

地球与人类文明

07 / 地球资源演化一致性

陈斌 gischen@pku.edu.cn 北京大学地球与空间科学学院

目录

- › 水循环：文明起源的前提
- › 土壤：文明起源的桥梁
- › 平原：文明起源的摇篮
- › 矿产：大自然的馈赠
- › 两条物质链：能源与金属



水循环



水循环的作用

- › 降水促使岩石风化，加速土壤形成，从而形成浅层地下水
- › 降水为陆上形成江河湖泊提供必要条件
- › 最终在陆上形成广布的淡水资源



大范围大规模水循环演化

- › 从风演化的角度，古生代和中生代缺少地形和大量降水，不会有大规模水循环
- › 进入新生代后，高大山系相继出现，全球气温持续降低，大气环流遍及全球，有大规模降水，从而使河流获得大发展



陆地淡水系统

- › 从晚古生代生命登陆，到中生代恐龙灭绝之前，陆上淡水主要是由海退形成，淡水域外就是荒漠
- › 进入新生代后，全球性大气环流加强，为长距离水循环创造了条件；
- › 第四纪大冰期，海洋蒸发进入内陆，通过降水形成冰川雪山，间冰期逐渐融化，成为江河湖泊地下水。



土壤

- › 土壤是陆上生物生存发展的基础
- › 也是走向文明起源的桥梁：栽培农业、烧陶、高温技术、冶炼金属
- › 由微小颗粒构成： $<2\text{mm}$ 砂粒， $<75\mu\text{m}$ 粉砂， $<5\mu\text{m}$ 黏粒，更小的胶粒



土壤的复杂作用

- › 极细颗粒表面带有电荷，形成电场
- › 牢牢吸附结合水，密度大于普通水，只有100-200度高温才会蒸发
- › 吸附矿物质元素离子，植物根系可以交换形式吸收营养

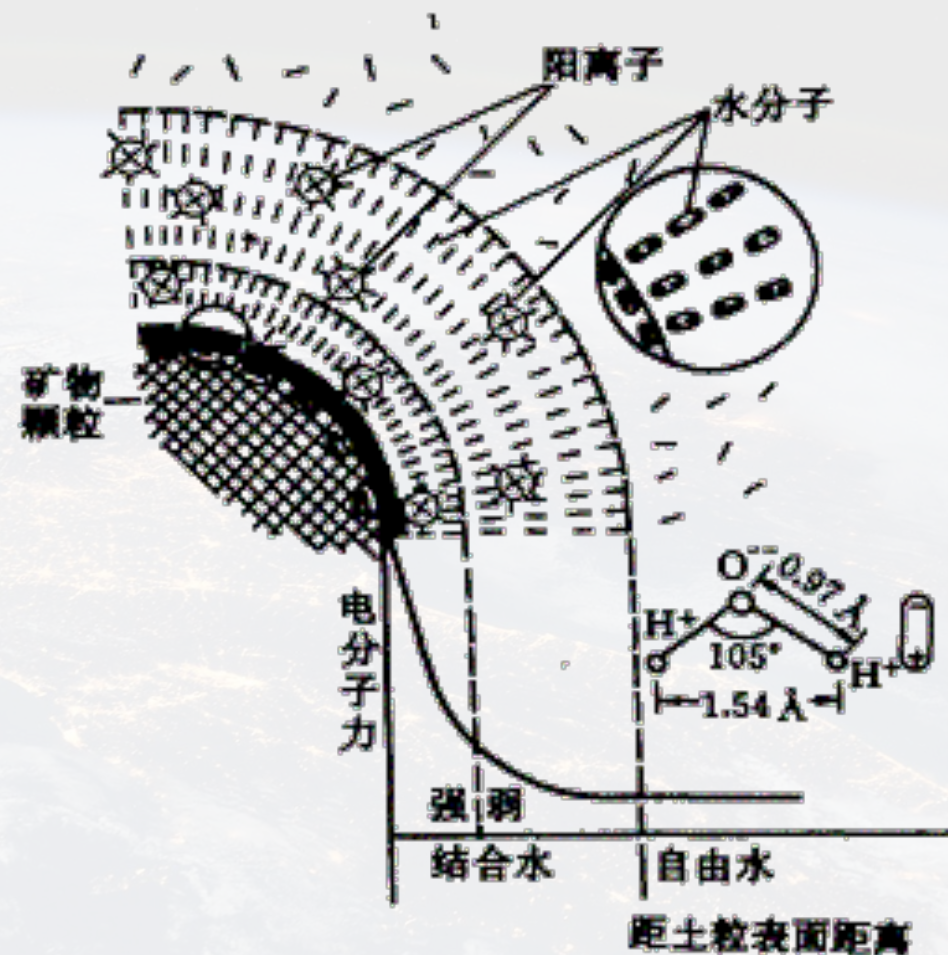
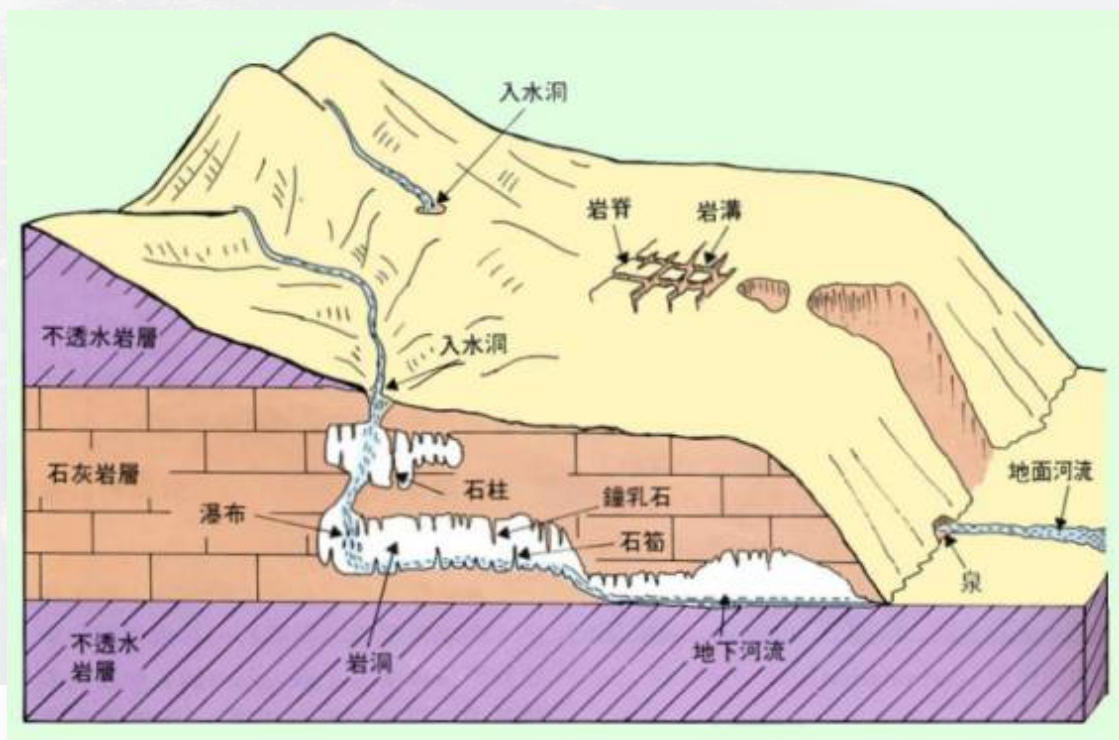
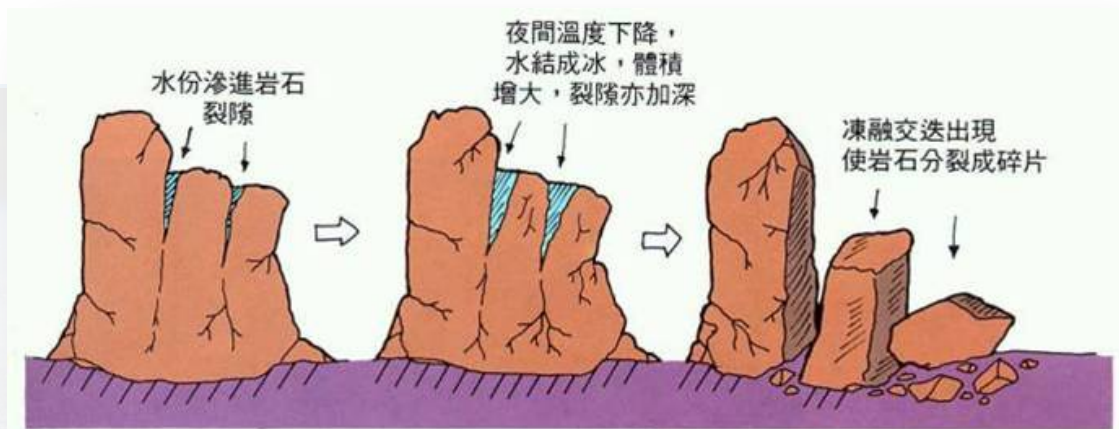


图 2.4 粘土矿物和水分子的相互作用

土壤形成过程：风化

- › 物理风化将岩石破碎成小颗粒
- › 化学风化进一步改变矿物成分：氧化、溶解、水化、水解、碳酸化
- › 形成更小颗粒的粘土矿物，释放钾、磷、钙、镁等养分，产生蓄水性



岩石风化：物理风化



地球与人类文明

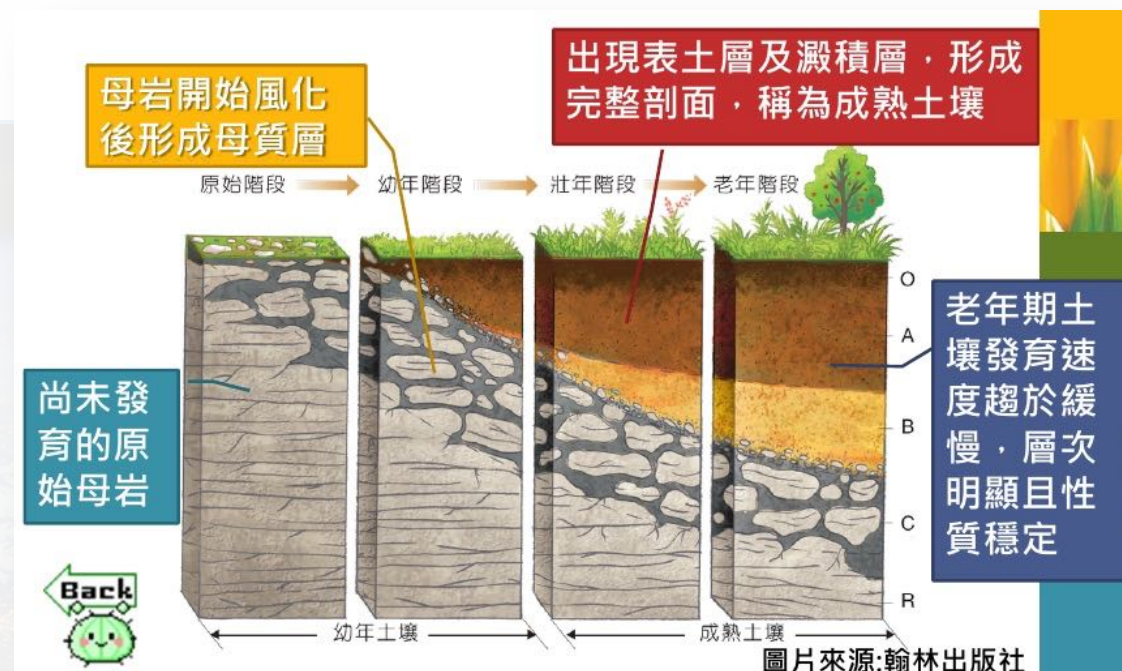


岩石风化：溶解作用



土壤形成过程：生物作用

- 微生物和低等生物在保水的风化物中繁衍，积累许多有机物和氮元素；
- 最后，高等植物和动物排泄物使得有机物更加丰富，在微生物作用下形成腐殖质；
- 最终形成肥沃的土壤



土层形成与堆积

- › 古生代、中生代没有大规模雨水作用，陆生动植物分布范围很小，仅在水域附近形成土层
- › 新生代以来，风雨规模加大，岩石风化加快，经过大风搬运和河流冲积，在平坦地形上形成极厚的土层
- › 黄土高原形成于第四纪冰期，土层厚度达250米



冲积平原：河流塑造的宝地

- › 山脉和河流的存在造就冲积平原和三角洲
- › 水力搬运岩石风化物，填平海边低洼地面，将海岸线外推；
- › 河水泛滥和改道将淤积物向更远处扩散，不断增加平原肥力；
- › 风力搬运的更细颗粒进一步加厚疏松土层。



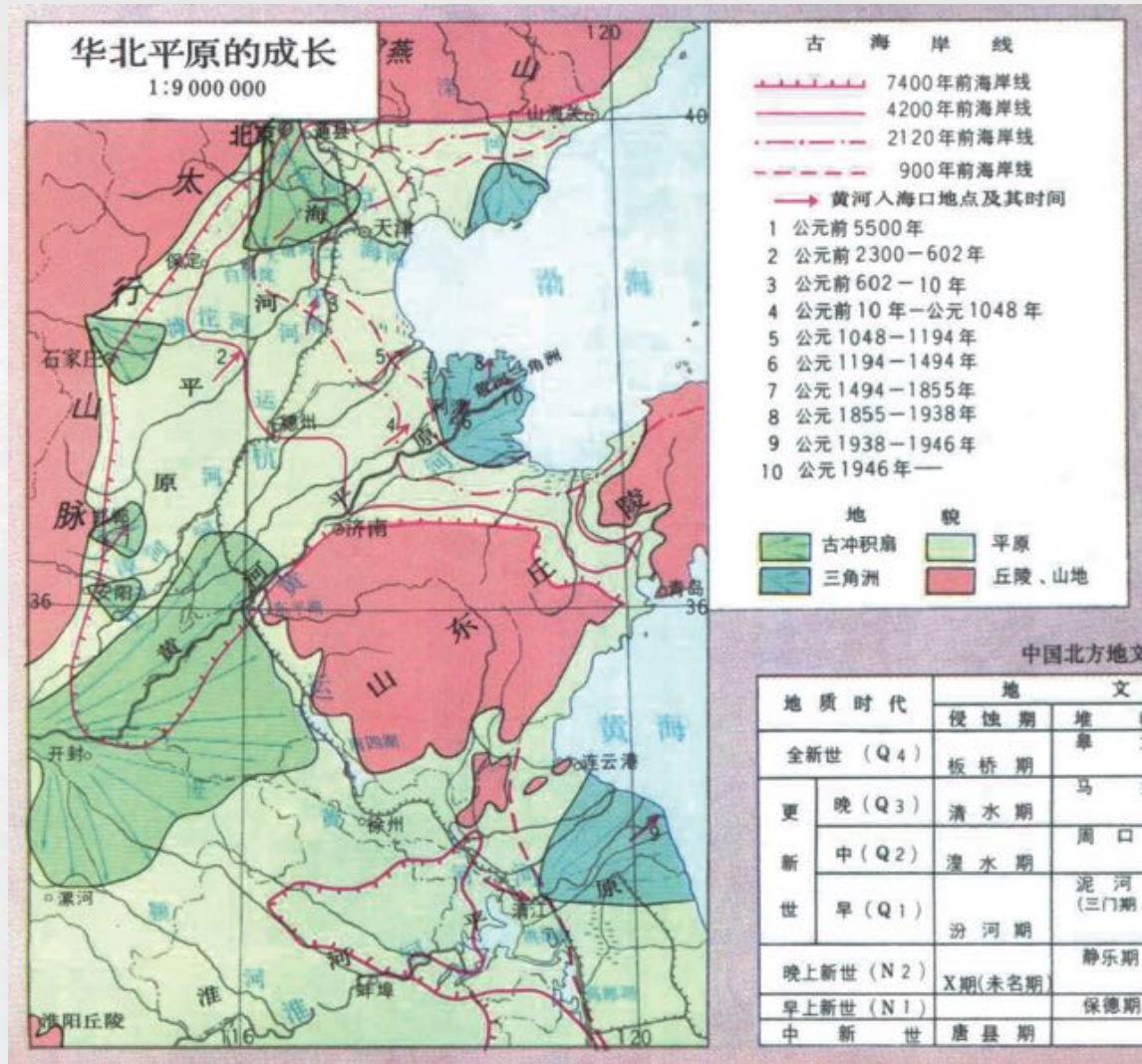
来自沙漠的证据

- › 沙漠由风力搬运风化物形成，但在新生代以前很少有沙漠；撒哈拉沙漠在6千年前还有人类居住的痕迹，4000万年前曾经是海洋；
- › 支持古生代、中生代没有大风存在，以及土层不丰的观点。



华北平原的形成

- 燕山山脉，太行山脉
- 永定河，滹hu沱河，漳河，黄河
- 黄河改道流入渤海，几个三角洲相连，最终形成华北平原
- 仅7500年前开始



仍然在高速增长的平原

- › 黄河从黄土高原携带来大量的泥沙，这些泥沙在黄河入海口堆积下来形成黄河三角洲；
- › 泥沙不断淤积，三角洲不断地向海的方向伸展、扩大，华北平原陆地面积也不断增加；
- › 从1855年至今，黄河为华北平原新增了3000平方公里左右的陆地，相当于半个上海市的面积
- › 直到今天，每年还新增20平方公里。



平原的巨大意义

- › 具有深厚土层，积蓄大量浅层地下水，为草地、湿地等环境提供物质基础；
- › 为早期人类开创原始农业提供全部必要条件；
- › 平原保有丰富的黏土，是陶器发源地；
- › 这些是其他地形所不具备的因素。



下次课堂讨论题目

- › 世界各大平原形成概况及对文明的综合价值。



人类文明所依赖的矿藏

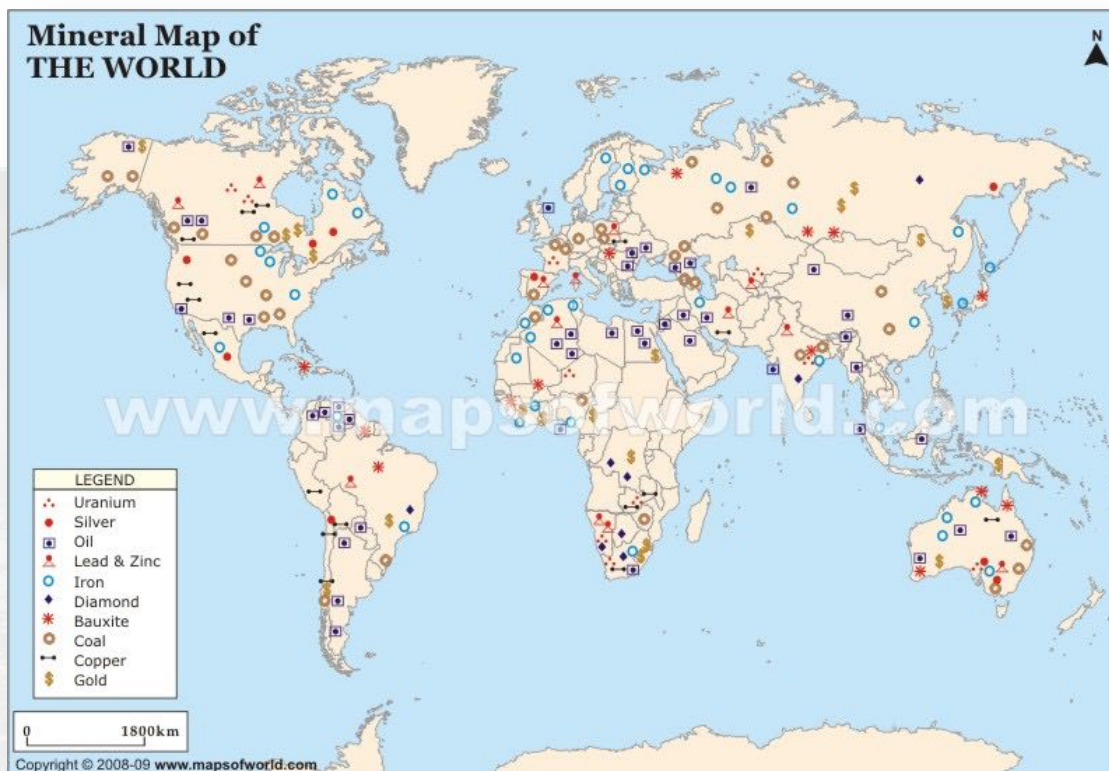


人类文明所依赖的矿藏



矿产：大自然的独有“馈赠”

- › 地壳运动的成果，出现了大气、海洋和多样的地表形状
- › 形成了散布于世界各地的矿产资源，是人类文明萌现的必要条件
- › 不但要形成，而且还要富集并有利于开采利用



从矿物到矿床

- › 地球上各种元素在地质条件下形成矿物
- › 少部分以单质矿物的形式存在：自然金、铜、硫、金刚石等；
- › 绝大部分以化合物矿物形式存在：铜、铁、铅、锌、铝、煤、石油、银、铀；



自然金



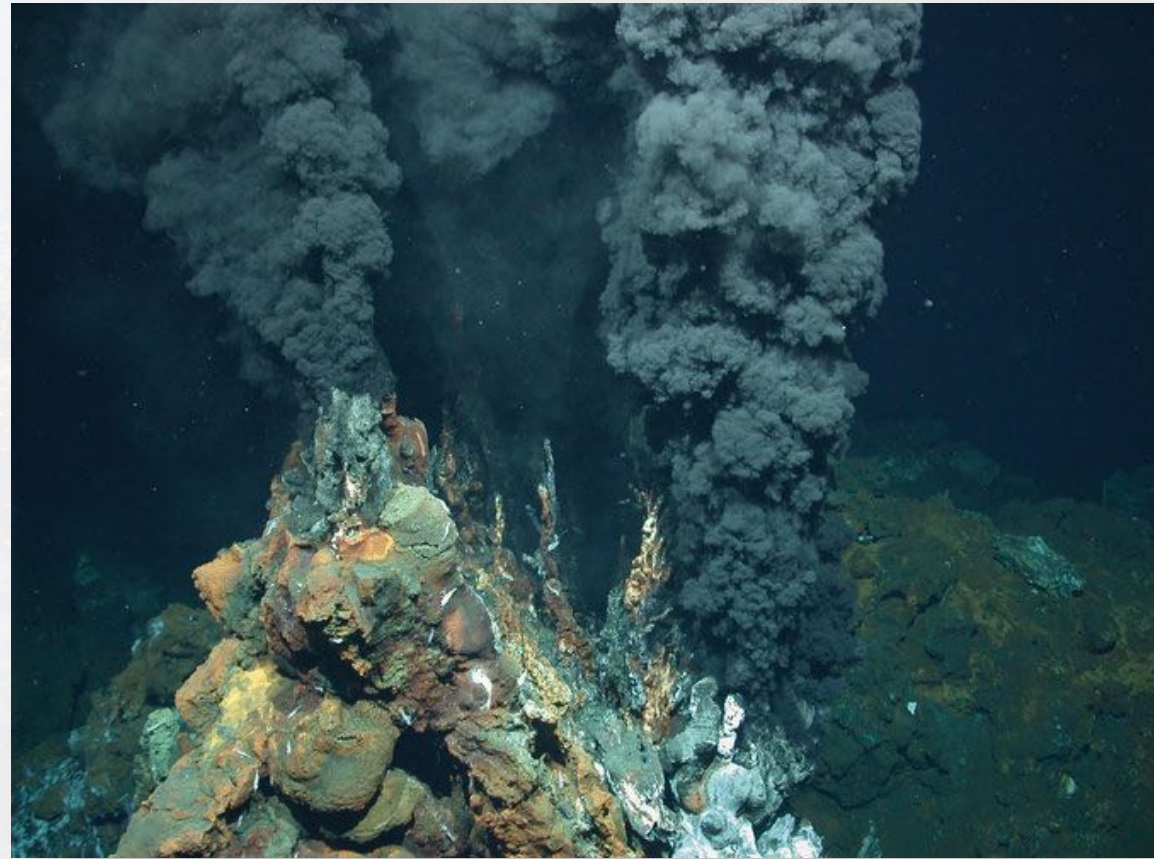
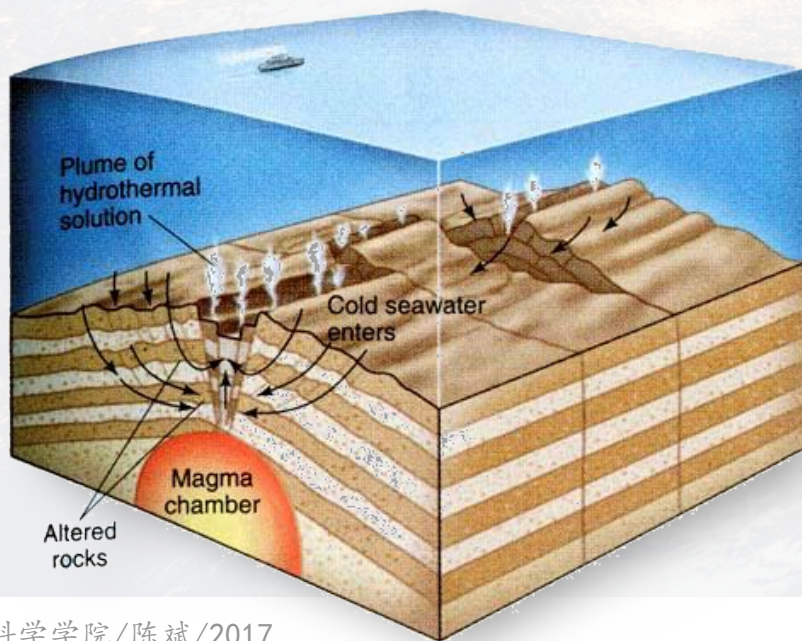
富集与迁移

- › 矿物需要集中达到一定品位，人类才可能通过开采而大量获得；
- › 矿物形成矿床是一个复杂、漫长的地质过程，但也是人类文明启动的必要条件；
- › 矿物通过内生成矿作用（岩浆、热液等）、外生成矿作用（风化、沉积等）和变质成矿作用，形成矿床。



热液矿床

- › 有水参与化学作用和富集迁移
- › 水是唯一广泛存在的天然溶剂，氧化剂
- › 水可以通过重力、压力、热力搬运矿物

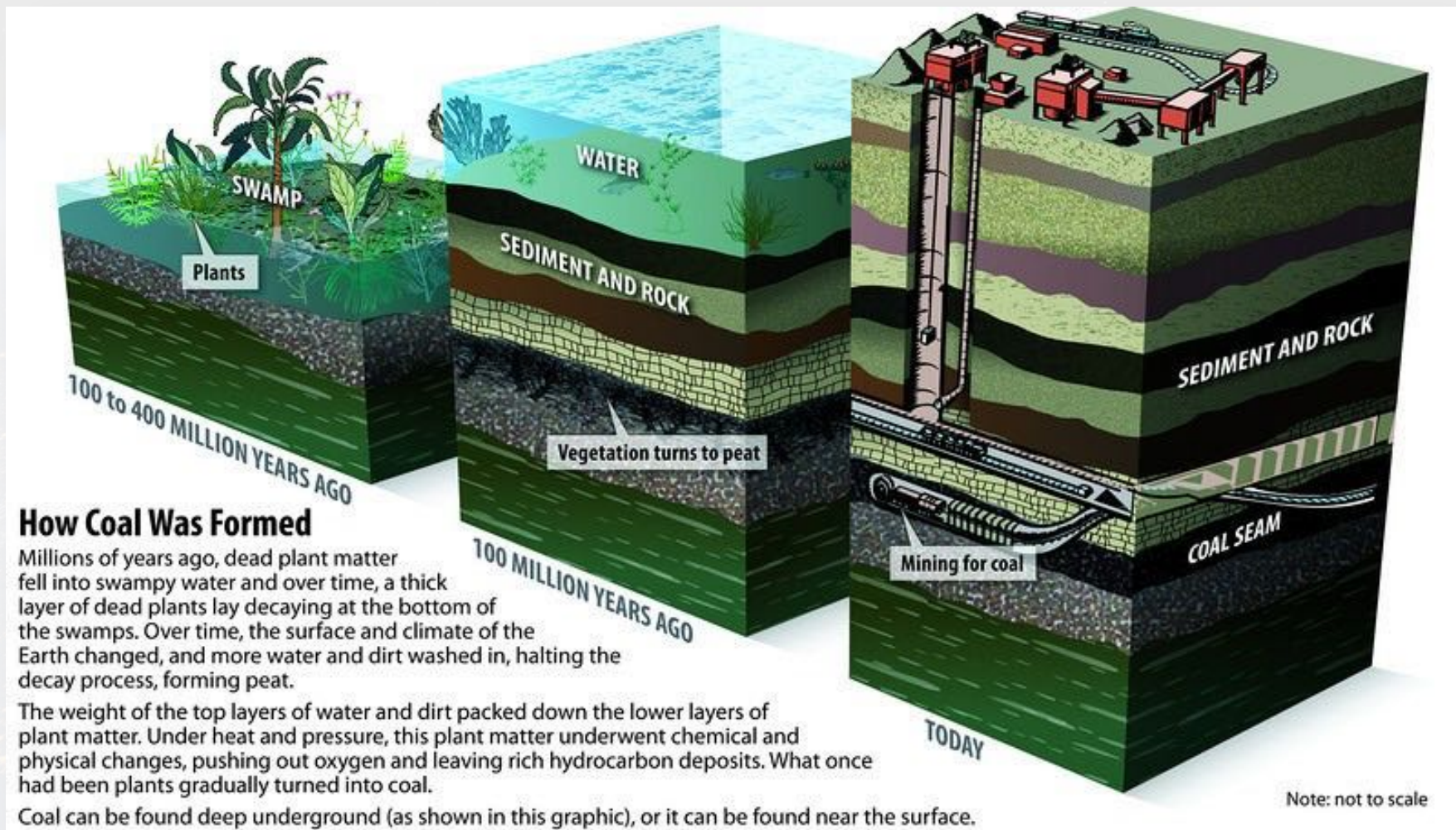


深层形成、浅层储藏

- › 成矿作用大部分发生在地下深处几千米到十几千米；
- › 深层具有温度、压力条件，封闭隔离；
- › 各种地质作用将深层形成的矿床上升到地表附近；
- › 浅层储藏对人类文明的意义重大



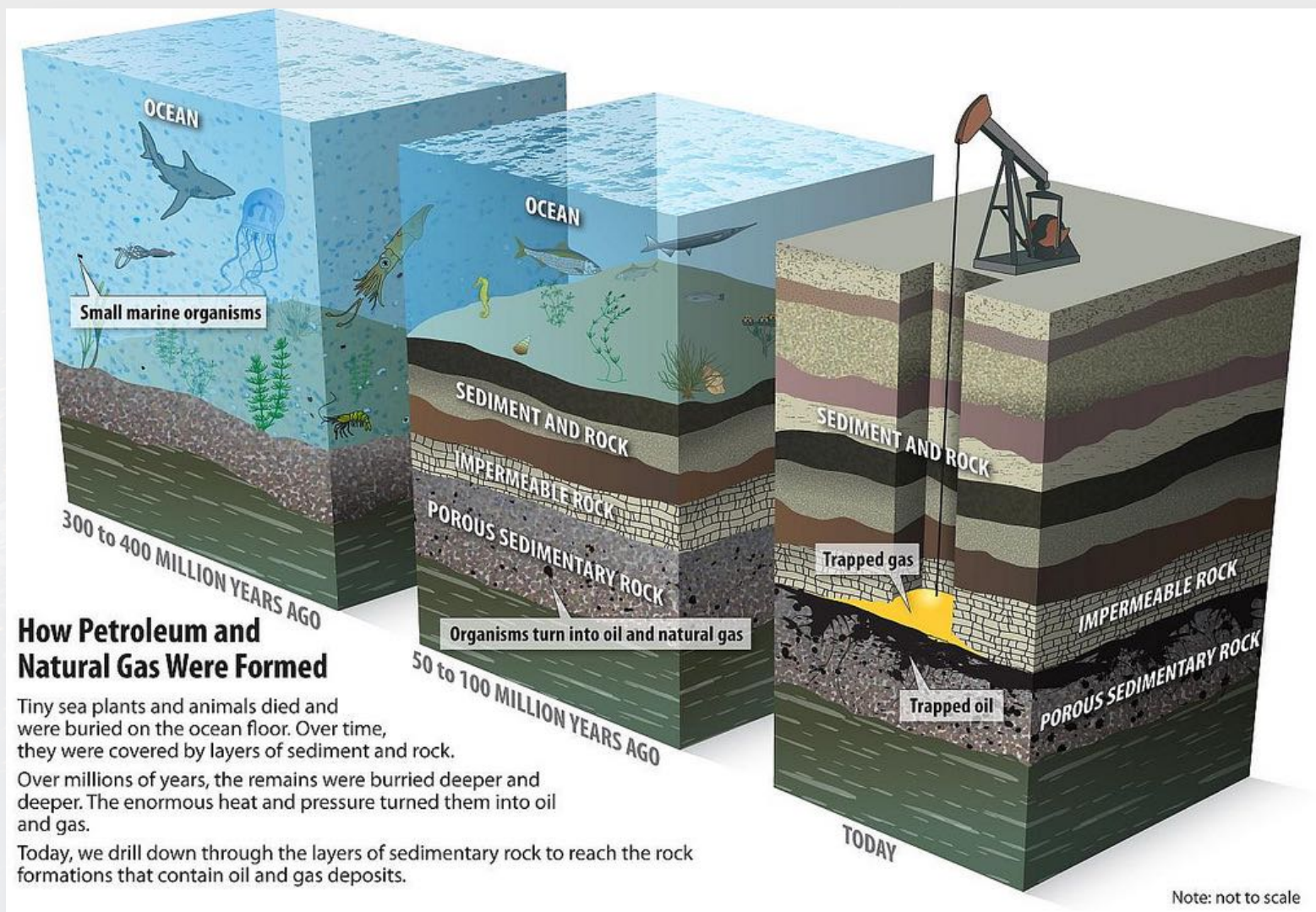
煤炭形成



煤炭形成

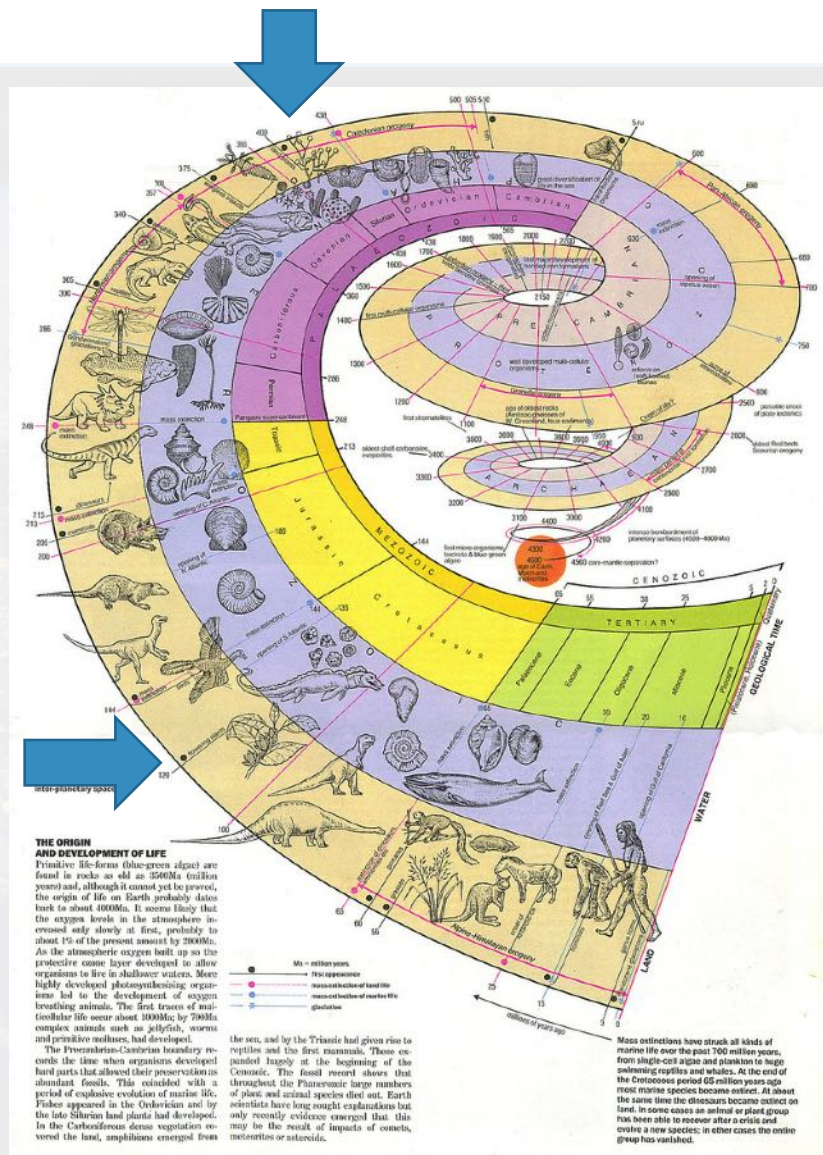


石油天然气形成



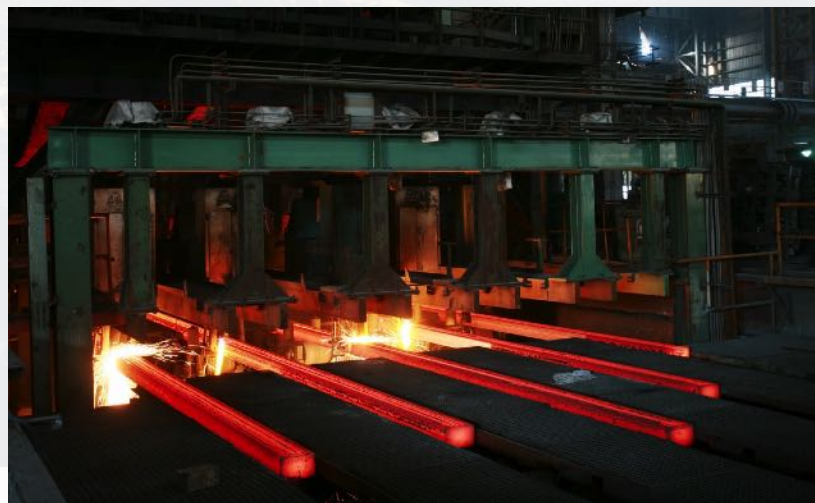
成矿时间

- 成矿作用与地壳演化是**同步**进行的；
- 无机矿床形成需要多轮地质作用，从贫到富，由分散到集中，由单一到多种的过程；
- 煤和石油等有机矿床的形成也需要上亿年时间；
- 整个成矿的时间进程与地质演化和生物演化进程相**配合**；
- 最终推动文明萌现和发展。



两条物质链：能源与金属

- › 从人类利用矿物的角度看，呈现出能源和金属两条基本物质链；
- › 利用火来制陶和冶炼，依靠锋利坚韧的金属器具制造各种木器和房屋等；
- › 对能源和金属的利用，支撑人类文明发展，直到现代文明出现



能源物质链：始于柴草木炭

- › 人类的燃料始于**柴草**；
- › 可能从新石器时代开始学会使用热值更高的**木炭**；
- › 50万年前开始用火，1万年前开始学会取火；
- › 用火烧饭、取暖和驱赶野兽；



畜力能源：牛马

- › 人类饲养牛马作为交通运输工具，始于8000-4000年前；
- › 解放和放大了手脚的力量；
- › 运输大量货物；
- › 扩大了活动范围。



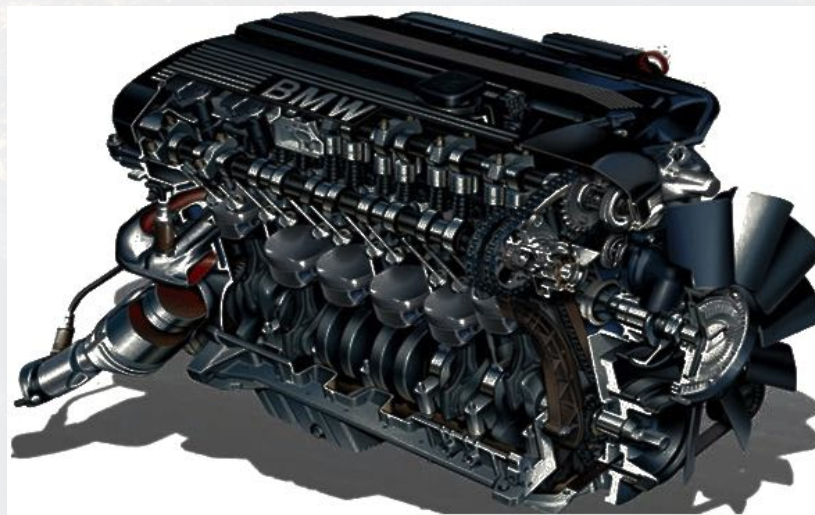
化石能源：煤

- › 人类在2000年前发现煤并加以利用；
- › 煤的热值远大于柴草和木炭，但难以大量开采；
- › 200年前才开始大规模开采；
- › 帮助人类由手工业转向工业化；
- › 蒸汽机需要煤推动；



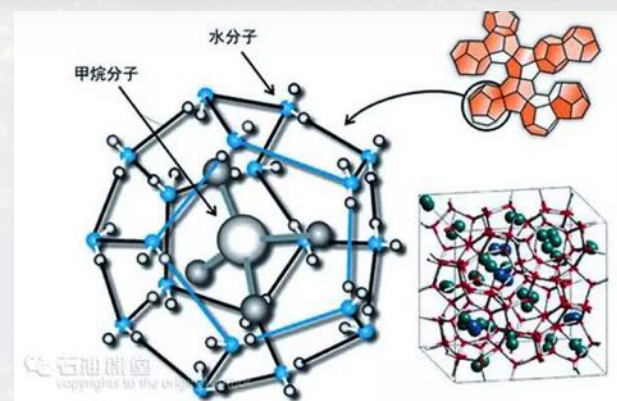
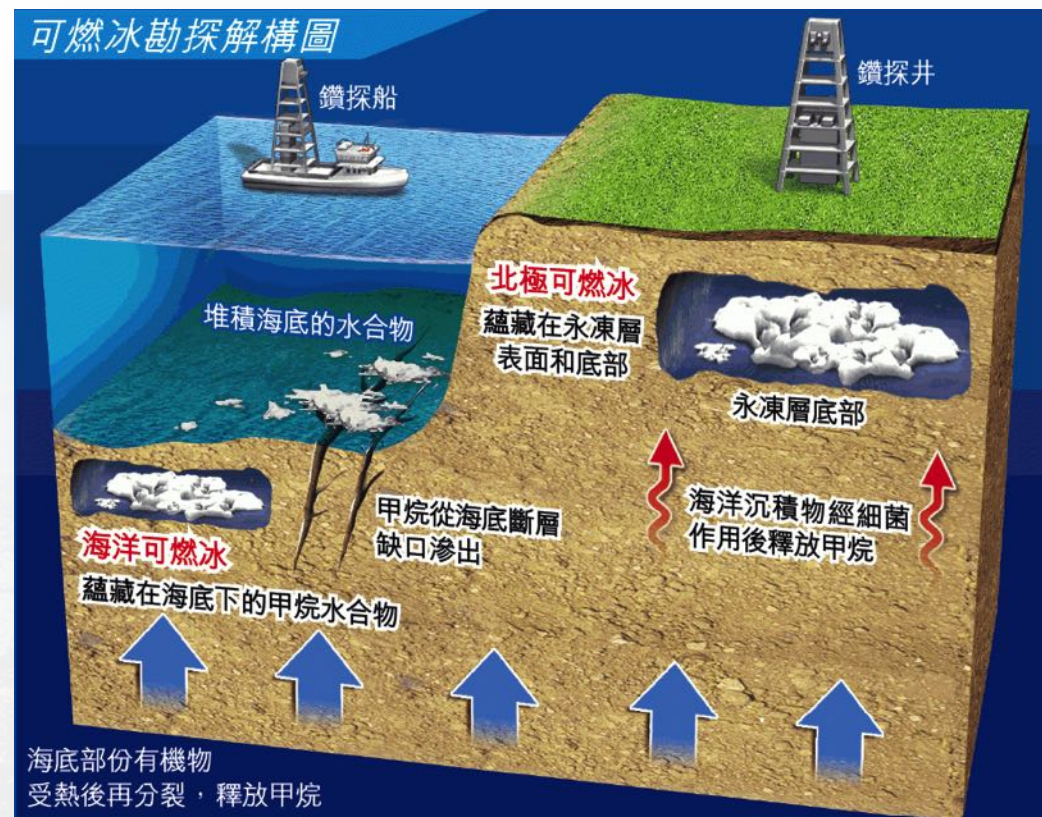
化石能源及化工原料：石油

- › 由于石油天然气矿藏一般埋藏很深，更高热值的化石能源最晚被发现；
- › 1859年美国钻出第一口油井；
- › 支撑了更高动力的内燃机，使航空器可能；
- › 石油还是用途非常广泛的工业制品原料。



更新的能源：水合甲烷

- › 源于原始大气中的甲烷，被纳入地壳之中；
- › 覆盖面遍及大洋下部地层；
- › 可能超过煤石油天然气综合；
- › 开采利用更为困难。



能源基本物质链演化

- › 能源基本物质链也符合循序渐进的法则
- › 越高效的能源，开采难度越高，环境风险越大
- › 配合和推动文明进程



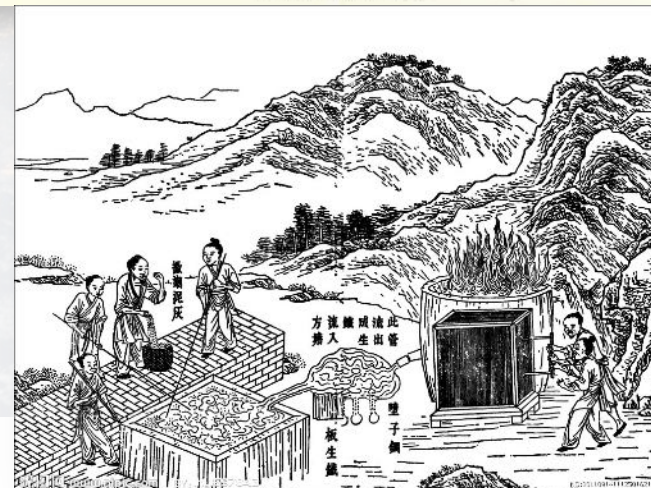
金属物质链：从铜开始

- › 彩陶的颜色来自于金属矿物（褐铁矿、赤铁矿）；
- › 从彩陶到青铜，用了1000-2000年；
- › 人类最早使用的金属是5000多年前的铜；
- › 制造日常用品和武器；
- › 在2000多年前，铜器制作水平达到完美程度。



铁器时代

- › 最早人类从陨石中得到少量单质铁；
- › 3000年前到2000年前，人类开始掌握铁冶炼技术，进入铁器时代；
- › 铁器比铜器有明显优点，坚硬、锋利，强度高；
- › 但铁熔点远高于铜，需要掌握木炭、窑、鼓风技术才能实现。



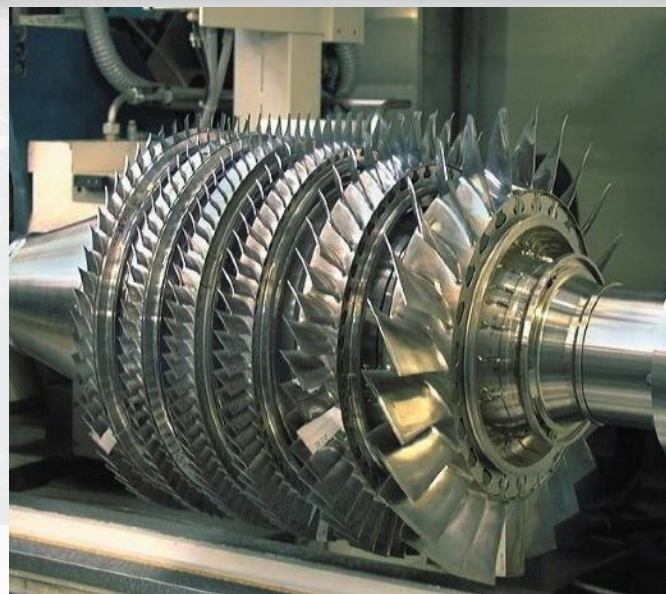
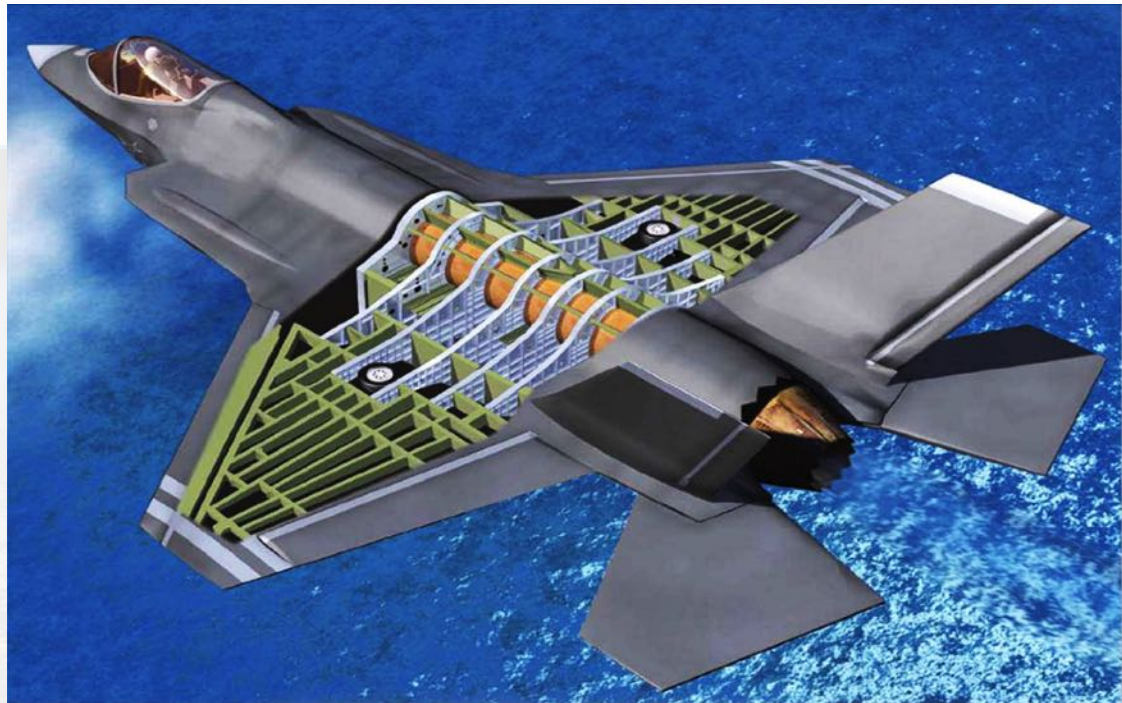
钢铁推动文明发展

- › 含碳低的钢和熟铁出现较晚；
- › 广泛应用在建筑材料、机械制造、日常用品生产；
- › 人类文明进入工业化的物质基础；
- › 钢铁及多种铁合金把人类文明推向空前高峰。



太空深海时代的金属：钛

- › 人类进入太空和深海，钢铁材料不敷应用；
- › 钛是人类已使用的几十种金属中最理想的一种，兼具钢的强度和铝的轻便；
- › 机械性能优秀，非常适合金属3D打印；
- › 但提炼纯钛非常困难，所以最晚出现。



金属物质链演化

- › 金属物质链反映了人类利用金属的发展过程；
- › 其顺序也从易得、用途少，向难得、用途多过渡；
- › 金属物质链与能源物质链之间也是协同演化。



大自然的逻辑：从生命到文明

- › 关于生命的起源，总的来说有两种观点；
- › 一种认为生命是地球上物质演化的产物；
- › 另一种认为生命来源于太空物质，进入地球开始存活发展；
- › 如果生命从海洋开始，从地球年龄46亿年，海洋40亿年，生命诞生35-38亿年看来，生命形成时间就远短于形成之后的演化时间。

环境与生物演化

- › 35-46亿年前，地球诞生、内部分异、陆海形成、化学进化；
- › 35-38亿年前，海洋中出现蓝藻和细菌，开始光合作用产生氧气；
- › 18亿年前，海洋具有相当规模；
- › 9亿-13亿年前，海洋中开始出现动植物分异和性别；
- › 4亿多年前，海洋中陆地逐渐扩大与靠拢。地势平坦，没有大规模强风、雨，没有大江大河等；

环境与生物演化

- › 生命在浅水滩和沼泽地中成功进化为在空气中生长的半陆生物种。植物以蕨类为主，动物为两栖类；
- › **2亿多年前**，联合古陆逐渐形成并开始解体。板块运动导致大规模地质作用，地球表面形状日趋复杂；
- › 浅水域和沼泽地消失，半陆生植物进化为全陆生裸子植物，动物从两栖类进化为爬行类。整个大陆环境为高温、少大规模强风、雨；

环境与生物演化

- › **1亿年前到6500万年前**，联合古陆基本解体，全球海陆分布格局形成，陆上地形也复杂化。
- › 气温历经数亿年高温浮动之后，在中高纬度地区出现明显持续下降。大规模强风出现，环境走向多样化，导致物种多样化。
- › 植物进化到被子植物，动物界哺乳动物渐多。
- › **6500万年到250万年前**，中高纬度地区气温进一步下降，气候出现明显分带性和区域性，两极冰盖最终形成。

环境与生物演化

- › 以喜马拉雅山脉为代表的高大山系相继崛起；
- › 气温下降和地形复杂导致风雨力度更大，风化作用和土壤形成也空前加速；
- › 形成大小平原和独立广布的淡水系统；
- › 被子植物中的灌木和杂草出现，哺乳类动物中进化出食草动物原始马等；
- › 250万年前到1万年前，气温进一步下降，进入第四纪大冰期，文明出现正式拉开序幕；
- › 冰期和间冰期交替出现，大气环流和水循环规模空前增大，平原草原和淡水资源空前增多；

环境与生物演化

- › 物种数量空前增多；
- › 植物适应环境变化演化出多倍体植物，包括**禾本科**的小麦黑麦谷子等；
- › 动物界中，食草动物**牛马**得到空前进化；
- › **能源**和**金属**物质链从柴草和石器开始启动；
- › 古猿在历经数百万年缓慢进化之后，开始进入漫长而意义重大的旧石器时代，一万年进入新石器时代。

大自然的逻辑

- › 随环境不断**复杂**而生命不断走向**高级**的过程
- › 地质作用导致地形日趋复杂；
- › 生命出现改造了原始大气，除掉了大部分温室气体，为气温下降创造了条件；黄赤交角等天文因素奠定低温的基础；
- › 气温下降和地形复杂导致大规模强风强降雨出现，气候复杂；
- › 物种的变异不定向，但自然选择是**定向**的，必然出现越来越适应复杂环境的高级物种。