



1917—2017

100th Anniversary
Shanghai University of Finance and Economics
上海财经大学 100周年校庆

第6章 煤炭市场



导读

2024年初，分红超500亿元的煤企中国神华股价连涨四天，七个交易日累计最大涨幅超过10%，总市值于1月5日超过了动力电池宁德时代，一时令市场惊呼传统能源“卷土重来”。

➤ 是不是传统能源重新“战胜”新能源？

中国神华

601088.SH

39.32

▼-0.87 ▼-2.16%

市值(人民币)

7812.3亿

市盈率

13.09

市净率

1.88

上市日期

2007-10-9

宁德时代

300750.SZ

266.19

▲8.69 ▲3.37%

市值(人民币)

11718.68亿

市盈率

22.58

市净率

4.95

上市日期

2018-6-11

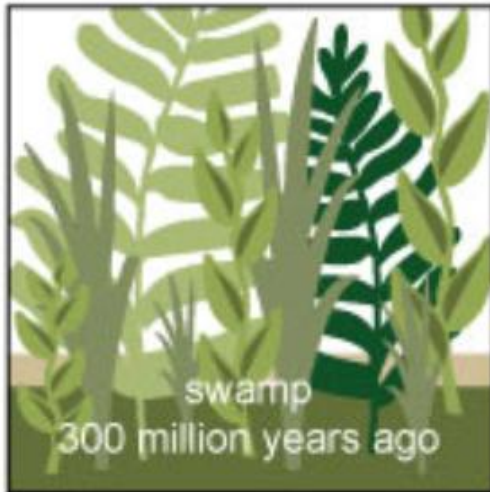
What is coal ?

来源

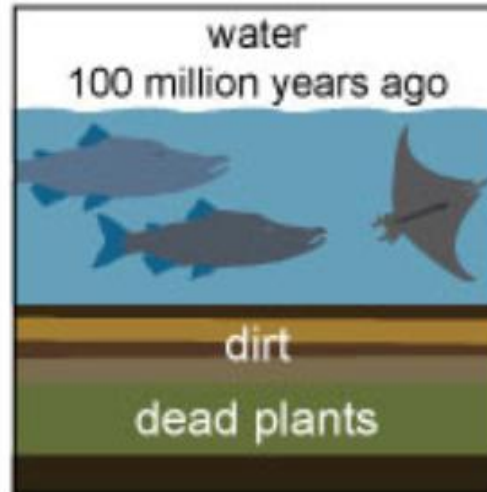
所有的动植物都经过漫长的时间才能储存在太阳能。当植物死亡后

How coal was formed

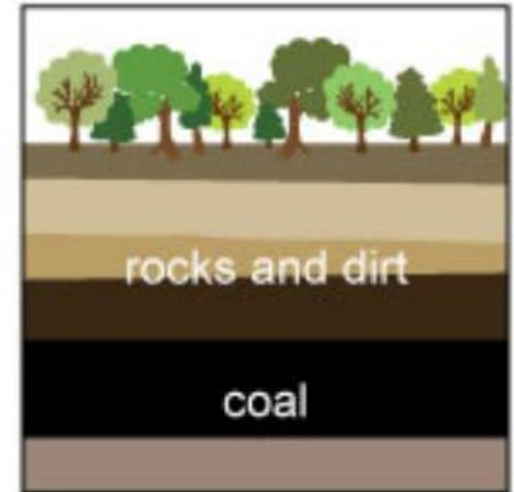
Before the dinosaurs, many giant plants died in swamps.



Over millions of years, the plants were buried under water and dirt.



Heat and pressure turned the dead plants into coal.



Source: Adapted from National Energy Education Development Project (public domain)



煤化作用(碳化): 煤从泥炭(peat)成熟到无烟煤(anthracite)所经历的变化程度(无烟煤)被称为煤化作用。

煤化作用对煤的物理和化学财产有重要影响, 被称为煤的“等级”。排名是由原始植物材料转化为碳的程度决定的。

每个矿床的质量由以下因素决定:

- 煤炭来源的植被类型(**母植被类型**)和埋藏深度(**碳化程度**);
- 这些深度的温度和压力煤炭;
- 在矿床中形成的时间长度。



从碳含量从低到高可以分为褐煤、亚烟煤、烟煤 和无烟煤。

无烟煤含有86%-97%的碳，通常在所有级别的煤中具有最高的热值。无烟煤主要用于金属工业。中国无烟煤主要分布在贵州和山西，其次是河南、四川。

- 贵州无烟煤的保有储量为378.9亿吨，占中国无烟煤保有储量的33.6%；
- 山西无烟煤的保有储量为378.44亿吨，占全国的33.5%；
- 河南无烟煤的保有储量92亿吨，占全国的8.1%；
- 四川无烟煤的保有储量65亿吨，占全国的5.8%。





1917-2017
100th Anniversary
Shanghai University of Finance
and Economics

What is coal?

烟煤含有45%-86%的碳。[中国煤炭分类](#)；烟煤常用于发电，是制造钢铁的重要燃料和原材料。

亚烟煤通常含有35%-45%的碳，其热值低于烟煤。

在烟煤阶段内部，又根据挥发分(Vdaf)与粘结性(结焦性)不同，进一步细分为多种类型。

煤种	煤化程度	挥发分 (Vdaf, %)	粘结性 (结焦性)	发热量 (MJ/kg)	主要用途	典型产地
长焰煤	较低（低变质烟煤）	28-37	弱	25-30	电力燃煤、生活燃料	山西离石、贵州六枝
不粘煤	中等	20-30	无	28-32	电厂燃料、气化原料	内蒙古鄂尔多斯
弱粘煤	中等偏上	18-26	弱至中等	29-33	冶金混配煤	山西阳泉、陕西神木
烟煤（广义）	中高变质	10-37	中等至强	28-36	动力煤或焦煤	华北、东北、西南多地
贫煤	高变质烟煤	10-18	弱或无	30-36	电力燃煤、化工	山西沁水、河北开滦



1917—2017

100th Anniversary
Shanghai University of Finance and Economics
上海财经大学 100 周年校庆

煤种	煤化程度	挥发分	粘结性	主要用途
长焰煤	低	高	弱	动力燃料
不粘煤	中	中	无	动力、气化
弱粘煤	中高	中低	弱	冶金配煤
烟煤	中高	中	中	动力、冶金
贫煤	高	低	弱	高效燃料

泥炭 → 褐煤 → 长焰煤 → 不粘煤 → 弱粘煤 → 烟煤 → 瘦煤 → 贫煤 → 无烟煤

↑ ↑ ↑ ↑ ↑

挥发分高 → 逐渐降低 → 固定碳上升 → 粘结性变化

褐煤含有25%-35%的碳，在所有煤种中能量含量最低。

褐煤矿床往往相对年轻，没有受到极端的热量或压力。褐煤易碎，水分含量高，这有助于其低热值。

褐煤资源主要分布在内蒙古东部、新疆和云南。其中，

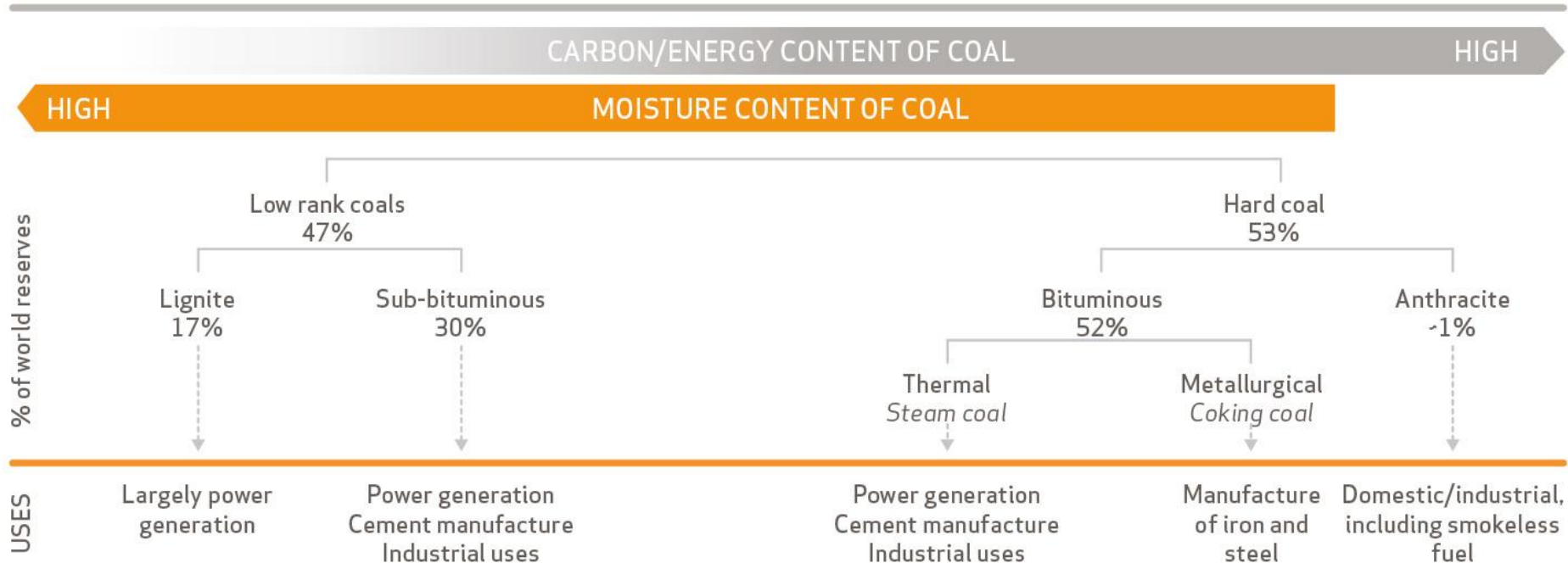
- 内蒙古东部地区的褐煤查明储量占中国褐煤储量的81.6%；
- 新疆褐煤储量也较大，约为160.22亿吨，占全国褐煤查明资源储量的7.0%；
- 云南的褐煤储量占中国5%。
- 此外，在黑龙江的东部、辽宁、山东等省均有零星分布。



What is coal ?

最初，泥炭被转化为褐煤或“褐煤”——这些都是有机成熟度较低

Types of coal



在适当的条件下，有机成熟度的逐步增加可以继续，最终形成无

烟煤。



煤炭的用途主要有：

- 1、**发电用煤**：中国约1/3以上的煤用来发电，平均发电耗煤为标准煤370g/（kwh）左右。电厂利用煤的热值，把热能转变为电能。
- 2、**蒸汽机车用煤**：占动力用煤3%左右，蒸汽机车锅炉平均耗煤指标为100kg/（万吨·km）左右。
- 3、**建材用煤**：约占动力用煤的13%以上，以水泥用煤量最大，其次为玻璃、砖、瓦等。
- 4、一般工业锅炉用煤：除热电厂及大型供热锅炉外，一般企业及取暖用的工业锅炉型号繁多，数量大且分散，用煤量约占动力煤的26%。
- 5、**生活用煤**：生活用煤的数量也较大，约占燃料用煤的23%。
- 6、**冶金用动力煤**：冶金用动力煤主要为烧结和高炉喷吹用无烟煤，其用量不到动力用煤量的1%。
- 7、**炼焦煤的主要用途是炼焦炭**：焦炭由焦煤或混合煤高温冶炼而成。焦炭多用于炼钢，是钢铁等行业的主要生产原料，被喻为钢铁工业的基本食粮。
- 8、煤化工、煤变油技术。



What is coal ?

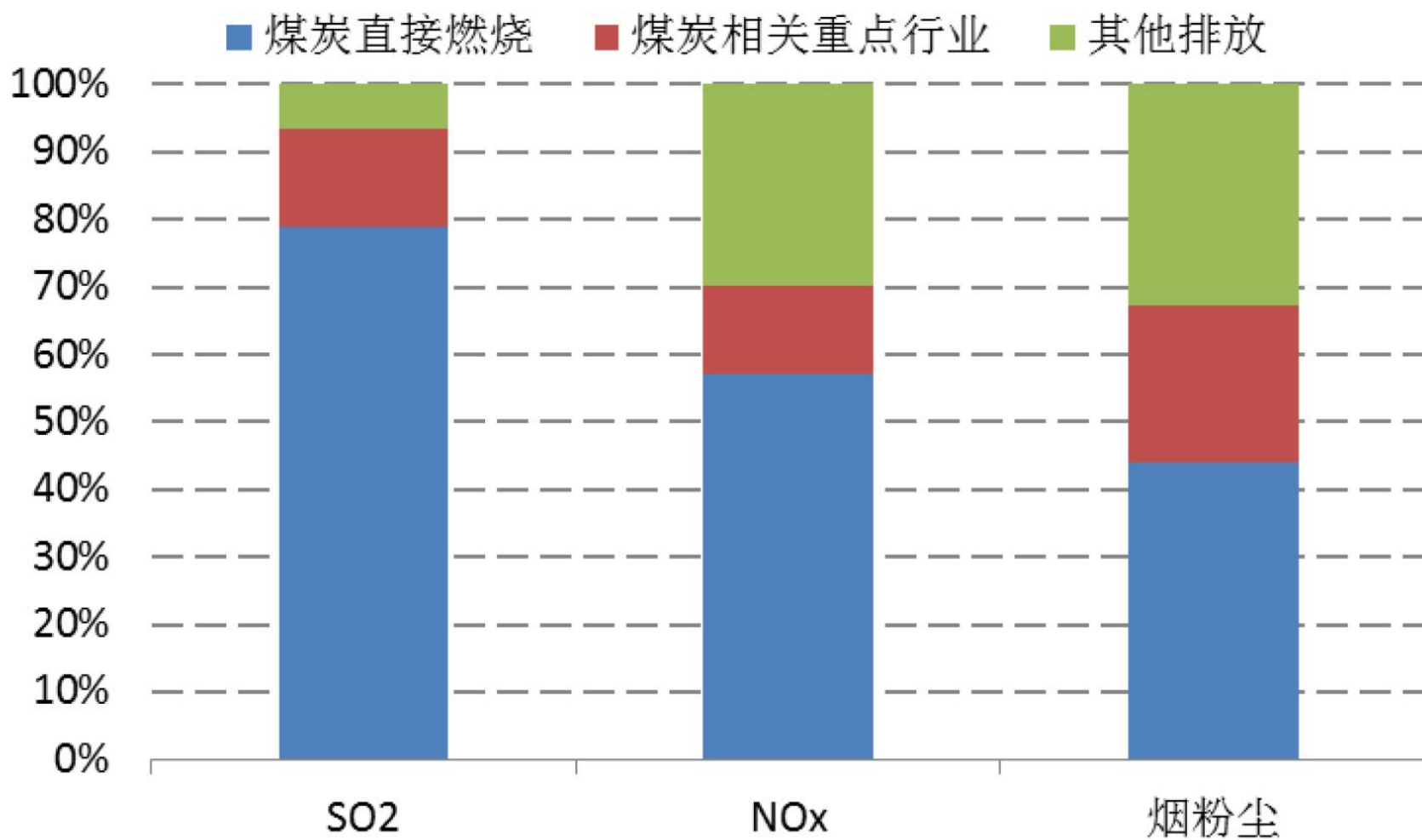


图 3 中国煤炭使用过程中的 SO₂、NO_x 和烟粉尘排放量占比



1917-2017

What is coal?

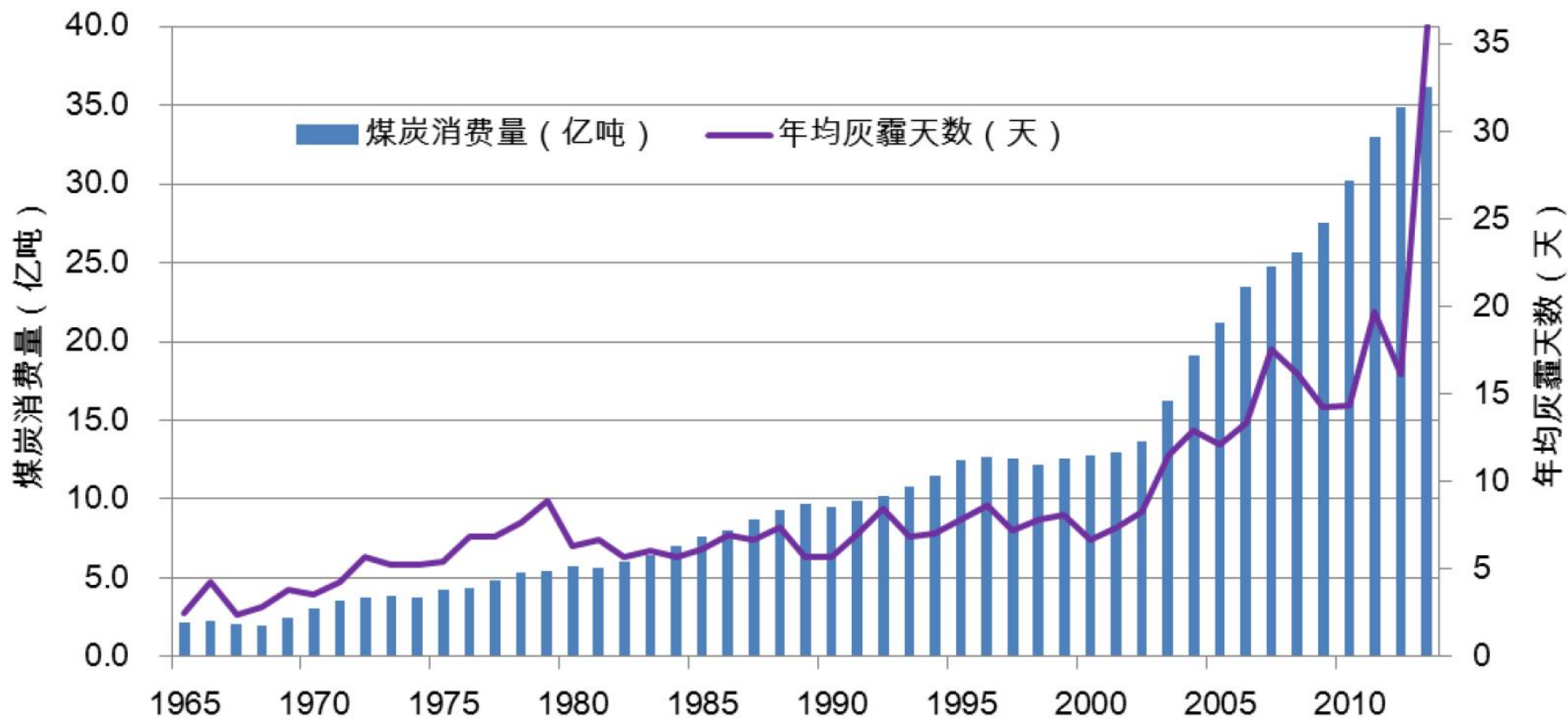


图 1 中国历史煤炭消费量与年均灰霾天数

Mining coal

开采煤矿主要有两种方式：露天开采和地下开采。

当煤炭地下不足200英尺时，通常使用露天开采。在露天开采中，大型机器会清除表层土和被称为覆盖层的岩石层，露出煤层。山顶移除是一种地表采矿形式，对山顶进行爆破和移除，以进入煤层。一旦煤炭被清除，扰动区域可能会覆盖表层土，用于种植草地和树木。美国约三分之二的煤炭生产来自露天矿，因为露天开采比地下开采便宜。





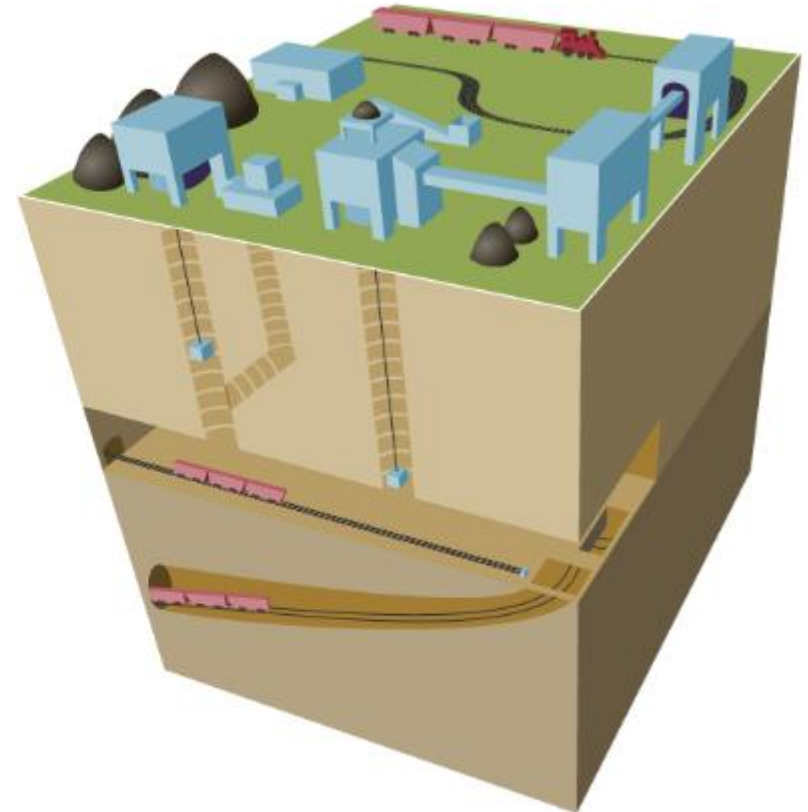
Coal Mining and Transportation

Surface mining



Source: Adapted from National Energy Education Development Project (public domain)

Deep mining



Source: Adapted from National Energy Education Development Project (public domain)

煤炭处理

将煤炭从地面上清除后，矿工可以将其送往采矿现场附近的选矿厂。该工厂对煤炭进行清洁和加工，以去除岩石、污垢、灰烬、硫和其他不需要的材料。这个过程增加了煤的热值。

煤炭运输

煤炭可以通过几种不同的方式从矿山和加工厂运输到消费者：输送机、有轨电车和卡车在矿山周围运输煤炭，从矿山到矿山附近的消费者的短途运输，或其他长途运输方式。

驳船在河流和湖泊上运输煤炭。

船舶通过五大湖和海洋向美国和其他国家的消费者运输煤炭。

泥浆管道输送碎煤和水的混合物。

煤炭运输可能比煤炭开采成本更昂贵。一些煤炭消费者，如燃煤发电厂，靠近煤矿以降低运输成本。

基本问题

- 1、中国的煤炭储量变化趋势如何？
- 2、中国煤炭生产变化趋势如何？
- 3、中国煤炭消费变化趋势如何？
- 4、世界上主要的煤炭生产国和消费国有哪些？
- 5、我国煤炭价格变化趋势如何？
- 6、我国的煤炭进口情况如何？

要求

- 两位同学一组找数据并做图和分享。
- 请使用AI辅助，介绍用了哪个AI，并总结AI的优缺点。

第二节 典型的全球煤炭市场

1 The Model

The basic structure of our global model is a single equation:

$$\sum_r S_r(p) = \sum_r D_r(p, t_r)$$

in which

p is the world market price of coal

$S_r(p)$ is coal supply in region r .

t_r is the specific tax on coal in region r .

$D_r(p, t_r)$ is coal demand in region r .

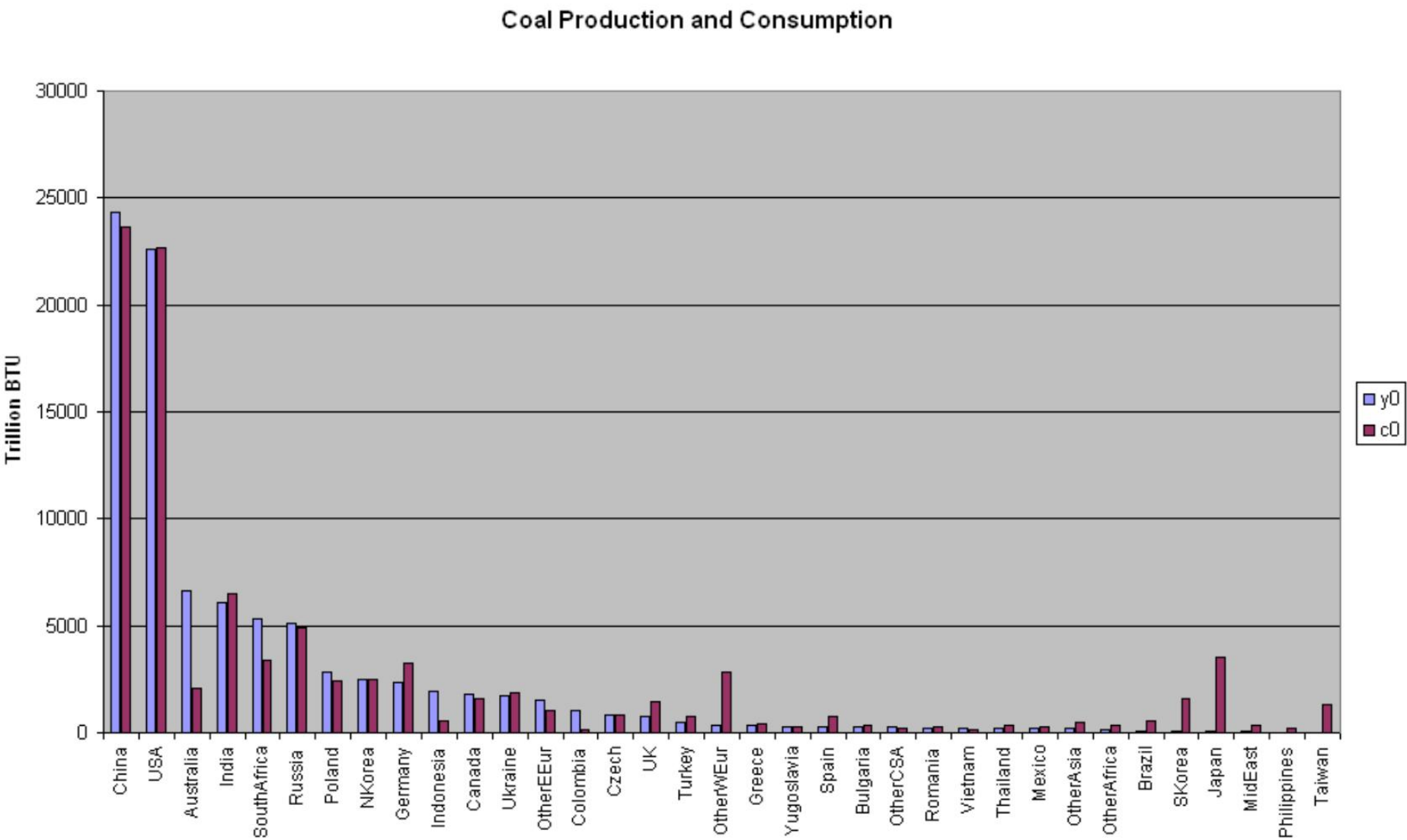
The demand and supply functions employed in the model are linear, hence:

$$S_r(p) = a_r + b_r p$$

and

$$D_r(p, t_r) = \alpha_r - \beta_r(p + t_r)$$

Figure 1: The BaseYear Worksheet



推导: $S_r(p) = \bar{S}_r (1 + \eta_r(p-1))$

$$\eta_r = \frac{\partial S_r(p)}{\partial p} \times \frac{p}{y}$$

当我们在找值的时候, 我们使用基利希形的供应量 \bar{S}_r ,
 价格 p_r 和供给弹性 η_r 为已知条件:

$$\eta_r = \frac{S_r(p) - \bar{S}_r}{p - p_r} \times \frac{p_r}{\bar{S}_r}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{p_r} \times \eta_r [\bar{S}_r (p - p_r)] = S_r(p) - \bar{S}_r$$

$$\Rightarrow S_r(p) = \bar{S}_r \left[1 + \eta_r \left(\frac{p}{p_r} - 1 \right) \right]$$

若 $p_r = 1$, 则

$$\Rightarrow S_r(p) = \bar{S}_r [1 + \eta_r(p-1)]$$

推导 $D_r(p) = \bar{D}_r [1 + \varepsilon_r (p+t-1)]$

因为 $\varepsilon_r = \frac{\partial D(p)}{\partial p} \times \frac{p}{y} = \frac{D_r(p) - \bar{D}_r}{p+t-1} \times \frac{1}{\bar{D}_r}$

这里假设了 $p_r = 1$, 相对于基准价格} 价格为 $p+t$

$$\varepsilon_r \cdot \bar{D}_r \cdot (p+t-1) = D_r(p) - \bar{D}_r$$

$$\Rightarrow D_r(p) = \bar{D}_r [1 + \varepsilon_r (p+t-1)]$$

这里 ε_r 为需求弹性, 为负。

Excel表中, 需求弹性} 为负值, 因此

推导 $D_r(p) = \bar{D}_r (1 - \varepsilon_r (p+t-1))$

如果有的国家对煤炭需求收税（征收碳税），那么全球煤炭均衡价格是多少？

Extra Credit Suppose that the supply and demand functions were *isoelastic*, i.e.

$$S_r(p) = a_r P^{b_r}$$

and

$$D_r(p) = \alpha_r P^{-\beta_r}$$

- What values of a_r , b_r , α_r and β_r are consistent with base year quantities, prices and elasticities (\bar{S}_r , \bar{D}_r , η_r and ϵ_r)?
- Formulate versions of the iso-elastic demand and supply functions in terms of \bar{S}_r , \bar{D}_r , η_r and ϵ_r .
- Introduce these functions in place of the linear supply and demand functions which are currently in the model and see if the results change substantially.
- Add a “functional form” choice into the model which permits the user to choose between linear and isoelastic formats.

A Stylized Coal Market Model

World Coal Production, Consumption and Reserves 2000
Units: Trillion BTU

Equilibrium Price: 0.95
Square deviation: 0

Leakage rate: 5.5%

敏感性分析 稳健性分析

	Base Year Data and Elasticities				Policy	Equilibrium Values		Change in Consumption	
	y0	c0	η	ε	tc	y	c	Increase by Non-Member	Decrease by Member
China	24333	23606	5	0.5	0	17909	24229	623	0
USA	22623	22657	5	0.5	2	16650	598	0	22059
Australia	6664	2098	5	0.5	1	4905	1104	0	994
India	6065	6483	5	0.5	0	4464	6654	171	0
SouthAfrica	5292	3396	5	0.5	0	3895	3486	90	0
Russia	5147	4880	5	0.5	0	3788	5009	129	0
Poland	2846	2410	5	0.5	0	2095	2474	64	0
NKorea	2457	2455	5	0.5	0	1808	2520	65	0
Germany	2374	3236	5	0.5	1	1747	1703	0	1533
Indonesia	1963	570	5	0.5	0	1445	585	15	0
Canada	1819	1593	5	0.5	1	1339	839	0	754
Ukraine	1751	1843	5	0.5	0	1289	1892	49	0

政策模拟

模拟目标	操作步骤	可观察结果
1. 模拟碳税对价格与泄漏的影响	改变一国或多国 t_c （如美国=2，澳大利亚=1）	看Equilibrium Price、Leakage Rate、各国消费变化
2. 比较不同政策组合的全球影响	设置“俱乐部国家”统一税率（如OECD国家 $t_c=2$ ）	观察成员国消费下降vs非成员国增加
3. 供给弹性变化	调整供需弹性 η （如将 η 从5改为8）	查看价格变动与Leakage变化
4. 单国煤炭退出情景	将某国 y_0 设置为0（模拟退出煤炭生产）	看其他国家产量、价格如何响应
5. 技术替代效应	提高 ε （需求弹性），模拟可再生资源替代	看全球煤炭价格下跌幅度
6. 设定全球统一碳价	所有 $t_c=1$ 或2	检查是否无泄漏、全球均衡价格变化