第十六章　古生物地史学的主要分支和边缘学科

严格说来，古生物学和地史学是两门经历了一百多年发展而形成的独立的自然学科，它们分别以生物谱系和地质时间为主线，具有自己独特的学科体系和研究内容。它们既有交叉融合的一面，又有独立的学科分支和应用领域。

第一节　古生物学的分支学科

古生物学的研究对象是古生物化石。由于古生物的性质和特征的不同，就产生了许多相应的学科分支。与现生生物学一样，古生物学的第一级分支学科是古动物学（paleozoology）和古植物学（paleobotany），它们分别以化石动物和化石植物的遗体和遗迹为研究对象。在古动物学中又分为古无脊椎动物学（invertebrate paleontology）、古脊椎动物学（vertebrate paleontology）和古人类学（paleoanthropology）。在古植物学中，还有专门以低等植物藻类为主研究对象的古藻类学（paleophycology 或 paleoalgology）；着重研究植物的繁殖器官的孢粉学（palynology）。此外，还有专门研究古生物活动在地层中留下的痕迹的古遗迹学（paleoichnology）。

由于一些个体微小的化石不仅需要特殊的研究方法，而且具有独特的应用价值，从而产生了微体古生物学（micropaleontology）。这些化石不能用常规的古生物学方法通过肉眼或仅借助于普通放大镜进行野外收集和室内研究，而必须借助特殊的仪器设备和技术手段进行分析、处理和观察，才能进行鉴别。微体古生物学的研究不仅仅是那些个体微小的化石生物，还包括其他古生物体的微小部分或微小器官，以及一些大化石的显微构造。植物繁殖器官均很小，因此孢子和花粉（孢粉学）亦属于微体化石的一部分。但是还有一类化石更加微小，一般仅微米级，需要高倍的扫描电子显微镜才能区分，但它们却有重要的地层学价值，因此，近年来又诞生了以这种超微化石（nannofossil）为研究对象的超微古生物学（ultramicropaleontology）。更进一步地由于科学技术的进步和分析观察手段的改进，近年来还发展起来了分子古生物学（molecular paleontology）。

古生物学中关于化石的研究，一方面强调的是化石体本身的研究，研究化石的结构和构造，化石的形态功能和化石的地质学意义。另一方面亦注重化石的生物学属性，即把化石作为一个生物单元来研究，研究化石在生物系统中的位置，化石与化石之间的亲缘谱系关系，因而产生了系统古生物学（systematic paleontology），重点揭示各古生物之间的系统学分类关系；演化古生物学（evolutionary paleontology），研究古生物之间的演化关系及进化证据；以及理论古生物学（paleobiology），探寻化石的生物学属性，揭示生物进化的基本原理和规律性。

古生物化石不仅具有生物学的属性，而且具有时间特征，它与各种地质作用密切关联。因此，在自然科学领域具有广泛的应用。

(1) 古生态学 (paleoecology)：它是利用古生物学资料进行古环境研究的学科，它研究古生物与古环境之间的相互关系。它不仅研究古生物的生存环境，还要揭示在特定环境条件下古生物生活适应，及其对环境的改造作用。由于生物对外界环境有其独特的适应，因此古生态学利用古生物学资料揭示古环境具有广泛的应用，它对于古沉积学、古气候学、古海洋学等古环境分析学科和沉积矿产研究具有重要贡献。

(2) 古生物地理学 (paleobiogeography)：即借助于古生物学资料进行古地理学研究。它是研究地史时期动、植物群地理分布的学科。古生物的地理分布是揭示古大陆和古海洋分布状态、大陆和海洋古地形分异、古气候带展布和古洋流型式的最有力证据。

(3) 生物地层学 (biostratigraphy)：即根据岩石中所含化石的特征来进行地层研究．它研究地层记录中的化石分布，并根据地层所含化石将地层划分成若干个生物地层分类单元。由于生物在地史中呈现进化演变，而且这种演变在地层记录中是不重复的，因此，生物地层单元往往被赋予时间属性，一直被作为地层对比和地层年代确定的最有效工具。另一方面，生物的产出和分布受生存条件的严格控制，因而它们亦被作为地层形成环境分析的重要手段。

(4) 演化古生物学 (evolutionary paleontology)：即通过古生物学资料揭示生命的起源和生物演化的历史。这项研究已成为当代科学研究关注的焦点。由于大量新的古生物学资料的不断发现，人类对生物发生的早期历史不断取得新的认识，对生物进化的过程和生物演化理论逐步得到澄清，对人类文明的起源和发展的认识亦有新的进步。来自古生物学化石证据的生物演化理论和自然发展规律，不仅具有生物学意义，更具有历史意义和社会意义。因为地质历史中各种地质作用的过程和当代社会的发展，也遵循着某种生物学的发展规律。一些自然现象的认识，最初是从生物学的发展中观察到的，例如，地质历史发展的阶段性、地质过程的灾变事件等等。

(5) 生物成矿作用 (biometallogenesis)：即研究生物在某些特殊矿产形成中的贡献。某些古生物的遗体作为有机沉积矿产如煤和石油等的一部分，早已被人们认识到。但近年来的研究已经证明，某些生物，特别是菌藻类微生物，在某些金属矿产如金、铁、铅、锌等的形成和富集中具有重要作用。此外，利用微生物选矿亦是一项十分有前景的研究领域。

(6) 化石工艺学 (fossil technology)：它是利用化石个体或化石群体的美学特性，将古生物学资料应用到人类社会精神生活中去的一项科学探索。化石是石化了的生物硬体，它们不仅具有生物学的美学观赏价值，而且易于收藏。古生物作为化石，它是沉积岩石的一部分，它常常在岩石中形成特殊的图案，它不仅增加了生物体本身的美学价值，而且拓广了其应用领域。因此，它们亦常常成为上等的建筑面料。

第二节　生物地质学

生物地质学 (biogeology) 是研究生物圈与地球其他层圈相互影响的一门新的地学分支学科，它是数、理、化、天、地、生六大基础学科中的一级交叉学科。

地表四大圈层（表层岩石圈、水圈、生物圈和大气圈）的相互作用，加上地球引力和宇宙的影响，在地史时期决定了地球表层的演化和发展，在当代决定了人类生存的资源与环境。其中，具有最灵敏反馈能力和最大再生产能力的生物圈是关键的一圈。根据它的变动划分地球演化阶段如古生代、中生代和新生代等；在各圈层物质和能量交换中，它都起着重大作用，如碳循环及一些沉积作用；一些地学难题一经注意到生物作用，往往豁然开朗，往往形成新

的认识或新的理论，如生物成矿作用、生物绝灭→新灾变论等。

生物地质学是从生物圈的角度研究地球四大圈层关系的，它的研究内容包括：①岩石圈、水圈、大气圈对生物圈的影响及其反馈作用，如古生物地理学反馈板块活动、古气候、古海洋对生物地球分布的影响。生态学反馈盆地演化对生态体系的影响。古生物物理学反馈构造应力对化石骨骼的影响。②生物圈对岩石圈、水圈和大气圈的影响，如生物成岩、成矿作用研究生物对岩石圈的影响。古海洋生物学研究生物对古海洋的影响。③上述地质与生物作用与反作用的规律，以及将它们用于对照、预测今后的全球变化。

由此可见，生物地质学是古生物学（乃至生物学）与地学其他学科交叉和分支学科的综合，它从生物圈与地球其他圈层关系高层次的角度进行规律研究，形成系统的学科理论和体系。因此，它是一门高层次综合地质学科。其学科分支如表16-1。

表16-1　生物地质学的主要学科分支

相结合或应用学科	形成的交叉学科	服务的地质领域
古生态学、沉积学、地层学	生态地层学	盆地演化、层序地层
古生物学、古地理学	古生物地理学	板块学说、古气候、古地理
古生物学、有机化学	古生物化学	生物演化、年代测定
古生物学、物理学	古生物物理学	构造力学、仿生物学
古生物学、矿物学	生物矿化作用	矿物学、矿床学
生物学、古生物学、矿床学	生物成矿作用	矿床学、能源地质
生物学、古生物学、沉积岩石学	生物成岩作用	能源地质、岩石学、沉积学
古生物学、岩石学	化石岩石学	沉积学、盆地分析、岩石学
生物学、古生物学、地质学	演化古生物学	生物演化、地质演化、全球变化

第三节　地史学中的地层属性分支

地史学研究的基本资料是在各个地质时期形成的地层。它一方面全面揭示地层的各种属性，另一方面借助于这些地层属性隐含的各种地质作用和过程信息，揭示地球各圈层的演变历史，尤其是地球表层流态圈和岩石圈的演化历史，指出其历史发展中的规律性。地史学研究内容包括地层学（生物地层学见上节）、沉积学和历史大地构造学的方方面面，形成了诸多的学科分支。

(1) 岩石地层学 (lithostratigraphy)：即根据地层中可观察到的岩石性质来进行地层学研究，岩石的颜色、成分、结构、构造以及变质程度等物性特征是其进行地层描述和建立地层单位的基本依据。岩石地层单位是地质填图的基本单位，也是某一研究区地层学的基本要素。岩石地层划分通常是任何一个新地区地层工作的首要研究手段，在那些缺少古生物和同位素年代测定资料的地区，岩石地层学的研究始终是打开地质大门的一把金门钥匙。

(2) 年代地层学 (chronostratigraphy)：即以地层形成的抽象的时间属性为基础的地层学研究，其目的是要研究岩石体的相对时间关系及年龄，将构成地壳的岩石系统地编制成与地质时间间隔（地质年代单位）相对应的地层单位（年代地层单位），使之作为时间对比的基础

及记录地质历史事件的参照系统。事实上，年代地层学是各种地层学研究手段的追寻目标，它亦是其他地层学发展的参照系，它本身必须借助于其他地层学科的研究来实现。同时，年代地层学亦为全球地层学研究提供了一个统一的标准。

(3) 磁性地层学 (magnetostratigraphy)：即根据岩石层序中物质的磁学属性所建立的极性单位来进行地层划分和对比。它是在地层学和年代学的基础上，通过研究火山岩和沉积岩中所记录的地磁场和岩石单元磁场特征的磁极性变化，而逐步建立起来的一种新的地层学研究方法。因为地磁场一直在变化之中，其变化周期有几千年的，也有几十万年的。如果我们掌握了地磁场随时间变化的规律，反过来就能用来确定岩石的年龄。尤其在那些缺少化石或不能进行绝对年龄测定的地层，磁性地层学方法更能起到重要作用。由于地球磁场的极性在过去地质时期中反复倒转，而且极性置换是全球范围内同时发生的，因此具有广布性和全球等时性，可进行跨相区的高精度对比。

(4) 化学地层学 (chemostratigraphy)：即利用岩层中化学元素演变和含量分布特征，进行地层的划分和对比，并推断地层形成时的地球化学环境及其演变规律。由于地层中所保存的元素地球化学特征，不仅与当时的地质环境背景直接相关，而且与元素的演变状态有关。一些放射性同位素的蜕变是绝对地质年代测定的基本工具，从而亦成为地质测年学 (geochronometry) 和地质年代学 (geochronology) 的基础。地层中稳定同位素、稀土元素、痕量元素、常量元素的含量及其分布不仅是各类地层成因及其环境分析的最有用的数据，而且是地层划分对比的间接但十分有效的标志。

(5) 定量地层学 (quantitative stratigraphy)：它是利用计算技术对地层的各种信息、数据进行处理，建立和运用数学模型，以优化地层划分和对比的地层学分支学科。实质上它是运用数学原理和手段对地层学的各种属性进行综合分析或模式化处理，以推动地层学的发展。

定量地层学的产生和发展，可以说对传统地层学是一次重要的革命，因为它不仅使得地层学的研究上升到了量的高度，而且促使人们从严格数理逻辑的尺度，对传统地层学的原理、概念和方法进行了系统的检验，澄清了一些地层学原理，建立了繁简不一的数学或统计方法。在有限资料的基础上，通过计算就可获得丰富的成果。地层研究的定量化，允许人们在工作中同时使用多种假设条件，然后逐一加以验证，深化认识。这也是导致地质科学迈向现代化的必由之路。

(6) 层序地层学 (sequence stratigraphy)：这是 80 年代后期发展起来的一个地层学分支，其基本指导思想是认为地质历史中存在全球或大区域一致的海平面周期性变化，而这种周期性的海平面变化在各种地层记录中都可以以各种物质界面的形式准确地识别出来，进而用来进行地层划分对比和历史演变分析。层序地层学最大的进步是把地层三维空间体系用第四维时间坐标直接联系起来，并把时间因素直接用于地层的划分和对比研究之中。实质上，层序地层学理论把局部的地层成因环境与全球或区域上一致的大环境直接联系起来了，把局部的地层结构型式与区域上的海平面变化、盆地构造沉降、物源供给和气候变化等环境因素联系在一起，从而增强了全球不同地域、不同时代地层间的可对比性和沉积相的可预测性。

(7) 生态地层学 (ecostratigraphy)：这是近几十年来才逐步发展和成熟起来的，不仅以地层划分和对比为研究目标，而且可以直接应用于地层的环境分析中去的一门新兴地质学科。它以生物群落演化事件作为地层标志来划分和对比地层；以古生物的群落生态作为研究基础，解释其环境；通过识别和区分生态群落，研究群落动态，探讨群落及其生态系统的时间、空间分布和演替规律，从而提高划分和对比地层的精度。生态地层学强调三度空间的变化，即

不仅要研究同一时间范围内生物及其周围沉积物的变化及其相互影响，而且还要研究在垂直方面上（即不同时期内）它们的发展变化及相互影响。

(8) 事件地层学 (eventostratigraphy)：即以地质历史时期发生的地质事件为依据进行地层学研究，其中尤其强调的是那些稀有的突发性地质事件。这些事件虽然发生在地史时期，但它们的作用痕迹均会以各种各样的形式记录在岩石地层中，而且它们的作用通常反映在对当时外界环境条件的重大改变上，它们一般具有明确的地层学价值。因此，关于地质事件研究的第一步，实质上是通过地层记录中反映的重大环境变迁来认识事件，分析事件的性质、事件的作用规模以及事件的起因，进而利用事件的地层记录来进行地层划分对比和环境历史演变分析。

第四节　地史学的其他分支边缘学科

(1) 沉积学 (sedimentology)：它本身是一门独立学科。地史学中关于沉积学的研究主要是要揭示记录在地层中的沉积作用机制、过程和产物，即通过沉积相和沉积古地理的研究，研究地史时期的沉积环境及其在地层记录中所留下的痕迹和标志，重塑地史环境的演变历程和沉积作用的发展历史。保留在地层记录中的一些物质都直接受控于地层形成的外界环境条件，地层记录就是地质沉积作用的历史，因此，地层学的研究就是地史时期沉积作用过程的研究，沉积学是地层学乃至地史学的基础。

(2) 古气候学 (paleoclimatology)：即研究地史时期地球气候环境的科学，它是一门独立学科。但古气候的基本资料必定来源于地层记录，古气候学的研究即是要从地史时期形成的地层记录中提取有关气候特性和气候变化方面的信息，重塑古气候的特征、形成原因、分布格局、变化过程和发展规律。气候是环境因素的一个部分，虽然大气有自己的变化规律，但它的作用结果必定要通过沉积环境才能记录到沉积地层中。同时地球气候的有规律变化，也在地层中形成了特有的沉积记录标志，从而为地层学研究提供了有用的手段。因此，古气候学是与地史学，尤其是地层学密切相关的自然学科。

(3) 古海洋学 (paleoceanography)：即研究地史时期古海洋性质、形成、演化及其背景的科学。古海洋学研究包括两个方面：一是现代大洋的古海洋学研究，它以现代大洋底部沉积物（主要是侏罗纪以来的沉积物）为研究对象，研究其古海洋的地层学、大洋水动力学、海水物理化学、古海洋生物学、古气候学及古构造学等。二是已消失的陆地上的古海洋学研究，它以地史时期古海洋的残余沉积记录为研究对象，恢复这些已消失的古海洋的格局、形成与演化历史。

(4) 历史大地构造学 (historical tectonics)：其以地层记录为主要研究对象，综合其他各种地质证据（如沉积建造或沉积组合、沉积古地理、古生物地理、古地磁、岩石地球化学等），从历史的角度恢复大陆岩石圈板块的形成、演化及离合历史。

总之，一切研究地质历史时期地质现象和地质作用过程的自然学科都是建立在地层学的基础上的，它们或者是对地层属性的某些方面的专门研究，或者是在地层记录信息基础上进行推论分析的学科。古生物是标定地层时间属性最有用工具，即使一些建立在对当代自然现象研究基础上的学科，亦必须以地史学科为参照系，因为从地质历史发展的角度来看，当代只是地质历史过程中的一个瞬间，是地质历史发展过程中一个阶段的产物。因此，古生物学和地层学是一些地球科学的基础支柱学科之一。