



燃气轮机发电专业委员会
GAS TURBINE POWER GENERATION SPECIAL COMMITTEE

燃气轮机发电 排放控制历程

林士涛 秘书长

燃气轮机发电专业委员会



碳排放由来

1997年由联合国气候变化框架公约参加国三次会议制定的《京都协定书》明确针对六种温室气体进行削减：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCS）、全氟碳化物（PFCS）及六氟化硫（SF₆）。后三种气体形成温室效应的能力最强，但对全球变暖的影响来说，由于二氧化碳含量最多，因而影响也最大。





我国主动顺应全球绿色低碳发展潮流，积极布局碳达峰碳中和

2015年6月	向联合国提出《强化应对气候变化行动-中国国家自主贡献》	确定自主贡献目标：单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%—65%；二氧化碳排放量2030年左右达到峰值，并争取今早达峰。
2020年9月	联合国大会	习近平主席发言表示：中国将提高国家自主贡献力度，力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，争取2060年实现碳中和。
2020年9月	联合国生物多样性峰会	习近平主席提出中国将采取更加有力的政策和措施，努力争取2060年前实现碳中和，为实现应对气候变化做出更大的努力和贡献。
2020年11月	第三届巴黎和平论坛	习近平主席在第三届巴黎和平论坛致辞表示：中国将为碳达峰、碳中和制定实施计划。
2020年11月	二十国集团领导人利雅得峰会“守护地球”主题边会	习近平主席会上致辞：加大应对气候变化力度，中国言出必行，将坚定不移加以落实。
2020年12月	气候雄心峰会	习近平主席在为纪念《巴黎协定》达成五周年举办的气候雄心峰会上，进一步宣布提高国家自主贡献力度的一系列新举措。
2021年4月	领导人气候峰会	将碳达峰，碳中和纳入生态文明建设的整体布局，同事宣布中国将严控煤电项目。
2021年4月	三国领导人峰会	接受《蒙特利尔协定书》基加利修正案，加强氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体管控。

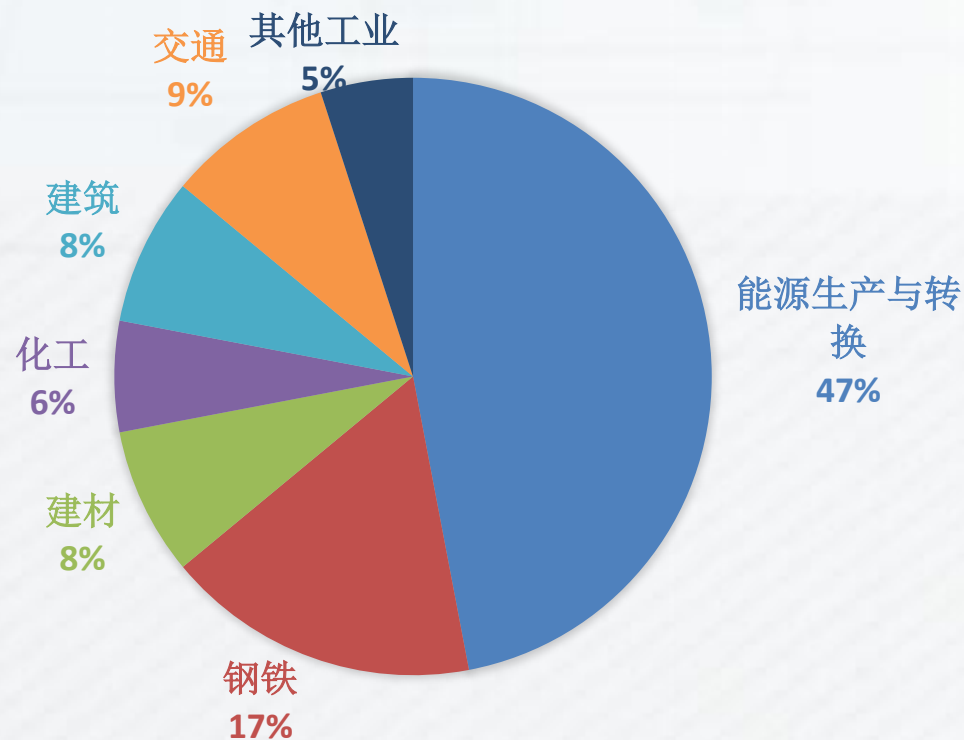
经济社会发展与碳排放

在经济社会快速发展的同时，我国加快推进绿色低碳转型、积极参与全球气候治理，取得了显著成效。但**我国产业结构、能源结构转型任务仍然任重道远。**

2019年，全社会碳排放约**105亿吨**，其中能源活动碳排放约**98亿吨**，占全社会碳排放比重约**87%**。

能源品种看，燃煤发电和供热排放占能源活动碳排放比重44%，煤炭终端燃烧排放占比**35%**，石油、天然气排放占比分别为**15%、6%**。

从能源活动领域看，能源生产与转换、工业、交通运输、建筑领域碳排放占能源活动碳排放比重分别为**47%、36%、9%、8%**，其中工业领域钢铁、建材和化工三大高耗能产业占比分别达到**17%、8%、6%**。

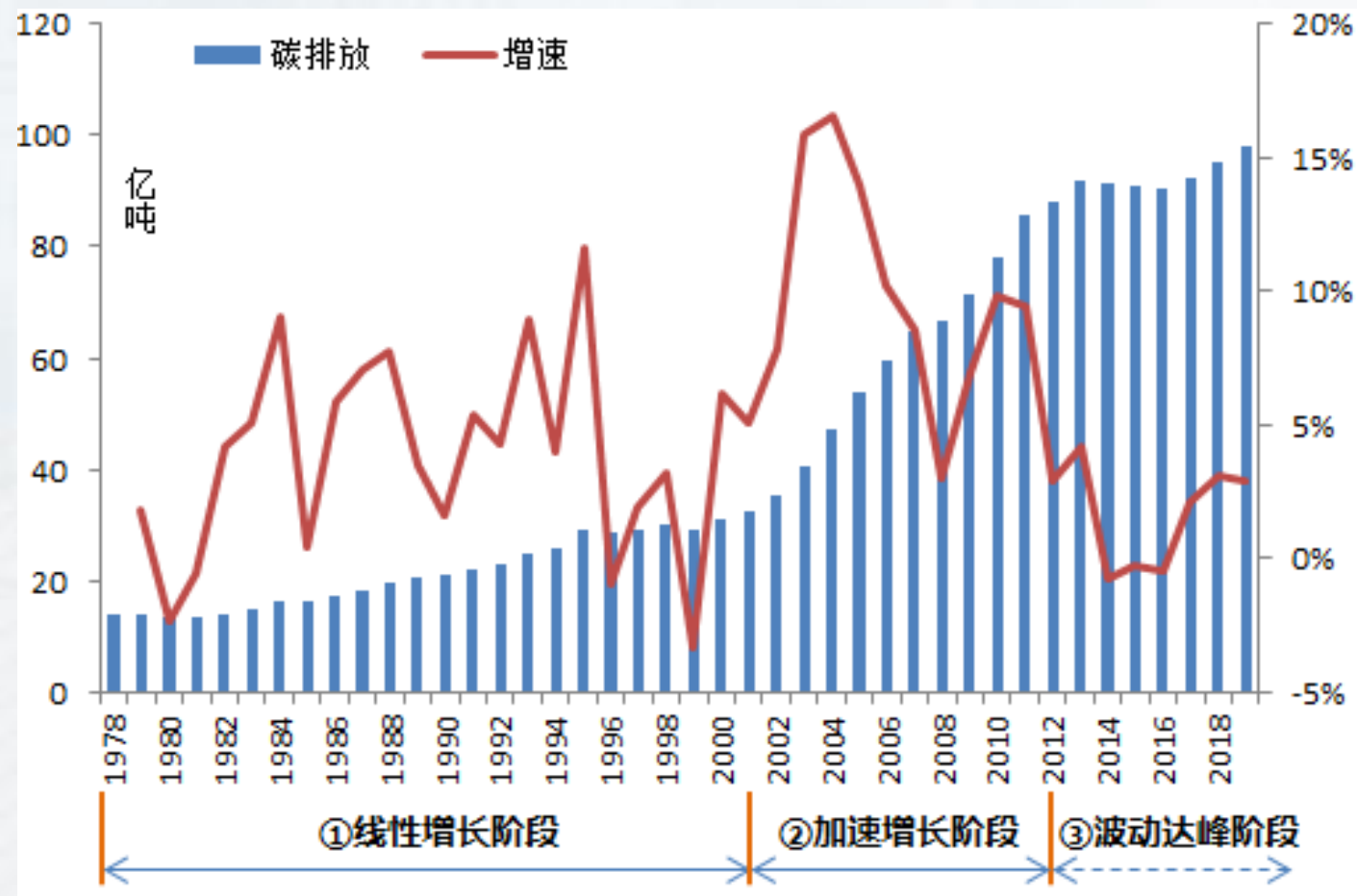


我国能源相关二氧化碳排放领域构成

2020全国能源相关碳排放如何？处在什么阶段？

我国是世界上第一大能源消费国、第一大碳排放国，因化石燃料燃烧所产生的能源相关碳排放占到碳排放总量的87%左右，根据国际能源署（IEA）数据，2019年全国能源相关碳排放约98亿吨，约占全球能源相关碳排放的28%。

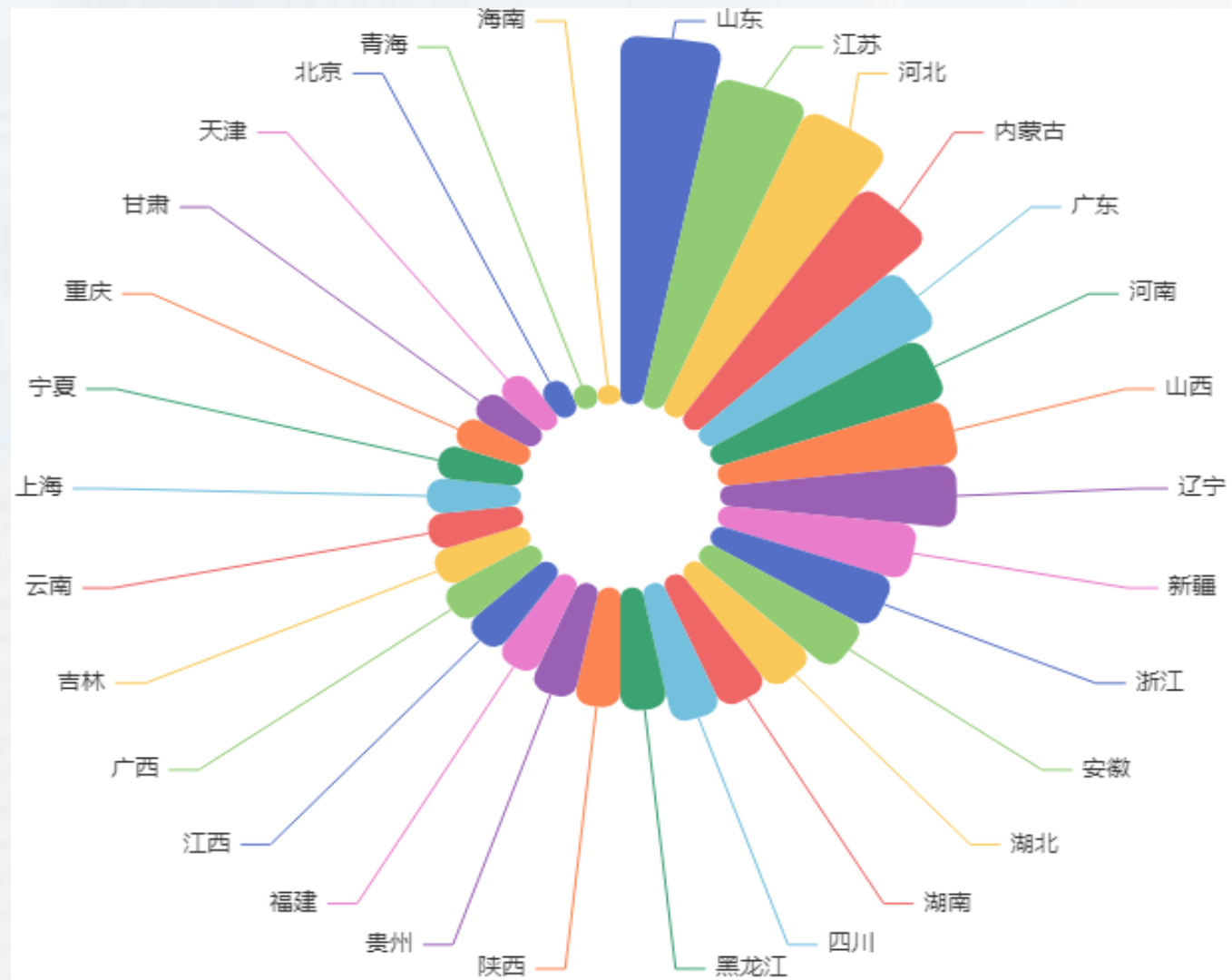
总体来看，改革开放以来，全国能源相关排放增长经历了三个阶段：



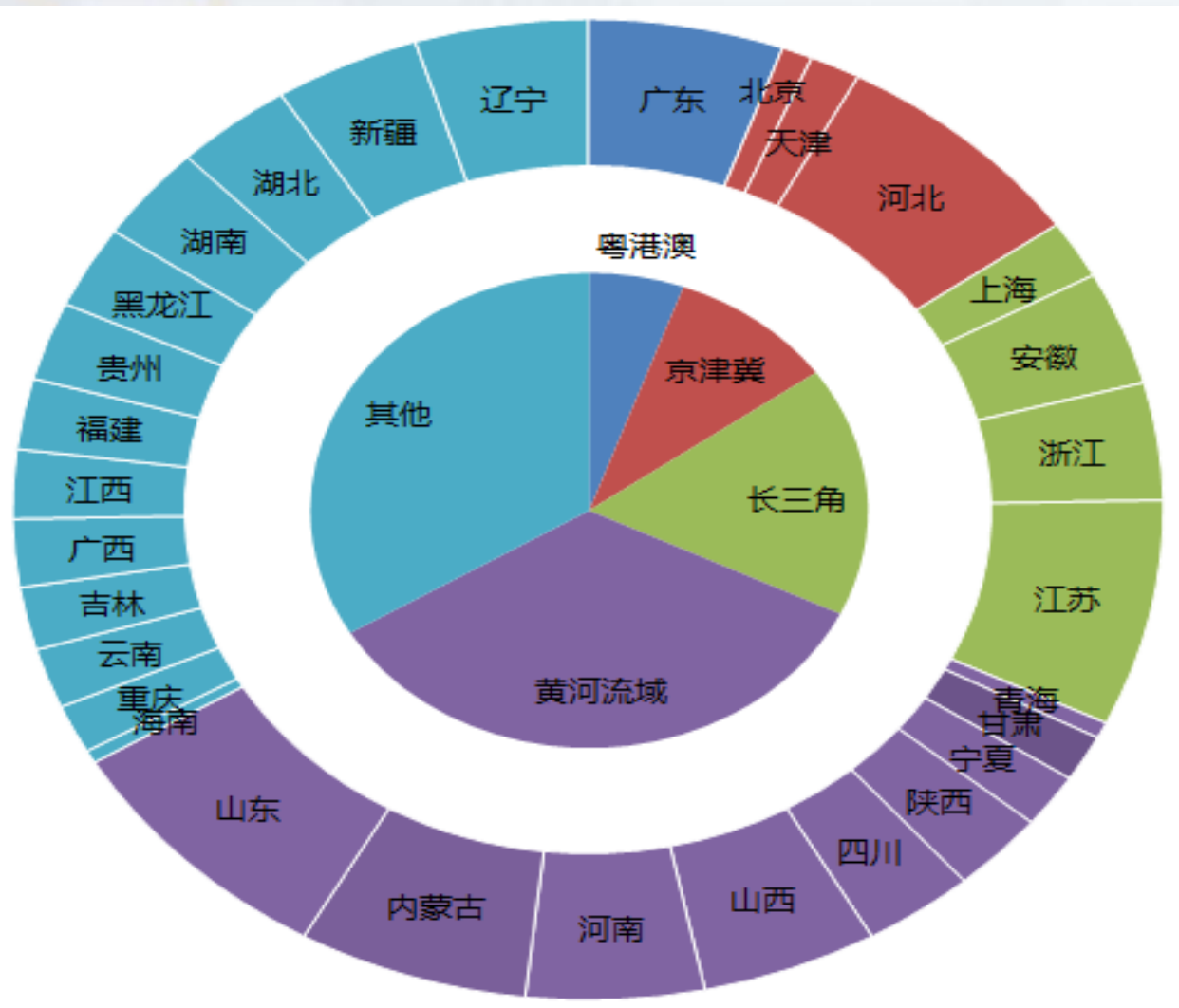
▲ 1978-2019年全国能源相关碳排放及增速

哪些省份产生了更多的排放？分部情况如何？

根据中国碳核算数据库
(CEADS) 数据，山东、江苏、河北
三省位居中国能源相关碳排放的前三
甲，占到全国排放总量的约四分之一。
山东省从2003年至今一直居于首位，
2017年则占到了全国排放总量的
8.2%。山东省气电装机较少，未来…



▲全国能源相关碳排放分省情况，2017年



黄河流域又被称为“能源流域”，煤炭、石油、天然气等资源丰富，是我国重要的能源、化工、原材料和基础工业基地。以煤炭资源为例，国家规划建设14个大型煤炭基地，黄河中上游地区就占了6个，资源总量占全国的40%、产量接近60%。能源相关碳排放排名前10名的省份中，黄河流域就占据了4个（山东、内蒙古、河南、山西），推动黄河流域生态保护和高质量发展正当其时。

▲ 能源相关碳排放分布“三分天下”格局，2017年

哪种能源产生了更多的排放？

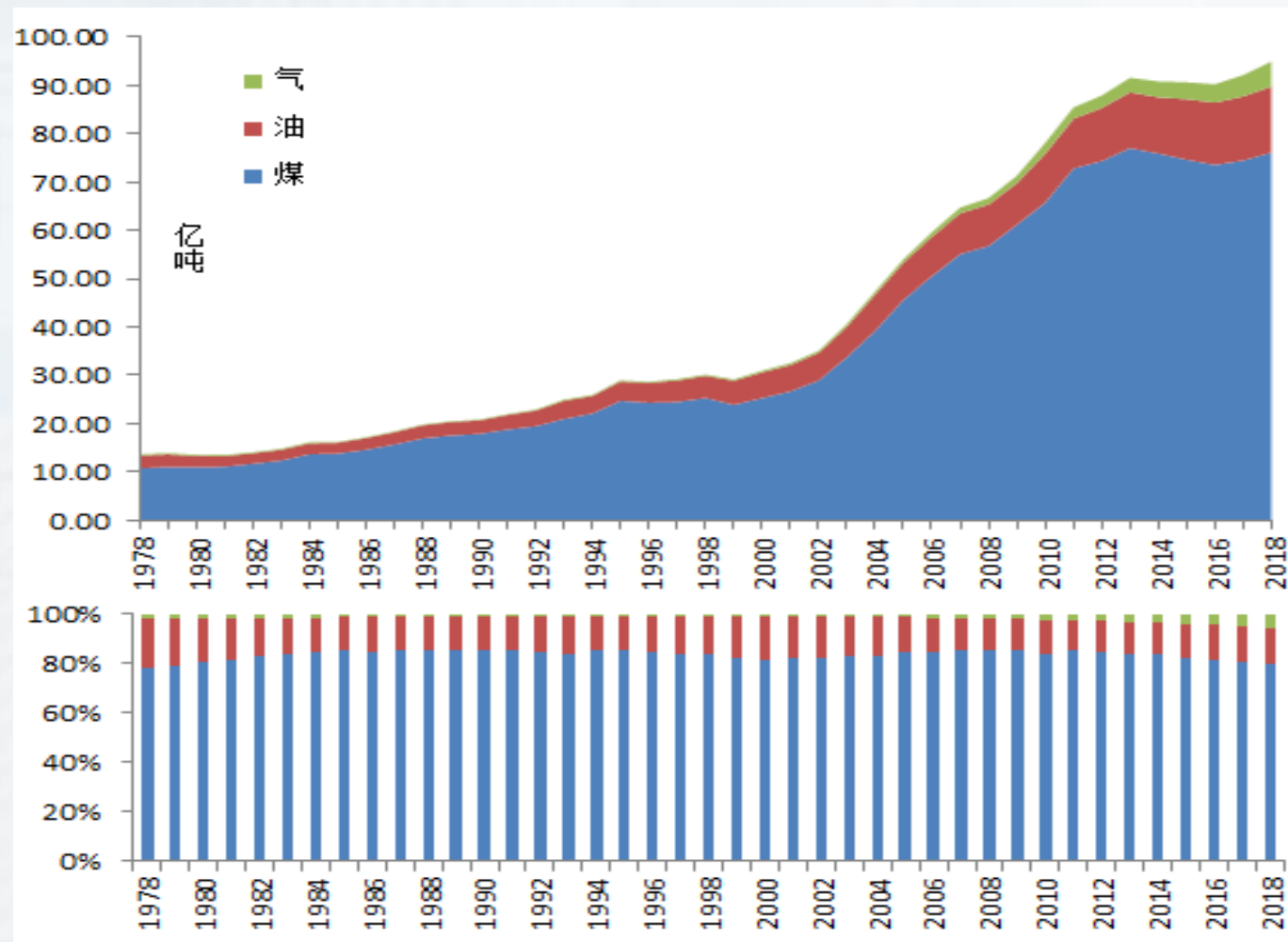
◆ 煤炭

◆ 石油

◆ 天然气

煤炭燃烧占到能源相关碳排放的八成。

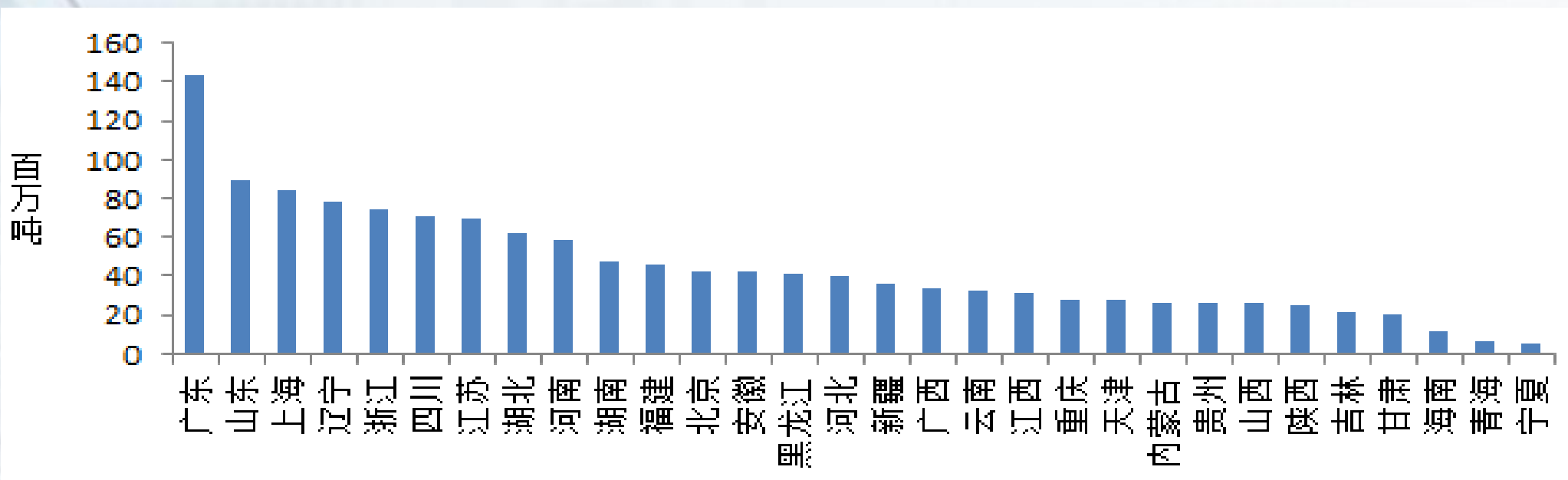
根据IEA数据，截至2018年，全国煤炭、石油、天然气利用分别产生二氧化碳排放76.1、13.6、5.2亿吨（共计95亿吨），占比分别为80%、14%、5%。



▲1978-2018年全国分能源品类碳排放量及结构



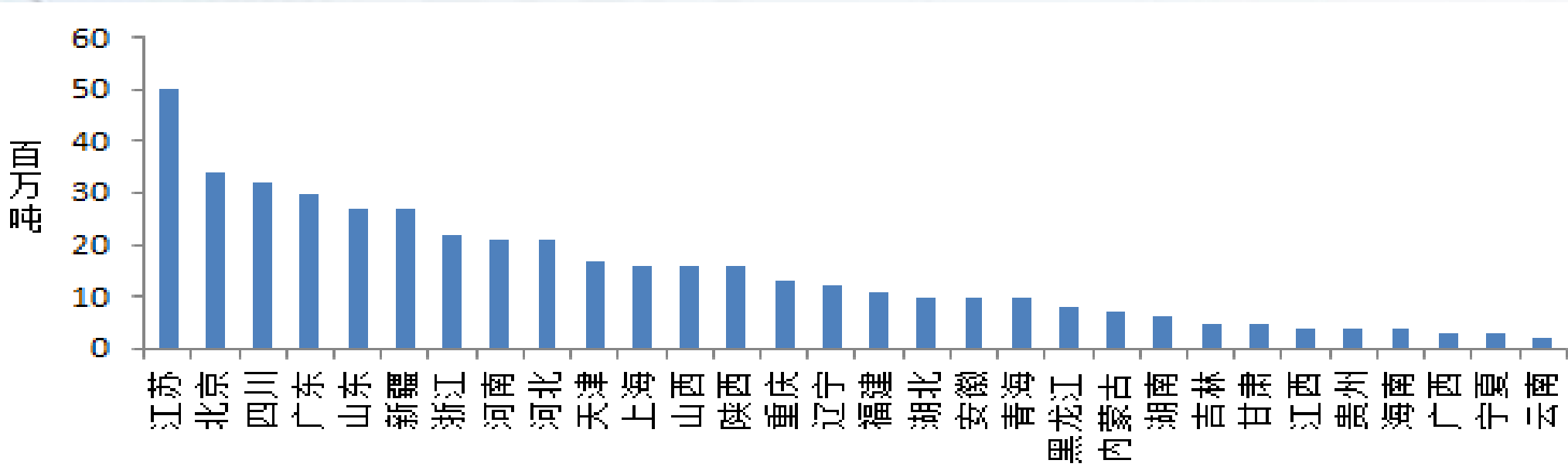
石油碳排放中，广东、山东、上海占据了全国石油碳排放的三甲，占比分别为10.7%、6.6%、6.3%，合计占到全国石油碳排放的近四分之一。



▲各省石油碳排放情况，2017年



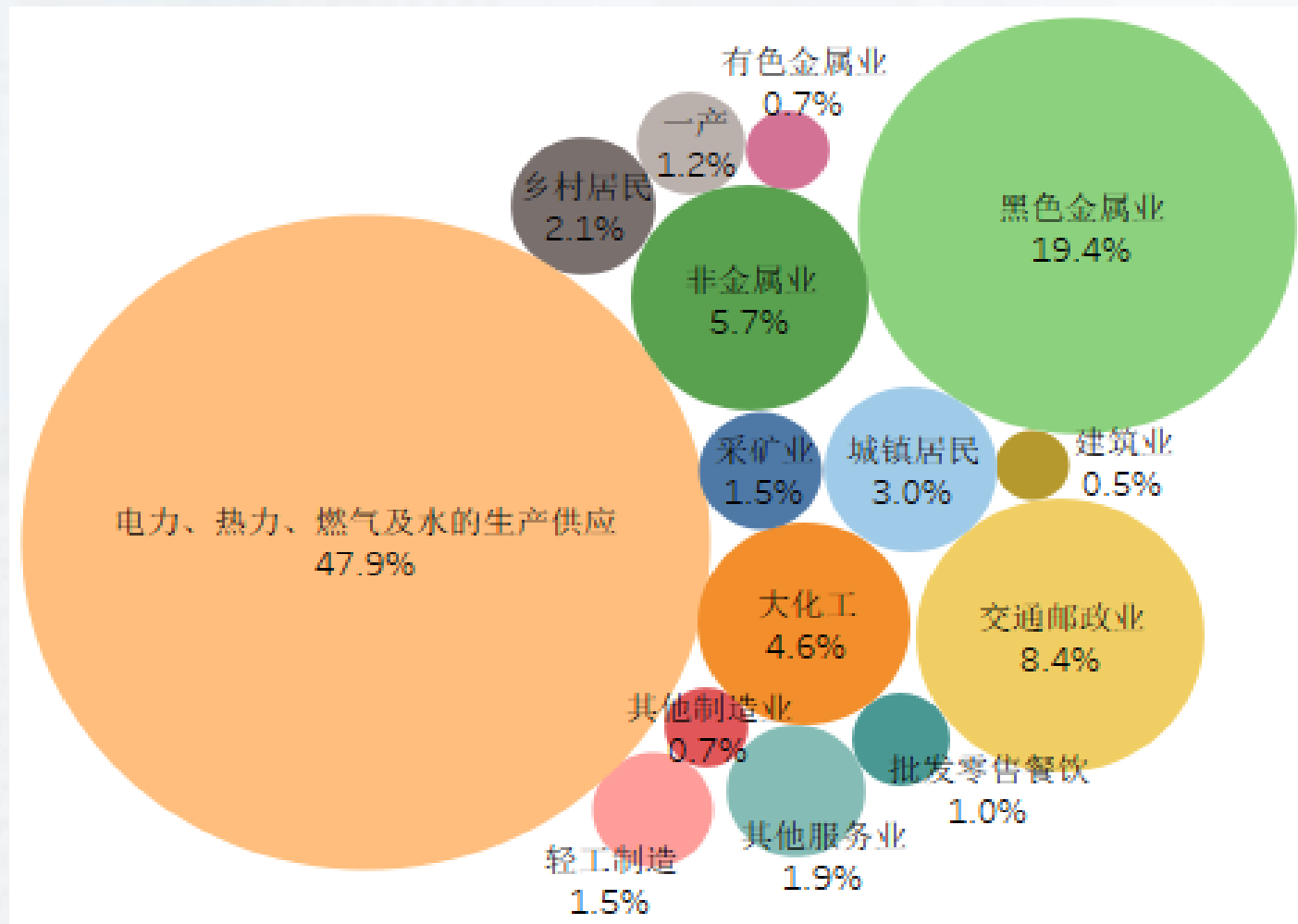
天然气碳排放中，江苏、北京、四川占据了全国天然气碳排放的前三甲，占比分别为11.2%、7.6%、7.2%，合计占到全国天然气碳排放的四分之一。



▲各省天然气碳排放情况，2017年

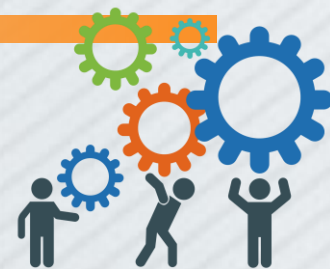
哪种部门产生了更多的排放？用的什么能源？

分部门排放中，排放量位居前五位的分别是电力、热力、燃气及水的生产和供应（占比47.9%）、黑色金属业（19.4%）、交通仓储邮政业（8.4%）、非金属业（5.7%）和大化工类行业（4.6%）。



▲分部门排放情况，2017年

总体来看，**煤炭排放中**，约57%的煤炭排放分布在电力、热力、燃气及水的生产和供应业，其次约37%的煤炭碳排放分布在制造业。**石油碳排放中**，约52%的石油碳排放分布在交通仓储邮政业，其次约17%的石油碳排放分布在居民生活。**天然气碳排放中**，约27%的天然气碳排放分布在电力、热力、燃气及水的生产和供应业，其次约25%、19%的天然气碳排放分布在居民生活、制造业。



预测达峰目标

■ 达峰时间和峰值

全社会碳排放2028年达峰，峰值109亿吨（含LULUCF，若不含LULUCF则为115亿吨），2030年降为102亿吨，较现有模式延续情景多减排19亿吨。

能源活动碳排放2028年达峰，峰值102亿吨，2030年降至97亿吨。

工业过程碳排放2028年、2030年分别为13亿、12亿吨。

表 全社会二氧化碳排放及构成（亿吨）

指标	2028年	2030年	2035年
能源活动碳排放	102.3	96.7	77.1
煤炭	76.3	69.8	51
石油	17.2	17.4	16
天然气	8.8	9.5	10.1
工业生产过程碳排放	13	11.7	11
土地利用和林业部门 (LULUCF)	-5.9	-5.9	-5.9
废弃物处理	0.2	0.2	0.2
碳移除 (CCS和BECCS)	-0.6	-0.7	-1
全社会净排放	109	102	81

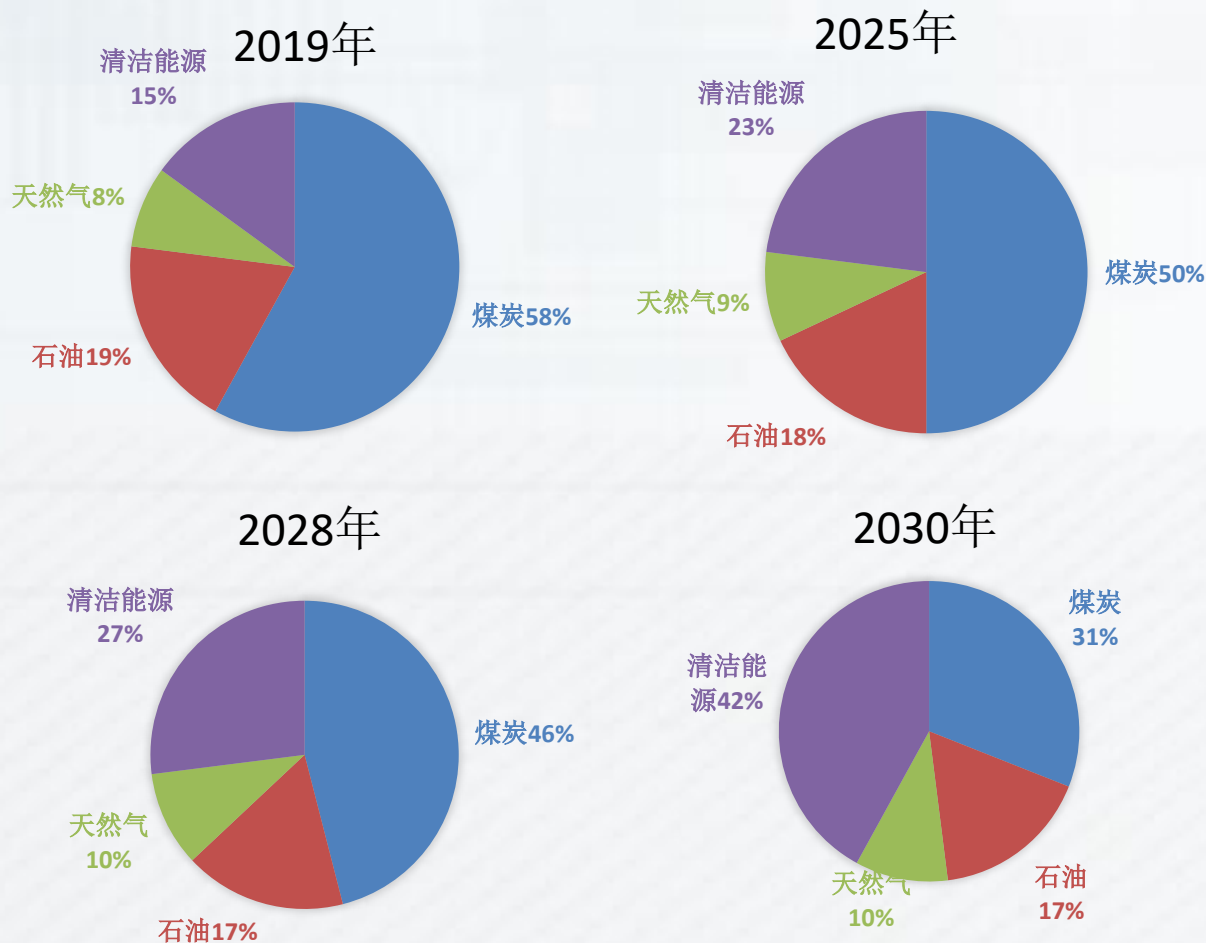
达峰目标实现过程中能源行业的努力

■ 对应碳达峰的能源消费与电力装机

能源消费目标：2028年、2030年，一次能源消费总量分别达到59亿、60亿吨标准煤，年均增速2%，其中：

- **煤炭：**2028年27亿吨标准煤，2030年25亿吨标准煤；
- **石油：**2028年7.3亿吨标准煤，2030年左右达到峰值7.4亿吨标准煤；
- **天然气：**2028年4500亿立方米，2030年4800亿立方米，2035年左右达峰5000亿立方米；
- **清洁能源：**2028年15.8亿吨标准煤，2030年18.6亿吨标准煤。

电力装机目标：电源装机总量持续增长，2028年、2030年分别增长至33.9亿、38亿千瓦，年均增速6%。

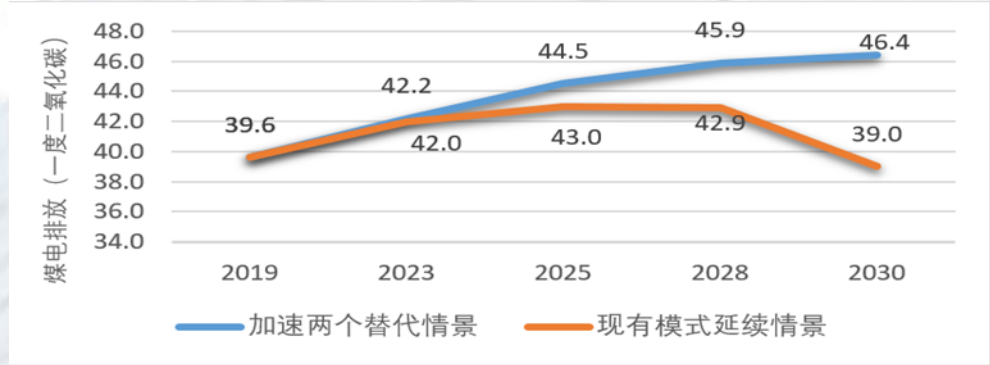
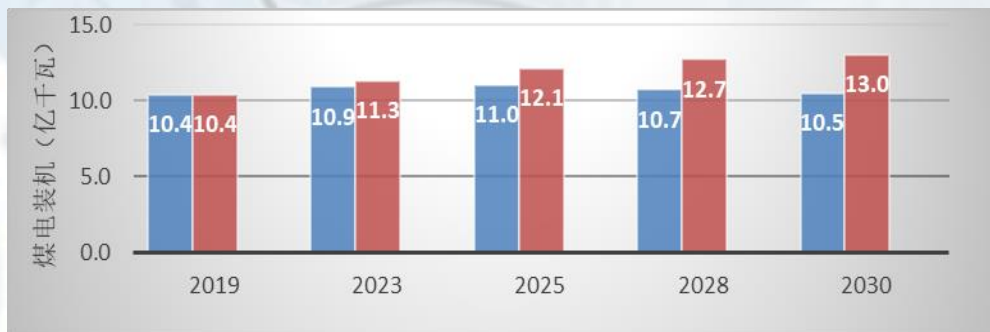


我国2019~2030年一次能源结构

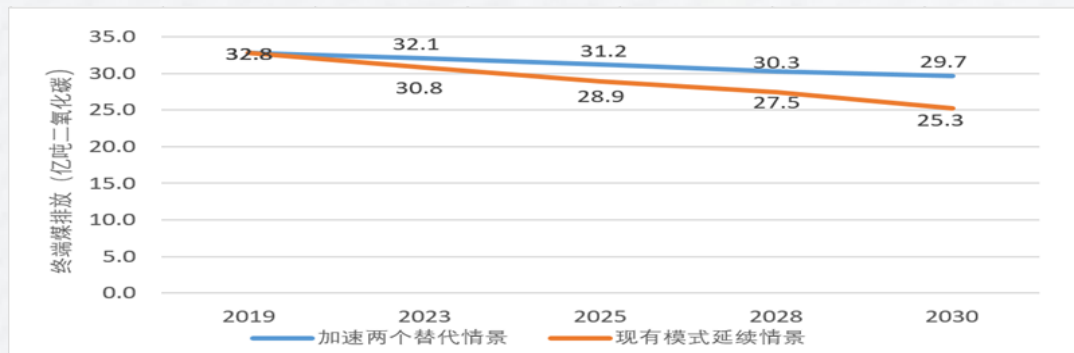
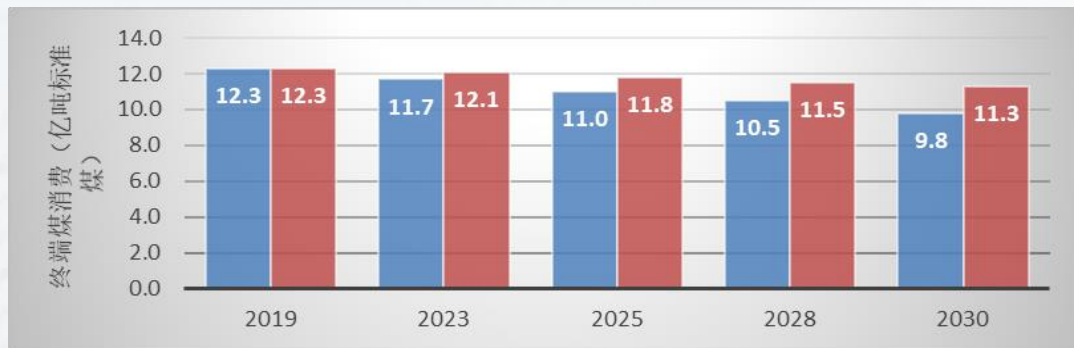
碳排放大户煤炭控制目标

■ 煤炭消费控制目标

煤电消费控制目标：煤电装机2025年达峰，峰值11亿千瓦，到2030年下降为10.5亿千瓦。2028年、2030年，相应碳排放分别达到42.9亿、39亿吨。



终端用煤消费控制目标：到2028年、2030年分别降至10.5亿、9.8亿吨，相应碳排放分别将至27.5亿、25.3亿吨。

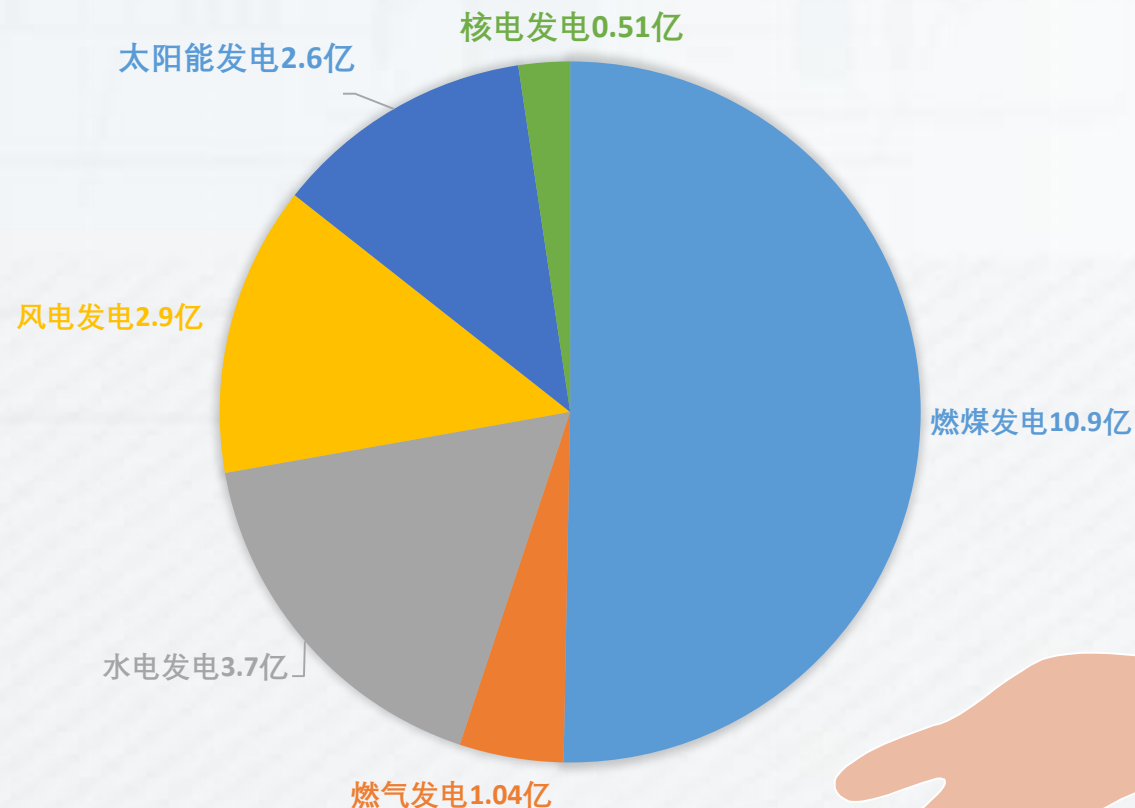


转变煤电功能布局，科学有序发展气电

能源生产碳排放占能源活动碳排放的**47%**。实现能源生产减碳，必须加快清洁能源替代化石能源。

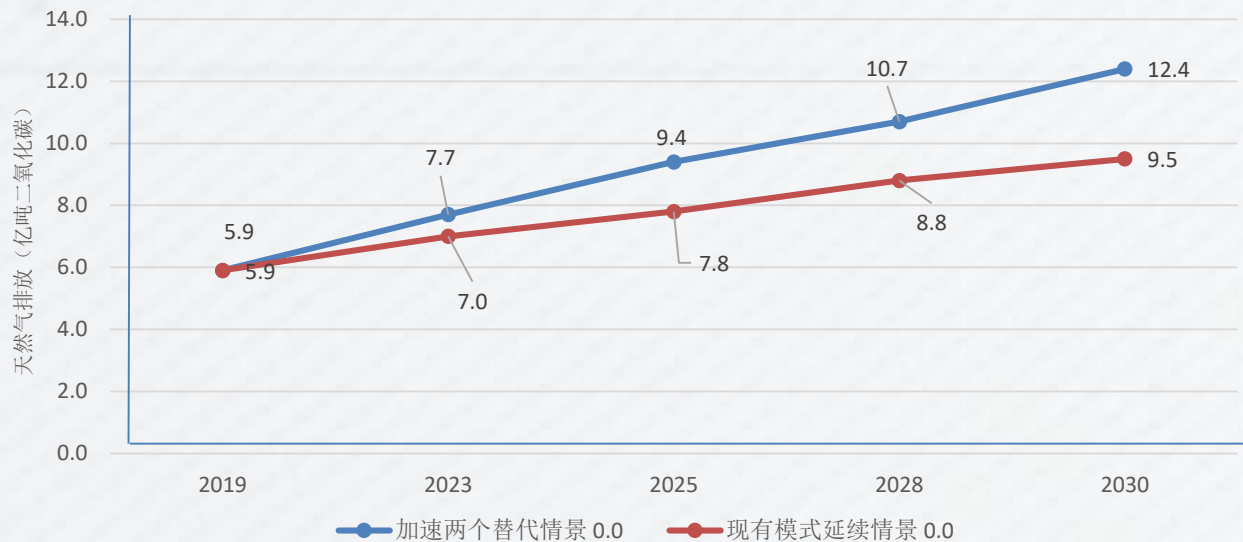
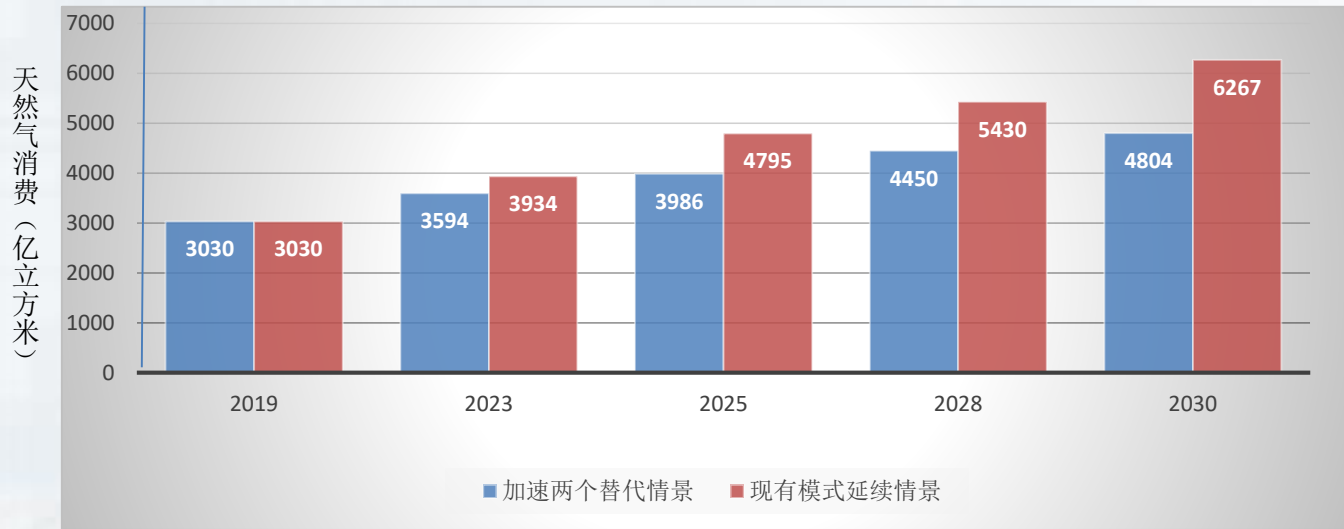
适度发展气电作为调峰电源，“十四五”“十五五”分别新增5000万、8500万千瓦，主要分布在东中部地区，到2025年、2030年，气电装机分别达到1.52亿、2.35亿千瓦。

截止到2021年3月底全国发电装机容量**22.3**亿千瓦



达峰目标

天然气消费控制目标：总量于2035年左右达到峰值5000亿立方米，2028年、2030年分别达4500亿、4800亿立方米。相应碳排放分别达到2028年、2030年的8.8亿、9.5亿吨。



减排成效

预计2030年煤电发电量占比由2019年的62%降至42%。

清洁能源装机、发电量年均增长1.5亿千瓦、3100亿千瓦时。



清洁能源占一次能源比重达31%，满足能源电力需求增量和化石能源退出的存量缺口。

我国通过电力生产碳排放率先于2025年达峰、峰值45亿吨，2030年进一步下降至41亿吨。

燃机轮机发电行业主要排放物管控的历程

- 1995年前燃气轮机发电排放几乎没有控制。
- 1995年~2000年燃机燃料由轻油转向重油，重点是控制吹而产生的粉尘排放物。
- 2000年~2005年控制由SO₂造成的酸雨，开始管控燃料中S含量，要求烧含S量1.2以下的重油。
- 2008年开始，控制NO_x排放量，燃机燃烧系统进行DLN1改造，达到30毫克/M³。“深圳蓝”15毫克/M³标准出现，带来了新挑战。
- 2021年~今后，逐步控制CO₂排放，利用各种技术手段。



五大电力公司单位供电二氧化碳排放水平（2015年数据）

发电集团	A	B	C	D	国电投	平均值
克/Kwh	686	687	655	644	586	651

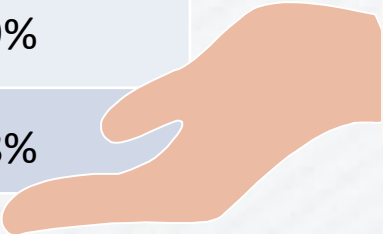
国家“十三五”温室气体排放方案提出目标：**2020年单位供电二氧化碳排放控制在550g/kwh**





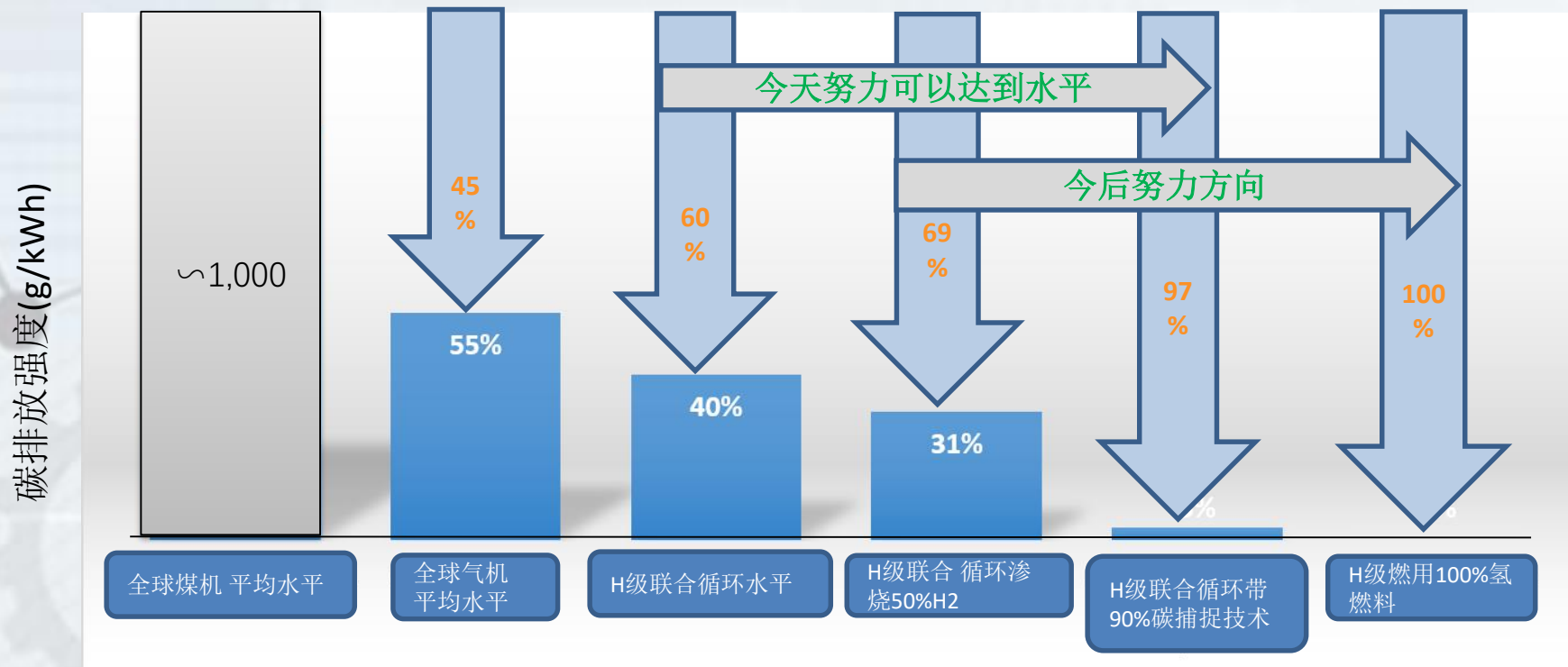
各型燃机单位供电二氧化碳排放与煤机比较

	效率%	热耗	度电CO2排放量	比值%
超超临界 1000MW煤机	47.82	7528KJ/kwh(1800Kcal)	640g/kwh	100%
6B.03	51.5	6990KJ/kwh(1670)	383.2g/kwh	60%
6F.03	55.3	6522KJ/kwh(1565)	356g/kwh	56%
9E.03	52.3	6883KJ/kwh(1645)	377.3g/kwh	59%
9F.05	60.2	5980KJ/kwh(1430)	328g/kwh	51%
9HA.01	63	5724KJ/kwh (1368)	313g/kwh	49%
9HA.02	63.5	5669KJ/kwh (1355)	306g/kwh	48%





燃气轮机通过各种技术手段可以有效降碳排放



里程碑！2021年初 气电装机达到了1亿千瓦

- 预计2025年、2030年、2035年全国的气电装机分别达到**1.5亿**、**2.35亿**、**3亿千瓦**。
- 广东省2020年底气电装机容量为**2680万千瓦**，占全国气电装机的**26%**，按照次比例推测算：2025年前仍然有**1350万**新增装机容量。（“十五五”期间为2210万）
- 长三角地区（沪、浙、苏、闽）：2020年底气电装机占全国气电装机**41%**。2025年仍然有**2050万**，“十五五”期间**3485万**。
- 环黄渤海地区（京、津、鲁、冀）：2020年底气电装机占全国气电装机**16%**。“十四五”期间有**800万左右**新增容量，“十五五”期间**1360万左右**。

注：广东省能源“十四五”规划中气电装机容量为1900万。



总 结

气价

气源

政策

通过加快构建中国新型电力系统，实施“两个替代”，采取更有力措施，其中，煤炭消费持续下降，石油、天然气消费增速放缓，并分别于2030年、2035年达峰，能源活动碳排放2028年达峰、峰值102亿吨，2030年降为97亿吨；燃气轮机发电装机仍有适度增加，但是要跟踪燃机新技术发展，充分发挥气电现有优势，提高综合能源利用效率，全面管控各类排放物的排放水平。

