



通识教育基础必修课

# 能源开发概论A

## 第一章 绪 论

能源与矿业学院  
中国矿业大学（北京）



# 目 录

---

- 1. 课程知识结构体系**
- 2. 能源及其分类**
- 3. 世界能源概况**
- 4. 我国能源特点**
- 5. 我国煤炭工业发展概况**
- 6. 煤炭开发利用发展方向**

# 1. 课程知识结构体系

## 1.1 课程的性质、目的及任务

“能源开发概论A”是通识教育导学类必修课。旨在通过课程学习使学生对能源及能源开发利用、分类和分布等情况有一定的了解，并对煤炭、石油、天然气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、核能、海洋能、生物质能等常规能源和新型能源开发的基本概念、基础知识、基本原理、主要方法和技术等有较为全面的认识和了解，从而为学生后续相关专业课程的学习、实践以及在能源工业及相关领域深造或工作奠定一定的基础，同时还能扩展学生的视野，促进学科间的交叉融合。

## 1.2 章节构成、课时分配

章节	内 容		学时
第一章	绪论		2
第二章	煤矿地质		3
第三章	矿井开拓		4
第四章	煤炭地下开采方法		4
第五章	矿山压力与岩层控制		3
第六章	露天开采		2
第七章	石油与天然气开发		3
第八章	水能开发		2
第九章	核能开发		1
第十章	新能源开发	太阳能开发、风能开发、 海洋能开发、地热能开发、 生物质能开发、氢能开发	6
课内实验			2
合计			32

# 2. 能源及其分类

## 2.1 能源

### 什么是能源 (Energy Sources) ?



能源是自然界中能为人类提供某种形式的能量物质资源

- 能源的发展、能源和环境是当今全世界、全人类共同关心的问题；
- 能源是国民经济发展的基础；
- 能源的开发和有效利用程度以及人均消费量是生产技术和生活水平的重要标志；
- 能源是人类赖以生存的五大要素之一（阳光、空气、水、食物、能源）。

# 2. 能源及其分类

## 2.2 能源利用史



人类从什么时候开始有意识地利用能源？

火的发现和利用



薪柴时期

煤炭时期

石油时期

多能源并存时期

.....

18世纪以前，  
人类只限于对  
风力、水力、  
畜力、木材等  
天然能源的直接利用

18世纪60年代  
· 蒸汽机  
· 工业革命  
· 煤炭消费  
1860年：25.3%  
1920年：87%

20世纪60年代  
· 煤油时代  
· 汽油时代  
(1900~1940)  
· 燃料和化工  
原料时代

· 经济增长、环境保护双重压力  
· 趋势：洁净能源、可持续能源  
· 建立多能源并存体系

## 2. 能源及其分类

### 2.3 能源的分类

分类依据	分类	举例
来源	来自地球外天体的能源	太阳能、宇宙射线...
	地球本身蕴藏的能源	地热能、原子能燃料...
	地球与其他天体相互作用产生的能源	潮汐能...
获得方式	一次能源：直接取自自然界，没有经过加工转换的各种能量和资源。	原煤、原油、天然气、煤层气、油页岩、核能...
	二次能源：无法从自然界直接获取，有一次能源加工转化而便于人类使用的能源。	电能、氢能、煤油、汽油、柴油、液化气...
可再生性	可再生能源：在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源。	太阳能、水能、风能、生物质能、潮汐能...
	非可再生能源：经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源。	煤炭、石油、天然气...

## 2. 能源及其分类

分类依据	分类	举例
利用技术成熟程度	<b>常规能源</b> ：又称传统能源，是指在相当长的历史时期和一定的科学技术水平下，已经被人类大规模生产和广泛利用的能源。	煤炭、石油、天然气、水力…
	<b>新型能源</b> ：常规能源之外的各种能源形式，指刚开始开发利用或正在积极研究、有待推广的能源。	太阳能、风能、生物质能、地热能、氢能…
释放能量的形式	<b>燃料能源</b> ：用作燃料使用，主要通过燃烧形式释放热能的能源。	煤炭、石油、天然气、铀、木材、甲醇、酒精…
	<b>非燃料能源</b> ：无需通过燃烧而直接像人类提供能量的能源。	太阳能、风能、水力能、海洋能、地热能…
	<b>化石能源</b> ：天然矿物源中含有能量的物质，其所含的能量可通过化学或物理过程得到释放。	煤炭、石油、天然气、各种核燃料…
	<b>非化石能源</b>	除化石能源以外的其他能源



## 2. 能源及其分类

### 2.3 能源的分类

类 别		来自地壳内部的能源	来自地壳外部的能源
一次能源	可再生能源	地热能	太阳能、风能、水能、生物质能、海水温差能、海洋波浪能、……
	非再生能源	核能、煤炭、石油、天然气、油页岩、煤层气	
二次能源	焦炭、煤气、电力、氢、蒸汽、酒精、汽油、柴油 煤油、电石、液化气		

## 2. 能源及其分类

### 2.4 能源的计量

能源的种类很多，所含的热量也各不相同，为了便于相互对比和在总量上进行研究，国际上通常采用**标准煤tce（煤当量）**或**标准油toe（油当量）**为单位进行计量。

国际能源机构（IEA）规定：

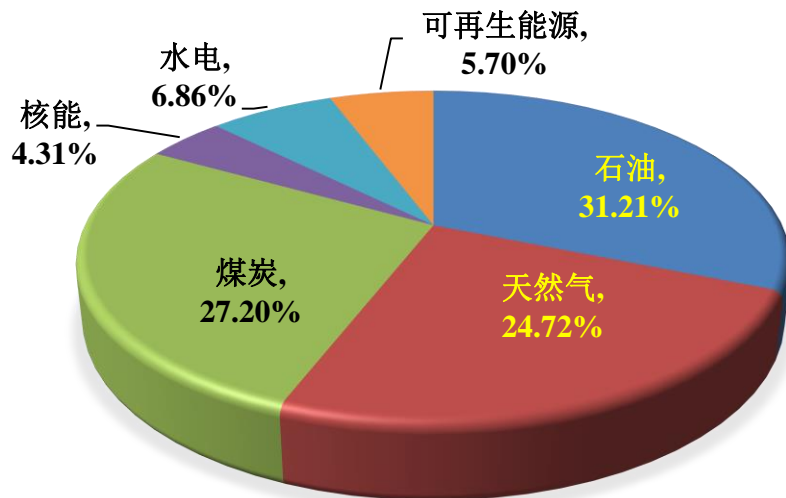
**1kg油当量（1kgoe）=10000kcal/kg=41868kJ/kg或41.9GJ/t**  
**10000大卡**

**1kg煤当量（1kgce）=7000kcal/kg=29307kJ/kg或29.3GJ/t**  
**7000大卡**

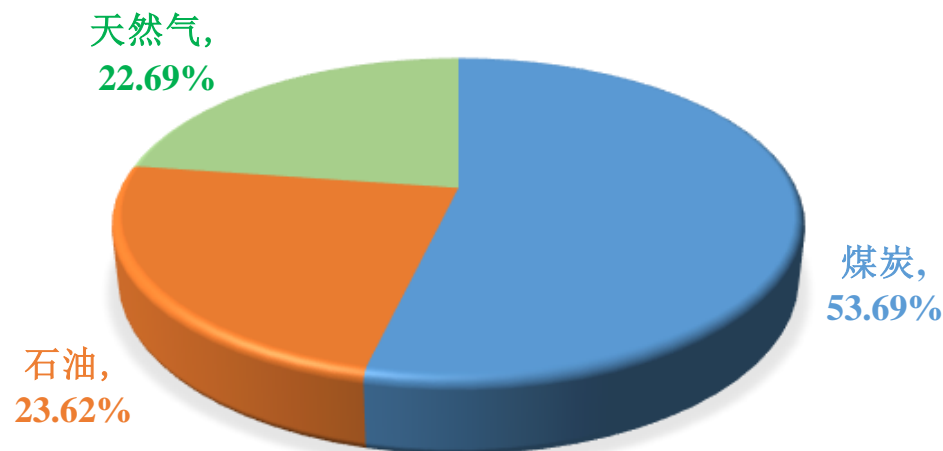
$$E = \frac{\text{某种燃料的实际发热值}}{\text{标准燃料发热值}}$$

### 3. 世界能源概况

2020年世界范围内一次能源消费情况



世界化石能源资源探明可采储量构成



- 在世界范围内，能源的利用仍是以化石能源为主
- 世界化石能源资源探明可采储量中，煤炭最多

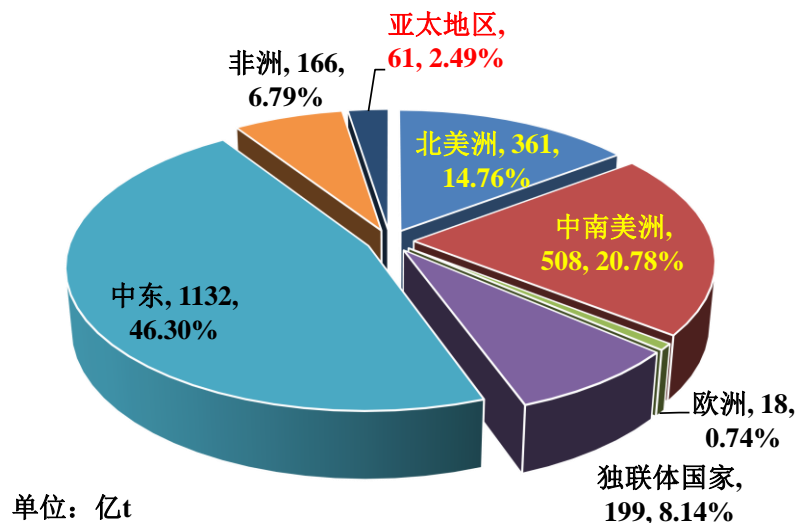
# 3. 世界能源概况

## 3.1 世界能源分布

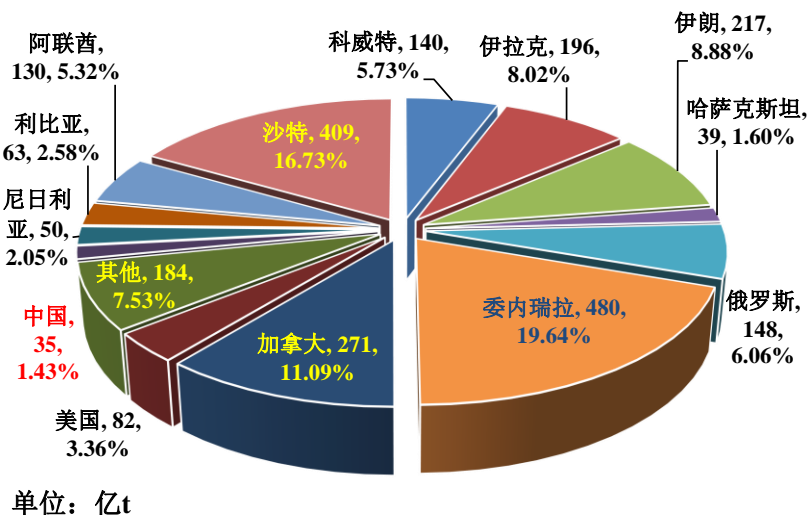
### 1、石油

- 主要集中在**中东**、**中南美洲**和**北美洲**，亚太地区则是石油资源稀缺地区，超过世界1/3的人口拥有的石油储量仅是世界总储量的**2.49%**。**中国**35亿t，**1.43%**。
- 2020年世界原油**探明储量为2444亿t**，储采比**53.5**。

2020年世界石油探明储量分布



2020年世界石油探明储量国家分布



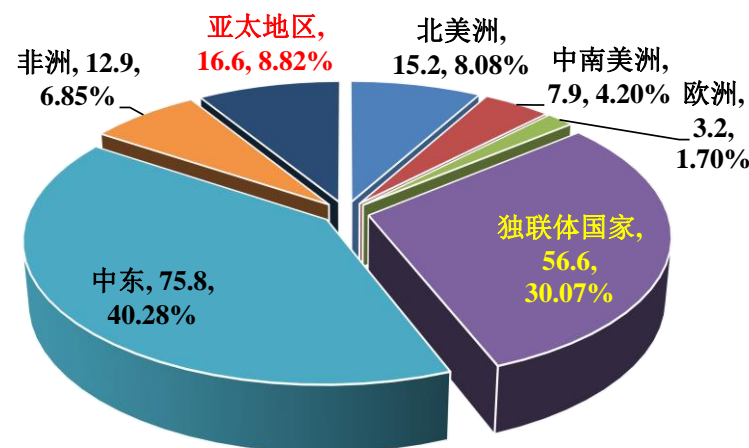
# 3. 世界能源概况

## 3.1 世界能源分布

### 2、天然气

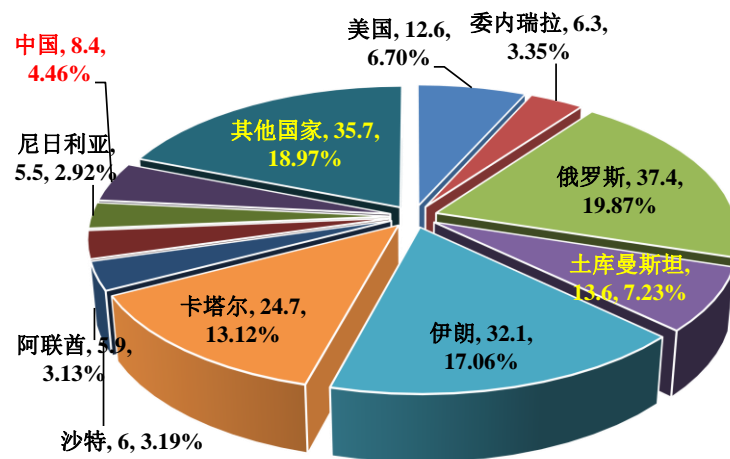
- 主要集中在**中东**和**独联体国家**，**俄罗斯、伊朗和卡塔尔**三国的储量达94.2万亿 $\text{m}^3$ ，占世界总储量的**50.05%**。亚太地区天然气资源比较稀缺，**中国**8.4万亿 $\text{m}^3$ ，占世界总储量的**4.46%**。
- 2020年世界天然气**探明储量为188.2万亿 $\text{m}^3$** ，**储采比48.8**。

2020年世界天然气探明储量分布



单位: 万亿 $\text{m}^3$

2020年世界天然气探明储量国家分布



单位: 万亿 $\text{m}^3$

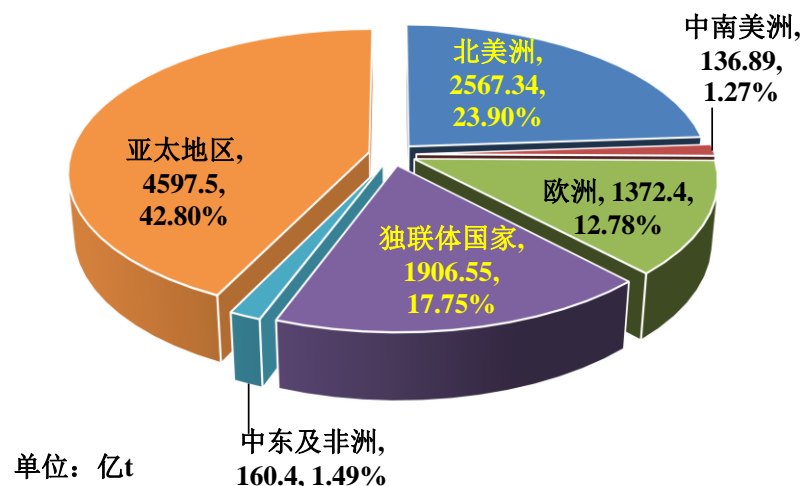
# 3. 世界能源概况

## 3.1 世界能源分布

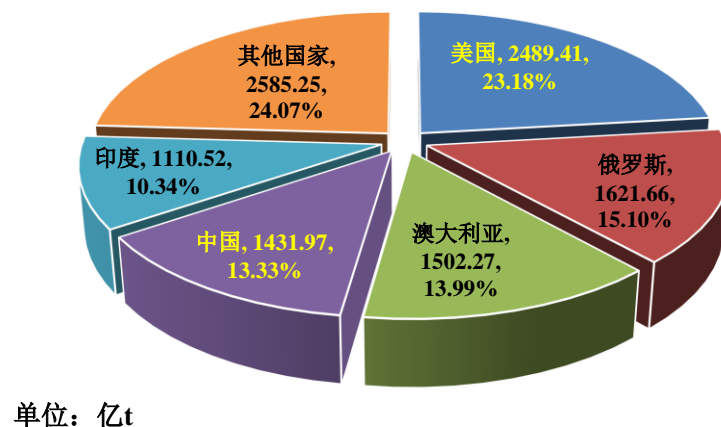
### 3、煤炭

- 主要集中在**亚太地区、北美洲、独联体国家和欧洲**，**美国、俄罗斯、澳大利亚、中国**和**印度**五国煤炭储量达8155.83亿t，占世界总储量的**75.93%**。亚太地区煤炭资源比较丰富。
- 2020年世界煤炭**探明储量为10741.08亿t**，**储采比139**。

2020世界煤炭探明储量分布



2020年世界煤炭探明储量国家分布



# 3. 世界能源概况

世界一次能源分燃料消费量（百万吨油当量）（2020年统计数据）

	国家	石油	天然气	煤炭	核能	水电	可再生能源	国家总计	占比
1	中国	695.3	288.5	1968.3	77.6	280.4	186.1	3496.2	26.30%
2	美国	777.2	715.3	219.7	176.5	61.1	146.9	2096.8	15.77%
3	印度	215.4	51.4	418.9	9.6	34.6	34.2	764.2	5.75%
4	俄罗斯	152.6	353.7	78.1	45.9	45.1	1	676.5	5.09%
5	日本	155.0	89.8	109.2	9.1	16.5	27.0	406.5	3.06%
6	加拿大	101.7	96.7	11.9	20.8	81.7	12.9	325.7	2.45%
7	德国	100.6	74.5	44	13.6	4.1	52.8	289.6	2.18%
8	伊朗	79.1	200.4	1.7	1.4	4.5	0.2	287.2	2.16%
9	巴西	110.1	27.7	13.9	3.3	84.1	48.0	287.1	2.16%
10	韩国	117.0	48.7	72.4	33.9	0.7	8.6	281.3	2.12%
11	沙特	155.5	96.5	0.1	0	0	0.2	252.3	1.90%
12	其他国家	1489.9	1243.7	678.4	181.3	299.1	239.8	4132.1	31.08%
世界总计		4149.5	3287.0	3616.6	573.0	911.9	757.6	13295.6	
分燃料占比		31.21%	24.72%	27.20%	4.31%	6.86%	5.70%		

# 4. 我国能源特点

## 4.1 我国能源结构特点

- 我国能源结构特点：**富煤、贫油、少气**
- 我国常规能源探明总资源量中，**煤炭占87.4%，石油占2.8%，天然气占0.3%，水能占9.5%**。
- 2023年我国煤炭**原煤产量47.1亿吨**，同比增长3.4%。
- 2023年中国能源消费总量57.2亿吨标准煤，煤炭消费量占比为**55.3%**，天然气、水电、核电、风电、太阳能发电等清洁能源消费量占比重为26.4%。预计2030年仍占**50%以上**。煤炭是我国的基础能源，**以煤炭为主体的能源结构**在相当长的一段时间内不会改变。



# 4. 我国能源特点

## 4.2 我国能源储量与分布特点

- 能源资源总量比较丰富
- 人均能源资源拥有量较低
  - 2020年我国一次能源人均消费量101.1GJ，美国265.2GJ
- 能源资源赋存分布不均衡
  - 煤炭资源 → 华北、西北地区
  - 水力资源 → 西南地区
  - 石油、天然气资源 → 东、中、西部地区和海域
- 能源资源开发难度较大
  - 煤炭资源地质开采条件较差
  - 石油天然气资源地质条件复杂、埋藏深、勘探开发技术要求较高
  - 水力资源多集中在西南部高山深谷，远离负荷中心，开发难度和成本较大

# 4. 我国能源特点

## 4.3 我国煤炭资源分布特征

- 分布广泛
- 西多东少，北富南贫
- 相对集中
- 煤炭消费与主要供给地区空间地域分布极不均衡
- 煤层埋藏较深，适于露天开采的储量少
- 伴生矿产种类多，分布广泛，资源丰富
- 煤矿地质条件复杂，开采条件差

# 4. 我国能源特点

## 4.4 煤炭开采利用史

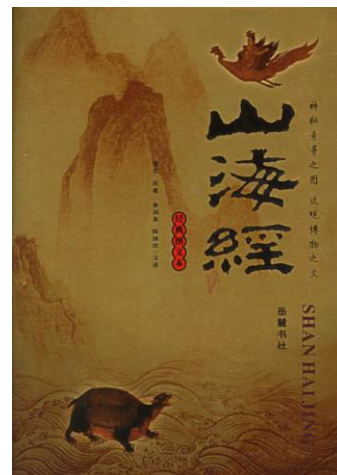
中国是世界上最早发现、记载、开采和利用煤炭的国家

□ 新石器时期就已利用精煤制作煤玉环等装饰品

□ 最早记载——《山海经》——石涅

《山海经·西山经》：“西南三百里的地方，叫女床山，其阳多赤铜，其阴多石涅。”石涅就是石墨，可以用来描眉，又叫画眉石。

《山海经》是战国中后期到汉代初中期的楚国或巴蜀人所作。也是一部荒诞不经的奇书。



## 4. 我国能源特点

### □ 中国用煤历史上的第一个高峰（汉代炼铁，前202—220年）

古荥冶铁遗址位于郑州市西北20公里处。遗址南北长400米，东西宽300米，总面积为12万平方米，为河南郡铁官的一号作坊，简称“河一”，是目前世界上发现的规模最大、时间最早的冶铁遗址。

### □ 中国用煤历史上的第二个高峰（宋代烧瓷，960—1127年）

北宋—煤炭正式进入规模开采并用做工业能源（如炼铁、烧瓷）

山西、河北、陕西、河南等地的煤炭采掘业已经相当发达

区别于木炭，宋代出现了“石炭”、“矿炭”等词指煤炭

## 4. 我国能源特点

### ● 宋代古煤矿遗址和开采技术（鹤壁市中新煤矿）



1959年河南鹤壁市中新煤矿掘进中发现了一座宋代古煤矿遗址，是我国目前发现最早、保存较完整的煤窑遗址。圆形竖井开拓，直径2.5m，深46m，井口位于井田中央，直接开凿到煤层，井口下有4条巷道、10个工作面，总长500多米。

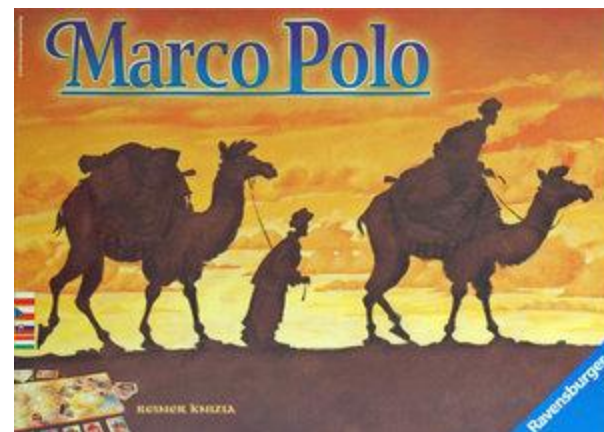
# 4. 我国能源特点

## □ 元代煤炭用途日愈广泛，开采技术进步

### 《马可·波罗游记》中国用煤见闻

“整个契丹（中国）到处都发现有一种黑色石块，它挖自矿山，在地下呈脉状延伸，一经点燃，效力和木炭一样，而它的火焰却比木炭更大更旺。甚至可以烧到天明，仍不会熄灭。这种石块，除非先将小快点燃，否则平时并不着火，若一旦着火，就会发出巨大热量。……这种黑色石块，却取之不尽，而且价格又十分低廉。”

马可·波罗（Marco Polo, 1254—1324），世界著名的旅行家、商人。生于意大利威尼斯一个商人家庭，也是旅行世家





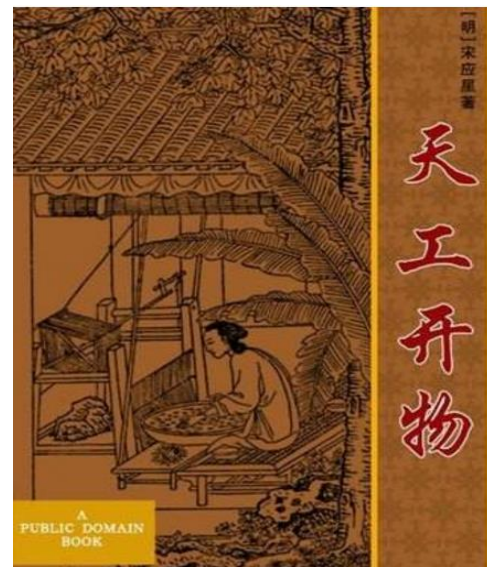
# 4. 我国能源特点

## □ 科学记载——《天工开物》

对我国南方一些地区的煤炭开采描述：

“凡取煤经历久者，从土面能辨有无之色，然后挖掘。深至五丈许，方始得煤。初见煤端时，毒气灼人。有将巨竹凿去中节，尖锐其末，插入炭中，其毒烟从竹中透上，人从其下施鑊（jue）拾取者。或一井而下，炭纵横广有，则随其左右阔取。其上支板，以防压崩耳”

《天工开物》（宋应星）初刊于1637年（明崇祯十年），共三卷十八篇，全书收录了农业、手工业，诸如机械、砖瓦、陶瓷、硫磺、烛、纸、兵器、火药、纺织、染色、制盐、**采煤**、榨油等生产技术。



# 4. 我国能源特点

## □ 对中国古代煤炭开采和利用的基本认识

- 最早开采、利用煤炭的国家（七千年历史），隋、唐、至元代，在采煤技术方面有一定发展。
- 从明朝到鸦片战争以前，煤炭开采技术得到了快速发展，形成了丰富多彩的中国古代煤炭科学技术。
- 17世纪以前，中国煤炭开采技术和管理许多方面都处于世界领先地位。



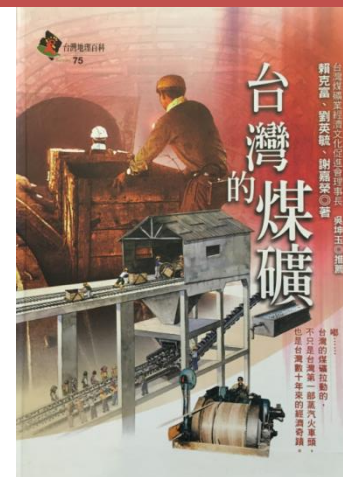
# 4. 我国能源特点

## □ 中国的近代煤炭开采

### ➤ 1876年台湾基隆煤矿

1876年闽浙总督沈葆楨奏请改为官办，聘英国人翟萨为工程师，机器购自英国：40马力蒸汽锅炉、卷扬机与排水机等。1878年建成投产，井深89.92m，直径3.81m，煤层厚度1.06m，日产能力200t。

台湾煤炭开采始于1600年以前，但是以清朝政府1876年在基隆八斗子开办的第一个官方煤矿开始，到2000年关闭了最后一个煤矿，共经历了约125年，1964年产量最高：502.7万t。



# 4. 我国能源特点

## ➤ 1878年唐山煤矿—中国第一佳矿



唐廷枢



1876年9月，李鸿章派轮船招商局总办唐廷枢与英国矿师马立斯到唐山开平区一带勘查煤铁资源，1878年6月，设立开平矿务局，1881年，正式投产，1898年，年产煤73万吨，中外员工达3000余人。在提升、通风、排水等环节上采用了机器作业，同时铺设了唐山至胥各庄的铁路。

当时的天津杂志《益闻录》记载：“唐山向有煤井一所，井口在街前，井深60余丈。井上设有货轮机器……按此井之坚牢，出煤之多，速而省工，诚中国第一佳矿也”

# 4. 我国能源特点

## □ 新中国的煤炭开采



1949年，全国煤炭产量只有3200万t

1949~1952：恢复时期，巷采为主；

1953~1960：采煤方法改革，推广长壁，占92%；

1961~1969：发展长壁、柔性、无煤柱护巷、水力采煤、机械化采煤；

1970~1983：推广机械化、综合机械化（1974年43套、1977年100套）；

1984~1994：全面发展综采、放顶煤开采，开始使用大采高开采技术；

1995~2005：放顶煤开采技术水平迅速提升，综采水平迅速提高；

2006~：电液控、大采高放顶煤、6~8m大采高开采、薄煤层自动化、急倾斜煤层的综放开采、急倾斜煤层综采。

## 4. 我国能源特点

德国：



1298年开采和利用露天的煤炭。

15世纪到16世纪末，从地面挖几米深平硐或斜井开采

17世纪末，最长的平硐已达400m。



其他国家的煤炭开采始于17~18世纪，是伴随工业革命和炼钢对煤炭的大量需求而发展起来的。

世界近代煤炭开采技术：



始于英国、德国（首先将蒸汽机用于煤矿的提升、排水和通风等）

## 4. 我国能源特点

### ➤ 二战后：煤炭开采向着综合机械化方向发展

1960's以前，世界各国主要以房柱式采煤法为主，目前世界许多国家均以长壁式采煤法为主，产量占50%以上。

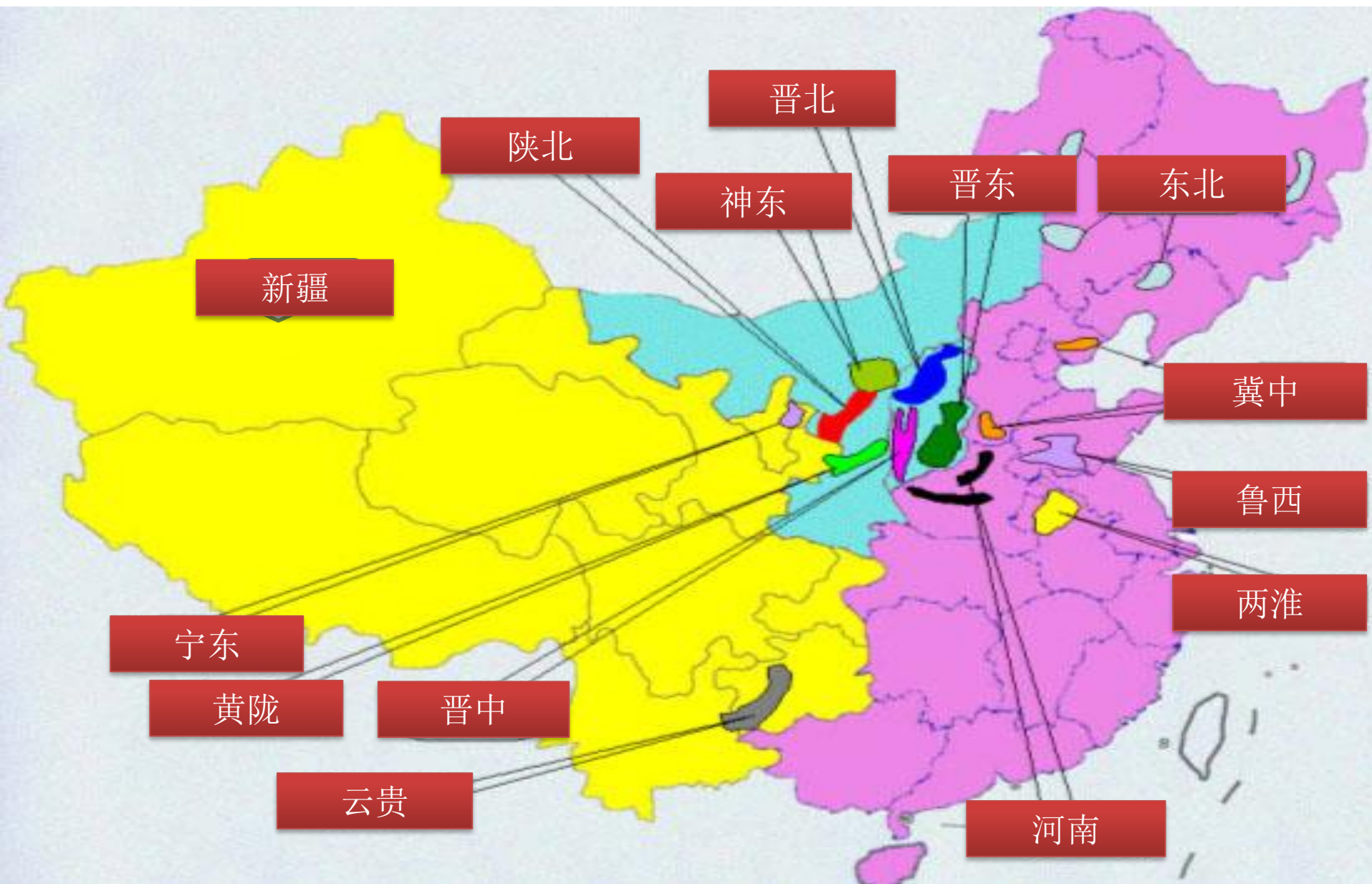
### ➤ 英国，1954年，世界上第一个综合机械化采煤工作面。

### ➤ 西德，1957年，开始综合机械化采煤

### ➤ 前苏联、波兰等世界主要采煤国家，综采始于20世纪60年代，到20世纪70年，各主要产煤国家的采煤机械化已经完成，并大力推广采煤综合机械化。

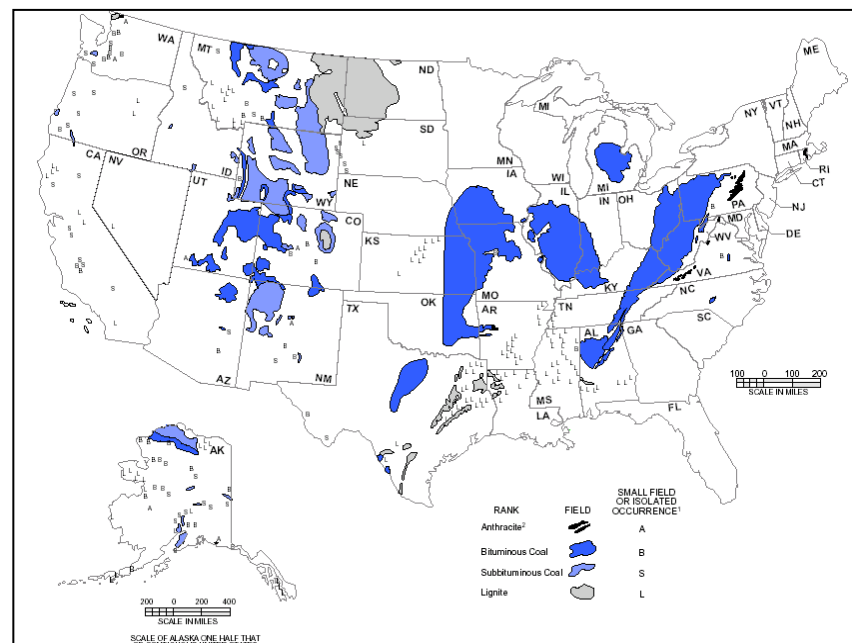
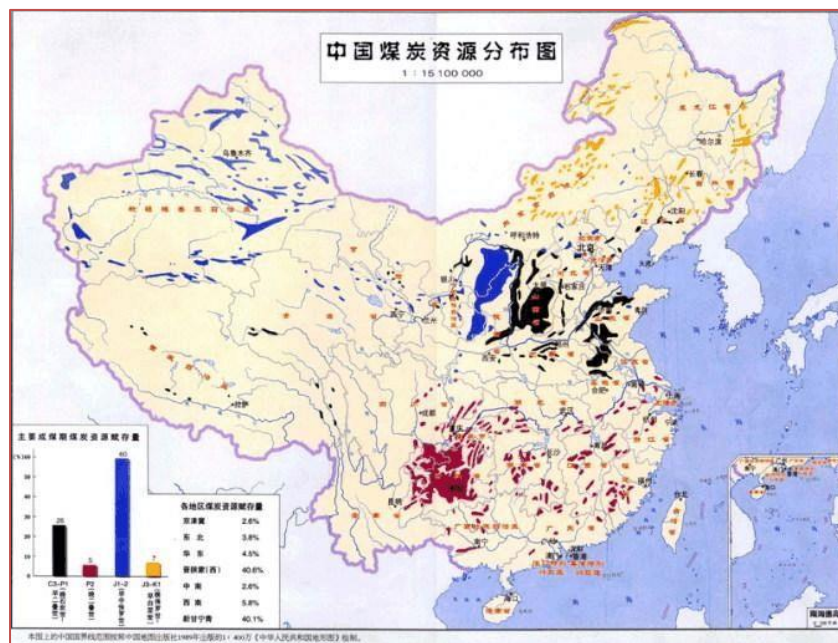


# 5. 我国煤炭工业发展概况



# 5. 我国煤炭工业发展概况

全国采煤机械化程度85%，掘进机械化程度65%



我国煤矿全员效率不足美国的1/10。美国工资占成本29%，我国占32%，原因是我国煤矿用人多，必须走机械化、自动化道路，减人提效，**减人方向是辅助运输、辅助作业的人员。**

# 5. 我国煤炭工业发展概况

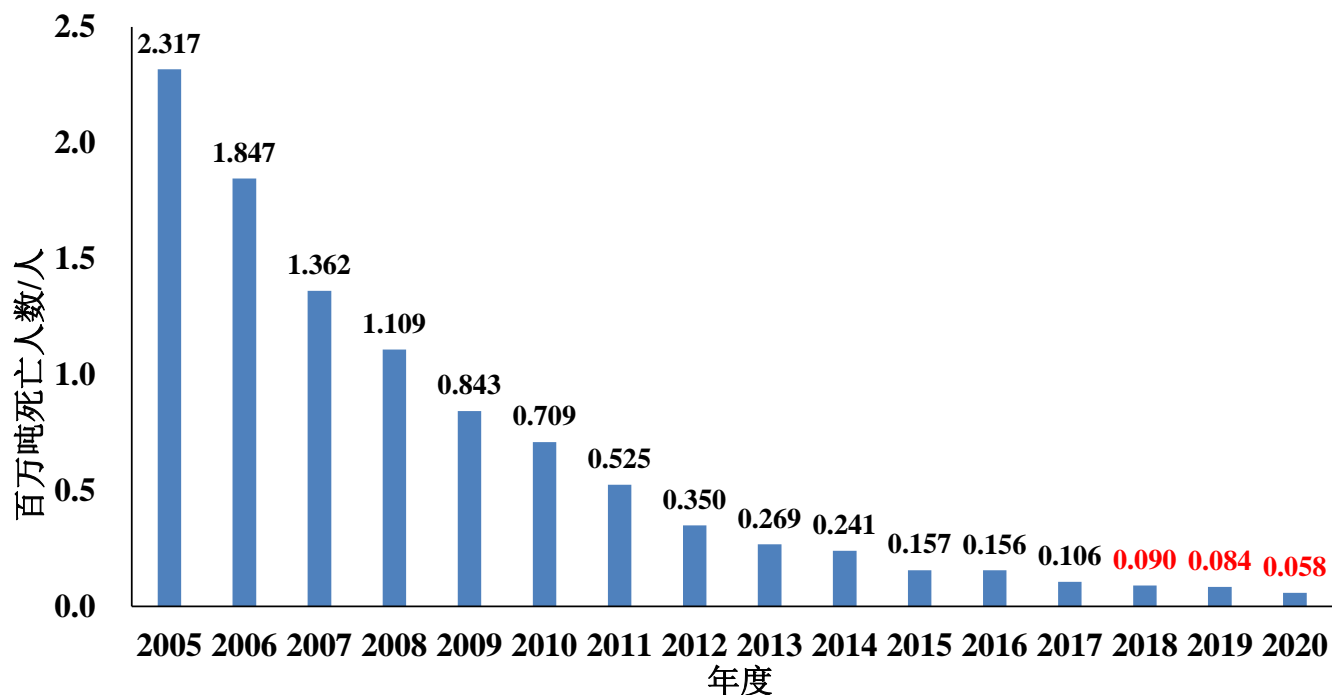
**2019年，我国各类安全事故人数：**

- **建筑施工行业安全事故死亡904人；**
- **煤矿安全事故死亡316人（2020年225人）；**
- **化工行业安全事故死亡389人；**
- **交通安全事故死亡52388人；**
- **运输船舶水上交通事故死亡失踪人数155人；**
- **火灾安全事故死亡1335人；**
- **.....**



# 5. 我国煤炭工业发展概况

## 煤矿安全生产现状



2019年

澳大利亚0.01

美国0.022

南非0.042

波兰0.14

俄罗斯0.16

2020年死亡225人，死亡率0.058，处于世界平均水平

# 6. 煤炭开发利用发展方向

## 6.1 厚煤层开采

### (1) 大采高开采( $\geq 8\text{m}$ )



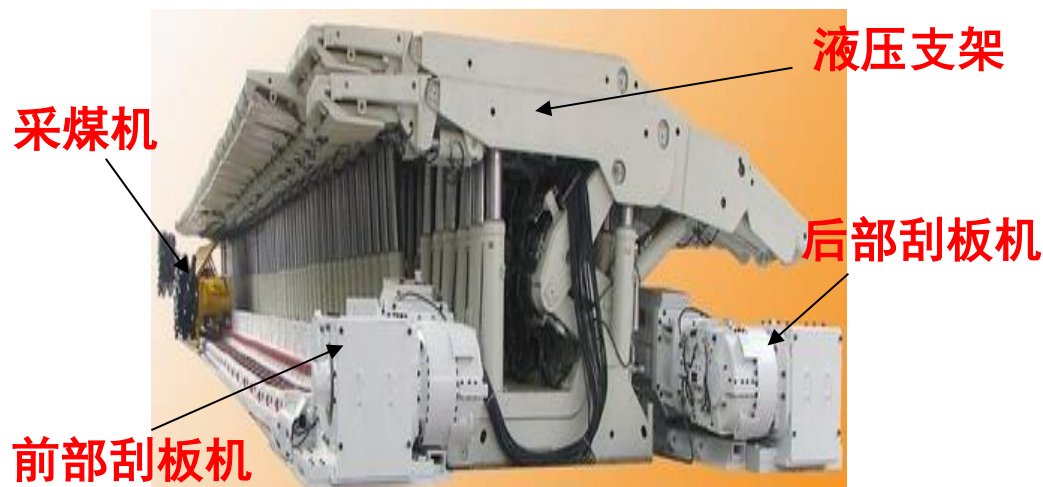
ZY26000/40/88D超大采高液压支架

# 6. 煤炭开发利用发展方向

## (2) 综放开采( $\geq 20\text{m}$ )

- 特厚煤层
- 三软煤层
- 急倾斜特厚煤层
- 近距离煤层合层
- 工作面月产150万t

ZF15000/28/52大采高综放液压支架及配套设备



ZFY4800/17/28支架

# 6. 煤炭开发利用发展方向

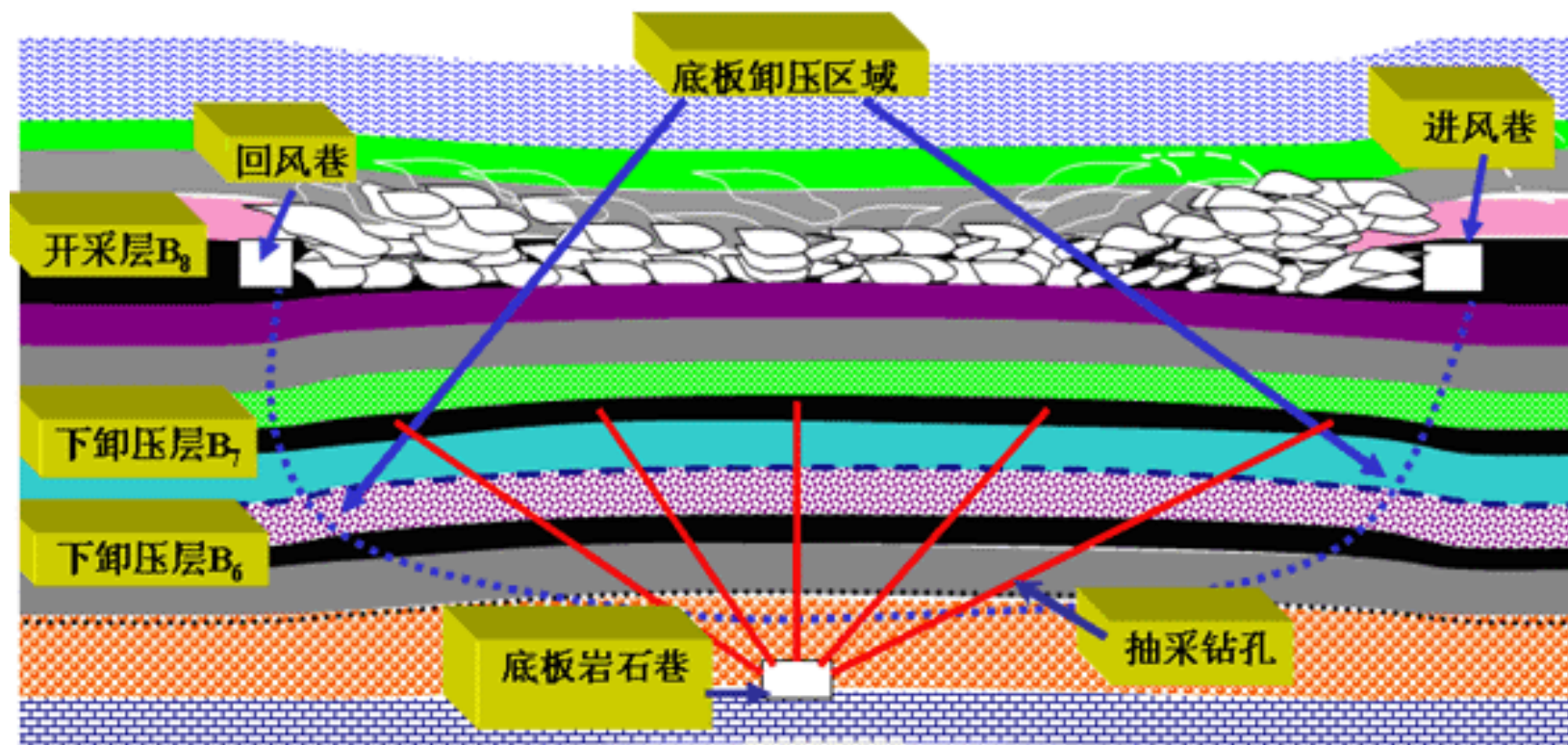
## 6.2 自动化开采与远程控制





# 6. 煤炭开发利用发展方向

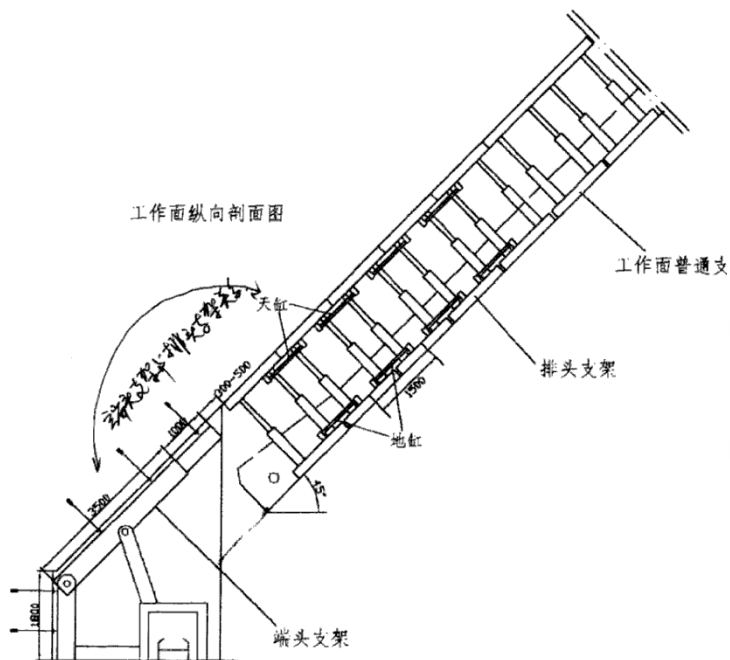
## 6.3 煤与瓦斯共采



# 6. 煤炭开发利用发展方向

## 6.4 急倾斜煤层综采

综采角度可达 $70^{\circ}$



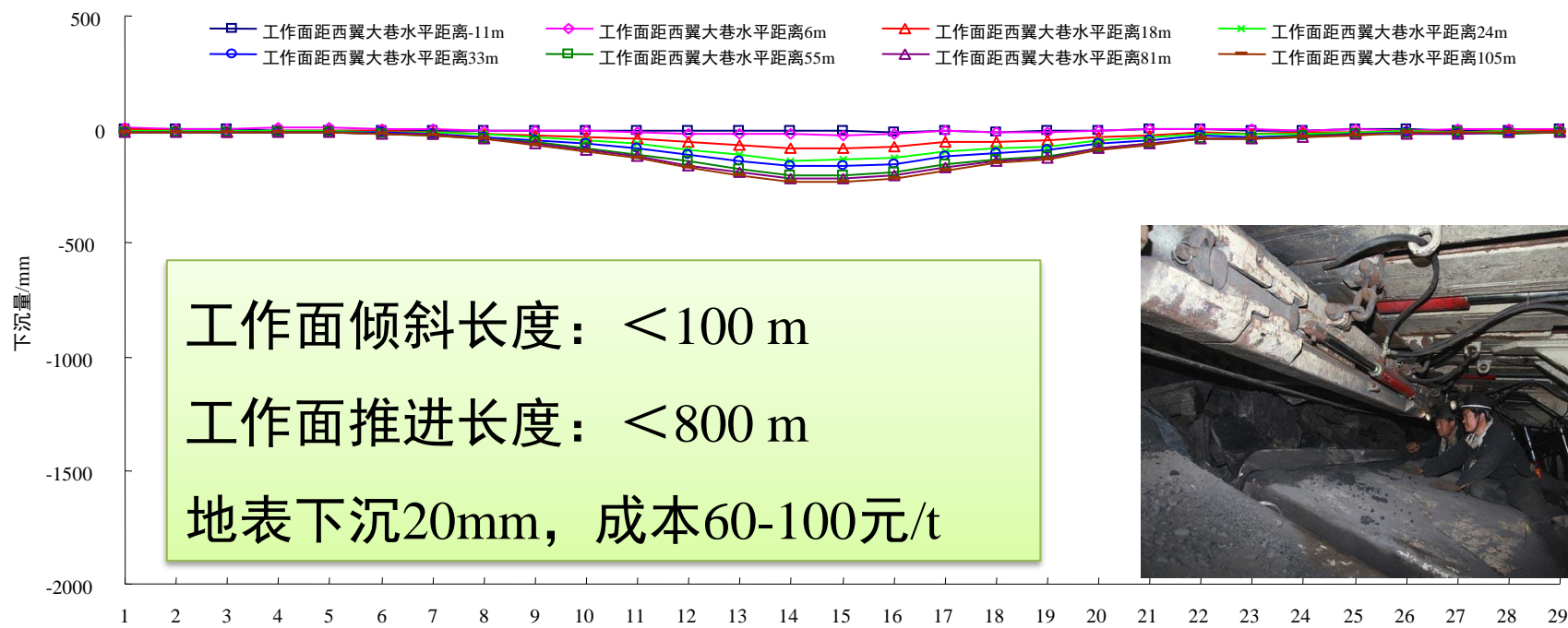
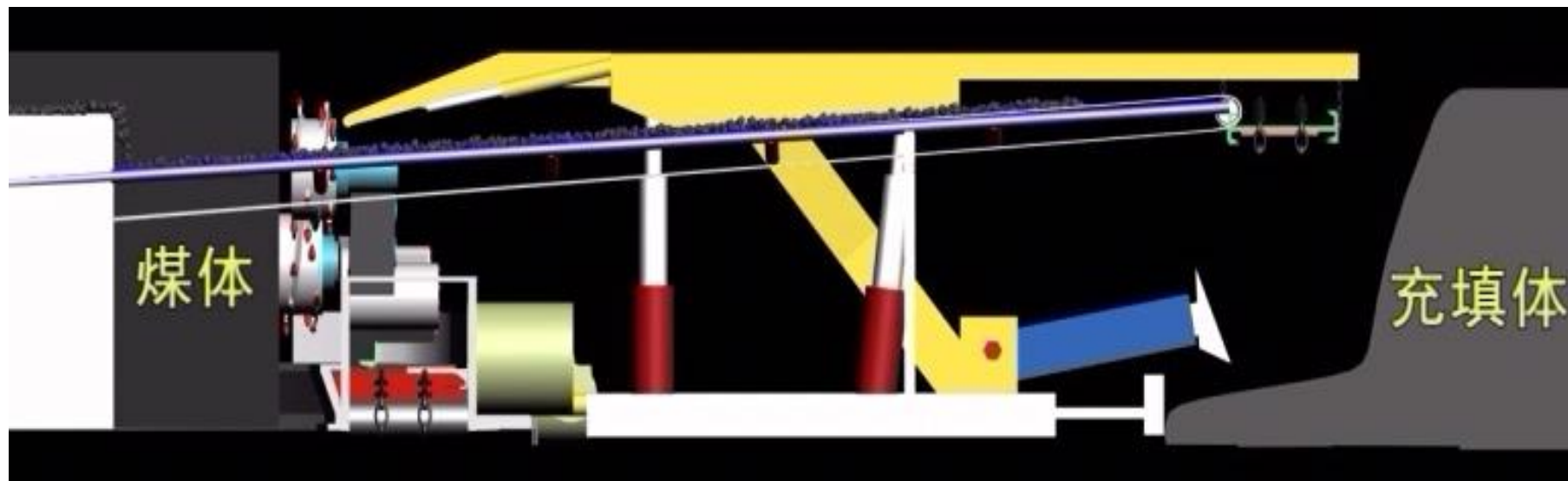
# 6. 煤炭开发利用发展方向

## 6.5 充填开采

充填方式	固体重量浓度	工艺技术优点	工程应用强度	成本
(1) 矸石充填	100%	简单、耐久	$< 1\text{MPa}$	低
(2) 高水材料	20%	流动性好	$< 1.5\text{MPa}$	高
(3) 膏体充填	80%~84%	强度大	$< 4\text{MPa}$	较高
(4) 高浓度胶结	75~80%	流动性好、强度大	$< 5\text{MPa}$	较高

工作面最高月产煤炭8万吨

# 6. 煤炭开发利用发展方向

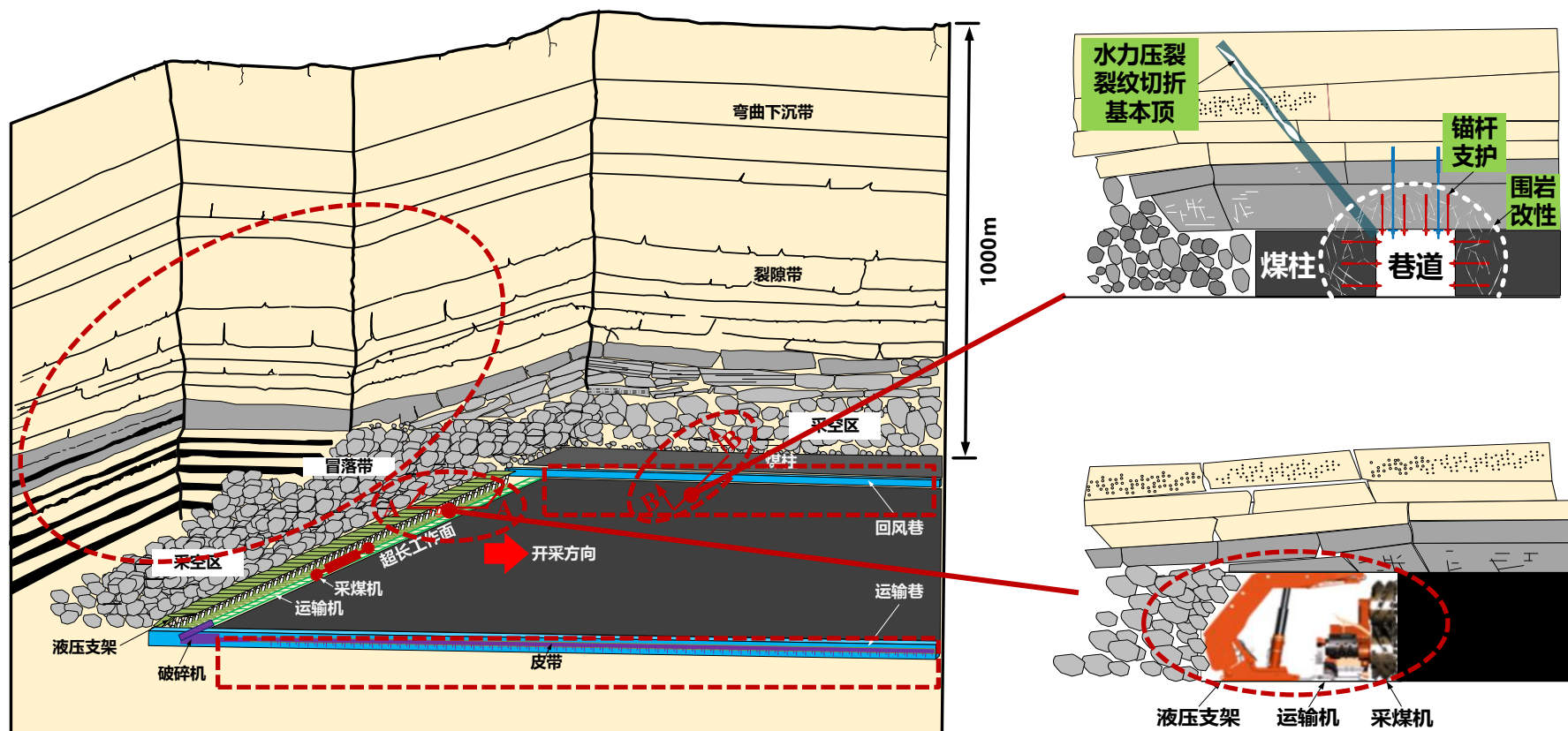




# 6. 煤炭开发利用发展方向

## 6.6 深部开采

目前我国山东新汶矿业孙村煤矿最大采深达1501m



# 6. 煤炭开发利用发展方向

## 6.7 冲击地压



# 6. 煤炭开发利用发展方向

## 6.8 未来研究方向

**煤炭智能开采**

**煤炭精准开采**

**煤炭流态化开采**

# 思考题

1. 常用的能源计量单位有哪些？
2. 我国能源结构的特点是什么？
3. 我国煤炭资源分布与条件特征是什么？
4. 未来煤矿开采的发展方向是什么？
5. 煤矿科学开采的基本要求包括哪些？

## 参考文献：

- 王家臣.煤炭开采从经验走向科学PPT， 2016.10.4
- 王家臣， 刘峰， 王蕾. 煤炭科学开采与开采科学,煤炭学报， 2016.11.15