



碳达峰碳中和目标下我国电力系统转型研究

李政教授

清华大学气候变化与可持续发展研究院

2021年5月28日,珠海乾元酒店

- 一、碳达峰碳中和已成为我国坚定的发展方向
- 二、我国长期低碳转型路径
- 三、我国电力系统长期转型与发展
- 四、关于未来气电发展的信息
- 五、相关建议



习近平主席在第七十五届联合国大会上发表重要讲话



“应对气候变化《巴黎协定》代表了全球绿色低碳转型的大方向，是保护地球家园需要采取的最低限度行动，各国必须迈出决定性步伐。中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，**二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。**”

菅义伟首份施政演说：日本要在2050年实现碳中和



- 2020年10月26日，日本召开临时国会。这也是新任首相菅义伟第一次亮相国会，同时发表上任后的首次施政演说。
- 在演说中，菅义伟就当前日本的新冠肺炎疫情的防御政策、后续的经济复苏、明年奥运会的举办等话题，进行一一阐述。
- 其中，他着重谈及了日本政府未来在环保方面的规划：**日本力争在2050年实现碳中和（carbon neutral）**。这是日本首相首次就实现“零碳社会”给出具体的时间表。此前，日本政府曾表示，将在本世纪下半叶实现零排放。
- 菅义伟在演说中强调，应对气候变化已经不再是经济发展的制约因素，而是推动产业结构升级和更强劲增长的重要举措。

更多的国家承诺碳中和目标

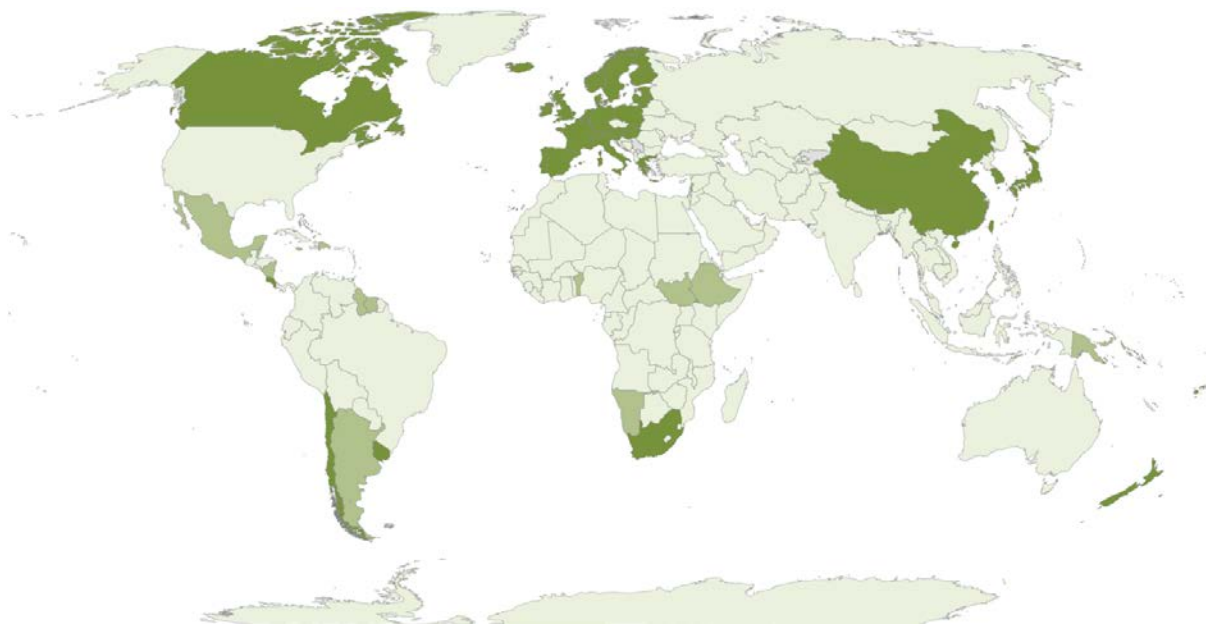


2020年11月19日加拿大议会提出《加拿大净零排放责任法案》，正式确定加拿大将在2050年前实现碳中和。



2020年10月28日，韩国总统文在寅在国会发表施政演讲时称：“将与国际社会一道积极应对气候变化，朝着2050年实现碳中和的目标进发。”

古特雷斯2020年12月在“我们星球的现状”演讲中表示：到2021年初，**占全球二氧化碳排放量65%以上和世界经济70%以上的国家将做出雄心勃勃的碳中和承诺。**



- 已明确提出碳中和目标
- 已提出碳中和目标但无具体内容
- 尚未提出碳中和目标



注：除中国外，绝大多数国家和地区目前提出的碳中和目标时间都在2050年。

3、碳达峰碳中和已成为我国坚定的发展方向



单位GDP碳排放将比2005年下降65%以上

非化石能源占一次能源消费比重达到25%左右

森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米

风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上

七十五届联大会议宣布**碳中和碳达峰**目标

金砖国家领导人第十二次会晤：**我们将说到做到**

联合国气候雄心大会：宣布中国的**2030年NDC新目标**

中法德领导人气候视频峰会**言必行行必果**

2020.09.22 09.30 11.12 11.17 11.22 12.12 2021.1.25 04.16 04.22

联合国生物多样性峰会

第三届巴黎和平论坛

二十国集团领导人利雅得峰会

WEF达沃斯议程对话会：**确保实现既定目标**

领导人气候峰会

纳入总体发展战略，在宏观政策中作出相关部署



清华大学气候变化与可持续发展研究院
Institute of Climate Change and Sustainable Development, Tsinghua University

中央经济工作会议 | (列为2021年八大重点任务之一) 要抓紧制定2030年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要加快调整优化产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。要继续打好污染防治攻坚战，实现减污降碳协同效应。要开展大规模国土绿化行动，提升生态系统碳汇能力。

《**中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要**》 | 广泛形成绿色生产生活方式，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。单位国内生产总值能源消耗和二氧化碳排放分别降低13.5%、18%，主要污染物排放总量持续减少，森林覆盖率提高到24.1%。

十九届五中全会 | 从战略和全局上擘画生态文明建设的蓝图，明确到2035年基本实现美丽中国目标，并就“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”的重大举措作出了具体部署，为新时代生态文明建设明确了方向。

中央全面深化改革委员会第十八次会议 | 要围绕推动全面绿色转型深化改革，深入推进生态文明体制改革，健全自然资源资产产权制度和法律法规，完善资源价格形成机制，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，统筹制定2030年前碳排放达峰行动方案。(2月22日，国务院发布《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》)

中央财经委员会第九次会议 | 实现**碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革**，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。

2020年

10月26日至29日

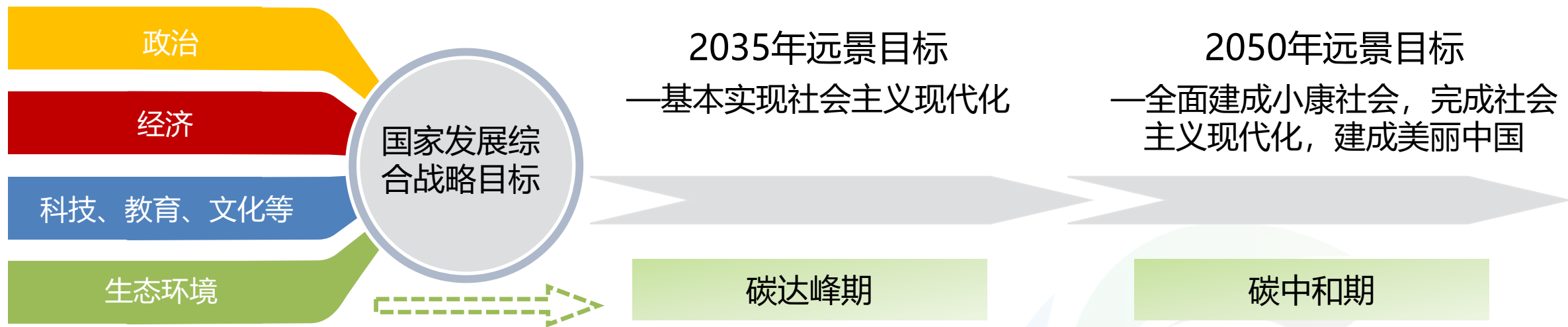
12月16日至18日

2021年

02月19日

03月12日

03月16日

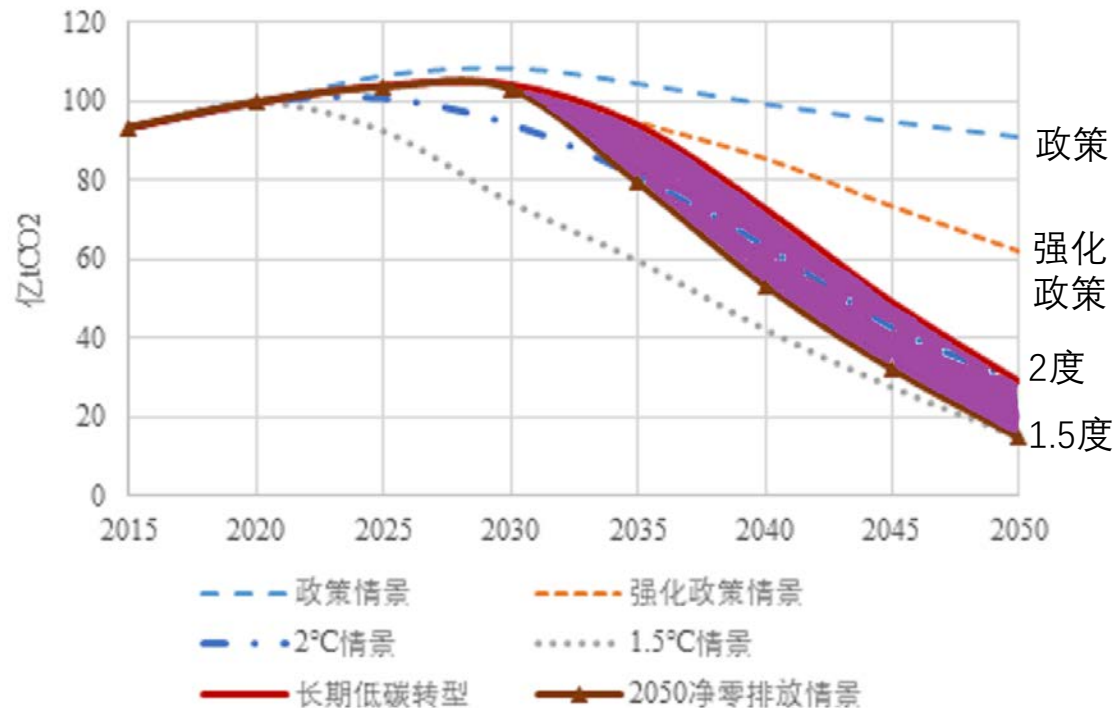


- 3月15日中央财经委第9次会议，习近平总书记强调，我国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。
- 4月30日中央政治局第二十九次集体学习，习近平强调，各级党委和政府要拿出抓铁有痕、踏石留印的劲头，明确时间表、路线图、施工图，推动经济社会发展建立在资源高效利用和绿色低碳发展的基础之上。
- 战略之举：顺应全球低碳发展大势，倒逼中国经济走上高质量发展道路

- 一、碳达峰碳中和已成为我国坚定的发展方向
- 二、我国长期低碳转型路径
- 三、我国电力系统长期转型与发展
- 四、关于未来气电发展的信息
- 五、相关建议



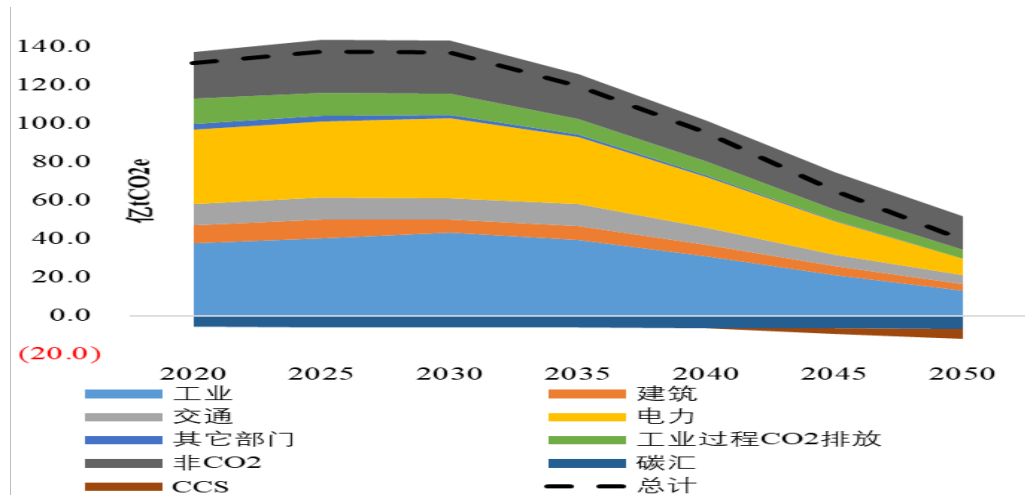
- 按原有的趋势及强化政策构想，2050年不能实现与全球2°C温升控制目标相契合的减排路径
- 当前由于能源和经济体系惯性，难以迅速实现2°C和1.5°C情景的减排路径。
- 我国长期低碳排放路径选择——从强化政策情景向2°C情景和1.5°C目标情景的过渡。**
- 力争2030年前CO₂排放达峰，其后加速向2°C目标和1.5°C目标减排路径过渡。



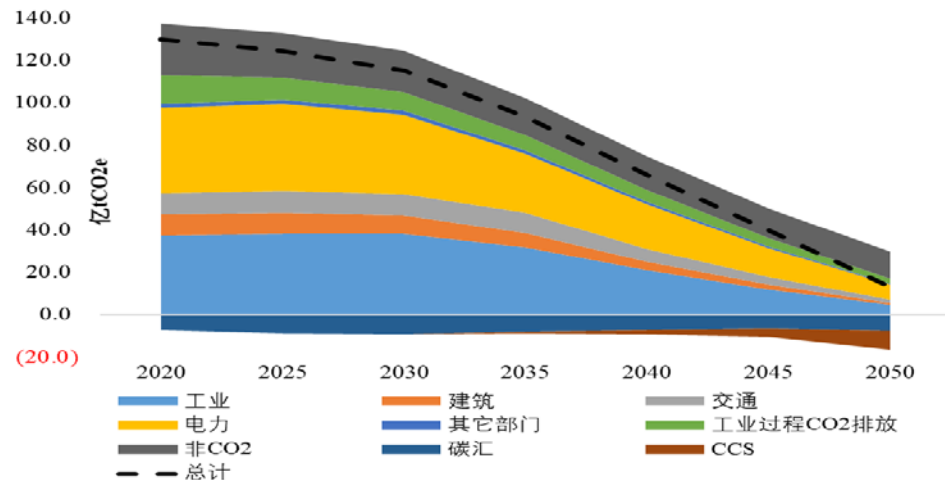
长期深度转型路径：以2度和1.5度目标为导向



基于2°C 目标导向的全部温室气体排放及构成 (亿吨CO_{2eq})



基于1.5°C 目标导向的全部温室气体排放及构成 (亿吨CO_{2eq})



2°C目标导向下全部温室气体排放 (单位: 亿吨CO_{2eq})

	2020	2030	2050
能源消费合二氧化碳排放	100.3	104.6	29.2
工业过程二氧化碳排放	13.2	11.0	4.7
非二氧化碳温室气体排放	24.4	27.8	17.6
森林增汇	-5.8	-6.1	-7.0
CCS+BECCS	0	0.0	-5.1
净排放	132.1	137.3	39.4

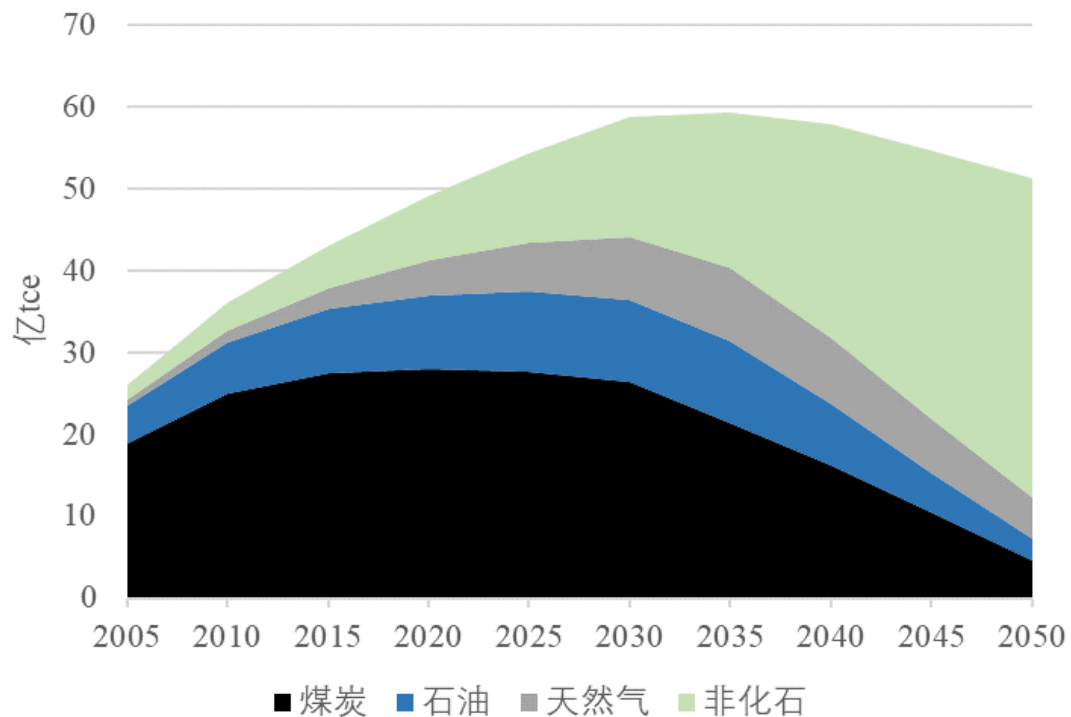
CO₂净排放21.8亿吨, 比峰值年份下降80%; 温室气体排放39.4亿吨, 比峰值年份下降70%; 非二排放17.6亿吨;

1.5°C目标导向下全部温室气体排放 (单位: 亿吨CO_{2eq})

	2020	2030	2050
能源消费二氧化碳排放	100.3	104.5	14.7
工业过程二氧化碳排放	13.2	8.8	2.5
非二氧化碳温室气体排放	24.4	26.5	12.7
农林业增汇	-7.2	-9.1	-7.8
CCS+BECCS	0.0	-0.3	-8.8
净排放	130.7	130.4	13.3

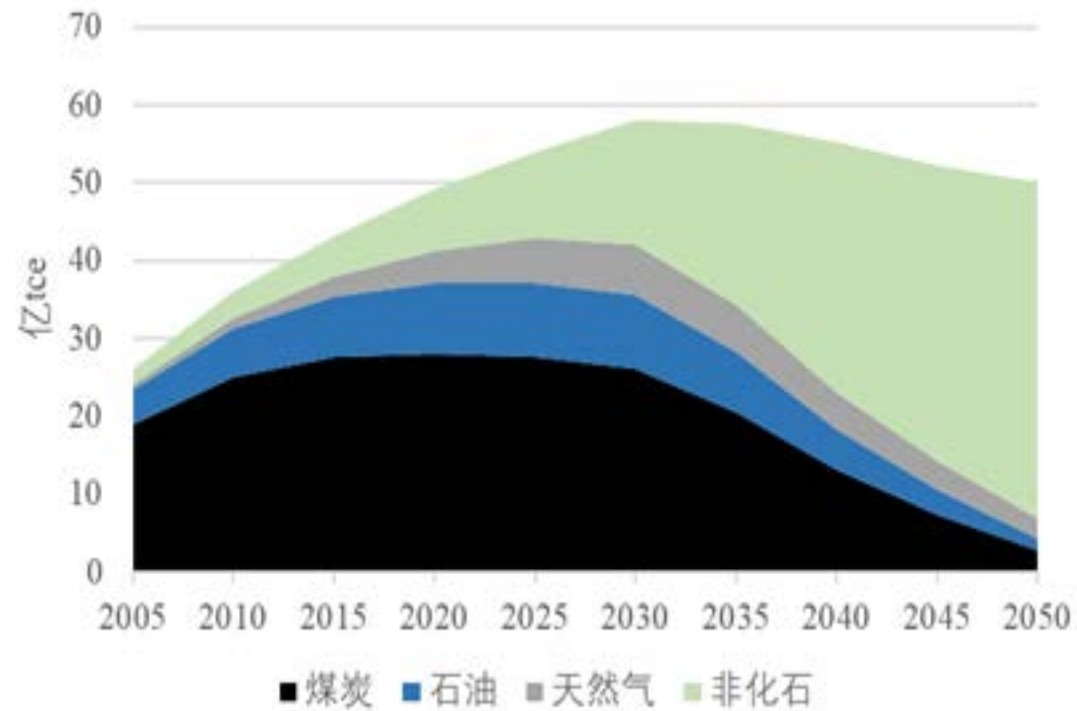
CO₂实现净零排放, 全部温室气体比峰值减排90%。
非二排放仍超过10亿tCO_{2eq}。

2°C目标下中国的一次能源消费与构成



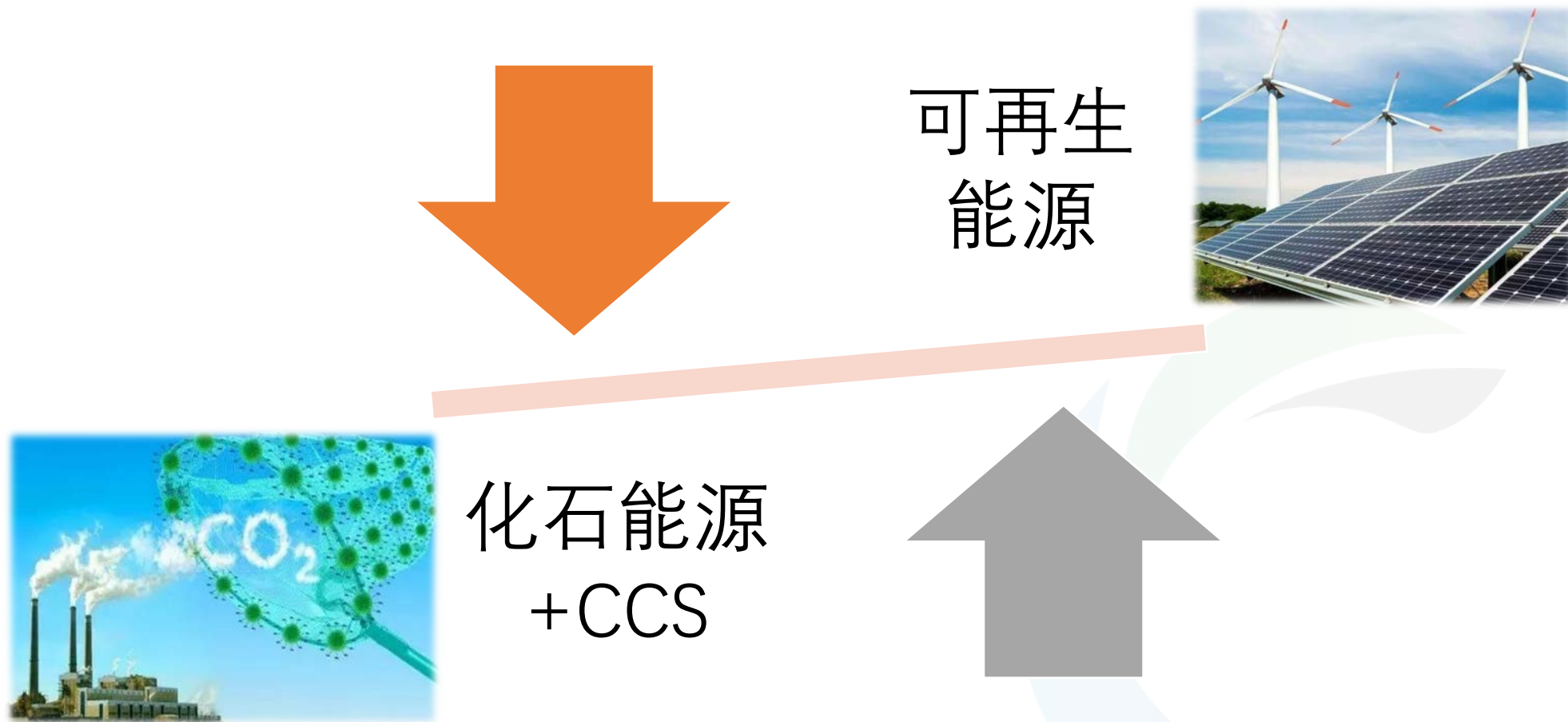
2050年目标：
非化石能源 > 70%
非化石电力 > 90%，终端电力比重55%

1.5°C目标下中国的一次能源消费与构成



2050年目标：
非化石 > 85%
非化石电力 > 90%，终端电力比重68%

非化石能源vs.化石能源：此长彼消/相互牵连



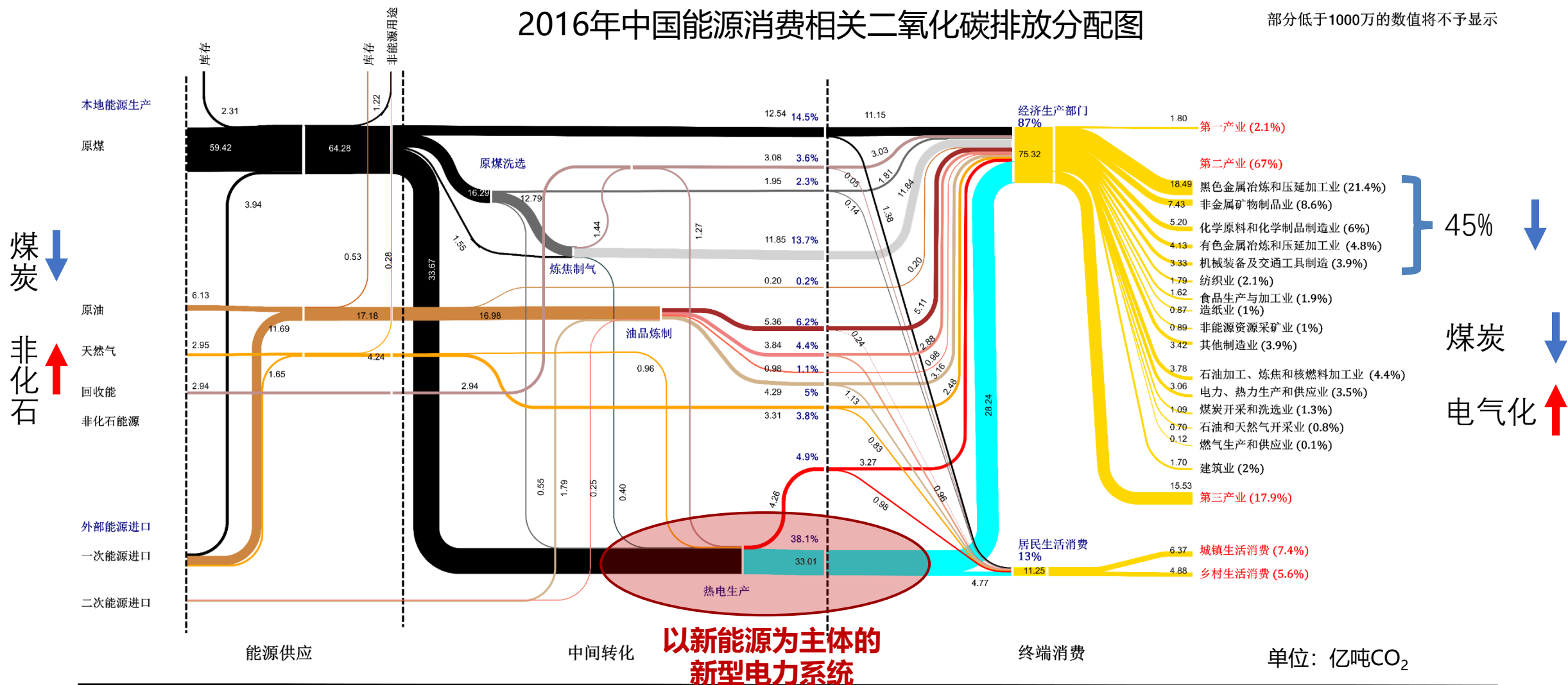
约束：技术可行性 + 经济效率

能源系统深刻变革：煤炭化石→非化石能源为主



2016年中国能源消费相关二氧化碳排放分配图

部分低于1000万的数值将不予显示

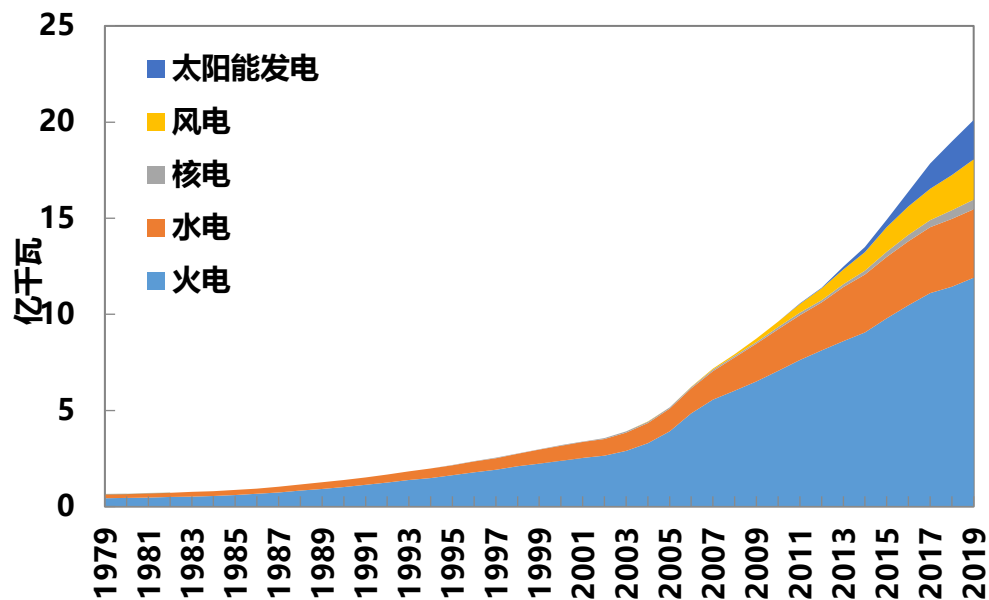


- 一、碳达峰碳中和已成为我国坚定的发展方向
- 二、我国长期低碳转型路径
- **三、我国电力系统长期转型与发展**
- 四、关于未来气电发展的信息
- 五、相关建议

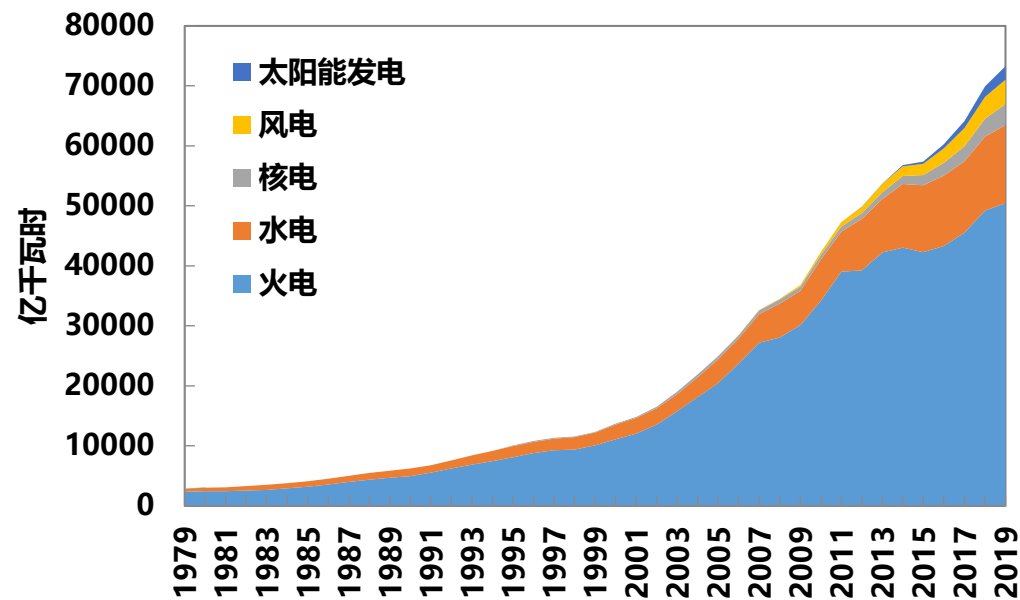


2020年底我国电力生产现状

- 全国发电装机容量共**22.0亿千瓦**，同比增长9.5%，其中非化石能源装机占比**43.4%**
- 全国发电量为 **76236亿千瓦时**，同比增长4.0%，其中非化石能源发电占比**32.1%**



1979-2018年中国电源装机变化



1979-2018年中国发电量变化

数据来源：中国电力企业联合会

中国电力转型趋势判断

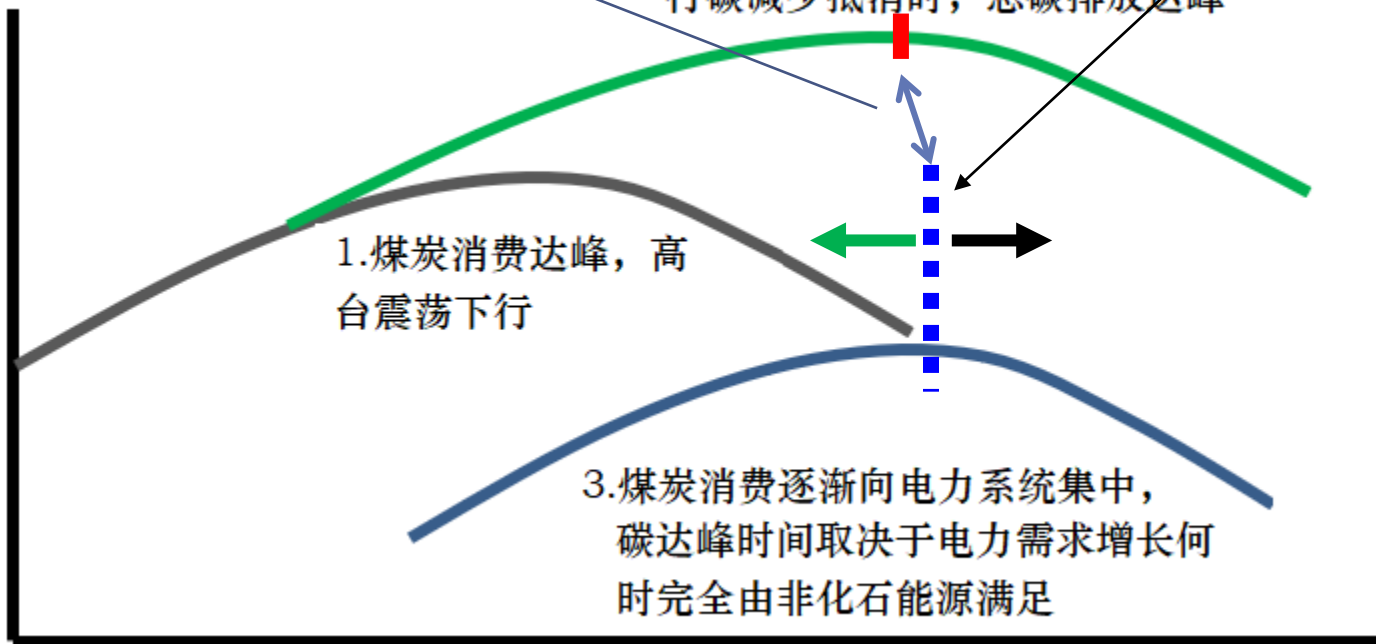
- 未来能源消费将以电力为主体，电力需求还有较大**增长**空间。
- 在电力需求侧，**终端部门电气化**水平将显著提升。
- 在电力供给侧，**非化石能源发电占比**将快速增加。
- **电力生产和输送布局**由大范围资源优化配置逐步**过渡**到大范围资源优化配置与分布式、就地平衡共举。
- 发电技术将实现**突破**性进展，并与储能技术、智能电网、能源互联网、多能互补体系、分布式用能系统等新技术和新模式协同发展，促使电力系统快速向信息物理深度融合、智能化演变。

来源：周孝信，2018；CNPC ETRI, 2018; 王志轩，2019

电力系统对实现碳达峰至关重要

能源系统达峰取决于煤炭下降的幅度和油气上升幅度的平衡。这和电煤的增量密切相关

GHG Emissions te/CO₂e



电力系统达峰时间和峰值

- 非化石能源装机
- 存量煤电效率改进
- 天然气发电
- 碳捕捉与埋存CCS
- BECCS

排头兵vs.拖后腿?

2019年初:

《中国低碳发展转型战略及路径研究》



清华大学气候变化与可持续发展研究院
Institute of Climate Change and Sustainable Development, Tsinghua University

- **清华大学气候变化与可持续发展研究院**牵头组织国内20多家著名研究机构开展研究;
- 旨在为2020年提交“长期温室气体低排放发展战略”提供支撑
- 根据项目研究内容及产出要求, 共设置十八个子课题, 主要研究内容包括:
 - 中国中长期**经济社会**发展情景分析;
 - 部门转型: **工业、交通、建筑、能源和电力**等部门低碳发展对策和路径;
 - 改善**环境质量**与减排二氧化碳的协同目标、协同对策和协同效益;
 - 非能源相关的二氧化碳及其它**温室气体减排**的战略、措施及路径以及低碳排放的政策保障体系等。



情景设置—四种情景

政策情景	强化减排情景	2°C情景	1.5°C情景
2020年前，核电低于规划速度，水电逐渐到资源顶峰，风电按照规划，太阳能超出规划	2020年非化石能源占一次能源消费比重达到15%	2011-2050年全球碳预算为14000亿吨，中国碳预算为3700亿吨	2011-2050年全球碳预算为9000亿吨，中国碳预算为2300亿吨
2030年前可再生能源装机保守增长（2030年风电450GW，太阳能发电350GW，2030年非化石能源发电量占总发电量比重为42.8%）	2030年非化石能源占一次能源消费比重达到25%，非化石能源发电量占总发电量比重达到50%	电力部门2018-2050年碳预算为947亿吨	电力部门2018-2050年碳预算为764亿吨
2030年前非化石电力发展速度：核电8.3GW/年，风电24GW/年，太阳能发电14GW/年	2030年前非化石电力发展速度：核电8.3GW/年，风电30GW/年，太阳能发电34GW/年		
2030年后可再生能源装机加速增长，每年新增装机与政策情景2保持一致	2050年非化石能源占一次能源消费比重达到50%	2065-2070年实现净零排放	2050年实现净零排放

情景和技术路径设置

● 四种情景

- **政策情景**：该情景是基于当前政策执行情况及可再生能源增长速度的延续。
- **强化减排情景**：基于我国能源与电力领域既有中长期政策目标全部实现的基础上，加快2030年前非化石能源发展速度，2050年非化石能源占比到50%。
- **2°C情景**：电力部门2065-2070年实现净零排放，2018-2050年的碳预算为947亿吨。
- **1.5°C情景**：电力部门2050年实现净零排放，2018-2050年的碳预算为764亿吨。

● 2°C：早晚行动的对比（2018年 vs. 2030年后）

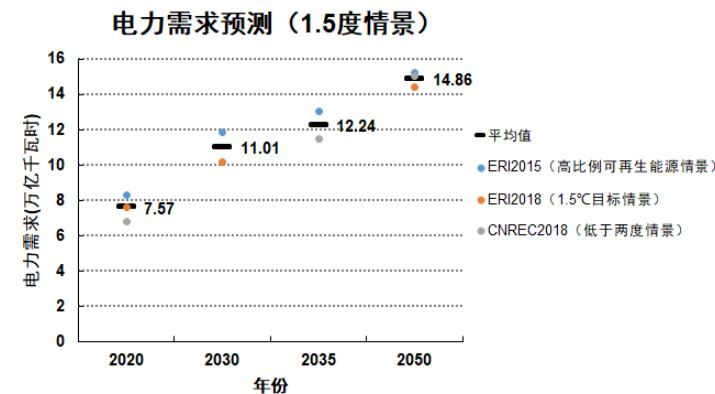
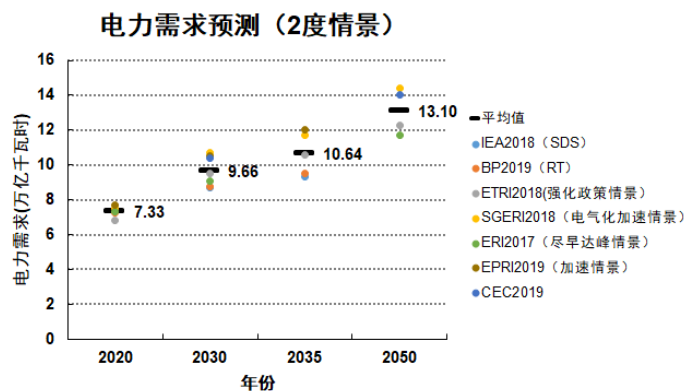
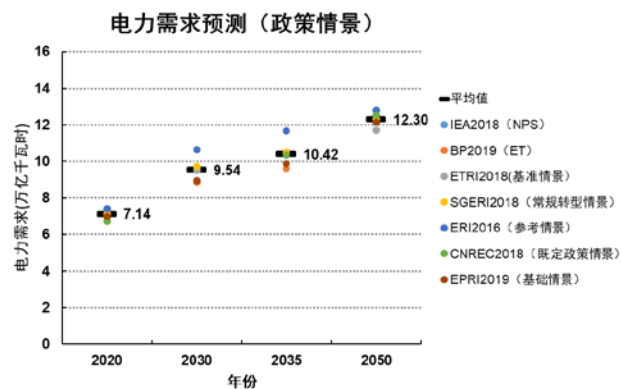
情景设置—能源资源及技术边界条件

- 全国水电、陆上风电、海上风电、太阳能发电可开发量分别限制在432GW、3042GW、209GW、3148GW内，且根据各区域可再生能源资源情况设置了区域层面的容量上限
- 每年新建的核电站设置在10GW以内
- CCS和BECCS技术认为在2030年后发展成熟，可投入使用
- 可用于发电的生物质资源在2030年后将维持在1.06亿tce左右，各区域根据资源情况分别设置了最大可用量

Source: NEA,可再生能源数据手册; 秦世平, 胡润青, 中国生物质能产业发展路线图2050

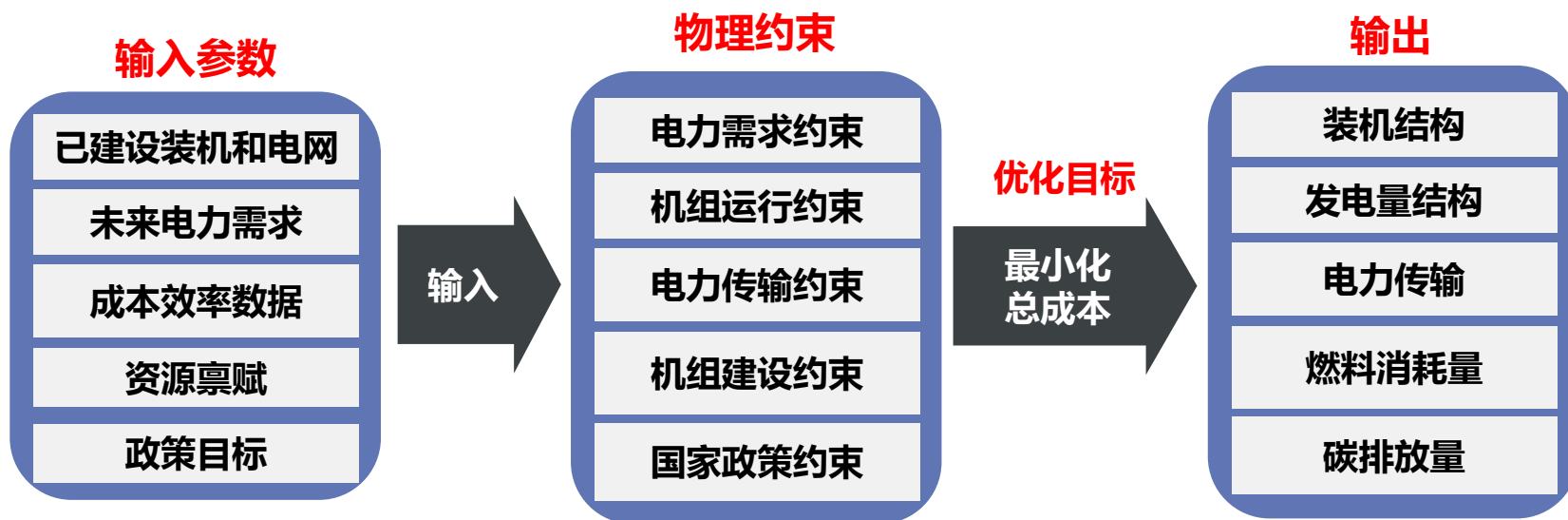
情景设置-未来电力需求

- 基于各机构研究成果，预测未来电力需求



		2020	2030	2035	2050
电力需求 (万亿kWh)	政策情景	7.14	9.54	10.42	12.30
	强化减排情景	7.14	9.54	10.42	12.30
	2度情景	7.33	9.66	10.64	13.10
	1.5度情景	7.57	11.01	12.24	14.86
人均用电量 (kWh)	政策情景	5098	6673	7387	9111
	强化减排情景	5098	6673	7387	9111
	2度情景	5234	6759	7545	9702
	1.5度情景	5410	7697	8682	11011

研究方法模型—清华大学开发的 LoMLoG模型

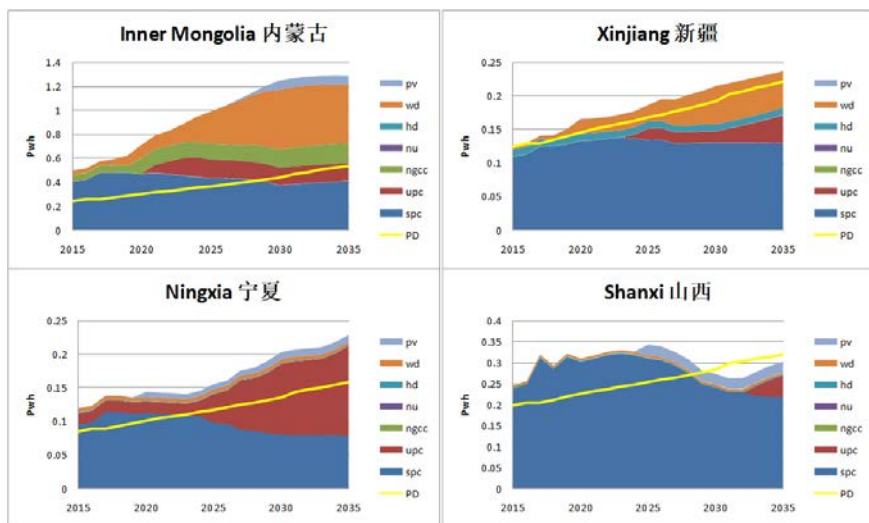


机组类型	亚临界及超临界发电机组	实施CCS的SPC机组	超超临界发电机组	实施CCS的UPC机组	天然气联合循环机组
符号	SPC	SPCC	UPC	UPCC	NGCC
核电机组	水电机组	风电机组	光伏机组	生物质发电机组	实施CCS的生物质发电机组
NU	HD	WD	PV	BE	BECCS

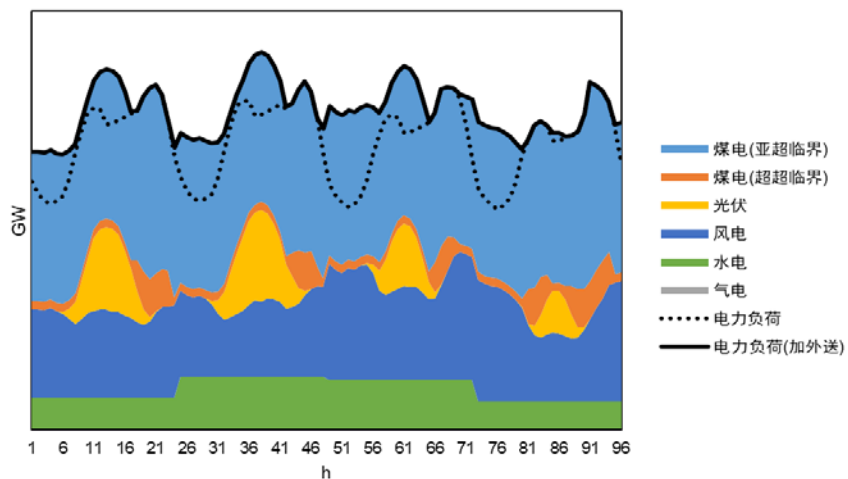
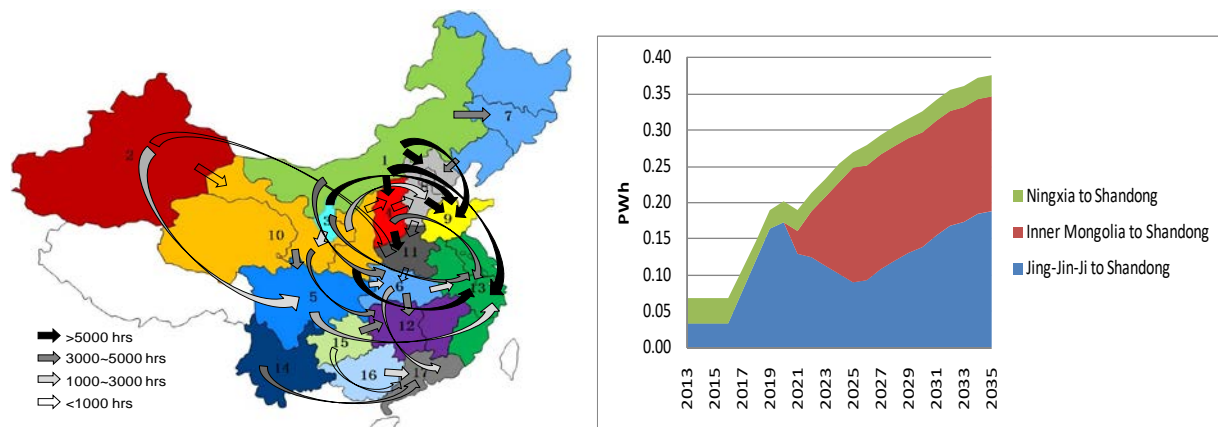


模型输出示例

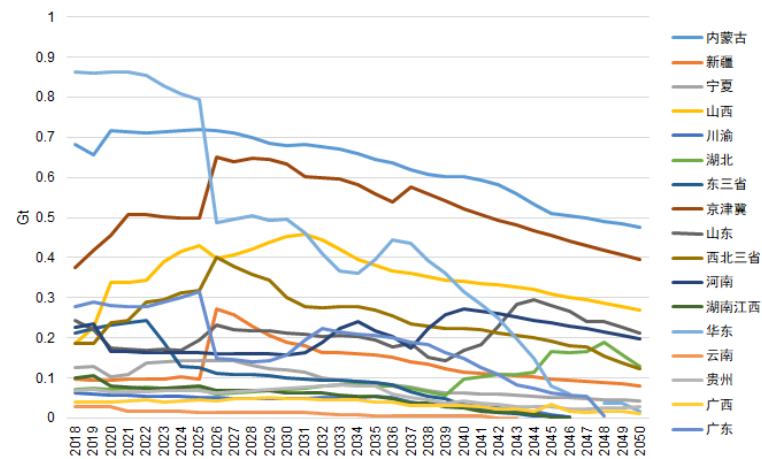
各区域电力发展路径



电网线路利用情况/区域间电力传输



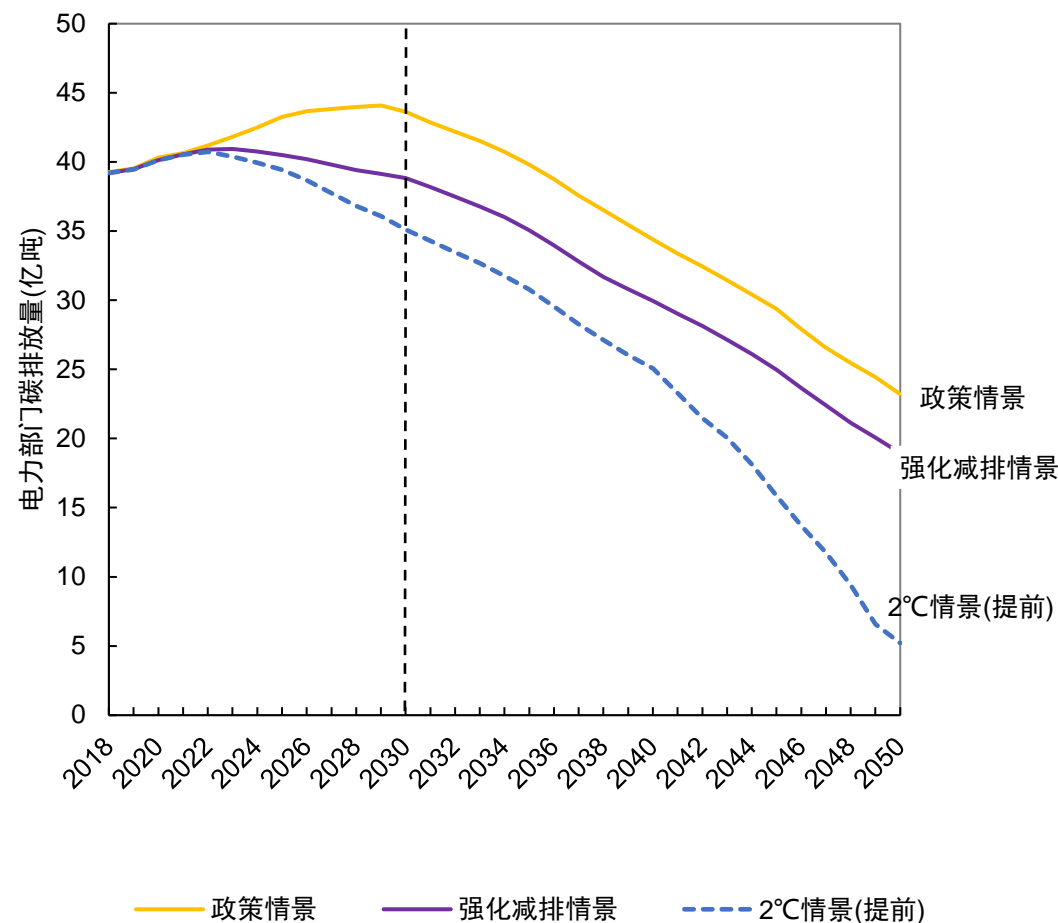
各区域电力最优运行策略



各区域电力碳排放趋势

研究结果—不同情景和路径的碳排放轨迹

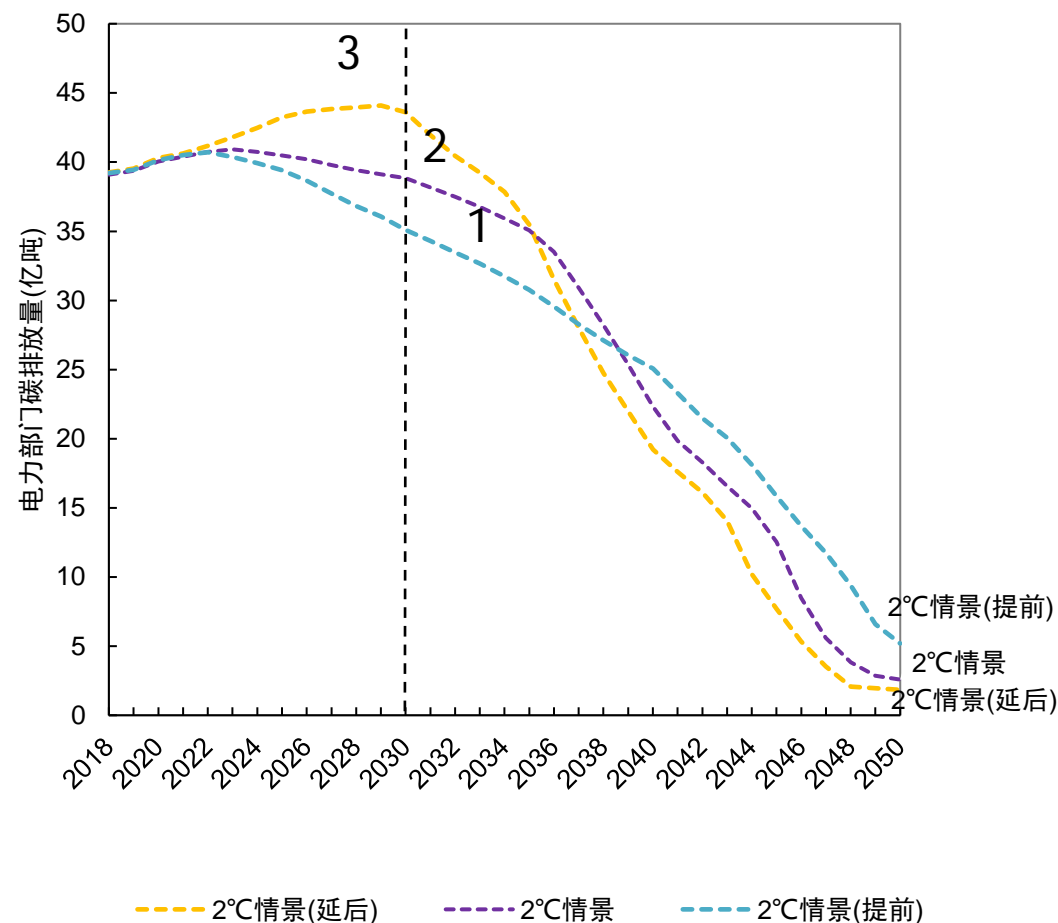
- 基于政策情景和强化政策情景都无法实现2°C温升控制目标，即现有政策中的电力及能源行业中长期目标与实现2°C温升控制目标还未能很好的衔接；
- 2°C情景下，2030年后采取深度减排行动的延后减排路径碳排放轨迹最为陡峭，提前减排路径为2030年后留出了较为充足的减排空间，
- 1.5°C情景下，电力部门2046年就已经接近零排放。



研究结果—不同情景和路径的碳排放轨迹

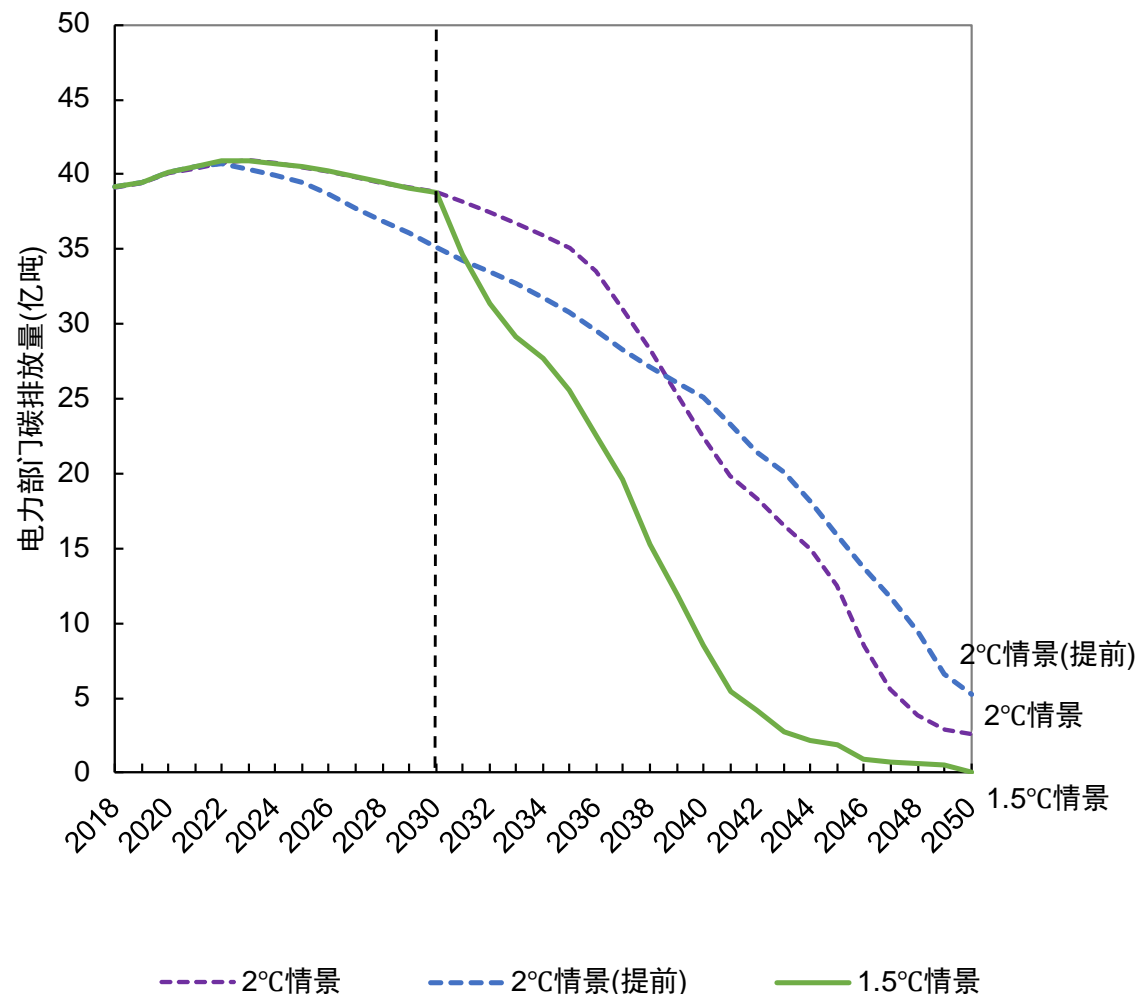
- 基于政策情景和强化政策情景都无法实现2°C温升控制目标，即现有政策中的电力及能源行业中长期目标与实现2°C温升控制目标还未能很好的衔接；
- 2°C情景下，2030年后采取深度减排行动的延后减排路径碳排放轨迹最为陡峭，提前减排路径为2030年后留出了较为充足的减排空间；
- 1.5°C情景下，电力部门2046年就已经接近零排放。

- 1-加速一次到位
- 2-两次递进加速
- 3-先慢后快

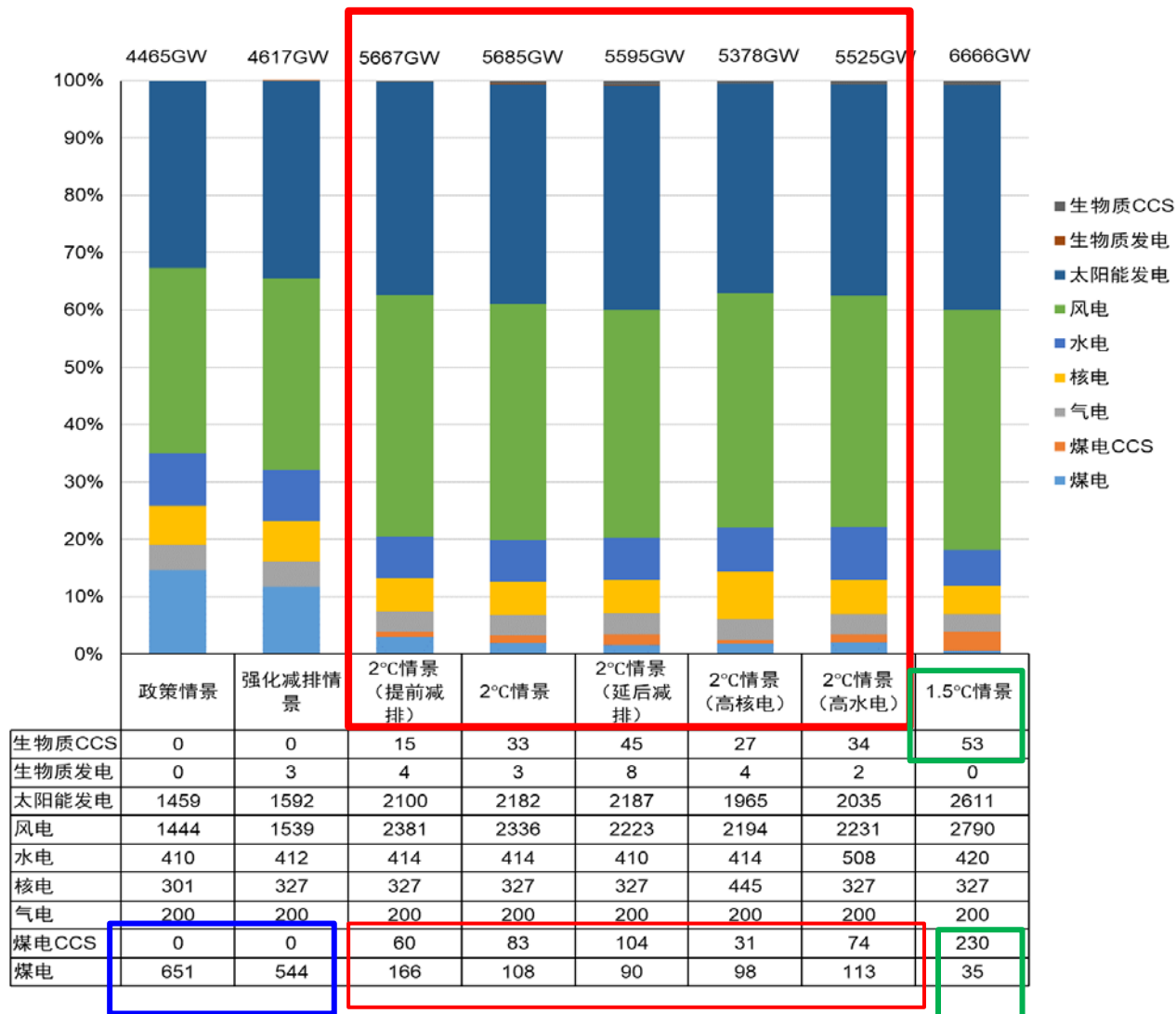


研究结果—不同情景和路径的碳排放轨迹

- 基于政策情景和强化政策情景都无法实现2°C温升控制目标，即现有政策中的电力及能源行业中长期目标与实现2°C温升控制目标还未能很好的衔接；
- 2°C情景下，2030年后采取深度减排行动的延后减排路径碳排放轨迹最为陡峭，提前减排路径为2030年后留出了较为充足的减排空间；
- 1.5°C情景下，电力部门2046年就已经接近零排放。



研究结果—不同情景下2050年装机容量构成

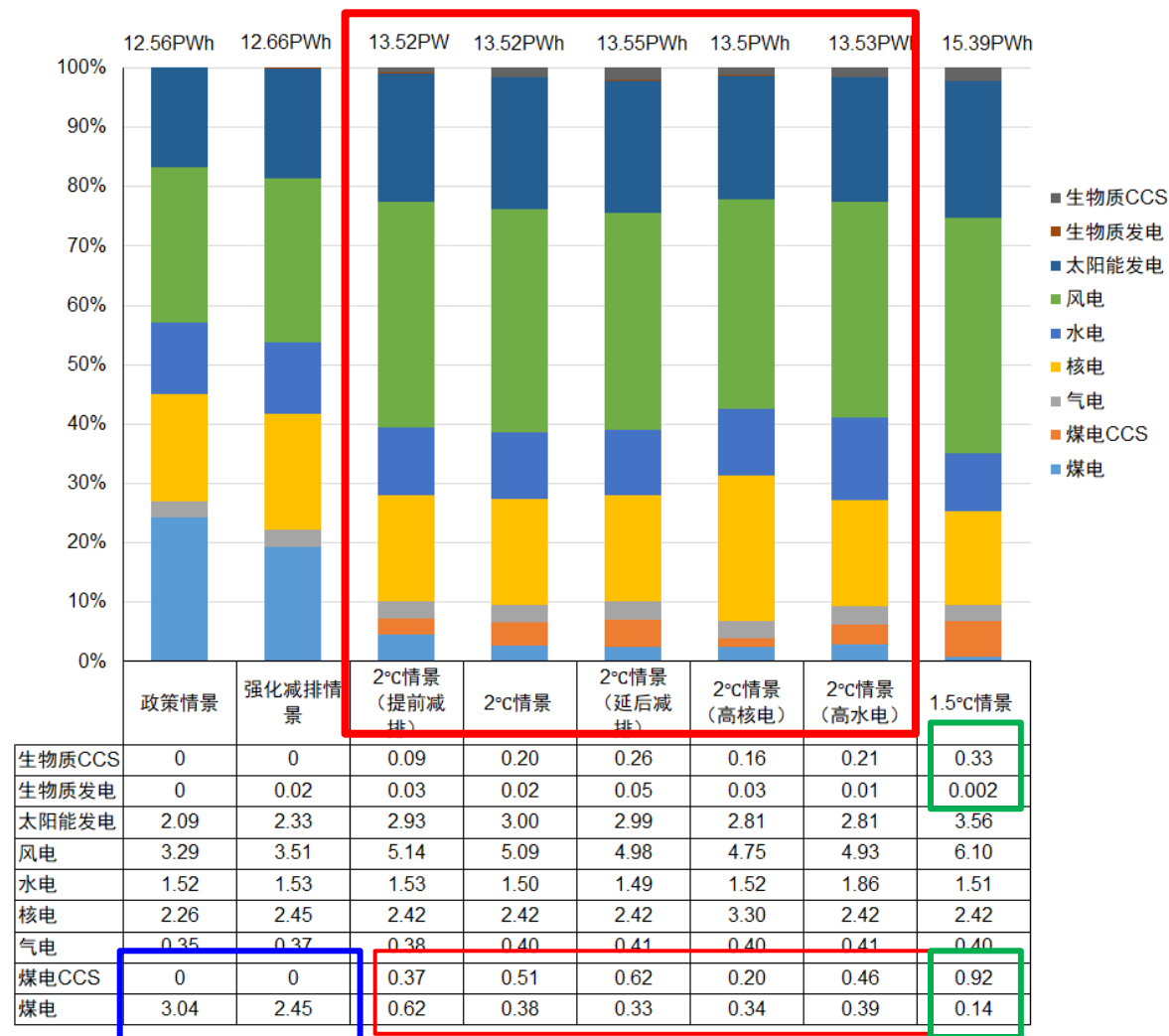


2050年装机容量构成

- 四种情景下2050年
 - 装机容量递增：45-65亿千瓦
 - 非化石能源装机占比相应为80.9%、83.9%、**93.1%**和**93%**
 - 间歇性可再生能源装机占比65%、67.8%、79.5%和81%。
- 四个情景差别:剩余煤电量
 - 前两情景：煤电5-6亿千瓦
 - 2度情景：煤电 1亿千瓦
 - 1.5度： 煤电 很少
- **BECCS和煤电CCS发挥重要作用**
 - CCS是煤电价值发挥的必须
 - BECCS和煤电关联：此长彼长

研究结果—不同情景下2050年发电量构成

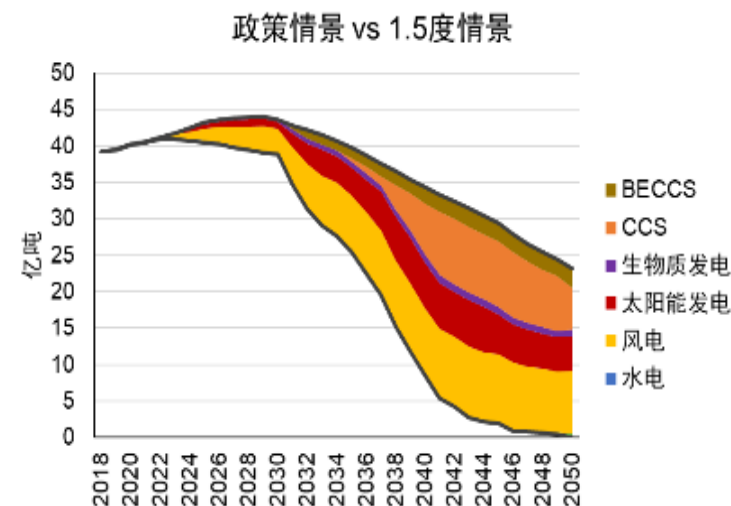
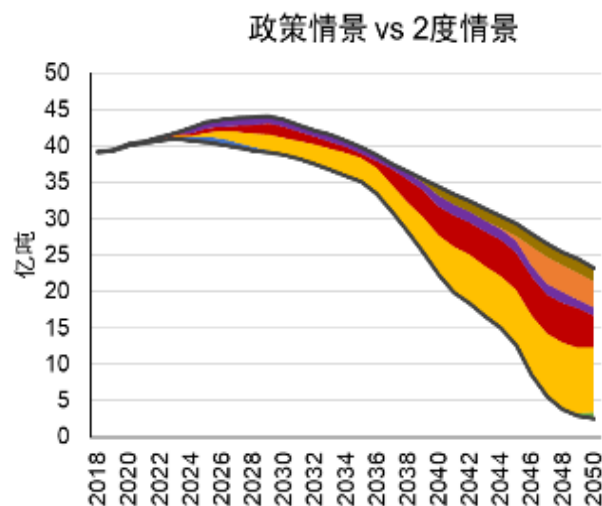
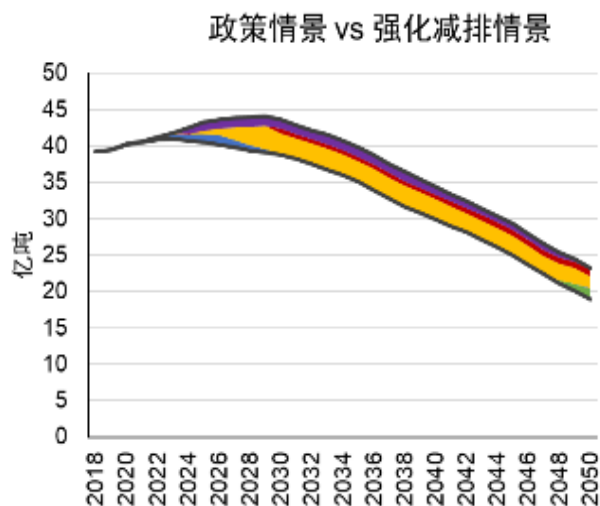
- 四种情景下，2050年非化石能源发电占比分别达到73%、73%、**91%**和**91%**，间歇性可再生能源占比来看分别达到43%、46%、60%和63%；
- 2°C情景下，五种路径2050年间歇性可再生能源发电量占比很高，均位于56%-60%之间，这也对系统平衡和电网灵活性提出了更高的挑战。



2050年发电量构成

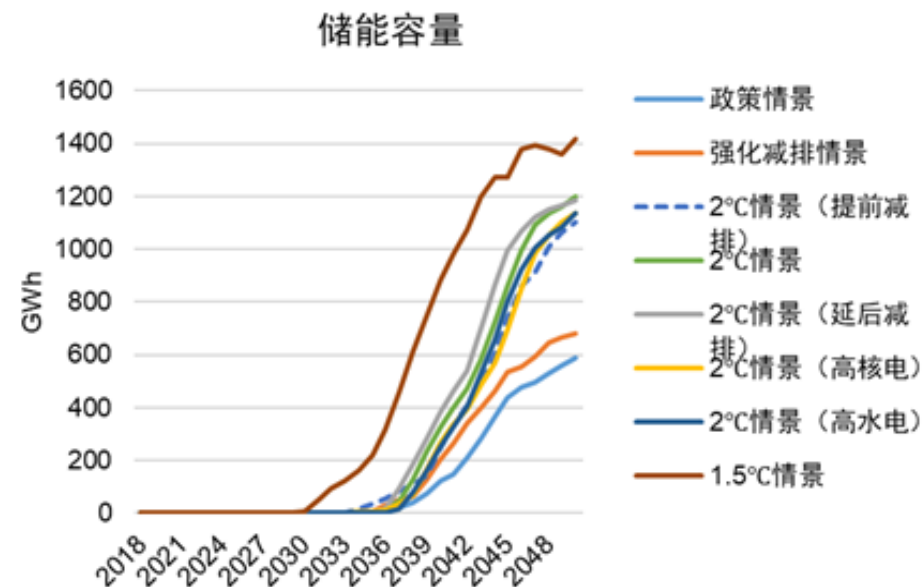
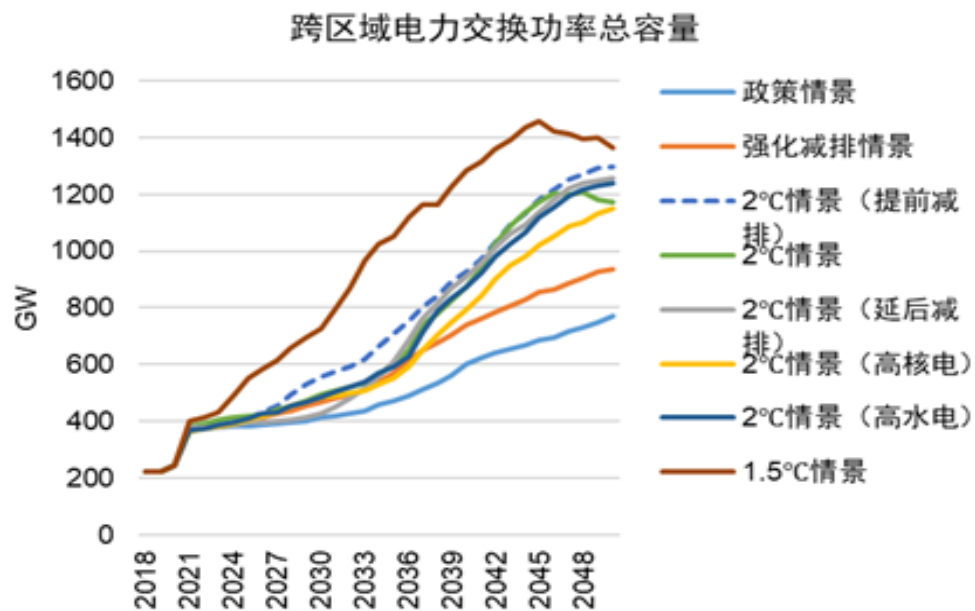
研究结果—不同路径下的减排技术需求

- 从四种情景下的减排技术来看，**可再生能源、煤电CCS和BECCS**在电力行业深度减排中将发挥关键作用；
- 2°C情景下，开始规模使用CCS和BECCS技术，2050年煤电CCS和生物质发电BECCS的装机容量分别达到83GW和33GW，**CO₂捕集量达到3.9亿吨和1.9亿吨**；
- 1.5°C情景下，CCS和BECCS将发挥更大作用，2050年煤电CCS和生物质发电BECCS的装机容量分别达到230GW和53GW，**CO₂捕集量分别达到7.1亿吨和3.1亿吨**。



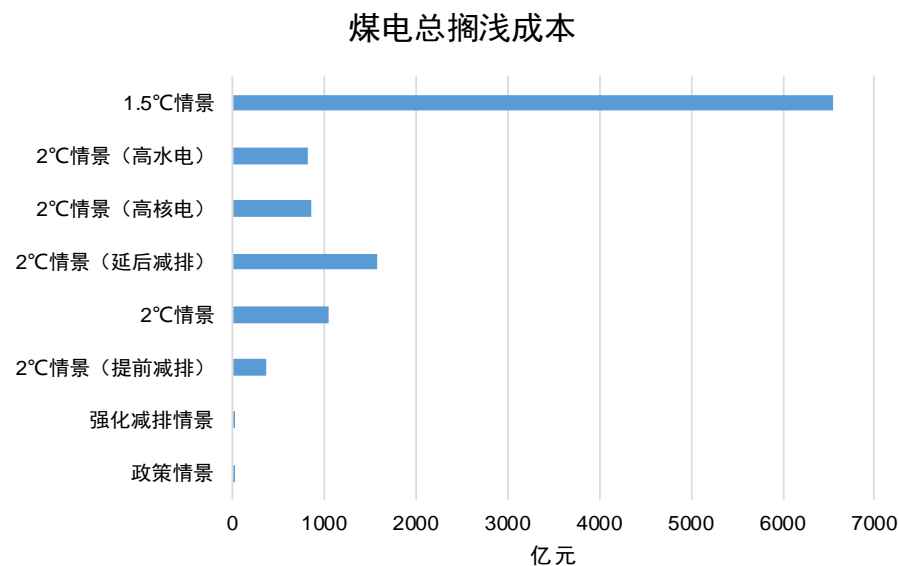
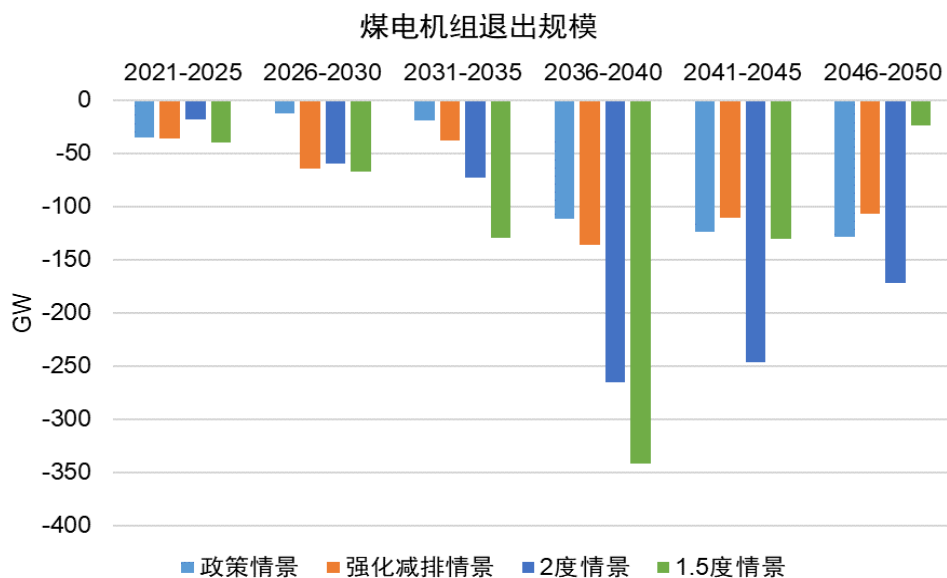
研究结果—跨区域电力交换规模和储能需求

- 2030年前依靠火电灵活性改造进行调峰和电网互联互通足够支撑间歇性可再生能源消纳；**2030年跨区域电力交换功率总容量需要达到当前的2-3倍，2050年跨区域电力交换功率总容量达到当前的3-7倍；**
- 到2050年，四种情景中所需的储能装机容量分别达到587GWh、682GWh、1198GWh和1417GWh，2°C情景和1.5°C情景中2050年所需的**储能装机容量规模**分别是政策情景的2倍和2.4倍。

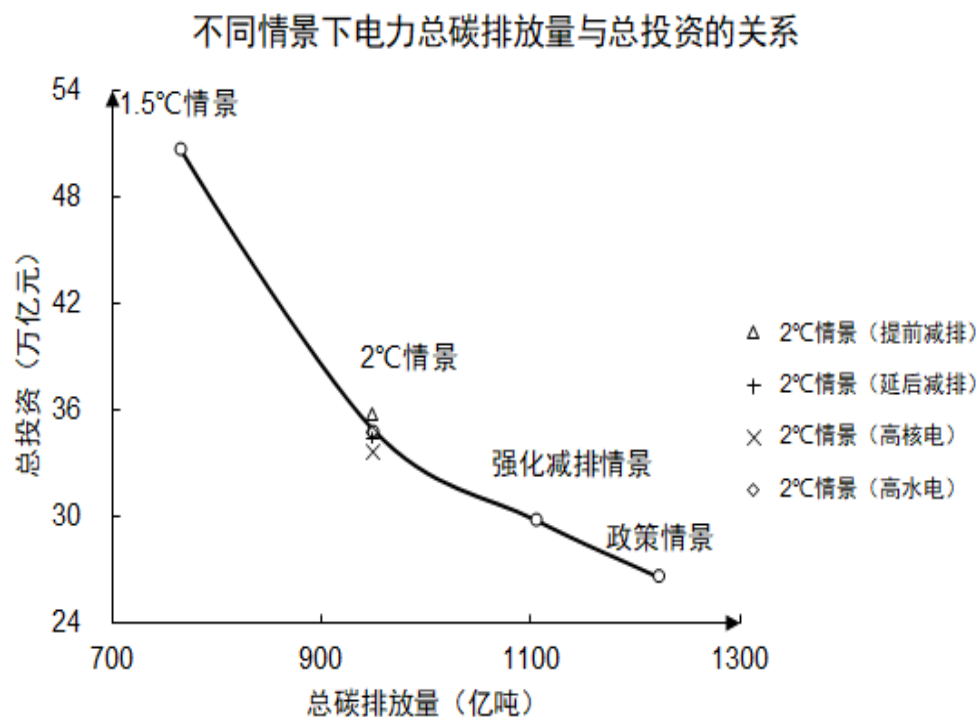


研究结果—煤电机组退出

- 随着不同情景下减排力度增加，**煤电机组退出规模逐渐增加**，而煤电机组大规模退出的时间也逐渐提前；另一方面，退役煤电机组的平均寿命也逐渐降低；
- 2°C情景下，各路径的煤电资产**搁浅成本差异较大**，其中差异较大的是提前减排路径和延后减排路径，2019-2050年期间由于煤电提前退役导致的搁浅成本为373-1583亿元；1.5°C情景下为6551亿元，因此需要妥善应对煤电机组的有序退出问题。



不同情景下电力行业新增投资需求



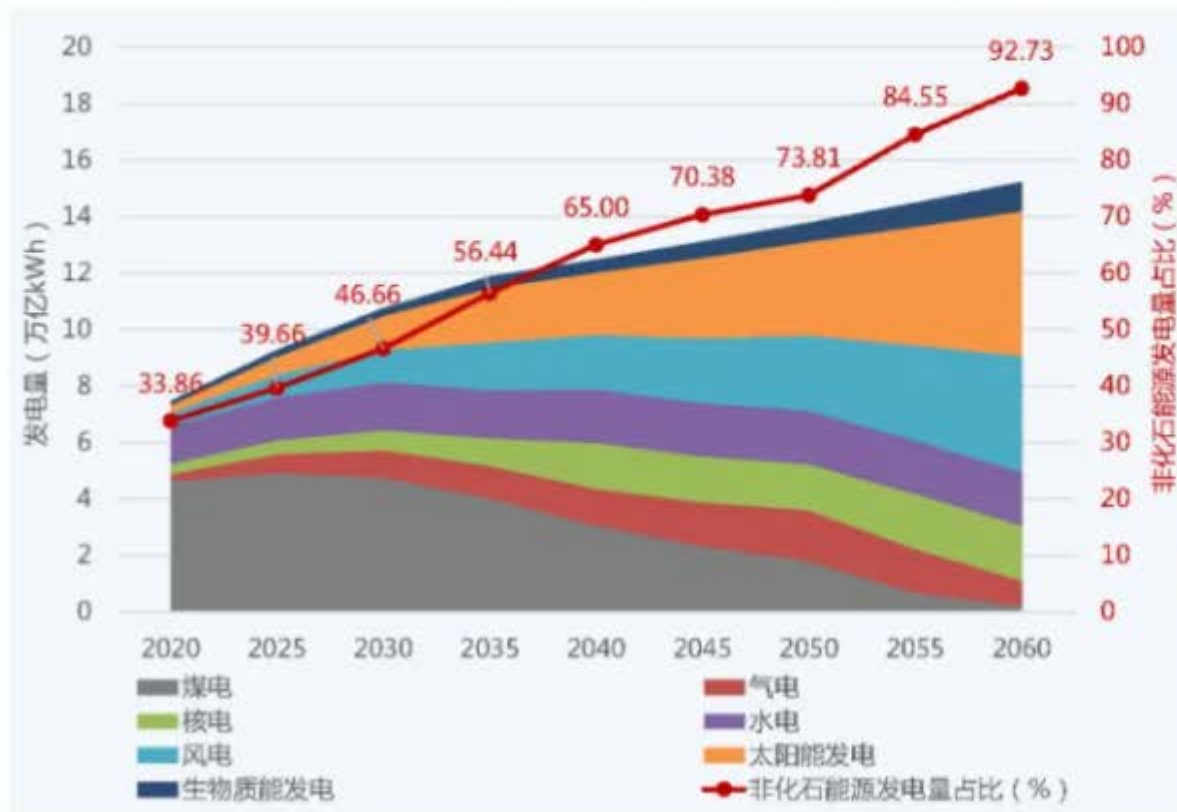
- 与政策情景相比，强化减排情景、2°C情景和1.5°C情景下，2018-2050年电力行业新增投资（只包含固定资产投资成本）将分别增加12%、31%和90%；
- 2°C情景与1.5°C情景下，年均新增投资规模分别为10585亿元和15391亿元，约为2018年电力工程建设完成投资的1.3倍和1.9倍；
- 2°C情景下，不同路径的投资差别并不显著，投资最高路径（提前减排路径）和投资最低路径（高核电路径）的差别为2万亿元，占提前减排路径总投资的6%。从新增投资上来看，提前部署2°C情景减排行动，是可以接受的。

- 一、碳达峰碳中和已成为我国坚定的发展方向
- 二、我国长期低碳转型路径
- 三、我国电力系统长期转型与发展
- **四、关于未来气电发展的信息**
- 五、相关建议



2020-2060年能源电力系统关键指标变化趋势-5

关键指标5-非化石能源发电量在总发电量中比重

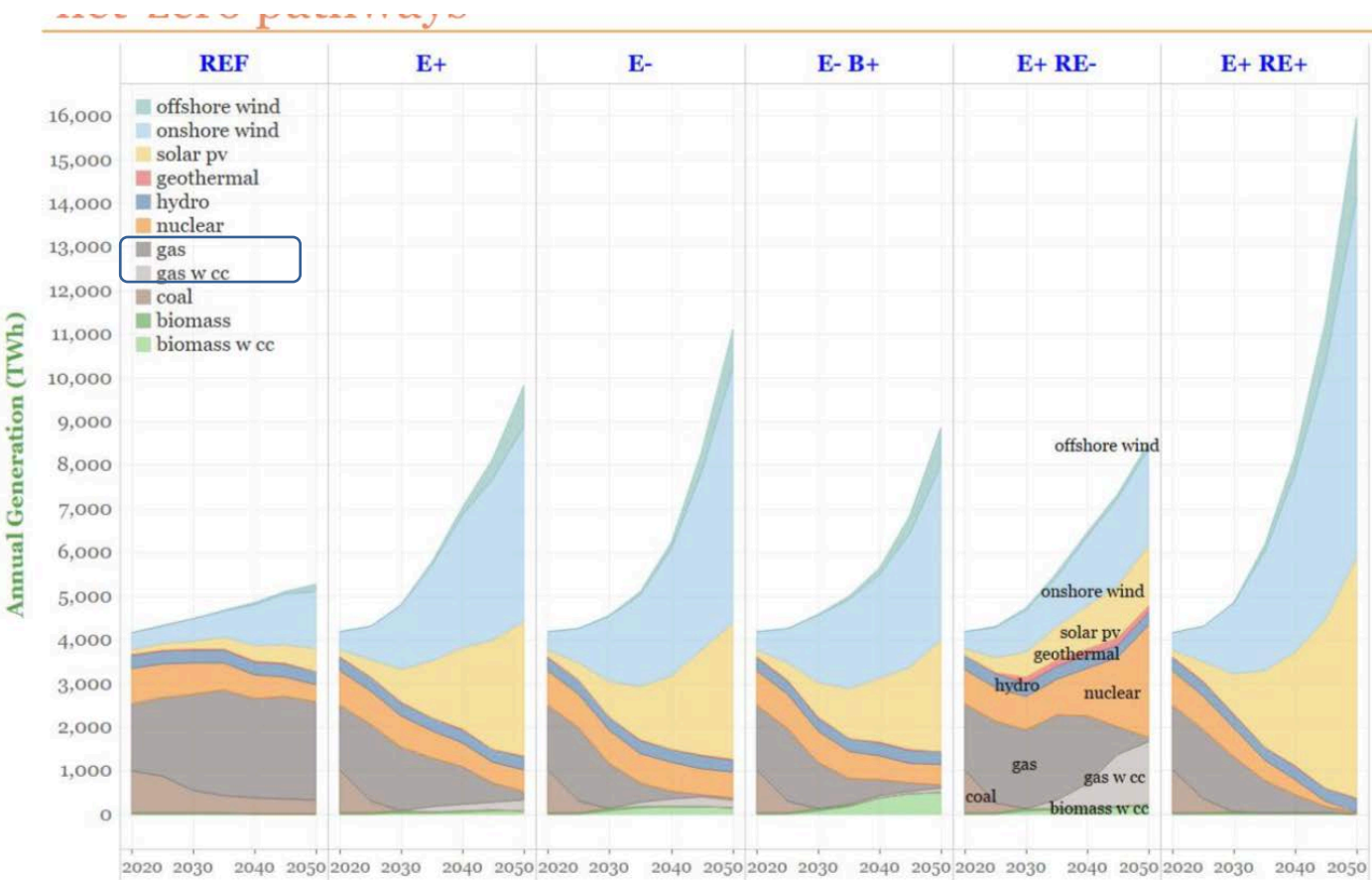


- ◆ 非化石能源发电量不断增加，2030年超过5万亿kWh，2050年超过10万亿kWh，在总发电量中的占比持续提升，2060年达到约92.7%
- ◆ 风光发电快速增长是非化石能源发电量上升的主要原因
- ◆ 2050年，煤电和气电发电量各约占化石能源发电量1/2，共同提供电网灵活性资源；2050-2060年，煤电加速退役及低碳改造进程，气电在化石能源发电量中的占比提高至80%

情景分析结果表明：

- 2030年**风能+太阳能总装机16.1亿kW**，符合12亿kW以上的目标要求；
- 2021-2025年“十四五”期间**单位GDP能耗降低15.5%**，**单位GDP二氧化碳排放降低21.4%**，下降幅度分别超过“十四五”规划纲要设置的**13.5%、18%**指标要求；
- 能源系统**CO₂排放**于2027年达峰，电力系统（煤电+气电）**CO₂排放**于2025年达峰；2060年能源系统**CO₂排放量9.5亿t**，约为2025年水平的**10%**，电力系统**CO₂排放量5.5亿t**，为2025年峰值的**13.8%**；
- **2050年新能源（非水可再生能源）发电量比重**达到48.2%，为2060年实现碳中和目标创造基础条件；
- **2060年煤电+气电装机共约3.8亿kW**，其中**煤电装机0.7亿kW**，占全国总装机的1.1%；**煤电+气电发电量共约1.1万亿kWh**，其中**煤电0.22万亿kWh**，占全国总发电量1.5%。应进一步研究**0.7亿煤电装机全部实现CCUS的可行性**，以及它们**提供电力系统灵活性资源**，支持高比例可再生能源电力系统的安全可靠运行的能力。

普林斯顿大学《Net-Zero America》研究以实现美国2050年温室气体净零排放为主要目标，分析了不同情景下电力的情况。（未考虑2035年电力零碳的约束）



不同情景下美国年发电量分来源预测

REF: 参考情景, BAU情景 E-B+: 低电气化下高生物质能源情景

E+: 高电气化情景

E+RE-: 高电气化下可再生能源发展受限

E-: 低电气化情景

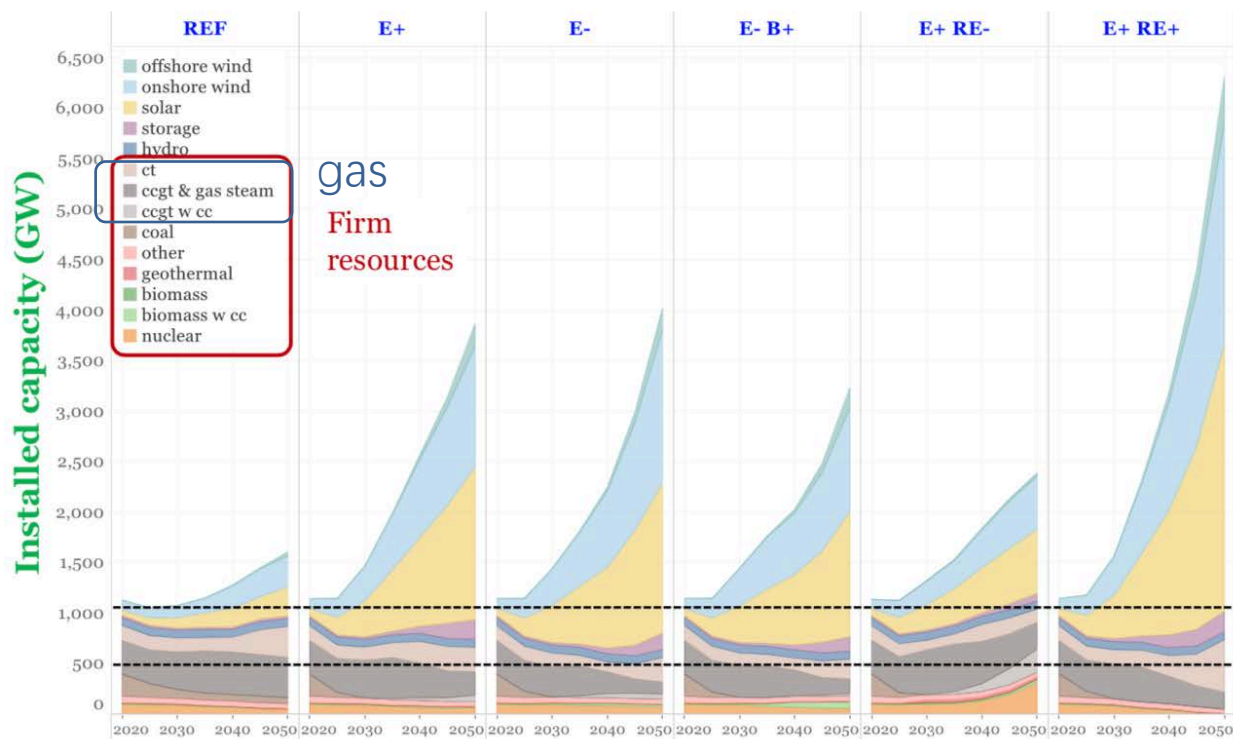
E+RE+: 高电气化下, 100%非化石能源的情景

情景		E+	E+RE-	E+RE+
2035发电量 (TWh)	无CCS	1117.10	1966.63	737.02
	有CCS	114.36	198.02	0.22
	总计	1231.46	2164.65	737.24
气电占比		21.29%	39.17%	11.93%
2050发电量 (TWh)	无CCS	201.65	112.23	51.90
	有CCS	231.32	1414.65	0.23
	总计	432.97	1526.88	52.13
气电占比		4.41%	17.96%	0.33%

- 2035年无CCS气电发电量占总气电90%以上, E+情景气电占比为21.29%。
- 2050年E+情景有、无CCS发电量占比相当, 总气电占比为4.41%; 可再生受限情景有CCS气电发电量占总气电约93%; 100%非化石情景基本没有气电发电量。

- 气电需要在未来作为**稳定电源的主力**存在，在各情景下都有超过500GW以上的装机量
- 燃气轮机**掺氢燃烧**将在电力脱碳中发挥重要作用，本研究假设最高掺氢比例为60%

Firm capacity stays comparable to today; high H₂ fuel blends for gas turbines have important role; nuclear & gas w/CCS key in RE-



Note:
To reduce the carbon intensity of CCGT and CT generation, H₂ is blended as an increasing fraction of fuel to these units, up to an exogenously specified cap of 60% (HHV basis).
In sensitivities with 100% H₂ firing allowed, the model prefers 100% blend which modestly reduces total energy system costs.

Firm capacity (across all years)

~500-1000 GW

[RETURN TO TABLE OF CONTENTS](#)

情景		E+	E+RE-	E+RE+
2035 装机量 (GW)	联合循环	400.09	472.43	346.13
	联合循环+CCS	15.16	25.16	0.16
	单循环	148.35	100.13	165.90
总计		563.60	597.71	512.19
2050 装机量 (GW)	联合循环	232.63	265.75	171.09
	联合循环+CCS	60.03	230.89	0.33
	单循环	242.41	130.90	515.96
总计		535.07	627.53	687.38

- E+情景气电装机量一直保持在**530GW**以上的水平。
- 单循环和无CCS联合循环主要用于调峰，装机量高但容量系数低。
- 加CCS联合循环作为基荷，装机量小，发电量较大，容量系数高。

不同情景下美国年装机量分来源预测

- 一、碳达峰碳中和已成为我国坚定的发展方向
- 二、我国长期低碳转型路径
- 三、我国电力系统长期转型与发展
- 四、关于未来气电发展的信息
- **五、相关建议**



政策建议

- 电力行业应尽早针对2°C温控目标采取深度减排行动；
- “十四五”严格控制新增煤电机组，在新基建中加强对可再生能源的支持，解决可再生能源发展面临的瓶颈和挑战，远期应建立措施保障可再生能源发展规模与速度；
- 部署电网相关技术的研发和示范应用，积极发展储能技术研发和应用，加强跨区域电力交换通道建设，继续推进电力市场改革；
- CCS技术和BECCS技术应作为重大技术，开展研发和应用示范，加强地质勘探，探明哪些地块可以作为大规模存储区域；
- 电力行业1.5°C零碳路径仍存在许多技术和经济挑战，需进行深入研究和政策部署。
- 由于自身碳排放少且具有快速启动和调峰的优点，天然气发电在电力系统低碳转型过程中将扮演重要角色，在远期实现深度减碳需要与CCS结合