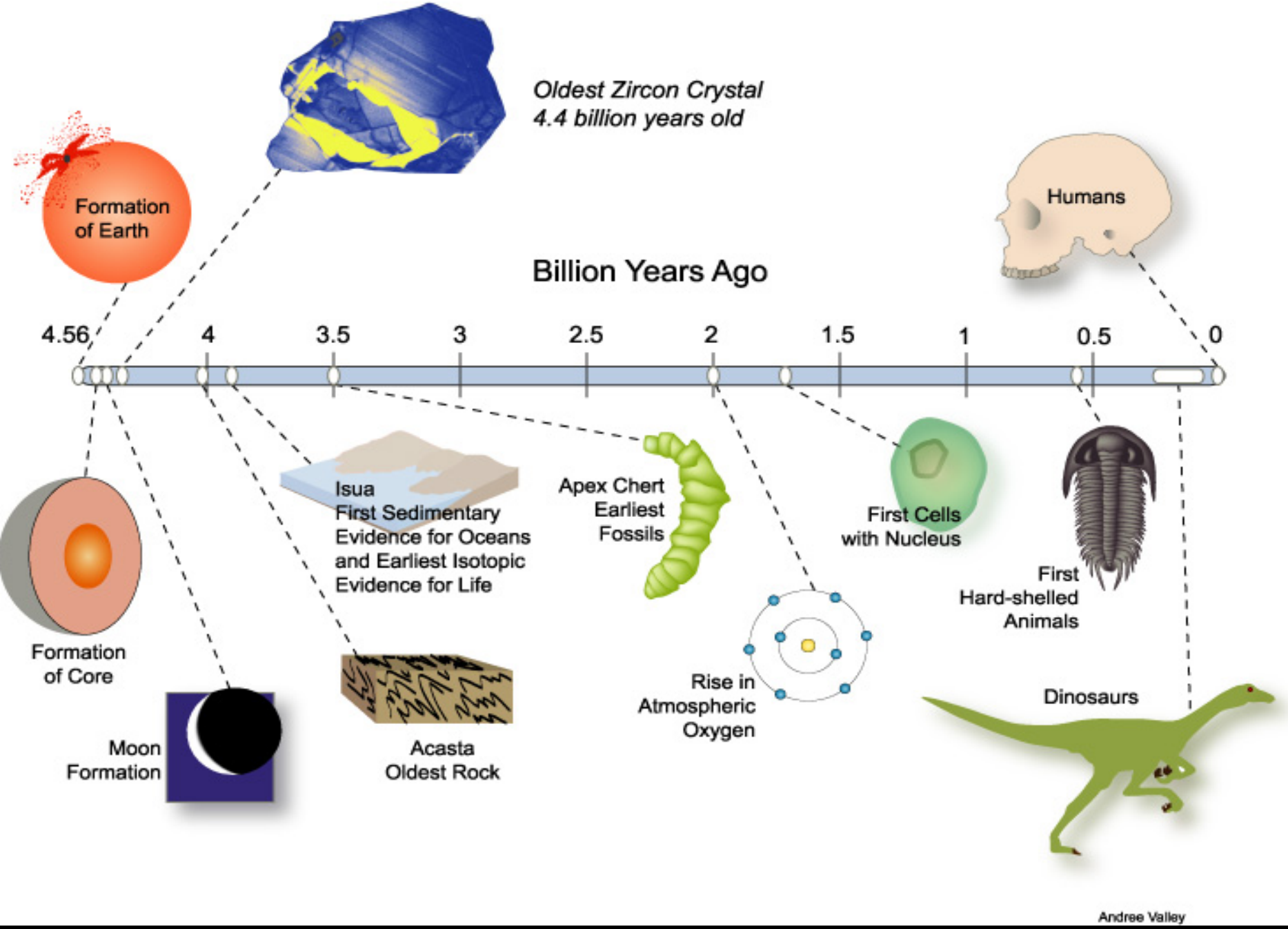
生命的起源与生物进化

- 生命的起源
- 早期生物演化
- 显生宙的生物演化
- 物种的形成
- 生物进化的特点和规律

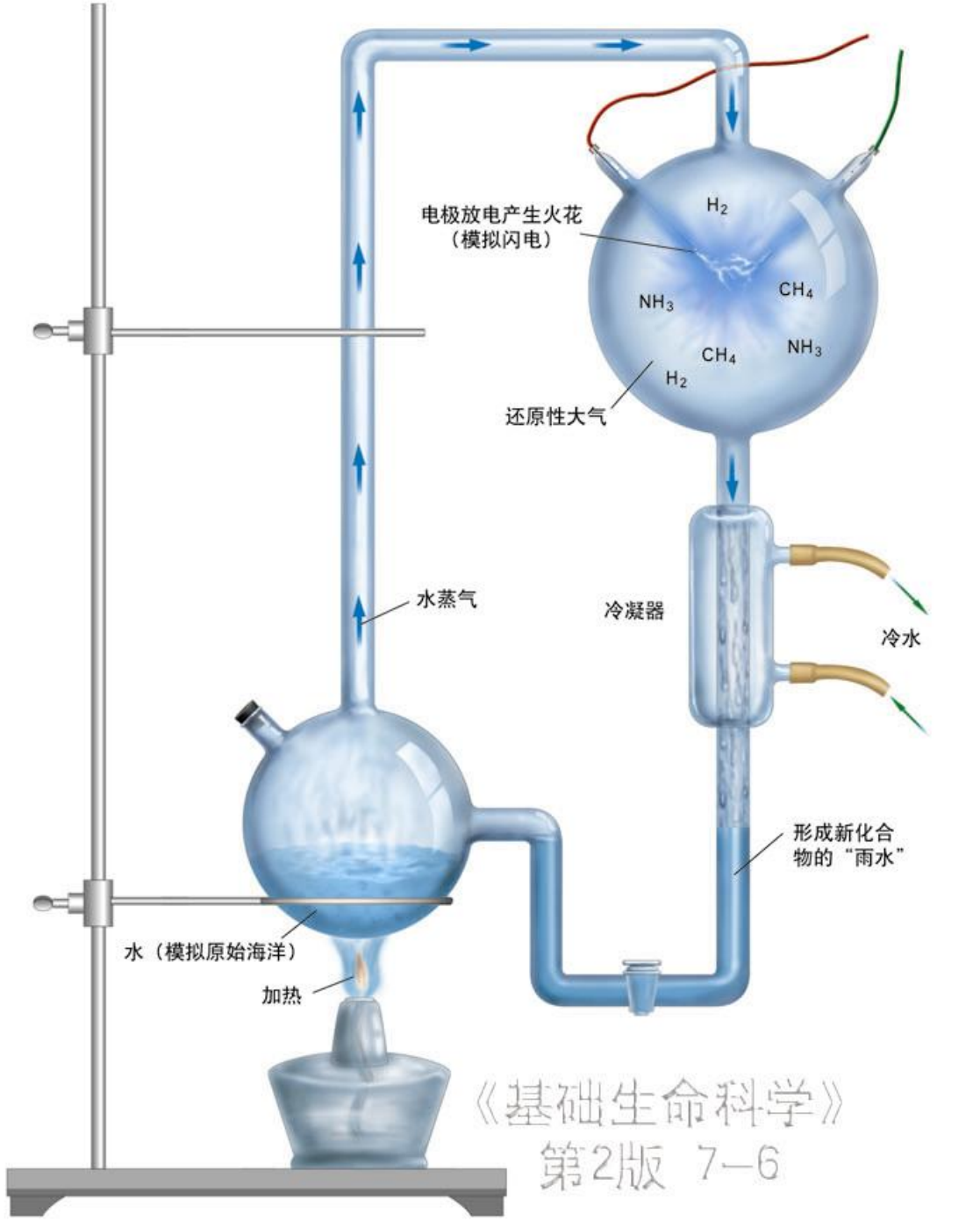

Oldest Zircon Crystal
4.4 billion years old
Formation of Earth
Humans
Billion Years Ago
4.56
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Isua
First Sedimentary Evidence for Oceans and Earliest Isotopic Evidence for Life
Apex Chert
Earliest Fossils
First Cells with Nucleus
First Hard-shelled Animals
Formation of Core
Moon Formation
Acasta
Oldest Rock
Rise in Atmospheric Oxygen
Dinosaurs
Andree Valley

生命的起源

两种假说

外星来源说：银河系别的星球上的生命（细菌或孢子）传到地球上

- 地球发生说：地球上的无机物在特定的物理化学条件下形成的各种有机化合物，经过一系列变化后转变为有机体



生命起源

吴庆余, 2002

生命的起源

地球上生命产生过程的三个阶段

- 有机化合物形成：N、H元素和H_2O、CO、H_2S、甲烷等无机化合物——→氨基酸、核苷酸、单糖等有机化合物
- 生物大分子形成：有机化合物——→甘氨酸、蛋白质、核酸等生物大分子
- 生命形成：多个生物大分子聚集，形成以蛋白质和核酸为基础的多分子体系，它具有初步的生命现象——从周围环境中吸取营养，将废物排出体系

生命的起源与生物进化

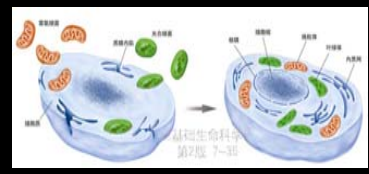
- 生命的起源
- 早期生物演化
- 显生宙的生物演化
- 物种的形成
- 生物进化的特点和规律

地球早期生命演化——最具挑战性课题

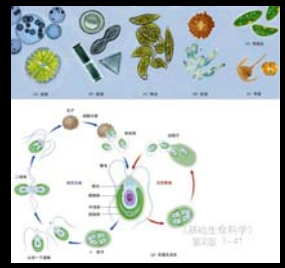
（1）生命　　无 → 有



（2）细胞　　原核 → 真核



（3）个体　　单细胞 → 多细胞



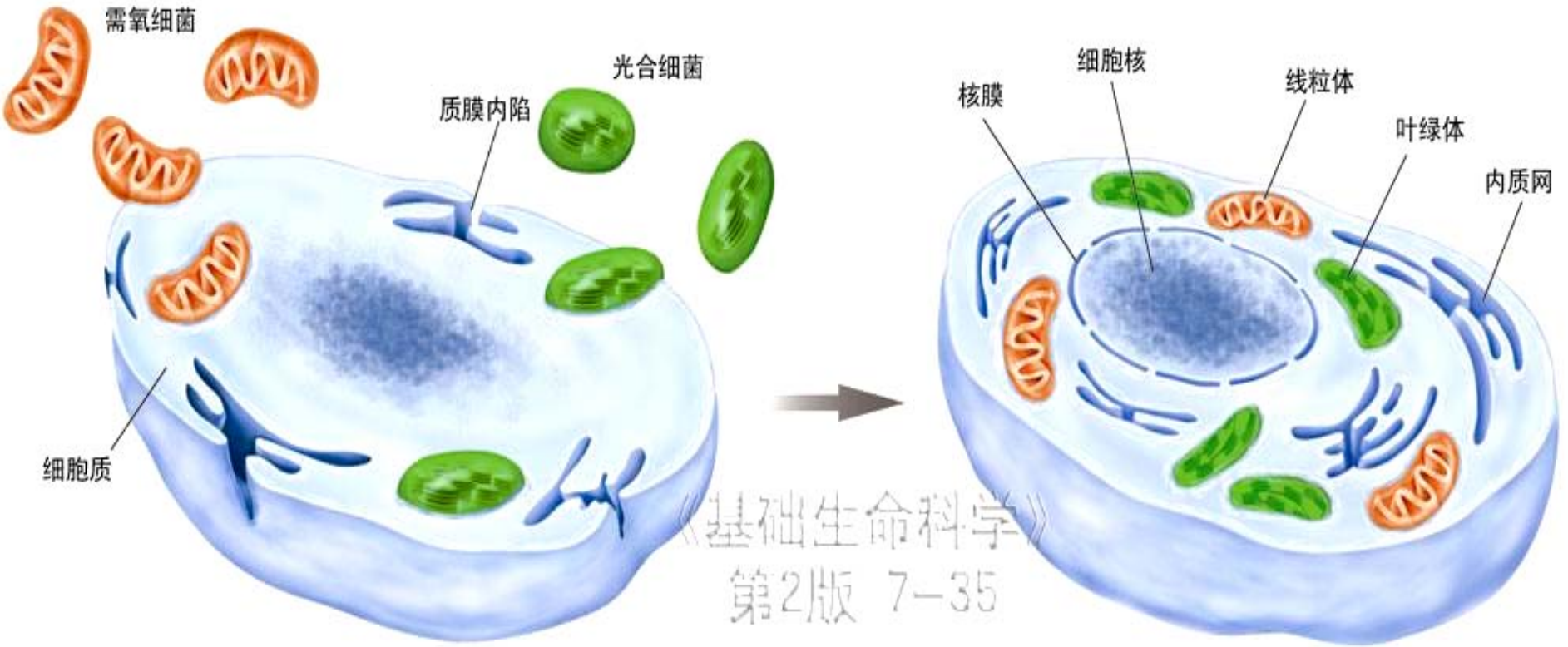


（4）前寒武纪地球环境距今久远、未知领域多、与现今差异大

（5）生命、地球、环境、进化：
科学意义重大，创新性强

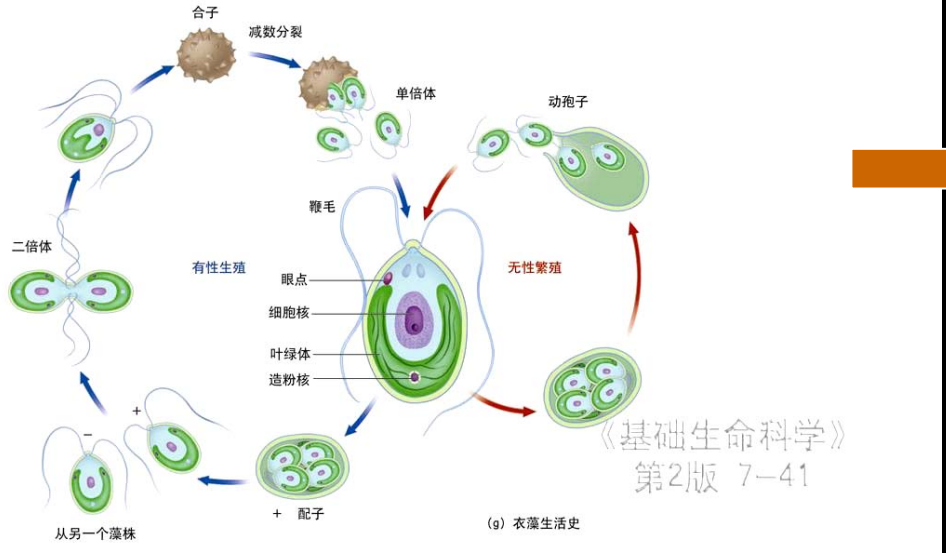


真核细胞起源的内共生学说　实验证据



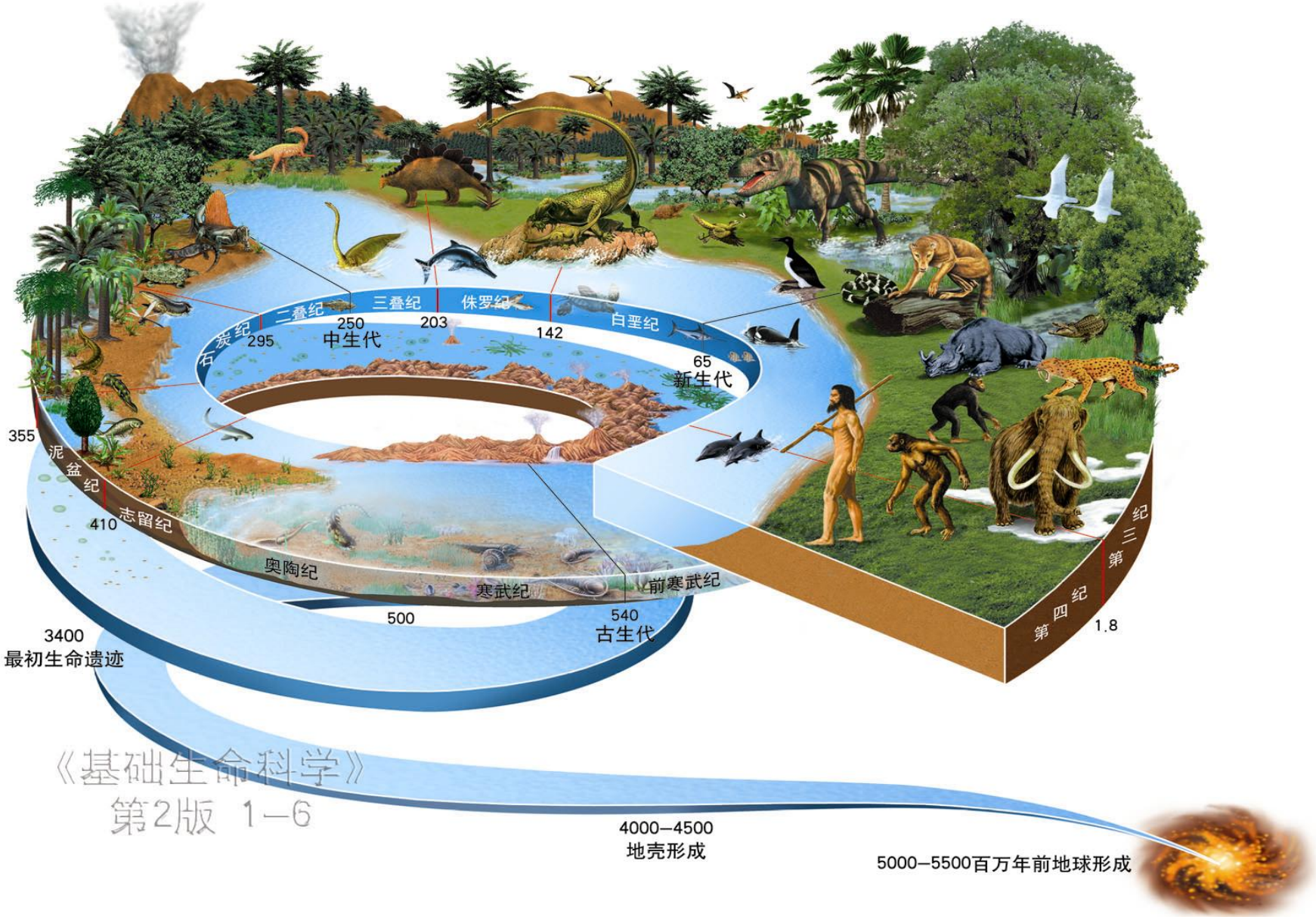
吴庆余, 2002


(a) 绿藻
(b) 硅藻
(c) 眼虫
(d) 金藻
(e) 草履虫
(f) 甲藻


合子
减数分裂
单倍体
动孢子
鞭毛
二倍体
有性生殖
眼点
细胞核
叶绿体
造粉核
无性繁殖
+
−
+ 配子
从另一个藻株
(g) 衣藻生活史
《基础生命科学》
第2版 7—41


(a)地钱
精子器托
和精子器
颈卵器托
和颈卵器
叶状体
胞芽
假根
芽杯
雄配子体
雌配子体
《基础生命科学》
第2版 8—1
(b)葫芦藓
孢子体
颈卵器
雌枝
雄枝
假根
精子器
配子体（拟茎叶体）

多细胞生物的起源问题



《基础生命科学》
第2版 1–6

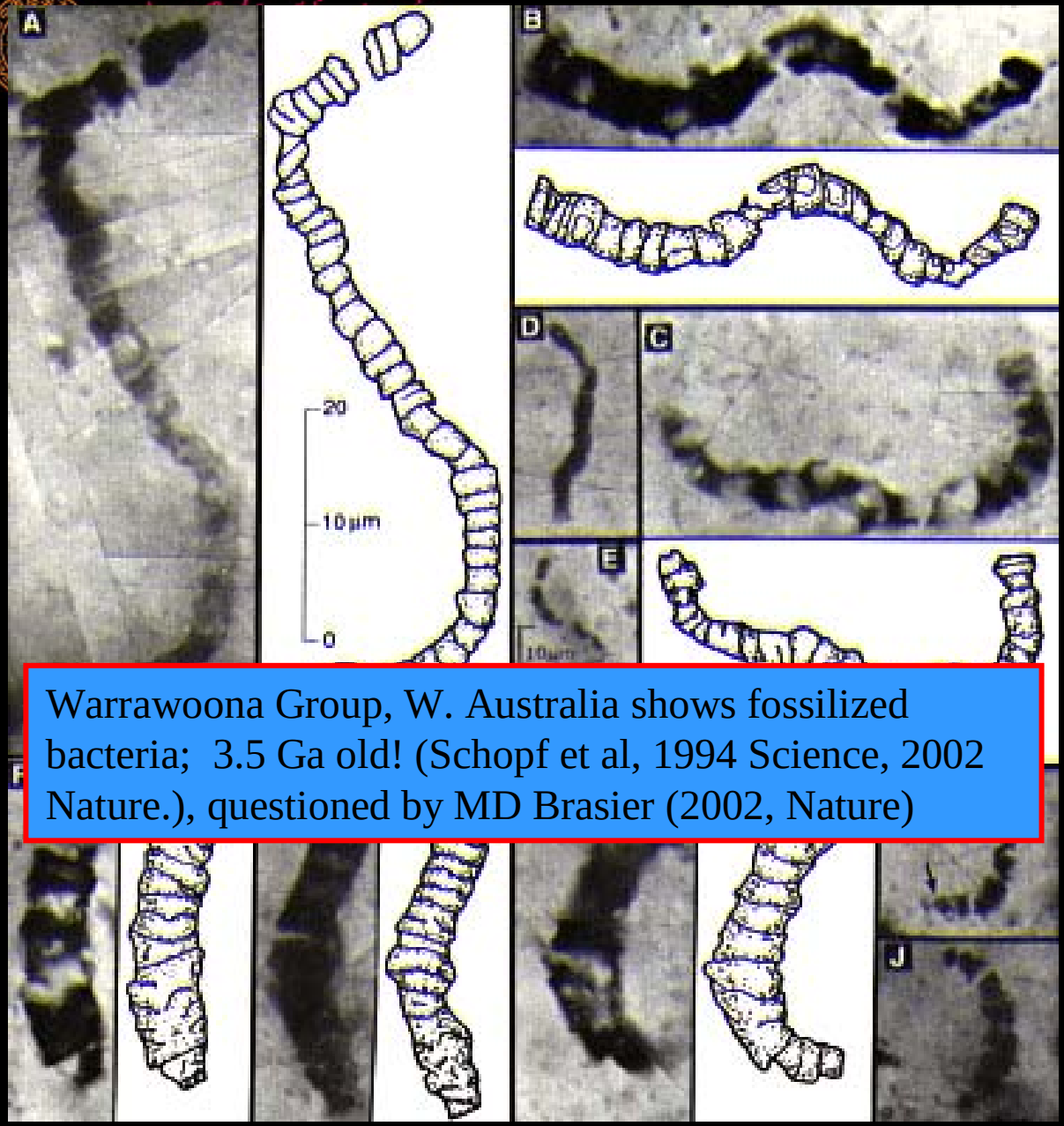
地球环境距今久远、未知领域多、与现今差异大
生命、地球、环境、进化——科学意义重大，创新性强

吴庆余, 2002

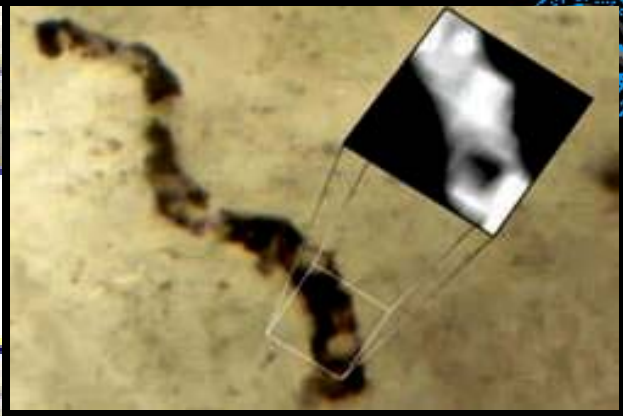
早期生物演化

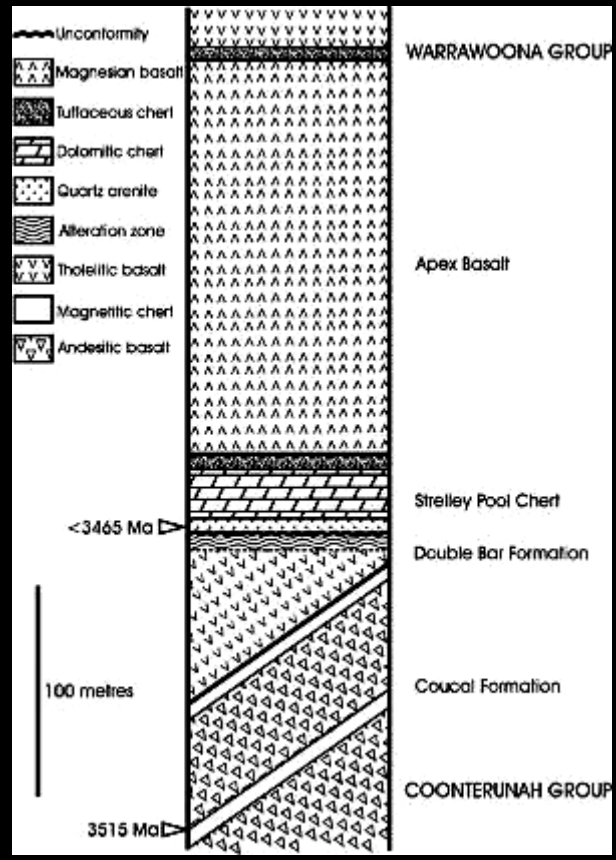
早期生物演化的4次重大事件

- 从非生物的化学进化发展到生物进化
  - 最早化石记录35-38亿年
- 生物分异
  - 20亿年前大气开始充氧
- 从原核生物演化到真核生物
  - 真核生物出现于18亿年前，繁盛于10亿年前
- 后生动物出现
  - Ediacara动物群(5.9-7.0亿年)

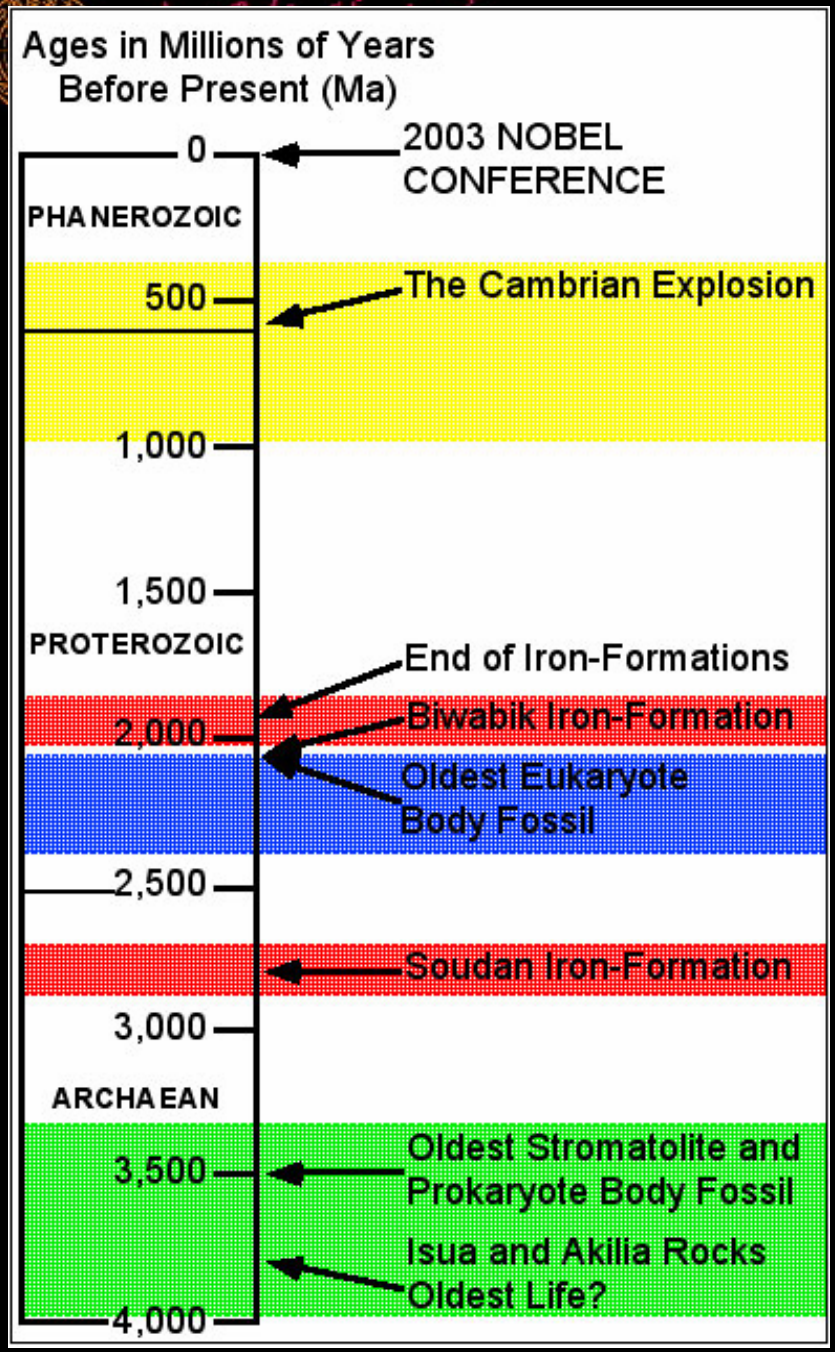


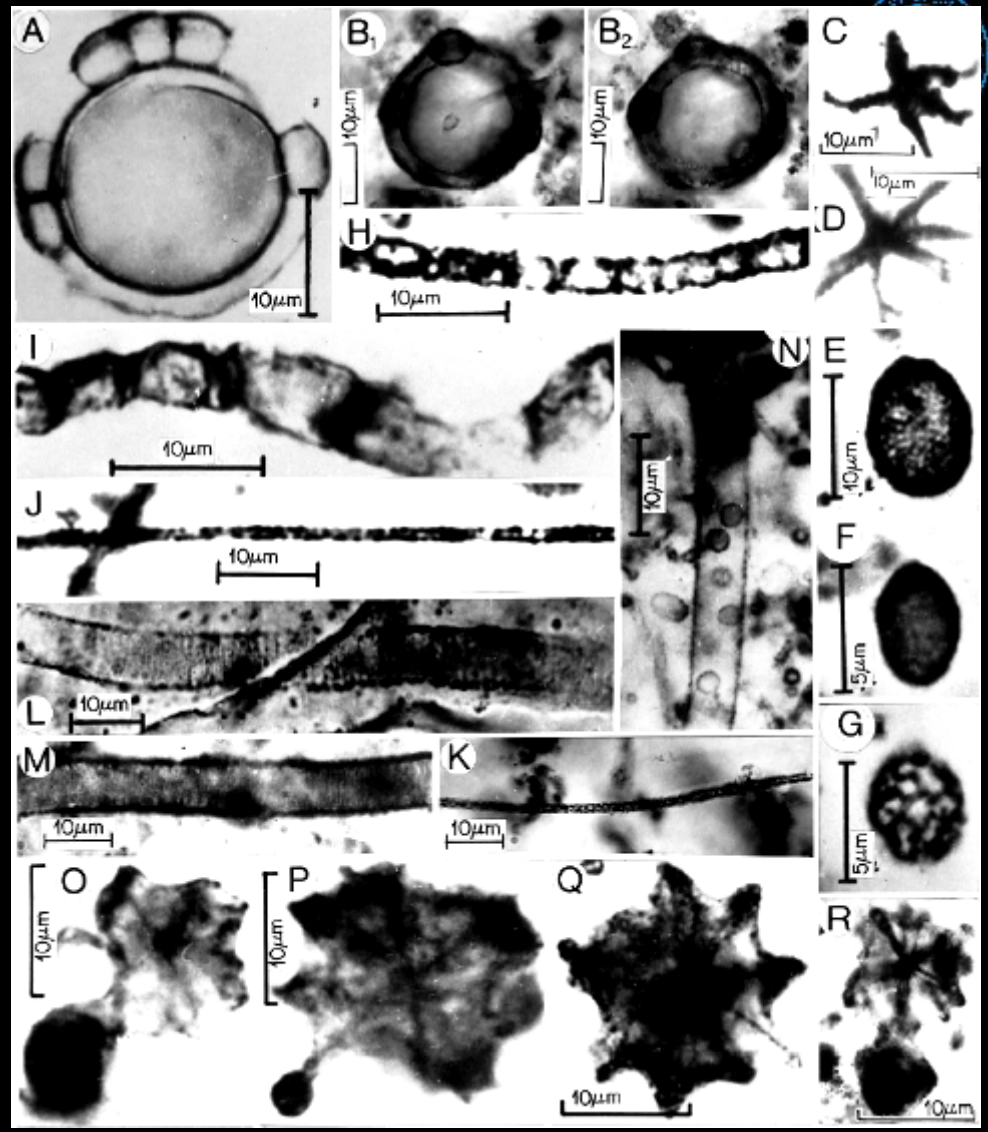
Warrawoona Group, W. Australia shows fossilized bacteria; 3.5 Ga old! (Schopf et al, 1994 Science, 2002 Nature.), questioned by MD Brasier (2002, Nature)





Apex Chert (**3.5Ga**), W. Australia; oldest prokaryote fossils





Schopf JW, 2000, PNAS, **2.1Ga**,
Gunflint Chert, Canada
Eukaryotes ? + Cyanobacteria

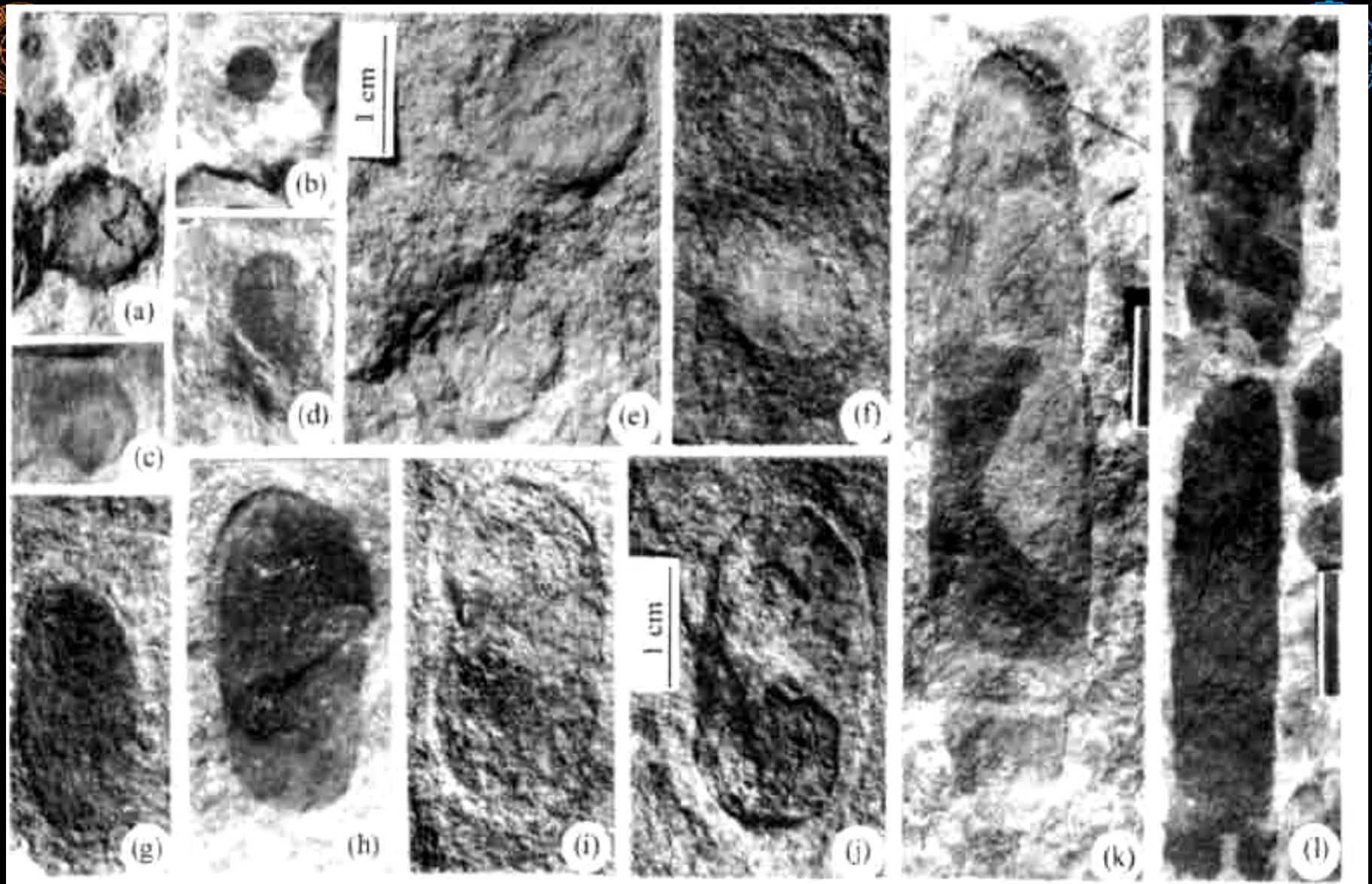


图 2　燕山长城群常州沟组的碳质压型化石

Zhu SX et al,1999, Chin Sci Bull, (macroscopic algae fossils from Changzhougou Fm, Hebei, ca **1.7Ga**)

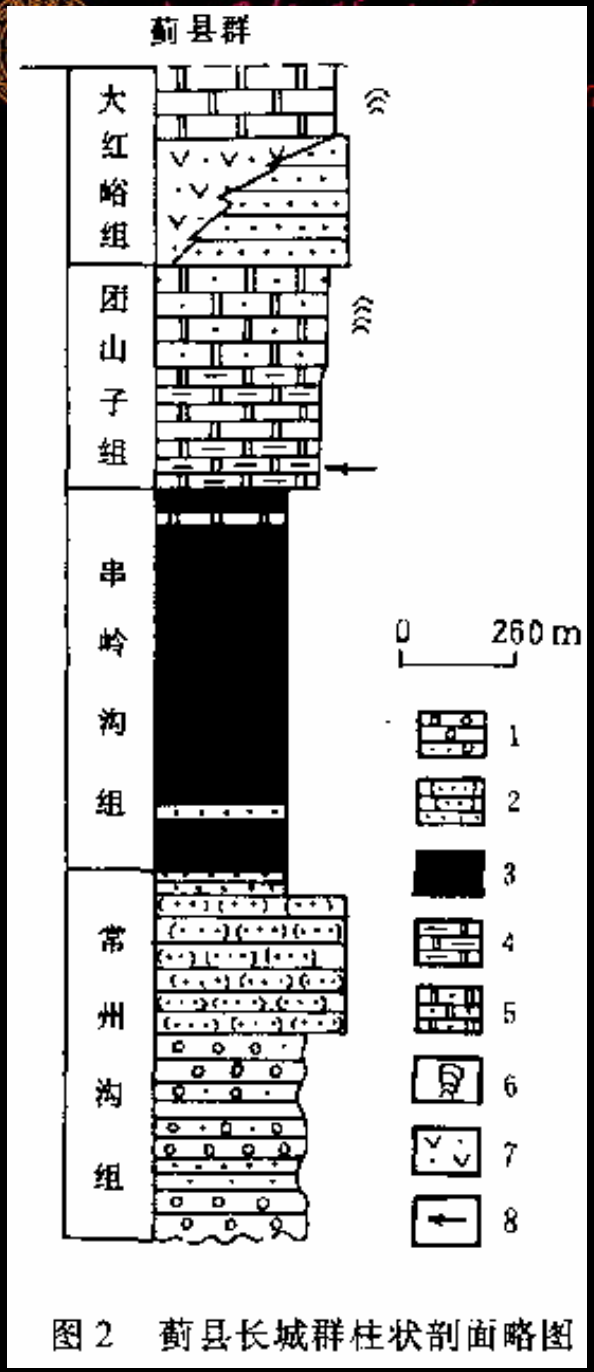


图 2　蓟县长城群柱状剖面略图

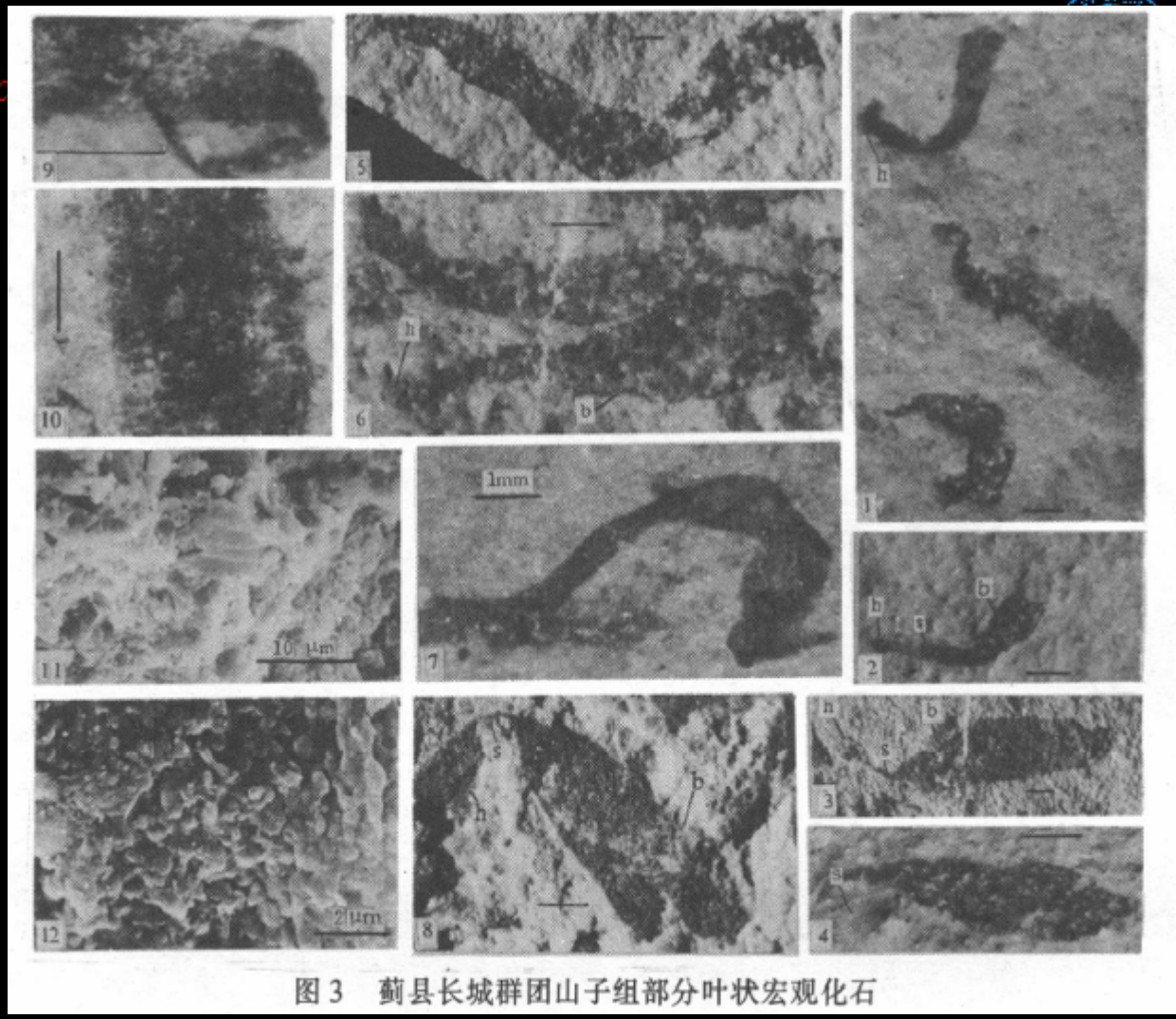


图 3　蓟县长城群团山子组部分叶状宏观化石

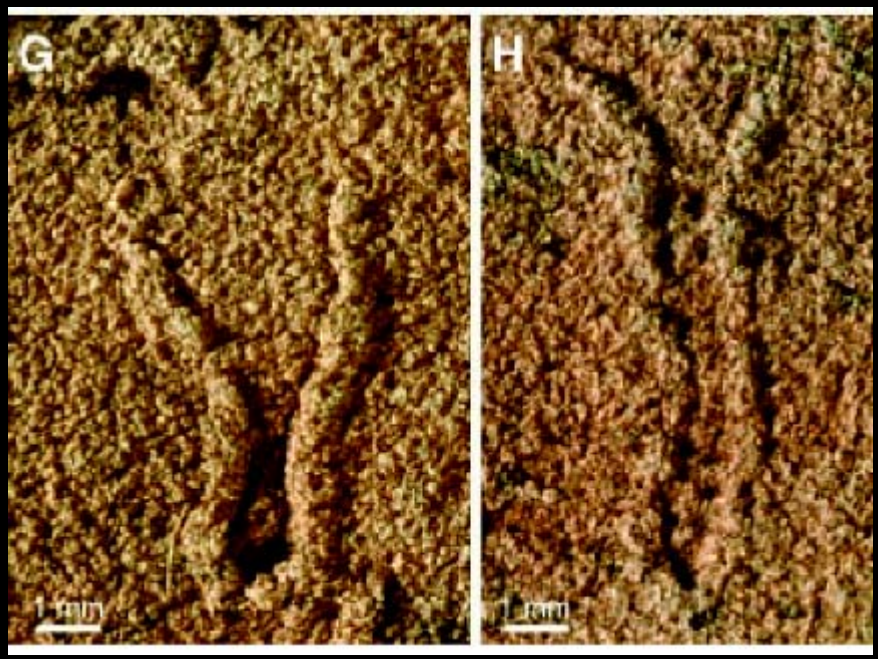
Zhu et al, 1995, Chi Sci Bull, 40(12)
(Macrospcopic algae fossils
from Tuashanzi Fm. ,ca **1.65Ga**, Tianjin)



Discoidal Impressions & Trace-Like Fossils

SW Australia, Stirling Range Fm; between **2.02 to 1.21Ga**, tidal sandstone

Possibly motile vermiform organism



Morris SC, 2002, Sci, 298: 57

- author's explanation unfavorable;
- with special structures,
- not metazoan, biogenetic origin
- may related to folded microbial mat

Rasmussen B. et al, 2002, Science, 296: 1113

Ediacara Fauna







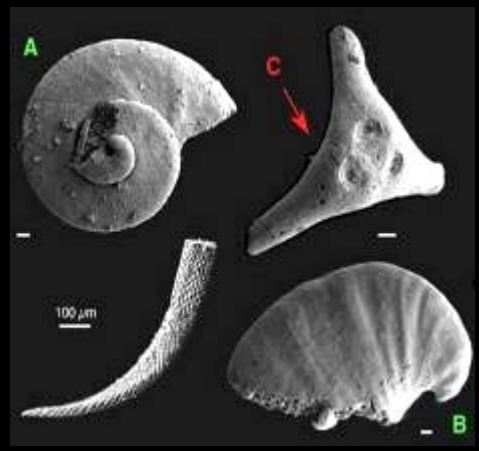




590Ma(?) Wen'an Fauna → **570Ma** Ediacara F. → **543Ma** Meishucun F. → **525Ma** Chenjiang Fauna









早期生物演化

Ediacara动物群

- 最早发现于澳大利亚南部埃迪卡拉崩德砂岩中，年代为**5.9-7.0**亿年
- 后来在西南非洲、加拿大、西伯利亚、英国、瑞典，以及我国的震旦系（**Ediacaran**）发现
- 大部分是腔肠动物：水母、水螅、锥石、钵水母、海鳃类等，还有环节动物、节肢动物等

中国地质大学
China University of Geosciences

Ediacara动物群

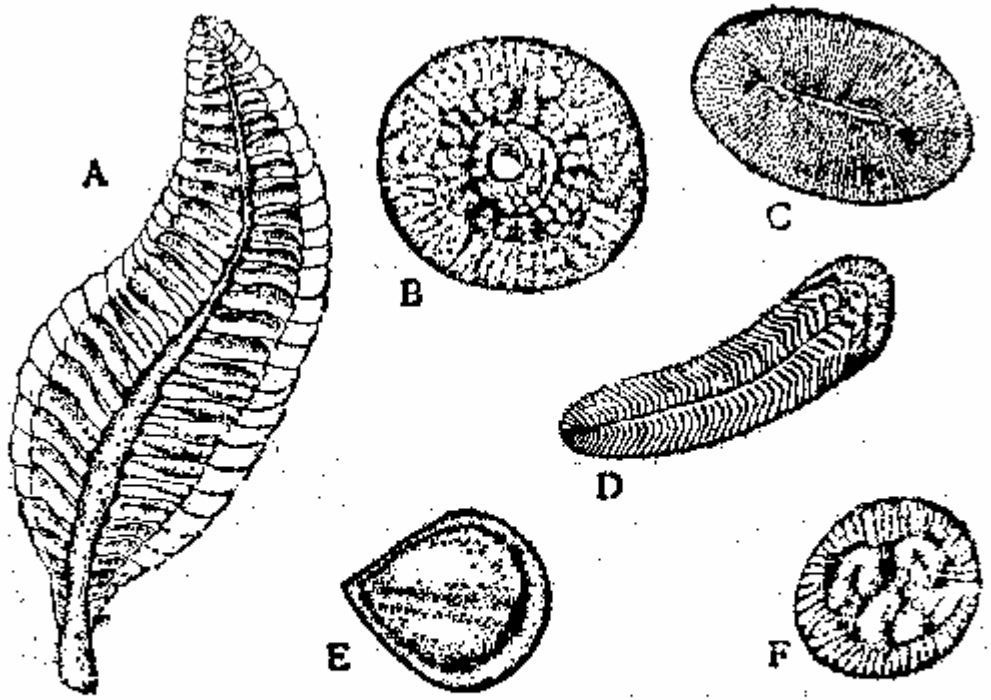


图 3-12 埃迪卡拉动物群的重建图

A—*Charniodiscus*（八射珊瑚？）；B—*Mawsonites*（？水母）；C—*Dickinsonia*（蠕虫？）；D—*Spriggina*（蠕虫？）；E—*Parvancorina*（甲壳动物？）；F—*Tribrachidium*（固着生物，分类位置不明）

（引自U. Lehmann und G. Hillmer, 1980）

生命的起源与生物进化

- 生命的起源
- 早期生物演化
- 显生宙的生物演化
- 物种的形成
- 生物进化的特点和规律

显生宙的生物演化

- 小壳动物群的出现和分异
- 澄江动物群
- 寒武纪生物大爆发
- 动物体分化重大事件
- 动植物从水生到陆生发展
- 生物的灭绝与复苏

显生宙的生物演化

小壳动物群的出现和分异

- 小壳动物群个体微小**(1-2mm)**，主要为海生无脊椎动物，包括软舌螺、单板类、腹足类、腕足类等
- 小壳动物群始于震旦纪（埃迪卡拉纪）末期，寒武纪初大量繁盛
- 动物界完成了从无壳到有壳的演变

显生宙的生物演化

寒武纪生物大爆发

- 寒武纪初（5.4亿年），几乎所有具硬体的动物门及绝大部分的纲都已出现
- 造门的时代
- 以节肢动物门三叶虫纲占优势，占60%，次为腕足动物门，占30%

显生宙的生物演化

澄江动物群

- 发现于云南的澄江和晋宁地区下寒武统中
- 包括大量无壳和有壳动物化石，包括水母、三叶虫、蠕虫类、甲壳类、腕足类，甚至脊索动物等
- 其它还有我国贵州的凯里（台江）动物群、加拿大的Burgess动物群

显生宙的生物演化

动物体分化重大事件

- 单细胞——→多细胞
- 原生动物——→后生动物
- 两胚层动物——→三胚层动物
- 无器官、无组织——→有器官、组织
- 无脊椎动物——→脊椎动物

显生宙的生物演化

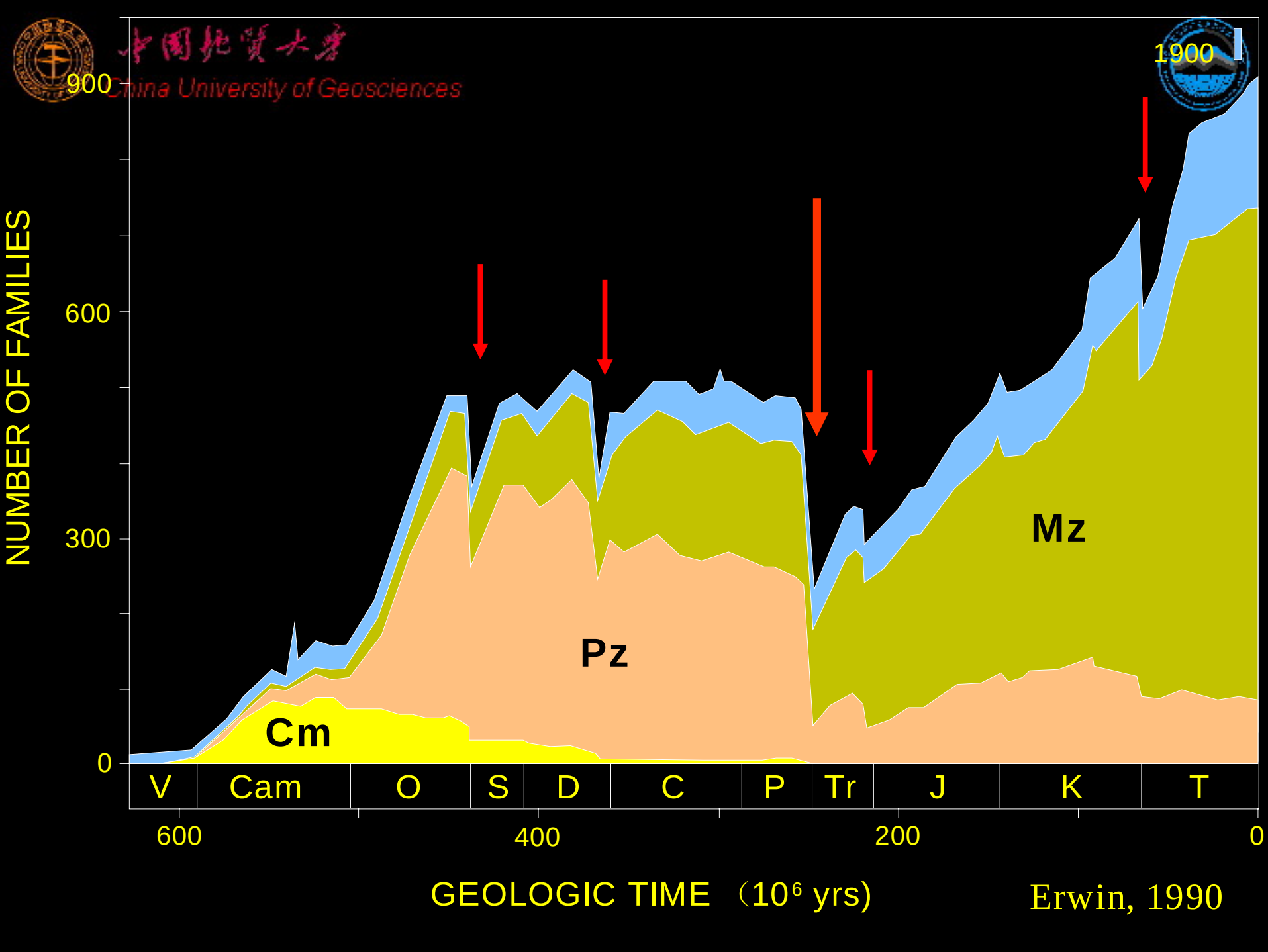
动植物从水生到陆生发展

- 植物：
- S以前，仅低等菌藻类，完全水生
- S末-D_{1-2}：向陆地发展，产生茎、叶分化，出现原始维管束，茎表皮角质化、具气孔
- D_2：具叶植物大发展
- T_3：显花植物祖先出现
- 脊椎动物：
- S_3：四足类祖先出现（总鳍鱼类中的骨鳞鱼）
- D_3：两栖类发生
- C_2：爬行类发生（羊膜卵）

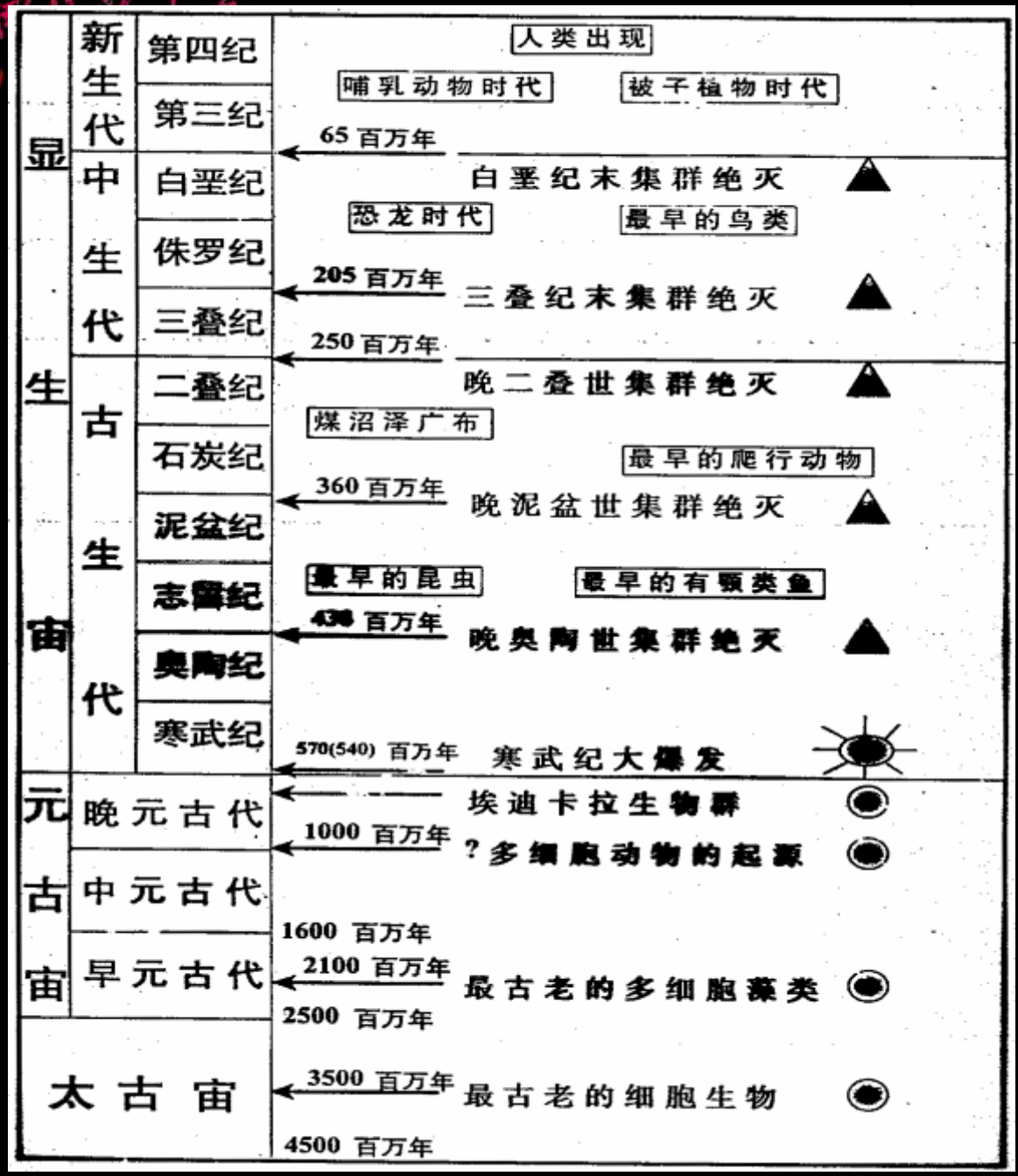
显生宙的生物演化

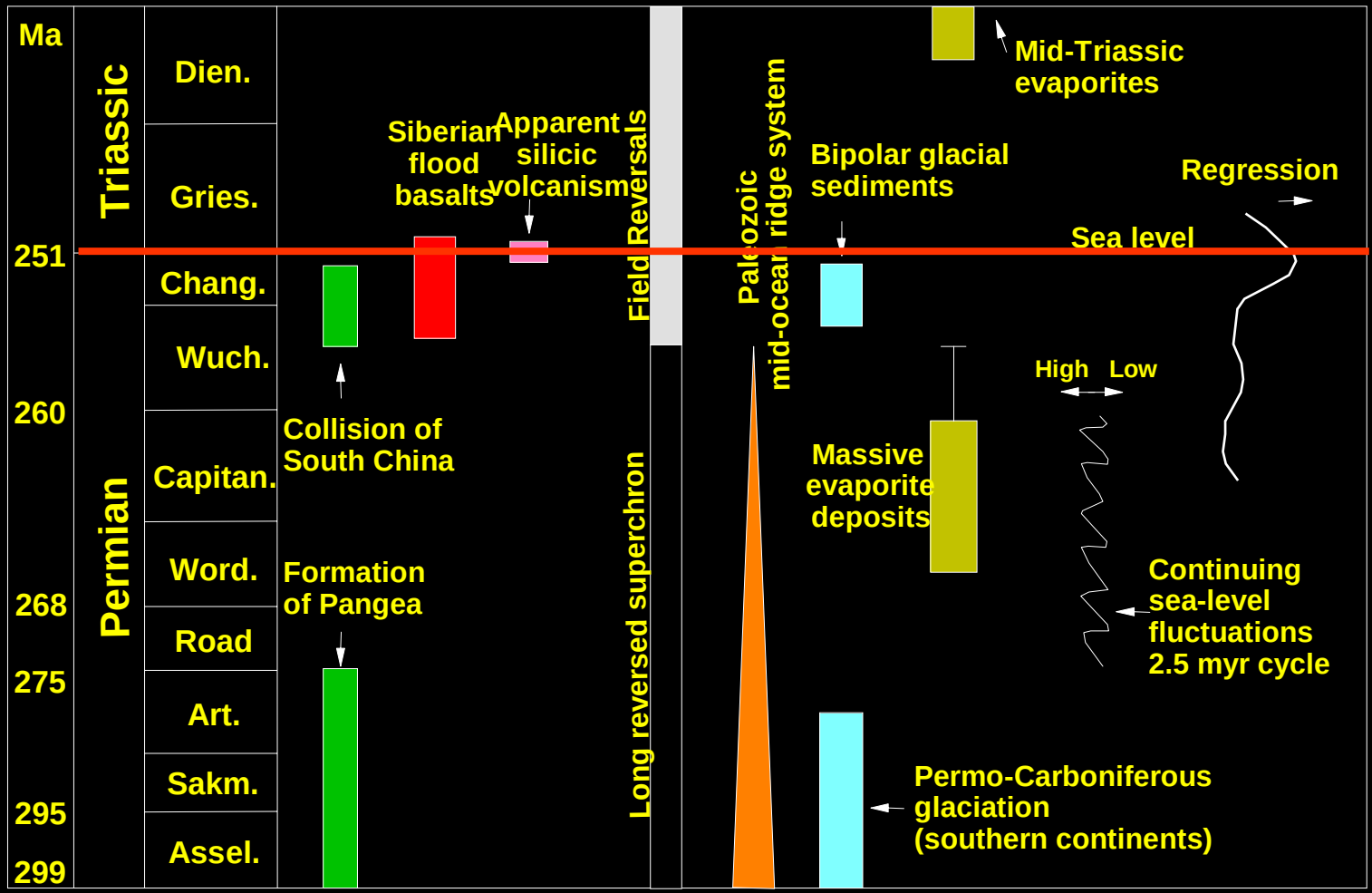
生物的灭绝与复苏

- 灭绝extinction：生物种系的终止、不留下后代
- 假灭绝pseudo-extinction：生物种系演变为新种系，而旧类别消失
- 背景灭绝background extinction：生物种系的自然更替灭绝，一般0.1-1.0种/Ma
- 集群灭绝mass extinction：生物灭绝率突然数十倍地增高
- 生物复苏biotic recovery：大灭绝后的生物群，通过生物的自组织作用及对新环境的不断适应，逐步回到正常发展水平


中国地质大学
China University of Geosciences
1900
900
600
300
0
NUMBER OF FAMILIES
Cm
Pz
Mz
V
Cam
O
S
D
C
P
Tr
J
K
T
600
400
200
0
GEOLOGIC TIME （10⁶ yrs)
Erwin, 1990

地史时期的重大地质事件




Ma
Triassic
Permian
Dien.
Gries.
Chang.
Wuch.
Capitan.
Word.
Road
Art.
Sakm.
Assel.
251
260
268
275
295
299
Siberian flood basalts
Apparent silicic volcanism
Field Reversals
Paleozoic mid-ocean ridge system
Mid-Triassic evaporites
Bipolar glacial sediments
Regression
Sea level
High
Low
Collision of South China
Massive evaporite deposits
Continuing sea-level fluctuations 2.5 myr cycle
Formation of Pangea
Long reversed superchron
Permo-Carboniferous glaciation (southern continents)

Erwin, 1990

生命的起源与生物进化

- 生命的起源
- 早期生物演化
- 显生宙的生物演化
- 物种的形成（略）
- 生物进化的特点和规律

生命的起源与生物进化

- 生命的起源
- 早期生物演化
- 显生宙的生物演化
- 物种的形成
- 生物进化的特点和规律

生物进化的特点和规律

进步性发展

- 少——→多，简单——→复杂，低级——→高级
- 生物发展的阶段性：原核——→真核；单细胞——→多细胞；多细胞体制不断改进
- 生物进化的重大突破：异养——→自养；两极（合成者+生产者）——→三极（生产者+消费者+还原者）生态系；水生——→陆生

生物进化的特点和规律

进化的不可逆性

- 在生物演化过程中，已经灭绝的生物和退化的器官，在以后的历史中就不可能再次出现

生物进化的特点和规律

器官相关律

- 环境条件变化使生物的某些器官发生变异而产生新的适应时，必然会有其他的器官随之变异

生物进化的特点和规律

重演律（生物发生律）

- 个体发育史是系统发育史的简短而快速重演
- 个体发育：即个体从生命开始到死亡为止的演变过程

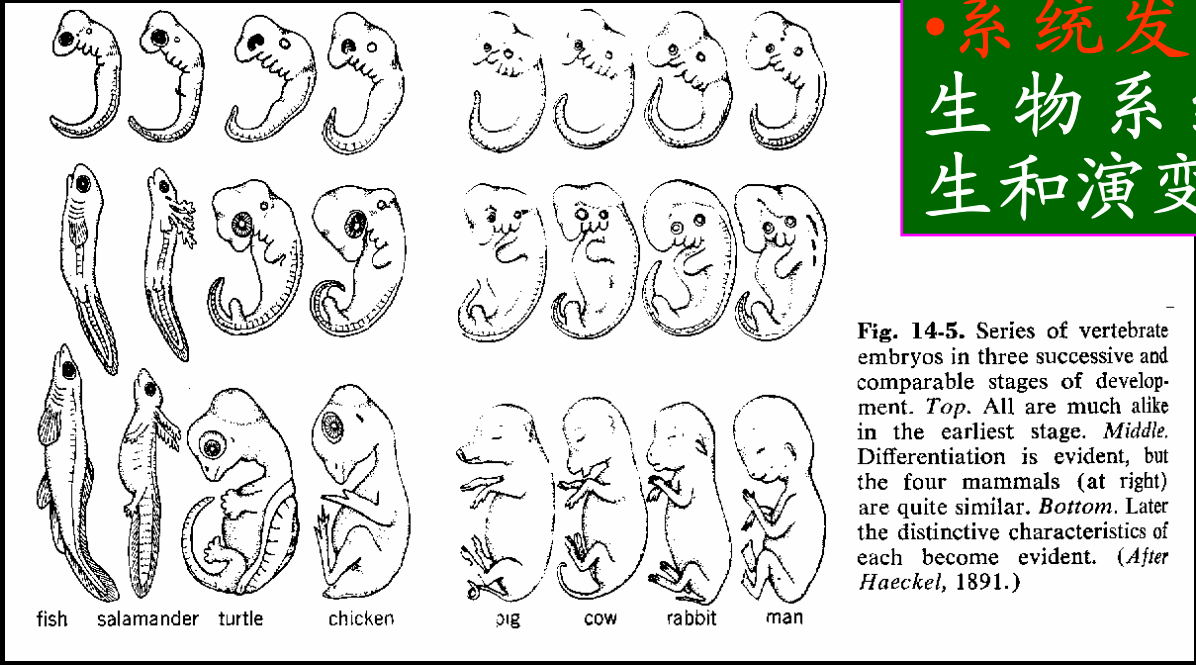


Fig. 14-5. Series of vertebrate embryos in three successive and comparable stages of development. *Top.* All are much alike in the earliest stage. *Middle.* Differentiation is evident, but the four mammals (at right) are quite similar. *Bottom.* Later the distinctive characteristics of each become evident. (*After Haeckel*, 1891.)

- 系统发育：即生物系统的发生和演变过程

Storer and Usinger, 1965

生物进化的特点和规律

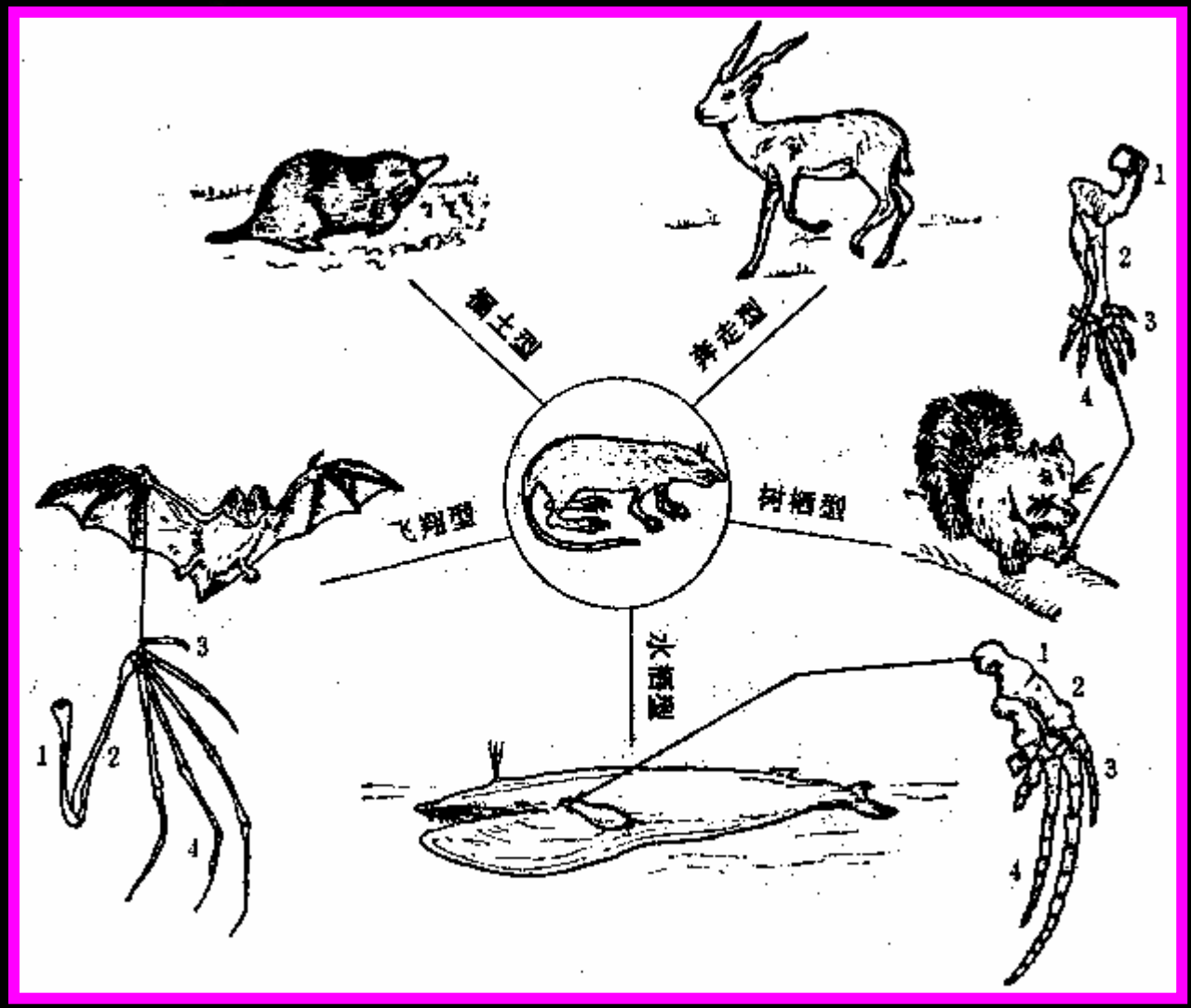
适应与特化

- 适应：在长期的演化过程中，由于自然选择的结果，生物在形态结构及生理机能上，与其生存环境取得良好协调一致
- 特化：生物对某种生活条件特殊适应的结果。它们在形态和生理上发生局部变异，但其整个身体的组织结构和代谢水平并无变化

生物进化的特点和规律

适应辐射与趋同

- 适应辐射：生物进化过程中，由于适应不同的生态条件或地理条件而发生物各分化
- 适应趋同：亲缘关系疏远的生物，由于适应相似的生活环境而在形体上变得相似



适应辐射

适应趋同

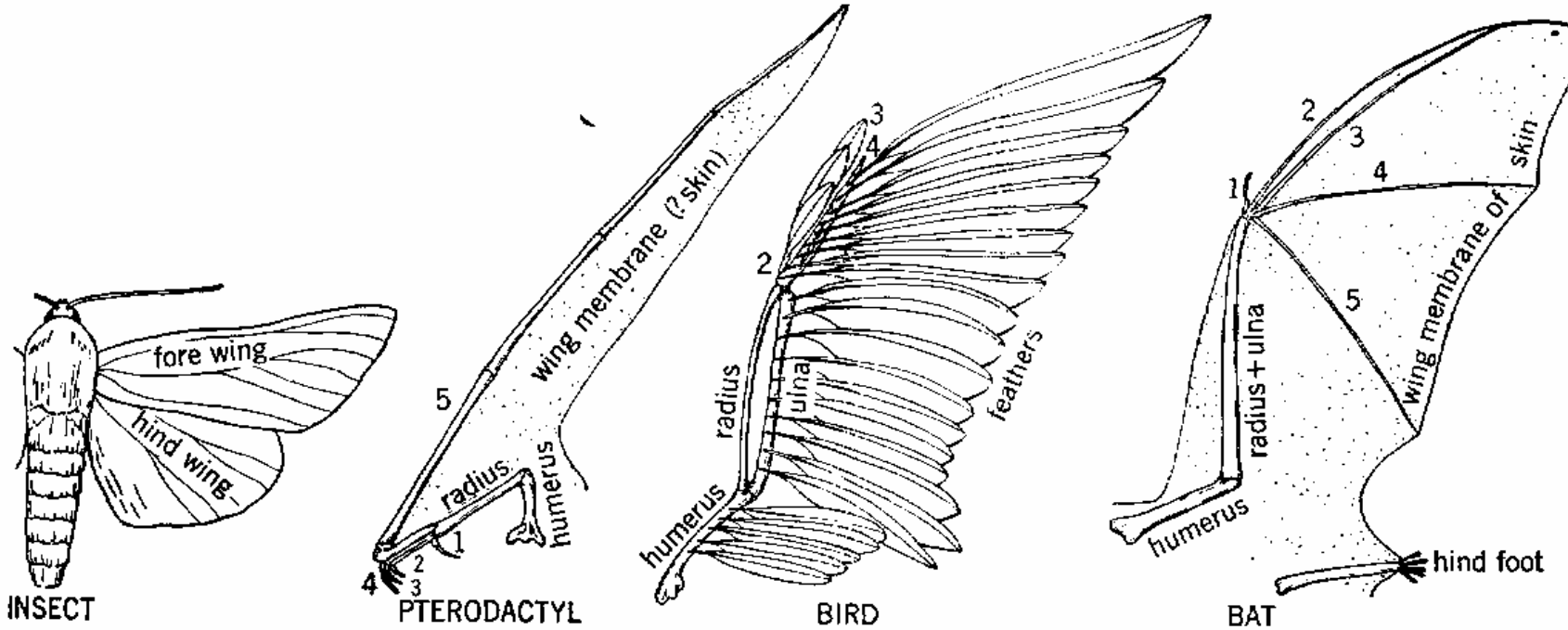


Fig. 14-1. *Analogy* between wings of insects (no internal skeleton) and of vertebrates (with skeleton)—of like function but different origins. *Homology* in the wing bones of vertebrates, all derived from the common pattern of fore limb in land vertebrates, but variously modified. Pterodactyl (extinct reptile) with very long 5th finger; bird with 1st and 5th lacking, 3d and 4th partly fused; bat with 2d to 5th fingers long.

Storer and Usinger, 1965

适应趋同

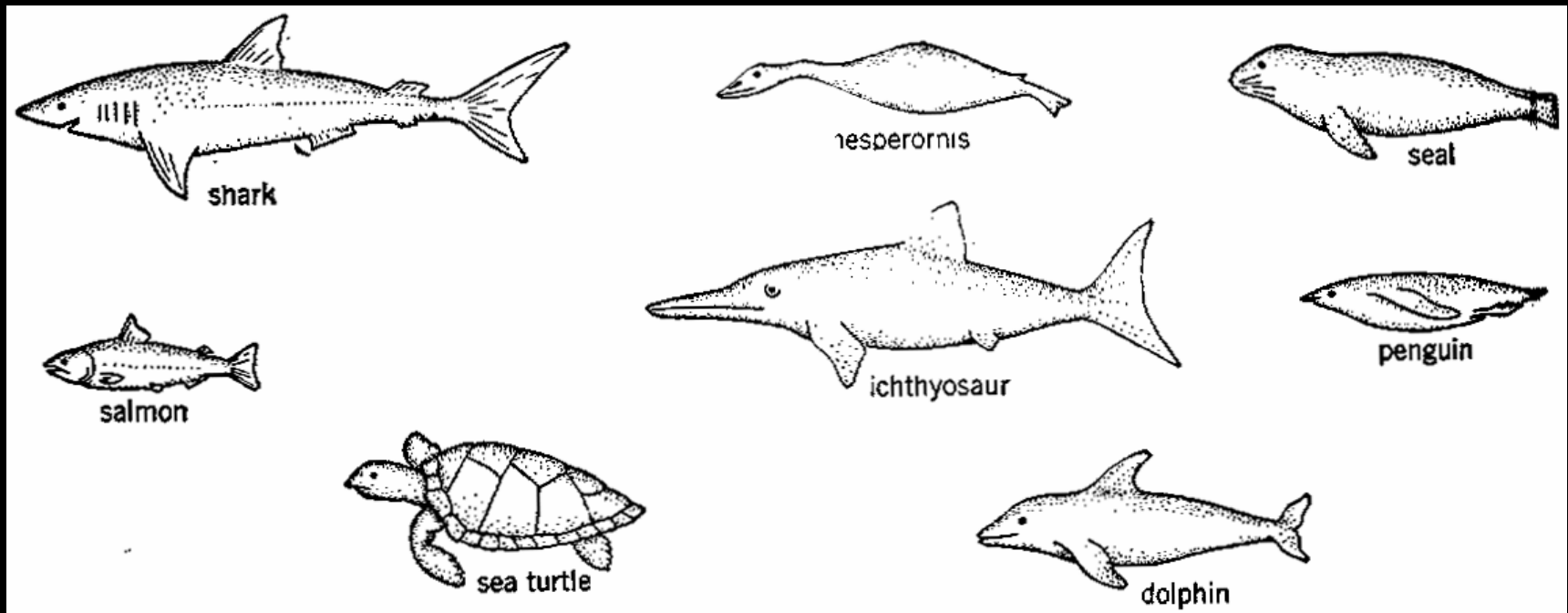


Fig. 14-16. Oceanic vertebrates, sharks to mammals, showing adaptive convergence for swimming—bodies streamlined and fins or limbs paddle-like.

Storer and Usinger, 1965

显生宙生物进化重大事件

- 无脊椎动物的两侧对称体制进一步发展，出现许多带壳的较高等门类（寒武纪）
- 神经系统进一步发展，中枢神经系统集中化，产生了原始脊索动物和脊椎动物（无颌纲）（寒武纪）
- 陆生植物的出现（志留纪到泥盆纪）
- 鱼纲的鳔和鳍分别向肺和足进化，动物（两栖纲）登陆获得初步成功（泥盆纪）
- 羊膜卵的出现，从两栖纲分化出陆生的爬行动物（晚石炭世）
- 从变温到恒温的转变，产生原始哺乳动物（三叠纪）
- 高等被子植物的出现（晚三叠世）
- 灵长类的手和脑的形成，劳动工具的创造，语言和概念思维的产生，终于发展成人类（第四纪）