

中国能源转型形势及 中长期低碳排放战略

清华大学

何建坤

2019.09.05



清华大学低碳能源实验室
LABORATORY OF LOW CARBON ENERGY
TSINGHUA UNIVERSITY



一、中国节能减碳新形势与NDC目标的实现路径

1. 中国制定积极的有力度的自主贡献减排目标，推动能源革命，促进经济转型升级

- “十一五”以来制定GDP能源强度和CO₂强度下降的约束性目标，并分解到各省市。
- “十三五”进一步实施能源消费总量控制目标，实施“强度”和“总量”的双控机制。
- 《巴黎协定》下制定有力度的自主贡献目标。
 - 2030年GDP的CO₂强度比2005年下降60~65%，非化石能源在一次能源消费中比例提升到20%左右，2030年左右CO₂排放达到峰值并努力早日达峰。
- 打造经济、能源、环境、CO₂减排统筹治理和协调共赢的局面。
 - 构建清洁低碳、安全高效的能源供给和消费体系。
 - 构建绿色低碳循环发展的经济体系。

2. 国内强化能源革命和经济低碳转型，落实并强化国家自主贡献减排承诺 (1)

- 经济新常态以来，转变发展理念，扭转了能源消费和CO₂排放快速上升趋势。

	2005~2013	2013~2018
GDP年均增长率(%)	10.2	6.9
非化石能源年增长率(%)	10.3	9.1
能源总消费年增长率(%)	6.0	2.2
CO ₂ 排放年增长率(%)	5.4	0.8

- 当前经济由高速增长转向高质量发展，高耗能产品需求趋于稳定或开始下降，总体上有利于控制能源消费和CO₂排放增长，实现NDC目标。
 - 2018年底GDP的CO₂强度已比2005年下降48%，到2020年可下降50%以上。

2. 国内强化能源革命和经济低碳转型，落实并强化国家自主贡献减排承诺 (2)

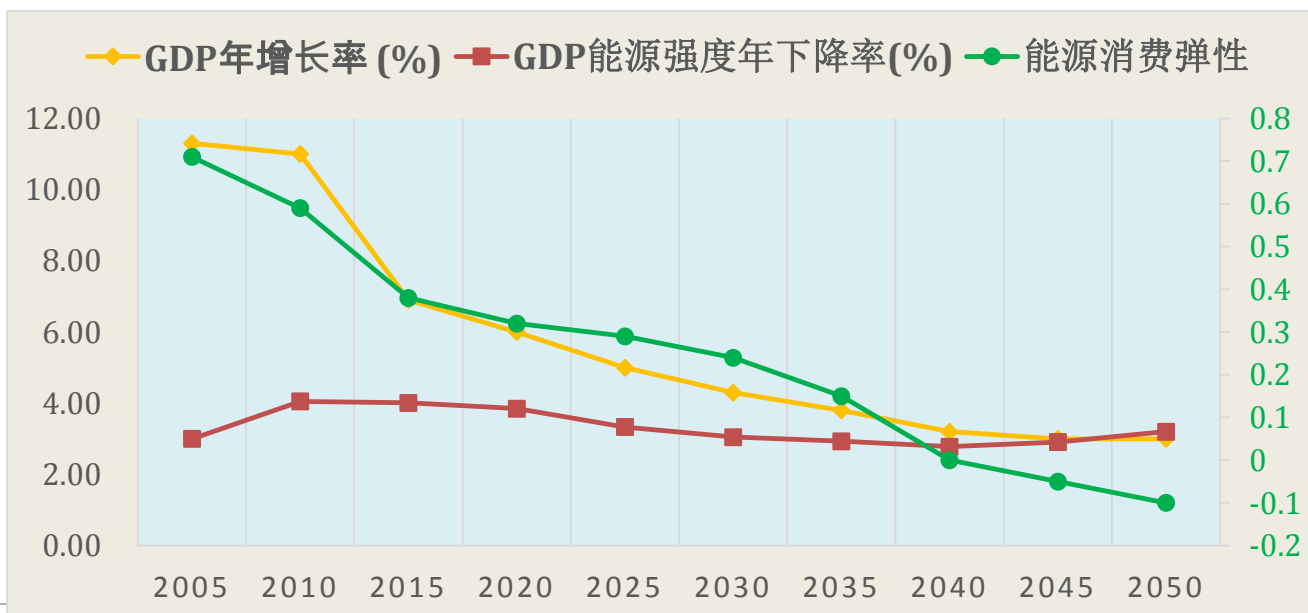
- 保持战略定力，坚持节能降碳不放松，巩固和发展经济新常态以来能源消费和CO₂排放增速趋缓的新形势。
 - 2017年和2018年，能源消费和CO₂排放增长出现反弹。能源消费年增长分别达 3.0%和 3.3%，CO₂排放增长 1.8%和 2.2%。
 - 在建或拟建一批煤化工和石油化工项目，以及部分地区高耗能产业产能扩张，拉升能源消费的增长。
 - 保持战略定力，坚定走绿色低碳循环的可持续发展路径，坚持节能减碳不放松，控制能源消费和 CO₂排放的反弹和增长。
- 以能源和经济低碳转型，促进产业转型升级和高质量发展。

3. 大幅度降低GDP的CO₂强度是统筹“发展”与“降碳”的核心对策，其根本措施是大力节能和加速能源体系低碳化

- 降低GDP能源强度。
 - 结构节能：调整经济结构，产业转型升级，提高产品增加值率。
 - 技术节能：提高能源的转换和利用效率。
- 降低单位能耗的CO₂强度。
 - 发展新能源和可再生能源，天然气替代煤炭，改善能源结构
 - 发展CCUS技术
- GDP的CO₂强度年下降率 \approx GDP能源强度年下降率 + 单位能耗CO₂强度年下降率

4. 加大产业结构调整 and 节能力度，促进GDP的能源强度持续稳定下降

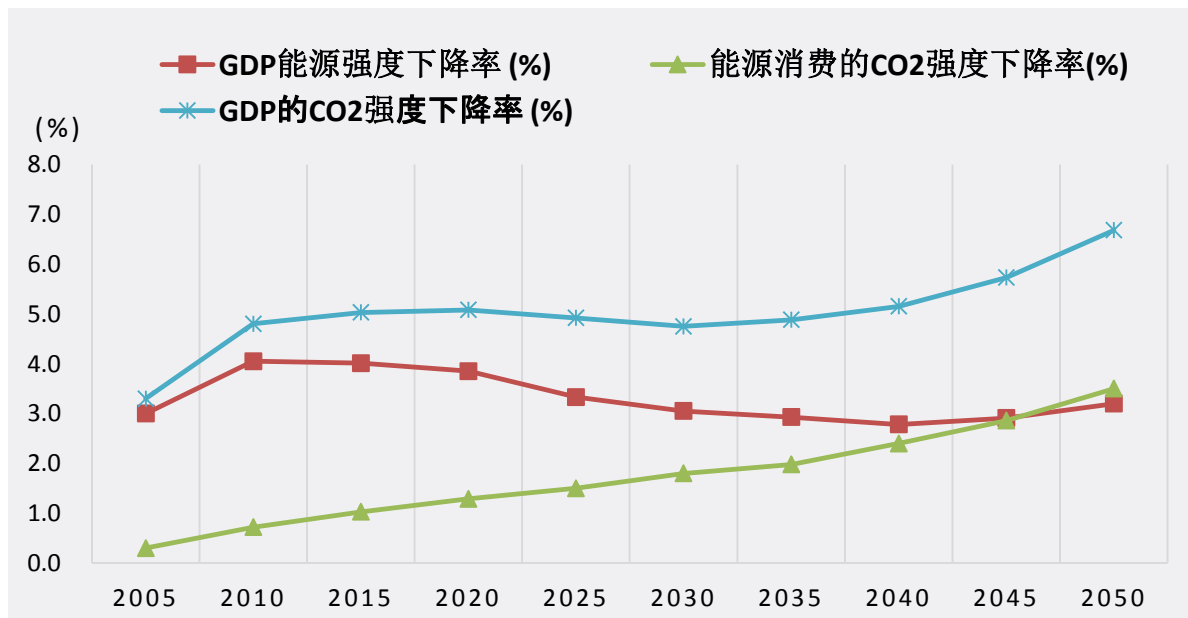
- 我国当前GDP能源强度年下降率一直保持3.5~4.0%，远高于发达国家下降的速度。
- 控制能源消费总量，2020和2030年分别低于50亿tce和60亿tce。
 - GDP能源强度2030年将比2005年下降60%左右，到2035年下降约2/3，GDP能源强度下降速度受GDP增长率和能源消费弹性两个因素影响，未来年下降率仍将维持3.0%~3.5%左右。



5. 推进能源体系低碳化变革，单位能耗CO₂强度将呈加速下降趋势

- 能源替代对降低GDP的CO₂强度的贡献率将持续增加。
 - 2030年，非化石能源电力占总发电量50%，在一次能源总消费中比例将达25%左右，水电、风电、太阳能发电装机均将超过5亿KW，煤炭比重下降到45%以下。
 - 到2030年，单位能耗CO₂强度年下降率将由目前约1.2%提升到2%左右，到2050年提升到3%以上。

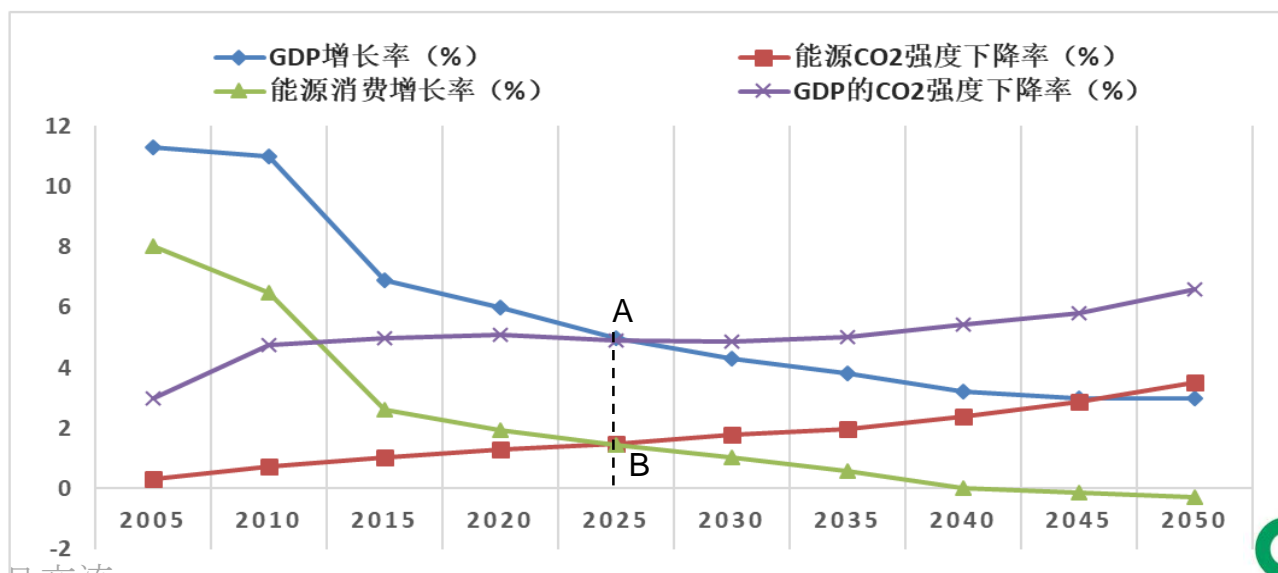
- GDP的CO₂强度年下降率在当前4%以上的水平上将持续提高，到2030年可达5%左右。



6. 加大GDP的CO₂强度下降力度，促使CO₂排放早日达峰

- CO₂排放达峰必要条件：
 - ① GDP的CO₂强度年下降率 > GDP年增长率
 - ② 单位能耗CO₂强度年下降率 > 能源消费年增长率
- 努力争取CO₂排放2030年前早日达峰。
 - 我国2030年左右潜在GDP增长率预期4%~5%左右，要努力争取GDP的CO₂强度在2030年前尽快达5%水平。单位能耗CO₂强度年下降率尽快达1.5%~2.0%的速度，以新增非化石能源供应满足能源总需求年均1.5%~2.0%的增长。

注：A点和B
点对应年份即
CO₂排放达峰
年份



7. 以推动CO₂排放早日达峰为着力点，促进产业转型升级和经济高质量发展

- 实现CO₂排放达峰，是经济发展方式转变的重要节点。
 - CO₂排放达峰后，化石能源总体上不再增长，从源头控制了常规污染物来源，是环境质量根本改善重要标志。
 - 实现了经济增长与化石能源消费和CO₂排放脱钩，控制CO₂排放将从GDP的CO₂排放强度的相对下降转变为CO₂排放总量的绝对下降。
- 实现NDC减排目标，也是2035年实现全国PM_{2.5}浓度不高于35ug/m³环境质量根本好转的重要保障。

8. 当前决胜全面建成小康社会，结合打好污染防治攻坚战，强化低碳转型的目标导向和协同对策

- 结合雾霾等环境治理，发挥协同效应，终端用能以电替代煤炭和石油，促进可再生电力发展。
- 在“五市两省”试点基础上，建立和发展全国统一碳排放交易市场，先从电力行业启动，将涵盖石化、化工、建材、钢铁、有色金属、造纸、电力、航空等重点排放行业。
- 以碳市场建设和碳价机制为核心，整合各项节能和促进可再生能源发展的政策手段，促进政府规制性措施与市场机制的结合。

9. “十四五”进一步强化节能减碳目标导向，强化政策与行动

- “十四五”是落实和强化NDC目标的关键时期，要保持战略定力，强化政策和行动。
- 以节能减碳为着力点，以CO₂排放达峰为导向，促进产业转型升级和经济高质量发展。
 - 工业部门特别是高耗能原材料部门率先达峰。
 - 鼓励沿海经济较发达省市或地区CO₂排放总量率先达峰。
- 实施CO₂排放总量控制制度，促使CO₂排放早日达峰。
 - 以CO₂排放总量控制逐渐整合和替代能源总量控制目标。
 - 以对企业碳排放额度管理取代企业用能权管理。
- 与2030年NDC目标相衔接，确立积极的有力度的节能减碳指标。
 - 形成能源和经济转型的倒逼机制。
 - GDP能源强度和CO₂强度下降指标均不应低于“十四五”。
 - 2025年非化石能源比重应接近或达到20%。



二、中国本世纪中叶深度脱碳战略和情景设想

1. 指导思想及总体考虑 (1)

- 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，深度强化CO₂减排的目标导向将占越来越重要地位。

1. 指导思想及总体考虑 (2)

□ 两个阶段考虑：

1) 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”。

2) 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目标或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。四个情景构想：

- 1) 政策情景，延续2030年NDC目标的政策情景。
- 2) “自下而上”强化减排情景，延续2030年前强化减排情景，不断加大减排力度。
- 3) 2°C目标下近零排放情景，2050年实现与2°C目标相一致减排情景。
- 4) 1.5°C目标下净零排放情景，2050年实现净零排放。

2. 关于2030年和2035年低碳情景 (1)

□ 政策情景：

- 1) 以“十三五”规划为依据，GDP能源强度下降15%，CO₂强度下降18%，非化石能源占一次能源消费比例达15%。
- 2) 以NDC目标为基础，2030年GDP的CO₂强度比2005年下降65%以上，非化石能源比例达20%，2030年左右CO₂排放达峰并努力早日达峰。
- 3) 2035年，CO₂排放进入持续稳定下降轨道，比2030年有所下降。
- 4) 政策情景主要是作为与强化减排情景比较的基础，不作为制定未来减排目标和战略的选择。
- 5) “十三五”节能减碳成效将超过预期，2030年NDC目标有望提前和超额实现。

2. 关于2030年和2035年低碳情景 (2)

□ 强化减排情景：

- 1) “十三五”期间，节能减碳成效将超过“十三五”规划预期。作为进一步强化减排情景的基础。
- 2) “十三五” GDP的CO₂强度下降幅度可达20%以上，到2020年GDP的CO₂强度可比2005年下降50%以上。
- 3) GDP能源强度到2030年持续保持3.0~3.5%的年下降率，节能对降低GDP的CO₂强度仍发挥重要作用。
- 4) 2030年非化石能源在一次能源消费中比重约25%，非化石能源电力占全部发电量50%。
- 5) GDP的CO₂强度，2030年比2005年下降幅度约70%，2035年约75%。

2. 关于2030年和2035年低碳情景 (3)

□ 强化减排情景：

6) 部门CO₂排放达峰。

- 电力系统在2020~2025年间实现CO₂排放达峰，早于全国CO₂排放达峰时间。
- 工业部门于2025年前达峰，建筑、交通应于2030~2035年达峰。

7) 非CO₂其他温室气体排放与能源相关CO₂排放同步达峰，非CO₂峰值排放量约20亿tCO₂e左右。

8) 发电用能源在一次能源构成中比例2015年约41%，2030年达约50%以上，2035年约55%。

3. 关于2050年低碳排放情景考虑 (1)

□ 政策情景：

- 1) 延续2030年NDC目标和2035年前的政策情景构想。
- 2) 实现2050年社会主义现代化强国建设目标，建成美丽中国，绿色发展方式和生活方式全面形成，实现人与自然和谐共生新格局。
- 3) 《能源生产和消费革命》提出，2050年能源总需求趋于稳定，非化石能源在一次能源消费中比例达50%以上。
- 4) 政策情景只作为与其他强化情景的比较基础，不作为低碳战略的目标选择。

3. 关于2050年低碳排放情景考虑 (2)

□ 强化减排情景：

- 1) 以现代化建设目标为导向，“自下而上”提出到2050年与《巴黎协定》下全球2°C目标减排路径相适应的深度脱碳的强化减排情景。
- 2) 2050年能源相关CO₂排放量较峰值水平下降40~60%。
- 3) GDP的能源强度比2005年下降75%以上，2030年后年下降率大体为3%的水平。
- 4) 发电占一次能源消费比重70%左右，非化石能源电力占总发电量比例约80%。

3. 关于2050年低碳排放情景考虑 (3)

□ 强化减排情景：

5) 终端能耗中电力占比持续增加，2050年将从2030年约30%提升到约50%左右。

6) 非化石能源在一次能源中占比50~60%，单位能耗CO₂强度比2005年下降60~70%，年下降率到2050年左右将超过4%。

7) GDP的CO₂强度比2005年下降超过90%。

8) 电力部门和工业部门CCS技术少量应用。

9) 能源总消费大体在2040年左右达峰。

3. 关于2050年低碳排放情景考虑 (4)

□ 2°C目标下近零排放情景：

- 1) 2050年能源相关CO₂排放量比峰值排放量减少70~80%，CO₂排放量约20~30亿吨。
- 2) 与“自下而上”强化减排情景相比，加大节能和能源替代力度，2030年后GDP的CO₂强度下降速度加快，2040年前后达到6~7%并持续增大。
- 3) 电力部门和工业部门考虑CCS的应用。
- 4) 电力部门基本趋向零排放。电力在终端能源消费中的比例增加，发电用能在一次能源消费中占比进一步增加。
- 5) 考虑未来更先进技术突破（如氢能、大规模储能等）。

3. 关于2050年低碳排放情景考虑 (5)

□ 1.5°C目标下近零排放情景：

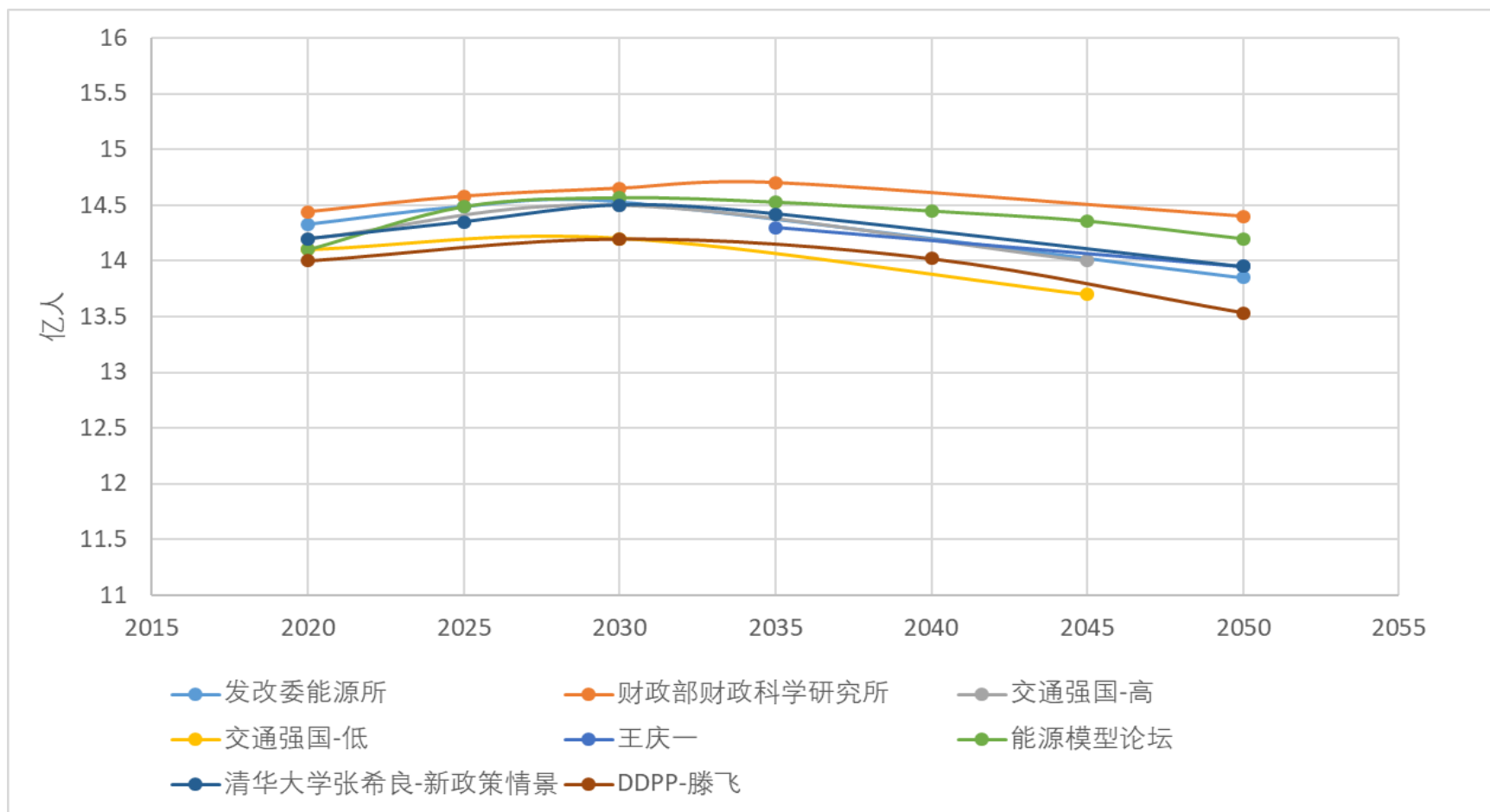
- 1) 2050年实现净零排放，即“碳中和”。
- 2) 考虑加大CCS力度，并增加BECCS应用，电力部门实现负排放。
- 3) 进一步加大电力在终端能源消费中比例，社会总用电量将会比强化情景和2°C目标下近零排放情景增加，未来氢能发展也进一步增加对电力的需求。
- 4) 工业部门考虑钢铁、水泥、化工等行业生产过程中的零排放技术，例如氢作为炼铁还原剂。
- 5) 加大农林业和土地利用的碳汇量。

4. 中国到2050年实现深度脱碳路径，比发达国家面临更大挑战

- 发达国家从CO₂排放达峰到净零排放，有50~70年过渡时间。中国2030年左右CO₂排放达峰，到2050年只有20年时间。
- 中国煤电站平均寿命只有十几年，美国已40多年，能源快速转型将带来巨大搁浅成本。
- 在未来深度脱碳情景下，边际减排成本将呈非线性上升趋势。
 - 钢铁水泥等工业生产过程减排
 - BECCS大规模应用，资源、技术和成本制约
- 需要革命性技术突破：氢能技术、储能技术、BECCS 非CO₂其他GHG深度减排技术等。

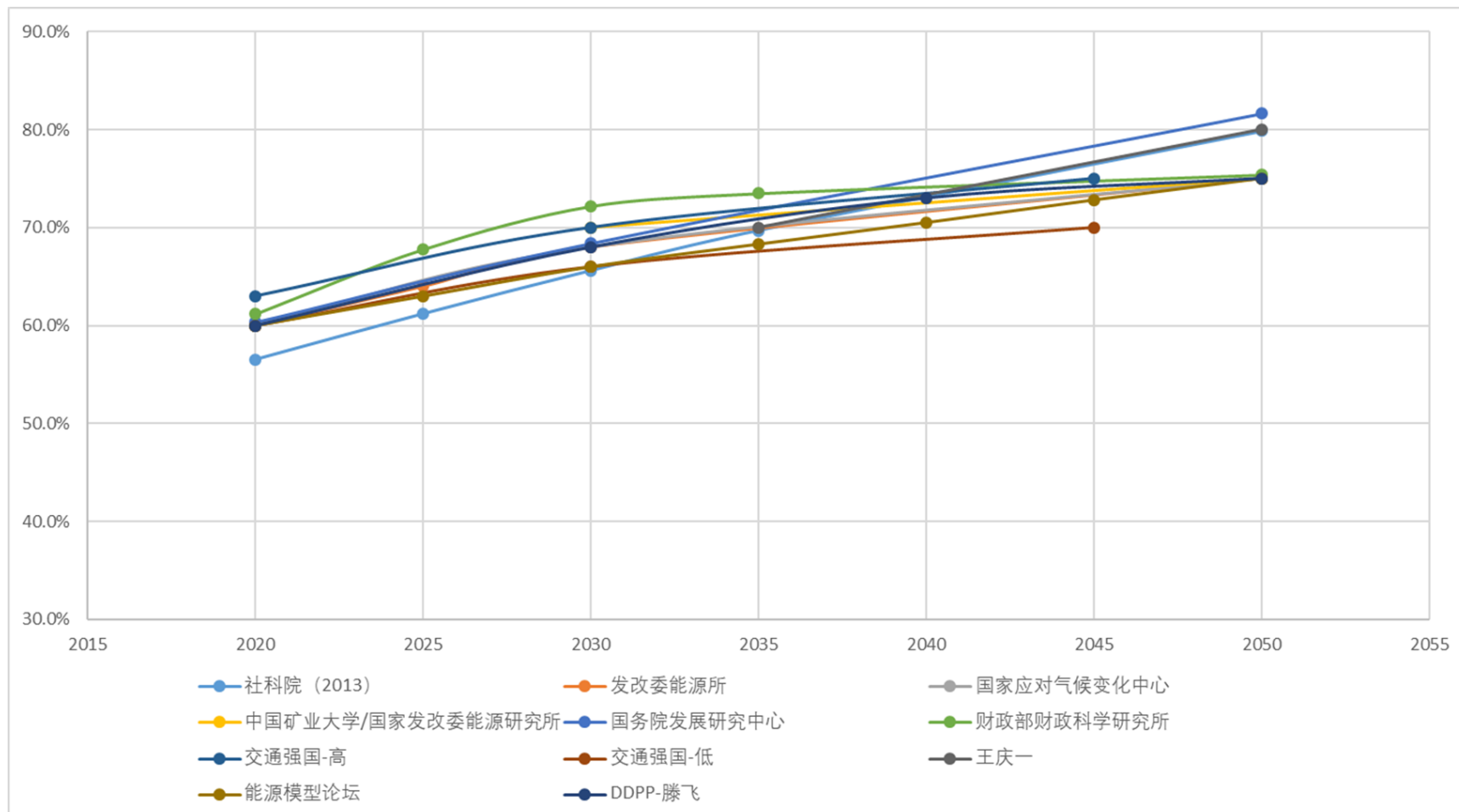
5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (1)

- 人口：2030年人口数量大体达到峰值，约14.5亿人。2050年下降到约14亿人。



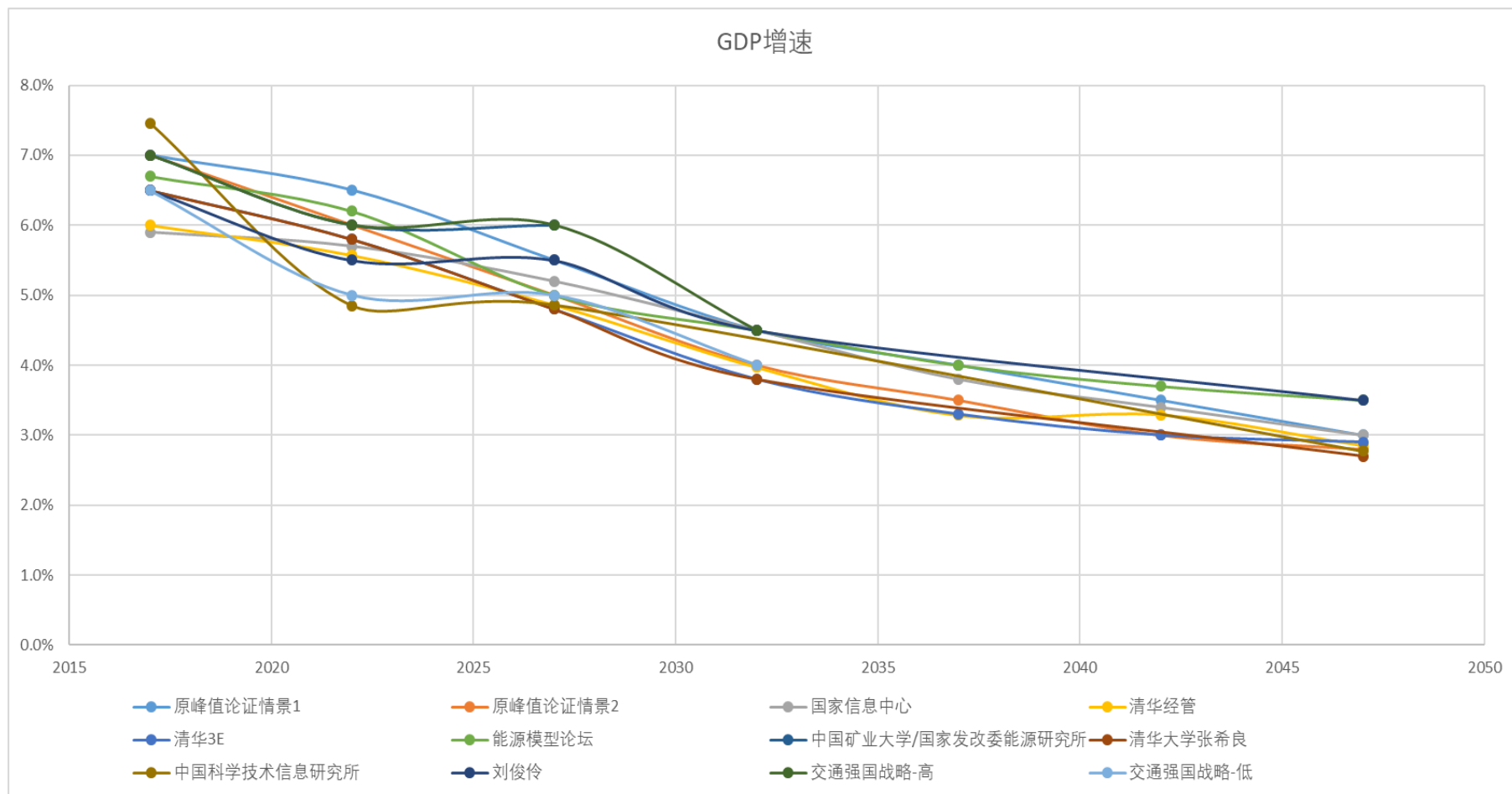
5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (2)

□ 城市化率：2035年65~70%，2050年75~80%。



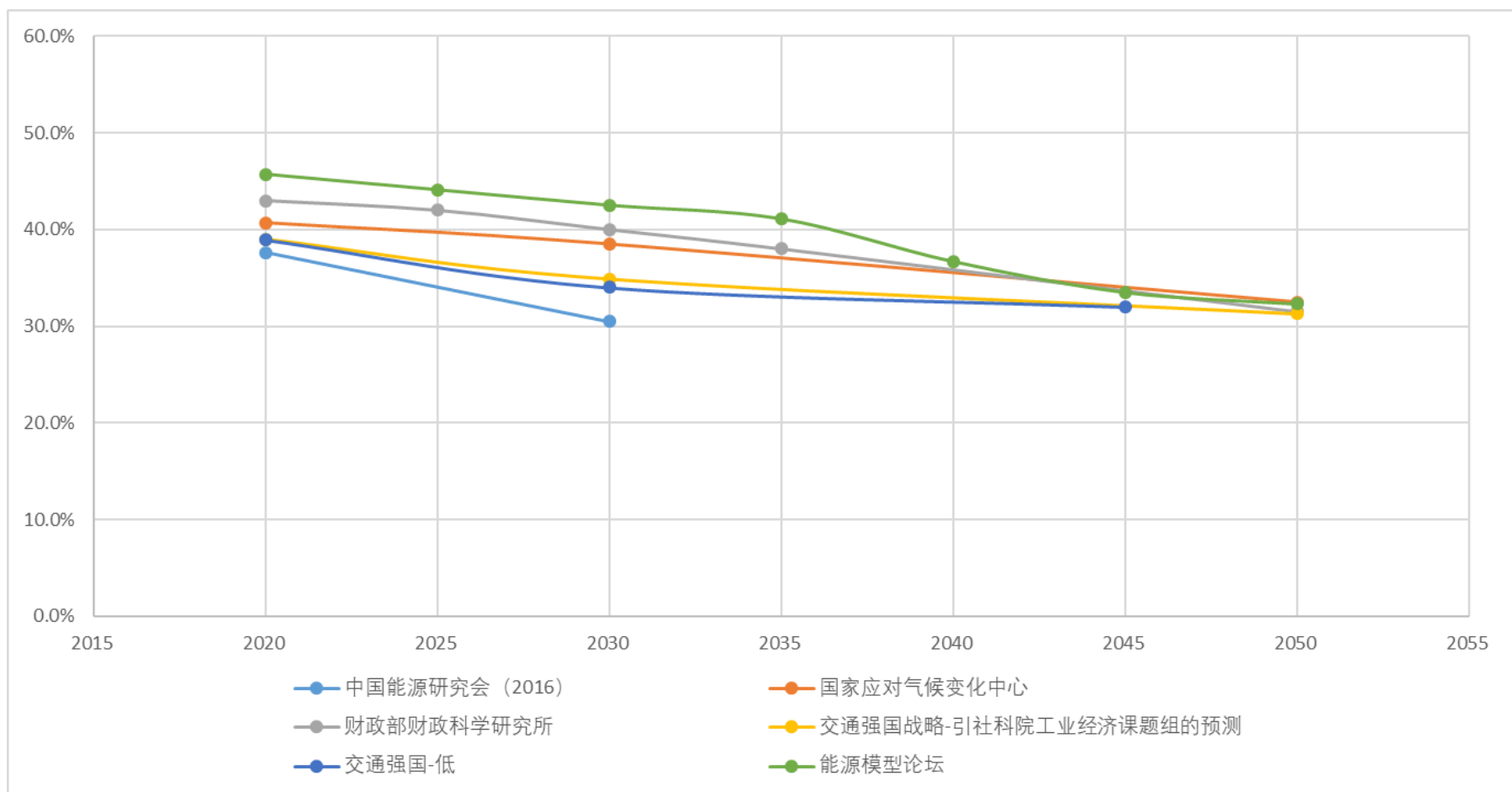
5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (3)

□ GDP: 增速逐渐回落, 2025年约5.5%, 2030年约5%, 2050年约



5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (4)

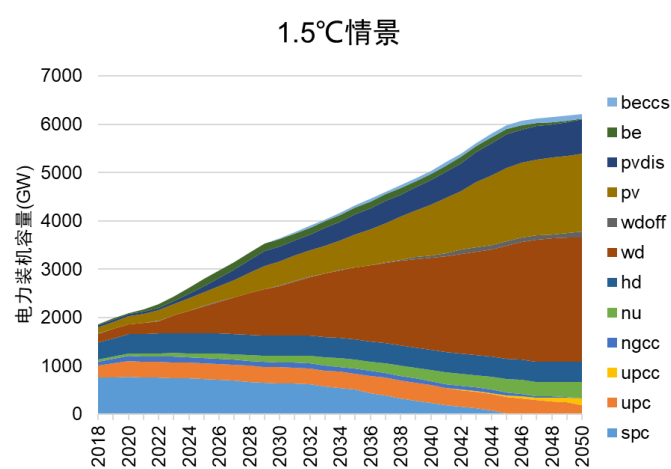
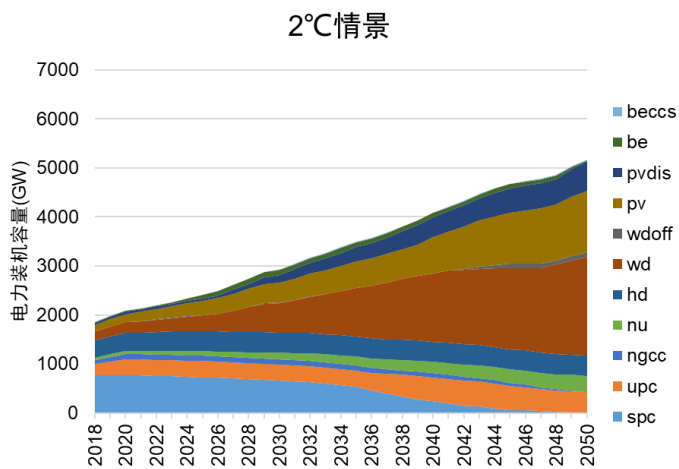
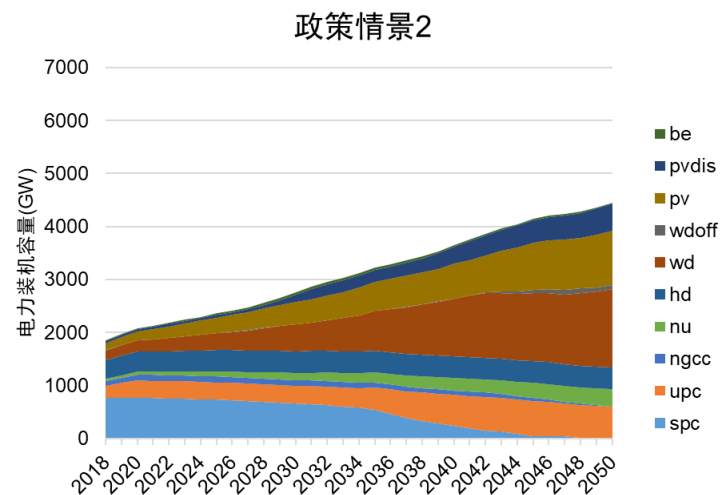
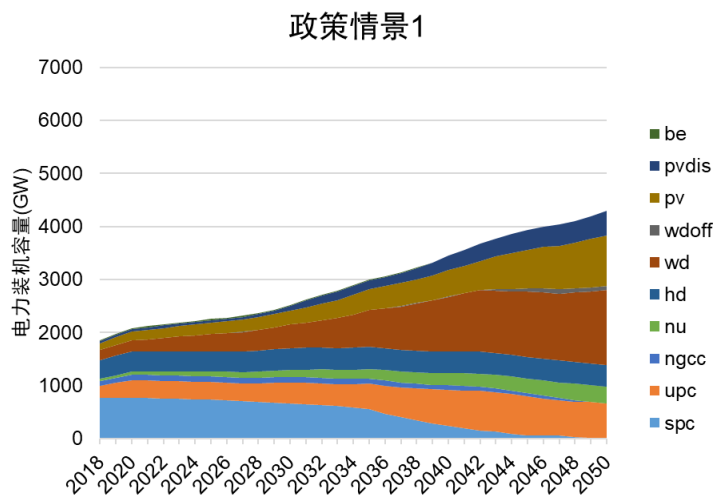
□ 第二产业比重：2030年35~40%，2050年约32%。



5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (5)

□ 电力装机结构:

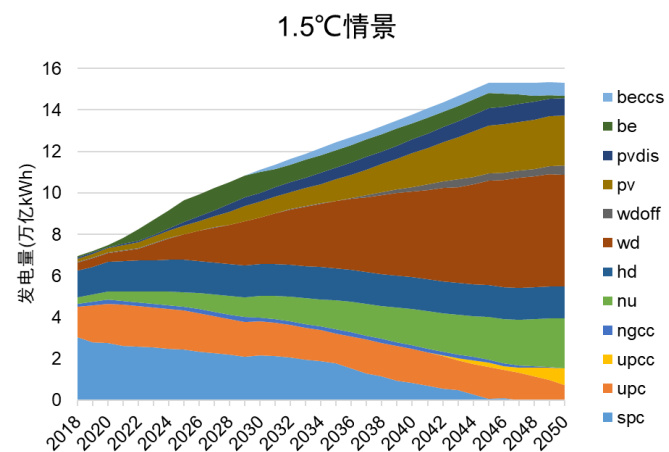
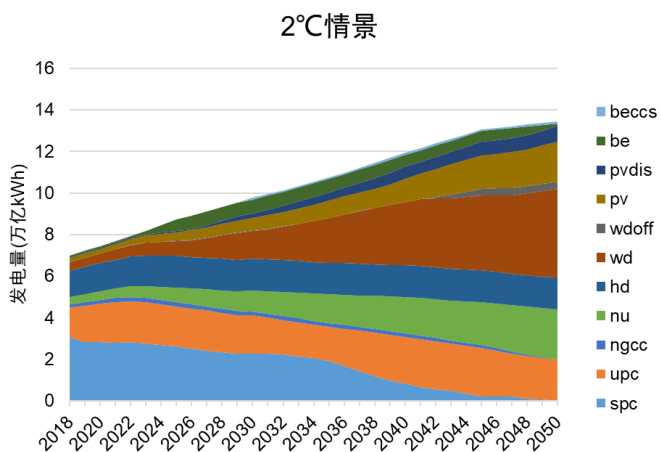
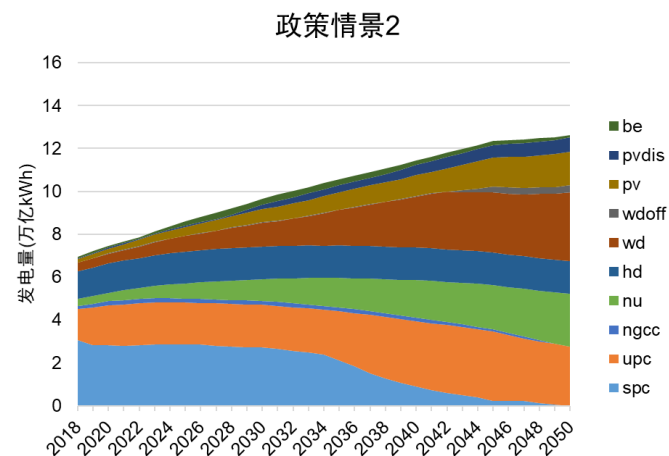
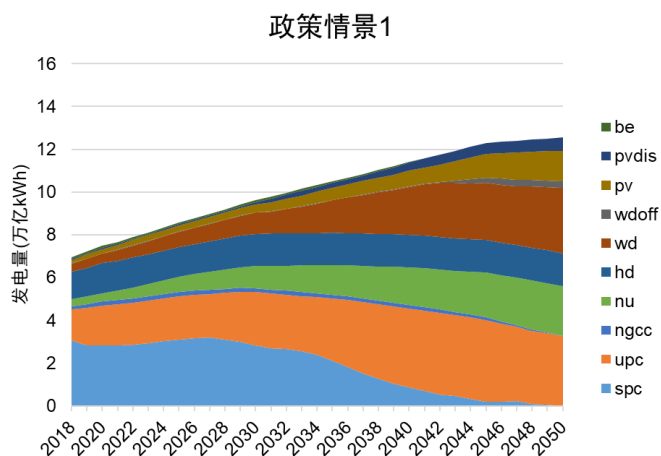
来源: 李政



5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (6)

□ 发电量结构:

来源: 李政

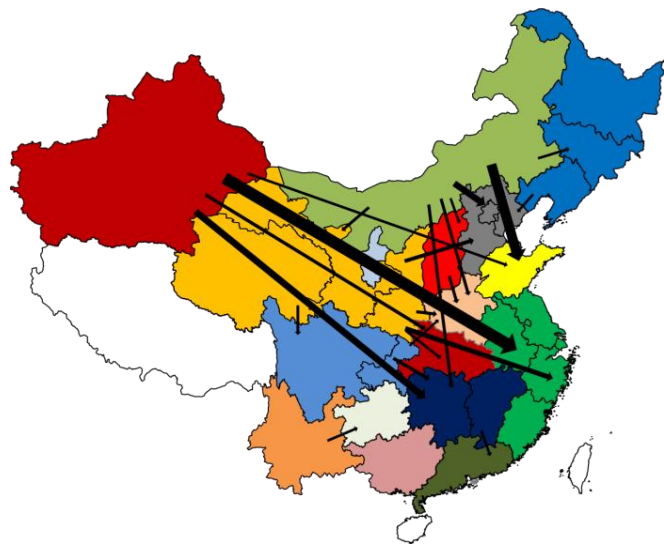


5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (7)

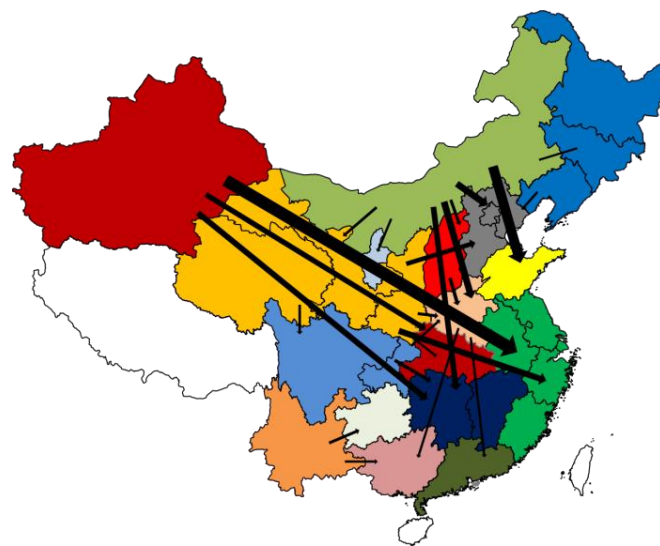
- 随着碳减排力度的加大和西北地区可再生能源的大力开发，跨区域电力传输量也相应增加。

2050年跨区域电力传输量

政策情景2



2°C情景



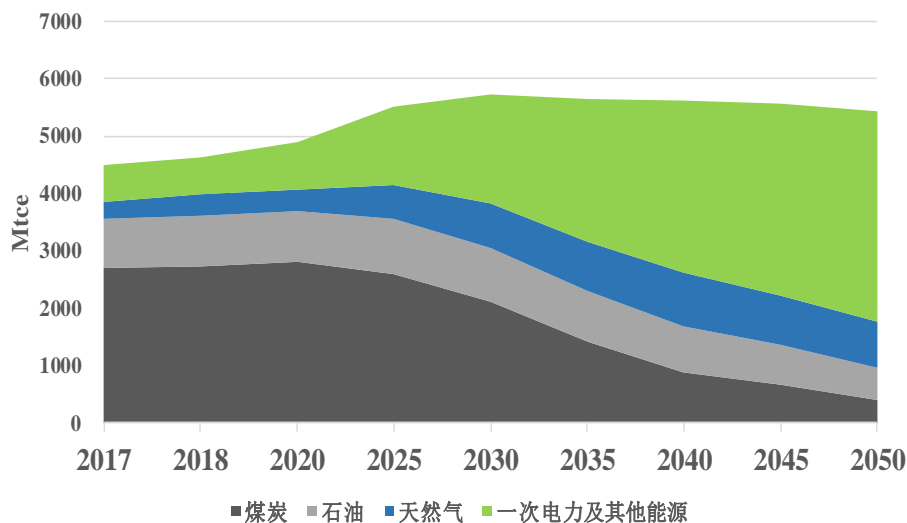
来源：??

5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (8)

□ 一次能源消费量:

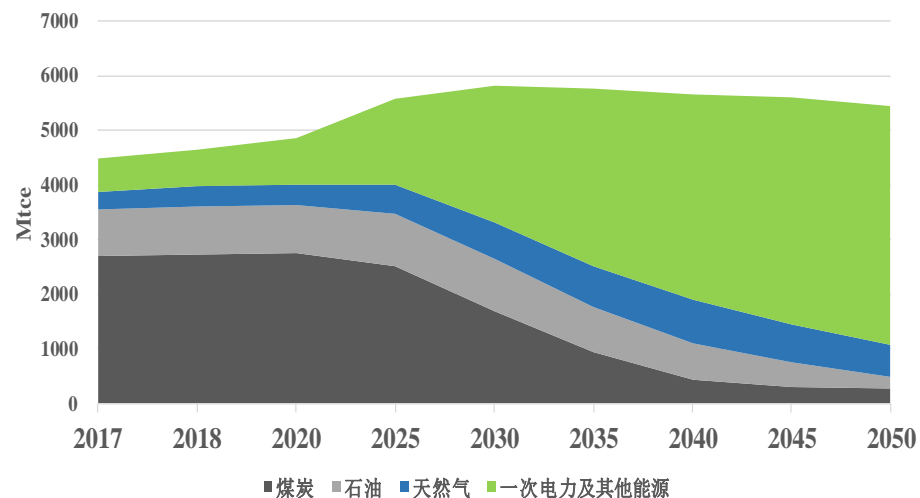
强化减排情景

一次能源消费总量（发电煤耗法）



2°C情景

一次能源消费总量（发电煤耗法）

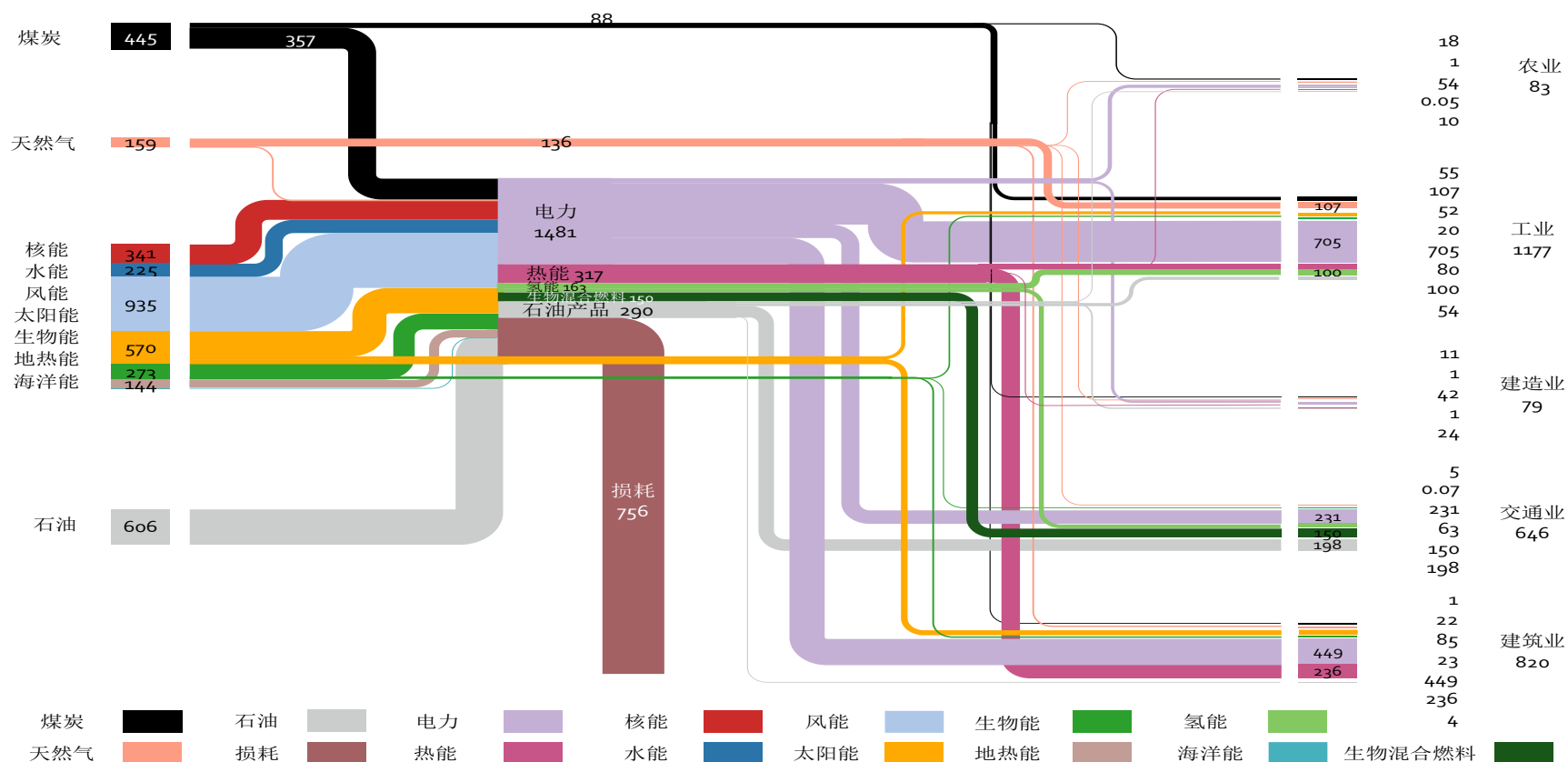


来源：王仲颖

5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (9)

□ 2°C情景2050年能源网络图:

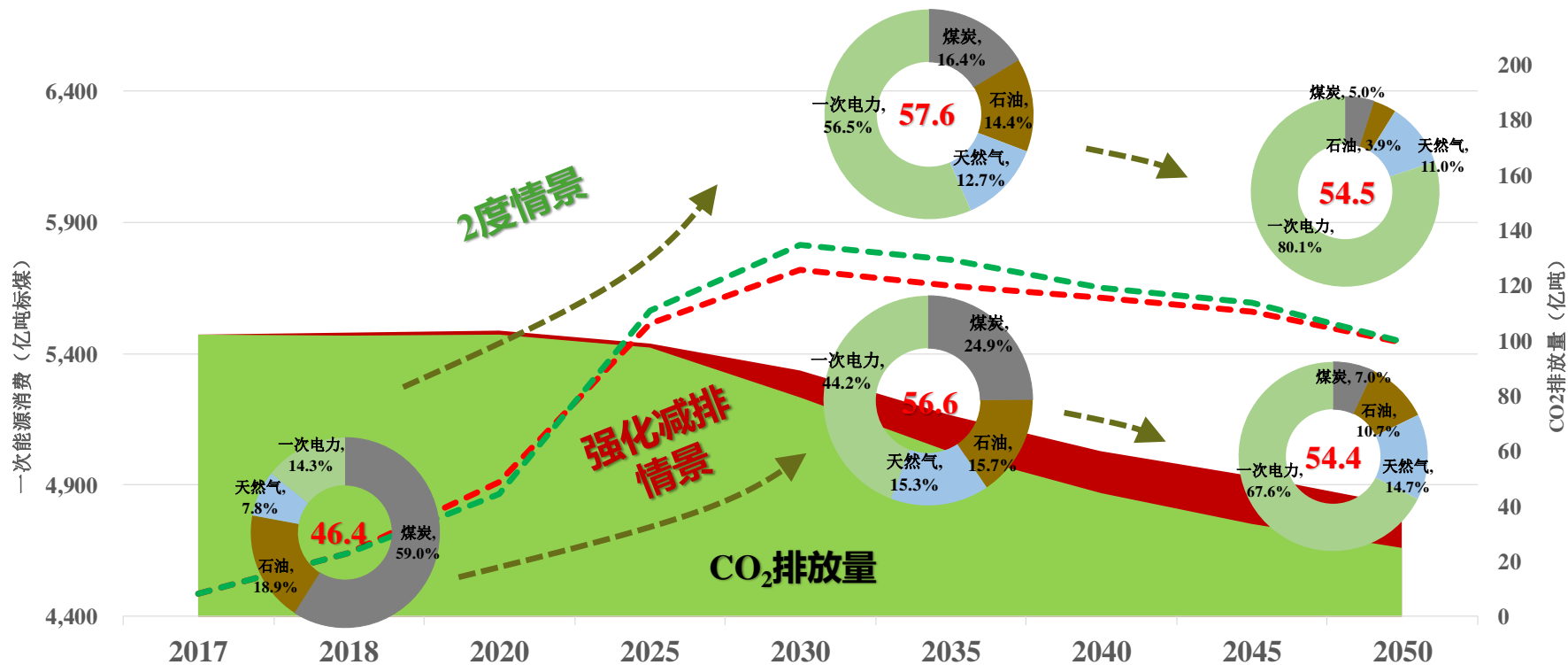
2050年能流图（低于2°C）（百万吨标煤）



5. 若干宏观指标的未来趋势分析 (10)

□ CO₂排放:

能源消费和CO₂排放的核心情景对比



来源: 王仲颖

谢谢

