

中国长期低碳发展战略研究



清华大学

何建坤

2020. 10. 30

1. 以习近平生态文明思想与我国中长期低碳排放目标为指导，深入研究我国长期低碳发展战略和转型路径

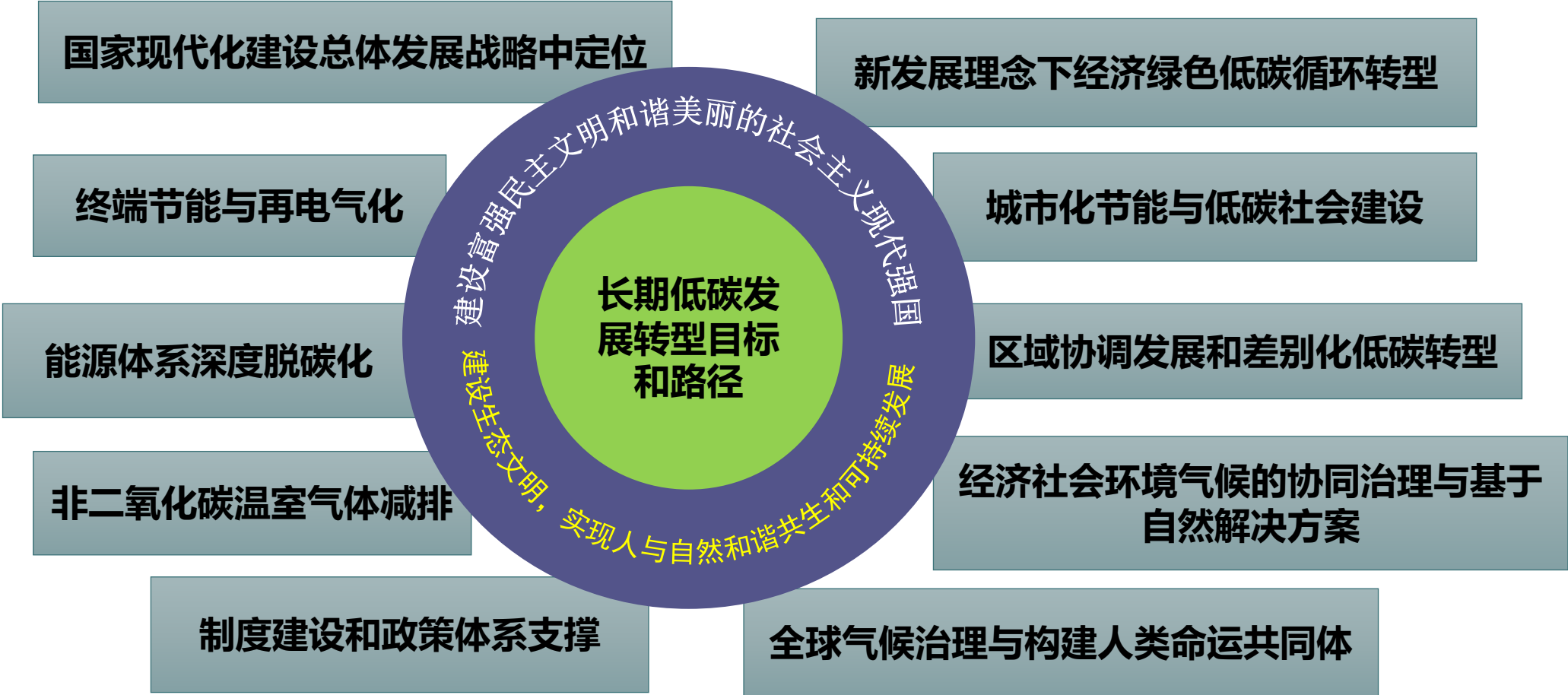
- 习近平主席提出的“力争2030年前CO₂排放达峰，努力争取2060年前实现碳中和”的战略目标，对国内疫情后加速绿色低碳转型和长期低碳战略的实施，以及推进全球气候治理进程都将发挥重要指引作用。
 - 对内推进目标导向下紧迫的低碳转型，成为新时代社会主义现代化建设的重要目标和生态文明建设的核心内容。
 - 国际上提振各方应对气候变化信心和行动意愿，引领全球经济技术变革潮流，体现为全人类共同事业的大国责任担当。
 - 确立有雄心、有力度的二氧化碳排放达峰和碳中和目标，并落实政策和行动，是我国统筹国内国际两个大局的战略选择。
- 2018年底到2020年6月，清华大学气候变化与可持续发展研究院组织国内十几家主流研究单位开展了2050年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。当前新形势下还需要进一步研究2060年前实现碳中和的情景分析和路径选择。

2. 长期低碳发展战略是一个综合性发展战略，实现碳中和是一个重要的目标导向 (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和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. 长期低碳发展战略是一个综合性发展战略，实现碳中和是一个重要的目标导向 (2)



实现长期低碳排放转型的战略架构

2. 长期低碳发展战略是一个综合性发展战略，实现碳中和是一个重要的目标导向 (3)

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°C 并努力控制 1.5°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_2 减排的目标导向将占越来越重要地位。

2. 长期低碳发展战略是一个综合性发展战略，实现碳中和是一个重要的目标导向 (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，以碳中和目标为导向，构建与全球控制温升目标相一致的减排情景。

2. 长期低碳发展战略是一个综合性发展战略，实现碳中和是一个重要的目标导向 (5)

- 确立长期低碳发展战略与目标的指导思想和原则：
 - 坚持以习近平生态文明思想为指导，人与自然和谐共生和可持续发展
 - 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。

3. 中国长期低碳转型目标和路径选择 (1)

四种情景构想：

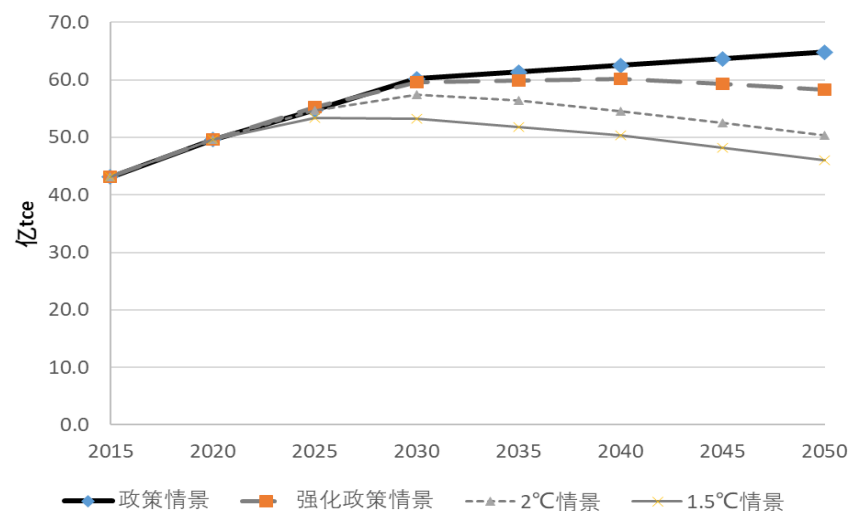
- **政策情景**，落实并延续2030年NDC目标的政策情景；
- **强化减排情景**，“自下而上”强化2030年前NDC情景，不断加大减排力度。
- **2C°情景**，2050年实现与2C°目标相契合的减排情景，人均CO₂排放不超过1.5t。
- **1.5C°情景**，2050年实现CO₂净零碳排放，其他温室气体深度减排。
- 中国提出2060年前实现碳中和，实际上就是要努力实现1.5C°目标导向下的减排路径。

后两种情景更加突出长期目标导向下“倒逼”的减排路径

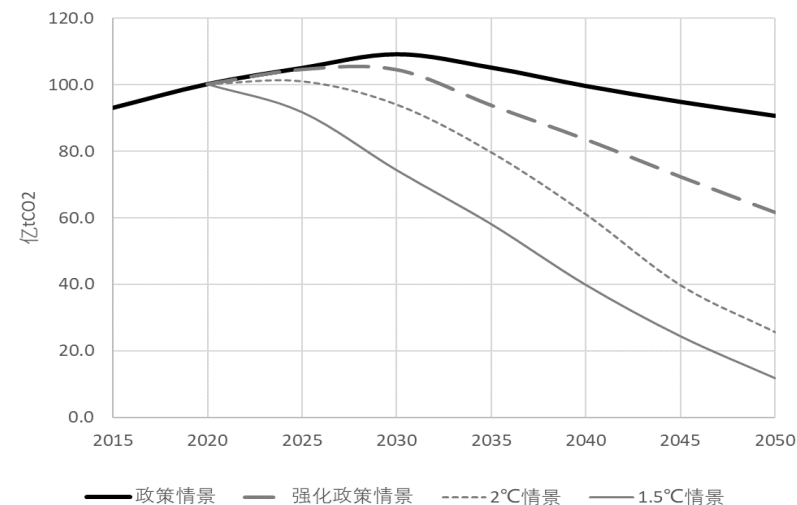
。

3. 中国长期低碳转型目标和路径选择 (2)

□ 2050年能源需求的情景分析



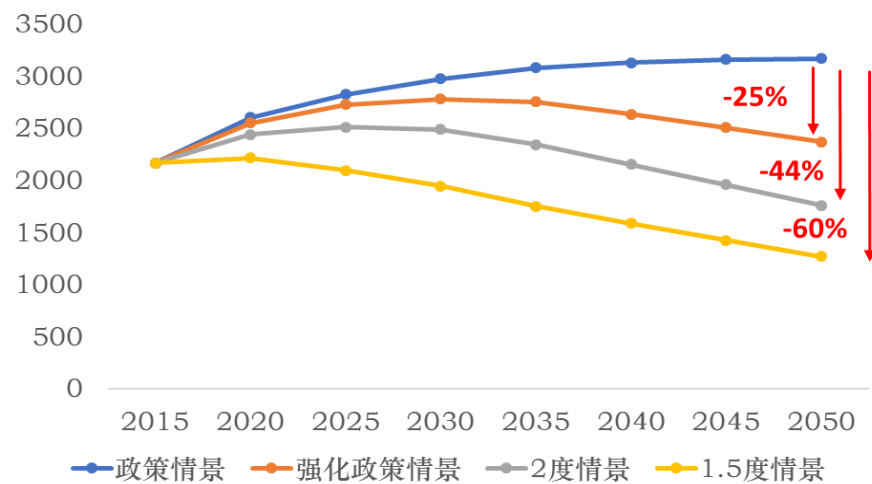
□ 2050年CO₂ 排放情景分析



- **政策情景**：一次能源消费到2050年前趋于稳定，约62亿tce，CO₂排放约90亿吨；
- **强化政策情景**：一次能源总消费2050年约56亿tce，CO₂排放约62亿吨；
- **2°C情景**：一次能源消费2050年约52亿tce，能源消费CO₂排放约29亿吨，考虑工业过程排放和CCS及农林业碳汇吸收，CO₂净排放约20亿吨；
- **1.5°C情景**：一次能源消费2050年约50亿tce，能源消费CO₂排放约14亿吨，再考虑工业过程排放和CCS及农林业碳汇吸收，基本实现CO₂净零排放。

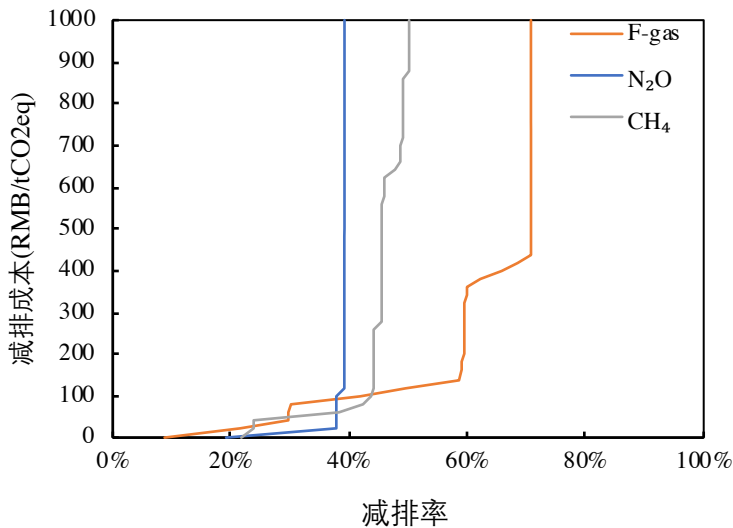
3. 中国长期低碳转型目标和路径选择 (3)

不同情景下非二氧化碳温室气体排放



	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

非二氧化碳减排边际成本曲线 (2050)

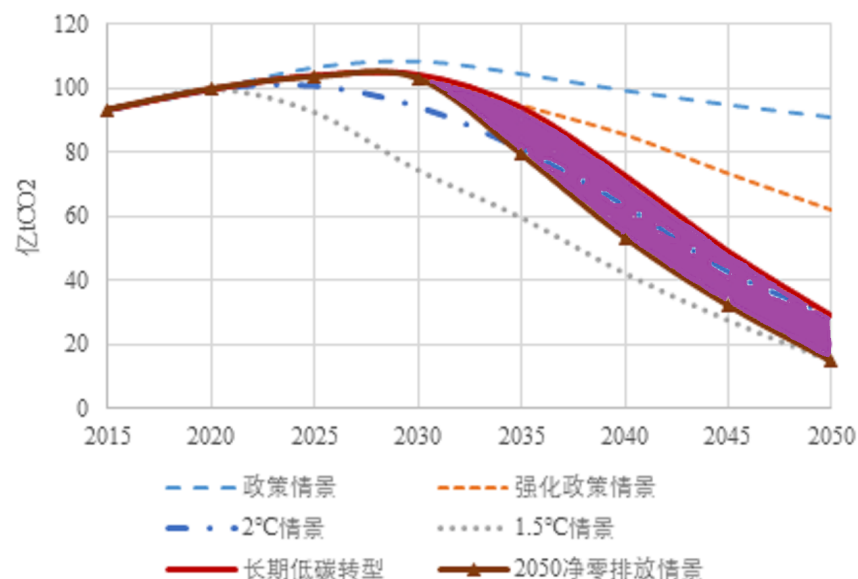


非二氧化碳温室气体减排初期成本较低，但深度减排尚缺乏有效技术支撑，成本将呈陡峭上升趋势，成为实现碳中和目标的难点。

3. 中国长期低碳转型目标和路径选择 (4)

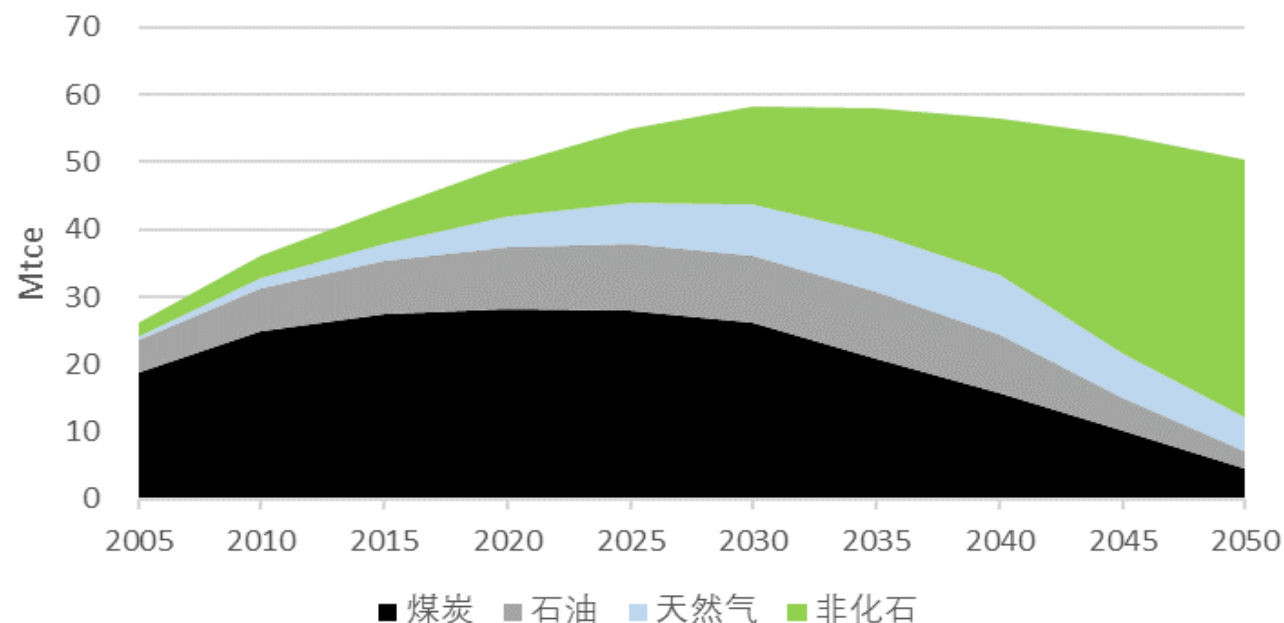
- 按当前趋势及强化政策构想，2050年不能实现与全球2C°温升控制目标相契合的减排路径。
- 当前由于能源和经济体系惯性，难以迅速实现2C°和1.5C°情景的减排路径。
- 我国长期低碳排放路径选择——从强化政策情景向2C°情景和1.5C°目标情景的过渡。
- 力争2030年前CO₂排放达峰，其后加速向2C°目标和1.5C°目标减排路径过渡。

能源消费二氧化碳减排路径
(不含CCS和碳汇)



4. 2°C目标导向下长期低碳转型路径分析 (1)

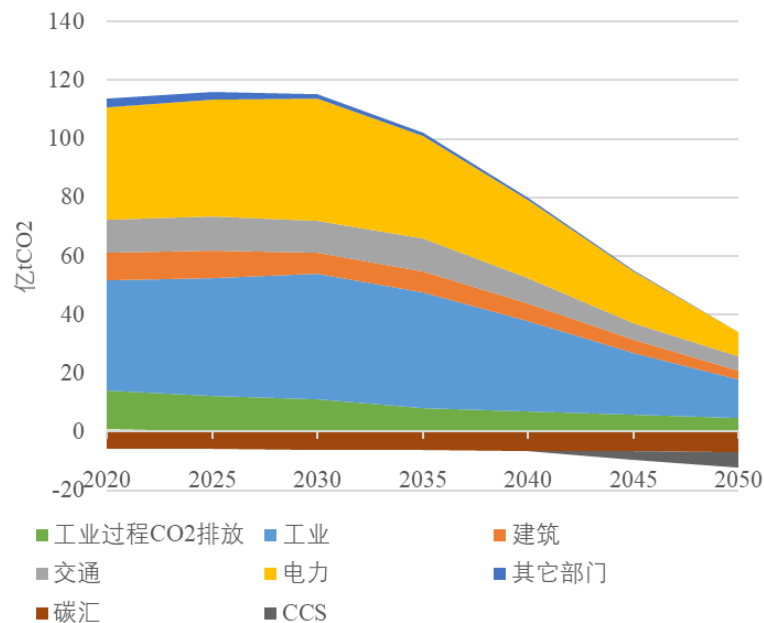
□ 2C°目标下长期低碳发展路径的一次能源消费与构成



- 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比例由当前约32%提升到约90%。
- 一次能源用于发电比重当前约45%，2030年超50%，2050年约达75%。电力占终端能源总消费比重由目前约25%提升到约55%。

4. 2°C目标导向下长期低碳转型路径分析 (2)

2C°目标导向下全部CO₂净排放



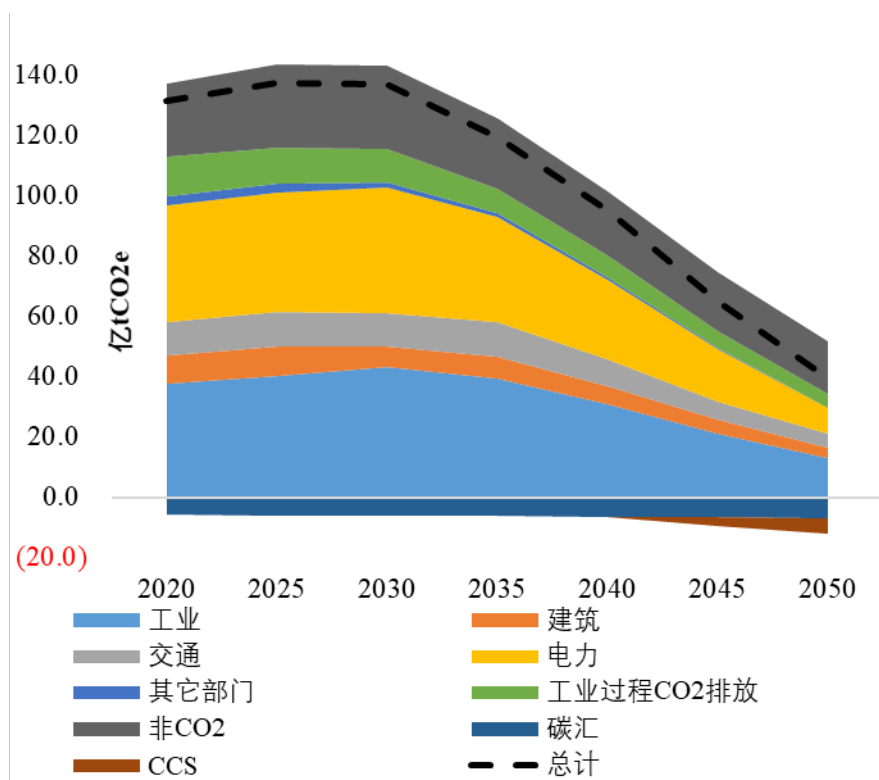
2C°目标导向下全部二氧化碳排放及构成（亿吨）

	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CO₂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，CO₂净排放21.8亿吨，比峰值年份下降80%。
- 当前能源相关CO₂排放主要来自工业部门和电力部门，各占约40%。到2050年，不计CCS和碳汇，仍分别占41%和28%。

4. 2°C目标导向下长期低碳转型路径分析 (3)

2C°目标导向下全部温室气体净排放



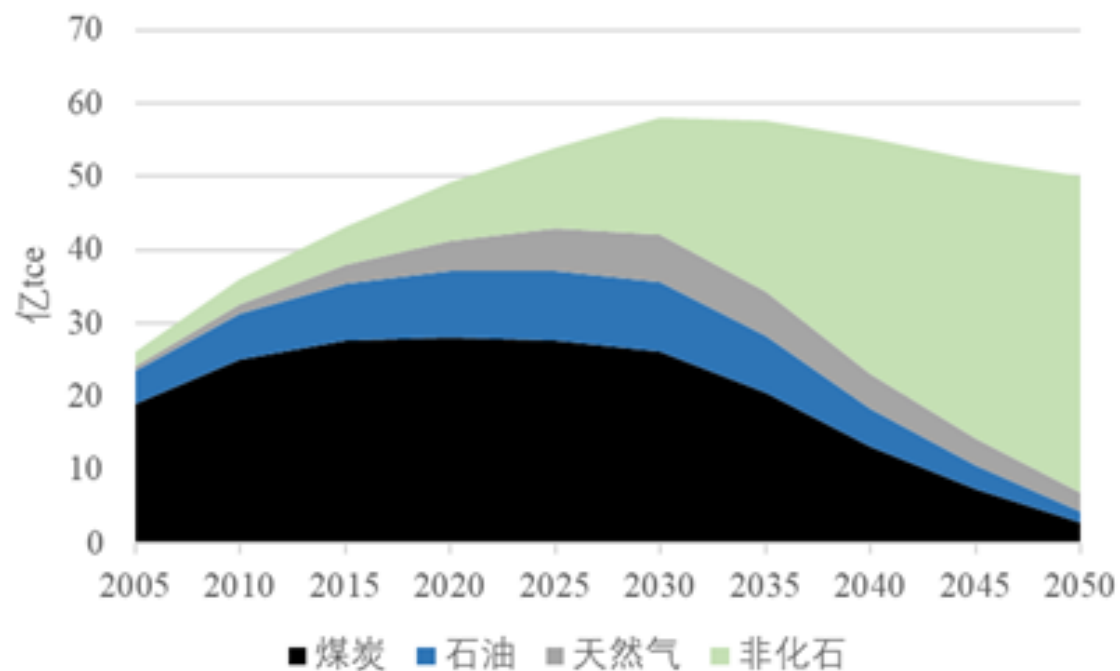
2C°目标导向下全部温室气体排放（单位：亿吨CO₂e）

	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CO₂其他GHG排放仍达17.8亿tCO₂e，不计碳汇，占全部GHG排放38.4%。全部GHG净排放39.4亿tCO₂e，全部GHG比峰值年份降低70%。

5. 1.5°C目标导向下长期低碳转型路径分析 (1)

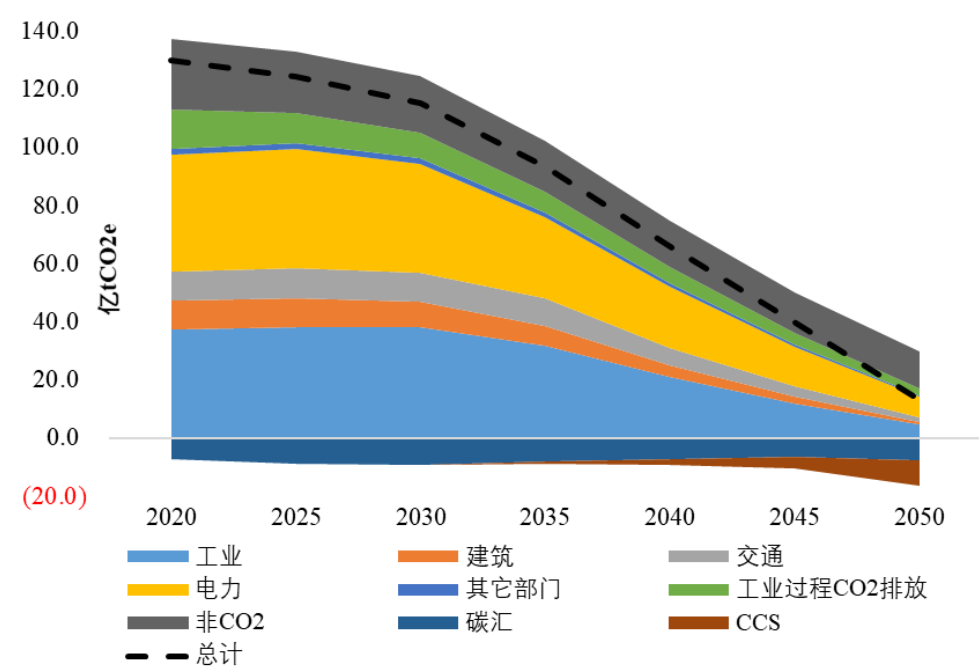
□ 1.5°C目标导向下二氧化碳净零排放情景的一次能源消费与构成



- 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。
- 终端消费部门加强以电力替代化石能源直接燃烧利用。一次能源用于发电的比重由目前45%提升到2050年约85%，电力占终端能源消费的比重由当前25%提升到约68%。

5. 1.5°C目标导向下长期低碳转型路径分析 (2)

1.5C°目标导向下全部温室气体排放及构成（亿tCO₂e）

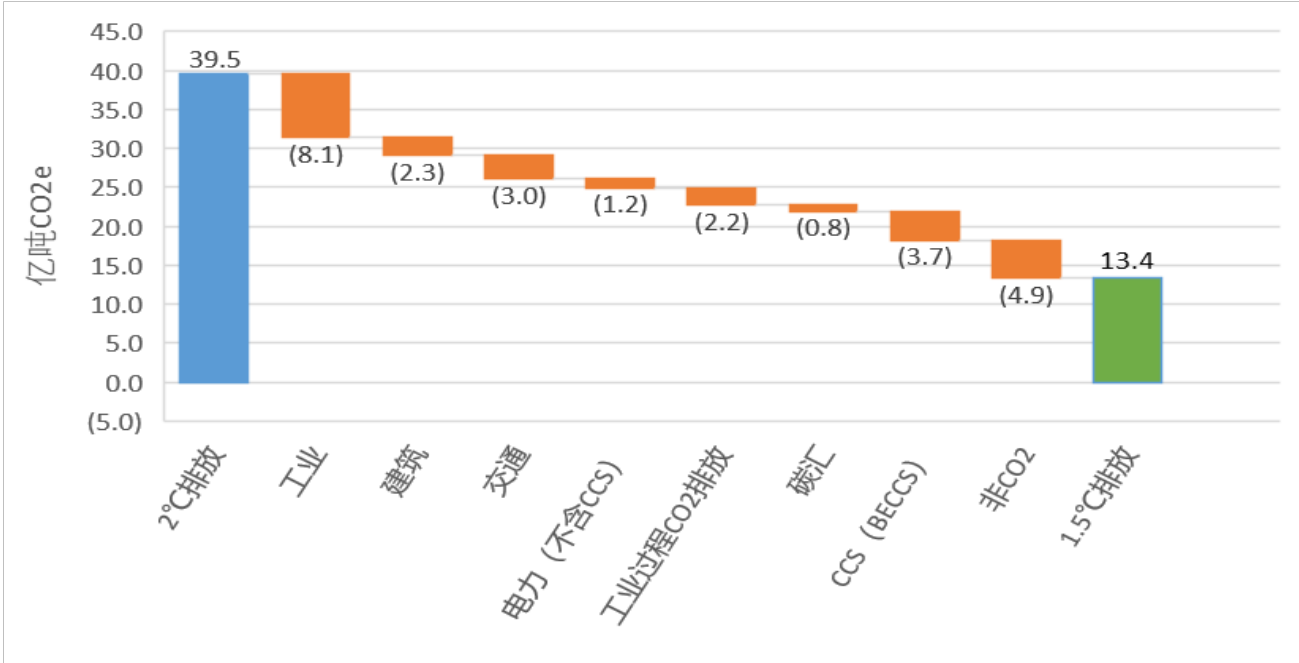


	2020	2030	2050
能源消费二氧化碳排放	100.3	104.5	14.7
工业过程二氧化碳排放	13.2	8.8	2.5
非二氧化碳温室气体排放	24.4	26.5	12.7
农林业增汇	-7.2	-9.1	-7.8
CCS+BECCS	0.0	-0.3	-8.8
净排放	130.7	130.4	13.3

- 2050年全部CO₂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CO₂其他GHG排放仍超过10亿tCO₂e。
- 到2050年，不计CCS和碳汇，能源相关CO₂排放仍有14.7亿吨，工业和电力各占31%和49%。

6. 长期低碳转型路径分析与比较评价 (1)

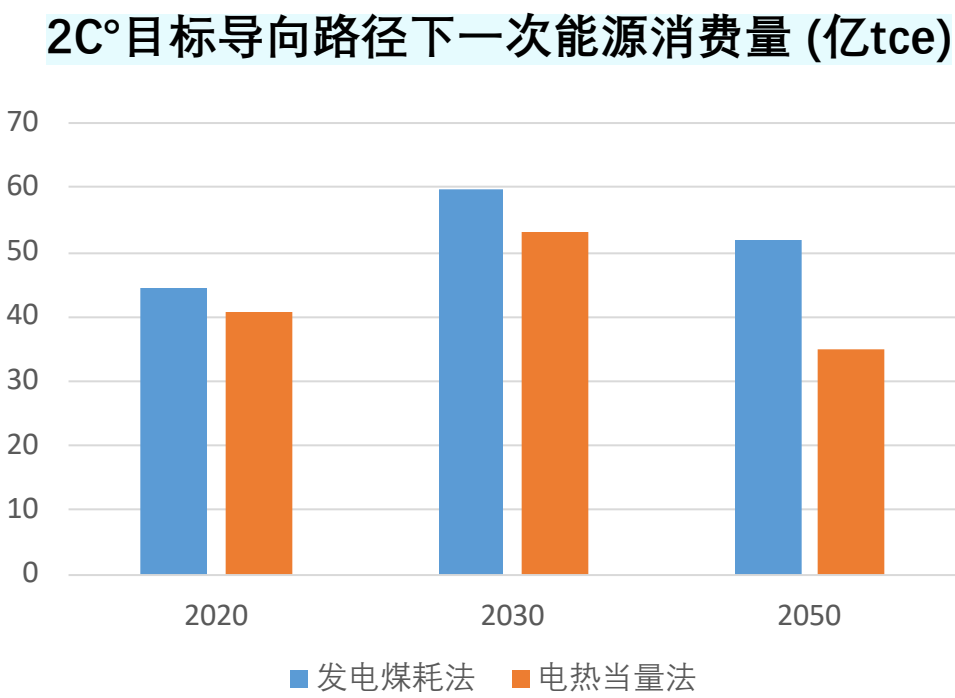
2050年2C°目标导向情景向1.5C°目标导向情景转型下各部门对全部温室气体减排的贡献



由2C°目标导向路径向1.5C°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，加强氢能在工业部门、交通部门以及电力部门应用。加大CCS和碳汇量等负排放技术也将发挥重要作用。

6. 长期低碳转型路径分析与比较评价 (2)

可再生能源电力按发电煤耗法和电热当量法折合成一次能源量的比较分析



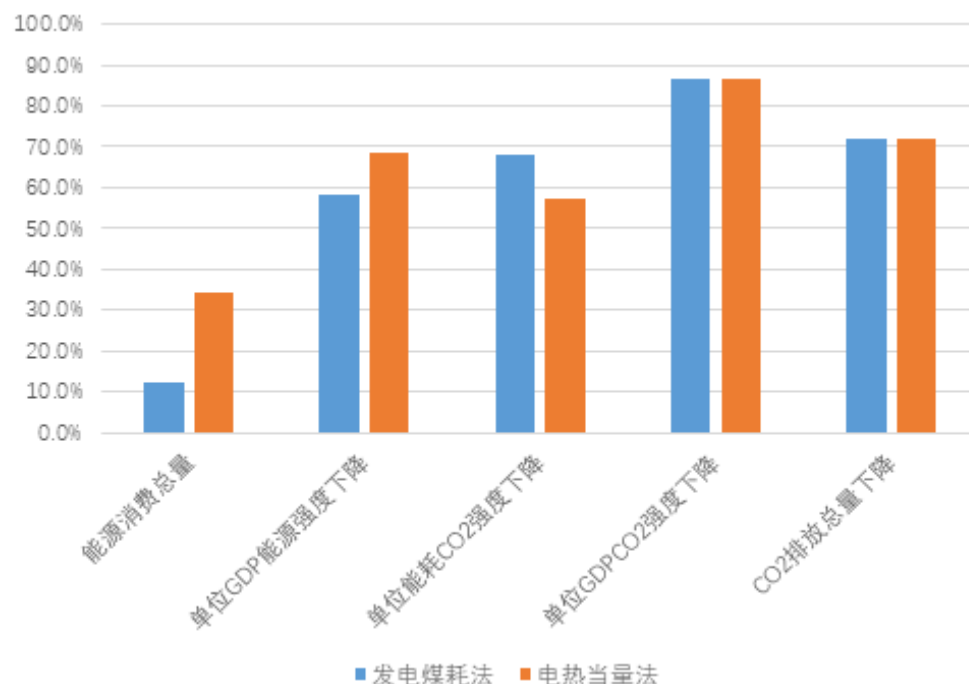
2C°目标导向路径下可再生能源电力按发电煤耗法和电热当量法折算一次能源比较

	2030		2050	
	发电煤耗法	电热当量法	发电煤耗法	电热当量法
一次能源消费 (亿tce)	59.8	53.5	52.0	35.0
非化石能源占比 (%)	25.0	16.1	73.2	60.2
单位能耗 CO ₂ 排放强度 (kgCO ₂ /kgce)	1.75	1.96	0.56	0.83
CO ₂ 排放 (亿tCO ₂)	104.6	104.6	29.3	29.3

水电、风电、太阳能发电等可再生能源电力折合一次能源的计算方法，中国传统采用发电煤耗法 (本报告亦同)，而IEA和欧洲通常使用电热当量法，在未来大比例可再生电力情况下，总能耗量计算则会有较大差别。

6. 长期低碳转型路径分析与比较评价 (3)

□ 2C°目标路径下可再生能源折合一次能源两种算法2030年到2050年各项指标变化比较



- 2C°目标导向路径下，2030到2050，能源相关CO₂排放减少75.3，年下降率6.2%，按发电煤耗法测算，能源需求下降贡献率为11.3%，能源替代贡献率为88.7%。按电热当量计算，则分别贡献33.3%和66.7%。

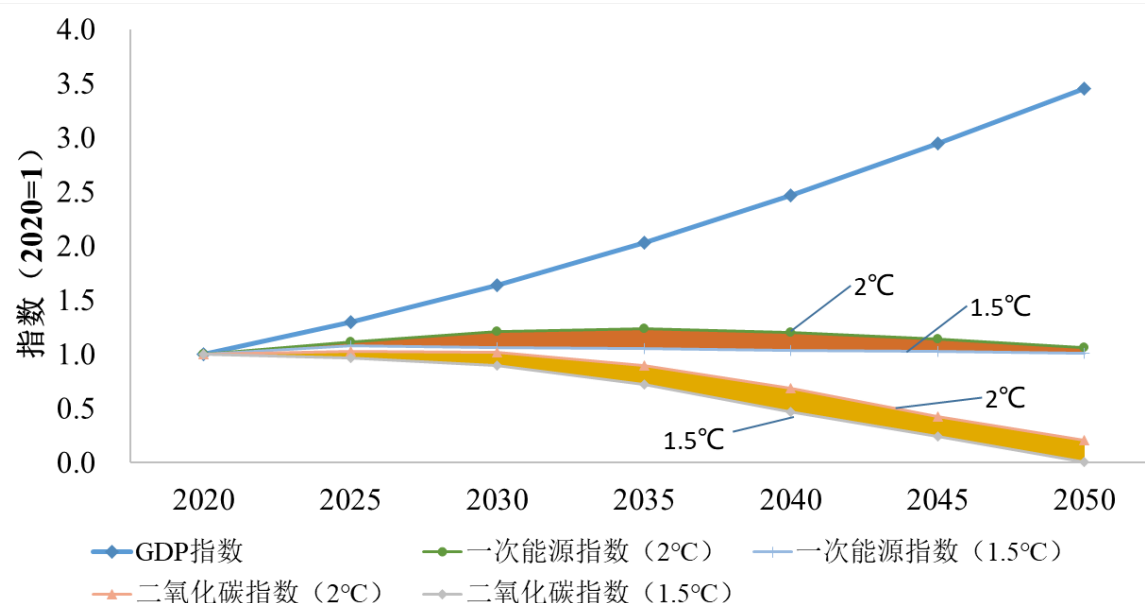
- 按发电煤耗法计算，突出能源替代的减排效果；
- 按电热当量法测算则突出节能的减排效果。

6. 长期低碳转型路径分析与比较评价 (4)

□ 2060年前实现碳中和，需要努力实现1.5C°目标为导向的低碳排放路径。

- 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，CO₂排放2030年前达峰，2050年CO₂趋于近零排放或净零排放。
- 2050年后进一步全方位加大减排力度，推进零排放或负排放技术突破，能源系统CO₂实现负排放，加大非CO₂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。

GDP、一次能源消费和二氧化碳排放指数（2020=1）



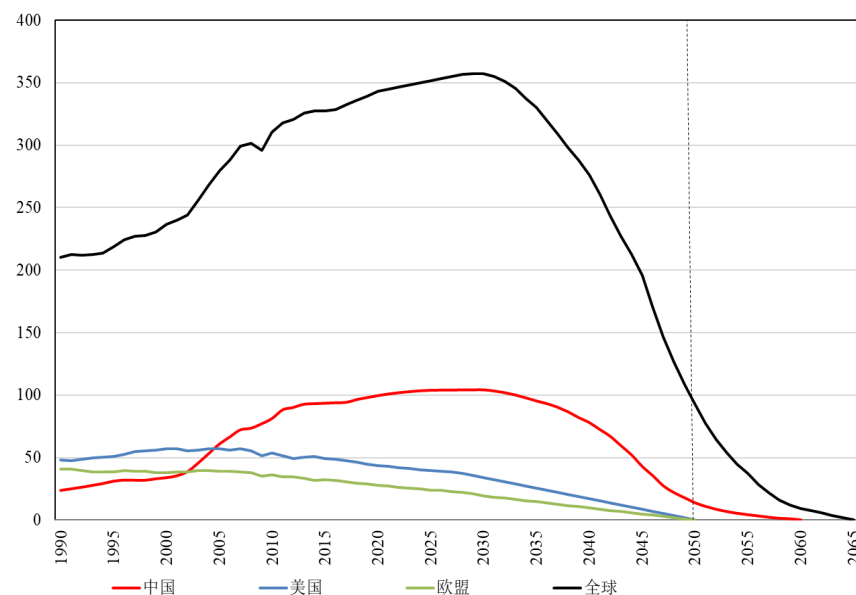
6. 长期低碳转型路径分析与比较评价 (5)

- 中国实现长期深度脱碳路径，需要发展方式根本性转变和科技创新的支撑。
 - 建立绿色低碳循环发展产业体系和社会消费方式，以数字化和电气化推进脱碳化。
 - 建立清洁低碳高效安全的能源生产和消费体系，形成以新能源和可再生能源为主体的零碳排放能源体系。
 - 推进支撑深度脱碳技术研发和产业化发展。例如：氢能、储能、智能电网、零碳炼钢、零碳化工、CCS和BECCS、CDR等。
 - 推进体制机制改革和碳价机制与碳市场发展，为长期低碳化转型营造良好的制度环境、政策环境和市场环境。

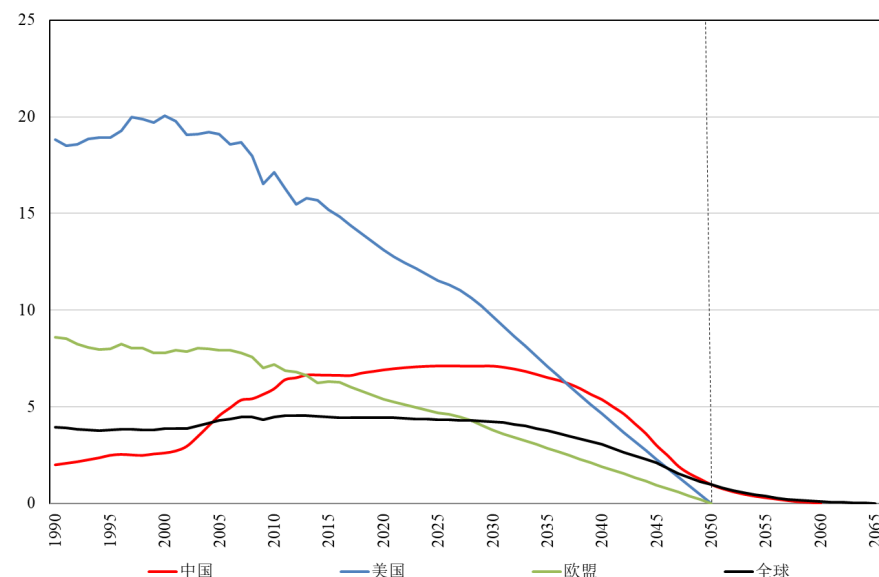
6. 长期低碳转型路径分析与比较评价 (6)

- 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。中国2060年实现碳中和，需比发达国家2050年碳中和付出更大努力。

全球及主要国家净碳排放路径(吨CO₂e)



全球及主要国家人均净碳排放(吨CO₂e/人)



- 欧、美从碳达峰到碳中和，有50~70年过渡期，中国只有30年，2030~2050年中国年减排率平均将达8~10%，远超发达国家减排的速度和力度。

7. 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。
 - 推进《巴黎协定》中减缓、适应、资金、技术、能力建设和透明度各要素的全面平衡和有效的落实和实施。
 - 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。

谢谢！

