

# 迈向“双碳”研究系列报告

《中国国内石油生产碳排放强度指数》  
(I 系列-2024I01)

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心  
中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

2024 年 12 月 28 日



中国油气产业发展研究中心

Research Center for China's Oil and Gas Industry Development

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心成立于 2010 年，并挂靠在经济管理学院。中心定位为“国际知名、国内一流的油气产业发展研究基地”，围绕五大研究方向和五大应用领域，重点承担和开展一批基础理论与实践应用研究课题。自成立以来，中心学术影响力和社会影响力在不断提升，已经累计承担课题 100 多项，其中国家社科基金重大项目 1 项、教育部人文社科基金重大项目 1 项、国家自然科学基金/社会科学基金项目 9 项、国际合作基金 2 项、国家部委项目 31 项、企业项目 75 项；出版了学术专著 19 部、教材 4 部。近 5 年，中心发表学术论文 100 多篇，多数被 SCI/SSCI/CSSCI/CSCD 收录；获得国家能源局、商务部、中国石油和化学工业联合会等省部级科技奖励 16 项。目前中心有研究人员 12 名，其中教授 5 名，博士生导师 5 人。



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院(简称“中石大碳能院”)是在国家碳达峰和碳中和目标(简称“双碳”目标)下,中国石油大学(北京)主动服务国家需求,积极响应国家建设高校特色智库的要求,结合学校自身优势,于2021年9月成立的智库性质的研究机构,也是支持中国石油大学(北京)“一带一路”能源合作伙伴关系合作网络高校(青年)工作组组长单位业务开展的主要研究机构。中石大碳能院为应对气候变化和“双碳”目标下的国际、国家、行业、企业在能源与油气领域的发展提供第三方分析、评价与政策建议。通过每年向社会公众发布指数类、研究类、专题类系列报告,并向国家决策部门和行业决策者提供政策建议,定期举办相关特色论坛等,逐步打造“立足中国、面向世界”、“聚焦油气、辐射能源”的特色鲜明的能源类高校“双碳”政策类研究智库。

# 中国国内石油生产碳排放强度指数

## 核心摘要

全球能源格局正在经历深刻的重塑，稳中求进依然是当前时代能源转型的主旋律。石油行业深入贯彻落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，国内石油勘探开发力度持续加大，2023 国内原油产量增长至 2.08 亿吨。既要保证安全供应，又要实现生产侧低碳发展成为当前油气行业面临的双重挑战，开展石油生产碳强度研究是助力油气行业碳中和目标实现的重要抓手。本报告以 2023 年国内在生产的 200 余个油田区块生产数据为依据，基于改进的中国石油生产碳排放核算模型对所有区块生产期内的碳排放强度进行核算。主要结果表明：国内油田区块生产碳强度较去年有不同程度波动，但国内整体石油生产碳排放强度较去年略有上涨，主要原因是非常规石油资源动用加速和在产老油田含水上升并陆续进入三次强化采油期。展望未来在石油安全保供和开发减碳的要求下，建议强化石油增储上产过程的能耗排放双控持续管理，同时因地制宜推广油田多能融合发展的优良做法、加速推动全行业范围内多能融合纵深发展。

## 1. 研究背景与目的

“双碳”目标下，未来煤炭大规模退出与可再生能源快速提升的能源转型路径日渐明晰。由于可再生能源发展尚处于探索阶段尚不成熟，煤炭的退出成为大势所趋，油气在面向碳中和的能源转型过程中将发挥重要作用。国家大力号召加大油气勘探开发力度，2023年中国石油产量增加到2.08亿吨，国内原油稳产增产的基本盘进一步夯实，但对外依存度增至73%，保障国内石油产量仍是重要的战略问题。

石油资源的低碳开发与生产过程碳减排成为可持续发展的必然要求。一方面，科学核算、系统认识中国油气生产的碳排放强度与动态变化趋势，将成为石油上游生产碳排放的重要抓手。本报告立足于中国油气生产实践，在全面调研和科学筛选的基础上，以2023年在生产的200余个国内陆地、海洋油田区块生产数据为依据，采用改进版的中国石油生产碳排放核算模型，核算了不同区块的碳排放强度，并分析了国内的石油生产碳排放强度演进趋势，以期为中国国内石油上游生产碳核算与低碳发展提供分析思路与信息参考。

## 2. 研究思路与方法

### 2.1 数据基础及来源

本报告综合国内石油产量、资源类型、分布地区、运营公司等主要指标，研究对象选取2023年正在生产的200余个国内油田区块（2P储量在0.5亿吨以上），历史生产期内年度石油产量平均占到国内总产量的85%以上。以此为数据基础核算分析国内上游石油生产碳排放情况，所研究的油田区块分布在松辽盆地、鄂尔多斯盆地、塔

里木盆地等主要油气盆地，分别由中国石油、中国石化、中国海油、延长石油、民营公司等油气公司生产运营。石油生产相关的基础数据来源于学术文献、公开报告整理及商业数据库补充。

## 2.2 研究边界及范围

本研究的研究边界为石油上游生产领域，油田生产碳排放核算主要包括勘探阶段、钻井阶段、开采阶段、处理阶段和运输阶段的“井口-炼厂入口”系统边界内的碳排放，如图 1 所示。根据世界资源研究所（World Resources Institute）温室气体核算体系标准将企业的温室气体排放划分为 3 个范围，石油生产范围 1 碳排放包括井场动力系统燃料燃烧、生成过程伴生气体逸散排放等，范围 2 碳排放包括外购生产用电排放等，范围 3 包括外购的生产物资碳排放及相关运输活动、土地利用排放等。本报告中的碳排放包含  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{VOC}$  和  $\text{N}_2\text{O}$  五类温室气体的综合排放，不同温室气体的全球变暖潜能值（GWP）参考 IPCC 第六次评估报告公布的最新数据。

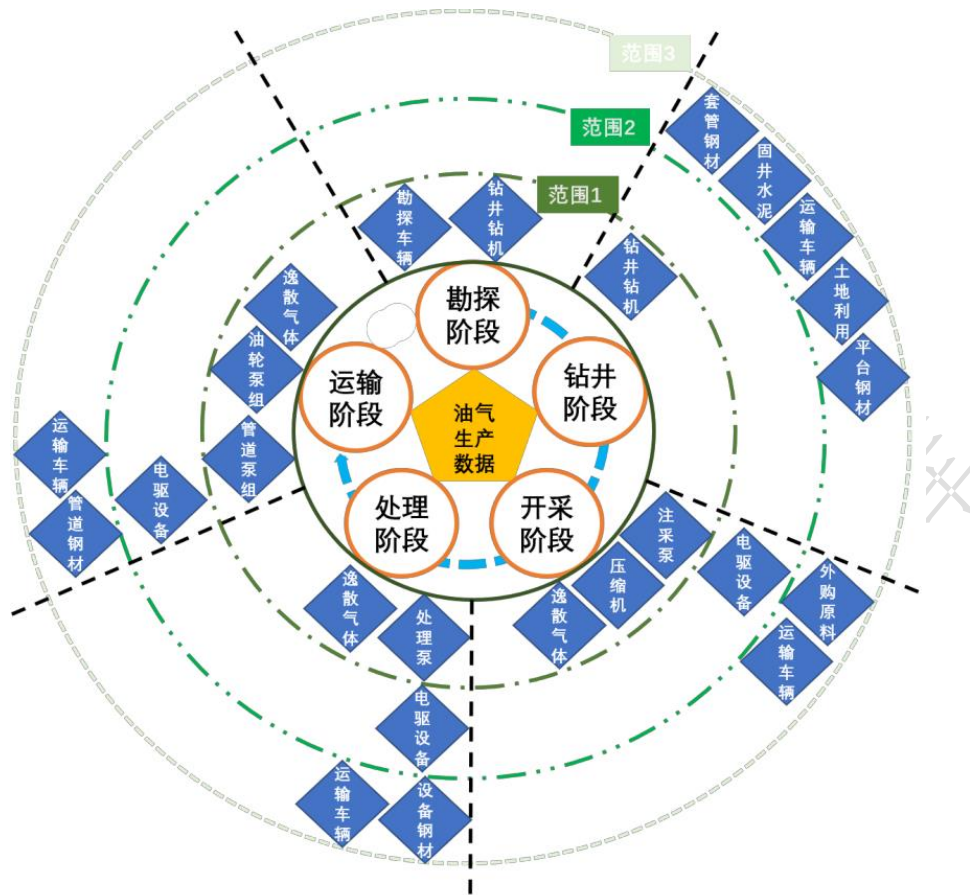


图 1 石油生产碳排放核算边界与范围

### 2.3 研究方法

石油生产碳排放强度核算方面，本报告采用自底向上的建模方法，参考斯坦福大学环境评估与优化小组的全球石油生产温室气体排放核算（OPGEE）框架，基于中国的石油生产活动及油田区块的历史生产数据集，构建了符合国内石油生产活动的碳排放核算工程模型。同时在数据的时效性方面，充分搜集整理油田生产区块截止 2023 年各生产阶段的数据参数，将最新的油田生产碳排放强度结果更新到 2023 年。

## 3. 主要研究结果与结论

### (1) 石油生产碳排放强度

2023 年中国 242 个油田区块的石油生产碳强度分布在 15.2 kgCO<sub>2</sub>e/桶到 102.2kgCO<sub>2</sub>e/桶之间，国内产量加权平均生产碳强度为 36.8 7kgCO<sub>2</sub>e/桶。中国石油的生产碳排放强度为 43.37 kgCO<sub>2</sub>e/桶，相比去年上涨 0.2 kgCO<sub>2</sub>e/桶；中国石化的生产碳排放强度为 34.9 kgCO<sub>2</sub>e/桶，相比去年上涨 0.47 kgCO<sub>2</sub>e/桶；中国海油的生产碳排放强度为 21.65 kgCO<sub>2</sub>e/桶，相比去年上涨 1.39 kgCO<sub>2</sub>e/桶；延长石油的生产碳排放强度为 38.4 kgCO<sub>2</sub>e/桶，相比去年下降 0.34 kgCO<sub>2</sub>e/桶。

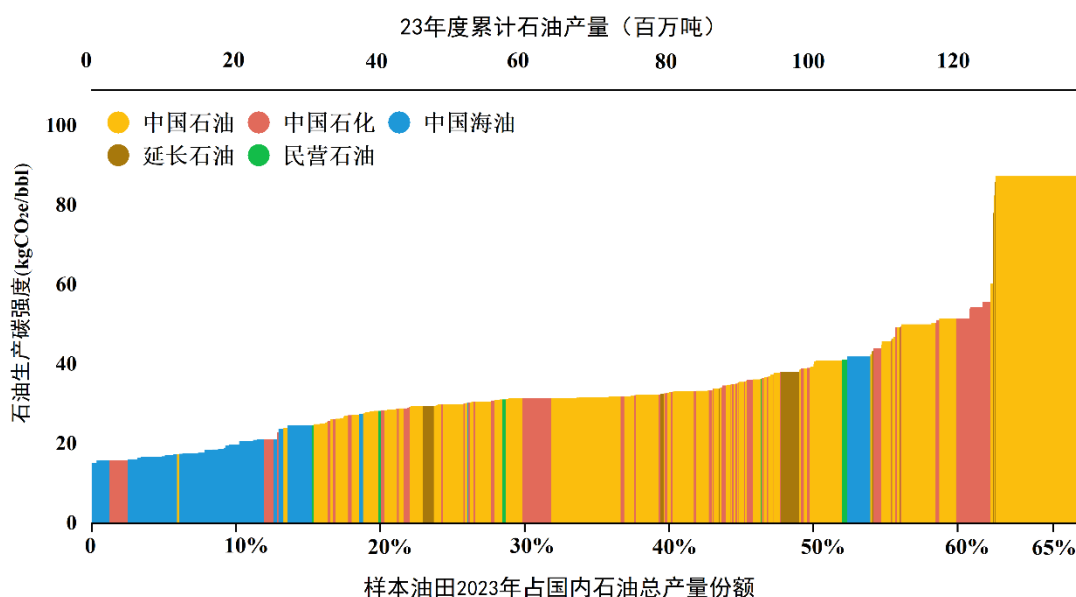


图 2 2023 年中国油田区块生产碳强度

## (2) 石油生产碳排放强度指数

根据样本区块的产量加权得到不同年份国内原油生产的碳排放强度，以 1960 年为基准年,基准指数值取 100，得到中国国内原油生产的碳排放强度指数时间序列，表征我国石油开发的碳排放强度演进趋势。



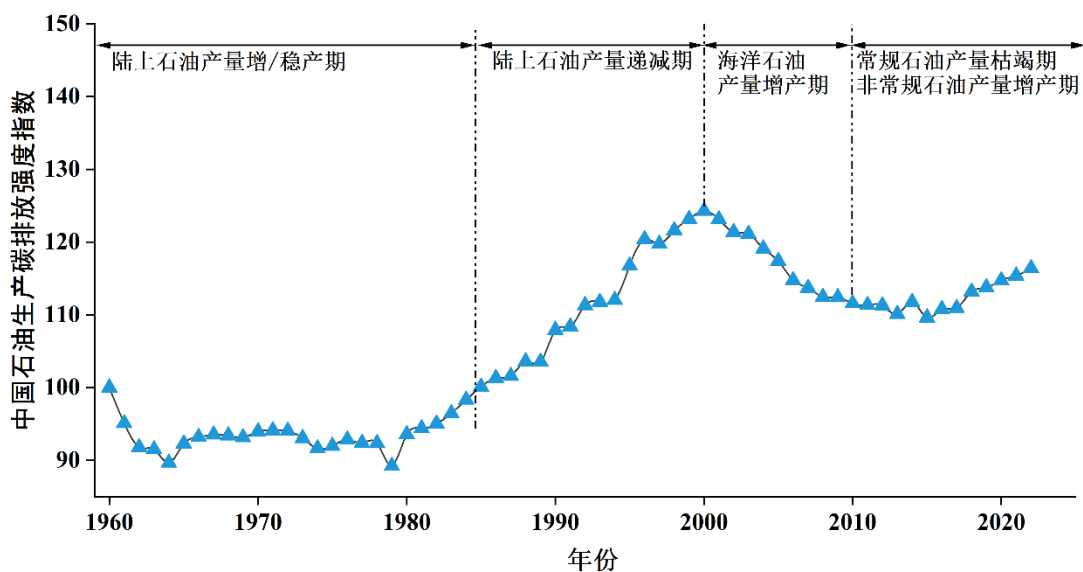


图3 中国石油生产碳排放强度指数

目前国内石油开发进入到常规石油产量衰竭期及非常规石油产量增产期，以大庆油田为代表的国内常规石油产量快速递减，加之高含水老油田的生产碳强度持续增长，使得国内石油生产碳强度面临增长的压力。本报告样本数据表明，2023年石油生产碳排放指数较2022年略有上涨，涨幅约为1%，主要原因为中国石油增储上产过程中非常规石油资源动用加速、老区挖潜、在产大型油田陆续进入三次强化采油期。

#### 4. 主要结论及政策建议

##### 4.1 主要结论

- 中国不同油田区块的原油生产碳排放强度分布在  $15.2\text{kgCO}_2\text{e}/\text{桶}$  ~  $102.2\text{kgCO}_2\text{e}/\text{桶}$  之间，2023年国内产量加权均值为  $43.37\text{kgCO}_2\text{e}/\text{桶}$ ，较去年略有上涨。随着老区资源劣化、非常规石油产量动用加速，未来中国石油生产碳强度上升压力依然存在。

## 4.2 政策建议

(1) **强化石油增储上产过程的能耗排放双控持续管理。**2024 年中国首部能源法案的出台，再次强化了石油增储上产的明确导向，中国在产老油田陆续进入三次强化采油阶段，油田能耗和碳排放强度攀升，未来石油增产和减排的压力持续存在。部分油田企业尚存在基础监测不完善的问题，建议油田企业健全“监测-改进-监测”的长效机制和持续改进体系，定期对管理效果进行评估。

(2) **因地制宜推广油田多能融合发展的优良做法，鼓励油田企业间对标。**传统油田正逐步向多能融合的新型能源生产基地转型，多能融合发展模式是保障能源供应安全和减碳目标的重要途径。建议根据不同油田的位置和资源条件探索推广多能融合发展的优良做法，并建立企业间对标管理体系，形成以技术创新为核心、资源协同为支撑的智慧能源共享生态系统，推动全行业范围内多能融合纵深发展。

## 关于作者

系列报告总协调人：王建良

本报告主笔人：



唐旭，中国石油大学（北京）教授，博导。耶鲁大学、瑞典乌普萨拉大学访问学者。从事能源经济与管理、管理系统工程等研究。主持国家自然科学基金等多项省部级以上课题；在国内外高水平学术期刊上发表文章 50 余篇，主编出版专著 2 部、教材 3 部；曾获北京市青年教学名师、北京市优秀博士学位论文等。



马志达，中国石油大学（北京）经济管理学院管理科学与工程专业博士研究生，曾在中石化勘探院实习。研究方向为能源系统与碳管理，参与研究国家自然科学基金项目、中国工程院委托课题、中国自然资源经济研究院委托课题、中海油委托课题等共 9 项。



王建良，中国石油大学（北京）教授，博导。主要研究领域为油气系统工程、能源经济管理。以第一或通讯发表高水平文章 50 余篇，多篇文章入选 ESI 全球高被引文章、中国石油科学十佳论文提名奖、《天然气工业》期刊高被引论文、领跑者 5000 论文等。出版中英文著作 6 部，教材 2 部。承担国家自然科学基金等多个省部级以上项目。



季海辰，中国石油大学（北京）经济管理学院管理科学与工程专业博士研究生。研究方向为能源系统与碳管理，参与研究国家自然科学基金项目、中国工程院委托课题、中海油委托课题等共 5 项。

本报告校对：王建良

报告引用：唐旭，马志达，王建良，季海辰. 中国国内石油生产碳排放强度指数[R]. 中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院, 2024I01, 2024 年 12 月 28 日.



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University of Petroleum,  
Beijing (ICED-CUPB)

联系电话：010-89733072

邮箱：[iced-cupb@cup.edu.cn](mailto:iced-cupb@cup.edu.cn)

微信公众号：ICED-CUPB

地址：北京市昌平区府学路 18 号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

