



能源化学

陈 军 (chenabc@nankai.edu.cn)

陶占良 (taozhl@nankai.edu.cn)

南开大学化学学院

2018. 10. 10

基本内容

➤ 第一章 绪论

化学与能源、化学键与能量变化、燃料与燃烧

➤ 第二章 煤的高效清洁利用

煤化学、洁净煤技术、煤的转化、CO₂的封存及利用

➤ 第三章 石油和天然气

石油炼制、天然气水合物、能源安全

➤ 第四章 太阳能转化和利用

转化和利用方式、光合作用、太阳能电池

➤ 第五章 生物质能利用

利用方式、燃料乙醇、生物燃油、生物质制氢

➤ 第六章 储能与化学电源

智能电网与储能、化学电源、电动汽车、氢能与燃料电池

基本要求

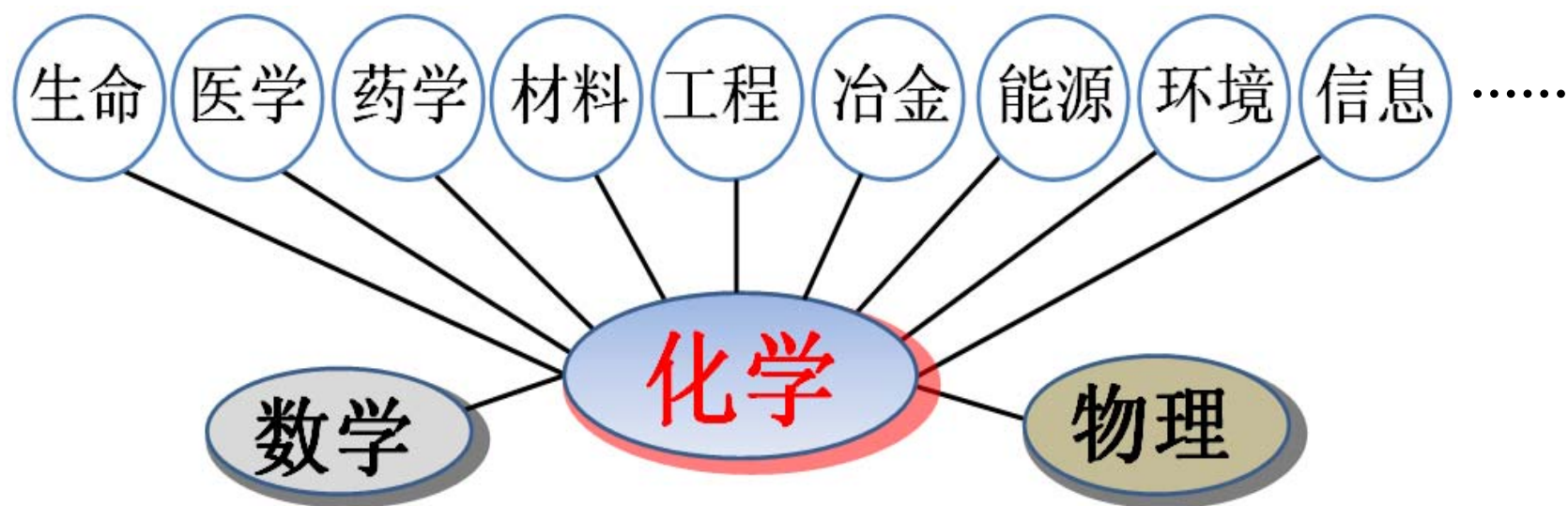
- 1) 掌握能源化学的基本知识与能源化学所涉及的基本化学反应（如热化学反应、光化学反应、电化学反应、生物化学反应）规律。
- 2) 了解化学变化过程中的能源有效利用能量（如燃料、热能、电力等）及其使用方式方法。
- 3) 了解能源化学领域的学术前沿与能源新战略。
- 4) 熟悉含碳能源高效清洁利用、降低能源使用对环境
污染过程中的相关化学基础理论；
- 5) 掌握太阳能、生物质能、氢能等新能源的转化形式；
提升新能源存储与转化效率、化学电源、储能等相关原理和关键技术。

参考书目

1. 陈军, 陶占良. 《能源化学》(第2版) 化学工业出版社
 2. 蔡萃. 《化学与社会》(第2版) 科学出版社
 3. 高胜利, 谢钢, 杨奇. 《化学·社会·能源》(第2版)
科学出版社
 4. 袁权. 《能源化学进展》 化学工业出版社
 5. 李星国. 《氢与氢能》 机械工业出版社
 6. 苏伟, 刘世念, 钟国彬, 魏增福等.
《化学储能技术及其在电力系统中的应用》 科学出版社
-

化学

中心科学：化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学，是创造新物质的科学，注重开发新反应和新合成技术，提供具有各种功能的材料，造福人类社会。



实用科学：在人类认识世界、改变世界和保护世界过程中发挥重要作用，化学的发展改变了世界。

化学：前沿、主流、需求

基础研究：多尺度和多结构深入认识复杂体系(如生命)的化学反应过程，实现化学物质的功能设计与调控

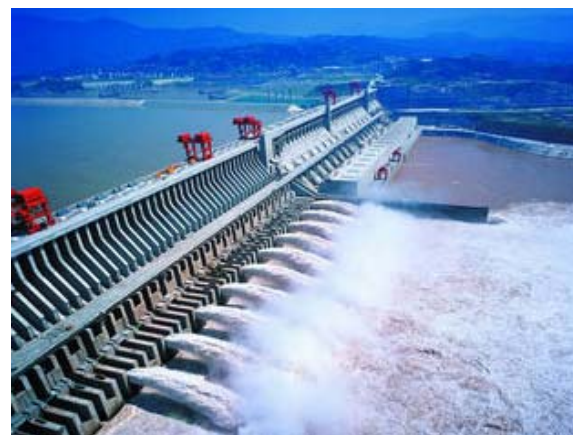
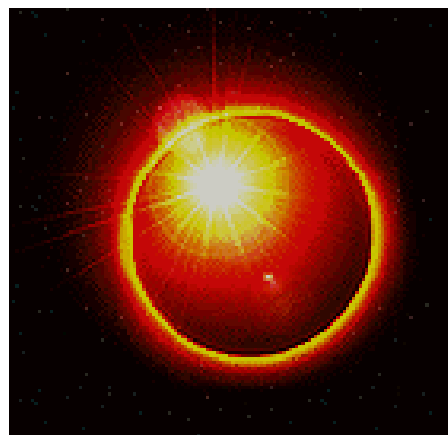
社会需求：化学仍是解决食物短缺、合成新产品、高效和合理开发能源和资源的主要学科

未来发展：低碳经济、可持续发展等议题日益受重视，与能源环境相关的化学分支——能源化学、绿色化学、环境化学将得到快速发展

能源

能源可以直接或经过转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。

- 是人类生存和发展的重要物质基础
- 是从事各种经济活动的原动力
- 是社会经济发展水平的重要标志。

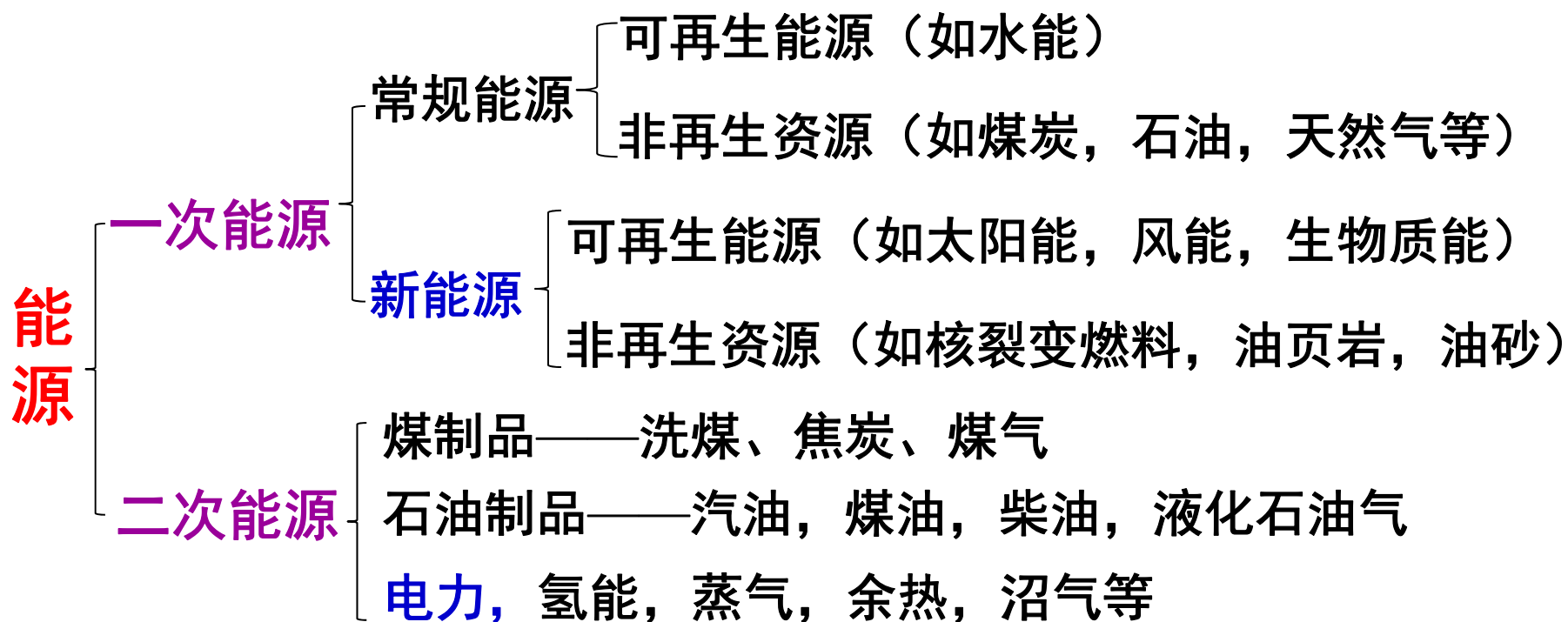


能源与能量

能源：能源是一种物质，是一种可以提供能量的物质，如煤、石油、天然气等通过燃烧，提供热能；也有些物质只有在运动中才能提供能量，如空气和水，只有在运动中，才能提供动能——风能和水能。

能量：是指物体做功的能力。能量的形式很多，如热能、光能、电能、机械能、化学能、重力位能等。能源物质中储存着各种形式的能量，并为人类提供各种形式的能量。如煤蕴藏着大量的化学能，通过燃烧释放出热能，即化学能转变成热能；如果通过内燃机、发电机等机械，可以将热能进一步转变为机械能或电能，就可以做功。

能源与能源化学



能源化学

研究能量转化、储存与利用，包括常规能源的综合利用、新能源开发及相关新材料、新工艺的核心科学与技术

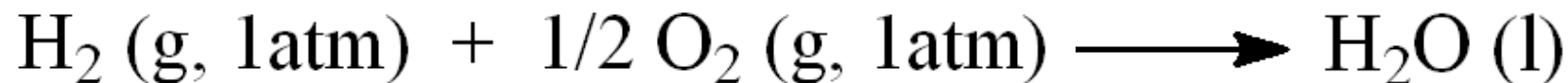
不同形式的能量之间的转化

	热能	化学能	电能	光能	动能	势能
热能		吸放热反应	热过程	白炽灯	内燃机	
化学能	燃烧		电池	萤火虫	肌肉	
电能	电阻	电解		电致发光	电发动机	抽水蓄能
光能	太阳能集热器	光合作用	光伏		太阳帆	
动能	摩擦	辐射反应	发电机	加速电子		目标上升
核能	核裂变(聚变)	电离	电池	核武器	放射衰变	
势能					水轮机	

化学反应进行的能量转化

能量的化学转化	现象	能量的化学转化	现象
化学能→热能	燃烧反应、反应热	化学能→电能	电化学反应、燃料电池
热能→化学能→热能	化学热管、化学热泵	电能→化学能	电解
化学能→化学能	汽化反应、液化反应、化学平衡	光能→生物能	光合作用、生物化学反应
光能→化学能	光化学反应	生物能→化学能	生物化学反应、发酵
光能→化学能→电能	光化学电池		

能源化学



$$\Delta H = - 285.85 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

(热化学反应)

能源转化：
热化学反应
光化学反应
电化学反应
生物化学反应等

有效能量：燃料、热能、电力等

能量转化规律

热力学第一定律（能量守恒）： 能量可以从一种形式转化为另一种形式，在转化过程中能量既不会消失也不会增加。 体系内能、热效应和功： $\Delta E = Q + W$

热力学第二定律： 能量的流动总是从集中到分散，从能量高向能量低的方向传递，在传递过程中，总会有一部分能量成为热能释放出去。

低温、高温物体：热机效率（受卡诺循环限制）

热力学第三定律：

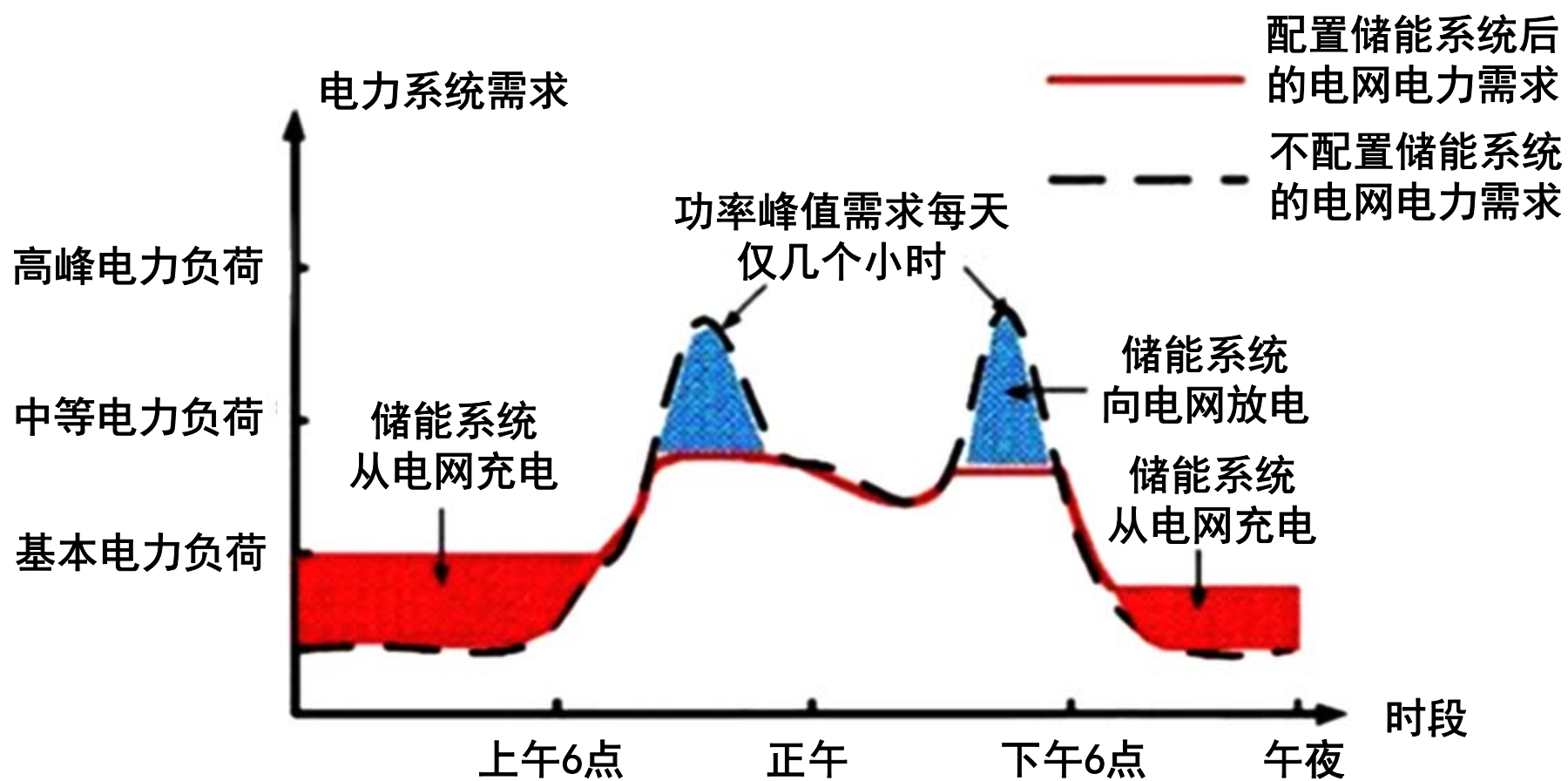
伴随着低温技术的研究而发展起来的普遍规律。热力学第三定律的两种等价表述即能斯特定理（凝聚系的熵在等温过程中的改变随热力学温度趋于零， $T \rightarrow 0$ $\lim(\Delta S) = 0$ ）和绝对零度达不到原理。

爱因斯坦质能方程： $E = mc^2$

能量储存

能量不仅可以以电和热的形式储存，还可以以机械能或化学能的形式储存。储存形式包括固定式储存和移动式储存，取决于能源技术和最终用途。

能量储存系统的基本要求是克服在能量和需求之间的时间性或局部性的差异。储能系统（装置）的基本任务是使能源产量均衡，即不但要削减能源输出量的高峰（削峰），还要填补输出量的低谷（填谷）。



储能技术分类

按功能性分类		按形式分类	
功率品质和可靠性	电容器	电能	电容器
	超级电容器		超级电容器
能量管理	飞轮	机械能	电磁储能
	电池		动能（飞轮）
	抽水蓄能	化学能	势能（抽水蓄能）
	压缩空气		化学储能（二次电池、液流电池、燃料电池、金属空气电池）
	大规模电池	化学能	热化学储能（太阳能氢分解-再结合）
	太阳能及燃料电池		低温储能（冰蓄冷）
	热储能		高温储能（潜/显热蓄热）

能源利用史

火的发现

18世纪中叶

第二次世界大战之后

后化石能源时代

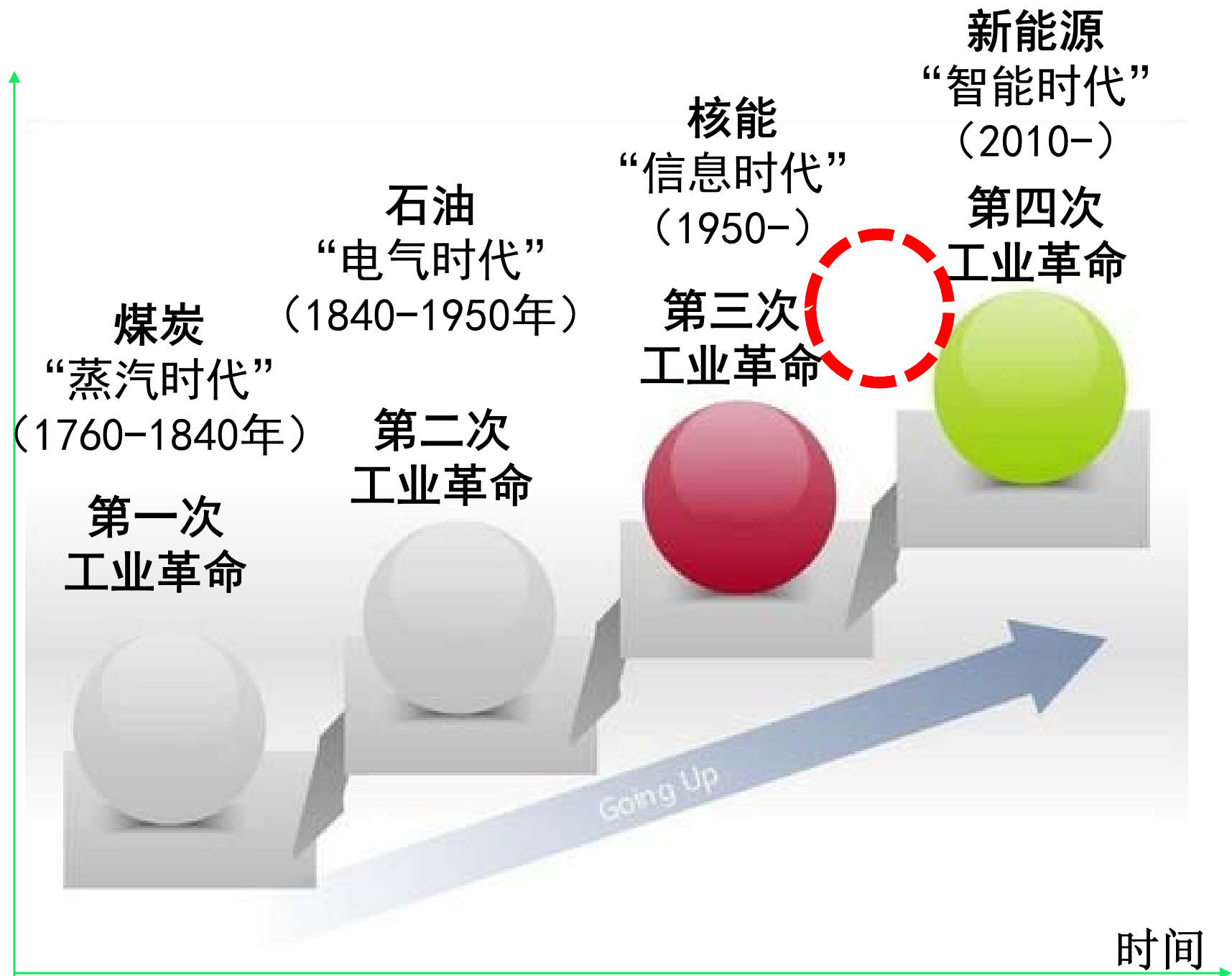
柴草
时期

煤炭
时期

石油
时期

新能源
时期





第一次工业革命——蒸汽时代

蒸汽技术革命：18世纪中期至19世纪，以纺织机械变革为发端，以蒸汽机的发明和改进为标志的技术革命。

对资本主义生产的各个领域带来极其深刻的影响，掀起了遍及欧洲资本主义世界的近代产业革命。

引起燃料、原料、化工、运输等的加速化连锁反应。

动力能源的需求成为技术革命的重大需求与关键问题。



蒸汽机的发明与改进

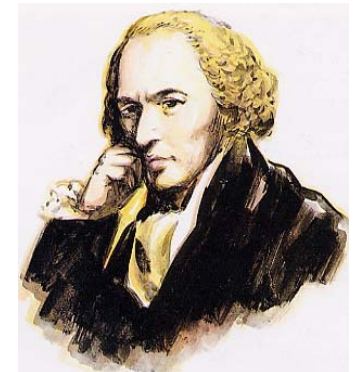
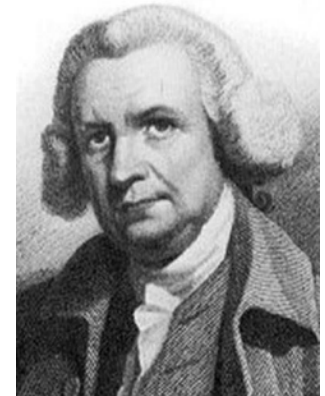
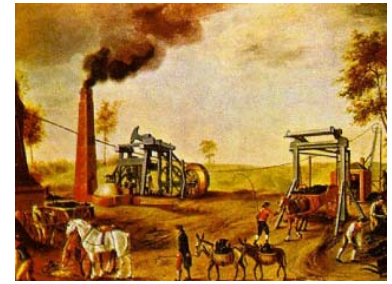
1698：英国Savery制造实际应用的“矿山之友”

1705：英国Newcomen制成第一台较为实用的大气蒸汽机

1769：英国Smeaton对纽可门蒸汽机做全面改进

祖母烧水做饭，瓦特(Watt)问：“为什么水开了壶盖就跳动？是什么东西推动它吗？”

1776：英国瓦特蒸汽机在布鲁姆菲尔德煤矿开始实际使用，1790年后在英国开始广泛应用。



蒸汽机时代技术突飞猛进

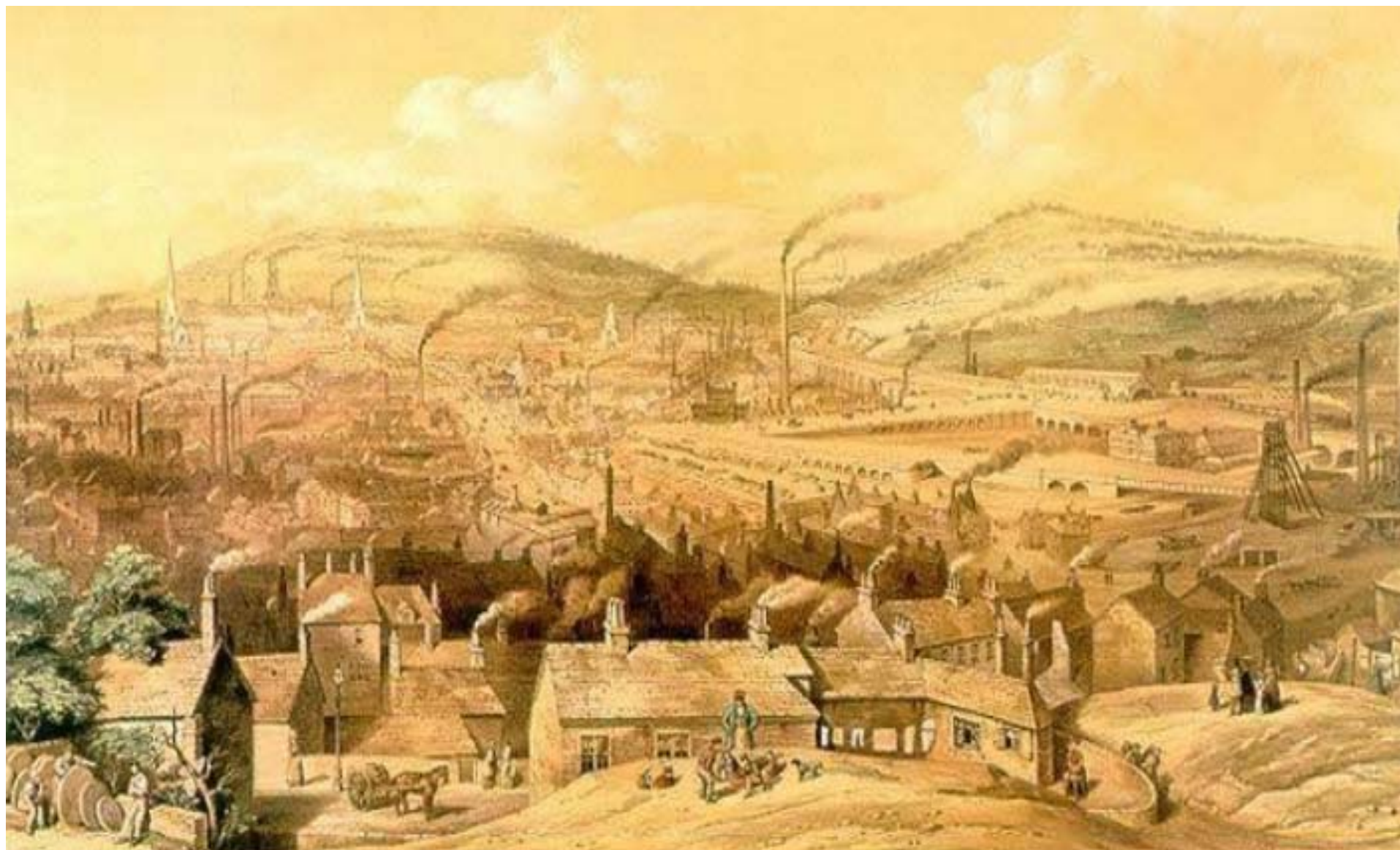
大量煤炭开采使用

机器制造业

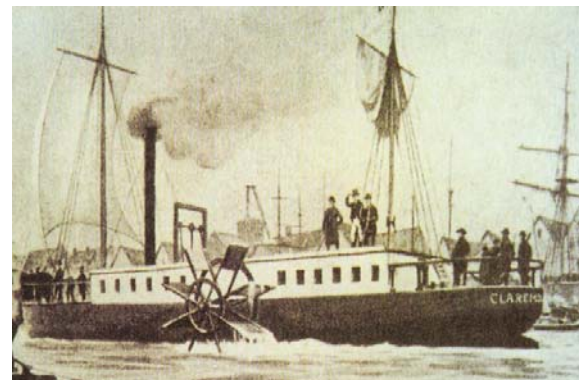
钢铁工业

交通运输业

化学工业



**1807：美国Fulton制造
Clermont蒸汽动力船取代帆船**



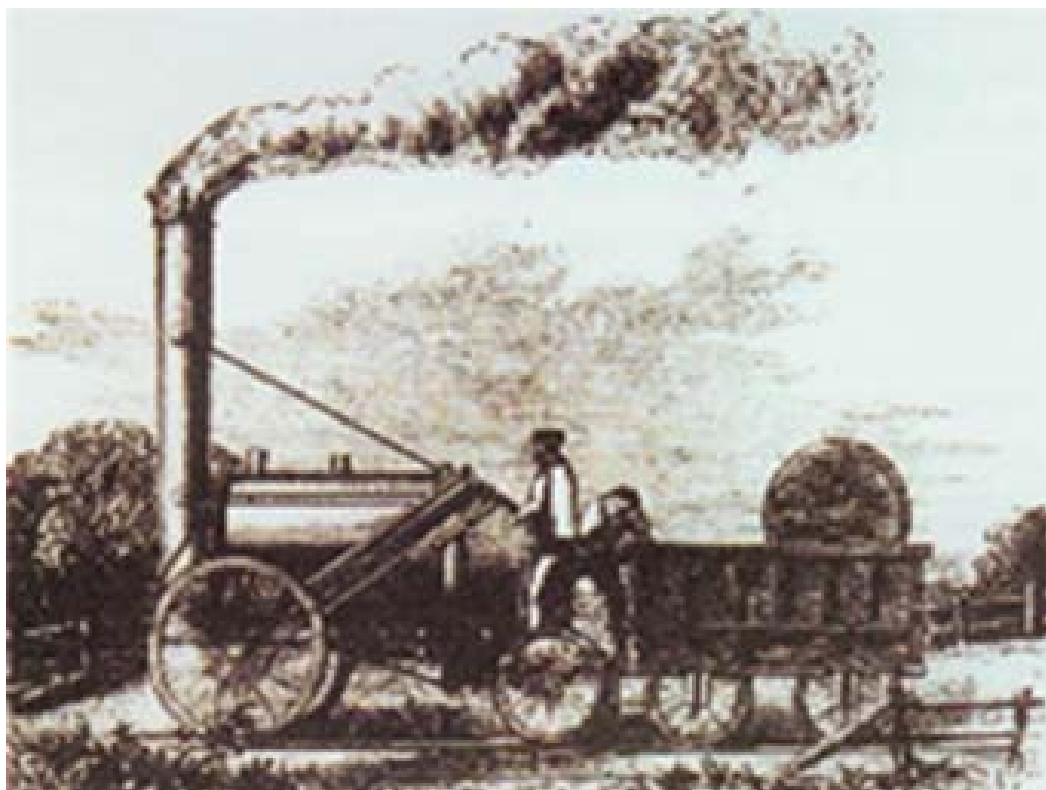
**1843：第一条螺旋桨蒸汽船
“大不列颠”号横渡大西洋**



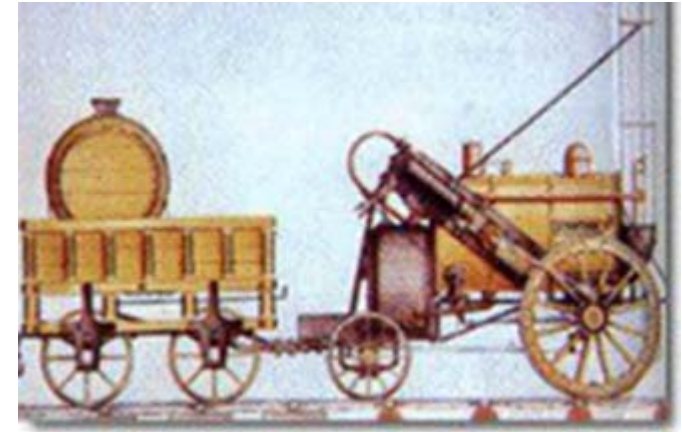
**1912：泰坦尼克号
沟通的桥梁，传播先进文化**



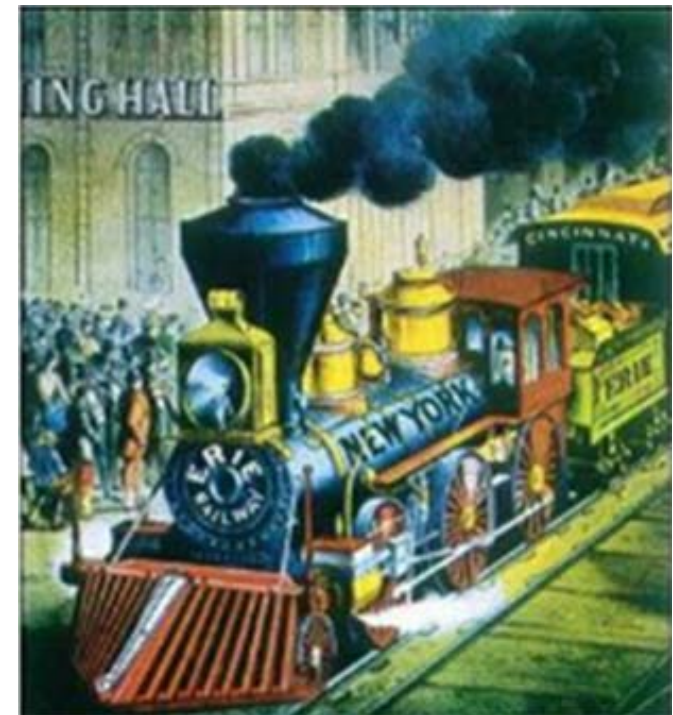
- ❖ 1814年，英国史蒂芬逊（Stephenson）制造了第一台可以实际运行铁路蒸汽机车，时速6.5公里，牵引30吨货物。



❖ 1830年，史蒂芬逊和他儿子共同制造的“**火箭**”号机车参加蒸汽机车大赛。



❖ 列车第一次完全采用火车头牵引，比赛结果荣获冠军；
 时速29公里
 载重17吨
 运行全程112.6公里
预示着一个新的“**铁路时代**”的到来。





1834~1836年，英国政府投入铁路修筑资金高达7000万英镑。



1840年，美、法、德、俄等国政府也着手兴建铁路。



19世纪末，世界铁路里程已达65万公里，到**1920年**又几乎翻了一番，达到127万公里，形成了工业化时代陆路交通运输网，有力地促进了资本主义的发展。



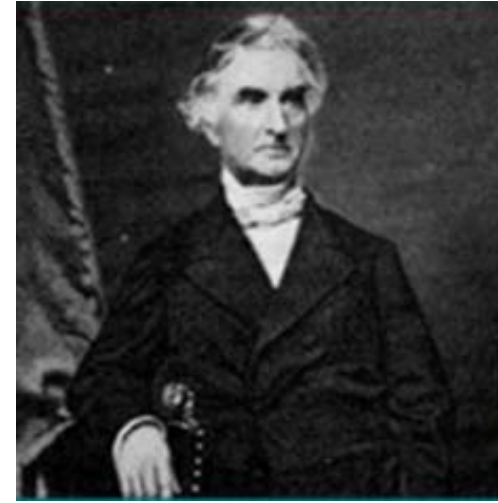
催生化学工业

无机化工、有机化工、农业化学

- ❖ 早期用酸牛奶和草木灰漂白纺织品，蒸汽纺织机产生后，**迫切需要高效率的制酸和制碱技术。**
- ❖ 1746年，英国**罗巴克**（Roebuck）发明铅室制硫酸法，改进后投入连续生产，开始了硫酸的工业化生产。
- ❖ 1831年，英国人**菲利浦**（Philips）创造了铂催化剂接触制酸法。



❖ 1788 年，法国勒布兰（Leblanc）提出以氯化钠为原料的制碱法。



❖ 1862 年，比利时索尔维（Solvay）发明了制造纯碱的氨碱法，实现了制碱工业生产连续化。



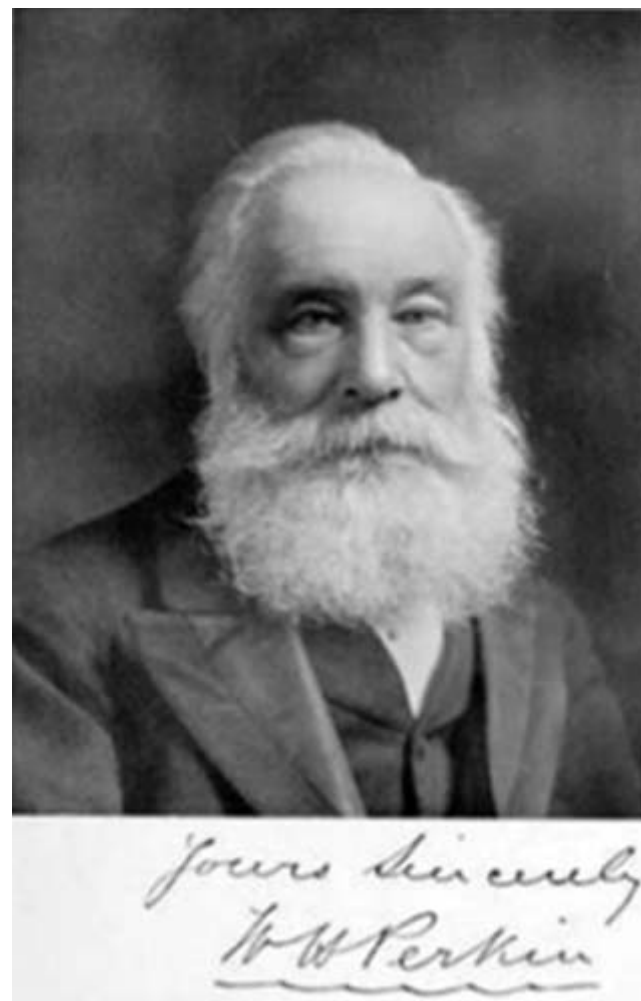
❖ 1920年，索尔维法取代勒布兰法，成为主要制碱法。

❖ 1845年，德国化学家**霍夫曼**（Hoffmann）研究煤焦油染料化工技术问题，首先在煤焦油中发现苯胺，先后合成了多种染料、香料、杀菌剂、解毒剂等，促进了德国**煤化学工业迅速发展**。



❖ 1856年，霍夫曼的学生、英国青年化学家**帕金**（Perkin）在研究利用煤焦油中提炼出来的苯胺合成奎宁的过程中，意外地发现了一种自然界中没有的优良染料——苯胺紫。

❖ 帕金获得专利以后，在英国建造了世界上**第一个合成煤焦油染料工厂**，从煤焦油中提取了大量的芳香族化合物，制成种类繁多的香料、杀菌剂、炸药、药品等。



❖ 工业革命前，农业肥料主要是天然有机肥料；工业革命后，人工合成肥料也发展起来。

❖ 1837年，德国化学家李比希（Liebig）分析了土壤的化学成分，提出合成肥料理论。

❖ 1850年，氮、磷、钾肥的生产技术有了很大进展。



第一次工业革命的特点：

- **A.** 工业革命是从发明和使用机器开始的，它使人类处于蒸气时代。
- **B.** 发明机器的大都是具有实践经验的工人和技师。
- **C.** 工业革命开始于轻工业部门。
- **D.** 首先发生在英国，以英国为中心缓慢向周边地区扩展。
- **E.** 纺织，机器制造，冶金，采煤，交通运输等部门成为资本主义工业的五大支柱。

资产阶级在它的不到一百年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切时代创造的全部生产力还要多，还要大。

自然力的征服，机器的采用，**化学在工业和农业中的应用**，**轮船的行驶，铁路的通行**，电报的使用，整个整个大陆的开垦，河川的通航，仿佛用法术从地下呼唤出来的大量人口，——过去哪一个世纪能够料想到有这样的生产力潜伏在社会劳动里呢？

——《共产党宣言》马克思和恩格斯, 1848年

当英国发明蒸汽机，美国宣布独立宣言，清朝在忙些什么？



英国和美国都在为自己国家实力，未来做努力，做规划，那么当时的中国清朝在忙什么呢？

当时的乾隆，在忙着烧毁书籍，也就是当时的《四库全书》。在乾隆在位的60多年里，烧毁了接近七十万部。



“三千年未有之大变局，即将拉开帷幕”——李鸿章

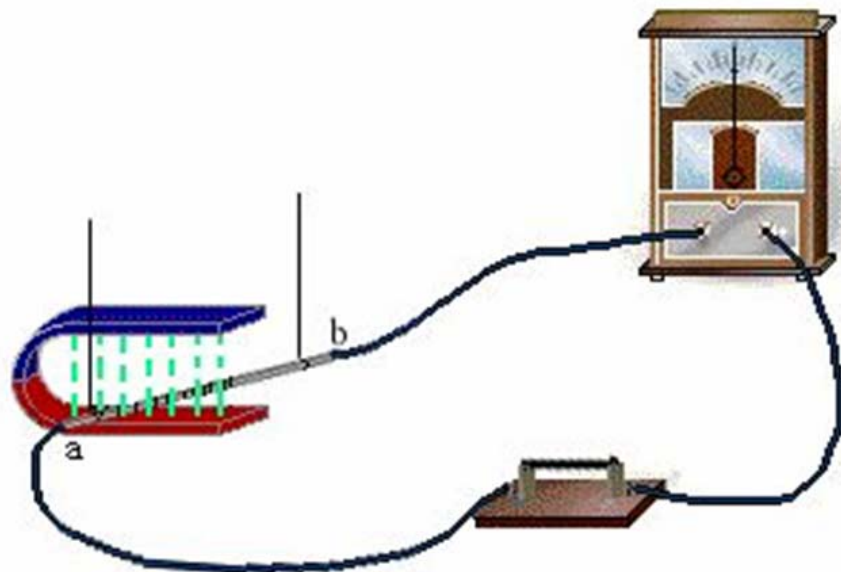
第二次工业革命——电气时代

奥斯特发现电流的周围存在着磁场，即**电生磁**。

反过来磁场中能不能产生电流呢？即**磁生电**。



法拉第（1791-1867）



电磁感应现象实验示意图

法拉第电磁感应定律：电路中感应电动势的大小跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比。

法拉第电磁感应现象预告了发电机的诞生，开创了电气化的新时代。

法拉第电解定律：物质在电解过程中参与电极反应的质量与通过电极的电量成正比

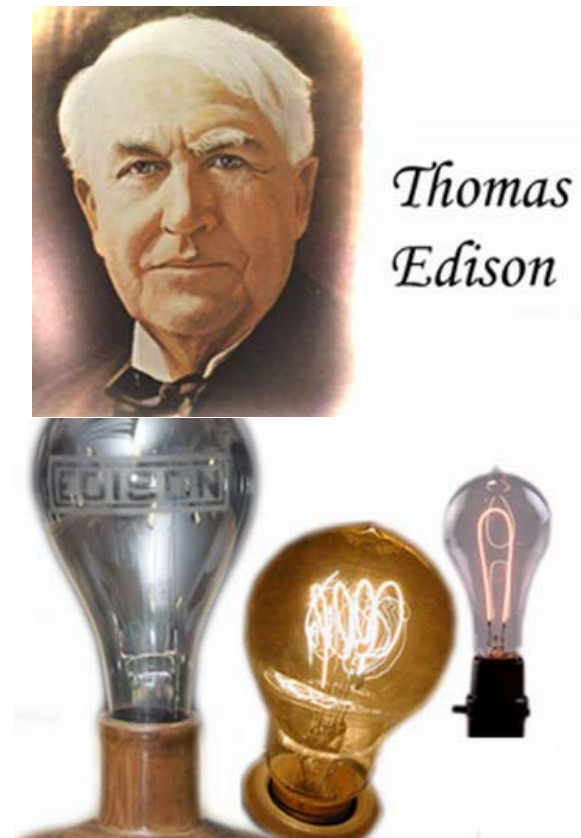
1834年，雅可比（俄）设计并制成了第一台实用的直流电动机。

1866年，西门子（德）提出发电机工作原理，完成人类第一台发电机。

1870年，格拉姆（比）发明了直流电动机。

1882年，爱迪生（美）创建了发电站，电力成为一种新的能源。

1888年，特斯拉（美）发明了交流电动机。



1885年，奥托宣布放弃自己所获得的四冲程发动机专利，任何人都可根据需要随意制作。

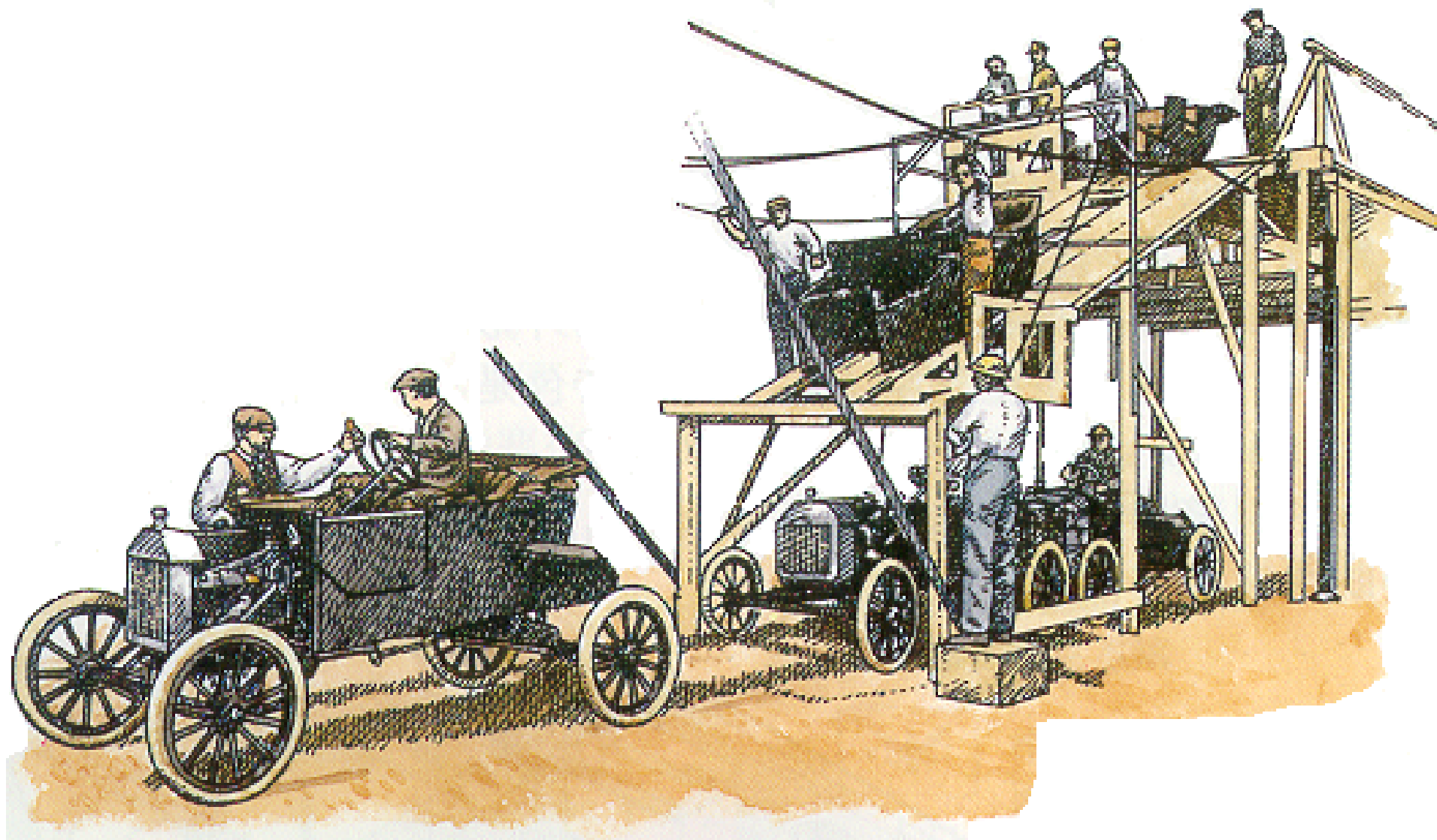
1885年，卡尔·本茨和戴姆勒（德）分别制成**汽油内燃机**，成为汽车发明的重要条件。

1886年，本茨取得了“用汽油作为燃料的车子”的专利权。

1893年，迪塞尔（德）制造出世界上第一台柴油发动机原型机。



1908年，亨利·福特开办的制造福特T型 汽车的流水线



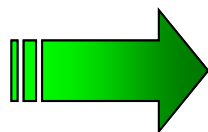
1903年，**莱特兄弟**制成飞机并试飞成功。



汽车和飞机的发明开辟了交通运输的新纪元

电动机和发电机的发明，推动了电力工业和电气设备工业的发展，电灯、电话、电车、电报等不断涌现，人们对电的需求量越来越大。由于电力的广泛应用，使世界跨入“**电气时代**”。

内燃机的发明和应用，对交通运输领域的发展产生巨大影响。汽车、远洋轮船、飞机出现，推动**石油开采业**的发展和**石油化学工业**的产生。

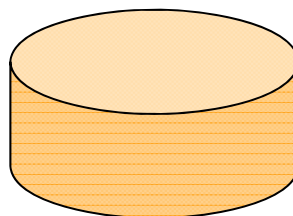


石油、化学工业的建立

世界上第一口油井
(1859年 美国)

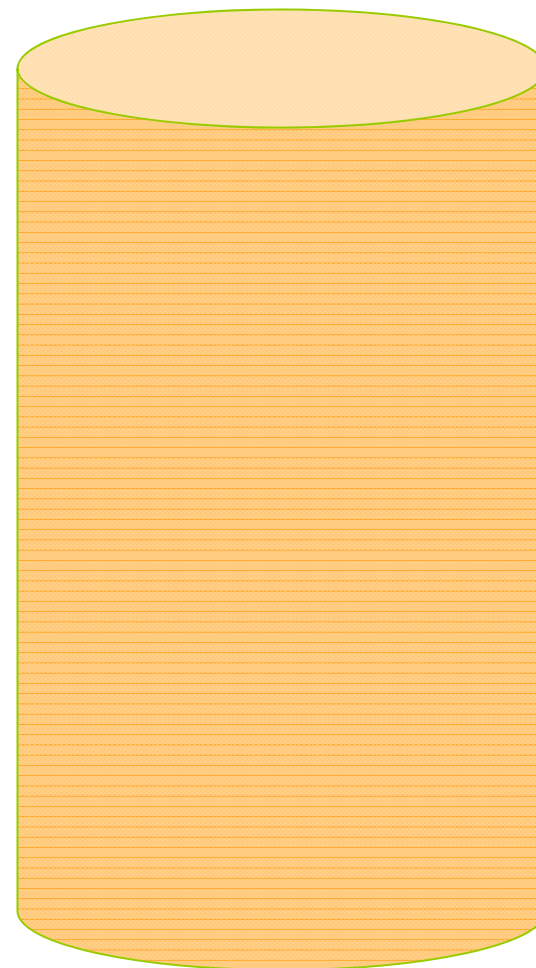


80万吨



1870年

2000万吨



1900年

世界上第一家苯胺厂和第一家品红厂（1860年德国）
利用化学合成方法，美国人发明了塑料，法国人发明了人造纤维


1876年诺贝尔发明炸药

拉瓦锡-道尔顿-门捷列夫，现代化学作为一门新学科

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.
ОСНОВАННОЙ НА ВѢСѢ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СВОЙСТВѢ.

	Ti=50	Zr=90	?=180.
	V=51	Nb=94	Ta=182.
	Cr=52	Mo=96	W=186.
	Mn=55	Rh=104.4	Pt=197.4
	Fe=56	Ru=104.4	Ir=198.
	Ni=Co=59	Pi=106.4	O=199.
H=1	Cu=63.4	Ag=108	Hg=200.
Be=9.4	Mg=24	Zn=65.2	Cd=112
B=11	Al=27.4	?=68	Ur=116 Au=197.7
C=12	Si=28	?=70	Sn=118
N=14	P=31	As=75	Sb=122 Bi=210?
O=16	S=32	Se=79.4	Te=128?
F=19	Cl=35.5	Br=80	I=127
Li=7 Na=23	K=39	Rb=85.4	Cs=133 Ti=204.
	Ca=40	Sr=87.4	Ba=137 Pb=207.
	?=45	Ce=92	
	?Er=56	La=94	
	?Yt=60	Di=95	
	?In=75.4	Th=118?	

Д. Менделѣевъ



左图：门捷列夫1869年发布的化学元素周期表，表中周期为列，族为行。右图：门捷列夫，拍摄于1897年。

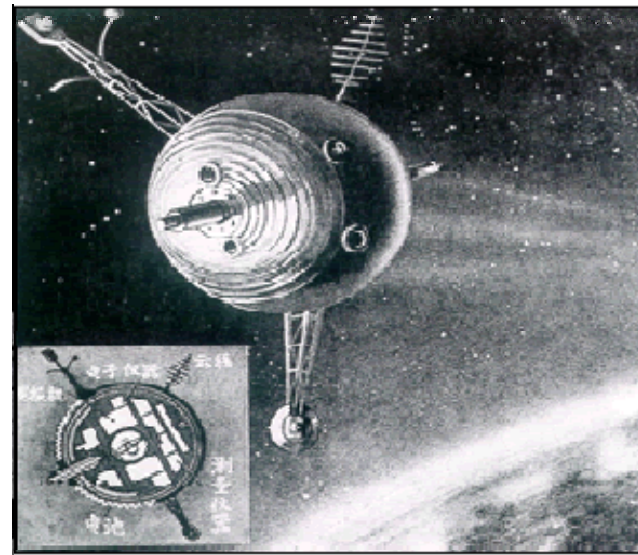


第二次工业革命的特点：

- **A.** 科学和技术开始密切结合，技术发明以科学进步为基础。
- **B.** 几乎同时发生在几个先进的资本主义国家并迅速传播。
- **C.** 侧重于基础工业，重工业，**能源工业**部门。
- **D.** 在一些尚未完成第一次工业革命的国家形成两次工业革命在时间上的交叉。

第三次工业革命——信息技术革命

以**原子能**、电子计算机和空间技术的广泛应用为主要标志，涉及信息技术、**能源技术**、材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的一场信息控制技术革命。不仅极大地推动了人类社会经济、政治、文化领域的变革，而且也影响了人类生活方式和思维方式，使人类社会生活和人的现代化向更高境界发展。



新技术	意义	由此产生的工业
原子能：核反应堆(1942年)原子弹(1945年)核电站(1955年)	从此人类开始了利用原子能时代	核工业
电子计算机(1946年)	电子计算机开始代替人脑劳动	计算机工业
空间技术：人造卫星上天(1957年)	人类活动开始进入宇宙	航空航天技术
克隆技术(1997年)	为人类提供所需的各种产品和服务	生物工程技术



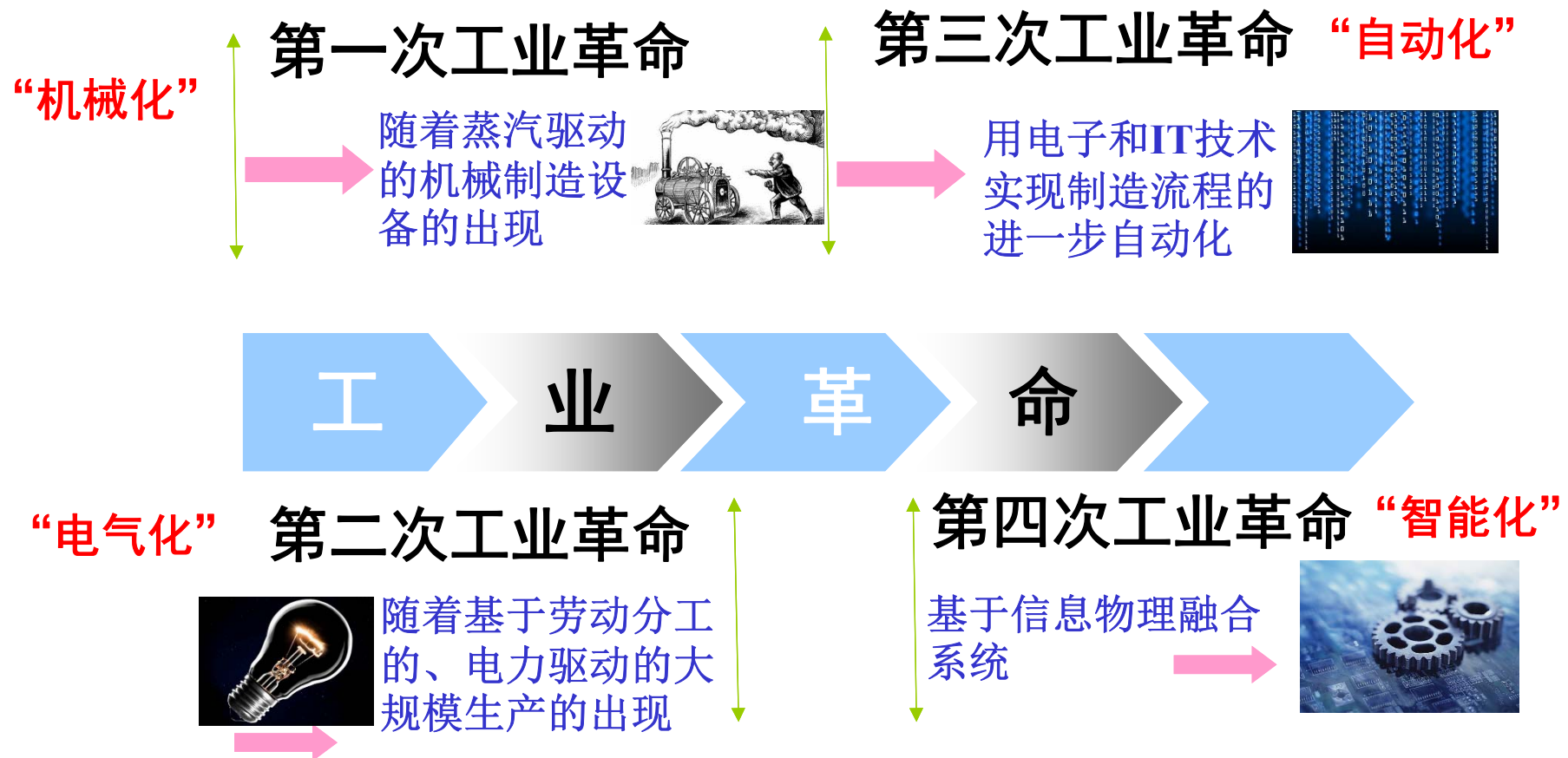
能源技术、材料技术、生物技术、空间技术、信息技术、海洋技术.....

第三次工业革命的特点：

- **A.** 科技在推动生产力的方面起着越来越重要的作用，转化为直接生产力的速度加快。
- **B.** 科学与技术密切结合相互促进。
- **C.** 科技各领域间的相互渗透，相互促进更明显。
- **D.** 这次科技革命就其规模，深度，影响都远远超过前两次。

第四次工业革命——人工智能时代

它是以互联网产业化，工业智能化，工业一体化为代表，以人工智能、**清洁能源**、无人控制技术、量子信息技术、生物医用技术、虚拟现实等为主的全新技术革命。**工业4.0**，借助互联网和无线通信构建网络-物理-智能系统。



人类历史上已经从过去的“农耕时代”走入了“蒸汽时代”，更是不断迈进了“电气时代”和“信息时代”，技术的不断进步带来的是智能化的不断成熟。

- 第一次工业革命：蒸汽时代的来临，本质上是蒸汽机的大量引入带来的革命，在这个过程中人们学会了大规模的用**热能转化为机械能**。
- 第二次工业革命：电气时代的来临，本质上人类学会了用电，学会了将**机械能转化为电能**。
- 第三次工业革命：**信息技术时代**的来临，本质上是将人们更容易的联系在一起。
- 第四次工业革命：**人工智能、清洁能源、互联互通**等

前三次工业革命使得人类发展进入了空前繁荣的时代，与此同时，也造成了巨大的能源、资源消耗，付出了巨大的环境代价、生态成本，急剧地扩大了人与自然之间的矛盾。

进入21世纪，人类面临空前的全球能源与资源危机、全球生态与环境危机、全球气候变化危机的多重挑战，由此引发了第四次工业革命——绿色工业革命，一系列生产函数发生从自然要素投入为特征，到以绿色要素投入为特征的跃迁，并普及至整个社会。

抓住机遇，创新发展

- 在过去200多年世界工业化、现代化的历史上，我们曾先后失去过三次工业革命的机会。在前两次工业革命过程中，中国都是边缘化者、落伍者，急剧地衰落，由于错失工业革命机会，**中国GDP占世界总量比重，由1820年的1/3下降至1950年不足1/20**，落后就要挨打，这也是近代中国饱受欺凌的重要原因之一；
- 在上世纪80年代以来的信息革命中，也仅仅是侥幸上了末班车，还是个“后来者”，**因为对外开放才成为“追赶者”**。但是中国实现了成功追赶，已经成为世界最大的ICT（信息通信技术）生产国、消费国和出口国；
- 进入**21世纪，中国第一次与美国、欧盟、日本等发达国家站在同一起跑线上**，在加速信息工业革命的同时，正式发动和创新第四次绿色工业革命。



“中国制造2025”十大重点领域

三步走制造强国战略目标

- 新一代信息技术
- 高档数控机床和机器人
- 航空航天装备
- 电力装备
- 先进轨道交通装备
- 节能与新能源汽车
- 海洋工程装备及高技术船舶
- 新材料
- 农业机械装备
- 生物医药及高性能医疗器械

- 到2025年
迈入制造业强国行列
- 到2035年
制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平
- 到2049年（建国100年）
制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造业强国前列

中国**缺少原创型产品和核心技术**。改革开放以后形成的只是加工业，是西方技术的延伸，并没有自主的技术和真正意义上的中国制造，因此产业升级是中国非常真切的需要。

美国剑指“中国制造2025”

怎么应对？



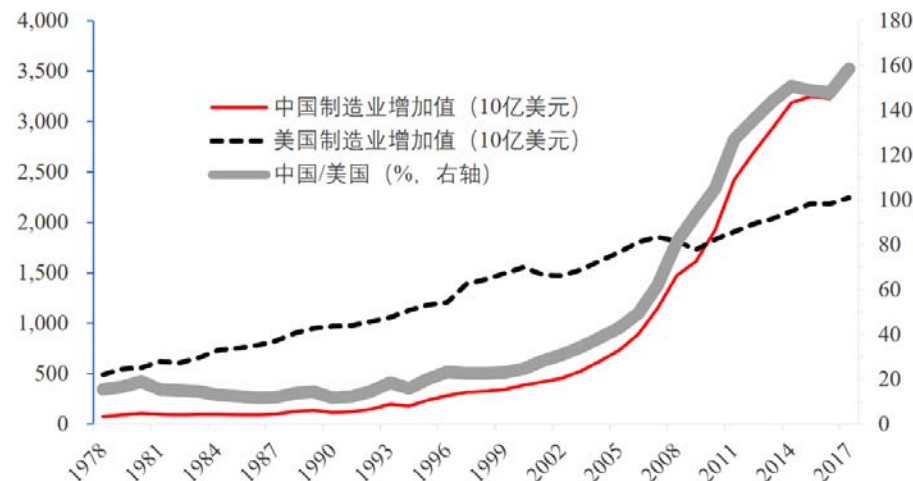
2018年7月6日，美国对华打响了贸易战第一枪（340亿美元）；8月23日（160亿美元）；9月18日（2000亿美元）对中国商品加征关税。清单中涉及电子设备、工业机器、飞机及零件等产品，被解读为向“中国制造2025”发出直接警告。

“中兴危机”清楚地暴露出中国在核心技术上受制于人的残酷现实，摆脱制造业“大而不强”的现状正是“中国制造2025”的用意所在。

环顾世界各国，中国也不是唯一制定国家战略大力发展科技的国家，例如美国2012年启动先进制造业国家战略计划，德国2013年推出工业4.0计划。然而，“中国制造2025”却成为贸易战中特朗普政府枪口对准的对象。

- 中国经济的快速追赶构成美国发动贸易战的深层动因，逆全球化下的贸易保护主义构成美国启动贸易战的国际背景。
- 中美贸易战本质：中国发展技术进步、产业升级、人民币国际化
- 中国在经济规模上的快速追赶令美国感受到压力，特别是制造业规模达到美国的160%，影响到“美国影响力”这一核心利益。

中国经济崛起挑战美国经济霸权；中国进军高科技挑战美国高科技垄断地位（国际分工从互补走向竞争）；中国重商主义挑战美国自由贸易；中国“一带一路”挑战美国地缘政治；中国发展模式挑战美国意识形态和西方文明。



存在巨额对华贸易逆差，是美国单方面挑起贸易战的主要借口。然而，无论从统计口径、计算方法来看，还是对比中美两国企业在对方市场的销售总额，美国对华贸易逆差都被大大夸大了；美国挑起贸易战，是逆经济全球化时代潮流、违背经济规律的鲁莽霸道行为，危害世界经济复苏的大好局面，最终也会害了美国；今天的中国拥有巨大的国内市场，经济韧性强、回旋余地大，完全有条件、有能力应对任何风险挑战；没有任何力量能够阻止中华民族实现伟大复兴的脚步。



工业、军事、科技、金融、文化

发展新能源被看成是第四次科技革命的核心任务之一。

从战略的眼光来看，新能源本身就是一个经济发展方向，促进新能源经济的发展，可以推进能源结构乃至经济结构的转变，对国民经济产生深远影响，也是未来世界各国的竞争重点，**能源工业未来的方向将从能源资源型走向能源科技型，化学在新能源化学体系构建方面起着关键作用——能源化学。**

全球能源互联网和中国能源互联网

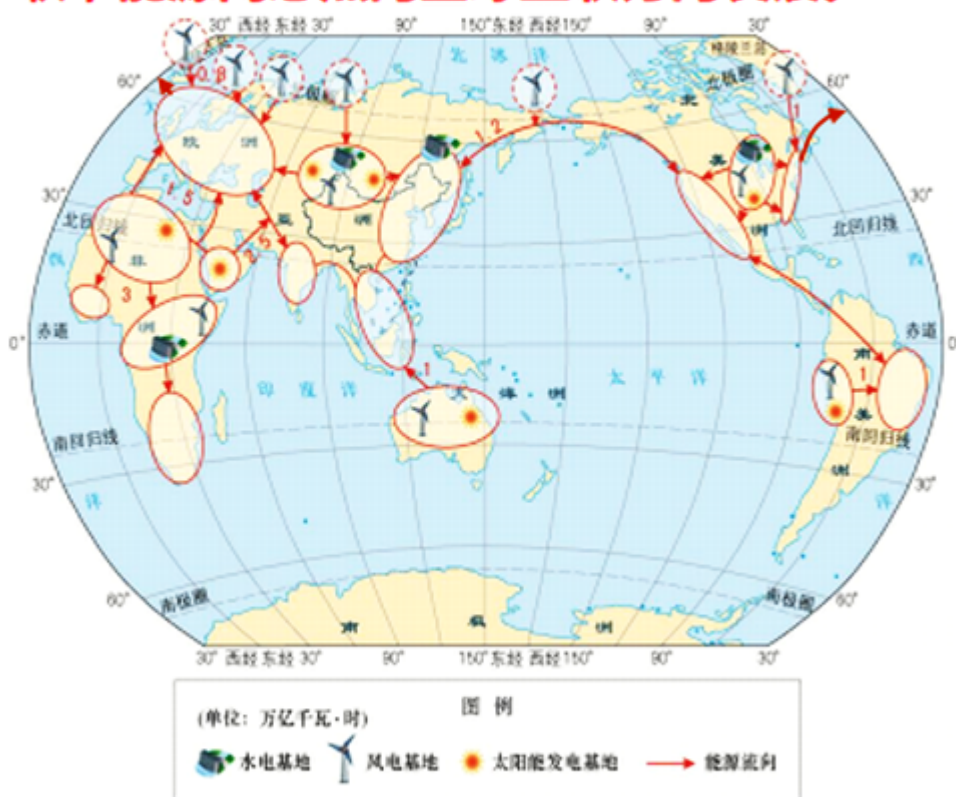


“中国倡议，探讨构建全球能源互联网，推动以清洁和绿色方式满足全球电力需求”。

——习近平主席在联合国发展峰会上的讲话

能源互联网是一个产经领域概念，而上升为国家战略的**全球能源互联网**则是一个政经领域概念。

能源、交通、通讯是人类最主要的三大基础设施，交通网和通讯网已经实现全球互联，能源网必然向全球互联方向发展。



全球能源互联网



全球交通（航空）网



全球通信（信息）网

从目前的理论架构看，全球能源互联网至少具备三个关键的与全球信息互联网类似的**共性特质**：

- **第一是互联互通。**多种能源形式之间以电流的形式多向传输，与信息流完全一样，理论上可以把全世界的人和全世界的能源纳入到同一个网络体系中。
- **第二是可以改变人们的生活方式，降低人们的生活成本。**信息网络让全世界的人们在学习、工作、娱乐、运动等各方面都发生了根本变化，而能源互联网也可以扮演类似的角色，可以让人们的生活变得更加绿色健康，且生活成本大大降低。
- **第三是可以给人类文化与文明的进步带来巨大影响。**全球信息互联网让信息传播和人际沟通变得无远弗届，而全球能源互联网则会降低人类利用能源的成本，让信息互联网变得更加普及，同时全球能源互联网也将改变人类利用能源的方式，让绿色生活文化成为人类文明发展的主流。

当然，这些目标的实现还有很长的路要走，但全球能源互联网开疆拓土的使命已经重任在肩，箭在弦上。

“智能电网+特高压电网+清洁能源”

构建全球能源互联网，将全面提升全球能源开发、配置和使用效率，实现互联互通、互补互济和各国互利共赢、共同发展。

特高压

特高压输电技术可以实现大容量、远距离、低损耗电力传输，为全球互联提供了最基础手段。

智能电网

未来每一个家庭和个人都能成为能源的生产商和交易商。

清洁能源

全球太阳能、风能等清洁能源取之不尽、用之不竭。

我国的特高压电网技术世界领先，全球各大能源基地与负荷中心的距离都在特高压输送范围内。



“一带一路”贯穿亚欧非大陆，东边连接着繁荣的东亚经济圈，西边进入发达的欧洲经济圈，中间分布的大多是新兴的经济体和发展中国家，很多国家基础设施建设水平普遍较差，缺水、缺电、缺道路，提升空间巨大。“一带一路”沿线国家，大部分国家处于第三档和第四档，具有加大电力投资的刚性需求，市场潜力广阔。

作为“一带一路”优先领域的能源基础设施联通，在电力方面关键是要推进跨境电力与输电通道建设，积极开展区域电网升级改造合作。国家电网公司率先提出全球能源互联网，及时提出丝绸之路经济带输电走廊，是落实中央“一带一路”战略的积极举措。作为“一带一路”重要内容的能源电力贸易畅通，涉及到传统能源资源勘探开发合作，水电、核电、风电、太阳能等能源合作，能源资源就地加工转化，以及技术装备与工程服务合作等方面。

“清洁能源+互联网”

可再生能源的转变、分散式生产、储存、通过能源互联网实现分配和零排放的交通方式构成了新经济模式。

如果在本世纪上半叶实现对新一轮工业革命基础设施的构建，中国还需要近40年的努力，而这将创造无穷的商业机遇、提供无穷的可持续发展工作职位，并将使中国成为下一次工业革命的领军人。

习 题

1. 概括一下四次工业革命与能源的关系，以及对社会进步的影响。
2. 能源和能量有什么区别？
3. 查阅相关资料，浅析“一带一路”下的全球能源互联网。