

# 第十五章 地质历史时期的重大地质事件

前面章节分别侧重从古生物地史学的不同方面、不同时代和不同地区阐述了古生物地史学的研究内容、方法和不同时代的地史特征。本章将以重大地史事件为线索,阐述岩石圈、生物圈、水圈和大气圈在地质历史中发展、演变的基本特征和规律。

岩石圈、生物圈、水圈和大气圈在整个地史时期的发展、演变史是事件过程与正常过程的交替史,事件过程则构成了地史发展的主旋律,揭示事件过程的特征和规律是古生物地史学乃至地球科学的重要任务。

## 第一节 岩石圈事件

### 一、联合古陆旋回

在岩石圈的形成和演化中,最引人注目的地史事件是联合古陆(Pangea)旋回,一般认为,在地质历史中曾经出现过五次联合古陆,它们可分别称之为始联合古陆(P I)、原联合古陆(P II)、古联合古陆(P III)、中联合古陆(P IV)和新联合古陆(P V),其成型期分别为太古宙末(约2 500 Ma)、古元古代末(约1 900 Ma)、长城纪末(约1 400 Ma)、震旦纪初(约850 Ma)和古生代末(250 Ma)。

始联合古陆,是岩石圈形成演化过程中早期较广泛的一次固结聚集事件,以部分熔融地壳的快速冷却和陆核的广泛形成为标志,尽管这些陆核的固结并非都在同一时代形成,如:南非的罗得西亚陆核、特兰斯瓦(Transvaal)陆核和中非的安哥拉陆核在3 000 Ma左右就已固结,但太古宙末期的阜平运动(中国)、肯诺尔(Kenoran)运动(北美)、撒母(Samic)运动(东北欧)及其花岗岩侵入的时间大都在2 500 Ma左右。因此,始联合古陆的成型期为太古宙末;约2 500 Ma左右,构造组成为绿岩带和其间的花岗质岩带。康迪(Condie, 1990),根据北美大陆同位素年龄资料推算,现今大陆体积的40%在太古宙末就已形成,其增长速率约为 $3 \text{ km}^3/\text{a}$ 。

原联合古陆,以陆核的进一步固化、扩展和集结,即原地台的形成为特征,古元古代末期(1 800~1 900 Ma)的吕梁运动(中国)、卡瑞里(Karelic)运动和赫德孙(Hudsonian)运动(欧美)使其最终成型。随着原联合古陆的形成,海、陆相沉积分异,红层、赤铁矿和似盖层沉积开始出现,这是沉积史中具划时代意义的重大地史事件。

古联合古陆,主要特征是原地台的进一步固化和集结,在中朝、西伯利亚、俄罗斯、中非和澳洲等陆块上似盖层沉积、碳酸盐岩进一步增多,在空间分布上古联合古陆呈经向半球形分布(图15-1(a)),其成型时代大体在1 400 Ma左右。

中联合古陆,经过太古宙以来多次构造-岩浆活动的改造,元古宙晚期由晋宁运动(中国)、哥德(Gothic)-格林威尔(Grenvillian)运动(欧美)形成了具有真正地台双层结构的

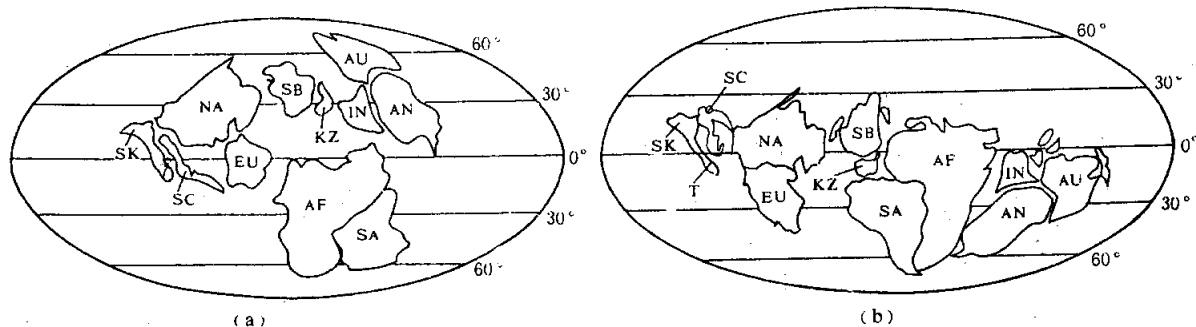


图 15-1 古联合古陆 (a) 和中联合古陆 (b) 再造

(据王鸿祯等, 1996 简化) (图中代号参考图 15-2)

岩石圈巨型稳定块体。在空间分布上, 中联合古陆呈纬向半球形分布 (图 15-1 (b)), 其成型时代大体在 850 Ma 左右。

新联合古陆, 这是自太古宙以来, 岩石圈块体的一次规模最大的聚集事件, 成型于晚海西期—早印支期 (250 Ma 左右)。在空间分布上, 大陆型联合古陆呈典型的经向半球型分布, 北半球称劳亚大陆, 南半球称冈瓦纳大陆, 夹持于二者之间呈向西开口的 V 字形广大区域为南、北古特提斯多岛洋, 它们在地貌特征和构造性质上类似现今的西太平洋和加勒比海。今天我们所看到的资源环境和海陆分布格局就是在此基础上裂解、漂移形成的。大量的地球科学资料表明, 与新联合古陆的形成相伴的是: 陆地面积大量增加, 浅海面积急剧减少, 地球半径缩减 (其缩减值相当于现代地球半径的 5%), 古地磁转向 (伊拉瓦拉转向),  $\delta^{13}\text{C}$ 、铱异常, 气候变冷, 海平面下降, 缺氧沉积、盐类沉积发育, 峨眉玄武岩、通古斯玄武岩喷发, 地核和大地水准面偏移, 浅海生物大绝灭, 大量陨石撞击地球。

## 二、新联合古陆的形成、分裂及存在证据

在联合古陆旋回中, 新联合古陆在时间上离我们最近, 留下的痕迹最多, 是我们了解得最清楚的联合古陆事件。新联合古陆的形成始于新元古代晚期, 定型于晚海西期—早印支期 (250 Ma 左右), 由冈瓦纳大陆和劳亚大陆组成 (图 15-2)。冈瓦纳大陆 (Gandwana) 又名南方大陆, 包括现代的南美洲、非洲、阿拉伯半岛、印度、我国的西藏、澳洲和南极洲; 劳亚大陆 (Laurasia) 又名北方大陆, 包括现代的北美洲、欧洲和亚洲大部分。在新联合古陆的形成过程中有 3 次较为重要的板块拼贴、碰撞事件: 志留纪末期, 北美板块与俄罗斯板块的碰撞, 导致加里东洋的消失和劳俄大陆的形成; 在我国则表现为华夏板块与扬子板块的碰撞, 导致东南海槽的消失和华南板块的形成, 华北板块与柴达木板块的碰撞, 使祁连山洋消失和华北板块进一步扩大。石炭纪晚期, 北美板块与非洲板块碰撞、西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块碰撞、海南—印支板块与华南板块碰撞, 使已有的陆块面积进一步扩大。二叠纪晚期重要的板块拼贴、碰撞事件是西伯利亚板块与欧洲板块和华北板块的碰撞, 最终导致新联合古陆的形成。从图 15-2 可以看到, 新联合古陆的形成史是离散小板块漂移、拼贴, 分散陆块的对接、碰撞, 劳亚大陆总体向北运动、旋转, 冈瓦纳大陆总体上经历了由赤道向南, 又由南向北的运动漂移过程。

新联合古陆的分裂, 在时间上可分为初裂期 (晚三叠世—侏罗纪) 和速裂期 (白垩纪—

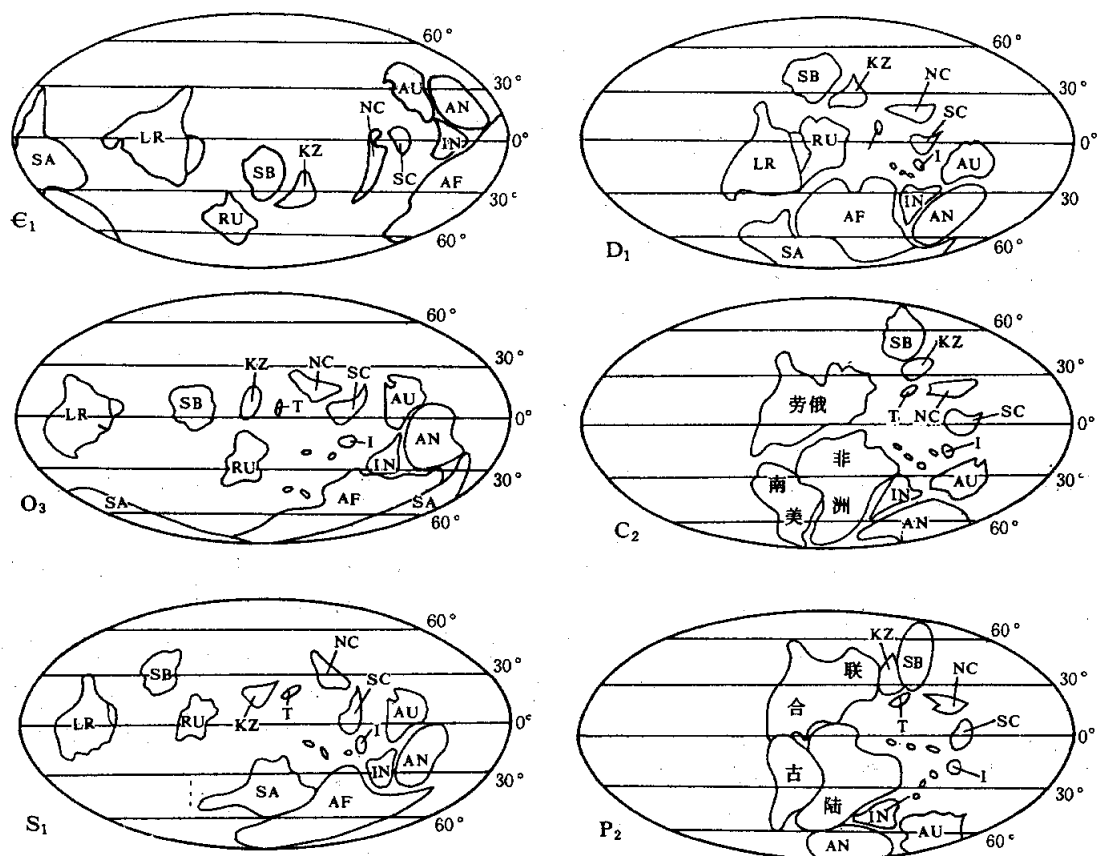


图 15-2 新联合古陆的形成史

(据王鸿祯等, 1966, 1989; Scotese 等, 1990 综合)

冈瓦纳大陆: AN. 南极洲; AU. 澳大利亚; IN. 印度; AF. 非洲; SA. 南美; 劳亚大陆: LR. 劳伦;  
RU. 俄罗斯; KZ. 哈萨克斯坦; SB. 西伯利亚; NC. 华北; SC. 华南; T. 塔里木; I. 印支

第四纪), 在空间上西冈瓦纳大陆 (包括南美洲和非洲) 早于东冈瓦纳大陆 (包括澳洲、南极洲、印度和西藏)。新联合古陆的分裂、漂移史就是现代海陆分布格局和大西洋、印度洋和北冰洋的形成史以及太平洋构造域的发展史、演变史。三叠纪晚期至侏罗纪, 北美南部和非洲西北部首先开裂, 形成玄武岩喷发和厚达 7 000 m 的裂谷型沉积, 至晚侏罗世, 中大西洋形成。白垩纪-早第三纪, 非洲板块与南美板块、北美板块与欧亚板块快速分裂, 先后形成南大西洋、北大西洋和北冰洋; 在这一时期, 印度板块、非洲板块、澳大利亚板块和马达加斯加板块离开南极洲板块, 快速向北漂移, 形成印度洋 (图 15-3)。白垩纪—早第三纪, 太平洋构造域主要表现为, 太平洋板块迅速向西、北、东增生扩展, 库拉板块、法拉隆板块和菲尼克斯板块不断消减 (图 15-4), 早第三纪初期太平洋板块已占据太平洋水域的大部; 始新世时, 太平洋板块在运动方向上发生重大调整, 即由北北西转为北西西, 现在太平洋中的天皇海岭火山链 (水下) 和夏威夷群岛在排列方向上的戏剧性变化就是这次调整的地史记录。晚第三纪, 现代海陆分布格局即已形成, 然而, 直至今新联合古陆的分裂、漂移过程仍在继续 (图 15-3)。

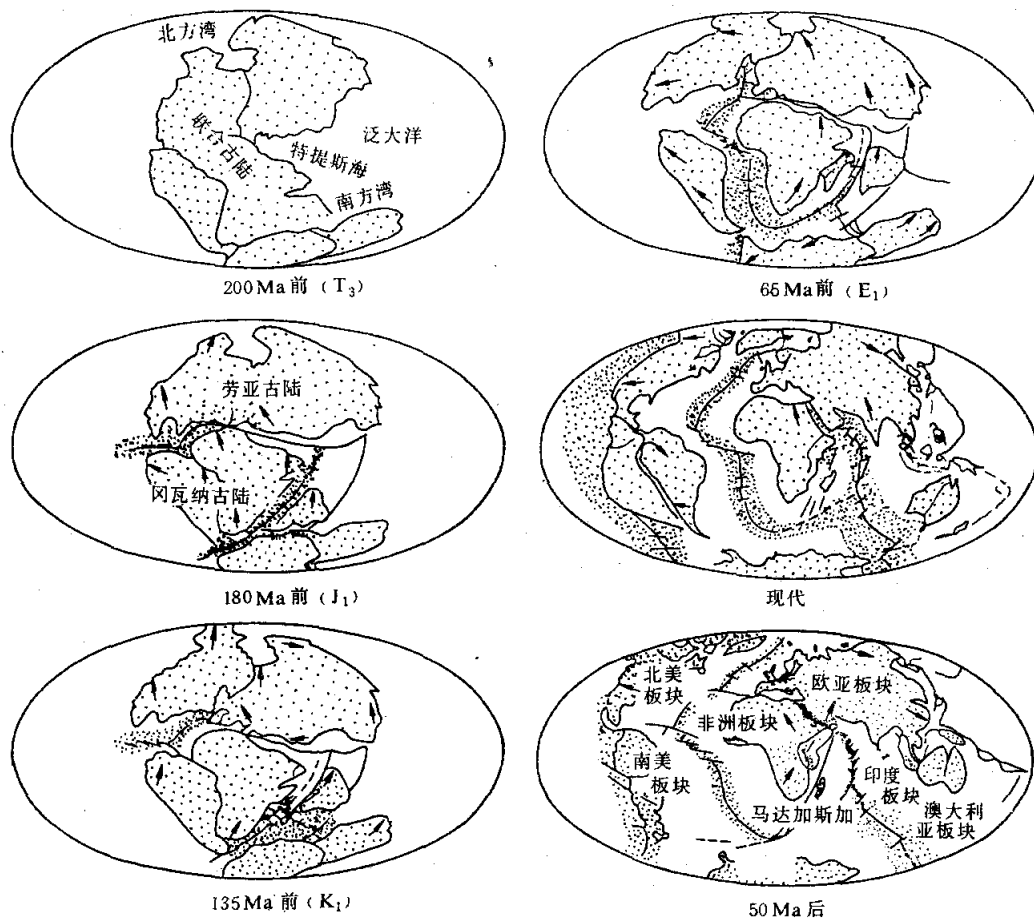


图 15-3 新联合大陆分裂过程复原图  
(据 Allegre, 1983)

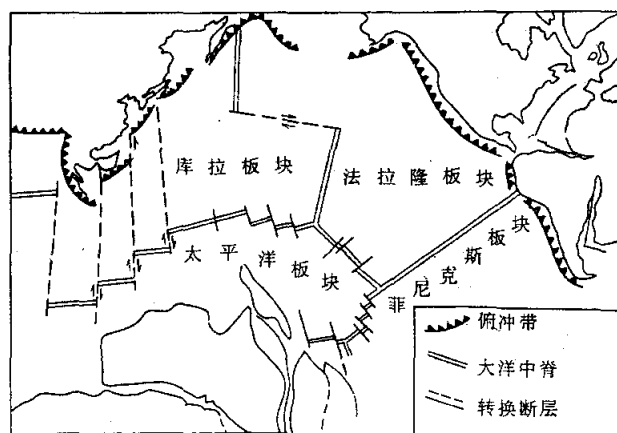


图 15-4 早白垩世太平洋中的古板块构造  
(据 Hilde, et al., 1977; Uyeda et al., 1974)

新联合古陆的存在和分裂证据主要包括古生物学、古气候学和沉积学、地层学、古地磁学和构造学等方面(图 15-5, 6, 7), 它们不仅是新联合古陆的存在和分裂证据, 也是大陆漂移和板块学说的重要支撑。

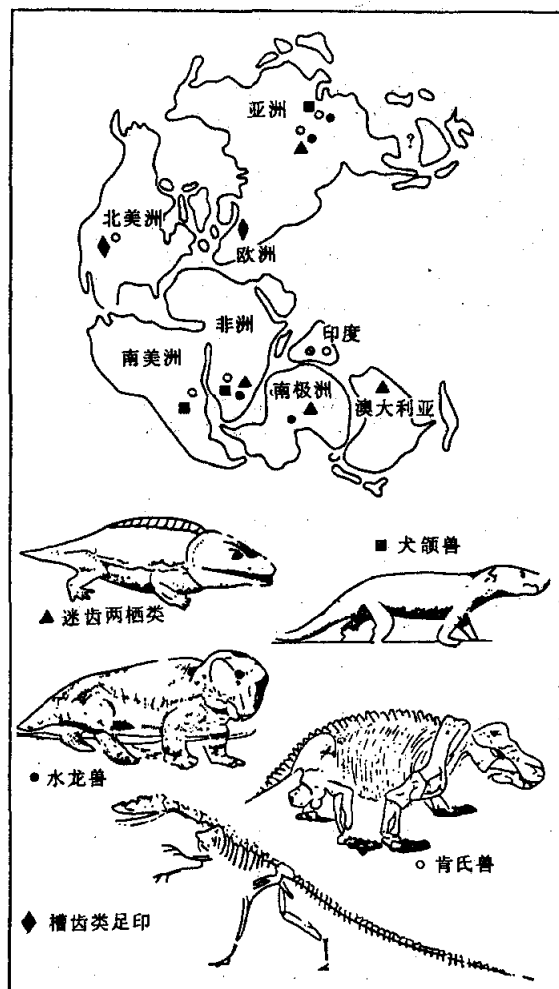


图 15-5 二叠纪—三叠纪(距今 200~270 Ma)的联合古陆及水龙兽、肯氏兽等动物群的分布

(据 Sullivan, 1974, 修改)

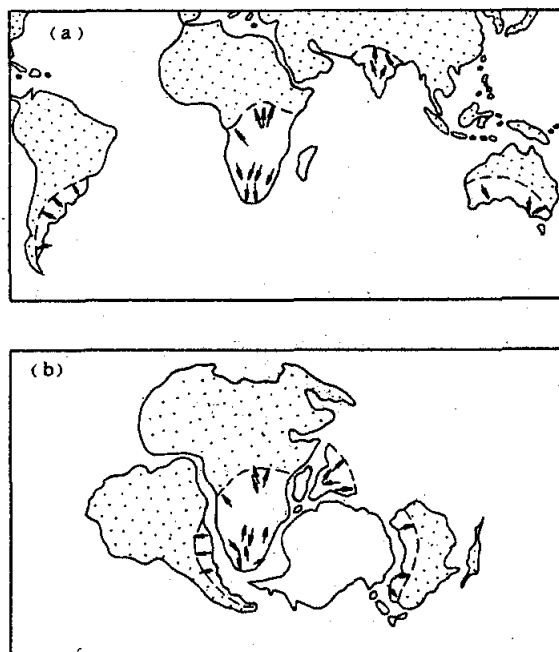


图 15-6 古冰川与大陆漂移

(引自 Judson *et al.*, 1976)

(a)晚古生代冰川在现代大陆上的分布,箭头代表古冰川的流动方向; (b)晚古生代冰川在冈瓦纳古陆上的分布

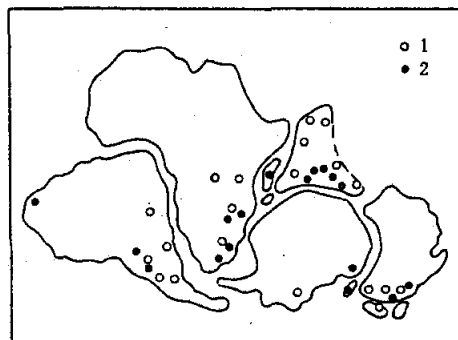


图 15-7 舌羊齿植物群分布图

(据 Windley, 1977)

1. 石炭纪—二叠纪舌羊齿; 2. 三叠纪三叉羊齿

## 第二节 生物圈事件

### 一、早期生命事件

地球上所有生物及其生存和相互作用的环境构成了生物圈。由于人与生物圈的密切关系,长期以来,吸引了众多地球科学和生命科学家对生物圈研究的兴趣,在探索早期生命的起源和演化方面积累了丰富的资料,取得了重要进展,在生物圈的发展演化过程中最引人注目的早期生命事件有:

(1) 生命化学演化的结束和生物演化的开始。在格陵兰 3 800 Ma 前的太古宙沉积岩中,人们发现了由非生物途径合成的碳氢化合物,这一重大发现被认为是生命化学演化的结束和生物演化的开始(Cloud, 1983); Shidlowski 等(1979)从地球化学角度依据碳同位素比率认为生物过程开始于 3 800 Ma 前。在澳大利亚西海岸 3 400~3 500 Ma 前的太古宙沉积岩中发现的丝状体、链状体化石,可能代表了最早的菌藻类生物体。最早的确凿的原核生物,包括菌类和部分微古植物(疑源类)、叠层石分别见于南非的特兰斯瓦(Transvaal)超群(2 300 Ma)和加拿大的甘弗林(Gunflint)组(1 950~2 000 Ma)。

(2) 真核生物的出现。为人们熟知的最早的真核生物见于美国的贝克泉(Back Springs)组(1 300~1 400 Ma)。近年来,我国古生物学工作者相继在蓟县系雾迷山组(1 300 Ma),长城系高于庄组(1 430 Ma)、团山子组(1 700 Ma)和长城系底部(1 800 Ma)及滦沱群豆村亚群(2 400~2 500 Ma)中发现宏体多细胞藻类(真核生物)和单细胞真核浮游藻类及简单真核生物化石的重要线索,将真核生物的出现时间推前到元古宙早期,即 1 800 Ma 前,甚至 2 400 Ma 前,当然这一事实的确证尚有待进一步研究。

(3) 后生动物的出现。为人们熟知的最早的后生动物见于澳大利亚 Ediacara (伊迪卡拉)地区的庞德石英岩中,因此,伊迪卡拉动物群就成为人们熟知的最早的后生动物的代名词,其时限为 600~700 Ma。伊迪卡拉动物群具有与寒武纪以后的后生动物完全不同的生物结构,不能简单地与已知的水母类、海蠕类、蠕虫类等后生动物对比。大量前寒武纪遗迹化石报道表明,后生动物的遗迹化石记录远远早于后生动物的实体化石记录。从遗迹化石记录来看,最早后生动物出现时间的保守估计应为中元古代的长城纪(至少 1 500 Ma 前)。

(4) 带壳后生动物的出现。以多门类小壳化石的大量出现为特征,带壳后生动物的出现,是确定显生宙底界的重要标志,是后生动物演化史中又一里程碑性的生物演化事件,它不仅开创了生物造岩,水圈、大气圈、生物圈和岩石圈中  $O_2$ ,  $CO_2$  等的循环的新纪元,而且,使生物保存为化石的可能性大大提高,大量带壳后生动物的出现时间为显生宙的开始,即 570 Ma。

(5) 寒武纪生物大爆发。在我国云南澄江下寒武统筇竹寺阶 *Eoredlichia* 化石带中,由我国古生物学工作者(张文堂, 1987; 陈均远, 1989)发现的澄江动物群(距今约 550 Ma),化石之多,类型之丰富(包含了从低等的海绵动物到高等的脊索动物的几乎所有现存动物门,此外,尚有一些难以归入任何已知动物门的奇异类群),保存之精美,与前寒武纪动物化石的极度贫乏,形成鲜明对比,难以用正常的生物演化和化石保存来解释,被科学界誉为寒武纪生物大爆发。与澄江动物群类似的尚有凯里动物群(贵州台江县中寒武统凯里组中部,赵元龙, 1994)和布尔吉斯页岩化石群(Fossils of the Burgess Shale, 加拿大不列颠哥伦比亚省中寒

## 二、生物集群绝灭事件

Raup (1986) 认为, 生物圈形成以来, 地球上曾经存在过 40 多亿种动植物, 其中绝大部分均生活在显生宙。但现今只有几百万种生物, 99.9% 的生物均已绝灭。绝灭是指生物完全绝种而不留下后裔。如果某生物演变为新种, 从而在地史中消失, 称之为假绝灭。地史中任一时时期均有物种绝灭, 其绝灭率 (单位时间内绝灭的物种数) 维持在一个低水平上, 通常为每百万年绝灭 0.1~1.0 个物种, 这种绝灭称之为背景绝灭。地史时期, 若多门类生物近乎同时绝灭, 使绝灭率大幅度升高, 这种绝灭称之为集群绝灭。集群绝灭的主要特征是: 在较短的时间内 (通常 1~2 个阶或更短) 或在同一时间内主要生物类别或大量生物突然消失, 生物分异度和生物量骤然降低。生物的集群绝灭是生物出现以来生物圈最引人注目的重大生物事件之一。据统计, 显生宙明显的生物集群绝灭有 15 次之多 (图 15-8), 重大集群绝灭有 5 次, 即: 奥陶纪—志留纪之交 (439 Ma)、晚泥盆世弗拉斯期—法门期之交 (367 Ma)、二叠纪—三叠纪之交 (250 Ma)、三叠纪—侏罗纪之交 (208 Ma) 和白垩纪—第三纪之交 (65 Ma), 其中绝灭率最高的是二叠纪—三叠纪之交和白垩纪—第三纪之交。

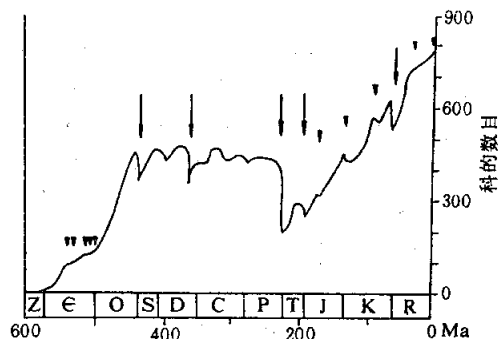


图 15-8 显生宙海生动物主要绝灭事件及分异度变化

(据 Raup & Sepkoski, 1982)

箭头示 5 次重大绝灭; 三角号示较小绝灭

### (1) 奥陶纪—志留纪之交的生物集群绝灭。发

生于奥陶纪末期的阿什极尔期, 大约有 100 个科的生物绝灭了。主要绝灭的生物门类和绝灭量为: 三叶虫 21 科, 鹦鹉螺类 13 科, 具铰腕腕足类 12 科, 海百合 10 科; 在属种级别上绝灭率更高, 如腕足类属的绝灭率为 60%, 种的绝灭率可达 85%, 笔石种的绝灭率则高达 87%。这次绝灭事件对低纬度热带地区生物的影响较大, 对高纬度地区和深水区生物的影响较小。

(2) 晚泥盆世弗拉斯期—法门期之交的生物集群绝灭。在这次绝灭事件中, 受影响最强烈的生物类别主要有珊瑚 (25 科)、具铰腕腕足类 (17 科)、菊石 (14 科)、海百合 (13 科)、盾皮鱼类 (12 科)、层孔虫 (11 科, 几乎全部绝灭)、三叶虫 (8 科)、介形虫 (10 科)。在属种级别上, 绝灭率较高的生物类别是: 层孔虫 (几乎全部绝灭), 竹节石 (几乎全部绝灭), 四射珊瑚的浅水种 (96%)、深水种 (60%~70%), 浮游植物 (90%), 腕足类 (86%), 菊石 (86%), 三叶虫 (57%)。

(3) 二叠纪—三叠纪之交的生物集群绝灭。是显生宙以来的最大集群绝灭事件。据统计, 这次绝灭事件导致科数减少 52%, 物种数减少 90% 以上 (Sepkoski, 1982)。受影响最大的是海洋生物界, 特别是底栖生物和窄盐性生物 (表 15-1)。绝灭的主要类别有: 筳目、四射珊瑚亚纲、床板珊瑚亚纲、始铰腕腕足类、喙壳纲、软舌螺纲、三叶虫纲、古介形类和海蕾纲。古腹足目、变口目和隐口目苔藓虫、具铰腕腕足类、海百合纲、蜥蜴类、两栖类、兽孔目爬行类也急剧衰落。

表 15-1 二叠纪末期主要生物类别 (属) 统计表

生物类别	长兴早期	长兴晚期	早格里斯 巴赫期	绝灭率 (%)
筳	18	14	0	100
非筳有孔虫	77	77	4	94.8
四射珊瑚	16	11	0	100
床板珊瑚	6	4	0	100
腕足	13	7	8	85
双壳	64	59	30	64
菊石	22	19	8	91
牙形石	21		19	10
总计	242		69	78.5

\* 据殷鸿福等, 1987 资料编制, 绝灭率=长兴期某类生物绝灭属数/长兴期该类生物总属数。

(4) 三叠纪-侏罗纪之交的集群绝灭。发生于三叠纪末期的诺利克生物绝灭事件造成 60 个科的海洋生物绝灭, 科的绝灭率为 20%。受影响的主要生物类别为牙形石类 (全部绝灭)、菊石 (31 科)、海生爬行类 (7 科)、腹足类 (6 科)、双壳类 (6 科) 和具铰腕足类 (5 科), 双壳类的属、种绝灭率可达 42% 和 92%。陆生脊椎动物在这次绝灭事件中也受到很大影响。

(5) 白垩纪-第三纪之交的集群绝灭。此次绝灭是显生宙以来的第二大集群绝灭事件。据统计白垩纪末, 生物圈有 2 868 个属, 第三纪初仅剩 1 502 个属 (Russell, 1977)。其绝灭率为: 淡水生物达 97%、海洋浮游微生物为 58%、海洋底栖生物为 51%、海洋游泳生物为 30%。受影响较大的生物类别是: 恐龙 (全部绝灭)、菊石 (全部绝灭)、箭石 (全部绝灭)、固着蛤类 (全部绝灭)、头足类 (17 科)、海绵类 (15 科)、双壳类 (12 科)、腹足类 (11 科)、海胆类 (8 科)、硬骨鱼类 (6 科)。整个生物圈属的绝灭率达 52%, 受影响最大的是陆地上的恐龙和海洋生物界的漂游生物, 也包括一些底栖生物类别。

不同的生物绝灭事件, 有不同的原因, 概括起来可归结为三种: 其一, 地外因素, 包括小行星、彗星对地球的撞击, 超新星爆炸, 太阳耀斑等。当大量外星对地球撞击时, 可快速引起大气层升温、海平面上升、海水分层紊乱和物理化学条件巨变, 撞击产生的尘埃可以遮挡阳光引起气候变冷, 撞击产生的有毒气体也能引起生物死亡, 如: 晚泥盆世弗拉斯期-法门期之交、三叠纪-侏罗纪之交和白垩纪-第三纪之交的生物集群绝灭。其二, 地内因素, 包括全球性海平面变化、气候的冷暖巨变、大规模的火山爆发和地球物理场的巨变等, 如: 二叠纪-三叠纪之交和奥陶纪-志留纪之交的生物集群绝灭。其三, 生物演化的内在因素, 包括基因突变和生物体结构的巨变, 如: 伊迪卡拉动物群的绝灭。

综上所述, 随着地质时代变新, 生物圈演化表现出明显的加速性、前进性。2 500 Ma, 1 800 Ma, 1 400 Ma, 250 Ma 前后不仅是岩石圈发展、演化的重要里程碑, 也是生物圈乃至水圈和大气圈发展、演化的重要里程碑, 表现出圈层演化的协同行为和耦合效应。

### 第三节 水圈和大气圈事件

#### 一、特色沉积和事件

(1) 特色沉积。是指具有标志地史发展阶段的沉积类型或沉积组合。这类沉积主要发育



于地史发展的早期阶段,典型的特色沉积包括碎屑铀岩沉积和条带状硅铁沉积以及最早的红层沉积。碎屑铀岩沉积和条带状硅铁沉积是太古宙和古元古代早期还原水圈和还原大气圈的特色沉积类型,1 900 Ma 或 2 300 Ma (层位与五台群相当)以后这类沉积就不复存在。最早的红层沉积始见于中元古代初期,是还原水圈和还原大气圈向含氧水圈和含氧大气圈转化的标志。

(2)气候变冷事件。地史中三次著名的全球性或跨区域的气候变冷事件分别发育于震旦纪—早寒武世、晚石炭世—早二叠世和第四纪,另一次持续时间较短和影响范围较小的气候变冷事件发育于晚奥陶世—早志留世。气候变冷事件的主要特征是:冰碛岩发育,大陆冰盖沉积分布范围较广,非暖水碳酸岩发育,生物礁、暖水碳酸岩和非骨屑颗粒(如鲕粒、球粒等)的发育受到抑制,碳酸岩的沉积速率低( $<10\text{ cm/ka}$ ),气候分带显著,全球平均温度大幅度降低, $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  表现出明显的异常,大气中二氧化碳的分压低。地史中三次著名的全球性或跨区域的气候变冷事件的重现周期大体为 290 Ma,与银河年,即太阳系围绕银河系中心暗体旋转一周的时间正好吻合(图 15-9)。

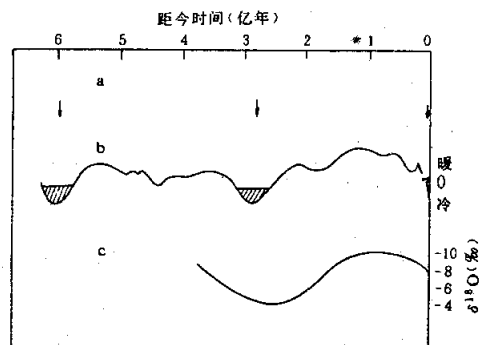


图 15-9 显生宙全球气候变冷事件与银河年  
a. 银河年,按间隔 2.9 亿年,由目前反推点绘; b. 全球平均温度变化 (Frakes, 1979); c. 北美淡水碳酸盐沉积  $\delta^{18}\text{O}$  比值变化 (Weber, 1964)

(3)缺氧事件。大量的资料表明,地史中大规模的缺氧事件沉积主要发育于寒武纪初期、奥陶纪—志留纪之交、晚泥盆世弗拉斯期—法门期之交、晚石炭世—早二叠世、二叠纪—三叠纪之交和三叠纪—侏罗纪之交,除寒武纪初期和晚石炭世—早二叠世的缺氧事件外,其他四次分别与显生宙的四次生物集群绝灭的时间大体吻合。Berner 等 (1989) 根据有机碳和黄铁矿中的硫的埋藏和风化速率,估算出显生宙大气圈氧的演化水平(图 15-10),其中寒武纪初

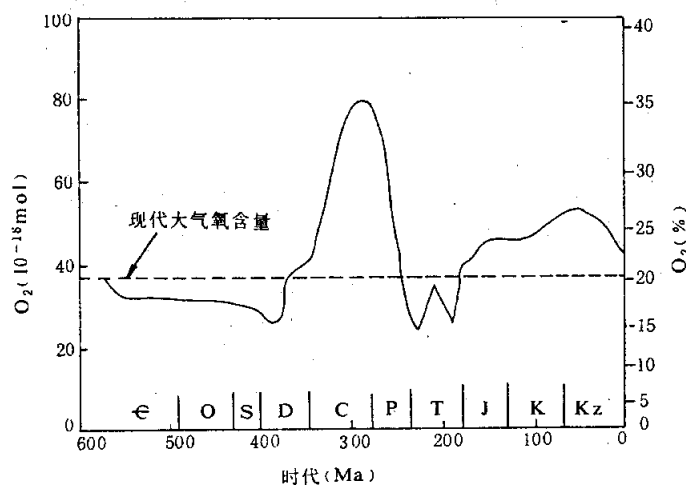


图 15-10 显生宙大气圈的氧含量曲线  
(据 Berner 等简化, 1989)

期、二叠纪—三叠纪之交和三叠纪—侏罗纪之交的缺氧事件与大气圈中低氧水平基本一致。这表明大规模缺氧事件的成因是复杂的,与地史中动植物的演化、大气圈中氧含量的变化和气候

等因素存在一定的成因联系。

## 二、海平面变化

对地球表层系统而言，固、液态水和盆地容积的消长、气候的冷暖、干湿导致的海平面变化，是地球乃至天、地、生系统发展、演变和相互耦合的灵敏指示剂，它携带有水圈、气圈、生物圈和岩石圈等地球流态圈与固态圈自身运动和相互作用的丰富信息。海平面变化与地球流态圈与固态圈的关系就像人体的血液循环和脉搏与人体的关系一样。海平面变化特征和规律的研究不仅有重要的理论意义，而且与资源、环境、人类文明和可持续发展息息相关。地史时期水圈和大气圈中的众多事件均不同程度地与海平面变化相关。不论是从整个地史时期和全球范围来看，还是从某一地史时期和区域范围来看，海平面变化在时间上具明显的节律和级序结构，在成因上则表现出圈层耦合效应，显生宙两次最大规模的高海平面期发育于奥陶纪和白垩纪，与显生宙两次最大的气候温暖期和构造活跃期大体同步（图 15-11）。

岩石圈、生物圈、水圈和大气圈在地质历史中既有其各自特殊的发展、演化过程和标志性的地质记录，也有其普遍的自然规律，随着地质时代变新，岩石圈、生物圈、水圈和大气圈的演化均表现出明显的加速性和前进性。

联合古陆的聚散旋回是岩石圈发展、演化过程中最高层次的重大地史事件，在时间上，曾经出现过五次联合古陆的聚散，具有大体 600 Ma 的等距性演化周期；在空间上，具有经向-纬向交替分布的特色，这一特征预示着岩石圈乃至整个地球在发展、演化过程中存在稳定的长周期天文背景和核幔运动规律的制约。

重要新生生物类别的出现和已有生物类别的集群绝灭是生物圈发展、演化过程中里程碑性的重要地史事件，太古宙以来生物圈的发展、演化过程具明显的前进性、加速性和非线性；海平面变化是水圈和大气圈发展、演化的重要表现形式，层序地层研究是查明其特征和规律的有效手段。液态水量与固态水量的消长和海洋盆地容积的变化是导致全球海平面变化的两个独立参数，两者的独立变化和相关变化构成海平面变化的复杂成因类型；至少从中元古代以来，随着地质时代变新，同级层序反映的海平面变化周期逐渐缩短，反映水圈和大气圈加速发展、演化的特点，与地球自转速度随地质时代变新而逐渐减慢形成鲜明对比。

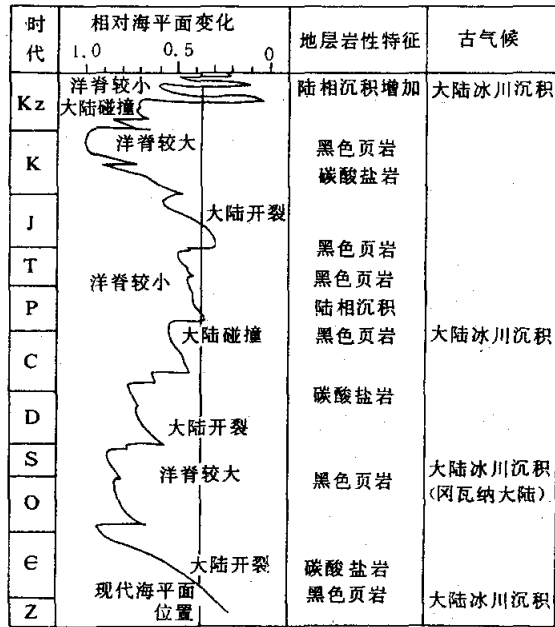


图 15-11 震旦纪以来全球海平面变化与沉积和构造事件的关系

（据龚一鸣等，1996 修改）