



中国石化
SINOPEC



中国能源展望

2060

2024年版

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

《中国能源展望 2060（2024 年版）》编写委员会

主任： 喻宝才
副主任： 戴照明
委员： 戴宝华 顾松园 罗大清 李志 傅军
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 丁宣升
崔宇 程诺 蒋珊 聂浩宇 曹勇

前言

气候变化问题正在成为撬动全球能源转型乃至国际秩序调整的重要杠杆，走向绿色低碳是不可逆转的时代潮流。在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下，我国积极稳妥推进碳达峰、碳中和工作，经济社会进入加快绿色化、低碳化的高质量发展阶段。在此背景下，全球产业分工体系深度调整、能源版图深刻改变，国内产业重构加速演进、新型能源体系加快构建。

2023年是“十四五”承上启下的关键一年。面对复杂严峻的外部环境，我国经济呈现稳步复苏发展态势。经济社会发展的持续向好，刺激了能源需求增长，也给能源转型带来一些新的议题。例如，扩大内需、新型工业化等战略的实施，驱动化石能源消费和非化石能源消费双双增长，我国能源消费总量会否高位达峰？又如，随着可再生能源超预期高速发展，化石能源该如何重新定位、异质能源系统又该怎样耦合？再如，能耗双控逐步向碳排双控转变的体制机制基础逐渐完善，考核指挥棒又将对我国能源利用方式与模式的优化升级产生怎样的影响与推动？

能源中长期发展预测，是有助于破解能源转型重大问题的一把金钥匙，是在桅杆上为产业发展廓清前景、为能源转型明判路径的一盏航向灯。

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）作为中国石化的智库机构，以建设世界一流能源化工智库为愿景，努力当好政府信赖的智囊团、集团倚重的参谋部、市场认可的思想库。我们坚持深耕能源中长期发展预测领域，并于2022年底首次公开发布研究成果《中国能源展望2060》。该书在业界收获广泛好评和热烈反响，这让我们深感荣幸、深受鼓舞。

今年，我们紧密关注国际国内政治经济形势趋势变化，不断深化能源转型理念、路径、节奏等研究，进一步完善优化能源中长期发展预测模型，在最新认识和预测成果基础上撰写了《中国能源展望 2060（2024 年版）》。相比上一版展望，本报告主要有三大值得关注的新变化：

在情景设置方面，我们从经济产业、社会人口、政策导向、科技进步等维度重新评估了我国能源平衡三角状态与趋势，认为近期能源三角向安全一极稍倾、远期将逐步回归到协调平衡格局，据此修正了能源转型路径研判和预测情景设置，更新了能源消费预测结论。

在方法体系方面，我们对能源中长期发展预测模型进行了扩充完善，一方面从需求侧细化对氢能、生物质等可再生能源的消费预测，另一方面从供给侧丰富了对异质能源系统耦合与供应安全的讨论，从而对“先立后破”能源转型路径得出更深入的认知。

在呈现形式方面，本书定位为便于阅读、便捷查阅的工具书，增加了图表、精简了文字，将核心预测结论更直接、更鲜明地呈现给读者，并积极尝试回应当前能源产业的热点议题。

能源转型正在牵引我国经济社会全面绿色低碳发展。真诚希望能源行业同仁，以及其他行业的各位专家和朋友，与我们一起关注能源转型，探讨能源预测，共同推动我国能源产业和经济社会绿色低碳高质量发展。

《中国能源展望 2060（2024 年版）》编委会

2023 年 12 月

摘要

• **宏观环境方面**，我国经济发展进入疫后修复阶段，产业结构优化升级的步伐加快，能源需求刚性增长的同时，能源利用效率稳步提升，能源利用结构更为清洁；我国人口开启负增长阶段，但人口规模对能源消费的托举作用长期存在，城镇化和老龄化助推能源消费电气化、智能化转变；碳排放双控、绿电消纳、油气体制改革等政策出台完善，着力在保障我国能源安全的基础上，加快实现可再生能源增长与替代；我国风电、光伏等可再生能源发电装机历史性超越煤电，CCUS 等化石能源清洁利用技术进入示范发展阶段，科技进步为能源转型提供坚实支撑。

• **我国能源三角**近期更倾向安全一极，即能源转型处在“立”与“破”的交汇阶段，出于能源安全的考量，化石能源和非化石能源呈现双增长；远期，能源三角将回归协调平衡格局，但受国际局势、低碳科技、控排机制等因素影响，能源三角将呈现不同的平衡形态，导向不同的能源转型路径，本书仍将其归纳为协调发展、安全挑战、绿色紧迫三大情景。

• **我国一次能源消费**随经济产业复苏，2023 年达到 55.9 亿吨标煤，同比增长 3.3%。近中期，太阳能、风能、天然气需求增长驱动我国能源消费规模持续扩张，预计将于 2030~2035 年间达峰，峰值约为 62.6 亿吨标煤，届时非化石能源占比增至 30% 左右。到 2060 年，一次能源消费回落至 57 亿吨标煤，与“十四五”后期相当，非化石能源占比将达到 80%。

• **我国煤炭消费**进入峰值平台期，2023 年达到 43.5 亿吨，预计 2025 年前后达峰 43.7 亿吨，到 2060 年降至 3.8 亿吨。近中期，煤炭持续发挥能源“压舱石”作用；远期，随着可再生能源占比扩大，以及储能、智能电网等技术成熟，煤炭将更多发挥能源安全兜底保障作用。

• **我国石油消费**在疫后恢复增长，2023 年增至 7.6 亿吨，预计“十五五”中期达峰 8 亿吨左右，到 2060 年降至 2.8 亿吨。由于新能源汽车的发展速度不断突破预期，我国石油消费峰值平台期将缩短至 3~5 年。2030 年前后，石油的化工原料属性将逐步超越交通燃料属性。

• **我国天然气消费**稳步增长，2023 年达到 3820 亿立方米，预计 2040 年前后达峰，峰值为 6100 亿立方米，占比升至 13%，到 2060 年降至 4000 亿立方米。天然气作为能源转型的“桥梁”，其需求前景取决于我国能源安全总体考量，以及能源转型进程中的风险挑战。

• **我国非化石能源供给**高速增长，2023 年增至 9.9 亿吨标煤，正在成为我国能源消费增量的主体，其中光伏和风电的增长贡献度最大；预计 2045 年前突破 30 亿吨标煤，成为我国能源消费的主体，在一次能源消费中的占比达到 50% 以上；随后增速显著放缓，2060 年增至 45.4 亿吨标煤。

• **我国终端能源消费**规模稳步增长、结构加速优化，2023 年总量增至 38.5 亿吨标煤，预计“十五五”后期达峰 41.2 亿吨标煤，到 2060 年降至 28.6 亿吨标煤。电、氢融合发展加快终端用能绿色低碳转型进程，电力将于“十四五”后期成为终端第一大能源品种，我国终端电氢化率将从当前的 32% 增至 2030 年的 37% 和 2060 年的 69%。

• **碳排放方面**，2023 年我国能源活动相关碳排放 100.2 亿吨（剔除原料用能固碳部分）。预计我国能源活动相关碳排放总量将于“十五五”期间达峰，峰值 101 亿吨左右。在碳中和阶段，煤炭消费的压减和工业部门的节能降碳行动至关重要，预计 2060 年我国能源活动仍将产生 17 亿吨左右的碳排放，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

经济产业	03
社会人口	05
科技进步	07
政策导向	09
转型情景	11

第二章 总体展望

一次能源	15
二氧化碳	17
终端能源	19

第三章 煤炭

煤炭需求	23
发电和化工行业用煤	25
钢铁和建材行业用煤	27

第四章 石油

石油需求	31
交通用油	35
化工用油	37

第五章 天然气

天然气需求	41
工业和发电行业用气	43
天然气供给	45

第六章 非化石能源

非化石能源供给	49
新型电力系统	51

第七章 氢能

氢能供给	55
氢能需求	57

第八章 终端部门

交通部门	61
工业部门	69
建筑部门	71

第九章 探讨与建议

能源转型阶段性新特征	75
探索转型的窗口正在收窄	75
未来能源的变与不变	75
科技引领促进能源转型	76
制度服务支撑能源转型	76

第十章 附录

能流图	79
碳流图	82
数据表	85
其他说明	97



中国石化
SINOPEC

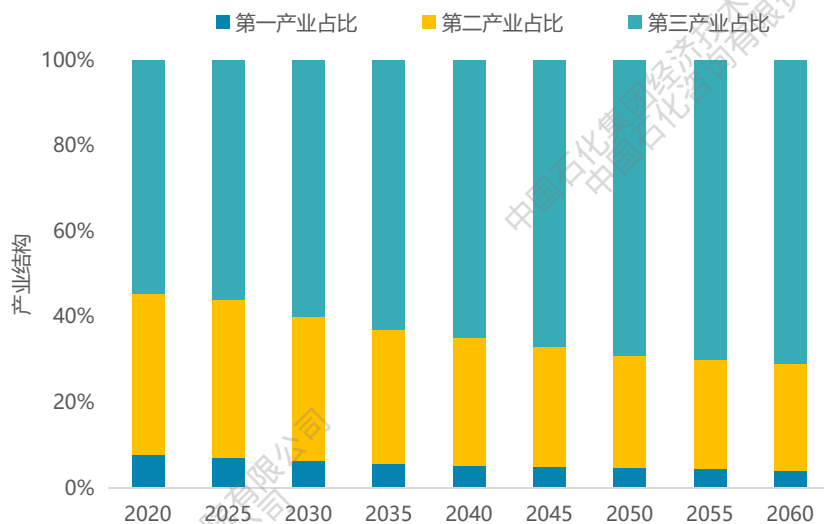


第一章 宏观趋势

- 经济产业：经济发展在波动中曲折前进，长期向好趋势不改，产业结构优化升级步伐加快，助力能源消费提质稳量，增速逐步走低、转负
- 社会人口：总人口开启长期持续负增长模式，城镇化和老龄化助推能源消费电气化、智能化转变
- 科技进步：能源转型围绕可再生替代、电气化替代、清洁化利用三方面技术创新展开，技术驱动成本下降、关键矿产资源和 CCUS 碳汇是重要支撑
- 政策导向：政策系统性、协同性、一致性、可持续性不断加强，着力在保障能源安全的基础上推动可再生能源消费增长
- 转型情景：能源三角近期向安全一极倾斜、远期回归到协调平衡格局，能源转型存在协调发展、安全挑战、绿色紧迫三大可能性路径

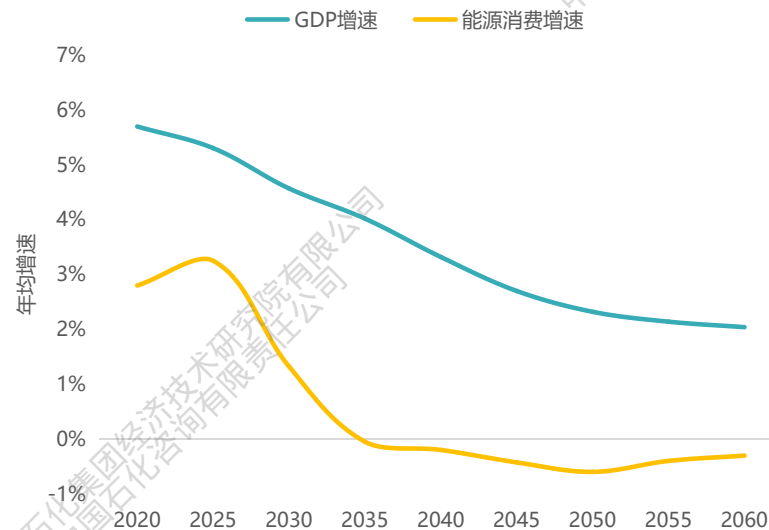
经济产业：经济发展在波动中曲折前进，长期向好趋势不改，产业结构优化升级步伐加快，助力能源消费提质稳量，增速逐步走低、转负

我国产业结构演变趋势



二产占比	39%	37%	34%	31%	30%	28%	26%	26%	25%
三产占比	55%	56%	60%	63%	65%	67%	69%	70%	71%

我国GDP增速与能源消费增速展望



GDP增速	5.7%	5.3%	4.6%	4.0%	3.3%	2.7%	2.3%	2.1%	2.0%
能源消费增速	2.8%	3.3%	1.3%	-0.0%	-0.2%	-0.4%	-0.6%	-0.4%	-0.3%

我国经济发展目前步入疫后修复阶段，尽管近中期受到海外需求拖累，叠加服务业继续修复的动能趋弱，将呈现波浪式发展、曲折式前进的过程，但是长期向好趋势不改。经济增长动力转换，新型工业化进程加速，传统制造业转型升级、高端制造业提速发展、现代服务业日益成熟，有望以较低的能源消费增速保障经济稳步增长，并带来能耗强度的降低。

- **经济发展目标下，稳增长仍是近中期主旋律，工业需起到稳定宏观经济大盘的压舱石作用，对能源消费具有一定的刚性需求。**疫后经济修复难以一蹴而就，尽管今年服务业的亮眼表现对 GDP 贡献突出，但是我国仍处于工业化后期阶段，工业压舱石作用不减。在各重点工业行业稳增长方案推动下，石化等行业有望逐步复苏，二产占比在 2030 年前预计保持在 30% 以上，对能源消费总量增长仍存在一定的刚性需求。

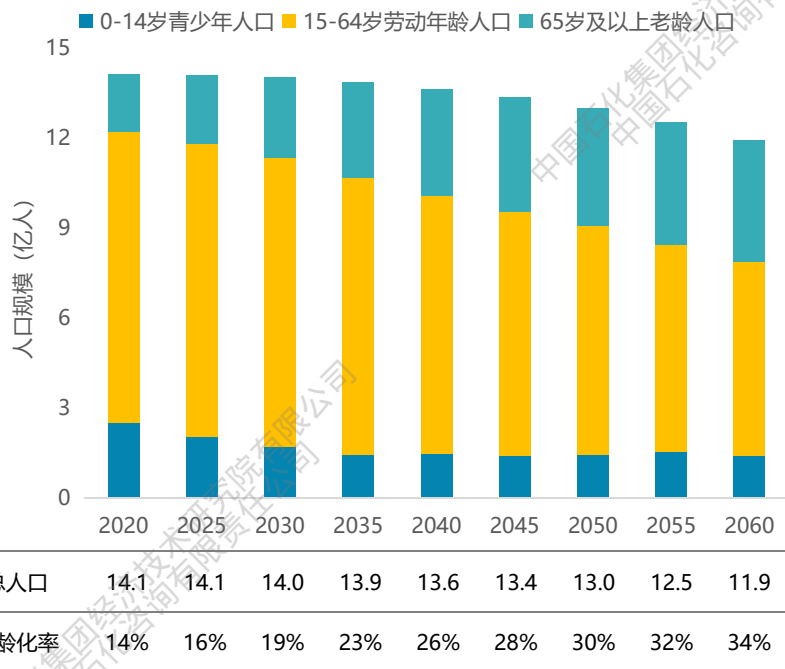
- **经济增长动力转换带来的经济发展模式转变越发明显，有望以较低的能源消费增速保障经济稳步增长。**经济总量的稳定扩张使得能源消费总量需求继续增长、供给承压，但经济增长内生动力转换推动我国经济发展逐步转向高质量发展新阶段，

近期可以较低增速的能源消费保障中高速经济增长，中远期能源消费增速逐步转负。就供给侧而言，技术进步的要素贡献率将不断上升，从劳动密集型产业为主转向资本和技术密集型产业为主。就需求侧而言，高投资高出口为依托的经济发展模式逐步转为消费引领和产业升级跃迁引领。低碳绿色集约的经济发展模式下，我国有望以合理增长的能源消费量保障经济稳步发展。

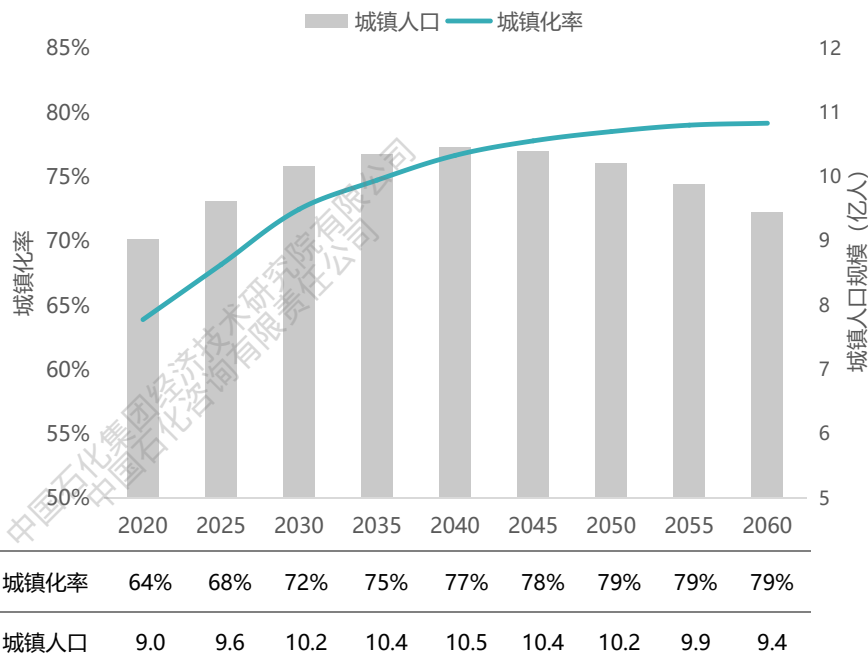
- **新型工业化进程加速，现代服务业日趋成熟，支撑近期能耗强度显著降低，远期步入后工业化时代降幅趋缓。**工业绿色发展是新型工业化的核心要义。产业结构去重化节奏加快，用能结构优化，钢铁、水泥等传统重工业占比将稳步下降，传统高载能行业电气化水平稳步提升。高端制造业、战略性新兴产业加快发展，叠加现代服务业的升级发展，带来单位 GDP 能耗的显著降低及终端电气化水平提升。2035 年我国将基本实现新型工业化、农业现代化，进入后工业化时代，高技术制造业占比逐步超越重工业占比，产业结构逐步趋于稳定，单位 GDP 能耗下降幅度趋缓。

社会人口：总人口开启长期持续负增长模式，城镇化和老龄化助推能源消费电气化、智能化转变

我国人口规模与结构发展前景



我国城镇化发展前景



我国总人口已于 2022 年起进入负增长阶段，老龄化迅速加深，少子化现象凸显，近中期对能源需求的托举作用仍在，远期将会削弱对经济发展和能源消费的支撑力。我国城镇化进程快于预期，常住人口城镇化率将于 2030 年前突破 70%，进入城镇化后期稳定发展阶段，有利于能源消费更加高效化、低碳化。

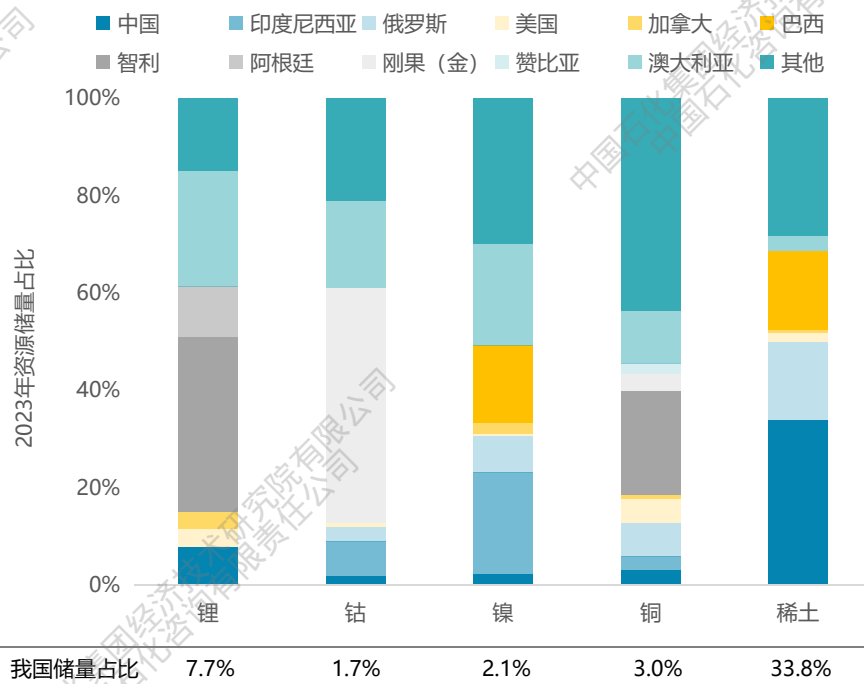
• **我国人口规模将持续、加速萎缩，近中期仍有三重机制托举能源消费增长。**其一，预计 2035 年前，在人口“惯性”作用下，我国总人口和 15~64 岁劳动年龄人口将分别维持在 14 亿左右和 9 亿以上的高位，为经济发展和创新创造注入强大活力；其二，城镇人口仍在增长过程中，预计 2040 年前后达峰、峰值约 10.5 亿人，生产生活能源消费需求将持续释放；其三，家庭户规模持续缩小，与人口流动、晚婚、少子有关，使得人均居住面积和生活能源消费提高。预计 2045 年后，我国人口规模将快速萎缩，到 2060 年降至 12 亿以内，人口短时期内大幅减少，将导致社会总需求加快收缩，对经济发展和能源消费的托举作用随之削弱。

• **我国老龄化程度加深、规模空前，在抑制能源消费总量增长的同时，激励能源消费电气化、智能化转变。**我国已于 2021 年步入中度老龄化社会，目前 65 岁及以上老龄人口规模超过 2 亿；预计 2035 年前步入重度老龄化社会，老龄人口将超过 3 亿；到 2060 年，我国老龄人口将增至 4 亿，人口总抚养比逼近 80%。老龄社会的急剧来临，促使我国产业结构向智能制造和高水平服务业加速转型，建筑适老化改造也促进了能源电气化、智能化应用。

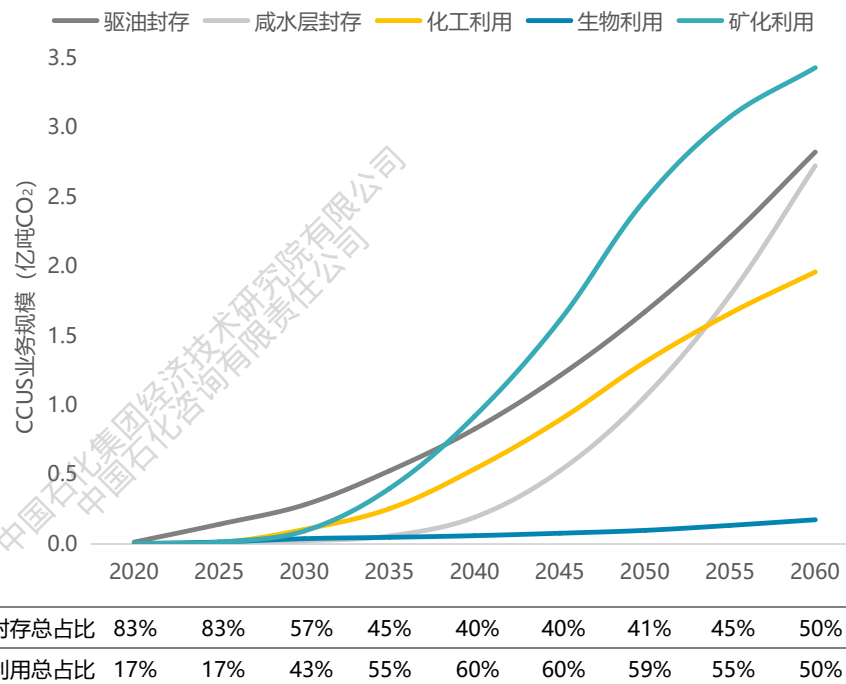
• **新型城镇化建设有利于产业和人口优化布局，释放能源消费潜力和绿色转型动力。**我国城镇化正在迈进后期稳定阶段，建设速度放缓，转为提升城市群一体化发展和大中小城市协调发展水平，增加普惠公共服务供给。一方面有利于大城市人口和产业的合理聚集，提升能源利用效率和资源环境承载力；另一方面有利于小城镇增强活力，充分释放内需潜能。

科技进步：能源转型围绕可再生替代、电气化替代、清洁化利用三方面技术创新展开，技术驱动成本下降、关键矿产资源和 CCUS 碳汇是重要支撑

新能源产业关键金属矿产资源分布



我国各CCUS业务路径发展规模预测



“四个革命，一个合作”能源安全新战略将推动能源技术革命提升至保障国家能源安全的新高度，并将能源技术创新摆在能源发展全局的关键支撑位置。“双碳”目标的提出进一步丰富了能源安全新战略的内涵，为能源技术创新赋予了新的重大使命。我国将抓牢确保能源安全和推进低碳转型，由能源供给的可再生替代、能源消费的电气化替代和化石能源的清洁化利用三方面技术创新推动实现能源绿色低碳转型。

- **技术变革驱使着可再生能源获取成本不断下降，为可再生能源的大规模装机铺平道路。**在我国新能源技术不断突破和发展的推动下，根据 IEA 测算，全球太阳能光伏装机成本在 2010-2021 年间下降约 82%，陆上风机与海上风电装机成本分别下降约 35% 和 41%。我国可再生能源发电总装机已突破 14 亿千瓦，历史性超过煤电，占全国发电总装机的 50%。可再生能源持续替代化石能源发电已经成为大势所趋，加之电力取代化石能源应用场景的拓展和深入，可再生能源发电在能源消费中的比例将持续提升，预计 2060 年我国可再生能源装机将接近 70 亿千瓦。

- **关键矿产资源对新能源产业发展、能源转型路径选择以及保障我国能源安全起着举足轻重的作用。**由于碳酸锂供给端和

新能源乘用车需求端严重错配，2022 年以来，全球碳酸锂价格大幅震荡。我国作为世界上最大的锂电池生产国，锂需求量占全球一半，锂价暴涨暴跌大幅扰乱了新能源产业链供应。在新能源产业链中，储能和动力电池技术普遍依赖锂、钴、镍等元素，作为风电和新能源汽车核心部件的永磁电机广泛采用含有稀土元素的复合材料，海上风电装机及其配套电缆和新能源汽车充电桩的建设将大幅提高铜用量。这些关键矿产资源也存在地理分布不均匀、资源供需不平衡、精炼技术难度高等问题。我国精炼技术全球领先，但锂、钴、镍、铜等矿产资源储量占比均在 8% 以下，供应链面临上游资源安全风险，需对关键矿产资源支配进行战略层面布局。

- **碳捕集利用与封存（CCUS）技术方兴未艾。**中国石化齐鲁石化 - 胜利油田百万吨级 CCUS 项目于 2022 年 8 月正式注气运行、2023 年 7 月建成百公里级超临界碳运输管道，标志着我国 CCUS 产业开始进入技术示范的成熟阶段。预计我国 CCUS 产业在当前 -2035 年、2035-2050 年、2050-2060 年将分别以二氧化碳驱油封存、转化利用、咸水层封存为主要发展侧重点，2060 年 CCUS 产业将贡献十亿吨级碳汇。

政策导向：政策系统性、协同性、一致性、可持续性不断加强，着力在保障能源安全的基础上推动可再生能源消费增长

能耗“双控”向
碳排“双控”转变



行业碳达峰实施方案



油气及电力领域
体制机制改革



双碳“1+N”政策体系逐步完善，政策系统性、协同性、一致性、可持续性不断加强，着力平衡安全、经济与降碳间关系。能耗双控考核不断优化，向碳排双控转变的工作基础逐步夯实，为经济发展提供更多可再生能源消费空间。部门碳达峰实施方案加速产业及用能结构优化。体制机制改革不断深化，助力能源绿色安全转型。

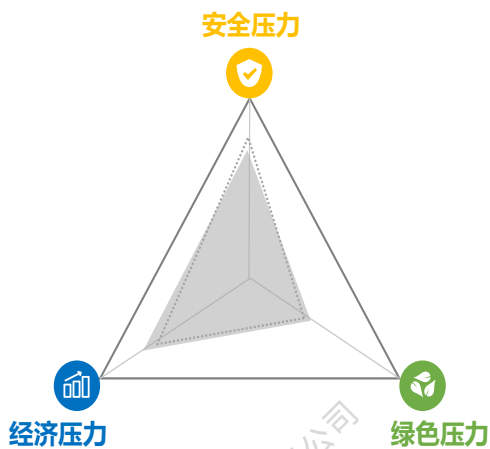
• **深改委会议审议通过《关于推动能耗双控逐步转向碳排放双控的意见》，标志着我国正在不断夯实转向碳排放双控的工作基础，将有力推动“双碳”目标实现。**能耗双控转向碳排双控是一项系统性工作，需要法律、制度、标准等各层面协同共进。此前在能耗双控措施中已通过颁布《关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》和《关于进一步做好原料用能不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》完善可再生能源消费和原料用能的问题，此次《意见》审议通过将赋予地方更大的能耗管理弹性空间，表明了保障经济发展的基础上实现降碳目标的政策指向。

• **绿证核发全覆盖对绿电消费影响积极。绿证核发全覆盖是我国优化能耗双控考核的重要一步。**实现可再生能源绿证核发全覆盖，可扩充绿证的应用场景，促进绿电消费，完善风电、光伏等清洁能源发电的补贴机制，弥补可再生能源的补贴资金缺口，引导全社会绿色消费。

• **体制机制改革不断深化，为能源系统绿色转型提供制度保障。**《关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见》等完善能源市场体制机制的政策相继颁布，旨在培育市场主体，激活市场竞争，以推动能源高质量发展，助力能源转型安全平稳进行。

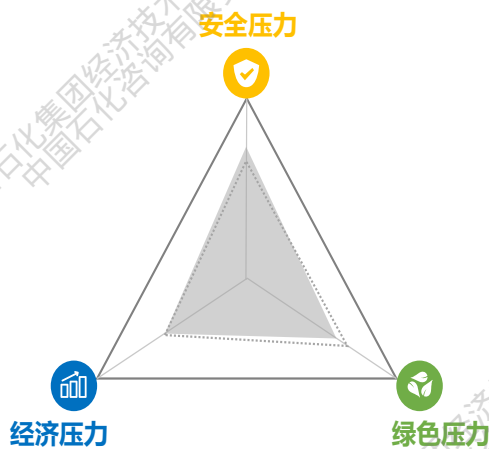
• **各工业部门碳达峰实施方案陆续颁布，加速产业结构优化、能耗强度降低。**建材、有色行业碳达峰实施方案已公布，对2025年、2030年的产业结构及用能结构提出明确目标，未来其他主要高耗能工业部门预计将相继颁布行业碳达峰实施方案，加快推动高耗能行业产业结构升级及单位能耗强度降低。

转型情景：能源三角近期向安全一极倾斜、远期回归到协调平衡格局，能源转型存在协调发展、安全挑战、绿色紧迫三大可能性路径



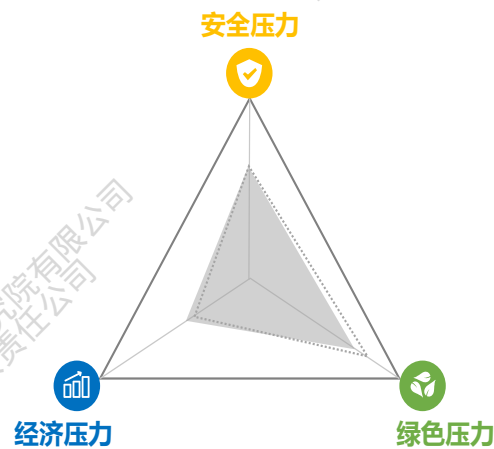
安全挑战情景

外部环境复杂恶劣
经济发展严重承压
能源安全风险居高



协调发展情景 (推荐情景)

国际局势总体平稳
经济社会协调转型
低碳发展稳步推进



绿色紧迫情景

宏观环境安全稳定
绿色技术快速突破
减排目标持续升级

注：代表2023年版 ▲ 代表2024年版

“十四五”以来，产业各界在迷茫中摸索能源转型的科学路径。特别是2023年，尽管现象上化石能源和非化石能源双增长，但本质上都是出于服务经济增长、保障能源安全的考量，即一方面为了支撑宏观经济稳预期、保增长，另一方面为了确保能源系统先立后破、有序接替。

据此研判，近期，能源转型处在“立”与“破”的交汇阶段，能源生产利用效率或出现暂时的反弹，能源三角更倾向安全一极，会同步推进化石能源和非化石能源的投资利用；同时，由于叠加经济复苏不及预期，政策上会倾向于稳价格、扩内需，碳排约束的优先级相对下降。远期，能源三角将回归协调平衡格局。在我国能源转型过程中，受化石能源国际贸易形势、可再生能源储存调度技术、二氧化碳控排机制等因素影响，能源三角将呈现不同的动态平衡形态，导向不同的能源转型路径。

同2023版一样，我们仍将其归纳为三种能源转型情景：

- **协调发展情景（推荐情景）：**国际局势总体稳定，国内经济健康发展，清洁能源研发和应用稳步推进，能源三角在安全、经济、绿色三极相对均衡；在此情境下，我国可再生能源迅速发展，高碳化石能源有序退出，异质能源系统平稳运转，碳中和目标在能效提升、清洁替代、CCUS等因素协同作用下如期实现。
- **安全挑战情景：**国际局势持续紧张、分歧加剧，国内经济发展承压，清洁能源产业投入不足、接替不力，能源充足稳定供应面临挑战，能源三角向安全和经济两极侧重；在此情境下，化石能源、特别是煤炭将长期发挥“压舱石”作用，可再生能源发展受到影响、规模不及预期，实现碳中和目标将更加依赖CCUS、碳汇等兜底。
- **绿色紧迫情景：**宏观环境恢复安全稳定，清洁能源领域创新活跃、成本下降、应用广泛，促使国内外二氧化碳减排目标持续升级，控排机制不断完善，能源三角明显侧重绿色一极；在此情境下，高碳化石能源加速退出，实现碳中和目标以可再生能源替代为主、CCUS为补充。



中国石化
SINOPEC



第二章 总体展望

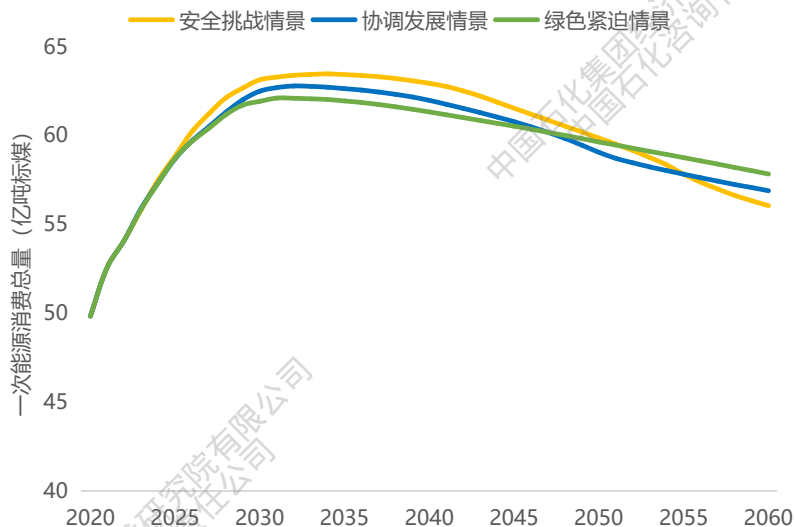
· 一次能源：我国能源消费总量将于 2030~2035 年间达峰，峰值突破 62 亿吨标煤，届时非化石能源占比在 30% 左右

· 二氧化碳：我国能源活动相关碳排放将于“十五五”期间达峰，峰值约 101 亿吨，压减煤炭消费和工业部门碳排放是实现碳中和的关键行动

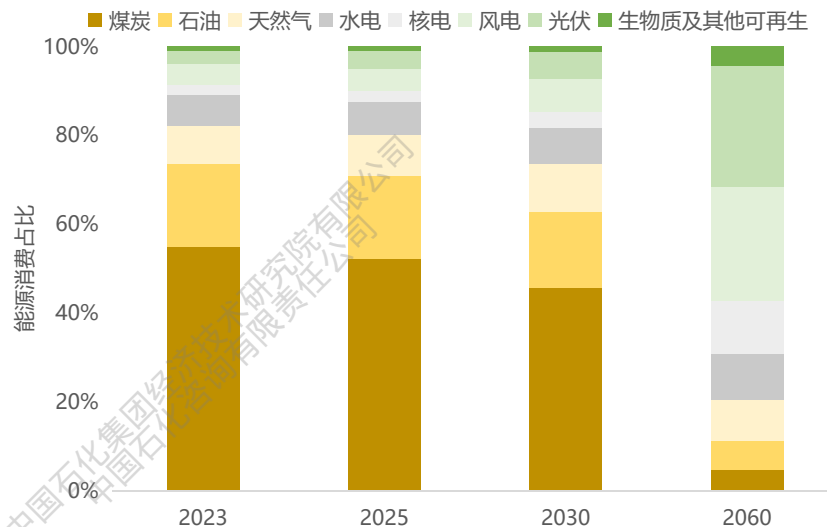
· 终端能源：我国终端能源消费将于“十五五”后期达峰，电、氢融合发展加快绿色低碳转型进程

一次能源：我国能源消费总量将于 2030~2035 年间达峰，峰值突破 62 亿吨标煤，届时非化石能源占比在 30% 左右

我国一次能源消费总量预测



我国一次能源消费结构预测（协调发展情景）



	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
安全挑战情景	49.8	58.8	63.1	63.4	62.9	61.5	59.8	57.8	56.0
协调发展情景	49.8	58.7	62.5	62.6	62.0	60.8	59.0	57.8	56.9
绿色紧迫情景	49.8	58.7	61.9	61.9	61.3	60.5	59.6	58.7	57.8

非化石能源占比	18%	20%	26%	80%
煤炭占比	55%	52%	46%	5%

2023年，我国一次能源消费同比增长3.3%，达到55.9亿吨标煤。在协调发展、安全挑战和绿色紧迫三大情景下，能源消费总量都将于2030~2035年间达峰，峰值62.0~63.4亿吨标煤，峰值平台期约为10年。与协调发展情景相比，安全挑战情景的能源消费总量达峰更晚、峰值更高，达峰后下降速度先慢后快；绿色紧迫情景则更早达峰、峰值更低，达峰后降幅最小。预计2060年，我国能源消费总量将回落至56.0~57.8亿吨标煤，与“十四五”后期相当。

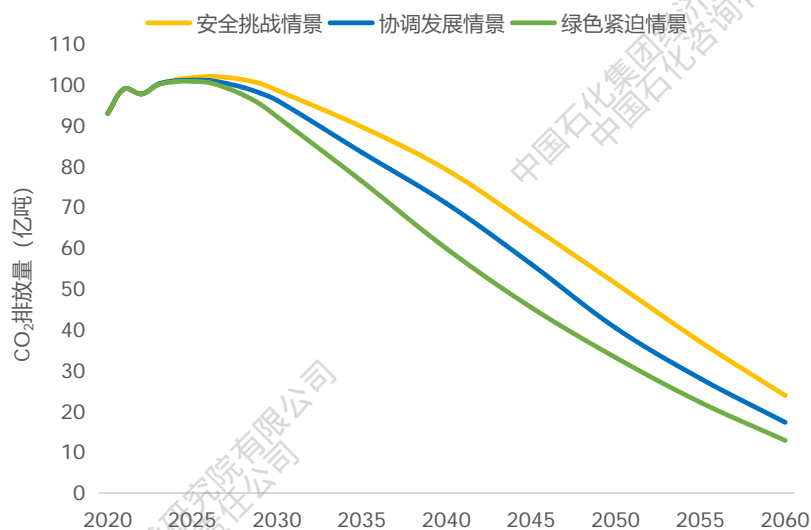
• **非化石能源和煤炭增长强于预期，是一次能源消费峰值上调的主要原因。**在“双碳”目标和绿色能源生产消纳促进政策作用下，“十四五”以来，我国非化石能源装机和发电量以年均14.9%和8.6%的速度增长，2023年非化石能源消费量逼近10亿吨标煤，预计2025年达到11.7亿吨标煤左右。为确保能源供应充足平稳，作为“压舱石”的煤炭消费量同步大幅提高，2023年超过43亿吨，2025年前后峰值规模预计在44亿吨左右。因此，三大情景近中期能源消费总量较2023年版均有所上调。

• **在能源消费达峰阶段（2023-2035年），光伏、风能和天然气将成为增长贡献最大的能源品种。**在协调发展情景下，未来12年，我国光伏和风电消费量增幅高达240%和140%，非化石能源占比将从18%上升至34%；天然气消费量达到5755亿方，占比将从9%增至12%；三者对能源消费总量的增长贡献率合计超过150%。煤炭和石油消费量显著下降，降幅合计约7.3亿吨标煤，可由光伏、风电消费量的增幅抵消。

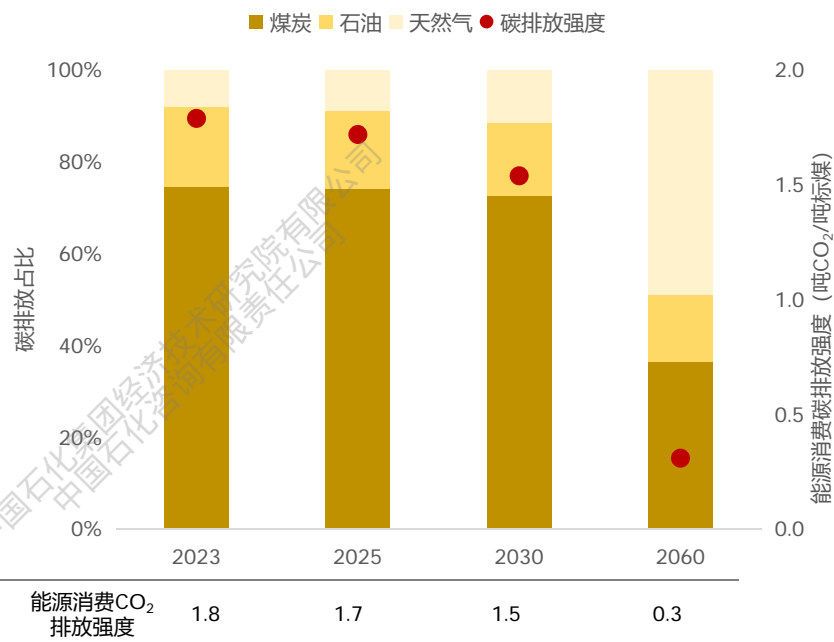
• **尽管能源消费规模上调，我国能耗强度仍将持续大幅下降，人均能源消费量减速增长但始终低于OECD国家现状。**在协调发展情景下，随着经济的复苏与增长，我国能耗强度将回归加速下降轨道，从2023年的0.47吨标煤/万元降至2030年的0.38吨标煤/万元、2060年的0.15吨标煤/万元。近中期因经济发展和人口负增长的叠加作用，远期受可再生能源加工储运效率影响，我国人均能源消费量保持增长，预计从2023年的人均3.96吨标煤增至2030年的4.46吨标煤、2060年的4.77吨标煤，但始终低于OECD国家现状（2022年人均5.81吨标煤）。

二氧化碳：我国能源活动相关碳排放将于“十五五”期间达峰，峰值约 101 亿吨，压减煤炭消费和工业部门碳排放是实现碳中和的关键行动

我国能源活动相关CO₂排放量预测



我国能源活动相关CO₂排放来源及能源消费CO₂排放强度预测（协调发展情景）



安全挑战情景	93.0	101.7	98.7	89.7	79.2	65.4	51.4	37.1	23.9
协调发展情景	93.0	101.2	96.2	83.5	71.0	56.1	40.4	28.1	17.3
绿色紧迫情景	93.0	100.9	92.2	76.4	59.9	45.5	33.2	22.2	12.9

能源消费CO ₂ 排放强度	1.8	1.7	1.5	0.3
--------------------------	-----	-----	-----	-----

2023年，我国能源活动相关碳排放100.2亿吨（剔除原料用能固碳部分）。在协调发展、安全挑战和绿色紧迫三大情景下，预计碳排放均于“十五五”期间达峰，峰值在100~102亿吨。协调发展情景下，碳达峰后排放量将以年均4.9%的速率快速下降，至2060年碳排放降至约17亿吨。安全挑战情景下，碳排放下降速率低至年均4.2%，2060年需要约24亿吨CCUS及生态碳汇才能实现碳中和。绿色紧迫情景下，碳排放下降速率达年均5.6%，2060年下降至约13亿吨。

• **煤炭消费的减少对于碳排放的控制具有决定性影响。**协调发展情景下，在碳达峰之后的第一个10年，我国碳排放总量下降近18亿吨，其中煤炭和石油消费产生的碳排放分别下降16亿吨和5亿吨，天然气消费产生碳排放增加3亿吨。2060年，天然气消费产生的碳排放约占全国总碳排放量的一半，在考虑了部分化石能源耦合CCUS实现11亿吨左右碳消纳之后，预计仍有约6亿吨碳排放需要通过生态碳汇等进行消纳以实现碳中和。

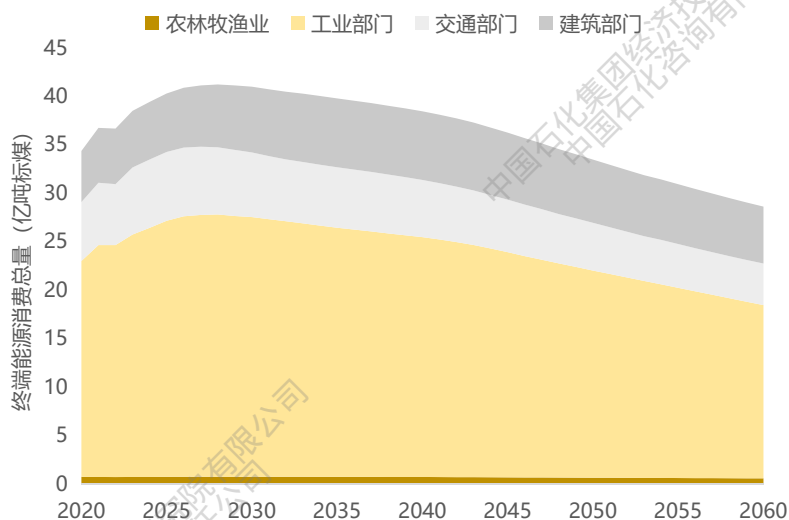
• **能源消费碳排放强度将持续下降。**能源消费碳排放强度预计由2023年约1.8吨CO₂/吨标煤降至2030年约1.5吨CO₂/吨标煤，并持续下降至2060年约0.3吨CO₂/吨标煤。由于煤炭

消费的减少量与光伏、风电、生物质能等可再生能源消费的增加量大致相当，相比2023年，2060年能源消费碳排放强度与碳排放总量的降幅预计均为约83%。

• **工业部门对实现“双碳”目标贡献最大。**从各用能部门的碳排放看，工业部门由于钢铁、水泥、石化等重点碳排放行业的规模收缩、先进产能替代落后产能以及节能降耗工作持续取得进展，碳排放有望于“十五五”期初陆续达到峰值，尔后至2060年将均以年均5.0%的速率快速下降。交通部门由于新能源汽车销量渗透率快速增长、燃油汽车保有量及成品油消费量面临达峰，预计交通部门的碳排放将于2025年前后达峰，尔以后以年均4.3%的速率加速下降。农林牧渔业和建筑部门由于用能设备较为分散、节能降耗工作成本较高、可再生能源替代过程较为缓慢，碳达峰时间相对稍晚，但预计均能够在2030年前实现碳达峰。2030年至2060年，工业部门贡献的碳排放减量占总量的约64%，做好工业碳减排是我国实现碳中和的重中之重。我国的单位GDP排放强度持续下降，在2020年0.92吨CO₂/万元的基础上，2060年有望降至0.05吨CO₂/万元，降幅达95%。

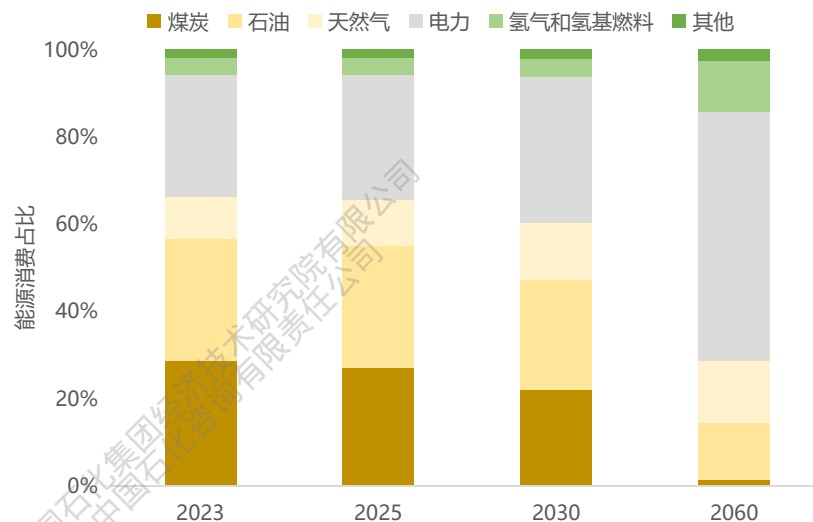
终端能源：我国终端能源消费将于“十五五”后期达峰，电、氢融合发展加快绿色低碳转型进程

我国终端能源消费总量预测



终端总量	34.3	40.3	41.0	39.8	38.4	36.2	33.5	30.9	28.6
工业部门	22.3	26.4	26.8	25.7	24.7	23.2	21.4	19.6	17.9
交通部门	6.1	7.1	6.7	6.2	5.9	5.4	4.9	4.5	4.3

我国终端能源消费结构预测



天然气占比	10%	11%	13%	13%
电力占比	28%	29%	33%	57%
氢能占比	4%	4%	4%	12%

2023年，我国终端能源消费总量增至38.5亿吨标煤，预计“十四五”期末突破40亿吨标煤，并于“十五五”后期增至41.2亿吨标煤左右的峰值，峰值平台期5~10年；随后，终端能源消费规模加速萎缩，预计2060年降至28.6亿吨标煤、仅为现状的74%。

• **从能源品种看，电力正在跃升为终端第一大能源，氢能自2035年后高速增长，煤、油、气梯次被电氢替代。**煤炭消费规模和占比加速下降，将在2024年失去终端第一能源地位；石油和天然气消费将分别于2026年和2040年前后达峰，峰值期占比分别为28%和15%。2035年前，电力在绿色低碳转型中发挥主导作用，终端部门用电量预计从当前的8.7万亿千瓦时增至12.2万亿千瓦时，电力占比从28%增至38%。2035年后，氢能技术经济性迈过“拐点”，与电力协同深化绿色低碳转型，届时，电力增速放缓、2045年前后进入13.5万亿千瓦时左右的峰值平台期，氢能应用加快、2060年氢能消费量较2035年接近翻番，我国终端电氢化率将从当前的32%增至2035年的42%和2060年的69%。

• **从用能部门看，工业部门始终是终端用能主体和节能降碳的重心，建筑部门将在2030年前后超越交通部门成为第二大用能终端。**工业部门能源消费量在我国终端能源消费总量中的占比长期稳定在65%左右，在终端能源消费达峰期和下降期，工业部门的增长贡献率和压减贡献率均高达73%。交通部门是我国能源消费达峰最早、绿色低碳转型最迅猛的终端部门，电力、氢能等清洁能源加速替代油品和天然气，预计电氢化率将从当前的4%跃升至2030年的10%和2060年的63%。建筑部门是唯一能源消费量和占比均长期增长的终端部门，随着产业升级和民生富裕，建筑部门能源消费占比将从当前的15%升至2030年的17%和2060年的20%。

• **随着可再生能源使用增多，现行能源统计制度将无法有效反映我国能源利用效率。**在发电煤耗法下，我国终端能源消费在一次能源总量中的占比将从当前的69%降至2060年的50%；若改用电热当量法核算一次能源，则这一比例将从当前的78%小幅升至2060年的80%。



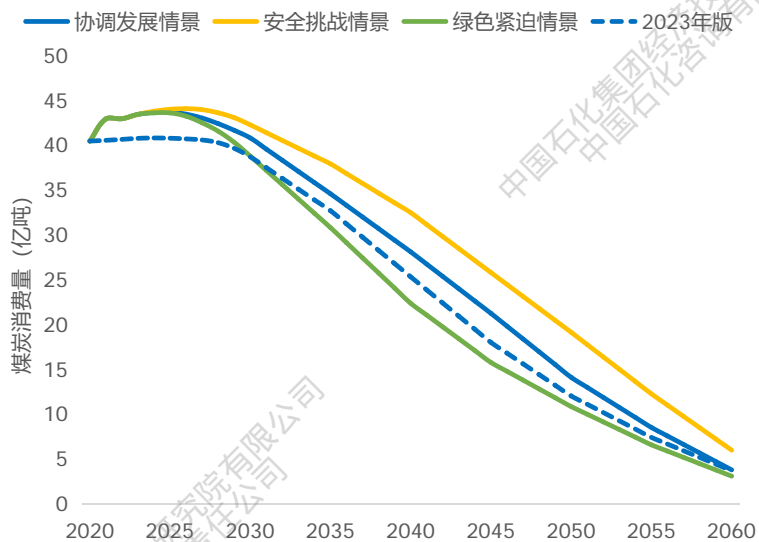
中国石化
SINOPEC



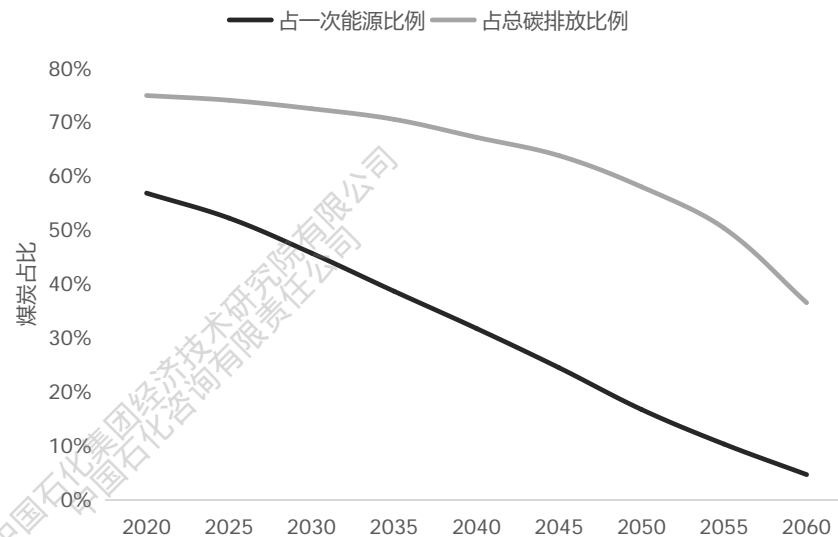
第三章 煤炭

能源安全与资源禀赋现实下，煤炭消费短期略增，中远期加速下降

煤炭消费量预测



煤炭在能源结构和碳排放中的占比



协调发展情景	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭消费量 (亿吨)	40.5	43.7	40.8	34.6	28.1	21.3	14.1	8.5	3.8

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
占一次能源比例	57%	52%	46%	39%	32%	24%	17%	10%	5%
占总碳排放比例	75%	74%	73%	71%	67%	64%	58%	50%	37%

煤炭是我国重要的化石能源和工业原料，是一次能源消费中占比最大的品种，也是我国产量最大、资源最为丰富的化石能源，将长期在我国能源体系中发挥“压舱石”重要作用，但在能源消费结构中的占比将持续下降，从主体能源逐步过渡到支撑能源、托底能源。发电、钢铁、建材、石化化工将长期是煤炭消费的主体行业。预计我国煤炭消费将在 2025 年左右达峰，峰值约 43.7 亿吨。

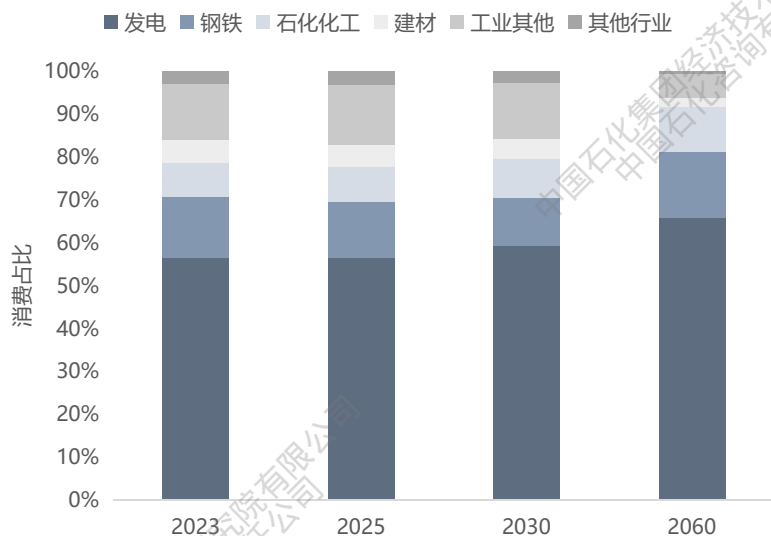
• **在展望期内，煤炭需求在短期略有增长后，在 2030 年后快速下降。**相比 2023 年版预测数据，协调发展情景略上调了近中期煤炭消费量，主要是基于一系列环境因素的改变，如当前国际形势下对能源安全的加大重视、各省核准新增煤电装机规模的加速增长、国家对原料用能考核的优化等。安全挑战情景下，保障国家能源安全的重要性更为凸显，煤炭消费的达峰时间更晚，在达峰后的下降速度稍慢。绿色紧迫情景下，加快实现碳减排目标更为迫切，绿电绿氢技术的突破应用更快速，煤炭消费仍在 2025 年左右达峰，但在达峰后的下降速度更快。

• **近中期（目前到 2030 年），煤炭仍是我国一次能源的绝对主体。**虽然钢铁、建材因产品需求达峰而用煤缩减，但在发电、石化化工的拉动下，前期煤炭消费略有增长，之后进入平台期。在我国加速扩大风电和太阳能发电装机规模，逐步构建新型电力系统和新型能源系统的“新老交替”期，煤炭是保障经济发展和民生需求的主体能源、托底能源，发挥着重要的“扶上马、送一程”作用。

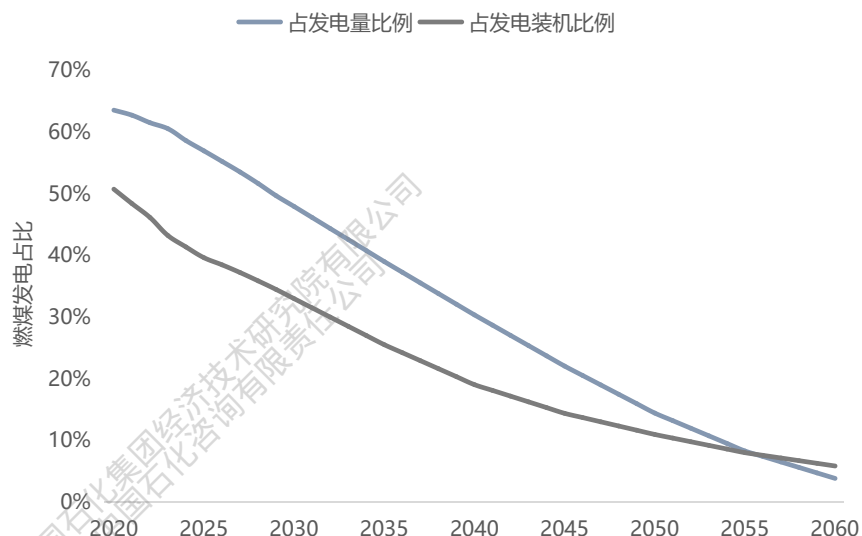
• **远期（2031-2060 年），随着储能、可再生电力的规模扩大和相关技术应用的日益成熟，风电和光伏发电在能源体系中的占比将超过煤炭，煤炭消费快速下降。**煤炭将更多发挥电力调峰与能源安全的保障作用，在化工品原料和工业燃料领域是必要补充，退居为我国能源体系的重要兜底。到 2060 年，发电用煤占煤炭消费比重将近 2/3，发电、钢铁、建材和石化化工合计占比将超过 90%。

发电和石化化工是煤炭清洁高效利用的重点领域

煤炭分行业消费结构



燃煤发电在发电量和发电装机中的占比



煤炭消费 (亿吨)	43.5	43.7	40.8	3.8
发电煤耗占比	56%	57%	59%	66%

占发电量比例	64%	57%	48%	39%	30%	22%	14%	8%	4%
占发电装机比例	51%	40%	33%	26%	19%	14%	11%	8%	6%

我国已将煤炭清洁高效利用列为推动能源系统绿色低碳转型的重要任务。《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》《2030年前碳达峰行动方案》等重要政策文件均有部署，《煤炭清洁高效利用重点领域标杆水平和基准水平（2022年版）》明确了煤炭产业重点环节详细的能效、排污指标。发电和石化化工是能源系统运行安全的重点支撑领域，是近中期拉动煤炭消费增长的主力。

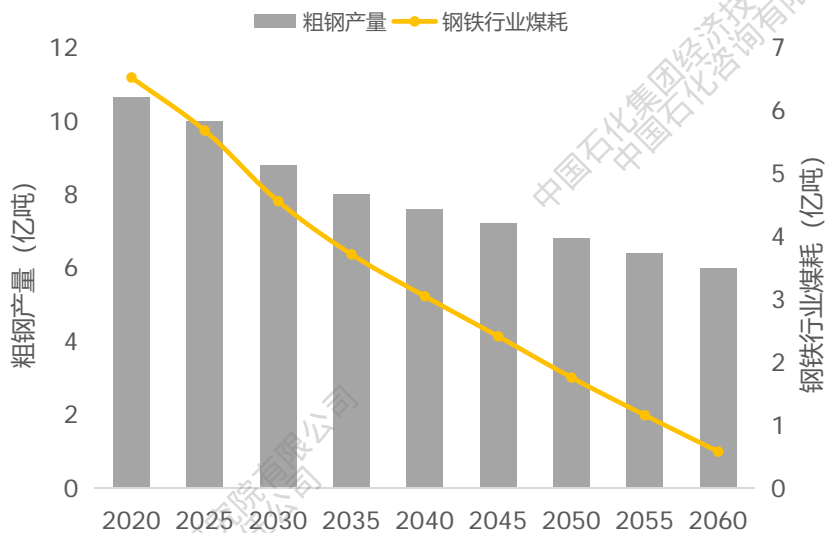
• **发电是煤炭消费的主力，短期煤电装机规模扩大、发电用煤仍呈上升态势。**近中期，我国电气化尚在推进，用电需求旺盛，由于风电、光伏等可再生能源电力规模较小且波动性等问题难以快速解决，在构建新型电力系统过程中需“先立后破”、稳妥推进。短期内，我国煤电装机规模、燃煤发电量将持续增长，发电用煤随之增长，是带动煤炭消费的主力。发电耗煤将持续增长到“十五五”期间，预计2026年左右达峰、峰值约23.5亿吨。之后，风电和光伏发电装机保持高速增长、储能应用规

模大幅增加，非化石能源发电量预计在2030年左右超过煤电，燃煤机组加速关停，煤电加快退出、发电耗煤量快速下降。到展望期末，CCUS技术辅助下，煤电将作为灵活调节电源、安全保障电源，成为新型电力系统的重要托底。

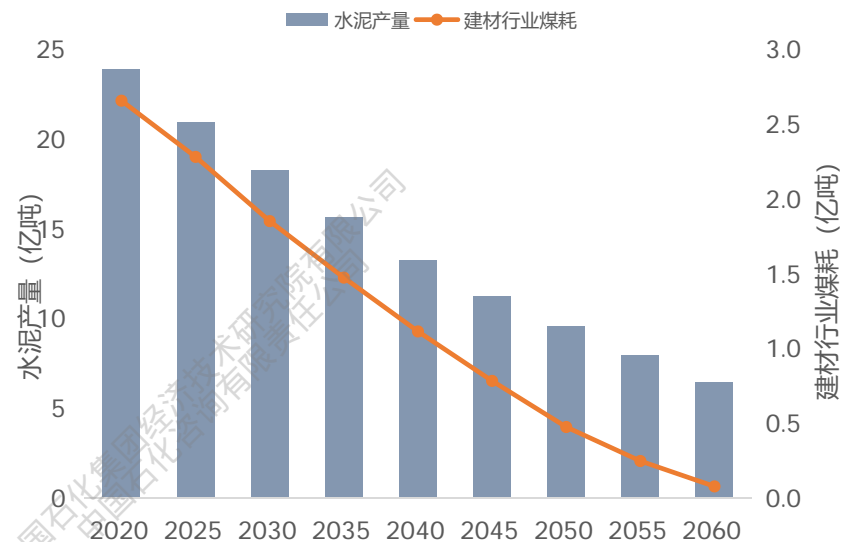
• **近中期，石化化工产品需求仍有增势，石化化工行业用煤继续增长。**我国煤化工行业战略意义仍存，甲醇和合成氨等产品需求增长，炼油化工产品仍有增长空间，使得我国石化化工行业原料和燃料用煤持续增长。我国石化化工用煤将持续增长到“十五五”末，预计2030年左右达峰、峰值约3.7亿吨。之后，随着炼油化工产品需求的缩减，以及煤化工用能效率提升、煤单耗水平持续降低，石化化工用煤开始下降。远期，技术工艺革新等多因素作用下，如交通用能电动化转型、电力在石化化工生产用能领域加强替代、绿氢成本明显下降对煤制氢的更广泛取代、化工品循环利用产业更为完备，石化化工行业的燃料和原料用煤规模将明显缩减，仅保留必要体量。

钢铁、建材以及其他行业用煤在展望期内稳步下降

粗钢产量与钢铁行业煤耗展望



水泥产量与建材行业煤耗展望



粗钢产量	10.6	10.0	8.8	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	6.0
钢铁行业煤耗	6.5	5.7	4.6	3.7	3.0	2.4	1.8	1.2	0.6

水泥产量	23.9	21.0	18.3	15.7	13.3	11.3	9.6	8.0	6.5
建材行业煤耗	2.7	2.3	1.9	1.5	1.1	0.8	0.5	0.3	0.1

目前我国城镇化率已突破 65%，将在“十五五”期间迈入 70% 以上水平，城镇化率提升速度开始放缓，房地产行业发展和基础设施建设步伐放慢，粗钢和建材的产品需求基本在 2021 年左右达峰，导致用煤需求也基本达峰，但用煤直至展望期末仍无法彻底压减。其他工业和行业则通过电气化等方式加速替代煤炭消费。

• **钢铁行业受制于能源密度需要、技术发展阶段限制，用煤压减步伐先慢后快。**粗钢需求已在近年达峰，同时随着技术进步与资源积累，废钢等金属回收利用规模扩大，使得耗煤多的高炉炼钢产量加快减少。但由于钢铁行业大量的煤耗是用作必不可少的焦炭等原料，能够替代高炉的氢直接还原炼钢成本高企短期不具备竞争力，近中期钢铁行业煤耗主要是随产品产量缩减而减少。远期，随着绿氢冶炼等革命性工艺技术的应用，钢铁行业煤耗压减将更明显。

• **建材行业的用煤稳步下降，但水泥生产受制于成本等要求，用煤替代有限，直至展望期末仍有煤耗。**水泥需求已在近年达峰之后开始缩减，同时随着水泥产能“汰旧上新”，玻璃和陶瓷行业“煤改气”“煤改电”规模扩大，建材行业用煤持续减少。但水泥行业的低成本要求使得煤炭作为燃料不可或缺。远期，废弃物燃烧等工艺技术的成本更具竞争力、应用更广泛，绿氢也在建材生产中得以应用，将实现建材行业难替代煤炭需求的进一步降低，但直到展望期末仍有一定规模的煤耗。

• **其他行业的用煤在展望期末将几乎压减殆尽。**随着我国“气代煤”“电代煤”等能源结构低碳化措施推进，轻工业和装备制造业等用能呈现能量密度低、用热需求为中低温度的工业部门，用煤将稳步减少，居民和建筑领域的炊事、热水、自采暖用煤也正逐步被天然气和电力替代。到展望期末，这些行业的耗煤几乎被压减殆尽，剩余的主要是煤炭开采业的生产损耗等。



中国石化
SINOPEC

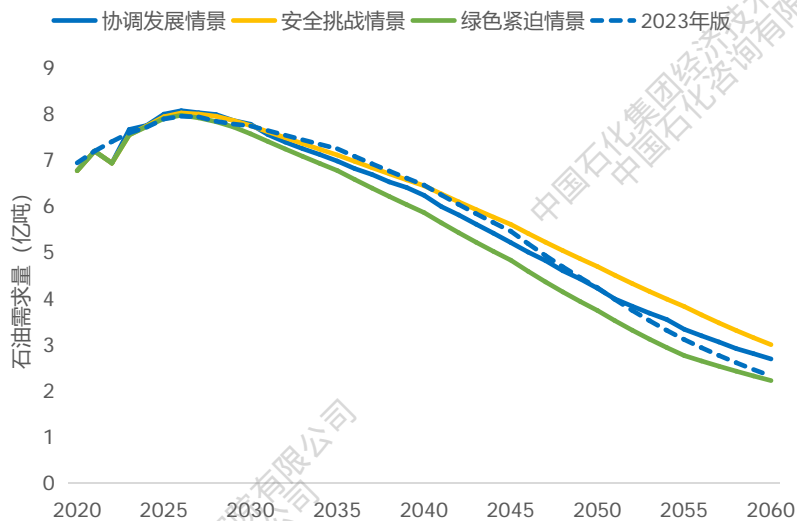


第四章 石油

- 石油需求进入增长最后阶段，预计“十五五”中期达峰，石油达峰后加速下滑
- 交通燃料用油下滑是导致石油需求达峰后下降的主要原因，石油的原料属性愈加强化
- 新能源汽车发展加快，2025年前后燃油车保有量即将达峰，推动交通燃料用油需求达峰后快速下降
- 此轮化工的超级扩能周期仍在延续，拉动中长期化工原料用油需求增长，远期循环再生以及CO₂资源化技术推动化工原料用油下降

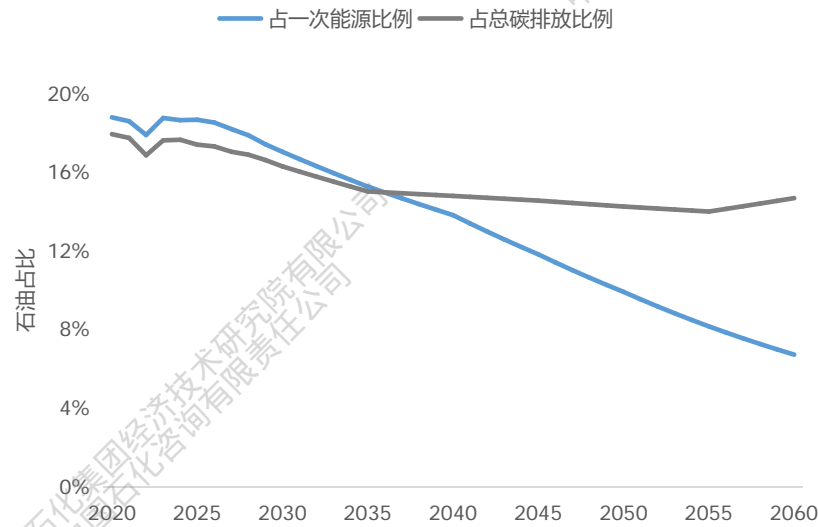
石油需求进入增长最后阶段，预计“十五五”中期达峰，石油达峰后加速下滑

石油消费量预测



协调发展情景	6.8	7.9	7.7	6.9	6.2	5.2	4.2	3.4	2.8
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

石油在能源结构和碳排放中的占比



占一次能源比例	19%	19%	17%	15%	14%	12%	10%	8%	7%
占总碳排放比例	18%	17%	16%	15%	15%	14%	14%	14%	15%

石油是我国的第二大能源品种，作为基础性能源之一，为满足国民经济增长和人民生活提高起到重要作用。2023 年我国石油终端消费约 7.6 亿吨，对外依存度 73.6%，在我国一次能源消费结构中占比约 18.8%。从消费领域来看，石油主要用于交通、石化、工业、建筑以及民用等。

中长期看，石油将从重要的交通燃料向必不可少的石化原材料转化，在我国一次能源中长期保持重要地位。石油作为原料，生产的乙烯和 PX 下游产品涉及居民生产生活方方面面。同时，石化高端新材料在新能源产业发展中起到了关键作用，例如太阳能光伏中运用最广、用量最大的是封装用胶膜、背板膜，涉及到 EVA(醋酸乙烯共聚物)、POE(聚烯烃弹性体)、PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)等多种材料；风电叶片中涉及碳纤维和环氧树脂等多种高端材料。此外，在建筑节能和光伏发电建筑等节能环保领域，高端新材料均发挥了至关重要的作用。

本书对我国石油需求达峰时间节点以及峰值的预测基本维持 2023 版的判断，即协调发展情景下，预计在 2025-2030 年之间达到 8 亿吨左右峰值。但是，对石油需求趋势特点的判断做出了两个变化。

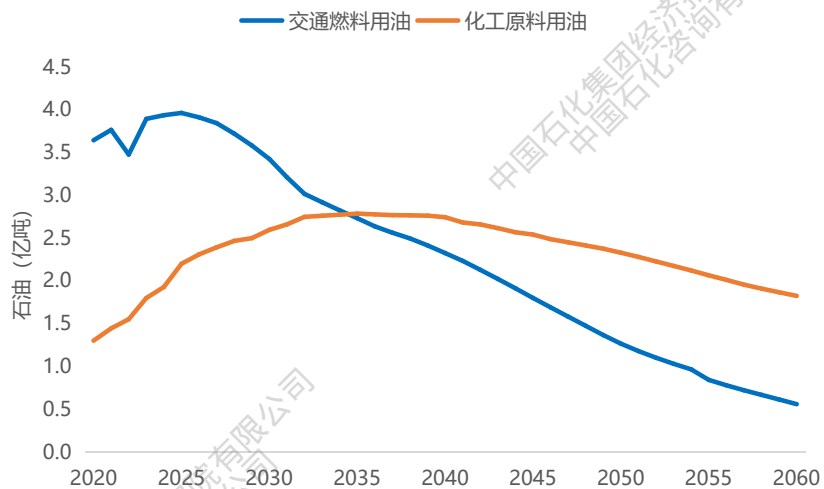
- **一是石油达峰后平台期时间缩短，更快出现下降趋势。**

近两年，新能源汽车的发展速度不断突破预期，2021 年渗透率仅有 13.2%，2022 年达到了 25.6%，提前三年达到了“十四五”规划目标值，我们预计 2023 年将达到 33% 左右，2025 年将进一步提高至 40% 左右。新能源汽车加速发展，导致石油中的交通燃料用油需求下降时间点来的更早。

- **二是石油需求趋势演化呈现出四个阶段的特征。**分为达峰期、平台期、缓慢下降期和快速下降期四个阶段。主要原因是石油平台期明显缩短，同时平台期和缓慢下降期的主要节油措施是电动化，在经历了较长时间的技术积累，2040 年后，包括绿氢、循环再生、CCUS 等在内的低碳零碳技术逐步规模化产业化，石油需求呈现快速下降趋势。

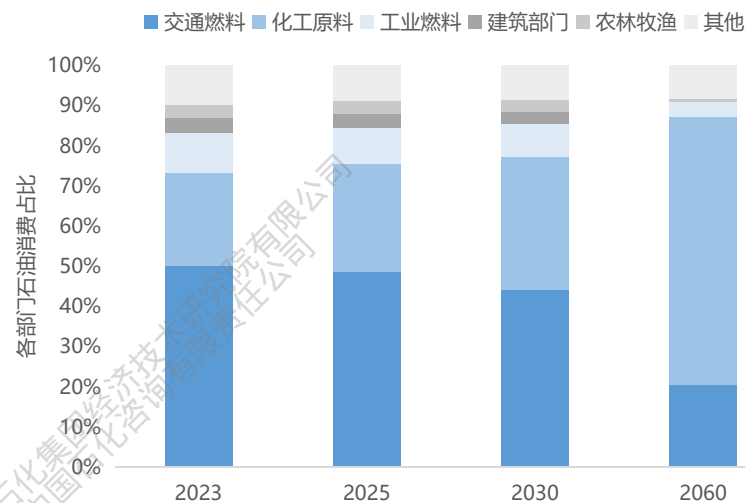
交通燃料用油下滑是导致石油需求达峰后下降的主要原因， 石油的原料属性愈加强化

交通及化工领域用油需求



交通燃料用油	3.6	4.0	3.4	2.7	2.3	1.8	1.3	0.8	0.6
化工原料用油	1.3	2.2	2.6	2.8	2.7	2.5	2.3	2.1	1.8

石油消费结构



交通燃料占比	50%	49%	44%	20%
化工原料占比	23%	27%	33%	67%

我国石油需求呈现出四个阶段的发展特点。未来石油消费总量将经历达峰、平台、缓慢下降和快速下降四个阶段。当前到 2026 年前后为“达峰期”，石油消费峰值约 8 亿吨，年均增长 1%~2%；2026 年到 2030 年为“平台期”，石油消费保持在 8 亿吨左右，年均微幅降低约 1%；2035 年至 2040 年为缓慢下降期，石油消费量年均降速约 2%；2040 至 2060 年为快速下降期，年均降速 4%~5%。由于石化和远程运输领域较难完全实现去油化，因此 2060 年石油仍有 2.8 亿吨左右的需求量。

- **达峰期（2023-2026 年）**。未来 3 到 5 年将处于石油需求增长的最后阶段，石油需求年均增长 1%~2%。疫后修复加之燃油车保有量的增长，交通燃料用油需求绝对量仍在缓慢增加，但占石油消费比重由 50% 缓慢降至 48% 左右。同时，该时期仍处于化工超级扩能周期内，包括乙烯、PX、PDH 等大量化工装置投产拉动化工轻油以及液化气等化工原料用油持续增加，占石油消费比重由 23% 提高至 28%。

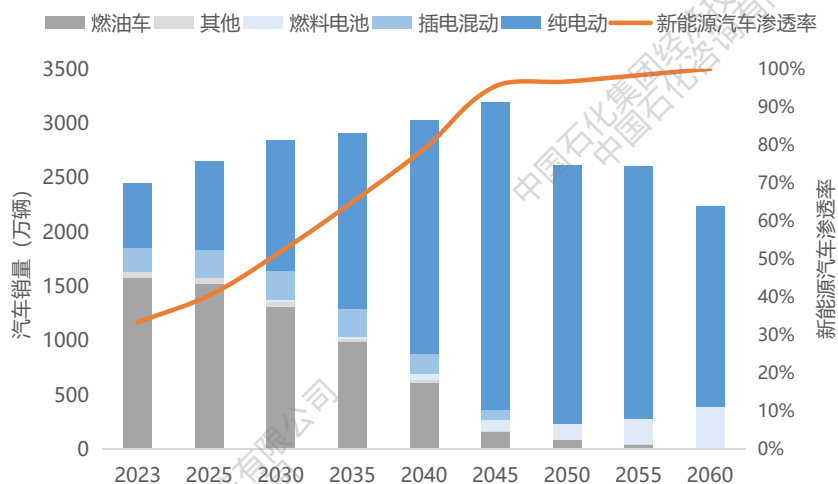
- **平台期（2027-2030 年）**。石油需求维持在 8 亿吨左右平台期，平台期持续时间缩短。该时期内，新能源汽车影响由量变到质变，燃油车保有量达峰，交通燃料用油缓慢下降，占石油消费比重降至 44% 左右。同时，尽管投产节奏放缓，但是化工下游装置投产仍在持续，拉动化工原料用油占比大幅提高至 33%。

- **缓慢下降期（2031-2040 年）**。处于交通用油下降以及化工用油增速放缓双拐点期，石油需求年均下降 2% 左右。化工原料用油需求的增长，减缓了由于交通用油需求下降对石油需求的影响。该时期化工原料用油需求将超过交通燃料用油，期末占石油需求比重分别为 44% 和 37%。

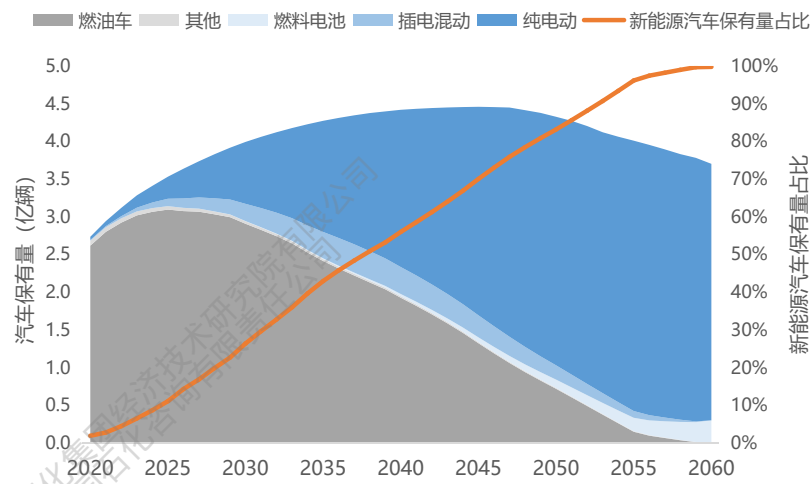
- **快速下降期（2041-2060 年）**。中国进入中等发达国家水平，消费品需求逐步饱和，加之绿氢、循环再生、CO₂ 资源化等技术突破，对石油替代明显加快，该阶段石油需求快速下降，年均降速 4%~5%。2060 年，石油主要用于化工原料，同时仍有部分航空和水运用油，少量道路沥青和润滑油需求。

新能源汽车发展加快，2025 年前后燃油车保有量即将达峰，推动交通燃料用油需求达峰后快速下降

不同燃料类型汽车销量及新能源汽车渗透率



不同燃料类型汽车保有量



新能源汽车销量	930	1073	1476	1891	2386	3015	2528	2563	2234
新能源汽车渗透率	33%	40%	52%	65%	79%	95%	97%	98%	99.9%

新能源汽车保有量	0.05	0.4	1.1	1.8	2.5	3.1	3.6	3.9	3.7
新能源汽车保有量比重	2%	11%	26%	43%	56%	70%	83%	96%	99.8%

我国新能源汽车发展已进入快速普及阶段，提前三年实现“十四五”目标。2023 年底，新能源汽车销量约 930 万辆，销量渗透率约 33%，新能源汽车保有量约为 2030 万辆，占汽车总保有量比重约为 6%。预计 2025 年新能源汽车保有量近 4000 万辆，占汽车总比重将超过 10%。新能源汽车的快速发展，导致燃油车保有量提前达峰。预计 2023-2030 年间燃油车保有量保持在 3 亿辆左右平台期，燃油车保有量的达峰直接导致交通用油需求饱和。

- **我国汽车工业发展仍有较大空间。**2023 年，我国汽车保有量约达 3.4 亿辆，其中乘用车保有量达 190 辆 / 千人，根据中国汽车技术研究中心等权威机构预测，我国乘用车饱和值在 300~400 辆 / 千人，较当前尚有较大增长潜力，未来 10 年我国乘用车销量将保持增长。按照人均 GDP 发展阶段预计，汽车保有量在 2040-2050 年达 4.5 亿辆峰值。2040 年后，随着无人驾驶技术的逐步普及，智能出行方式将极大提高车辆使用

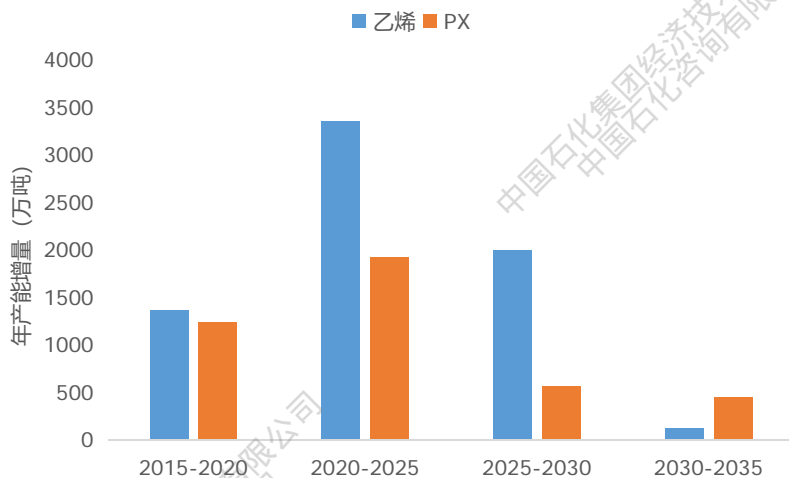
效率，人均汽车拥有量或将减少，我们判断届时车辆总保有量将呈现下降趋势。

- **新能源汽车发展远超预期。**2023 年，我国新能源汽车销量 930 万辆，渗透率约为 33%，其中东南沿海部分省市渗透率已达 50%。预计 2025 年，动力电池系统成本有望较当前再下降近 30%，乘用车基本实现油电平价，新能源汽车销量渗透率有望超过 40%，保有量近 4000 万辆左右。预计 2030 年销量渗透率将超过 50%，2045 年进一步提高至接近 100%。

- **燃油车保有量即将达峰导致交通用油需求饱和。**2023 年燃油车保有量约为 3 亿辆，预计 2023-2030 年之间燃油车保有量维持在 3 亿辆左右平台期，未来或将仅有约 1000 万辆增量空间。预计交通燃料用油需求在 2025 年前后达 4 亿吨峰值。其中占交通用油约 80% 的道路用油，受电气化影响率先达峰，并在达峰后快速下降，预计 2060 年仅保留部分城际物流柴油重卡。

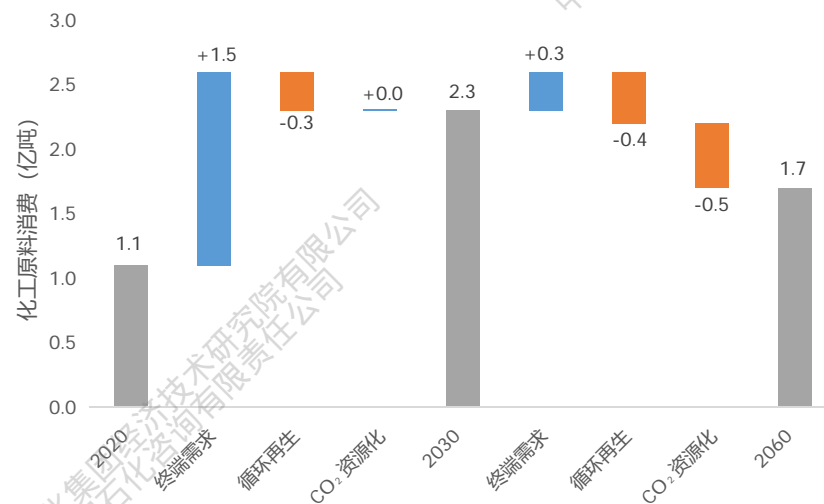
此轮化工的超级扩能周期仍在延续，拉动中长期化工原料用油需求增长，远期循环再生以及 CO₂ 资源化技术推动化工原料用油下降

乙烯和PX产能增量



期末乙烯产能	3478	6835	8825	8945
期末PX产能	2627	4549	5107	5557

影响化工原料需求主要因素



化工原料替代	0	0	0.5
塑料回收率 (再生量占废塑料比例)	30%	40%	70%

伴随炼化产业政策放开，以及“油转化”浪潮下，我国化工规模快速增长，成为全球最大乙烯和PX生产国。2023年我国乙烯产能达到5277万吨/年，“十四五”期间乙烯新增产能3357万吨，远超过去十年新增1978万吨；2023年PX产能4251万吨/年，“十四五”期间PX新增产能1922万吨，超过过去十年新增1815万吨。下游装置的扩张带动化工原料用油消费的增加。

• **国内大宗化学品市场呈现阶段性拐点特征。**一是世纪疫情导致中国经济修复或将经历较长时间，加之制造业产业升级，部分化工品需求转移至东南亚地区，中期来看大宗化学品消费由8%~10%的高速增长明显回落至3%~4%的中速增长。二是化工装置投资节奏与终端消费变化并不匹配，自2020年后开启的中国史上最大的化工装置扩能潮或将持续至“十五五”中后期，导致通用化学品呈现全面过剩态势。化工轻油缺口将持续扩大，一体化企业需要加快流程优化和资源统筹。石化工业已经由过去拼规模经济转向提升“低成本+高附加值+绿色化”综合竞争力的时代。

• **乙烯当量消费饱和值或将在2035年前后到来。**从宏观看，中长期中国经济处于3%~5%中速增长，人口负增长同时快速老龄化，城镇化速度放缓。从产业看，“碳壁垒”等政策倒逼塑料再生循环技术快速发展，国际贸易争端导致产业转移由劳动密集型逐渐向资本密集型延伸，国内房地产业由黄金扩张期进入了更新置换期。综合判断，预计2035年前后我国乙烯当量消费规模达8200~9000万吨（人均58~65公斤，当前43公斤左右）。

• **依靠循环再生以及CO₂资源化技术减少化工用油。**当前国内塑料回收率约30%，全部为物理回收。预计2030年达到45%~50%，受制于化工回收技术不成熟限制，绝大部分依然是物理回收。2060年将提高至70%~80%，其中物理回收和化学回收路线各占一半。2023年9月，盛虹石化10万吨/年的“CO₂捕集利用—绿色甲醇—新能源材料”项目投产，CO₂资源化技术正在走向工业化。但绿氢成本高是关键制约因素，绿氢价格需降至5000元/吨以下，或者碳汇价格提高至600元/吨，该技术实现与煤制甲醇平价。



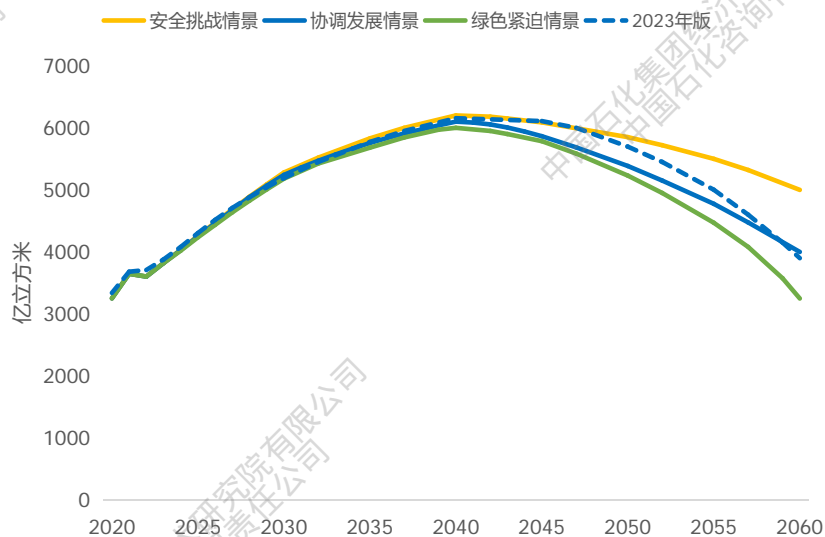
中国石化
SINOPEC



第五章 天然气

天然气在能源转型中的前景主要取决于能源总体安全的考量和转型进程的挑战

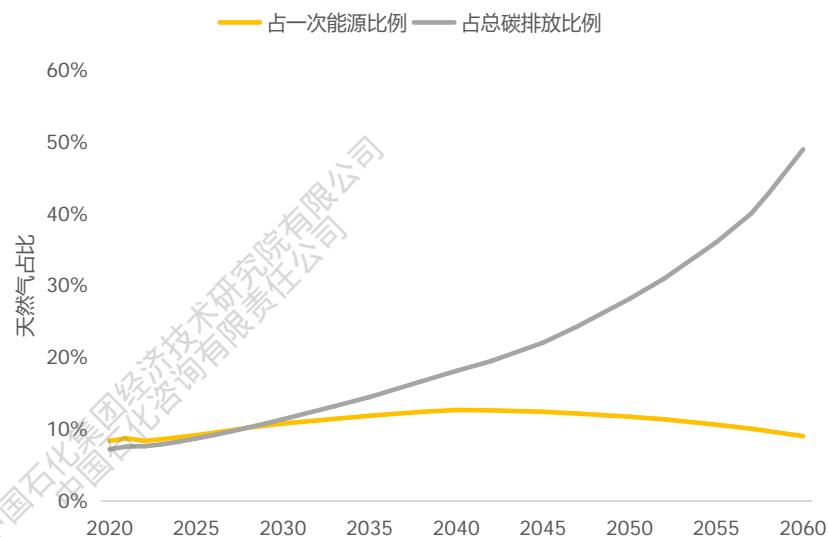
天然气消费量预测



协调发展情景	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
天然气消费量 (亿立方米)	3252	4250	5240	5755	6100	5865	5385	4775	4000

注：天然气消费量口径不含煤制气。

天然气在能源结构和碳排放中的占比



	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
占一次能源比例	8%	9%	11%	12%	13%	12%	12%	11%	9%
占总碳排放比例	7%	9%	11%	15%	18%	22%	28%	36%	49%

虽然欧洲天然气危机短期冲击全球能源市场，但难以颠覆天然气“桥梁能源”的定位和需要。预计我国天然气需求将于2040年前后达峰，峰值约6100亿立方米，占一次能源的比例将近13%；到2060年仍有约4000亿立方米，占一次能源的比例约9%。与2023年版本相比，峰值略有下降、2060年值略有上升，主要是考虑到可再生能源加快发展和更加稳妥地保障能源系统安全。若能源总体安全约束更强，化石能源将不会很快被间歇性可再生能源替代，天然气消费将在协调发展情景基础上整体上升；若能源转型进程更快，可再生能源进一步加快发展，天然气消费将在协调发展情景基础上整体下降。

- **近中期，天然气对煤炭的替代减弱，消费增长势头有所降低。**前期在保障国家能源安全和加快经济恢复的要求下，天然气对煤炭的替代力减弱，特别是在发电领域，作为“桥梁能源”的天然气消费增长势头减弱，预计到2025年，天然气消费量约4250亿立方米，占一次能源的比例约9%。后期，在可再生能源加快发展和“碳达峰”的压力下，在经济逐渐向好和天然气进口成本降低的利好下，天然气消费增长加快，预计到2030年，天然气消费量约5240亿立方米，占一次能源的比例约11%。

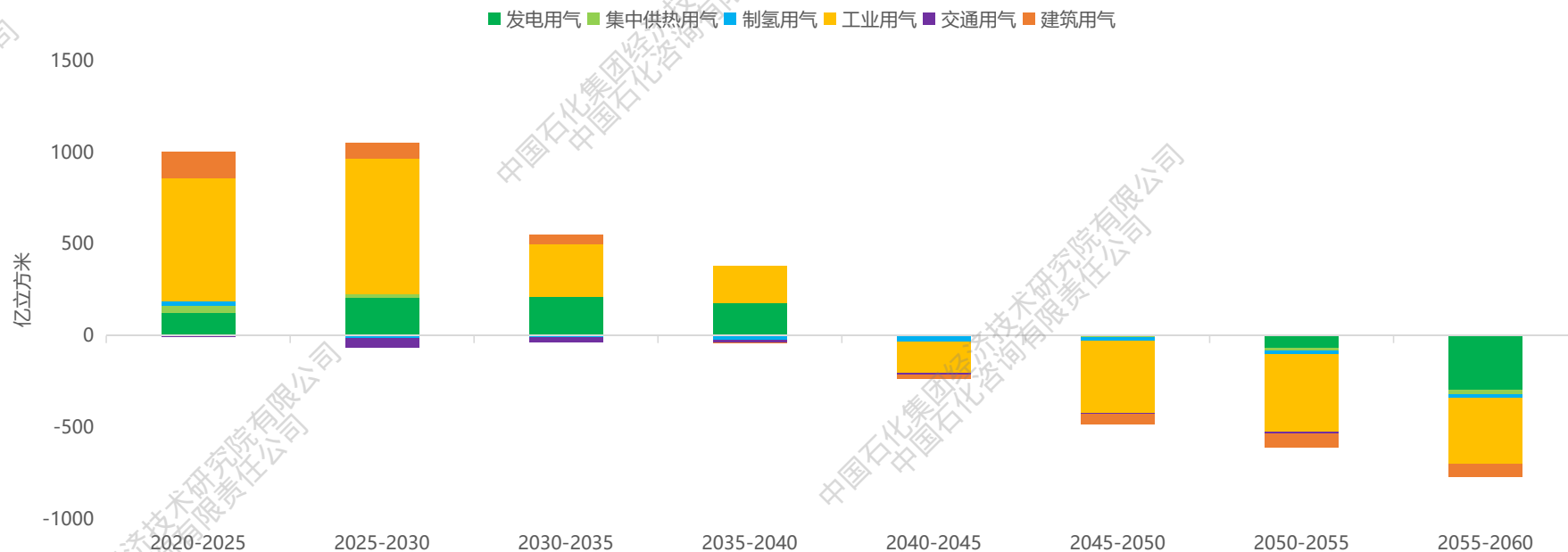
- **中远期，天然气的替代空间将被电力和氢能取代，消费增长动力减弱。**建材、轻工业等天然气替代相对容易的领域已完成替代，剩余空间有限，同时部分行业已经逐步进入电力替代阶段，氢能技术取得突破性进展，天然气在取代高碳能源和作为灵活性电源方面的优势遭遇挑战，消费增长减缓直至进入平台期。预计到2040年前后，天然气消费达峰，峰值6100亿立方米，占一次能源的比例将近13%。

- **远期，天然气逐渐被电力和氢能替代，消费开始进入下降阶段。**随着电气化发展以及氢能成本的下降，天然气消费领域被逐步挤压，需求渡过平台期开始下降。预计到2060年，天然气消费约4000亿立方米，占一次能源的比例约9%。

- **随着能源系统绿色低碳转型深入，来自天然气使用的碳排在总碳排放中的比例持续升高。**天然气消费占一次能源的比例“先升后降”，但其碳排在总碳排放中的比例将持续升高。预计到2060年，全国总碳排放的将近一半由清洁高效的天然气所贡献，能源系统得到根本性优化。

天然气助力终端工业部门快速降碳，也支撑可再生能源的长期发展

协调发展情景下分部门天然气需求变化



未来最有发展潜力和影响力的两个天然气消费部门是工业和发电，二者对天然气消费量变化的合计贡献总是高于80%。与2023年版本相比，对电力、集中供热和工业用气的预测方法进行了优化，根据结果对发电用气规模和建筑用气规模进行下调、对工业用气规模进行上调。

- **“碳达峰”目标实现之前，天然气着力于促成终端能源系统由高碳排放向低碳排放调整。**这一时期，为稳妥实现“碳达峰”目标及防治大气污染，推进燃料清洁低碳化调整是优选路径，工业部门是消费增长的主要引擎，而发电、建筑、集中供热等价格承受度相对较低的部门是以满足能源需求增长为主、能源替代为辅；交通部门因电动车加快渗透，较2023年版本提前5年左右达峰。

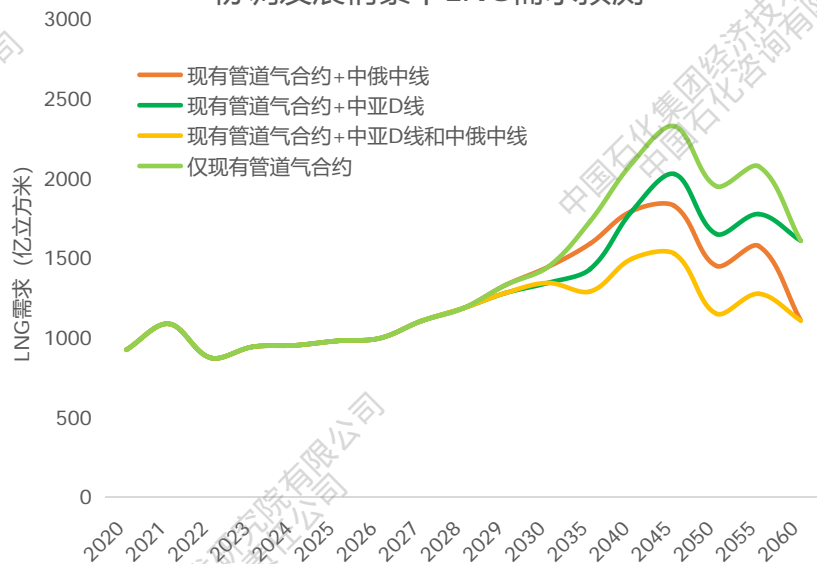
- **“碳达峰”至天然气需求达峰之间，天然气在终端能源结构改善中的作用减弱，而在电力系统优化中的作用增强。**这一时期，随着国内工业转型升级以及工艺提升，电力需求比化石

燃料更加旺盛，工业部门天然气消费增量的下滑带动整体消费增量降低，同时对电力系统的清洁性、稳定性要求也在提升，发电部门天然气需求先加快增长后逐渐企稳；交通部门除了面临电动化的挑战，在天然气可发挥优势的长途运输上越来越受到氢能车的竞争。

- **“碳中和”目标实现之前，电力和氢能加快在终端用能领域渗透，天然气着力于保障电力系统的安全稳定以及难电气化领域的燃料需求。**随着电气化发展以及氢能成本的下降，天然气发展空间被逐步挤压，天然气需求渡过平台期开始下降。用作普通工业燃料的部分逐步被电替代，高温加热、还原剂部分被氢替代。人口减少带动建筑用能下降，用作炊事、制备热水或取暖的天然气也将被电或掺混的氢取代一部分。可再生能源电力规模的增长带动调峰容量需求的增加，但装机利用率不断下降，发电用气稳步降低。

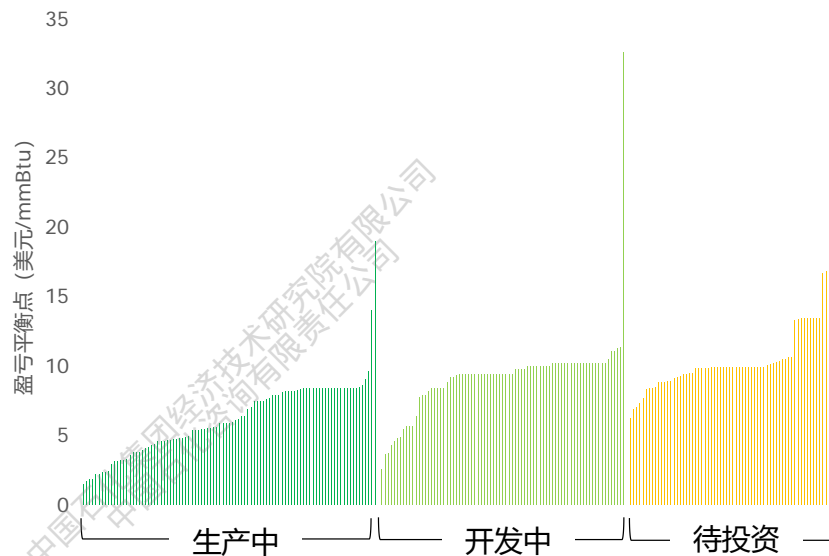
液化天然气需求和供应成本长期均看涨， 远期市场发展主要受新管道气进口项目影响

协调发展情景下LNG需求预测



注：图中 LNG 需求情景根据未来管道气进口量预测设定

到亚洲LNG项目盈亏平衡点



数据来源：Rystad Energy

液化天然气进口量在近中期内持续增长，但 2028 年后的不确定性加大。一方面，近两年有关中俄中线和中亚 D 线天然气进口管道有新的积极性消息传出，但尚未签订天然气购销协议；另一方面，全球液化天然气供应成本有增长预期，对新进口管道的实施有一定影响。

- **国产气是支撑天然气需求增长的稳固基石，天然气自给率长期不低于 50%。** 近期以来，为保障国内天然气供应安全，国家有关部门及行业内已经形成天然气自给率长期不低于 50% 的共识。预计国内天然气产量在 2040 年前后达到峰值，与天然气需求峰值期接近，峰值规模 3100 亿立方米左右，到 2060 年仍然可能在 2500 亿立方米左右的水平。由此判断，天然气总进口量峰值大概率在 3000 亿立方米以内。

- **2028 年后，或有新增进口管道气项目进入市场。** 俄乌冲突重塑了全球天然气市场格局，俄罗斯天然气出口加快向东方转移，在推进中俄中线方面较此前明显积极。此外，《中国—中亚峰会西安宣言》明确提出支持加快中国—中亚天然气管道

D 线建设。市场预计中亚 D 线或在 2028 年以后建成通气，而中俄中线通气时间更晚。

- **LNG 进口需求不确定性很高，但远期供应成本看涨或将推动新增进口管道气落地。** 按照现有进口管道气合约及实际执行情况测算，到 2045 年，LNG 进口量峰值将达到 2330 亿立方米，年均增速 4.3%；若中亚 D 线在 2028 年后建成通气，LNG 进口量峰值将降至 2030 亿立方米，年均增速 3.7%；若中俄中线在 2030 年后建成通气，LNG 进口量峰值将降至 1830 亿立方米，年均增速 3.3%；若两条管线均建成通气，LNG 进口量峰值将降至 1530 亿立方米，年均增速 2.5%。无论哪种情况，LNG 进口需求均有长期增长空间。根据咨询公司 Rystad Energy 预测，未来新增的 LNG 供应成本水平总体高于已经投产的项目，远期 LNG 供应成本看涨，对价格的考量或促进新增进口管道气项目的落地。同时，未来国际 LNG 新增供应以美国居多，通过进口来源多元化分散风险的考虑也对进口 LNG 和进口管道气的分配有所影响。



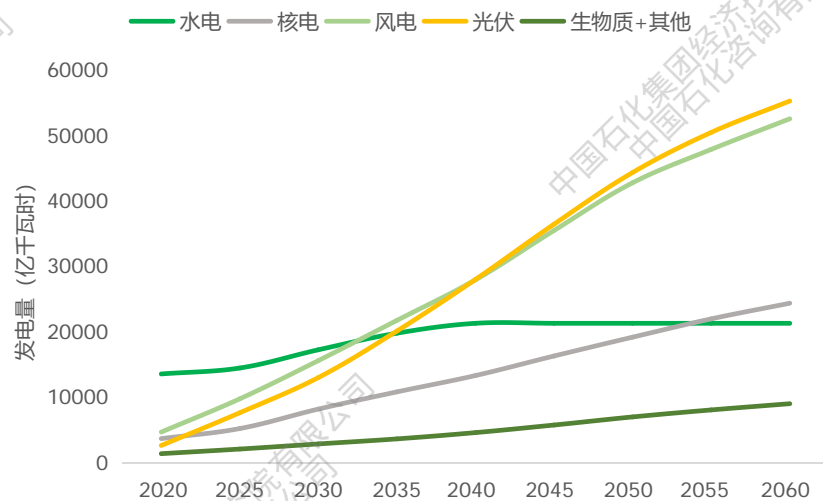
中国石化
SINOPEC



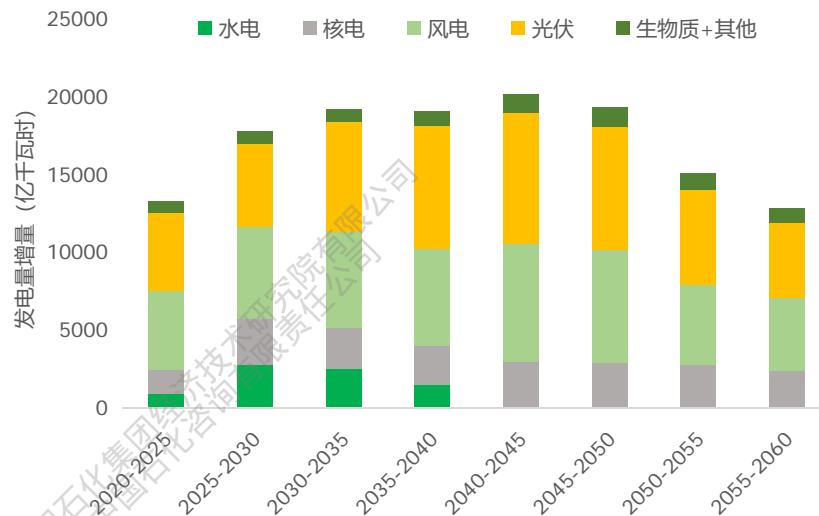
第六章 非化石能源

非化石能源已成为能源系统增量主体，增量主要来自于光伏、风电

非化石能源分品种发电量



非化石能源分品种发电量增量



非化石	25848	39096	56878	76090	95155	115305	134630	149730	162550
风电	4665	9750	15600	21750	27950	35500	42800	47900	52580
光伏	2611	7620	13000	20120	28015	36465	44370	50500	55300

非化石	13248	17782	19212	19065	20150	19325	15100	12820
风电	5085	5850	6150	6200	7550	7300	5100	4680
光伏	5009	5380	7120	7895	8450	7905	6130	4800

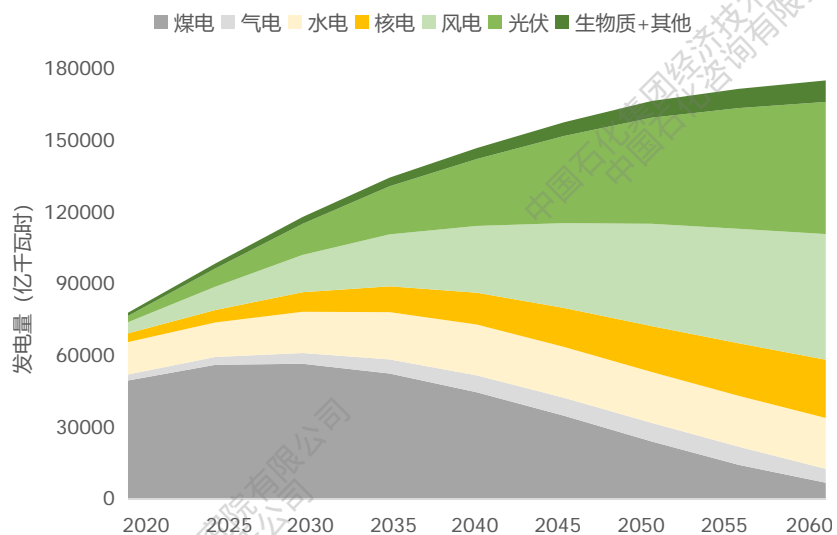
2023年，我国非化石能源在能源消费体系中的供应量增至9.94亿吨标煤，在一次能源消费中的占比达到17.8%，其中，水电、风电、光伏装机分别达到42415、41400、55800万千瓦，均连续多年居全球首位。

• **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2045年前后成为我国能源供应主体。**近期，非化石能源成为我国能源供应增量主体，我国光伏、风电等可再生能源加速扩大规模，“新能源+储能”的新型电力系统逐步构建，预计到2030年，我国非化石能源发电量增至5.7万亿千瓦时，接近总发电量的一半，非化石能源发电装机容量增至26亿千瓦以上，超过我国总发电装机规模的六成。中远期，非化石能源转为能源供应存量主体，随着新型能源体系构建完善，非化石能源发电量和装机规模双双超越化石能源，受替代空间减小等影响，非化石能源发电装机和增速放缓。远期，非化石能源将成为我国主导能源，预计到2060年，我国非化石能源发电量超过16万亿千瓦时，占我国总发电量的93%。

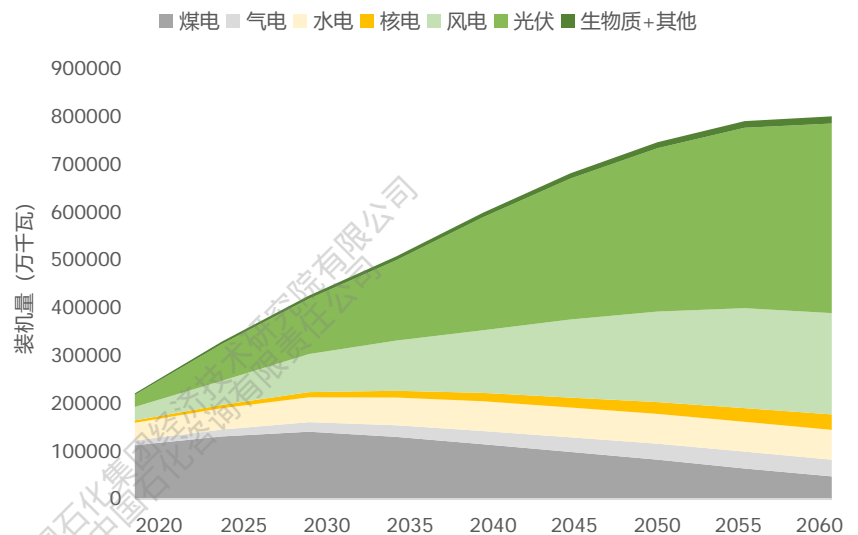
• **在非化石能源内部，光伏和风电是对非化石能源的增长贡献度最大，沿海核电稳步发展对非化石能源的增长贡献度显著提高。**得益于资源、成本、规模优势，风电和光伏是我国非化石能源发电增量的主体，合计占非化石能源装机增量的比例长期处于70%以上。沿海核电稳步发展，支撑核电保持稳定增长，对非化石能源发电增量的贡献由近期的10%左右增至远期的20%左右。水电近期仍有一定增长，但到2040年以后，由于新增可开发水电资源受限、装机基本饱和等原因，发电量基本保持稳定。随着技术突破，生物质在电力中应用不断增长，在非化石发电增量中占比将由近期5%左右增至远期10%左右。生物质能、地热能和海洋能等其他非化石能源不仅是实现双碳目标的有益补充，更是大气污染治理、固体废弃物处理的有效手段。2020~2060年，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%，但由于资源量小、商业化开发难度大，在非化石能源体系中占比较小。

供应、需求和电网三方协同力度不断加大，确保非化石电力稳定供应

我国电力供应规模与结构



我国发电装机规模与结构



风电、光伏的快速发展，对电力系统的灵活性提出更高要求，网供需协同力度不断加大。供应侧既需确保足量的可靠火电容量，还需发展适量可调度装机（抽水蓄能、储能等）以满足灵活调峰需求。电网侧需交直流电网协调发展、大电网微电网相互配合，以扩充电网功能、增强电网消纳能力。需求侧需加大管理力度，不断提高需求侧调峰比，以更低成本实现“削峰填谷”。

• **供应侧方面，煤电、气电作为可靠火电容量发挥重要调峰作用，抽水蓄能和电池储能在未来几年会出现大幅增长。**随着非化石能源发电比例提升，煤电、气电作为可靠电源的调峰作用更加凸显。煤电发电小时数不断下降，降幅超过 60%。气电发电小时数先升后降，至 2060 年降幅接近 50%。储能自 2025 年投运 3000 万千瓦项目后，规模迅速扩大，2050 年将提供超过 4 亿千瓦时电力。

• **电网方面，“西电东送”“北电南供”格局不变，大规模跨区域产业转移和电力输送并存。**未来大型清洁能源基地主要

分布在西部、北部，电力需求中心则仍在东部、中部，电力跨区域流动规模将继续扩大，预计 2050、2060 年，跨区域跨省电力流动将分别达到 8.1 亿、8.3 亿千瓦。加快发展特高压电网是关键，近中期初步形成东、西部两大同步电网，西部电网间通过多回直流异步联网。预计 2020~2030 年，新建 14 个西北、西南能源基地电力外送特高压直流工程，输电容量 1.12 亿千瓦。远期全面建成坚强可靠的东部西部同步电网，预计 2050 年、2060 年，我国特高压直流工程输电容量分别达到 4.9 亿、5.1 亿千瓦¹。

• **需求侧方面，需求侧管理将在电力系统供需平衡中发挥重要作用，成为安全保供的经济选项。**可调节负荷作为一种高效的灵活性资源，随着市场机制建立健全，未来发展空间巨大。预计 2025 年、2030 年、2060 年，我国可调节负荷容量分别有望达到 0.8 亿、1.2 亿、3.5 亿千瓦，占最大负荷的比重分别约为 5%、7%、15%²。近期可调节负荷将以缓解电力供需紧张形势为主，中远期以缓解供需紧张和支撑新能源消纳并重。

注：1. 全球能源互联网发展合作组织，《中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望》。

2. 国网能源研究院有限公司，《中国能源电力发展展望 2022》。



中国石化
SINOPEC

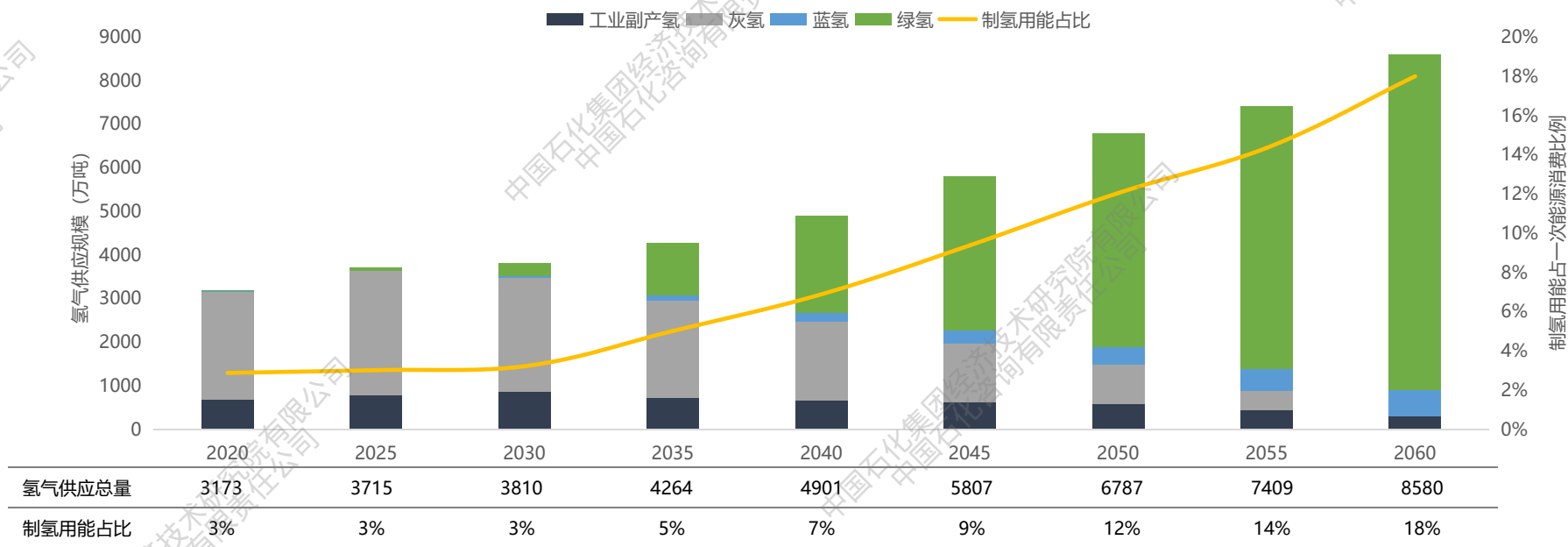


第七章 氢能

- 氢能供应方面，化石能源制氢低碳转型和电解水制氢规模化扩张是产业发展主线
- 氢能需求方面，应用场景趋于多元化，2060 年消费总量增至 8580 万吨

氢能供应方面，化石能源制氢低碳转型和电解水制氢规模化扩张是产业发展主线

我国氢气供应规模与能耗情况



注：此处灰氢指不加装CCS的煤制氢和天然气制氢，蓝氢指加装CCS的煤制氢和天然气制氢，绿氢泛指电解水制氢

2023年，我国氢气供应量3541万吨，其中，煤制氢占比64.6%，电解水制氢占比不足0.5%。随着碳排放约束的增强和电解水制氢经济性的提升，我国化石能源制氢将于“十五五”期间达峰并下行，电解水制氢将于2030年前后开启规模化发展阶段。预计到2060年，我国氢气供应量增至8580万吨，其中煤制蓝氢和天然气制蓝氢占比7.0%，电解水制氢占比89.5%，制氢耗能占我国一次能源消费总量的18%。

• **近中期，灰氢是我国的主导氢源，技术成熟，价格低廉，但制氢直接碳排放约占我国能源活动碳排放总量的4%。**当前，我国煤制灰氢和天然气制灰氢规模约2800万吨，处在峰值平台期，占氢气供应总量的78%左右。预计2030年后，在碳排放约束政策下，碳排放成本升高推动灰氢成本加速上涨，使得灰氢市场竞争力减弱、供应逐步萎缩，到2045年降至峰值规模的一半以下，到2060年基本退出。

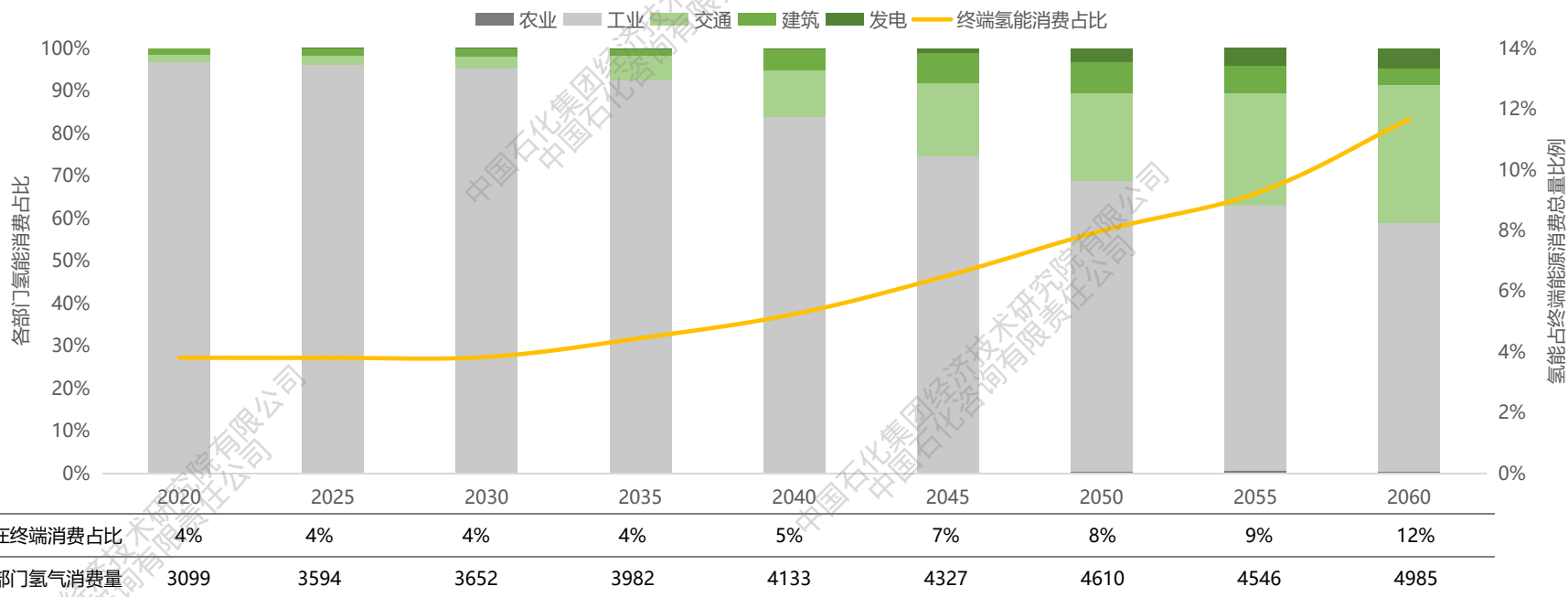
• **展望远期，绿氢将成为我国的主导氢源，并在氢气供应低碳化、能源消费低碳化进程中发挥关键作用。**在电解水制氢技术升级、智能化制造和可再生能源发电降本共同作用下，我国绿氢有望于2030~2035年间迈过经济性“拐点”，进入规模化发展阶段。预计我国绿氢供应量将于2030增至300万吨，于2035年达到1188万吨，于2040~2045年间突破3000万吨、正式成为我国主导氢源（占专门制氢50%以上），于2060年达到7680万吨。

• **蓝氢是我国氢源低碳化的重要补充，将于2030年后提速发展。**尽管蓝氢发展有其特定适用场景，但是整体来看蓝氢经济性在近中期不及灰氢、远期不及绿氢，使得蓝氢产业规模扩张存在局限，预计2035年前突破100万吨，2060年达到600万吨、占比接近7%。

• **氢气是一种二次、甚至三次能源，氢能和可再生能源的渗透推广将深度重构我国能源供给与利用模式。**现阶段，制氢耗能仅占我国一次能源消费总量的3%左右；到2060年，这一比例将增至18%，其中制氢耗电将占据全社会用电总量的20%以上。

氢能需求方面，应用场景趋于多元化，2060 年消费总量增至 8580 万吨

我国氢能多元化应用预测



2023年，我国氢气消费总量约3549万吨，在终端能源消费总量中的占比不足4%。从利用部门看，几乎全部氢气用于工业部门，建筑、交通等部门用氢合计不足3%；从利用形式看，原料用途（制取甲醇、合成氨、炼油化工等）占比90%以上，燃料用途不足10%。展望未来的氢能社会，氢能将扮演燃料、原料、储能介质等多重角色，广泛深度地参与工业、交通、建筑、发电等部门的碳中和进程。预计2060年，我国氢能消费规模达8580万吨，占我国终端能源消费总量的近12%。从利用部门看，工业用氢占比降至58%，交通部门占比升至33%，建筑、发电、农业等部门合计占比9%；从利用形式看，氢气原料用途占比降至60%以内。

我国氢能消费增长历程可以划分为三大阶段：

- **示范发展阶段（当前至2035年）**。在此期间，氢能交通、绿氢炼化、氢冶金等应用场景尚不具备规模经济，95%以上的氢气仍用于工业领域，制取甲醇、合成氨、炼油化工等。预计这一阶段我国氢能消费规模增长缓慢，年均增速仅在1.5%

左右；氢能消费规模增幅有限，仅增至4264万吨，较现状增长23%左右。

- **快速推广阶段（2036-2050年）**。在此期间，预计我国氢能消费量将增长约60%，达到约6790万吨。尽管工业部门仍将占据氢能消费量的2/3左右，但氢能应用场景从炼油化工为主向冶金、水泥、玻璃、陶瓷等场景推广，并在交通、建筑等领域取得规模化应用。预计氢能在我国终端能源消费总量的占比从4.5%增至8.0%。

- **多元应用阶段（2051-2060年）**。我国能源转型进入碳达峰收官阶段，“燃料”将与“原料”并列成为氢能的最主要用途，预计我国氢能消费规模将再扩张26%左右。相较上一阶段，氢能的多元化应用主要体现在三个层面，一是氢能作为一种平价的零碳燃料，广泛用于工业领域，提供高品位热；二是氢能以甲醇、氨等氢基燃料的形式，助力航空、水运等行业深度脱碳；三是氢储能和氢发电将成为确保我国电力系统安全稳定的一环。



中国石化
SINOPEC

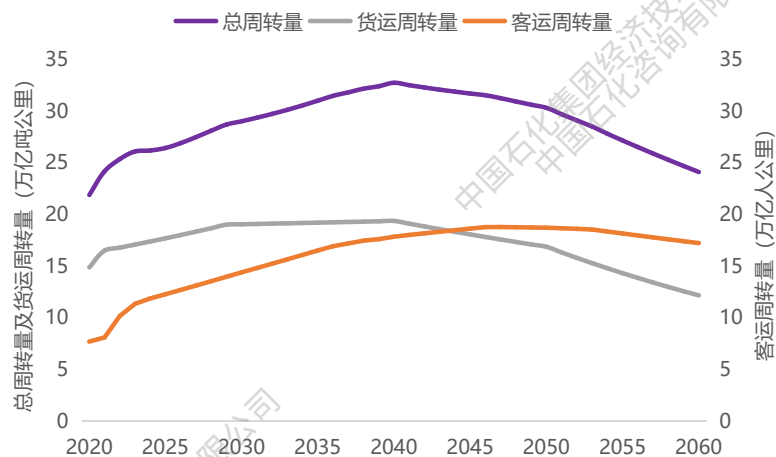


第八章 终端部门

- 交通部门：交通运输需求是影响交通用能关键因素，道路交通主要通过电动化实现碳减排，航空和航运脱碳依赖生物质及氢能源
- 工业部门：大宗工业品需求先后达峰、工业结构持续优化升级，工业能耗和碳排放分别于 2028 年和 2026 年前后达峰
- 建筑部门：电气化进程提速，推动能源消费和碳排放分别于 2035 年和 2028 年前后达峰

交通部门：交通运输需求是影响交通用能关键因素，中长期国内运输总周转量保持增长，轨道交通作用持续加大，水路运输主体地位长期保持

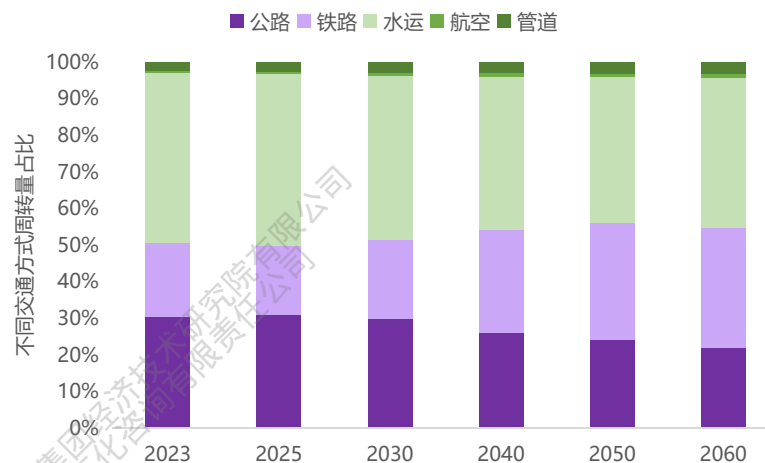
总周转量及客、货周转量



年份	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
总周转量	21.7	27.5	30.4	32.0	33.5	32.1	30.5	26.9	23.5
货运周转量	14.7	18.5	20.1	20.2	20.2	18.7	17.2	14.2	11.7
客运周转量	7.5	12.3	14.4	16.5	17.8	18.6	18.7	18.1	17.2

注：不含远洋运输

不同交通方式运输周转量占比



年份	2023	2025	2030	2040	2050	2060
公路占比	31%	31%	30%	27%	25%	22%
铁路占比	19%	19%	23%	28%	32%	33%
水路占比	47%	47%	44%	42%	40%	41%

影响交通用能的主要因素之一是运输需求，运输需求与经济发展阶段和水平、产业结构和布局、国土面积、人口数量等多种因素相关。2023 年我国运输总需求约为 26.6 亿吨公里（不含远洋），同比增长 8.1%，其中货运占比 67%，客运占比 33%，受疫情后放开影响，当年铁路和航空客运量显著增长。

- **运输总需求 2040 年前后达峰。**随着中国经济发展进入新常态，人口达峰，城市化、工业化进程进入后期，部分产业布局由东部向中西部资源地转移，以及特高压远距离输电技术的大规模应用，生产物资运输需求将逐步减少，生活物资运输需求保持增长，预计 2040 年前后运输总量达峰。

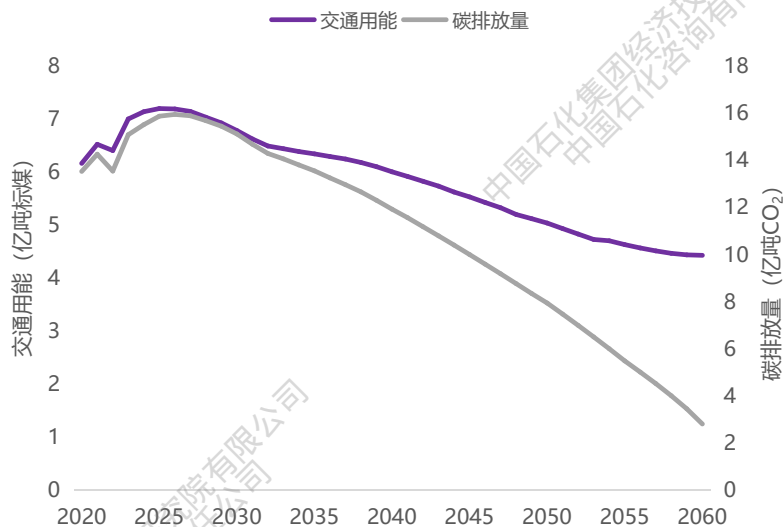
- **货运需求 2030 年后进入平台期。**2023 年我国货运周转量约为 17.9 万亿吨公里，同比增长约 5.9%。货运强度持续下降至 76 吨 / 万美元工业增加值。从大宗商品运输需求来看，近中期煤炭依然保持主力地位，钢铁、矿石、水泥、木材等与建筑和制造业相关的大宗品运输仍将保持一定增长。考虑运输效率以及工业增长，预计全国货运周转量在 2030 年后达到约 20 万亿吨公里平台期。

- **客运需求峰值在 2040 年前后到来。**2023 年我国客运周转量约 10.5 万亿人公里，同比大幅增长约 26.8%。疫情三年对铁路和航空出行影响最大，疫后放开首年，铁路和航空客运周转量均大幅增长 1 倍以上。当前，我国人均出行约 7400 公里 / 年，仅为欧美日等国家的 1/3~1/2。考虑到居民收入水平的提高，人均出行距离及频次均随之增加，预计 2040 年前后人均出行达到 1.3~1.4 万公里 / 年饱和值，折合客运周转量约为 19 万亿人公里。

- **运输结构向“铁增、公降、水稳”调整。**2023 年我国铁路、公路、水运、航空和管道运输比例约为 19.2%、30.8%、47.3%、0.4% 和 2.3%。相较美欧国家，铁路运输比例相对较低，公路运输比例偏高。而铁路和水路运输具有能效高、更清洁、成本低的优势，适合远运距、大运量的干线运输。未来，在“公转铁”“公转水”政策推动下，铁路运输比例将持续提高；公路运输比例持续降低；水运比例保持相对稳定；航空及管道运输受到运载空间以及货运品种限制，增长空间有限。

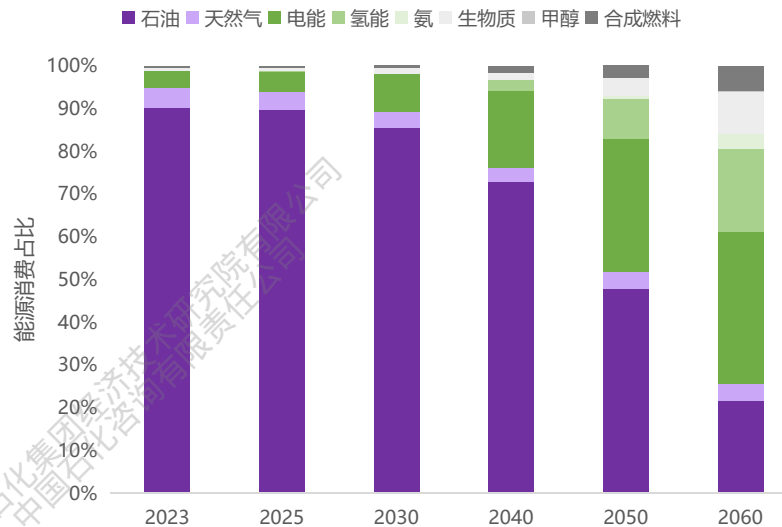
电动化是实现交通部门用能及碳排放量尽早达峰的主要路径

交通部门能源消费与碳排放总量



能源消费量	6.2	7.2	6.8	6.3	6.0	5.5	5.0	4.6	4.4
碳排放量	12.9	15.1	14.3	13.0	11.7	9.8	7.5	5.2	3.3

交通部门能源消费结构



石油消费占比	90%	90%	85%	73%	48%	22%
电力消费占比	4%	5%	9%	18%	31%	36%

2023年，交通用能达6.9亿吨标煤，占终端用能总量的18%，是第二大用能部门。二氧化碳排放量14.7亿吨，占全社会碳排放量的15%。交通电动化、发展轨道交通是减少交通能源消费以及降碳的主要路径。从交通能源组成来看，中长期油气仍占据主体地位，远期将向以电力为主，电氢油气多元化发展转型。

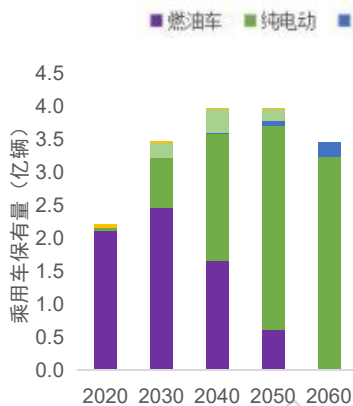
- **交通能源峰值早于运输总量到来。**预计2040年前后交通运输总量达34亿吨公里峰值，而交通能源将在2025年达到7.2亿吨标煤峰值，碳排放随之达到15亿吨峰值，比运输需求提前15年达峰。2025年后随着燃油车燃油经济性提高，车辆电动化带来运输能效提升（电动汽车能效是燃油车的2~3倍），以及道路运输需求达峰、运输结构倾向于轨道交通等多因素共同作用下，交通用能快速下降，2060年降至3亿吨。大力发展交通电气化以及轨道交通，提高电力在交通能源中的比重是减少交通用能总量及交通碳排放量的主要路径。

- **转型发展期（2023-2030年）。**交通能源总量维持在7亿吨标煤高峰值。除电力以外，其他低碳能源受制于经济性较差、缺少工业化生产、基础设施不完善等原因，未能对传统能源形成大规模替代，该时期油气仍占据交通能源主体地位，占比达90%以上。电动化逐步呈现规模化发展。

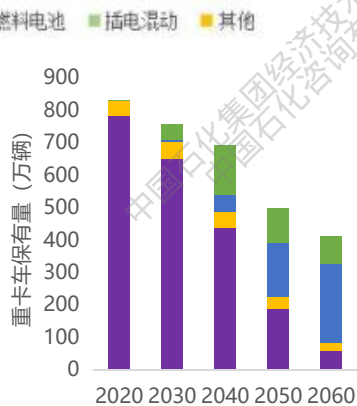
- **融合发展期（2030年之后）。**交通能源总量呈现逐渐减少趋势。同时，绿氢、绿氨、绿色甲醇、生物燃料、合成燃料等低碳/零碳燃料生产成本明显下降，工业化生产、应用推广、配套基础设施有了明显改善。能源互联网的扩大应用，极大提高了能源利用效率和能源安全供应韧性。清洁能源相对于传统燃料竞争力大幅提升，在交通能源中的占比不断提高。预计2060年，除航空、航运以及重卡尚有部分难以替代外，70%以上均使用清洁能源。

道路交通领域中轻型车率先实现电动化，燃料电池汽车重点在重型车领域与电动汽车错位发展

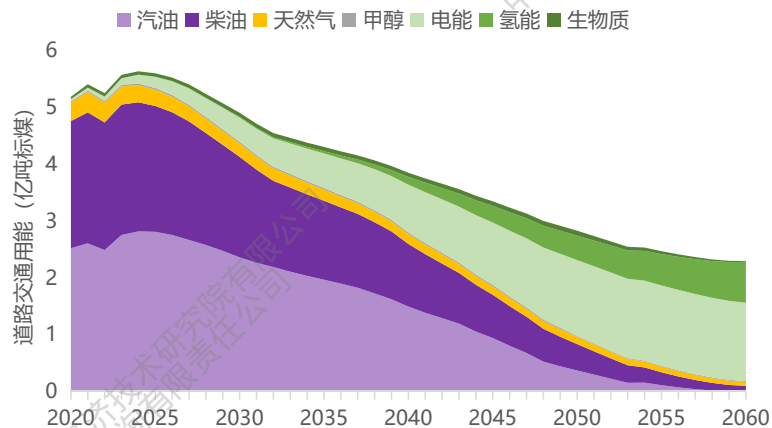
乘用车保有量



重卡保有量



道路交通用能



燃油车保有量	2.1	2.4	1.7	0.6	0.0	782	648	435	185	58
电动汽车保有量	0.0	1.0	2.3	3.3	3.2	1	47	151	107	86
燃料电池汽车保有量	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0	4	55	164	242

石油占比	92%	91%	85%	76%	65%	49%	31%	12%	4%
电能占比	1%	3%	8%	16%	24%	34%	46%	59%	61%
氢能占比	0%	0%	0%	1%	4%	9%	15%	23%	31%

目前道路交通用能以石油为主，天然气为辅。未来，在轻型车领域率先实现电动化，替代路线相对明确；中重型车以氢和电为主，仍保留少量 LNG 车以及柴油车。

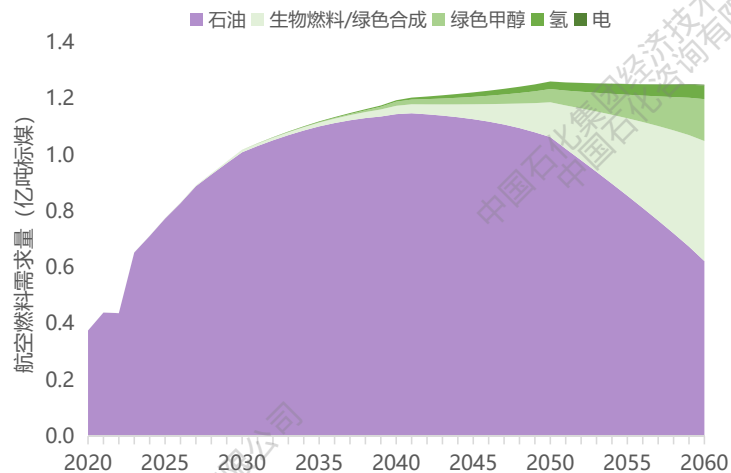
- **燃料电池汽车与电动汽车实现多元、错位发展。**由于动力电池的单位质量能量密度仅为 170~200Wh/kg，是油气的 1% 左右，是氢能的 0.5%，因此对于高载重量的重卡、城际物流、城际大巴等领域电动化难度较大。以 49 吨半挂牵引车为例，远距离运输续驶里程至少在 300 公里以上，电池容量 565kWh，电池自重达 3.5 吨，在同样的行驶里程下，纯电动重卡全生命周期总载货量将较柴油车或燃料电池车减少 140 万吨公里（在每次均为满载情况下）。因此，在中长距离以及高载重量车型领域，燃料电池车具有发展优势及空间。预计 2035 年后，氢燃料电池系统成本将较目前有大幅下降，燃料电池汽车（主要是公交车、物流车和重卡）、加氢站保有量将有较大增幅，液氢储运、氢气管输将在领先地区快速发展，氢能交通基础设施将逐步完善。

- **LNG 重卡需求接近饱和。**当前我国 LNG 重卡保有量约 50 万辆，占物流重卡比重 30% 左右。LNG 重卡销量受 LNG 价格波动影响较大，今年以来，车用 LNG 与柴油比价已经降至 50% 左右，预计全年销量超过 10 万辆，同比增长 2.6 倍。中长期来看发展空间渐小，LNG 重卡发展具有明显地域特征，目前山西一地销量占全国 30% 以上，其存量物流重卡中 LNG 占比已经超过 60%，晋中、晋南等地区占比高达 70%，存量替代空间不断缩小。

- **换电重卡发展空间较大。**当前我国换电重卡保有量约 2 万辆，主要用于厂矿区内或封闭场所短倒运输。一般固定路线下短倒运输半径 30 公里左右，规避了电池续航能力差（282kWh 续航 173 公里）的弊端。在油价 60~80 美元 / 桶，换电价格 1.6 元 / kWh 情况下，换电重卡较柴油重卡已经具有经济性。全国短倒运输重卡约 50~100 万辆，未来替代空间较大。

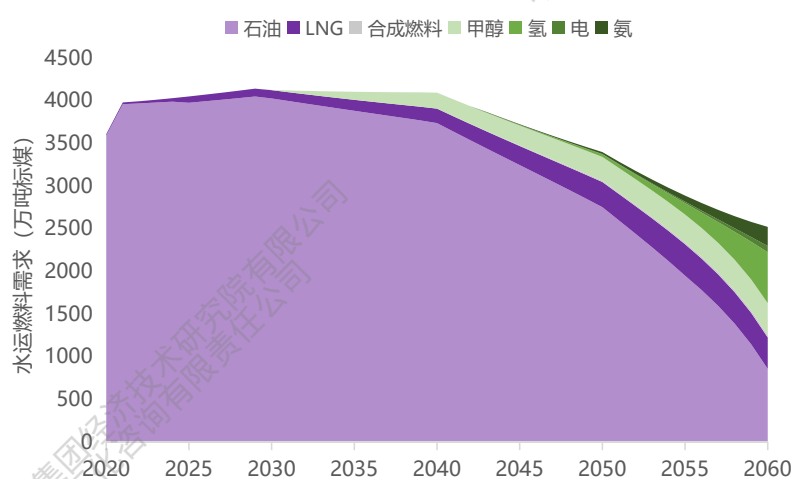
近中期航空和航运较难实现脱碳，远期生物质及氢能能源发展空间较大

航空燃料需求量



石油占比	100%	100%	99%	98%	96%	92%	84%	68%	50%
生物燃料+绿色甲醇占比	0%	0%	1%	1%	4%	7%	14%	29%	46%
其他占比	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	3%	4%

内贸水运燃料需求总量



石油占比	100%	98%	98%	95%	91%	87%	81%	67%	34%
绿色甲醇占比	0%	0%	0%	2%	5%	6%	8%	11%	15%
氢+氨占比	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	7%	33%

目前国内航空和航运燃料基本全部为石油，占交通用油比重约 20%，近年来，LNG 船舶、甲醇船舶、电动 / 氢能船舶以及生物航煤发展明显加快。

- **航空市场尚有较大增长空间。**人均乘机次数是研究航空业发展阶段的重要参数。目前我国人均乘机次数约为 0.5 次 / 年（疫情前），是欧、美、日、韩等国家的 1/5~1/2，随着居民收入水平的提高，出行将更加追求安全、高效、舒适、便捷，航空市场仍将有较大发展空间。考虑我国地域、人口及资源限制，预计饱和值在 1.0~1.5 次 / 年。疫情前我国航煤消费量约 3860 万吨，如果不考虑清洁燃料替代，预计饱和值将达到近 8000 万吨。

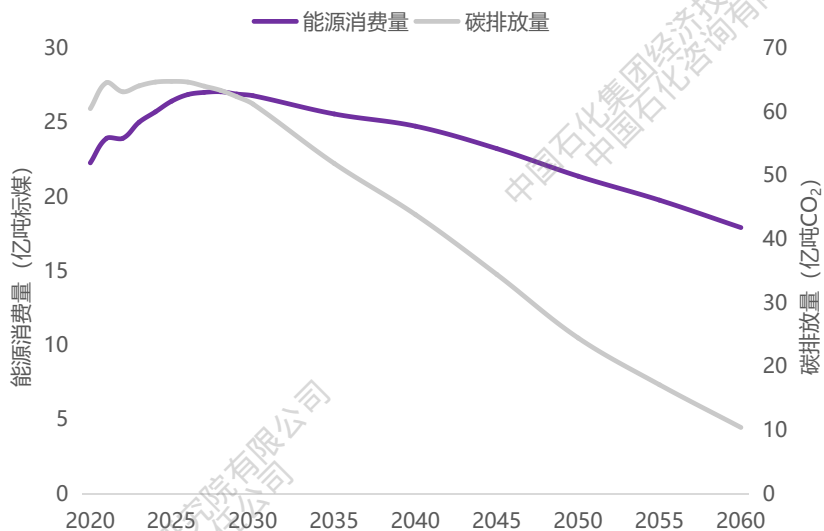
- **可持续航空燃料（SAF）发展加快。**国际民航组织宣布 2050 年前全球航空排放量较 2005 年减少 50%。欧盟提出 2050 年 SAF 添加比例达 70%，中国民用航空局在《“十四五”民航绿色发展专项规划》中提到 2025 年 SAF 消费量达 2 万吨。

- **原料不足和高成本制约生物航煤发展。**目前较为成熟的 SAF 是以废弃油脂为原料生产的生物航煤。一是中国可收集原料仅有 500 万吨，可生产 300 万吨生物航煤，远无法满足航煤需求；二是生产成本在 2 万元以上，是传统航煤的 2~4 倍。未来大规模替代航煤需要开发新技术，扩充原料来源，例如乙醇、藻类、CO₂ 资源化等路线。

- **远期航运市场呈现多元化发展趋势。**目前没有任何一种低碳替代燃料形成全方位、压倒性优势，尚不能完全替代船用燃料油的核心地位。受制于能源密度以及功率，电动以及氢燃料电池船舶适合于内河和近海小型船舶，大型海运船舶燃料可考虑甲醇、氨、生物燃料等。近年来，甲醇船舶由于法规相对健全、技术成熟，发展明显加快，国际甲醇协会估计 2027 年前全球将有 100 艘甲醇动力船舶下水。综合判断，2030 年前，LNG 和甲醇是船用燃料油主要替代燃料，2030 年后，氢能和电能将发挥较大作用。预计 2060 年氢能替代燃料将占我国航运用能需求的 20%~30%。

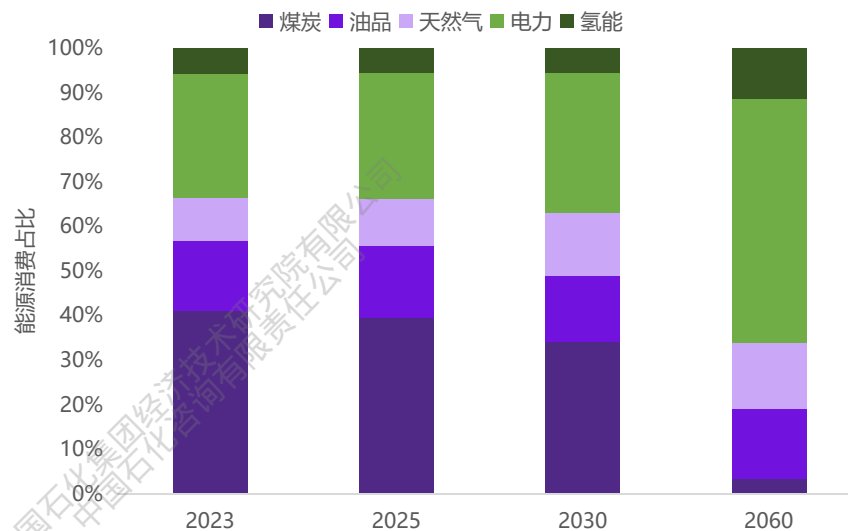
工业部门：大宗工业品需求先后达峰、工业结构持续优化升级，工业能耗和碳排放分别于 2028 年和 2026 年前后达峰

工业部门能源消费与碳排放总量



能源消费量	22.3	26.4	26.8	25.6	24.7	23.2	21.4	19.8	17.9
碳排放量	60.5	64.8	61.2	51.9	43.8	34.4	24.5	17.1	10.4

工业部门能源消费结构



电力消费量 (万亿千瓦时)	5.7	6.0	6.8	8.0
电力消费占比	28%	28%	31%	55%

工业是我国国民经济发展的长期支撑，我国处于工业化后期阶段，正在推进工业化与信息化、智能化融合发展，高载能工业行业生产规模开始放缓甚至缩减，工业部门的能源消费达峰在即。预计我国工业部门能源消费将于 2028 年前后达峰、峰值约 27.1 亿吨标煤，二氧化碳排放将于 2026 年前后达峰、峰值约 64.8 亿吨二氧化碳。

- **近中期，我国工业部门能源消费将在增总量的同时持续优化结构，天然气和电力加速替代煤炭，成为支撑工业能源消费增长的主力。**随着高载能工业不断革新生产工艺、发展用能技术，工业“煤改电”“煤改气”的大力推进，以及我国工业结构的持续转型和优化调整，工业部门用能在总量平稳增长的同时结构持续低碳化，煤炭消费量和占比逐步下降，天然气、电力消费量和占比明显增长。2030 至 2035 年间，电力将超越煤炭成为工业部门的主力能源，到 2035 年电力在工业用能中的占比达 36%。

- **近中期，工业节能降碳举措将持续降低煤炭需求、提高化石能源利用效率，提升工业部门能源利用效率。**根据《工业能

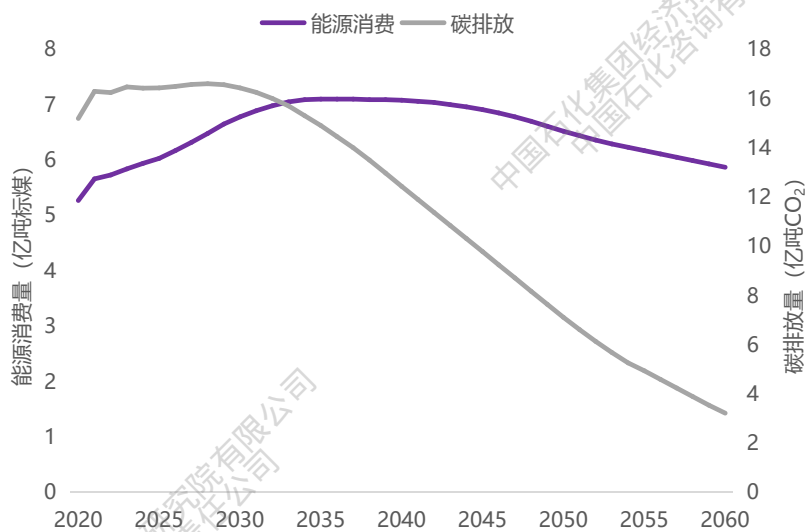
效提升计划》，到 2025 年，我国重点工业行业能效全面提升，钢铁、石化化工、有色金属、建材等行业重点产品能耗达到国际先进水平，规模以上工业单位增加值能耗比 2020 年下降 13.5%。

- **高载能工业产品需求先后达峰，相关行业能源需求下降，装备制造等工业发展壮大、带动相关行业用能增长。**随着城镇化步伐放缓和我国人口增长拐点的提前到来，高载能的钢铁、建材、石化化工主要产品需求已经或即将达峰，叠加低碳发展要求和循环经济加速发展，传统工业行业用能逐步下降。装备制造等更高附加值、更高技术工业蓬勃发展，支撑着工业用能、特别是用电的增长。

- **高功率、高能量密度的用能需求特点，以及过程碳排放的存在，使得工业部门减碳承压。**远期，绿氢的降本和应用将进一步压减工业部门化石能源，实现工业碳排放的降低。到 2060 年，氢能占比达 11%。水泥等行业的过程碳排放难以避免，需 CCUS 等技术的支持实现深度减排。

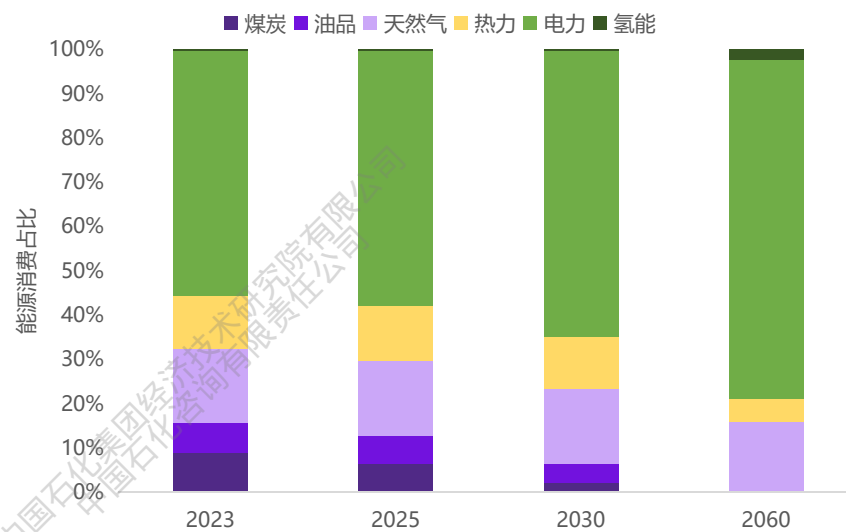
建筑部门：电气化进程提速，推动能源消费和碳排放分别于 2035 年和 2028 年前后达峰

建筑部门能源消费与碳排放总量



能源消费量	5.3	6.0	6.8	7.1	7.1	6.9	6.5	6.2	5.9
碳排放量	15.2	16.4	16.4	14.9	12.4	9.8	7.1	4.9	3.2

建筑部门能源消费结构



电力消费量 (万亿千瓦时)	2.6	2.8	3.6	3.7
电力消费占比	55%	58%	64%	77%

建筑部门能源消费与民生福祉息息相关，因此是增势最强、最晚达峰的终端用能部门。电气化转型和建筑节能是助力绿色低碳发展的两条关键路径。落实《城乡建设领域碳达峰实施方案》《扩大内需战略规划纲要（2022—2035年）》，预计我国建筑部门能源消费将于2035年前后达峰、峰值约7.1亿吨标煤，二氧化碳排放将于2028年前后达峰、峰值约16.6亿吨二氧化碳。

• **近中期，一方面，电力消费以年均4.5%左右的速度增长，对建筑部门能源消费的增长贡献率超过130%。**随着智能化电器等新兴家用终端的推广、以及“电代煤”进程，我国建筑部门电力消费强劲增长，主导能源地位持续巩固，预计2040年前后达峰、峰值超过3.9万亿千瓦时，届时电力消费在建筑部门占比将接近70%。在电力消费驱动下，预计我国建筑部门能源消费将持续增长10~15年，增幅约1.3亿吨标煤。

• **另一方面，建筑节能举措将助力减缓热力、燃气、电力等需求增势，提升建筑部门能源利用效率。**根据《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，到2025年，完成既有建筑节能改造面积3.5亿平方米以上，城镇新建居住建筑能效水平预期提升30%，城镇新建公共建筑能效水平预期提升20%，推动可再生能源应用，发展“光储直柔”建筑。

• **远期来看，人口负增长和老龄化将加速能源消费需求萎缩。**预计我国总人口将在2050年和2060年跌破13亿和12亿，对建筑部门能源消费的支撑作用显著弱化。与此同时，老龄化带来更多医疗康养需求，使得商业和公共服务建筑能源消费降幅小于民用建筑。

• **建筑部门用能分散，实现碳达峰碳中和将更多依赖电力系统的低碳转型、以及氢能和可再生能源的应用。**当前天然气和电力消费产生二氧化碳约占建筑部门碳排放总量的87%，到2060年这一比例将达到98%。



中国石化
SINOPEC



第九章 探讨与建议

- 能源转型将随产业转型进入减速调整新阶段，在为更深、更快转型蓄能
- 满足碳中和目标的能源远景是前所未有的，存在三点“变”与“不变”
- 探索能源转型最优路径的窗口期正在收窄
- 加快攻克关键技术，引领促进能源转型
- 革新认识完善机制，服务支撑能源转型

• 能源转型阶段性新特征

近年来，我国能源消费增速反弹，存在能源消费总量高位达峰的趋势。主要原因有二：从需求侧看，我国产业结构优化节奏短时被新冠疫情和国际局势扰乱，能源利用效率提升不及预期；从供给侧看，能源体系新旧接替仍缺少成熟可靠技术支撑，为保供应安全，传统化石能源和新兴可再生能源双增长。

但即便如此，预计我国能源消费峰值的“高位”也是有限的。能源消费归根结底由社会总需求决定，在近中期时限内，在可预见的科技水平和产业基础下，我国能源总需求客观可测。

能源消费高位达峰存在正、反两重影响。从正面看，化石能源基础设施改造与建设、可再生能源技术研发与应用，为下一阶段更深度、更有序、更高效、更安全的能源转型蓄积了能量。从负面看，这种多措并举的研发与建设消耗大量资金，终将体现为用能成本，加重经济社会发展负担；另外，由于现阶段能源消费与碳排放密切相关，能源消费高位达峰或导致碳排放峰值提高，给碳中和工作带来挑战。

• 探索能源转型路径的窗口期正在收窄

探索能源转型路径是必要且有益的，但探索会带来成本，路径会造成依赖，供我们寻找能源转型最优路径的窗口期正在收窄。

我们需要尽快厘清这些问题：未来社会需要什么样的能源体系，它将如何重新定义能源三角之“经济高效”？在不危害生态环境的前提下，我国可开发且能消纳的非化石能源潜力到底有多大？保障能源安全需要在哪些情景、多大程度上依靠化石能源？CCUS可以为碳中和兜多大的底，它的成本和代价可否承受？哪种颠覆性技术更有可能取得突破，为应对气候变化问题提供全新方案？……

• 未来能源体系的“变”与“不变”

三变：一是碳中和能源供应结构与形式不同以往；二是智能社会能源利用终端与方式焕然一新；三是产业布局与生活方式随之重构。

三不变：一是能源体系从属于经济社会发展阶段的底层逻辑不变；二是能源安全直接关乎国家安全、产业安稳不变；三是能源可获得性、可负担性直接关乎经济社会发展权不变。

• 科技引领促进能源转型

化石能源：煤炭清洁高效利用技术、非常规油气资源绿色低碳高效开发技术、常规与非常规油气资源协同开发技术、清洁石油化工技术等等；

非化石能源：可再生能源高效准确勘查评估技术、先进能源转换理论、可再生能源并网与发电控制技术、低成本高效制氢技术、规模化储能技术、核能技术等等；

异质能源耦合：综合能源系统耦合建模与数字孪生仿真技术、综合能源系统能量管理与运行控制技术等等；

碳排放：低成本高效率碳捕集利用与封存技术、低碳燃料合成及二氧化碳资源化利用技术、碳减排技术的环境影响评估与风险控制机制等等；

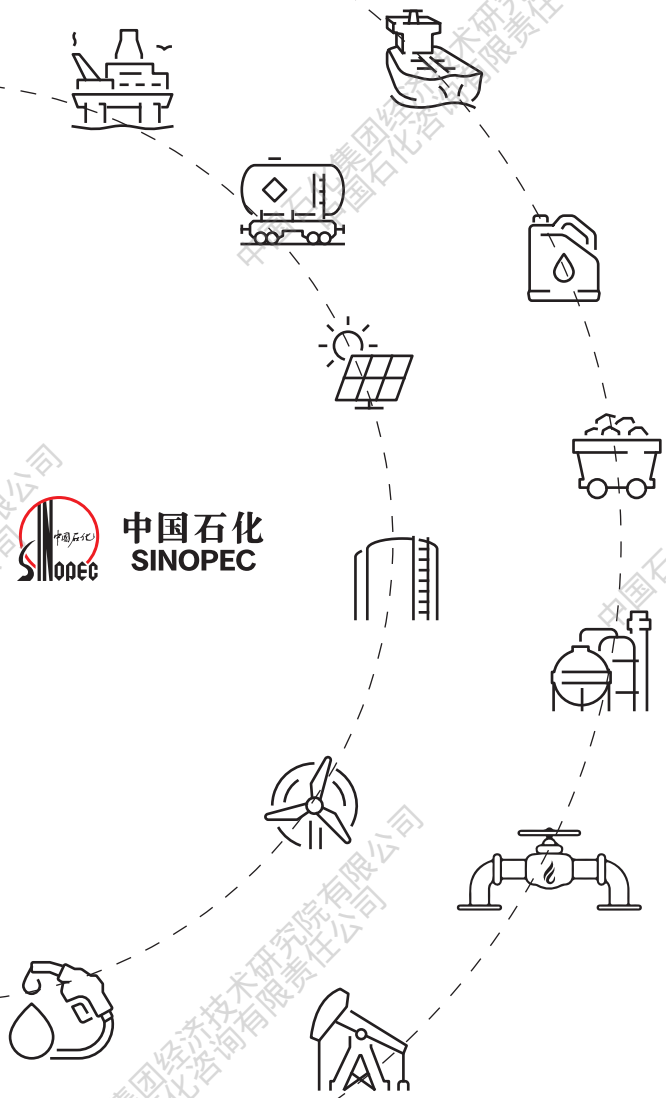
终端用能技术：能量高效清洁利用技术、新能源和可替代能源利用技术、建筑节能技术、替代燃料和动力电池技术等等。

• 制度服务支撑能源转型

一是更新完善能源统计核算体系。例如，以热值计量能源，而非以标准煤折算能源。我国能源体系加快多元化、低碳化转型，煤炭将于 2035 年前后失去主导地位。特别的，光伏、风电等可再生能源发电迅速增长，煤电比重逐年下滑，若仍以标准煤折算可再生能源占比日渐增高的能源消费，不利于反映我国真实能源消费情况。

二是细化完善碳排放统计管理体系。例如，在测算全国、区域等宏观层面碳排放时，合理界定并减扣具有固碳作用的原料用能，建立健全国家级温室气体排放因子数据库，从而反映真实碳排放情况，最大化争取国际气候治理话语权和国家发展主动权。

三是加快为氢能、储能等新兴行业健全安全管理规范、产品质量规范、碳足迹方法学等标准体系，为行业发展营造有利环境，支撑能源绿色低碳转型。



第十章 附录

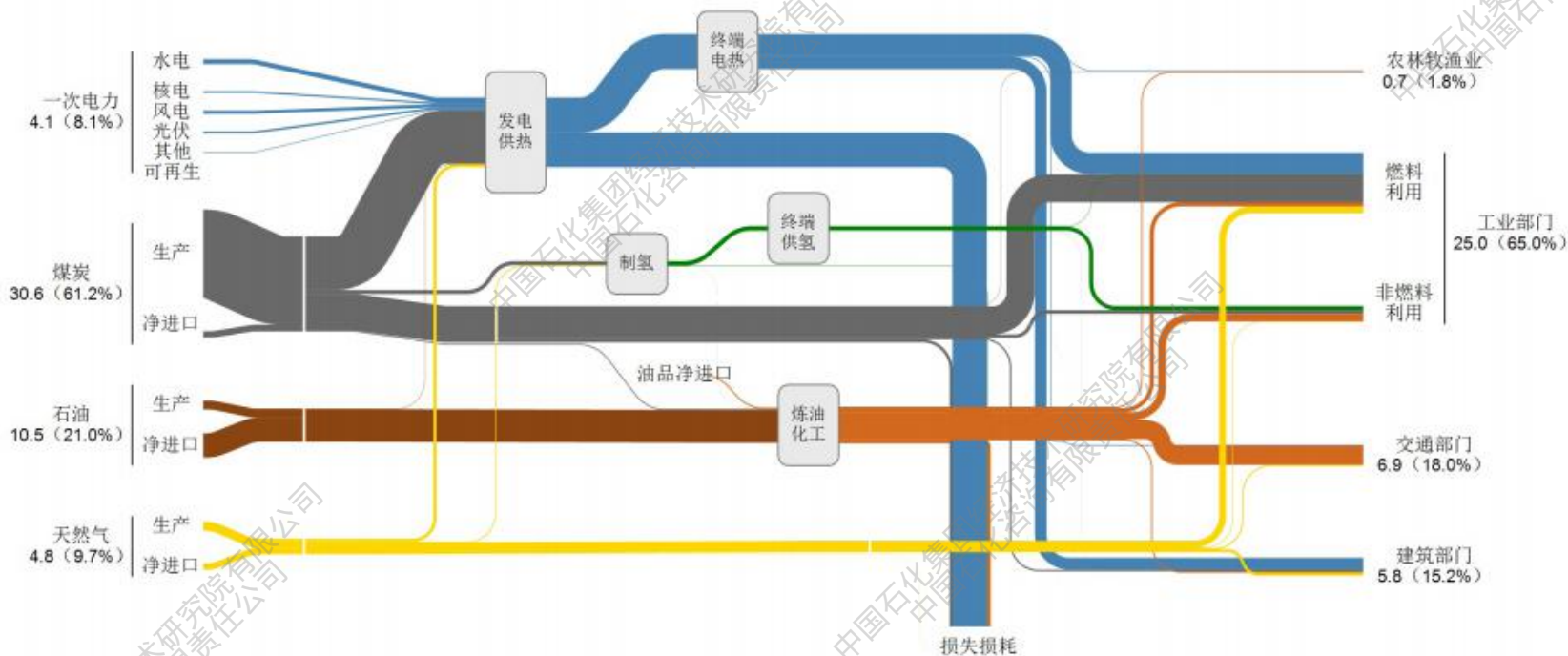
- 能流图
- 碳流图
- 数据表
- 其他说明

2023 年中国能流图

图例



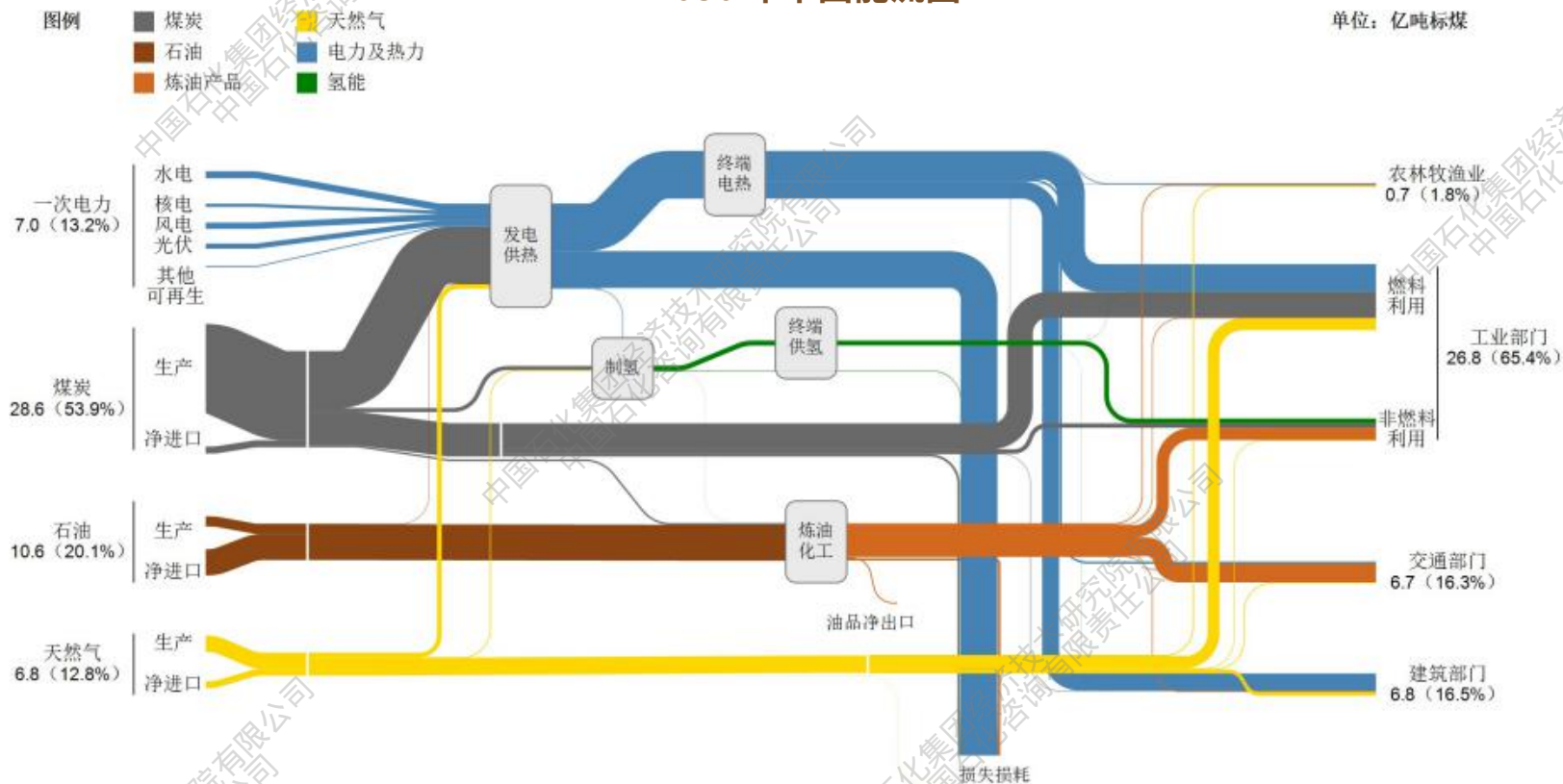
单位：亿吨标煤



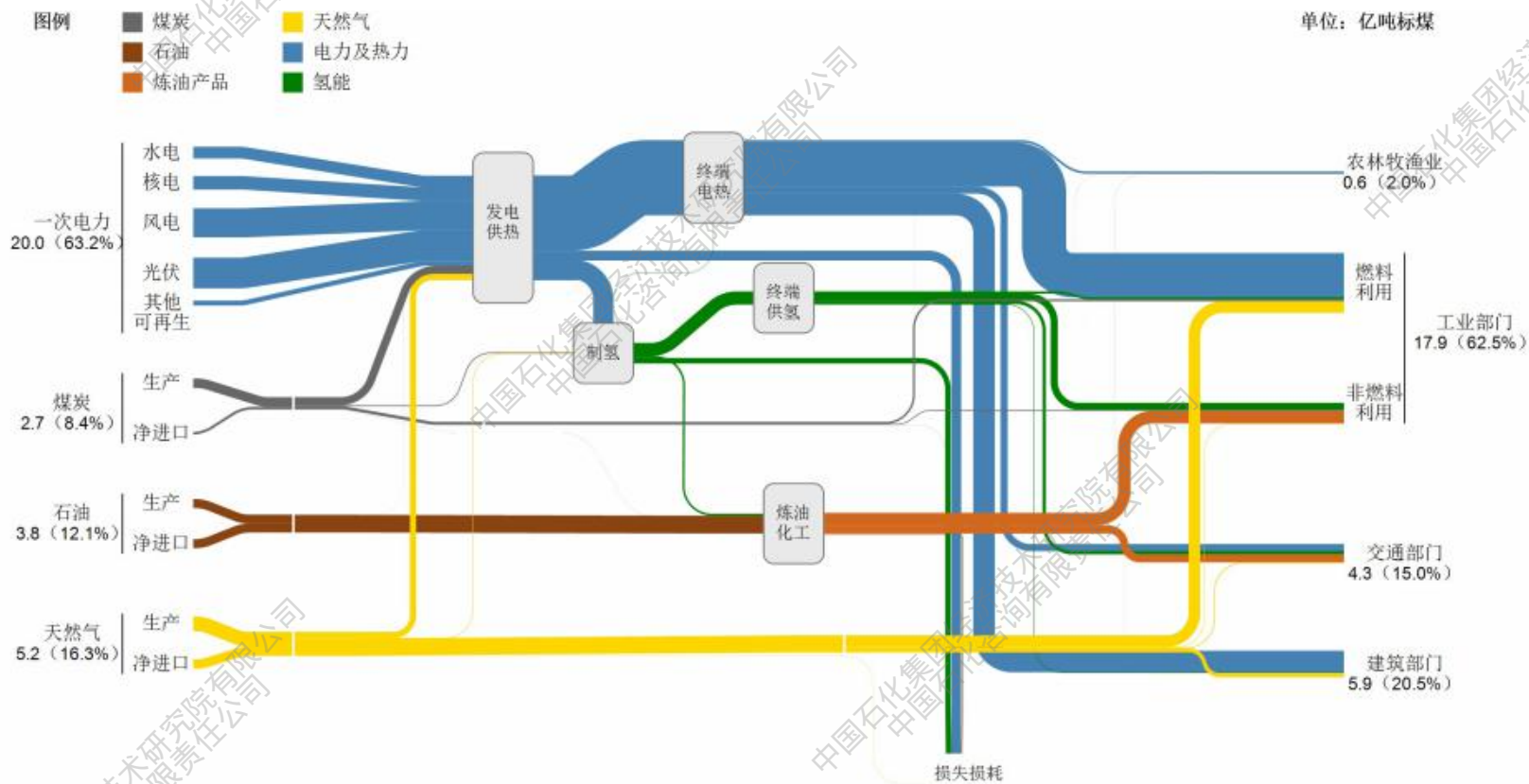
注：图中数据折算原则为电热当量法，绘图采用协调发展情景数据

2030 年中国能流图

单位：亿吨标煤



2060 年中国能流图

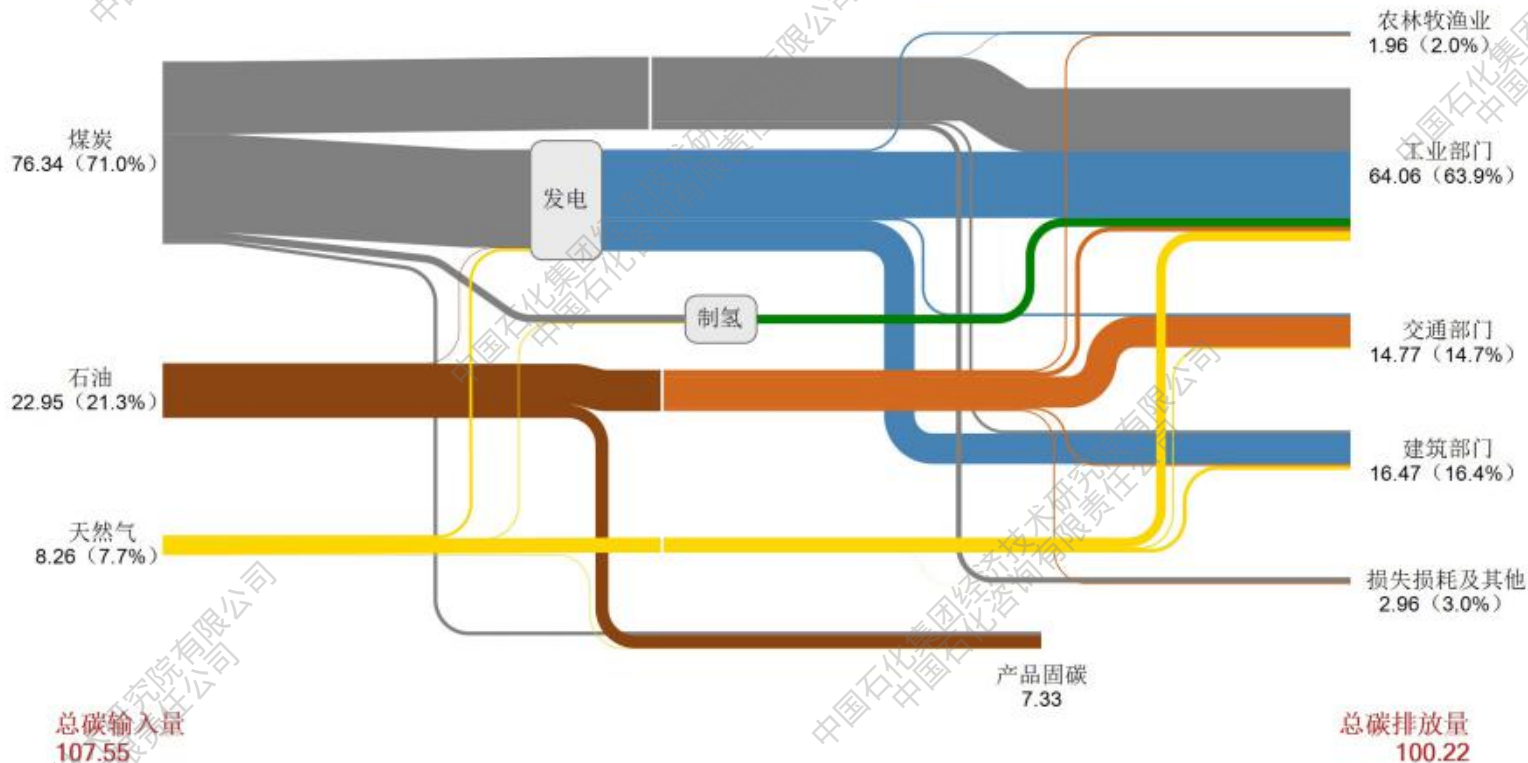


注：图中数据折算原则为电热当量法，绘图采用协调发展情景数据

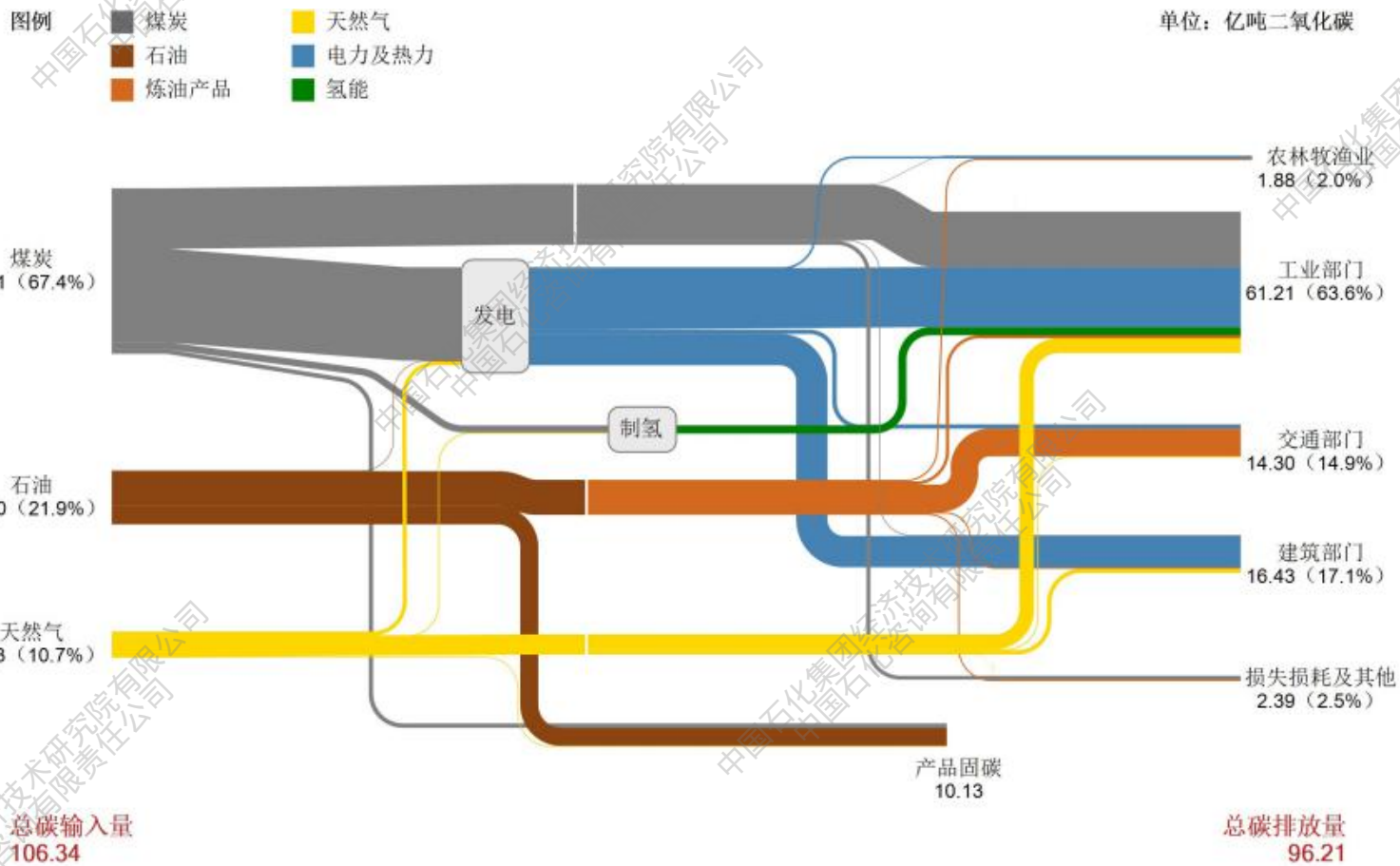
2023 年中国碳流图

单位：亿吨二氧化碳

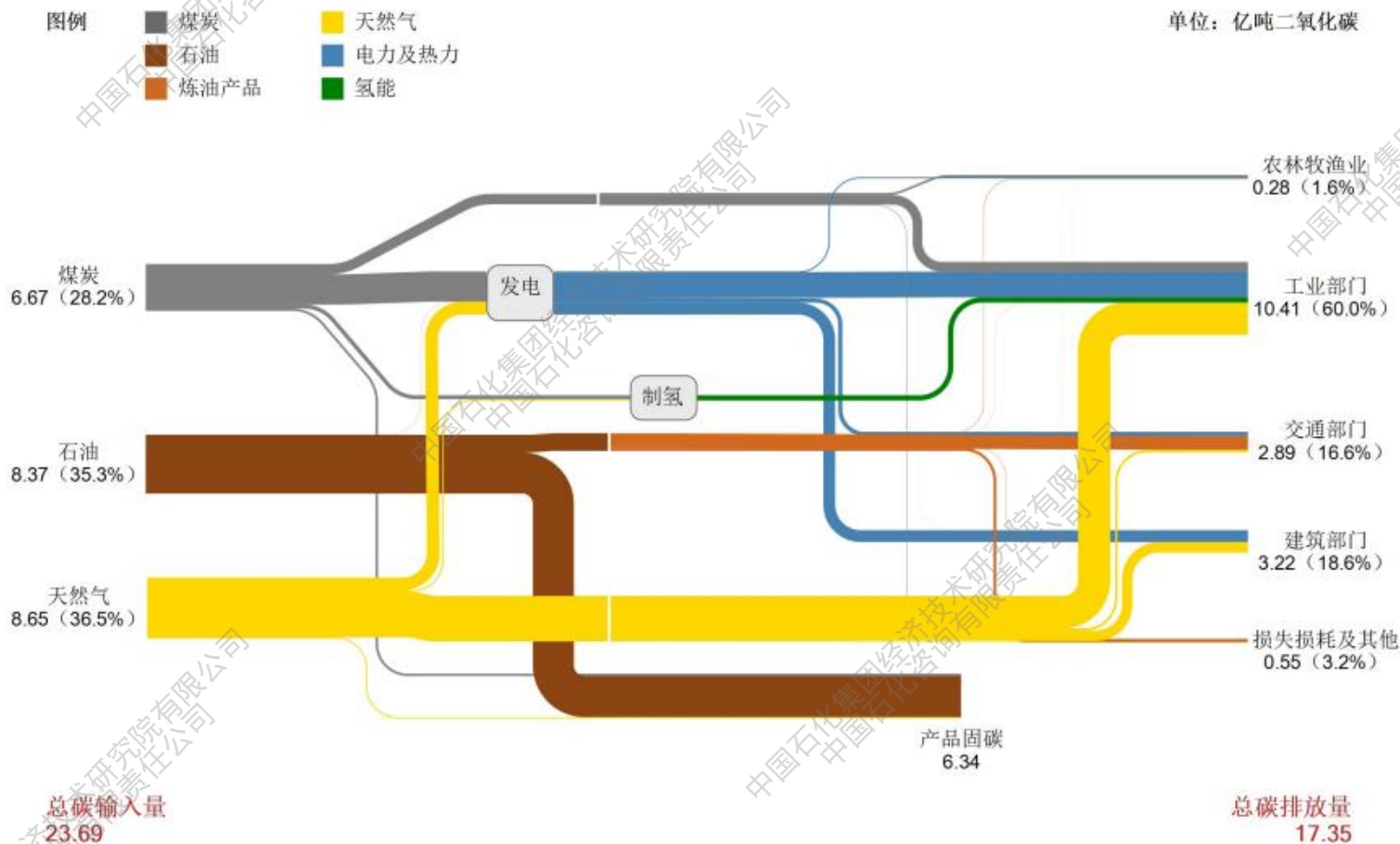
图例



2030 年中国碳流图



2060 年中国碳流图



中国一次能源消费预测数据表（协调发展情景）

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	404860	434655	437265	408295	346000	281200	212600	141230	85300	38000
石油	万吨	67771	76000	79400	77145	69300	62040	52060	42415	34180	27700
天然气	亿立方米	3252	3820	4250	5241	5755	6100	5865	5385	4775	4000
煤炭	万吨标煤	283402	306432	306523	285807	242200	196840	148820	98861	59710	26600
石油	万吨标煤	93659	104880	109572	106460	95634	85615	71843	58533	47168	38226
天然气	万吨标煤	41951	48320	53971	67604	74245	78690	75663	69471	61602	51605
水电	万吨标煤	41537	38222	43164	50025	55699	57852	57510	57521	58272	59279
核电	万吨标煤	11224	13316	15522	23722	30425	36151	44010	51796	60132	67823
风电	万吨标煤	14297	25611	29104	45240	61215	75914	95850	115582	131042	146334
光伏	万吨标煤	8003	16664	22746	37700	56628	76090	98456	119822	138155	153904
生物质及其他可再生能源	万吨标煤	4162	5565	6168	8260	10188	12440	15498	18850	22023	25048
一次能源消费合计	万吨标煤	498314	559010	586771	624818	626235	619591	607650	590434	578105	568820

中国一次能源消费预测数据表（安全挑战情景）

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	404860	434656	440324	422937	379385	324952	258128	191465	122799	60000
石油	万吨	67771	75545	79497	77545	71174	64500	56106	46951	38282	30000
天然气	亿立方米	3252	3820	4260	5280	5830	6200	6088	5850	5500	5000
一次能源消费合计	万吨标煤	498314	558161	588377	631170	634139	629246	615172	598448	578114	560371
非化石能源占比		16%	18%	20%	26%	32%	37%	46%	54%	63%	73%

中国一次能源消费预测数据表（绿色紧迫情景）

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	404860	434656	436266	388046	308248	223828	157819	108617	65939	31000
石油	万吨	67771	75545	79097	75772	67796	58670	48338	37403	27626	22200
天然气	亿立方米	3252	3820	4235	5179	5540	6000	5784	5233	4468	3250
一次能源消费合计	万吨标煤	498314	560482	585717	619414	617637	613739	607475	596485	585673	577708
非化石能源占比		16%	18%	20%	29%	39%	49%	59%	68%	76%	84%

中国能源活动相关碳排放预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
农林牧渔业	亿吨二氧化碳	1.94	1.96	1.95	1.88	1.72	1.50	1.19	0.83	0.53	0.28
工业部门	亿吨二氧化碳	60.49	64.06	64.76	61.21	51.87	43.82	34.43	24.46	17.11	10.41
交通部门	亿吨二氧化碳	12.90	14.77	15.21	14.30	13.05	11.64	9.49	7.06	4.75	2.89
建筑部门	亿吨二氧化碳	15.19	16.47	16.38	16.43	14.90	12.43	9.79	7.11	4.94	3.22
损耗及其他环节	亿吨二氧化碳	2.51	2.96	2.86	2.39	1.94	1.56	1.22	0.98	0.74	0.55
碳排放合计	亿吨二氧化碳	93.03	100.22	101.16	96.21	83.47	70.96	56.13	40.44	28.07	17.35
发电行业	亿吨二氧化碳	38.58	42.56	42.90	42.47	38.70	32.90	25.80	18.39	11.68	6.14

中国 CCUS 及生态碳汇预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
电力行业	亿吨二氧化碳	0.01	0.07	0.11	0.46	0.99	2.24	4.16	6.76	8.86	10.07
钢铁行业	亿吨二氧化碳	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.19	0.27	0.51	0.91	0.95
水泥行业	亿吨二氧化碳	0.00	0.00	0.00	0.16	0.56	1.75	3.21	3.17	3.45	3.85
石化行业	亿吨二氧化碳	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.10	0.20	0.40	0.80	1.48
煤化工行业	亿吨二氧化碳	0.01	0.02	0.10	0.14	0.55	0.79	0.85	0.92	0.97	1.00
CCUS及生态碳汇总量	亿吨二氧化碳	0.03	0.10	0.22	0.81	2.26	5.06	8.68	11.76	14.99	17.35
二氧化碳净排放量	亿吨二氧化碳	93.00	100.12	100.94	95.39	81.21	65.90	47.44	28.68	13.08	0.00

中国终端能源消费预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	151956	153145	153386	131592	99325	77689	58307	36755	23720	9011
石油	万吨	64872	75880	78880	71606	64341	57781	48501	39606	32493	26315
天然气	亿立方米	2373	2815	3178	3945	4253	4439	4239	3787	3283	2852
电力	亿千瓦时	74302	87250	93490	110965	122337	129114	133339	136434	136742	133103
氢气	万吨	3144	3506	3667	3747	4143	4680	5420	6113	6334	7141
煤炭	万吨标煤	108542	109392	109564	93996	70948	55493	41649	26254	16943	6437
石油	万吨标煤	92676	108402	112688	102296	91917	82546	69288	56581	46420	37594
天然气	万吨标煤	31567	37435	42267	52467	56563	59034	56379	50369	43665	37927
电力	万吨标煤	91318	107230	114900	136376	150352	158681	163873	167677	168055	163584
氢气	万吨标煤	12887	14369	15029	15359	16979	19180	22214	25052	25962	29267
氢基燃料	万吨标煤	173	257	279	339	658	968	1377	1671	2687	4151
热力及其他	万吨标煤	6304	7635	8005	8873	8816	8308	7519	6990	7219	7511
终端能源消费合计	万吨标煤	343467	384719	402732	409707	396232	384211	362299	334593	310952	286470

中国农林牧渔业能源消费预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	2254	1719	1651	1492	1362	1244	1000	600	300	150
石油	万吨	2659	2485	2444	2250	1907	1519	1060	614	354	188
天然气	亿立方米	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
电力	亿千瓦时	1422	1855	2006	2440	2825	3206	3575	3978	4240	4126
氢气	万吨	0	0	0	0	3	7	15	25	36	44
煤炭	万吨标煤	1610	1228	1179	1066	973	888	714	429	214	107
石油	万吨标煤	3799	3550	3491	3214	2725	2171	1515	878	505	269
天然气	万吨标煤	17	24	27	33	38	43	43	41	39	35
电力	万吨标煤	1748	2280	2466	2999	3472	3941	4393	4889	5211	5071
氢气	万吨标煤	0	0	0	1	11	27	62	104	148	181
能源消费合计	万吨标煤	7174	7082	7163	7313	7219	7069	6727	6340	6118	5664

中国工业部门能源消费预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	138626	143967	146179	127900	96971	75926	56957	35955	23295	8825
石油	万吨	20574	27383	29650	27802	25930	25084	23144	21677	20852	19422
天然气	亿立方米	1470	1802	2138	2871	3157	3357	3190	2797	2373	2017
电力	亿千瓦时	50506	57024	60459	68089	74046	77889	80045	82176	82163	79619
氢气	万吨	3099	3438	3594	3652	3982	4133	4327	4610	4545	4985
煤炭	万吨标煤	99021	102836	104416	91359	69267	54234	40684	25683	16640	6303
石油	万吨标煤	29392	39119	42358	39718	37043	35834	33063	30968	29789	27747
天然气	万吨标煤	19551	23961	28435	38190	41988	44650	42421	37195	31566	26826
电力	万吨标煤	62071	70082	74304	83681	91003	95726	98376	100994	100979	97851
氢气	万吨标煤	12701	14090	14728	14967	16320	16938	17734	18896	18630	20433
能源消费合计	万吨标煤	222736	250088	264241	267916	255621	247382	232279	213736	197603	179160

中国交通部门能源消费预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	241	150	50	0	0	0	0	0	0	0
石油	万吨	38383	43194	44196	39618	34876	29893	23277	16524	10892	6546
天然气	亿立方米	273	285	264	211	183	172	161	158	152	148
电力	亿千瓦时	1292	2209	2791	4905	6696	8806	10926	12835	13282	12794
氢气	万吨	1	6	9	26	89	294	655	977	1289	1771
煤炭	万吨标煤	172	107	36	0	0	0	0	0	0	0
石油	万吨标煤	54834	61707	63139	56598	49824	42705	33253	23607	15561	9352
天然气	万吨标煤	3635	3791	3511	2802	2433	2284	2139	2106	2025	1969
电力	万吨标煤	1588	2715	3430	6028	8230	10822	13428	15774	16323	15724
氢气	万吨标煤	5	25	38	108	363	1204	2683	4003	5281	7257
氢基燃料	万吨标煤	173	257	279	339	658	968	1377	1671	2687	4151
生物质及合成燃料	万吨标煤	402	588	595	812	865	1025	1346	2140	3305	4470
能源消费合计	万吨标煤	60810	69190	71028	66687	62372	59008	54225	49301	45182	42922

中国建筑部门能源消费预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤炭	万吨	10835	7309	5506	2199	992	520	350	200	125	37
石油	万吨	3256	2818	2590	1936	1628	1285	1020	790	395	158
天然气	亿立方米	629	726	774	860	910	906	885	829	755	684
电力	亿千瓦时	21083	26162	28234	35531	38769	39213	38792	37446	37057	36564
氢气	万吨	44	62	64	69	70	247	423	500	464	341
煤炭	万吨标煤	7739	5221	3933	1571	708	371	250	143	89	26
石油	万吨标煤	4651	4026	3700	2766	2325	1836	1457	1129	564	226
天然气	万吨标煤	8364	9660	10294	11442	12104	12056	11776	11025	10035	9097
电力	万吨标煤	25910	32153	34699	43668	47648	48193	47676	46021	45543	44938
氢气	万吨标煤	181	254	263	282	285	1012	1735	2049	1903	1396
热力	万吨标煤	5901	7046	7410	8061	7950	7284	6173	4849	3914	3041
能源消费合计	万吨标煤	52747	58360	60299	67791	71020	70752	69067	65216	62049	58724

中国电力供应预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤电	亿千瓦时	49419	55345	55980	56430	52340	44480	34670	23950	14140	6650
气电	亿千瓦时	2525	3011	3270	4500	5900	7065	7510	7780	7595	5800
水电 (含抽水蓄能)	亿千瓦时	13552	12730	14460	17250	19790	21300	21300	21300	21300	21300
核电	亿千瓦时	3662	4435	5200	8180	10810	13310	16300	19180	21980	24370
风电	亿千瓦时	4665	8530	9750	15600	21750	27950	35500	42800	47900	52580
光伏	亿千瓦时	2611	5550	7620	13000	20120	28015	36465	44370	50500	55300
生物质及其他可再生	亿千瓦时	1358	1854	2066	2848	3620	4580	5740	6980	8050	9000
电力供应合计	亿千瓦时	77792	91455	98346	117808	134330	146700	157485	166360	171465	175000

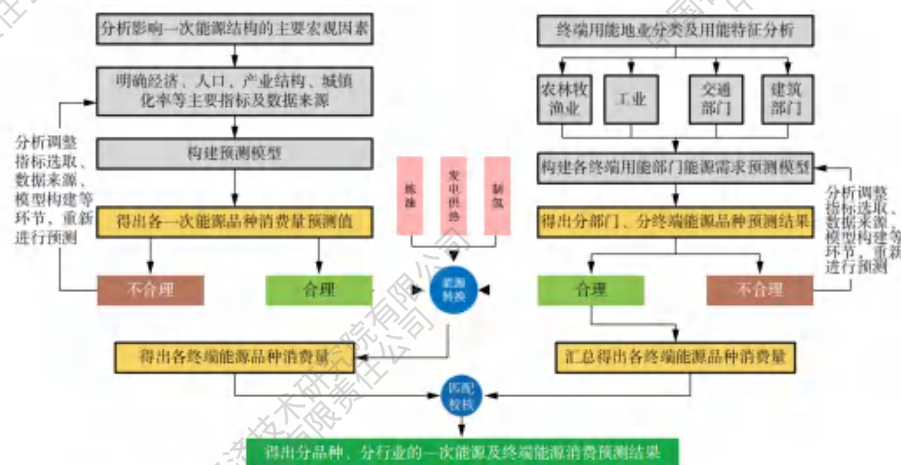
中国发电装机预测数据表

项目	单位	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
煤电	万千瓦	111666	122850	130125	140000	129150	113750	97700	81500	63000	46500
气电	万千瓦	9972	12465	14400	20000	24350	27605	30550	33400	35350	35000
水电 (含抽水蓄能)	万千瓦	37028	42415	44700	52000	58000	62400	62400	62400	62400	62400
核电	万千瓦	4989	5715	6950	10850	14180	17460	20735	24655	28611	32300
风电	万千瓦	28165	41000	50410	79715	105000	131175	163465	189500	209230	212000
光伏	万千瓦	25356	55800	77000	115780	168150	236700	294960	341940	377529	396800
生物质及其他可再生	万千瓦	3028	4428	5095	6595	7950	9450	10950	12450	13900	15000
发电装机合计	万千瓦	220204	284673	328680	424940	506780	598540	680760	745845	790020	800000

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，针对农林牧渔业、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

• 碳排放测算说明:

测算范围包括煤炭、石油、天然气等化石能源燃烧排放，工业生产过程排放，以及生产运输分销环节逸散排放，以二氧化碳当量表示。

测算方法以排放因子法为主，即碳排放总量等于各品种化石能源消耗量与其排放因子乘积之和。特别的，在核算能源消耗量时，减扣了具有固碳作用的部分原料用能。

◆ 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/立方米	1.33千克标准煤/立方米
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

版权说明

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。