

钢铁工业节能降碳潜力与典型技术剖析

夏德宏

北京科技大学

2022.07.26



公司网站二维码

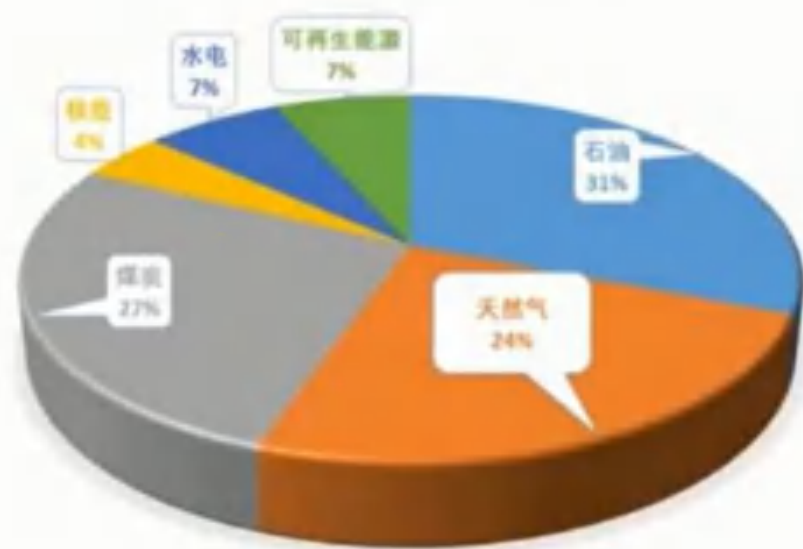


公司公众号

1.1 我国能源安全形势严峻

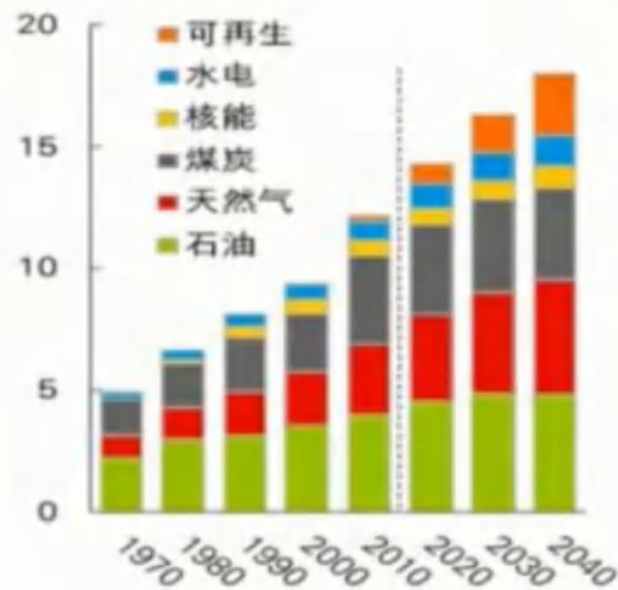
- 2021年世界能源消费达**200.2亿吨标准煤**，化石能源仍占据全球消费量约**82%**，可再生能源增速快。
- 2021年我国能源生产总量约**43.3亿吨标准煤**，能源消费总量**52.4亿吨标准煤**，占世界能效消费总量的**26.2%**。其中非化石能源占比仅为**16.6%**。

数据来源：bp世界能源统计年鉴2022



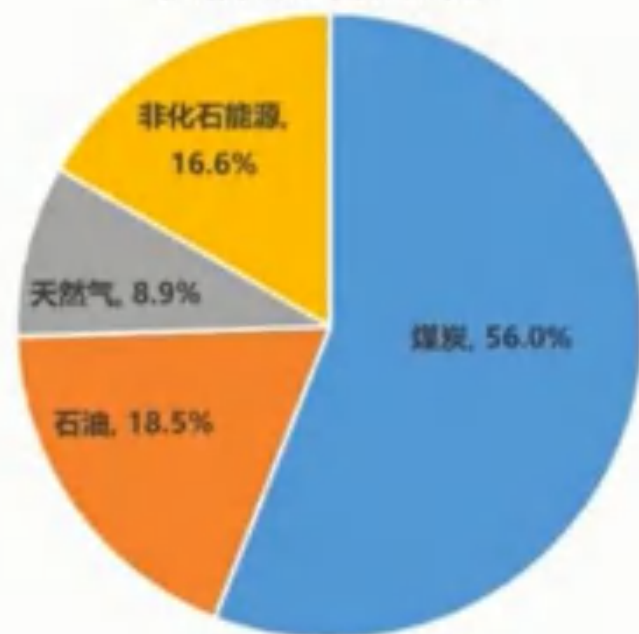
世界能源消费结构2021

十亿吨油当量



世界能源消费结构1970-2040

数据来源：国家统计局

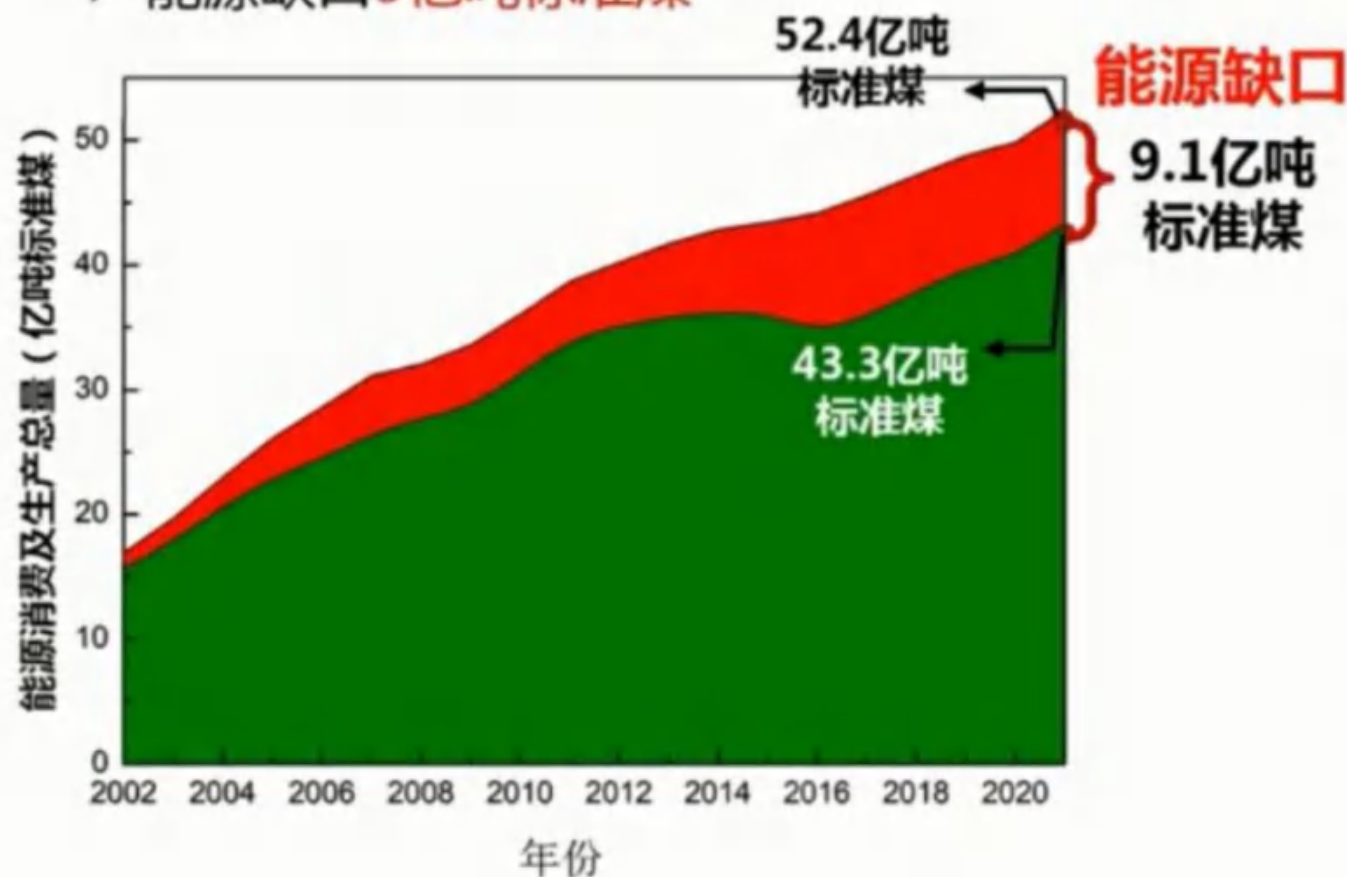


2021年我国能源消费结构

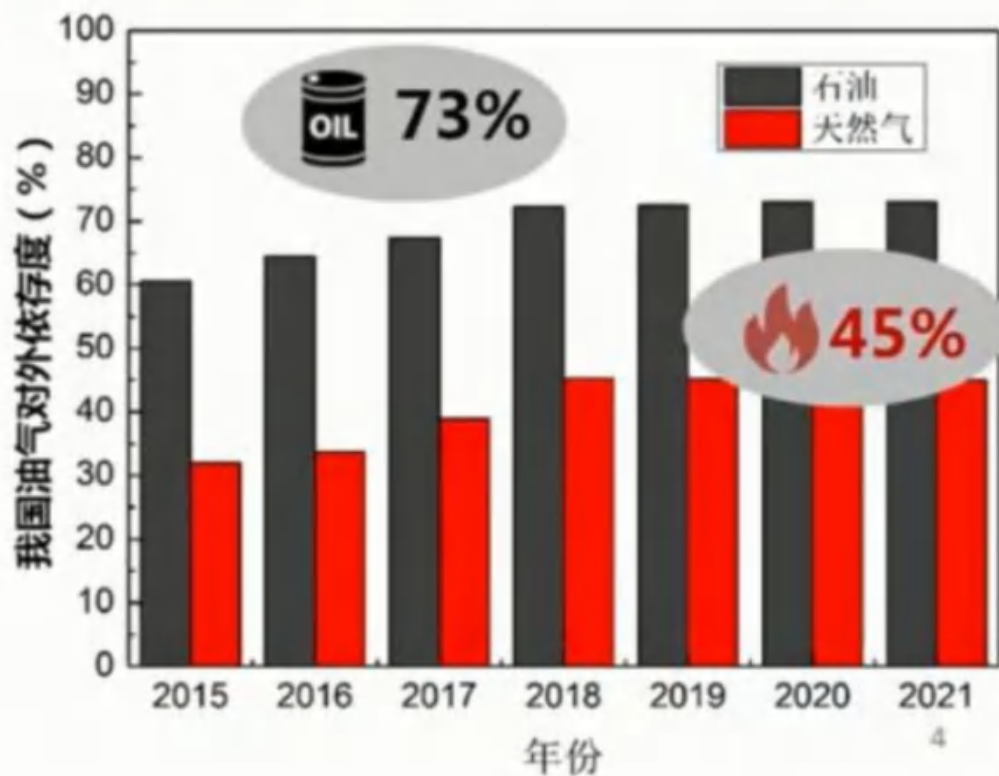
1.1 我国能源安全形势严峻

我国能源生产与消费现状

- 能源消费总量52.4亿吨标煤
- 能源生产总量43.3亿吨标煤
- 能源缺口9亿吨标准煤

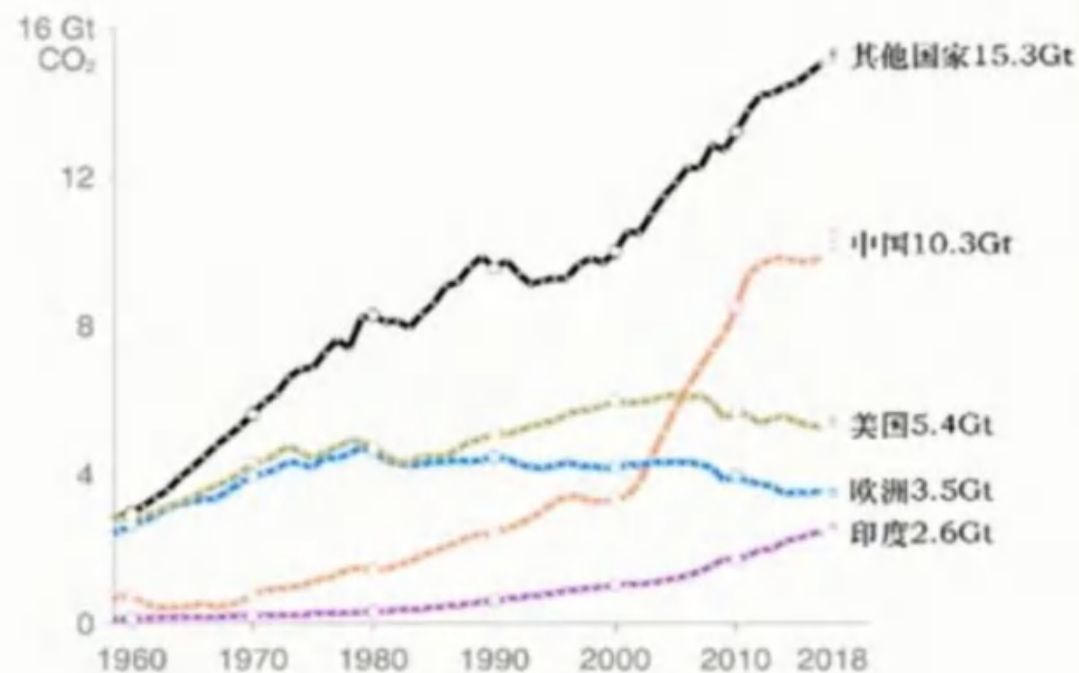


- 石油对外依存度：73%
- 天然气对外依存度：45%



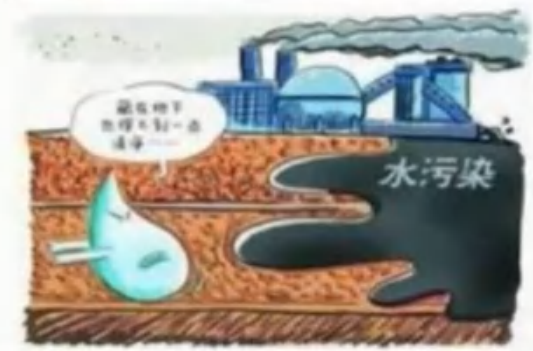
1.2 我国环保和碳排放问题已成为可持续发展的最大障碍

- 2020年，我国CO₂排放量占世界总排放量的30.9%。
- 大气、水源污染，雾霾等极端天气频发。



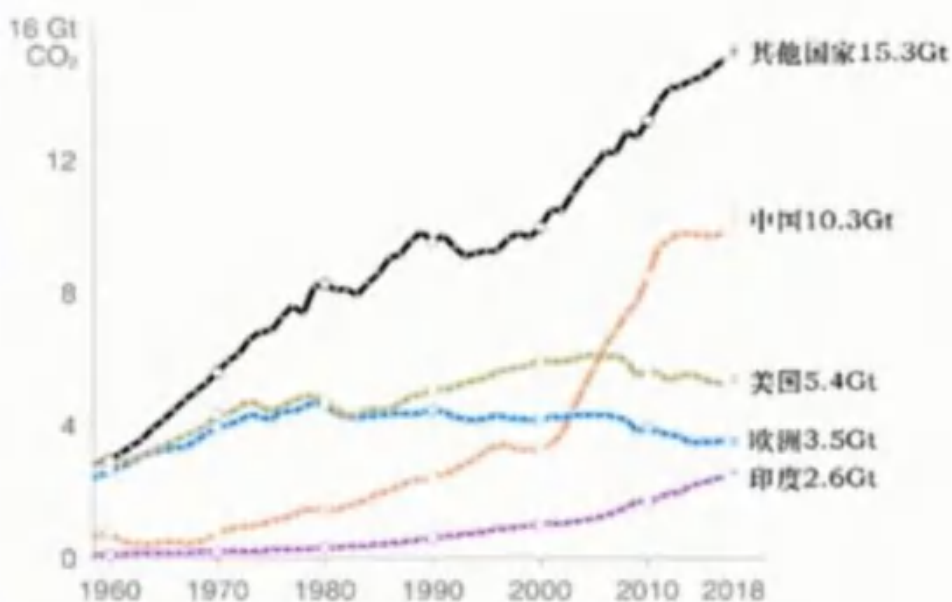
1960-2018年世界CO₂排放量

数据来源：BP能源统计年鉴2019



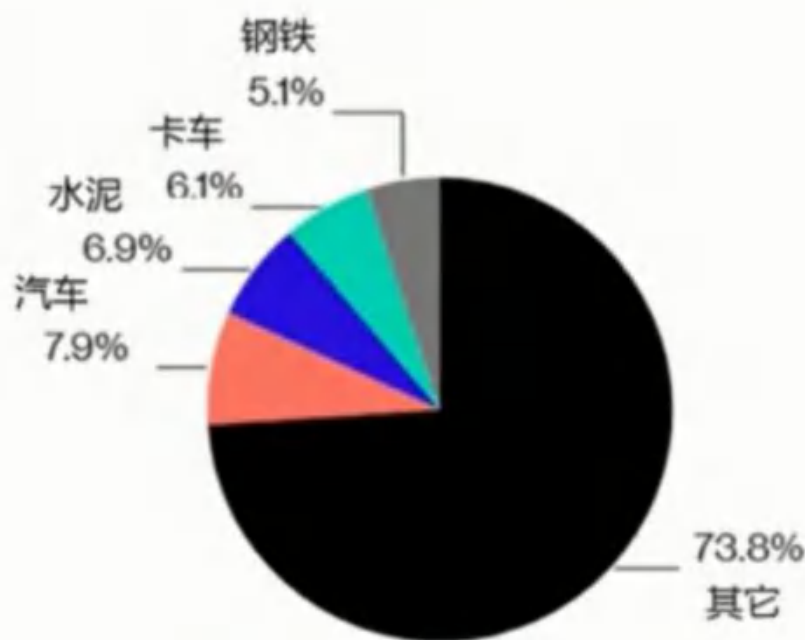
1.2 我国环保和碳排放问题已成为可持续发展的最大障碍

- 我国CO₂排放量占世界总排放量的**30.9%**，是世界最大的CO₂排放国
- 冶金、建材、化工等高耗能流程工业CO₂排放占全国总排放的**~40%**，电力行业约占**40%**
- 我国钢铁、建材行业CO₂排放分别占全国碳排放总量**~18%**和**~13%**，是“双碳目标”的突破口

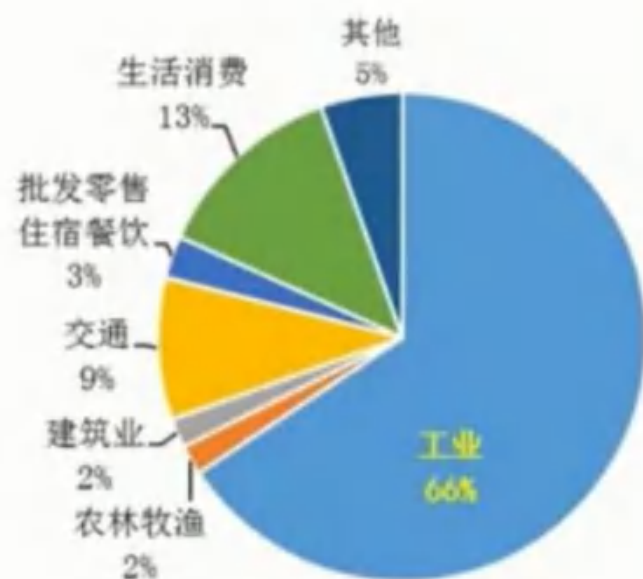


1960-2018年世界CO₂排放量

数据来源：BP能源统计年鉴2019



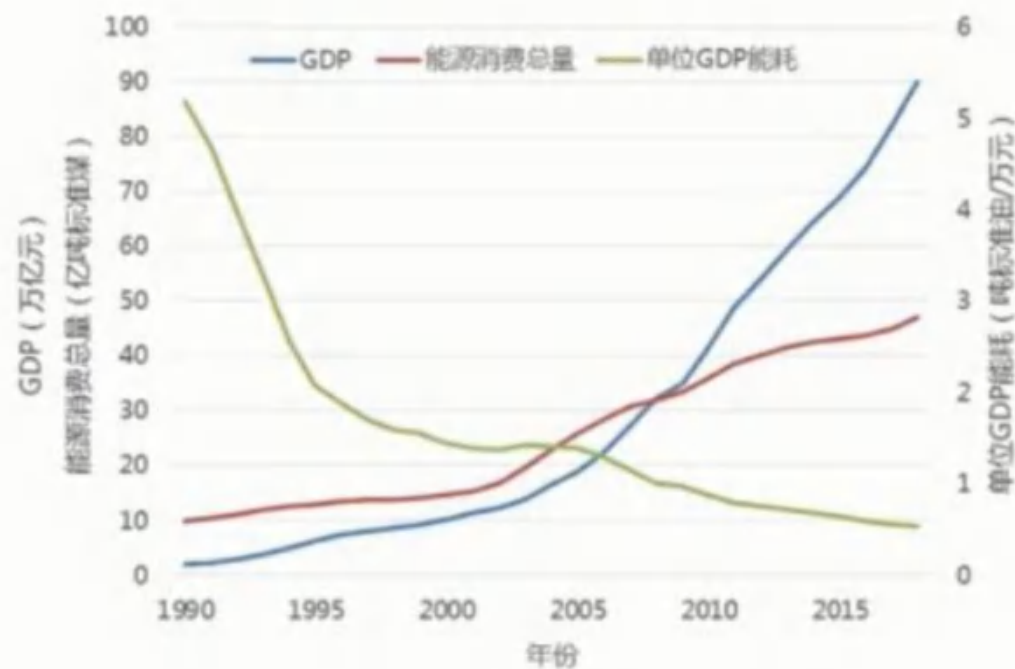
全球分行业CO₂排放情况



我国分行业CO₂排放情况

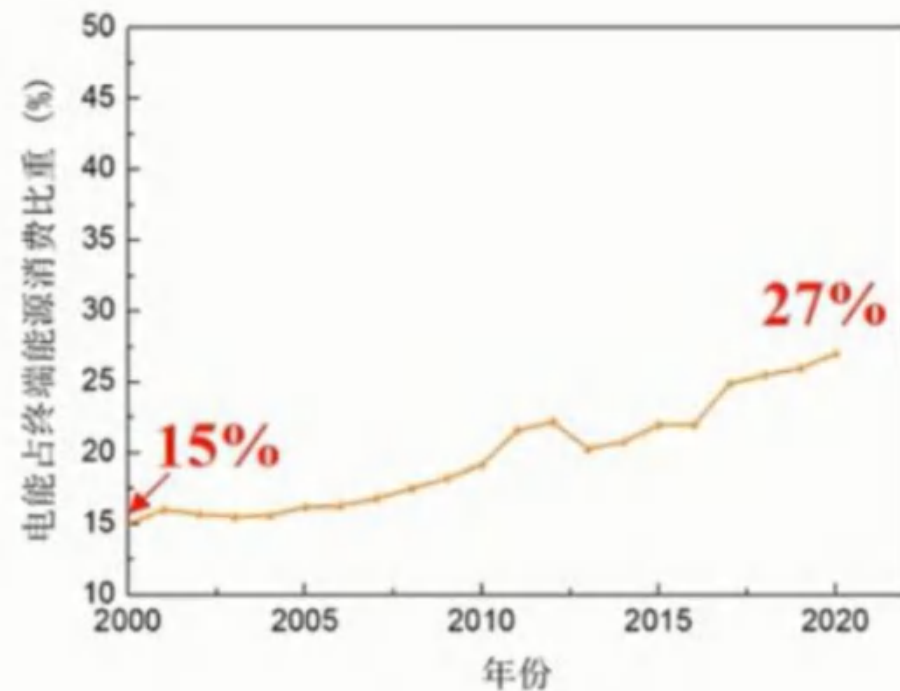
1.3 能源效率与电能在终端能源消费中的比例远低于发达国家水平

- 我国单位GDP能耗不断下降，但仍**高于**世界平均水平**50%**左右。是日本的**3.1**倍
- 2020年我国电能占终端能源消费比重仅为**27%**。



1990-2018年我国能源与GDP变化

数据来源：BP能源统计年鉴2019，世界银行数据库



我国电能占终端能源消费比重

数据来源：《中国能源统计年鉴》

1.4 弃风、弃光、弃水现象严重，新能源技术亟待突破

- 部分地区弃风弃光等现象较为严重。
- 新能源技术创新不足，氢能等上游技术基本都由国外把握，国内仅为下游产业。

地区	弃风电量 (亿千瓦时)	弃风率
新疆	106.9	23.0%
蒙西	59.2	12.6%
蒙东	13.2	5.6%
甘肃	54.0	19.0%
吉林	7.7	6.8%
河北	15.5	5.2%
黑龙江	5.8	4.4%
辽宁	1.6	1.0%
山西	2.4	1.1%
宁夏	4.4	2.3%
山东	3.0	1.4%
陕西	1.6	2.2%
贵州	0.8	1.1%
青海	0.6	1.6%

资料来源：国家能源局



2018年各地弃风电量及弃风率

提纲

一

我国能源、环保现状和挑战

二

节能是第一清洁能源和低碳技术

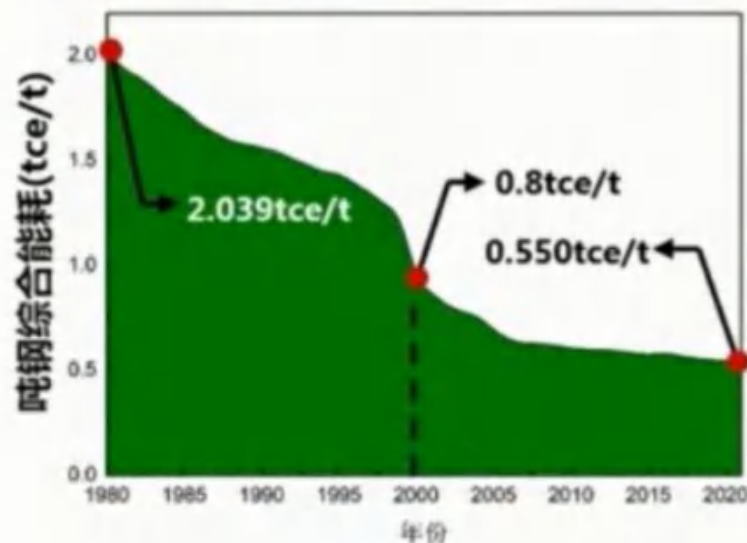
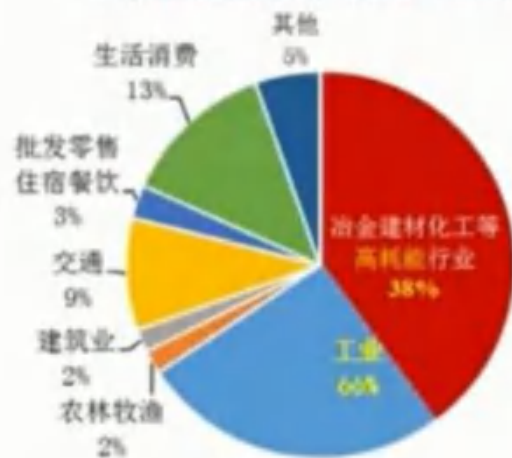
三

钢铁行业典型节能与低碳新技术

2.1 终端用能行业的节能降碳功绩卓著

➤ 终端用能大户：冶金、建材、化工（占工业能耗66%、占全国总能耗38%）

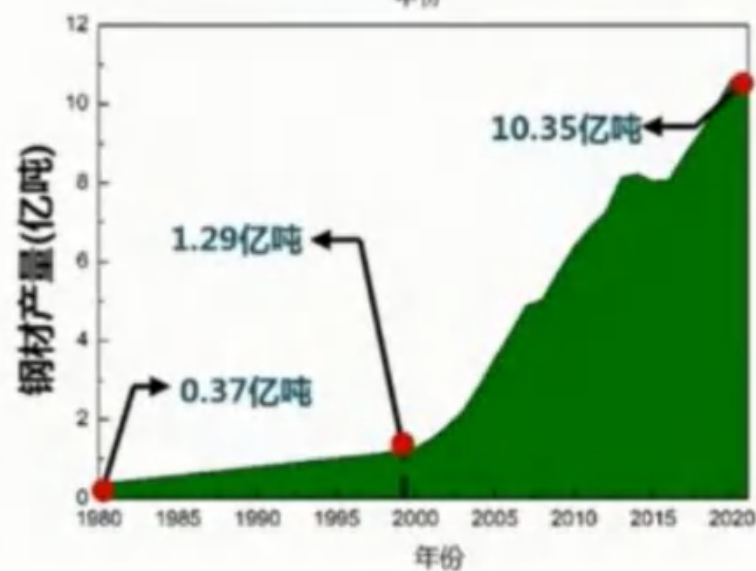
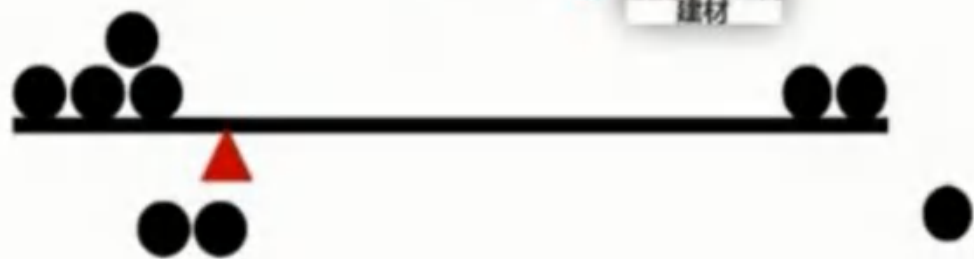
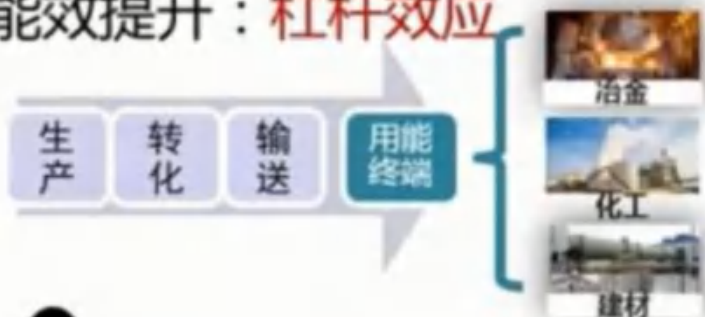
分行业能源消费情况（2018）



$(2.039 - 0.55) \text{ tce/t}$
 $= 1.489 \text{ tce/t}$

$1.489 \text{ tce/t} \times 10.35 \text{ 亿吨}$
 $= 15.4 \text{ 亿吨标准煤}$

➤ 终端能效提升：杠杆效应



每年节省15.4
亿吨标准煤

≈

1/3能源
总供应量

2.2 钢铁工业节能降碳潜力巨大

➤ 高耗能流程工业中的主要耗能装备的用能效率~**38%**

吨钢综合能耗显著降低



1980年吨钢综合能耗

2039 kgce/t



2021年吨钢综合能耗

550 kgce/t



理论断健能耗：151kgce/t；

仍有巨大节能降碳潜力！

2.2 钢铁工业节能降碳潜力巨大

➤ 高耗能流程工业中的主要耗能装备的用能效率~**38%**

吨钢综合能耗显著降低



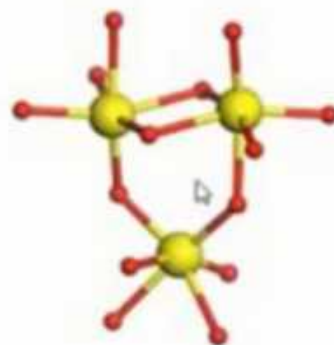
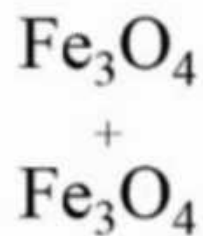
1980年吨钢综合能耗

2039 kgce/t



2021年吨钢综合能耗

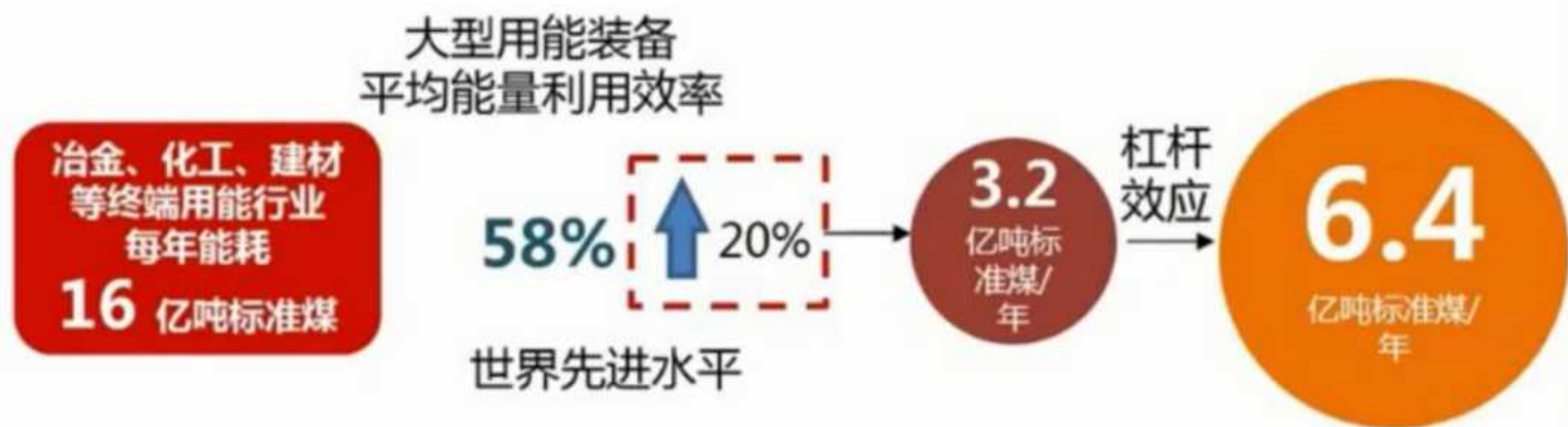
550 kgce/t



2.3 节能是第一清洁能源和低碳技术

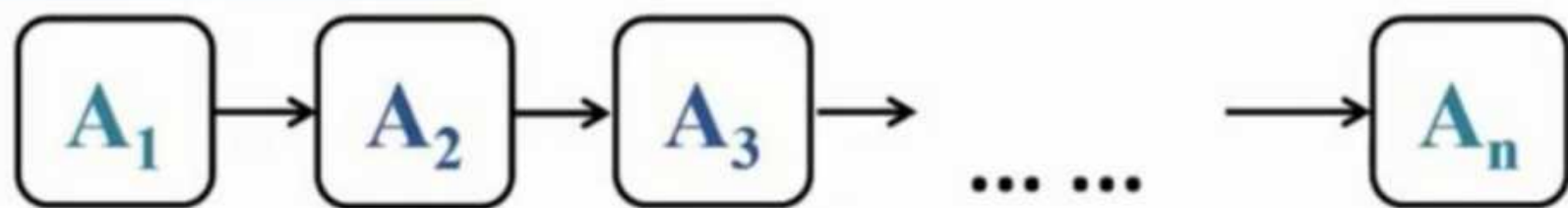


- 用能装备能效提升：节能3.2亿吨标煤/年；工业流程优化：节能潜力巨大



3.1 钢铁工业节能降碳技术逻辑分析

以钢铁生产为例的流程工业



$$A_1(1-\eta_1) + A_2(1-\eta_2) + A_3(1-\eta_3) + \dots + A_n(1-\eta_n) = \sum_{i=1}^n A_i(1-\eta_i)$$



节约降碳

一、工艺流程创新

二、装备增效降碳

三、极限余能回收

3.2 工艺流程创新

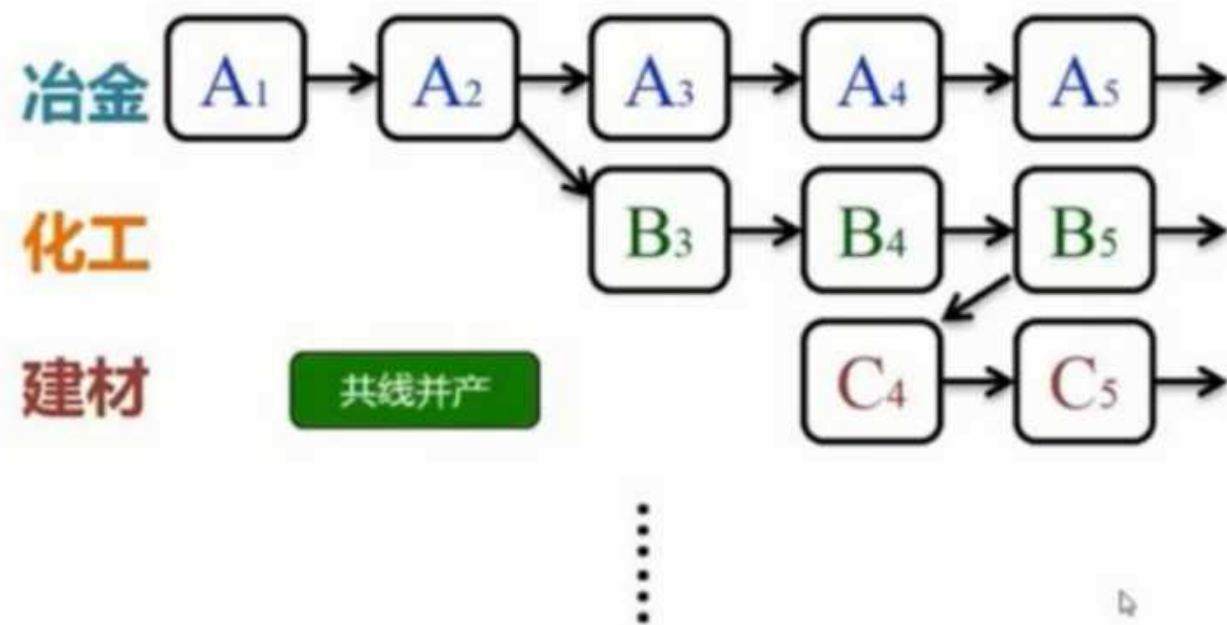
1、短流程+清洁能源替代



3.2 工艺流程创新

2、跨行业共线并产

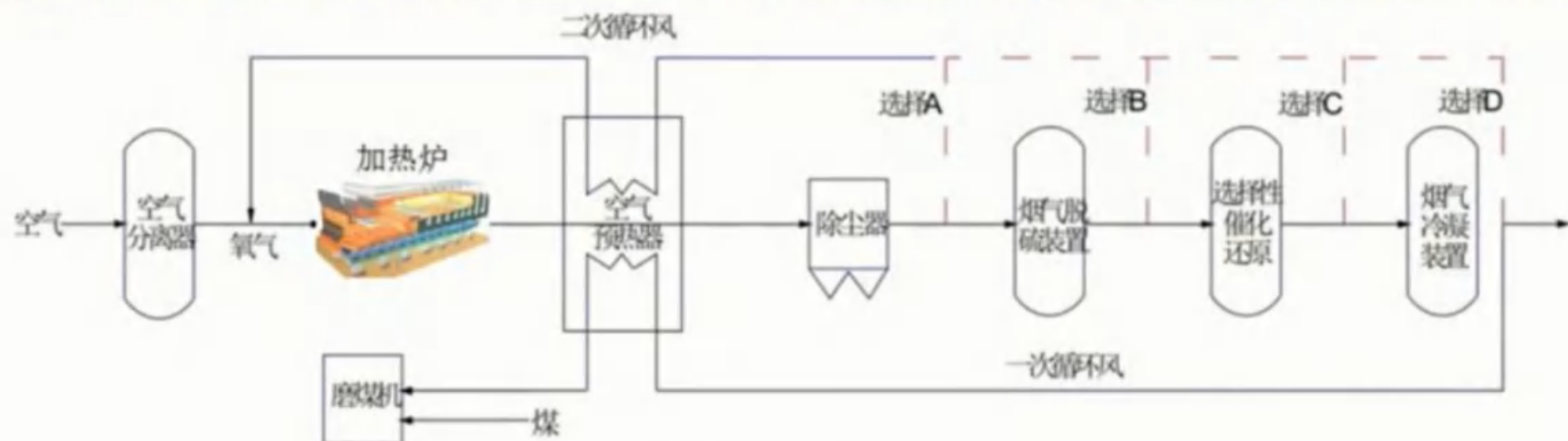
跨行业资源与能源协同利用、跨行业产品的共线并产



3.3 装备增效降碳

1. Oxy-fuel (O_2/CO_2) 燃烧及加热炉 CO_2 捕集技术

- ✓ 与传统 O_2/N_2 燃烧技术相比, O_2/CO_2 燃烧采用烟气再循环的方式, 利用烟气中的 CO_2 与空气分离获得的 O_2 共同参与燃烧。采用 O_2/CO_2 技术后, 烟气直接压缩即可得到液态 CO_2 。
- ✓ 不仅可使燃烧产物中的 CO_2 含量提高到 90% (体积比) 以上, 实现 CO_2 的资源化回收, 同时降低 NO_x 等其他污染物的排放。

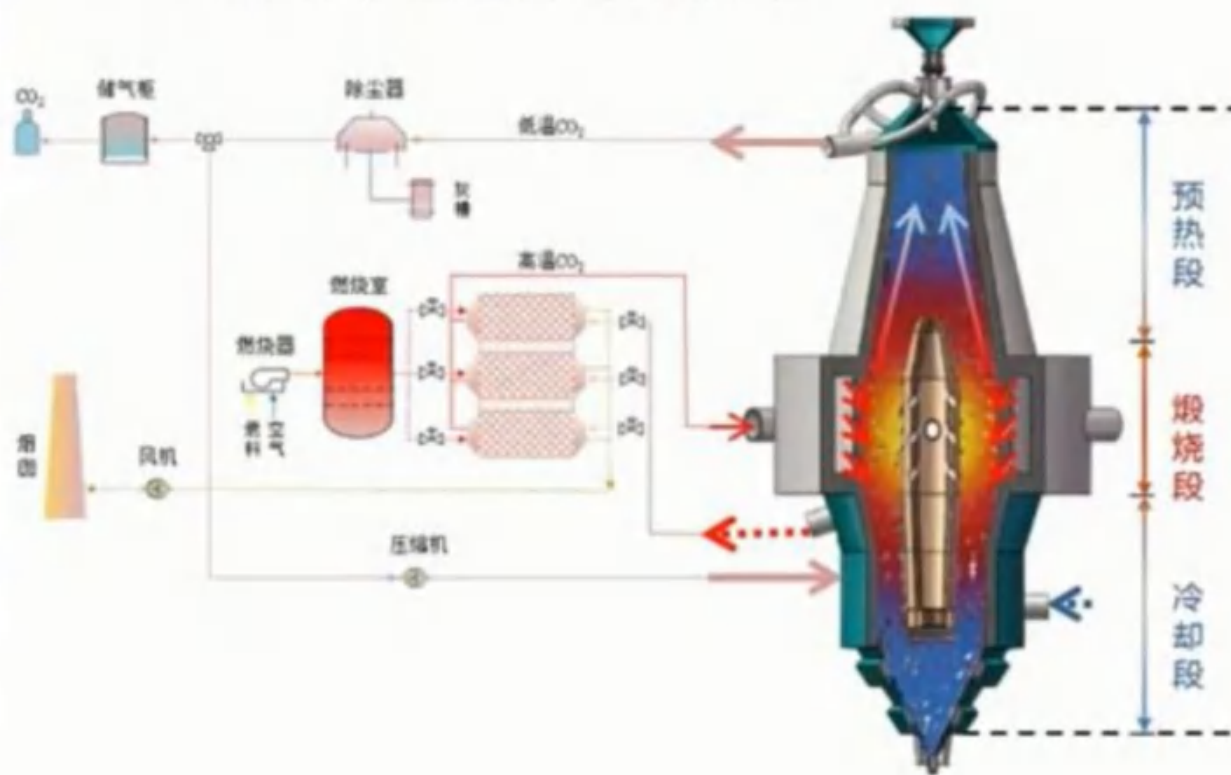


富氧(O_2/CO_2)燃烧烟气循环方式

3.3 装备增效降碳

2. 产物气循环煅烧碳酸盐与 CO₂资源化回收技术

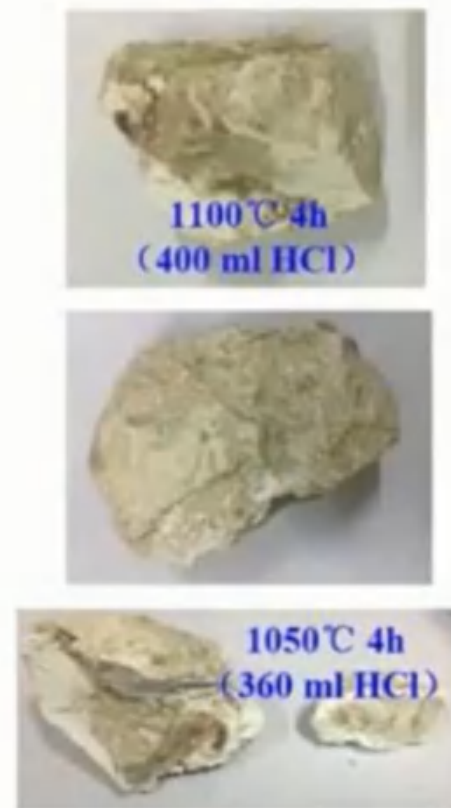
- 白云石、石灰石、菱镁矿等



原理图




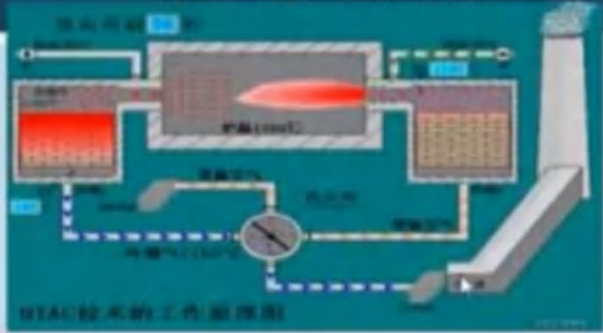

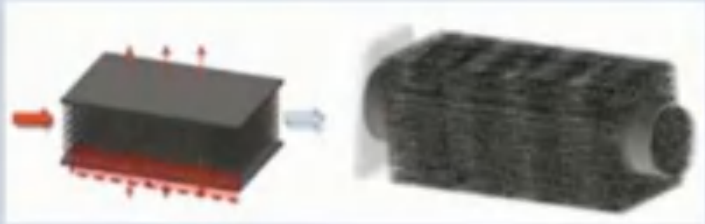
循环煅烧窑



煅烧产品及其活性

3.4 极限余能回收：烟气

1. 基于三维蜂巢的工业烟气极限余热回收技术

	第一代：管式连续换热	第二代：蓄热式周期换热	第三代：极限化余热回收 + 连续蓄/换热 + 除尘换热一体化
结构特征		 	
比表面积	10~50 m ² /m ³	700~1200 m ² /m ³	1800~2000 m ² /m ³
节能率	10~15% (光管)	30~45%	50~60%
特点	连续工作、 热回收率低	热回收率较高、 但不连续	连续工作、且热回收率最高