化石的形成

- 化石的定义
- 化石的形成条件
- 化石的保存类型
- 化石的研究方法
- 化石的分类与命名

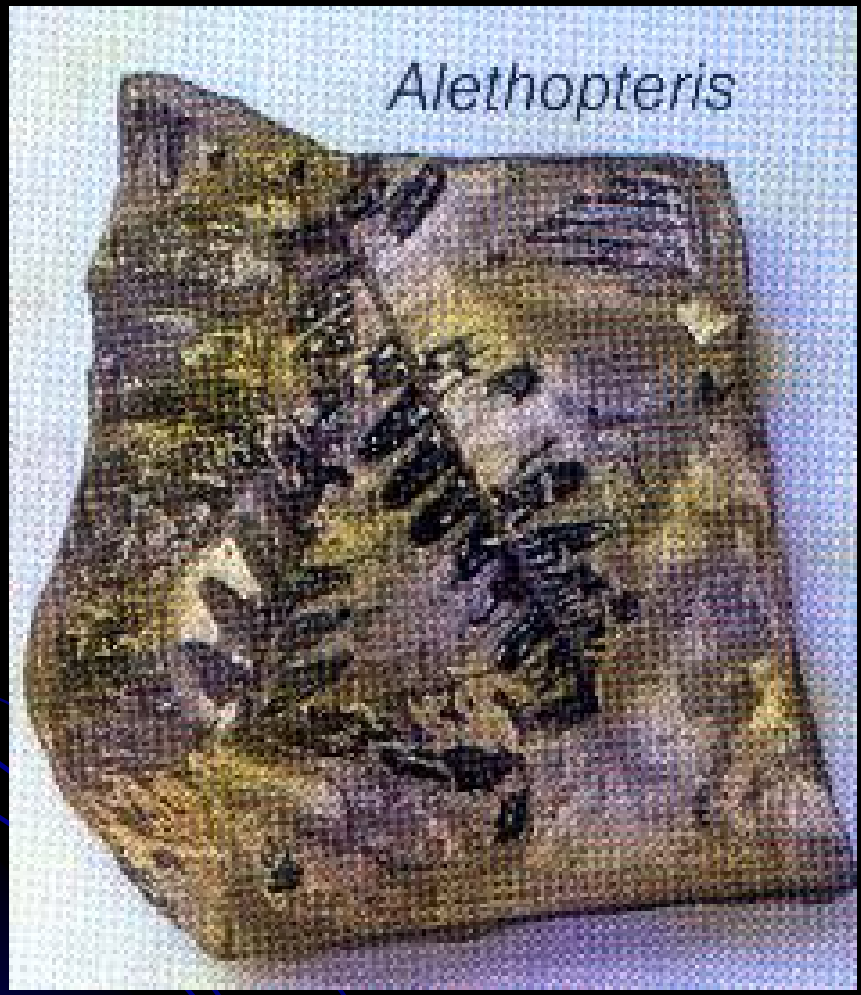
化石的定义

化石 fossil

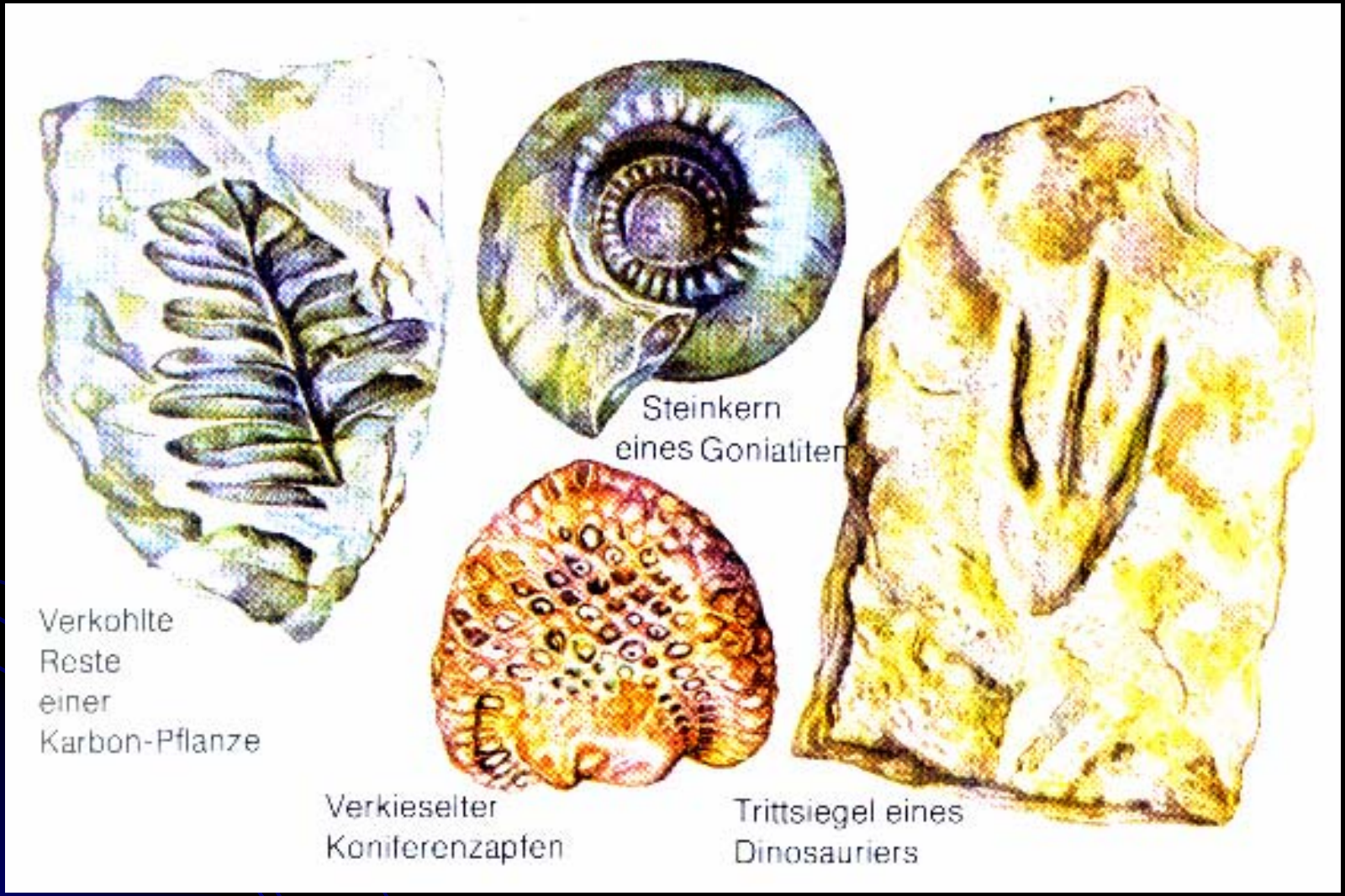
- 保存在岩层中地质历史时期的生物遗体和生命活动痕迹

化石区别于一般岩石在于它与古代生物相联系，具有生物特征：形状、结构、纹饰、有机化学组分等；或者具有生命活动信息：生物遗迹、遗物、工具等


Dactylioceras
Pinna

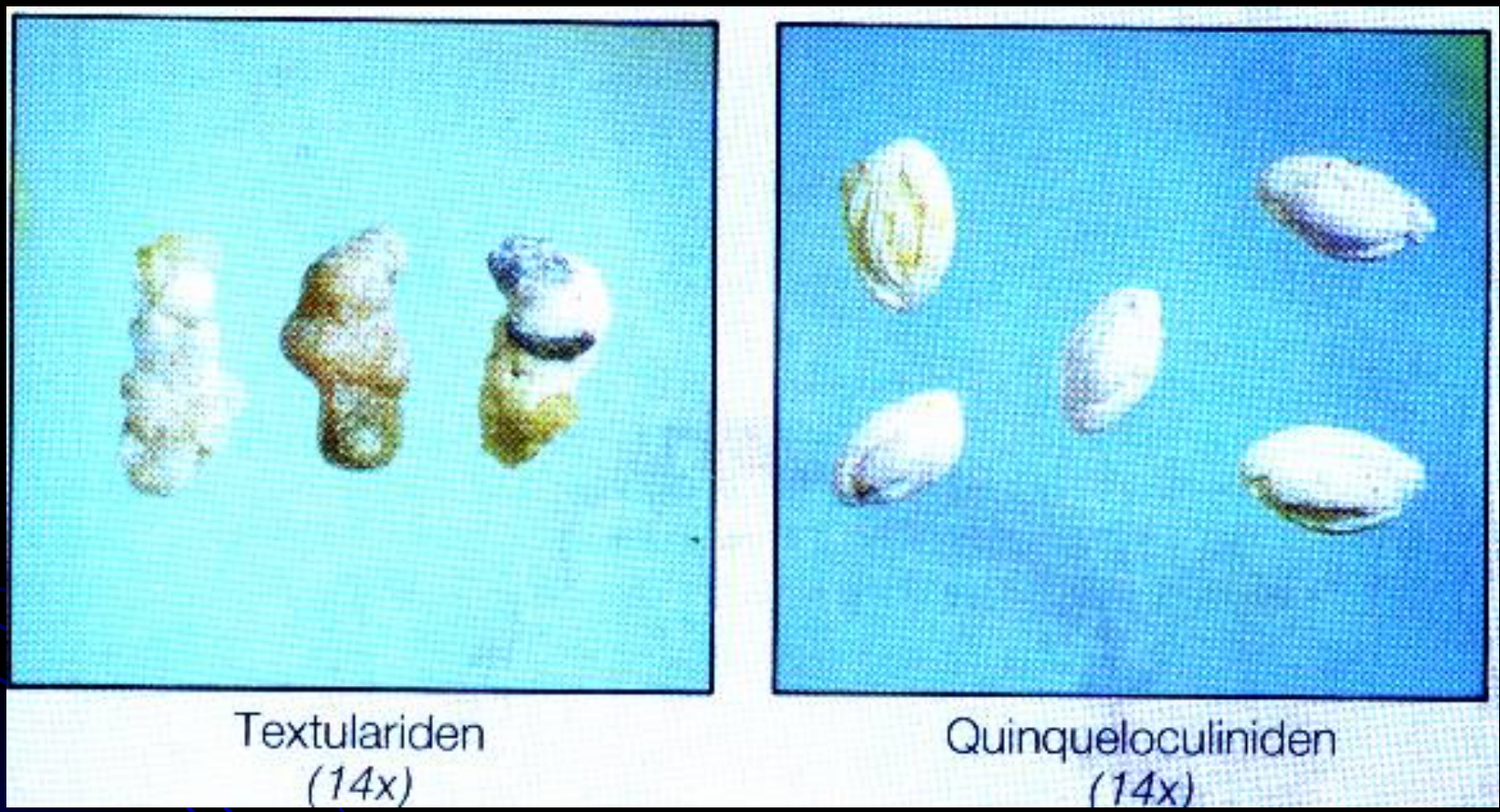

Alethopteris


Calamites


Steinkern
eines Goniatiten
Verkohlte
Reste
einer
Karbon-Pflanze
Verkieselter
Koniferenzapfen
Trittsiegel eines
Dinosauriers







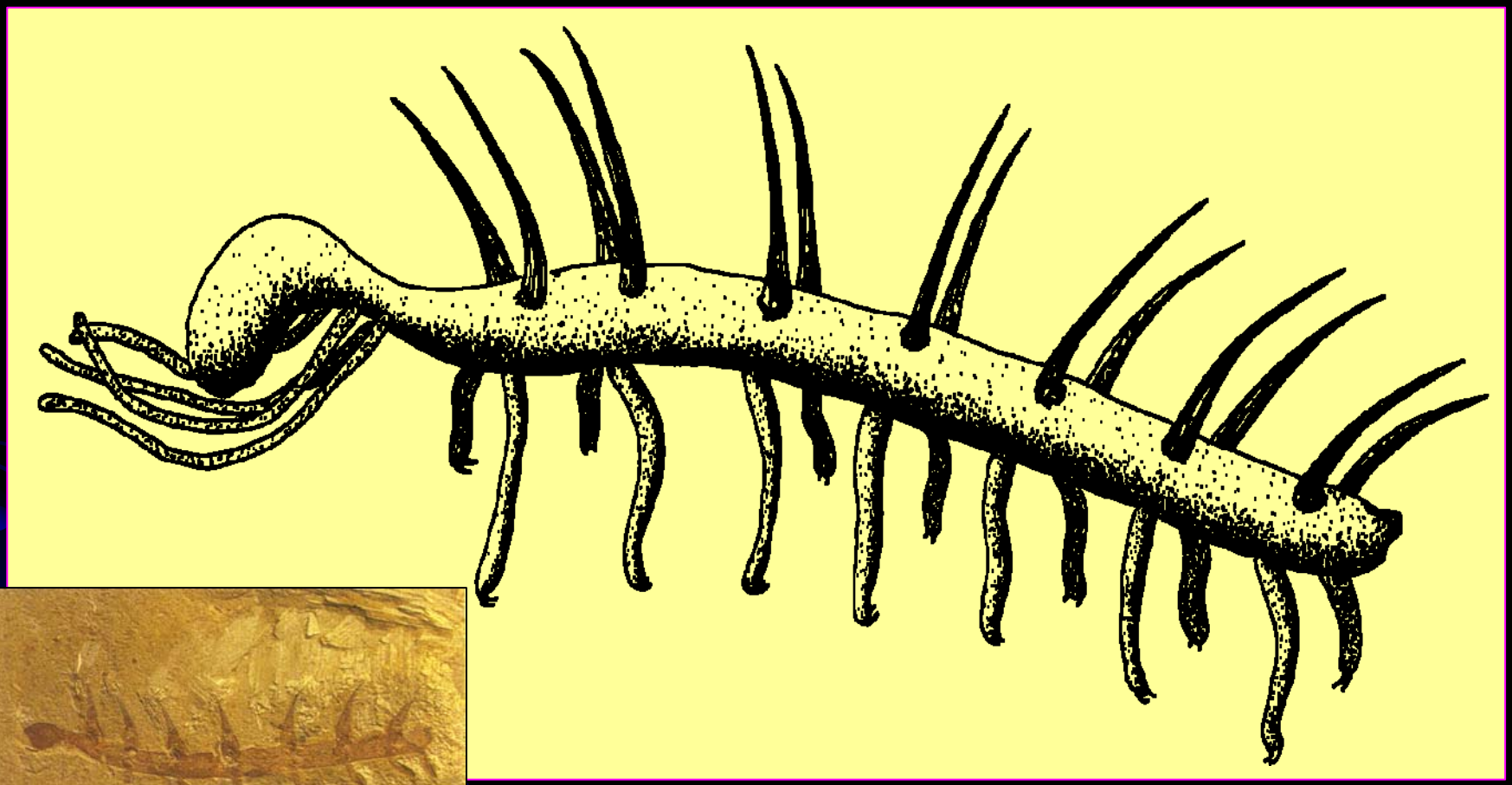
Textulariden
(14x)

Quinqueloculiniden
(14x)

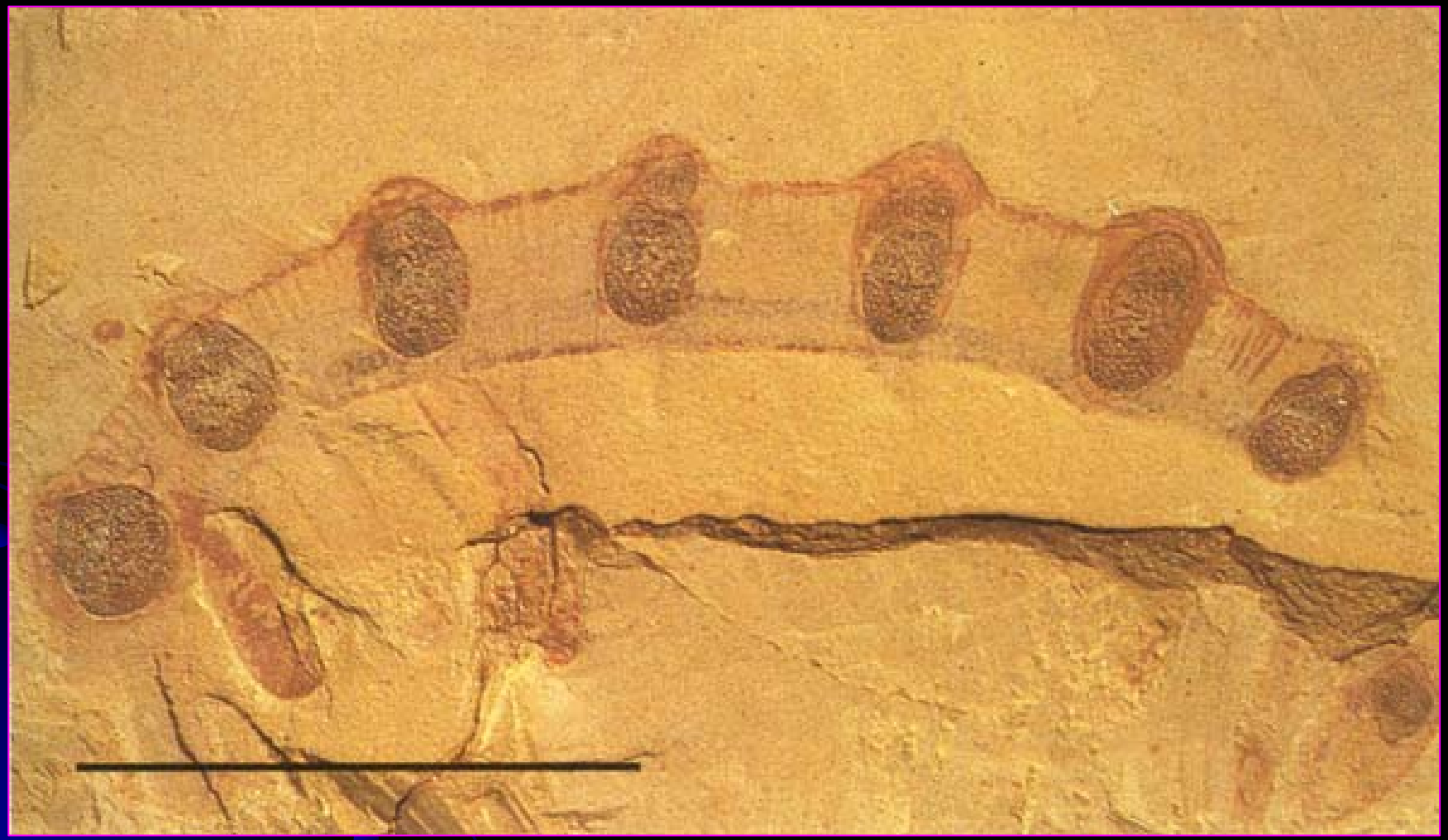
怪诞虫



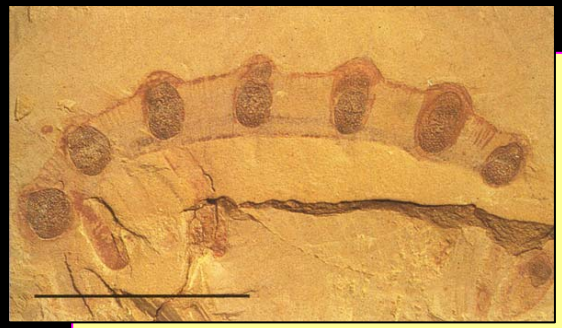
怪诞虫复原图



中华微纲虫



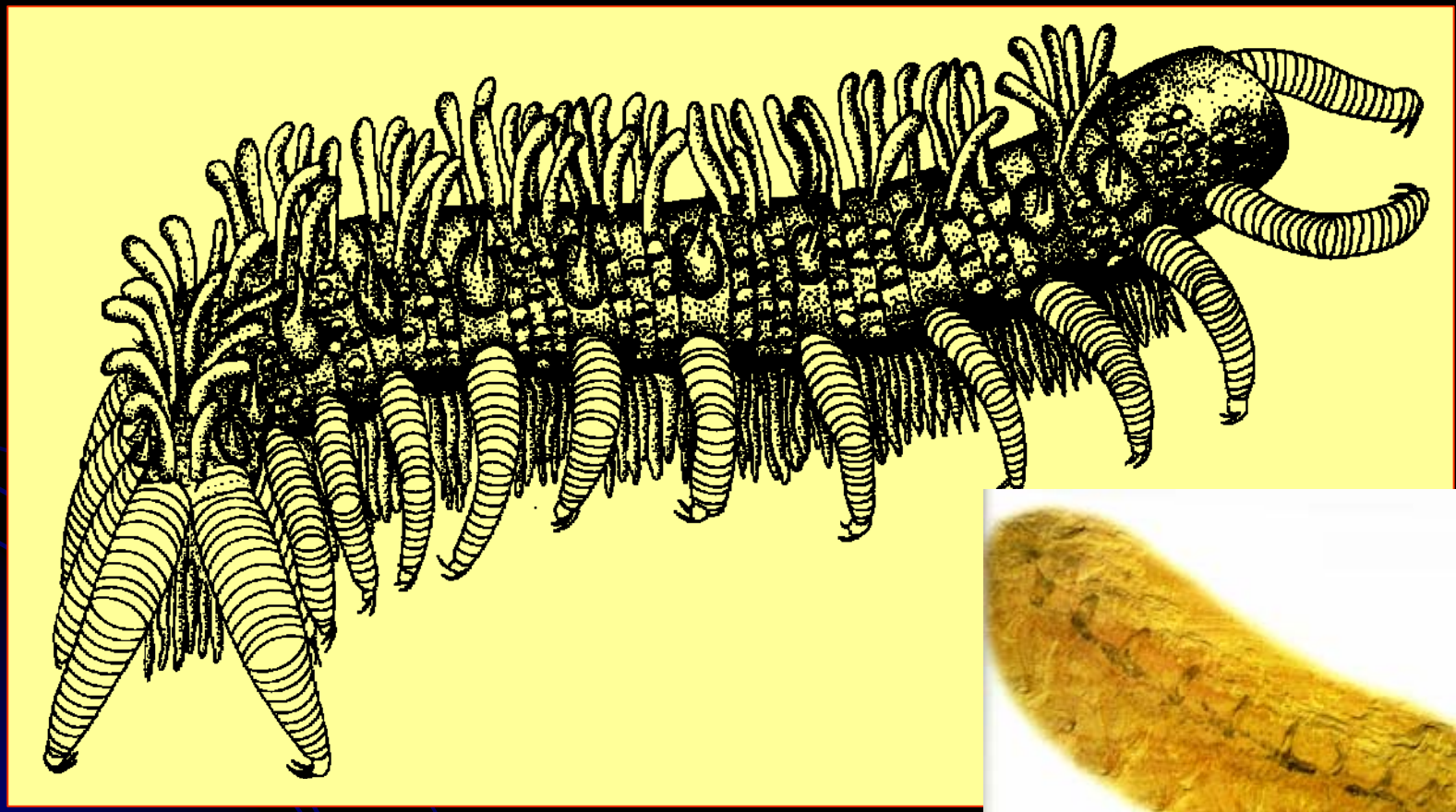
中华微网虫复原图



爪纲虫



爪纲虫复原图



- 假化石pseudofossil

  与化石相似，但与生命活动无关，如矿物集合体、泥裂、砾石、矿质结核、树枝状铁质沉积物等

- 大化石macrofossil

  用常规方法在肉眼下即能研究的化石

- 微化石microfossil

  肉眼不能直接可靠地分辨，需要借助于一定的仪器设备及通过一定的手段才能进行研究的生物体或身体的微小部分

- 超微化石nannofossil

古生物学的分科

- 古动物学paleozoology
  - 古无脊椎动物学invertebrate paleontology
  - 古脊椎动物学vertebrate paleontology
    - 古人类学paleoanthropology
- 古植物学paleobotany
  - 古藻类学paleoalgology
  - 孢粉学palynology
- 古遗迹学paleoichnology
- 微体古生物学micropaleontology
- 超微古生物学ultramicropaleontology
- 分子古生物学molecular paleontology

化石的定义

1万年左右

中石器时代	现生生物	文物	生物学 **biology** 考古学 **archaeology**
古石器时代	古生物	化石	古生物学 **paleontology**

化石的形成

- 化石的定义
- 化石的形成条件
- 化石的保存类型
- 化石的研究方法
- 化石的分类与命名

化石的形成条件

古生物→死亡→埋藏→石化→发掘



化石的形成条件

- 生物本身的条件
- 生物死后的环境条件
- 埋藏条件
- 时间条件
- 成岩石化条件

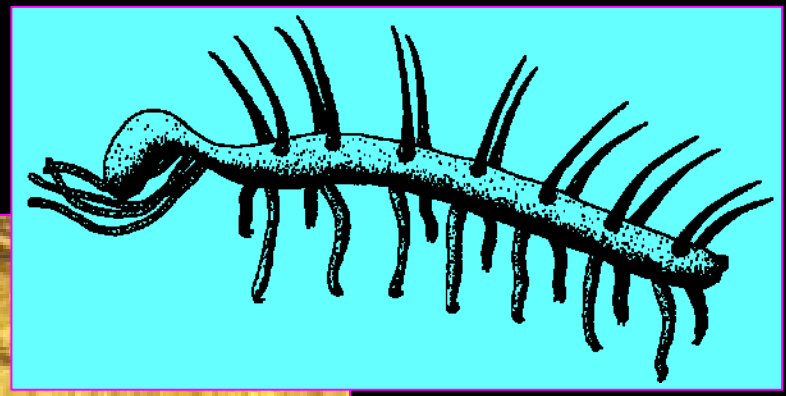
生物本身的条件



- 生物硬体
  - 矿化硬体
    - 矿化程度
    - 矿化组分
      - 比较稳定的是方解石、硅质化合物、磷酸钙等
      - 不太稳定的是霰石、含镁方解石
  - 有机质硬体
    - 如几丁质薄膜、角质层、木质物等

生物本身的条件

- 生物软体





化石的形成条件

- 生物本身的条件
- 生物死后的环境条件
- 埋藏条件
- 时间条件
- 成岩石化条件

生物死后的环境条件

即生物死后所处的外界环境条件

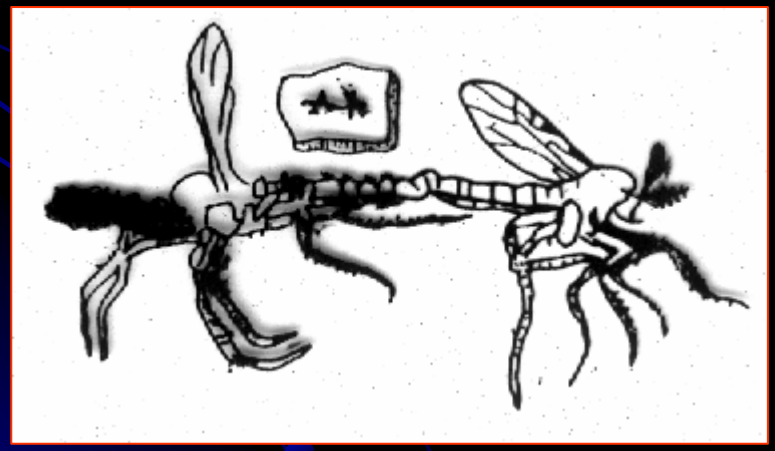
- 物理条件
  - 如高能水动力条件下生物尸体易被破坏
- 化学条件
  - 如水体pH值小于7.8时，$CaCO_3$易于溶解；氧化环境中有机质易腐烂
- 生物条件
  - 如食腐生物和细菌常破坏生物尸体

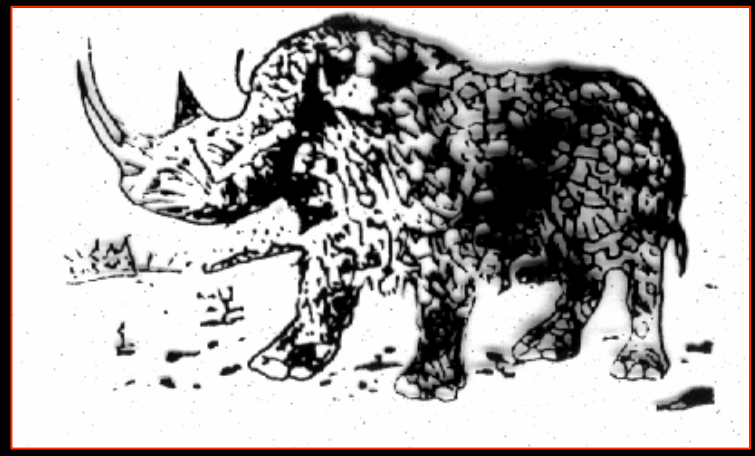
化石的形成条件

- 生物本身的条件
- 生物死后的环境条件
- 埋藏条件
- 时间条件
- 成岩石化条件

埋藏条件

- 与埋藏的沉积特性质有关
  - 圈闭较好的沉积物易于保存，如化学沉积物、生物成因的沉积物
    - 一些特殊的沉积物还能保存生物软体部分，如松脂、冰川冻土等





埋藏条件

- 与埋藏的沉积特性质有关
  - 圈闭较好的沉积物易于保存，如化学沉积物、生物成因的沉积物
    - 一些特殊的沉积物还能保存生物软体部分，如松脂、冰川冻土等
  - 具孔隙的沉积物中的古生物尸体易被破坏
- 基底上的内栖生物，以及一些表栖生物也能破坏沉积物内的生物遗体

化石的形成条件

- 生物本身的条件
- 生物死后的环境条件
- 埋藏条件
- 时间条件
- 成岩石化条件

时间条件

- 埋藏前的暴露时间
  - 及时埋藏有利于形成化石
  - 埋藏后不被再挖掘出来
- 石化作用时间
  - 经过地质历史时间的成岩石化作用
  - 短暂、近期内的生物埋藏不成为化石

化石的形成条件

- 生物本身的条件
- 生物死后的环境条件
- 埋藏条件
- 时间条件
- 成岩石化条件

成岩石化条件

埋藏的尸体与周围的沉积物一起，在漫长的地史成岩过程中，逐步石化，形成岩石的一个部分

石化作用petrifaction

- **埋藏在沉积物中的生物体，在成岩作用中经过物理化学作用的改造而成为化石的过程**

沉积物固结成岩过程中的压实作用和结晶作用都会影响化石的石化作用和化石的保存

化石的石化作用方式

- 矿质充填作用
  - 生物硬体组织中的一些空隙，经过石化作用被一些矿物质沉淀充填，使得生物硬体变得致密和坚硬
    - 充填作用可发生在生物硬体结构中，如贝壳的微孔、脊椎动物的骨髓；也可以发生在生物硬体结构之间，如有孔虫的房室、珊瑚的隔壁之间

化石的石化作用方式

- 矿质充填作用
- 置换作用
  - 在石化作用过程中，原来生物体组分被溶解，外来矿物质充填，如硅化、钙化、白云化、黄铁矿化等
    - 如果溶解速度等于充填速度，原生物体的微细结构可以保存下来
    - 如果溶解速度大于充填速度，则原来的微细结构难以再现

化石的石化作用方式

- 矿质充填作用
- 置换作用
- 碳化作用
  - 石化作用过程中，生物遗体中不稳定的成分分解和升馏挥发，仅留下较稳定的碳质薄膜保存为化石
    - 通常是几丁质的生物体发生此石化作用，如植物叶化石、笔石枝化石等

化石的形成条件

古生物→死亡→埋藏→石化→发掘



化石的形成条件（小结）

化石记录的不完备性

- 现今我们能够在地层中观察到的化石仅是各地史时期生存过的生物群中极小的一部分
- 现生生物：已记录170多万种，估计有500-1000多万种
- 古生物：已记录13万多种，大量未知

化石的形成

- 化石的定义
- 化石的形成条件
- 化石的保存类型
- 化石的研究方法
- 化石的分类与命名

化石的保存类型

- 实体化石
- 模铸化石
- 遗迹化石
- 化学化石

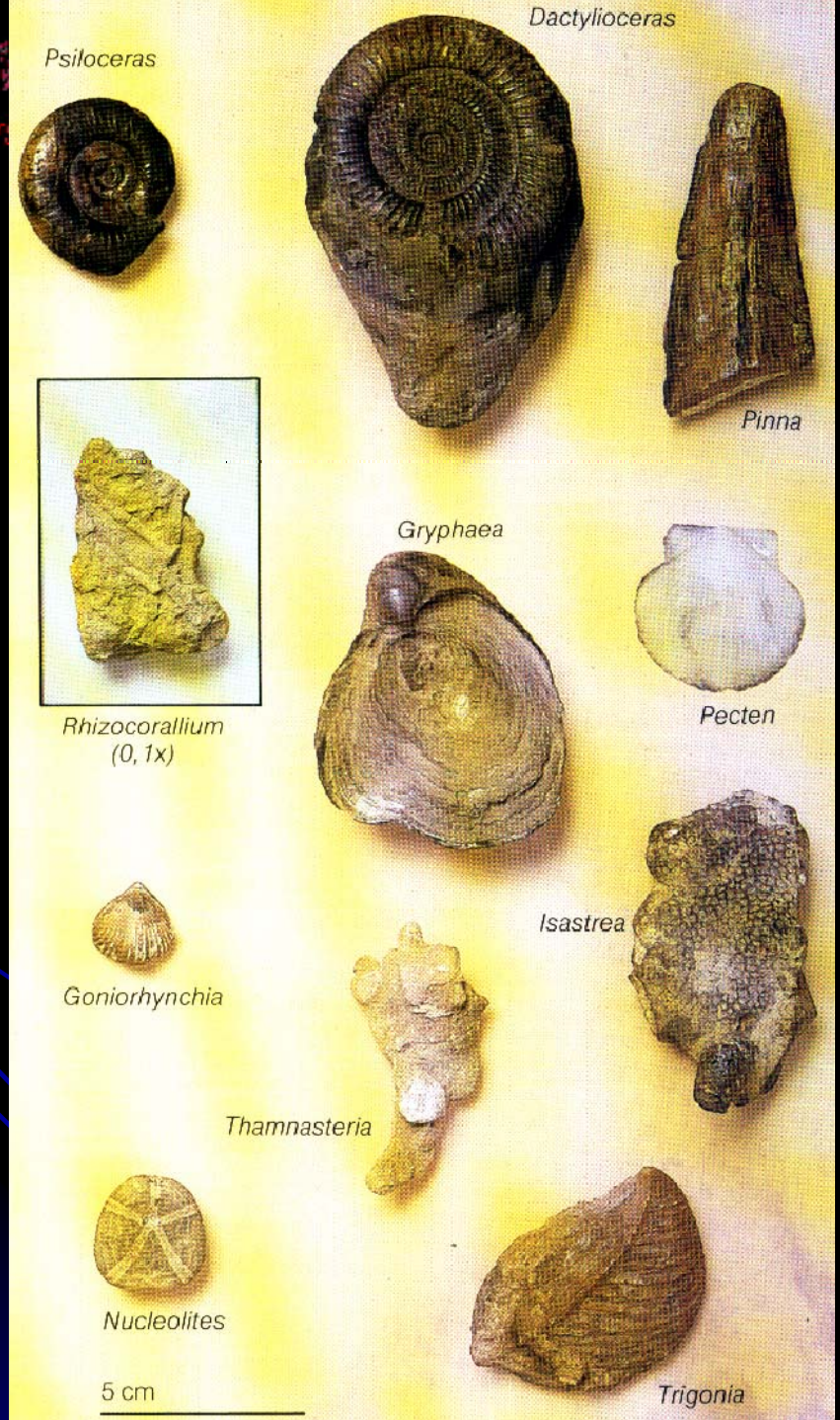
实体化石body fossil

全部生物遗体或部分生物遗体的化石



实体化石

全部生物遗体的实体化石



实体化石

部分生物遗体的实体化石



实体化石

部分生物遗体的实体化石

化石的保存类型

- 实体化石
- 模铸化石
- 遗迹化石
- 化学化石

模铸化石

mode and cast fossil

保存在岩层中生物体的印模和铸型

模铸化石

根据化石与围岩的关系分成4类：

- 印痕化石
- 印模化石
- 核化石
- 铸型化石

印痕化石

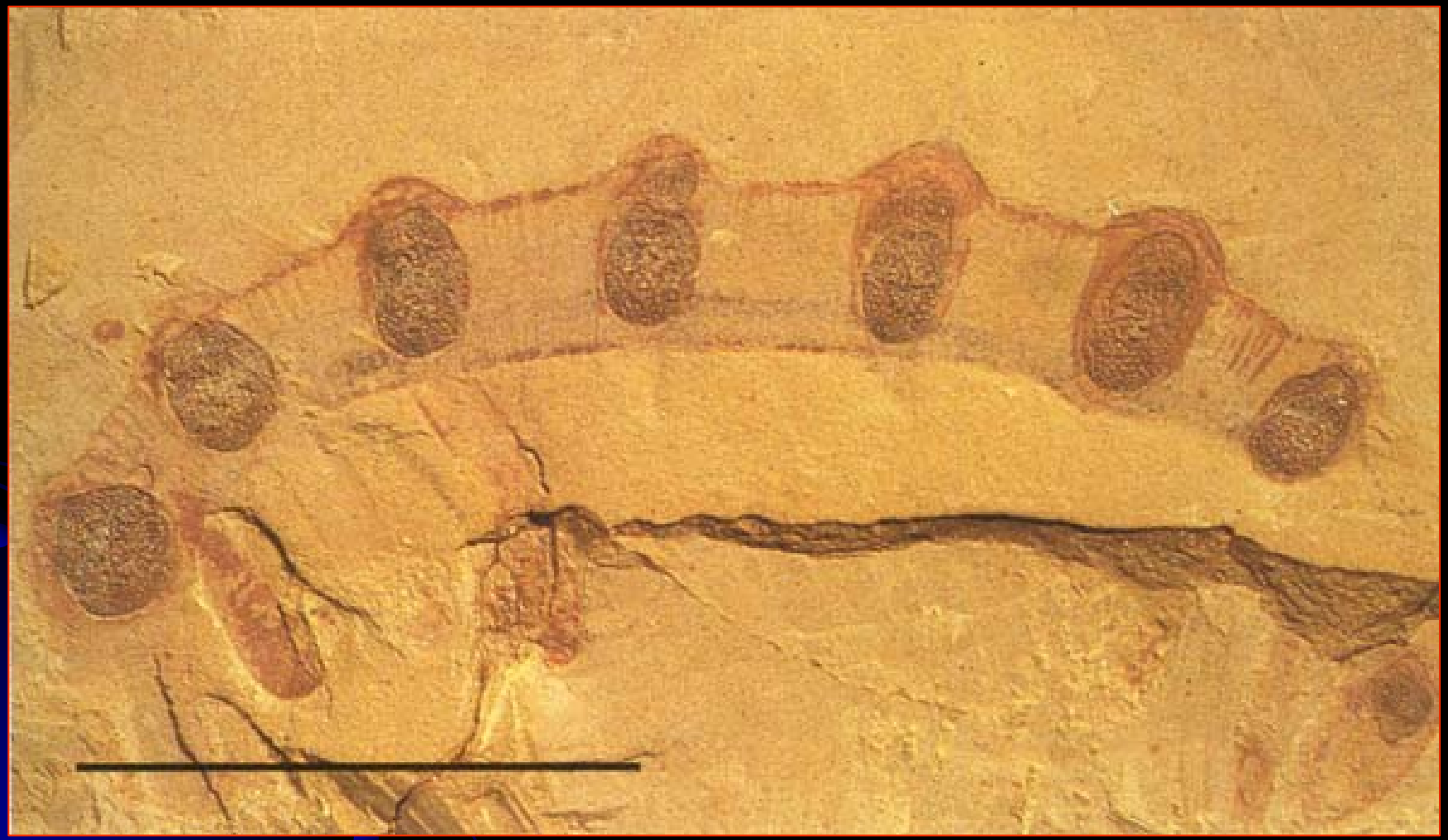
impression fossil

生物软体在围岩上留下的印痕

怪诞虫



中华微纲虫



模铸化石

- 印痕化石
- 印模化石
- 核化石
- 铸型化石

印模化石mold fossil

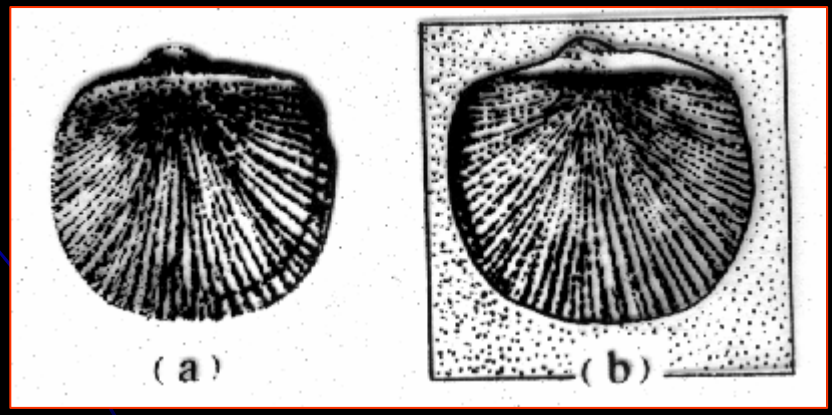
生物硬体在围岩表面上的印模

包括：外模、内模、复合模

印模化石

外模external mold

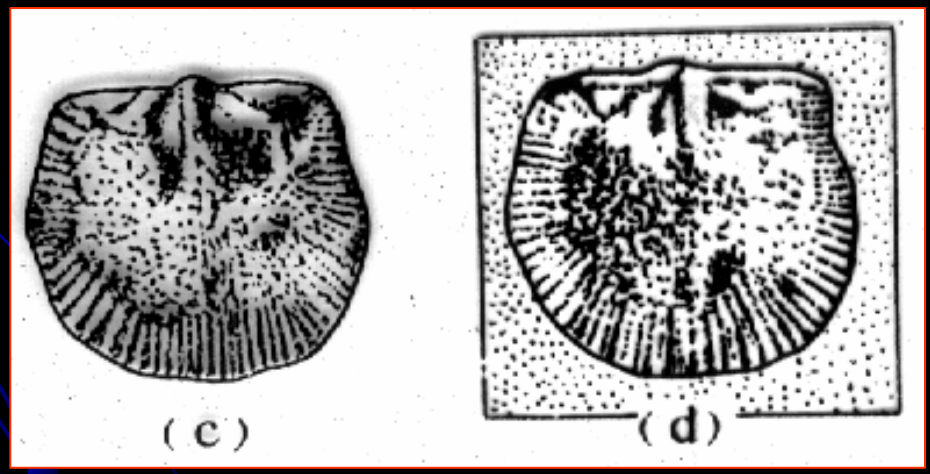
生物**硬体外表面**在围岩上的印模



印模化石

内模internal mold

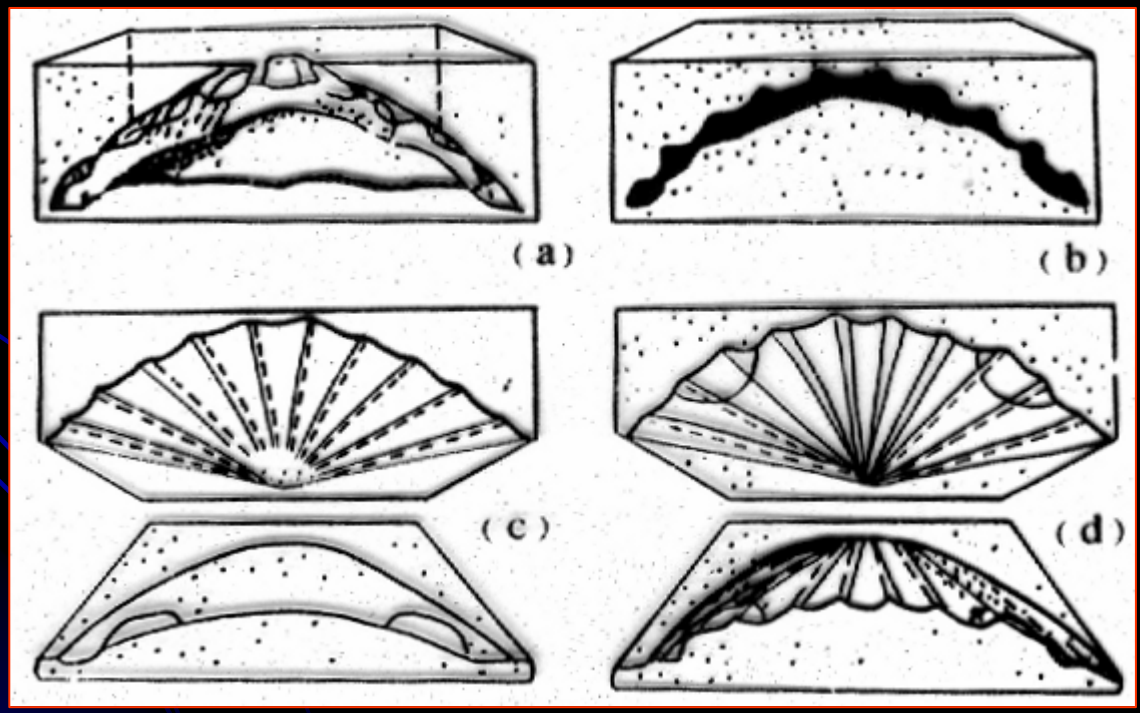
生物硬体内表面在围岩上的印模



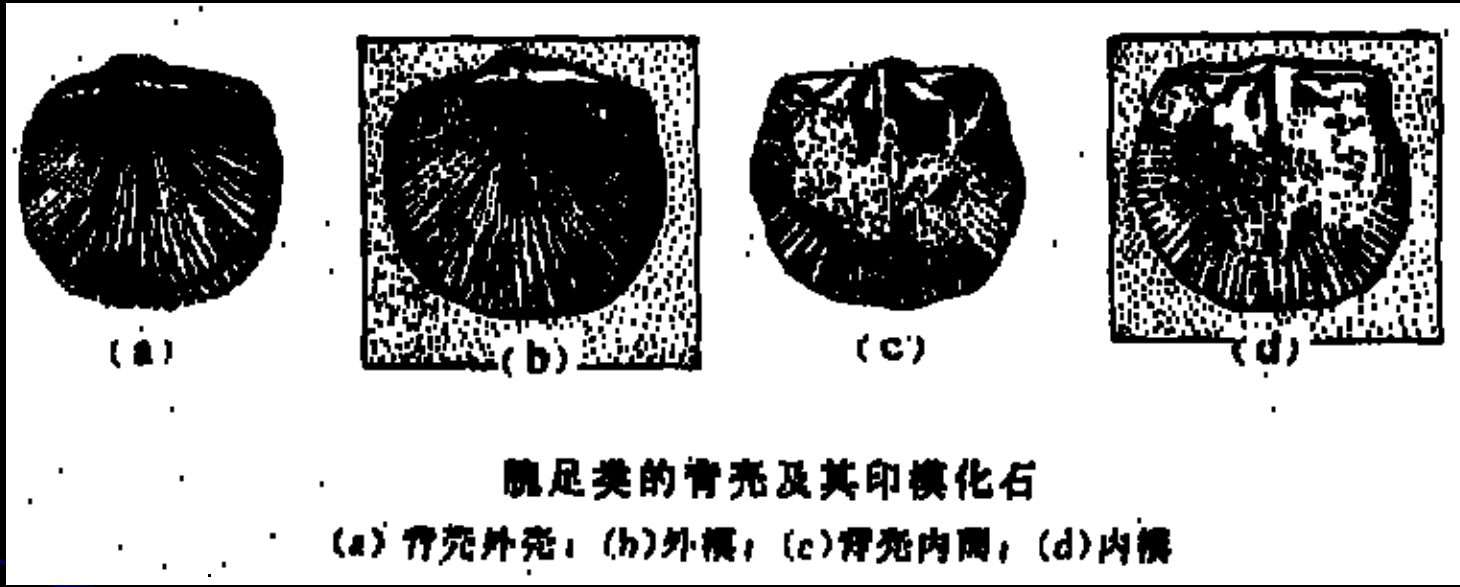
印模化石

复合模composite mold

内模和外模重叠在一起的化石



印模化石



腕足类的背壳及其印模化石

(a) 背壳外壳；(b)外模；(c)背壳内面；(d)内模

- 注意印模化石上所反映的纹饰和构造与生物体实际情况，正好凸凹方向相反。

模铸化石

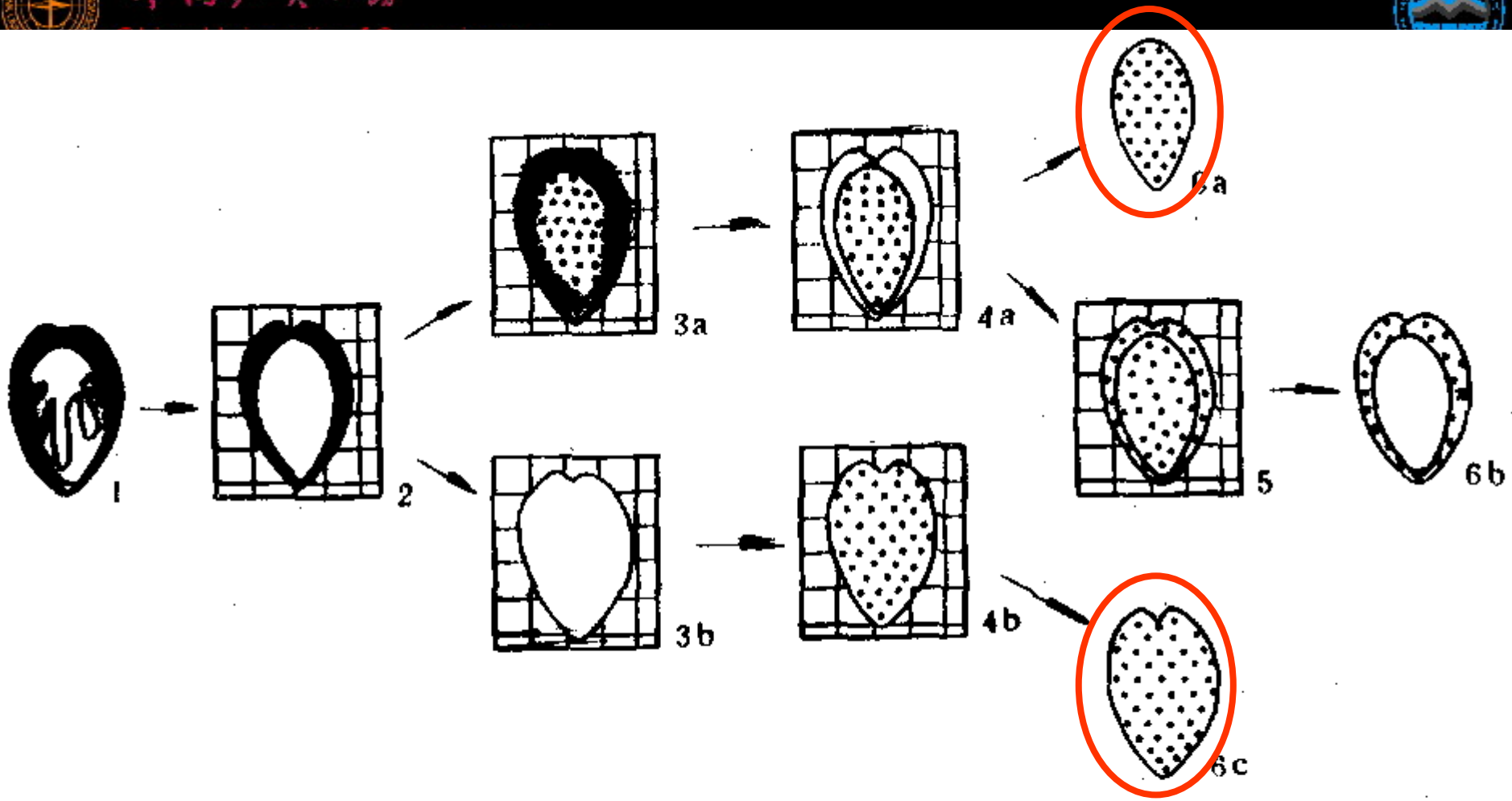
- 印痕化石
- 印模化石
- 核化石
- 铸型化石

核化石core fossil

生物硬体所包围的内部空间或生物硬体溶解后形成的空间，被沉积物充填固结形成的化石

内核internal core

外核external core



模铸化石及其形成过程

1. 双壳类壳瓣及内部软体；2. 埋藏后软体腐烂；3a. 壳内被充填；3b. 壳瓣溶解；4a. 壳瓣溶解；4b. 原壳体所占空间被充填；5. 原壳瓣处被充填；6a. 内核；6b. 铸型；6c. 外核

模铸化石

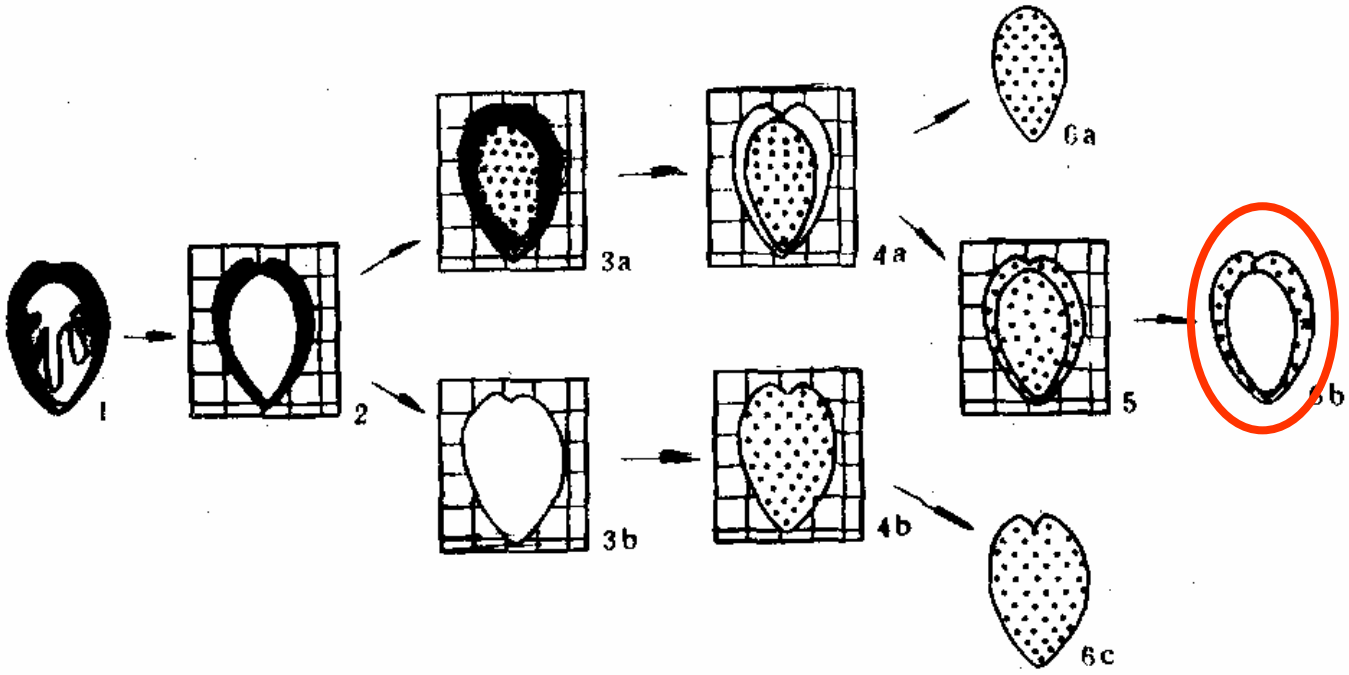
- 印痕化石
- 印模化石
- 核化石
- 铸型化石

铸型化石cast fossil

原壳体被全部溶解后，沉积物在原空间再次充填形成的化石

铸型化石

铸型化石的形成过程



模铸化石及其形成过程

1. 双壳类壳瓣及内部软体；2. 埋藏后软体腐烂；3a. 壳内被充填；3b. 壳瓣溶解；4a. 壳瓣溶解；4b. 原壳体所占空间被充填；5. 原壳瓣处被充填；6a. 内核；6b. 铸型；6c. 外核

铸型化石

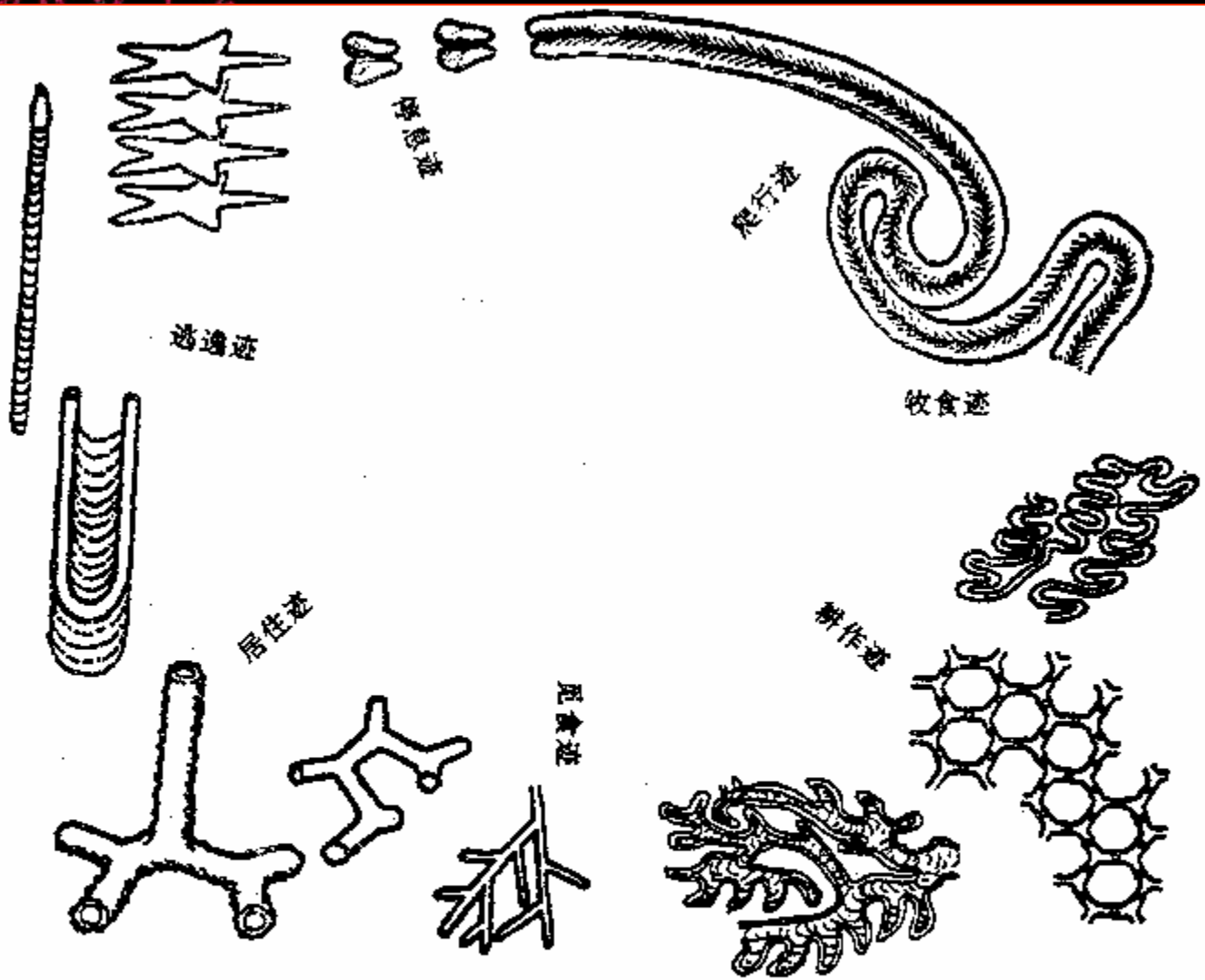
- 铸型化石在大小、形态和表面装饰等方面与原生物体一致，但内部构造完全不同。
- 它是在内核（或内模）和外模形成后，壳体被全部溶解，在所溶空间中沉积物充填而成。

化石的保存类型

- 实体化石
- 模铸化石
- 遗迹化石
- 化学化石

遗迹化石ichnofossil

保存在岩层中古代生物活动留下的痕迹和遗物

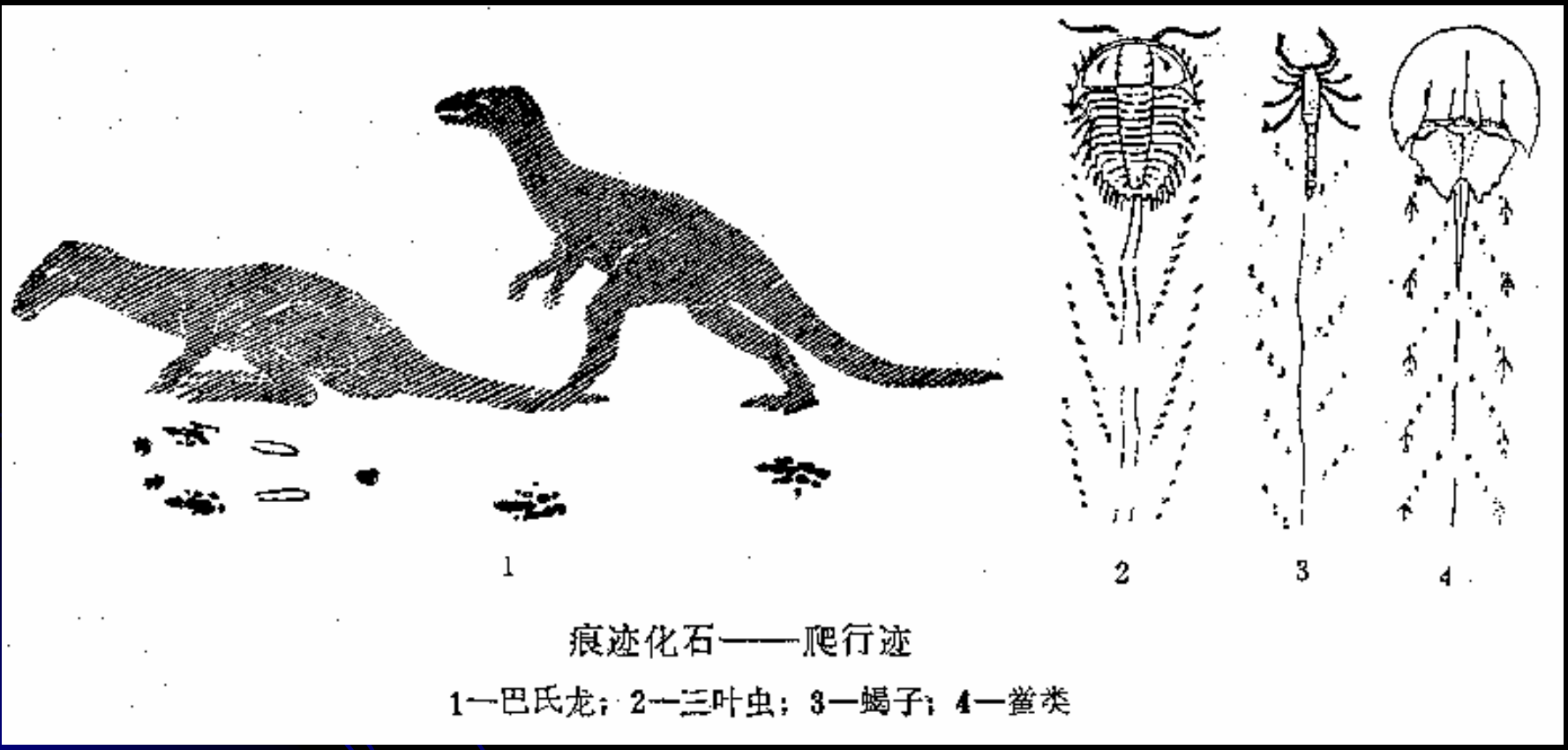


遗迹化石行为习性举例

爬行迹：*Cruziana*；牧食迹：*Cosmorhipha*；耕作迹：*Paleodictyon*；觅食迹：*Phycosiphon*和*Chondrites*；居住迹：*Thalassinoides*和*Ophiomapha*；逃逸迹：*Diplocraterion*和*Gastrochaenolites*；停息迹：*Asteriactes*和*Rusophycus*

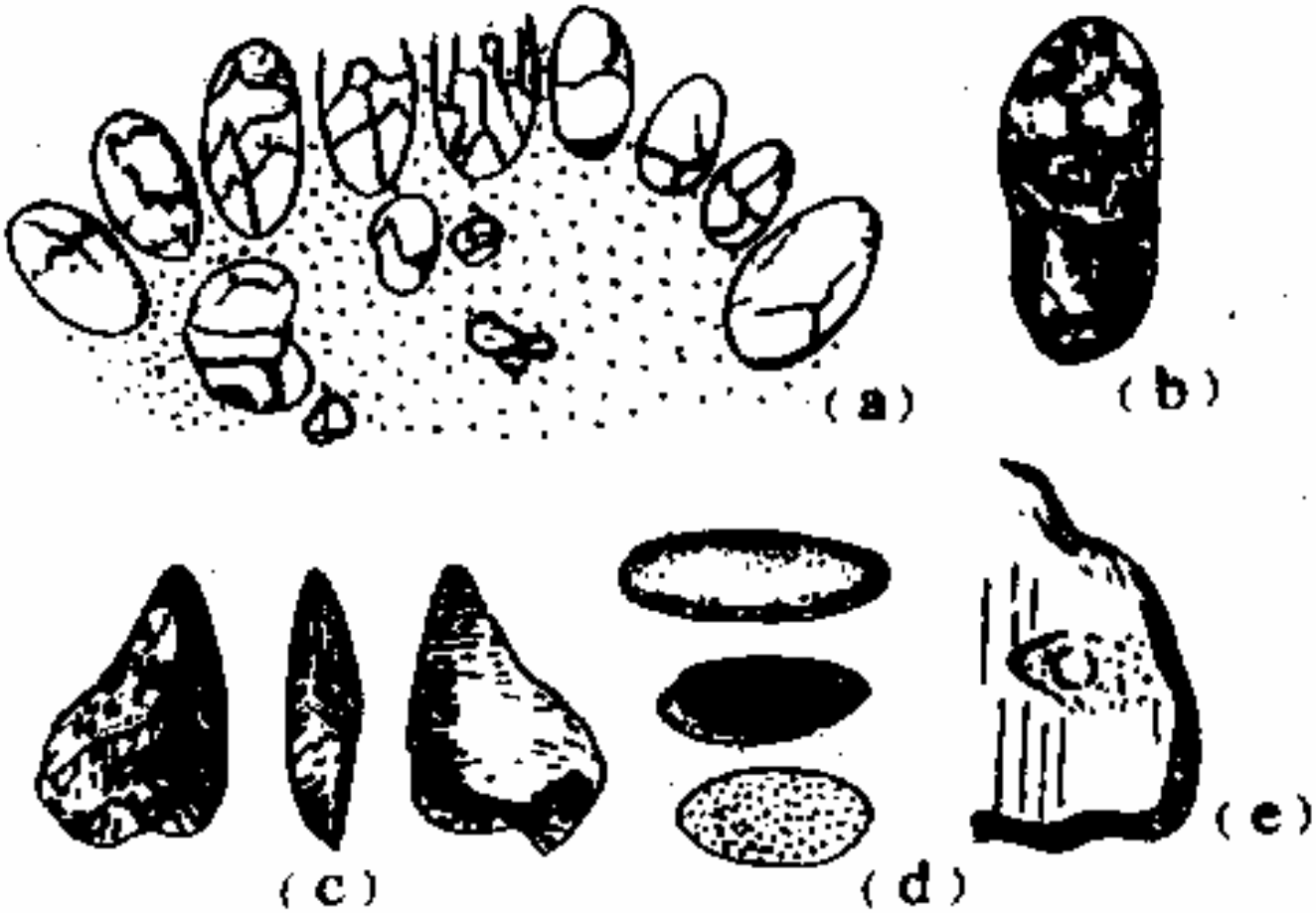
遗迹化石

遗迹化石



痕迹化石——爬行迹

1—巴氏龙；2—三叶虫；3—蝎子；4—鲨类



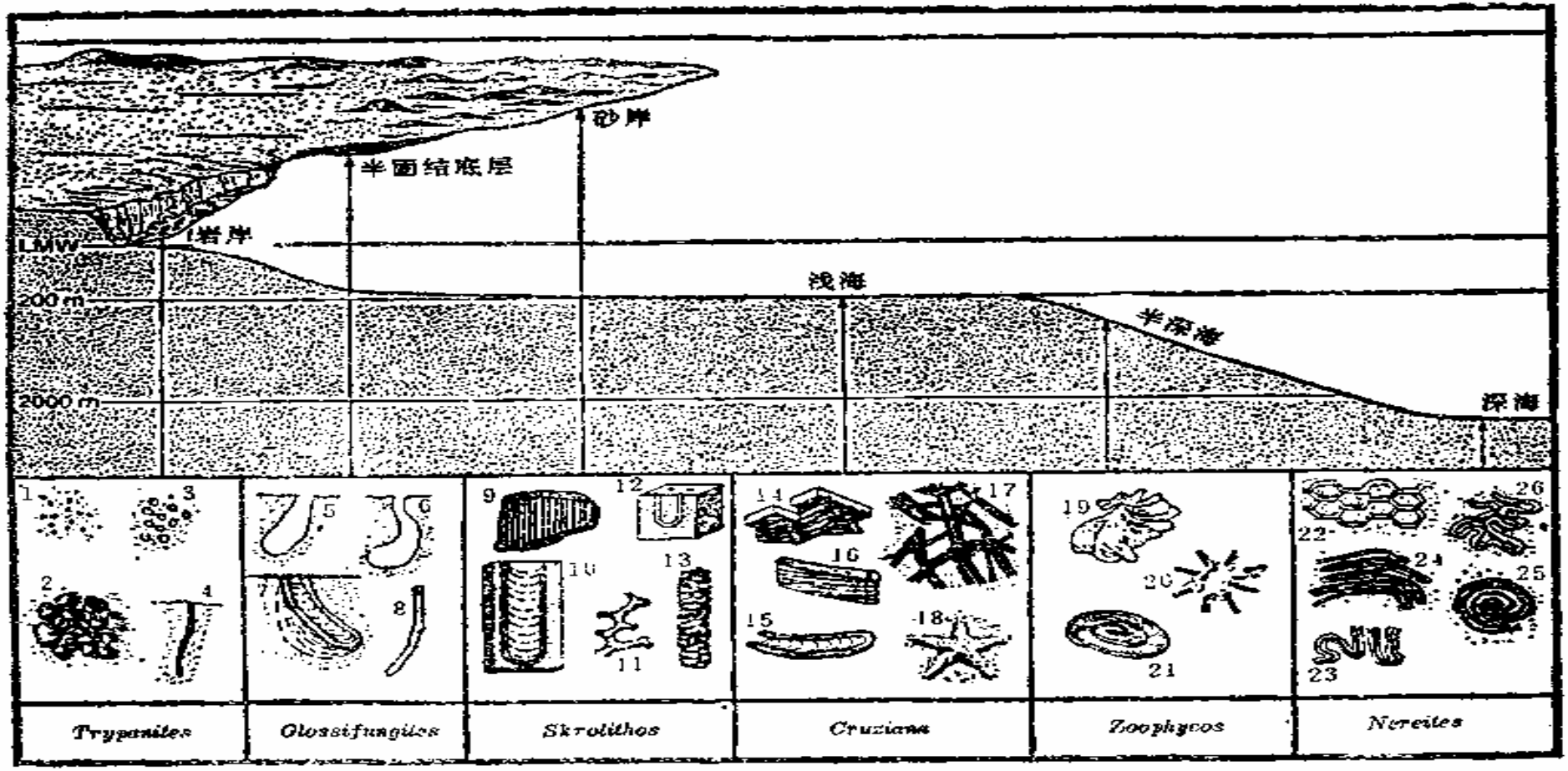
遗迹化石（引自张水辂等，1988）

(a) 成窝的恐龙蛋化石；(b) 鱼粪化石；(c) 北京周口店山顶洞人的石器；(d) 粪粒化石；(e) 牡蛎壳上的化石珍珠

遗迹化石

遗迹化石

- 遗迹化石对于研究生物的生活习性、生活方式及生活环境具有重要意义。



常见遗迹相与深度分布关系

化石的保存类型

- 实体化石
- 模铸化石
- 遗迹化石
- 化学化石

化学化石 chemical fossil

分子化石 molecular fossil

分解后的古生物有机组分残留

在地层中形成的化石

化学化石

- 古生物有机质软体虽在石化作用过程中遭受破坏，未能形成化石，但分解后的有机组分，如脂肪酸、氨基酸等，仍可残留在岩层中。
- 这些残留物质仍具有一定的有机化学分子结构，利用一些现代化的手段和分析设备，可以从岩层中将其鉴别和分离出来。
  - 分子古生物学molecular paleontology
  - 古生物化学paleobiochemistry
  - 生物成矿作用biometallogenesis
- 对探索生命起源、生物演化及生物成因的矿产探寻和开发具有重要意义。

化石的保存类型

- 实体化石
  - 硬体
  - 软体
- 模铸化石
  - 印痕化石
  - 印模化石
    - 内模
    - 外模
    - 复合模
  - 核化石
    - 内核
    - 外核
  - 铸型化石
- 遗迹化石
  - 痕迹
  - 遗物
- 化学化石
  - 分子化石

72