

# 中国低碳发展战略 与转型路径研究 项目成果介绍

清华大学气候变化与可持续发展研究院

何建坤

2020年10月12日

# 1. 项目背景、课题设置及研究框架——背景

---

- 中国“十九大”提出2050年社会主义现代化建设目标和基本方略。需要研究和制定与之相应的应对气候变化长期低碳发展的目标和战略，纳入国民经济和社会发展总体战略之中。
- 为中国政府2020年在《巴黎协定》下提交本世纪中叶低碳排放发展战略提供技术支撑。研究论证中国2050年实现与《巴黎协定》长期目标相契合的低碳发展目标和路径。
- 清华大学气候变化与可持续发展研究院组织国内十几家主流研究单位开展了《中国长期低碳发展战略与转型路径》项目研究，设置18个课题。

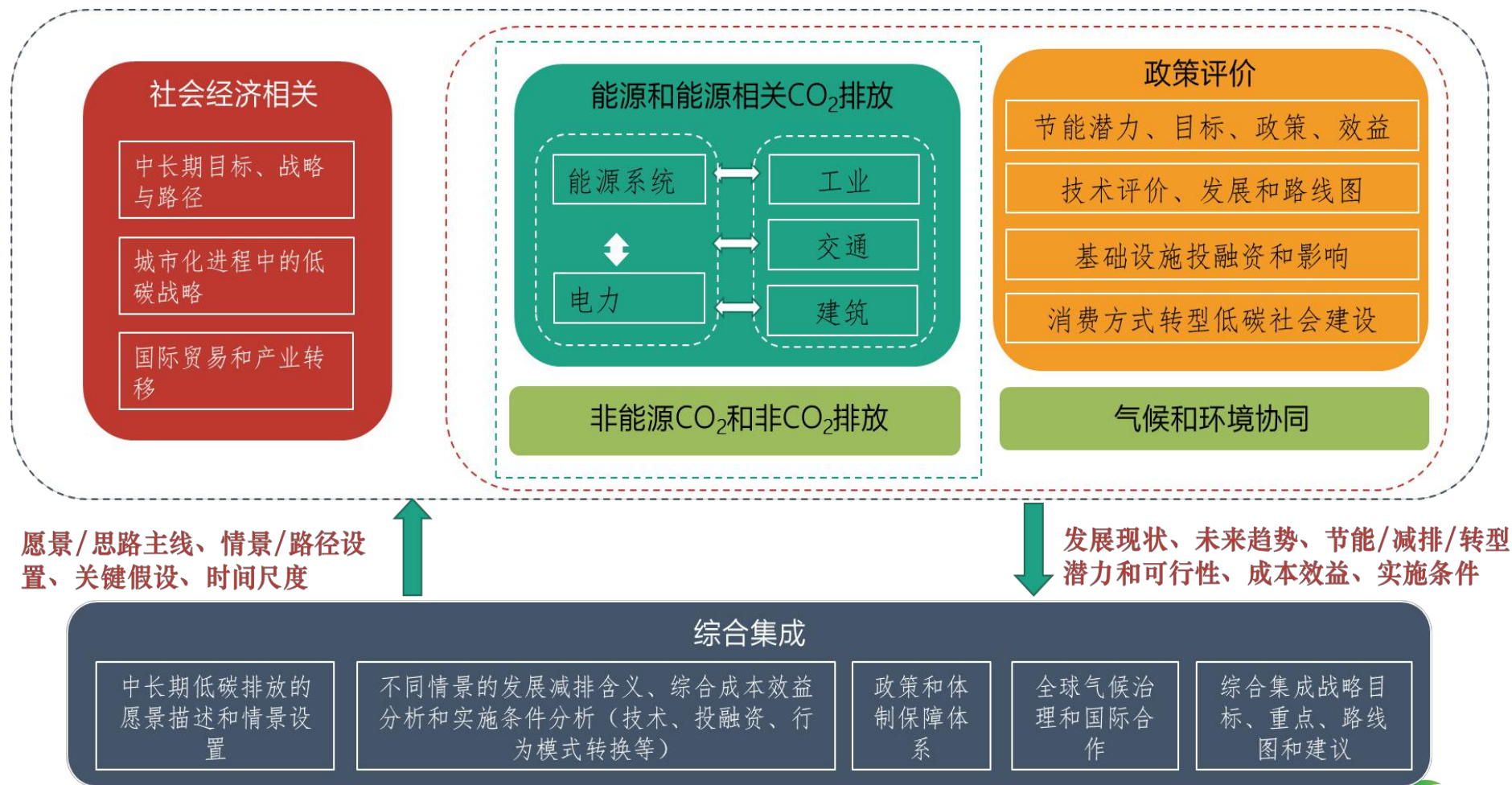
# 1. 项目背景、课题设置及研究框架——课题设置及承担单位 (1)

- 1、 中国经济社会发展的中长期目标、战略与路径  
牵头单位（负责人）：**国家信息中心**（祝宝良）
- 2、 中国东、中、西部经济协调发展及城市化进程中的低碳战略及实现路径  
牵头单位（负责人）：**中国社会科学院城市发展与环境研究所**（潘家华）
- 3、 全球化背景下国际贸易和产业转移对我国低碳发展的影响及对策  
牵头单位（负责人）：**商务部国际贸易经济合作研究院**（顾学明）
- 4、 中国能源系统转型的中长期战略与途径  
牵头单位（负责人）：**国家发展与改革委员会能源研究所**（王仲颖）
- 5、 中国低碳排放目标下电源及电网优化构成及技术路线图  
牵头单位（负责人）：**清华大学能源与动力工程系**（李政）
- 6、 中国中长期节能潜力、目标、政策及成本效益分析  
牵头单位（负责人）：**国家发展与改革委员会能源研究所**（戴彦德）
- 7、 中国中长期减排技术评价、成本效益分析及技术发展路线图  
牵头单位（负责人）：**清华大学环境学院**（王灿）
- 8、 中国工业部门转型升级与低碳排放战略与途径  
牵头单位（负责人）：**国家发展与改革委员会能源研究所**（白泉）
- 9、 中国建筑部门低碳排放战略与途径  
牵头单位（负责人）：**清华大学建筑学院**（江亿）

# 1. 项目背景、课题设置及研究框架——课题设置及承担单位 (2)

- 10、 中国交通部门低碳排放战略与途径  
牵头单位（负责人）：交通运输部科学研究院（欧阳斌）
- 11、 中国中长期能源基础设施转型发展投资战略研究  
牵头单位（负责人）：国家发展与改革委员会能源研究所（康艳兵）
- 12、 中国消费方式转型和低碳社会建设的对策与途径  
牵头单位（负责人）：生态环境部宣传教育中心（贾峰）
- 13、 中国非能源相关二氧化碳及其他温室气体与农林业及土地利用低排放增汇战略、措施与路径  
牵头单位（负责人）：清华大学能源环境经济研究所（滕飞）
- 14、 中国温室气体减排与环境治理的协同对策与效果分析  
牵头单位（负责人）：清华大学环境学院（贺克斌）
- 15、 中国实现低碳发展的政策保障体系建设  
牵头单位（负责人）：中国科学院科技战略咨询研究院（王毅）
- 16、 中国推动全球气候治理和国际合作的思想 and 对策  
牵头单位（负责人）：国家气候战略中心（徐华清）
- 17、 中国中长期低碳排放的情景分析与实施路径  
牵头单位（负责人）：清华大学能源环境经济研究所（张希良）
- 18、 中国低碳发展转型战略和路径的综合报告  
牵头单位（负责人）：清华大学气候变化与可持续发展研究院（何建坤）

# 1. 项目背景、课题设置及研究框架——项目研究结构框架



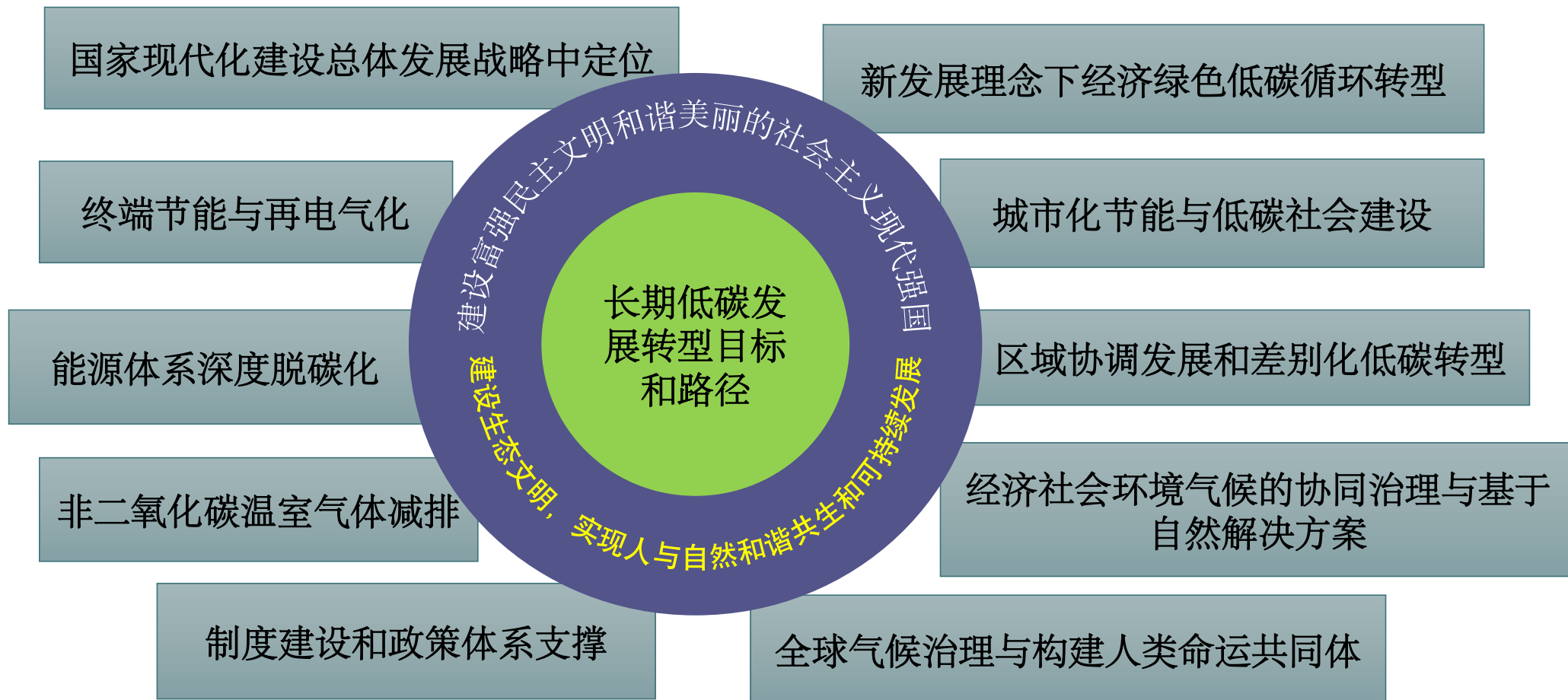
## 2. 项目指导思想及总体考虑 (1)

---

### (1) 一个综合性发展战略

- 长期低碳排放发展转型战略应是统筹国内经济社会可持续发展与全球应对气候变化协同共赢战略，顺应并引领全球低碳发展转型趋势，打造自身竞争优势。
- 长期低碳发展转型战略要有全局性构架，多方面战略和行动支撑，成为国家总体长期发展目标 and 战略的重要组成部分。
- 《欧洲绿色新政》的启示：欧盟低碳排放战略首先是一项“新的增长战略”，目的是推动欧洲2050年实现社会公平繁荣、经济现代化、净零碳排放，资源高效和充满竞争力。使经济增长向更加可持续方向转型，占据全球领导者地位。

## 2. 项目指导思想及总体考虑 (1)



### 实现长期低碳排放转型的战略架构

## 2. 项目指导思想及总体考虑 (2)

---

### (2) 同时实现两个目标

- 实现新时代中国特色社会主义建设的目标、基本方略和主要任务，2050年建成社会主义现代化强国，建成美丽中国。
- 实现《巴黎协定》下全球控制温升不超过 $2^{\circ}\text{C}$ 并努力控制 $1.5^{\circ}\text{C}$ 以下目标下的减排路径，为全球生态文明建设做出贡献。

随着经济发展，国内生态环境根本好转和国际影响力的提升，强化深度CO<sub>2</sub>减排的目标导向将占越来越重要地位。



## 2. 项目指导思想及总体考虑 (3)

---

### (3) 四种情景构想

- **政策情景**，落实并延续2030年NDC目标的政策情景；
- **强化减排情景**，“自下而上”强化2030年前NDC情景，不断加大减排力度。
- **2°C 情景**，2050年实现与2°C目标相契合的减排情景，人均CO<sub>2</sub>排放不超过1.5°C。
- **1.5°C 情景**，2050年实现CO<sub>2</sub>净零碳排放，其他温室气体深度减排。

后两种情景更加突出长期目标导向下“倒逼”的减排路径。

## 2. 项目指导思想及总体考虑 (4)

---

### (4) 两个阶段考虑

- 2030年和2035年，以国内现代化建设第一阶段基本实现现代化、生态环境根本好转、美丽中国建设目标基本实现的目标为指引，强化低碳发展政策导向，落实和强化NDC目标，构建“政策情景”和“强化减排情景”。
- 2050年，在保障建成社会主义现代化强国和美丽中国目标实现同时，以2°C目标和1.5°C目标下全球减排路径为导向，研究并形成与全球控制温升目标相一致的减排情景。

## 2. 项目指导思想及总体考虑 (5)

---

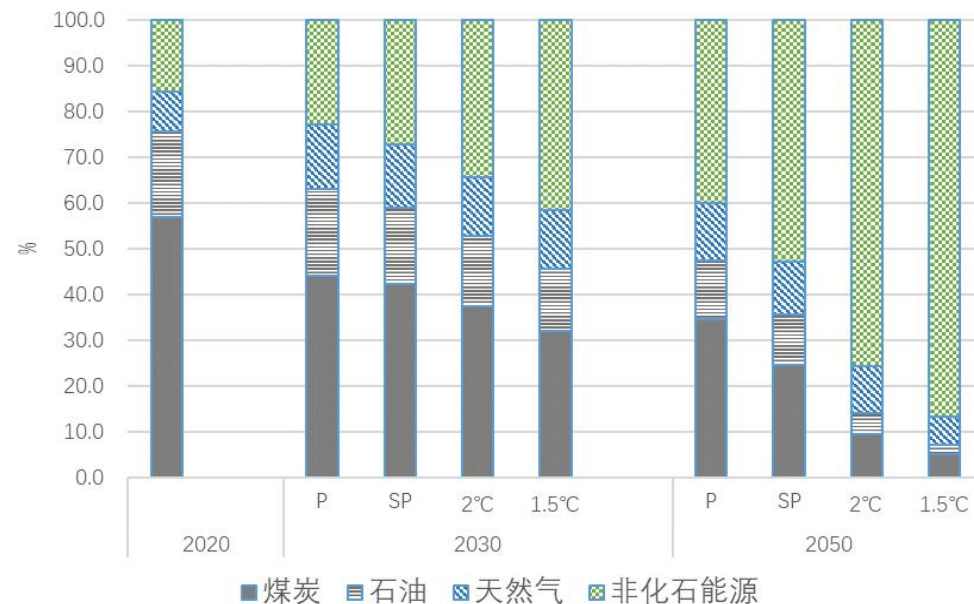
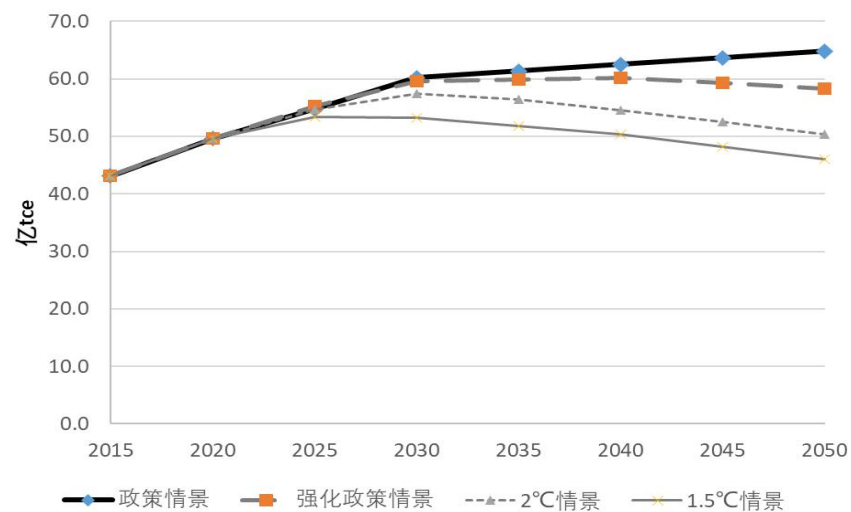
### (5) 聚焦3方面政策咨询建议:

- 关于“十四五”规划中节能减碳指标与政策的建议
- 关于强化和更新2030年NDC目标的建议
- 中国2050年长期低碳排放发展目标与战略的建议

上述三个方面也是当前国际社会对中国关注的热点

### 3. 长期低碳发展转型情景比较 (1)

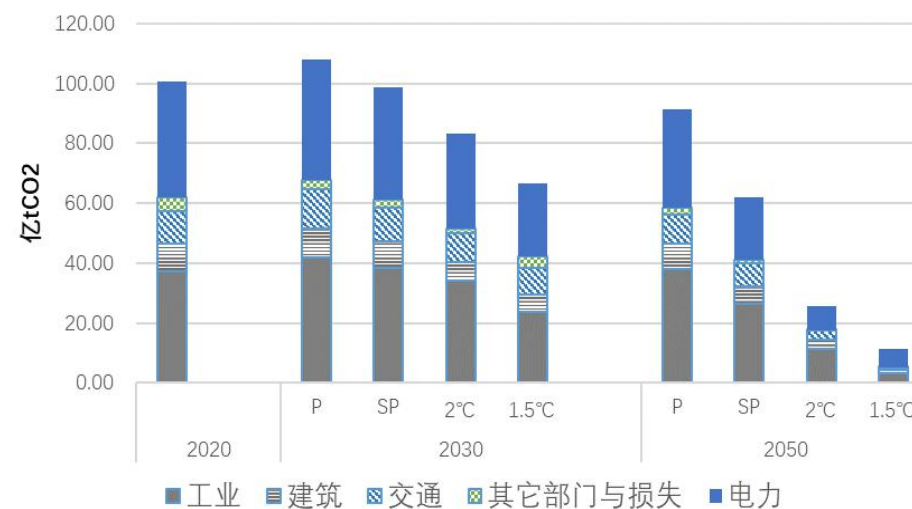
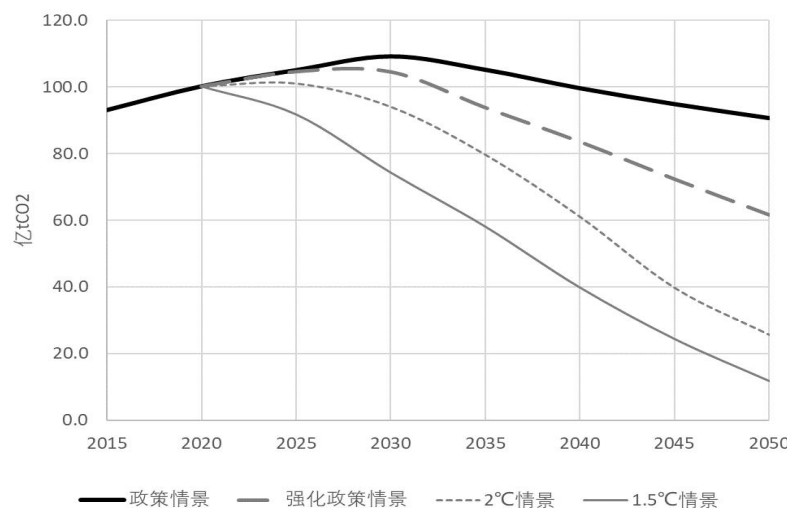
#### □ 2050年能源需求的情景分析



- **政策情景**：一次能源消费到2050年前趋于稳定达峰，约62亿tce；
- **强化政策情景**：能源总消费2035年达峰，2050年下降为约56亿tce；
- **2°C情景**：能源消费2030年左右达峰，2050年约52亿tce；
- **1.5°C情景**：能源消费2025年左右达峰，2050年50亿tce。

### 3. 长期低碳发展转型情景比较 (2)

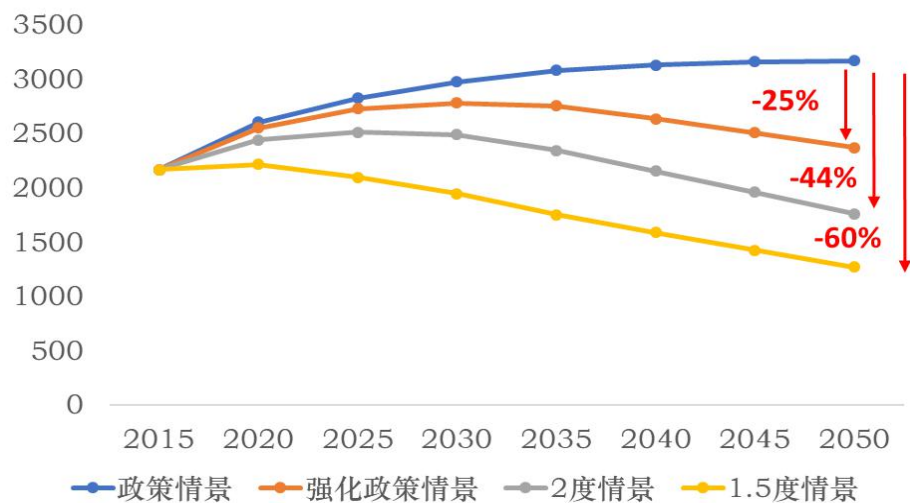
#### □ 2050年CO<sub>2</sub> 排放情景分析



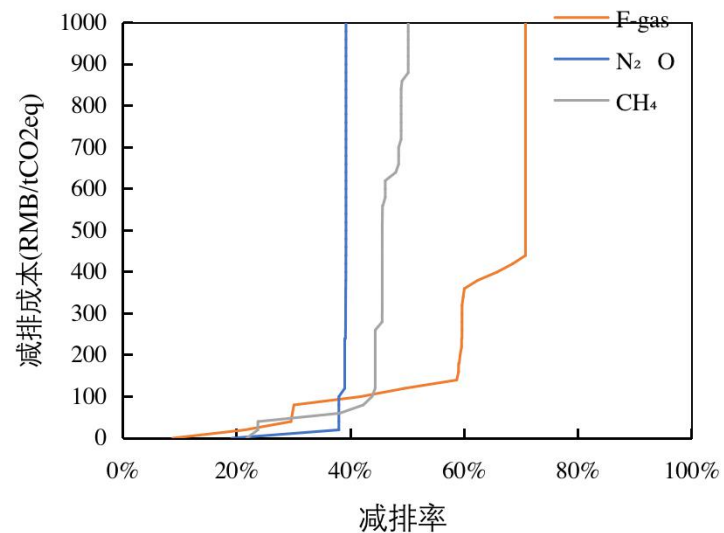
- **政策情景**: CO<sub>2</sub>排放2030年左右达峰, 2050年下降到约90亿tCO<sub>2</sub>;
- **强化政策情景**: 2030年前达峰, 2050年下降到约62亿tCO<sub>2</sub>;
- **2°C情景**: 2025年左右达峰, 2050年下降到约29亿tCO<sub>2</sub>; 再加上CCS和森林碳汇, 净排放约20亿吨, 人均排放约1.5t;
- **1.5°C情景**: 2025年前达峰, 2050年下降到约12亿tCO<sub>2</sub>, 再加上CCS和林业碳汇, 基本实现CO<sub>2</sub>净零排放。

### 3. 长期低碳发展转型情景比较 (3)

#### 不同情景下非二氧化碳温室气体排放



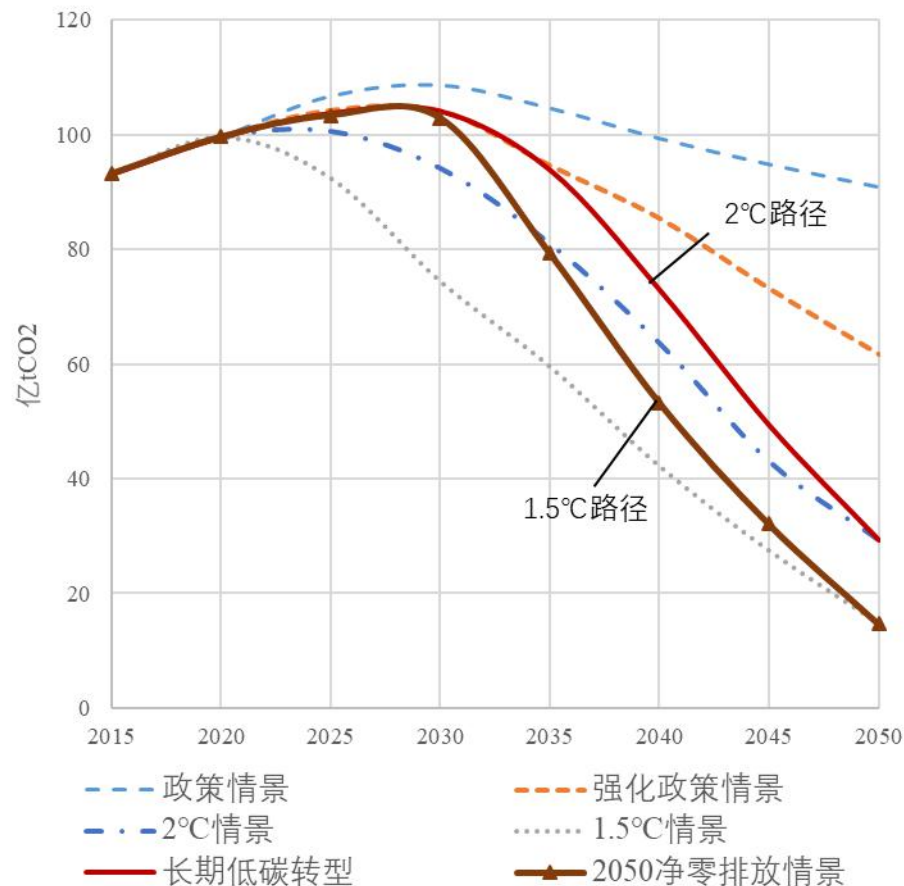
非二氧化碳减排边际成本曲线 (2050)



	2015	2020	2030	2040	2050
政策情景	21.68	26.02	29.73	31.31	31.70
强化政策情景	21.68	25.49	27.81	26.33	23.67
2 °C 情景	21.68	24.42	24.87	21.53	17.61
1.5 °C 情景	21.68	22.13	19.44	15.87	12.71

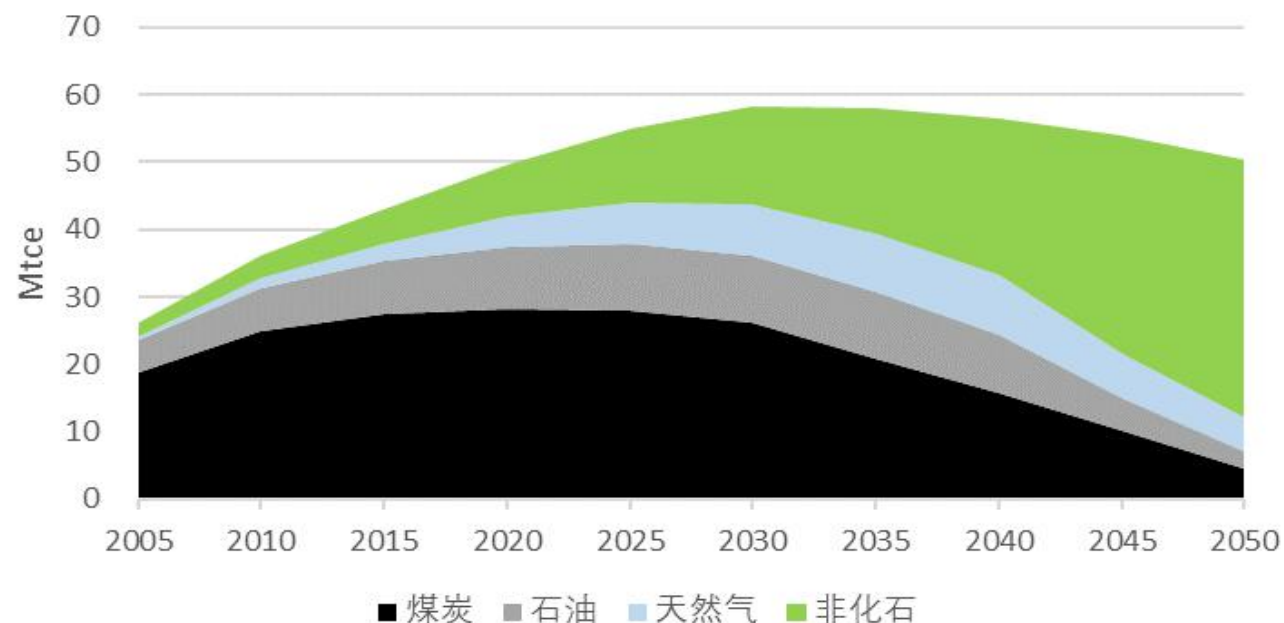
## 4. 中国长期低碳发展目标和路径选择

- 按当前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CO<sub>2</sub>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。



## 5. 2°C 目标导向下长期低碳转型路径分析 (1)

### □ 长期低碳发展路径的一次能源消费与构成

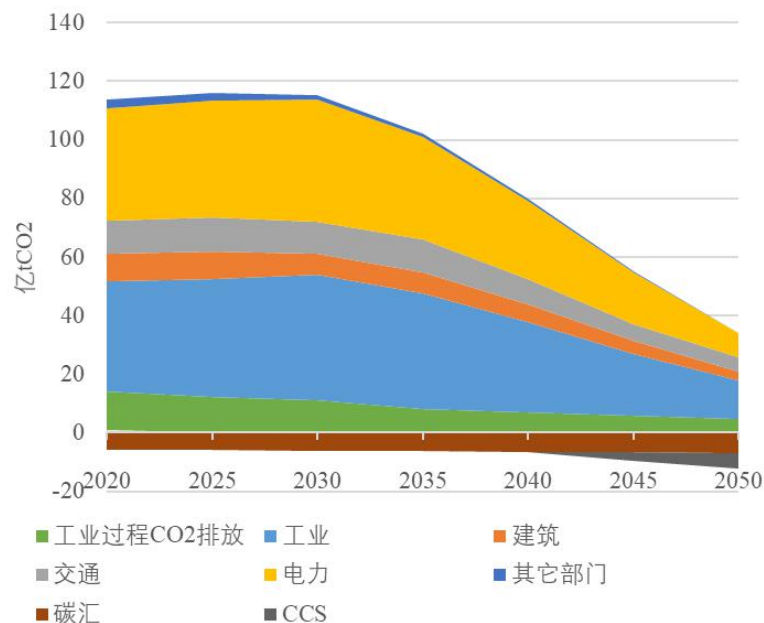


- 一次能源消费2030年后进入峰值平台期开始下降，2050年下降到52亿tce左右，2050年煤炭比重下降到10%以下，非化石能源占比达70%以上，非化石电力占总电量约90%。电力占终端能源总消费55%以上。



## 5. 2°C 目标导向下长期低碳转型路径分析 (2)

### □ 2°C 目标导向下全部CO<sub>2</sub>净排放



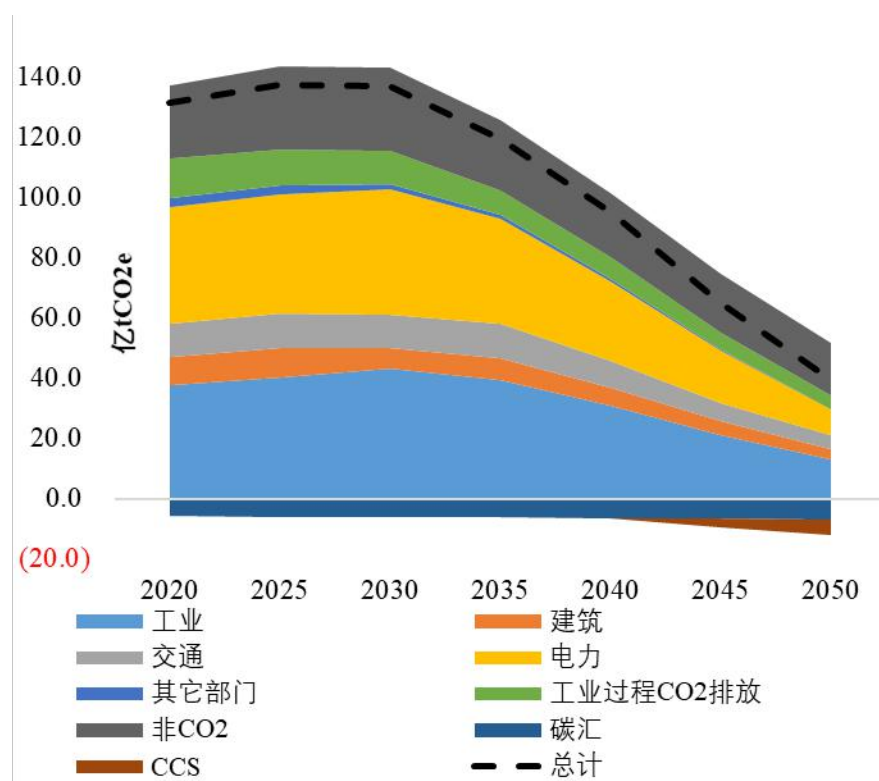
2°C 目标导向下全部二氧化碳排放及构成 (亿吨)

	2020	2030	2050
能源消费二氧化碳排放	100.3	104.6	29.2
工业生产过程二氧化碳排放	13.2	9.4	4.7
CCS/BECCS埋存量	0.0	0.0	-5.1
碳汇量	-5.8	-6.1	-7.0
二氧化碳净排放量	107.7	107.9	21.8

- 到2050年，能源相关CO<sub>2</sub>排放29.2亿吨，工业过程4.7亿吨，CCS 5.1亿吨，碳汇7.0亿吨，CO<sub>2</sub>净排放21.8亿吨，比峰值年份下降80%。
- 能源相关CO<sub>2</sub>排放当前主要来自工业部门和电力部门，约各占40%。到2050年，不计CCS和碳汇，仍分别占41%和28%。

## 5. 2°C 目标导向下长期低碳转型路径分析 (3)

### □ 2°C 目标导向下全部温室气体净排放



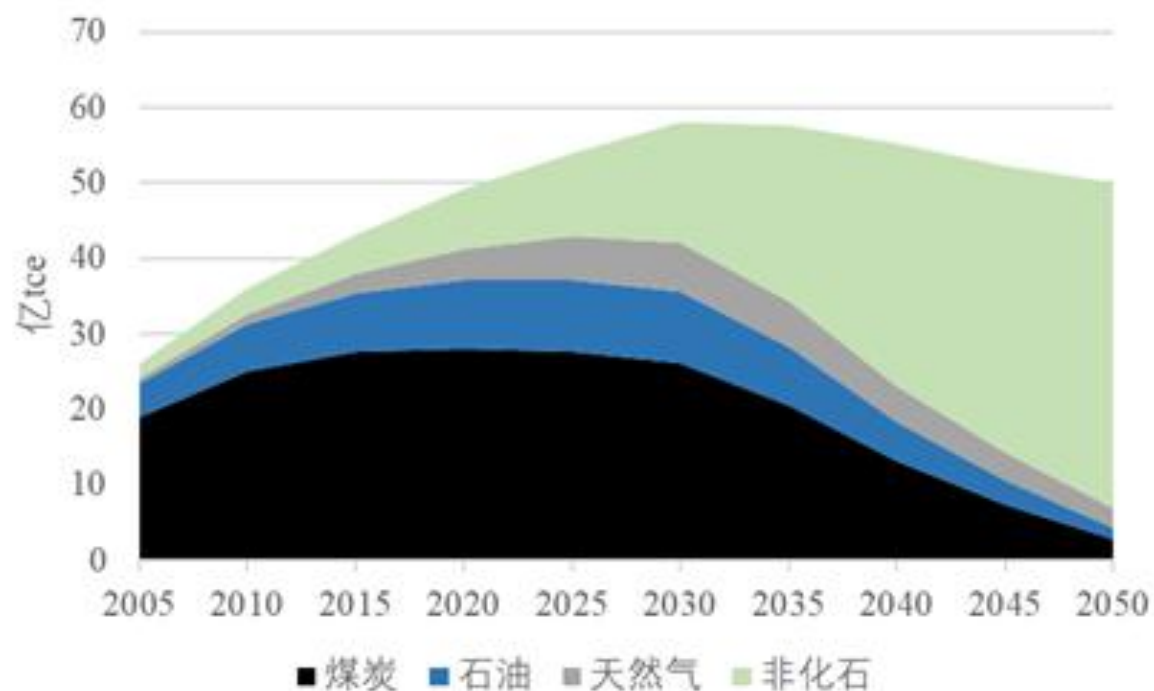
2°C 目标导向下全部温室气体排放（单位：亿吨CO<sub>2</sub>e）

	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

- 2050年非CO<sub>2</sub>其他GHG排放仍达17.8亿tCO<sub>2</sub>e，不计碳汇，占全部GHG排放38.4%。全部GHG净排放39.4亿tCO<sub>2</sub>e，全部GHG比峰值年份降低70%。

## 6. 1.5°C 目标导向下长期低碳转型路径分析 (1)

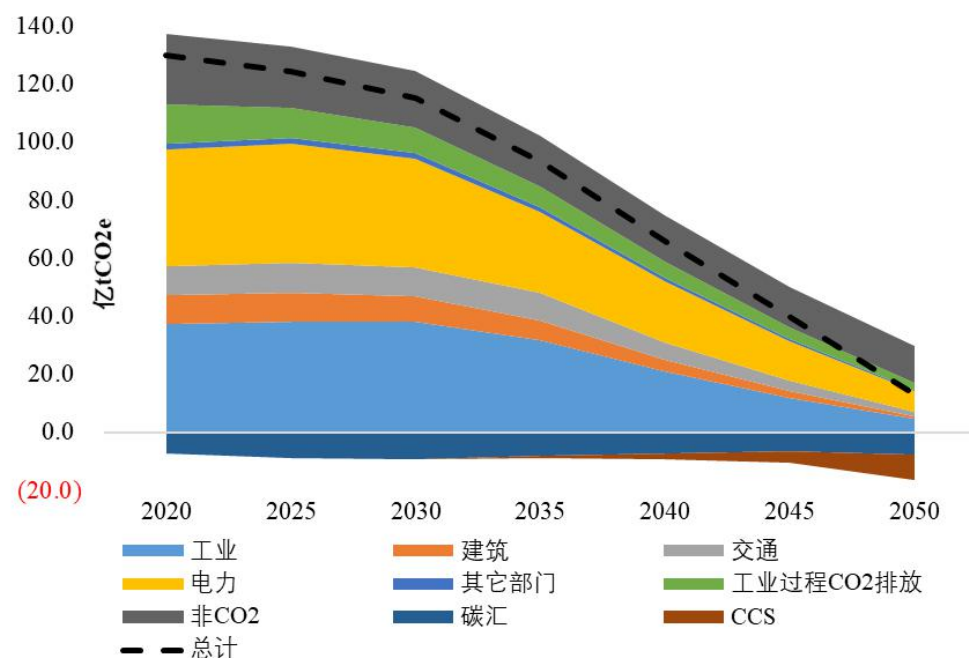
### □ 1.5°C 目标导向下二氧化碳净零排放情景的一次能源消费与构成



- 到2050年，能源总需求50亿tce，非化石能源占比超过85%，非化石电力在总电量中比例超过90%，煤炭比例将在5%以下。

## 6. 1.5°C 目标导向下长期低碳转型路径分析 (2)

### □ 1.5°C 目标导向下全部温室气体排放及构成 (亿tCO<sub>2</sub>e )



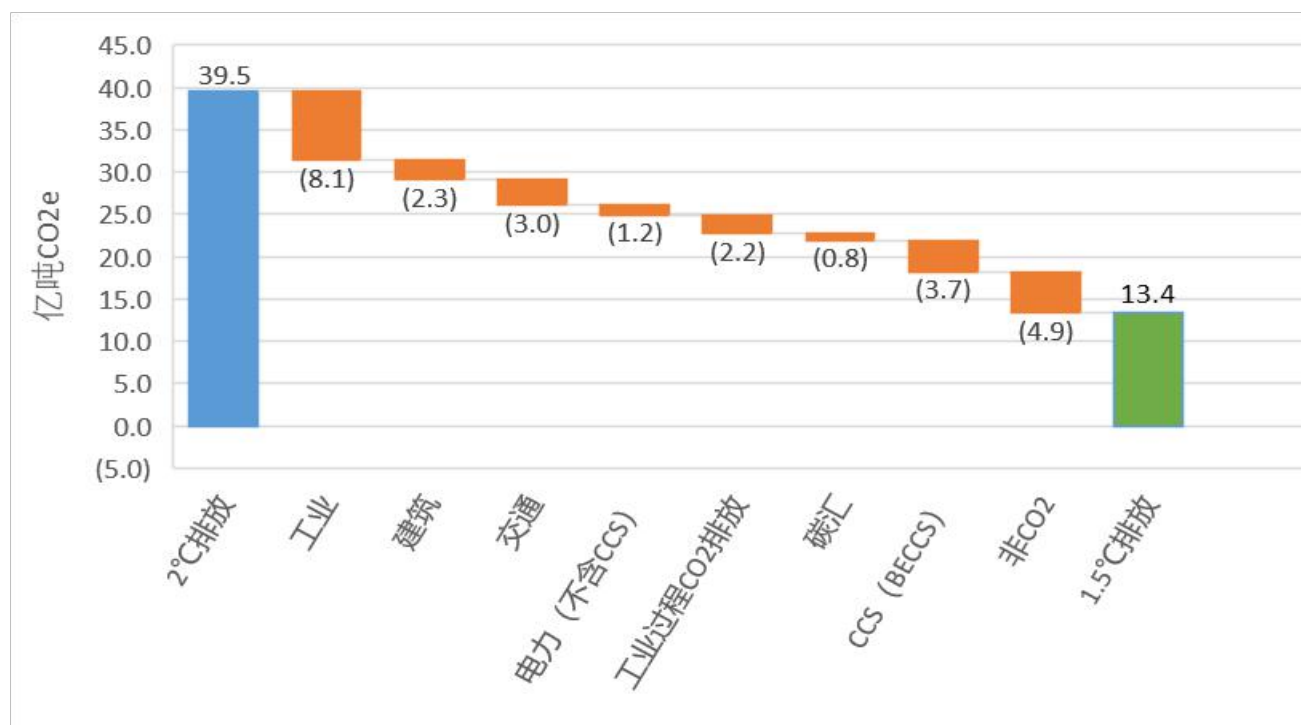
	2020	2030	2050
能源消费二氧化碳排放	100.3	104.5	14.7
工业过程二氧化碳排放	13.2	8.8	2.5
非二氧化碳温室气体排放	24.4	26.5	12.7
农林业增汇	-7.2	-9.1	-7.8
CCS+BECCS	0.0	-0.3	-8.8
净排放	130.7	130.4	13.3

□ 2050年全部CO<sub>2</sub>实现净零排放，电力系统实现负排放。全部温室气体比峰值减排90%。非CO<sub>2</sub>其他GHG排放仍超过10亿tCO<sub>2</sub>e。

□ 到2050年，不计CCS和碳汇，能源相关CO<sub>2</sub>排放仍有14.7亿吨，工业和电力各占31%和49%。

## 7. 长期低碳转型路径比较评价 (1)

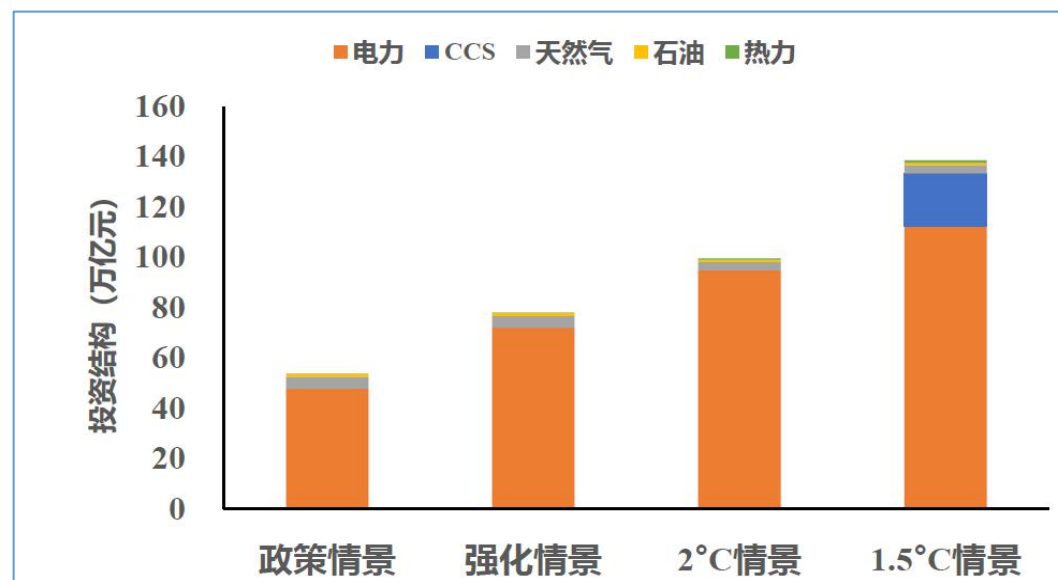
- 2050年2°C目标导向情景向1.5°C目标导向情景转型下各部门对全部温室气体减排的贡献



- 由2°C目标导向路径向1.5°C目标导向路径转变，各部门都要强化转型力度，特别是工业部门中难减排行业要进一步深度减排。加大CCS和碳汇量等负排放技术也将发挥重要作用。

## 7. 长期低碳转型路径比较评价 (2)

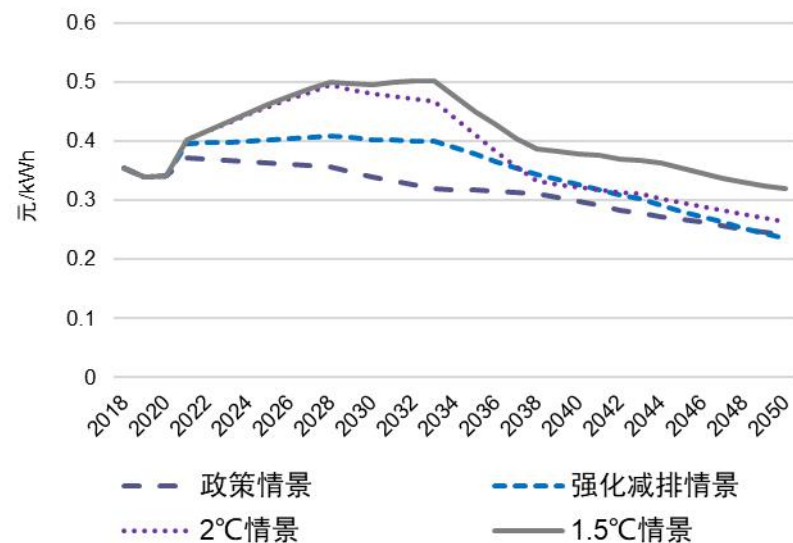
### □ 不同情景下2020—2050年能源基础设施投资



- 实现2°C目标导向转型路径，2020—2050年能源系统需新增投资约100万亿元，约占每年GDP的1.5—2.0%。实现1.5°C目标导向转型路径，需新增投资约138亿元，超过每年GDP的2.5%。
- 欧盟《欧洲绿色新政》2030年实现减排50—55%目标，每年需投入2600亿欧元，占2018年GDP的1.5%。
- 能源系统转型将带来新经济增长点和新就业机会，可再生能源产业单位产能就业人数是传统能源产业的1.5~3.0倍。

## 7. 长期低碳转型路径比较评价 (3)

### □ 电力和能源供应成本分析



全社会能源总成本 (万亿元)

	2020	2030	2050
政策情景	9.5	12.2	12.3
强化政策情景	9.5	12.8	10.1
2°C情景	9.5	13.4	9.1
1.5°C情景	9.5	12.9	8.8

- 电力系统随可再生能源发电成本下降和智能电网发展，长期供电成本呈下降趋势，但在近期适应大比例可再生能源上网电力系统转型过程中，成本会有所上升。
- 全社会能源总成本在近期能源系统转型过程中会呈增加趋势，长期随新型能源体系的建立和能源总需求量下降，总能源成本呈下降趋势。

## 8. 政策建议——强化“十四五”规划中应对气候变化指标和措施 (1)

- “十四五”规划将受到世界广泛关注，被认为是疫情后全球经济复苏的风向标。
  - 中国抗击疫情成功，经济复苏全球起带头作用。
  - 普遍关注中国经济刺激的资金投向和政策导向。期待中国在坚持“绿色复苏，低碳转型”方面发挥引领性作用。
- “十四五”确立积极的节能降碳指标。
  - GDP能源强度下降不低于14%，非化石能源比重达20%左右，GDP的CO<sub>2</sub>强度下降19~20%，能源消费总量控制在55亿tce以内，CO<sub>2</sub>排放总量低于105亿吨。
- 重点城市和高能耗强度行业CO<sub>2</sub>排放率先达峰，制定十年达峰计划。
- 严格控制煤电产能和煤炭消费总量反弹，力争“十四五”实现煤炭消费达峰甚至负增长。
- 完善全国碳市场建设，扩大覆盖行业。
- 控制CH<sub>4</sub>等非CO<sub>2</sub>其他GHG排放，建立MRV体系。



## 8. 政策建议——强化“十四五”规划中应对气候变化指标和措施 (2)

### □ “十四五”节能减碳指标测算及与“十三五”比较

	“十三五”		“十四五”
	规划指标	预期实现	建议规划指标
GDP能源强度下降 (%)	15	14.3	14
期末非化石能源比重 (%)	15	16.0	20
GDP的CO <sub>2</sub> 强度下降幅度 (%)	18	19.5	19
期末能源消费总量 (亿tce)	低于50	49.4	不高于55
期末CO <sub>2</sub> 排放量 (亿tCO <sub>2</sub> )		103.3	低于105

## 9. 政策建议——强化和更新2030年自主贡献目标 (1)

- 《巴黎协定》要求各缔约方2020年提交落实和更新NDC目标报告，全球已有114个国家宣布将更新自身NDC目标。
- 我国应积极强化和更新NDC目标，且具有潜力和可能。
- 2030年单位GDP的CO<sub>2</sub>强度可比2005年下降大于65%。
  - 已提前完成2020年比2005年下降40~45%的自主减排目标。
- 非化石能源比重可达25%左右。
  - 可再生能源成本具有竞争力，可持续“十三五”年均7%左右增长水平。
- CO<sub>2</sub>排放量争取在2030年前达峰。
  - 2025年后可进入峰值平台期，峰值排放量可控制在105亿吨以内。
- 森林蓄积量2030年比2005年增加55~60亿m<sup>3</sup>。

## 9. 政策建议——强化和更新2030年自主贡献目标 (2)

### □ 落实和强化2030年国家自主贡献目标能源消费与CO<sub>2</sub>排放情景分析

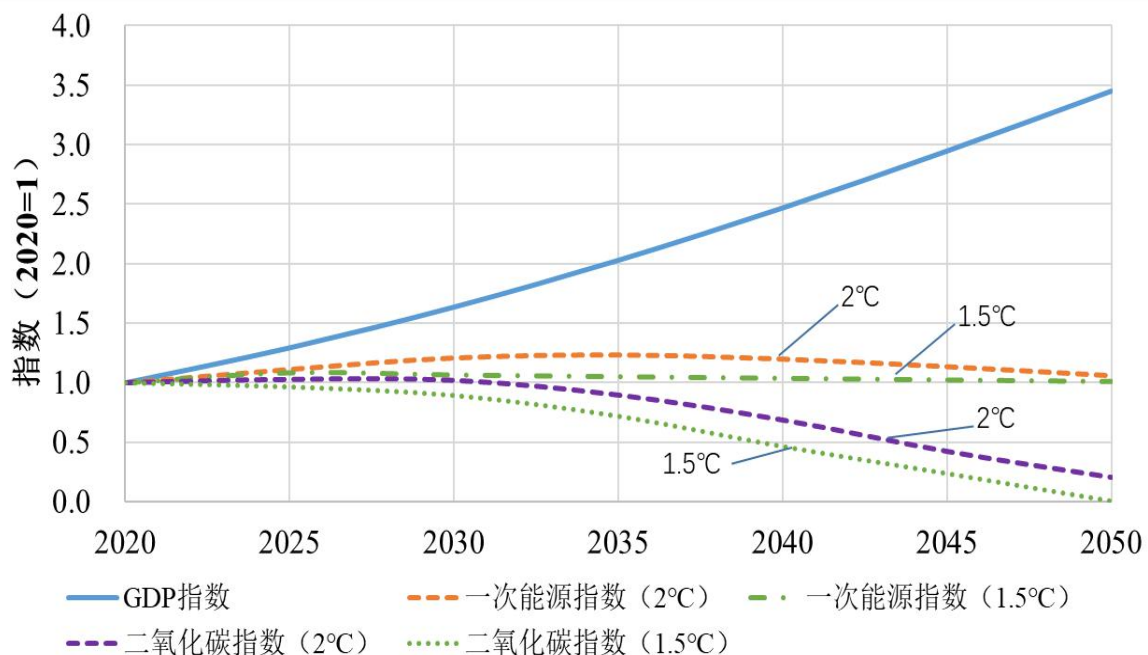
		2005	2010	2015	2020	2025	2030
GDP年增长率 (%)			11.3	7.9	5.9	5.3	4.8
5年GDP能源强度下降幅度 (%)			19.1	18.5	14.3	14.0	14.0
能源消费量 (亿tce)		26.1	36.1	43.4	49.4	55.0	59.8
能源 消费 结构	煤炭 (%)	72.4	69.2	63.7	57.0	51.0	45.0
	石油 (%)	17.8	17.4	18.3	18.5	18.0	17.0
	天然气 (%)	2.4	4	5.9	8.5	11.0	13.0
	非化石 (%)	7.4	9.4	12.1	16.0	20.0	25.0
单位能耗CO <sub>2</sub> 强度 (kgCO <sub>2</sub> /kg ce)		2.32	2.25	2.16	2.03	1.90	1.75
CO <sub>2</sub> 排放量 (亿t CO <sub>2</sub> )		60.6	81.3	93.7	100.3	104.5	104.6
GDP的CO <sub>2</sub> 强度5年下降幅度 (%)			21.5	21.2	19.7	19.4	20.6
比2005年下降幅度 (%)					50.3	60.0	68.2

## 9. 政策建议——确立2050年长期低碳发展目标 and 战略 (1)

□ 实现两个目标：社会主义现代化强国建设目标；全球控制温升不超过2°C 并努力低于1.5°C 目标。

- 2050年，GDP约达2020年3.5倍，能源消费2035年左右达峰后开始下降，CO<sub>2</sub>排放2030年前达峰，2050年CO<sub>2</sub>趋于近零排放或净零排放。
- 把实现与全球长期减排目标相契合的低碳发展目标、战略和路径作为新时代社会主义现代化建设总体目标和战略的重要组成部分。

GDP、一次能源消费和二氧化碳排放指数 (2020=1)



## 9. 政策建议——确立2050年长期低碳发展目标 and 战略 (2)

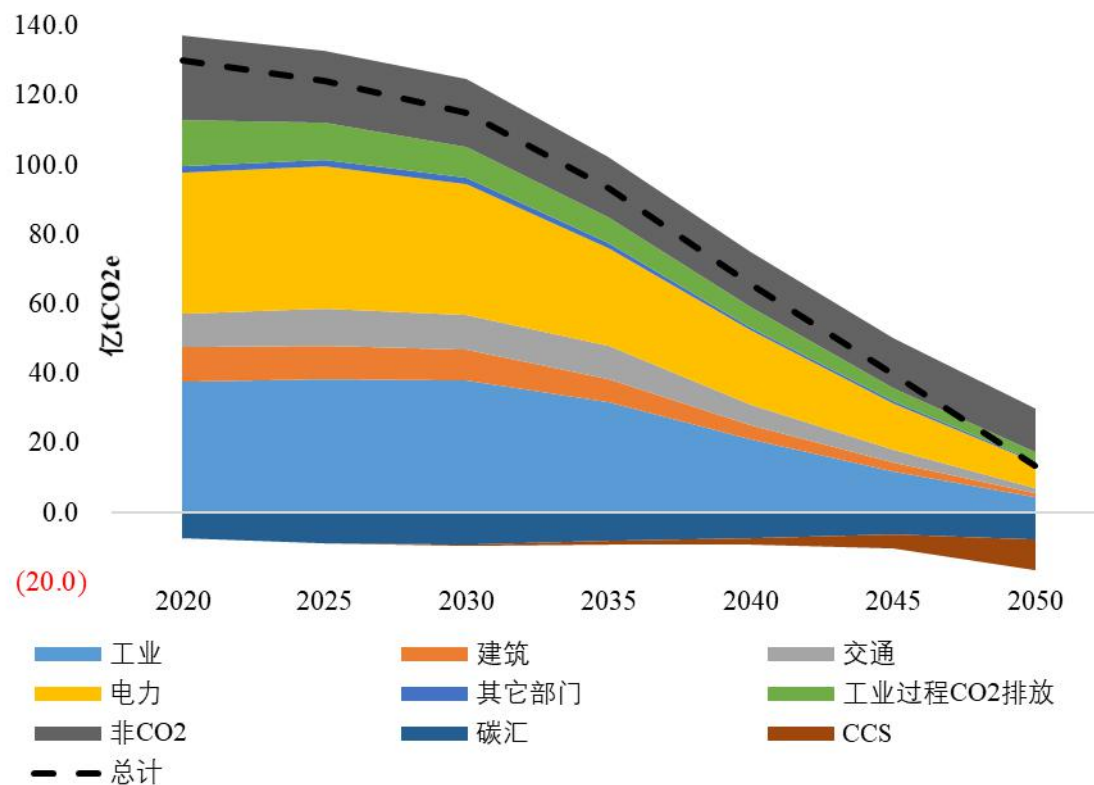
- 指导思想和原则：
  - 习近平新时代中国特色社会主义思想
  - 全球生态文明思想和构建人类命运共同体理念
  - 坚持《公约》和《巴黎协定》原则，做出与我国不断上升的综合国力和国际影响力相一致的贡献，主动承担国际责任。
- 全面统筹和协同治理：
  - 经济、社会、资源、环境和应对气候变化协同治理。
  - 统筹国内、国际两个大局；统筹近期和长远（两个阶段）。
- 推动经济、社会现代化和提升国际竞争力：
  - 经济现代化：数字化和脱碳化，资源节约高效。
  - 科技竞争力：先进能源技术，智能化与脱碳化技术融合。
  - 国际规则演变：国际碳价机制、碳边境调节措施、国际低碳标准和行业规则。

## 9. 政策建议——确立2050年长期低碳发展目标 and 战略 (3)

□ 中国到2060年实现碳中和，实际上就是要努力实现以1.5°C目标为导向的长期深度脱碳转型路径。

- 2050年CO<sub>2</sub>净零排放，全部温室气体减排90%，为2060年实现碳中和奠定基础。
- 2050年后进一步全方位加大减排力度，能源系统CO<sub>2</sub>实现负排放，加大非CO<sub>2</sub>温室气体减排力度，加强碳汇吸收和CDR技术，尽快实现全部温室气体净零排放。

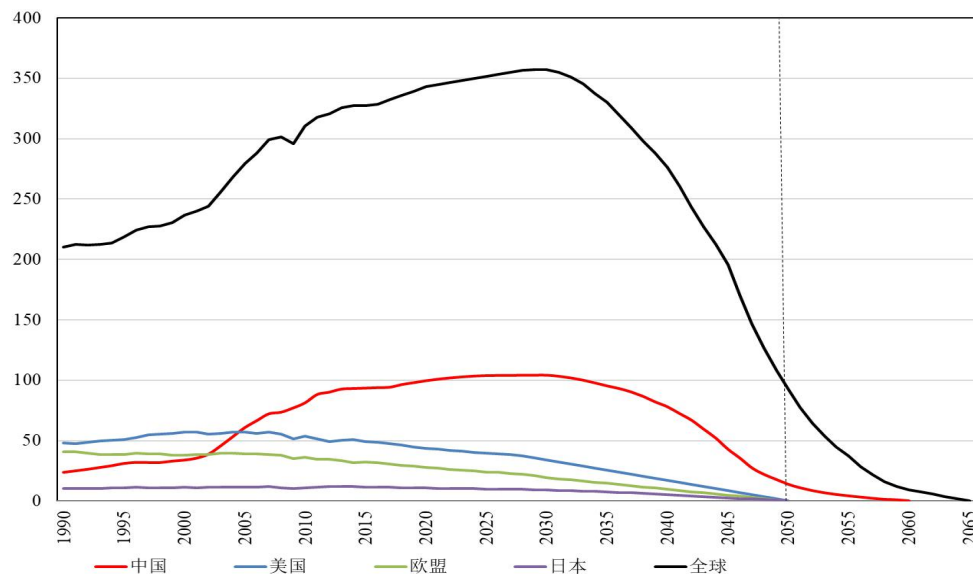
1.5°C目标导向下全部温室气体排放及构成



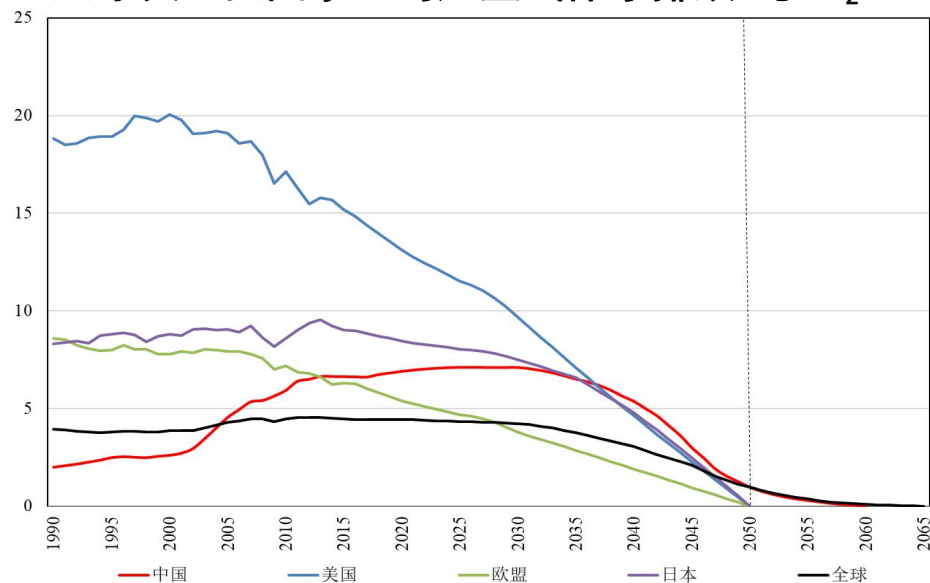
## 9. 政策咨询建议——确立2050年长期低碳发展目标 and 战略 (4)

- 实现长期碳中和目标，所有国家都要做出巨大努力，发展中国家将面临更大挑战。我国2060年实现碳中和，需比发达国家2050年碳中和付出更大努力。

全球及主要国家温室气体净排放(吨CO<sub>2</sub>e)



全球及主要国家人均温室气体净排放(吨CO<sub>2</sub>e/人)



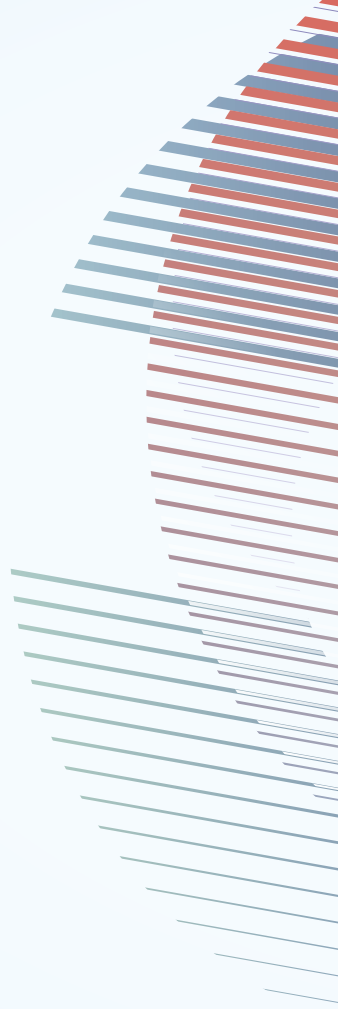
- 欧、美从碳达峰到碳中和，有50~70年过渡期，中国只有30年，2030年后中国年减排率平均达8~10%，将远超发达国家减排的速度和力度。

## 10. 积极应对疫情后全球气候治理新形势

---

- 疫情后实现“绿色经济复苏”越来越成为广泛共识。
  - 古特雷斯：气候变化是全球更深层次的紧迫危机，应对气候变化应处于经济复苏举措的中心位置。
- 疫情后美国力图领导世界经济秩序和治理结构变革，打压和孤立中国的战略意图十分明显。应对气候变化领域是大国必争的人类道义制高点，将成为大国竞争博弈重要领域。
- 全面均衡有效落实《巴黎协定》，维护《公约》原则和我国发展中国家战略地位。
  - 促进COP26通过《巴黎协定》第6条市场机制条款。
  - 应对欧美“碳边境调节机制”。
- 加强绿色“一带一路”建设与南南气候合作。





扫码关注公众号

[iccsd.tsinghua.edu.cn](http://iccsd.tsinghua.edu.cn)