

2022

— 第四届 —



中国碳排放“双控”制度框架 与路线图设计

王金南

中国工程院 院士

生态环境部环境规划院 院长

2022年7月20-21日

中国·北京

淘宝店/VX公众号：碳中和研究库

中国碳排放“双控”制度框架与路线图设计

王金南

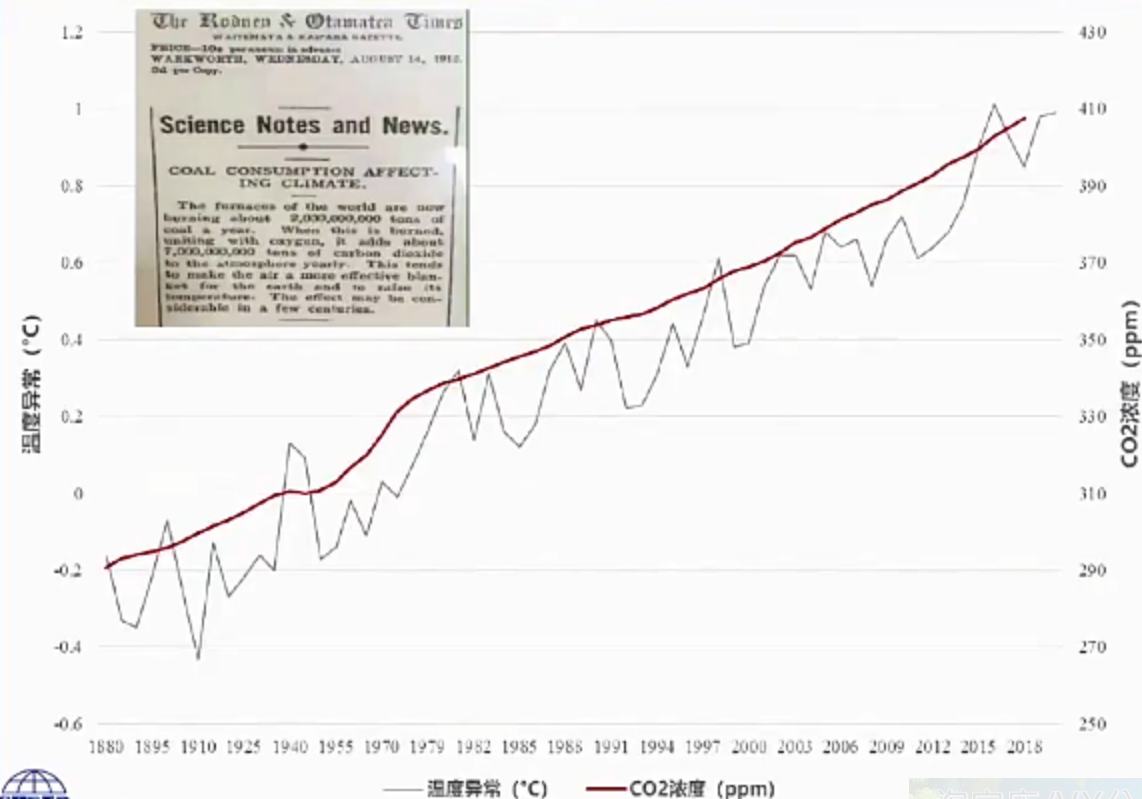
生态环境部环境规划院

2022.7.20.

汇报内容

- 一 建立碳排放“双控”迫在眉睫
- 二 实施碳排放“双控”技术路线

科学认识：全球温度和温室气体浓度

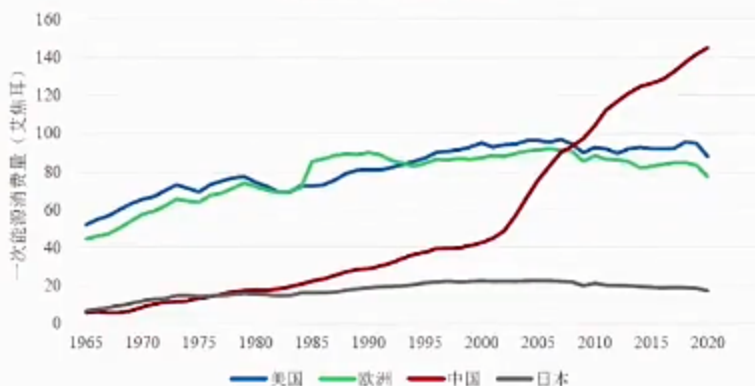


大气中温室气体(**GHG**)和气溶胶浓度、地表覆盖率和太阳辐射的变化都会改变气候系统的能量平衡。具有长生命周期的温室气体在气候系统辐射强迫中占主导地位。自**1750**年以来,由于人类活动,全球大气二氧化碳(**CO₂**)、甲烷(**CH₄**)和氧化亚氮(**N₂O**)浓度已明显增加,目前已经远远超出了根据冰芯记录测定的工业化前几千年中的平均浓度值。

数据来源: NASA's Goddard
Institute for Space Studies (GISS)
注: 该图全球地表温度是相对于
1951-1980年平均温度的变化。

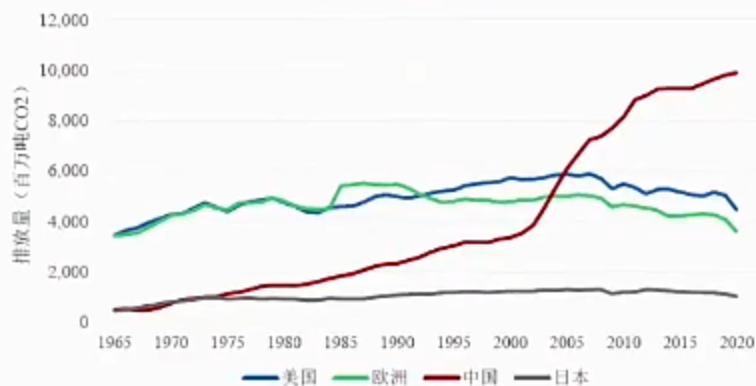
政治共识：要削减温室气体排放

各地区一次能源消费量



来源：BP能源统计年鉴

各地区二氧化碳排放量



来源：BP能源统计年鉴

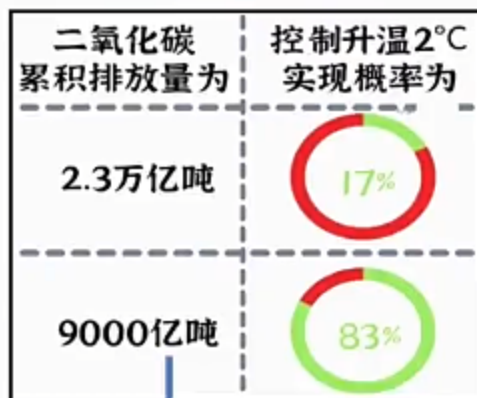
- ❑ 欧洲、美国和日本已完成工业化阶段，高能耗产业已退出或转移，经济增长与能源需求基本脱钩，均已碳达峰。达峰时间分别为1987年、2007年、2008年；
- ❑ 中国仍处于工业化、城镇化进程中，一次能源消费仍处于增长趋势中，因此碳排放也仍处于增长阶段。与欧盟和日本相比，中国从碳达峰到实现碳中和的时间要短得多，从碳达峰到碳中和只有30年时间，因此要付出更加艰苦努力。

全球2020-2100年碳预算 (来源: IPCC第六次评估报告)

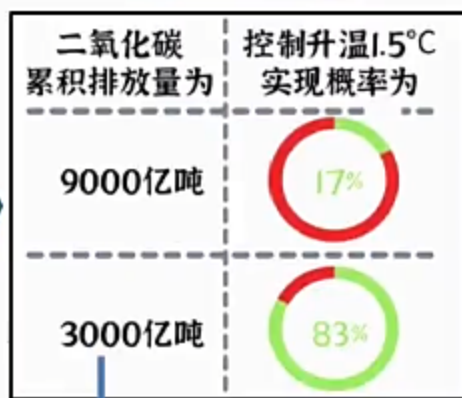
2020年碳排放现状

- 全球地表气温较工业革命前升高**1.09°C**;
- 1850-2019累积排放二氧化碳：**23900亿吨**;
- 1万亿吨累积二氧化碳排放升温：**0.45°C**。

2.0°C温控目标



1.5°C温控目标



减排目标

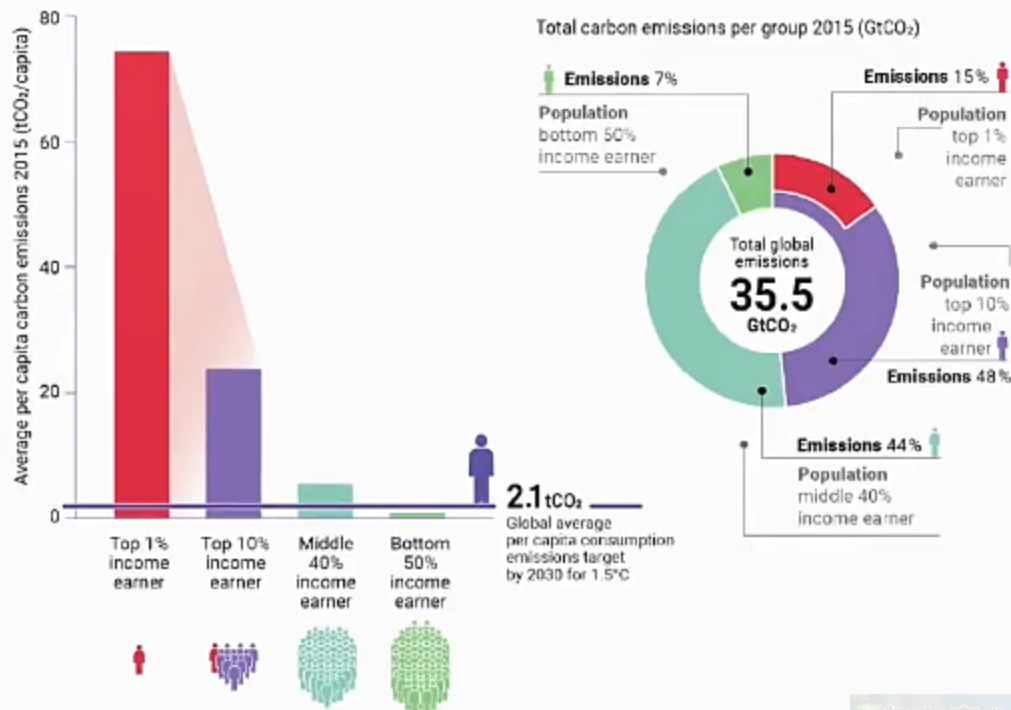
2020年

320亿吨/年

113亿吨/年
(2021-2100)

38亿吨/年
(2021-2100)

全球碳预算和减排责任的核心是排放总量分配



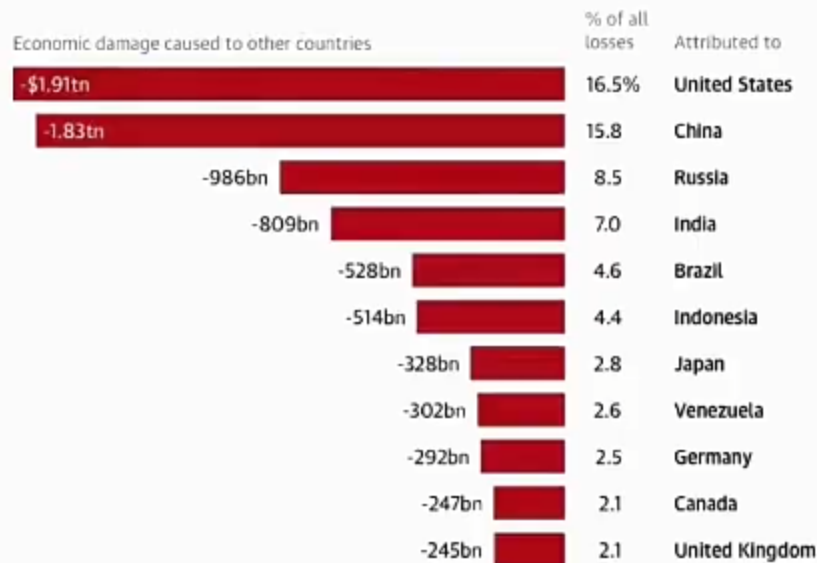
The emissions of the richest 1% of the global population account for more than twice the combined share of the poorest 50%.

最富裕的1%人口的排放量是最穷的50%的人口排放量的2倍多。基于1.5度目标下的全世界人均排放量为2.1吨CO₂。

主要国家碳累积排放损失（1990-2014）

Countries that have caused the most economic damage to the rest of the world through emissions

Cumulative economic losses from 1990 to 2014



Guardian graphic. Source: Callahan et al., 2022, "National attribution of historical climate damages". Note: Losses calculated using emissions from countries' territorial boundaries in 2010 US dollars.

美国达特茅斯大学研究团队（2022）发布研究报告，第一次从气候变化造成的损害和损失角度来评估整个经济损失，时间区间定在1990-2014。评估指出，美国温室气体排放对其他国家造成的损失接近2万亿美元；中国紧随其后，再之后是俄罗斯、印度、巴西、印尼、日本、委内瑞拉、德国和英国。

淘宝店/VX公众号：碳中和研究库

North America

457 billion tonnes CO₂
29% global cumulative emissions



Europe

Asia

457 billion tonnes CO₂
29% global cumulative emissions



3 billion tons

43 billion tonnes CO₂
3% global emissions

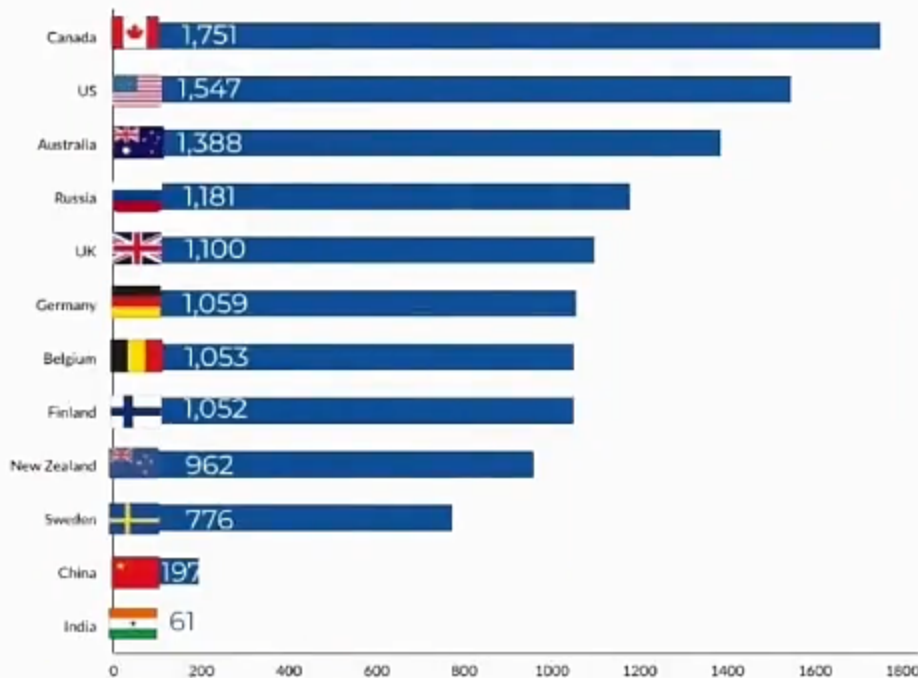
South America
10 online courses CE

Oceania
20 billion tonnes CO₂
1.2% global emissions

如果按照累积排放量贡献计算，美国第一25%，欧盟28为第二22%，中国第三12.7%

Figures for the 28 countries in the European Union have been grouped as the 'EU-28' since international targets and negotiations are typically set as a collaborative target between EU member states. Values may not sum to 100% due to rounding.

Cumulative carbon emissions per capita
from 1850-2021 (tCO₂), selected countries



Source: Carbon Brief

以累积（1850-2012）人均排放量（吨二氧化碳）计算：

加拿大：1751

美国：1547

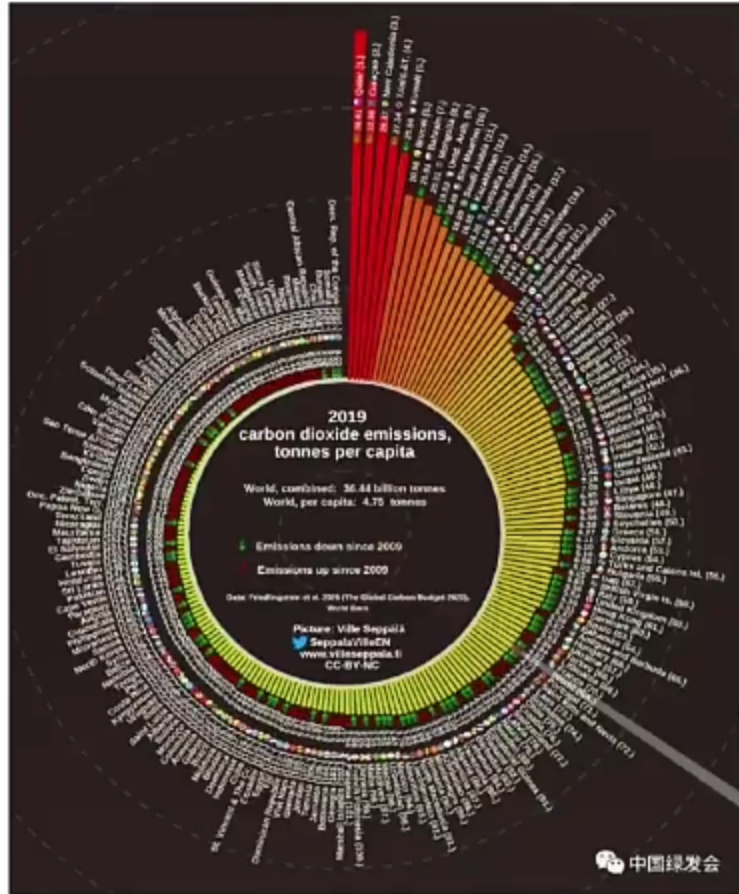
瑞典：776

中国：197

印度：61

中国仅为美国的
12.7%

全世界2019年二氧化碳排放量364亿吨，人均排放量



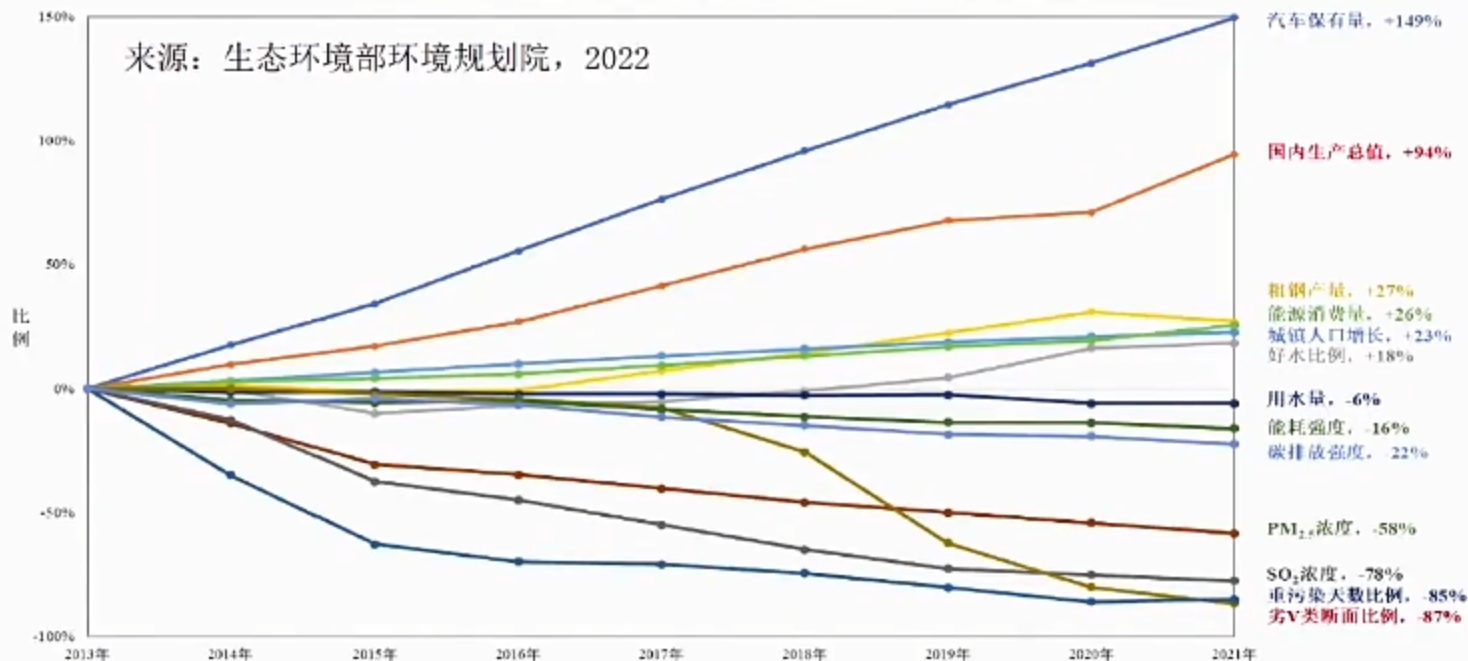
- 全世界 4.85吨
- 卡塔尔 38.61吨
- 中国 7.28吨，第44位
- 澳大利亚 16.2吨
- 美国 16.10吨
- 德国 8.44吨
- 英国 5.53吨
- 法国 4.84吨

全球与主要经济体温室气体排放

范围	2014年温室气体排放量(亿吨CO ₂ e)	非二排放量(亿吨CO ₂ e)	非二占比(%)
全球	480	120	25
美国	66	13	20
欧盟	43	8.2	19
中国	125	20	16

“十八大”以来中国经济社会发展与生态环境资源变化

党的“十八大”以来我国经济社会发展与生态环境保护主要指标变化情况



2020年中国应对气候变化目标全部完成

指标	《国家应对气候变化规划 (2014-2020年)》		“十三五”控制温室气体排 放工作方案	
	目标值	实际值	目标值	实际值
碳排放强度下降率(%)	比2005年下降 40-45	48.4	比2015年下降18	18.8
非化石能源占一次能源消 费的比重(%)	15	15.9	15	15.9
森林面积(万公顷)	比2005年增加 4000	4500	-	-
森林蓄积量(亿立方米)	比2005年增加13 亿立方米	38.39	到2020年达到 165亿立方米	175.6亿立 方米
森林覆盖率(%)	-	-	23	23.04



碳达峰碳中和的本质是温室气体排放总量控制

国家主席习近平

9月22日

在第七十五届联合国大会一般性辩论上
发表重要讲话



新华社视频

习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布：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。



淘宝店/VX公众号：碳中和研究 国际在线 www.cri.cn

碳达峰、碳中和、气候中和

碳达峰

碳达峰是指二氧化碳排放（以年为单位）在一段时间内达到峰值，之后进入平台期并可能在一定范围内波动，然后进入平稳下降阶段。由于经济因素、极端气象自然因素等，视情况可以适度允许在平台期内出现碳排放上升的情况，但不能超过峰值碳排放量。

碳中和

2018年IPCC发表的《温升1.5度报告（Global Warming of 1.5 °C）》中，对“二氧化碳净零排放（net-zero）”，即“碳中和（carbon neutrality）”进行了重新定义，它表示“净零排放（net-zero）”的含义为人为二氧化碳排放量与二氧化碳移除量相平衡的状态。

通常讲：碳中和是指国家、区域、公司、团体、个人等在一定时间（一般是1年）内直接和间接排放的CO₂，与其通过植树造林、CCUS等方式清除的CO₂相互抵消，实现CO₂“净零排放”。

气候中和

“气候中和（climate neutral, climate neutrality）”一词由“碳中和（carbon neutral、carbon neutrality）”衍生而来，并对其意义进行了扩展，它首次被使用是在联合国环境署在2007年的时候发布了一个名为“climate neutral strategy”的文件，其中包括了为实现气候中和需要施行的步骤，并且在其中对于“气候中和（climate neutrality）”进行了定义，它提到“气候中和（climate neutrality）”是指一个机构估算其已知温室气体排放量、采取措施减少温室气体排放量、购买碳抵消量以“中和”剩余的温室气体排放量的整套政策。《巴黎协定》提出要在本世纪下半叶实现温室气体净零排放。欧盟的《2050长期计划》中提出要在2050年前实现气候中和。

碳零排放和温室气体零排放

淘宝店/VX公众号：碳中和研究库

中国碳达峰碳中和路径分析

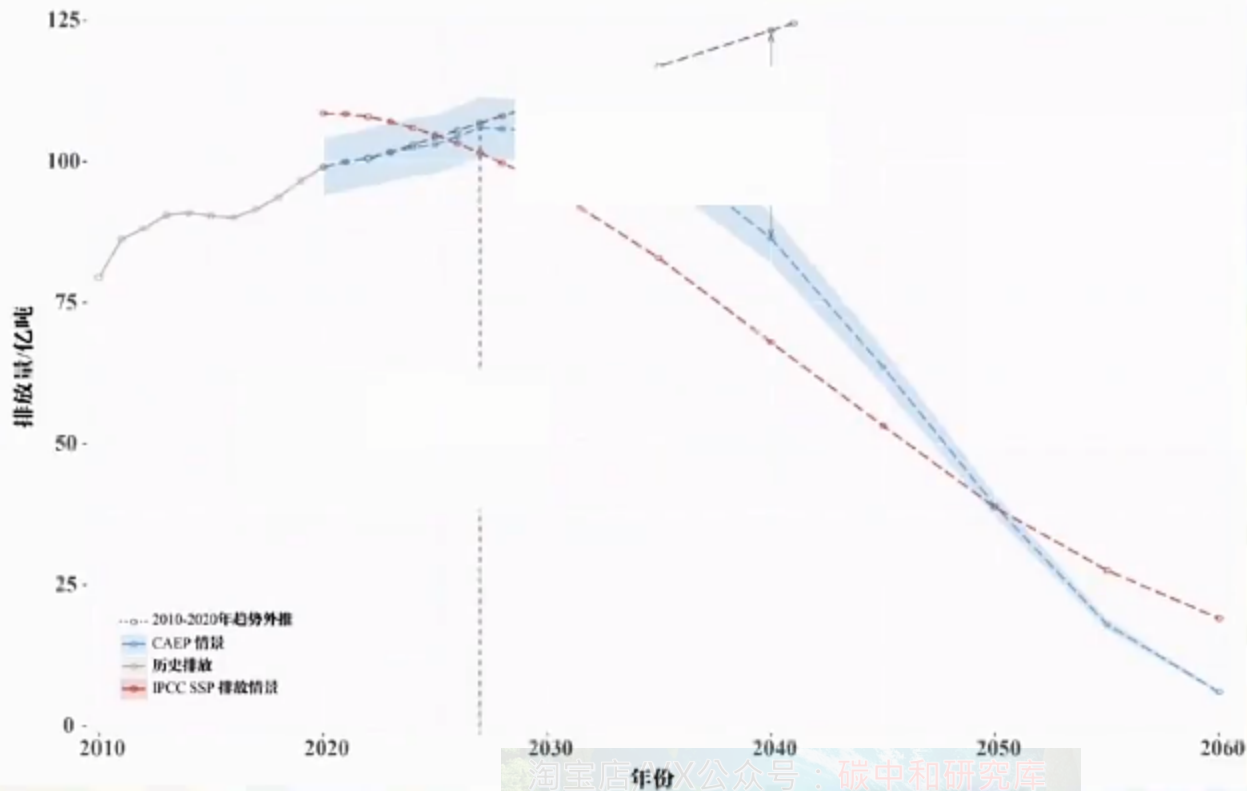
□ 国家

□ 地方

□ 行业部门

中国碳达峰碳中和路径预测

- 中国二氧化碳排放将在20??年左右达到峰值(约??亿 吨), 2035年排放约为??亿吨, 2035—2050年快速下降, 2060年排放量约为??亿吨。
- 碳中和路径下, 中国在二氧化碳减排上会做出巨大努力和卓绝贡献。

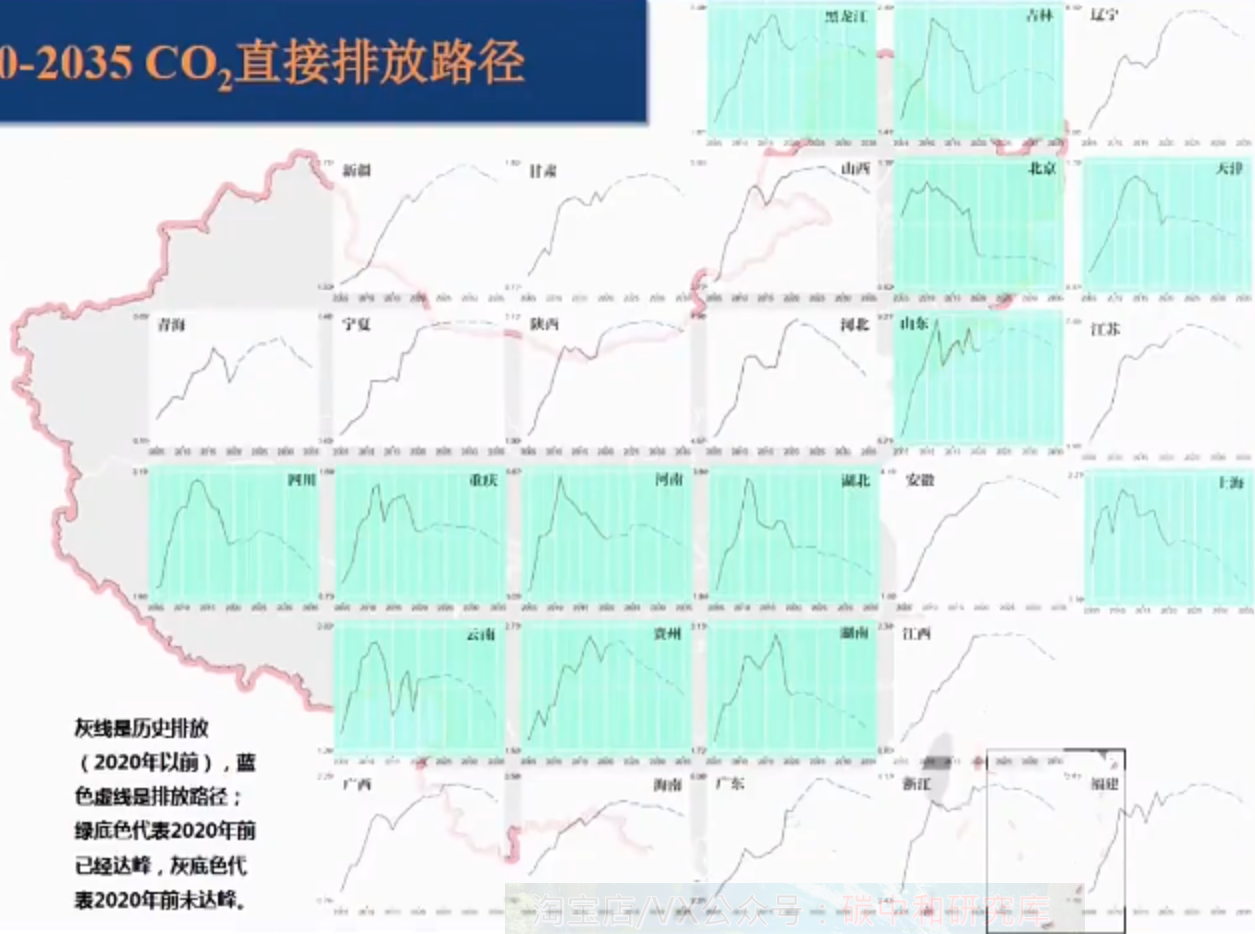


中国各省2005-2020-2035 CO₂直接排放路径

CO₂直接排放已
达峰省份，其排放
从峰值年开始都已
经出现了明显的下
降；未达峰省份增
长也逐渐进入平台
期。

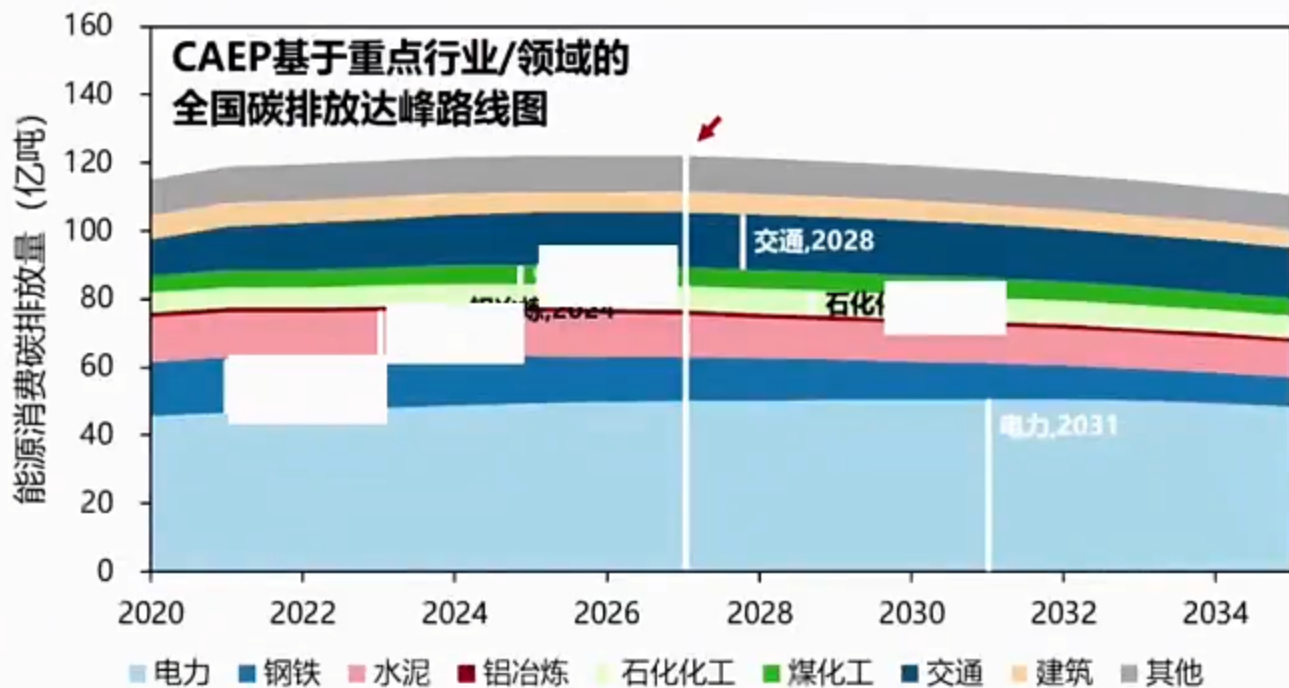
注：根据生态环境部
环境规划院的CHRED
空间化数据，西藏
2020年直接排放751万
吨，总排放934万吨。

灰线是历史排放
(2020年以前)，蓝
色虚线是排放路径；
绿底色代表2020年前
已经达峰，灰底色代
表2020年前未达峰。



重点行业和部门达峰分析

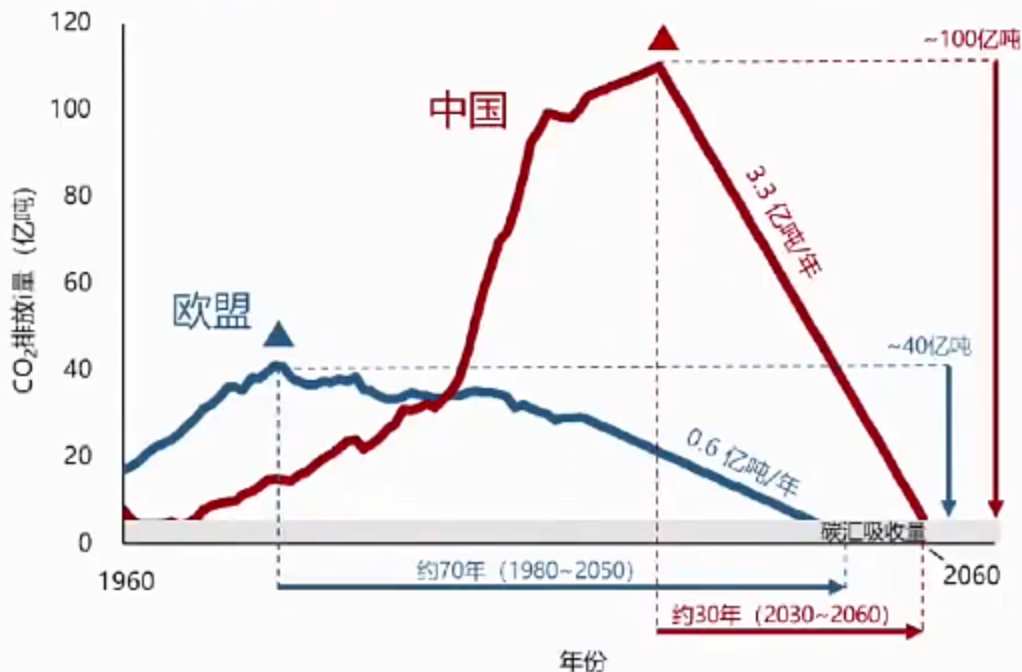
- ❑ 两个安排：工业行业与电力行业达峰时间安排，电力行业与交通建筑部门达峰时间安排问题
- ❑ 钢铁、水泥、有色等行业与建筑领域的直接排放将于“十四五”期间达峰，石化化工、煤化工与交通领域在“十五五”末期达峰，电力行业在“十五五”末进入峰值平台期。
- ❑ “十四五”是实现2030年前碳达峰的关键时期，全国排放达峰后将进入3-4年的峰值平台期，年均排放量仅减少几千万吨，容易因重大项目集中布局建设而导致排放量波动或反复冲高。



基于CAEP-CP 1.2模拟结果，从行业/部门角度分析，强化情景下，行业/部门综合排放将会在2030年前达峰，峰值较2020年增加??亿吨左右。

实现碳达峰碳中和时间紧任务重

中国与欧盟碳达峰至碳中和主要指标对比示意



(历史数据来源: World Bank)

- 我国到2035年基本实现社会主义现代化需要保持经济中高速增长,能源消费**刚性增长需求旺盛**,将给碳达峰带来巨大压力
- 欧盟碳达峰至中和约70年,减排约40亿吨,年均减排**0.6亿吨**
- 我国要在达峰后用约30年时间实现100亿吨左右的减排,年均减排目标在**3亿吨以上**
- 实现碳达峰碳中和时间紧、任务重,需要长远谋划布局,现阶段应以碳中和目标约束推动实现高质量达峰

淘宝店/VX公众号: 碳中和研究库

实施总量控制是克服碳排放“攀高峰”的有效机制

2021年全国二氧化碳排放量较2020年增长 亿吨，上升 %；其中，能源活动排放增长4.6亿吨，上升4.6%。26个省市自治区碳排放总量（含间接排放）同比2020年有所增加，其中，广西、海南增幅约20%，浙江、湖北、广东、新疆、甘肃、重庆、青海、陕西、北京、江西、上海、福建、宁夏增幅在5%~10%



中国各省市2021年重点行业/部门相对2020年同期二氧化碳排放变化（柱形：排放量变化率，蓝点：排放量占比）

通过建立碳排放“双控”制度，克服能耗“双控”对碳排放间接控制和碳排放强度单一控制的局限性，可形成有效的**碳达峰碳中和激励约束机制**。

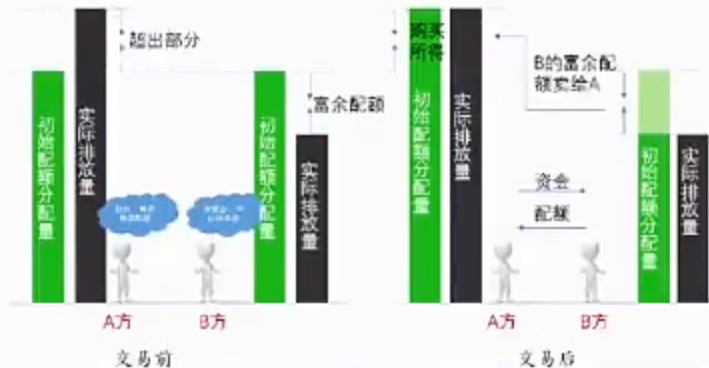
相比于强度控制，碳总量控制具有更强的约束力和调控作用，通过设定明确的碳排放总量控制“天花板”，可**有效避免部分地区“攀高峰”现象**，有利于推动有序达峰和、稳步中和。

建立明确的碳排放总量控制目标和统一的排放量核算、考核要求，能够**为碳市场提供清晰稳定的市场信号**，有利于形成面向“双碳”目标的配额分配体系，真正发挥市场机制优化配置资源、降低全社会减排成本的作用。

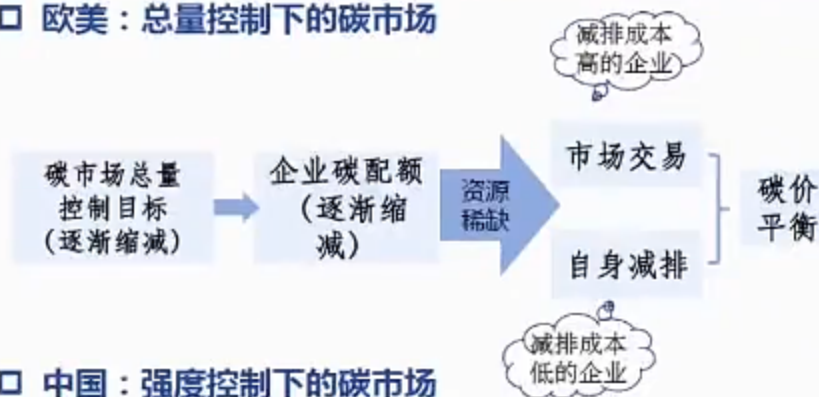
提升碳市场效率的关键是建立碳排放总量控制

□ **碳市场内涵**：通过形成合理碳价发现减排成本，从而优化配置减排空间资源，以成本效益最优的方式实现碳减排目标。

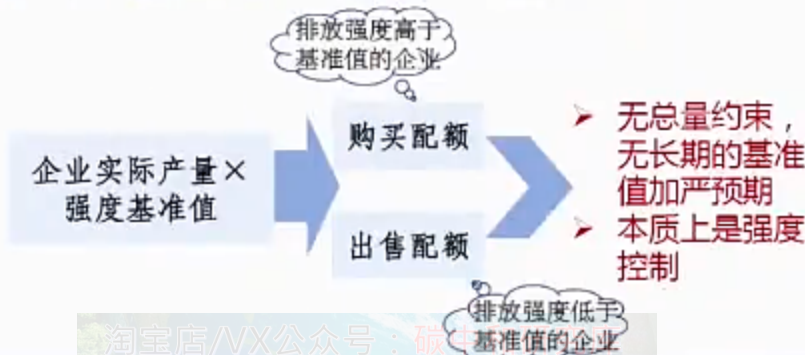
□ **一般做法**：政府为落实碳减排目标，**设定一定时限（履约周期）内纳入管控范围全部企业的碳排放总量目标**，并以配额形式分配给企业，强制企业在履约周期结束时必须向政府清缴与其实际碳排放量等量的配额。



□ 欧美：总量控制下的碳市场



□ 中国：强度控制下的碳市场



建立碳“双控”的政策需求非常紧迫

- 改革考核制度。新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制。这个调整既为保障经济平稳运行留出合理用能空间，也能有效推动地方保持节能工作力度，兼顾发展和减排、当前和长远。这个调整进一步清晰了碳达峰碳中和的能源革命方向，也就是说能源消费总量要控制的是化石能源，要鼓励发展的是风能发电、光伏发电、水电、生物质能等清洁零碳的可再生能源。
- 完善考核制度。能耗“双控”向碳排放总量和碳排放强度“双控”转变是下一步调整的正确方向。无论是2030年前碳达峰还是2060年前碳中和，本质都是要控制二氧化碳或温室气体排放总量。因此，要尽快选择有条件的地方和行业开展二氧化碳排放增量控制试点，为碳达峰碳中和奠定制度基础。



汇报内容

- 一 建立碳“双控”迫在眉睫
- 二 实施碳“双控”技术路线

建立碳排放“双控”制度的总体思路

基本原则：（1）系统观念。以实现“双碳”目标为核心，以推动经济社会发展全面绿色转型为方向，推动能耗“双控”向碳排放“双控”平稳过渡，与碳市场建设一体谋划；（2）精准科学。补齐碳排放总量控制短板，探索行业总量控制与地区总量控制相配合、增量控制与绝对总量控制相结合的差别化管理模式；（3）统筹推进。把握好制度实施的时序度，由点及面逐步深化，优先在基础条件好、需要更早达峰的地区和行业开展；（4）协同增效。把握好气候治理和污染防治的整体性，切实发挥好降碳行动对生态环境质量改善的源头牵引作用，充分利用现有生态环境制度体系协同推进碳排放“双控”制度建设。

实施思路

“十四五”时期

定位：强度控制为主，总量控制为辅

思路：（1）以行业总量控制为重点，探索地区总量控制试点；
（2）试点地区总量指标的设定应与碳强度目标衔接匹配；
（3）统筹考虑强度目标与总量目标考核，以强度考核为主，
兼顾总量考核

“十五五”时期

定位：持续健全总量控制制度，做到总量控制与强度控制互为支撑，相辅相成

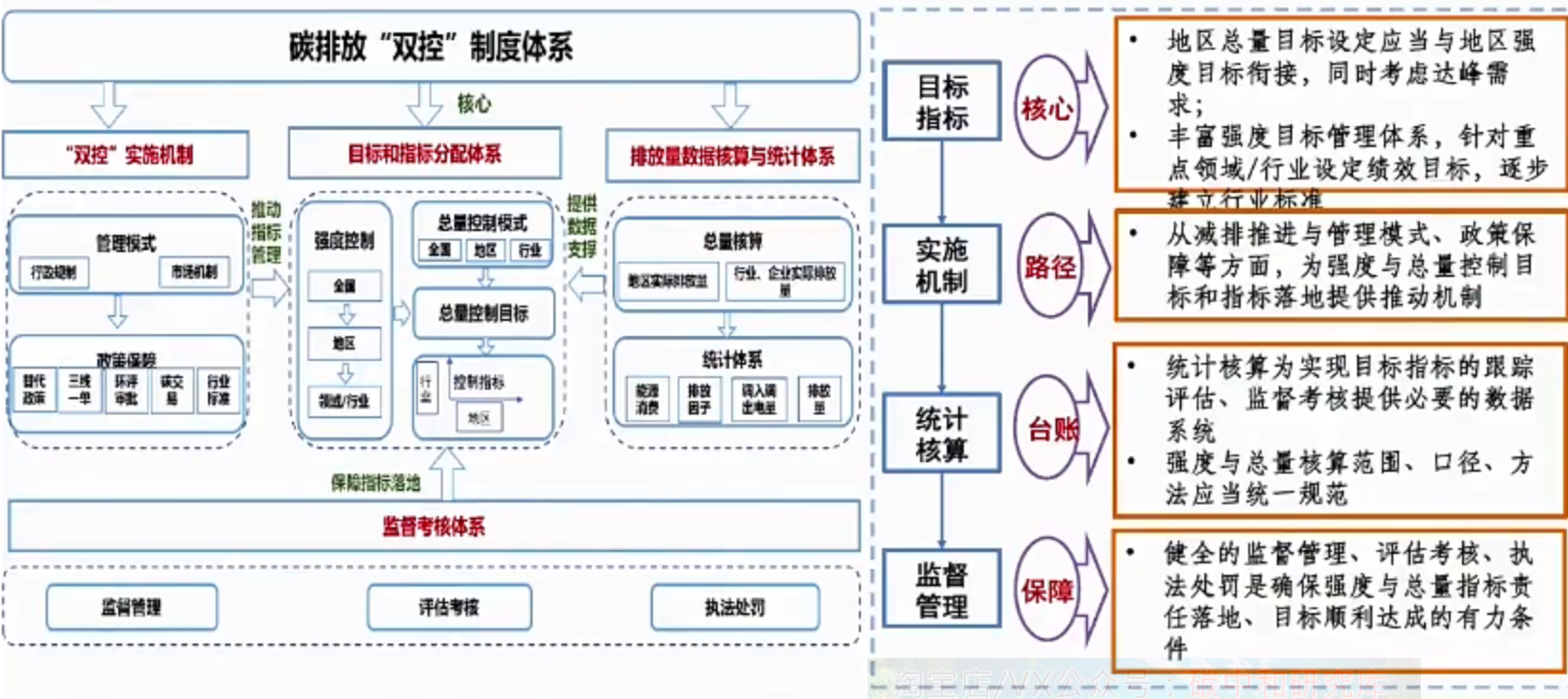
思路：统筹衔接总量控制和强度控制，逐步在地区范围、控制领域、统计口径、目标与排放量测算方法、监管考核等方面实现规范统一，通过强度控制促进总量减排，通过总量约束补充强度控制。

1、碳排放总量控制制度内涵

- **建立国家碳排放总量控制制度。**提出分阶段目标并明确地区、行业责任；国务院与地方政府和央企签订碳达峰目标责任书，明确目标任务。
- **推动地方开展碳排放总量管理。**对于直接排放已经达峰的省份，“十四五”期间实施碳排放总量控制；对于“十四五”实现碳达峰的省份，实施碳排放强度和碳排放总量双控制；对于“十五五”实现碳达峰的省份，实施碳排放强度控制。
- **推动行业开展排放总量控制。**建立完善以严控新增碳排放为先导、以管理排放配额为核心的全口径工业行业总量控制体系；构建以强度目标和减排任务量为载体的差异化非工业领域总量控制体系。

- **当前阶段要统筹协调好能源消费总量、能源消耗强度、碳排放强度、碳排放总量控制制度。“十五五”全面建立温室气体排放总量控制制度。**
- **完善和改革环境影响评价制度，把温室气体和二氧化碳纳入环境影响评价，管控好新增量。试点建立二氧化碳排放新增量有偿取得制度。**
- **建立符合MRV要求的温室气体和二氧化碳排放监测统计核算体系，开展第三方核定。**

2、碳排放“双控”技术路线图



3、加快建立碳总量控制制度体系

控制范围
↓
控制模式
↓
目标指标
↓
核算统计
↓
监管考核

控制因子

温室气体

二氧化碳

实施对象

电厂、工业行业

交通、建筑、农业等

控制边界

能源活动、工业过程和产品使用

直接排放、间接排放

基于不同对象的控制模式

地区总量控制

行业总量控制

基于不同目标的控制模式

增量控制

绝对量控制

设定总量目标

国家总量目标

省总量目标

行业总量目标

指标分配体系

城市总量指标分配

企业总量指标分配

总量核算体系

核算边界

核算方法

数据质控

检测规范

统计体系

排放清单

地区、行业统计

地方政府考核评估

“双控”目标考核制度

企业总量核查执法

核查细则

监督执法

4、重构基于碳排放总量控制的碳市场

➤ 设定纳入碳市场管控企业排放总量目标

- 根据行业达峰路径确定行业碳排放总量控制目标，结合国家“双碳”工作部署及碳市场范围扩展安排，设定分阶段碳市场配额总量控制目标。

➤ 现有企业配额分配

- 根据达峰约束下企业应达的绩效基准、控制产能或产量，采用绩效法分配企业年度配额。绩效基准逐年加严。

国家预留调控指标

- 由于达峰路径预测结果具有一定的不确定性，为防止由于对需求估计不足导致排放冲高现象，建议预留调控配额。

➤ 新源获取总量指标

- 建设项目新增配额应来源于国家拍卖的预留配额，或碳市场中的富余配额。购买配额数量根据行业内标杆水平可达的绩效基准、控制产能，采用绩效法进行确定。
- 对于落实产能置换的企业，配额可直接来源于被置换产能，数量按照上述方法确定，被置换产能所持配额对应核减。

5、建立碳排放总量控制技术体系

地区碳排放总量控制要与碳排放强度考核相衔接，与碳强度分配原则一致，遵循：公平、效率、效果和连续四大原则。总量目标根据自上而下和自下而上的思路确定，省份到城市分配充分考虑产业结构等因素。

省份分配原则

公平：地区间发展权公平、人际公平



效率：碳排放资源流向利用效率更高的地区

效果：分解方案保证实现或超额完成国家目标

连续：分解方案与历史分解方案有衔接

省份总量目标确定

自上而下考虑因素：国家“十四五”碳强度目标、碳排放总量增长区间、国家达峰和中和目标

反复验证、调整

自下而上考虑因素：人均GDP、人均碳排放、地区碳达峰进展、“十三五”地区分解指标、大气污染控制要求和新增项目

“十四五”分两类：已达峰或者处于平台期的省份、未达峰省份：已达峰或者处于平台期的省份实施绝对总量控制、未达峰的省份增量控制（设置约束性碳强度和激励性碳强度）

省份到城市分配思路

城市分类：历史碳排放与GDP脱钩分析、产业结构、城市在省份的定位（生态优先等）

自上而下考虑因素：目标分解后等于或者高于国家下达给省份的目标

反复验证、调整

自下而上考虑因素：人均GDP、人均碳排放、纳入碳市场的行业在城市所占比重、地区碳达峰进展大气污染控制要求和新增项目

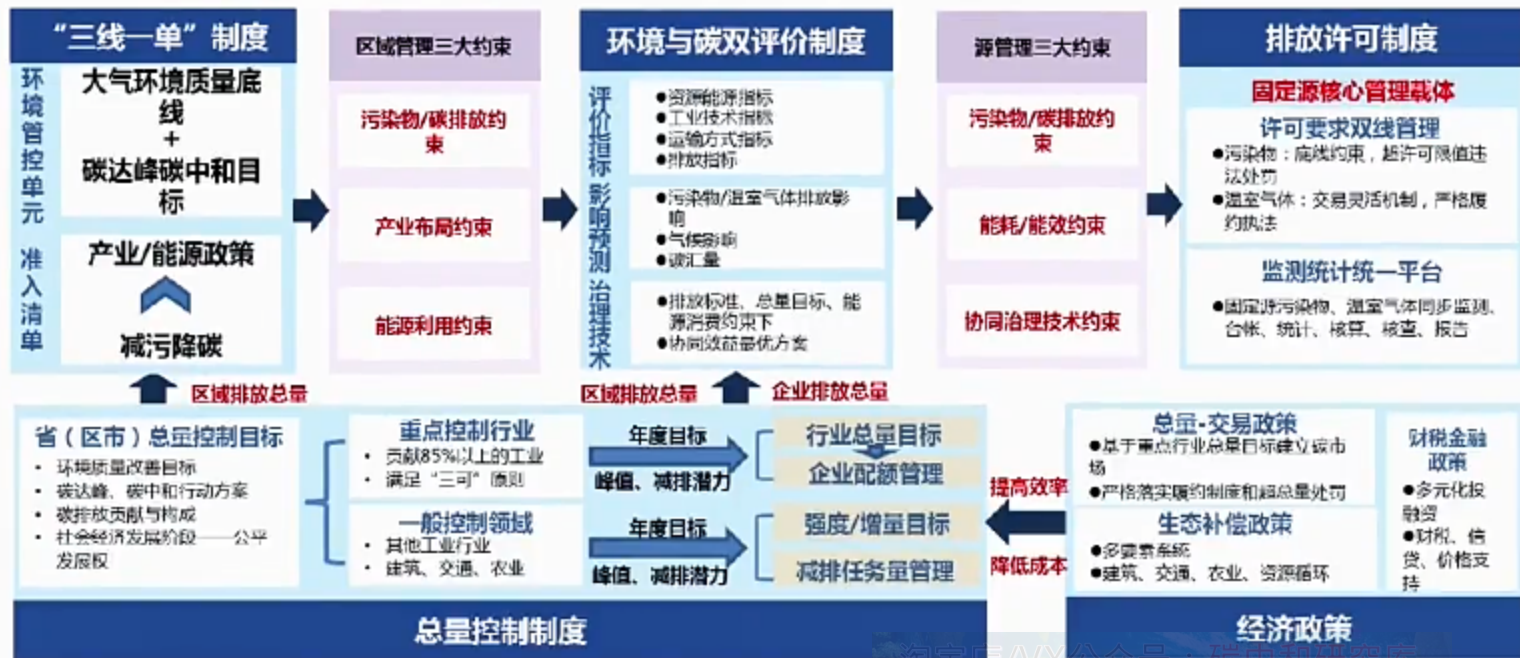
统计和考核

统计：地区按照核算方法上报分部门分行业的年度二氧化碳排放量；省份根据提供资料和现场查验验证数据结果是否真实

考核：不同的完成程度给予不同的考核结果

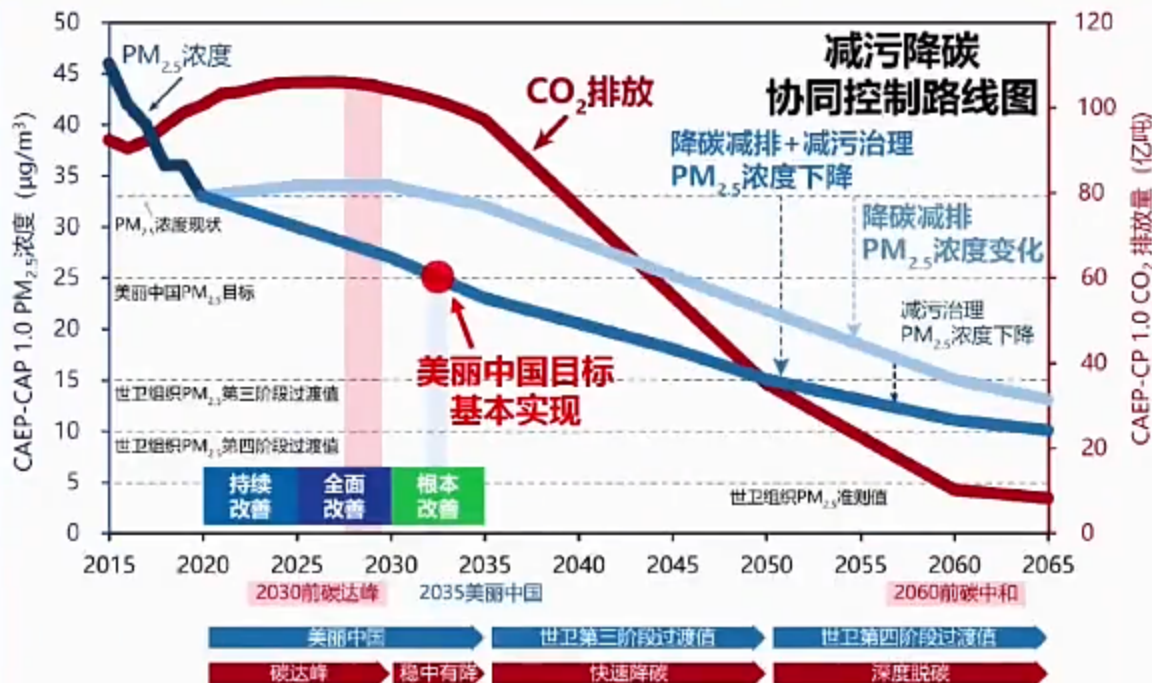
6、统筹碳总量控制与现行环境管理制度

以“三线一单”、环评为主的源头防控和以排放许可、总量控制为主的过程管控，构成覆盖宏观-中观-微观全链条减污降碳制度体系



实施减污降碳协同控制路线图

- 2035年前，需以美丽中国目标和碳达峰目标为**双牵引**协同推进空气质量改善和CO₂减排
- 2035年之后，大气污染末端治理减排潜力逐步收窄，**根本性的结构调整**等降碳措施将成为CO₂与大气污染物协同减排的**核心牵引**
- 至2060年，降碳对PM_{2.5}浓度下降的贡献超过**80%**
- 碳达峰碳中和为空气质量根本改善奠定基础



(生态环境部环境规划院 Shi et al., 2021)

政策协同：创新减污降碳协同政策机制

减污降碳 协同立法

- 在环境保护法中补充应对气候变化相关条款，明确减污降碳的职责划分；推动将温室气体排放控制纳入《大气污染防治法》等法规，**建立健全碳排放控制违法责任追究与处罚制度**；制定《碳中和促进法》。

协同建立 标准体系

- 在现行生态环境标准体系中纳入**碳排放控制要求**，制修订重点行业污染物与温室气体排放协同控制标准、可行技术指南、监测技术指南等国家标准和行业标准；建立移动源温室气体和大气污染物协同控制的排放标准体系。

统筹融合 经济政策

- 形成协同推进减污降碳的环境经济政策体系**，推动气候投融资与绿色金融政策协调配合：建立完善有利于绿色低碳技术应用的财政补贴政策；完善绿色低碳财税优惠政策；探索建立排污权交易与碳交易政策融合机制。

政策协同：建立减污降碳协同治理体系

协同评价考核制度

- 建立地区、重点领域/行业减污降碳协同度评价指标体系，提出综合表征城市环境质量改善和应对气候变化的**协同性管理目标**；研究**协同度指标**构成、评价标准、评价方法，制定配套技术文件

协同融合碳评环评

- 将区域碳排放量控制目标纳入环境质量底线，统筹生态环境管理与应对气候变化优化空间管控；在生态环境准入清单编制过程中同步考虑温室气体排放；**构建污染物与温室气体协同的环境影响评价制度体系**

融合碳排放排污许可

- 部署落实污染物与碳排放许可制度，以**许可证**为管理载体，全面衔接环境影响评价、总量控制、排放与监测标准对固定源污染物与碳排放双控管理要求，**实现固定源污染物与碳排放同源过程管控**

融合排放总量双控

- 实施重点行业污染物与碳**排放总量双控制度**，分批分区推动总量控制，结合行业同源排放与协同控制特点，综合设定污染物与碳排放行业总量目标，制定大气污染物排放总量指标及碳配额分配方案

协同排放监测体系

- 选择重点行业开展CO₂、CH₄等温室气体监测，并**纳入生态环境监测体系统筹实施**。将温室气体排放纳入生态环境统计制度，完善指标体系，**统筹开展全国和地方污染物、温室气体排放清单编制工作**。

建立城市空气质量达标和碳达峰“双达”管理平台

管理目标

空气质量
目标



低碳发展
目标

管理方案

城市空气质量
达标方案



城市碳达峰
行动方案

技术方法

排放清单技术

- 高时空分辨率污染物排放清单
- 高时空分辨率碳排放清单

模型模拟技术

- 社会经济能源系统模拟
- 空气质量数值模拟

政策制度工具

- 总量控制制度
 - 固定源排污许可制度
 - 移动源达标监管制度
 - 价格、财税、金融政策
- 将大气管理工具与碳减排需求衔接

管理机制

试点机制

- 选择典型城市，开展“双达”试点

评估机制

- 评估城市空气质量达标与碳达峰形势

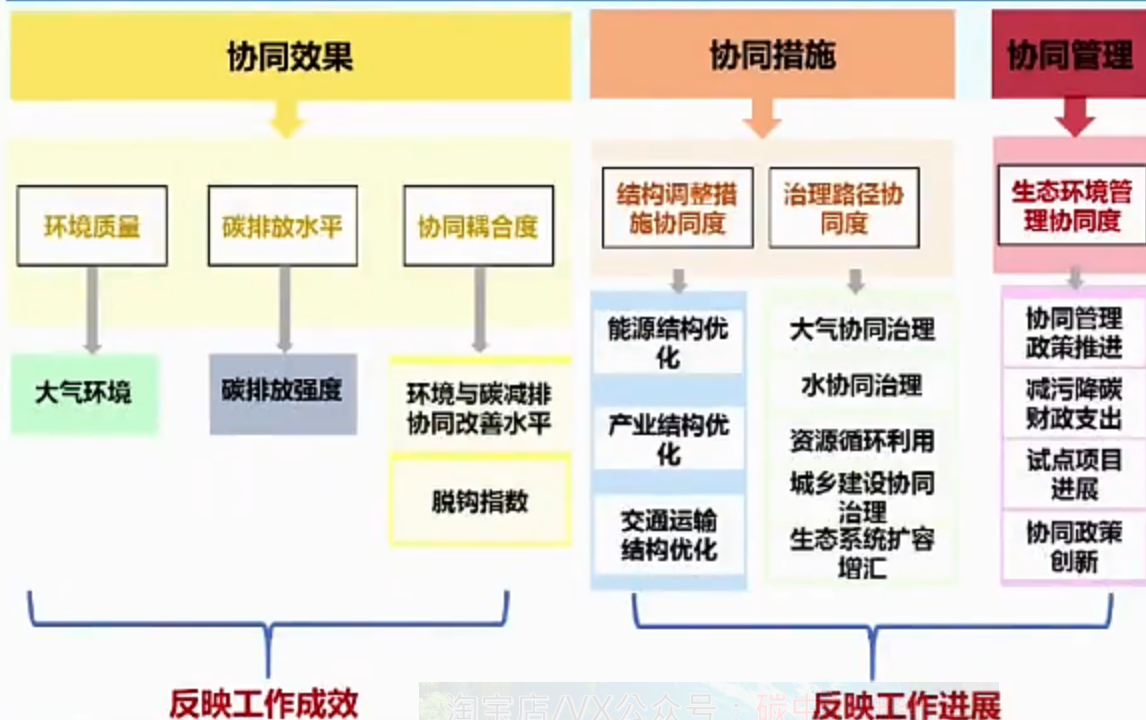
评价考核机制

- 将城市“双达”任务推进度、目标完成度与“双达”协同度纳入考核指标，开展评价考核

开发实施减污降碳协同指数ISEC

- 面向减污降碳协同增效战略目标，立足浙江省实际情况，建立**减污降碳协同指数ISEC**，实现对减污降碳协同效果和措施进展情况的**定量化跟踪、评估、反馈**
- 横向反映不同地区、领域减污降碳工作的相对优劣；在**纵向**体现减污降碳工作的持续性进展；**及时发现薄弱领域和突出问题**，为相关部门提供决策指引，及时优化调整推进策略
- 指标体系关注**协同效果、协同措施、协同管理三个维度**，由6个一级指标、16个二级指标和22个三级指标组成
- 指标依据**系统性原则、代表性原则、导向型原则、可获得性原则**进行选取

减污降碳协同增效评价的重点领域及框架



Please visit

生态环境部环境规划院

Chinese Academy of Environmental Planning

<http://www.caep.org.cn>