果

### 2019 石化盈科

石油化工行业数字化转型成熟度评估报告

### 2020 IDC 石化盈科

守正出奇开拓创新

——能源化工数字化转型实践与启示

### 2021 IDC 石化盈科

数字化转型智造未来

——石油石化行业数字化转型白皮书

### 2022 石化盈科

数字赋能智赢未来

——能源化工行业数字化转型指南

### 2022 IDC 石化盈科

绿色可持续 石化新使命

——石油石化行业绿色低碳发展白皮书



## 关于石化盈科

石化盈科信息技术有限责任公司(简称石化盈科)成立于2002年,是由中国石油化工股份有限公司、香港电讯盈科企业资源有限公司共同出资成立的合资公司,2022年引入战略投资者浙江中控技术股份有限公司,目前公司股权结构为中国石化、电讯盈科、中控技术分别持股55%、23%、22%,注册资本5亿元人民币。公司本部设在北京,在北京、上海、广州、南京、西安、武汉、沈阳、香港等地设立了分支机构。

石化盈科是能源化工行业全产业链信息化解决方案和产品的提供商,为客户提供优质和专业的数字化转型服务。依托多年能源化工行业信息化实践经验,面向未来产业互联趋势,石化盈科以客户为中心,构建起咨询规划、数据治理、系统实施、集成、运维及运营的完整数字化服务价值链,形成了咨询规划、智慧经营、智能制造、商业新业态、新基础设施、智能硬件等核心业务,打造了面向能源化工行业、具有自主知识产权的工业互联网平台ProMACE®,积聚工业数据、工业模型、工业知识和丰富的行业级解决方案,创新信息化建设模式和平台运营模式,助力企业重构和优化价值链,形成产业竞争新优势。

### 石化盈科信息技术有限责任公司

北京市东城区东四十条甲22号南新仓商务大厦12层

+86.10.84191188

www.pcitc.com

---

## 关于IDC

国际数据公司(IDC)是在信息技术、电信行业和消费科技领域,全球领先的专业的市场调查、咨询服务及会展活动提供商。IDC帮助IT专业人士、业务主管和投资机构制定以事实为基础的技术采购决策和业务发展战略。IDC在全球拥有超过1100名分析师,他们针对110多个国家的技术和行业发展机遇和趋势,提供全球化、区域性和本地化的专业意见。在IDC超过50年的发展历史中,众多企业客户借助IDC的战略分析实现了其关键业务目标。IDC是IDG旗下子公司,IDG是全球领先的媒体出版、会展服务及研究咨询公司。

### IDC China

IDC中国(北京):中国北京市东城区北三环东路36号环球贸易中心E座901室

邮编:100013

+86.10.5889.1666

Twitter: @IDC

idc-community.com

www.idc.com

## **版权声明**

凡是在广告、新闻发布稿或促销材料中使用 IDC 信息或提及 IDC 都需要预先获得 IDC 的书面许可。如需获取许可，请致信 [gms@idc.com](mailto:gms@idc.com)。翻译或本地化本文档需要 IDC 额外的许可。获取更多信息请访问 [www.idc.com](http://www.idc.com)，获取更多有关 IDC GMS 信息，请访问 <https://www.idc.com/prodserv/custom-solutions>。

版权所有 2022 IDC。未经许可，不得复制。保留所有权利。