

# 开启我国低碳转型窗口的几点意见

**倪维斗 Prof. Ni Weidou**

中国工程院院士 清华大学教授

**Academician of Chinese Academy of Engineering**

**2012年7月**



# 能源与环境形势严峻

- 全世界，尤其是中国，**能源和环境问题**日趋严重
- 中国在这个问题上实际上已被逼到“墙角”，是“矛头”的指向
  - **气候变化**：中国每年排放CO<sub>2</sub>已达70亿吨，为世界第一
  - **能源安全**：现状堪忧，尤其是石油用量的不断增长，国产石油最多2亿吨/年，对外依存度已达56.5%。美国却从前几年的60%下降到45%。
    - 我国汽车生产量全世界第一，还要持续
    - 利比亚、南苏丹、尼日利亚、缅甸（伊洛瓦底江）……到处被挤压。

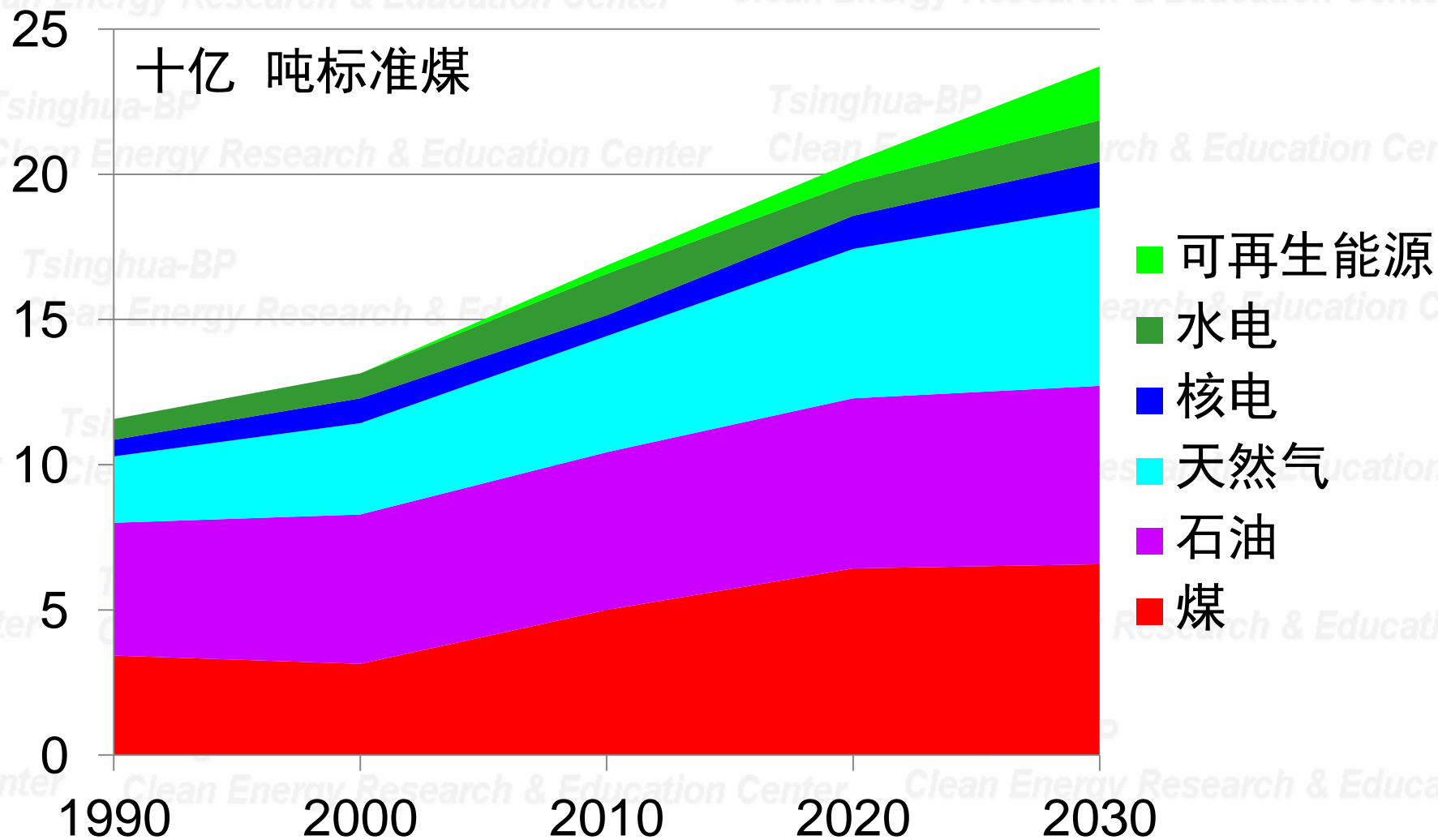


# 能源与环境形势严峻

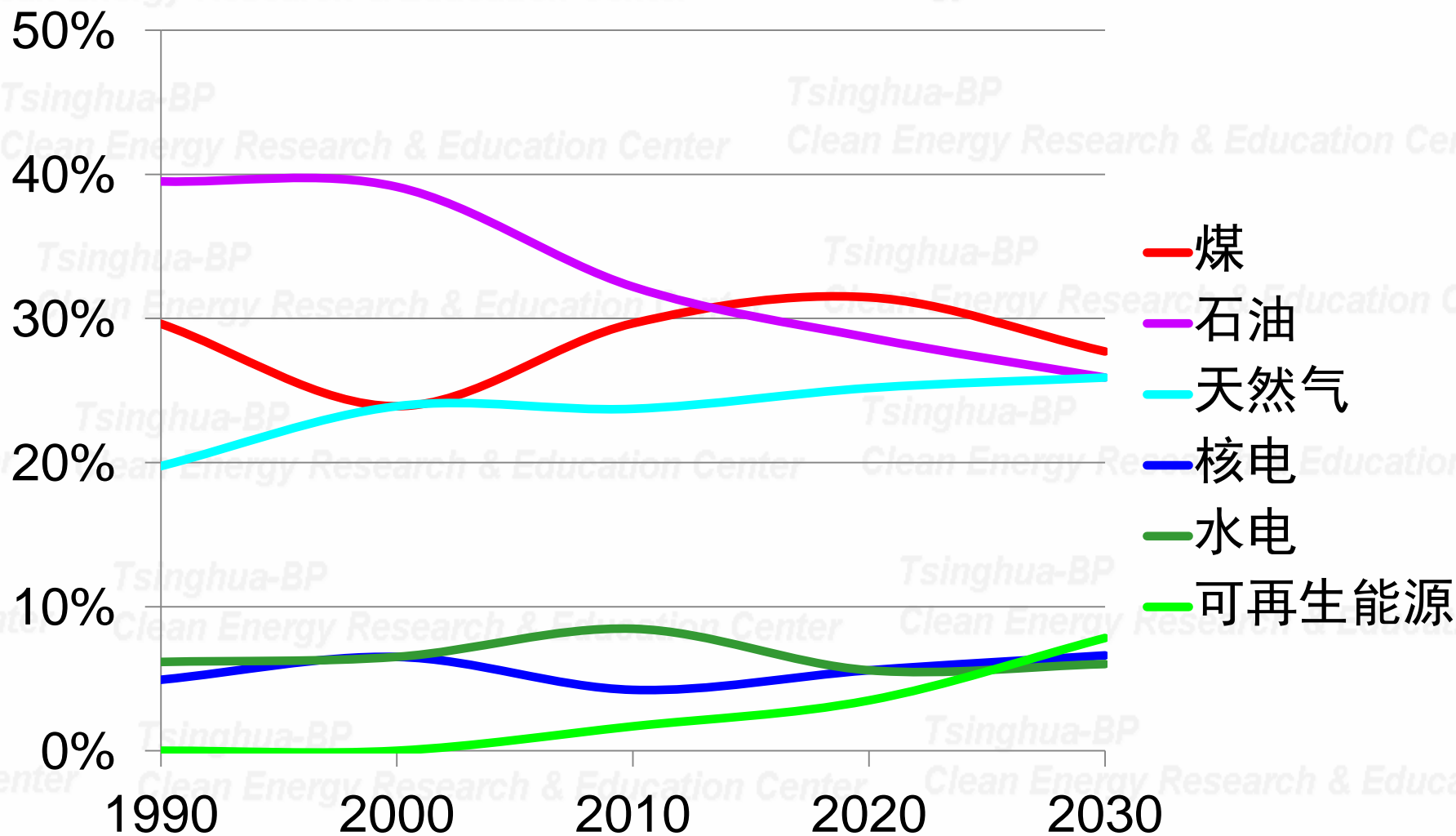
□ **PM<sub>2.5</sub>**——是一个非常大且复杂的问题，来源非常广泛，主要是燃煤和汽、柴油燃烧。我国炼油工艺和设备需要大改革。煤焦油中的多环芳烃进入油品，有机污染物与雾霾等。

- 我国官员和全体人民是否有强烈的危机感？
- 我国是否对此做好了临战准备？

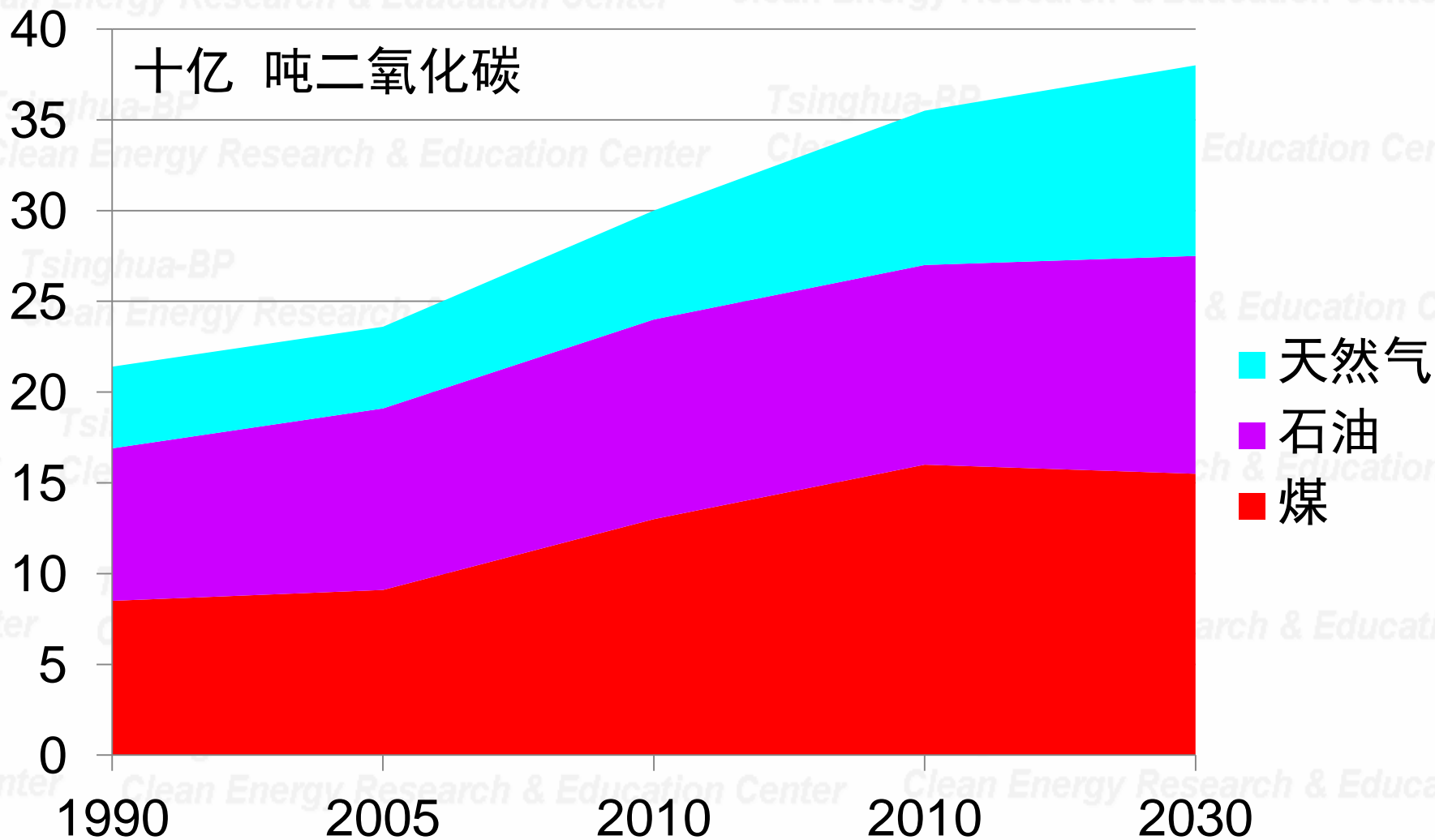
# I. 如何在2011~2050的40年间用好1000~1200亿tce 世界一次能源消费预测



# 在世界一次能源消费中的比重



# 全球能源消费产生的二氧化碳排放量

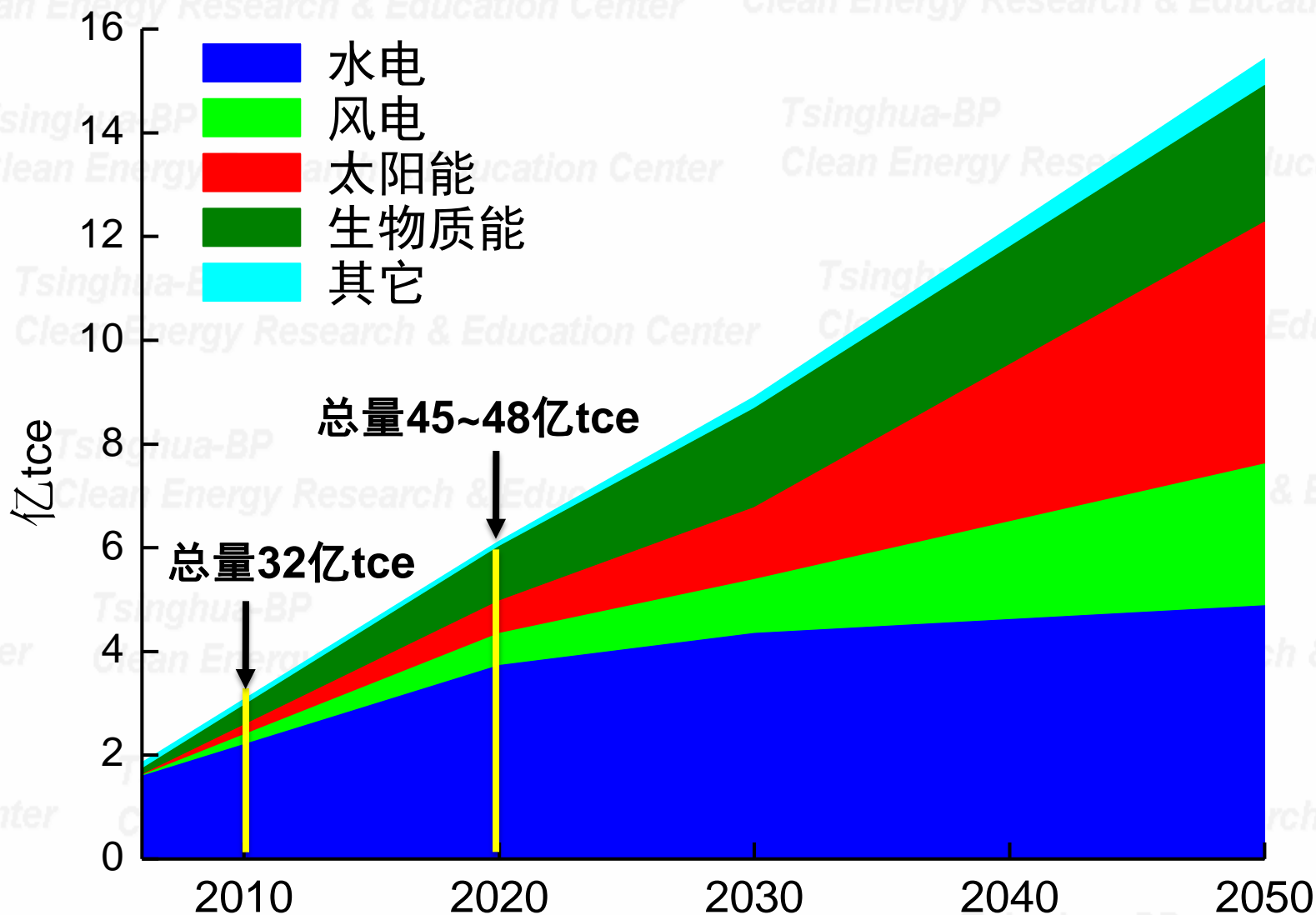


# The world

The future of  
clean energy is  
**dirty coal**



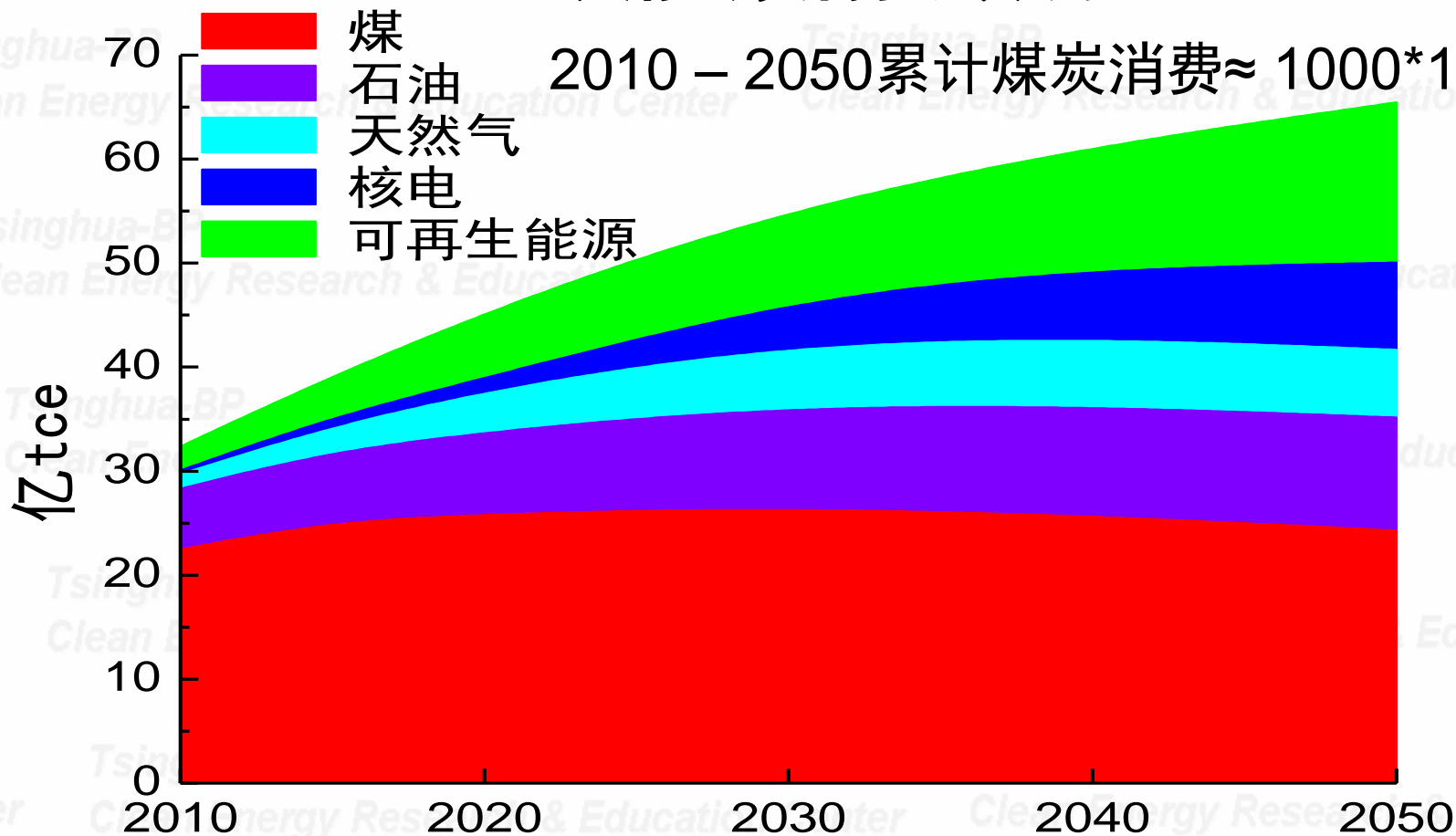
# 中国可再生能源的发展趋势





# 一次能源消费预测

2010 - 2050 累计煤炭消费  $\approx 1000 \times 10^8$  tce

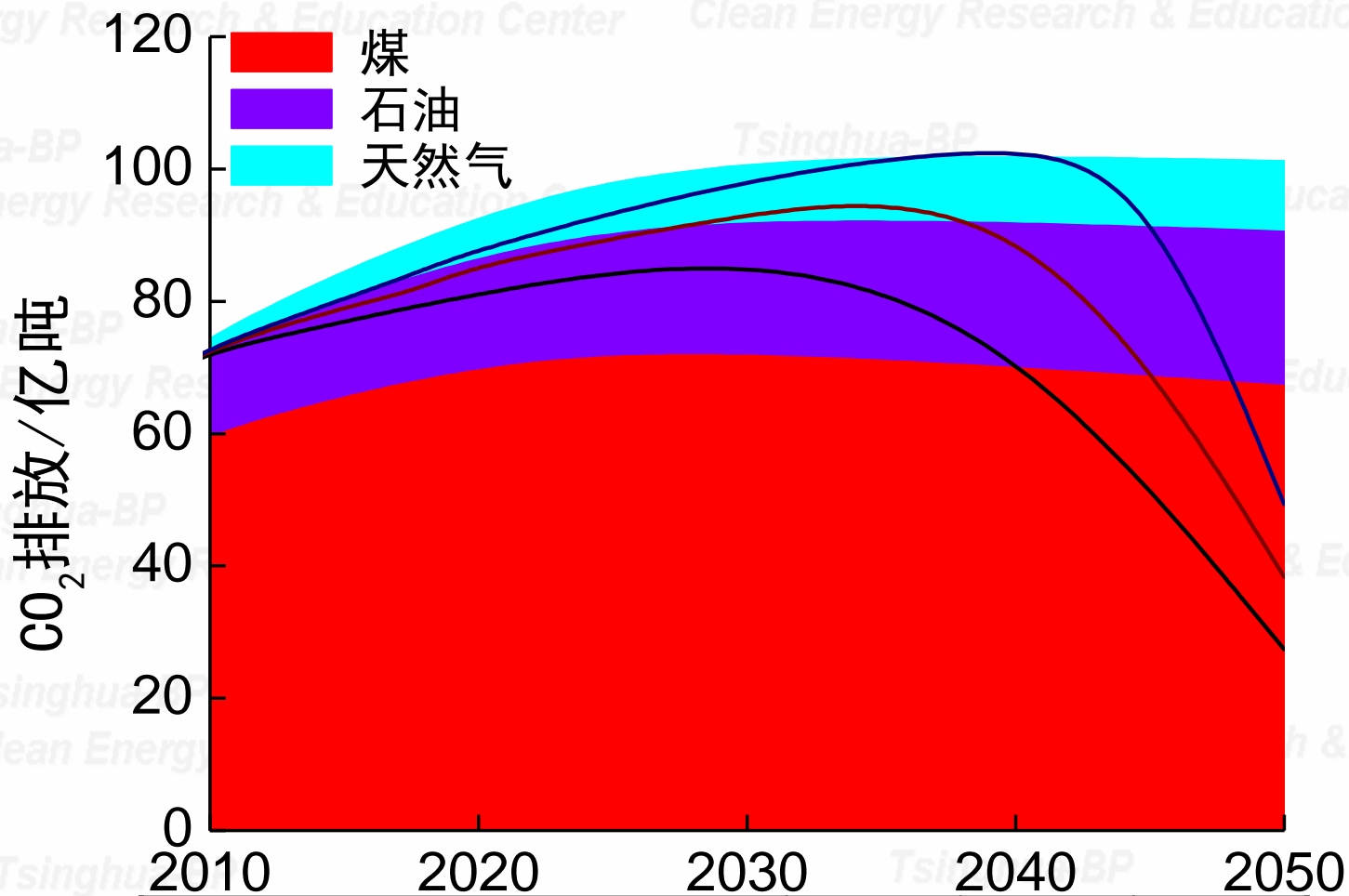


	2010	2020	2030	2050
一次能源消费总量( $10^8$ tce/a)	32.5	45	55	65

$\Delta=1.25$   $\Delta=1.0$   $\Delta=0.5$

2015年——41亿吨! ?

# CO<sub>2</sub>排放



CO <sub>2</sub> 排放峰值出现时间	2030	2035	2040
峰值 (亿吨CO <sub>2</sub> /年)	80	90	100

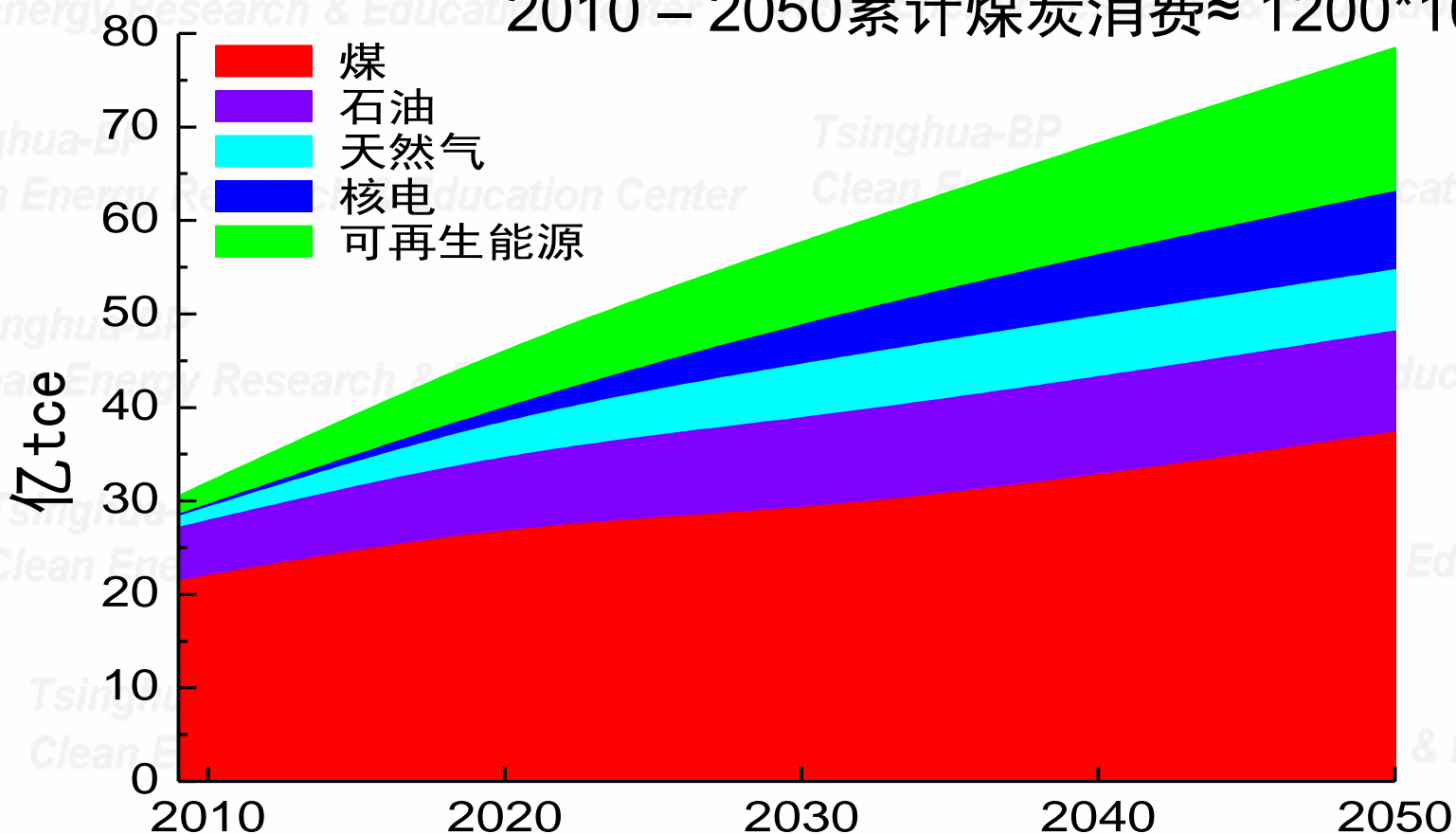


# 中国人均能源消耗量

- 一个大问题，究竟我国2015、2020、2030、2050年人均能源消耗是多少？一定要有明确的规律，严格的措施。
- 美国——11吨/人，英法——6~7吨/人，日本——5吨/人，中国将是多少？
- **定在4~5吨/人。**这样，中国在发展目标（人均住房、小汽车、交通消费模式……）和目前世界的惯性将有很大的变化。
- 城镇化、第三产业——是提高内需的主要方面——房屋、汽车！？

# 一次能源消费预测

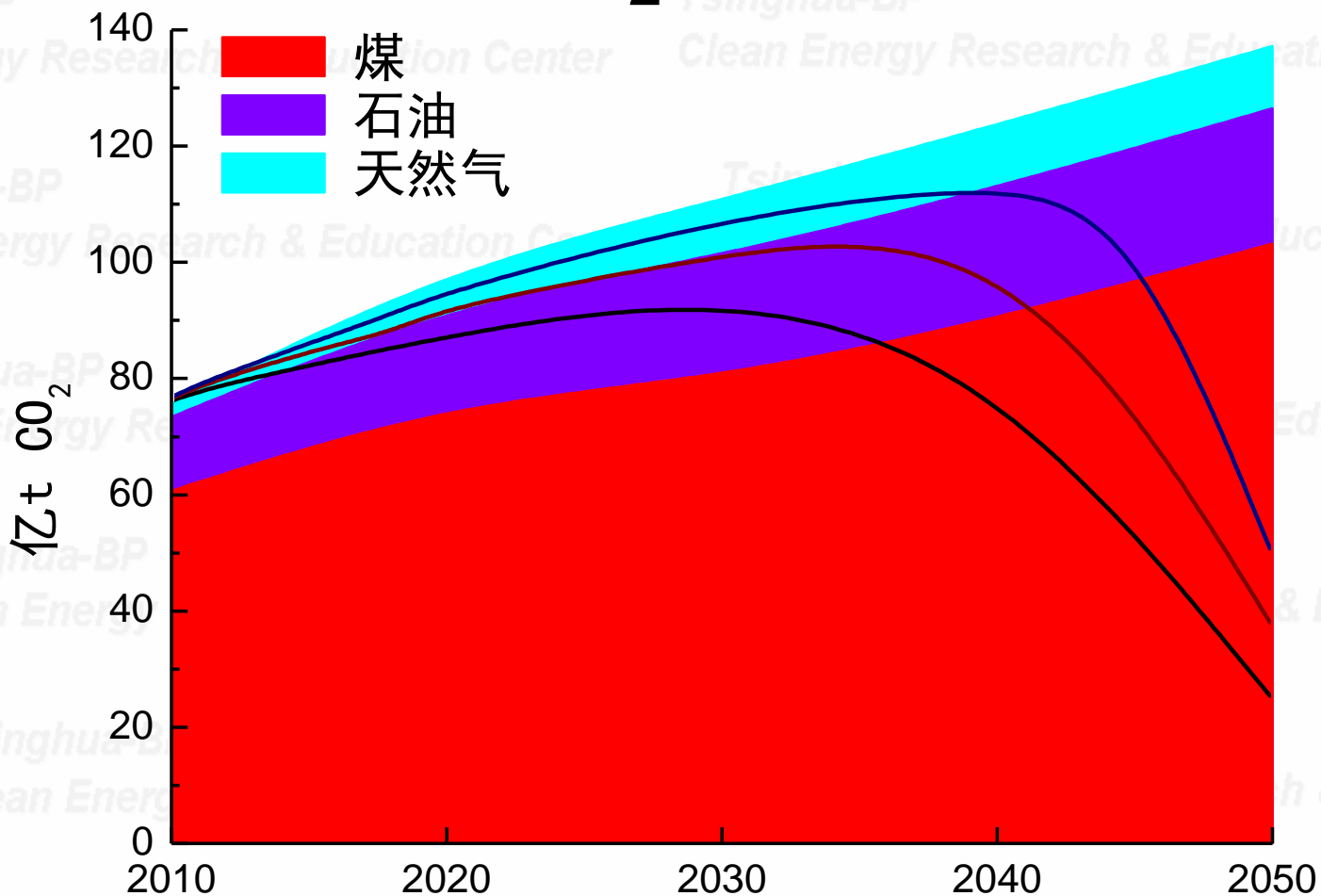
2010 - 2050 累计煤炭消费  $\approx 1200 \times 10^8$  tce



	2010	2020	2030	2050
一次能源消费总量( $10^8$ tce/a)	32.5	48	60	85

$\Delta=1.5$     $\Delta=1.25$     $\Delta=1.0$

# CO<sub>2</sub>排放



CO <sub>2</sub> 排放峰值出现时间	2030	2035	2040
峰值 (亿吨CO <sub>2</sub> /年)	80	90	100



## 应对全球气候变化，国际上可能留给中国的CO<sub>2</sub>排放空间已经非常小——应及早主动应对而不是被动减排

- 若要将未来全球温升控制在2~3摄氏度，2050年全球CO<sub>2</sub>排放需要比1990年减少50%左右，只能排放104亿吨(1990年208亿吨)，这也就是届时全球CO<sub>2</sub>排放的总空间。
  - 即使发达国家承诺减排其中80%，发展中国家整体上也需比2005年减排36%。
- 中国正处于CO<sub>2</sub>排放的上升期，面临国际上对我国CO<sub>2</sub>排放峰值出现时间和绝对值的要求（譬如2030年80亿吨，2035年90亿吨，2040年100亿吨等），在已经大力强化节能和发展核能和可再生能源的条件下，未来在碳减排上仍将处于被动状态。



# 不可改变的事实

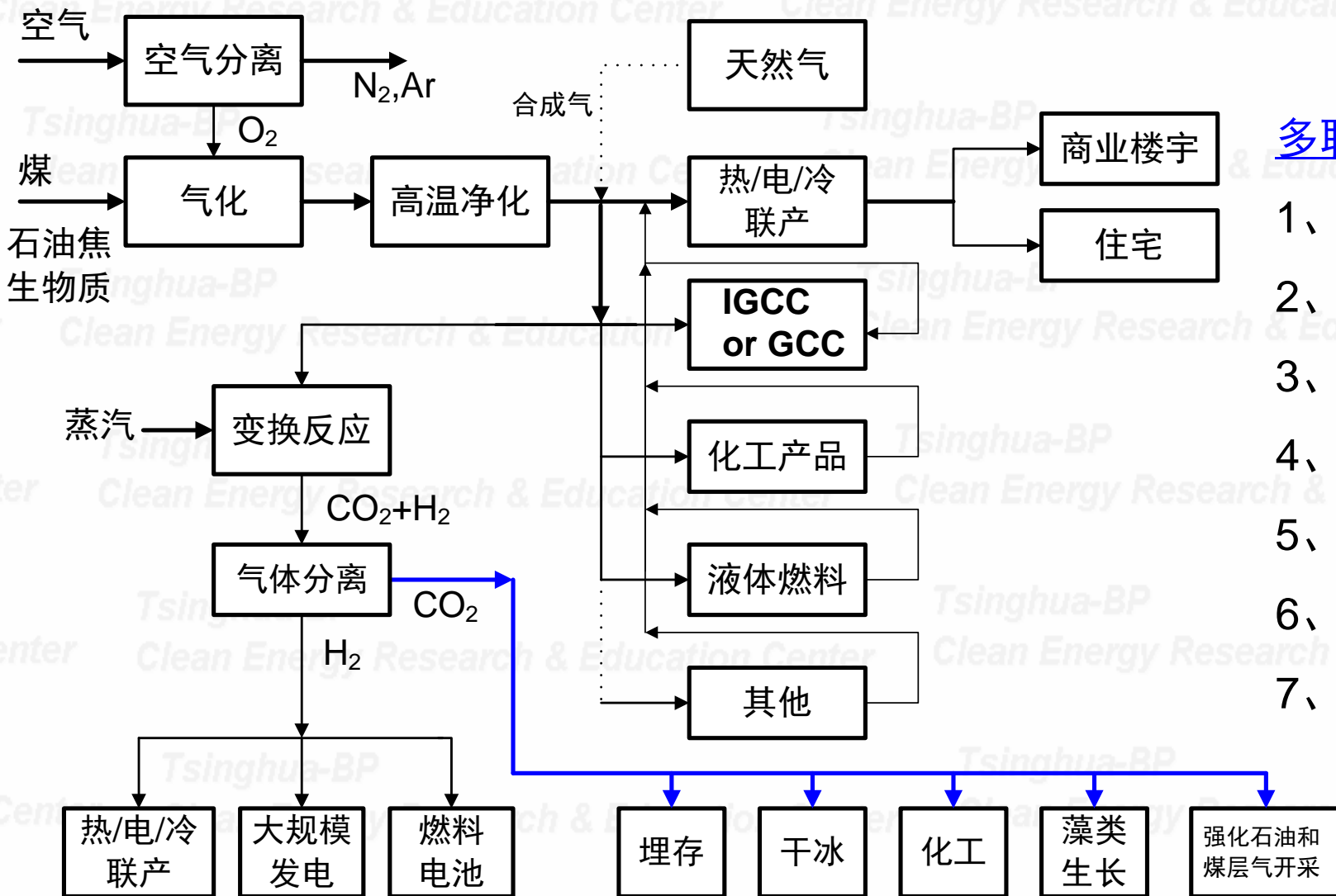
- 煤现在是、将来仍是我国能源的主力。
  - 70%→50%
  - 煤炭是中国最重要的能源，生产和消费的数量大、比重高，短期内难以替代。
- 煤用于发电的比例将越来越大。
  - 从目前的50%上升到70%以上，绝对量的增加更大。
- 煤的直接燃烧已引起严重的环境污染。
  - 70%~80%以上的SO<sub>2</sub>，NO<sub>x</sub>，汞，颗粒物，CO<sub>2</sub>等。
- 煤的直接燃烧很难解决温室气体减排问题。

# 煤炭现代化协同利用——多联产

- 通过煤（或石油焦）气化和化工反应一次通过方式实现电力、液体燃料、化工产品、供热、合成气等的联产。
- 多联产是 可持续发展的，技术上有良好继承性和可行性，有良好经济效益 和 环保性能，具有捕捉CO<sub>2</sub>的天性，是实现未来CO<sub>2</sub>捕捉和埋存的途径，它对于中国乃至世界都具有非常重要的战略意义。
  - 不需要特殊的技术突破，同现有技术是连贯一致的。
  - 富集的 CO<sub>2</sub>容易捕捉和分离，易与天然气化工过程衔接，即 多联产具有捕捉CO<sub>2</sub>的天性。如何利用CO<sub>2</sub>？
  - 这是中国CO<sub>2</sub>减排的战略方向。



# 多联产：资源/能源/环境一体化能源系统



## 多联产产品：

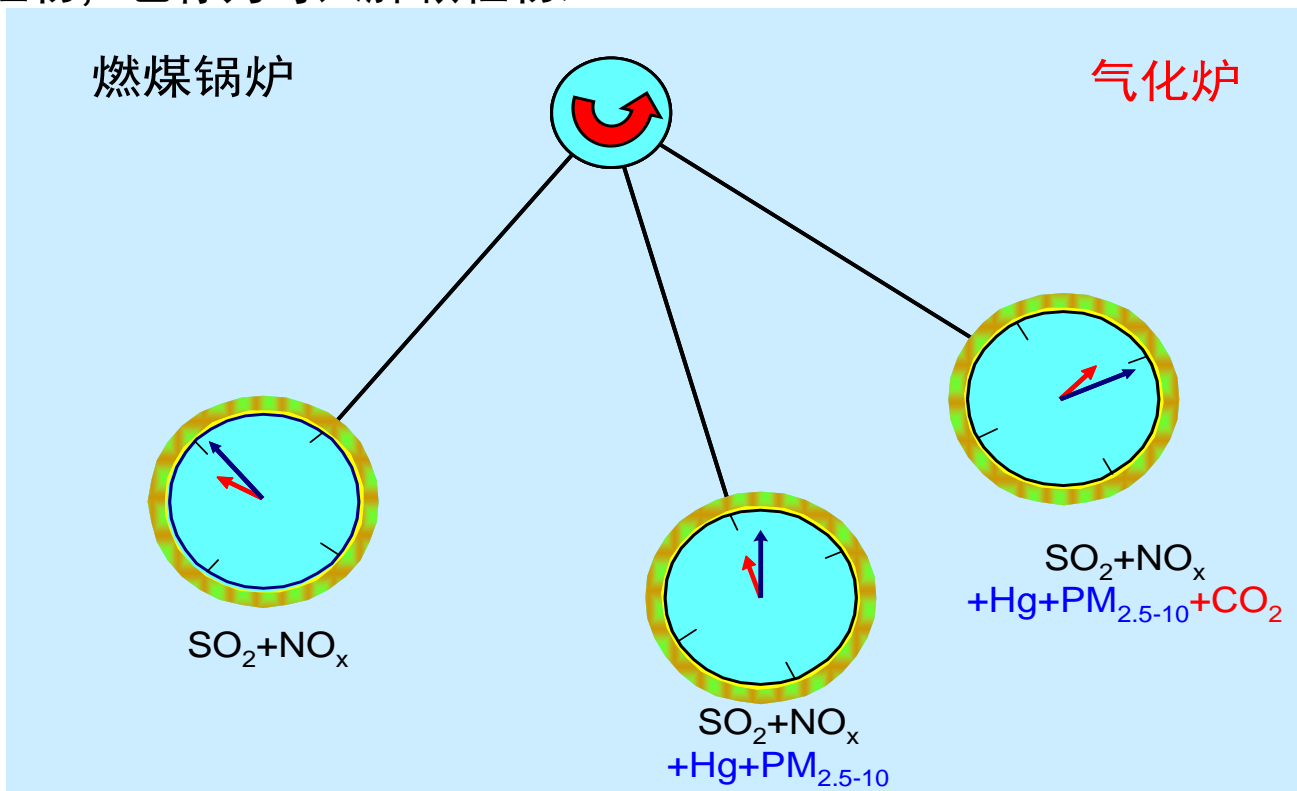
- 1、城市煤气
- 2、电力
- 3、热/冷
- 4、液体燃料
- 5、化工产品
- 6、氢气
- 7、纯 $CO_2$



# 多联产：多维度梯级利用

- 过程相互耦合，实现**能量流、物质流、火用流**(Exergy)等的总体优化
  - 氢碳比合理优化利用（若是一股脑烧掉太可惜）
  - 尽量减少“无谓”的**化学放热过程**（Shift）
  - **热量的梯级利用**（过程内部和燃气/蒸汽联合循环）
  - **压力潜力的充分利用**（高压反应、各种膨胀……）
  - **物质的充分利用**（如CO<sub>2</sub>）
- 电力与化工在运行中可起相互调峰的作用

**空气质量和气候变化**这两个问题对我国以煤为主要一次能源的国情提出严峻挑战。PM2.5主要来自化石燃料的燃烧（如机动车尾气、燃煤）、挥发性有机物等。我国的PM2.5大气环境质量标准即将出台，将会对我国煤的利用产生巨大影响。（PM2.5：大气中直径小于或等于2.5微米的颗粒物，也称为可入肺颗粒物）



随着越来越严格的环保规定，煤气化多联产在经济上的优势将会越来越显著。

# 多联产：综合解决我国能源问题的重要方案

## ■ 有助于缓解能源总量要求

- 联合生产多种产品，效率提高可以减少总量需求；采用高硫煤拓展了煤炭资源的利用。

## ■ 有助于缓解液体燃料短缺

- 可以大规模地生产甲醇、二甲醚、F-T合成油和氢等替代燃料，缓解石油进口压力。

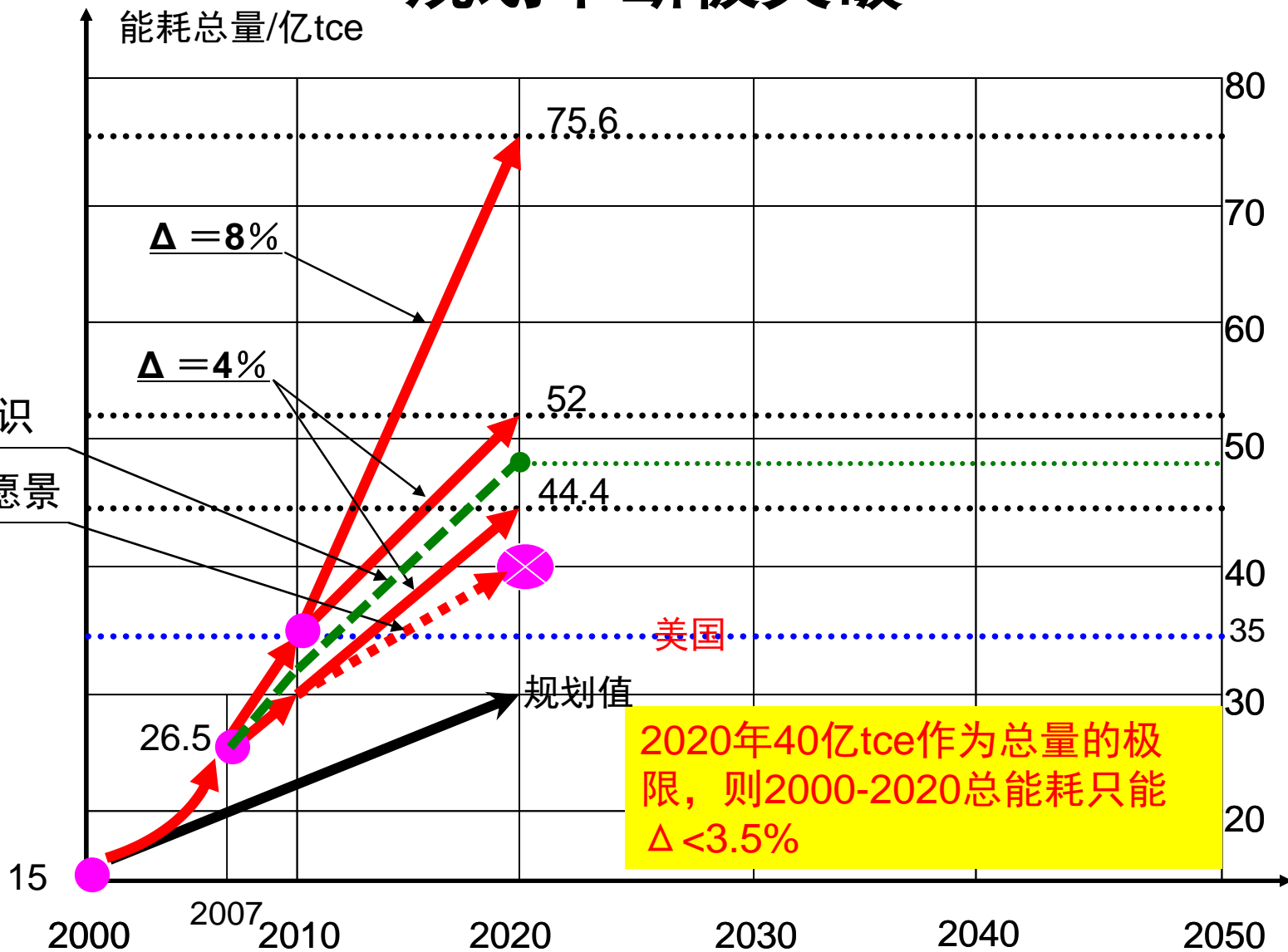
## ■ 彻底解决燃煤污染问题

- 完全消除常规燃煤污染物排放，重金属等痕量污染物脱除更经济。

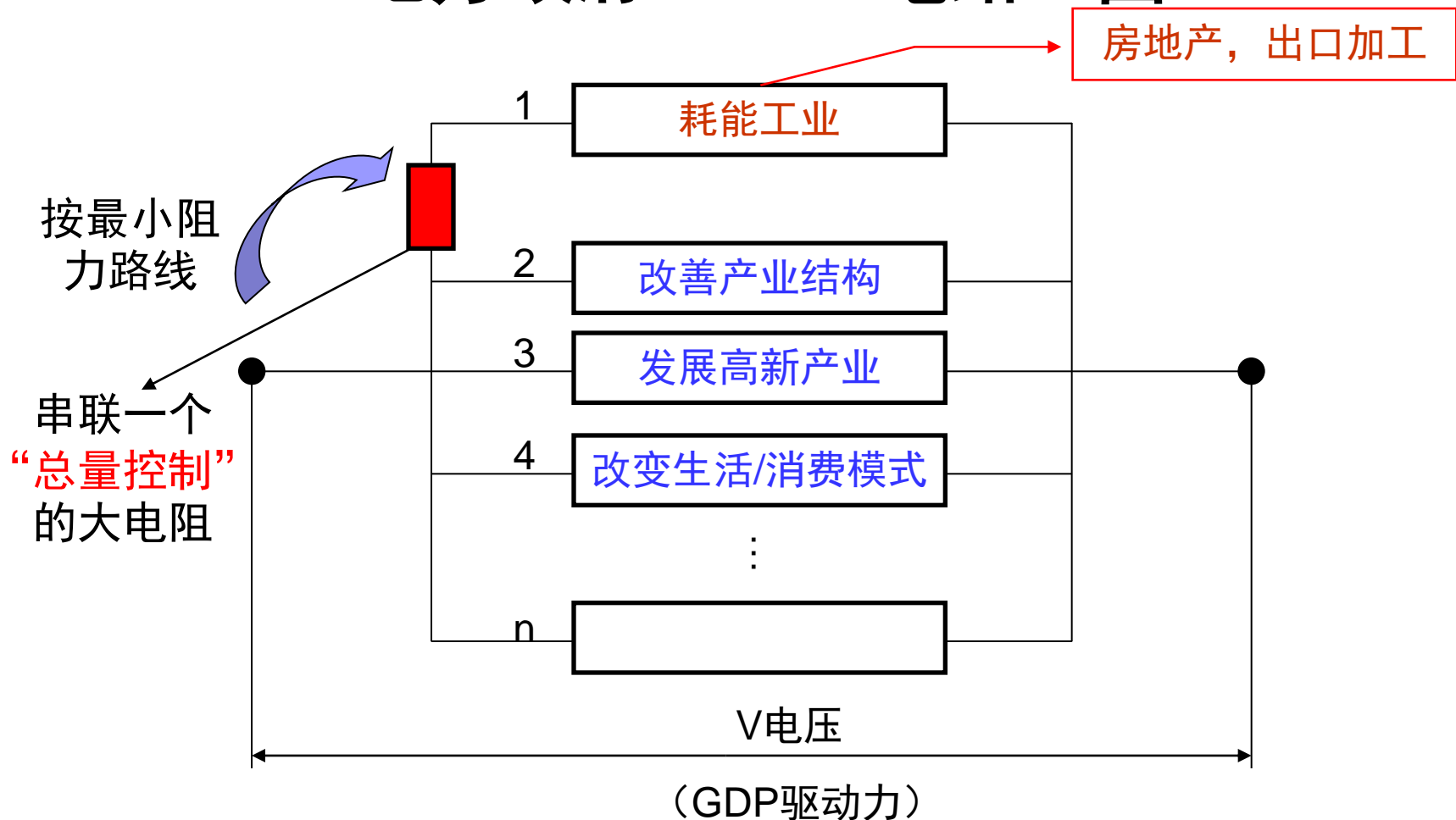
# 多联产：综合解决我国能源问题的重要方案（续）

- 有助于解决快速城市化引起的小城镇和农村洁净能源问题：
  - 为具有天然气管道的城镇提供城市煤气
  - 煤制DME可以作为LPG的补充或替代物，很可能是小城镇，尤其是住宅高度分散的农村地区的最终能源解决方案
- 满足未来减排CO<sub>2</sub>的需要
  - 煤气化系统可以以较小的成本捕捉CO<sub>2</sub>

## II. 控制能源生产和消费总量势在必行 规划不断被突破



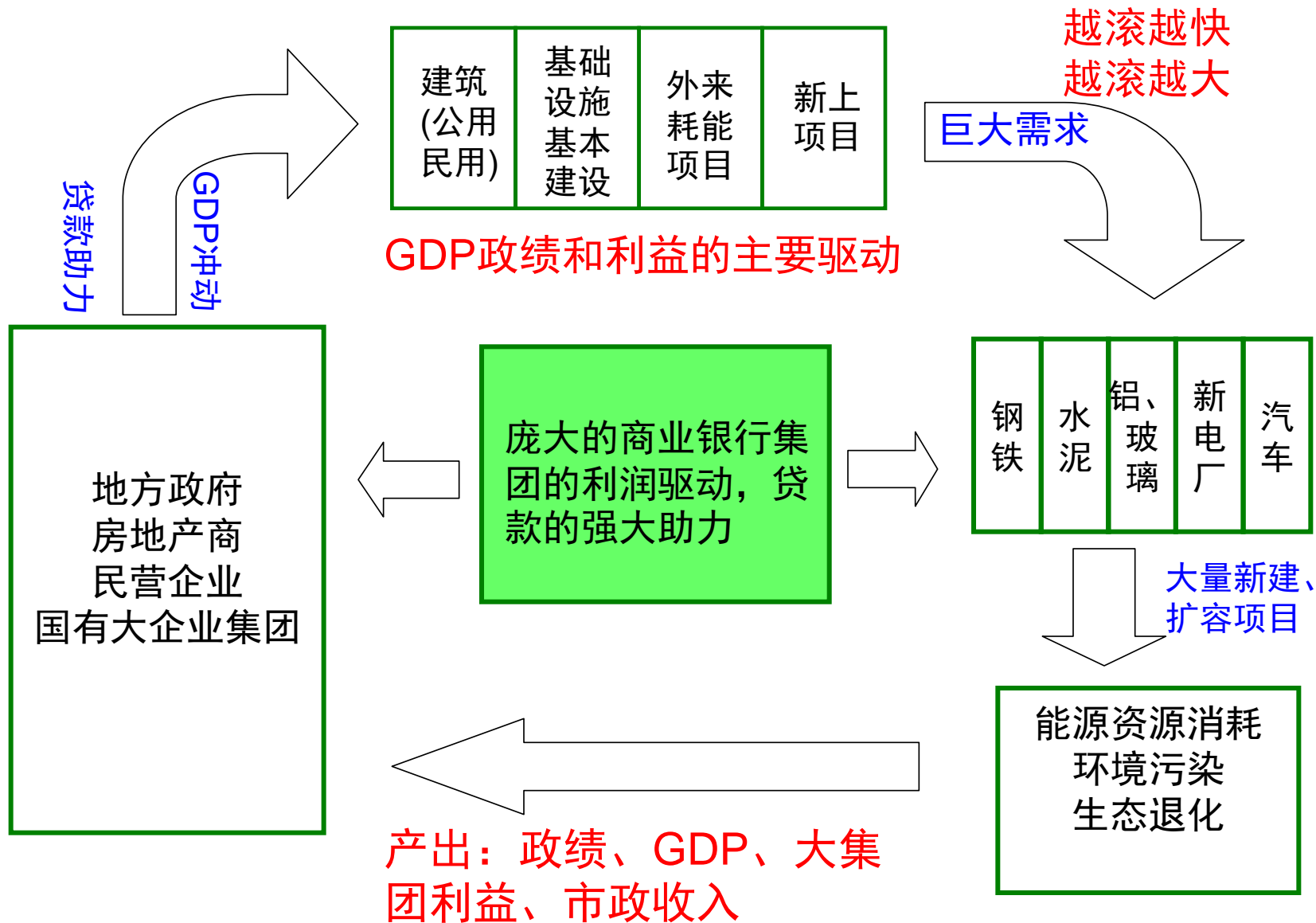
# 地方政府GDP“电路”图



**总量控制：把电阻1变大！**

**把GDP驱动力“逼”到其它路径**

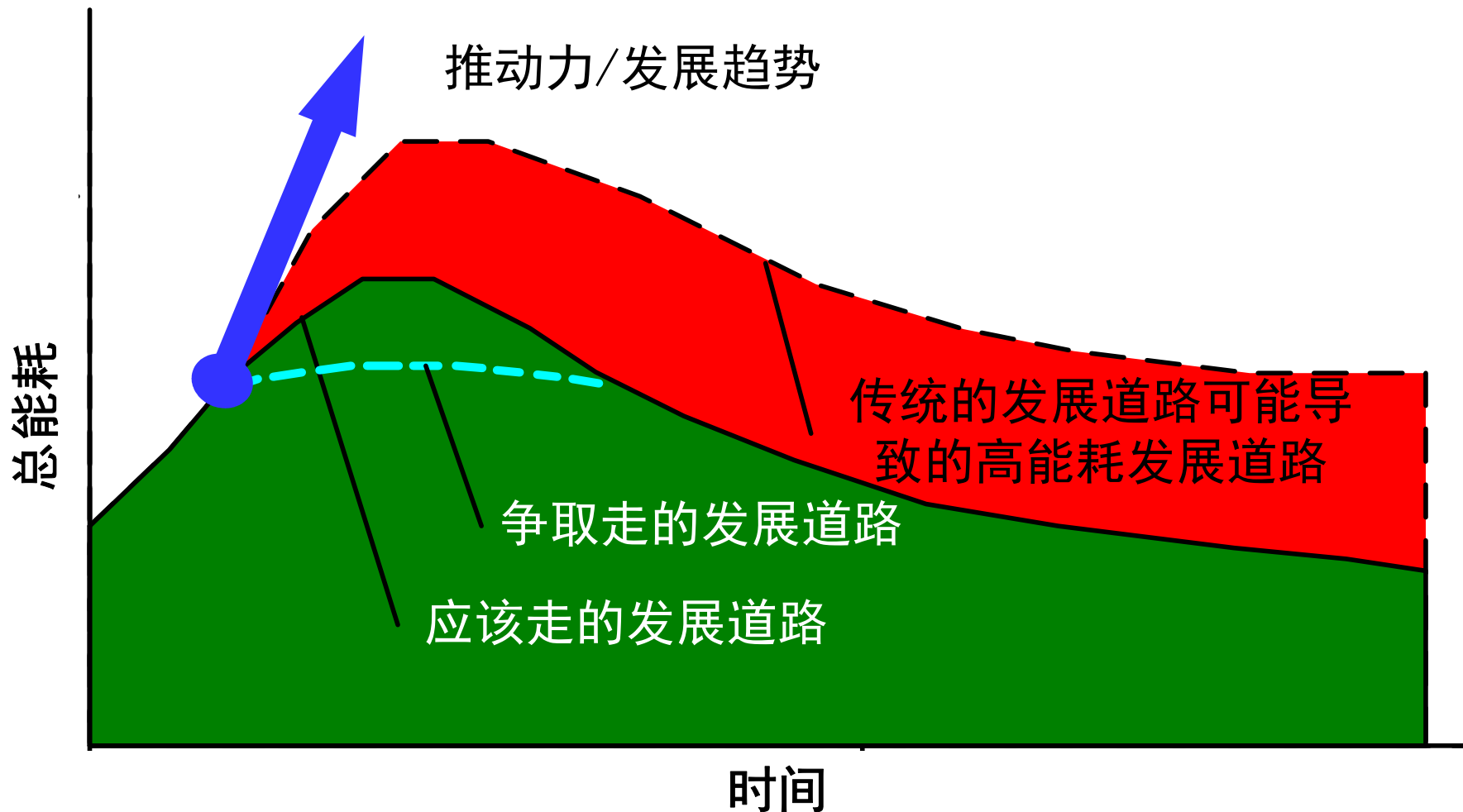
# 高能耗“冲动”不减





# 总能耗与社会发展道路的关系

## 中国处在重工业化“爬坡”阶段





# 总量控制不会妨碍社会发展

- 只有总量控制才会加速自主科技创新，掌握关键技术和加强国际竞争力。
- 只有总量控制才能真正培植和拉动内需。
- 只有总量控制才能真正建立节约型、生态文明型社会。我国的发展模式和用能理念只能走自己的道路，世界上无先例可循。
- 这应是一个强有力的“**倒逼**”机制和节能协同进行



# III. 可再生能源合理发展与应用

## ■ 可再生能源的特点

- 能量密度低
- 供能过程具有随机性和间歇性
- 不能大规模储存
- 经济性尚不具备竞争力（如果新能源在提高经济性方面没有持续和明显进步，就难以发展起来）



# 开发利用可再生能源思路探讨

- 一. 根据技术经济约束条件，宜采用分散式、分布式开发方式，将其就地、就近利用。将分散的资源分散利用，优点如下：
  - 电力就地消纳
  - 不用远距离送电
  - 电源分散，接入系统电压等级很低，好比在“毛细血管系统”里运行，而不是在“主动脉”。



# 开发利用可再生能源思路探讨

## 二. 政府补贴政策需要贯彻效率原则，政策实施要依靠竞争和比较机制

- 那种认为只要是“新能源”，天经地义要由国家补贴的观点是片面的（补贴政策要体现阶段性，考虑成本性）
- 不应当用国家的科技资金大规模补贴以获利为目的的商业性建设项目
- 要紧扣实际业绩：展风电、太阳能发电，要的是电量
- 新建输出通道，采用储能装置，与火电打捆……输出一定要系统地考虑所输出电量的全产业链成本！

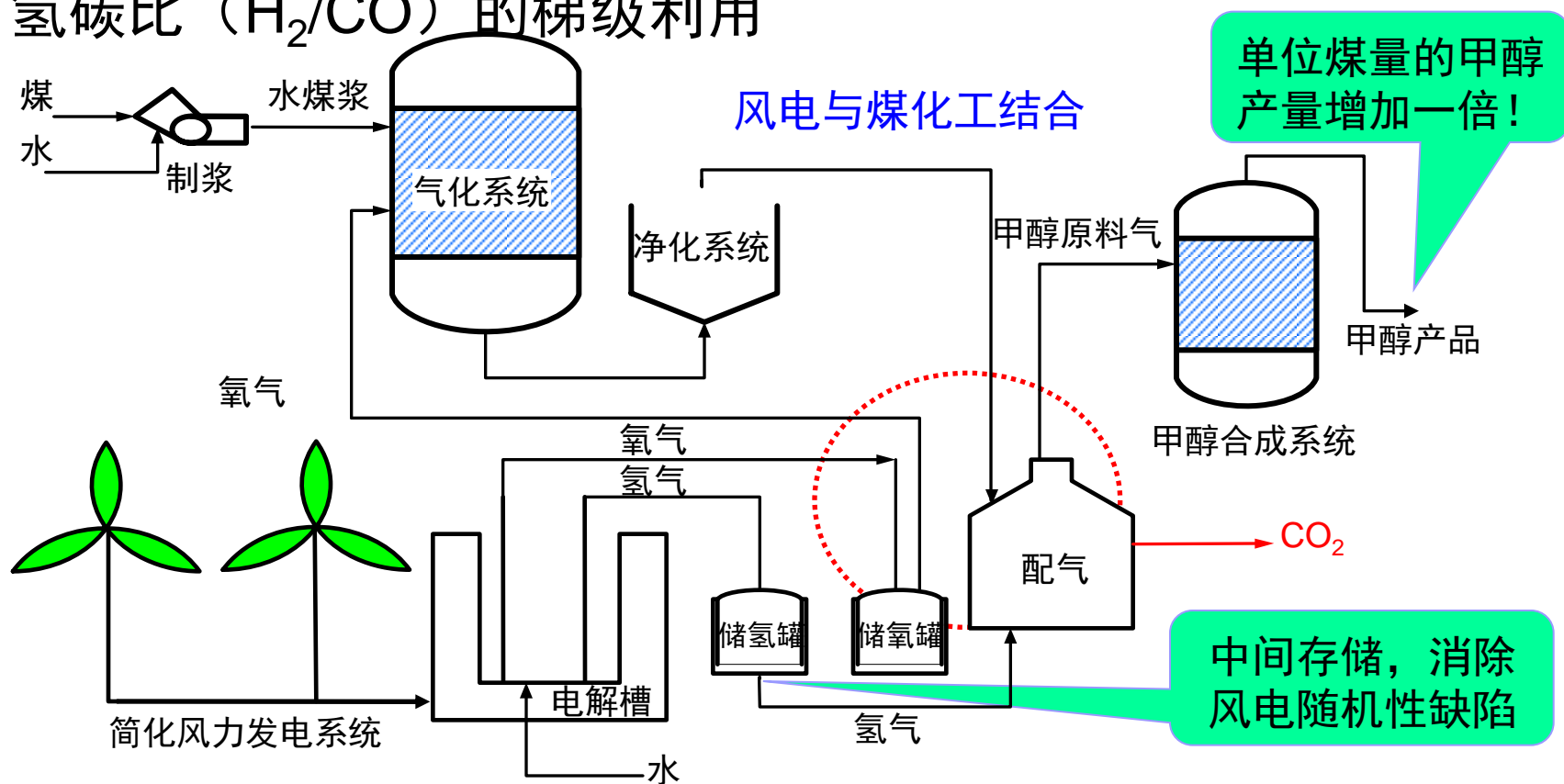


# 开发利用可再生能源思路探讨

- 三. 电网应以公益性为先。电网企业应得收入需予以保障，但要调整其营利机制，允许分散、分布式就近接入交流电力系统，形成千家万户开发利用新能源的局面
  
- 四. 可再生能源一定要努力考虑和其它能源协同
  - 以风电为例：风电和网电的协同利用。根据实际情况，可以风电为主，网电为辅，或反之，或是两者之间有其它的分配比例，已初步得到成果的有：
    - 电解铝（采取保温和调节电解液成分）
    - 氯碱工业
    - 海水淡化
    - 风电与甲醇生产协同（电解水，得到氢气和氧气）
    - 油田大量抽油机供电

# 风电和煤化工的协同——风电和甲醇生产系统

- 给大量风电找“合适”的利用方式。
- 使现代煤化工大幅度减少CO<sub>2</sub>的排放，一定程度减少水耗，使之变为“绿色”。
- 氢碳比 (H<sub>2</sub>/CO) 的梯级利用



# 中国为可再生能源发展投入巨大

## 2006~2010年中国风电装机容量及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
新增装机(万千瓦)*	128.76	331.12	615.37	1380.32	1892.8	4348.37
建设单价(万元/千瓦)**	1.1	1.0	0.95	0.9	0.9	
投资总价(亿元)	141.64	331.12	584.6	1242.29	1703.52	4003.17

数据来源: \*CWEA (中国可再生能源学会风能专业委员会)

\*\*中国新能源与可再生能源年鉴

## 2006~2010年中国风电机组新增制造产能及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
新增产能(万千瓦)	60*	120	600	1400	1300**	3480
建设单价(亿元/百万千瓦)	20	20	20	20	20	
投资总价(亿元)	12	24	120	280	260	696

数据来源: 中国新能源与可再生能源年鉴2009, 中国新能源与可再生能源年鉴2010

\*根据中国新能源与可再生能源年鉴2009~2010相关数据估计得到

\*\*《财经国家周刊》, 2010-04-26, 风电圈海: 投资欢宴中的新一轮产能过剩?



# 中国为可再生能源发展投入巨大

## 2006~2010年中国并网及离网光伏系统新增装机容量及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010*	合计
并网系统新增装机(万千瓦)	0.1	0.22	2.13	14.22	55	71.67
并网系统单位投资(万元/千瓦)	5.5	5	4.5	2.5	2	
并网系统投资总价(亿元)	0.55	1.1	9.59	35.55	110	156.79
离网系统新增装机(万千瓦)	0.9	1.78	1.9	1.8	3	9.38
离网系统单位投资(万元/千瓦)	6	5.5	5	4	3.5	
离网系统投资总价(亿元)	5.4	9.79	9.5	7.2	10.5	42.39
合计(亿元)	5.95	10.89	19.09	42.75	120.5	199.18

数据来源：\*中国新能源与可再生能源年鉴

\*王蔚，2011-6-16，国家电网报，太阳能光热发电开启商业化征程

# 中国为可再生能源发展投入巨大

## 2006~2010年中国多晶硅制造新增制造产能及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
新增产能(吨)	100	3800	14700	25000	16950	60550
单位投资额(亿元/千吨)	8	8	8	8	8	
投资总价(亿元)	0.8	30.4	117.6	200	135.6	484.4

## 2006~2010年中国硅片加工制造新增产能及投资价格

年份	2006*	2007*	2008	2009	2010**	合计
新增产能(吨)	5715	11126	10000	24000	55400	106241
单位投资额(亿元/千吨)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	
投资总价(亿元)	42.86	83.44	75	180	415.5	796.81

数据来源：中国新能源与可再生能源年鉴2009，中国新能源与可再生能源年鉴2010

\*由2008年数据估算得到

\*\*由2009年数据估算得到

# 中国为可再生能源发展投入巨大

## 2006~2010年中国晶体硅太阳能电池和组件新增产能及投资价格

年份	2006*	2007*	2008	2009	2010	合计
新增产能(MW)	668	1300	2000	5500	10000	19468
单位投资额(万元/MW)	150	150	150	150	150	
投资总价(亿元)	10.01	19.5	30	82.5	150	292.01

## 2006~2010年中国非晶硅薄膜电池新增产能及投资价格

年份	2006*	2007*	2008	2009	2010	合计
新增产能(MW)	11.43	46.6	45	174.1	1325	1602.13
单位投资额(万元/MW)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
投资总价(亿元)	1.6	6.52	6.3	24.37	185.5	224.3

数据来源：中国新能源与可再生能源年鉴2009，中国新能源与可再生能源年鉴2010

\*由2008年数据估算得到

# 中国为可再生能源发展投入巨大

## 2006~2010年中国生物质能发电装机容量及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
新增装机(万千瓦)	10	50	55	0	431	546
建设单价(万元/千瓦)	1.1	1.1	0.9	0.8	0.7	
投资总价(亿元)	11	55	49.5	0	301.7	417.2

数据来源：王庆一

## 2006~2010年中国大中型水电装机容量及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
新增装机(万千瓦)	0	1870	2011	0	4123	8004
建设单价(万元/千瓦)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
投资总价(亿元)	0	1309	1407.7	0	2886.1	5602.8

数据来源：大中型水电新增装机数据来自中国电力企业联合会，2011.2010年全国电力工业统计快报

# 中国为可再生能源发展投入巨大

## 2006~2010年中国小水电装机容量及投资价格

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
新增装机(万千瓦)	1150	90	2	420	388	2050
建设单价(万元/千瓦)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
投资总价(亿元)	345	0.6	0.6	126	116.4	615

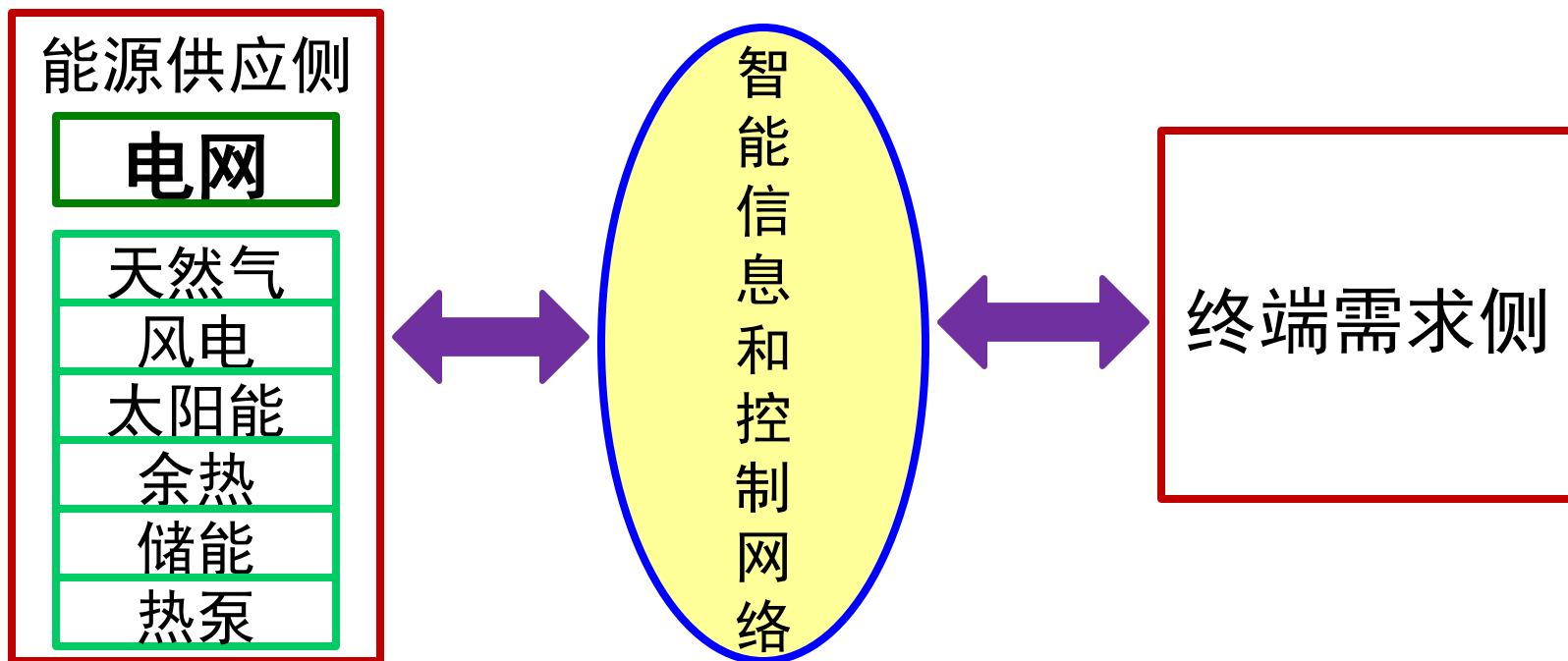
数据来源：小水电新增装机数据来自中国电力企业联合会，2011.2010年全国电力工业统计快报

## 2006~2010年中国千家企业节能行动投资额及节能量

年份	2006	2007	2008	2009	2010	合计
投资额(亿元)	171	500	900	1130	1284	3985
节能量(亿tce)	0.2	0.58	1.06	1.32	1.5	4.66

# 开发利用可再生能源思路探讨

- 只考虑大基地、大容量、集中输出的方针似有偏颇，就地消纳、分散使用应作为我国风电的重要发展和使用方向！
- 风电非并网应用，和其它能源协同利用，形成当地分布式智能网。
- 发展“低速”风机，在中国较广大地区都利用风电，就近接入当地配电网。





# 农村应更广泛地使用可再生能源

- 尤其要考虑农村更广泛地使用可再生能源问题，不能只关注城市。
- 农村年总能耗：商品能1.93亿tce，非商品能1.24亿tce，总量3.17亿tce。目前是商品能耗量逐年增加。
- 每年有2~3亿tce的煤在农村分散、低效、高排放使用，其对空气的污染是十分严重的。此外，还有垃圾（尤其是煤渣）、污水的处理问题。
- 按此下去，城市环境好转而农村环境恶化。形成污染“农村包围城市”，如果农村用煤量继续增加，将抵消我们在城市环保的努力。

# 农村应更广泛地使用可再生能源

- 应尽可能把农村的燃煤用可再生能源（主要是秸秆等，每年其可用于能源的总量大于4亿tce）替代出来。若能替代出1亿tce，则可高效发电3500亿kWh（我国2011年风力发电量为800亿kWh）。
- 这种替代在社会效益、环境效益、经济效益上十分显著。
- 城镇化——商品化石能源大量使用——不可持续的
- 城镇化——能源使用量增加，利用可再生能源（更有空间条件）——可持续的
- 所需投资可能要小得多



# 协同是重要方向

- 从传统角度看，每一个产品仅使用它的传统原料，实际上从能源利用和物质利用都是十分浪费的。在二十一世纪人类必须也一定要“告别”这种单一的利用。例如：
  - 煤：用于发电，只考虑它直接燃烧后的热能的利用，而不考虑煤是一个十分丰富的化学资源，多种宝贵的物质白白丢掉了，还造成严重的污染。
  - 生物质：a.主要用于燃烧（炊事、采暖、发电），释放出CO<sub>2</sub>，效益不高。若能和煤炭混合使用，得到双赢的局面，提高效率，减少污染。b.用于造纸制浆（我国每年需要1亿吨纸浆，80%靠进口），1吨浆要消耗2吨原料。传统的工艺（用强碱煮）只是为了提取原料中的纤维素，破坏、流失了宝贵的木质素，并造成很大的黑液污染。

# 协同是重要方向

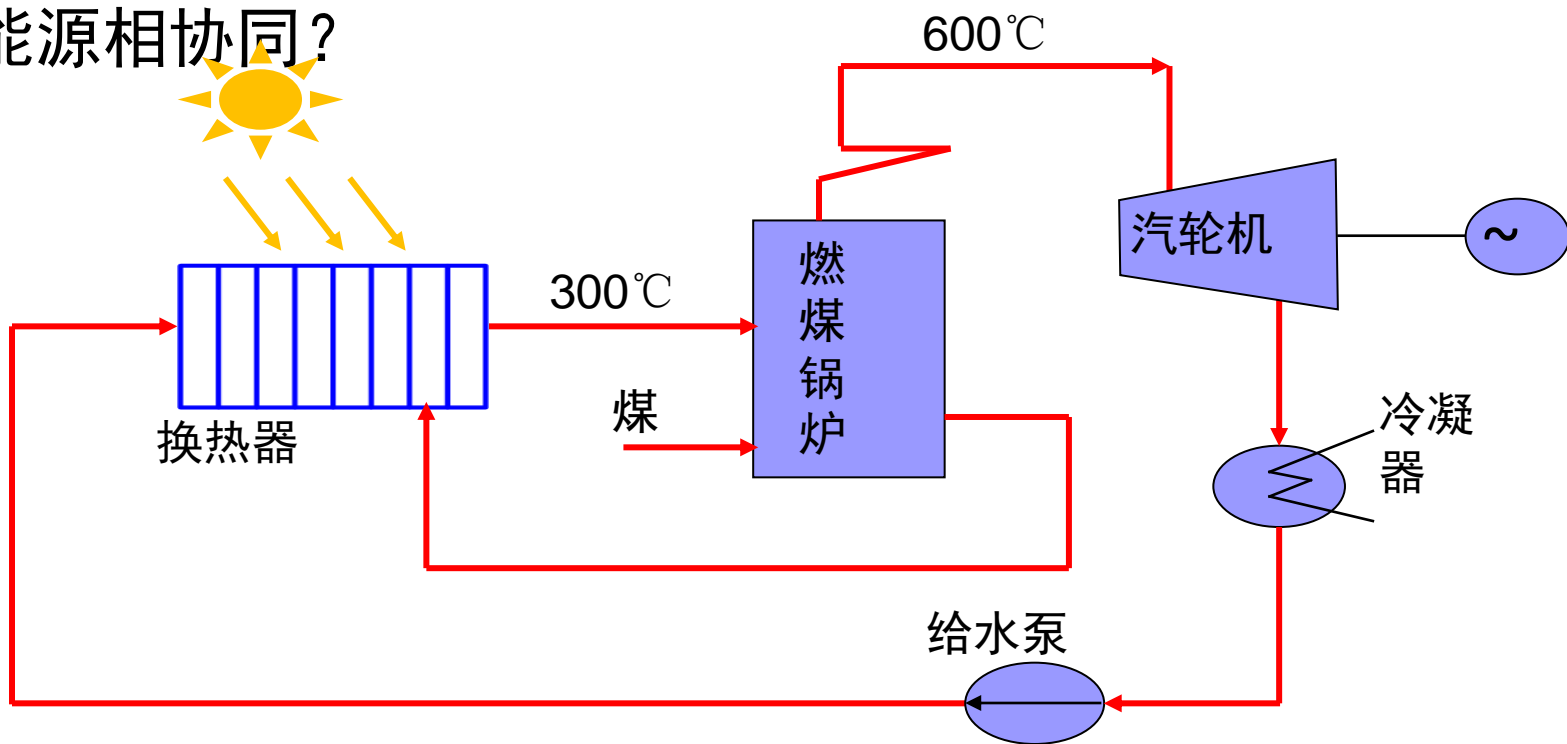
- 大豆：不仅仅只是为了提取豆中油脂，大豆中很多宝贵的成分变成了只能用于饲料的渣饼。德国用精细化工，从大豆提取的极高附加值的精细化工产品，其价值是所榨油脂的几百倍。
- 酒：只是为了酿酒，粮食中很多有用成分被浪费了。
- 总之，要建立“协同”（Synergy）的思想，从各种能源、原料、工艺过程、终端产品等方面，尽可能贯彻协同，以达到最大限度利用原料的能量和物质的目的，这也是本世纪人类尽可能缩小面对大自然不断扩大赤字的重要措施。

# 协同是重要方向

- 太阳能PV发电因本身制造过程中要消耗大量的能源，薄膜太阳能PV虽然用材少，制造过程能耗较小，但其光—电转换效率相对较低。前几年曾寄予较大希望于薄膜，但近年来其发展不如人意。所以，太阳能PV的发展仍有许多约束条件，应随着技术的发展、价格的降低在应用上合理的推进。可惜的是近几年来全国对太阳能PV一哄而上，造成很大浪费。
- 近十年来人们寄希望于光热发电，即用聚光方式(槽式、塔式、线性菲涅尔)把太阳能的加热能力提升到 $340\sim 550^{\circ}\text{C}$ ，采用导热油或是熔融盐来加热作为工质的水，变为过热蒸汽在透平中膨胀做功发电。目前由于聚光技术、中间加热介质技术使蒸汽参数（主要是温度）受到限制，从而整个系统转换成电的效率较低，约 $20\sim 30\%$ 。

# 协同是重要方向

- 其实太阳能热利用有很大潜力。既然太阳能是分散的、能量密度很低的能源，是否要费很大的“劲”去提升它的聚光温度呢？从卡诺循环角度来工质温度低必然导致热效率低。聚光温度越高，投资越大，相应的损失也越大。是否在较低温度范围用太阳的热能，和别的高能量密度的化石能源相协同？



# 协同是重要方向

- 在较低温度段用太阳能加热工质，而靠别的能源(煤、天然气)把工质温度提上去。这样太阳能可以更好地发挥自身的优势、躲开劣势，与传统化石能源各得其所。把太阳能变成整个加热过程的一段，使太阳能得到充分的利用，从而减少了化石能源消耗，煤站在太阳能的“肩膀”上发挥其潜能。
- 其它太阳能热利用的方式多种多样，如农产品的干燥（可以和热泵结合以保证合适的干燥过程）；用于建筑制冷和采暖等等。

## IV. 天然气的发展与应用

- 天然气（ $\text{CH}_4$ ）是一种**低碳、低污染**燃料，**氢多碳少**，这点已为官员、大众所认识。各地尤其是大城市都在积极用天然气来替代煤炭以减少污染物排放（ $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、汞、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ - $\text{PM}_{10}$ ）
- **但**有一点现在往往被人们忽略，即天然气是具有**更大能值**或称之为具有**更大潜力温度**的燃料。众所周知，卡诺循环的效率为 $\eta=1-T_2/T_1$ ，在热功转换中，温度 $T_1$ 越高，转换效率也越高。在当今的化石燃料中（主要是煤、油、气），谁更能提高工质的最高温度（称之为“潜力温度”），谁就具有更高转换效率的潜力。

# 潜力温度——煤

- 就煤来说，虽然它在燃烧时也能达到 $1600^{\circ}\text{C}$ 以上的温度，但由于是**外燃式**，它必须通过金属管道把热量传递给工质。
- 如锅炉通过煤燃烧加热生产水蒸汽，按当前的材料技术水平(在超超临界的蒸汽电站中)工质温度为 $600\sim 620^{\circ}\text{C}$ ；欧洲正在执行的AD700计划，即把蒸汽温度提高到 $700^{\circ}\text{C}$ 以提高发电效率( $50\sim 51\%$ )，但由于锅炉、汽轮机材料及价格等问题，经十余年的联合攻关，至今仍未商业化。
- 所以**煤按目前的技术水平，其潜力温度约 $600\sim 620^{\circ}\text{C}$** 。

# 潜力温度——天然气

- 气体（主要是天然气）和液体燃料（主要是石油制品）：由于在动力机械中加热工质的形式基本上是**内燃式**，不需要通过金属管道换热，故有**潜力把工质温度加热到 $1700^{\circ}\text{C}$ 或更高**，提供更高效率的热功转换。
- 例如，在工质温度为 $1600\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 时，单循环燃气轮机热效率达40%以上，联合循环效率达61~62%，在燃用天然气和活塞式燃气机中，热功转换效率可达43%以上。还有大量余热可以利用，热利用效率达70%以上。





# 重要结论

- 大自然给予我们各种资源，人们一定要合理、科学地应用，把它们所能提供的“潜力”用足，而不能高能低用，“暴殄天物”。



# 天然气来源（种类）

- 直接开采出来的**天然气**（NG）、**煤层气**（CBM），储量各为40万亿m<sup>3</sup>左右，还有储量和前两者相当甚至超过的**页岩气**。
- 现在我国正在论证、并已部分实施且为数众多的**煤制天然气**项目。
- **进口天然气**：我国在沿海建立了大规模的长期合同照付不误的**液化天然气**接收站。在我国西部，已铺设长输气管线，从土库曼斯坦、哈萨克斯坦、俄罗斯进口天然气。
- 其它的如**沼气**，也是以天然气为主。

# 天然气消费总量快速增长

- 2011年我国天然气消费总量近1000亿 $m^3$ ，对外依存度达30%。
- 按照规划，2020年，天然气消费总量将达3000亿 $m^3$ ，这是一支巨大的能源“生力军”，它必然会引起我国能源系统非常大的变化，因为它是清洁、高潜力温度，便于分配、运输的燃料，这个变化来的势头要比可再生能源所引起的变化要大得多、快得多。

# 天然气用在合适的地方

- 十多年前，我曾多次在各种会议上（当全国天然气产量只有300~400亿 $m^3$ 时）表述，天然气是一个好东西，像“巴黎香水”，但好东西要用在合适的地方，这种香水用在我们这种老头、老太身上，是一个浪费，应用在靓男、靓女身上才起了应用的作用（这个靓男、靓女主要是大城市环境）。
- 时至今日，天然气产量（引进与自产）和用量已大幅度增加，我国对如何利用天然气一定要有新的思考、新的战略安排。对其将要引起的能源系统“革命性”的牵引要有充分认识。其核心问题就是**天然气在应用过程中是否发挥其高潜力温度的优势**，是衡量天然气是否正确被利用的一个重要标准。



# 天然气用在合适的地方

- 从这个标准出发，天然气用于直接供暖，用于蒸汽系统发电都是不合适的，是宝贵资源的极大浪费。
- 算一笔粗略的账
  - 在2020年，天然气有50%用于分布式（区域式、楼宇式）电、热、冷联产，能量利用效率在70~75%，相当于1.82亿tce。若其中电热比1:1，则有0.91亿tce转换成电能，约2600亿kWh（百万等级火电站 $10^6 \times 5000 \sim 50$ 亿kWh），相当于50~60座百万等级超超临界煤电站。
  - 20%用于车辆，则可替代石油5000万吨以上；30%用于民用和化工。凡是可以用煤为原料制造的不要用天然气作为原料。



# 天然气合理利用的重要意义

- **大幅度提高能源利用效率**，减少能源消费总量，减排各种污染物，尤其是CO<sub>2</sub>
- **缓解能源安全危机**，使石油对外依存度控制在65%以内
- 在满足经济发展对能源需求的条件下可以**减少煤电站的建设**。到2020年至少可以少建50~60套百万等级的燃煤电站。尽可能减少煤在能源消费总量中的比重，这对PM<sub>2.5</sub>的控制起较大作用。

# 天然气合理利用的重要意义

- 分布式电站不同于传统的电、热、冷联产，而是因地制宜，尽可能和可再生能源耦合起来，如风电、太阳能PV、太阳能热利用、生物质以及各种热泵，使之组成一个高效、低污染，能适应广泛负荷变化的能源系统。在某种意义上也可以说，**用以天然气为核心的分布式能源系统能更好地促进可再生能源的发展**
- **促进真正意义上的智能电网的发展和应用**，使信息技术真正地和能源技术结合起来（能源信息技术Energy-Information Technology）。从长远来看，智能电网、智能能源网、智能水网、智能天然气网，四个网整合起来，协同起来，是未来能源可持续利用的必然趋势。
- **促进先进制造业的发展**，如燃气轮机、各种热泵。燃气轮机已列入我国新的重大专项。有应用**火车头**才可能促进新兴产业的发展。

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

谢谢!

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Thank you for your attention!

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Clean Energy Research & Education Center

Tsinghua-BP

Tsinghua-BP