



苏联大百科全书选译

学 史 地
法 年 質
代 代 古
代 生 中
代 生 新

地质出版社

苏联大百科全书选译
地史学 地質年代計算法
古生代 中生代 新生代

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版營業許可證出字第060号

發行者 新 華 書 店

印刷者 崇 文 印 刷 厂

北京市崇文區觀欄杆市15号

印数(京)1-2,150册 1958年9月北京第1版

开本31 $\frac{1}{2}$ ×43 $\frac{1}{2}$ 1/32 1958年9月第1次印刷

字数30,000字 印張E $\frac{5}{16}$

定价(10 0.19元) 統一書号: 130.38 262

目 录

地史学.....	1
地質年代計算法.....	9
古生代.....	17
中生代.....	23
新生代.....	32

地 史 学

地史学是地質学中一門最重要的綜合性学科，它研究地球和地壳的发展历史和規律。

地史学的任务在于研究地表发展的基本特征和生物界的历史，闡明地壳构造的种种变化、造山作用和火山作用的出現及其在時間和空間上的分布，再造不断变化的自然地理环境、大洋水和大气水的成分、气候、堆积在地表上的沉积物的組成和性質，以及地壳內形成有用矿物堆积的条件和規律。

地史学根据地質学其他許多学科（矿物学、岩石学、动力地質学、古生物学等。）的結論和綜合，揭露出各种地質現象間的复杂的历史。認識这种現象对周围世界发展的自然历史概念，以及对找矿、勘探和采矿的矿山工业实践，都具有着同等重要的意义。在这一工作中作为主要的历史証据的就是构成地壳的岩石：堆积在从前存在过的水盆地底部或大陆上的层状岩石，和侵入到地壳內的或成为熔融岩浆溢出地表以后冷却而形成的块状岩石。地壳上部层状沉积岩的广泛发育，使我們得以利用它来制定地質历史年表，这就是地史学的一个主要部門——地层学的内容。作为地层学基础的是层状沉积岩层沉积順序的确定，而层状沉积岩层年代上的相互关系是服从以下原則：“上部岩层較之下伏岩层年青。”在对不同的沉积岩层进行年代对比时，岩层的岩石成分和其在相互叠置的岩系內的分布順序有着很重要的意义，为此广泛地应用着岩石学方法。可是，甚至在一个水盆地的范围内，由于水盆地的深度和其他自然地理条件不同，沉积物的性質会发生很大的变化，这种变化决定了后来由沉积物构成

的岩层的多种多样性，以致使我们仅根据岩石成分的相似性来对比彼此相距很远的地质剖面发生了极大的困难。为了这个目的，我们卓有成效地利用着含在岩石内的所谓化石（古生物学的研究对象）；贝壳化石和古代生物的遗体。生物界的向前发展决定着每个地质时期动植物的特殊性，而生物及其过去生存和发展的周围环境的统一性，使我们可以根据生物遗体判断出在远古地质时期地球上的自然地理条件。在十八世纪和十九世纪之交，学者们确定，地壳的每个岩层有自己的一群古生物为其特征，而这群古生物是为上复岩层和下伏岩层所没有的。其中有許多古生物曾经栖居在地球的广大空间。相同生物的遗体证明含有这些遗体的彼此相距很远的岩层是属于同一年代的。在对岩石成分彼此不同的岩层进行对比时，它们就被当作所谓标准化石。

古生物学方法，或者正确地說生物地层学方法，使我们有可能去确定任何产状（甚至倒轉）条件下的岩层的相对年代，并且可以使我們能够在广大范围内来对比那些含有相同生物化石的岩层。在这个基础上第一次拟定出了地壳的地层（地质年代）表或編年史，其最大的分类单位称为界，其次顺序分为系、統、組。形成該地层分类单位的岩石所需要的时间間隔被認作为地质年代单位。界、系、統、組在時間上相当于代、紀、世、期。以地层学为基础的地質年代仅表示相对年代，亦即仅表示地質事变順序上的概念，而不是絕對的时间长度（以年或百万年为单位）。根据放射性元素的蜕变来确定岩石和矿物絕對年代的方法，現在仅用于火成岩，而且只能大致的測定各个地質年代和地壳全部历史的时间长度。

可是，古生物学方法有着某些局限性，这首先是因为我

們所找到的古生物遺體的殘缺不全，其次，火成岩不含有生物遺體，而變質岩由於高溫和高壓的影響，化石也沒有能被保存下來。必須考慮到各動物地理省（зоогеографическая провинция）在同一个廣闊海盆內單獨發展的可能性，以及殘余動物群的存在。此外，棲居在廣大地區的同一動物群，在該區的任一地方它的發育比起它的出生地點來可能要稍為遲一些。因此，含在岩層內的這種相似的動物群往往不完全是同一年代的。

研究地表上各個地區的具体發展環境乃是地史學中兩門相近的學科——岩相學和古地理學的任务。岩相學是在研究沉積岩及其中所含古生物的特征總和的基礎上去闡明地表某地段過去的自然地理條件。岩相分析與沉積岩石學緊密相關，因為沉積岩成分和構造的特征是被用來作為沉積岩堆積環境和方式的最重要標志。因此，認識形成現在各種類型沉積物的自然地理環境特征和這些沉積物本身的不同標志之間有規律的聯繫，具有決定性的意義，因為這些沉積物是以後進一步發展中在成岩作用和變質作用影響下發生很大變化而形成未來岩石的第一個階段，岩相分析與古生物學和生物地層學有着同樣緊密的聯繫。必須把主要的注意力放在能夠證明在一定環境內能夠適應生存條件的古生物的形態特征。研究生物適應生存環境的形態的現代和古代動植物的生態學的資料，有助於對這些形態特征的認識。

古地理學的目的在於再造過去地質時期中地表的各種狀況，如大陸和海洋的輪廓、海盆深度和海流的分布、火山的地理分布位置、大陸地形和氣候的特征、動物群和植物群的組成和棲居的規律性，及其在時間上的變化等等。由於這些獨特的任务很為繁復，有時把古地理學劃分為古生態學、古氣

候学，古生物地理学等等，可是在科学研究的实践中这些学科没有被明显的区分开。古地理学的基本方法就是编制表示某个地区地质发展史特征的古地理图，与岩相分析一起进行的古地理研究，当其在再造古地理、火山作用和地表地形特征的图景时，也要求利用岩石学和构造学的资料。地史学的古地理学方法能够阐明地表和生物界总的发展方向和规律，表明海盆轮廓和深度的变化或大陆上高地分布的变化与地壳构造运动的关系，和提供判断地球内部构造发展史的重要资料。大地构造学就是要尽力去彻底解决上述最后一个任务。对构造历史研究来说，首先必须观察各种不同类型错动（或地质构造）的年代特征，以便阐明地壳上各个地段构造的具体发展史。在这方面，岩相分析和古地理学方法给予我们极为重要的帮助。沉积岩层厚度的研究给我们提供出沉积物堆积时关于地壳震盪运动的进程和幅度的极为重要的指示。

M.B. 罗蒙诺索夫在他的“**論金屬矿由地震生成說**”（1757）和“**論地层**”（1763）两本著作中，对沉积岩的形成过程及其对地球历史的意义第一个作了正确的科学解释。他写道“这些相互叠置的不同性质的物质表明不是在一个时期内产生的；可是却一起发生……共同的变化和特殊的变化。砂层……往昔曾是海底……”（M. 罗蒙诺索夫，**地层論**，1949，102 頁）。同时，地层証明着“伟大的变化”，而罗蒙诺索夫把这种伟大的变化“和地表不易觉察的长期的下降和上升”联系起来。这些变化“不是一次，而是在过去不同的时间内多得无法计算，并且现在还在发生，而将来也未必停止”（同上，66 頁）。

地层学的奠定早于地史学其他一些学科，它诞生于19世紀的初叶；当时，英国的W. 史密斯、法国的G. 居維叶和

A. 布朗雅尔已經奠定了根据其中所含生物殘骸的性質來確定岩石年代的古生物學方法的基础。由于这个方法的广泛利用，还在1841年就确定了全部的系（現在仍在采用）和奠定了相对地質年代表的基礎。

发生在西欧的形而上學的災變論，阻碍了当时地層學的發展。这个理論認為，每次災變周期性地改变了地表地形和毀灭了地球上所有的生命；每次災變以后，地球上就又布滿重新創造出来的动植物的新种族（G. 居維叶、道尔比尼等人）。

在1830—1833年英国地質學家 Ch. 萊伊爾指出，这种反動的災變論是毫無根据的。他証明了地質历史的长期性和发生在地表上的变化的緩慢性，以及那些現在仍在作用着的力量对这些变化的制約性。萊伊爾論証和奠定了所謂現實主義的原理：“現在是認識过去的鑰匙”。但是，萊伊爾在正确的反对災變論的同时，却又陷入了另一極端——所謂均變說。他所持的出发点是地質作用在地球历史的整个时期是永恒不变的，从而無異否認了地球真正的发展史。这样一来，萊伊爾对地史學作出了庸俗的形而上學的理解，即把地球历史看作为許多偶然变化的簡單的总和，而对地史學的向前发展起了不良的影响。Ch. 达尔文的关于地球上有机界演化发展的學說对于19世紀下半期地史學的发展有着重要的意义。基于俄国學者 B. O. 柯瓦列夫斯基所創立的演化古生物學的成就，地史學从研究彼此无关的单独的地球发展阶段的形态描述學科轉变为历史科學。后者在研究有机界向前发展的基础上和根据灭絕生物間种族发展的相互关系，正在編制出地質年代表。許多學者参加了地史學这門新方向的制定，其中特別應該指出的有俄国的 A. П. 卡尔宾斯基（1847—

1936)、C.H.尼基亭(1850—1909)和A.П.巴甫洛夫(1854—1929),以及奧地利的M.奈迈尔(1845—1890)。由于对盆地各个部分沉积物特征以及生物演化与其生存环境之間关系的研究,促使瑞士地質学家A.格列斯尔(1814—1865)于1838年确定了岩相的概念。1869年俄国地質学家H.A.戈洛夫金斯基(1834—1897)指出了岩相在時間和空間上的分布規律性,而这个原理在19世紀末叶被德国地質学家И.瓦尔特(1860—1937)加以发展了。

地史学研究方法的进一步发展是与俄国地質学家H.И.安德魯索夫(1861—1924)的工作分不开的。他应用了古地理分析和岩相研究法定出了南俄罗斯上第三紀沉积的詳細地层。A.П.卡尔宾斯基的工作表明了应用古地理去再造地壳运动史的可能性。还在80年代就获得广泛发展的区域地質調查,促使产生了关于地壳构造不是一致的概念,和褶皱山脉带状分布的概念。后者是由于地壳不同部分的构造发展史不同而引起的。在这个基础上产生了20世紀的全面綜合——所謂地槽理論。美国地質学家J.德納和法国地質学家E.奥格等人的工作对这个理論的創立,作出了极为重要的貢獻。可是,只有在苏联学者們——A.Д.阿尔汉格爾斯基、H.C.沙特斯基、B.B.別洛烏索夫等人的著作中,这个理論才得到了真正的发展。地槽理論論証了地壳两个基本构造形态——地槽和陆台——的存在,而其中地槽以相当大的活动性为特征,并且其是褶皱变形和深处岩漿現象的集中点。研究了地槽和陆台构造在不同历史阶段的发展以后,可以作出关于地質作用一定的周期性的結論。这个周期性表现为彼此相隔着一定時間的許多时期的存在,在这些時間間隔內每当发生強烈的褶皱变形以后,地槽区的广大地区就变为陆台。

許多地質學家以不同的方式接受了這個概念，可是資本主義國家的某些地質學家把它形而上學地改裝成了德國地質學家H. 施蒂勒（1924）提出來的所謂全球性褶皺帶的觀念。蘇聯地質學家們證明這個方案是捏造出來的，是毫無根據的；他們研究了蘇聯遼闊領土上大量的地質構造材料以後，表明出地殼實際發展過程具有無可比擬的複雜性。

蘇聯境內地質調查的廣泛開展和自然科學的巨大成就，為在地史學領域內進行深入的理論綜合創造了條件。И.Г. 米丘林生物學一目了然地表明了生物和環境的統一性，它為在地球地質歷史過程中生物界的發展與其周圍環境變化的相互關係作深入分析打下了基礎，並提供了對各個地區進行更為詳細的分層工作的可能性。

蘇聯地質學家們在地史學中應用了辯證唯物主義的方法，把地球的地質歷史看作為一個複雜的前進的過程，在這個過程中生物界之發展是與地殼上礦物生成物和構造的变化緊密聯繫着的；由此，蘇聯地質學家們的地球歷史研究工作，比起資本主義國家，是提到了更高的階段。

參 考 文 獻

1. A.A. 伊諾斯特蘭采夫：地質學 第2卷——地史學 第四版 СГБ 1912。
2. A.A. 博里夏克：地史學教程 第四版 列寧格勒—莫斯科 1935。
3. M.K. 柯羅文：地史學 莫斯科 1941。
4. A.H. 馬查羅維契：地史學 第三版 莫斯科—列寧格勒 1938。
5. Г.Ф 米爾欽克：地史學 上冊 莫斯科—列寧格勒 1935。
6. Г. 米哈依洛夫斯基：地史學（主要是俄國部分） 第一版

СПБ 1913。

7. Д.В.納利夫金：岩相學說；沉積物形成條件 第二版 列寧格勒—莫斯科 1933。

8. А.П.巴甫洛夫；地質知識史概要 莫斯科 1921。

9. Н.М.斯特拉霍夫：地史學的任务和方法 莫斯科—列寧格勒 1932。

10. Н.М.斯特拉霍夫：地史學原理 上下冊 莫斯科—列寧格勒 1948。

篇名：Историческая геология

著者：Е.В.Шанцер (善采尔)、

С.С.Кузнецов (庫茲涅佐夫)

譯者：徐秉濤

譯自“蘇聯大百科全書”第二版第19卷

地質年代計算法

地質年表是在地質學中用來標記地殼中不同時代岩層形成的時間和順序的專門術語。相對的地質年表和絕對的地質年表是不同的。

所謂相對的地質年表就是確定岩層的相對年齡。任務是確定在地殼中遇到的地層，哪些是較老的，而哪些又是較年輕的。確定岩層的相對年齡要在一個簡單的地質剖面上，因為，顯然每一上覆地層，都比它下面的地層生成要晚；換句話說，在地層剖面的位置愈靠上，就愈年輕。然而，只有在地層呈水平放置或很少破壞的地區中，應用這種方法，即地層學的方法才是可能的和無誤的。

岩層的相對年齡的確定和其在兩個不同區域剖面中的對比是根據地層中發現的化石（石化了的海洋貝殼、動物的骸骨、葉的印痕等）。因此找到了相似的動物和植物，就認為地層是同時形成的，相反，要是動物不同，地層的年齡也就可能不同。被稱為古生物學方法的這一方法，第一次在18和19世紀之間為英國的W. 斯密斯和法國的G. 居維葉所採用。他們的後繼者假定地球上有機世界的每一次變化都是由於新的創造性的活動。根據這點，他們（A. 道爾比尼等）確定了動物界有二十七次變化。Ch. 達爾文發現的有機世界的進化和B. O. 柯瓦列夫斯基擬定的演化古生物學給古生物學方法奠定了物質基礎，把它提到新的階段，並可以使我們在研究隨時間而迅速變化的動植物（即所謂標準化石）的基礎上，來劃分出有機世界在發展上的無數各別的階段。近年來微體化石（有孔蟲類、介形蟲類、植物花粉和孢子）的研究對地層的

对比具有非常大的意义。

由于长时期的地质工作，已经查明了地壳沉积层的一般层序，此层序可以称之为地质年表。它的分类单位采用了波伦亚第二次国际地质会议（1881）俄国代表团的提議。地球上沉积地层总起来可分为五个界，其中每一界依次序又再区分为系、統、組和带，而表示沉积相应地层的期間，則采用以下专门术语：代、紀、世、期、剎（время）。

古生物学的方法也用来确定不含化石的岩浆岩的相对年龄。噴出到地表的噴发岩的相对年龄，可以根据其上复和下伏沉积地层的年龄来确定。

在确定于地壳内部凝固的侵入岩的相对年龄时，可以追索何种沉积岩为侵入岩所穿过，并又为其所改变(变质)。以这种方法来确定侵入体的下限。为了确定侵入体年龄的上限，必须确定复盖侵入体的較年轻的沉积岩石的底部，是否含有类似侵入岩的岩石碎屑。如含有，这就证明侵入体比这些沉积岩老，因为它为其他沉积岩复盖以前，它不仅是冷却了，而且局部已发生破坏。如果这些沉积岩的相对年龄可以确定的話，那末，侵入体的年龄也可以确定。

近年来生物学的成就对現存的概念以重大的修正。И.В.米丘林, Т.Д.李森科和其他苏联生物学家的的工作，证明了有机体和环境的統一性，以及环境的改变对生物发展的直接作用。在考虑到地球上存在着各种不同环境的情况下，不得不批判地对待許多外国作者所采用的原理，即整个地球不但在生物界大的发展阶段上，而且在小的发展阶段上也都是普遍一致的。同时生物学的米丘林方向，也可以使我們在考虑微小新因子（мелкое нозообразование）的基础上，来查明局部地区的較詳細的地质年表。微小的新因子是在其中棲

居着生物界的某一地区的外在环境改变而引起的。就这一原理来说，只有地壳地层大的时代（地层）划分（系和统）对全球来说才是或多或少普遍适用的，但必须注意划分在分布上彼此相距甚远地区的上下界限时，在时间上可能会发生某些变动。

各代、纪等的真正长度是不一致的。相对的地質年表只说明它们的时间顺序。至于测量这个或那个间隔的长度问题，只有用绝对地質年表的方法来解决。

绝对的地質年表的任务是确定各纪、世的真正时间长度，以及整个地球的地質年龄。对于绝对年表来说，可以利用任何一种作用，而这种作用是以不变的速度经过地球地質历史一定阶段的距离的；所以当我们已精确知道这种作用的速度，而其所引起的变化又能加以定量计算时，我们就可利用这种作用来计算绝对年表。

M.B. 罗蒙诺索夫在他的“論地层”（1763）论文中和 J.B. 拉马克在他的“水文地質”（1802）一书中，第一次指出地質作用的緩慢性。在19世纪末到20世纪初，曾经企图根据世界大洋中鹽的堆积情况、沉积物形成的速度和其厚度、地球生物界发展的速度等，来计算各代和各纪的绝对长度。然而，所有这一切都不能得出一点关于这些时间间隔绝对长度的精确概念，因为上述作用的强度和其速度在地球的地質历史时期都发生过剧烈的变化。根据水盆地季节性变化（縞状土，海沉积物的微細层理等）所引起的沉积物成分的变化，来研究沉积长度的方法，具有重大的意义。这种方法能够相当精确的测定北欧冰川期后时期的长度（德·黑尔）和第三纪的长度（A.Д. 阿尔汉格尔斯基等）。

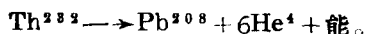
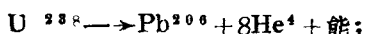
20世纪初，法国的皮·居里，英国的 D. 雷瑟福建議利

用放射性元素蛻變來測定岩石的絕對年齡。蛻變的結果形成穩定元素的原子，並且穩定元素的原子的數量隨礦物的年齡而增加。把在地球地質歷史期間的放射性蛻變速度，當作為地球條件下的常數，並且其速度沒有任何變化。表示非放射性物質積累的公式，是由放射性蛻變的規律中推導出來的，並以下列形式表示： $N_n = N_t (e^{\lambda t} - 1)$ 。此處， N_n 是在時間 t 內形成的非放射性物質的原子數； N_t 是現在放射性物質的原子數量； λ 是蛻變常數，而 e 是自然對數的基數。

在蘇聯，絕對年表首先是由 В. И. 維爾納茨基院士編制的。1932年在他的領導下，和在 В. Г. 赫洛賓院士及 И. Е. 斯達里克的積極參加下，組織了研究礦物和岩石絕對年齡的委員會。這個委員會制定新的方法，並精確的測定了絕對年齡。

為了測定礦物的絕對年齡，採用了三種基本蛻變系列的元素——鈾、釷和釷。

鈾族、釷族和釷族放射性蛻變的最終產物是鉛。在每一種元素蛻變的中間，均放射出為氮原子核的 α -質點。這反應以下式進行：



知道了放射性物質的半衰期以後，就可以利用測定存在礦物或岩石中的放射性元素系列開始部分和末尾部分的數量，以及氮的聚集情況，來確定某種礦物或岩石的年齡。在更精確的計算礦物的年齡時，必須根據質譜儀的測定對普通鉛的同位素成分加以修正，並對釷加以修正。

鈾礦物的鉛同位素成分的測定，可以使我們能夠根據 Pb^{207} 和 Pb^{206} 的比值，來定出鈾礦物的年齡。根據鉛的聚

集情况，而采用的計算公式如下：

$$t = 1.515 \cdot 10^{10} \lg \left[1 + \frac{1.156 \cdot \text{pb}}{\text{U} + 0.34 \text{Th}} \right]$$

而根据氮的聚集，則采用以下計算公式：

$$t = 1.515 \cdot 10^{10} \lg \left[1 + \frac{1.328 \cdot 10^{-8} \text{He}}{\text{U} + 0.25 \text{Th}} \right]$$

計算年齡公式以Pb克/克，Th克/克和He毫升/克来表示含量。这样，問題就归結为：一方面是精确的測定鈾和釷的含量，另一方面則是測定鉛和氮的含量。在一些情況下，年齡的确定是根据鉛与鈾、釷的比率，而在另一种情況下，則是根据氮与鈾、釷的比率。第一种方法称为鉛法，第二种称为氮法。除这两种方法外，測定絕對年齡还可利用鉀放射性蛻变形成氩的方法；鉀蛻变形成鐳，以及其他方法——根据鈾核自发分裂的氡法（B.Г. 赫洛宾院士和 Э.К. 盖尔林格的建議），和以矿物在放射性物体射出的 α -射綫化学作用影响下所发生的变化为根据的色散量法。

在上述所有方法中，最精确而又最常用的是鉛法和氮法。在对矿物采用这两个方法时，如果矿物的相对地質年齡为已知，那末就可以定出某个代或紀所經過的年数。以这样所获得的資料，就有可能編制絕對地質時間表。为A. 霍尔姆斯所編制成的，并在苏联补充确定了的这种表，成为四栏的表。这个表的資料在地質学面前开辟了对过去地質时代所进行各种作用（地壳的震盪运动，沉积作用等）的速度和它們在時間上的变化，进行定量計算的可能性。

地質年表的精确性暂时还不很大。这不但是因为測定絕對年齡的方法不大精确（ $\pm 10\%$ ），而且，在原則上还有問題。絕對年齡一般是利用富含放射性元素的稀土矿物（瀝青

地 質 年 表

代	紀	相 对 地 質 年 表	絕 对 地 質 年 表	
		生物界的發展階段	絕对地質時間表 (百万年)	絕对年齡的測定 (选择的)
新生代— 延續了七 千万年	第四紀	植物和动物界接近于现代; 出现了人类	0 1	
	第三紀	被子植物和哺乳动物繁盛; 无脊椎动物接近于现代	1 69	五千八百万年, 科 多拉多 (美国) 的 渥太华矿
中生代— 延續了一 億一千五 百万年	白堊紀	出现了被子植物; 海洋中后 期菊石和箭石类, 以及陸地 上的大爬行动物大大發展	70 40	
	侏罗紀	裸子植物 (苏铁、银杏类等) 和菊石、箭石、巨大爬行动 物繁盛	110 40	
	三疊紀	大量的裸子植物發展; 菊石 繁盛, 陸上爬行动物广泛分 布	150 35	一億六千二百万 年, 希洛克 (外貝 加尔)
古生代— 延續了三 億二千五 百万年	二疊紀	出现了裸子植物, 最初的爬 行动物; 海洋中腕足类很快 滅亡	185 40	二億一千五百万 年, 渥太华矿 (捷 克斯洛伐克)
	石炭紀	蕨木类和藻类植物繁盛; 巨 大的兩棲类, 許多腕足类和 四射珊瑚	225 50	二億四千万年, 磁 山 (南烏拉尔)
	泥盆紀	地上植物的丰富化石最初出 現; 海洋中有各种各样的腕 足类和珊瑚类动物群; 昆虫 类和兩棲类最初出現	275 35	二億八千万年, 希 宾 (科拉半島)。 二億九千五百万 年, 卡尔宾花崗岩 (阿尔泰)
	志留紀	海洋珊瑚、筆石、腕足类、 甲殼三叶虫等动物群; 最初 的鱼类、有陸上生命的痕 跡	310 120	三億四千万年, 丘 索夫河 (北烏拉 尔) 三億五千万年, 阿 非利肯达 (科拉半 島)
	寒武紀	原始的动物, 最簡單的腕足 类和三叶虫	430 80	四億四千万年, 科 尔姆片岩 (瑞士)
元古代— 延續了約 六億年		动物 (放射虫类、海綿类、 節肢动物) 化石極少。水草 广泛分布	510	六億年, 喀坦加 (非 洲) 十億零五千万年, 何 倫达尔 (挪威) 十二億五千万年, 大 熊湖 (加拿大)