

中国能源展望 2060



中国石化
SINOPEC

中国石化集团经济技术研究院有限公司 编著
中国石化咨询有限责任公司

2025年版



《中国能源展望2060（2025年版）》编写委员会

主 任：马永生 赵 东

副 主 任：戴照明 顾松园

委 员：罗大清 李 志 王 佩

主 编：罗大清 刘潇潇 王 盼

编写组成员：王 盼 刘潇潇 乞孟迪 马 莉 蒋 珊

陈 前 崔 宇 程 诺 曹 勇 郑步高

聂浩宇 赵 睿 隋谨伊 管 聪

前言

从原始社会到农耕文明，从工业革命到信息时代，能源始终是人类赖以生存和发展的重要物质基础。特别是工业革命以来，能源与产业更加密不可分。推进能源绿色低碳转型，是关乎经济社会全局的系统性工程。实现能源绿色低碳转型，有助于国家安全稳定和人类永续发展。

自2014年“四个革命、一个合作”能源安全新战略提出以来，特别是自2020年“双碳”目标确立以来，我国在能源转型领域取得了举世瞩目的成就，也遇到了前所未有的挑战。一方面，清洁能源发展驶入快车道，2013—2023年间，我国清洁能源消费比重提高了11个百分点，清洁能源发电量贡献了全社会用电增量的一半以上，能源含“绿”量不断提升。另一方面，能源系统在安全稳定、绿色低碳、经济高效三角之间的张力更为显现，能源系统的敏感性及能源风险的关联性显著提高，支撑高碳化石能源规模化退出的技术、设施、制度、市场等条件尚不十分成熟。

面对波谲云诡的国际环境和高质量发展的国内主题，为科学规划建设新型能源体系，推进我国能源绿色低碳转型向深发展，我们亟待关注并廓清一些重大问题。例如，随着新能源补贴退坡，支撑能源持续转型的新动力来自哪里？又如，随着可再生能源占比的不断提升，能源转型总投资将跃上新台阶，如何科学系统地核算并公平合理地负担转型成本？再如，随着非化石能源的增长替代，以及能源消费和碳排放的“分化”，该如何重新评估资源环境对经济社会发展的合理承载力？

今年，是中国石化集团经济技术研究院有限公司（中国石化咨询有限责任公司）连续第三年向全社会公开发布中国能源发展中长期预测报告。身处能源化工产业之中，我们对清洁能源的蓬勃生机和传统能源的路径依赖都有真切的感受。总结前两版报告所收到的宝贵意见建议，结合国际国内出现的新情况新趋势，我们进一步深化认识、完善模型、更新预测，形成了《中国能源展望2060（2025年版）》。对照前版，本报告主要有三大值得关注的亮点：

1. 将能源消费长期展望和近中期剖析结合起来。我们处在奋战收官“十四五”、前瞻谋划“十五五”的关键节点上，报告通过深入探讨能源消费弹性、化石能源消费峰值、风电光伏产业增速等热点问题，提出关于我国能源转型路径特征和能源产业重点任务的认识。

2. 将微观用能场景测算和宏观转型潜力研判结合起来。在确保经济持续稳定发展的优先级不断提升的背景下，报告通过深化对传统高耗能行业转型分析，以及对数智化、新能源相关新兴产业发展前景和用能预测，综合研判我国清洁能源消费增长和替代潜力。

3. 将能源品种供应安全和能源系统运行稳定结合起来。报告一方面自下而上详细分析各能源品种供需平衡情况，另一方面自上而下尝试从能源系统的高度，探讨新型储能、CCUS、气电、绿色氢氨醇等产业定位和发展趋势，加深对能源转型内在逻辑规律的认识，从而对照不同宏观转型情景，研判能源转型可能性路径。

能源转型是一场需要勇气、智慧与毅力的变革。此刻的我们正处在黎明之前，尽管早已标定了目的地，但晨雾锁江、航道依稀。中国石化集团经济技术研究院有限公司（中国石化咨询有限责任公司）致力于成为政府信赖的智囊团、集团倚重的参谋部、市场认可的思想库，我们将继续努力当好“瞭望者”，为我国能源转型辨识方向、探寻前路；我们更希望与能源行业同仁及其他行业的朋友一道，加强交流、深化研究、汇聚共识、付诸实践，共同实现我国能源绿色低碳安全转型和经济社会高质量发展。

《中国能源展望2060（2025年版）》编写委员会

2024年12月

摘要

宏观环境方面，全球经济持续低速增长，通胀风险犹存，发达经济体加速构建以碳排放为核心的新型绿色贸易壁垒，使得国际政治经济形势日趋复杂，给我国经济发展和能源转型带来挑战。我国经济处于结构调整、转型升级的关键期，长期向好趋势不改，但是，现阶段面临如何更好激发有效需求、推动产业向上递进跨越、进而实现高质量可持续发展的挑战。近中期看驱动能源消费增长的传统和新兴动力均较为强劲，伴随着非化石能源供给激增和消纳瓶颈的显现，国内外低碳技术路径竞争悄然升级，产业转化进程再度提速，未来能源转型路径将在这种竞争中愈辩愈明。为给这种低碳技术竞争和低碳能源替代创造更为有利条件，积极稳妥推进碳达峰碳中和，预计政策领域将呈现三种新趋势——管控重点从能耗转向碳排放、政策措施从直接补贴转向目标约束和市场机制、转型动力从政策外驱转向产业内驱。

本报告设置协调转型、安全挑战、绿色驱动三大情景。三者均以实现2030年前碳达峰、2060年碳中和为目标。在协调转型情景下：

我国一次能源消费增幅正在收窄，能源产业存量竞争明显加剧。2024年，我国能源消费总量达到59.7亿吨标准煤、同比增长4.3%，非化石能源消费占比首次超越石油、增至19.7%。在“强惯性”和“新动能”共同作用下，预计我国能源消费总量将持续增长，于2030年后进入平台期，在此期间，非化石能源对总量的增长贡献率有望超过80%。从2035年到2060年，我国能源消费总量将从大约69.4亿吨标准煤的峰值降至59.5亿吨标准煤左右。

我国煤炭消费总量即将步入峰值平台期。2024年，我国煤炭消费总量增至48.5亿吨，在能源消费总量中的占比降至54%。预计当前至2029年，我国煤炭消费总量都将处于48亿吨以上的平台期，与此同时，煤炭消费结构加速调整，发电用煤占比将从54%提升至58%。到2060年，我国煤炭消费总量将降至5亿吨以内。

我国石油消费平台期特征日渐显现。2024年，我国石油消费总量罕见下降，为7.5亿吨，与工业领域有效需求不足、燃油车增长出现拐点、新能源和LNG汽车加速替代等有关。预计“十五五”期间，在化工用油增长托举下，我国石油消费总量都将处于7.7亿吨以上的平台期，峰值7.9亿—8.0亿吨。到2060年，我国石油消费总量将降至2.6亿吨左右。

我国天然气消费重新步入中高速增长轨道。2024年，我国天然气消费总量达到4300亿立方米，预计“十五五”期间再增1100多亿立方米，并于2035—2040年来到峰值平台期，峰值消费量约为6200亿立方米。近中期看，工业领域气代煤和LNG重卡爆发式增长是驱动天然气消费量增长的主要动力。到2060年，我国天然气消费总量将回落到大约4200亿立方米。

我国新能源产业高速扩张，消纳瓶颈亟待破解。2024年，我国非化石能源供应总量增至11.8亿吨标准煤，其中光伏、风电的增长贡献度最大，风电光伏装机规模达到13.8亿千瓦、发电量合计1.8万亿千瓦·时。近中期看，我国风电光伏产业将迎来增速换挡和驱动因素转换的“拐点”；远期来

看，绿色氢氨醇、储能等产业的发展壮大，将促进解决新能源消纳，能源系统转型将再度提速。预计到2045年，我国非化石能源消费规模将增至35亿吨标准煤、占比突破50%，到2060年规模超过47亿吨标准煤、占比达80%。

我国终端用能在数智化、电氢化背景下加速转型。2024年，我国终端能源消费总量增至42.6亿吨标准煤，预计“十五五”中后期进入46亿吨标准煤以上的峰值平台期。电力消费量有望在“十五五”期间超越煤炭，成为终端第一大能源品种，并成为驱动终端能源消费总量增长、达峰的首要因素。终端电氢化水平将从2024年的32%增至2030年的38%和2060年的71%。

我国能源活动相关碳排放正在进入平台期。2024年，我国能源活动相关二氧化碳排放总量达106.6亿吨（剔除化工产品固碳部分），将于“十五五”中后期实现碳达峰目标，峰值排放量在108亿吨以上。煤炭、石油消费量下降，以及化工原料用能增长带来的产品固碳效果增加，都有利于实现碳减排。预计到2060年，我国能源活动仍将产生约21亿吨的碳排放，需要通过CCUS、生态碳汇等方式予以消纳。

目录

第一章 宏观趋势

国际经济	3
国内经济	5
低碳产业	7
政策导向	9
转型情景	11

第二章 总体展望

一次能源	15
终端能源	17
转型路径	19
二氧化碳	21

第三章 煤炭

需求预测	25
峰值剖析	27

第四章 石油

需求预测	31
交通用油	33
化工用油	35

第五章 天然气

需求预测	39
LNG 重卡	41
工业用气	43
燃气发电	45

第六章 非化石能源

供给预测	49
风电光伏	51
绿色氢氨醇	53

第七章 储能与CCUS

新型储能	57
CCUS	59

第八章 终端部门

交通部门	63
工业部门	67
建筑部门	69

第九章 进一步探讨

能源消费与碳排放增长正在“分化”	73
转型成本公平合理负担问题亟待破解	74

第十章 附录

能流图	77
碳流图	80
数据表	83
其他说明	94



中国石化
SINOPEC

第一章 宏观趋势

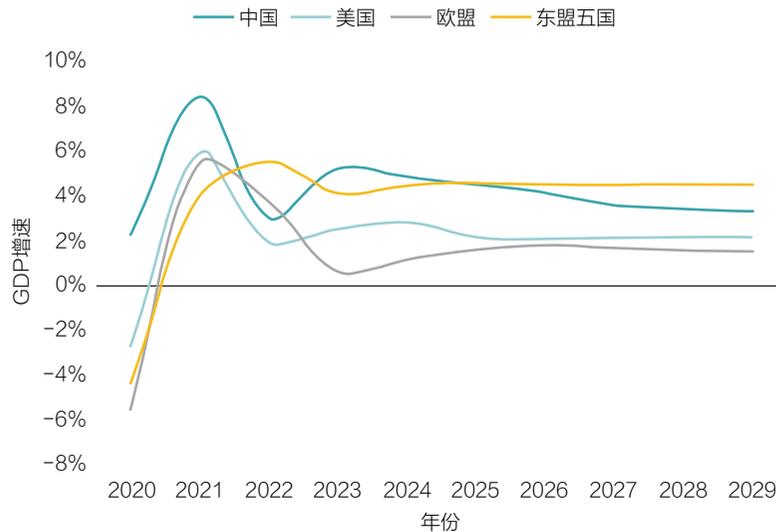
- 国际经济：全球经济延续低速增长，叠加新型绿色贸易壁垒的构筑增强，给我国经济发展和能源转型带来新挑战
- 国内经济：我国经济社会转向高质量发展阶段，近中期看，能源消费增长对经济发展的托举作用将持续显著
- 低碳产业：技术路径竞争悄然升级，旨在尽快破解非化石能源消纳瓶颈，为能源系统深度脱碳提速赋能
- 政策导向：积极稳妥推进碳达峰碳中和，将在管控重点、政策措施、转型动力等方面呈现新趋势
- 转型情景：近中期能源三角张力更为凸显，能源转型存在协调转型、安全挑战、绿色驱动三大可能性路径

国际经济：全球经济延续低速增长，叠加新型绿色贸易壁垒的构筑增强，给我国经济发展和能源转型带来新挑战

全球GDP总量及增速展望



代表性经济体GDP增速对比



全球GDP总量	84.9	96.6	100.1	104.5	110.1	115.5	121.3	127.2	133.4	139.6
全球GDP增速	-2.8%	6.3%	3.5%	3.3%	3.2%	3.2%	3.3%	3.1%	3.1%	3.1%

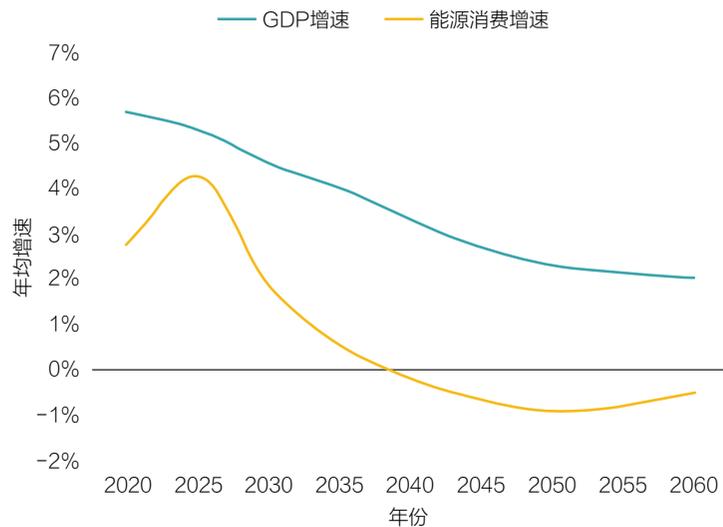
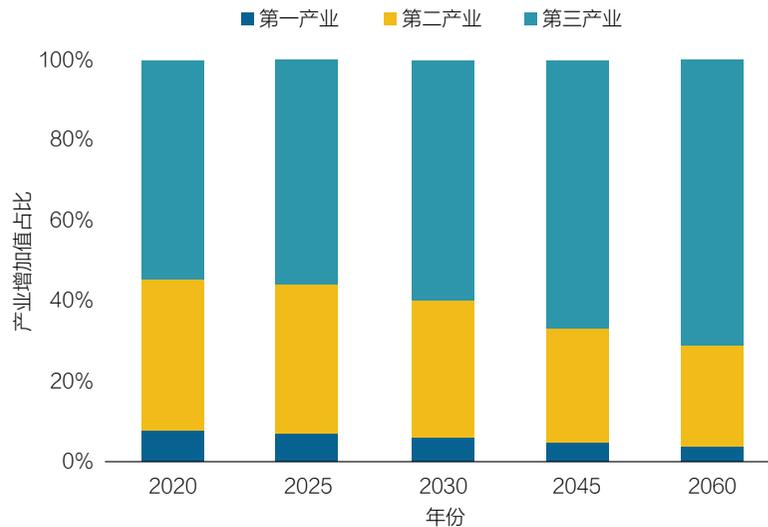
资料来源：IMF

近中期看，全球经济仍将延续低增长态势，通胀风险犹存，财政等政策不确定性上升。同时，发达经济体正加速构建以碳排放为核心的新型绿色贸易壁垒，特朗普“新政”下的美国能源和环保政策或面临转向，贸易政策趋严，对我国钢铁等传统制造业及出口增长主力“新三样”的发展都将形成新挑战，外部政治经济环境日趋复杂。

● **全球经济低增长趋势仍将持续，通胀下行放缓，政策不确定性上升，外部发展环境风险提升。**“十五五”时期，受到人口老龄化、新增就业减少、地缘风险上升等因素共同作用，主要经济体的潜在经济增速将呈现持续放缓态势。发达经济体降通胀面临进一步挑战，美元上行压力增加，新兴和发展中经济体也将遭受不利的溢出效应。随着债务上升、经济增速放缓和赤字增加，一些国家的债务形势不容乐观。多边贸易体系受到挑战，政策不确定性显著上升。

- **发达经济体碳贸易政策制定显著提速，碳贸易壁垒形成新挑战。**发达经济体正构建以碳排放为核心的新型绿色贸易壁垒，以主导新一轮国际经贸规则制定。欧盟碳边境调节机制、欧盟《新电池法》、美国《通胀削减法案》等政策的逐步实施，将对我国传统制造业及“新三样”等清洁行业出口形成新挑战。
- **特朗普“新政”下的美国能源和环保政策或面临转向，贸易政策趋严，机遇与挑战并存。**一方面，鼓励化石能源发展、支持页岩油气开采、放松LNG出口项目审批限制等政策，将促进全球市场油气供给的增加，利好我国油气进口需求。另一方面，在“美国优先”“制造业回流”的理念下，美国或将采取更加激进的关税政策，使我国出口贸易面临挑战，也有可能加速相关产业链转移趋势。

国内经济：我国经济社会转向高质量发展阶段，近中期看，能源消费增长对经济发展的托举作用将持续显著

我国GDP增速与能源消费增速展望

我国产业结构演变趋势


GDP年均增速	5.7%	5.3%	4.6%	4.0%	3.3%	2.7%	2.3%	2.1%	2.0%
能源消费年均增速	2.8%	4.3%	1.8%	0.6%	-0.2%	-0.6%	-0.9%	-0.8%	-0.5%

二产占比	39%	37%	34%	28%	25%
三产占比	55%	56%	60%	67%	71%

说明：图表均为5年平均增速，例如2021—2025年间，GDP年均增速5.3%、能源消费年均增速4.3%

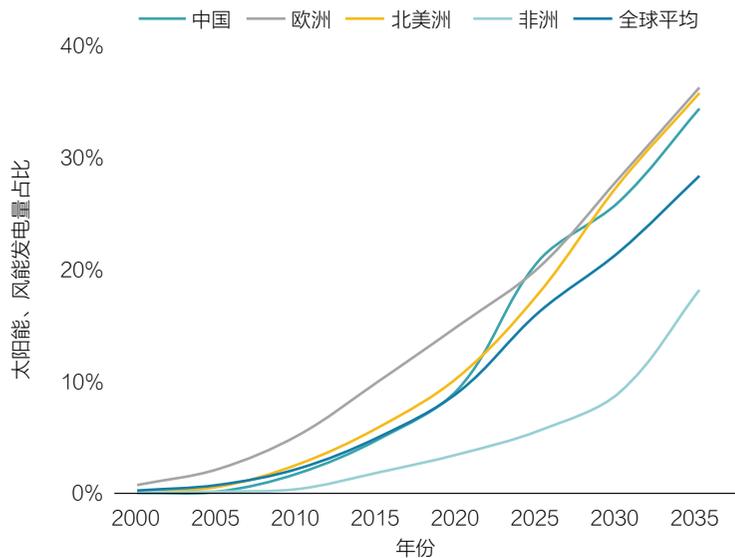
我国经济社会发展转向高质量发展阶段，内外部不确定性因素犹存，但长期向好趋势不改。经济增长动力转换，新型工业化进程加速，新质生产力发展加快，为能源转型发展注入新动能。

● **我国经济处于结构调整、转型升级的关键期，高质量发展成为破题之钥。**从发展态势看，我国经济发展的基本面没有改变，随着各项存量政策效应继续释放，特别是增量政策出台实施，市场预期明显改善。一揽子增量政策推出，更加注重提高经济发展质量，统筹高质量发展和高水平安全。既注重解决当下突出矛盾，又着力推动经济稳定向上、结构向优、发展态势持续向好。“两重”“两新”加快推进，增加地方化债资源 10 万亿元等形成化债“组合拳”，为地方发展减负担、增动能。

● **内外部不确定性因素犹存，但经济增长动力转换、新质生产力发展加速，能源消费增速短期有所回弹、中远期将步入减速达峰轨道。**当前至 2030 年，我国将全力实现经济高质量发展、GDP 平稳增长、高水平城镇化建设和高等教育人口规模扩张，这些都需要能源供需规模进一步扩大。外部环境不确定性风险犹存，内部有效需求相对不足，预计 2030 年前，我国第二产业仍需起到稳定宏观经济大盘的压舱石作用，其增加值在 GDP 占比将保持在 30% 左右，对能源消费总量起到托举作用。产业内部结构调整将对能源消费量及结构产生重要影响，高端制造业、战略性新兴产业加快发展，叠加生产性服务业的升级发展，将有利于促进产业领域能源利用效率提升。经济增长内生动力转换和新质生产力加速发展，将推动我国经济发展逐步转向高质量发展新阶段。

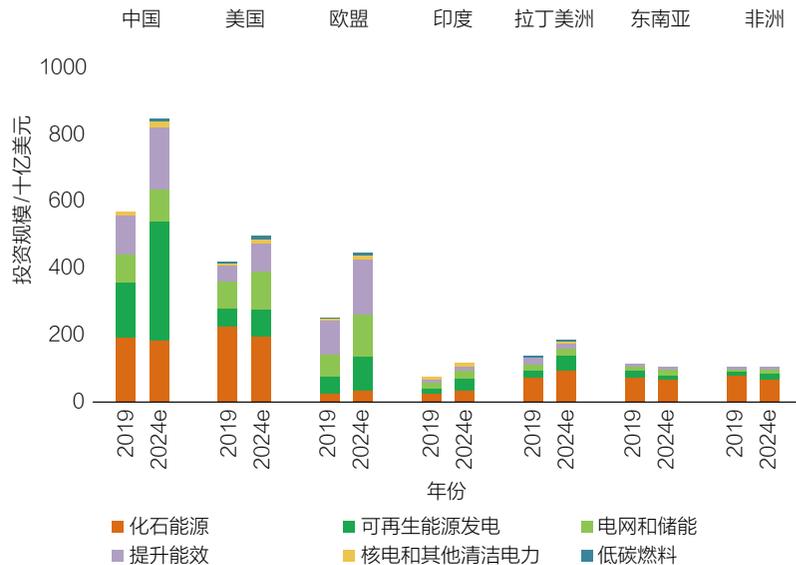
低碳产业：技术路径竞争悄然升级，旨在尽快破解非化石能源消纳瓶颈，为能源系统深度脱碳提速赋能

可再生能源快速发展



历史数据参考：2024 Energy Institute Statistical Review of World Energy

主要国家和地区能源转型投资情况



资料来源：IEA World Energy Investment 2024

低碳技术攻关和产业转化进展，对于能源转型路径方向抉择至关重要。伴随着非化石能源供给激增和消纳瓶颈，我国能源转型路径之争再度浮现，相应的，低碳技术竞争正在悄然升级。

● **我国低碳产业起步较晚、发展较快，实现能源系统安全有序、绿色低碳转型面临的难度和挑战更大。**以太阳能、风能发电为例，根据英国能源学会（EI）统计，截至2023年底，中国风电光伏累计装机10.5亿千瓦、占全球风电光伏装机总量的43%，风电光伏发电量合计1.47万亿千瓦·时、占全球风电光伏发电总量的37%、占中国发电总量的16%；而在10年前（2013年），中国的风电光伏累计装机仅为0.9亿千瓦、在全球占比21%，风电光伏发电量仅有0.15万亿千瓦·时、在全球占比19%、在全国发电总量占比不足3%。为加快破解非化石能源消纳瓶颈和发展问题，国家出台了一系列政策措施：一是加强顶层规划，加快推进电网建设和跨区能源传输通道建设；二是开展煤电灵活性改造、新增调节电源和储能装机，以提升系统调节能力；三是建立健全市场机制和价格机制，在需求侧鼓励非化石能源多元化消纳，控制化石能源消费增长。

● **投资对能源转型方向起到指示作用，中国是能源投资规模最大的经济体，用于可再生能源发电的投资占比超过40%、约为化石能源的2倍。**根据国际能源署（IEA）统计，2024年，中国的能源投资规模高达0.85万亿美元，接近全球能源投资总额的30%，约为美国和欧盟的1.5—2倍；对比2019年，中国在化石能源领域的投资有所减少，在可再生能源发电、提升能效等方面的投资增长约70%，而在电网和储能方面的投资涨幅不足10%、与电源增速不相匹配，同期，欧盟对电网和储能的投资都略高于可再生能源发电。为实现COP28会议提出的2050年实现能源部门净零排放、到2030年将可再生能源发电装机增加2倍、将能源效率提高1倍等目标，根据国际能源署（IEA）预测，到2030年，从全球来看，需要在可再生能源发电、电网和储能方面投入相当于2023年2倍的资金；对于中国而言，2030年的能源转型投资总额将超过1万亿美元，并且当务之急是优化能源供给侧和需求侧的投资结构，特别是增加用于提升终端能效和推动电气化转型的投资规模。

政策导向：积极稳妥推进碳达峰碳中和，将在管控重点、政策措施、转型动力等方面呈现新趋势

目标约束类

- 中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定
- 关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见
- 加快构建碳排放双控制度体系工作方案
- 2024—2025年节能降碳行动方案
- 关于加快构建废弃物循环利用体系的意见
- 工业重点行业领域设备更新和技术改造指南
- 关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见
- 数据中心绿色低碳发展专项行动计划
- 关于加强煤炭清洁高效利用的意见
- 加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027年）

规范竞争类

- 天然气利用管理办法
- 关于做好新能源消纳工作 保障新能源高质量发展的通知
- 关于大力实施可再生能源替代行动的指导意见
- 关于促进新型储能并网和调度运用的通知
- 完善碳排放统计核算体系工作方案
- 可再生能源绿色电力证书核发和交易规则
- 关于做好可再生能源绿色电力证书与自愿减排市场衔接工作的通知
- 关于加强绿色电力证书与节能降碳政策衔接 大力促进非化石能源消费的通知
- 碳排放权交易管理暂行条例
- 关于建立碳足迹管理体系的实施方案

补贴扶持类

- 关于大力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施
- 推动工业领域设备更新实施方案
- 能源重点领域大规模设备更新实施方案
- 节能降碳中央预算内投资专项管理办法
- 汽车以旧换新补贴实施细则

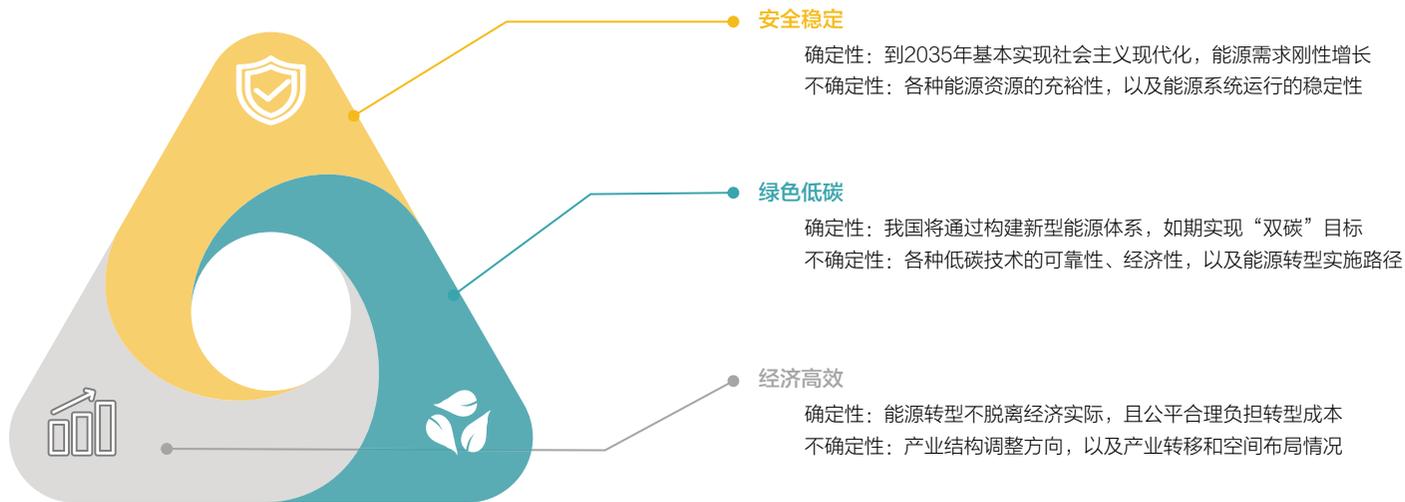
宏观政策对我国能源转型的影响直接而重大。随着能源转型的探索实践，国家对转型伴生问题的认识不断深入，对转型规律趋势的把握更加精准。梳理分析近期出台的能源相关政策，我们认为，未来一段时期，我国能源转型的政策导向，将在坚定落实“双碳”目标的基础上，呈现三种新的趋势。

● **趋势一：制度管控重点从能耗向碳排放转变，先控强度、再控总量。**当前，我国将能耗强度降低作为国民经济和社会发展约束性指标。根据国务院办公厅印发的《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》，我国将从“十五五”时期起，实施以强度控制为主、总量控制为辅的碳排放双控制度，并在碳达峰后，实施以总量控制为主、强度控制为辅的碳排放双控制度。政策转变将直接引导各领域各行业用能绿色低碳转型，加快非化石能源消费替代及化石能源达峰退出，促进能源消费与碳排放“分化”，以清洁能源服务支撑经济社会高质量发展。

- **趋势二：政策措施将聚焦目标约束，鼓励市场竞争，弱化直接补贴。**经过十多年大水漫灌式的补贴扶持，我国新能源产业已具备规模化、市场化发展条件。随着能源系统中新能源占比的快速提高，稳定供能、时空调度、充分消纳等问题不断暴露，目前看来，任何一种低碳转型方案都或多或少存在可靠性或经济性问题。随着政策措施的转变，预计各领域各行业推进转型的目标更清晰、约束更有力，同时在落实转型的具体路径选择上获得更大的自由度。我国能源深度转型的路径方向将在这种市场竞争中日渐明晰。
- **趋势三：政策系统性、协同性再增强，能源转型动力将从政策引领向产业驱动转变。**“双碳”行动是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，长期以来，我国能源转型政策强调“从现阶段国情实际出发”“立足我国能源资源禀赋”“处理好各种关系”。随着供给侧新能源产业实现规模化、市场化发展，以及需求侧大规模设备更新的实施，我国能源转型将与产业升级、经济增长更紧密地融合，为绿色低碳转型发展赋予更强劲的产业内驱力。

转型情景：近中期能源三角张力更为凸显，能源转型存在协调转型、安全挑战、绿色驱动三大可能性路径

能源平衡三角示意图



过去几年，我国低碳产业迅速发展，清洁能源供需协同增长，能源转型取得历史性成就，即将陆续迎来碳达峰、能源消费达峰的关键时点。在新旧能源体系接续转换的过程中，能源三角平衡面临日益严峻的挑战。一是能源安全的内涵正在扩容，能源系统、特别是电力系统的运行安全问题备受关注；二是实现绿色低碳目标存在多种可能性路径，但它们在可靠性、经济性等方面都不尽完善；三是能源利用成本随着加工转换环节增多和存储调度要求升高而增长，如何在全社会范围内公平合理地负担能源转型成本正在成为重大议题。

为维持能源三角动态平衡，高质量实现经济社会发展目标和“双碳”目标，我们认为，中国的能源转型环境和路径存在以下三种情景。

- **协调转型情景：**国际局势总体平稳，全球产业链有序重构，单点冲突事件对油气等大宗商品贸易的影响可控；国内经济高质量发展，现代化产业体系加快构建完善，人民生活品质进一步提升；天然气担当转型“桥梁纽带”，2035年前后绿氢、储能、CCUS等低碳技术获得成本竞争力，国家各项绿色低碳转型目标如期实现。
- **安全挑战情景：**国际局势持续紧张、分歧加剧，全球经济复苏增长受阻；国内稳预期、稳增长、稳就业承压，产业转型升级进展不及预期；电气化转型和非化石能源消纳问题更加突出，使得煤炭等化石能源达峰更晚、退出更慢，需更加依赖CCUS、资源循环利用等技术实现降碳目标。
- **绿色驱动情景：**国际局势总体平稳，全球气候治理全面升级；国内新质生产力迅速培育，赋能新兴产业健康发展、传统产业改造升级，绿色低碳科技攻关和产业转化加快推进；以非化石能源为主的新型能源体系加快构建完善，更早实现对化石能源的规模化替代。



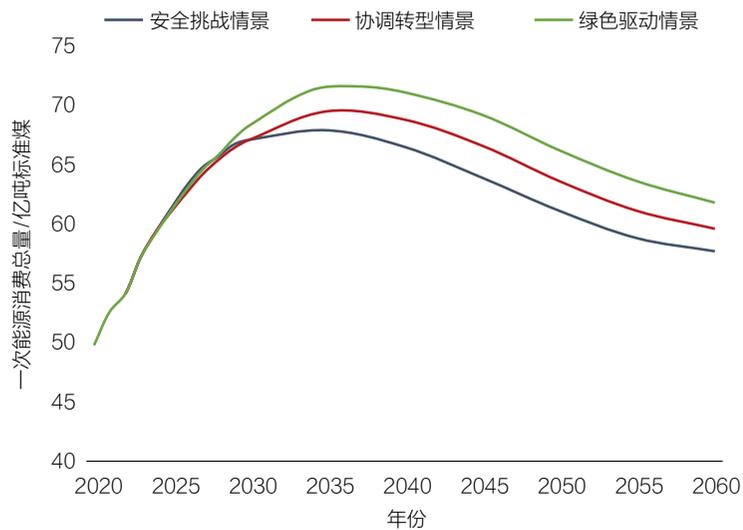
中国石化
SINOPEC

第二章 总体展望

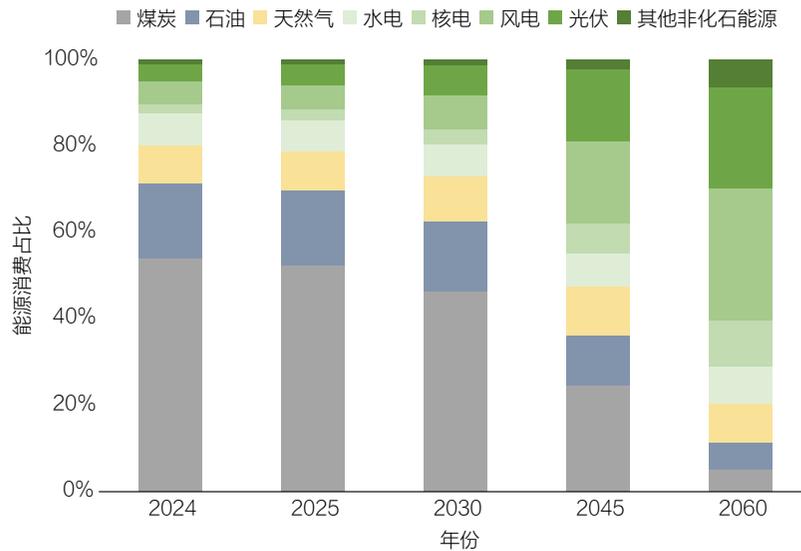
- 一次能源：我国能源消费总量峰值将在“强惯性”和“新动能”共同作用下推迟、提高
- 终端能源：我国终端能源消费总量将于“十五五”中后期进入平台期，达峰阶段电力消费的增长贡献率有望接近100%
- 转型路径：我国能源转型即将由增量分享向存量竞争阶段过渡，消纳瓶颈成为影响近中期转型路径的主要原因
- 二氧化碳：我国能源活动相关碳排放正在进入平台期，大概率将于“十五五”中后期实现碳达峰目标

一次能源：我国能源消费总量峰值将在“强惯性”和“新动能”共同作用下推迟、提高

我国一次能源消费总量预测



我国一次能源消费结构预测（协调转型情景）



情景	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
安全挑战情景	49.8	61.8	67.7	68.5	67.1	64.5	61.7	59.2	57.7
协调转型情景	49.8	61.6	67.5	69.4	68.6	66.5	63.5	61.0	59.5
绿色驱动情景	49.8	61.7	68.4	71.2	70.7	68.7	65.9	63.2	61.6

能源类型	2024	2025	2030	2045	2060
非化石能源占比	20%	21%	27%	52%	80%
煤炭占比	54%	53%	47%	25%	5%

2024年，我国一次能源消费总量达59.7亿吨标准煤，同比增长4.3%；非化石能源消费占比首次超越石油、增至19.7%。在“十四五”以来能源消费超预期增长形成的“强惯性”及数智化转型、新能源产业化发展带来的“新动能”共同作用下，对比前版预测，我国能源消费将更晚达峰、峰值更高。

● 我国能源消费总量增速呈现“3-4-2-1”阶段性特征。

“3”：“十三五”时期，得益于产业结构和用能结构快速优化，我国一次能源消费年均增速降至3%以内。

“4”：“十四五”时期，一方面受经济周期和转型阶段影响，传统行业能耗强度有所回弹，另一方面新质生产力创造了经济增长和能源消费新动能，使得我国能源消费年均增速反弹到4%以上。在协调转型情景下，到2025年，我国一次能源消费总量将增至61.6亿吨标准煤，非化石能源消费占比达21.1%。

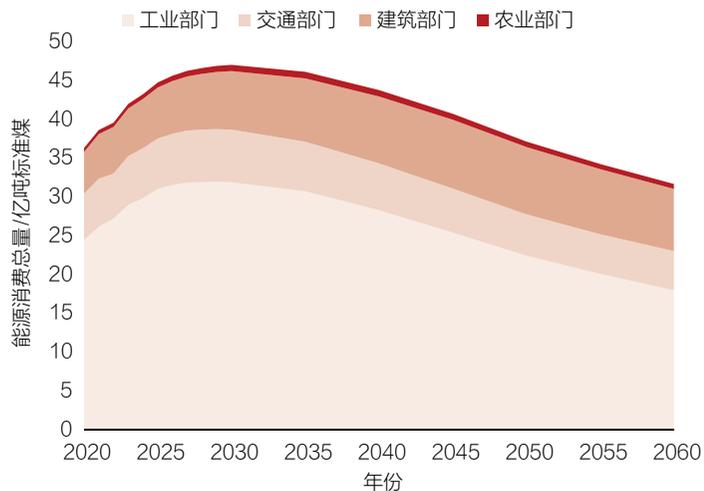
“2”：“十五五”时期，预计由新动能驱动的能源需求增长，快于传统行业转型带来的用能压减，能源消费总量将保持增长，但增速有望回落至2%左右。在协调转型情景下，到2030年，我国一次能源消费总量将增至67.5亿吨标准煤，煤炭占比跌至46.5%，油气占比合计稳定在26%以上，非化石能源占比达27.0%。

“1”：“十六五”时期，我国将进入年均增速小于1%的能源消费峰值平台期。在协调转型情景下，预计一次能源消费总量有望于2035年增至69.4亿吨标准煤左右的峰值，届时非化石能源占比达35.6%、与煤炭（39.4%）接近。在安全挑战情景下，电气化转型减速、化石能源退出放缓，一次能源消费总量将于2030—2035年间增至68.5亿吨标准煤左右的峰值，届时非化石能源占比达31%。在绿色驱动情景下，电氢消纳问题被及时破解，非化石能源加快替代化石能源，一次能源消费总量或持续增长至2035—2040年，峰值将超过71亿吨标准煤。

- 展望远期，我国一次能源总量下降和结构演变将主要受电氢化替代和发电结构转型影响。自2035年至2060年，发电用能在我国一次能源消费中的占比将从60%左右增至80%以上。在协调转型情景下，2030年前，电力将成为我国终端第一大能源品种，2040年前，可再生能源发电量占比将突破50%，2045年前，非化石能源消费占比将增至50%。我国一次能源消费总量将自2045年后较快下降，到2060年降至59.5亿吨标准煤，较峰值水平下降14%。
- 整个展望期内，我国能耗强度持续下降，人均能源消费量维持增长。到2060年，能耗强度降至现状的1/3，人均能源消费量在现状水平上提升25%（均不扣除原料用能和非化石能源消费量）。

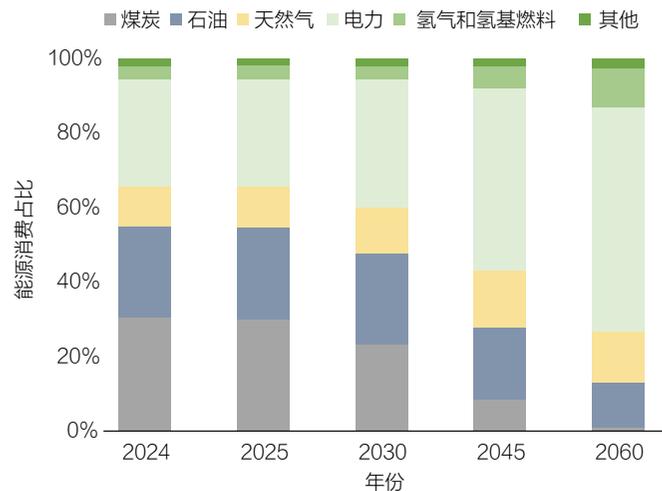
终端能源：我国终端能源消费总量将于“十五五”中后期进入平台期，达峰阶段电力消费的增长贡献率有望接近100%

我国终端能源消费总量预测（协调转型情景）



终端总量	35.0	43.9	46.2	45.2	42.8	40.0	36.6	33.8	31.5
工业部门	22.9	29.6	30.6	29.5	27.1	24.4	21.6	19.4	17.6
交通部门	6.3	7.0	7.3	6.7	6.3	5.9	5.6	5.3	5.2

我国终端能源消费结构预测（协调转型情景）



天然气占比	11%	11%	12%	15%	14%
电力占比	29%	29%	34%	49%	60%
氢能占比	3%	3%	3%	6%	11%

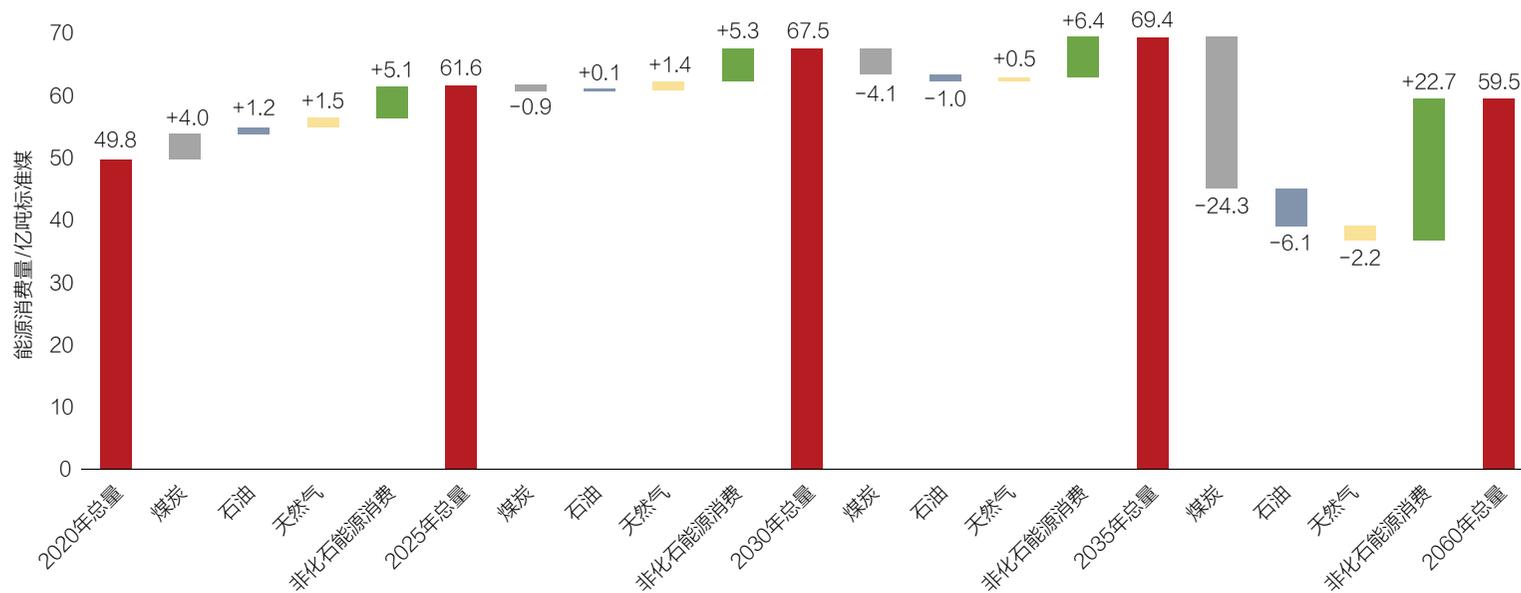
2024年，我国终端能源消费总量为42.6亿吨标准煤、同比增长3.8%，电气化率提升至28.5%。预计我国终端能源消费总量将于“十五五”中期进入平台期，并于2030年前后达峰，峰值在46亿吨标准煤以上，达峰阶段电力对终端能源消费总量的增长贡献率高达99.5%。到2060年，预计我国终端能源消费总量将下降至31.5亿吨标准煤，届时，我国电气化率将达到60%，电氢化率将达到71%。

● **电力消费量有望在“十五五”期间超越煤炭，成为终端第一大能源品种，并成为驱动终端能源消费总量增长、达峰的首要因素。**在协调转型情景下，受存量替代和增量刺激共同作用，当前至2030年，我国全社会用电量将以年均4.7%的速度较快增长。存量替代方面，例如2030年我国电动汽车用电量将达到3500亿千瓦·时左右，替代约7000万吨汽柴油消费量；增量刺激方面，例如2030年我国数据中心规模将超过3000万标准机架，产生5000亿千瓦·时以上的用电需求。预计我国全社会用电量将于2025年、2030年和2035年分别达到10.4万亿千瓦·时、13.0万亿千瓦·时和15.0万亿千瓦·时，到“十五五”期初，电力将成为终端第一大能源品种，占比增至30%，到2030年，电力消费占比将进一步提高至34%。

- **我国终端化石能源消费量将先于终端用能总量、在“十五五”中期达峰，占比将于2040年前后跌至50%。**我国终端煤炭、石油、天然气直接利用总量在2024年达到28.1亿吨标准煤、占比66%，预计将再增加约1亿吨标准煤，于2027年前后达峰，占比降至64%左右。到2040年，我国终端天然气消费量达峰、占比提升至15%，届时终端化石能源消费总量降至21亿吨标准煤、占比合计跌至50%。到2060年，预计终端化石能源消费总量降至8亿吨标准煤、占比合计降至27%，其中天然气消费占比超过50%。
- **能源转型在“绿色低碳”和“经济高效”两个维度间存在张力。**我国人均终端能源消费量在2024年达到3.0吨标准煤，预计将于2035年前后达峰，峰值约为3.3吨标准煤，到2060年降至2.8吨标准煤左右。然而，前文曾提及，我国人均一次能源消费量在整个展望期内均保持增长态势。主要原因是，随着电氢化转型的深入，终端非化石能源消费规模和占比将在2030年后快速增长，使得能源转型在绿色低碳效果和加工转换效率之间的张力更为凸显。

转型路径：我国能源转型即将由增量分享向存量竞争阶段过渡，消纳瓶颈成为影响近中期转型路径的主要原因

我国能源转型驱动因素分解（协调转型情景）



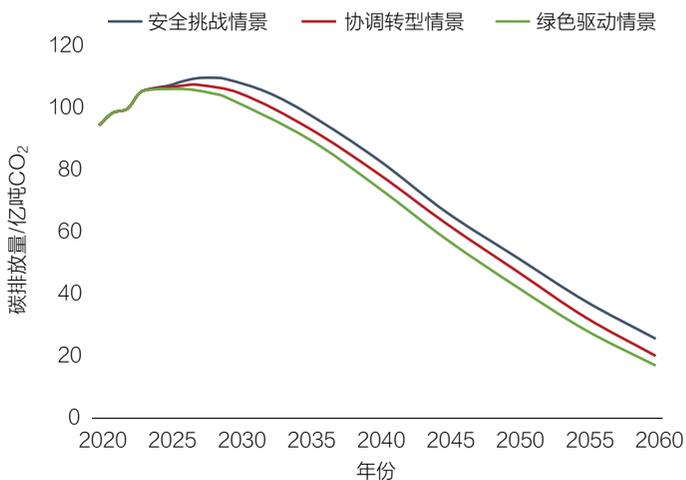
我国能源转型遵循“先立后破”路径。随着能源消费总量增速的减慢、增幅的收窄，我国能源转型阶段将从增量分享向存量竞争过渡。近中期来看，由于太阳能、风能等清洁能源的大规模消纳存在技术经济性局限，在协调转型情景下，预计我国非化石能源消费量的年均增速将从“十四五”时期的10%降至“十五五”时期的7%。

● **煤炭和石油消费将在“十五五”期间先后达峰、“破”除。**从消费占比看，我国煤炭和石油在一次能源消费总量中的份额已然处于下降区间。从消费规模看，受钢铁、建材等传统制造业用煤加快下降及发电用煤维持增长的叠加影响，我国煤炭消费总量将于“十四五”期末进入峰值期平台，并于“十五五”期内开始下降，整个“十五五”时期，煤炭对能源消费总量的增长贡献率为负；新能源汽车的超预期渗透，使得我国交通用油在2024年达峰，随后较快下降，预计在化工产业托举下，我国石油消费总量将持续增长至“十五五”中期，此后，石油对能源消费总量的增长贡献率也将由正转负。

● **太阳能、风能、天然气等清洁能源若要“立”得住、顶得上，当务之急是解决消纳问题。**2024年，我国风电光伏发电量合计达1.81万亿千瓦·时、约为2020年的2.5倍，发电量占比增至17.9%、比2020年高出8.5个百分点。波动性清洁能源迅速增长引发的供给安全和终端消纳问题日渐凸显，近中期来看，我国风电光伏并网发电量和发电装机增速将先后放缓，随之带来非化石能源消费增速的下降。预计在我国能源消费达峰阶段（2024—2035年），非化石能源消费量将增长13亿吨标准煤、增幅超过100%，对能源消费总量的增长贡献率高达130%，主要在满足增量用电需求、替代存量高碳电力等方面发挥作用。天然气作为能源转型的“桥梁”，在我国“先立后破”的转型路径中被寄予厚望，在工业替煤、交通替油、燃气发电等领域存在极大发展潜力，同时也面临用气经济性、供气稳定性等挑战。预计在我国能源消费达峰阶段（2024—2035年），天然气消费量将从4300亿立方米大幅增至6060亿立方米，对能源消费总量的增长贡献率为24%。

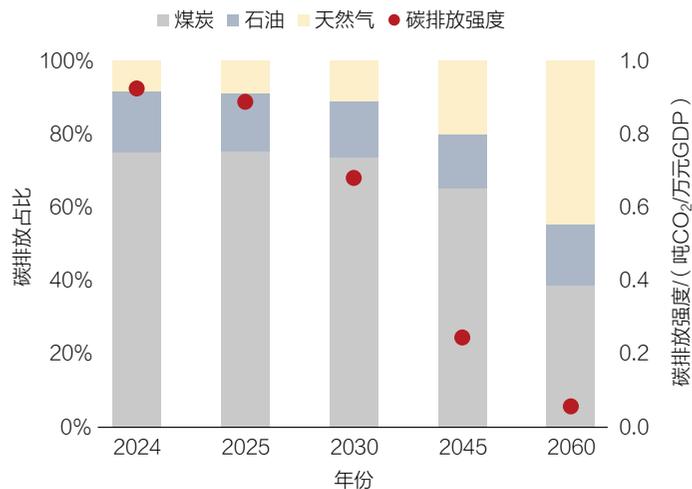
二氧化碳：我国能源活动相关碳排放正在进入平台期，大概率将于“十五五”中后期实现碳达峰目标

我国能源活动相关碳排放量预测



安全挑战情景	94.1	109.0	110.3	101.7	87.8	71.0	54.4	37.4	24.2
协调转型情景	94.1	107.6	106.6	95.2	80.6	64.0	48.4	32.9	20.6
绿色驱动情景	94.1	107.0	103.8	91.2	75.3	59.1	44.2	30.3	18.1

我国碳排放结构与强度预测（协调转型情景）



碳排放强度	0.92	0.89	0.68	0.25	0.06
-------	------	------	------	------	------

注：碳排放强度使用2020年人民币不变价测算

2024年，我国能源活动相关二氧化碳排放总量达106.6亿吨（剔除化工产品固碳部分），正在进入平台期。在协调转型、安全挑战和绿色驱动三大情景下，预计我国均能实现2030年前碳达峰目标，碳排放峰值在108亿—112亿吨。到2060年，在三大情景下，我国均需要保留一定的化石能源消费需求，从而产生18亿—24亿吨的能源活动相关二氧化碳排放量，需借助CCUS、生态碳汇等措施以实现碳中和目标。

可将我国能源活动相关碳排放的发展变化划分为三个阶段。

- **碳排放达峰期（当前—2030年）。**我国能源活动相关碳排放的达峰时点、峰值水平及峰值期持续时长主要与煤炭消费转型有关，因为煤炭贡献了我国75%的碳排放，而煤炭消费转型主要受电煤增长趋势和工业减煤前景影响。在协调转型情景下，预计我国能源活动相关碳排放总量将于“十五五”中后期达峰，峰值约为109亿吨，峰值平台期为3—5年。在安全挑战情景下，我国燃煤发电将持续增长至2035年，使得能源活动相关碳排放总量推迟到“十五五”后期达峰，峰值接近112亿吨。

- **双驱动降碳期（2031—2035年）。**化石能源消费量下降是促进能源活动相关碳排放降低的首要因素，在协调转型情景下，此阶段我国煤炭和石油消费下降将减少共12亿吨的二氧化碳输入。与此同时，化工原料用能增长使得产品固碳效果增加，也为驱动我国能源活动相关碳排放降低发挥积极作用，在协调转型情景下，我国化工产品固碳量将持续增长至2035年，峰值超过9亿吨。
- **全面加速脱碳期（2036—2060年）。**在协调转型情景下，此阶段我国能源活动相关碳排放的发展变化呈现三大特征：一是总量加速下降，由于化石能源消费量加快下降，我国能源活动相关碳排放年均降速从3%提高至9%；二是强度加速下降，我国能源活动相关碳排放强度从0.50吨CO₂/万元GDP降至0.06吨CO₂/万元GDP，年均降速从6%提高至11%，意味着经济增长和碳排放加快“分化”；三是固碳率提高，由于化石能源的原料属性不断增强，预计化工固碳率将从8.7%提高到17.7%。

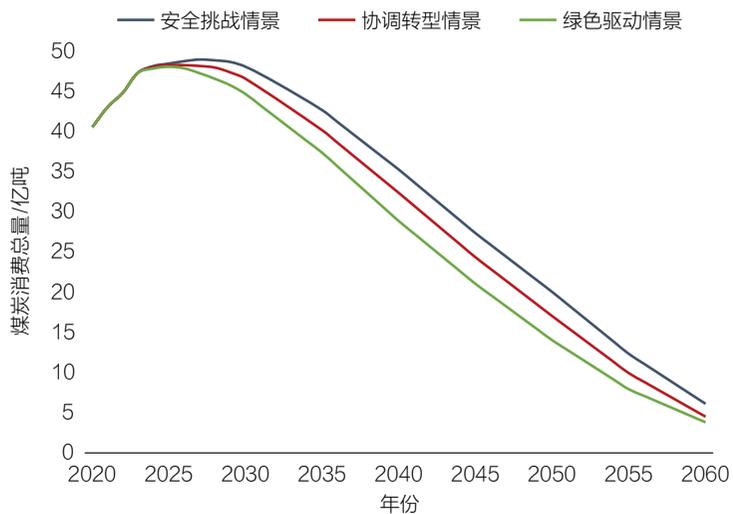


中国石化
SINOPEC

第三章 煤炭

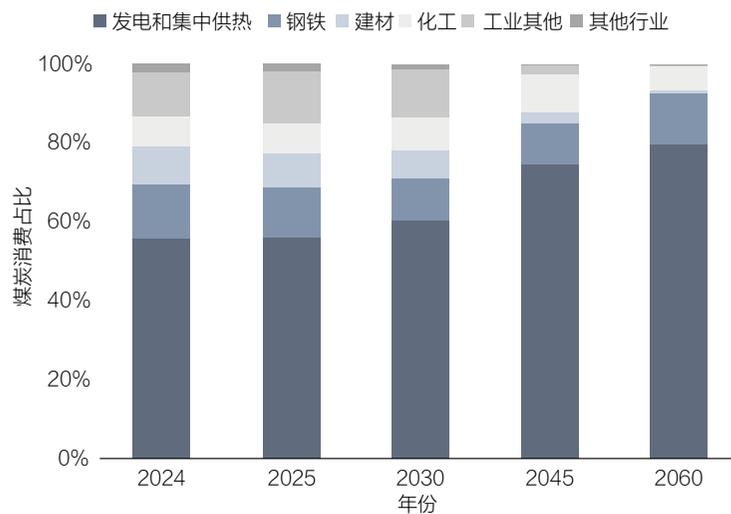
我国煤炭消费总量将于“十四五”期末步入平台期，消费结构正在加速调整

我国煤炭消费总量预测



安全挑战情景	40.5	49.1	49.2	44.1	36.5	28.4	20.7	12.7	6.1
协调转型情景	40.5	48.8	47.4	40.6	32.5	24.4	17.1	9.9	4.5
绿色驱动情景	40.5	48.4	45.0	37.4	28.8	21.0	13.9	7.6	3.6

我国煤炭消费结构预测（协调转型情景）



发电用煤占比	54%	54%	59%	73%	85%
工业用煤占比	42%	42%	38%	25%	14%

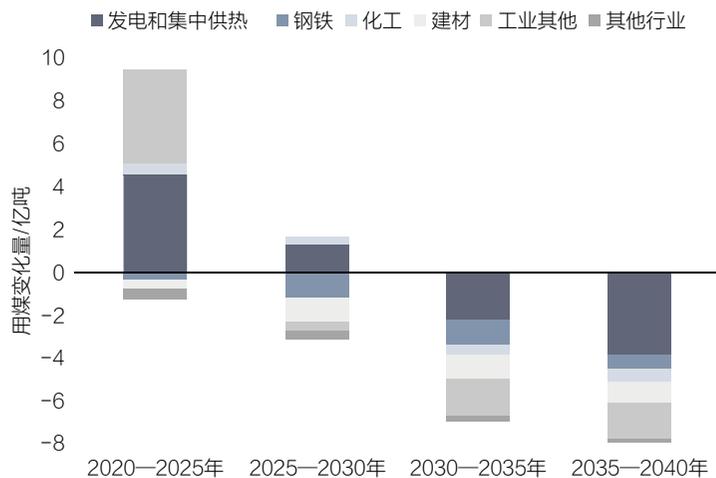
煤炭消费转型是我国实现“双碳”目标的关键。2024年政府工作报告提出，要推进煤炭清洁高效利用和技术研发，加快建设新型能源体系。煤炭是加快建设新型能源体系的重要支柱，目前煤炭在我国新型能源体系建设中存在三个“难以”，即我国以煤为主的能源结构短期内难以改变、其保障能源安全“压舱石”“稳定器”的作用难以替代、煤炭的过渡和兜底责任难以改变。随着能源消费结构平稳转型，煤炭将从主体能源逐步转变为保障能源、支撑能源。发电、钢铁、建材、化工将长期是煤炭消费的主体行业。

● **在展望期内，煤炭消费将经历峰值平台期、快速下降期和深度压减期三个阶段。**协调转型情景下，当前—2030年为峰值平台期，煤炭消费达峰后缓慢下降，年均降速0.8%。2031—2050年为快速下降期，消费量年均降速达5%，年均压减量约1.5亿吨。2051—2060年为深度压减期，煤炭仅保留底线需求。安全挑战情景下，保障国家能源安全的要求更高，煤炭消费达峰时间更晚，峰值更高，对于CCUS技术依赖较强。绿色驱动情景下，加快实现碳减排目标更为迫切，煤炭消费达峰时间更早，达峰后的下降速度更快，对绿电、储能技术突破应用要求更高。

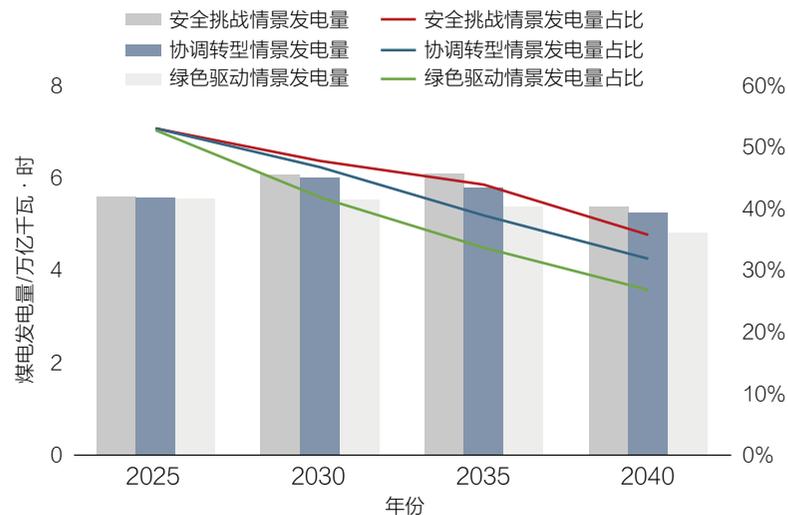
- **峰值平台期（当前—2030年），煤炭仍是主体能源，持续发挥着“压舱石”的作用。**发电用煤是煤炭消费的主要增长点，占煤炭消费比重的50%以上，并持续提升。发电和化工用煤带动煤炭消费前期小幅增长，达峰之后缓慢下降，峰值在50亿吨以内。到2030年煤炭消费总量降至约47.4亿吨，占一次能源消费比重跌至46.5%。
- **快速下降期（2031—2050年），煤炭由主体能源转变为支撑性源。**发电用煤快速下降，天然气、氢能加速替代工业用煤，煤炭从燃料向原料角色转变，其原料属性愈发突出。煤炭消费快速下降，在能源消费结构中的占比显著降低。到2040年，非化石能源消费占比超过煤炭，2050年煤炭消费总量降至17亿吨，占一次能源消费比重的18.4%。
- **深度压减期（2051—2060年），煤炭转为调峰和补充能源。**非化石能源比重将达到80%，煤炭将更多发挥电力调峰与能源安全兜底保障作用，比重降至5.2%，仅在发电、钢铁、化工等难以替代领域保留4.5亿吨左右的安全底线需求。

我国煤炭消费的峰值规模和平台期时长直接受煤电发展趋势影响

分行业煤炭需求变化预测（协调转型情景）



燃煤发电量规模和占比预测



发电用煤变化量	4.6	1.3	-2.2	-3.8
工业用煤变化量	4.2	-2.4	-4.5	-3.9

协调转型情景发电量	5.6	6.0	5.8	5.3
发电量占比	53%	47%	39%	32%

近年来，我国新能源发电高速增长，为保障电力系统安全稳定，迫切需要煤电更好发挥支撑调节作用。2024年1月，《煤电容量电价机制》正式实施，本质上是推动煤电功能转型，加快向提供容量支撑保障和电量并重转型，发挥煤电对新能源发电的兜底作用，为构建新型电力系统提供支撑。

● **煤炭消费峰值和平台期持续时长，主要取决于发电用煤增量与其他行业用煤减量之间的关系。**在工业领域，预计“十五五”期间煤炭消费量将开始下降。其一，受外部政策约束，如《水泥行业节能降碳专项行动计划》《钢铁行业节能降碳专项行动计划》等，限制了高煤耗行业的煤炭消费；其二，受到房地产、基建等相关行业影响，粗钢、水泥等产品的需求持续萎缩；其三，天然气等清洁能源逐步替代煤炭消费，在陶瓷、玻璃等建材行业中表现尤为突出，因为短期内氢炼钢、低碳水泥生产等成本高企，缺乏竞争力。预计“十五五”期间，工业用煤将缩减2.4亿吨以上，抑制煤炭总量增长。在电力领域，国家政策明确了煤电基础保障性和系统调节性电源的功能定位，如果“储能+新能源”不足以安全、可靠地支撑整个能源系统的电力需求，煤电将持续增长，拉高煤炭消费峰值和延伸平台

期时长。反之，发电用煤将稳中有降，煤炭达峰时间相对提前，平台期时长相对缩短。

- **近中期看，煤电装机增长、机组灵活性改造和煤电发电量增加，仍将持续带动发电用煤增长。**预计到2030年，我国风电光伏发电量占比将达26%。由于风电光伏总量规模有限，不足以满足全社会用电量的快速增长，为保证电力充足稳定供应，预计煤电装机规模、燃煤发电量将增长到“十五五”末期。同时，随着煤电定位的改变，煤电利用小时数呈现下降趋势，煤电发电量占比逐渐降低，到2030年降至50%以下。为助力碳达峰目标实现，煤电机组将通过“三改联动”，向清洁、高效、灵活方向转型。
- **远期看，煤电装机将晚于煤电发电量逐步下降，煤电完成向调节性电源转型。**随着可再生能源发电装机高速增长、储能应用规模持续扩大，预计到2030年左右，非化石能源发电量将超过煤电，成为主体电源。到展望期末，煤电将作为“基础保障型+系统调节型”电源，提供应急保障和备用容量，成为新型电力系统的重要托底。



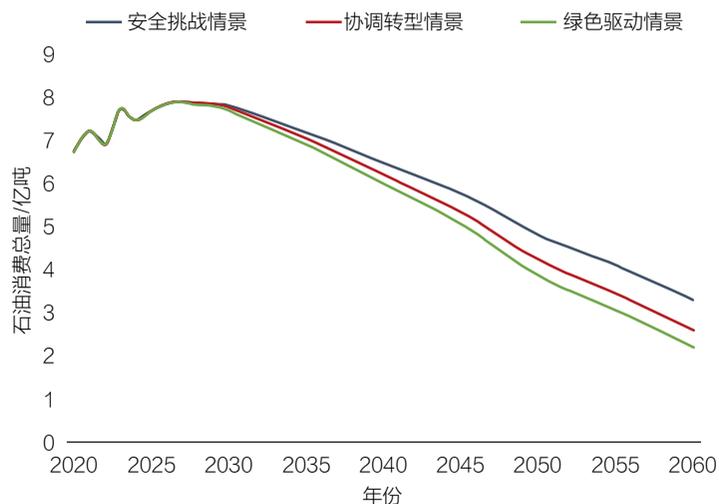
中国石化
SINOPEC

第四章 石油

- 我国石油消费平台期特征日渐显现，预计将于2027年前后达峰
- 我国汽车工业进入增长后期，新能源汽车开启对燃油汽车存量替代
- 此轮化工的超级扩能周期仍在延续，石化结构性过剩更加突出

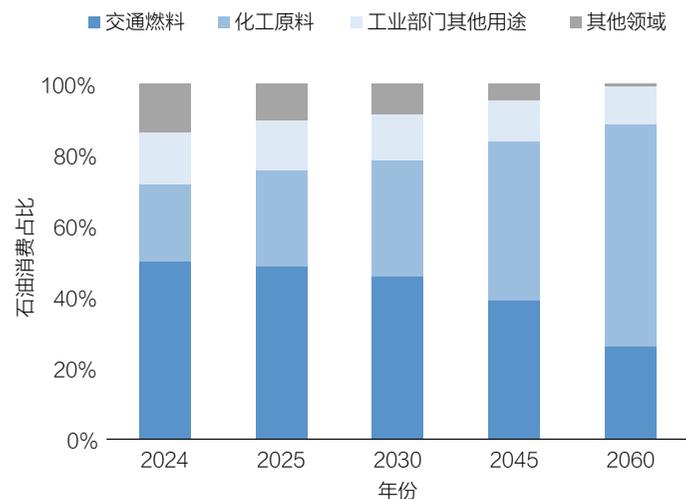
我国石油消费平台期特征日渐显现，预计将于2027年前后达峰

我国石油消费总量预测



安全挑战情景	6.8	7.7	7.8	7.2	6.5	5.8	4.8	4.1	3.3
协调转型情景	6.8	7.7	7.8	7.1	6.2	5.3	4.3	3.5	2.6
绿色驱动情景	6.8	7.7	7.7	6.9	6.0	5.1	3.9	3.1	2.2

我国石油消费结构预测（协调转型情景）



交通燃料占比	56%	54%	50%	43%	32%
化工原料占比	22%	24%	30%	41%	55%

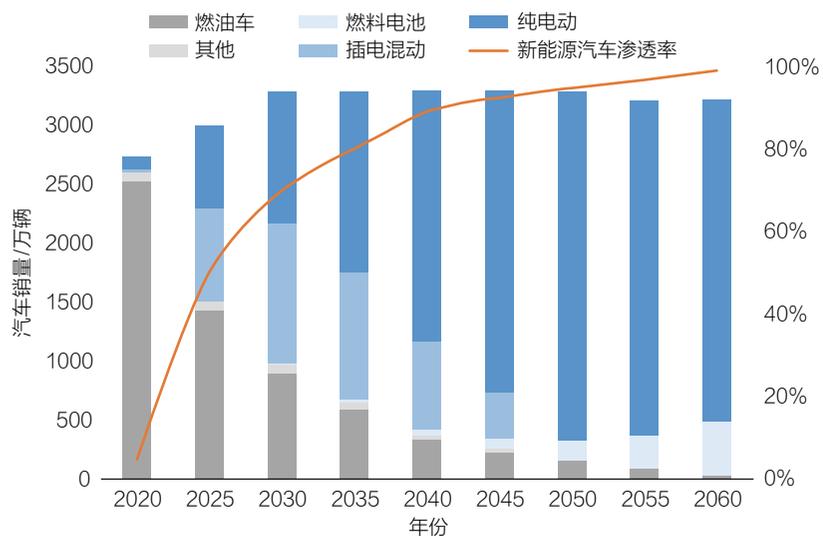
尽管2024年我国石油消费量罕见下降，我们仍然认为中国石油消费将在2025—2030年之间达到7.9亿—8.0亿吨的峰值，化工用油增长是主要托举因素。

● **我国石油消费的平台期特征日渐明显。**2024年，我国石油消费量为7.5亿吨，是近20年以来第二次出现石油消费下降（上一次是2022年疫情原因导致）。有三重原因造成石油消费下降：一是国内房地产仍处于深度调整的探底期，国内大循环不畅，使得制造业与工业领域供需失衡，有效需求依然不足，对经济增长的支撑边际作用减弱。二是中国的汽车工业发展阶段进入增长后期，汽车保有量已超200辆/千人，保有量增速由2020年前的10%左右下降至当前的3%—5%，其中燃油车保有量增速仅为2%，呈现出明显拐点特征。三是新能源和LNG汽车迅猛发展，加速替代汽柴油车。2024年1—9月，新能源汽车渗透率为38.9%，保有量达2600万辆，占全部汽车比重达7.5%；LNG重卡销量渗透率为22%，保有量73万辆，保有量占重卡比重的8%。估计全年共替代汽柴油4900万吨，导致成品油消费提前达峰。

- **预计“十五五”期间，我国石油消费总量将维持在7.7亿吨以上的峰值平台期。**新能源汽车开启对传统燃油车存量市场冲击，2025年燃油车保有量达峰，交通用油小幅下降。多套乙烯装置投产，拉动化工用油持续增长，抵消成品油消费下降。“十五五”期间，国内经济恢复程度、新能源汽车发展快慢及化工项目投产情况，决定了石油消费在一个平台期内上下波动的幅度和峰值出现的时点，预计峰值规模在7.9亿—8.0亿吨。
- **2030年之后，随着化工用油增长放缓和达峰下降，我国石油消费总量的下降速度将逐步加快。**预计2030—2040年，年均下降2%左右，化工用油增长抵消部分交通用油下降，化工用油占比基本与交通持平；2040—2050年，年均下降4%左右，交通和化工用油呈现双双下降趋势，化工用油占比占石油消费一半左右；2050—2060年，年均下降5%左右，循环再生、CO₂资源化等技术应用下，化工用油呈现快速下降，2060年石油消费降至3亿吨以下。

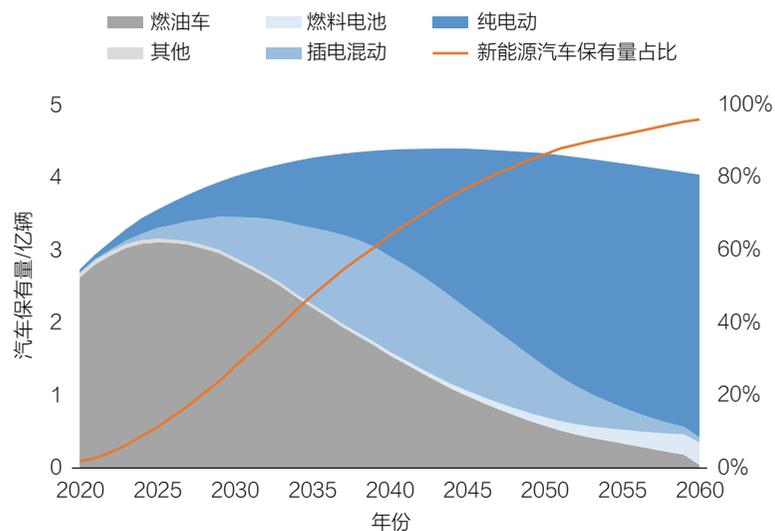
我国汽车工业进入增长后期，新能源汽车开启对燃油汽车存量替代

不同燃料类型汽车销量及新能源汽车渗透率



新能源汽车销量	137	1500	2260	2570	2930	3030	3130	3150	3200
新能源汽车渗透率	5%	50%	70%	80%	89%	93%	95%	97%	99%

不同燃料类型汽车保有量



新能源汽车保有量	0.1	0.4	1.2	2.2	3.0	3.5	3.8	3.9	4.0
新能源汽车保有量占比	2%	12%	31%	53%	69%	79%	87%	92%	99%

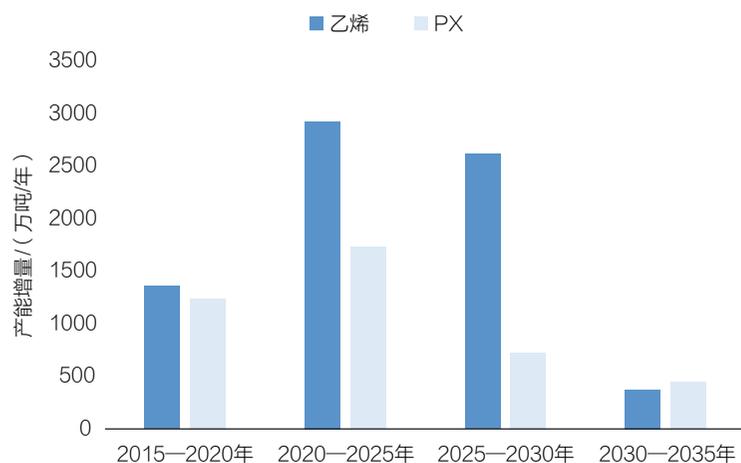
对比前版预测，今年，我们上调了我国中长期新能源汽车渗透率，尤其是强调了混合动力汽车在拉动新能源汽车发展中的作用。

- **汽车工业进入增长后期，道路交通用能进入最后增长阶段。**预计2024年，我国汽车保有量达3.4亿辆，其中乘用车保有量206辆/千人，根据中国汽车技术研究中心等权威机构预测，中国乘用车饱和值在300—400辆/千人，按照乘用车发展的一般规律，当前已经进入“S”曲线的后半程，保有量增速明显放缓。预计“十五五”期间，乘用车保有量增至250辆/千人，期间汽车保有量年均增长约3%，总量达4亿辆。2030年之后，汽车保有量渐进达峰，峰值在4.5亿辆左右。
- **燃油车步入下降通道，交通用油随之达峰。**预计2024年，燃油车保有量3.09亿辆，预计2025年保有量达3.1亿辆峰值，“十五五”期间保有量年均下降2%，2030年降至2021年规模。2040年燃油车、混合动力汽车和纯电动汽车三分天下。预计2060年仅保留部分城际物流柴油重卡。受此影响，交通燃料用油2024年基本达峰。

- **纯电动、插电混动等新能源汽车持续高增长，进一步挤压替代油品消费。**预计2024年，销量1250万辆（含出口）、同比增长32%，渗透率达41%，保有量占比达8.9%；2025年渗透率进一步提高至约50%，保有量占比提高至12%；2030年保有量1.2亿辆，占比提高至31%。近年来，插电混动汽车表现强劲，占新能源汽车销量比重由2020年的18%增长至2024年的四成，较好地解决了纯电动汽车里程焦虑的痛点，拉动了新能源汽车中A级车销量，2030年前比重将进一步增加。
- **燃料电池汽车发展相对缓慢，对我国石油消费和交通能源转型影响有限。**预计2024年，燃料电池汽车销量6200辆，保有量2.4万辆，以城际及城市客车为主。预计2025年燃料电池汽车保有量3万—5万辆。“十五五”期间氢能交通仍处于培育期。2030年之后，燃料电池汽车经济性将逐步显现，预计49吨燃料电池重卡和12米燃料电池客车将于2035年前后实现与柴油车平价竞争。

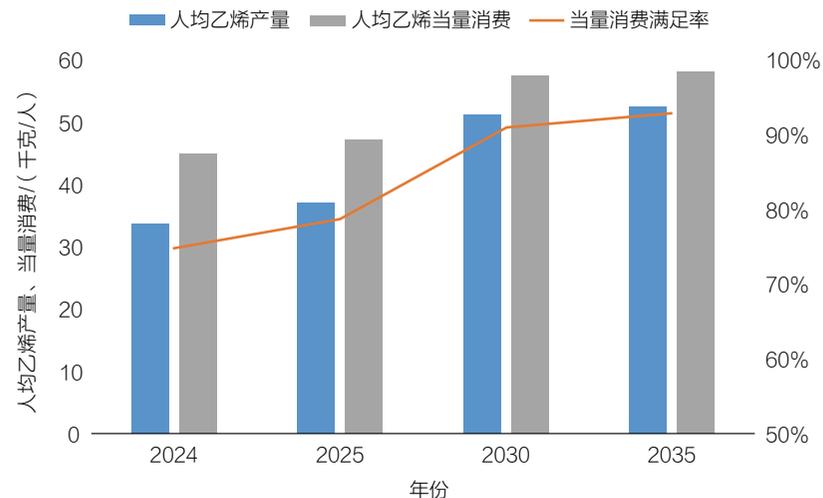
此轮化工的超级扩能周期仍在延续，石化结构性过剩更加突出

乙烯和PX产能增量预测



期末乙烯累计产能	3478	6400	9016	9386
期末PX累计产能	2627	4348	5077	5529

人均乙烯产量、当量消费及当量满足率



人均乙烯当量消费	45.0	47.2	57.6	58.4
当量消费满足率	75%	79%	90%	93%

- **在原料供应不足与下游需求低迷叠加作用下，我国化工产业链利润低迷将持续较长时间。**预计“十五五”期间，我国化工市场将面临原料供应严重不足及下游需求低迷的双重压力。该时期仍有大量待建项目，且多数并未配套增加炼油产能，加大了一体化炼厂产品结构调整难度。同时，疫情后国内有效需求恢复不足，大宗化学品消费由原来的8%—10%的高速增长回落至3%—4%的中低速增长。化工产业链将面临装置缺少原料，产能大量扩张，终端需求持续低迷的“多重矛盾”局面，产业链利润难以显著修复。不排除部分项目推迟投产时间。
- **化工产品出口具有增长空间，为我国化工产业扩能增长带来机遇。**近年来，我国主要化工品出口约2000万吨。全球产业链重构为中国出口带来机遇，俄乌冲突致使欧洲竞争力下降，制造业发展带动东南亚、印巴和南美需求缺口增加，甚至美国也要大量进口塑料制品，中国石化产品出口有较大潜力。

- **我国大宗化工商品结构性过剩问题已经出现，大量落后产能面临出清。**考虑到塑料循环再生技术快速发展、产业转移及国内房地产行业持续低迷等多种因素拉低化工品消费增长潜力，预计2030—2035年，我国人均乙烯当量消费由当前的45千克提高至58千克左右，人均PX消费由27千克增加至32千克，尚有较大增长空间。为了满足国内石化工业发展需求，2020年后我国开启了史上最大规模化工装置扩能潮，至2023年末，乙烯产能满足率（产能满足率=产能/当量消费）由59%跃升至88%；同期PX产能满足率由77%跃升至111%。如果考虑到进口乙烯下游产品中有相当数量难以被国产替代，包含来自北美或中东的廉价产品及来自欧洲的高端产品在内，那么国内的乙烯产能满足率已经超过100%。在国内供应快速增长的背景下，乙烯和PX产能已经由不足转为结构性过剩，大量落后产能或将面临加快出清。

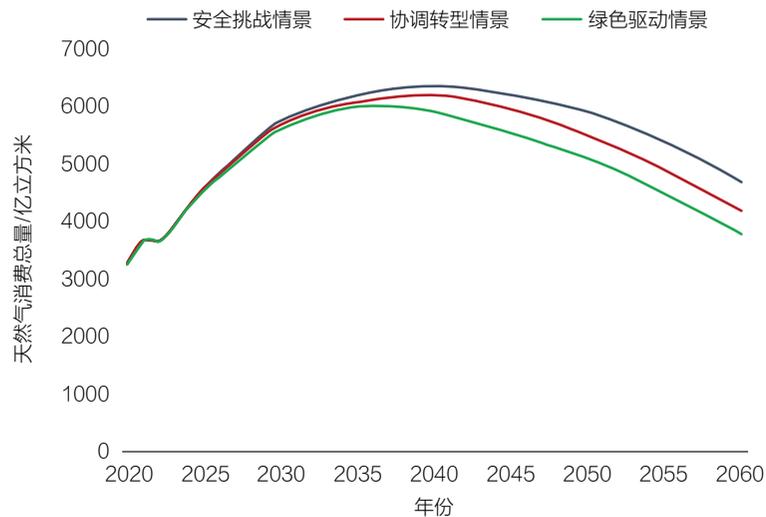


中国石化
SINOPEC

第五章 天然气

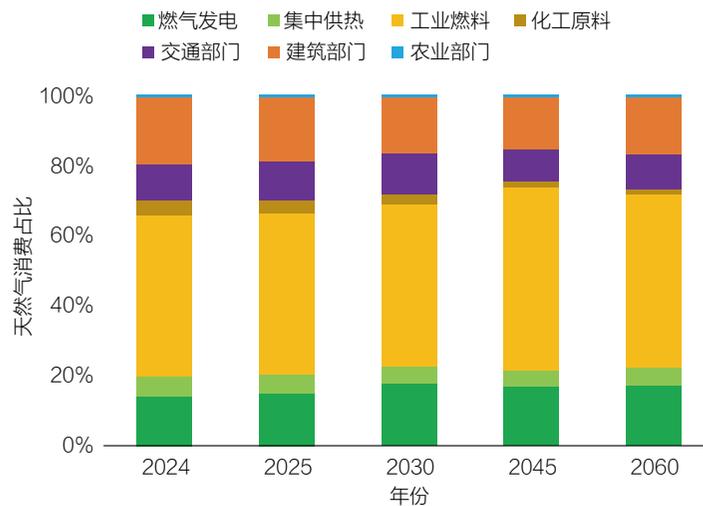
受能源转型阶段与市场供需格局影响，我国天然气消费增速提高、峰值上调

我国天然气消费总量预测



安全挑战情景	3292	4600	5770	6200	6350	6210	5900	5400	4700
协调转型情景	3292	4580	5690	6060	6200	5950	5500	4900	4200
绿色驱动情景	3292	4560	5620	6000	5900	5530	5100	4500	3800

我国天然气消费结构预测（协调转型情景）



工业用气占比	50%	50%	49%	54%	51%
发电用气占比	14%	15%	18%	17%	17%

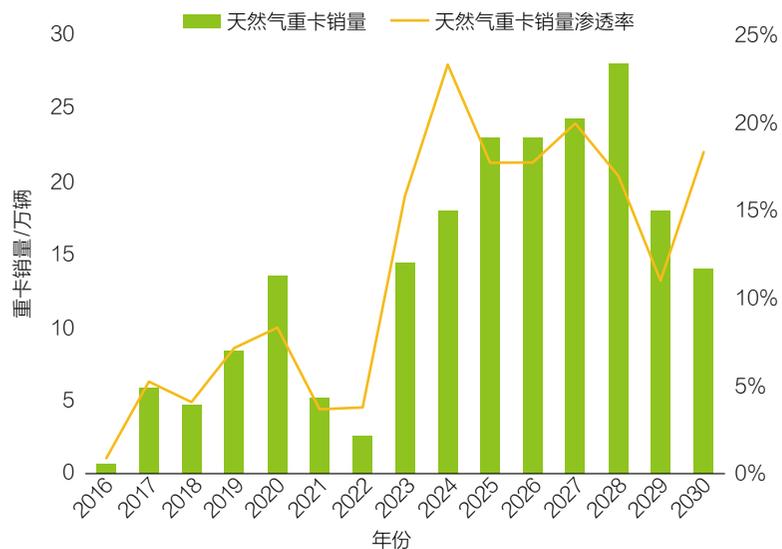
预计我国天然气需求将在2035至2040年间处于平台期，峰值约为6200亿立方米，届时将占据一次能源消费比例的近11.4%。至2060年，天然气消费量仍将保持在约4200亿立方米，占一次能源的比例约为9%。对照前版，我们上调了天然气峰值和远期消费量，这主要归因于自2023年以来天然气需求的快速复苏，以及国际油气市场即将步入宽松周期对天然气需求的提振作用。若从能源总体安全的角度考虑，化石能源将不会迅速被间歇性的可再生能源所取代，这将为天然气消费快速增长、发挥作用创造空间；若能源转型进程加速，可再生能源快速发展替代，则天然气消费增长空间将受限制。

● **近中期，天然气需求已重新步入中速增长的轨道。**自2023年以来，国内天然气市场复苏步伐逐渐加快，预计2024年天然气消费量达到4300亿立方米、同比增长约9%，2025年增至4580亿立方米，能够实现“十四五”规划目标。这表明，中国天然气市场具备强大的韧性。随着可再生能源的快速发展和“碳达峰”目标的压力增大，以及进口天然气成本的下降，天然气在小锅炉、小窑炉治理等方面将继续发挥重要作用。预计到2030年，天然气消费量将达到约5690亿立方米，占一次能源的比例约为10.6%。

- **中远期，天然气的主要替代空间将被电力所占据，而氢能也将在部分应用场景中取代天然气，从而削弱天然气需求的增长动力。**建材、轻工业等行业的工业小锅炉散煤治理工作已基本完成，剩余的可替代空间相对有限，这将导致天然气需求增长放缓，并逐渐进入平台期。随后，一些原本使用天然气的行业将逐步转向电能替代，同时氢能技术取得突破，在难以脱碳的领域加速渗透，如氢能重卡、工业氢燃料等规模将不断扩大，天然气需求将进入下行阶段。
- **中国天然气消费结构将继续呈现多元化、多层次的发展趋势。**各类天然气消费领域将根据自身特点和市场需求，实现稳增长或快速发展。其中，工业和发电领域将成为天然气消费最具发展潜力和影响力的部门。在工业领域，天然气作为煤炭的减量替代需求增长迅速，特别是在一些积极推动工业“煤改气”的地区，这一趋势尤为明显。而在发电领域，天然气的利用同样至关重要，其在气电调峰保供方面发挥着重要作用。

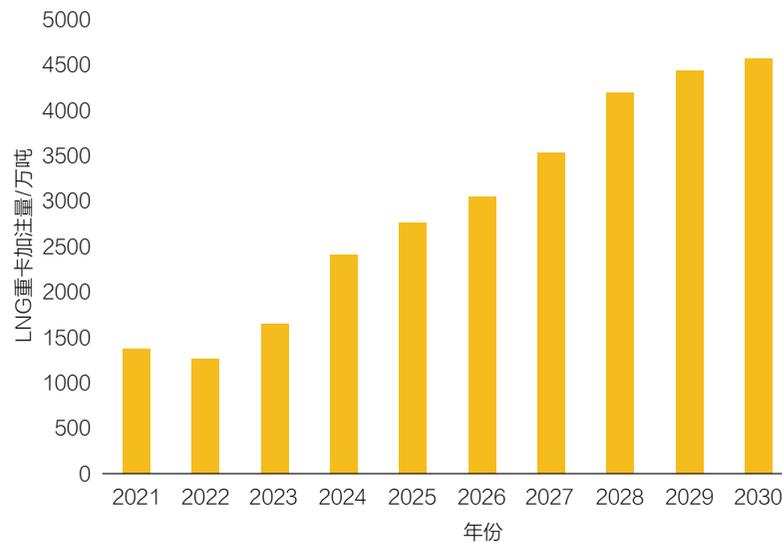
近中期交通领域 LNG 重卡加注量提高是天然气增长亮点

中国重卡市场销售预测



天然气重卡 销售渗透率	2016	2020	2024	2025	2030
	1%	8%	23%	18%	18%

LNG重卡加注量



LNG重卡 加注量	2021	2024	2025	2030
	1369	2405	2778	4577

注：车辆规模按柴油重卡年均行驶8.8万千米，行驶70万千米报废测算

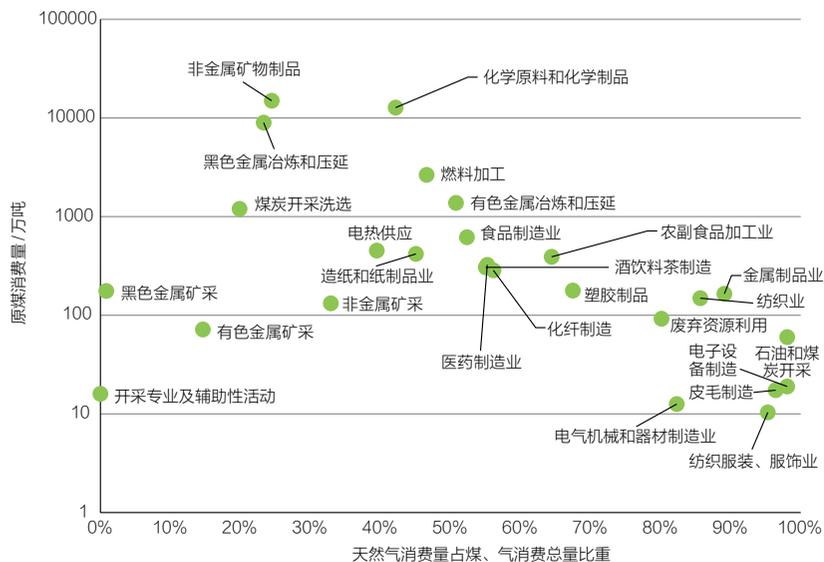
LNG重卡发展的关键驱动力是具备相对于柴油重卡的经济性。2023年以来，气柴价格比（车用LNG和柴油价格之比）快速下降，催生了LNG重卡新一轮更强势的“爆发式”增长。从近中期看，预计气柴价格比仍对LNG重卡发展有利，到2030年，LNG重卡加气量有望实现近翻倍增长。

● **重卡市场将进入需求旺盛期。**近年来，随着长途物流在整个物流运输中所占比重的不断提升，重卡的平均更换周期已经大幅缩减至7年左右。值得注意的是，在重卡细分领域中，LNG重卡的平均更换周期更短。基于这样的市场假设，在2025年至2030年期间，国内重卡更新的总规模预计将超过700万辆。与此同时，经济的持续增长也将为市场带来每年约10万辆重卡的新增需求。除此之外，政府推行的“以旧换新”政策，将进一步加快老旧柴油货车的更新换代速度。在这些因素的综合作用下，可以预见，2025—2030年，国内重卡市场将迎来一波销售热潮，LNG重卡保有量有望快速提升。

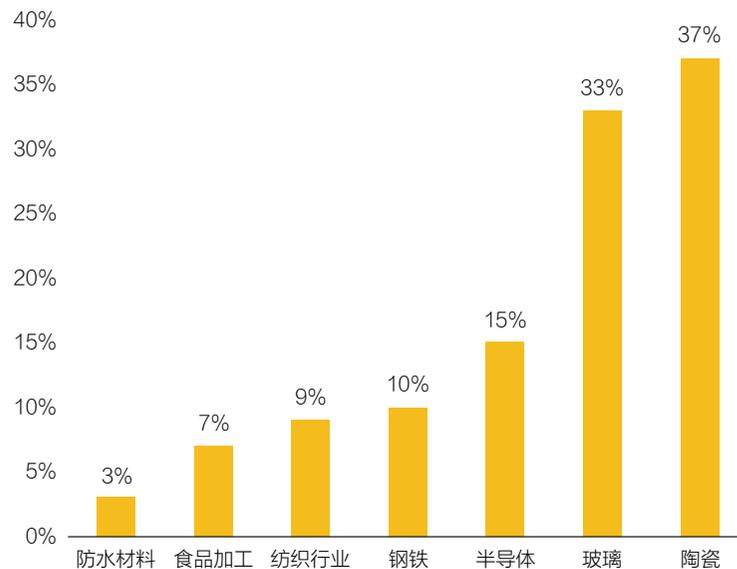
● **合适的气柴价格比对于促进LNG重卡加气需求增长起到至关重要的作用。**2023年及2024年前三季度，国内零售环节（主营加油站）的气柴价格比均值分别为72%和69%，与之相对应的是，LNG重卡的渗透率分别达16%和19%。基于对2025—2030年油气价格的基准情景进行预测，零售环节（主营加油站）的气柴价格比将维持在70%左右，这一比例总体上低于LNG向柴油转换的临界点（75%）。与此同时，结合对国际天然气价格的预测及对国内LNG资源结构的展望来看，沿海与内陆地区的LNG价差会下降，甚至出现倒挂情况，LNG重卡市场朝着南方地区进一步发展的趋势愈发明显。这表明在未来重卡市场中，LNG重卡将能保持较高的渗透率，进而加快LNG重卡保有量的增长速度。预计到2030年，LNG重卡保有量会从当前的70多万辆大幅增加至160万辆以上，其加气需求量也将从2024年约2400万吨急剧提升至约4500万吨。

近中期工业领域天然气将大规模深入替代煤炭消费

工业终端天然气推广潜力



部分工业行业天然气成本占总成本比例



注：根据《中国能源统计年鉴2023》整理

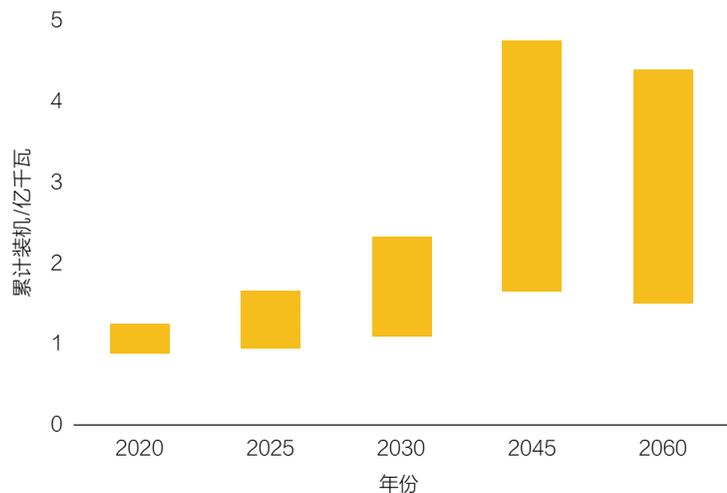
国际油气市场将步入宽松阶段，油气价格的下跌带来国内天然气使用成本的下降，为扩大天然气使用规模创造了极为有利的条件。与此同时，国内天然气市场竞争愈发激烈，各供应商纷纷加大营销力度，深度挖掘客户用气潜力，也会进一步推动天然气在工业领域的广泛应用。

● **工业领域的清洁能源替代仍存在空间。**近年来，在政府的高度重视与有力领导下，散煤治理领域成果斐然，尤其是在针对工业燃煤小锅炉和小窑炉的整治行动中。一方面，通过淘汰落后产能，逐步将高能耗、高污染的老旧生产设备清除，从源头上削减了散煤使用量；另一方面，积极推进清洁替代，鼓励企业采用更环保、高效的能源利用方式，天然气便是主要的替代能源之一。这些有力措施带来了多方面的积极效果，不仅使散煤使用量得到有效控制和减少，而且污染物排放也大幅降低。截至2022年，我国工业终端领域仍有约4.6亿吨原煤的消耗量，其中包含部分散煤。在原煤消耗量较大的26个行业中，仅有纺织服装、电子设备制造等8个行业天然气消费占比超过90%，还有非金属矿物制品、造纸和纸制品业等11个行业的天然气消费占比不足50%。

- **散煤清洁替代将持续推动工业用气的增长。**在我国，部分工业行业终端用户由于天然气在成本结构中所占比重较高，对天然气价格变动极为敏感。依据2025—2030年国内天然气供应结构与成本预测情况，预计国内管道天然气的平均价格相较2024年将降低约10%，这会直接促使天然气使用量增加。同时，随着“碳达峰”目标日益临近，环保减碳政策的约束性和严格程度必然会增强，这将推动各地区、各行业和各领域加快减排进程。展望未来，煤炭减量政策在区域上不断拓展，淘汰标准愈发严格，工业领域对清洁能源的需求将持续攀升。在当前的工业经济结构中，天然气作为一种清洁、高效的能源，有着重要的现实意义和显著的替代优势。
- **市场竞争环境对工业用气增长起到助推作用。**基于全球天然气供需形势预测，2025—2030年东北亚现货LNG价格约为7—9美元/百万英热单位，这个价格大概率低于国内现有的与油价挂钩的LNG进口长期合约价格。再加上LNG接收能力进一步增强，天然气管道持续“织网”和“扩网”，预计第二、第三梯队买家会更加活跃，激烈的市场竞争也将为天然气在工业领域的渗透增添助力。

燃气发电产业上限受其他灵活性电源影响，预计气电装机规模将长期维持在2亿千瓦以上

我国气电装机潜力预测



协调转型情景
气电装机

1.0

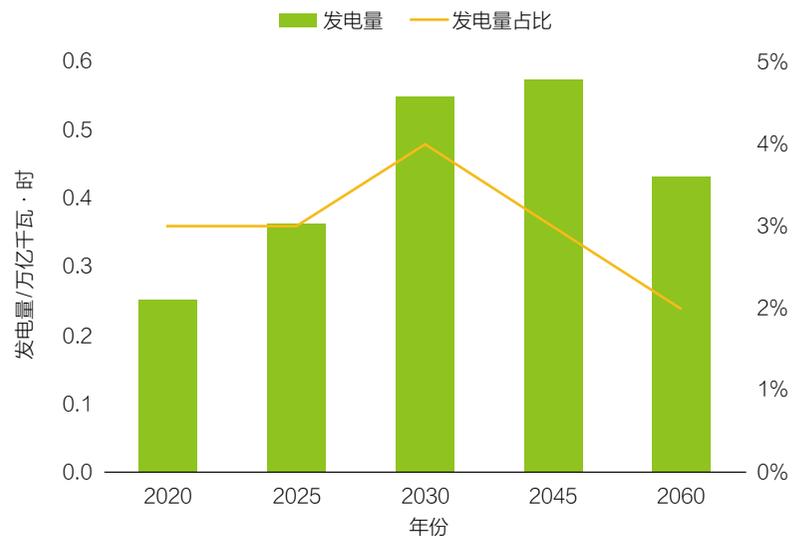
1.5

2.2

2.3

1.8

我国燃气发电量预测（协调转型情景）



协调转型情景
气电发电量

0.25

0.36

0.55

0.58

0.43

2024年，我国气电装机量、发电量分别为约1.4亿千瓦、0.33万亿千瓦·时。气电是天然气消费中最具发展潜力的部分之一，在新型电力系统调峰需求下，气电将经历快速增长、缓慢下降两个阶段，装机量长期维持在2亿千瓦以上，至2060年，装机规模约为1.5亿—4.5亿千瓦。

● **快速增长期（2024—2045年）：波动性电源快速增长、其他灵活性电源瓶颈制约，气电迎来发展窗口期，装机快速增长。**

这一时期，一是风电、光伏等电源装机占比迅速增加，电力系统波动性、峰谷差加大，气电调峰需求尤其是顶峰出力需求快速增加。二是煤电灵活性改造瓶颈、抽水蓄能地理位置制约、储能安全性、盈利性及时空局限性有待解决，气电作为优质调峰电源，将在维护电力系统稳定，尤其是需求侧调峰方面发挥重要作用。三是在政策、技术、气价的共同推动下，气电经济性有所提升。气电累计装机规模将进入平台期，具体达峰水平取决于煤电、抽水蓄能、储能等其他灵活性电源的发展速度，在协调转型情景下，将在2045年达到2.26亿千瓦左右峰值。若煤电加速淘汰、抽水蓄能增长缓慢、储能和氢能发展远低于预期，气电达峰时间还将后移。

● **缓慢下降期（2046—2060年）：储能等技术成熟，电力系统调峰压力缓解，碳排放成为气电发展制约因素，装机缓慢下降。**

这一时期，一是随着风机大型化、发电效率提高，风电、光伏度电成本进一步降低，弃风、弃光要求减弱，电力系统波动上升趋缓，灵活性电源增速放缓。二是储能、需求侧响应、煤电+CCUS模式等快速发展，进一步挤压气电调峰空间。三是随着“碳中和”目标逐渐实现，碳排放约束趋严，气电产生的碳排放将制约其发展。气电装机将缓慢下降，在协调转型情景下，预计2060年气电装机降至1.8亿千瓦左右。此外，这一时期气电日内调峰占比逐渐增加，导致装机利用率不断下降，发电用气稳步降低。



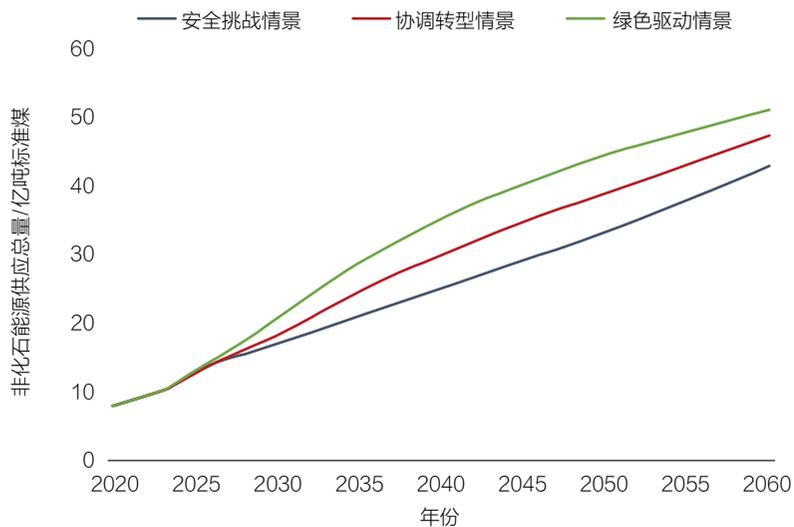
中国石化
SINOPEC

第六章 非化石能源

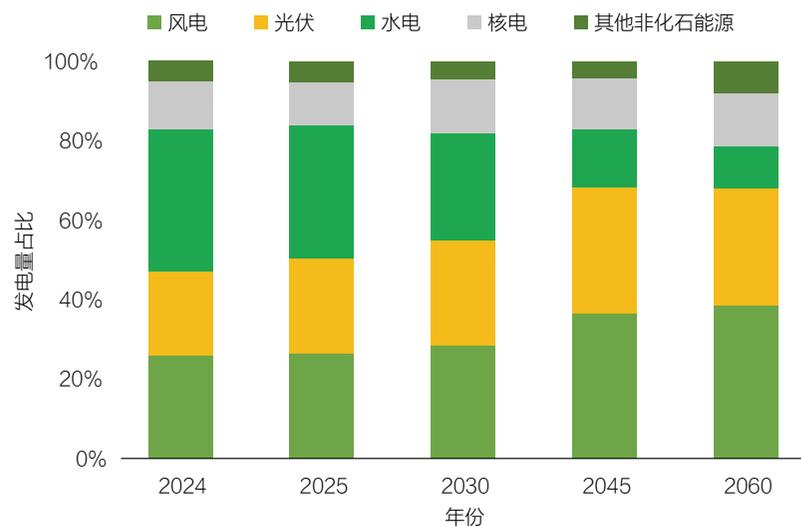
- 非化石能源在发电装机和发电量中的占比逐渐提高，将成为我国主导能源
- 光伏、风电行业发展即将迎来“拐点”，增速换挡，增幅依然可观
- 绿色氢氨醇是非化石能源消纳的重要形式，当前产业发展主要面临技术经济性和空间错配两大问题

非化石能源在发电装机和发电量中的占比逐渐提高，将成为我国主导能源

我国非化石能源供应总量预测



非化石能源供应结构预测（协调转型情景）



安全挑战情景	7.9	12.9	17.1	21.0	25.1	29.2	33.3	37.9	42.9
协调转型情景	7.9	13.0	18.3	24.7	30.0	34.8	38.9	43.2	47.4
绿色驱动情景	7.9	13.3	20.9	28.8	35.2	40.3	44.4	47.9	51.1

水电	37%	34%	27%	15%	11%
风电	26%	26%	29%	36%	39%
光伏	21%	24%	26%	32%	29%

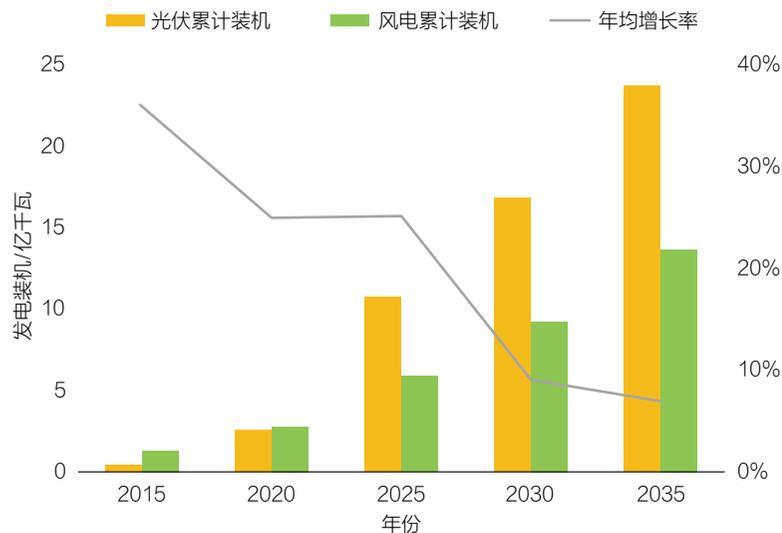
2024年，我国非化石能源供应总量增至11.8亿吨标准煤，以电力形式为主。其中，水电、核电、风电、光伏发电量分别为约1.44万亿千瓦·时、0.45万亿千瓦·时、1.00万亿千瓦·时、0.81万亿千瓦·时。非化石能源发电装机、发电量以及在一次能源总量中的份额稳步提高，正在成为我国能源系统增量的主体，远期将成为我国的主导能源。

● **从整体看，非化石能源正在成为我国能源系统增量主体，并将于2030年前后超过化石能源发电量，消纳问题成为非化石能源发展的关键。**近中期，光伏、风电等可再生能源加速扩大规模，预计到2030年、2040年，我国非化石能源发电量增至6.15万亿千瓦·时、10.41万亿千瓦·时，逐渐成为电量供应主体；非化石能源发电装机容量分别增至33.87亿千瓦、58.12亿千瓦。与此同时，风电、光伏等波动性电源利用率逐渐下降，消纳问题成为非化石能源发展的关键。远期，随着新型能源体系构建完善，非化石能源消纳问题得以解决，利用率提升，成为我国主导能源，预计到2060年，我国非化石能源发电量超过17万亿千瓦·时，占我国总发电量的91%，非化石能源装机量超过84亿千瓦。

● **在非化石能源内部，光伏和风电成为非化石电力装机主体，发电量占比逐步提高；水电发电量占比逐渐降低；核电稳定发展。**得益于资源、成本、规模优势，在风光大基地建设推动下，风电和光伏快速发展，合计占非化石能源装机量、发电量的比例长期处于70%、60%以上。水电装机仍有一定增长，到2040年装机增长至6.82亿千瓦，抽水蓄能占到增量的85%。水电将在电力系统中发挥重要的调峰作用，发电量占比逐渐下降，至2060年，降至11%左右。沿海核电稳步发展，支撑核电保持稳定增长，2060年，发电量约2.31万亿千瓦·时，在非化石能源中占比约13%。其他非化石能源在政策引导和技术进步的推动下快速发展，发电装机和发电量的增速都大于10%，但受制于资源量小或开发难度大等因素，在非化石能源体系中占比较小，预计到2060年占比达到8%左右。

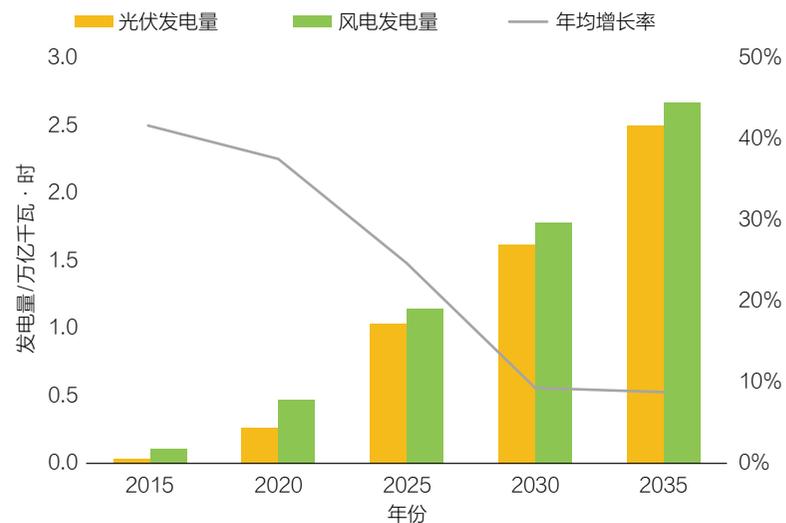
光伏、风电行业发展即将迎来“拐点”，增速换挡，增幅依然可观

我国风电光伏累计装机发展情况



光伏装机	0.4	2.5	10.8	16.8	23.8
风电装机	1.3	2.8	5.9	9.3	13.6
年均增长率	36%	25%	25%	9%	7%

我国风电光伏并网发电量发展情况



光伏发电量	0.0	0.3	1.0	1.6	2.5
风电发电量	0.1	0.5	1.1	1.7	2.7
年均增长率	42%	37%	25%	9%	9%

注：两图右轴均为5年平均增长率，例如2025-2030年间，我国风电光伏累计装机年均增速9%，合计并网发电量年均增速9%。

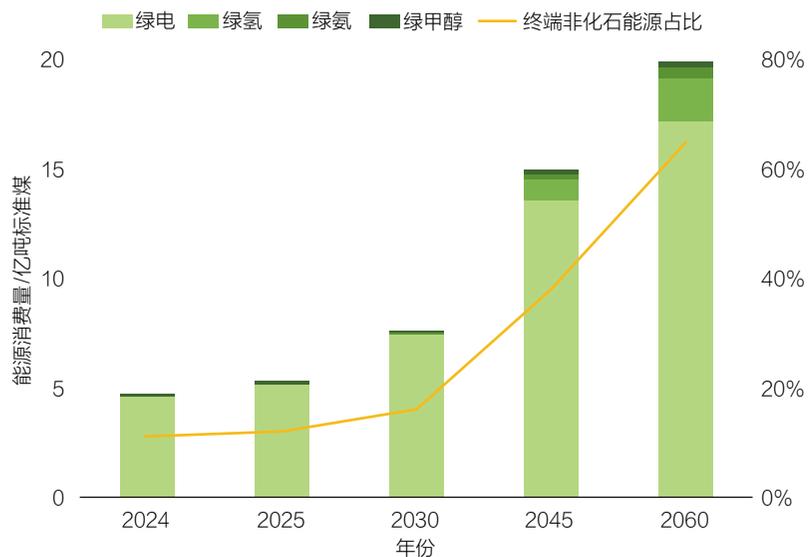
“十五五”时期，预计我国风电光伏产业的发展增幅可观，但将迎来增速换挡和驱动因素转换的“拐点”。

● **光伏、风电行业驱动因素转换，电力供需驱动作用减弱，产业链内生驱动力增强。**从电力供需看，随着产业升级和科技进步，预计我国全社会用电量年均增速将从“十四五”时期的6%以上降至“十五五”时期的5%以内，增量亦有所收窄，因而对光伏、风电产业增长的驱动力有所减弱。从产业链看，一方面，为充分消纳我国新能源制造业产能，应对《欧洲太阳能宪章》、美国“双反”政策等的不利影响，我国光伏、风电装机存在增长较大潜力，预计到2030年、2035年，我国光伏、风电装机累计量合计分别超过26亿千瓦、37亿千瓦；另一方面，新能源产业正在成为推动我国能源转型的内驱动力和促进经济高质量发展的新增长点，根据规划，到2030年，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风光基地总装机容量将达4.55亿千瓦，这些光伏、风电装机所发出的绿电，将不仅用于满足当地电力消费和跨区传输，而且用于制取绿色氢氨醇等下游产品，促进区域协调转型发展。

● **波动性电源消纳问题凸显，并网风电光伏发电量速度换挡。**随着光伏、风电等波动性电源占比在2025年突破20%，电力供应时间错位和空间错位矛盾将更加凸显，电网消纳能力紧张导致并网电量增速放缓。一方面，随着风光发电占比突破业内公认的20%临界值，电力供应链的储存调度成本将阶梯性攀升，发电企业、电网企业等供应链主体，甚至工业大用户将承担更高的绿电成本，从而倒逼光伏、风电产业的优化出清。预计近中期，光伏、风电装机增速有所放缓，发电利用率显著下降，使得并网发电量增速将先于装机增速下滑。另一方面，峰谷差加大，灵活性电源布局进展影响光伏、风电消纳。随着光伏、风电大规模发展，预计到2030年、2035年，电力日峰谷差分别达11亿千瓦、16亿千瓦左右；2030年，短时、中时、长时灵活性需求分别达3.2亿千瓦、8.0亿千瓦、9.7亿千瓦。

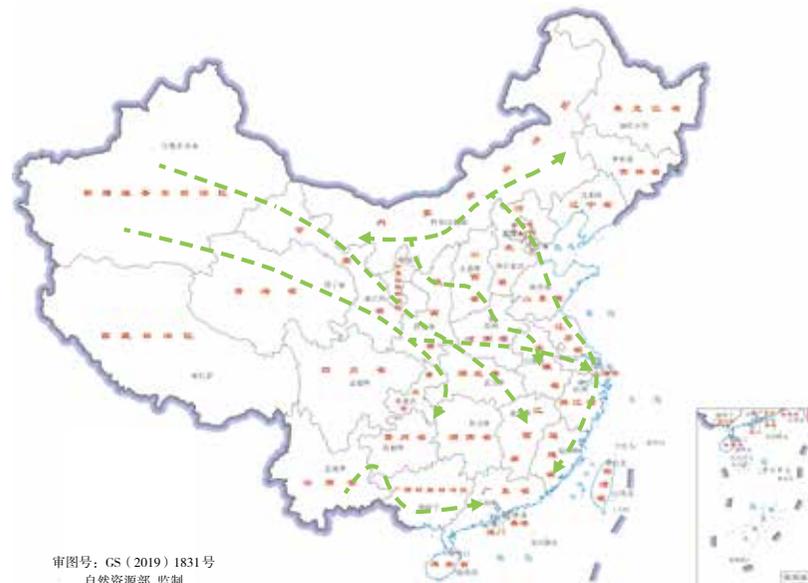
绿色氢氨醇是非化石能源消纳的重要形式，当前产业发展主要面临技术经济性和空间错配两大问题

我国终端非化石能源消纳预测（协调转型情景）



非化石终端利用量/ 亿吨标准煤	4.7	5.2	7.6	15.1	20.4
绿氢产量/万吨	10	14	256	3504	7680

我国“四纵三横”绿氢主干管网规划设想



审图号：GS(2019)1831号
自然资源部 监制

随着对能源转型问题和规律认识的不断深入，国家提出推动能源转型的“两个转变”：一是清洁能源生产供给由集中开发、大范围统一输配向区域自平衡和跨区优化配置并重转变，二是终端能源消费转型由电能替代为主向电、氢、氨等多元清洁替代转变。政策转变有利于促进非化石能源消纳提升和终端用能深度脱碳。

● **从非化石能源在终端的消纳形式看，预计近中期电力占主导，2035年后绿色氢氨醇将开启规模化发展替代。**我国终端非化石能源消纳将呈现两阶段特征。第一阶段（当前—2035年），我国终端非化石能源消费总量将从不足5亿吨标准煤增至10亿吨标准煤以上，非化石能源对终端用能增长达峰的贡献率超过75%，受产业结构和用能结构影响，电力是非化石能源在终端直接利用的最主要形式，预计占比维持在95%以上。第二阶段（2036—2060年），我国终端非化石能源消纳将呈现多元化特征，绿色氢氨醇产业实现规模化、市场化发展，为能源系统低碳转型发挥积极作用，将以不足15%的消费占比、创造对非化石能源消费总量25%的增长贡献率，非化石能源在我国终端用能总量中的占比将从23%提升至65%。

- **缺乏经济性是近中期制约绿色氢氨醇拓宽场景、提高消纳的主要瓶颈。**若不考虑碳排放成本，从供给侧测算，当绿电0.3元/（千瓦·时）、绿氢22元/千克时，绿色甲醇和绿色合成氨的制备成本分别为5520元/吨、4400元/吨，均在煤制甲醇和煤制合成氨的2倍以上；从需求侧测算，以航运场景为例，暂不考虑船舶建造、运营费用，仅对比燃料动力成本，绿色甲醇成本约合875元/（兆瓦·时），是LNG的3倍[255元/（兆瓦·时）]、燃料油的4倍[180CST 205元/（兆瓦·时）]。近中期看，驱动绿色氢氨醇成本降低、规模扩大的因素主要有三：一是化工等工业领域节能降碳诉求提升，二是国际海运领域减排目标约束，三是碳排放成本和产品碳足迹要求倒逼。
- **为化解日益凸显的绿氢资源地、市场地空间错配矛盾，建议构建西氢东送、北氢南输、海氢上岸“四纵三横”主干输氢管网。**到2060年，我国绿氢生产利用总量将超过7600万吨，中东部地区是绿氢消费主力区，预计存在大约2500万吨/年的供应缺口；西部地区绿氢资源充足，除满足本地需求外，还具备满足中东部地区氢能缺口的条件。



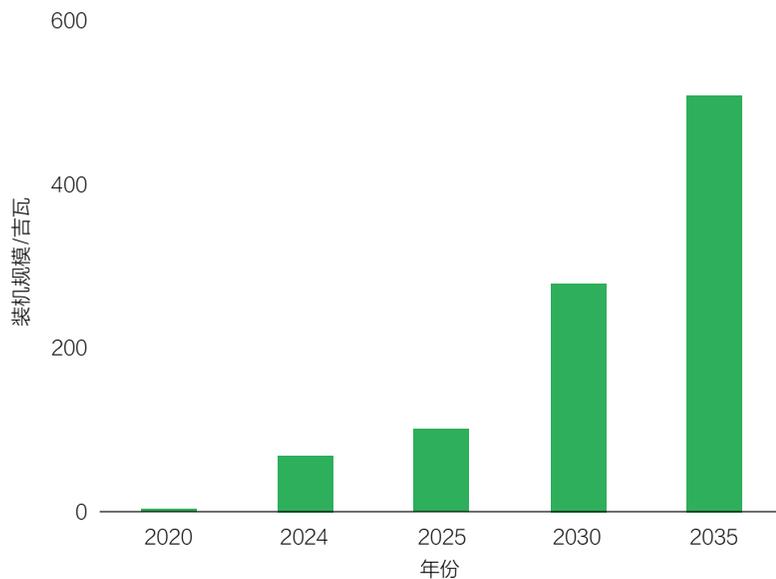
中国石化
SINOPEC

第七章 储能与CCUS

- 我国新型储能产业提速发展，锂离子电池技术仍占主流，长时储能技术快速发展
- 我国CCUS大规模推广面临技术经济性挑战，预计近中期增速相对平稳

我国新型储能产业提速发展，锂离子电池技术仍占主流，长时储能技术快速发展

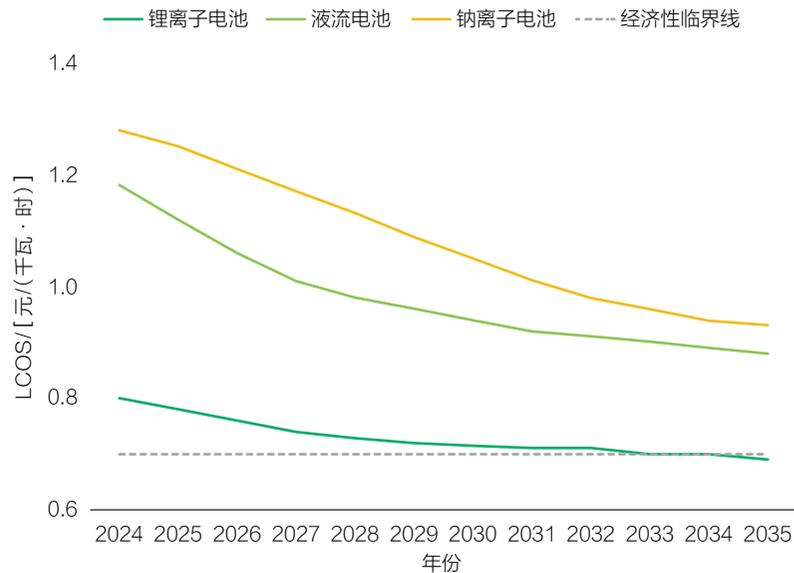
我国新型储能累计装机规模预测



年份	2020	2024	2025	2030	2035
累计装机	4	70	102	280	509

注：新型储能充电成本以2024年11月全国谷电价平均值0.363元/(千瓦·时)计

我国电化学储能技术经济性预测



年份	2024	2025	2030	2035
锂离子电池LCOS	0.80	0.78	0.72	0.69

新型储能有利于平滑新能源发电出力波动、促进新能源消纳，将在我国新型电力系统中发挥不可或缺的关键作用。在政策扶持和技术进步共同促进下，我国新型储能产业迅速发展，截至2024年6月底，我国已建成投运新型储能项目累计装机规模44.44吉瓦/99.06吉瓦·时，其中锂离子电池占比约97%。

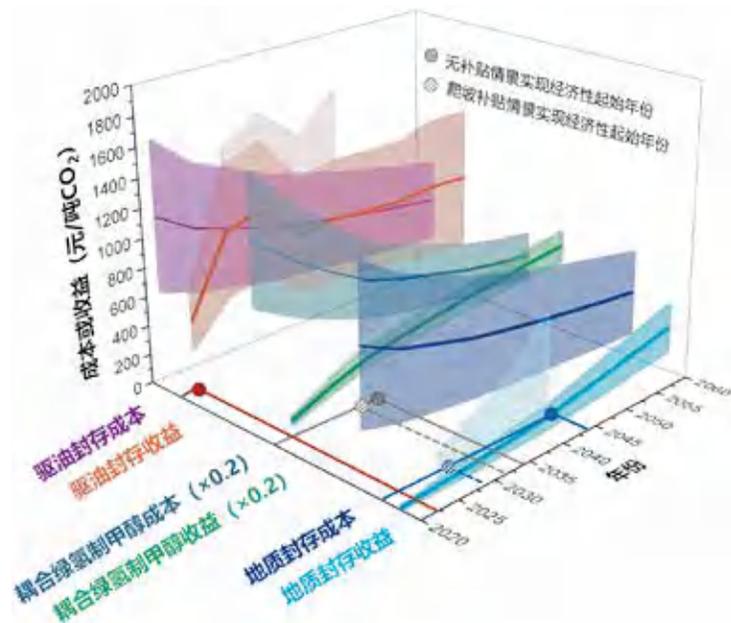
- **央地“新能源+储能”政策效应进一步增强，预计我国新型储能装机规模将快速提升。**政策层面，国家《“十四五”新型储能发展实施方案》提出要推动新型储能规模化、产业化、市场化发展；已有26个省市地方政府制定了2025年底的新型储能装机目标，总规模达86.6吉瓦。产业层面，随着风电、光伏产业快速发展，为保障电力系统安全稳定和缓解弃风弃电问题，能源系统对新型储能更快发展的诉求更加迫切。预计我国新型储能的规模效应和技术经济性将协同提高。“十五五”期间，新型储能累计装机规模将达280吉瓦，年均增长36吉瓦；“十六五”期间，新型储能累计装机规模将突破500吉瓦，年均增长达46吉瓦。
- **新型储能技术经济性的提升主要受单位投资成本下降影响，近中期看，各种储能技术经济性均在改善，钠离子电池、液流电**

池相对而言降本更快。总体来看，前期的技术进步带来降本空间较大，随着技术成熟度提高，降本的边际效应逐渐递减，叠加储能电站项目所占有的原材料、人工、能耗等成本下降空间有限，各储能技术的LCOS降幅会越来越小，LCOS曲线会越来越平坦。对比不同技术路径，钠离子电池储能技术处于示范项目阶段，技术成熟度不如其他电化学储能技术，而液流电池中的钒材料成本较高，两者单位成本比大规模应用阶段的锂离子电池和铅蓄电池更高，随着技术进步和规模效应的显现，二者的成本优势将逐渐增强。

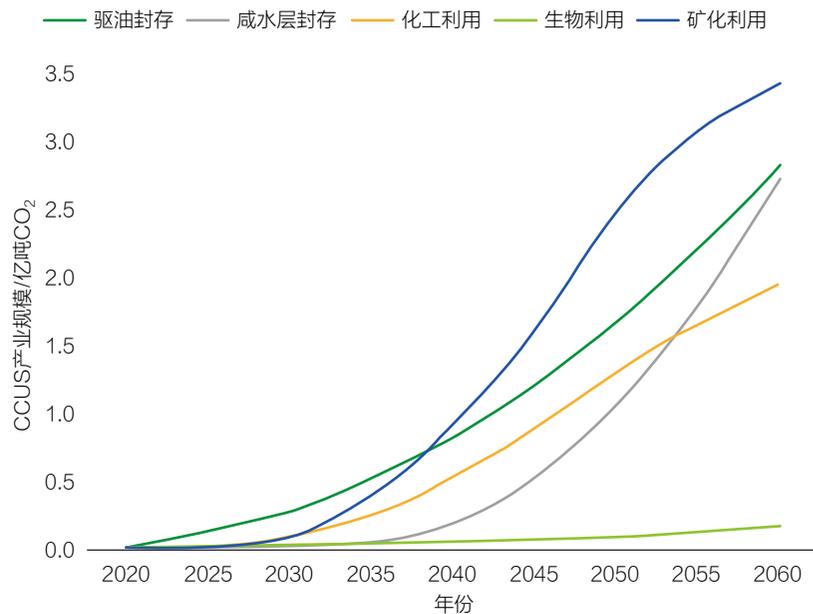
- **我国新型储能技术将整体向长时间、大规模特征发展，基于技术经济性和应用场景预测，锂离子电池储能装机占比仍是最高。**2024年11月6日，工业和信息化部发布《新型储能制造业高质量发展行动方案（征求意见稿）》，指出要实施新型储能技术创新行动，发展多元化储能本体技术，发展压缩空气等长时储能技术，适度超前布局氢储能等超长时储能技术。当前，我国压缩空气储能技术已达到国际先进水平，突破300兆瓦级核心设备研制，迈向商业应用阶段；液流电池储能技术不断迭代，储能电站项目突破百兆瓦级，具备商业应用条件。

我国 CCUS 大规模推广面临技术经济性挑战，预计近中期增速相对平稳

我国 CCUS 产业经济性预测



我国 CCUS 产业路径与规模研判



预计当前至2035年，驱油封存可能实现盈利，但受到原油价格的影响。耦合绿氢制甲醇、地质封存等均难以实现盈利。

● 技术路径经济性方面：

1. 驱油封存全流程成本整体上低于该阶段收益，能够实现盈利，可以选择具有成本优势的项目开展大规模示范，尽早实现商业化。驱油封存净收益非常依赖原油价格，需针对可能的油价下跌做好风险防范。

2. 耦合绿氢制甲醇成本高于该阶段收益，暂无法实现盈利，该阶段以降本提效为主。耦合绿氢制甲醇对绿氢和合成成本敏感性最高，绿氢原料价格的下降是推动耦合绿氢制甲醇规模化应用的关键。

3. 地质封存随着技术进步和节能降耗取得成果及碳价上涨，有望在2030年前后获得正收益，达到2—110元/吨CO₂。2035年以后，随着成本下降和碳价上升，部分成本较低的地质封存，尤其是枯竭油气藏封存，也可以实现盈利。

● 产业发展路径与规模方面：

1. 国内CO₂驱油封存目前正处于扩大工业示范规模、向商业应用迈进的关键时期。2030年以后，国内不同类型油藏陆续实现CO₂驱油封存商业应用，CCUS产业集群建设逐步推进。预计2035年，国内CO₂驱油封存规模达到每年5250万吨。

2. 咸水层封存技术建设制造产业链更加完善，百万吨级工业示范项目落地，到2030年鄂尔多斯盆地等地区CO₂咸水层封存规模有望达到每年210万吨。从中长期来看，未来碳交易价格的上升和技术进步带来的成本下降将不断激励CO₂咸水层封存的发展，尤其是2035年以后业务布局将持续加速。

3. CO₂转化利用技术规模化应用推广建设力度不断加强，化工和生物利用项目规模化工业示范和初步商业应用的同时，磷石膏矿化CO₂联产高附加值产品和钢渣等固体废弃物矿化制建材业务也加速发展，并逐步介入CO₂替代蒸汽养护混凝土等业务。预计2035年，国内CO₂化工、生物和矿化利用规模分别达到每年2520万吨、455万吨和3975万吨。



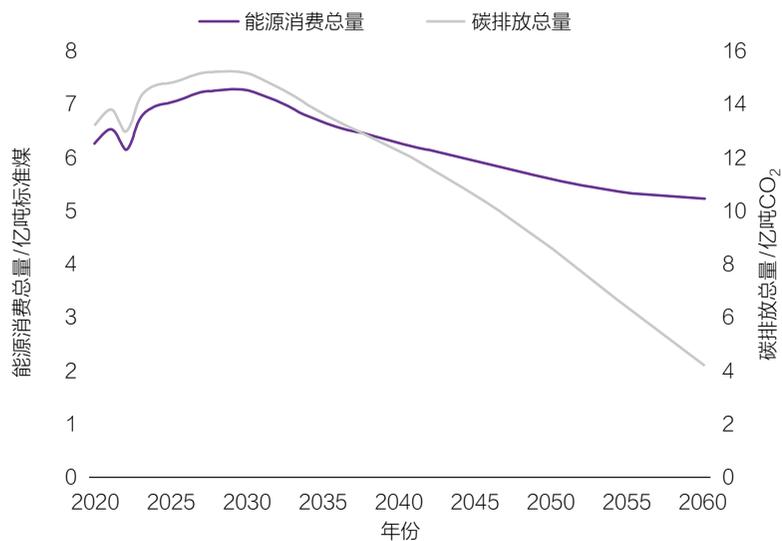
中国石化
SINOPEC

第八章 终端部门

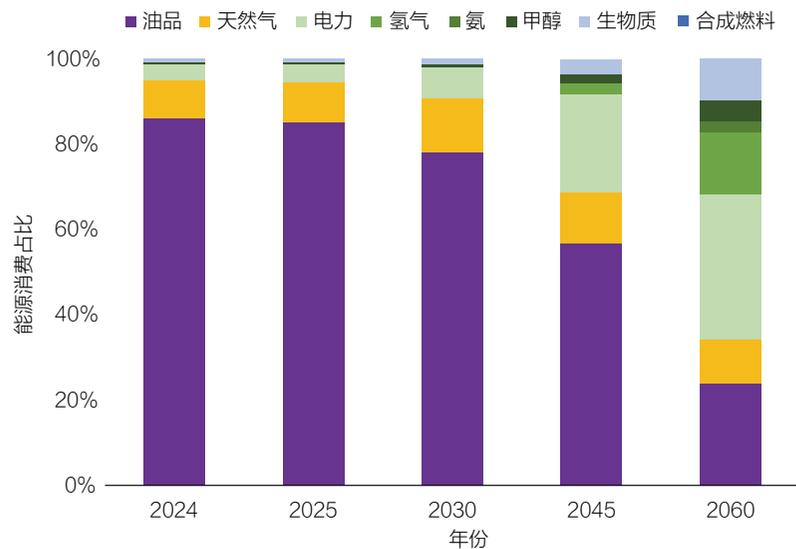
- 交通部门：油气将长期占据交通能源重要地位，2030年前占比维持在90%以上
- 交通部门：在道路交通领域，电动汽车和燃料电池汽车错位发展，预计中轻型车率先实现电动化，重型车主要转向燃料电池汽车
- 工业部门：近中期看，新能源制造业和新能源产业化创造新增用能需求，工业部门能源消费和碳排放均将于2025年前后进入平台期
- 建筑部门：人工智能赋能新质生产力革命，为建筑部门能源消费持续增长提供强劲引擎

交通部门：油气将长期占据交通能源重要地位，2030年前占比维持在90%以上

交通部门能源消费与碳排放总量预测



交通部门能源消费结构预测



能源消费总量	6.3	7.0	7.3	6.7	6.3	5.9	5.6	5.3	5.2
能源活动相关碳排放总量	13.3	14.8	15.2	13.6	12.2	10.6	8.6	6.4	4.2

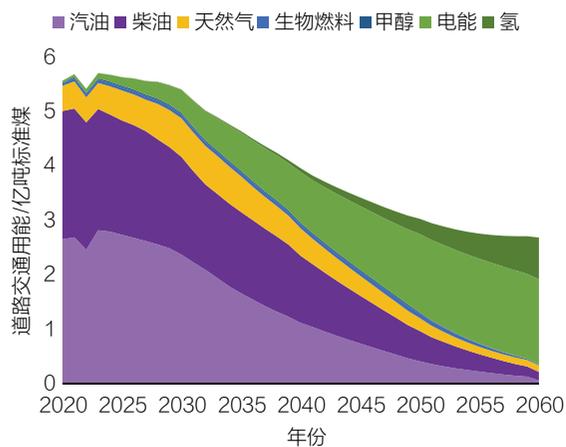
油气占比	95%	94%	90%	68%	33%
电力占比	4%	4%	8%	24%	34%

我国交通运输恢复较快增长，截至2024年1—9月总周转量达19.9万亿吨千米（不含私家车）、同比增长5.3%，基本恢复至疫情前平均增速，其中货运周转量达18.6万亿吨千米（含远洋）、同比增长4.9%。预计2024年，我国交通部门能源消费总量达7.0亿吨标准煤、同比增长3%，约占终端用能总量的16%；交通部门二氧化碳排放14.7亿吨，占我国能源相关碳排放总量的14%。交通电动化及发展轨道交通是减少交通能源消费及降碳的主要路径。

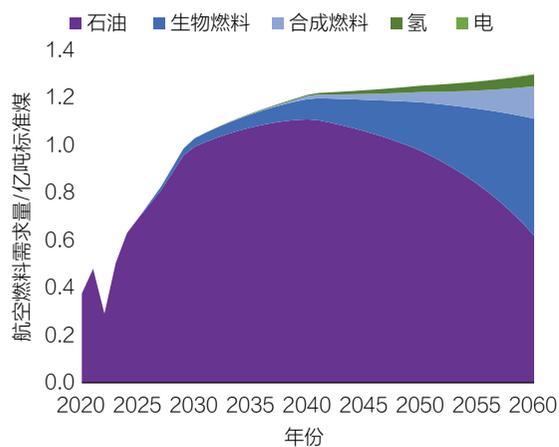
● **“十五五”时期，交通部门油气消费呈现明显平台期特征。**其中，航煤和天然气消费上升抵消汽、柴油消费下降。特别是，随着“十五五”国际天然气资源再平衡格局形成，东北亚现货价格回落至7—9美元/百万英热单位，LNG重卡保持较好经济性，保有量从2024年的约74万辆或将提高至160万辆，天然气将发挥出重要的过渡能源作用。

- **“十五五”时期，交通部门电力消费高速增长。**预计2024年用于交通的电力在2300万千瓦·时，其中车用电量约1000亿千瓦·时。“十五五”期间电力消费年均增长14%至5000亿千瓦·时，占交通能源比重提高至9%。预计到2030年，我国新能源汽车渗透率达70%，新能源汽车保有量达1.2亿辆，汽车用电量约3000亿—4000亿千瓦·时，交通部门用电量超过4700亿千瓦·时，占全社会用电总量的4%。
- **生物质等可持续能源处于政策培育起步期。**2024年1月1日，欧盟将航运业纳入碳排放交易体系（ETS），正式对特定船舶的碳排放征收碳配额，引燃了全球对生物燃料发展关注的新热度。当前，行业发展主要存在技术不成熟、成本高、原料供应不足的问题。此外，国内发展还面临市场机制不健全，缺乏国际认可的产品标准和绿色认证体系的困境。比如，全球对可再生甲醇尚无统一定义和认证，欧盟标准过于苛刻（CO₂要源自生物质或空气）。我国目前仅生物柴油、燃料乙醇有行业标准，绿色认证体系尚不健全，税收、财政、金融等方面的配套鼓励机制亦不完善，需要优化产业政策推动其健康壮大。

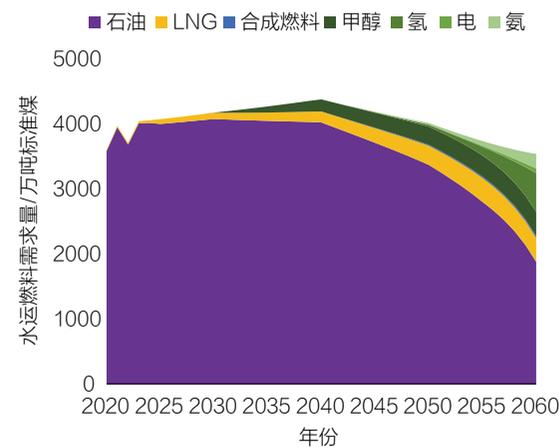
交通部门：在道路交通领域，电动汽车和燃料电池汽车错位发展， 预计中轻型车率先实现电动化，重型车主要转向燃料电池汽车

道路交通用能


石油占比	90%	86%	77%	68%	59%	47%	32%	20%	8%
电能占比	1%	3%	8%	15%	24%	34%	47%	56%	58%
氢能占比	0%	0%	0%	1%	2%	5%	9%	17%	29%

航空燃料需求量


石油占比	100%	100%	96%	95%	90%	84%	75%	62%	43%
生物燃料 + 绿色甲醇占比	0%	0%	3%	5%	9%	15%	23%	35%	54%

内贸水运燃料需求量


石油占比	100%	98%	98%	95%	92%	89%	84%	75%	53%
电能占比	0%	0%	0%	2%	4%	6%	7%	9%	11%
氢能占比	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	5%	23%

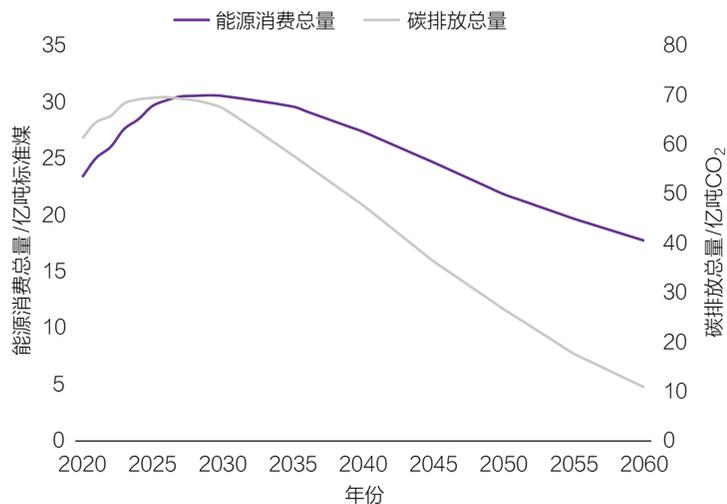
截至2024年1—9月，我国运输结构表现为“铁稳、水增、公降”。在“公转铁”“公转水”政策推动下，铁路货运比例由疫情前的14.0%提高至14.1%；水运比例由48.5%提高至55.4%；公路运输比例由34.9%降至30.3%；航空及管道运输受到运载空间及货运品种限制，比重变化不大。

- **电力加速对公路交通用油替代。**运输效率提高导致“十五五”之后道路交通用能快速下降。电动汽车快速普及改变了燃油车出行习惯，单车使用强度较疫情之前下降5%以上，导致交通用油提前达峰，近三年基本保持在平台期，预计“十五五”期间年均下降3%左右。
- **航空用能增长空间较大。**疫情后，航煤消费迅速恢复，预计2024年航煤消费量3900万吨。中长期航煤占据航空用能主体。目前国内尚未明确SAF支持政策和调和比例要求，“十五五”期间，考虑到原料和成本限制，估计2030年SAF添加比例在3%—5%，航煤消费年均增长7%、达到6000万吨。

- **中长期水运燃料总体需求小幅增长。**航运业仍然是难以减排的行业之一。外贸船燃方面，中长期经济发展持续提升贸易需求，叠加中国港口船用燃料油加注份额逐渐提升，航运燃料需求总体向好。”十五五”期间，在环保政策带动下，LNG、甲醇等替代燃料逐步迈入规模化市场阶段，氨船舶初步投入市场，保税船燃消费预计增长至2800万—3000万吨。内贸船燃方面，“公转水”政策持续发力，中长期船运燃料总体需求小幅增长，其中替代燃料发展慢于外贸，内贸船燃消费量呈现稳中略升态势。

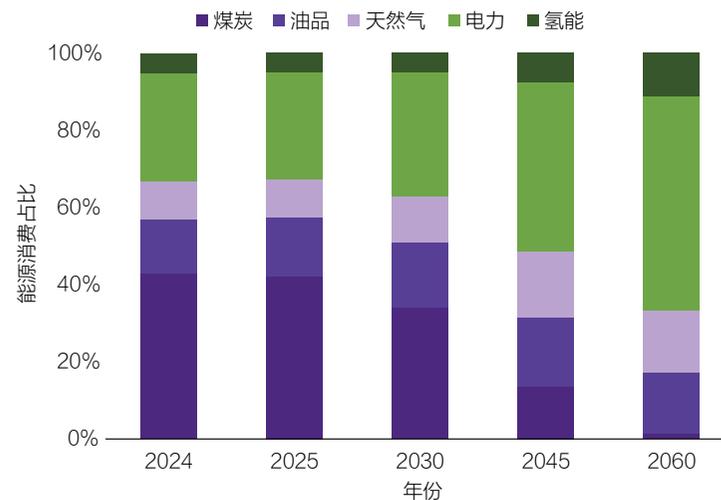
工业部门：近中期看，新能源制造业和新能源产业化创造新增用能需求，工业部门能源消费和碳排放均将于2025年前后进入平台期

工业部门能源消费与碳排放总量预测



能源消费总量	22.9	29.5	30.6	29.6	27.1	24.4	21.6	19.4	17.6
能源活动相关碳排放总量	60.2	69.8	67.1	58.6	47.9	36.5	26.7	17.7	11.0

工业部门能源消费结构预测



煤炭占比	43%	42%	35%	14%	1%
油品占比	28%	28%	32%	44%	56%

中国是工业门类最全、产业配套最好的国家之一，工业部门是我国终端能源消费最多、碳排放最大的领域。2024年，我国工业部门能源消费规模增至28.6亿吨标准煤，占终端能源消费总量的67%；工业部门能源相关碳排放69.3亿吨，占我国能源相关碳排放总量的65%。预计2030年前，我国工业部门将先后实现碳排放达峰和能源消费总量达峰目标。此后，工业部门能源消费总量和占比均呈下降态势，预计到2060年降至17.6亿吨标准煤和56%。

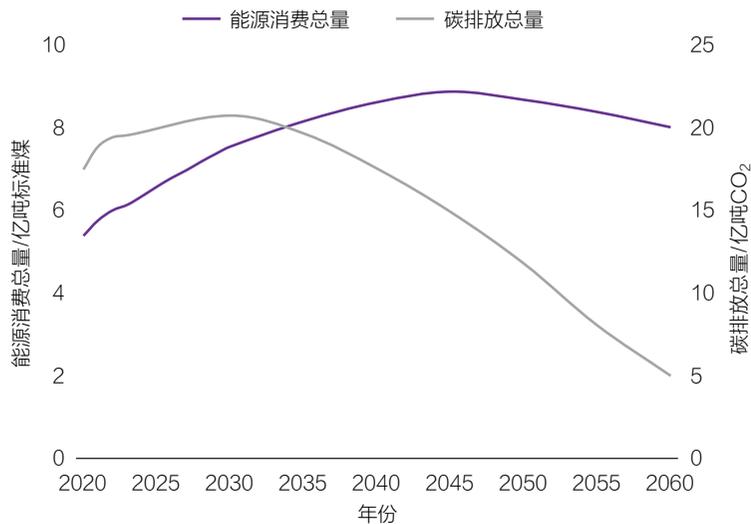
● **在整个展望期内，我国工业部门的能源转型历程可以划分为三个阶段。**一是增长达峰期（2024—2030年），随着燃料用油和煤炭消费的下降，工业部门能源相关碳排放将于“十五五”期初达峰，峰值约为70亿吨；工业部门能源消费总量在“十五五”期间处于平台期，峰值约为31亿吨标准煤；在此阶段，电力、化工用油和天然气的增长贡献率分别约为90%、50%和40%。二是替代调整期（2031—2040年），此阶段工业部门能源消费的年均降幅仅为1%，主要原因是电力、天然气、氢能消费的持续替代和增长，预计2040年前后，工业部门电力和天然气消费量将分别迎来8.82万亿千瓦·时和3310

亿立方米左右的峰值。三是减量增绿期（2041—2060年），在人口萎缩和科技进步的共同作用下，工业部门能源消费的年均降幅提高到2%以上，氢能是唯一消费量增长的能源品种，电氢化率从46%提升至68%。

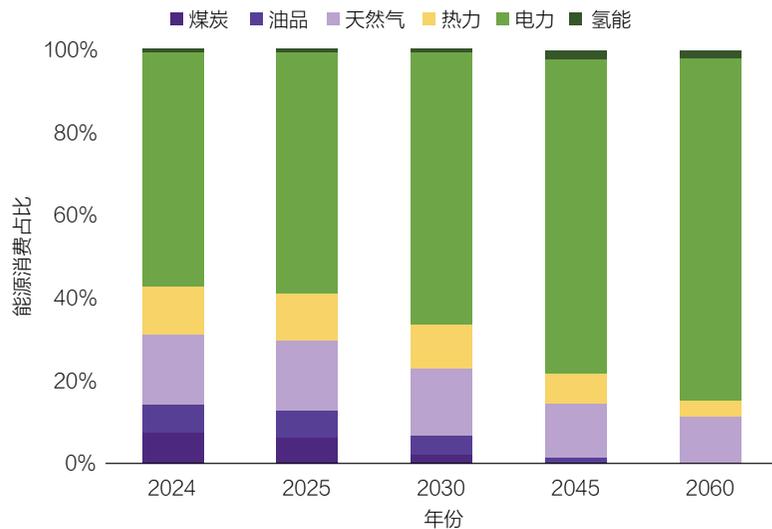
- **新能源制造业和新能源产业化，是近中期驱动工业部门能源消费增长的重要因素。**从全产业链看，2024—2030年间，以太阳能电池、锂电池、新能源汽车“新三样”为代表的新能源制造业和以绿色氢氨醇为代表的新能源产业化，带来的能源消费需求有望以年均10%的速度大幅攀升，能源消费量将从1.49亿吨标准煤增至2.63亿吨标准煤，在工业部门能源消费总量中的占比从5.2%提升至8.6%，对工业部门能源消费总量的增长贡献率高达56%。
- **大规模设备更新，是近中期抑制工业部门能源消费增长、促进节能降耗的重要因素。**2024年3月，国务院颁布《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》，实施设备更新、消费品以旧换新、回收循环利用、标准提升四大行动，有利于从源头上促进节能降碳水平不断升级，从而抑制工业部门能源消费高位达峰。

建筑部门：人工智能赋能新质生产力革命，为建筑部门能源消费持续增长提供强劲引擎

建筑部门能源消费量与碳排放总量预测



建筑部门能源消费结构预测



能源消费总量	5.3	6.6	7.5	8.2	8.6	8.9	8.7	8.4	8.0
能源活动相关碳排放总量	17.4	20.2	21.2	20.0	17.9	15.2	11.9	8.1	5.0

电力消费量/万千瓦·时	2.9	3.1	4.0	5.5	5.4
电力占比	57%	59%	66%	76%	83%

建筑部门能源消费与第三产业和居民生活密切相关。2024年，我国建筑部门能源消费总量达6.4亿吨标准煤，占终端能源消费总量的15%，电气化率为57%；建筑部门能源相关碳排放总量增至19.9亿吨，占我国能源相关碳排放总量的19%。预计我国建筑部门将于2030年前后实现碳达峰，于2045年前后实现能源消费总量达峰，但建筑部门能源消费和碳排放占比均呈增长态势。预计到2060年，建筑部门能源消费总量降为8亿吨标准煤、占比增至25%，碳排放总量降为5亿吨、占比增至24%。

● **分行业看，数智化转型驱动的第三产业发展及城镇化建设带来的民生福祉提升，是近中期激励建筑部门能源消费增长的主要动力。**随着数智化转型的深入开展和融合发展，我国算力需求将呈指数级扩张，数据中心扩能和新兴业态培育相互促进。预计2024—2030年间，我国第三产业增加值有望增长近50%，带动商用建筑能源消费量从2.35亿吨标准煤增至3.13亿吨标准煤，对建筑部门能源消费总量的增长贡献率超过65%。尽管我国总人口已处于负增长阶段，但城镇人口总量有望持续增长至2040年前后，峰值约为10.25亿人。预计2024—2030年间，我国将新增城镇人口超过6000万人，带动民用建筑能源消费量增长4200万吨标准煤。

- **分品种看，电气化是建筑部门能源转型的主导方向，因此电力是驱动建筑部门能源消费增长的关键动力。**照明、制冷、取暖、烹饪、办公、娱乐等是建筑部门的主要用能场景，电力均能提供经济可靠的解决方案，因此建筑部门的电气化转型进程远远快于其他终端部门。建筑部门的煤炭和石油消费已然处于下降阶段。预计2024—2030年间，建筑部门的电力消费量将从不足3万亿千瓦·时增至4万亿千瓦·时以上，对建筑部门能源消费总量的增长贡献率高达115%。与此同时，得益于天然气管网的进一步覆盖联通，建筑部门天然气消费也将迎来最后增长阶段，预计消费量将从2024年的815亿立方米增至2030年的910亿立方米，对建筑部门能源消费总量的增长贡献率约为11%。
- **展望远期，为满足人民对美好生活的向往，预计建筑部门是能源消费达峰后下降最慢、降幅最小的终端部门。**预计2045年前后，建筑部门的人均能源消费量和用电总量将会达峰，之后分别维持在680千克标准煤以上和5.5万亿千瓦·时左右的高位平台上。使得2045至2060年间，建筑部门能源消费总量年均降速不足1%，总降幅不足10%。



中国石化
SINOPEC

第九章 进一步探讨

- 能源消费与碳排放正在“分化”
- 转型成本公平合理负担问题亟待破解

能源消费与碳排放正在“分化”

- 长期以来，我国能源消费与碳排放发展演变高度相关。从趋势上看，能源消费总量和碳排放总量随着经济发展和社会进步增长；从质量上看，能耗弹性和碳排放弹性随着科技创新和产业升级下降。
- 然而，自“十四五”时期起，我国能源消费与碳排放的发展演变日益呈现“分化”特征。一方面，经济发展对能源需求的依赖有所回升，能源消费总量增速有所反弹，增势较为强劲；另一方面，能源活动相关碳排放总量增长放缓，即将达峰并下行。
- 底层逻辑不同是导致能源消费与碳排放“分化”的根源。能源消费需求是由经济社会活动产生的，当科学技术渐进性进步时，产业结构稳步调整优化，能耗弹性持续下降；当人工智能等科学技术呈突破性、颠覆性变革之势，生产生活模式将随之深度重构，在传统产业存续、新兴产业“井喷式”增长并存的过渡阶段，能源消费需求将显著抬头。碳排放是由化石能源活动带来的，即从因果逻辑上看，碳排放与能源消费结构相关，

而不是与总量相关，非化石能源的规模化发展替代是导致“分化”发生的直接原因。

- 能源消费与碳排放的“分化”，不仅是前一阶段能源转型的重要成果，也有利于进一步促进能源绿色低碳转型。
- 这种“分化”有利于满足经济社会发展产生的合理用能需求。因为在前一阶段，我国能耗与碳排放高度相关，节能政策与降碳政策在目标导向、措施手段等方面更为一致；展望未来，节能与降碳政策也将出现“分化”，为清洁能源、特别是非化石能源消费增长创造有利条件，从而为能源系统更进一步的绿色低碳转型蓄能。
- 这种“分化”也提示我们重新评估可再生能源大规模开发利用的背景下，资源环境对经济活动的合理承载力问题。推进能源转型、测算用能上限的根源在于应对资源消耗和环境污染问题，考虑到我国煤炭、石油等化石能源消费即将达峰，而可再生能源快速增长并将成为主导能源，建议适时重新审视和评估能源消费总量的合理上限。

转型成本公平合理负担问题亟待破解

- 成本可负担性是沟通能源转型可能性与可行性的关键一环，因此是实现“能源三角平衡”的重要影响因素。我国能源转型将由增量分享向存量竞争阶段过渡，叠加国内外经济增长和发展安全承压影响，我国能源三角内涵面临扩容，内在张力放大，转型成本负担问题更为凸显。
- 我国能源转型遵循“先立后破”的路径，转型成本不仅存在于新能源的“立”、而且存在于传统能源的“破”，既有直接的显性经济成本、也有间接的隐性社会成本。公平合理负担转型成本的前提基础，是全面系统科学地核算与预测能源转型成本。前一阶段，我们关注更多的是新能源开发利用相关的显性成本，相应的，能源转型投资更多倾注于可再生能源发电领域。随着转型阶段的变化，新能源需求侧、调度侧的投资建设成本，以及传统能源改造、关停相关的直接和间接经济成本乃至就业民生、社会稳定等风险隐患，都亟需引起重视与应对。
- 转型成本的负担模式在很大程度上决定着转型动力的来源。能源转型旨在应对气候变化问题、谋求人类永续发展，能源转型举措具有正向的外部性效果。作为一场广泛而深刻的系统性变革，能源转型将生产者、消费者、监管者等多元主体都纳入其中。前一阶段，我国能源转型的重点在于“立”新，为促进风电、光伏、新能源汽车等产业快速发展壮大，公共财政提供了强有力的扶持、发挥了关键作用，从某种意义上说，“政策”为能源转型提供了最强动力。展望未来，我国能源转型成本将呈现规模更大、分布更散、间接隐性增多等新特征，政策驱动转型的可靠性和可行性需要重新审视。理解转型规律、解读政策精神，我们认为，未来驱动能源转型深入开展的强劲动力蕴藏于“产业”，为此，合理负担转型成本，营造公平竞争、健康发展的市场环境尤为紧要。
- 转型成本的负担模式在很大程度上影响着能源转型的路径。正如本报告所述，我国能源转型正面临着发电并网、长时储能、终端消纳等多重困难挑战，牵涉电网、电厂、用户等多种主体，公平合理负担转型成本，有利于更好调动市场主体积极性，从而加快化解困难挑战、推进能源转型。



中国石化
SINOPEC

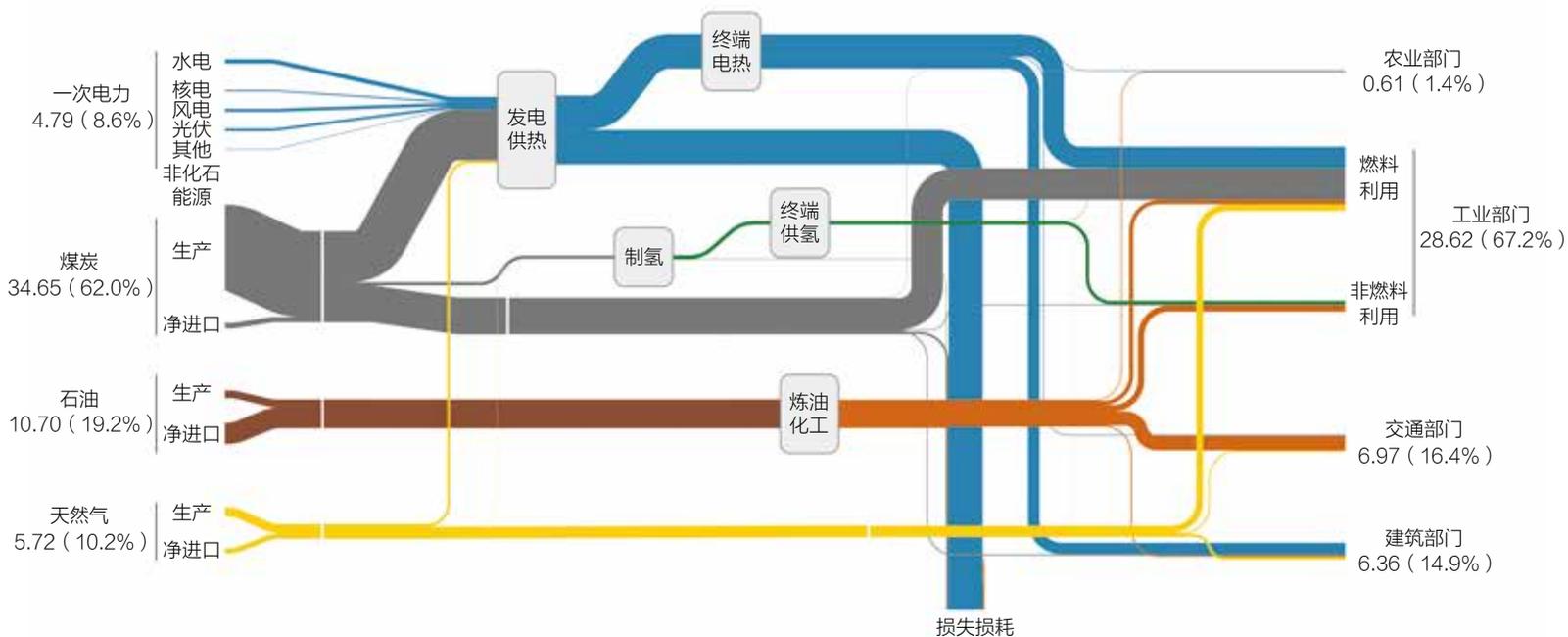
第十章 附录

- 能流图
- 碳流图
- 数据表
- 其他说明

中国能流图 2024



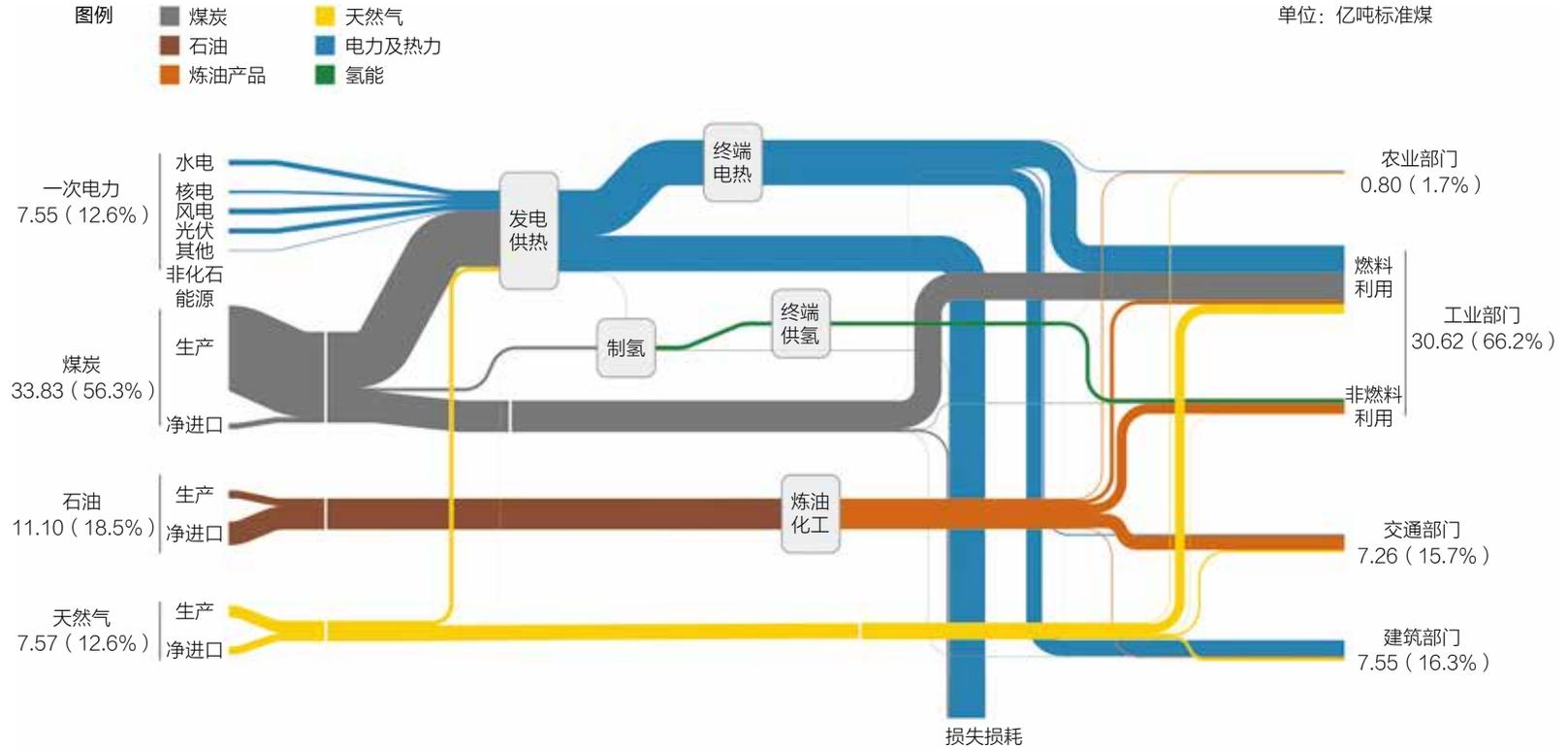
单位：亿吨标准煤



注：图中数据折算原则为电热当量法，绘图采用协调转型情景数据

中国能流图 2030

单位：亿吨标准煤

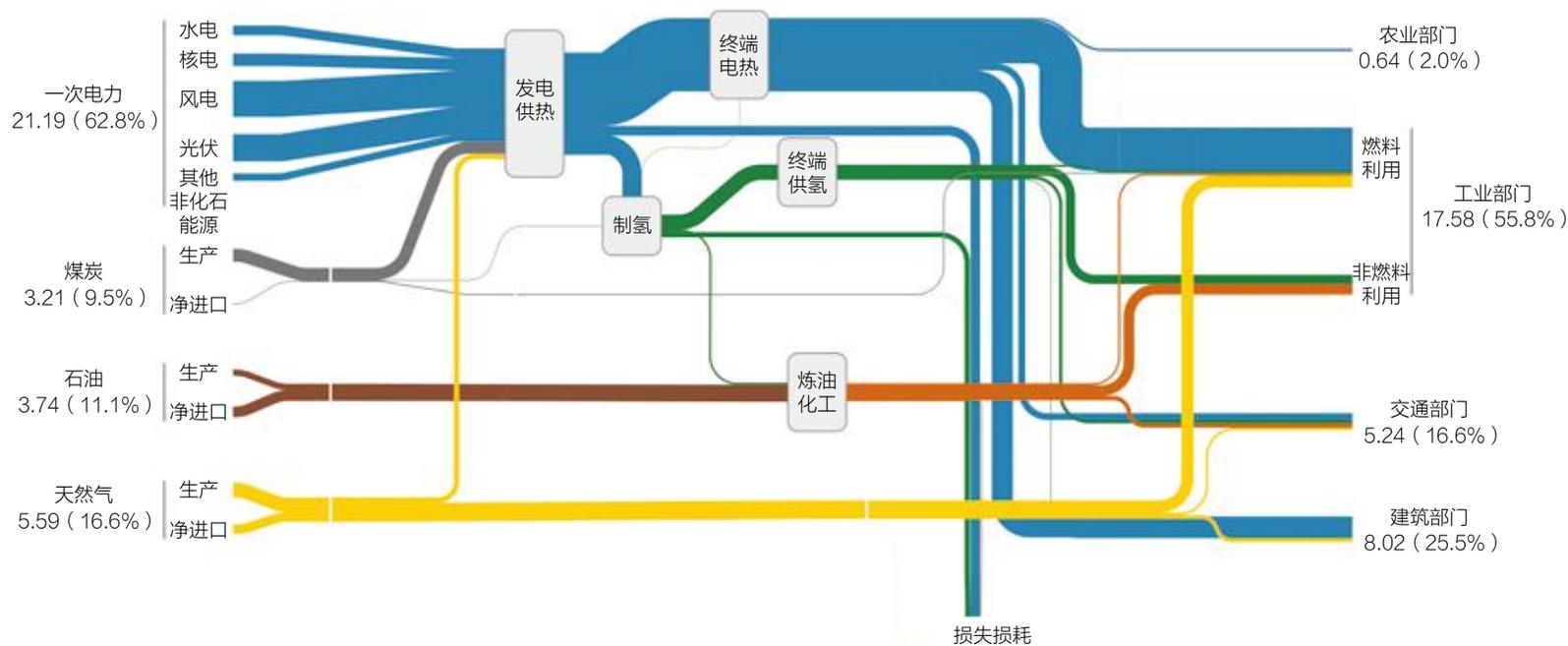


中国能流图 2060

图例

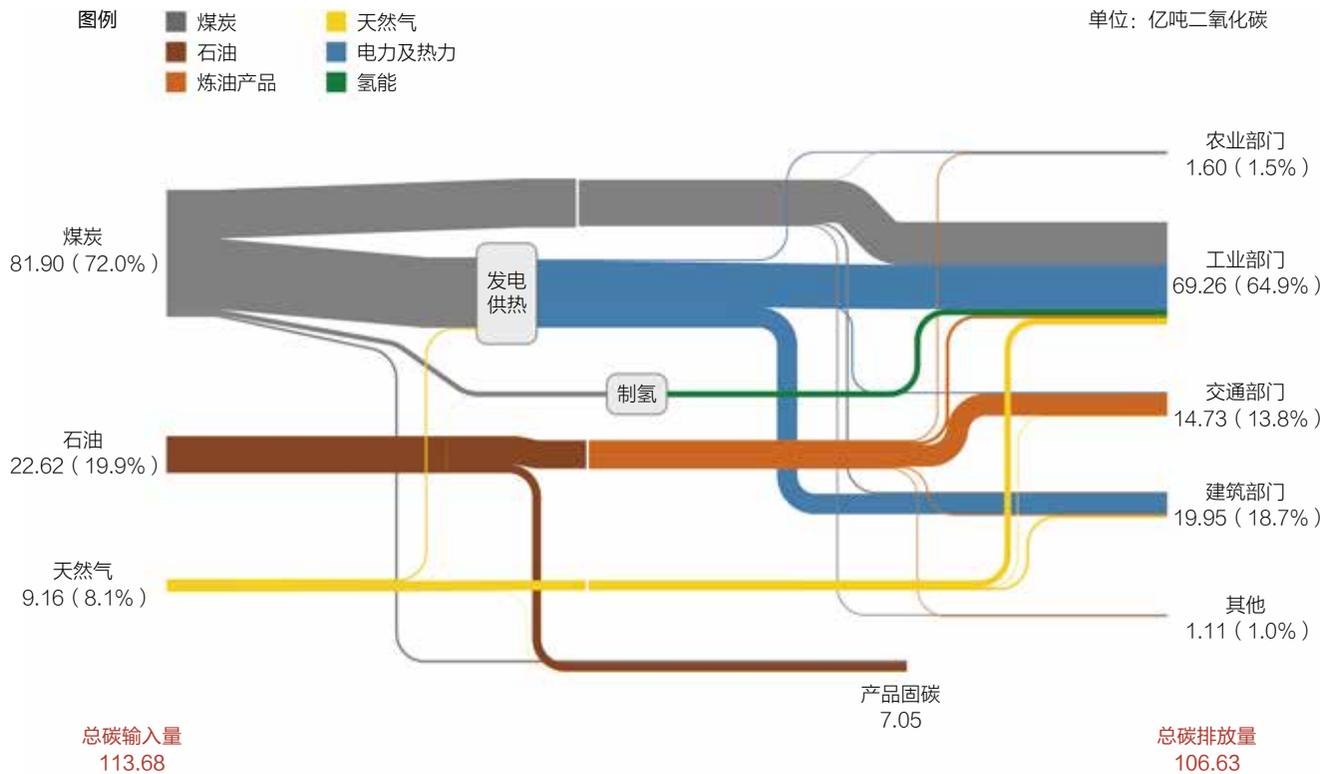
- 煤炭
- 天然气
- 石油
- 电力及热力
- 炼油产品
- 氢能

单位：亿吨标准煤

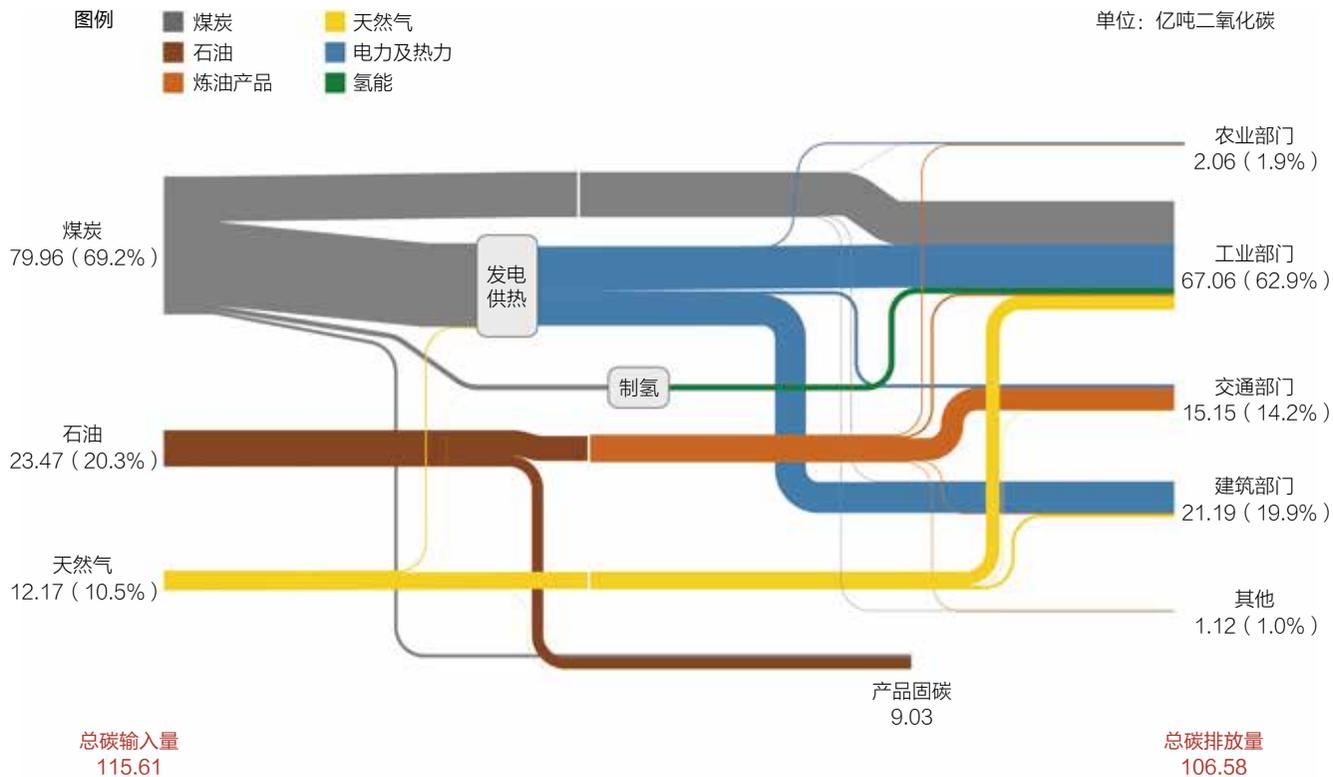


注：图中数据折算原则为电热当量法，绘图采用协调转型情景数据

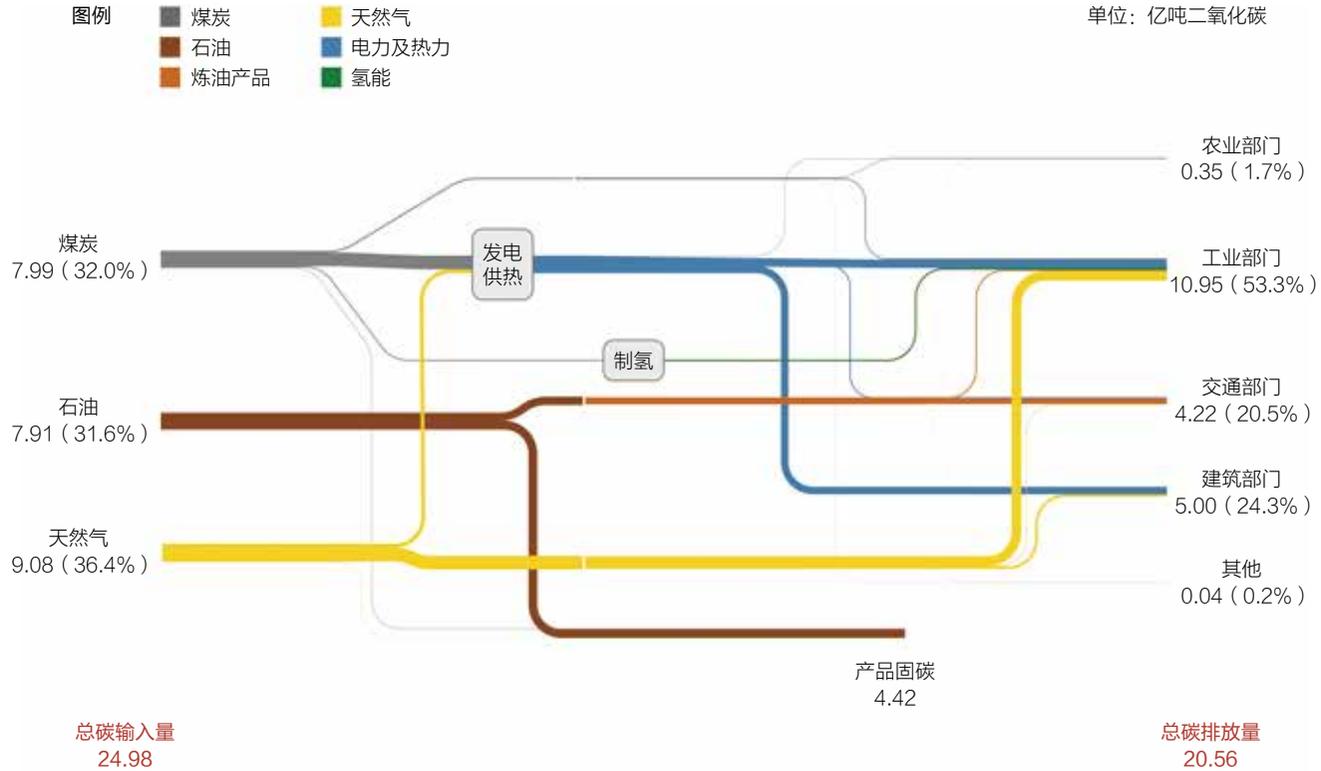
中国碳流图 2024



中国碳流图 2030



中国碳流图 2060



中国一次能源消费预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	40.5	48.5	48.8	47.4	40.6	32.5	24.4	17.1	9.9	4.5
石油	亿吨	6.8	7.5	7.7	7.8	7.1	6.2	5.3	4.3	3.5	2.6
天然气	亿立方米	3292	4300	4580	5690	6060	6200	5950	5500	4900	4200
煤炭	亿吨标准煤	28.3	32.3	32.4	31.4	27.4	22.2	16.7	11.7	6.8	3.1
石油	亿吨标准煤	9.4	10.3	10.6	10.7	9.7	8.6	7.4	5.9	4.8	3.6
天然气	亿吨标准煤	4.2	5.3	5.7	7.1	7.6	7.8	7.6	7.0	6.3	5.4
水电	亿吨标准煤	4.2	4.3	4.4	4.9	5.3	5.2	5.1	5.1	5.0	5.0
核电	亿吨标准煤	1.1	1.3	1.4	2.5	3.2	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4
风电	亿吨标准煤	1.4	3.0	3.4	5.3	7.9	10.3	12.7	14.7	16.8	18.3
光伏	亿吨标准煤	0.8	2.4	3.1	4.8	7.4	9.4	11.0	12.1	13.0	13.9
其他非化石能源	亿吨标准煤	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.8
一次能源消费合计	亿吨标准煤	49.8	59.7	61.6	67.5	69.4	68.6	66.5	63.5	61.0	59.5
非化石能源占比		16%	20%	21%	27%	36%	44%	52%	61%	71%	80%

中国一次能源消费预测数据表（安全挑战情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	40.5	48.6	49.1	49.1	44.1	36.5	28.4	20.7	12.7	6.1
石油	亿吨	6.8	7.5	7.7	7.8	7.2	6.5	5.8	4.8	4.1	3.3
天然气	亿立方米	3292	4300	4600	5770	6200	6350	6210	5900	5400	4700
一次能源消费合计	亿吨标准煤	49.8	59.7	61.8	67.7	68.5	67.1	64.5	61.7	59.2	57.7
非化石能源占比		16%	20%	21%	25%	31%	37%	45%	54%	64%	74%

中国一次能源消费预测数据表（绿色驱动情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	40.5	48.5	48.4	45.0	37.4	28.8	21.0	13.9	7.6	3.6
石油	亿吨	6.8	7.5	7.7	7.7	6.9	6.0	5.1	3.9	3.1	2.2
天然气	亿立方米	3292	4300	4560	5620	6000	5900	5530	5100	4500	3800
一次能源消费合计	亿吨标准煤	49.8	59.7	61.7	68.4	71.2	70.7	68.7	65.9	63.2	61.6
非化石能源占比		16%	20%	22%	31%	41%	50%	59%	67%	76%	83%

中国能源活动相关碳排放（碳汇前）预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
碳汇前排放总量	亿吨CO ₂	94.14	106.63	107.61	106.58	95.17	80.60	64.03	48.43	32.92	20.56
按能源划分:											
煤炭相关	亿吨CO ₂	70.71	79.88	80.26	77.78	67.96	55.24	41.52	29.25	16.93	7.76
石油相关	亿吨CO ₂	16.66	17.90	17.88	16.89	14.47	12.29	9.93	7.51	5.54	3.84
天然气相关	亿吨CO ₂	6.77	8.85	9.47	11.91	12.74	13.07	12.58	11.67	10.45	8.96
按部门划分:											
发电行业	亿吨CO ₂	38.03	45.54	45.72	48.98	46.25	40.57	33.83	26.27	16.41	8.38
农业部门	亿吨CO ₂	1.34	1.60	1.68	2.06	2.03	1.78	1.41	1.03	0.64	0.35
工业部门	亿吨CO ₂	60.22	69.26	69.79	67.06	58.59	47.91	36.51	26.71	17.65	10.95
交通部门	亿吨CO ₂	13.27	14.73	14.82	15.15	13.64	12.24	10.60	8.64	6.40	4.22
建筑部门	亿吨CO ₂	17.36	19.95	20.17	21.19	20.03	17.91	15.20	11.92	8.06	5.00

中国终端能源消费预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	15.4	18.1	18.3	15.4	11.8	8.1	4.9	2.4	1.0	0.4
石油	亿吨	6.6	7.5	7.6	7.8	7.1	6.2	5.3	4.3	3.5	2.6
天然气	亿立方米	2601	3405	3607	4355	4674	4807	4614	4262	3785	3216
电力	万亿千瓦·时	7.5	9.9	10.4	12.8	14.5	15.3	15.9	15.9	15.8	15.4
氢气	万吨	3142	3581	3663	3869	4123	4662	5439	6261	6546	7515
煤炭	亿吨标准煤	11.0	12.9	13.1	11.0	8.4	5.8	3.5	1.7	0.7	0.3
石油	亿吨标准煤	9.4	10.7	10.9	11.1	10.1	8.9	7.6	6.1	4.9	3.7
天然气	亿吨标准煤	3.5	4.5	4.8	5.8	6.2	6.4	6.1	5.7	5.0	4.3
电力	亿吨标准煤	9.2	12.1	12.8	15.8	17.8	18.8	19.5	19.6	19.4	18.9
氢气	亿吨标准煤	1.3	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.6	2.7	3.1
氢基燃料	亿吨标准煤	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.9
热力及其他	亿吨标准煤	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
终端能源消费合计	亿吨标准煤	35.0	42.6	43.9	46.2	45.2	42.8	40.0	36.6	33.8	31.5

中国农业部门能源消费预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	0.23	0.15	0.14	0.11	0.08	0.06	0.03	0.02	0.02	0.01
石油	亿吨	0.18	0.23	0.24	0.26	0.24	0.19	0.14	0.08	0.04	0.02
天然气	亿立方米	1.28	2.29	2.33	2.83	3.07	3.56	3.98	4.29	4.53	4.72
电力	万亿千瓦·时	0.08	0.14	0.16	0.28	0.36	0.41	0.44	0.46	0.47	0.47
氢气	万吨	0	0	0	0	3	7	15	25	36	44
煤炭	亿吨标准煤	0.16	0.11	0.10	0.08	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
石油	亿吨标准煤	0.25	0.33	0.34	0.38	0.35	0.28	0.19	0.11	0.06	0.03
天然气	亿吨标准煤	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
电力	亿吨标准煤	0.10	0.17	0.20	0.35	0.44	0.51	0.54	0.56	0.57	0.58
氢气	亿吨标准煤	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
能源消费合计	亿吨标准煤	0.51	0.61	0.65	0.80	0.85	0.83	0.77	0.70	0.66	0.64

中国工业部门能源消费预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	14.0	17.3	17.6	15.1	11.6	8.0	4.8	2.3	1.0	0.4
石油	亿吨	2.2	2.8	2.9	3.3	3.3	3.1	2.8	2.4	2.1	1.8
天然气	亿立方米	1558	2125	2262	2745	3118	3311	3190	2942	2583	2114
电力	万亿千瓦·时	5.2	6.6	6.8	8.0	8.7	8.8	8.8	8.6	8.3	8.0
氢气	万吨	3097	3513	3594	3775	3993	4251	4626	5065	4944	5266
煤炭	亿吨标准煤	10.0	12.3	12.5	10.8	8.3	5.7	3.4	1.7	0.7	0.3
石油	亿吨标准煤	3.1	4.0	4.2	4.8	4.7	4.4	4.0	3.4	3.0	2.5
天然气	亿吨标准煤	2.1	2.8	3.0	3.7	4.1	4.4	4.2	3.9	3.4	2.8
电力	亿吨标准煤	6.4	8.1	8.4	9.9	10.7	10.8	10.8	10.5	10.3	9.8
氢气	亿吨标准煤	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.0	2.2
能源消费合计	亿吨标准煤	22.9	28.6	29.6	30.6	29.5	27.1	24.4	21.6	19.4	17.6

中国交通部门能源消费预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
石油	亿吨	3.9	4.2	4.2	3.9	3.3	2.8	2.3	1.8	1.3	0.8
天然气	亿立方米	327	463	508	697	643	586	535	487	443	413
电力	万亿千瓦·时	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.5	1.5
氢气	万吨	0	2	4	25	57	158	375	670	1102	1864
氨	万吨	0	0	0	0	0	3	186	381	1357	2426
甲醇	万吨	223	346	360	451	709	1285	1590	1886	2427	3360
生物质	万吨	275	400	402	744	879	1086	1458	2006	2528	3473
合成燃料	万吨	0	0	0	0	0	0	10	20	30	40
石油	亿吨标准煤	5.6	6.0	6.0	5.6	4.7	4.0	3.3	2.5	1.8	1.2
天然气	亿吨标准煤	0.4	0.6	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5
电力	亿吨标准煤	0.2	0.3	0.3	0.6	0.9	1.1	1.4	1.7	1.8	1.8
氢气及氢基燃料	亿吨标准煤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	1.2
生物质及合成燃料	亿吨标准煤	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5
能源消费合计	亿吨标准煤	6.3	7.0	7.0	7.3	6.7	6.3	5.9	5.6	5.3	5.2

中国建筑部门能源消费预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤炭	亿吨	1.1	0.7	0.6	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
石油	亿吨	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
天然气	亿立方米	715	816	834	910	910	906	885	829	755	684
电力	万亿千瓦·时	2.1	2.9	3.1	4.0	4.7	5.2	5.5	5.5	5.5	5.4
氢气	万吨	44	65	66	69	70	247	423	500	464	341
煤炭	亿吨标准煤	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
石油	亿吨标准煤	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
天然气	亿吨标准煤	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9
电力	亿吨标准煤	2.6	3.6	3.9	5.0	5.8	6.4	6.8	6.8	6.8	6.7
氢气	亿吨标准煤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
热力	亿吨标准煤	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
能源消费合计	亿吨标准煤	5.3	6.4	6.6	7.5	8.2	8.6	8.9	8.7	8.4	8.0

中国电力供需预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
全社会用电量	万亿千瓦·时	7.52	9.87	10.40	12.98	15.02	16.45	17.60	18.25	18.55	18.85
煤电发电量	万亿千瓦·时	4.63	5.62	5.63	6.04	5.83	5.25	4.51	3.56	2.23	1.08
气电发电量	万亿千瓦·时	0.25	0.33	0.36	0.55	0.58	0.60	0.58	0.53	0.48	0.43
水电发电量（含抽蓄）	万亿千瓦·时	1.36	1.44	1.45	1.64	1.79	1.80	1.81	1.82	1.83	1.83
核电发电量	万亿千瓦·时	0.37	0.45	0.46	0.84	1.09	1.34	1.60	1.86	2.12	2.31
风电发电量	万亿千瓦·时	0.47	1.00	1.14	1.78	2.67	3.58	4.50	5.30	6.11	6.66
太阳能发电量	万亿千瓦·时	0.26	0.81	1.04	1.62	2.50	3.27	3.92	4.36	4.72	5.07
其他发电量	万亿千瓦·时	0.30	0.49	0.50	0.53	0.61	0.66	0.73	0.84	1.07	1.48
其中，其他非化石能源发电量	万亿千瓦·时	0.14	0.20	0.22	0.27	0.35	0.43	0.52	0.66	0.93	1.38

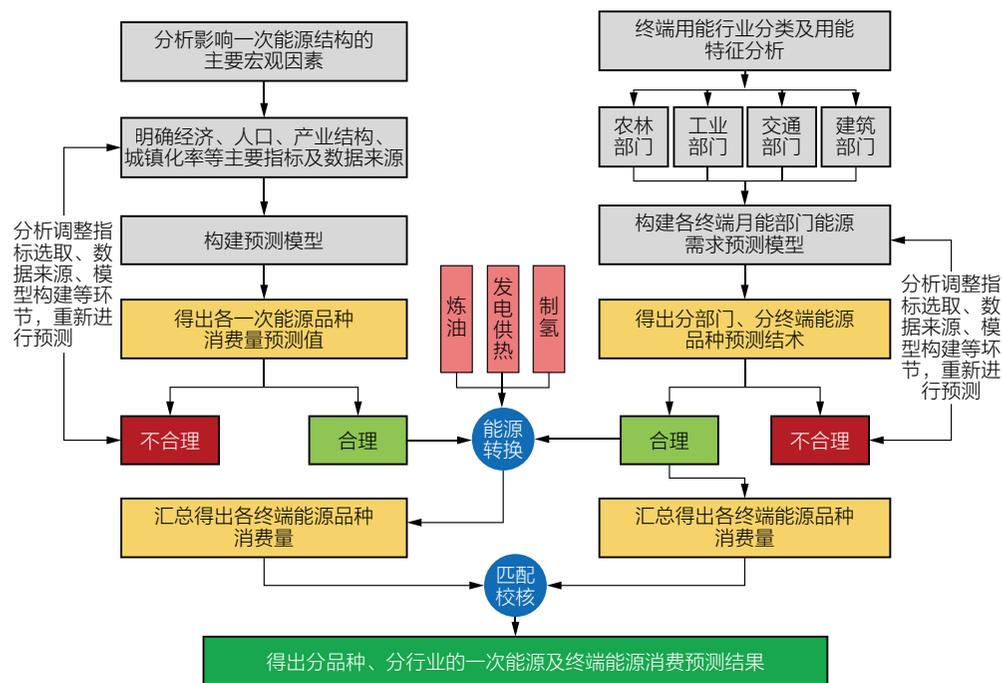
中国发电装机预测数据表（协调转型情景）

项目	单位	2020年	2024年	2025年	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年	2055年	2060年
煤电装机	亿千瓦	10.79	12.05	12.68	15.80	15.80	15.01	13.51	11.48	9.19	6.00
气电装机	亿千瓦	1.00	1.40	1.54	2.18	2.24	2.25	2.26	2.18	2.02	1.80
水电装机（含抽蓄）	亿千瓦	3.70	4.33	4.55	6.10	6.72	6.82	6.92	7.02	7.12	7.12
核电装机	亿千瓦	0.50	0.59	0.61	1.10	1.42	1.75	2.07	2.42	2.75	3.00
风电装机	亿千瓦	2.82	5.19	5.89	9.25	13.64	18.26	22.21	25.28	28.23	30.00
太阳能装机	亿千瓦	2.54	8.58	10.75	16.80	23.75	30.35	35.01	37.93	39.98	42.00
其他发电装机	亿千瓦	0.66	1.17	1.27	1.68	1.80	1.92	2.01	2.08	2.29	2.70
发电装机合计	亿千瓦	22.00	33.31	37.28	52.91	65.37	76.35	83.99	88.39	91.57	92.62

其他说明

● 能源预测模型：

采用顶层控制预测和终端消费预测相结合的综合预测体系。顶层控制预测以经济、人口、产业结构、城镇化率等宏观指标为变量，分析能源消费特征及变化规律，进而基于对宏观趋势的研判预测能源消费；终端消费预测方面，针对农业、工业、交通、建筑等四个终端用能部门，分别剖析行业特征与能源消费间的内在规律，从而预测各行业发展形势及能源消费前景。在两条预测主线的基础上，进行结果匹配校核和模型调整完善，最终得到系统、完整、自洽的综合能源预测结果。在顶层控制预测和终端消费预测时，采用了STIRPAT模型、DEA模型、弹性系数、Logistic回归、时间序列等方法。



其他说明

● 中国能源活动相关碳排放测算说明：

测算方法为排放因子法，我国能源活动相关碳排放量等于各种化石能源消费量与其排放因子乘积之和，即：

$$E_{CO_2} = \sum AD_i \times EF_i$$

其中， AD_i 表示煤炭、石油、天然气等化石能源消费量，本报告扣除了化石能源消费量中作为原料用能且具有固碳作用的部分； EF_i 表示各种化石能源的二氧化碳排放因子，本报告主要参考《GB/T 32151.15—2023》取值。

● 能源折标准煤系数：

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20908 千焦/千克	0.7143 千克标准煤/千克
焦炭	28435 千焦/千克	0.9714 千克标准煤/千克
原油	41816 千焦/千克	1.4286 千克标准煤/千克
汽油	43070 千焦/千克	1.4714 千克标准煤/千克
柴油	42652 千焦/千克	1.4571 千克标准煤/千克
天然气	38931 千焦/米 ³	1.33 千克标准煤/米 ³
电力	3600 千焦/(千瓦·时)	0.1229 千克标准煤/(千瓦·时)
热力	-	0.0341 千克标准煤/百万焦耳
氢气	120000 千焦/千克	4.0985 千克标准煤/千克

版权声明

本书的著作权属于中国石化集团经济技术研究院有限公司（中国石化咨询有限责任公司）。以学习、研究、报道等目的使用本书数据、观点的，应遵守《中华人民共和国著作权法》的有关规定，合理使用并指明作者名称、作品名称。以商业目的的任何使用，应事先获得中国石化集团经济技术研究院有限公司（中国石化咨询有限责任公司）的书面许可。本书包含的信息被认为来源可靠，但不保证信息的准确性、完整性，也不保证基于此信息的分析和观点准确和完整。在法律允许的范围内，中国石化集团经济技术研究院有限公司（中国石化咨询有限责任公司）不对任何错误或遗漏负责，也不对任何因信赖本书所包含的信息或陈述而产生的损失、费用等损害负责。